

自然言語概念学習に関する考察

白石正人¹

¹福岡教育大学教育学部

横田将生²

²福岡工業大学言語情報工学研究所

あらまし

自然言語理解システムでは対象分野を特定して実用に供する場合、使用される語彙に関する概念辞書を予測して収集しておかなければ、理解処理が出来ない。これらの概念辞書の機械的な抽出や収集には、辞書等から単語間の言語的関係を抽出する方法が試みられているが、概念の記述自身を自然言語文や図形などから学習するものは見当たらない。本稿では人間の自然言語概念獲得過程を分析することにより、言語的および非言語的(図形など)手段による自然言語概念学習システムの必要性を論じ、そのようなシステムを実現するための一つの方法を提案する。

A CONSIDERATION ON AUTOMATIC ACQUISITION OF NATURAL LANGUAGE CONCEPTS

Masato Shiraishi¹

Masao Yokota²

¹Faculty of Education, Fukuoka University of Education

729 Oaza Akama, Munakata-shi, 811-41, JAPAN

²Language and Information Laboratory, Fukuoka Institute of Technology

3-30-1 Wajirohigashi Higashi-ku, Fukuoka-shi, 811-02, JAPAN

ABSTRACT

When a natural language understanding system is put to practical use in a specified application field, if the vocabulary employed in the field were not previously accumulated as a conceptual dictionary in the system, it would not be able to perform such understanding processes. For extracting concepts of the vocabulary and accumulating them into such a dictionary automatically, several methods to extract some linguistic relations among words from dictionaries have been attempted, but such a system that learns logical representations of concepts from natural language sentences or from pictures isn't in existence.

In this paper, first, the necessity of a system for natural language concepts acquiring both through languages and through non-linguistic media (e.g. pictures) is described based on the analysis of the human process. Second, a method to realize such a system is proposed.

1. まえがき

我々は、人間の心像(イメージ)に基づく自然言語理解処理のシミュレーションを行っている^{[1]-[3]}。この研究は、自然言語の担う概念を抽象線図形でモデル化し、記号論理で記述することにより、計算機処理を行うものである。しかしながら、現在の自然言語理解システムの知識(意味辞書など)は極めて小さいものであるため、実用に供するには、どうしてもシステム自身が学習する機能を持つ必要がある。その際、人間の学習過程を考慮するならば、言語的学習(言語を媒介とする)と非言語的学習(図形などを媒介とする)過程が相補的に働くようなものが理想である。例えば、人間の幼児期における基本語概念のようなものは本来、非言語的な学習過程(むしろ言語的には学習が不可能)を経ており、どうしても、非言語的な入力を処理する機能が必要である。本研究は、このような認識に基づいて、自然言語理解システムにとって未知である自然言語概念を、自然言語談話および図形を介して学習させようとするものである。既に、このようなシステムの原型は完成しており^{[4]・[6]}、現在、その改良を行っているところである。この原型システムの言語的学習機能は、既に作成している自然言語談話理解システムIMAGES-III^[6]が基盤となっており、談話文章の意味内容を一般化することにより、自然言語概念を学習できるようになっている。一方、非言語的学習に関しては、自然図形の自動理解が困難なため、まず、イメージのモデルとして考案した抽象線図形パターン(属性空間における軌跡パターン^[1])を直接認識して理解する機能を実現し、このような機能をもとに、自然言語概念学習に必要な図形の抽象レベルを策定しながら、機能拡張を徐々に行っていくことを計画している。

2. 言語および図形の性質

人間相互の情報伝達を効果的にするために従来から、いろいろな分野で言語と図形が協調的あるいは相補的に用いられている。これは以下のような理由によると考えられる。

言語は社会的に約束された共通の構造体系(すなわち文法)および意味体系を持っており、人間はそのような構造(すなわち表層構造)から意味を得るための解釈方法も習得している。従って、受け手は言語それだけで送り手の伝えたい情報を社会的に約束された共通のレベルで得ることが可能である。しかしながら、この場合、得られた情報は抽象的であり具体性に欠ける。一方、図形には言語と違って構造および意味に関して社会的約束に基づいた共通の体系や定まった解釈方法は存在しない。従って、図形それだけでは、受け手はどう解釈したらよいのかわからないのが普通であり、言語で解釈方法(どこに意味があるのか)を指示してやる必要がある。しかしながら、図形は対象事物そのものの描写または、それを象形化したものであるため、解釈方法が与えられれば伝達内容は具体的かつ印象的である。例えば、図1はそれだけでは何を意味しているのかわからないが、「今度、新しく発見された古墳を真上から見た形は図のようになっていきます。」あるいは「新しい標識は図の向きに貼って下さい。」というような見方が指示されると、想像される言葉だけの説明よりもはるかにわかりやすい。そして、ここに図形および言語を共通な意味(知識)体系において認識・理解することのできるシステムを作成する意義がある。

ところで、この例からわかるように、一つの図形に対する言語による意味づけは無数に存在する。したがって、有効なシステムを作製するためには、図形および言語の意味的対応関係が明確にできるようにしておく必要がある。言語のもつ意味の表現方法については、処理の目的や程度に応じて、従来から、いろいろなものが提案されている。しかしながら、そのほとんどが深層格構造によるもので、あくまでも言語のみを入出力とするシステム向きである。図形および言語に共通な意味表現をどうするかもやはり、

処理内容による。我々は、図形および言語を認識・理解した証拠として図形、言語のどちらでも応答出来るようなシステム構成を目的としている。この立場では、言語のみを入出力とする場合と異なり、人間が図形（視覚世界）を認識あるいは、言語からそのような世界を想起する際の心像（イメージ）現象によく対応するような意味表現が必要である。このような目的のため、我々は、事物の属性値を座標としてもつ属性空間と呼ぶ抽象空間を導入し、そのような空間における現象を人間の心像現象と対応づけ形式的に表現する方法（軌跡式表現）をとっている。この方法によると、図形・言語の意味は、属性空間およびそこでの現象と対応づけることができ、しかも完全に言語に依存しない（language-free）記述が可能である。この方法では、図2に示すような属性空間における軌跡（抽象線図形パターン）は、式(1)のような表現（軌跡式と呼ぶ）によって一意的に変換される。ただし、“ A_{12} ”、“ \cdot ”および“ \cap ”は、それぞれ、「位置に関する属性空間」、「継時的連言」および「同時的連言」である。

$$(\phi, x, p, q, A_{12}) \cdot ((\phi, x, q, p, A_{12}) \cap (x, y, q, p, A_{12})) \quad (1)$$

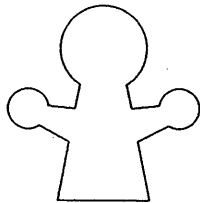


図1 ???

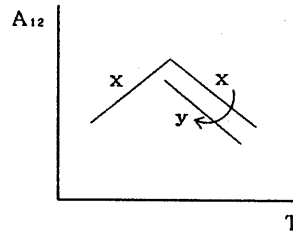


図2 “fetch”の概念に対応する軌跡パターン

3. 概念学習システムの概要

我々が、現在、作成している自然言語概念学習システムの概念図は図3のようになっている。このシステムは、教授者（人間）が学習内容を自然言語（英語）または抽象線図形（軌跡パターン）を取り込み、記号論理式として解釈し、解釈内容に関して推論をするものである。システムが自然言語概念を正しく学習したか否かは、その推論内容の妥当性で判定することになる。具体的な作業項目は以下のようである。

- (1) 自然言語解釈部の作成：自然言語解釈部は、形態素解析、構文解析、意味構造生成、および意味解析過程より成る。この部分は、既に作成している自然言語理解（質問応答）システムIMAGES-Ⅲの入力文解析部を改造することにより作成する。
- (2) 線図形解釈部分の作成：線図形解釈部は、線図形パターン（時空間パターン）の特徴点を取り込み、概念パターン（記号論理式）として解釈する。パターンの特徴点は、ワークステーションのウィンドウを通し、ある許容範囲を持った時空間座標点列として取り込むようにする。
- (3) 推論処理部の作成：IMAGES-Ⅲの演繹推論部の改善と、取り込まれた具体例（正および負の事例）を一般化（概念化）する簡単な帰納推論機構（定数部分のある条件で変数に変える）を付加する。
- (4) 言語応答部の作成：学習形成された自然言語概念が妥当なものかを判定するために、推論を行わせ、その結果を自然言語文として出力させる。例えば、「運ぶ」という概念の学習後、人間が「太郎が本を運ぶ」を入力し、システムが「太郎が移動

する。本が移動する。．．．．。」というような応答文を出力すれば、システムは正しく「運ぶ」という概念を理解したと判定できる。

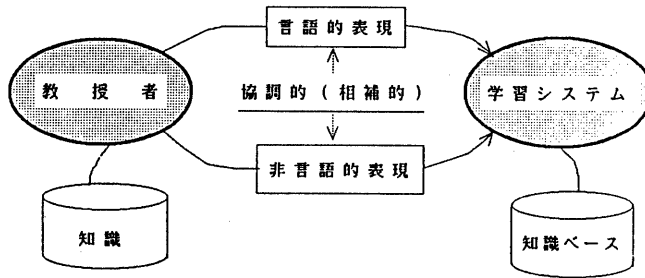


図3 自然言語概念獲得システムの概念図

4. 言語的知識獲得の実験

我々は、言語的概念獲得の実験を、IMAGES-IIIに学習機能を付加した予備実験システムにおいて行った。図4は、従来のIMAGES-IIIの構成の概略を示したものであるが、この構成では長期記憶(LTM)や意味辞書の更新が不可能なものになっている。したがって、学習機能を実現させるために、まずこの点を中心に改良を試みた。図5に、学習機能を付加したIMAGES-IIIの概要を示す。

4.1 実験システムの記憶構造

この実験システムにおいて変更されたものとしては、知識ベースの記憶構造である。本システムにおいては、3階層の記憶構造を取り入れている。以下に各記憶構造について簡単に説明する。

(1) 短期記憶 (STM: Short Term Memory)

入力単文の意味構造(概念部を指す。)を記憶させるメモリーである。従来のシステムでは、単文の意味構造を結合子によって結合された談話の意味構造を記憶するものであった。今回のシステムにおいては、単文入力毎にその内容は更新される、いわばバッファメモリーである。

(2) 中期記憶 (MTM: Medium Term Memory)

現在の談話内容を談話意味構造として記憶するメモリーである。今回、STMとLTMの間に新たにこの中期記憶MTMを設定した。この中間的な記憶構造は、一般化操作を行うための一種のワーキングメモリーとして機能する。

(3) 長期記憶 (LTM: Long Term Memory)

いわゆる”外界と内界の知識”に相当するが今回のシステムにおいては、書換え可能なメモリーである。この知識には、以下に示すようなものが格納されている。知識の体系的な構成の詳細は文献^[3]にゆずり、ここでは、直接関与する知識のみを記述した。

a) 法則に関する知識

現実世界の知識において、「氷がとけると水になる。」等の一般的な法則、すなわち推論規則として用いられる知識である。

b) 事物概念間の知識

事物概念間の包含関係を記述した知識である。

c) 事物自身の性質に関する知識

外界事物や内界事物自身の性質に関する知識であり、その事物が取り得る属性を示している。

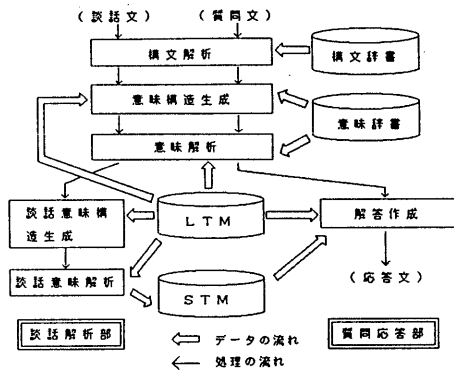


図4 IMAGES-IIIの概念図

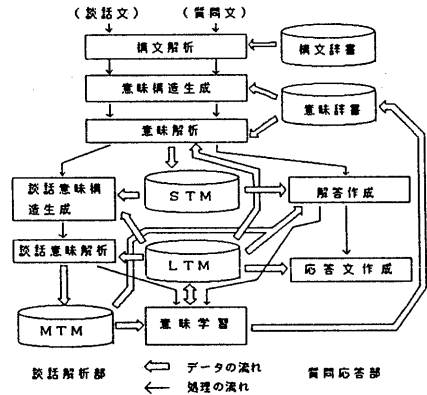


図5 実験システムの概念図

4.2 実験例

以下に本実験システムにおいて試みられた自然言語による学習の実験例について説明する。まず未知語“returns”の意味構造を入力談話より帰納的に学習した例について解説する。ある入力談話文（この場合は単文である。）においてシステム内に未登録の単語が入力された場合、構文解析の段階で、構文解析不能のメッセージと共に未登録語の意味構造の問い合わせが行われる。

<例1> “returns”の概念学習

L1: Tom returns from Osaka to Tokyo.

この段階で未知語“returns”の意味構造を入力する。

[例文入力]

D1: Tom stays in Tokyo.

D2: Then, Tom goes to Osaka.

D3: Then, Tom goes to Tokyo.

これらの談話文は、通常の談話入力と同様の処理過程を経て図4に示すように、単文毎に各々意味構造が生成され、最終的に談話意味構造として統合され、以下のような意味構造となる。

[意味構造]

(ϕ , TOM, TOKYO, TOKYO, A12) • (ϕ , TOM, TOKYO, OSAKA, A12) • (ϕ , TOM, OSAKA, TOKYO, A12)

ここで、上記の結果は意味学習過程に渡され、この中で一般化操作が施される。本実験システムにおいて施された一般化操作は、単純に定項を変項に変換する操作のみである。ただし、異なる定項はすべて異なる変項に置換している。ここで問題となるのはこのような一般化操作だけでは、任意要素（例えば、形容詞など）が含まれる談話がたまたま入力された場合にそれが削除出来ないことである。

[一般化操作]

{*x1*/TOM, *p1*/TOKYO, *p2*/OSAKA}

また、変項に置換されてはならない必須の定項などもこれでは同様に置換されてしまう。しかしながら、今のところ意味辞書に必須の定項を含むような事象概念は見当たらない。ただし、事物概念間の包含関係において変項が限定されている場合がある。この一般化

操作はあくまでも過渡的なものであり、今後さらに検討を加える必要がある。この操作によって、最終的に"returns"の意味辞書に以下の概念部が登録される。

[登録された知識]

$(\phi, *x1*, *p1*, *p1*, A12) \cdot (\phi, *x1*, *p1*, *p2*, A12) \cdot (\phi, *x1*, *p2*, *p1*, A12)$

次の例は、"jealous"の法則を疑問文と対において、導出したものである。

<例2>"jealous"の法則学習

D1:Tom loves Mary.

D2:She loves Jim.

[意味構造]

$(MARY, TOM, *p*, v(0, 7, 0, 0, 0), B05) \cap (JIM, MARY, *q*, v(0, 7, 0, 0, 0), B05)$

ここで、システムに対して次のような質問を与える。

Q1:Do you think that Tom is jealous of Jim ?

[疑問文意味構造]

$(YOU, YMFY, *p*, \#INF, B03) \wedge \#INF=(JIM, TOM, *o*, v(-5, -7, 7, 0, 3), B05)$

解答作成過程において疑問文の意味構造とパターンマッチする談話意味構造を調べるが、該当するものがないので、これは失敗に終わる。次にLTMの法則に関する知識を呼出し、さらに演繹の推論を試みるが同様に失敗し、最終的に「閉世界仮説」^[7]により「わからない」という旨のメッセージを出力し、意味学習を起動するか否かをオペレーターに問い合わせる。意味学習過程に入るとさらに、この疑問文に対する答が問われる。ここではYesと仮定している。ところで、先の処理過程において談話中に疑問文とパターンマッチする意味構造が存在しないことはすでに明白となっている。したがって、推論規則（法則に関する知識）としてシステム内に登録される。ただし "Do you think that"の意味構造部分は、システムに対する問い合わせの意味構造を含んでいるため、強制的に削除される。最終的に以下の意味構造に変換される。

[意味構造]

$(JIM, TOM, *o*, v(-5, -7, 7, 0, 3), B05)$

以後、<例1>と同様の一般化操作が施され、法則に関する知識としてLTMに登録される。

[一般化操作]

$((*x1*, *y1*, *p1*, v(0, 7, 0, 0, 0), B05) \cap (*z1*, *x1*, *p2*, v(0, 7, 0, 0, 0), B05))$
 $\rightarrow (*z1*, *y1*, *p3*, v(-5, -7, 7, 0, 3), B05))$

5. 非言語的知識獲得の実験

非言語的入力形態の援用による単語概念の知識獲得をELIS-WINDOW上で試みた。今回のシステムでは、教授者がWINDOW機能を利用してマウスやメニュー等を操作し、抽象線図形の入力およびトークンの教示を行い、システムが入力された抽象線図形から軌跡式へ自動変換を行うものである。図6に本システムの基本構成を示す。教授者は、「抽象線図形入力部」により作成された線図形入力WINDOWから線図形を入力する。入力された線図形は中間的なデータリストに変換され、「意味構造変換部」に与えられる。「意味構造変換部」では、これらに基づいて分類と変換操作が行われる。その際、座標リストを生成し、「位置判断部」において入力された直線の性質（平行、集束、拡散等）を確定する。変換された意味構造は、意味構造出力部においてWINDOW表示される。この入力部の起動後、属性空間選択のメニューが表示され、対応する属性空間を選択する。次にメニューバーから入力処理を選択し、線図形を入力する。点や線等の図形オブジェクト

は、すべてトークンが付与される。

中間データリストは、式(2)に示すように対象とする属性空間と図形データの座標リストから構成している。

(At {(Fig Token {(x y)})}) (2)

At : 属性空間

Fig : 図形名

line : 直線あるいは折れ線
dot : 点
action: 作用関係

x、y : 垂直座標、水平座標

{ } : 一回以上の繰り返し

得られた中間データリストより、分類操作が施され、座標データを抽出して、「位置判断部」へ入力される。

「位置判断部」では、座標リストにより「水平軸に対して平行」、「2直線が平行」、「2直線が交差」等の判定を行う。判定結果に対して属性値の問い合わせが行われ、教授者がこれらを入力する。

判定結果と中間データリストにより意味構造のリスト形式に変換する。図形オブジェクトが複数存在する場合、対応した複数の意味構造リストが生成される。最後に、連言による結合操作が施され最終的な意味構造が生成される。付録の図7に概念獲得の例を示している。

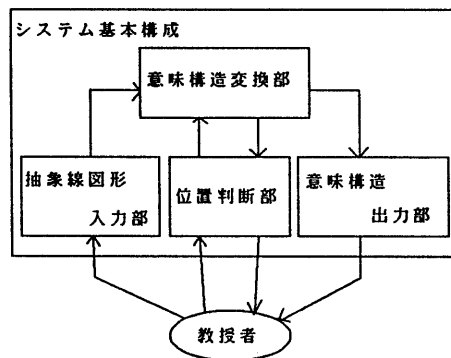


図6 実験システム（非言語的知識獲得）の概要

6. むすび

我々は、概念学習システムを図3に示すように2つの知識伝達手段を持つものを考察した。言語的表現による学習形態は、目的とした知識を自然言語で記述し、蓄積された知識辞書を参照して、意味構造を形成し、最後に一般化操作を施し、他の知識との整合性をチェックして記憶する。非言語的表現によるものは、高度な認識装置が必要となり、対象分野を限定しなければ、実現が難しい。しかしながら、非言語的表現は、先の例に示されるような基本的な事象概念を記述する単語の学習を考慮した場合、非常に重要な知識伝達手段である。したがって、この意味表現と直接対応する抽象線図形をここで言う抽象化された非言語的表現として用いている。我々の意味記述は、本来、抽象線図形が意味を記述するベースを構成しており、その対応が明確であるため、基本的にこの変換という点において極めて効率的であろう。

言語的概念獲得に関して、自然言語理解システムの一部を変更して自然言語による知識獲得の試みを行い、この結果について報告した。ここでは、概念部の一般化操作や、整合性のチェック等はまだ完全に整理されていない。体系的に分析・検討することがぜひとも必要である。しかしながら、例に示すように知識辞書に登録されている事象概念“stays”, “goes”などから、1つの談話例によってその複合概念“returns”を帰納的に導出している。本実験において用いられた一般化操作は、極めて単純であるにも関わらず、パターンマッチングの機能と併せて、ある程度の学習機能を満足することが判明した。さらに、学習談話をうまく設定し入力することによって、この学習効果が向上することが期待される。

非言語的概念獲得に関しては、単語概念の知識獲得をELIS-WINDOW上で試みた。今回のシステムでは、教授者がWINDOW機能を利用してマウスやメニュー等を操作し、抽象線図形の入力およびトークンの教示を行い、システムが入力された抽象線図形から軌跡式へ自動変換を行うものである。今回の試みについては、かなりの情報を教授者が指示してやる必要が生じた。抽象線図形のみでは、不確定であり、属性空間等の情報を逐次入力しなければならない。複雑な線画パターンについては、まだ完全に対応していない。しかしながら、ここで示すような非言語的概念獲得手段を具備することは、自然言語の学習システムにおいて必須となろう。

今後、試作した学習システムの言語的および非言語的部門に関して以下のような検討や、それに基づく改善を行っていく予定である。

- (1) 入力図形に関する検討：外界の具象事物が抽象的なイメージレベルの素概念およびその複合に変換される過程には階層が存在すると考えられる。自然言語として存在する事物概念が、外界刺激受容器レベルから直接得られるようになるためには、どのような種類の階層が必要かを策定し、非言語的入力部分の具象図形への対応のための要件およびその実現可能性を検討する。
- (2) 素概念に関する検討：現在、属性空間における原子軌跡（最も基本的な軌跡）および、それを結合する時間的結合子を、自然言語概念を構成するための素概念としている（現在のところ十分成功している）が、相補性を考慮した非言語的入力部分の能力如何では素概念の追加・改訂も起こりうる。
- (3) システムの改善：追加・改訂された素概念に適合して、可能なレベルでの具象図形の入力および抽象化（記号化）過程を実現する。
- (4) システムの評価：言語および非言語的部門に対して実際の英語単語（1000種類程度）の概念の入力を試み、その結果により入力手段の妥当性を質・量の両面から明らかにする。

参考文献

- [1]横田, 吉武, 田町: “自然言語理解システムIMAGES-Iの意味解釈過程について”, 信学論(D), VOL J69-D, No. 3, pp. 777-784(昭和61年3月).
- [2]横田, 吉武, 田町: “自然言語理解システムIMAGES-Iの出力合成過程について”, 信学論(D), VOL J70-D, No. 11, pp. 2267-2272(昭和62年11月).
- [3]横田, 吉武, 田町: “中間言語による自然言語理解の試み”, 情報学知識工学と人工知能学会研究会資料, 31-4, pp. 1-8(1983).
- [4]白石, 横田: “自然言語意味学習の試み”, 情報処理学会研究会資料, 90-NL-75-7, pp. 1-8(1990).

- [5]白石, 西村, 横田: "非言語的入力形態による単語概念学習の試み", 第43回電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, p. 669(1990).
- [6]吉武, 横田他: "自然言語理解システムIMAGES-III", 「知識情報処理」シンポジウム資料集, pp. 17-26(1985).
- [7]Reiter, R.: "A logic for default reasoning", Artificial Intelligence, Vol.13, pp. 81-132(1980).

付 録

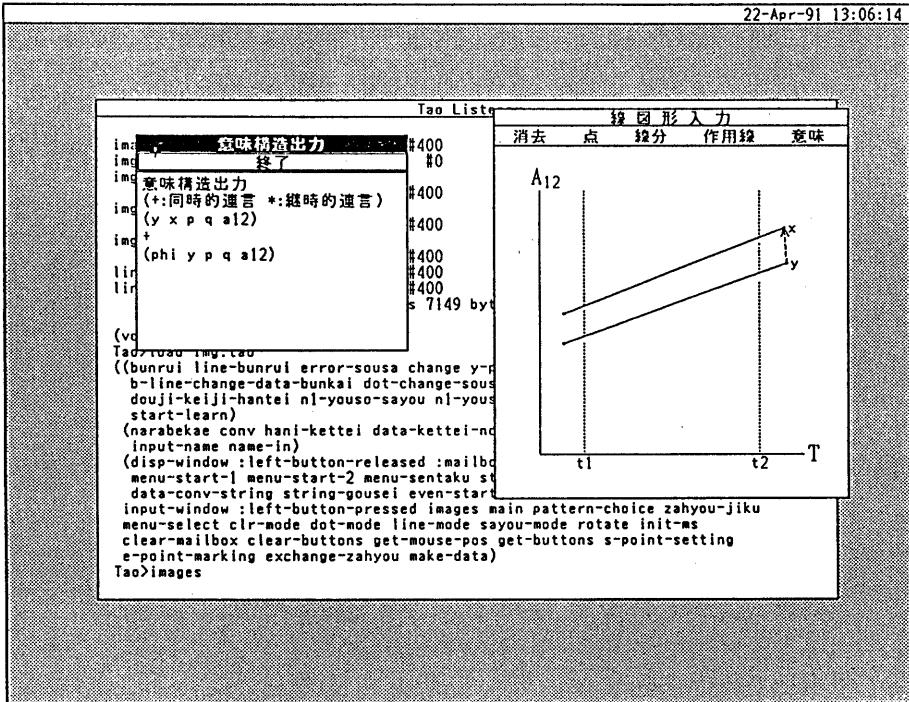


図7 非言語的的概念獲得の実験例 ("carry"の概念獲得)