

参考文献解析エキスパートシステム

小林重信・畝見達夫・望月浩史

(東京工業大学 総合理工 システム科学専攻)

1. はじめに

印刷媒体に記録されている科学技術情報の蓄積はぼう大な量に及び、これを人手によって計算機上に移すには大変な時間と労力を必要とする。光学式文字読取装置(OCR)の最近の技術によれば、印刷された文字の認識については、ほぼ実用化の段階に到達している。しかし読み込まれた文字列の内容を解析し、所定のフォーマットに変換して、データベースに自動的に登録するシステムを構築するには未だ多くの課題を解決することが必要とされている。

本研究の目的は、英語の科学技術論文の参考文献リストを対象として、OCRによって計算機内に取り込まれた文字列の内容を解析し、文献ごとに定められたフォーマットに変換して、データベースに登録するシステムを構築することにある。図1に参考文献解析システムの役割を示す。

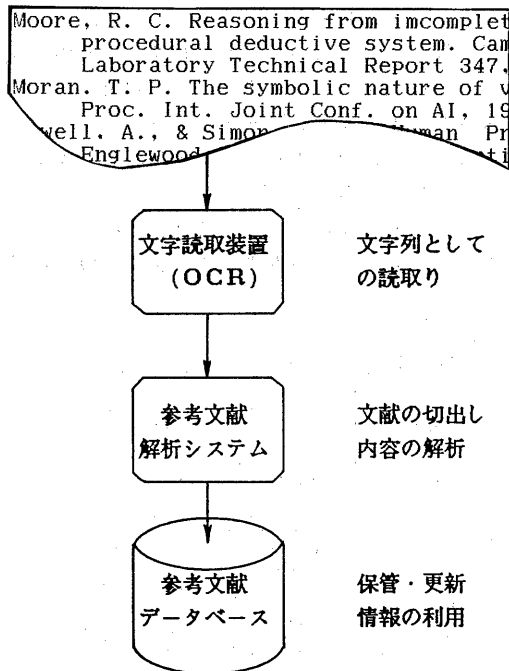


図1 参考文献解析システムの役割

参考文献リストを解析するシステムとして、われわれは既にSARPSと呼ばれる分散型プロダクションシステムをベースとするシステムを構築した経験があるが、SARPSは処理能力・処理効率・可読性・拡張可能性などにおいて不十分な点が指摘されている。

本研究は、SARPSの経験を出発点としているが、つぎのような戦略で実際の研究を進めた。

- ①科学技術文献のデータを広範囲に収集し、その特徴について徹底した分析を加える。
- ②Co-PPSと呼ばれる分散型プロダクションに基づいてエキスパートシステムのモデル化を行う。
- ③人間～機械系としての考察を加え、インタフェースへの配慮を工夫する。
- ④エキスパートシステムの作成プロセスにおいて実データによるテストと評価を容易に行えるようにプログラミング環境を整備する。

表1 科学技術論文の分類別出現項目

種 類 項 目	単 行 本	雑 誌	学 論 位 文	会 議 録	研 報 究 告
著 者 名	○	○	○	○	○
編 著 者 名	○			○	
論 文 題 目 名	○	○	○	○	○
編 著 題 目 名	○				
出 版 社 名	○				
雑 誌 名		○			
学 位 名			○		
会 議 名				○	
報 告 書 名					○
所 属 機 関 名			○		○
所 属 部 門 名			○		○
所 在 地 名	○		○	○	○
開 催 地 名				○	
卷 号	○	○		○	
章	○	○			○
頁	○	○		○	
発 行 年 月	○	○	○	○	○
開 催 年 月 日				○	

2. 参考文献リストの特徴分析

著者名、論文名等文献の構成要素を“項目”、1文献を“ユニット”と呼ぶことにする。

2.1 参考文献の分類

参考文献を内容により次のように分類する。

- ①単行本 ②雑誌 ③学位論文
- ④会議録 ⑤研究報告
- ⑥その他（マニュアル、個人通信、パテント等）

表1は、各種類ごとに、出現する項目を示したものである。⑥は出現頻度が少なく、しかもその内容が極めて多岐にわたることから、解析の対象から除外した。

システム科学に関連する外国雑誌50種類の中から約2000の参考文献を選び、特徴分析の対象とした。

2.2 ユニットの特征分析

ユニットはつぎのような特徴を持つ。

- ①記述自体が非常に不明確である。
- ②項目出現順序が余り明確ではない。

表1から明らかなように文献の種類が異なると出現項目も異なる。単行本において顕著なことであるが、同じ種類の文献であっても、同じ項目が常に存在するとは限らない。このように参考文献の記載内容は、一意には決定されない。ただし著者名、論文名、発行年月の3項目は文献の種類を問わず殆どの文献に含まれる。

表1から明らかなように、出版社名・雑誌名・学位名・報告書名・会議名は、文献の種類を決定する上でキーとなる項目である。各項目は、常に表1に列挙した順序に従って並んでいるわけではない。著者名、論文名については多くの場合、ユニットの1番目または2番目に位置している。しかしその他の項目については、出現順序が不明確である。ただし、同じ参考文献リスト中において同じ種類である2つのユニットは、同一の項目出現順序を持つことも特徴として挙げられる。

ユニットの特徴を、“単行本”の例について、構文図を用いて表現したのが図2である。この図のように、参考文献では特定の項目を除いて、各項目の出現順序はほぼ並列的である。

項目間の区切りが非常にあいまいなこともユニットの特徴である。普通に使われている区切り記号（カンマ、ピリオド、スペースなど）は、項目間の区切りとして用いられる場合と、同一の項目

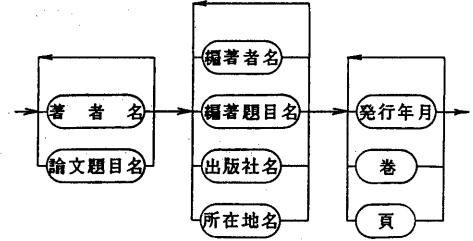


図2 “単行本”の構文規則

の中で意味的な区切りとして用いられる場合とがある。しかしこの基準は不明確なものであって、一般に意味的な区切り記号は、参考文献の理解をより容易にするために使われると考えてよい。

項目の区切りには、< ‘>、< ’>、< “>、< ”>および字体の変化がよく使われる。またスペースやピリオドは同一の項目内の区切りとして多用されている。項目の区切りは参考文献の解析には重要な情報となるが、区切り記号がどのような目的で使われているかを理解するためには多くの情報を必要とする。

2.3 項目の特徴分析

表1に列挙した項目は、それぞれ異なった特徴を持つため、その理解のための処理方法は大きくつぎの3つに分類することができる。

- ①構文規則によるもの： ある程度明確な構文規則を見出すことが可能な項目が対象となる。著者名、編著者名、論文名、発行年月、ページ巻および号が該当する。図3は著者名の構文規則を示したものである。
- ②キーワードによるもの： 項目を理解する上でキーワードの抽出が重要な意味を持つ項目が対

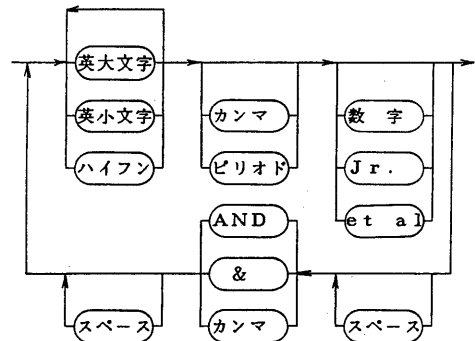


図3 “著者名”の構文規則

象となる。論文名、ページ、巻、号、雑誌名、出版社名、学位、会議名、レポート名、大学名、専攻名が該当する。表2に各項目に固有のキーワードの一部を示す。

- ③辞書との照合によるもの：辞書との照合によって分類が可能となる項目が対象となる。固有名詞である雑誌名、出版社名、地名などが該当する。

以上の分析結果からも明らかなように、参考文献リストにおける構文規則は非常にゆるい制約でしかなく、同じ項目でもその書式はバラエティに富むことから、この処理を計算機に行わせるには非常に柔軟なモデリングおよびプログラミングの手法が必要とされる。

表2 項目に固有のキーワード

項目名	キーワード
出版社名	Press, Publishing, Pub., Inc., Book
雑誌名	Journal of, J.
学位名	Thesis, Ph.D., M.D., Sc.D.,
会議名	Proceedings of, Proc., Conf., Progress
報告書名	Report, Rept., TR
所属機関名	University, School, Institute, Lab.
所属部門名	Department, Dept.

3. Co-PSsによるモデル化

3.1 モデル化の必要条件

参考文献リストの特徴分析の結果から、モデル化に要求される条件はつぎのようなものである。

- ①各項目の処理：各項目はその種類が予め分かっているならば、その種類に応じて、構文規則、キーワード、辞書との照合のいずれかの方法によって、それぞれに固有の知識を利用することである程度独立に処理することが可能である。

- ②項目間の関連性：1つのユニット内では、各項目は文献の種類に応じてそれぞれ意味的なつながりを持つ。項目単位でみた場合にはあいまいであっても、項目間の関連性を考慮に入れるとより確実な情報を得ることが可能である。

①および②の条件を満たす枠組としては、分散かつ協調型の問題解決プロセスを自然に記述できるものが望ましい。このような理由から本研究では分散型プロダクションシステムであるCo-PSsを導入してモデル化を行うこととした。

3.2 Co-PSsの概要

Co-PSsは複数のプロダクションシステム

を並列に実行することを基本とする。以下その構成要素を説明する。

- ①各プロダクションシステムはルールの集合であるプロダクションメモリー、データ要素の集合であるワーキングメモリーおよびインタプリタからなる。

- ②ルールはつぎのように記述される。

<プライオリティー、条件部、行動部>

条件部 ::= {パターン1、パターン2、…、パターンn}

行動部 ::= 任意のリスト構造

行動部は任意のS式であり、パターン操作関数がいくつか用意されている他に、任意のLISP関数を記述することができる。

- ③データ要素は変数を含まないパターンである。

- ④インタプリタは条件部がワーキングメモリーに照合するルールの中で、プライオリティーが最大のルールを選択的に実行する。

Co-PSsでは、各プロダクションシステムはそのインスタンスであるタスクとして実行される。Co-PSsの動作はつぎの通りである。

- ①各タスクは図4に示す関数によって、3通りの状態を取る。

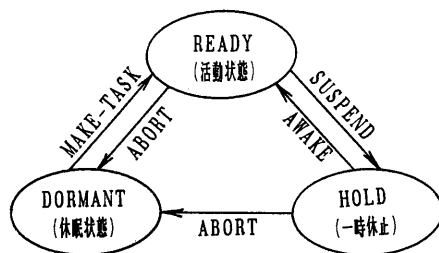


図4 Co-PSsのタスクスケジューリング

- ②各タスクにはプライオリティーが付加される。各時点において“READY”状態にあるタスクの中で最もプライオリティーが高いものが実行される。

- ③“SEND”関数によって、他のタスクのワーキングメモリーに任意のパターンを書き込むことができる。

- ④複数のタスク間においてワーキングメモリーを共有させることができる。これはブラックボードモデルが実現できることを意味する。

- ⑤ “MAKE-TASK” 関数によって、タスクを動的に生成することができる。
- ⑥ タスクの実行を動的に制御するために、“TASK-QUEUE” と呼ばれる待行列が作られる。この待行列はプライオリティーの高い順に “READY” にあるタスクを格納する。

“TASK-QUEUE” が空になったとき、システムは実行を停止する。

- ⑦ Co-PSs の実行状況を動的に把握するために、ウィンドウシステムが用意されている。ウィンドウシステムを用いることにより、各タスクのワーキングメモリーの内容とプロセス間のコミュニケーションの様子を容易に把握することができる。

このように Co-PSs は分散・協調型の問題解決プロセスをモデル化する上で極めて適切なフレームワークを与える。

Co-PSs は以下の計算機環境の下で実現されている。

[使用計算機]

MELCOM-COSMO 700-III

[使用言語]

LISP 1.9

4. 参考文献解析システムの構成

4.1 システムの基本設計

解析の対象となる参考文献リストは、予め OCR

R等によって計算機内に取り込まれていることを前提とする。ファイル “DATAFILE” 上にデータが存在するものとする。このデータは1次元の文字列であり、複数のユニットから構成されているが、ユニット間の区別は事前になされていないものとする。また文字列中には無意味なくスペース>あるいは<改行>が含まれている可能性もある。

解析システムに要求される処理を手順としてまとめるとつぎのようになる。

- ① “DATAFILE” より、ユニット単位で文字列を切り出してくる。
- ② 切り出された文字列より無意味なくスペース>や<改行>があれば、これを削除する。
- ③ 各項目を処理するための知識モジュールの条件部と部分文字列の間で照合を行い、照合するものがあれば、それを切り出す。
- ④ 複数の知識モジュールの間で、同一の部分文字列が重複する場合には、調整を行う。
- ⑤ 知識モジュールの処理結果を統合して、ユニットの種類を決定する。
- ⑥ 1つのユニットの処理が終われば、結果をオペレータに知らせる。間違いがあれば、オペレータによる修正を受ける。
- ⑦ 正しい処理結果を “DATABASE” に登録し、①に戻る。

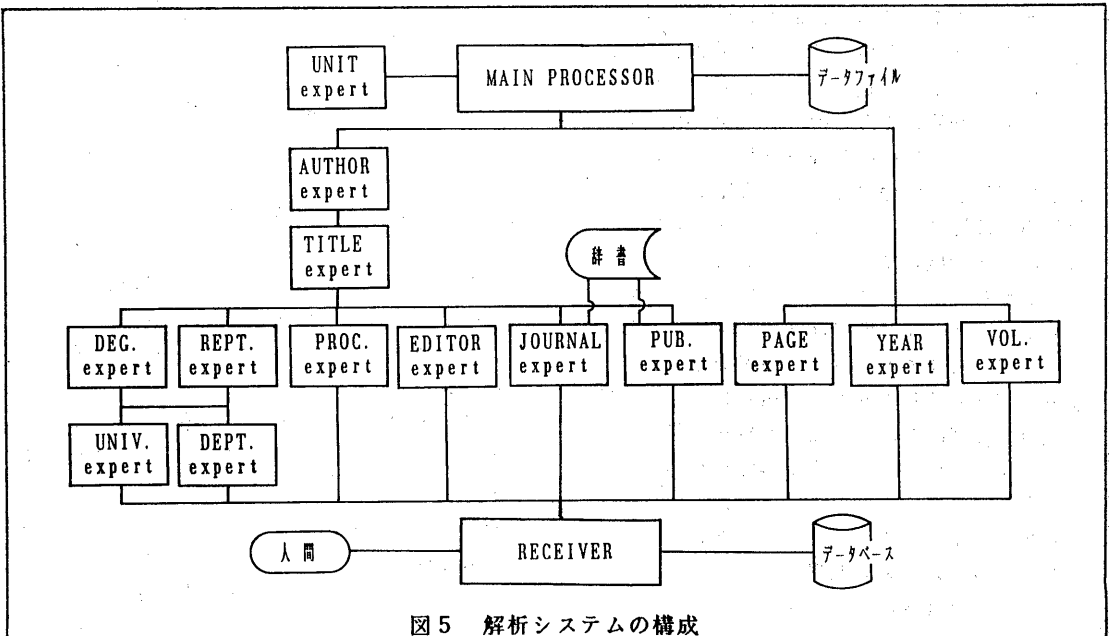


図5 解析システムの構成

以上の処理手順をCo-PSsによってモデル化するために、つぎのような基本方針をたてた。

- ①各項目の処理を行う知識モジュールをCo-PSsのタスクに対応させる。すなわち各項目の処理をそれぞれ独立したプロダクションシステムとしてモデル化する。各項目を専門に処理するタスクのことを“expert”と呼ぶことにする。
- ②ユニットの切り出しと、無意味なくスペース>や<改行>の処理を行うために、“UNIT expert”を用意し、解析の最初に起動する。
- ③出現頻度や出現順序を考慮して、著者名を処理する“AUTHOR expert”を優先して実行させる。論文名を処理する“TITLE expert”を優先させる。
- ④頁、年、巻などを処理する“PAGE”、“YEAR”、“VOLUME” expert は同じ数字を扱うので、他のexpertとは独立に並列に実行させる。
- ⑤文献の種類を同定するのに使われる“DEGREE”、“REPORT”、“PROC.”、“EDITOR”、“JOURNAL”、“PUBLISHER”の各expertは“TITLE”の処理終了後に並列に実行させる。
- ⑥大学と部門を処理する“UNIV.”および“DEPT.”は、“DEGREE”および“REPORT”の処理終了後に起動する。
- ⑦“JOURNAL”や“PUBLISHER”においては、それぞれ雑誌名や出版社名との照合を行うために、“DICTIONARY”と呼ばれるデータベースの利用を可能とする。
- ⑧以上14個のexpertの起動およびデータの入力と制御を円滑に行うために、“MAIN PROCESSOR”と呼ばれる制御機構を用意する。
- ⑨各expertが個別に処理した結果を集め、比較・調整を行うために“RECEIVER”と呼ばれる調整機構を設ける。これはいわゆる“ブラックボード”的な役割を担う。

以上の基本方針に基づいて、Co-PSsによるモデル化を行った。

4.2 システムの構成要素と機能

図5に本研究で作成した参考文献解析システムの構成が示されている。システムの構成要素の機能はつぎの通りである。

(1) MAIN PROCESSOR

初期化とexpertの起動の制御を行う。タスクのスケジューリングは、図5の階層に従う。RECEIVERとUNIT expertが最初に起動される。UNIT expertが終了したならば、AUTHOR、YEAR、VOL. およびPAGEの各expertが起動される。以下、階層の上位にあるexpertが処理を終了したならば、その下位にあるexpertが順次起動される。

(2) UNIT expert

“DATAFILE”上の参考文献リストから1つのユニットに相当する文字列を切り出し、さらにその文字列中の意味的に冗長な文字(<スペース>、<改行>など)を除去する。

1) ユニットの切り出し

各ユニットは、その先頭が共通なパターンで始まっていることに着目し、ユニットの切り出しを行う。

```
[例] (1000 (/ENDLINE) (UNIT%-'/) (pack ## (/.[*L])
      - (REMOVE 1) (REMOVE 2) (REMOVE 3)
      (SEND *MTASK (PATTERN (UNITEND##))))
```

【機能】前に処理したユニットの先頭が“[”であり、かつ読み込み中の文字列において“[”を見出したならば、WMから照合した要素を削除し、MAIN PROCESSORにユニットの切り出しに成功したことを伝える。

2) スペースの処理

連続した2つ以上のスペースを1つにまとめ、区切り記号(< “>、< ‘>、< >、< . >、< - >等)の次に存在するスペースをデータから削除する。

```
[例] (1000 (pack (, / . *L))
      - (REMOVE 1) (ADD (PATTERN (UNIT (, . *L))))
```

【機能】WM中にく、>のつぎに、スペースが続くパターンが存在するとき、このスペースを除去したパターンに置き換える。

(3) 各項目に対応するexpert

各項目に対応するexpertを起動すると、各ワーキングメモリー上のデータに対し、探索が

開始される。探索の方法には構文図、辞書との照合、特別な手法の導入によるものの3つがあり、以下にその代表例を示す。

1) AUTHOR expert

構文図を、ほぼそのままルールに書き直したものである。イニシャル(1st-nameまたはmiddle-name)とセンテンス(2nd-name)を探索する。複雑なパターン(例えばVAN DER, Jr, et al等を含む場合)を識別するルールに高いプライオリティを与えることで最長一致の戦略を実現している。

[例]
 (1000 (initial.*M) (sentence(*X.*L))
 → (COND (UPPERCASE? *X) (SETQ \$(LIST *X))
 (REMOVE 2) (ADD (PATTERN (sentence \$ *L))))))
 (T (REMOVE 1) (REMOVE 2) (ADD (PATTERN (start *L))))))
 [機能] イニシャルを識別し、かつセンテンス探索が初期状態にあれば、センテンスの最初が英大文字であるときセンテンス探索を続行し、そうでなければ識別したイニシャルの情報を捨てて新たに探索を開始する

2) JOURNAL expert

キーワードによる探索と辞書との照合を行う。

[例] :600 (DIC-FAIL) (journal (J /. .*L))
 → (REMOVE 1) (REMOVE 2) (SETQ J% '(J /.))
 (ADD (PATTERN (journal J% *L))))
 [機能] 辞書との照合には失敗したが、雑誌識別のキーワード“J.”を発見したとき、キーワードによる探索を続行する。

3) PAGE expert

構文図をルール化し、その中でもキーワードとなる特定の文字列を伴う場合に、より確かさを高めるために確実性係数を導入している。ページの識別において、次の条件を満たすものの確実性係数を高める。

- ① 数字である。
- ② ページとしての構文規則を持つ。
- ③ 特定文字列(P., pp. 等)を伴う。
- ④ ユニットの種類が出現項目に頁を持つ。

確実性係数は、VOL. expert や YEAREXPERTにも導入されている。

(4) RECEIVER

各expertから送られてきた情報を比較・検討して、最終的な結果を導く。その時点で解析が不可能だと判断した場合には、ユーザに問い合わせ、その応答に基づいて処理を続行する。

1) 情報の集約

各expertからの情報を受け取るルールとそれらを検討して答えを導くルールから成る。

受け取りのルールは次の書式で与えられる。

(priority (送り手のタスク名)

(送られてきた内容)

→ (内容を記録)

(そのタスクが処理を終了したことを認知)

[例] (400 (publ-task *RTASK) (publisher-CONT *P)
 → (REMOVE 1) (REMOVE 2) (SETQRESULT 'PUBLISHER)
 (ADD (PATTERN (PUBL-END))) (ABORT *RTASK))
 [機能] PUB. expert から、“辞書との照合に成功し、出版社名を識別した”という情報が送られてきたとき、この内容を記録し、PUB. expert の活動の終了を記録し、かつこの情報を送ってきたタスクを消滅させる。

2) 人間とのインタラクション

種類の識別に失敗すると、次のステップに進むことができない。その場合ユーザに指示を要求する。また、処理を終了した場合もユーザに結果を表示して、そのチェックを要求する。この際に、雑誌名、出版社名についての情報をユーザが教えると、システムはそれらを辞書に登録する。

(5) DICTIONARY

現在、辞書には雑誌名について179、出版社名については74のデータが登録されている。多くの場合、略語による表記が行われているため、そのままの形態で登録してある。

以上システムの構成について、その一部を簡単に説明した。作成されたシステムは、MARCS (Machine Analysis of Reference based on Co-PSs) と名付けた。現在MARCSは約370のルールから構成されており、これらは14個のexpertに分散されている。

5. 適用結果と考察

5.1 適用結果

MARCSの有用性を明らかにするために、実際の参考文献リストに対して適用を試みた。図6および図7に適用結果の一部を示す。

両図からMARCSの解析能力がかなりの水準にあることがわかる。適用例(1)の最後の処理例において、“Information”という単語の中に改行の際に使われるハイフンが残っ

てしまっている。同じ最後の例において、編著題目名が処理されていないが、これは編著題目名を処理する expert を未だインプリメントしていないためである。

適用例(2) 2例目で "to appear" は VOL. expert によって処理されているために、ここに現われている。最後の2つの例では、所属部門および所在地の情報が処理結果から除外されているが、これらについても処理すべき expert および辞書が未だ用意されていないためである。

MARCSの解析に要する処理時間は1文献につき約40~50秒(ガベージコレクションタイムを含む)であって、既存の解析システムである SARPS に比べて、大幅に効率が改善されている。MARCSの処理性能は、項目別にみて正しく処理する割合が、80~90%である。

5. 2 考察

その他の多数の適用結果から、いくつかの考察を得た。

1. 直接出力には必要としなものも含めて、現

Bartlett, F.C. "Remembering." Cambridge Univ. Press. 1932.	
Beck, A.T. "Depression: Causes and treatment." Philadelphia: Univ. of Pennsylvania Press. 1967.	
Carlston, D.E. The recall and use of traits and events in social inference processes. Journal of Experimental Social Psychology. 1980. 16. 303-329.	
Higgins, E.T. & King, G. Accessibility of social constructs: Information processing consequences of individual and contextual variability. In N. Cantor & J. Kihlstrom (Eds.), Personality, cognition, and social interaction. Hillsdale, N.J.: Erlbaum, 1981.	
=====	処理結果
AUTHOR : F.C. Bartlett	
TITLE : Remembering.	
YEAR : 1932	
PUB. : Cambridge Univ. Press	

AUTHOR : A.T. Beck	
TITLE : Depression: Causes and treatment.	
YEAR : 1967	
PUB. : Univ. of Pennsylvania Press	

AUTHOR : D.E. Carlston	
TITLE : The recall and use of traits and events in social inference processes	
YEAR : 1980	
JOURNAL : Journal of Experimental Social Psychology	
VOLUME : 16	
PAGE : 303-329	

AUTHOR : E.T. Higgins G. King	
TITLE : Accessibility of social constructs: Information processing conseidual and contextual variability	
YEAR : 1981	
PUB. : Erlbaum	
EDITOR : N. Cantor J. Kihlstrom	

図6 適用例(1)

在インプリメントしていない各項目(編著題目名や出版社所在地、会議開催地名、会議開催年月日など)から誤った情報を抽出してしまうケースがかなりあり、これらをインプリメントすることが今後の課題である。

2. 区切り記号の判断が不正確なことに起因する間違いも少なくない。区切り記号を正確に処理するためには、意味的な処理も含めて、メタレベルでの推論が必要とされよう。

3. 現在のシステムでは、バックトラッキングが不十分である。処理の途中であいまいな情報にであった場合、そこに目印をつけ、後の処理において、必要が生じたならば、その箇所に戻ることができるように工夫することも必要である。

4. 現在 "RECEIVER" に集積されてくる情報は、どのタスクがいかなる理由で、項目の識別に成功したかという情報に留まっているが、項目間の関連性あるいは処理結果の重複の調整などの機能を追加することが必要と思われる。

[1] M. BLUM, R. W. FLOYD, V. R. PRATT, R. L. RIVEST AND R. E. TARJAN. "Time bounds for selection", J. Comp. Sys. Sci., 7(1972), pp. 448-461.	
[2] R. CHANDRASEKARAN AND A. DAUGHETY. "Location on tree networks: p-center and n-dispersion problems". Math. Oper. Res., to appear.	
[3] R. CHANDRASEKARAN AND A. TAMIR. "Polynomially bounded algorithms for locating p-centers on a tree". Discussion Paper No. 358, Center for Mathematical studies in Economics and Management, Science, Northwestern University, Evanston, IL, 1978.	
[4] ----. "An $O(N \log P^2)$ algorithm for the continuous p-center problem on a tree", Discussion Paper No. 367, center for Mathematical Studies in Economics and Management Science, Northwestern University, Evanston, IL, 1978.	
=====	処理結果
AUTHOR : M. BLUM R. W. FLOYD V. R. PRATT R. L. RIVEST R. E. TARJAN	
TITLE : Time bounds for selection	
YEAR : 1972	
JOURNAL : Comp. Sys. Sci.	
VOLUME : 7	
PAGE : pp. 448-461	

AUTHOR : R. CHANDRASEKARAN A. DAUGHETY	
TITLE : Location on tree networks: p-center and n-dispersion problems	
JOURNAL : Math. Oper. Res.	
VOLUME : to appear	

AUTHOR : R. CHANDRASEKARAN A. TAMIR	
TITLE : Polynomially bounded algorithms for locating p-centers on a tree	
YEAR : 1978	
REPORT : Discussion Paper No. 358	
UNIV. : Northwestern University	

AUTHOR : R. CHANDRASEKARAN A. TAMIR	
TITLE : An $O(N \log P^2)$ algorithm for the continuous p-center problem on a tree	
REPORT : Discussion Paper No. 367	
UNIV. : Northwestern University	

図7 適用例(2)

5. SARPSに比べて、MARCSはルールの可読性は向上しているが、まだ不十分である。これは主としてCo-PSsにおいてルールの条件部がパターン記述しか許されていないことによるもので、改善の余地がある。

6. 結論

本研究では、参考文献リストを計算機によって自動的に解析して結果をデータベースに登録するシステムを実際に作成し、いくつかの適用例を通じて、システムの性能の評価と問題点などを明らかにしてきた。

参考文献は本来一定の書式を持たないが、解析において何よりも問題となることは、区切り記号がケースによって異なる定義を持つことである。もし参考文献において区切り記号の画一化が行なわれれば、計算機による理解は容易に実現されると思われる。本研究では、こうした区切り記号の問題の他にも多くの問題を明確にし、対処の方法を提案した。しかし、提案した方法はどれも、不明確な知識の整理がなされない限り実現することはできない。この不明確な知識をいかに整理するかが非常に困難な問題である。

作成したシステムは、“文献の種類の識別”を前面に押し出し、“処理の階層化”を設定することにより、処理速度、処理範囲について既存のシステムに比べて、著しく改善することができた。この方法は今後参考文献の解析システムを作成するにあたっての1つの有効な戦略になると思われる。

参考文献の解析には、多くの段階での推論が必要であると思われる。これらを逐次、体系化していき最終的に1つの強力な推論方法を完成させることが望まれる。そのことを実際に可能にする頑健なフレームワークを持った汎用ツールを開発することも大きな課題である。

参考文献

- [1] 市川惇信・小林重信・和田安弘：分散プロダクションシステムによる参考文献リストの構文解析，第8回システムシンポジウム講演論文集，pp. 313-318 (1982)。
- [2] 畝見達夫・小林重信：Co-PSs：プロセス概念に基づく分散型プロダクションシステム，情報処理学会第28回全国大会講演論文集，pp. 1023-1024 (1984)。
- [3] 畝見達夫：LISP 1.9 on MELCOM User's Manual，東京工業大学 総合理工 システム科学専攻 市川・小林研究室。