原著論文

地図型アニメーションインタフェースにおける キーワードの価値変化の検出†

砂山 渡 *1・錦戸 拓也 *1・西原 陽子 *2

本稿では、地図型アニメーションインタフェースにおいて、観点の変化に伴って価値が変わるキーワードの検出と解釈を支援する手法を提案する。Web における検索ヒット数を用いて、キーワード間の関係を抽出する研究が盛んに行われている。キーワード間の関係は観点の数だけ存在し、観点による関係の違いの理解も必要となる。特に他のキーワードとの関係が大きく変化するキーワードを見つけることが重要となる。そこで、提案手法は観点の変化による関係の変化をアニメーションで表現する際に、価値（他のキーワードとの関係の強さ）が大きく変化するキーワードに印付けして着目を促す。提案する印付け手法は、印の有無と位置による効果を確認する実験から、関係の違いを理解することの支援に有効と確認した。

キーワード：価値変化の検出、キーワード地図、アニメーションインタフェース、情報視覚化

1. はじめに

近年、Web ページに含まれるキーワードの出現情報を用いて、キーワードの特徴やキーワード間の関係を調べ、人間の意思決定を支援する研究が盛んに行われている。しかし、Web の情報は膨大であることと、計算機が人間の意図を捉えて、最も適切な結果の提示を行うことは困難であり、人間の知的なデータ分析能力が必要となってくることから、出力情報の見せ方や、出力情報内の重要度の重み付けが重要な課題となっている。

多くのデータの中から、価値のあるポイントを見いだすことはチャンス発見[Ohsawa 03]において特に重要である。漫然とデータを眺めたときに、誰もが気づく点はチャンスに結びつきにくく、逆に多くの人に気づかれなかったり、見落とされやすい点はチャンスになり得る。そのため、データの中で客観的に価値がある点を広くユーザに示した上で、その取捨選択と活用方法の検討を促すことは、チャンス発見の大きな支援となる。

複数のキーワード間の関係を表す手法としては、キーワード間の関係値をもとにネットワークを生成して視覚化する方法が一般に用いられている。視覚化さ

れた構造の中から、その構造が作成されるに至った根拠や背景を推測し、次の行動につながる意思決定を行うことがチャンス発見の目標の1つとなっている。この目標は、次の3つのステップを経て達成される。

1. 構造を認識する
2. 構造とキーワード間の関係をもとに、着目点を定める
3. 着目点の解釈をもとに、次の行動の意思決定を行う

すなわち、まず現存のキーワード間にあるつながりを認識することが必要になり、次にそのつながりによって重要と考えられるポイントを見いだした上で、そのポイントの解釈を行う。

またこのような情報の分析を行う多くの場合、多次元空間上に位置づけられる複数のデータを比較して検討する必要が生じる。この多次元データを一度に認識することは不可能であるため、データを眺める際の制約条件(観点)を与えることで、平面上にデータを射影する。それら、インタフェース上に表示される複数のネットワーク構造の違いを認識し、どのような共通点と相違点があるかを理解することは一般に容易ではなく、このような支援を行う計算機の意味は大きい。

関係の変化を把握する際に、アニメーションによる表示は有効な手法であるが、多くのキーワードが一度に移動する状況では視点が定まらず、アニメーションの前後で対応するキーワードを把握したり、大きな変化が見られるキーワードを探した上で、その意味の解釈を行うことは容易ではない。

そこで本研究では、キーワード集合のネットワーク

† Valuable Change Detection in Keywords for Map Animation Interface

Wataru SUNAYAMA, Takuya NISHIKIDO and Yoko NISHIHARA

*1 広島市立大学 大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

*2 東京大学 大学院工学系研究科
School of Engineering, The University of Tokyo

において、観点の変更に応じてネットワーク構造が変化する際に、価値が大きく変化するキーワードを着目点として明示する手法を提案する。本研究では、着目点の明示を既存手法である地図型アニメーションインタフェース[田中 07]上で行う。すなわちまず、キーワード間の関係を直感的に理解しやすい地図として表示する。そして、特定のキーワード集合の観点の変更に伴う関係の変化をアニメーションで表現する際に、特に価値が大きく変化するキーワードに印付けをして着目を促す。これにより、観点の違いによって関係が異なる2つのネットワークにおいて、その違いの気づきと解釈を支援することを目指す。以下、2章で関連研究、3章で地図型アニメーションインタフェースの構成、4章で評価実験、5章で結論を述べる。

2. 関連研究

ネットワーク構造の認識を容易にするためには、2次元のネットワーク内の着目キーワードを引っ張ることで、3次元的に着目キーワードとつながれているキーワードを確認できる視覚化[Shiozawa 99]や、クラスタリング手法を用いて、クラスタごとの塊を明らかにする研究が行われている。本研究においては、クラスタリング手法の一つ[Newman 04]を用いてキーワードを分類した上で、その分類を認識しやすい地図形式でキーワード集合を出力する。

キーワード間の関係を理解する際には、その関係の観点が明示されることが重要である。研究者間の関係を理解する際にも、友人、同僚、上下など関係の種類によって構造が異なる。研究者名をキーワードとして研究者間の協働関係を抽出する手法[Matsuo 04]など、観点を考慮したネットワークを出力する研究があるが、複数の観点によるネットワークを互いに比較することの支援を目的とした研究は少ない。

複数の集合の比較を支援する研究[Tanaka 06]や、複数のグラフ構造をアニメーションでつないで視覚化する製品 yFiles[yFiles]はあり、全体的な変化のイメージをつかむことはできるが、実際には変化の中でどの部分に着目すべきかを考えることも重要であり、本研究では着目に値するキーワードを明示する点が新しい。

すなわち本研究では、ネットワーク構造を地図形式で表示し、異なる観点による地図間をアニメーションによって補間するインタフェース上で、観点の違いによる構造の変化の原因を探ることを支援する。特に、

他のキーワードと広くかつ強く結ばれているキーワードに価値を与え、異なる地図間でこの価値が大きく異なる、すなわち大きな構造の変化が見られるキーワードを着目点として明示する。

3. 地図型アニメーションインタフェース

本章では、地図型アニメーションインタフェース[田中 07]の構成(図1)と、提案する印付けを行うための価値の算出法と、着目点となるキーワードに付与する記号について説明する。

地図型アニメーションインタフェースには、関係を把握したい特定のキーワード集合と、そのキーワード集合の関係を变える観点キーワードの集合(キーワードの関係を眺める際の基準)を入力として与える。その後、各観点キーワードごとに、キーワード間の関係値の算出、キーワードのクラスタリングを行い、キーワード間の関係を表す地図を作成する。各観点キーワードごとに地図を作成した後、観点の変化に伴う、キーワード集合の関係の変化を、アニメーションインタフェース上で確認する。

従来研究に含まれない本研究の提案部分は、3.7節において、各キーワードに重要度の価値を与えた上で、地図間で価値が大きく変化するキーワードに、明示的な印を付与する点である。

以下で、本研究で扱う地図型アニメーションインタフェースにおける、地図メタファについての説明を与えた後、インタフェースの各モジュールについて説明を行う。

3.1 地図メタファの導入

観点の違いによって関係が異なる2つのネットワークにおいて、その違いの気づきと解釈を支援するためには、その見た目を元に、強い印象を与えること、および直感的な理解が容易であることが必要条件になると考えたため、1つのネットワークを1つの地図として表示する。

すなわち、ネットワーク上のノードを都市、ノード間の関係を表すリンクを、道路、線路、空路によって表し、また、ノードのリンクによって表される集合(クラスタ)を島によって表現する。島はノード間の結びつきにもとづいてクラスタリングされるため、異なる島に属するノードは結びつきが弱く、地理的な距離の遠さが、実際の関係の弱さとして直感的に表現できる。

また、1つのネットワークを1つの地図として表すため、同じノード集合による2つのネットワークの違いは、2つの地図間での大陸移動で表される地形変化

図1 地図型アニメーションインタフェースの構成

として比較できるため、ユーザの印象に残りやすいと考えられる。本研究では、この地形変化において、特に重要と考えられる点に印を与えることで、違いの気づきと解釈を助ける。

3.2 入力：キーワード集合と観点キーワード

インタフェースへの入力、ユーザが関係を調べたいテーマに関するキーワード集合と、関係の基準となる観点キーワードの集合である。現在はインタフェースの表示領域のサイズと、ユーザが一度に認識できる数を考慮し、一度に表示されるキーワード数が50個以内となる場合を想定している。

3.3 キーワード間の関係値の算出

本インタフェースでは、出力時に2種類の関係値を必要とする。1つは、キーワード間の一般的な関係を表す値として、もう1つは、キーワード集合に依存した局所的な関係を表す値として用いられる。本稿では、前者に相互情報量を、後者にカイ2乗値を用いる。

相互情報量 pmi はキーワードの検索ヒット数から式(1)によって算出する*1。

$$pmi(w_a, w_b) = \log \frac{hit(w_a \wedge w_b)}{hit(w_a) \times hit(w_b)}. \quad (1)$$

式(1)で w_a, w_b はキーワード、 $hit()$ は検索エンジン*2でのキーワードのヒット数を表す。観点がある時の評価値 pmi_v は、観点キーワード v を加え、式(1)の $hit(x)$ を $hit(x \wedge v)$ (x は hit 内の論理式)とし、同様に求める*3。求めた評価値は最小値を0、最大値を1として正規化する。

キーワード集合 W でのキーワード間のカイ2乗値 χ^2 は松尾らの手法[Matsuo 06]を用いて、式(2)に

*1 本来の相互情報量の値に比べ、定数 $\log M$ (M は検索エンジンが扱う総ページ数) だけ少ない値となっている。キーワード間の関係の強さを比較するためには、影響がないため計算に含めていない。

*2 検索エンジンはYahoo! [Yahoo!] を用いた。

よって算出する。

$$\chi^2(w_a, w_b) = \frac{N' \times (a \times d' - b' \times c)^2}{(a+b') \times (a+c') \times (b'+d') \times (c'+d')} \quad (2)$$

$$N' = \sum_{w_a, w_b \in W} hit(w_a \wedge w_b),$$

$$a = hit(w_a \wedge w_b),$$

$$b' = \sum_{w_i \in W; w_i \neq w_a, w_b} hit(w_a \wedge w_i),$$

$$c' = \sum_{w_i \in W; w_i \neq w_a, w_b} hit(w_b \wedge w_i),$$

$$d' = \sum_{w_i, w_j \in W; w_i, w_j \neq w_a, w_b} hit(w_i \wedge w_j).$$

観点がある時の評価値 χ_v^2 は式(2)の $N' \sim d'$ まで $hit(x)$ を $hit(x \wedge v)$ (x は hit 内の論理式)とし、同様に求める。求めた評価値は最小値を0、最大値を1として正規化する。

キーワード w_a, w_b の相互情報量 $pmi(w_a, w_b)$ は、入力されたキーワード集合 W に依存しない絶対的な値なのに対して、カイ2乗値 $\chi^2(w_a, w_b)$ は、入力されたキーワード集合 W に依存し、キーワード集合 W の中で相対的な値を表している。このことから、キーワード w_a, w_b の関係を表す指標として、相互情報量は一般的な、カイ2乗値は局所的な関係値として用いた。

3.4 キーワードのクラスタリング

キーワードをノードとし、ノード間をリンクで接続したグラフを作成した上で、ノード集合のクラスタリングを行う。本稿では、ノード間のカイ2乗値による関係値が閾値 T^* 以上の場合にリンクを張り、クラスタリング手法として Newman のアルゴリズム [Newman 04] を用いた。以下にそのアルゴリズムを示す。

- 1) 全てのノードを大きさ1のクラスタとして定義
- 2) 評価値 Q の増減 ΔQ が最大のクラスタ i, j を結合
- 3) 2) を繰り返し、 Q が最大になれば終了評価値 Q と

*3 観点キーワード v についても、これを複数のキーワードの論理式として拡張することができる。たとえば、より具体的な観点を表現するためには、AND 条件として $v_1 \wedge v_2$ とすること、同義語などを考慮するために、OR 条件として $v_1 \vee v_2$ とすること、またこれらを組み合わせた論理式を用いることができる。おおまかな関係の違いを考慮する際には、単一のキーワードで十分と考えられるが、より厳密な関係の違いを調べたいときには、論理式による記述が有効になると考えている。

*4 0.8 とした。この値は経験的に定めた。

図2 地図型アニメーションインタフェースの外観

ΔQ は以下の式で定義される

$$Q = \sum_i (e_{ii} - a_i^2) \quad (3)$$

$$\Delta Q = e_{ij} + e_{ji} - 2a_i a_j = 2(e_{ij} - a_i a_j). \quad (4)$$

ただし、 e_{lm} はクラスター l とクラスター m の間のリンク数の全リンク数に対する割合、 $a_l \equiv \sum_m e_{lm}$ はクラスター l から出ているリンク数の全リンク数に対する割合とする。

3.5 出力：キーワードの地図の描画

キーワード集合とそれらのリンク、価値情報、およびクラスターリング結果をもとに、キーワード間の関係を表す地図を描画する(図2)。地図として表現するために、各クラスターを島、クラスター内のキーワードを都市、キーワード間を接続するリンクをその種類に応じて空路、線路、道路として描画する。

島の輪郭の表示には凸包アルゴリズム[Barber 96]を用い、輪郭の内部は塗りつぶす。各キーワードは都市として丸で表示し、地図全体で最も価値の高いノードを大きな丸で、各島の中で最も価値の高いノードを中くらいの丸で表す。各キーワードの座標は、カイ2乗値をバネの力としたバネモデルのアルゴリズム[Sugiyama 95]を用いて定める。キーワード間を結ぶリンクは、相互情報量とカイ2乗値のいずれかがユー

ザが与える閾値 T 以上のものを表示する。リンクの表示は、異なる島内のキーワードをつなぐときは空路(オレンジ色)、同じ島内のキーワードをつなぐときには、 pmi の関係値の方が高いときは線路(白黒)、カイ2乗値の関係値の方が高いときは道路(灰色)で表す。

3.6 地図上の描画とアニメーション

本節ではインタフェースの機能および描画される内容について説明する。

インタフェースでは、ユーザが比較したい2つの地図を、左右それぞれの領域に、Map selection ボタンで選択して表示できる。zoom スライダーを操作することで、表示するリンクの閾値を決めることができ、これに伴って地図上のキーワード数が増加、減少するとともに、地図が拡大・縮小される。表示された地図上では、ユーザはマウスでキーワードをドラッグにより移動することもでき、それに伴って島の形も変化する。

ユーザは、Animation ボタンを押すことで、片方の地図から他方の地図への遷移アニメーションを表示できる。地図間の違いを明確に表すため、アニメーションは5つのステップ(消滅、分裂、関係値変更、結合、出現)から構成されている(図3)。

1) 消滅：開始時の地図にはあるが、終了時の地図にはないキーワードが消滅する。

図3 地図比較アニメーション

- 2) 分裂：開始時の地図では同じクラスタに属しているが，終了時の地図では別々のクラスタに属しているキーワードが，島から分裂する。
- 3) 関係値変更：地図上のリンクの関係値を変更する。
- 4) 結合：開始時の地図では別々のクラスタに属しているが，終了時の地図では同じクラスタに属しているキーワードが，島として結合する。
- 5) 出現：開始時の地図にはないが，終了時の地図にはあるキーワードが出現する。

3.7 キーワードの価値変化を表す着目点の明示

本説では，前節までで述べた地図型アニメーションインタフェース上において，重要な変化を表すキーワードに着目点を明示する手法について述べる。

§1 キーワードの価値の算出

キーワードの価値を，そのキーワードに接続される全リンクの評価値の合計として与える。ネットワークにおいて重要なノードは，一般に多くのノードとリンクで結ばれたノードであることが多い。本稿で扱うキーワード間の関係においても，他のノードとの結びつきが多いノードを式(5)によって評価する。ただし，キーワード w_i と w_j をつなぐリンクの評価値 $link_value(w_i, w_j)$ は式(6)のように，異なるクラスタ間をつなぐリンク(空路)には3を与え，同じクラスタ内をつなぐリンクには， pmi の関係値の方が高い場合

(線路)に2，カイ2乗値の関係値の方が高い場合(道路)には1を与える*5。ただし， W はキーワード w とリンクで接続されているキーワード集合を表す。この評価値は，地理的に遠い(局所的なカイ2乗値による結びつきが弱い)キーワードを結ぶリンクほど重要と考えて設定している。

$$value(w) = \sum_{w_i \in W} link_value(w, w_i) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} link_value(w_i, w_j) &= 3 \quad (\text{空路で接続時}) \\ &= 2 \quad (\text{線路で接続時}) \\ &= 1 \quad (\text{道路で接続時}). \end{aligned} \quad (6)$$

本稿で定義したキーワードの価値は，クラスタリング手法(島)とリンクの種類(空路，線路，道路)において，既存の地図型アニメーションインタフェースに依存している。しかし，一般的なグラフ構造のネットワークにおいても，いずれかのクラスタリング手法や，リンクの分類に基づいて，本稿の手法に類似した

*5 島を作成するためのクラスタリングに，カイ2乗値による関係値を用いているため，島内のリンクは基本的に道路でつながれ，その中で pmi による関係が強いリンクが線路として表示される。道路と線路の区別に厳密な基準はないため， pmi とカイ2乗値の平均と分散の違いが道路と線路の表示割合に影響を与えると予想されるが，相対的に pmi による関係値が強い場合に線路が表示されていれば，実用上大きな問題はないと考えている。

キーワードの価値を与えられる可能性があると考えている。

§2 着目点の算出と明示

本研究の主題であるキーワードの価値変化をユーザに示すために、価値変化を伴う着目点を図4に示す記号で、アニメーションの際に明示する。すなわち、式(7)で与えられる価値の増加、もしくは減少の大きい3つのキーワード(ただし、いずれかの地図での価値が地図全体の平均を超えているもの)、および、式(8)で与えられる増加と減少のそれぞれの絶対値の和が大きい順に3つのキーワード(ただし、両方の地図での価値が地図全体の平均を超えているもの)に印を与える*6。ただし、集合Wを $W_{init} \cup W_{end}$ 、始点においてキーワード w とリンクされているキーワード集合を W_{init} 、終点において w とリンクされているキーワード集合を W_{end} とする。

$$value_updown(w) = \sum_{w_i \in W} (link_value_{end}(w, w_i) - link_value_{init}(w, w_i)) \quad (7)$$

$$value_diff(w) = \sum_{w_i \in W} |link_value_{end}(w, w_i) - link_value_{init}(w, w_i)| \quad (8)$$

各キーワードの価値は式(5)によるリンクの評価値の総和で与えられるため、式(7)によつては、いずれかの地図で多くのリンクと繋がれ、他方の地図ではそれらのリンクがなくなるキーワードに、式(8)によつては、両方の地図で一定以上のリンクと繋がれ、両地図間でのリンクが大きく異なるキーワードに印が与えられる。すなわち、前者は他のキーワードとの結びつきにおいて、両地図間で大きな差があるキーワード、後者はつながっているリンクに大きな変化のあるキーワードの抽出を狙っている。

3.8 想定するインタフェースの使用方法

あるユーザが、各国の地理的な関係と先進国の位置づけを調べたいと仮定する。ユーザは、対象国として40の国名を表すキーワードと、「地域」と「先進国」という2つの観点キーワードを用意する。インタフェース

図4 価値変化を表す記号

はキーワード間の関係を表す地図を2つ並べて表示し(図2)、ユーザは地図間の違いの理解を試みる。インタフェースの左の地図では、国の間の地理的な関係が現れており、右の地図ではその経済的な位置づけをもとにした関係が現れている。しかし、両者の関係は大きく異なっており、いくつかの違いを認識することができても、どこに着目すべきかを判断することは難しい。

そこで、ユーザは左の地図から右の地図へのアニメーションを図3のように表示させる。地図上に着目点(図4)が表示され、この例の場合以下のことが示唆される。

- increase：日本と中国は地域としてのつながりが弱い、経済的には強い結びつきをもっている。
- decrease：ベルギーは地域として他の国々とのつながりは強い、経済的な他の国々とのつながりは弱い。
- change：ロシアは地域関係と経済関係では全く異なる関係をもっている。

すなわち、アニメーション中の着目点は、あるキーワードに関わるリンクの増減を表していることから、その他多くのキーワードとの関係の変化について、解釈を与える助けとなる(ベルギー、ロシアの解釈)。また、地図上の地形の変化と合わせて解釈することで、特定の2国間の関係について解釈を与えることも可能となる(日本と中国の解釈)。

これらの関係はWeb上のヒット件数から得られたものであり、事実であったり、何らかの根拠を含むと予想されるため、ユーザがこれらの点に着目して原因を探ることは、地図間の比較の上で重要な意味を持つと考えられる。

一般的に本インタフェースは、Web上の共起ヒット件数の時系列変化をもとにした人間関係の変遷の分析、エリア毎のPOSデータの比較、類似文書における単語の共起ネットワークの比較など、さまざまな分野への応用が可能になると考えている。

4. 評価実験

本章では、地図アニメーションにおける着目点の明示が、観点の違いによるキーワード間の関係変化の理解に有効に働くことを確かめた、次の2つの実験につ

*6 「価値が地図全体の平均以上」という条件は、無条件に上位3つのキーワードを選ぶのではなく、キーワードがその地図の中で平均以上に意味のある存在となっていることを条件として絞り込むために設けた。また、価値の増加または減少による矢印を表示する際には、片方の地図ではリンクがほとんどなくなり、条件を満たすキーワードが存在しなくなるため、片方の地図でのみ条件を満たせばよいとした。この条件を満たすキーワードが存在しないときは、印を表示しない。

いて述べる。

実験 1. 着目点の有無による効果を検証する実験

実験 2. 着目点の位置による効果を検証する実験

すなわち、実験 1 によって着目点を明示する印がない場合に比べて、印がある場合にユーザの関係理解が進むことを検証する。また実験 2 によって、着目点を与える基準となっている、式(7)と式(8)の価値変化の妥当性を検証する。

両実験は、あるテーマのキーワード間の関係について、観点の変化に伴ってどのように関係が変わるかを調べてもらい、その数と内容を評価する。テーマは、表 1 と表 4 に示す 5 つとして、各テーマについて、2 つの観点キーワードとキーワード集合を用意した。用意したキーワードは、各々のテーマについて代表的な単語を Web から収集して用意した。一例を表 2 と表 5 に示す。実際に被験者に与えたタスクは次の 2 つである。

- 1) [Before Animation] 観点の異なる 2 つの地図を見比べ、位置づけ(他のキーワードとの結びつき)が大きく異なると思うキーワードを、位置づけが異なる原因とともに挙げる(制限時間 3 分で最大 3 つ)。
- 2) [After Animation] アニメーションを参考にして、観点の異なる 2 つの地図で位置づけが大きく異なると思うキーワードを、位置づけが異なる原因とともに挙げる(制限時間 7 分で最大 5 つ)。ただし、タスク 1) で挙げたものを除く*7。

すなわち、タスク 1) でまず 2 つの異なる地図を見比べ、どのような違いが確認できるかを挙げてもらう。その後タスク 2) において、アニメーションおよびキーワードに与えられた印を表示して、どのような違いが確認できるかを挙げてもらった。

比較インタフェースとして、実験 1 では、タスク 2) の際に図 4 の着目点としての印を明示しないインタフェースを用意した。すなわち、印の表示がない点以外は、提案インタフェースと同じインタフェースを用意した。実験 2 では、タスク 2) の際に、提案インタフェースが着目点としての印を表示しないキーワードの中から、ランダムに提案インタフェースが印を提示するのと同数のキーワードを選び、選ばれたキーワードに印を明示するインタフェースを用意した。すなわ

ち、印を表示するキーワードが異なる点以外は、提案インタフェースと同じインタフェースを用意した。

各実験の被験者は情報科学を専攻する大学生・大学院生の男女計 20 名として、一人当たり 4 つのテーマを行い、2 つのテーマを提案インタフェースを用いて、2 つのテーマを比較インタフェースを用いて回答してもらった。与えるテーマの順序やインタフェースの使用順序は、偏りが生じないようにした。

4.1 実験結果 1 : 着目点の有無による効果

図 5 に、タスク 1) とタスク 2) のそれぞれにおける、提案インタフェース上で印が付けられるキーワードへの言及を含む回答数*8 (全被験者の合計) を示す。なお、図中の“Nomarked”は何も着目点の印が与えられなかったキーワード、“Marked”はいずれかの着目点の印が与えられたキーワードを表す。タスク 1) ではその回答数に差がないのに対して、タスク 2) では提案インタフェースにおいて回答数が大幅に増加した。提案インタフェースのみで印がついているために、印がつけられたキーワードに着目が集まることは当然と考えられる。しかし、与えたタスクではキーワードに着目するだけでなく、位置づけの違いの原因までを挙げる必要があったことから、この印によって変化の存在をアピールし、その意味付けを促すことができたと考えられ、印の妥当性が確認される。

しかし、単に回答数が多いだけでは不十分であり、意味のある原因の考察がなされているかを確認する必要がある。そこで、被験者のキーワードを挙げてもらった原因の回答のうち、地図のテーマの観点キーワードが含まれている回答を意味のある回答とした。これは、有効な比較を行うためには、その比較の観点となる言葉を意識することが不可欠と考えたからである。表 3 に、観点キーワードを含む回答の例を示す。

図 6 に、被験者のキーワードを挙げた原因の回答に、対象テーマの 2 つの観点キーワードのうち、少なくとも 1 つが含まれていた数を示す。この図から、アニメーション後に、印を付けたキーワードへの回答数が、提案インタフェースを用いた場合のみ増加していることがわかる。アニメーション後に、印が与えられなかったキーワードへの回答数は、インタフェースの違いによる差がなく、提案インタフェースを用いることで、純粋に意味のある回答の絶対量を増やす効果があったと言える。印付きキーワードの絶対数は表 1 から分かる通り決して多くはなく、図 6 の多くの回答は印なしのキーワードに対してなされており、アニ

*7 タスク 1) ではインタフェースを操作する必要がなく、参考にしていただける情報は何もないこと、また、タスク 1) とタスク 2) の比較が実験の目的ではないため、トータルで集中力が持続するできるだけ短い時間と個数を両タスクで別々に設定した。

*8 比較インタフェースにおいては、提案インタフェースを用いていれば印が与えられたキーワードへの言及があった回数。

図5 実験1：被験者の回答数

図6 実験1：観点キーワードを含む回答数

メーション後の比較インタフェースのグラフから、通常であれば見逃されることが多かったキーワードから、有効な回答を得る手がかりとして、着目点が働いたと考えられる。

逆に印が与えられることで、他に着目すべきキーワードが見過ごされた可能性は否定できないが、「着目すべき」キーワードを決定する要素は、ユーザの個人的な状況に強く依存するために、キーワードの一般的な正誤を定めることは困難と考えられる。そのため、客観的に着目すべきと考えられるキーワードに印を付与し、より多くの解釈を促すことが、最大限のユーザ支援になると考えている。

また、図6の提案インタフェースにおけるアニメーション後の印付きへの回答数39件について、出力された矢印と星印の数はほぼ同数であるのに対して、うち26件は矢印に対する解釈、13件は星印に対する解釈であった。この差は、印の形に起因するものではなく、矢印は結びつきの増加、減少を表すため、片方の

地図では結びつきが強い、または弱いという解釈を与えやすいのに対して、星印は両地図間での結びつきの違いを表しているため、両地図の違いを踏まえないと解釈できないことによる、解釈の回答のしやすさに起因するものと考えられる。

4.2 実験結果2：着目点の位置による効果

本節では、地図アニメーションにおいて付与される着目点の位置の効果を検証した実験結果について述べる。

図7に、被験者のキーワードを挙げた原因の回答に、対象テーマの2つの観点キーワードのうち、少なくとも1つが含まれていた数を示す。なお、図中の“*No marked*”は何も着目点の印が与えられなかったキーワード、“*Marked*”はいずれかの着目点の印が与えられたキーワードを表す。

タスク2)における印付きキーワードへの回答数は、提案、比較、両インタフェースともに増加しており、印付けによって、被験者の着目が集められることがわかった。実験1に比べても、印付きキーワードへの回答数が増えているが、これは、印付きキーワードの絶対数が実験1に比べて多かったことと、提案、比較の両インタフェースとも印を提示していたため、印に対する誘導が強まったことなどが原因と考えられる。

比較インタフェースでは、ランダムに印を付与しているにもかかわらず、印への回答数が増していることから、与えられた印に対しては、被験者は何らかの意味付けを行おうとしたことが伺える。しかし、その回答数の比は、提案インタフェースと比較インタフェースで約1.3倍(=60/46)となっており、ランダムで印が与えられたキーワードのうち、実際の価値変化が乏しいキーワードに対しては、十分な解釈が行えなかったことが伺える。実際に、一部の提案インタフェースを用いた被験者から、「このキーワードに対して印が与えられるのはおかしい」という意見もあった。

このことをより詳細に分析するために、観点キーワードを含む回答に含まれた名詞、動詞、形容詞の単語種類数*9を表6に示す。単語種類数の合計は、比較インタフェースの約1.7倍となっており、これは観点キーワードを含む回答数の比の約1.3倍を大きく上回っている。特に、使われる動詞の種類数が大幅に増加していることから、提案インタフェースは、2つの地図間の違いについて、多様な解釈を促すことができたと言える。たとえば、「違う、異なる」という違いを表す最も一般的な単語は、提案、比較の両インタ

*9 観点を表す単語、およびインタフェース上に表示されるキーワードを除く。

図7 実験2：観点キーワードを含む回答数

フェースの回答に用いられていたが、「属す、繋がる、比べる、関わる、変わる、混じる」など関係の変化を表す単語は、提案インタフェースを用いた回答にしか含まれていなかった。すなわち、ランダムな印付けによっても、そこに着目と何らかの解釈を促すという一定の効果がある反面、実際には関係の変化が乏しいキーワードであった場合、多様性のないありふれた解釈が行われやすくなることが示唆される。

これらの実験結果から、本稿で提案する着目点の明示手法は、キーワード間の関係の変化を理解する上で、客観的に価値の高いキーワードへの着目と有効な解釈を促す効果があり、データを解釈して意思決定を目指すチャンス発見プロセスの支援効果が期待できる。

表1 実験1に用いたデータ

テーマ	観点1	観点2	キーワード数	印付きキーワード数
動物	肉食	草食	40	3
俳優	共演	仲が悪い	40	5
車名	メーカー	買い替え	40	6
職業	人気	高収入	40	4
形容詞	男	女	40	3

表2 実験1に用いた各テーマのキーワード例

テーマ	キーワード例
動物	クマ、ライオン、トラ、サメ、イヌ、ネコ、タヌキ、キツネ、ヤギ、ヒツジ、...
俳優	沢尻エリカ、長澤まさみ、綾瀬はるか、速水もこみち、藤原竜也、佐藤隆太、...
車名	ティード、セレナ、クラウン、プリウス、スカイライン、パジェロ、ミラ、...
職業	税理士、国会議員、野球選手、漫画家、アナウンサー、画家、農家、漁師、...
形容詞	きれい、可愛い、優しい、冷たい、素敵な、魅力的な、誠実な、内気な、...

表3 実験1：観点キーワードを含む回答例（下線が観点キーワード）

テーマ	キーワード	回答
動物	イルカ	海の <u>肉食</u> 動物なのでシャチと強く結ばれる
俳優	女優A	<u>仲が悪い</u> 人が多くて <u>共演</u> 者が少ない
車名	アルト	<u>メーカー</u> は異なるが、車体が似ているもの同士を比べて <u>買い替え</u> を検討するからひとくくり
職業	歯科医師	左(人気)では、手に職をつける系統でまとまってたけど、右(収入)ではアナウンサーと同じくらいの <u>収入</u> なのかな
形容詞	物静かな	<u>男</u> の中では知的な等良いイメージの言葉などつながっているが、 <u>女</u> の中では几帳面な等似たイメージの言葉と結ばれ、さらにおしゃべりなという反対語とも結ばれている。

表 4 実験 2 に用いたデータ

テーマ	観点 1	観点 2	キーワード数	印付きキーワード数
犬	芸能人	世話	29	6
IT 企業	残業	満足	30	6
山手線	乗り換え	ショッピング	29	6
レストラン	昼ご飯	夜ご飯	26	6
旅行先	苦情	楽しい	27	6

表 5 実験 2 に用いた各テーマのキーワード例

テーマ	キーワード例
犬	キャバリア, コーギー, ゴールデンレトリバー, コリー, シーズー, シェパード, ...
IT 企業	KDDI, NEC, NTT データ, NTT ドコモ, アイ・オー・データ, アップルジャパン, ...
山手線	鶯谷, 駒込, 恵比寿, 原宿, 五反田, 御徒町, 高田馬場, 秋葉原, 渋谷, 上野, ...
レストラン	アンナミラズ, ガスト, グラッチェガーデنز, ココス, サイゼリヤ, ...
旅行先	アテネ, ウィーン, オアフ, カイロ, グアム, サイパン, ソウル, チェジュ, ...

表 6 観点キーワードを含む回答に含まれた, 名詞, 動詞, 形容詞の単語種類数

	提案	比較
名詞	80	50
動詞	31	13
形容詞	12	10
合計	123	73

5. 結論

本稿では, キーワード間の関係の強さをもとにキーワードの価値を定義し, 観点の変化によって価値が大きく変化するキーワードを, 地図型アニメーションインタフェース上に着目点として明示する手法を提案した。

アニメーション中に移動する多くのキーワードの変化を確認する際に, ユーザは提示される着目点を利用することで, 単に図を眺めたり, 比較しているだけでは見落とされる可能性がある重要なキーワードに対して, その解釈のきっかけを得ることができる。チャンス発見の第一歩は, その可能性を列挙することから始まる。有用な気づきとその吟味を支援するインタフェースを, 今後完成させていきたいと考えている。

参 考 文 献

- [Barber 96] C.B.Barber, D.P.Dobkin, and H.Huhdanpaa: The Quickhull Algorithm for Convex Hulls, ACM Transactions on Mathematical Software, Vol.22, No.4, pp.469-483 (1996).
- [Matsuo 04] Y.Matsuo, H.Tomobe, K.Hasida and M.Ishizuka: Finding Social Network for Trust Calculation, Proc. 16th European Conf. on Artificial Intelligence (ECAI2004), pp.510-514 (2004).
- [Matsuo 06] Y.Matsuo, T.Sakaki, K.Uchiyama, and M. Ishizuka: Graph-based Word Clustering using Web Search Engine, Proc. 2006 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP2006), pp.542-550 (2006).
- [Newman 04] M.E.J.Newman: Detecting community structure in networks, The European Physical Journal B, Vol.38, pp.321-330 (2004).
- [Ohsawa 03] Y.Ohsawa and P.McBurney (eds.): Chance Discovery, Springer Verlag (2003).
- [Shiozawa 99] H.Shiozawa, K.Okada, Y.Matsushita: 3D Interactive Visualization for Inter-Cell Dependencies of Spreadsheets, Proc. IEEE Information Visualization Conference (InfoVis'99), pp.79-82 (1999).
- [Sugiyama 95] K.Sugiyama and K.Misue: Graph Drawing by the Magnetic Spring Model, Journal of Visual Languages and Computing, Vol.6, No.3, pp.217-231 (1995).
- [Tanaka 06] T.Tanaka, Y.Tsuiji and W.Sunayama: Animation Interface for Preference Difference Interpretation, Proc. of International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS2006), pp.1215-1219 (2006).
- [田中 07] 田中大智・砂山渡: 観点を考慮した知識整理の

ための地図型アニメーションインタフェース, 第3回人工知能学会データマイニングと統計数理研究会資料, pp.112-119, (2007).

[Yahoo!] Yahoo!:(URL) <http://www.yahoo.co.jp/>

[yFiles] yFiles:(URL) http://www.yworks.com/en/products_yfiles_about.htm

(2008年10月10日 受付)

(2009年3月16日 採録)

[問い合わせ先]

〒731-3194 広島市安佐南区大塚東3-4-1

広島市立大学 大学院情報科学研究科

砂山 渡

TEL: 082-830-1705

FAX: 083-830-1435

E-mail: sunayama@hiroshima-cu.ac.jp

著者紹介

すなやま わたる
砂山 渡 [非会員]

1995年大阪大学基礎工学部制御工学科卒業。1997年同大学院博士前期課程修了。1999年同大学院博士後期課程中退。同年同大学院助手。2003年広島市立大学助教授。2007年同准教授。現在に至る。博士(工学)。人間の創造活動を支援する研究に興味を持つ。人工知能学会、言語処理学会、IEEE各会員。

にしきど たくや
錦戸 拓也 [非会員]

2008年広島市立大学情報科学部情報機械システム工学科卒業。現在、同大学院情報科学研究科博士前期課程在学中。

にしはら ようこ
西原 陽子 [非会員]

2003年大阪大学基礎工学部システム科学科卒業。2005年同大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。2007年同研究科博士後期課程修了。同年より日本学術振興会特別研究員PD。2008年東京大学工学系研究科助教。現在に至る。博士(工学)。人のコミュニケーション支援に興味を持つ。人工知能学会、情報処理学会、各会員

Valuable Change Detection in Keywords for Map Animation Interface
by
Wataru SUNAYAMA, Takuya NISHIKIDO and Yoko NISHIHARA

Abstract :

This paper proposes a method to support interpretations of difference between two keyword relationships with varying viewpoints in a map animation interface. Much research has been conducted on extracting keyword relationships using hit counts obtained by search engines. Since relationships also exist in the number of viewpoints, we need to understand the differences among relationships that correspond to each viewpoint. Finding keywords whose relationships drastically change is crucial because the value of keywords mainly consists in their relationships in networks. Therefore, this method marks keywords that drastically change their relations when animations between two relationships are shown in the interface. Experimental results showed that the interface using the method supported difference interpretation better than a comparative interface, which outputs no marks or outputs marks randomly.

Keywords : valuable change detection, keyword map, animation interface, information visualilzation

Contact Address : **Wataru SUNAYAMA**

Grasuate School of Information Sciences, Hiroshima City University
3-4-1, Ozuka-Higashi, Asa-Minami-Ku, Hiroshima, 731-3194, JAPAN
TEL : 082-830-1705
FAX : 083-830-1435
E-mail : sunayama@hiroshima-cu.ac.jp