

文書・映像の構造を可視化するための
概念図自動生成とそれに基づく複合メディア

工学研究科

筑波大学

2003年7月

村山 正司

概要

本論文では、文書・映像の概観性を高めるために、概念図を用いてその構造を可視化するための研究について述べ、また概念図と元のメディアをリンクで統合した複合メディアを提案する。

文書・映像はともに情報伝達のために広く用いられているメディアであるが、内容を短時間で一覧し把握することは難しい。また、複雑な物理構造や論理的構造、重要な要素の存在などを直観的に表現することも困難である。文書や映像はボトムアップ型の理解プロセスを情報の受け手に強要するためである。

そこで本研究では、概念図によって文書・映像の意味的な構造を一覧的に表現する手法を提案する。まず、概念図が持つ慣用的な規約的意味を利用することにより、概念図で効果的に表現できる意味的構造を定義する。このような意味的構造を記述する XML タグセットを設定し、文書・映像の内容をマークアップする。システムにタグ付きデータを入力することにより、記述された意味的構造を表現する概念図を自動的に生成することができる。次に、生成された概念図と文書・映像の間にハイパーリンクを張ることにより、両者の横断的なブラウジングを可能とする。

本研究で提案する枠組みでは、概念図により文書・映像の概要を直観的に提示し、また概念図でわかりにくい部分はハイパーリンクをたどって元メディアの対応部分へ到達できる。文書を基に生成した複合メディアを DocScape、映像を基に生成した複合メディアを Video Icon Diagram と呼び、これらの機能の有効性を確認するため、試作システムを開発し、評価実験を行った。一般的な文書・映像に対して我々の設定したタグを付加し、生成した複合メディアが人間の理解を促すことを確かめた。

この技術には、例えば読者の要求に応じて文書・映像の要約提示を行う閲覧ツールなどへの応用が期待される。

このように本研究では、実際に文書と概念図の間の対応関係を考慮し、文書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書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。映像についても同様で、概念図を生成するだけでなくハイパーリンクによって横断的なブラウジングを実現している点が従来研究になかった新しい点である。

目次

概要	1
第1章 序論	9
1.1 文書・映像の構造を可視化する概念図	9
1.2 複合メディアとメディアナビゲーション	11
1.3 本論文の構成	12
第2章 概念図による構造の可視化	13
2.1 構造を表現する概念図	13
2.2 概念図の構造と意味	13
2.2.1 概念図を構成する図形要素	14
2.2.2 図形パターンが示す規約的意味	14
2.3 文書・映像の典型的な意味的構造	16
2.4 意味的構造と図形パターンの対応関係を用いた概念図生成	17
2.4.1 基本アイデア	17
2.4.2 アンケートによる対応関係の調査	18
2.5 関連研究	20
第3章 DocScape:	
文書の構造を可視化するための概念図自動生成	22
3.1 概念図による文書内容の可視化	22
3.1.1 関連研究	22
3.2 タグ付言語を用いた文書の構造記述	27
3.3 文書と概念図との対応関係	27
3.3.1 直接対応とその問題	28
3.3.2 多対多の適応的対応	28
3.4 文書を入力とする複合メディアシステムの実装	34

3.4.1	システムの実装と稼動環境	34
3.4.2	概念図の提示手法	35
3.4.3	レイアウトアルゴリズム	35
3.4.4	リンクの提示手法	38
3.5	実験	38
3.5.1	概念図生成例	38
3.5.2	読者に対する利便性の評価	40
3.5.3	著者に対する利便性に関する議論	43
3.5.4	他のタグ付き文書からの変換	45
3.6	結論	47
 第 4 章 Video Icon Diagram:		
	映像の構造を可視化するための概念図自動生成	48
4.1	概念図による映像内部構造の可視化	48
4.2	関連研究	49
4.3	映像の構造とその記述手法	50
4.3.1	映像中の典型的な構造	50
4.3.2	映像シナリオへのタグ付けによる構造記述	55
4.4	映像の構造と概念図との対応関係	56
4.5	VID 提示システム	56
4.5.1	システムの実装と稼動環境	56
4.5.2	概念図とリンクの提示	57
4.6	実験	61
4.6.1	映像の構造と図の対応関係の評価実験	61
4.6.2	ビデオインデックスとしての評価実験	65
4.6.3	考察	70
4.7	結論	71
 第 5 章 結論		
5.1	研究の成果・新規性	73
5.2	今後の課題	74
5.3	応用例	75

著者論文リスト	82
付 録 A 意味的關係と図形パターンとの対応關係の調査用紙	84
A.1 被験者に提示した文章	84
A.2 被験者に提示した図的表現	87
付 録 B タグ付き文書と図化結果の例	88

図 目 次

1.1	映像と図からなる複合メディア	10
1.2	複合メディアによるリンク提示例	11
2.1	基本的な図形配置パターンとその規約的意味の例	15
2.2	図形パターンの例	15
2.3	アンケート用紙の例（抜粋）	19
3.1	概念図生成の例	23
3.2	DocScape システムによる複合メディアの提示	24
3.3	タグを付ける基となる文書	27
3.4	タグ付き文書の例	27
3.5	内容がわかりにくい図	28
3.6	順位付き対応関係の例	29
3.7	単純な図生成例	30
3.8	表現の競合を避けた図生成例	30
3.9	多種の関係が入り組んだ概念図の生成結果	32
3.10	意味的構造の優先順位を変更した例	33
3.11	図生成システムの構成	34
3.12	概念図の生成例	35
3.13	レイアウトアルゴリズムのための力学的モデル	36
3.14	概念図の編集支援例	37
3.15	文章に対応する概念図の生成例	39
3.16	文章のブラウジング例	40
3.17	比較実験結果	42
3.18	GDA タグ付き文書（抜粋）	45
3.19	GDA タグ付き文書を変換して得られたタグ付き文書（抜粋）	45
3.20	GDA 文書から変換した文書を概念図化した例	46

4.1	空間展開型の映像要約例 1	49
4.2	空間展開型の映像要約例 2	49
4.3	映像のシナリオ例	51
4.4	VID スクリプトの例	53
4.5	VID スクリプトの例 (マルチアングルの場合、一部を抜粋)	54
4.6	概念図を構成する基本的な図形パターン	57
4.7	生成された概念図：料理映像を表現する概念図の全体像	58
4.8	映像へのリンクの提示	59
4.9	概念図の提示 (マルチアングルを想定したもの)	60
4.10	「過程の順序関係」に対するアンケートの正答率	62
4.11	各意味的關係に対する正答率	62
4.12	文字 (キャプション) の有無による正答率の比較	63
4.13	入出力の順序関係を提示した例	63
4.14	評価実験に使用したビデオアイコン群	64
4.15	提示する 3 形態	67
4.16	解答に要した時間の平均 (秒)	68
4.17	主観評価アンケートの平均点	68
4.18	一度映像を試聴した場合の解答に要した時間の平均 (秒)	69
4.19	一度映像を試聴した場合の主観評価アンケートの平均点	70
B.1	離婚に関する契約書にタグを付けた文書 (要素記述部分)	89
B.2	離婚に関する契約書にタグを付けた文書 (関係記述部分・前半)	90
B.3	離婚に関する契約書にタグを付けた文書 (関係記述部分・後半)	91
B.4	工業所有権に関する文書にタグを付けた文書 (要素記述部分)	92
B.5	工業所有権に関する文書にタグを付けた文書 (関係記述部分・前半)	93
B.6	工業所有権に関する文書にタグを付けた文書 (関係記述部分・後半)	94
B.7	工業所有権に関する文書を表現する図	95
B.8	ボクセルに関する文書にタグを付けた文書 (要素記述部分)	96
B.9	ボクセルに関する文書にタグを付けた文書 (関係記述部分・前半)	97
B.10	ボクセルに関する文書にタグを付けた文書 (関係記述部分・後半)	98
B.11	ボクセルに関する文書を表現する図	99
B.12	料理映像のシナリオにタグを付けた文書 (要素記述部分)	100
B.13	料理映像のシナリオにタグを付けた文書 (関係記述部分・前半)	101

B.14 料理映像のシナリオにタグを付けた文書（関係記述部分・後半）	102
B.15 理科の教育番組を記述した VID スクリプト（要素記述部分）	103
B.16 理科の教育番組を記述した VID スクリプト（関係記述部分・前半）	104
B.17 理科の教育番組を記述した VID スクリプト（関係記述部分・後半）	105
B.18 理科の教育番組を示す VID	105

表 目 次

2.1	関係を構造型で分類	17
2.2	関係をドメインで分類	18
2.3	アンケートに用いた例文 (一部)	19
2.4	アンケートにより採用された図形パターン	20
3.1	文章の意味的構造を記述するためのタグセット	25
3.2	関係の構造型を示すラベル	25
3.3	関係のドメインを示すラベル	26
3.4	要素の役割を示すラベル	26
3.5	比較実験における被験者と資料形態の組合せ	41
3.6	評価実験に用いた質問例	41
3.7	参照機能の利用状況	43
3.8	人手による作図とタグとの比較結果	44
4.1	映像の意味的構造を記述するためのタグセット	52
4.2	アンケートで提示した選択肢	61
4.3	比較実験における被験者と提示形態の組合せ	66
4.4	被験者に示した主観評価項目	66

第1章 序論

1.1 文書・映像の構造を可視化する概念図

近年，コンピュータとインターネットの進歩により，誰もが大量の情報，とりわけ文書や映像へとアクセスできるようになってきた．World Wide Web(WWW) やデジタル化によるテレビの多チャンネル化はその典型的な例である．しかし，人間がそれら大量の情報を扱うには時間が必要であるため，依然として人間が必要な情報を手に入れるのには困難が伴う．その要因は，それら二つのメディアの理解プロセスに起因する概観性の悪さである．例えば，文章の内容を理解するためには，一次元的な単語の羅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．映像も同様に，人間が視聴しながらその内容を頭の中で再構成しなければ概要を把握できない．この問題に対処するために，本研究では，文書・映像の内容に沿った概念図を自動生成し，文書・映像の要素と図の要素を密接に関連付けることにより概要の把握と内容詳細の理解の双方を支援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，効果的に情報の内容・構造を提示することができる．

- 二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，概念図の図的な表現のみでは，自然言語が持つ多様な意味や映像が含む複雑な内容を的確に表現することが難しい．なぜなら，図的な表現は人により異なる解釈をされることがあり，また全ての内容を表現すると混みいったわかりにくい図となる．そのため，誤解を招かないよう内容の要点を表現することが重要である．

本論文では，このような考えに基づき，概念図を用いて文書・映像の構造を可視化するための要素技術について述べ， そのような概念図を元の内容とリンクで結合して提示する新しいメディアを提案する．その枠組みは次のようになる．

(a) 文書・映像の内容を記述するための構造化手法と XML のタグを用いた記述手法

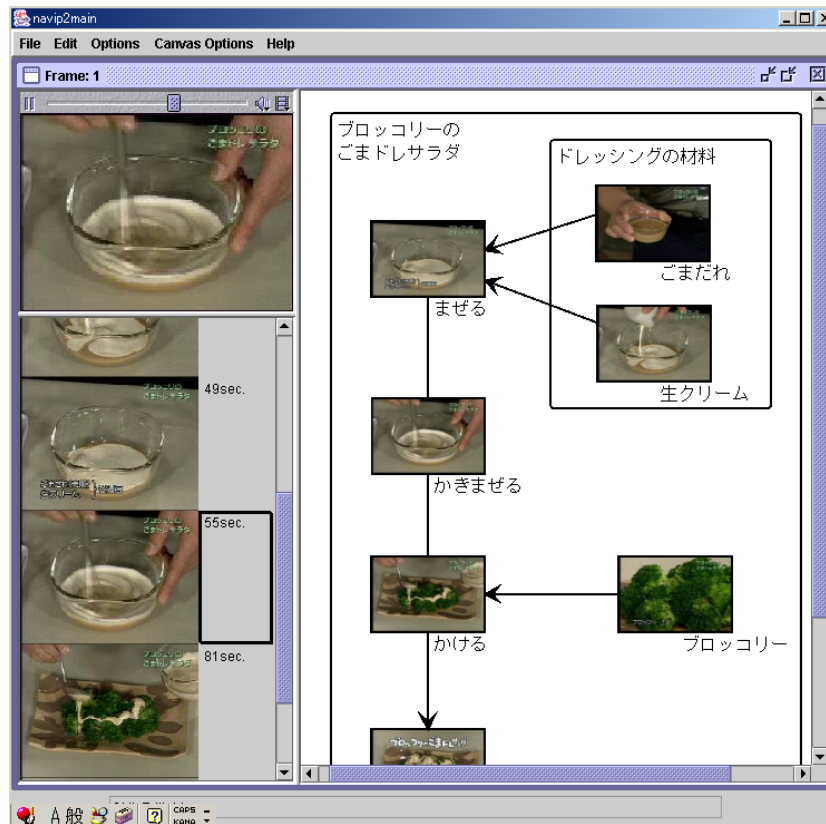


図 1.1: 映像と図からなる複合メディア：第 4 章の試作システムにより生成したもの．左側が基となった映像，右側がその構造を表現した概念図を提示する部分

- (b) タグにより構造が記述された文書・映像からの概念図生成手法
- (c) 文書・映像と概念図との間のハイパーリンク
- (d) 文書・映像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

この枠組みが従来研究に対して新しいのは以下の点である．

- 文書・映像の内部構造と図的な表現との間の関係を詳細に考慮し，文書・映像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
- 文書・映像へのタグ付加 (a) によって，概念図の生成 (b) とリンク付け (c) を同時に自動処理できるようにしたこと

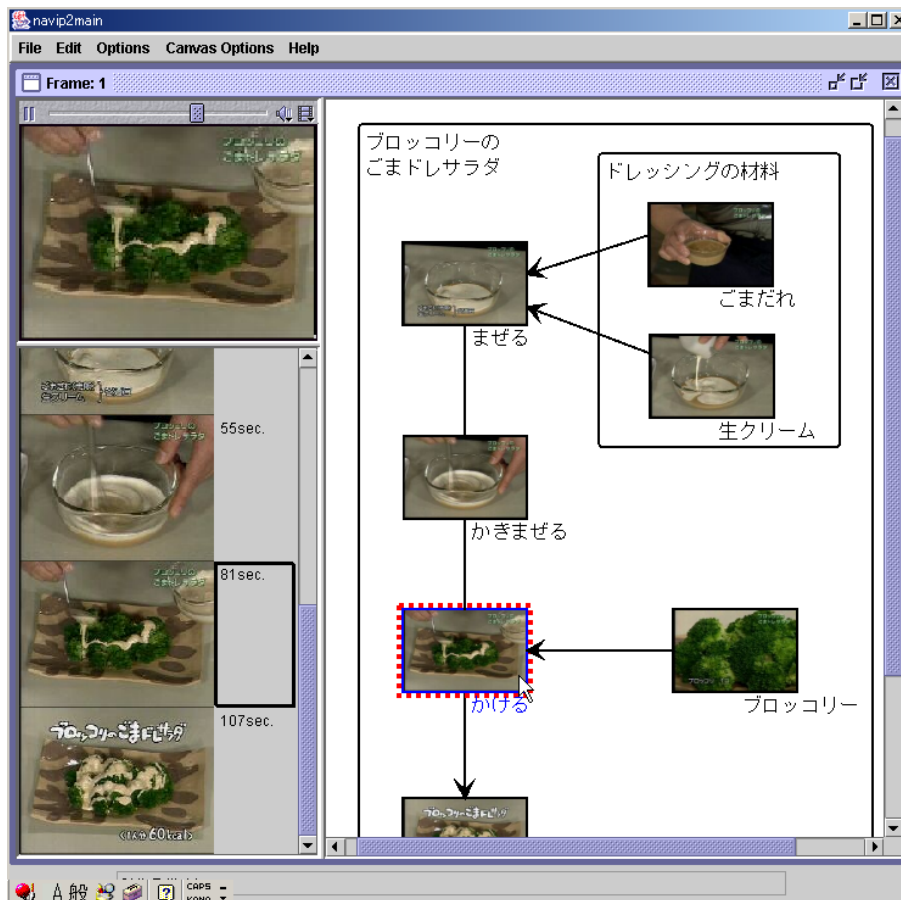


図 1.2: 複合メディアによるリンク提示例：図形要素をマウスでクリックすると、その要素に対応する映像部分が左側で再生される

1.2 複合メディアとメディアナビゲーション

文書・映像と、そこから生成された概念図、及びそれらの間に張られるハイパーリンクの三者をあわせて、以下では複合メディアと呼ぶ。

ハイパーリンクは文書・映像と図の要素間に張られ、一方の参照によって他方の検索・参照を行うことができる。例えば、図のなかで興味を持った図形を選択すると、その図形に対応する文章中の単語が強調表示される。また、文章中で興味を持った単語を指定すると、それに対応する図形が強調表示される。映像の場合は、図形に対応する映像部分が再生される。図 1.2 では、「(ドレッシングを) かける」というシーンを示す図形要素をマウスでクリック

すると、映像中でドレッシングをかけている部分が再生される。

この機能により、文章の流れに制限されずに、ユーザの興味に応じて要素間の関連に沿って文書をブラウジングすることができる。また、文中で注目しているキーワードが他の語句とどのような関係にあるかを、リンクをたどって図から読み取るという用法も提供する。映像においても、時間軸の流れにとらわれず、興味ある部分をたどって映像を視聴することができる。

このように、本研究の提案する枠組みでは、概念図生成だけではなくハイパーリンクを用いた複合メディアの構築を目標としている。このハイパーリンクを活用することによって、概念図をビジュアルインデックスとしたメディアナビゲーションを実現できる。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下のようになる。

第2章：「概念図による構造の可視化」では概念図生成の基本的な考え方について述べる。概念図の構造とそれが持つ意味を分類し、文章や映像のもつ構造を概念図の構造に対応付ける。第3章：「DocScape:文章の構造を可視化するための概念図自動生成」では、その考え方に基づいて文章の構造を可視化する枠組み DocScape について述べる。文章の構造を記述するための形式を設定し、それを入力として図を生成する試作システムを実装した。評価実験を通じ、実際の文書を可視化することによる効果を検証した。第4章：「Video Icon Diagram: 映像の構造を可視化するための概念図自動生成」では映像に対して第3章の手法を援用した。映像の構造に基づいた複合メディア Video Icon Diagram（以下 VID と略記する）の生成手法について述べ、実際の映像番組を用いた実験によって、VID の機能を評価する。

第2章 概念図による構造の可視化

2.1 構造を表現する概念図

本研究の概念図提示のための基本的な枠組みは次のようになる。

タグ付文書¹が著者により入力され、それをもとに概念図が自動的に生成される。著者は図を好みに応じて編集し、その結果がタグ付文書とともに保存される。読者が利用する際には、読者の要求に従い GUI 上に概念図が提示される。

このような概念図を生成するために、文書・映像の内容と概念図との対応関係を設定し、利用する。ただし、誤解を招かない、わかりやすい概念図を生成するためには、その対応関係は読者にとって自然なものでなければならない。概念図には従来から慣習的な用法が存在するため、その用法から大きく異なる用法がされると、読者に誤解を与えるからである。

本章では、まず概念図の構造と、その慣習的な用法から与えられる意味について述べる。次に文書・映像の内容を構成する典型的な構造を分類し、それらを可視化するために必要な概念図との対応関係について述べる。

2.2 概念図の構造と意味

本研究で扱う概念図とは、有限個の視覚的な図形要素を一定の規則に基づいて配置したものである。図形要素の選択や配置の規則には、情報伝達のために古くから慣習的に用いられてきた組み合わせがある。この組み合わせを図形パターンと呼んで分類し、その規約的意味を考慮して文章や映像の構造を表現する点が本研究の特徴の一つである。

図形パターンにはいくつかの大分類があるが、本研究で着目したのは次の二つである。

連結図：複数の図形要素が線分等で連結された図。フローチャート、ネットワーク図などがこれにあたる。

¹映像の場合には、入力はタグ付シナリオである。シナリオの文章中の要素は映像の各部分と対応づけられている。

領域図：平面を分割する閉曲線よりなる図．一般的には，図形要素とそれを囲む図形要素からなる．ベン図などがこれにあたる．

本節では，この二つの図の構造と，それらが表現する意味について述べる．

2.2.1 概念図を構成する図形要素

本研究で生成の対象とする概念図は連結図と領域図の2種類であり，それらを構成する図形要素の分類は次のようになる．

基本要素：最も基本的な図形要素．最も単純な点から，複雑な多面体や画像などさまざまな形状がある．単体では概念の存在を示すのみである．

囲み要素：領域図において，他の図形要素を包含する位置・大きさを持つことにより，要素間の階層関係等を表現する機能を持つ．主な形状は方形や円形などである．

接続要素：連結図において，他の図形要素を接続することで何らかの関係を示す機能を持つ．基本的な形状は線分だが，端点が矢印になっていたり，あるいは泡沫状などの複雑な形状のものもある．

これらの要素が，定められた規則に従って配置されることで，概念図が構成される．領域図は，一つ以上の囲み要素と，それに囲まれる一つ以上の基本要素からなる．また，連結図は，一つ以上の接続要素と，それと接している二つ以上の基本要素からなる図である．

2.2.2 図形パターンが示す規約的意味

概念図は，2つもしくはそれ以上の図形要素からなり，それら図形要素の間には接触・隣接などの位置関係が定義されている．図形パターンとは，その図形要素と空間的関係の基本的な組み合わせであり，例えば図 2.1 に示すものがある．図 2.1(a) は単一の図形要素であるが，概念の存在を示す最も基本的な図形パターンである．図 2.1(b) のような矢線による指示は，方向を示し，また両端にある要素間の関連性を表わす．図 2.1(d) は，連結により両端にある要素の関連を示す．図 2.1(e) は，2つの要素間の包含・従属関係を表わす．図 2.1(e) ~ (h) は，領域を分割することにより概念の分割を表わし，また相互の距離により関連の強さを示す．図 2.1(i) および図 2.1(j) は，配列や順序・流れを示す．このようにさまざまな図形パターンの例は，「図の体系」[1] の文献などに多数示されている．

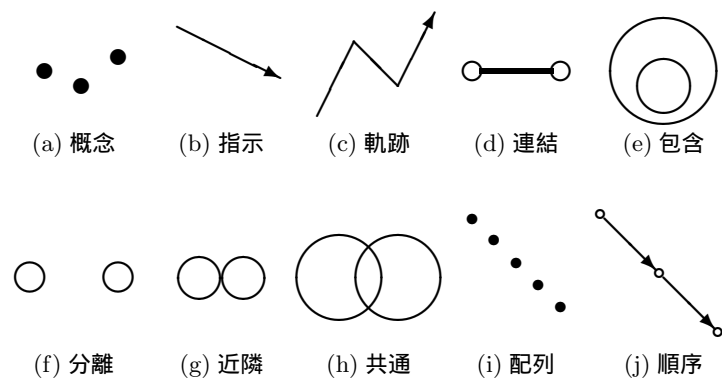


図 2.1: 基本的な図形配置パターンとその規約的意味の例

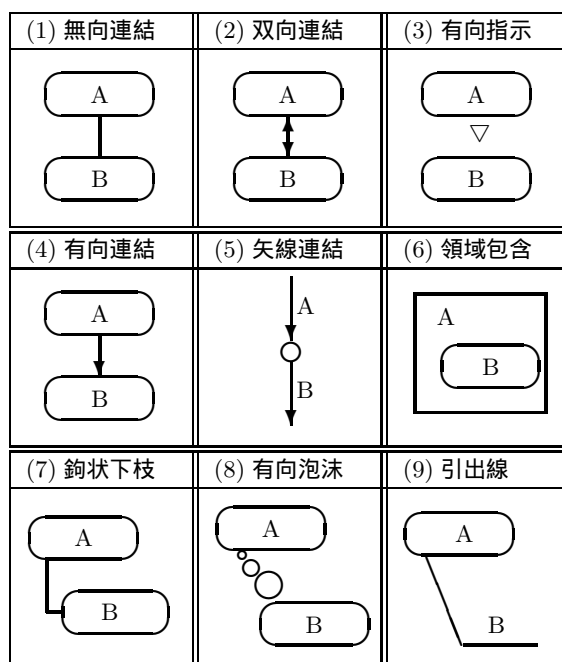


図 2.2: 図形パターンの例

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分類を定義する。

順序・包含：上位要素と下位要素を持つ順序関係を表わす。時系列や序列、過程、階層関係など、よく見られる関係であり、文書や映像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。

同値・類似：同位、等価、同格、類似などの関係を表わす。対称律⁴が成り立つ。

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異なる。例えば「青い目の少女」という表現があった場合「青い」は「目」を修飾し、同様に「目」は「少女」を修飾するが「青い」は「少女」を修飾したことにはならない。

その他：上記3タイプに分類されない関係を示す

これらの関係を表現するために、例えば図 2.2 のような図形パターンを持つ規約的意味を考える。図形パターン (1) ~ (2) は同格の要素同士の関連を示しており、同値・類似の関係を表現できる。同様に図形パターン (3) ~ (6) は順序・包含の関係を、また図形パターン (7) ~ (9) は修飾の関係を表現する。本研究では、その他の関係は取り扱わない。どの図形パターンにより表現できるかを定めることができず、また、文書・映像の要点は上記3分類の関係から構成されることが多いためである。

ただし、これら図形パターンが示す規約的意味は厳密なものではなく、常に一意に決まるわけではない。そのため、実際の文章の意味的關係とこれらの図形パターンとの關係を著者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。その詳細は、2.4.2 節で述べる。

2.3 文書・映像の典型的な意味的構造

文書は、単語や節などの言語要素に対して、同値や順序などの意味的關係が与えられる構造を持っている。また、映像においても、シーンや被写体などの映像要素に対して、同様の意味的關係が与えられる。これらの構造を以下では意味的構造と呼ぶ。

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 關係が対称であること, $aRb \Rightarrow bRa$

表 2.1: 関係を構造型で分類

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

本研究では，このような文書・映像の意味的構造のうち，前節であげたような図形パターンで表現しやすいものを可視化の対象としている．言語要素・映像要素を図形に対応付け，意味的關係を図形パターンと対応づけることによって，意味的構造を概念図として表現することができる．本研究では，意味的關係をうまく整理するために，次の2つの観点から分類し，これらの組によって意味的關係を表現した．

構造型：前項で述べた図形パターンの規約的意味にほぼ対応する．主に代数学的な特性により説明できる．表 2.1 で示される．

ドメイン：関係をそれが成り立つ意味的属性から分類したもの．同じ構造型でも，このドメインとの組み合わせによっては，好ましい図形パターンが違う．その分類は表 2.2 で示される．

例えば，時間的な順序関係，空間的な順序関係，集合論上の順序関係は，いずれも構造型は順序関係であるが，各々の関係が言及する性質は異なるため，それぞれ“時間”，“空間”，“集合”のドメインに属する関係であると記述する．

2.4 意味的構造と図形パターンの対応関係を用いた概念図生成

2.4.1 基本アイデア

文書・映像の構造を可視化するための基本的な考え方は次のようになる．

- 構造を構成する関係と図形パターンとを対応付ける．図形パターン内ではさらに次の対応が行われる
 - － 関係を構成する文書要素・映像要素を図形要素に対応付ける

表 2.2: 関係をドメインで分類

ドメイン	典型的な関係例
時間	時系列，推移，順序，等
因果	因果関係，理由と結果，等
空間	空間的位置関係．
入出力	原材料と製品の関係，等
過程	過程，物の流れ，等
集合	組織，集合，上下関係，等．
語義	語の親子関係，等．
内容	文章の章節構造，等
立場	主従関係，役職の上下，等
特性	質・量の高低関係，等
他	その他の関係

－ 図形要素間に空間的关系を設定する

- 各図形要素を，相互の空間的关系に基づいて配置する

適切な概念図を生成するためには，関係と図形パターンとの対応関係をうまく設定することが重要となる．

2.4.2 アンケートによる対応関係の調査

既に述べたように，図形パターンが表現できる意味は大まかにはわかっているが，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．その方法は次のようになる．

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．例えば表 2.3 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」[1]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．

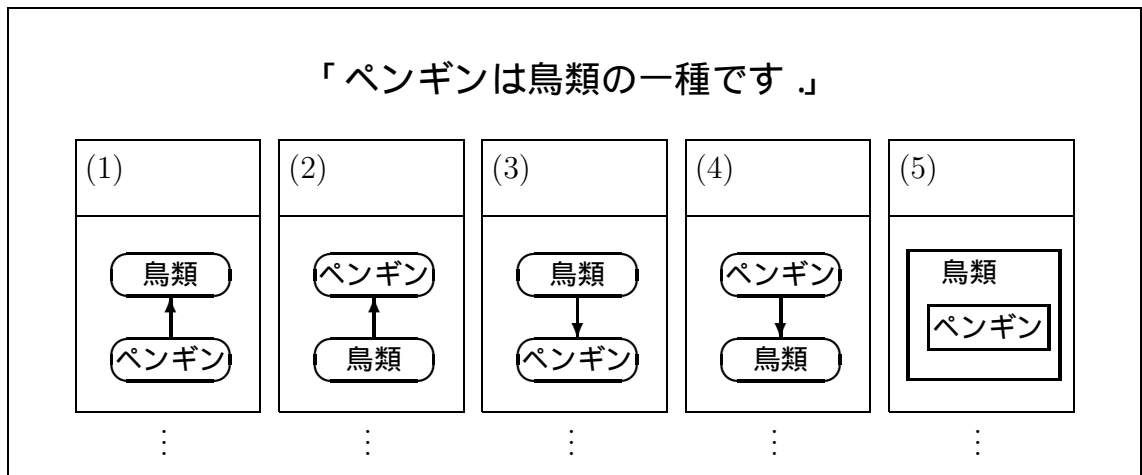


図 2.3: アンケート用紙の例 (抜粋): 図は 30 種あり, アンケート用紙上部の文章を良く表わすと感じたものを複数選択してもらう

表 2.3: アンケートに用いた例文 (一部)

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)
構造型	ドメイン	
順序	語義	「ペンギンは鳥類の一種です」
順序	因果	「 CO_2 増加は温暖化を招きます」
修飾	属性	「大豆は高たんぱく質です」
修飾	時間	「東京行の便は 13 時発です」
修飾	空間	「横浜市は首都圏南西に位置する」
同値	語義	「記憶と <i>Storage</i> は同義語です」
同値	内容	「その缶詰とこの瓶詰の中身は一緒です」
⋮	⋮	⋮

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.

この調査手法の詳細は, 付録 A に示す. 実際のアンケート用紙は図 2.3 のようになり, 26 人の被験者で行った. 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⁵である.

⁵ 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 年がほぼ同数.

表 2.4: アンケートにより採用された図形パターン：それぞれの関係において最も多くの被験者が選択した図形パターンを示す．カッコ内は全被験者中での選択率 (単位%) ．

関係のパラメータ			
ドメイン	構造型		
	順序 (%)	修飾 (%)	同値 (%)
語義	領域包含 (96)	有向連結 (50)	二重連結 (96)
集合	領域包含 (100)	鉤状下枝 (50)	無向連結 (73)
属性	縦列 (11)	引出線 (50)	二重連結 (84)
立場	鉤状下枝 (61)	領域包含 (50)	二重連結 (76)
内容	有向連結 (92)	引出線 (50)	二重連結 (88)
時間	有向連結 (88)	鉤状下枝 (61)	二重連結 (76)
因果	有向連結 (88)	有向連結 (73)	二重連結 (30)
過程	無向連結 (57)	引出線 (53)	二重連結 (88)
入出力	有向連結 (84)	有向連結 (76)	横列 (38)
空間	無向連結 (76)	領域包含 (42)	横列 (73)

この結果を集計し，最も多くの被験者が選択した図形パターンを表 2.4 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，その関係パラメータの組み合わせに採用された図形パターンが示されている．例えば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．順序関係の多くに対して矢線や線分の連結が選ばれ，集合などの一部の順序関係に対しては領域の包含が選ばれている．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主に選ばれていることがわかる．

2.5 関連研究

本章に関連する研究として，意味記述からの図生成がある．この試みとしては，Kamada らの TRIP [2]，Cyre らの研究 [3] などがある．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 [2] 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、文書や映像の構造を表現する記述を設定し、その記述と概念図との対応関係を考慮している点、および生成された概念図と文書・映像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。

また、図的表現を用いて発想支援を行う研究も行われてきた。KJ法支援ツール等、多くのシステムが提案されている[4]。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。

第3章 DocScape:

文書の構造を可視化するための概念図 自動生成

3.1 概念図による文書内容の可視化

第1章で述べたように、一覧しにくい文書を概念図によって二次元上に表現することで、その概要把握を促すことができる。例えば、図3.1は物理学の教科書を図として表現したものである。また、概念図で表現された内容のうち特定の部分の詳細な情報を知りたい場合には、図3.2のように概念図の該当する部分をGUIで指示してリンクを提示させることにより、詳細を説明する文を簡単に見つけることができる。このような複合メディアを生成する枠組みをDocScapeと呼び、これを実現するために次の項目を検討し、試作システムに実装した。

1. 文書の内容と概念図との対応関係の設定
2. 入力となる文書の内容表現方式の設定と、それを用いた文書の構造化
3. 構造化された文書から概念図を生成し、ユーザに分かり易く提示する処理

1. に関しては、内容がこみいった文書にも適用するために、3.3節で述べる多対多の対応関係を用いる。2. のために、3.2節でXML形式のタグセットを定義し、これを用いて文書を構造化できるようにした。また、3.4節では、3. の概念図生成処理を行う試作システムをJavaにより実装し、3.5節で評価実験を行った。

3.1.1 関連研究

本章に関連する従来研究には次のようなものがある。

1. 文書の言語学的構造へのタグ付けと構造化

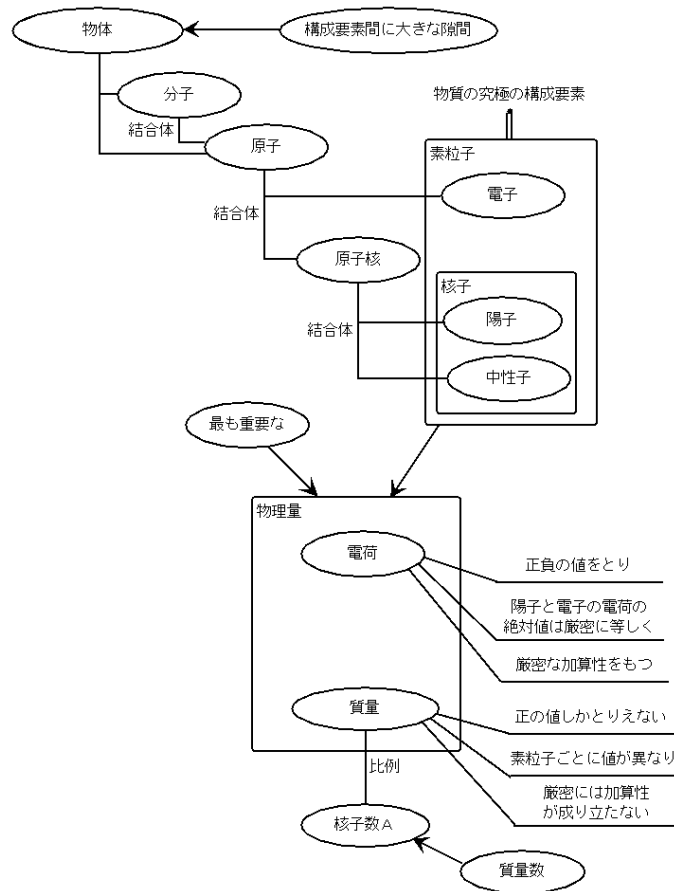


図 3.1: 概念図生成の例：物理学の教科書を図にしたもの．

2. 図生成のための図形要素の自動配置

1. では、文書の言語学的な構造や属性を記述するために、GDA[5][6] や RDF[7] , XML Topic Maps[8][9] 等のタグセットが提案されている．しかし、これらの研究に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．例えば、GDA では言語学的な関係や属性を多様に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設定する．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

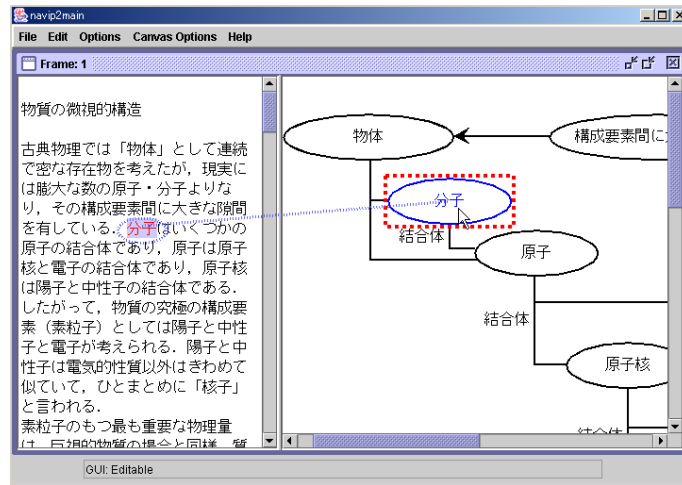


図 3.2: DocScape システムによる複合メディアの提示：図中の図形要素をクリックすることで，文章中で対応する語句が強調表示され，またそれらをつなぐリンクが点線で提示される．

も検討および実験を行った．それについては 3.5.4 節で述べる．

2. の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 [10]．例えば，グラフ理論と平面上のグリッドを組合せた方法 [11]，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 [12]，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 [13] などがある．近年では，UML を用いたプログラム可視化が盛んに研究されており，UML クラス図を自動描画するためのレイアウトアルゴリズムなどが提案されている [14]．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，分かり易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．

表 3.1: 文章の意味的構造を記述するためのタグセット

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

表 3.2: 関係の構造型を示すラベル：relation タグの structure 属性の値として記述する

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 3.3: 関係のドメインを示すラベル：relation タグの domain 属性の値として記述する

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 3.4: 要素の役割を示すラベル：node タグの role 属性の値として記述する

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

私たちが普段使っている概念図には主に 2 つの種類があります。
連結図と領域図です。

図 3.3: タグを付ける基となる文書

```
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 3.4: タグ付き文書の例

3.2 タグ付言語を用いた文書の構造記述

文書の意味的構造は前述したように言語要素とそれらの間の意味的關係から構成される。これらを記述するために定義した XML タグセットを表 3.1 にあげる。言語要素を<node>タグで、意味的關係を<relation>タグでマークアップする。關係の種類は、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>タグの中では、この關係を構成するそれぞれの要素がどのような役割を持つかを要素中の role 属性によって記述する。図 3.3 に示す文書に、このタグセットで定義したタグを付与したタグ付き文書を図 3.4 に示す。この例では、3 つの単語と、それらを関連付ける 1 つの意味的關係が記述されている。

3.3 文書と概念図との対応關係

前節のタグセットによって記述される文書の意味的構造は、關係と図形パターンとの間の対応關係により概念図として表現される。本節では、2.4 節で述べた対応關係を適用するために行った対応關係の拡張について述べる。

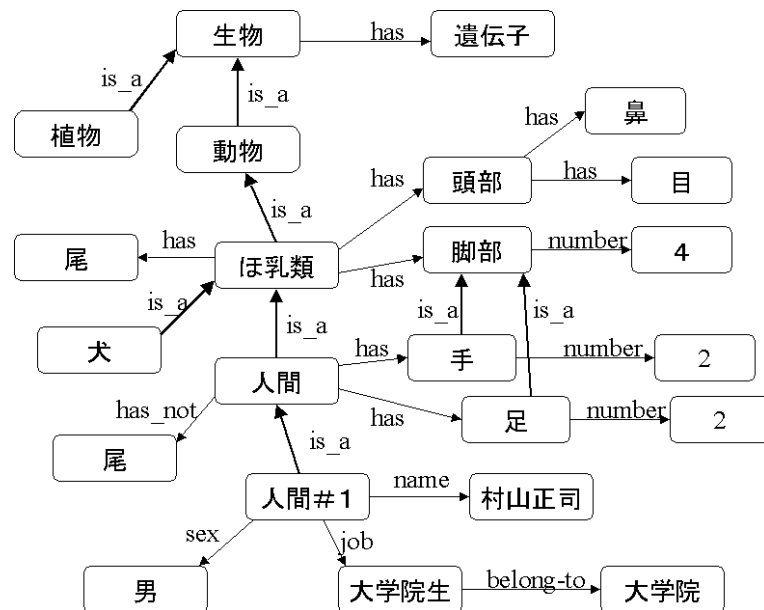


図 3.5: 内容が分かりにくい図：意味ネットワークの一例．全ての関係が矢線のみで示されている

3.3.1 直接対応とその問題

文書・映像の意味的关系を表現するために適切な図形パターンは、関係の構造型によっておおそわかっており、そのため構造型と図形パターンの間に対応関係を設定できる可能性がある。しかし、そのような対応関係が常に厳密に成立する保証はない。

また、単純な一対一に対応関係を設定することも問題である。なぜなら、異なる意味的关系を同じ図形パターンで表現する可能性があり、ユーザの誤解を招く恐れがあるためである。例えば図 3.5 では、いくつかの種類の関係が同じ矢線で示されており、それぞれの関係を見分けることが難しく、表現されている内容がわかりにくい。

そこで、同じ図形パターンが異なる意味的关系に割り当てられないことがないように工夫を施す必要がある。

3.3.2 多対多の適応的対応

前項で述べた問題に対して、一種の关系到複数の図形パターンを対応付けることで解決を試みた。また、一つの文書にさまざまな関係が混在する場合も考慮する。そのために、優先順位がつけられた多対多の対応テーブルを設定し、概念図の生成に利用することとした。

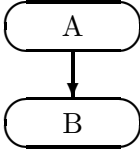
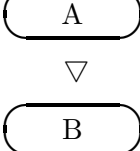
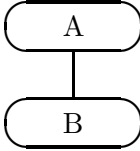
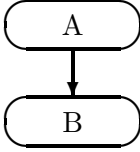
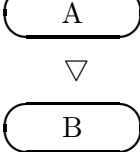

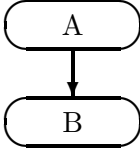

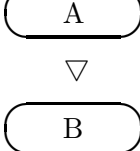
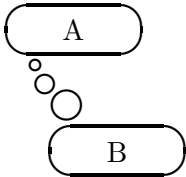
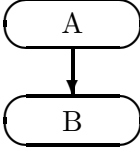
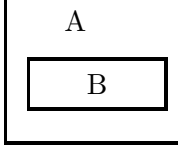
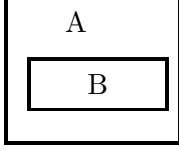
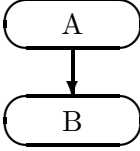
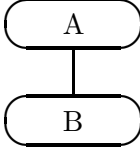
関係のパラメータ		第一候補	第二候補	第三候補
構造型	ドメイン			
順序	時間	(4) 	(2) 	(1) 
順序	過程	(4) 	(2) 	(5) 
順序	入出力	(4) 	(5) 	(2) 
修飾	語義	(8) 	(4) 	(6) 
順序	集合	(6) 	(4) 	(1) 

図 3.6: 順位付き対応関係の例



図 3.7: 単純な図生成例：時間の順序関係を有向矢線で表現した概念図

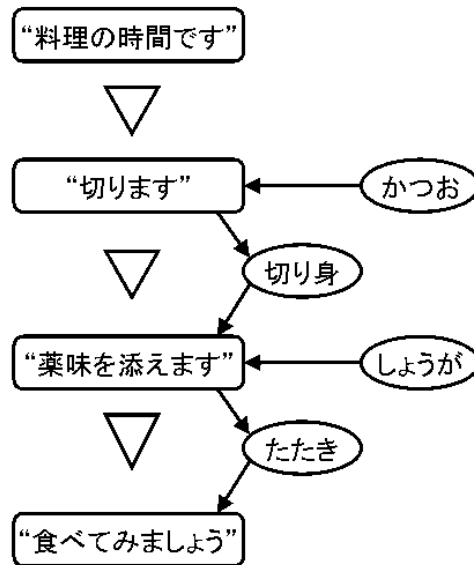


図 3.8: 表現の競合を避けた図生成例：入出力の順序関係が混在するため，時間の順序関係を有向指示に割り当てた

2.4.2 節のアンケート結果（表 2.4）では，最も多くの被験者が選択した図形パターンのみを示したが，選択した被験者が多かった順に第一候補，第二候補，第三候補として並べると図 3.6 となる．

例えば，時間の順序関係の場合，他に支障無い限り図形パターン (4) (有向連結) が割り当てられ図化される．しかし他に優先すべき関係が既に (4) に割り当てられていた場合，競合を避けて図形パターン (2) (有向指示) に割り当てられる．さらに (2) も競合する場合は，(1) (無向連結) に割り当てられる．

次に，割り当ての変更が行われる例を図 3.7 および図 3.8 に示す．どちらの図も，入力したタグ付き文書に時間の順序関係が存在している．図 3.7 では文書中に関係は一つしか存在しないため，時間の順序関係には第一候補の図形パターン (4) が割り当てられる．しかし図 3.8 では，入出力の順序関係が同時に存在する．また，タグ付き文書を入力するのと同時に，

時間の順序関係よりも入出力の順序関係を優先すべきとユーザが指示しているものとする¹。2つの関係はどちらも(4)を第一候補としているが、これでは競合が起こるためどちらかが別の図形パターンを選択せねばならない。しかし前述のように関係の優先順位が与えられているため、まず入出力の順序関係が第一候補の(4)に割り当てられ、次に時間の順序関係が第二候補の(2)に割り当てられる。その結果、図3.8では入出力が矢線によって示された概念図となり、各過程にどのような要素が入力し出力されているかがわかる。また時間の順序関係は矢尻の軌跡によって指示された。

さらに複雑な例を示す。

図3.9の左側はおもちゃの組立て過程を順序立てて示しており、完成までの流れが上から下へ示されている。右側は組立てに用いられる部品を羅列してあり、どの部品が左側のどのプロセスに入力されるかが矢線で示されている。加えて、「トイカー」に一つ、「パワーツール」に3つの特性の修飾要素が係っているのがわかる。また「トイカー」に係っている修飾要素「前後に走らせることができます」は、さらに過程の修飾関係によって修飾されている。このように、過程の順序は矢尻の軌跡、入出力の流れは矢線、過程の修飾関係はバブル状の吹き出し、特性の修飾関係は囲みによって描き分けられている。しかし、集合の順序関係が他の関係との競合が起こったため表現されておらず、過程と入出力の流れが混雑した見にくい図になってしまっている。

ここで、集合の順序関係を優先して図化する。図3.9では、過程の修飾関係が優先されて囲みに割り当てられていた。しかし、優先順を変更したことにより、集合の順序には第一候補の囲みが割り当てられ、また囲みを割り当てられなかった過程の修飾関係は他の関係との競合により図上から削除された。その結果得られた概念図が図3.10である。過程と入出力要素の各集合が、それぞれ「トイカーの組立て方」「トイカーのパーツ」という2つの囲み要素で大きく括られることで、他集合と混同しないよう分割されている。

このような多対多の対応関係を用いることにより、ユーザの要求に合わせて柔軟に図的表現を変更することができる。例えば、ユーザが手順の説明を求めているなら、入出力や過程の順序関係を優先することで、手順を見やすく表現した概念図を生成することができる。

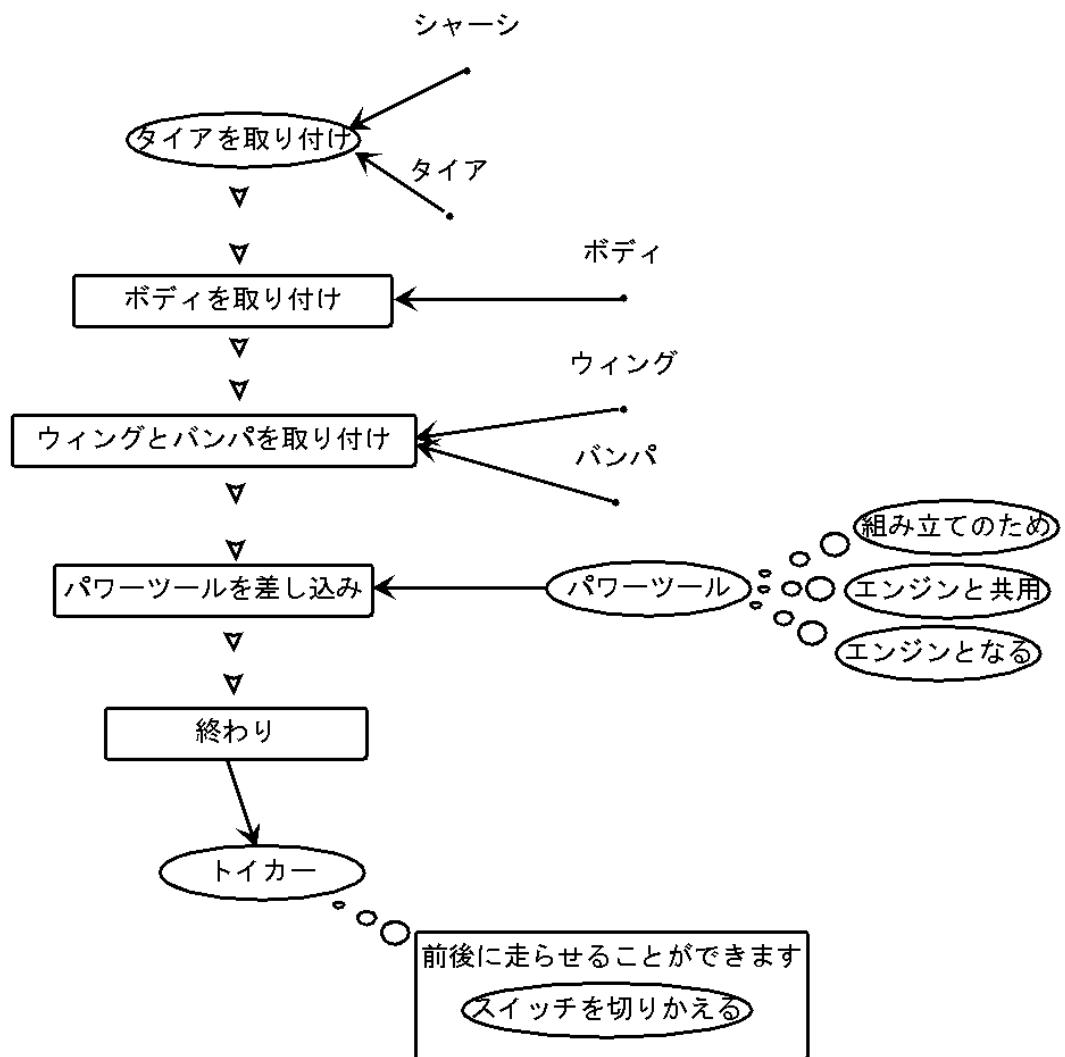


図 3.9: 多種の関係が入り組んだ概念図の生成結果

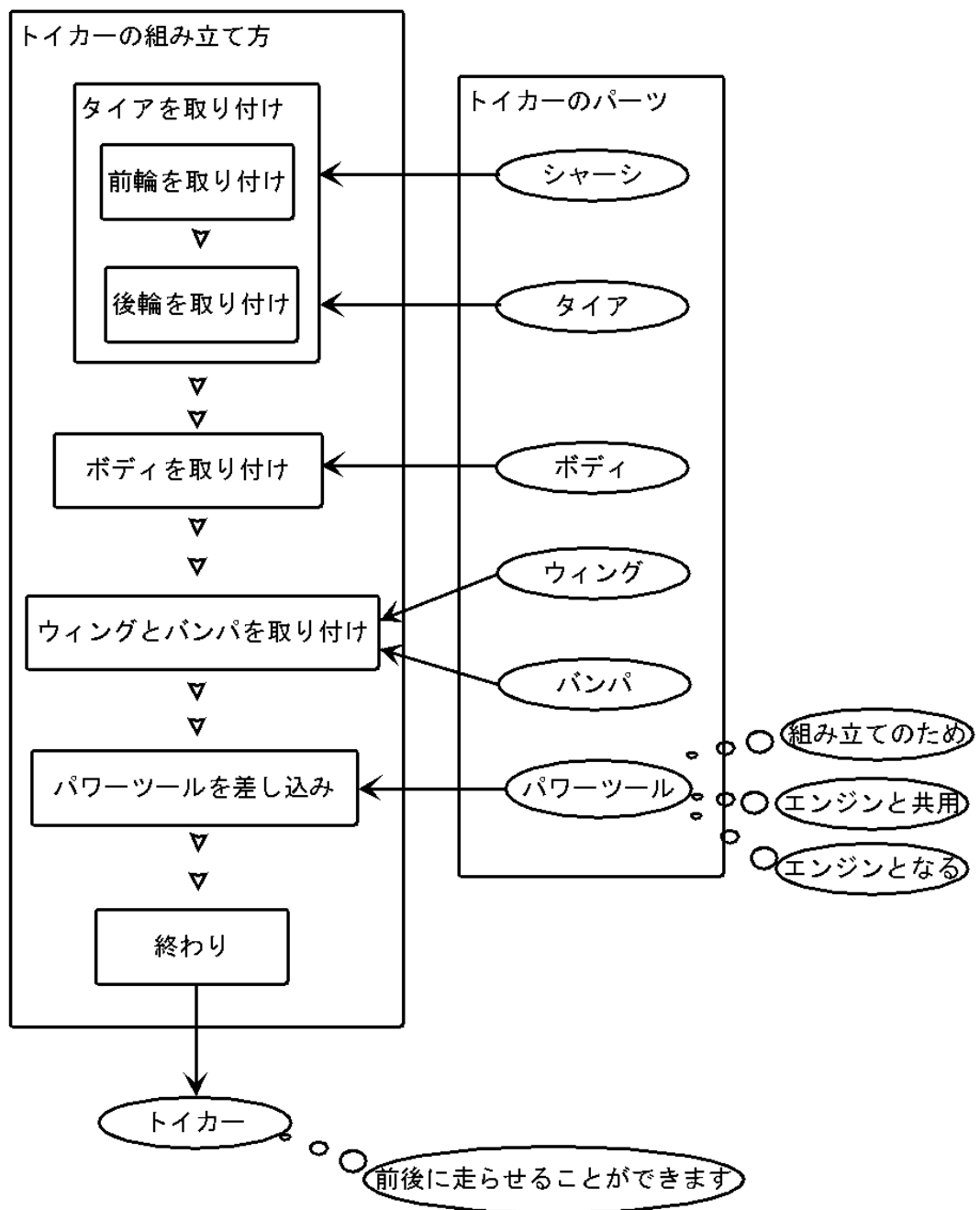
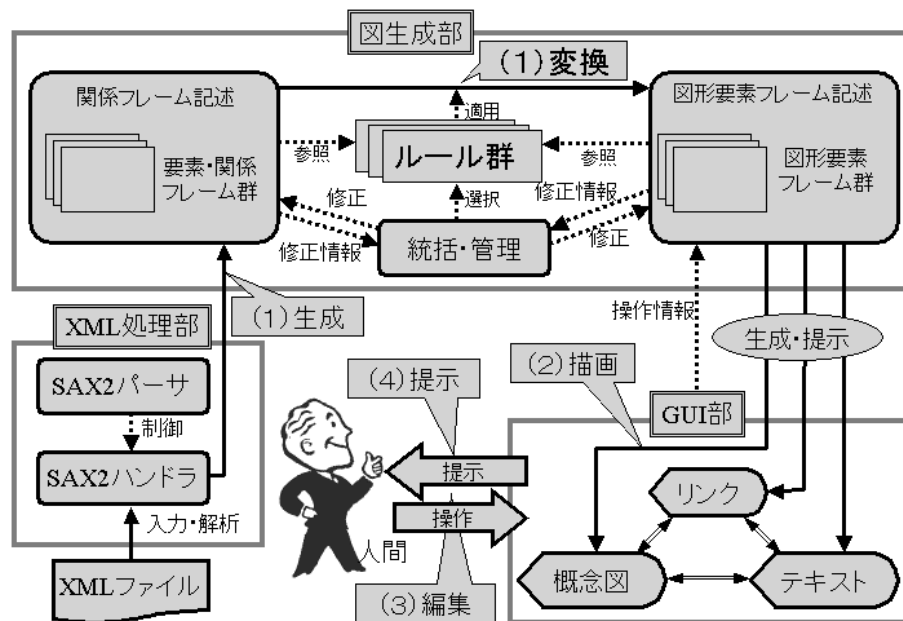


図 3.10: 意味的構造の優先順位を変更した例：処理の推移が矢尻の軌跡により示され，入出力が矢線で示されている．



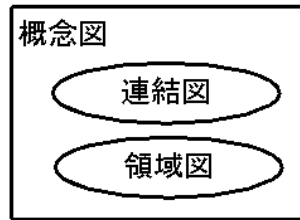


図 3.12: 概念図の生成例

システムの開発には Java 言語を用い，Java2 1.3 あるいは 1.4 の実行環境で動作する．スキプトの XML タグを解釈する XML プロセッサには Apache プロジェクトで開発された Xerces ライブラリを用いており，SAX の API によって実装した．

3.4.2 概念図の提示手法

図 3.4 に示したタグ付き文書をこのシステムに入力して処理する過程を説明する．

前項の (1) 変換 の段階では次の処理が行われる．入力文書の要素間には，構造型”order”(順序) でドメイン”set”(集合) の関係が存在する．与えられた関係に対応するのは，図 3.6 より，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 2.2(6) に従って各要素の形状が決定される．入力文書中に関係が複数種類あるときは，文書中で関係に優先順位をつけておき，3.3 節の多対多対応関係を適用することにより，表現の競合を回避する．

次に (2) 描画の段階へ進む．図形要素はまず行列状に初期配置され，次項に述べるレイアウトアルゴリズムを適用することにより適切な位置へ再配置される．

(3) 編集の段階では，著者が図を編集操作し，システムに登録する．最終的に得られた概念図が図 3.12 であり，この図を含む複合メディアを (4) でユーザに提示する．

3.4.3 レイアウトアルゴリズム

図形要素を適切な位置に配置する自動レイアウトを行うため，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た．例えば「概念図」という囲み要素が「連結図」「領域図」という二つの図形要素を囲む場合を説明する．図 3.13 のように，要素「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

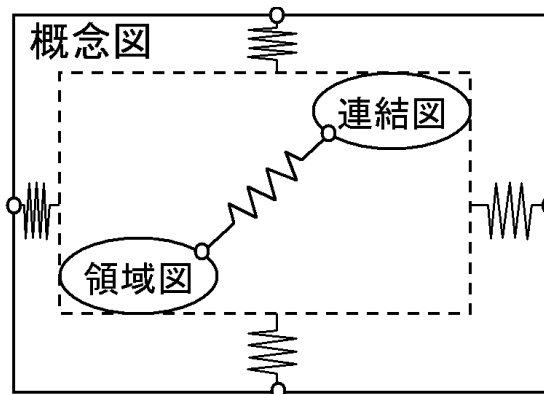


図 3.13: レイアウトアルゴリズムのための力学的モデル：白抜き点は、バネから力を受ける点

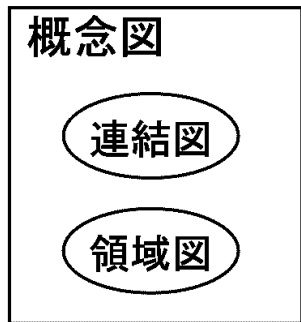
はじめ決められており、これらのバネの釣り合いがとれるように各端点に力が生じ、各要素の位置・大きさが調整される．そのアルゴリズムは以下の通りである．

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

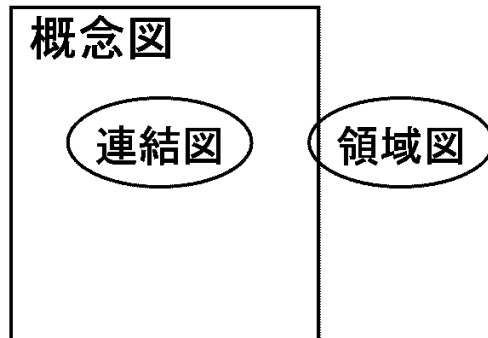
このようにして「概念図」は他の 2 要素を囲むだけの大きさを持たされ、「連結図」「領域図」は「概念図」に重なるような位置へ配置される．

しかし、概念図が大きくなると、計算が収束せずに図形が振動する場合がある．そのため、計算をある程度以上行って終了しない場合は、途中で打ち切ることとし、その際は編集者による図の編集が必須となる．

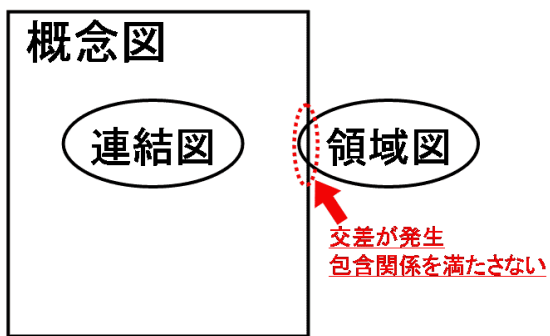
図を編集するアルゴリズムは次のようになる．例えば、人間が図 3.14(a) 上での図形要素「領域図」を「連結図」の右隣へ移動させ、横長の図にすることを考える．このような移動操作が行われる（図 3.14(b)）と、下位要素「領域図」が囲みの外へはみだすことになり、包含関係が満たされなくなる（図 3.14(c)）．そこで、移動操作後に両下位要素をあらためて囲む（図 3.14(d)）ように「概念図」の大きさをシステムが自動調整する（図 3.14(e)）ことで、そのような違反を修正することができる．このような位置関係保持の手続き群を用意し、人間の操作後に適用することで、図編集の支援を行う．



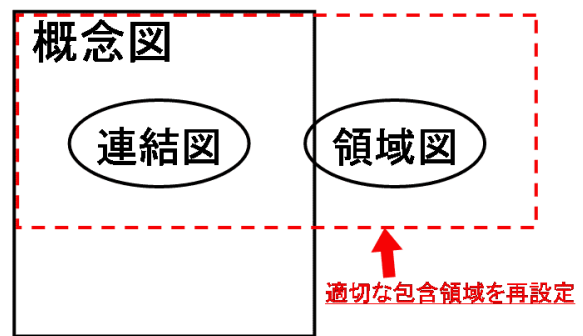
(a) 図の初期状態



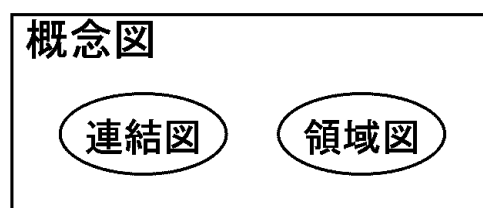
(b) ユーザが「領域図」を操作した状態



(c) 包含関係が満たされなくなった



(d) 包含関係を満たす新たな領域を計算



(e) 要素「概念図」の大きさを計算した領域に自動調整

図 3.14: 概念図の編集支援例：人間の操作に対し，包含関係の維持が行われる様子を示す

3.4.4 リンクの提示手法

ハイパーリンクの提示手法は次のようになる．概念図生成処理の各段階で，図形要素の基となった言語要素へのポインタが保持されるため，言語要素と図形要素との対応はシステム上で簡単に求めることができる²．GUI 上での指示により，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．また，文章中には同じ単語が複数出現することが多い．図形をクリックした際に，その図形が文章中の複数の場所とリンクしている場合は，点線は複数描かれる．

このように，文書と図の双方の上において，対応する要素同士の相互参照が可能である．検索や要約など，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．

3.5 実験

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の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．

3.5.1 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．箇条書きになっているため，一見すると読みやすいが，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．契約書にタグをつけた文書（全文を付録の図B.1～B.3に示す）を用意し，この文書から得られた概念図が図3.15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構造型はequiv（同値），ドメインはmisc（その他）として記述した．その結果，図では双方向矢線により表現されている．当事者間に生じている義務は入出力の関係に分類したため，矢線に

²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．

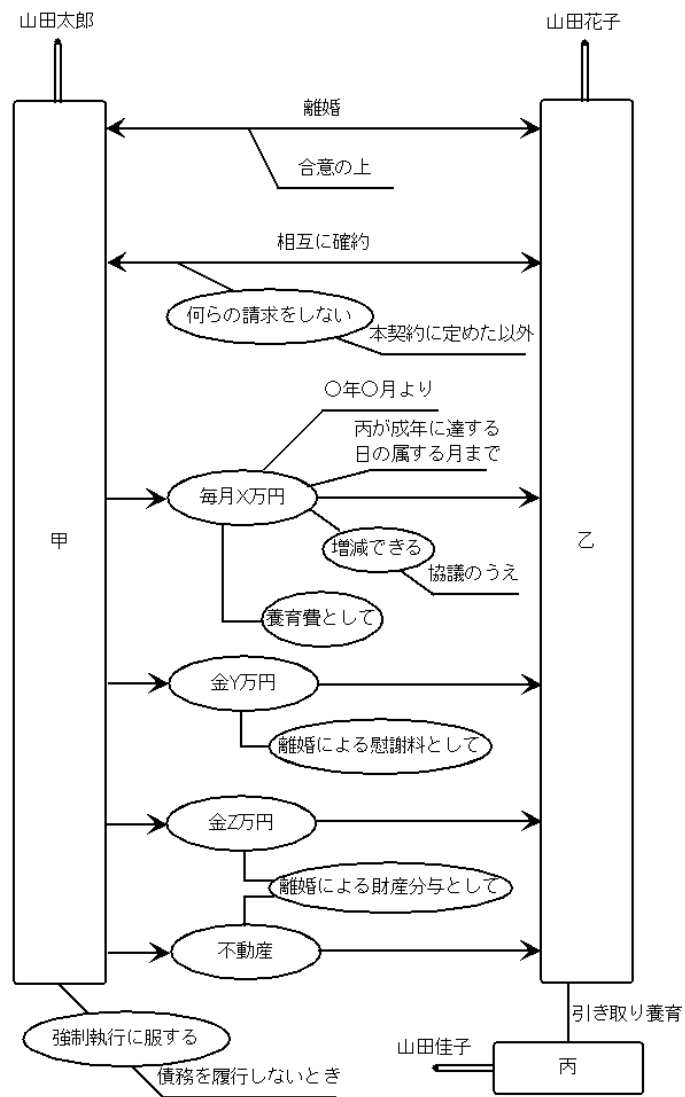


図 3.15: 文章に対応する概念図の生成例：離婚に関する契約書が対象文書

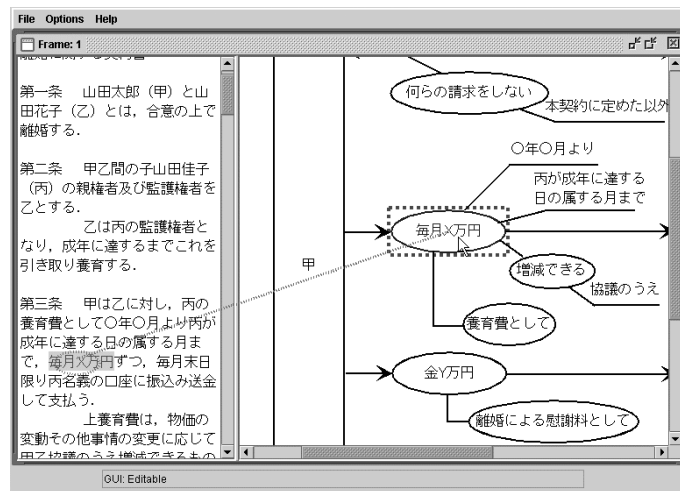


図 3.16: 文章のブラウジング例

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．このシステムを用いれば，概念図だけでは詳細な内容が正確につかめない場合でも，図 3.16 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，またハイパーリンクを介して詳しい内容にアクセスすることができる．

3.5.2 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 1300 字．“物理入門”，山本義隆，ISBN4-7961-1603-6，pp.2-5 より抜粋

資料 2 約 1300 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「知的財産権の基礎知識」より抜粋．

資料 3 約 1600 字．“コンピュータビジュアル化”，中嶋正之・藤代一成（編），ISBN4-

表 3.5: 比較実験における被験者と資料形態の組合せ

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

表 3.6: 評価実験に用いた質問例

(1)	デザインを保護するための権利（工業所有権の一つ）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．

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 3.5 に示す組合せで実験を行った．

被験者に与えた質問は，文章を読めば短時間でわかるもので，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 3.6 に挙げる．参考までに，資料 2 および 3 にタグを付けた文書と図化結果を付録の図 B.4～B.11 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

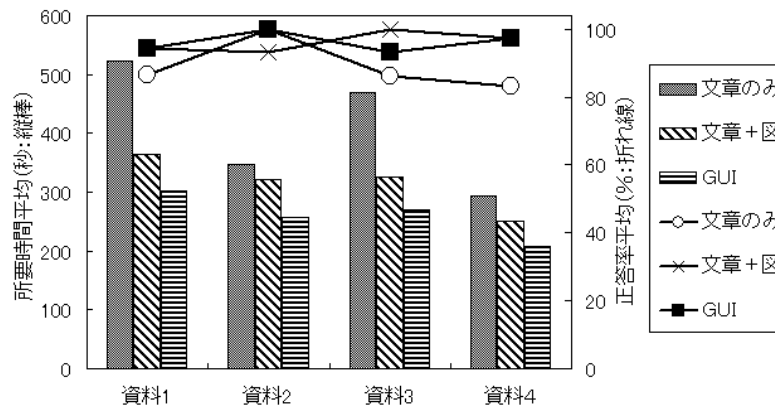


図 3.17: 比較実験結果：各棒グラフは所要時間平均 (秒)，各折れ線グラフは正答率平均 (%)

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．

結果を図 3.17 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．所要時間をみると，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わかる．細かく見ると，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らなかったためと考えられる．

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．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る都度，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 3.7 の通りとなった．表中で相互参照回数とは，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わかる．

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．

表 3.7: 参照機能の利用状況

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 %)

3.5.3 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伴うため、その負担の程度、及び、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、その主なものを挙げる。

半自動作図機能: 本研究の枠組みが持つ複合メディア生成機能。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き、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、概念図の規約的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、本研究で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。文書の一つは物理学の参

表 3.8: 人手による作図とタグとの比較結果

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

考書で約 1300 字，もう一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 人で，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が被験者とは全く独立にタグ付けし，それを基に図化した．

これらを比較した結果を表 3.8 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」は筆者が全く想定していなかった作図部分の数を示す．表 3.8 からわかるように，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よくタグが付与されていることがわかる．

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³．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 倍～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．

³ 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．

```

...
<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 sbj="mgn">呼ばれる</v>範疇のものであり
</vp> ,
...

```

図 3.18: GDA タグ付き文書（抜粋）

```

...
<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 3.19: GDA タグ付き文書を変換して得られたタグ付き文書（抜粋）

3.5.4 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 [5][6] を利用することを検討した．

実際の例を挙げる．図 3.18 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が，文書全体は 1600 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 3.19 となる．例えば，GDA 文書では「表語文字」のもつ属性 *sub*

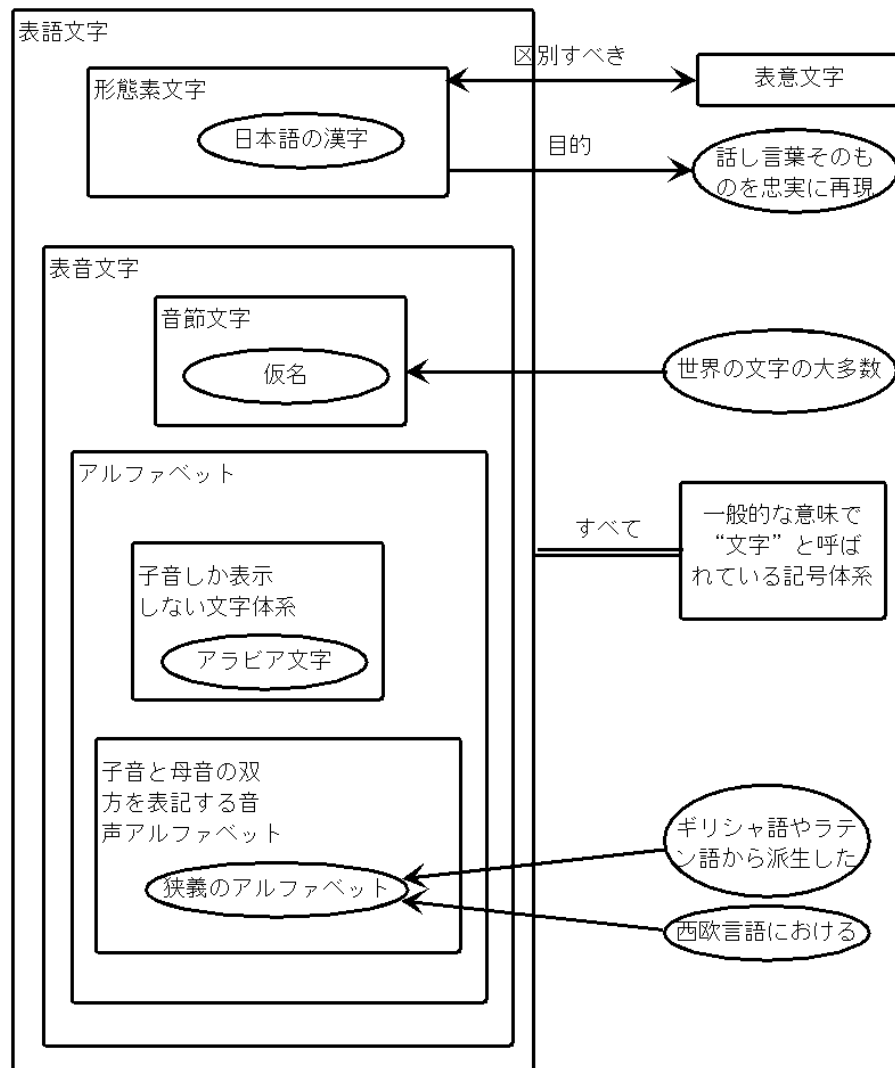


図 3.20: GDA 文書から変換した文書を概念図化した例

(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。そこで、属性 *sub* は集合の順序関係に対応しているとみなし、構造型は order (順序) でドメインは set (集合) の関係 (<relation>タグ) へ変換する。得られた文書をこのシステムに入力して得られた図を図 3.20 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、同値関係が二重線分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わかる。

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、構文解析や推論などを応用することで、より多数の変換を行う必要がある。

3.6 結論

本章では、文書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、それに対応する文書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、提示するシステムを構築し、文書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。

この枠組みは、文書の内容を効果的に提示しブラウジングできる閲覧ツール等としての応用が期待できる。

一方、タグ付き文書を得るコストに関する問題等が残っており、自然言語処理の援用や GDA 等の他のタグセットからの変換といった解決策を必要としている。

第4章 Video Icon Diagram: 映像の構造を可視化するための概念図 自動生成

4.1 概念図による映像内部構造の可視化

映像は動画と音声の複合によって多くの情報を伝えることができるため、これから一層の活用が期待されている。その反面、映像は時間軸を持ったストリーム型のメディアであるために冗長性が高く、一覧性が悪いことが問題となっている。例えば、料理番組を考えてみた場合、次のような内部構造を把握するためには、視聴者が注意深く映像を視聴した上で、頭のなかで内容を再構成する必要がある。

- どの食材がどのような手順で調理されて形を変えるか。例えば、各々の野菜が刻まれ、まとめて炒められるという一連の手順を経て、野菜炒めとなる。
- どの処理を並行して行うことが可能か。例えば、ライスカレーを作る際に、白飯を炊くと同時にカレーを調理するという二つの作業を並行して行うことができる。

このような問題に対し、映像を要約提示する種々の方法が提案されてきたが、映像の内部構造、特にその論理的な構造やストーリー構造をわかりやすく表現することは未だ困難な課題となっている。

本研究では、この問題に対処するために、Video Icon Diagram(VID)を提案する。VIDの基本的なアイデアは、映像中から重要なフレーム画像を抜き出してビデオアイコンとし、映像の構造に基づいて概念図の形に配置するというものである。概念図を用いているため、映像に含まれる多様な意味的構造を直観的に表現することができる。例えば順序関係や因果関係にしたがって手順をわかりやすく流れ図で表現したり、階層関係や同値関係にしたがって類似するものをまとめあげて表現することができる。さらに、ビデオアイコンと対応する映像断片¹との間にハイパーリンクを設けることにより、見たい部分へのアクセスを容易に

¹映像中のある時刻からある時刻までのフレーム画像列と、その時間に対応する音声情報。具体的には、登場人物などの被写体を含む映像中のシーンやショットであり、以下ではこれらを総称して映像断片と呼ぶ。

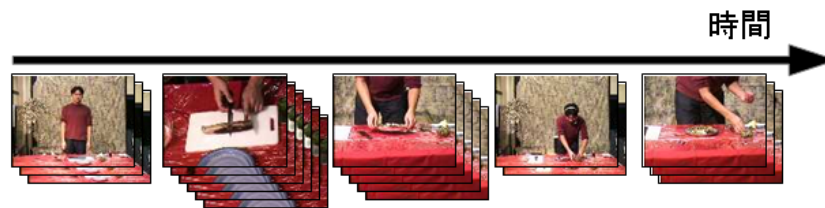


図 4.1: 空間展開型の映像要約例 1 : 代表フレーム画像の羅列 (図中の矢印と文字は説明のために加えたもの)



図 4.2: 空間展開型の映像要約例 2 : ビデオベタ (図中の矢印と文字は説明のために加えたもの)

するインデックスとして機能する表現となる。

この章では、第 3 章で述べた概念図生成の手法を映像の構造可視化に適用する。映像にはさまざまな種類があるが、ここでは料理映像や作業映像を可視化の対象とした。これらの映像は、視聴者の目的がある程度明確であり、また手順を中心に映像が展開することが多いため、構造を分類しやすい。

4.2 関連研究

関連する研究としては、従来より提案されてきた種々の映像の要約提示手法 [15] があげられる。それらは、大別すると次の二つになる。

時間圧縮型: 映像を時間的に縮めて見せる方法．要約映像や早回し，代表フレーム画像を順に提示していく方式などがある．例えば，Smith らの Video Skimming[16] はトランスクリプトと映像特徴から重要部分を選び出し，残りを捨てることにより映像を要約している．時間的な文脈構造を崩さずに表現できるという利点があるが，その反面，時間的に離れた部分間の関係を表現することが難しい．

空間展開型: 映像を平面上に展開して見せる方法．シーンの代表フレーム画像を時間順に並べていくものから，平面を自由に使うコラージュ的な方式まで様々なものがある．例えば，外村らは映像中のショットごとに一枚のフレーム画像を並べる一覧手法 PaperVideo や，フレーム画像を等時間間隔に一行に並べてカット点で改行するビデオべた（図 4.2 参照）などを提案している [17]．Yeung らの Scene Transition Graph[18] は，映像中のシーンの遷移を，ビデオアイコンの有向グラフとして図的に提示するものであり，映像のショット構成を一覧するのに便利なツールとなっている．Uchihashi らの Video Manga[19] は漫画のコマ割りを模擬した形でビデオアイコンを並べることにより，映像の要約を提示する．その際に，各シーンの重要度をシーンの長さなどから計算し，それに基づいてビデオアイコンのサイズを決定して並べていく．

これらの手法は映像の各部分の時間的な順序関係や重要性を表現する手段となっているが，それ以外の関係を明示的に表現することができない．つまり，映像の意味的な構造を直観的に表現するものではない．それに対し VID は，概念図の空間的な表現を用いて，上記では扱われてこなかった関係をも図示する点が新しい．

4.3 映像の構造とその記述手法

4.3.1 映像中の典型的な構造

料理番組や教育番組のように，何かを説明したり教えたりしている映像を人間が見るとき，映像中の被写体や人物の行動の間の典型的な関係を理解することが必要となる．例として，以下のような関係を考えてみよう．

- 被写体 A と被写体 B との関係
例えば，被写体「おでん」と被写体「おでんの中の大根」には，part-of に相当する階層的な関係がある．
- 行動 A と行動 B の関係

<p>村山「まずかつおを一センチ厚に切ります。」</p> <p>村山：かつおを切る。</p> <p>村山「これに薬味を添えるとかつおのたたきのできあがりです。」</p> <p>村山：皿に盛った切身に薬味を添える。</p>
--

図 4.3: 映像のシナリオ例：「かつおのたたき」を調理する料理映像の一場面についてのもの。

例えば「大根の皮をむく」行動と「皮をむいた大根を切る」行動の間には時間的な順序関係がある。

- 被写体 A と行動 B との関係

例えば「大根の皮をむく」行動の入力は被写体「大根」である。つまり、両者の間には入出力の関係がある。

- ショット A とショット B の関係

「キッチンの全景」を捉えたショット A と「まな板の上」を捉えたショット B がマルチアングル²として同時に記録されていれば、両者の間には同じ時刻のショットであるという同値関係が成り立つ。

これらの典型的な関係については、第 3 章で述べた文書の意味的关系とほぼ同じ分類を行うことができる。これは、映像中の対象が持つ関係は文章中の単語が持つ関係に含まれると仮定しているからである。この仮定が厳密に成り立つ保証はないが、本研究の実験及び我々の考察では、特に問題点は明らかになっていない。

ここで、各々の関係を持つ実体は被写体、映像内での出来事、映像外の被参照物等、場合により異なる。しかし、本研究ではこれらの実体を細かく分類しない。後述するが、本研究ではこれらの対象をビデオアイコンで表現するため、概念図を見る人間はその画像から対象を推測することが比較的簡単だと考えられるためである。

表 4.1: 映像の意味的構造を記述するためのタグセット (マルチアングルの場合のみ のつ
いた属性を用いる)

タグ名	説明, 属性
<video>	映像全体をマークアップする multiangle 属性: マルチアングルかどうか () angles 属性: 各アングルのラベル () sourceURL 属性: 映像ファイルへのリンク
<node> (<n>)	ビデオアイコンにする要素 (被写体・行動など) id 属性: 識別子 posterframe 属性: この要素を表す典型的なショット時刻 angle 属性: 利用するアングル () starttime 属性: 要素開始時刻 endtime 属性: 要素終了時刻 role 属性: 関係を構成する要素が担う役割 nref 属性: 他要素の識別子
<relation>	意味的關係 structure 属性: 関係の構造型 domain 属性: 関係のドメイン
<speech>	映像シナリオ中のセリフ記述部分 speaker 属性: セリフを話している人物
<action>	映像シナリオ中の動作記述部分 agent 属性: 動作を行っている人物

```

<video sourceURL="file:cooking_1.mpg">
<speech speaker="村山">
  まず<n id="M1" posterframe="19s">かつお</n>を一センチ厚に切ります .
</speech>
<action agent="村山">
  かつおを<n id="A1" posterframe="39s">切る</n> .
</action>
<speech speaker="村山">
  これに<n id="M2" posterframe="95s">薬味</n>を添えると
  <n id="R1" posterframe="172s">かつおのたたき</n>のできあがりです .
</speech>
<action agent="村山">
  皿に盛った切身に薬味を<n id="A2" posterframe="150s">添える</n> .
</action>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="input" nref="#M1" />
  <n role="lower" nref="#A1" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="input" nref="#M2" />
  <n role="lower" nref="#A2" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A1" />
  <n role="lower" nref="#A2" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#A2" />
  <n role="output" nref="#R1" />
</relation>
</video>

```

図 4.4: VID スクリプトの例：シナリオにタグを付けたもの

```

<video multiangle="4" angles="whole,speaker,table,workspace"
      sourceURL="file:toy1.mpg,file:toy2.mpg,
              file:toy3.mpg,file:toy4.mpg">
.....
<speech speaker="村山">
  パーツを紹介します .
  これが<n id="M3" posterframe="15s" angle="table">ボディ</n>です .
  こちらが<n id="M4" posterframe="21s" angle="table">ウイング</n>で ,
  これが<n id="M4" posterframe="24s" angle="table">バンパ</n>になります .
.....
  <n id="A3" posterframe="124s" angle="workspace">ボディを取り付け</n>
  ます . このボディの上に ,
  <n id="A4" posterframe="135s" angle="workspace">ウイングとバンパを取り付
  け</n>ます .
</speech>
.....
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="input" nref="#M3" />
  <n role="lower" nref="#A3" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="input" nref="#M4" />
  <n role="lower" nref="#A4" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="input" nref="#M5" />
  <n role="lower" nref="#A4" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="input" nref="#A3" />
  <n role="lower" nref="#A4" />
</relation>
.....
</video>

```

図 4.5: VID スクリプトの例 (マルチアングルの場合 . 一部を抜粋)

4.3.2 映像シナリオへのタグ付けによる構造記述

映像の意味的構造を記述するために、表 4.1 にあげるタグセットを設定した。タグセットの定義は第 3 章で述べた文書に対する構造記述タグとほぼ同じだが、要素の属性として映像の特定部分へのポインタが含まれる点などが異なる。その詳細を以下に示す。映像全体を<video>タグによってマークアップし、映像ファイルの場所を属性によって記述する。映像要素は<node>タグによりマークアップし、その要素が映像中のどの時刻のフレームで示されるか等を記述する。要素間の関係は<relation>タグでマークアップする。関係の種類は文書の場合と同様に、構造型とドメインの二つの観点で分類するが、詳細は第 3 章の表 3.2、表 3.3 を参照されたい。構造型、ドメインのそれぞれを<relation>タグの属性として記述する。また、この関係を構成する要素がそれぞれの関係内でどのような役割を持つかを、第 3 章の表 3.4 に示す role 属性によって記述する。

このタグを付加する基となるテキストデータとして、映像のシナリオもしくはトランスクリプト（映像中の人物の発話文）を用いる。基となるシナリオなど無しにタグデータを単独で用意することも可能であるが、映像のシナリオやトランスクリプトを利用することができれば、効果的な映像インデックスとして用いることができる。これは、映像を撮影する場合にシナリオをあらかじめ用意することが多く、シナリオにタグ付けすることができれば、多くの情報を同時に持たせることができるためである。また、テレビ番組にトランスクリプトを字幕（文字データ）として付加することが義務化される予定であり、これからはトランスクリプトを利用することの利便性も高くなる。さらに、MPEG-7 規格では、種々の意味的記述を一つの枠組みの中に混在させることができるため、映像をシナリオやトランスクリプトと合わせて記録すること、そこに概念図生成のためのタグを付加することが可能である。ただし、簡単のため、XML 形式で記述し、それを必要に応じて MPEG-7 形式に変換することとした。

このように、シナリオやトランスクリプトにタグを付与したものを VID スクリプトと呼ぶ。想定するシナリオ例を図 4.3 に、このシナリオにタグを付けた VID スクリプトを図 4.4 に示す。まず <n>タグで「かつお」という要素を定義し、それに M1 という ID を付加している。同様に「切り」に A1 を、「切身」に M2 を、「盛り付け」に A2 を付加している。後半は関係の定義であり、動作の入力である input 要素は ID 参照を示す nref 属性によりセリフ中の「かつお」を示しており、一方で動作を示す lower 要素は「切り」に対応していることを記述している。また、各要素の posterframe 属性が映像の特定部分へのポインタと

²同時刻の複数のカメラからの映像を収録しておき、編集者の都合やユーザの興味に合わせて選択して提示する仕組み。

なる．この例では映像の開始から 19 秒目が「かつお」という映像要素の実体である．映像ファイル自体へのポインタは，スクリプト全体をマークアップする<video>タグの属性として記述される．

また，前述したマルチアングル映像がもつ構成は，一般的な文章には見られないものである．このようなスクリプトの例を図 4.5 に示す．このような映像データをうまく扱える枠組みはこれまで存在しなかったため，この機能は本研究の新規性の一つともなっている．

4.4 映像の構造と概念図との対応関係

映像の可視化で用いる図形パターンは，基本的には第 2 章，第 3 章で述べてきたものと同様であり，ビデオアイコン間の関係を図 4.6 のような図形パターンによって提示する．また，フレーム画像だけではビデオアイコンが何を指している要素なのかわからなくなる可能性があるので，各ビデオアイコンには文字（キャプション）を添えることで，関係を持つ実体を人間が推測しやすいようにしている．

映像の意味的構造とこれらの図形パターンとの対応づけについては，第 2 章で示した対応表 3.6 に基づいて行うが，このような対応関係が映像の可視化に対しても妥当なものであることを検証する実験を行った．その実験については 4.6.1 節で述べる．

4.5 VID 提示システム

4.5.1 システムの実装と稼動環境

映像の構造を記述した VID スクリプトを入力して VID を生成するシステムを実装した．このシステムは，前章で構築した図生成システムの拡張であり，概念図を生成する部分は全く同一のプログラムを用いている．異なる点は，映像データのためのタグセットに対応している，ビデオアイコンを扱うための機能，映像を提示するための機能である．映像を提示するために，前章のシステムから文書を提示するウィンドウを排し，代りに映像を提示するウィンドウとビデオアイコンを時系列に並べるウィンドウを備えている．それら二つのウィンドウにより，図形要素に対応する映像要素の提示を行う．

システムの実装には，前章のものと同様に Java2 を用いている．また映像の提示には Java Media Framework(JMF) を用いることで，MPEG 形式の映像ファイルの再生に対応した．

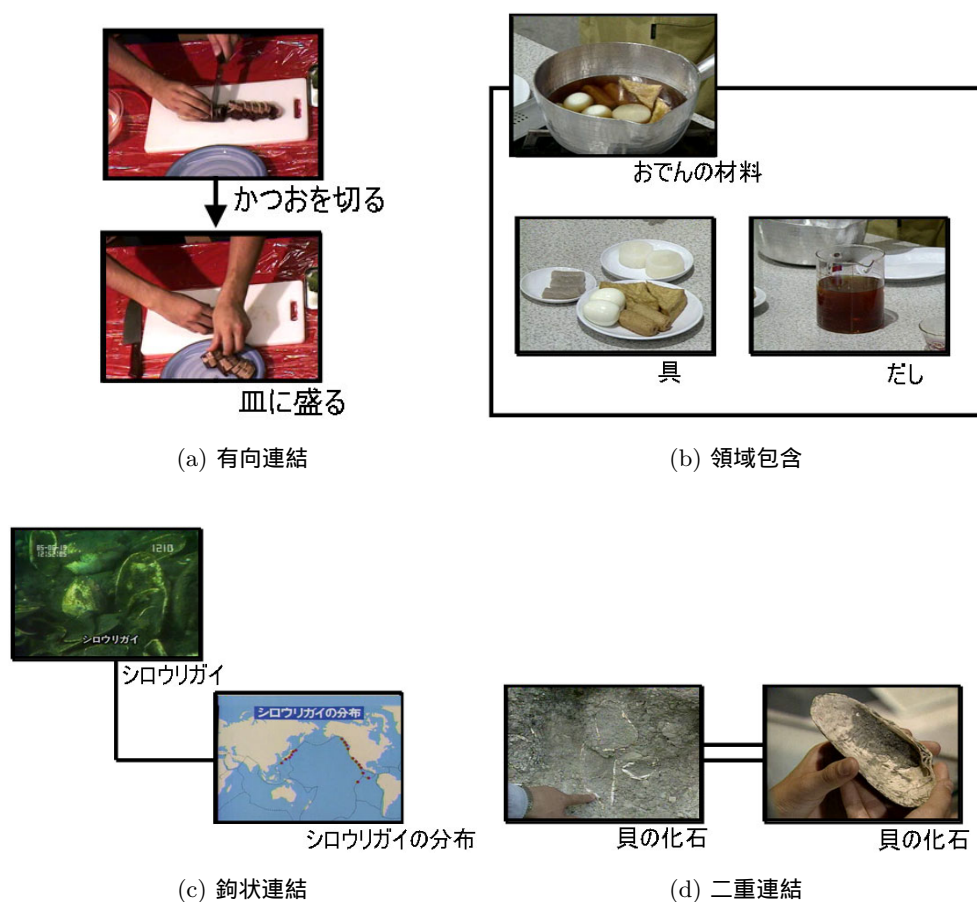


図 4.6: 概念図を構成する基本的な図形パターン

4.5.2 概念図とリンクの提示

このシステムが概念図を生成して提示する過程は次の3つの処理からなる。

1. 入力した VID スクリプトから、それを表現する図を生成する処理
2. 編集者の編集操作を受けつけ、完成した図を記録する処理
3. ユーザの要求に応じて映像と図を関係付けて提示する処理

まず、一つ目の図生成処理の流れを、図 4.4 に示した VID スクリプトを例にあげて説明する。これは約3分間の料理番組のシナリオに手動でタグをつけて生成した VID スクリプトである。システムが VID スクリプトを入力すると、そこに記述されている全ての要素・

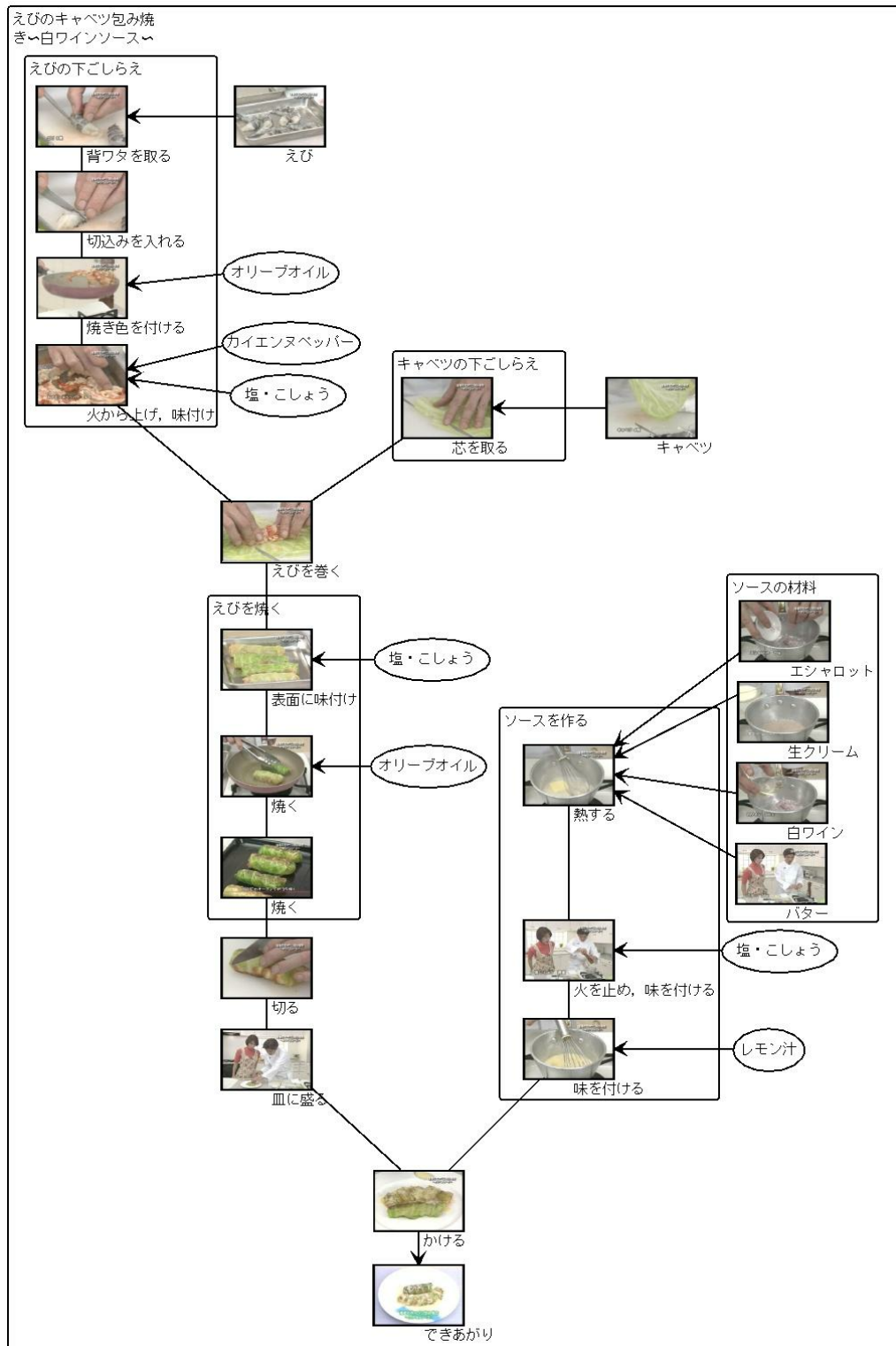


図 4.7: 生成された概念図：料理映像を表現する概念図の全体像

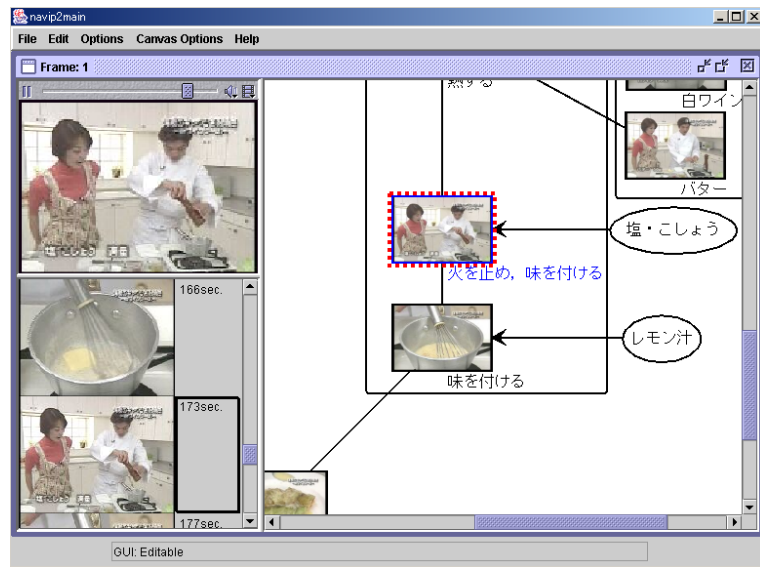


図 4.8: 映像へのリンクの提示：図中のビデオアイコンをマウスで指示すると，左上のウィンドウで映像の再生が始まる

関係が図形要素フレームの記述へ変換される．一つ目の関係 (<relation>) に対応するのは，表 3.6 より，矢線連結の図形パターンである．そこで，矢線連結の図生成手続きを適用すると，「かつお」「切る」の要素それぞれに対応する図形要素フレームが生成され，各要素の形状と要素間の相対的な位置関係が決定される．他の関係に対しても同様にして，対応する図形パターンのための図形要素フレームが生成される．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．これらの値は要素間に設定された仮想的なバネの釣合いをとるような力学的シミュレーションを行うことで決定され，また上記処理群の二つ目で提供している図編集処理によって，編集者の意に沿う形の図として整形される．

その結果生成された概念図は図 4.7 のようになる．右半分に生成された概念図が表示されており，左上のウィンドウでは映像を再生する準備がなされ，また左下のウィンドウでは図中のすべてのビデオアイコンが時系列順に縦に並べられている．この概念図上でビデオアイコンをマウスクリックすると，そのアイコンに対応する映像が左上のウィンドウで再生される．ビデオアイコンには対応する映像断片の開始時刻（または代表フレームの時刻）が与えられているので，映像の再生は開始時刻（または代表フレーム時刻の 3 秒前）から始まる．また，左下のウィンドウではビデオアイコンを時系列に並べており，映像の再生と同時に，クリックされたビデオアイコンと同じものを強調して表示することで，他のビデオアイコン

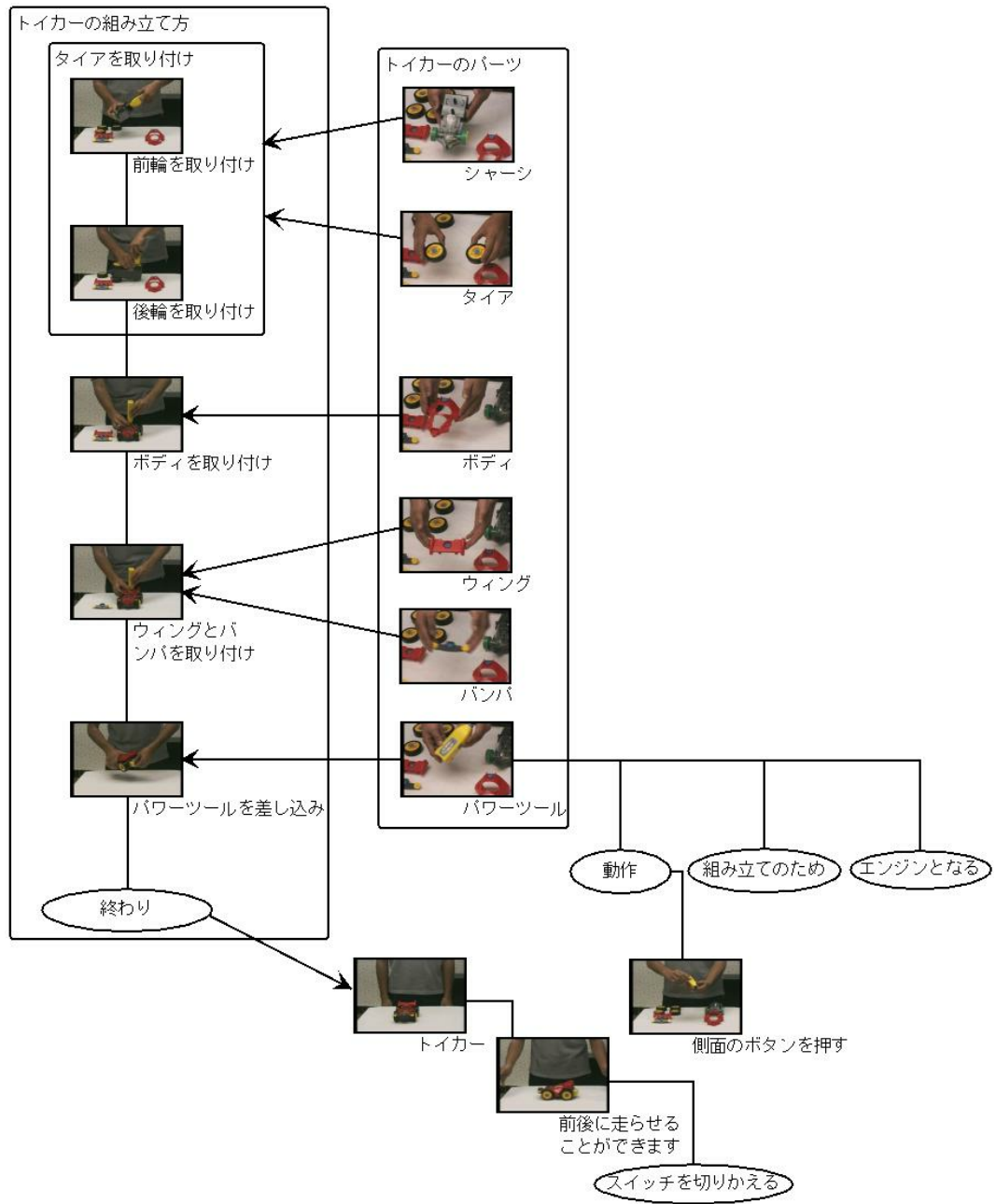


図 4.9: 概念図の提示 (マルチアングルを想定したもの)

表 4.2: アンケートで提示した選択肢

(1)	ある作業とその原材料 (入力物), またはある作業とそれによる製品 (出力物), もしくはその両方
(2)	原因と結果・因果関係
(3)	作業の手順や順序
(4)	あるものとその部品 (構成要素)
(5)	大まかなストーリーと, その中の細かい内容
(6)	同じものを意味する同値関係
(7)	あるものに説明を加える修飾関係
(8)	上記以外の関係
(9)	意味がわからない

との時間的な前後関係をつかむことができる．その様子が図 4.8 である．

また，システム実装上の問題から，図 4.5 のようなマルチアングルを扱った VID スクリプトには対応していないが，マルチアングルの映像をまとめた編集済みの映像を用いて擬似的に生成した概念図を図 4.9 に示す．

4.6 実験

4.6.1 映像の構造と図の対応関係の評価実験

本研究で設定した映像の意味的構造と図形パターンとの対応関係を評価するため，種々の概念図を被験者に解釈してもらう実験を行った．

まず，特定の関係が成立している対象を被写体とした 6 組のビデオアイコン群を用意した．それを図 4.14 に示す．ここで成立している関係は「過程の順序関係」「入出力の順序関係」，「集合の順序関係」「修飾関係」「同値関係」の 5 種類である．ただし「入出力の順序関係」には，一つの作業に対して入力があるものと，入力があるものの 2 つの場合を用意した．用いた図形パターンは，図 4.6 に示した 4 種類の図形パターンに，図 4.6(a) の矢線を線分に変えたものを加え，5 種類とした．なお，ここではビデオアイコンに文字列の説明を添えていない．これは，図形パターンとビデオアイコンの組み合わせだけで意味的な構造を表現する能力を確認するためである．

以上の設定により，6 種類のビデオアイコン群と 5 種類の図形パターンとの組み合わせで 30

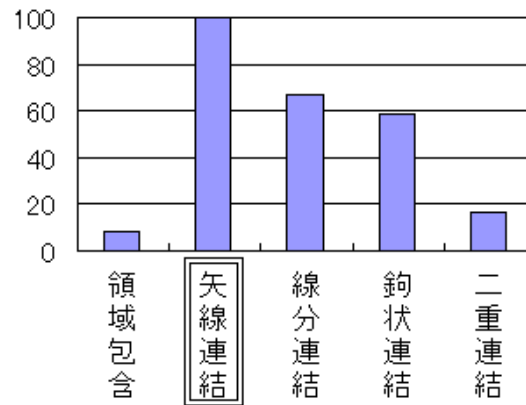


図 4.10: 「過程の順序関係」に対するアンケートの正答率 (縦軸は%): 「過程の順序関係」を 5 種の図で提示し, 被験者が「(3) 作業の手順や順序」を正しく選んだ割合.

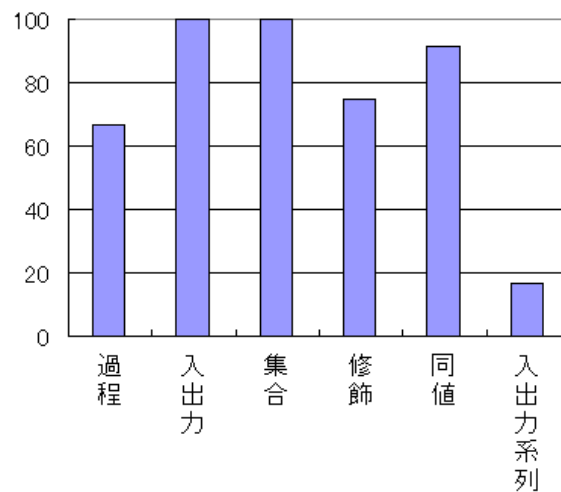


図 4.11: 各意味的關係に対する正答率 (縦軸は%)

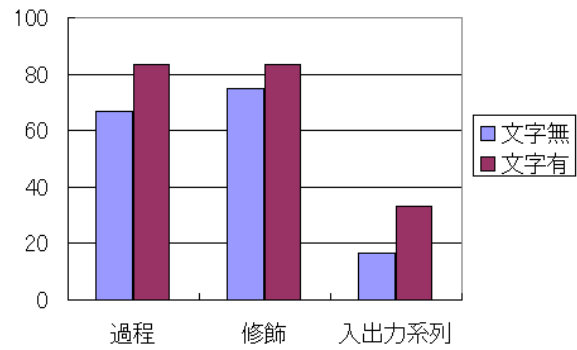


図 4.12: 文字 (キャプション) の有無による正答率の比較

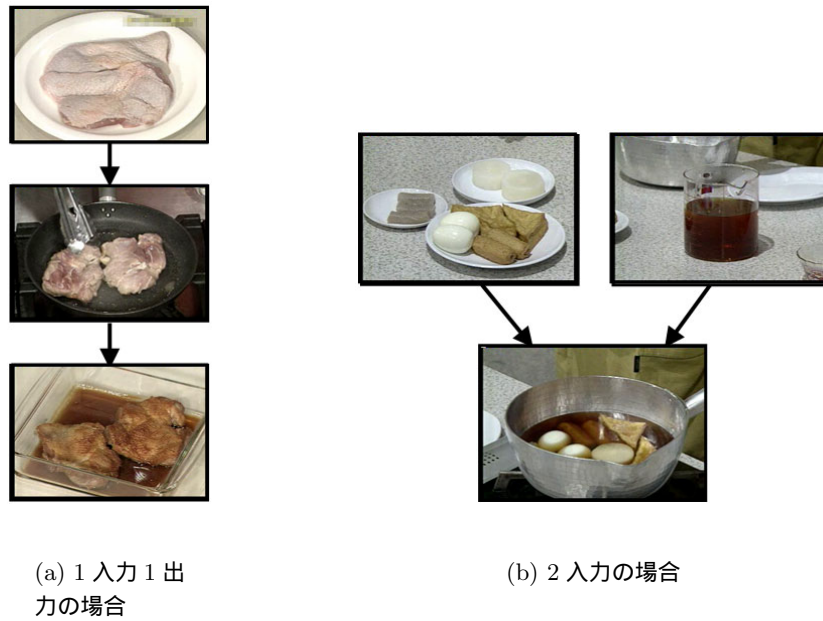


図 4.13: 入出力の順序関係を提示した例

過程の順序関係



入出力の順序関係 (1 入力 1 出力)



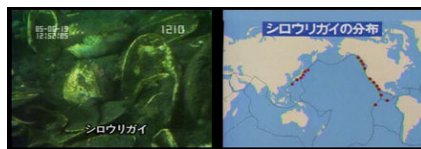
入出力の順序関係 (2 入力)



集合の順序関係



修飾関係



同値関係



図 4.14: 評価実験に使用したビデオアイコン群

通りの概念図が得られる．得られた概念図を 12 名の被験者に見せ，それが表わす関係を表 4.2 の 9 つの選択肢の中から選んでもらった．その結果から，対象間の関係を被験者が正しく概念図から読み取ることができる割合を調査した．

「過程の順序関係」を 5 種の図形パターンで表現した場合の正答率（この場合は表 4.2 の中から (3) を選んだ割合）を図 4.10 に示す．表 3.6 で設定した対応関係（矢線連結）を用いた場合には，全ての被験者に正しく解釈されているが，それ以外の場合には正答率が悪くなっていることがわかる．他の関係でも同様の傾向が見られ，まぎらわしい例「入出力の順序関係（1 入力）」を除き，我々の設定した図形パターンを用いた場合に最も正答率が高くなった．これにより，適切な図形パターンを用いることの重要性が確認できる．

6 種類のビデオアイコン群について，我々が設定した対応関係を用いた場合の正答率を図 4.11 に示す．「入出力の順序関係（2 入力）」、「集合の順序関係」，「修飾関係」の 3 つは被験者の 90% 以上が正答したが，残りの 3 つの関係については，正しく解釈しなかった被験者も多かった．そのため，ビデオアイコンに内容を表現する文字列（キャプション）を添えて再実験を行った．付け加えたキャプションは，各ビデオアイコンを一単語もしくは一文節で説明するものとした．その結果を図 4.12 に示す．それぞれ正答率が向上したことから，キャプションは正しい解釈を誘導する効果があることがわかる．

ただし「入出力の順序関係（1 入力）」に関しては，キャプションを加えても依然として正答率が低くなっている．図 4.13(a) のような図では「過程の順序関係」と「入出力の順序関係」との区別がつきにくく「過程の順序関係」だと判断した被験者が多かったためである．つまり，表 4.2(1) の「入力物」が「手順」を表わすシンボルとして解釈された結果である．このように，区別のつきにくい関係間の解釈の違いで大きな問題が生じる場合は少ないと考えられるが，概念図の表現能力としては問題が残っていることになる．この問題を解決する方法としては，図形の形状や色を変えることによって「入出力」と「過程」の違いを強調すること等が考えられる．

4.6.2 ビデオインデックスとしての評価実験

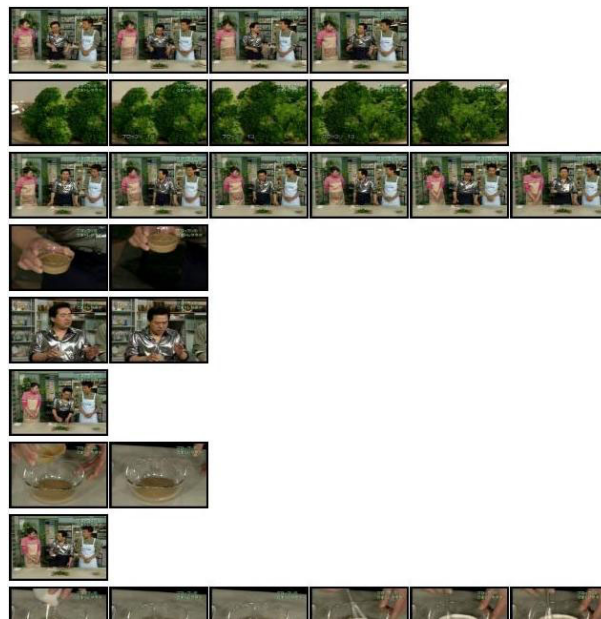
本研究で提案する VID の有効性，とりわけ映像インデックスとしての有効性を検証するために，次のような評価実験を行った．ある映像の内容について簡単な質問を 6 問出題し，試作システムを使って解答させた．試作システムは Windows が動作する計算機で動作させ，またタッチパネル付のモニタを入力デバイスとして用いることで，マウス操作に慣れていない被験者にも扱えるよう配慮した．評価内容として，解答に要する時間，正答率，事後のア

表 4.3: 比較実験における被験者と提示形態の組合せ

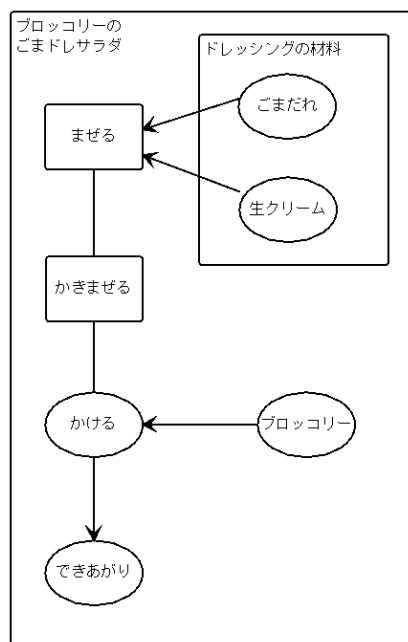
被験者	手順の映像組	教育番組
A 群	SceneMap	VID
B 群	文字のみ概念図	SceneMap
C 群	VID	文字のみ概念図
D 群	SceneMap	文字のみ概念図
E 群	文字のみ概念図	VID
F 群	VID	SceneMap

表 4.4: 被験者に示した主観評価項目

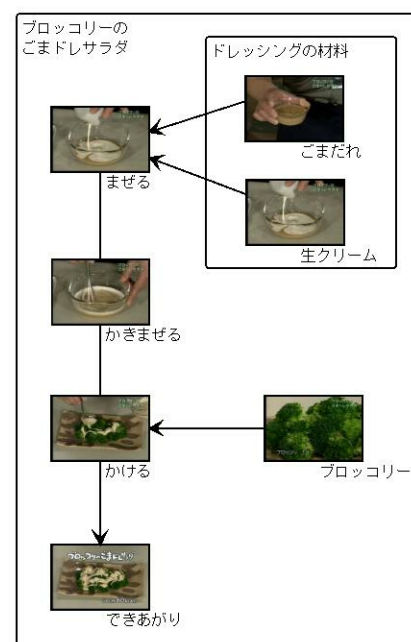
(1)	直観的に見やすかったですか .
(2)	全体の様子は見やすかったですか .
(3)	欲しい映像を探し出しやすかったですか .
(4)	ストーリーの流れが分かりやすかったですか .
(5)	どこが必要な部分なのか見分けやすかったですか .
(6)	不必要な部分を無視しやすかったですか .
(7)	注目している部分の前後 (周囲, 近隣) が見やすかったですか .
(8)	図から映像中の各部分の内容は読みとれましたか .



(a) SceneMap(一部を抜粋)



(b) 文字のみの概念図



(c) VID

図 4.15: 提示する 3 形態：短い料理番組を可視化したもの

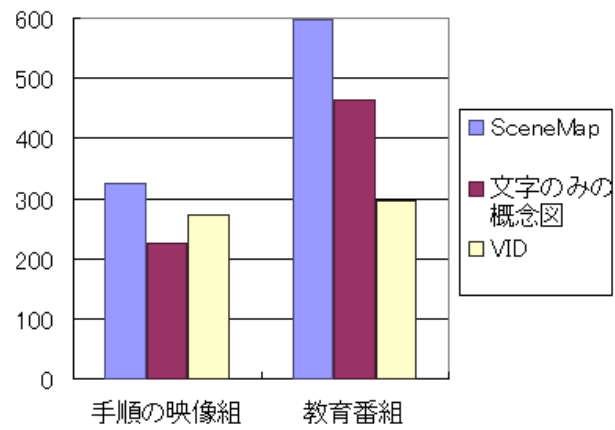


図 4.16: 解答に要した時間の平均 (秒)

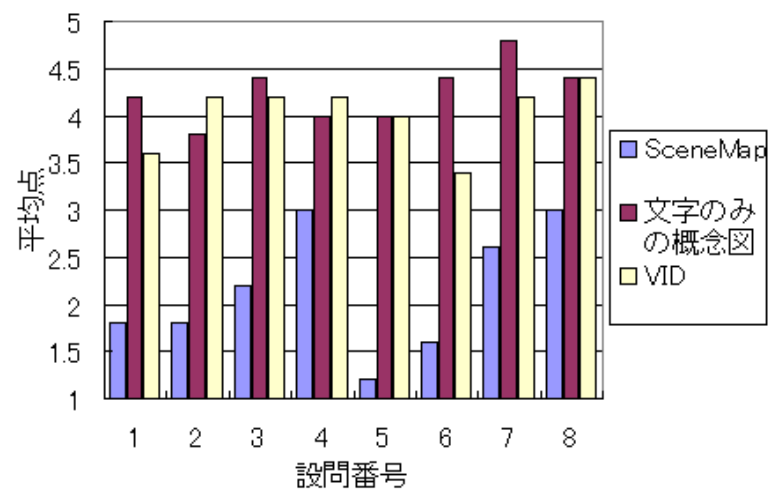


図 4.17: 主観評価アンケートの平均点

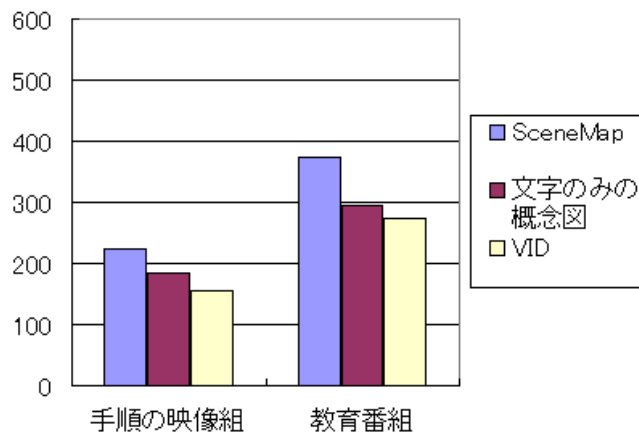


図 4.18: 一度映像を試聴した場合の解答に要した時間の平均 (秒)

ンケートによる主観評価を集計した。用いた映像は、以下の2種類である。

手順の映像: 料理番組「えびのキャベツ包み焼き」(3分半)と工作番組「車のおもちゃの組み立て」(3分)の組み

一般的な教育番組: 小学校6年生用の理科教育番組「地動説」(15分)

映像のそれぞれについて「SceneMap³」、「文字のみの概念図⁴」、「VID」の3形態のいずれかを提示した。参考までに、付録の図 B.15～B.17 は教育番組の要点を記述した VID スクリプトで、そこから生成された VID が図 B.18 である。被験者は工学系の大学院生または学部生12名で、これを6グループに分けて表 4.3 に示す組み合わせで実験を行った。主観評価のアンケートは表 4.4 のような質問からなり、5段階(1～5点)の評価点を付ける形式とした。

所要時間を集計した結果を図 4.16 に、主観評価を集計した結果を図 4.17 に示す。なお、問題には全員が正答した。図 4.16 に示すように、概念図を用いると SceneMap と比べて短い時間で必要な映像部分にアクセスすることができる。

次に、文字のみの概念図と VID の差を明らかにするために、一度見た映像に関して検索を行う実験を行った。全ての被験者に対して、事前に映像を見せること以外は上記の実験と同じである。

³文献 [17] で「ビデオべた」として提案された手法。ここでは、映像のフレーム画像を2秒おきに取り出し、時系列に横方向へ並べた。シーンチェンジ時に改行する。左一列を見ることにより大まかなショット構成がわかり、右列を見ればショット内の変化がわかる、良い映像表現となっている。

⁴ビデオアイコンを用いない概念図(図形と文字列だけの VID)。

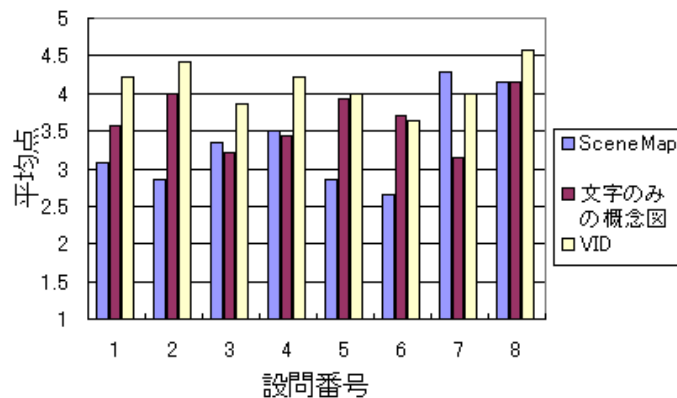


図 4.19: 一度映像を試聴した場合の主観評価アンケートの平均点

実験の結果を図 4.18, 4.19 に示す．上記の実験結果と比べ，所要時間，主観評価，各々において，VID の優位性がはっきりしている．

4.6.3 考察

前節の評価実験結果より，本研究が提案する VID は，必要な映像へ到達する時間が少ないこと，つまりインデックスとしての能力が優れていることがわかる．文字のみの概念図も良い結果を示し，これは図の形態そのものがインデックスとして優れていることを示している．

また，概念図の方が劣る項目も見られ，初めて見る映像のインデックスとして使う場合には，ビデオアイコンの効果がそれほど顕著には現れないことを示している．しかし，一旦見たことがある映像の内容を想起し，必要な部分を探し出すための提示形態として，概念図が他の形態より優位であることも明らかである．

参考までに，ビデオインデックスとしての評価実験の実験後，被験者から記述により寄せられたコメントの一部を紹介する．

SceneMap に対して：

- 一度映像を見ていると，時間軸が明確なのでわかりやすい
- 映像だけでなく文字の説明も欲しい
- ビデオの無駄な部分から再生してしまう．欲しい情報が話されるまで待つ必要がある
- 画像が多すぎてどこが必要な情報なのかわかりにくい（同意見複数）

文字のみの概念図に対して：

- 慣れればこれでもかなりわかりやすい
- 画像があったほうが映像との対応がとりやすい
- 文字のみは判断しやすかったが映像が長くなるとわかりにくいと思う．
- 文字だけよりは画像があったほうがよい
- 文字を読んでそのシーンを頭に描くことに時間がかかった．重要なところの説明は，映像を見なくても思い出せた．
- 実際に画像がある他の資料と比べると，見た映像を思い出しづらくわかりにくい

VID に対して：

- 映像と文字が複合しておりわかりやすい（同意見複数）
- 探したい映像がすぐ見つかった
- 画像間のつながり（流れ）は SceneMap のほうがわかりやすかった
- 似たようなシーンが二つあったので，ビデオアイコンがあると混乱する．

これらのコメントでも示されているが，VID が優位な点として，画像と文字の複合による一覧性の高さと記憶想起のしやすさがあげられる．画像だけではどこが必要な映像なのかが判断しにくく，一方で文字だけではそれがどのようなシーンだったかが想起しにくいいためである．一方で，SceneMap では時間軸が明確に示されているために，映像そのものの流れについては概念図に劣らずわかりやすい．また，文字のみの概念図では，ビデオアイコンの画像を見て対象を推測する必要がないために，見たい対象の名称がわかっている場合では対象を探しやすいと考えられる．

4.7 結論

この章では，概念図を用いて映像の概要を分かりやすく提示する VID を提案した．この枠組みでは，映像断片の代表画像をビデオアイコンとし，映像中の意味的構造をビデオアイコンを用いた概念図，VID として表現する．そのための概念図の図形パターンの分類と，それに対応する映像の意味的構造を分類し記述する手法について述べた．また，これらの対応

関係を用いて概念図を生成し提示するシステムについて紹介し、映像を一覧するための要約表現としての有効性を実験を通して検証した。

この枠組みは、映像を効果的に提示する教育支援ツールなどへ応用することが期待できる。しかし、実際にこのシステムを種々の目的に利用するためには、映像シナリオへのタグ付けにかかるコストが問題となる。映像にタグを付ける時間を計測したところ、平均的には映像のもつ時間の2～3倍程度の時間を要する。この問題を解決するためには、自然言語処理や画像処理などの技術を援用することでそのようなコストを削減する必要がある。

第5章 結論

本研究では、文書・映像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、概念図を構成する図形パターンを分類し、その図形パターンに対応する文書・映像の意味的構造を分類・記述するタグセットを設定した。文書・映像の意味的構造と図形パターンの間の対応関係を用いて、概念図を生成するシステムを構築し、提示される複合メディアの有用性を検証した。

5.1 研究の成果・新規性

本研究の新規性は次のようにまとめられる。

- 文書・映像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パターンとの対応関係を設定し利用することで図生成を行ったこと
- 多対多の対応関係を用いることで、ユーザの要求に応じて概念図の構成を変えられるようにしたこと
- 文書・映像へのタグ付加によって、概念図の生成と、文書・映像と図の間のリンク付けを同時に自動処理できるようにしたこと

これらによって、文書・映像の構造を表現する概念図を生成することができ、またハイパーリンクを含む複合メディアを自動的に生成することができた。この枠組みにより得られた複合メディアは、文書や映像を一覧するための要約表現として有効であるだけでなく、ハイパーリンクをたどることでビジュアルインデックスとして利用でき、文書・映像へアクセスするためのユーザインタフェースとして有用である。

これらの有用性を検証するために評価実験を行ったところ、複合メディアは従来研究で提案されてきたメディアと比べて一覧性が高く、人間が短い時間で必要な情報へアクセスできることを確かめた。また映像に適用した場合には、ビデオアイコンにより過去に見た映像の記憶を想起させやすい、といった効果が明らかとなった。

5.2 今後の課題

しかし、この枠組みをさまざまな目的へ応用するためには、いくつかの問題点が残っており、今後の課題としている。それは次のようになる。

1. 文書・映像にタグを付けるコストに関する問題
2. 個人や文脈に適応した図形パターンが選択されない問題
3. 図の要約に関する問題
4. 図のレイアウトアルゴリズムに関する問題
5. 図から文書・映像の構造への逆変換に関する問題

1. は実用上最も重要な問題である。現在の枠組みでは、文書・映像の内容を人間が直接作図した場合と比べ、1.5～2 倍の時間がかかる。この問題に対処するため、自然言語処理・画像処理等の援用や、他目的のタグから本研究で提案したタグへ変換する技術が必要になる。3.5.4 項では、GDA のタグ付文書から変換することを試みたが、変換に必要なタグセット間の対応関係が不十分で、満足な数の変換結果を得ることはできなかった。今後はその対応関係を増やしていく必要がある。また、タグを付けるコストに見合ったメリットを享受できるアプリケーションを提案することも重要である。

2. は、対応関係を固定している限り避けられない問題である。多対多の対応関係は、複数の関係がこみいった構造に対処できるが、個人の趣向等を反映させることはできない。この問題に対応するためには、個人の趣向や文脈を判断することで、関係の優先順位を適切に設定したり、構造と図形パターンとの対応関係を動的に変更するような仕組みが必要である。

3. の問題は、長大で内容の多い文書・映像を図化する際に顕在化する。例えば、書籍や長編映画の全体を可視化すると、多数の要素からなる巨大で見にくい図になってしまう。そのため、あまり重要でない部位については図化せず省略するような要約処理が必要である。しかしその処理のためには次のような課題が残っている。

- どの要素・関係を重要でないと判断するか
自動化することが難しい問題であり、人間の意図通りに要約するには各要素・各関係ごとに重要度を設定する必要がある。
- 省略される要素と周辺要素との関係をどのように処理するか
例えば、一連の流れ関係の中間要素を省略するとき、この流れを分断させないためには、省略されない要素の間に新たな関係を生成する必要がある。

- 要約後にレイアウトを変更する機構
省略によって見やすいコンパクトな図になるよう、要素を再配置する必要がある
- 注目部位の周辺の省略を解除する機構
要約処理は図全体が見やすくなる反面、詳細な部位が隠蔽される。そこで、ユーザが注目する部位に関しては必要に応じて周辺の省略を解除することが望ましい。

4. として、力学的モデルを用いた現状のレイアウトアルゴリズムには振動が発生する等の問題がある。そのため、複数のレイアウトアルゴリズムを組み合わせる等の工夫が必要である。例えば、図形要素間の相対的な位置関係からヒューリスティクスに基づいて大まかな配置を行い、次に力学的モデルを用いて微調整する手法が考えられるが、これは今後の課題である。

5. の逆変換とは、この複合メディア上で図を編集・操作する行動から、その人間の意図を認識、それに従って文書・映像の内容を改変する機能をさす。この機能を実現することができれば、より広範なアプリケーションへ適用することができる。例えば、概念図を編集・操作することで文書・映像の内容を自動編集するオーサリング支援システムなどが考えられる。

5.3 応用例

前節で述べた課題が残っているものの、本論文で提案する複合メディアを用いて、次のような応用システムを実現することが考えられる。

- 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
- 料理や組立て作業等を説明する映像マニュアル
- 溜めこんだ映像を早見するビデオザッピングツール
- 教科書や映像教材の要点を効果的に提示する教育支援システム
- 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
- 映像の流れを図で見ながら編集できるビデオエディタ
- 文書ライブラリや映像アーカイブなどを可視化し扱いやすくするためのユーザインタフェース

このような応用システムによって，人間のさまざまな知的活動，例えば情報検索や内容理解，知識の表現・思考の外化などの過程を支援し，効率化することが期待できる．

謝辞

約6年間にわたって懇切丁寧な御指導と叱咤激励を賜りました本学機能工学系・大田友一教授および中村裕一助教授に深く感謝致します。両先生には研究の方向性に数多くの示唆をいただき、またさまざまな場面で厳しくも的確な御助言をいただきました。

筑波大学機能工学系 鬼沢武久教授、筑波大学電子・情報工学系 西原清一教授、国立情報学研究所ソフトウェア研究系 佐藤真一助教授には、本論文の審査にあたって数多くの貴重な助言・討論をいただきました。ここに感謝の意を表します。

また、研究を進めるにあたり数々の助言・議論をいただき、さまざまな実験に参加・協力していただいた本学画像情報研究室の皆様、OB・OGの皆様に深く感謝します。

最後に、家族からは温かい支援を、本学工学研究科・理工学研究科の友人達からは良き刺激を、そして筑波大学混声合唱団の皆様からは非常に有意義な学生生活を与えていただきました。私の研究生生活の精神的支えとなってくれた彼らに、心より感謝します。

参考文献

- [1] 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).
- [2] Kamada, T. and Kawai, S.: A General Framework for Visualizing Abstract Objects and Relations, *ACM Trans. on Graphics*, Vol. 10, No. 1, pp. 1–39 (1991).
- [3] Cyre, W. R., Balachandar, S. and Thakar, A.: Knowledge Visualization from Conceptual Structures, in *Proc. Second Int'l. Conf. on Conceptual Structures*, pp. 275–292 (1994).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] Hashida, K.: Global Document Annotation, in *In Natural Language Processings Pacific Rim Symposium '97*, <http://www.etl.go.jp/etl/nl/GDA/> (1997).
- [7] Lassila, O. and Swick, R.: Resource Description Framework(RDF) Model and Syntax Specification, W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/PR-rdf-syntax/> (1999).
- [8] Pepper, S. and Moore, G.: XML Topic Maps(XTM) 1.0, <http://www.topicmaps.org/xtm/1.0/xtm1-20010806.html>.
- [9] 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).
- [10] 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ンタフェース, 非破壊検査, Vol. 44, No. 10, pp. 791–796 (1995).

- [11] Batini, C., Nardelli, E. and Tammaia, R.: A Layout Algorithm for Data Flow Diagrams, *IEEE Trans. Software Engineering*, Vol. 12, No. 4, pp. 538–546 (1986).
- [12] Kalra, D.: A Constraint-Based Figure-Maker, in *EUROGRAPHICS '90* (1990).
- [13] Kosak, C., Marks, J. and Shiebar, S.: Automating the Layout of Network Diagrams with Specified Visual Organization, *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 24, No. 3, pp. 440–454 (1994).
- [14] Eichelberger, H.: Aesthetics of Class Diagram, in *Proc. of the 1st IEEE Int'l. Workshop on Visualizing Software for Understanding and Analysis(VISSOFT2002)*, pp. 23–31 (2002).
- [15] 中村裕一, 外村佳伸: 見たい部分を簡単に短時間で～気の利いた映像メディア技術を目指して～, *電子情報通信学会誌*, Vol. 82, No. 4, pp. 346–353 (1999).
- [16] Smith, M. and Kanade, T.: Video Skimming and Characterization Through the Combination of Image and Language Understanding Techniques, *IEEE CVPR*, pp. 775–781 (1997).
- [17] 外村佳伸, 谷口行信, 阿久津明人: Paper Video: 紙を用いた新しい映像インタフェース, *IE 94-59, 信学技報* (1994).
- [18] Yeung, M. M., Yeo, B. L. and Liu, B.: Extracting Story Units from Long Programs for Video Browsing and Navigation, in *IEEE Int'l. Conf. on Multimedia Computing and Systems 1996*, pp. 296–305 (1996).
- [19] Uchihashi, S., Foote, J., Girgensohn, A. and Boreczky, J.: Video Manga: Generating Semantically Meaningful Video Summaries, in *ACM Multimedia '99*, pp. 383–392 (1999).
- [20] *The ACL workshop on Intelligent Scalable Text Summarization* (1997).
- [21] 永野賢: 文章論総説: 文章論的思考, 朝倉書店 (1986).
- [22] Cyre, W. R.: Capture, Integration, and Analysis of Digital System Requirements with Conceptual Graphs, *IEEE Trans. Knowledge and Data Engineering*, Vol. 9, No. 1, pp. 8–23 (1997).

- [23] Cyre, W. R.: Executing Conceptual Graphs, in *Proc. Sixth International Conference on Conceptual Structures*, pp. 51–64 (1998).
- [24] 遠藤聡志, 大内東: 統合型発想支援システム: FISM, 人工知能学会誌, Vol. 8, No. 5, pp. 611–618 (1993).
- [25] 折原良平: 発想支援システム「知恵の泉」, 人工知能学会誌, Vol. 9, No. 2, pp. 248–257 (1994).
- [26] 角康之, 堀浩一, 大須賀節雄: テキストオブジェクトを空間配置することによる思考支援システム, 人工知能学会誌, Vol. 9, No. 1, pp. 139–147 (1994).
- [27] Harel, D.: On visual formalism, *Communications of ACM*, Vol. 31, No. 5, pp. 514–530 (1988).
- [28] 池田克夫: 知能情報メディアの実現に向けて, 知能情報メディア, 第 11 章, pp. 251–257, 総研出版 (1995).
- [29] 松本文夫: インフォメーション・スケープ プロジェクト GINGA, 日本バーチャルリアリティ学会 第 4 回大会論文集, pp. 31–34 (1999).
- [30] 三末和男, 杉山公造: 図的思考支援を目的とした複合グラフの階層的描画法について, 情報処理学会論文誌, Vol. 30, No. 10, pp. 1324–1334 (1989).
- [31] Tonomura, Y., A.Akutsu, , Otsuji, K. and Sadakata, T.: Video MAP and VideoSpace-Icon: Tools for Anatomizing Video Content, *Proc. INTERCHI* (1993).
- [32] Yeo, B.-L. and M.Yeung, M.: Retrieving and Visualizing Video, *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 12, pp. 43–53 (1997).
- [33] Wactlar, H., Kanade, T., Smith, M. and Stevens, S.: Intelligent Access to Digital Video: The Informedia Project, *IEEE Computer*, Vol. 29, No. 5 (1996).
- [34] Tim Bray, C.-M., Jean Paoli: XML 1.0 Specification, <http://www.w3.org/TR/REC-xml/> (1998).
- [35] 佐藤亮一, 田中一敏, 門田充弘, 山下紘一: 概念図作成支援のための図の意味記述, 知識工学と人工知能 59-15, pp. 131–138 (1988).

- [36] 浦本直彦, 武田浩一：インターネットでの情報の記述と交換方式の最近の動向, 人工知能学会誌, Vol. 13, No. 4, pp. 519–527 (1998).
- [37] 橋田浩一：インテリジェントコンテンツと知の共有化, 人工知能学会第 13 回全国大会, pp. (40)–(42) (1999).
- [38] 中村裕一, 向川康博：画像・映像の知的生成と編集, コンピュータビジョン, pp. 244–261, 新技術コミュニケーションズ (1998).
- [39] 中村裕一：コミュニケーションのための画像・映像処理, PRMU 99-252, 電子情報通信学会研究報告 (2000).

著者論文リスト

本研究に関する査読付論文

1. M.Murayama, Y.Nakamura, Y.Ohta:
“Diagram Generation from Tagged Texts toward Document Navigation”, Proc. 2001 IEEE International Conference on Multimedia and Expo.(ICME2001), FP0.05, pp.716-719, Aug. 2001.
2. M.Murayama, Y.Nakamura, Y.Ohta:
“Flexible Diagram Generation from Tagged Texts”, Proc. 6th International Conference on Knowledge-Based Intelligent Information & Engineering Systems(KES2002), Volume 1, pp.582-588, Sep. 2002.
3. 村山正司, 中村裕一, 大田友一: “DocScope: 文章の概覧性を高めるための概念図の生成と利用”, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.4, pp.1150-1162, 2003

投稿中の査読付論文

1. 村山正司, 中村裕一, 大田友一: “ビデオアイコンダイアグラム: 概念図による映像の意味的構造の表現と提示”, 人工知能学会論文誌

その他の参考文献

1. 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 回全国大会, 1L-2, 分冊 3, pp. 113-114, Oct.1998.
2. 中村裕一, 村山正司, 大田友一:
“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”, 電子情報通信学会第

- 4 回知能情報メディアシンポジウム, pp.31-38, Nov.1998.
3. 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”, 電子情報通信学会技術研究報告
OFS99-21, Jul.1999.
 4. 村山正司, 中村裕一, 大田友一:
“概念図の自動生成によるタグ付き文書の可視化”, 電子情報通信学会技術研究報告, TL99-
25, Oct.1999.
 5. 村山正司, 中村裕一, 大田友一:
“概念図の自動生成による文書内容の可視化-タグ付き文書からの自動変換-”, 電子情報
通信学会第 5 回知能情報メディアシンポジウム, pp.117-124, Nov.1999.
 6. 村山正司, 中村裕一, 大田友一:
“文章概覧のための概念図の自動生成手法”, 電子情報通信学会 2000 年総合大会, D-5-4,
Mar.2000.
 7. 村山正司, 中村裕一, 大田友一:
“映像の意味的構造を用いた空間展開手法”, 情報処理学会第 61 回全国大会, 5T-3, pp.59,
Oct.2000.
 8. 村山正司, 中村裕一, 大田友一:
“文書の意味的構造可視化のための文書タグ表現”, 電子情報通信学会 2001 年総合大会,
D-8-20, Mar.2001.
 9. 村山正司, 伊津野英克, 中村裕一, 大田友一:
“ビデオアイコンダイアグラムによる映像内容の構造表現”, 電子情報通信学会技術研
究報告 IE2001-25, Jul.2001.
 10. 村山正司, 中村裕一, 大田友一:
“タグ付け文書からの多様な概念図の生成”, 情報処理学会技術研究報告 DD32-4, Mar.2002.

付 録 A 意味的關係と図形パターンとの対応 關係の調査用紙

2.4.2 項で行ったアンケート調査の詳細について述べる。

アンケート用紙冒頭の但し書きは次のとおり。

各ページの「」内の文章を読み、それぞれの図が適切かどうか判断し、
良いと思う図の番号の欄に を記入してください。

[注意点]

- を付ける図はいくつでもかまいません。
- 適切な図がなければ、一つも が見つからないページがあってもかまいません。
- 文章全体の意味より、2 つの語句の間の關係を考慮してください。

A.1 被験者に提示した文章

但し書きのあとに被験者に提示した文章は 30 種で、それぞれ意味する關係は次のようになる。

「ペンギンは鳥類の一種です」:

「鳥類」「ペンギン」の間に構造型「順序」でドメイン「語義」の關係

「第三学群は筑波大学に属しています」:

「筑波大学」「第三学群」の間に構造型「順序」でドメイン「集合」の關係

「今期の売り上げは、半導体事業よりモバイル事業の方が高かった」:

「モバイル事業」「半導体事業」の間に構造型「順序」でドメイン「特性」の關係

「飼い犬は主人に忠実でした」:

「主人」「飼い犬」の間に構造型「順序」でドメイン「立場」の關係

「実験手法の後に考察と結論を述べよ」:

「実験手法」「考察と結論」の間に構造型「順序」でドメイン「内容」の關係

「人類の経済体制は、封建制から資本主義に移行した」:

「封建制」「資本主義」の間に構造型「順序」でドメイン「時間」の關係

- 「CO₂の増大は地球温暖化を招きます」:
- 「CO₂の増大」「地球温暖化」の間に構造型「順序」でドメイン「因果」の関係
- 「2ストローク・ガソリンエンジンの作動には主に2段階の過程がある
- 吸気圧縮ストローク、燃焼排気ストロークである」:
- 「吸気圧縮」「燃焼排気」の間に構造型「順序」でドメイン「過程」の関係
- 「ウラン燃料は、六フッ化ウランを濃縮・再転換することで生成されます」:
- 「六フッ化ウラン」「ウラン燃料」の間に構造型「順序」でドメイン「入出力」の関係
- 「太平洋ベルト地帯には、北から順に東京・大阪という大都市圏が並んでいます」:
- 「東京」「大阪」の間に構造型「順序」でドメイン「空間」の関係
- 「日本語の構文解析で重要なのは文の述語です」:
- 「文の述語」「構文解析で重要」の間に構造型「修飾」でドメイン「語義」の関係
- 「国際空港は国内に4ヶ所あります」:
- 「国際空港」「4ヶ所」の間に構造型「修飾」でドメイン「集合」の関係
- 「ダイズは高たんぱく質です」:
- 「ダイズ」「高たんぱく質」の間に構造型「修飾」でドメイン「特性」の関係
- 「課長はしがない管理職だよ」:
- 「課長」「管理職」の間に構造型「修飾」でドメイン「立場」の関係
- 「新作映画の内容は、いわゆるSFものでした」:
- 「新作映画」「SFもの」の間に構造型「修飾」でドメイン「内容」の関係
- 「東京駅行きは13時発です」:
- 「東京駅行き」「13時発」の間に構造型「修飾」でドメイン「時間」の関係
- 「飛行機の主翼は空を飛ぶための揚力を生む」:
- 「主翼」「揚力を生む」の間に構造型「修飾」でドメイン「因果」の関係
- 「ジェットエンジンの排気駆動過程では、タービンを使用します」:
- 「排気駆動過程」「タービンを使用」の間に構造型「修飾」でドメイン「過程」の関係
- 「興銀・朝銀に投入されたのは公的資金でした」:
- 「興銀・朝銀」「公的資金」の間に構造型「修飾」でドメイン「入出力」の関係
- 「つくば市は首都圏北東に位置する」:
- 「つくば市」「首都圏北東」の間に構造型「修飾」でドメイン「空間」の関係
- 「記憶とStorageは同義語です」:
- 「記憶」「Storage」の間に構造型「同値」でドメイン「語義」の関係
- 「野村グループの中では、野村証券と野村総研は同格です」:
- 「野村証券」「野村総研」の間に構造型「同値」でドメイン「集合」の関係
- 「この実験から得られた測定値は、計算で求めた理論値と等しかった」:
- 「測定値」「理論値」の間に構造型「同値」でドメイン「特性」の関係
- 「この問題に関しては、外務大臣とNGOは同じ立場にあった」:
- 「外務大臣」「NGO」の間に構造型「同値」でドメイン「立場」の関係
- 「この缶詰とその瓶詰は同じですよ」:
- 「この缶詰」「その瓶詰」の間に構造型「同値」でドメイン「内容」の関係

「正午は 12 時のことです」:

「正午」「12 時」の間に構造型「同値」でドメイン「時間」の関係

「今年の冷夏と去年の暖冬の原因は、実は同じものであった」:

「今年の冷夏」「去年の暖冬」の間に構造型「同値」でドメイン「因果」の関係

「2 サイクルエンジンの吸気過程と排気過程は、同じものです」:

「吸気過程」「排気過程」の間に構造型「同値」でドメイン「過程」の関係

「溶鉱炉には鉄鉱石とコークスの双方を投入します」:

「鉄鉱石」「コークス」の間に構造型「同値」でドメイン「入出力」の関係

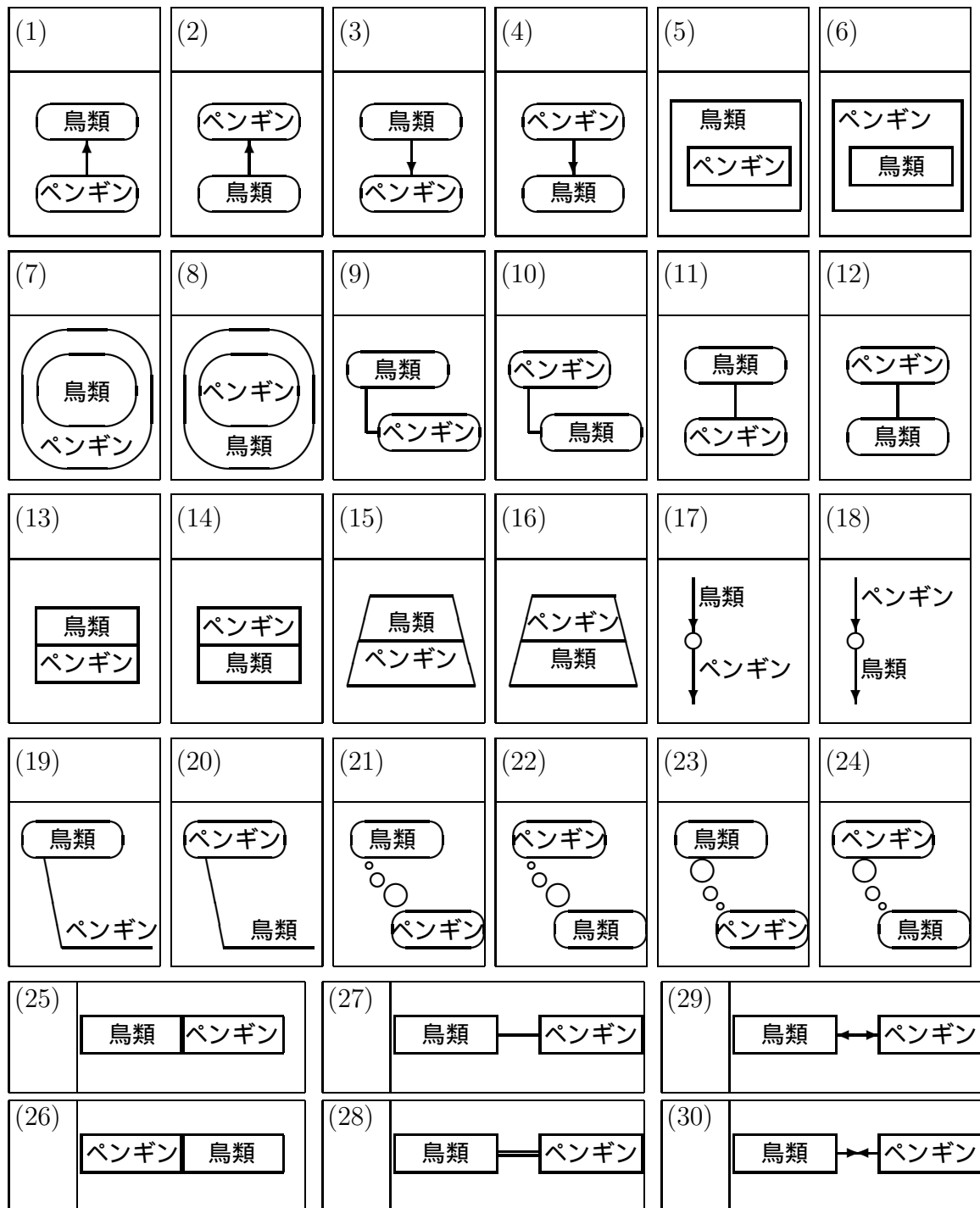
「経理部と総務部は、同じ階にございます」:

「経理部」「総務部」の間に構造型「同値」でドメイン「空間」の関係

これらの文章を 30 種の図でそれぞれ表現し、被験者にどれが良いか複数選択させた。図で表現した例を次ページにあげる。

A.2 被験者に提示した図的表現

「ペンギンは鳥類の一種です。」



付 録 B タグ付き文書と図化結果の例

本研究で提案したタグ付き文書の全文は，論文本体に載せるには長すぎるため，この付録で示す．

図 B.1，図 B.2，図 B.3 は，3.5.1 項で図化対象としたタグ付き文書である．

図 B.4～B.6 は 3.5.2 項で評価実験に用いた資料 2 にタグを付けた文書で，図 B.7 はそれを図化したものである．同様に図 B.8～B.10 は資料 3 にタグを付けた文書で，図 B.11 はそれを図化したものである．

図 B.15～B.17 は教育番組の内容を記述した VID スクリプトで，図 B.18 はそれを図化した VID である．図 B.12～B.14 は，4.7 で示した VID の基となった VID スクリプトである．これらの VID は 4.6.2 項の評価実験で被験者に提示した．

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.

第二条 甲乙間の子 <n id="yosiko">山田佳子</n> (<n id="hei">丙</n>) の <n id="sinken">親権者及び監護権者</n> を乙とする. 乙は丙の監護権者となり, 成年に達するまでこれを <n id="hikitori">引き取り養育</n> する.

第三条 甲は乙に対し, 丙の <n id="youiku">養育費</n> として <n id="from"> 年 月 より</n> <n id="to">丙が成年に達する日の属する月まで</n>, <n id="xmanen">毎月 X 万円</n> ずつ, 毎月末日限り丙名義の口座に振込み送金して <n id="harau1">支払う</n>. 上養育費は, 物価の変動その他事情の変更に応じて甲乙 <n id="kyougi1">協議のうえ</n> <n id="zougen">増減できる</n> ものとする.

第四条 乙が, 丙の傷病のため特別に出費したときは, 甲は乙の請求により, その費用を直ちに支払う.

第五条 甲は乙に対し, <n id="isyaryo">離婚による慰謝料として</n>, <n id="ymanen">金 Y 万円</n> を 年 月 日までに <n id="harau2">支払う</n>.

第六条 甲は乙に対し, <n id="bunyo1">離婚による財産分与として</n>, <n id="zmanen">金 Z 万円</n> を 年 月 日までに <n id="harau3">支払う</n>.

第七条 甲は乙に対し, <n id="bunyo2">離婚による財産分与として</n>, その所有に属する別記 <n id="hudosan">不動産</n> を <n id="joto">譲渡</n> し, 年 月 日までに, 乙のために所有権移転登記手続きをする.

第八条 乙は甲に対して, 甲が丙と <n id="mensetu">面接交渉する</n> ことを <n id="mitomeru">認める</n>. 面接交渉の日時, 場所, 方法は, 丙の福祉を害することのないよう, 甲乙が協議して決める.

第九条 甲, 乙は, <n id="sadameta">本契約に定めた以外</n> には相手方に対して <n id="seikyu">何らの請求をしない</n> ことを <n id="kakuyaku">相互に確約</n> した.

第十条 甲は, 本書記載の金銭 <n id="rikou">債務を履行しないとき</n> は, 直ちに <n id="hukusuru">強制執行に服する</n> 旨を認諾した.

図 B.1: 離婚に関する契約書にタグを付けた文書 (要素記述部分)

```

<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="position">
  <n role="object" nref="#yosiko" /><n role="relative" nref="#hei" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="content">
  <n role="object" nref="#xmanen" /><n role="modifier" nref="#youiku" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#xmanen" /><n role="modifier" nref="#from" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#xmanen" /><n role="modifier" nref="#to" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="content">
  <n role="object" nref="#ymanen" /><n role="modifier" nref="#isyaryo" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="content">
  <n role="object" nref="#zmanen" /><n role="modifier" nref="#bunyo1" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="content">
  <n role="object" nref="#hudosan" /><n role="modifier" nref="#bunyo2" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#kou" /><n role="modifier" nref="#hukusuru" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#hukusuru" /><n role="modifier" nref="#rikou" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#rikon" /><n role="modifier" nref="#goui" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#kakuyaku" /><n role="modifier" nref="#seikyu" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#seikyu" /><n role="modifier" nref="#sadameta" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#youiku" /><n role="modifier" nref="#zougen" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#zougen" /><n role="modifier" nref="#kyougil" />
</relation>

```

図 B.2: 離婚に関する契約書にタグを付けた文書（関係記述部分・前半）

```

<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#kou" /><n role="lower" nref="#xmanen" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#kou" /><n role="lower" nref="#ymanen" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#kou" /><n role="lower" nref="#zmanen" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#xmanen" /><n role="lower" nref="#otu" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#ymanen" /><n role="lower" nref="#otu" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#zmanen" /><n role="lower" nref="#otu" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#kou" /><n role="lower" nref="#hudosan" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#hudosan" /><n role="lower" nref="#otu" />
</relation>

<relation structure="order" domain="process">
  <n role="object" nref="#kou" /><n role="relative" nref="#otu" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="object" nref="#kou" /><n role="relative" nref="#hei" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="other">
  <n role="object" nref="#kou" /><n role="relative" nref="#otu" />
  <n role="direct" nref="#kakuyaku" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="other">
  <n role="object" nref="#kou" /><n role="relative" nref="#otu" />
  <n role="direct" nref="#rikon" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="object" nref="#otu" /><n role="modifier" nref="#hei" />
  <n role="content" nref="#hikitori" />
</relation>

```

図 B.3: 離婚に関する契約書にタグを付けた文書（関係記述部分・後半）

<p><n id="kougyou">工業所有権</n></p> <p><n id="kougyou">工業所有権</n>には<n id="tokkyo">特許権</n>、<n id="jituyou">実用新案権</n>、<n id="isyu">意匠権</n>、<n id="syuhyou">商標権</n>の4つがある。</p> <p><n id="tokkyo">特許権</n>は<n id="hatumeihogo">発明を保護するための権利</n>で、権利の<n id="20nen">存続期間は出願日から20年</n>である。詳細は別項で説明する。</p> <p><n id="jituyou">実用新案権</n>は<n id="kouanhogo">考案（小発明）を保護するための権利</n>である。権利の<n id="6nen">存続期間は出願日から6年</n>と特許権より短い、<n id="tokkyo">特許権</n>と<n id="kotonari">異なり</n><n id="okonawarenai">実質的な要件審査が行われない</n>ため、<n id="souki">早期に登録される</n>ことを特徴とする。しかし、<n id="kasareru">権利行使に際しては様々な要件が課される</n>ため、特許権と比べると実効性のある場合は少なくなっている。</p> <p><n id="isyu">意匠権</n>は<n id="designhogo">物品の形態（デザイン）を保護するための権利</n>である。特許庁で審査を受けて、権利の<n id="15nen">存続期間は登録日から15年</n>間。</p> <p><n id="syuhyou">商標権</n>は、商品・サービスを表す<n id="brandhogo">標識（ブランド）を保護するための権利</n>。権利の<n id="10nen">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。ブランドは消費者の信用も保護するものであるため、権利が消滅して<n id="nise">偽ブランド品が出回ることは望ましくないから</n>だ。商標権は特定の名称やマークについて、使用する商品又はサービスを特定して、権利を取得することができる。</p> <p>特許権について詳しく見ていこう。特許権を取得すると、その発明については<n id="dokusen">絶対的な独占権が認められる</n>。例えば独自に発明したとしても、また特許権の存在を知らなかったとしても、<n id="dekinai">第三者は原則として特許発明を実施できない</n>という<n id="tuyoi">強い権利</n>である。</p> <p><n id="tokkyo">特許権</n>を取得するためには、特許庁への出願手続を行い、<n id="sinsa">特許庁での審査</n>を受けて、<n id="tokkyosei">特許性を認められることが要件</n>となる。</p> <p><n id="youken">特許の要件</n>として、技術レベルが高いか否かのみが判断基準であると誤解されていることもあるが、技術レベルについては要件の一つでしかない。</p> <p>主な要件は以下の通り。</p> <p><n id="hatumei">(1) 発明であること</n> 発明とは「<n id="teigi">自然法則を利用した技術的思想の創作</n>」と定義されている。従って、<n id="hakken">科学的発見</n>や、<n id="jini">人為的な取決め</n>、<n id="keizai">経済法則</n>などは<n id="naranai">特許の対象にならない</n>。</p> <p><n id="sinki">(2) 新規性があること</n> 特許出願前に、当該発明が発表されていたり、既に実施されたりしている場合には、例えば自社が公表したものであっても、原則として特許の対象にはならない。特許を取得する意向がある場合は、プレス発表やサービスのタイミングには注意しよう。</p> <p><n id="sinpo">(3) 進歩性があること</n> 新規性のある発明であっても、普通の技術者が<n id="yoi">容易に思いつくような発明は、特許の対象にならない</n>。‘容易’の判断については、主観的な側面もあるので判断が難しいが、審査基準や判例の蓄積による一定の基準があるので、弁理士等の専門家に相談することが得策。</p> <p><n id="sensyutu">(4) 他人より先に出願していること</n> 同一の発明について二つの出願がある場合、先に発明した者ではなく、先に出願した者が、原則として権利を取得することができる。従って、特許を取得したい発明については、なるべく早く出願しておくことが必要となる。出願を急ぐと、後で追加したい要素が生じる場合も少なくないが、出願から一年の間は、出願内容を補充する「国内優先権」という制度を利用することも可能だ。</p>
--

図 B.4: 工業所有権に関する文書にタグを付けた文書（要素記述部分）

```

<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#kougyou" />
  <n role="lower" nref="#tokkyo" /><n role="lower" nref="#jituyou" />
  <n role="lower" nref="#isyou" /><n role="lower" nref="#syouhyou" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#tokkyo" /><n role="modifier" nref="#hatumeihogo" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#tokkyo" /><n role="modifier" nref="#20nen" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#tokkyo" /><n role="modifier" nref="#tokkyosei" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#jituyou" /><n role="modifier" nref="#kouanhogo" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#jituyou" /><n role="modifier" nref="#6nen" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#jituyou" /><n role="modifier" nref="#kasareru" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#jituyou" /><n role="modifier" nref="#souki" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#okonawarenai" /><n role="lower" nref="#souki" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#isyou" /><n role="modifier" nref="#designhogo" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#isyou" /><n role="modifier" nref="#15nen" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#syouhyou" /><n role="modifier" nref="#brandhogo" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#syouhyou" /><n role="modifier" nref="#10nen" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#10nen" /><n role="modifier" nref="#kousin" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#nise" /><n role="lower" nref="#kousin" />
</relation>

```

図 B.5: 工業所有権に関する文書にタグを付けた文書（関係記述部分・前半）

```

<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#tokkyo" /><n role="relative" nref="#tuyoi" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#tuyoi" /><n role="modifier" nref="#dokusen" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#tuyoi" /><n role="modifier" nref="#dekinai" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#sinsa" /><n role="lower" nref="#tokkyosei" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="other">
  <n role="object" nref="#sinsa" /><n role="relative" nref="#okonawarenai" />
  <n role="direct" nref="#kotonari" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#tokkyosei" /><n role="relative" nref="#youken" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#hatumei" /><n role="relative" nref="#teigi" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#youken" /><n role="lower" nref="#hatumei" />
  <n role="lower" nref="#sinki" /><n role="lower" nref="#sinpo" />
  <n role="lower" nref="#sensyutu" /><n role="lower" nref="#teigi" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#naranai" /><n role="lower" nref="#hakken" />
  <n role="lower" nref="#jini" /><n role="lower" nref="#keizai" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#hatumei" /><n role="lower" nref="#naranai" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="object" nref="#sinpo" /><n role="modifier" nref="#youi" />
</relation>

```

図 B.6: 工業所有権に関する文書にタグを付けた文書（関係記述部分・後半）

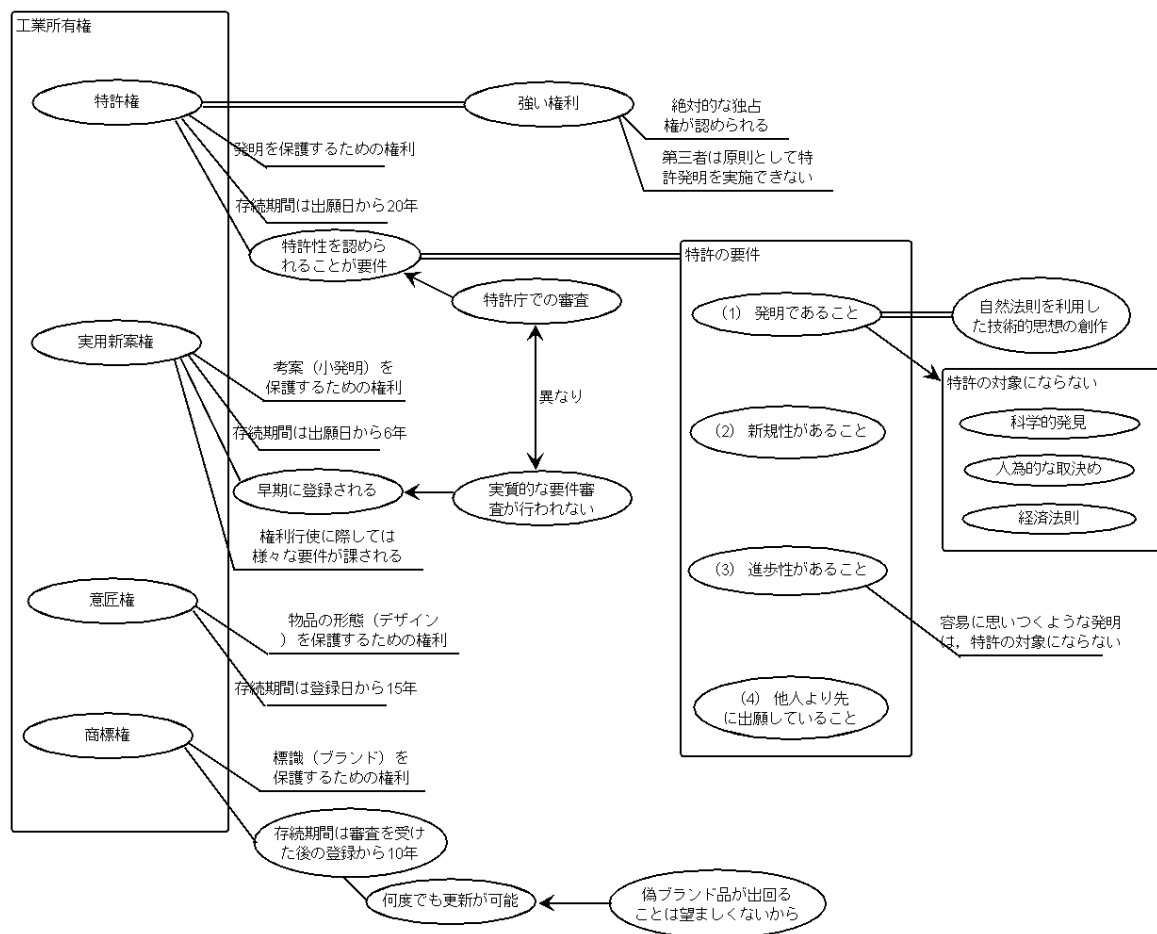


図 B.7: 工業所有権に関する文書を表現する図

ボクセル集合モデル

<n id="sanjigen">三次元的に中身のつまった</n><n id="data">計測対象データ</n>を<n id="volume">ボリューム</n>というが，計算機でこのようなボリュームを<n id="atukau">扱うには</n>，まず<n id="risanka">定義域を離散化</n>し格子状に変換した後，各格子点上での<n id="ryousika">フィールド値を量子化</n>するのが一般的である．このような<n id="digital">デジタル化処理</n>によって得られた<n id="space">ボリューム空間</n>の<n id="min">最小単位</n>を，<n id="voxel">ボクセル</n>とよぶ．

ボクセルは，<n id="raster">ラスタにおける</n><n id="pixel">ピクセルの三次元版</n>に他ならない．元のボリューム空間全体を<n id="hyougen">表現する</n><n id="atumari">ボクセルの集まり</n>を，<n id="set">ボクセル集合</n>とよぶ．計算や計測の原理によって異なるデジタル化の方式がとられるため，ボクセル集合の定義は一通りではない．まず銘記して欲しいことは，ボクセルは本来，<n id="kuukannai">三次元空間内</n>の<n id="mujigen">無次元の点</n>として<n id="content12"> </n><n id="model">モデル化</n>されることである．そこで，隣接する<n id="kakomareru">ボクセルによって囲まれる</n><n id="ryouiki">最小粒度の領域</n>を，ここでは<n id="cell">セル</n>とよび，ボクセルから明確に<n id="kubetu1">区別</n>する．

<n id="kintou">空間の各軸にそって均等に離散化</n>すれば，<n id="kisokuset">規則的ボクセル集合</n>が得られる．計算機トモグラフィのような画像計測によって得られる平行断面列から再構成される場合や，差分スキームによる数値計算の結果がこれにあたる．規則的ボクセル集合のセルは特別にキューブとよばれる．計測や計算の制限で，<n id="kotonaru">隣接ボクセルの間隔が場所によって異なる</n>場合には，<n id="tyokkouset">直交ボクセル集合</n>が得られる．また，表現対象の形状を近似するために，直交格子と同じ接続関係を保ちながらも，<n id="idou">各格子点の位置が移動されている</n>場合を，<n id="kyoukaiset">境界適合ボクセル集合</n>とよぶ．以上の三タイプをまとめて，<n id="kouzou">構造ボクセル集合</n>と称し，<n id="bunkatu">空間分割に規則のない</n><n id="hikouzou">非構造ボクセル集合</n>から<n id="kubetu2">区別</n>する．非構造ボクセル集合は，6面体や4面体などの要素を用いた有限要素法から生じる<n id="suuti">数値計算データの表現に用いられる</n>ことが多い．さらに，メッシュレス数値解法のデータ構造や統計データのように，各標本点を表わす<n id="mirarenai">ボクセル間に明確な接続関係が見られない</n>場合も考えられる．このような<n id="sanitu">散逸的ボクセル集合</n>は，三角形化を行えば非構造ボクセル集合に変換できるが，格子のあてはめを行わずに直接的に可視化する試みは，まだ始まったばかりである．

一般に，ボクセル集合の<n id="ookiku">容量はかなり大きくなる</n>．標準的な規則的ボクセル集合の一例として， $256 \times 256 \times 256$ 個の各ボクセルが，1バイトのフィールド値をもつケースを考えると，単体でも総容量は16Mバイトである．このボリュームデータが時系列として128タイムステップあれば，総容量は2Gバイトになる．さらに，数値シミュレーションでパラメタスタディを行うことを考えれば，あっという間にテラバイトオーダにまで達する．

ところで，どの格子構造のボクセル集合モデルでも，離散化によって，<n id="igai">ボクセルの定義位置以外</n>では対応する<n id="usinawareru">フィールド値が失われる</n>．これを<n id="hukugen">復元するため</n>には，<n id="hokan">補間処理</n>が必要である．規則的ボクセル集合に対する<n id="kantan">最も簡単な補間</n>は，最も近い格子平面のフィールド値をそっくりコピーする<n id="zeroji">0次補間</n>であるが，現在では，<n id="sanjuu">3重線形補間</n>に頼ることが多い．ここで，より高い精度を得るために，さらに高次の補間式を用いることは，考慮に入れる隣接ボクセルの個数を増やすことに等しいことに注意してほしい．例えば，<n id="niji">3重2次補間</n>では，未定係数の総数は27個になり，それらを決定するために，隣接する8キューブの頂点ボクセルのフィールド値を必要とする．しかし，自然界のボリュームのフィールド値は不連続性を持ち合わせる可能性も高いため，次数さえ高くすればいつでも良好な結果が得られるという保証はない．1つの解決策は，ボリュームを離散化する解像度や量子化の分解能を上げることであるが，精度と空間計算量とのトレードオフがいつも付きまとう．

図 B.8: ボクセルに関する文書にタグを付けた文書（要素記述部分）

```

<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#volume" /><n role="lower" nref="#digital" />
  <n role="medium" nref="#atukau" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#data" /><n role="modifier" nref="#sanjigen" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#volume" /><n role="relative" nref="#data" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#digital" /><n role="lower" nref="#risanka" />
  <n role="lower" nref="#ryousika" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#digital" /><n role="lower" nref="#space" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#min" /><n role="modifier" nref="#space" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#voxel" /><n role="relative" nref="#min" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#voxel" /><n role="relative" nref="#pixel" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#pixel" /><n role="modifier" nref="#raster" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#space" /><n role="modifier" nref="#atumari" />
  <n role="content" nref="#hyougen" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#atumari" /><n role="relative" nref="#set" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#mujigen" /><n role="modifier" nref="#kuukannai" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="other">
  <n role="object" nref="#voxel" /><n role="modifier" nref="#mujigen" />
  <n role="content" nref="#content12" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#ryouiki" /><n role="modifier" nref="#kakomareru" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#cell" /><n role="relative" nref="#ryouiki" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="other">
  <n role="object" nref="#voxel" /><n role="direct" nref="#kubetu1" />
  <n role="relative" nref="#cell" />
</relation>

```

図 B.9: ボクセルに関する文書にタグを付けた文書（関係記述部分・前半）

```

<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#set" /><n role="lower" nref="#kouzou" />
  <n role="lower" nref="#hikouzou" /><n role="lower" nref="#sanitu" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#kouzou" /><n role="lower" nref="#kisokuset" />
  <n role="lower" nref="#tyokkousset" /><n role="lower" nref="#kyoukaisset" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#kisokuset" /><n role="modifier" nref="#kintou" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#tyokkousset" /><n role="modifier" nref="#kotonaru" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#kyoukaisset" /><n role="modifier" nref="#idou" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#hikouzou" /><n role="modifier" nref="#bunkatu" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#hikouzou" /><n role="modifier" nref="#suuti" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="other">
  <n role="object" nref="#kouzou" /><n role="direct" nref="#kubetu2" />
  <n role="relative" nref="#hikouzou" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#sanitu" /><n role="modifier" nref="#mirarenai" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#set" /><n role="modifier" nref="#ookiku" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#usinawareru" /><n role="modifier" nref="#igai" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#risanka" /><n role="lower" nref="#usinawareru" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#usinawareru" /><n role="medium" nref="#hukugen" />
  <n role="lower" nref="#hokan" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#hokan" /><n role="lower" nref="#zeroji" />
  <n role="lower" nref="#sanjuu" /><n role="lower" nref="#nji" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="term">
  <n role="object" nref="#zeroji" /><n role="modifier" nref="#kantan" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#risanka" /><n role="lower" nref="#ryousika" />
</relation>

```

図 B.10: ボクセルに関する文書にタグを付けた文書（関係記述部分・後半）

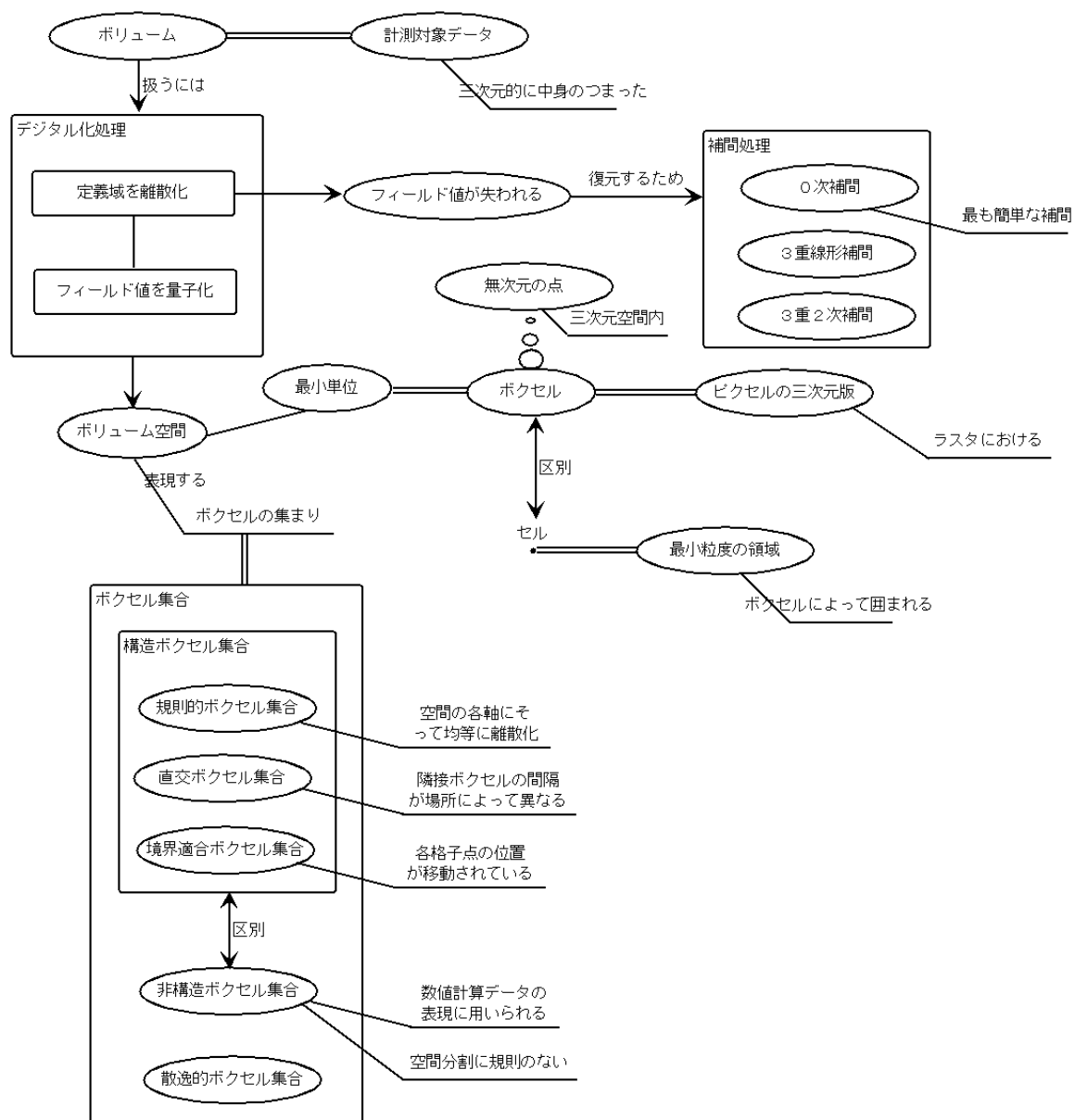


図 B.11: ボクセルに関する文書を表示する図

```

<video sourceURL="file:cooking_2.mpg">
<speech speaker="助手">今日の料理は、<n id="X1">えびのキャベツ包み焼き～白ワインソース～</n>です。
</speech>
<speech speaker="料理人">
<n id="X2">えびの下ごしらえ</n>では、まず<n id="M1" posterframe="23s">えび</n>の
<n id="A1" posterframe="7s">背ワタを取る</n>ことから始めます。
</speech>
<action agent="料理人">
腹に<n id="A2" posterframe="16s">切込みを入れる</n>。フライパンに<n id="M12">オリーブオイル</n>を熱
し、<n id="A3" posterframe="36s">焼き色を付ける</n>。
</action>
<speech speaker="料理人">
これは表面をさっと焼くだけで<n id="A4" posterframe="54s">火から上げ、味付け</n>します。この<n id="M8">
カイエンペッパー</n>は一味唐辛子と同じものです。
</speech>
<action agent="料理人"><n id="M9">塩・こしょう</n>も振る。</action>
<speech speaker="助手">次は<n id="X3">キャベツの下ごしらえ</n>です。</speech>
<action agent="料理人">
塩茹でした<n id="M2" posterframe="68s">キャベツ</n>の<n id="A5" posterframe="71s">芯を取る</n>。
</action>
<speech speaker="料理人">キャベツでさきほどの<n id="A6" posterframe="77s">えびを巻く</n>のですが、え
びを2尾ずつ俵の形に巻いていきます。</speech>
<action agent="料理人">
<n id="M10">塩・こしょう</n>で<n id="A7" posterframe="82s">表面に味付け</n>をし、<n id="X5">えびを
焼く</n>。
フライパンに<n id="M13">オリーブオイル</n>を熱し、<n id="A8" posterframe="91s">焼く</n>。
油を全体にからめつつ、焼き色がついたら、オープンで<n id="A9" posterframe="135s">焼く</n>。オープンで
焼いている間に、<n id="X4">ソースを作る</n>。
</action>
<speech speaker="助手"><n id="X6">ソースの材料</n>はこの4つです。</speech>
<action agent="料理人">
<n id="M3" posterframe="145s">エシャロット</n>、<n id="M4" posterframe="149s">白ワイン</n>、
<n id="M5" posterframe="155s">生クリーム</n>、<n id="M6" posterframe="163s">バター</n>。
材料をなべで<n id="A10" posterframe="168s">熱する</n>。
<n id="A11" posterframe="173s">火を止め、味を付ける</n>。
</action>
<speech speaker="助手">味付けは<n id="M11">塩・こしょう</n>ですね。</speech>
<action agent="料理人">
<n id="M7">レモン汁</n>でも<n id="A12" posterframe="177s">味を付ける</n>。焼けたえび
を<n id="A13" posterframe="185s">切る</n>。えびを<n id="A14" posterframe="195s">皿に盛る</n>。
ソースを<n id="A15" posterframe="201s">かける</n>。
</action>
<speech speaker="助手">これで<n id="R1" posterframe="208s">できあがり</n>ですね。</speech>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M1" /><n role="lower" nref="#A1" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M2" /><n role="lower" nref="#A5" />
</relation>

```

図 B.12: 料理映像のシナリオにタグを付けた文書（要素記述部分）

```

<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M3" /><n role="lower" nref="#A10" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M4" /><n role="lower" nref="#A10" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M5" /><n role="lower" nref="#A10" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M6" /><n role="lower" nref="#A10" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M7" /><n role="lower" nref="#A12" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M8" /><n role="lower" nref="#A4" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M9" /><n role="lower" nref="#A4" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M10" /><n role="lower" nref="#A11" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M11" /><n role="lower" nref="#A7" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M12" /><n role="lower" nref="#A3" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#M13" /><n role="lower" nref="#A8" />
</relation>
<relation structure="order" domain="inout">
  <n role="upper" nref="#A15" /><n role="lower" nref="#R1" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A1" /><n role="lower" nref="#A2" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A2" /><n role="lower" nref="#A3" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A3" /><n role="lower" nref="#A4" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A4" /><n role="lower" nref="#A6" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A5" /><n role="lower" nref="#A6" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A6" /><n role="lower" nref="#A7" />
</relation>

```

図 B.13: 料理映像のシナリオにタグを付けた文書（関係記述部分・前半）

```

<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A7" /><n role="lower" nref="#A8" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A8" /><n role="lower" nref="#A9" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A10" /><n role="lower" nref="#A11" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A11" /><n role="lower" nref="#A12" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A9" /><n role="lower" nref="#A13" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A13" /><n role="lower" nref="#A14" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A14" /><n role="lower" nref="#A15" />
</relation>
<relation structure="order" domain="process">
  <n role="upper" nref="#A12" /><n role="lower" nref="#A15" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#X1" />
  <n role="lower" nref="#X2" /><n role="lower" nref="#X3" />
  <n role="lower" nref="#X4" /><n role="lower" nref="#R1" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#X2" />
  <n role="lower" nref="#A1" /><n role="lower" nref="#A4" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#X3" />
  <n role="lower" nref="#M2" /><n role="lower" nref="#A5" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#X4" /><n role="lower" nref="#A10" />
  <n role="lower" nref="#A11" /><n role="lower" nref="#A12" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#X5" /><n role="lower" nref="#A7" />
  <n role="lower" nref="#A8" /><n role="lower" nref="#A9" />
</relation>
<relation structure="order" domain="set">
  <n role="upper" nref="#X6" />
  <n role="lower" nref="#M3" /><n role="lower" nref="#M4" />
  <n role="lower" nref="#M5" /><n role="lower" nref="#M6" />
</relation>
</video>

```

図 B.14: 料理映像のシナリオにタグを付けた文書（関係記述部分・後半）

```

<video sourceURL="file:rika6.mpg">
動く大地
<speech speaker="アナウンサー">
<n id="A1" posterframe="85s">深海でシロウリガイ発見</n>
のニュース .
<n id="M0">シロウリガイ</n>は
<n id="M1" posterframe="99s">生きた化石</n>と呼ばれており ,
<n id="M2" posterframe="95s">一億年以上も姿を変えていない</n> .
</speech>
...
<speech speaker="ゆりな">
<n id="A2" posterframe="185s">シロウリガイ化石の発掘地点は陸上</n>
だというけど ,
<n id="A3" posterframe="275s">深海底の貝がなぜ陸に ? </n>
</speech>

<speech speaker="アナウンサー">
<n id="A4" posterframe="426s">シロウリガイの分布地</n>は , このように<n id="M3">ある場所に集中
している</n> .
</speech>
...
<speech speaker="アナウンサー">
<n id="M4">割れ目から水が湧き出しているところ</n> ,
これは<n id="M5" posterframe="519s">海底地震によってできた割れ目</n>である .
<n id="A5" posterframe="572s">地球表面にはプレートが乗っている</n> .
<n id="M6" posterframe="575s">太平洋の東</n>では ,
<n id="A6" posterframe="579s">プレートが左右に広がる</n> .
反対に<n id="M7" posterframe="585s">太平洋の西</n>では ,
<n id="A7" posterframe="592s">海プレートが陸プレートに潜りこむ</n> .
この<n id="A8" posterframe="601s">もぐりこむ動きで地震が起こる</n> .
また , プレートが<n id="A9" posterframe="614s">もぐりこんでいる場所には土砂が積もる</n> .
ここに<n id="M8" posterframe="610s">シロウリガイが分布</n>している .
もぐりこんだ海プレートによって , 陸<n id="A10" posterframe="629s">プレートが持ち上げられる</n> .
...
<n id="A11" posterframe="814s">プレートは年 4 センチ動く</n> .
この<n id="A12" posterframe="830s">伊豆半島は 1 0 0 万年前に本州にくっついた島</n>なのである .
<n id="A13" posterframe="844s">三浦半島・房総半島はそのときできた</n>と考えられている .
</speech>
...
<speech speaker="としみつ">
<n id="A14" posterframe="753s">地震によって島が持ち上がる</n>ことがある</n> .
</speech>
...

```

図 B.15: 理科の教育番組を記述した VID スクリプト (要素記述部分)


```

<relation structure="mod" domain="position">
  <n role="modifier" nref="#M1" /><n role="object" nref="#M0" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="position">
  <n role="modifier" nref="#M2" /><n role="object" nref="#M0" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="attribute">
  <n role="modifier" nref="#M0" /><n role="object" nref="#A1" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="modifier" nref="#A4" /><n role="object" nref="#A1" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="modifier" nref="#M3" /><n role="object" nref="#A4" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="modifier" nref="#M4" /><n role="object" nref="#M3" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="modifier" nref="#M5" /><n role="object" nref="#M4" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="modifier" nref="#A6" /><n role="object" nref="#M6" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="modifier" nref="#A7" /><n role="object" nref="#M7" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="modifier" nref="#M8" /><n role="object" nref="#A9" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#A6" /><n role="lower" nref="#A7" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#A7" /><n role="lower" nref="#A8" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="space">
  <n role="object" nref="#A7" /><n role="modifier" nref="#A9" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#A8" /><n role="lower" nref="#A10" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#A11" /><n role="lower" nref="#A12" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#A12" /><n role="lower" nref="#A13" />
</relation>
<relation structure="order" domain="cause">
  <n role="upper" nref="#A10" /><n role="lower" nref="#A14" />
</relation>

```

図 B.16: 理科の教育番組を記述した VID スクリプト (関係記述部分・前半)

```

<relation structure="order" domain="content">
  <n role="upper" nref="#A2" /><n role="lower" nref="#A3" />
</relation>
<relation structure="order" domain="content">
  <n role="upper" nref="#A5" /><n role="lower" nref="#A11" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#M2" /><n role="relative" nref="#M1" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="other">
  <n role="object" nref="#A1" /><n role="relative" nref="#A2" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#A13" /><n role="relative" nref="#A14" />
</relation>
<relation structure="order" domain="content">
  <n role="upper" nref="#A5" /><n role="lower" nref="#A6" />
</relation>
<relation structure="mod" domain="other">
  <n role="modifier" nref="#M2" /><n role="object" nref="#A2" />
</relation>
<relation structure="equiv" domain="content">
  <n role="object" nref="#A4" /><n role="relative" nref="#M8" />
</relation>
</video>

```

図 B.17: 理科の教育番組を記述した VID スクリプト（関係記述部分・後半）

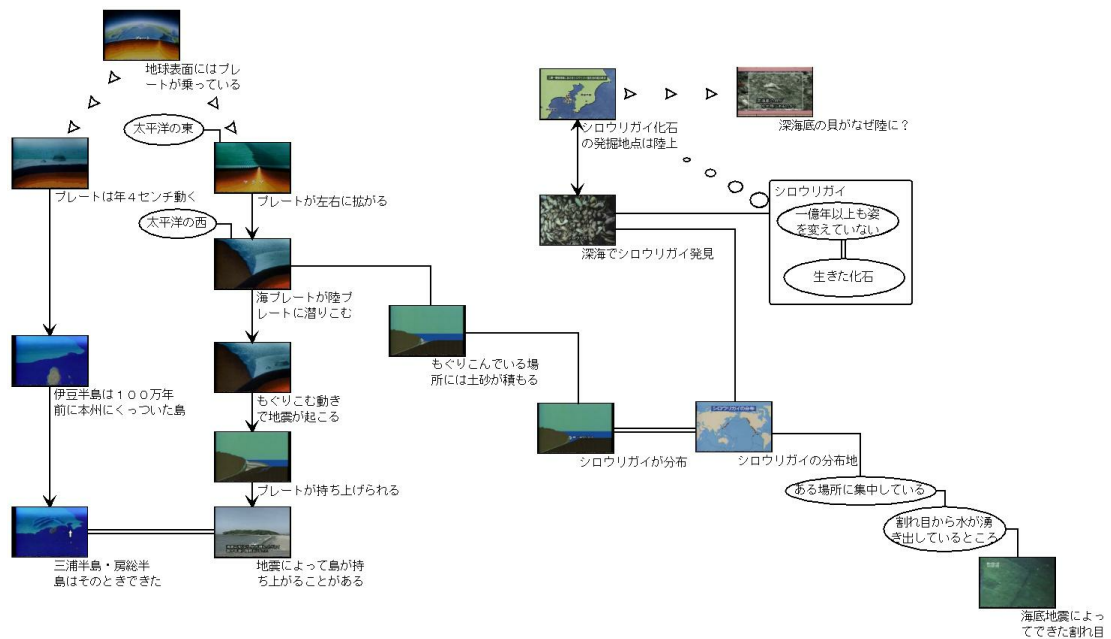


図 B.18: 理科の教育番組を示す VID