

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4223133号
(P4223133)

(45) 発行日 平成21年2月12日 (2009. 2. 12)

(24) 登録日 平成20年11月28日 (2008. 11. 28)

(51) Int. Cl.	F I
G06F 3/14 (2006.01)	G06F 3/14 320A
G06F 17/30 (2006.01)	G06F 3/14 310A
	G06F 17/30 370Z

請求項の数 4 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願平11-110969	(73) 特許権者	596170170
(22) 出願日	平成11年4月19日 (1999. 4. 19)		ゼロックス コーポレーション
(65) 公開番号	特開2000-29660 (P2000-29660A)		XEROX CORPORATION
(43) 公開日	平成12年1月28日 (2000. 1. 28)		アメリカ合衆国 コネチカット州 スタン
審査請求日	平成18年4月18日 (2006. 4. 18)		フォード、ロング・リッジ・ロード 80
(31) 優先権主張番号	09/062, 540		O
(32) 優先日	平成10年4月17日 (1998. 4. 17)	(74) 代理人	100075258
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 吉田 研二
		(74) 代理人	100096976
			弁理士 石田 純
		(72) 発明者	ピーター エル ティー ピロリ
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サン
			フランシスコ スロート ブルバード 2
			958

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タイムチューブおよび円形木を用いたインタラクティブな活性化拡散視覚化方法、装置並びに媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワールドワイドウェブのリンク構造であるグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示するための装置であって、

プロセッサと、

前記プロセッサに結合される表示デバイスと、

前記プロセッサに結合され、一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法を実行するように前記装置をプログラムするためのプログラムコードを含むプロセッサ読み出し可能記憶媒体と、

を備え、前記方法が、

(a) 活性化入力ベクトル C を得るステップと、

(b) 前記 (a) ステップで得た前記活性化入力ベクトル C とフローマトリックス M を用いて、ステップ t での活性化ベクトル A (t) が $A(t) = C + MA(t-1)$ となるように、N 回の反復について活性化ベクトル A を反復的に計算するステップと、

(c) 複数の構造的に同一である、前記グラフ構造の平面グラフ表現を表示するステップとを含み、該平面グラフ表現の各々は前記 (b) ステップにおける N 回の反復のうちの一意的な一つに対応し、ノードの活性化レベルが該平面グラフ表現に色で符号化されることを特徴とする装置。

【請求項 2】

ワールドワイドウェブのリンク構造であるグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズム

10

20

ムの結果を表示するための装置であって、
プロセッサと、

前記プロセッサに結合される表示デバイスと、

前記プロセッサに結合され、前記一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法を実行するように前記装置をプログラムするためのプロセッサ読み出し可能プログラムコードを含むプロセッサ読み出し可能記憶媒体と、を備え、前記方法が、

(a) 前記グラフ構造のすべてのノードを木構造で表示するステップと、

(b) 活性化入力ベクトルCを得るステップと、

(c) 前記 (b) ステップで得た前記活性化入力ベクトルCとフローマトリックスMを用いて、ステップtでの活性化ベクトルA (t) が $A(t) = C + MA(t-1)$ となるように、N回の反復について活性化ベクトルAを反復的に計算するステップと、

(d) 前記 (a) ステップで表示された前記木構造のノード上に前記 (c) ステップでN回の反復後に得られた最終活性化ベクトルA (N) のエントリを表示するステップと、を含むことを特徴とする装置。

10

【請求項3】

請求項2記載の装置において、

前記ステップ (a) が、前記木構造を平面的な円形木として表示するステップを含むことを特徴とする装置。

20

【請求項4】

請求項2記載の装置において、

前記ステップ (a) が、前記木構造を平面的なつぶれた円錐形として表示するステップを含むことを特徴とする装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する分野に関する。特に、本発明は、活性化入力ベクトルのインタラクティブな生成、および活性化拡散アルゴリズムにおける中間活性化ベクトルの表示に関する。本発明は、ウェブサイト上のワールドワイドウェブページに存在し得る関連性をいかにユーザーに伝え、その関連性をいかに求めるかという問題に対処する。

30

【0002】

【従来の技術】

ワールドワイドウェブ(web)は、20世紀に一般社会にもたらされた情報アクセス機構のうち、おそらく最も重要なものであろう。顧客や投資家となる可能性のある人々に情報を提供するものとしてインターネットに頼る組織が多くなるにつれ、従業員やビジネスパートナーが後に検索するのに備えて大量のデータを提供、編成する上での可能性も実感することだろう。企業のウェブサイトは、急速に、最も重要なビジネスの投資対象となってきている。

【0003】

一般に、ウェブサイトは情報リポジトリとして多く使用される。その企業の従業員がそのウェブサイトをどのように使用しているかを観察して得られるウェブサイト使用パターンにより、その企業の活動をよりよく理解できる。例えば、営業部門がどのような製品の広告をダウンロードしているかを観察することが、販売を予測する一つの方法となることも考えられる。つまり、従来の市場分析をこの情報資源にも適用することができるのである。

40

【0004】

アナリストは、単にウェブページがどのように使用されているかだけでなく、それがどのようなコンテキストにあるか、例えばそのリンク構造やウェブページの内容にも興味を示している。ウェブサイトは、そのリンク構造や、そのページの内容、使用度に見られるよ

50

うなトポロジーの変化が頻繁に起こるため、ダイナミックな構造である。アナリストは、その発展するウェブサイト进行分析したいと願っているのである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ユーザーのアクセスパターンやウェブページの内容同士の間接的な関係を知り、理解するとともに、ウェブサイトのトポロジーを効率的に構築したいというアナリストの希望が高まっているため、ウェブサイトの分析過程において有用な視覚化ツール群が必要とされている。

【0006】

活性化拡散アルゴリズムは、活性化入力ベクトルに応じて、一般化されたグラフ構造のノードにおける活性化レベルに対応する時間 t での活性化ベクトルをモデル化または予測する反復的なプロセスである。活性化拡散アルゴリズムは、一般に N 回にわたって反復される一次方程式の組を伴う。一次方程式のある条件が満たされていれば、活性化ベクトルは漸近収束する。

10

【0007】

従来は、入力活性化ベクトルと最終活性化ベクトルのみが分析されていたが、位相変異の特定や、発散性の活性化拡散フロマトリックスの特定等、活性化ベクトルの中間値を検証することによりアナリストが貴重な情報やフィードバックを得られる可能性がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

一般化されたグラフ構造を理解するための従来の技術は、一般化されたグラフ構造を構成するリンクおよびノードの表現を表示することである。ワールドワイドウェブの見方の一つは、ウェブページがノード、ハイパーリンクがノード間のリンクを表す一般化されたグラフ構造として見ることである。一般化されたグラフ構造の認知的処理を促進するため、典型的には一般化されたグラフ構造は、そのすべてのノードとリンクのサブセットのみを含む木構造でディスプレイ上に表現される。ウェブページの構造、使用、および内容のダイナミクスを分析、予測するために活性化拡散アルゴリズムを使用することができる。本発明の目的は、活性化拡散アルゴリズムの結果を表示することである。本発明の別の目的は、活性化拡散アルゴリズムの活性化入力ベクトルを規定する方法を提供することである。本発明のさらに別の目的は、活性化拡散アルゴリズムの種々のステップでの活性化レベルを表示することである。

20

30

【0009】

本発明の好適な実施形態によると、活性化拡散アルゴリズムでモデル化される一般化されたグラフ構造を表すのに平面的な円形木が使用される。本発明の一面面による方法では、平面的な円形木のいくつかまたはすべてのノード上においてその垂直な次元に活性化バーを表示し、活性化拡散アルゴリズムの N 回の反復終了時に得られる最終活性化レベルを符号化する。活性化バーを表示するノードの数は所定の数であってもよいし、すべてのノードに対しての所定の割合や、所定の活性化レベルしきい値によって決定されてもよい。

【0010】

本発明の別の局面によると、同じ一般化されたグラフに対応する2つ以上のフローネットワークを拡散する活性化の結果として得られる最終活性化レベルが、活性化バー上において色で符号化された部分として表示される。例えば、内容、使用度、トポロジ、または推奨のフローネットワークを活性化拡散に使用してもよい。したがって、重み付け機構を用いて異なるフローネットワークが組み合わされる場合には、結果として得られるページの活性化に対する各フローネットワークの貢献度を、活性化バーにおいて各フローネットワークに異なる色を使用することで評価できる。

40

【0011】

本発明のさらに別の局面によると、同じ一般化されたグラフに対応する異なるフローネットワークでの活性化拡散における差を、結果として得られる活性化パターンを各ネットワークから減じ、その差を表示することで表示してもよい。例えば、内容と使用度との差、推奨と使用度との差を表示して、ウェブサイトの設計者が予期せぬ使用パターンが起こっ

50

ているページを特定するのを促進してもよい。

【0012】

本発明のさらに別の局面によると、活性化拡散入力ベクトルは、ユーザーのカーソルが表示されたノード上にあるドエル時間を測定することで求められる。この局面によると、カーソルを1つ以上のノード上に置くことでこれらのノードにさらに入力活性化が加えられるにつれ、現在の活性化入力ベクトルに対応する最終活性化ベクトルが継続的に更新される。

【0013】

本発明のさらに別の局面によると、N個のステップを含む活性化拡散アルゴリズムの種々の中間ステップでの活性化ベクトルがタイムチューブ内の円形木のノードに色で符号化される。この局面の一実施形態では、N個の全ステップの結果として得られる活性化ベクトルと活性化入力ベクトルが、N+1個の平面的な円形木を有するタイムチューブにおいて表示される。別の実施形態では、N個の全活性化ベクトルの周期的なサブセットが表示される。さらに別の実施形態では、位相変異または活性化レベルにおける大きな変化を表す平面的円形木を示すサブセットは表示されるが、活性化レベルにおける小さな変化を表す平面的円形木は表示されない。

10

【0014】

本発明のこれらのおよび他の特徴および利点は、発明の実施の形態で十分に説明される図面より明らかになるであろう。

【0015】

20

【発明の実施の形態】

ここで図面をより詳細に説明する。図面において、同一の参照場号は同一の要素を示すが、本発明を明瞭に説明するため、異なる図面には同様の部分に異なる参照番号が付されることがある。

【0016】

ワールドワイドウェブは、複雑で大きな有向グラフである。一般的な有向グラフの視覚化は、周知の難しい問題である。事実、現在のグラフィックアウトアルゴリズムは、どれも7000ノードのグラフを十分に扱うことができない。しかし、有向グラフのサブドメインとして、ウェブサイトのリンク構造は階層的な傾向にある。つまり、ウェブサイトは木ではないものの、木表現でウェブサイトに近いものを表せることが多い。

30

【0017】

ウェブのリンク構造を分析するに当たって、アナリストは、ある文書から別の文書への最も少ない数のホップを見つけるのに関心があることが多い。幅優先巡回は、ノードを根ノードにできるだけ近く配置することで、ウェブグラフを木に変形する。この木を得たあと、円形木視覚化技術によって構造を視覚化する。円形木は、階層を視覚化するのに円形のレイアウトを使用する。連続する各円が木におけるレベルを表す。レイアウトアルゴリズムは2つのパスで実行される。第1のパスで、アルゴリズムは後行順巡回により階層全体を巡回する。各ノードにおいて、アルゴリズムによりその部分木の葉ノードの数が計算されるため、その木の葉の数がわかる。次にアルゴリズムにより、各葉ノードに割当てべき角度スペース量が計算される（360度を葉の総数で割ったもの）。第2のパスで、アルゴリズムは幅優先巡回によって階層を巡回する。各ノードにおいて、その部分木にいくつの葉ノードが根付いているかを見ることによりそのノードに角度スペース量を割当てて。このように、各葉ノードには一定量の角度スペースが保証される。

40

【0018】

データを視覚表現にマッピングする際に知的かつ戦略的に選択できれば、見る者がその視覚化されたものをさらによく理解することができる。円形木にはいくつかの利点がある。まず、木の構造がコンパクトに視覚化され、そのパターンが簡単にわかる。第2に、まっすぐまたはわずかに角度を付けて見ても、全体のレイアウトが2次元平面上にあるため、オクルージョンの問題がない。第3に、円錐形の木とは異なり、2次元技術であるため、第3次元を時間等の他の情報、または各ノードの3次元グリフに使用することができる。

50

さらに、円形であるために、視覚上、美的である。

【0019】

実際に視覚化自体によって好適な幅優先変形アルゴリズムの選択が確認できる。通常、トラフィックの多い領域は根ノード付近に集中する。つまり、アルゴリズムにより、到達しやすいノードが根ノードを起点に配置される。文書は、根ノードから遠くなるほど、アクセスされる可能性が小さくなる。

【0020】

図1は、本発明による方法を実現するのに適切な汎用コンピュータのアーキテクチャ100を示す。汎用コンピュータ100は、少なくとも、マイクロプロセッサ102と、ディスプレイモニタ104と、カーソル制御装置105とを備える。カーソル制御装置105は、マウス、ジョイスティック、一連のボタン、またはユーザーがディスプレイモニタ104上のカーソルまたはポインタの位置を制御するのを可能にする他の何らかの入力装置として実現されてもよい。汎用コンピュータ100はまた、ランダムアクセスメモリ107と、ハードディスク103と、ROMメモリ108と、キーボード106と、モデム110と、グラフィックスコプロセッサ109とを備えてもよい。汎用コンピュータ100のすべての要素を共通バス101で接続して、種々の要素間でデータをやり取りするようにしてもよい。一般に、バス101はデータ、アドレス、および制御信号を含む。図1に示される汎用コンピュータ100は、そのすべての要素を接続する単一のデータバス101を含んでいるが、汎用コンピュータ100の種々の要素を接続する単一の通信バス101がなくてはならないという要件はない。例えば、マイクロプロセッサ102と、RAM107と、ROM108と、グラフィックスコプロセッサ109とをデータバスで接続し、一方、ハードディスク103と、モデム110と、キーボード106と、ディスプレイモニタ104と、カーソル制御装置105とを第2のデータバス（図示せず）で接続してもよい。この場合、第1のデータバス101と第2のデータバス（図示せず）を双方向バスインターフェース（図示せず）で接続してもよい。または、要素のうちのいくつか、例えばマイクロプロセッサ102とグラフィックスコプロセッサ109等を第1のデータバス101と第2のデータバス（図示せず）の両方で接続して、第1のデータバスと第2のデータバス（図示せず）との間の通信をマイクロプロセッサ102とグラフィックスコプロセッサ109とを介して行うようにしてもよい。このように、本発明の方法は、図1に100で示されるような汎用コンピュータアーキテクチャにおいても実行可能であるが、本発明の方法を実行できるアーキテクチャはこのアーキテクチャのみに限定されるわけではないことは明らかである。

【0021】

図2は、15のノード201-215からなる一般化されたグラフ構造200を示す。一般化されたグラフ構造200の種々のノード201-215は、216-225で示されるようなリンクによって互いに接続される。種々のノードを接続するリンクは双方向でも単方向でもありうる。本明細書およびその図面を通して、双方向のリンクは、いずれの端にも矢印のないリンクとして表され、単方向のリンクは一方または他方の端部に矢印のあるリンクとして表されて、その矢印が指す方向にのみリンクがあることを示す。例えば、図2のリンク217は、ノード202から203へと移動することも、ノード203から202へと移動することもできる。あるノードから別のノードへと移動するのにいくつか異なる根が存在することが明らかである。大きな一般化されたグラフ構造にはリンクが多数存在するため、そのリンクをすべて表示するのは非実用的であることが多い。したがって、一般化されたグラフ構造の視覚表現をユーザーに呈示するとき、一般化されたグラフ構造に存在する全リンクのうちのサブセットのみが表示される。表示するように選択されるリンクのサブセットは、一般化されたグラフ構造のすべてのノードからその他のすべてのノードへの経路を示さなくてはならない。この目的を達成するのに木構造が多く用いられる。

【0022】

図3は、図2に示される一般化されたグラフ構造200の木構造表現300を示す。一般

10

20

30

40

50

化されたグラフ構造 200 に対応する木構造 300 にはリンク 216-225 は示されていない。このようにリンク 216-225 が省略されているのは、これらが一般化されたグラフ構造 200 においてサイクルを形成するからである。木構造にはサイクルがなく、つまり、あるノードから別のノードへの経路は一つしかない。木構造表現 300 では、すべてのサイクルが断たれるため、あるノードから別のノードに対して経路は 1 つしかないのである。

【0023】

図 4 は、図 3 に示される木構造表現 300 の別の木構造表現 400 を示す。木構造 400 では、ノード 201 が根ノードとされる。根ノード 201 の深さはゼロである。根ノード 201 の子はノード 202, 203, および 204 であり、これらの深さは 1 である。ノード 202 には子が 1 つ (ノード 205)、ノード 204 には子が 3 つ (ノード 206, 207, および 208) ある。ノード 205-208 の深さは 2 である。どのノードの深さも、根ノードに至るまでに巡回しなくてはならないリンクの数によって決定される。ノード 209, 210, 203, 214, 215, 207, 212, および 213 には子がないため、これらは葉ノードである。

【0024】

図 5 は、図 4 に示される木構造 400 の円形木表現 500 を示す。円形木表現 500 の中心点 501 は、木構造 400 の根ノード 201 に対応する。点 501-515 は各々、ノード 201-215 のうちのひとつを表しており、具体的には、木構造 400 の各ノードに関連する参照番号に 300 を加えることにより、木構造 400 の各ノードに関する円形木 500 における点に対応する参照番号を計算できる。すなわち、図 4 のノード 201 は円形木 500 のノード 501 として示され、ノード 202 は点 502、ノード 203 は点 503、ノード 215 は点 515 で表される。円 550 は、点 501 で表される根ノードからの深さが 1 であるノードを表すすべての点を含む。円 560 は、深さが 2 であるノードを表すすべての点を含む。円 570 は、深さが 3 であるノードを表すすべての点を含み、円 580 は、深さが 4 であるノードを表すすべての点を含む (図 5 の点は図 4 のノードを表示、表現しているため、以下、表示上のノードを表す点を指してノードということがある)。円形木 500 のノードを表す各点の角度的配置は以下のように決定される。葉ノードの総数を求め、円の角度である 360 度をその葉ノードの総数で割る。円形木 500 の場合、点 512, 513, 509, 510, 503, 514, 515, および 507 で表される 8 つの葉ノードがあるため、各葉ノードは、円形木 500 においてそれ専用の角度スペースを 45 度有する。親ノードの角度配置は、その最も外側の葉ノードと根ノードが形成する角度を 2 等分する角度にされる。例えば、ノード 204 を表す点 504 は、最も外側の葉 214 および 213 を有し、これらは円形木 500 においてそれぞれ点 514 および 513 に対応する。最も外側の葉の点 514 と、最も外側の葉の点 513 と、根ノード 501 とにより形成される角度は 180 度である。したがって、親ノード 504 の角度はその 180 度を 2 等分する角度である。同様に、親ノード 511 は子の点 515 および 514 を有する。子の点 515 および 514 は根ノード 501 とともに 45 度の角度を成し、したがって親の点 511 はその 45 度を 2 等分する角度に配置される。

【0025】

本発明によると、グラフ構造のレイアウトは使用情報に基づいて行われる。従来のレイアウト方法が主にトポロジまたは内容に基づくのに対し、本発明による方法では、使用度に優先順位をつける (ランク付けする) ことでさらなる情報を符号化する。これらの方法は、グラフの視覚化に興味度の関数を与え、それにより認知に関する負担を最小限にする。本発明の範囲はウェブへの応用よりはるかに広い範囲に及ぶが、ウェブによって本発明による方法を例示する。

【0026】

本発明は、ワールドワイドウェブに見られるような大きな有向グラフをレイアウトする問題に対処し、関連のある関係が表れるようにする。本発明によると、使用度ベースの巡回によって一般のグラフが木にされる。巡回の順、またはレイアウトの順、またはその双方

10

20

30

40

50

が、単純な頻度または共通の引用の頻度等の使用度データに基づいて選択される。本発明の方法を用いると、企業のイントラネットのビューをダイナミックに編成できる。

【0027】

本発明によると、使用度ベースの情報に基づいてグラフをレイアウトすることにより、グラフの視覚化にさらなる情報が符号化される。例えば、情報の検索において、ハイパーテキスト文書は様々な頻度でアクセスされる（他と比較してより人気のあるものがある）。本発明によると、アイテムの人気度が、グラフのレイアウトにおいてそのアイテムが受ける優先順位を決定する一助となる。使用度データとそれをグラフの構造レイアウトに符号化することとをあわせることで、使用度およびトポロジにおける変化を同時に見ることができる。

10

【0028】

ここで提案する発明の範囲はワールドワイドウェブ上の文書に限られるわけではないが、本発明の概念の基本を説明するのにウェブサイトの管理者が見るウェブを例として用いる。本発明は、メンテナンスを行うウェブの管理者が、ウェブサイトの使用パターンとそのトポロジとの関係を理解することを可能にする。

【0029】

複雑なリンク構造を理解するための従来の技術として、リンクおよびノードを視覚化または表現したものを呈示することが挙げられる。ウェブの見方の一つとして、文書がノードを表し、ハイパーリンクが文書間のリンクを表すグラフとして見ることができる。リンクは数が多く複雑であるため、通常、情報のいくらかは省いたり、抜粋したりして、効果的に認知できる視覚処理を実現する。レイアウトアルゴリズムによってより重要な情報を呈示することを確実にするため、これらのアルゴリズムは興味度の関数を使用することが多い。

20

【0030】

従来のシステムには、その使用度の特徴に基づいてアイテムのレイアウトを変更するものはない。ウェブサイトのメンテナンスを行う者およびその内容の設計者は、そのサイトの使用パターンとそのリンクトポロジとの関係を理解する必要がある。ウェブサイトはダイナミックであり時間とともに変化するため、メンテナンスを行う者はトポロジへの変化が使用にどのような影響を与えるかを理解する必要があることが多い。使用パターンからの情報を用いることにより、レイアウトアルゴリズムはサイトのトポロジを呈示し、ユーザーの経路および使用度が時間とともに（例えば、より多くのユーザーによるその構造へのアクセス、そのニーズの変化、そしてその根底にあるトポロジの発展に伴って）どのように変化するかを明らかにすることができる。

30

【0031】

本発明による方法は、種々のレイアウトアルゴリズムについてレイアウトの決定を行うのに使用情報を利用する。これらのアルゴリズムの中には、スクリーンの空間を最大限にしようとするものや、要素間の微妙な関係を表そうとするよう機能するものもある。頻度、新しさ、アクセスの間隔、および経路情報は、すべて、本発明の方法によって参照してもよい使用情報の形態である。さらに、共通の引用のクラスト化およびニーズの可能性等の導出された使用情報を利用することもできるが、本発明はこれらの形態に限られるわけではない。

40

【0032】

本発明によるトポロジのレイアウト方法の一つとして、根ノードと称するノードから始めて、そのノードを中心に半径方向にリンクを広げるものがある。スクリーンの空間がある限り、これを補助ノードで繰り返す。ノードを最適にレイアウトするために、レイアウトアルゴリズムでは、最もよく使用されるノード同士を互いから最も離れた所に配置して、その発展スペースが最大になるようにすることが望まれる場合もある。最も使用度が低いノードは、使用度の高いノード間の残りのスペースに配置される。レイアウトにより、その使用度値に基づいて、ハブを中心として互いから最も離れた所へのノードの配置が続けられる。使用度の最も高いノードは互いから最適に離れていて、その関連する子ノード

50

を配置するのに十分なスクリーン空間を与える。これは、使用度がより低いノードを犠牲にして行われる。

【0033】

本発明による別のレイアウト方法では、使用度によりノードを順序付けて、それらを高い方から低い方へ（または低い方から高い方へ）とレイアウトして、人気度（または人気の無さ）を示す。

【0034】

使用度ベースのレイアウトの一例として、本発明による改良されたグラフの幅優先巡回はその構造における使用度を符号化する。従来の幅優先巡回ベースのレイアウトでは、根ノードの子ノードをレイアウトして、その次にそのまた子ノードをレイアウトする。従来は、巡回の際に子ノードを訪ねる順序は特定されていなかった。しかし、本発明によると、単にあるパラメータに基づいて訪ねる順序を選択することにより、さらなる情報をグラフレイアウトに符号化する。例えば、使用量に基づいてノードをソートすることで訪ねる順序が決定される（より人気のないウェブページより人気のあるページを優先する）。

【0035】

本発明によって使用度パラメータを参照するように改良できる別のレイアウトアルゴリズムは、共通の祖先を持つノードが呈示される深さ優先巡回である。この場合、その近傍にあるものを考慮せず、縦のスライス呈示する。各ステップで、アルゴリズムによりどの子を選んで探索するかを決めなくてはならない。本発明による最良の幅優先巡回と同様に、使用度が最も高い子がまず訪ねられる。

【0036】

本発明に従って他の多くのレイアウトの組み合わせが可能である。例えば、あるノードから幅優先または深さ優先のトポロジの順序でグラフをたどるのではなく、ある使用度レベルのすべてのノードが根ノードとして表示される。ウェブに関していえば、この技術を用いてエン트리ポイントの組（サイトに入るのに使用するページ）と、それらのページからユーザーがたどる経路を視覚化できる。それらの間のスペースは、根ノード間のリンクおよび使用度に基づいて割当てられる。

【0037】

使用パターンによって、ある集中した時間の間に文書構造がどのようにアクセスされているかが明らかにされるだけでなく、ある時間にわたって集められるとトポロジにおける流れも明らかにされる。これは表現にさらに別の次元を与える。メンテナンスを行う者は、使用が時間とともに（おそらくは、ユーザーの変化または外部事象によって）どう変化するか、さらに、構造の変化が使用パターンにどう影響するかを見て取ることができる。これらのタイムスライスを比較することによって、メンテナンスを行う者は、どれだけ多くの人がその構造のどこを現在巡回しているかがわかるだけでなく、変化を相関させることができる。

【0038】

図6は、9つのノード1-9を有し、多くのサイクルを含む一般化されたグラフ構造であって、本発明による種々の使用度ベースの木構造生成方法を示すのに使用する構造を示す。明瞭にするために、ノード間の双方向リンクは、単方向リンクの対として表現される。例えば、ノード1はノード2に対してリンク612を有し、ノード2はノード1に対してリンク621を有する。

【0039】

図7は、一般化されたグラフ構造600に対応するトポロジマトリックス700を示す。トポロジマトリックス700の行1-9はノード1-9に対応し、その列1-9もノード1-9に対応する。行*i*および列*j*のトポロジマトリックスのエントリは、ノード*i*からノード*j*に対するリンクの有無を表す。例えば、ノード6はノード3に対してリンク663を有し、ノード7はノード8に対してリンク678を有する。従って、ノード*i*からノード*j*に対してリンクがあることが、トポロジマトリックス700の行*i*、列*j*において1で表される。一般化されたグラフ構造600のノード*i*からノード*j*に対してリンクが

存在しないことは、トポロジマトリックス700の行*i*、列*j*において0で表される。トポロジマトリックスは、一般化されたグラフ構造の各ノードからその他すべてのノードに対するリンクを特定するため、一般に正方形である。トポロジマトリックスの対角線上のエントリは常にゼロである。一般化されたグラフ構造600のリンクは双方向であるため、トポロジマトリックス700はその対角線を中心に対称であるが、そうでなくてはならないというわけではない。

【0040】

図8は、図6の一般化されたグラフ構造600に対応する使用パラメータベクトル800を示す。ノード1の使用度パラメータは、使用度パラメータベクトル800のエントリ801に示されるように75である。同様に、ノード8に関する使用度パラメータは29であり、使用度パラメータベクトル800のエントリ808に見られる。このように、使用度パラメータベクトル800は単に、一般化されたグラフ構造の各ノードと関連する使用度パラメータのリストである。一般に、*N*個のノードを有する一般化されたグラフ構造には、それと関連する*N*個のエントリを使用度パラメータベクトルがある。このように、使用度パラメータベクトル800の使用度パラメータは、対応するノードで得られた使用度に対応する。例えば、一般化されたグラフ構造600のノード1-9の各々が9ページからなるウェブサイトのウェブページを表すとすると、そのウェブサイトの各ウェブページの1日の平均アクセス数を表すのに各ノードと関連する使用度パラメータを用いてもよい。または、各ノードと関連するユーザーパラメータで、そのページにアクセスした様々なユーザーがそのページを開いていた時間の合計を表してもよい。この場合の使用度パラメータは、ある一定時間の間にそのページにアクセスした全ユーザーによって測られた合計ドエル時間を符号化してもよい。各ノードと関連する使用度パラメータによって符号化される量は様々な方法で計算でき、その各々が異なるタイプの使用度を測定する。本発明による方法は、各ノードについて考慮され、計算されることが可能ないかなる使用度パラメータにも適用できる。したがって、本発明は、頻度、またはドエル時間等の単一の使用度パラメータのタイプに限られるのではない。使用度パラメータは、ある予め規定された尺度に正規化される可能性が高い。例えば、図8に示される使用度パラメータは0から100の尺度に正規化される。使用度パラメータは、例えば0から1、または-1024から+1024等に正規化されてもよい。

【0041】

図9は、本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための使用度ベースの幅優先方法900を示す。この方法900では、初めにステップ901で根ノードを承認する。幅優先アルゴリズムによって木構造を生成するには、根ノードを特定し、そのルートノードに対するノードの深さを計算できるようにしなければならない。ステップ901において根ノードは、種々の機構によって承認できる。例えば、カーソル制御装置を用いてユーザーがコンピュータのモニタ上に表示される一般化されたグラフ構造のある特定のノード上にカーソルを置いて、マウス105のボタンを押すことでそのノードを選択してもよい。または、そのノード名で暗に表すことで根ノードを承認してもよい。例えば、ウェブサイトにおいて、ウェブのホームページはそれが根ノードであろう事を示す意味構造を有するURL(universal resource locator)を有することがある。例えば、www.xerox.com というURLにあるゼロックス社のホームウェブページを、本発明による方法を実施するプログラムで構文解析し、そのノード名によりこのウェブページがプログラムを適用しているウェブサイトの根ノードであることをプログラムが認識するようにしてもよい。いずれにせよ、根ノードがステップ901で特定されると、ステップ902において現在の深さがゼロに設定される。ステップ902では、単に、根ノードの深さを定義上ゼロであると指定するに過ぎない。この定義は、図4の木構造400において深さがゼロである根ノード201に関して図示されている。ステップ903において、この方法により、認定されたノードで現在の深さにあり、まだ訪ねられておらず、関連の使用度パラメータが最高であるノードを訪ねる。方法900の実行中に初めてステップ903に至った場合には、これまで承認されている唯一のノードは根ノードであり、かつ、これが現在の深さ

にある唯一のノードであるとともに、まだ訪ねられていない。従って、方法 900 において初めてステップ 903 に至った場合には、根ノードが訪ねられる。

【0042】

ステップ 904 において、この方法では、現在訪ねているノードのまだ承認されていないすべての子ノードを承認する。ステップ 904 で承認されるノードは、トポロジマトリックスおよび使用度パラメータベクトルを参照することにより簡単に特定できる。ステップ 904 で承認すべき子ノードは、訪ねられたノードの行のエントリがトポロジマトリックスにおいてゼロでないノードであって、まだ承認されていないものである。

【0043】

ステップ 905 において、方法 900 により、現在の深さにあってまだ訪ねていない承認されるノードがあるかどうか判断される。方法 900 において最初にステップ 905 を実行するときは、現在の深さゼロにおける唯一のノードは根ノード自体であるため、この 905 におけるテストの答えはノーである。従って、分岐 952 により該方法はステップ 906 へと進み、現在の深さが増分される。方法 900 で始めてステップ 906 を実行するときには、現在の深さは 1 に設定される。

10

【0044】

ステップ 907 で、方法 900 により、（増分されたばかりである）現在の深さにノードが存在するかどうか判断される。すなわち、テスト 907 により、一般化されたグラフ構造のすべてのノードが、承認され、訪ねられているかどうかを判断する。現在の深さにノードがなければ、すべてのノードが承認、訪ねられており、分岐 954 によりステップ 908 で終了する。しかし、新しく増分された現在の深さにノードがあれば、分岐 953 によりステップ 904 へと戻る。ステップ 903 において、現在の深さにあってその使用度パラメータが最高である承認ノードが訪ねられる。すなわち、現在の深さにあって承認されているすべてのノードについて、使用度パラメータベクトルから使用度パラメータが参照され、その使用度パラメータが最高である承認されるノードが最初に訪ねられるものとして選択される。

20

【0045】

各承認ノードについて、現在の深さにある承認ノードと関連する使用度パラメータが高い順にステップ 903、904、および 905 が繰り返される。すべてのノードが承認され、訪ねられるまで方法 900 が継続され、ステップ 908 で終了する。

30

【0046】

図 10 は、図 8 に示される使用度パラメータベクトル 800 を参照して、図 9 に示される幅優先方法 900 によって図 6 に示される一般化されたグラフ構造 600 から生成される木構造を示す。図 10 の木構造 1000 において、ユーザーはノード 1 を根ノードとして特定し、ノード 2 および 4 を根ノードの子として承認している。深さが 1 に増分されてから、ノード 2 の使用度パラメータ（使用度パラメータベクトルのエントリ 802 を参照）の方が使用度パラメータベクトル 800 のエントリ 804 にあるノード 4 に対応する使用度パラメータより大きかったため、ノード 4 より先にノード 2 が訪ねられている。つまり、ノード 2 の使用度パラメータは 84、一方、ノード 4 の使用度パラメータは 51 で、84 は 51 よりも大きいいため、ノード 2 を最初に訪ねるように選択している。ノード 2 を訪ねた際、ノード 3 および 5 がノード 2 の子として承認されている。深さが 1 のときノード 4 を訪ねた際に、ノード 7 をその子として承認している。深さ 1 のすべてのノードを訪ねた後、方法 900 において深さを 2 に増分して、ノード 5 の使用度パラメータである 86（使用度パラメータベクトル 800 のエントリ 805 を参照）の方がノード 3 の使用度パラメータ 6、ノード 7 の使用度パラメータ 44 よりも大きいいため、ノード 5 をノード 3 および 7 よりも先に訪ねるように選択している。ノード 5 が訪ねられたとき、方法 900 により、ノード 6 および 8 がノード 5 の子として承認されている。次に、ノード 7 を訪ねるが、ノード 7 に対して承認する子は存在しない。同様に、ノード 3 が深さ 2 で訪ねられるが、子を承認することはない。従って、深さは 3 に増分され、使用度パラメータが 96 であるノード 6 が訪ねられ、ノード 9 がノード 6 の子として承認されている。深さ 3 のノード

40

50

ド8と深さ4のノード9は、訪ねられた際も子を承認することはない。ノード9を訪ねた後、現在の深さが5に増分されるが、方法900はステップ907においてこの深さにはノードが存在しないことを判断し、分岐954によりステップ908で方法900が終了する。

【0047】

図11は、使用度パラメータマトリックス1100を示す。使用度パラメータマトリックス1100は、図6の一般化されたグラフ構造600の各リンクに関する使用度パラメータを含む。使用度パラメータマトリックス1100に見られる使用度パラメータは、図6の一般化されたグラフ構造600に示される各リンクについて測定された使用量を特定する。例えば、ノード5からノード2への経路となるリンク652の使用量は28である。一般化すると、ノード*i*からノード*j*へのリンクと関連する使用度パラメータは、使用度パラメータマトリックス1100の行*i*、列*j*にある使用度パラメータで特定される。方法900を別の使用尺度に適用する例として、ステップ903で訪ねる順序を決定する際に、使用度パラメータベクトル800の使用度パラメータではなく、使用度パラメータマトリックス1100のリンク使用度パラメータを参照してもよい。すなわち、同じ深さのノードを訪ねる順を決める使用度パラメータとして、承認された子を指すリンクと関連する使用度パラメータを参照してもよい。使用度パラメータマトリックス1100に示されるリンク使用度パラメータが、9ページからなるウェブサイトにおけるハイパーリンクの使用度のモデルとするのであれば、この例は、他の個々のウェブページの使用度よりもむしろハイパーリンクの使用度と関連する。

【0048】

図12は、本発明による方法900によって使用度パラメータマトリックス1100を用いて一般化されたグラフ構造600から生成される木構造1200を示す。図12の木構造1200において、ユーザーはノード2を根ノードとして選択し、ノード1, 3, 5を根ノード2の子として承認し、深さ1のノード3が最初に訪ねられる。これは、ノード2からノード3へのリンク623に対応する使用度パラメータが74であって、リンク621の使用度パラメータおよびリンク625の使用度パラメータよりも大きいためである。ノード3を訪ねた際、ノード6をその子として承認しており、深さ1でノード1が訪ねられている。ノード1はノード4をその子として承認し、次に深さ1のノード5が訪ねられている。ノード5はノード8をその子として承認し、深さ2ではノード8が最初に訪ねられている。これは、リンク658と関連する使用度パラメータが、リンク636の使用度パラメータおよびリンク614の使用度パラメータよりも大きいためである。このように、ノード8を訪ねた際、ノード7および9を承認している。

【0049】

本発明による方法では、訪ねる順序を決定するのにいかなる使用度パラメータを使用してもよい。例えば、ノードベース、およびリンクベースの幅優先巡回アルゴリズムを開示したが、本発明による方法がこれらの特定の使用度パラメータ、またはこの特定の幅優先アルゴリズムを使用しなくてはならないという要件はない。例えば、各ノードと関連する使用度パラメータを、(使用度パラメータベクトル800に示されるような)ノード使用度パラメータおよび(使用度パラメータマトリックス1100に示されるような)リンク使用度パラメータの重み付き一次関数として、使用度パラメータを導出するようにしてもよい。さらに、リンクおよびノード使用度パラメータの積を求めて使用度パラメータとして用いて、ステップ903でノードを訪ねる順序を決定してもよい。更に別の例として、根ノードからあるノードへのリンク使用度の積を計算して、ステップ903で訪ねる順序を決定するのに、そのノードの使用度パラメータとして使用してもよい。さらに、図9に示される方法900は、本発明に従って用いることのできる使用度ベースの幅優先方法の一例に過ぎず、これに代えて、現在訪ねているノードのすべての兄弟ノードを同じ深さにある遠縁のノードまたは従兄弟ノードよりも先に訪ねるように方法900を変形してもよい。

【0050】

図13は、本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成する使用度ベースの深さ優先方法を示す。根ノードを特定してから、ステップ1301で根ノードを訪ね、その根ノードの子をステップ1302で承認する。ステップ1303で、この方法では、承認された子ノードのうち、まだ訪ねていないもので使用度パラメータが最高であるものを訪ねる。ステップ1304で、この方法では、現在訪ねているノードにまだ承認していない子があるかどうかを判断する。承認されていない子ノードがある場合には、分岐1350によりこれらの子ノードを承認し、ステップ1303で、承認された子ノードのうち、まだ訪ねられておらず、使用度パラメータを有するものを訪ねる。つまり、一連の子ノードの終わりに達するまで、ステップ1303、1304、および1305が実行される。まだ承認されていない子がないノードに達すると、分岐1351により方法1300はステップ1306へと進み、ここで現在訪ねているノードの親を再び訪ねる。ステップ1307で、方法1300では、現在訪ねているノードに承認された子のうちまだ訪ねていないものがあるかどうかを判断する。承認された子でまだ訪ねていないものがあれば、分岐1352により該方法はステップ1303へと戻る。しかし、承認された子でまだ訪ねていない子がなければ、分岐1353により方法1300はステップ1308へと進む。ステップ1308で、方法1300は、根ノードが再び訪ねられているかどうかをチェックする。方法1300により根ノードが再び訪ねられていなければ、分岐1354により方法1300はステップ1306へと戻り、現在訪ねているノードの親を再び訪ねる。ステップ1308で方法1300により根ノードが再び訪ねられていると判断されると、分岐1355により方法1300はステップ1309で終了する。

【0051】

つまり、本発明による使用度ベースの深さ優先方法1300は、葉ノードに達するまで、リンクされた一連のノードがある限りこれを訪ねる。方法1300が葉ノードに達すると、ステップ1306により方法1300は葉ノードの親へと戻り、その葉ノードの親の他の子を訪ねられるようにする。本質的に、訪ねられたノードの兄弟を訪ねる前に、その子孫全体の部分木を承認し、訪ねる。

【0052】

図14は、本発明による深さ優先方法1300により、図8の使用度パラメータベクトル800を使用して一般化された木構造600から生成された木構造1400を示す。ノード1が、木構造1400の根ノードである。ノード2および4は、ノード1の子として承認され、ノード2の使用度パラメータの方がノード4の使用度パラメータよりも高いため、ノード4よりも先にノード2が訪ねられる。ノード2が訪ねられた際に、ノード3および5がその子として承認される。次に、ノード5の使用度パラメータの方がノード3の使用度パラメータよりも高いため、ノード5が訪ねられる。ノード5が訪ねられた時、ノード6および8がその子として承認される。次に、ノード6の使用度パラメータの方がノード8の使用度パラメータよりも高いため、ノード6が訪ねられる。ノード6が訪ねられた時、ノード9がその子として承認され、訪ねられる。ノード9が訪ねられた時、ステップ1304により、ノード9によって承認される子がないことが判断され、ステップ1306でノード6を再び訪ねるように指示し、ステップ1307により、ノード6の承認される子のうちまだ訪ねていないものがもうないことが判断される。従って、分岐1353により方法はステップ1308へと進み、ノード6が根ノードではないことが判断される。分岐1354により、方法はステップ1306へと戻り、ノード6の親が再び訪ねられる。方法1300におけるこの時点では、ノード5が再び訪ねられている。ステップ1307により、ノード5の承認された子でまだ訪ねられていないもの、すなわちノード8があることが判断される。従って、分岐1352により方法1300はステップ1303へと戻り、ノード8が訪ねられる。ノード8が訪ねられているとき、ノード7がその子として承認される。ノード7が訪ねられているとき、ステップ1304によりノード7が承認できる子がないことが判断され、従ってステップ1306によりノード8を再び訪ねるように指示される。ステップ1307および1308を経て、ステップ1306により再び方法はノード5へと戻り、ステップ1307および1308の別のループによって方法はノ

ード2へと戻る。次に、ノード3が訪ねられてから、ノード2が再び訪ねられ、その後根ノード1が再び訪ねられる。ステップ1306により根ノード1を再び訪ねるように指示されると、ステップ1307により、根ノード1の承認された子でまだ訪ねられていないもの、すなわちノード4があることが判断される。従って、分岐1352によって方法はステップ1303へと戻り、ノード4が訪ねられる。しかし、ステップ1304により、ノード4が承認できる子がないことが判断され、そのため、分岐1351により方法はステップ1306へと戻り、根ノードがまた再び訪ねられる。このとき、ステップ1307により、根ノードの承認された子すべてが訪ねられたことが判断され、そのため分岐1353により方法はステップ1308へと進み、方法1300により根ノードが再び訪ねられていることが判断され、分岐1355により方法はステップ1309へと至って終了する。

10

【0053】

本発明による深さ優先方法1300における子ノードを訪ねる順序の決定に使用する使用度パラメータは、使用度ベースの幅優先方法900に関して上述したように様々な変形が可能である。すなわち、図13の方法1300を使用する際に、根ノードから所与のノードへの各リンクの関数で表される経路使用度、ノード使用度、リンクおよびノード使用度の一次または非線形関数、リンク使用度や、種々の他の使用度パラメータを使用してもよい。さらに、使用度ベースの幅優先方法1300をわずかに変形したものを本発明によって実施することも可能である。

【0054】

20

図15は、親ノード1501を中心に半径方向に木構造の表示をレイアウトする態様を示す。ノード1510、1520、1530、1540、1560、1570、1580、および1590は、親ノード1501の子である。便宜上、兄弟ノードの使用度パラメータに単純に関連するように参照番号が付されている。例えば、ノード1590はノード1580よりもその使用度パラメータが高く、一番使用度の低いノードはノード1510である。図15において、使用度の最も高いノード同士は、より使用度の低いノードを犠牲にして、互いに最適に離されている。したがって、ノード1590（最も使用度の高いノード）は、ノード1580（二番目に使用度の高いノード）から180度離れて配置される。使用度が最も高い4つのノード1590、1580、1570、および1560は、90度の角度を4つ形成するように配置され、使用度の最も低いノードは合計の使用度が最も高い2つの隣接するノードによって形成される角度を2等分するように配置される。

30

【0055】

このとき、その使用度パラメータによって兄弟ノードをソートする際にそのランクを考慮するのが有用である。ノード1590のランクは1であり、ノード1510のランクは8である。兄弟ノードのうちの使用度の高い半分のノードがレイアウトされると、そのランクの合計が最も低い2つの隣接する兄弟ノードが形成する角度を使用度の最も低いノードが二等分するように配置されるように、残りの半分である使用度の低い兄弟ノードをレイアウトしてもよい。例えば、ノード1590（ランク1）とノード1570（ランク3）の合計ランクは4であり、これは、4つの使用度の高いノードによって形成される直角のうち最もランクが小さい（つまり使用度が最高である）。したがって、使用度の最も低いノード1510はノード1590および1570を2分するように配置される。次に使用度の低いノードであるノード1520は、使用度の最も低いノードに対向して配置され、使用度の低い半分のノードのうちの残りのノードも、同様に、使用度の高い半分の兄弟ノードであるノードによって形成される角度を2分するようにレイアウトされる。この使用度ベースの表示を行うのに本発明によって様々な方法が考えられる。たとえば、兄弟ノードの総数に基づいて各兄弟ノードに一定量の角度スペースを割当て、使用度の高い半分の兄弟ノードが使用度に基づいて互いから最適に離されるようにこれらをプロットし、使用度の低い半分の兄弟ノードは、上述のように使用度の高い半分のノードによって形成される角度を二分するようにレイアウトしてもよい。この場合、使用度の最も高いノード同士を常に互いから180度の所に配置して、兄弟ノードの数がちょうど2のべき乗でない場

40

50

合でも、新しいノードをレイアウトするたびに、すでにレイアウトされた隣接するノード間の角度スペースを2分するようにしてもよい。

【0056】

図16は、その親ノード1501を中心とした兄弟ノード群の配置を決定するのにその使用度パラメータを使用してこれらを表示するための本発明による別の方法を示す。この方法では、使用度の最も高いノードを配置する角度としてある角度が指定される。円の角度、360度を兄弟ノードの総数で割る。使用度の最も高いノードはその指定された角度に配置され、その残りのノードはその次に使用度の高いノードに隣接して配置される。つまり、使用度が最高のノードが指定された角度に配置され、その使用度が最高のノードの隣に2番目に使用度の高いノードが配置され、その2番目に使用度の高いノードの隣に3番目に使用度の高いノードが配置されるという具合に最も使用度の低いノードまでレイアウトする。従って、各ノードの角度的配置がその親に対してのレイアウト角度と単純に関連する。

10

【0057】

図17は、23のノード1701-1723からなる一般化されたグラフ構造1700を示す。ノード1701を根ノードとして選択し、一般化された木構造1700の幅優先巡回を行うことで、サイクルを排除するようにリンク1750-1762を排除し、木構造を形成する。

【0058】

図18は、本発明による使用度ランクを用いて木構造を表示する方法を示す。ステップ1801で、木構造の各兄弟群について、各兄弟ノードがその使用度パラメータに従ってランク付けされる。ステップ1802で、木構造内のすべての兄弟群のランクに基づいて木構造がレイアウトされる。

20

【0059】

図19は、図17に示される一般化されたグラフ構造1700から得られる木構造のつぶれた円錐形の木を表示したものである。一般化されたグラフ構造1700のノードを表す点は、図17のノードの参照番号に対応する参照番号で示される。例えば、ノード1723は、表示1900の点1923で示される。このように、図17の参照番号に200を加えることにより、参照されるノードを表す点が得られる。図17において、種々のノードと関連する使用度パラメータは参照番号と逆の関係にある。例えば、兄弟ノード1702-1705の群の中で、ノード1702の使用度が最も高く、ノード1705は使用度が最も低い。つまり、参照番号は、その兄弟に関しての使用度パラメータのランクとしてみることができる。図19において、根ノード1901が中心に配置され、その子ノード1902, 1903, 1904, および1905が、図15に関して上述した最適に分離する方法によってレイアウトされる。同様に、ノード1902の8つの子ノードであるノード1906-1913は、図15に関して上述した態様でその中心にある親ノード1902から半径方向にレイアウトされる。同様に、ノード1906の子ノードであるノード1919-1922も、図15に関して上述した態様で最適な分離をとるようにレイアウトされる。ノード1903の子ノードであるノード1914-1917は、ランクが最高であり使用度も最高であるノード1914が中心1901からできるだけ離れるように配置され、その兄弟も上述のように配置される。子ノード1904は、点1918で中心1901からできるだけ離れて配置される。点1918の子(ノード1923)は、ノード1904からできるだけ遠く配置される。一般に、どの兄弟群における使用度が最高のノードも、その祖父ノードからできるだけ遠い角度に配置されるのが好ましいが、そうでなくてもはならないという本発明による要件があるわけではない。兄弟ノードをその隣接する兄弟ノードと線(例えば半透明の線(破線))で接続して、その兄弟関係をさらに明白にするようにしてもよい。このオプションの線が図19に示されているが、参照番号は付されていない。

30

40

【0060】

図19では、すべての兄弟ノードがその共通の親から一定半径の距離に配置される。図1

50

9に示される例では、この半径は、木構造においてノードの深さが増すごとに2分の1に減少する。しかし、その親からの兄弟ノードの半径がこのように深さと関連しなくてはならないわけではない。図19に示される表示1900では、各子ノードのレイアウト角度はその親から測定される。

【0061】

図20は、図17の一般化されたグラフ構造1700から生成された木構造の円形木表示を示す。図20において、使用度が最高のノードは、垂直に最も近い角度で配置される。例えば、ノード2002は深さ1において使用度が最高のノードであり、ノード2003は深さ1における次に使用度の高いノードであり、ノード2005は深さ1のうちで使用度が最も低いノードである。このように、垂直から始まって、時計回りに各深さの円周上に続けて配置することで、ユーザーはその深さのノードをその使用度の順に見ることができ、使用度が最も高いノードを最初に見ることとなる。兄弟ノード2006-2013のうち、ノード2006の使用度が最も高く、ノード2013の使用度が最も低い。図5を参照して説明したように、図20のレイアウトにおいて各葉ノードには一定量の角度スペースが割当てられる。図20のレイアウトでは、各子ノードのレイアウト角度を木構造のレイアウトの中心から測定する。したがって、各ノードのレイアウト角度は、中心2001からそのノードに伸びる半径と、中心2001から垂直に伸びる半径（図19の点2019を通る）とによって形成される角度として測定される。

【0062】

つぶれた円錐形の木の表示1900は、図15を参照して説明した最適な分離をとるレイアウト技術を使用しており、また、円形木表現2000は、ランクとレイアウト角度との単純な関係を用いてレイアウトされているが、兄弟の配置と表示アルゴリズムのタイプとの間にこの関係がなくてはならないという本発明による要件があるわけではない。たとえば、図示はされていないが、つぶれた円錐形の木表現において、図16に関連して説明した、レイアウト角度と兄弟ノードとの間に単純な関係が成り立つ方法によって決定されるように兄弟ノードを配置してもよい。同様に、円形木表示で、図15に関して説明した最適な分離をとる兄弟ノードレイアウト法を使用してもよい。

【0063】

本発明によるタイムチューブは、様々な変形をとげるデータへの迅速なアクセスおよびその興味深い変更の特定を可能にする視覚化の一種である。タイムチューブは、3次元の作業空間に存在し、2次元の円形のスライス（例えば円形木）を重ねて丸太のような円筒形の表現に整列させることによって形成される。円形木の各々は、（たとえばクラスタ化や時間的な）変形段階におけるデータの視覚表現である。結果として得られる視覚化により、ユーザーはある時点から別の時点においてデータがどのように変形されたかを見て取ることができる。このより高度なレベルの表現によって、ユーザーは、種々の操作（例えば、回転、ピッキング、ブラッシング等）およびナビゲーション技術（例えば視点の変更やズーム）を行って、大きなデータセットの複雑な変形を理解するとともに、データセットの中で興味深い領域を特定、分離することができる。タイムチューブはまた、新規な視覚化、レイアウトアルゴリズム、およびインタラクションの実例を示す枠組みを与える。

【0064】

本発明によるタイムチューブは、大きな文書の集まりの使用および構造における経時変化をいかに示すかという問題に対処する。様々な時点での2次元の環状木（または他のレイアウト）が計算される。存在するすべてのノードを用いて木をレイアウトする。ノードおよびリンクに色をつけて、付加、削除、および使用を示すようにしてもよい。本発明にしたがって様々な変形が可能である。本発明を使用して、ゼロックス社の10-Kをファイルしてからのゼロックスのサイトの使用における変化等のインターネットの事象を解釈することもできる。

【0065】

円形木を使用して、第3次元を時間を表すのに使用してもよい。タイムチューブの視覚化では、多数の円形木が空間軸に沿ってレイアウトされる。時間を表すのに空間軸を用いる

10

20

30

40

50

ことにより、情報空間－時間を単一の視覚化で見ることとなり、情報空間－時間空間全体で簡単に理解するのを促進する。従来のディスプレイモニタ104は2次元の表示装置であるため、この2次元のディスプレイ104上に3次元表示構造を投射しなくてはならない。したがって、第3の次元は最初の2つの次元に投射されるが、この投射は3次元構造の力を無効にするものではない。この読者の多くは、映画は2次元スクリーンに投射されるが表示されている3次元の内容は簡単に理解、鑑賞できることを簡単に証明できるだろう。

【0066】

本発明によるタイムチューブの情報空間－時間におけるスライスは、実際には互いに平行にレイアウトされるわけではない。各スライスは回転され、他のスライスと同じスクリーン面積を占めるようにされる。遠近法により、各スライスが互いに平行であれば、中央のスライスは側部のスライスよりも占める空間が小さくなる。さらに、見ている切頭体の左側にあるスライスの前面と、その右側にあるスライスの裏面を見ることになる。見ている際の興味度を注意深くモニタすることにより、システムによってあるスライスを強調したり、その他を弱めたりして、焦点＋内容の効果を得ることができる。円形木を見る者に向かって回転させると、このような多数の変数のマッピングが簡単になる。3次元の世界において円形木を2次元にすることにより、遠近感のゆがみおよび読みにくさはあるものの、マッピングの柔軟性がさらに大きくなる。

【0067】

円形木の各々に異なるレイアウトを持たせるのではなく、すべての木に対して組み合わされたレイアウトが生成される。タイムチューブの時間範囲全体において存在したことのある全文書を考慮に入れて、単一の円形木のレイアウトを計算することにより、スライステンプレートを生成し、これを円形木のスライスのすべてにおいて使用する。

【0068】

別の興味深いタイムチューブの変形例は、タイムチューブにおいて円形木を重ね、チューブ内を飛ばすか、または同様に、時間の順に円形木を次から次へと投げて、変化のアニメーションを形成することである。つまり、時間を空間にマッピングするのではなく、単に時間が時間にマッピングされる。この方法は、円形木が大きくなる可能性もあるため、よりコンパクトであり、人間の知覚システムの動き検出能力にからむものである。異なる時点での比較を行う能力は犠牲にするものの、変化の検出および一連の変化の解釈は高められる。

【0069】

本発明によるタイムチューブは、シリンダ（円筒形）内に整列された一連の個々の2次元の視覚化体（スライス）からなる。ある状態から別の状態へと変形する際に一連のデータに対して行われる変形（例えば、新しいエンティティの追加、既存のエンティティの値の変更、物理的サイズのゆがみ）が視覚化される。タイムチューブは、ある状態から別の状態へと1つ以上の変形を遂げる可能性がある。変形は円筒形チューブの長さを利用し、チューブの長さ全体に種々の変形段階でのデータの2次元表現またはスライスが配置される。タイムチューブは、表現のサイズ、色、およびレイアウトを替えることによって一度に変形のいくつかの次元を符号化できる。タイムチューブが視覚化できる変形の例としては、（1）時間的なもの（ウェブサイト分析ツールに関していえば、ウェブページは時間が経つにつれて追加、変更、削除される）、（2）値ベースのもの（ウェブサイト分析ツールに関していえば、頻度が色で符号化されるため、ページの訪問率が変わると、その対応する色も変化する）、（3）空間的なもの（ウェブサイト分析ツールはこの機能を使用しないが、エンティティは縮小したり拡大したりし得る）等が挙げられるが、これに限られるわけではない。

【0070】

データがいかにクラスタ化されるかというプロセスと、どの要素がどのクラスタに落ち着くかということを示すことができる。これらのタスク両方を同時に視覚的に行う機能はかなり便利なものである。さらに、サイズ、色、およびレイアウトにより重複

10

20

30

40

50

してクラスタ化の種々の面を符号化でき、データにおける傾向およびパターンを特定するのが簡単になる。

【0071】

本発明によるタイムチューブによって、いくつかの動作が可能になる。タイムチューブは円筒形の丸太状であるため、これをその軸に沿って回転させ、ユーザーの視点の近くにデータを移動させることができる。ユーザーはまた、1つのエンティティを選択し、各スライスにおいて対応するエンティティを強調する（ブラッシングといわれる技術）ことができる。ユーザーがあるスライスを特に面白いと感じると、それを捕らえて、タイムチューブからそのスライスをドラッグし、さらに調べることができる。スライスを回転させて、ユーザーに各スライスの正面の透視図を呈示できる。タイムチューブが3次元の作業空間にあるのであれば、ユーザーはタイムチューブを飛び回り、興味のある領域に対して近づいたり、離れたりできる。

10

【0072】

図21は、本発明による一連の関連したグラフを表示する方法を示す。ステップ2101で、すべてのグラフの一意的なノードすべてのインベントリ（一覧）を作成し、関連する一連のグラフのいずれかに存在したことがあるすべてのノードのリストを作成する。ステップ2102で、ステップ2101で生成されたインベントリに基づいて、スライステンプレート内でのノード位置が割当てられる。ステップ2103で、関連する一連のグラフの各々に存在する各ノードを、各ノードがあるグラフに対応する平面スライスに配置することによって、タイムチューブの平面スライスがレイアウトされる。

20

【0073】

図22は、本発明による方法2100によって表示するのに適切な一連の関連グラフを示す。図22は、関連する4つの別個のグラフを示す。すなわち、これらのグラフは共通ノードを有する。この4つのグラフをある時間にわたって起こったウェブサイトの発展として見てもよく、時間1に対応して示されるグラフの構造は、ウェブサイトの開始構造と見てもよい。時間2で、ノードHおよびIがノードBの子として付加される。時間3で、ノードDの子であったノードN、O、P、およびQが削除される。時間4で、ノードI、D、T、およびUが削除される。このように、数多くのノードが時間1から4にかけて常に残っているが、ある時間にかけてしか存在しないノードもあることが明らかとなる。

【0074】

図23は、タイムチューブを形成する平面スライスにおけるノードの配置を決定する平面テンプレートを示す。平面テンプレート2300は、任意の時間に存在したことがあるすべてのノードのインベントリを作成することによって構築される。ステップ2101で行われるインベントリ作成の際に、任意の時間に存在したことがあるすべてのノードを表す木構造を形成するために各ノードの親も記録しなくてはならない。平面テンプレート2300に示される点は、本発明によるタイムチューブを構成する各平面スライスにおける各ノードの配置に対応する。中央の点23Aは、ノードAを表示するための点であり、点23HはノードHを表示するための点である。ノードの文字に23を付けることで、各ノードに対応する平面テンプレートにおける位置の参照番号が簡単に得られる。

30

【0075】

図24は、本発明によるタイムチューブを構成する一連の平面スライスを示す。図24の平面スライス2400は、図22の一連の関連グラフと図23の平面テンプレート2300に対応する。

40

【0076】

図25は、本発明による関連した一連のグラフを表示する方法のいくつかの局面を示す。図25は、一連の平面スライスの次元の物理的なスケールリングを示す。点2501、2502、2503、および2504は各々同じノードを表す。ユーザーがカーソル2570を点2501上に置くと、線2550が、点2501－2504の関係を強調する。図25はまた、時間4から時間3を見たときの4つの要素2511－2514の1つの要素2510へのクラスタ化または凝集を示す。線2561－2564は、クラスタ化されたノ

50

ード2511ー2514が時間3でノード2510になる関係を強調している。簡潔にするために、図25は本発明による方法のいくつかの特徴を図示するのに用いられている。クラスタ化の状況を見るには、ユーザーは時間4の後に時間3が来るように、時間が右から左の方向に流れると考える必要がある。図25はまた、ノード2590および2591のように時間3での深さ3におけるノードの追加と、ノード2592および2593のように時間4での深さ4におけるノードの追加を示す。時間が右から左の方向に流れるように見ると、図25は、時間4で表示される一般化されたグラフ構造に適用できる一種のズームを示す。例えば、時間4に示されるグラフの深さ0, 1, 2のノードのズームまたは拡大された状態を時間1が示している。

【0077】

さらに、本発明によるタイムチューブは、サイクルを含み得る任意の一般化されたグラフを示すことができる。また、各平面スライスの各ノードが平面テンプレートで特定されたのと同じ位置に配置されなくてはならないわけではない。例えば、ノード間の対応関係を示すのに平面スライスにおける物理的な位置の継続性に頼るのではなく、図25の線2550等の半透明の線を使用してノード間の対応関係を示してもよい。

【0078】

本発明のタイムチューブの局面での好適な実施形態のインタラクティブな方法により、ユーザーは、視覚化されたものと様々な態様でインタラクションをとることができる。たとえば、ボタンをクリックすることにより、システムによりすべてのスライスが回転されて、これらを正面から見るができる。あるスライスをクリックすると、そのスライスを中心に焦点が合わされ、その週（またはその期間）の分のデータをより詳細に見ることができる。そのスライスは透明で円形の背景へともたらされ、タイムチューブ内のスライスが見える状態にされる。はじき上げるようなジェスチャにより、スライスはタイムチューブへと戻り、はじき落とすようなジェスチャによって、スライスは（わずかな角度を付けて）底部となる。スライス内を探索するのにカーソル制御装置105を使ってもよい。カーソルがあるノード上にあると、すべてのスライスにおいてそのノードが強調される。さらに、小さな情報領域がそのノードの詳細を示す。このインタラクションは、ユーザーが指でタイムチューブをブラッシングするようなもので、興味のある点の詳細を知ることができる。マウス105で探索しているとき、ユーザーはプログラムに対してブラウザ（Netscapeなど）にその特定のページを開くように指示することができ、本発明をウェブサーフィントoolsとすることが可能である。マウス105があるノード上で活性化されると、ホップが1回のリンクが青線で示される。別のボタンでは視点が変わり、タイムチューブを真っ直ぐ見下ろすこととなる。また、連続する各スライスのアニメーションを正面から見ることにもできる。これは、データの時間の次元を視覚化における時間の次元へとマッピングする。ノードを右クリックすると、そのノードのローカルな領域にズームインされて、より詳細が示される。ホームキーをたたくと、グローバル（全体）な視界に戻る。これにより、アナリストの間で好まれる「ドリルダウン」操作が可能になる。ローカルなパターンを迅速に探索することは、アナリストたちにとって大いに興味のあることである。

【0079】

ウェブサイトの使用パターンを視覚化することができると、アナリストは、本発明による方法を利用して興味深い質問に対する答えを得ることができる（例えば、何が人気のないものとなったのか、いつそうなったのか、ウェブサイトの再構築と相関関係があったのか、何が人気のあるページになったのか、いつそうなったのか、それはウェブサイトの再構築と相関関係があったのか、時間とともに追加されたアイテムにより使用度はどのような影響を受けたか、時間とともに削除されたアイテムにより使用度はどのような影響を受けたか、等）。アナリストがよく行うタスクに、2つの使用パターンの違いを求めることがある。視覚パターンを「見る」ことができると、アナリストは、そのもっとも大きな違いがどこにあるのかを知りたいと考えるであろう。すなわち、使用度が最も大きく上昇したのはどこか、最も大きく下降したのはどこか、使用度の変化は、ウェブサイトのある特定のトピックまたは領域と関係があるのか、等である。

10

20

30

40

50

【0080】

本発明の別の局面では、接続される要素群における活性化拡散のプロセスおよび結果の両方を視覚化する新奇な方法を説明する。活性化拡散とは、接続される要素のネットワークにある量（活性化）を投入することによる影響を求める一般化されたプロセスである。具体的には、活性化拡散は、接続の強さを表すフロマトリックス M を活性化ベクトル $A(t)$ で乗じ、新しいベクトル $A(t+1)$ を得ることにより行われる。本発明によるタイムチューブおよび円形木を使用して、活性化拡散のプロセスを視覚化できる。

【0081】

本発明は、ネットワーク状の文書群に存在する可能性のある関連性と、その関連性がいかに求められたかをどうやってユーザーに伝えるかという問題を解決する。これは特に文書の集まりが大きい場合に有用である。

10

【0082】

本発明によると、活性化拡散によって興味度が予測され、ユーザーにわかりやすくするためにその活性化拡散が視覚化される。カーソルでネットワーク内のいくつかの箇所を探索し、活性化が拡散されるのを観察することにより、静止表示では不可能である、ユーザーのリンクの理解につながる。

【0083】

本発明の非常に実用的な応用は、自分のまたは競争相手のウェブサイトに応用することである。より一般的に言えば、概ね木に例えることのできるどんなネットワークにも応用可能である。本発明はウェブサイトの視覚化を可能にし、それによってウェブサイトの管理者および設計者の理解を高め、競争力を持たせることができる。

20

【0084】

活性化拡散のアルゴリズムでは、一般化されるグラフ構造に埋め込まれた活性化ネットワークが活性化マトリックス R としてモデル化される。活性化マトリックス R は、各ノードがそれ専用の列および行を有するため、正方形である。対角線上にない各要素 R_{ij} は、ノード j からノード i に対する関連の強さを含み、対角線はゼロを含む。 R マトリックスの強さは、活性化の反復中に各ノードからそれ以外の各ノードに対してどれだけの活性化フローがあるかを決定する。一般化されたグラフ構造にもたらされている入力活性化は、活性化入力ベクトル C によって表され、 C_i は、各反復中にノード i にもたらされた活性化を表す。活性化のダイナミックスは、離散的な時間ステップ $t = 1, 2, \dots, N$ に対してモデル化され、ステップ t での活性化はベクトル $A(t)$ によって表され、要素 $A_i(t)$ はステップ t でのノード i における活性化レベルを表す。活性化フローの経時的進展は、以下の反復の式によって決定される。

30

【0085】

$$A(t) = C + MA(t-1)$$

上記の活性化拡散反復の式において、 M は、ノード間の活性化のフローおよび減衰を決定するフロマトリックスである。フロマトリックス M は、以下の式により特定される。

【0086】

$$M = (1 - g)I + aR$$

上記式において、 $0 < g < 1$ であり、 g は、それ以上活性化入力を受けないときにゼロに戻るノード活性の緩和を決定するパラメータであり、 a は、あるノードからその近傍のものへの活性化の拡散量を表す。 I は、恒等行列である。

40

【0087】

上述のように、円形木は、接続されるアイテムの集まりの2次元表現である。ウェブ分析ツールの場合、アイテムはウェブページであり、接続は文書間に存在するハイパーリンクである。円形木に垂直な面は、そのページが選択されたときに訪ねられた頻度を符号化するのに使用してもよい。本発明による活性化拡散に応用した場合、円形木に垂直な面は各ノードが受ける活性化量を符号化し、活性化バーとも呼ばれる。対応する活性化拡散値を示す要素の数は可変である。表示する要素の数は、これに限定されるわけではないが、たとえば、あらかじめ定められたもの（たとえば上位100の文書について活性化拡散値が

50

示される場合など)、特定された上位のパーセンテージや所定のしきい値等に基づいて、決定することができる。各活性化バーの色は、本発明によると1色に限られるわけではなく、活性化の値によって様々な色を使ったり、グラデーションであってもよい。活性化を拡散するのに種々のネットワークを使用できる。本発明によるウェブサイト分析ツールでは、内容、使用度、およびトポロジネットワークが使用されているが、推奨等の他のネットワークを使用してもよい。活性化は1つ以上のページや1つ以上のネットワークに同時に拡散されてもよい。

【0088】

活性化拡散の視覚化によって行えるよりパワフルな機能の一つに、種々のネットワークにおける活性化拡散の結果を示すことが挙げられる。さらに、重みづけ機構を用いてネットワークが組み合わされる場合、活性化バーにおいて各ネットワークに異なる色を利用することにより、ページの活性化に対する各ネットワークの貢献度を評価することができる。根底にある様々なフローネットワーク（例えば内容や使用度等）を使用することの効果は、結果として得られる活性化パターンを各ネットワークから減じ、その差を表示することによって判断できる。

10

【0089】

視覚化はインタラクティブであるため、ネットワークで拡散する活性化の量は、ページ上でカーソルが費やした時間量によって決定できる。このプロセスをドエル時間と称する。活性化入力を投入するのに使用するページの組は、ユーザーが視覚化において選択したページの履歴または他の何らかの手段（ユーザーがページをそこへ、かつそこからドラッグ・アンド・ドロップできる現在の活性化源を表示するテキストウィンドウなど）によって決定できる。さらに、そのページの組は、選択されたページの近傍にあるもの（ハイパーリンク構造、内容、使用度または他の何らかの尺度で）によってページが決定される一種の「ファジイブラッシング」によって決定できる。本発明による活性化拡張の結果を視覚化する特徴を、以下にさらに説明する。

20

【0090】

図26は、Matlab（従来の数学パッケージ）においてモデル化されるような活性化拡散を示す。x軸はゼロックス社のウェブサイトの幅優先探索により順序決めされた個々の文書を表し、y軸は各文書が受ける活性化の量を表し、z軸は活性化拡散プロセスの各ステップを表す。プロセスの結果はベクトルであり、Matlabでは2次元のプロットとして視覚化できる。

30

【0091】

活性化拡散の反復的なプロセスを本発明によるタイムチューブを用いて視覚化できる。タイムチューブの連続した円形木の各々（平面スライスとも称する）を用いて、活性化プロセスの各段階における活性化の結果を示す。この目的のためには活性化バーは活性化を表示する好適な方法ではない。というのは、各円形木に垂直な面を用いて変形を符号化するからである。これに代わって、円形木における各ノードの色を用いて活性化値を表示する。タイムチューブを用いた活性化拡散の視覚化により、ユーザーが位相変移の特定等、アルゴリズムにおける興味深い事象を特定、分析することが可能になる。位相変移は、活性化拡散アルゴリズムの連続するステップにおけるノードの活性化における変更がその符号を逆にする時に起こる。

40

【0092】

図27は、本発明による一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズム結果表示方法を示す。ステップ2701において、円形木が平面に表示される。ステップ2702で、活性化拡散アルゴリズムの入力ベクトルCが決定される。ステップ2703で、活性化拡散ベクトルAがN回の反復について反復的に計算される。ステップ2704で、最終活性化ベクトルA(N)が円形木の平面に垂直に表示される。ステップ2705で、方法2700により、活性化拡散アルゴリズムに対する入力がさらにあるかどうか判断される。入力がさらであれば、分岐2750によって方法はステップ2702へと戻り、新しい活性化入力ベクトルCが使用される。ステップ2705でそれ以上入力がないければ

50

、分岐 2751 により方法はステップ 2706 で終了する。

【0093】

図 28 は、本発明による活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法を示す。本発明によると、活性化入力とは種々のインタラクティブな態様で指定できる。たとえば、図 28 に示されるように、カーソル 2801 を表示されたノード 2805 に置き、このノードで活性化入力を経時的に累積加算するようにしてもよい。例えば、カーソル 2801 がノード 2805 上に長くあるほど、このノードに対してより多くの活性化入力が生成される。別の変形例として、あるノードに対して活性化入力を蓄積し始めるようにするのに、カーソルをそのノードの上に置き、マウスのボタンを押すことなどで選択しなくてもよいようにしてもよい。ユーザーはあるノードに対して活性化を加算してしまうと、カーソル 2801 を別のノードに移して、前に選択したノードに対して生成された活性化入力を維持しながら、その別のノードでの活性化の加算を始めるようにしてもよい。例えば、図 28 において、ユーザーは、カーソルを根ノード 2899 上に置いて根ノードをある期間にわたって選択することにより根ノードに対する活性化入力を加算しており、次にカーソル 2801 をノード 2805 へと動かして、根ノード 2899 に対してすでに定められた活性化入力に影響を与えることなく、ノード 2805 に対する活性化入力を加算し始めている。いかなる時も、表示 2800 は、そのときに存在する活性化入力ベクトル C から結果として得られる最終活性化ベクトル A (N) を反映する。したがって、N 個のステップの反復型活性化拡散アルゴリズムは、一般化されたグラフ構造の任意のノードについて活性化入力の量を変えることによって新しい活性化入力ベクトル C が生成される限り、継続的に実行される。図 28 は一般化されたグラフ構造の円形木の表現を示しているが、上述のように、一般化されたグラフ構造に存在する多くのリンクを、この表示される木構造から省略してもよい。したがって、本発明による活性化拡散アルゴリズムの結果表示方法の別の局面によると、ユーザーがノードを選択するたびに半透明の線が現れ、一般化されたグラフ構造における省略されたリンクを示す。例えば、図 28 において、ユーザーはノード 2805 を選択しており、半透明の線 2820 および 2821 はノード 2805 をそれぞれノード 2806 および 2807 に接続する。半透明の線 2820 および 2821 は、一般化されたグラフ構造に存在するものの木構造では省略されたリンクを表す。これらの半透明の線 2820 および 2821 により、ユーザーは活性化入力が加えられたノードから活性化が拡散したノードへとどのように活性化が拡散したかを理解しやすくなるであろう。例えば、2805 で加えられた活性化の一部が恐らく、木構造では示されなかったリンク 2821 を介してノード 2807 へと拡散しているであろう。活性化入力をノードに加える別の機構では、ノードを選択し、加えるべき活性化量をタイプする。ユーザーはいつでも活性化入力ベクトル C をリセットして活性化入力を再びゼロから加算し始めることができる。ノード上のカーソルのドエル時間を測定することによる活性化入力ベクトルの形成と最終の活性化の表示がインタラクティブな特徴を持つことで、フローネットワークのダイナミックなシミュレーションが実現され、それによりユーザーの一般化されたグラフ構造のダイナミックスに対する理解を大きく促進する。

【0094】

図 29 は、(図 28 を参照して説明した N 回反復した後のものだけでなく) N 回の反復中の活性化ベクトル A (t) の状態を表示する方法を示す。入力ベクトル C がステップ 2901 で決定されると、ステップ 2902 で活性化拡散ベクトル A が N 回の反復について計算され、その反復ステップのいくつかまたはすべてにおいて活性化拡散ベクトル A (t) の値 (0 ないし N におけるいくつかまたはすべての t の値) が保存される。ステップ 2903 で、選択された活性化ベクトルが、タイムチューブを構成する平面スライスに色で符号化された種々のリンクおよび／またはノードにおける活性化レベルを有するタイムチューブ内の円形木として表示される。これに代わる実施形態として、活性化拡散アルゴリズムの種々の時間ステップでの活性化ベクトルをタイムチューブの時間軸と一致した活性化バーで表示してもよいが、これは平面スライス間の時間の次元に十分な間隔があって、活性化バーがタイムチューブの隣接する平面スライスと交差しない場合に限られる。これを

図 30 に示す。

【0095】

図 30 において、時間 1 で大量の活性化がノード 3011 に加えられる。時間 2 において、その活性化のいくらかがノード 3022, 3032, 3042, 3052, 3072, 3062, 3082, および 3092 へと拡散している。時間 4 までに、最終活性化ベクトル A (N) が示される。大量の活性化が、N 回の反復後、ノード 3084 で終了している。活性化拡散アルゴリズムは（適切なフローマトリックス M と使用すると）漸近収束する最終活性化ベクトル A (N) を生成するため、反復の最後の方における変化が小さくなることから、反復の最後の方よりも最初の方をより頻繁に表示するのが有用な場合がある。または、表示すると選択した反復は、変化が最も大きいところに基づいても良いし、活性化拡散アルゴリズム中に検出された位相変移に基づいても良く、または、もちろん N-1 のすべての中間活性化ベクトルを表示してもよい。図 28 の円形木表示および図 30 のタイムチューブ表示において、2 つ以上の活性化ベクトルを計算し、表示しても良い。たとえば、ウェブサイトの分析者は、推奨する使用パターンと観察された使用パターンとの差の表示を、2 つの別個のフローマトリックス M1 および M2 に同じ活性化入力ベクトル C を拡散させて、結果として得られる最終活性化ベクトル間の差をその円形木に表示することで行いたいと考えるかもしれない。もちろん、この差の計算のプロセスは、図 30 に示されるようにタイムチューブ上に示すことができる。

10

【0096】

さらに、異なるフローマトリックス M1 および M2 の重み付けした組み合わせを計算して、その結果をタイムチューブまたは円形木上に表示し、活性化ベクトルを表す活性化バーを分割して、各活性化レベルのどの部分がどのフローマトリックスによるものかがユーザーにわかるようにしても良い。

20

【0097】

ウェブはまだ初期段階にあるため、ウェブ環境におけるインタラクションや関係があまり良く理解されていないのも不思議ではない。ワールドワイドウェブがユーザーの数においてもアクセスできる文書の数においても拡大するにつれて、情報の提供者と、情報の特徴と、情報のユーザーとの相関関係の理解という問題は恐らく残っていくであろう。

【0098】

本発明による視覚化方法は、表示できるデータ量の面でウェブ分析プログラムの機能を拡張するとともに、ウェブ環境の発展パターンをより明らかにするものである。

30

【0099】

本発明の種々の局面をその実施形態に照らして説明してきたが、これらの実施形態は単に例であり、これに限定されるものではない。上記の本発明の詳細な説明は、単に例示および説明を目的とするものである。本発明はここに開示した形態に尽きるものでも限定されるものでもなく、明らかに上述の教示に鑑みて数多くの変形および変更が可能である。ここで説明した実施形態は本発明の原理とその実用を最も良く説明し、当業者が本発明を種々の実施形態で意図する用途に適したように種々の変更を加えて最良に利用できるように選択されたものである。当業者であれば、この開示によって上記の実施形態に種々の追加または変更を加えることが可能である。これらの追加および変更も本発明の範囲内であり、その範囲は前掲の特許請求の範囲によって定義される。

40

（付記）本願は以下の発明を提供する。一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法であって、（a）前記一般化されたグラフ構造のすべてのノードを木構造で表示するステップと、（b）活性化入力ベクトル C を得るステップと、（c）フローマトリックス M を用いて N 回の反復について活性化ベクトル A を反復的に計算するステップと、（d）前記木構造のノード上に最終活性化ベクトル A (N) のエントリを表示するステップと、を含むことを特徴とする方法。上記発明であって、前記ステップ（a）が、（e）前記木構造を平面的な円形木として表示するステップを含むことを特徴とする方法。上記発明であって、前記ステップ（a）が、（f）前記木構造を平面的なつぶれた円錐形として表示するステップを含むことを特徴とする方法。上記発明であ

50

って、前記ステップ(c)が、(g) N回の反復について第1および第2のフローマトリックスM1およびM2を用いて第1および第2の活性化ベクトルA1およびA2を反復的に計算するステップを含み、前記ステップ(d)が、(h) 第1および第2の最終活性化ベクトルA1(N)およびA2(N)の対応するエントリの差を、該対応するエントリが関連する前記木構造のノード上に表示するステップを含むことを特徴とする方法。上記発明であって、前記ステップ(c)が、(i) N回の反復について第1および第2のフローマトリックスM1およびM2を用いて第1および第2の活性化ベクトルA1およびA2を反復的に計算するステップを含み、前記ステップ(d)が、(j) 第1および第2の最終活性化ベクトルA1(N)およびA2(N)の対応するエントリの和を、該対応するエントリと関連する前記木構造のノード上に、該対応するエントリのうちの1つをその各々が表す第1および第2の異なる色のセグメント(部分)を有する活性化バーとして表示するステップを含むことを特徴とする方法。

10

一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法であって、(a) 活性化入力ベクトルCを得るステップと、(b) フローマトリックスMを用いてN回の反復について活性化ベクトルAを反復的に計算するステップと、(c) 複数の構造的に同一である、前記一般化されたグラフ構造の平面グラフ表現を表示するステップとを含み、該平面グラフ表現の各々はN回の反復のうちの一意的な一つに対応し、ノードの活性化レベルが該平面グラフ表現に色で符号化されることを特徴とする方法。上記発明であって、前記複数の構造的に同一なグラフ表現における最初の平面グラフ表現が活性化入力ベクトルCに対応し、前記複数の構造的に同一なグラフ表現における最後の平面グラフ表現が最終活性化ベクトルA(N)に対応することを特徴とする方法。

20

コンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記コンピュータ読み出し可能記憶媒体上で実現され、一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法を実行するようにコンピュータをプログラムするためのコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含み、前記方法が(a) 前記一般化されたグラフ構造のすべてのノードを木構造で表示するステップと、(b) 活性化入力ベクトルCを得るステップと、(c) フローマトリックスMを用いてN回の反復について活性化ベクトルAを反復的に計算するステップと、(d) 前記木構造のノード上に最終活性化ベクトルA(N)のエントリを表示するステップと、を含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。上記発明における、コンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記ステップ(a)が、(e) 前記木構造を平面的な円形木として表示するステップを含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。上記発明におけるコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記ステップ(a)が、(f) 前記木構造を平面的なつぶれた円錐形として表示するステップを含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。上記発明におけるコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記ステップ(c)が、(g) N回の反復について第1および第2のフローマトリックスM1およびM2を用いて第1および第2の活性化ベクトルA1およびA2を反復的に計算するステップを含み、前記ステップ(d)が、(h) 第1および第2の最終活性化ベクトルA1(N)およびA2(N)の対応するエントリの差を、該対応するエントリが関連する前記木構造のノード上に表示するステップを含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。上記発明におけるコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記ステップ(c)が、(i) N回の反復について第1および第2のフローマトリックスM1およびM2を用いて第1および第2の活性化ベクトルA1およびA2を反復的に計算するステップを含み、前記ステップ(d)が、(j) 第1および第2の最終活性化ベクトルA1(N)およびA2(N)の対応するエントリの和を、該対応するエントリと関連する前記木構造のノード上に、該対応するエントリのうちの1つをその各々が表す第1および第2の異なる色のセグメント(部分)を有する活性化バーとして表示するステップを含むことを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

30

40

50

コンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記コンピュータ読み出し可能記憶媒体上で実現され、一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法を実行するようにコンピュータをプログラムするためのコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含み、前記方法が（a）活性化入力ベクトルCを得るステップと、（b）フローマトリックスMを用いてN回の反復について活性化ベクトルAを反復的に計算するステップと、（c）複数の構造的に同一である、前記一般化されたグラフ構造の平面グラフ表現を表示するステップとを含み、該平面グラフ表現の各々はN回の反復のうちの一意的な一つに対応し、ノードの活性化レベルが該平面グラフ表現に色で符号化されることを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。上記発明におけるコンピュータ読み出し可能プログラムコードを含むコンピュータ読み出し可能記憶媒体であって、前記複数の構造的に同一なグラフ表現における最初の平面グラフ表現が活性化入力ベクトルCに対応し、前記複数の構造的に同一なグラフ表現における最後の平面グラフ表現が最終活性化ベクトルA（N）に対応することを特徴とするコンピュータ読み出し可能記憶媒体。

10

一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示するための装置であって、プロセッサと、前記プロセッサに結合される表示デバイスと、前記プロセッサに結合され、前記一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法を実行するように前記装置をプログラムするためのプロセッサ読み出し可能プログラムコードを含むプロセッサ読み出し可能記憶媒体と、を備え、前記方法が、（a）前記一般化されたグラフ構造のすべてのノードを木構造で表示するステップと、（b）活性化入力ベクトルCを得るステップと、（c）フローマトリックスMを用いてN回の反復について活性化ベクトルAを反復的に計算するステップと、（d）前記木構造のノード上に最終活性化ベクトルA（N）のエントリを表示するステップと、を含むことを特徴とする装置。

20

一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示するための装置であって、プロセッサと、前記プロセッサに結合される表示デバイスと、前記プロセッサに結合され、一般化されたグラフ構造に関連する活性化拡散アルゴリズムの結果を表示する方法を実行するように前記装置をプログラムするためのプログラムコードを含むプロセッサ読み出し可能記憶媒体と、を備え、前記方法が、（a）活性化入力ベクトルCを得るステップと、（b）フローマトリックスMを用いてN回の反復について活性化ベクトルAを反復的に計算するステップと、（c）複数の構造的に同一である、前記一般化されたグラフ構造の平面グラフ表現を表示するステップとを含み、該平面グラフ表現の各々はN回の反復のうちの一意的な一つに対応し、ノードの活性化レベルが該平面グラフ表現に色で符号化されることを特徴とする装置。

30

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の方法を実行するのに適切な汎用コンピュータを示す図である。

【図2】 一般化されたグラフ構造を示す図である。

【図3】 図2の一般化されたグラフ構造から生成される木構造を示す図である。

【図4】 各ノードの深さを示す図3の木構造の別の図である。

【図5】 図3および図4の木構造の円形木表現を示す図である。

【図6】 9つのノードを有し、多くのサイクルを含む一般化されたグラフ構造の図であって、本発明による種々の使用度ベースの木構造生成方法を説明するのに用いる図である。

40

【図7】 図6の一般化されたグラフ構造に対応するトポジマトリックスを示す図である。

【図8】 図6の一般化されたグラフ構造のノードに関する使用度パラメータベクトルを示す図である。

【図9】 本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための幅優先方法を示す図である。

【図10】 図8のノード使用度パラメータベクトルを用いて、図9の幅優先方法によって図6の一般化されたグラフ構造から生成される木構造の図である。

50

【図 1 1】 図 6 の一般化されたグラフ構造のリンクに関する使用度パラメータマトリックスの図である。

【図 1 2】 図 1 1 のリンク使用度パラメータマトリックスを用いて、図 9 の幅優先方法によって図 6 の一般化されたグラフ構造から生成される木構造の図である。

【図 1 3】 本発明による一般化されたグラフ構造から木構造を生成するための深さ優先方法を示す図である。

【図 1 4】 図 8 のノード使用度パラメータベクトルを用いて、図 1 3 の深さ優先方法によって図 6 の一般化されたグラフ構造から生成される木構造の図である。

【図 1 5】 その親に対して兄弟ノードを表示するための本発明によるノード配置の図であって、そのレイアウト角度がその使用度パラメータによってランク付けされた最高ランクの兄弟ノード同士が最適に分離されることを示す図である。

10

【図 1 6】 その親に対して兄弟ノードを表示するための本発明によるノード配置の図であって、そのレイアウト角度がその使用度パラメータによってランク付けされたランクとともに単純に増大することを示す図である。

【図 1 7】 別の一般化されたグラフ構造を示す図である。

【図 1 8】 本発明による使用度に基づいて木構造を表示する方法を示す図である。

【図 1 9】 本発明による方法によって表示される図 1 7 の一般化されたグラフ構造のつぶれた円錐形の木表現を示す図である。

【図 2 0】 本発明による方法によって表示される図 1 7 の一般化されたグラフ構造の円形木表現を示す図である。

20

【図 2 1】 本発明によるタイムチューブにおける関連した一連のグラフを表示する方法を示す図である。

【図 2 2】 本発明によるタイムチューブ内の一連の平面スライスとして表示するのに適切な関連した一連のグラフを示す図である。

【図 2 3】 本発明による関連した一連のグラフのタイムチューブの表現の平面スライスにおけるノード配置を決定するための平面テンプレートを示す図である。

【図 2 4】 本発明による方法によって表示される変化する木構造を表すタイムチューブ内の一連の平面スライスを示す図である。

【図 2 5】 タイムチューブにおける一連の平面スライスを示す図であって、時間軸が左から右へと動くように解釈すると新しいノードの追加と空間の縮小を示すとともに、時間軸が右から左へと動くように解釈するとノードのクラスト化および空間の拡大を示す図である。

30

【図 2 6】 従来の数学パッケージによって表示された活性化拡散アルゴリズムにおけるウェブページの活性化レベルを示す図である。

【図 2 7】 本発明による活性化拡散アルゴリズムにおいてインタラクティブに活性化入力を受け、その結果を表示するための方法を示す図である。

【図 2 8】 図 2 6 の方法による活性化拡散結果の表示と新しい活性化入力の指定を示す図である。

【図 2 9】 タイムチューブの一連の平面スライスにおいて活性化拡散プロセスを表示するための本発明の方法を示す図である。

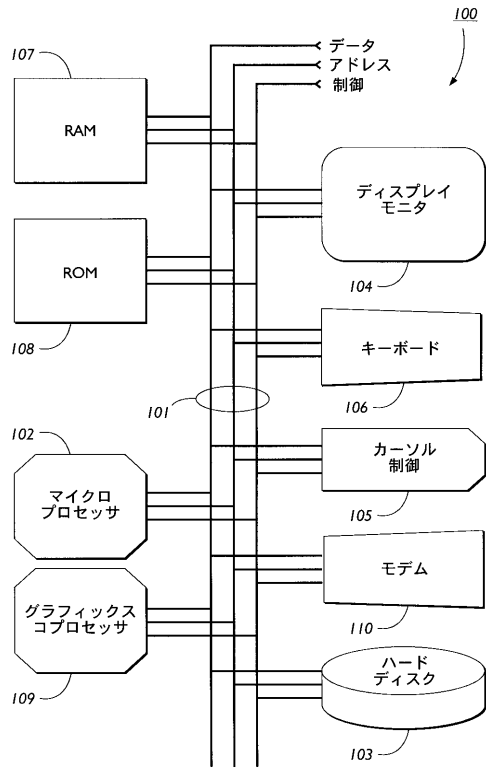
40

【図 3 0】 本発明の図 2 8 の方法によって生成されるタイムチューブの一連の平面スライスにおける活性化拡散プロセスの表示を示す図である。

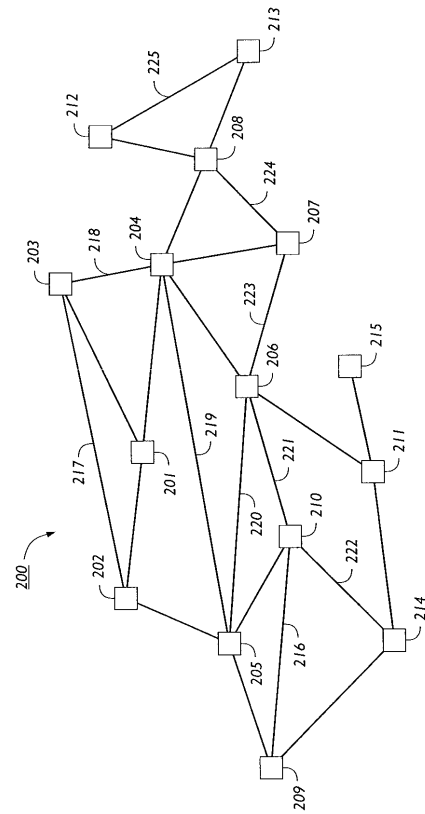
【符号の説明】

1 0 2 マイクロプロセッサ、1 0 3 ハードディスク、1 0 4 ディスプレイモニタ、1 0 5 カーソル制御装置、1 0 6 キーボード、1 0 9 グラフィックスコプロセッサ、1 1 0 モデム。

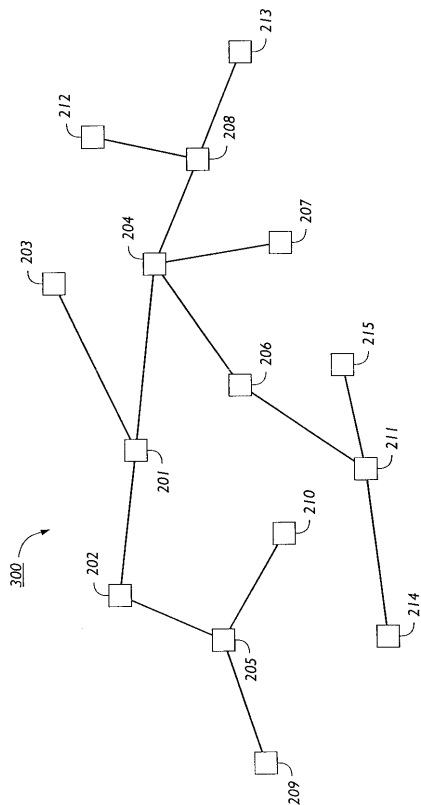
【図 1】



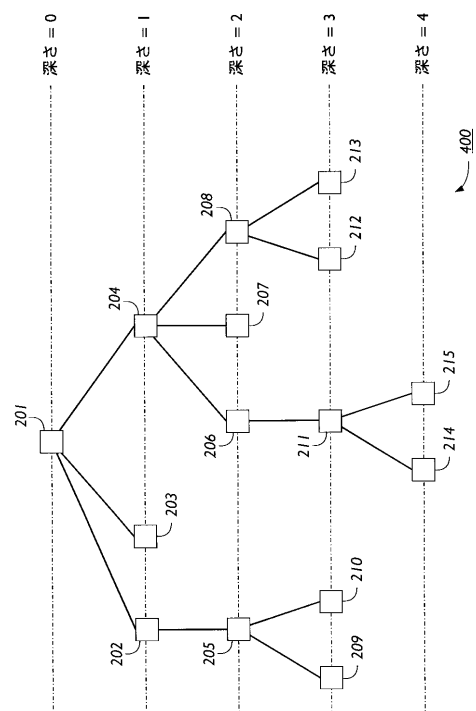
【図 2】



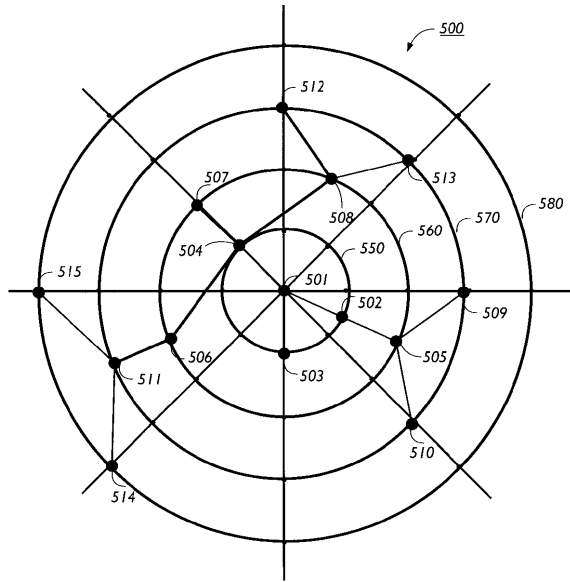
【図 3】



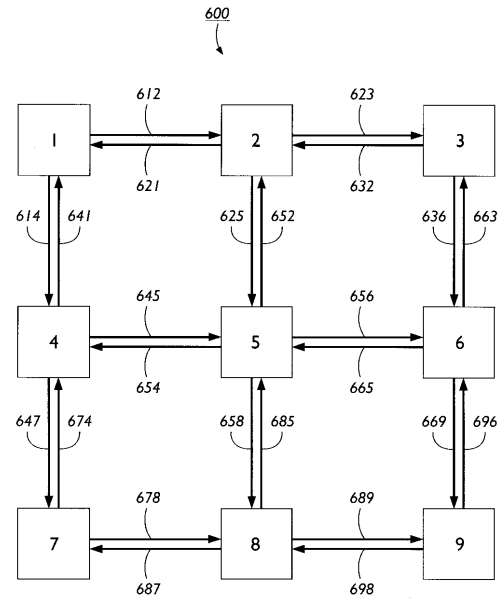
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】

700

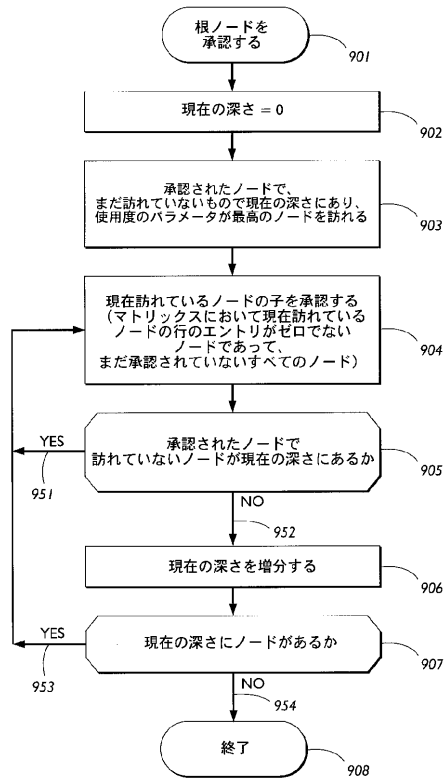
ノード ノード から	ノード へ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
4	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
5	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
6	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
7	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
8	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
9	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0

【図 8】

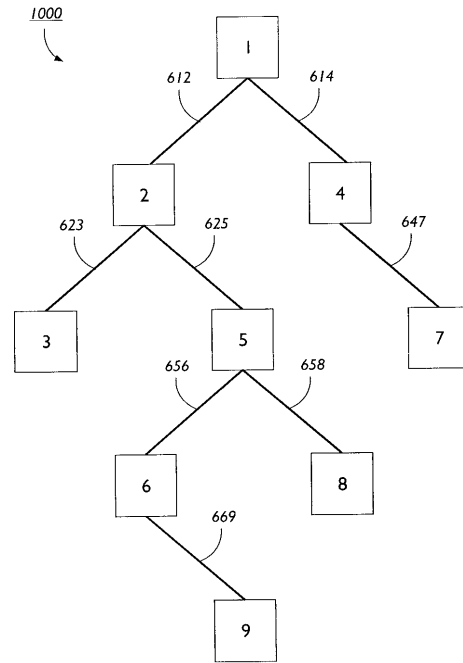
800

使用度	
75	801
84	802
6	803
51	804
86	805
96	806
44	807
29	808
14	809

【図 9】



【図 10】

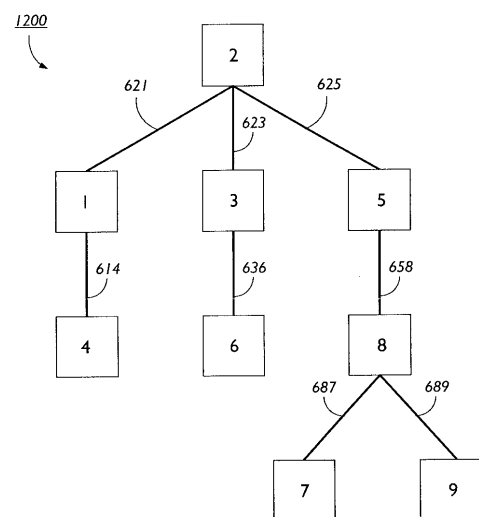


【図 11】

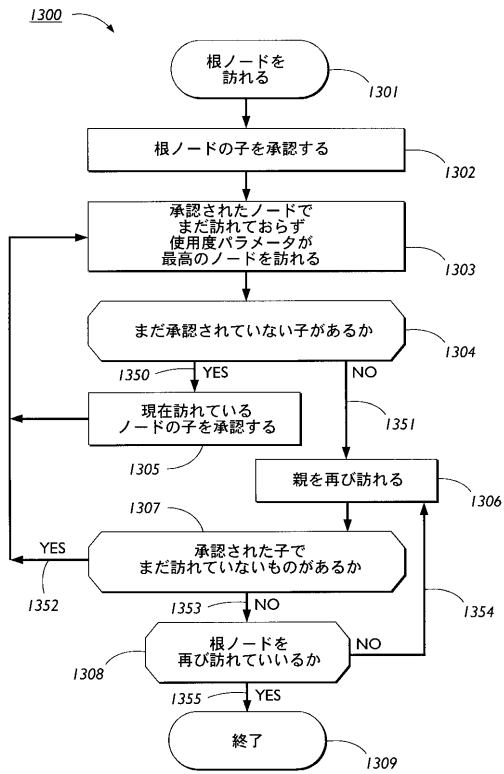
1100

ノード ノード から	ノード へ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1			87		35					
2	52		74		6					
3		62				33				
4	98				92		75			
5		28		85		76		48		
6			14		4					51
7				99					63	
8					46		79		65	
9						66		26		

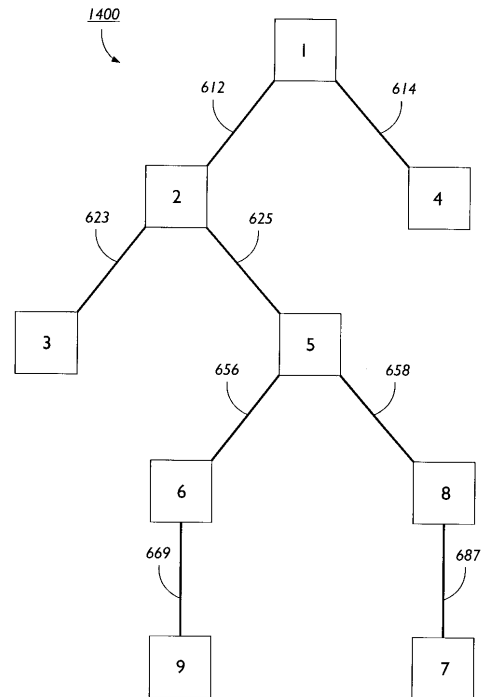
【図 12】



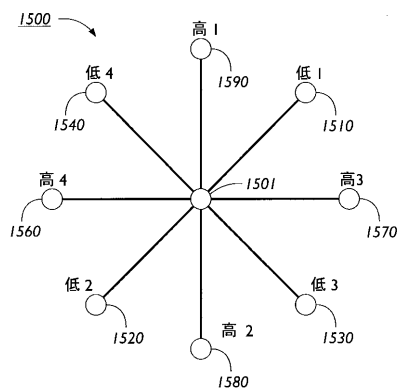
【図 13】



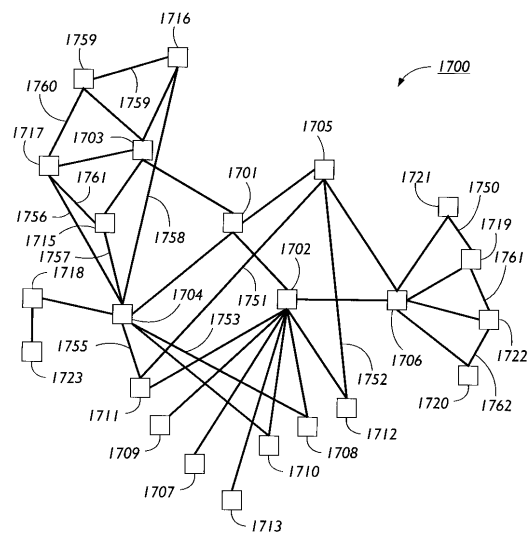
【図 14】



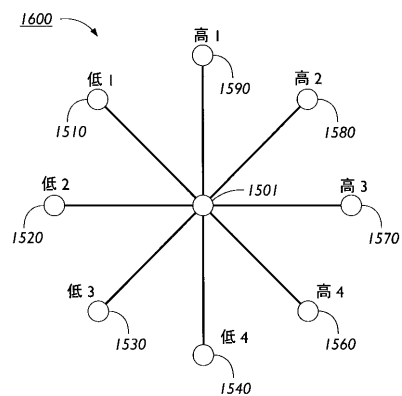
【図 15】



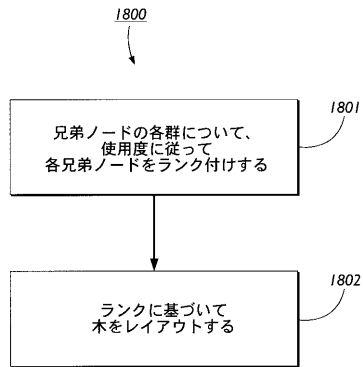
【図 17】



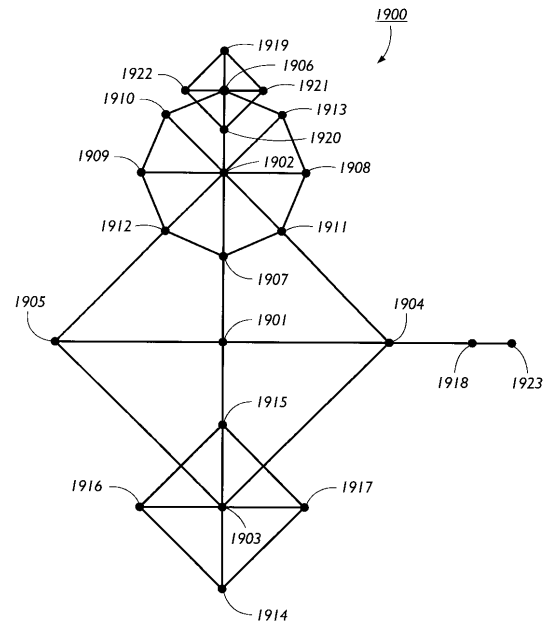
【図 16】



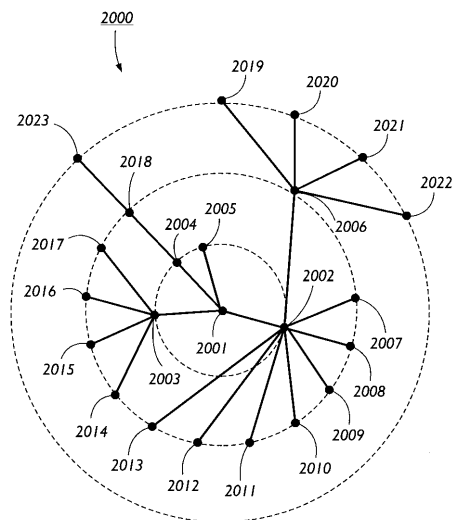
【図 18】



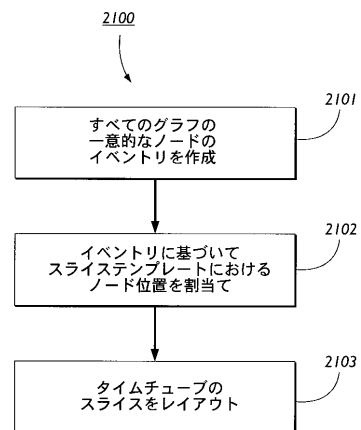
【図 19】



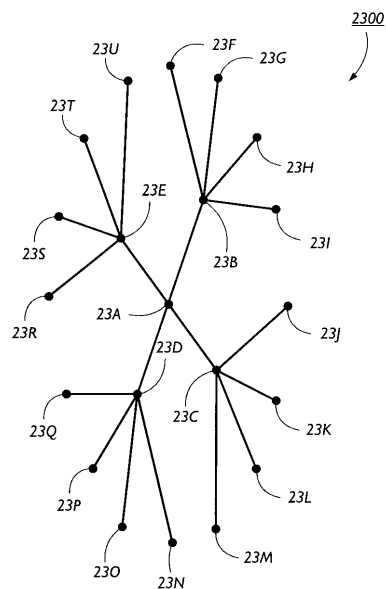
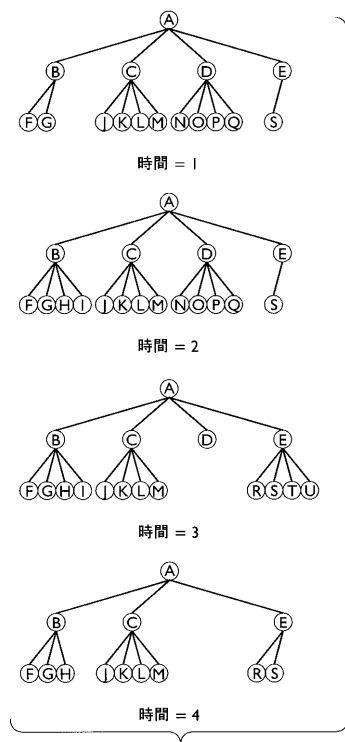
【図 20】



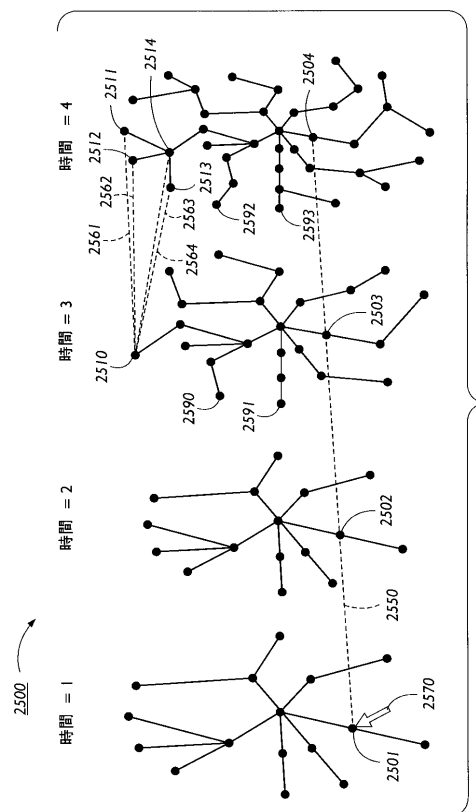
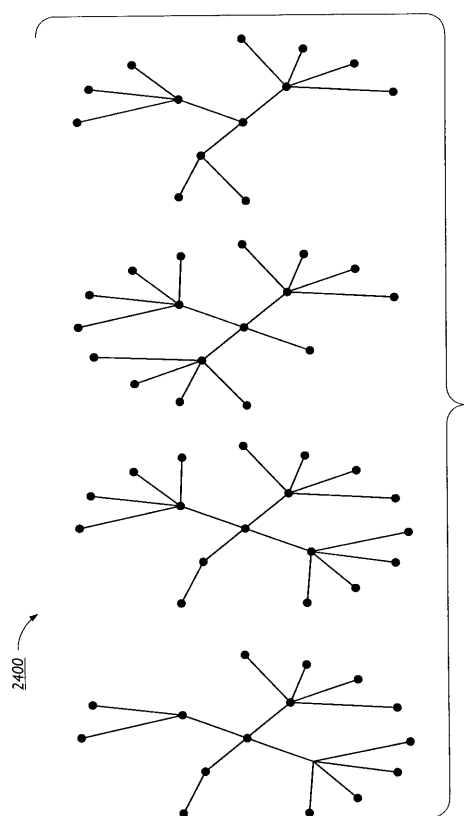
【図 21】



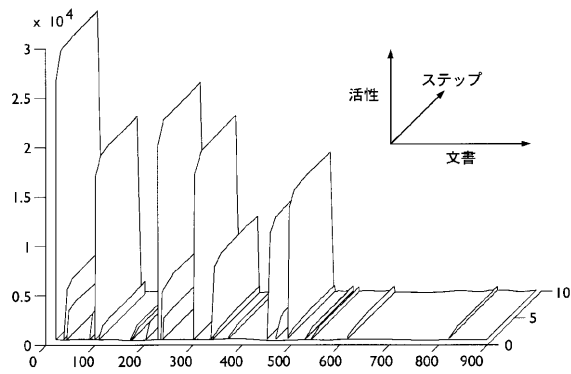
【図 23】



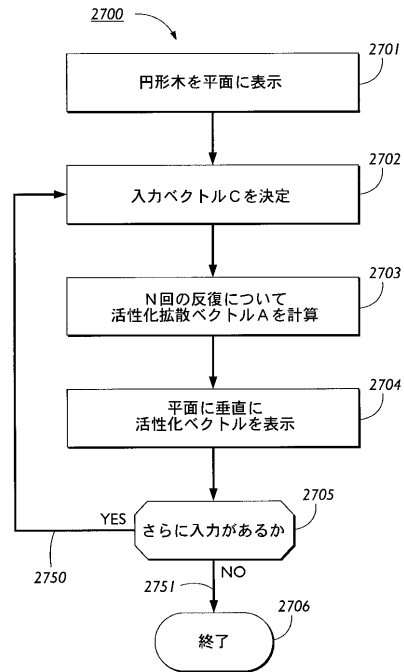
【図 25】



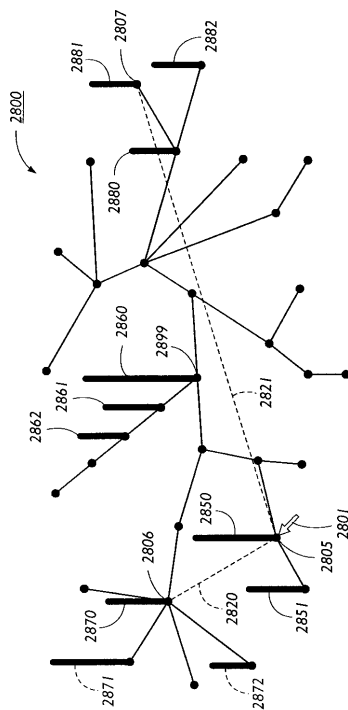
【図 26】



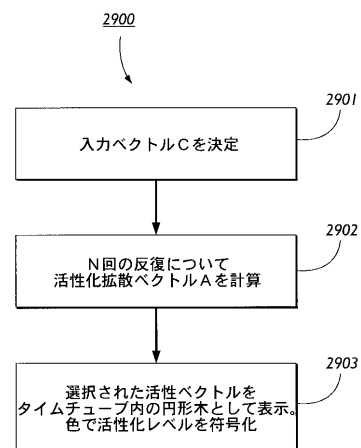
【図 27】



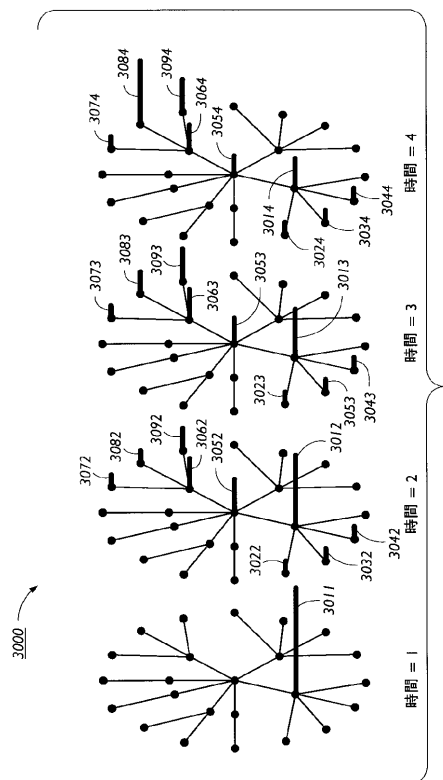
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

- (72)発明者 ジェームズ イー ピトコウ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 パロ アルト エルスワース プレース 742
- (72)発明者 エド エイチ チー
アメリカ合衆国 ミネソタ州 ミネアポリス ショアビュー アベニュー サウス 5241
- (72)発明者 スチュアート ケイ カード
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ロス アルトス ヒルズ ラクレスタ ドライブ 13023
- (72)発明者 ジョック デー マッキンレー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 パロ アルト ロス ロード 3240
- (72)発明者 リッチ ゴスウェラー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サニーベール ベルモント テラス 991-3

審査官 廣瀬 文雄

- (56)参考文献 特開平09-198408 (JP, A)
特開平11-085837 (JP, A)
特開平09-288556 (JP, A)
特開平11-327993 (JP, A)
特開平11-327994 (JP, A)
米国特許第5835905 (US, A)
三宅 恭子, 追加学習が可能な連想記憶モデルの動作解析としきい値制御の影響, 電子情報通信学会技術研究報告, 日本, 社団法人電子情報通信学会, 1994年 5月19日, 第94巻第40号, 95~102頁
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G06F 3/14-3/153
G06F 17/30