

# 知識処理を駆使した線画像情報の記述と理解 に関する研究

渡部 豊英  
名古屋大学 工学部  
情報工学科 助教授

## 1. はじめに

情報処理技術の著しい発展は、さらに多様で、高度な情報サービスを実現可能としてきた。言語情報に限らず、図形・画像情報、音声情報を効果的に用いて、人間に優しい対話インタフェースを実現することも、近年重要な課題の一つとなっている。人間の情報活動を積極的に支援できるためには、種々の形態・構造のデータを格納・管理し、様々な要求に対処できる処理機能が必要である。このような計算機環境を実現するために、我々は、

- (1) 線画像の構造と意味に関する知識を利用する高次知識ベースの構成
- (2) 線画像情報と言語情報との相互変換と共用

などの課題を介して、対処法を考察・開発する。

課題(1)は画像情報の認識・理解法、課題(2)は異種形態情報の共用法に関係する。情報システムの処理機能から捉えると、課題(1)はデータ・リソースの作成、課題(2)は対話インタフェースの構築に対応付けることができる。我々は課題(1)と(2)に関する直接的な研究テーマとして、データ・リソースの作成に対して図形・画像情報の認識・理解を、対話インタフェースの構築に対して言語情報と図形・画像情報の共用による対話インタフェースの開発を、具体的な研究内容として採り上げた。

## 2. 図形・画像情報の認識・理解

情報システムで効果的にデータを処理するには、様々な情報をその意味の下に構造化しなければならない。情報をデータとしての確に意味付け、構造化できれば、様々な処理要求にも応ずることができ、操作することも容易であるが、そうでなければ処理できない。目的用途が明確な文書では、比較的このような特性を論理的に表現できる場合が多い。文書にも様々な形態・様式があるが、その構造的な特性に従って次のように分類する。

### ・文字文書

- (a) 図書目録カード、名刺、文献ニュース、論文・記事など：各データが空白域で分離
- (b) 帳票、集計表など：各データが枠罫線で分離
- (c) 新聞など：様々な形状のデータが組み合わさって構成
- (d) 書籍の表紙、ちらしなど：一般に、様々な形のデータが重なり合って構成

### ・図形文書

- (a) 設計図、回路図など：構成要素を明示的に定義可能
- (b) 天気図、地形図など：構成要素の一部形状を定義可能
- (c) 地図など：構成要素の一部を定義可能であるが、構成要素間の重なりが不規則的

(d) 論文などの説明図など：構成要素を一般的に定義不可能

これは文書の一般的な特徴の下に分類したが、文書によっては必ずしも明確に区分される訳ではない。ある文書には文字と図形・画像が混合されていたり、ある文書には明確に識別できる特徴が観察されない場合もある。しかし、文字文書と図形文書では構成的に大きな特徴を観察できる。文字文書では書式構造が付帯して、個々の構成要素をある程度区分できるのに対して、図形文書ではそれが観察されずに、個々の構成要素の組合せによって様々に表現されている。従って、どのようなレベルから文書の特徴を捉えるかにより、異なった認識処理のアプローチが必要になる。文書理解の枠組みを図1に示す。

これらを便宜的に、文書に関する3次元的、2次元的、1次元の、0次元の情報を用いた処理として捉えれば、文書理解のための活用知識が明確になる。文書種別は各種文書の種類、及び他とは異なる文書個々の利用用途別の特徴により識別される。書式構造は文字文書では明確に区分される場合が多く、レイアウト構造がこれに対応するが、図形文書では必ずしも書式構造が明確に観察されない。構成要素の並びは局所的に隣接する構成要素の相互関係を表し、多くの文書では一定の規約に基づいて構成要素が並べられている。文字文書では、構成要素が項目に対応し、論理的な行における項目の並び関係であり、明確に観察できる場合が多い。一方、図形文書では構成要素が相互に関連して表記されるときに観察される特徴であるが、明示的に表現されない場合が多い。構成要素の特性は、文字文書では個々の項目のデータ集合の特徴であり、図形文書では個々の図形要素の図形的な特徴である。これらの情報は階層的に構成され、大域的な情報から局所的な情報を表す。

計算機で様々な文書进行处理する場合、これらの情報を知識として利用することにより、効率よく認識できる。具体的な処理アプローチを描くと、図2のようになる。文字文書と図形文書では、

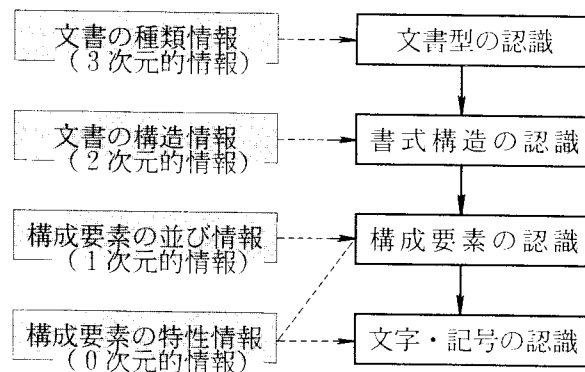


図1 文書理解のための枠組み

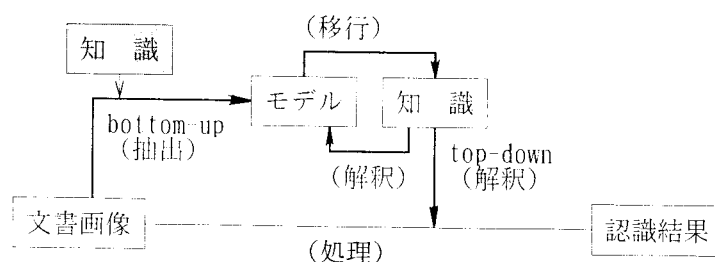


図2 文書理解のアプローチ

処理対称が有する情報レベル（書式、図式などの形式）が異なるために、モデルを構成できるか否か、また知識として明示できるか否かが異なって、多少アプローチが相違する。しかし、様々なレベルの知識を用いて段階的に認識すべき内容を規定し、分類・抽出することができる。このアプローチにおいて、ボトム・アップ処理は線図形のように、予め処理対象を明確に規定できない場合、直接文書画像を処理して図形要素を抽出するプロセスを表す。一方、トップ・ダウン処理は予め処理対象に関する様々な情報を処理プロセスに保持させ、文書画像を解釈するプロセスを表す。一般に、文字文書は書式構造が明確なために、予め書式構造に関する情報を知識として処理システムに蓄積することにより、モデル駆動型のアプローチで対処できるが、図形文書は個々の図形要素を概念的にしか意味付けできないために、それより上位（1次元以上）の情報を得るためにはボトム・アップ的に文書画像を処理する必要があり、データ駆動型のアプローチとなる。

### 1) 文字文書としての図書目録カードの処理

図書目録カードの文書画像から図1に示したレベルの知識を用いて、目録項目データを分類して抽出した。実際に、50枚の和書目録カードを用いて実験したが、ほぼ完全に処理できた。すなわち、文字の認識率は98%であった。これを従来の文字認識技術に基づいた方法で処理すると89%となり、我々の方法による効果が明らかである。また、その処理時間を、従来の方法に比べて約1/2-1/3に短縮できることが明らかとなった。

この方法は他の文書、たとえば名刺、文献リスト、書籍などにも容易に適用できる。もちろん、帳票、新聞紙、広告カタログなどには必ずしもそのまま適合できないが、書式構造の認識処理部を変えることにより対応可能である。本方法は空白域でデータの意味付けが可能な文書には何ら問題なく適用でき、図書目録カードにて示した。

### 2) 図形文書としての市街地地図の処理

市街地地図の処理では、ボトム・アップ処理とトップ・ダウン処理を融合させて、補完的に構成される。ボトム・アップ処理で、できるだけ多くの道路を抽出することも一つの方法であるが、ボトム・アップだけの処理では、(a)処理に用いるしきい値などが地図画像に大きく依存する傾向にあり、他の地図画像に柔軟に適用できない。(b)様々な構成線分・要素までも抽出してしまい、局所的な情報が多く収集できるものの、大域的な情報を選別することが難しく、処理を複雑にするなどの問題が生ずる。我々のアプローチでは、地図画像を大域的に処理するために誤りを減らすことができる。すなわち、我々のアプローチは局所的な情報を用いたボトム・アップの画像処理と、大域的な情報を用いたトップ・ダウンの知識処理の統合であり、処理結果の正当性を保証できる。このようなアプローチは、機械部品などの設計図、天気図、地形図などにも容易に適用可能である。

## 3. 言語情報と図形・画像情報の共用による対話インタフェース

情報システムが人間の情報活動を積極的に支援できるためには、計算機と人間との情報交換、操作環境が有機的に働かなければならない。情報授受のインタフェースが重要となる。人間が様

々な情報を種々の感覚器を介して送受信できるように、情報システムでも様々な情報を操作できなければならない。これらの情報を処理内容、利用者の要求に従って効果的に用いることができれば、人間と計算機の対話インタフェースは向上する。

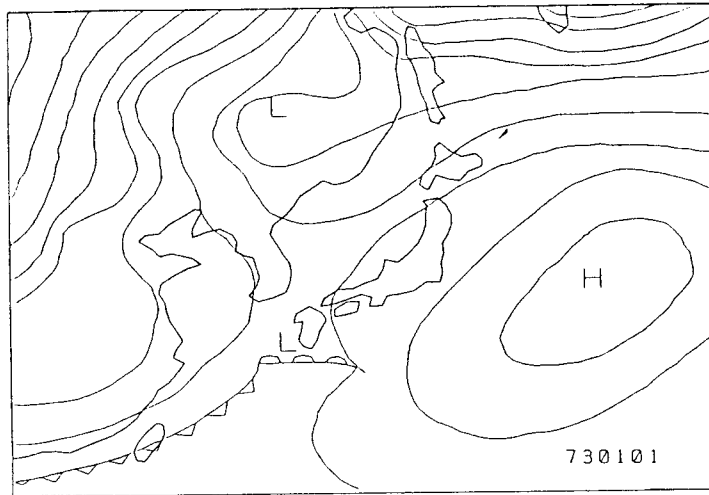
このような視点に従って、人間と計算機の対話インタフェースに従来の言語情報だけでなく、図形・画像情報を用いて操作環境の向上を図るのが、本研究課題である。具体的には、天気図に関する気象情報の問合せ、市街地における経路の探索の情報サービス・システムを構成し、図形・画像情報と言語情報を補完的に用いる方法について検討した。言語情報と図形・画像情報を統合的に意味付けて管理し、対話操作の指示に従って効果的に応答できる情報システムを構築した。

#### 1) 天気図に関する気象情報の問合せ

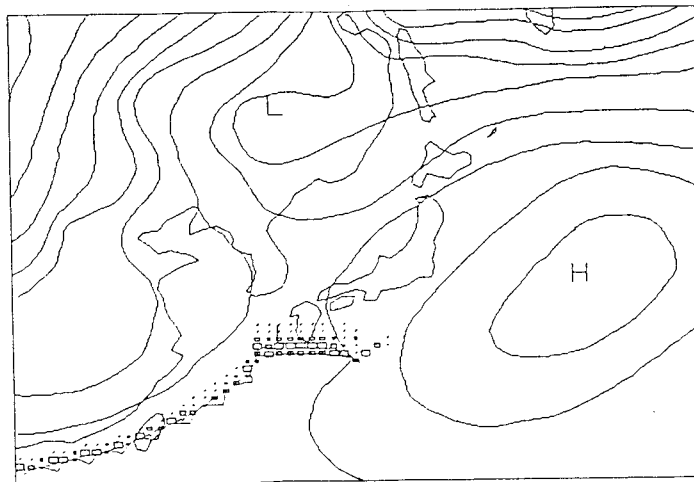
天気図に関する気象情報の問合せのための情報システム（天気情報システム）では、図形・画像情報と言語情報を共用した対話インタフェースを構成するとともに、気象現象に関する様々な問合せを可能とする機能を実現した。天気情報システムでは、言語情報を介した対話インタフェースと同時に、より視覚的に情報を提示可能とするために、推論された天気図情報を図式的に示し、より多様な情報交換の場面を実現することが目的である。この場合、言語情報と図形・画像情報が全く同一の内容を表現するのではなく、図形・画像情報の内容をより明確に補足できるように、言語情報を生成する必要がある。天気情報システムは利用者からの問合せ要求を受理し、問合せ内容を満たす情報または問合せ内容に必要とされる情報を天気図データベースから探索し、解釈することによって応答データを作成し、言語情報と図形・画像情報にて効果的に提示する。天気図データベースを探索処理するだけでなく、気象現象、天気図に関する知識ベースを用いて推論処理する。天気情報システムとして実現したサービス機能は次のようである。

- ・天気図の説明情報（天気概況）
- ・天気状況の推定情報

図3に、天気状況の推定情報の提示例を示した。



↓ 推定（雨域）



101>>TENKI NO WARUI TOKORO HA DOKO DESUKA.

本州南部では天気は悪いと思われます。

寒冷前線の付近では、にわか雨や雷雨など激しい現象をとまなうと思われます。

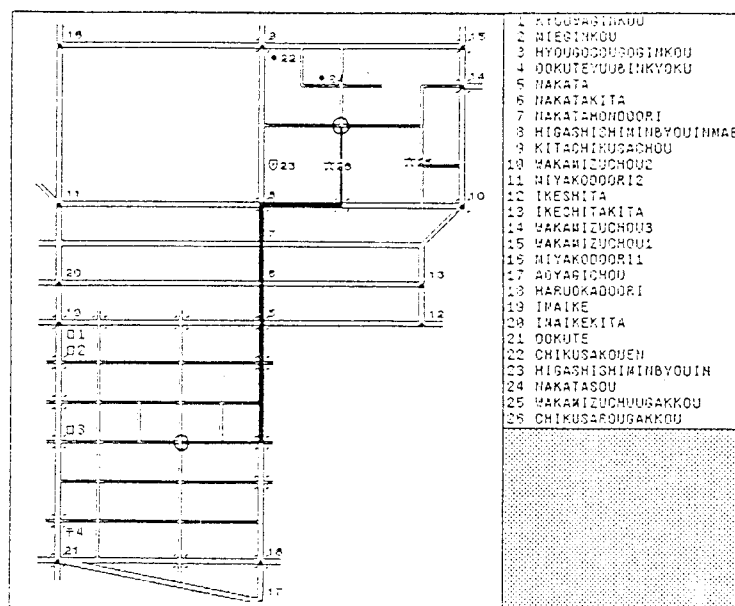
温暖前線の寒気団側300kmぐらまで、雨がしとしと一様性に降ると思われます。

図3 天気状況の推定情報の提示例

## 2) 市街地における道案内情報の探索

市街地における道案内のための情報システム（道案内情報システム）は、ある地点（出発地）から他の地点（目的地）へ行くのに最良経路を探索する。最良経路は最短経路を意味するのではなく、探索者にとって最も解り易いと思われる道路である。たとえば、車では狭い道路を選ぶよりも、幹線道路を経て目的地に至る方が好ましい。道案内情報システムは、市街地地図をデータベースとして、様々な条件を満たす道路を探索する。そして、該当する経路を含む地域を略図として表示するとともに、経路を明示するために略図の補完情報として説明文を提示す

る。これを実現するために市街地地図の内部表現、最良経路の探索、略図の構成、補完的な説明文の作成などの課題を解決した。図4に、最良経路に対する略図と説明文の提示例を示した。



まず、出発地点から東に向かいます。それから、広い通りに出たら、左に曲がります。すると、仲田にでます。

そこから、中田本通を北に向かいます。東市民病院前に着きます。

そこから、東に向かいます。そして、次の信号の千種ろう学校、若水中学校の角を左に曲がってください。すると、次の千種ろう学校、若水中学校の角が目的の場所です。

図4 略図と説明文の提示例

情報提示の視点から、情報システムにおける言語情報と図形・画像情報の共用に関して、天気情報システム、道案内情報システムを採り上げた。そこでは、図形・画像情報という直観的ではあるが、漠然としたデータに対して、言語情報という明示的な文章を補完的に利用する手法を明らかにできた。また、市街地における道案内情報システムでは、有効に情報を提示するために略図を構成する方法についても検討した。

情報システムが利用者の要求に応じて情報を的確に提示できることは、よりよい対話インタフェースを構成する上で必要不可欠である。図形・画像情報を補完するという立場で言語情報の活用法を検討したが、より有機的な対話インタフェースの確立には、マルチメディア情報を構成する個々の情報の意味付けとともに管理する機構も必要である。

#### 4. おわりに

本稿では、知識処理を駆使した線画像情報の記述と理解に関する研究として、言語情報と図形・画像情報を作成し、利用可能とする情報システムについて述べた。すなわち、情報システムにおける構築機能としてデータ・リソースの作成と、利用機能としての対話インタフェースについて述べた。

文書にも様々な形態・様式があり、複雑な紙面から如何に有効な情報を抽出・分類するかについて検討する必要がある。我々のアプローチはその基本的な枠組みとして充分であった。また、対話インタフェースにおける言語情報と図形・画像情報の有機的な利用を考える場合に、各種の情報を相互に意味付けて情報操作に対して等価的な意義を与えることが必要になる。我々のアプローチは情報の活用法についても最も基本的な枠組みを与えた。もちろん、高次インタフェースを有した情報システムを総合的に検討したとき、我々の研究課題はその一部の解決を図ったに過ぎない。より大きな視点で、大域的な立場から個々の問題を考察していかなければならない。

文書理解では、(1)知識駆動方式の制御機構の効率化、(2)一般文書理解への適用と機能拡大、(3)文書理解システムのユーザ・インタフェース開発などを将来課題とし、一方情報操作のための対話インタフェースでは、(1)情報提示インタフェース、(2)機能的な情報管理などを将来課題とするが、本研究の成果の下で発展的に解決していく必要がある。

謝辞 高柳電子科学技術振興財団の研究助成により、以上に報告した数々の成果を得ることができた。本研究課題は、故吉田雄二名古屋大学工学部教授が、福村晃夫中京大学情報科学部教授（名古屋大学名誉教授）の推薦の下に計画されたが、吉田先生の突然の逝去により、吉田先生の研究計画の下に私報告者が引き継いで、今日に至った。吉田先生の意図を十分に結実できた訳ではないが、この間引き続きご支援いただいた貴財団に心より深謝いたします。また、始終ご教示・ご鞭撻いただいた福村晃夫教授にお礼申し上げます。

#### 公表論文

- 〔1〕 T. WATANABE, Q. LUO, M. MIZOGAMI, Y. YOSHIDA, Y. INAGAKI : "Automatic Extraction and Classification of Data Items from Library Cataloging Cards by a Knowledge-based Approach", Proc. of MIV-89, pp.67-71 (1989).
- 〔2〕 水谷, 岡部, 渡辺, 吉田 : "等高線の自動読み取り", 信学技報, PRU89-126, pp.1-8 (1990).
- 〔3〕 早川, 川口, 渡辺, 吉田 : "市街地地図からの道路ネットワークの構成とそれに基づいた道路情報の抽出", 機能図形情報システム・シンポジウム論文集, pp.111-116 (1990).
- 〔4〕 丹羽, 渡辺, 吉田 : "道案内地図情報システムにおける略図と文章の提示法", 情報処理学会論文誌, 31(5), pp.1-8 (1990).
- 〔5〕 駱, 渡辺, 吉田, 稲垣 : "図書目録カードを題材とした知識ベース・アプローチの評価について", 信学技報, PRU90-8, pp.25-32 (1990).
- 〔6〕 丹羽, 吉田, 福村 : "道路網の階層的表現にもとづく経路探索アルゴリズムと地図情報システムへの応用", 情報処理学会論文誌, 31(5), pp.659-666 (1990).
- 〔7〕 T. HAYAKAWA, T. WATANABE, Y. YOSHIDA, K. KAWAGUCHI : "Recognition of Roads in an Urban Map by Using the Topological Road Network", Proc. of MVA'90, pp.215-218 (1990).
- 〔8〕 Q. LUO, T. WATANABE, Y. YOSHIDA, Y. INAGAKI : "Recognition of Document Structures on the Basis of Spatial and Geometric Relationships between Document Items", Proc. of MVA'90, pp.461-464 (1990).

- [9] 駱, 渡辺, 吉田, 稲垣, 齊藤: “知識ベースに基づいた図書目録カードの理解”, 情報処理学会論文誌, 第31巻, 第12号, pp.1755-1767 (1990).
- [10] 成瀬, 駱, 金井, 渡辺, 杉江: “帳票における枠罫線構造の記述と認識”, 信学技報, PRU90-489, pp.39-46 (1991).
- [11] T. WATANABE, Q. LUO, Y. YOSHIDA, Y. INAGAKI: “A Stepwise Recognition Method of Library Cataloging Cards on the Basis of Various Kinds of Knowledge”, Proc. of 10th IPCCC, pp.821-827 (1991).