

継続的な知識構築を支援する知識構造化システムの開発とその利用 Development and use of the knowledge structuring system that supports continuous knowledge construction

神田 賢一*1
Keniti Kanda

大本 義正 西田 豊明*2
Yoshimasa Ohmoto and Toyoaki Nishida

*1 京都大学情報学研究科知能情報学専攻
Department of Intelligence Science and Technology
Graduate School of Informatics, Kyoto University

*2 京都大学情報学研究科知能情報学専攻
Department of Intelligence Science and Technology,
Graduate School of Informatics, Kyoto University

We find information every day and accumulate information as knowledge continuously. And we unconsciously make consistent between knowledge. But when we using one system continuously, there are problems of decline of coherence on structure, and increase of work rate. So, I propose and verify a method using "neighboring relation in operation time" of objects, and aim to find knowledge restructure method that we unconsciously doing. To verify this method, I developed a system on that we can visualize, construct and transmit consistent knowledge structure in this study, and mount these methods on this system.

1. はじめに

日常生活において人々は多量の情報に触れ、意識的、無意識的にそれらの情報を知識として継続的に蓄積している。これらの知識は知識を獲得する際の様々な考えや価値観に応じた補正をうけた、知識の「まとまり」として見ることができると思われる。そしてまた、我々は必要な際に、別々の価値観に応じて補正されたそれらの知識の「まとまり」をひとつの複合的な知識の構造として扱うことができる。このことから、人は、獲得した知識の「まとまり」を記憶する際に、すでに頭の中に存在する知識構造との整合性をとり記録を行うと考えられるが、その具体的な手法はよくわかっていない。また、「知球」[1]のように継続的な知識構築を行うシステムにおいてはシステム上での長期間の作業による知識構造の一貫性の低下が問題となることも多く実際に著者が作成したシステム[2]においても同様の問題が生じた。そしてその原因として人間が無意識に行っている知識構造の再構築がシステム上で上手く行えていないのではないか、という仮説が挙げられた。

そこで本研究では知識構造を視覚的に表示でき、また知識構造変遷の過程を記録することができる環境を用いることで人の知識を仮想的に構築、可視化し、オブジェクトの操作時間の近傍関係という概念を考案、利用することで、

- 長期間に渡る継続的な知識の蓄積に際し、人はどんな手法ですでに存在する知識との整合性をとっているのか
 - 知識を可視化するシステム上でその手法を再現するためにはどのような手法を取れば良いか
- という点について調査を行った。その結果、人が知識の整合性を取る際には、
- 短時間ごとの作業では一貫した価値観を重視して知識の構築を行っている
 - 新たに知識の「まとまり」を獲得するたびに関連する知識構造は見直される。
 - 重視する価値観が、ある価値観を介して他の価値観に移動していく場合もある

という示唆が得られたとともに、知識構造の再構築をシステム上で効果的に行うための提案を行った。

上記のような検証を行うに際し、知識構造の変遷を視覚的に表示でき、また十分に変遷の過程を記録することができる環境が求められた。そこで本研究では本稿2章で示す知識構造構築、可視化システムを用いた。以下では、本研究で使用したシステムの概要、実際に用いた手法、行った検証、及び検証の結果と考察を記述する。

2. システム概要

本研究では以前著者が作成した知識構造可視化、共有システムを用いて検証を行った。システムのアーキテクチャは図1のようになっている。アーキテクチャの特徴としてはシステム内の要素の管理をオブジェクトの位置情報管理コンポーネントやリンク情報管理コンポーネントといった基本的な管理コンポーネントで分割して行い、ユーザの入力に対し、それらの管理コンポーネントを通してクラスタリングコンポーネントといった高度なコンポーネントを作用させることにより統一的な知識構造の管理が行える点が挙げられる。

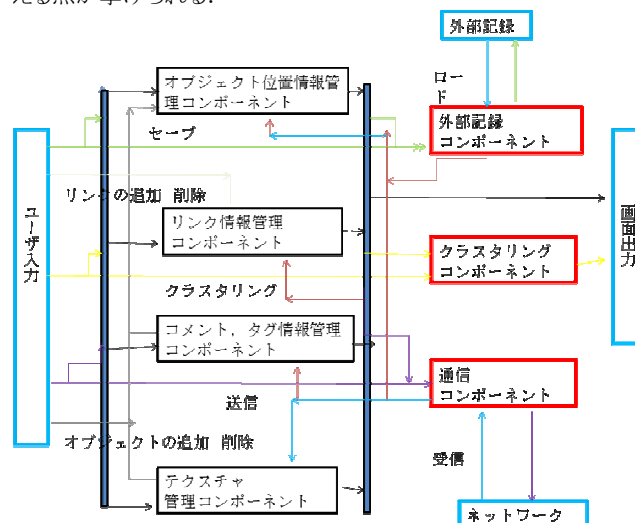


図1: システムアーキテクチャ

連絡先: 神田 賢一, 京都大学情報学研究科知能情報学専攻, 〒606-8501 京都市左京区吉田本町(工学部 10 号館 214 号室), Tell: 075-753-5371 Fax 番号:075-753-4961, E-mail: kanda@ii.ist.i.kyoto-u.ac.jp

本システムは内部に無限に広がる空間を持つ。他の知識構築や知識共有を目指すシステム[3][4]と同様に、本システムでもシステムの内部コンテンツとして写真を採用している。ユーザは、本システムに実装された機能を用いて、三次元空間内に写真をオブジェクトとして配置し、写真へコメントやタグ情報を付加することで仮想的な知識の断片となるオブジェクトを作成する事ができる。またオブジェクトの配置位置やオブジェクト間のリンクにより、知識の断片の間の関係性を構築、可視化することで、図2のように自己の知識の構造を表現することができる。

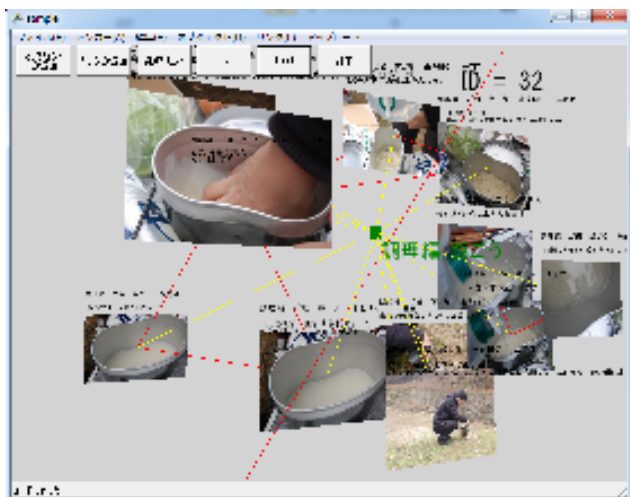


図2:システム使用の一例

また今回の検証に際して、上述の一般的な機能のほかに、いくつかの知識構造分析のための機能の追加を行っている。それらの機能の説明は後に行う。

3. 操作時間的近傍関係

継続的な知識構築の構築に際し、重視している価値観は変化していくが、ある一連の作業中においては、ユーザは確固たる価値観を持って作業していると思われる。そこで図3のように前述したシステム上でのユーザの操作の中を記録し、その中からある「まとまり」と認識出来る一連の操作の対象となっているオブジェクト群が「操作時間的近傍関係」にあるとし、このオブジェクト群のタグ情報を分析することで、一定時間内のユーザの操作意図を推測することが出来るのではないかと期待する。

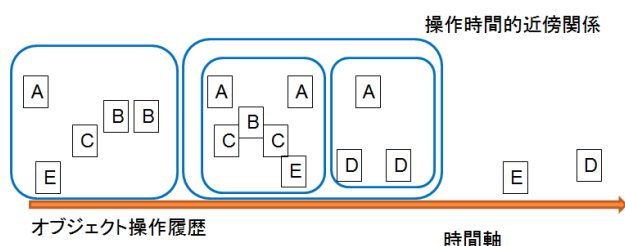


図3:操作時間的近傍関係のイメージ

操作時間的近傍関係にあると考えられる操作上の「まとまり」は多数存在し、また大きな「まとまり」もまた複数の小さな操作の「まとまり」に分割されるものだと考えられる。これらの「まとまり」をシステムの操作履歴から抽出することで、一連の操作におけるユーザの評価軸を推測することを目指した。

操作時間的近傍関係にある操作の「まとまり」の抽出方法は以下のようなものである。

1. 各オブジェクトが持つ操作履歴を合成し、ユーザによってなされた操作の完全な時系列を作成する。
2. 1で作成された操作の時系列から、各操作の前操作からの間隔を算出する。
3. 平均と分散を算出し、その値に応じて操作の「まとまり」の境目となる操作を決定する。
4. 一定以上の大きさを持つ操作の「まとまり」に対し、上記1,2,3の動作を繰り返す。
5. 各「まとまり」に含まれる操作ごとの対象となっているオブジェクトをそれぞれ抜き出し「操作時間的近傍関係」にあるオブジェクト群とする。

上記の手法で作られた操作時間的近傍関係それぞれには、

- 含まれる単一の操作のリスト、
 - 操作の対象となったオブジェクトのリスト、
 - それらのオブジェクトに含まれるタグのリスト
- がデータセットとして記録される。

4. データ取得実験

システム上におけるユーザの作業意図推測を行うための知識構造の変遷のデータを取得する実験を行った。実験の具体的な内容は、本稿2章で述べた知識構造構築、可視化システムを用いて実際に継続的な知識構造の構築を行うというものである。構築する知識構造は「バーベキューにおける火のおこし方」とし、知識の断片として用いる写真としては実際にバーベキューを行って撮影された写真を用いた。現実起こる継続的な知識の追加を再現するため、システム上での知識構造構築は1日1時間ずつ5日に分け計5時間かけて行った。知識構造の構築に際し、ユーザがどのような操作を行ったかを記録し、また知識構造の変遷を記録するため、実際の知識構造のセーブの他に、1操作ごとのログデータの作成、オブジェクト個別の操作履歴の作成を行った。

本稿3章のデータ取得実験の結果、構築した知識構造に含まれるオブジェクトは74個、オブジェクト間に構築されたリンクは107個であった。またこの知識構造構築に用いられたタグは24個であった。なお知識構造内のオブジェクトにタグを付加する際に、すでに知識構造内に存在するタグを一覧として表示することで、似たタグが無意識的に作成されることを防いでいる。

また、構築された知識構造と、知識構造に含まれるオブジェクト個別の操作履歴を参照した結果、以下のデータが得られた。今回の実験中にシステム内のオブジェクトが操作された回数は全体で約1200回、最終的に構築された知識構造に含まれる74個のオブジェクトの平均操作回数は約14回であった。最も操作回数が多いオブジェクトは知識構造に16個目に追加されたオブジェクトであり、計27回の操作が行われており、それらの操作は実験の序盤から終盤まで幅広く行われていた。一方、最も操作回数が少ないオブジェクトは知識構造に66,72,74個目に追加されたオブジェクトであり、これらのオブジェクトでは計8回の操作が行われていた。

この知識構造に対し、本稿3章で提案した操作時間的近傍関係にあるオブジェクトの抽出を行った結果、316個の操作群が得られた。これらの操作群の中には、含まれている操作が少数なものも存在する。そういった小規模な操作時間的近傍関係においては、操作のノイズの影響を大きく受けることもあり、ユーザの意図推測に用いる事は難しい。そこで含まれる操作数が5未満の操作時間的近傍関係については一旦除外して考えることとした。その結果、操作数が5以上の操作時間的近傍関係として139個の操作群が得られた。これらの操作時間的近傍関係にあるオブジェクト群の内訳は、最初に大きな操作時間的

傍関係にある「まとまり」として認識されたオブジェクト群が 53 個、それらの大きな操作時間的傍関係から細分化されてきたオブジェクト群が残り 86 個であった。これらの操作時間的傍関係から、タグ情報を用いて分析を行った。知識構造内で使われたタグの一覧と分類を以下の表1に示す。

番号	タグ名	分類	タグが付いているオブジェクトの数
1	場所決め	状況	31
2	火起こし	状況	44
3	準備	状況	5
4	焼く	状況	3
5	場所づくり	状況	25
6	炭	道具	64
7	着火剤	道具	7
8	団扇	道具	24
9	テーブル	道具	1
10	食材	道具	6
11	火箸	道具	5
12	チャッカマン	道具	3
13	煙	道具	2
14	網	道具	14
15	はんごう	道具	15
16	メンバーA	人物	12
17	メンバーB	人物	8
18	メンバーC	人物	8
19	メンバーD	人物	8
20	メンバーE	人物	17
21	状況説明	説明	56
22	教示	説明	16
23	経験参照	説明	7
24	考察	説明	1

表1: タグの分類と使用状況

5. 考察

タグの種類は状況を示している物、道具を示している物、人物を示している物、知識説明を行っている物の 4 種類に大きく分けることができた。またある操作時間的傍関係に含まれる操作においてどのタグを重視しているかを把握、比較するためタグの重視度という値を導入した。ある操作時間的傍関係 N におけるタグ T の値 V は、

$$V = (N \text{ に含まれるオブジェクトの中で } T \text{ を持つオブジェクトの数} / N \text{ に含まれるオブジェクトの数}) - (\text{全オブジェクトの中で } T \text{ を持つオブジェクトの数} / \text{全オブジェクトの数})$$

で表される基本値 V' に補正をかけた式

$$V = V' / (\text{全オブジェクトの中で } T \text{ を持つオブジェクトの数} / \text{全オブジェクトの数})$$

で求められ、-1~1の範囲内の少数値で表される。V が大きな値を取るタグほどその操作時間的傍関係内で重視されていることを表しており、V=0 なら N において T を持つオブジェクトの割合と全オブジェクトにおける T を持つオブジェクトの割合が等しいことを示している。

これらのデータから、今回構築した知識構造に含まれる各オブジェクトをユーザが操作する回数と、オブジェクトが知識構造内に追加されてからの経過時間は比例関係にあることがわかった。このことから、新たな要素の追加といったイベントや、時間経過により、重視している価値観が変化しき、知識構造全体の整

合性を取るためにオブジェクトの操作を行っているのではないかという示唆が得られ、人が新たな知識を知識構造内に追加する際にすでに存在する知識との整合性をとっているという考えの裏付けがとれた。

また、知識構造構築の際のログデータと操作時間的傍関係のデータを見比べた結果、ユーザの操作は関連のある複数枚の写真を連続して知識構造内に追加する操作と、それらの写真を追加した後に全体的に写真の配置を修正する操作に分かれることが分かった。前者の操作に含まれると考えられる操作時間的傍関係では、操作されたオブジェクト群はほぼシステム内の空間的にも近い位置にあるものであった。一方、後者の操作に含まれると考えられる操作時間的傍関係では、一見して関連性の見えにくいオブジェクト群が操作されていた。

ある操作時間的傍関係においては、操作が 23 個、操作の対象となるオブジェクトが 8 個含まれ、それらのオブジェクトは連続してシステム内に追加されていた。またそれらすべてのオブジェクトが「場所作り」というタグを持ち、また他のタグの重視度はまちまちであった。このような形の操作時間的傍関係は操作の時系列上に散見され、「火おこし」や「場所づくり」といった、実際のバーベキューで行ったまとまった作業状況を知識として構築している操作を示している前者の例であると考えられる。またこの種類の操作時間的傍関係では似た状況を表すオブジェクトしか含まないため、その他のタグの重視度の値も全般的に高くなることが多い。

またある操作時間的傍関係においては「はんごう」というタグの重要度の値が 0.854 という高い値となっていた。この操作時間的傍関係に含まれるオブジェクトは知識構造内の広範囲に広がっていた。また当該操作時間的傍関係に含まれる他のタグの重要度を見ると「炭」、「火起こし」といった値が大きかった。このような形の操作時間的傍関係は今回の検証では多く見られた。この例ではユーザは「はんごう」というタグを最も重視してシステム上の操作を行っていると考えられる。操作されたオブジェクトとして用いられた写真を参照すると、それぞれの写真は「はんごう」を火にかけてから「はんごう」ができあがるまでの時系列に従って並んでいた。またこの直前の操作時間的傍関係においては、ユーザは団扇というタグ情報を重視して操作を行っていた。その際、最後に操作したオブジェクトは「はんごう」をうちわで扇ぐものとなっており、その数十秒後にこの一連の作業を開始している。このことからユーザは「うちわ」という情報を重視した操作を行った後、重視する価値観を「はんごう」へと変化させて言ったと推測できる。また興味深い点として、全操作の間に「うちわ」という価値観を重視して作業を行なっていると思われる 때가 5 回あり、その時ごとの操作時間的傍関係を参照すると、ほぼ同一のオブジェクト群に対し同じような操作をしており、またその 5 回中 3 回ではその後重視する価値観は「はんごう」へと移っている。これらの現象から、重視する価値観は次々に傍の価値観へと移動していき、その移動には何らかの法則性があるという示唆を得た。また過去にすでに重視した価値観であってもまた新たに注目されるという推測ができた。

また、似た例として、重視するタグが単独でない場合も見られた。例えば、操作回数が 27 回、操作されたオブジェクトが 14 個存在するある操作時間的傍関係では「火起こし」、「メンバーC」という二つのタグの重視度が 0.743, 0.984 と大きかった。この結果からこの操作時間的傍関係においては二つのタグを並列に重視している、別の言い方をすれば二つのタグ情報を重複して含むオブジェクトを操作しているといえる。しかしながらこの操作時間的傍関係を細分化して得られた二つの操作時間的傍関係(A,B)について「火起こし」、「メンバーC」というタグの

重視度は A では 0.864, 0.745, B では 0.666, 1.0 という値となった。また、この次の操作時間的近傍関係では、「メンバーC」、「場所作り」という二つのタグの重視度がそれぞれ 0.864, 0.973 という高い数値となった。このことからこの二つの操作時間的近傍関係をまとめてひとつの「メンバーC」を重視した操作時間的近傍関係だとみなすこともできる。

以上の事例から、ユーザが新たな知識を獲得した知識の「まとまり」とすでに存在する知識構造との整合性を取る際に、

- 新たに獲得した知識の「まとまり」において重視されている価値観を引き続き重視し、関連する知識構造部分の再構築を行う。
- 新たに知識の「まとまり」を獲得するたびに関連する知識構造は見直される。
- 知識構造に追加されたばかりの知識の「まとまり」は構成が上手く出来ていないため新たな知識の「まとまり」の獲得の影響を大きく受ける。

といったことが示唆された。

また、本研究で用いたシステムはクラスタリングを用いた知識構造の要約表示機能[5]を有している。システム内に新たな要素が追加された際に、クラスタリングの目的関数生成の際に本章の検証で得られた各操作時間的近傍関係に含まれるタグの重要度の値で補正をかけることで、この機能を使うことにより、ユーザが行うであろう周辺知識構造との整合性の保守作業の提案を行うことができるのではないかという見も得られた。しかしながら、本研究で参照した知識構造は単独のユーザが構築した知識構造のみであり、より大規模、多様性のある知識構造に対して検証を行う必要がある。

6. まとめ

本稿では自己の知識構造を構築でき、また知識構造の変遷の過程を記録することができるシステムと操作時間的近傍関係という概念を用いて、ユーザがどのように継続的な知識構築の際に生じる知識構造の一貫性の低下という問題に対処しているかという検証を行った。そして、人が頭の中で行っていると考えられる知識構造の整合性を取るための手法を示唆し、実際に知識構造構築システム上でのユーザの負担を改善する手法の提案を行った。

参考文献

1. [久保田 2007] Kubota H, Nomura M, Sumi Y, and Nishida T.: Sustainable Memory System Using Global and Conical Spaces: Journal of Universal Computer Science, vol. 13, no. 2 (2007), 135-148
2. [神田 2010] 神田賢一, 大本義正, 西田豊明
Development of the system which visualize knowledge space and support to show the structure. 情報処理学会第 72 回全国大会 論文集 2010
3. [Meredith 2006] Meredith R M, Anqi H, Andreas P, and Terry W.: Cooperative Gestures: Multi-User Gestural Interactions for Co-located Groupware.: CHI 2006 Proceedings o Gestures and Visualizations, (2006), 1201-1210.
4. [Hollings 2007] Otmar Hilliges, Dominikus Baur, Andreas Butz: Photohelix: Browsing, Sorting and Sharing Digital Photo Collections, Second Annual IEEE International Workshop on Horizontal Interactive Human-Computer Systems (TABLETOP'07) (2007)
5. [神田 2010] 神田賢一, 大本義正, 西田豊明
Evaluation of viewing summary method in knowledge structuring system by using clustering 人工知能学会第 24 回全国大会 論文集 2010