

DocScape : 文章の概覧性を高めるための概念図の生成と利用

村山 正 司[†] 中 村 裕 一[†] 大 田 友 一[†]

本論文では、文章の概覧性を高めるために、その内容を表現する概念図を自動生成し、文章閲覧のためのツールとして利用するための要素技術について述べる。まず、概念図の規約的意味について考え、概念図によって表現すべき意味的構造を設定する。次に、このような構造を持つ文章内の語句間関係を記述する XML タグを設定する。これにより、文章の意味的構造を表す概念図を生成することを可能にする。次に、タグ付き文書を入力として概念図を生成し、両者の間にハイパーリンクを張ることで、横断的なブラウジングを可能にするシステム DocScape を紹介する。一般的な文章に我々の設定したタグを付加し、それを基に評価実験を行った結果、DocScape システムの有効性が示された。

DocScape: Diagram Generation and Utilization for Grasping Documents

MASASHI MURAYAMA,[†] YUICHI NAKAMURA[†] and YUICHI OHTA[†]

This paper introduces a novel scheme for diagram generation and presentation that presents the semantic structure of a document and helps the users to grasp the outline. We first consider customary usage of diagrams, then define the semantic structure of a document, which can be marked up by a set of XML tags. Then, we propose our system "DocScape", which generates a diagram from a tagged text and presents a media-complex of the text and the diagram. In this system, the elements in the diagram are tightly linked to those in the text, and they enable browsing across the media. We have done some experiments for evaluating the effectiveness of our scheme by using ordinary documents marked up by our XML tags.

1. はじめに

近年、コンピュータやインターネットの進歩により、誰もが大量の文書へアクセスできるようになってきた。しかし、人間が文章を読み、その概要を理解するための時間が必要となるため、依然として、必要な情報を手に入れるのには困難がともなう。その大きな原因は、文章の概覧性の悪さである。文章の内容を理解するためには、一次元的な単語列を読みながら要旨を再構成するボトムアップ型の理解が必要となるためである。この問題に対処するために、本論文では、文章の内容に沿った概念図を自動生成し文章と密接に関連付けることにより、概要の把握と内容の理解の双方をサポートできる複合メディアを提案する。概念図には以下のような特徴があり、効果的に情報を提示することができると思われる。

- 2次元の空間を用いることにより、複数の要素間にある関係を簡潔に表現できる。

- 図形的な表現を工夫することによって、焦点となる要素や重要点を簡単に強調できる。

しかし、図的な表現のみでは、自然言語の持つ多様な意味を表現することが難しいため、概念図から文章を参照するための助けが必要となる。

このような考えに基づき、本論文で提案する複合メディアは以下の枠組みを持つものとし、それを実現するプロトタイプシステム DocScape を構築した。

- (a) 文章の内容を表現する構造化手法の提案と XML 形式によるタグ付け。
- (b) タグ付けされた文章からの概念図生成。
- (c) 文章と概念図との間のハイパーリンク付与。
- (d) 文章と概念図の両方を提示し、その間の相互参照を可能にする GUI 構築。

これらのうち、XML 形式のタグ付け (a) は著者が行うこととする。ただし、将来的には、自然言語処理による自動化や GDA^{1),2)} のような構造化された文書の利用等、種々の手法を援用できる可能性がある。

概念図の生成 (b) は、図形の初期配置をシステムが行い、あとは著者が好みで編集する半自動処理とする。従来から、図形の自動生成や適切な自動配置を目指し

[†] 筑波大学機能工学系
IEMS, University of Tsukuba

た研究が行われてきたが、多くの人が満足するような概念図を完全に自動で生成することは難しい。そのため本研究では、システムが自動生成した図を著者が自分の好みに合うように変更を加える半自動処理を想定した。図の手動変更は手間がかかるが、これを効率的に行うための編集補助機能をシステムに持たせることで解決する。

リンク付け (c) および提示 (d) は自動処理とする。これらの処理により、概念図の持つ明快な構造と文章の持つ詳細な情報の両方を利用可能にし、文章の理解を促進する機能を実現する。

この枠組みが従来の研究に対して新しい点は、以下である。

- 文章の意味的構造と図的な表現との関係を詳細に考慮し、文章の内容を表現するための適切なタグセットとそれに対応する図的な表現を設定したこと。
- 文章へのタグ付加 (a) によって、概念図の生成 (b) とリンク付け (c) を同時に処理できるようにしたこと。

従来研究との詳しい比較、本研究の位置づけについては 2.2 節で述べる。以下、本論文では、本研究の基本的なアイデア、従来研究との比較、文章と概念図との対応関係の設定、概念図生成処理、実験例について順に述べる。

2. 概念図による文章内容の提示

2.1 概念図生成の問題

DocScope が読者に複合メディアを提示する過程は以下ようになる。タグ付き文書を著者が入力し、それをもとに概念図が半自動的に生成される。著者は図を好みに応じて編集し、その結果はタグ付き文書とともに保存される。読者が複合メディアを利用する際には、読者の要求に従ってタグ付き文書と図編集結果が入力され、図 1 のように GUI 上に提示される。

左側が文章の表示部分であり、右側に対応する概念図が表示されている。これをまず一覧することにより、読者は文書の概略を把握することができる。また、特定の部分に対する詳細な情報を知りたい場合には、図 2 のように概念図の該当部分を GUI で指示することにより、それを説明する文章を簡単に見つけることができる。さらに、読者が知りたい、または調べたい項目や関係がはっきりしている場合には、概念図中でその項目や関係に対応する重要な要素を強調したり、不要な要素を消去したりすることにより、より簡潔な概念図を得ることができる。

このような複合メディアを構築するためには、次の

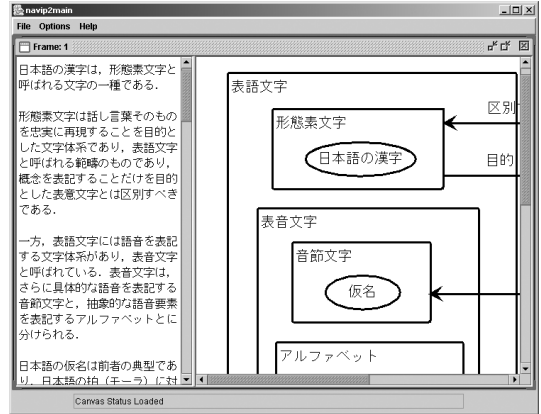


図 1 複合メディアを提示する GUI
Fig. 1 GUI for presenting complex media.

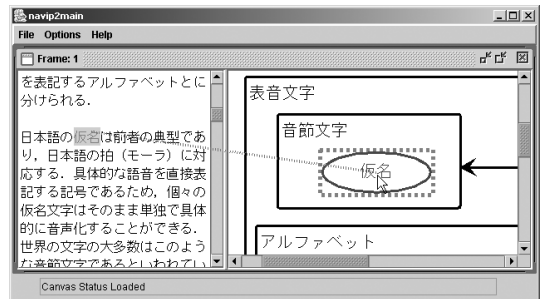


図 2 図と文章の間のリンクを提示：図中の図形要素をクリックすることで、文章中で対応する語句が強調表示され、またそれらをつなぐリンクが点線で提示される

Fig. 2 Hyperlink (expressed by a dotted line) between a diagram and a document.

項目を検討し、実現しなければならない。

- 文章の内容と概念図との対応関係の設定。
- 入力となる文章の内容表現方式の設定と、それを用いた文章の構造化。
- 構造化された文章から概念図を生成し、ユーザに分かりやすく提示する処理。

誤解を招かない、分かりやすい概念図を生成するためには、上記の対応関係が読者にとって自然なものであることが必要になる。概念図には従来から慣習的な用法が存在し、それらと大きく異なる使われ方がされると、読者に誤解を与えるからである。このような対応関係の設定については 3.1 節で述べる。

文章を構造化する記述形式としては、記述能力が高く、種々のツールも揃いつつある XML を利用する。また、読者へ注目をうながすべき要素や関係を強調したり、取舍選択を行う機能を実現したりするために、文章が持つ意味的な構造を 2 つの観点から分類し、XML 記述の一部とする。これらについては 3.2 節で述べる。

概念図生成のアルゴリズムについては 4.3 節で述べるが、本研究では自動生成ではなく、自動生成された図の編集補助に重点を置く。各々の図形に文章の要素が関係付けられているため、ユーザの編集操作が行われた際に、図形の表現する意味が保たれるように図形要素の移動や変形を追加、削除することが可能である。これにより、著者の好みにあった図を生成することが容易になる。

2.2 関連研究

本研究に関連する研究は大きく 4 つに分類される。

- (1) 図生成のための図形要素の自動配置。
- (2) 意味記述からの図生成。
- (3) 図的表現を用いた発想支援。
- (4) 文章の言語学的構造へのタグ付けと構造化。

図要素の配置を自動化する問題に対しては、数多くの研究が報告されている³⁾。たとえば、グラフ理論と平面上のグリッドを組み合わせた方法⁴⁾、図形要素間に仮想的なバネを設定して力学的シミュレーションを行う方法⁵⁾、ヒューリスティクスや遺伝的アルゴリズムを用いる方法⁶⁾等がある。複数の研究で、図要素の配置を制約充足問題として解くことにより最も適切な位置を決定する手法が用いられているが、これは図配置問題の本質についており、興味深い結果も得られている。しかし、現在のところ、すべての人が満足する図を自動的に生成できる見込みはなく、何らかの後処理が必要となる。そのため、本研究では、概念図の配置アルゴリズムには主眼をおかず、生成された概念図を著者の好みに合わせて編集するための補助機能を提供する。ただし、分かりやすい図を少ない労力で得るためには、自動配置部分も重要な要素であり、より適切な手法を探ることは今後の課題となっている。

意味記述から概念図を生成する試みとしては、Kamadaらの TRIP⁷⁾、Cyreらの研究⁸⁾等がある。TRIPでは、抽象的なオブジェクトや関係を表現した Prolog 文の記述から視覚構造表現を生成し、その表現を制約充足問題を解くレイアウトアルゴリズムに入力することで最終的な概念図を得ている。しかし、文献⁷⁾では、意味的な関係の分類と、それらの図的表現へのマッピングについて体系的に述べられておらず、多様な関係を図化するには不足である。Cyreらの研究では、Conceptual Graph という形式の意味記述から図を自動生成している。彼らの手法では、意味記述から、アイコンとそれらを結ぶ接続線からなる描画スクリプトを生成し、そのスクリプトから図を描画する。しかし、彼らが入力としているのは、意味ネットワークに類似した記述である。このように、これらの研究は

本研究の概念図生成(1章の(a),(b))と同じ目的を持つものであるが、あらかじめ所定の意味記述を与えておき、それを表現する概念図を生成する手法にとどまっている。そのため、文章のどの部分を概念図に変換するかという問題や、そのための記述方法の提案は行われていない。それに対して本研究では、実際に文章との対応関係を考慮し、文章へのタグ付けを用いている点、それにより生成された概念図と文章との間にハイパーリンクを設定している点に新規性がある。

図的表現を用いた発想支援システムとしては、KJ法支援ツール等、多くの研究が提案されている⁹⁾。これらの研究では、図中に単語やテキストを配置することが可能であり、図的構成と要素間の持つ意味的な関係を利用して人間の理解を促す点は、本研究と共通している。しかし、文章の概観性を高める目的での図の利用は考えられておらず、目的やその他多くの点で本研究とは異なる。

文章の意味を記述する手法としては、言語学的な構造や属性を記述するための GDA^{1),2)} や RDF^{10),11)}、XML Topic Maps^{11),12)}等が提案されている。しかし、これらの研究は用いられているタグと、我々が必要とする要素間の関係を記述するためのタグとの間には過不足がある。たとえば、GDAでは多様な言語学的な関係や属性を記述することができる一方で、多数の要素が関わる関係を記述する方式が十分に備わっていない。XML Topic Mapsでは Association(要素間の関係)の記述が個別の識別子のみでなされており、関係が体系的に分類されていないため、多様な関係を図的表現へと系統立ててマッピングすることが困難である。そのため、これらの研究によるタグセットを採用するのではなく、本研究の目的に過不足なく合うものを提案する。ただし、実際の利用を考慮した場合、種々のタグ付き文書を入力として利用できることが望ましい。そのため、GDAにより構造化された文章からの概念図生成についても検討および実験を行った。それについては5章で述べる。

3. 文章と概念図の対応関係とタグ付け

3.1 概念図の構造と規約の意味

概念図には、情報伝達のために古くから慣習的に用いられてきた用法がある。これは厳密なものではないが、規約の意味として言語構造に近い構造を持つことが知られている。たとえば、図3のようなものがある。図3(b)のような矢線による指示は、方向を示し、また両端にあるものの関連性を表す。図3(d)は、連結により両端にあるものの関連性を示す。図3(e)は、2つの

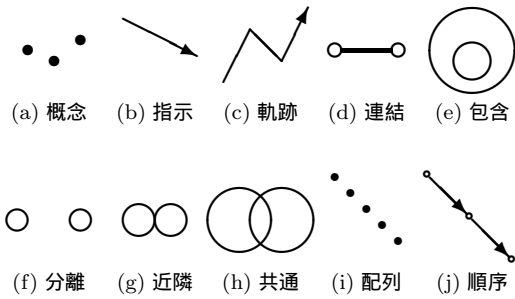


図 3 基本的な図形配置パターンとその規約的意味の例
Fig. 3 Example of diagram structures and their meaning.

概念間の包含・従属関係を表す。図 3(e)～図 3(h)は、領域を分割することにより概念の分割を表し、また双方の距離により関連の強さを示す。図 3(i)と図 3(j)は、配列や順序、流れを示す。このような図形構造の例は、いくつかの文献、たとえば「図の体系¹³⁾」等に多数収録されている。

これらを考慮し、本研究では、概念図によって効果的に表現できる関係として以下のものを利用する。
同値・類似 同位, 等価, 同格, 類似等の関係を表す。

対称律¹が成り立つ。

順序・包含 上位要素と下位要素を持つ順序関係を表す。これは時系列や序列, 過程, 階層関係等のよく見られる関係であり, 文章はこの構造を中心に展開することが多い。一般的には反対称律²および推移律³の条件を満たす関係である。

修飾・指示 他の要素に何らかの情報を付与するような修飾関係を示す。順序関係に似ているが, 推移律が成り立たない点が違う。

その他 上記 3 タイプに分類されない関係を示す。

これらの構造を表現するために, たとえば図 4 のような図形パターンを考えることができる。パターン (A)～(C) を用いることで, 同値や類似の関係を表現することができる。同様にパターン (D)～(F) は順序と包含の関係を, またパターン (G)～(I) は修飾の関係を表現することができる。このように図の構造をパターンとして分類し, その規約的意味を考慮して対象を表現する点が本研究の特徴であり, これは TRIP⁷⁾等の関連研究では扱われていない。

ただし, 上で述べたような図の規約的意味は厳密なものではない。そのため, 後に述べるように, 実際の文章の意味的構造とこれらの図形パターンとの関係を

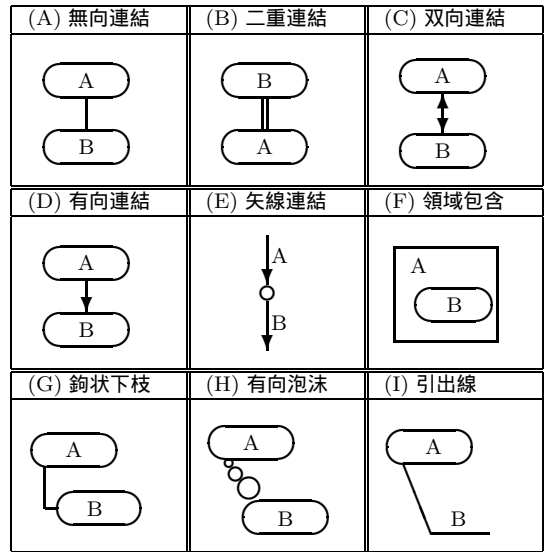


図 4 図形パターンの例
Fig. 4 Example of layout patterns.

著者らがあらかじめ決めるのではなく, 一般の人にアンケートをとることによって設定した。

3.2 XML による文章へのタグ付け

本研究では, 文章が表現する内容のうち, 図形パターンで表現しやすい部分を XML タグによってマークアップし, 必要に応じて図化する。基本的には, このような部分は, 単語や節等の言語要素に対して, 同値や順序等の意味的關係⁴が与えられている部分となる。以下, 本論文では, このような組合せを意味的構造と呼ぶことにする。

本研究では, 意味的關係を系統的に記述できるように, 意味的關係を以下のように, “構造型”とその構造が成立している“ドメイン”の 2 つの観点から分類し, これら 2 つの組によって意味的構造を表現する。
構造型: 前節で述べた図形パターンの規約的意味に直接対応する。主に代数学的な特性により説明できる。構造型の詳細を表 1 に示す。ラベルは, タグ付けするとき用いる略号である。

ドメイン: 関係をそれが成り立つドメイン, たとえば, 空間, 時間等の物理的な軸や, 集合や語義のような概念的な性質等によって分類したもの。ドメインの例を表 2 に示す。ただし, すべてのドメインをあらかじめ決めておくことは難しいため, 著者の目的に合わせて新規に作る余地を残してある。

¹ 関係が対称であること。 $aRb \Rightarrow bRa$

² a, b を要素, R を関係としたときに, $aRb, bRa \Rightarrow a = b$

³ 同様に, $aRb, bRc \Rightarrow aRc$

⁴ ここでは, 構文的な関係と区別するために「意味的關係」という単語を用いたが, 厳密な定義や区別を与えることは難しい。

表 1 関係を構造型で分類
Table 1 Structural categories of relations.

構造型	ラベル	典型的な関係例
順序	order	時系列, 因果, 階層, 入出力等
同値	equiv	同値, 並列, 類似, 等価等
修飾	mod	修飾, 説明, 指示, 属性付与等
他	misc	その他の関係

表 2 関係をドメインで分類
Table 2 Domains of relations.

ドメイン	ラベル	典型的な関係例
時間	time	時系列, 推移, 順序等
因果	cause	因果関係, 理由と結果等
空間	space	空間的位置関係
入出力	inout	原材料と製品の関係等
過程	process	過程, 物の流れ等
集合	set	組織, 集合, 上下関係等
語義	term	語の親子関係等
内容	content	文章の章節構造等
立場	situation	主従関係, 役職の上下等
特性	attribute	質・量の高低関係等
他	misc	その他の関係

表 3 文章の意味的構造を記述するためのタグセット
Table 3 Tagset for describing semantic structure of a document.

タグ名	説明, 属性
<node>, <n>	要素 (語句, 文等) をマークアップする . id=識別子 role=関係を構成する要素が担う役割 nref=他要素の識別子
<relation>	関係をマークアップする . structure=関係の構造型 domain=関係のドメイン

表 4 role 属性
Table 4 Definition of roles.

ラベル	説明
upper	順序関係での上位要素を示す
lower	順序関係での下位要素を示す
object	修飾関係での被修飾要素, 同値関係での一方の要素を示す
relative	同値関係でのもう一方の要素を示す
modifier	修飾関係での修飾要素を示す
direct	各関係での接続要素を示す

たとえば, 時間的な順序関係, 役職の順序関係, 空間的な順序関係は, 構造型は順序関係であるが, 各々の関係が言及する性質が異なるため, 各々, “時間”, “立場”, “空間” 等のドメインで成立する関係であるとして記述する. これについて, 以下本論文では, {order & time} (構造型が順序でドメインが時間という関係) 等と略記する.

このような分類に基づき, 我々が意味的構造をマ-

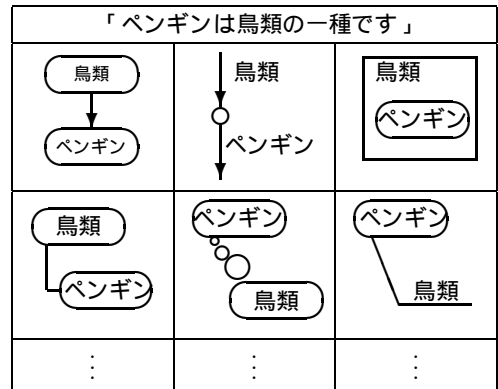


図 5 アンケートの例: 図は 30 種あり, アンケート上部の文章をよく表すと感じたものを複数選択してもらう
Fig. 5 Example of a questionnaire.

表 5 対応テーブルの例
Table 5 Correspondence between relations and layout patterns.

関係のパラメータ	図形パターン
{order & cause}	(D) 有向連結
{order & space}	(A) 無向連結
{order & set}	(F) 領域包含
{equiv & time}	(B) 二重連結
{mod & term}	(D) 有向連結
⋮	⋮

クアップするために定義したタグセットを表 3 にあげる. 文章中の要素を<node>タグで, 要素間の関係を<relation>タグでマークアップする. 関係の種類は, 構造型を示す structure 属性とドメインを示す domain 属性によって記述される. <relation>タグ内では, この関係を構成する要素各々がどのような役割を持つかを, 表 4 に示す role 属性を要素に与えることで記述する.

3.3 概念図としての表現

すでに述べたように, 図形パターンが表現できる意味は大まかには分かっているが, 厳密にそのような関係が成立する保証はない. そこで, 文章の意味的構造と図形パターンとの対応関係をアンケート調査によって確認した.

実際のアンケート用紙は図 5 のようになり, 26 人の被験者で行った. その結果, 採用された対応関係の一部を表 5 に示す. 順序関係の多くに対して矢線や線分の連結が選ばれ, 集合等の一部の順序関係に対しては領域の包含が選ばれた. また, ほとんどの同値関係は線分や二重線分の連結が, また修飾関係に対しては矢線・線分の連結や枝状の図形が選ばれた. 詳細は付録 A.1 を参照されたい.

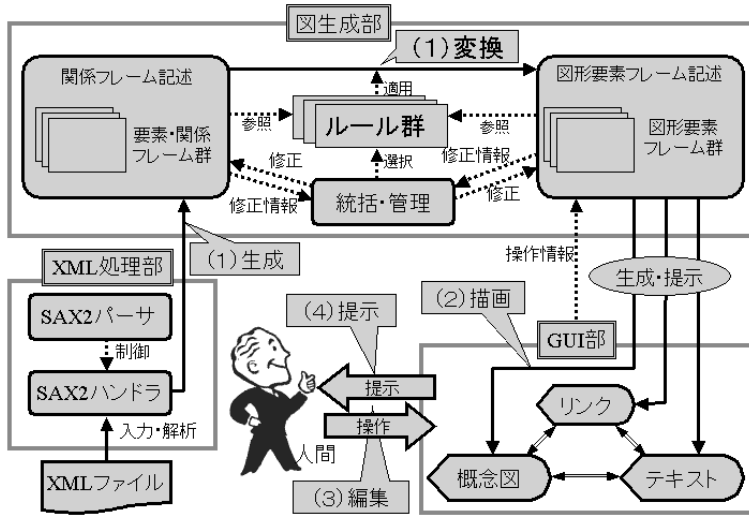


図 6 図生成システムの構成
Fig. 6 Overview of our prototype system.

4. DocScope システム

4.1 システムの概要

図 1 に示したような概念図生成と文章ブラウジングを実現する試作システム “DocScope” を実装した . システムの概要を図 6 に示す . システム動作の概要は次のようになる . 図中の数字は , 下記の各段階の番号と対応している .

- (1) 変換 : 入力したタグ付き文書から内部記述を生成 .
- (2) 描画 : 内部記述から , それを表現する概念図を生成 .
- (3) 編集 : 著者の編集操作を受けつけ , 完成した図を記録 .
- (4) 提示 : 読者の要求に応じて文章と図を関係付けて表示 .

ここで , 内部記述とは , タグ付き文書中の要素・関係のフレーム記述 (意味関係フレーム) と , 生成される各図形要素の位置・形状や相対的位置関係等を保持するフレーム記述 (図形要素フレーム) からなり , これらが段階をおって生成される .

4.2 概念図の生成と編集

図生成処理の流れを例をあげて説明する . まず , 図 7 に示す文書を考える . この文書の単語間には , 構造型 “order” でドメイン “set” の関係が存在し , それが XML 記述によってマークアップされている . タグ付き文書が入力されると , 内部記述に変換される . 与えられた関係 {order & set} に対応するのは , 表 5 よ

```

私たちが普段使っている
<node id="diagram">概念図</node>
には主に 2 つの種類があります .
<node id="connect">連結図</node>と
<node id="area">領域図</node>です .
<relation structure="order"
    domain="set">
    <node role="upper" nref="#diagram" />
    <node role="lower" nref="#connect" />
    <node role="lower" nref="#area" />
</relation>
    
```

図 7 タグ付き文書の例
Fig. 7 Example of a tagged text.

り , 領域包含の図形パターンである . そこで , 領域包含の図生成手続きを適用すると 「概念図」 「連結図」 , 「領域図」の単語それぞれに対応する図形要素フレームが生成され , 図 4 (F) に従って各要素の形状が決定される . このような図生成手続きは , 各図形パターンごとにプログラムとして用意されている . ただし , 図形要素フレーム群が用意された時点では , 各図形要素の位置・大きさは決定されておらず , それらに対応するスロットの値は空である . そこで , 次章で述べるレイアウトアルゴリズムによりこれらの値を求める .

図を編集するアルゴリズムは次のようになる . たとえば , 人間が図 8 上での図形要素 「領域図」を 「連結図」の右隣へ移動させ , 横長の図にすることを考える . このような移動操作が行われると , 下位要素 「領

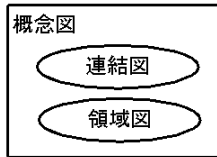


図 8 概念図の生成例

Fig. 8 Generated diagram from the tagged text.

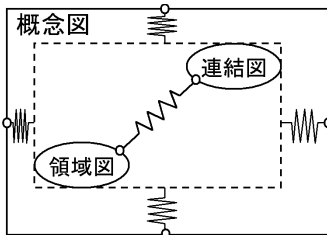


図 9 レイアウトアルゴリズムのための力学的モデル：白抜き点は、バネから力を受ける点

Fig. 9 Dynamic model for layout: small circles are the points where springs are linked.

領域図」が囲みの外へはみだすことになり、包含関係が満たされなくなる。そこで、移動操作後に両下位要素をあらためて囲むように「概念図」の大きさをシステムが自動調整することで、そのような違反を修正することができる。このような位置関係保持の手続き群を用意し、人間の操作後に適用することで、図編集の支援を行う。

4.3 レイアウトアルゴリズム

本研究では、要素間に仮想的なバネを接続した力学的モデルを設定し、これを用いてレイアウトを行う。前節の例では、図 9 のように、「概念図」が他 2 要素に対して十分な大きさを持つような仮想バネが付けられ、また「連結図」、「領域図」の間にも両者が重ならないようにバネが付けられる。バネ定数や自然長は図形パターンごとにあらかじめ決められており、これらのバネの釣合いがとれるように各端点に力が生じ、各要素の位置・大きさが調整される。そのアルゴリズムは以下のとおりである。

- (1) 各バネの長さから各端点に働く力を算出。
- (2) 各要素について、接続されている端点に働く力から加速度を算出。
- (3) 加速度から速度を、さらに位置の変位を算出し、図形要素の位置を変更。
- (4) 各要素の速度と加速度の総和が一定値以下であれば終了し、さもなければ (1) に戻る。

このようにして「概念図」は他の 2 要素を囲むだけの大きさを持たされ、「連結図」、「領域図」は「概念図」

に重なるような位置へ配置される。概念図を生成した結果が前述の図 8 となる。

4.4 リンク付けと提示

概念図生成の各段階で、図形要素の基となったデータへのポインタが保持されるため、文章と図形要素との対応関係はシステム上で簡単に求めることができる。DocScape システムでは、マウスクリックが行われた際に、その位置にある図形要素または単語の識別子が得られる。その識別子から内部記述を参照することで、対応する図形要素と文章要素の両者の位置を同時に得ることができる。そうして得られた両者の位置を結ぶ点線を描き、また両者を強調表示することでリンクの提示が行われる。このように、文章と図の双方の上において、対応する要素どうしの相互参照が可能である。検索や要約等、その他の機能を付加すれば、より効率的な文章概覧が可能だと考えられるが、本研究では簡単な機能だけでも十分な効果があることを示す。

5. 実験と考察

本研究の有効性を検証するために、4 つの観点からの実験と考察を示す。まず、概念図生成の能力を示すために、文書のタグ付けとそこから概念図生成例を示し、次に、読者、著者にとっての利便性を各々確認し、最後に、他のタグ付き文書からの変換の可能性を示す。

5.1 概念図生成例

約 600 字の文書から概念図を生成した例を示す。文章としては契約書を用いたが、これは、理解しにくい文章の一例である。文章自体は箇条書きになっていて読みやすいが、当事者同士の制約や義務がからみあっており、書面だけではその全容をつかみにくい。図 10 に示すのは契約書にタグを付けた例であり、この文書から得られた結果が図 11 である。なお、筆者がこの文章へのタグ付けに要した時間は、テキストを打ち込む時間と合わせて約 30 分であり、自動生成された図を後編集するのに約 5 分かかった。

当事者の名前とそれを示す記号(甲乙丙)は同値の関係であるので、二重線で連結される。相互に作用し合う「離婚」という行為についてはドメインの分類が難しいので{equiv & misc}と記述した。その結果、図では双方向矢線により表現されている。当事者間に

ただし、文章中で実体を持たない要素については扱わない。たとえば、[A] と [B] の順序関係を有向連結で表現する場合、システムは間をつなぐ図形要素“[→]”を描画するが、この図形要素は実際の文章中の単語にはリンクされない。

```

離婚に関する契約書
第一条
<n id="taro">山田太郎</n>( <n id="kou">甲</n> )と
<n id="hanako">山田花子</n>( <n id="otu">乙</n> )
とは、
<n id="goui">合意の上</n>で<n id="rikon">離婚</n>
する .
...
<relation structure="equiv" domain="position">
<n role="object" nref="#taro" />
<n role="relative" nref="#kou" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="position">
<n role="object" nref="#hanako" />
<n role="relative" nref="#otu" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="misc">
<n role="object" nref="#kou" />
<n role="relative" nref="#otu" />
<n role="direct" nref="#rikon" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
<n role="object" nref="#rikon" />
<n role="modifier" nref="#goui" />
</relation>
...

```

図 10 離婚に関する契約書にタグを付けた文書 (抜粋)
Fig. 10 A portion of a tagged text.

生じている義務は入出力の関係に分類したため、矢線によって図示される。生じている義務に対して付加された説明には、その義務の性質とその内容という2種類があり、それぞれ引出線と鉤状の枝によって表現される。

このように、大まかな構造を図によって表現することができた。しかし、契約書という文章の性格上、詳細な部分が非常に重要となる。そのため、図を閲覧しながら元の文書を参照する機能が必要である。DocScape システムを用いれば、概念図だけでは内容が正確につかめない場合でも、図 12 のように対応する文章要素を一目で参照することができ、詳しい内容にアクセスすることができる。

5.2 読者に対する利便性の評価

生成される概念図、また、文章と概念図を関係付けた複合メディアが読者の理解をどのくらい助けるのかを確かめる評価実験を行った。被験者に資料を見せ、その内容について簡単な質問を6つ回答させ、所要時間および正答率を資料ごとに比較した。資料は次の4種類を用意した。

資料 1 約 1,300 字。“物理入門”，山本義隆，ISBN4-7961-1603-6，pp.2-5 より抜粋。

資料 2 約 1,300 字。財団法人「中小企業ベンチャー振興基金」ウェブページ上の「知的財産権の基礎

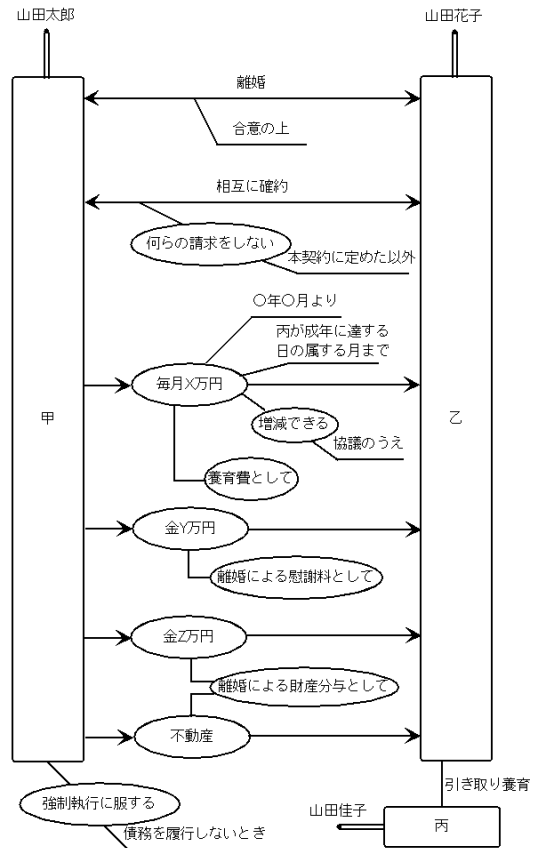


図 11 文章に対応する概念図の生成例：離婚に関する契約書が対象文書

Fig. 11 Generated diagram.

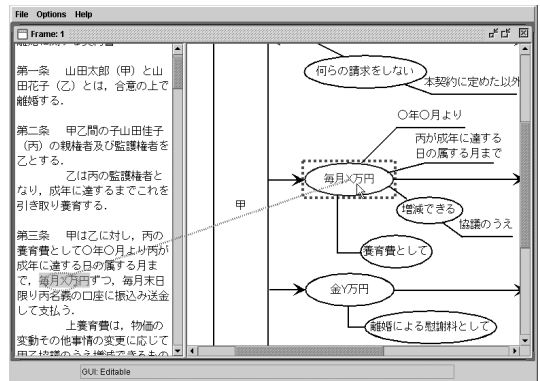


図 12 文章のブラウジング例

Fig. 12 Browsing across a text and a diagram.

知識」より抜粋。

資料 3 約 1,600 字。“コンピュータビジュアライゼーション”，中嶋正之・藤代一成(編)，ISBN4-320-01643-2，pp.32-34 より抜粋。

資料 4 約 800 字。資料 1 と同じ文献の pp.6-7 より

表 6 比較実験における被験者と資料形態の組合せ

Table 6 Combination of 6 examinee groups and 3 media forms.

被験者	資料 1	資料 2	資料 3	資料 4
A 群	文章	文章 + 図	GUI	文章
B 群	文章 + 図	GUI	文章	文章 + 図
C 群	GUI	文章	文章 + 図	GUI
D 群	文章	GUI	文章 + 図	文章
E 群	文章 + 図	文章	GUI	文章 + 図
F 群	GUI	文章 + 図	文章	GUI

抜粋 .

これら資料のそれぞれについて「文章」「文章 + 図 (相互リンクされていない状態)」「GUI (複合メディア)」の 3 形態を用意し、計算機のディスプレイ上に提示した。被験者は工学系の大学院生または学部生 18 名で、6 グループにわけて表 6 に示す組合せで実験を行った (詳細については付録 A.2 参照)。

結果を図 13 に示す。棒グラフが所要時間平均を、折れ線グラフが正答率平均を示している。所要時間を見ると、いずれも「文章のみ」より「文章 + 図」が、さらに「GUI」が、より短い時間で回答できていることが明確に分かる。資料 1, 3 では大きな効果があることが認められるが、資料 2 では「文章のみ」と「文章 + 図」との差異があまりない。これは、文章を精読しなければ答えられない難しい設問があり、概念図だけでは所要時間がさほど変わらなかったためと考えられる。「文章 + 図」「GUI」の場合に「文章のみ」の場合と同等、または若干それよりも良い正答率が得られることが確かめられた。

また、そのうち少数名を抜き出して、文章と概念図の間のリンクの使われ方を調べたところ、半数以上の問題に対して、相互参照機能を利用したことが分かった。図のみを使って解答していた部分も合わせ、概念図、および、図から文章へのリンクが有効に利用されていることが分かった。この実験に関しては、付録 A.3 に補足を付加した。

以上のように、文章の長さや読みやすさによって差はあるものの、概念図の一覧性と複合メディアのリンク機能が有効であることが確認された。

5.3 著者に対する利便性に関する議論

著者側にとって、文書データを上記のような形で用意することには負担がともなうため、その負担の程度、および、その負担に見合う利点があるかどうかについて実験、考察を行った。

まず、本研究の著者側の利点について、その主なものをあげる。

半自動作図機能： DocScape の持つ複合メディア生

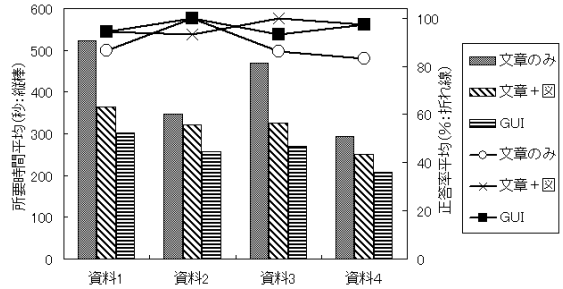


図 13 比較実験結果：各棒グラフは所要時間平均 (秒)、各折れ線グラフは正答率平均 (%)

Fig. 13 Comparison of result (bar graphs: time, line graphs: correctness).

成機能。半自動的に作図を行い、得られた図と元の文章の間にハイパーリンクを自動的に設定することができる。

可変性・再利用性： タグ付けを網羅的に行っており、概念図生成の際に、基となる意味的構造を取捨選択することによって、異なった概念図を生成することができる。これは、著者・読者、双方のための利点となる。また、XML のタグセットを用いているため、RDF 等のメタデータが付加された文書と高い親和性を持つことになる。すなわち、メタデータ (タグセット) 間での変換ルールを決めておけば、他の文書形式に変換したり、他の文書形式を本手法で利用できたりする可能性がある。これについては、次節で述べる。

逆に、このようなタグ付き文書を用意する際の問題点として以下のことがあげられる。

記述能力の限界： タグの設定により、記述能力が制限されることがある。我々は、概念図の規約の意味に注目してタグセットを設計したが、この妥当性を検証する必要がある。

記述コスト： タグ付けを行うコストが大きなものである場合、記述能力が高くても一般には使われないものとなる。

前者の問題に対し、我々が設定したタグ付け手法とその分類が著者にとって不足のないものになっていることを、簡単な文書を基にした実験で確認した。文書の 1 つは物理学の参考書で約 1,300 字、もう 1 つは少々手の込んだ料理のレシピで約 500 字、いずれも市販の書籍から引用したものである。

まず、被験者に 2 つの文書を読んでもらい、その文書の要旨を表現する図を紙の上に自由に描かせた。作図を行った被験者は 9 名で、いずれも情報工学系の大学院生および学部 4 年生である。比較対象として、同じ文書に対してあらかじめ筆者の 1 人が被験者とは

表 7 人手による作図とタグとの比較結果
Table 7 Comparison of human drawings and tags.

資料	項目	総数	完全一致	部分一致	不一致
1	筆者のタグ付け数	37 個			
	被験者の作図(論理和)	48 個	37 個	5 個	6 個
	被験者の作図(平均)	21.6 個	20.3 個	0.7 個	0.6 個
2	筆者のタグ付け数	55 個			
	被験者の作図(論理和)	63 個	55 個	5 個	3 個
	被験者の作図(平均)	40.7 個	38.5 個	1.6 個	0.5 個

まったく独立にタグ付けし、それを基に図化した。

これらと比較した結果を表 7 に示す。表中の「完全一致」は筆者が付けたタグと一致した作図部分、「部分一致」はタグに含まれるが完全には一致しない作図部分、「不一致」は筆者がまったく想定していなかった作図部分の数を示す。表 7 から分かるように、個々の被験者が図によって表現しようとしている関係が筆者によってほぼ網羅的にマークアップされており、概念図として表現すべき部分に効率良くタグが付与されていることが分かる。

上記の作図実験において作図に要した時間を計測したところ、2 つの文書でそれぞれ約 24 分(全被験者の平均)かかった。また、筆者によるタグ付けと図編集にかかった時間は、文書 1 で 43 分、文書 2 で 34 分である。人手による作図は紙の上での作業で、しかも文書と図形間にリンクをはる処理が含まれていないため、厳密な比較は難しいが、我々の提案手法で必要とする時間は、大目に見積もっても直接作図した場合の 1.5~2 倍程度の範囲内に収まっている。これまで述べてきた、読者側、著者側双方への利点を考えれば、この程度の差を許容できる用途は数多くあると考えられる。また、自然言語処理技術の援用によって、係り受け、深層格等を精度良く抽出することができれば、タグ付けのコストは劇的に低下することが見込まれ、今後の取り組みが期待される。

5.4 他のタグ付き文書からの変換

他の目的で別形式のタグが与えられた文書を本研究で提案する形式に変換することができれば、利用可能な文章を少ないコストで大幅に増やすことができる。このような観点から、言語学的な構造や属性がマークアップされた GDA 文書^{1),2)} を利用することを検討した。

実際の例をあげる。図 14 が使用したサンプル文書の一部である。紙面の都合上、一部のみを載せている

```

...
<np id="keitaismoji">形態素文字</np>は
...
<vp syn="f" obj="keitaismoji">
  <np sub="keitaismoji" id="hyogo">
    表語文字
  </np>
  と<v subj="mgn">呼ばれる</v>範疇のものであり
</vp>,
...

```

図 14 GDA タグ付き文書(抜粋)
Fig. 14 A portion of a GDA text.

```

...
<n id="keitaismoji">形態素文字</n>は
...
<n id="hyogo">表語文字</n>と呼ばれる範疇のものであり,
...
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#hyogo" />
  <n role="lower" nref="#keitaismoji" />
</relation>
...

```

図 15 GDA タグ付き文書を変換して得られたタグ付き文書(抜粋)

Fig. 15 Tagged text converted from a GDA text.

が、文書全体は 1,600 字程度である。その GDA 文書を本研究で提案した形式に変換したものが図 15 となる。たとえば、GDA 文書では「表語文字」の持つ属性 *sub*(下位概念の識別子を属性値としてとる属性)が「形態素文字」を指し示していることから、形態素文字が表語文字の下位概念であることを表現している。

タグ付けに使用したツールはテキストエディタ XEmacs で、カット&ペーストの機能以外は用いていない。XML 文書作成用の支援ツール等を利用すれば、より短縮できることが期待される。

岩田誠「読み書きと脳」より第 1 章、日本認知科学会「認知科学」、Vol.1, No.1, 1994

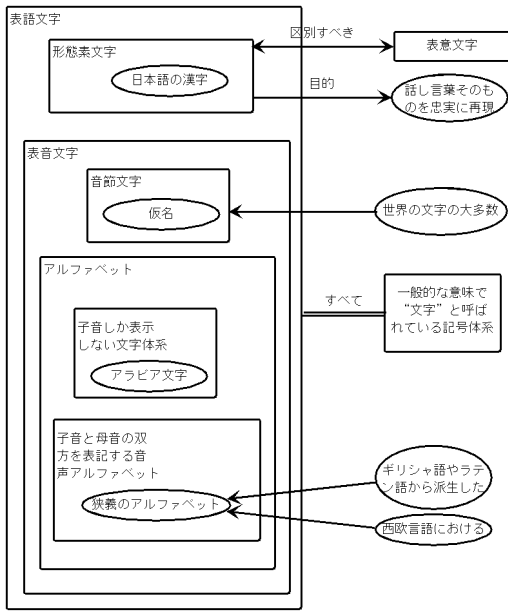


図 16 GDA 文書から変換した文書を概念図化した例 Fig. 16 Generated diagram.

そこで、属性 *sub* は集合の順序関係に対応していると見なし、{order & set}と変換する。得られた文書を DocScope システムに入力して得られた図を図 16 に示す。元の GDA 文書に多く存在していた集合の順序関係は領域包含により表現され、また、いくつかの修飾関係が矢線で、同値関係が二重線または双方向線分により表現された。このように GDA を本研究の形式へ変換することがある程度は可能であることが分かる。

しかし、多くの場合、本研究で扱う意味的關係と明確に対応する記述のみを変換するだけでは十分な数の記述(タグ)が得られない。そのため、構文解析や推論等を応用することで、より多数の変換を行う必要があるが、これは今後の課題としたい。

6. おわりに

本論文では、文章の概観性を高めることを目的とした概念図の生成と、その概念図を用いた複合メディアの利用について提案した。そのために、概念図の図形パターンの分類と、それに対応する文章の意味的構造を分類・記述するタグセットを提案した。これらの関係を用いて概念図を生成、提示するシステム DocScope を構築し、文章を概観するための複合メディアとしての有用性を検証した。

ここで提案した技術には、たとえば次のような応用が期待できる。

- 教科書の要点を図示する教育支援システム
 - 読者の興味に合わせて、文書内容を動的に図示する閲覧ツール
 - 筆者が自己の論理を図で確認しながら執筆できるオーサリング支援ツール
- 一方、タグ付き文書を得るコストに関する問題が残っており、自然言語処理等の援用を必要としている。大規模な図を適切に配置するためのレイアウトアルゴリズムも今後の研究課題である。

参考文献

- 1) 橋田浩一：GDA：意味的修飾に基づく多用途の知的コンテンツ，人工知能学会誌，Vol.13, No.4, pp. 528-535 (1998).
- 2) Hashida, K.: Global Document Annotation, *Natural Language Processings Pacific Rim Symposium '97* (1997). <http://www.etl.go.jp/etl/nl/GDA/>
- 3) 杉山公造：図的思考のコンピュータ世界を拓く—グラフ描画法とグラフィックユーザーインターフェイス、非破壊検査，Vol.44, No.10, pp.791-796 (1995).
- 4) Batini, C., Nardelli, E. and Tammasia, R.: A Layout Algorithm for Data Flow Diagrams, *IEEE Trans. Softw. Eng.*, Vol.12, No.4, pp.538-546 (1986).
- 5) Kalra, D.: A Constraint-Based Figure-Maker, *EUROGRAPHICS '90* (1990).
- 6) Kosak, C., Marks, J. and Shiebar, S.: Automating the Layout of Network Diagrams with Specified Visual Organization, *IEEE Trans. Systems, Man, and Cybernetics*, Vol.24, No.3, pp.440-454 (1994).
- 7) Kamada, T. and Kawai, S.: A General Framework for Visualizing Abstract Objects and Relations, *ACM Trans. Graphics*, Vol.10, No.1, pp.1-39 (1991).
- 8) Cyre, W.R., Balachandar, S. and Thakar, A.: Knowledge Visualization from Conceptual Structures, *Proc. 2nd Int'l Conf. on Conceptual Structures*, pp.275-292 (1994).
- 9) 國藤 進：発想支援システムの研究開発動向とその課題，人工知能学会誌，Vol.8, No.5, pp.552-559 (1993).
- 10) Lassila, O. and Swick, R.: Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification, W3C Recommendation (1999). <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-syntax/>
- 11) 浦本直彦：Semantic Web—機械のための Web，人工知能学会誌，Vol.16, No.3, pp.412-419 (2001).
- 12) Pepper, S. and Moore, G.: XML Topic Maps (XTM) 1.0.

表 8 アンケートに用いた例文 (一部)
Table 8 Example sentences for examination.

関係パラメータ	対応する例文 (強調部は関係を構成する要素)
{order & term}	「ペンギンは鳥類の一種です」
{order & cause}	「CO ₂ 増加は温暖化を招きます」
{mod & attribute}	「大豆は高たんぱく質です」
{mod & time}	「東京行の便は 13 時発です」
{mod & space}	「横浜市は首都圏南西に位置する」
{equiv & term}	「記憶と Storage は同義語です」
{equiv & content}	「その缶詰とこの瓶詰の中身は一緒です」
⋮	⋮

<http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/>

13) 出原栄一, 吉田武生, 渥美浩章: 図の体系—図的思考とその表現, 日科技連 (1986).

付 録

A.1 対応関係調査のためのアンケート (3.3 節参照)

アンケート手法

文章の意味的構造と概念図の図形パターンとの対応関係を調査するために行ったアンケートの手法は次のとおりである。

- (1) 30 種の意味関係 (3 種の構造型と 10 種のドメインの組合せ) について, それぞれ典型的な例文を用意した。たとえば表 8 のようになる。
- (2) その例文を表現するような図形パターンを 30 種用意した。「図の体系」¹³⁾ 等を参考に, 典型的なパターンを 17 種と, それらのうち 13 種の逆パターンを合わせて計 30 種とした。
- (3) これらを被験者に示し, 気に入った図形パターンを複数選択させた。

実際のアンケート用紙は 3.3 節の図 5 のようになり, 26 名の被験者で行った。被験者は情報工学系の大学院生が 8 名, 残りの 18 名は総合大学の各学部生である。

対応関係の選択結果

最も多くの被験者が選択した図形パターンを表 9 に示す。表中の横の並びは構造型を表し, 縦の並びはドメインを表す。それらが交わる場所に採用された図形パターンが示されている。たとえば {order & cause} という因果の順序関係には被験者の 88% が有向連結を選択したことを示す。

表 9 採用された図形パターン。カッコ内は全被験者中での選択率 (単位%)

Table 9 Correspondence between relations and layout patterns.

ドメイン	関係のパラメータ		
	order (%)	mod (%)	equiv (%)
term	領域包含 (96)	有向連結 (50)	二重連結 (96)
set	領域包含 (100)	鉤状下枝 (50)	無向連結 (73)
attribute	縦列 (11)	引出線 (50)	二重連結 (84)
position	鉤状下枝 (61)	領域包含 (50)	二重連結 (76)
content	有向連結 (92)	引出線 (50)	二重連結 (88)
time	有向連結 (88)	鉤状下枝 (61)	二重連結 (76)
cause	有向連結 (88)	有向連結 (73)	二重連結 (30)
process	無向連結 (57)	引出線 (53)	二重連結 (88)
inout	有向連結 (84)	有向連結 (76)	横列 (38)
space	無向連結 (76)	領域包含 (42)	横列 (73)

表 10 評価実験に用いた質問例

Table 10 Questions for examination.

(1)	デザインを保護するための権利 (工業所有権の 1 つ) とは何ですか。
(2)	「自然法則を利用した技術的思想の創作」と定義されるものは何ですか。
(3)	「特許権」と「実用新案権」で異なる点は何ですか。
(4)	権利の存続期間が最も長いのはどの権利ですか。また, それは何年の期間ですか。
(5)	権利の存続期間が何度でも更新可能なのはどの権利ですか。また, その更新が可能な理由とは何ですか。
(6)	「特許庁での審査」の前に行われるのは, どのような手続きですか。

A.2 問題を解かせることによる評価実験 (5.2 節参照)

被験者に与えた質問は, 文章を読めば短時間で分かるもので, 多くは文章中に答えがそのままの形で含まれている。資料 2 に対する質問を表 10 にあげる。参考までに, 資料 2 にタグを付けた文書の一部を図 17 に示す。

実験では, 被験者に 1 つのディスプレイを見せ, 画面中に文章提示ウィンドウと概念図提示ウィンドウを同面積となるように提示した。なお「文章のみ」の場合は, 概念図提示ウィンドウを空白とし, 各ウィンドウの大きさは「文章 + 図」「GUI」と同様とした。

A.3 参照機能の利用状況 (5.2 節参照)

A.2 節と同じ設定で, 文章と概念図の間の相互参照機能の利用回数とその目的を調べた。その方法としては, 被験者の操作を GUI のプログラム中でログとして残しながら, その様子をビデオカメラで撮影した。また, 被験者には設問に答え終わるつど, 図と文章のどちらを見て回答したのか尋ねた。被験者は 3 名である。

その結果は表 11 のとおりとなった。表中で相互参

文学, 史学, 法学, 社会学, 経営学, 数学, 物理学, 生物学, 化学, 農学, 情報工学の各学部学科から 1~2 名ずつ。年次は 1~4 年よりほぼ同数ずつ。

```

...
<n id="syouhyou">商標権</n>は、商品・サービスを表す
<n id="brand">標識 (ブランド) を保護するための権利</n> .
権利の<n id="10y">存続期間は審査を受けた後の登録から 10
年</n>だが、原則として<n id="kousin">何度でも更新が可能
</n>である . <n id="fake">偽ブランド品が出回ることは望ま
しくないから</n>だ .
...
<relation structure="mod" semantics="attribute">
<n role="object" nref="#syouhyou" />
<n role="modifier" nref="#brand" />
</relation>
<relation structure="mod" semantics="attribute">
<n role="object" nref="#syouhyou" />
<n role="modifier" nref="#10y" />
</relation>
<relation structure="mod" semantics="attribute">
<n role="object" nref="#10y" />
<n role="modifier" nref="#kousin" />
</relation>
<relation structure="order" semantics="cause">
<n role="upper" nref="#fake" />
<n role="lower" nref="#kousin" />
</relation>

```

図 17 資料 2 にタグを付けた文書 (抜粋)
Fig. 17 A portion of a tagged text.

表 11 参照機能の利用状況

Table 11 Comparison of the utilization of links.

被験者 (資料)	相互 参照 回数	回答に用いた判断資料		
		図のみ	図と参照 先の文章	その他
A (資料 3)	19	3	3	0
B (資料 4)	2	2	2	2
C (資料 2)	21	0	5	1
平均	14	1.6 (28%)	3.3 (55%)	1.0 (17%)

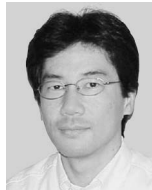
照回数とは、図中の要素をクリックしてリンクを表示させた回数をカウントしたものである！「図のみ」は図だけで判断したことを、「図と参照先」はまず図からヒントを得て参照先の文章を読んで判断したことを、そして「その他」は文章のみから判断したことを示す。このように、合計 18 問 (3 人 × 6 問) のうち、10

問を図と文章の双方を用いて判断しており、図のみで判断したものも含めると、80%以上の設問で本システムの機能を利用している。また、少なくとも半数以上の問題で相互参照機能が役に立っていることが分かる。
(平成 14 年 7 月 29 日受付)
(平成 15 年 2 月 4 日採録)



村山 正司 (学生会員)

1975 年生。1998 年筑波大学第三学群工学システム学類卒業。同年筑波大学大学院博士課程工学研究科入学、現在に至る。修士 (工学)。図形処理、映像処理、画像情報処理等の研究に従事。ACM 学生会員。



中村 裕一 (正会員)

1985 年京都大学工学部電気工学第二学科卒業。1990 年同大学大学院博士課程修了。同年京都大学工学部助手。1993 年筑波大学電子・情報工学系講師。1999 年機能工学系助教授、現在に至る。博士 (工学)。画像理解、映像処理、自然言語処理等の研究に従事。1996 年カーネギーメロン大学ロボティクス研究所客員研究員。1998 年～2001 年科学技術振興事業団さきがけ 21 研究「情報と知」領域研究員 (兼任)。2000 年より国立情報学研究所客員助教授。電子情報通信学会、人工知能学会、IEEE 各会員。



大田 友一 (正会員)

1977 年京都大学大学院博士課程修了。京都大学情報工学科助手、筑波大学電子・情報工学系講師、カーネギーメロン大学計算機科学科客員研究員、筑波大学電子・情報工学系助教授を経て、1992 年同教授。1999 年より、同大学機能工学系教授。工学博士。画像情報処理、コンピュータビジョン、知能情報メディア、複合現実感の研究に従事。