

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5345943号  
(P5345943)

(45) 発行日 平成25年11月20日(2013.11.20)

(24) 登録日 平成25年8月23日(2013.8.23)

(51) Int.Cl.  
G 0 1 S 19/27 (2010.01)F I  
G O 1 S 19/27

請求項の数 13 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2009-534949 (P2009-534949)	(73) 特許権者	501382085
(86) (22) 出願日	平成19年10月31日(2007.10.31)		サーフ テクノロジー インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2010-508524 (P2010-508524A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
(43) 公表日	平成22年3月18日(2010.3.18)		112 サンノゼ デブコン ドライブ
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/083207		217
(87) 国際公開番号	W02008/055223	(74) 代理人	110000110
(87) 国際公開日	平成20年5月8日(2008.5.8)		特許業務法人快友国際特許事務所
審査請求日	平成22年10月28日(2010.10.28)	(72) 発明者	ライオネル ジェイ. ゲイリン
(31) 優先権主張番号	11/555,074		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(32) 優先日	平成18年10月31日(2006.10.31)		303 パロ アルト グリアー ロード
(33) 優先権主張国	米国 (US)		3475

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 現在の放送軌道層を使用しない位置の確定

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

衛星状態予測器と測位システムを含む装置であって、

前記衛星状態予測器が、複数の衛星から以前に受信された有効期間の切れた放送軌道層と、現在時刻についての累乗とシヌソイドの級数表現を用いて計算されるパラメータを含む力モデルを含む衛星の運動方程式を使用して、現在の衛星状態を計算するように動作可能であり、

前記パラメータが、現在の月のパラメータ、現在の太陽のパラメータ、現在の地球回転パラメータ、太陽輻射圧パラメータ、ヨーバイアスパラメータからなるグループから選択される少なくとも1つのパラメータを含んでおり、

前記測位システムが、現在の放送軌道層が利用できない場合に、前記装置の位置を確定する際に、前記現在の衛星状態を使用するように構成されている装置。

【請求項 2】

前記複数の衛星が G P S 衛星であり、前記測位システムが G P S 測位システムである、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 3】

前記 G P S 衛星状態予測器が、前記 G P S 衛星の運動方程式を数値積分することで、現在の衛星状態を計算するように構成されている、請求項 2 に記載の装置。

【請求項 4】

前記級数表現が、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  および  $w$  を定数、 $t$  を現在時刻としたときに、 $A$

10

20

$+ B t + C t^2 + D \cos(w t) + E \sin(w t)$  の形式で表現される、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 5】

前記測位システムがさらに、現在の放送軌道暦が利用可能な場合に、その現在の放送軌道暦を使用して前記現在の衛星状態を確定するように構成されている、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記衛星状態予測器が、プロセッサを備える、請求項 1 に記載の装置。

【請求項 7】

複数の衛星から放送軌道暦を受信し、前記複数の衛星についての衛星状態を確定する工程と、

前記衛星状態を格納する工程と、

前記受信された放送軌道暦の有効期間が切れた後に、前記格納された衛星状態を使用して、現在時刻についての累乗とシヌソイドの級数表現を用いて計算されるパラメータを含む力モデルを含む衛星の運動方程式を数値積分し、現在の衛星状態を確定する工程であって、前記パラメータが、現在の月のパラメータ、現在の太陽のパラメータ、現在の地球回転パラメータ、太陽輻射圧パラメータ、ヨーバイアスパラメータからなるグループから選択される少なくとも 1 つのパラメータを含む工程と、

受信機において、前記複数の衛星から衛星信号を受信し、複数の疑似距離測定値を提供する工程と、

前記疑似距離測定値と前記現在の衛星状態とを使用して、前記受信機の第 1 の位置を計算する工程を含む方法。

【請求項 8】

現在の放送軌道暦と前記受信された衛星信号とを使用して、前記受信機の第 2 の位置を計算する工程をさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記級数表現が、 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  および  $w$  を定数、 $t$  を現在時刻としたときに、 $A + B t + C t^2 + D \cos(w t) + E \sin(w t)$  の形式で表現される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

過去の衛星状態を処理して前記定数  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  および  $w$  を確定する工程をさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記定数  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  および  $w$  を不揮発性メモリに格納する工程をさらに含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 12】

前記定数  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  および  $w$  の有効期間が切れたかどうかを判断する工程をさらに含む、請求項 10 に記載の方法。

【請求項 13】

前記有効期間が切れていた場合に、前記定数  $A$ 、 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 、 $E$  および  $w$  を再計算する工程をさらに含む、請求項 12 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施形態は衛星を利用した測位システムと方法に関する。より具体的には、本開示の実施形態は、放送形式の現在の軌道暦情報を使わずに位置を確定することに関する。

【背景技術】

【0002】

衛星を利用した測位システムは、軌道情報と測距信号を絶えず受信機に送信する地球周

10

20

30

40

50

回軌道衛星の衛星群を含む。衛星を利用した測位システムの一例は全地球測位システム（GPS）である。GPSはGPS衛星、サテライト・ビークル、またはスペース・ビークルとも呼ばれる地球周回軌道衛星の衛星群を含む。GPS衛星は、非常に精密な軌道で一日に二度地球を周回しており、地上へ信号情報を送信する。衛星信号情報は、携帯用装置または移動式装置の内部や、基地局および/またはサーバー上の固定された位置に存在し得るGPS受信機により受信される。

#### 【0003】

GPS受信機は、受信機の正確な位置を計算するために衛星信号情報を使用する。一般的に、GPS受信機は、衛星によりGPS信号すなわち衛星信号が送信された時刻と、受信機において上記信号を受信した時刻とを比較する。衛星信号の送信と受信の間の時間差は、送信衛星から受信機までの距離に関する情報を受信機に与える。さらに多くの衛星からの疑似距離測定値（この距離情報は、GPS衛星クロックと受信機クロック間のオフセットに比例した量によりオフセットを与えられるため疑似距離と呼ぶ）を使用することにより、受信機はその位置を確定することができる。GPS受信機は、少なくとも4つの衛星からの受信信号を使用して三次元位置（緯度、経度、高度）を計算する。あるいは、少なくとも3つの衛星を使用して二次元位置を計算する（高度が既知の場合）。

#### 【0004】

GPS衛星信号は見通し線に沿って伝播し、この信号は雲、ガラスおよびプラスチックを通過するが、建物や山などほとんどの固体を通過しない。そのため、一般的には、GPS受信機は、建物の内部や、洞窟や、その他の地中の場所や、水中などのように、適切な衛星信号を受信することが不可能な場所でなければ、どこでも利用可能である。GPS受信機は、位置情報を確定する際、通常は衛星信号からの情報に依存するので、衛星信号が無いと位置の確定は不可能となる。この衛星信号情報は、受信機への軌道暦（ephemeris）データおよび天体暦（almanac）データと共に疑似ランダム符号を含む。疑似ランダム符号は、対応する信号を送信した衛星を識別する符号であり、かつ受信機が距離を測定するのを支援する。天体暦データは、数日または数週に及ぶ長期間にわたって、任意の時点において衛星群の各GPS衛星が存在するであろう位置をGPS受信機に伝える。軌道暦データも同じことを行うが、数時間というより短い期間にわたって、より精密にこれを行う。

#### 【0005】

各衛星により継続的に送信される放送軌道暦データは、衛星の軌道についての重要な情報と、この軌道情報の有効期限とを含む。特に、GPS衛星の放送軌道暦データは、約4時間にわたる将来的な衛星の状態を予測する。さらに詳細には、放送軌道暦データは、その放送軌道暦データの有効期間中の任意の時点における地球中心地球固定（Earth-centered, Earth-fixed: ECEF）直交座標系における衛星の位置を計算可能にする、ケプラー軌道要素（Keplerian element ellipse）と追加の補正について記述する。通常は、位置を確定するためには疑似距離測定値と共に放送軌道暦データが必須である。

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

放送軌道暦データは4時間の期間のみ有効であり、かつ位置確定のために必須であるということを考慮すると、GPS受信機は、以前に収集された放送軌道暦データの有効期間が期限切れになった場合には、衛星状態を計算する必要があるときに新しい放送軌道暦データを収集する必要がある。新しい放送軌道暦データは、GPS衛星からの直接的な放送により収集可能である。あるいは、参照として本明細書にその全体を援用する2004年9月14日出願の米国特許出願第10/941,251号明細書で検討されているように、衛星の軌道暦をサーバーから受信してもよい。しかしながら、GPS衛星またはサーバーから新しい放送軌道暦データを収集することができない状況が存在する。新しい放送軌道暦データを収集することができない状況の例として、衛星信号の信号強度が低く、受信

10

20

30

40

50

された衛星信号から軌道暦データの復号／復調ができなかったり、サーバーがカバーする領域の外側にクライアントが存在していたり、および／またはサーバーが幾つかの理由により利用できなかったりすることが挙げられる。新しい放送軌道暦データが利用できない場合、GPS受信機は通常は位置情報を提供することができない。

【0007】

さらに、GPS受信機が、GPS衛星および／またはサーバーから放送軌道暦情報を受信することができる位置にあり、その信号を適切に復号化できる場合でも、その受信および復号処理は処理時間を大幅に増大させる。この追加的な処理時間は、受信機の電力使用量を増加させるとともに、初期位置算出時間 (time-to-first-fix: TTFF) を直接的に増加させる。TTFFと電力使用量の両方の増加は、受信機の使用状況と受信機の電力能力によっては、ユーザに受け入れ難いものである (例えば、セルラー電話のようなクライアント装置をホストとするGPS受信機は、より厳しい電力使用条件を有するであろう)。一般消費者向けの装置におけるGPSの使用の増加と、このような装置により提供される情報への依存の増加を受けて、GPS受信機が位置情報を提供することができない状況、および／または時間や電力の効率が良い手法で位置を提供することができない状況を低減することが望ましい。

【0008】

現在の放送軌道暦を受信することなく衛星の軌道暦を確定するように動作可能なGPS受信機への当該技術分野における必要性に応えて、米国特許出願第10/941,251号明細書 (以下、251出願と呼ぶ) は、衛星を利用した測位システムにおける衛星の過去の状態データを受信または収集し、この過去の状態データを数値積分し、過去の状態データに基づく衛星軌道の予測を提供するサーバーを開示する。これら予測された衛星状態もまた衛星軌道暦と呼ぶことができる。

【0009】

このとき、用語「軌道暦」はその厳密な意味で使用されるということが当業者に理解されるであろう。GPS衛星によるケプラーパラメータの送信を「放送軌道暦」と呼ぶことはGPS技術における慣習であるが、ケプラーパラメータは「真の」衛星軌道暦ではなく、むしろ衛星軌道暦から導出されたパラメータである。従来のGPS衛星からのケプラーパラメータの送信を「放送軌道暦」と呼ぶのはGPS分野において定着した慣習であるため、過去の状態データの数値積分の結果は、衛星軌道暦から単に導出されただけのケプラーパラメータなどのパラメータとの混乱を回避するために、「予測衛星状態」と呼ばれる。

【0010】

予測衛星状態を計算すると、サーバーはこれらをクライアントであるGPS搭載装置へ送信することができる。これらクライアント装置は、次に、予測衛星状態に基づいて現在の衛星軌道暦を計算することができる。予測衛星状態によりカバーされる期間は望まれる正確さに依存する。例えば、±40メートルの正確さが許容される場合、予測衛星状態は、GPS衛星群におけるすべての衛星に対して、7日間にわたる各15分に対応する。この7日の期間内の現在時刻における衛星状態を確定するためには、クライアント装置は、現在時刻に関してその予測衛星状態を内挿するだけでよい。この手法では、クライアント装置が現在の衛星状態を確定するために必要とされる処理能力は比較的少ない。しかしながら、非常に多くの予測衛星状態の送信と格納のためには、非常に多くの帯域幅と記憶装置を専用に用意しなければならない。

【0011】

したがって、251出願は、サーバーが予測衛星状態ではなく、むしろこれらケプラーパラメータなどの予測衛星状態から導出されるパラメータを生成する別の実施形態を開示する。クライアント装置はサーバーからケプラーパラメータを受信しこのケプラーパラメータを使用することにより衛星軌道を予測することができる。この手法では、サーバーとクライアント装置間の送信に対する帯域幅要求は低減される。

【0012】

10

20

30

40

50

クライアント装置が、予測衛星状態あるいはこれらの状態から導出されるパラメータを受信するかにかかわらず、クライアント装置は、サーバーがこれらの状態/パラメータを生成し送信するように依然として要求するであろう。このようなインフラストラクチャの実施および維持には、かなりの費用を要する。

【0013】

したがって、当該技術分野において、放送軌道暦または他のソースから受信される軌道暦を使わずに位置を確定することができる、改良されたGPS装置が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の一態様として提供される装置は、複数の衛星から以前に受信された放送軌道暦を使用して、現在の衛星状態を計算するように動作可能な衛星状態予測器と、現在の放送軌道暦が利用できない場合に、その装置の位置を確定する際に、計算された前記現在の衛星状態を使用するように構成されている測位システムとを含む。

【0015】

本発明の別の態様として提供される方法は、複数の衛星から放送軌道暦を受信し、複数の衛星の衛星状態を確定する工程と、衛星状態を格納する工程と、格納された衛星状態を使用して複数の衛星についての運動方程式を数値積分し、現在の衛星状態を確定する工程と、受信機において、前記複数の衛星から衛星信号を受信する工程と、受信された衛星信号と計算された前記現在の衛星状態とを使用して、受信機の位置を計算する工程とを含む。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態によるGPSシステムのブロック図である。

【図2】本発明の実施形態による現在の衛星状態を計算する方法を例示するフローチャートである。

【0017】

これらの図面は本発明の実施形態についての説明を補助するために提供されるものであり、排他的または限定的であることを意図するものではない。これらの図面において同じ参照符号は同じ要素を示す。

【発明を実施するための形態】

【0018】

長期間にわたって現在の放送軌道暦データを使わずに衛星軌道暦を確定するための装置と方法について説明する。ここで図1を参照すると、GPS搭載装置110はGPSシステム103を含む。GPSシステム103は、衛星190（説明を明確にするため、単一の衛星のみが示される）からGPS符号化信号192を受信する。従来技術の動作では、GPSシステムは衛星からのGPS符号化信号を復号化して、衛星の放送軌道暦を検索する。そして、GPSシステムはこの放送軌道暦を使用して、現在の衛星状態情報を確定する。そして、この現在の衛星状態情報は疑似距離データと組み合わせて使用され、GPS装置の位置を提供する。

【0019】

しかしながら、GPSシステムが電源を入れられたばかりの場合、衛星から放送軌道暦を受信するためには一定時間の経過を必要とする。また、屋内駐車場や高層建築物などの都市環境は、現在の放送軌道暦の受信を困難にする。現在の衛星状態情報を計算する能力を与えるために、本発明は、以前の放送軌道暦を使用するGPS搭載装置を提供する。例えば、GPS搭載装置100が使用されてきた従来手法では、GPS衛星からの現在の放送軌道暦から導出される衛星状態情報を使用して、装置自体の位置を確定していた。GPSシステムは、衛星の位置と速度を含む衛星状態情報をメモリ106に格納する。その後、GPSシステムがその位置を確定しようにも、頭上に遮蔽物なく現在の放送軌道暦を受信できる環境（オープンスカイ環境）にない場合、衛星状態予測器107は、メモリ106内の以前に格納された衛星状態情報を使用することにより、現在の衛星状態を確定す

10

20

30

40

50

るように構成される。

#### 【0020】

衛星状態予測器は、適切な力モデルを用いたGPS衛星の運動方程式の数値積分により、現在の衛星状態を確定することができる。地球重力は別として、これらの力モデルは、月-太陽モデル(luni-solar model)と通常呼ばれる、月と太陽の重力効果のモデルを含む。例えば、月-太陽モデルは、太陽についての、傾き、距離、ノード、ノードに対する角度、ノードに対する角度率の値を含むことができる。さらに、月についての、傾き、距離、ノード、ノードに対する角度、ノードに対する角度率の値も、このような月-太陽モデルで使用されるであろう。同様に、地球回転(earth orientation)は、極位置x、極位置yおよび一日の長さを用いて表示される。さらに、太陽輻射圧、ヨーバイアス(yバイアス)のためのパラメータもまた有用である。

10

#### 【0021】

$A + Bt + Ct^2 + D \cos(wt) + E \sin(wt)$ の形式の級数表現(ここで、tは現在時刻、A、B、C、D、E、wは定数を表す)は、これらのパラメータを確定するための簡潔で効率的な手法を提供する。しかしながら、これらのパラメータは別の式を使用して表されてもよいことは十分に理解されるであろう。また、衛星の運動方程式に対する追加または代替のパラメータを確定してもよい。

#### 【0022】

これらの級数表現の定数A、B、C、D、E、wの値は、地球回転、太陽輻射圧およびyバイアスのパラメータの過去のデータに、上記級数を数値フィッティングさせることにより、オフラインで得ることができる。月-太陽パラメータは、地球回転、太陽輻射圧およびyバイアスのパラメータにおいて見られるような確率的変動を有さないので、オフラインモデルは、月-太陽パラメータの将来値を正確に予測するために使用することができる。したがって、月-太陽パラメータに対するA、B、C、D、E、w値は、過去と将来の両データに対する曲線近似により得られる。一旦得られると、これらの定数は、確率的に変動するパラメータについて約6か月間有効である。月-太陽パラメータに対する定数は、かなり長い期間にわたって有効であろう。これら定数が確定されると、設計者またはユーザは、次に、それらをメモリ106に「焼きつけ」ることができる。このようにして、GPS状態予測器は、上に検討された級数表現に時間tの現在値を当てはめることにより、これら格納された定数の有効期間(6か月など)の間の任意の時点の地球回転、月の傾き、太陽の傾きなどのパラメータを計算することができる。級数表現を使用してこれらのパラメータを計算すると、GPS状態予測器は、次に、計算されたパラメータを使用してGPS衛星の運動方程式を数値積分することにより、現在の衛星状態を予測することができる。

20

30

#### 【0023】

定数の有効期間が切れた後、クライアント装置は、定数の新しい値を受信するために、インターネットや無線接続などの外部ソースに接続され得る。これらの値をリフレッシュすることで、クライアント装置は、衛星の運動方程式を数値積分して現在の衛星状態の計算を続けることができる。数値積分は、Runge-Kutta法またはマルチステップ法などの任意の標準的な数値積分法により行うことができる。

40

#### 【0024】

現在の衛星状態の予測は、図2のフローチャートを参照するとさらに良く理解される。ステップ200では、衛星状態は、従来技術の手法により放送軌道暦を使用して計算される。ステップ205では、放送軌道暦から計算された衛星状態がメモリに格納される。この時点で、予測を行なうGPS搭載装置は、電源が切られるかあるいは非アクティブモードに置かれてもよい。しばらく後で、GPS搭載装置は、放送軌道暦を再獲得しようとして、電源が入られるかあるいはアクティブモードに戻される。しかしながら、都市におけるビルの谷間、屋内駐車場、山や木々などの自然の障害物、無線周波数雑音などの環境条件、または他の幾つかの条件のため、GPS搭載装置が放送軌道暦を頭上に遮蔽物がない環境(クリアスカイ環境)で受信することができないことがある。放送軌道暦は現在受

50

信されていないので、ステップ210において、GPS搭載装置は、格納された衛星状態をメモリから検索する。ステップ215において、GPS搭載装置は、例えば本明細書に記載の簡潔な級数表現を使用することにより、地球回転値、太陽輻射圧、y バイアス値だけでなく、月 - 太陽値も確定する。ステップ220において、GPS搭載装置は、格納された衛星状態に関する月 - 太陽、地球回転、太陽輻射圧、y バイアス値を使用して衛星運動方程式を数値積分し、現在の衛星状態を計算する。例えばステップ200において放送軌道暦を受信した後に、衛星の遠隔操作や、クロックの変化またはリセットなどにより、衛星状態に変化があった場合、数値積分は不正確な結果を与えるかもしれない。これらの変化は、誤ったユーザ位置の計算を回避するためのRAIM（受信機自律型完全性監視：Receiver Autonomous Integrity Monitoring）アルゴリズムを使用することにより、クライアント装置において検知することができる。

10

#### 【0025】

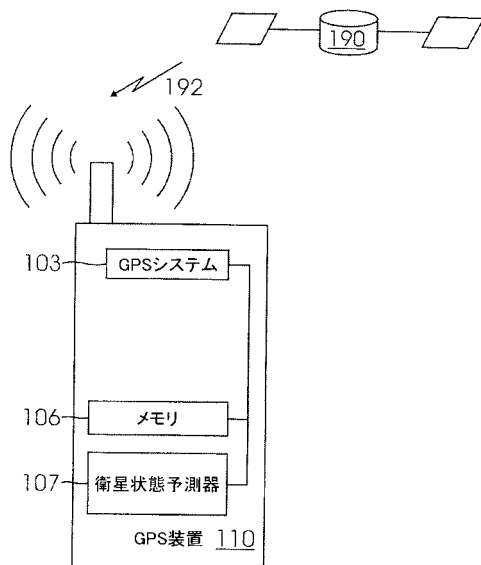
パラメータは約6か月間のみ有効であるので、ステップ225において有効期間が切れたかどうかのテストが行われ得る。有効期間が切れていた場合、ステップ230において、新しい定数がオフラインで確定され、クライアント装置に送られる。そして、受信された定数は、ステップ235においてクライアント装置のメモリにロードされ得る。

#### 【0026】

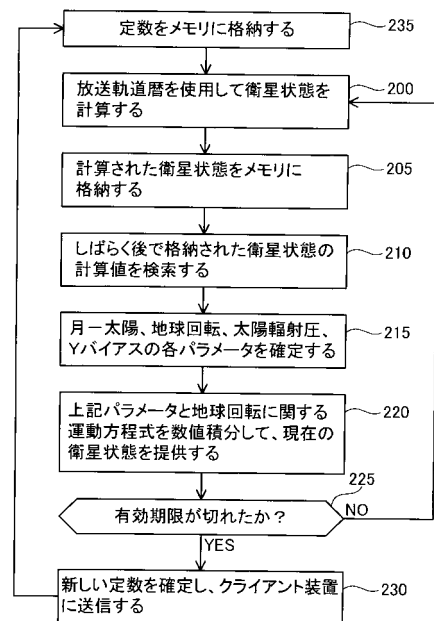
上記実施形態は本発明を例示するものであるが本発明を制限しない。本発明の原理にしたがって多くの修正、変更が可能であることを理解すべきである。したがって、本発明の範囲は添付の特許請求の範囲によってのみ定義される。

20

【図1】



【図2】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ラルス ボエリド

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92688 ランチ サンタ マルガリータ バルドサ 1  
6

(72)発明者 マカランド エス . パタク

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94087 サニーベール アズール ストリート 936  
ビー 6

審査官 有家 秀郎

(56)参考文献 国際公開第2006/031652(WO, A1)

特開2003-255037(JP, A)

特開平07-128430(JP, A)

特開平06-201812(JP, A)

特開2003-021672(JP, A)

特表2004-529032(JP, A)

国際公開第2006/086468(WO, A1)

特表2006-502417(JP, A)

米国特許第06138061(US, A)

米国特許第06564064(US, B1)

米国特許第05909381(US, A)

米国特許第06295021(US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01S 19/00 - 19/55

G01S 5/00 - 5/14