

触覚概念学習システムのための基礎的研究

小田 誠雄[†] 川端 晋一郎[‡] 横田 将生[‡]

[†] 福岡工業短期大学 電子情報学科

[‡] 福岡工業大学 情報工学科

我々は心像意味論 (MIDST: MentalImage Directed Semantic Theory) に基づいて図形などの非言語的知識を援用した自然言語の概念学習システムの作成を試みている。

本論文では、触覚に関連する概念の学習システムについて述べる。まず、市販のシソーラスに記述された触覚に関する自然言語の概念を分析し、6つの属性空間上の12個の事象パターンを得た。次にロボットアームと4種類のセンサー素子を用いたシステムを設計し、その上で事象パターンをどの様に分別するか考察し、分析された概念のほとんどを扱えるという結論に達した。

現在、システムは作成の途上であるが、温覚センサーについては完成し、予備実験をおこない、例えば「熱い」と「暑い」の違いを区別できることを確かめた。

A Fundamental Study of the Tactile Concept Learning System

Seio Oda[†] Shin-ichiro Kawabata[‡] Masao Yokota[‡]

[†]Fukuoka Junior College of Technology

[‡] Department of Communication and Computer Engineering,
Fukuoka Institute of Technology

Basing on MIDST (MentalImage Directed Semantic Theory), the authors have been constructing a learning system of natural language concepts, which is supported by non-linguistic media such as pictures.

In this article, we report a learning system of concepts associated to tactile sense organs. First, we analyzed natural language concepts concerning tactile qualities in a thesaurus on the market and have got twelve event patterns in six attribute spaces. Second, we designed a system composed of a robot arm and four kinds of sensor, and studied how the event patterns were acquired and recognized in the system. We have arrived at the result that the system handles most of concepts analyzed in the way above.

Although the whole system is under construction at the moment, we have already equipped the system with the thermo sensor and our preliminary experiments have confirmed that the system can tell "hot" for hot coffee from "hot" for hot weather, for example.

1 はじめに

心像意味論 (MIDST: MentalImage Directed Semantic Theory)[1] に基づいて自然言語の概念学習システムの作成を試みている。このシ

テムは、人間の幼児が主に両親から、現実世界の事物 (非言語的知識) とそれを表す言葉を対として与えられて、自然言語の概念を学習する過程をシミュレートするものである [2]。

一般に学習対象の自然言語の担う概念は様々

なので、学習対象の語彙を分析し、概念を明確にする必要がある [3]。我々はシステム作成に先立ち、学習対象分野の自然言語の語彙の概念分析を行なって、システムの持つべき知識、処理手順の検討材料にしている。

今回は非言語的知識として触覚によって得られる知識 (例えば「ざらざら」など) を基にした概念を学習するシステムの構築を試みる。本稿では、システム設計のための触覚に関する語彙の概念分析を行なった結果を示した後、その分析結果を基に、触覚概念を計算機において獲得する際に必要な入力装置ならびに処理方法について述べる。

現在は、システムの試作に取り掛かっているが、その中で完成した温度センサー部分については予備実験を行ない基礎データが得られている。本稿の最後に、そのデータを基に行なった考察結果についても触れる。

2 触覚に関する語彙の概念分析

2.1 分析対象

心像意味論では、属性空間上での事物の属性値の時間または空間的变化を論理式 (軌跡式) で表し、これを概念記述の拠り所としている。

我々は、市販のシソーラスを基に、語彙の概念を軌跡式で表現し、そこに含まれる事象パターンの分類・分析を行なっている。得られたデータは各々の非言語的知識を用いる言語概念獲得システムに必要な知識・メカニズムの抽出に使う。

今回はシソーラス角川類語新辞典の中から触覚によって形成されている概念を表す語彙を表 1 に示す項目中より選んで調査対象とした。

2.2 分析結果

対象とした項目中には、かならずしも触覚による概念を扱う語彙ばかりが含まれる訳ではないので、前述の 505 語中から、主に触覚によって認識される性質や、接触の動作を含んでいる語彙 202 語について分析を行なった。

事象パターンを記述するのに必要であった属性空間は「形」、「硬度」、「感触」、「湿度」、「粘度」、「温度」の 6 種類であった。

表 1: 調査対象の語彙

分類項目	語数	動詞	名詞	形容詞, 他
112 面	132	0	101	31
136 硬軟	66	0	5	60
138 乾湿	31	0	9	23
146 冷温	75	0	25	50
206 すべり	16	11	5	0
245 起伏	52	37	15	0
246 角立ち	19	19	1	0
251 凝固	66	40	26	0
252 乾燥	48	27	18	3
合計	505	134	205	167

表 2: 触覚に関する概念の事象パターン数

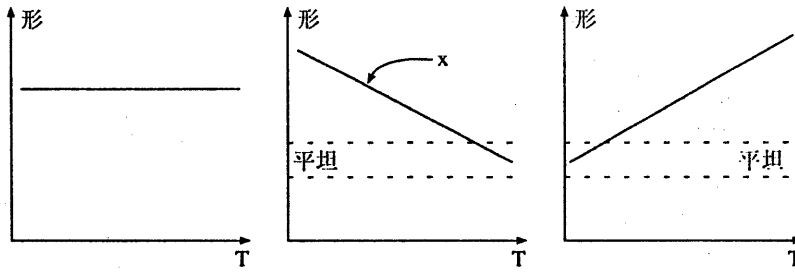
属性空間	時間的事象パターン	空間的事象パターン
形	3	7
感触	2	2
硬度	2	2
湿度	3	0
粘性	1	0
温度	1	0
計 (異なり数)	3	9

事象パターンの数は時間的事象パターンが 3 通り、空間的事象パターンが 9 通り抽出できた。表 2 に各属性空間毎の事象パターンの個数、表 3、表 4 にパターンの種類が多かった形および感触の属性空間上で表現し得る概念を持つ語彙の分布、図 1 に事象パターンの一部を示す。

3 触覚概念学習システム

3.1 システム構成

システムには非言語的な知識の入力機構、すなわち、人間の触覚器に相当する入力装置が必要である。ただし人間の触覚器は単に物体に触れるだけでなく、さすったり、押したりといった動作を伴う。そのために、人間の腕に相当する機械装置が必要になる [4]。現在、製作を行なっている触覚概念学習システムの構成を図 2



例: 平ら

例: ならず

例: 隆起

図 1: 形に関する語彙の時間的事象パターン (一部)

表 3: 形属性を持つ概念のパターン毎の語数

種別	語数		例
	作用素	有/無	
時間的事象パターン			
平坦化	3/	0	ならず
隆起等	6/	6	隆起, くぼめる
空間的事象パターン			
平坦	--/	6	平ら, 凸凹
浮き	--/	2	浮き出る
突出	--/	11	突出, 中高
尖り	--/	0	とんがる
くぼみ	--/	2	凹み, 中低
溝	--/	16	溝, 割け目
凸凹	--/	9	凸凹, 起伏
合計	9/	52	59

表 4: 感触属性を持つ概念のパターン毎の語数

種別	語数		例
	作用素	有/無	
時間的事象パターン			
接触	2/	14	すべる, こする
空間的事象パターン			
平滑	--/	8	滑らか, すべすべ
粗さ	--/	9	粗い, ざらざら
合計	2/	60	62

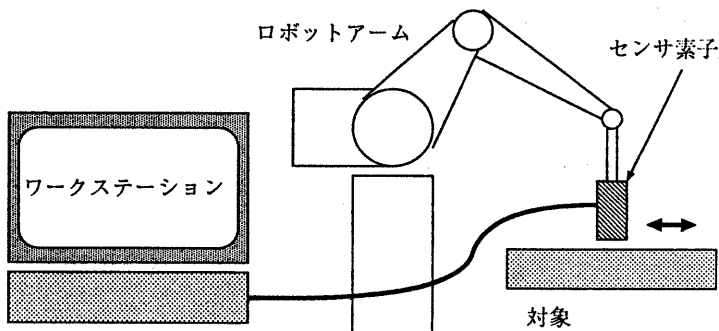


図 2: 触覚概念学習システムの構成

に示す。ここで各種センサーには以下のようなものがある。

- **温覚センサー** 数個の温度感知素子とヒータを組み合わせたもので、温度の測定や表面を湿らせて湿度を測定する。
- **圧覚センサー** スプリングとポテンシオメータを組み合わせたもので、アームを物体に押えつける、等の操作を行ない硬度や粘性を測定する。
- **共振センサー、振動センサー** それぞれピエゾ素子やマイクロフォンを用いたもので、物体をこすることにより表面の特徴が分かる。

もちろん、感触は単にどれか1つのセンサーの出力ではなく、各々のセンサーの出力から総合的に導かれるものである。

3.2 事象の識別方法

前章で分析した概念を本システムで学習する際の事象の識別方法について以下に示す。

形に関する概念 形に関する概念の多くは視覚によっても認識できるので、触覚を用いる場合と視覚とを使い分ける必要がある。

触覚により認識しやすい形概念の事象パターンの例としては「浮き」や、わずかな「くぼみ」に関するものがある。これらの概念を区別するには対象物体にセンサーを接触し、左右に動かした時の圧覚センサーの出力変化を基にする。

感触に関する概念 感触に関する概念を分別するには、圧覚センサー、共振センサー、振動センサーの3つの出力から総合的に判断することになる。この場合の事象パターンは教示者との対話を通した例示による学習によって獲得する。この時の腕の動きは、「形」の場合と同様である。

硬度に関する概念 センサーを対象物体に押えつけた時の圧覚センサーの出力で分別する。ただし「ふわふわ」と「ぶよぶよ」を

区別させるような時は、腕を離す時の出力の変化も考慮に入れる必要がある。

温度に関する概念 温覚センサーを対象物体に接触させることで、「熱い」、「冷たい」などの温度に関する概念を区別できる。

湿度に関する概念 空気中の湿度をはかる場合は、温覚センサーの表面を水で濡らし、平常時との差を調べれば良い。この「水で濡らす」という行為は人間では「汗をかく」との同等である。

また湿度に関する概念の中には、物体表面あるいは内部に含まれる水分の量を表す概念(例えば、「ぐしょ濡れ」)がある。この場合は、センサーを一旦物体表面に触れるか、押えつけた後物体から離して測定する必要がある。

粘性に関する概念 センサーを対象物体に押えつけた後、左右に動かした時の圧覚センサーの出力で分別する。あるいは「ベタベタ」のような概念の場合は、離す時の圧覚センサーの出力で識別する。

どちらの場合においても、対応するパターンは学習によって獲得しなければならない。

事象を識別する際にはロボットアームの種々の動きが必要であるが、それらをまとめると以下の5種類となった。

- 1) 物体に接触させる(気温は空気に接触)
- 2) 物体に接触させた後、はなす
- 3) 押えつける
- 4) 押えつけた後、はなす
- 5) 接触させて左右に動かす。

4 実験

4.1 温覚センサー

現在、触覚概念学習システムは作成の途中であるが、温覚センサーとその入力装置は出来上がっており、予備実験が行なえた。温覚センサーの構造を図3に示す。

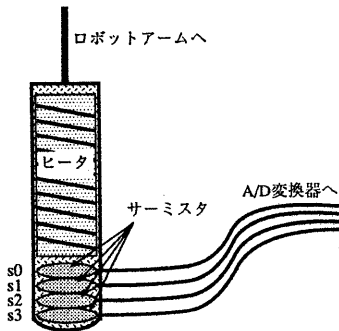


図3: 温度センサーの構造

4.2 実験結果

図4は、気温約 25°C の環境に置いたセンサーに対して、以下のような操作を行ないセンサーの温度変化を調べたものである。

- 高温環境 (約 50°C の水中) に移す。
- 高温物体 ($70^{\circ}\text{C}\sim 80^{\circ}\text{C}$ に熱した金属版) に接触させる
- 低温環境 (約 0°C の水中) に移す。
- 低温物体 (氷) に接触させる

この結果より、

- 環境の温度変化が生じると、センサー全体の温度が変化する。
- 温度の違う物体に接触させると、先端のセンサーの温度が急激に変わる。

ということが分かる。この結果は図5のセンサー間の温度差の変化(ヒータにもっとも近いs0を基準とする)を見ると顕著である。

しかしながら試作したセンサーは、その直径が約1cmと大きなものになったため、反応スピードは早くなかった。

5 まとめ

本稿では、まず市販のソーラースを基に、主に触覚によって認識でき、あるいは接触という

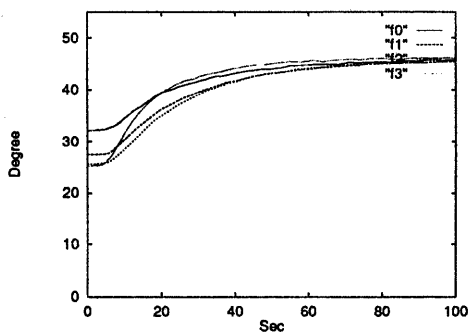
動作を含む概念の分析を行なった。その結果、空間的事象パターンを中心として12種類の事象パターンを抽出することが出来た。

次に、このような概念を計算機上で扱うための触覚器に相当する入力装置と、それぞれの事象の認識処理について提案した。これは分析された概念のほとんどは扱える。また、分別が困難な概念もいくつかあったが、それらは、例えば「寒気」や「悪寒」などのように触覚だけでなく、生理的あるいは心理的な情報が必要なものである。

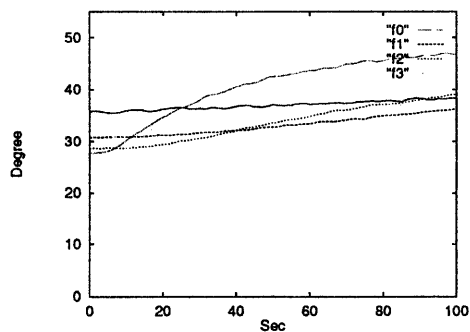
最後に作成した温度センサーを使った予備実験の結果を示し、温度に関する事象を識別可能なことを述べた。しかしながら、センサーの反応スピードが十分ではなく、今後改良して行く必要がある。

参考文献

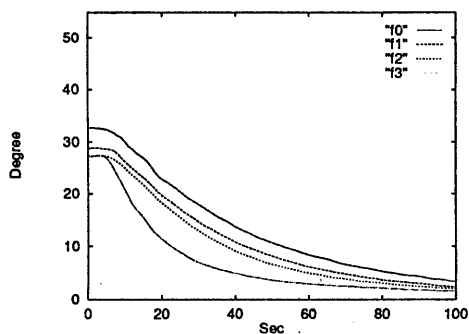
- [1] 横田 将生: 心像に基づく自然言語意味論の提案, 福工大言語情報工学研究所彙報, Vol.1, PP.1-12(1990)
- [2] Seio Oda, Yasushi Nishimura, Masato Shiraishi, Masao Yokota: An Experimental System for Learning "Color" Concepts based on Mental-image Directed Semantic Theory, Natural Language Understanding Pacific Rim Symposium (NLPRS'93), PP.264-271 (1993)
- [3] 小田 誠雄, 横田 将生: 概念学習システムのための色に関する語彙の概念分析, 福工大言語情報工学研究所彙報, Vol.3, PP.31-36(1992)
- [4] 阪口 豊: 触覚における感覚統合と能動的認識, 電子情報通信学会誌, Vol.76, No.11, pp. 1222-1227 (1993)



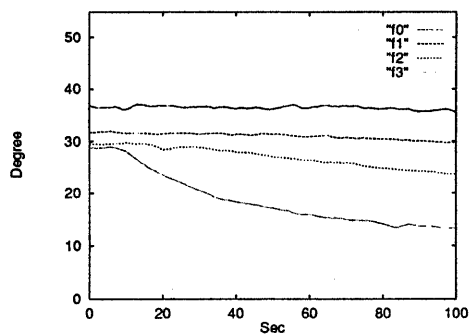
高温環境に置いた場合



高温物体に接触させた場合

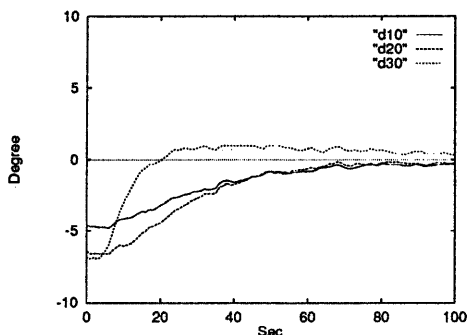


低温環境に置いた場合

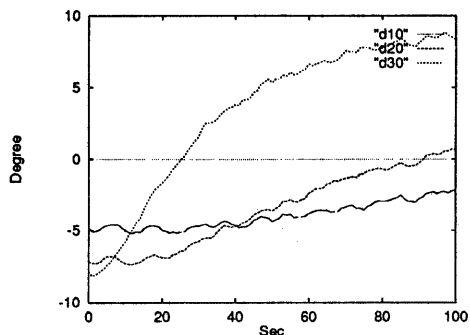


低温物体に接触させた場合

図 4: センサーの温度変化



高温環境に置いた場合



高温物体に接触させた場合

図 5: センサー間の温度差の変化