

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-507832
(P2016-507832A)

(43) 公表日 平成28年3月10日(2016.3.10)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
G06N 7/00 (2006.01) G06N 7/00 150

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-553783 (P2015-553783)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成26年1月14日 (2014.1.14)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 平成27年9月9日 (2015.9.9)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/US2014/011528</p> <p>(87) 国際公開番号 W02014/113403</p> <p>(87) 国際公開日 平成26年7月24日 (2014.7.24)</p> <p>(31) 優先権主張番号 61/753,796</p> <p>(32) 優先日 平成25年1月17日 (2013.1.17)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p> <p>(31) 優先権主張番号 14/151,295</p> <p>(32) 優先日 平成26年1月9日 (2014.1.9)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050</p> <p>(74) 代理人 110002077 園田・小林特許業務法人</p> <p>(72) 発明者 キヤントウエル, ダーモット アメリカ合衆国 カリフォルニア 94085, サニーバール, オーチャードアヴェニュー 307</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 動径基底関数ネットワークおよび超立方体を使用した半導体処理機器における偏位の分類

(57) 【要約】

第1のノードを作成することと、第1のノードの第1の超立方体を決定することと、サンプルが第1の超立方体内に存在するか否かを決定することを含む、データを解析するための方法及びシステム。サンプルが第1の超立方体内に存在しない場合、この方法は、サンプルが、第1の超立方体の対角線に等しい半径を有する第1の超球内に存在するか否かを決定することを含む。

【選択図】 図2

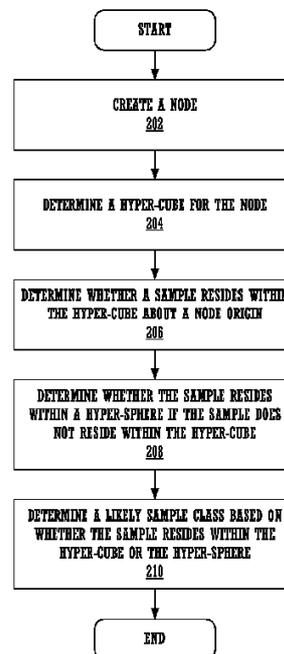


FIG. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセッサによって、第 1 のノードを作成することと、
 前記プロセッサによって、前記第 1 のノードの第 1 の超立方体を決定することと、
 前記プロセッサによって、前記第 1 の超立方体内にサンプルが存在するか否かを決定することと、
 前記第 1 の超立方体内に前記サンプルが存在しない場合、前記プロセッサによって、前記サンプルが、前記第 1 の超立方体の対角線に等しい半径を有する第 1 の超球内に存在するか否かを決定することと
 を含む方法。

10

【請求項 2】

前記サンプルが、前記第 1 の超立方体に存在するか、又は前記第 1 の超球内に存在するかに基づき、適当なサンプルクラスを決定することを更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

ユーザによる偏位の選択を受信することと、
 前記偏位のための偏位のノードを作成することと、
 前記偏位のノードの偏位の超立方体を決定することと、
 前記サンプルが、前記偏位のノードの原点についての前記偏位の超立方体内に存在するか否かを決定することと、
 前記サンプルが、前記偏位の超立方体内に存在しない場合、前記サンプルが、前記偏位の超立方体の対角線に等しい半径を有する偏位の超球内に存在するか否かを決定することと、

20

前記プロセッサによって、前記サンプルが、前記偏位の超立方体内に存在するか、又は前記偏位の超球内に存在するかに基づき、適当なサンプルクラスを決定することとを更に含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記サンプルが前記第 1 の超球内と前記偏位の超球内との両方に存在する場合、前記サンプルが、前記第 1 のノードに属するか、又は前記偏位のノードに属するかを決定することを更に含む、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

第 1 のノードを作成することが、
 入力ベクトルを受信することと、
 活性化関数を受信することと、
 少なくとも一つの前記ノードの活性化値を決定することと
 を含む、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 6】

システムであって、
 メモリと、
 前記メモリと結合した処理装置であって、
 第 1 のノードを作成することと、
 前記第 1 のノードの第 1 の超立方体を決定することと、
 サンプルが、前記第 1 の超立方体内に存在するか否かを決定することと、
 前記サンプルが前記第 1 の超立方体内に存在しない場合、前記サンプルが、前記第 1 の超立方体の対角線と等しい半径を有する第 1 の超球内に存在するか否かを決定することと
 とを行う前記処理装置と
 を含むシステム。

40

【請求項 7】

前記処理装置は更に、前記サンプルが前記第 1 の超立方体内に存在するか、又は前記第 1 の超球内に存在するかに基づいて、適当なサンプルクラスを決定することを行う、請求

50

項 6 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記処理装置は更に、

ユーザによる偏位の選択を受信することと、

前記偏位のための偏位のノードを作成することと、

前記偏位のノードの偏位の超立方体を決定することと、

前記サンプルが、前記偏位のノードの原点についての前記偏位の超立方体内に存在するか否かを決定することと、

前記サンプルが、前記偏位の超立方体内に存在しない場合、前記サンプルが、前記偏位の超立方体の対角線に等しい半径を有する偏位の超球内に存在するか否かを決定することと、

前記サンプルが、前記偏位の超立方体内に存在するか、又は前記偏位の超球内に存在するかに基づいて、適当なサンプルクラスを決定することと

を行う、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記処理装置は更に、前記サンプルが前記第 1 の超球内と前記偏位の超球内との両方に存在する場合、前記サンプルが、前記第 1 のノードに属するか、又は前記偏位のノードに属するかを決定することを行う、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

第 1 のノードを作成するために、前記処理装置が、

入力ベクトルを受信することと、

活性化関数を受信することと、

少なくとも一つの前記ノードの活性化値を決定することと

を行う、請求項 6 に記載のシステム。

【請求項 11】

命令を含む持続性コンピュータ可読記憶媒体であって、前記命令がコンピュータシステムによって実行された時に、前記コンピュータシステムが、

第 1 のノードを作成することと、

前記第 1 のノードの第 1 の超立方体を決定することと、

サンプルが、前記第 1 の超立方体内に存在するか否かを決定することと、

前記サンプルが、前記第 1 の超立方体内に存在しない場合、前記サンプルが、前記第 1 の超立方体の対角線に等しい半径を有する第 1 の超球内に存在するか否かを決定することと

を含む一連の動作を実施する、持続性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 12】

前記動作は更に、前記サンプルが、前記第 1 の超立方体内に存在するか、又は前記第 1 の超球内に存在するかに基づいて、適当なサンプルクラスを決定することを含む、請求項 11 に記載の持続性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 13】

前記動作は更に、

ユーザによる偏位の選択を受信することと、

前記偏位のための偏位のノードを作成することと、

前記偏位のノードの偏位の超立方体を決定することと、

前記サンプルが、前記偏位のノードの原点について前記偏位の超立方体内に存在するか否かを決定することと、

前記サンプルが前記偏位の超立方体内に存在しない場合、前記サンプルが、前記偏位の超立方体の対角線に等しい半径を有する偏位の超球内に存在するか否かを決定することと

、

前記サンプルが、前記偏位の超立方体内に存在するか、又は前記偏位の超球内に存在するかに基づいて、適当なサンプルクラスを決定することと

10

20

30

40

50

を含む、請求項 1 2 に記載の持続性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 1 4】

前記動作は更に、前記サンプルが前記第 1 の超球内と前記偏位の超球内との両方に存在する場合、前記サンプルが、前記第 1 のノードに属するか、又は前記偏位のノードに属するかを決定することを含む、請求項 1 3 に記載の持続性コンピュータ可読記憶媒体。

【請求項 1 5】

第 1 のノードを作成することが、
 入力ベクトルを受信することと、
 活性化関数を受信することと、
 少なくとも一つの前記ノードの活性化値を決定することと

10

を含む、請求項 1 1 に記載の持続性コンピュータ可読記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、人工ニューラルネットワークに関し、さらに具体的には、システムを解析するための動径基底関数ネットワークに関する。

【背景技術】

【0002】

人工ニューラルネットワークを使用して、周知のシステムの値に基づいて、システムの動作を解析することができる。例えば、ユーザが、半導体処理機器からのセンサデータなどのセンサデータを解析しようとしているとする。動径基底関数 (RBF) ネットワークとは、動径基底関数を活性化関数として使用する人工ニューラルネットワークである。典型的な RBF ネットワークにおいて、RBF ノードまたはニューロンがノードの活性化値を決定する役割を果たし、各ノードは複数の入力と一つの出力とを有する。RBF ネットワークは通常、正常の値と、異常な値とを区別することができるのみである。RBF ネットワークにおける誤差は検出漏れであることが多く、(例：センサの数等の)次元数が大きくなるほど、誤った結果も増加しやすい。

20

【発明の概要】

【0003】

本発明の実施形態は、RBF ネットワークと、データの超立方体解析の方法およびシステムを対象としたものである。例えば、データサンプルは、半導体処理機器からのセンサデータであってよい。一実施形態では、この方法及びシステムは、サンプルが、サブシステムにおいて、「正常」な動作、あるいは「異常」な動作を示しているか否かを検出し、異常な偏位とラベリングされる場合に、「異常」な動作を示しているサンプルを分類し、根本原因と解決法の情報が利用可能である場合、診断を行って、「異常」な動作を正常に戻すことができる。本発明の実施形態は、追加で識別された偏位をシステムに追加できる点において、拡張可能である。

30

【0004】

本発明は、添付図面において、例としてのみ記載され、限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

40

【0005】

【図 1】ネットワークアーキテクチャの一実施形態を示す図である。

【図 2】RBF ネットワークおよび超立方体解析の方法の一実施形態を示す図である。

【図 3】RBF ネットワークおよび超立方体解析の方法の別の実施形態を示す図である。

【図 4】例示の RBF ネットワークを示す図である。

【図 5】半導体処理機器用の例示の RBF ネットワークを示す図である。

【図 6】RBF ネットワークの検出漏れの結果を示す図である。

【図 7】RBF ネットワークの誤検出の結果を示す図である。

【図 8】RBF ネットワークおよび超立方体解析の一実施形態を示す図である。

【図 9】RBF ネットワークおよび超立方体解析の偏位の一実施形態を示す図である。

50

- 【図10】RBFネットワークおよび超立方体解析の偏位の一実施形態を示す図である。
 【図11】RBFネットワークおよび超立方体解析の偏位の一実施形態を示す図である。
 【図12】超立方体および超球の作成の一実施形態を示す図である。
 【図13】推定信頼性の一実施形態を示す図である。
 【図14】A～Eは、例示のセンサデータを示す図である。
 【図15】A及びBは、例示のセンサデータを示す図である。
 【図16】例示のRBFネットワークを示す図である。
 【図17】例示のコンピュータシステムを示す図である。
 【図18】推定信頼性の一実施形態を示す図である。
 【発明を実施するための形態】

10

【0006】

RBF関数は、下記の式を満たす全ての関数として定義することができる。

$$\phi(x) = \phi(\|x\|) \quad \text{数式1}$$

RBFネットワークとは、 n 次元空間に位置づけられるRBF関数の集合である。図4に示すあるRBFネットワークには、入力層401とRBF層403を含む2つの層がある。このネットワークは、3つの入力と、4つのRBFノードを有する。ここで、各ノードは n 次元空間に位置づけられており、 n 次元空間において、 n は入力数によって定義される(例:図4では $n=3$)各ノードは、 n 要素のベクトルを使用して定義することができ、各ノードへの入力も、 n 要素のベクトルであってよい。図4に示すネットワークは、5つの固有の偏位又はクラスを区別することができる。各ノードは、固有の偏位又はクラスを表す。未確認のサンプルは、ノード1～4のいずれかに属してよく、又はノードに属さなくてよい。

20

【0007】

例えば、入力サンプルは標準値であってよく、ここでサンプルは、既知の参照集合と、プロセスにおける特定の実行回数又は特定の日数における全実行回数との間のシグマ差として表され、これにより90%を上回る精度が得られるはずである。

【0008】

しかしながら、RBFネットワークの次元が大きくなるほど、誤差も増える。例えば、一次元の正規分布データに対し、99.7%のサンプルは $+/-3$ 内に存在すると予想される。二次元の正規分布データに対しては、より多くのサンプルが $+/-3$ 外に分布する。三次元の正規分布データに対しては、さらに多くのサンプルが $+/-3$ 外に分布する。次元が大きくなると、ユニット超球の容積はゼロに近づくため、結果的に誤差の数が増える。従って、図6に示すように、ネイティブRBFネットワークには検出漏れの誤差が発生し、サンプル601は正常である時に異常と識別される。ここで、サンプル601は、RBF関数の円の外にあるが、 $+/-3$ の境界内にある。従って、サンプル601が $+/-3$ の境界内にあるから実際は正常である時に、ネイティブRBFネットワークは、サンプル601がノードの外にある(この場合正常である)ことを示す。

30

【0009】

一実施形態では、この課題は、ノードの超球の半径を増加させることによって解決する。まだ誤差はあるが、今度は図7に示すように、サンプル701が未確認として識別されるはずの時に、「正常」と識別される誤検出が起きる。これらのサンプルの決定されたサンプルクラスには、より低い推定信頼性が割り当てられうる。

40

【0010】

ここで、ノードが作成され、このノードに対して超立方体が決定される。次に、システムはサンプルが超立方体内に存在するか否かを決定する。サンプルが超立方体内に存在しない場合、システムは、サンプルが、超立方体の対角線に等しい半径を有する超球内に存在するか否かを決定する。システムは次に、サンプルが超立方体内に存在する(正常)か、超球内に存在する(正常だが信頼性が低い)、又はどちらにも存在しない(異常)かに基づいて、例えば正常又は異常等の適切なサンプルクラスを決定する。

50

【0011】

一実施形態では、所定のノードの最大誤差は単軸に沿ったものであり、ネットワーク及び誤差が許容範囲内にあるか否かに関わらず、評価用に計算することができる。一実施形態では、誤差は、関連ラベルを有する軸に追加のノード（例：偏位）を加えることによって、最小化することができる。

【0012】

図1に、一実施形態によるネットワークアーキテクチャ100を示す。最初に、RBFネットワーク及び超立方体システム102は、物理的処理システム104等のシステムを定義するデータソース106（例：センサ）を識別する。ユーザは、例えばグラフィカルユーザインターフェース（GUI）を介して、様々なデータソース106から、クライアントマシン110を介して、データ（例：サンプル）を選択することができる。システム102は、このデータからRBFネットワーク及び超立方体を導き出す。例えば、図5のRBFネットワークにおいて示すように、全ガス流量501、チャンバ圧503、及びTGV位置505のセンサデータを使用して、圧力制御システムを特徴づけることができる。

10

【0013】

一実施形態では、ユーザはクライアントマシン110を介して偏位（すなわち、システムの異常動作の定義パラメータ）108を選択することもでき、偏位108は、システム102によって永続性ストレージ装置112に記憶させることができる。

【0014】

例えば、物理的処理システム104は製造ツールを含むことができる、又は直接又はネットワーク（例：ローカルエリアネットワーク（LAN））を介して製造ツールに接続されうる。製造ツールの例は、電子機器を製造するためのエッチング装置、化学蒸着炉等の半導体製造ツールを含む。上記デバイスの製造には、方策として知られる、異なる種類の製造プロセスを伴う多数の製造ステップが含まれ得る。

20

【0015】

物理的処理システム104には、システムを制御するための、デスクトップ型コンピュータ、ラップトップ型コンピュータ、ハンドヘルド・コンピュータ、又は同様の計算装置を含む任意の種類 of 計算装置が含まれ得る。センサ等のデータソース106は、物理的処理システム104及び/又は製造ツールの一部であってよい、又は（例えば、ネットワークを介して）物理的処理システム104及び/又は製造ツールに接続してよい。

30

【0016】

別の例では、クライアントマシン110は、デスクトップ型コンピュータ、ラップトップ型コンピュータ、モバイル通信デバイス、携帯電話、スマートフォン、ハンドヘルド・コンピュータ、又は同様の計算装置を含む任意の種類 of 計算装置であってよい。

【0017】

一実施形態では、物理的処理システム104、データソース106、永続性ストレージ装置112、及びクライアントマシン110は、システム102に直接接続させる、又はハードウェアインターフェース（図示せず）を介して又はネットワーク（図示せず）を介して間接的に接続させることができる。ネットワークは、社内イントラネット、無線ネットワーク、モバイル通信ネットワーク等のローカルエリアネットワーク（LAN）であってよい、又はインターネット、又は同様の通信システム等の広域ネットワーク（WAN）であってよい。ネットワークには、有線及び無線デバイス等の任意の数のネットワーク及び計算装置が含まれ得る。

40

【0018】

上述した機能性の区分は、単なる例である。その他の実施形態では、記載された機能性は、一体型の構成要素に組み込むことができる、又は任意の構成要素の組み合わせに分化することができる。例えば、クライアントマシン110及びシステム102のホストは単一のコンピュータシステムであってよく、別々のコンピュータシステムであってよく、またこれらを組み合わせたものであってよい。

50

【 0 0 1 9 】

図 2 は、R B F ネットワーク及び超球を解析する方法 2 0 0 の一実施形態を示す。方法 2 0 0 は、ハードウェア（例：電気回路、専用論理、プログラマブル論理、マイクロコード等）、ソフトウェア（例：処理装置上で実行される命令）、又はこれらの組み合わせを備えていてよい処理論理によって実施可能である。一実施形態では、方法 2 0 0 は図 1 のシステム 1 0 2 によって実施される。

【 0 0 2 0 】

図 2 のブロック 2 0 2 において、システム 1 0 2 の処理論理は、図 1 2 に示すように、第 1 のノード 1 2 0 0 を作成する。第 1 のノードは、複数の入力と 1 つの出力を有する。ノードを作成するために、入力数 n 、場所 $L [n]$ （ $L [n]$ ベクトルは、 n 次元空間におけるノードの場所を決定する）、および受容野 r （ノードの次元又はサイズ）が提供される。一実施形態では、デフォルトの r 値は 1 である。

10

【 0 0 2 1 】

各ノードは、ガウス活性化：

$$x = e^{\left(\frac{-d^2}{2r^2}\right)} \quad \text{数式 } a1$$

及び正規化されたガウス活性化：

$$x = e^{\left(\frac{-\|d\|}{2r^2}\right)} \quad \text{数式 } a2$$

20

使われる活性化関数は工程に依存する。いずれの場合にも、

$$d = \left(\sum_{m=1}^n |i_m - l_m|^2 \right)^{1/2}$$

$$d = \left(\sum_{m=1}^n |i_m - l_m|^2 \right)^{1/2}$$

が成り立ち、この式において、 I は入力ベクトルである。

【 0 0 2 2 】

30

ノードを活性化するために使用される入力ベクトルおよび活性化関数が提供される。システム 1 0 2 は、 x を回答するために、 d を計算し、適切な活性化関数を使用する。

【 0 0 2 3 】

所定値 x に対するノード閾値とは、所定の入力 I がノード内に含まれるかを決定するために使用される値である。ノード閾値を計算するために、下記式が用いられる。

$$\text{半径} = \sqrt{n} \cdot x$$

$$\text{ノード閾値} = e^{\left(\frac{-\text{半径}^2}{2}\right)} \quad \text{数式 } a3$$

【 0 0 2 4 】

40

システム 1 0 2 は、適切な場所と受容野を有する第 1 のノードを作成し、適切な場合に、正確な活性化関数でノードを活性化する。

【 0 0 2 5 】

ノードが作成されると、必要なノード情報と共に、システム 1 0 2 は、ノードのラベリングおよび任意の関連動作を記録する必要もある。ノードのラベリングにより、サンプルクラス、例えば、正常又は不良が定義される。ノードの動作により、サンプルが特定のノードに属する場合に、何をするか、そしていつその動作を実施するかが定義される。

【 0 0 2 6 】

ブロック 2 0 4 において、システム 1 0 2 の処理論理は、図 1 2 に示すように、第 1 のノード 1 2 0 0 の第 1 の超立方体 1 2 0 1 を決定する。一実施形態では、参照データに基

50

づいて、3シグマの超立方体が形成される。すなわち、第1の超立方体のサイズは3シグマである。

【0027】

ブロック206において、システム102の処理論理により、第1のノードの原点を囲む第1の超立方体内にサンプルが存在するか否かが決定される。下記のように計算が行われる。

$$x \text{ が } 1 \sim n \text{ である時、 } c[x] = \|i[x] - l[x]\|$$

超立方体が検出のために使用される場合、任意のノードの出力は0か1になり、ここで1は、超立方体が存在することを示す。第1のノードの $c[x]$ の値が r （すなわち受容野）以下である場合、第1のノードの出力は1である。この場合、システム102は、どのクラスにサンプルが属するかを検出するために第1の超立方体を使用しており、RBF関数は活性化されない。図8の第1のノード800に示すように、サンプル805が第1の超立方体801内にある場合、サンプル805は第1のノードのクラスに属すると見なされ、正常と判断される。

10

【0028】

ブロック208において、サンプルが第1の超立方体の外にある場合、システムは、図12に示すように、第1の超立方体1201の対角線1205に等しい半径を有する第1の超立方体1201を囲む第1の超球1203内に存在するか否かを決定する。図8に示すように、サンプル807が第1の超球803内に存在する場合、サンプル807は第1のノード800のクラスに属すると見なされ、正常と判断されるが、推定信頼性は低い。サンプル809が第1の超球803の外にある場合、サンプルは未確認、又は疑わしいと分類される。

20

【0029】

例えば、 $c[x]$ 値が r よりも大きい場合、システム102はRBF関数に切り替わる。最初に、存在する全てのノードの受容野が1に設定される。ここでは、受容野調節スキーム（すなわち、より広い関数を使用する）の代わりに、閾値調節スキーム（すなわち、固定関数を使用するが、原点からの距離に基づいて異なる閾値を選択する）が使用される。ノードは、数式a1を使用して活性化され、出力が記録され、ここで各ノードの出力は1～0の値の範囲である。

30

【0030】

つまり、二次元の場合、2種類のガウス曲線は、受容野1を有するRBF関数である。ここで、正方形（二次元超立方体）は3シグマの側面を有するため、正方形を囲む円（二次元超球）の半径は4.24である。入力があり、RBF関数が数式a1を使用して活性化されると、サンプルがノードからどれくらい離れているかにより、出力は1～0の値になる。閾値はRBF出力であり、入力が超立方体の半径、この場合4.24は数式a1への入力である。ここで、閾値は0.00012である。

【0031】

この例では、サンプルの座標が(2, 0)である場合、サンプルは3シグマの正方形の中にある。サンプルの座標が(3.5, 0)である場合、サンプルは正方形の外にあり、数式a1が選択される。この場合、出力の値は閾値よりも大きくなり、サンプルは円の中にある。サンプルの座標が(4.2, 0)である場合にはまた、数式a1が選択される。しかし今度は、出力が閾値よりも小さくなるため、このサンプルは円の外である。

40

【0032】

ブロック210において、システム200の処理論理は、サンプルが超立方体に存在するか、又は超球内に存在するかに基づき、適当なサンプルクラスが決定される。超立方体が検出に使用された場合、出力が1であると、サンプルは第1のノードに属すると見なされる。RBF関数が検出に使用された場合、数式a3を使用して第1のノードのノード閾値が計算され、数式a3において、 x は現在のノードの原点の受容野の値である。ノード出力がノード閾値以上である場合は、サンプルはこのノードに属すると見なされる。

50

【 0 0 3 3 】

所定の値 x に対するノード誤差は、側面 x を有する理論上の超立方体面からサンプルがどれほど離れているかの推定である。ノード誤差は、サンプルが超立方体の外にあるが、超球の中にある場合に、ノードへのサンプルの割当ての的確度の推定信頼性を決定するのに使用される。推定信頼性は、超立方体の側面からサンプルがどれほど離れているかに基づいている。下記の数式は、ノード誤差を計算するのに使用される。

$$\text{半径} = \sqrt{n} \cdot x$$

$$\text{誤差} = \sum_{m=1}^n \|i_m - l_m\| - x, \text{ この式において、} \|i_m - l_m\| > x$$

10

$$\text{ノード誤差} = 1 - \frac{\text{誤差}}{\text{半径} - x} \quad \text{数式 } a4$$

通常ノード誤差は、2有効桁に四捨五入される。

【 0 0 3 4 】

すなわち、誤差は一次元で表すことができる。記号 i_m は入力であり、記号 l_m は、原点から離れたノードと見なされる。この例では、図 1 8 に示すように、ノードは原点 (l_m は 0) にあり、 x (すなわち、超立方体の側面の長さ) は 3シグマであり、半径は 4.24 であり、 i_m は 4 である。ここでは、誤差は $abs(4 - 3)$ 、すなわち 1 である。ノード誤差は、 $(1 - (1 / 4.24 - 3)) = 0.19$ であり、これは、サンプルが立方体に近いところがないため、サンプルがこのノードに属するという信頼性は低いことを示している。しかしながら、この値は一つの例を表し、 i_m は特定の任意の値に限定されない。 l_m が 4.24 よりも大きい場合、ノード誤差は 0 であり、これによりサンプルが超立方体と超球の外にあることが示される。

20

【 0 0 3 5 】

図 3 に、RBF ネットワーク及び超立方体を解析する方法 3 0 0 の一実施形態を示す。方法 3 0 0 は、ハードウェア (例: 電気回路、専用論理、プログラマブル論理、マイクロコード等)、ソフトウェア (例: 処理装置上で実行される命令)、又はこれらの組み合わせを備えうる処理論理によって実施されうる。一実施形態では、方法 3 0 0 は、図 1 のシステム 1 0 2 によって実施される。

30

【 0 0 3 6 】

ブロック 3 0 2 では、システム 1 0 2 の処理論理は、クライアントマシン 1 1 0 からユーザによる偏位の選択を受信する。例えば、第 1 の超球の外に存在するすべてのサンプルに対し、ユーザは、この偏位をラベリングする、例えば偏位 A を付けることができる。システム 1 0 2 は、偏位 1 0 8 を永続性ストレージ装置 1 1 2 に記憶させることができる。

【 0 0 3 7 】

ブロック 3 0 4 において、システム 1 0 2 の処理論理が、偏位のノードを作成する。図 9 に示すように、第 1 のノード 9 0 0 に加えて、偏位 A のノード 9 0 1 が作成されている。偏位のノードは、図 2 のブロック 2 0 2 に関して説明したように、第 1 のノードと同様に作成することができる。

40

【 0 0 3 8 】

ブロック 3 0 6 において、システム 1 0 2 の処理論理は、図 9 に示すように、偏位のノード 9 0 1 の偏位の超立方体 9 0 3 を決定する。偏位の超立方体は、図 2 のブロック 2 0 4 に関して説明したように、第 1 の超立方体と同様に作成することができる。

【 0 0 3 9 】

ブロック 3 0 8 において、システム 1 0 2 の処理論理は、図 9 に示すように、偏位のノード 9 0 1 の原点周囲に映し出された時に、サンプルが偏位の超立方体 9 0 3 内に存在するか否かを決定する。サンプルが偏位の超立方体 9 0 3 内に存在する場合、サンプルは偏位 A のノードに属すると見なされる。システム 1 0 2 は、図 2 のブロック 2 0 6 に関して

50

説明した決定と同様に、偏位の超立方体内にサンプルが存在するか否かを決定することができる。

【0040】

ブロック310では、サンプルが偏位の超立方体903の外にある場合、システム102は次に、偏位の超立方体903の対角線に等しい半径を有する偏位の超立方体903を囲む偏位の超球905内にサンプルが存在するか否かを決定する。サンプル907が偏位の超球905内に存在する場合に、サンプル907は、偏位Aのノードに属するが、推定信頼性は低いと見なされる。サンプル909が偏位の超球905の外にある場合、サンプル909は未確認として分類される。システム102は、図2のブロック208に関して説明した決定と同様に、偏位の超球内にサンプルが存在するか否かを決定することができる。

10

【0041】

一実施形態において、図10に示すように、すべての超球の外に存在する全てのサンプル1003に対し、システム102は、もしあれば、どのノードにサンプル1003を関連付けすべきかを予測することができる。ここで、RBF関数により、サンプル1003と、各ノード1000、1001の重心1005、1007との間の距離が測定される。サンプル1003は次に、図10に示すように、最も近い偏位Aのノード1001の重心1007に属すると見なされ得る。ここで、システム102により、ユーザが、サンプルを最も適したクラスに加える、サンプルを新たなクラスに加える、又は何もしないことが可能になる。

20

【0042】

例えば、各ノードは、正規化ガウス選択の数式a2を使用して選択される。次に、各ノード出力は下記を使用して調節される。

$$\text{ノード合計} = \sum \text{ノード出力}(n)$$

$$\text{ノード出力}(n) = \frac{\text{ノード出力}(n)}{\text{ノード合計}}$$

30

このスキームにより、一つのノードが選択されるため、出力は「未確認」ではない。サンプルクラスを決定する論理は似ている。つまり、最初のネットワークはサンプルを「未確認」（いかなる既存のノードにも属さないという意味）のものと見なしたと仮定すると、ユーザは、サンプルが既存のノードに似ている（既存ノードに近いが実際にその内にはない）か否かを決定することを所望する場合がある。ここで、正規化ガウス選択を使用してネットワークが起動され、ネットワークがサンプルに対して「未確認」と回答しないように、少なくとも一つのノードが起動する。ネットワークは、サンプルに一番近いノードに対して、ノードのラベリングを回答する。

【0043】

一実施形態では、サンプルは複数の超球又は超立方体に存在する場合、システム102は、RBF関数を使用して、サンプルが属する超球又は超立方体を決定することができる。例えば、図11に、第1のノード1100、偏位Aのノード1101、及び偏位Bノード1103を示す。この図面において、サンプル1105は、偏位Aのノード1101と偏位Bノード1103の両方の超球1107、1109内に存在する。サンプル1105と、サンプルが存在する各ノード1101、1103の重心1111、1113との間の距離が測定される。システム102は次に、重心が最も近いノードにサンプル1105が属すると見なす。

40

【0044】

一実施形態においては、超立方体が検出に使用され、サンプルが2つ以上の超立方体に存在する（例えば、複数のノードの出力値が1である）場合、存在する全てのノードの受

50

容野が1に設定される。サンプルが存在する超立方体のノードは、数式 a 1 を使用して選択され、その出力が記録される。最大出力が記録され、サンプルは、最大出力のノードに属すると見なされる。R B F 関数が使用され、サンプルが2以上のノードにある場合、最大出力が記録され、サンプルは、最大出力のノードに属すると見なされる。この場合、サンプルはノードに属さない、又は1つのノードにのみ属する可能性がある。サンプルには、サンプルが存在するノードがラベリングされる。

【0045】

つまり、サンプルが2以上の超立方体にある場合、超立方体の検出では1又は0のみが回答されるため、この情報だけでは、サンプルが属する立方体を決定することができない。従って、R B F 関数に切り替えれば、サンプルの、各立方体の中心からの距離を決定することができる。未確認のサンプルは、最も近い立方体のラベルでラベリングされる。サンプルが2以上の超球にある場合、R B F 関数の最大出力を有するノードのラベルが記録される。これは、立方体の中心にある場合、R B F 関数の結果は1であり、サンプルが中心から離れるほど低下するためである。

10

【0046】

検出に対する推定信頼性の決定において、超立方体が検出に使用された場合、確実性は100%である。R B F 関数が使用され、サンプルがいかなるノードにも属さないことが分かった場合、これもまた確実性は100%である。そうでない場合、確実性は、数式 $a 4 \times 100\%$ で得られ、この式において x は、そのノードの原点の受容野の値である。

20

【0047】

一実施形態では、システム102は、超球内に存在するが超立方体の外にあるサンプルの推定信頼性が決定される。ここでサンプルは、一次元においてのみ誤差を有しうる。システム102は、図13に示すように、全ての次元における最大誤差、及び単一次元の誤差のサンプル誤差を決定する。超立方体の平面までの距離は、サンプル誤差の最大誤差に対する誤差率によって決定される。この誤差率を使用して、推定信頼性を決定することができる。

30

【0048】

図14A、14B、14C、14D、及び14Eに、上述した方法に従って解析可能な例示のセンサデータを示す。例えば、センサデータは、マッチ直列位置(図14Aに示す)、マッチ分路位置(図14Bに示す)、DCバイアス(図14Cに示す)、順方向電力(図14Dに示す)、及び反射電力(図14Eに示す)を含むバイアスRFシステムを特徴づける。これらの例では、中央帯内のサンプルは、「正常」な動作を示している。この場合、5つのセンサデータセットを入力値とする五次元のR B F ネットワークを作成することができ、最初は「正常」か「正常でない」動作を区別することができるのみである。

40

【0049】

図15Aに、「正常」な動作の例を示し、図15Bに、「正常でない」動作の例を示す。図15Bの「正常でない」場合について、マッチ直列位置は上昇、マッチ分路位置は低下、DCバイアスは低下、順方向電力は上昇、そして反射電力は上昇している。この場合、システムにより、ユーザが、この偏位を「確認済」の種類の種類(例：不良の種類)に指定し、もし既知であれば修正動作を行う、又は何も行わないことが可能になる。

40

【0050】

この例について、ユーザはこれが「RFバイアス問題」と呼ばれる不良であったことを決定し、修正動作は、「SWを $x x . x x . x x$ バージョンへアップグレードする」というものである。一実施形態では、この情報は、偏位108として永続性ストレージ装置112へ追加することができ、これにより、システム102が同様のパラメータを有するサンプルを解析する時に、システム102は、ユーザに不良の種類と、推奨される修正動作を提供することができる。

【0051】

図16に、三次元のみを示すR B F ネットワークの例を示す。この図面において、DC

50

バイアスと正常なノードが重なっている。この場合、システムは、解析したサンプルが「正常」と「DCバイアスシフト」ノードの両方にある場合、サンプルは「正常」であると決定する。「バイアス結合」ノードの境界にあるサンプルが示されており、確実性は約78%と決定されている。

【0052】

一実施形態では、新たな偏位のノードが追加された場合、ノードのサイズは、第1のノードの原点からの距離によって決定される。第1のノードは原点に位置づけされる。偏位のノードが原点から遠くなるほど、ノードのサイズは大きくなる。最初に、サンプルと原点との間の距離が下記式を使用して計算される。

$$\text{距離} = \left(\sum_{m=1}^n |s_m - o_m|^2 \right)^{\frac{1}{2}}$$

この式において、sはサンプルの座標であり、oは原点であり、nは次元である。

【0053】

距離が3未満である場合、新たなノードのサイズは1である。距離が9を上回る場合、新たなノードのサイズは3である。それ以外は、新たなノードサイズ=距離/3が成り立つ。つまり、ノードが原点から遠ざかるほど、ノードのサイズは大きくなる。ノードのサイズは、原点に近いノードサイズ1からノードサイズ3まで直線的に増加し、これよりも遠いノードのノードサイズは3になる。原点に近いところでは、偏位は局所的に分布しやすく、このため、ノードが「正常な」ノードと重なり合わないよう小さいノードが使用される。原点から遠ざかると、分布が広がるため、より大きいノードが使用される。しかしながら、最大ノードサイズを3に設定し、ノードが不必要に大きくなるようにすることができる。

【0054】

図17に、例示の計算装置（又はシステム）1700のブロック図を示す。計算装置1700には、計算装置1700に、本明細書に記載される一又は複数の任意の方法を実施させるための命令セットが含まれる。このマシンは、クライアントとサーバ間のネットワーク環境において、サーバマシンとして動作しうる。このマシンは、パーソナルコンピュータ（PC）、セトトップボックス（STB）、サーバ、ネットワークルータ、スイッチ又はブリッジ、又はそのマシンによって行われるべき動作を特定する（順次の又はその他の）命令セットを実行することができるいかなるマシンであってもよい。更に、単一の計算装置のみを示したが、「計算装置」という語はまた、本明細書に記載される一又は複数の任意の方法を実施するために、命令セット（又は複数の命令セット）を独立して、又は連帯して実行するマシンの任意の集合体を含むと理解すべきである。

【0055】

例示の計算装置1700には、バス1708を介して互いに通信し合う、処理システム（処理装置）1702、メインメモリ1704（例：読み出し専用メモリ（ROM）、フラッシュメモリ、例えば同期DRAM（SDRAM）等のダイナミックランダムアクセスメモリ（DRAM））、スタティックメモリ1706（例：フラッシュメモリ、スタティックランダムアクセスメモリ（SRAM）等）、及びデータストレージ装置1716が含まれる。

【0056】

処理装置1702は、マイクロプロセッサ、中央処理装置等の一又は複数の汎用処理装置を表している。更に具体的には、処理装置1702は、複雑命令セットコンピューティング（CISC）マイクロプロセッサ、縮小命令セットコンピューティング（RISC）マイクロプロセッサ、超長命令語（VLIW）マイクロプロセッサ、又はその他の命令セットを実行するプロセッサ又は命令セットの組み合わせを実行するプロセッサであってよい。処理装置1702は、特定用途向け集積回路（ASIC）、フィールドプログラマブル

10

20

30

40

50

ルゲートアレイ (F P G A)、デジタル信号プロセッサ (D S P)、ネットワークプロセッサ等の一又は複数の特殊用途処理装置であってもよい。処理装置 1702 は、本明細書に記載される動作及びステップを実施するための図 1 のシステム 102 を実行するように構成される。

【 0057】

計算装置 1700 は更に、ネットワークインターフェース装置 1722 を含む。計算装置 1700 は、ビデオディスプレイ装置 1710 (例：液晶ディスプレイ (L C D)) 又は陰極線管 (C R T))、英数字入力装置 1712 (例：キーボード)、カーソル制御装置 1714 (例：マウス)、及び信号生成装置 1720 (例：スピーカー) を含むこともできる。

10

【 0058】

データストレージ装置 1716 は、本明細書に記載される一又は複数の任意の方法又は機能を実現化する一又は複数の命令セット 1726 が記憶される、コンピュータ可読記憶媒体 1724 を含む。この命令 1726 はまた、完全に又は少なくとも部分的に、計算装置 1700 によって実行される間、メインメモリ 1704 内、及び / 又は処理装置 1702 内に存在してもよく、メインメモリ 1704 と処理装置 1702 は、コンピュータ可読媒体も構成する。この命令 1726 は更に、ネットワークインターフェース装置 1722 を介して、ネットワーク 1728 上上で送信又は受信されうる。

【 0059】

例示の実施形態において、コンピュータ可読記憶媒体 1724 を単一の媒体として示したが、「コンピュータ可読記憶媒体」という語は、一又は複数の命令セットを記憶する単一の媒体、又は複数の媒体 (例：集中データベース、又は分散データベース、及び / 又は関連キャッシュ及びサーバ) を含むと理解すべきである。「コンピュータ可読記憶媒体」という語は、マシンによって実行される命令セットを記憶する、符号化する、又は伝達することができ、マシンに、本発明の一又は複数の方法を実施させる任意の媒体を含むとも理解すべきである。「コンピュータ可読記憶媒体」という語は従って、非限定的に、固体メモリ、光媒体、及び磁気媒体を含むと理解すべきである。

20

【 0060】

下記の詳細説明のある部分は、コンピュータメモリ内のデータビット上の動作のアルゴリズム及び象徴の観点から表される。これらのアルゴリズム的記述と表現は、本発明の内容を他の当業者に最も効果的に伝えるために、データ処理分野の当業者によって使用される手段である。本明細書の、また一般的なアルゴリズムは、結果の算出につながる一連の自己無撞着ステップとして考慮される。このステップは、物量の物理的処置が要求されるステップである。普通は、必ずしもではないが、これらの物量は、記憶される、転送される、組み合わせられる、比較される、又はその他の方法で操作されうる電気又は磁気信号の形態である。時には便宜上、主に共通使用の理由で、これらの信号はビット、値、要素、記号、文字、用語、数字等で表わされる。

30

【 0061】

しかしながら、これら全ての用語、及び類似の用語は、適切な物量に関連付けられており、これらの物量に適用された単なる便宜上のラベルであることを留意しておくべきである。下記の説明で明らかであるように、特に別段の指示のない限り、本明細書全体において、「決定する」、「識別する」、「比較する」、「送る」等の用語を用いた説明は、コンピュータシステムのレジスタ及びメモリ内の物量 (例：電気量) として表されるデータを操作して、コンピュータシステムのメモリ又はレジスタ、又はその他の上記情報の記憶、送信、又はディスプレイ装置内の物量として同様に表される他のデータに変換するコンピュータシステム、又は同様の電子計算装置の動作及び処理を表すと認識される。

40

【 0062】

本発明の実施形態はまた、本発明の動作を実施するためのシステムにも関連している。このシステムは、要求される目的のために特別に構築することができる、又はコンピュータに記憶されたコンピュータプログラムによって、選択的に作動する又は再構成される汎

50

用コンピュータを備えることができる。上記コンピュータプログラムは、コンピュータ（又はマシン）可読記憶媒体、例えば非限定的に、フロッピーディスク、光ディスク、CD-ROM、及び光磁気ディスクを含む任意の種類ディスク、読み出し専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、EPROM、EEPROM、磁気又は光カード、フラッシュメモリ、または電子命令を記憶するのに適切な任意の種類媒体に記憶させることができる。

【0063】

本明細書に記載されるアルゴリズム及びディスプレイは、いかなる特定のコンピュータまたはその他の装置にも本質的に関連していない。本明細書の教示内容に従って、様々な汎用システムをプログラムと共に使用することができる、又は方法ステップを実施するために、より特殊化した装置を構築することが都合が良い場合もある。これら様々なシステムの構造は、本明細書の記述から明らかである。加えて、本明細書の実施形態の説明では、いかなる特定のプログラミング言語も参照していない。様々なプログラミング言語を使用して、本明細書に記載された本発明の教示内容を実行することができることを認識すべきである。

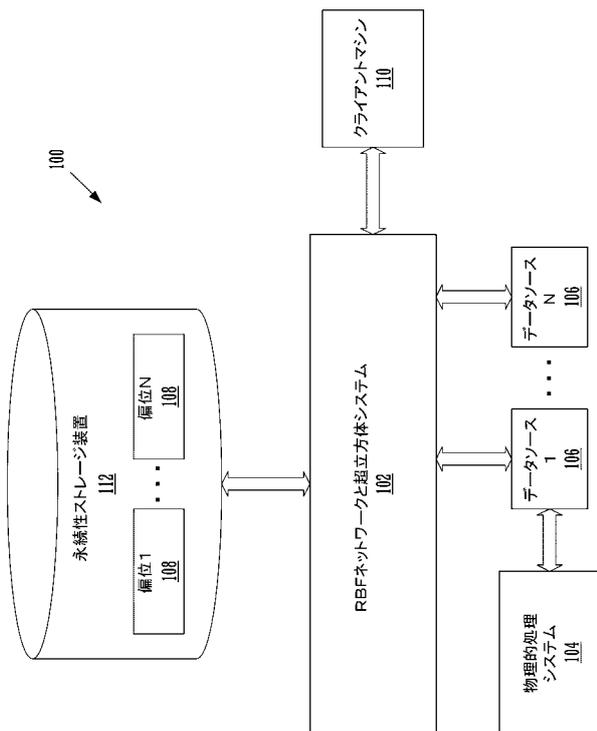
【0064】

上記記載は、例示的であり、限定するものではないことが理解されるべきである。上記記載を見直せば、多くの他の実施形態が、当業者にとって明らかであろう。それゆえ、本発明の範囲は、当該権利が与えられる等価物の完全な範囲と共に、添付の特許請求の範囲を参照して、決定されるべきである。

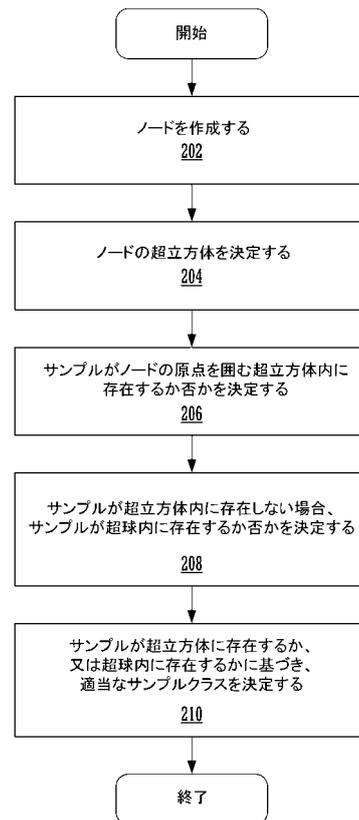
10

20

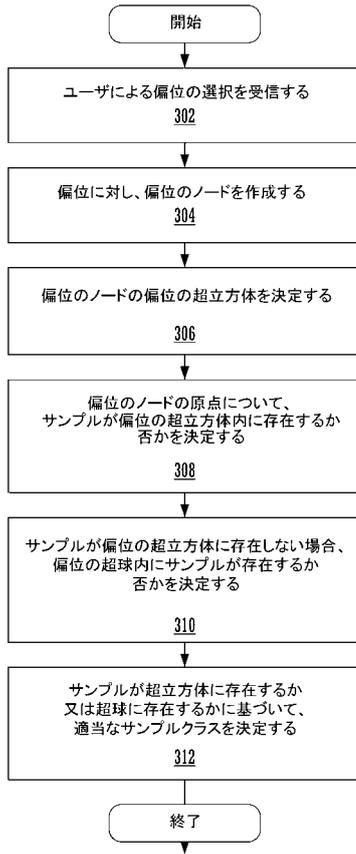
【図1】



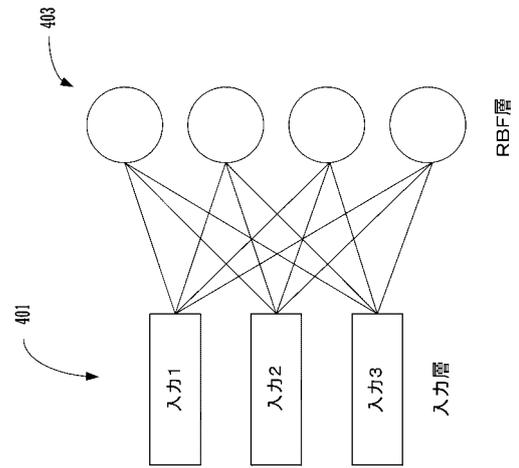
【図2】



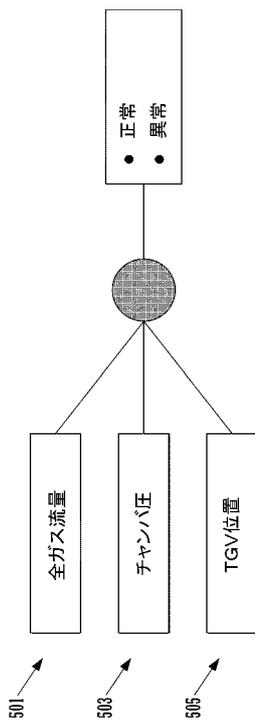
【 図 3 】



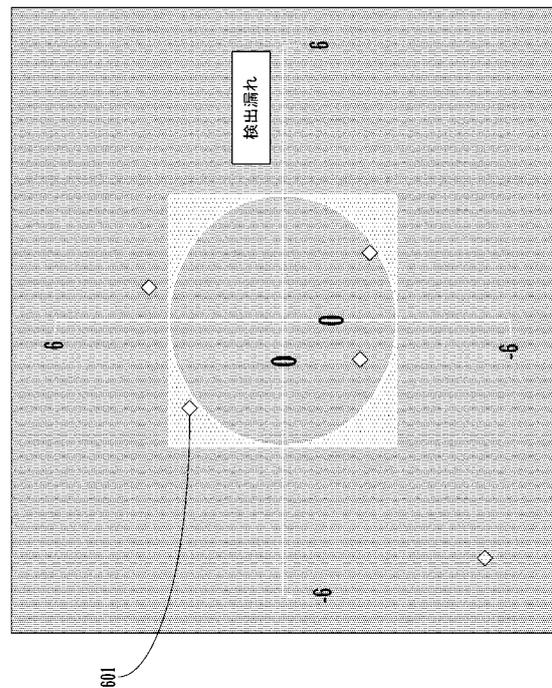
【 図 4 】



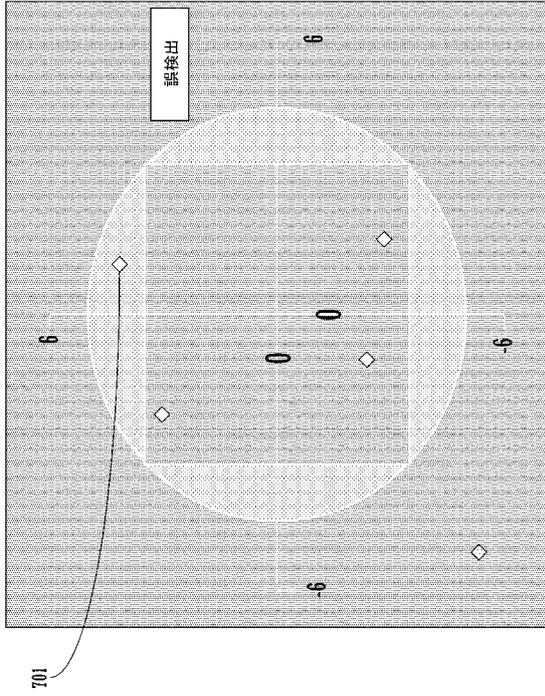
【 図 5 】



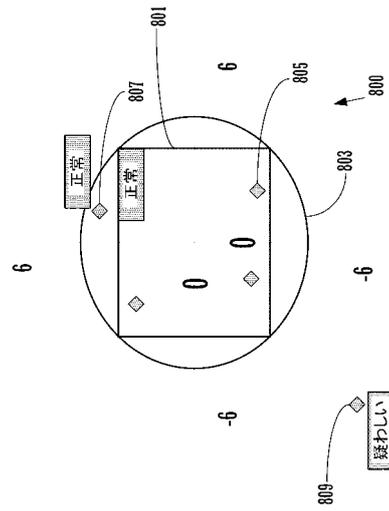
【 図 6 】



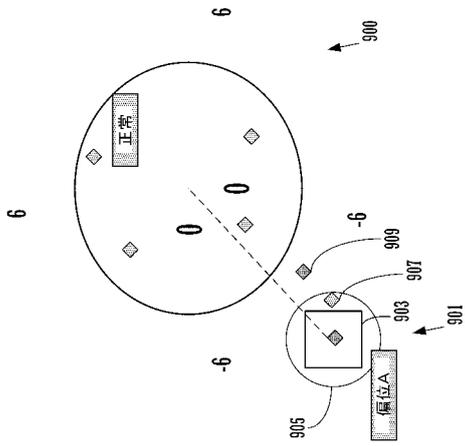
【図7】



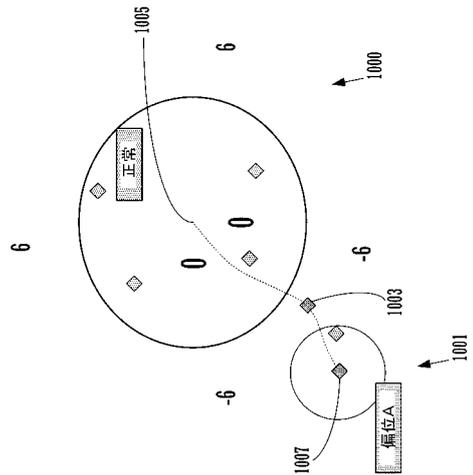
【図8】



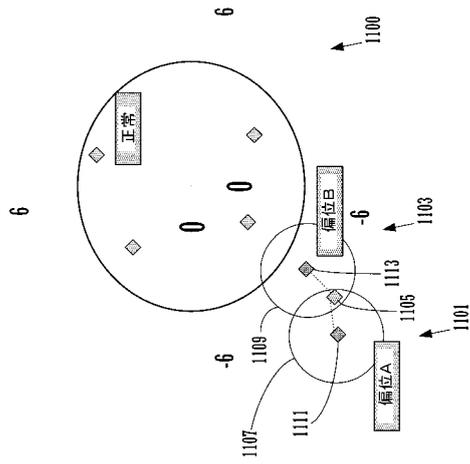
【図9】



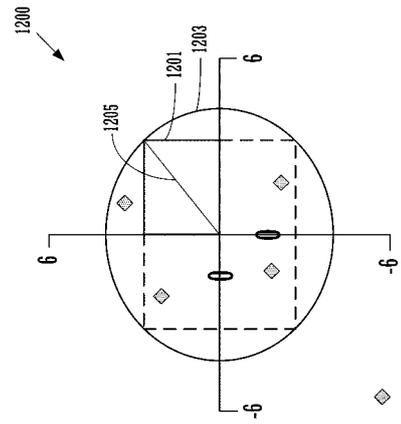
【図10】



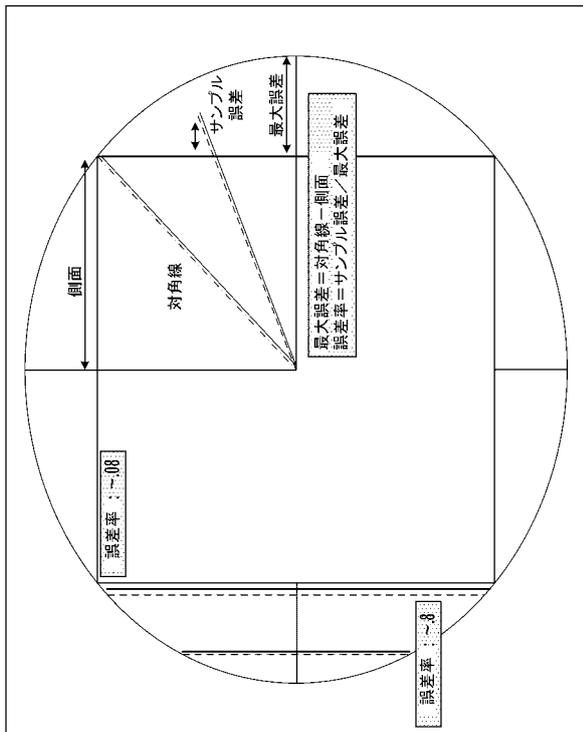
【 図 1 1 】



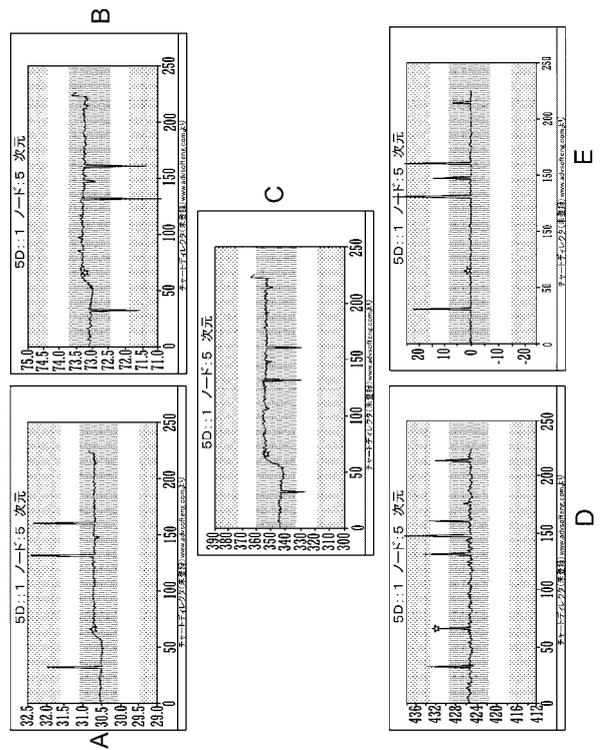
【 図 1 2 】



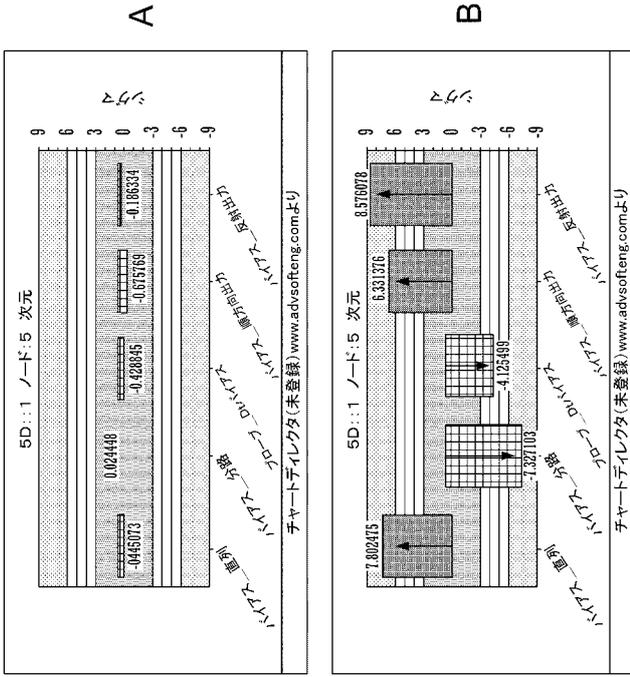
【 図 1 3 】



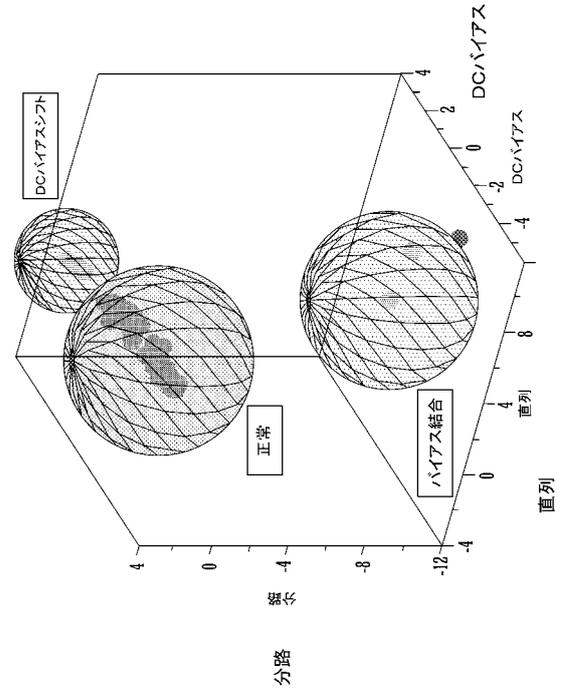
【 図 1 4 】



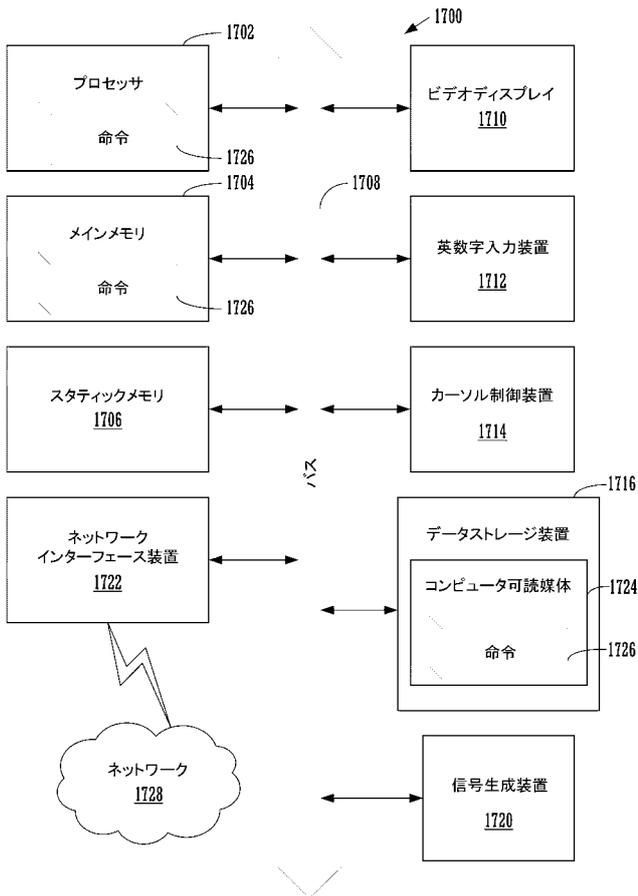
【図 15】



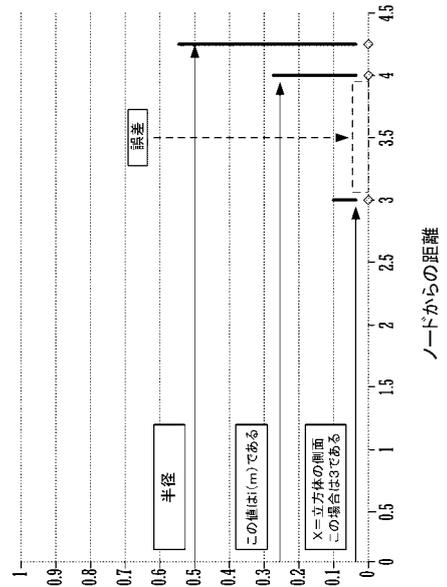
【図 16】



【図 17】



【図 18】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2014/011528
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G06F 19/00(2011.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06F 19/00; G06F 17/10; G06E 1/00; G01N 27/00; G06F 17/30; G06K 9/00; G06K 9/62; G01N 33/497; G06F 15/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: Radial Basis Function Network, hypercube, hypersphere, same, radius, diagonal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5717832 A (GUY PAILLET et al.) 10 February 1998 See column 3, lines 60-64 and figures 2A-2D.	1-15
A	US 2009-0136095 A1 (MARCO MARCON et al.) 28 May 2009 See paragraph [0035]; claim 1; and figure 4.	1-15
A	WO 2011-148371 A1 (TECHNION RES & DEV FOUNDATION LTD.) 1 December 2011 See page 4, line 1 - page 10, line 27; claim 1; and figure 1.	1-15
A	US 2009-0043547 A1 (MICHAEL J. KIRBY et al.) 12 February 2009 See paragraphs [0328]-[0329]; claim 1; and figures 3A-3B.	1-15
A	US 2012-0101978 A1 (WILLIAM K. WILKINSON et al.) 26 April 2012 See paragraphs [0041]-[0042]; claim 1; and figures 1A-3.	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 28 April 2014 (28.04.2014)		Date of mailing of the international search report 29 April 2014 (29.04.2014)
Name and mailing address of the ISA/KR  International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon Metropolitan City, 302-701, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer HWANG, Yun Koo  Telephone No. +82-42-481-5715

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2014/011528

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 05717832 A	10/02/1998	CA 2149479 A1	29/01/1996
US 2009-0136095 A1	28/05/2009	EP 1864244 A1 IT BG20050013 A1 US 8027532 B2 WO 2006-100000 A1	12/12/2007 25/09/2006 27/09/2011 28/09/2006
WO 2011-148371 A1	01/12/2011	US 2013-0059758 A1	07/03/2013
US 2009-0043547 A1	12/02/2009	US 2011-257950 A1 US 8046200 B2 US 8521488 B2	20/10/2011 25/10/2011 27/08/2013
US 2012-0101978 A1	26/04/2012	None	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US