

# ユーザ意図を強調したキーワード配置支援機能を備えたインタラクティブなキーワードマップ

梶 並 知 記<sup>†</sup> 高 間 康 史<sup>†</sup>

キーワード間の関係をエッジとしたグラフで表現し、ユーザがインタラクティブにキーワード配置を操作可能な情報可視化システムとしてキーワードマップが提案されているが、ユーザの意図をキーワード配置に反映させやすくすることはこれまであまり考慮されていなかった。本論文では、ユーザの編集意図を強調したキーワード配置を支援するキーワード配置支援機能を備えたキーワードマップを提案する。編集意図の異なる3種類の課題について提案システムを用いた被験者実験を行った結果、キーワード配置支援機能がユーザの編集意図を強調するのに有効であることを示す。

## Interactive Keyword Map Equipped with Keywords Arrangement Support Functions for Emphasizing User's Intention

TOMOKI KAJINAMI<sup>†</sup> and YASUFUMI TAKAMA<sup>†</sup>

The keyword map, has been studied for visualizing relationships among a number of keywords by a graph drawing method. Although the system is equipped with interactive features, it has not considered positively the reflection of user's intention in keyword arrangement. In this paper, the keyword map equipped with keywords arrangement support functions is proposed for emphasizing user's intention. The relation between users' intentions and usage of their keywords arrangement support functions is examined through experiments. The experimental result shows that the proposed functions are effective in emphasizing user's intention.

### 1. はじめに

近年、インターネットインフラの発展にともない、通常の Web サイトだけでなく Blog などを用いた個人による情報発信がさかんになってきている<sup>25)</sup>。また、mixi に代表される SNS も利用者が増加の一途をたどり、今や Web は日常生活の中にごく自然に取り込まれている、膨大かつ無秩序なメディアともいえる。この、目次のない百科辞典のような情報源から効率良く必要な情報を探し出す作業の手助けを目的として情報可視化技術が研究されており、代表的な手法として情報間の関連を直感的に把握しやすいグラフ表現に基づく情報可視化手法があり、グラフの力指向自動描画法として様々な手法が提案されている<sup>4)</sup>。たとえばノードを適度に分散させたり<sup>20)</sup> エッジの交差を減らしたり<sup>11)</sup>、といった改良によって、より見やすいグラフの描画を目指す手法や、局所的にグラフ構造を歪めて、

全体の構造を見せつつも一部に注目し詳細に表示する手法<sup>13),17)</sup>、多様なノードの形状に対応した自動描画手法などが提案されている<sup>3)</sup>。また、応用例として、Web のリンク構造や Blog から抽出したキーワード間の関連の可視化<sup>1),2)</sup>、論文情報の可視化<sup>14),16)</sup>、オントロジーの構築<sup>23)</sup> などがある。

キーワードマップ<sup>7)</sup>は無向グラフの自動描画法を用いたインタラクティブな情報可視化システムの一つであり、多数のオブジェクト(キーワード)間の関係を平面上に可視化する汎用的システムとして開発されている。キーワードマップはキーワードを関連度に応じて2次元平面上に表示するが、単なる情報の可視化だけではなく、ユーザがキーワードの配置に介入し、任意のマップを編集することが可能である。このとき、関連するキーワードを1カ所に集めたり、キーワードの重要度に基づいて整列させたりといったユーザの編集意図と、最終的に得られるキーワード配置の間には関係があることが指摘されているが<sup>6),8)</sup>、この関係をシステム側で積極的に利用することはこれまで考慮されていない。しかし、ユーザの編集意図に応じ、そ

<sup>†</sup> 首都大学東京

Tokyo Metropolitan University

れらを強調した配置を支援する機能を提供できれば、ユーザの作業負荷が低減する効果が期待できるだけでなく、編集後のキーワード配置からユーザの興味・関心を推定することが容易になるため、インタラクティブな情報検索システム<sup>15),22)</sup>にも有効と考える。よって本研究では、ユーザ意図を強調した配置を支援する機能を備えたキーワードマップを提案する。

構造化された大規模データを見やすく提示するために可視化技術を用いた研究もあるが<sup>24)</sup>、本論文で提案するシステムは、まだ構造が明らかではないデータを対象にし、ユーザが整理し、構造を見いだす作業を支援するために可視化技術を利用する。制約記述言語を用いてユーザの意図をインタラクティブかつ高速にグラフのノード配置へ反映させる手法についても提案されているが<sup>5)</sup>、本提案では事前に配置規則を指定するのではなく、キーワードマップを直接操作しながら試行錯誤して配置を決定していくことを支援する。また、提案システムはマップの全体とユーザが目し編集している部分を同時に概観でき、編集の過程が滑らかなアニメーションで表示されるためユーザのメンタルマップを崩しにくく、KJ法などの創造性開発におけるグループ作成支援<sup>19)</sup>や創造的情報創出<sup>18)</sup>にも適したインタラクションデザインとなっている。

本論文では、編集意図の異なる3種類の課題について提案システムを用いた被験者実験を行った結果、キーワード配置支援機能がユーザの編集意図を強調するのに有効であることを示す。

## 2. キーワードマップと編集パターン

### 2.1 キーワードマップの基本アルゴリズム

キーワードマップとは、キーワードをノードに、キーワードどうしを結ぶエッジをバネに見立てて、力指向の無向グラフ描画法<sup>10)</sup>をもとに、キーワードを2次元平面上に配置する情報可視化システムである。以下に、キーワードマップの基本的なアルゴリズムを述べる。キーワード  $i, j$  の間に関連がある場合は、関連度  $R_{ij}$  ( $0 < R_{ij} \leq 1$ )、関連がない場合は  $R_{ij} = -1$  と定義し、キーワードを結ぶバネの自然長  $l_{ij}$  を式(1)とする。 $m$  は任意の正定数である。

$$l_{ij} = m(1 - R_{ij}) \quad (1)$$

マップには式(2)のような仮想的な弾性力エネルギー  $E$  が生じ、この  $E$  を極小にすることが、各バネの長さが自然長に近づく理想的なキーワード配置を求めることとなる。

$$E = \sum_i \sum_j \frac{1}{2} k_{ij} (d_{ij} - l_{ij})^2 \quad (2)$$

$k_{ij}$  はキーワード  $i, j$  間のバネ定数、 $d_{ij}$  は描画平面上のキーワード  $i, j$  間の実際の距離である。キーワード  $i$  の  $x$  座標を  $x_i$ 、 $y$  座標を  $y_i$  とすれば、ここでバネに働く力ベクトルは式(3)のようになり、これをもとにキーワード  $i$  の移動量  $\delta x_i$ 、 $\delta y_i$  は式(4)とする。 $c$  は任意正定数である。

$$\vec{f}_{ij} = \left( \frac{\partial E_{ij}}{\partial x_i}, \frac{\partial E_{ij}}{\partial y_i} \right) \quad (3)$$

$$\delta x_i = c \frac{\partial E_{ij}}{\partial x_i}, \delta y_i = c \frac{\partial E_{ij}}{\partial y_i} \quad (4)$$

すなわち、 $E$  を減少させる方向の力ベクトル  $\vec{f}_{ij}$  に沿ってキーワードを少し移動させ、繰り返して座標を更新していくことにより、関連度の高いキーワードは近くに、関連度の低いキーワードは遠くに配置されることになる。

### 2.2 ユーザ意図とキーワード配置パターン

キーワードマップは、ユーザが目した任意のキーワードを注目キーワードに設定して位置を自由に変更したり、不要なキーワードを削除したりすることでマップの構造編集を可能とする Focus+Edit 機能を備えているが、このとき、マップの構造に反映されるユーザの意図は、対象とする情報の種類によって多様に考えられる。提案システムでは、多様な情報に適用可能な汎用的なインタフェースを目指しているため、多くの対象に共通してあてはまるプリミティブな編集意図を検討する。文献(6), 8)では、色付きキーワードを色の類似性をもとに分類配置するタスクと、重要度が明示的に与えられたキーワードを重要度を考慮して配置するタスクの2種類の被験者実験を通して、複数種類に分類されたキーワード群を配置する場合に用いられる典型的配置パターンと、重要度を考慮する場合に用いられる典型的配置パターンが存在することを示している。これらの実験から得られた、ユーザのプリミティブな編集意図と編集対象、キーワードの配置パターンの関係をまとめると表1のようになる。これより、ユーザは、同一話題として扱いたいキーワードをまとめて、また、別々の話題として扱いたいキーワードクラスを離して配置する傾向があることが分かる。さらに、重要度の高いキーワードほど、中央に配置する傾向と、重要度の高い順に上から下へ、もしくは左から右に向かって並べる傾向があることが分かる。

### 2.3 キーワード配置支援機能の要件

ユーザの編集意図とキーワード配置パターンとの間に関連があることから、ユーザの意図を強調した配置を支援する機能をキーワードマップに備える場合、次の3つの要件を満たす必要があると考える<sup>9)</sup>。

表 1 ユーザの編集意図と配置パターン

Table 1 User's intentions and arrangement patterns.

編集意図	編集対象	配置パターン
同一話題として扱いたい	・話題の中心となるキーワード ・そのキーワードに関連する同一話題キーワード群	・同一話題に含まれるキーワードを近づけてクラスタを作る配置
別々の話題として扱いたい	・それぞれの話題の中心となるキーワード	・異なる話題それぞれでクラスタを作り、クラスタ間を離して配置
重要度の異なるキーワードや話題として扱いたい	・複数の興味あるキーワード ・複数のクラスタ	・重要度の高いキーワードやクラスタほど中心に配置 ・重要度の高いキーワードやクラスタほど上方に配置 ・重要度の高いキーワードやクラスタほど左方に配置

- 任意のキーワードに、それに関連するキーワードを近づける。
- 異なる話題を表すクラスタを離して配置する。
- 重要度の高いキーワードや話題を頂点として、他のキーワードやクラスタを下か右方向に整列させる。

これらを考慮したマップ編集を提案システムが認識し、支援することができれば、ユーザの意図をより強調した配置が作成しやすくなると考える。文献 12) であげられているような時計回りの配置や渦巻き配置などは、提案システムで配置支援することはできない(ユーザが手動で作成することは可能)が、意図としては表 1 の 3 つのプリミティブのうち、それぞれのキーワードの時間の違いを重要度の違いとして扱い「重要度の異なるキーワードや話題として扱いたい」意図に対応すると考える。また、星状配置は「同一話題として扱いたい」意図に対応すると考える。キーワード間の因果関係については特別に考慮していないが、それぞれのキーワードの役割(原因、結果)の違いを重要度の違いとして扱えば、「重要度の異なるキーワードや話題として扱いたい」意図に対応することになり、3.4 節で提案する「整列機能」による配置支援は有効であると考えられる。

以上の考察に基づき、次章ではキーワードマップに組み込むマップ編集支援機能について述べる。

### 3. ユーザ意図を強調したキーワード配置支援機能

#### 3.1 キーワード配置支援機能について

本章では、2 章で述べたキーワードマップに局所的に組み込む、ユーザの意図を強調したキーワード配置支援機能について説明する。2.3 節で述べたとおり、ユーザの意図を強調したキーワード配置支援を行うためには、「キーワードを集中させる」「キーワードクラスタを分離させる」「キーワードやキーワードクラスタを整列させる」3 つのアルゴリズムが必要であるが、それぞれ「話題集中機能」「話題分離機能」「整列機能」とし、以下に説明する。

#### 3.2 話題集中機能

話題集中機能の実現に関しては、グラフ描画手法としてよく用いられる位置エネルギーモデルを特定キーワードに局所的に適用することにより実現する。関連のあるキーワード  $i, j$  間に式 (5) で定義される仮想的な位置エネルギー  $U_{ij}$  を定義する。

$$U_{ij} = gd_{ij}^2 \quad (5)$$

$g$  は任意正定数で、 $U_{ij}$  がマップに及ぼす影響力を調整する。キーワード  $i, j$  間のみ、この  $U_{ij}$  を偏微分したカベクトル  $\vec{f}_u$  を、2 章の  $\vec{f}_{ij}$  と合成する。キーワード  $i$  を話題の中心キーワードとして固定すれば、関連するキーワード  $j$  のみキーワード  $i$  に近づくように移動することになり、結果として、ユーザがキーワード  $i$  と同一の話題として扱いたいキーワード群を集中させることができる(図 1)。

#### 3.3 話題分離機能

2 つの異なる話題を表すクラスタの中心キーワード  $i, j$  間の自然長  $l_{ij}$  を式 (6) で定義し直す<sup>20)</sup>。

$$l_{ij} = L \ln(n_i n_j) \quad (6)$$

$n_i, n_j$  はそれぞれキーワード  $i, j$  につながっているバネの本数で、 $L$  は  $L \geq m(1 - R_{ij})$  を満たす任意正定数である。関連のある 2 つのキーワード  $i, j$  間に話題分離機能を適用するには、それぞれを話題の中心キーワードとして 3.2 節の話題集中機能を実行する。これにより、システムはユーザによるこの操作を、2 つのキーワードを別々の話題として扱いたいという編集意図と見なし、図 2 のように距離を離して配置することによりその意図を強調する。

#### 3.4 整列機能

関連のあるキーワード  $i, j$  間に磁場バネモデル<sup>21)</sup>を適用し、キーワードの整列方向を制御する。関連のあるキーワード  $i, j$  間のバネを磁針と見立てて、キーワードに式 (7) で定義される回転力を加える(図 3)。

ここでは重要度を、キーワードの区別を表すラベルのような役割として用いている。

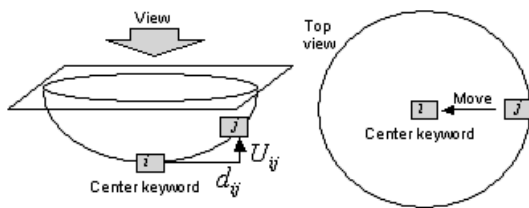


図 1 話題集中機能

Fig. 1 Topics concentration function.

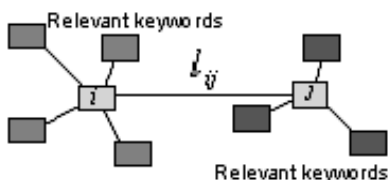


図 2 話題分離機能

Fig. 2 Topics separation function.

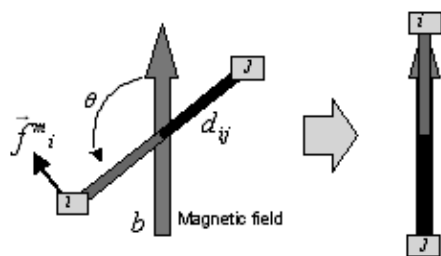


図 3 整列機能

Fig. 3 Keywords formation function.

$$\vec{f}_m = c_m b d_{ij}^\alpha \theta^\beta \quad (7)$$

$b$  はパネの midpoint での磁場の強さ、 $\theta$  ( $0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ ) はパネの midpoint における磁場の方向からキーワードへのずれの角度、 $c_m$ 、 $\alpha$ 、 $\beta$  は任意正定数で、全体への影響力や、パネの長さ、およびずれの角度の回転力への影響を調整する。 $\vec{f}_m$  の方向は磁針に対して垂直かつ  $\theta$  が減少する方向である。片方のキーワードを整列の基準キーワードとして固定し、磁場の方向を下もしくは右に設定すれば、もう片方のキーワードに  $\vec{f}_{ij}$  と  $\vec{f}_m$  を合成した力が加わり、磁場に沿う形でキーワードの整列が行われる。整列の基準を、話題分離機能で分離した話題の中心キーワードにすれば、片方の話題が下もしくは左に位置することになり、キーワード単位だけではなく、話題単位での優先度の序列を反映した配置も可能になる。

#### 4. 提案システムの実装

##### 4.1 システムの構築

3 章のキーワード配置支援機能を備えたキーワード

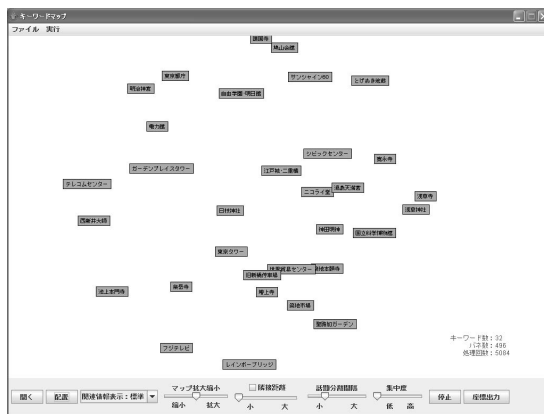


図 4 システムによる配置

Fig. 4 Initial arrangement by the system.

マップを、JAVA5 を用いて計算機上に構築した。本システムはキーワードと関連度からなるデータを読み込みランダムに初期配置を決定した後、キーワードごとに移動量を計算し座標を更新して 2 次元平面上にキーワードを配置していく。配置の様子は滑らかなアニメーションで表現され、配置の過程を見ることができる。キーワードマップの編集は、キーワードが安定した配置に落ち着くまで待つことなく、マウスを用いた簡単な操作で任意に可能である。一般的なデスクトップ PC (CPU 2.4 GHz 前後、メモリ 512 MB) 上では、5 章で述べる評価実験で用いたデータ (キーワード数 32 ~ 42 個程度) では、ユーザの操作後、何もしなければ約 3 秒ほどでマップは安定状態となる。事前にキーワードの配置の規則を細かく指定することなく自動的に配置され、そしてその配置を見つづ構造の編集がしやすい力指向グラフ描画法を用いた本システムは、マップに対するユーザの直接的な操作結果がリアルタイムにマップに反映され、必要に応じて部分的な編集が可能である。

##### 4.2 実行例

マップ編集支援機能を用いずに自動配置されたマップと、ユーザが配置を編集したマップの例を示す。図 4 は自動配置によるキーワード移動が収束し、ユーザがマップを編集する前の画面である。任意のキーワードを左クリックすると注目キーワード (キーワードの枠が赤に変化) となり自由に移動でき、任意の位置に固定できる。また、右クリックにより開かれるウィンドウから、各種キーワード配置支援機能の選択が可能である (図 5)。話題分離機能は、話題集中機能を用いて作成されたクラスタ内のキーワードから、別の話題の中心となるキーワードに話題集中機能を用いることにより実行できる。下部のコントロールパネルには、

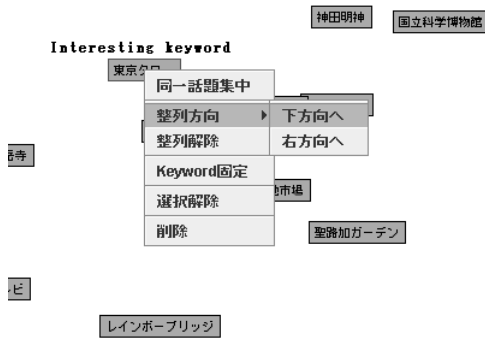


図 5 注目キーワードとキーワード配置支援機能選択ウィンドウ  
Fig. 5 Popup menu for selecting keywords arrangement support functions.

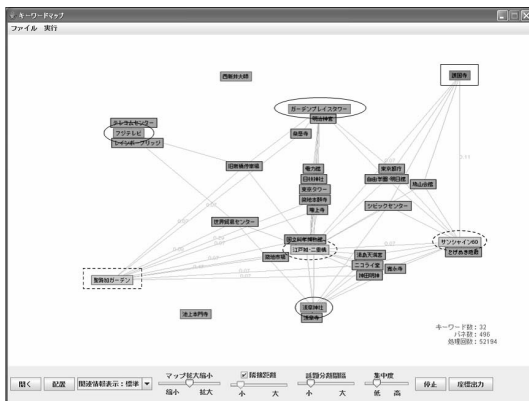


図 6 ユーザによる編集後のキーワード配置  
Fig. 6 Keyword arrangement modified by user.

マップの拡大縮小やパネの表示切替えなど、マップ全体を制御する機能のスライダやボタンのほか、配置編集機能の細かい調整を行うスライダや、ユーザによるマップ編集結果を外部ファイルに出力するボタンを備えている。図 6 は、ユーザが各種キーワード配置支援機能を用いてキーワード配置を編集した後の画面である。話題集中機能を使用した話題の中心キーワードは黄色（実線の円で囲んでいる）、話題分離機能が適用された中心キーワードは紫色（破線の円で囲んでいる）、下方向への整列の基準となるキーワードは橙色（実線の長方形で囲んでいる）、右方向への整列の基準となるキーワードは桃色（破線の長方形で囲んでいる）で表示されている。

## 5. 評価実験

### 5.1 実験手法

キーワードマップのキーワード配置支援機能の有効性について、被験者実験を行い、キーワードマップの

操作状況ログとアンケート調査により評価する。編集支援機能のないキーワードマップ（従来システム）と、編集支援機能を実装したキーワードマップ（提案システム）を用い、異なる編集意図を想定して用意した 3 つの課題（課題 1～課題 3）を被験者に行ってもらった。被験者は工学系大学 4 年生と同大学院生の合計 15 名で、任意に 2 つのグループに分け課題ごとにどちらか一方のキーワードマップを使用してもらった。各被験者は、実験前にキーワードマップの使用法を理解している。また、習熟度などの個人差を極力減らすため、課題ごとのグループ分けを変更し、同一被験者が同一課題を複数回行うことも避けた。グループ分けは、課題 1 ではキーワードマップの使用経験などを考慮して行い、課題 2 では同じグループ構成で使用するキーワードマップを変更、課題 3 ではグループ構成と使用するキーワードマップともにランダムとした。

実験において、文献 (6), (8) で行ったようなカラーラベルや重要度といった、完全な記号ともいえるキーワードではなく、より現実的なキーワードを使用するために「自作 PC 作成」「履修計画作成」「観光ルート作成」の 3 つの課題を想定した。各課題は、キーワードを分類する要素、特定のキーワードを選択する要素、キーワード間に序列を付ける要素の観点でそれぞれ特色を持っている。以下に、各タスクについて述べる。課題名の後の括弧内には、課題と関連する要素について記す。

#### (1) PC 作成（分類、選択型）

この課題では、被験者は「ある目的のもとに、10 万円の資金で PC を組み上げようとしている」人物を演じてもらった。PC の各パーツと値段とを簡略表示したキーワードと、パーツ間の価格の近さを関連度としたデータを読み込んだキーワードマップを用い、キーワードマップを操作しつつ PC のパーツ構成を考えてもらった。PC 作成において、同価格帯のパーツをそろえることにより入門機、ミドルレンジ、ハイエンドなどの一般的な構成をベースとして定め、一部パーツを組み替えることにより自分だけの構成を考えることは一般的によく行われている。価格の近さを関連度としたキーワードマップでは全体の価格のバランスを概観でき、パーツの種類ごとに価格の一覧が提示される場合と比べて、限られた予算内で PC を組み上げる課題に適していると考える。被験者に与えられたタスクは、予定するパーツ構成パターンを、配布したリスト用紙に記入することである。キーワードマップに読み込むデータと被験者に与えられるタスクについてまとめると以下ようになる。

- データ

- ・ キーワード (合計 34 個)

CPU, メモリ, マザーボード, ビデオカード, HDD, DVD ドライブの 6 個のカテゴリで, 価格を末尾に表示.

- ・ 関連度

価格の近いパーツほど近くに配置されるように設定.

- タスク

PC パーツカテゴリごとに選択した価格を選んでシートに記入する.

(2) 履修計画作成 (分類, 選択, 序列型)

この課題では, 被験者は「大学 3 年次終了時まで, どのような順番で専門科目を履修しようかと考えている」工学系大学の 1 年次の学生を演じてもらった. 専門選択必修と選択科目名のキーワードと, 分野と配当年次からなる関連度を持つデータをキーワードマップに読み込み, マップの編集をしながら履修計画を立てていく. 被験者に与えられたタスクは, 配布した履修予定科目シート用紙に 32 単位分の履修順序を記入することである. なお, 履修順序は, 1 科目単位で詳細に決定せずに複数の科目を同一グループとまとめて, グループ単位で順序を決定してもよいとした. キーワードマップに読み込むデータと被験者に与えられるタスクをまとめると以下ようになる.

- データ

- ・ キーワード (合計 42 個)

工学系大学のシラバスから抜き出した必修以外の専門科目.

- ・ 関連度

同一分野の科目を関連があるとし, さらに配当年次が近いほど関連を強くする.

- タスク

32 単位以上選択してシートに履修順序を記入する.

(3) 観光ルート作成 (選択, 序列型)

この課題では, 被験者は「1 日で東京都内を観光しようとして, 観光ルートを考えている」人物を演じてもらった. 東京都内の観光名所の名称をキーワード, 観光名所間の移動にかかる時間を関連度とするデータをキーワードマップに読み込み, マップを編集しながら観光ルートを考えていく. なお, 名所間の移動時間を 30 分以内に納める制限を設けている. 移動時間の短い観光地どうしが近くに配置されやすいキーワードマップでは, 地図画像では確認しにくい観光地間の移動時間が見やすくなり, 実際に人間が移動する際にかかる時間を考慮した観光ルートを考えやすく, 限られた時

表 2 実験課題と想定される編集意図

Table 2 Task names and assumed user's intentions.

	課題名	想定される編集意図
課題 1	PC 作成	分類, 選択
課題 2	履修計画作成	分類, 選択, 序列
課題 3	観光ルート作成	選択, 序列

間内でより多くの観光地を回る一般的な観光旅行の計画立案に適用できると考える. 今回は提案システムの評価が目的であったためキーワードマップ単独で用いるが, 実際の応用においては一般的な地図画像を用いたシステムと併用することが効果的と考える. 被験者に与えられたタスクは, 配布した観光ルート表に観光順序を記入することである. キーワードマップに読み込むデータと被験者に与えられるタスクをまとめると以下ようになる.

- データ

- ・ キーワード (合計 32 個)

東京都内の観光名所の名称.

- ・ 関連度

観光名所間の移動時間 (最長 30 分) の逆数.

- タスク

3~5 カ所の名所を選択して観光する順番を記入する.

3 つの課題名と, 想定されるユーザの編集意図との関係をまとめると表 2 のようになり, 課題ごとに想定される編集意図に特徴がある. 課題 1 では PC パーツを分類し, 組み上げるのに使うパーツを選択する 2 つの編集意図を想定し, 課題 2 では, 科目を分類し履修科目を選択する 2 つの意図のほか, 履修順番など, 科目に序列をつける意図があると想定している. 課題 3 では, 訪れる観光地を選択し, 観光順序などの序列をつける意図があると想定している. 以上の 3 つの課題それぞれについて, 被験者のマップ操作状況のログ収集とアンケート調査 (選択式, 記述式) を行った.

## 5.2 総合評価

従来システムと提案システムのそれぞれから得られた操作ログとアンケートによる評価を, キーワードマップごとに 3 つの課題分を総合してまとめると表 3 のようになる. 作業時間平均値はシステムの実行ステップ数で表記している. また, キーワード注目回数平均値とキーワード削除回数平均値は, 最終的なキーワード配置での注目キーワード数や削除数ではなく, 作業中に何回キーワードに注目したのか, 削除したのかという回数である. すなわち, キーワードをどれだけ操作したかを表している. 配置の満足度, 操作のしやすさ, 画面の見やすさ, 体感的な作業時間の短さは, 1~5 の

表 3 従来システムと提案システムの総合比較

Table 3 Comprehensive evaluation of the keyword map with support functions and the keyword map with support functions.

	従来システム	提案システム
作業時間平均値	38,865.56	29,699.45
キーワード注目回数平均値	41.13	44.00
キーワード削除回数平均値	6.13	10.36
配置の満足度	3.38	3.82
操作のしやすさ	3.63	3.64
画面の見やすさ	2.81	4.00
作業時間の体感的な短さ	3.06	3.36
満足度の変化予想	15	-8

5段階（値が大きいほど高評価）のアンケート評価の結果の平均値を示している。変化予想は、同じ課題を異なるキーワードマップ（従来システムを使用していた被験者は提案システム、提案システムを使用していた被験者は従来システム）で行っていたとしたら配置の満足度に変化が生じるか否か、を予想してもらった結果である。この項目のみ、平均値ではなく満足度の上昇を予想した人数から満足度の低下を予想した人数を引いた数字である。

表 3 より、提案システムは従来システムに比べて操作性がほぼ等しいままに作業時間が減少する一方、キーワードへの操作回数がやや増えており、このことから配置支援機能を備えたことによる作業効率の上昇が読み取れる。さらに、画面が大幅に見やすくなることで、体感的な作業時間を短くし作業効率の上昇に貢献している一方、キーワード操作による試行錯誤を促し（キーワード注目・削除回数の増加）、満足できる配置が得られる結果につながったと考える。配置の満足度に関しては、満足度の変化予想も含め、従来システムより提案システムの方が高い満足度となっている。このことから、配置支援機能を備えておくことが望ましいと考える。統計的には画面の見やすさのみ、従来システムと提案システムの間で差が認められ（ $|t| = 3.2$ ,  $P = 0.004 < 0.05$ （有意水準））、他のアンケート項目や操作ログのデータは、有意水準 5%では統計的に有意な差は認められなかった。しかし、画面の見やすさが向上していることによって作業効率や満足度が落ちるとは通常考えられないため、表 3 で見られる傾向はサンプルを増やしても同様であると考えられる。

### 5.3 課題ごとの比較

表 4 は、課題ごとに、各キーワード配置支援機能の利用者数と、アンケートによる配置支援機能の便利さに関する評価をまとめたものである。利用者数は「利用者数/被験者数」で表記し、便利さはアンケート評

表 4 課題ごとの配置支援機能利用状況と評価

Table 4 Usage condition and evaluation of keywords arrangement support functions in each task.

		課題 1	課題 2	課題 3
話題集中機能	利用者数	3/3	3/4	4/4
	便利さ	3.7	4.0	4.8
話題分離機能	利用者数	3/3	1/4	1/4
	便利さ	3.3	2.0	3.0
下方向整列機能	利用者数	0/3	3/4	1/4
	便利さ	0.0	3.7	5.0
右方向整列機能	利用者数	1/3	2/4	1/4
	便利さ	5.0	3.0	4.0

価による 2~5（1 は未使用の場合）の範囲の平均値で、値の大きい方が高評価である。各課題で被験者数が異なっているが、これは操作状況ログとアンケートの回答に矛盾がなかったもののみを考察対象としたためである。以下、課題ごとに、被験者から得られたコメントを含めたより詳細な結果を述べる。

#### (1) PC 作成

従来システムを使用した被験者で、配置支援機能があった方が満足度が上昇すると予想した被験者のアンケートには、「(配置支援機能があれば) 目的のパーツを探しやすい」「整列すれば見やすい」などの回答があった。実際の機能の利用状況を表 4 からみると、ほぼ話題集中機能と話題分離機能のみ利用された形で、パーツを分類する意図での配置支援機能の利用が主であると考えられる。アンケート評価からも話題集中機能は便利であり、価格を関連度としたデータの特性上、別々のパーツカテゴリに分類する場合や全体的な価格帯を変更してパーツを選択する際に、自動的に話題が分離される話題分離機能も便利だと感じる回答も得ている。整列機能の利用者は 1 名だけだが、高評価を与えていることから、パーツの分類に利用することはなくても見やすさの向上などに役立つことがあると考えられる。また、提案システムを使用した被験者で、もしも配置支援機能のない従来システムで同一の課題を行うと満足度が下がりそうだと予想した被験者からは、「(配置支援機能がなかったら) 手で大量のキーワードを動かす必要があると思う」や「自動配置でどのように配置されるか見てから編集できる(配置支援機能があつて良かった)」などの回答を得ている。

#### (2) 履修計画作成

従来システムを使用した被験者のアンケートでは「順位付けしたいから整列が欲しい」「同じ分野を集めたら同一分野内で優先科目が分かりやすい」「同じ話題でもいらぬ科目を分離できそう」など、配置支援機能の有効性を期待する回答が得られ、提案システムを使用した被験者からは「(配置支援機能で) 整列で

きて、手動だと面倒」「(配置支援があったおかげで)興味ある科目と関連する科目が分かりやすい」などの回答を得ている。しかし、同時に、従来システムを使用した被験者から「分離は別になくてもよさそう」、提案システムを使用した被験者から「話題分離の必要性を特に感じない」という回答も得られ、配置支援機能のすべてを必要としていないことが読み取れる。表4から実際の配置支援機能の使用状況を見ても、履修順序を考慮するうえで整列機能が用いられつつも、同一分野を分離する話題分離機能の利用者数は低く、また利用していても利便さは3つの課題中最低となっている。これは、被験者は科目名と分野の関連が既知であったためと考える。

### (3) 観光ルート作成

表4から、全員が話題集中機能を利用し、次の目的地を決める際に近い観光地を集めるために有効利用していることがうかがえる。従来システムを使用した被験者は、提案システムであれば「話題集中で近い観光地を集めたら便利そう」「近い観光地を集めてくると見やすそう」「整列していたら次の観光地を探しやすそう」と考えているが、提案システムを使用した被験者は、「(話題集中機能は)次に行く観光地を決めるのに便利」「整列すると見やすい」といった肯定的な回答をしている。整列機能の利用状況を見ると、利用者数は少なくとも利用した場合の評価はきわめて高く、二極化傾向がうかがえる。このことから、利用者ごとに配置戦略が異なっても、好きな機能を用いて自由に配置できていることが分かる。

課題ごとのユーザ編集意図とキーワード配置支援機能の使用傾向をまとめると表5のようになる。課題1では5.1節で想定したとおり、パーツの分類を行った後、PCを組み立てるのに必要なパーツを選択するため、分類に便利な話題集中機能と話題分離機能が頻繁に使用されている。課題2では5.1節での想定と異なり科目の分類作業があまり行われなかったため、話

題分離機能がほとんど使われていない。これは、同じ分野のまとまりが被験者にとって既知であることと、同じ分野の科目を分けて履修することがないからと考える。一方、履修順序を決定する際に科目を整列させる整列機能が使われているが、これは想定どおりである。課題3では、ある観光地から次に訪れる観光地を選択するために、話題集中機能を利用し近くの観光地を集める作業が頻繁に観測された。また、利用者はそれほど多くはなかったが、観光順序に合わせて観光地を整列させるために整列機能が用いられることも観測された。これは、5.1節での想定とほぼ同じであるが、課題2と異なり、被験者が観光地間の地理的な関係にそれほど詳しくないため、観光地の選択の前に分類してまとめる意図で話題集中機能が頻繁に利用されたと考える。

以上の結果から、キーワード配置支援機能があれば、ない場合に比べてユーザ意図を配置に反映させやすくなり、また編集意図と使用される配置支援機能の間には関係があることが分かる。すなわち、キーワード配置支援機能がユーザの意図を強調したと考えられる。また、今回の実験では、課題と被験者によっては、編集前のマップや既知情報からの関連を見て、マップの編集なしに意思決定する可能性があることも確認できたため、多次元の関連からなる関連度を定義し、同一データを複数の視点で提示する必要があると考えられる。

## 6. おわりに

ユーザ意図を強調したキーワード配置支援機能を備えたキーワードマップを構築し、編集意図の異なる3種類の課題についてキーワードマップを用いた被験者実験を行った。実験結果から、課題ごとによく利用される機能が異なり、ユーザの編集意図に合わせて適切な支援が可能であることを示した。今後、実データでよく見られるような多属性データを対象とし、多様な観点から可視化することを可能とするために、特定の属性の関連を優先的にマップに反映する機能などを加えることを検討する。さらに、各プリミティブな意図を反映した配置パターンは、対象とする情報や利用者によって多様なものが想定されるため、配置支援機能のバリエーションを増やすことも検討する。また、ユーザの編集意図が強調してキーワード配置に反映される特徴を生かし、編集結果からのユーザ意図の推定、およびこれを生かしたインタラクティブ情報検索システムへの応用も期待できる。

表5 編集意図と編集支援機能の使用傾向

Table 5 User's intentions and usage trend of keywords arrangement support functions.

	編集意図	編集支援機能の使用傾向
課題1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・価格ごとに分類</li> <li>・パーツごとに分類</li> <li>・欲しいパーツを選択</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・話題集中機能をよく使う</li> <li>・話題分離機能をよく使う</li> <li>・整列機能をほとんど使わない</li> </ul>
課題2	<ul style="list-style-type: none"> <li>・履修科目を選択</li> <li>・履修順序を決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・話題分離機能をほとんど使わない</li> <li>・整列機能がよく使われる</li> </ul>
課題3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・近い観光地を分類</li> <li>・行きたい観光地を選択</li> <li>・観光順序を決定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・話題集中機能をよく使う</li> <li>・整列機能を使う</li> </ul>



## 参 考 文 献

- 1) 浅野泰仁, 今井 浩, 豊田正史, 喜連川優: Webリンクの可視化によるグラフ構造の発見, 電子情報通信学会第13回データ工学ワークショップ(DEWS2002), C4-5 (2002).
- 2) Blog Keyword Visualizer. <http://www.sonet.ne.jp/web2/bkv/>
- 3) Chuang, J., Lin, C. and Yen, H.: Drawing Graphs with Nonuniform Nodes Using Potential Fields, *LNCS*, Vol.2912, pp.460-465 (2004).
- 4) 伊藤貴之, 井上恵介, 土井 淳, 梶永泰正, 池端裕子: 力学モデルを用いたグラフデータの画面配置手法の改良, 研究報告「グラフィックスとCAD」, 103-002 (2001).
- 5) 丁 錫泰, 田中二郎: Rainbow: ビジュアルシステム生成系におけるレイアウト制約の実現, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.5, pp.1246-1256 (2000).
- 6) Kajinami, T., Matsumura, A. and Takama, Y.: Keyword Cluster Extraction for Interactive Blog Search, *Proc. SICE2005*, TA2-14-2 (2005).
- 7) Kajinami, T. and Takama, Y.: Interactive Keyword Map Equipped with Focus+Edit Function, *Proc. SCIS&ISIS2004*, THE3-3 (2004).
- 8) 梶並知記, 松村明朗, 高間康史: 重要度に応じた注目キーワードのキーワードマップ上での配置パターンに関する考察, 第21回ファジィシステムシンポジウム(FSS2005), 7B2-3 (2005).
- 9) 梶並知記, 山口 亨, 高間康史: キーワードマップを用いたWeb情報検索インタフェースのためのキーワード配置支援手法の検討, 計測自動制御学会論文誌, Vol.42, No.4, pp.319-326 (2006).
- 10) Kamada, T. and Kawai, S.: An algorithm for drawing general undirected graphs, *Information Processing Letters*, Vol.31, No.1, pp.7-15 (1989).
- 11) 萱原雅之, 増田澄男, 山口一章: 折れ線や曲線を用いた無向グラフ描画アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J83-A, No.4, pp.402-411 (2000).
- 12) 久保田秀和, 角 康之, 西田豊明: 知球を用いた個人記憶支援, 第19回人工知能学会全国大会論文集, 2G1-05 (2005).
- 13) Leung, Y.K. and Apperley, M.D.: A Review and Taxonomy of Distortion-Oriented Presentation Techniques, *ACM Trans. Computer-Human Interaction*, Vol.1, No.2, pp.126-160 (1994).
- 14) Leydesdorff, L.: Clusters and Maps of Science Journals Based on Bi-Connected Graphs in the Journal Citation Reports, *Journal of Documentation*, Vol.60, No.4, pp.371-427 (2004).
- 15) 松村明朗, 梶並知記, 高間康史: Blog検索のためのキーワードマップに基づく適合性フィードバックの提案, 第24回ファジィワークショップ, pp.69-70 (2005).
- 16) 宮寺庸造, 田地 晶, 及部佳代子, 横山節雄, 近谷英昭, 夜久竹夫: 学術論文関係情報のグラフ描画問題に基づく視覚化手法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J87-D-I, No.3, pp.398-415 (2004).
- 17) 南雲 淳, 田中二郎: グラフ描画アルゴリズムへの多視点遠近描画法の導入, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-D-II, No.6, pp.1042-1048 (1999).
- 18) 中小路久美代, 山本恭裕: 創造的情報創出のためのナレッジインタラクションデザイン, 人工知能学会論文誌, Vol.19, No.2, pp.154-165 (2004).
- 19) 新田 清, 杉山公造: KJ法グループ編成段階においてカードを自動配置する方法の検討, 情報処理学会研究報告94-HI-52-2 ヒューマンインタフェース, Vol.94, No.1, pp.9-16 (1994).
- 20) 佐野達郎: グラフ構造を考慮した無向グラフ自動描画法, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-D-II, No.3, pp.772-782 (1997).
- 21) Sugiyama, K. and Misue, K.: Graph Drawing by the Magnetic Spring Model, *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol.6, No.3, pp.217-231 (1995).
- 22) Takama, Y., Kajinami, T. and Matsumura, A.: Application of Keyword Map-based Relevance Feedback to Interactive Blog Search, *2005 International Conference on Active Media Technology (AMT05)*, pp.112-115 (2005).
- 23) 高梨勝敏, 佐藤俊也, 原島一郎: Webコンテンツからのオントロジーの再構成方法の提案と試作情報提供サービスのためのオントロジー構築支援技術, 人工知能学会論文誌, Vol.20, No.6, pp.417-425 (2005).
- 24) 山口裕美, 伊藤貴之: 長方形の入れ子構造を用いた階層型データ視覚化手法の拡張, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.10, pp.2469-2477 (2003).
- 25) 財団法人インターネット協会: 第1部日本のインターネット普及動向第2部個人利用動向, インターネット白書2005, インプレスネットビジネスカンパニー (2006).

(平成18年6月19日受付)

(平成18年12月7日採録)

**梶並 知記**

2004年東京都立科学技術大学工学部電子システム工学科卒業。2006年同大学院工学研究科修士課程修了。同年首都大学東京大学院システムデザイン研究科博士課程入学、現在に至る。

対話的な情報可視化インタフェースに関する研究に従事。計測自動制御学会，情報知識学会，人工知能学会，電子情報通信学会，日本知能情報ファジィ学会各学生会員。

**高間 康史（正会員）**

1994年東京大学工学部電子工学科卒業。1999年同大学院博士課程修了。1999～2002年東京工業大学大学院総合理工学研究科助手，2002～2005年東京都立科学技術大学助教授，2005年より首都大学東京システムデザイン学部准教授。博士（工学）。Web Intelligence や情報可視化，知的インタフェースの研究に従事。主要著書は『AI 事典第2版（編）』（オーム社）。IEEE，人工知能学会，電子情報通信学会，日本知能情報ファジィ学会各会員。

2005年より首都大学東京システムデザイン学部准教授。博士（工学）。Web Intelligence や情報可視化，知的インタフェースの研究に従事。主要著書は『AI 事典第2版（編）』（オーム社）。IEEE，人工知能学会，電子情報通信学会，日本知能情報ファジィ学会各会員。