

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5694193号
(P5694193)

(45) 発行日 平成27年4月1日(2015.4.1)

(24) 登録日 平成27年2月13日(2015.2.13)

(51) Int.Cl. F I
GO 1 N 27/90 (2006.01) GO 1 N 27/90

請求項の数 9 (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2011-546432 (P2011-546432)	(73) 特許権者	511173697
(86) (22) 出願日	平成22年1月19日 (2010.1.19)		ゼテック インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2012-515896 (P2012-515896A)		Z E T E C, I N C.
(43) 公表日	平成24年7月12日 (2012.7.12)		アメリカ合衆国 98065 ワシントン
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/021428		州 スノコルミー ブラッケン プレイス
(87) 国際公開番号	W02010/083531		エスイー 8226
(87) 国際公開日	平成22年7月22日 (2010.7.22)	(74) 代理人	100068755
審査請求日	平成24年12月21日 (2012.12.21)		弁理士 恩田 博宣
(31) 優先権主張番号	61/145,666	(74) 代理人	100105957
(32) 優先日	平成21年1月19日 (2009.1.19)		弁理士 恩田 誠
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 渦電流の自動非破壊試験解析方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

管類の欠陥を包括的に監視、解析、および管理するシステムであって、
解析装置と管類の欠陥を特定する検出分類部とを含むコンピュータプラットフォームであって、該コンピュータプラットフォームのアーキテクチャは、自動解析タスクの並列実行を可能とする分散処理システムを含む、前記コンピュータプラットフォームと、
部位特有の状況を対象とする特定のクラスのデータストリームに関してデータを解析することを可能にすべく特定の变数から独立してチャンネルを命名するチャンネルエイリアシング手段と、

解析者設定規則を自動的に適用して、高検出確率自動解析方法の使用により生成された複数の冗長な結果の中から単一の最終結果を選択して報告する自動最終受け入れ手段と、

前記管類および関連する構成要素の特定領域に対する設定を生成するマッピング手段であって、特定の設定ポイントを用いた管類の構造縁部の補正と、管類の構造を分割した複数の関心領域の各々への損傷メカニズムのマッピングと、管構造の拡張遷移部の検出、異なる検出感度レベルに応じて閾値を見積る適応閾値検出、および標識テーブルを用いた管構造の位置決め手順を含むアルゴリズムとを実行する前記マッピング手段と

を備えるシステム。

【請求項2】

アルゴリズムトレーニング用インターフェースをさらに備える、請求項1に記載のシステム。

10

20

【請求項 3】

管類の電圧、角度、深さ、および長さを測定する手段を備え、前記検出分類部が、前記管類の電圧、角度、深さ、および長さからなる群のうちの少なくとも一つの測定回数間の比率または差異に関する複数の測定結果を含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

管類の欠陥を包括的に監視、解析、および管理する方法であって、
コンピュータプラットフォーム上で履歴データおよび取得データをロードおよび校正すること、

前記履歴データおよび取得データを用いて管類の構造を複数の関心領域に分割すること、

前記複数の関心領域の各々に損傷メカニズムをマッピングして、前記管類および関連する構成要素の特定領域に対する設定を生成すること、

マッピングされた各損傷メカニズムに基づいて欠陥を検出すること、
電圧、角度、深さ、および長さからなる群のうちの少なくとも一つの測定を行い、該測定回数間の少なくとも一つの比率または差異に関する測定結果を用いて前記欠陥を分類すること、

解析者設定規則を適用して、高検出確率自動解析方法の使用により生成された複数の冗長な結果の中から単一の最終結果を選択して報告すること

を含む方法。

【請求項 5】

特定の変数から独立してチャンネルを命名するチャンネルエイリアスを利用して、部位特有の状況を対象とする特定のクラスのデータストリームのデータを解析可能とすることをさらに含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記マッピングすることが、特定の設定ポイントを用いた管類の構造縁部の補正を実行することを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記マッピングすることが、管構造の拡張遷移部の検出を含むアルゴリズムを実行することを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 8】

前記マッピングすることが、異なる検出感度レベルに応じて閾値を見積る適応閾値検出を含むアルゴリズムを実行することを含む、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 9】

前記マッピングすることが、標識テーブルを用いた管構造の位置決め手順を含むアルゴリズムを実行することを含む、請求項 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動監視・解析システムに関し、より具体的には、渦電流データ解析を含む検出および分類が可能な拡張型アレイならびに管類の領域を厳密に特定する検出アルゴリズムを拡張可能な処理能力に組み合わせたコンピュータアーキテクチャを用いて管類の欠陥を正確に検出するシステムおよび方法であって、上記管類の領域を管理しやすいセグメントに細分割して欠陥解析を実施可能なシステムおよび方法に関する。

(関連出願の相互参照)

本 PCT 出願は、2009 年 1 月 19 日付け米国仮特許出願第 61 / 145,666 号に対し、両出願に共通するすべての事項に関して優先権を主張するとともに、米国特許法第 119 条(e)の下での利益を主張する。当該仮出願の全開示内容は、本明細書中に参考として援用する。

【背景技術】

【0002】

10

20

30

40

50

自動監視・解析システムおよびプロセスにおいては、検出および分類が可能な拡張型アレイを拡張可能な処理能力に組み合わせたアーキテクチャが依然として必要である。特に、渦電流データ解析が必要で、実施する作業の質を検証する必要がある場合がこれに該当する。管類のプロセス欠陥に関しては、管類の領域を厳密に特定することによって、欠陥解析用の明確かつ精密な領域を提供可能な管理しやすいセグメントに細分割できる必要がある。また、検出結果を識別するように構成可能な分類ツールおよび欠陥を繰り返し高精度に検出するための最適なレポートコードを使用する必要もある。

【 0 0 0 3 】

すべての引用文献の全開示内容は、本明細書中に参考として援用する。

【 発明の概要 】

10

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 4 】

本発明は、管類の欠陥を包括的に監視、解析、および管理するシステムにおいて、ロケール解析装置と管類の欠陥を特定する検出分類部とを備え、自動解析タスクの並列実行を可能とする分散処理システムを含むアーキテクチャのコンピュータプラットフォームと、特定のデータストリーム・クラスに関してデータを解析するチャンネルエイリアシング手段と、高確率の検出結果自動解析方法の使用に起因するオーバーコールの形態を低減するために解析者設定規則を自動的に適用する自動最終受け入れ手段と、上記管類および関連する構成要素の特定領域に対する設定を生成するロケールマッピング手段であって、標識境界の補正を実行し、関連する複数の解析ロケールへの損傷メカニズムのマッピングを行い、拡張遷移検出、適応閾値検出、および位置決め手順を含むアルゴリズムを実行する手段と、を備えたことを特徴とするシステムを提供する。

20

【 0 0 0 5 】

また、管類の欠陥を包括的に監視、解析、および管理する方法において、コンピュータプラットフォーム上で履歴データおよび取得データのロードおよび校正を行い、ロケールによって上記履歴データおよび取得データのソートを行い、上記データをマッピングして、管類および関連する構成要素の特定領域に対する設定を生成し、マッピングしたデータに基づいて欠陥を検出し、電圧、角度、深さ、および長さの頻度間の比率または直接差異に関する任意の数の測定結果を用いて上記欠陥を分類し、解析者設定規則を適用して、様々な形態のオーバーコールを低減するとともに、冗長な多数の結果の中から単一の最終結果を選択して報告する、ことを含む方法を提供する。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 6 】

【 図 1 】 本発明の方法を実装したシステムの機能図である。

【 図 1 a 】 本発明の方法を実装したシステムの最上位のフロー図である。

【 図 1 b 】 複数レベルのロケールマッピングを例示した図である。

【 図 1 c 】 管板拡張部に対してマッピングを行ったロケール分割を示す図である。

【 図 1 d 】 支持構造に対してマッピングを行ったロケール分割を示す図である。

【 図 2 】 ノイズ領域および所望の信号表示を表した差分ボビン信号の小区分を示す図である。

40

【 図 3 】 正規分布を示す図である。

【 図 3 a 】 平均からの標準偏差で囲まれた部分を表した正規分布を示す図である。

【 図 4 a 】 並列マルチパスアーキテクチャのブロック図である。

【 図 4 b 】 並列マルチパスアーキテクチャのブロック図である。

【 図 5 a 】 最終受け入れプロセスフローのブロック図である。

【 図 5 b 】 最終受け入れプロセスフローのブロック図である。

【 図 5 c 】 最終受け入れプロセスフローのブロック図である。

【 図 5 d 】 最終受け入れプロセスフローのブロック図である。

【 図 5 e 】 最終受け入れプロセスフローのブロック図である。

【 図 6 a 】 マルチアルゴリズム解析管理のブロック図である。

50

【図 6 b】マルチアルゴリズム解析管理のブロック図である。

【図 6 c】マルチアルゴリズム解析管理のブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0007】

図 1 は、本発明の方法を実装した例示的なシステムのブロック図である。本発明のこの方法および/またはシステムは、本出願人 (Z e t e c , I n c .) の社内略語である「 R e v o s p E C T 」とも称する。

【0008】

図 2 は、渦電流試験データを解析する方法を示したフロー図である。本発明のシステム/方法 20 には、アーキテクチャの使用、チャンネルエイリアシング、最終受け入れ、ロケールマッピング、およびトレーニング用ユーザーインターフェースが含まれる。これらの各構成要素については、以下に説明する。

10

システムアーキテクチャ

処理ファーム

図 1 に関連して、システムハードウェアは、多数の自動解析タスクの並列実行を扱う分散処理システム (ファーム) 40 を具備しており、目標スループットを満足するために使用する。設計目標は、ネットワークのオーバーヘッドを抑えることと、拡張性を確保することである。このファームは、 W i n d o w s オペレーティングシステムを用いたファイルサーバーを具備し、生データ 45 および設定へのアクセスに使用する。本発明において、ファームの入力としては、データ 45 への U N C パスおよび必要な設定ファイルのほか、データベースでデータを探し出すための S Q L サーバー接続文字列およびパラメータが挙げられる。

20

【0009】

「処理ファーム」は、以下 4 つの構成要素で構成される。

1 . クライアントは、解析者がファームにジョブを提示して完了させるために使用するソフトウェアであって、解析者マシン上で動作する。図 1 には、ディレクタクライアント 10、ダッシュボードクライアント 30、およびコンフィグレータ 20 という 3 種類のクライアントを示している。

【0010】

2 . スケジューラは、実行対象のジョブを受け取り、その処理ノード間で配分する。スケジューラは、ネットワークのオーバーヘッドが極めて少なく、 C P U のように振る舞い、すべてのノードおよびクライアントがアクセス可能な任意のコンピュータ上で動作可能である。

30

【0011】

3 . 処理ノードは、各コンピュータ上で動作し、 1 ~ N 個の処理アプリケーションを実行する。N のデフォルト値は、マシン上で検出された C P U コアの数である。

4 . 処理アプリケーションは、作業、進捗報告、状態メッセージの送信、および完了の成否を処理する。

【0012】

ファームは、クライアントが作業を要求できるように開発された単純な設計により、任意の処理アプリケーションに対して実際に適用可能である。また、通信要求を満足するため、処理アプリケーションで実行するインターフェースクラスを備えた D L L も存在する。なお、当該処理ノードのインスタンスは特定種類の処理アプリケーションに関連付けられているが、複数のノードが存在する場合は、 1 台のコンピュータ上で動作可能である。

40

【0013】

ファームは、多数の解析を同時に実行可能とすることによって、目標データスループットを満足する方法を提供する。

最上位プロジェクトフロー

図 1 a は、本発明の方法を実装したシステムの主要なプロセスを示すプロセス図である。

50

【 0 0 1 4 】

ジョブ前設定 1 1 0 においては、チャンネルエイリアスの設定、ロケールの設定、検出器の定義、分類子の定義、ならびに検出器および分類子のロケールへのマッピングを行う。これらの用語の意味については、以下に詳述する。ジョブ前設定では、過去の履歴データ 1 1 1 もインポートする。過去の履歴データを使用すると、報告内容の比較、損傷報告の検証、および形態追跡が可能となる。また、チャンネルエイリアシングは、特定の変数から独立したチャンネルの命名と、検出器や分類子へのチャンネルの移動とを可能にする。図 1 b、図 1 c、図 1 d に示すように、ロケールの定義は複数のレベルで行うことができる。

【 0 0 1 5 】

ジョブ前設定では、検出器の設定も行う。特定の技術パラメータを満足するため、1 つのシステムに対して複数の検出器を定義することも可能である。このシステムの拡張型アーキテクチャは、ルールベースの適応閾値検出アルゴリズムを含む多様なアルゴリズムに基づいて、複数の検出モードを提供可能である。さらに、ジョブ前設定では、分類子の設定も行う。分類子は、複数の試験条件に対する複数の分類規則および同等 / 非同等な規則を用いて設定可能である。分類アルゴリズムには、ルールベースの方法および極座標識別子が含まれる。また、検出器および分類子のロケールへのマッピングは、関係規則を設定することによって実現可能である。1 つの分類子に対しては、複数の検出器を割り当て可能である。また、検出器と分類子のセットは、様々な詳細レベルにおいて複数のロケールに割り当て可能である。そして、複数の検出器と分類子の組み合わせは、ブール用語で作成可能である。図 1 d は、様々なロケールへの検出器および分類子の適用方法を示す。

【 0 0 1 6 】

ジョブ前設定が完了すると、設定がロックされて、ジョブの生成が開始可能となる。この段階の各プロセス要素を「演算」「解析」「検証」「報告」という見出しで図 1 a に示す。

【 0 0 1 7 】

「演算」においては、ダッシュボードクライアント 1 1 2 を用いて、データサーバーの選択、ネットワークドライブのマッピング、校正グループのロード、ジョブ進捗キューの監視、および進行中の校正グループに関する警告の表示を行う。警告の例としては、一時停止、作動、障害等が挙げられる。ファイルに関する個々の警告としては、提出、解析開始、待機、完了、失敗等が挙げられる。

【 0 0 1 8 】

「演算」のロード・校正段階 1 3 0 には、校正基準に向けた自動校正が含まれる。類似する基準は、同時にロード可能である。また、複数の基準に由来する欠陥は、結合して 1 つの校正グループで使用可能である。

【 0 0 1 9 】

「演算」段階では、自動標識位置決め (Landmark automatic locating) 1 4 0 およびロケールマッピング 1 5 0 もその一部として実行する。

「解析」段階では、スラッジやノイズ等の影響に対する欠陥検出 1 6 1、欠陥分類 1 6 3、およびシングルパス測定 1 6 2 を行う。データは、検出 1 6 1 および分類 1 6 3 を経た後、シングルパス測定の処理が行われ、設定に基づいて複数のロケールに分割される。各ロケールへの検出の適用は、設定に基づいて行う。検出した欠陥への分類の適用は設定に基づいて行い、分類した欠陥は「バケット」に書き込んで最終受け入れに供する。

【 0 0 2 0 】

ノイズ測定解析では、検出した欠陥の抑制を行う。ノイズ値は、生データに基づいて、ロケールおよび技術別に測定する。ノイズ測定モードとしては、ピーク間電圧、垂直方向最大、および水平方向最大が挙げられる。ノイズは、ロケール当たりの最大ノイズ値を割り当て可能であって、一実施形態では、予め設定した閾値を越えるノイズのみを記録する。

【 0 0 2 1 】

最終受け入れ170は、「解析」段階の後に動作する。この最終受け入れでは、履歴条件に基づき、希望により他の基準も組み合わせて、報告する条件を決定することにより重複を解消する。近接フィルタを使用すると、所定空間内の複数の条件を組み合わせて、単一の条件として表すことができる。最終受け入れにおいては、履歴レポートの比較も行って、過去のレポートからの変更はフラグを立てて報告する。また、ノイズ測定結果についても、対象欠陥の局所領域に関して報告することにより、信号対ノイズ報告を可能とする。

【0022】

フィールドジョブプロセスの最終段階は、「報告」段階180である。この段階では、部位固有の報告フィルタを適用可能である。

10

マルチアルゴリズムアーキテクチャ

自動解析コアアーキテクチャの基本は、管内の重要な解析位置を予め決定し、これら特定の各領域において任意の数の検出アルゴリズムを任意の数の分類アルゴリズムと組み合わせて、損傷メカニズムの検出確率を最大化することにある。このアーキテクチャでは、管をあらゆるスライスで解析して、解析の重複が発生する場所と態様とを厳密に保証できるように完全な制御を実現する。また、このアーキテクチャは、任意の位置精度で解析を行う柔軟性を提供するため、たとえば、管板拡張遷移における損傷メカニズムを非常に明確に探し出すことができる。または、管板の全領域をより広範に走査可能である。あるいは、これら両者を実現可能である。

【0023】

20

マルチアルゴリズム解析管理を図6a、図6b、図6cのフロー図に示す。チャンネルエイリアシング：チャンネルエイリアシングの目的は、再利用可能なチャンネル設定を作成可能とすることである。再利用可能であることには、1)成功事例の使用および再使用ができる高信頼性、および、2)既存の設定要素の活用によるジョブ作成時間の短縮、という2つの重要な利点がある。

【0024】

アルゴリズムビルダー：RevoSPeCTアルゴリズムはすべて、RevoSPeCTトレーニング用インターフェースに設定されている。このインターフェースは、検出アルゴリズムおよび/または分類アルゴリズムを作成してライブデータ上で試験する手段を提供する。アルゴリズムの試験中、動的閾値判定、測定位置、角度・電圧判定、合否状態等の重要なアルゴリズムステップについては、プログラムに格納しておくことで、オペレータが後で精査可能である。このように、オペレータは、解析プロセスを自由に前後移動して、設定したアルゴリズムによる解析の実施具合の詳細を確認するようにしてもよい。各ステップにおいては、システムで情報を入手して、関心のある信号に対するトレーニングを行ってもよい。

30

【0025】

アルゴリズムコンパイナ：RevoSPeCTアルゴリズムはすべて、アルゴリズム設定インターフェースにおいて、解析用に体系化され、対象の蒸気発生器の仕様に適用される。

【0026】

40

蒸気発生器は、ロケール(Locale)と称する関心領域にて定義される。検出器および分類子のアルゴリズム(アルゴリズムビルダーに内蔵)は、特定の組み合わせで関心ロケールに適用される(解析用ユーザーガイドラインに基づく)。特定のロケールに適用された検出器および分類子のアルゴリズムの組み合わせは、アナライザグルーピングと称する。アナライザグルーピングは、解析用ユーザーガイドラインに定義された関心のある特定の損傷メカニズムを探し出すためのものである。

【0027】

ロケールカバーツール：アルゴリズム設定インターフェースは、各ロケールに対するアナライザグルーピングの網羅状態に基づいて、すべてのロケールおよびカラーコードロケールを視覚表示する。ロケールカバーツールは、解析用ユーザーガイドラインに基づいて

50

、関心のある各損傷メカニズム別にすべてのロケールを表示する。ロケールカバーツールは、視覚表示のほか、各損傷メカニズム別に各ロケールと関連するアナライザグループのテキストベースの概要を各表示に結びつける。

【 0 0 2 8 】

マルチアルゴリズム解析は以下のように進める。

部位設定インターフェース 6 1 1 においてチャンネルエイリアシング 6 1 0 を実施する。その後、チャンネルのマッピングを行う (6 1 2)。チャンネルマッピングでは、各チャンネルに対してコイルを選択し (6 1 3)、周波数のタイプを選択し (6 1 4)、所定のフィルタを適用する (6 1 5)。

【 0 0 2 9 】

あらゆる蒸気発生器およびユーザーにおいて、渦電流検査パラメータには、管類の変形や部位の選好に由来する実に様々な種類が存在する。ただし、渦電流解析の基本原則により、データの解析には多数の共通点がある。そこで、データ解析の設定においては、部位特有の状況を対象としつつ一般論としての作業を可能にするため、チャンネルエイリアスの作成を行った。これにより、特定のデータストリーム・クラスに関するデータの解析が本質的に可能である。たとえば、欠陥のボビン検出を行うには通常、第 1 の周波数差分チャンネルを考慮に入れる。このチャンネルは、X プローブのボビンコイルの場合、チャンネル 1、3、または 1 6 9 が考えられる。蒸気発生器によっては、周波数が変化することになるが、これらの各インスタンスは `BobbinDiff.High` とも称する。なお、各取得技術は、エイリアシング対象の実チャンネルのマッピングを有する。

【 0 0 3 0 】

プロセスチャンネルの場合は、当該プロセスチャンネルの目的を示す名称一覧が存在する。エイリアシングを行えば、名称が付されたデータフィルタへのアドオンも可能となる。フィルタ設定の一群にはユーザーが名称を付け、技術ごとに特殊化してもよい。この特殊化により、けん引速度等の仕様に基づくフィルタの調整が可能となる。たとえば、メディアンフィルタでは、サンプル密度に基づいてウィンドウを調整する必要がある。また、デフォルトのスライス数は 3 0 1 であるが、設定が異なる場合は必要に応じて増減可能である。

【 0 0 3 1 】

その後、エイリアスを用いて検出および分類の設定を行う。これにより、設定の対象が損傷メカニズムの基本表示となり、変更を最小限に抑えつつ技術間で流用可能となる。

アルゴリズムビルダー 6 2 0 は、トレーニング用インターフェース 6 2 1 を介して実行する。この段階には、上述の通りチャンネルの選択 (6 3 1)、フィルタの適用 (6 3 2)、測定タイプの選択 (6 3 3)、および試験ロジックの適用 (6 3 4) を含むルールベースの検出器 6 3 0 が内蔵されている。このシステムでは、複数の検出器設定を定義することもできる。また、検出器は、連続的なウェーブレット変換フィルタを備えたミシガン州適応閾値ルールベース (`Michigan State Adaptive Threshold Rule Based`) アルゴリズムまたは `Zetec` カスタムルールベース (`Zetec Custom Rule Based`) アルゴリズム等、現在のアルゴリズムの特定の技術パラメータを満足するように構成してもよい。

【 0 0 3 2 】

アルゴリズムビルダー 6 2 0 には、トレーニング用インターフェース 6 2 1 を介してルールベースの分類子 6 4 0 も内蔵されている。分類子の構築には、チャンネルの選択 (6 4 1)、測定タイプの選択 (6 4 2)、および試験ロジックの適用 (6 4 3) が含まれる。

【 0 0 3 3 】

アルゴリズムビルダー 6 2 0 には、トレーニング用インターフェース 6 2 1 を介して適応閾値検出器 6 5 0 も内蔵されている。閾値検出器の構築には、チャンネルの選択 (6 5 1)、フィルタの適用 (6 5 2)、および試験ロジックの適用 (6 5 3) が含まれる。

【 0 0 3 4 】

10

20

30

40

50

アルゴリズムコンバイナ 660 は、設定インターフェース 661 を介して実行することにより、必要な検出器および分類子を組み合わせる (662)。ロケールマッピングツリー 663 で関心ロケールを選択した後、アルゴリズムバンクから検出器 664 および分類子 665 を選択する (664)。そして、検出器および分類子を対にして、ロケールフレーム内でアナライザグループを形成する (666)。このアナライザグループは、トレーニング用インターフェース 621 を介してデバッグ可能である (668)。上記組み合わせプロセスは、必要に応じて図示の通り繰り返す。

【0035】

ロケールの網羅は、設定インターフェース 661 を介して動作するロケールカバーツール 670 によって実行する。解析の網羅状態 (672) は、第 1 の関心ロケールを視覚化ローカライズで選択し (673)、関心のある損傷メカニズムを選択し (674)、網羅状態を精査し (675)、網羅レポートを印刷する (676) ことによって検証する。このプロセスは、追加ロケールがある場合に繰り返すことができる (677)。

【0036】

コンフィグレータクライアント 20 は、ロケールごとの検出器、識別子、および分類子を定義する。特定のロケールは、一括または単独で設定する。また、検出、識別、および分類用に個別のロケールを定義する。複数の検出器、識別子、および分類子は、一括および/または論理的に設定する。なお、分類コードは、設定に基づいて割り当てる。

【0037】

ロケール

効果的な解析のプロセスには、高精度に定義したロケールが不可欠である。これは、管類をロケールへと細分割するには、標識を高精度に検出することが必要であることを意味する。すなわち、複数の高度なアルゴリズムを用いて標識の自動検出を行うと、標識が正確に検出可能となる。

【0038】

ここで、多段階自動標識構造検出 (図 1 a の 140) プロセスを使用する。第 1 段階では、設定標識テーブルを用いてデータの構文解析を行う。第 2 段階では、標識検出アルゴリズムを用いてデータの構文解析を行うことにより、正確な構造位置を生成する。第 3 段階では、特定のロケールへと構造を細分割する。ロケールは、複数のレベルで定義する。第 1 レベルのロケールは通常、管領域である (たとえば、HL、CL、U 字管等)。第 2 レベルのロケールは通常、適切な構造領域である (たとえば、支持板、管板、フリースパン等)。第 3 レベルのロケールは通常、構造細分割である (たとえば、管板拡張部、管板拡張遷移部、支持中心部、支持縁部等)。第 4 レベルのロケールは通常、遷移分割である (たとえば、拡張遷移部中心、拡張遷移部入口、拡張遷移部出口等)。ロケールの区分に関しては、図 1 b、図 1 c、図 1 d を参照することができる。

【0039】

Analysis Locale (解析ロケール)

Analysis Locale は、管内の単一領域または集合領域を記述するデータ構造であって、以下の例のように、任意の精度を記述可能である。

1. Full Tube / Hot Leg (ホットレグ管全体)
2. Full Tube / U bend / Free Span (U 字管に含まれる個別の各フリースパン)
3. Full Tube / Hot Leg / Tubesheet / Expansion (ホットレグ管の拡張遷移部の始点から終点まで)
4. Full Tube / Cold Leg / Free Span / Sludge Pile (フリースパンの始点からスラッジパイルの頂点まで)
5. Full Tube / U bend / U bend Structures / Structure re Edges (U 字管の構造縁部)
6. Full Tube / U bend / U bend Structures (U 字管の縁部および中心部を含む構造全体信号)

10

20

30

40

50

すべてのロケールおよび必要な精度は、予測してxmlファイルにパッケージ化する。これら予測した各ロケールでは、マッピングしたロケール間にスライスギャップが生じないように、スライス値群へのマッピングに必要なアルゴリズムを利用する。上記コードにより、一連の各精度が親ロケールに完全に含まれるとともに、親ロケールのあらゆるスライスが直下の子ロケールによって構成される。

【0040】

LocaleAnalyzer (ロケールアナライザ)

LocaleAnalyzerは、単一のAnalysisLocale上での解析の開始を担う。LocaleAnalyzerは、1つだけ含むAnalysisLocaleに適用され、当該ロケール全体で実行する特定の解析方法(LocaleAnalyzerUnits)を多数含む。また、AnalysisLocaleは、AnalysisLocaleツリーで説明したように、当該ロケール内で区画された領域に関連する低精度のAnalysisLocaleを多数含む。LocaleAnalyzerUnitは、所与のAnalysisLocaleにおける任意の単一解析パス種別に関する抽象基底クラスである。各LocaleAnalyzerUnitは、ユーザー設定に応じて他のLocaleAnalyzerUnitとの共有可否が決定される単一の指定AnalysisReportBucketを有する。以下は、LocaleAnalyzerUnitから派生したクラスである。

1. SludgeReportUnit

2. NoiseMeasurementUnit

3. DetectionClassificationUnit

AnalysisReportBucketは、関連する結果の集合体である。同じAnalysisReportBucketに置かれた結果はすべて、当該バケット内の他の結果に対して、空間的な重なりの有無が自動的に確認される。2つの結果の位置が重なっている場合は、以下のいずれかのユーザー設定規則に従って、一方の結果を削除する。

1. 先入れ：バケットに最初に入力されたレポートを残し、新しい方を破棄する。

2. 後入れ：最後に追加入力したレポートを残し、古い方を破棄する。

3. 最大電圧：電圧の測定結果が最大の入力(中間レポート入力構造での報告による)を残し、小さい方を破棄する。

4. 最大面積：空間面積が大きい方の入力を残し、小さい方を破棄する。

【0041】

自動解析設定において、ユーザーは任意の数のAnalysisReportBucketを作成し、そのうちの1つが各LocaleAnalyzerUnitに選択される。代表的なAnalysisReportBucketは以下の通りである。

1. くぼみ

2. MBM (製造バフマーク)

3. 欠陥

4. スラッジ (内部使用のみを目的として確保)

5. ノイズ (内部使用のみを目的として確保)

ユーザーは、他のレポート入力種別と重複しているか否かに関わらず、くぼみ、MBM、スラッジ等が読み出されるようにしたいと考える。また、AnalysisReportBucketは、後段の最終受け入れで使用することにより、同じバケットには存在しないが、別の規則に基づいて削除の要望が依然あるか、または別のバケットの要素(たとえば、くぼみ等)と重複していることにより兆候コードの変更が必要な重複入力の処理方法を決定する。

【0042】

DetectionClassificationUnit (検出分類部)

DetectionClassificationUnitは、単一のDetectionStepおよび単一のClassificationStepを含むLocaleAnalyzerUnitの一形態である。DetectionClassification

10

20

30

40

50

onUnitは、LocaleAnalyzerからの通知により、DetectionStepを介して解析を開始し、DetectionStepの終了を待って（各検出アルゴリズムは個別のスレッドに存在）、ClassificationStepを介して分類を開始し、先程と同様にClassificationStepの終了を待つ。

【0043】

DetectionStep（検出ステップ）

DetectionStepクラスは、解析領域の複合検出走査を表し、複数の独立した検出パスにより構成可能であって、結果的に単一のDetectionResultアレイが得られる。隣接する結果の各組は、重複の場合は組み合わせによって結果を統合し、重複しない結果は破棄するように構成されたDetectionMergerオブジェクトに渡される。対応する検出統合規則による（必要以上に複雑で起こりそうにない）検出の例として、DET1 'and' DET2 'or' DET3 'or' DET4 'and' DET5 'and' DET6が挙げられる。

10

【0044】

DetectionResult（検出結果）

DetectionResultは、データ中の矩形または1次元位置を記述するための単純なデータ構造である。この構造の存続時間は、検出から分類までである。

【0045】

Detector（検出器）

Detectorは、基本検出クラスであり、その派生としてPluginDetector、ZBDDetector、MatlabDetector等の様々な検出器が得られる。Detectorの出力は、DetectionResultのベクトルとなる。

20

【0046】

DetectionMerger（検出統合）

DetectionMergerは、2つのDetectionResultに対してOR論理またはAND論理を実行する機能クラスである。任意の単一演算の結果は、別のDetectionResultとなつて、別のDetectionResultとの組み合わせが必要となる場合がある。DetectionResultの任意の複雑性に対応するDetectionMerger規則と組み合わせる方法においては、常に左から右へ、すべてのAND項をまず初めに演算する。上述の例DET1 'and' DET2 'or' DET3 'or' DET4 'and' DET5 'and' DET6に関しては、以下のように演算する。

30

1. DET1 'and' DET2を実施（結果はDET12）
2. DET4 'and' DET5を実施（結果はDET45）
3. DET45 'and' DET6を実施（結果はDET456）
4. DET12 'or' DET3を実施（結果はDET123）
5. DET123 'or' DET456を実施（結果はDET123456）

AND論理では、任意の2つのDetectionResultに関して、互いに重複する部分のみが残って、新たなDetectionResultが1つ生成される。OR論理では、任意の2つのDetectionResultに関して、重複する場合（各結果の少なくともN%（Nは設定可能）が他の結果に含まれることを意味する）以外はすべての結果が変更されない。2つのDetectionResultが重複する場合は、統合されて、2つの矩形DetectionResultの結合体である単一の大きなDetectionResultとなる。

40

【0047】

ClassificationStep（分類ステップ）

ClassificationStepクラスは、特定の検出結果群の複合分類解析を表す。DetectionStepと同様に、複数の独立したアルゴリズムにより構成可能であって、結果的に単一のIntermediateReportEntryアレイ（

50

D e t e c t i o n R e s u l t 当たり1つ以下)が得られる。

並列マルチパスアーキテクチャ

本発明のソフトウェアは、管内の同じ領域に対して複数の解析方法を設定可能である。また、各方法の結果が異なる分析報告グループに属するように構成してもよい。

【0048】

並列マルチパスアーキテクチャを図4aおよび図4bにて説明する。

ステップ410では、報告グループを作成・確認する。各報告パスの報告グループを作成・検証する動作(412)は、部位設定インターフェース411を介して行う。

【0049】

ステップ420では、アナライザ設定インターフェース421を介して報告バケットを作成する。このステップには、解析グループの割り当て(422)および重複削除方法の割り当て(423)が含まれる。

10

【0050】

ステップ430では、マルチパスアナライザグルーピングを単一のアナライザ構成に設定する。この設定は、部位設定、アルゴリズムトレーニング用インターフェース、アナライザ設定インターフェース431を介して行う。ステップ432では、チャンネルエイリアシング432a、アルゴリズム構築432b、アルゴリズム組み合わせ432c、およびロケール網羅検証432dによって欠陥アナライザグルーピングを設定する。これらの段階については、チャンネルエイリアシング610、アルゴリズム構築620、アルゴリズム組み合わせ660、およびロケール網羅検証670といった参照項目に対応しており、図6a、図6b、図6cに関する記述において詳細に説明する。なお、スラッジアナライザグルーピング433、ノイズアナライザグルーピング434、およびその他の条件のアナライザグルーピング435の設定においても、同様のプロセスを実行する。

20

【0051】

以上のように、スラッジは、たとえばくぼみ解析および/または通常の欠陥解析と並列に動作してもよい。この場合のレポート入力の重複は、意図的に許可されるが、レポート入力の表示では解析グルーピングによって分離される。

度数比/頻度差(Frequency ratios/deltas)

従来の自動解析の試みでは、特定種類の損傷メカニズムを考慮する所与の頻度または頻度群で信号が有すべき特徴の規定に向けて、相当のジョブを行っていたが、特に関心のある信号の頻度全体での挙動である場合が多い。第1の頻度からその半分の頻度まで、信号が少なくとも10度回転しているか否か、あるいは、第1の頻度での電圧が半分の頻度での電圧より少なくとも25%高いか否か等は、特徴付けようとしている信号が欠陥であるか否かという点とその種類とを最終的に決定するための基準である。本発明に係る分析製品のルールベース分類アルゴリズムパッケージを使用すると、電圧、角度、深さ、および長さといったあらゆる下位種別の試験の頻度間において、比率および/または直接差異に関する任意の数の測定が可能となる。

30

【0052】

チャンネルエイリアス

発生器およびユーザーにわたり、渦電流検査パラメータには、管類の変形や部位の選好に由来する実に様々な種類が存在する。ただし、渦電流解析の基本原則により、データの解析には多数の共通点がある。そこで、データ解析の設定においては、部位特有の状況を対象としつつ一般論としての作業を可能にするため、チャンネルエイリアスの作成を行った。これにより、特定のデータストリーム・クラスに関するデータの解析が本質的に可能である。たとえば、欠陥のボビン検出を行うには通常、第1の周波数差分チャンネルを考慮に入れる。このチャンネルは、Xプローブのボビンコイルの場合、チャンネル1、3、または169が考えられる。発生器によっては、周波数が変化することになるが、これらの各インスタンスはBobbinDiff.Highとも称する。なお、各取得技術は、エイリアシング対象の実チャンネルのマッピングを有する。

40

【0053】

50

プロセスチャンネルの場合は、当該プロセスチャンネルの目的を示す名称一覧が存在する。

エイリアシングを行えば、名称が付されたデータフィルタへのアドオンも可能となる。フィルタ設定の一群にはユーザーが名称を付け、技術ごとに特殊化してもよい。この特殊化により、けん引速度等の仕様に基づくフィルタの調整が可能となる。たとえば、メディアンフィルタでは、サンプル密度に基づいてウィンドウを調整する必要がある。また、デフォルトのスライス数は301であるが、設定が異なる場合は必要に応じて増減可能である。

【0054】

その後、エイリアスを用いて検出および分類の設定を行う。これにより、設定の対象が損傷メカニズムの基本表示となり、変更を最小限に抑えつつ技術間で流用可能となる。

10

最終受け入れ

RevoSPECTの最終受け入れプロセスは、フィールドでリアルタイムに収集した解析結果を過去の解析パスで収集したデータと関連付けることによって、渦電流解析業界に革新をもたらすものである。このようなデータの「横断的」な見方をすれば、複数のデータセットにわたって複雑な関係を描くことが可能となり、長期間にわたって発生する蒸気発生器の変化率を認識可能となる。また、この最終受け入れプロセスによれば、リアルタイムに収集した関心のある兆候（閾値を超えるノイズ等）の収集および関連付けが可能となり、単体としてではなく全体として評価することによって、蒸気発生器のより大きな問題を提起する描画可能なパターンを決定可能となる。

20

【0055】

自動最終受け入れ（FA）は、解析者設定規則を自動的に適用して、特定の高検出確率（POD）自動解析方法の使用に起因するオーバーコールの様々な形態を低減するソフトウェアコンポーネントである。多数の検出/分類技術を並列動作させると、PODは高くなるが、オーバーコールと見なされる冗長な結果が多数生成される。ただし、FA重複規則が単一の最終結果を自動的に選択することによって、多数の冗長な結果の中から報告可能となる。

【0056】

FA統合規則は、試験中の管に沿って規則特有の近接関係にある多数の類似結果を表す単一の結果を自動的に報告する。また、FA低電圧規則は、非常に高感度（すなわち、高POD）の検出閾値を適用したことに起因するオーバーコールを自動的に破棄する。FA履歴整合/指定/比較規則は、システム全体が報告すべきことを適切に報告しているか否かを自動的に判定して、偶然小さかった履歴整合結果を低電圧規則が破棄しないようにするものである。

30

【0057】

最終受け入れプロセスを図5a、図5b、図5c、図5d、図5eにて説明する。

最終受け入れは、アナライザ設定インターフェース501を介して設定する。ステップ510では、既存の報告バケットの選択または新しいバケットの作成（511）、解析グループの選択（512）、および最終前受け入れ重複方法の選択（513）の各ステップによって、報告バケット重複の削除を規定する。また、必要に応じて、別の報告バケットを追加・設定する（515）。

40

【0058】

ステップ520では、報告バケットの選択（521）、低電圧規定のための関心兆候コードの選択（522）、および選択した報告バケットに対する最小関心電圧の判定（523）によって、低電圧フィルタを規定する。また、必要に応じて、低電圧フィルタをさらに規定する（524）。

【0059】

ステップ530では、第1の報告済み重複の報告バケットの選択（531）、第1の報告済み重複の兆候コードの選択（532）、第2の報告済み重複の報告バケットの選択（533）、第2の報告済み重複の兆候コードの選択（534）、重複方法の決定（535

50

)、および無効兆候コードの判定(536)によって、重複フィルタを規定する。また、必要に応じて、重複フィルタをさらに規定する(537)。

【0060】

ステップ540では、複数の兆候統合フィルタを規定する。これらのフィルタは、相対的な近接関係にある複数の兆候を単一の兆候に統合することによって規定する。このプロセスには、報告バケットの選択による統合可能性の判定(541)、関心兆候コードの選択による統合可能性の判定(542)、兆候の統合を考慮する最小近さの決定(543)、および報告済み統合兆候の兆候コードの決定(544)の各ステップが含まれる。この複数の兆候統合フィルタを規定するプロセスは、多数の報告バケットが存在する場合の必要に応じて繰り返す(545)。

10

【0061】

ステップ550では、履歴指定フィルタを規定する。このプロセスには、比較検討対象の現結果の範囲限定および未指定結果の識別方法の特定(560)、履歴結果と現結果間の関係基準の規定(570)、および「履歴からの変化」フィルタの規定(580)の3つのサブステップが含まれる。各プロセスのサブステップ(560、570、および580)について説明すると、比較検討対象の現結果の範囲限定および未指定結果の識別ステップ(560)には、関心のある現結果解析グループの選択(561)、関心プローブコードの規定(562)、および履歴結果中で未指定の兆候に対する新たな兆候コードの特定(563)が含まれる。履歴結果と現結果間の関係基準の規定ステップ(570)には、現結果における兆候コードの選択(571)、履歴結果における兆候コードの選択(572)、履歴結果と現結果間の指定を考慮すべき最小近さの決定(573)、履歴データの絶対電圧カットオフの決定による次ステップの決定(574)、絶対電圧がカットオフ最小値を下回る場合、付随する変化を考慮すべき履歴結果に対して現結果中で信号を縮小可能な最大電圧の決定(575)、および絶対電圧がカットオフ最小値を上回る場合、付随する変化を考慮すべき履歴結果に対して現結果中で信号を縮小可能な百分率最大電圧の決定(576)が含まれる。また、必要に応じて、履歴指定フィルタをさらに追加することもできる(577)。

20

【0062】

「履歴からの変化」フィルタの規定ステップ(580)には、現結果の対象兆候コードの入力による「履歴からの変化」の適用(581)、現在データの絶対電圧カットオフの決定による次動作の決定(582)、現在電圧がカットオフを下回る場合、現在値と履歴値間の絶対値電圧が変化したと見なされるためにどの程度増加すべきかの決定(583)、および現在電圧がカットオフを上回る場合、現在データと履歴データ間の電圧割合が変化したと見なされるためにどの程度増加すべきかの決定(584)が含まれる。次に、ユーザーは、位相度合い信号が回転して変化したと見なされるべき量を入力する(585)。そして、変化したと見なされるべき壁信号中の百分率深さを入力する(586)。変化基準のいずれかが満たされた場合に適用する現結果コードを入力し(587)、変化基準のいずれも満たされない場合に適用する現結果の兆候コードを入力する(588)。また、必要に応じて、履歴指定フィルタをさらに追加する(589)。

30

【0063】

履歴レポート比較

履歴レポート比較は、解析者設定規則を自動的に適用して、検査履歴関連の決定を行うソフトウェアコンポーネントである。この規則は、現在の検査の結果が履歴や「指定」の履歴と「上昇整合」の状態および/または履歴から「変化」した状態にあるか否か、ならびに適宜変更したフィールドで結果を報告するか否かを判定する。

40

【0064】

この設定可能な上昇整合基準により、解析者は、上昇公差の指定およびプローブコードの検討が可能となる。また、設定可能な指定履歴基準には、電圧および角度の減少拒絶閾値の公差、ならびに最終レポートに現れる結果としての兆候コードの調整が含まれる。さらに、設定可能な「履歴からの変化」基準には、電圧および角度の閾値、ならびに値が小

50

さい場合の絶対値比較および値が大きい場合の百分率比較が含まれる。

ロケールマッピング

本発明のロケールマッピングに関連する構成要素の機能詳細を以下に示す。なお、ロケールマッピングは、1) 概要、2) アルゴリズム、および3) 位置決め手順という3つの小区分に分かれている。

【0065】

ロケールのグラフィック表示

本発明では、ロケールの考え方をを用いることにより、各レグによって特定される管板やフリースパン等の発生器の特定領域に対する設定を一般化する。ロケールチャートは、ストリップチャートと平行して、ロケールの変化を表示するものである。ロケールチャートの幅は固定されており、表示データに存在するロケールに応じて、レベル2～4のロケールを表示する。データカーソルを合わせたロケールはハイライトされる。また、マウスによるデータのナビゲーションおよびズームには様々なモードが存在する。

10

【0066】

縁部補正

縁部補正は、支持構造、管板、および/または管端の自動位置決め縁部に対して、ユーザーが効果的に固定距離を加算または減算できる簡単な方法である。この方法によれば、(通常は)フリースパンに割り振られたデータを犠牲にして、特定種類の支持構造およびその内側縁部領域に割り振られたデータの量の増加(または減少)をユーザーが選択できるように、結果として得られるロケールマッピングを繊細に制御可能となる。各種標識構造には、縁部補正用の特定の設定ポイントが用意されているため、たとえば中空の支持部には1/2インチを加算してもよいが、中身の詰まった支持部には補正を行わない。

20

【0067】

Damage Mechanism (損傷メカニズム)

Damage Mechanismクラスは、関連する任意の数の解析ロケールおよび然るべき兆候コードに対して、名称を付けた損傷メカニズムのマッピングを行うデータ構造である。Damage Mechanismの名称は、Analysis Localeの記述文字列と併せて使用することにより、位置固有の損傷メカニズムに対してアルゴリズムをマッピングする。Damage Mechanismクラスは、設定関連のオブジェクトとして、ユーザーが自動解析を設定する際のガイドとなる。損傷メカニズムの作成とロケールへのマッピングを行った後は、自動解析の設定として、ユーザーが各ロケールにアクセスし、当該ロケールにマッピングされた所定の各メカニズムに対する検出および/または分類方法を取得する。ユーザーには、上記特定のロケールで見つけられる損傷メカニズムのみが提供・設定される。未設定のものは、容易に通告および/または追跡可能で、後で検証される。

30

【0068】

ロケールマッピング関連のアルゴリズム

拡張遷移検出

ロケールツリーマップ構造化の重要な部分である拡張遷移部の自動検出は、通常は遷移部の近傍に存在する周方向亀裂の検出に先行して行う。ほとんどの周方向亀裂は、支持構造または拡張遷移部に隣接している。拡張遷移の信号表示を自動識別することは、「高信頼性ゾーン」で周方向亀裂を探索する際に重要な役割を果たす。

40

【0069】

ポピン

解析対象の第1の絶対頻度チャンネルのうち最も急峻な微小勾配の部分は、関心点であって、信号の差分の最大絶対値に対応するスライスを位置決めすることによって決定される。この点では、不正コールとヒット間の識別を行う第1の校正済み絶対ロケータ頻度全体で別の相対振幅試験を行う。

【0070】

Xプローブ

50

この場合は、第1の頻度表示セットにおける特定のチャンネルのうち最も急峻な微小勾配の部分が関心点である。この特定チャンネルは、表示セットに含まれるチャンネル各部の長さ全体にわたって最大電圧を生成する部分に対応する。このチャンネルの最も急峻な微小勾配は、ボビンの場合と同様に決定される。また、表示セットチャンネル全体にわたるこの関心点の近傍の位相は、真の拡張遷移位置として確認されるように、指定範囲内に存在する必要がある。

【0071】

U字管遷移検出

このアルゴリズムでは、識別するU字管遷移点の数を予め把握しておく必要がある。必要な点が1つの場合は、第1の絶対頻度チャンネルのうち最も急峻な微小勾配の部分が決定される。また、この位置は、信号の差分の最大絶対値に対応するスライスで位置決めすることによって特定される。別の識別子としては、関心点の近傍で実行されるユーザー供給識別子を備えた相対電圧検査がある。

10

【0072】

2つのU字管遷移点が必要な場合も、信号中の2つの極大値を選択することによって両関心点を決定する場合を除いて、同様の解析が行われる。また、U字管遷移点が1つの場合と同様に、両関心点の近傍で相対電圧検査が行われる。

【0073】

スラッジ検出(ボビン)

このアルゴリズムは、支持板または管板信号の近傍にヌル点を決定する。このヌル点を基準として、所定電圧および2つの位相境界の外側に存在する信号要素の極座標識別を実施する。予め設定した極領域内の要素がこのスラッジ信号成分である。

20

【0074】

適応閾値検出

信号とノイズを識別するための閾値判定は、検出プロセス全体で重要な役割を果たす。不正コール率および誤り率を最低限に抑えるため、選択した閾値は、定常時信号対ノイズ比と直接関係する必要がある。すなわち、この閾値は、解析対象の信号の支配的な統計的特性に適合する必要がある。

【0075】

図2は、欠陥に起因する信号表示または管支持板を疎らに配した差分ボビン信号「基板」の小区分を示す図である。「基板」は、渦電流解析の目的に合う知的情報を一切含まないノイズに対応する。この適応閾値プロセスの目的は、ノイズの多い基板の統計的特性を利用し、異なる検出感度レベルに応じて閾値を見積ることである。

30

【0076】

定義：標準偏差(SD)

確率統計上、値の統計的分散の尺度としては、確率分布の標準偏差、確率変数、または値の母集団もしくは集合体が挙げられる。標準偏差は一般的に、文字(小文字のシグマ)で表され、分散の平方根として定義される。

【0077】

確率変数Xの標準偏差は、以下のように定義される。

40

【0078】

【数1】

$$\begin{aligned}\sigma &= \sqrt{E((X - E(X))^2)} = \sqrt{E(X^2) - (E(X))^2} \\ &= \sqrt{\text{Var}(X)}\end{aligned}$$

適応閾値化への標準偏差の適用

渦電流データにおけるノイズに対応する電圧は、正規分布しているものと仮定する。統計的には、測定結果が多数存在する場合、約68%が平均値から1標準偏差の間に存在し、95%が2標準偏差の間に存在し、99.7%が3標準偏差の間に存在する。この経験則は通常、正規分布の母集団値にも当てはまる。図3は、正規分布データのグラフである

50

【 0 0 7 9 】

図 3 a は、平均からの標準偏差で囲まれた正規分布曲線を示す図である。水平軸両方向に平均から 1 標準偏差の間（グラフ上の赤色の領域）には、ノイズに対応するデータ母集団のおよそ 6 8 % が存在する。平均から 2 標準偏差の間（赤色および緑色の領域）には、ノイズに対応する母集団のおよそ 9 5 % が存在する。そして、3 標準偏差の間（赤色、緑色、および青色の領域）には、ノイズに対応する母集団のおよそ 9 9 % が存在する。

【 0 0 8 0 】

渦電流の適応閾値化には、標準偏差の改良型を使用する。数式（ 1 ）において平均値を中央値に置き換えると、より安定的かつ母集団値の極限に左右されずに中央値絶対偏差が得られる。

【 0 0 8 1 】

渦電流信号のピーク間電圧（ v p p ）や垂直最大値（ v m x ）等の統計的特性が全体として正規分布に従うものと仮定して、近似的にノイズ分布を 1 0 0 % 含む閾値を推定する。感度は、閾値を中央値絶対偏差よりも大きくしたくなる回数に関連付けられる。

【 0 0 8 2 】

使用方法

最初のテストケースとして、中央値絶対偏差に基づく臨界閾値の変更に利用可能なレベルが 1 0 個ある場合を考える。これらのレベルは、感度レベルと表す。レベル 1 の感度では、標準偏差の倍数因子がレベル 1 0 の感度よりもはるかに高くなる。X プローブおよび M R P C （最大残余パケット容量）の 2 次元データ表示の場合、閾値は以下のように適応的に定義される。

【 0 0 8 3 】

【 数 2 】

$$\Omega = \mu + 2\xi\sigma\sqrt{\log(N)}$$

ここで、

= 閾値

μ = 分布の中央値

= 乗数

= 中央値絶対偏差

N = 分布の要素数（経験的には、分布の要素数が 5 0 0 0 を超えるまでは 2 . 7 1 8 4 に設定する）。

【 0 0 8 4 】

2 次元データは通常、フィルタリングにより平坦化または水平化する。適切なフィルタの例としては、メディアンフィルタや C W T （連続ウェーブレット変換）フィルタが挙げられる。また、ポビンデータの閾値判定は、母集団に十分な数の V p p がある場合は、その中央値の直接多重化によって以下のように演算する。

【 0 0 8 5 】

=

ここで、

= 閾値

= 乗数

= V p p 値の集合体の中央値絶対偏差。

【 0 0 8 6 】

母集団が大きな場合に演算速度を向上するには、無作為抽出によるサンプリング法を用いて中央値を演算する。

トレーニング用データが十分であれば、類似の環境条件で収集されたデータの感度レベルを適切に推定することができる。

位置決め手順

10

20

30

40

50

自動位置決め：信号形成

本発明の解析では、自動位置決めアルゴリズムに使用する固有の基準セットをあらゆる種類の標識に持たせることができる。特に、設定プロセスでは、種類ごとに信号回転の校正および格納を行う。自動位置決めにおいては、検出を試みる標識ごとに問題の標識種別を判定し、アルゴリズムの適用前に然るべき回転をデータに適用する。問題の各信号については、期待通りの方向に形成が進んでいる場合はさらに精査を考慮するだけである。

【 0 0 8 7 】**自動位置決め：標識テーブルの定義可能性**

自動位置決めは、標識テーブルの定義を改良することによって大いに改良可能である。標識の視認性が故障によって異なる「灰色領域」を扱う論理と併せて、所与の行および列での出現が期待される標識に関する正確な情報が利用可能である。特定の行/列位置では、特定の標識幅および視認性が無効となる可能性がある。この情報は、標識が管と接触する角度が異なるために標識が大きく見える場所を記述する際に使用してもよい。あるいは、1つの大きな構造に見える点に近接している2つの標識を効果的に組み合わせる際に使用してもよい。

【 0 0 8 8 】

自動位置決めソフトウェアでは、A V B上昇を使用するとともに、U字管の頂点から参照することを考慮している。

自動位置決め：対称性の考察

本発明の解析の自動位置決めでは、標識テーブルによる指定がない限り、U字管の標識構造が対称割り付けになることを仮定している（ただし、必ずしも等距離ではない）。この場合、U字管の標識は、U字管の頂点が決まるごとに検出される。対称性が予想される場合、自動位置決めソフトウェアとしては、U字管の頂点から同じ距離（公差の範囲内）で各標識対が検出されるようにする必要がある。対称性は、標識テーブルエディタを介して、標識テーブルに頂点マーカー（1つの標識が頂点にある場合は2つの隣接マーカー）を設置することにより定義可能である。頂点に対するA V B上昇も提供される場合（四角形管の場合）、対称性の考察は無視されて、直接上昇が優先的に使用される。

アルゴリズムトレーニング用インターフェース

本発明のすべてのアルゴリズムは、専用のトレーニング用インターフェースにおいて設定する。このインターフェースは、検出アルゴリズムおよび/または分類アルゴリズムを作成してライブデータ上で試験する手段を提供する。アルゴリズムの試験中、動的閾値判定、測定位置、角度・電圧判定、合否状態等の重要なアルゴリズムステップについては、プログラムに格納しておくことで、オペレータが後で精査可能である。このように、オペレータは、解析プロセスを自由に前後移動して、設定したアルゴリズムによる解析の実施具合の詳細を確認するようにしてもよい。各ステップにおいては、システムで情報を入手して、関心のある信号に対するトレーニングを自動的に行ってもよい。

【 0 0 8 9 】

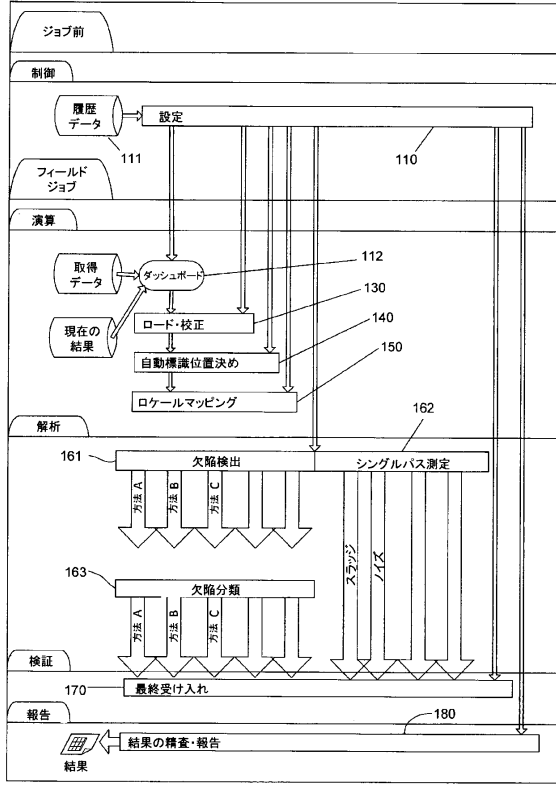
以上、具体例を参照して本発明を詳細に説明したが、その技術思想と範囲から逸脱することなく種々変更および改良が可能であることは、当業者には当然のことである。

10

20

30

【図1a】



【図3】

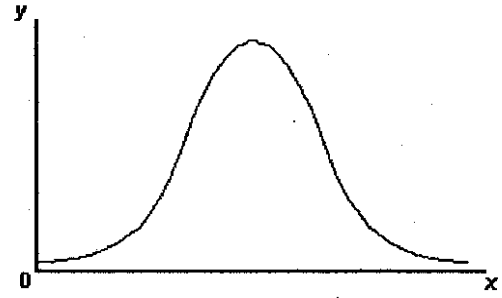


Fig. 3

【図3a】

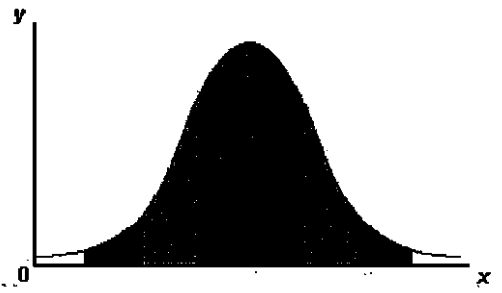
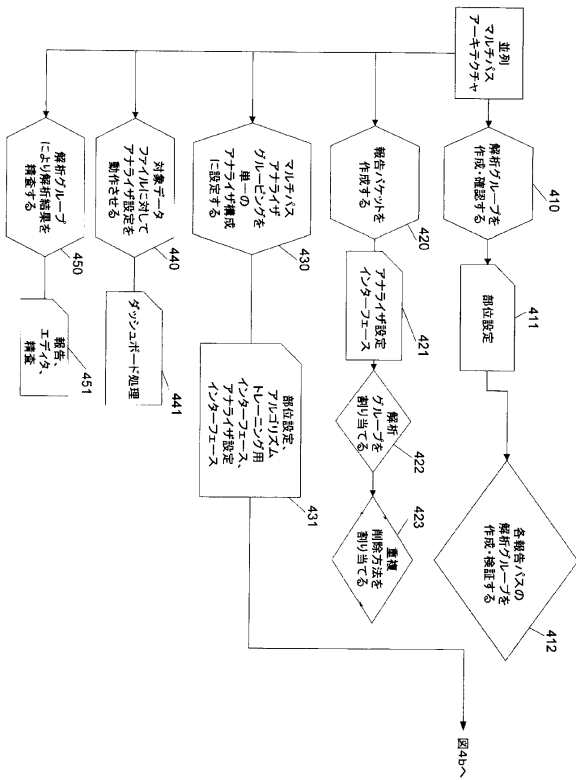
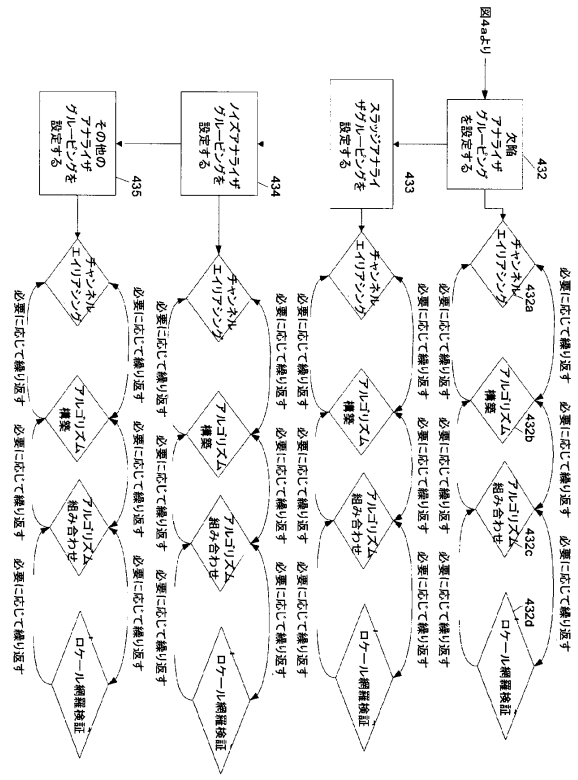


Fig. 3a

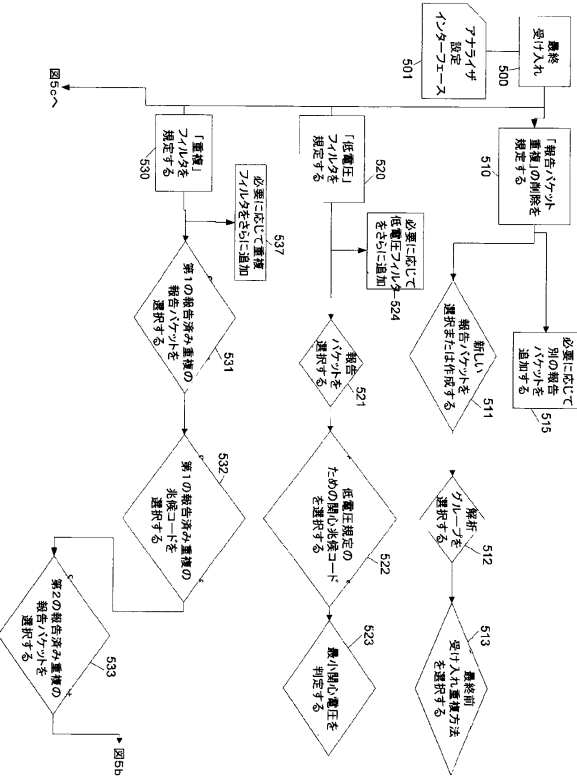
【図4a】



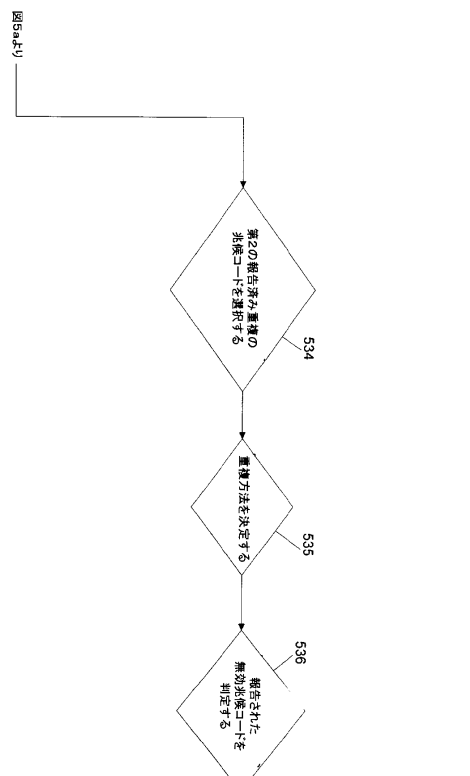
【図4b】



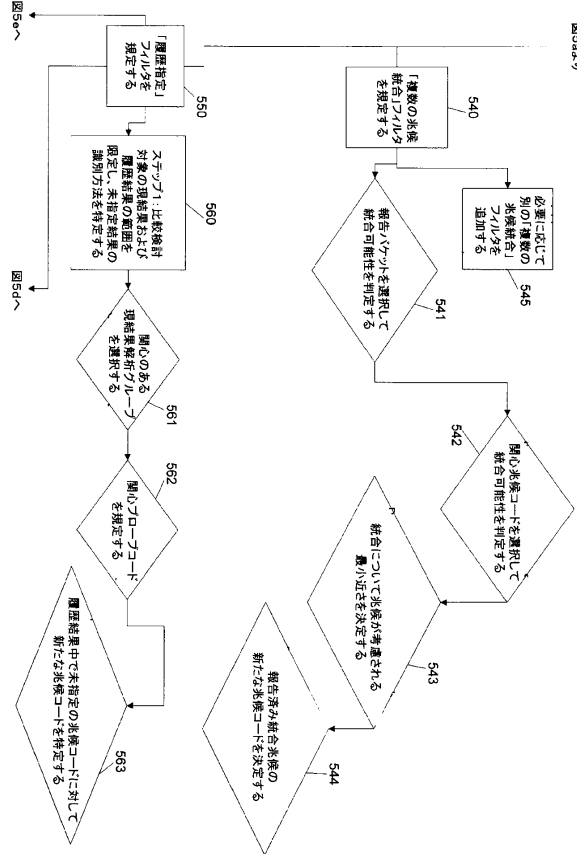
【 5 a 】



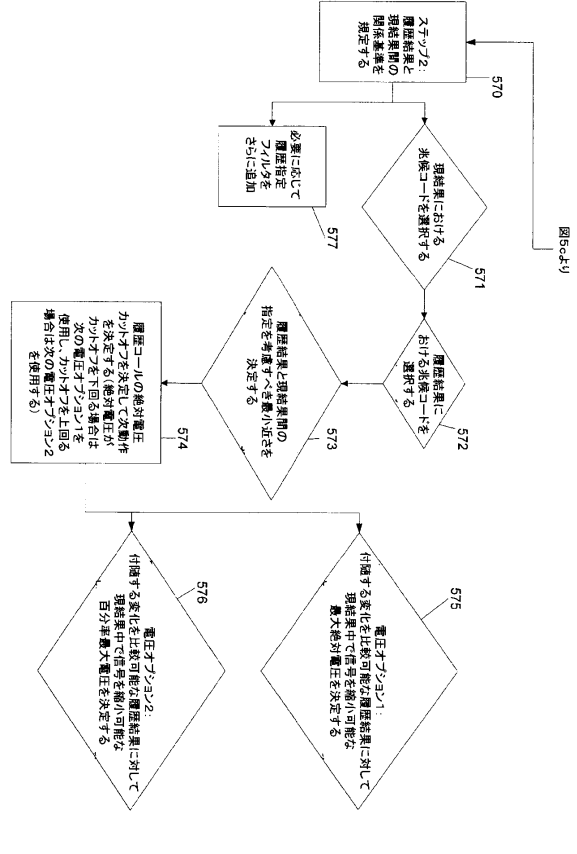
【 5 b 】



【 5 c 】



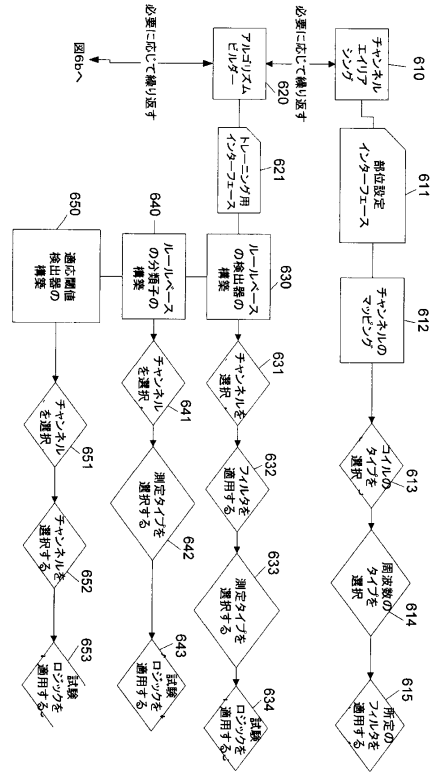
【 5 d 】



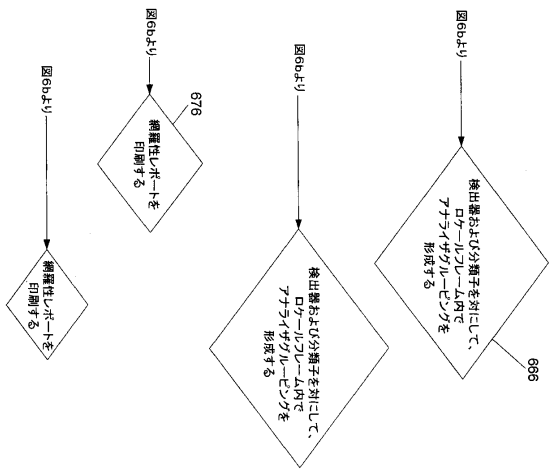
【 5 a 】

【 5 c 】

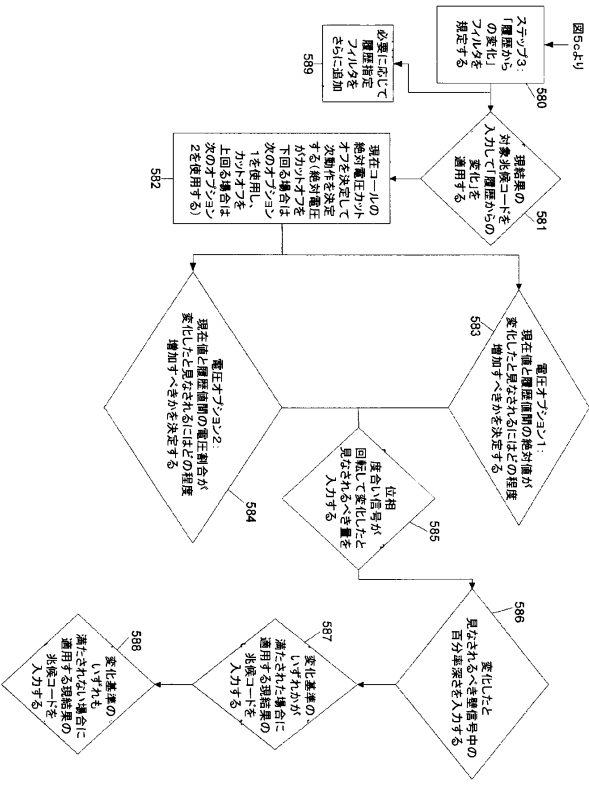
【図6a】



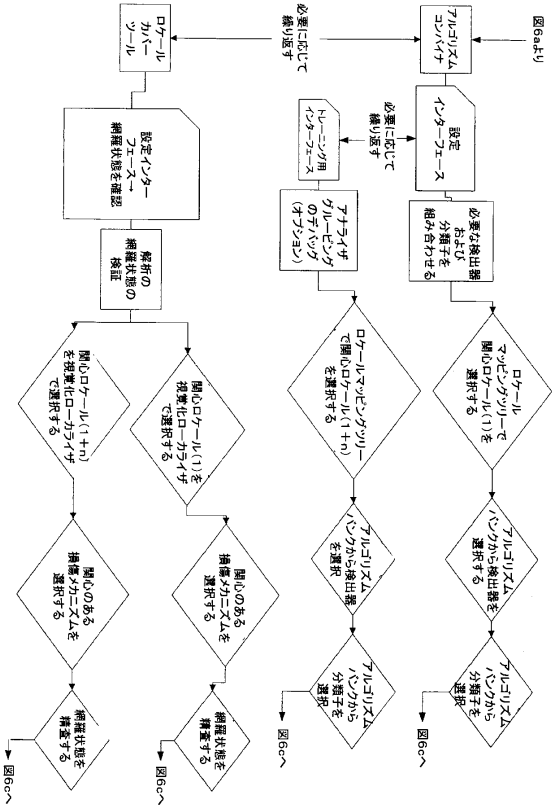
【図6c】



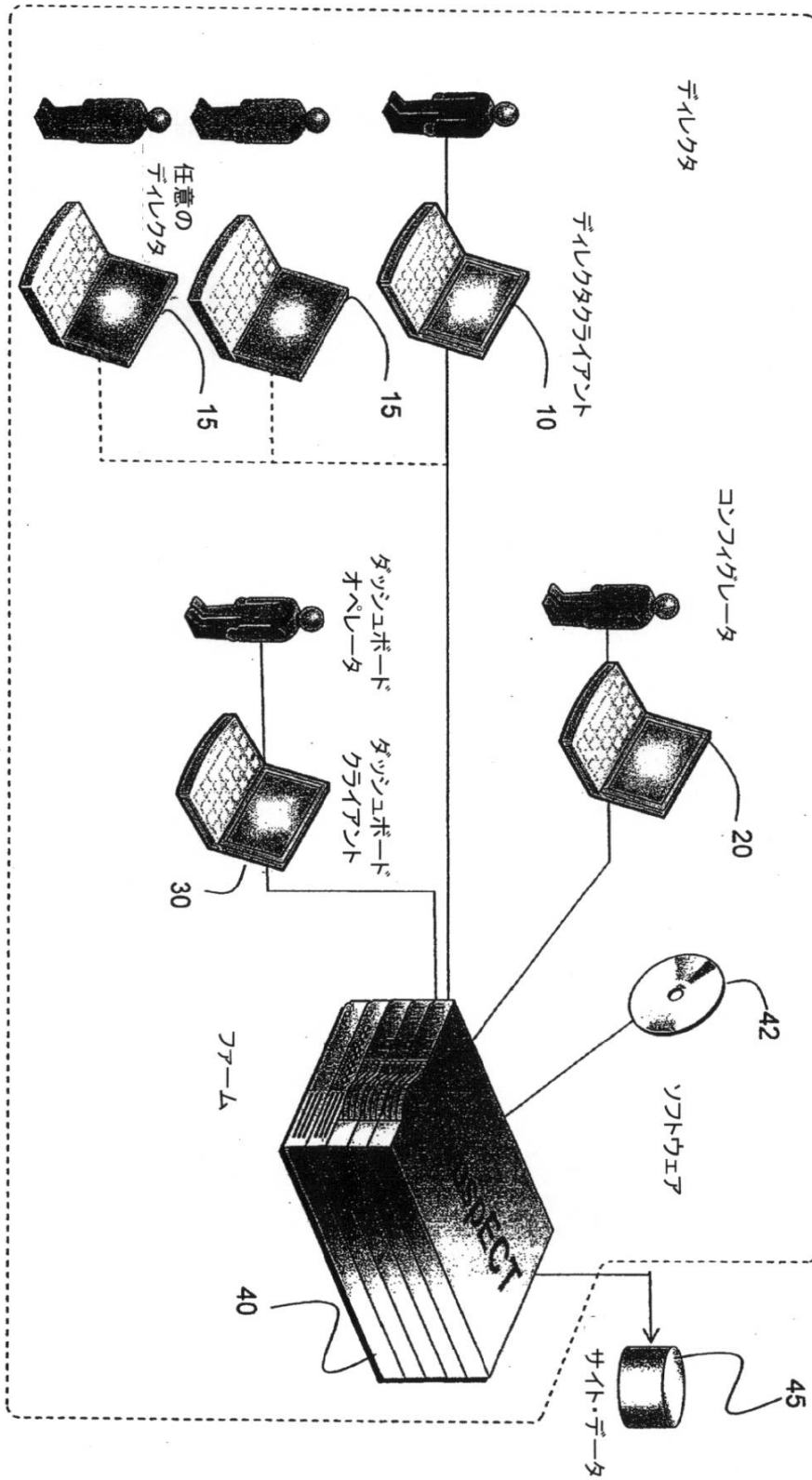
【図5e】



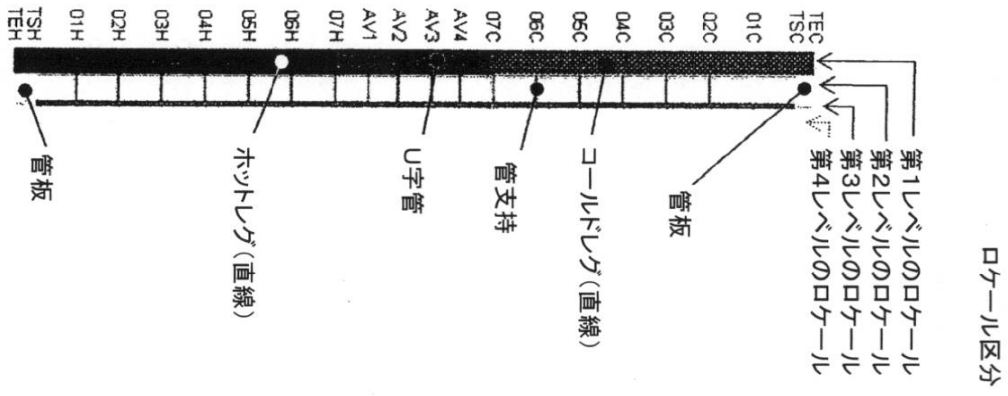
【図6b】



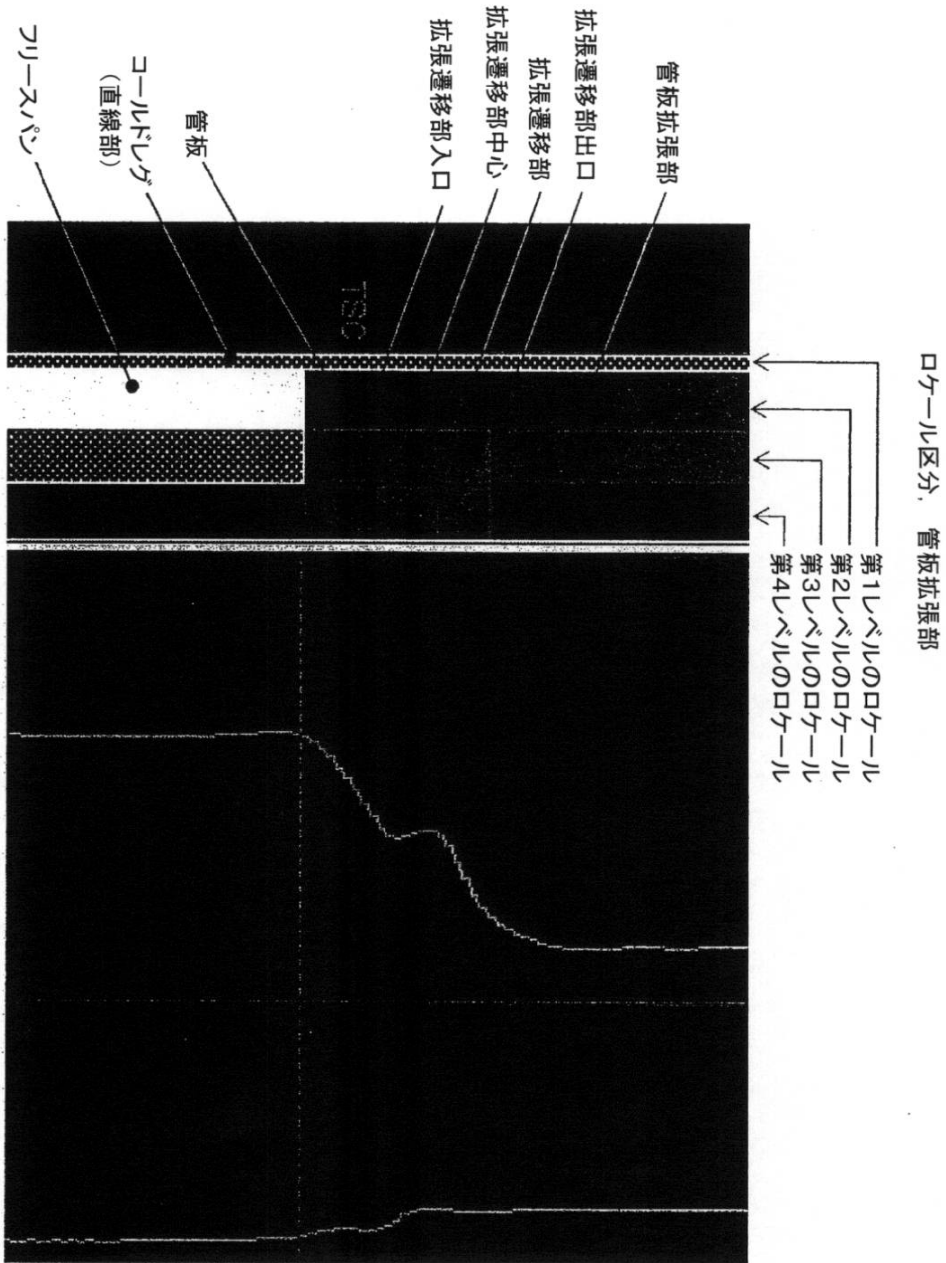
【図1】



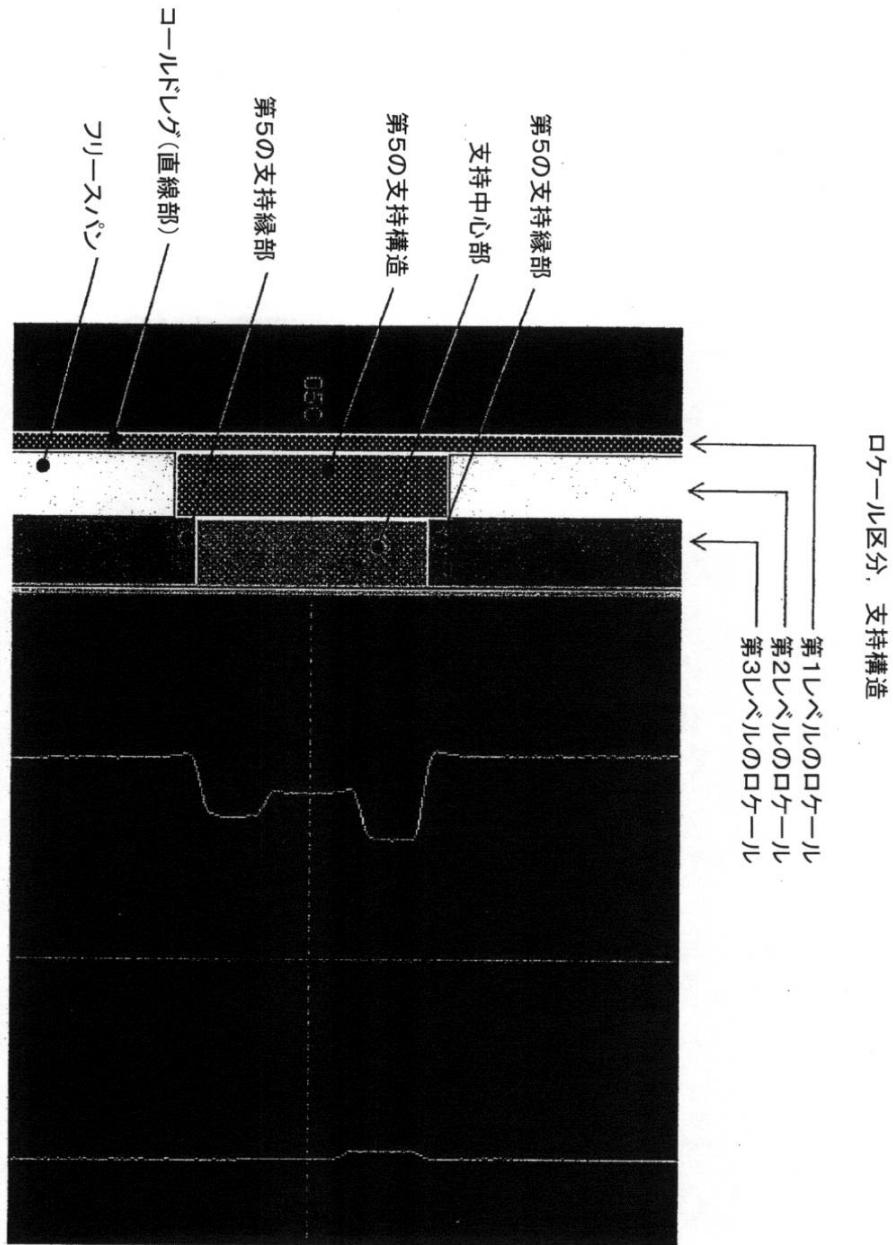
【図1b】



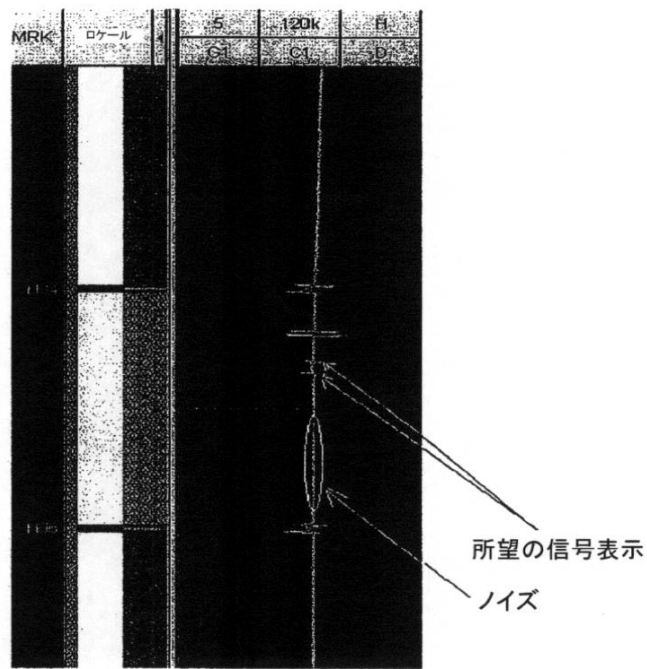
【図1c】



【図1d】



【図2】



フロントページの続き

- (72)発明者 ストリッジ、ジェフ
アメリカ合衆国 98034 ワシントン州 カークランド エヌイー ワンハンドレッドサード
イファースト ストリート 12904
- (72)発明者 マテリッチ、トム
アメリカ合衆国 99205 ワシントン州 スポケーン ダブリュ・ゴードン アベニュー 3
224

審査官 比嘉 翔一

- (56)参考文献 特開2002-005898(JP,A)
特開平02-248895(JP,A)
特開2002-022708(JP,A)
特開2008-164613(JP,A)
特開2002-288308(JP,A)
特開平07-280773(JP,A)
特開昭60-260802(JP,A)
特開昭63-079058(JP,A)
特開2007-263946(JP,A)
特開平10-197494(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 27/72 - 27/90
G01N 29/00 - 29/52
G21C 17/00 - 17/14