

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-113900

(P2006-113900A)

(43) 公開日 平成18年4月27日(2006.4.27)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
G06Q 50/00	(2006.01)	G06F 17/60	150	
G06Q 90/00	(2006.01)	G06F 17/60	516	

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2004-302008 (P2004-302008)	(71) 出願人	000005496 富士ゼロックス株式会社 東京都港区赤坂二丁目17番22号
(22) 出願日	平成16年10月15日(2004.10.15)	(74) 代理人	100086531 弁理士 澤田 俊夫
		(74) 代理人	100093241 弁理士 宮田 正昭
		(74) 代理人	100101801 弁理士 山田 英治
		(72) 発明者	藤本 正和 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリー ンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内
		(72) 発明者	根本 啓一 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリー ンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内 最終頁に続く

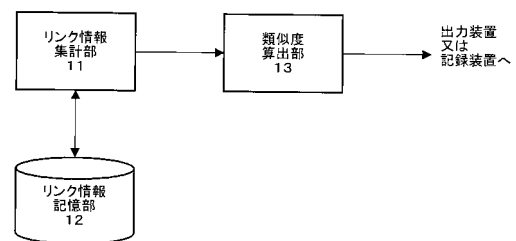
(54) 【発明の名称】 情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラム

(57) 【要約】

【課題】 通信ネットワークや、交通流量、人脈ネットワークなどのように、ノードが固定で時間的あるいは何らかの操作により変化していくネットワークを好適に評価する。

【解決手段】 ノードが固定であるネットワークにおける時間的変化を、時間が前後するネットワークの類似度に基づいて表す。また、ノードが固定であるネットワークにおけるリンクによる違いを、ネットワークの類似度に基づいて表す。例えば人脈ネットワークの場合、リンクの違いは、人の認識、メールなどのコミュニケーションのログ、行動ログのうち2以上の間の違いである。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

固定されたノードと各ノード間を結ぶリンクで構成されるネットワークの類似度を処理する情報処理システムであって、

比較対象となる各ネットワークにおけるノード間のリンクを示すリンク情報を入力するリンク情報入力手段と、

比較対象となる各ネットワークにおけるリンク情報を集計し、ノード間におけるリンクの有無若しくはリンクの量を求めるリンク情報集計手段と、

比較対象となるネットワーク間において、全ノード間におけるリンクの比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出するネットワーク類似度算出手段と、
を具備することを特徴とする情報処理システム。

10

【請求項 2】

前記リンク情報集計手段は、比較対象となる各ネットワークにおいて、各ノード間のリンクの有無を集計し、

前記ネットワーク類似度算出手段は、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間におけるリンクの有無の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理システム。

【請求項 3】

前記リンク情報集計手段は、比較対象となる各ネットワークにおいて、各ノード間のリンクの量を集計し、

前記ネットワーク類似度算出手段は、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間におけるリンクの量の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の情報処理システム。

20

【請求項 4】

各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換するリンク比率算出手段をさらに備え、

前記ネットワーク類似度算出手段は、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間におけるリンク比率の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出する、

ことを特徴とする請求項 3 に記載の情報処理システム。

30

【請求項 5】

前記リンク比率算出手段は、リンク比率として、比較対象となるネットワーク双方のリンク量の最大値に対する比率をとる、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の情報処理システム。

【請求項 6】

前記リンク比率算出手段は、リンク比率として、各ネットワーク内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の情報処理システム。

40

【請求項 7】

ネットワーク内でノードの増減がある場合において、比較対象となるネットワークのうちノードの少ない方に、他のノードとのリンクを持たないダミーのノードを追加し、比較対象となるネットワーク間でノードの対応関係を形成するダミーノード追加手段をさらに備える、

ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の情報処理システム。

【請求項 8】

前記ネットワーク類似度算出手段は、全ノード間におけるリンクの比較結果の総和を比較対象となるネットワークにおいて可能なリンクの数で割った値に基づいてネットワーク類似度を算出する、

50

ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の情報処理システム。

【請求項 9】

ノード間のリンクが方向性を持たない場合は、前記ネットワーク類似度算出手段は、ノードの数の組合せに基づいて可能なリンクの数を算出する、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の情報処理システム。

【請求項 10】

ノード間のリンクが方向性を持つ場合は、前記ネットワーク類似度算出手段は、ノードの数の順列に基づいて可能なリンクの数を算出する、
ことを特徴とする請求項 8 に記載の情報処理システム。

【請求項 11】

固定されたノードと各ノード間を結ぶリンクで構成されるネットワークの類似度を処理する情報処理方法であって、

比較対象となる各ネットワークにおけるノード間のリンクを示すリンク情報を入力するリンク情報入力ステップと、

比較対象となる各ネットワークにおけるリンク情報を集計し、ノード間におけるリンクの有無若しくはリンクの量を求めるリンク情報集計ステップと、

比較対象となるネットワーク間において、全ノード間におけるリンクの比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出するネットワーク類似度算出ステップと、
を具備することを特徴とする情報処理方法。

【請求項 12】

前記リンク情報集計ステップでは、比較対象となる各ネットワークにおいて、各ノード間のリンクの有無を集計し、

前記ネットワーク類似度算出ステップでは、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間のリンクの有無の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出する、
ことを特徴とする請求項 11 に記載の情報処理方法。

【請求項 13】

前記リンク情報集計ステップでは、比較対象となる各ネットワークにおいて、各ノード間のリンクの量を集計し、

前記ネットワーク類似度算出ステップでは、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間におけるリンクの量の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出する、
ことを特徴とする請求項 11 に記載の情報処理方法。

【請求項 14】

各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換するリンク比率算出ステップをさらに備え、

前記ネットワーク類似度算出ステップでは、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間におけるリンク比率の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出する、
ことを特徴とする請求項 13 に記載の情報処理方法。

【請求項 15】

前記リンク比率算出ステップでは、リンク比率として、比較対象となるネットワーク双方のリンク量の最大値に対する比率をとる、
ことを特徴とする請求項 14 に記載の情報処理方法。

【請求項 16】

前記リンク比率算出ステップでは、リンク比率として、各ネットワーク内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる、
ことを特徴とする請求項 14 に記載の情報処理方法。

【請求項 17】

ネットワーク内でノードの増減がある場合において、比較対象となるネットワークのう

10

20

30

40

50

ちノードの少ない方に、他のノードとのリンクを持たないダミーのノードを追加し、比較対象となるネットワーク間でノードの対応関係を形成するダミーノード追加ステップをさらに備える、

ことを特徴とする請求項 11 乃至 16 のいずれかに記載の情報処理方法。

【請求項 18】

前記ネットワーク類似度算出ステップでは、全ノード間におけるリンクの比較結果の総和を比較対象となるネットワークにおいて可能なリンクの数で割った値に基づいてネットワーク類似度を算出する、

ことを特徴とする請求項 11 乃至 17 のいずれかに記載の情報処理方法。

【請求項 19】

ノード間のリンクが方向性を持たない場合は、前記ネットワーク類似度算出ステップでは、ノードの数の組合せに基づいて可能なリンクの数を算出する、

ことを特徴とする請求項 18 に記載の情報処理方法。

【請求項 20】

ノード間のリンクが方向性を持つ場合は、前記ネットワーク類似度算出ステップでは、ノードの数の順列に基づいて可能なリンクの数を算出する、

ことを特徴とする請求項 18 に記載の情報処理方法。

【請求項 21】

固定されたノードと各ノード間を結ぶリンクで構成されるネットワークの類似度を算出するための処理をコンピュータ・システム上で実行するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムであって、

比較対象となる各ネットワークにおけるノード間のリンクを示すリンク情報を入力するリンク情報入力ステップと、

比較対象となる各ネットワークにおけるリンク情報を集計し、ノード間におけるリンクの有無若しくはリンクの量を求めるリンク情報集計ステップと、

比較対象となるネットワーク間において、全ノード間のリンクの比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出するネットワーク類似度算出ステップと、

を具備することを特徴とするコンピュータ・プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ある計画を遂行するために必要なすべての作業の相互関係を図式化したネットワークを評価する情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラムに係り、特に、通信ネットワークや、交通流量、人脈ネットワークなどのように、ノードが固定で時間的あるいは何らかの操作により変化していくネットワークを評価する情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

人間は社会的動物であり、営利・非営利を問わずさまざまな形態の組織を構成して、政治的、社会的、あるいは産業的なさまざまな活動を営む。これらの活動は、複数の作業の相互関係によって構成される。例えば、ある計画を遂行するために必要なすべての作業の相互関係は、いわゆる「ネットワーク」という形態で図式化される。ここで言うネットワークには、通信ネットワークや、交通流量、人脈ネットワークなどが含まれ、複数のノードと、関連するノード間を結合するリンクからなる。

【0003】

ここで、組織活動の効率化や、組織がさらなる発展を遂げるためには、ネットワーク構造化された組織を評価することが不可欠である。組織ネットワークのノードは、組織の構成員などからなる固定的な要素であり、ネットワークの構造（若しくはノード間のリンク関係）が時間的あるいは何らかの操作により変化していく。ネットワーク構造やネットワーク流量の変化を評価する場合、手作業や図表作成ソフトウェアなどを用いてネットワー

10

20

30

40

50

ク構造を図式化し、比較対象となるネットワークの構造の差分を見たり、ネットワーク分析指標で比較したりするのが一般的である。

【0004】

例えば、根があり順序がある木構造を持つグラフの間で定量的な類似性を求めることができる木構造間距離計算技術について提案がなされている（例えば、特許文献1並びに特許文献2を参照のこと）。しかしながら、この評価手法は、ノードに関する制約がない代わりに、ネットワーク構造に対応していない。グラフ内にループを含む場合など、木構造だけでは表しきれないネットワーク構造を持つ場合には、指標化することができない。例えば、A、B、Cという3つのネットワーク・パターンがあった場合に（例えば、図26を参照のこと）、BとCのどちらがAに近いかなどを明確にすることが容易でない。

10

【0005】

また、一般的なネットワーク分析指標を用いた場合、トポロジーが一致すれば類似すると判定してしまうので、ノードが固定の場合に対応していない。すなわち、ノードが固定で時間的あるいは何らかの操作により変化していくネットワークを評価することができない。

【0006】

【特許文献1】特開2003-271666公報

【特許文献2】特開2003-271667公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0007】

本発明の目的は、ある計画を遂行するために必要なすべての作業の相互関係を図式化したネットワークを好適に評価することができる、優れた情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。

【0008】

本発明のさらなる目的は、通信ネットワークや、交通流量、人脈ネットワークなどのように、ノードが固定で時間的あるいは何らかの操作により変化していくネットワークを好適に評価することができる、優れた情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。

【0009】

本発明のさらなる目的は、ノードが固定されるという制約条件の下で、ネットワーク間の一致度合いを類似度として定義、これによりネットワークの構造の近さを求めることができる、優れた情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第1の側面は、固定されたノードと各ノード間を結ぶリンクで構成されるネットワークの類似度を処理する情報処理システムであって、比較対象となる各ネットワークにおけるノード間のリンクを示すリンク情報を入力するリンク情報入力手段と、比較対象となる各ネットワークにおけるリンク情報を集計し、ノード間のリンクの有無若しくはリンクの量を求めるリンク情報集計手段と、比較対象となるネットワーク間において、全ノード間のリンクの比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出するネットワーク類似度算出手段とを具備することを特徴とする情報処理システムである。

40

【0011】

ある計画を遂行するために必要なすべての作業の相互関係は、いわゆる「ネットワーク」という形態で図式化される。ここで言うネットワークには、通信ネットワークや、交通流量、人脈ネットワークなどが含まれ、複数のノードと、関連するノード間を結合するリンクからなる。リンクとは、ノード間の結合度を表し、例えばノード間の関係の有無や、関係を持った頻度や回数（例えば、メール送受信の頻度や回数）に相当する。

50

【0012】

組織の活動状況などを評価する場合、このネットワーク構造を比較分析する必要がある。本発明によれば、ノードが固定されるという制約条件の下で、ネットワーク間の一致度合いを類似度として定義し、これによりネットワークの構造の近さを求めることができる。具体的には、ノードが固定であるネットワークにおける時間的変化を、時間が前後するネットワークの類似度に基づいて表すことができる。また、ノードが固定であるネットワークにおけるリンクによる違いを、ネットワークの類似度に基づいて表すことができる。例えば人脈ネットワークの場合、リンクの違いは、人の認識、メールなどのコミュニケーションのログ、行動ログのうち2以上の間における違いのことである。

【0013】

すなわち、本発明によれば、ノードの対応関係が明確でネットワーク構造を有する構造体同士の、リンク（ノード間の結合度合い）の有無、リンクの絶対量の比較、リンクの相対量の比較などを定量的に行なうことができる。

【0014】

ここで、前記リンク情報集計手段は、比較対象となる各ネットワークにおいて、各ノード間のリンクの有無を集計するようにしてもよい。この場合、前記ネットワーク類似度算出手段は、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間でのリンクの有無の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出することができる。

【0015】

あるいは、前記リンク情報集計手段は、比較対象となる各ネットワークにおいて、各ノード間のリンクの量を集計するようにしてもよい。この場合、前記ネットワーク類似度算出手段は、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間でのリンクの量の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出することができる。

【0016】

また、各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換するリンク比率算出手段をさらに備えてもよい。すなわち、ネットワーク全体でのリンクの流量に拘わらず、ネットワークの類似度の尺度を均一にするために、各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換する。この場合、前記ネットワーク類似度算出手段は、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間でのリンク比率の一致度合いを比較し、該比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出することができる。

【0017】

ここで、前記リンク比率算出手段は、比較対象となるネットワーク双方のリンク量の最大値に対する比率をリンク比率としてとるようにしてもよい。比較対象となるネットワーク間におけるリンク量の比較が必要である場合には、これらネットワーク双方のリンク量の最大値に対する比率をとる。この場合、ネットワーク構造間の流量比率によりリンク量の比較を行なうことで、ネットワークの類似度を算出することができる。

【0018】

あるいは、前記リンク比率算出手段は、各ネットワーク内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれリンク比率としてとるようにしてもよい。個々のネットワークV及びネットワークV'内におけるリンク量の相対比率が必要である場合には、該当するネットワークV又はV'内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる。この場合、各ネットワークにおける相対比率によりリンクの量の比較を行なうことで、ネットワークの類似度を算出することができる。

【0019】

また、ネットワーク内でノードの増減がある場合において、比較対象となるネットワークのうちノードの少ない方に、他のノードとのリンクを持たないダミーのノードを追加し、比較対象となるネットワーク間でノードの対応関係を形成するダミーノード追加手段をさらに備えていてもよい。ノードが等しくなるように、不足するノードのダミーを各ネッ

10

20

30

40

50

トワークに追加し、ネットワーク間でのノードの対応関係を保つようにすることができる。

【0020】

また、前記ネットワーク類似度算出手段は、全ノード間でのリンクの比較結果の総和を比較対象となるネットワークにおいてノードの数から求まる可能なリンクの数で割った値に基づいてネットワーク類似度を算出するようにしてもよい。

【0021】

例えば、ノード間のリンクが方向性を持たない場合は、前記ネットワーク類似度算出手段は、ノードの数の組合せに基づいて可能なリンクの数を算出する。また、ノード間のリンクが方向性を持つ場合は、前記ネットワーク類似度算出手段は、ノードの数の順列に基づいて可能なリンクの数を算出するようにすればよい。

10

【0022】

また、本発明の第2の側面は、固定されたノードと各ノード間を結ぶリンクで構成されるネットワークの類似度を算出するための処理をコンピュータ・システム上で実行するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムであって、比較対象となる各ネットワークにおけるノード間のリンクを示すリンク情報を入力するリンク情報入力ステップと、比較対象となる各ネットワークにおけるリンク情報を集計し、ノード間のリンクの有無若しくはリンクの量を求めるリンク情報集計ステップと、比較対象となるネットワーク間において、全ノード間のリンクの比較結果の総和に基づいてネットワークの類似度を算出するネットワーク類似度算出ステップとを具備することを特徴とするコンピュータ・プログラムである。

20

【0023】

本発明の第2の側面に係るコンピュータ・プログラムは、コンピュータ・システム上で所定の処理を実現するようにコンピュータ可読形式で記述されたコンピュータ・プログラムを定義したものである。換言すれば、本発明の第2の側面に係るコンピュータ・プログラムをコンピュータ・システムにインストールすることによって、コンピュータ・システム上では協働的作用が発揮され、本発明の第1の側面に係る情報処理システムと同様の作用効果を得ることができる。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、通信ネットワークや、交通流量、人脈ネットワークなどのように、ノードが固定で時間的あるいは何らかの操作により変化していくネットワークを好適に評価することができる、優れた情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することができる。

30

【0025】

また、本発明によれば、ノードが固定されるという制約条件の下で、ネットワーク間の一致度合いを類似度として定義し、これによりネットワークの構造の近さを求めることができる、優れた情報処理システム及び情報処理方法、並びにコンピュータ・プログラムを提供することができる。

【0026】

本発明によれば、ノードの対応関係が明確でネットワーク構造を有する構造体同士の、リンク（ノード間の結合度合い）の有無、リンクの絶対量の比較、リンクの相対量の比較などを定量的に行なうことができる。

40

【0027】

本発明によれば、人脈ネットワークの時間的変化や、ネットワーク流量の時間的変化を定量的に調べたり、ログと認識というような別の観点からの測定結果を定量的に比較したり、交通流量における大型車と普通車というようにカテゴリ毎の測定結果を定量的に比較したりすることができる。

【0028】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施形態や添付する図面に

50

基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳解する。

【0030】

ある計画を遂行するために必要なすべての作業の相互関係は、いわゆる「ネットワーク」という形態で図式化される。ここで言うネットワークには、通信ネットワークや、交通流量、人脈ネットワークなどが含まれ、複数のノードと、関連するノード間を結合するリンクからなる。リンクとは、ノード間の結合度を表し、例えばノード間の関係の有無や、関係を持った頻度や回数（例えば、メール送受信の頻度や回数）に相当する。

10

【0031】

組織の活動状況などを評価する場合、このネットワーク構造を比較分析する必要がある。例えば、ある組織におけるネットワーク構造の時間的変化を知るために、前後する時間でのネットワーク構造の類似度を算出する。あるいは、比較の対象となる組織間におけるネットワーク構造の類似度を算出する。

【0032】

図1には、ネットワーク構造の類似度を算出する情報処理システム10の機能構成を模式的に示している。同システム10は、実際には、パーソナル・コンピュータのような一般的な計算機システム上で所定のアプリケーションを実行するという形態で実現される。

【0033】

リンク情報記憶部11は、ノード間のリンクを示す情報を格納している。本実施形態では、ノードは固定であるという制約条件がある。人脈ネットワークを処理対象とする場合、各ノードは、例えば組織の構成員に相当し、構成員のIDで表される。また、リンク若しくはリンク量は、ノード間の結合度を表すが、具体的にはノードに相当する構成員間でメールなどのコミュニケーションをとったことの有無やその回数などで表わされる。また、いずれのノードからコミュニケーションを図ったかなど、リンクに方向性を持たせるようにしてもよい。

20

【0034】

リンク情報集計部12は、ノード間のリンクに関する情報を集計し、ノード間におけるリンクの有無若しくはリンクの量を求める。例えば、リンク情報として、組織内で交換したメールやコミュニケーションなどのメッセージ・ログを扱う場合には、リンク情報集計部12は、ノードに相当する構成員で交わされたメッセージの回数を集計する。

30

【0035】

類似度算出部13は、ノード間におけるリンクの有無又はリンクの量を用いて、複数のネットワーク間の類似度合いを算出し、その結果を出力又は保存する。

【0036】

類似度算出部13は、例えば、ネットワークを構成するすべてのノード間でのリンクの有無の一致度合いを求める。ネットワークVを構成する全ノード数をnとし、メッセージの送信元ノードのIDをiとし(1 ≤ i ≤ n)、宛先ノードのIDをjとし(1 ≤ j ≤ n)、ノードi及びj間のリンクがあれば変数 x_{ij} を1とし、リンクがなければ x_{ij} を0とする。この場合、ネットワークVの比較対象となるネットワークV'の該当するリンク x_{ij}' とリンクの有無が一致する場合には当該リンクの一致度は1とし、不一致の場合は当該リンクの一致度は0とする。そして、ネットワークV及びネットワークV'に含まれるノード数nを基に可能なリンクの数を求め、すべてのノードにおける一致及び不一致の比較結果の合計を可能なリンク数で割ることによって、全ノード間におけるリンクの有無の一致度合いsを定量的に表す。

40

【0037】

ノードiとノードj間におけるリンクの有無の一致度は $(1 - |x_{ij} - x_{ij}'|)$ で表される。また、ネットワークV内で可能なリンク数は、リンクの方向性を考慮しない場合は組合せ ${}_n C_2$ で表され、方向性を考慮する場合は順列 ${}_n P_2$ で表される。したがって、ネッ

50

トワークVとネットワークV'間における全ノード間でのリンクの有無の一致度合いsは、方向性を考慮しない場合及び方向性を考慮する場合についてそれぞれ下式から求めることができる。

【0038】

【数1】

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n C_2}$$

10

【0039】

【数2】

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n P_2}$$

20

【0040】

図2には、図1に示したシステム構成において、ネットワーク構造の類似度を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

30

【0041】

まず、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'を指定する(ステップS1)。比較対象は、例えば同じ組織において異なる時刻で形成されたネットワーク構造であったり、比較の対象となる他の組織において形成されたネットワーク構造であったりする。

【0042】

そして、比較対象となったネットワークについて該当するリンク情報を、リンク情報記憶部11から抽出し、ノード間におけるリンクの有無又はリンクの量を集計する(ステップS2)。

【0043】

次いで、リンク情報の集計結果に基づいて、上述した式を用いて全ノード間におけるリンクの有無の一致度合いを求め(ステップS3)、これを複数のネットワーク間の類似度合いとして出力し又は保存する(ステップS4)。

40

【0044】

また、図3には、ネットワーク構造の類似度を算出する情報処理システム10についての他の機能構成を模式的に示している。同システム10は、実際には、パーソナル・コンピュータのような一般的な計算機システム上で所定のアプリケーションを実行するという形態で実現される。

【0045】

図1に示した構成例ではノード間のリンクの有無のみを0及び1の2値で扱ったが、図

50

3に示した構成例では、ノード間のリンクの量を扱うようにしている。リンクの量は例えばノード間におけるメールの流量（若しくはトラフィック）に相当する。この場合、ネットワーク全体でのメールの流量に拘わらず、ネットワークの類似度の尺度を均一にするために、各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換することにより正規化するようにしている。

【0046】

リンク情報記憶部11は、ノード間のリンクを示す情報を格納している。本実施形態では、ノードは固定であるという制約条件がある。人脈ネットワークを処理対象とする場合、各ノードは、例えば組織の構成員に相当し、構成員のIDで表される。また、リンク若しくはリンク量は、ノード間の結合度を表すが、具体的にはノードに相当する構成員間でメールなどのコミュニケーションをとったことの有無やその回数などで表わされる。また、いずれのノードからコミュニケーションを図ったかなど、リンクに方向性を持たせるようにしてもよい。

10

【0047】

リンク情報集計部12は、ノード間のリンクに関する情報を集計し、ノード間におけるリンクの有無若しくはリンクの量を求める。例えば、リンク情報として、組織内で交換したメールやコミュニケーションなどのメッセージ・ログを扱う場合、リンク情報集計部12は、ノードに相当する構成員で交わされたメッセージの回数を集計する。

【0048】

リンク比率算出部14は、ネットワーク全体でのリンクの流量に拘わらず、ネットワークの類似度の尺度を均一にするために、各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換する。

20

【0049】

類似度算出部13は、ノード間におけるリンクの有無又はリンクの量を用いて、複数のネットワーク間の類似度合いを算出し、その結果を出力又は保存する。

【0050】

ネットワークVを構成する全ノード数をnとし、メッセージの送信元ノードのIDをiとし（ $1 \leq i \leq n$ ）、宛先ノードのIDをjとし（ $1 \leq j \leq n$ ）、ノードi及びj間のリンクの量（例えばメールの流量）を変数 v_{ij} に格納する。そして、リンクの量 v_{ij} をリンクの量の最大値で割った値を、ノードi及びj間のリンク比率 x_{ij} とする。そして、ネットワークV、V'に含まれるノード数nを基に可能なリンクの数を求め、すべてのノード間におけるリンク比率の比較結果の合計を可能なリンク数で割ることによって、全ノード間のリンク比率の一致度合いsを定量的に表す。

30

【0051】

リンク毎のリンク比率の一致度は（ $1 - |x_{ij} - x_{ij}'|$ ）で表される。また、ネットワークV内で可能なリンク数は、リンクの方向性を考慮しない場合は組合せ ${}_n C_2$ で表され、方向性を考慮する場合は順列 ${}_n P_2$ で表される。したがって、ネットワークVとネットワークV'を比較する場合、全ノード間におけるリンクの有無の一致度合いsは、並びに方向性を考慮しない場合及び方向性を考慮する場合についてそれぞれ下式から求めることができる。

40

【0052】

【数 3】

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n C_2}$$

10

【0053】

【数 4】

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n P_2}$$

20

【0054】

リンク比率算出部 14 において各ノードが持つリンク比率を算出する際、比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' 間におけるリンク量の比較が必要である場合には、ネットワーク V 及びネットワーク V' 双方のリンク量の最大値に対する比率をとる。この場合、ノード i 及び j 間のリンク比率 x_{ij} 並びに x'_{ij} は下式のように表される。

【0055】

【数 5】

$$x_{ij} = \frac{v_{ij}}{\max(v \in V, v' \in V')}$$

$$x'_{ij} = \frac{v'_{ij}}{\max(v \in V, v' \in V')}$$

30

40

【0056】

また、個々のネットワーク V 及びネットワーク V' 内におけるリンク量の相対比率が必要である場合には、該当するネットワーク V 又は V' 内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる。この場合、ノード i 及び j 間のリンク比率 x_{ij} 並びに x'_{ij} は下式のように表される。

【0057】

【数 6】

$$x_{ij} = \frac{v_{ij}}{\max(v \in V)}$$

$$x'_{ij} = \frac{v'_{ij}}{\max(v' \in V')}$$

10

【0058】

図 4 には、図 3 に示したシステム構成において、ネットワーク構造の類似度を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0059】

まず、比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' を指定する（ステップ S 1 1）。比較対象は、例えば同じ組織において異なる時刻で形成されたネットワーク構造であったり、比較の対象となる他の組織において形成されたネットワーク構造であったりする。

20

【0060】

そして、比較対象となったネットワークについて該当するリンク情報を、リンク情報記憶部 1 1 から抽出し、ノード間におけるリンクの有無又はリンクの量を集計する（ステップ S 1 2）。

【0061】

次いで、リンク比率算出部 1 4 は、リンク情報の集計結果に基づいて、各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換する（ステップ S 1 3）。

【0062】

次いで、類似度算出部 1 3 は、上述した式を用いて全ノード間のリンク比率の一致度合いを求め（ステップ S 1 4）、これを複数のネットワーク間の類似度合いとして出力し又は保存する（ステップ S 1 5）。

30

【0063】

また、図 5 には、ステップ S 1 3 においてリンク比率を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0064】

まず、リンクの量の最大値を求める（ステップ S 2 1）。比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' 間におけるリンク量の比較が必要である場合には、ネットワーク V 及びネットワーク V' 双方のリンク量の最大値に対する比率をとる。また、個々のネットワーク V 及びネットワーク V' 内におけるリンク量の相対比率が必要である場合には、該当するネットワーク V 又は V' 内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる。

40

【0065】

次いで、ノード i 及び j 間のリンクの量 v_{ij} を、求められたリンクの量の最大値で割った値を、ノード i 及び j 間のリンク比率 x_{ij} とする（ステップ S 2 2）。

【0066】

図 1 並びに図 3 に示したシステム構成によれば、比較対照として指定されたネットワーク V 及びネットワーク V' において、全ノード間でのリンクの有無若しくはリンク量（リンク比率）の一致度合い s を求めることで、ネットワークの類似度を定量的に表すことができる。

【0067】

50

ところが、現実の組織においては、人事の異動や入社、退社などの事象の発生により、ネットワークを構成するノードが増減する可能性がある。このような場合、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'が同じ組織において異なる時刻で形成されたネットワーク構造であったとしても、ノードの対応関係が失われることから、類似度の算出が困難又は複雑になってしまう。

【0068】

そこで、図6に示すように、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'間において、ノードが等しくなるように、不足するノードのダミーを各ネットワークに追加し、ネットワーク間でのノードの対応関係を保つようにしてもよい。図示の例では、左側のネットワーク構造に対し、不足するノード6が追加されている。また右側のネットワーク構造に対し、不足するノード3が追加されている。

10

【0069】

図7には、ネットワーク構造にダミーノードを追加する機能を備えたシステム構成例を示している。

【0070】

リンク情報記憶部11は、ノード間のリンクを示す情報を格納している。本実施形態では、ノードは固定であるという制約条件がある。人脈ネットワークを処理対象とする場合、各ノードは、例えば組織の構成員に相当し、構成員のIDで表される。また、リンク若しくはリンク量は、ノード間の結合度を表すが、具体的にはノードに相当する構成員間でメールなどのコミュニケーションをとったことの有無やその回数などで表わされる。また、いずれのノードからコミュニケーションを図ったかなど、リンクに方向性を持たせるようにしてもよい。

20

【0071】

リンク情報集計部12は、ノード間のリンクに関する情報を集計し、ノード間におけるリンクの有無若しくはリンクの量を求める。例えば、リンク情報として、組織内で交換したメールやコミュニケーションなどのメッセージ・ログを扱う場合、リンク情報集計部12は、ノードに相当する構成員で交わされたメッセージの回数を集計する。

【0072】

ダミーノード追加部15は、ノードの消滅や追加のために、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'のいずれか一方において対応するノードが存在しない場合に、他のノードとのリンクを持たないダミーのノードを追加し、ネットワークV及びネットワークV'でノードの対応関係を形成する。

30

【0073】

リンク比率算出部14は、ネットワーク全体でのリンクの流量に拘わらず、ネットワークの類似度の尺度を均一にするために、各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換する。各ノードが持つリンク比率を算出する際、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'間におけるリンク量の比較が必要である場合には、ネットワークV及びネットワークV'双方のリンク量の最大値に対する比率をとる。また、個々のネットワークV及びネットワークV'内におけるリンク量の相対比率が必要である場合には、該当するネットワークV又はV'内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる。

40

【0074】

類似度算出部13は、ノード間におけるリンクの有無又はリンクの量を用いて、複数のネットワーク間の類似度合いを算出し、その結果を出力又は保存する。

【0075】

ネットワークVを構成するダミーノードを含んだ全ノード数を n とし、メッセージの送信元ノードのIDを i とし($1 \leq i \leq n$)、宛先ノードのIDを j とし($1 \leq j \leq n$)、ノード i 及び j 間のリンクの量(例えばメールの流量)を変数 v_{ij} に格納する。そして、リンクの量 v_{ij} をリンクの量の最大値で割った値を、ノード i 及び j 間のリンク比率 x_{ij} とする。そして、ネットワークV、V'に含まれるノード数 n を基に可能なリンクの数を求め、すべてのノードにおけるリンク比率の比較結果の合計を可能なリンク数で割ること

50

によって、全ノード間のリンク比率の一致度合い s を定量的に表す。

【0076】

リンク毎のリンク比率の一致度は $(1 - |x_{ij} - x_{ij}'|)$ で表される。また、ネットワーク V 内で可能なリンク数は、リンクの方向性を考慮しない場合は組合せ ${}_n C_2$ で表され、方向性を考慮する場合は順列 ${}_n P_2$ で表される(同上)。

【0077】

図8には、図7に示したシステム構成において、ネットワーク構造の類似度を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0078】

まず、比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' を指定する(ステップ S31)。比較対象は、例えば同じ組織において異なる時刻で形成されたネットワーク構造であったり、比較の対象となる他の組織において形成されたネットワーク構造であったりする。

【0079】

そして、比較対象となったネットワークについて該当するリンク情報を、リンク情報記憶部 11 から抽出し、ノード間におけるリンクの有無又はリンクの量を集計する(ステップ S32)。

【0080】

次いで、ダミーノード追加部 15 は、ノードの消滅や追加のために、比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' のいずれか一方において対応するノードが存在しない場合に、他のノードとのリンクを持たないダミーのノードを追加し、ネットワーク V 及びネットワーク V' でノードの対応関係を形成する(ステップ S33)。

【0081】

次いで、リンク比率算出部 14 は、リンク情報の集計結果に基づいて、各ノード間におけるリンクの量を最大値との比率に変換する(ステップ S34)。

【0082】

次いで、類似度算出部 13 は、上述した式を用いて全ノード間のリンク比率の一致度合いを求め(ステップ S35)、これを複数のネットワーク間の類似度合いとして出力し又は保存する(ステップ S36)。

【0083】

また、図9には、ステップ S33 において、比較対象となるネットワークの一方に不足するノードをダミーとして追加する、ダミーノードの追加処理の手順をフローチャートの形式で示している。

【0084】

まず、比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' それぞれについて、ノード ID のリストをソートする(ステップ S41)。そして、リストの読み出し位置を 1 すなわち先頭に設定して、以降の不足ノードの検出並びにダミーノードを追加するための手順を繰り返し実行する。

【0085】

比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' それぞれのノード ID リストの読み出し位置からノード ID を取得し(ステップ S42)、これらが一致するかどうかを比較照合する(ステップ S43)。

【0086】

ここで、互いのノード ID が一致しない場合には、ノード ID がより大きな値を取るネットワークにおいて、小さいノード ID を持つノードが不足していることになるから、不足するノードをダミーとしてネットワークに追加する(ステップ S44)。

【0087】

そして、ノード ID の読み出し位置を 1 だけインクリメントし(ステップ S45)、ノード ID リストに次ノードがあれば(ステップ S46)、ステップ S43 に戻り、情実と同様のダミーノードの追加処理を繰り返し実行する。

10

20

30

40

50

【0088】

本発明では、ノードが固定されているという制約条件の下で、全ノード間におけるリンクの比較結果の総和に基づいてネットワーク構造間の類似度を算出することができる。ノード間のリンクが方向性を持たない場合と持つ場合、並びにノード間のリンクの有無のみを扱う場合とリンクの量を扱う場合とで、ネットワークの類似度の算出方法が大別される。以下では、ネットワークの類似度を算出するための処理動作について詳解する。

【0089】

(1) リンクに方向性がなく、リンクの有無を比較する場合

図10には、リンクに方向性がない場合のリンク情報を集計する様子を示している。リンク情報は、例えば組織内でのコミュニケーションのログで構成されるが、この場合は各ノード間のリンクの有無のみを集計し、メッセージの送信元(Sender)と受信先(Receiver)とを区別しない。例えば、ID1-ID5というコミュニケーション・ログに対し、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表では、ID1-ID5、並びにID5-ID1の双方に、リンクがあることを示す1が書き込まれる。比較対象が有効リンクの場合には、双方向として比較するためであり、必要がなければ片方のみマークすればよい。

10

【0090】

図11には、この場合のリンク情報を集計するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0091】

まず、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表(図10を参照のこと)を初期化する(ステップS51)。

20

【0092】

次いで、該当するネットワークのコミュニケーション・ログからリンク情報を1件だけ読み出し(ステップS52)、その送信元のノードID(仮に*i*とする)を抽出するとともに(ステップS53)、その受信先のノードID(仮に*j*とする)を抽出する(ステップS54)。そして、リンク情報集計表の該当するカラムすなわち*i*行*j*列目並びに*j*行*i*列目にそれぞれ1を書き込む(ステップS55)。このようなリンク情報集計処理をコミュニケーション・ログ中のすべてのリンク情報に対して繰り返し実行する(ステップS56)。

30

【0093】

リンク情報の集計を終えると、この集計結果に基づいて、比較対象となっているネットワーク間における類似度を算出する。この場合には、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間でのリンクの有無の一致度合いを比較し、この比較結果の総和を可能なリンクの数で割ることによってネットワークの類似度*s*を算出する。

【0094】

ネットワーク*V*を構成する全ノード数を*n*とし、メッセージの送信元ノードのIDを*i*とし($1 \leq i \leq n$)、宛先ノードのIDを*j*とし($1 \leq j \leq n$)、ノード*i*及び*j*間のリンクがあれば変数 x_{ij} を1とし、リンクがなければ x_{ij} を0とする。この場合、ネットワーク*V*の比較対象となるネットワーク*V'*の該当するリンク x_{ij}' とリンクの有無が一致する場合には1とし、不一致の場合は0とする。そして、ネットワーク*V*及びネットワーク*V'*に含まれるノード数*n*を基に可能なリンクの数を求め、すべてのノードにおける一致及び不一致の比較結果の合計を可能なリンク数で割ることによって、全ノード間でのリンクの有無の一致度合い*s*を定量的に表す。

40

【0095】

ノード*i*とノード*j*間におけるリンクの有無の一致度は $(1 - |x_{ij} - x_{ij}'|)$ で表される。また、ネットワーク*V*内で可能なリンク数は、リンクの方向性を考慮しないので、組合せ ${}_n C_2$ で表される。したがって、ネットワーク*V*とネットワーク*V'*間における全ノード間でのリンクの有無の一致度合い*s*は下式から求めることができる。

【0096】

50

【数 7】

$$S = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n C_2}$$

10

【0097】

図12には、ネットワークの類似度を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0098】

まず、類似度 s 並びに送信元ノード ID を表す変数 i を初期化する（ステップ S61、S62）。

【0099】

そして、比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' において、ノード i とノード j 間におけるリンクの有無の一致度 $(1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)$ を求め、すべてのノード間における比較結果の総和を求める（ステップ S63 ~ S68）。

20

【0100】

そして、すべてのノードにおける一致及び不一致の比較結果の合計を可能なリンク数 ${}_n C_2$ で割ることによって、全ノード間でのリンクの有無の一致度合い s を定量的に表す（ステップ S69）。

【0101】

(2) リンクに方向性があり、リンクの有無を比較する場合

図13には、リンクに方向性がある場合のリンク情報を集計する様子を示している。リンク情報は、例えば組織内でのコミュニケーションのログで構成されるが、この場合は各ノード間のリンクの有無のみを集計し、メッセージの送信元 (Sender) と受信先 (Receiver) とを区別する。例えば、ID1 ID5 というコミュニケーション・ログに対し、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表では、ID1 - ID5 にのみ、リンクがあることを示す 1 が書き込まれる。

30

【0102】

図14には、この場合のリンク情報を集計するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0103】

まず、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表（図13を参照のこと）を初期化する（ステップ S71）。

【0104】

次いで、該当するネットワークのコミュニケーション・ログからリンク情報を 1 件だけ読み出し（ステップ S72）、その送信元のノード ID（仮に i とする）を抽出するとともに（ステップ S73）、その受信先のノード ID（仮に j とする）を抽出する（ステップ S74）。そして、リンク情報集計表の該当するカラムすなわち i 行 j 列目に、リンクの存在を示す 1 を書き込む（ステップ S75）。このようなリンク情報集計処理をコミュニケーション・ログ中のすべてのリンク情報に対して繰り返し実行する（ステップ S76）。

40

【0105】

リンク情報の集計を終えると、この集計結果に基づいて、比較対象となっているネットワーク間における類似度を算出する。この場合には、比較対象となるネットワークで対応

50

するすべてのノード間でのリンクの有無の一致度合いを比較し、この比較結果の総和を可能なリンクの数で割ることによってネットワークの類似度 s を算出する。

【0106】

ネットワーク V を構成する全ノード数を n とし、メッセージの送信元ノードの ID を i とし ($1 \leq i \leq n$)、宛先ノードの ID を j とし ($1 \leq j \leq n$)、ノード i 及び j 間のリンクがあれば変数 x_{ij} を 1 とし、リンクがなければ x_{ij} を 0 とする。この場合、ネットワーク V の比較対象となるネットワーク V' の該当するリンク x'_{ij} とリンクの有無が一致する場合には 1 とし、不一致の場合は 0 とする。そして、ネットワーク V 及びネットワーク V' に含まれるノード数 n を基に可能なリンクの数を求め、すべてのノードにおける一致及び不一致の比較結果の合計を可能なリンク数で割ることによって、全ノード間でのリンクの有無の一致度合い s を定量的に表す。

10

【0107】

ノード i とノード j 間におけるリンクの有無の一致度は $(1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)$ で表される。また、ネットワーク V 内で可能なリンク数は、リンクの方向性を考慮するので、順列 ${}_n P_2$ で表される。したがって、ネットワーク V とネットワーク V' 間における全ノード間でのリンクの有無の一致度合い s は下式から求めることができる。

【0108】

【数8】

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n P_2}$$

20

30

【0109】

図15には、ネットワークの類似度を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0110】

まず、類似度 s 並びに送信元ノード ID を表す変数 i を初期化する (ステップ S81、S82)。さらに、受信先ノード ID を表す変数 j を初期化する (ステップ S83)。

【0111】

そして、比較対象となるネットワーク V 及びネットワーク V' において、ノード i とノード j 間におけるリンクの有無の一致度 $(1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)$ を求め、すべてのノード間での比較結果の総和を求める (ステップ S84 ~ S89)。

40

【0112】

そして、すべてのノードにおける一致及び不一致の比較結果の合計を可能なリンク数 ${}_n P_2$ で割ることによって、全ノード間でのリンクの有無の一致度合い s を定量的に表す (ステップ S90)。

【0113】

(3) リンクに方向性がなく、リンクの量を比較する場合

図16には、リンクに方向性がない場合のリンク情報を集計する様子を示している。リンク情報は、例えば組織内でのコミュニケーションのログで構成されるが、この場合は各ノード間のリンクの有無のみを集計し、メッセージの送信元 (Sender) と受信先 (

50

R e c e i v e r) とを区別しない。例えば、I D 1 - I D 5 というコミュニケーション・ログに対し、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表では、I D 1 - I D 5、並びにI D 5 - I D 1の双方に、リンクがあることを示す1が加算される。比較対象が有効リンクの場合には、双方向として比較するためであり、必要がなければ片方のみ加算すればよい。

【0114】

図17には、この場合のリンク情報を集計するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0115】

まず、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表(図16を参照のこと)を初期化する(ステップS101)。

【0116】

次いで、該当するネットワークのコミュニケーション・ログからリンク情報を1件だけ読み出し(ステップS102)、その送信元のノードID(仮に*i*とする)を抽出するとともに(ステップS103)、その受信先のノードID(仮に*j*とする)を抽出する(ステップS104)。そして、リンク情報集計表の該当するカラムすなわち*i*行*j*列目並びに*j*行*i*列目にそれぞれ1を加算する(ステップS105)。このようなリンク情報集計処理をコミュニケーション・ログ中のすべてのリンク情報に対して繰り返し実行する(ステップS106)。

【0117】

リンク情報の集計を終えると、この集計結果に基づいて、比較対象となっているネットワーク間における類似度を算出する。この場合には、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間でのリンクの量の一致度合いを比較し、この比較結果の総和を可能なリンクの数で割ることによってネットワークの類似度*s*を算出する。

【0118】

ネットワーク*V*を構成する全ノード数を*n*とし、メッセージの送信元ノードのIDを*i*とし(1 *i* *n*)、宛先ノードのIDを*j*とし(1 *j* *n*)、ノード*i*及び*j*間のリンクの量(例えばメールの流量)を変数*v_{ij}*に格納する。そして、リンクの量*v_{ij}*をリンクの量の最大値で割った値を、ノード*i*及び*j*間のリンク比率*x_{ij}*とする。そして、ネットワーク*V*及びネットワーク*V'*に含まれるノード数*n*を基に可能なリンクの数を求め、すべてのノードにおけるリンク比率の比較結果の合計を可能なリンク数で割ることによって、全ノード間のリンク比率の一致度合い*s*を定量的に表す。

【0119】

ノード*i*とノード*j*間におけるリンク比率の一致度は(1 - |*x_{ij}* - *x'_{ij}*|)で表される。また、ネットワーク*V*内で可能なリンク数は、リンクの方向性を考慮しない場合は組合せ ${}_n C_2$ で表される。したがって、ネットワーク*V*とネットワーク*V'*間における全ノード間でのリンクの有無の一致度合い*s*は下式から求めることができる。

【0120】

【数9】

$$s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n C_2}$$

【0121】

各ノードが持つリンク比率を算出する際、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'間におけるリンク量の比較が必要である場合には、ネットワークV及びネットワークV'双方のリンク量の最大値に対する比率をとる。この場合、ノードi及びj間のリンク比率 x_{ij} 並びに x_{ij}' は下式のように表される。

【0122】

【数10】

$$x_{ij} = \frac{v_{ij}}{\max(v \in V, v' \in V')}$$

10

$$x_{ij}' = \frac{v_{ij}'}{\max(v \in V, v' \in V')}$$

【0123】

また、個々のネットワークV及びネットワークV'内におけるリンク量の相対比率が必要である場合には、該当するネットワークV又はV'内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる。この場合、ノードi及びj間のリンク比率 x_{ij} 並びに x_{ij}' は下式のように表される。

20

【0124】

【数11】

$$x_{ij} = \frac{v_{ij}}{\max(v \in V)}$$

$$x_{ij}' = \frac{v_{ij}'}{\max(v' \in V')}$$

30

【0125】

図18には、ネットワークの類似度を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0126】

まず、類似度s並びに送信元ノードIDを表す変数iを初期化する(ステップS111、S112)。

40

【0127】

そして、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'において、ノードiとノードj間におけるリンク比率の一致度(1 - | $x_{ij} - x_{ij}'$ |)を求め、すべてのノード間での比較結果の総和を求める(ステップS113~S118)。

【0128】

そして、すべてのノードにおける一致及び不一致の比較結果の合計を可能なリンク数 C_2 で割ることによって、全ノード間でのリンクの有無の一致度合いsを定量的に表す(ステップS119)。

【0129】

50

(4) リンクに方向性があり、リンクの量を比較する場合

図19には、リンクに方向性がある場合のリンク情報を集計する様子を示している。リンク情報は、例えば組織内でのコミュニケーションのログで構成されるが、この場合は各ノード間のリンクの有無のみを集計し、メッセージの送信元 (Sender) と受信先 (Receiver) とを区別する。例えば、ID1 ID5 というコミュニケーション・ログに対し、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表では、ID1 - ID5 におのみ、リンクがあることを示す1が加算される。

【0130】

図20には、この場合のリンク情報を集計するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

【0131】

まず、ノード毎に行及び列が構成されたリンク情報集計表 (図19を参照のこと) を初期化する (ステップS121)。

【0132】

次いで、該当するネットワークのコミュニケーション・ログからリンク情報を1件だけ読み出し (ステップS122)、その送信元のノードID (仮に*i*とする) を抽出するとともに (ステップS123)、その受信先のノードID (仮に*j*とする) を抽出する (ステップS124)。そして、リンク情報集計表の該当するカラムすなわち*i*行*j*列目に、リンクの存在を示す1を加算する (ステップS125)。このようなリンク情報集計処理をコミュニケーション・ログ中のすべてのリンク情報に対して繰り返し実行する (ステップS126)。

【0133】

リンク情報の集計を終えると、この集計結果に基づいて、比較対象となっているネットワーク間における類似度を算出する。この場合には、比較対象となるネットワークで対応するすべてのノード間でのリンクの量の一致度合いを比較し、この比較結果の総和を可能なリンクの数で割ることによってネットワークの類似度*s*を算出する。

【0134】

ネットワーク*V*を構成する全ノード数を*n*とし、メッセージの送信元ノードのIDを*i*とし ($1 \leq i \leq n$)、宛先ノードのIDを*j*とし ($1 \leq j \leq n$)、ノード*i*及び*j*間のリンクの量 (例えばメールの流量) を変数*v_{ij}*に格納する。そして、リンクの量*v_{ij}*をリンクの量の最大値で割った値を、ノード*i*及び*j*間のリンク比率*x_{ij}*とする。そして、ネットワーク*V*及びネットワーク*V'*に含まれるノード数*n*を基に可能なリンクの数を求め、すべてのノードにおけるリンク比率の比較結果の合計を可能なリンク数で割ることによって、全ノード間のリンク比率の一致度合い*s*を定量的に表す。

【0135】

ノード*i*とノード*j*間におけるリンク比率の一致度は ($1 - |x_{ij} - x_{ij}'|$) で表される。また、ネットワーク*V*内で可能なリンク数は、方向性を考慮する場合は順列 ${}_n P_2$ で表される。したがって、ネットワーク*V*とネットワーク*V'*間における全ノード間でのリンクの有無の一致度合い*s*は下式から求めることができる。

【0136】

10

20

30

40

【数 1 2】

$$s = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i} (1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)}{{}_n P_2}$$

10

【0 1 3 7】

各ノードが持つリンク比率を算出する際、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'間におけるリンク量の比較が必要である場合には、ネットワークV及びネットワークV'双方のリンク量の最大値に対する比率をとる。また、個々のネットワークV及びネットワークV'内におけるリンク量の相対比率が必要である場合には、該当するネットワークV又はネットワークV'内のリンク量の最大値に対する比率をそれぞれとる(同上)。

【0 1 3 8】

図21には、ネットワークの類似度を算出するための処理手順をフローチャートの形式で示している。

20

【0 1 3 9】

まず、類似度s並びに送信元ノードIDを表す変数iを初期化する(ステップS131、S132)。さらに、受信先ノードIDを表す変数jを初期化する(ステップS133)。

【0 1 4 0】

そして、比較対象となるネットワークV及びネットワークV'において、ノードi及びj間でのリンク比率の一致度(1 - |x_{ij} - x'_{ij}|)を求め、すべてのノード間での比較結果の総和を求める(ステップS134 ~ S139)。

30

【0 1 4 1】

そして、すべてのノードにおける一致及び不一致の比較結果の合計を可能なリンク数_nP₂で割ることによって、全ノード間でのリンクの有無の一致度合いsを定量的に表す(ステップS140)。

【0 1 4 2】

(5)人脈ネットワークにおいて関連性の認識と実際のコミュニケーションを比較する例
組織やコミュニティの価値連鎖における前工程と次工程の少なくとも1つをアンケート調査して、個人の所属情報とアンケート結果に基づいて価値情報連鎖構造の認識状況を推定する。そして、アンケートなどの問い合わせと実際の伝送情報データのログそれぞれにおける分析結果を比較し、認識と実態のギャップを調べ、問い合わせによる価値連鎖構造の認識(若しくは期待)と、ログデータによる価値連鎖構造の実態の差分により組織間の状態を診断することができる(例えば、本出願人に既に譲渡されている特願2004-240081号明細書を参照のこと)。

40

【0 1 4 3】

ここでは、ID1 ~ ID5の5名を固定のノードとする人脈ネットワークを例にとって、ノード間の関連性の認識と実際のコミュニケーションの比較を行なう例について扱う。

【0 1 4 4】

まず、アンケート調査やヒアリングによって、各ノードとなるメンバに対し、関連する相手が誰であるかを尋ね、その結果をリンク情報としてリンク情報集計表にマッピングする。図22には、リンク情報集計表へのマッピング結果を示している。

50

【0145】

次いで、メール・サーバの通信履歴などのコミュニケーション・ログを解析し、各ノード間でのコミュニケーションの有無をリンクの有無として検出し、これをリンク情報としてリンク情報集計表にマッピングする。図23には、リンク情報集計表へのマッピング結果を示している。

【0146】

そして、図22及び図23のようにして表された人脈ネットワーク構造間の類似度を、例えば図12に示した処理手順に従って算出する。図示の例では、類似度0.8が得られる。すなわち、組織内のメンバ間における関連性の認識と実際のコミュニケーションの間には2割のギャップがあることが判る。

10

【0147】

(6) 人脈ネットワークにおいてある月と別の月のコミュニケーションを比較する例

続いて、人脈ネットワークにおける月毎のコミュニケーションの変化を算出する例について説明する。但し、組織には移動や入社、退社によりノード数の増減が生じるので、ダミーノードを追加することとする。

【0148】

図24には、k月におけるコミュニケーションのパターンを示している。図示の人脈ネットワークにおけるノード間のリンクは、当月でコミュニケーションがあったことを示している。また、比較対象となるm月とメンバが異なるため、他のノードとはリンクを持たないノード6がダミーとして追加されている。そして、各ノード間におけるリンクの量を集計して、同図右に示すようなリンク情報集計表を得ることができる。

20

【0149】

また、図25には、m月におけるコミュニケーションのパターンを示している。図示の人脈ネットワークにおけるノード間のリンクは、当月でコミュニケーションがあったことを示している。また、比較対象となるk月とメンバが異なるため、他のノードとはリンクを持たないノード3がダミーとして追加されている。そして、各ノード間におけるリンクの量を集計して、同図右に示すようなリンク情報集計表を得ることができる。

【0150】

そして、図24及び図25のようにして表された人脈ネットワーク構造間の類似度を、例えば図18に示した処理手順に従って算出する。図示の例では、リンクの量の比較結果としてネットワーク類似度0.67037が得られ、また、リンク比率の比較結果としてネットワーク類似度0.64709が得られる。

30

【0151】

このように、時間の経過とともにノードが増減するなど、人脈ネットワークの一部のノードに変化があった場合であっても、ダミーノードを追加することにより、ネットワークの類似度を算出することができる。

【0152】

2種類の類似度に関して、同じログ同士の時間的变化などで、リンク量が大きく変わらないと考えられる場合には、量的にネットワークの比較を行なうことが好ましい。これに対し、認識とログというように尺度の異なるもの同士を比較する場合にはリンク比率で比較を行なうことが好ましい。

40

【産業上の利用可能性】

【0153】

以上、特定の実施形態を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施形態の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0154】

本発明によれば、ノードの対応関係が明確でネットワーク構造を有する構造体同士の、リンク(ノード間の結合度合い)の有無、リンクの絶対量の比較、リンクの相対量の比較などを定量的に行なうことができる。

50

【0155】

本明細書では、主に人脈ネットワークの比較を行なう場合を例にとり本発明の実施形態について説明してきたが、それ以外にも、通信ネットワークにおけるトラフィックの時間的変動の比較（例えば、TCPとUDPというようなトラフィックの種類）や、交通量の車種による比較（例えば、交通流量における大型車と普通車というようにカテゴリ毎の測定結果の定量的な比較）などにも適用することができる。

【0156】

また、メールなどのコミュニケーションを対象として本発明に係るネットワークの比較を行なう場合には、内容分析などの手法により本文を分類し、その分類間の比較を行なうことができる。

【0157】

また、本明細書で詳解した実施形態では、同じノードへのリンクのないネットワーク構造について取り扱ってきたが、勿論、始点と終点が同じノードとなるリンクを定義し、リンク情報履歴表では対角の位置にリンク数や流量を計数することによって、同様にネットワーク構造の比較を行なうことができる。

【0158】

要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、本明細書の記載内容を限定的に解釈するべきではない。本発明の要旨を判断するためには、特許請求の範囲を参酌すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0159】

【図1】図1は、ネットワーク構造の類似度を算出する情報処理システム10の機能構成を模式的に示した図である。

【図2】図2は、図1に示したシステム構成において、ネットワーク構造の類似度を算出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図3】図3は、ネットワーク構造の類似度を算出する情報処理システム10についての他の機能構成を模式的に示した図である。

【図4】図4は、図3に示したシステム構成において、ネットワーク構造の類似度を算出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図5】図5は、リンク比率を算出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図6】図6は、ノードが等しくなるように、不足するノードのダミーを各ネットワークに追加し、ネットワーク間でのノードの対応関係を保つようにする様子を示した図である。

【図7】図7は、ネットワーク構造の類似度を算出する情報処理システム10についてのさらに他の機能構成を模式的に示した図である。

【図8】図8は、図7に示したシステム構成において、ネットワーク構造の類似度を算出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図9】図9は、ダミーノードの追加処理の手順を示したフローチャートである。

【図10】図10は、リンクに方向性がない場合のリンク情報を集計する様子を示した図である。

【図11】図11は、リンクに方向性がなく、リンクの有無を比較する場合において、リンク情報を集計するための処理手順を示したフローチャートである。

【図12】図12は、リンクに方向性がなく、リンクの有無を比較する場合において、ネットワークの類似度を算出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図13】図13は、リンクに方向性がある場合のリンク情報を集計する様子を示した図である。

【図14】図14は、リンクに方向性があり、リンクの有無を比較する場合において、リンク情報を集計するための処理手順を示したフローチャートである。

【図15】図15は、リンクに方向性があり、リンクの有無を比較する場合において、リンクに方向性があり、リンクの有無を比較する場合において、ネットワークの類似度を算

10

20

30

40

50

出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図 1 6】図 1 6 は、リンクに方向性がない場合のリンク情報を集計する様子を示した図である。

【図 1 7】図 1 7 は、リンクに方向性がなく、リンクの量を比較する場合において、リンク情報を集計するための処理手順を示したフローチャートである。

【図 1 8】図 1 8 は、リンクに方向性がなく、リンクの量を比較する場合において、ネットワークの類似度を算出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図 1 9】図 1 9 は、リンクに方向性がある場合のリンク情報を集計する様子を示した図である。

【図 2 0】図 2 0 は、リンクに方向性があり、リンクの量を比較する場合において、リンク情報を集計するための処理手順を示したフローチャートである。 10

【図 2 1】図 2 1 は、リンクに方向性があり、リンクの量を比較する場合において、ネットワークの類似度を算出するための処理手順を示したフローチャートである。

【図 2 2】図 2 2 は、アンケート調査やヒアリングによって、各ノードとなるメンバに対し、関連する相手が誰であるかを尋ねた結果をリンク情報としてリンク情報集計表にマッピングした様子を示した図である。

【図 2 3】図 2 3 は、メール・サーバの通信履歴などのコミュニケーション・ログを解析し、各ノード間でのコミュニケーションの有無をリンクの有無として検出してリンク情報としてリンク情報集計表にマッピングした様子を示した図である。

【図 2 4】図 2 4 は、k 月におけるコミュニケーションのパターンを人脈ネットワークとしてリンク情報履歴表にマッピングした様子を示した図である。 20

【図 2 5】図 2 5 は、m 月におけるコミュニケーションのパターンを人脈ネットワークとしてリンク情報履歴表にマッピングした様子を示した図である。

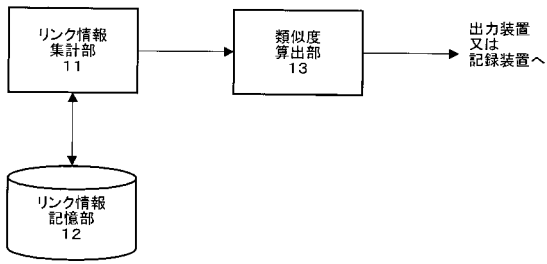
【図 2 6】図 2 6 は、木構造だけでは表しきれないネットワーク構造を説明するための図である。

【符号の説明】

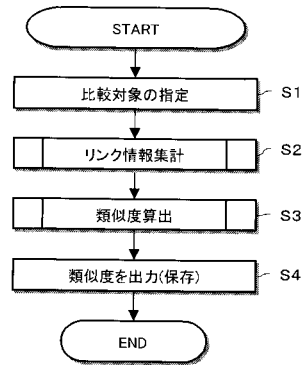
【 0 1 6 0 】

- 1 0 ... 情報処理システム
- 1 1 ... リンク情報記憶部
- 1 2 ... リンク情報集計部
- 1 3 ... 類似度算出部
- 1 4 ... リンク比率算出部
- 1 5 ... ダミーノード追加部

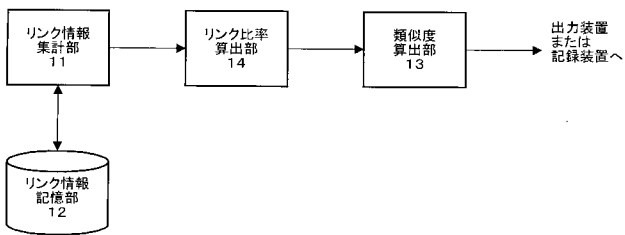
【 図 1 】



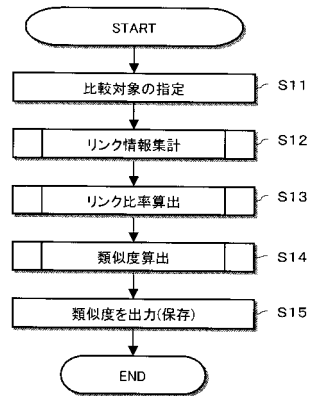
【 図 2 】



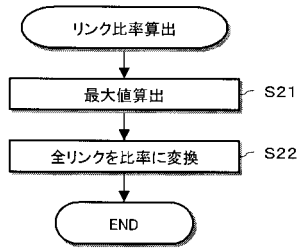
【 図 3 】



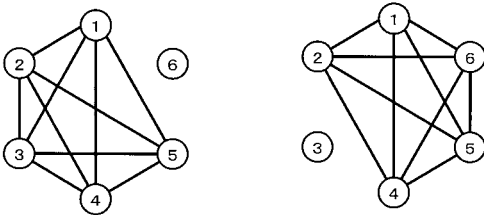
【 図 4 】



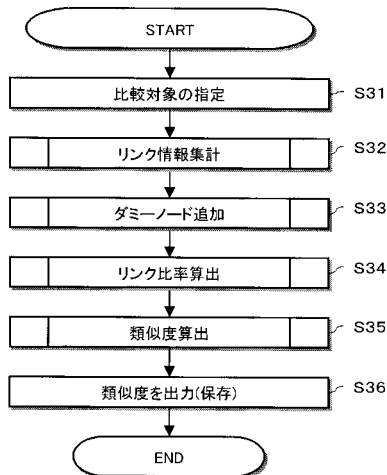
【 図 5 】



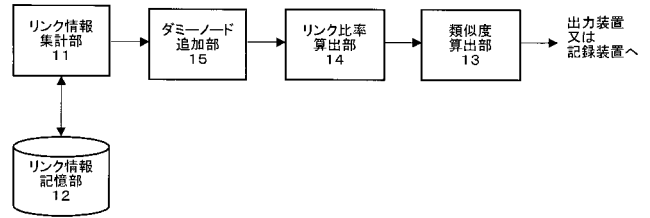
【 図 6 】



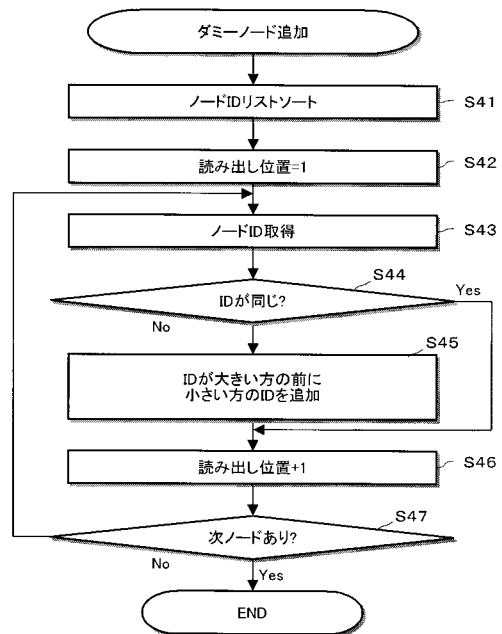
【 図 8 】



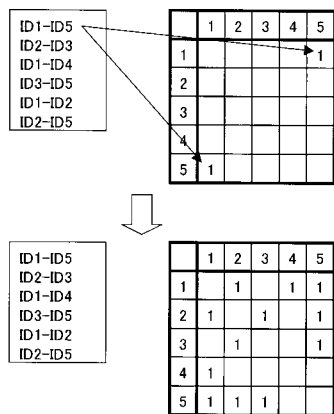
【 図 7 】



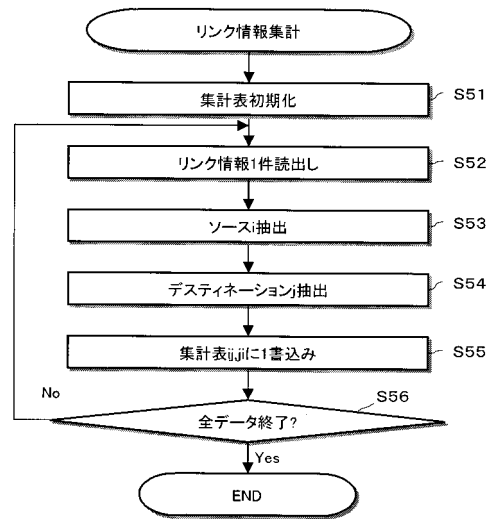
【 図 9 】



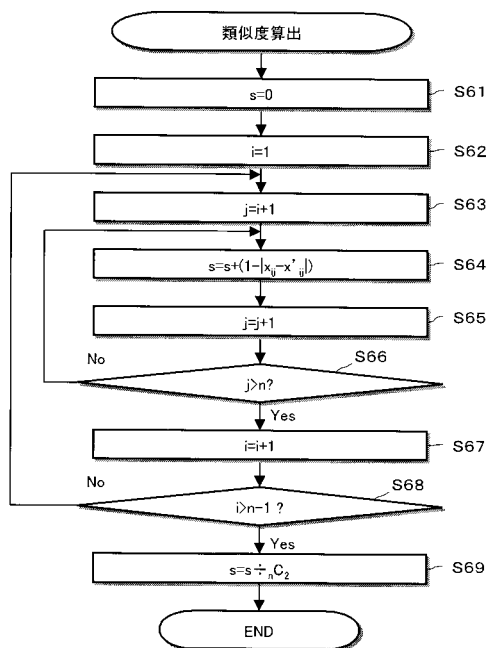
【図10】



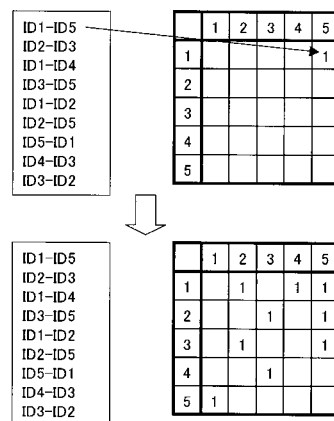
【図11】



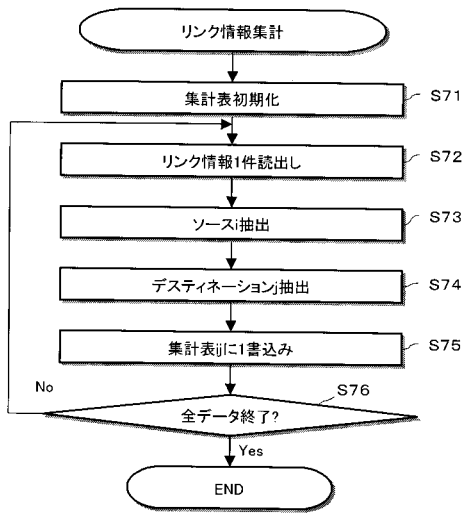
【図12】



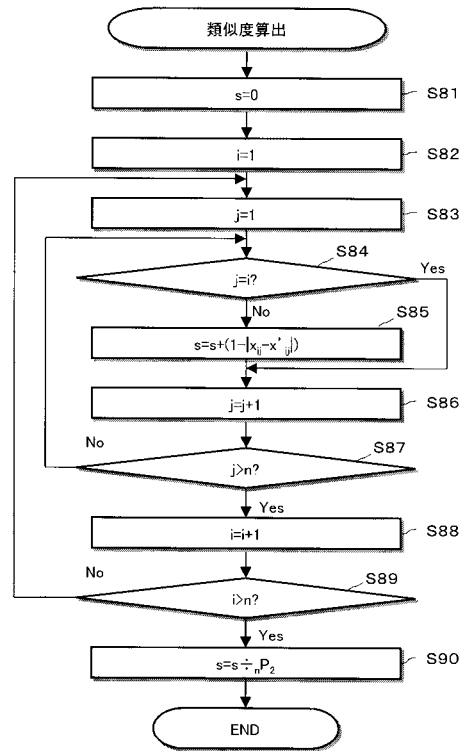
【図13】



【 図 1 4 】



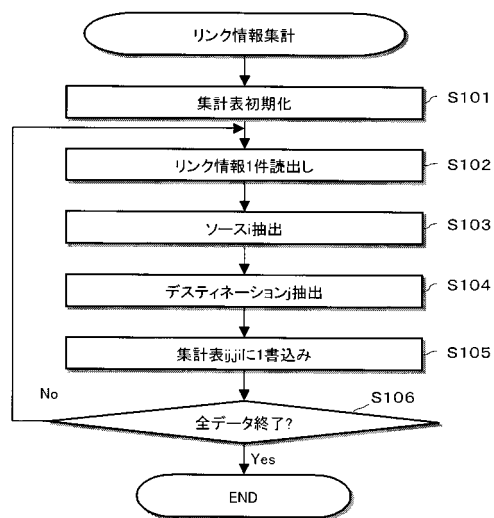
【 図 1 5 】



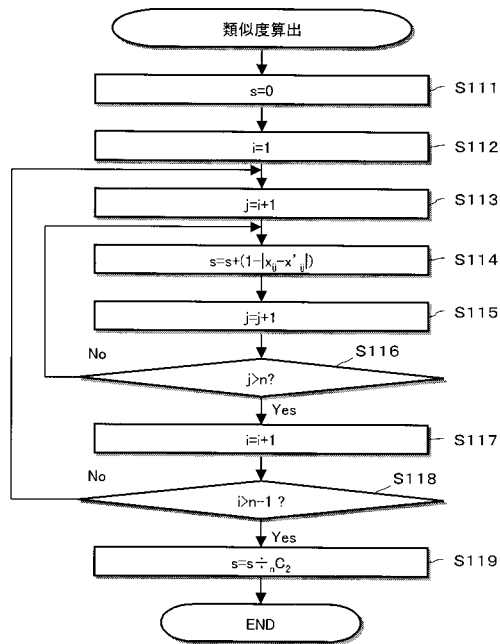
【 図 1 6 】

ID1-ID5					
ID2-ID3					
ID1-ID4	1		1	1	2
ID3-ID5	2	1			1
ID1-ID2	3		1		1
ID2-ID5	4	1			
ID5-ID1	5	2	1	1	

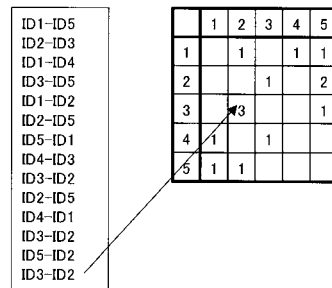
【 図 1 7 】



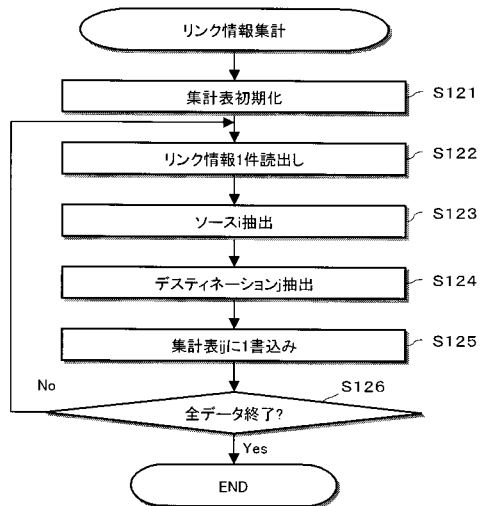
【 図 1 8 】



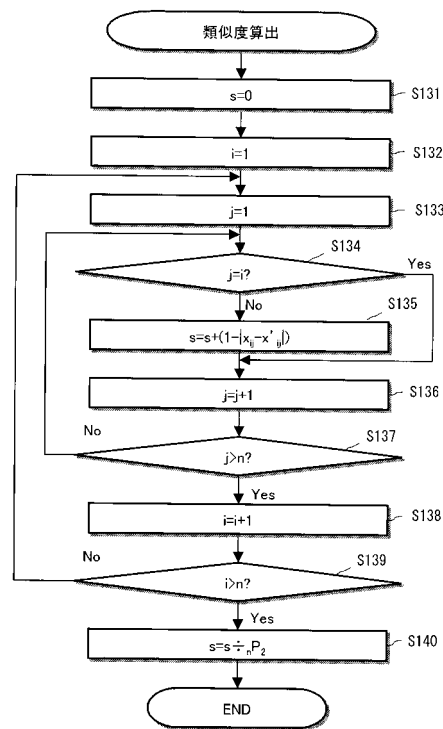
【 図 1 9 】



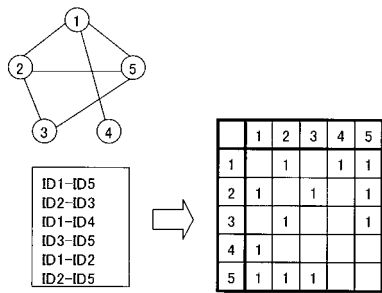
【 図 2 0 】



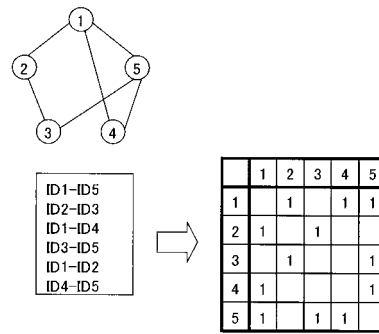
【 図 2 1 】



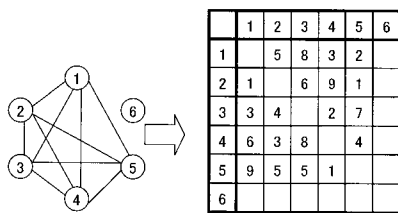
【 図 2 2 】



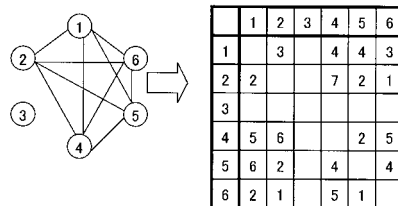
【 図 2 3 】



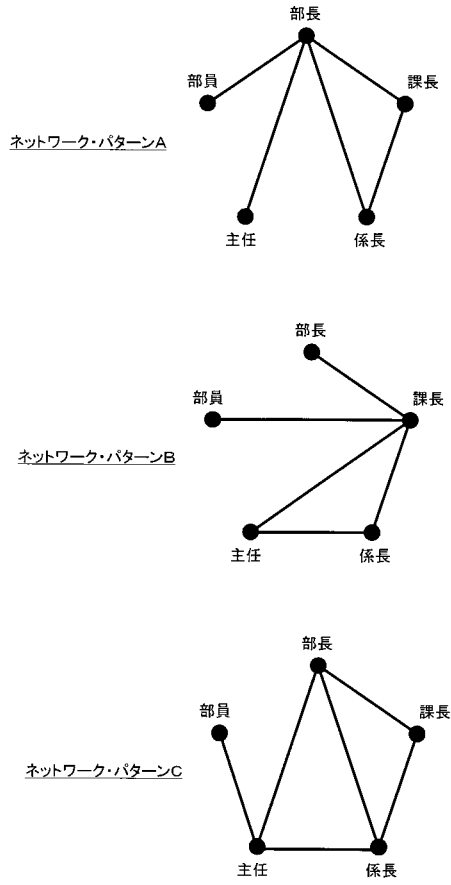
【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



フロントページの続き

- (72)発明者 高橋 正道
神奈川県足柄上郡中井町境4 3 0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内
- (72)発明者 山崎 伸宏
神奈川県足柄上郡中井町境4 3 0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内
- (72)発明者 園田 隆志
神奈川県足柄上郡中井町境4 3 0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内
- (72)発明者 倉林 則之
神奈川県足柄上郡中井町境4 3 0 グリーンテクなかい 富士ゼロックス株式会社内