

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014年7月17日(17.07.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/109121 A1

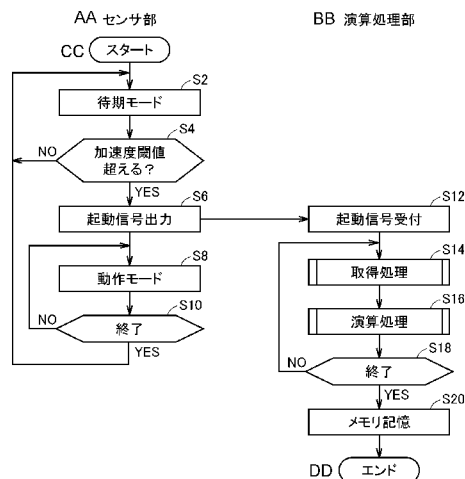
- (51) 国際特許分類:
G01V 1/28 (2006.01) *G01H 1/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/080298
- (22) 国際出願日: 2013年11月8日(08.11.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-003618 2013年1月11日(11.01.2013) JP
- (71) 出願人: オムロン株式会社(OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 三野 宏之(MINO, Hiroyuki); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
上田 直亜(UEDA, Naotsugu); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所(FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目2番7号 中之島セントラルタワー Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: VIBRATION INTENSITY MEASURING DEVICE AND CONTROL METHOD FOR SAME

(54) 発明の名称: 振動強度測定装置およびその制御方法

FIG.2



S2 Stand-by mode
S4 Acceleration threshold exceeded?
S6 Start signal output
S8 Operation mode
S10, S18 End
S12 Start signal reception
S14 Acquisition process
S16 Calculation process
S20 Memory storage
AA Sensor unit
BB Calculation processing unit
CC Start
DD End

(57) Abstract: A control method for a vibration intensity measuring device comprises a step of acquiring acceleration data with an acceleration detecting unit, and a step of measuring vibration intensity on the basis of the acquired acceleration data. At least one of the acquiring step or the measuring step includes a step of determining whether vibration characteristics during the period from the generation of the vibration until convergence fulfill prescribed conditions, and a step of adjusting, when the prescribed conditions are determined to have been fulfilled, at least one of an acquisition process in the acquiring step and the calculation process in the measuring step.

(57) 要約: 振動強度測定装置の制御方法は、加速度検出部による加速度データを取得するステップと、取得された加速度データに基づいて振動強度を測定するステップとを備え、取得するステップおよび測定するステップの少なくとも一方は、振動の発生から収束するまでの間の振動特性が所定条件を満たすか否かを判断するステップと、所定条件を満たすと判断した場合に、取得するステップにおける取得処理および測定するステップにおける算出処理の少なくとも一方を調整するステップを含む。



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：振動強度測定装置およびその制御方法

技術分野

[0001] 本発明は、振動の強度を測定する振動強度測定装置およびその制御方法に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、地震の強度に応じて各種のシステムを制御し、被害の拡大や二次災害の発生を防止するための装置として、制御用地震計が利用されている。この制御用地震計としては、構造物の被害（損傷）との相関が高いスペクトラム・インテンシティ（以下、 $S I$ 値）という地震動の強度の尺度を用いて振動の強度を測定し、これに基づいて判別信号などの制御信号を出力するものが提案されている（特開 2 0 0 1 - 4 2 0 4 9 号公報など）。

[0003] 地震動が発生すると、その加速度 $y(t)$ の時間的な変化は例えば図 2 4 (A) のように観測される。このときの、ある構造物の速度値 $v(t)$ および最大速度値 $S v(t)$ の時間的な変化は図 2 4 (B) のようになる。なお、最大速度値 $S v(t)$ とは、その時刻までに発生した速度値 $v(t)$ の最大値のことである。また、このような振動のある時刻において固有周期 T に対する最大速度値 $S v(t)$ のスペクトル分布は図 2 4 (C) のようになり、この分布の平均値を求める（すなわち図中の斜線部面積を積分区間で割る）ことにより、その時刻の $S I$ 値を得ることができる。なお、この固有周期 T は構造物の大きさなどによって決まるものであり、主要な構造物は上記積分区間（0. 1 から 2. 5）の範囲内の固有周期 T となることが判っている。

[0004] 図 2 5 に示す波形は、加速度検出部によって検出された振動の加速度 $y(t)$ の時系列データをプロットして得られる波形である。図中 $R R$ は測定開始時刻を、 $S S$ は地震発生時刻を、 $E E$ は地震収束時刻を表す。この時系列データは極めて短い周期（例えば 1 0 m 秒）でサンプリングされ、メモリ（

RAM) に記憶される。この時系列データからほぼリアルタイムでSI値を得るために、時刻RRから所定時間Tpが経過した時点で、それまでに得られた加速度y(t)の時系列データをメモリから読み出し、まず一旦、固有周期T毎の速度値v(t)(下記式1)に変換し、次いで固有周期T毎の最大速度値Sv(t)(下記式2)を求め、これらからSI値(下記式3)を算出する。その後、所定の時間Δtpが経過した時点で、時刻(R+Δtp)から時刻(R+Tp+Δtp)までの時系列データをメモリから読み出して同様の演算を行なう。以下、時間Δtpが経過する毎にSI値を算出してゆく。

[0005] なお、これらの式において、t[s]は現在時刻、τは積分期間(時間)、Tは構造物の固有周期、hは構造物の減衰定数、ωは固有角振動数(ω=2π/T[rad/s])、ωdは減衰固有角振動数(ωd=ω×(1-h²)^{1/2}[rad/s])である。

[0006] [数1]

$$v(t) = -\int_0^t y(\tau) \cdot e^{-h\omega(t-\tau)} \times \left[\cos \omega_d(t-\tau) - \frac{h}{\sqrt{1-h^2}} \sin \omega_d(t-\tau) \right] d\tau \quad \dots \text{式 1}$$

[0007] [数2]

$$Sv(t) = |v(t)|_{\max} \quad \dots \text{式 2}$$

[0008] [数3]

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv(t) dT \quad \dots \text{式 3}$$

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2001-42049号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 従来の振動強度の測定方法は、地震が発生してから収束するまでの間、常

に精度の高い演算結果を得ようとするため計算負荷（処理負荷）がかかり続けている。そのため演算負荷に従う消費電力量も増大することになる。

[0011] 一方で、地震等の振動特性の情報として取得したい情報としては、地震の発生を検知するとともに、地震の規模が危険レベルを超えるか否かの検知や地震の最大S I 値の算出等が要求されるが、例えば、地震が収束過程にあるような状況のような場合には、地震発生直後と同様の精度の高い演算処理は不要であると考えられる。

[0012] 本発明は、上記のような問題を解決するためになされたものであって、精度の高い演算処理を実行するとともに、より効率的な演算処理を実行することにより低消費電力化することが可能な振動強度測定装置およびその制御方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 本発明のある局面に従う振動強度測定装置の制御方法は、加速度検出部による加速度データを取得するステップと、取得された加速度データに基づいて振動強度を測定するステップとを備え、取得するステップおよび測定するステップの少なくとも一方は、振動の発生から収束するまでの間の振動特性が所定条件を満たすか否かを判断するステップと、所定条件を満たすと判断した場合に、取得するステップにおける取得処理および測定するステップにおける算出処理の少なくとも一方を調整するステップを含む。

[0014] 好ましくは、加速度検出部は、可変可能なサンプリング間隔に従って加速度データを生成し、調整するステップは、所定条件を満たすと判断した場合にサンプリング間隔を長く設定する。

[0015] 好ましくは、加速度検出部は加速度データを順次、メモリに格納し、取得するステップは、可変可能な通信間隔に従ってメモリに格納されている加速度データを一括して取得し、調整するステップは、所定条件を満たすと判断した場合に通信間隔を長く設定する。

[0016] 好ましくは、振動強度を測定するステップは、所得した加速度データに基づいて各固有周期における速度値を算出するステップと、算出された各固有

周期における速度値に基づいて最大速度値を算出するステップとを含み、調整するステップは、所定条件を満たすと判断した場合に最大速度値を算出する際の各固有周期における速度値の個数を減少させる。

[0017] 好ましくは、振動強度を測定するステップは、取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと、最大速度値に基づいて振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、調整するステップは、所定条件を満たすと判断した場合に速度値、振動強度を示す指標の少なくともいずれかの演算間隔を長く設定する。

[0018] 好ましくは、振動強度を測定するステップは、取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと、最大速度値に基づいて振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、調整するステップは、所定条件を満たすと判断した場合に最大速度値をリセットするタイミングである最大速度計測間隔を変化させる。

[0019] 好ましくは、加速度検出部は、複数軸に対する加速度データをそれぞれ生成し、振動強度を測定するステップは、取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと、最大速度値に基づいて振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、調整するステップは、所定条件を満たすと判断した場合に取得した加速度データに関して複数軸に対する加速度データを合成する。

[0020] 好ましくは、加速度検出部は、複数軸に対する加速度データをそれぞれ生成し、振動強度を測定するステップは、取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと、最大速度値に基づいて振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、調整するステップは、所定条件を満たすと判断した場合に速度値を算出するステップにおいて、複数軸に対するそれぞれの加速度データに基づく速度値を合成する。

[0021] 本発明の別の局面に従う複数軸に対する加速度検出部を含む振動強度測定装置の制御方法であって、加速度検出部による各軸の加速度データを取得するステップと、取得された各軸の加速度データに基づいて振動強度を測定するステップとを備え、振動強度を測定するステップは、取得された各軸の加速度データを合成するステップと、合成された加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと、最大速度値に基づいて振動強度を示す指標を算出するステップとを含む。

[0022] 本発明のさらに別の局面に従う複数軸に対する加速度検出部を含む振動強度測定装置の制御方法であって、加速度検出部による各軸の加速度データを取得するステップと、取得された各軸の加速度データに基づいて振動強度を測定するステップとを備え、振動強度を測定するステップは、取得された各軸の加速度データに基づいて各軸の速度値を算出するステップと、算出された各軸の速度値を合成するステップと、合成された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと、最大速度値に基づいて振動強度を示す指標を算出するステップとを含む。

[0023] 本発明のある局面に従う振動強度測定装置は、加速度検出部を含む振動強度測定装置であって、加速度検出部と接続されたコントローラを備え、コントローラは、加速度検出部による加速度データを取得し、取得された加速度データに基づいて振動強度を測定し、加速度データを取得するための取得処理および振動強度を測定するための算出処理の少なくとも一方において、振動の発生から収束するまでの間の振動特性が所定条件を満たすか否かを判断し、所定条件を満たすと判断した場合に、加速度データの取得処理および振動強度を測定するための算出処理の少なくとも一方を調整する。

発明の効果

[0024] 精度の高い演算処理を実行するとともに、より効率的な演算処理を実行することにより低消費電力化することが可能である。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]本実施の形態に従う振動強度測定装置 1 の概略構成図である。

[図2]本実施の形態に従う振動強度測定装置 1 の処理の流れの概要の一例について説明するフロー図である。

[図3]本実施の形態に従う演算処理部 30 の取得処理のフローについて説明する図である。

[図4]本実施の形態に従う演算処理部 30 の演算処理のフローについて説明する図である。

[図5]本実施の形態の判定処理の一般的なフローを説明する図である。

[図6]本実施の形態の判定処理で用いられる所定条件を説明する図である。

[図7]本実施の形態に従う演算処理部 30 の判定処理のフローについて説明する図である。

[図8]本実施の形態に従うセンサ部 10 の動作モードにおけるパラメータの調整を説明する図である。

[図9]本実施の形態に従うセンサ部 10 と演算処理部 30 との間の通信処理のパラメータの調整を説明する図である。

[図10]本実施の形態に従う演算処理部 30 の演算処理における固有周期速度の個数の調整を説明する図である。

[図11]本実施の形態に従う最大速度値の保存方式について説明する図である。

[図12]本実施の形態に従う演算処理部 30 の演算処理における最大速度値の計測間隔の調整を説明する図である。

[図13]本実施の形態に従う演算処理部 30 の演算処理における演算間隔の調整を説明する図である。

[図14]本実施の形態に従う振動強度測定装置の調整処理のテーブルの具体例について説明する図である。

[図15]図 14 のテーブルに従って、センサ部 10 および演算処理部 30 のパラメータを調整する一例図である。

[図16]図 14 のテーブルに従って、センサ部 10 および演算処理部 30 のパ

ラメータを調整する別の図である。

[図17]所定条件（トリガ条件）について説明する図である。

[図18]別の固有周期の範囲の設定について説明する図である。

[図19]最大速度値 S_v と固有周期 T との曲線に基づいて S_I 値を演算する方式を説明する図である。

[図20]比較例として従来の複数軸の加速度データに基づいて S_I 値を算出する演算処理の概念を説明する図である。

[図21]ベクトル分解の例を説明する図である。

[図22]本変形例6に従う複数軸の加速度データに基づいて S_I 値を算出する演算処理の概念を説明する図である。

[図23]本変形例6の別の例に従う複数軸の加速度データに基づいて S_I 値を算出する演算処理の概念を説明する図である。

[図24]地震動が発生した場合に観測された加速度 $y(t)$ の時間的な変化等を説明する図である。

[図25]加速度 $y(t)$ の時系列データに基づく演算処理を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0026] 本実施の形態について、以下、図面を参照しながら説明する。実施の形態の説明において、個数および量などに言及する場合、特に記載がある場合を除き、本発明の範囲は必ずしもその個数およびその量などに限定されない。実施の形態の説明において、同一の部品および相当部品に対しては、同一の参照番号を付し、重複する説明は繰り返さない場合がある。特に制限がない限り、実施の形態に示す構成に示す構成を適宜組み合わせて用いることは、当初から予定されていることである。

[0027] (1. 全体構成)

図1は、本実施の形態に従う振動強度測定装置1の概略構成図である。

[0028] 図1を参照して、本実施の形態に従う振動強度測定装置1は、センサ部10と、演算処理部30と、電源部4と、2次電池2とを含む。

- [0029] センサ部 10 は、加速度センサ 12 と、センサ I/F 14 と、メモリ 16 と、センサ制御部 18 と、通信 I/F 20 とを含む。
- [0030] 加速度センサ 12 は、3 軸（X、Y、Z 軸）計測が可能で振動に応じて検出信号（加速度検出信号）を出力する半導体加速度センサであるものとする。なお、静電容量型、piezo抵抗型、圧電型、ガス温度分布型等の加速度センサを採用することが可能である。なお、本例においては、3 軸計測が可能な加速度センサについて説明するが、特に 3 軸に限られず、1 軸、2 軸でもよく、さらに複数軸（3 軸以上）の検出が可能な構成としても良い。
- [0031] センサ I/F 14 は、加速度センサ 12 の出力である検出信号を Δt 毎にサンプリングして加速度データを出力する（A/D 変換する）センサインタフェースであり、メモリ 16 に加速度データを格納する。
- [0032] センサ制御部 18 は、センサ部 10 全体を制御する部位であり、本例においては、演算処理部 30 からの指示に従って加速度センサ 12 の出力である検出信号のサンプリングの間隔（以下、サンプリング間隔とも称する）の調整が可能（可変可能）であるものとする。
- [0033] 通信 I/F 20 は、演算処理部 30 との間での通信を遣り取りするためのインタフェースである。
- [0034] 本例においては、センサ制御部 18 は、メモリ 16 に指示してメモリ 16 に格納された加速度データを通信 I/F 20 を介して演算処理部 30 に送信するものとする。なお、センサ部 10 から演算処理部 30 に対してデータ送信する通信間隔は、演算処理部 30 からの指示に従って調整可能であるものとする。
- [0035] また、センサ制御部 18 は、通信 I/F 20 を介して演算処理部 30 からの制御データの入力を受け付けるものとする。後述するが、本例においては、演算処理部 30 からのパラメータの調整指示に従ってセンサ部 10 における各種のパラメータの調整処理を実行する。具体的には、演算処理部 30 からの制御データに従ってセンサ I/F 14 における加速度検出信号の取得に関するパラメータを調整する。具体的には、加速度検出信号をサンプリング

するサンプリング間隔を調整する。また、演算処理部 30 からの制御データに従って通信 I / F 20 を介する加速度データの演算処理部 30 に対する通信処理に関するパラメータを調整する。具体的には、加速度データの通信間隔を調整する。

[0036] 演算処理部 30 は、計時手段であるリアルタイムクロック (RTC) 32、メモリ 34、各種データが入力され、各種振動の特性値の演算やデジタル (2 値) 形式の判別信号を出力する中央処理装置 (CPU) などの制御部 40 と、判別信号を外部に出力するデジタル出力インタフェース DOIF 36 と、外部からの制御信号が入力されるデジタル入力インタフェース DIIF 38 と、通信 I / F 50 とを含む。各部は、制御部 40 と接続されているものとする。

[0037] メモリ 34 には、制御部 40 が実行する各種機能を実現するためのプログラムが格納されており、当該プログラムを読み込むことにより後述する演算処理等の機能が実現される。また、メモリ 34 は、制御部 40 の演算結果等を格納するワーキング領域として利用することも可能である。

[0038] 本例における制御部 40 は、プログラムを実行することにより実現される地震動の強度の一つの尺度である S1 値を演算する S1 値算出部 42 と、速度を演算する速度算出部 46 と、最大速度を演算する最大速度算出部 44 とを含む。また、図示しないがその他の振動強度測定装置 1 を制御するために必要な機能を実現する。なお、本例においては、地震の振動を測定する振動強度測定装置について説明するが、特に地震の振動に限られるものではなく、種々の振動を測定する場合において同様に適用可能である。

[0039] 通信 I / F 50 は、センサ部 10 との間での通信を遣り取りするためのインタフェースである。本例においては、制御部 40 は、制御データを通信 I / F 50 を介してセンサ部 10 との間で送受信することが可能である。

[0040] 制御部 40 は、通信 I / F 50 を介してセンサ部 10 から送信される加速度データの入力を受け付けて所定の演算処理を実行することが可能である。

[0041] また、振動強度測定装置 1 は、2 次電池 2 からの電力の供給を受ける電源

部 4 を含み、電源部 4 は、センサ部 10 および演算処理部 30 を駆動するために必要な電圧を供給する。なお、本例においては、電源部 4 が 2 次電池 2 からの電力の供給を受けて動作する場合について説明するが、特に当該場合に限られず、外部電源からの電力の供給を受けて動作する構成としても良い。また、2 次電池に限られず 1 次電池等を用いる構成とすることも当然に可能である。

[0042] デジタル入力インタフェース (D I I F) 38 は、外部の設備機器と接続されて、当該設備機器からの入力を受け付ける。

[0043] また、デジタル出力インタフェース (D O I F) 36 は、外部の設備機器と接続されて、当該設備機器に対して動作を指示する。本例においては、一例として、当該振動強度測定装置 1 をガス供給システムに設けて、振動強度測定装置 1 から出力される信号に従って、緊急遮断弁を制御してガスの供給を停止する場合について説明する。なお、当該振動強度測定装置 1 の利用の仕方は種々あり、特にガス供給システムにのみ適用されるものではなく、種々のシステムに適用可能である。また、本例においては、2 次電池で駆動するように構成されているため取り付けが容易であり、利用用途はさまざまである。

[0044] (2. 処理の流れ)

(2. 1 全体概要)

図 2 は、本実施の形態に従う振動強度測定装置 1 の処理の流れの概要の一例について説明するフロー図である。

[0045] 図 2 を参照して、まず、センサ部 10 の処理の流れについて説明する。

センサ部 10 は、まず待機モードであるものとする (ステップ S 2)。センサ部 10 は、初期状態においては、低消費電力の待機モードに設定されているものとする。そして、地震が発生したと判断した場合に動作モードに移行するものとする。具体的には、本例において、センサ I / F 14 は、待機モードにおいては、加速度センサ 12 の出力である検出信号 (加速度検出信号) を長いサンプリング間隔でサンプリングする。そして、加速度データを

メモリ 16 に格納する処理を実行する。

[0046] 次に、センサ部 10 は、メモリ 16 に格納されている加速度データが閾値を超えたかどうかを判断する（ステップ S 4）。閾値は、当該閾値を超える場合には地震であると判断される可能性が高い値に設定されるものとする。具体的には、センサ制御部 18 は、メモリ 16 に格納されている加速度データと閾値となるデータとを比較して、加速度データが閾値を超えたかどうかを判断するものとする。

[0047] 次に、ステップ S 4 において、センサ部 10 は、加速度データが閾値を超えたと判断した場合（ステップ S 4 において YES）には、ステップ S 6 に進む。

[0048] 一方、ステップ S 4 において、センサ部 10 は、加速度データが閾値を超えないと判断した場合（ステップ S 4 において NO）には、ステップ S 2 に戻る。閾値を超えない加速度データについては、ノイズあるいは外乱の影響であると判断して待機モードを維持する。

[0049] 次に、ステップ S 6 において、センサ部 10 は、起動信号を出力する。具体的には、センサ制御部 18 は、通信 I/F 20 を介して演算処理部 30 に対して起動信号を出力（通知）する。

[0050] 次に、センサ部 10 は、動作モードに移行する（ステップ S 8）。具体的には、待機モードから動作モードにシフトする。当該動作モードにおいては、加速度センサ 12 の出力である検出信号を短いサンプリング間隔でサンプリングする。そして、加速度データをメモリ 16 に格納する処理を実行する。

[0051] 次に、センサ部 10 は、処理が終了したかどうかを判断する（ステップ S 10）。具体的には、センサ制御部 18 は、メモリ 16 に格納される加速度データに従って処理が終了したかどうか、すなわち、地震動は収束したかどうかを判断する。例えば、加速度データが閾値以下となったかどうかに従って判断するようにしても良い。

[0052] ステップ S 10 において、センサ部 10 は、処理が終了していないと判断

した場合（ステップS 1 0においてN O）には、ステップS 8に戻り、ステップS 8の動作モードを維持する。

[0053] 一方、ステップS 1 0において、センサ部1 0は、処理が終了したと判断した場合（ステップS 1 0においてY E S）には、再び、ステップS 2に戻り、待機モードにシフトして最初の初期状態に戻る。

[0054] 次に演算処理部3 0の処理の流れについて説明する。

まず、演算処理部3 0は、センサ部1 0から出力された起動信号を受け付ける（ステップS 1 2）。

[0055] そして、演算処理部3 0は、受け付けた起動信号に従って起動し、まず、取得処理を実行する（ステップS 1 4）。具体的には、センサ部1 0と通信してセンサ部1 0から送信される加速度データを取得する。取得処理の詳細については後述する。

[0056] 次に、演算処理部3 0は、取得したデータに基づいて演算処理を実行する（ステップS 1 6）。演算処理の詳細については後述する。

[0057] そして、次に、演算処理部3 0は、処理が終了したかどうかを判断する（ステップS 1 8）。具体的には、取得した全ての加速度データに対するS 1値の演算処理が終了したかどうかを判断する。

[0058] そして、ステップS 1 8において、演算処理部3 0は、処理が終了したと判断した場合（ステップS 1 8においてY E S）には、演算結果をメモリに記憶する（ステップS 2 0）。一例として、このときメモリに記憶した演算結果を上位のシステムの管理装置等に出力するようにしても良い。

[0059] そして、処理を終了する（エンド）。すなわち、起動を終了して省電力モードに移行するものとする。当該処理により消費電力を低減することが可能である。

[0060] 一方、ステップS 1 8において、演算処理部3 0は、処理が終了していないと判断した場合（ステップS 1 8においてN O）には、ステップS 1 4に戻り、上記の取得処理および演算処理を繰り返す。

[0061] （2. 2 取得処理）

次に、図2のステップS14における取得処理について説明する。

[0062] 図3は、本実施の形態に従う演算処理部30の取得処理のフローについて説明する図である。当該処理は、主に制御部40における処理である。

[0063] 図3を参照して、まず、通信間隔s時間が経過したかどうかを判断する（ステップS30）。通信間隔s時間が経過するまでステップS30を維持する。なお、当該期間の計算等は、RTC32からのクロックに従って計測することが可能である。他の期間等についても同様である。なお、期間の計算等に関してRTC32のクロックを用いることは必須ではなく、他の手段を用いて計測するようにしても良い。

[0064] ステップS30において、通信間隔s時間が経過したと判断した場合（ステップS30においてYES）には、センサ部10と通信して加速度データを取得する（ステップS32）。なお、取得した加速度データは、メモリ34に格納するものとする。

[0065] そして、取得した加速度データについて加速度判定処理を実行する（ステップS34）。具体的には、加速度データについて所定の条件を満たしているか否かを判定する。判定処理については後述する。なお、本例においては、加速度データを取得した後、加速度判定処理を実行する場合について説明しているが必ずしも判定処理を実行する必要はなく、加速度データを取得した後、処理を終了するようにしても良い。

[0066] そして、処理を終了する（リターン）。

（2. 3 演算処理）

次に、図2のステップS16における演算処理について説明する。

[0067] 図4は、本実施の形態に従う演算処理部30の演算処理のフローについて説明する図である。当該処理は、主に制御部40の速度算出部46、最大速度算出部44、S1値算出部42で実行される処理である。

[0068] 図4を参照して、加速度データに基づいて速度値を算出する速度算出処理を実行する（ステップS40）。当該算出処理は、制御部40の速度算出部46で実行されるものとする。速度算出の方式としては、例えば式（1）に

基づいた積分法によって求めることが可能である。

[0069] 次に、算出された速度値を判定する速度判定処理を実行する（ステップS 4 1）。具体的には、算出された速度値について所定の条件を満たしているか否かを判定する。判定処理については後述する。なお、本例においては、速度値を算出した後、速度判定処理を実行する場合について説明しているが必ずしも判定処理を実行する必要はなく、速度値を算出した後、当該判定処理をスキップするようにしても良い。

[0070] 次に、算出された速度値に基づいて最大速度値を算出する最大速度算出処理を実行する（ステップS 4 2）。当該算出処理は、制御部4 0の最大速度算出部4 4で実行されるものとする。最大速度値の算出の方式としては、例えば式（2）を用いることが可能である。

[0071] 次に、算出された最大速度値を判定する最大速度判定処理を実行する（ステップS 4 3）。具体的には、算出された最大速度値について所定の条件を満たしているか否かを判定する。判定処理については後述する。なお、本例においては、最大速度値を算出した後、最大速度判定処理を実行する場合について説明しているが必ずしも判定処理を実行する必要はなく、最大速度値を算出した後、当該判定処理をスキップするようにしても良い。

[0072] 次に、最大速度値に基づいてS I値を算出するS I値算出処理を実行する（ステップS 4 4）。当該算出処理は、制御部4 0のS I値算出部4 2で実行されるものとする。S I値の算出の方式としては、例えば式（3）を用いることが可能である。

[0073] 次に、算出されたS I値を判定するS I値判定処理を実行する（ステップS 4 5）。具体的には、算出されたS I値について所定の条件を満たしているか否かを判定する。判定処理については後述する。なお、本例においては、S I値を算出した後、S I値判定処理を実行する場合について説明しているが必ずしも判定処理を実行する必要はなく、S I値を算出した後、当該判定処理をスキップして処理を終了するようにしても良い。

[0074] そして、処理を終了する（リターン）。

(2. 4 判定処理)

次に、図3および図4における判定処理について説明する。

[0075] 図5は、本実施の形態の判定処理の一般的なフローを説明する図である。

図5を参照して、所定条件を満たされたかどうか、一例としてすなわち所定条件となるトリガーを超えたかどうか判定される（ステップS46）。

[0076] ステップS46において、トリガーを超えた判定された場合（ステップS46においてYES）には、パラメータを調整する（ステップS47）。一例として、加速度データを取得する取得処理またはSI値等の演算処理等で用いられるパラメータを調整する。なお、ここでは、一例としてパラメータを調整する場合について説明しているが特にパラメータに限られず演算処理の方式や補正の方式等を調整（変更）するようにしても良い。

[0077] 次に、判別信号を出力する（ステップS48）。具体的には、トリガーを超えたことを示す判別信号を出力する。なお、当該判別信号の出力は必須ではなく、必要に応じて出力することが可能である。

[0078] そして、処理を終了する（リターン）。

当該判定処理において、加速度、速度値、最大速度値、SI値等、各種の値に関して、それぞれ所定条件を満たされたかどうか判定される。この判定処理は一例として上記の図3および図4のフロー図に記載されているが、上述したように必ずこの判定処理を通過しなければならないというものではない。例えば、図4において、ステップS41の判定処理は行なうが、ステップS43の判定処理は行なわないというような組み合わせでもよい。

[0079] 本例においては、上記判定処理のうち主にSI値判定処理および最大速度判定処理について説明する。

[0080] 図6は、本実施の形態の判定処理で用いられる所定条件を説明する図である。

図6（A）を参照して、ここでは、時間の経過とともに演算処理部30により算出されたSI値が示されている。縦軸がSI値、横軸が時間tを示している。

- [0081] そして、本例においては、 S_I 値判定処理において用いられる所定条件の一例として、 S_I 値の閾値として閾値 T_{r1} が設けられている。言い換えるならば、本実施の形態においては、 S_I 値が閾値 T_{r1} 以下の場合と、 S_I 値が閾値 T_{r1} を超える場合とで動作モードを切り替えるものとする。
- [0082] 本例においては、閾値 T_{r1} は、例えば、振動強度測定装置 1 がガス供給システムに配置されている場合に、ガス供給システムの緊急遮断弁を制御してガスの供給を停止する場合の判別に用いられるものとする。すなわち、閾値 T_{r1} は、地震の規模が危険レベルを超えるか否かの検知の閾値として利用されるものとする。当該閾値 T_{r1} を超える S_I 値が検出された場合には、緊急的な判別信号が振動強度測定装置 1 から緊急遮断弁に対して出力されるものとする。そして、緊急遮断弁が当該信号を受けてガスの供給を停止するものとする。
- [0083] また、別の所定条件の一例として、 S_I 値が更新されない期間の閾値として閾値 T_{r2} が設けられる。言い換えるならば、本実施の形態においては、 S_I 値が更新されない期間が閾値 T_{r2} 以下の場合と、 S_I 値が更新されない期間が T_{r2} を超える場合とで動作モードを切り替えるものとする。
- [0084] 本例においては、閾値 T_{r2} は、例えば、地震動が収束する場合の判定条件に用いられるものとする。
- [0085] 図 6 (B) を参照して、ここでは、時間の経過とともに、演算処理部 30 により算出された最大速度値が示されている。縦軸が最大速度値 S_v 、横軸が時間 t を示している。
- [0086] そして、さらに、最大速度判定処理において用いられる所定条件の一例として、最大速度値 S_v が更新されない期間の閾値として閾値 T_{r3} が設けられる。言い換えるならば、本実施の形態においては、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} 以下の場合と、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} を超える場合とで動作モードを切り替えるものとする。
- [0087] 本例においては、閾値 T_{r3} は、例えば、閾値 T_{r2} と同様に地震動が収束する場合の判定条件に用いられるものとする。

[0088] 図7は、本実施の形態に従う演算処理部30の判定処理のフローについて説明する図である。当該処理は、主に制御部40における処理である。

[0089] 図7(A)を参照して、ここでは、最大速度判定処理のフローが示されている。

まず、最大速度値 S_v が更新されない期間の閾値として閾値 T_r3 を超えるかどうかを判定する(ステップS60)。

[0090] ステップS60において、最大速度値 S_v が更新されない期間の閾値 T_r3 を超えたと判断した場合には、パラメータを調整する(ステップS62)。パラメータの調整については後述する。

[0091] 一方、ステップS60において、最大速度値 S_v が更新されない期間の閾値 T_r3 を超えないと判断した場合には、ステップS60をスキップして、処理を終了する(リターン)。

[0092] 図7(B)を参照して、ここでは、SI値判定処理のフローが示されている。

まず、SI値が閾値 T_r1 を超えたかどうかを判定する(ステップS50)。

[0093] ステップS50において、SI値が閾値 T_r1 を超えたと判断した場合には、パラメータを調整する(ステップS52)。パラメータの調整については後述する。

[0094] また、次に、判別信号を出力する(ステップS53)。具体的には、緊急遮断弁を制御して、ガスの供給を停止するための判別信号を出力する。例えば、制御部40からDOIF36を介して当該判別信号が出力されるものとする。なお、本例においてはステップS53の処理を実行する場合について説明しているがシステムによっては当該判別信号を出力しないようにしても良い。

[0095] 一方、ステップS50において、SI値が閾値 T_r1 を超えないと判断した場合には、上記のステップS52、S53をスキップしてステップS54に進む。

[0096] 次に、 $S I$ 値が更新されない期間の閾値として閾値 $T r 2$ を超えたかどうかを判定する（ステップ $S 5 4$ ）。

[0097] ステップ $S 5 4$ において、 $S I$ 値が更新されない期間の閾値 $T r 2$ を超えたと判断した場合には、パラメータを調整する（ステップ $S 5 6$ ）。パラメータの調整については後述する。

[0098] 一方、ステップ $S 5 4$ において、 $S I$ 値が更新されない期間の閾値 $T r 2$ を超えないと判断した場合には、ステップ $S 5 6$ をスキップして、処理を終了する（リターン）。

[0099] なお、本例においては、判定条件として2つの所定条件が設けられた場合について説明しているが、特に当該構成に限定する必要はなく、所定条件のうちの1つが含まれる構成であれば良い。あるいは、さらに複数の条件を設けるようにすることも可能である。

[0100] なお、本例においては、上記判定処理のうち主に $S I$ 値判定処理および最大速度判定処理のフローについて説明したが他の判定処理のフローについても同様に、所定条件を満たしているか否かが判断され、満たしている場合にはパラメータを調整する。

[0101] （3. パラメータ調整の概要）

（3. 1 サンプルング間隔の調整）

図8は、本実施の形態に従うセンサ部10の動作モードにおけるパラメータの調整を説明する図である。

[0102] 図8を参照して、ここでは、センサ部10でのサンプルング処理を調整する場合が示されている。

[0103] 本例においては、時間の経過に従う（A）地震動の波形、（B）サンプルング間隔、（C）加速度データの値、（D） $S I$ 値が示されている。

[0104] まず、時刻 $t 0$ において、地震動が発生してセンサ部10が待機モードから動作モードにシフトするものとする。動作モードにシフトした際のサンプルング間隔 g は一例として、 $g 0$ ($0.01 s$) であるものとする。すなわち、短いサンプルング間隔でサンプルングする。そして、加速度データをメ

メモリ 16 に格納する。

[0105] また、地震の発生を検知して起動信号を演算処理部 30 に出力するものとする。これにより演算処理部 30 が起動する。演算処理部 30 は、上記で説明したように加速度データを取得し、演算処理を実行して当該処理を繰り返す。演算処理により S I 値が算出される。

[0106] 次に、演算処理部 30 により算出された S I 値に関して、時刻 t_1 において、閾値 T_{r1} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、S I 値が閾値 T_{r1} を超えたと判断される。これにより、パラメータが調整される。本例において演算処理部 30 は、センサ部 10 に対してサンプリング間隔を調整するようにパラメータの調整を指示する。具体的には、サンプリング間隔に関して、サンプリング間隔 g_1 (0.02 s) に設定するように指示する。

[0107] 当該指示に従い時刻 t_1 以降の期間において、サンプリング間隔 g_1 に従い加速度検出信号がサンプリングされて加速度データがメモリ 16 に格納される。

[0108] S I 値が閾値 T_{r1} を超える場合には、上述したように判別信号が緊急遮断弁に対して出力される。これによりガスの供給が停止されるものである。したがって、当該ガス供給システムで本振動強度測定装置を利用する場合には、判別信号が出力された後（ガスの供給が停止された後）は、緊急的な情報をさらに出力する必要はないと考えられる。すなわち、精度の高い測定があまり求められない状況であるためサンプリング間隔を調整して演算負荷を抑えることにより低消費電力を図ることが可能である。

[0109] 次に、演算処理部 30 により算出された S I 値に関して、時刻 t_2 において、S I 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、S I 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超えたと判断される。これによりパラメータが調整される。本例において、演算処理部 30 は、センサ部 10 に対してサンプリング間隔を調整するようにパラメータの調整を指示する。具体的には、サンプリング間

隔に関して、サンプリング間隔 g_2 (0.04 s) に設定するように指示する。

[0110] 当該指示に従い時刻 t_2 以降の期間において、サンプリング間隔 g_2 に従い加速度検出信号がサンプリングされて加速度データがメモリ 16 に格納される。

[0111] S_I 値が更新されない期間の閾値 T_r2 を超える場合には、上述したように地震動が収束する場合であると考えられる。したがって、精度の高い測定があまり求められない状況であるためサンプリング間隔を調整して演算負荷を抑えることによりさらに低消費電力を図ることが可能である。

[0112] したがって、本例においては、地震動の状況に従ってサンプリング間隔を調整することが可能である。すなわち、地震動が発生している場合に常に同じ演算負荷をかけるのではなく、地震動が発生してから所定条件が満たされるまで（地震の規模が危険レベルを超えるか否かの検知がされるまで）は短いサンプリング間隔で精度の高い測定を実行し、そして、所定条件が満たされた場合には、サンプリング間隔を段階的に長くしていくことにより演算負荷を抑えることにより低消費電力な動作を実現することが可能である。

[0113] (3. 2 通信間隔の調整)

図 9 は、本実施の形態に従うセンサ部 10 と演算処理部 30 との間の通信処理のパラメータの調整を説明する図である。

[0114] 図 9 を参照して、ここでは、センサ部 10 と演算処理部 30 との間の通信間隔を調整する場合が示されている。

[0115] 本例においては、時間の経過に従う (A) 加速度データの値、(B) 通信間隔、(C) S_I 値が示されている。

[0116] まず、時刻 t_0 において、地震動が発生してセンサ部 10 が待機モードから動作モードにシフトするものとする。動作モードにシフトした際の通信間隔 s は s_0 であるものとする。すなわち、通信間隔を短くして高速に演算処理部 30 との間で加速度データの通信処理を実行する。

[0117] また、地震の発生を検知して起動信号を演算処理部 30 に出力するものと

する。これにより演算処理部 30 が起動する。演算処理部 30 は、上記で説明したように加速度データを取得し、演算処理を実行して当該処理を繰り返す。演算処理により S I 値が算出される。

[0118] 次に、演算処理部 30 により算出された S I 値が時刻 t_1 において、閾値 T_{r1} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、S I 値が閾値 T_{r1} を超えたと判断される。これにより、パラメータが調整される。本例において演算処理部 30 は、センサ部 10 に対して通信間隔を調整するようにパラメータの調整を指示する。具体的には、通信間隔 s に関して、 s_1 ($> s_0$) に設定するように指示する。

[0119] 当該指示に従い時刻 t_1 以降の期間において、通信間隔 s_1 に従い演算処理部 30 との間で加速度データの通信処理を実行する。

[0120] 上述したように S I 値が閾値 T_{r1} を超える場合には、上述したように判別信号が緊急遮断弁に対して出力される。したがって、判別信号が出力された後（ガスの供給が停止された後）は、緊急的な情報をさらに出力する必要はないと考えられる。すなわち、精度の高い測定があまり求められない状況であるため通信間隔を調整して通信負荷を抑えることにより低消費電力を図ることが可能である。

[0121] 次に、演算処理部 30 により算出された S I 値に関して、時刻 t_2 において、S I 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、S I 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超えたと判断される。これによりパラメータが調整される。本例において、演算処理部 30 は、センサ部 10 に対して通信間隔を調整するようにパラメータの調整を指示する。具体的には、通信間隔 s に関して、 s_2 ($> s_1$) に設定するように指示する。

[0122] 当該指示に従い時刻 t_2 以降の期間において、通信間隔 s_2 に従い演算処理部 30 との間で加速度データの通信処理を実行する。

[0123] S I 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超える場合には、上述したように地震動が収束する場合であると考えられる。したがって、精度の高い測定

があまり求められない状況であるため通信間隔を調整して通信負荷を抑えることによりさらに低消費電力を図ることが可能である。

[0124] したがって、本例においては、地震動の状況に従ってセンサ部 10 と演算処理部 30 との間における通信処理の通信間隔を調整することが可能である。すなわち、地震動が発生している場合に常に同じ通信負荷をかけるのではなく、地震動が発生してから所定条件が満たされるまで（地震の規模が危険レベルを超えるか否かの検知がされるまで）は、高速な通信間隔で情報の遣り取りを実行し、そして、所定条件が満たされた場合には、通信間隔を段階的に低くしていくことにより通信負荷を抑えることにより低消費電力な動作を実現することが可能である。

[0125] （3. 3 固有周期速度の個数の調整）

図 10 は、本実施の形態に従う演算処理部 30 の演算処理における固有周期速度の個数の調整を説明する図である。

[0126] 図 10（A）を参照して、ここでは、演算処理の概念を説明する図である。

具体的には、加速度データ a に基づいて、固有周期 T に従う速度値 $v(T_1) \sim v(T_n)$ をそれぞれ算出し、算出された速度値 $v(T_1) \sim v(T_n)$ に基づいて最大速度値 $S_v(T_1) \sim S_v(T_n)$ をそれぞれ算出し、最大速度値 $S_v(T_1) \sim S_v(T_n)$ に基づいて S_I 値を算出する場合が示されている。

[0127] 図 10（B）を参照して、ここでは、時間の経過に従う加速度データおよび演算処理の調整が模式的に示されている。

[0128] まず、時刻 t_0 において、地震動が発生してセンサ部 10 が待機モードから動作モードにシフトするものとする。そして、地震の発生を検知して起動信号を演算処理部 30 に出力するものとする。これにより演算処理部 30 が起動する。演算処理部 30 は、上記で説明したように加速度データを取得し、演算処理を実行して当該処理を繰り返す。演算処理により速度値 v 、最大速度値 S_v 、 S_I 値が算出される。

- [0129] ここで、最大速度値の計算処理において、初期状態においては、計算する固有周期速度の数 n が n_0 （10個）に設定されている場合が示されている。当該個数の中から最大速度値が算出される。
- [0130] 次に、演算処理部30により算出された S_1 値が時刻 t_1 において、閾値 T_{r1} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、 S_1 値が閾値 T_{r1} を超えたと判断される。これにより、パラメータが調整される。本例において演算処理部30は、演算処理のパラメータを調整する。具体的には、時刻 t_1 以降の期間においては計算する固有周期速度の数 n を n_1 （9個）として最大速度値 S_v を算出する。
- [0131] 上述したように S_1 値が閾値 T_{r1} を超える場合には、上述したように判別信号が緊急遮断弁に対して出力される。したがって、判別信号が出力された後（ガスの供給が停止された後）は、緊急的な情報をさらに出力する必要はないと考えられる。すなわち、精度の高い測定があまり求められない状況であるため利用するデータの個数を調整して演算負荷を抑えることにより低消費電力を図ることが可能である。
- [0132] 次に、演算処理部30により算出された S_1 値が時刻 t_2 において、 S_1 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、 S_1 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超えたと判断される。これによりパラメータが調整される。本例において、演算処理部30は、演算処理のパラメータを調整する。具体的には、時刻 t_2 以降の期間においては計算する固有周期速度の数 n を n_2 （8個）として最大速度値を算出する。
- [0133] S_1 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超える場合には、上述したように地震動が収束する場合であると考えられる。したがって、精度の高い測定があまり求められない状況であるため利用するデータの個数を調整して演算負荷を抑えることによりさらに低消費電力を図ることが可能である。
- [0134] したがって、本例においては、地震動の状況に従って演算処理部30における演算処理の演算負荷を調整することが可能である。すなわち、地震動が

発生している場合に常に同じ演算負荷をかけるのではなく、地震動が発生してから所定条件が満たされるまで（地震の規模が危険レベルを超えるか否かの検知がされるまで）は、精度の高い演算処理を実行し、所定条件が満たされた場合には、利用するデータの個数を段階的に少なくしていくことにより演算負荷を抑えることにより低消費電力な動作を実現することが可能である。

[0135] （３．４ 最大速度値の保存方式の説明）

図１１は、本実施の形態に従う最大速度値の保存方式について説明する図である。

[0136] 図１１を参照して、最大速度値を保存する方式としては、まず、最初に算出した速度値 v を最大速度値 S_v に設定して保存する。そして、以降、速度値 v が算出される毎にその絶対値と最大速度値 S_v とを比較して、比較結果に基づいて速度値 v が最大速度値 S_v を更新していれば更新する。そして、当該処理を繰り返す。そして、地震が収束したと判断される場合（例えば、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} を超える場合）に最大速度値 S_v をその地震における最大速度、つまり当該地震最大速度値 S_{Sv} として格納する。そして、最大速度値の値を初期値 0 に設定する。再び、算出した速度値 v を最大速度値 S_v に設定し、以降、速度値 v が算出される毎にその絶対値と最大速度値 S_v とを比較して、比較結果に基づいて速度値 v が最大速度値 S_v を更新していれば更新する。そして、不定時間経過後、当該処理を繰り返す。

[0137] この方式では、地震が収束したと判断される場合に最大速度値 S_v を当該地震最大速度値 S_{Sv} として退避させることが可能である。したがって、当該地震最大速度値 S_{Sv} を保存することが可能であり重要な情報を保持することが可能である。また、速度値を全て記憶しておく必要はなく、最大値が格納されるためメモリ量も低減することが可能である。また、メモリ量の低減に伴い消費電力も低減することが可能である。

[0138] なお、当該地震最大速度値 S_{Sv} を格納した後、最大速度値 S_v が当該地

震最大速度値 S_v を超える場合には、当該地震最大速度値 S_v を更新するようにすることも可能である。

[0139] (3. 5 最大速度値の計測間隔の調整)

図 12 は、本実施の形態に従う演算処理部 30 の演算処理における最大速度値の計測間隔の調整を説明する図である。

[0140] 図 12 を参照して、ここでは、演算処理部 30 における最大速度値を計測する際の間隔を調整する場合が示されている。

[0141] 本例においては、時間の経過に従う (A) 速度値 v 、(B) 最大速度計測間隔、(C) 最大速度値 S_v が示されている。

[0142] まず、時刻 t_0 において、地震動が発生してセンサ部 10 が待機モードから動作モードにシフトするものとする。そして、地震の発生を検知して起動信号を演算処理部 30 に出力するものとする。これにより演算処理部 30 が起動する。演算処理部 30 は、上記で説明したように加速度データを取得し、演算処理を実行して当該処理を繰り返す。演算処理により速度値 v 、最大速度値 S_v が算出される。

[0143] ここで、最大速度値の計算処理において、初期状態においては、最大速度値を計測する間隔 (区間) R_0 に設定されている場合が示されている。最大速度計測間隔: R とは、最大速度をリセットするタイミングのことであり、最大速度計測間隔 R 毎に最大速度値 S_v が初期値 0 にリセットされる。例えば、上述したように R_0 を期間が閾値 T_r3 を超えるまでの時間に設定する。そして、加速度データから速度値 v を求め、算出した速度値 v を最大速度値 S_v とを比較して、比較結果に基づいて速度値 v が最大速度値 S_v を更新していれば更新する処理を実行する。

[0144] 次に、時刻 t_3 において、演算処理部 30 により算出された最大速度値に関して、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_r3 を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_r3 を超えたと判断される。これによりパラメータが調整される。本例において、演算処理部 30 は、演算処理のパラメー

タを調整する。具体的には、時刻 t_3 以降の期間においては最大速度値を計測する際の間隔、すなわち区間 R を区間 R_1 （例えば 10 秒）に設定する。また、期間が閾値 T_{r3} を超えたので、つまり R_0 経過したので、最大速度値 S_v は初期値 0 にリセットされる。

[0145] そして、再び、加速度データから速度値 v を求め、その算出した速度値 v を最大速度値 S_v とを比較して、比較結果に基づいて速度値 v が最大速度値 S_v を更新していれば更新する処理を実行する。そして、 R_1 （例えば 10 秒）経過した際に最大速度値 S_v は初期値 0 にリセットされる。そして、当該処理を繰り返す。

[0146] したがって、本例においては、地震動の状況に従って最大速度値 S_v をリセットする間隔である最大速度計測間隔 R を任意に変更することが可能である。

[0147] なお、最大速度値を計測する間隔 R は、予め設定した固定値としてもよいし、加速度や速度、 S_I 値等の他の演算間隔と関連付けて設定するようにしてもよい。

[0148] （3. 6 速度演算間隔および S_I 値演算間隔の調整）

図 13 は、本実施の形態に従う演算処理部 30 の演算処理における演算間隔の調整を説明する図である。

[0149] 本例においては、時間の経過に従う（A）加速度データの値、（B）速度演算間隔 m 、（C）速度値 v 、（D）最大速度値 S_v 、（E） S_I 値演算間隔 l 、（F） S_I 値が示されている。

[0150] まず、時刻 t_0 において、地震動が発生してセンサ部 10 が待機モードから動作モードにシフトするものとする。そして、地震の発生を検知して起動信号を演算処理部 30 に出力するものとする。これにより演算処理部 30 が起動する。演算処理部 30 は、上記で説明したように加速度データを取得し、演算処理を実行して当該処理を繰り返す。演算処理により速度値 v 、最大速度値 S_v 、 S_I 値が算出される。

[0151] 次に、演算処理部 30 により算出された S_I 値が時刻 t_1 において、閾値

T_{r1} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、 S_I 値が閾値 T_{r1} を超えたと判断される。これによりパラメータが調整される。本例において演算処理部 30 は、演算処理のパラメータを調整する。具体的には、時刻 t_1 以降の期間においては速度値を演算する間隔である速度演算間隔 m を m_1 ($> m_0$) に設定する。また、時刻 t_1 以降の期間においては S_I 値を演算する間隔である S_I 値演算間隔 l を l_1 ($> l_0$) に設定する。

[0152] 当該指示に従い時刻 t_1 以降の期間において、速度演算間隔 m_1 に従い演算処理部 30 において速度値の算出処理を実行する。また、当該指示に従い時刻 t_1 以降の期間において、 S_I 値演算間隔 l_1 に従い演算処理部 30 において速度値の算出処理を実行する。

[0153] 上述したように S_I 値が閾値 T_{r1} を超える場合には、上述したように判別信号が緊急遮断弁に対して出力される。したがって、判別信号が出力された後（ガスの供給が停止された後）は、緊急的な情報をさらに出力する必要はないと考えられる。すなわち、精度の高い測定があまり求められない状況であるため速度値を演算する間隔を調整して演算負荷を抑えることにより低消費電力を図ることが可能である。

[0154] 次に、演算処理部 30 により算出された最大速度値 S_v が時刻 t_3 において、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} を超えた場合が示されている。すなわち、上記で説明した判定処理において、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} を超えたと判断される。これによりパラメータが調整される。本例において、演算処理部 30 は、演算処理のパラメータを調整する。具体的には、時刻 t_3 以降の期間においては速度値を演算する間隔である速度演算間隔 m を m_2 ($> m_1$) に設定する。また、時刻 t_3 以降の期間においては S_I 値を演算する間隔である S_I 値演算間隔 l を l_2 ($> l_1$) に設定する。

[0155] 当該指示に従い時刻 t_3 以降の期間において、速度演算間隔 m_2 に従い演算処理部 30 において速度値の算出処理を実行する。また、当該指示に従い

時刻 t_3 以降の期間において、 S_1 値演算間隔 I_2 に従い演算処理部 30 において速度値の算出処理を実行する。

[0156] したがって、本例においては、地震動の状況に従って演算処理部 30 における演算処理の演算負荷を調整することが可能である。すなわち、地震動が発生している場合に常に同じ演算負荷をかけるのではなく、地震動が発生してから所定条件が満たされるまで（地震の規模が危険レベルを超えるか否かの検知がされるまで）は、精度の高い演算処理を実行し、所定条件が満たされた場合には、演算間隔を段階的に長くすることにより演算負荷を抑えることにより低消費電力な動作を実現することが可能である。

[0157] （具体例）

図 14 は、本実施の形態に従う振動強度測定装置の調整処理のテーブルの具体例について説明する図である。

[0158] 図 14 (A) には、所定条件（トリガ条件）が規定された条件テーブルが示されている。

[0159] 具体的には、 S_1 値の閾値 T_{r1} として $S_1 = 11$ が設定されている。

また、別の所定条件として最大速度値 S_v が更新されない期間の閾値 T_{r3} として $T_{r3} = 10\text{ s}$ が設定されている。

[0160] 当該条件テーブルを用いて、上記の判定条件を実行することが可能である。

図 14 (B) には、調整処理する場合の調整パラメータテーブルが示されている。

[0161] 具体的には、サンプリング間隔 g 、通信間隔 s 、各固有周期速度の数 n 、最大速度計測間隔 R 、速度演算間隔 m 、 S_1 値演算間隔 I に関する調整パラメータが示されている。

[0162] 初期状態としては、サンプリング間隔 g_0 (0.01 s)、通信間隔 s_0 (1 s)、各固有周期速度の数 n_0 (7)、最大速度計測間隔 R_0 (T_{r3} の条件を満たすまで)、速度演算間隔 m_0 (1 s)、 S_1 値の演算間隔 I_0 (1 s) の調整パラメータが示されている。

[0163] また、閾値 T_{r1} の所定条件が満たされた場合、サンプリング間隔 g_1 (0.02 s)、通信間隔 s_1 (5 s)、各固有周期速度の数 n_1 (6)、最大速度計測間隔 R_0 (T_{r3} の条件を満たすまで)、速度演算間隔 m_1 (1 s)、 SI 値の演算間隔 l_1 (T_{r3} の条件を満たすまで) に調整する調整パラメータが示されている。

[0164] また、最大速度値 S_v が更新されない閾値 T_{r3} の所定条件が満たされた場合、サンプリング間隔 g_2 (0.04 s)、通信間隔 s_2 (10 s)、各固有周期速度の数 n_2 (5)、最大速度計測間隔 R_1 (10 s)、速度演算間隔 m_2 (10 s)、 SI 値の演算間隔 l_2 (収束するまで) に調整する調整パラメータが示されている。

[0165] 図 15 は、図 14 のテーブルに従って、センサ部 10 および演算処理部 30 のパラメータを調整する一例図である。

[0166] 図 15 を参照して、時刻 t_0 において、地震動が発生した初期状態においては、図 14 (B) のテーブルに従ってサンプリング間隔 g_0 (0.01 s)、通信間隔 s_0 (1 s)、各固有周期速度の数 n_0 (7)、最大速度計測間隔 R_0 (T_{r3} の条件を満たすまで)、速度演算間隔 m_0 (1 s)、 SI 値の演算間隔 l_0 (1 s) に設定される場合が示されている。

[0167] そして、時刻 t_1 において、閾値 T_{r1} を超えた場合においては、図 14 (B) のテーブルに従って、サンプリング間隔 g_1 (0.02 s)、通信間隔 s_1 (5 s)、各固有周期速度の数 n_1 (6)、最大速度計測間隔 R_0 (T_{r3} の条件を満たすまで)、速度演算間隔 m_1 (5 s)、 SI 値の演算間隔 l_1 (T_{r3} の条件を満たすまで) に調整される。

[0168] そして、時刻 t_3 において、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} を超えた場合においては、図 14 (B) のテーブルに従って、サンプリング間隔 g_2 (0.04 s)、通信間隔 s_2 (10 s)、各固有周期速度の数 n_2 (5)、最大速度計測間隔 R_1 (10 s)、速度演算間隔 m_2 (10 s)、 SI 値の演算間隔 l_2 (収束まで) に調整される。

[0169] したがって、本例においては、地震動の状況に従って各種のパラメータを

調整することが可能である。すなわち、地震動が発生している場合に常に同じ演算負荷や通信負荷をかけるのではなく、地震動が発生してから所定条件が満たされるまで（地震の規模が危険レベルを超えるか否かの検知がされるまで）は精度の高い測定等を実行し、そして、所定条件が満たされた場合には、段階的に演算負荷や通信負荷を抑えることにより低消費電力な動作を実現することが可能である。

[0170] 図16は、図14のテーブルに従って、センサ部10および演算処理部30のパラメータを調整する別の図である。

[0171] 図16を参照して、ここでは、閾値 t_{r1} を超えない地振動の場合が示されている。

時刻 t_0 において、地震動が発生した初期状態においては、図14(B)のテーブルに従ってサンプリング間隔 g_0 (0.01 s)、通信間隔 s_0 (1 s)、各固有周期速度の数 n_0 (7)、最大速度計測間隔 R_0 (T_{r3} の条件を満たすまで)、速度演算間隔 m_0 (1 s)、S I値の演算間隔 l_0 (1 s)に設定される場合が示されている。

[0172] そして、時刻 t_3 において、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} を超えた場合においては、図14(B)のテーブルに従って、サンプリング間隔 g_2 (0.02 s)、通信間隔 s_2 (10 s)、各固有周期速度の数 n_2 (5)、最大速度計測間隔 R_1 (10 s)、速度演算間隔 m_2 (10 s)、S I値の演算間隔 l_2 (収束まで)に調整される。

[0173] したがって、本例においても同様に、地震動の状況に従って各種のパラメータを調整することが可能である。すなわち、地震動が発生している場合に常に同じ演算負荷や通信負荷をかけるのではなく、地震動が発生してから所定条件が満たされるまで（地振動が収束する場合が検知されるまで）は精度の高い測定等を実行し、そして、所定条件が満たされた場合には、演算負荷や通信負荷を抑えることにより低消費電力な動作を実現することが可能である。

[0174] (変形例1)

上記においては、例えば、一例として、所定条件として S_I 値が閾値 T_{r1} を超えた場合や、 S_I 値が更新されない期間の閾値 T_{r2} を超えた場合や、最大速度値 S_v が更新されない期間が閾値 T_{r3} を超えた場合等にパラメータを調整する場合について説明したが、特に当該場合に限られず、種々の所定条件を設けて調整することが可能である。

[0175] 図 17 は、所定条件（トリガ条件）について説明する図である。

図 17 を参照して、例えば、加速度値に関しては、（１）ある一定の加速度値、（２）加速度の増加率、（３）ある一定の加速度を超えるまでの時間、（４）ある一定の加速度を超えた時の継続時間、（５）ある一定の加速度を超えた回数、（６）ある一定の加速度を超えていない時の継続時間、（７）地震発生から収束までの加速度の継続時間を利用することが可能である。

[0176] また、速度値に関しては、（８）ある一定の速度値、（９）速度の増加率、（１０）ある一定の速度を超えるまでの時間、（１１）ある一定の速度を超えた時の継続時間、（１２）ある一定の速度を超えた回数、（１３）ある一定の速度を超えていない時の継続時間、（１４）地震発生から収束までの速度の継続時間を利用することが可能である。

[0177] また、最大速度値に関しては、（１５）ある一定の最大速度値、（１６）最大速度の増加率、（１７）ある一定の最大速度を超えるまでの時間、（１８）ある一定の最大速度を超えた時の継続時間、（１９）ある一定の最大速度を超えた回数、（２０）ある一定の最大速度を超えていない時の継続時間、（２１）最大速度が更新されない時間、（２２）最大速度が更新されない回数を利用することが可能である。

[0178] また、 S_I 値に関しては、（２３）ある一定の S_I 値、（２４） S_I 地の増加率、（２５）ある一定の S_I 値を超えるまでの時間、（２６）ある一定の S_I 値を超えた時の継続時間、（２７）ある一定の S_I 値を超えた回数、（２８）ある一定の S_I 値を超えていない時の継続時間、（２９） S_I 値が更新されない時間、（３０） S_I 値が更新されない回数を利用することが可能である。

[0179] なお、上記の所定条件に関して、増加率に限られず、例えば変化率を所定条件に含めるようにすることも可能である。また、上記は一例であり、別の条件を設けるようにすることも当然に可能である。

[0180] さらに、所定条件として、1つの条件を満たしたかどうかを判断するのではなく、複数条件を満たしているかどうかを判定するようにしてもよい。例えば、加速度値と、速度値とについて両方の条件を満たしているか否かを判定するようにしてもよい。

[0181] また、さらに複数の条件を組み合わせるようにすることも可能である。例えば、ある条件Aを満たした後に、別の条件Bが満たされた場合に条件を満たしたと判定するようにしても良いし、条件A、Bのいずれかを満たした場合に条件を満たしたと判定しても良い。あるいは、条件Aを満たしてから、ある時間内に条件Bを満たせば条件を満たしたと判定してもよいし、ある時間内に条件を満たさない場合に条件を満たしたと判定しても良い。地震動の特性に従って、適宜上記条件を組み合わせることで精度の高い判定処理を実行することが可能である。

[0182] (変形例2)

次に、センサ部10から取得する加速度データをメモリ34に格納する場合について説明する。

[0183] 地震動が発生した初期状態においては、例えば、加速度データについて2Byte単位でメモリ34に格納するものとする。加速度値が-32768〜328767(gal)まで記憶させることが可能である。

[0184] そして、所定条件が満たされた場合、例えば、S1値が更新されない期間が閾値Tr2を超える場合、あるいは、最大速度値Svが更新されない期間が閾値Tr3を超える場合には、加速度値は小さい値であると考えられるため加速度データについて1Byte単位でメモリ34に格納するように切り替える。当該方式によりメモリ34に格納するデータ量を地震動の状況に従って変化させることにより消費電力をより低減させることも可能である。また、メモリに格納する際、加速度値に定数をかけて分解能を上げた状態でメ

メモリに格納するようにしても良い。例えば、10.5 (gal) の場合に、定数として10倍した値である105 (gal) をメモリに格納するようにしても良い。当該処理により精度を維持しながら演算処理の際の負荷を軽減し、それにより消費電力を抑制することが可能である。

[0185] また、加速度から速度を計算する前に、取得した加速度データについてオフセットやゲインを調整した補正計算することも可能である。そして、当該補正した加速度データに基づいて速度を計算するようにしても良い。

[0186] また、速度を計算する前に加速度データに対して補間処理するようにしても良い。補間処理の一例としては、隣接する2つのデータの平均値を取ることが可能である。

[0187] また、速度を計算する前に、加速度を整数にしてから計算しても良い。また、定数をかけて分解能を上げた状態で計算するようにしても良い。また、速度についても整数にしてから計算することも可能である。整数にして計算することにより演算負荷を軽減することが可能である。

[0188] また、加速度から速度を計算する際に、時間積分法や単純な等加速度方程式を用いて演算負荷を軽減するようにしても良い。

[0189] また、最大速度値を計算する前に、選択する固有周期速度の優先順位を定めておくようにしても良い。また、ある時刻の最大速度値 S_v と固有周期 T との曲線に基づいてどの固有周期を選択するかを判断するようにしても良い。

[0190] (変形例3)

上記においては、選択する固有周期は、周期 $T = 0.1 \sim 2.5$ の範囲に設定される場合について説明したが、特に当該範囲に限られず、別の範囲に従って固有周期速度を算出することも可能である。

[0191] 図18は、別の固有周期の範囲の設定について説明する図である。

図18(A)を参照して、ここでは、例えば $T = 1 \sim 10$ までの範囲で固有周期速度を算出する場合が示されている(式4)。

[0192] 図18(B)を参照して、ここでは、一般式にした場合が示されている(

式 5)。

高層建築物の場合には、地震が発生した後、長周期で震動のピークが現れることが判明している。したがって、従来の S_I 値の求め方として、 $T = 0.1 \sim 2.5$ の範囲では正しく地震の強度を計測できない可能性もある。それゆえ、計算する固有周期速度を長周期側にシフトさせることによって高層建築物に対応させた精度の高い地震の強度を計測するようにしてもよい。

[0193] (変形例 4)

図 19 は、最大速度値 S_v と固有周期 T との曲線に基づいて S_I 値を演算する方式を説明する図である。

[0194] 図 19 (A) に示されるように、台形則に従って S_I 値演算することにより演算負荷を軽減することが可能である。

[0195] 図 19 (B) に示されるように、長方形近似に従って S_I 値演算することにより演算負荷を軽減することも可能である。

[0196] なお、最大速度値 S_v を補正してから算出処理を実行することも当然に可能である。

(変形例 5)

震動強度測定装置の設置時における傾斜を計測して、センサ部のメモリに当該計測した値を格納するようにしても良い。当該計測した傾斜角を用いて、検出された加速度データを補正して精度の高い加速度データとすることも可能である。

[0197] また、地震による地盤変化等によりセンサ部が傾斜した場合においても、当該傾斜を計測して、オフセットのずれを修正するようにしても良い。

[0198] 当該オフセットの修正を行なうタイミングとしては、地震が発生して収束し終わった最後に行なっても良いし、あるいは、演算処理部がスリープ状態に入る前に実行するようにしても良い。

[0199] また、震動強度測定装置が落下した際には、その落下の有無または落下の回数をメモリに記憶させても良い。

[0200] また、地震以外の震動を衝撃として判断させるようにして、加速度データ

のノイズを除去するようにして精度の高い測定を実行するようにしても良い。

[0201] (変形例6)

次に、加速度データ等をベクトル合成する方式について説明する。

[0202] 図20は、比較例として従来の複数軸の加速度データに基づいてS1値を算出する演算処理の概念を説明する図である。

[0203] 図20を参照して、ここでは、地震動が生じた場合に加速度センサにおいてX軸成分の加速度 a_x およびY軸成分の加速度 a_y が検出される場合が示されている。

[0204] そして、制御部において当該加速度データが取得されてS1値の演算が実行される。

具体的には、当該X軸成分の加速度 a_x およびY軸成分の加速度 a_y に基づいてベクトル分解して所定方向の加速度データを算出する。

[0205] 本例においては、所定方向として8方向の加速度データを算出する場合が示されている。

[0206] 図21は、ベクトル分解の例を説明する図である。

図21(A)を参照して、ここでは、8方向の加速度 $a_0 \sim a_7$ の方向が一例として示されている。

[0207] それぞれの加速度 $a_0 \sim a_7$ の角度 θ は、 90° 、 67.5° 、 45° 、 22.5° 、 0° 、 157.5° 、 135° 、 112.5° である。

[0208] 図21(B)は、X軸成分の加速度 a_x 、Y軸成分の加速度 a_y に基づいて任意の方向の角度 θ にベクトル分解する場合が示されている。

[0209] 具体的には、加速度 a_θ は、 $a_x \cos \theta + a_y \sin \theta$ で表わされる。

再び図20を参照して、上記ベクトル分解された加速度 $a_0 \sim a_7$ の8方向について、それぞれの加速度データに基づいて、固有周期Tに従う速度値 $v(T1) \sim v(Tn)$ をそれぞれ算出し、算出された速度値 $v(T1) \sim v(Tn)$ に基づいて最大速度値 $Sv(T1) \sim Sv(Tn)$ をそれぞれ算出し、最大速度値 $Sv(T1) \sim Sv(Tn)$ に基づいてS1値を算出する

場合が示されている。

[0210] そして、最終的にそれぞれの方向（8方向）のS I値から最大のS I値が算出される。

当該処理により、任意の方向（本例においては8方向）のS I値を算出して、精度の高いS I値の算出が可能である。なお、本例においては、一例として8方向のS I値を算出する場合について説明しているが、さらに複数方向のS I値を算出することによりさらに精度を向上させることが可能である。

[0211] 本変形例6では、精度を維持しつつ演算負荷を軽減する方式について説明する。

図22は、本変形例6に従う複数軸の加速度データに基づいてS I値を算出する演算処理の概念を説明する図である。

[0212] 図22を参照して、ここでは、地震動が生じた場合に加速度センサにおいてX軸成分の加速度 a_x およびY軸成分の加速度 a_y が検出される場合が示されている。

[0213] そして、制御部において当該加速度データが取得されてS I値の演算が実行される。

具体的には、当該X軸成分の加速度 a_x およびY軸成分の加速度 a_y に基づいて、固有周期 T に従う速度値 $v(T_1) \sim v(T_n)$ をそれぞれ算出する。

[0214] そして、算出されたX軸成分の速度値とY軸成分の速度値とをベクトル合成する。

そして、ベクトル合成された速度値 $v(T_1) \sim v(T_n)$ に基づいて最大速度値 $S_v(T_1) \sim S_v(T_n)$ をそれぞれ算出し、最大速度値 $S_v(T_1) \sim S_v(T_n)$ に基づいてS I値を算出する場合が示されている。

[0215] 当該処理により、X軸成分の速度値と、Y軸成分の速度値とのベクトル合成により全方向を対象とする速度値の大きさを算出することが可能である。そして、当該ベクトル合成した速度値に基づいてS I値を算出することが可

能であり、全方向を対象としているため精度を維持しつつ、比較例における演算負荷を簡易に軽減することが可能である。

[0216] 次に、演算負荷をさらに簡易にする方式について説明する。

図 2 3 は、本変形例 6 の別の例に従う複数軸の加速度データに基づいて S I 値を算出する演算処理の概念を説明する図である。

[0217] 図 2 3 を参照して、ここでは、地震動が生じた場合に加速度センサにおいて X 軸成分の加速度 a_x および Y 軸成分の加速度 a_y が検出される場合が示されている。

[0218] そして、制御部において当該加速度データが取得されて S I 値の演算が実行される。

具体的には、当該 X 軸成分の加速度 a_x および Y 軸成分の加速度 a_y を取得する。

[0219] そして、取得した X 軸成分の加速度 a_x および Y 軸成分の加速度 a_y をベクトル合成する。

[0220] ベクトル合成された加速度データに基づいて、固有周期 T に従う速度値 $v(T_1) \sim v(T_n)$ をそれぞれ算出する。

[0221] そして、算出された速度値 $v(T_1) \sim v(T_n)$ に基づいて最大速度値 $S_v(T_1) \sim S_v(T_n)$ をそれぞれ算出し、最大速度値 $S_v(T_1) \sim S_v(T_n)$ に基づいて S I 値を算出する場合が示されている。

[0222] 当該処理により、X 軸成分の加速度と、Y 軸成分の加速度とのベクトル合成により全方向を対象とする加速度の大きさを算出することが可能である。そして、当該ベクトル合成した加速度に基づいて S I 値を算出することが可能であり、図 2 2 における演算負荷よりもさらに軽減することが可能である。

[0223] そして、当該ベクトル合成の方式を地震動の状況に従って調整することが可能である。すなわち、地震動が発生している場合に常に同じ演算負荷をかけるのではなく、地震動が発生してから所定条件が満たされるまで（地振動が収束する場合が検知されるまで）は精度の高い測定等を実行し、そして、

所定条件が満たされた場合には、演算負荷を抑えることにより低消費電力な動作を実現することが可能である。

[0224] 例えば、所定条件が満たされた場合に、図 22 で説明した速度値をベクトル合成して S I 値を算出する方式に切り替えても良いし、あるいは、図 23 で説明した加速度をベクトル合成して S I 値を算出する方式に切り替えることが可能である。

[0225] なお、本例においては、複数軸の一例として X 軸、Y 軸の 2 軸について説明したが、2 軸に限られず Z 軸を含めた 3 軸についても同様に適用可能である。

[0226] なお、上記の速度値あるいは加速度をベクトル合成する方式については、必ずしも所定条件が満たされた場合に実行する必要はなく、地震動が発生している場合に最初から当該方式に従って S I 値を算出するようにしても良い。

[0227] 今回開示された実施の形態は例示であって、上記内容のみに制限されるものではない。本発明の範囲は請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0228] 1 振動強度測定装置、2 2 次電池、4 電源部、10 センサ部、12 加速度センサ、14 センサ I / F、16, 34 メモリ、18 センサ制御部、20, 50 通信 I / F、30 演算処理部、40 制御部、42 S I 値算出部、44 最大速度算出部、46 速度算出部。

請求の範囲

- [請求項1] 加速度検出部を含む振動強度測定装置の制御方法であって、
加速度検出部による加速度データを取得するステップと、
前記取得された加速度データに基づいて振動強度を測定するステップとを備え、
前記取得するステップおよび前記測定するステップの少なくとも一方は、
振動の発生から収束するまでの間の振動特性が所定条件を満たすか否かを判断するステップと、
前記所定条件を満たすと判断した場合に、前記取得するステップにおける取得処理および前記測定するステップにおける算出処理の少なくとも一方を調整するステップを含む、振動強度測定装置の制御方法。
- [請求項2] 前記加速度検出部は、可変可能なサンプリング間隔に従って加速度データを生成し、
前記調整するステップは、前記所定条件を満たすと判断した場合に前記サンプリング間隔を長く設定する、請求項1記載の振動強度測定装置の制御方法。
- [請求項3] 前記加速度検出部は加速度データを順次、メモリに格納し、
前記取得するステップは、可変可能な通信間隔に従って前記メモリに格納されている加速度データを一括して取得し、
前記調整するステップは、前記所定条件を満たすと判断した場合に前記通信間隔を長く設定する、請求項1記載の振動強度測定装置の制御方法。
- [請求項4] 前記振動強度を測定するステップは、
所得した加速度データに基づいて各固有周期における速度値を算出するステップと、
前記算出された各固有周期における速度値に基づいて最大速度値を

算出するステップとを含み、

前記調整するステップは、前記所定条件を満たすと判断した場合に前記最大速度値を算出する際の前記各固有周期における速度値の個数を減少させる、請求項 1 記載の振動強度測定装置の制御方法。

[請求項5]

前記振動強度を測定するステップは、

取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、

前記算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと

、

前記最大速度値に基づいて前記振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、

前記調整するステップは、前記所定条件を満たすと判断した場合に前記速度値、前記振動強度を示す指標の少なくともいずれかの演算間隔を長く設定する、請求項 1 記載の振動強度測定装置の制御方法。

[請求項6]

前記振動強度を測定するステップは、

取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、

前記算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと

、

前記最大速度値に基づいて前記振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、

前記調整するステップは、前記所定条件を満たすと判断した場合に前記最大速度値をリセットするタイミングである最大速度計測間隔を変化させる、請求項 1 記載の振動強度測定装置の制御方法。

[請求項7]

前記加速度検出部は、複数軸に対する加速度データをそれぞれ生成し、

前記振動強度を測定するステップは、

取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、

前記算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと

、

前記最大速度値に基づいて前記振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、

前記調整するステップは、前記所定条件を満たすと判断した場合に前記取得した加速度データに関して前記複数軸に対する加速度データを合成する、請求項 1 記載の振動強度測定装置の制御方法。

[請求項 8] 前記加速度検出部は、複数軸に対する加速度データをそれぞれ生成し、

前記振動強度を測定するステップは、

取得した加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、

前記算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと

、

前記最大速度値に基づいて前記振動強度を示す指標を算出するステップとを含み、

前記調整するステップは、前記所定条件を満たすと判断した場合に前記速度値を算出するステップにおいて、前記複数軸に対するそれぞれの加速度データに基づく速度値を合成する、請求項 1 記載の振動強度測定装置の制御方法。

[請求項 9] 複数軸に対する加速度検出部を含む振動強度測定装置の制御方法であって、

加速度検出部による各軸の加速度データを取得するステップと、

前記取得された各軸の加速度データに基づいて振動強度を測定するステップとを備え、

前記振動強度を測定するステップは、

前記取得された各軸の加速度データを合成するステップと、

合成された加速度データに基づいて速度値を算出するステップと、

前記算出された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと

、

前記最大速度値に基づいて前記振動強度を示す指標を算出するステ

ップとを含む、振動強度測定装置の制御方法。

[請求項10] 複数軸に対する加速度検出部を含む振動強度測定装置の制御方法であって、

加速度検出部による各軸の加速度データを取得するステップと、
前記取得された各軸の加速度データに基づいて振動強度を測定するステップとを備え、

前記振動強度を測定するステップは、
前記取得された各軸の加速度データに基づいて各軸の速度値を算出するステップと、

前記算出された各軸の速度値を合成するステップと、
前記合成された速度値に基づいて最大速度値を算出するステップと、

前記最大速度値に基づいて前記振動強度を示す指標を算出するステップとを含む、振動強度測定装置の制御方法。

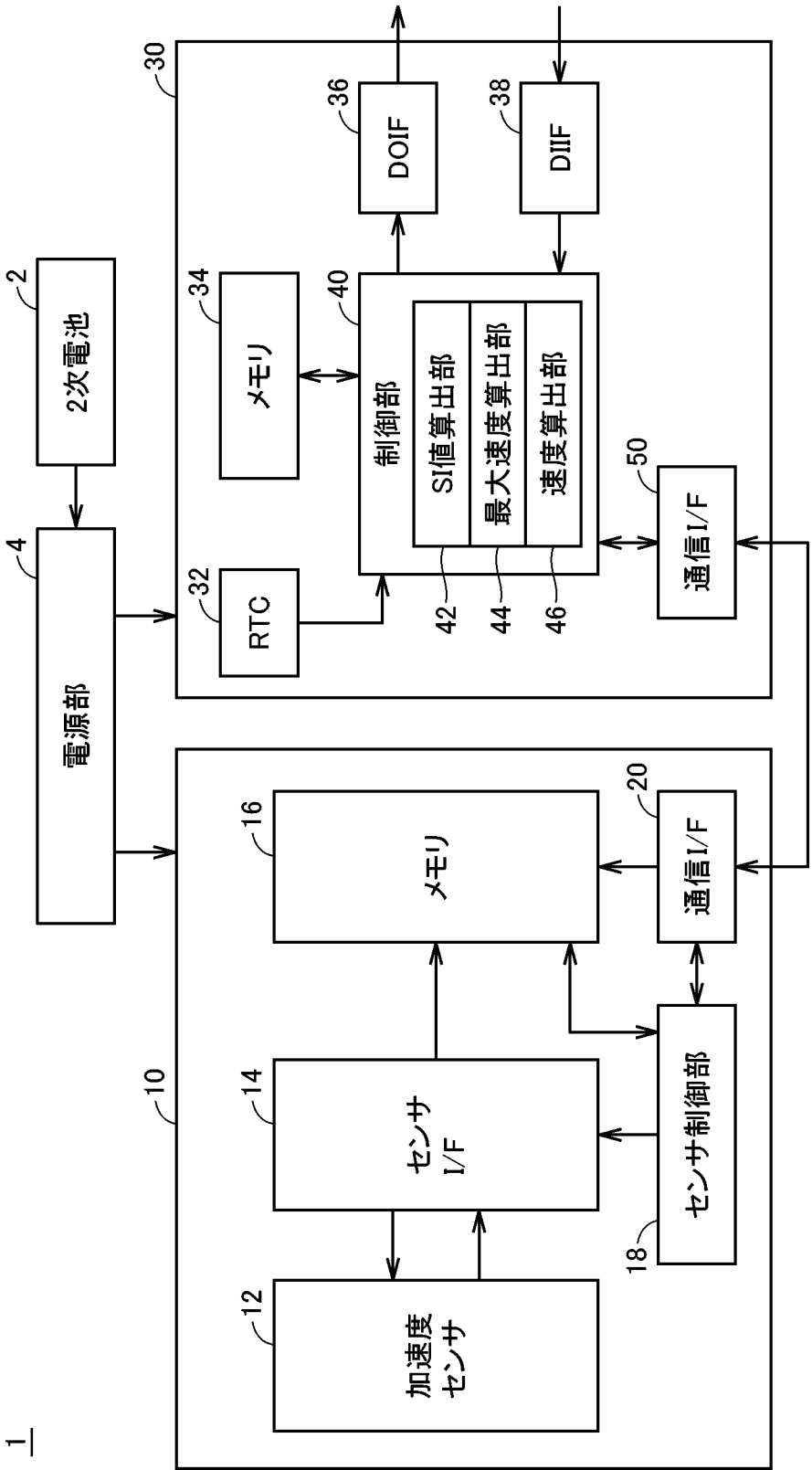
[請求項11] 加速度検出部を含む振動強度測定装置であって、
前記加速度検出部と接続されたコントローラを備え、
前記コントローラは、
前記加速度検出部による加速度データを取得し、
取得された加速度データに基づいて振動強度を測定し、
前記加速度データを取得するための取得処理および前記振動強度を測定するための算出処理の少なくとも一方において、

振動の発生から収束するまでの間の振動特性が所定条件を満たすか否かを判断し、

前記所定条件を満たすと判断した場合に、前記加速度データの取得処理および前記振動強度を測定するための算出処理の少なくとも一方を調整する、振動強度測定装置。

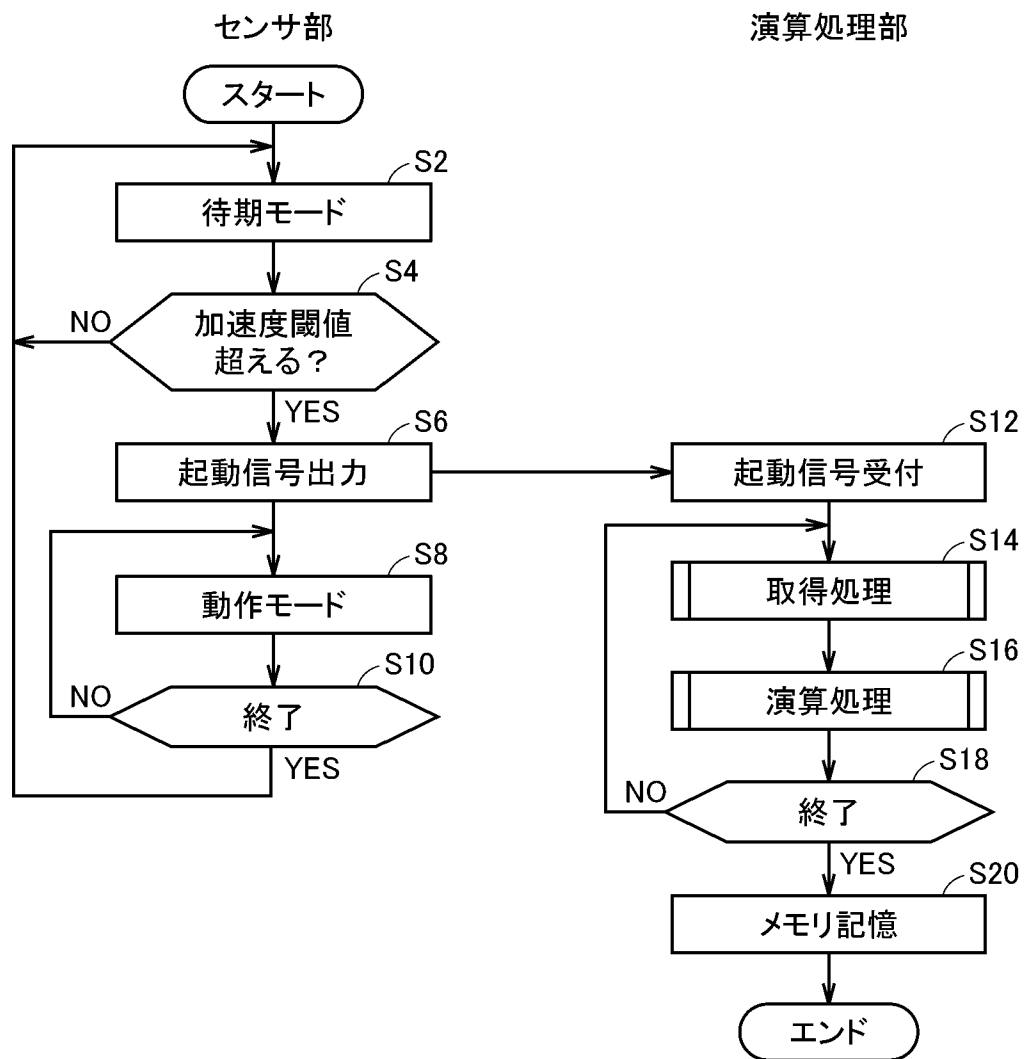
[図1]

FIG.1



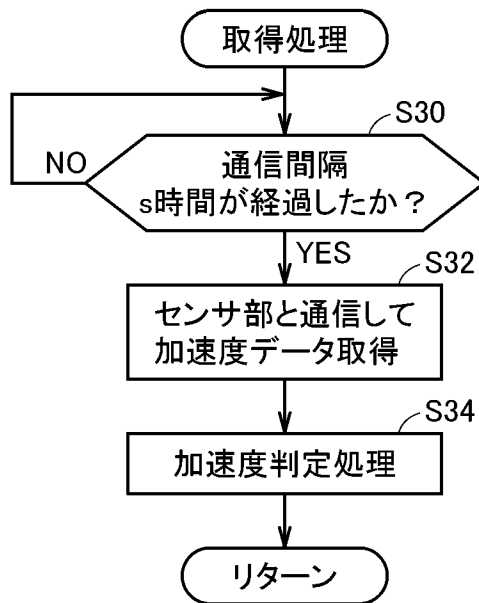
[図2]

FIG.2



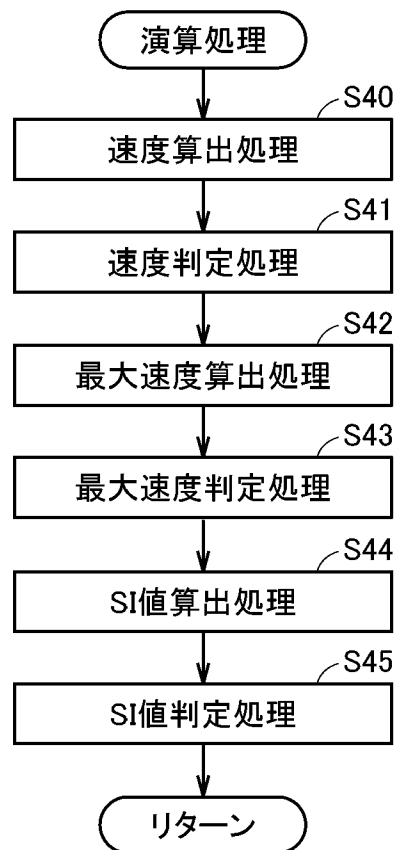
[図3]

FIG.3



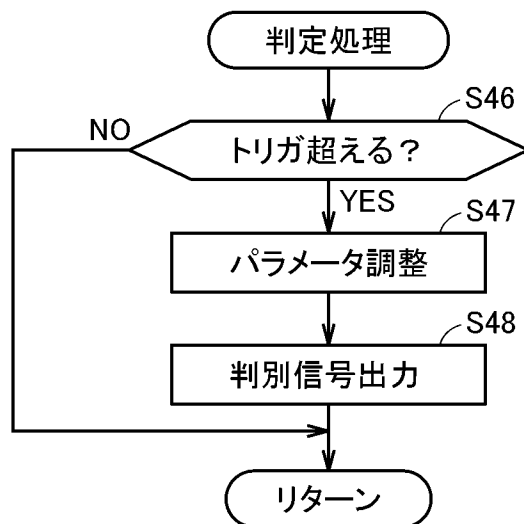
[図4]

FIG.4



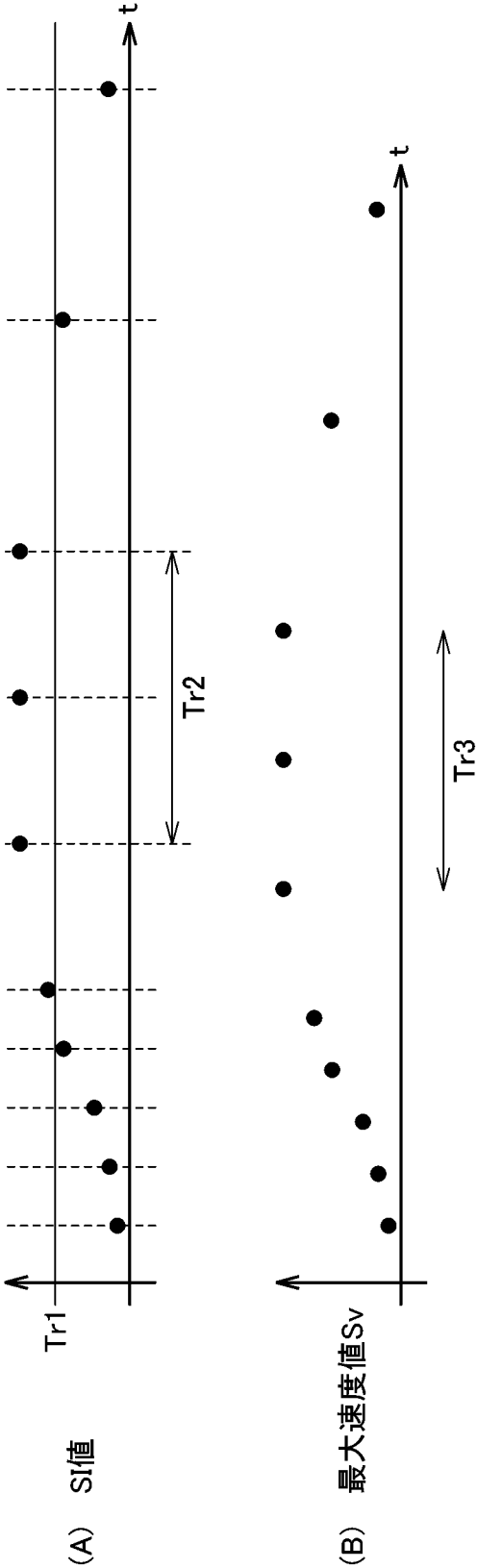
[図5]

FIG.5



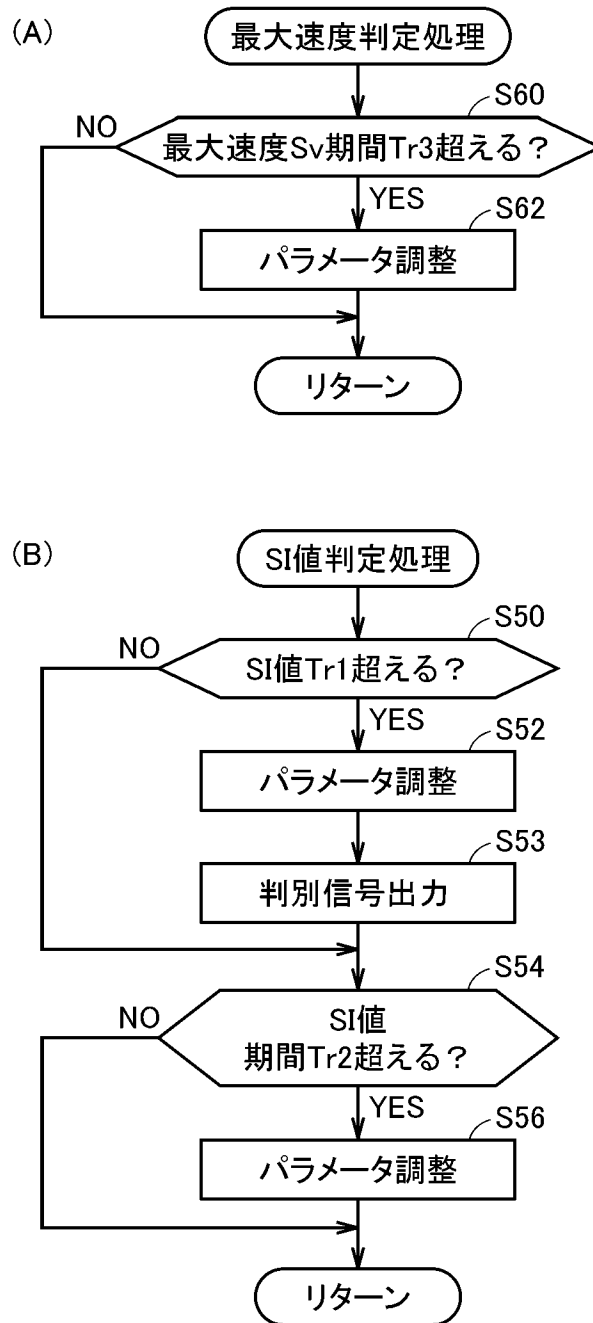
[図6]

FIG.6



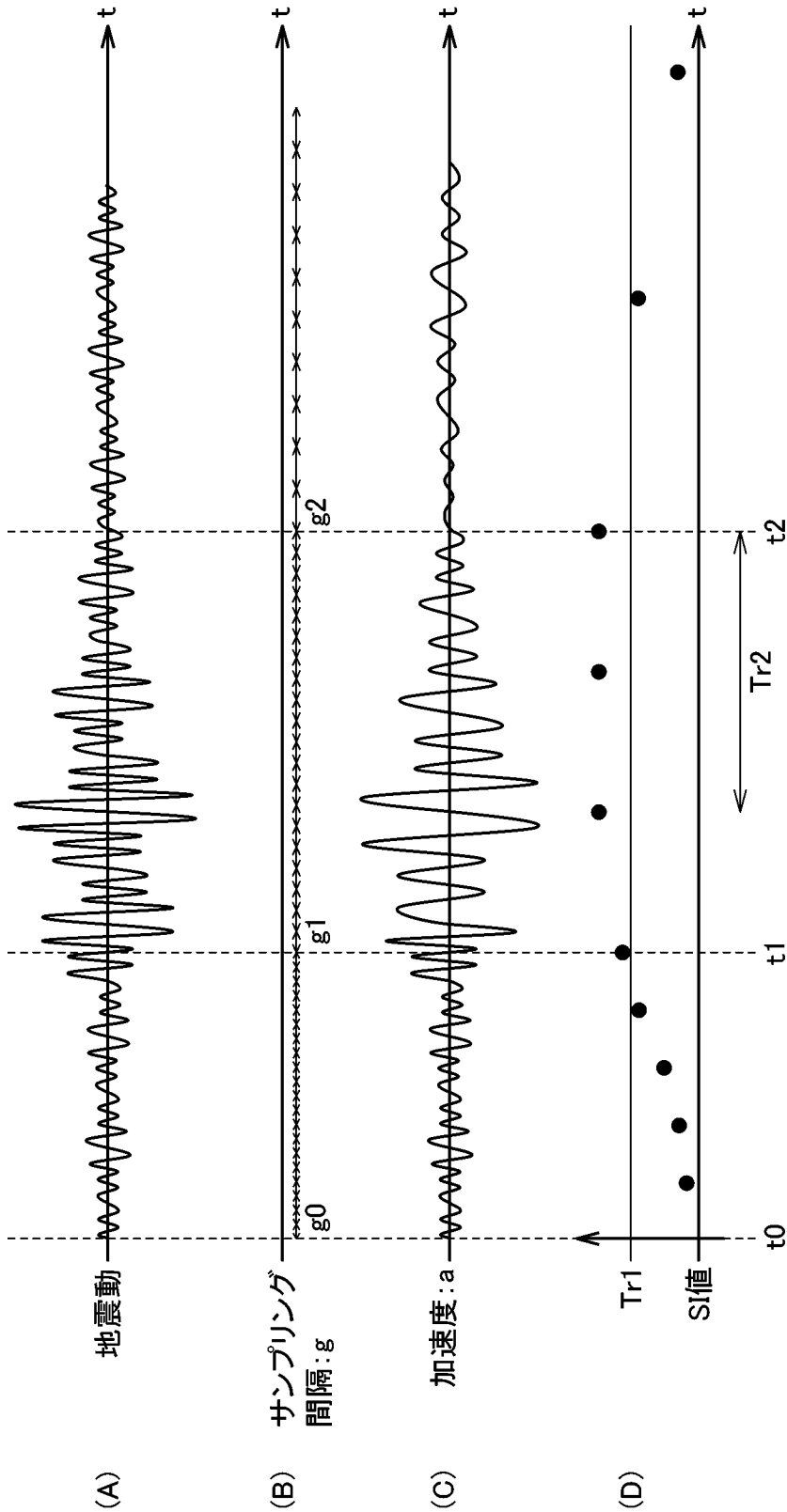
[図7]

FIG. 7



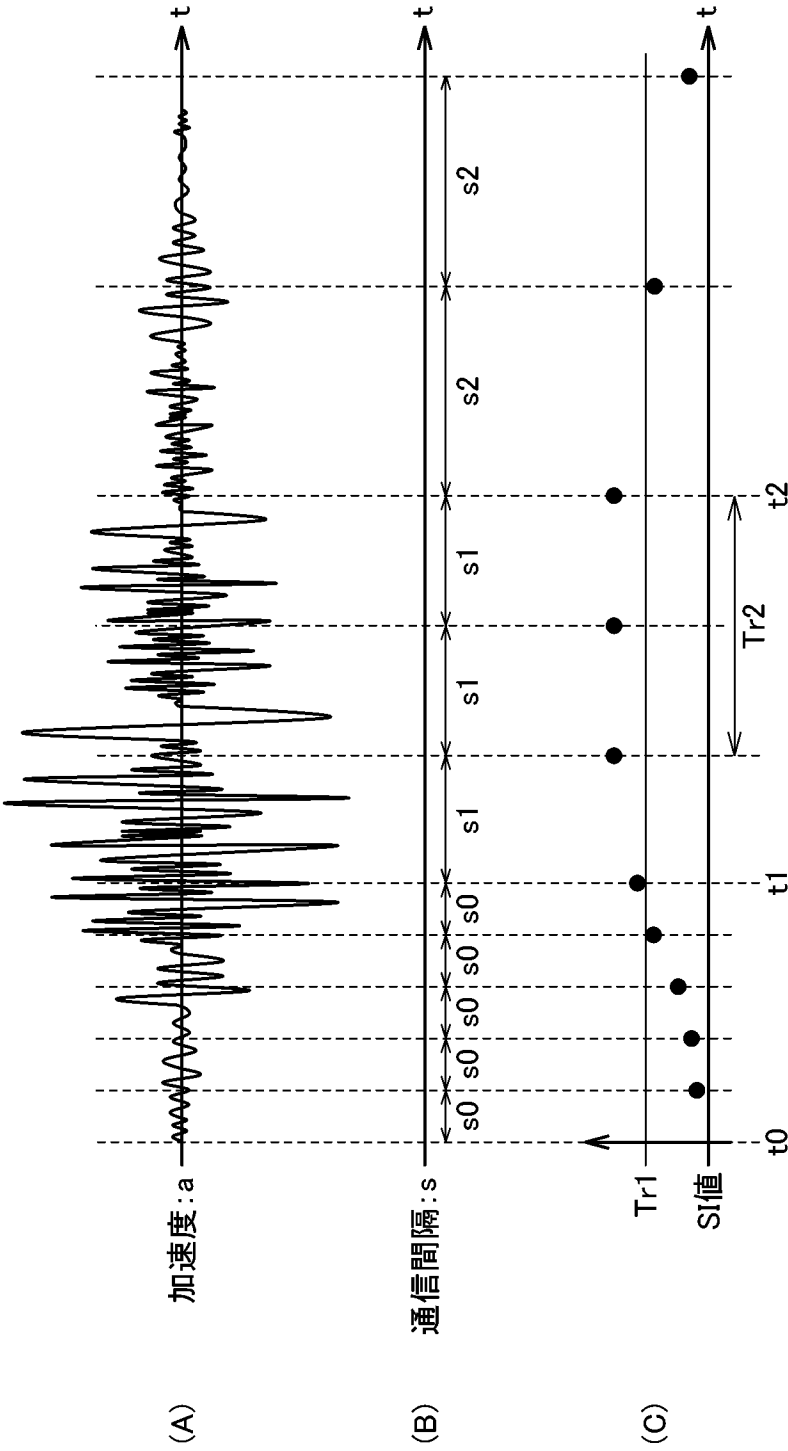
[図8]

FIG.8



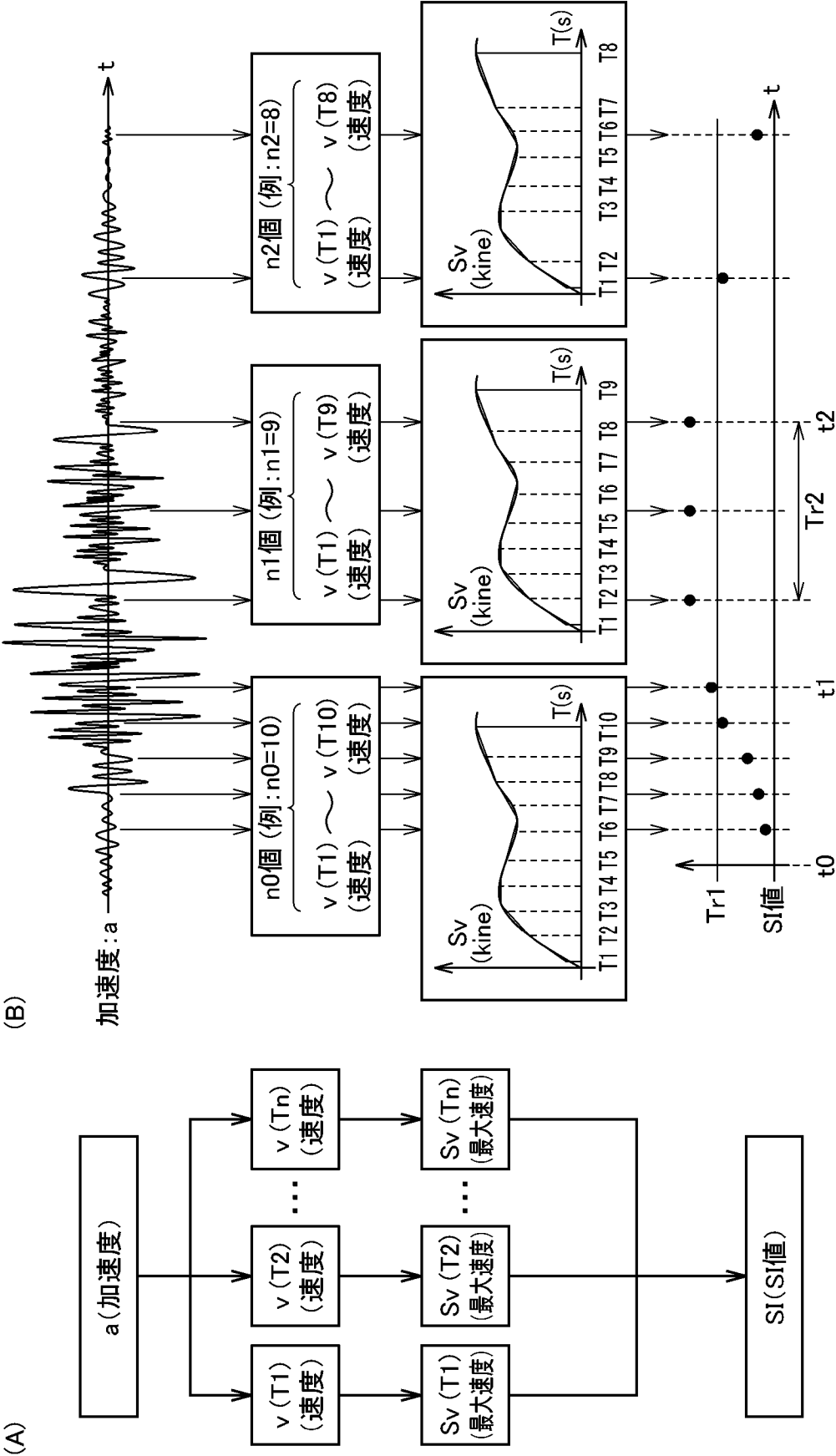
[図9]

FIG.9



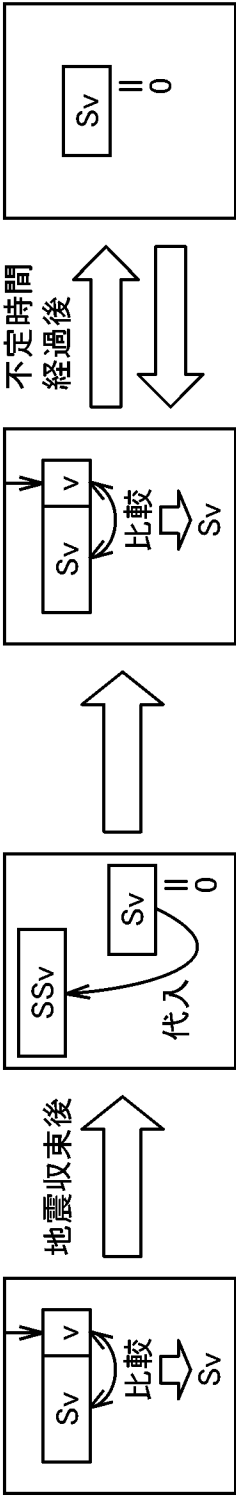
[図10]

FIG.10



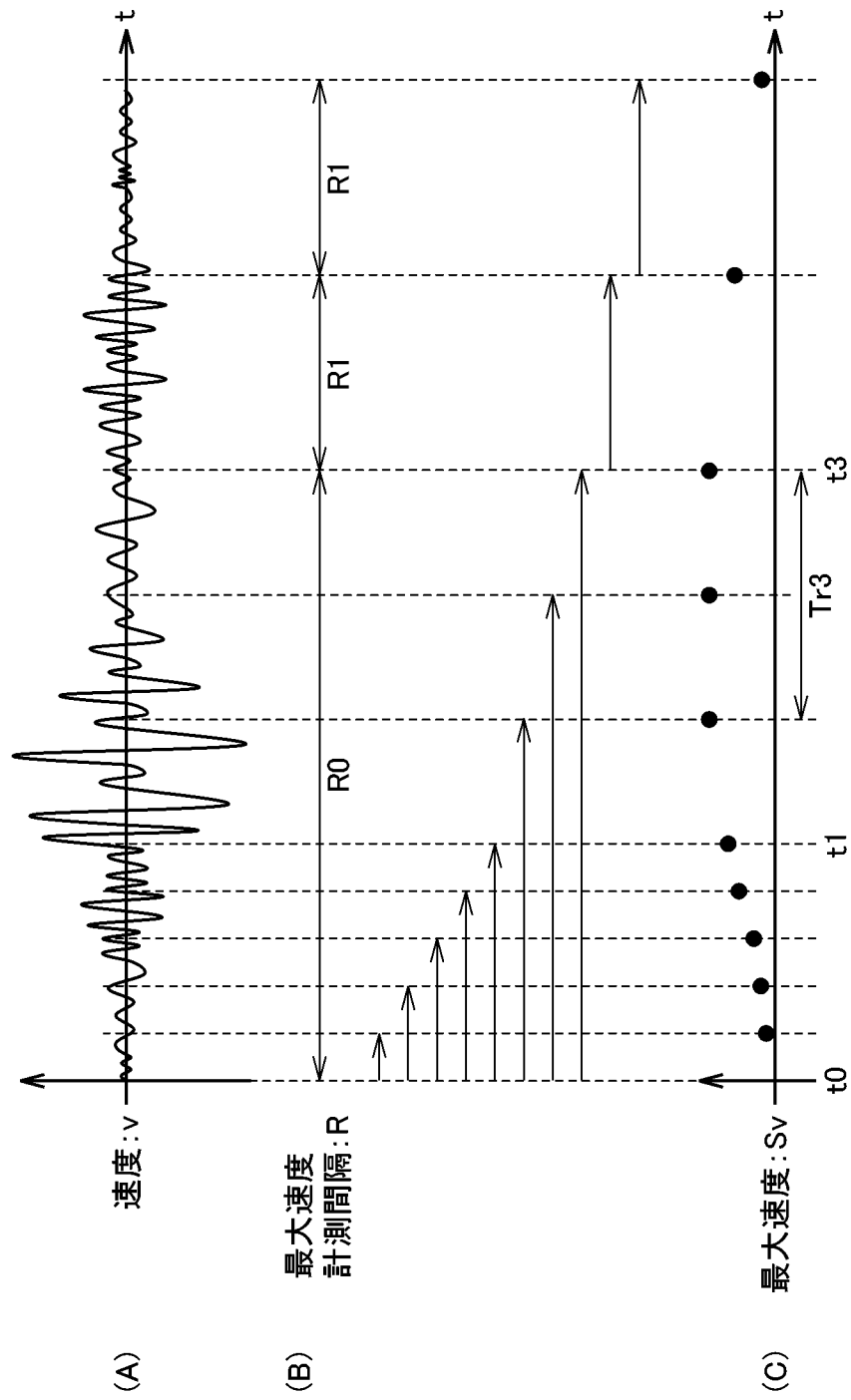
[図11]

FIG.11



[図12]

FIG.12



[図13]

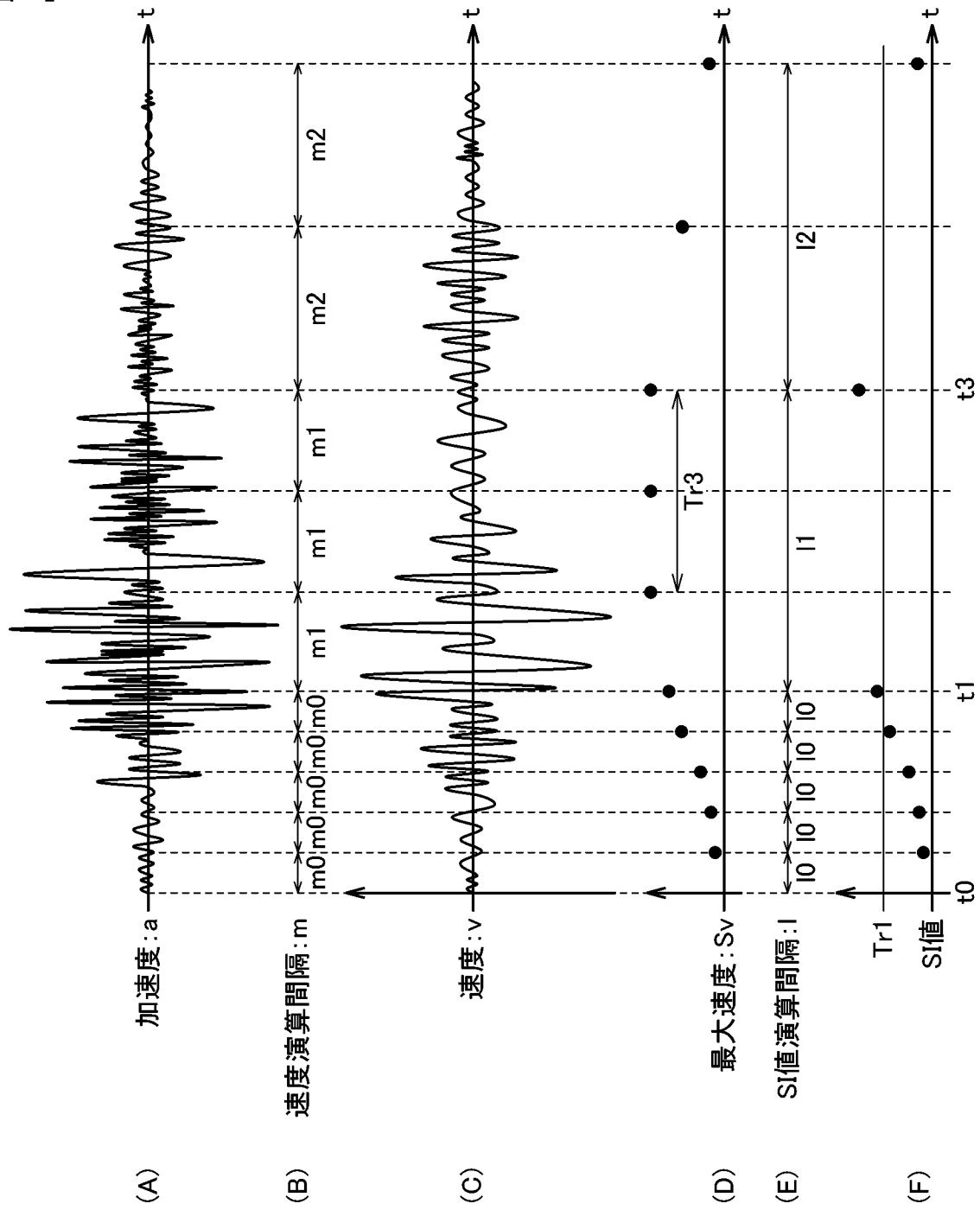


FIG.13

[図14]

FIG.14

(A)

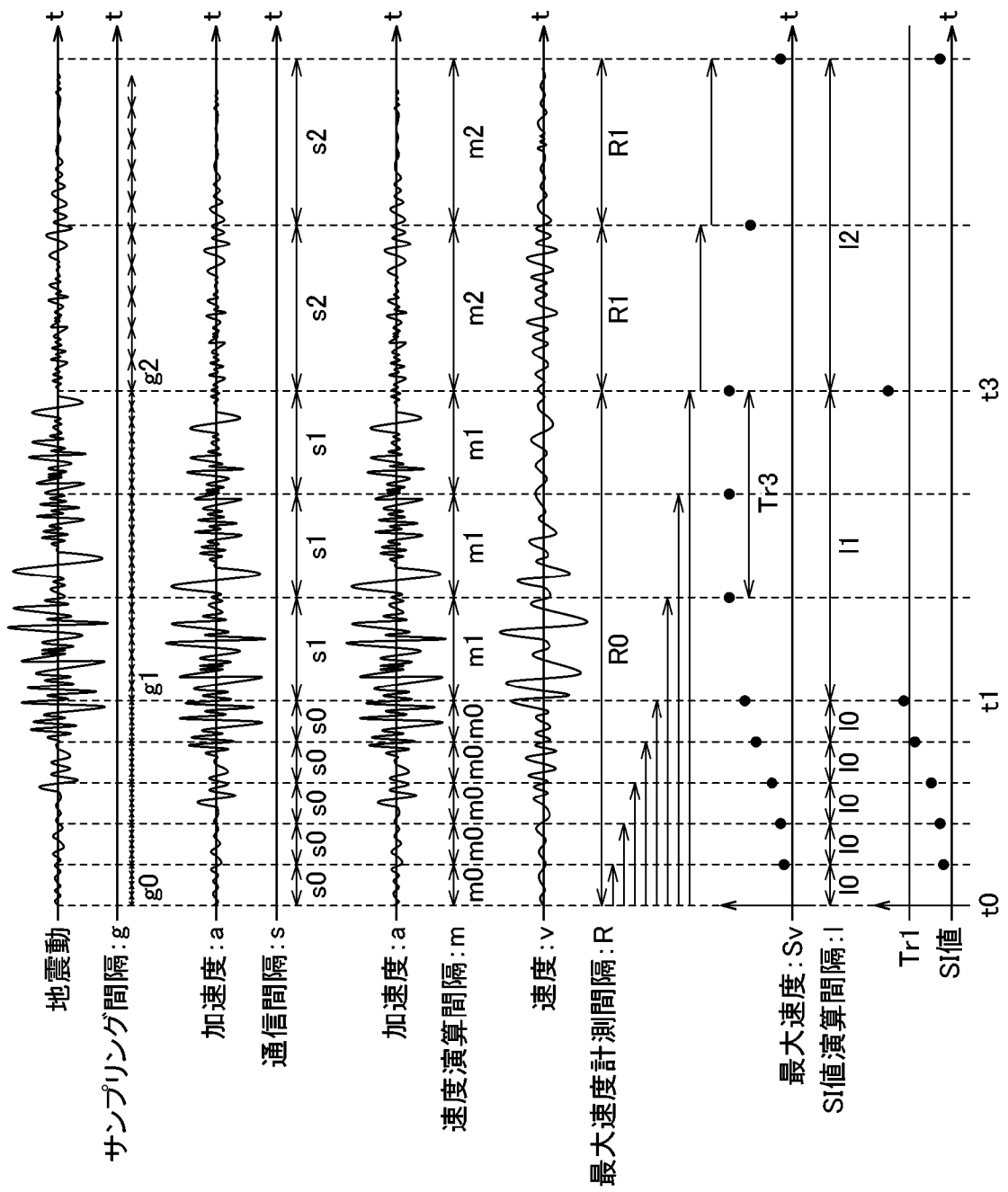
トリガ	Tr1	Tr3
数値	SI=11(震度5弱相当)	10s

(B)

	初期状態	Tr1 発生後	Tr3 発生後
加速度センサ サンプリング 間隔:g	0.01s (g0)	0.02s (g1)	0.04s (g2)
加速度センサ とマイコンの 通信間隔:s	1s (s0)	5s (s1)	10s (s2)
各固有周期 速度の数:n	7 (n0)	6 (n1)	5 (n2)
最大速度 計測間隔:R	Tr3まで (R0)	Tr3まで (R0)	10s (R1)
速度演算 間隔:m	1s (m0)	5s (m1)	10s (m2)
SI値演算 間隔:l	1s (l0)	Tr3まで (l1)	収束まで (l2)

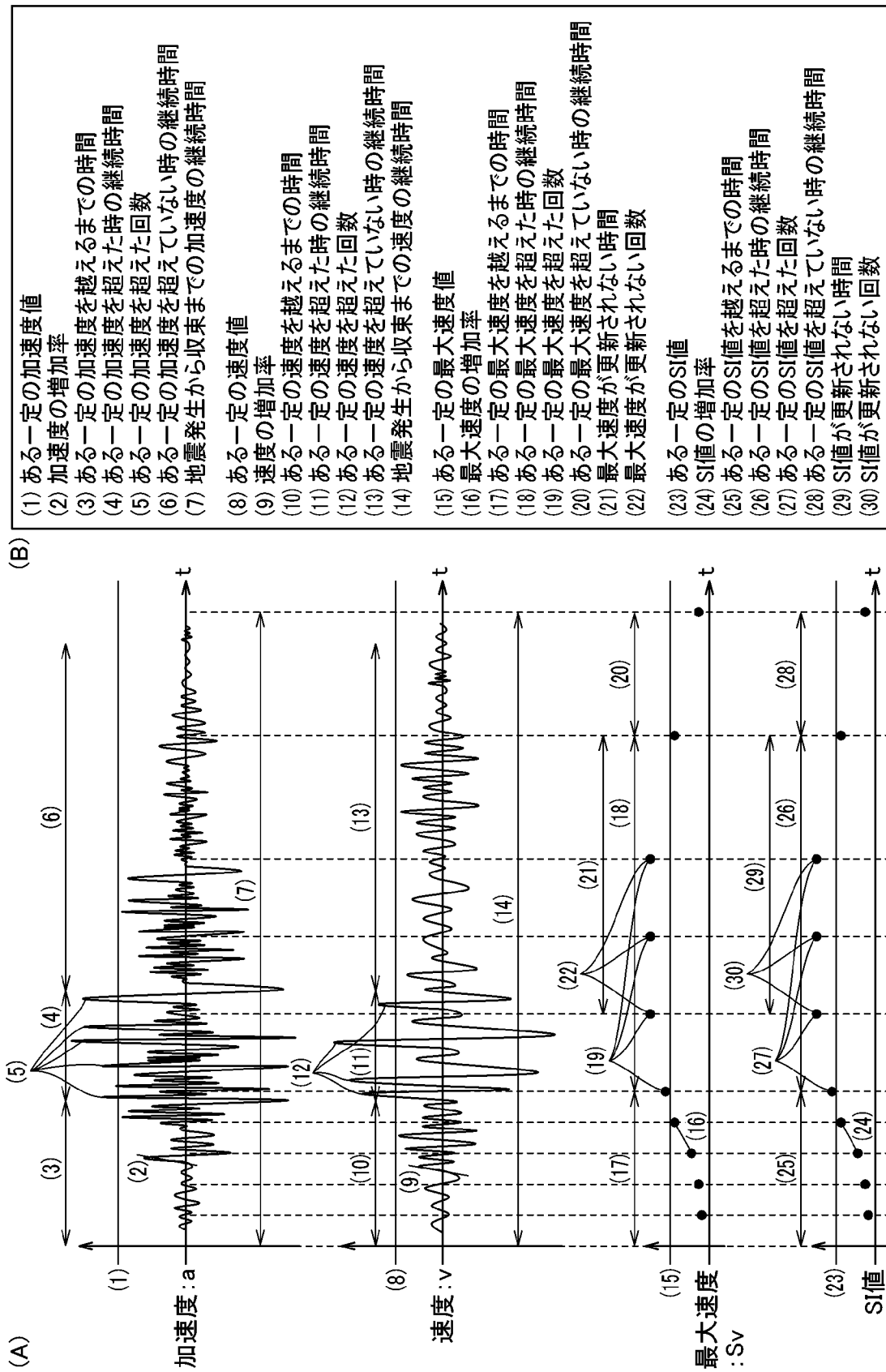
[図15]

FIG.15



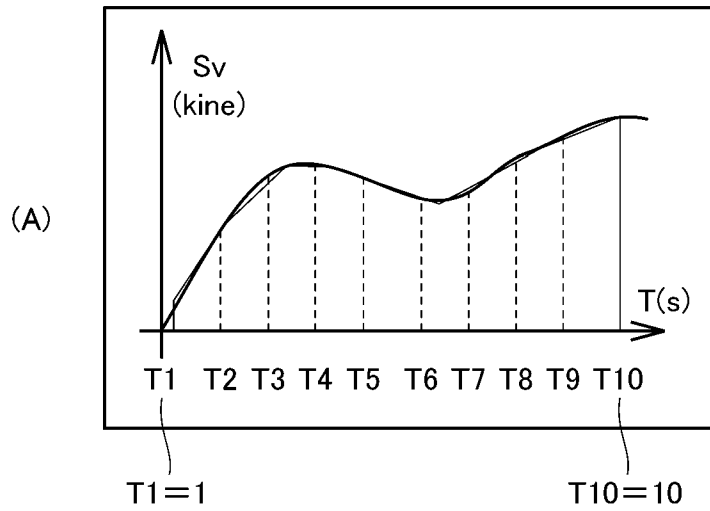
[図17]

FIG.17

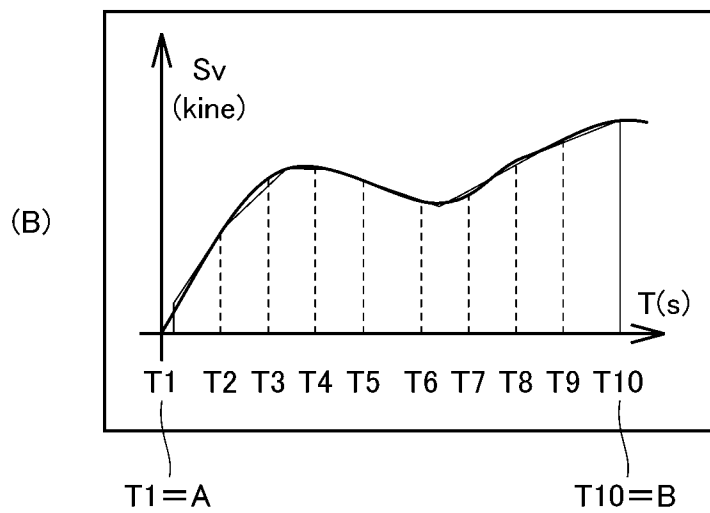


[図18]

FIG.18



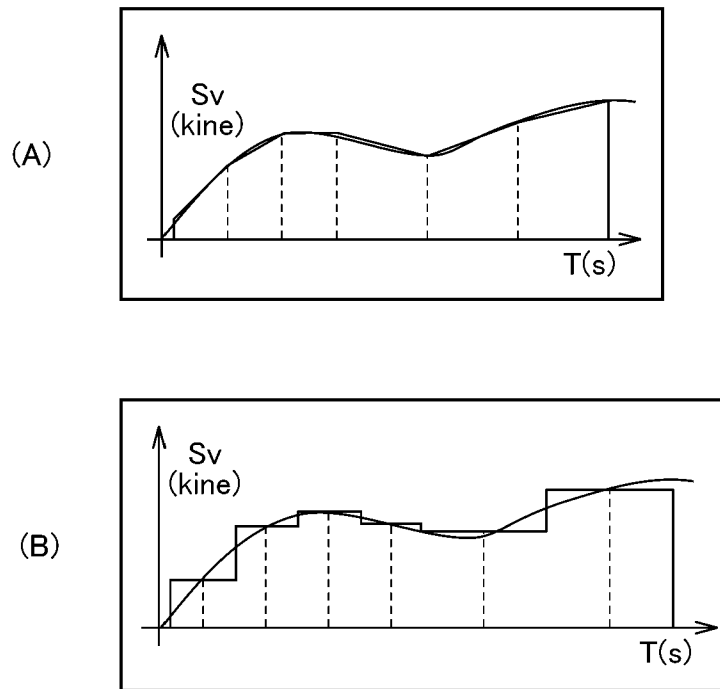
$$SI_t = \frac{1}{9} \int_1^{10} \{Sv_t(T_n)\} dT_n \quad \text{式4}$$



$$SI_t = \frac{1}{B-A} \int_A^B \{Sv_t(T_n)\} dT_n \quad \text{式5}$$

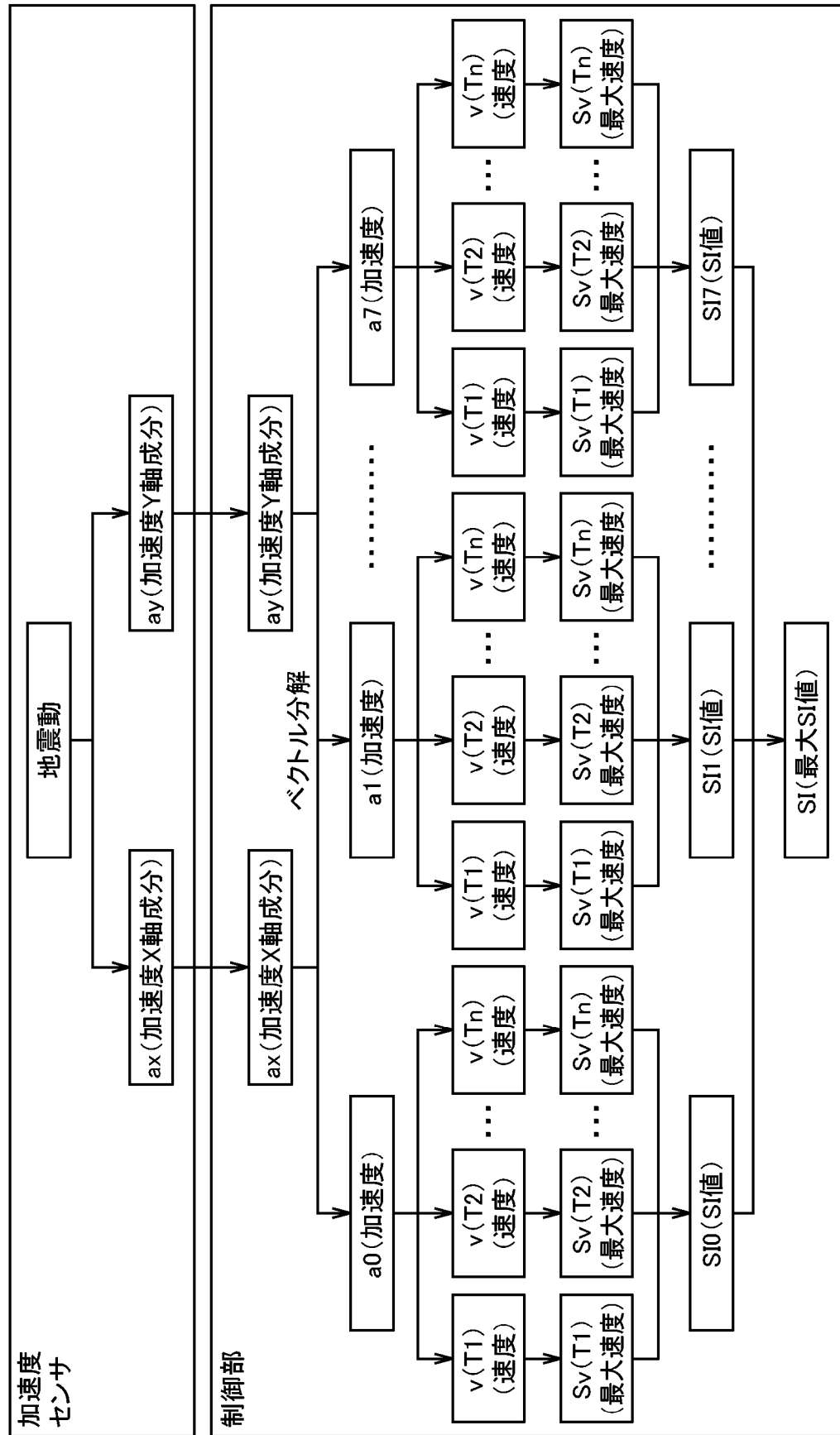
[図19]

FIG.19



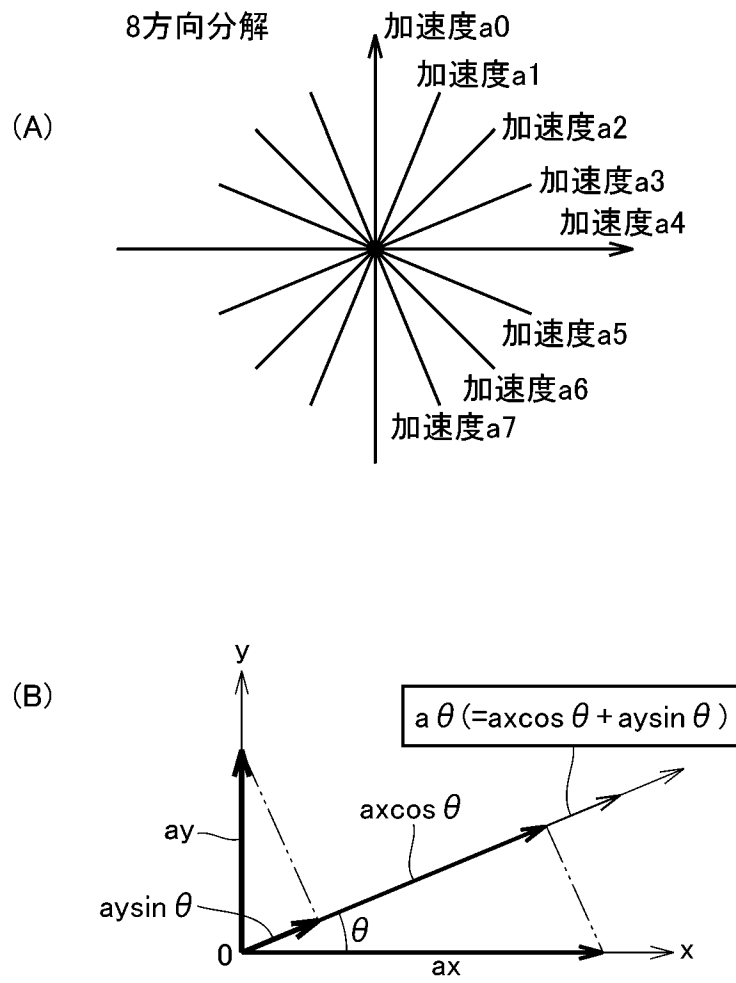
[図20]

FIG.20



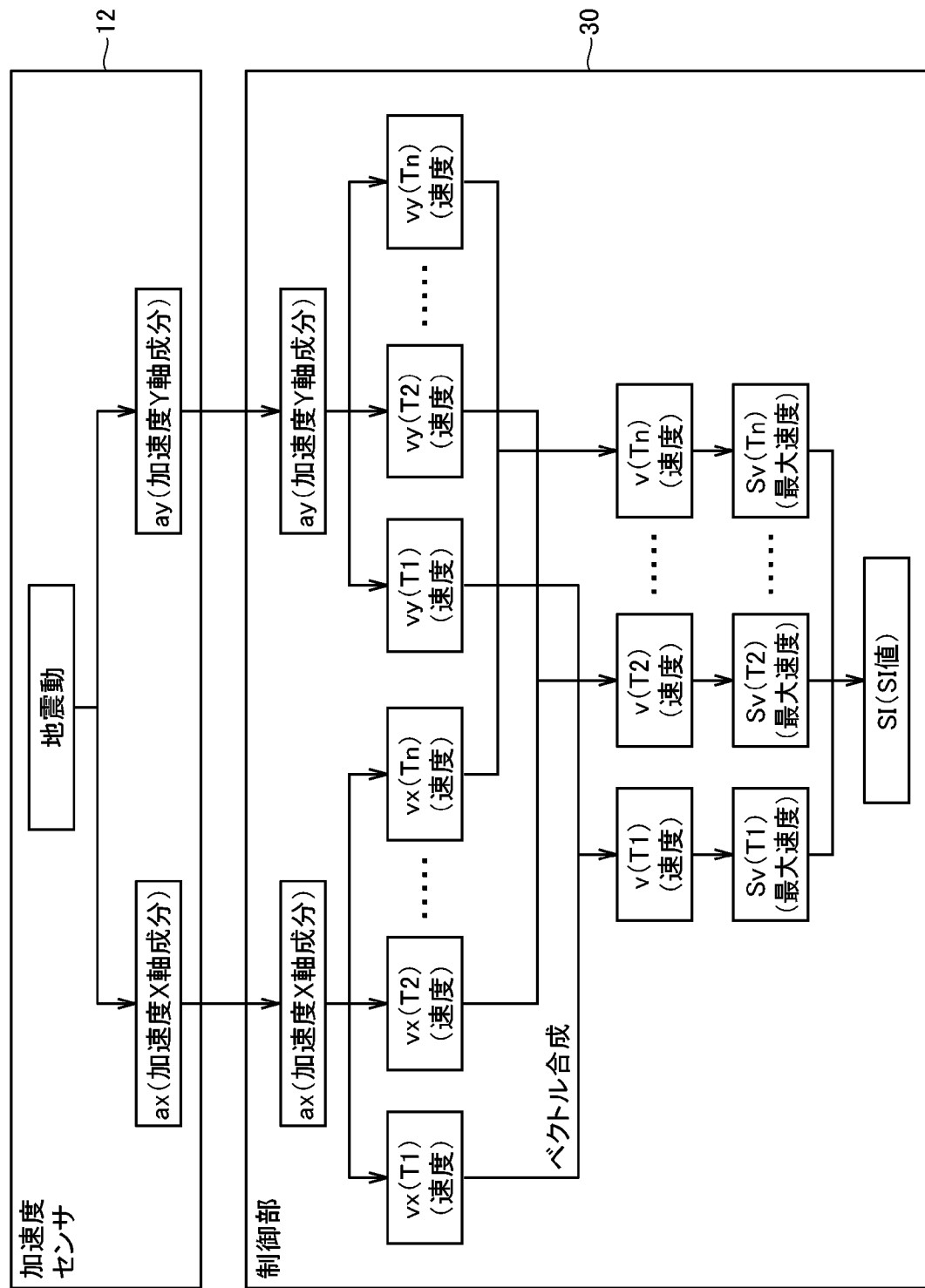
[図21]

FIG.21



[図22]

FIG.22



[図23]

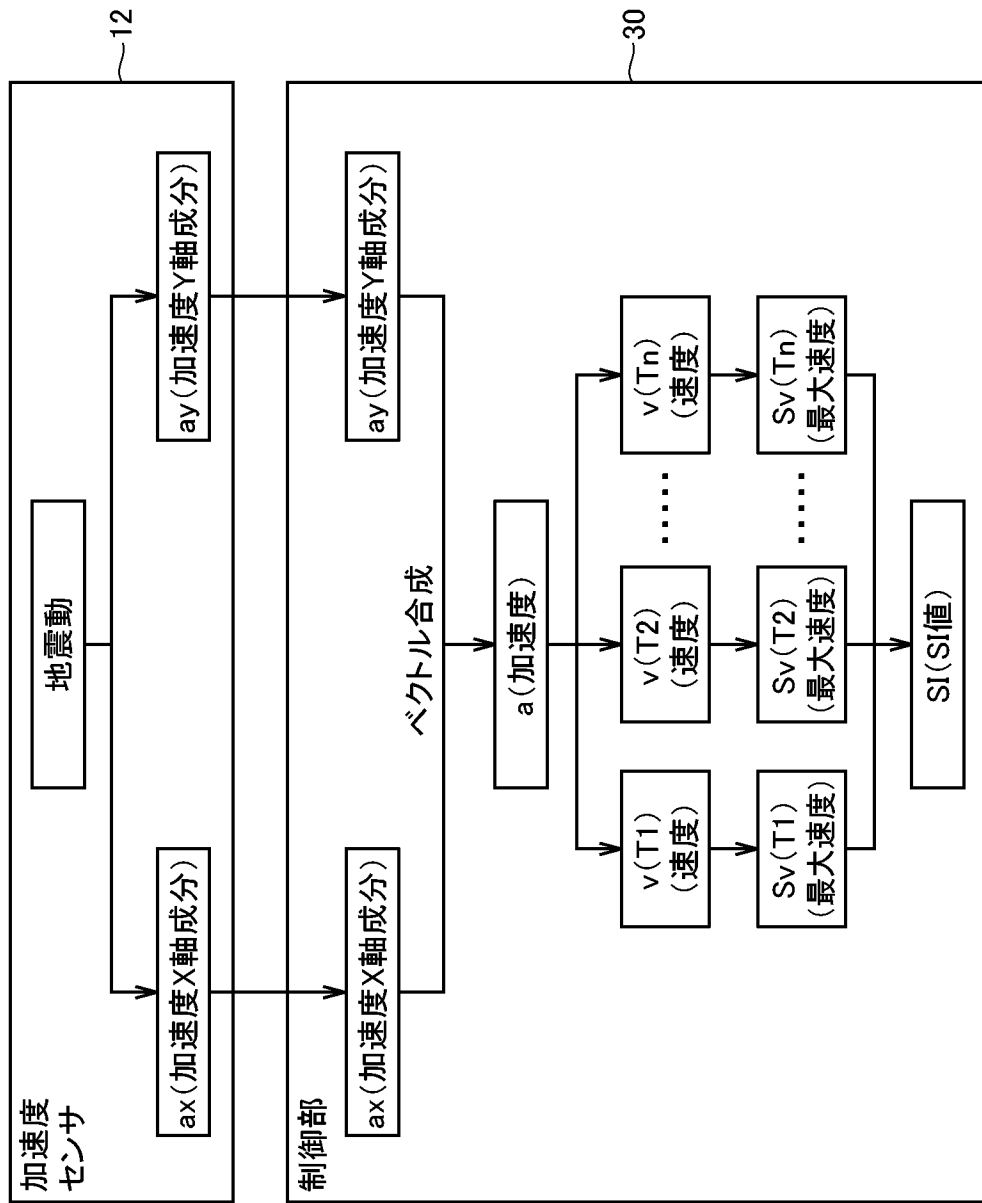
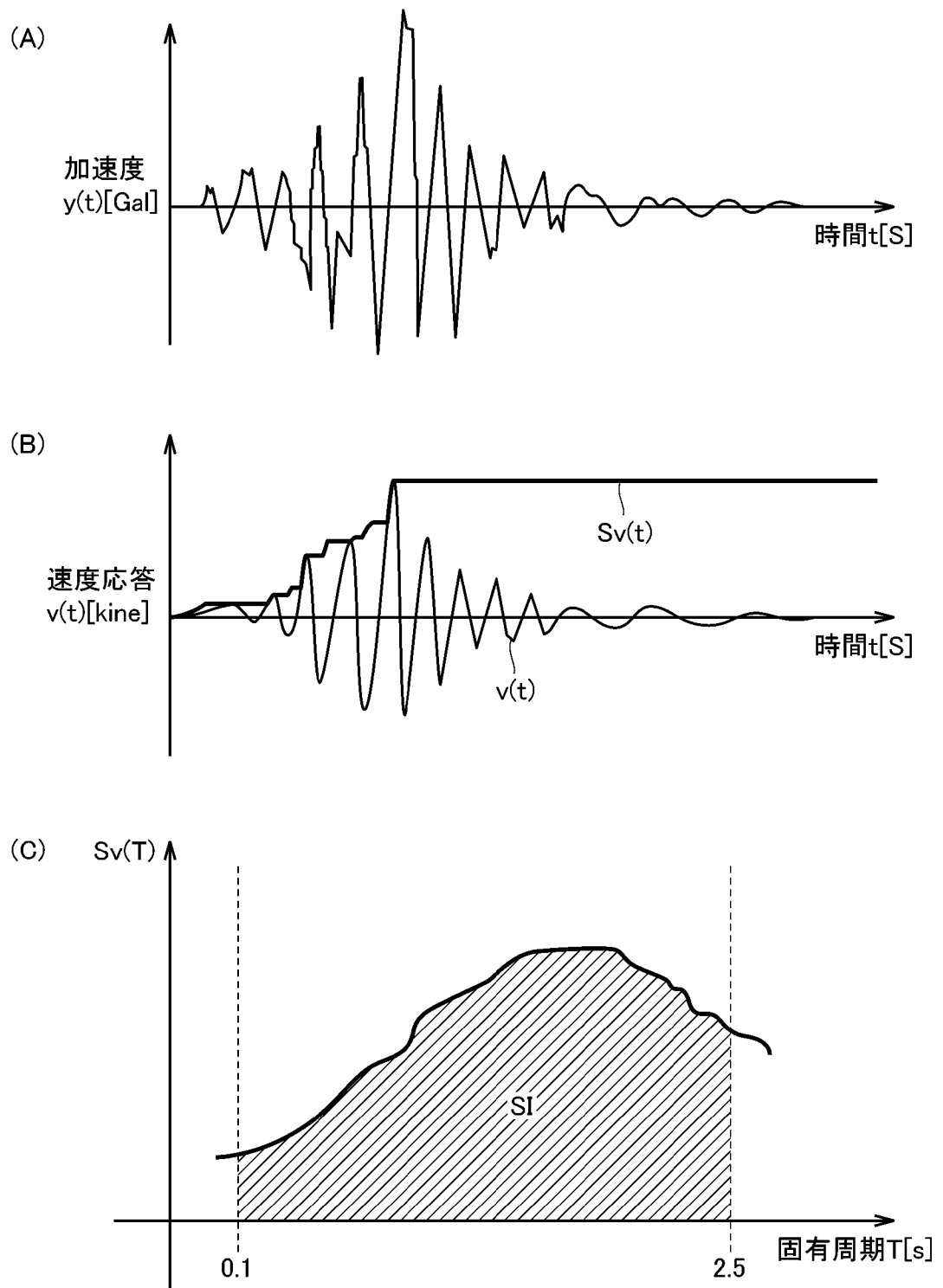


FIG.23

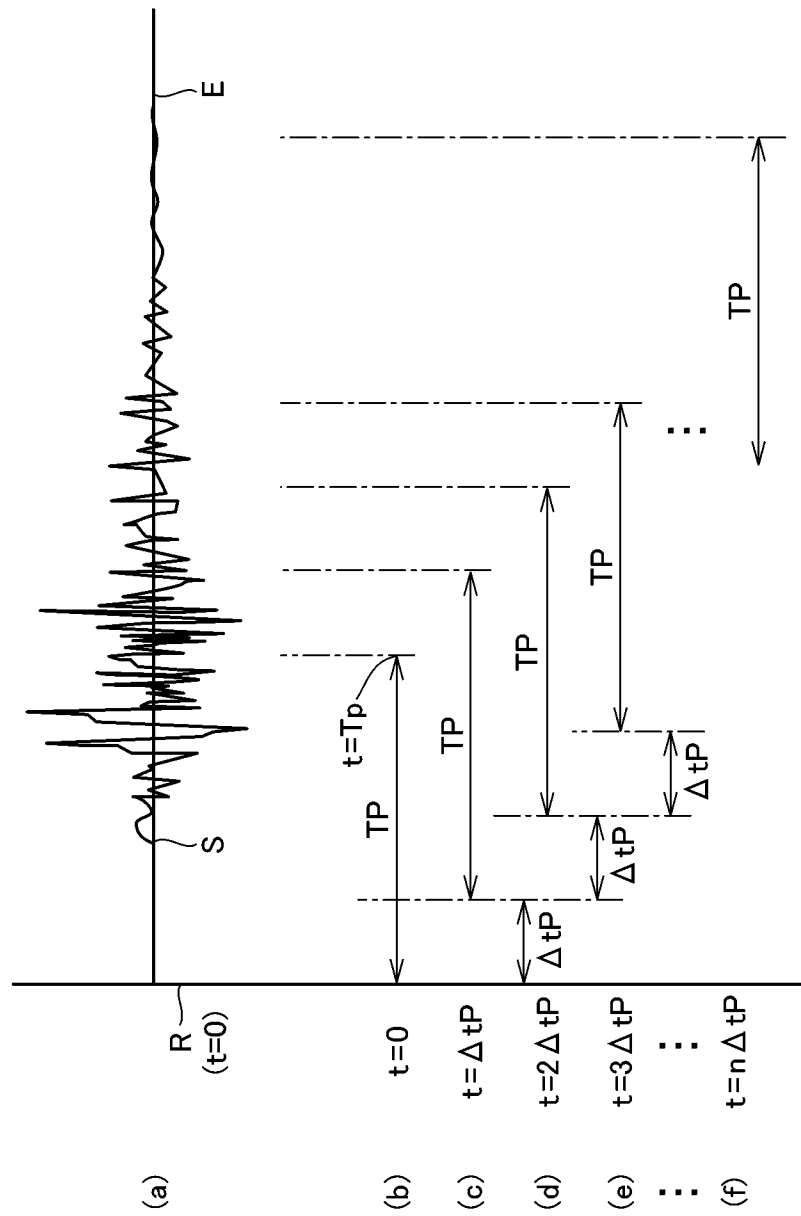
[図24]

FIG.24



[図25]

FIG.25



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/080298

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01V1/28(2006.01)i, G01H1/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01V1/28, G01H1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 9-318763 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 12 December 1997 (12.12.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1, 7-11 2-6
Y A	JP 2009-156743 A (Osaka Gas Co., Ltd.), 16 July 2009 (16.07.2009), paragraphs [0002], [0034] to [0053] (Family: none)	1, 7-11 2-6
Y A	JP 2003-255052 A (Tokyo Gas Co., Ltd.), 10 September 2003 (10.09.2003), paragraph [0019] (Family: none)	7-10 2-6

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
10 January, 2014 (10.01.14)

Date of mailing of the international search report
21 January, 2014 (21.01.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/080298

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-105759 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 20 April 2006 (20.04.2006), paragraph [0023] (Family: none)	7, 9 2-6
Y A	JP 2010-164325 A (Taisei Corp.), 29 July 2010 (29.07.2010), paragraph [0030] (Family: none)	8, 10 2-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01V1/28(2006.01)i, G01H1/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01V1/28, G01H1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2014年
日本国実用新案登録公報	1996-2014年
日本国登録実用新案公報	1994-2014年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 9-318763 A (松下電器産業株式会社) 1997. 12. 12, 全文・全図（ファミリーなし）	1, 7-11 2-6
Y A	JP 2009-156743 A (大阪瓦斯株式会社) 2009. 07. 16, 【0002】, 【0034】－【0053】（ファミリーなし）	1, 7-11 2-6
Y A	JP 2003-255052 A (東京瓦斯株式会社) 2003. 09. 10, 【0019】（ファミリーなし）	7-10 2-6

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10.01.2014

国際調査報告の発送日

21.01.2014

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田中 秀直

2 J

3409

電話番号 03-3581-1101 内線 3252

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	JP 2006-105759 A (松下電器産業株式会社) 2006. 04. 20, 【0 0 2 3】 (ファミリーなし)	7, 9 2-6
Y A	JP 2010-164325 A (大成建設株式会社) 2010. 07. 29, 【0 0 3 0】 (フ ァミリーなし)	8, 10 2-6