

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5798545号
(P5798545)

(45) 発行日 平成27年10月21日(2015.10.21)

(24) 登録日 平成27年8月28日(2015.8.28)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 1 V 1/00 (2006.01) G 0 1 V 1/00 E

請求項の数 7 (全 130 頁)

(21) 出願番号	特願2012-243002 (P2012-243002)	(73) 特許権者	593013144
(22) 出願日	平成24年11月2日(2012.11.2)		株式会社武田エンジニアリング・コンサル タント
(65) 公開番号	特開2014-92454 (P2014-92454A)		広島県広島市南区宇品御幸2丁目14番2 3号101
(43) 公開日	平成26年5月19日(2014.5.19)	(74) 代理人	230100022
審査請求日	平成26年2月26日(2014.2.26)		弁護士 山田 勝重
		(74) 代理人	100084319
			弁理士 山田 智重
		(72) 発明者	武田 文秀
			広島県広島市南区宇品御幸2丁目14番2 3号202
		審査官	田中 秀直

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 大地震と巨大地震の予知方法、予知装置、予知プログラム及び記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

観測対象とする領域に発生した地震の震源情報である緯度(LAT)、経度(LON)と深さ(DEP)、震源時(地震の発生時刻)の間隔(INT)、マグニチュード(MAG)を震源要素とし、更に、発震機構解の情報から得る地震の破壊メカニズムに関する要素を、節面1(N1)と節面2(N2)の走行(R)と傾斜角(DEC)、P軸(PA)とT軸(TA)の方位(DIR)と鉛直角(VER)とし、

断層運動の要素として、断層のすべり角を λ とし、更に各節面のN1-R、N1-DEC、N2-R2、N2-DEC2、N1- λ 、N2- λ 2とするか、

または断層面をNとし、N-R、N-DEC、N- λ とし、

それら震源情報の要素を表すパラメータをcとして、その選択領域の観測対象とする地震の発生の変化を、対象とする要素cの時系列データで定量化するために、抽出したj番目の地震の要素cに関する地震情報をd(c,j)として数値化する震源要素信号化手段と、対象とする大陸プレート上の領域の地殻状態の変化を連続観測するために、その領域に稠密に設置されたGPSの各ステーションと、対象領域を含む大陸プレート下に沈み込んでいる海洋プレート上に設置されたGPSの各ステーションで、ステーションの東西方向をE、南北方向をN、上下方向をhとした直交座標系(E,N,h)の座標軸成分(要素)をパラメータcとし、j番目に観測したステーションの位置座標値をd(c,j)として数値化する地殻変動成分信号化手段と、

前記、震源要素信号化手段により抽出されたd(c,j)を、地震の発生を観測した順序j(

10

20

$j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$) に基づいて、直接、もしくは、所定の選択処理または平滑化処理を施し、

$[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$

を得る震源要素の時系列化手段と、

前記、地殻変動成分信号化手段により抽出された $d(c, j)$ を、観測時間の順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$) に基づいて、直接、もしくは所定の選択処理または平滑化処理を施し、

$[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$

を得る地殻変動成分の時系列化手段と、

前記、所定の選択または平滑処理をした場合、その処理に費やす遅れ時間を Δ とする遅れ時間検出手段と

10

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ の時刻 m の $D(c, m)$ と、時刻 m から任意間隔 n ($n = 1, 2, 3, \dots$) だけ離れた $D(c, m-n)$ との差に比例する量を、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の 1 次差分出力手段か、

前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、

$[C]$ を濾過した $F1(c, m)$ を、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の 1 次差分出力手段かの

20

いずれかの 1 次差分出力手段と

前記、1 次差分出力手段から出力された、 $\Delta D(c, m, n)$ と、時刻 m から任意間隔 k ($k = 1, 2, \dots$) だけ離れた $\Delta D(c, m-k, n)$ との差に比例する量を、時刻 m の 2 次差分値、 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として求める $D(c, m)$ の 2 次差分出力手段か

前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、

$[C]$ を濾過した $F2(c, m)$ を、時刻 m の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力する $D(c, m)$ の 2 次差分出力手段かの

30

いずれかの 2 次差分出力手段と

からなる、地震発生と地殻状態の変化を定量化する方法において、

前記、2 次差分出力手段から得た、時刻 m の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする、2 次差分値の時刻シフト手段と、

前記、1 次差分出力手段から得た、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の 1 次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする、1 次差分値の時刻シフト手段と、

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から得た時刻 m の $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ として出力する変位変換手段と

前記、2 次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ を、前記変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ に変換出力する加速度変換手段と

前記、1 次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta D(c, t, n)$ を、前記、時系列の変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している速度 $V(c, t)$ に変換出力する速度変換手段と

40

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と速度の振幅位相比較検出手段と

前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を出力する速度と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(\text{MAG}, t)$ の振幅値が、負の値を取る位相振幅関係が作用している各変位 $D(\text{DEP}, t)$ 、 $D(\text{INT}, t)$ 、 $D(\text{MAG}, t)$ の振幅関係と位相関係において、

50

加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻
 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)$
 $/2$ 、だけ進んだ変位 $D(\text{INT}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を
 、時刻 $ta1$ の $A(\text{INT}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta2$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{DEP}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻
 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)$
 $/2$ 、だけ進んだ変位 $D(\text{DEP}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を
 、時刻 $ta1$ の $A(\text{DEP}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta2$ か、
 10 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後
 、逆位相にあった $A(\text{DEP}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その
 時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(\text{DEP}, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 ta
 2 から、更に、次の半周期後に $A(\text{DEP}, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{DEP}, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時
 刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(\text{DEP}, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし
 、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、だ
 け進んだ変位 $D(\text{DEP}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻
 $ta2$ の $A(\text{DEP}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta3$ か、
 20 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後
 、逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その
 時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(\text{INT}, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 ta
 2 から、更に、次の半周期後に $A(\text{INT}, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時
 刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(\text{INT}, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし
 、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、だ
 け進んだ変位 $D(\text{INT}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻
 $ta2$ の $A(\text{INT}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta3$ か、
 30 を今にも発生しそうな大地震の発生時刻とする大地震発生時刻の予知手段と
 前記、大地震発生時刻の予知手段で得た大地震の発生予測時刻まで、前記、変位変換手段
 で得た $D(\text{LAT}, t)$ 、 $D(\text{LON}, t)$ 、 $D(\text{DEP}, t)$ を線形延長した $(\text{LAT}, \text{LON}, \text{DEP})$ 情報を予測震源
 とする、今にも発生しそうな大地震の震源の予知手段と、
 変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 $t_{\max}$ と最小値となる時刻 $t_{\min}$ の変位 $D(\text{DEP}, t_{\max})$ と
 $D(\text{DEP}, t_{\min})$ との差の絶対値か、
 変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 $t_{\max}$ と時刻 $t_{\max}$ から $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値が反転し始め
 る時刻を $t_{\min}$ とし、 $D(\text{DEP}, t_{\max})$ と $D(\text{DEP}, t_{\min})$ との差の絶対値か
 変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(\text{DEP}, t)$
 の振幅値の差の絶対値か、
 40 変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近の、 $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対
 値かを
 今にも発生しそうな大地震の断層幅 W とする予測断層幅 W の検出手段と
 予測断層幅 W の検出手段から出力された W を用いて今にも発生しそうな大地震のマグニチュ
 ードの予知手段と
 大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし
 、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とす
 る前記変位変換手段と前記1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k
 をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h,$
 $t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段か、
 50

もしくは前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段と、

膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする、前記、変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記、変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段か、

もしくは、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ と変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $V(N, t)$ 、 $A(E, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段と、

前記大陸プレートの運動変化を検出する手段の出力から、大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段と

海洋プレート上にある領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段か、

もしくは、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ か変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $A(E, t)$ か $V(N, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段と

大陸プレートの運動変化による膨らみと海洋プレートの異常加速運動を検出後、もしくは、膨らみか異常加速運動のいずれかを検出後、今にも発生しそうな巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知方法。

【請求項2】

請求項1に記載の大地震と巨大地震の予知方法において、前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震発生時刻の時間間隔 (INT) の信号 $d(INT, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、地震の任意な発生個数を a ($a = 1, 2, \dots$)とし、 a 個ずつ、移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段か、もしくは、 m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段と、

前記、 $CI(m, a)$ 値が $NCI(m, a)$ となるように規格化する $NCI(m, a)$ の規格化手段と

前記、 $NCI(m, a)$ から大地震や巨大地震発生前の自然現象の一つである地震発生の変化が加速されるAMR現象(臨界状態)を検出し大地震や巨大地震発生時期を予知する手段とを備えてなる大地震と巨大地震の予知方法において

対象とする領域の広さを、順次変える、観測領域の縮小と拡大手段と

前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震の震源の深さ (DEP) の信号 $d(DEP, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ移動平均するか、

a 個ずつ、累積加算し $CD(m, a)$ とする震源の深さ DEP の累積検出手段と

前記、累積値 $CD(m, a)$ が $NCD(m, a)$ となるように規格化する $NCD(m, a)$ の規格化手段と

観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ のそれぞれ規格化した $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ とを、領域に蓄積と開放される規格化された歪エネルギー密度とする歪エネルギー変換手段と

10

20

30

40

50

領域の歪エネルギー変換手段から出力した地殻の蓄積歪エネルギー密度が巨大地震、大地震発生直前の臨界状態に到達したかを検出する地殻の臨界状態検出手段と、
前記、地殻の臨界状態検出手段で臨界状態を検出後大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知方法。

【請求項3】

観測対象とする領域に発生した地震の震源情報である緯度 (LAT)、経度 (LON) と深さ (DEP)、震源時 (地震の発生時刻) の間隔 (INT)、マグニチュード (MAG) を震源要素とし、更に、発震機構解の情報から得る地震の破壊メカニズムに関する要素を、節面 1 (N1) と節面 2 (N2) の走行 (R) と傾斜角 (DEC)、P軸 (PA) とT軸 (TA) の方位 (DIR) と鉛直角 (VER) とし、

断層運動の要素として、断層のすべり角を λ とし、更に各節面の N1-R、N1-DEC、N2 - R2、N2 - DEC2、N1- λ 、N2 - λ とするか、

または断層面を N とし、N-R、N-DEC、N- λ とし、

それら震源情報の要素を表すパラメータを c とし、その選択領域の観測対象とする地震の発生の変化を、対象とする要素 c の時系列データで定量化するために、抽出した j 番目の地震の要素 c に関する地震情報を $d(c, j)$ とし、数値化する震源要素信号化手段と、

対象とする大陸プレート上の領域の地殻状態の変化を連続観測するために、その領域に稠密に設置されたGPSの各ステーションと、対象領域を含む大陸プレート下に沈み込んでいる海洋プレート上に設置されたGPSの各ステーションで、ステーションの東西方向を E、南北方向を N、上下方向を h とした直交座標系 (E, N, h) の座標軸成分 (要素) をパラメータ c とし、j 番目に観測したステーションの位置座標値を $d(c, j)$ とし、数値化する地殻変動成分信号化手段と、

前記、震源要素信号化手段により抽出された $d(c, j)$ を、地震の発生を観測した順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$) に基づいて、直接、もしくは、所定の選択処理または平滑化処理を施し、

$[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$

を得る震源要素の時系列化手段と、

前記、地殻変動成分信号化手段により抽出された $d(c, j)$ を、観測時間の順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$) に基づいて、直接、もしくは所定の選択処理または平滑化処理を施し、

$[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$

を得る地殻変動成分の時系列化手段と、

前記、所定の選択または平滑処理をした場合、その処理に費やす遅れ時間を Δ とする遅れ時間検出手段と

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ の時刻 m の $D(c, m)$ と、時刻 m から任意間隔 n ($n = 1, 2, 3, \dots$) だけ離れた $D(c, m-n)$ との差に比例する量を、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ とし、出力する $D(c, m)$ の 1 次差分出力手段か、

前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、

$[C]$ を濾過した $F1(c, m)$ を、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ とし、出力する $D(c, m)$ の 1 次差分出力手段か

いずれかの 1 次差分出力手段と

前記、1 次差分出力手段から出力された、 $\Delta D(c, m, n)$ と、時刻 m から任意間隔 k ($k = 1, 2, \dots$) だけ離れた $\Delta D(c, m-k, n)$ との差に比例する量を、時刻 m の 2 次差分値、 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ とし、求める $D(c, m)$ の 2 次差分出力手段か

前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機

10

20

30

40

50

能を設定したフィルターを用いて、

[C]を濾過した $F2(c, m)$ を、時刻 m の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力する $D(c, m)$ の2次差分出力手段かの

いずれかの2次差分出力手段と

からなる、

地震発生と地殻状態の変化を定量化する装置において、

前記、2次差分出力手段から得た、時刻 m の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の2次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする、2次差分値の時刻シフト手段と、

前記、1次差分出力手段から得た、時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の1次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする、1次差分値の時刻シフト手段と、

10

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から得た時刻 m の $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ として出力する変位変換手段と

前記、2次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ を、前記変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ に変換出力する加速度変換手段と

前記、1次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta D(c, t, n)$ を、前記、時系列の変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している速度 $V(c, t)$ に変換出力する速度変換手段と

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と速度の振幅位相比較検出手段と

前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を出力する速度と加速度の振幅位相比較検出手段と

20

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(MAG, t)$ の振幅値が、負の値を取る位相振幅関係が作用している各変位 $D(DEP, t)$ 、 $D(INT, t)$ 、 $D(MAG, t)$ の振幅関係と位相関係において、

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(INT, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、時刻 $ta1$ の $A(INT, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta2$ か、

30

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta2$ か、

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、

40

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta3$ か、

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、

50

逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 ta_1 とし、その時刻 ta_1 の $A(\text{INT}, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を ta_2 とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(\text{INT}, t + \Delta a)$ が、時刻 ta_2 から次の半周期後に既に反転した時刻 ta_3 を、時刻 ta_2 の $A(\text{INT}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 ta_3 か、

を今にも発生しそうな大地震の発生時刻とする大地震発生時刻の予知手段と

前記、大地震発生時刻の予知手段で得た大地震の発生予測時刻まで、前記、変位変換手段で得た $D(\text{LAT}, t)$ 、 $D(\text{LON}, t)$ 、 $D(\text{DEP}, t)$ を線形延長した $(\text{LAT}, \text{LON}, \text{DEP})$ 情報を予測震源とする、今にも発生しそうな大地震の震源の予知手段と、

変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 $t_{\max}$ と最小値となる時刻 $t_{\min}$ の変位 $D(\text{DEP}, t_{\max})$ と $D(\text{DEP}, t_{\min})$ との差の絶対値か、 10

変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 $t_{\max}$ と時刻 $t_{\max}$ から $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値が反転し始める時刻を $t_{\min}$ とし、 $D(\text{DEP}, t_{\max})$ と $D(\text{DEP}, t_{\min})$ との差の絶対値か

変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値の差の絶対値か、

変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近の、 $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対値かを

今にも発生しそうな大地震の断層幅 W とする予測断層幅 W の検出手段と

予測断層幅 W の検出手段から出力された W を用いて今にも発生しそうな大地震のマグニチュードの予知手段と 20

大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と前記1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段か、

もしくは前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段と、

膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする、前記、変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記、変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段か、 30

もしくは、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ と変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $V(N, t)$ 、 $A(E, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段と、

前記大陸プレートの運動変化を検出する手段の出力から、大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段と 40

海洋プレート上にある領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、海洋プレート大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常の速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段か、

もしくは、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ か変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $A(E, t)$ か $V(N, t)$ と $A(N, t)$ との関係からか、海洋プレート大陸プレートとの境界方向 50

への速度成分が、通常の速度の約 2 倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段と

大陸プレートの運動変化による膨らみと海洋プレートの異常加速運動を検出後、もしくは、膨らみか異常加速運動のいずれかを検出後、今にも発生しそうな巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の大地震と巨大地震の予知装置において、前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震発生時刻の時間間隔 (INT) の信号 $d(INT, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、地震の任意な発生個数を a ($a = 1, 2, \dots$) とし、 a 個ずつ、移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段か、もしくは、 m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段と、

前記、 $CI(m, a)$ 値が $NCI(m, a)$ となるように規格化する $NCI(m, a)$ の規格化手段と

前記、 $NCI(m, a)$ から大地震や巨大地震発生前の自然現象の一つである地震発生の変化が加速される AMR 現象 (臨界状態) を検出し大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知装置において

対象とする領域の広さを、順次変える、観測領域の縮小と拡大手段と

前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震の震源の深さ (DEP) の信号 $d(DEP, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ移動平均するか、

a 個ずつ、累積加算し $CD(m, a)$ とする震源の深さ DEP の累積検出手段と

前記、累積値 $CD(m, a)$ が $NCD(m, a)$ となるように規格化する $NCD(m, a)$ の規格化手段と

観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ のそれぞれ規格化した $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ とを、領域に蓄積と開放される規格化された歪エネルギー密度とする歪エネルギー変換手段と

領域の歪エネルギー変換手段から出力した地殻の蓄積歪エネルギー密度が巨大地震、大地震発生直前の臨界状態に到達したかを検出する地殻の臨界状態検出手段と、

前記、地殻の臨界状態検出手段で臨界状態を検出後大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知装置。

【請求項 5】

請求項 5 の発明は、観測対象とする領域に発生した地震の震源情報である緯度 (LAT)、経度 (LON) と深さ (DEP)、震源時 (地震の発生時刻) の間隔 (INT)、マグニチュード (MAG) を 震源要素 とし、更に、発震機構解の情報から得る地震の破壊メカニズムに関する要素を、節面 1 (N1) と節面 2 (N2) の走行 (R) と傾斜角 (DEC)、P 軸 (PA) と T 軸 (TA) の方位 (DIR) と鉛直角 (VER) とし、

断層運動の要素として、断層のすべり角を λ とし、更に 各節面の $N1-R$ 、 $N1-DEC$ 、 $N2-R$ 、 $N2-DEC$ 、 $N1-\lambda$ 、 $N2-\lambda$ とするか、

または断層面を N とし、 $N-R$ 、 $N-DEC$ 、 $N-\lambda$ とし、

それら震源情報の要素を表すパラメータを c とし、その選択領域の観測対象とする地震の発生の変化を、対象とする要素 c の時系列データで定量化するために、抽出した j 番目の地震の要素 c に関する地震情報を $d(c, j)$ とし、数値化する震源要素信号化手段と、

対象とする大陸プレート上の領域の地殻状態の変化を連続観測するために、その領域に稠密に設置された GPS の各ステーションと、対象領域を含む大陸プレート下に沈み込んでいる海洋プレート上に設置された GPS の各ステーションで、ステーションの東西方向を E 、南北方向を N 、上下方向を h とした直交座標系 (E, N, h) の座標軸成分 (要素) をパラメータ c とし、 j 番目に観測したステーションの位置座標値を $d(c, j)$ とし、数値化する地殻変動成分信号化手段と、

前記、震源要素信号化手段により抽出された $d(c, j)$ を、地震の発生を観測した順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$) に基づいて、直接、もしくは、所定の選択処理または

平滑化処理を施し、

$[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$

を得る震源要素の時系列化手段と、

前記、地殻変動成分信号化手段により抽出された $d(c, j)$ を、観測時間の順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$) に基づいて、直接、もしくは所定の選択処理または平滑化処理を施し、

$[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$

を得る地殻変動成分の時系列化手段と、

前記、所定の選択または平滑処理をした場合、その処理に費やす遅れ時間を Δ とする遅れ時間検出手段と

10

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ の時刻 m の $D(c, m)$ と、時刻 m から任意間隔 n ($n = 1, 2, 3, \dots$) だけ離れた $D(c, m-n)$ との差に比例する量を、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の 1 次差分出力手段か、

前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、

$[C]$ を濾過した $F1(c, m)$ を、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の 1 次差分出力手段かの

いずれかの 1 次差分出力手段と

20

前記、1 次差分出力手段から出力された、 $\Delta D(c, m, n)$ と、時刻 m から任意間隔 k ($k = 1, 2, \dots$) だけ離れた $\Delta D(c, m-k, n)$ との差に比例する量を、時刻 m の 2 次差分値、 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として求める $D(c, m)$ の 2 次差分出力手段か

前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、

$[C]$ を濾過した $F2(c, m)$ を、時刻 m の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力する $D(c, m)$ の 2 次差分出力手段かの

いずれかの 2 次差分出力手段と

30

からなる、

地震発生と地殻状態の変化を定量化するプログラムにおいて、

前記、2 次差分出力手段から得た、時刻 m の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする、2 次差分値の時刻シフト手段と、

前記、1 次差分出力手段から得た、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の 1 次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする、1 次差分値の時刻シフト手段と、

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から得た時刻 m の $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ として出力する変位変換手段と

前記、2 次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ を、前記変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ に変換出力する加速度変換手段と

前記、1 次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta D(c, t, n)$ を、前記、時系列の変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している速度 $V(c, t)$ に変換出力する速度変換手段と

40

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と速度の振幅位相比較検出手段と

前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を出力する速度と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(\text{MAG}, t)$ の振幅値が、負の値を取る位相振幅関係が作用している各変位 $D(\text{DEP}, t)$ 、 $D(\text{INT}, t)$ 、 $D(\text{MAG}, t)$ の振幅関係と位相関係において、

50

加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻
 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、
 だけ進んだ変位 $D(\text{INT}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、
 時刻 $ta1$ の $A(\text{INT}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta2$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{DEP}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻
 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、
 だけ進んだ変位 $D(\text{DEP}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、
 時刻 $ta1$ の $A(\text{DEP}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta2$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、
 逆位相にあった $A(\text{DEP}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その
 時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(\text{DEP}, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$
 から、更に、次の半周期後に $A(\text{DEP}, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{DEP}, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻
 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(\text{DEP}, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、
 前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、だけ
 進んだ変位 $D(\text{DEP}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻
 $ta2$ の $A(\text{DEP}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta3$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、
 逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その
 時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(\text{INT}, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$
 から、更に、次の半周期後に $A(\text{INT}, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、
 加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、
 逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻
 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(\text{INT}, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、
 前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、だけ
 進んだ変位 $D(\text{INT}, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻
 $ta2$ の $A(\text{INT}, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta3$ か、
 を今にも発生しそうな大地震の発生時刻とする大地震発生時刻の予知手段と
 前記、大地震発生時刻の予知手段で得た大地震の発生予測時刻まで、前記、変位変換手段
 で得た $D(\text{LAT}, t)$ 、 $D(\text{LON}, t)$ 、 $D(\text{DEP}, t)$ を線形延長した $(\text{LAT}, \text{LON}, \text{DEP})$ 情報を予測震源
 とする、今にも発生しそうな大地震の震源の予知手段と、
 変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 $t_{\max}$ と最小値となる時刻 $t_{\min}$ の変位 $D(\text{DEP}, t_{\max})$ と
 $D(\text{DEP}, t_{\min})$ との差の絶対値か、
 変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 $t_{\max}$ と時刻 $t_{\max}$ から $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値が反転し始め
 る時刻を $t_{\min}$ とし、 $D(\text{DEP}, t_{\max})$ と $D(\text{DEP}, t_{\min})$ との差の絶対値か
 変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(\text{DEP}, t)$
 の振幅値の差の絶対値か、
 変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近の、 $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対
 値かを
 今にも発生しそうな大地震の断層幅 W とする予測断層幅 W の検出手段と
 予測断層幅 W の検出手段から出力された W を用いて今にも発生しそうな大地震のマグニチュー
 ドの予知手段と
 大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、
 前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする
 前記変位変換手段と前記1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k
 をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$
 とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段か、

10

20

30

40

50

もしくは前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段と、

膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする、前記、変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記、変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段か、

もしくは、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ と変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $V(N, t)$ 、 $A(E, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段と、

前記大陸プレートの運動変化を検出する手段の出力から、大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段と

海洋プレート上にある領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段か、

もしくは、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ か変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $A(E, t)$ か $V(N, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段と

大陸プレートの運動変化による膨らみと海洋プレートの異常加速運動を検出後、もしくは、膨らみか異常加速運動のいずれかを検出後、今にも発生しそうな巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知プログラム。

【請求項6】

請求項5に記載の大地震と巨大地震の予知プログラムにおいて、前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震発生時刻の時間間隔 (INT) の信号 $d(INT, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、地震の任意な発生個数を a ($a = 1, 2, \dots$)とし、 a 個ずつ、移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段か、もしくは、

m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段と、

前記、 $CI(m, a)$ 値が $NCI(m, a)$ となるように規格化する $NCI(m, a)$ の規格化手段と

前記、 $NCI(m, a)$ から大地震や巨大地震発生前の自然現象の一つである地震発生の変化が加速されるAMR現象(臨界状態)を検出し大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知プログラムにおいて

対象とする領域の広さを、順次変える、観測領域の縮小と拡大手段と

前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震の震源の深さ (DEP) の信号 $d(DEP, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ移動平均するか、

a 個ずつ、累積加算し $CD(m, a)$ とする震源の深さ DEP の累積検出手段と

前記、累積値 $CD(m, a)$ が $NCD(m, a)$ となるように規格化する $NCD(m, a)$ の規格化手段と

観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ のそれぞれ規格化した $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ とを、領域に蓄積と開放される規格化された歪エネルギー密度とす

る歪エネルギー変換手段と

領域の歪エネルギー変換手段から出力した地殻の蓄積歪エネルギー密度が巨大地震、大地震発生直前の臨界状態に到達したかを検出する地殻の臨界状態検出手段と、
前記、地殻の臨界状態検出手段で臨界状態を検出後大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知プログラム。

【請求項7】

請求項7の発明は、請求項5ないし請求項6のいずれかに記載の大地震と巨大地震の予知プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、[特許文献1]の地震の予知方法、地震の予知システム、地震の予知プログラム及び記録媒体を併用することにより、大地震の予兆発生とその推移に関し、ニュートンの運動の第二法則に基づく自然法則とその物理モデルを利用した大地震の短期予知方法、装置、プログラム及び記録媒体を提供するものである。更に、[特許文献1]の地震の予知方法、地震の予知システム、地震の予知プログラム及び記録媒体の併用が困難となるマグニチュードが約8.5以上の巨大地震の予知に関しては、巨大地震発生の決定論的な自然法則を利用することにより、巨大地震の短期予知方法、装置、プログラム及び記録媒体を提供するものである。又、地殻に蓄積された歪エネルギーが大地震や巨大地震の発生前に急激に解放され始める地殻の応力の臨界状態の検出技術を確立し、大地震と巨大地震のある程度の震源領域と発生時期の予知の方法、システム、プログラム、及び記録媒体を提供するものである。

【背景技術】

【0002】

地殻の定常、非定常、周期的な応力変化が、地震発生と地殻表面の状態とを、複雑に変化させる。地震波とGPSを用いて様々な地震の発生と地殻表面の状態を連続観測すると、地震発生と地殻表面の状態の多種多様な変化は、観測値の時系列で定量化できる。その時系列に通常とは異なる変化が出現すると、「地殻の応力状態は、既に、通常とは異なる異質な状態(臨界状態)に到達し、大地震や巨大地震が、その領域で、何時、発生しても不思議でない状態にある。」と推論される。しかし、観測した時系列は、常に、ランダム変化する。地震発生の場合のランダム変化は、地震発生過程の自然現象から生じ、そのランダムな変化量は、観測に伴うノイズや誤差によるランダムな変化量よりはるかに大きい。一方、GPS観測の場合のランダム変化は、ランダム変化をしない地殻表面の状態変化とは無縁な、観測環境に必然的に付随するランダムノイズである。そのランダムな変化量は、地震等が発生しない通常な地殻の日々の上下変化の場合、その地殻の変化量よりはるかに大きい。いずれの場合でも、これら観測した時系列に出現する通常のランダム変化は、ニュートンの運動の第二法則等を用いた決定論的な物理法則で記述できないので、ランダム変化に埋もれた異質な変化の抽出と推移に関する決定論的な自然法則の確立は、不可能とされている。従って、大地震や巨大地震の発生に至る過程の決定論的な物理法則、自然法則、及び、地殻に蓄積される歪エネルギーの状態を、地震発生の変化からモニターし、地殻の臨界状態を抽出する理論や技術は、未だ確立されていなし、大地震や巨大地震の震源、発生時期、マグニチュードからなる地震の3要素の予知に利用できる決定論的な物理法則も自然法則も技術も存在しない。例えば、[非特許文献1]に、記載されている地震の物理は、地震波の観測で得た地震発生中の複雑な物理現象を、できる限り簡素化した推論に適合する物理モデルで記述したものである。従って、その物理法則は、巨大地震を発生させるプレート境界付近の通常とは異なる予兆的な地殻状態の変化の有無を、言及できないし、東北巨大地震の発生も、後述する様に説明できない。しかし、[非特許文献1]は、観測事実に基づき、「周期的に発生している大地震や巨大地震の発生時期の予知でさえ極めて困難である。」と結論付けている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

[非特許文献1]のGPSでプレート運動を観測した結果によると、プレート境界付近の地殻のせん断歪の蓄積率は、年間、 3×10^{-7} 程である。この蓄積率は、日本のプレート境界付近の観測値とも調和している。例えば、国土地理院のGPS観測網は、全国に約20km間隔で設置されている電子基準点(GPSステーション)で構成されている。その1つの室戸のGPSステーションは、大陸プレートの東端上に位置し、その下に、フィリッピン海プレートが南東から北西方向に沈み込んでいる。しかし、2つのプレート間には固着領域が在り、フィリッピン海プレート運動が、その大陸プレートの東端を、北西方向に、略、年間3cm程の率で、引きずり込みながら変形させている。この領域の地殻を、厚さ100kmの弾性体とみなせば、1年間に発生する歪は、 $3\text{cm} / 100\text{km} = 3 \times 10^{-7}$ となり、この歪量が、毎年、変形している地殻に蓄積される。この歪を発生させる「せん断応力」は、地殻の「剛性率」とその「歪」の積で与えられる。従って、「せん断応力の蓄積率」は、「剛性率」と「せん断歪の蓄積率」との積として推定できる。[非特許文献1]に倣い、地殻の「剛性率」を、 $3 \times 10^4 \text{ MPa}$ とすれば、その率は、 $9 \times 10^{-3} \text{ MPa}$ となり、年間、略、0.01MPaとなる。更に、[非特許文献1]に倣い、「せん断」を特別に区別したり強調したりする必要がない限り省略し、「せん断応力」を単に「応力」もしくは「ストレス」と呼び、「せん断歪」を単に、「歪」と呼ぶ事にする。また、「MPa」は、圧力の単位「メガパスカル」で、 $1\text{MPa} = 10^6 \times \text{Pa}$ で、 $1\text{Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ である。「N」は力の単位「ニュートン」である。

10

【 0 0 0 4 】

[非特許文献1]によると、地震発生前後の応力変化は次の様になる。応力が、年間、「0.01MPaの率で、プレート境界付近の地殻に蓄積されている。」とし、「地殻には、結合強度が最も弱い箇所とされる断層が存在している。」とする。蓄積量が、断層面の静止摩擦応力を超えると、断層面は、その平面上をスリップし始める。この時、蓄積された応力が、開放されて断層面の応力まで降下すると、スリップ運動は停止する。この断層面のスリップ運動が、地震である。断層面付近に蓄積された大地震発生前後の応力は、それぞれ、初期と最終の静止摩擦応力に対応するが、これら応力の大きさは、直接測定できない。しかし、初期と最終応力の差は、地殻に蓄積されていた静的な応力の降下量で、「剛性率」と地震に伴う「歪の変化量」の積となる。大地震発生後に観察される「歪の変化量」が、 $3 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-4}$ 程なので、その降下量は、1~10MPaとなる。又、[非特許文献2]によると、2011年3月11日に発生した東北沖の巨大地震の場合は、場所によっても異なるが、5~10MPaと推定されている。この降下量が、断層面のスリップ運動を起こすのに必要なせん断応力となるが、実験室で岩石破壊に必要な応力である500~600MPaと比較すると、遥かに小さい。

20

30

【 0 0 0 5 】

前記プレート境界付近の地殻の応力蓄積率は、年間、0.01MPa、そして、大地震や巨大地震を起こすのに必要な蓄積応力は、1~10MPaであった。これらの値を、他の単位で表現する。例えば、血圧値測定に使用する水銀柱の高さの単位(mmHg)に変換してみると、年間の応力蓄積率(0.01MPa)は、75となり、健康人の平均的な拡張期血圧値(最低血圧値)に相当する。大地震や巨大地震を起こすのに必要な蓄積応力(1~10MPa)は、100~1000人分の拡張血圧値の総和で、7500~75000(mmHg)となる。従って、100~1000人の最低血圧値を加算(蓄積)した圧力(せん断応力)が、断層を動かし、大地震や巨大地震を引き起こすことになる。また、1~10MPaは、10~100気圧の圧力に相当するので、水深、100m~1000mの海中の水圧から大気圧を引いた圧力に相当するせん断応力が、断層を動かし、大地震や巨大地震を引き起こしている。

40

【 0 0 0 6 】

しかし、1~10MPaと言う断層面のスリップ運動を起こすのに必要な応力を蓄積するには、前述の一人の拡張血圧値75(0.01MPa)を用いると、100~1000人を必要とする。時間に換算すれば、毎年、0.01MPaの率で、1MPa蓄積するには100年、10MPa蓄積するには、1000年となる。[非特許文献1]によると、プレート境界から遠く離れた内陸部では、年間の歪蓄積率は、 3×10^{-8} 程と、プレート境界の歪蓄積率より1桁小さくなる。この値も、先の国

50

土地理院のGPS観測地点の土佐から少し離れた内陸部(近畿地方)の歪蓄積率とも調和する。例えば、大津と亀岡の観測地点間の距離(基線)の縮みが10年間で3cm程となるので、年間の歪蓄積率は、 3×10^{-8} 程となる。従って、内陸部の1~10MPaの蓄積には、1桁多い1000~10000年を必要とする。長期にわたる応力の蓄積率は、時間的に変化しないと仮定したが、変動し、地殻内の応力分布も均一ではない。従って、[非特許文献1]は、「長期間の応力蓄積とその開放(大地震や巨大地震の発生)の繰り返しの周期には、大きな変動が伴うので、略、周期的に発生している大地震や巨大地震の正確な発生時刻の予知でさえ、極めて困難である。」と結論付けている。次に、その困難な事例を取り上げる。

【0007】

[非特許文献3]によると、北米プレートと太平洋プレートとの境界付近の十勝沖では、周期的に、M8クラスの大地震が発生していた。1843年に、M8.4地震、1952年に、M8.2地震が、発生したので、「大地震発生の周期は、100年」と推定できる。従って、「1952年の次の発生時期は2050年頃」と予測できるが、2003年9月26日に、M8の十勝沖地震が発生した。予測した100年の周期は、50年程に短縮された。従って、この様に大きく変動する大地震発生の繰り返し周期を用いた、発生時期の予知は、日常生活における緊急避難に利用できない。しかし、この変動は、ランダムではなく、決定論的に発生している。

10

【0008】

例えば、国土地理院のGPS観測網で十勝沖地震に関する地殻状態の変化(地殻変動)の観測データを解析した[非特許文献4]によると、地震発生前の広尾の地殻は、北西方向に、年間、1.6cmの率で移動していた。従って、地殻が、一定の地殻変動率(1.6cm/年)で、1952年から2003年まで、51年間、移動したとすると、総移動量は、81.6cm(51年 $\times$ 1.6cm/年)となる。地殻を弾性体だとみなすと、この総移動量に相当する総歪量が十勝沖の断層付近に蓄積されていたことになる。「地震発生時、断層運動が、総歪量を一挙に開放させた。」とすると、「その運動は、広尾の地殻を81.6cm程、一挙に移動させた。」はずである。広尾の地殻は、地震発生直後、南東方向へ91cm移動した。それは、総移動量の81.6cmに、略、等しい。また、前もって「広尾の総移動量の限界は、90cm程である。」と仮定できたとすれば、その限界に到達するには、56年[90cm/(1.6cm/年)=56年]を必要とする。従って、「大地震発生は56年後の2008年」と予測できる。しかし、日常生活に有益な大地震発生時期の予知は、「56年~100年後に発生」ではなく、少なくとも「何年何月何日に発生」である。数週間から1年程前に、この大地震の発生時刻の予知を可能にしたのが、[特許文献1]の発明である。この発明は、繰り返し発生している大地震のみならず、地震発生地帯の何処かに今にも発生しそうな大地震の発生時期、震源、マグニチュードの程度の予知を可能としている。従って、大地震の震源、発生時期、マグニチュードからなる3要素を予知する背景技術は、[特許文献1]に開示された予知技術以外に、存在しない。

20

30

【0009】

[特許文献1]の大地震の予知で利用した大地震発生の自然現象を定量化する技術と、その背景技術に、物理法則を導入すると、大地震発生の自然現象をニュートンの運動の第二法則で記述でき、その大地震発生の物理法則を予知に利用できる。しかし、その自然現象は、ランダムに変化するので、現象の変化率を求める微分の使用が、不可能となり、微分を用いた運動の物理法則を、確立できなかった。本願の発明者は、微分をその操作と同等な差分操作に変換する新たな数学的基礎を開発し、差分による大地震発生の自然法則と物理モデルを構築した。従って、[特許文献1]の大地震発生の自然現象を定量化する技術、その背景技術、そして、これら技術に、物理法則を導入するのに必要となる背景技術を、次に述べる。

40

【0010】

[特許文献1]の発明は、「地震発生の变化(地震活動)は、地殻の応力変化を反映し、その変化には、強いランダムノイズに埋もれた弱い周期変動が含まれる。」という自然法則を、大地震の予知に利用した。例えば、ある地域の地震活動を、震源、震源時(地震発生の時刻)の間隔時間、マグニチュードという震源要素の変位時系列で定量化すると、その変

50

位には周期的な弱い変動と、ランダム的な強い変動とが混在する。周期変動の中には、全ての震源要素に略共通な短い周期が存在する。選択した領域の地震活動に依存するが、その周期は、数週間から数年程となる。[特許文献1]の発明は、この短い周期を持った加速度成分を、変位の2次差分値として選択的に抽出し、震源の深さと、発生間隔時間とマグニチュードに作用している3つの加速度成分の振幅と位相関係を用いて、大地震発生の自然現象(予兆の推移)を定量化し、発生時刻、震源、マグニチュードの程度を予知する方法と装置とを提供している。その発明は、地震発生の变化(地震活動)の定量化を、次の様に実施している。

【0011】

地震は様々な揺れ(地震波)を発生させる。[非特許文献3]によると、その地震波を、気象庁、防災科学技術科学研究所、大学、各自治体等が、日本各地に設置してある地震計のネットワークから検出し、解析して、地震の発生時刻、地震の地理的な発生個所(緯度、経度、深さ)、地震の大きさを示すマグニチュードMからなる地震の震源要素に数値化する。さらに地震は、断層の破壊すべり運動なので、その運動を、運動のメカニズムを記述する発震機構解から、断層面の向きやすべり方向を断層節面とその走行(R)と傾斜角(DEC)で記述し、地面の揺れの初動が立下る複数の観測点から断層面に働く主圧力の軸の方向(P軸)を決定し、逆に初動が立ち上がる複数の観測点から断層面にかかる主張力の軸をP軸に直行するT軸として決定し、P軸とT軸の方向をその方位角と鉛直角とで記述する。又、断層面を推測するためにP軸とT軸との中間に(それぞれに45度の角度で)2つの面、節面1(N1)と節面2(N2)を構成する。N1かN2かの一つの面が断層面となる。地震の破壊メカニズム要素を、N1とN2とが地表面と接する線上の走行(R)と傾斜角(DEC)、P軸(PA)とT軸(TA)の方位角(DIR)と鉛直角(VER)を用いて、次の8個のパラメータ、N1-R、N1-DEC、N2-R2、N2-DEC2、PA-DIR、PA-VER、TA-DIR、TA-VERとして数値化する。又、断層のすべり角(λ)を用い、各節面のN1-R、N1-DEC、N2-R2、N2-DEC2、N1- λ 、N2- λ 2を6つの断層パラメータとして数値化する。

【0012】

気象庁は、上述の公的な機関から提供される地震波の一括管理と解析を行い、先の数値データを、気象庁一元化処理震源要素のカatalogとして公開している。2003年6月3日から、このCatalogは、防災科学技術研究所のホームページで2日遅れの震源情報として公開されている。記録された地震波も公開されているので、利用者が、これらパラメータを再解析する事も可能となっている。地震計もパソコンの周辺機器として安価に制作できるので、各家庭に設置する事も可能である。各家庭に設置した地震計は、交通による振動等の環境ノイズを受けやすいが、[特許文献1]の解析に必要とするのは、微小地震ではなくマグニチュードMが略3以上の有感地震なので、各地震計をインターネットで結び、地震検出ネットワークを構築し、研究機関で開発された汎用ソフトウェアを用い、上記震源パラメータをリアルタイムで得ることも可能になる。この様にして得た地震の震源要素や、破壊メカニズム要素を用いて地震活動を定量化(数値化)できるので、その時間的推移が、何故、変位(位置)、速度、加速度の基本的な物理量で、記述できるかを、説明する。

【0013】

例えば、北緯32度~36度、東経131.5度~136.5度で囲まれた中国・四国・近畿地方を、対象領域として選択する。気象庁一元化Catalogと気象庁Catalogから、その小さな領域内に発生した地震で、深発地震を除き、マグニチュード(M)が、 $M \geq M_c$ ($M_c=3.5$)で選択される地震のみ抽出する。そして、これら地震の震源(緯度-LAT、経度-LON、深さ-DEP)を、地震が発生した順に辿り、その領域(3次元空間)に痕跡(軌跡)を描く。[図2]にその3次元空間を表示する。x軸を「LAT」、y軸を「LON」、z軸を「DEP」とすると、x-y平面が、地表面となり、z軸が、地殻の深さとなる。地殻内の星印が、発生した地震で、星印を連結した折れ線(矢印の連結)が、地震が描いた軌跡となる。星印の大小は、地震のMの大小を表す。地殻の応力変化が起こすこれら地震の発生(星印)を、仮想粒子の出現とみなすと、この軌跡は、仮想粒子が出現する度、その粒子の位置を直線で連結した軌跡となる。それは、丁度、液体中に浮遊している粒子が、ブラウン運動して描くジグザグした軌跡

10

20

30

40

50

のようになる。浮遊粒子の運動軌跡は、所定の等間隔時間で、運動している粒子の位置を観測し、その位置を直線で連結して得る。地震発生の場合、震源時(地震の発生時刻)が、仮想粒子を観測した時刻 t となるが、その観測時刻 t と粒子の出現順番を示す整数値 j との関係は一意的なので、整数値 j を観測時刻とする。[図2]の「x-y-z空間」に、その出現時刻の一例を、0、1、2、 $\dots$ として、発生した地震(星印)の横に、付記してある。その仮想粒子の観測値は、3次元空間の位置情報に、応力変化の情報とマグニチュードとを加える事ができる。マグニチュードは、MAGもしくは M と定義する。応力変化は、後述する様に、地震の発生時刻の差である発生間隔時間(INT)に出現すると仮定できるので、INTをその応力変化の観測値とする。これら観測値が、(LAT、LON、DEP、INT、MAG)からなる5つの震源要素となる。従って、仮想粒子の運動は、3次元から5次元へと拡張した観測空間で記述できる。観測空間の次元数は、更に、追加できる。例えば、地震の発生は断層の破壊運動なので、断層面の向き、傾き、すべり方向等の地震の破壊メカニズム要素も観測値に加える事ができる。この様に拡張した空間に描いた軌跡の各座標軸成分が、地震の各要素の時系列データとなり、地震の発生順番を示す整数値 j が、各時系列に共通な時間となる。整数値の j を時間とする事は、自然科学、工学等における情報や現象を時系列化する際、古くから頻繁に用いられている概念である。従って、時刻 t で発生した地震が観測空間に描く軌跡は、時刻 j で観測された仮想粒子が、その観測空間に描く運動軌跡と同等に取り扱う事ができるので、その粒子運動の位置、速度、加速度を用いて、地震の発生の变化を記述できる。この時系列化の背景技術と作成の仕方を、LAT、LON、DEP、INT、MAGからなる震源要素パラメータを用いて、次に述べる。

【0014】

抽出した3つの継続した地震の震源情報が、地震の発生時刻である震源時(YYYY/MM/DD:mm:ss.ss)、震源地の緯度(LAT)、経度(LON)、震源の深さ(DEP)、マグニチュード(MAG)として、次のように与えられたとする。

0番目(最初)の地震が、

(震源時 = 1983/01/06 09:35:47.50、LAT = 北緯34.453度、LON = 東経132.607度、DEP = 27.0 km、MAG = 3.5)、

1番目の地震が、

(震源時 = 1983/01/08 10:36:54.60、LAT = 北緯33.817度、LON = 東経131.843度、DEP = 83.0 km、MAG = 4.0)、

2番目の地震が、

(震源時 = 1983/01/17 12:19:49.10、LAT = 北緯33.468度、LON = 東経132.448度、DEP = 48.0 km、MAG = 4.1)

であったとする。

【0015】

これら3つの地震の各震源要素(LAT、LON、DEP、INT、MAG)を使用した時系列データの作成は、それぞれの単位を、LATとLONが度、DEPがkm、INTが時間(60分)とすると、次の様になる。

0番目 = (LAT = 34.453、LON = 132.607、DEP = 27.0、INT = X、MAG = 3.5)、

1番目 = (LAT = 33.817、LON = 131.843、DEP = 83.0、INT = 49.0186、MAG = 4.0)、

2番目 = (LAT = 33.468、LON = 132.448、DEP = 48.0、INT = 217.7151、MAG = 4.1)

となる。0番目のINT = Xは、その前の地震情報がないので震源時(発生時刻)の差である間隔時間INTが算出できない事を意味する。従って、1番目が時系列データの始まりとなる。この様に作成する時系列の表記方法を次に述べる。

【0016】

時系列にする各震源要素を任意パラメータ c で表記し、時系列の時間 t を地震の発生順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$)とし、各震源要素の時系列を、 $[c] = [c(1), c(2), c(3), \dots, c(m), \dots]$ とする。例えば、各時系列 $[c]$ は、震源要素 c を、LATとすると、

$[LAT] = [LAT(1) = 33.817, LAT(2) = 33.468, \dots]$ 、

LONとすると

[LON] = [LON(1) = 131.843、LON(2) = 132.448、・・・]、

DEPとすると、

[DEP] = [DEP(1) = 83.0、DEP(2) = 48.0、・・・]、

INTとすると、

[INT] = [INT(1) = 49.0186、INT(2) = 217.7151、・・・]、

MAGとすると、

[MAG] = [MAG(1) = 4.0、MAG(2) = 4.1、・・・]、

と表記される。地震の発生順序を示すインデックス j の 1、2、・・・が各時系列の時間 t となる。従って、5次元空間(LAT、LON、DEP、INT、MAG)に描かれた地震発生の軌跡の時刻 t の各座標軸成分は、LAT(t)、LON(t)、INT(t)、DEP(t)、MAG(t)となる。これら各成分で定められた位置ベクトルは、抽出する地震を選択するために設定した各しきい値、もしくは所定の各基準値からの変位ベクトルともみなす事ができる。従って、仮想粒子の運動が描く軌跡の時刻 $t(t = j)$ における各位置成分は、変位成分と同等に取り扱えるので、成分 c がLATであれば、その変位 $D(c, t)$ を、 $D(LAT, t)$ と表記するが、位置ベクトルのLAT成分のLAT(t)と同等である。これら震源要素 c の時系列[c]を、次の[数1]で表記する。

【0017】

【数1】

$[c] = [d(c,1), d(c,2), d(c,3), \dots, d(c,m), \dots]$

【0018】

また、後述する粒子の各速度と各加速度成分をそれぞれ、 $V(c, t)$ と $A(c, t)$ と表記する。例えば、成分 c がLATであれば、 $V(LAT, t)$ 、 $A(LAT, t)$ と表記する。従って、地震活動は、粒子運動と同様に、粒子の位置(変位)、速度、加速度と言う基本的な物理量を用いて記述できる。ただし、時間 t は、地震の発生順序を示す配列インデックス j で、それは、地震1個の発生を1イベントとするとイベント数でもある。変位 $D(c, t)$ は時間 t の離散データとなる。

【0019】

次に、[数1]の各時系列で定量化された地震活動の時間的な推移から大地震の発生に至る過程に出現する周期性を抽出する。この周期が、予知に利用する時間的な尺度となる。つまり、周期が予知に利用する時計のタイムベース(尺度)となる。更に、[数1]の各時系列から、その周期(尺度)を持った変位、速度、加速度成分を抽出する。そして、大地震に至る地震活動の推移を、加速度成分で定量化する。この予知に利用する周期は、一見ランダムに見受けられる複雑な自然現象に埋もれている。[特許文献1]の開示例にあるように、その周期に対応する周波数は、中国・四国・近畿領域の地震活動を、[数1]で表記した5つの時系列のスペクトル分布に、略共通したスペクトルピーク付近に観察される。ただし、地震活動の推移は、台風の発生やその移動、雲の発生やその移動等に見られる気象変動の様な非線形現象(カオス現象)である。従って、スペクトルピークは、分光学的な線形現象を特徴づける鋭い一本のスペクトルピークではなく、一見複雑に見えるスペクトル群(連続した凹凸)に、各要素の時系列に共通した小さなピークとして、周期が60~70イベントに相当する周波数付近に存在する。つまり、周期は、60~70イベント付近の範囲で変動している。例えば、[特許文献1]の開示例のスペクトルのグラフ(図6)の震源要素LONのピークは、その共通したピークの箇所で分割され両側に2つのピークを持つ。これは[数1]の時系列[LAT]より、時系列[LON]の方が、より複雑に変動している事に起因する。時系列[LON]が、より複雑に変動する理由は、中国・四国・近畿地方に於けるフィリピン海プレートとユーラシアプレート(大陸プレート)の地理的配置に起因する。この地方に生じた地震で、マグニチュードが3.0以上、深さが300km以内の震源分布のグラフ([特許文献1]の図2、図3、図4で、後述の[図29]、[図30]、[図31]に相当する)から、地震の発生の痕跡を経度(LON)側から見ると、上側の大陸プレートの下側に潜り込むフィリピン海プレートは、上下が重なり合うように東経131.5度~136.5度に広がっている事が判明する。一方、

10

20

30

40

50

緯度(LAT)側から見ると、北緯32度～36度の南側にフィリッピン海プレート、北側に、大陸プレートと分離している。従って、それらプレート境界付近で発生した地震が描く軌跡の経度(LON)成分は、緯度(LAT)成分と比較すると大きく変化する場合がある。例えば、地震の発生が京都付近から山口付近へと移動すると、それら地震が描く軌跡は、軌跡の緯度(LAT)成分の変化は小さいが、経度(LON)成分の変化は大きくなる。その様な地震の発生の繰り返し、軌跡のLON成分の変動をより複雑にする。

【0020】

この様な時系列のスペクトル解析から得た、略、60～70イベントを中心とした周期的な変動のグループが、中国・四国・近畿地方における地震予知の時間的な尺度となる。地震活動が異なる他の領域を選択すれば、この尺度の大きさも異なる。この60～70イベントと言う時間の尺度は、平均的な実時間にも変換できる。例えば、「地震が1個(1イベント)発生するのに平均的に7日かかる。」とすると、略420～490日に相当する。又、地震の発生時刻と次の地震の発生時刻との差のINTを70個累積加算した時系列の周期的な変動は、略300～400イベントと観測されるので、実時間に変換すると略6～8年となる。ただし、1995年の兵庫県南部地震、1997年の山口県東部地震、2000年の鳥取県西部地震後の期間においては、余震のため、周期的な変動は、略2～3年に短縮されている。

【0021】

この様な時間的な尺度は、[非特許文献5]、[非特許文献6]、[非特許文献7]等に報告されている様に、地震を作り出す地殻構造の時間的な変化を、コーダ波で観測すると、必然的に存在している。コーダ波とは、地震波の後部に属する波である。例えば、地震観測所から10km程離れた震源地で発生したM3.6の地震を観測していたとする。この時、P波、S波が過ぎ去った後でも、観測所付近の地面は、しばらくの間、減衰しながら揺れ続ける。この揺れは、その地震のS波が地殻にある多くの不均質物質により散乱された集りからなる。揺れの減衰率を表すパラメータ(コーダ Q^{-1})は、地殻の不均質物質の密度に比例する。地殻に存在する不均質物質の密度の時間的な変化は、その変化に比例した応力変化をもたらし、周辺の断層に地震を発生させると考えられる。従って、[非特許文献5]、[非特許文献6]、[非特許文献7]は、コーダ Q^{-1} を用いた地殻構造の時間的な変化(Q^{-1} の時系列)の観測から、「地殻構造を形成する固有な長さを持った不均質物質の数は、数年から10年程の周期で時間的な変化をし、不均質物質は、岩石圏の延性部分(Ductile)に存在し、それら不均質物質のクリープ破壊による応力変化が、近接する脆性部分(Brittle)に、不均質物質の固有な長さに相当する断層の長さを持った固有な地震を不均質物質の数に比例した数だけ発生させている。」としている。

【0022】

[非特許文献5]によると、岩石圏の延性部分(Ductile)と脆性部分(Brittle)の遷移領域で、プレートの運動により延性部分から脆性部分へ、応力が加えられと、空間的に、略、数百メートルと1キロメートルからなる固有な断層の長さを持った地震が作り出される。それら、地震のマグニチュードは、略3と4であり、米国のカリフォルニア州に選択したサンフランシスコ付近(Mt. Hamiltonにある観測所を中心とした半径が略120kmの領域内)のMAG=4～4.5とロスアンゼルス付近(Riversideにある観測所を中心とした半径が略120kmの領域内)のMAG=3～3.5からなる2つの固有な地震活動の50年余りにわたる時系列(2つのMAG時系列の時間軸には、実時間を使用)は、コーダ波の減衰率(Q^{-1})の時系列と、略、同位相を取りながら変動する。コーダ波の減衰率の時系列は、地震を発生させる延性部分と脆性部分の遷移領域付近に蓄積された応力の周期的な変動を反映し、振幅の変動値は、略、0.1MPaと見積もられている。この応力の変動が、先の3～3.5と4～4.5とからなる固有なマグニチュードを持った地震を、発生させている事になり、地震の発生の变化には、周期的な変動が必然的に存在している。従って、マグニチュードが略3～4以上の地震を選択しても、それら全体の地震活動に、その周期的な変動が含まれ、その周期が、[特許文献1]で利用した予知の時間の尺度になっていた。また、[非特許文献6]と[非特許文献7]は、その空間と時間的に固有な尺度が、地震予知にも利用できる事を報告している。

【0023】

[非特許文献6]と[非特許文献7]によると、大地震が発生しない時は、2種類の固有な地震活動の時系列とコーダ波の減衰率(Q^{-1})の時系列とは、それぞれが、同位相にある。マグニチュードが略7以上の大地震発生2年程前から、 Q^{-1} は、位相が遅れ始め、1年程前には、その周期的な変動のピークの遅れが最大となる。つまり、大地震が発生しない通常な状態では、プレートの運動により延性部分から脆性部分へ、応力が加えられ、延性部分と脆性部分の遷移領域で、マグニチュードが略3と4からなる2種類の固有な地震が作られている。しかし、大地震発生2年程前から、それら固有地震は、遷移領域に加え、脆性部分でも作られ始められ、固有地震の時系列の振幅値が、脆性部分で発生する固有地震の個数だけ増加し始める。この増加により、 Q^{-1} の時系列が固有地震の時系列に比べ遅れ始める。固有地震が、地殻の脆性部分でも作られ始められた事は、脆性部分が通常とは異なる状態(臨界状態)に達した事を示唆し、 Q^{-1} の時系列の遅れが、大地震発生の予兆となる。従って、「その遅れの検出から2年程後に、コーダ波の観測地点から半径が、略120kmの領域内で、大地震が発生する。」とする大地震の予知が、可能となる。

【0024】

地震の発生の变化に必然的に存在している周期的な変動を見つけるための手段、方法、装置が、[特許文献1]と[非特許文献4]とに示してある。それら文献によると、例えば、[数1]の震源要素 $D(c, m)$ からなる時系列に出現するランダム的な変動を、平滑するために、所定の個数(w 個)で移動平均する。時間 t の移動平均値を $\Sigma D(c, m)$ と表記し、所定の間隔(s)での1次差分値、2次差分値を、それぞれ、速度 $V(c, t)$ 、加速度 $A(c, t)$ に比例した量とする。移動平均操作(Σ)は、 w 個の加算でローパスフィルター機能を設定する。差分操作は、差分を取る間隔 s 個でハイパスフィルター機能を設定する。従って、加算と差分操作によって得た速度 $V(c, t)$ と加速度 $A(c, t)$ は、変位 $D(c, m)$ をバンドパスフィルターした量に比例する。例えば、 $\Sigma D(c, m)$ から間隔 s の2次差分で得た加速度 $A(c, t)$ は、 $\Sigma D(c, m)$ から略2sの周期成分のみ選択的に抽出するのみならず、その周期成分を作り出している力に比例する量を抽出する事になる。従って、大地震を発生させる応力変化の関係を、周期変動する予兆として抽出する事ができる。実際、上記で選択した中国・四国・近畿領域の1984年以降から1995年兵庫県南部地震以前の各時系列のスペクトルに観察される、略、60~70イベントからなる周期変動は、移動平均個数を、 $w=20 \sim 25$ 、差分間隔を、 $s=30 \sim 35$ として得る事ができる。この $w=20 \sim 25$ と $s=30 \sim 35$ を用いて抽出した各加速度、 $A(LAT, t)$ 、 $A(LON, t)$ 、 $A(DEP, t)$ 、 $A(INT, t)$ 、 $A(MAG, t)$ は、略、60~70の周期を持って変動している。この時、 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ と $A(MAG, t)$ との振幅値と位相の変化には、大地震発生の数ヶ月~1年程前に、次に述べる2種類の特別な変化(予兆)が、出現する。

【0025】

大地震発生の2種類の予兆は、M7.2の兵庫県南部地震(1995-1-17)と、M7.2の鳥取県西部地震(2000-10-06)に関するものである。兵庫県南部地震の予兆を、神戸の臨界静穏と定義し、CQK (Critical Quiescence for Kobe)と呼んでいる。一方、鳥取県西部地震の予兆を、鳥取の臨界静穏と定義しCQT (Critical Quiescence for Tottori)と呼んでいる。時間 t を横軸に、加速度を縦軸に取り、 $A(INT, t)$ を実線、 $A(DEP, t)$ を破線、 $A(MAG, t)$ を実線として、それら加速度の周期変動の様子を[図3]に描く。ただし縦軸は、上側がマイナス(負)、下側がプラス(正)領域となる。先ず、CQKは、略、2sの周期で変動していた加速度 $A(DEP, t)$ の周期が、時刻 $ta0$ 付近から、 $A(INT, t)$ の周期より長くなり始める。そして、時刻 $ta1$ で、 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ とが逆位相となり反転が生じる。反転時、 $A(INT, t)$ は、正の方向(INT を増加させる方向)に振幅のピーク値、 $A(DEP, t)$ は、負の方向(DEP を減少させる方向)に振幅のピーク値を取り、 $A(MAG, t)$ は、負の方向(マグニチュードを減少させる方向)に振幅のピーク値を取る。このCQKの大地震発生の時刻は、 t 軸上へ記した上向きの破線矢印の箇所、 $A(INT, t)$ が、半周期後に、反転し、振幅の逆のピークに到達した時刻 $ta2$ である。次に、CQTも、略、2sの周期で変動していた加速度 $A(INT, t)$ の周期が、時刻 $ta0$ 付近から、先のCQKとは逆に、 $A(INT, t)$ の周期より長くなり始め、時刻 $ta1$ で、 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ とが逆位相となり反転が生じる。反転時、 $A(INT, t)$ は、負の方向(INT を減少させる方向)に振幅のピーク値、 $A(DEP, t)$ は、正の方向(DEP を増加させる方向)に振幅のピーク値を取

り、 $A(MAG, t)$ は、先のCQKと同様に、負の方向(マグニチュードを減少させる方向)に振幅のピーク値を取る。このCQTの大地震が発生するのは、 t 軸上へ記した上向き破線矢印の箇所で、 $A(INT, t)$ の振幅のピークが、反転し、逆の振幅のピークに到達した時刻 ta_2 である。略2sからなる短い固有な周期(時間的な尺度)を持った2種類の $A(INT, t)$ と $A(DEP, t)$ と $A(MAG, t)$ との振幅及び位相関係が、大地震発生の時刻を定量化する。これら発生時刻は、配列インデックス(地震の発生個数つまりイベント数)の t なので、 t と平均的な地震の発生間隔時間との積が、実時間となる。従って、上記、大地震発生の2種類のCQKとCQTの予兆(自然法則)は、2種類の大地震の予知に利用できる。

【0026】

先に選択した中国・四国・近畿地方の領域では、これら2つの大地震以外に、M6.6の山口県東部地震(1997-6-25)が発生している。この大地震の予兆タイプはCQTである。他の日本の領域で発生したすべての大地震(マグニチュード M が略6以上)の予兆はCQKかCQTである。例えば、2003年に発生したM8の十勝沖地震(2003-9-26)は、[非特許文献4]によると、CQTである。また、これらCQKとCQTの地理的分布は、[非特許文献8]に掲載されている、日本列島のコーダQマップ(コーダ波で1~2 Hzの周期を持った成分の減衰を表すパラメータ Q の分布図)において、コーダ波の減衰率の小さい地域にCQK、大きい地域にCQTが分布している。この様に、コーダ波の減衰率により、大地震の予兆が2種類に分類されるという観測事実は、「大地震発生の予兆は、2種類しか存在しない。」事を示唆している。つまり、予兆が出現しない状態では、プレート運動により延性部分から脆性部分へ、応力が加えられると、コーダ波の減衰率の大小で区別される $MAG=3 \sim 3.5$ と $MAG=4 \sim 4.5$ からなる2つの固有な地震が作られる。しかし、大地震発生前の予兆が出現した状態では、これら固有地震が、地殻の脆性部分でも作られ始め、地殻は大地震発生直前の臨界状態となる。従って、これら2つのグループの固有地震が、大地震発生と、大地震発生直前の2種類の臨界状態(予兆)の形成に、強く関与している。

【0027】

大地震発生の自然法則を利用した震源時(発生時刻)の予知は、[図3]の $A(INT, t)$ の振幅ピークが時刻 ta_1 から半周期後に反転したピークに到達する時刻 ta_2 を大地震の発生時刻とする。従って、 $A(INT, t)$ の半周期の時間を $ta_1 - ta_0$ とし、時刻 ta_1 以降、震源時 ta_2 を予知する。時間 t は、配列インデックス(イベント数つまり地震の発生個数)なので、先ず、「M3.5以上の地震が、後、何個発生したら $A(INT, t)$ の反転ピークに到達するか」で、略、 ± 1 の発生個数精度で予測し、次に、平均的な地震の発生間隔時間を用い実時間に変換する。

【0028】

例えば、[特許文献1]の発明を実施した[非特許文献4]によると、上記、2003年十勝沖地震に関する予知検証テストにおいて(既に発生していた2003年十勝沖地震の時系列データを使用した予知検証テストにおいて)、先に、指摘した56年から100年周期に基づいた予知における、-6年から-50年程の予知誤差(誤差 = 実際の値 - 予知した値)を、略、+1日に抑える事が可能となっている。更に、その十勝沖地震後、唯一、M6クラスの地震が、2004年5月30日5時56分に、発生した。それは、M6.7の房総半島沖地震であった。選択領域は、北緯34度~38度、東経136.5度~142度で囲まれた関東地方の領域で、この地震の予知に成功している。[非特許文献4]にあるように、それは、大地震の発生16日前に予知した発生時刻が、2004年5月30日16時48分であった。時、分への換算は、平均的な地震の発生間隔時間を、小数点以下4桁までを換算した事による。

【0029】

任意に選択した領域内の震源の予知は、ランダム的な変動を上述の移動平均で平滑した、 $\Sigma D(LAT, m)$ と $\Sigma D(LON, m)$ と $\Sigma D(DEP, m)$ とを、予兆検出後から予測発生時刻まで線形補間して得る。実際の震源と予知した震源との差(誤差 = 実際の値 - 予知した値)は、時系列の予兆検出直後の線形性にも依存するが、[非特許文献4]によると、十勝沖地震の場合、震源地に関しては、略、 ± 0.5 度、震源の深さに関しては、+20 km程となっている。M6.7房総半島沖地震の場合、震源地に関しては、略、+0.2度、震源の深さに関しては、-10 km程となっている。

10

20

30

40

50

【0030】

この様な予知誤差は、次の、物理法則に起因する。選択した領域の地震現象は、暗に、閉じた系と仮定しているが、プレート運動を介した開いた系である。従って、領域の境界付近の地震を連結する軌跡(時系列)には、その隣接領域の影響が顕著に出現し、これらの影響が予知誤差の主因となる。地震の発生を上記仮想粒子の出現と置き換えると、その影響とは、次の様なケースに起因する場合も含まれる。例えば、隣接領域から粒子が、対象領域に侵入し、しばらく境界内に留まり、そして境界外に消えていくケースである。この間、領域内の粒子も出現する。なお、領域外からの粒子とは、領域外の応力変化により領域内で発生した地震を指し、領域外の応力変化の影響を大きく受けた地震である。また、領域内の粒子とは、主に領域内の 応力変化により発生した地震を指し、領域外の応力変化の影響を殆んど受けていない。この様な領域内外の粒子の区別は不可能なので、2種類の粒子が入り乱れる運動軌跡は複雑になり、領域内の粒子の運動軌跡とは大きく異なる可能性が出現する。この原因による予知誤差を、少なくするには、地震活動の現象を把握した適切な選択領域を使用し、それら選択領域をオーバーラップさせる事で、改善できる。しかし、プレート運動の影響を広範囲に受けている領域では、選択領域をオーバーラップさせても改善できない場合もある。その様な領域は、例えば、太平洋プレートが、大陸プレート下に沈み込んでいる東日本の500km余りの東側沿岸やその太平洋沖である。この場合、太平洋プレートと大陸プレートとの固着 領域が、太平洋プレートの相対運動により、大陸プレート上に位置する東日本の地殻をゆっくりと変形し続ける。従って、応力が、2つのプレート境界とプレート内部に蓄積されていく。この蓄積により、東日本やその太平洋沖等の海域では、内陸地震、プレート境界付近の地震、太平洋プレート内のスラブ地震等、異質な地震が入り乱れて発生する。従って、狭い領域は、閉じた系と見做すことはできない。しかし、前述した[非特許文献6]の大地震発生直前の地殻の臨界状態検出の概念に基づくと、巨大地震が発生する場合も、固着域により変形を受けている東日本の地殻変動やその変形領域のみの地震活動の推移を観測する事により、巨大地震発生前の変形領域の臨界状態を検出できる。

10

20

【0031】

大地震の予兆CQKかCQTを検出できない例も、[特許文献1]で指摘されている。中国・四国・近畿地方の領域では、兵庫県北部の群発地震(2001-1-12)と、その71日後に発生したM6.7の安芸灘(芸予)地震(2001-3-23)とが、連動しており、群発地震直後に発生した大地震の予兆は、この選択領域では検出できていない。同様な連動は、兵庫県南部の群発地震(1984-5-30)と、その69日後に発生したM7.1の日向灘沖地震(1984-8-7)である。

30

【0032】

これら、連動には、鳥取県西部地震と、M6.3の三朝地震(1983-10-31)とが、それぞれ先行し、[非特許文献9]によると、鳥取県西部地震の前後には、その震源付近直下で流体に関係した予兆的な地震活動も報告されている。また、[非特許文献10]によると、この地域特有な水に係した微動、スロースリップ等の新しい地震現象も多く発見されている。従って、連動には、これら先行した大地震が関与している事は明白で、安芸灘地震等、群発地震後にスラブ内で発生する地震予知には、連動のメカニズムの解明が欠かせない。

【0033】

[特許文献1]で大地震の予兆として利用した大地震発生の自然法則は、略、周期変動している $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{MAG}, t)$ とが作り出す2種類の振幅と位相関係で記述された。地震発生の変化は、その発生毎に観察される仮想粒子の運動とみなせるので、その運動を、ニュートンの運動の第二法則(物理法則)で記述できれば、上記大地震発生の自然法則を第二法則で再記述できる。従って、大地震の発生の物理モデルを確立でき、大地震の予知をより正確に実施できる。このニュートンの第二法則(運動の微分方程式)に基づく物理モデルを確立するには、粒子の運動軌跡が、[数1]で記述される時、粒子に作用する力は、先ず、 $D(c, t)$ の時間 t に関する一次微分(一次の変化率)で与えられる粒子の速度 $V(c, t)$ を求め、そして速度の一次微分である加速度 $A(c, t)$ を求めなければならない。しかし、仮想粒子が描く運動の軌跡は、ブラウン運動の様なジグザグ軌跡となり、各成分 $D(c, t)$ のジグザ

40

50

グ箇所で、時間微分が不可能となる。従って、時間微分の代わりに差分を用いた変化率を求めなければならない。この時、運動の第二法則を確立するには、微分操作の持つ物理的性質を正しく反映する差分操作を必要とする。この新たな差分操作は、本願の発明者により確立されたので、その物理的性質と数学的な基本技術とを述べる。

【 0 0 3 4 】

粒子運動を記述する微分方程式が持つ物理的性質を説明するために、質量Maの粒子の1次元の調和振動を取り上げる。平衡点(基準位置)からの時刻tの変位D(t)は、微分可能なので、時刻tの1次微分、2次微分を、数学や物理の教科書に倣い、それぞれ[数2]の速度V(t)、[数3]の加速度A(t)と定義する。

【 0 0 3 5 】

【数2】

$$V(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{D(t + \Delta t) - D(t)}{\Delta t} = \frac{dD(t)}{dt}$$

【数3】

$$\begin{aligned} A(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V(t + \Delta t) - V(t)}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{[D(t + 2\Delta t) - D(t + \Delta t)] - [D(t + \Delta t) - D(t)]}{\Delta t^2} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{D(t + 2\Delta t) - 2D(t + \Delta t) + D(t)}{\Delta t^2} \\ &= \frac{dV(t)}{dt} = \frac{d^2 D(t)}{dt^2} \end{aligned}$$

【 0 0 3 6 】

この時、ニュートンの運動の第二法則(振動の運動方程式)は、質量Maの粒子に作用する弾性常数をKとすると、次の[数4]で与えられる。

【 0 0 3 7 】

【数4】

$$\begin{aligned} F(t) &= Ma \frac{dV(t)}{dt} = Ma A(t) \\ &= Ma \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{D(t + 2\Delta t) - 2D(t + \Delta t) + D(t)}{\Delta t^2} \\ &= Ma \frac{d^2 D(t)}{dt^2} = -KD(t) \end{aligned}$$

【 0 0 3 8 】

粒子運動の変位D(t)の瞬時変化率を記述する時間微分操作は、時間の方向を反転すると、反転に関し、非対称となる。[数2]に於いて、時間tの正の微少量を表すパラメータΔt(時間の増減方向の反転に係わらず常に正の微少量)をゼロとして得る1次微分操作のd/dtは、その変化率を得る時間の増減方向を反転させると、即ち、tの方向(増加が正、減少が負)を反転(tを-t)させると、d/d(-t) = -d/dtとなり、符号を反転させるので時間反転に対し非対称となる。一方、[数3]と[数4]のΔtをゼロとして得る2次微分操作、d²/dt²、は、時間tを-tとしても、d/d(-t)(d/d(-t)) = d²/dt²と符号を反転させない。つまり、時間反転に対し対称となる。また、[数4]が記述する周期振動方程式の一般解D(t)は、次の[数5]で与えられる。

【 0 0 3 9 】

【 数 5 】

$$D(t) = Da \cos(2\pi ft + \phi)$$

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{Ma}}$$

【 0 0 4 0 】

ここで、Daは振動の振幅値、fは固有振動数、φは振動の初期条件で定まる位相角で、時刻t=0でφ=0とすると、[数5]は $D(t) = Da \cos(2\pi ft)$ となり、時間の偶関数、 $D(t) = D(-t)$ となる。

10

【 0 0 4 1 】

運動している仮想粒子(地震の発生)の位置 $D(c, t)$ は、ジグザグ箇所では微分不可能なので、[数2]の1次微分、[数3]の2次微分、[数4]で記述されたニュートンの第二法則(微分方程式)を、仮想粒子の運動記述にそのまま適用することはできない。従って、[数2]の1次微分を、有限値Δtを用いた1次差分で、又、[数3]、[数4]で記述された2次微分を、正の有限値Δtを用いた2次差分で近似的に記述しなければならない。この時、これら1次、2次差分操作に、1次、2次微分操作と同様な時間反転に関する物理的性質を持たせなければならない。しかし、[数2]の1次差分、[数3]、[数4]の2次差分に、時刻t=0でφ=0とした[数5]の $D(t) = Da \cos(2\pi ft)$ を代入すると、 $D(t)$ が、偶関数なので、 $D(t) = D(-t)$ となり、次の[数6]、[数7]に示すように、[数2]-[数4]の差分操作は、tを-tとする時間反転の物理的性質を満足しない。なお、[数6]、[数7]の は、tを-tとする時間反転操作をする記号である。

20

【 0 0 4 2 】

【 数 6 】

$$\begin{aligned} [D(t + \Delta t) - D(t)] &\Rightarrow [D(-t + \Delta t) - D(-t)] \\ &= [D(-(t - \Delta t)) - D(-t)] \\ &= [D(t - \Delta t) - D(t)] \\ &= -[D(t) - D(t - \Delta t)] \end{aligned}$$

30

【 数 7 】

$$\begin{aligned} [D(t + 2\Delta t) - 2D(t + \Delta t) + D(t)] &\Rightarrow [D(-t + 2\Delta t) - 2D(-t + \Delta t) + D(-t)] \\ &= [D(t - 2\Delta t) - 2D(t - \Delta t) + D(t)] \\ &= [D(t) - 2D(t - \Delta t) + D(t - 2\Delta t)] \end{aligned}$$

【 0 0 4 3 】

[数6]に表示されるように、[数2]の $[D(t + \Delta t) - D(t)]$ は、時間反転後、 $-[D(t + \Delta t) - D(t)]$ ではなく、 $-[D(t) - D(t - \Delta t)]$ となり、その1次差分操作は、1次微分操作が持つ時間tの非対称性を満足しない。また、[数7]に表示される様に、[数3]、[数4]の $[D(t + 2\Delta t) - 2D(t + \Delta t) + D(t)]$ は、時間反転後、 $[D(t) - 2D(t - \Delta t) + D(t - 2\Delta t)]$ となり、その2次差分操作は、2次微分操作が持つ時間tの対称性を満足していない。従って、微分操作の物理的性質が正しく反映される差分操作は、[数6]、[数7]の差分式の時間を反転する時、次の、[数8]、[数9]の左辺の差分操作に変更されなければならない。なお、tを-tとする時間反転操作は、記号で表示してある。

40

【 0 0 4 4 】

【数 8】

$$\begin{aligned}
 [D(t + \Delta t/2) - D(t - \Delta t/2)] &\Rightarrow [D(-t + \Delta t/2) - D(-t - \Delta t/2)] \\
 &= [D(t - \Delta t/2) - D(t + \Delta t/2)] \\
 &= -[D(t + \Delta t/2) - D(t - \Delta t/2)]
 \end{aligned}$$

【数 9】

$$\begin{aligned}
 [D(t + \Delta t) - 2D(t) + D(t - \Delta t)] &\Rightarrow [D(-t + \Delta t) - 2D(-t) + D(-t - \Delta t)] \\
 &= [D(t - \Delta t) - 2D(t) + D(t + \Delta t)] \\
 &= [D(t + \Delta t) - 2D(t) + D(t - \Delta t)]
 \end{aligned}$$

10

【0045】

[数8]の1次差分式の時間反転は、1次微分の時間反転に対する非対称性(符号を反転させる)を持ち、[数9]の2次差分式の時間反転は、2次微分が持つ時間反転に対する対称性(符号を反転させない)を持つ。D(t)が、時間の偶関数である条件を課し、これら対称の性質を得たが、その条件を課さなくとも、正しい差分式を導出する事ができる。そのために、差分操作関数をDirac (ディラック)のデルタ関数を用いて導出する。

【0046】

デルタ関数 $\delta(t)$ は、時間 t の偶関数で、時間 t を $-t$ とする時間反転に関して $\delta(t) = \delta(-t)$ となる対称な性質を持ち、振幅値は、時刻 $t=0$ で無限大 $(+\infty)$ 、それ以外の時刻でゼロとなるインパルスで、その面積は1となる。従って、幅が Δt 、振幅値(高さ)が $1/\Delta t$ 、幅の中心が、時刻 $t=0$ となる方形波の幅、 Δt をゼロに限りなく近づける事で、上記性質を持つデルタ関数 $\delta(t)$ を得る事ができる。この方形波を $S(t)$ と表記し、Heaviside(ヘビサイド)のユニットステップ関数 $\eta(t)$ を用いて構成する。関数 $\eta(t)$ は、正の振幅値が、 $\eta(t)=1(t>0)$ 、 $\eta(t)=0(t<0)$ とし、関数 $-\eta(t)$ は、負の振幅値が、 $-\eta(t)=-1(t>0)$ 、 $-\eta(t)=0(t<0)$ と定義する。これら2つの関数、 $+$ と $-$ の $\eta(t)$ を用いて、 $S(t)$ が時間 t の偶関数で面積が1となる様に構成する。例えば、 $S(t)$ の幅が Δt 、高さが、 $[-1/(2\Delta t) \quad t \quad +1/(2\Delta t)]$ の区間で $1/\Delta t$ 、その区間で0となる様に構成する。この $S(t)$ の幅と高さは、その面積を1に保てば、任意に変更できる。微分操作が正しく反映される差分操作に3種類の幅と高さを用いた $S(t)$ を使用するの、先ず、[数10]に記述する $S(t)$ を $S_a(t)$ と定義する。この $S_a(t)$ の Δt をゼロに限りなく近づけて得たデルタ関数を、 $\delta_a(t)$ と[数11]で定義する。従って、 $\delta_a(t)$ は、時刻 $t=0$ で、無限大 $(+\infty)$ となるインパルスである。

20

30

【0047】

【数10】

$$S_a(t) = [\eta(t + \Delta t/2) - \eta(t - \Delta t/2)] / \Delta t$$

【数11】

$$\delta_a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} S_a(t)$$

【0048】

40

[数10]の $S_a(t)$ 、[数11]の $\delta_a(t)$ と[数10]の $S_a(t)$ とを用いて、変位 $D(t)$ を、時刻 $t=0$ の変位 $D(0)$ として、[数12]、[数13]に、再定義する。

【0049】

【数12】

$$D(0) = \int_{-\infty}^{+\infty} D(t) \delta_a(t) dt$$

【数13】

$$D(0) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \int_{-\infty}^{+\infty} D(t) S_a(t) dt$$

【0050】

50

容易に確認できるように、[数10]の $Sa(t)$ は、 t を $-t$ とする時間反転に対し不変(対称)となり、時間 t の偶関数となる。又、 $Sa(t)$ の波形は、[図4]に、 $DDW(t)$ とも、表記され、横軸が時間軸 t 、幅が Δt 、高さが $1/\Delta t$ の方形波である。[図4]からも確認できる様に、 $Sa(t)$ は、原点 $t=0$ に関して対称な波形(偶関数)となり、 Δt をゼロに限りなく近づけると、[数11]で定義されるデルタ関数 $\delta a(t)$ となり、 $\delta a(t)$ は、時刻 $t=0$ で、偶関数となる。デルタ関数 $\delta a(t)$ と $Sa(t)$ は、 t を $t-\tau$ とすると、任意時刻 τ で偶関数になるので、その時刻 τ の変位 $D(\tau)$ は、次の[数14]で与えられる。

【0051】

【数14】

$$D(\tau) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \int_{-\infty}^{+\infty} D(t) Sa(t-\tau) dt$$

10

【0052】

[数14]において、 Δt の極限を取らなければ、その変位 $D(t)$ と $Sa(t-\tau)$ との相関積分は、時刻 τ を中心とした有限幅 Δt で囲まれた変位 $D(t)$ を加算し、 Δt で割る操作を、時刻 τ の $D(t)$ の時間幅 Δt の平均値として算出する。 $D(t)$ の時刻 τ におけるその平均値を $\langle D(\tau) \rangle$ と表記する。それは、[数15]で、次に与えられる。

【0053】

【数15】

$$\langle D(\tau) \rangle = \int_{-\infty}^{+\infty} D(t) Sa(t-\tau) dt$$

20

【0054】

$Sa(t-\tau)$ は、 $D(t)$ を時間幅 Δt で平均し、その平均値を時刻 τ の $\langle D(\tau) \rangle$ とする関数なので、本願の発明者は、「変位検出ウエーブレット、 $DDW(t-\tau)$ 」と定義する。

【0055】

次に、[数11]の $\delta a(t)$ と[数10]の $Sa(t)$ とを用いて、[数2]の速度 $V(t)$ を、時刻 $t=0$ の速度 $V(0)$ として、[数16]、[数17]に、再定義する。

【0056】

【数16】

$$V(0) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{D(+\Delta t/2) - D(-\Delta t/2)}{\Delta t}$$

30

$$= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) \delta a(t - \Delta t/2) dt - \int_{-\infty}^{+\infty} D(t) \delta a(t + \Delta t/2) dt}{\Delta t}$$

$$= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) [\delta a(t - \Delta t/2) - \delta a(t + \Delta t/2)] dt}{\Delta t}$$

$$= \left. \frac{dD(t)}{dt} \right|_{t=0}$$

【数17】

40

$$V(0) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) [Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)] dt}{\Delta t}$$

$$= \left. \frac{dD(t)}{dt} \right|_{t=0}$$

【0057】

[数17]の $[Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)]$ は、 $Sa(t)$ が時間 t の偶関数、 $Sa(t) = Sa(-t)$ なので、次の[数18]に示されるように時間 t の奇関数となる。なお、 t を $-t$ とする時間反転操作は、記号で表示してある。

50

【 0 0 5 8 】

【 数 1 8 】

$$\begin{aligned}
 [Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)] &\Rightarrow [Sa(-t - \Delta t/2) - Sa(-t + \Delta t/2)] \\
 &= [Sa(t + \Delta t/2) - Sa(t - \Delta t/2)] \\
 &= -[Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)]
 \end{aligned}$$

【 0 0 5 9 】

従って、[数17]と[数18]の $[Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)]$ は、原点 $t=0$ に関して非対称(t の奇関数)となり、[数2]と[数17]の1次微分操作が持つ時間反転の物理法則を正しく継承する1次差分操作となる。また、その1次差分操作の波形は、[図4]に $D1W(t)$ として描かれている。なお、 $D(t)$ の任意時刻 τ の1次微分 $V(\tau)$ は、 $[Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)]$ の t を $t - \tau$ として、次式の[数19]で与えられる。

10

【 0 0 6 0 】

【 数 1 9 】

$$\begin{aligned}
 V(\tau) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) [Sa(t - \tau - \Delta t/2) - Sa(t - \tau + \Delta t/2)] dt}{\Delta t} \\
 &= \left. \frac{dD(t)}{dt} \right|_{t=\tau}
 \end{aligned}$$

20

【 0 0 6 1 】

[数17]において Δt の極限値の0をとらず有限値とすれば、変位 $D(t)$ と $[Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)]$ との相関積分は、 $D(t)$ を有限幅 Δt の $Sa(t - \Delta t/2)$ と $Sa(t + \Delta t/2)$ とで平滑した変位 $D(\Delta t/2)$ と $D(-\Delta t/2)$ との差を Δt で除算し、時刻 $t=0$ の速度 $\langle V(0) \rangle$ とする速度検出機能を持つ。任意時刻 τ の速度 $\langle V(\tau) \rangle$ は、次の[数20]で与えられる。

【 0 0 6 2 】

【 数 2 0 】

$$\langle V(\tau) \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) [Sa(t - \tau - \Delta t/2) - Sa(t - \tau + \Delta t/2)] dt}{\Delta t}$$

30

【 0 0 6 3 】

$[Sa(t - \tau - \Delta t/2) - Sa(t - \tau + \Delta t/2)] / \Delta t$ は、 $\langle D(\tau + \Delta t/2) \rangle$ と $\langle D(\tau - \Delta t/2) \rangle$ の差を Δt で除算し時刻 τ の速度 $\langle V(\tau) \rangle$ とする関数なので、本願の発明者は、「速度検出ウエーブレット、 $VDW(t - \tau)$ 」と定義する。又、 $\langle D(\tau + \Delta t/2) \rangle$ と $\langle D(\tau - \Delta t/2) \rangle$ の差のみ検出する $[Sa(t - \tau - \Delta t/2) - Sa(t - \tau + \Delta t/2)]$ を、「1次差分検出ウエーブレット、 $D1W(t - \tau)$ 」と定義する。

【 0 0 6 4 】

次に、[数11]の $\delta a(t)$ と[数10]の $Sa(t)$ とを用いて、[数3]で定義された時刻 t の加速度 $A(t)$ を、時刻 $t=0$ の加速度 $A(0)$ として、[数21]、[数22]に、再定義する。

【 0 0 6 5 】

40

【数 2 1】

$$\begin{aligned}
A(0) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{V(+\Delta t/2) - V(-\Delta t/2)}{\Delta t} \\
&= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{[D(+\Delta t) - D(0)] - [D(0) - D(-\Delta t)]}{\Delta t^2} \\
&= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{D(+\Delta t) - 2D(0) + D(-\Delta t)}{\Delta t^2} \\
&= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) \delta a(t - \Delta t) dt - 2 \int_{-\infty}^{+\infty} D(t) \delta a(t) + \int_{-\infty}^{+\infty} D(t) \delta a(t + \Delta t) dt}{\Delta t^2} \\
&= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) [\delta a(t - \Delta t) - 2\delta a(t) + \delta a(t + \Delta t)] dt}{\Delta t^2} = \frac{d^2 D(t)}{dt^2} \Big|_{t=0}
\end{aligned}$$

10

【数 2 2】

$$\begin{aligned}
A(0) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) [Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)] dt}{\Delta t^2} \\
&= \frac{d^2 D(t)}{dt^2} \Big|_{t=0}
\end{aligned}$$

20

【0 0 6 6】

[数22]の $[Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)]$ は、 $Sa(t)$ が t の偶関数、 $Sa(t) = Sa(-t)$ なので、次の[数23]に示されるように時間 t の偶関数となる。なお、 t を $-t$ とする時間反転操作は、記号で示してある。

【0 0 6 7】

【数 2 3】

$$\begin{aligned}
[Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)] &\Rightarrow [Sa(-t - \Delta t) - 2Sa(-t) + Sa(-t + \Delta t)] \\
&= [Sa(t + \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t - \Delta t)] \\
&= [Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)]
\end{aligned}$$

30

【0 0 6 8】

従って、[数22]と[数23]の $[Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)]$ は、原点 $t=0$ に関して対称(t の偶関数)となり、[数3]と[数21]の2次微分操作が持つ時間反転の物理的性質を正しく継承する2次差分操作関数となる。また、その2次差分操作の波形は、 $D2W(t)$ と、[図4]に表記されている。任意時刻 τ の $D(t)$ の2次微分は、次式の[数24]で与えられる。

【0 0 6 9】

【数 2 4】

$$\begin{aligned}
A(\tau) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t) [Sa(t - \tau - \Delta t) - 2Sa(t - \tau) + Sa(t - \tau + \Delta t)] dt}{\Delta t^2} \\
&= \frac{d^2 D(t)}{dt^2} \Big|_{t=\tau}
\end{aligned}$$

40

【0 0 7 0】

[数22]の Δt を有限とすれば、変位 $D(t)$ と $[Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)]$ との相関積分を表示するので、幅 Δt で平均された各変位 $\langle D(\Delta t) \rangle$ 、 $\langle D(0) \rangle$ 、 $\langle D(-\Delta t) \rangle$ の2次差分を Δt で2回除算し、その値を、時刻 $t=0$ の加速度 $\langle A(0) \rangle$ とする。任意時刻 τ の加速度 $\langle A(\tau) \rangle$ は、 $[Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)]$ の t を $t - \tau$ として、次式の[数25]で与えられる。

【0 0 7 1】

【数 2 5】

$$\langle A(\tau) \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} D(t) [Sa(t-\tau-\Delta t) - 2Sa(t-\tau) + Sa(t-\tau+\Delta t)] dt}{\Delta t^2}$$

【0 0 7 2】

$[Sa(t-\tau-\Delta t) - 2Sa(t-\tau) + Sa(t-\tau+\Delta t)] / (\Delta t)^2$ は、 $\langle D(\tau+\Delta t) \rangle$ と $\langle D(\tau) \rangle$ 、 $\langle D(\tau-\Delta t) \rangle$ の 2 次差分を Δt で 2 回除算し、時刻 τ の加速度 $\langle A(\tau) \rangle$ とする関数なので、本願の発明者は、「加速度検出ウエーブレット-ADW($t-\tau$)」と定義する。又、 $[Sa(t-\tau-\Delta t) - 2Sa(t-\tau) + Sa(t-\tau+\Delta t)]$ を「2 次差分検出ウエーブレット-D2W($t-\tau$)」と定義する。

【0 0 7 3】

[図 4] の各波形 DDW(t)、D1W(t)、D2W(t) は、[非特許文献 11]、[非特許文献 12]、[非特許文献 13]、[特許文献 1]、[特許文献 2]、[特許文献 3] で使用した変位、1 次差分(速度)、2 次差分(加速度)を検出する関数(ウエーブレット)の一例である。それらは、信号 $D(t)$ から基本的な物理量を検出するので、本願の発明者は、変位検出用の DDW($t-\tau$)、速度検出用の VDW($t-\tau$)、加速度検出用の ADW($t-\tau$) を、総称して「物理的ウエーブレット」と呼んでいる。なお、これら物理的ウエーブレットの時間幅 Δt を極限値のゼロとすると、時刻 τ で検出(観測)する物理量は、物理学で定義されている変位 $D(\tau)$ 、速度 $V(\tau)$ 、加速度 $A(\tau)$ となる。

【0 0 7 4】

[数 4] の $MaV(t)/dt = -KD(t)$ と記述されるニュートンの第二法則は、運動量 $MaV(t)$ の時間の変化率(時間微分)が、質量 Ma の粒子に作用している力($MaA(t)$)に等しく、 $-KD(t)$ で、一意的に決定される事を述べている。つまり、互いに独立した観測量 $D(t)$ と $V(t)$ とが同時に確定すれば、 $V(t)$ の 1 次微分で与えられる加速度 $A(t)$ は、一意的に表記される事を述べている。又、その運動を、位置と運動量とからなる位相平面(状態平面)を用いて観測する場合は、 x 軸に $D(t)$ 、 y 軸に $MaV(t)$ か $V(t)$ を取り、位相平面(D 、 MaV) か (D 、 V) 平面に、運動が描く軌跡を、観測する事になる。この位相平面解析の x 軸と y 軸とは、互いに直行している。互いに独立した観測量である $D(t)$ と $V(t)$ とを、それぞれ x 軸成分、 y 軸成分とする事は、 $D(t)$ と $V(t)$ とが、互いに直行している事を暗に仮定している。逆に、 $D(t)$ と $V(t)$ は、時間幅 Δt を極限値のゼロとした物理的ウエーブレットを用いて観測(検出)されるので、その極限を取る前の検出ウエーブレットが直行していれば、極限時、それら観測量は、互いに独立であるとも言える。 $D(t)$ と $V(t)$ とが直行するメカニズムを説明する記述は、いかなる物理の教科書や学術論文にも無い。教科書では、 $D(t)$ と $V(t)$ とが、経験的に、独立な物理量だから、暗に、それらが直行すると仮定している。従って、各検出ウエーブレットの直行関係を明確にする。

【0 0 7 5】

2 つのベクトルは、内積がゼロとなれば、直行している。同様に、2 つのウエーブレット(関数)は、2 つの関数の積の $t=-\infty$ から $t=+\infty$ までの積分がゼロとなれば、それら関数は、直行している。又、1 次差分検出ウエーブレットの D1W(t) を Δt で除算した速度検出ウエーブレットの VDW(t) は、D1W(t) と相似な形状となり、2 次差分検出ウエーブレットの D2W(t) を Δt で 2 度除算した加速度検出ウエーブレットの ADW(t) も、D2W(t) と相似な形状となる。従って、物理的ウエーブレットの各内積関係を、[非特許文献 12]、[非特許文献 13] に基づいて、[数 10] と [図 4] の DDW(t) で与えられた「変位検出ウエーブレット」と [数 18] と [図 4] の D1W(t) で与えられた「1 次差分検出ウエーブレット」との内積とし、[数 18] と [図 4] の D1W(t) の「1 次差分検出ウエーブレット」と [数 23] と [図 4] の D2W(t) の「2 次差分ウエーブレット」との内積とし、次の [数 26]、[数 27] に記述する。

【0 0 7 6】

【数 2 6】

$$\begin{aligned} & \int_{-\infty}^{\infty} DDW(t) D1W(t) dt \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} Sa(t) [Sa(t-\Delta t/2) - Sa(t+\Delta t/2)] dt = 0 \end{aligned}$$

10

20

30

40

50

【数 27】

$$\int_{-\infty}^{\infty} D1W(t) D2W(t) dt$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} [Sa(t - \Delta t/2) - Sa(t + \Delta t/2)][Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)] dt = 0$$

【0077】

[数26]と[数27]に示されるように、これらの内積は、ゼロとなる。又、これら内積結果は、[図4]のDDW(t)とD1W(t)の重なる符号付面積の(時間軸より上側が正、下側が負となる)積の総和と[図4]のD1W(t)とD2W(t)の重なる符号付面積の積の総和となるので、それら内積は、それぞれゼロとなる事が図から確認できる。従って、偶関数である「変位検出ウエーブレット、DDW(t)」と奇関数である「1次差分検出ウエーブレット、D1W(t)」とは直
10
行し、更に奇関数の「1次差分検出ウエーブレット、D1W(t)」は、偶関数である「2次差分ウエーブレット、D2W(t)」とも直行している。しかし、偶関数同士の「変位検出ウエーブレット」と「2次差分ウエーブレット」との内積は、[図4]のDDW(t)とD2W(t)の重なる符号付面積の積の総和となり、ゼロとならない事が確認できる。実際、次式の[数28]が与える内積は、-2となるので、「変位検出ウエーブレット」と「2次差分検出ウエーブレット」
とは、直行しない。

【0078】

【数 28】

$$\int_{-\infty}^{\infty} DDW(t) D2W(t) dt$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} Sa(t)[Sa(t - \Delta t) - 2Sa(t) + Sa(t + \Delta t)] dt = -2$$

20

【0079】

しかし、[非特許文献12]と[非特許文献13]によると、「変位検出ウエーブレット」と「2次差分検出ウエーブレット」とからなる偶関数同士でも直行化できる。従って、「変位検出ウエーブレット」、「1次差分検出ウエーブレット」、「2次差分検出ウエーブレット」の全てが互いに直行する様に、方形波S(t)を再構成できる。その一例を、[図5]に表示する。[図5]のDDW(t)は、Sa(t)で、変位検出にはSa(t)をそのまま使用する。速度検出には、S(t)を、区間幅 $\Delta t/2$ の $[-\Delta t/4 \quad t + \Delta t/4]$ で振幅値が $2/\Delta t$ 、その他の区間ではゼロとなるSb(t)を用いる。[図5]のSb(t- $\Delta t/4$)が、その方形波Sb(t)を右側に $\Delta t/4$ 移動した方形波であり、その高さ(振幅値)は $2/\Delta t$ となる。加速度検出には、S(t)を、区間幅 $\Delta t/3$ の $[-\Delta t/6 \quad t + \Delta t/6]$ で振幅値が $3/\Delta t$ 、その他の区間ではゼロとなるSc(t)を用いる。
30
[図5]のSc(t- $\Delta t/6$)が、その方形波Sc(t)を右側に $\Delta t/6$ 移動した方形波であり、その高さ(振幅値)は $3/\Delta t$ となる。これらSb(t)とSc(t)を、ユニットステップ関数 $\eta(t)$ を用いて表記すると[数29]と[数30]で与えられる。

【0080】

【数 29】

$$Sb(t) = 2[\eta(t + \Delta t/4) - \eta(t - \Delta t/4)] / \Delta t$$

【数 30】

$$Sc(t) = 3[\eta(t + \Delta t/6) - \eta(t - \Delta t/6)] / \Delta t$$

40

【0081】

Sb(t)とSc(t)の Δt をゼロの極限として得たデルタ関数を、それぞれ、 $\delta b(0)$ と $\delta c(0)$ とする。速度検出で用いた[数16]の $\delta a(t)$ を $\delta b(t)$ とすると、速度を検出する[数17]のSa(t)の代わりにSb(t)を用いる事になる。従って、速度V(0)は、[数31]で与えられる。

【0082】

【数 31】

$$V(0) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{\infty} D(t)[Sb(t - \Delta t/4) - Sb(t + \Delta t/4)] dt}{(\Delta t/2)}$$

50

【 0 0 8 3 】

加速度検出で用いた[数21]の $\delta a(t)$ を $\delta c(t)$ とすれば、加速度を検出する[数22]の $Sa(t)$ に $Sc(t)$ を用いる事になる。従って、加速度 $A(0)$ は、[数32]で与えられる。

【 数 3 2 】

$$A(0) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} D(t)[Sc(t - \Delta t/3) - 2Sc(t) + Sc(t + \Delta t/3)]dt}{(\Delta t/3)^2}$$

【 0 0 8 4 】

変位、1次差分(速度)、2次差分(加速度)を検出する各ウェーブレットは、[図5]に $DDW(t)$ 、 $D1W(t)$ 、 $D2W(t)$ の波形として表示されている。2つのウェーブレットの積、 $DDW(t)$ と $D1W(t)$ 、 $D1W(t)$ と $D2W(t)$ 、 $DDW(t)$ と $D2W(t)$ の各積分値は、2つのウェーブレットの重なった部分の面積の積の総和がゼロとなるのが容易に確認できる。実際、[数33]-[数35]の積分値は、ゼロとなり、各ウェーブレットは、互いに直行する。

10

【 0 0 8 5 】

【 数 3 3 】

$$\int_{-\infty}^{+\infty} Sa(t)[Sb(t - \Delta t/4) - Sb(t + \Delta t/4)]dt = 0$$

【 数 3 4 】

$$\int_{-\infty}^{+\infty} [Sb(t - \Delta t/4) - Sb(t + \Delta t/4)][Sc(t - \Delta t/3) - 2Sc(t) + Sc(t + \Delta t/3)]dt = 0$$

20

【 数 3 5 】

$$\int_{-\infty}^{+\infty} Sa(t)[Sc(t - \Delta t/3) - 2Sc(t) + Sc(t + \Delta t/3)]dt = 0$$

【 0 0 8 6 】

従って、ニュートンの運動の第二法則を、微分から差分へと正しく変換するには、次の2つの物理的性質を満足する変位、1次差分(速度)、2次差分(加速度)検出ウェーブレットに基づいた差分記述にしなければならない。

【 0 0 8 7 】

1番目の物理的性質は、微分操作が持つ時間反転に関する非対称性を保持する法則である。即ち、変位、速度、加速度を検出する任意時刻 τ に関し、「変位検出ウェーブレット」が対称(偶関数)、「1次差分検出ウェーブレット」が非対称(奇関数)、「2次差分検出ウェーブレット」が対称(偶関数)とならなければならない。

30

【 0 0 8 8 】

2番目の物理的性質は、1番目の時間反転の非対称性を保持する物理的性質が暗に課す各検出ウェーブレット間の直行関係である。即ち、任意時刻 τ における偶関数の「変位検出ウェーブレット」と奇関数の「1次差分(速度)検出ウェーブレット」とは、必ず直行する。「1次差分(速度)検出ウェーブレット」と偶関数の「2次差分(加速度)検出ウェーブレット」も必ず直行する。しかし、偶関数同士である「変位検出ウェーブレット」と「2次差分(加速度)検出ウェーブレット」とは、直行しない。しかし、[図5]を用いて説明したように、それらの直行化も、偶関数である変位検出ウェーブレットの形を、変位検出、1次差分検出、2次差分検出のそれぞれの場合で変える事により可能となる。従って、「変位検出ウェーブレット」と「2次差分(加速度)検出ウェーブレット」の直行関係は、差分を取る「変位検出ウェーブレット」の形を、随時、変えなければ、成立しない。

40

【 0 0 8 9 】

対象とした変位 $D(t)$ は、時間 t の連続関数でなく、離散値からなる如何なる時系列でも良い。従って、時系列 $[c]$ の変位、速度、加速度検出は、上記の[数15]、[数20]、[数25]の $D(t)$ に時系列 $[c]$ を代入した、次の[数36]-[数38]で与えられる相関積分となる。

【 0 0 9 0 】

【数 3 6】

$$D(c, \tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} [c] Sa(t - \tau) dt = \int_{-\infty}^{+\infty} [c] DDW(t - \tau) dt$$

【数 3 7】

$$\begin{aligned} V(c, \tau) &= \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} [c] [Sa(t - \tau - \Delta t / 2) - Sa(t - \tau + \Delta t / 2)] dt}{\Delta t} \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} [c] VDW(t - \tau) dt \end{aligned}$$

【数 3 8】

$$\begin{aligned} A(c, \tau) &= \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} [c] [Sa(t - \tau - \Delta t) - 2Sa(t - \tau) + Sa(t - \tau + \Delta t)] dt}{\Delta t^2} \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} [c] ADW(t - \tau) dt \end{aligned}$$

10

【0091】

[数36]の[c]とSa(t-τ)との相関積分は、Sa(t-τ)の有限幅Δtで囲まれた[c]を加算平均し、幅Δtの中心の時刻t=τの値、D(c, τ)、とする。なお、加算平均する個数は、有限幅Δtに相当する奇数個のデータ数(Δt=2w+1)となる。このwは、1以上の整数値である。方形波Sa(t-τ)の右端に位置する時刻を時系列[c]の時刻mとすると、mは、τと、m=τ+wなる関係がある。従って、[数36]の相関積分は、離散値d(c, m-i)を、相関積分の相関幅に相当する2w+1個(Δt=2w+1)だけ時刻iに関して過去から時刻mまで加算平均し、その平均値を、Sa(t-τ)の中心の時刻τ(τ=m-w)の値D(c, τ)とする操作であり、加算平均後、τが平均値を指定する時刻となる。加算平均する時刻は、過去から時刻mまで移動できるので、2w+1個の加算平均は、移動平均となる。この具体的な平均操作と、時刻τに割り当てた平均値をD(c, τ)とする数式を、それぞれ、次の[数39]、[数40]に記述する。

20

【0092】

【数 3 9】

$$\langle d(c, m), 2w+1 \rangle = \frac{1}{2w+1} \sum_{i=0}^{2w} d(c, m-i)$$

30

【数 4 0】

$$D(c, \tau) = \frac{1}{2w+1} \sum_{i=-w}^w d(c, m-w+i) = \frac{1}{2w+1} \sum_{i=-w}^w d(c, \tau+i)$$

【0093】

従って、[数37]のV(c, τ)、[数38]のA(c, τ)は、相関積分した結果に、[数36]、[数40]の関係を使用すると、次式の[数41]、[数42]で与えられる。

【0094】

【数 4 1】

$$\begin{aligned} V(c, \tau) &= \frac{D(c, \tau + \Delta t / 2) - D(c, \tau - \Delta t / 2)}{\Delta t} \\ &= \frac{D(c, \tau + w) - D(c, \tau - w)}{2w+1} \end{aligned}$$

40

【数42】

$$A(c, \tau) = \frac{D(c, \tau + \Delta t) - 2D(c, \tau) + D(c, \tau - \Delta t)}{\Delta t^2}$$

$$= \frac{D(c, \tau + 2w + 1) - 2D(c, \tau) + D(c, \tau - 2w - 1)}{(2w + 1)^2}$$

【0095】

なお、上の[数41]と[数42]の Δt は、 $\Delta t = 2w + 1$ 、 w は1以上の整数値である。従って、[数41]と[数42]とが、[数1]の震源要素の時系列 $[c]$ から抽出した変位、 $D(c, \tau)$ 、に作用する速度、 $V(c, \tau)$ と、加速度、 $A(c, \tau)$ とを与える。更に、 $D(c, \tau)$ が、周期変動していれば、そのニュートンの第二法則は、次式の[数43]で与えられる。なお、それら運動方程式中の Kc は、震源要素 c と、時刻 τ の弱い関数であるが、所定の時間の範囲内では、震源要素 c のみに依存する定数と仮定されている。

【0096】

【数43】

$$F(c, \tau) \propto A(c, \tau) \propto -KcD(c, \tau)$$

【0097】

上記2つの物理的性質を満足する変位、1次差分、2次差分検出ウェーブレットの波形は、[図4]や[図5]に与えられた以外にも選択できる。その一例は、[特許文献1]のグラフ(図7)で使用した変位、速度、加速度検出ウェーブレットに2つの物理的性質を満足させる様、各位相を調整した例である。先ず、物理的性質が満足されていない[特許文献1]で使用された変位、1次差分、2次差分検出ウェーブレットから説明する。

【0098】

時系列 $[c]$ から任意時刻 τ の変位を検出するための変位検出のウェーブレット $Sa(t - \tau)$ を、[図6]の時間軸 t_1 上に表示し、 $Sa(t - \tau)$ の右端の時刻 m を、時系列 $[c]$ の最も新しい時刻とする。時刻 τ と時刻 m との関係は、 $m = \tau + \Delta t/2$ 、となる。以降、この関係は、[図6]に於いて、変わらない。次に、1次差分を取る時間間隔を n とし、その1次差分検出ウェーブレットを、[図6]の時間軸 t_2 上に、上向きの $Sa(t - \tau)$ と、下向きの $Sa(t - \tau + n)$ とを、それぞれ、時刻 τ と $\tau - n$ に配置して構成する。上向きの $Sa(t - \tau)$ の右端の時刻が時系列 $[c]$ の時刻 m となる。更に、この1次差分の時間間隔 $k(k > n)$ での差分を取ると、2次差分を検出することができる。その2次差分検出ウェーブレットは、[図6]の時間軸 t_3 上に、時間軸 t_2 上の1次差分検出ウェーブレットに加え、時刻 $\tau - k$ に、下向きの $Sa(t - \tau + k)$ 、時刻 $\tau - k - n$ に、上向きの $Sa(t - \tau + k + n)$ を配置する事により構成される。この時、2つの差分を取る間隔時間の n と k とが等しくなると($s = n = k$)、[図6]の時間軸 t_4 に描かれている様に、2次差分検出ウェーブレットの2つの下向きの $Sa(t - \tau + n)$ と $Sa(t - \tau + k)$ とが重複加算され、下向きの $2Sa(t - \tau + s)$ となる。又、左側の上向きの $Sa(t - \tau + k + n)$ が、時刻 $\tau - 2s$ にシフトされ $Sa(t - \tau + 2s)$ となる。これら、[図6]の時間軸 t_4 上の変位検出ウェーブレット、時間軸 t_2 上の1次差分、時間軸 t_3 と t_4 上の2次差分検出ウェーブレットは、上記2つの物理的性質が満足されていない配置関係にあるので、それら物理的性質を満足する、各ウェーブレットの再配置を、[図7]に表示する。

【0099】

[図7]の時間軸 t_4 上の $Sa(t - \tau)$ が変位検出ウェーブレット $DDW(t - \tau)$ 、時間軸 t_2 上の、 $[Sa(t - \tau - n/2) - Sa(t - \tau + n/2)]$ が、1次差分検出ウェーブレット $D1W(t - \tau)$ 、時間軸 t_3 上の $\{[Sa(t - \tau - k/2 - n/2) - Sa(t - \tau - k/2 + n/2)] - [Sa(t - \tau + k/2 - n/2) - Sa(t - \tau + k/2 + n/2)]\}$ が $k > n$ の場合の2次差分検出ウェーブレット $D2W(t - \tau)$ 、時間軸 t_4 上の $[Sa(t - \tau - s) - 2Sa(t - \tau) + Sa(t - \tau + s)]$ が、 n と k とが等しく $s = n = k$ の場合の2次差分検出ウェーブレット $D2W(t - \tau)$ となる。これら各検出ウェーブレットの中心は、共通な時刻 τ なので、これら差分検出のウェーブレットは、上記2つの物理的性質を満足する。 $k < n$ の場合も、 $k = n$ の場合と同様に、各差

10

20

30

40

50

分検出ウエーブレットを構成できる。又、[図6]と[図7]の1次、2次差分検出ウエーブレットの図示例は、 $Sa(t-\tau)$ の幅 Δt に相当する $2w+1$ が、差分を取る間隔、 n 、 k 、よりも小さい場合であるが、整数パラメータ w (1)、偶数パラメータ、 n (2)、 k (2)の大きさは任意に選択できるので、その幅、 $2w+1$ は、それら差分間隔より大きく取れる。従って、[図7]の時間軸 t_2 上に例示されている様に、 $D1W(t-\tau)$ は、時刻 τ ($t_2=\tau$)で奇関数となるよう、変位検出ウエーブレット $Sa(t-\tau)$ を時間軸上の任意な箇所に、差を取る方を反転配置して得られる。又、 $D2W(t-\tau)$ は、 $t_3=\tau$ で偶関数となるよう時間軸 t_3 の任意な箇所に、1次差分検出ウエーブレットを反転配置して得られ、 $n=k$ の場合は、 $t_4=\tau$ で重なった偶関数となる。これら物理的ウエーブレットを用いて[数1]や後述の[数57]等のいかなる時系列を $[c]$ とし、 $[c]$ から時刻 τ の変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ 、加速度 $A(c, \tau)$ を得る数式を、[数44]-[数46]で記述する。なお、[数44]は、[数40]と同一式である。

10

【 0 1 0 0 】

【数 4 4 】

$$D(c, \tau) = \frac{1}{2w+1} \sum_{i=-w}^w d(c, \tau+i)$$

【数 4 5 】

$$V(c, \tau) = \frac{D(c, \tau+n/2) - D(c, \tau-n/2)}{n}$$

20

【数 4 6 】

$$A(c, \tau) = \frac{V(c, \tau+k/2) - V(c, \tau-k/2)}{k}$$

$$= \frac{D(c, \tau+(k+n)/2) - D(c, \tau+(k-n)/2) - D(c, \tau-(k-n)/2) + D(c, \tau-(k+n)/2)}{n \times k}$$

差分間隔を等しくした、 $s=k=n$ の場合、

【数 4 7 】

$$A(c, \tau) = \frac{D(c, \tau+s) - 2D(c, \tau) + D(c, \tau-s)}{s \times s}$$

30

【 0 1 0 1 】

従って、時系列 $[c]$ の最新な時刻を m とすると、変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ 、加速度 $A(c, \tau)$ を検出する時刻 τ と最新時刻 m との関係は、変位のみ検出する場合、 $m=\tau+w$ 、速度まで検出する場合は、 $m=\tau+w+n/2$ 、加速度まで検出する場合は、 $m=\tau+w+(n+k)/2$ となる。 τ は m より常に遅れ、その遅延量は、移動平均を取る幅 $(2w+1)$ の w と、差分を取る間隔 n と k とで定まる。又、これら w と n と k の設定は、次に説明するように、時系列 $[c]$ から、ノイズを除去し、選択的に設定された周波数成分を持った変位、速度、加速度を抽出する。従って、自然現象を、これら選択された周波数領域にある物理量で定量化でき、その現象を、[数43]で与えるニュートンの運動の第二法則で記述できる。

40

【 0 1 0 2 】

[図7]の t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 の時間軸上に配置されている時刻 τ の、変位検出用の $DDW(t-\tau)$ 、1次差分検出用の $D1W(t-\tau)$ 、2次差分検出用の $D2W(t-\tau)$ ウエーブレットは、それらが、左から右へと単位時間ずつ移動する度に、その時間軸上にある時系列 $[c]$ との相関量(相関積分の値)を、[数44]、[数45]、[数46]、[数47]で与えられた変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ 、加速度 $A(c, \tau)$ として検出する。検出ウエーブレットの波形が、時系列 $[c]$ の変動と類似すると、相関が高くなり、大きな相関量を、検出した事になる。つまり、各ウエーブレットの形状に含まれる周波数成分と時系列 $[c]$ の変動がマッチする成分のみ、大きく抽出する機能を持つ。相関積分で抽出される周波数成分は、相関積分のフーリエ積分変換で与えられる。 $DDW(t-\tau)$ と $D2W(t-\tau)$ とは、偶関数なので、検出された変位 $D(c, \tau)$ のフー

50

リエ変換は、 $DDW(t-\tau)$ と時系列 $[c]$ のフーリエ変換(離散フーリエ変換)との積、加速度 $A(c, \tau)$ のフーリエ変換は、 $D2W(t-\tau)$ と時系列 $[c]$ のフーリエ変換の積として与えられる。速度 $V(c, \tau)$ のフーリエ変換は、 $D1W(t-\tau)$ が、奇関数なので、 $D1W(t-\tau)$ のフーリエ変換の複素共役と時系列 $[c]$ のフーリエ変換の積で与えられる。従って、[図7]の $w(\Delta t=2w+1)$ 、 n 、 k のパラメータで定めた各検出ウエーブレットのフーリエ積分変換が、時系列 $[c]$ から抽出する変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ 、加速度 $A(c, \tau)$ の周波数領域を選択する。それらフーリエ積分結果を、周波数 f 、複素数 i を用いて、次に与える。

【 0 1 0 3 】

【数 4 8】

$$\begin{aligned} DDW(f) &= \int_{-\infty}^{+\infty} DDW(t-\tau) e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} Sa(t-\tau) e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \frac{\sin(\pi f \Delta t)}{\pi f \Delta t} \end{aligned} \quad 10$$

【数 4 9】

$$\begin{aligned} D1W(f) &= \int_{-\infty}^{+\infty} D1W(t-\tau) e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} [Sa(t-\tau-n/2) - Sa(t-\tau+n/2)] e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \frac{2}{i} \frac{\sin(\pi f \Delta t)}{\pi f \Delta t} \sin(\pi f n) \end{aligned} \quad 20$$

【数 5 0】

$$\begin{aligned} D2W(f) &= \int_{-\infty}^{+\infty} D2W(t-\tau) e^{-i2\pi f t} dt \\ &= \int_{-\infty}^{+\infty} \left[Sa\left(t-\tau-\frac{k+n}{2}\right) - Sa\left(t-\tau-\frac{k-n}{2}\right) - Sa\left(t-\tau+\frac{k-n}{2}\right) + Sa\left(t-\tau+\frac{k+n}{2}\right) \right] \\ &\quad \times e^{-i2\pi f t} dt \\ &= -4 \frac{\sin(\pi f \Delta t)}{\pi f \Delta t} \sin(\pi f k) \sin(\pi f n) \end{aligned} \quad 30$$

差分間隔を等しくした、 $s=k=n$ の場合、

【数 5 1】

$$D2W(f) = -4 \frac{\sin(\pi f \Delta t)}{\pi f \Delta t} \sin^2(\pi f s) \quad 40$$

【 0 1 0 4 】

$DDW(t-\tau)$ は、[数48]から、周波数が、 $1/\Delta t$ 以下の周波数領域のみ大きく抽出するローパスフィルター機能を持ち、 $D1W(t-\tau)$ は、[数49]から、[数48]のローパスで選択された周波数領域内にある $1/2n$ 付近の周波数領域を更に大きく抽出するバンドパスフィルター機能を持ち、 $D2W(t-\tau)$ は、[数50]から、[数48]のローパス機能に加え、その低い周波数領域内の $1/2n$ 付近と $1/2k$ 付近の周波数領域を更に大きく抽出するバンドパスフィルター機能を持つ。差分間隔が等しい、 $s=k=n$ の場合、 $D2W(t-\tau)$ は、[数51]から、[数48]のローパス機能に加え、その低い周波数領域の $1/2s$ 付近の周波数領域を2重に抽出するバンドパス

フィルター機能を持つ。

【 0 1 0 5 】

変位検出ウエーブレットに使用された方形波 $S_a(t)$ 、 $S_b(t)$ 、 $S_c(t)$ は、デルタ関数 $\delta(t)$ を得る近似関数の1つであった。そのような近似関数は、方形波以外にもある。例えば、幅が $2\Delta t$ で高さが $1/\Delta t$ の三角波関数等の偶関数や、次式の[数52]で与えられる正規分布関数もその例である。

【 0 1 0 6 】

【 数 5 2 】

$$\delta(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t \sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{t^2}{\Delta t^2}\right)$$

10

【 0 1 0 7 】

$S(t)$ や[数52]等、デルタ関数 $\delta(t)$ を得る全ての近似関数は、1次差分、2次差分検出ウエーブレットに使用する変位検出ウエーブレットとして使用できる。しかし、変位検出には、 $\delta(t)$ を得るそれら近似関数でなくとも、波形の面積が有限ならば、規格化して+1とできるので、いかなる偶関数をも使用できる。例えば、ウエーブレットの形状を、ローパスフィルター機能を高めた偶関数にする事も出来る。更に、近似的に偶関数となるだけでも良い。

【 0 1 0 8 】

[特許文献1]の発明は、[図6]の変位、1次差分、2次差分検出ウエーブレットと[数1]の時系列 $[c]$ との相関積分を、移動平均とその差分で置き換え、変位 $D(c, t)$ を、[数39]で与える[数1]の時系列 $[c]$ の w 個の移動平均値で与えた。その移動平均個数の w が、 Δt の幅に相当するので、[数39]の移動平均個数の $2w + 1$ は、 w 、 i の加算は、0から $w-1$ までとなる。差分間隔 n と k は、[図6]の $S_a(t - \tau)$ の配置間隔である。移動平均個数 w と差分間隔 n と k とを、 $w=20 \sim 25$ 、 $n=k=s=30 \sim 35$ とすると、中国・四国・近畿地方に固有な60～70イベントの周期を持った加速度 $A(c, t)$ を抽出でき、[図3]の大地震のCQKとCQT予兆の推移を抽出できる。[特許文献1]は、このCQKとCQTとからなる自然法則を大地震の予知に利用した。しかし、[図6]の各検出ウエーブレットを、[図7]の各検出ウエーブレットに変更すると、[数44]の変位 $D(c, t)$ と、[数46]もしくは[数47]の加速度 $A(c, t)$ を用いた、[数43]のニュートンの運動の第二法則を、大地震発生の自然法則に適用でき、その物理モデルも構築できる。更に、[図7]の各検出ウエーブレットは、複雑な運動をしている[数1]の時系列 $[c]$ から、変位検出ウエーブレットの幅と差分を取る間隔で選択的に抽出した周波数領域にある運動のみ検出する事が可能となる。選択する周波数領域は、変位、速度、加速度を検出する物理的ウエーブレットの周波数特性式、[数48]、[数49]、[数50]、[数51]で、与えられる。従って、対象とする周波数領域にある運動を選択的に抽出する技術とその物理モデルとを大地震の予知に利用できるので、[特許文献1]の発明の技術の改善ができる。更に、上記2つの物理的性質を満足する変位、1次差分、2次差分検出ウエーブレットを用いると、巨大地震を発生させる地殻の応力変化を、その地殻表面に出現する異常地殻変動として定量化でき、その自然法則も、巨大地震の予知に利用する事ができる。更に、変位検出ウエーブレットと、応力と歪に関する物理法則を用いると、大地震や巨大地震の発生直前に、地殻に蓄積されていた歪エネルギーが急激に解放される自然現象を定量的にモニターでき、このモニター手段を、大地震や巨大地震の予知に利用する事ができる。従って、[特許文献1]の発明には、次の5つの改善可能な項目がある。

(1)大地震発生の時刻(震源時)の予知

(2)マグニチュードの予知

(3)加速度 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の波形の反転が、[図3]の様に、略、完全な反転とならない場合、CQKとCQT予兆の推移を如何に確定し予知に利用するか

(4)巨大地震の予知

(5)大地震、巨大地震につながる地殻の蓄積応力の臨界状態を如何にモニターし、大地震、巨大地震の予知に利用するか

50

これら項目に関する理論及び技術的な背景を順に説明する。

【 0 1 0 9 】

第 1 の改善項目、「大地震発生の時刻(震源時)の予知」について述べる。

[特許文献1]は、地震発生の2次の変化率である加速度 $A(c, t)$ を、[数1]の時系列 $[c]$ から、[図6]の差分間隔を、 $n=k=s$ と等しくした2次差分検出ウエーブレットを用いて検出した。この時、加速度 $A(c, t)$ は、各震源要素間に共通な略2sの短い固有な周期(時間的な尺度)を持って変動するが、大地震発生直前には、通常地震発生とは異なる2種類の $A(INT, t)$ と $A(DEP, t)$ と $A(MAG, t)$ との振幅及び位相関係が成立する。この2つの特殊な関係が、[図3]に表示した大地震発生のCQK及びCQT予兆であった。この図で、大地震が発生した時刻は、それら予兆を検出した時刻 $ta1$ の $A(INT, ta1)$ の振幅のピークが、半周期後に、反転し、逆のピークに到達した時刻 $ta2$ である。[特許文献1]は、加速度 $A(INT, t)$ が、略2sの周期を持った変動をしているので、予兆検出時刻 $ta1$ の半周期前の $ta0$ に2sを加算するか、予兆検出時刻 $ta1$ に半周期 s を加算して大地震発生時刻の $ta2$ を予知した。しかし、加速度 $A(INT, t)$ の周期は、略2sであるが、振動毎に、変動する。従って、その様な場合も考量し、予兆検出時刻までの前半の半周期を、 $ta1 - ta0$ とし、この前半の半周期が、後半の半周期と等しいと仮定して、大地震の発生時刻 $ta2$ を予知した。しかし、この後半の半周期が、前半と異なる場合、大地震発生の時刻(震源時)の予知には改善が求められる。この改善に、[数44]の変位 $D(c, t)$ と[数47]の加速度 $A(c, t)$ の間に成立する[数43]のニュートンの運動の第二法則を利用する。

【 0 1 1 0 】

このニュートンの運動の第二法則を、[図8]に表示する。[図3]と同様に、横軸は、時間 t 、縦軸は、変位 $D(c, t)$ 、加速度 $A(c, t)$ で、上向きが負、下向きが正の方向となる。変位は、[数44]で、加速度は、[数47]で与えられているとする。最新の変位 $D(c, t)$ を与える時刻を $tx2$ とすると、差分間隔時間を $n=k=s$ として算出する最新の加速度 $A(c, t)$ を与える時刻 $tx1$ は、 $tx1 = tx2 - s$ となる。従って、[図8]の遅れ時間は、 s となる。加速度 $A(c, t)$ と変位 $D(c, t)$ とは常に、逆位相となる。略周期的に変動している変位が、時刻 $ta1$ で最大振幅値 $D(c, ta1)$ を取ると、加速度はその変位を減少させる負の最大加速値 $A(c, ta1)$ を取る。変位が、時刻 $ta2$ で、最小値 $D(c, ta2)$ に到達していても、加速度は、まだ、時刻 $ta2$ に到達していない。加速度が、破線で示された正の最大値 $A(c, ta2)$ に到達する時には、変位は、加速度 $A(c, ta2)$ が[数47]から算出されるので、差分を取る間隔だけ先の時刻 $ta3(ta2 + s)$ の $D(c, ta3)$ に到達している。

【 0 1 1 1 】

大地震の予兆抽出直後の[数43]のニュートンの運動の第二法則が、[図8]に表示されているとする。又、時刻 $tx2(tx2 > ta2)$ が、最新の変位の $D(c, tx2)$ を与えると仮定する。その時、[図8]の各時刻は、次の関係を持つ。

- (1) 時刻 $tx2(tx2 > ta2)$ の $D(c, tx2)$ が、最新の変位となる。
- (2) 時刻 $tx1(=tx2 - s)$ の $A(c, tx1)$ が最新の加速度となる。
- (3) [数43]の運動の第二法則により最新の加速度 $A(c, tx1)$ が作用している変位は、時刻 $tx1$ の変位 $D(c, tx1)$ であるが、加速度 $A(c, tx1)$ の算出には、変位 $D(c, tx2)$ も含まれる。
- (4) [数1]の時系列 $[c]$ の最後(最新)の変位 $d(c, m)$ を与える最新の時刻 m は、 $m = tx2 + w$ となる。

- (5) 大地震が発生する時刻は、震源要素 c を INT とした加速度 $A(INT, t)$ が谷(正の方向のピーク)となる時刻 $ta2$ となる。

この大地震発生時刻 $ta2$ は、[図3]のCQT予兆の大地震が発生する時刻に対応する。ニュートンの運動の第二法則から、時刻 $ta2$ の加速度 $A(INT, ta2)$ は、変位 $D(INT, ta2)$ に作用し、変位 $D(INT, ta2)$ は、その振動の山(負の方向のピーク)に在る。[図3]のCQK予兆の大地震発生の場合は、大地震発生時刻 $ta2$ で、[図8]の $A(c, ta2)$ と $D(c, ta2)$ の位相関係が、それぞれ反転する。

【 0 1 1 2 】

加速度 $A(INT, t)$ が時刻 $tx1$ の時点で、振幅の谷(正の方向のピーク)となる時刻 $ta2$ を予知す

る事は、変位 $D(INT, t)$ が、確実に負の方向のピークを過ぎた時刻の tx_2 で、変位 $D(INT, t)$ が、負の方向のピークに在った時刻 ta_2 を抽出する事と、等しくなる。従って、「加速度 $A(INT, t)$ が、正の方向のピーク値に今から到達する時刻 ta_2 を予知する。」事は、「変位 $D(INT, t)$ が、負の方向のピーク値に既に到達した時刻 ta_2 を抽出する。」事になる。加速度 $A(INT, t)$ が正の方向のピーク値に到達する時刻は、変位 $D(INT, t)$ が、負の方向のピーク値に既に到達した時刻 ta_2 を用いて、時刻 tx_1 から、 $(ta_2 - tx_1)$ イベント後に、大地震が発生すると予知できる。変位 $D(INT, t)$ は、時刻 tx_2 から更に $(ta_2 - tx_1)$ イベント進んだ時刻 ta_3 で大地震の発生を、観測する事になる。[数43]で与えられる運動の第二法則が成立する周波数領域は、[数1]の時系列 $[c]$ から、パラメータ w と s を選択し抽出される。その抽出領域は、[図7]の変位検出と加速度検出ウエーブレットが持つ周波数特性式、[数48]と[数51]の Δt を $2w+1$ として与えられる。従って、変位 $D(INT, t)$ の振動の周期は、[数48]で選択された略 $1/(2w+1)$ 以下の低い周波数領域内で変動し、その2次の変化率を与える加速度 $A(c, t)$ は、更に低い周波数の $1/s$ を中心としたバンド幅内で変動する。変位 $D(c, t)$ の周期が変動しても、運動の第二法則により、その周期変動に追従して加速度 $A(c, t)$ が作用する。従って、加速度 $A(c, t)$ の正と負の方向の振幅値のピークに到達する時刻は、差分間隔の時間 s だけ先に進んだ変位 $D(c, t)$ の負と正の方向の振幅値のピークに到達した観測時刻から予知できる。CQK予兆の大地震の場合は、[図8]の $A(c, t)$ と $D(c, t)$ が、CQT予兆の場合の逆位相の関係となるので、上記CQT予兆の大地震の場合の議論と変わらない。この様に、[特許文献1]の大地震発生の時刻を予知する技術は、[図3]の加速度 $A(INT, t)$ の周期振動に、ニュートンの運動の第二法則を導入し、常に差分を取る時間間隔 s だけ先の情報を持つ変位 $D(INT, t)$ の周期振動を利用し、変位のピーク到達時刻を、大地震発生時刻とする予知技術に改善できる。又、大地震発生の時刻の予知に震源要素 $c=INT$ を利用したが、大地震発生の直前には、 $A(INT, t)$ と $A(DEP, t)$ とは逆位相にあるので、 $A(DEP, t)$ も利用でき、変位 $D(DEP, t)$ の周期振動を利用してもよい。

【0113】

第2の改善項目、「マグニチュードの予知」について述べる。

[特許文献1]の発明における、マグニチュードの程度の予知に関しては、[非特許文献11]にもあるように、地震発生の変化に、地殻の応力場の変化が反映されているというよく知られた自然法則を利用している。具体例としては、北緯32度～36度、東経131.5度～136.5度で囲まれた中国・四国・近畿地方に発生したマグニチュードが3.5以上の地震の発生時刻の時間間隔 INT の時系列 $d(INT, m)$ を利用する。 INT のランダム的な変動を平滑するために、例えば、任意な個数、 $2s$ 個($2s = 60 \sim 70$)の移動平均、もしくは累積加算を取る。時間に関する固有な尺度($60 \sim 70$ イベント)は、大地震の予兆を検出する加速度 $A(c, t)$ の変動周期に相当する。時刻 m の INT の $2s$ 個の累積値を、 $CI(m, 2s)$ と表記する。 $CI(m, 2s)$ は、 $2s$ 個の地震発生に、費やした時間なので、 $CI(m, 2s)$ が、増加すれば、単位時間当たりの地震の数が、減少し、地震活動が静穏になり、応力の蓄積が進む。従って、 $CI(m, 2s)$ を利用すれば、大地震に至る応力の蓄積が如何に推移するかを観察する事が出来る。例えば、上記中国・四国・近畿地方の場合、次の3つの段階に分類できる。まず1段階目は、地震の数年前から観測される静穏の始まり、次の2段階目は、1年から半年程前に観測される蓄積された応力がピークに到達し応力の蓄積が減少し始めたと判断される臨界静穏状態、そして、3段階目は、応力の蓄積が急激に減少し、大地震の発生数日～数時間前まで急減少が継続する段階に分類できる。すると、臨界静穏状態に対応する形状の振幅値、大地震の発生数日までに観測される形状全体の幅やその面積の大きさが、蓄積応力が作用する断層形状(長さや幅)や断層面積に比例していると仮定できる。又、後述するように、 $CI(m, 2s)$ は、地殻に蓄積され開放される歪エネルギーの密度に比例する量となるので、その形状の総面積が、大地震により解放される総歪エネルギーと仮定できる。従って、過去に発生した大地震のM6クラスとかM7クラスとかのマグニチュードの程度とこれら形状の大きさとの比例関係から、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードの程度の予知をする事ができる。一方、マグニチュードは、[非特許文献1]によると、MKS単位で、次の[数53]で与えられる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 4 】

【数 5 3】

$$M = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$$

ここで、 M_0 は地震モーメントで、MKS単位で、[数54]で定義されている。

【 0 1 1 5 】

【数 5 4】

$$M_0 = \mu \cdot D \cdot S$$

ここで、 μ は、断層を含む地殻の剛性率、 D は、断層のすべり量、 S は、断層の面積である。 S は断層の幅 W (km) と断層の長さ L (km) との積 ($S = W \cdot L$) で与えられる。

10

【 0 1 1 6 】

また、[非特許文献15]によると、日本で観測されたマグニチュードが6 M 8.5の地震にたいし、断層の長さ L と幅 W の間には、経験的に、 $L = 2W$ の関係があり、断層の長さ L か W を用いると、地震のマグニチュードは、次の、[数55]か[数56]により与えられる。

【 0 1 1 7 】

【数 5 5】

$$M = 2 \cdot (\log L + 1.8)$$

【数 5 6】

$$M = 2 \cdot (\log 2W + 1.8)$$

20

【 0 1 1 8 】

従って、衛星を用いた干渉計やGPS等を用いた観測から、今にも発生しそうな断層の長さ L を予測できたり、地殻の応力変化(地震発生の変化)から断層の幅 W 、断層の形状や面積を予測できたりするならば、[特許文献1]に開示された大地震のマグニチュード M の予知方法に、[数55]、[数56]等を追加し、予知の定量化の改善ができる。その改善に、本願の発明者は、[数43]のニュートンの運動の第二法則を利用する。この時、前述した様に、変位は、[数44]で与えられる $D(c, t)$ 、加速度は、[数46]もしくは[数47]で与えられる $A(c, t)$ とする。

30

【 0 1 1 9 】

[特許文献1]で利用した大地震の予兆の推移は、[図3]の加速度、 $A(\text{DEP}, t)$ 、 $A(\text{INT}, t)$ 、 $A(\text{MAG}, t)$ の位相と振幅の関係で定量化したCQKとCQTである。これら二つ予兆は、[特許文献1]の図2、図3、図4か、後述の[図29]、[図30]、[図31]の中国・四国・近畿地方の震源分布に表示したM7.2の兵庫県南部地震のCQK予兆と、M7.2の鳥取県西部地震のCQT予兆である。この二種類の予兆は、その中国・四国・近畿地方における深発地震を除いたマグニチュード(M)が、 $M - M_c$ ($M_c = 3.5$)の地震発生の変化から抽出した。[数46]、もしくは、[数47]の加速度 $A(c, t)$ を用いたCQKとCQTの関係を、[数43]のニュートンの運動の第二法則を利用して、[数44]の変位 $D(c, t)$ ($c = \text{DEP}, \text{INT}, \text{MAG}$) を用いた関係、CQKDとCQTDにそれぞれ変換する。[数44]で、 $\Delta t = 2w + 1$ とした変位 $D(c, t)$ と、差分間隔の時間を $n = k = s$ とした[数47]の加速度 $A(c, t)$ を算出するには、時刻 t から差分間隔 s だけ過去の $D(c, t - s)$ と、 s だけ先の $D(c, t + s)$ とを必要とする。しかし、変位 $D(c, t)$ の最新の時刻を、[図8]で大地震が発生する ta_3 とすると、加速度 $A(c, t)$ が変位 $D(c, t)$ に作用している[数43]のニュートンの運動の第二法則が成立する時間 t の範囲は、 $t - ta_3 - s$ である。従って、加速度 $A(c, t)$ ($c = \text{DEP}, \text{INT}, \text{MAG}$) で定量化した[図3]のCQKとCQTの特別な位相関係が成立する時間の範囲は、 $t - ta_3 - s$ であるが、変位 $D(c, t)$ の周期性を利用し、時刻 ta_3 まで拡張した $D(\text{DEP}, t)$ 、 $D(\text{INT}, t)$ 、 $D(\text{MAG}, t)$ とを用いたCQKDとCQTDにそれぞれ変換し、[図9]に、模式的に表示する。変位 $D(\text{DEP}, t)$ 、 $D(\text{INT}, t)$ 、 $D(\text{MAG}, t)$ は、[数44]で $2w + 1$ 個の地震発生に関する移動平均で得た値なので、CQKとCQTから変換したCQKDとCQTDは、 $2w + 1$ 個の平均的な地震発生の変化(地震活動)を記述する。また、この移動平均に関して、[数1]で与えられる時系列 $[c]$ の最新時刻 m は

40

50

、 $m=ta3+w$ となる。

【 0 1 2 0 】

[図9]の模式図では、縦軸に、実線の $D(INT, t)$ 、破線の $D(DEP, t)$ 、実線の $D(MAG, t)$ を取り、横軸に時間 t を取り、CQKDとCQTDの関係を表示する。ただし縦軸は、[図3]と同様に、上向きが負、下向きが正の方向となる。CQKとCQTの特殊な位相関係が確認された時刻 $ta1$ の箇所に、下向きの矢印で、それぞれ、「CQKD型の位相関係」と「CQTD型の位相関係」と表示した。CQKDとCQTDを用いた地震発生の変化(地震活動)は、CQKとCQTに関連して次の様になる。

【 0 1 2 1 】

先ず、[図9]のCQKDの地震発生の変化を説明する。[図3]のCQKは、時刻 $ta1$ で $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の反転が生じ逆位相となる。従って、[図8]に示した[数43]のニュートンの運動の第二法則から、CQKDも、時刻 $ta1$ で、 $D(DEP, t)$ と $D(INT, t)$ との間に、反転が生じる。反転時、 $D(DEP, ta1)$ の値は大きいので、震源の深さ(DEP)は深い。 $D(INT, ta1)$ は小さいので、地震発生の間隔時間(INT)は短い。 $D(MAG, ta1)$ は大きいので、マグニチュード(MAG)は、大きい。そして、大地震は、CQKの $A(INT, t)$ が、時刻 $ta1$ から、半周期後に反転する時刻 $ta2$ となった時、発生する。この時、 $D(INT, ta2)$ も反転し、その値は大きく、INTは長い。又、周期が長くなったCQKの $A(DEP, t)$ も、時刻 $ta2$ で震源を深くする方向に反転する。従って、時刻 $ta2$ の $D(DEP, ta2)$ は、浅い。地震のマグニチュード、 $D(MAG, ta2)$ は、小さくなる。大地震が発生する時刻 $ta2$ の加速度を算出する変位は、 $ta2$ から半周期 s だけ進んだ時刻 $ta3$ の変位も含まれる。その変位は、時刻 $ta2$ の状態から反転し、 $D(INT, ta3)$ が、小、 $D(DEP, ta3)$ が、大、 $D(MAG, ta3)$ が、大となる。従って、時刻 $ta3$ の地震の発生状況は、INTが短く、DEPが深く、MAGが大きい。

【 0 1 2 2 】

次に、[図9]のCQTDに関連した地震発生の変化を説明する。[図3]のCQTは、時刻 $ta1$ で $A(INT, t)$ と $A(DEP, t)$ との間に振幅の反転が生じ逆位相となる。その反転は、先のCQK現象とは逆の反転となるので、CQTDは、CQKDと比較すると、変位 $D(DEP, t)$ と $D(INT, t)$ との間に逆の反転関係が成立し、他の関係は、CQKDと同一となる。時刻 $ta1$ の $D(DEP, ta1)$ は小さいので、震源(DEP)は浅く、 $D(INT, ta1)$ は大きいので、地震発生の間隔時間(INT)は長い。 $D(MAG, ta1)$ は大きいので、マグニチュード(MAG)は、大きい。そして、大地震は、 $A(INT, t)$ が、時刻 $ta1$ から半周期進み、反転する時刻 $ta2$ で発生する。この時、 $D(c, t)$ も反転し、 $D(INT, ta2)$ は小さく(INTは短く)、 $D(DEP, ta2)$ は大きく(震源は深く)、地震のマグニチュード $D(MAG, ta2)$ は、小さくなる。大地震が発生する時刻 $ta2$ の加速度を算出する変位 $D(c, t)$ は、 $ta2$ から半周期 s だけ進んだ時刻 $ta3$ の変位も含まれる。その変位 $D(c, t)$ は、時刻 $ta2$ の状態から反転し、 $D(INT, ta3)$ が、大、 $D(DEP, ta3)$ が、小、 $D(MAG, ta3)$ が、大となる。従って、時刻 $ta3$ の地震の発生状況は、INTが長く、DEPが浅く、MAGが大きい。

【 0 1 2 3 】

変位 $D(c, t)$ と加速度 $A(c, t)$ 間に、[数43]のニュートンの運動の第二法則が成立する[図9]の時刻 $ta1$ から $ta2$ までのCQKDとCQTDの時間的推移を、[図10]に地震発生の変化の模式図として描く。図に於いて、X印の特大フォントサイズがM7.2の大地震で、その他の大小サイズは、[数44]における移動平均個数に相当する $2w+1$ 個の平均的なマグニチュード、 $D(MAG, t)$ の大小に対応している。大きいフォントサイズは、マグニチュードが4程度(M4)で、小さいフォントサイズは、マグニチュードが3.8程度(M3.8)となる。X印の地表面からの深さは、発生した地震の平均的な震源の深さ、 $D(DEP, t)$ に対応している。X印の数の多少は、そのX印に相当するマグニチュードを持った地震の一定時間当たりの平均的な発生回数の多少を表示する。従って、その数が多ければ、その大きさの地震発生の平均的な間隔時間、 $D(INT, t)$ は、短く、少なければ、 $D(INT, t)$ は、長い。

【 0 1 2 4 】

従って、[図10]の左側の模式図のM7.2の兵庫県南部地震等のCQK予兆検出時、地殻表面から深い個所で、M4地震が多発している。 $D(DEP, t)$ 、 $D(INT, t)$ 、 $D(MAG, t)$ は周期変動しているので、その半周期後、CQK予兆検出時の地震発生の状態から反転し、地殻表面から浅い

10

20

30

40

50

個所で、M3.8地震が、時々発生している状態となる。深い個所から浅い個所への反転直後に、CQK予兆の大地震が、発生するので、この反転に伴う震源の深さ $D(\text{DEP}, t)$ の変化量に相当する応力変化が、CQK予兆の大地震の断層運動を起こす地殻の応力変化を誘発する。震源の深さ $D(\text{DEP}, t)$ の変化量を $\Delta D(\text{DEP}, t)$ とすると、その変化の方向は、■の破線矢印が示す深い方から浅い方向の上向きとなる。その変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ を発生させる力 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ との関係は、ニュートンの運動の第二法則を記述する[数43]の変分 Δ を取った数式が、 $\Delta F(c, t) = -Kc \Delta D(c, t)$ となるので、変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ に比例した力 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ は、 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ が変化を生じる方向と逆方向に作用する。従って、CQK型の $\Delta F(\text{DEP}, t)$ の方向は、●の破線矢印で示した浅い方から深い方向の下向きとなる。地殻内では、地震発生の変化で生じた $\Delta F(\text{DEP}, t)$ を打ち消す方向、即ち、●の破線矢印で示した上向きの方向に、 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ の発生個所より浅い所で、反作用的な応力変化が誘発されると推論される。従って、その反作用的な応力変化が浅い所の断層に作用し、せん断応力が断層の静止摩擦応力を上回れば、特大フォントサイズのX印で表示したCQK型のM7.2大地震が発生する事になる。せん断応力は、変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ を起こした力 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ から誘発されたので、 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ と略等しい幅 W kmを持った断層を動かす事ができると推論される。実際、M7.2の兵庫県南部地震の変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)=20\text{km}$ は、[非特許文献16]に報告されている断層幅 $W=20\text{km}$ と一致しているので、上記推論は正しい。

【0125】

CQT型の大地震(M7.2の鳥取県西部地震等)の場合は、[図10]の右側の模式図で、次の状況を示している。大地震のCQT予兆検出時、地殻表面から浅い個所で、M4地震が時々発生している。 $D(\text{DEP}, t)$ 、 $D(\text{INT}, t)$ 、 $D(\text{MAG}, t)$ は周期変動しているので、その半周期後、CQT予兆検出時の地震発生の状態から反転し、■の破線矢印で示した深い個所で、M3.8地震が、多発している。この反転直後に、CQT予兆の大地震が、発生する。反転時、CQK予兆の大地震の場合と同様に、 $D(\text{DEP}, t)$ の変化量を $\Delta D(\text{DEP}, t)$ とすると、ニュートンの運動の第二法則から、●の破線矢印で示した上向きの力 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ が、発生し、この $\Delta F(\text{DEP}, t)$ を打ち消す方向、即ち、 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ の発生個所より浅い所で、●の破線矢印で示した下向きの反作用的な応力変化が誘発されると推論される。この応力変化が幅 W kmの断層に作用し、そのせん断応力が、断層の静止摩擦応力を上回り、大地震を発生させる断層運動が生じたと推論される。M7.2の鳥取県西部地震の場合、 $\Delta D(\text{DEP}, t)=15\text{km}$ となり、[非特許文献17]に報告されている推定断層幅、 $W=17\text{km}$ と略一致しているので、推論は正しい。

【0126】

兵庫県南部地震(1995-1-17、CQK予兆タイプでM7.2)、山口県東部地震(1997-6-25、CQT予兆タイプでM6.6)、鳥取県西部地震(2000-10-06、CQTタイプでM7.2)、中越地震(2004-10-23、CQTタイプでM6.8)等の大地震の断層形状(長さ L と幅 W)は、[非特許文献16]-[非特許文献19]によると、大地震の余震分布や地震波観測に基づく断層運動のモデル等から推定されている。これら大地震の推定断層幅 W と、大地震発生前に観測される、 $D(\text{DEP}, t)$ の変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ とを比較すると、山口県東部地震を除き、 W と $\Delta D(\text{DEP}, t)$ とが、略、同じ値になる。従って、変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ を断層幅 W とし、[数56]を用いると、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードの予知が、可能となる。この概要は、[非特許文献20]に報告されている。従って、[特許文献1]に開示された大地震のマグニチュード M の予知の定量化の改善ができる。

【0127】

第3の改善項目、「加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{INT}, t)$ の波形の反転が、[図3]の様に、略、完全な反転とならない場合、CQKとCQT予兆の推移を如何に確定し予知に利用するか」について述べる。

[図3]のCQKとCQT予兆において、加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{INT}, t)$ とが、完全な逆位相とならない波形の反転も観測されている。例えば、[特許文献1]の改善の実施例として後述する2011年3月10日に発生した東北地方のCQKのM6.4地震や2011年7月5日に発生した和歌山県のCQKのM5.5地震等がある。これらの地震では、地震発生日は、[図3]の $A(\text{INT}, t)$ が負のピーク値をとる時刻 $ta2$ ではなく、 $A(\text{DEP}, t)$ が、時刻 $ta2$ の正のピーク値から更に半周期進んだ

負のピーク値を取る時刻となる。その時刻は、[図8]の $A(c, t)$ と $D(c, t)$ で震源要素 c をDEPとした関係図を用いると、時刻 ta_3 となる。この発生時刻の ta_2 から ta_3 への遅延は、上記CQK型の物理モデルによると、時刻 ta_1 から ta_2 の変化量 $\Delta D(DEP, t)$ で生じる $\Delta F(DEP, t)$ は、時刻 ta_2 で今にも発生しそうな大地震の断層に作用するせん断応力を誘発する。しかし、そのせん断応力は、変化量 $\Delta D(DEP, t)$ で生じるとされた $\Delta F(DEP, t)$ よりも少ない量となり、変化量 $\Delta D(DEP, t)$ に相当する断層幅を持った断層の静止摩擦応力より小さくなる。従って、そのCQK大地震は、時刻 ta_2 で発生しない。時刻 ta_2 から ta_3 までの変化量 $\Delta D(DEP, t)$ で生じた $\Delta F(DEP, t)$ が誘発するせん断応力が更に加わると、断層に作用するせん断応力は、断層面の静止摩擦応力より大きくなり、そのCQK大地震が時刻 ta_3 で発生すると推論される。ただし、この場合でも、時刻 ta_1 から ta_2 までの変化量 $\Delta D(DEP, t)$ が、断層幅 W に略等しくなる。従って、断層幅 W を持った断層に作用するせん断応力を生み出す源となる $\Delta F(DEP, t)$ を発生させる物理モデルは、CQKとCQT予兆の加速度 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の波形の反転が、[図3]に図示した理想的な反転と異なる場合、[特許文献1]の大地震発生時刻と震源の予知技術を改善する。

10

【0128】

第4の改善項目、「巨大地震の予知」について述べる。

マグニチュードが8.5より大きな巨大地震にも[数55]や[数56]が成立すると仮定すると、巨大地震の断層長 L の予測が、巨大地震のマグニチュードの予知となる。従って、断層長 L の予測をするために、[特許文献1]に用いた変位、1次差分、2次差分検出ウエーブレットを上記2つの物理的性質を満足する各検出ウエーブレットに変更して、巨大地震発生の自然現象を定量化し、巨大地震の予知に利用する。

20

【0129】

本願の発明者は、次に述べる地殻表面に出現する変化(地殻変動)のGPS観測から、「プレート境界に沿って出現する地殻変動の異常の広がり」が、今にも発生しそうな巨大地震の断層長 L となる。」自然現象を発見した。地殻変動の定量化は、先ず、GPSを用いて観測した各電子基準点(GPSステーション)の世界測地系(地球の重心が原点)の位置座標値を、各ステーションに定めた東西(X軸)、南北(Y軸)と上下(Z軸)方向の直行座標系の位置座標値に変換する。この座標値を用いて、ステーションの位置が変化する推移を、3方向成分の時系列とし、所定の基準位置からの変位とする。この3成分の時系列を、[数1]の時系列 $[c]$ と同様に記述する。従って、 c は、東西方向(X軸)成分を表す E 、南北方向(Y軸)成分を表す N 、上下方向(Z軸)成分を表す h となる。各時系列の単位は、メートル(m)、時間を示すインデックス j は、日数となり、単位時間は、1日となる。GPSステーションの基準位置を、初日のGPS観測値とすると、初日の変位が、ゼロとなり、2日目の変位が、基準値からの位置変化の値となる。変位時系列データの各成分は、[数1]の震源要素 c を、 E と N と h で置き換えた次の[数57]となる。

30

【0130】

【数57】

$$[E] = [d(E,1), d(E,2), d(E,3), \dots, d(E,m), \dots]$$

$$[N] = [d(N,1), d(N,2), d(N,3), \dots, d(N,m), \dots]$$

$$[h] = [d(h,1), d(h,2), d(h,3), \dots, d(h,m), \dots]$$

40

【0131】

初日の位置を、ステーションの基準位置としたので、 $D(E,1)$ 、 $D(N,1)$ 、 $D(h,1)$ はそれぞれ、ゼロとなる。しかし、ステーションの基準位置は、任意日のステーションの位置に取ることもできる。この場合、任意に選択した日の各変位がゼロとなる。

【0132】

この様に、GPSステーションの日々の位置座標を時系列化し、その平均値を基準位置とし基準位置からの変動を変位時系列とするグラフ化やデータ化の技術は、国土地理院のウェブサイトで公開され、それら表示データもダウンロードできる。変位時系列の単位時間は

50

、1日(24時間)である。更に、公開されている10年以上の長期間のGPSステーションの日々の位置情報は、F2かF3解析の各年毎のデータファイルとして、ダウンロードできるので、それら世界測地系での位置情報を[数57]の変位時系列(単位時間は1日)に座標変換すれば良い。GPSステーションの位置情報は、GPSの観測データの処理方法に依存するので、この単位時間は、1日(24時間)でなく、処理速度の速い1秒とする事もできる。[数57]で与えられるGPSステーションの変位は、ノイズによる変動が大きい。特に、[数57]の[h]の上下変動は、丁度、地震の発生(仮想粒子の出現)が描くジグザグ軌跡となる。[h]軌跡のジグザグ箇所、その時間微分は不可能となり、運動の微分方程式を導出できない。他の[E]と[N]成分も、拡大するとノイズの影響が在り、[数1]の震源要素時系列[c]と同様に、ジグザグ箇所、その時間微分が不可能となる。従って、その時間微分操作が持つ時間の非対称性に関する物理的性質を、正しく反映する差分操作を導出しなければならない。この差分操作を満足させるためには、発明者が考案した変位と1次差分と2次差分とを検出するウエーブレットとを用いなければならない。これらウエーブレットを用いて、時系列[数57]から、[数45]-[数48]で与えられる変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ 、加速度 $A(c, \tau)$ を検出する。GPSステーションの時刻 τ の変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ と、そのD-V位相平面図の $D(c, \tau)$ - $V(c, \tau)$ 軌跡とを用いると、ノイズに埋もれていた「地殻変動の異常」を「巨大地震発生の予兆」として確定できる。その予兆の推移(巨大地震発生の自然法則)の唯一の観測例が、2011年3月11日に発生した東日本巨大地震である。その予兆発生と推移の観測結果を、模式図にして説明する。

10

【0133】

20

巨大地震が発生した東日本は、大陸プレートの東端上に位置し、その下を太平洋プレートが、沈み込んでいる。これら2つのプレートの相対運動の方向は、主に、東西方向である。太平洋プレートは、年間、約4cmの率で主に西方向へ、一方、大陸プレートは、年間、約2cmの率で主に東方向へと運動している。そのプレート境界の東西方向の断面を模式図、[図11]-[図13]にして、緯度38.5度付近の地殻の3つの変形を説明する。

【0134】

(1)[図11]に描いた予兆発生前の東日本におけるプレート境界付近のスローな変形
太平洋に面する東海岸側の下には、太平洋プレートと固着している領域がある。その固着域は、[図11]に茶色で示され、その下の矢印は、太平洋プレートの西方向への運動方向を示し、固着域もその方向へ動いていた。固着域の西方向への運動が、太平洋に面する東海岸側を引きずり込んでいた(沈下させていた)。一方、大陸プレートの東方向へ矢印で示した運動は、日本海に面する西海岸側を押し上げていた(隆起させていた)。このスローな変形は、長年にわたり生じた変形で、実線からの通常な変形として破線で示されている。
(2)[図12]に描いた予兆的膨らみの発生と発生後の太平洋プレートの西方向への急加速と急停止とからなる異常加速運動

30

2009年12月8日頃から太平洋に面する東海岸側(大陸プレートの東端)と日本海に面する西海岸側に地殻の膨らみが観察された。大陸プレートの東方向への「押し」に対し、太平洋プレートの西方向への「押し」が強まったプレートの相対運動による膨らみは、「予兆的な膨らみ」として、赤の破線で表示されている。その膨らみは、東海岸側で1mm程、西海岸側で3mm程あった。又、この膨らみは、本州の東海岸側(四国の太平洋側も含む)と日本海岸側でも観察されている箇所がある。又、その「膨らみ」を観測した後、太平洋プレートの赤色の破線矢印で示されている西方向への異常運動が観測された。2010年7月8日頃から、その西方向への運動が加速され始め、2010年12月22日頃に通常の約3倍の西方向への移動速度に達した。その直後から、急減速し、2011年1月27日頃までに急停止した。そして、太平洋プレートの西方向への運動は、3月11日の巨大地震と津波発生まで停止し続けていた。

40

(3)[図13]に描いたプレート境界の固着領域の壊れ、誘起されたメガスラストが巨大地震と津波を発生させた。

大陸プレートの東端に位置する東日本の地殻の膨らみを支えていた固着域は、太平洋プレートの西方向の運動に耐え切れなくなり、[実施例]で後述する様に、先ず浅い箇所が破壊

50

され、深い箇所が一挙に壊れ、プレート境界で赤色の破線矢印で示す方向にメガスラストを誘起し、東方向の断層運動をし、巨大地震と津波とを発生させた。壊れた固着域は、丸印の破線で表示されている。

【 0 1 3 5 】

上記 3 つの地殻の変形過程とプレート運動とを予兆の推移とする概要は、[非特許文献21]にも、「膨らみ」と「太平洋プレートの異常運動」との連動として報告されているが、模式図や次に述べる詳細は省略されている。

【 0 1 3 6 】

太平洋プレート上にある南鳥島、フィリピン海プレートとの境界付近にある父島、母島のGPSステーションの運動は、太平洋プレートの運動を代表しているとする。太平洋プレートは、太平洋上の南鳥島のGPSステーションの変位時系列によると、年間、約5.5cmの率で主に西方向(約5.7cmで西北方向へ、1.7cmで北方向)へ移動していた。しかし、南鳥島のGPSステーションの変位時系列は、複数の期間に渡り欠損データが存在し、定量解析ができない。又、2011年3月11日の東北巨大地震発生とは無関係に、父島のGPSステーションは、2011/03/09以降その運用停止が、予め決定されていた。しかし、巨大地震発生直前の3月8日までの太平洋プレートの運動の定量解析が可能である。母島のGPSステーションの変位時系列は、2004/06/15から2005/09/24までの長期間、データが欠損しているが、その他の期間では、欠損データが少なく定量解析が可能である。従って、太平洋上の父島と母島のGPSステーションが、太平洋プレートの西方向への運動を代表しているとする。ただし、これらのステーションは、フィリピン海プレートとの境界付近にあり、そのプレート運動の影響を少なからず受けているが、定性的には、国土地理院のウェブサイトで公開されている「日本列島の地殻変動情報の10年間の座標変化グラフ」の太平洋プレート上の南鳥島のGPSステーションの運動と調和している。従って、先ず、父島の時系列の変位[数57]から巨大地震発生直前に出現した地殻の異常加速運動と、巨大地震発生後の運動も含めた母島の異常加速運動とを説明する。

【 0 1 3 7 】

[図14]に、父島、母島、東日本の太平洋側、日本海側にある解析に用いたGPSステーションの配置関係を示す。[数11]-[数13]で表示した東日本の東西方向の断面の一例が、破線で示した方向の断面となり、その断面方向には、女川、村上、両津2の各ステーションがある。1996年から開始されたこれらステーションの連続観測位置座標値には、GEONETのF3解を用いた。これらGPSステーションの過去10年の最新観測データは、国土地理院のウェブサイトの「日本列島の地殻変動の位置座標のグラフ」として公開されている。

【 0 1 3 8 】

父島のGPSステーションのF3座標値を[数57]で表示される変位時系列に変換し、上段から、南北、東西、上下方向の変位の推移として、[図15]にグラフ表示した。1996年からの1999年までのデータには多くのノイズがあり、それらデータは解析に使用せず、2000年1月1日から2011年3月8日の期間のデータを使用した。父島のステーションは3月8日を持って予め運用停止が決定されていたので、3月9日以降の父島のステーションの位置座標は観測されていない。グラフの縦軸のプラス方向(上向き)は、上段がN(北)方向、中段が、E(東)方向、下段が、地表からh(上)方向となる。各縦軸の単位は、全てメートル(m)で、赤色の目盛りの原点(ゼロ)上に黒色で記される目盛りが、2000年1月1日の位置を基準値の0 mとするオフセット値となる。例えば、上段の南北方向の変位時系列[N]の赤色目盛りの原点(0)上の黒色で記された0.05(メートル、m)が、2000年1月1日の南北方向の変位0 mの基準位置からのオフセット値となる。従って、変位ゼロの基準位置は、目盛りが5000倍に拡大されているので、0.05メートル下方の、目盛りの-250に相当する個所となる。又、横軸は、各段に共通な日数の時間軸mで、1目盛りは、単位時間の1日(day)である。最下段の時間のウインドウは、任意期間を拡張表示する拡張ウインドウである。時系列[N]の変位d(N,m)の推移は緑色で表示され、上の方向(北の方向)へ移動している。観測値に欠損日があれば、その日を、除去し、前後の日で連結表示している。又、2011年3月8日(m=3940)の最終の変位値は、左側の水銀柱の目盛りに緑色の柱の高さ赤色の原点ゼロの位置か

らオフセット表示され、その変位の値が、下方(縦軸と横軸が交わる付近)に緑色で0.1182メートルと記されている。又、(E,N,h)の直行座標の関係を図示した。同様に、中段には、東西方向の時系列[E]の変位の推移が、縦軸の拡大率2500倍で表示されている。2000年1月1日の位置からのオフセット値は、縦軸目盛りの原点ゼロで、-0.2mとなる。西方向への変位 $d(E,m)$ の総移動量は、10年余りで、0.3896メートルとなっている。又、下段の拡大率は、上段の5000倍と同じで、時系列[h]の変位 $d(h,m)$ の上下変動は、10年余り、殆ど無かった事を示している。2000年1月1日の位置からのオフセット値は、ゼロで、縦軸目盛りの原点ゼロ上に、0と表記されている。約0.02メートル(2cm)の日々の上下変動(ジグザグな振幅変動)は、実際に生じる地殻の上下変動とは、全く無関係なGPSの観測に関連する環境ノイズによるものである。もし、GPSステーションで観測する環境に異常が無く、一日に2cmの地殻の上下変動があれば、その地殻変動は、地震発生によるものである。[図15]によると、父島のステーションの通常な西方向への運動は、10年余りにわたり39cm移動していた。その年間の変化率は、約3.9 cm/yearとなり、日々の変化率は、約0.11 mm/dayとなる。

【0139】

父島のステーションの位置の変化率(運動)を観測するために、例えば、[数57]で与えられる任意時刻 m の[c]の変位 $d(c,m)$ に変位検出ウェーブレットの幅 $(2w+1)$ を15日とした[数44]の $D(c,\tau)$ と[数45]の差分間隔 n を20日とした $V(c,\tau)$ とを検出し、[図16]に、グラフ表示する。変位 $D(c,\tau)$ と速度 $V(c,\tau)$ の原点は、変位 $d(c,m)$ の原点と同じ、縦軸目盛の0である。なお、変位 $d(c,m)$ と、平均変位 $D(c,m)$ と、その速度の $V(c,\tau)$ の位相関係は、 $D(c,\tau)$ が、 $d(c,m)$ から8日遅れ、 $V(c,\tau)$ が28日遅れている。これら時系列の長さを同一にしたグラフ表示のため、 $m=0\sim 28$ に相当する $d(c,m)$ の最初の28日間と、 $D(c,\tau)$ の20日間のグラフは表示されていない。太平洋プレートの東西方向の運動を明確にするため、変位 $D(E,\tau)$ と速度 $V(E,\tau)$ との関係を、これら時系列グラフに追加して、D-V位相平面図に $D(E,\tau)-V(E,\tau)$ 軌跡を描く。位相平面図に於ける横軸の変位 $D(E,\tau)$ の原点は、太い赤線で印をした縦軸目盛りの原点0の個所となり、その値は、オフセット値の-0.2mとなる。従って、D-V図に於ける原点の値は、変位 $D(E,\tau)$ が、-0.2mとなり、変位の一次変化率である縦軸の速度 $V(E,\tau)$ が、0m/dayとなる。このD-V位相平面図の横軸のDの範囲は、 ± 24 cmで右側反面が $D(E,\tau)$ のプラス(原点から東側)領域となる。縦軸Vの範囲は、 ± 1 mm/dayとなり、上側半面が、 $V(E,\tau)$ のプラス(東方向)領域となる。この位相平面図に描かれた $D(E,\tau)-V(E,\tau)$ 軌跡から、太平洋プレートの異常加速運動が特定される。西方向への速度 $V(E,\tau)$ は、2010年7月11日頃まで、最大約0.2mm/dayであったが、急激に加速し始め、2010年12月22日には、通常速度の約3倍の速度(0.66 mm/day)に到達した。この日には、父島近海でM7.9の大地震が発生している。その発生個所を、時系列[E]上の時刻 $m=3864$ (2010/12/22)の個所とD-V位相平面図の軌跡上にM7.9と矢印で表記した。急加速直後に、急減速が始まり、2011年1月27日頃には西方向への運動は停止し、速度 $V(E,\tau)$ は、ゼロとなり、西方向への運動は、東方向へと逆転し、僅か3-5日後に、その東方向への速度は、0.06mm/dayまで上昇し、巨大地震発生直前の3月8日頃まで、その東方向の速度値は、変化しなかった。2009年12月23日から2011年3月8日の期間($m=3500\sim 3940$)の様子を、[図17]に拡大表示した。拡大図の左下の数値、-0.3896は、2000年1月1日から2011年3月8日までの $d(E,m)$ の総変位量が、西方向へ0.3896mであった事、その下の2500は、縦軸目盛りの拡大率である。D-V位相平面図に於ける変位 $D(E,\tau)$ の原点は、太い青線で印をした目盛り-400の個所のオフセット値となる。目盛りの倍率が2500なので、このオフセット値は、-0.16mとなる。従って、東西方向の変位時系列[E]は、2000年1月1日の位置を基準にすると、縦軸目盛りの0が、-0.2mと、既にオフセットされているので、D-V図に於ける原点の値は、変位 $D(E,\tau)$ が、-0.36mとなり、速度 $V(E,\tau)$ の原点が、0m/dayとなる。変位 $D(E,\tau)$ が、原点となる縦軸目盛り-400の値を取る個所の時刻は、 $m=3700$ の2010年7月11日で、その個所に両矢印と2010/07/11と表記した。D-V位相平面図の速度Vの縦軸目盛り範囲は、 ± 1 mm/dayとなり、上半面がプラス(東方向)領域となる。変位Dの範囲は、原点となるオフセット値から、 ± 4 cmとなり、右側半面が、プラス(原点から東側)領域となる。それら領域の大きさ

を、両矢印と数値で、D-V図に表記した。又、速度 $V(E, \tau)$ と加速度 $A(E, \tau)$ とを、左の縦軸目盛りの0を原点とした相対スケールで、表示した。又これら速度と加速度に含まれている振動の周期の28日を、破線間隔で加速度 $A(E, \tau)$ 上に示した。父島のステーションは3月8日を持って予め運用停止が決定されていて、その最終時刻は、 $m=3940$ となる。これら、異常加速運動が観測された上記日時は、変位検出ウエーブレットの幅15日と差分間隔20日による遅れ時間(最低、幅による8日と差分間隔による10日を加算した計18日の遅れ日数)は考慮されていない実時間である。異常運動の確定に費やす日数を考慮すると、50日程を要した急加速運動は、巨大地震が発生する50日程前に終え、その直後、急減速し、西方向への運動は、遅くとも20日程前に、急停止した事を、[数57]の時系列[E]から確認できる。更に、使用した幅(15日)と差分間隔(20日)は、用途別に、任意設定できる。例えば、日々のランダム変動ノイズと[図17]に出現している略28日の地球潮汐の周期とを平滑するために、変位検出ウエーブレットの幅($2w+1$)を29日とし、差分間隔を35日とし、異常運動の確定をより正確にする事ができる。その2010年4月2日から2011年3月8日の期間($m=3600 \sim 3940$)の様子を、[図18]に拡大表示した。幅($2w+1$)は、奇数値となるが、 w の値が大であれば、偶数値を使用しても結果に差は無い。又、[数45]の差分間隔 n は、偶数値であるが、 n の値が大きければ、奇数値を使用しても結果に差は無い。

【0140】

父島のGPSステーションは、2011年3月9日以降その運用が停止されているので、母島のGPSステーションの変位時系列を用いて、巨大地震発生後の父島のGPSステーションの地殻変動を推論する。母島のGPSステーションでは、2004/06/15から2005/09/24まで長期間のデータ欠損があった。その欠損前後に、加速を伴った地殻変動は無かったと仮定すれば、その時系列データをオフセット連結できる。連結した結果には、地震による様な大きな地殻変動は観察されていないので、その「加速を伴った地殻変動は無かった」とする仮定は、概ね満足されている。従って、連結した時系列を2011年10月29日まで延長した[数57]の[E]に、幅29日の変位検出ウエーブレットと差分間隔35日の速度検出ウエーブレットを適用し、巨大地震発生前後の異常な加速運動を、[図19]に図示した。[図19]によると、母島のGPSステーションの変位時系列[E]は、巨大地震発生前まで父島と略同様なので、巨大地震発生後も、その東西方向の地殻変動は、父島と同様であったと推論できる。なお、2011年3月11日の巨大地震発生日、東北地方を始め日本各地のGPSステーションの、変位時系列[c]には、スパイクノイズが、存在し、母島のGPSステーションの変位時系列[c]にも、時刻 $m=3606$ (2011年3月11日)に存在している。そのノイズの個所は、2011/03/11@ $m=3606$ M9のラベルと破線矢印で、東西方向の変位時系列[E]の $d(E, m)$ 上に表記した。又、異常変位運動を起こした個所には、父島近海の大地震の発生時刻とM7.9を2010/12/22@ $m=3527$ M7.9のラベルと両矢印で $d(E, m)$ と $V(E, \tau)$ 上に表記した。この異常運動とM7.9大地震の発生個所は、D-V図の軌跡上にも矢印とM7.9を表記した。又、M9地震の個所もD-V図に描かれた軌跡上に表記した。巨大地震M9の軌跡は、スパイクノイズの影響で鋭く変化している。このスパイクノイズの影響を取り除くために、3月11日はGPS観測のデータ欠損日だとして、その日の前後のデータを連結し、巨大地震発生前後の変位時系列[E]の $m=3300 \sim 3836$ (2010年5月9日から2011年10月29日)までを、[図20]に拡大表示した。この時系列[E]とD-V位相平面図に描かれた $D(E, \tau)$ - $V(E, \tau)$ 軌跡は、太平洋プレートの西方向への運動が、巨大地震が発生する45日程前に、急停止し、その直後、東方向への運動に反転するが、巨大地震発生後、西方向の運動に戻る。この西方向の運動は小さく150日間ほど継続し、太平洋プレートの西方向への運動に再加速されている。そのD-V位相平面図に描かれた $D(c, \tau)$ - $V(c, \tau)$ 軌跡で表示される予兆の推移は、天気図で表示される台風情報と同等に取り扱える。「台風の芽の発生」は、次に述べる「東日本の通常変形からの膨らみの発生」と見なせる。従って、D-V位相平面図を、巨大地震発生の予報図や予知図として利用できる。

【0141】

これら太平洋プレートの異常な急加速、急減速運動は、大陸プレート上にある東北地方の日本海側(西海岸側)と太平洋側(東海岸側)に出現した「東日本の地殻の通常変形からの膨らみ」と連動している。膨らみの観測後に、太平洋プレートの異常な加速度運動が観察さ

れているので、膨らみが、異常加速運動を誘引したと推論される。この膨らみは日本列島全域で観察されているが、「通常変形からの膨らみ」は、東北地方の東海岸側は種市付近から館山付近に及び、西海岸側は、岩崎付近から入善付近に及ぶ。先ず、観測した東海岸側の通常な変形とその変形からの膨らみ(隆起)の観測結果例を述べる。

【 0 1 4 2 】

通常な太平洋プレートの西方向への移動は、太平洋プレートと固着している東北地方の東海岸側を引きずりこむ。例えば、東海岸のGPSステーション女川の過去15年間余りの地殻変動時系列、[数57]の[N]と[E]と[h]の $d(c, m)$ に変位検出ウエーブレットの幅を400日とし、差分間隔を300日として、[数44]の $D(E, \tau)$ と[数45]の $V(E, \tau)$ とを検出する。それら検出結果を、[図21]に表示した。縦軸目盛りの拡大率は、上段の[N]が、5000倍、中段の[E]も、5000倍、下段の[h]が、10000倍である。これら検出結果によると、太平洋プレートとの固着は、女川のステーションを約18mm/yearで西方向へ、約10mm/yearで南方向へ引きずり、約6mm/yearで沈下させていた。女川の高さ方向の時系列[h]には、上段[N]と中段[E]に矢印で示された地震発生個所にノイズ変動とは異なる約4cmの沈下が観察される。この沈下は、このステーションの近くで2008年6月14日に発生したマグニチュード7.2の地震によるもので、時系列[E]を、4cm程東に、時系列[N]を1.5cm程南に移動させている。上下変動[h]には、この地震による変動以外、明確に観測されていないが、[N]には、2003年5月26日のM7.1、[E]には、2003年7月26日のM6.4の地震がそれぞれ観察されている。この女川のステーションは、これら地震時の移動も含め、15年間で、[N]から北へ約11cm、[E]から西へ17cm、[h]から下方へ9cmの移動が確認されている。[N]から、これらの移動は、絶えず南方向へ移動している。2008年6月14日のM7.2の地震による[E]の東方向への移動を除けば、西方向への定常的な移動は、[h]の沈下と連動している。各大地震の発生個所は、その発生日とマグニチュードを、時系列 $d(c, m)$ 上に、矢印で示した。巨大地震の発生個所は、二重矢印で示した。

【 0 1 4 3 】

上記太平洋プレートの西方向への通常な移動により沈下していた東北地方の東海岸側に、隆起速度成分を持った膨張(隆起)が2009年12月8日頃から始まった。その隆起の開始時点は、女川の[図21]の下段[h]の $D(h, \tau)$ と D -V位相平面図に描かれた $D(h, \tau)$ - $V(h, \tau)$ 軌跡上に破線矢印で示した。又、時系列[h]を[図22]に拡大表示した。[図22]から、巨大地震発生直前までに、女川のステーションは、1.2 mm隆起し、その直前の隆起速度成分は、0.00 1mm/dayであった。この東海岸の膨張開始から半年後の2010年7月11日頃から、上記太平洋プレートの西方向への異常な加速運動が観測されたので、膨張が、異常加速を誘起した事になる。この膨張の開始は、巨大地震が発生する約445日前である。幅が400日の変位検出ウエーブレットを用いてその隆起の始まりが観測できたので、その開始の検出は、約245日前(245日=445日 - 200日)となる。更に、その隆起に、隆起速度成分(上下変動[h]の正の速度成分)を確認するには、巨大地震が発生する約150日前頃となる。なお、その巨大地震が発生した個所の $D(h, \tau)$ - $V(h, \tau)$ 軌跡は、急激に変化する変位と速度データを連結する鋭い下降直線(細線)となり、その箇所をM9と二重線矢印で示した。

【 0 1 4 4 】

2011年3月11日の巨大地震は、女川を約5m東へ移動、約1.7m南へ移動、約87cm沈下させた。従って、[非特許文献1]の「地震の物理」によると、太平洋プレートの西方向への移動が、プレート境界の固着域により、東日本の地殻に年間、2.14cmの率で歪を蓄積し(変形させ)、固着領域(断層)が、蓄積応力に耐え切れなくなり破壊され、断層がスリップし、巨大地震が発生した事になる。地震発生時の女川の総移動量535.23cmが、女川付近で蓄積されていた応力を開放した事になる。この総移動量に相当する応力を蓄積するには、約250年要した事になり、250年程前(1761年頃)に、M9クラスの東北巨大地震が発生していた事になる。東日本では、過去に、1611年12月2日、三陸沖で発生したM8.1の慶長三陸地震、1793年、宮城県沖寛政M8.2地震、1896年6月15日、三陸沖の日本海溝付近で発生したM8.5地震と1933年3月3日、三陸沖の日本海溝付近で発生したM8.1地震があるが、250年程前(1761年頃)に、M9クラスの巨大地震は、存在しない。従って、その様な巨大地震が

過去に存在しなかったのであれば、プレート境界の固着領域付近の地殻に蓄積された応力の巨大地震による解放は、[非特許文献1]の「地震の物理」では説明できないし、その巨大地震の発生日や時期の予知は不可能となる。

【0145】

大陸プレートの東方向への通常な移動は、大陸プレートの東海岸側(東端)が太平洋プレートに固着しているため、東北地方の西海岸側を、東方向へ押し上げる。東海岸のGPSステーション、女川、と同緯度付近(約38.5度付近)にある西海岸のGPSステーション、佐渡島の両津2、の観測例を挙げる。両津2の過去15年間余りの地殻変動時系列、[数57]の[N]と[E]と[h]の $d(c, m)$ に変位検出ウェーブレットの幅を400日とし、差分間隔を300日として、[数44]と[数45]とで与えられる $D(c, \tau)$ と $V(c, \tau)$ とを検出する。それら検出結果を、[図23]に表示した。縦軸目盛りの拡大率は、上段の[N]が、5000倍、中段の[E]も、5000倍、下段の[h]が、10000倍である。太平洋プレートとの固着が、その西海岸の通常運動を、両津2のステーションを東方向へ11mm/yearで移動させ、約2.4mm/year(約0.007 mm/day)で隆起させていた。下段[h]の $D(h, \tau)$ と D - V 位相平面図に描かれた $D(h, \tau)$ - $V(h, \tau)$ 軌跡とに破線矢印で記した西海岸の予兆的な隆起開始点は(隆起速度成分を持った膨張の開始点は)、東海岸の膨張開始と同時期の2009年12月8日頃である。巨大地震の発生個所は、時系列[h]の $d(h, m)$ 上と $D(h, \tau)$ - $V(h, \tau)$ 軌跡に表示した二重線矢印が指す個所である。下段[h]のみを、[図24]に拡大表示した。この拡大図から、巨大地震直前まで、約3 mm隆起し、直前の隆起速度成分は、0.016mm/dayに達していた事が判明する。また、膨張は、大陸プレートの東方向への速度成分が、0.046mm/dayから巨大地震直前の0.026mm/dayまで減速した期間に発生している。更に、この膨張は、太平洋プレートの異常な加速度運動と連動している。時系列 $d(h, m)$ と $D(h, \tau)$ 上に示した2つの二重線矢印と、 $D(h, \tau)$ - $V(h, \tau)$ 軌跡の二重線矢印の個所で発生したM9巨大地震は、西海岸側の両津2を、南へ8cm程、東へ71cm程、移動させ、3cm程隆起させた。

【0146】

巨大地震は、東日本の東海岸側を沈下させ、西海岸側を隆起させたが、殆んど沈下も隆起もさせなかった領域が、その西海岸と東海岸の間で西海岸に沿った線状に存在する。その線上にあるGPSステーションの例として、東海岸のGPSステーション、女川と佐渡島の両津2と同緯度付近にある村上の1996/3/21から2011/9/24までの15年余りの時系列、[数57]の[N]と[E]と[h]の $d(c, m)$ に変位検出ウェーブレットの幅を400日とし、差分間隔を300日として、[数44]と[数45]とで与えられる $D(c, \tau)$ と $V(c, \tau)$ とを検出する。それら検出結果を、[図25]に、時系列[h]の拡大を[図26]に表示する。太平洋プレートとの固着が、その西海岸の通常運動を、村上ステーションを南方向へ9 mm/yearで移動させ、巨大地震発生約5年前から、それまで東方向への移動成分はゼロであったが、東方向へ5 mm/yearで移動させた。2000年頃まで沈下していたが、それ以降、上下変動は殆んど無く、隆起は、僅か、0.5 mm/year程の隆起速度であった。村上の地殻の膨張は、西海岸(両津2)の予兆的な膨張と同様であった。それは、東海岸の膨張と同時期の2009年12月9日頃の破線矢印で示した個所から始まり、巨大地震直前まで、約3 mm程隆起し、直前の隆起速度成分は、0.012 mm/dayに達していた。この膨張は、大陸プレートの東方向への速度成分 $V(E, \tau)$ を0.018 mm/dayから-0.008 mm/dayまで減速させた。マイナスは、村上ステーションが東方向から西方向へ反転移動した事を意味する。この反転開始は、東方向への移動速度成分がゼロと観測された時点で、巨大地震発生71日前に始まった。それは、2010年12月22日頃、太平洋プレート(父島のステーション)の西方向への移動速度が最大値となった頃と同時期であり、太平洋プレートの西方向への異常な加速度運動と連動している。[図25]の変位 $d(N, m)$ と $d(E, m)$ 上に示した2つの二重矢印は、2011年3月11日に巨大地震が発生した個所である。その個所で、巨大地震は、西海岸側寄りの村上を、南へ23cm程、東へ130cm程、移動させた。[図26]から、ゆっくり時間をかけた1 mm余り程度の隆起が、巨大地震後観察されているが、両津2等で観測されている地震直後のシャープな隆起ではない。[図26]の変位時系列の $d(h, m)$ と $D(h, \tau)$ 上に示した2つの二重矢印は、2011年3月11日に巨大地震が発生した個所である。

【 0 1 4 7 】

女川、村上、両津 2 のステーションの、通常な地殻変動と予兆的な地殻変動(膨らみ)は、東日本一帯のGPSステーションで観測された。それらステーションを東海岸側の女川の様に、巨大地震発生前後で、ステーションの地殻が「沈下」したグループ、西海岸側の両津 2 の様に地殻が「隆起」したグループ、村上の様に、ステーションの地殻の沈下も隆起も発生しなかった「変化なし」のグループに3種類のシンボルを使用して分類し、[図27]に表示した。図には、2011年3月11日に発生した巨大地震(3/11 M9)とその余震分布も表示した。又、2003年9月26日に発生したM8の十勝沖地震、2010年12月22日に発生した巨大地震の予兆的な父島近海のM7.9地震、巨大地震の前震である2011年3月9日のM7.5地震(3/9 M7.5)とその余震分布も表示した。

10

【 0 1 4 8 】

これら、東日本のGPSステーションと太平洋上のGPSステーションの地殻変動時系列[数55]の[E]、[N]、[h]に、変位、速度、加速度検出ウエーブレットを用いて、[数44]-[数47]で与えられる変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ 、加速度 $A(c, \tau)$ を検出し、これら物理量を用いた巨大地震の予兆的な地殻変動の定量的な観測結果を得た。本願の発明者は、太平洋プレートと大陸プレートとの固着域が、大陸プレートの東端に位置する東日本に、通常な地殻の変形とは異なる地殻を膨張させ、膨張と連動した太平洋プレートの異常加速運動を誘引し、固着域が破壊されメガスラストが発生し、巨大地震と津波が発生する自然法則を発見した。前述の[図11]-[図13]、に示したその自然法則によると、東日本が在る大陸プレートと太平洋プレートの固着領域により、太平洋プレートの西方向への移動は、東日本の東海岸側を沈下させ、西海岸側を隆起させるので、その固着域の長さ方向の範囲を、巨大地震の断層長(L)と推定できる。またインターネットで公開されているGoogle Earthのプレート境界付近の海溝の地形図からも、想定できる巨大地震の断層長を簡単に予測できる。従って、[数53]から、その巨大地震のマグニチュードを予測できる。また、発見した巨大地震の予兆の推移を定量的に記述する物理法則を利用すると、地殻の予兆的な膨らみと太平洋プレート(大陸プレートの下に潜り込む海洋プレート)の異常加速運動の検出後、その発生時期は、発生1年程前から予兆の推移状況をモニターしながら予知できる。変位 $D(c, \tau)$ と速度 $V(c, \tau)$ のD-V位相平面図を用いた予兆モニターは、台風の進路予測や大きさの同時モニターに相当する。

20

【 0 1 4 9 】

第5の改善項目、「大地震、巨大地震の蓄積応力の臨界状態を如何にモニターし、大地震、巨大地震の予知に利用するか」について述べる。
[特許文献1]によると、地震発生の変化に、地殻の応力場の変化が反映されているという自然法則を定量化した具体例は、北緯32度~36度、東経131.5度~136.5度で囲まれた中国・四国・近畿地方に発生したマグニチュードが、3.5以上の地震の発生時刻の時間間隔 $d(I_{NT}, m)$ を、時刻mまで2s個、累積した $CI(m, 2s)$ であった。 $CI(m, 2s)$ は、2s個の地震発生に、費やした時間なので、単位時間当たりの地震の数が減少すると、 $CI(m, 2s)$ は増加し、領域の地殻に応力が蓄積されている状況を示す。逆に、大地震が発生し余震の多発等で地震発生数が増加すれば、蓄積された応力が大地震の発生により開放されている状況を示す。従って、 $CI(m, 2s)$ は、大地震に至るまでの応力の蓄積と大地震発生後の応力開放のサイクルの推移を表す。このサイクルの形状が、[特許文献1]の発明では、マグニチュードの程度の予知に利用された。しかし、 $CI(m, 2s)$ は、地殻に蓄積され開放される歪エネルギーの密度に比例する量である事も、本願の発明者が、発見したので、その自然法則を次に述べる。

30

40

【 0 1 5 0 】

地殻を弾性体とみなすと、プレートの相対運動による地殻の歪は、対称な2階のテンソル量となり、地殻を変形させる応力と線形的に比例し、応力も対称な2階のテンソル量となる。プレートの相対運動により生じた歪を維持する保存エネルギーが、地殻に蓄積される。地殻の単位体積あたりに蓄積されるそのエネルギーは、歪エネルギーの密度で、応力と歪の内積で与えられるスカラー量となる。時系列 $[CI(m, 2s)]$ は、次に述べるように、3つ

50

の成分からなる応力(せん断応力)の関数となる。従って、時系列 $[CI(m, 2s)]$ は、スカラー量なので、対象領域の地殻の単位体積あたりに蓄積された歪エネルギーに比例すると仮定できる。蓄積された歪エネルギーは、大地震や巨大地震の発生直前から解放される。従って、時系列 $[CI(m, 2s)]$ は、大地震や巨大地震発生の時期の予知に利用できる。先ず、時系列 $[CI(m, 2s)]$ が、せん断応力の3成分の関数である事から説明する。

【0151】

時系列 $[CI(m, 2s)]$ が、せん断応力の関数である理由は、上記、中国・四国・近畿地方(4度X5度程のメッシュ領域)の s を30~35とした $[CI(m, 2s)]$ が、3つの独立変数、つまり、3つの自由度(力学変数)を持つ事による。偶数の $2s$ は、奇数の $2s+1$ としても良い。その力学変数の数の特定には、後述する統計解析(カオス解析)を用いる。時系列 $[CI(m, 2s)]$ は、地殻の応力変化で生じる地震の発生の変化を記述するので、それら3つの力学変数は、せん断応力の3成分であると断定できる。例えば、プレート境界で大陸プレートの東端に位置する上記中国・四国・近畿地方の場合、フィリピン海プレートが、西北方向に年間約3cmで移動しながら潜り込んでいる。この外力が、地殻の断層付近を変形させ、地殻の断層面に作用するせん断応力となる。東西方向を x 軸、南北方向を y 軸、地表から上下方向を z 軸とした x - y - z の直交座標系を用いると、このプレートの相対運動によるせん断応力は、 x - y - z の3成分を持つ。この狭い領域を約30倍に広げ、日本列島を含む、北緯24度~48度、東経124度~150度領域にすると、マグニチュードを4以上として選択し、差分間隔 s を、15~50とする時系列 $[CI(m, 2s)]$ の力学変数の数は、1つ増え4となる。この増加は、領域が、平面でなく球面の一区画となるので、球面状の地殻内の z 軸方向の選択が、新たな自由度として加わる事による。従って、時系列 $[CI(m, 2s)]$ は、せん断応力の3成分の関数であり、しかもスカラー量なので、対象領域の地殻に蓄積される歪エネルギーの密度と仮定する事ができる。領域を変えたり、その広さを、順次拡大したりして、選択領域に蓄積された歪エネルギーの密度の推移を観察できる。更に、時系列 $[CI(m, 2s)]$ の $1/(2s)$ 値は、ローパスフィルターのカットオフ周波数に相当するので、 s 値を変え、大地震や、巨大地震発生前に出現する歪エネルギーの急激な解放現象を異なる周波数領域で検出できる。[非特許文献22]によると、この加速された解放現象は、大地震や巨大地震の発生直前の地殻に蓄積されたせん断応力が作り出す臨界現象であって、加速された地震モーメントの開放現象(Accelerated-Moment-Release、AMR現象)として知られている。従って、大地震と巨大地震のある程度の震源領域と発生時期を予知できる。次に、せん断応力の成分の数、即ち、力学変数の数を特定する方法について、 $[CI(m, 2s)]$ を、例にとり説明する。

【0152】

以下に述べる方法は、本願の発明者の考案によるもので、カオス解析(統計解析)でシステムの力学運動を記述する状態空間の次元数(最小の埋め込み次元数)を推定する「最も近接した誤り点法(誤り近接法)」と、結果的に、同じ方法となる。[図28]に、その方法の原理を図示する。先ず、変位検出ウエーブレットの幅 Δt が1の $DDW(t)$ を、時刻 j から間隔 n 毎に r 個並べる(図例では $r=4$)。解析する時系列を時刻 j のINTの累積値を $CI(j, 2s)$ とする。間隔 n の値は、 $CI(j, 2s)$ の変動が、互いに相関を失い独立となる時間間隔が最適なので、例えば、時系列の変動の自己相関が、無くなる時間間隔とする。各変位検出ウエーブレットは、互いに重なる領域が無いので、直行している。従って、INTの累積時系列 $[CI(m, 2s)]$ の力学変数の数が4であれば、累積時系列の変動は、4個の変位検出ウエーブレットが張る4次元の状態空間に軌跡として描かれることになる。この空間の次元数は、任意に増加する事ができるが、最小の次元数が、時系列 $[CI(m, 2s)]$ の次元数、つまり力学変数の数となり、カオス解析で使用される、「最小の埋め込み次元数」となる。

【0153】

1次元である時系列 $[CI(m, 2s)]$ の変動を、状態空間に描く軌跡として観測する。時系列の時間軸に並べる変位検出ウエーブレットの個数 r が、状態空間を張る基底数となる。従って、状態空間の次元数は、 r となる。最適な次元数 r を求めるために、 r 個の変位検出ウエーブレットは、次の作用をすると仮定する。それぞれの変位検出ウエーブレットが検出した変位を r 個加算平均し、時刻 j のその値を、 $\langle CI(j, 2s), r \rangle$ とする。カギ括弧 $\langle$ ・

> は平均操作記号で、その中のラベル r は、平均を取る個数で、 $r \geq 1$ の整数とする。数式で、その平均操作を、[数58]に記述する。又、任意選択した時刻 j の時系列の値 $CI(j, 2s)$ に最も近い値を時刻 k の $CI(k, 2s)$ とする。この時、時刻 j と k の平均値の差の絶対値、 $\Delta < CI(j-k, 2s), r >$ も、[数59]に記述する。

【 0 1 5 4 】

【数 5 8 】

$$< CI(j, 2s), r > = \frac{1}{r} \sum_{i=0}^{r-1} CI(j+i \cdot n, 2s)$$

【数 5 9 】

10

$$\Delta < CI(k-j, 2s), r > = | < CI(k, 2s, r) > - < CI(j, 2s, r) > |$$

[数59]は、[数58]の時刻 j と k の値の差の絶対値を算出する。

【 0 1 5 5 】

1次元的に表記されているINTの2s個の累積加算の時系列 $[CI(m, 2s)]$ の変動は、先ず、1個の力学変数 ($r=1$) に支配されているとする。従って、力学変数の数を求めるステップは、 $r=1$ の場合から、始める。

ステップ 1 :

任意選択した時刻 j の値 $< CI(j, 2s), 1 >$ (平均個数は1個なので、 $CI(j, 2s)$ と同一値) と最も近接した値を、 $\Delta < CI(k-j, 2s), 1 > \sim 0$ の条件で探す。

20

ステップ 2 :

その値が、時刻 k の値 $< CI(k, 2s), 1 > = CI(k, 2s)$ であったとする。

ステップ 3 :

所定のしきい値 TH を、例えば、 $TH=10$ とか $TH=15$ とかに設定する。設定に関して、時系列 $[CI(m, 2s)]$ の標準偏差等の統計量を考慮した値でも良い。

ステップ 4 :

時刻 k を時刻 j 以外の全ての時刻 k_x に変え、 $\Delta < CI(k_x - j, 2s), 1 >$ が TH より大きくなる場合の数を数える。その総数を $N1$ とし、 $N1$ を $N1/N1$ で規格化する。従って、 $r=1$ の場合、規格化した総数は 1 となる。

なお、時系列 $< CI(j, 2s), 1 >$ は、変動しているので、変動が激しくなると、 $N1$ の値は、増加し、時系列がランダムであれば、 $N1$ は最大となる。

30

ステップ 5 :

時刻 $j+n$ と $k+n$ に変位検出ウエーブレットを、それぞれ追加配置し、 $r=2$ とした時刻 j と k の差 $\Delta < CI(k-j, 2s), 2 >$ を、所定のしきい値 TH と比較する。 $\Delta < CI(k-j, 2s), 2 >$ が TH より大であれば、時刻 $j+n$ と時刻 $k+n$ の変位成分が大きく寄与している事になる。この様に TH より大きくなる総数 $N2$ を、時刻 k を時刻 j 以外の全ての時刻 k_x に変え、ペアの差の絶対値 $\Delta < CI(k_x - j, 2s), 2 >$ が TH より大となる回数を数え、総回数を $N2$ と、その規格値を $N2/N1$ とする。その値が、例えば、 $N2/N1 \sim 0.5$ であったとする。 $N2$ は、2個の移動平均後の $< CI(j, 2s), 2 >$ から得る $\Delta < CI(k-j, 2s), 2 >$ が TH より大となる総数なので、その平均操作により、 $N1$ より少ない数値を取る。 $N2/N1 \sim 0.5$ の場合、時系列 $[CI(m, 2s)]$ の変動を、50% 支配している事になり、力学変数の数は、2 となる。

40

ステップ 6 :

時刻 $j+2n$ と $k+2n$ に変位検出ウエーブレットを、それぞれ追加配置した $r=3$ の場合でも ([図28]の $r=4$ を $r=3$ とした) $\Delta < CI(k-j, 2s), 3 >$ が、 TH よりも大となると、時刻 $j+2n$ と $k+2n$ の変位成分が、依然、寄与している事になる。上記ステップ5と同様のプロセスで、時刻 k を時刻 j 以外の全ての時刻 k_x に変えると、 $\Delta < CI(k-j, 2s), 3 >$ が TH より大となる条件に適合する総数 $N3$ は減少する。規格値が $N3/N1 \sim 0.2$ だったとすると、3番目の独立変数の時系列 $[CI(m, 2s)]$ の変動への寄与は、20% 程度で、力学変数の数は 3 となる。

ステップ 7 :

時刻 $j+3n$ と $k+3n$ に変位検出ウエーブレットを追加配置する。上記ステップ 6 と同様

50

なプロセスを $r=4$ で実施する事になる。[図28]の $\Delta<CI(k-j, 2s), 4>$ が、THより大となる条件を満足する総数を数える。総数 $N4$ は激減する。その規格化値が、 $N4/N1 \sim 0.05$ だったとする。4番目の力学変数の時系列 $[CI(m, 2s)]$ への変動への寄与は、微小だが、依然存在し、力学変数の総数は4となる。

ステップ8：

時刻 $j+4n$ と $k+4n$ に変位検出ウエーブレットを追加配置する。上記ステップ6、7と同様なプロセスを $r=5$ で実施する。 $\Delta<CI(k-j, 2s), 5>$ が、THより大となる条件を満足する総数が $N5$ で、規格値は、 $r=4$ の場合と変わらず、 $N5/N1 \sim 0.05$ だったとする。5番目の独立変数の時系列 $[CI(m, 2s)]$ への変動への寄与は、 $r=4$ の場合と同程度で存在し、力学変数の総数は5となる。

10

ステップ9：

時刻 $j+5n$ と $k+5n$ に変位検出ウエーブレットを追加配置する。上記ステップ8と同様なプロセスを $r=6$ で実施する。 $\Delta<CI(k-j, 2s), 6>$ が、THより大となる条件を満足する総数を $N6$ とする。その規格化値が、 $N6/N1 \sim 0.05$ となり、 $r=4$ 、 $r=5$ の場合と同程度だったとする。6番目の独立変数の時系列 $[CI(m, 2s)]$ への変動への寄与は、 $r=4$ 、 $r=5$ の場合と同程度で、力学変数の総数は6となる。

ステップ10：

時刻 $j+6n$ と $k+6n$ に変位検出ウエーブレットを追加配置し、上記ステップ9と同様なプロセスを $r=7$ で実施し、ステップ9と同様な規格値 $N7/N1 \sim 0.05$ を得たとする。ステップ7で $r=4$ の時と、規格値は変化してなく、この様な規格値を作り出す時系列 $[CI(m, 2s)]$ の変動は、ランダム変動が力学変数に重複している状況を示す。最終的に力学変数の数は、3と断定できる。また、ランダム変動の寄与が無ければ、 $r=4$ 以降の、規格値は $N4/N1$ 、 $N5/N1$ 、 $N6/N1$ は、全てゼロとなり時系列 $[CI(m, 2s)]$ に変動を与えている力学変数の数は3となる。時系列 $[CI(m, 2s)]$ には、 $2s$ を適当な大きさ以上に取ればランダム変動の寄与は無い。

20

【0156】

上記方法から、北緯32度～36度、東経131.5度～136.5度で囲まれた中国・四国・近畿地方の時系列 $[CI(m, 2s)]$ の s が($2s=60 \sim 70$)の力学変数の数は3で、 $[CI(m, 2s)]$ は、領域の単位体積あたりに蓄積されそして開放される歪エネルギーだと断定できた。その力学変数の数を断定する方法は、他の震源パラメータの時系列にも適用できる。例えば、その中国・四国・近畿地方の震源の深さDEPの時系列 $d(DEP, m)$ の[数39]で与えられる $2s$ 個($60 \sim 70$ 個)の移動平均値 $<D(DEP, m), 2s>$ や累積加算 $[CD(m, 2s)]$ に、適用すると、その独立変数の数は、3となり、 $<D(DEP, m), 2s>$ と $[CD(m, 2s)]$ は、歪エネルギーの密度に比例する時系列となる。従って、全く異なる震源情報から得た歪エネルギーの密度を観測する2つの窓を使用すると、大地震や巨大地震の発生直前に出現するAMR現象をより確実に検出できる。その具体例を次に述べる。

30

【0157】

INTの累積加算時系列 $[CI(m, 2s)]$ とDEPの累積加算時系列 $[CD(m, 2s)]$ は、選択した領域の歪エネルギーの密度の時系列となる。累積加算時系列は、それぞれの震源パラメータ $D(INT, j)$ と $D(DEP, j)$ の $2s$ 個の移動平均の時系列でも良い。この時、過去の時刻 mx に観察した最大値を、INTの場合は、累積加算 $CI(mx, 2s)_{\max}$ と移動平均 $<D(INT, mx), 2s>_{\max}$ とし、DEPの場合は、累積加算 $CD(mx, 2s)_{\max}$ と移動平均 $<D(DEP, mx), 2s>_{\max}$ として、それら最大値が1となるように2つの時系列を、次の様に規格化する。

40

【0158】

【数60】

$$NCI(m, 2s) = \frac{CI(m, 2s)}{CI(mx, 2s)_{\max}} = \frac{\left[\frac{1}{2s} \sum_{i=m-2s+1}^m d(INT, i) \right]}{\langle d(INT, mx), 2s \rangle_{\max}}$$

【数61】

$$NCD(m, 2s) = CD(m, 2s) / CD(mx, 2s)_{\max} = \left[\frac{1}{2s} \sum_{i=m-2s+1}^m d(DEP, i) \right] / \langle d(DEP, mx) \rangle_{\max}$$

【0159】

従って、[数60]と[数61]は、選択した領域の過去(時刻mx)の最大値が1となるよう規格化した歪エネルギー密度の推移を表す時系列となる。最大値が100となる等の他の規格化でも良い。蓄積されたせん断応力が、大地震発生の直前から急速に開放されるAMR現象を、この規格化した歪エネルギー密度を用いて観察する。領域として、前述した、北緯32度～36度、東経131.5度～136.5度で囲まれた中国・四国・近畿地方を選択する。又、この領域の震源分布図を[特許文献1]の図2、図3、図4に倣い[図29]、[図30]、[図31]に表示する。

10

【0160】

[図29]の地震の震源分布は、1983年1月6日から2012年1月30日までに発生したマグニチュードが3.0以上の地震で、それらは気象庁の全国震源カタログと一元化震源カタログから集めたものである。図の横軸は、経度、縦軸は緯度を表している。水色の点で示された各地震の震央は、マグニチュード(MAG)が3.0以上3.5未満で、黒色の丸印の震央は、MAGが3.5以上の地震である。MAGが5以上で6未満の地震には、赤色の三角印、MAGが6以上の8個の地震の地震は、赤色で塗りつぶした丸印と発生年代のラベルを付けてある。同じ年代に発生した地震には、アルファベットのaとbとで区別している。1983年に発生した三朝地震は、1983bとラベルが付けられている。又、2つの群発地震は、発生年代の前に群発(Swarm)のSが付けられている。深発地震に関しては、MAGが3.0以上3.5未満の地震は黒色の円内を、MAGが5以上で6未満の地震は、黒色の三角内を、MAGが6以上の地震は黒色の大きな円内を、それぞれ青色で塗りつぶして表示してある。[図30]と[図31]は、それら震源分布の緯度方向と経度方向の断面図で、震源の深さ方向の分布を、logスケールを用いkmで表示してある。プレート境界に発生する震源分布の緯度方向の断面図は、フィリピン海プレートの北端がユーラシアプレートの南端下に沈下している状況を表している。経度方向の断面図は、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に略円弧状に位置している状況を表している。

20

30

【0161】

この中国・四国・近畿地方のプレート境界の地殻に蓄積され解放される歪エネルギーの密度の推移を、深発地震を除いたM3.5以上の地震の発生の変化から、[数60]と[数61]を用いて、[図32]にグラフ表示する。その推移は、1983年1月6日(1983/1/6)から2012/1/30までの期間である。ただし、この地域の地震観測網は、1984年以降新たに増設整備されたので、M3.5以上の地震の検出数が、それ以前の検出数と比較すると高くなっている。グラフの横軸は、時間mで、地震の発生順番を示すインデックスである。最上段に記した選択地震、領域、期間を示す $M \geq 3.5$ ($32.5^\circ - 38^\circ, 136.5^\circ - 142^\circ$) (1983/1/6-2012/1/30)は、Mが3.5以上、選択領域が、(32度 - 36度、131.5度 - 136.5度)、横軸のイベント時間mの0から1741が、1983/1/6から2012/1/30に相当する事を意味する。[数60]と[数61]の2sを70とし、最大値を1とする規格化に用いた2つの時系列の過去28年間の最大値 $CI(m, 70)_{\max}$ と最大値 $CD(m, 70)_{\max}$ は、

40

$m = 555$ (1994/04/06)の時、 $CI(m, 70)_{\max} = 70 \times 283.0961$ 時間、

$m = 551$ (1994/01/31)の時、 $CD(m, 70)_{\max} = 70 \times 43.1942$ km

となる。なお、70倍した283.0961時間と43.1942kmは、 $d(INT, j)$ と $d(DEP, j)$ の70個の移動平均値の最大値である。[図32]の左側の縦軸目盛は、[数60]を $NCI(m, 70)$ 、[数62]を $NCD(m, 70)$ とラベル付けしたグラフの目盛である。又、右側の縦軸の6以上の目盛は、時系列 $[d(MAG, m)]$ をMAGとラベル付けした矢印の高さのグラフの目盛である。従って、MAGのグラフは、マグニチュードである矢印の高さが6以上の大地震になると表示される。更に、その上にある右側の縦軸目盛にLONとラベル付けされている範囲は、震源パラメータの時系

50

列[d(LON,m)]を点グラフにしたLONの目盛で、経度が131.5度～136.5度に相当する。大地震の余震や群発地震は、震源が略同じなので、それら余震や群発地震の震源の経度は殆んど変化しない。従って、[d(LON,m)]の点グラフの変動は無くなる。又、[図29]-[図31]に使用されたマグニチュードが6以上の大地震の発生日ラベルは、そのまま[図32]の時系列[d(MAG,m)]に表記されている。又、2つの群発地震S1984とS2001は、時系列[d(LON,m)]の点グラフに矢印と共にラベルが付けられている。

【0162】

上記領域の地震観測網が増設を含め再整備され、地震検出能力が増加した1984年以降、大地震発生の直前に出現するAMR現象を、[数60]と[数61]を用いて規格化した歪エネルギー密度を用いて観察する。規格化した歪エネルギー密度NCI(m,70)は、1994年4月6日に、又、NCD(m,70)は、1994年1月31日にピークに到達後、共に減少し始め、更に急減少する過程(矢印のAMR-22a)で、1995年1月17日にM7.2の兵庫県南部地震(1995)が発生した。この様な、大地震発生前から始まる蓄積された歪エネルギーの急減少は、M7.2の兵庫県南部地震以降、1997年6月25日に発生したM6.6の山口県東部地震(1997)のAMR-22b、そして、2000年10月6日に発生したM7.2の鳥取県西部地震(2000)のAMR-22cに観察されている。しかし、2001年1月12日に発生した兵庫県北部の群発地震(S2001)直後の2001年3月23日に発生したM6.7の安芸灘地震(2001)の場合、AMR現象は観察されない。これは、前記CQKもしくはCQT予兆が出現しない例として前述した2000年10月6日に発生した鳥取県西部地震(2000)後の兵庫県北部の群発地震(S2001)と、その71日後に発生したM6.7の安芸灘地震(2001)の連動に起因する。又、AMR?-22dと印されたAMR現象では、大地震は、発生していないが、M5.9地震が発生し、AMR?-22eでは、M5.4以上の地震の多発と、領域に隣接した大分県で、M6.2地震(発生日=2006/06/12、緯度=33.135度、経度=131.408、震源の深さ=146.2km)とが発生している。このM6.2地震は、[非特許文献23]で、その予知を公開した。又AMR?-22fは、後述の予知の実施例の和歌山県のM5.5地震(2011/7/5)に関連した現象である。この様なAMR現象は、上記群発地震や大地震との連動がなければ、日本列島の他の領域でも観察されている。なお、上記AMR現象が、マグニチュードの5以上d(MAG,m)の地震にも検出されている事を、[図32]に、5以上のd(MAG,m)を追加表示した[図33]で検証した。

【0163】

1997年10月以降、日本列島全体を含むより広範囲な領域の様々な地震観測網から得ていた様々な震源データが、気象庁1元化震源データとして統一された。[非特許文献23]によると、この1元化震源データを利用し、例えば、北緯16度～52度、東経116度～156度で囲まれた領域で発生したマグニチュードが4以上の地震を選択した[数60]でs=15～50としたNCI(m,2s)にも、上記中国・四国・近畿地方と同様なAMR現象が観察されている。[非特許文献23]によると、過去の最大値は、CI(m,30)max = 22.706日、CI(m,100)max = 55.192日、となる。従って、[数60]で規格化された2つの歪エネルギー密度NCI(m,30)、NCI(m,100)は、異なる観測窓(異なるローパスフィルタのカットオフ周波数)を提供する。この観測によるAMR現象は、NCI(m,100)とNCI(m,30)とが共にピーク値に達し、M4以上の地震がこの広い領域内で多発しはじめると、そのピーク値から減少し始め、その減少が加速し始めると、通常は1日内、遅くとも2～3日以内にM7以上の大地震が広範囲領域のどこかに発生する。2011年3月11日のM9東北巨大地震後の大きな余震や大地震発生にも同様なAMR現象が観測されている。震源パラメータINTのみ用いたこの2つの観測窓に、震源パラメータDEPから得たNCD(m,100)とNCD(m,30)とを追加できるので、AMR現象をより確実に検出すると同時に大地震もしくは巨大地震の震源の深さ情報も得る事ができる。実施例は、後述の[図82]-[図85]で取り上げる。この様に大地震発生前に、地震発生の数が急増化する加速された地震モーメントの開放現象(Accelerated-Moment-Release、AMR現象)と呼ばれている自然現象は、[非特許文献24]によると、統計力学における相転位の臨界現象と仮定でき、その物理法則を利用し、大地震発生時期を予知する方法もある。しかし、そのAMR現象が、統計力学における相転位の臨界現象と物理的に同一なメカニズムを持った臨界現象であると仮定できる確証は、皆無である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0164】

【特許文献1】特願2004-009928、特許第4608643号

【特許文献2】米国特許第5,626,141号

【特許文献3】特許第3044228号、

【非特許文献】

【0165】

【非特許文献1】H. Kanamori and E. E. Brodsky, Physics Today pp.34-38, June 2001

【非特許文献2】M Simons et al. Science 332, pp. 1421-1425, 2011

【非特許文献3】岡田義光、地震の基礎知識とその観測http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/ 10

【非特許文献4】F. Takeda and M. Takeo, AIP Conf. Proceedings 742, pp.140-151, 2004

【非特許文献5】K. Aki, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 93, pp.3740-3747, 1996

【非特許文献6】K. Aki, EPS. 56. pp.689-714, 2004

【非特許文献7】安芸敬一、震災予防、震災予防協会、202号、pp.9-16, 2005

【非特許文献8】A. Jin and K. Aki, EPS. 57. pp.403-409, 2005

【非特許文献9】S. Ohmi and K. Obara, GRL. 29(16) 10.1029/2001 GL014469, 2002

【非特許文献10】小原一成、地震学会、地震第2輯第61巻特集号S315-S327, 2009

【非特許文献11】松村正三、地震学会、地震第2輯第61巻特集号S123-S131, 2009 20

【非特許文献12】Fumihide Takeda, JSME Inter. J. Ser. C, 37(3), pp. 549-558, 1994

【非特許文献13】Fumihide Takeda, Proceedings. 3rd Ex. Chaos Conf., World Scientific, pp. 75-79, 1996

【非特許文献14】Fumihide Takeda et al., SPIE. Proceedings. Vol. 422, pp. 417-426, 2000

【非特許文献15】T. Utsu, International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology, Academic Press, Amsterdam, pp.719-732, 2002

【非特許文献16】S. Ide, M. Takeo, and Y. Yoshida, Bull. Seism. Soc. Am. 86(3), 547-566, 1996 30

【非特許文献17】H. Horikawa, H. Sekiguchi, T. Iwata and Y. Sugiyama, Annual Report on Active Fault and Paleoeearthquake Researches, No. 1, 27-40, 2001

【非特許文献18】S. Ide, Geophys. Res. Lett., 29(12), 1973-1976, 1999

【非特許文献19】K. Hikima and K. Koketsu, Geophys. Res. Lett., 32, L18303, doi: 10.1029/2005GL023588, 2005

【非特許文献20】武田文秀、地震学会講演予稿集、2010年度秋季大会、B26-06、pp. 61、2010

【非特許文献21】武田文秀、地震学会講演予稿集、2011年度秋季大会、A32-11、pp. 38、2011

【非特許文献22】C. G. Bufe and D. J. Varnes, J. Geophys. Res. 98, pp. 9871-9883, 1993 40

【非特許文献23】武田文秀、<http://www.tec21.jp/>

【非特許文献24】Y. Ben-Zion and V. Lyakhovsky, Pure Appl. Geophys. 159, pp. 2385-2412, 2002

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0166】

地殻の定常、非定常、周期的な応力変化が様々な地震を発生させる。その応力変化に、通常とは異なる変化が出現すると、大地震が発生する。この異常変化を、地震発生の変化から大地震の予兆として検出し、予知に利用しなければならない。地震発生の変化において 50

、対象とする領域内で時刻 t に発生した一つの地震は、時刻 t に出現した一つの仮想粒子と見做せる。その粒子は、地震波の観測で得られる領域空間内の位置情報に加え、震源要素等の情報を持つ。従って、次々と場所を変えて発生する様々な地震は、パラメータ c で代表される様々な観測情報を持った一つの仮想粒子が、領域の空間内を移動している事になる。その仮想粒子の動き(運動)は、観測パラメータ c からなる各座標軸 c が張る観測空間に、軌跡を描き、その座標軸 c の成分が、地震発生の変化を記述する時系列となる。時系列の地震発生時刻 t は、地震発生順番の整数に変換できるので、地震発生の変化は、[数1]の変位時系列で定量化できる。この時系列で記述される仮想粒子の運動の法則は、粒子の位置(変位)、速度、加速度を用いて確立されなければならない。しかし、その運動が描く軌跡を粒子の出現順(地震発生順)に直線で連結すると、ランダムなジグザグ軌跡となり、変位時系列もランダムに変化するので、粒子の速度、加速度を用いた決定論的な運動法則は、確立できない。例外はあるが、この様にランダム変化する時系列から、微分を使用しないで、決定論的な運動法則を確立する事は、不可能とされている。例外には、ランダムに拡散する粒子の運動の記述に微分が使用できないので、その運動を統計的に取り扱い、多数の粒子の拡散運動を現象論的に偏微分方程式で記述した決定論的な運動法則もある。いかなる手法を用いても、ランダムな変位時系列 $[c]$ の変化が、決定論な運動法則で記述されなければ、時系列 $[c]$ からの予兆検出は、不可能となる。従って、大地震と巨大地震の決定論的な予知は、不可能となる。このような状況下で、[特許文献1]の発明は、対象とする領域に発生した地震から所定の地震を抽出し、それら地震の震源情報と発震機構解の情報とから、[図6]に表示した時間の反転と直交性に関する物理的性質を満足しない差分検出ウェーブレットを使用して地震発生の変化率を求め、2次差分値を加速度成分と仮定した。この仮定に基づく加速度(力)から、ニュートンの運動の第二法則の導出は、不可能であったが、大地震の予兆検出とその発生に至る決定論的な自然法則を、加速度成分間の振幅と位相関係のみ用いて[図3]の兵庫県南部地震のCQKと鳥取県西部地震のCQT予兆の2種類で確立できた。従って、[特許文献1]の発明は、このCQKとCQT予兆を利用した手段を備える事を内容とした、大地震の発生時刻と震源とマグニチュードの程度を予知する大地震の予知方法、大地震の予知装置、大地震の予知プログラム及び記録媒体であった。しかし、それらの発明には、次に掲げる5つの課題に改善が望まれる。

【0167】

- (1)震源時(大地震発生時刻)の予知
- (2)マグニチュードの予知
- (3)加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{INT}, t)$ の波形の反転が、[図3]の様に、略、完全な反転とならない場合、CQKとCQT予兆の推移を如何に確定し予知に利用するか
- (4)巨大地震の予知
- (5)大地震、巨大地震につながる地殻の蓄積応力の臨界状態を如何にモニターし大地震と巨大地震の予知に利用するか

【0168】

第1の課題は、「震源時(大地震発生時刻)の予知」である。

[背景技術]の[0109]-[0112]で説明した課題内容をまとめる。[特許文献1]の震源時(大地震発生時刻)の予知は、次に述べる自然法則に基づいた。地殻の応力変化を反映する地震発生の変化を、[数1]の時系列 $[c]$ から、[図6]の差分間隔を、 $n=k=s$ と等しくした2次差分検出ウェーブレットを用いて、2次の変化率である加速度 $A(c, t)$ として抽出した。すると、加速度 $A(c, t)$ は、各震源要素間に共通な略 $2s$ の短い固有な周期(時間的な尺度)を持って変動するが、大地震発生直前には、通常地震発生の変化とは異なる $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{MAG}, t)$ との振幅及び位相関係が2種類成立した。この2つの特殊な関係が、[図3]に表示した大地震発生のCQK及びCQT予兆であった。この図で、大地震が発生する時刻は、それら予兆を検出した $A(\text{INT}, ta_1)$ の振幅のピークが、時刻 ta_1 から半周期後に、反転し、逆のピークに到達した時刻 ta_2 である。抽出した加速度 $A(\text{INT}, t)$ の周期は、略 $2s$ であるが、振動毎に、変動する。従って、[特許文献1]は、予兆検出時刻 ta_1 までの前半の半周期を、 $ta_1 - ta_0$ とし、この前半の半周期が、後半の半周期と等しいと仮定して、大地震の発

生時刻 ta_2 を予知するものであった。しかし、この後半の半周期が、前半と異なる場合、大地震発生時刻(震源時)の予知には改善が求められる。この予知の方法、装置、及びプログラムに改善が求められる状況下、本願の発明者は、地震発生の変化を記述するニュートンの運動の第二法則を次の理論により確立した。

【0169】

地震の発生は、仮想粒子の出現と見做せるので、発生の変化が、その粒子の動き(運動)となり、観測空間に仮想粒子の出現した位置の痕跡(運動の軌跡)を描く。その軌跡の座標軸成分は、[数1]の各震源要素 c からなる各観測パラメータの時系列となる。時系列の時間は、仮想粒子を観測した順番を示す整数で、時系列の変動成分が変位となる。震源要素が c で、時刻 t の変位を $D(c, t)$ とすると、その変位は、粒子が、ブラウン運動して描く様なジグザグしたランダムな変位となり、時間 t に関し微分不可能となる。運動の第二法則は、変位 $D(c, t)$ を2回微分した2次の変化率を必要とするので、変化率の導出には、微分操作を、微分操作が持つ時間反転に関する物理的性質を正しく反映する差分操作に変換しなければ、運動の第二法則を用いた大地震発生の自然法則の確立は不可能となる。本願の発明者は、先ず、物理的性質を正しく反映する差分操作を確立した。その差分操作は、例えば、[図7]に表示されている様に、変位検出ウエーブレットを t_1 軸上にある任意時刻 τ で時間 t の偶関数、1次差分検出ウエーブレットを t_2 軸上にある奇関数、2次差分検出ウエーブレットを t_3 か t_4 軸上にある偶関数として構成すると、これら差分操作は、微分操作が持つ物理的性質を、正しく反映し、時刻 τ の変位 $D(c, \tau)$ を[数45]、速度 $V(c, \tau)$ を[数46]、加速度 $A(c, \tau)$ を、[数47]もしくは[数48]で与える。この時、 $\Delta t (=2w+1)$ 、及び、差分を取る間隔 n, k, s は、[図7]に例示している様に、任意な大きさに設定できるので、様々な変動周波数を持つ粒子の運動から、変位検出ウエーブレットの幅と差分を取る間隔で選択的に抽出した周波数領域にある運動を、その領域の変位(位置) $D(c, \tau)$ に作用する加速度 $A(c, \tau)$ として検出する。その周波数領域の選択機能は、変位、速度、加速度を検出する物理的ウエーブレットの周波数特性式、[数48]-[数51]で与えられる。従って、本願の発明者は、大地震発生直前のCQK及びCQT予兆の推移に関する自然法則を、所定の周期で変動している震源要素 c ($c=DEP, INT, MAG$) の変位 $D(c, \tau)$ に作用する加速度 $A(c, \tau)$ として、[数44]で与えられるニュートンの運動の第二法則を[図8]に記述するに至った。

【0170】

この[図8]に[数44]の変位 $D(c, t)$ と[数47]の加速度 $A(c, t)$ の間に成立する大地震の予兆抽出直後の[数43]のニュートンの運動の第二法則が、示されているとする。

- (1) 先ず、時刻 tx_2 ($tx_2 > ta_2$) の $D(c, tx_2)$ を、最新の変位とする。
- (2) すると、時刻 $tx_1 (=tx_2 - s)$ の $A(c, tx_1)$ が最新の加速度となる。
- (3) この時、[数43]の運動の第二法則により最新の加速度 $A(c, tx_1)$ が作用している変位は、時刻 tx_1 の変位 $D(c, tx_1)$ であるが、加速度 $A(c, tx_1)$ の算出には、変位 $D(c, tx_2)$ も含まれる。
- (4) 尚、[数1]の時系列 $[c]$ の最後(最新)の変位 $d(c, m)$ を与える最新の時刻 m は、 $m = tx_2 + w$ となる。
- (5) 予兆(CQT)を抽出直後、大地震が発生する時刻は、震源要素 c を INT とした加速度 $A(INT, t)$ が谷(正の方向のピーク)となる時刻 ta_2 となる。

この大地震が発生する[図8]の時刻 ta_2 は、[図3]のCQT予兆の大地震が発生する時刻 ta_2 に対応する。[図3]のCQK予兆の場合は、[図8]の $A(c, t)$ と $D(c, t)$ の位相関係を、それぞれ反転した関係となる。

【0171】

上記関係で、震源要素 c は、[背景技術]で説明した様に、 INT でも DEP でも良い。加速度 $A(c, t)$ が未来にピークを取る時刻 ta_2 が、大地震発生時刻となる。従って、加速度 $A(c, t)$ が未来にピークを取る時刻 ta_2 を予知する事は、[数43]のニュートンの運動の第二法則を利用すると、差分間隔時間だけ先に進んだ時刻 tx_2 の変位 $D(c, t)$ が、既にピークを取った時刻を抽出する事となる。そのピークは、時刻 ta_2 の変位 $D(c, ta_2)$ なので、時刻 tx_1 にある加速度 $A(c, t)$ は、 $(ta_2 - tx_1)$ イベント後に、大地震が発生すると予知(確定)できる。変位 D

(c, t)は、時刻 tx_2 から更に($ta_2 - tx_1$)イベント進んだ時刻 ta_3 で大地震の発生を観測する事になる。変位 $D(c, t)$ の周期が変動すると、[数43]の運動の第二法則により、その変位の変動に追従して加速度 $A(c, t)$ が作用する。従って、加速度 $A(c, t)$ の正と負の方向の振幅値のピークに到達する時刻は、差分間隔の時間だけ先に進んだ変位 $D(c, t)$ の負と正の方向の振幅値のピークに到達した観測時刻から予知(確定)できる。従って、差分を取る時間間隔だけ常に先の情報を持つ変位 $D(c, t)$ の周期振動観測から、変位 $D(c, t)$ が既にそのピークに到達した時刻 ta_2 を、時刻 ta_1 の加速度 $A(c, t)$ が、半周期後の反転したピークに到達する時刻を ta_2 とし、その時刻を、大地震発生時刻と確定する予知の方法、システム、プログラム、及び記録媒体を開発するに至った。

【0172】

第2の課題は、「マグニチュードの予知」である。

[背景技術]の[0113]-[0126]で説明した課題内容をまとめる。[特許文献1]の大地震のマグニチュードの予知は、マグニチュードの程度を 予知するもので、次に述べる自然法則に基づいた。地震の発生時刻の時間間隔INTの時系列 $d(INT, m)$ の2s個の累積値を、時刻 m の $Cl(m, 2s)$ とすると、 $Cl(m, 2s)$ は、地殻に蓄積された歪エネルギー密度に比例する量となり、その形状の総面積が、大地震により解放される総歪エネルギーとなる。従って、過去に発生した大地震のマグニチュードの程度(例えば、M6クラスとかM7クラス)とこれら形状の大きさとの比例関係から、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードの程度の予知をするものであった。この予知の方法、装置およびプログラムを、[数55]か[数56]を用いたより定量的な予知の方法、装置、及びプログラムに改善するには、大地震の予兆の推移をニュートンの運動の第二法則を用いて記述した大地震発生の自然法則を、確立し、大地震の予知に利用する事が望まれる。この状況下、本願の発明者は、先ず、微分操作が持つ物理的性質を正しく反映する[図7]の差分操作を確立した。その差分操作は、時刻 τ の変位 $D(c, \tau)$ を[数45]、速度 $V(c, \tau)$ を[数46]、加速度 $A(c, \tau)$ を、[数47]もしくは、[数48]で与える。この時、[図7]の各検出ウエーブレットの $\Delta t (=2w+1)$ 、及び、差分を取る間隔 n, k, s は、任意な大きさに設定できるので、様々な変動周波数を持つ粒子の運動(地震発生の変化)から、変位検出ウエーブレットの幅と差分を取る間隔で選択的に抽出した周波数領域にある運動を、変位(位置) $D(c, \tau)$ に作用する加速度(力) $A(c, \tau)$ として検出する。その周波数領域の選択機能は、変位、速度、 加速度を検出する物理的ウエーブレットの周波数特性式、[数48]-[数51]で与えられる。従って、本願の発明者は、大地震発生直前のCQK及びCQT予兆の推移に関する自然法則を、所定の周期で変動している震源要素 c ($c=DEP, INT, MAG$)の変位 $D(c, \tau)$ に作用する力 $A(c, \tau)$ として、[数44]で与えられるニュートンの運動の第二法則で記述するに至った。更に、[図9]と[図10]とに図示する大地震の発生の物理モデルを確立させた。そのモデルを使用すると、CQK及びCQT予兆を検出後、[図10]を用い、今にも発生しそうな大地震の断層(長さ L と幅 W の形状)に作用するせん断応力は、変化量 $\Delta D(DEP, t)$ を起こした力 $\Delta F(DEP, t)$ から誘発され、 $\Delta D(DEP, t)$ が、その大地震の断層幅 W kmと略等しくなる自然法則を、発見した。この法則を利用し、今にも発生しそうな大地震の断層の幅 W を予測し、[数54]に基づいたM6.8とかM7.1等のより定量的なマグニチュードの予知の方法、システム、プログラム、及び記録媒体を開発するに至った。

【0173】

第3の課題は、「[特許文献1]で利用した加速度 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の波形の反転が、[図3]の様に、略、完全な反転とならない場合、CQKとCQT予兆の推移を如何に確定し予知に利用するか」である。

[背景技術]の[0127]で説明した課題内容をまとめる。この課題の場合、CQKとCQT予兆の大地震が発生する時刻は、[図8]の $A(c, t)$ と $D(c, t)$ で震源要素 c をDEPとした関係図を用いると、時刻 ta_3 となる。この発生時刻の ta_2 から ta_3 への遅延は、[図10]の物理モデルによると、時刻 ta_1 から ta_2 の $\Delta D(DEP, t)$ で生じた $\Delta F(DEP, t)$ は、時刻 ta_2 で、今にも発生しそうな大地震の断層に作用するせん断応力を誘発するが、変化量 $\Delta D(DEP, t)$ で生じるとされた $\Delta F(DEP, t)$ よりも少ない量となり、変化量 $\Delta D(DEP, t)$ に相当する断層幅を持った断層の静止摩擦応力より小さくなる。従って、そのCQK大地震は、時刻 ta_2 で発生せず、時刻

10

20

30

40

50

ta2からta3までの変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ による $\Delta F(\text{DEP}, t)$ が更に加わり、断層に作用するせん断応力は、断層面の静止摩擦応力より大きくなり、そのCQK大地震が時刻ta3で発生すると推論される。ただし、この場合でも、時刻ta1からta2までの変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ が、断層幅Wに略等しくなる。従って、[特許文献1]で利用した加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{INT}, t)$ の波形の反転が、[図3]の様に、略、完全な反転とならない場合、[図10]の大地震の物理モデルを利用すると、その発生時刻は $A(\text{INT}, \text{ta2})$ のta2ではなく、 $A(\text{DEP}, \text{ta3})$ の時刻ta3となる、大地震の予知の方法、システム、プログラム、及び記録媒体を開発するに至った。尚、 $A(\text{DEP}, \text{ta3})$ の時刻ta3を予知する時、第1の課題と同様に、差分間隔を取った時間だけ先に進んだ変位 $D(\text{DEP}, t)$ が、負か正の方向の振幅値のピークに到達した観測時刻を大地震発生の予知時刻としてもよい。

10

【0174】

第4の課題は、「巨大地震の予知」である。

[背景技術]の[0128]-[0148]で説明した課題内容をまとめる。この課題は、新たに解決すべきものである。[特許文献1]の大地震の予知方法に関して、任意選択する領域の広さは、約4~5度の緯度幅と経度幅からなるメッシュであったが、2011年3月11日に発生した東日本巨大地震の断層長Lは、約500kmで、メッシュを構成する緯度差に換算すると約4.5度となる。巨大地震の発生場所(領域)は、過去に繰り返し発生したほぼ直線的な広範囲のプレート境界領域に限られる。従って、広範囲にわたるプレート境界で発生する巨大地震の予知には、「プレート境界の地殻表面の変化に出現する異常が、巨大地震の予兆となり、その予兆の広がり、今にも発生しそうな巨大地震の断層長(L)とする」自然現象を利用した巨大地震の予知が求められる。地殻表面の変化に出現する異常を、巨大地震の予兆として検出するために、その領域に設置した多数のGPSステーションの位置を地殻表面を構成する質点とみなし、その質点変動(地殻変動)を、それらGPSステーションの所定の位置座標からの変位として定量化する。各GPSステーションの東西(E)、南北(N)、上下方向(h)からなる直交座標系(E,N,h)の各軸の成分をcとすると、時刻jの変位成分cは、 $D(c, j)$ となり、各成分の変位時系列は、[数57]で与えられる。変位時系列には、地殻表面の質点運動とは無関係なGPS観測に付随するランダムノイズや、周期変動が多く含まれる。従って、地殻変動に出現する異常を検出する時、第1の課題と同様なランダム変動する箇所に微分を用いた物理法則を適用する事が不可能となる障害が生じる。この様な状況下、本願の発明者は、[図7]に例示した任意な周波数選択機能を持つ物理的ウェーブレットを用いて、地殻表面の質点の変位時系列[c]から得た変位、速度、加速度成分を利用し、プレート境界を含む地殻表面の変化に出現する異常とその推移を、(1)巨大地震の予兆の発生、(2)その予兆の確定、(3)巨大地震が何時発生しても不思議でない状態、の3段階に確定できた。それらは、次のものである。

20

30

(1)東日本巨大地震発生(2011年3月11日に発生)の約1年4ヶ月前から生じ始めた大陸プレートの東の端の上に位置する東日本の東西方向の断面からみた、東海岸側で約1mm、西海岸側で約3mmの膨らみを、その巨大地震の予兆の発生とする。

(2)巨大地震発生約8カ月前から生じ始めた太平洋プレートの西方向への異常な急加速後、77日程前に、東方向へのスピードが通常の約3倍に達し、その直後の急減速から停止を予兆の確定とする。

40

(3)巨大地震発生44日程前に太平洋プレートの西方向への移動が停止し、その停止状態の巨大地震発生まで継続を、巨大地震発生直前の、何時、巨大地震が、発生してもおかしくない予兆の最終状態とする。

従って、巨大地震の上記予兆発生と推移とを確定する物理法則と、巨大地震発生の上記自然法則とを利用し、広範囲なプレート境界領域に、次に述べる第5の課題である[数60]や[数61]を利用したAMR現象の検出を確立し、巨大地震の予知の方法、システム、プログラム、及び記録媒体を開発するに至った。

【0175】

第5の課題は、「大地震、巨大地震につながる地殻の蓄積応力の臨界状態を如何にモニターし、大地震、巨大地震の予知に利用するか」である。

50

[背景技術]の[0149]-[0163]で説明した課題内容をまとめる。[特許文献1]で利用したせん断応力の蓄積の推移をモニターする手段は、地震の発生時刻の時間間隔INTの $d(INT, j)$ を時刻 m まで $2s$ 個、累積加算した $CI(m, 2s)$ をグラフ表示する事であった。[特許文献1]では、その時系列 $[CI(m, 2s)]$ のグラフを、マグニチュードの大きさの程度の 予知に利用した。本願の発明者は、[図28]を用いて時系列 $[CI(m, 2s)]$ の独立変数の数を特定する理論を確立し、時系列 $[CI(m, 2s)]$ のモニター手段を、物理法則から得た歪エネルギー密度を規格化した[数60]や[数61]を用いたモニター手段に改善し、地殻に蓄積された歪エネルギーが 大地震や巨大地震の発生前に急激に解放され始めるAMR現象の検出技術を確認した。更に、領域の広さと、[数61]や[数62]で使用するローパスフィルターのカットオフ周波数とを変えた複数の観測によるAMR現象の検出技術を利用し、大地震と巨大地震のある程度の震源領域と発生時期の予知の方法、システム、プログラム、及び記録媒体を開発するに至った。

10

【課題を解決するための手段】

【0176】

請求項1の発明は、観測対象とする領域に発生した地震の震源情報である緯度(LAT)、経度(LON)と深さ(DEP)、震源時(地震の発生時刻)の間隔(INT)、マグニチュード(MAG)を震源要素とし、更に、発震機構解の情報から得る地震の破壊メカニズムに関する要素を、節面1(N1)と節面2(N2)の走行(R)と傾斜角(DEC)、P軸(PA)とT軸(TA)の方位(DIR)と鉛直角(VER)とし、断層運動の要素として、断層のすべり角を λ とし、更に各節面のN1-R、N1-DEC、N2 - R2、N2 - DEC2、N1- λ 、N2 - λ 2とするか、または断層面をNとし、N-R、N-DEC、N- λ とし、それら震源情報の要素を表すパラメータを c として、その選択領域の観測対象とする地震の発生の変化を、対象とする要素 c の時系列データで定量化するために、抽出した j 番目の地震の要素 c に関する地震情報を $d(c, j)$ として数値化する震源要素信号化手段と、

20

対象とする大陸プレート上の領域の地殻状態の変化を連続観測するために、その領域に稠密に設置されたGPSの各ステーションと、対象領域を含む大陸プレート下に沈み込んでいる海洋プレート上に設置されたGPSの各ステーションで、ステーションの東西方向をE、南北方向をN、上下方向を h とした直交座標系(E, N, h)の座標軸成分(要素)をパラメータ c とし、 j 番目に観測したステーションの位置座標値を $D(c, j)$ として数値化する地殻変動成分信号化手段と、

30

前記、震源要素信号化手段により抽出された $D(c, j)$ を、地震の発生を観測した順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$)に基づいて、直接、もしくは、所定の選択処理または平滑化処理を施し、 $[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$ を得る震源要素の時系列化手段と、

前記、地殻変動成分信号化手段により抽出された $D(c, j)$ を、観測時間の順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$)に基づいて、直接、もしくは所定の選択処理または平滑化処理を施し、 $[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$ を得る地殻変動成分の時系列化手段と、

前記、所定の選択または平滑処理をした場合、その処理に費やす遅れ時間を Δ とする遅れ時間検出手段と

40

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ の時刻 m の $D(c, m)$ と、時刻 m から任意間隔 n ($n = 1, 2, 3, \dots$)だけ離れた $D(c, m-n)$ との差に比例する量を、時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の1次差分出力手段か、前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、 $[C]$ を濾過した $F1(c, m)$ を、時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の1次差分出力手段か、いずれかの1次差分出力手段と

前記、1次差分出力手段から出力された、 $\Delta D(c, m, n)$ と、時刻 m から任意間隔 k ($k = 1, 2, \dots$)だけ離れた $\Delta D(c, m-k, n)$ との差に比例する量を、時刻 m の2次差分値、

50

$\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として求める $D(c, m)$ の2次差分出力手段か前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、 $[C]$ を濾過した $F2(c, m)$ を、時刻 m の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力する $D(c, m)$ の2次差分出力手段か、いずれかの2次差分出力手段と
 かなる、地震発生と地殻状態の変化を定量化する方法において、

前記、2次差分出力手段から得た、時刻 m の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の2次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする、2次差分値の時刻シフト手段と、

前記、1次差分出力手段から得た、時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の1次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする、1次差分値の時刻シフト手段と、

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から得た時刻 m の $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ として出力する変位変換手段と

前記、2次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ を、前記変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ に変換出力する加速度変換手段と

前記、1次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta D(c, t, n)$ を、前記、時系列の変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している速度 $V(c, t)$ に変換出力する速度変換手段と

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と速度の振幅位相比較検出手段と

前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を出力する速度と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(MAG, t)$ の振幅値が、負の値を取る位相振幅関係が作用している各変位 $D(DEP, t)$ 、 $D(INT, t)$ 、 $D(MAG, t)$ の振幅関係と位相関係において、

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(INT, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、時刻 $ta1$ の $A(INT, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta2$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあ

った $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta2$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、

加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ が、

振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った 時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で 差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ が、

振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った 時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で 差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ が、

振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った 時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で 差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ が、

振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った 時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で 差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ が、

振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った 時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で 差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ が、

10

20

30

40

50

を取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 ta_1 とし、その時刻 ta_1 の $A(INT, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を ta_2 とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(INT, t + \Delta a)$ が、時刻 ta_2 から次の半周期後に既に反転した時刻 ta_3 を、時刻 ta_2 の $A(INT, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 ta_3 か、を今にも発生しそうな大地震の発生時刻とする大地震発生時刻の予知手段と

前記、大地震発生時刻の予知手段で得た大地震の発生予測時刻まで、前記、変位変換手段で得た $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ を線形延長した (LAT, LON, DEP) 情報を予測震源とする、今にも発生しそうな大地震の震源の予知手段と、

変位 $D(MAG, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と最小値となる時刻 t_{min} の変位 $D(DEP, t_{max})$ と $D(DEP, t_{min})$ との差の絶対値か、変位 $D(MAG, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と時刻 t_{max} から $D(DEP, t)$ の振幅値が反転し始める時刻を t_{min} とし、 $D(DEP, t_{max})$ と $D(DEP, t_{min})$ との差の絶対値か変位 $D(MAG, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(DEP, t)$ の振幅値の差の絶対値か、変位 $D(MAG, t)$ の最大値付近の、 $D(DEP, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対値か、を今にも発生しそうな大地震の断層幅 W とする予測断層幅 W の検出手段と

予測断層幅 W の検出手段から出力された W を用いて今にも発生しそうな大地震のマグニチュードの予知手段と

大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と前記1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段か、

もしくは前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段と、

膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする、前記、変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記、変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段か、もしくは、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ と変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $V(N, t)$ 、 $A(E, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段と、前記大陸プレートの運動変化を検出する手段の出力から、大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段と

海洋プレート上にある領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、海洋プレートの大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常の速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段か、

もしくは、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ か変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $A(E, t)$ か $V(N, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、海洋プレートの大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常の速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段と

大陸プレートの運動変化による膨らみと海洋プレートの異常加速運動を検出後、もしくは

10

20

30

40

50

、膨らみか異常加速運動のいずれかを検出後、今にも発生しそうな巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する手段と
を備えてなる大地震と巨大地震の予知方法である。

【 0 1 7 7 】

請求項 2 の発明は、請求項 1 に記載の大地震と巨大地震の予知方法において、前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震発生時刻の時間間隔 (INT) の信号 $d(INT, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、地震の任意な発生個数を a ($a = 1, 2, \dots$) とし、 a 個ずつ、移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段か、もしくは、

m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段と

10

、前記、 $CI(m, a)$ 値が $NCI(m, a)$ となるように規格化する $NCI(m, a)$ の規格化手段と

前記、 $NCI(m, a)$ から大地震や巨大地震発生前の自然現象の一つである地震発生の変化が加速される AMR 現象 (臨界状態) を検出し大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知方法において

対象とする領域の広さを、順次変える、観測領域の縮小と拡大手段と

前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震の震源の深さ (DEP) の信号 $d(DEP, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ移動平均するか、

a 個ずつ、累積加算し $CD(m, a)$ とする震源の深さ DEP の累積検出手段と

前記、累積値 $CD(m, a)$ が $NCD(m, a)$ となるように規格化する $NCD(m, a)$ の規格化手段と

20

観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ のそれぞれ規格化した $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ とを、領域に蓄積と開放される規格化された歪エネルギー密度とする歪エネルギー変換手段と

領域の歪エネルギー変換手段から出力した地殻の蓄積歪エネルギー密度が巨大地震、大地震発生直前の臨界状態に到達したかを検出する地殻の臨界状態検出手段と、

前記、地殻の臨界状態検出手段で臨界状態を検出後大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知方法である。

【 0 1 7 8 】

請求項 3 の発明は、観測対象とする領域に発生した地震の震源情報である緯度 (LAT)、経度 (LON) と深さ (DEP)、震源時 (地震の発生時刻) の間隔 (INT)、マグニチュード (MAG) を 震源要素 とし、更に、発震機構解の情報から得る地震の破壊メカニズムに関する要素を、節面 1 (N1) と節面 2 (N2) の走行 (R) と傾斜角 (DEC)、P 軸 (PA) と T 軸 (TA) の方位 (DIR) と鉛直角 (VER) とし、断層運動の要素として、断層のすべり角を λ とし、更に各節面の $N1-R$ 、 $N1-DEC$ 、 $N2-R2$ 、 $N2-DEC2$ 、 $N1-\lambda$ 、 $N2-\lambda2$ とするか、または断層面を N とし、 $N-R$ 、 $N-DEC$ 、 $N-\lambda$ とし、それら震源情報の要素を表すパラメータを c とし、その選択領域の観測対象とする地震の発生の变化を、対象とする要素 c の時系列データで定量化するために、抽出した j 番目の地震の要素 c に関する地震情報を $d(c, j)$ とし、数値化する震源要素信号化手段と、

30

対象とする大陸プレート上の領域の地殻状態の変化を連続観測するために、その領域に稠密に設置された GPS の各ステーションと、対象領域を含む大陸プレート下に沈み込んでいる海洋プレート上に設置された GPS の各ステーションで、ステーションの東西方向を E 、南北方向を N 、上下方向を h とした直交座標系 (E, N, h) の座標軸成分 (要素) をパラメータ c とし、 j 番目に観測したステーションの位置座標値を $D(c, j)$ とし、数値化する地殻変動成分信号化手段と、

40

前記、震源要素信号化手段により抽出された $D(c, j)$ を、地震の発生を観測した順序 j ($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$) に基づいて、直接、もしくは、所定の選択処理または平滑化処理を施し、 $[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$ を得る震源要素の時系列化手段と、

前記、地殻変動成分信号化手段により抽出された $D(c, j)$ を、観測時間の順序 j ($j = 1,$

50

2、3、・・・、 m 、・・・)に基づいて、直接、もしくは所定の選択処理または平滑化処理を施し、 $[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$ を得る地殻変動成分の時系列化手段と、

前記、所定の選択または平滑処理をした場合、その処理に費やす遅れ時間を Δ とする遅れ時間検出手段と

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ の時刻 m の $D(c, m)$ と、時刻 m から任意間隔 n ($n = 1, 2, 3, \dots$)だけ離れた $D(c, m-n)$ との差に比例する量を、時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の1次差分出力手段か、前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、 $[C]$ を濾過した $F1(c, m)$ を、時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の1次差分出力手段か、のいずれかの1次差分出力手段と

10

前記、1次差分出力手段から出力された、 $\Delta D(c, m, n)$ と、時刻 m から任意間隔 k ($k = 1, 2, \dots$)だけ離れた $\Delta D(c, m-k, n)$ との差に比例する量を、時刻 m の2次差分値、 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として求める $D(c, m)$ の2次差分出力手段か前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、 $[C]$ を濾過した $F2(c, m)$ を、時刻 m の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力する $D(c, m)$ の2次差分出力手段か、のいずれかの2次差分出力手段と

20

からなる、地震発生と地殻状態の変化を定量化する装置において、

前記、2次差分出力手段から得た、時刻 m の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の2次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする、2次差分値の時刻シフト手段と、

前記、1次差分出力手段から得た、時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の1次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする、1次差分値の時刻シフト手段と、

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から得た時刻 m の $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ として出力する変位変換手段と

前記、2次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ を、前記変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ に変換出力する加速度変換手段と

前記、1次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta D(c, t, n)$ を、前記、時系列の変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している速度 $V(c, t)$ に変換出力する速度変換手段と

30

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と速度の振幅位相比較検出手段と

前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を出力する速度と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(MAG, t)$ の振幅値が、負の値を取る位相振幅関係が作用している各変位 $D(DEP, t)$ 、 $D(INT, t)$ 、 $D(MAG, t)$ の振幅関係と位相関係において、

40

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(INT, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、時刻 $ta1$ の $A(INT, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta2$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 $ta1$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta2$ を、時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 $ta2$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と

50

、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ から、半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、その時刻 $ta2$ から、更に、次の半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 $ta3$ か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 $ta1$ とし、その時刻 $ta1$ の $A(INT, t)$ が半周期後に反転したピークを取った時刻を $ta2$ とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a=(n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(INT, t+\Delta a)$ が、時刻 $ta2$ から次の半周期後に既に反転した時刻 $ta3$ を、時刻 $ta2$ の $A(INT, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する時刻 $ta3$ か、を今にも発生しそうな大地震の発生時刻とする大地震発生時刻の予知手段と

前記、大地震発生時刻の予知手段で得た大地震の発生予測時刻まで、前記、変位変換手段で得た $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ を線形延長した (LAT, LON, DEP) 情報を予測震源とする、今にも発生しそうな大地震の震源の予知手段と、
変位 $D(MAG, t)$ が最大値となる時刻 $tmax$ と最小値となる時刻 $tmin$ の変位 $D(DEP, tmax)$ と $D(DEP, tmin)$ との差の絶対値か、変位 $D(MAG, t)$ が最大値となる時刻 $tmax$ と時刻 $tmax$ から $D(DEP, t)$ の振幅値が反転し始める時刻を $tmin$ とし、 $D(DEP, tmax)$ と $D(DEP, tmin)$ との差の絶対値か変位 $D(MAG, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(DEP, t)$ の振幅値の差の絶対値か、変位 $D(MAG, t)$ の最大値付近の、 $D(DEP, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対値かを今にも発生しそうな大地震の断層幅 W とする予測断層幅 W の検出手段と予測断層幅 W の検出手段から出力された W を用いて今にも発生しそうな大地震のマグニチュードの予知手段と

大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と前記1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段か、
もしくは前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段と、

膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする、前記、変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記、変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段か、

もしくは、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ と変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $V(N, t)$ 、 $A(E, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段と、

前記大陸プレートの運動変化を検出する手段の出力から、大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段と

海洋プレート上にある領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、海洋プレートの大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常の速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段か、もしくは、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ か変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $A(E, t)$ か $V(N, t)$ と $A(N, t)$ との関係からか、海洋プレートの大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常の速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段と

大陸プレートの運動変化による膨らみと海洋プレートの異常加速運動を検出後、もしくは、膨らみか異常加速運動のいずれかを検出後、今にも発生しそうな巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知装置である。

【0179】

請求項4の発明は、請求項3に記載の大地震と巨大地震の予知装置において、前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震発生時刻の時間間隔(INT)の信号 $d(INT, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、地震の任意な発生個数を a ($a = 1, 2, \dots$)とし、 a 個ずつ、移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段か、もしくは、

m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段と、

前記、 $CI(m, a)$ 値が $NCI(m, a)$ となるように規格化する $NCI(m, a)$ の規格化手段と

前記、 $NCI(m, a)$ から大地震や巨大地震発生前の自然現象の一つである地震発生の変化が加速されるAMR現象(臨界状態)を検出し大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知装置において

対象とする領域の広さを、順次変える、観測領域の縮小と拡大手段と

前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震の震源の深さ(DEP)の信号 $d(DEP, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ移動平均するか、

a 個ずつ、累積加算し $CD(m, a)$ とする震源の深さ DEP の累積検出手段と

前記、累積値 $CD(m, a)$ が $NCD(m, a)$ となるように規格化する $NCD(m, a)$ の規格化手段と

観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ のそれぞれ規格化した $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ とを、領域に蓄積と開放される規格化された歪エネルギー密度とする歪エネルギー変換手段と

領域の歪エネルギー変換手段から出力した地殻の蓄積歪エネルギー密度が巨大地震、大地震発生直前の臨界状態に到達したかを検出する地殻の臨界状態検出手段と、

前記、地殻の臨界状態検出手段で臨界状態を検出後大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知装置である。

【0180】

請求項5の発明は、観測対象とする領域に発生した地震の震源情報である緯度(LAT)、経度(LON)と深さ(DEP)、震源時(地震の発生時刻)の間隔(INT)、マグニチュード(MAG)を震源要素とし、更に、発震機構解の情報から得る地震の破壊メカニズムに関する要素を、節面1($N1$)と節面2($N2$)の走行(R)と傾斜角(DEC)、 P 軸(PA)と T 軸(TA)の方位(DIR)と鉛直角(VER)とし、断層運動の要素として、断層のすべり角を λ とし、更に各節面の $N1-R$ 、 $N1-DEC$ 、 $N2-R2$ 、 $N2-DEC2$ 、 $N1-\lambda$ 、 $N2-\lambda2$ とするか、または断

10

20

30

40

50

層面をNとし、N-R、N-DEC、N- λ とし、それら震源情報の要素を表すパラメータをcとして、その選択領域の観測対象とする地震の発生の変化を、対象とする要素cの時系列データで定量化するために、抽出したj番目の地震の要素cに関する地震情報を $d(c, j)$ として数値化する震源要素信号化手段と、

対象とする大陸プレート上の領域の地殻状態の変化を連続観測するために、その領域に稠密に設置されたGPSの各ステーションと、対象領域を含む大陸プレート下に沈み込んでいる海洋プレート上に設置されたGPSの各ステーションで、ステーションの東西方向をE、南北方向をN、上下方向をhとした直交座標系(E, N, h)の座標軸成分(要素)をパラメータcとし、j番目に観測したステーションの位置座標値を $D(c, j)$ として数値化する地殻変動成分信号化手段と、

10

前記、震源要素信号化手段により抽出された $D(c, j)$ を、地震の発生を観測した順序j($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$)に基づいて、直接、もしくは、所定の選択処理または平滑化処理を施し、 $[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$ を得る震源要素の時系列化手段と、

前記、地殻変動成分信号化手段により抽出された $D(c, j)$ を、観測時間の順序j($j = 1, 2, 3, \dots, m, \dots$)に基づいて、直接、もしくは所定の選択処理または平滑化処理を施し、 $[C] = [D(c, 1), D(c, 2), D(c, 3), \dots, D(c, m), \dots]$ を得る地殻変動成分の時系列化手段と、

前記、所定の選択または平滑処理をした場合、その処理に費やす遅れ時間を Δ とする遅れ時間検出手段と

20

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ の時刻mの $D(c, m)$ と、時刻mから任意間隔n($n = 1, 2, 3, \dots$)だけ離れた $D(c, m-n)$ との差に比例する量を、時刻mの1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の1次差分出力手段か、前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、 $[C]$ を濾過した $F1(c, m)$ を、時刻mの1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力する $D(c, m)$ の1次差分出力手段か、のいずれかの1次差分出力手段と

前記、1次差分出力手段から出力された、 $\Delta D(c, m, n)$ と、時刻mから任意間隔k($k = 1, 2, \dots$)だけ離れた $\Delta D(c, m-k, n)$ との差に比例する量を、時刻mの2次差分値、 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として求める $D(c, m)$ の2次差分出力手段か前記、震源要素の時系列化手段か地殻変動成分の時系列化手段により得られた時系列 $[C]$ を、前記、2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を得るバンドパスフィルター機能と略等価な機能を設定したフィルターを用いて、 $[C]$ を濾過した $F2(c, m)$ を、時刻mの2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力する $D(c, m)$ の2次差分出力手段か、のいずれかの2次差分出力手段とからなる、地震発生と地殻状態の変化を定量化するプログラムにおいて、

30

前記、2次差分出力手段から得た、時刻mの2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の2次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする、2次差分値の時刻シフト手段と、

前記、1次差分出力手段から得た、時刻mの1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の1次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする、1次差分値の時刻シフト手段と、

40

前記、震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から得た時刻mの $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ として出力する変位変換手段と

前記、2次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ を、前記変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ に変換出力する加速度変換手段と

前記、1次差分値の時刻シフト手段から得た $\Delta D(c, t, n)$ を、前記、時系列の変位変換手段から得た $D(c, t)$ に作用している速度 $V(c, t)$ に変換出力する速度変換手段と

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と速度の振幅位相比較検出手段と

前記、速度変換手段で得た速度 $V(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を出力する速度と加速度の振幅位相比較検出手段と

50

前記、変位変換手段で得た $D(c, t)$ と、前記、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を出力する変位と加速度の振幅位相比較検出手段と

前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(MAG, t)$ の振幅値が、負の値を取る位相振幅関係が作用している各変位 $D(DEP, t)$ 、 $D(INT, t)$ 、 $D(MAG, t)$ の振幅関係と位相関係において、

加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 ta_1 とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(INT, t + \Delta a)$ が、時刻 ta_1 から次の半周期後に既に反転した時刻 ta_2 を、時刻 ta_1 の $A(INT, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 ta_2 か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 ta_1 とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 ta_1 から次の半周期後に既に反転した時刻 ta_2 を、時刻 ta_1 の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 ta_2 か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 ta_1 とし、その時刻 ta_1 から、半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取った時刻を ta_2 とし、その時刻 ta_2 から、更に、次の半周期後に $A(DEP, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 ta_3 か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(DEP, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 ta_1 とし、その時刻 ta_1 の $A(DEP, t)$ が半周期後に反転したピークを取った 時刻を ta_2 とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で 差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(DEP, t + \Delta a)$ が、時刻 ta_2 から次の半周期後に既に反転した時刻 ta_3 を、時刻 ta_2 の $A(DEP, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 ta_3 か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出した後、逆位相にあった $A(INT, t)$ の振幅値がピークを取った時刻をその検出時刻 ta_1 とし、その時刻 ta_1 から、半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取った時刻を ta_2 とし、その時刻 ta_2 から、更に、次の半周期後に $A(INT, t)$ が反転したピークを取ると予測する時刻 ta_3 か、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となる特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ が、振幅値のピークを取った時刻をその特別な関係を検出した時刻 ta_1 とし、その時刻 ta_1 の $A(INT, t)$ が半周期後に反転したピークを取った 時刻を ta_2 とし、前記2次差分検出手段と加速度変換手段で 差分を取った間隔時間 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ変位 $D(INT, t + \Delta a)$ が、時刻 ta_2 から次の半周期後に既に反転した時刻 ta_3 を、時刻 ta_2 の $A(INT, t)$ が、次の半周期後に反転する時刻と予測する 時刻 ta_3 か、を今にも発生しそうな大地震の発生時刻とする大地震発生時刻の予知手段と

前記、大地震発生時刻の予知手段で得た大地震の発生予測時刻まで、前記、変位変換手段で得た $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ を線形延長した (LAT, LON, DEP) 情報を予測震源とする、今にも発生しそうな大地震の震源の予知手段と、

変位 $D(MAG, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と最小値となる時刻 t_{min} の変位 $D(DEP, t_{max})$ と $D(DEP, t_{min})$ との差の絶対値か、変位 $D(MAG, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と時刻 t_{max} から $D(DEP, t)$ の振幅値が反転し始める時刻を t_{min} とし、 $D(DEP, t_{max})$ と $D(DEP, t_{min})$ との差の絶対値か変位 $D(MAG, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(DEP, t)$ の振幅値の差の絶対値か、変位 $D(MAG, t)$ の最大値付近の、 $D(DEP, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対値かを今にも発生しそうな大地震の断層幅 W とする予測断層幅 W の検出手段と

予測断層幅 W の検出手段から出力された W を用いて今にも発生しそうな大地震のマグニチュードの予知手段と

大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする

前記変位変換手段と前記 1 次差分値の時刻シフト手段に於いて、2 次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段か、もしくは前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と、

前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段と、

膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする、前記、変位変換手段と 1 次差分値の時刻シフト手段に於いて、2 次差分を取る間隔 k をゼロとした前記、変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段か、

10

もしくは、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ と変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $V(N, t)$ 、 $A(E, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する手段と、

前記大陸プレートの運動変化を検出する手段の出力から、大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段と

海洋プレート上にある領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と 1 次差分値の時刻シフト手段に於いて、2 次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係から、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常の速度の約 2 倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段か、

20

もしくは、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ が変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $A(E, t)$ が $V(N, t)$ と $A(N, t)$ との関係からか、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常の速度の約 2 倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する海洋プレートの異常加速運動検出手段と

30

大陸プレートの運動変化による膨らみと海洋プレートの異常加速運動を検出後、もしくは、膨らみか異常加速運動のいずれかを検出後、今にも発生しそうな巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知プログラムである。

【0181】

請求項 6 の発明は、請求項 5 に記載の大地震と巨大地震の予知プログラムにおいて、前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震発生時刻の時間間隔 (INT) の信号 $d(INT, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、地震の任意な発生個数を a ($a = 1, 2, \dots$) とし、 a 個ずつ、移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段か、もしくは、

40

m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段と、

前記、 $CI(m, a)$ 値が $NCI(m, a)$ となるように規格化する $NCI(m, a)$ の規格化手段と

前記、 $NCI(m, a)$ から大地震や巨大地震発生前の自然現象の一つである地震発生の変化が加速される AMR 現象 (臨界状態) を検出し大地震や巨大地震発生時期を予知する手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知プログラムにおいて

対象とする領域の広さを、順次変える、観測領域の縮小と拡大手段と

前記、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震の震源の深さ (DEP) の信号 $d(DEP, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ移動平均するか、

a 個ずつ、累積加算し $CD(m, a)$ とする震源の深さ DEP の累積検出手段と

50

前記、累積値 $CD(m,a)$ が $NCD(m,a)$ となるように規格化する $NCD(m,a)$ の規格化手段と
観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の $CI(m,a)$ と $CD(m,a)$ のそれぞれ規格化し
た $NCI(m,a)$ と $NCD(m,a)$ とを、領域に蓄積と開放される規格化された歪エネルギー密度とす
る歪エネルギー変換手段と

領域の歪エネルギー変換手段から出力した地殻の蓄積歪エネルギー密度が巨大地震、大地
震発生直前の臨界状態に到達したかを検出する地殻の臨界状態検出手段と、

前記、地殻の臨界状態検出手段で臨界状態を検出後大地震や巨大地震発生時期を予知する
手段と

を備えてなる大地震と巨大地震の予知プログラムである。

【0182】

10

請求項7の発明は、請求項5ないし請求項6のいずれかに記載の大地震と巨大地震の予知
プログラムを記録した記録媒体である。

【発明の効果】

【0183】

請求項1、請求項3及び請求項5の大地震と巨大地震の予知方法、装置、プログラムの発
明が解決しようとした課題は、大地震に至る地震発生の変化と巨大地震の発生に至る地
殻表面の変化に運動の物理法則を用いて確立した大地震や巨大地震発生の自然法則を利用
した

(1)震源時(大地震発生時刻)の予知、

(2)マグニチュードの予知、

20

(3)加速度 $A(DEP,t)$ と $A(INT,t)$ の波形の反転が、[図3]の様に、略、完全な反転とならない
場合のCQKとCQT予兆の確定と予知、

(4)巨大地震の予知

であった。しかし、地震発生の変化と地殻表面(GPS)の変化とを連続観測すると、それぞ
れの観測値の変化は、連続だが、その時間微分が不可能となる。従って、微分を用いる変
化率の導出に運動の物理法則を適用できないので、予知に利用可能な大地震発生と巨大地
震発生に関する自然法則を確立できなかった。次に述べる各手段は、これらの課題を手段
毎に解決する効果がある。

上記発明の震源要素信号化手段は、対象とする領域の地震の発生を、領域で観測される仮
想粒子の出現とみなし、j番目に出現した仮想粒子の要素cに関する観測値を $D(c,j)$ とし
て数値化する。

30

従って、上記、震源要素の時系列化手段は、

仮想粒子が観測空間に描くジグザグな運動(軌跡)の各座標軸成分を、直接、もしくは所定
の選択処理または平滑化処理を施し、各震源要素cの時系列、

$[C] = [D(c,1), D(c,2), D(c,3), \dots, D(c,m), \dots]$

で与える。

仮想粒子が観測空間に描くジグザグな軌跡の各座標軸成分を、直接、得る場合、上記時系
列 $[C]$ は[数1]で与えられる時系列

$[c] = [d(c,1), d(c,2), d(c,3), \dots, d(c,m), \dots]$

と同一な時系列となる。

40

上記発明の地殻変動成分信号化手段は、

広範囲なプレート境界に設置されたGPSの各ステーションの位置を地殻の質点の位置とみ
なし、その質点の位置座標の変動を、時刻jの東西(E)、南北(N)、上下(h)方向からなる
直行座標系(E,N,h)における各座標軸成分パラメータcとする変位 $D(c,j)$ とする。

上記発明の地殻変動成分の時系列化手段は、

前記地殻変動成分信号化手段により抽出された $D(c,j)$ を、観測時間の順序j(j=1、2、
3、 $\dots$ 、m、 $\dots$)に基づいて、直接、得るか、もしくは、所定の選択処理または平
滑化処理を施し、

$[C] = [D(c,1), D(c,2), D(c,3), \dots, D(c,m), \dots]$

を得る。

50

直接、得る場合は、上記時系列[C]は、[数57]で与えられる時系列

$[c] = [d(c, 1), d(c, 2), d(c, 3), \dots, d(c, m), \dots]$

と同一な時系列となる。

所定の選択または平滑処理をした場合、その処理に費やす遅れ時間を Δ とする遅れ時間検出手段は、

例えば、平滑処理に[数44]に示される $2w+1$ 個の移動平均を使用して時刻 τ の変位 $D(c, \tau)$ を得る場合、その処理の遅れ時間 Δ は、 w となる。

上記発明の $D(c, m)$ の1次差分出力手段は、

震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から出力された時系列[C]の時刻 m の $D(c, m)$ と、時刻 m から任意間隔 n ($n = 1, 2, 3, \dots$)だけ離れた $D(c, m-n)$ との差を、 $D(c, m)$ の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ とする。更に、移動平均を用いた平滑化処理して $D(c, m)$ が得られたとすると、その平滑機能は、[数48]で与えられる。この時、 $\Delta D(c, m, n)$ を得る1次差分機能は、[数49]で与えられるバンドパスフィルター機能を持つ。従って、[数49]と、略、等価なフィルターを用いて、[C]を濾過した $F1(c, m)$ を、 $D(c, m)$ の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ とする事もできる。従って、微分不可能な $D(c, m)$ の時間間隔 n の1次の変化率を求める。なお、1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ は、 $n=1$ の場合、 $D(c, m)$ が微分可能であれば、その1次微分によって得る事のできる速度に相当する $D(c, m)$ の1次の変化率となる。

10

上記発明の $D(c, m)$ の2次差分出力手段は、

1次差分出力手段から出力された、 $\Delta D(c, m, n)$ と、時刻 m から任意間隔 k ($k = 1, 2, \dots$)だけ離れた $\Delta D(c, m-k, n)$ との差を、時刻 m の2次差分値、 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ とする。更に、 $D(c, m)$ は、平滑機能が、[数48]で与えられる移動平均を用いて得られたとする。この時、[数50]で与えられるバンドパスフィルター機能と略等価なフィルターを用いて、[C]を濾過した $F2(c, m)$ を、 $D(c, m)$ の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ とすることもできる。従って、微分不可能な $\Delta D(c, m, n)$ の時間間隔 k の1次の変化率を求めることができるので、微分不可能な $D(c, m)$ の2次の変化率をもとめる事ができる。なお、 $D(c, m)$ と $\Delta D(c, m, n)$ とが微分可能であれば、 $n=k=1$ の場合、その1次微分によって得る事のできる $D(c, m)$ の加速度に相当する2次の変化率を求める事ができる。

20

しかし、 $D(c, m)$ のこれら1次、2次の変化率は、物理で定義される速度、加速度とはならない。従って、 $D(c, m)$ の1次、2次の変化率を、変位 $D(c, m)$ の速度、加速度に変換するために、次の時刻シフトの手段を、変位 $D(c, m)$ 、その1次、2次差分で与えられた変化率に導入する。

30

先ず、上記発明の2次差分値の時刻シフト手段は、

時刻 m の2次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の2次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする効果がある。なお、 Δ は、 $D(c, m)$ が $d(c, m)$ から直接得られていない場合、その処理遅れの時間は、遅れ時間検出手段の出力 Δ となる。[数48]で与えられる Δt が $2w+1$ 個の移動平均の場合は、 Δ は w となる。又、直接得られる場合は、遅れは無いので、 $\Delta = 0$ となる。

上記発明の1次差分値の時刻シフト手段は、

時刻 m の1次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の1次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする効果がある。

40

上記発明の変位変換手段は、

前記震源要素と地殻変動成分の時系列化手段から得た時刻 m の $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ として変換出力する効果がある。

上記発明の加速度変換手段は、

上記 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ に変換出力する効果がある。

上記発明の速度変換手段は、

$\Delta D(c, t, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の変位 $D(c, t)$ に作用している速度 $V(c, t)$ に変換出力する効果がある。

50

従って、これら変換出力された変位 $D(c, t)$ 、速度 $V(c, t)$ 、加速度 $A(c, t)$ は、平滑処理として移動平均を用いると、[数45]-[数47]で記述される変位 $D(c, t)$ 、速度 $V(c, t)$ 、加速度 $A(c, t)$ に変換するので、上記各手段における各時刻のシフトと変換操作は、微分不可能であった $D(c, m)$ を、微分可能な $D(c, t)$ に変換し、その1次微分を速度、2次微分を加速度と定義を満足する速度 $V(c, t)$ と加速度 $A(c, t)$ とにそれぞれ変換する効果がある。

更に、変位 $D(c, t)$ の出力に使用された平滑を $(\Delta t = 2w + 1)$ 個の移動平均とすると、3つの変換操作は、任意パラメータ w 、 n 、 k で周波数領域を選択する次の3つの機能を有する。

(1) 変位 $D(c, t)$ への変換操作は、[数48]のローパスフィルター。

(2) 速度 $V(c, t)$ への変換操作は、[数49]のバンドパスフィルター。

(3) 加速度 $A(c, t)$ への変換操作は、[数50]のバンドパスフィルター。

10

従って、任意パラメータ w 、 n 、 k で選択された周波数領域において、時系列要素が震源要素 $D(c, j)$ の場合、地震の発生の変化を、大地震の予知に利用できる周波数領域において、変位 $D(c, t)$ 、速度 $V(c, t)$ 、加速度 $A(c, t)$ で記述する効果がある。即ち、ノイズに埋もれた大地震発生の自然現象を抽出可能とし、更に、物理法則で記述できる効果がある。

また時系列要素が地殻変動成分 $D(c, j)$ 場合、震源要素 $D(c, j)$ の場合と同様に、地殻状態の変化を、その変化の異常検出に利用できる周波数領域において、変位 $D(c, t)$ 、速度 $V(c, t)$ 、加速度 $A(c, t)$ で記述する効果がある。即ち、ノイズに埋もれた巨大地震を発生させる地殻変動に関する自然法則を抽出可能とし、物理法則で記述できる効果がある。

上記発明の変位と速度の振幅位相比較検出手段は、

要素や成分のパラメータ c を変えて変位 $D(c, t)$ と速度 $V(c, t)$ との振幅と位相の比較をするのみならず、変位 $D(c, t)$ と速度 $V(c, t)$ の各振幅と各位相の関係を、位相平面図 $(D(c, t), V(c, t))$ にも出力する。

20

上記発明の速度と加速度の振幅位相比較検出手段は、

要素や成分のパラメータ c を変えて速度 $V(c, t)$ と加速度 $A(c, t)$ との振幅と位相の比較をするのみならず、速度 $V(c, t)$ と加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を平面図 $(V(c, t), A(c, t))$ にも出力する。

上記発明の変位と加速度の振幅位相比較検出手段は、

要素や成分のパラメータ c を変えて変位 $D(c, t)$ と加速度 $A(c, t)$ との振幅と位相の比較をするのみならず、変位 $D(c, t)$ と加速度 $A(c, t)$ との各振幅と各位相の関係を平面図 $(D(c, t), A(c, t))$ にも出力し、[数43]のニュートンの運動の第二法則を出力する効果がある。

30

従って、これら振幅位相比較比較の手段は、大地震と巨大地震の発生に関する自然法則を、次に、説明するように予知に利用できる効果がある。

上記、発明の大地震発生時刻の予知手段は、

前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段の出力から得た加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(MAG, t)$ の振幅値が、負の値を取るような特別な位相振幅関係を検出直後、逆位相にあった $A(INT, t)$ もしくは $A(DEP, t)$ の振幅値が、ピークを取った時刻から、その半周期後に反転したピークに大地震が発生する自然法則に、[数43]のニュートンの運動の第二法則を導入して、その大地震発生の時刻を予知できる効果がある。

又、

40

前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段の出力から得た加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(MAG, t)$ の振幅値が、負の値を取るような特別な位相振幅関係が、明確でない場合、上記発明の予測断層幅 W の検出手段で、利用する、[数43]のニュートンの運動の第二法則から、断層面をスリップさせるせん断応力と静止摩擦応力のバランス状態を把握して、大地震発生の時刻を予知できる効果がある。

大地震の震源の予知手段は、

前記、 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ と $A(MAG, t)$ との振幅値が、負の値を取るような特別な位相振幅関係を検出から、大地震発生時刻の予知手段で得た大地震の発生予測時刻まで、前記変位変換手段で得た $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ を、線形延長した (LAT, LON, DEP) 情報を予測震源とする効果がある。上記各手段における時刻は、イベント数であるが、震源時の

50

間隔時間INTの平均値を用いて実時間への変換ができるので、今にも発生しそうな大地震の発生時刻、震源を予知する効果がある。

上記発明の予測断層幅Wの検出手段は、

[数43]のニュートンの運動の第二法則を利用すると、力の変化量 $\Delta F(\text{DEP}, \tau)$ が、 $D(\text{DEP}, \tau)$ の変化量 $\Delta D(\text{DEP}, \tau)$ に比例するので、この $\Delta F(\text{DEP}, \tau)$ が、断層面をスリップさせるせん断応力の変化量に比例する。従って、 $D(\text{DEP}, \tau)$ の変化量 $\Delta D(\text{DEP}, \tau)$ を、今にも発生しそうな大地震の断層幅Wとする効果がある。

具体的に $\Delta D(\text{DEP}, \tau)$ を算出するには、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(\text{MAG}, t)$ の振幅値が、負の値を取る位相振幅関係が作用している各変位 $D(\text{DEP}, t)$ 、 $D(\text{INT}, t)$ 、 $D(\text{MAG}, t)$ の振幅関係と位相関係において、変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と最小値となる時刻 t_{min} の変位 $D(\text{DEP}, t_{\text{max}})$ と $D(\text{DEP}, t_{\text{min}})$ との差の絶対値が、

変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と時刻 t_{max} から $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値が反転し始める時刻を t_{min} とし、 $D(\text{DEP}, t_{\text{max}})$ と $D(\text{DEP}, t_{\text{min}})$ との差の絶対値が

変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値の差の絶対値が、

変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近の、 $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対値が

を $D(\text{DEP}, \tau)$ の変化量 $\Delta D(\text{DEP}, \tau)$ とする。

上記発明のマグニチュードの予知手段は、

予測断層幅Wの検出手段から出力されたWと[数56]とを利用して、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードMを算出できる効果がある。

上記発明の変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する手段は、

大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と前記1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ とからの位相平面上 $(D(h, t), V(h, t))$ に描かれる軌跡解析からか、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とからか、位相空間 $(D(h, t), V(h, t), A(h, t))$ の軌跡解析から変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する効果がある。

上記発明の大陸プレートの運動変化を検出する手段は、

膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係からか、もしくは、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ と変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $V(N, t)$ 、 $A(E, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、大陸プレートの運動変化を検出する効果がある。

上記発明の大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段は、

前記大陸プレートの運動変化を検出する手段の出力から、大陸プレートの運動変化による膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する効果がある。

上記発明の海洋プレートの異常加速運動検出手段は、

海洋プレート上で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とする前記変位変換手段と1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとした前記変位と速度の

10

20

30

40

50

振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(E, t)$ と $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度 $V(E, t)$ と $V(N, t)$ との関係からか、もしくは、前記変位と速度の振幅位相比較検出手段と前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た変位 $D(E, t)$ か変位 $D(N, t)$ と、それら変位に作用している速度と加速度の $V(E, t)$ と $A(E, t)$ か $V(N, t)$ と $A(N, t)$ との関係から、海洋プレートの大陸プレート方向への速度成分が、通常の速度の倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する海洋プレートの異常加速運動を検出する効果がある。

上記発明の巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する手段は、大陸プレートの運動変化による膨らみと海洋プレートの異常加速運動を検出後、もしくは、膨らみか異常加速運動のいずれかを検出後、今にも発生しそうな巨大地震の発生時刻、マグニチュードを予知する効果がある。

10

【 0 1 8 4 】

請求項 2、請求項 4 及び請求項 6 の大地震と巨大地震の予知方法、装置、プログラムの発明が解決しようとした課題は、「大地震、巨大地震につながる地殻の蓄積応力の状態を如何にモニターし、大地震と巨大地震の予知に利用するか」であった。その大地震と巨大地震の予知方法、装置、プログラムにおいて、時間間隔累積検出手段は、観測する領域における地震の任意な発生個数を $a(a = 1, 2, \dots)$ とし、前記震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震発生時刻の時間間隔(INT)の信号 $d(INT, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ、移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CI(m, a)$ とするか、 m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ とする。 $NCI(m, a)$ の規格化手段は、前記 $CI(m, a)$ 値が $NCI(m, a)$ となるように規格化する。その規格化の一例は、 $NCI(m, a)$ の過去の最大値が、1 となるよう規格化もでき、[数60]で与えられる。大地震や巨大地震発生時期を予知する手段は、前記 $NCI(m, a)$ から大地震や巨大地震発生前の自然現象の一つである地震発生の変化が加速されるAMR現象(臨界状態)を検出した後、その対象領域の何処かに、大地震や巨大地震の発生を予知する効果がある。さらに、観測領域の縮小と拡大手段は、対象とする領域の広さを、順次変え、 $CI(m, a)$ から、AMR現象が検出されるか?」を、監視できる効果があるので、大地震、巨大地震が何時発生してもおかしくない領域を抽出できる効果がある。観測の対象領域のDEPの累積加算検出手段は、震源要素信号化手段と時系列化手段により抽出した地震の震源の深さ(DEP)の信号 $d(DEP, j)$ を地震の任意な発生順序 m まで、 a 個ずつ移動平均するか、 a 個ずつ、累積加算し $CD(m, a)$ とする。 $NCD(m, a)$ とする規格化手段は、 $NCD(m, a)$ の過去の最大値が、例えば、1 となるよう累積値 $CD(m, a)$ を規格化し、[数61]で与える。歪エネルギー変換手段は、観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ とを、先ず、領域の地殻に蓄積、地殻から解放される歪エネルギー密度に変換する。変換の原理は、スカラー量で与えられる[数60]と[数61]の $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ の関数に含まれる独立変数の数を、特定することによる。各関数に含まれる独立変数の数が3と特定されるので、領域の地殻に蓄積、地殻から解放される歪エネルギー密度の関数となる。 $CI(m, a)$ の歪エネルギー密度への変換は、地震の震源時の間隔時間(INT)の信号 $d(INT, j)$ が用いられ、 $CD(m, a)$ の歪エネルギー密度への変換には、震源の深さ(DEP)の信号 $d(DEP, j)$ が用いられている。従って、 $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ の歪エネルギー密度への変換は、異なる観測値を用いてなされる。更に、これら歪エネルギー密度の過去の最大値が、例えば、1 となる様に規格化した $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ の歪エネルギー密度を用いると、領域に歪が蓄積されそして開放される様子を、異なる観測手段(窓)を使用して相互比較できる効果がある。臨界状態検出手段は、変換された $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ からなる歪エネルギー密度の推移から、同時に、AMR現象を検出すると、2つの異なる観測窓を使用しているので、対象領域の地殻の歪の蓄積状態が、巨大地震もしくは大地震発生直前の臨界状態に到達したかを、正確に検出する効果がある。大地震や巨大地震発生時期を予知する手段は、前記、地殻の臨界状態検出手段で臨界状態を検出すると、大地震、もしくは巨大地震の発生時期を予知できる効果がある。また、 $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ は、観測領域の縮小と拡大手段から出力された各領域の規格化された歪エネルギー密度なので、 $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ から臨界状態を検出した領域の広がりを見出し、大地震か巨大地震かを、決定できる効果がある。

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0185】

【図1】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示すブロック図である。

【図2】地殻の応力変化が起こす地震の発生(星印)を、仮想粒子の出現とみなし、3次元の出現位置(震源)を観測する空間(地殻)で、その出現位置を直線で連結した、仮想粒子の運動軌跡図。地震の発生の変化は、運動軌跡の変化や変化率である、変位、速度、加速度を用いて、記述できる。

【図3】大地震発生の数週間～1年程前に観察されるCQKタイプとCQTタイプの予兆(自然法則)を $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{MAG}, t)$ との相互間の振幅値と位相で定量化したCQKとCQTの予兆図。

10

【図4】時刻 $t=0$ で、変位を正しく与える変位検出ウエーブレット $\text{DDW}(t)$ と、微分操作が持つ時間反転の物理的性質を正しく継承する1次差分操作の波形 $\text{D1W}(t)$ と、2次差分操作の波形 $\text{D2W}(t)$ との相互関係図。 $\text{Sa}(t)$ は Δt がゼロとなる極限でDiracのデルタ関数 $\delta(t)$ となる。従って、 $\text{D1W}(t)$ を Δt で除し、又、 $\text{D2W}(t)$ を Δt で2回除し、 Δt をゼロとするこれら2つの極限操作は、それぞれ、1次微分と2次微分の操作となる。

【図5】時刻 $t=0$ で、変位を正しく与える波形 $\text{Sa}(t)$ を変位検出ウエーブレットとして定義した $\text{DDW}(t)$ 、微分操作が持つ時間反転の物理的性質を正しく継承する1次差分操作の波形を、 $\text{Sb}(t - \Delta t/4)$ と $\text{Sb}(t + \Delta t/4)$ とを用いて構成した $\text{D1W}(t)$ と、2次差分操作の波形を $\text{Sc}(t - \Delta t/3)$ と $\text{Sc}(t)$ と $\text{Sc}(t + \Delta t/3)$ とを用いて構成した $\text{D2W}(t)$ との相互関係図。方形波の波形が異なる $\text{Sa}(t)$ 、 $\text{Sb}(t)$ 、 $\text{Sc}(t)$ は、 $\text{DDW}(t)$ と $\text{D1W}(t)$ と $\text{D2W}(t)$ とが、すべて、互いに直行するように、配置されている。

20

【図6】[特許文献1]と本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック3で使用されている時刻 τ の t_1 軸上の $\text{Sa}(t - \tau)$ からなる変位検出するウエーブレットと、 t_2 軸上の $\text{Sa}(t - \tau)$ とその $\text{Sa}(t - \tau)$ を n だけシフトし、反転配置した $-\text{Sa}(t - \tau + n)$ のペアからなる1次差分検出ウエーブレットと、 t_3 軸上の1次差分検出ウエーブレット $[\text{Sa}(t - \tau) - \text{Sa}(t - \tau + n)]$ と、その1次差分検出ウエーブレットを k だけシフトし、反転配置した $[-\text{Sa}(t - \tau + k) + \text{Sa}(t - \tau + k + n)]$ とからなる時刻 τ の2次差分検出ウエーブレットと、 $n=k$ の場合、 t_4 軸上の2次差分検出ウエーブレットとの位相関係図。これら変位検出ウエーブレットを用いた1次差分、2次差分検出操作は、変位(位置)の微分操作が持つ物理的性質を満足しない。

30

【図7】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック2とブロック3の時刻 m の変位 $D(c, m)$ とその1次差分、2次差分出力値を、それぞれ、[図6]に示した変位、1次差分、2次差分検出ウエーブレットで検出した時刻 τ の値とし、更に、ブロック4で、ブロック3の差分操作が、微分操作が持つ物理的性質を満足するように差分検出値の時刻をシフトし、ブロック5で時刻 τ の変位 $D(c, \tau)$ 、速度 $V(c, \tau)$ 、加速度 $A(c, \tau)$ に変換するために使用される時刻 τ の t_1 軸上の変位検出ウエーブレットと、 t_2 軸の1次差分検出ウエーブレットと、 t_3 軸と t_4 軸上の2次差分検出ウエーブレットの図。これら、1次、2次差分検出ウエーブレットは、変位検出ウエーブレットを中心として、微分操作が持つ物理的性質を満足するように、[図6]に示された1次差分、2次差分検出ウエーブレットの位相をそれぞれシフトしてある。

40

【図8】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック8で、時刻 τ の $D(c, \tau)$ と加速度 $A(c, \tau)$ とを比較することで得られる運動の第二法則における変位 $D(c, \tau)$ と加速度 $A(c, \tau)$ の位相関係図。

【図9】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック9で利用される大地震の2つの予兆で兵庫県南部地震(神戸地震)型のCQKに対応するCQKD型と、鳥取県西部地震型のCQTに対応するCQTD型の $D(\text{INT}, t)$ と $D(\text{DEP}, t)$ と $D(\text{MAG}, t)$ の位相関係図。

【図10】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック9で利用される大地震の2つの予兆でCQK型(兵庫県南部地震 - 神戸地震タイプ)とCQT型(鳥取県西部地震タイプ)の大地震発生前の地震の発生変化に関する自然法則を物理モデルにし

50

た図。[数43]のニュートンの運動の第二法則に基づく $\Delta D(\text{DEP}, \tau)$ kmに比例した力 $\Delta F(\text{DEP}, \tau)$ が、今にも発生しそうなM7.2のCQK型かCQT型大地震を発生する断層に作用するので、 $\Delta F(\text{DEP}, \tau)$ は、幅W kmの断層に作用するせん断応力の源となる。

【図11】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック12で利用される「巨大地震の予兆となる大陸プレートの膨らみ」が、如何に発生するかの自然法則を模式化した予兆出現前の図。東日本におけるプレート境界付近の長年のスローな変形は、東海岸側の下と太平洋プレートとの固着域の西方向への運動による。固着域のその運動は、太平洋に面する東海岸側を沈下させていた。大陸プレートの東方向へ矢印で示した運動は、日本海に面する西海岸側を隆起させていた。この長年にわたり生じたスローな変形は、実線からの通常な変形として破線で示されている。

10

【図12】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック12で利用される「巨大地震の予兆となる大陸プレートの膨らみは、如何に発生するか？」の自然法則を模式化した図。[図11]のスローな変形から、大陸プレートの東方向への「押し」に対し、太平洋プレートの西方向への「押し」が強まったプレートの相対運動による予兆的膨らみを赤の(長い)破線で表示した。その膨らみは、東海岸側で1mm程、西海岸側で3mm程あった。膨らみ発生後の太平洋プレートの西方向への急加速と急停止とからなる異常加速運動を、赤色の短い破線矢印で、沈み込んでいる太平洋プレートに示した。

【図13】大陸プレートの東端に位置する東日本の地殻の膨らみを支えてきた固着域は、太平洋プレートの西方向の押しに耐え切れなくなり、深い所から一挙に壊れた様子を示す図。この固着域の崩壊が、プレート境界で赤色の破線矢印で示す方向にメガスラストを誘起し、東方向の断層運動を誘発し、巨大地震と津波とを発生させた。壊れた固着域は、丸印の破線で表示されている。

20

【図14】東日本の太平洋側、日本海側にある解析に用いたGPSステーションの配置関係図。東西方向の破線上付近に、女川、村上、両津2のGPSステーションが位置している。[数11]-[数13]は、そのような東西方向の断面の一例である。

【図15】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック2で、父島のGPSステーションの2000年1月1日から2011年3月8日までの11年間余りのF3座標値を[数57]で表示される変位時系列に変換し、上段から、南北(N)、東西(E)、上下方向(h)の変位 $d(N, m)$ 、 $d(E, m)$ 、 $d(h, m)$ の日々の推移を描いた図。横軸は、全て共通な時間軸のmで、単位時間は一日(day)の24時間である。最下段の時間のウィンドウは、任意期間を拡張表示する拡張ウィンドウである。

30

【図16】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック14で、父島のステーションの東西方向の異常加速度運動を検出するために、変位検出ウエーブレットの幅 $(2w+1)$ を15日とし、差分間隔を20日として、単位時間を1日(day)とした時間mと τ を横軸に取り、ブロック5で得た時系列 $D(c, \tau)$ と $V(c, \tau)$ と $d(c, m)$ とをグラフ表示した図。東西方向の変位時系列 $d(E, m)$ 上に、矢印で2010/12/22 M7.9と発生日とマグニチュードを表示した大地震は、2011年3月11日に発生したM9東北巨大地震の予兆地震で、父島近海で発生した。又、その大地震の発生個所は、 $V(E, \tau)$ が、通常な速度から3倍に異常な加速をした個所でもある。その発生個所は、D-V位相平面図に描かれた軌跡が、異常加速運動をした個所で、M7.9と矢印で示されている。

40

【図17】本発明の実施形態に係る方法、装置、プログラムを示す[図1]のブロック14で検出された、父島のステーションの東西方向の異常加速度運動を2009年12月23日から2011年3月8日までの期間、東西方向の運動のみ拡大した図。加速度 $A(E, \tau)$ に示した28日の振動周期は、地球潮汐力による。両矢印で2010/10/7/11とラベル表示した個所は、D-V位相平面図の原点となる個所である。

【図18】[図17]に出現している略28日の地球潮汐の周期を、変位検出ウエーブレットの幅 $(2w+1)$ を29日とし、差分間隔を35日として、平滑し異常運動の確定をより明確にした図。拡大表示期間は、2010年4月2日から2011年3月8日までの期間である。

【図19】母島のGPSステーションの2000/01/01から2012/2/25までの東西方向の変位 $d(E, m)$ と、変位時系列[E]に幅29日の変位検出ウエーブレットと差分間隔35日の速度検出ウエ

50

ープレットを適用して得た、変位 $D(E, \tau)$ 、速度 $V(E, \tau)$ のグラフ表示とD-V位相平面図に描いた $D(E, \tau)$ - $V(E, \tau)$ 軌跡。ただし、2004/06/15から2005/09/24まで長期間のデータ欠損があり、欠損期間の前後を、オフセット連結した。又、変位 $d(E, m)$ 上の破線矢印の個所に2011/03/11 @ $m=3606$ M9とラベル表示したスパイクノイズは、2011年3月11日の巨大地震発生による。東北地方を始め日本各地のGPSステーションの変位時系列[c]には、同様なスパイクノイズが観測されている。

【図20】母島のGPSステーションの2010/05/09から2012/2/25までの変位時系列[E]の拡大図。2011年3月11日の巨大地震発生によるスパイクノイズは除去した。D-V位相平面図の $D(E, \tau)$ - $V(E, \tau)$ 軌跡は、太平洋プレートの西方向への運動が、巨大地震発生45日間程前に急停止し、その後、東方向への運動へと反転し、地震発生後に西方向への運動に戻り、徐々に加速されている状況を描いている。

10

【図21】東海岸の女川ステーションの1996/3/21から2011/9/24まで過去15年間余りの時系列[c]を、変位検出ウエーブレットの幅 $(2w+1)$ を400日として、1年周期の変動(季節変動も含めた)を平滑し、差分間隔日数300日で地殻変動を解析した図。地震の発生日とマグニチュードMの値が表示されている大地震や巨大地震による急激なシフトを除くと、太平洋プレートとの固着は、女川のステーションを約18mm/yearで西方向へ、約10mm/yearで南方向へ引きずり、約6mm/yearで沈下させていた。女川ステーションの近くで2008年6月14日に発生したマグニチュード7.2の地震は、女川の時系列[E]を、4cm程東に、[N]を1.5cm程南に移動させ、[h]を約4cm沈下させた。D-V位相平面図の下方に大きく飛び出した沈降軌跡は、その2008/6/14のM7.2地震の4cm程の沈降によるものであり、破線矢印の下

20

の急激な下方への移動軌跡(沈降軌跡)は、2011/3/11のM9巨大地震の発生による。なお破線矢印の個所は、巨大地震の予兆である膨らみの開始点である。

【図22】女川の変位時系列[h]の拡大表示図。2008/6/14のM7.2地震発生以降の期間のD-V位相平面図の軌跡も拡大表示されている。[h]時系列と位相平面図の破線矢印の個所は、2009年12月8日頃から始まった膨らみ(隆起)の開始点である。2011/3/11の東北巨大地震発生直前には、1.2mm隆起し、その隆起速度成分は、0.001mm/dayであった。

【図23】両津2ステーションの1996/3/21から2011/9/24までの過去15年間余りの変位時系列[c]の $d(c, j)$ に変位検出ウエーブレットの幅 $(2w+1)$ を400日、差分間隔を300日として、 $D(c, \tau)$ と $V(c, \tau)$ とを検出し、両津2の地殻変動をグラフ表示した図。太平洋プレートとの固着が、西海岸の両津2の通常運動を、東方向へ11mm/yearで移動させ、約2.4mm/year(約0.007mm/day)で隆起させていた。西海岸の予兆的な隆起開始点は、東海岸の膨張開始と同時期の2009年12月8日頃から始まった。この隆起は、大陸プレートの東方向への速度成分が、0.046mm/dayから巨大地震直前の0.026mm/dayまで減速した期間に発生している。隆起の開始点を、下段[h]の $D(h, \tau)$ グラフとD-V位相平面図に描いた $D(h, \tau)$ - $V(h, \tau)$ 軌跡とに破線矢印で記した。その隆起後、二重線矢印の個所で発生した巨大地震は、西海岸側の両津2を、南へ8cm程、東へ71cm程、移動させ、3cm程隆起させた。

30

【図24】[図23]の[h]と、D-V位相平面図に描かれた $D(h, \tau)$ - $V(h, \tau)$ 軌跡の拡大図。巨大地震発生直前まで、約3mm隆起し、直前の隆起速度成分は、0.016mm/dayに達していた。

【図25】村上ステーションの1996/3/21から2011/9/24までの15年余りの[N]と[E]と[h]の $d(c, j)$ に、変位検出ウエーブレットの幅 $(2w+1)$ を400日、差分間隔を300日として検出した変位 $D(c, \tau)$ と速度 $V(c, \tau)$ と変位 $d(c, m)$ で表示した地殻変動図。太平洋プレートとの固着が、村上ステーションの西海岸の通常運動を、南方向へ9mm/yearで移動させ、巨大地震発生約5年前から、東方向への運動を、それまでのゼロから5mm/yearにした。2000年頃まで沈下していたが、それ以降、上下変動は殆んど無く、隆起は、僅か、0.5mm/year程の隆起速度であった。村上の地殻の膨張は、西海岸(両津2)の予兆的な膨張と同様に、東海岸の膨張と同時期の2009年12月9日頃の破線矢印で示した個所から始まり、巨大地震直前まで、約3mm程隆起し、直前の隆起速度成分は、0.012mm/dayに達していた。この膨張は、大陸プレートの東方向への速度成分 $V(E, \tau)$ を0.018mm/dayから西方向へ反転移動させ-0.008mm/dayまで減速させた。この反転開始は、東方向への移動速度成分がゼロと観

40

50

測された時点で、巨大地震発生71日前に始まり、2010年12月22日頃、太平洋プレート(父島のステーション)の西方向への移動速度が最大値となった頃と同時期で、太平洋プレートの異常な西方向への加速度運動と連動している。巨大地震は、西海岸側寄りの村上を、南へ23cm程、東へ130cm程、移動させた。ゆっくり時間をかけた1 mm余り程度の隆起が、巨大地震後観察されているが、両津2等で観測されている地震直後のシャープな隆起ではない。[N]と[E]のd(c, j)上の2重線矢印は、巨大地震発生個所である。

【図26】[図25]の村上ステーションの上下方向の変位時系列[h]の拡大図。D-V位相平面に描かれた膨張の動きの軌跡も拡大描画し、その個所を破線矢印で示した。M9巨大地震による上下変動の軌跡は、二重矢印とM9で示した。

【図27】巨大地震発生後に、東日本一帯のステーションの地殻が東海岸の様に「沈下」したグループ、西海岸側の様に地殻が「隆起」したグループ、西海岸沿いに観測された地殻の沈下も隆起も発生しなかった「変化なし」のグループに3種類のシンボルを使用して、地殻変動を分類した。2011年3月11日に発生した巨大地震(3/11 M9)とその余震分布も表示した。又、2003年9月26日に発生したM8の十勝沖地震、2010年12月22日に発生した巨大地震の予兆地震であるM7.9の父島近海の地震、巨大地震の前震である2011年3月9日のM7.5地震(3/9 M7.5)とその余震分布も表示した。

【図28】時系列[CI(m, 2 s)]等に含まれる力学変数の数を推定する方法の原理図。

【図29】中国・四国・近畿地方のマグニチュードが3.0以上の震源分布図。気象庁の全国震源カタログと一元化震源カタログから1983年1月6日から2012年1月30日までに発生した地震を集めた。群発地震とマグニチュードが6以上の地震には発生年代、群発地震には、年代の前にSを付記した。

【図30】[図29]の震源分布の、緯度と深さ(km)方向の分布図。深さはlogスケールで表示してある。

【図31】[図29]の震源分布の、経度と深さ(km)方向の分布図。深さはlogスケールで表示してある。

【図32】中国・四国・近畿地方の1983年1月6日(1983/1/6)から2012/1/30までの期間の歪エネルギー密度の推移図。歪エネルギー密度は、この地域の深発地震を除くM3.5以上の地震を検出し、d(INT, j)とd(DEP, j)を70個累積し、それら過去の累積値の最大値を1と規格化したNCI(m, 70)とNCD(m, 70)から得た。左側の縦軸目盛は、これら歪エネルギー密度の相対目盛である。右側の縦軸の6以上のMAGとラベル付けした目盛は、時系列[d(MAG, m)]を矢印の高さにオフセット変換したグラフの目盛である。マグニチュード6以上の大地震のAMR現象が観測されている場合は、矢印でAMRとラベル表記した。AMR?は、AMR現象に対応したマグニチュード6以上の大地震が観測されていない場合である。

【図33】中国・四国・近畿地方の1983年1月6日(1983/1/6)から2012/1/30までの期間の歪エネルギー密度の推移図。[図32]で、マグニチュード5以上の大地震を、表示し、それら大地震に対応するAMR現象を矢印とAMRで表示した。

【図34】既に発生したM7.2の兵庫県南部地震(1995年1月17日に発生)を、未だ発生していないとして、その大地震を予知した図。中国・四国・近畿地方の1983年1月6日(1983/1/6)から1994年10月24日までに発生した地震で、深発地震を除くM3.5以上の地震の震源データを用いた。予知図の期間は、1991年12月7日から1994年10月24日までである。この期間に検出したCQK予兆に対応する大地震を10月24日の時点から、19イベント後に発生すると予知した震源は、緯度(LAT)、経度(LON)、深さ(DEP)行に、19イベント先まで、破線矢印で示し、予知した震源値も、表示した。予知したマグニチュードは、予測断層幅が20kmであったので、M6.8となった。

【図35】予知したM6.8大地震の予知検証をするために、1994年10月24日から兵庫県南部地震(1995年1月17日)とその余震データを、[図34]の予知図に追加し、予知が兵庫県南部地震M7.2を正確に予知した事を検証した検証図。

【図36】M7.2の兵庫県南部地震(1995-1-17)のCQK予兆(加速度を用いた)を、ニュートンの運動の第二法則を利用して、CQKD予兆(変位を用いた)に変換した図。

【図37】M6.6の山口県東部地震(1997-6-25、CQTタイプ)の予知検証図。

10

20

30

40

50

【図 3 8】M7.2の鳥取県西部地震(2000-10-06、CQTタイプ)の予知検証図。

【図 3 9】M6.6の山口県東部地震とM7.2の鳥取県西部地震のCQT予兆(加速度を用いた)を、ニュートンの運動の第二法則を利用して、CQTD予兆(変位を用いた)に変換した図。

【図 4 0】2010年8月4日の時点で、中国・四国・近畿地方にCQK予兆を検出し、予知震源を、LAT行、LON行、DEP行に、LAT=35.1度、LON=135.5度、DEP=19 km(亀岡市付近)とし、予測断層幅WをW=6.2kmとし、マグニチュードをM5.8とした。大地震発生時刻は、11イベント後の、三重線の下向き矢印と大地震のラベルで示したm=1671の個所となるが、予知したM5.8の大地震は、時刻m=1671付近で、発生しなかった。その原因は、不完全なCQK予兆を兵庫県南部地震の様な完全なCQK予兆として誤って予知解析した事による。

【図 4 1】2011年2月28日に実施した不完全なCQK予兆のM5.8大地震の予知を、不完全な予知として正しく解析した予知図である。発生時刻は、2月28日の時刻m=1684から24イベント後のm=1708で、その予知震源を、LAT、LON、DEP行に破線矢印で示し、震源値(LAT=33.8度、LON=135.6度、DEP=6 km)も表示した。震源地は、亀岡市付近ではなく、和歌山県中部となった。

【図 4 2】和歌山県中部で発生すると予知したCQKタイプのM5.8地震は、その後、和歌山県中部で発生したM5.5地震であった。その予知検証図。

【図 4 3】和歌山県中部で発生したM5.8地震のCQK予兆(加速度を用いた)をCQKD予兆(変位を用いた)に変換した予兆変換図。

【図 4 4】関東・甲信越・中越地方のマグニチュードが3.0以上の震源分布図。1997年1月1日から2011年3月7日までに発生した地震を気象庁の全国震源カタログと一元化震源カタログから集めた。2011年3月11日に発生した東北巨大地震の余震等は含まない。

【図 4 5】関東・甲信越・中越地方のマグニチュードが3.0以上の震源分布図。1997年1月1日から2012年3月26日までに発生した地震を気象庁の全国震源カタログと一元化震源カタログから集めた。2011年3月11日に発生した東北巨大地震の余震等を含む。

【図 4 6】[図44]の1997年1月1日から2011年3月7日までに発生した地震の経度と深さ(km)方向の震源分布図。深さはlogスケール。

【図 4 7】[図45]の1997年1月1日から2012年3月26日までに発生した地震の経度と深さ(km)方向の震源分布図。深さはlogスケール。

【図 4 8】[図44]の1997年1月1日から2011年3月7日までに発生した地震の緯度と深さ(km)方向の震源分布図。深さはlogスケール。

【図 4 9】[図45]の1997年1月1日から2012年3月26日までに発生した地震の緯度と深さ(km)方向の震源分布図。深さはlogスケール。

【図 5 0】2011年2月28日の時点で、関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)に出現していたCQT予兆の大地震を予知した図。その時刻、2011年2月28日、から7イベント後(3月7日頃)に、震源が、LAT=35.83度、LON=141.62度、DEP=29 kmで断層幅を28 kmとする大地震M7.1が、茨城県沖で発生すると予知した。

【図 5 1】関東地方に予知したそのCQT予兆の大地震は、3月11日に、茨城県沖で発生した東北巨大地震の大きな余震M7.4であったとする予知検証図。

【図 5 2】関東地方で2010年1月4日から2011年3月11日の期間に発生した大地震のCQT予兆(加速度を用いた)をCQTD予兆(変位を用いた)に変換し、各大地震のCQTD予兆と断層幅Wが正確に検出されていたとする検証図。

【図 5 3】関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)の歪エネルギー密度、NCI(m,40)とNCD(m,40)とを用い1997/01/01~2000/06/30の期間に群発地震に関連したAMR現象の検出図。

【図 5 4】関東・甲信越・中越地方の神津島沖付近の大きな群発地震s2000の発生中(2000/06/30~2000/08/16)の歪エネルギー密度、NCI(m,40)を10倍に拡大し、NCD(m,40)を5倍に拡大し、群発地震発生期間中にマグニチュードが6以上の大地震に関連したAMR現象の検出図。

【図 5 5】関東・甲信越・中越地方の歪エネルギー密度、NCI(m,40)とNCD(m,40)とを用いた2000/08/16~2004/10/13間のマグニチュードが6以上の主要な大地震に関連したAMR現

10

20

30

40

50

象の検出図。

【図56】関東・甲信越・中越地方の歪エネルギー密度、NCI(m,40)とNCD(m,40)とを用いた2003/11/17～2008/03/15間のマグニチュードが6以上の主要な大地震に関連したAMR現象の検出図。

【図57】関東・甲信越・中越地方の歪エネルギー密度、NCI(m,40)とNCD(m,40)とを用いた2006/08/14～2011/03/14間のマグニチュードが6以上の主要な大地震に関連したAMR現象の検出図。

【図58】新潟・中越地方(36度-40度、136度-140度)の震源分布図。

【図59】新潟・中越地方の経度-深さ(LOGスケール)震源分布図。

【図60】新潟・中越地方で、CQT予兆の大地震が、2011年2月28日から14イベント後に、長野県中部で発生するとに予知した予知図。その予知震源は、(LAT=36.14度、LON=138.33度、DEP=27 km)、断層幅Wは、17 km、マグニチュードはM6.7であった。

【図61】2011年2月28日に予知した[図60]のM6.7大地震は、長野県で2011年3月12日に発生したM6.7大地震であった事を検証した予知検証図。

【図62】新潟・中越地方に予知した大地震のCQT予兆(加速度を用いた)をCQTD予兆(変位を用いた)に変換した予兆検出の検証図。

【図63】新潟・中越地方(36度-40度、136度-140度)に発生した新潟県中越地震M6.8(2004-10-23に発生、CQT予兆)の予知が可能であった事を検証した予知検証図。

【図64】M6.8の新潟県中越地震(2004-10-23)のCQT予兆をCQTD予兆に変換した変換の検証図。

【図65】新潟・中越地方(36度-40度、136度-140度)の歪エネルギー密度、NCI(m,60)とNCD(m,60)とを用いた1997/01/06～2012/03/08の期間の大地震に関連したAMR現象の検出が可能であったとする検証図。

【図66】東北地方(38度-42度、138度-143度)の震源分布図。1997年1月1日から2012年3月26日までに発生したマグニチュード3.0以上の地震を、気象庁の震源カタログと一元化震源カタログから集めた。

【図67】東北地方の経度-深さ(LOGスケール)の震源分布図。

【図68】東北地方に出現したCQK予兆の大地震の予知を、2011年2月28日に実施した予知図。発生時刻が、6イベント後で、マグニチュードがM6.7、震源が(LAT=38.24度、LON=142.82度、DEP=19 km)と予知した。

【図69】東北地方に予知したCQK予兆のM6.7大地震の予知検証図。

【図70】東北地方に予知したM6.7大地震のCQK予兆をCQKD予兆に変換した変換図。

【図71】東北地方(38度-42度、138度-143度)の歪エネルギー密度、NCI(m,60)とNCD(m,60)とを用いた1997/01/02～2011/05/10間のマグニチュードが6以上の大地震関連したAMR現象の検出図。

【図72】東北地方の歪エネルギー密度、NCI(m,40)とNCD(m,40)とを用いた、1997/01/02～2006/12/27間のAMR現象の検出図。

【図73】東北地方の歪エネルギー密度、NCI(m,40)とNCD(m,40)とを用いた、2006/12/27～2011/05/10のAMR現象の検出図。東北巨大地震の余震発生中はNCI(m,40)を10倍に拡大。

【図74】東北地方の歪エネルギー密度、NCI(m,40)とNCD(m,40)とを用いた、2006/12/27～2011/03/24のAMR現象の検出図。[図73]の時間軸を拡大し、東北巨大地震の余震発生中はNCI(m,40)を10倍に拡大した。

【図75】近畿・福井・東南海地方(31度-37度、134度-138度)の震源分布図。

【図76】近畿・福井・東南海地方の経度-深さ(LOGスケール)震源分布図。

【図77】近畿・福井・東南海地方の歪エネルギー密度、NCI(m,60)とNCD(m,60)とを用いた1997/01/02～2012/03/23の期間のAMR現象の検出図。

【図78】東北・北海道地方(37度-46度、138度-150度)の震源分布図。

【図79】東北・北海道地方の経度-深さ(LOGスケール)の震源分布図。

【図80】東北・北海道地方の歪エネルギー密度、NCI(m,30)とNCD(m,30)とを用いた2009/01/10～2011/3/18間のAMR現象の検出図。

10

20

30

40

50

【図 8 1】歪エネルギー密度、NCI(m,30)とNCD(m,30)とを用いた2009/01/10～2011/3/18間のAMR現象の検出図。ただし、2011a地震の余震発生中、NCI(m,30)は、25倍に拡大。

【図 8 2】日本(緯度16度-52度、経度116度-156度)の歪エネルギー密度、NCI(m,100)とNCD(m,100)とを用いた2009/09/19～2011/3/13間のAMR現象の検出図。

【図 8 3】日本の歪エネルギー密度、NCI(m,30)とNCD(m,30)とを用いた2009/09/19～2011/3/13間のAMR現象の検出図。

【図 8 4】日本の歪エネルギー密度、NCI(m,30)とNCD(m,30)とを用いた2010/08/12～2011/03/11間のAMR現象の検出図。

【図 8 5】日本の歪エネルギー密度、NCI(m,30)とNCD(m,30)とを用いた2011/02/16～2011/03/11間のAMR現象の検出図。ただし、東北巨大地震の前震2011a地震の余震発生中、NCI(m,30)とNCD(m,30)は、25倍に拡大。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0186】

地殻の応力変化は、地殻内の地震の発生と地殻表面の状態を変化させる。発生した地震(地震波)の観測値は、地震の震源要素(LAT,LON,DEP,INT,MAG)を用いて定量化できる。この定量化に、断層運動のパラメータ等、他の観測値を追加してもよい。地殻表面の状態の観測値は、GPSステーションの位置座標(E,N,h)を用いて定量化できる。連続観測してこれら変化情報を得るために、観測値を、観測パラメータc毎に時系列[c]にする。しかし、時系列[c]は、常に、ランダム変化を含む。地震発生の変化は、[図2]の仮想粒子の運動軌跡と等価になるので、ジグザグした仮想粒子の運動軌跡は、ジグザグ箇所が、ランダム変化を生ずる箇所となる。他の観測パラメータも、ランダム変化をする。地殻表面の状態変化(地殻変動)のGPS観測値は、地殻変動とは無関係なランダムノイズを多く含み、地震発生の変化と同様に、ランダム変化を生ずる。地震発生と地殻表面の状態の変化に出現する通常な変化とは異なる変化が、大地震と巨大地震の予兆となる。時系列[c]に出現する予兆の変化量は、ランダムな変化量や通常な変化量より極めて小さく、抽出できない。更に、予兆の変化率を、微分を用いた決定論的な自然法則で記述しなければ、その法則を利用した大地震と巨大地震の決定論的な予知は、不可能となる。ランダム変化する時系列[c]から、その様な微分を用いた決定論的な自然法則の導出は、不可能とされている。

20

【0187】

本発明は、微分操作が持つ物理的性質を正しく反映する新たな差分操作を確立し、その差分操作を用いて時系列[c]から予兆を抽出し、その推移をニュートンの運動の第二法則で記述し、大地震と巨大地震の予兆出現と地震発生に至る決定論的な自然法則を確立し、その法則を予知に利用する。従って、本発明を実施するための最良の実施形態に係わる方法、装置、プログラムを、[図1]とし、その各ブロックに基づいて実施形態を説明する。

30

【0188】

ブロック1は、震源情報と地殻表面の位置を、観測順序jで、それら要素cと座標軸成分毎に、d(c,j)とする信号化手段である。例えば、パラメータcは、要素LAT、LON、DEP、INT、MAGと座標軸成分E、N、hとなる。

【0189】

ブロック2は、ブロック1で得たd(c,j)信号の変化を記述するための時系列化手段と遅れ時間検出手段で構成される。時系列化手段は、d(c,j)信号を、直接か、所定の選択か、もしくは平滑処理を施した時系列[C]

40

[C]=[D(c,1)、D(c,2)、D(c,3)、・・・、D(c,m)、・・・]

とする。遅れ時間検出手段は、時系列化手段の処理に遅れが生じる場合、その遅れ時間をΔとする。例えば、平滑処理に、[数44]で、与えられるd(c,j)の2w+1個の移動平均や、[数48]のΔtを2w+1としたフィルターを利用すると、その遅れ時間Δは、 $\Delta = \Delta t / 2 = w$ となる。d(c,j)信号を、直接に、時系列[C]にする場合は、遅れ時間は無く、 $\Delta = 0$ で、[数1]や[数57]で与えられる。

【0190】

ブロック3は、D(c,m)の間隔nの差分値 $\Delta D(c,m,n)$ をD(c,m)の1次差分、 $\Delta D(c,m,$

50

n)の間隔 k の差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を $D(c, m)$ の 2 次差分とする 1 次、2 次差分出力手段で構成される。

【0191】

1 次差分出力手段は、前記、ブロック 2 の時系列化手段により得た時系列 $[C]$ の時刻 m の値と時刻 $m-n$ の値の差 ($n = 1, 2, \dots$)、

$$\Delta D(c, m, n) = D(c, m) - D(c, m-n),$$

に比例する量を、 $D(c, m)$ の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力するか、

[数 49] の Δt を $2w+1$ としたバンドパスフィルタと、略等価なフィルタを用いて、 $[C]$ を濾過した $F1(c, m)$ を、 $D(c, m)$ の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ として出力するかのいずれかである。

10

【0192】

2 次差分出力手段は、1 次差分出力手段から出力された、1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ の時刻 m と時刻 $m-k$ の差 ($k = 1, 2, \dots$)、

$$\Delta^2 D(c, m, n, k) = \Delta D(c, m, n) - \Delta D(c, m-k, n),$$

に比例する量を、 $D(c, m)$ の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力するか、

[数 50] の Δt を $2w+1$ としたバンドパスフィルタと略等価なフィルタを用いて $[C]$ を濾過した $F2(c, m)$ を、 $D(c, m)$ の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ として出力するかのいずれかである。

【0193】

上記 1 次、2 次差分値を検出する 1 次、2 次差分を検出するウエーブレットは、[図 6] の t_2 軸、 t_3 軸にそれぞれ表示されている。その Δt は、上記、遅れ時間 Δ の 2 倍 ($\Delta t = 2\Delta$) であり、時刻 m は、 $m = \tau + \Delta t/2$ の関係に在る。

20

【0194】

ブロック 4 は、時刻 m を時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ にシフトする時刻シフト手段で構成される。この時刻シフト手段は、 $D(c, m)$ 、及び、ブロック 3 で出力される $D(c, m)$ の 1 次差分値と 2 次差分値を、[図 7] の変位検出ウエーブレットと差分検出ウエーブレットで得る $D(c, \tau)$ と、その 1 次差分値と 2 次差分値とに変換する。従って、時刻シフト手段は、[図 6] の各検出ウエーブレットを、[図 7] の各検出ウエーブレットにシフトして、変位と各差分値を得る操作と等価な役割をなす。[図 6] の時刻 m は、 $m = \tau + \Delta t/2$ の関係に在るが、[図 7] の時刻 m は、 $m = \tau + \Delta t/2 + (n+k)/2$ の関係に在り、時刻 τ は、 $\tau = m - \Delta t/2 - (n+k)/2$ となり、時刻 $t = \tau$ となる。

30

【0195】

ブロック 4 の時刻シフト手段は、実施形態を構成する最も重要なブロックとなる。ブロック 3 の $D(c, m)$ の差分操作は、時間の反転に対し非対称となる微分操作が持つ物理的性質を満足していないので、微分値で記述される運動の第二法則等を前期ブロック 3 の差分値で記述できない。従って、 $D(c, m)$ の差分操作が、時間反転に関する微分操作が持つ物理的性質を満足するよう、ブロック 3 の差分値の時刻 m を t にシフトする。2 次差分値の時刻シフト手段は、ブロック 3 の 2 次差分出力手段から得た、時刻 m の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の 2 次差分値 $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とする。1 次差分値の時刻シフト手段は、ブロック 3 の 1 次差分出力手段から得た、時刻 m の 1 次差分値 $\Delta D(c, m, n)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ の 1 次差分値 $\Delta D(c, t, n)$ とする。時系列の時刻シフト手段は、ブロック 2 で得た時刻 m の $D(c, m)$ を、時刻 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ にシフトし、 $D(c, t)$ とする。尚、前期ブロック 2 で遅れ時間の Δ が、発生しなければ、 $\Delta = 0$ となる。上記 1 次、2 次差分を検出する 1 次、2 次差分検出ウエーブレットは、[図 7] の t_2 軸、 t_3 軸にそれぞれ表示されている。[図 7] の Δt は、上記、遅れ時間 Δ の 2 倍 ($\Delta t = 2\Delta$) である。

40

【0196】

ブロック 5 は、 $D(c, m)$ を変位 $D(c, t)$ 、 $D(c, m)$ の 1 次差分を速度 $V(c, t)$ 、2 次差分を加速度 $A(c, t)$ に変換する手段から構成される。変位変換手段は、 $D(c, m)$ を、ブロック 4 の時刻シフト手段、 $t = m - \Delta - (n+k)/2$ 、から時刻の変位 $D(c, t)$ として出力する。速度変換手段は、 $\Delta D(c, m, n)$ を、ブロック 4 の時刻シフト手段から $\Delta D(c, t, n)$ とし、 $D(c, t)$ に作用してい

50

る速度 $V(c, t)$ とする。加速度変換手段は、 $\Delta^2 D(c, m, n, k)$ を、時刻シフト手段から $\Delta^2 D(c, t, n, k)$ とし、 $D(c, t)$ に作用している加速度 $A(c, t)$ とする。これら変換は、時刻 t が、 $t = \tau$ 、遅れ時間 Δ が、 $\Delta = w$ なので、変位への変換が、[数44]、速度への変換が、[数45]、加速度への変換が、[数46]が[数47]で与えられる変換となる。これら変換で得る変位、速度、加速度は、物理学で定義される物理量となる。その理由を次に述べる。

【0197】

これら変換で、 $\Delta = \Delta t/2$ 、 $n = k = \Delta t$ とすると、変位と差分を得る各検出ウエーブレットは、[図4]に表示された変位のDDW(t)、1次差分のD1W(t)、2次差分のD2W(t)検出ウエーブレットとなる。従って、[数1]で与えられる時系列 $[c]$ とDDW(t)、 $[c]$ とD1W(t)/ Δt 、 $[c]$ とD2W(t)/ $\Delta t/\Delta t$ の各相関積分の Δt をゼロとする極限を取ると、それぞれ、変位が時間の連続関数で2次まで微分可能であれば、数学、物理学で定義される変位 $D(\tau)$ が、[数14]、その速度 $V(\tau)$ が、[数19]、その加速度 $A(t)$ が、[数24]で与えられる。上記、各相関積分の Δt を有限値とする場合も、変位検出操作とそれらの差分検出操作は、物理学で定義される微分操作を正しく継承する。変位は、[数15]の $\langle D(\tau) \rangle$ 、速度は、[数20]の $\langle V(\tau) \rangle$ 、加速度は、[数25]の $\langle A(\tau) \rangle$ で与えられる。従って、変位検出ウエーブレットをDDW($t - \tau$)、微分操作を正しく継承する差分検出ウエーブレットD1W($t - \tau$)を Δt で除したウエーブレットをVDW($t - \tau$)、D2W($t - \tau$)を Δt で2回除したウエーブレットをADW($t - \tau$)と定義すると、これらウエーブレットと、時系列 $[c]$ との相関積分で検出される変位、速度、加速度は、それぞれ、[数36]の $D(c, \tau)$ 、[数37]の $V(c, \tau)$ 、[数38]の $A(c, \tau)$ で与えられ、物理学で定義される変位、その時間微分で得る速度、加速度と等価な量となる。時刻 m は、 $m = \tau + \Delta$ の関係に在る。[図4]の変位と各差分検出ウエーブレットは、[図7]の変位と各差分検出ウエーブレットに一般化できるので、ブロック5が、物理学で定義する変位、速度、加速度に変換する。

【0198】

ブロック6は、 $D(c, \tau)$ と $V(c, \tau)$ の振幅と位相を比較検出する手段で構成される。変位と速度の振幅位相比較検出手段は、ブロック5の変位変換手段で得た $D(c, \tau)$ と、速度変換手段で得た速度 $V(c, \tau)$ の各振幅と各位相の関係を出力し、位相平面 $[D(c, \tau) - V(c, \tau)]$ で、変化(運動軌跡)を記述できる。この位相平面に於ける変位 $D(c, \tau)$ は、位置のオフセット値である。即ち、位置は、基準位置(変化しない)に変位(変動成分)を加えた値である。従って、上記、[変位-速度]の位相平面は、物理学で使用される、[位置-運動量]、もしくは[位置-速度]と同一な位相平面となる。

【0199】

ブロック7は、 $V(c, \tau)$ と $A(c, \tau)$ の振幅と位相を比較検出する手段で構成される。速度と加速度の振幅位相比較検出手段は、ブロック5の速度変換手段で得た速度 $V(c, \tau)$ と、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, \tau)$ との各振幅と各位相の関係を出力する。 $[V(c, \tau) - A(c, \tau)]$ 平面を用いて、運動を記述できる。従って、ブロック6で出力される位相平面 $[D(c, \tau) - V(c, \tau)]$ と、 $[V(c, \tau) - A(c, \tau)]$ での運動記述は、位相空間 $[D(c, \tau), V(c, \tau), A(c, \tau)]$ での運動記述を、各平面へ投影した記述となる。

【0200】

ブロック8は、 $D(c, \tau)$ と $A(c, \tau)$ の振幅と位相を比較検出する手段で構成される。変位と加速度の振幅位相比較検出手段は、ブロック5の変位変換手段で得た $D(c, \tau)$ と、加速度変換手段で得た加速度 $A(c, \tau)$ の各振幅と各位相の関係を出力する。ニュートンの運動の第二法則を、[図8]や位相平面 $[D(c, \tau) - A(c, \tau)]$ で記述する。

【0201】

ブロック9は、ブロック8の変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得たニュートンの運動の第二法則を大地震の予兆のタイプCQKとCQTに適用し、それぞれCQKDとCQTDに変換する手段と、予測断層幅 W を $\Delta D(DEP, t)$ の絶対値とする手段とで構成される。CQKDとCQTDに変換する手段は、加速度 $A(DEP, t)$ と、加速度 $A(INT, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(MAG, t)$ の振幅値が、負の値を取る特別な位相振幅関係([図3]に表示した大地震の予兆となる位相振幅関係)に、先ず、ブロック8の変位と加速度の振幅位相比較検出手段で得た、ニュート

10

20

30

40

50

ンの運動の第二法則を適用し、変位 $D(\text{DEP}, t)$ 、 $D(\text{INT}, t)$ 、 $D(\text{MAG}, t)$ の特別な位相振幅関係([図9]に表示した位相振幅関係)に変換する。次に、この変位の位相振幅関係において、予測断層幅 W の検出手段は、

変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と最小値となる時刻 $t_{\text{min}}(>t_{\text{max}})$ の変位 $D(\text{DEP}, t_{\text{max}})$ と $D(\text{DEP}, t_{\text{min}})$ との差の絶対値か、

変位 $D(\text{MAG}, t)$ が最大値となる時刻 t_{max} と時刻 t_{max} から $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値が反転し始める時刻を t_{min} とし、 $D(\text{DEP}, t_{\text{max}})$ と $D(\text{DEP}, t_{\text{min}})$ との差の絶対値か

変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近から最小値付近に変化する時刻に対応して変化する $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値の差の絶対値か、

変位 $D(\text{MAG}, t)$ の最大値付近の、 $D(\text{DEP}, t)$ の振幅値とその半周期後の振幅値との差の絶対値かを

$|\Delta D(\text{DEP}, t)|$ とし、この DEP の変化量に、ニュートンの運動の第二法則を適用すると、 $|\Delta D(\text{DEP}, t)|$ を、次に述べる様に、今にも発生しそうな大地震の予測断層幅 W とすることが出来る。

【0202】

運動の第二法則を記述する[数43]の変分 Δ は、 $\Delta F(c, t) = -Kc \Delta D(c, t)$ となるので、震源要素 DEP の変化量 $\Delta D(\text{DEP}, t)$ を生じさせる力は、 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ となり、今にも大地震を発生させそうな予測幅 w の断層に応力変化を与える。 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ と $\Delta D(\text{DEP}, t)$ とは、[数43]から逆位相の関係にあり、 CQKD 型の $\Delta D(\text{DEP}, t)$ は、深い所から浅い方向への変化となり、 CQTD 型の $\Delta D(\text{DEP}, t)$ は、 CQKD 型の変化と逆方向となる。これら、 DEP の変化量を生じさせる応力変化が、大地震を発生させる断層の幅 W に作用するせん断応力の源となる。従って、 CQKD 型の $\Delta F(\text{DEP}, t)$ の方向は、浅い方から深い方向へ応力変化が生じ、それを打ち消す方向へ(深い方から浅い方へ)応力変化が発生し CQK 型の大震の断層にせん断応力が作用する。 CQTD 型の応力変化 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ の方向は、その逆となるので、 CQT 型の大震を発生させる応力は、浅い方から深い方向へ生ずる。[図10]は、ブロック9に関連し、大地震発生とその断層幅 W に作用したせん断応力を生み出す源となる応力変化 $\Delta F(\text{DEP}, t)$ を発生させる物理モデルである。

【0203】

ブロック10は、大地震のマグニチュード M を予知する手段で構成される。マグニチュードの予知手段は、予測断層幅 W の検出手段から出力された W を、[数56]に代入し、今にも発生しそうな大地震のマグニチュード M を算出する。

【0204】

ブロック11は、大地震の発生時刻とその震源を予知する手段で構成される。大地震の発生時刻の予知手段は、

(1)加速度の振幅位相比較検出手段の出力から得た加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが逆位相となり、加速度 $A(\text{MAG}, t)$ の振幅値が、負の値を取るような特別な位相振幅関係([図3]の関係)が成立後、逆位相にあった $A(\text{INT}, t)$ もしくは $A(\text{DEP}, t)$ の振幅値のピークが次の半周期後に反転する時点が、大地震の発生時刻となる自然法則か

(2)加速度の振幅位相比較検出手段の出力から得た加速度 $A(\text{DEP}, t)$ と、加速度 $A(\text{INT}, t)$ とが略逆位相となり、加速度 $A(\text{MAG}, t)$ の振幅値が、負の値を取るような特別な位相振幅関係([図3]の関係が不明瞭)が成立後、略逆位相にあった $A(\text{DEP}, t)$ の振幅値のピークが、次の1周期後に、戻る時点が、大地震の発生時刻となる自然法則か

に、ブロック8から出力されるニュートンの運動の第二法則を適用する。上記自然法則(1)に、運動の第二法則を適用すると、震源要素 c を INT もしくは DEP した $A(c, t)$ の振幅値のピークが、次の半周期後に反転する時刻を、差分を取る時間間隔 Δa 、 $\Delta a = (n+k)/2$ 、だけ進んだ時刻の変位 $D(c, t+\Delta a)$ が、 $A(c, t)$ と反対方向のピークに到達した時刻を、 $A(c, t)$ が反転ピークに到達する時刻とする。上記自然法則(2)に、運動の第二法則を適用すると、震源要素 c を DEP とした $A(c, t)$ の振幅値のピークが、次の1周期後に戻る時刻を、差分を取る時間間隔 Δa だけ進んだ先の時刻の変位 $D(c, t+\Delta a)$ が、 $A(c, t)$ と反対方向のピークに到達した時刻を、 $A(c, t)$ が1周期後に到達する時刻とする。

大地震の震源を予知する手段は、

上記 $A(\text{DEP}, t)$ と、 $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{MAG}, t)$ とが特別な位相振幅関係が成立した時刻から、大地震の発生時刻の予知手段から出力された予知時刻まで、前記、変位変換手段で得た $D(\text{LAT}, t)$ 、 $D(\text{LON}, t)$ 、 $D(\text{DEP}, t)$ を線形延長した $(\text{LAT}, \text{LON}, \text{DEP})$ 情報を予測震源とする。

【0205】

ブロック12は、巨大地震の予兆となる大陸プレートの膨らみを検出する手段で構成される。膨らみの検出手段は、大陸プレート上にある広範囲の対象領域で、時系列の要素(成分)パラメータ c を (E, N, h) の h とし、前記変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、 $D(c, m)$ から $D(c, t)$ とするブロック5の変位変換手段とブロック4の1次差分値の時刻シフト手段に於いて、2次差分を取る間隔 k をゼロとしたブロック6の変位と速度の振幅位相比較検出手段とで得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出するか、もしくは、 k をゼロとせず、ブロック6とブロック8から得た変位 $D(h, t)$ と、速度 $V(h, t)$ と、加速度 $A(h, t)$ とから、変位 $D(h, t)$ の膨らみを検出する。

【0206】

ブロック13は、大陸プレートの運動変化を検出する手段で構成される。運動変化の検出手段は、ブロック12で、膨らみが検出された大陸プレート上にある対象領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) の E 、 N とし、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、ブロック4の時刻シフト手段に於いて $k=0$ とした変位変換手段で、 $D(c, m)$ を $D(c, t)$ とし、ブロック6から得た $D(c, t)$ と $V(c, t)$ の振幅位相比較検出手段から、ブロック12で検出した膨らみに連動した大陸プレートの運動変化を検出する。ブロック8の変位と加速度の振幅位相比較検出手段も利用する場合は、ブロック4の時刻シフト手段に於いて $k \neq 0$ とし、変位 $D(c, t)$ と、変位に作用している加速度 $A(c, t)$ も含めた関係から、大陸プレートの運動変化を検出する。運動変化の検出には、ブロック7の速度と加速度の振幅位相比較検出手段も利用してもよい。[図23]は、その大陸プレートの運動変化をブロック6の $D(c, t)$ と $V(c, t)$ の振幅位相比較検出手段を利用して検出した例である。

【0207】

ブロック14は、運動変化に連動した膨らみのプレート境界に沿った広がり長さ L を検出する手段で構成される。広がり長さ L は、大陸プレートの運動変化を、ブロック13で検出し、大陸プレートの運動変化と連動した膨らみのプレート境界に沿った長さである。

【0208】

ブロック15は、海洋プレートの異常加速運動を検出する手段で構成される。異常加速運動の検出は、海洋プレート上の領域で、時系列の要素パラメータ c を (E, N, h) の E 、 N とし、変位と加速度の振幅位相比較検出手段を必要としない場合、ブロック4の時刻シフト手段に於いて $k=0$ とした変位変換手段で、 $D(c, m)$ を $D(c, t)$ とし、ブロック6から得た $D(c, t)$ と $V(c, t)$ から、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する。ブロック8の変位と加速度の振幅位相比較検出手段も利用する場合は、ブロック4の時刻シフト手段に於いて $k \neq 0$ とし、 $D(c, t)$ と $A(c, t)$ の振幅位相を比較し、海洋プレートと大陸プレートとの境界方向への速度成分が、通常速度の約2倍以上に急加速し、その直後、急減速、急停止する異常加速運動を検出する。その異常加速運動の検出例は、[図18]と[図20]のD-V位相平面図の運動軌跡である。又、必要であれば、ブロック7の $V(c, t)$ と $A(c, t)$ の振幅位相の比較を異常加速運動検出に利用できる。

【0209】

ブロック16は、今にも発生しそうな巨大地震のマグニチュード M と発生時刻を予知する手段で構成される。マグニチュード M を予知する手段は、ブロック15で、大陸プレートの運動変化による膨らみに連動した海洋プレートの異常加速運動を検出後、ブロック14で検出した大陸プレートの膨らみの広がり長さ L を、[数55]に代入し、巨大地震のマグニチュード M を算出する。巨大地震の発生時刻を予知する手段は、ブロック12で大陸プレートの膨らみを検出後、ブロック15で、海洋プレートの異常加速運動の急停止を検出後

、プレート運動の方向が反転してから、約45日後を、巨大地震の発生日とする。その唯一の観測例は、[図18]と[図19]の2011/3/11に発生した東北巨大地震である。

【0210】

ブロック17は、対象とする領域の広さを、順次変える、観測領域の縮小と拡大手段で構成される。領域毎に、地震発生の変化を、ブロック1の震源要素信号化手段より抽出した地震発生時刻の時間間隔(INT)の信号 $d(INT, j)$ がブロック2の時系列化手段により抽出した $D(INT, j)$ かを用いて定量化する。

【0211】

ブロック18は、選択した領域に於いて、震源要素INT(震源時の間隔時間)の $d(INT, m)$ もしくは $D(INT, m)$ を、地震の任意な発生順序 m まで a 個、累積し $CI(a, m)$ とする時間累積検出手段と、震源要素DEP(震源の深さ)の $d(DEP, m)$ もしくは $D(DEP, m)$ を、地震の任意な発生順序 m まで a 個、累積し、 $CD(a, m)$ とするDEPの累積検出手段とから構成される。 $CI(m, a)$ とする時間間隔累積検出手段は、 m 番目の地震と $m - a$ 番目の地震の発生時刻の差を $CI(m, a)$ としても良い。

【0212】

ブロック19は、 $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ とを、それぞれ、 $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ となるように規格化する規格化手段と、それら規格化された $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ を、地殻に蓄積される規格化された歪エネルギー密度に変換する手段とから、構成される。それら規格化の一例は、 $a=2s$ とすると、[数60]と[数61]とで与えられる。なお、 $CI(m, a)$ と $CD(m, a)$ は、それら時系列を支配する独立変数の数から、地殻に蓄積される歪エネルギー密度の関数と断定できるので、 $NCI(m, a)$ と $NCD(m, a)$ とが、その領域の規格化された歪エネルギー密度となる。

【0213】

ブロック20は、領域の歪エネルギー変換手段から出力した地殻に蓄積された歪エネルギーの密度が巨大地震、大地震発生直前の臨界状態に到達したかを検出する地殻の臨界状態検出手段と大地震や巨大地震の予知手段で構成される。地殻の臨界状態検出手段は、蓄積してきた歪エネルギーを、加速して解放するAMR現象を検出する。AMR現象の検出後、選択した領域の何処かに大地震か巨大地震が発生する。例えば、日本列島を含む広範囲な領域(16度-52度、116度-156度)とその領域に発生するマグニチュードが4以上の地震を選択すると、地震発生数が多いので、AMR現象を検出後、数日から数時間以内に、その領域の何処かに大地震か巨大地震が発生する。逆に、中国・四国・近畿を含む領域(32度-36度、131.5度-136.5度)と発生する地震がマグニチュードが3.5以上を選択すると、地震発生数が少ないので、AMR現象を検出後の約1年から1-2カ月後に、その領域の何処かに大地震が発生する。領域が狭くても、地震発生数が多い地域、例えば、関東・甲信越・信越地方(32.5度-38度、136.5度-142度)では、2-3週間後に大地震、大きな群発地震、巨大地震が発生する。従って、大地震や巨大地震の予知手段は、日本列島全体を含も広範囲の歪エネルギー密度と、その広範囲の領域を約5度のメッシュに分割した狭い領域の歪エネルギー密度を同時にモニターすると、AMR現象が検出された狭い領域を、大地震や巨大地震の震源域とし、その発生時期を、AMR現象検出時から、数日から数時間後とする。分割する領域は、オーバーラップした領域も含めるので、震源地の予知の精度も向上できる。

【0214】

ブロック21は、ブロック10、ブロック11、ブロック16、ブロック20から出力する予知情報を利用し、大地震と巨大地震の予知方法、予知装置、予知プログラム及び記録媒体を構成する最終ブロックとなる。ブロック1から、最終ブロック21までの実施形態は、コンピュータにより地震予知プログラムを実行する事により、実現している。

【実施例】

【0215】

大地震と巨大地震の予知に関連した実施例の概要を述べる。まず、既に発生した大地震を用いて、CQKとCQT予兆を用いた大地震の予知が可能であった検証例と、CQKとCQT予兆のCQKDとCQTD予兆への変換の検証例と、歪エネルギー密度の推移からAMR現象を大地震発生前

10

20

30

40

50

に抽出できていた検証例とを説明する。中国・四国・近畿地方で発生した[図29]の地震で、本発明による予知とAMR現象の抽出が可能であった大地震には、CQKタイプでM7.2の兵庫県南部地震(1995-1-17)、CQTタイプでM6.6の山口県東部地震(1997-6-25)、CQTタイプでM7.2の鳥取県西部地震(2000-10-6)がある。これら既に発生していた大地震の予知が可能であった事を予知の実施例として検証する。次に、[非特許文献20]にも予知結果のみ公開した中国・四国・近畿地方の大地震の予知の実施例を、述べる。この公開した予知結果は、京都府の亀岡市付近を震源地としたCQKタイプの大地震であったが、断層幅 w の予測を除き、誤りだった。その誤報の要因は、そのCQK予兆が、不完全な反転を持つ加速度 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ であったにも関わらず、完全な反転をもつCQK予兆とした事による。このCQK予兆の誤認に起因する誤った予知と、その正しい予知とその検証を述べる。なお正しい予知結果は、公開していない。

10

【0216】

次に、2011年3月11日の東北巨大地震発生3週間程前から抽出していた3つの予兆の大地震の予知の実施例を述べる。これら予兆は、関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)と、新潟・中越地方(36度 - 40度、136度 - 140度)と、東北地方(38度 - 42度、138度 - 143度)とに出現していた。これら予兆の抽出は、[非特許文献23]の2011年2月19日の最新地震情報で下記項目の(2)に公開した。

(1)中・四国・近畿地方に出現している予兆の進行状況に2月7日以降変化はありません。

(2)他の地域にも予兆が出現していますが、解析が間に合っていない。

20

なお、(2)の予知結果は、公開していない。

【0217】

上記3つの領域に出現した予兆の大地震は、2011年3月10日に発生した三陸沖のCQKタイプのM6.4地震(もしくは、2011年3月11日に発生したCQKタイプのM9東北巨大地震)、2011年3月11日に発生した茨城県沖のCQTタイプのM7.4地震、2011年3月12日に発生した長野県北部のCQTタイプのM6.7地震であった。2011年2月28日に実施したこれら地震の予知と、その予知検証を実施例として述べる。最後に、2011年3月11日に発生したM9東北巨大地震の予知とその検証を述べる。

【0218】

M7.2の兵庫県南部地震(1995-1-17)に関し、予知が可能であった検証例を説明する。M7.2の兵庫県南部地震(1995-1-17)の予測された断層幅 w 、震源と発生時刻の予知を、[図34]に示す。対象とした地震は、中国・四国・近畿を含む緯度32度-36度、経度131.5度-136.5度のメッシュ領域で、1991年12月7日から、1994年10月24日までの期間(480-583)に発生したマグニチュード M が3.5以上の深発地震を除いた地震である。従って、1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は、含まれていない。実施形態に係わる[図1]のブロック9から出力した震源要素の時系列 $[c]$ の変位 $d(c, m)$ 、[数44]の変位 $D(c, t)$ 、[数46]の加速度 $A(c, t)$ を、震源要素 c ($c = LAT, LON, DEP, INT, MAG$)の行、(即ち、LAT行、LON行、DEP行、INT行、MAG行に分けて図示した。横軸に地震発生の順番(イベント数) m と t を、各行に共通な時間軸として、図示した。変位 $D(c, t)$ は、ブロック2における $d(c, m)$ の平滑化処理例として、 $d(c, m)$ を、25イベントずつ移動平均したものである。移動平均個数は、 $25 = w + 1$ なので、処理遅れ時間 Δ は、 $\Delta = w = 12$ イベントとなる。又、[数46]の加速度を得るための時間間隔 n と k とを等しい間隔 $s = 35$ イベントとした。時刻 t は m から常に遅れ、その遅れ時間は、 t と m の関係が、変位 $D(c, t)$ の場合、 $t = m - w$ なので、12イベントとなり、加速度 $A(c, t)$ の場合、 $t = m - w - s$ なので、47イベントとなる。

30

40

【0219】

変位 $d(c, m)$ と平滑処理した変位 $D(c, t)$ とのグラフ表示は、各行の縦軸目盛の中央目盛のゼロに基準値を設定し、基準値からのオフセット値を拡大表示した。基準値は、緯度のLATが、34度(deg)、経度のLONが、133度(deg)、震源の深さのDEPが、30 km、震源時の間隔時間のINTが、200時間(h)、マグニチュードのMAGが、5.0である。オフセット値の拡大値は、上からLATとLON、が200倍、DEPが10倍、INTが2倍、MAGが400倍である。従って、それ

50

ら拡大目盛りを200、200、10、2、400で除す操作表示を、LAT行に1/200deg、LON行に1/200deg、DEP行に1/10km、INT行に1/2h、MAG行に1/400と記した。オフセットの方向は、震源の深さ(DEP)方向の下向きを正としたので、全ての行の下向きも、DEP行に倣い、正とする。正のオフセット値600でのLATとLONの値は、各基準値の北緯34度と東経133度に600/200=3度加えた値となるので、LATが37度、LONが136度となり、負のオフセット値の-600で、LATが31度、LONが、130度となる。又、DEPは、負のオフセット値の-300(-300/10=-30)が、0km(=30-30)に、INTは、負のオフセット値の-400(-400/2=-200)が、0時間(=200-200)に、MAGは、負のオフセット値の-600(-600/400=-1.5)が、3.5(=5-1.5)に、正のオフセット値の+600が6.5(=5+1.5)に相当する。DEP行、INT行、MAG行の最大表示域を超えた値は正のオフセット値600の最大値で、グラフは打ち切られる。例えば、マグニチュードが、6.5より大きくなると、6.5以上の部分は、グラフ表示されない。

【0220】

上段のLAT行の左下の数値は、時間軸mの最終目盛りm=583のd(LAT,m)の北緯35度を表示している。時刻m=583は、実時刻の1994年10月24日となる。同様に、各段の時間軸のm=583の値は、それぞれ、2段目が、d(LON,m)の東経135.51度、3段目が、震源の深さd(DEP,m)の14.9km、4段目が、震源時の間隔時間d(INT,m)の、69.9時間(小数点第2位以下は切り捨て表示)、最下段が、マグニチュードd(MAG,m)の4.6となる。各行の左側の水銀柱の様な棒グラフは、m=583のこれら値を、各基準値からのオフセット値として、柱の上下方向の高さに変換表示したものである。尚、M7.2の兵庫県南部地震は、m=602(1995年1月17日)に発生したので、[図34]のグラフには、未だ出現していない。

【0221】

加速度A(c,t)のグラフ表示のスケールは、各行の縦軸のオフセット目盛りの-200を、各加速度の値が0、上方向を負、下方向を正とする相対表示である。横軸は、各行に共通の時間軸tである。最上段からLAT行には、A(LAT,t)とA(LON,t)、LON行には、A(LON,t)とA(DEP,t)、DEP行には、A(DEP,t)とA(LAT,t)、INT行には、A(INT,t)とA(DEP,t)、最下段のMAG行には、A(MAG,t)とA(INT,t)とA(DEP,t)とを重ねて表示している。従って、MAG行に表示した加速度間の位相振幅の関係は、[図3]で兵庫県南部地震の加速度の振幅と位相関係で定義したCQK予兆となっている。その予兆を、INT行からMAG行にわたり下向き2重線矢印と共にCQKと表記した。予兆CQK上のDEP行のD(DEP,t)には、今にも発生しそうな大地震の断層幅Wの予測値を、両方向の矢印と予測値のW=20kmとで記している。両方向の矢印は、[図1]のブロック9で説明したtmax-tminの時間区間に対応しているので、予測断層幅Wは、 $W = \Delta D(DEP,t) = D(DEP,t_{max}) - D(DEP,t_{min})$ となっている。このtmaxとtminの値は、tmax=528、tmin=548である。従って、[数56]を用いた今にも発生しそうな大地震のマグニチュードをM=6.8とする予知が可能となる。このマグニチュードの予知精度に関して、兵庫県南部地震のマグニチュードは、気象庁マグニチュードがM=7.2であったが、その大地震の余震分布から推定された断層形状は、[非特許文献16]によると断層長は、L=45km、断層幅は、W=20kmで、上記、予測断層幅と一致している。従って、断層の形状に依存する、[数53]と[数54]とで与えられるマグニチュード(モーメントマグニチュードMw)は、Mw=6.9だったので、そのマグニチュードの予知精度は良い。

【0222】

今にも発生しそうな[図34]の大地震(兵庫県南部地震)の発生時刻の予知は、CQK予兆における加速度A(INT,t)が負のピークになる時刻mを予知する事である。A(INT,t)の周期は、[数46]の加速度を得るための時間間隔nとkとを同一な差分間隔s、s=35、としたので、約70イベントとなる。[図34]に表示した時刻t=530のCQKの正のピークは、1994年10月24日のt=536の時点で、確実に検出されている。従って、時刻t=530から35イベント後(半周期後)のA(INT,565)が、負のピークになると予測できる。その時刻t=565と時刻mは、 $t=m-w-s$ 、即ち、 $t=m-47$ の関係にあるので、大地震発生時刻を、m=612と予知できる。大地震は、m=602で発生しているので、予知した時刻は10イベントも遅かった事になる。この様な大きな誤差を少なくするには、sをより小さい値、例えばs=30イベントとしても良い。そうすると、新たにs=30としたCQKの正のピークは、時刻t=528となり、半周期後のA(INT,

528+30)が、負のピークと予測でき、時刻 $m=558+42=600$ で大地震が発生すると予知できる。その予知誤差は、大地震発生より、僅か、2イベント早かった事になる。しかし、 $s=35$ でも、ブロック8、9で出力する $D(INT, t)$ と $A(INT, t)$ の[図8]の関係から、 $A(INT, t)$ が、負のピークになる時刻 t を、INT行の $D(INT, t)$ が正の方向に突き出した個所の時刻 t と予知できる。[図34]のINT行に表示した下向きの破線矢印が指しているその突き出し個所は、 $A(INT, t=536)$ から、19イベント先となる。即ち、最新の加速度を表示する時刻 $t=536$ に対応する変位 $d(INT, m)$ を表示する時刻 m が、583イベントなので、大地震は、19イベント先の $m=602$ イベントで発生すると予知できる。実際、大地震である兵庫県南部地震は、 $m=602$ の時刻で発生したので、時刻の予知誤差は、イベント数でゼロとなる。

【0223】

今にも発生しそうな[図34]の大地震(兵庫県南部地震)の震源の予知は、[図10]の大地震発生の物理モデルにより、CQK予兆の後半の約半周期間の $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ の線形部分を時刻 $t=590$ まで線形延長して得る。予知震源は、LAT、LON、DEP行に破線矢印で示した。各破線矢印は、予知を実施した1994年10月24日の $t=571$ から19イベント先の値を指している。それら値を、LAT行に、(LAT=34.53)、LON行に、(LON=135.18)、DEP行に(DEP=20.8)と表記した。発生した大地震(兵庫県南部地震)の震源は、(LAT=34.595度、LON=135.038度、DEP=16.06 km)であった。従って、予知の精度は高い。尚、INT行には $D(INT, t)$ の現時刻 $t=571$ から、19イベント後の大地震発生の予知時刻 $t=590$ を上向きの破線矢印で記した。時刻 $m=602$ に予知した大地震 $d(MAG, 602)=6.8$ は、[図34]の時間軸の表示範囲の最大値が $m=600$ なので、その予知図に表示していない。1994年10月24日(1994/10/24)のイベント時刻の $m=583$ の時点で、今にも発生しそうなCQK予兆の大地震の予知情報をまとめると、(1)発生時刻が、1994年10月24日の $m=583$ から19イベント後の132日後の $m=602$ (1995年4月25日頃)

(2)マグニチュードが、6.8

(3)震源が、(LAT=34.53度、LON=135.18度、DEP=20.8 km)

となる。なお上記(2)のイベント数時間の実時間への変更は、1994年10月24日頃のマグニチュード3.5以上の地震の発生率が、[図32]の $NCI(m, 70)$ から、 $m=583$ 付近で9.66日毎に1回発生すると仮定できるので、19イベントは、1994年10月24日から183.5日後となる事による。

【0224】

先ず、予知したCQKの大地震の発生に至る状況を把握するために、兵庫県南部地震が発生した1995年1月17日の $m=602$ 前後の震源情報をテーブルにする。

m	YYYY/MM/DD-hh:mm:ss.ss	LAT(度)	LON(度)	DEP(Km)	INT(h)	MAG
597	1994/12/15 05:58:39.60	34.475	135.88	8.1	133.1432	3.6
598	1995/01/03 13:09:49.29	34.093	135.194	12.67	463.186	4
599	1995/01/12 06:35:32.14	33.979	135.198	12.6	209.4286	3.5
600	1995/01/16 01:19:00.81	33.662	132.195	59.65	90.7246	3.5
601	1995/01/16 18:28:02.68	34.598	135.039	18.4	17.1505	3.7
602	1995/01/17 05:46:51.86	34.595	135.038	16.06	11.3137	7.2
603	1995/01/17 05:49:14.63	34.617	135.082	13.85	0.0397	4.4
604	1995/01/17 05:49:35.17	34.621	135.076	13.31	0.0057	4.2
605	1995/01/17 05:49:48.81	34.658	135.118	11.5	0.0038	4.5
606	1995/01/17 05:50:23.95	34.653	135.133	12.96	0.0098	5.2
607	1995/01/17 05:51:05.23	34.589	135.002	12.16	0.0115	3.8

上記、予知情報と、テーブルの $m=602$ の兵庫県南部地震の震源情報は、精度良く一致しているが、イベント数の時間から、実時間への変換は、1994年10月24日の時点では悪い。しかし、イベント数の予知時刻に接近すると、実時間への変換精度を上げることができる。兵庫県南部地震の予知検証を、[図35]を用いて行う。そのため、[図35]は、[図34]の対象とした期間を、1991年1月7日($m=440$)から、1995年1月17日($m=640$)まで拡張した。従って、[図34]に示した予知情報に、兵庫県南部地震の発生が、[図35]に加わる。この拡張した

期間に、加わったグラフ表示機能は、次の機能である。最下段のMAGの $d(MAG, m)$ の細線グラフは、MAGの値が6以上になると、その直前の値から太線に変換されて連結される。M7.2の兵庫県南部地震は、 $m=602$ (実時間で1995年1月17日)で、発生した。従って、その大地震発生直前の $m=601$ (実時間で1995年1月16日)の値 $d(MAG, 601) = 3.7$ から $d(MAG, 602) = 7.2$ まで、太い線グラフとなる。その太線には、横矢印で、1995/1/17 M7.2と兵庫県南部地震の発生日とマグニチュードを表示した。又、各震源要素 c の c 行の変位グラフも $d(c, 601) - d(c, 602)$ が細線から太線表示となる。ただし、大地震発生直前($m=601$)のM3.7地震は前震で、その震源は、本震の大地震と略同じであったので、 $d(MAG, m)$ の様にM3.7からM7.2へと大きな数値の変化がないので、グラフの細線は、それらの個所で、太線でなく太い点表示になっている。更に、各震源要素 c の c 行の加速度 $A(c, t)$ も、 $t = m - w - s$ の関係から、 $A(c, 554) - A(c, 555)$ の細線グラフが太い点となる。

10

【0225】

兵庫県南部地震の上記CQK予兆は、[数43]のニュートンの運動の第二法則から、[図9]のCQKD型の位相関係に、ブロック9で、変換する。その実施例を、[図36]に示す。兵庫県南部地震の予知の実施例と同様に、[数44]の移動平均個数は、 $25 = w + 1$ とする。震源要素 $c = DEP$ 、 INT 、 MAG の変位 $D(c, t)$ を、それらの過去の最大値が1となる様に規格化し、それぞれ $NDEP-25(t)$ 、 $NINT-25(t)$ 、 $NMAG-25(t)$ とする。これら変位の規格化前の過去の最大値は、 $NDEP-25(t) = 47.16\text{km}$ 、 $NINT-25(t) = 331.33 \text{ h (時間)}$ 、 $NMAG-25(t) = 4.4$

20

である。ただし、 $NMAG-25(t)$ は、3からオフセット値を規格化しているので、最大値は1.4が1となる規格化である。左側の縦軸は、規格化した変位の目盛りで、右側の縦軸は、時系列 $[d(LON, m)]$ と $[d(MAG, m)]$ グラフの目盛である。これら表示グラフに用いたシンボルとグラフの名前は、左上の枠内に、上から、○印が、 $NDEP-25(t)$ 、□印が、 $NINT-25(t)$ 、△印が、 $NMAG-25(t)$ 、点が、 $d(LON, m)$ 、矢印が、 $d(MAG, m)$ 、として表示してある。なお、右側の縦軸目盛のラベルMAGは5以上なので、地震のマグニチュードが5以上になると矢印で表示される。右側の縦軸目盛の上のラベルLONは、震源パラメータの時系列 $[d(LON, m)]$ の相対目盛で、経度目盛りの $131.5^\circ \sim 136.5^\circ$ に相当する。横軸は、時間 t と m で、 $t = m - 12$ の関係がある。時間 m の範囲は、 $m = 400 - 700$ で、1990/4/28から1995/2/2の期間に相当する。兵庫県南部地震のCQKD予兆出現個所には、 $NINT-25(t)$ が、 $t = 530$ で下方向のピークを取る個所に上向きの二重線矢印とCQKDのラベルが付けられている。時系列 $[d(MAG, m)]$ の兵庫県南部地震の発生個所は、時刻 $m = 602$ なので、 $d(MAG, 601)$ から $d(MAG, 602)$ の矢印の横に1995/1/17 M7.2のラベルを付けた。規格化した $NDEP-25(t)$ 、 $NINT-25(t)$ 、 $NMAG-25(t)$ のグラフの兵庫県南部地震の発生時刻は、時刻 $t = 590$ なので、その個所に、下向きの破線矢印を付けてある。なお、 $NINT-25(t)$ と $NDEP-25(t)$ は、[数60]と[数61]の時間 m を時間 t に変換した歪エネルギー密度でもある。

30

【0226】

特別な加速度 $A(c, t)$ の振幅位相関係のCQKが観測されていないが、[図9]の特別な変位 $D(c, t)$ の振幅位相関係のCQKDが、[図36]の時刻 $t = 430$ で、観測されている。その個所に下向きの2重矢印でCQKDと表示した。このCQKD振幅位相の関係は、時刻 $m = 466$ の1991年8月28日に島根県東部で発生したM5.9地震のCQKD予兆である。この予兆は、 $NINT-25(t)$ の下方向にピークを取る付近で、 $NDEP-25(t)$ が、短い周期(高い周波数)で反転し、[図9]のCQKDの関係を確立している。規格化した変位グラフの地震発生個所には、下向きの破線矢印を表示した。加速度 $A(c, t)$ のCQK予兆が観測されない理由を述べる。上記 $NDEP-25(t)$ の高い周波数変動は、 $A(DEP, t)$ を求める時、平滑される。 $NDEP-25(t)$ は、 $D(DEP, t)$ と等価なので、その周波数領域は、[数48]で記述され、 $A(DEP, t)$ の周波数領域は、 $D(DEP, t)$ の領域を、[数51]で濾過したものとなる。即ち、 $NDEP-25(t)$ の反転が取り除かれ、振動の周期が略60-70イベントと限られた周波数領域にある加速度 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ とを算出する時、その濾過された $NDEP-25(t)$ と $NINT-25(t)$ との振幅位相関係が、略、同位相となる事による。又、これら予兆時に検出された今にも発生しそうだった大地震の予測断層幅 W は、その幅 W に相当

40

50

するNDEP-25(t)の個所に破線の両矢印とWとでラベル表示してある。

【 0 2 2 7 】

次に、M6.6の山口県東部地震(1997-6-25)の予知が可能であった検証例を、兵庫県南部地震の予知の検証例[図35]と同様な[図37]に示す。検証に用いた期間は、1995年3月23日(m=720)から、1997年9月7日(m=880)までである。この大地震は、CQT予兆タイプで、時刻m=849で発生した。予測断層幅Wは、W=7 kmなので、マグニチュードの予知は、M=5.9となった。[非特許文献17]によると、断層形状の推定値は、長さが、L=16km、幅がW=12kmであったので、この地震のマグニチュードの断層幅の予測の精度は悪い。線形予知した震源は、[図37]のLAT、LON、DEP行に破線矢印で示した。各破線矢印の先の読み取り値は、LAT行が(LAT=34.13)、LON行が、(LON=131.95)、DEP行が、(DEP=14.8)となった。発生した大地震の震源は、(LAT=34.438度、LON=131.669度、DEP=8.29 km)であった。従って、震源の予知精度は高い。発生の予知時刻は、INT行からMAG行にわたり下向きの破線矢印で示した。そのA(INT,t=802)の下向きのピーク(正のピーク)は、INT行のD(INT,t=802)の上向きピークの上向きに突き出した位置に在り、[図1]のブロック8で出力するD(INT,t)とA(INT,t)の[図8]に示した関係から、A(INT,t)が、正のピークになる時刻tを、INT行のD(INT,t)が負の方向に突き出した個所の時刻tとして精度の良い予知が、可能であった事を検証している。又、CQKタイプの兵庫県南部地震の直前の地震は、その大地震の断層内で発生日の1日前に発生しているが、CQTタイプの山口県東部地震の前震は、3日前に、大地震の震源地付近にd(DEP,m)の太線グラフから、震源の深い所(65.82km)で発生した事が判明する。又、MAG行に表示したCQT予兆の一周期前のm=740付近に、A(INT,t)とA(DEP,t)との位相反転が観察され、[図3]に示したCQKタイプの予兆のように見かけられるが、A(MAG,t)の振幅値が負の値ではないので、その位相反転は、CQK予兆ではない。

【 0 2 2 8 】

次に、M7.2の鳥取県西部地震(2000-10-06)予知が可能であった検証例を、兵庫県南部地震の検証例の[図35]と同様な[図38]に示す。検証に用いた期間は、1997年9月7日(m=880)から、2000年10月6日(m=1080)までである。このCQT予兆タイプの大地震は、時刻m=1056で発生した。大地震発生時刻は、A(INT,t)の負のピーク(下方向のピーク)となるtである。A(INT,t)の周期変動には小さな変動が重複しているが、A(INT,t)の周期は、70イベントなので、t=1005付近でD(INT,t)が上方向に上昇しD(INT,t)の値が短くなる個所を大地震発生時刻と予知できる。その大地震が発生すると予知した時刻は、t=1009となり、その個所に、下向きの破線矢印を記した。時刻tは時刻mより47イベント遅れた時刻なので、鳥取県西部地震発生時刻、m=1056、を正確に予知した事を、[図37]が、示している。予測断層幅Wは、W=15kmなので、マグニチュードは、M=6.6と予知できた。[非特許文献18]によると、断層形状の推定値は、長さが、L=34km、幅がW=17kmであったので、この地震の断層幅Wの予測精度は良い。従って、マグニチュードの予知精度も、良い。ただし、この大地震の断層は4つの断層から成り立っていたので、各断層長を加算した長さLを断層長とした。線形予知した震源は、[図37]のLAT、LON、DEP行に破線矢印で示した。各破線矢印の先の読み取り値は、LAT行が(LAT=33.59)、LON行が、(LON=133.64)、DEP行が(DEP=9.8)となった。発生した大地震の震源は、(LAT=35.271度、LON=133.352度、DEP=8.96km)であった。従って、震源の予知精度は、緯度を除いては良い。

【 0 2 2 9 】

山口県東部地震(1997-6-25、M6.6)と鳥取県西部地震(2000-10-06、M7.2)のCQT予兆を、ブロック9で、[数43]のニュートンの運動の第二法則から、[図9]のCQTD型の位相関係に変換した実施例を、[図36]と同様な[図39]に示す。時間軸mの範囲は、m=700-1100で、1995/2/2から2000/10/6の期間に相当する。山口県東部地震のCQTD予兆の個所は、NINT-25(t)が、t=780で上方向のピークを取る個所に下向きの二重矢印とCQTDのラベルが付けられている。時系列[d(MAG,m)]の山口県東部地震は、時刻m=849で発生したので、d(MAG,848)からd(MAG,849)の矢印の右上に1997/6/25 M6.6のラベルを付けた。規格化したNDEP-25(t)、NINT-25(t)、NMAG-25(t)のグラフの山口県東部地震の発生時刻は、時刻t=836なので、その個所に、下向きの破線矢印を付けてある。次に、鳥取県西部地震のCQTD予兆の個所は

、NDEP-25(t)が下方向のピークを取り、NINT-25(t)が、上方向に小さなピークを取る付近の個所の $t=961$ に上向きに二重線矢印とCQTDのラベルが付けられている。時系列 $[d(MAG, m)]$ の鳥取県西部地震は、時刻 $m = 1056$ なので、 $d(MAG, 1055)$ から $d(MAG, 1056)$ の矢印の左側に2000/10/6 M7.2のラベルを付けた。規格化したNDEP-25(t)、NINT-25(t)、NMAG-25(t)のグラフの鳥取県西部地震の発生時刻は、時刻 $t=1043$ なので、その個所に、下向きの破線矢印を付けてある。尚、上記2つのCQTDに於けるNDEP-25(t)、NINT-25(t)、NMAG-25(t)の高い周波数の変動成分は、CQTの加速度 $A(c, t)$ の変動成分には強く出現していない(少し濾過されている)。又、これら予兆時に検出された今にも発生しそうだった大地震の予測断層幅 W は、その幅 W に相当するNDEP-25(t)の個所に破線の両矢印と W とでラベル表示してある。なお、中国・四国・近畿地方の地殻の歪エネルギー密度から、上記、各大地震に関連したAMR現象の抽出の実施例は、[背景技術]で説明した[図32]と[図33]である。

10

【0230】

中国・四国・近畿地方に既に発生していた大地震を取り上げ、大地震が発生する前までの気象庁震源データを用いてそれら大地震の予知が可能であった事を検証してきた。次に、この領域にまだ発生していない大地震の予知を実施していたので、その実施例を述べる。2010年8月8日の時点で、CQK予兆の大地震を予知した結果の概要は、[非特許文献20]に公開した。

【0231】

公開した予知情報は、京都府の亀岡市付近を震源地としたCQKタイプの大地震であった。このCQK予兆は、加速度 $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ とが、完全な逆位相とならない波形の反転であった。しかし、[非特許文献20]に公開した予知結果と[非特許文献23]の公開情報は、CQK予兆の $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ とが完全な逆位相として解析した予知結果であり、誤った予知を公開した。先ず、このCQK予兆を誤認識した解析結果を、兵庫県南部地震の実施例の[図34]と同様に、[図40]に示す。予知を実施したのは、2010年8月8日であるが、この地域に発生した最後の地震は、2010年8月4日の $M=3.9$ 地震なので、その日時に相当する時刻 $m=1660$ が、予知を実施した時刻となる。予知した震源を、LAT行、LON行、DEP行に、 $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ を線形補間した破線矢印で表示した。それらの数値は、LAT=35.1、LON=135.5、DEP=19 kmである。又、予測した断層幅 W を定めた、 $D(DEP, t)$ の範囲と、 $\Delta D(DEP, t)$ の値は、DEP行の $t=1620$ 付近に両方向の矢印と $W=6.2$ kmと表示した。予知したマグニチュードは、[数56]から、 $M=5.8$ となる。大地震発生の時刻は、下向き破線矢印で、INT行の $D(INT, t)$ 上にある下方のくぼみ個所が、 $A(INT, t)$ の半周期後のピークをとる時刻となり、 $t=1613$ から11イベント後の、 $t=1624$ となる。時刻 m を用いると三重線の下向き矢印と大地震のラベルで示した $m=1671$ の個所となる。[図32]の $NCI(m, 70)$ から平均的に7日に1回の割合で $M3.5$ 以上の地震が発生しているので、実時間に変換すると、8月4日から77日後となる。しかし、その予知した $M5.8$ の大地震は、時刻 $m=1671$ 付近で、発生しなかった。

20

30

【0232】

2011年2月28日に実施した正しい大地震の予知結果を、[図41]に示す。実施期間は、2006年11月26日($m=1480$)から2011年2月28日($m=1684$)までである。[図40]と[図41]で観測されたCQK予兆の $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の反転は、[図40]と[図41]のINT行の $A(DEP, t)$ のピークが、二重破線の下向き矢印で示された時刻 $t=1570$ 付近にあり、逆方向の $A(INT, t)$ のピークが、CQKと二重線の下向き矢印で示された $t=1605$ 付近にある。ただ、 $A(DEP, t)$ の周期が長くなっているので、そのピーク付近の振幅値は、時刻 $t=1590$ 付近まで略同じ値を保っている。その $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の振幅の反転は、兵庫県南部地震のCQKの逆位相となった反転と異なる。その $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ と $A(MAG, t)$ のCQKの振幅位相関係は、MAG行にも示されている。この様なCQK予兆の大地震の発生時刻は、DEP行、もしくはINT行に二重破線の矢印の個所の $A(DEP, t)$ のピークが、半周期後に反転したピークの時刻でなく、[背景技術]で説明した様に破線矢印で示された時刻付近で1周期後のピークで発生する。その $A(DEP, t)$ が1周期後にピークを取ると予測される時刻は、差分間隔を取った時間だけ進んだDEP行の $D(DEP, t)$ が、下方に(深い方向に)ピークを取った破線矢印の起点個所となる。その予測時刻は、現時刻 $m=1684$ から24イベント後の $m=1708$ となる。予兆に対応する震源予測値は、

40

50

LAT、LON、DEP行に破線矢印で示された(LAT=33.8度、LON=135.6度、DEP=6 km)で。震源地は、和歌山県中部となる。2011年2月28日のイベント時刻の $m=1684$ の時点で、今にも発生しそうなCQK予兆の大地震の予知情報は

(1)発生時刻が、24イベント後の $m=1708$ で、148日後の2011年7月26日頃

(2)マグニチュードが、5.8

(3)震源が、(LAT=33.8度、LON=135.6度、DEP=6km)

となる。

【0233】

上記予知結果を検証するために、先ず、予知したCQKの大地震の発生状況を把握する。2011年2月28日の $m=1684$ から24イベント後の予知した時刻の $m=1708$ 前後の震源情報をテーブルにする。

m	YYYY/MM/DD-hh:mm:ss.ss	LAT(度)	LON(度)	DEP(Km)	INT(h)	MAG
1705	2011/06/29 23:36:11.12	33.414	131.912	64.5	290.451	3.8
1706	2011/07/01 14:22:09.82	33.391	132.228	46.4	38.7663	4.1
1707	2011/07/04 11:07:11.82	33.931	135.547	46.5	68.7506	4.1
1708	2011/07/05 19:18:43.44	33.99	135.234	7.3	32.1921	5.5
1709	2011/07/05 19:34:55.64	33.996	135.242	7.1	0.2701	4.7
1710	2011/07/05 22:31:39.59	32.665	132.303	38.5	2.9455	3.5
1711	2011/07/24 23:32:12.40	33.92	136.139	42.3	457.0091	4.8

従って、その予知地震は、和歌山県で2011年7月5日に発生した震源の深さが、7.3 km、マグニチュードが5.5の地震であった事が判明し、時刻のイベント数予知、震源とマグニチュードの予知は、正確であった。イベント数の時間から、実時間への変換は、2011年2月28日の時点では悪いが、予知時刻に接近すると、精度を上げることができる。

【0234】

上記予知の検証を、2011年2月28日の $m=1684$ から時刻 $m=1741$ (2012/1/31)まで拡張した[図42]に示す。その検証図は、兵庫県南部地震予知の検証図、[図35]、と同様な図である。[図42]で、予知した地震は、MAG行の $d(MAG, m)$ の線グラフが太く表示された地震、2011/7/5 M5.5と記された地震である。[図42]の $d(c, m)$ と $A(c, t)$ の線グラフ表示は、マグニチュードが5.5以上になると、太い線表示となる。従って、その発生時刻は、 $A(c, t)$ や $d(c, m)$ の太い点の個所となる。例えば、破線矢印の起点の上のDEP行に描かれている $A(DEP, t)$ の線グラフに記された太い点の個所に相当する時刻となる。従って、[図42]のグラフに示した太い線の情報から、この和歌山県のM5.5地震の発生時刻と震源の予知は、精度が良い。マグニチュードの予知は、予測断層幅の6.2 kmから、M5.8と予知できるので、マグニチュードの予知精度も良いが、2010年8月8日に実施し、[非特許文献20]に公開した予知情報は、CQK予兆の $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の不完全な反転状態を、誤った完全な反転として予知解析をした結果であった。

【0235】

和歌山県のM5.5地震(2011/7/5)のCQKD予兆とその推移を、前記[図36]、[図39]と同様な[図43]に示す。これら表示グラフに用いたシンボルとグラフの名前は、左上の枠内に、上から、○印が、NDEP-25(t)、△印が、NINT-25(t)、□印が、NMAG-25(t)、点が、 $d(LON, m)$ 、矢印が、 $d(MAG, m)$ 、として表示してある。[図43]の時間軸は、時刻 $m=1400$ から $m=1752$ までの期間で、2004年10月17日から2012年5月31日に相当する。CQKD予兆の個所は、時刻 $t=610$ にCQKDラベルと2線矢印とで示した。この予兆の大地震が発生する時刻は、NDEP-25(t)の振動が、その2線矢印から1周期後の $t=1670$ ではなく、破線矢印で示した1周期半後に到達する時刻 $t=1696$ となる。このCQKD予兆の大地震は、2011年7月5日に発生した和歌山県のM5.5地震で、時刻 $m=1708$ の $d(MAG, m)$ に矢印の左側に2011/7/5 M5.5とラベル表示してある。又、予兆時に検出された今にも発生しそうだった大地震の予測断層幅 W は、その幅 W に相当するNDEP-25(t)の個所に破線の両矢印と W とでラベル表示してある。なお、中国・四国・近畿地方の地殻の歪エネルギー密度から、上記大地震に関連したAMR現象の抽出の実

施例は、[背景技術]で説明した[図32]と[図33]である。

【0236】

次に、2011年3月11日の東北巨大地震に関連した大地震の予知の実施例について述べる。先ず、関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)で、2011年3月11日に発生した茨城県沖のCQKタイプM7.4について述べる。そのために、[図29]-[図31]と同様な関東・甲信越・中越地方の震源分布を[図44]-[図49]に表示する。

【0237】

[図44]は、1997年1月から2011年3月7日までに発生したマグニチュード3.0以上の地震を、気象庁の震源カタログと一元化震源カタログから集めた震源分布である。図の横軸は、経度、縦軸は緯度を表している。水色の点で示された地震の震央は、マグニチュード(M)が3.0以上、3.5未満、黒色の丸印の震央は、Mが3.5以上、5未満、赤色の三角印の震央は、Mが5以上、6未満、黄色の丸印の震央は、Mが6以上、7未満、茶色の丸印の震央は、Mが6以上、7未満の群発地震、薄黄色の四角印の震央は、Mが7以上の地震である。主要な地震には、発生した年代を付記した。同じ年代に発生した地震には、アルファベットのa、b、c等で区別している。又、地震が群発地震の場合、発生年代の前に群発(Swarm)のSを付け、最初の震源をリストしている。それら年代を付記した地震の震源情報は、

年代	m	年/月/日	緯度	経度	深さ(km)	M
S1997	51	1997/03/03	34.956	139.155	5.45	3.9
S1998a	457	1998/04/21	34.959	139.161	7.42	3.9
S1998b	610	1998/08/07	36.237	137.661	4.55	4.2
S2000	1184	2000/06/27	34.095	139.47	10.26	3.9
2003	3994	2003/11/12	33.17	137.057	397.8	6.5
2004a	4140	2004/05/30	34.105	141.862	23.3	6.7
2004b	4256	2004/09/05	33.03	136.8	37.6	6.9
2004c	4276	2004/09/05	33.144	137.142	43.5	7.4
2004d	4517	2004/10/23	37.289	138.87	13.1	6.8
2005	4844	2005/01/19	33.953	141.993	30	6.8
2007a	5547	2007/03/25	37.221	136.686	10.7	6.9
2007b	5749	2007/07/16	37.557	138.609	16.8	6.8
2008a	6068	2008/05/08	36.275	141.979	18	6.3
2008b	6073	2008/05/08	36.228	141.608	50.6	7
2009	6427	2009/08/09	33.128	138.404	332.9	6.9
2010a	6649	2010/03/14	37.724	141.818	39.8	6.7
2010b	6708	2010/06/13	37.396	141.796	40.3	6.4
2011	6919	2011/03/11	36.108	141.265	43.2	7.4

である。又、[図45]は、[図44]の震源分布に、2011年3月7日から2012年3月26日までに発生したマグニチュード3.0以上の地震を、追加した。従って、[図45]は、2011年3月11日に発生した東北巨大地震の余震が追加されている。

【0238】

[図46]と[図47]は、[図44]と[図45]の震源分布の経度方向の断面図で、震源の深さ方向の分布を、logスケールを用いkmで表示してある。プレート境界に発生する震源分布の経度方向の断面図は、太平洋プレートの西端が大陸プレート下に沈下し、それらプレート間の中間付近の深さ30-40kmにフィリピン海プレートの西端が、位置している形態を表している。

【0239】

[図48]と[図49]は、[図44]と[図45]の震源分布の緯度方向の断面図で、震源の深さ方向の分布を、logスケールを用いkmで表示してある。経度方向の震源分布も断面図と同様に、大陸プレート、フィリピン海プレート、太平洋プレートの3つのプレート境界に発生する震源分布を表している。

【0240】

この関東・甲信越・中越地方の予知の実施例を述べる。対象とした地震は、1997年1月1日から、2011年2月28日までの期間に発生した震源分布[図44]のマグニチュードMが3.5以上の地震である。実施形態に係わる[図1]のブロック9から出力した震源要素の時系列[c]の変位 $d(c, m)$ 、[数44]の変位 $D(c, t)$ 、[数46]の加速度 $A(c, t)$ を、兵庫県南部地震の予知実施例の[図34]と同様に、震源要素 c ($c = \text{LAT}$ 、 LON 、 DEP 、 INT 、 MAG)の行、即ち、LAT行、LON行、DEP行、INT行、MAG行に分けて、[図50]に図示した。横軸に地震発生の順番(イベント数) m と t を、各行に共通な時間軸として、図示した。期間は、 $m=6800$ から6905である。この期間に相当する実時間は、2010年10月16日から2011年2月28日までである。変位 $D(c, t)$ は、ブロック2における $d(c, m)$ の平滑化处理例として、 $d(c, m)$ を、15イベントずつ移動平均したものである。移動平均個数は、 $15=2w+1$ なので、処理遅れ時間 Δ は、 $\Delta=w=7$ イベントとなる。又、[数46]の加速度を得るための時間間隔 n と k とを等しい間隔 $s=20$ イベントとした。時刻 t は m から常に遅れ、その遅れ時間は、 t と m の関係が、変位 $D(c, t)$ の場合、 $t=m-w$ なので、7イベントとなり、加速度 $A(c, t)$ の場合、 $t=m-w-s$ なので、27イベントとなる。

【0241】

[図50]の変位 $d(c, m)$ と平滑処理した変位 $D(c, t)$ とのグラフ表示は、各行の縦軸の中央を基準値としたオフセット値を拡大表示した。基準値は、緯度のLATが、35度(deg)、経度のLONが、139度(deg)、震源の深さのDEPが、30 km、震源時の間隔時間のINTが、20時間(h)、マグニチュードのMAGが、5.0である。オフセット値の倍率は、グラフの基準値をゼロとし、上からLATとLONとが200倍、DEPが5倍、INTが10倍、MAGが400倍である。従って、それら倍率目盛りを200、200、5、10、400で除す操作表示を、LAT行に1/200deg、LON行に1/200deg、DEP行に1/5km、INT行に1/10h、MAG行に1/400と記した。オフセットの方向は、震源の深さ方向の下向きを正としたので、全ての行の下向きを正とする。正のオフセット値600でのLATとLONの値は、各基準値の北緯35度と東経139度に $600/200=3$ 度加えた値となるので、LATが38度、LONが142度となり、負のオフセット値の-600で、LATが32度、LONが、136度となる。又、DEPは、負のオフセット値の-150($-150/5 = -30$)が、0km($= 30 - 30$)に、INTは、負のオフセット値の-200($-200/10 = -20$)が、0時間($= 20 - 20$)に、MAGは、負のオフセット値の-600($-600/400=-1.5$)が、3.5($= 5 - 1.5$)に、正のオフセット値の+600が6.5($= 5 + 1.5$)に相当する。DEP行、INT行、MAG行の最大表示域を超えた値は正のオフセット値600の最大値で、グラフは打ち切られる。例えば、マグニチュードが、6.5より大きくなると、6.5以上の部分は、表示されない。

【0242】

[図50]の上段のLAT行の左下の数値は、最新の時刻 $m=6905$ の $d(\text{LAT}, m)$ の北緯36.165度を表示している。同時刻の目盛値は、それぞれ、2段目が、 $d(\text{LON}, m)$ の東経137.48度、3段目が、震源の深さ $d(\text{DEP}, m)$ の5km、4段目が、震源時の間隔時間 $d(\text{INT}, m)$ の、7.5時間(小数点第2位以下は切り捨て表示)、最下段が、マグニチュード $d(\text{MAG}, m)$ の3.6となる。これら数値は、関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)で2011年2月28日に発生した最後の地震の震源情報である。各行の左側の水銀柱の様な棒グラフは、その2月28日($m=6905$)に発生した最後の震源情報を、各基準値からのオフセット値として、柱の上下方向の高さに変換表示したものである。

【0243】

[図50]の加速度 $A(c, t)$ のグラフ表示のスケールは、各行の縦軸のオフセット目盛りの-200を、各加速度の値が0、上方向を負、下方向を正とする相対表示である。横軸は、各行に共通の時間軸 t である。最上段からLAT行には、 $A(\text{LAT}, t)$ と $A(\text{LON}, t)$ 、LON行には、 $A(\text{LON}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ 、DEP行には、 $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{LAT}, t)$ 、INT行には、 $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ 、最下段のMAG行には、 $A(\text{MAG}, t)$ と $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ とを重ねて表示している。そのMAG行に上向きの2重線矢印とCQTとラベル表示した加速度間の位相振幅の特殊な関係を、[図1]のブロック9で抽出した。その関係は、[図3]の加速度の振幅と位相関係で定義したCQT予兆である。予兆CQT上のDEP行の $D(\text{DEP}, t)$ には、今にも発生しそうな大地震の断層幅 W の予測値を、両方向の矢印と予測値の $W = 28 \text{ km}$ とで記している。両方向の矢印は、 $t_{\text{max}}-t_{\text{min}}$ の時

間区間に対応し、予測断層幅 W は、 $\Delta D(DEP, t) = D(DEP, t_{max}) - D(DEP, t_{min})$ の絶対値から算出した。この t_{max} と t_{min} の値は、 $t_{max} = 6869$ 、 $t_{min} = 6887$ である。ブロック10で、予測断層幅 $W = 28$ kmを[数56]に代入すると、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードを $M = 7.1$ と予知できる。ブロック11で、その大地震の発生時刻を予知する。その発生時刻は、最新時刻、 $t = 6878$ 、にある $A(INT, t)$ が下向きのピークに到達する時刻となる。 $A(INT, t)$ が到達する時刻は、INT行に示した $D(INT, t)$ の小さな上向きピークが観測される時刻 $t = 6885$ となり、7イベント後となる。また、その発生時刻は、DEP行のCQT予兆にある $A(DEP, t)$ の下向きピークが、その半周期後に、上向きピークに到達する時刻でもある。従って、DEP行の $A(DEP, t)$ が、時刻 $t = 6888$ に観測される $D(DEP, t)$ の下方のピークに到達する10イベント後となる。従って、2011年2月28日($m = 6905$)から、7イベントか10イベント後に $M7.1$ の大地震が発生する。ブロック19で得る後述の[図56]のNCI($m, 40$)から、マグニチュード3.5以上の地震は、時刻 $m = 6905$ 付近で、1.02日に1回発生している。従って、大地震の発生日は、7.14日後か10.2日後の2011年3月7日頃か3月10日頃となる。予知震源は、LAT、LON、DEP行の $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ を線形補完した破線矢印の先の読み取り値で、緯度が($LAT = 35.83$)、経度が($LON = 141.62$)、震源の深さが($DEP = 29$ km)である。従って、2011年2月28日のイベント時刻の $m = 6905$ の時点で、今にも発生しそうなCQT予兆の大地震の予知情報は

(1)発生時刻が、7か10イベント後の2011年3月7日か3月10日頃

(2)マグニチュードが、7.1

(3)震源が、($LAT = 35.83$ 度、 $LON = 141.62$ 度、 $DEP = 29$ km)

であった。

【0244】

先ず、地震の発生状況を把握するために、2011年2月28日の $m = 6905$ から15イベントの震源情報をテーブルにする。

m	YYYY/MM/DD-hh:mm:ss.ss	LAT(度)	LON(度)	DEP(Km)	INT(h)	MAG
6905	2011/02/28 11:32:59.30	36.164	137.479	4.9	7.4924	3.6
6906	2011/03/01 23:12:54.39	37.16	141.466	47.2	35.6653	4.1
6907	2011/03/02 08:25:26.17	33.044	141.552	60	9.2088	4.7
6908	2011/03/03 16:37:26.62	32.925	138.386	318	32.2001	3.5
6909	2011/03/06 16:35:32.38	35.527	141.168	27.9	71.9683	3.5
6910	2011/03/07 05:10:58.39	36.523	140.571	58	12.5906	3.9
6911	2011/03/07 15:13:04.02	35.683	139.277	139.9	10.0349	3.8
6912	2011/03/09 06:31:36.42	33.764	141.168	42	39.309	3.5
6913	2011/03/11 14:54:42.22	36.717	140.576	9.1	56.3849	5.7
6914	2011/03/11 14:57:17.71	36.249	137.582	2.3	0.0432	4.7
6915	2011/03/11 14:58:05.81	37.676	141.911	23	0.0134	6.4
6916	2011/03/11 15:05:06.28	37.521	141.626	17	0.1168	5.9
6917	2011/03/11 15:11:18.95	36.864	140.62	7.9	0.1035	5.6
6918	2011/03/11 15:12:58.41	37.205	141.66	27.1	0.0276	6.7
6919	2011/03/11 15:15:34.46	36.108	141.265	43.2	0.0433	7.4
6920	2011/03/11 15:17:17.48	35.959	141.07	32.6	0.0286	5.7

上記予知の検証を、[図51]に図示する。先ず、発生時刻の予知に関して、2月28日の $m = 6905$ から8イベント後の3月11日に東北巨大地震の余震($M5.7$)が発生し始めた。その $M5.7$ 余震発生から2イベント後に $M6.4$ 地震、5イベント後に $M6.7$ 地震、その直後の6イベント後に $M7.4$ 地震が巨大地震の大きな余震として発生した。従って、2月28日から、7イベントか10イベント後の2011年3月7日頃か3月10日頃に $M7.1$ の大地震が発生すると予知した予知精度は、大地震が3月11日に発生した東北巨大地震の余震であったにも関わらず正確である。最下段のMAGの $d(MAG, m)$ の細線グラフは、MAGの値が6以上になると、その直前の値から太線に変換されて連結される。従って、 $m = 6914$ の値 $d(MAG, 6914) = 4.7$ から $d(MAG, 6915) = 6.4$ まで、更に、 $m = 6917$ の値 $d(MAG, 6917) = 5.6$ から $d(MAG, 6918) = 6.7$ 、 $d(MAG, 6919) = 7$ 。

4まで太い線グラフとなる。太線には、横矢印で、2011/3/11 M6.4と2011/3/11 M7.4とそれら大地震(余震)の発生日とマグニチュードが表示してある。なお、マグニチュードの表示範囲は、その値が3.5から6.5までである。又、各震源要素 c の各行の変位グラフも細線から太線表示となる。各震源要素 c の c 行の加速度 $A(c, t)$ も、 $t = m - w - s$ の関係から、 $d(c, m)$ の太線グラフから27イベント遅れた個所で太線表示となっている。従って、LAT、LON、DEP行の破線矢印は、 $d(c, m)$ の太線の位置付近を、指しているので震源の予知は、略正確である。なお、その予知した震源は、破線矢印の先の個所の読み取り値で、緯度が(LAT=35.83)、経度が(LON=141.62)、震源の深さが(DEP=29 km)であり、M7.4地震の震源は、(LAT=36.108度、LON=141.265度、DEP=43.2km)である。発生日の予知に関して、INT行の下向き破線矢印の起点が $A(INT, t)$ の太線の始まりで、その予知も正確であった事を図示している。

10

【 0 2 4 5 】

3月11日に発生した東北巨大地震の茨城県沖の大きな余震(M7.4)の[図51]に示したCQT予兆は、ブロック9で、[数43]のニュートンの運動の第二法則を用いて、[図9]のCQTD型の位相関係に変換できる。その実施例を、[図52]に図示する。最上段に記した選択地震、領域、期間の $M > 3.5 (32.5 - 38^\circ, 136.5 - 142^\circ) (2010/01/04 - 2011/03/11)$ は、選択した地震のMが3.5以上、選択領域が、(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)、選択期間の時間 m の6600から7000が、2010/01/04から2011/03/11に相当する事を意味する。予知の実施例と同様に、[数44]の移動平均個数は、 $15 = w + 1$ とする。震源要素 $c = \text{DEP, INT, MAG}$ の移動平均した変位 $D(c, t)$ を、それらの過去の最大値が1となる様に規格化し、それぞれNDEP-15(t)、NINT-15(t)、NMAG-15(t)とラベル表示した。これら変位の規格化前の過去の最大値は、
 $NDEP-15(t) = 222.86 \text{ km}$ 、
 $NINT-15(t) = 2.79 \text{ h (時間)}$ 、
 $NMAG-15(t) = 5.55$

20

である。左側の縦軸は、規格化した変位の目盛りで、右側の縦軸は、時系列 $[d(LON, m)]$ と $[d(MAG, m)]$ グラフの目盛である。これら表示グラフに用いたシンボルとグラフの名前は、左上の枠内に、上から、○印が、NDEP-15(t)、△印が、NINT-15(t)、□印が、NMAG-15(t)、点印が、 $d(LON, m)$ 、矢印印が、 $d(MAG, m)$ 、として表示してある。なお、右側の縦軸目盛のラベルMAGは6以上なので、地震のマグニチュードが6以上になると矢印の高さに変換表示される。右側の縦軸目盛の上のラベルLONは、震源パラメータの時系列 $[d(LON, m)]$ を点グラフにした相対目盛で、その経度範囲は、136.5度 ~ 142度に相当する。これら表示グラフに用いたシンボルとグラフの名前は、左上の枠内に、上から、○印が、NDEP-15(t)、△印が、NINT-15(t)、□印が、NMAG-15(t)、点印が、 $d(LON, m)$ 、矢印印が、 $d(MAG, m)$ 、として表示してある。これらグラフの横軸は、時間 t と m で、 $t = m - 7$ の関係がある。時間 m の範囲は、 $m = 6600 - 7000$ で、2010/01/04から2011/03/11の期間に相当する。大余震M7.4のCQTDの個所には、NDEP-15(t)が、 $t = 6870$ で下方向のピークを取る個所に上向きの二重線矢印とCQKDのラベルが、付けられている。そのCQKD予兆のM7.4大地震の発生個所は、時刻 $m = 6919$ なので、下向き破線矢印で示した時刻 $t = 6912$ の個所である。又、その大地震は、2011のラベルを付けた太線矢印の $d(MAG, m = 6919)$ である。時刻 $t = 6625$ と 6670 付近に示した下向き二重線矢印で示した2つのCQTDは、それぞれ2010aと2010bとラベル付けされたM6.8とM6.4の大地震の予兆であった事を検証している。又、これら予兆時に検出された今にも発生しそだった大地震の予測断層幅 W は、その幅 W に相当するNDEP-15(t)の個所に破線の両矢印と W とでラベル表示してある。

30

40

【 0 2 4 6 】

地殻に蓄積される歪エネルギーは、大地震や群発地震が発生すると解放され、そして、新たな蓄積が始まる。蓄積から解放への推移には、大地震や群発地震が発生する直前に、急激に歪エネルギーが解放されるAMR現象が存在する。本発明の実施形態を示す[図1]のブロック18、19、20から出力される歪エネルギー密度の推移から関東・甲信越・中越地方の地殻の状態をモニターし、大地震や群発地震が発生する直前のAMR現象(地殻の臨界状態)を抽出した実施例を図示する。実施した期間は、1997年1月1日から2011年3月14日までであ

50

る。この期間を次の5つの期間に分割した。

1997年1月1日から2000年6月30日を[図53]。

2000年6月30日から2000年8月16日までを[図54]。

2000年8月16日から2004年10月13日までを[図55]。

2003年11月17日から2008年3月15日までを[図56]。

2006年8月14日から2011年3月14日までを[図57]。

これらの図は、前記、中国・四国・近畿地方の歪エネルギー密度の推移から大地震発生直前の地殻の臨界状態の抽出を示した[図32]と同様な図である。

【0247】

関東・甲信越・中越地方の地震の発生率は、中国・四国・近畿地方の発生率より高く、[背景技術]で説明した時系列[数1]のこの地域のスペクトル解析から、[数60]と[数61]の2sを40とした。これら時系列の過去14年間の最大値 $CI(m, 40)_{\max}$ と $CD(m, 40)_{\max}$ は、

$m = 3940$ (2003/09/06)の時、 $CI(m, 40)_{\max} = 40 \times 49.0541$ 時間、

$m = 6460$ (2009/08/20)の時、 $CD(m, 40)_{\max} = 40 \times 126.815$ km

となる。これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]の $NCI(m, 40)$ 、 $NCD(m, 40)$ とを、[図53]-[図57]にグラフ表示した。左側の縦軸目盛は、 $NCI(m, 40)$ と $NCD(m, 40)$ グラフの目盛である。又、右側のMAG(マグニチュード)とラベル付けした縦軸目盛は、時系列[d(MAG, m)]の6以上の目盛である。従って、[d(MAG, m)]のグラフは、その6以上の値が矢印の高さに変換され、オフセット表示される。右側の縦軸目盛にLON(経度)とラベル付けした目盛りは、震源パラメータの時系列[d(LON, m)]目盛で、その点グラフの範囲は、経度範囲の136.5度~142度に相当する。横軸は、各グラフに共通な時間mで、地震の発生順番を示すインデックスである。大地震の余震や群発地震は、震源が略同じなので、それら余震や群発地震の震源の経度は殆んど変化しない。従って、[d(LON, m)]の点グラフの変動は無くなる。マグニチュードが6以上の主な大地震には、その発生年代が、[図55]-[図57]の時系列[d(MAG, m)]にラベル表記されている。しかし、群発地震は、マグニチュードが6以下の地震からなる事が多い。従って、それら群発地震を、発生年代毎に、群発地震(Swarm)のSを年代に付け、[図53]-[図54]の時系列[d(LON, m)]の点グラフで変動の無い個所に矢印で示した。なお、2000年6月27日から始まり2カ月余りに及んだ神津島沖のマグニチュードが6を超える大きな群発地震にも、[図53]-[図54]にS2000とラベル付けしている。群発地震発生中の歪エネルギー密度の変化は、発生前の変化と比較すると少ないので、[図54]の $NCI(m, 40)$ は、10倍に拡大、 $NCD(m, 40)$ は、5倍に拡大してある。この様に、拡大した歪エネルギー密度から、群発地震発生期間中でも大地震が発生する直前の地殻の臨界状態(AMR現象)を抽出している実施例が、[図54]である。同様に、大地震や巨大地震の余震発生中の地殻の歪エネルギー密度の変化を拡大すると、大きな余震が発生する直前のAMR現象を抽出できるので、大きな余震発生時刻の予知に利用できる。この様に、[図53]-[図57]にグラフ表示した $NCD(m, 40)$ と $NCI(m, 40)$ は、選択した関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)に今にも発生しそうな群発地震、大地震、巨大地震発生直前の地殻の臨界状態を、地殻に蓄積、解放される歪エネルギーの推移から抽出した実施例である。各グラフの最上段に記した選択地震、領域、期間は、[図32]と同様に、選択した地震のマグニチュードMと領域(緯度、経度)の範囲、横軸のイベント時間mの範囲を実時間に変換した期間である。

【0248】

次に、新潟・中越地方(36度 - 40度、136度 - 140度)の、東北巨大地震発生前の2011年2月28日に予知していた大地震の実施例を取り上げる。この地震は、2011年3月12日に発生した長野県北部のCQTタイプでM6.7地震であった。この長野県北部のM6.7地震に関連して、2004年10月23日に発生したM6.8の中越地震の予知が可能であった実施例も述べる。そのために、新潟・中越地方の震源分布を[図58]-[図59]に表示する。

【0249】

[図58]は、1997年1月6日から2012年7月10日までに発生したマグニチュード3.3以上の地震を、気象庁の震源カタログと一元化震源カタログから集めた震源分布である。図の横軸は

、経度、縦軸は緯度を表している。黒色の丸印の震央は、マグニチュード(M)が3.3以上、5未満、赤色で塗り潰した三角印の震央は、Mが5以上、6未満、黄色で塗りつぶした丸印の震央は、Mが6以上、7未満の主要な地震には、発生した年代ラベルを付記した。同じ年代の地震には、アルファベットのa、bを付記し、地震が群発地震の場合には、発生年代の前に群発(Swarm)のSを付け、最初の震源をリストしている。それら年代を付記した地震の震源情報は、

年代	m	年/月/日	緯度	経度	深さ(km)	M
S1998	119	1998/08/07	36.237	137.661	4.55	4.2
2004	452	2004/10/23	37.289	138.87	13.1	6.8
2007a	895	2007/03/25	37.221	136.686	10.7	6.9
2007 b	1085	2007/07/16	37.557	138.609	16.8	6.8
2011	1396	2011/03/12	36.986	138.598	8.4	6.7

である。

【0250】

[図59]は、[図58]の震源分布の経度方向の断面図で、震源の深さ方向の分布を、logスケールを用いkmで表示してある。プレート境界に発生する震源分布の経度方向の断面図は、太平洋プレートの西端が大陸プレート下に沈下している形態を表している。

【0251】

この新潟・中越地方の予知の実施例を述べる。対象とした地震は、1997年1月1日から、2011年2月28日までの期間に発生した震源分布[図58]のマグニチュードMが3.3以上の地震である。実施形態に係わる[図1]のブロック1-5から出力した震源要素の時系列[c]の変位d(c,m)、[数44]の変位D(c,t)、[数46]の加速度A(c,t)を、震源要素c(c=LAT、LON、DEP、INT、MAG)の行、即ち、LAT行、LON行、DEP行、INT行、MAG行に分けて、[図60]に図示した。横軸に地震発生の順番(イベント数)mとtを、各行に共通な時間軸として、図示した。図示した期間は、m=1240から1400である。この期間の実時間は、2010年8月24日(m=1240)から2011年2月28日(m=1380)である。変位D(c,t)は、ブロック2におけるd(c,m)の平滑化処理例として、d(c,m)を、21イベントずつ移動平均したものである。移動平均個数は、 $21=2w+1$ なので、処理遅れ時間 Δ は、 $\Delta=w=10$ イベントとなる。尚、移動平均個数を偶数の20(wを10)としても、21の予知結果と、変わらない。加速度を得る[数46]の時間間隔nとkは、等しく、 $s=n=k=30$ イベントとした。時刻tはmから常に遅れ、その遅れ時間は、tとmの関係が、変位D(c,t)の場合、 $t=m-w$ なので、10イベントとなり、加速度A(c,t)の場合、 $t=m-w-s$ なので、40イベントとなる。

【0252】

[図60]の変位d(c,m)と平滑処理した変位D(c,t)とのグラフ表示は、各行の縦軸の中央を基準値としたオフセット値を拡大表示した。基準値は、緯度のLATが、38度(deg)、経度のLONが、138度(deg)、震源の深さのDEPが、30km、震源時の間隔時間のINTが、20時間(h)、マグニチュードのMAGが、5.0である。オフセット値の倍率は、グラフの基準値をゼロとし、上からLATとLONとが200倍、DEPが5倍、INTが2倍、MAGが400倍である。従って、それら倍率目盛りを200、200、5、2、400で除す操作表示を、LAT行に1/200deg、LON行に1/200deg、DEP行に1/5 km、INT行に1/2h、MAG行に1/400と記した。オフセットの方向は、震源の深さ方向の下向きを正としたので、全ての行の下向きを正とする。正のオフセット値600でのLATとLONの値は、各基準値の北緯38度と東経138度に $600/200=3$ 度加えた値となるので、LATが41度、LONが141度となり、負のオフセット値の-600で、LATが35度、LONが、135度となる。又、DEPは、負のオフセット値の-150($-150/5=-30$)が、0km($=30-30$)に、INTは、負のオフセット値の-40($-40/2=-20$)が、0時間($=20-20$)に、MAGは、負のオフセット値の-600($-600/400=-1.5$)が、3.5($=5-1.5$)に、正のオフセット値の+600が6.5($=5+1.5$)に相当する。DEP行、INT行、MAG行のグラフは、最小表示(3.5)以下、もしくは、最大表示域を超えると表示されない。

【0253】

[図60]の上段のLAT行の左下の数値は、最新の時刻m=1380のd(LAT,m)の北緯36.17度を表

示している。同時刻の目盛値は、それぞれ、2段目が、 $d(\text{LON}, m)$ の東経137.48度、3段目が、震源の深さ $d(\text{DEP}, m)$ の5km、4段目が、震源時の間隔時間 $d(\text{INT}, m)$ の、7.5時間(小数点第2位以下は切り捨て表示)、最下段が、マグニチュード $d(\text{MAG}, m)$ の3.6となる。これら数値は、新潟・中越地方(36度 - 40度、136度 - 140度)で2011年2月28日に発生した最後の地震の震源情報である。各行の左側の水銀柱の様な棒グラフは、その2月28日($m=1380$)に発生した最後の震源情報を、各基準値からのオフセット値として、柱の上下方向の高さに変換表示したものである。

【 0 2 5 4 】

[図60]の加速度 $A(c, t)$ のグラフ表示のスケールは、各行の縦軸のオフセット目盛りの-200を、各加速度の値が0、上方向を負、下方向を正とする相対表示である。横軸は、各行に共通の時間軸 t である。最上段からLAT行には、 $A(\text{LAT}, t)$ と $A(\text{LON}, t)$ 、LON行には、 $A(\text{LON}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ 、DEP行には、 $A(\text{DEP}, t)$ と $A(\text{LAT}, t)$ 、INT行には、 $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ 、最下段のMAG行には、 $A(\text{MAG}, t)$ と $A(\text{INT}, t)$ と $A(\text{DEP}, t)$ とを重ねて表示している。そのMAG行に、下向きの2重線矢印でCQTと表示した加速度間の位相振幅関係は、ブロック9で抽出した[図3]の加速度の振幅と位相関係で定義した特殊な関係のCQT予兆である。DEP行の予兆CQT上にある $D(\text{DEP}, t)$ には、今にも発生しそうな大地震の断層幅 W の予測値を、両方向の矢印と予測値の $W = 17 \text{ km}$ とで記している。予測断層幅 W は、 $\Delta D(\text{DEP}, t) = D(\text{DEP}, t_{\text{max}}) - D(\text{DEP}, t_{\text{min}})$ の絶対値から算出した。この t_{max} と t_{min} の値は、 $t_{\text{max}} = 1330$ 、 $t_{\text{min}} = 1334$ である。両方向の矢印は、 $t_{\text{max}} - t_{\text{min}}$ の時間区間に対応している。ブロック10で、予測断層幅 $W = 17 \text{ km}$ を[数56]に代入すると、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードは $M=6.7$ となる。ブロック11から、その大地震の発生時刻は、最新時刻 $t=1340$ にある $A(\text{INT}, t)$ の振幅値が下向きのピークに到達する時刻となる。 $A(\text{INT}, t)$ が到達するその時刻は、INT行に示した $D(\text{INT}, t)$ の上向きピークが観測される時刻 $t=1354$ となり14イベント後となる。従って、2011年2月28日($m=1380$)から、14イベント後に $M6.7$ の大地震が発生する。後述の[図65]の $\text{NCI}(m, 60)$ から、マグニチュード3.3以上の地震は、時刻 $m=1380$ 付近で、5.52日に1回発生している。従って、大地震の発生日は、77.3日後となる。予知震源は、LAT、LON、DEP行の $D(\text{LAT}, t)$ 、 $D(\text{LON}, t)$ 、 $D(\text{DEP}, t)$ を線形補完した破線矢印の先の読み取り値で、緯度が($\text{LAT}=36.14$)、経度が($\text{LON}=138.33$)、震源の深さが($\text{DEP}=27\text{km}$)と各震源要素の行に表記されている。従って、2011年2月28日のイベント時刻の $m=1380$ の時点で、今にも発生しそうなCQT予兆の大地震の予知情報は

- (1)発生時刻が、14イベント後の77日後の5月16日頃
- (2)マグニチュードが、6.7
- (3)震源が($\text{LAT}=36.14$ 度、 $\text{LON}=138.33$ 度、 $\text{DEP}=27\text{km}$)であった。

【 0 2 5 5 】

先ず、地震の発生状況を把握するために、2011年2月28日の $m=1380$ から17イベントの震源情報をテーブルにする。

m	YYYY/MM/DD-hh:mm:ss.ss	LAT(度)	LON(度)	DEP(Km)	INT(h)	MAG
1380	2011/02/28 11:32:59.30	36.164	137.479	4.9	7.4924	3.6
1381	2011/03/01 16:50:19.93	36.157	137.445	4.6	29.2891	3.4
1382	2011/03/11 14:57:17.71	36.249	137.582	2.3	238.116	4.7
1383	2011/03/11 15:06:34.00	36.258	137.582	2.3	0.1545	3.3
1384	2011/03/11 16:33:40.95	37.948	138.096	14.9	1.4519	4.3
1385	2011/03/11 16:34:34.85	38.013	139.427	16.1	0.015	4.1
1386	2011/03/11 17:58:07.70	36.813	139.469	3.1	1.3925	4.8
1387	2011/03/11 19:09:39.05	36.122	136.512	8.6	1.192	4
1388	2011/03/11 19:17:29.63	36.124	136.502	8.9	0.1307	3.4
1389	2011/03/11 19:38:06.20	36.259	137.564	2	0.3435	3.6
1390	2011/03/11 19:40:53.78	36.817	139.461	4.7	0.0465	3.4
1391	2011/03/11 20:10:54.85	36.864	139.327	5.6	0.5003	3.6

1392	2011/03/11 22:09:28.59	36.249	137.56	2.6	1.976	3.4
1393	2011/03/12 00:11:42.85	36.248	137.556	2.3	2.0373	3.8
1394	2011/03/12 00:24:40.01	36.804	139.312	6.4	0.2159	4.5
1395	2011/03/12 00:47:47.56	36.766	139.475	4.9	0.3854	3.3
1396	2011/03/12 03:59:15.62	36.986	138.598	8.4	3.1911	6.7
1397	2011/03/12 04:01:14.19	36.917	138.598	10.5	0.0329	3.6

上記予知の検証を、[図61]に図示する。まず、発生時刻の予知に関して、2月28日の $m=1380$ から2イベント後の3月11日から東北巨大地震の余震が発生し始めた。その余震発生から14イベント後に、2月28日から16イベント後に、 $M6.7$ の長野県北部の地震が発生した。従って、2月28日から、14イベント後 $M6.7$ の大地震が発生すると予知した予知精度は、イベント数では、2イベント早く予知しただけで、その予知精度は良い。しかし、イベントの時刻から実時間への変換に東北巨大地震の余震の影響が考慮されていないので、実時間の予知精度は悪い。この悪い精度は、3月11日に発生していた東北巨大地震の余震をモニターしていれば、 $M6.7$ 地震の発生日の予知を、3月12日とする事が可能であった。最下段のMAGの $d(MAG, m)$ の細線グラフは、MAGの値が6以上になると、その直前の値から太線に変換されて連結される。従って、 $m=1395$ の値 $d(MAG, 1395) = 3.3$ から $d(MAG, 1396) = 6.7$ まで太い線グラフとなるが、表示範囲は、その値が3.5から6.5までである。太線には、横矢印で、2011/3/12 $M6.7$ と大地震(余震)の発生日とマグニチュードが表示してある。従って、マグニチュードの予知は、正確であった。又、他の震源要素 c の各行の変位 $d(c, m)$ グラフも細線から太線表示となる。各震源要素 c の c 行の加速度 $A(c, t)$ も、 $t = m - w - s$ の関係から、 $d(c, m)$ の太線グラフから40イベント遅れた個所で太線表示となっている。従って、LAT、LON、DEP行の破線矢印の先は、 $d(c, m)$ の太線の位置付近を、指しているので震源の予知も、略正確である。なお、その予知した震源は、緯度が($LAT=36.14$)、経度が($LON=138.33$)、震源の深さが($DEP=27$ km)であり、長野県北部に発生した $M6.7$ 地震の震源は、($LAT=36.986$ 度、 $LON=138.598$ 度、 $DEP=8.4$ km)である。発生日の予知に関して、INT行の下向き破線矢印が $A(INT, t)$ の太線の始まりで、その予知も、2イベント早かったが、略正確であった事を図が検証している。

【0256】

2011年3月12日に発生した長野県北部の $M6.7$ 地震のCQT予兆を、ブロック9で、[数43]のニュートンの運動の第二法則を利用し、[図9]のCQTD型の位相関係に変換し、[図62]に図示する。[数44]の移動平均個数は、 $21=w+1$ とする。移動平均した震源要素 $c=DEP$ 、 INT 、 MAG の変位 $D(c, t)$ を、それらの過去の最大値が1となる様に規格化し、それぞれ $NDEP-21(t)$ 、 $NINT-21(t)$ 、 $NMAG-21(t)$ とラベル表示した。これら変位の規格化前の過去の最大値は、 $NDEP-21(t) = 243.75$ km、 $NINT-21(t) = 137.47$ h (時間)、 $NMAG-21(t) = 4.53$

である。ただし、 $NMAG-21(t)$ は、3からオフセット値を規格化しているので、最大値は1.53が1となる規格化である。左側の縦軸は、規格化した変位の目盛りで、右側の縦軸は、時系列 $[d(LON, m)]$ と $[d(MAG, m)]$ グラフの目盛である。又、右側の縦軸目盛のラベルMAGは5以上なので、地震のマグニチュードが5以上になると矢印の高さに変換表示される。右側の縦軸目盛の上のラベルLONは、震源パラメータの時系列 $[d(LON, m)]$ を点グラフにした相対目盛で、経度範囲の136度~140度に相当する。これら表示グラフに用いたシンボルとグラフの名前は、左上の枠内に、上から、○印が、 $NDEP-21(t)$ 、△印が、 $NINT-21(t)$ 、□印が、 $NMAG-21(t)$ 、点が、 $d(LON, m)$ 、矢印が、 $d(MAG, m)$ 、として表示してある。これらグラフの横軸は、時間 t と m で、 $t=m-10$ の関係がある。時間 m の範囲は、 $m=1200-1500$ で、2008/03/17から2011/04/29の期間に相当する。大余震 $M6.7$ のCQTD予兆の個所には、 $NDEP-21(t)$ が、 $t=1325$ 付近で下方向のピークを取る個所に上向きの二重線矢印とCQKDのラベルが、付けられている。そのCQKD予兆の $M6.7$ 大地震の発生個所は、時刻 $m = 1396$ なので、下向き破線矢印で示した時刻 $t=1386$ の個所である。又、その大地震は、2011のラベルを付けた太線矢印の $d(MAG, m=1396)$ である。予兆時に検出された今にも発生しそうだった大地震の予測断

層幅 W は、その幅 W に相当するNDEP-21(t)の個所に破線の両矢印と W とでラベル表示してある。

【0257】

上記、新潟・中越地域内で発生した長野県北部のM6.7地震の予知とその検証に追加して、同地域内で2004年10月23日に発生したM6.8の中越地震の予知が可能であった事を、[図63]に示す。その期間は、1998年9月15日($m=160$)から、2004年10月23日($m=480$)までである。MAG行の時刻 $t=380$ 付近に下向き2重線矢印でCQTと表示した箇所は、大地震が発生する直前に観察される震源要素 $c=$ DEP、INT、MAGの加速度 $A(c, t)$ 間の特別な位相振幅関係である。大地震発生の予知時刻は、 $A(\text{INT}, t)$ が、その負のピーク(下方向のピーク)に到達する時刻 t となる。この予知時刻 t は、 $A(\text{INT}, t)$ より30イベント進んでいるINT行の $D(\text{INT}, t)$ が、 $t=412$ 付近で上方向に上昇し $D(\text{INT}, t)$ の値が短くなった時刻で $t=412$ である。その時刻に、INT行からMAG行にかけて下向きの破線矢印を記した。その時刻 $t=412$ は、 $d(\text{INT}, m)$ の時刻 m より40イベント遅れているので、大地震発生の予知時刻は、 $m=452$ である。この予知した時刻 $m=452$ にM6.8の中越地震が発生した。そのイベント時間に対応する実時間は、2004年10月23日である。従って、その予知精度は正確である。この中越地震の震源要素MAGの $d(\text{MAG}, 452)$ は、MAG行の $d(\text{MAG}, m)$ の細線グラフが、 $m=451$ の値 $d(\text{MAG}, 451) = 5$ から $d(\text{MAG}, 452) = 6.8$ まで太線グラフ表示となっている箇所である。その最初の太線の横に、発生日とマグニチュードを2004/10/23 M6.8とラベル表示してある。ただし、 $d(\text{MAG}, m)$ の表示範囲は、マグニチュードが3.5から6.5までである。他の震源要素の各行の変位 $d(c, m)$ グラフも細線から太線表示となっている。この大地震の震源を予知するLAT、LON、DEP行の破線矢印は、 $d(c, m)$ の太線の位置付近を、指しているので震源の予知も、正確である。なお、各破線矢印先の読み取り値は、LAT行が($\text{LAT}=37.29$)、LON行が、($\text{LON}=138.93$)、DEP行が($\text{DEP}=13.5\text{km}$)となった。一方、発生した中越地震の震源は、($\text{LAT}=37.289$ 度、 $\text{LON}=138.87$ 度、 $\text{DEP}=13.1\text{km}$)であったので、震源の予知精度は、非常に良い。マグニチュードの予知に関して、予測断層幅 W が、 $W=24\text{km}$ なので、その W を、[数56]に代入すると、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードは $M=6.8$ と予知できたので、マグニチュードの予知精度も、非常に良い。[非特許文献19]によると、断層形状の推定値は、長さが、 $L=24\text{km}$ 、幅が $W=17\text{km}$ であったので、この地震の断層幅 W の予測精度も良い。

【0258】

2004年10月23日に発生したM6.8の中越地震のCQT予兆は、[数43]のニュートンの運動の第二法則を用いて、[図9]のCQTD型の位相関係に変換する。その変換を、[図64]に図示する。予知の検証例と同様に、[数44]の移動平均個数は、 $21=w+1$ とする。移動平均した震源要素 $c=$ DEP、INT、MAGの変位 $D(c, t)$ を、それらの過去の最大値が1となる様に、[図62]のグラフ表示と同様な規格化をし、それぞれNDEP-21(t)、NINT-21(t)、NMAG-21(t)とラベル表示した。左側の縦軸は、規格化した変位の目盛りで、右側の縦軸は、時系列 $[d(\text{LON}, m)]$ と $[d(\text{MAG}, m)]$ グラフの目盛である。又、右側の縦軸目盛のラベルMAGは5以上なので、地震のマグニチュードが5以上になると矢印の高さに変換表示される。右側の縦軸目盛の上のラベルLONは、震源パラメータの時系列 $[d(\text{LON}, m)]$ を点グラフにした相対目盛で、経度範囲の136度~140度に相当する。これら表示グラフに用いたシンボルとグラフの名前は、左上の枠内に、上から、○印が、NDEP-21(t)、△印が、NINT-21(t)、□印が、NMAG-21(t)、点印が、 $d(\text{LON}, m)$ 、矢印印が、 $d(\text{MAG}, m)$ 、として表示してある。これらグラフの横軸は、時間 t と m で、 $t=m-10$ の関係がある。時間 m の範囲は、 $m=200-500$ で、1999/03/06から2004/10/23の期間に相当する。大地震M6.8のCQTD予兆の個所は、NDEP-21(t)が、 $t=384$ 付近で下方向のピークを取る個所で、上向きの二重線矢印とCQKDのラベルが、付けられている。そのCQKD予兆のM6.8大地震の発生個所は、時刻 $m=452$ なので、下向き破線矢印で示した時刻 $t=442$ の個所である。又、その大地震は、2004のラベルを付けた太線矢印の $d(\text{MAG}, m=452)$ である。予兆時に検出された今にも発生しそうな大地震の予測断層幅 W は、その幅 W に相当するNDEP-21(t)の個所に破線の両矢印と W とでラベル表示してある。

【0259】

地殻に蓄積される歪エネルギーは、大地震や群発地震が発生すると解放され、そして、新

たな蓄積が始まる。蓄積から解放への推移には、大地震や群発地震が発生する直前に、急激に歪エネルギーが解放されるAMR現象が存在する。本発明の実施形態を示す[図1]のブロック18、19、20から出力される歪エネルギー密度の推移から新潟・中越地方(北緯36度-40度、東経136度-140度)の地殻の状態をモニターし、大地震や群発地震が発生する直前のAMR現象(地殻の臨界状態)を抽出した実施例を[図65]に図示する。実施した期間は、1997年1月6日から2012年3月8日までである。

【0260】

新潟・中越地方のM3.3以上の地震の発生率は、関東・甲信越・中越地方の地震の発生率より低く、中国・四国・近畿地方の発生率と略同じなので、[数60]と[数61]の2sを60とする。これら時系列の過去15年間の最大値は、

$m = 319$ (2001/12/08)の時、 $CI(m,60)_{\max} = 60 \times 221.016$ 時間

$m = 1269$ (2009/03/30)の時、 $CD(m,60)_{\max} = 60 \times 90.379$ km

となる。これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]の $NCI(m,60)$ 、 $NCD(m,60)$ とを、[図65]にグラフ表示した。左側の縦軸目盛は、 $NCI(m,60)$ と $NCD(m,60)$ グラフの目盛である。又、右側の縦軸のMAGとラベル付けした5以上の目盛は、時系列 $[d(MAG, m)]$ を矢印の高さに変換したグラフ目盛である。従って、矢印の高さがマグニチュードのオフセット値となり、MAGが5以上の大地震になると表示される。更に、その上にある右側の縦軸目盛にLONとラベル付けされている目盛りの範囲は、震源パラメータの時系列 $[d(LON, m)]$ を点グラフにした経度範囲の136度~140度に相当する。横軸は、各グラフに共通な時間 m で、地震の発生順番を示すインデックスである。大地震の余震や群発地震は、震源が略同じなので、それら余震や群発地震の震源の経度は殆んど変化しない。従って、 $[d(LON, m)]$ の点グラフの変動が無くなる群発地震と、マグニチュードが6以上の主な大地震には、その発生年代が、[図65]の時系列 $[d(LON, m)]$ か $[d(MAG, m)]$ にラベル表記されている。[図65]の時系列 $[d(LON, m)]$ の点グラフの変化の無い個所に矢印で示したSと発生年代ラベルは、その時発生した群発地震を表す。[図65]にグラフ表示した $NCD(m,60)$ と $NCI(m,60)$ は、選択した新潟・中越地方(32度-36度、136度-140度)に、今にも発生しそうな群発地震、大地震発生直前の地殻の臨界状態(AMR現象)を地殻に蓄積、解放される歪エネルギー密度の推移から抽出した実施例である。ただし、大地震2007bは、2007aと連動しているので、2007bのAMR現象の抽出は、できていない。

【0261】

2011年3月11日の東北巨大地震の予知の実施例について述べる。先ず、東北地方(38度-42度、138度-143度)の震源分布を[図66]-[図67]に表示する。

【0262】

[図66]は、1997年1月1日から2012年3月26日までに発生したマグニチュード3.0以上の地震を、気象庁の震源カタログと一元化震源カタログから集めた震源分布である。図の横軸は、経度、縦軸は緯度を表している。水色の点で示された地震の震央は、マグニチュード(M)が3.0以上、3.5未満、黒色の丸印の震央は、Mが3.5以上、5未満、赤色の三角印の震央は、Mが5以上、6未満、黄色の丸印の震央は、Mが6以上、7未満、薄茶色の菱形印の震央は、Mが7以上、9未満の地震、薄黄色の四角印の震央は、Mが9以上の地震である。主要な地震には、発生した年代を付記した。同じ年代に発生した地震には、アルファベットのa、bで区別している。それら年代を付記した地震の震源情報は、

年代	m	年/月/日	緯度	経度	深さ(km)	M
1998	224	1998/09/03	39.803	140.905	7.86	6.2
2001a	584	2001/08/14	40.993	142.44	37.69	6.4
2001b	613	2001/12/02	39.396	141.267	121.5	6.4
2003a	791	2003/05/26	38.818	141.654	72	7.1
2003b	926	2003/07/26	38.402	141.174	11.9	6.4
2005a	1281	2005/08/16	38.151	142.28	41.6	7.2
2005b	1347	2005/12/02	38.073	142.353	40.3	6.6
2008	1669	2008/06/14	39.03	140.881	7.8	7.2

2010	2110	2010/07/05	39.657	142.653	34.5	6.4
2011a	2197	2011/03/10	38.271	142.879	28.9	6.4
2011b	2201	2011/03/11	38.103	142.861	23.7	9
2011c	2714	2011/04/07	38.204	141.92	65.9	7.5

である。

【 0 2 6 3 】

[図67]は、[図66]の震源分布の経度方向の断面図で、震源の深さ方向の分布を、logスケールを用いkmで表示してある。プレート境界に発生する震源分布の経度方向の断面図は、太平洋プレートの西端が大陸プレート下に沈下している形態を表している。

【 0 2 6 4 】

この東北地方の予知の実施例を述べる。対象とした地震は、1997年1月1日から、2011年2月28日までの期間に発生した震源分布[図44]のマグニチュードMが3.5以上の地震である。ただし、最初の地震は1997年1月2日に発生し、最後の地震は、2月24日に発生している。実施形態に係わる[図1]のブロック1-5から出力した震源要素の時系列[c]の変位 $d(c, m)$ 、[数44]の変位 $D(c, t)$ 、[数46]の加速度 $A(c, t)$ を、震源要素c(c=LAT、LON、DEP、INT、MAG)の行、即ち、LAT行、LON行、DEP行、INT行、MAG行に分けて、[図68]に図示した。横軸に地震発生の順番(イベント数)mとtを、各行に共通な時間軸として、図示した。期間は、m=1980~2200である。この期間内の実時間は、2009年8月2日(m=1980)から2011年2月24日(m=2191)である。変位 $D(c, t)$ は、ブロック2における $d(c, m)$ の平滑化処理例として、 $d(c, m)$ を、[数44]で21イベントずつ移動平均したものである。移動平均個数は、 $21=2w+1$ なので、処理遅れ時間 Δ は、 $\Delta=w=10$ イベントとなる。又、[数46]の加速度を得るための時間間隔nとkとを等しい間隔、 $s=30$ イベント、とした。時刻tはmから常に遅れ、その遅れ時間は、tとmの関係が、変位 $D(c, t)$ の場合、 $t=m-w$ なので、10イベントとなり、加速度 $A(c, t)$ の場合、 $t=m-w-s$ なので、40イベントとなる。

【 0 2 6 5 】

[図68]の変位 $d(c, m)$ と平滑処理した変位 $D(c, t)$ のグラフ表示は、各行の縦軸の中央を基準値としたオフセット値を拡大表示した。基準値は、緯度のLATが、40度(deg)、経度のLONが、140.5度(deg)、震源の深さのDEPが、30km、震源時の間隔時間のINTが、20時間(h)、マグニチュードのMAGが、5.0である。オフセット値の倍率は、グラフの基準値をゼロとし、上からLATとLONとが200倍、DEPが10倍、INTが5倍、MAGが400倍である。従って、それら倍率目盛りを200、200、10、5、400で除す操作表示を、LAT行に1/200deg、LON行に1/200deg、DEP行に1/10km、INT行に1/5h、MAG行に1/400と記した。オフセットの方向は、震源の深さ方向の下向きを正としたので、全ての行の下向きを正とする。正のオフセット値400でのLATとLONの値は、各基準値の北緯40度と東経140.5度に $400/200=2$ 度加えた値となるので、LATが42度、LONが142.5度となり、負のオフセット値の-400で、LATが38度、LONが、138.5度となる。又、DEPは、負のオフセット値の-300($-300/10=-30$)が、0km($=30-30$)に、INTは、負のオフセット値の-100($-100/5=-20$)が、0時間($=20-20$)に、MAGは、負のオフセット値の-600($-600/400=-1.5$)が、3.5($=5-1.5$)に、正のオフセット値の+600が6.5($=5+1.5$)に相当する。DEP行、INT行、MAG行の最大表示域を超えた値は正のオフセット値600の最大値で、グラフは打ち切られる。例えば、マグニチュードが、6.5より大きくなると、6.5以上の部分のグラフは表示されない。

【 0 2 6 6 】

[図68]の上段のLAT行の左下の数値は、最後に地震が発生した時刻m=2191の $d(LAT, m)$ が北緯40.895度を表示している。同時刻の目盛値は、それぞれ、2段目が、 $d(LON, m)$ の東経139.12度、3段目が、震源の深さ $d(DEP, m)$ の28.6km、4段目が、震源時の間隔時間 $d(INT, m)$ の、102.6時間(小数点第2位以下は切り捨て表示)、最下段が、マグニチュード $d(MAG, m)$ の4.1となる。これら数値は、東北地方(38度-42度、138度-143度)で2011年2月24日に発生した最後の地震の震源要素である。各行の左側の水銀柱の様な棒グラフは、その2月24日(m=2191)に発生した最後の震源情報を、各基準値からのオフセット値として、柱の上下方向の高さに変換表示したものである。

【 0 2 6 7 】

[図68]の加速度 $A(c, t)$ のグラフ表示のスケールは、各行の縦軸のオフセット目盛りの-200を、各加速度の値が0、上方向を負、下方向を正とする相対表示である。横軸は、各行に共通の時間軸 t である。最上段からLAT行には、 $A(LAT, t)$ と $A(LON, t)$ 、LON行には、 $A(LON, t)$ と $A(DEP, t)$ 、DEP行には、 $A(DEP, t)$ と $A(LAT, t)$ 、INT行には、 $A(INT, t)$ と $A(DEP, t)$ 、最下段のMAG行には、 $A(MAG, t)$ と $A(INT, t)$ と $A(DEP, t)$ とを重ねて表示している。そのINTとMAG行の2箇所には2重線の上と下向き矢印とCQKとラベル表示した加速度間の位相振幅の2つの特殊な関係は、いずれも、[図3]の加速度の振幅と位相関係で定義したCQK予兆である。

【 0 2 6 8 】

[図68]に表示した1番目のCQT予兆の地震は、既に、2010年7月5日に発生したM6.4地震である。その予測断層幅を $W = 15 \text{ km}$ と両方向の矢印で時刻 $t=2040$ 付近DEP行の $D(DEP, t)$ に記した。この予測断層幅 W を、[数56]に代入すると、マグニチュードは6.6となり、マグニチュードの予知精度は良い。この大地震の発生時刻の予知に関し、 $A(INT, t)$ の周期振動のピークを利用する場合、INT行の $D(INT, t)$ が下方のピーク値を取った時刻 $t=2080$ に $A(INT, t)$ が到着する時刻を大地震発生時刻と予知できる。その個所を、短い下向きの破線矢印で示した。この予知時刻は、 $A(DEP, t)$ の周期振動のピークを利用する場合、DEP行の $D(DEP, t)$ が上方のピーク値を取った時刻 $t=2080$ と同一である。しかし、実際に発生した時刻は、 $t=2070(t=2110-w-s)$ なので、10イベントも早い。ただし、実際に予知を実施する場合、 $D(INT, t)$ が下方のピーク値は、最初の個所(小さな変動の一つ前の、 $t=2070$)とする。その後の $t=2080$ のピーク値は、未だ出現しない。この場合、最初に予知した時刻は、正確である。予知した震源は、(LAT=39.4度、LON=142.5度、DEP=42km)となり、実際の震源(LAT=39.657度、LON=142.653度、DEP=34.5km)と比較すると、震源の予知精度は良い。

【 0 2 6 9 】

[図68]に表示した2番目のCQK予兆の大地震の予知を行う。このCQK予兆の $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ の振幅の反転は、兵庫県南部地震のCQKの逆位相の反転とは異なり、[図42]に示したCQK予兆の振幅反転に似ている。その $A(DEP, t)$ と $A(INT, t)$ と $A(MAG, t)$ のCQKの振幅位相関係を、MAG行の時刻 $t=2110$ 付近に下向きの2重線矢印とCQKでラベル表示した。この様なCQK予兆の大地震の発生時刻は、CQK予兆を形成するDEP行の $A(DEP, t)$ のピーク、もしくはINT行の $A(INT, t)$ のピークが、半周期後に反転するピークの時刻でなく、1周期後に到達すると予測される時刻である。 $A(INT, t)$ の周期振動を利用する場合、 $A(INT, t)$ が1周期後にピークを取る予測時刻は、30イベントだけ進んだINT行の $D(INT, t)$ が、上方にピークを取った破線矢印が指す $t=2157$ となる。 $A(DEP, t)$ の周期振動を利用する場合、 $A(DEP, t)$ が1周期後にピークを取る予測時刻は、差分を取った間隔時間 $s=30$ だけ進んだDEP行の $D(DEP, t)$ が、下方に(深い方向に)ピークを取った $t=2154$ となる。その個所は、DEP行からINT行にかけて下向きの破線矢印の起点個所から3イベント手前の箇所に当たる。従って、CQK予兆の大地震は、 $A(c, t)$ の現時刻 $t=2151$ から3イベント後の $t=2154$ か、6イベント後の $t=2157$ となる。現時刻と予知時刻(下向きの破線矢印)の時間間隔の6イベントを表記した。また、今にも発生しそうなこの大地震の断層幅 W の予測値は、 $W = 17 \text{ km}$ となり、DEP行の $t=2110$ 付近に、両方向の矢印と数値を記している。両方向の矢印は、[図1]のブロック9で説明した $t_{\max} - t_{\min}$ の時間区間に対応し、予測断層幅 W は、 $\Delta D(DEP, t) = D(DEP, t_{\max}) - D(DEP, t_{\min})$ の絶対値から算出した。この $t_{\max}$ と $t_{\min}$ の値は、 $t_{\max} = 2099$ 、 $t_{\min} = 2123$ である。予測断層幅 $W = 17 \text{ km}$ を[数56]に代入すると、今にも発生しそうな大地震のマグニチュードは $M=6.7$ となる。従って、2011年2月24日($m=2191$)から、3イベントか6イベント後にM6.7の大地震が発生する。マグニチュード3.5以上の地震は、時刻 $m=2191$ 付近で、後述の[図71]のNCI($m, 60$)から、3.58日に1回発生している。従って、大地震の発生日は、10.74日後の2011年3月9日か10日頃か、21.48日後の3月17日頃となる。予知した震源は、LAT、LON、DEP行の $D(LAT, t)$ 、 $D(LON, t)$ 、 $D(DEP, t)$ を線形補完した破線矢印の先の読み取り値となる。その値は、緯度が(LAT=38.24)、経度が(LON=142.82)、震源の深さが(DEP=19km)と各震源要素の行に表記されている。従って、2011年2月24日のイベント時刻の $m=2191$ の時点で、今にも発生しそうな大地震の予知情報は

- (1)発生時刻が、3から6イベント後の2011年3月9日から3月21日頃
 (2)マグニチュードが、6.7
 (3)震源が(LAT=38.24度、LON=142.82度、DEP=19km)
 であった。

【 0 2 7 0 】

先ず、地震の発生状況を把握するために、2011年2月24日のm=2191から15イベントの震源情報をテーブルにする。

m	YYYY/MM/DD-hh:mm:ss.ss	LAT(度)	LON(度)	DEP(Km)	INT(h)	MAG	
2191	2011/02/24 11:11:32.47	40.897	139.121	28.6	102.6253	4.1	
2192	2011/03/02 03:11:42.06	40.161	139.347	20.1	136.0027	3.6	10
2193	2011/03/05 09:25:56.57	38.537	142.105	42.3	78.2374	3.8	
2194	2011/03/09 12:05:48.22	38.283	142.927	21.3	98.6643	5	
2195	2011/03/09 13:45:50.59	38.438	142.941	22.1	1.6673	5.7	
2196	2011/03/10 03:16:14.18	38.271	142.879	28.9	13.5066	6.4	
2197	2011/03/10 06:00:54.64	38.259	142.913	28	2.7446	5	
2198	2011/03/10 07:42:45.32	38.174	142.957	21.2	1.6974	4.2	
2199	2011/03/11 13:12:30.23	38.263	142.952	18.2	29.4958	4.2	
2200	2011/03/11 14:46:18.12	38.103	142.861	23.7	1.5633	9	
2201	2011/03/11 14:57:25.81	39.197	142.382	23.8	0.1855	5.7	
2202	2011/03/11 15:06:10.75	39.042	142.398	26.6	0.1458	6.7	20
2203	2011/03/11 15:08:53.50	39.839	142.781	31.7	0.0452	7.4	
2204	2011/03/11 15:12:54.40	39.442	142.095	33.4	0.0669	4.8	
2205	2011/03/11 15:23:05.40	39.003	142.447	29.8	0.1697	6.1	

上記表から発生時刻の予知に関して、2月24日のm=2191から3イベント後の3月9日に東北巨大地震の前震のM5が発生した。更に5イベント後の3月10日にM6.4地震、そして、9イベント後の3月11日に、M9東北巨大地震が発生した。従って、震源を(LAT=38.24度、LON=142.82度、DEP=19km)としたM6.7の大地震が、2月24日から、3イベントから6イベント後に、発生するとした予知は、正確であったと言える。

【 0 2 7 1 】

この予知の検証を、[図69]に図示する。最下段のMAGのd(MAG, m)の細線グラフは、MAGの値が6以上になると、その直前の値から太線に変換されて連結される。従って、2011/3/10 M6.4とラベル表示された太線は、m=2195の値d(MAG, 219) = 5.7からd(MAG, 2196) = 6.4まで、更に、東北巨大地震の2011/3/11 M9とラベル表示された太線は、m=2200の値d(MAG, 2199) = 4.2からd(MAG, 2200) = 9までである。なお、マグニチュードの表示範囲は、その値が3.5から6.5までである。各震源要素cの各行の変位d(c, m)の線グラフも細線から太線となる。各震源要素c行の加速度A(c, t)も、t= m-w-sの関係から、d(c, m)の太線グラフから40イベント遅れた個所で太線となっている。又、変位D(c, t)は、t= m-wの関係から、d(c, m)より10イベント遅れた表示である。従って、震源予知に関して、LAT、LON、DEP行の変位D(c, t)を線形補間した破線矢印の先は、10イベント遅れたd(c, m)の太線の位置を指している。震源の予知は、正確である。発生時刻mの予知に関して、DEP行からINT行の下向き破線矢印がA(DEP, t)のA(INT, t)の太線の個所を指し、その予知時刻も正確であった事を図示している。

【 0 2 7 2 】

3月11日に発生した東北巨大地震(M9)の前震もしくは本震の予兆であったCQKは、[数43]のニュートンの運動の第二法則から、[図9]のCQTD型の位相関係に変換できる。その実施例を、[図70]に図示する。予知の実施例と同様に、[数44]を用いて変位D(c, t)を変位d(c, t)から求める移動平均個数は、21=w+1とする。震源要素c=DEP、INT、MAGの変位D(c, t)を、それらの過去の最大値が1となる様に規格化し、それぞれNDEP-21(t)、NINT-21(t)、NMAG-21(t)とラベル表示した。ただし、NMAG-21(t)に関しては、MAGが3.3になるとゼロとなる様に、オフセットし、規格化している。これら変位の過去の最大値は、

NDEP-21(t) = 73.95km、
 NINT-21(t) = 138.67 h (時間)、
 NMAG-21(t) = 5.74

である。ただし、NMAG-21(t)は、3.3からオフセット値を規格化しているの、最大値は2.44が1となる規格化である。左側の縦軸は、規格化した変位の目盛りで、右側の縦軸は、時系列[d(LON,m)]と[d(MAG,m)]グラフの目盛である。又、右側の縦軸目盛のラベルMAGは6以上なので、地震のマグニチュードが6以上になると矢印の高さに変換表示される。右側の縦軸目盛の上のラベルLONは、震源パラメータの時系列[d(LON,m)]を点グラフにした相対目盛で、その経度範囲は、138度～143度となる。これら表示グラフに用いたシンボルとグラフの名前は、左上の枠内に、上から、○印が、NDEP-21(t)、△印が、NINT-21(t)、□印が、NMAG-21(t)、点印が、d(LON,m)、縦矢印が、d(MAG,m)、として表示してある。これらグラフの横軸は、時間tとmで、t=m-10の関係がある。時間mの範囲は、m=1900-2300で、2008/12/18から2011/03/14の期間に相当する。2つのCQTD予兆が、上下方向の二重線矢印で表示されている。一番目のCQTD予兆は、2010とラベル表示されたM6.4地震の予兆で、2番目のCQTD予兆が、2011とd(MAG,2200)の矢印にラベル表示された東北巨大地震M9もしくはその前震のM6.4地震の予兆である。又、これら予兆時に検出された今にも発生しそうだった大地震の予測断層幅Wは、その幅Wに相当するNDEP-21(t)の個所に破線の両矢印とWとでラベル表示してある。CQKD予兆の東北巨大地震M9の発生個所は、時刻m = 2200なので、下向き破線矢印で示した時刻t=2190の個所である。2011の東北巨大地震M9発生直後のNDEP-21(t)は、発生直前の加算平均した地震の影響が無くなると、浅い処から深い所へと移動している。この観測は、太平洋プレートと東北地方の東海岸の下の大陸プレートとの固着域が、浅い箇所から深い箇所に向けて破壊した事を示している。又、NDEP-21(t)は、[数61]の時間mを10イベント遅れの時間tに変換した歪エネルギー密度の関数でもある。従って、NDEP-21(t)グラフの変化は、東北巨大地震が発生している現象のグラフで、断層の浅い箇所から深い箇所へと向かって、蓄積されていた歪エネルギーが、一挙に開放された事を表す。巨大地震は、上向きの破線矢印で示した時刻t=2190で発生しているが、その直前の歪エネルギー密度NDEP-21(t)は、地殻の深い所でピークに到達し、深い所から、浅い方向へと、一挙に開放され始めているAMR現象を、検出している。このNDEP-21(t)が、AMR現象の抽出に使用した観測窓の時間幅は、次に述べる[図71]-[図73]のNCD(m,60)の時間幅60イベントより狭い21イベントである。

【0273】

地殻に蓄積される歪エネルギーは、大地震や群発地震が発生すると解放され、そして、新たな蓄積が始まる。蓄積から解放への遷移には、大地震や群発地震が発生する直前に、急激に歪エネルギーが解放されるAMR現象が観測される。本発明の実施形態を示す[図1]のブロック18、19、20から出力される歪エネルギー密度から東北地方(北緯38度-42度、東経138度-143度)の地殻の状態をモニターし、大地震や群発地震が発生する直前のAMR現象(地殻の臨界状態)を抽出した実施例を[図71]-[図73]に図示する。実施した期間は、1997年1月2日から2011年5月10日までである。

【0274】

巨大地震のM9が発生する前の東北地方のM3.5以上の地震の平均的な発生率から、[数60]と[数61]の2sを60と40とにする。又、この値は、[背景技術]で述べたこの地域の時系列[数1]のスペクトル解析から得た各震源要素に共通な周波数から得た値でもある。先ず、2sが60の場合の実施例を取り上げる。これら時系列の過去14年間の最大値は、
 m = 582 (2001/08/01)の時、CI(m,60)max = 60 x 107.808時間、
 m = 856 (2003/05/28)の時、CD(m,60)max = 60 x 69.75667km
 となる。

これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]のNCI(m,60)、NCD(m,60)とを、[図71]に、歪エネルギー密度としてグラフ表示した。左側の縦軸目盛は、歪エネルギー密度、NCI(m,60)とNCD(m,60)の相対目盛である。又、右側の縦軸のMAGとラベル付けした6以上の目盛は、時系列[d(MAG,m)]のMAGが6以上になると、その値を矢印の高さ

に変換表示したグラフ目盛である。更に、MAGが6以上の $d(MAG, m)$ を、破線矢印で歪エネルギー密度のグラフ($NCD(m, 60)$ と $NCI(m, 60)$)付近まで延長し、AMR現象が大地震発生前に、抽出されたかを、明確にした。右側の縦軸目盛にLONとラベル付けされている目盛りの範囲は、震源パラメータの時系列 $[d(LON, m)]$ を点グラフにした、経度の目盛範囲、138度～143度に相当する。横軸は、各グラフに共通な時間 m で、地震の発生順番を示すインデックスである。大地震の余震や群発地震は、震源が略同じなので、それら余震や群発地震の震源の経度は殆んど変化しない。従って、 $[d(LON, m)]$ の点グラフの変動は無くなる。ただし、巨大地震の場合は、断層形状が大きく余震発生領域が広がるので、点グラフは変動する。マグニチュードが6以上の主な大地震には、その発生年代を、[図71]の時系列 $[d(MAG, m)]$ の矢印に表記した。発生年代が同一の場合は、アルファベットa、bを付加した。地殻に蓄積された歪エネルギー、[図71]の $NCD(m, 60)$ と $NCI(m, 60)$ 、のピークが、大地震発生の直前(矢印の少し前)から、減少し始めている。M7.1の大地震2003a(発生日=2003/05/26、LAT=38.818度、LON=141.654度、DEP=72km)の震源の深さDEPは深い。従って、 $NCD(m, 60)$ で表した歪エネルギー密度は、M7.1地震発生直後から増加し最大ピークに到達する。しかし、そのピークは、震源の浅いM6.4地震2003b(発生日=2003/07/26、LAT=38.402度、LON=141.174度、DEP=11.9km)とその前震の発生前から、歪エネルギー密度は減少し始めている。従って、今にも発生しそうな大地震発生直前の地殻の臨界状態(AMR現象)を歪エネルギーの推移から抽出した例である。

【0275】

次に、実施した期間の1997年1月2日から2011年5月10日までを2分割し、歪エネルギー密度の推移の観測窓の幅2sを40イベントと狭くし、AMR現象を異なる観測窓から検出する例を取り上げる。これら時系列の過去14年間の最大値は、

$m = 570$ (2001/06/25)の時、 $CI(m, 40)_{\max} = 40 \times 114.48$ 時間

$m = 855$ (2003/05/28)の時、 $CD(m, 40)_{\max} = 40 \times 70.77$ km

となる。これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]の $NCI(m, 40)$ 、 $NCD(m, 40)$ とを、[図72]と[図73]に、歪エネルギー密度の推移グラフとして表示した。[図72]は、期間が1997年1月2日($m=0$)から2006年12月27日($m=1500$)までで、[図73]は、2006年12月27日($m=1500$)から、2011年5月10日($m=3000$)までである。[図72]と[図73]のグラフ表示、大地震のラベル、各目盛の表示方法は、2s=60の場合の[図71]と同一である。唯一の違いは、[図73]に表示した東北巨大地震2011b発生直後から、 $NCI(m, 40)$ を10倍拡大表示した事である。この拡大した $NCI(m, 40)$ の歪エネルギー密度の推移から、[図71]の $NCI(m, 60)$ から明確に抽出できなかった大きなM7.5余震(2011cとラベル表示した $m=2713$ で発生した余震、もしくは、大地震)の発生直前の地殻の臨界状態(AMR現象)を、抽出できた例を示した。このM7.5地震の発生日と震源は、(2011/04/07、LAT=38.204度、LON=141.92度、DEP=65.9km)であった。発生後、時系列 $[d(LON, m)]$ の変動が少なくなっているため、このM7.5の大地震は、巨大地震2011bの余震ではなく、余震発生中に発生した、別の大地震である。大地震2011cの発生直後から、 $NCD(m, 40)$ と $NCI(m, 40)$ の振幅変動が反転しているのは、大地震2011cとその余震の震源が深かったからである。

【0276】

[図73]の時間領域を2006年12月27日の $m=1500$ から2011年3月24日の $m=2500$ までと短くした[図74]を用いて、M7.3大地震(2008)、M6.4大地震(2010)、M9東北巨大地震(2011b)の発生直前の地殻の臨界状態(AMR現象)を明確に抽出している事を、再度、強調する。東北巨大地震(2011b)の発生直前の歪エネルギー密度のピークは、 $NCD(m, 40)$ が、2010年12月31日の $m=2183$ 、 $NCI(m, 40)$ が、2011年3月9日の $m=2194$ となり、そのピークから、東北地方の地殻に蓄積されていた歪エネルギーの急減少が始まり、3月11日の $m=2200$ で巨大地震が発生した。なお $m=2196$ の3月10日に発生したM6.4地震(2011a)は、東北巨大地震M9(2011b)の前震であるが、巨大地震発生直前のAMR現象を構成する一つの大地震でもある。

【0277】

最後に、[図1]のブロック2-1で実施する2011年3月11日に発生したM9の東北巨大地震の予知の実施例と検証例を、3つの項目別に分けて取り上げる。

【 0 2 7 8 】

第一の項目は、選択した領域内の地震発生の変化から得た地殻の応力変化の異常抽出(CQKとCQT予兆検出)を用いた巨大地震の予知である。上記、2011年2月28日の時点で、関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)のCQT予兆、新潟・中越地方(36度 - 40度、136度 - 140度)のCQT予兆、東北地方(38度 - 42度、138度 - 143度)のCQK予兆から、それら予兆に該当する大地震を予知できた。発生日時の予知に関して、これら複数の大地震は、最終的に、2011年3月9日の時点で、3月11日頃発生すると予知でき、連動した大地震もしくは巨大地震として、3月11日に発生したM9の東北巨大地震の発生を推測できた。しかし、そのマグニチュードは、直接予知できなかった。それは、次の理由による。2011年3月11日のM9東日本巨大地震の断層長Lは、約500kmとなり、メッシュを構成する緯度差に換算すると約4.5度となる。一方、上記大地震の予知のため選択した領域の広さは、約4~5度の緯度、経度幅からなるメッシュであった。従って、選択した領域(メッシュ)内の地震発生の変化から、いまにも発生しそうであった巨大地震の断層幅Wを直接抽出できなかった。

10

【 0 2 7 9 】

第二の項目は、上記第一項で、これら大地震の連動が、予知された領域を含む日本列島全体の地殻の表面の変化を、GPS観測する事により、地殻の応力変化の異常を抽出し、巨大地震の発生を直接予知する事である。

日本列島及び島々に張り巡らされた、国土地理院の約1200のGPSステーションの地殻変動解析に多くの時間を必要とするために、上記2月28日の時点で、その解析は一切実施されていなかった。その地殻変動の異常抽出は、3月11日の東北巨大地震発生後に、[図1]のブロック12 - 15で実施した。上記大地震と巨大地震を区別するマグニチュードの予知は、「プレート境界の地殻表面の変化に出現する異常が、巨大地震の予兆となり、その予兆の広がり、今にも発生しそうな巨大地震の断層長(L)となる」自然現象を利用した。このマグニチュードと、発生時期の予知は、[図1]のブロック16とブロック21で実施し、[背景技術]の[0128]-[0148]で、既に、詳細したので、省略する。

20

【 0 2 8 0 】

第三の項目は、日本列島全体を含む広範囲な領域を分割し、各領域の地殻に蓄積された歪エネルギーの密度をモニターし、地殻の臨界状態(AMR現象)が同時に検出される領域の広さを確定し、それら領域に広がるプレート境界の長さLを推定することから巨大地震を予知する事である。[図1]のブロック17 - 20で実施した、実施例を取り上げる。分割した領域を

30

中国・四国・近畿地方(32度-36度、131.5度-136.5度)(深発地震は含まない)、
近畿・福井・東南海地方(31度-37度、134度-138度)、
関東・甲信越・中越地方(32.5度 - 38度、136.5度 - 142度)、
新潟・中越地方(36度 - 40度、136度 - 140度)、
東北地方(38度 - 42度、138度 - 143度)、
東北・北海道地方(37度 - 46度、138度 - 150度)、
日本列島を含む広範囲な領域(16度 - 52度、116度 - 156度)

40

とする。これら各領域の歪エネルギー密度から2011年3月11日に発生したM9の東北巨大地震の予知が可能であったとする検証を、実施例として述べる。

【 0 2 8 1 】

上記各領域の東北巨大地震発生直前の臨界状態の検出の有無は、次の結果となる。

(1)中国・四国・近畿地方の[図33]の歪エネルギー密度の推移からは、2011年7月5日に発生した和歌山県で発生したM5.5地震の小規模なAMRの現象の検出(AMR-22g)は存在するが、2011年3月11日に発生しそうな大地震に関連した大規模なAMRの現象の検出は無い。ただし、この地方の歪エネルギー密度には、近畿地方に存在する深発地震は含まれていない。

(2)近畿・福井・東南海地方の深発地震も含めた歪エネルギー密度NCD(m,60)とNCI(m,60)には、2011年1月12日頃、共にピークに到達し、その直後、急減少を始め、18イベント後

50

に3月11日を迎えた大規模なAMR現象の検出がある。

(3)関東・甲信越・中越地方の[図57]の2011とd(MAG,m)にラベル表示したM7.4の発生直前の大規模なAMR現象の検出がある。

(4)新潟・中越地方の[図65]の2011とd(MAG,m)にラベル表示したM6.7の発生直前の大規模なAMR現象の検出がある。

(5)東北地方の[図71]と[図74]の2011aと2011bとd(MAG,m)にラベル表示したM9巨大地震発生直前の大規模なAMR現象の検出がある。

(6)東北・北海道地方にも後述の[図80]にM9巨大地震発生直前、その前震を含めた大規模なAMR現象の検出がある。

(7)日本列島を含む広範囲な領域で、後述の[図82]-[図85]にM9巨大地震発生直前、その前震を含めた大規模なAMR現象の検出がある。

10

従って、東日本の太平洋プレートと大陸プレートの境界で大規模なAMR現象を検出している。このプレート境界の直線的な長さは、[背景技術]で説明した様に、500km余りとなる。従って、断層の長さ、 $L=500\text{km}$ を[数55]に代入しマグニチュード9を得る。また、東北・北海道地方と日本列島を含む広範囲な領域のAMR現象抽出後から数日から数時間以内に、その巨大地震が発生すると予知できる。

【0282】

上記、近畿・福井・東南海地方の歪エネルギー密度と東北巨大地震に関連したAMR現象の有無を検証するために、先ず、近畿・福井・東南海地方(31度-37度、134度-138度)の震源分布を[図75]-[図76]に表示する。

20

【0283】

[図75]は、1997年1月1日から2012年3月25日までに発生したマグニチュード3.0以上の地震を、気象庁の震源カタログと一元化震源カタログから集めた震源分布である。図の横軸は、経度、縦軸は緯度を表している。水色の点で示された地震の震央は、マグニチュード(M)が3.0以上、5未満の深発地震、青色の三角印の震央は、Mが5以上6未満の深発地震、青色の丸印の震央は、Mが6以上の深発地震、黒色の丸印の震央は、Mが3以上、5未満の浅い地震、赤色の三角印の震央は、Mが5以上6未満の浅い地震、茶色の丸印の震央は、Mが6以上、7未満の浅い地震、薄茶色の四角印の震央は、Mが7以上の浅い地震、黄色の大きな丸印の震央は、群発地震である。マグニチュードが6以上の地震には、発生した年代を付記した。同じ年代に発生した地震には、アルファベットのa、bで区別している。それら年代を付記した地震の震源情報は、

30

年代	m	年/月/日	緯度	経度	深さ(km)	M
1997a	12	1997/03/16	34.925	137.528	39.12	6
1997b	28	1997/05/24	34.498	137.503	23.1	6
2000	295	2000/06/07	36.824	135.566	21.3	6.2
2003	591	2003/11/12	33.17	137.057	397.8	6.5
2004a	648	2004/09/05	33.03	136.8	37.6	6.9
2004b	668	2004/09/05	33.144	137.142	43.5	7.4
2004c	783	2004/09/07	33.206	137.296	41	6.6
2004d	819	2004/09/08	33.114	137.291	36.1	6.5
2007	1111	2007/07/16	36.866	135.105	373.8	6.7

40

である。

【0284】

[図76]は、[図75]の震源分布の経度方向の断面図で、震源の深さ方向の分布を、logスケールを用いkmで表示してある。また[図76]の年代を付記した地震も、[図76]に付記した。プレート境界に発生する震源分布の経度方向の断面図は、フィリピン海プレートの西端が大陸プレート下に沈下し、その下には太平洋プレートの沈み込み、その下端で深発地震が発生している形態を表している。

【0285】

近畿・福井・東南海地方のM3.5以上の地震を抽出し、[数60]と[数61]の2sを60とする。こ

50

れら時系列の過去14年間の最大値は、

$m = 1084$ (2007/03/30)の時、 $CI(m,60)_{\max} = 60 \times 171.98$ 時間、

$m = 650$ (2004/09/05)の時、 $CD(m,60)_{\max} = 60 \times 239.55$ km

となる。これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]の $NCI(m,60)$ 、 $NCD(m,60)$ とを、[図80c]に、歪エネルギー密度としてグラフ表示した。左側の縦軸目盛は、歪エネルギー密度、 $NCI(m,60)$ と $NCD(m,60)$ の相対目盛である。又、右側の縦軸の6以上の目盛は、時系列 $[d(MAG,m)]$ を MAG とラベル付けした矢印の高さのグラフの目盛である。従って、 MAG のグラフは、マグニチュードのオフセット値が矢印の高さに変換表示され、 MAG が6以上になると表示される。右側の縦軸目盛に LON とラベル付けされている目盛り範囲は、震源パラメータの時系列 $[d(LON,m)]$ を点グラフにした、 LON の目盛で、経度の134度~138度に相当する。横軸は、各グラフに共通な時間 m で、地震の発生順番を示すインデックスである。対象期間は、 $m=9000 \sim 11000$ の2009年1月10日から2011年3月18日である。マグニチュードが6以上で2000年以降の大地震には、その発生年代を、[図77]の時系列 $[d(MAG,m)]$ の矢印に表記した。地殻に蓄積された歪エネルギー密度、[図77]の $NCD(m,60)$ と $NCI(m,60)$ とから、抽出できたM6以上のAMR現象は、2000、2003、2004a、2004b、2007の各大地震と、AMR-22iとラベル表示した近畿・福井・東南海地方に出現した2011年3月11日のM9東北巨大地震の大規模なAMR現象である。

このAMR現象は、2011年1月12日($m=1338$)頃、共にピークに到達し、その直後、急減少を始め、18イベント後に3月11日($m=1356$)を迎え、50イベント後の7月11日まで、継続した。更に、 $NCD(m,60)$ の急減少は、76イベント後の10月26日まで継続している。この大規模なAMR現象は、上記中国・四国・近畿地方の予知の実施例で取り上げた2011年7月5日和歌山県のM5.5地震をも含めたマグニチュードが5以上で5.5以下の地震7個程含み、2011年3月11日のM9東北巨大地震発生前後に生じた大規模なAMR現象である。この様に、各地域の地震の系は、閉じた系でなく開いた系で、太平洋プレート下端の深発地震を介し、隣接する地域の影響を受ける。従って、巨大地震の予測断層長は、太平洋プレートと大陸プレートの境界、約500kmであると断定できる。

【0286】

上記、東北・北海道地方の歪エネルギー密度を求めるために、先ず、東北・北海道地方(37度 - 46度、138度 - 150度)の震源分布を[図78]-[図79]に表示する。

【0287】

[図78]は、1997年1月1日から2012年3月26日までに発生したマグニチュード3.0以上の地震を、気象庁の震源カタログと一元化震源カタログから集めた震源分布である。図の横軸は、経度、縦軸は緯度を表している。水色の点で示された地震の震央は、マグニチュード(M)が3.0以上、3.5未満、黒色の丸印の震央は、Mが3.5以上、6未満、黄色の小さな丸印の震央は、Mが6以上、7未満、薄黄色の大きな丸印の震央は、Mが7以上、8未満の地震、薄黄色の四角印の震央は、Mが8以上の地震である。マグニチュードが7以上の地震で、東北巨大地震の余震を除く地震には、発生した年代を付記した。同じ年代に発生した地震には、アルファベットのa、bで区別している。それら年代を付記した地震の震源情報は、

年代	m	年/月/日	緯度	経度	深さ(km)	M
2000	2095	2000/01/28	43.006	146.749	58.51	7
2003a	4203	2003/05/26	38.818	141.654	72	7.1
2003b	4540	2003/09/26	41.78	144.078	42	8
2003c	4564	2003/09/26	41.707	143.695	21.4	7.3
2004	5987	2004/11/29	42.944	145.28	48.2	7.1
2005a	6516	2005/08/16	38.151	142.28	41.6	7.2
2005b	6726	2005/11/15	38.031	144.889	83	7.1
2008a	8414	2008/06/14	39.03	140.881	7.8	7.2
2008b	8729	2008/09/11	41.776	144.151	30.9	7.1
2010	9831	2010/06/18	44.597	149.196	30	7

2011a	10307	2011/03/09	38.328	143.28	8.3	7.5
2011b	10411	2011/03/11	38.103	142.861	23.7	9

である。

【 0 2 8 8 】

[図79]は、[図78]の震源分布の経度方向の断面図で、震源の深さ方向の分布を、logスケールを用いkmで表示してある。また[図78]の年代を付記した地震も、[図79]に年代を付記した。プレート境界に発生する震源分布の経度方向の断面図は、太平洋プレートの西端が大陸プレート下に沈下している形態を表している。

【 0 2 8 9 】

東北巨大地震発生前の東北・北海道地方のM3.5以上の地震の平均的な発生率から、[数60]と[数61]の2sを30とする。これら時系列の過去14年間の最大値は、

$m = 9795$ (2010/05/30)の時、 $CI(m, 30)_{\max} = 30 \times 26.06$ 時間、

$m = 7231$ (2006/06/14)の時、 $CD(m, 30)_{\max} = 30 \times 97.02$ km

となる。これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]の $NCI(m, 30)$ 、 $NCD(m, 30)$ とを、[図80]に、歪エネルギー密度としてグラフ表示した。左側の縦軸目盛は、歪エネルギー密度、 $NCI(m, 30)$ と $NCD(m, 30)$ の相対目盛である。又、右側のMAG(マグニチュード)とラベル付けした縦軸目盛は、時系列[d(MAG, m)]の6以上の目盛である。従って、[d(MAG, m)]のグラフは、その6以上の値が矢印の高さに変換表示される。右側の縦軸目盛にLON(経度)とラベル付けした目盛りは、震源パラメータの時系列[d(LON, m)]目盛で、その点グラフの範囲は、経度の138度～150度に相当する。横軸は、各グラフに共通な時間mで、地震の発生順番を示すインデックスである。対象期間は、 $m=9000 \sim 11000$ の2009年1月10日から2011年3月18日である。マグニチュードが7以上の大地震と巨大地震には、その発生年代を、[図80]の時系列[d(MAG, m)]の矢印に表記した。地殻に蓄積された歪エネルギー、[図80]の $NCD(m, 30)$ と $NCI(m, 30)$ の、これらM7以上のAMR現象は、2010のM7大地震($m=9831$ 、発生日=2010/06/18)の場合、 $NCD(m, 30)$ と $NCI(m, 30)$ のピーク値は、

$NCD(m=9817, 30) = 0.66$ (2010/06/08)

$NCI(m=9795, 30) = 1$ (2010/05/30)

となる。

2011aのM7.5大地震($m=10307$ 、発生日=2011/03/09)の場合、 $NCD(m, 30)$ と $NCI(m, 30)$ のピーク値は、

$NCD(m=10238, 30) = 0.90$ (2011/01/19)

$NCI(m=10251, 30) = 0.84$ (2011/02/01)

となる。

2011aのM7.5大地震は、2011bの東北巨大地震の前震である。前震である事をを検証するために、[図80]の期間を $m=10000 \sim 11000$ とし、更に、2011a地震発生後 $NCI(m, 30)$ が最小値に到達直後の $m=10338$ から $m=11000$ の間の $NCI(m, 30)$ を25倍に拡大し、[図81]に表示する。25倍した $NCI(m, 30)$ のピーク値は $m=10413$ で、2011bの東北巨大地震が発生した時刻である。従って、巨大地震2011bのAMR現象を検出できていない。しかし、 $NCI(m, 30)$ は、INTを累積加算しているので、前震2011aの余震の影響を少なくするために、加算数を30より少なくすると、そのピーク値を取る時刻を $m=10413$ より早める事が出来る。例えば、累積加算数を20と異なる観測窓を使用する場合、[数60]の2sを20とした $NCI(m, 20)$ のピーク値は、東北巨大地震発生時刻の $m=10413$ より3イベント早い $m=10410$ となり巨大地震のAMR現象が検出される。

【 0 2 9 0 】

上記、日本列島を含む広範囲な領域(16度 - 52度、116度 - 156度)の震源分布は、[非特許文献23]に公開されているので省略する。この広い領域の地殻に蓄積され解放される歪エネルギー密度を求めるために、この領域に発生した地震で震源要素の深さ(DEP)が1km以上、マグニチュード(MAG)が4以上の地震を抽出し、[数1]の時系列を作成する。次に、[数60]と[数61]の2sを100とする。これら時系列の過去14年間の最大値は、

10

20

30

40

50

m = 11244 (2006/08/10)の時、CI(m,100)max = 100 x 13.008時間、
 m = 1119 (1998/02/23)の時、CD(m,100)max = 100 x 120.30km
 となる。これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]のNCI(m,100)、NCD(m,100)とを、[図82]に、上記日本列島を含む広範囲な領域(緯度16度-52度、経度116度-156度)の歪エネルギー密度としてグラフ表示した。表示期間はm=15300~17800で、2009/09/19から2011/03/13までである。マグニチュードが7以上の主要な地震には、d(MAG, m)に発生した年代をラベル表示した。同じ年代に発生した地震には、アルファベットのa、bで区別している。それら年代を表示した地震の震源情報は、

年代	m	年/月/日	緯度	経度	深さ(km)	M
2010a	15755	2010/02/27	25.919	128.68	37	7.4
2010b	16115	2010/06/18	44.597	149.196	30	7
2010c	16645	2010/11/30	28.358	139.589	493.9	7.1
2010d	16695	2010/12/22	27.052	143.935	8	7.9
2011a	17287	2011/03/09	38.328	143.28	8.3	7.5
2011b	17361	2011/03/11	38.103	142.861	23.7	9

である。

【0291】

歪エネルギー密度、NCI(m,100)とNCD(m,100)とから、上記、各大地震発生直前のAMR現象が検出されている。2010年12月22日に発生した父島近海の2010dのM7.9地震は、[背景技術]で説明した様に、太平洋プレートが異常な運動を起こしている最中に発生した。従って、2011年3月11日に発生したM9の東北巨大地震の予兆的な地震である。なお、2011年3月9日に発生した2011aのM7.5地震は、東北・北海道地方(37度-46度、138度-150度)のAMR現象の検出で前述したが、後述するように、巨大地震の前震である。その震源は、(北緯38.328度、東経143.28度、深さ8.3km)なので、上記、東北地方(38度-42度、138度-143度)の[図71]と[図74]には、このM7.5前震は、含まれていない。

【0292】

上記、日本列島を含む広範囲な領域(16度-52度、116度-156度)の歪エネルギー密度からAMR現象をより早く検出するために、その観測窓を狭めて、[数60]と[数61]の2sを、例えば、100から30と小さくする。過去14年間のCI(m,30)とCD(m,30)の最大値は、

m = 11241 (2006/08/07)の時、CI(m,30)max = 30 x 16.60時間、

m = 366 (1997/05/10)の時、CD(m,30)max = 30 x 172.77km

となる。これら最大値が1となるように規格化した時系列、[数60]と[数61]のNCI(m,30)、NCD(m,30)とを、[図83]に、歪エネルギー密度の推移グラフとして表示した。[図83]の表示期間は、[図82]と同様にm=15300~17800で実時間に変換すると2009年9月19日から2011年3月13日までである。歪エネルギー密度の変動からのAMR検出は、NCI(m,30)とNCD(m,30)の方が、NCI(m,100)とNCD(m,100)より、高周波の検出成分を多く含む。従って、深発地震2010cと父島近海地震2010dのAMR現象が分離されて検出されている。その検出をより細かく見るために、[図83]の表示期間からm=16300~17500で2010年8月12日から2011年3月11の期間を[図84]に拡大表示した。この[図84]の各大地震のAMR現象は、

2010c(m=16645、2010/11/30)のM7.1深発地震の場合、

NCI(m,30)のピークは、m=16635 (2010/11/26)

NCD(m,30)のピークは、m=16636 (2010/11/26)

2010d(m=16695、2010/12/22)のM7.9地震の場合、

NCI(m,30)のピークは、m=16695 (2010/12/22)

NCD(m,30)のピークは、m=16690 (2010/12/17)

2011a(m=17287、2011/03/09)のM7.5地震の場合、

NCI(m,30)のピークは、m=17283 (2011/03/07)

NCD(m,30)のピークは、m=17271 (2011/03/03)

となり、各大地震のAMR現象が、それら大地震発生直前に検出されている。

【0293】

最後に、2011aのM7.5大地震が、M9東北巨大地震の東北地方で発生した前震であった事を、日本列島を含む広範囲な領域の歪エネルギー密度、 $NCI(m,30)$ と $NCD(m,30)$ のAMR検出から検証する。そのために、[図84]の期間から、2011/02/16～2011/03/11($m=17200\sim 17500$)のみ取り出し、更に、2011a地震発生後 $NCI(m,30)$ が最小値に到達直後の $m=17317$ から $NCI(m,30)$ を20倍、 $NCD(m,30)$ を5倍にし、[図85]に拡大表示する。AMR現象を抽出するためには、歪エネルギー密度のピーク値を取る時刻は、2011b東北巨大地震の発生時刻、 $m=17361$ に対し、

20倍した $NCI(m,30)$ が $m=17359$ 、

5倍した $NCD(m,30)$ が $m=17358$

となる。従って、巨大地震2011bのAMR現象を検出できているので、2011a地震は、巨大地震の前震と断定できる。観測窓の $2s=30$ を、更に縮小すると、上記AMR現象検出を早める事が可能となる。

【産業上の利用可能性】

【0294】

本発明は、大地震、巨大地震の短期予知の提供が可能となる。

【符号の説明】

【0295】

1 震源情報と地殻表面の位置を観測順序 j で、それら要素 c 毎に、 $d(c,j)$ とする信号化手段

2 $d(c,j)$ 信号を直接、所定の選択、もしくは平滑処理(処理遅れ時間は Δ)し、 $[c]=[D(c,1), D(c,2), \dots, D(c,m), \dots]$ とする時系列化手段、

3 時系列 $[c]$ から $D(c,m)-D(c,m-n)$ を1次差分値 $\Delta D(c,m,n)$ として出力し、 $\Delta D(c,m,n)-\Delta D(c,m-k,n)$ を2次差分値 $\Delta^2 D(c,m,n,k)$ として出力するか、
 $\Delta D(c,m,n)$ 検出と等価な濾過機能を設定し、 $[c]$ から濾過した $F1(c,m)$ を1次差分値として出力し、 $\Delta^2 D(c,m,n,k)$ 検出と等価な濾過機能を設定し、 $[c]$ から濾過した $F2(c,m)$ を2次差分値として出力するかの

1次、2次差分出力手段

4 時刻 m を時刻 t 、 $t=m-\Delta-(n+k)/2$ 、(2 で処理遅れが無ければ $\Delta=0$)にシフトする時刻シフト手段

5 $D(c,m)$ を変位 $D(c,t)$ に、1次差分値を速度 $V(c,t)$ に、2次差分値を加速度 $A(c,t)$ に変換する変位、速度、加速度変換手段

6 $D(c,t)$ と $V(c,t)$ の振幅と位相を比較検出する手段

7 $V(c,t)$ と $A(c,t)$ の振幅と位相を比較検出する手段

8 $D(c,t)$ と $A(c,t)$ の振幅と位相を比較検出する手段

9 大地震の $A(c,t)$ のCQKとCQT予兆検出手段と、運動の第二法則を用いて、それら予兆を、 $D(c,t)$ のCQKDとCQTDに変換し、 $|\Delta D(DEP,t)|=W$ とする予測断層幅 W を検出する手段

10 Mの予知手段

11 発生時刻と震源の予知手段

12 大陸プレートの膨らみ検出手段

13 大陸プレートの運動変化検出手段

14 運動変化に連動した膨らみの広がり(長さ L)の検出手段

15 海洋プレートの異常加速運動検出手段

16 巨大地震の M と発生時刻の予知手段

17 観測領域の縮小と拡大手段

18 $d(INT,j)$ と $d(DEP,j)$ の a 個の累積加算から $CI(m,a)$ と $CD(m,a)$ を検出する手段

19 規格化した $NCI(m,a)$ と $NCD(m,a)$ とを領域の歪エネルギー密度に変換する手段

20 領域の歪エネルギー密度から地殻状態の臨界到達時刻の予知手段

21 大地震と巨大地震の予知方法、予知装置、予知プログラム及び記録媒体

22 a- 22 i AMR現象検出箇所

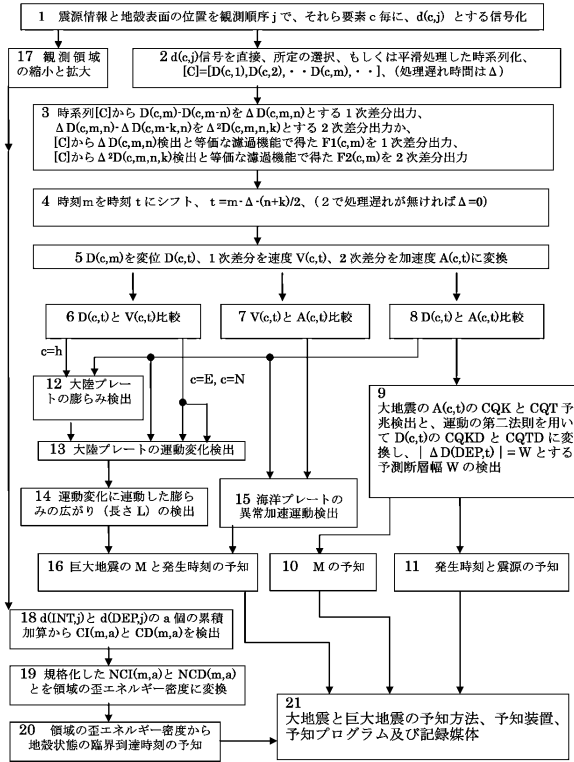
10

20

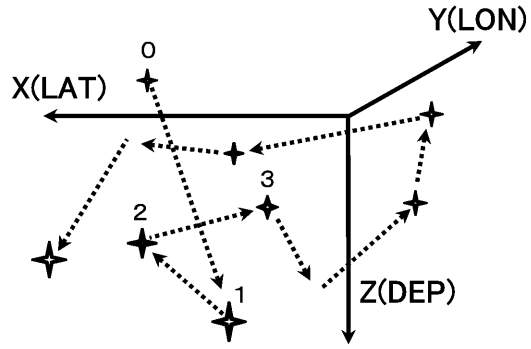
30

40

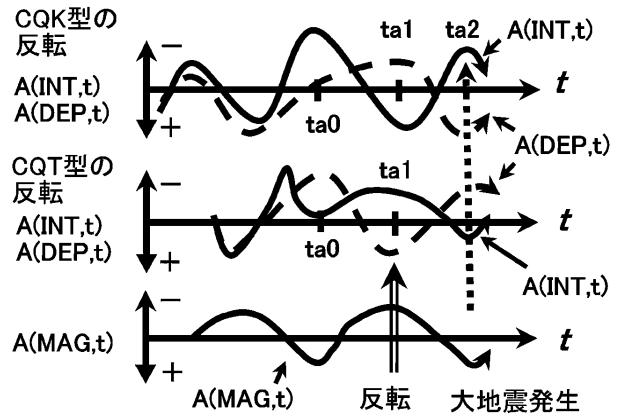
【図 1】



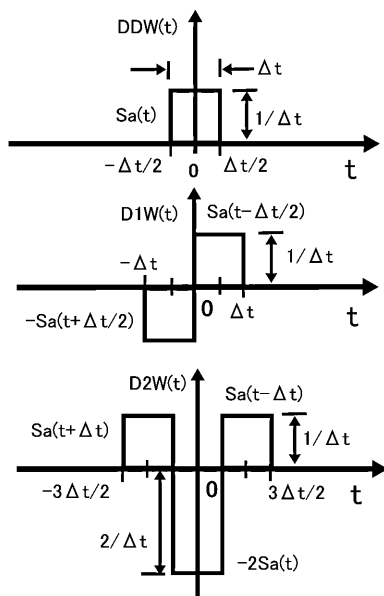
【図 2】



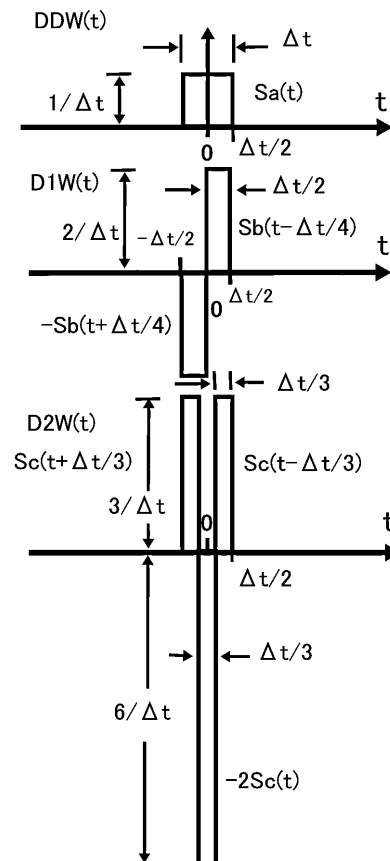
【図 3】



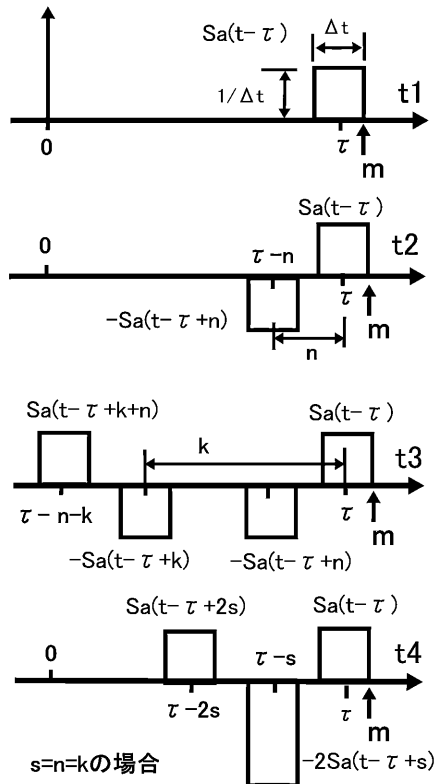
【図 4】



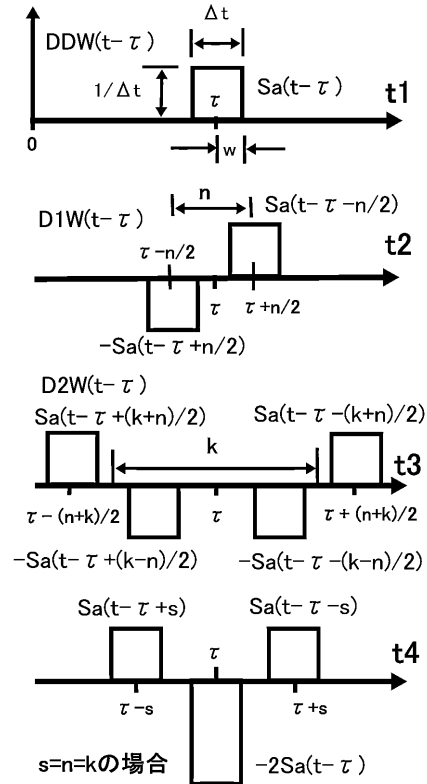
【図 5】



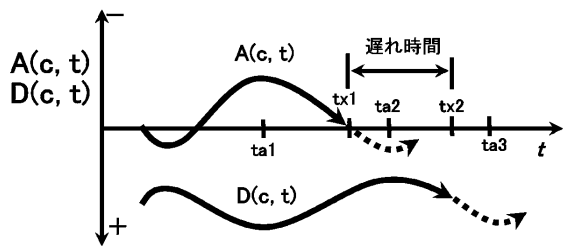
【図 6】



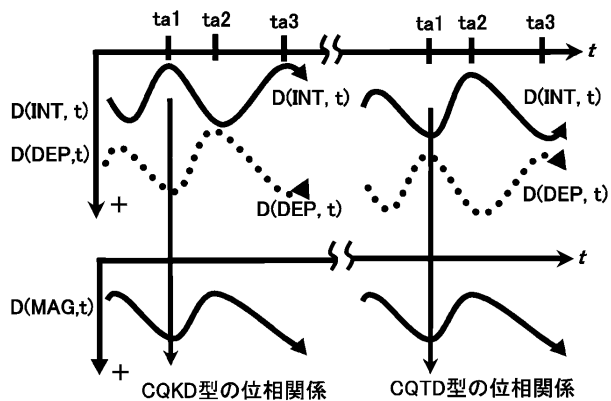
【図 7】



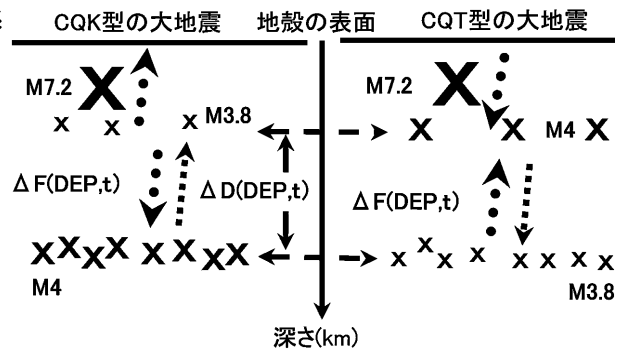
【図 8】

運動の第二法則における変位 $D(c,t)$ と加速度 $A(c,t)$ の位相関係

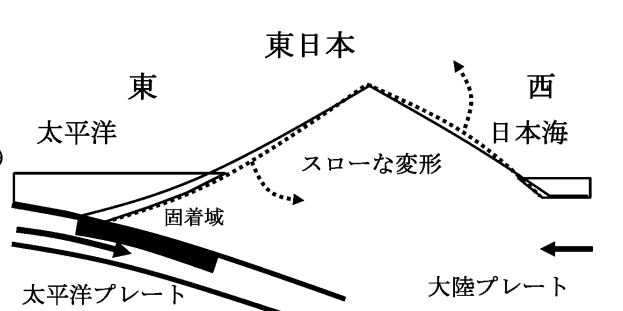
【図 9】



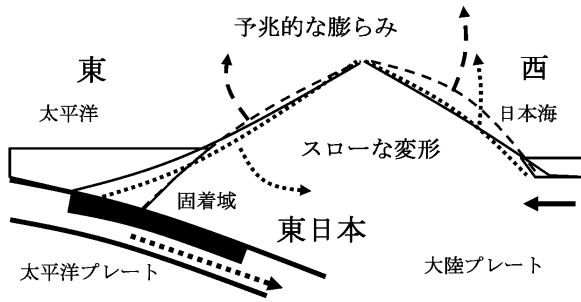
【図 10】



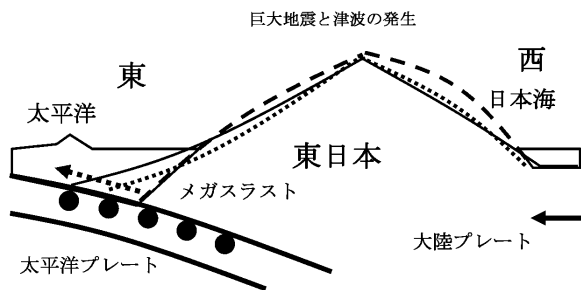
【図 11】



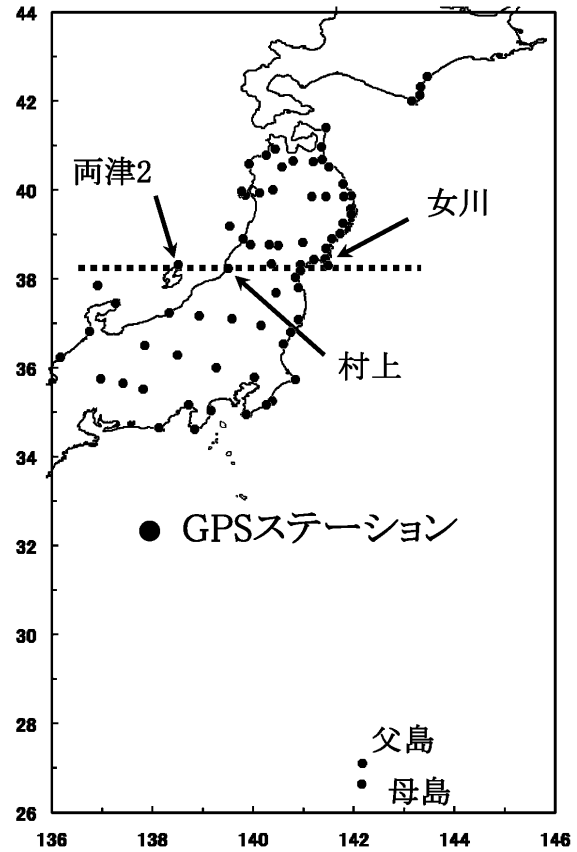
【図 1 2】



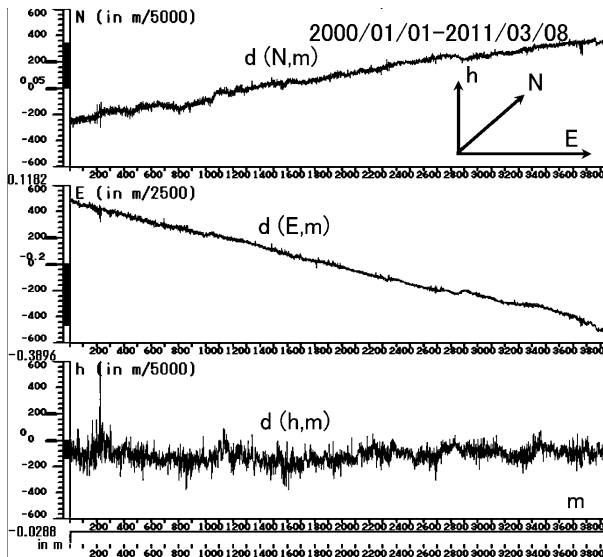
【図 1 3】



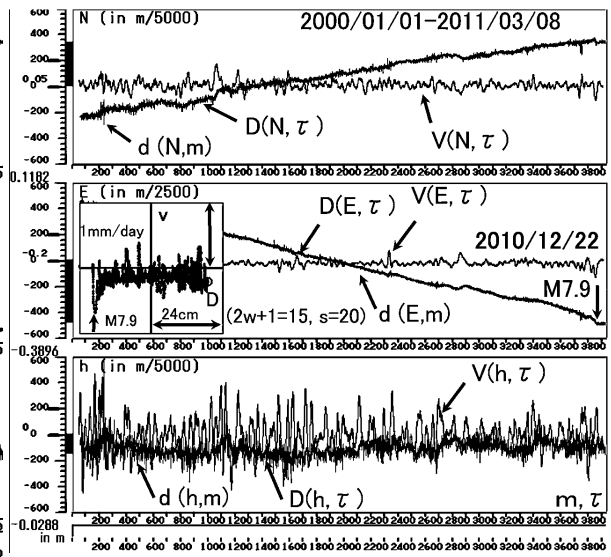
【図 1 4】



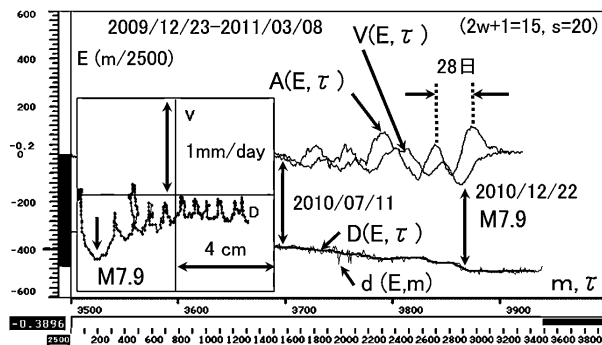
【図 1 5】



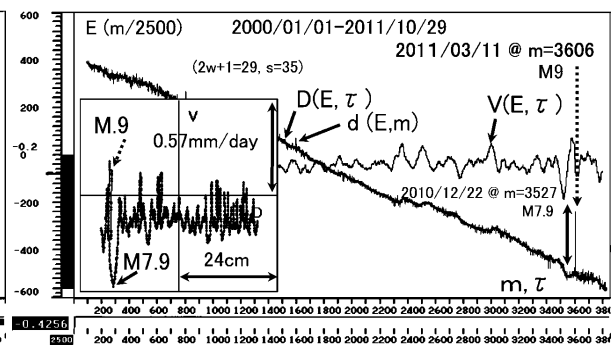
【図 1 6】



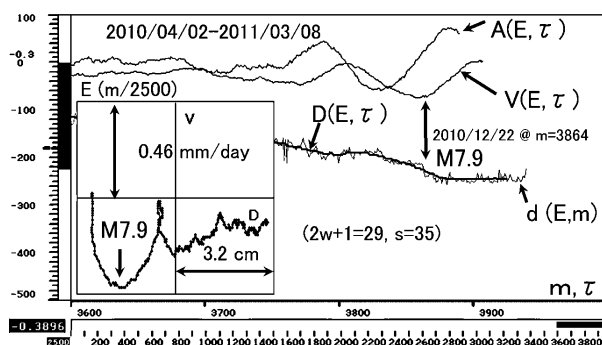
【 図 1 7 】



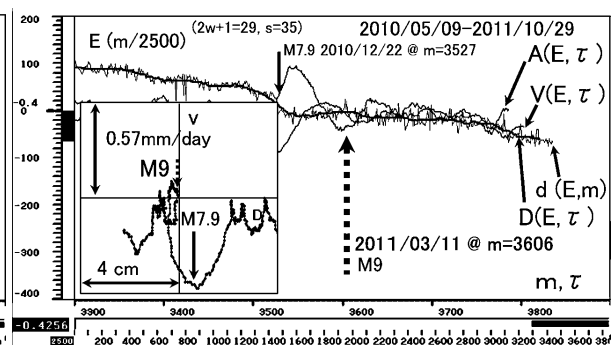
【 図 1 9 】



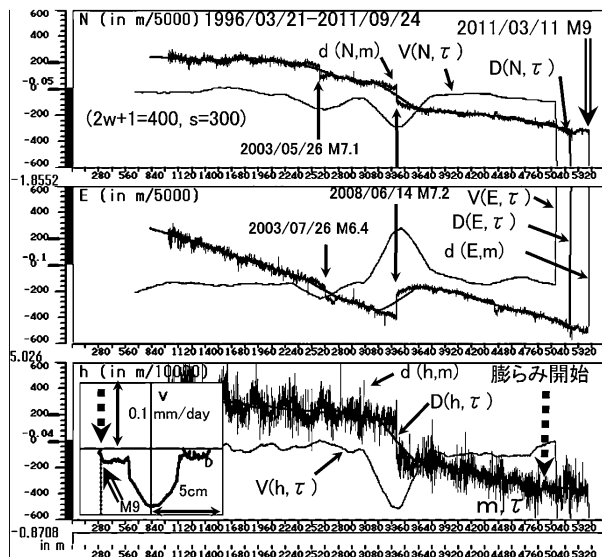
【 図 1 8 】



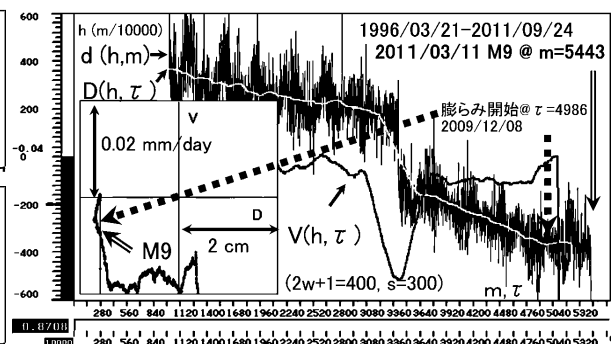
【 図 2 0 】



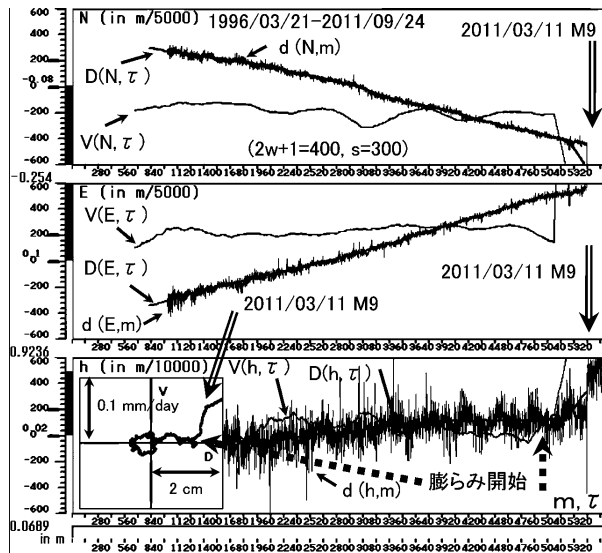
【 図 2 1 】



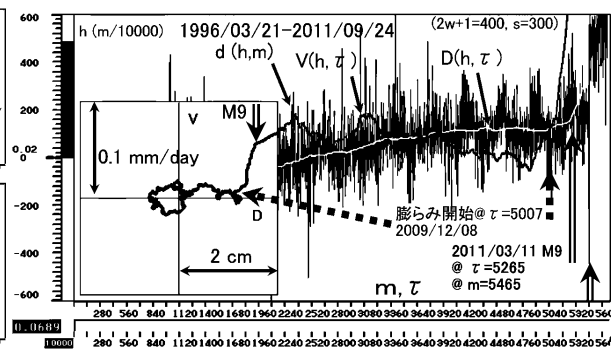
【 図 2 2 】



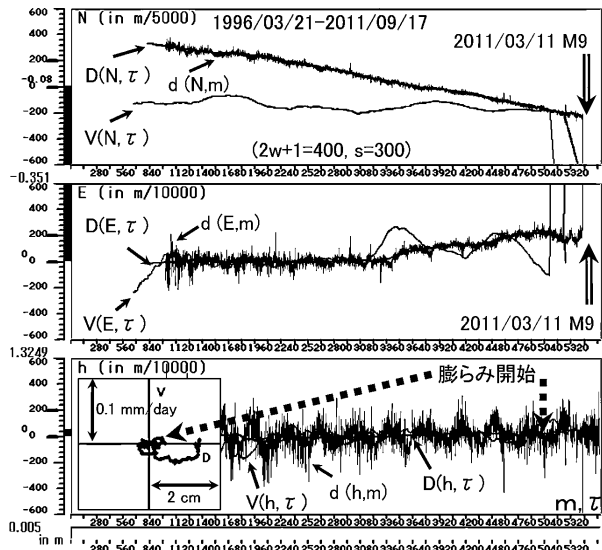
【図 23】



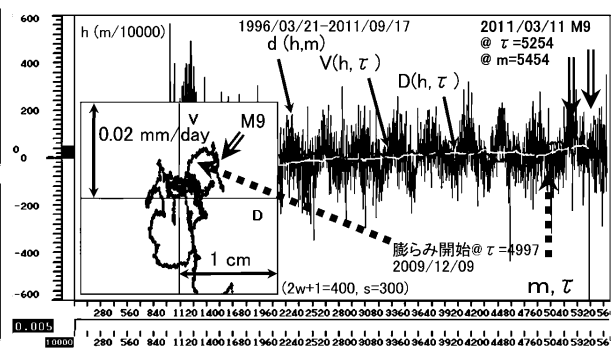
【図 24】



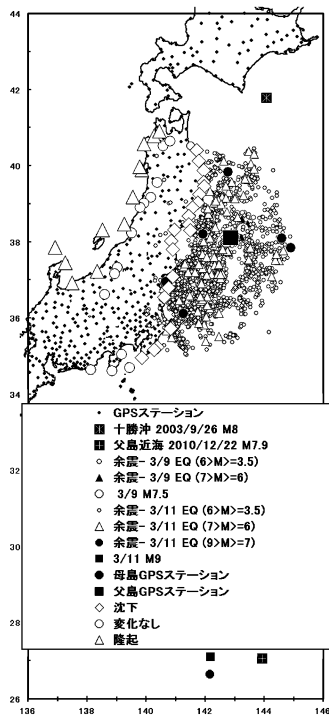
【図 25】



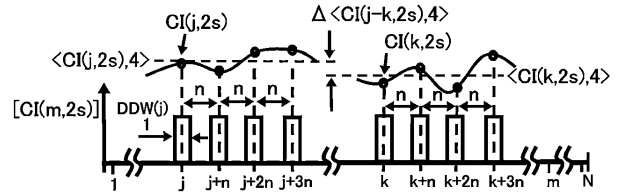
【図 26】



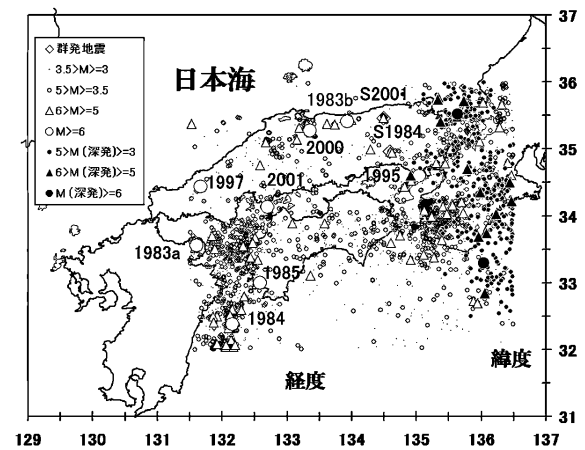
【図 27】



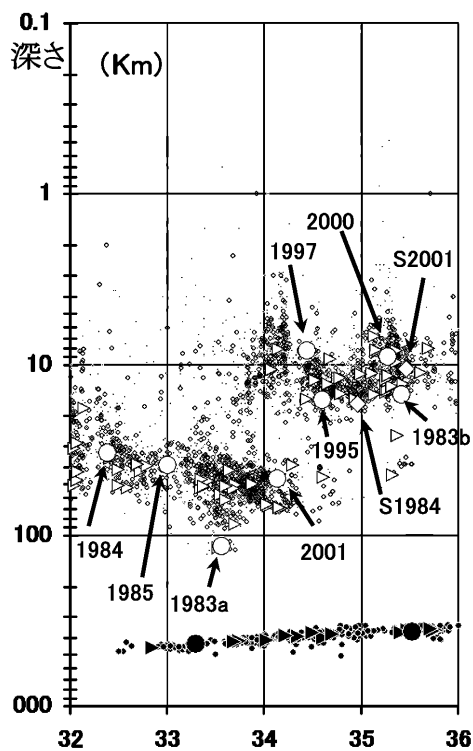
【図 28】



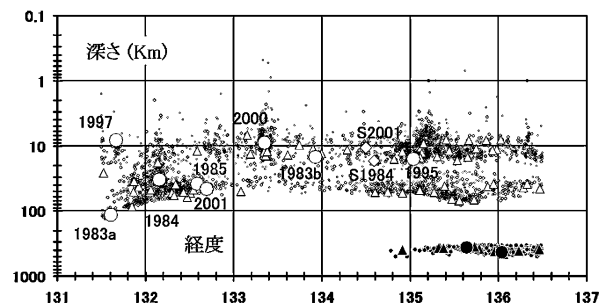
【図 29】



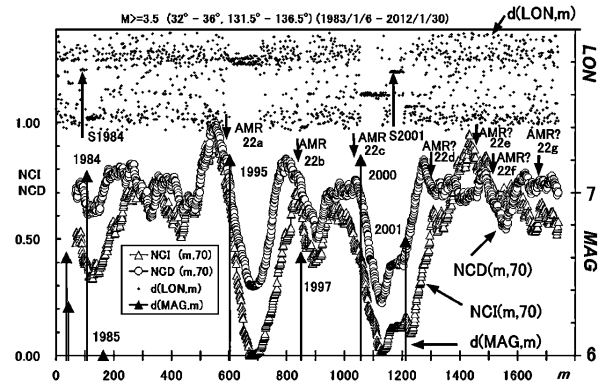
【図 30】



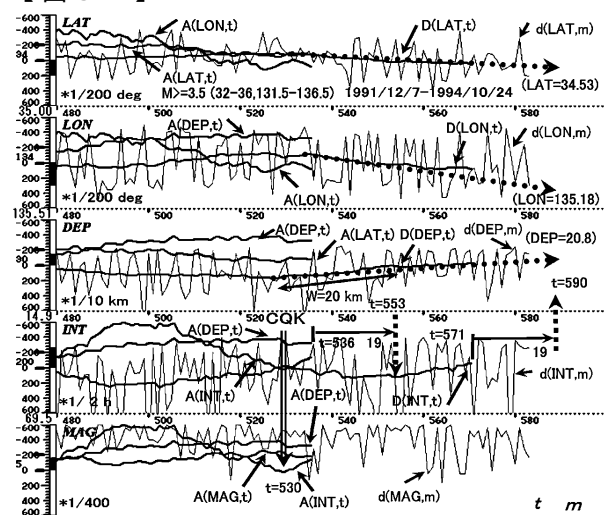
【図 31】



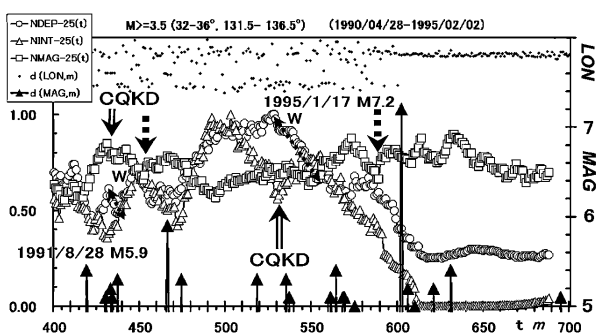
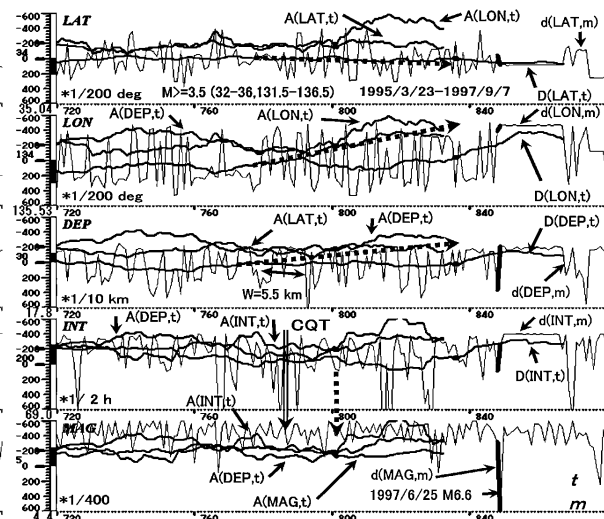
【図 32】



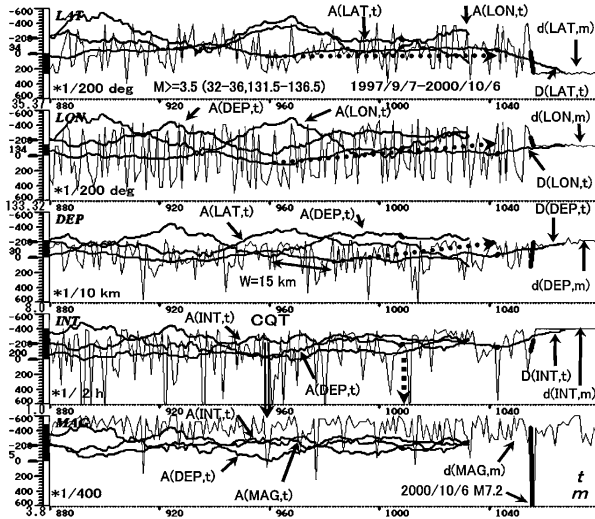
【 図 3 4 】



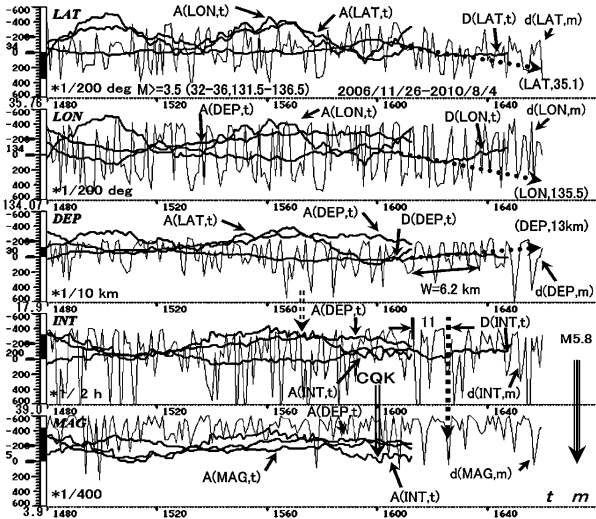
【 ㊦ 37 】



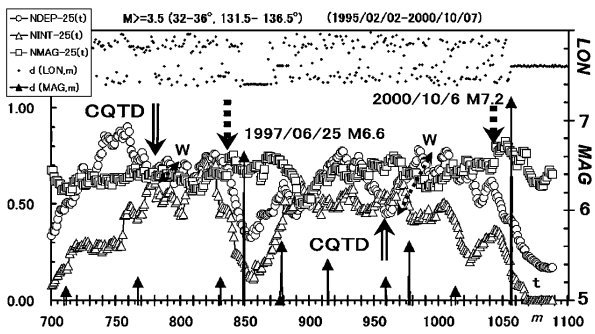
【 38 】



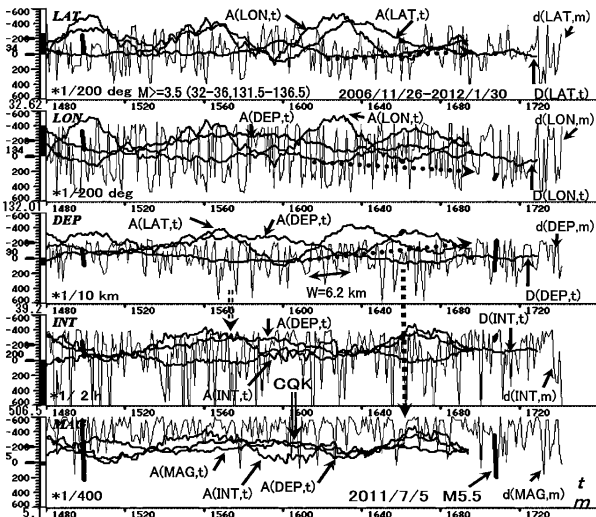
【 40 】



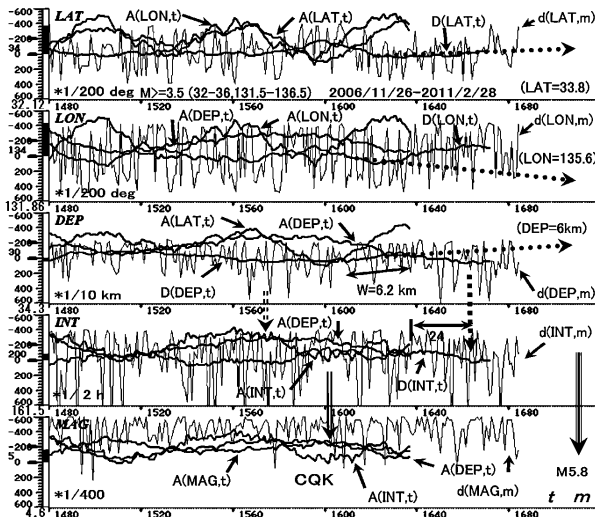
【 39 】



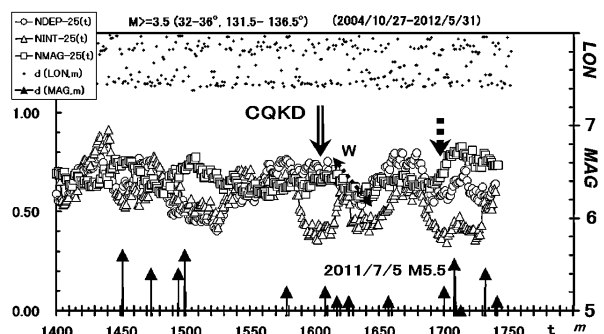
【 42 】



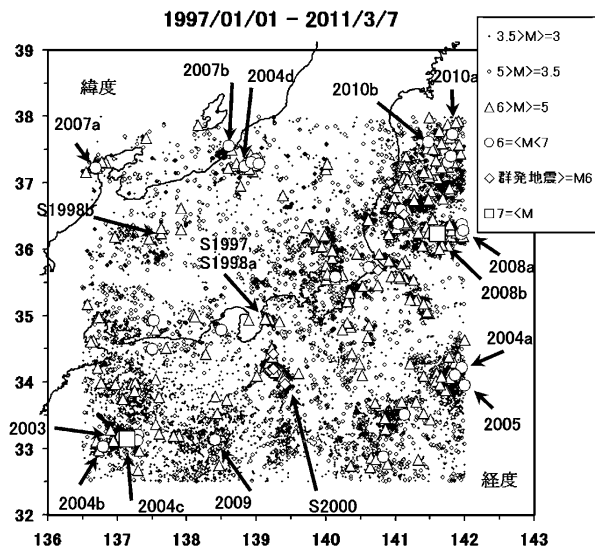
【 41 】



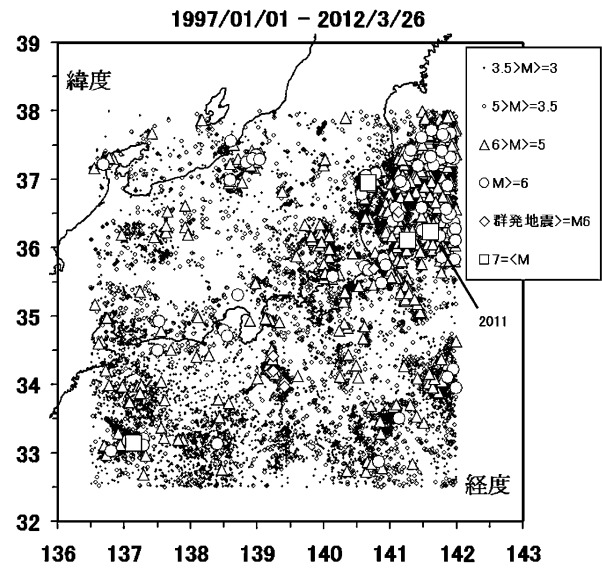
【 43 】



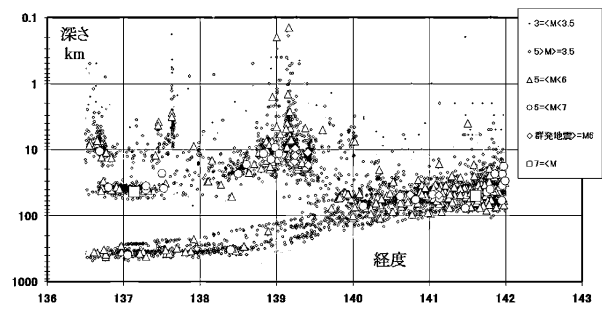
【図 4 4】



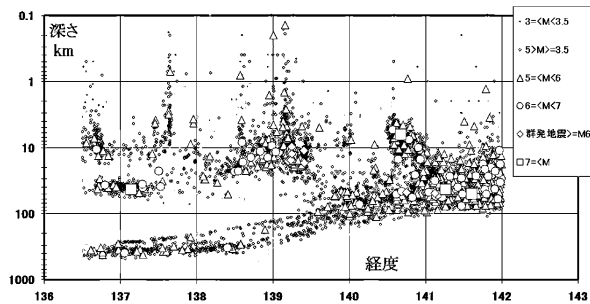
【図 4 5】



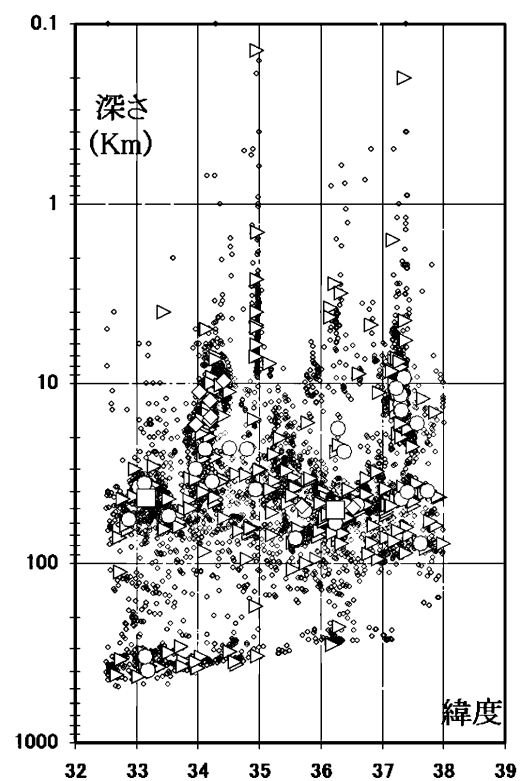
【図 4 6】



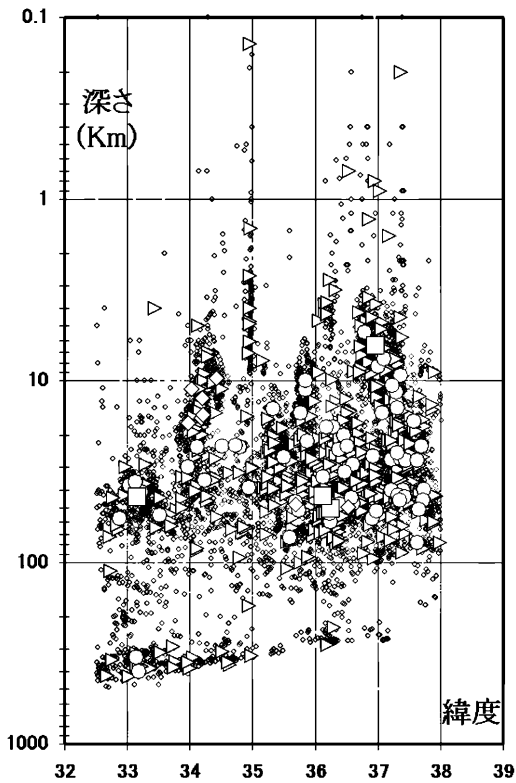
【図 4 7】



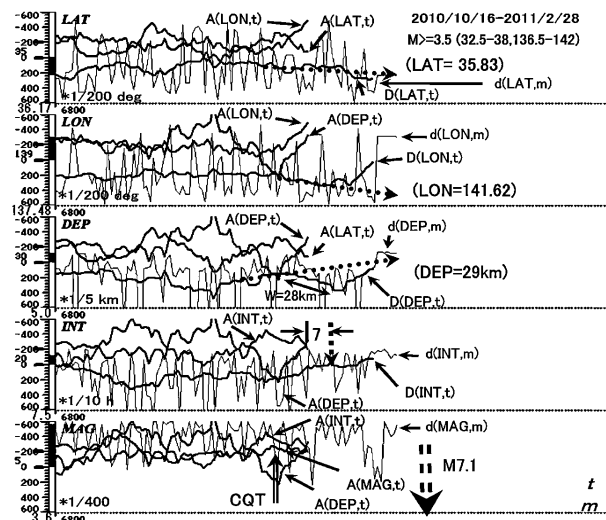
【図 4 8】



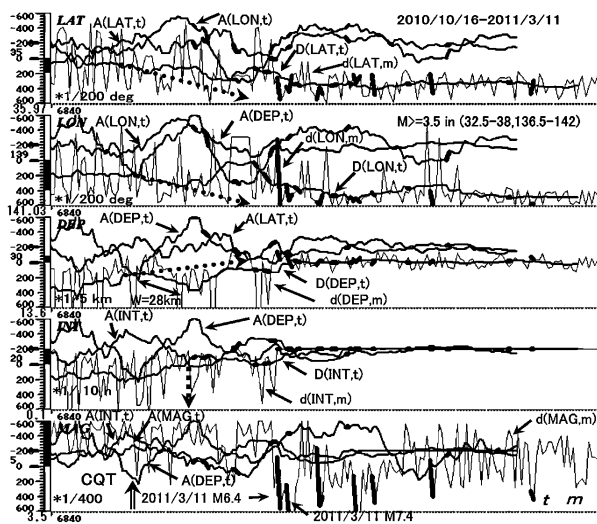
【図 49】



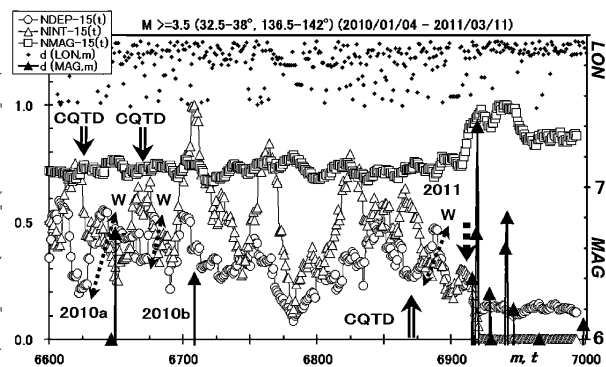
【図 50】



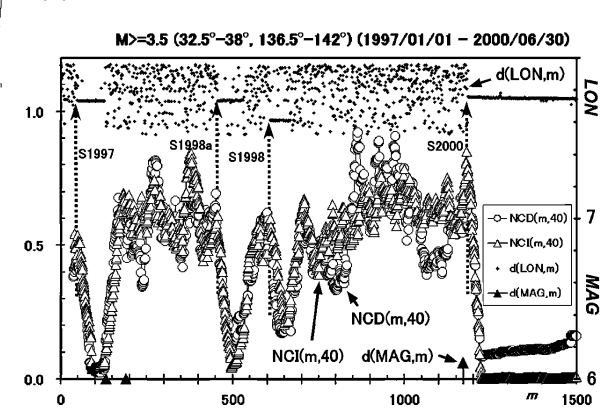
【図 51】



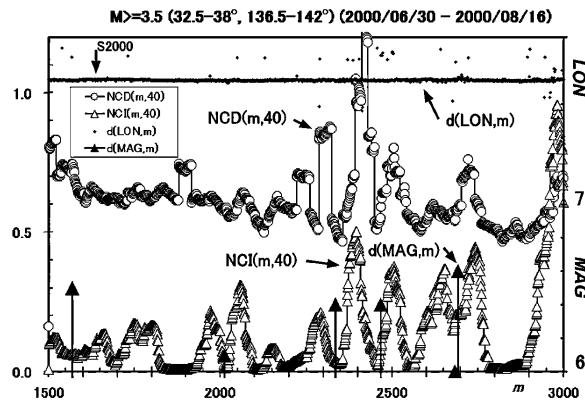
【図 52】



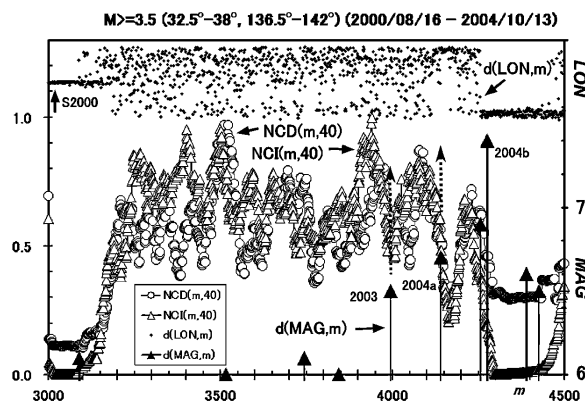
【図 53】



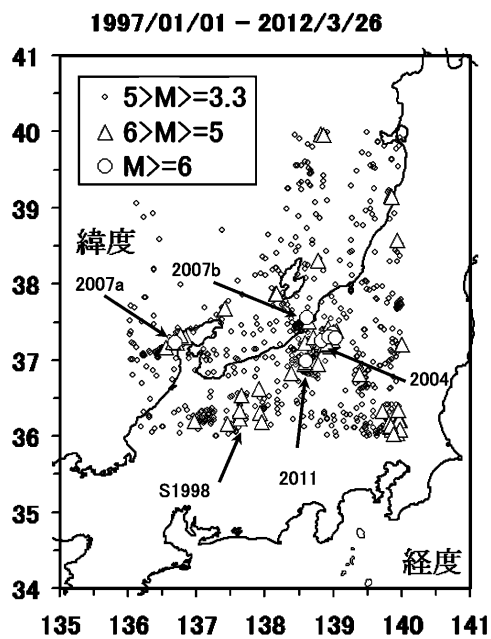
【図 5 4】



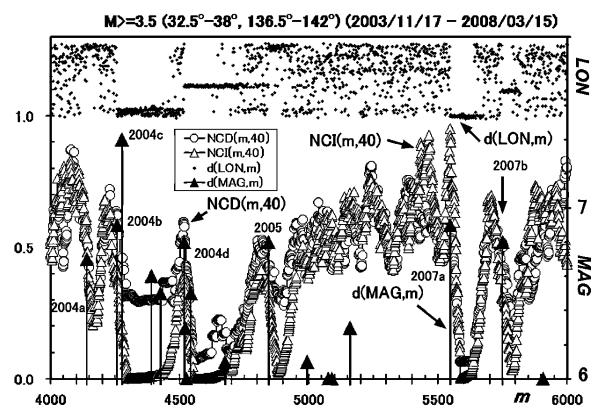
【図 5 5】



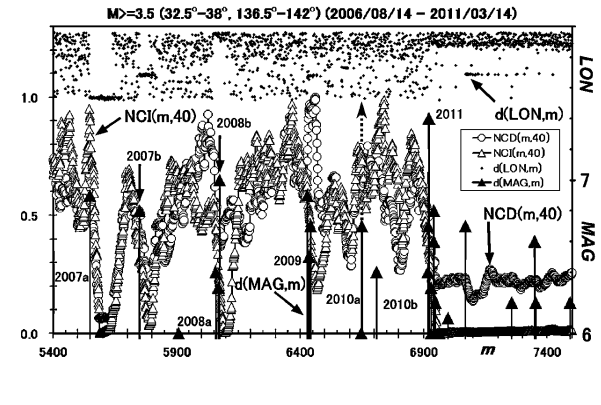
【図 5 8】



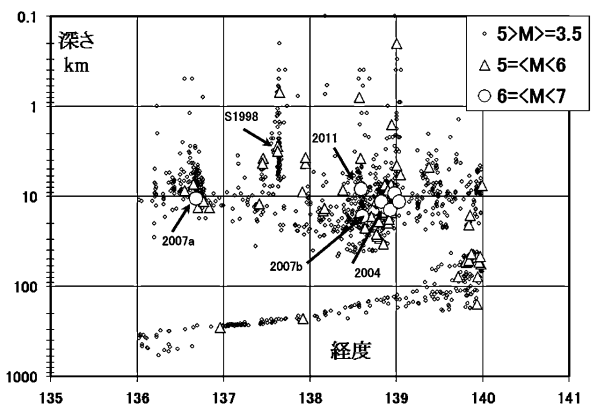
【図 5 6】



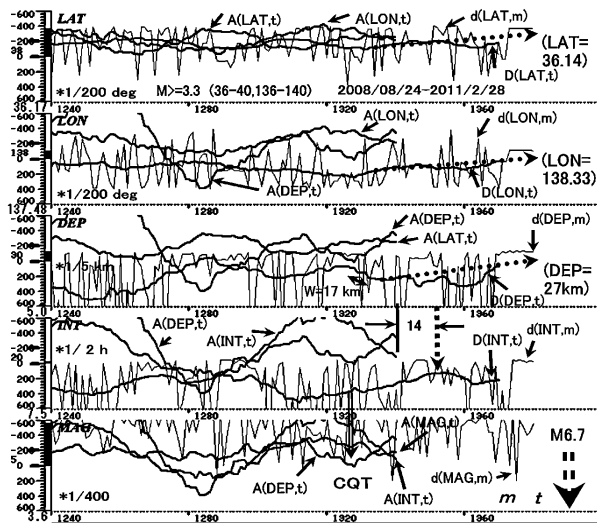
【図 5 7】



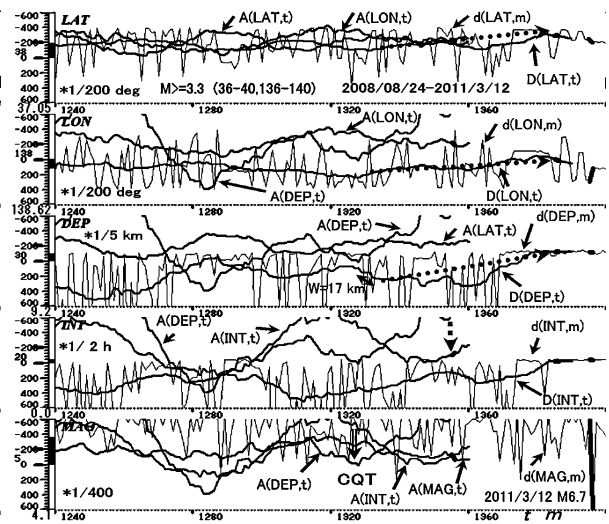
【図 5 9】



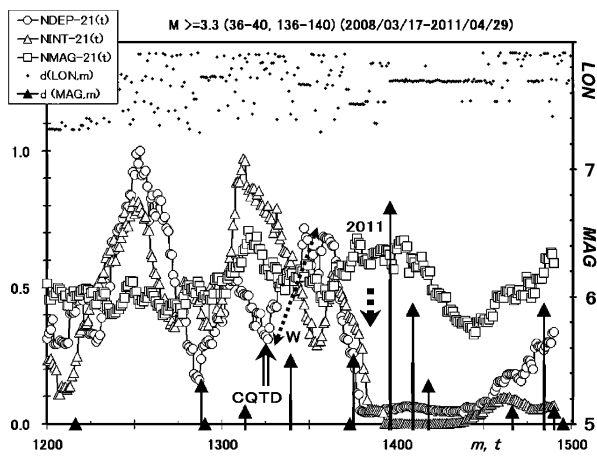
【図 60】



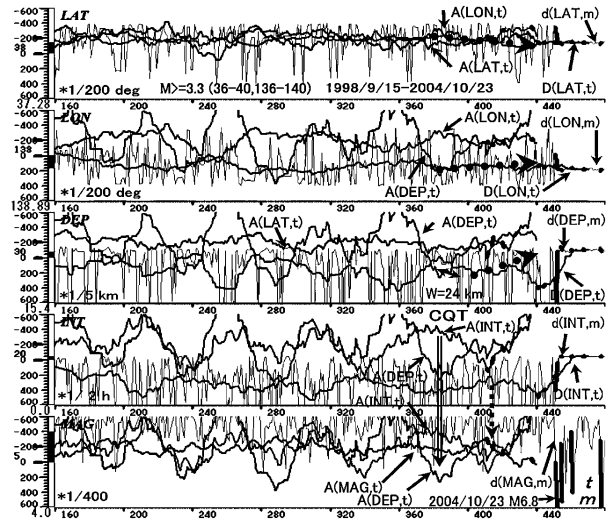
【図 61】



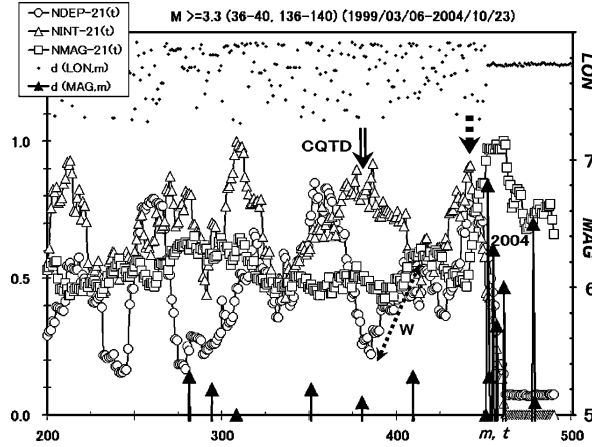
【図 62】



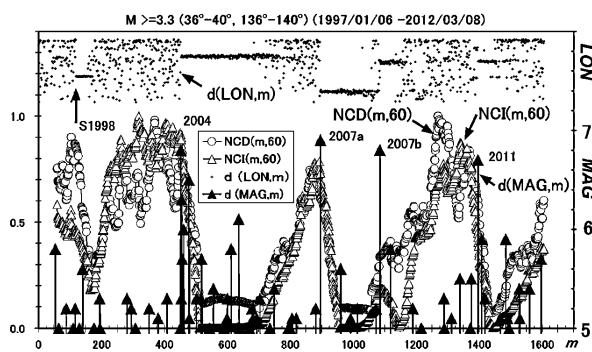
【図 63】



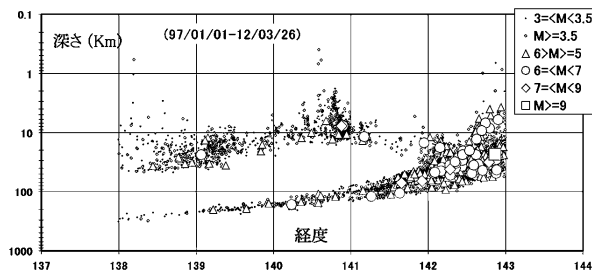
【図 6 4】



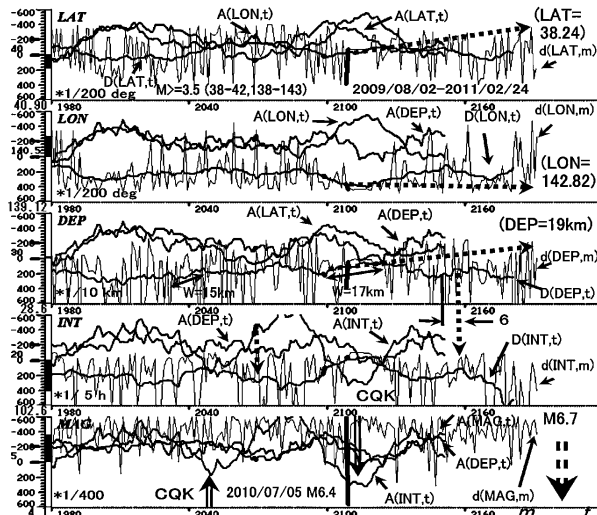
【図 6 5】



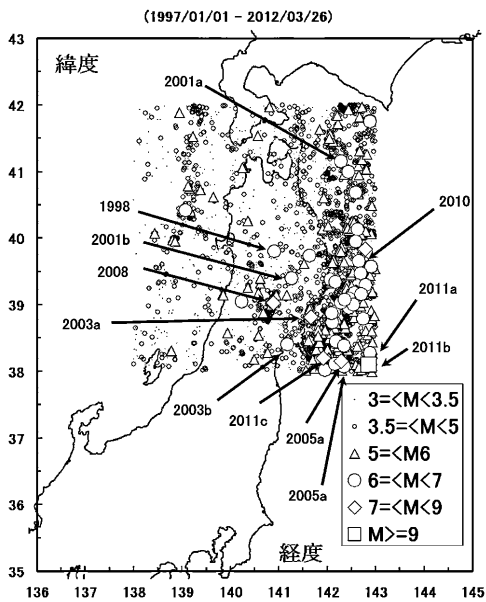
【図 6 7】



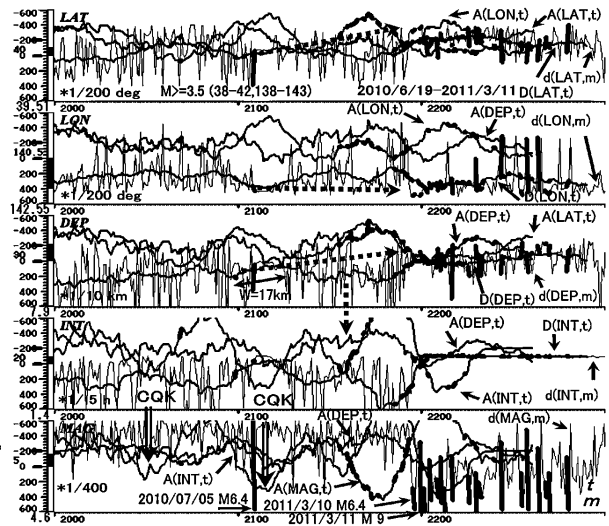
【図 6 8】



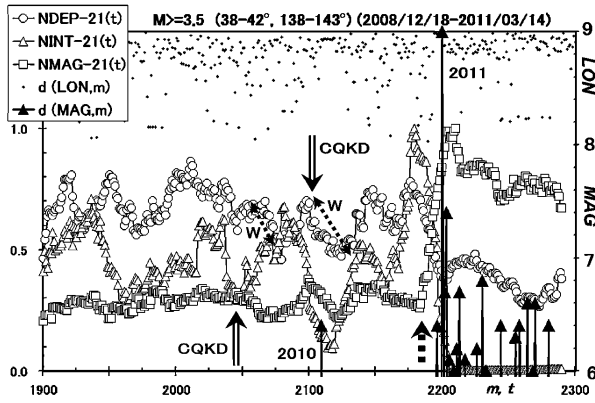
【図 6 6】



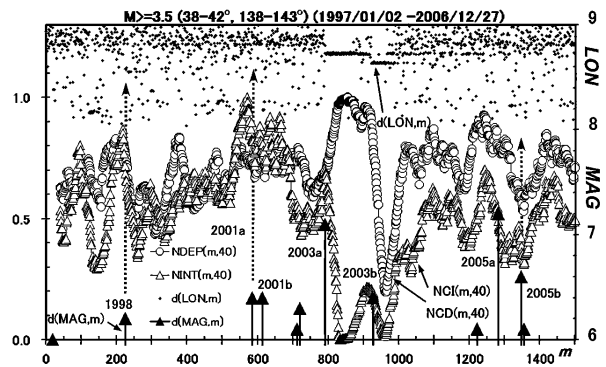
【図 6 9】



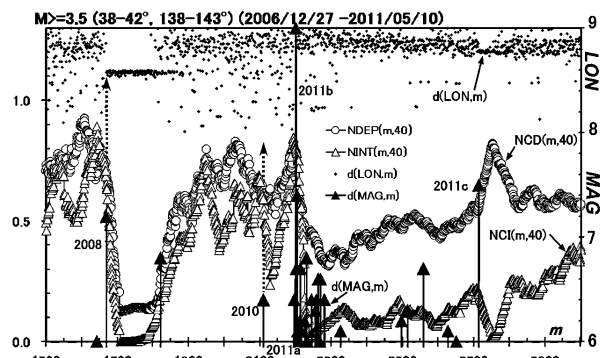
【図 7 0】



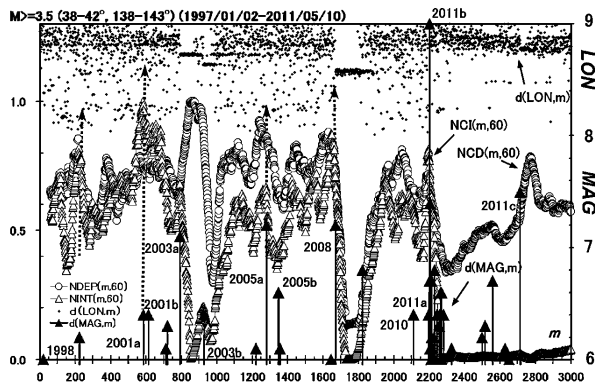
【図 7 2】



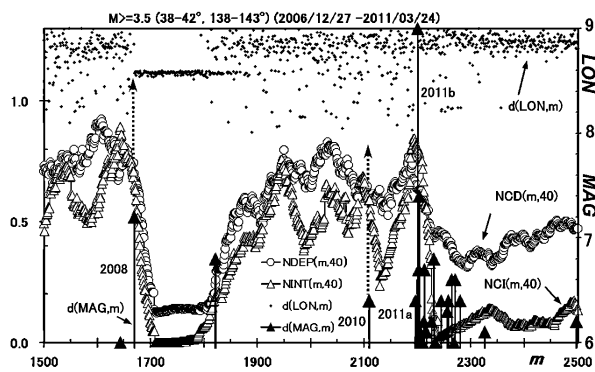
【図 7 3】



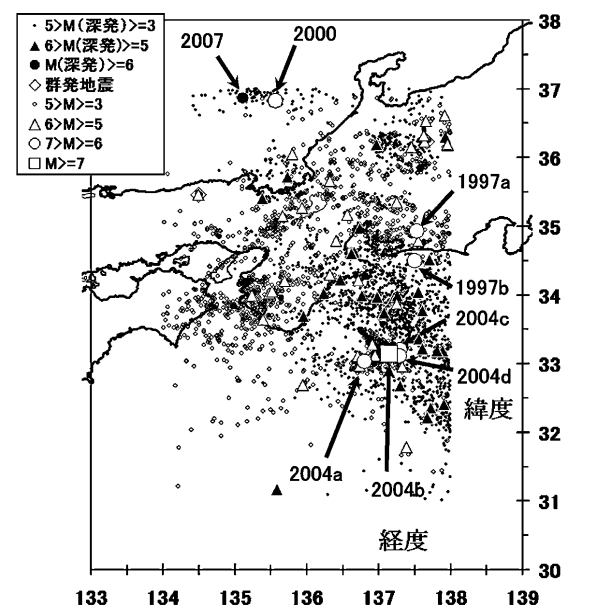
【図 7 1】



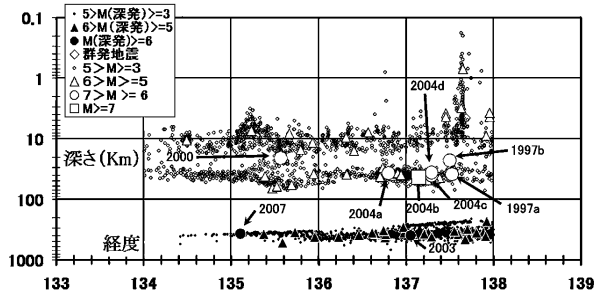
【図 7 4】



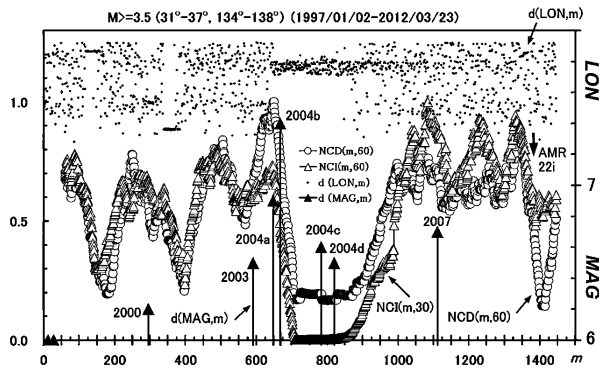
【図 7 5】



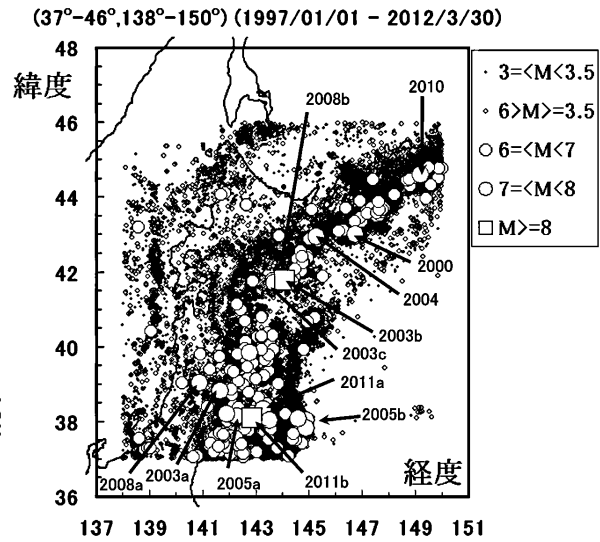
【図 7 6】



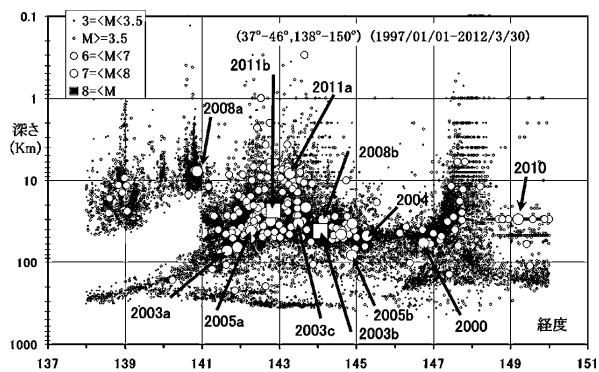
【図 7 7】



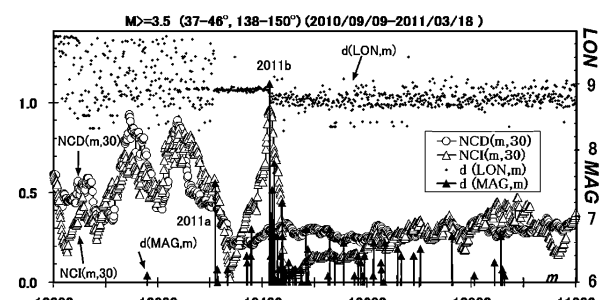
【図 7 8】



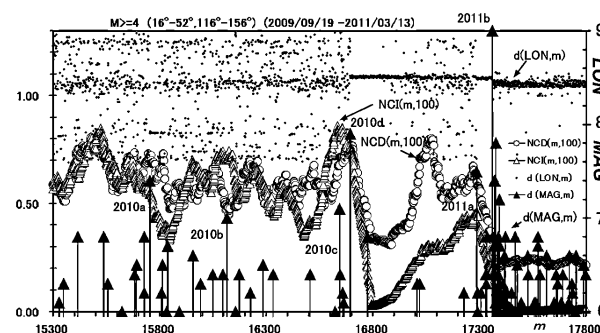
【図 7 9】



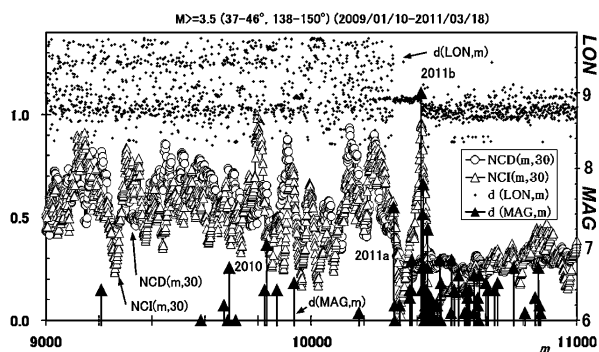
【図 8 1】



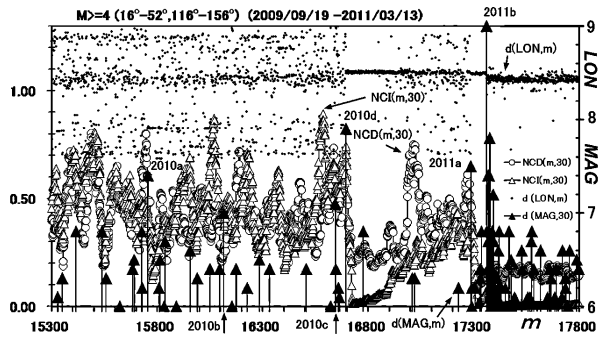
【図 8 2】



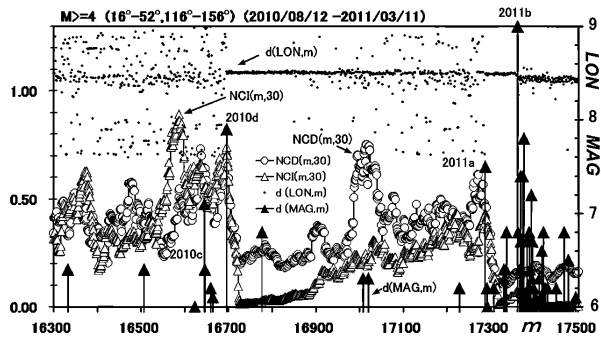
【図 8 0】



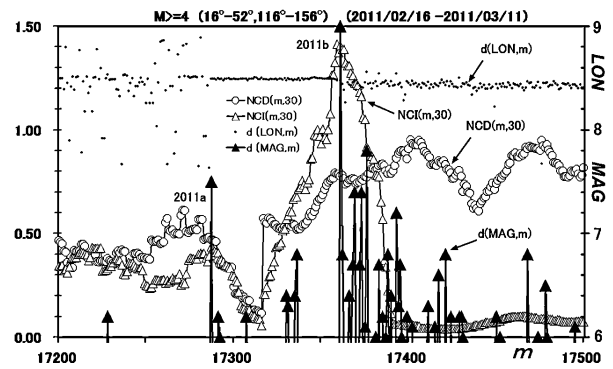
【 8 3 】



【 8 4 】



【 8 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-239901(JP,A)
特開2007-285788(JP,A)
国際公開第2006/103929(WO,A1)
特開平09-080163(JP,A)
特開平09-145849(JP,A)
特開平06-324160(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01V 1/00