

# 帰納的学習システム LS/1 による 翻訳の学習

赤間 清

(北海道大学 文学部)

LS/1は、外界と、単語列で表現された質問応答を繰り返しながら、質問応答の構造を学習する帰納的学習システムである。質問をある言語で書かれた文とし、別の言語によるその訳文を正解とする訓練列を想定することによって、LS/1はそのまま翻訳の学習に適用することができる。本論文では、LS/1を簡単な翻訳(英文和訳)に適用した例を中心にして、LS/1の知識表現や学習アルゴリズムについて説明する。簡単な英文和訳の実験により、LS/1が翻訳学習の研究を進めるためにも有望な枠組みを与えていることが確認される。翻訳の学習は、一般的で統一的な構造化の枠組みを発見していくうえで、1つの有力な糸口となることが期待される。

Learning of Translation  
by  
the Inductive Learning System LS/1

Kiyoshi AKAMA

(Faculty of Letters, Hokkaido University, Sapporo-shi, 060, Japan)

LS/1 is an inductive learning system that repeats Q-R-A (question response and answer) interaction (AKAMA 1979) with a teacher and learns the structure of the relation between questions and answers. Each message (Q,R and A) is a sequence of words. LS/1 can be applied to the task of learning English-to-Japanese translation without any changes in the algorithm of the system by using a training sequence which consists of English sentences as questions and their Japanese counterparts as answers. In this paper, we show the result of an experiment of translation learning, and explain the knowledge representation and the learning algorithm which is necessary to realize the translation learning. The successful result in acquisition of the knowledge for translation ability suggests that LS/1 will give a suitable research framework for the learning of translation as well as for the learning in other question-answering processes.

## 1. まえがき

我々は、帰納的学習システムの理論の構築を目指している。帰納的学習システムの理論とは知的情報処理システムの全体の理論であり、その特徴は、知識の構造化、一般化、仮説生成、発見などを知能の最も重要な機能とみなして（I 視点）いることである。ここでの「帰納」は、たんに具体例から一般規則を導き出すアルゴリズムを指す（伝統的な）狭い意味の言葉ではなく、それを（ほんの一部として）含む I 視点のシステムを指すことに注意して欲しい。伝統的な「帰納」の意味は「演繹」の（1つの）逆演算として位置付けられている。しかしそのような特徴付けだけでは具体的な研究の進展をもたらす力はない。それは、演繹以外の情報処理の奥深さを解明する糸口を見出していない段階の粗い認識レベルを反映したものとと言える。

LS/1 は、外界と、単語列で表現された質問応答を繰り返しながら、質問応答の構造を学習する帰納的学習システムである。LS/1 などの作成は、帰納的学習システムの理論の構築を推進するための有効な手段の1つと考えられる。LS/1 の知識表現法とアルゴリズムは、特定の領域に依存せず、一般的な理論の基礎を持ちうるものをより優先して組み立てられている。本論文では、LS/1 を簡単な翻訳（英文和訳）に適用する。そして翻訳の例を処理するのに必要な知識表現や学習アルゴリズムのいくつかについて説明する。しかしこれは翻訳にだけ有効な特別の細工を LS/1 にもたらしものではない。翻訳の学習を1つの例として用いながら、より一般的で統一的な構造化の枠組みを発見して帰納的学習システムの理論にまとめていくのが我々の目的である。

## 2. 帰納的学習システム LS/1 の設定と翻訳の学習

帰納的学習システム LS/1 の学習過程は、教師からシステムへの質問 Q を与え、それに対してシステムが応答 R を行ない、質問 Q に対して教師が正解 A を教えるという繰り返しからなる。また質問 Q、応答 R、正解 A は、単語列によって表わされる情報である。したがって、質問 Q を翻訳したい英文とし、応答 R と正解 A をその英文の和訳とすれば、英日翻訳の学習実験はすぐさま実現できる。これはもちろん、英語から日本語だけでなく、どんな言語間における翻訳でも同様である。英日翻訳のための訓練列の例を図1に示す。

このように LS/1 の学習の設定は、変更なしに翻訳を扱うことができる一般性を有するが、翻訳の学習のために追加しておく便利な機能が1つだけある。それは、Q から A を求める問題に対して、A から Q を求める逆問題を扱う機能である。一般の質問応答では逆問題は必ずしも意味を持たないが、翻訳の場合は逆が常に意味を持つからである。LS/1 でその機能を追加するのは極めて簡単であり、現バージョンの LS/1 は、学習過程の任意の時点で（\$az コマンドで）翻訳方向の切替ができる。

LS/1 は、中央処理システム（CPS）のほかに、関係管理システム（RMS）と概念管理システム（CMS）という2つのサブシステムを持つが、本論文では簡単のために2つのサブシステムは切り離して（切断/結合はコマンド \$system で簡単に行なえる）動作させる。

```
(I am Jiro) ----- (私 は 次郎 だ)
(I am Taro) ----- (私 は 太郎 だ)
(you are Jiro) ----- (あなた は 次郎 だ)
(you are Hanako) ----- (あなた は 花子 だ)
(I am a boy) ----- (私 は 少年 だ)
```

図1 翻訳学習のための訓練列

## 3. 知識表現

LS/1 の核となる知識表現は、標号網（label net）と呼ばれるネットワーク状の構造体 [1, 2, 3] である。それは、有限個の頂点と、それらを結ぶラベルからなる。標号網の1例を図2に示す。図2には3つのラベルがある。それらは、i00789, i00790, i00791 という ID 番号がついている。

ラベルには、確実度を示す整数（0以上100以下）が付加されている。これは、対訳を生成するための最良優先探索[3, 7]などで使われる。図2のラベルについた k1や k2はラベルの種別である。これは、学習のアルゴリズムの便宜上導入されている。このほかにLS/1では、「単語帳」や「黒板」などの知識も利用して処理的確化、高速化を計っているが、紙面の都合で本論文では割愛する。

佐藤らは、翻訳の学習のための文法として、翻訳文法[8]と呼ばれる知識表現を提案している。これはCFGを2つペアにしたような形の文法である。翻訳文法の表現はほぼそのまま標号網に移し替えることができる。例えば、翻訳文法の

```
I learn %0001 -> %s <- 私 は %0001 を 学ぶ
English -> %0001 <- 英語
Japanese -> %0001 <- 日本語
```

に対応する標号網の1つが前に述べた図2である。ここで、ラベル番号(100789など)や確実度(89など)やラベルの種別(k1など)は、翻訳文法には対応する記述がない。また、翻訳文法での非終端記号の役割は、標号網では、大域的な意味を持つ頂点と局所的な変数の2つが分担して担っている。非終端記号 %s に対応する頂点は v-root である。我々は既に[1]で、標号網がCFGの拡張とも見れることを述べ、CFGから標号網への変換法を述べた。上記の翻訳文法から標号網への変換もまったく同様のものである。標号網の表現全体は、CFGと同様に翻訳文法の表現全体をサブセットとして包含している。

```
100789 ----> 89 k2 (p v-root ((I learn $00011) (私 は $00012 を 学ぶ))
              (p v000282 (($00011) ($00012)))
100790 ----> 98 k1 (p v000282 ((English) (英語)))
100791 ----> 98 k1 (p v000283 ((Japanese) (日本語)))
```

図2 標号網の例

#### 4. 学習アルゴリズム

##### 4.1 知識変更の基本ルーチン

LS/1の知識変更の最も基本的なルーチンは、標号網の頂点、ラベルを生成/削除したり、ラベルの確実度だけを変更するなどの操作を行なうルーチンなどである。LS/1におけるすべての学習は、これらの基本ルーチンの複合操作によって行なわれる。

新しい質問応答によって得られた正の情報(ある英文と、それに対する1つの正しい和訳のペア)を(構造化せずに)単に標号網に付け加えるには、その情報を k1 ラベルにすればよい。もちろん頂点は v-root である。例えば、英文とその和訳のペアが、

```
(I am a little girl) ----> (watasi ha tiisana shoujo da)
```

の場合、

```
k1 (p v-root ((I am a little girl) (watasi ha tiisana shoujo da))
```

を追加する。

k1 ラベルの再配置ルーチンも基本的である。これは、例えば、

```
k1 (p v-root ((I am a little girl) (watasi ha tiisana shoujo da))
```

というk1 ラベルがあるときに、これを生成できる k2 ラベル、例えば、

```
k2 (p v-root ((I am a $1) (watsi ha $2 da)))
      (p v00561 (($1) ($2)))
```

を見つけて、その k1 ラベルを削除し、代りに

```
k1 (p v00561 ((little girl) (tiisana shoujo)))
```

を追加するものである。

#### 4. 2 K1ラベルの一般化アルゴリズム

次の2つの単語列のペアを考える。

P 1 = ((I am a boy) (watasi ha shounen da))

P 2 = ((You are a girl) (anata ha shoujo da))

これら2つを見れば、

P 3 = ((\$1 a \$2) (\$3 ha \$4 da))

がこれら2つの単語列のペアに共通のパターンであり、P 3 の \$1, \$2, \$3, \$4にそれぞれ、

\$1=(I am), \$2=(boy), \$3=(watasi), \$4=(shounen)

という単語列を入れるとP 1 が、また、

\$1=(you are), \$2=(girl), \$3=(anata), \$4=(shoujo)

という単語列を入れるとP 2 ができることを導くことができる。このように単語列のn項組が複数個与えられたとき、それらに共通のパターンとそれらの差異を示す代入を得ることを(単語列のn項組の)一般化と呼ぶ。このアルゴリズムは、[6] で与えた。これは一般に複数の解をもつ。LS/1 では結果として得られる共通パターンに存在する定数の出現の数で評価して最も良いもの(出現の数の多いもの)を採用している。

この一般化のアルゴリズムを使って標号網の構造化を行なうことができる。例えば、

k1 (p v-root ((I am a little girl) (watasi ha tiisana shoujo da)))

k1 (p v-root ((I am a boy) (watasi ha shounen da)))

の2つの k1 ラベルがあるとき、単語列のn項組の部分の一般化により、

共通パターン = ((I am a \$1) (watasi ha \$2 da))

差異リスト = ((\$1 (little girl) (boy)) (\$2 (tiisana shoujo) (shounen)))

を得る。その結果

k2 (p v-root ((I am a \$1) (watsi ha \$2 da)))

(p v00561 ((\$1) (\$2)))

なる k2 ラベルを作ることができる。ただし、v00561はここで新たに生成された頂点である。その後上記の k1 ラベルを再配置すれば、

k2 (p v-root ((I am a \$1) (watsi ha \$2 da)))

(p v00561 ((\$1) (\$2)))

k1 (p v00561 ((little girl) (tiisana shoujo)))

k1 (p v00561 ((boy) (shounen)))

と構造化がなされる。

#### 4. 3 k1 ラベルと k2 ラベルのマージ

k1 ラベルと k2 ラベルのマージは、その k2 ラベルによってその k1 ラベルを再配置できないが、近い関係にあるときにそれらを統合するために行なう。たとえば、

k2 (p v-root ((I am a \$1) (watsi ha \$2 da)))

(p v00561 ((\$1) (\$2)))

k1 (p v-root ((I am not a doctor) (watsi ha isha de ha nai)))

の2つをマージするには、k1 ラベルの一般化と同様のアルゴリズムで、

共通パターン = ((I am \$3) (watasi ha \$4))

を得て、

k2 (p v-root ((I am \$3) (watsi ha \$4)))

(p v00568 ((\$3) (\$4)))

をつくり、そのときの差異リスト

差異リスト = ((\$3 (a \$1) (not a doctor)) (\$4 (\$2 da) (isha de ha nai)))

から

k2 (p v00568 ((a \$1) (\$2 da)))

(p v00561 ((\$1) (\$2)))

を追加すれば良い。これで最初の k2 ラベルは2つの新たな k2 ラベルの合成によって実現されたので、あとは k1 ラベルを再配置すればマージは完成する。

#### 4. 4 同一視による一般化

一般化やマージによって新しく k2 ラベルを追加しても、またさらに k1 ラベルを再配置しても、それらは標号網の表現する対訳集合を変化させない。従って、そのままではすでに教えられた対訳とまったく同じ問題しか扱うことができない。対訳集合を拡大するための1つの方法は、2つの異なる頂点を同一視することである。

頂点の同一視は、その2つをどの程度強く結びつけるかによっていろいろな種類のものが考えられる。現バージョンでは2種類を扱う。1つは、2つの頂点をまったく1つにしてしまう統合である。2つの頂点 V1, V2 を統合するには、標号網のすべてのラベルに対して、V1 と書いてあるところを V2 と書き直せば良い。2つ目は、2つの頂点 V1, V2 を恒等変換するラベルで結ぶことである。恒等変換のラベルは、たとえば、

k3 (p v1 (( $\$1$ ) ( $\$2$ )))

(p v2 (( $\$1$ ) ( $\$2$ )))

のようなものである。これは2項組の単語列に関してだけ恒等変換を行なう。この k3 ラベルの重要度を上下することによって、2つの頂点 V1, V2 の同一視の強さの度合いを表現できる。

#### 4. 5 重要度の変更

各ラベルについた重要度の変更は、標号網を少しずつ変化させるための有効な手段である。ある応答が正訳であるとわかったとき、その応答を生成するために用いられたラベルの重要度は増加させられる。応答が誤訳であると分ったときは、その逆に重要度は減少させられる。ここで望ましいのは、正訳あるいは誤訳の応答に関係するすべてのラベルの重要度を一律に変化させるのではなく、正訳の原因を推測して的確な変更を行なうことである。しかしこれは非常に難しい。おそらく原理的にこれが正しいと言える方法は存在しないであろう。シャピロの MIS のように必要なだけシステムが質問を行なえる設定ならそれは可能だが、そのような設定に（過度に）依存するのは帰納的学習システムの発展にとって好ましいものではない。

現バージョンの LS/1 は、1つの誤訳が発見された時、その誤訳を生成するのに用いられたすべてのラベルの重要度を一律に低下させるのではなく、その中で最も重要度の低いものをより大きく低下させるヒューリスティックを用いている。

#### 5. システムの動作例

任意の訓練列に対する LS/1 の学習過程を、

(種類 S 質問 Q 応答 R 正解 A)

の4つ組の列で表現する。このうち先頭の「種類 S」は、次のように定められている。

S = u ... Q の中に未知単語が存在する。従って、応答ができなくても当然。

S = ? ... Q の単語はすべて既出単語だが、応答が ??? である。

S = O ... 正しく応答がなされた。 (R = A)

S = x ... 誤まった応答がなされた。 (R  $\neq$  A)

図3に学習過程の例を示す。ただし図3では、スペースの都合で、R = A の場合の A は省略した。この学習過程から、逆に訓練列 (QAペアの列) がどのようなものであったか知ることができる。この訓練列は、佐藤 [8] らの例にならったものである。ただし、和訳は大文字のアルファベットで表記した。小文字にすると、英語の「are」と日本語の「あれ」などの区別がなくなることには注意せよ。(LS/1 は、漢字を扱えない lisp で書かれた拡張 prolog: PAL の上で実現されているので、現在のところ漢字コードを扱えない)。また、Hanako's などのアポストロフィ s は分離して、:s と書き直した。

(u (I am Jiro) ??? (WATASI HA JIRO DA))  
 (u (I am Taro) ??? (WATASI HA TARO DA))  
 (u (you are Jiro) ??? (ANATA HA JIRO DA))  
 (u (you are Hanako) ??? (ANATA HA HANAKO DA))  
 (u (I am a boy) ??? (WATASI HA SHOUNEN DA))  
 (u (you are a girl) ??? (ANATA HA SHOUJO DA))  
 (o (you are a boy) (ANATA HA SHOUNEN DA))  
 (u (I am a tall boy) ??? (WATASI HA SE NO TAKAI SHOUNEN DA))  
 (u (you are a small girl) ??? (ANATA HA TIISANA SHOUJO DA))  
 (u (this is a book) ??? (KORE HA HON DA))  
 (u (this is an apple) ??? (KORE HA RINGO DA))  
 (u (that is a book) ??? (ARE HA HON DA))  
 (u (that is an orange) ??? (ARE HA MIKAN DA))  
 (u (this is my apple) ??? (KORE HA WATASI NO RINGO DA))  
 (? (this is my book) ??? (KORE HA WATASI NO HON DA))  
 (u (this is your book) ??? (KORE HA ANATA NO HON DA))  
 (u (this is a dog) ??? (KORE HA INU DA))  
 (u (that is Taro :s dog) ??? (ARE HA TARO NO INU DA))  
 (u (he is a boy) ??? (KARE HA SHOUNEN DA))  
 (u (she is a girl) ??? (KANOJO HA SHOUJO DA))  
 (u (he is my friend) ??? (KARE HA WATASI NO TOMODATI DA))  
 (u (she is a teacher) ??? (KANOJO HA SENSEI DA))  
 (o (she is Hanako :s teacher) (KANOJO HA HANAKO NO SENSEI DA))  
 (u (that is a tennis ball) ??? (ARE HA TENISU BO-RU DA))  
 (u (it is your tennis ball) ??? (SORE HA ANATA NO TENISU BO-RU DA))  
 (u (I am not Taro) ??? (WATASI HA TARO DE HA NAI))  
 (u (she is a nurse) ??? (KANOJO HA KANGOHU DA))  
 (? (you are not a nurse) ??? (ANATA HA KANGOHU DE HA NAI))  
 (? (he is not my teacher) ??? (KARE HA WATASI NO SENSEI DE HA NAI))  
 (u (she is not Hanako :s mother) ??? (KANOJO HA HANAKO NO HAHAOYA DE HA NAI))  
 (o (it is not a tennis ball) (SORE HA TENISU BO-RU DE HA NAI))  
 (u (it is not your desk) ??? (SORE HA ANATA NO TUKUE DE HA NAI))  
 (o (it is my desk) (SORE HA WATASI NO TUKUE DA))  
 (o (this is not a dog) (KORE HA INU DE HA NAI))  
 (o (it is not an apple) (SORE HA RINGO DE HA NAI))  
 (o (you are not Taro :s friend) (ANATA HA TARO NO TOMODATI DE HA NAI))  
 (o (you are not a teacher) (ANATA HA SENSEI DE HA NAI))  
 (u (you are his friend) ??? (ANATA HA KARE NO TOMODATI DA))  
 (u (he is her teacher) ??? (KARE HA KANOJO NO SENSEI DA))  
 (o (she is not my teacher) (KANOJO HA WATASI NO SENSEI DE HA NAI))  
 (o (that is not your dog) (ARE HA ANATA NO INU DE HA NAI))  
 (u (this is Hanako :s piano) ??? (KORE HA HANAKO NO PIANO DA))  
 (u (that is my new piano) ??? (ARE HA WATASI NO ATARASII PIANO DA))  
 (u (I am an American) ??? (WATASI HA AMERIKA-JIN DA))  
 (u (you are a Japanese) ??? (ANATA HA NIHON-JIN DA))  
 (o (Taro :s friend is an American) (TARO NO TOMODATI HA AMERIKA-JIN DA))  
 (o (Hanako :s teacher is not a Japanese) (HANAKO NO SENSEI HA NIHON-JIN DE HA NAI))  
 (u (this is a small car) ??? (KORE HA TIISANA KURUMA DA))  
 (u (it is an old car) ??? (SORE HA HURUI KURUMA DA))  
 (o (that is a new car) (ARE HA ATARASII KURUMA DA))  
 (o (it is not my new car) (SORE HA WATASI NO ATARASII KURUMA DE HA NAI))

図3 LS/1の学習過程の例

> 80 k2 (p v-root ((I am \$00230) (WATASI HA \$00231 DA))) (p v00525 ((\$00230) (\$00231)))  
 > 76 k2 (p v-root ((you are \$00252) (ANATA HA \$00253 DA))) (p v00525 ((\$00252) (\$00253)))  
 > 84 k2 (p v-root ((\$00674 is \$00675) (\$00676 HA \$00677 DA)))  
 (p v00672 ((\$00674) (\$00676))) (p v00525 ((\$00675) (\$00677)))  
 > 75 k2 (p v-root ((I am not \$02338) (WATASI HA \$02339 DE HA NAI)))  
 (p v00525 ((\$02338) (\$02339)))  
 > 77 k2 (p v-root ((you are not \$02840) (ANATA HA \$02841 DE HA NAI)))  
 (p v00525 ((\$02840) (\$02841)))  
 > 82 k2 (p v-root ((\$03237 is not \$03238) (\$03239 HA \$03240 DE HA NAI)))  
 (p v00672 ((\$03237) (\$03239))) (p v00525 ((\$03238) (\$03240)))  
 > 75 k2 (p v00298 ((tall \$00339) (SE NO TAKAI \$00340))) (p v00298 ((\$00339) (\$00340)))  
 > 75 k2 (p v00298 ((small \$00373) (TIIISANA \$00374))) (p v00298 ((\$00373) (\$00374)))  
 > 77 k2 (p v00298 ((new \$08433) (ATARASII \$08434))) (p v00298 ((\$08433) (\$08434)))  
 > 75 k2 (p v00298 ((old \$11289) (HURUI \$11290))) (p v00298 ((\$11289) (\$11290)))  
 > 80 k1 (p v00298 ((girl) (SHOUJO)))  
 > 81 k1 (p v00298 ((boy) (SHOUNEN)))  
 > 82 k1 (p v00298 ((dog) (INU)))  
 > 80 k1 (p v00298 ((book) (HON)))  
 > 81 k1 (p v00298 ((apple) (RINGO)))  
 > 80 k1 (p v00298 ((orange) (MIKAN)))  
 > 83 k1 (p v00298 ((friend) (TOMODATI)))  
 > 85 k1 (p v00298 ((teacher) (SENSEI)))  
 > 81 k1 (p v00298 ((tennis ball) (TENISU BO-RU)))  
 > 80 k1 (p v00298 ((nurse) (KANGOHU)))  
 > 80 k1 (p v00298 ((mother) (HAHAOYA)))  
 > 81 k1 (p v00298 ((desk) (TUKUE)))  
 > 80 k1 (p v00298 ((piano) (PIANO)))  
 > 81 k1 (p v00298 ((American) (AMERIKA-JIN)))  
 > 81 k1 (p v00298 ((Japanese) (NIHON-JIN)))  
 > 82 k1 (p v00298 ((car) (KURUMA)))  
 > 82 k2 (p v00525 ((an \$00697) (\$00698))) (p v00298 ((\$00697) (\$00698)))  
 > 78 k2 (p v00525 ((my \$00762) (WATASI NO \$00763))) (p v00298 ((\$00762) (\$00763)))  
 > 76 k2 (p v00525 ((your \$00899) (ANATA NO \$00900))) (p v00298 ((\$00899) (\$00900)))  
 > 85 k2 (p v00525 ((a \$01031) (\$01032))) (p v00298 ((\$01031) (\$01032)))  
 > 81 k2 (p v00525 ((\$01175 :s \$01176) (\$01177 NO \$01178)))  
 (p v00525 ((\$01175) (\$01177))) (p v00298 ((\$01176) (\$01178)))  
 > 75 k2 (p v00525 ((his \$06300) (KARE NO \$06301))) (p v00298 ((\$06300) (\$06301)))  
 > 75 k2 (p v00525 ((her \$06713) (KANOJO NO \$06714))) (p v00298 ((\$06713) (\$06714)))  
 > 83 k1 (p v00525 ((Hanako) (HANAKO)))  
 > 80 k1 (p v00525 ((Jiro) (JIRO)))  
 > 83 k1 (p v00525 ((Taro) (TARO)))  
 > 84 k1 (p v00525 ((it) (SORE)))  
 > 82 k1 (p v00525 ((she) (KANOJO)))  
 > 80 k1 (p v00525 ((he) (KARE)))  
 > 81 k1 (p v00525 ((this) (KORE)))  
 > 82 k1 (p v00525 ((that) (ARE)))

図4 LS/1が獲得した知識の例

図3を見ると、学習はきわめて順調である。

(she is not Hanako : s mother)

という質問から後では、u以外の問題はすべて正解を答えている。また全体を通して誤った応答は存在しない。

図3の学習過程の最後の質問応答による学習を終えた後でシステムが持つ知識（の主要部分）を、図4に示す。これを見ると、肯定文、否定文、形容詞、冠詞、所有格、代名詞、名詞などにあたる文法がそれぞれうまく構造化されている。また、頂点は、いろいろな同一視の処理のあと、v-root, v00525, v00298 の3つになっているが、それらは次の意味を持つことが読み取れる。

v-root    -- 文（英文や和文）を構成するものに対応する  
v00525    -- 冠詞が（それ以上）つかない名詞、代名詞、名詞句など  
v00298    -- 冠詞をつけて名詞句などをつくるための構成要素

## 6. むすび

質問を英文とし、その和訳を正解とする訓練列を想定することによって、LS/1はそのまま翻訳の学習に適用することができる。簡単な英文和訳の実験により、LS/1が翻訳学習の研究を進めるためにも有望な枠組みを与えていることが確認された。これは、LS/1などの帰納的学習システムを作成しながら、翻訳の学習を含む広範囲の学習の基本原則を統一した理論（帰納的学習システムの理論）として発展させて行く研究方法の有効性を示唆するものである。

紙面の都合上、LS/1についていくつかの記述を省略した。特に、獲得した知識を用いた翻訳文生成過程や、同一視発見のためのアルゴリズムについても省略した。これらは密接な関係があり、それがLS/1の学習アルゴリズムの1つの特徴なのであるが、それらについては別の論文で述べる。

残された課題は多い。たんに与える対訳を増して行くだけで、問題はいくらかでも得られる。それを一般的なレベルで解決する試みを通して、帰納的学習システムの理論を豊かに展開していけるだろう。その際、標号網の表現力にはまだまだ余力があることや、標号網と論理のつながりなども事態を洞察するうえで有効に作用すると思われる。そしてさらに、関係管理システムや概念管理システムなどの効果的な利用など、帰納的学習システムを構成してゆく興味は尽きない。

## 文 献

- [1] 赤間 清, 市川 淳信: 学習システムのための記号列集合の表現, 電子通信学会論文誌 Vol.61-D No.9 P649-656 (1978)
- [2] AKAMA, K. and Ichikawa, A.: "A Basic Model for Learning Systems", Proc. of the 6th IJCAI, p4-5 (1979)
- [3] 赤間 清: 帰納的学習システムの最良応答探索, 情報処理学会, 知識工学と人工知能研究会資料, 41-12, P89-96 (1985)
- [4] 赤間 清: 未知言語環境における帰納的学習のモデル, シンポジウム「学習の諸問題」報告論文集 p38-55 (1986)
- [5] 赤間 清, 滝川 雅巳: データベースの帰納的構成 - 関係管理システム -, シンポジウム「学習の諸問題」報告論文集 p65-80 (1986)
- [6] 赤間 清: 文字列領域における一般化と統一化のアルゴリズム, 情報処理学会, 知識工学と人工知能研究会資料, 45-6, (1986)
- [7] 赤間 清: 最良優先探索 PROLOG, 情報処理学会, 知識工学と人工知能研究会資料, 47-8, p57-64 (1986)
- [8] 佐藤 理史, 長尾 真: 文法推論に基づいた翻訳文法の学習方式, シンポジウム「学習の諸問題」報告論文集 p132-142 (1986)