

(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2018-9878
(P2018-9878A)

(43) 公開日 平成30年1月18日 (2018.1.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 V 1/22 (2006.01)	GO 1 V 1/22	2 F 0 0 2
GO 4 G 21/02 (2010.01)	GO 4 G 21/02	2 G 1 0 5
GO 4 R 20/02 (2013.01)	GO 4 R 20/02	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2016-138827 (P2016-138827)	(71) 出願人	000137694
(22) 出願日	平成28年7月13日 (2016.7.13)		株式会社ミットヨ
			神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
		(74) 代理人	100166545
			弁理士 折坂 茂樹
		(72) 発明者	瀬戸 幸夫
			神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミットヨ内
		Fターム(参考)	2F002 FA16 GA04 GA06 2G105 AA03 BB01 EE04 NN02

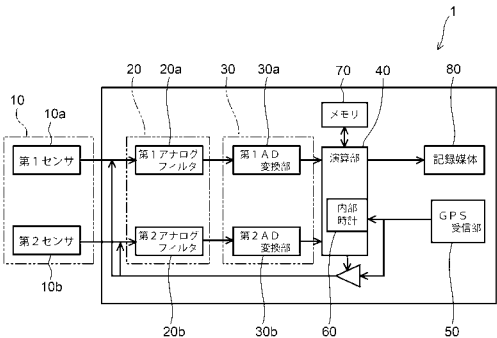
(54) 【発明の名称】 地震観測装置

(57) 【要約】

【課題】 アナログフィルタを含む信号処理回路での信号遅延を高精度に補正することができる地震観測装置を提供すること。

【解決手段】 本発明の地震観測装置は、地震の揺れを検知する検知部と、検知部から出力された信号を処理するアナログフィルタと、アナログフィルタから出力された処理後信号に基づき演算を行い、地震データを出力する演算部と、を備える。この地震観測装置において、演算部は、基準となる時刻の情報を含む基準時刻信号をアナログフィルタに入力してアナログフィルタでの信号遅延量を取得し、地震データに対して信号遅延量の示す遅延分を補正する処理を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

地震の揺れを検知する検知部と、
前記検知部から出力された信号を処理するアナログフィルタと、
前記アナログフィルタから出力された処理後信号に基づき演算を行い、地震データを出
力する演算部と、
を備え、

前記演算部は、基準となる時刻の情報を含む基準時刻信号を前記アナログフィルタに入
力して前記アナログフィルタでの信号遅延量を取得し、前記地震データに対して前記信号
遅延量の示す遅延分を補正する処理を行うことを特徴とする地震観測装置。

10

【請求項 2】

前記基準時刻信号を前記演算部へ出力する G P S（全地球測位システム）受信部をさら
に備えた、請求項 1 記載の地震観測装置。

【請求項 3】

前記基準時刻信号を前記演算部へ出力する内部時計をさらに備えた、請求項 1 または 2
に記載の地震観測装置。

【請求項 4】

前記演算部で取得した前記信号遅延量を予め記憶しておく記憶部をさらに備え、
前記演算部は、前記記憶部から前記信号遅延量を読み出して前記遅延分を補正する処理
を行う、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 つに記載の地震観測装置。

20

【請求項 5】

前記アナログフィルタはローパスフィルタである、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 つに記載
の地震観測装置。

【請求項 6】

前記検知部は、第 1 軸に沿った加速度を検知する第 1 加速度センサと、前記第 1 軸とは
異なる第 2 軸に沿った加速度を検知する第 2 加速度センサと、を有し、

前記アナログフィルタは、前記第 1 加速度センサから出力された第 1 信号を処理する第
1 アナログフィルタと、前記第 2 加速度センサから出力された第 2 信号を処理する第 2 ア
ナログフィルタと、を有し、

前記演算部は、前記基準時刻信号を前記第 1 アナログフィルタおよび前記第 2 アナログ
フィルタのそれぞれに入力して前記信号遅延量における前記第 1 アナログフィルタでの第
1 信号遅延量および前記第 2 アナログフィルタでの第 2 信号遅延量を取得し、前記地震デ
ータにおける前記第 1 軸に沿った第 1 地震データに対して前記第 1 信号遅延量の示す第 1
遅延分を補正する処理および前記第 2 軸に沿った第 2 地震データに対して前記第 2 信号遅
延量の示す第 2 遅延分を補正する処理を行う、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 つに記載の地震
観測装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は地震観測装置に関し、より詳しくは、正確な時刻に合わせて信号遅延を補正す
ることができる地震観測装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

地震観測装置は、地震による揺れで発生する加速度を検知して時間変化に対応付けして
記録する振動測定機器の一つである。特許文献 1 には、振り子系と、振り子系の変位を検
出する変位変換手段と、変位変換手段の出力をデジタル信号に変換して再度アナログ信号
に変換するデジタル処理手段と、デジタル処理手段により変換したアナログ信号を帰還す
る帰還手段と、帰還手段の帰還電流により振り子系を静止状態に保つ駆動手段とを備えた
負帰還型デジタル加速度換振器が開示される。この加速度換振器では、外乱ノイズ等の影
響の少ない、高分解能、広ダイナミックレンジのデジタル信号を取り出せるようにしてい

50

る。

【0003】

特許文献2には、入力部（ADC＋演算増幅器）、計算部（CPU）、出力部（DAC＋演算増幅器）からなるディジタルフィードバックコントローラにおいて、入力部に粗い値用ADC及び細かい値用ADCを2基、出力部に粗い値用DAC及び細かい値用DACを2基設けた高精度ディジタル帰還制御装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2003-042832号公報

10

【特許文献2】特開2000-244319号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

振動を測定する機器は、振動によって変化する加速度などを検知するセンサと、センサから出力される信号を処理する回路とを備えている。また、処理後の信号（振動測定値）を記録する記録部を備えている場合もある。このうち信号を処理する回路には、アナログフィルタやアナログ／ディジタル変換部などが含まれる。アナログフィルタとしては、主としてセンサから出力される信号の特定周波成分をカットするためのローパスフィルタなどが用いられる。

20

【0006】

ここで、直線位相特性を持ったディジタルフィルタであれば、信号処理における遅延特性にばらつきが生じないため、理論的な群遅延量を補正することは容易である。一方、アナログフィルタについては、アナログフィルタを構成する素子（抵抗やコンデンサ）の特性ばらつきによって一定の遅延特性にならず、理論的な遅延補正では高精度な補正は困難である。

【0007】

特に、地震観測装置では正確な時刻に対応した地震波形を得ることが必須である。したがって、アナログフィルタによる信号遅延を高精度に補正する必要性が生じる。

【0008】

30

本発明は、アナログフィルタを含む信号処理回路での信号遅延を高精度に補正することができる地震観測装置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】

【0009】

上記課題を解決するために、本発明の地震観測装置は、地震の揺れを検知する検知部と、検知部から出力された信号を処理するアナログフィルタと、アナログフィルタから出力された処理後信号に基づき演算を行い、地震データを出力する演算部と、を備える。この地震観測装置において、演算部は、基準となる時刻の情報を含む基準時刻信号をアナログフィルタに入力してアナログフィルタでの信号遅延量を取得し、地震データに対して信号遅延量の示す遅延分を補正する処理を行う。

40

【0010】

このような構成によれば、基準となる時刻の情報を含む基準時刻信号をアナログフィルタに入力することで、アナログフィルタでの正確な信号遅延量を得ることができる。このため、アナログフィルタを含む信号処理回路において正確な信号遅延量に基づいた遅延補正を施して、高精度な地震データを得ることができる。

【0011】

本発明の地震観測装置において、基準時刻信号を演算部へ出力するGPS（全地球測位システム）受信部をさらに備えていてもよい。これにより、GPS受信部で受信した正確な基準時刻信号に基づいて高精度な信号遅延量を得ることができる。

【0012】

50

本発明の地震観測装置において、基準時刻信号を演算部へ出力する内部時計をさらに備えていてもよい。これにより、内部時計で得られる正確な基準時刻信号に基づいて高精度な信号遅延量を得ることができる。

【0013】

本発明の地震観測装置において、演算部で取得した信号遅延量を予め記憶しておく記憶部をさらに備え、演算部は、記憶部から信号遅延量を読み出して遅延分を補正する処理を行うようにしてもよい。これにより、所定のタイミングで信号遅延量を取得して記憶部に記憶しておき、地震データを出力する際に記憶部に記憶された信号遅延量を読み出して遅延処理を施すことができる。

【0014】

本発明の地震観測装置において、アナログフィルタはローパスフィルタであってもよい。これにより、ローパスフィルタを構成する素子の遅延特性を正確に補正した地震データを得ることができる。

【0015】

本発明の地震観測装置において、検知部は、第1軸に沿った加速度を検知する第1加速度センサと、第1軸とは異なる第2軸に沿った加速度を検知する第2加速度センサと、を有し、アナログフィルタは、第1加速度センサから出力された第1信号を処理する第1アナログフィルタと、第2加速度センサから出力された第2信号を処理する第2アナログフィルタと、を有し、演算部は、基準時刻信号を第1アナログフィルタおよび第2アナログフィルタのそれぞれに入力して信号遅延量における第1アナログフィルタでの第1信号遅延量および第2アナログフィルタでの第2信号遅延量を取得し、地震データにおける第1軸に沿った第1地震データに対して第1信号遅延量の示す第1遅延分を補正する処理および第2軸に沿った第2地震データに対して第2信号遅延量の示す第2遅延分を補正する処理を行うようにしてもよい。このような構成によれば、互いに異なる複数の軸に沿った地震データの取得において、それぞれの軸に対応したアナログフィルタでの遅延特性を正確に補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態に係る地震観測装置を例示するブロック図である。

【図2】(a)および(b)は、地震観測装置の信号遅延について例示するブロック図である。

【図3】信号遅延の補正処理の流れを例示するフローチャートである。

【図4】地震観測装置での信号遅延の補正を例示するブロック図である。

【図5】他の実施形態に係る地震観測装置を例示するブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。なお、以下の説明では、同一の部材には同一の符号を付し、一度説明した部材については適宜その説明を省略する。

【0018】

〔地震観測装置の全体構成〕

図1は、本実施形態に係る地震観測装置を例示するブロック図である。

図1に示すように、本実施形態に係る地震観測装置1は、地震の揺れを検知する検知部10と、検知部10から出力された信号を処理するアナログフィルタ20と、アナログフィルタ20から出力された処理後信号に基づき演算を行い、地震データを出力する演算部40と、を備える。また、本実施形態に係る地震観測装置1では、これらの構成に加え、アナログデジタル変換部（以下、「AD変換部」と言う。）30、GPS（全地球測位システム）受信部50、内部時計60、メモリ70および記録媒体80を備えている。

【0019】

検知部10には、例えば複数のセンサが設けられる。図1には、第1センサ10aおよび第2センサ10bの2つのセンサが示される。第1センサ10aは、第1軸の方向に沿

10

20

30

40

50

った加速度を検知する第1加速度センサである。第2センサ10bは、第1軸とは異なる第2軸に沿った加速度を検知する第2加速度センサである。なお、通常、地震観測装置1ではX軸、Y軸、Z軸の3軸に沿った加速度を検知するため、3つのセンサが設けられる。説明の便宜上、本実施形態では2軸に沿った加速度を検知する2つのセンサが設けられている場合を例とする。

【0020】

第1センサ10aおよび第2センサ10bのそれぞれに対応して、アナログフィルタ20およびAD変換部30についてもそれぞれ2つ設けられる。すなわち、第1センサ10aの後段には第1アナログフィルタ20aが設けられ、第1アナログフィルタ20aの後段には第1AD変換部30aが設けられる。また、第2センサ10bの後段には第2アナログフィルタ20bが設けられ、第2アナログフィルタ20bの後段には第2AD変換部30bが設けられる。本実施形態では、複数のセンサのそれぞれについての信号処理ラインを「系統」と言うことにする。

10

【0021】

アナログフィルタ20は、抵抗やコンデンサなどの素子によって構成される。アナログフィルタ20は、検知部10（第1センサ10aおよび第2センサ10bの総称）で検知した信号（地震による加速度を検知した信号）のうち特定の周波数を超える信号成分を除去する。すなわち、アナログフィルタ20（第1アナログフィルタ20aおよび第2アナログフィルタ20bを総称）は、ローパスフィルタである。

20

【0022】

AD変換部30によってアナログ信号をデジタル信号に変換する場合、AD変換部30によるサンプリング周波数の $1/2$ よりも高い周波数の信号をアナログフィルタ20によってカットする必要がある。したがって、ローパスフィルタであるアナログフィルタ20のカットオフ周波数はAD変換部30によるサンプリング周波数の $1/2$ となる。

【0023】

AD変換部30（第1AD変換部30aおよび第2AD変換部30bの総称）は、アナログフィルタ20を通過したアナログ信号を、所定のサンプリング周波数によってデジタル信号に変換する。微小な加速度の変化を検知する必要がある地震観測装置では、AD変換部30は高分解能であることが要求される。AD変換部30として、例えばデルタシグマ($\Delta\Sigma$)型AD変換器を用いるとよい。

30

【0024】

演算部40は、AD変換部30から出力されるデジタル信号を処理して、時間に対する地震の振動波形を出力する。また、演算部40は、必要に応じて振動波形から震度の値を算出して出力する。演算部40から出力された情報は、記録媒体80に記録される。

【0025】

地震観測装置1では、地震が発生した正確な時刻と、時間経過に対応した精度の高い振動波形の取得とが重要である。このため、演算部40は正確な時間（時刻）の情報を保持している。正確な時間は、例えばGPS受信部50で受信して出力される基準時刻信号によって得ることができる。基準時刻信号には、GPS受信部50で受信した正確な時刻情報および1秒幅のパルス信号が含まれる。演算部40は、GPS受信部50で受信した時刻情報および1秒幅のパルス信号を受けて、内部時計60を正確な時刻に設定する。なお、GPS受信部50が設けられていない場合、他の手段（例えば、インターネット経由での時刻情報取得）によって内部時計60に正確な時刻を設定するようにしてもよい。

40

【0026】

メモリ70は、後述する信号遅延量を記憶する記憶部である。演算部40は、信号遅延量を取得して、メモリ70に予め記憶しておく処理を行う。また、地震観測装置1にはゲート90が設けられていてもよい。ゲート90は、演算部40によって信号遅延量を取得する際、基準時刻信号をアナログフィルタ20の前段へ送るか否かを制御する。

【0027】

〔信号遅延〕

50

次に、信号遅延について説明する。

図 2 (a) および (b) は、地震観測装置の信号遅延について例示するブロック図である。

図 2 (a) には A D 変換部 30 での信号遅延が例示され、図 2 (b) にはアナログフィルタ 20 での信号遅延が示される。

検知部 10 で検知した地震の揺れに基づく信号 W S は、アナログフィルタ 20 や A D 変換部 30 を通過する際に遅延する。演算部 40 では、地震の揺れを検知した時刻と地震データとが合致するように信号遅延を補正する処理を行い、地震データとして記録媒体 80 へ出力する。

【0028】

10

ここで、A D 変換部 30 だけの信号遅延に着目した場合、図 2 (a) に示すように、A D 変換部 30 のようなデジタルフィルタについては直線位相特性を持っている。すなわち、第 1 A D 変換部 30 a および第 2 A D 変換部 30 b とともにばらつきなく同じ信号遅延量 D S となる。演算部 40 は、入力された信号に対して第 1 A D 変換部 30 a および第 2 A D 変換部 30 b の信号遅延量 D S の示す遅延分 C S を補正する処理を行う。これにより、第 1 A D 変換部 30 a および第 2 A D 変換部 30 b での信号遅延は正確に補正される。

【0029】

また、アナログフィルタ 20 だけの信号遅延に着目した場合、図 2 (b) に示すように、アナログフィルタ 20 についてはフィルタを構成する素子によって信号遅延量 D S 1、D S 2 にばらつきが生じる。すなわち、第 1 アナログフィルタ 20 a および第 2 アナログフィルタ 20 b のそれぞれについて別個に信号遅延量 D S 1、D S 2 があり、同じ回路構成であっても信号遅延量 D S 1、D S 2 に差が生じる。さらに、温度や湿度等の環境変化によっても信号遅延量 D S 1、D S 2 に変化が生じる。したがって、演算部 40 において、アナログフィルタ 20 での信号遅延量を正確に補正することは困難である。

20

【0030】

地震観測装置では、地震発生前から発生時点、さらには地震の揺れが終わるまでの時間の経過と地震による震動波形との対応付けが非常に重要となる。このため、信号遅延の補正を正確に行う必要がある。したがって、デジタルフィルタのみならずアナログフィルタ 20 による信号遅延分も正確に補正することが要求される。

【0031】

30

〔信号遅延の補正〕

次に、本実施形態に係る地震観測装置 1 での信号遅延の補正について説明する。

図 3 は、信号遅延の補正処理の流れを例示するフローチャートである。

図 4 は、地震観測装置での信号遅延の補正を例示するブロック図である。

本実施形態に係る地震観測装置 1 では、演算部 40 によってアナログフィルタ 20 での信号遅延量 D S 1、D S 2 を予め取得しておき、検知した地震データに対して信号遅延量 D S 1、D S 2 の示す遅延分 C S 1、C S 2 を補正する処理を行う。これにより、アナログフィルタ 20 での信号遅延量 D S 1、D S 2 を補正した地震データを得ることができる。

【0032】

40

図 3 に示す各ステップの処理は、演算部 40 によって行われる。各ステップの処理は、例えば演算部 40 で実行されるプログラム処理によって実施される。

先ず、図 3 のステップ S 101 に示すように、遅延補正済みか否かの判断を行う。遅延補正済みであれば、ステップ S 107 へ進む。遅延補正済みでない場合には、ステップ S 102 へ進む。ステップ S 102 では、GPS 受信部 50 によって受信した基準時刻信号に基づき、内部時計 60 の時刻の補正を行う。

【0033】

次に、ステップ S 103 に示すように、時刻補正が完了したか否かの判断を行う。時刻補正が完了していない場合にはステップ S 102 に戻る。時刻補正が完了した場合にはステップ S 104 へ進む。

50

【0034】

ステップS104では、GPS受信部50で受信した基準時刻信号TSをアナログフィルタ20の前段に出力する処理を行う。すなわち、演算部40はゲート90を制御して、GPS受信部50で受信した基準時刻信号TSの1秒幅のパルス信号をアナログフィルタ20の前段に出力する。演算部40は、アナログフィルタ20の前段に基準時刻信号TSを出力した時刻（基準時刻）を記録しておく。

【0035】

次に、ステップS105に示すように、アナログフィルタ20およびAD変換部30を通過した1秒幅のパルス信号が演算部40に入力された時刻と、予め記録した基準時刻との差から信号遅延量を算出する。ここで、信号遅延量は、複数のセンサの信号処理ラインにおける各系統ごとに算出される。すなわち、図4に示すように、第1センサ10aおよび第2センサ10bについて2つの信号処理ラインの系統が設けられている場合には、2つの信号遅延量DS1、DS2が算出される。

10

【0036】

次に、ステップS106に示すように、演算部40は取得した信号遅延量DS1、DS2をメモリ70に書き込む処理を行う。信号遅延量DS1、DS2は、各系統ごとにメモリ70に書き込まれる。

【0037】

次に、ステップS107に示すように、演算部40はメモリ70に書き込まれた信号遅延量DS1、DS2を読み込み、ステップS108に示すように、遅延補正を行う。すなわち、ステップS107～ステップS108の処理は、実際に検知部10から出力される信号についての遅延補正である。

20

【0038】

この遅延補正では、予め取得したアナログフィルタ20を含む回路の信号遅延量DS1、DS2の示す遅延分CS1、CS2を補正する処理を行う。信号遅延量DS1、DS2は各系統ごとに取得されているため、各系統ごとの信号について対応する信号遅延量DS1、DS2の示す遅延分CS1、CS2を補正する処理を行う。これにより、アナログフィルタ20を含む信号処理回路であっても、そのアナログフィルタ20についての個別の信号遅延量DS1、DS2に基づいた遅延補正CS1、CS2を行うことができ、高精度な地震データを得ることができる。

30

【0039】

上記の信号遅延の補正処理においてはGPS受信部50で受信した基準時刻信号TSを用いているが、GPS受信部50が設けられていない場合やGPS受信部50で基準時刻信号TSを受信できない状況の場合には、内部時計60から基準時刻信号TSを出力するようにしてもよい。

【0040】

なお、図3に示す信号遅延の補正処理のフローチャートにおいて、ステップS101～ステップS106までの処理（信号遅延量の算出および書き込み）は、地震観測装置1の電源を立ち上げたときや、地震観測装置1の定期点検を行ったとき、また任意のタイミングで適宜行うようにすればよい。

40

【0041】

〔他の実施形態〕

図5は、他の実施形態に係る地震観測装置を例示するブロック図である。

図5に示すように、他の実施形態に係る地震観測装置1Bでは、信号遅延量を取得する際に用いる基準時刻信号（例えば、1秒幅のパルス信号）TSが検知部10に入力される。基準時刻信号TSは、ゲート90を介して検知部10の第1センサ10aおよび第2センサ10bにそれぞれ入力される。

【0042】

地震観測装置1Bでは、アナログフィルタ20に加え、第1センサ10aおよび第2センサ10b内にもアナログフィルタ等のアナログ回路が含まれている。また、検知部10

50

とアナログフィルタ 20 との間にプリアンプなどのアナログ回路（図示せず）が含まれる場合もある。このような構成において、各系統におけるアナログ回路を含めた信号遅延量 DS1、DS2 を取得するため、地震観測装置 1B では、基準時刻信号 TS を検知部 10 の第 1 センサ 10a および第 2 センサ 10b にそれぞれ入力している。

【0043】

このような構成によって、各系統における信号遅延量 DS1、DS2 を取得する場合には、基準時刻信号 TS を第 1 センサ 10a および第 2 センサ 10b にそれぞれ入力する。演算部 40 は、基準時刻信号 TS が第 1 センサ 10a および第 2 センサ 10b に入力された時刻と、各系統を通過してこの基準時刻信号 TS を受けた時刻との差から信号遅延量 DS1、DS2 を取得し、メモリ 70 に記憶しておく。そして、実際の地震の揺れを検知した際の信号処理において、メモリ 70 に記憶した信号遅延量 DS1、DS2 の示す遅延分 CS1、CS2 を補正する。これにより、各系統に含まれるアナログ回路での信号遅延を正確に補正することができる。

10

【0044】

以上説明したように、実施形態によれば、アナログフィルタ 20 を含む信号処理回路での信号遅延を高精度に補正することができる地震観測装置 1、1B を提供することができる。

【0045】

なお、上記に本実施形態を説明したが、前述の各実施形態に対して、当業者が適宜、構成要素の追加、削除、設計変更を行ったものや、各実施形態の特徴を適宜組み合わせたものも、本発明の要旨を備えている限り、本発明の範囲に含有される。

20

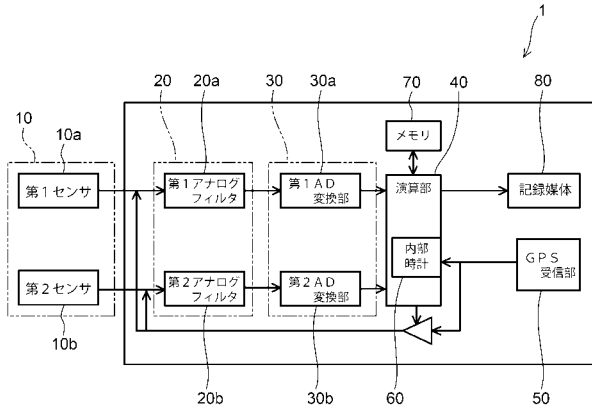
【符号の説明】

【0046】

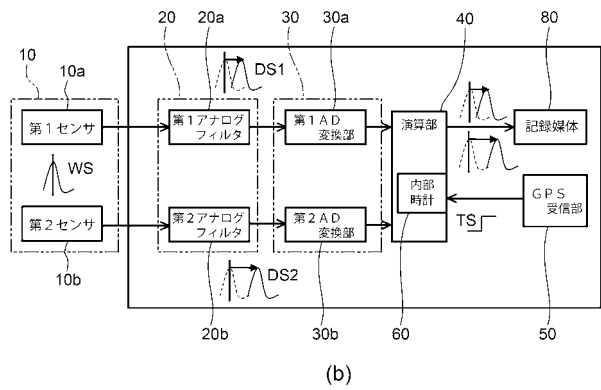
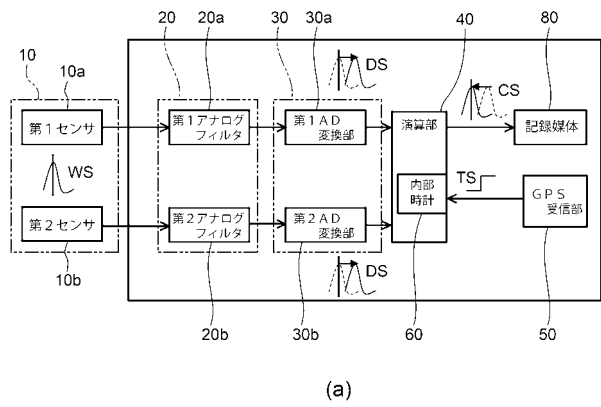
1, 1B … 地震観測装置
10 … 検知部
10a … 第 1 センサ
10b … 第 2 センサ
20 … アナログフィルタ
20a … 第 1 アナログフィルタ
20b … 第 2 アナログフィルタ
30 … AD 変換部
30a … 第 1 AD 変換部
30b … 第 2 AD 変換部
40 … 演算部
50 … GPS 受信部
60 … 内部時計
70 … メモリ
80 … 記録媒体
90 … ゲート

30

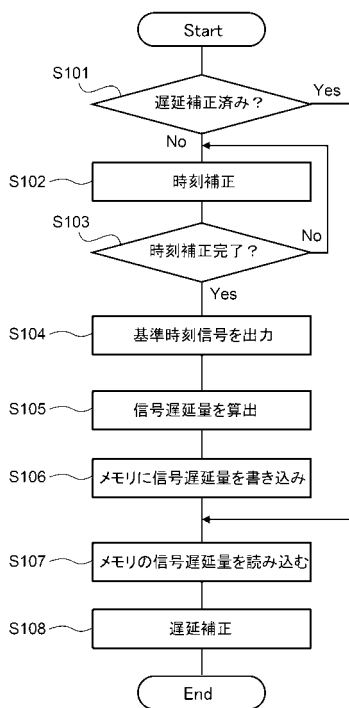
【図 1】



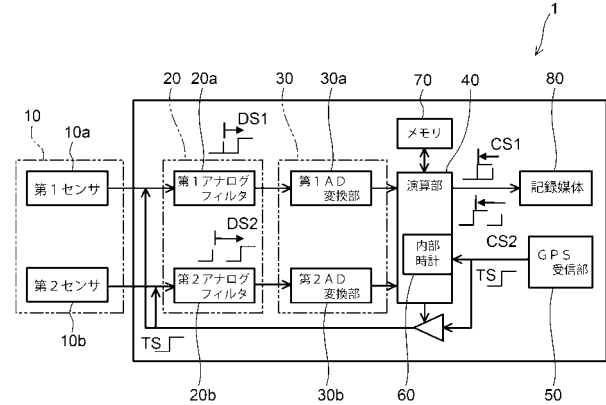
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

