

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-277557
(P2002-277557A)

(43) 公開日 平成14年9月25日 (2002.9.25)

(51) Int.Cl.⁷
G 0 1 V 1/28

識別記号

F I
G 0 1 V 1/28

テマコード* (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 6 OL (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-79739(P2001-79739)

(22) 出願日 平成13年3月21日 (2001.3.21)

(71) 出願人 000173784
財団法人鉄道総合技術研究所
東京都国分寺市光町2丁目8番地38

(71) 出願人 592175704
気象庁長官
東京都千代田区大手町1-3-4

(72) 発明者 芦谷 公稔
東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
法人 鉄道総合技術研究所内

(74) 代理人 100089635
弁理士 清水 守 (外1名)

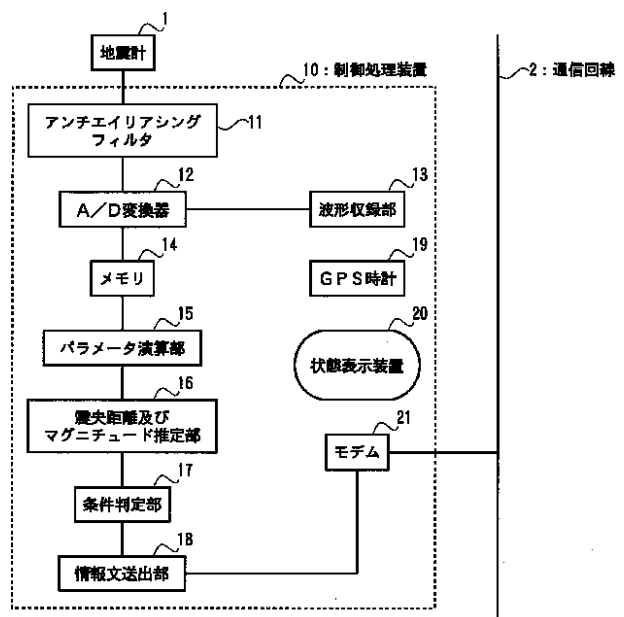
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 震央距離及びマグニチュード推定方法及びそのための装置

(57) 【要約】

【課題】 パラメータが数個の簡易な関数でフィッティングして波形形状を定量化し、得られたパラメータから震央距離とマグニチュードを推定することができる震央距離及びマグニチュード推定方法及びその装置を提供する。

【解決手段】 地震計1と、この地震計1からの初動部分のデジタル波形データを記憶するメモリ14と、オフセットを除去し、データの絶対値を取り、波形の平滑化を行い、 $y = Bt \cdot e^{-At}$ とフィッティングを行い、パラメータA、Bを求め、得られたパラメータBから震央距離を求め、この震央距離をもとに、基準時間内の最大振幅値、あるいは得られたパラメータAからマグニチュードを求めるパラメータ演算部15とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 地震計から得られる地震波初動部分の波形形状の特徴に注目し、該波形形状をパラメータが数個の簡易な関数でフィッティングすることで定量化し、得られたパラメータから震央距離とマグニチュードを推定することを特徴とする震央距離及びマグニチュード推定方法。

【請求項 2】 請求項 1 記載の震央距離及びマグニチュード推定方法において、地震計から得られる時系列データの絶対値を $V(t)$ となし〔ここで、 t は時間 (秒)〕、地震を検知した時刻を時間原点 ($t = 0$) とし、そこから、数秒間のデータに簡易な関数を当てはめ、関数形として、 $V(t) = B t \exp(-At)$ を用い (ここで、 B は地震波形の初動振幅の時間変化に関するパラメータ、 A は初動部分の最大振幅に関するパラメータ)、上記式の両辺の常用対数をとって、 $\log[V(t)/t] = \log B - A \cdot \log e \cdot t$ を得て、未知パラメータを線形化し、その形状パラメータを通常の最小二乗法を用いて算出し、前記初動部分の形状パラメータ A 、 B を求めることを特徴とする震央距離及びマグニチュード推定方法。

【請求項 3】 (a) 地震計と、(b) 該地震計から得られる地震波初動部分の波形形状の特徴に注目し、該波形形状をパラメータを数個の簡易な関数でフィッティングすることで定量化する手段と、(c) 得られたパラメータから震央距離とマグニチュードを推定する手段とを具備することを特徴とする震央距離及びマグニチュード推定装置。

【請求項 4】 (a) 地震計と、(b) 該地震計からの初動部分のデジタル波形データを記憶するメモリと、(c) オフセットを除去し、データの絶対値を取り、波形の平滑化を行い、 $y = B t \cdot e^{-At}$ とフィッティングを行い、パラメータ A 、 B を求め、該得られたパラメータ B から震央距離を求め、該震央距離をもとに、基準時間内の最大振幅値、あるいは前記得られたパラメータ A からマグニチュードを求めるパラメータ演算手段と、震央距離及びマグニチュードの推定手段とを具備することを特徴とする震央距離及びマグニチュード推定装置。

【請求項 5】 請求項 4 記載の震央距離及びマグニチュード推定装置において、あらかじめ決められた震央距離内で決められたマグニチュード以上の地震が発生したか否かを判定する条件判定手段を具備することを特徴とする震央距離及びマグニチュード推定装置。

【請求項 6】 請求項 5 記載の震央距離及びマグニチュード推定装置において、早期検知情報の送信を行う情報文送出手段とを具備することを特徴とする震央距離及びマグニチュード推定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、1 観測点の地震波

の初動部分のデータから、観測点から震央までの距離 (震央距離) と地震の大きさ (マグニチュード) を、地震検知から数秒で推定する方法及びそのための装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来、震央距離やマグニチュードを推定するためには、(a) 多点の観測データから震源位置を求め、各観測点までの震央距離を算出する、(b) 震央距離と振幅値や周期、又は振動継続時間等からマグニチュードを推定する、(c) 1 観測点の初動部分の周期からマグニチュードを推定し、このマグニチュードと初動部の振幅などから、震源距離、深さ、震央距離を推定する、等の方法がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記した (a) や (b) の方法は、従来から行われている一般的な手法で精度は高いが、推定には地震検知から数分程度もかかってしまう。

【0004】 また、上記した (c) の方法は、地震の主要動 (被害をもたらす大きな振動) が観測点に到達する前に、1 観測点の初動部分のデータから推定する方法であり、地震検知から数秒で地震諸元を大まかに推定できるが、その推定精度はあまり高くなく、特に、遠方の地震や深い地震などに対して推定精度が悪いという課題があった。

【0005】 本発明は、上記状況に鑑み、震央距離やマグニチュードの違いによって特徴的に変化する初動部分の波形形状の特徴に注目し、パラメータが数個の簡易な関数でフィッティングして波形形状を定量化し、得られたパラメータから震央距離とマグニチュードを推定することができる震央距離及びマグニチュード推定方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕 震央距離及びマグニチュード推定方法において、地震計から得られる地震波初動部分の波形形状の特徴に注目し、この波形形状をパラメータが数個の簡易な関数でフィッティングすることで定量化し、得られたパラメータから震央距離とマグニチュードを推定することを特徴とする。

【0007】 〔2〕 上記〔1〕記載の震央距離及びマグニチュード推定方法において、地震計から得られる時系列データの絶対値を $V(t)$ となし〔ここで、 t は時間 (秒)〕、地震を検知した時刻を時間原点 ($t = 0$) とし、そこから、数秒間のデータに簡易な関数を当てはめ、関数形として、 $V(t) = B t \exp(-At)$ を用い (ここで、 B は地震波形の初動振幅の時間変化に関するパラメータ、 A は初動部分の最大振幅に関するパラメータ)、上記式の両辺の常用対数をとって、 \log

$g[V(t)/t] = \log B - A \cdot \log e \cdot t$ を得て、未知パラメータを線形化し、その形状パラメータを通常の最小二乗法を用いて算出し、前記初動部分の形状パラメータ A 、 B を求めることを特徴とする。

【0008】〔3〕震央距離及びマグニチュード推定装置において、地震計と、この地震計から得られる地震波初動部分の波形形状の特徴に注目し、この波形形状をパラメータを数個の簡易な関数でフィッティングすることで定量化する手段と、得られたパラメータから震央距離とマグニチュードを推定する手段とを具備することを特徴とする。

【0009】〔4〕震央距離及びマグニチュード推定装置において、地震計と、この地震計からの初動部分のデジタル波形データを記憶するメモリと、オフセットを除去し、データの絶対値を取り、波形の平滑化を行い、 $y = B t \cdot e^{-At}$ とフィッティングを行い、パラメータ A 、 B を求めるパラメータ演算手段と、その得られたパラメータ B から震央距離を求め、この震央距離をもとに、基準時間内の最大振幅値、あるいは前記得られたパラメータ A からマグニチュードを求める震央距離及びマグニチュードの推定手段とを具備することを特徴とする。

$$V(t) = B t \exp(-At)$$

ここで、 B は地震波形の初動振幅の時間変化に関するパラメータ、 A は初動部分の最大振幅に関するパラメータであり、以下、これらを形状パラメータと仮称する。上記(1)式の両辺の常用対数をとると、次式(2)のよ

$$\log[V(t)/t] = \log B - A \cdot \log e \cdot t \quad \dots (2)$$

上記の方法を用いて多くの地震波形データについて初動部の形状パラメータ A 、 B を求めた結果、パラメータ B は震央距離と良好な相関があることが分かった。

【0017】さらに、パラメータ B と震央距離の関係はマグニチュードにはよらないことも分かった。よって、このパラメータ B と震央距離との相関を定式化しておけば、地震波初動部の形状パラメータ B から震央距離を求めることが出来る。

【0018】震央距離が求まれば、マグニチュードは、一般に使われている震央距離と最大振幅を用いた式にならって、その推定式を定式化することが出来る。また、最大振幅の代わりに、形状パラメータ A を用いた式を定式化することも可能である。

【0019】上記の方法によって推定したマグニチュードは、前述の初動部の周期を用いて推定する方法に比べて、推定精度がかなり向上することが確認されている。

【0020】以上から、本発明によれば、地震検知から数秒程度で震央距離とマグニチュードを精度よく算出することができ、よって、地震の主要動が観測点に到達する前にその地震の加害性を判断することが出来るため、地震防災の分野において有効に活用されると考えられる。

【0010】〔5〕上記〔4〕記載の震央距離及びマグニチュード推定装置において、あらかじめ決められた震央距離内で決められたマグニチュード以上の地震が発生したか否かを判定する条件判定手段を具備することを特徴とする。

【0011】〔6〕上記〔5〕記載の震央距離及びマグニチュード推定装置において、早期検知情報の送信を行う情報文送出手段とを具備することを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0013】地震波形の時系列データを $v(t)$ とする。更に、この時系列データ $v(t)$ の絶対値を $V(t)$ とする。ここで、 t は時間(秒)を表す。

【0014】まず、地震を検知した時刻を時間原点($t = 0$)として、そこから、数秒間のデータに簡易な関数を当てはめる。関数形として、ここでは、次式(1)を用いる。なお、 $V(t)$ の時間的な変動が大きい場合は、適当な方法で $V(t)$ を平滑化した後に関数の当てはめを行う。

【0015】

$$\dots (1)$$

うに未知パラメータが線形化されるので、その形状パラメータは通常の最小二乗法を用いて算出できる。

【0016】

〔実施例〕図1は本発明に係る震央距離及びマグニチュード推定装置のブロック図、図2はその震央距離及びマグニチュード推定の処理フローチャートである。

【0021】これらの図において、1は地震計、2は通信回線、10は制御処理装置、11はアンチエイリアシングフィルタ(ローパスフィルタ)、12はA/D変換器、13は波形収録部、14はメモリ、15はパラメータ演算部、16は震央距離及びマグニチュード推定部、17は条件判定部、18は情報文送出手段、19はGPS時計、20は状態表示装置、21はモデムである。

【0022】この震央距離及びマグニチュード推定方法を、図2に示すフローを参照しながら説明する。

【0023】(1)地震計1からの情報を制御処理装置10に取り込み、デジタル波形データとしてメモリ14に取得する(ステップS1)。

【0024】(2)そこで、パラメータ演算部15において、オフセットの除去を行い(ステップS2)、次に、データの絶対値を取る。このとき絶対値がある基準値以下の場合には、強制的に最小基準値とする(ステップS3)。次に、スムージング(例えば、波形のエンベロープを取る)を行う(ステップS4)。次に、 $y = B t \cdot e^{-At}$ とフィッティングを行いパラメータ(係数)

A, Bを求める(ステップS5)。

【0025】(3)次に、震央距離及びマグニチュード推定部16において、得られたパラメータBから震央距離を求める(ステップS6)。この震央距離をもとに、基準時間内の最大振幅値、あるいは得られたパラメータAからマグニチュードMを推定する(ステップS7)。

【0026】(4)次いで、条件判定部17において、あらかじめ定められた震央距離内で決められたマグニチュード以上の地震が発生したか否かを判定する(ステップS8)。

【0027】(5)ステップS8において、YESの場合は、情報文送出部18において、早期検知情報の送信を行う(ステップS9)。

【0028】また、図3は、実際の地震波に簡易関数をフィッティングした例を示す図であり、図3(a)は実際の初動波(P波)、図3(b)はその簡易関数のフィ

$$\log = 1 \log B + 2 \dots (3)$$

$$= 1 / \log B + 2 \dots (4)$$

マグニチュードMは、一般に使われている震央距離と最

$$M = 1 \log V_{\max} + 2 \log + 3 \dots (5)$$

にならって、パラメータAもしくは最大振幅 V_{\max} とパラメータBにより定式化できるが、この形式も一つに限定されるものではなく、例としては次のような形式が考

$$M = 1 A + 2 \log B + 3 \dots (6)$$

$$M = 1 \log V_{\max} + 2 \log B + 3 \dots (7)$$

$$M = 1 A + 2 \log (\log B) + 3 \dots (8)$$

$$M = 1 \log V_{\max} + 2 \log (\log B) + 3 \dots (9)$$

ここで、 $1, 2, 1, 2, 3, 1, 2, 3$ は、多数の地震データから統計処理によって決定されるパラメータである。

【0034】図5は、式(3)を用いて推定した震央距離と実際の震央距離を比較したものである。この図において、横軸は推定した震央距離(km)、縦軸は実際の震央距離(km)を示している。また、図6は、式(7)を用いて推定したマグニチュードと実際のマグニチュードを比較したものである。この図において、横軸は推定したマグニチュード、縦軸は実際のマグニチュードを示している。

【0035】これらの図より明らかなように、本発明によって推定されたマグニチュードの実際のマグニチュードとの誤差は高々1程度であり、精度良く推定されることがわかる。

【0036】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、それらを本発明の範囲から排除するものではない。

【0037】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、震央距離やマグニチュードの違いによって特徴的に変化する初動部分の波形形状の特徴に注目して、こ

ッティング例を示す図である。

【0029】多くの地震データに対して、同様のフィッティングを行い、初動部の形状パラメータを求め、パラメータBと震央距離の相関を示すものが図4である。この図において、横軸は震央距離(km)、縦軸は $\log B$ を示している。

【0030】また、この図において、印の大きさはマグニチュードMに比例しており、最大はM8.1、最小はM4.5に相当する。この図4から、パラメータBと震央距離には負の相関があり、かつ、この相関関係はマグニチュードによらないことが分かる。よって、この相関関係を定式化することにより、パラメータBのみで震央距離が推定できることになる。

【0031】推定式の形式は一つに限定するべきものではないが、例としては以下のような形式が考えられる。

【0032】

大振幅 V_{\max} を用いた式、

【0033】

$$\dots (6)$$

$$\dots (7)$$

$$\dots (8)$$

$$\dots (9)$$

の波形形状をパラメータを数個の簡易な関数でフィッティングして定量化し、得られたパラメータから震央距離とマグニチュードを推定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る震央距離及びマグニチュード推定装置のブロック図である。

【図2】本発明に係る震央距離及びマグニチュード推定の処理フローチャートである。

【図3】実際の地震波に簡易関数をフィッティングした例を示す図である。

【図4】パラメータBと震央距離の相関を示す図である。

【図5】推定した震央距離と実際の震央距離を比較した図である。

【図6】推定したマグニチュードと実際のマグニチュードを比較した図である。

【符号の説明】

1 地震計

2 通信回線

10 制御処理装置

11 アンチエイリアシングフィルタ

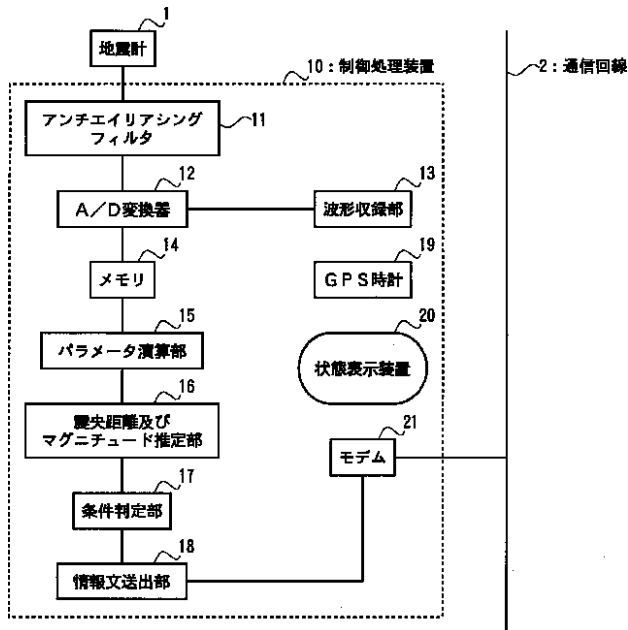
12 A/D変換器

13 波形収録部

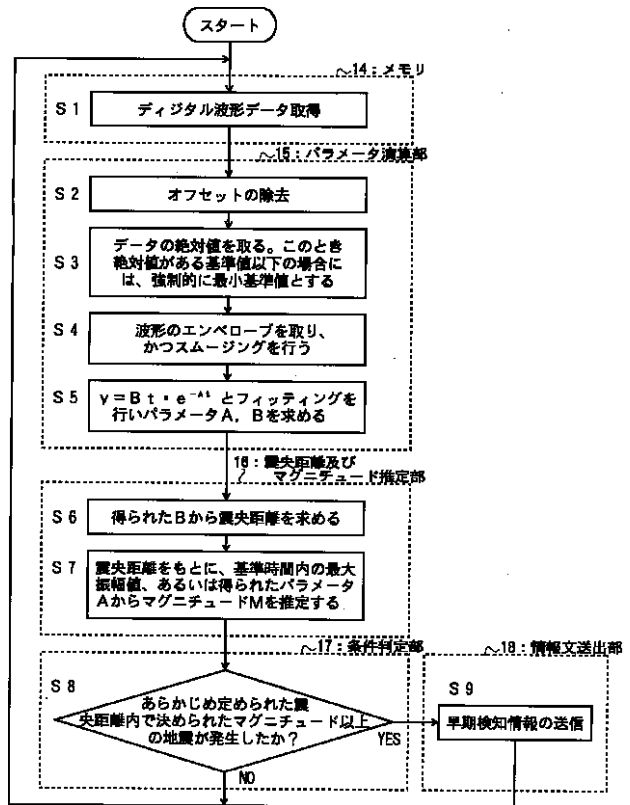
- 14 メモリ
- 15 パラメータ演算部
- 16 震央距離及びマグニチュード推定部
- 17 条件判定部

- 18 情報文送出部
- 19 GPS時計
- 20 状態表示装置
- 21 モデム

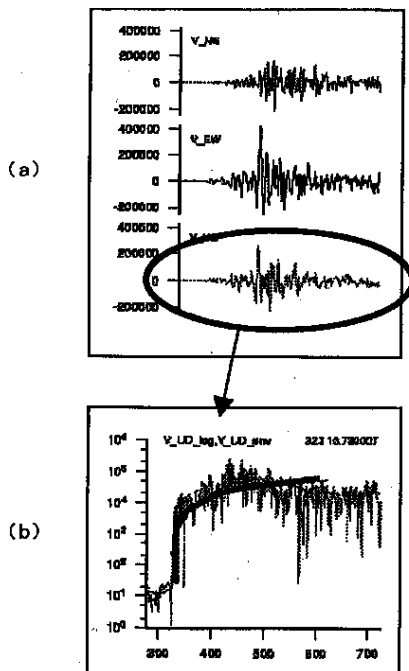
【図1】



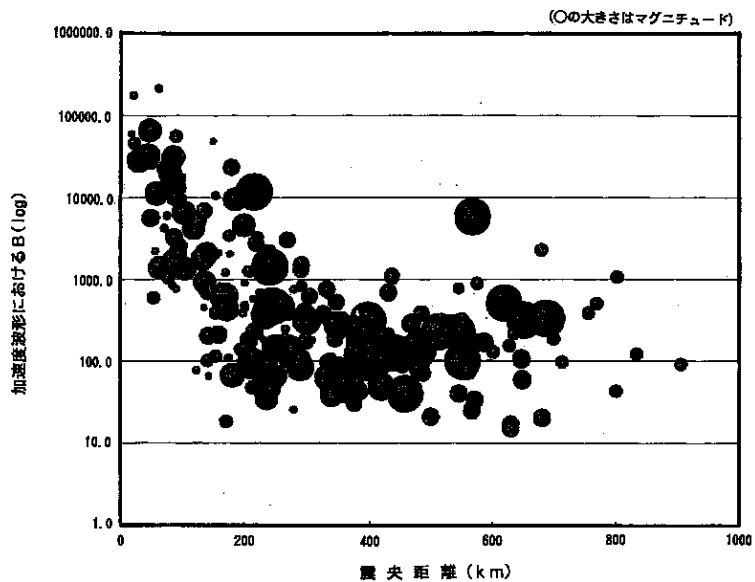
【図2】



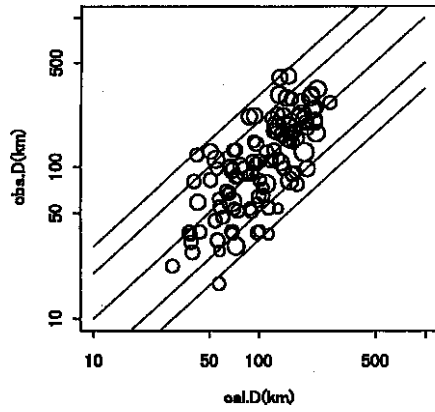
【図3】



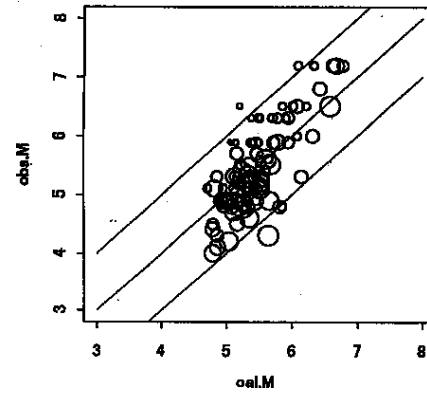
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 小高 俊一
 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
 法人 鉄道総合技術研究所内
 (72)発明者 東田 進也
 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
 法人 鉄道総合技術研究所内

(72)発明者 佐藤 新二
 東京都国分寺市光町二丁目8番地38 財団
 法人 鉄道総合技術研究所内
 (72)発明者 大竹 和生
 東京都千代田区大手町1-3-4 国土交
 通省 気象庁内
 (72)発明者 野坂 大輔
 東京都千代田区大手町1-3-4 国土交
 通省 気象庁内