図的メディアと言語メディアの統合による知識の解析と提示

中村 裕一　村山 正司　大田 友一 ‡
‡ 筑波大学 電子情報工学系

概要: 本稿では, 図と文章を相補的に用いる複合メディアを構築する枠組について提案する. 近年, 大量の文書が電子化され, 広く流通している. しかし, 多くの場合, これらの文書は読みにくく, 紙上の文書メディアに対して決して優れているとは言えない. そのため, 本研究では, 電子化された文書の内容をわかりやすく提示するために, 文書の内容を概念図と対応づける, または内容に即した概念図を生成する枠組を提案する. そのためにまず, 既存の文書を解析し, それを基に概念図と文章の対応関係を解析する方法について紹介する. 次に, 対応づけられている文章を用いて, 図要素に与えられている意味分類を行う方法について述べ, これらの方法によって, 与えられている概念図が文書のナビゲーションに有効なデータとなること示す. また, 現在我々が構築している概念図生成システムについて紹介する. このシステムでは, 文書の概要を与えることによって概念図を自動生成し, それを文書のナビゲーションに用いることを目的とする.

Diagram and Text Integration for Knowledge Analysis and Navigation

Yuichi NAKAMURA, Masashi MURAYAMA, Yuichi OHTA‡
‡Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba

Abstract: This paper introduces our framework for constructing complex media in which text and diagrams are complementarily integrated for knowledge navigation. Recently, a great amount of documents are electronically accumulated and widely used. Those electronic documents, however, have often problems on readability, and they are often even inferior to ordinary printed documents. For this purpose, we propose the use of diagrammatic expression for comprehensibly showing the contents of a document. First, we introduce a method of finding correspondence between diagrammatic elements and natural language elements in texts; a method for interpreting the meaning given to the diagrammatic elements, by analyzing the text elements which have correspondence to those diagram elements. By those methods, diagrams and texts in existing documents are effectively integrated, and they can be used for documents navigation. Next, we introduce our diagram generation system. The system takes, as input, a script of text descriptions which is composed of a set of pre-defined semantics. The combination of the generated diagram and the text will be a good tool for knowledge navigation.

1 はじめに

画像, 音声, 文章といった複数の表現形態を扱う複合メディアでは, 複数の表現形態を相補的に用いることによって, 知識や意図をわかりやすく伝えることができる. 例えば, 従来から教科書や専門用語事典等では, 説明文や説明図等を相補的に用いることにより, 受け手に簡潔かつ正確に意味を伝える. 図は大まかな意味を把握する場合に有効な伝達手段であり, 文章は細部を理解する場合に有効な伝達手段となっているからである. このような効果をより高めるものとして, 計算機上のマルチメディア, ハイパーメディアシステムが実現されている. 特に, ハイパーメディアは, 各種のデータの間をリンク付けることにより, メディア間を横断的に渡り歩くことを可能にしている.

しかし, 大量に電子化されている文書のうち, このような機能が付加されているものは少ない. 例えばオンラインマニュアル等として電子化され, 流通しているものでも, 印刷された文書よりも読みにくいのが現状

E-mail: yuichi@is.tsukuba.ac.jp

である. そのため, 既存の文書メディアを理解しやすい複合メディアに変換したり, 電子的な文書を複合メディアとして新規に生成する補助をする機能が必要とされている.

本研究は, このような考え方に基づき, 図を文書とを相補的に活用する複合メディアを構築することによって人間の知的活動を支援することを目的とする. 具体的には, 教科書や専門用語事典のように, 論理的に構成された図の付加されるものを解析対象とし, オンラインマニュアル等の低コストで大量に作成されるものを複合メディアの生成対象とする.

このようなメディアを構築する際に, 現在次のような問題が存在する.

- データ要素間の関係付け等の膨大な入力を人間が行わなければならない.
- 複数の表現形態 (メディア) 間の関係付けに対して, 明確な方法論がない.

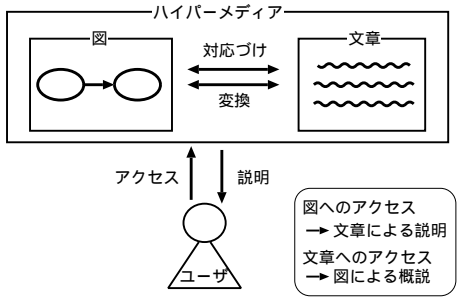
そのため, 我々は, メディア処理技術を利用して, 計算機上での複合メディア構築を半自動化する方法を研究してきた.

以下本稿では, まず, 概念図と文章を相補的に用いる枠組について述べる. また, 概念図が持つ図形情報と説明文の言語情報を統合し, 記述された各概念に対し, より具体的な意味や関係付けを行う方法について述べる. これらの章で, 我々が従来から行ってきた研究の枠組を説明し, 概念図と文章との関係とその重要性について説明する. さらに, 本稿後半で, 文の意味や文脈を表現するような図を計算機によって自動・半自動で生成する方法について説明し, 新しいメディアの生成補助のシステムとして用いることを提案する. このシステムはまだ構築段階であるが, 簡単な記述から概念図を生成することが可能なことを実験により確認した. 以下本稿では, これらの詳細について順に述べる.

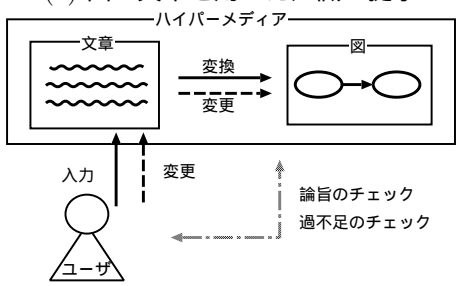
2 図的表現を利用した知識の表現と利用

2.1 知識蓄積・提示と図的表現の利用

ここで想定する, 図的表現と言語的表現の統合的利用による知識の提示・生成について図 1 に示す. まず, 最も一般的な機能としては, 図 1(a) のように概念図と文章を対応させて提示し, それにより, 人間の理解を助けることがあげられる. 例えば, 人間は図 2 の図と文章を見れば, 食物連鎖がどのようなものかを簡単に内容を理解することができる.



(a) 図と文章を用いた知識の提示



(b) ハイパーメディア・コンテンツ生成

図 1: 図と文章を利用した知識の提示と蓄積

また, 知識を提示するためのユーザインタフェースとして考えた場合にも, 文章よりも, 個々の要素がはっきりと独立している図の方がアクセスしやすいなどの利点がある. さらに, 図全体の構成自体が意味を持つ場合には, 全体の特徴から大意を一目で読みとることができる. 実際に, 図の教育効果に関しては以前よりいくつかの研究結果が報告されているが, 文書のみを用いた場合に比べて数倍の伝達効果・記憶効果が認められている [5]. 逆に, 概念図には詳細な情報が表現されないため, 個々の図形要素だけでは不足する詳細な説明を文章との対応関係を用いて与えることが必要となる.

また, 図と文章の間の変換, 相互関係のチェックが可能な場合には, 新たに文書を生成する場での利用を考えることができる. 図 1(b) はその一つとして, 人間が複合メディア (文書) を作成する際に, 計算機上で図を半自動生成していくプロセスを表している. 図と文章を対応させ (必要ならば半自動的な変換を行い) ながら文章を書き進めることによって, 図生成の手間が軽減されるだけでなく, 双方の記述の過不足をチェックしたり, 各々の変更をお互いに反映させることによって, より知的な作業が支援される.

上で述べた前者の機能 (提示機能) を持ったシステムとして, 我々の研究で試作したシステムを図 3 に示す [2]. このシステムでは, 説明図と説明文が関係づけられたデータを基に, 種々の説明を生成する. 例えば, 図 3 で, 説明図か説明文のどちらかを指定すると対応する

1. 牛が草を食べる.
2. 牛は死ぬとバクテリアによって分解され, 土中の養分となる.
(以下省略)

図 2: 簡単な概念図の例 (食物連鎖)

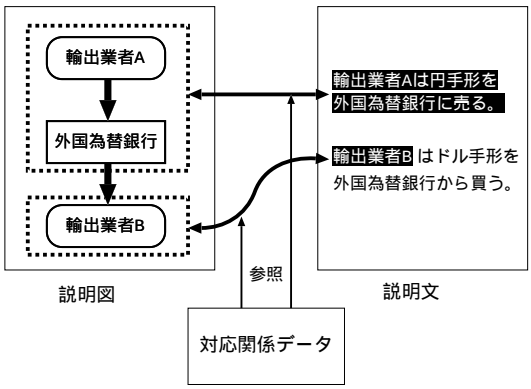


図 3: 対応関係の表示による知識の提示

部分が強調されて表示される. 紙面の都合上, 詳細な説明は省くが, 大まかには以下のような説明を生成することができる.

1. 説明図と説明文の対応する要素や部分を提示する.
2. 直接意味づけが与えられていない部分の説明として, 文章や図形を生成して提示する.
   - 指定された図形構造と対応する文章を用いて, 図形構造を説明する要約文を生成する.
   - 指定された要素と類似関係にある要素の意味解釈の結果を, その要素への意味解釈とし, それを提示する.

これによって, 比較的複雑な内容であってもユーザの理解を支援することができる.

2.2 必要とされる技術

現在, このようなメディアを構築するためには多くの人手がかかり, それをできるだけ省くことが望まれる. それには大きく分けて以下の 2 つの方法があるだろう.

既存の複合メディアの解析と変換: 教科書や事典などでは, 図と文章が論理的にわかりやすく構成されている場合が多い. これらを計算機で自動的に解析して新しいメディアに変換する.

新規複合メディアの構築補助: 新しくメディアを構築する際に, 人間の入力に応じて半自動的に図的表現と文章表現の変換, 関係づけ, 過不足のチェック, 編集の補助等を行う.

いずれの方法においても, 図の持つ機能の解析, 図と言語との構造的対応関係, 意味的対応関係が必要であり, 我々はそれについて研究を行ってきた. 以下本稿では, 3 章で図の持つ機能, 文章との対応関係について, 4 章で既存メディアの解析方法について, 5 章で新規メディアの構築補助について述べる.

3 図の機能

3.1 図の構成と機能

概念図は複数の図形要素によって構成され, 概念の存在や概念間の関係を表現している. このような概念図は, 以下のように, 図形要素と図形要素どうしの関係で構成されていると考えることができる. その例を図 4 に示す.

図形要素: 概念, 物事を表わす図形要素, 関係を表わす図形要素. 文字, 絵, 幾何図形等が表す情報がこれにあたる.

図形要素どうしの関係: 矢印記号等の図形要素を利用した関係付け (接続, 囲み), 配置による関係, 特徴量による関係 (形状, 色, その他の類似性など), 包含関係等.

一見, このような要素に対して任意の意味づけが可能なように思われるが, 実際には図の構成方法には規約や慣習が存在する. その例を図 5 に示す. 例えば, 一つの図形要素は概念の存在を示しており, 矢印は方向を示している. その他にも, 例えば, 図形要素の形状や表面処理 (色, 濃淡, パターン) といった図形特徴が, 概念間の関係, 類似性, 重要性などの関係を表す.

また, 図形の組合せによる基本構造として, 図 6 に示す 2 つが非常に良く用いられ, これらは,「流れ」,「作用」等を表す際の基本的な単位構造となる. 例えば,「流れ」を表す図では, 図形要素が送り手, 受け手, 過程, 流れる要素などの意味を持つ. また, 送受や過程

(a) 図形要素の例　　(b) 図形要素間の関係の例

図 4: 図形要素, 図形要素間の関係の例

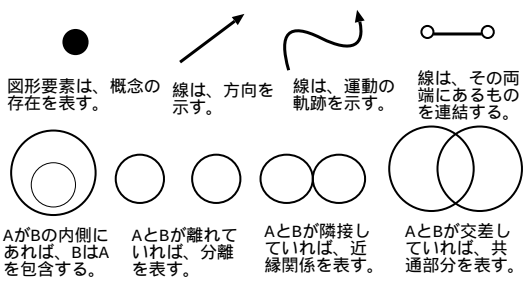


図 5: 図の規約的意味

間に, 時間的, 過程的な順序関係, 因果関係が存在することが暗に示されている.

3.2　言語表現との対応

概念図には上記のような緩い規約しかないため, 図を構成する各々の要素の形, 空間的位置, 他の要素との関係を図形だけから一意に解釈することはできない. そのため, 自然言語 (この場合は説明文) による意味づけが必要となるが, その基となる, 図的表現と言語表現との対応関係には以下のようなものがある.

(a) 単語と図形要素の対応:　文章中の単語と図形要素の間の一対一の対応関係. 図中の文字と文章中の単語の字面が全く同じ, またはよく似ている場合等がある.

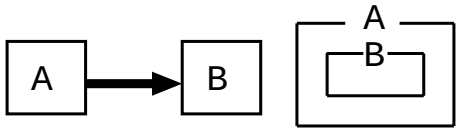


図 6: 図形の基本構造

表 1: 格フレーム, 並列句と概念の関係

(1) 概念のカテゴリ, 概念の同一性, 概念間の類似性	特別な用言を持つ格フレーム, *(例)* **A** は **B** とも言う 構文構造の中の並列句, *(例)* **A**, **B**, **C** 等があげられる.
(2) 順序等の論理的, 物理的な関係	関係を表す格フレーム, *(例)* **A** は **B** を食べる *(例)* **A** から **B** に **C** を送る 構文構造の中の並列句等, *(例)* **A**, **B** の順に **C** を行う.

(b) 文内構造と図形の基本構造との対応:　文章中で, 2 語またはそれ以上の単語からなる構造 (例えば格フレーム) と図中の基本的な構造との間の対応関係. 文章中の構造から得られる意味的構造の例を表 1 に示す. この対応関係は, 図形から得られる関係グラフと文章から得られる関係グラフとの対応関係であると考える.

(c) その他の対応:　上記以外の対応関係. 文脈構造, 複数の文章に跨る単語間の関係と図形構造, 図形の複合的な構造等と言語的構造との関係など.

現在の段階では, 我々は (a) と (b) のみの関係に注目しており, その他の対応については今後の課題となっている.

4　既存の複合メディアの解析

人間が図を理解する過程では, 非常に多様な情報処理が行われていると考えられる. 例えば, 人間は図 2 の例に対して,

- 草, 牛等の文字, またそれに対する囲みと文章中の単語 (草, 牛,...) との対応.
- 矢線と文章中の “食べる”, “吸収する” 等の単語の対応.
- 丸囲みが摂取されるもの, 矢線が摂取 (あるいは食べること) を表すこと

等を理解することができる. その詳細は明らかになっていないが, 我々は, 特に重要である次の 2 点に絞って複合メディアの解析を考えることにする.

図と文章の対応, 相互参照の解析:　図と文章の各々の要素がどのように対応しているか, お互いにどのような情報を付加しあっているかについての解析.

図形要素の意味解釈:　概念図の図形要素, 構造が表現する意味の解釈.

以下では, 上記の 2 つの考え方を簡単に説明する. ただし, これらの処理を行うためには, 個々のメディアに対する処理, つまり, 図形構造の解析, 文章の自然言語解析が必要となるが, それについては本稿では省く (詳細は [7], [3] 等を参照されたい).

4.1 対応関係の解析

ここで, 図形要素 (関係)$\mathbf{fe_i}$ とそのラベル* $\mathbf{la_j}$ との関係を $\mathbf{label(fe_i, la_j)}$ と表し, 図形要素 $\mathbf{fe_i}$ と $\mathbf{fe_j}$ が図形要素間の関係 $\mathbf{frel_k}$ を持つことを $\mathbf{relation}(\{\mathbf{fe_i}, \mathbf{fe_j}\}, \mathbf{frel_k})$ と表す† . すると, 図 2 の図の構成は, 表 2 のようになる.

図 2 の文章を考えてみる. 格フレームや並列句による関係によって単語 $\mathbf{nle_i}$, $\mathbf{nle_j}$ が単語 $\mathbf{nle_k}$ で表される関係にあるとき, 図情報と同様に, $\mathbf{relation}(\{\mathbf{nle_i}, \mathbf{nle_j}\}, \mathbf{nle_k})$ と表わすことにすると, 図 2 の文章の解析の結果は表 3 のようになる.

基本的には, 表 2 と表 3 の間のグラフ的な対応関係を求めることにより, 図要素と言語要素との対応を求める. その際に, 筆者らはいくつかの原則を仮定しているが [7], そのうちの重要なものをあげる.

- 図中の文字と字面が同一である (又は似ている) 文章中の単語はその図形要素を表す.
- 図形要素は各々何らかの概念を表し, 図形要素の属性とそれが表す概念には何らかの対応がある. 図形要素間の関係にも同様のことが言える.
- 図中の図形要素と対応する単語を複数個含んでいる文章は, それらの要素間の関係について述べている.

4.2 図形の基本構造の解釈

我々の研究 [3] では, 図 6 で示した図形の基本構造が表している意味を分類し, それを自動的に認識する方法の研究を行った. まず, 最も良く使われる 「流れ」, 「入力」, 「出力」, 「作用」, 「変換」, 「抽象的関係」, 「空間的関係」に図形の基本構造を分類した. また, これらの分類と言語的な特徴との以下のような関係を調査し, 設定した.

表 2: 図形情報の解析結果

$$
\begin{array}{ll}
(1) & \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{relation}(\{\text{囲み } \mathbf{1}, \text{矢線 } \mathbf{1}\}, \text{接続}), \\ \mathbf{relation}(\{\text{囲み } \mathbf{2}, \text{矢線 } \mathbf{1}\}, \text{接続}), \\ \cdots\cdots \end{array} \right. \\
(2) & \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{relation}(\{\text{囲み } \mathbf{1}, \text{囲み } \mathbf{2}\}, \text{矢線による接続}), \\ \mathbf{relation}(\{\text{囲み } \mathbf{2}, \text{囲み } \mathbf{3}\}, \text{矢線による接続}), \\ \cdots\cdots \end{array} \right. \\
(3) & \left\{ \begin{array}{l} \mathbf{label}(\text{囲み } \mathbf{1}, \text{文字 } \mathbf{1}\ (=\text{"草"})), \\ \mathbf{label}(\text{囲み } \mathbf{2}, \text{文字 } \mathbf{2}\ (=\text{"牛"})), \\ \cdots\cdots \end{array} \right.
\end{array}
$$

(1) 囲みと矢線の接続関係が検出され, 関係として登録される.

(2) 矢線については, それ自身が囲みを接続する関係としても登録される.

(3) 囲みと文字の包含関係より, 各囲みと文字が図形要素とそのラベルとして登録される.

表 3: 説明文の解析

$\mathbf{relation}(\{\text{"牛"}, \text{"草"}\}, \text{"食べる"})$,
$\mathbf{relation}(\{\text{"バクテリア"}, \text{"牛"}\}, \text{"分解する"})$,
$\mathbf{relation}(\{\text{"牛"}, \text{"養分"}\}, \text{"なる"})$,
$\mathbf{relation}(\{\text{"草"}, \text{"養分"}\}, \text{"吸収する"})$,
$\cdots\cdots$

(1) 動詞の語彙的知識: 動詞ごとに対応する意味的構造がある. 本研究では, それをあらかじめ記述しておく‡ . 動詞としては,「分類語彙表」に収録されているものすべてを対象とした.

(2) 格構造: 動詞と同様に, 格パターンごとに取り得る意味解釈が決まっている. したがって, あらかじめ各概念図の意味的構造に対応する格構造を求めておき, これとのパターンマッチングを行うことで, 対応する意味的構造を推定することができる. 格フレームの分類は,「計算機用日本語辞書 IPAL(Basic Verbs)」に収録されている述語素のパターンを基に行った. その例を表 4 に示す.

前章で述べた関係を用いて, 以下のような処理を行う. ただし, 前節の研究と同様に, 各図形のラベルを

* 図中の文字 (単語) は図形要素であると同時に, 近傍の図形要素を説明するためのラベルとしても考える.

† 図形要素のリスト (A) と図形要素間に成立する関係の種類 (B) を用いて, 図形要素間の関係を便宜上 $\mathbf{relation}(\mathbf{A}, \mathbf{B})$ と表現している. ただし, 図形要素のリスト (A) 中の図形要素の順序が意味を持つ場合と持たない場合がある. 例えば, 前者には大小/上下関係などがあり, 後者には同一性に関する関係などがある.

‡ ただし, 一つの動詞でも, 複数の意味を表したり, 状況によって表現する意味が変わることもある. この場合は, 取り得るパターンを複数与えておく.

表 4: 意味分類と格フレームとの関係例

意味的構造		動詞		格パターン	
		推定できる意味	例	例	その他の情報と格要素
過程・作用	流れ	移動・授受	流れる	(対象[その他])が (空間的着点)に	流れる要素...(対象[受影])を
	入力	消滅・設置	使う	(対象[変化])が (非空間的着点)に	
	出力	出現・離脱	出す	(非空間的起点)から (対象[出現])を	
	作用	接触・加力 その他の関係	触れる 助ける	(動作主)が (関連)に (動作主)が (対象[その他])を	
変換		変化・成立	変わる	(動作主)が (非空間的着点)に	

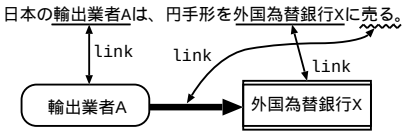


図 7: リンク付けの例

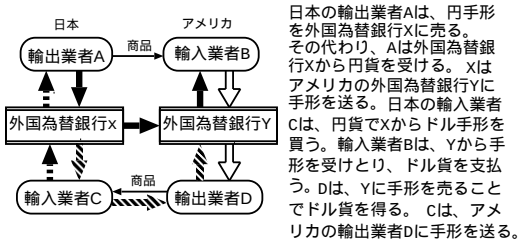


図 8: 概念図と説明文の例

用いて, あらかじめ図形と説明文中の単語との対応関係 (リンク) をつけておく. この対応関係の例を図 7 に示す.

まず, (1) と (2) を用いて, 対応する意味的構造を取り出す. 次に, (1) と (2) の結果を総合し, 推定結果として取り出された回数が多い意味解釈パターン程, 記述内容にあてはまる可能性が高いものであるとする.

以上の処理を行うことによって, 概念図の意味的構造の種類が推定できる.

4.3 実験例

図 8 に対して一連の処理を行い, 得られた意味構造の推定結果を図 9 に示す. ここでは, 矢印で連結された図形要素の間に「流れ」の関係があり, 更に, 時間的順序関係や因果関係, 流れる要素による連続性があることが推定されている. このように, 説明文の動詞と格パターン情報より, 図形情報だけでは抽出が困難と思われる図形要素の意味やその間の関係に対して, より具体的な意味付けを行うことができる.

5 複合メディアの生成補助

2.2 節で述べたように, 新しく複合メディアを生成する際の補助として, 本節では概念図の自動生成について述べる [6]. この研究では, 文書の内容を簡潔に表わすような図を自動生成してやることにより, 図の描画,

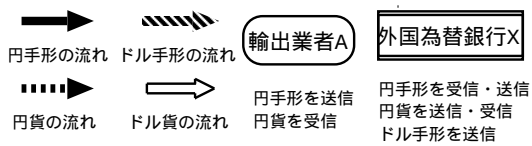


図 9: 意味構造の推定結果の例

文章との関係づけの手間を省くことを目的としている.

5.1 概念図生成の枠組

本稿で目的とする概念図の生成過程を図 10 に示す. その際に, 図や文章に対して以下のような考え方に基づいて処理を行ったが, これらは前節までで述べてきた考え方と同様のものである.

1. 文書中の単語を図形要素に対応させる.
2. 文書中の格フレームや並列構造といった意味構造の記述 (意味記述) と, 図 6 で示した図形の基本構造との対応関係を設定した.

さらに, 計算機によって自動生成された図は, 必ずしも人間の主観にそぐわないことがある. そこで人間の編集操作が必要となるが, その際に図の持つ意味を壊さないようにしなければならない. そのため, 人手による編集操作中 (またはその後) に, 与えられている図形

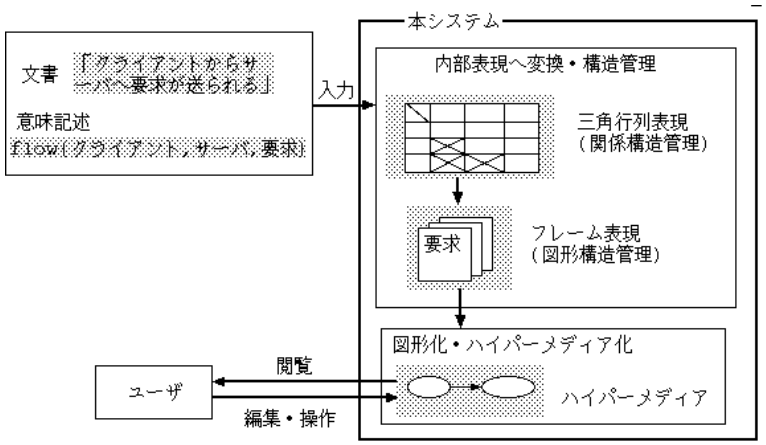


図 10: システム概要

間の関係が維持されるように管理する機能が必要となる. そこで, 以下のようなルールに反しないように, 人手での編集後にさらに図形の編集を行なう手続きを実装した. それには, 以下のようなものが含まれる.

- 流れ図では, 上流要素が移動する場合, 連結している矢線やその先の下流要素は連動する
- 流れ図では, 連結の意味を維持するため矢線は他の要素と常に接触関係にある
- 包含図では, 領域的な包含関係を表現するため包含要素が被包含要素を囲んでいなければならない

ここで, 図 10 に示された概念図生成過程を具体的に述べると以下のようになる.

1. 文書およびその意味の記述を入力する
2. その文書における意味要素の関係ネットワーク構造を保持・管理するための三角行列表現を生成する
3. 描画ルールを三角行列の内容に適用し, 2 次元空間での図形構造を保持・管理するためのフレーム表現を生成する
4. フレームに格納されている 2 次元情報に基づき概念図を描画する

図形が実質的に構成されるのは 3 の過程で, 関係ネットワーク構造から描かれるべき図形の占めるべき位置や大きさ・形状を計算し, その結果が各フレームに格納される.

ここで人間の編集操作に対して図の意味を保持する必要があるため, 三角行列表現により文書の意味要素の関係ネットワーク構造を管理している. 図形に対して行なわれた編集操作は, まずフレームに納められた図形構造情報に反映されるが, それが妥当なものかを関係ネットワーク構造を参照することでチェックする.

表 5: 意味記述の入力

文書の単語，格フレーム，文脈・大意はそれぞれ
概念図における図形要素，図形要素の配列，図の全体的な特徴に対応する．

```
%include{文書,(単語, 格フレーム, 文脈・大意)}
%include{概念図,(図形要素, 配列, 全体的な特徴)}
%flow{単語, 図形要素, 対応 1}
%flow{格フレーム, 配列, 対応 2}
%flow{文脈・大意, 全体的な特徴, 対応 3}
```

5.2 実験例

いくつかの文書から意味記述を人手で抽出し, それを本システムに入力する実験を行なった. 入力内容を表 5 に示す.

このような複雑な構造では, まず図 11 のような図形が生成される. 得られた図は満足できるものではないので[§], 人手での編集を行なうことになる. ここで人間がドラッグ&ドロップにより上図中の図形「単語」「格フレーム」「文脈・大意」の 3 つの図形を動かすだけで, 他の図形が編集ルールに従って変位・変形され, その結果図 12 のような図形が得られた.

このような概念図が得られる理由として, 流れの矢線・下流要素は上流要素に連動して移動する, 囲みは常にその内容物を囲むような位置・大きさを維持する, 矢線は接触すべき図形と常に接触している, といった描画/編集ルールが適用されていることが挙げられる.

§ このような図になってしまう原因として,「包含関係にない要素が包含要素の内部にあってはならない」というルールを実装していないこと, また初期配置では, 要素は横方向に並べるようにしていることが挙げられる.

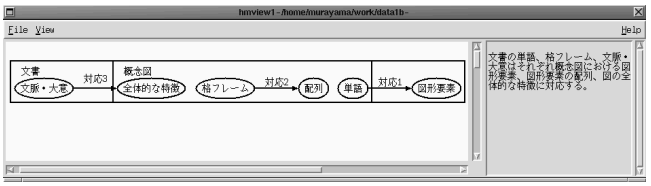


図 11: 生成図形

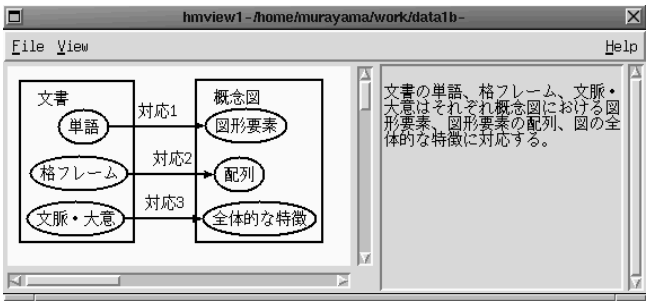


図 12: 編集操作後

6 おわりに

本稿では, 概念図と文章を相補的に用いた知識の解析と提示方法に関する枠組を提案した. そのために, 既存のメディアを解析してハイパーメディアに変換する方法, 新規にハイパーメディアを構築するための補助を行う方法があることについて述べた.

実際のメディア処理としては, 図的情報や言語情報の解析・関係づけについて, 文の意味や文脈を表現するような図を計算機によって自動・半自動で生成する方法について述べた. それぞれのメディア処理による結果は, そのまま知識として蓄積するためには十分なものでないが, 複合メディア構築の手間を軽減するための道具として役に立つものである.

また, 最初に述べた知識を蓄積・提示するための枠組に対して, まだ多くの部分が不足しており, 各々のメディアの処理を含めて, 多くの研究を必要としている.

参考文献

[1] S. Feiner and K. McKeown. “Coordinating Text and Graphics in Explanation Generation”. *Proc. AAAI '90*, pp. 442–449, 1990.

[2] 恩田雅之, 中村裕一, 大田友一. 説明図と説明文を有機的に統合したハイパーメディアの構 築. 情報処理学会第５０回（前期）全国大会 4N-7, pp. 3:195–196, 1995.

[3] 高橋美羽, 中村裕一, 大田友一. ハイパーメディア構築のための概念図と説明文の自動統合. 情報処理学会第５０回（前期）全国大会 4N-8, pp. 3:197–198, 1995.

[4] 佐藤亮一ほか. “概念図作成支援のための図の意味記述”. 情処研報, 知識工学と人工知能 59-15, pp. 131–138, 1988.

[5] 出原栄一, 吉田武夫, 渥美浩章. 図の体系-図的思考とその表現-. 日科技連, 1986.

[6] 村山正司, 中村裕一, 大田友一. 知識ナビゲーションのための概念図の自動生成. 情報処理学会第 57 回 (後期) 全国大会 1L-2 (掲載予定), 1998.

[7] 中村裕一, 古川亮. “概念図の理解を目的としたパターン情報と自然言語情報の 統合”. 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 1, pp. 196–206, 1995.

[8] 田淵篤. “文章構造のビジュアル化”. 自然言語処理における統合, シンポジウム論文集, pp. 56–63, 1991.