

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7683957号
(P7683957)

(45)発行日 令和7年5月27日(2025.5.27)

(24)登録日 令和7年5月19日(2025.5.19)

(51)国際特許分類

F I

G 0 1 V 3/08 (2006.01) G 0 1 V 3/08 B

請求項の数 5 (全15頁)

(21)出願番号	特願2023-519578(P2023-519578)	(73)特許権者	510218319 有限会社沖縄基礎開発 沖縄県那覇市曙2-4-6
(86)(22)出願日	令和4年12月9日(2022.12.9)	(74)代理人	100153497 弁理士 藤本 信男
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/045564	(74)代理人	100138254 弁理士 澤井 容子
(87)国際公開番号	WO2023/106418	(72)発明者	狩俣 安志 沖縄県那覇市曙2-4-13 有限会社 沖縄基礎開発内
(87)国際公開日	令和5年6月15日(2023.6.15)	(72)発明者	狩俣 慶大 沖縄県那覇市曙2-4-13 有限会社 沖縄基礎開発内
審査請求日	令和5年3月28日(2023.3.28)	合議体	
審判番号	不服2024-502(P2024-502/J1)	審判長	宮澤 浩
審判請求日	令和6年1月12日(2024.1.12)		
(31)優先権主張番号	特願2021-200300(P2021-200300)		
(32)優先日	令和3年12月9日(2021.12.9)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気探査システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

直線的な探査ライン上を移動する移動体と、前記移動体に設けられた磁気センサユニットと、前記磁気センサユニットからの検出信号を処理するデータ処理ユニットとを有し、前記磁気センサユニットが、前記移動体の移動方向に所定の距離離れた位置でそれぞれ磁気を検出する複数の磁気センサを有する磁気探査システムであって、

前記データ処理ユニットは、一方の前記磁気センサの検出値と他方の前記磁気センサの反転された検出値とを加算し出力する反転演算部と、前記反転演算部の出力値を移動位置と関連付けて経時的な波形データとして取得し記録するデータ記録部と、前記データ記録部で取得された前記波形データの信頼性評価を行うデータ評価部と、当該データ評価部で信頼性評価が高いと判断された場合に探査結果を判断する探査判断処理部と、を有し、

前記データ評価部は、

前記波形データの所定閾値からの超過を検出する閾値比較手段と、前記波形データにおける前記所定閾値から超過するピークを有する超過領域を取得する領域取得手段と、取得された前記超過領域の数をカウントし、前記超過領域の数が所定数以下であればこれらの超過領域を含む範囲を前記波形データから抜き出してグループ化するように構成されているグループ化手段と、

グループ化した前記波形データと、あらかじめ有する複数の基準波形データであって、探査対象物の大きさ、向き、前記探査ラインからの距離等の条件に応じて、ピークの数、ピークの大きさの異なる波形データである前記基準波形データとを比較し、グループ化し

た前記波形データの前記ピークの数、前記ピークの大きさに基づいて最も近似した基準波形データを選択し、公知の方法により算出された、選択された前記基準波形データと前記波形データとの近似度を示す指標である近似値が所定範囲内であるかどうかにより信頼性を評価するように構成された比較手段と、を備え、

前記領域取得手段は、取得された波形データの所定閾値を超えた位置から隣接する所定閾値内に戻る位置までの連続する領域を前記超過領域として規定するように構成され、かつ、前記閾値比較手段は、前記波形データの前記所定閾値を、前記波形データの移動平均値を基準とする所定値として設定するように構成されたことを特徴とする磁気探査システム。

【請求項 2】

前記領域取得手段により取得された前記超過領域における前記波形データの頂点間の距離が、前記磁気センサの間の距離に対応した所定距離間にあることを検出するように構成された距離確認手段を備えることを特徴とする請求項 1 記載の磁気探査システム。

【請求項 3】

直線的な探査ライン上を移動する移動体と、前記移動体に設けられた磁気センサユニットと、前記磁気センサユニットからの検出信号を処理するデータ処理ユニットとを有し、前記磁気センサユニットが、前記移動体の移動方向に所定の距離離れた位置でそれぞれ磁気を検出する複数の磁気センサを有する磁気探査システムであって、

前記データ処理ユニットは、一方の前記磁気センサの検出値と他方の前記磁気センサの反転された検出値とを加算し出力する反転演算部と、前記反転演算部の出力値を移動位置と関連付けて経時的な波形データとして取得し記録するデータ記録部と、前記データ記録部で取得された前記波形データの信頼性評価を行うデータ評価部と、当該データ評価部で信頼性評価が高いと判断された場合に探査結果を判断する探査判断処理部と、を有し、

前記データ評価部は、

前記波形データの所定閾値からの超過を検出する閾値比較手段と、前記波形データにおける前記所定閾値から超過するピークを有する超過領域を取得する領域取得手段と、取得された前記超過領域の数をカウントし、前記超過領域の数が所定数以下であればこれらの超過領域を含む範囲を前記波形データから抜き出してグループ化するように構成されているグループ化手段と、

グループ化した前記波形データと、あらかじめ有する複数の基準波形データであって、探査対象物の大きさ、向き、前記探査ラインからの距離等の条件に応じて、ピークの数、ピークの大きさの異なる波形データである前記基準波形データとを比較し、グループ化した前記波形データの前記ピークの数、前記ピークの大きさに基づいて最も近似した基準波形データを選択し、公知の方法により算出された、選択された前記基準波形データと前記波形データとの近似度を示す指標である近似値が所定範囲内であるかどうかにより信頼性を評価するように構成された比較手段と、を備え、

前記領域取得手段は、前記波形データから、当該波形データを構成する各点とその隣接する点との差分からなる波形差分データを取得し、

前記波形差分データにおいて前記差分が 0 である位置に対応する位置の前記波形データの点を頂点として取得するとともに、当該差分が 0 である位置の前後における前記波形差分データが所定値以上に变化する位置の前記波形データの点を変化点としてそれぞれ取得し、

これらの頂点及び変化点を含む領域を、前記超過領域として規定するように構成されたことを特徴とする磁気探査システム。

【請求項 4】

前記グループ化手段における前記所定数は、4 であることを特徴とする請求項 1 又は 3 記載の磁気探査システム。

【請求項 5】

前記領域取得手段は、前記変化点が、前記波形差分データにおける前記差分が 0 である位置から所定範囲内にあることを検出することを特徴とする請求項 3 記載の磁気探査システム

10

20

30

40

50

ム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、探査ライン上で離間した2つの位置における磁界の強さの差から、地中に埋まった磁性物体を探索する磁気探索システムに関する。

【背景技術】

【0002】

不発弾や地中構造物などの磁気を帯びた探索対象物（磁性物体）を磁気探索する場合、差動式磁気探索装置（磁気探索システム）を用いることが一般的に行われている。

【0003】

差動式磁気探索装置とは、磁性体の磁気を検出する2個の磁気検知コイル（磁気センサ部）を、移動体の内部空間に一定の間隔で保持して差動接続し、各磁気検知コイルにより得られた磁場の強さの差から探索対象物を探知するものである。

【0004】

地球磁場のような一様な強磁場の中では、差動式磁気探索装置が動揺しても、互いの信号が打ち消し合って検出信号は発生しない。しかしながら、局所的な磁場が存在した場合、2個の磁気検知コイルが検出した磁場の大きさに差が生じる。差動式磁気探索装置ではこの磁場の差を利用し、管理者用のパソコンに所定の大きさの磁気検出信号が送られるように構成されている。なお、一般的な差動式磁気探索装置では、地中の不発弾などから発生する数m～十数m程度の磁気異常を検出するため、2個の磁気検知コイル間が0.5～2.0mに設定されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開平08-334570号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

公知の差動式磁気探索装置では、磁気検出信号を経時的に記録し、探索作業後に記録されたデータ全体を解析することで探索対象物の有無を特定する必要があった。

【0007】

そのため、探索作業中の現場で即座に判断することが困難であり、探索対象物の発見に時間がかかるとともに、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保が不可欠であった。

【0008】

本発明は、このような課題を解決するものであり、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保することなく、探索作業後あるいは探索作業中の現場で即座に自動的に探索対象物の有無を特定することが可能な磁気探索システムを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の磁気探索システムは、直線的な探査ライン上を移動する移動体と、前記移動体に設けられた磁気センサユニットと、前記磁気センサユニットからの検出信号を処理するデータ処理ユニットとを有し、前記磁気センサユニットが、前記移動体の移動方向に所定の距離離れた位置でそれぞれ磁気を検出する複数の磁気センサを有する磁気探索システムであって、前記データ処理ユニットは、一方の前記磁気センサの検出値と他方の前記磁気センサの反転された検出値とを加算し出力する反転演算部と、前記反転演算部の出力値を移動位置と関連付けて経時的な波形データとして取得し記録するデータ記録部と、前記データ記録部で取得された前記波形データの信頼性評価を行うデータ評価部と、当該データ

10

20

30

40

50

評価部で信頼性評価が高いと判断された場合に探査結果を判断する探査判断処理部と、を有し、前記データ評価部は、前記波形データの所定閾値からの超過を検出する閾値比較手段と、前記波形データにおける前記所定閾値から超過するピークを有する超過領域を取得する領域取得手段と、取得された前記超過領域の数をカウントし、前記超過領域の数が所定数以下であればこれらの超過領域を含む範囲を前記波形データから抜き出してグループ化するように構成されているグループ化手段と、グループ化した前記波形データと、あらかじめ有する複数の基準波形データであって、探査対象物の大きさ、向き、前記探査ラインからの距離等の条件に応じて、ピークの数、ピークの大きさの異なる波形データである前記基準波形データとを比較し、グループ化した前記波形データの前記ピークの数、前記ピークの大きさに基づいて最も近似した基準波形データを選択し、公知の方法により算出された、選択された前記基準波形データと前記波形データとの近似度を示す指標である近似値が所定範囲内であるかどうかにより信頼性を評価するように構成された比較手段と、を備え、前記領域取得手段は、取得された波形データの所定閾値を超えた位置から隣接する所定閾値内に戻る位置までの連続する領域を前記超過領域として規定するように構成され、かつ、前記閾値比較手段は、前記波形データの前記所定閾値を、前記波形データの移動平均値を基準とする所定値として設定するように構成されたことを特徴とする。

10

【0010】

データ評価部が閾値比較手段を有することで、ノイズ（探査対象物となる磁性体以外の磁気等）を探査対象から除くことができる。また、データ評価部が、超過領域を取得する領域取得手段と、これらの超過領域を含む範囲を適切に前記波形データから抜き出してグループ化するグループ化手段とを有することで、好ましく波形データから探査対象物による波形のみを抜き出すことができる。これにより、データ評価部を有する磁気探査システムは、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保することなく、探索作業後あるいは探査作業中の現場で即座に自動的に探査対象物の有無を特定することが可能となる。

20

【0012】

前記領域取得手段により取得された前記超過領域における前記波形データの頂点間の距離が、前記磁気センサの間の距離に対応した所定距離間にあることを検出するように構成された距離確認手段を備えることが好ましい。

【0013】

前記領域取得手段は、前記波形データから、当該波形データを構成する各点とその隣接する点との差分からなる波形差分データを取得し、前記波形差分データにおいて前記差分が0である位置に対応する位置の前記波形データの点を頂点として取得するとともに、当該差分が0である位置の前後における前記波形差分データが所定値以上に変化する位置の前記波形データの点を変化点としてそれぞれ取得し、これらの頂点及び変化点を含む領域を、前記超過領域として規定するように構成されたことが好ましい。

30

【0016】

前記グループ化手段における前記所定数は、4であることが好ましい。

【0017】

前記領域取得手段は、前記変化点が、前記波形差分データにおける前記差分が0である位置から所定範囲内にあることを検出することが好ましい。

40

【発明の効果】

【0018】

本発明の磁気探査システムによれば、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保することなく、探索作業後あるいは探査作業中の現場で即座に自動的に探査対象物を特定することが可能な磁気探査システムを提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の実施形態1である磁気探査システムの説明図。

【図2】磁気探査システムで測定される波形データの説明図。

【図3】上下に1回ずつピークを有する波形の説明図。

50

【図 4】上に 2 回、下に 1 回のピークを有する波形の説明図。

【図 5】波形差分データを含む波形データの説明図

【図 6】(1)～(3)基準波形データを示す説明図。

【図 7】(1)～(3)基準波形データを示す説明図。

【図 8】(1)～(3)基準波形データを示す説明図。

【図 9】(1)～(3)基準波形データを示す説明図。

【図 10】(1)～(3)基準波形データを示す説明図。

【図 11】(1)～(3)基準波形データを示す説明図。

【図 12】本発明の実施形態 2 である磁気探査システムによる波形データの説明図。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下に、本発明の磁気探査システムについて、図面に基づいて説明する。

(実施形態 1)

【0021】

磁気探査システム 100 は、図 1 に模式的に示すように、直線的な探査ライン上を移動する移動体 110 と、移動体 110 に設けられた磁気センサユニット 111 と、磁気センサユニット 111 からの検出信号を処理するデータ処理ユニット 120 とを有している。

【0022】

磁気センサユニット 111 は、移動体 110 の移動方向に所定の距離離れた位置でそれぞれ磁気を検出する複数の磁気センサ 112 を有している。本実施形態では、磁気センサユニット 111 の移動方向の先端側の磁気センサ 112 a と後端側と磁気センサ 112 b の 2 つの磁気センサ 112 を有している。磁気センサ 112 a と磁気センサ 112 b とは、互いに所定の距離離れた位置（本実施形態では例として 1 m）に設けられており、それぞれ所定の周期で磁気を検出する。なお、磁気センサ 112 a、112 b はいずれも磁気を検出しているが、磁気センサの仕様により磁束密度や磁界強度等さまざまである。

【0023】

データ処理ユニット 120 は、所定の距離離れた位置の 2 つの磁気センサ 112 a の検出値と磁気センサ 112 b の検出値の反転値とを加算（合成）して出力する反転演算部 121 と、反転演算部 121 の出力値を磁気センサユニット 111 の位置情報と関連付けて経時的な波形データとして取得記録するデータ記録部 122 と、波形データの評価を行うデータ評価部 130 と、当該データ評価部 130 での信頼性評価が高いと判断された場合に、探査結果を判断する探査判断処理部 123 とを有している。探査判断処理部 123 及びデータ評価部 130 については、後述する。

【0024】

以下、2 つの磁気センサ 112 a、112 b の検出値に基づいてデータ記録部 122 で得られる波形データについて説明する。

【0025】

図 2 は、波形データ例としてのデータ取得画面、当該波形データとなる場合の探査対象物（磁性物体）A、B の配置とその磁力線を示す。波形データの位置（横軸）は対象物の位置に一致する。図 2 に示すように、移動体 110 を直線的な探査ライン上で図 2 の左から右方向に移動させる。移動中、一定の間隔で移動体 110 に設けられた磁気センサユニット 111 の 2 つの磁気センサ 112 a、112 b が磁気を検出し、検出値をデータ処理ユニット 120 の反転演算部 121 に入力する。

【0026】

反転演算部 121 では、磁気センサ 112 b の検出値の反転値が磁気センサ 112 a と加算（合成）される。これにより、探査対象物の磁気を検出されない位置では地磁気や環境に依存する検出値が相殺されるため、データ記録部 122 で得られた波形データでは多くのノイズが除去される。

【0027】

移動体 110 が探査対象物の近傍を移動した場合、2 つの磁気センサ 112 a、112

10

20

30

40

50

bの検出値は上昇及び下降の波形データが、磁気センサ112a、112bの物理的な間隔に応じて位相がずれるとともに、反転演算部121によって磁気センサ112bの検出値が反転されたことで、それぞれは互いにプラスマイナス逆の波形データとなる。

【0028】

具体的には、図2に示すように、移動体の移動方向と平行な方向に磁気を帯びた比較的小さな探査対象物Aの近傍を移動した場合、図3に示すように先端側の磁気センサ112aによる検出値は、探査対象物に近づくにつれて正側に増え、正側にピークを一つ有する波形となる。他方で、後端側の磁気センサ112bの検出値は反転されているので、間隔分の位相がずれたうえで、探査対象物に近づくにつれ負側に増え、負側に磁気センサ112aによる検出値と同じ振幅でピークを一つ有する波形となる。反転演算部121から出力される演算後の波形データは、上下に1回ずつピークを有する波形を示すこととなる。

10

【0029】

また、移動体の移動方向と垂直な方向に磁気を帯びた比較的大きな探査対象物Bの近傍を移動した場合、図4に示すように、先端側の磁気センサ112aによる検出値は一旦正にピークを有した後反転して負のピークを有する波形となり、後端側の磁気センサ112bによる検出値は間隔分の位相がずれた上で反転されるので一旦負にピークを有した後反転して正のピークを有する波形となることから、反転演算部121から出力される演算後の波形データは、上方に2回のピークとそれに挟まれた下方に大きな1回のピークを有する波形を示すこととなる。

【0030】

20

その結果、図2に示すように、波形データには、探査対象物Aによる2つのピークと、探査対象物Bによる3つのピークとが現れる。

【0031】

反転演算部121から演算後の波形データが入力されたデータ記録部122では、演算後の波形データに対して、位置情報と関連付けることで、位置に対する磁気検出値を示す波形データとして取得する。この得られた波形データを、データ評価部130（後述）で信頼性の評価を行う。そして、データ評価部130が得られた波形データの信頼性が高いと評価した場合に、探査判断処理部123では、データ評価部130において波形データから抜き出されたグループ化された波形データの変化点及び頂点から、探査対象物の位置、大きさ等を特定する。

30

【0032】

また、データ処理ユニット120には、操作、表示等に用いるPC等の入出力装置140が接続される。なお、データ処理ユニット120及び入出力装置140は、全体が単体の装置で構成されていても別体であってもよく、さらにデータ処理ユニット120の各機能が複数の装置に分散されていてもよい。また、データ処理ユニット120及び入出力装置140が全て探索作業現場に配置されていてもよく、異なる場所に配置され有線あるいは無線で通信できるように配置されていてもよい。

【0033】

このように、本実施形態においては、データ評価部130を有することで、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保をすることなく、データを探索作業後あるいは探査作業中の現場で適切に評価することができ、信頼性の高いデータである場合に即座に自動的に探査対象物を特定することができる。以下、データ評価部130について詳述する。

40

【0034】

データ評価部130は、データ評価部130に入力された波形データの所定閾値からの超過を検出する閾値比較手段131と、波形データにおける所定閾値から超過するピークを有する超過領域を取得する領域取得手段132と、取得された超過領域の数をカウントし、超過領域の数が所定数以下であればこれらの超過領域を含む範囲を波形データから抜き出してグループ化し、超過領域の数が所定数よりも多い場合には、所定数以内となるように波形データを分割するように構成されているグループ化手段133と、領域取得手段

50

1 3 2により取得された超過領域における波形データの頂点間の距離が、磁気センサ 1 1 2 a、b 同士間の所定の距離に対応した距離間にあることを検出する距離確認手段 1 3 4 と、グループ化した波形データと、あらかじめ有する基準波形データとを比較し、基準波形データと波形データとの近似値が所定範囲内であれば、取得された波形データの信頼性を高く評価するように構成された比較手段 1 3 5 とを有する。データ評価部 1 3 0 が、適切にデータから探査対象物に対応する波形のみグループ化でき、さらにその場合にデータの評価を行って、波形データの信頼性が高いものであるかどうかを評価することができるため、本実施形態の探査システムは、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保することなく、探索作業後あるいは探査作業中の現場で即座に自動的に探査対象物の有無を特定することが可能とされている。

10

【0035】

図 5 を用いてデータ評価部 1 3 0 の動作を具体的に説明する。閾値比較手段 1 3 1 には、検出値の所定閾値が設定されている。なお、この所定閾値の値は適宜設定することが可能である。所定閾値を超過した箇所に対応する位置には、何らかの磁性物体が存在することが考えられ、所定閾値を超過しないような波形のピークが検出された場合には探査対象物ではない地磁気等ノイズと考えられる。そこで、本実施形態では、閾値比較手段 1 3 1 は、波形データの検出値がこの所定閾値を超えるかどうかを判断する。図 5 に示す例では、それぞれ検出値が所定閾値を超えているので、閾値比較手段 1 3 1 は、波形データは所定閾値を超えると判断する。

【0036】

20

次に、領域取得手段 1 3 2 が波形データのうち検出値が所定閾値を超えているピークを有する超過領域を検出する。本実施形態では、領域取得手段 1 3 2 は、まず波形データの波形差分データを取得する。ここで、波形差分データとは、波形データを構成する各点とその隣接する点との検出値の差分からなるデータ、すなわち、波形データのある位置 n における検出値と、その直前の位置 $n - 1$ における検出値との差分を、ある位置 n における差分値としたデータをいう。したがって、図 5 に示すように、波形差分データでは、波形データのピークの上り／下りに応じて値が変化する。領域取得手段 1 3 2 は、検出値が所定閾値を超え、かつ、波形差分データの差分が 0 となる位置で波形が頂点となるものとして、頂点 ($X 1$ 、 $X 2$) として検出する。

【0037】

30

そして、領域取得手段 1 3 2 は、この差分が 0 となる位置の前後において、波形差分データの差分値閾値を超えつつ、さらに波形差分データの勾配が所定値以上に変化する点に対応する点を波形データのピーク（プラス／マイナスの振幅が大きい部分）の根元となると判断し、変化点 ($X 1 1$ 、 $X 1 2$ 、 $X 2 1$ 、 $X 2 2$) として取得する。なお、波形差分データの差分値閾値は環境要因等を考慮して適宜設定することが可能である。これらの検出値のピークの頂点 ($X 1$ 、 $X 2$) 及び変化点 ($X 1 1$ 、 $X 1 2$ 、 $X 2 1$ 、 $X 2 2$) は、波形データのピークを構成する。領域取得手段 1 3 2 は、最初の三点を一つのピーク（超過領域）として設定し、次の三点を別の一つのピークとして設定し、それぞれのピークを含む超過領域 $Z 1$ 、 $Z 2$ を設定する。なお、この勾配については、適宜設定することができる。

40

【0038】

グループ化手段 1 3 3 は、初めにこのピークの数を確認し、所定数（本実施形態では 4）以内であれば一つのグループとして設定する。例えば、図 5 に示す場合では、ピークの数 2 であるので、所定数以内である。そこで、この 2 つのピークをまとめて 1 つのグループとして設定する。

【0039】

ピークの数 が 所定数より多い場合は複数の探査対象物が存在していることが考えられる。そのため、グループ化手段 1 3 3 は、ピークの数を確認（カウント）し、所定数を超えている場合には、複数のピークをまとめて複数のグループに分割する。例えば、図 2 に示す場合には、ピークの数 5 である。この場合、ピークの数 5 は所定数の 4 よりも多いので

50

、二つのグループに分割されるが、これは図2に示す場合には探査対象物が二つあることに対応している。すなわち、この所定数としては、下記の基準波形データの結果などから4が好ましく、5を超える場合には、複数の探査対象物が存在することを意味する。このように一つのグループが一つの探査対象物を示すようにすることで、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保することなく、探索作業後あるいは探査作業中の現場で即座に探査対象物を特定することが可能となる。なお、複数のグループへの分割は、本実施形態では手動で行っているが、自動化するように設定してもよい。

【0040】

距離確認手段134は、波形データの頂点間の距離が、磁気センサ同士間の距離に対応した所定距離間にあることを検出する。頂点間の距離は、磁気センサ112a、112b間の距離に理想的には一致するが、計測時の誤差などにより一致しないことも考えられる。そのため、本実施形態では、所定距離として、磁気センサ112a、112b間の距離Dに対して0.5D～1.5Dとなる距離、すなわち距離Dのプラスマイナス50%の範囲を磁気センサ112a、112b間の距離に対応した所定距離として設定している。なお、この磁気センサ112a、112b間の距離に対応した所定距離は、状況に応じて適宜設定することが可能である。そして、波形データの頂点間の距離が、磁気センサ同士間距離に対応した所定距離間にある場合には、得られた波形データは信頼性が高く、所定距離間にはない場合には、得られた波形データは信頼性が低いものとしてデータ評価部130が評価する。

【0041】

比較手段135は、グループ化した波形データと、あらかじめ有する基準波形データとを比較する。波形データと予め登録された基準波形データとを比較して、取得された波形データに近接した波形データがあればそれを比較波形データとして選択する。比較波形データと波形データとの近似値が所定範囲内であれば、データ評価部130が波形データは信頼性が高いデータであると判断する。

【0042】

このような基準波形データについて、以下説明する。基準波形データとしては、探査対象物の大きさ、向き、探査ラインからの距離等に応じて、ピークの回数、方向、大きさの異なる様々なパターンが存在する。

【0043】

図6(1)～(3)はサイズの小さい探査対象物(長さ～0.5m程度まで)が一つ移動方向に対して並行となるように存在する場合を示しており、(1)は測定位置から探査対象物までの距離が近い場合(～約0.3m未満)、(2)は測定位置から探査対象物までの距離が中程度(0.3～約0.6m未満)である場合、(3)が測定位置から探査対象物までの距離が遠い(0.6～約1.5m程度)場合を示す。

【0044】

図7(1)～(3)はサイズが中程度の探査対象物(長さ0.5～1.5m未満)が一つ移動方向に対して並行となるように存在する場合を示しており、(1)は測定位置から探査対象物までの距離が近い場合、(2)は測定位置から探査対象物までの距離が中程度である場合、(3)が測定位置から探査対象物までの距離が遠い場合を示す。

【0045】

図8(1)～(3)はサイズの大きい探査対象物(長さ1.5～3.0m未満)が一つ移動方向に対して並行となるように存在する場合を示しており、(1)は測定位置から探査対象物までの距離が近い場合、(2)は測定位置から探査対象物までの距離が中程度である場合、(3)が測定位置から探査対象物までの距離が遠い場合を示す。

【0046】

図9(1)～(3)はサイズの小さい探査対象物が一つ移動方向に対して垂直となるように存在する場合を示しており、(1)は測定位置から探査対象物までの距離が近い場合、(2)は測定位置から探査対象物までの距離が中程度である場合、(3)が測定位置から探査対象物までの距離が遠い場合を示す。

【0047】

図10(1)～(3)はサイズが中程度の探査対象物が一つ移動方向に対して垂直となるように存在する場合を示しており、(1)は測定位置から探査対象物までの距離が近い場合、(2)は測定位置から探査対象物までの距離が中程度である場合、(3)が測定位置から探査対象物までの距離が遠い場合を示す。

【0048】

図11(1)～(3)はサイズの大きい探査対象物が一つ移動方向に対して垂直となるように存在する場合を示しており、(1)は測定位置から探査対象物までの距離が近い場合、(2)は測定位置から探査対象物までの距離が中程度である場合、(3)が測定位置から探査対象物までの距離が遠い場合を示す。

10

【0049】

図6～図11から、探査対象物のサイズが大きいほど波形のピークの幅が大きくなり、また、測定位置から探査対象物までの距離が遠いほどピークの振幅が小さくなることがわかる。また、図6～図8と図9～11とを比較すると、探査対象物が移動方向に対して水平である場合には、磁力線と移動方向が一致するので波形データにはピークが二つ存在することになるが、探査対象物が移動方向に対して垂直である場合には、磁力線と移動方向が垂直となるためピークが4つ存在することになるが、図11に示すようにサイズが大きい場合には、真ん中のピークが二つ重なりあうことで、ピークの数3つとなる。

【0050】

比較手段135は、グループ化した波形データと、あらかじめ有する基準波形データとを比較する。そして、比較手段135は、波形データと予め登録された基準波形データとを比較して、グループ内のピークの数と等しいピークの数基準波形データが有するかどうか、ピークの幅、振幅等から、最も近似したデータを選択する。比較手段135は、取得された波形データに近接した波形データがあればそれを比較波形データとして選択し、比較波形データと波形データとの近似値が所定範囲内であるかどうかを判断する。この場合、近似値の算出は、公知の方法により行うことができる。データ評価部130は、この結果が所定範囲内であれば、波形データは信頼できるデータであると判断する。また、データ評価部130は、比較波形データを選択できなかったり、また、近似値が所定の範囲内になかったりすれば、波形データは信頼性が低いデータであると評価する。

20

【0051】

このようにして、本実施形態では、得られた波形データが信頼できるものであるかどうか、データ評価部130により評価することができるので、解析に必要な専門的な知識と経験を有する人材の確保をしなくても、信頼できるデータであると判断されれば、探索作業後あるいは探査作業中の現場で即座に自動的に探査対象物を特定することが可能である。そして、この場合に、本実施形態のように領域取得手段132において、波形差分データを用いてピークを正確に規定することで、より波形データの信頼性に対する評価を適切に行うことが可能である。

30

(実施形態2)

【0052】

本実施形態では、実施形態1のデータ評価部130の領域取得手段132とはその構成、動作において異なる領域取得手段を有し、その他の点は一致するので、異なる点を説明する。本実施形態では、領域取得手段は、取得された波形データの所定閾値を超えた位置から隣接する所定閾値を超えた位置までの距離を検出し、検出された距離が前記磁気センサ同士間距離に対応した所定距離間で連続する領域を、前記超過領域として規定する。

40

【0053】

すなわち、図12に示すように、取得された波形データの所定閾値を超えた位置(Y1)から隣接する所定閾値を超えた位置(Y2)までの連続する超過領域Z3を取得する。ただし、この場合に、距離確認手段134によりさらに超過領域Z3と隣接する超過領域Z4とが、磁気センサ同士間の距離に対応した所定距離内であることを取得することが好ましい。すなわち、領域取得手段が各領域において最大値又は最小値となるものを頂点と

50

して取得し、距離確認手段 134 によりこの頂点の距離が当該磁気センサ同士間の距離に対応した所定距離内にあるかどうかを検出するように構成されていることが好ましい。実施形態 1 と同様に、取得した波形データの信頼性を確認することができるためである。

【0054】

そして、グループ化手段 133 は、実施形態 1 と同様にこの連続する領域の回数を実施形態 1 のピークの数と同様にカウントし、所定数以内であれば一連のデータを一つのグループにグループ化し、また、所定数を超過すれば、一連のデータを分割する。このようにして、本実施形態では、実施形態 1 よりも簡易に波形データのピークを取得し、グループ化することができる。

(他の実施形態)

【0055】

探査対象物の磁気を検出されない位置では地磁気や環境に依存する検出値が相殺されゼロ値を示す場合について実施形態 1、2 で説明したが、波形データについて移動平均演算をすることで得られた移動平均値を 0 値として規定してもよい。探査対象物の磁気を検出されない位置では地磁気や環境に依存する検出値が反転演算により相殺されなかったとしても、移動平均を算出することで、より地磁気や環境に依存する検出値を抑制して、より正確に探査対象物に依存する検出値を得ることができる。この場合、閾値比較手段 131 は、入力された波形データから移動平均値を求め、この移動平均値に対してプラスマイナスの閾値を設定しておけばよい。

【0056】

上述した実施形態では、差分が 0 である前後の波形差分データの勾配が所定値以上に変化する点を変化点として取得したが、さらに変化点として検出するものの精度を高めるために、データ評価部 130 は、変化点が波形差分データにおける差分が 0 である位置から所定範囲内にあることを検出するように構成してもよい。変化点が所定範囲内になれば、ピーク自体の信頼性が低いと考えられるためである。

【0057】

探査判断処理部 123 による処理は、1 つの探査ライン毎に行ってもよく、複数の探査ラインを有する 1 つの現場毎にまとめて行ってもよい。また、探査判断処理部 123 が、データ評価部 130 において得られた頂点及び変化点を用いて探査対象物を特定したが、これに限定されず、データ評価部 130 において波形データが信頼性が高いと評価された場合にはデータ記録部 122 に記録された波形データを用いて探査を行うように構成してもよい。

【0058】

上述した実施形態では、領域取得手段 132 は差分波形データ値が 0 となる点を各ピークにおける頂点として検出したが、ピークが重なりあって例えば正方向に二つのピークが連続する場合には、頂点ではなくピーク間の谷間でも差分波形データ値が 0 となる点を検出される。すなわち、この場合には、差分値閾値を超える領域で差分波形データの差分が 0 となる点は 3 つ検出されてしまう。このような場合を考慮して、領域取得手段 132 は、波形データが正側の所定閾値を超え、かつ、差分波形データの差分が差分値閾値を超える領域では、差分波形データの差分がプラスからマイナスへ変化する際に 0 となる点に対応する波形データの位置を取得し、波形データが負側の所定閾値を超え、かつ、差分波形データの差分が差分値閾値を超える領域では、差分波形データの差分がマイナスからプラスへ変化する際に 0 となる点に対応する波形データの位置を取得するように構成されていてもよい。さらに、上記のようなピークが重なりあって例えば正方向に二つのピークが連続する場合、距離確認手段 134 が頂点間の距離が磁気センサ同士間距離に対応した所定距離間にあるかどうかを確認するために、正側、負側で同様の振幅となっているピークを検出する必要がある。このため、領域取得手段 132 は、正側、負側に複数のピークがある場合には、それらのピークの頂点のうち、もっとも振幅が大きなピークの頂点を最大頂点として取得し、距離確認手段 134 は、この最大頂点間の距離が磁気センサ同士間距離に対応した所定距離間にあるかどうかを検出する。

10

20

30

40

50

【0059】

さらに、移動体110の移動中に必要な波形データが揃い次第リアルタイムで行ってもよい。

【0060】

また、磁気センサ112を2次元あるいは3次元の磁気センサとし、各次元でそれぞれ前述の演算、グループ化、比較等を行ってもよい。

【0061】

なお、既知の対象物で試験的に波形データを取得し、閾値比較手段131で用いる所定閾値等を設定してもよく、波形データサンプルの収集に使用してもよい。また、所定閾値や所定距離は、探査対象物の種類や探査現場の条件に応じて、入出力装置140によって適正値を指定するようにしていてもよい。

10

【符号の説明】

【0062】

100 磁気探査システム
111 磁気センサユニット
110 移動体
112 a、112 b 磁気センサ
112 a、b 磁気センサ
120 データ処理ユニット
121 反転演算部
122 データ記録部
123 探査判断処理部
130 データ評価部
131 閾値比較手段
132 領域取得手段
133 グループ化手段
134 距離確認手段
135 比較手段
140 入出力装置

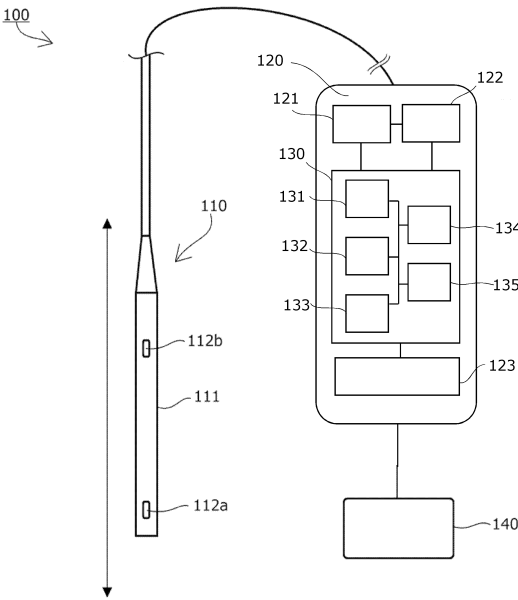
20

30

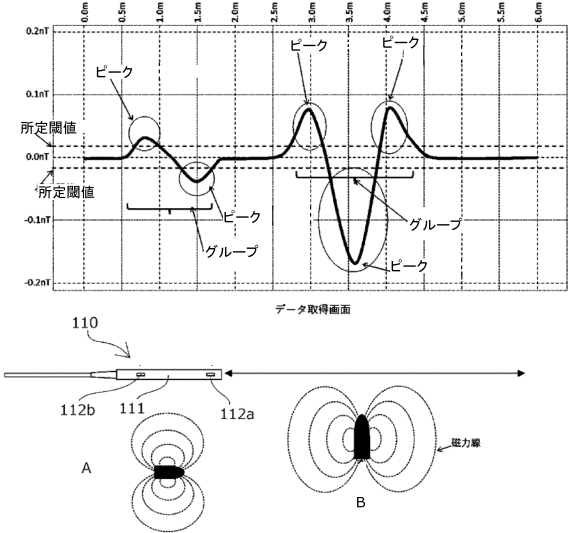
40

50

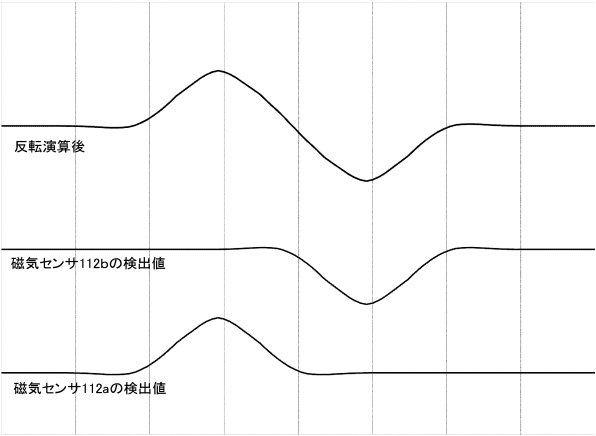
【図面】
【図 1】



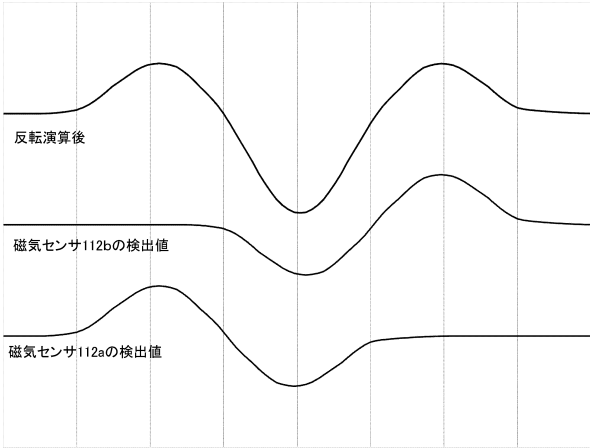
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

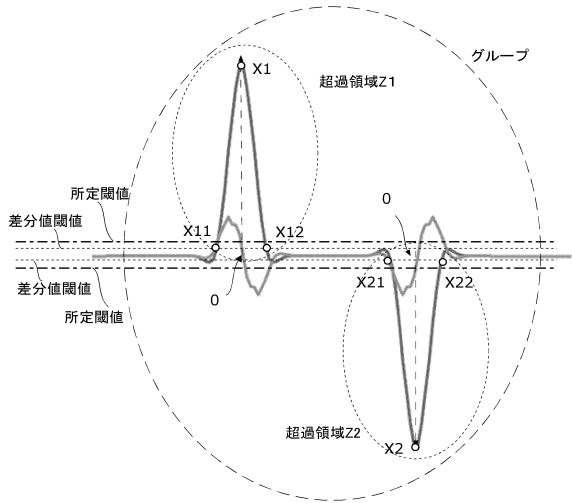
20

30

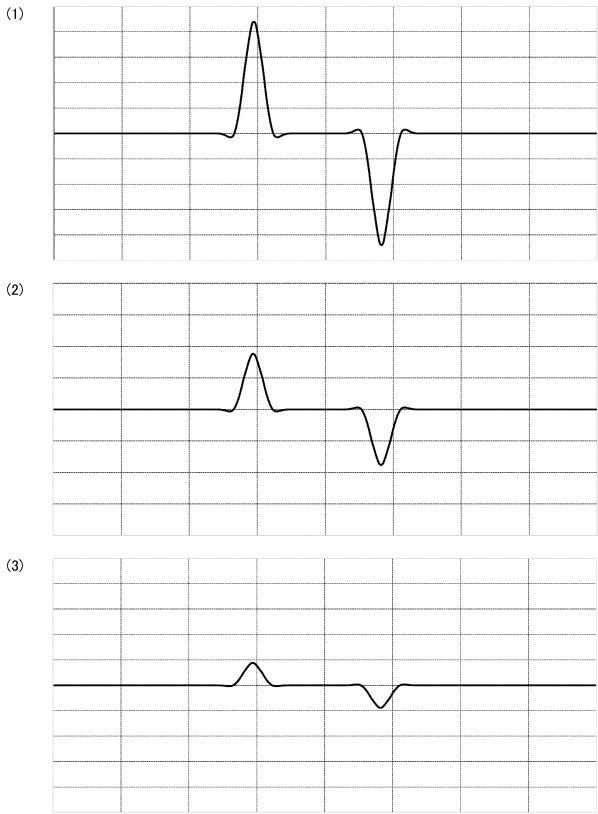
40

50

【図 5】

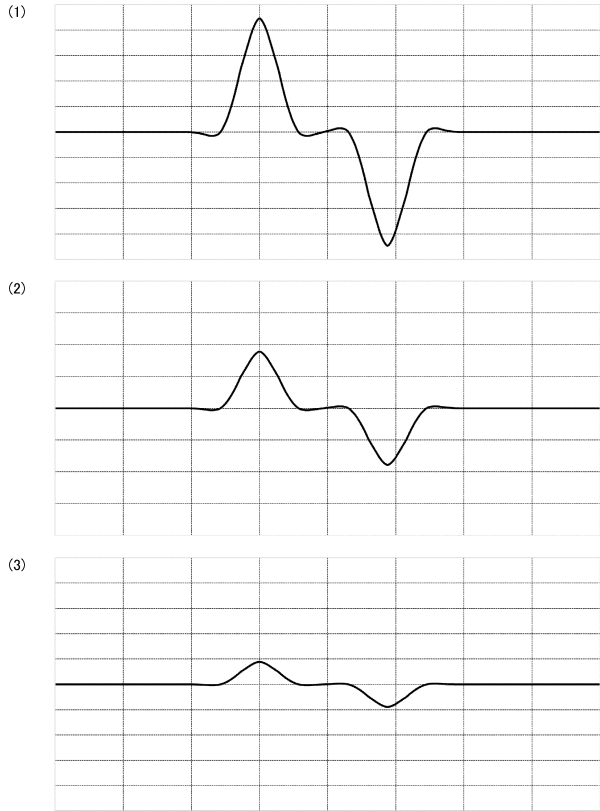


【図 6】



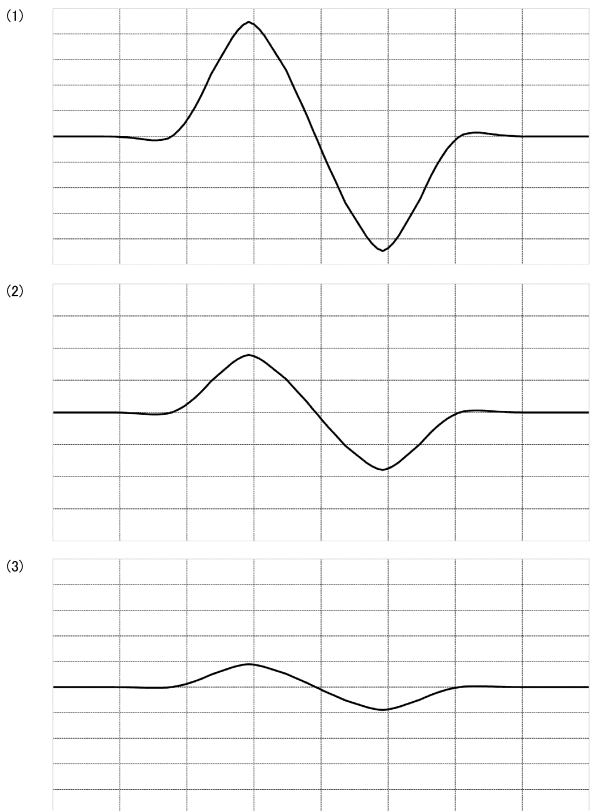
いずれも縦軸は反応強度、横軸は位置を示す

【図 7】



いずれも縦軸は反応強度、横軸は位置を示す

【図 8】



いずれも縦軸は反応強度、横軸は位置を示す

10

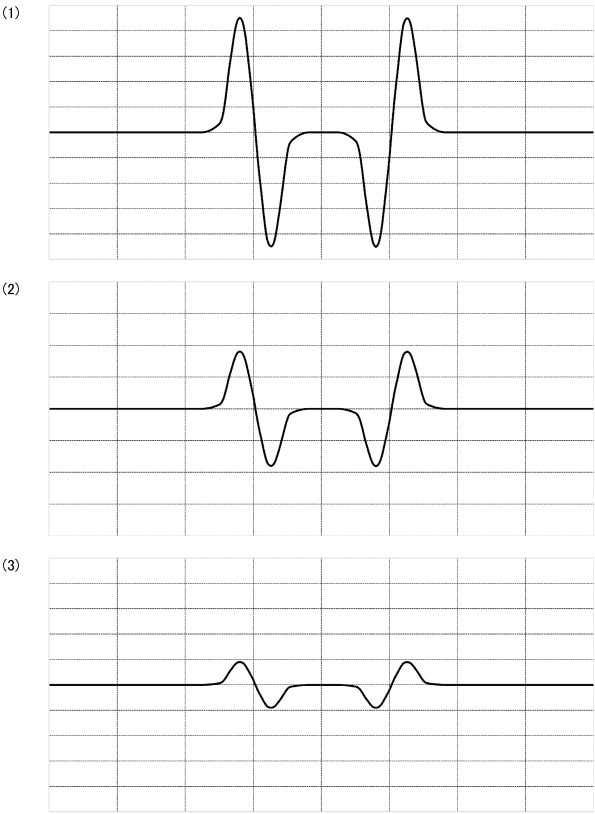
20

30

40

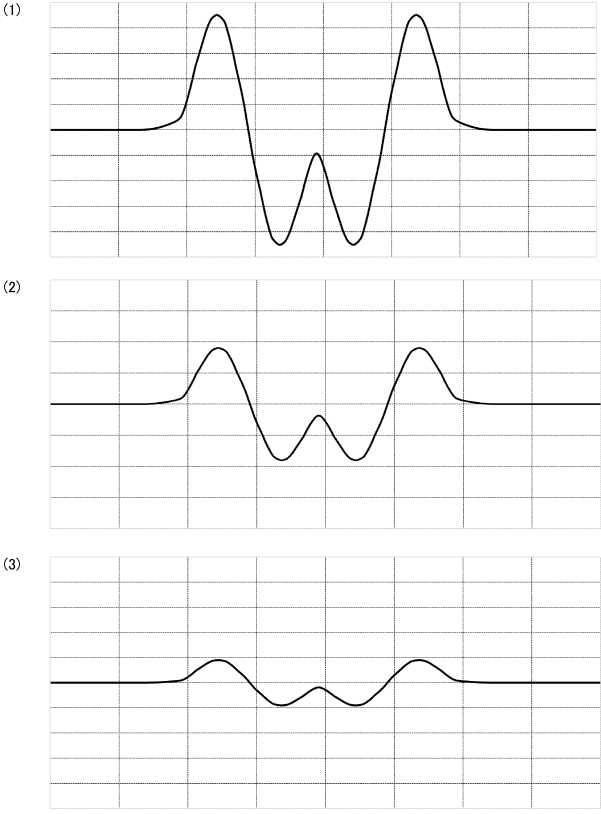
50

【図 9】



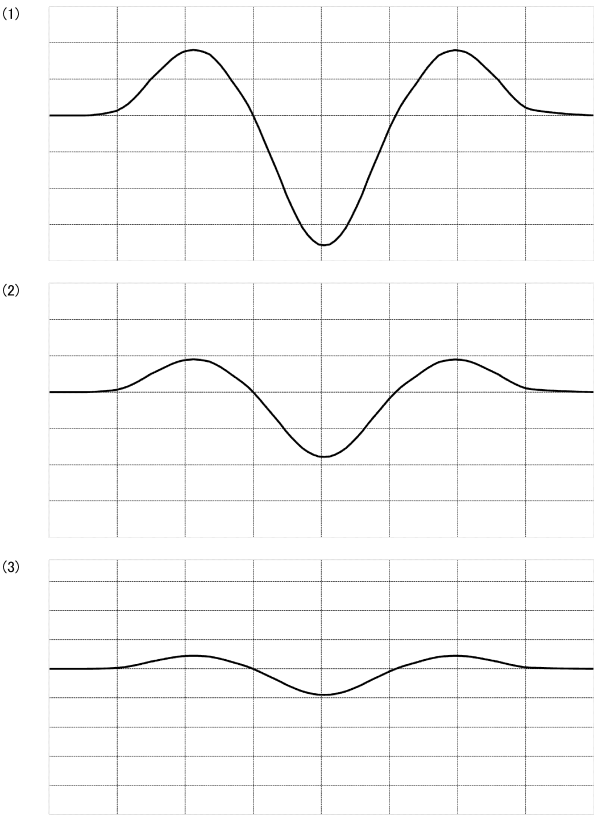
いずれも縦軸は反応強度、横軸は位置を示す

【図 10】



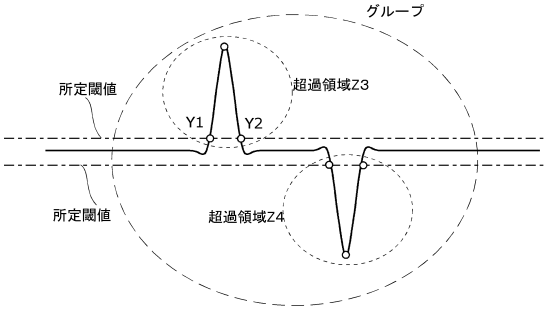
いずれも縦軸は反応強度、横軸は位置を示す

【図 11】



いずれも縦軸は反応強度、横軸は位置を示す

【図 12】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審判官 ▲高▼見 重雄

審判官 伊藤 幸仙

- (56)参考文献 特表2001-508178号公報(JP, A)
特開2013-156225号公報(JP, A)
特開2015-111109号公報(JP, A)
特開2021-143853号公報(JP, A)
特開2021-76528(JP, A)
特許第6940911(JP, B1)
特開平08-334570号公報(JP, A)
特開平11-183632号公報(JP, A)
特開昭62-889(JP, A)
特開2005-108052号公報(JP, A)
特開2006-220500号公報(JP, A)
特開2006-98117(JP, A)
特開2009-168768号公報(JP, A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01N 27/00 - 27/10
G01N 27/14 - 27/24
G01V 1/00 - 99/00