

認知言語学の本を読んでいて考えたことを記してみようと思う。すなわち、自然言語処理を自律的に単語や構文などを学習していくというレベルで捕らえたとしたらどういう機構が必要になるであろうか。

コンピュータはパターン発見とか既存データを組み合わせで一つの固まりにする操作しかできない。それでも、そんな制約の下でも、人間並みの言語獲得能力を持たせるにはどうしたらよいか、考えていきたい。その糸口は身体性である。アイデアの基本はコンピュータは人間並みの身体を持っているものとして、そのレベルからの言語獲得を議論していくことで得られるのである。

つまり、「結果的に、自律学習を可能とするには、カテゴリーの意味素性理論が成立すると考えざるを得ない」ことを示す。プロトタイプ理論やネットワーク理論は学習の結果がそう見えるというに過ぎないのである。

1. 身体性

生きるということは、置かれた環境で如何に有効なアクションをしていくかという問題を解いていくことだ。有効なアクションの全てを生得的に持っていることは、環境の多様性が無限であるから、不可能なことである。ということであれば、身体の生成する情報からアクションを生成していくことに工夫をこらしていくことしか、方法は無いのである。身体の持つ情報とは、感覚情報とプリミティブとして備わっているアクションのセットと、感覚とアクションの基本的な連想（条件反射）である。これらは数学的には意味素性というシンボル（オントロジー）で表現されるものになるはずである。

このオントロジーの上に、様々なアクションが構築されていくことになる。それは、意味素性の組み合わせとして実現できる物でなければならない。その物とはカテゴリーである。カテゴリーはある環境条件での2つの情報の固まりの間の連想として生成されるものだから（それ以上複雑な機構はありえない）、同じカテゴリーに環境条件（文脈）によって連想がことなる意味素性の固まりが無数に設定されることになる。同じカテゴリーでも異なるタイプのものがあることがありうることになる。ペンギンと雀は同じ鳥というカテゴリーであるが、羽根とか、飛行とかの状況で異なる意味素性を持っている。これが、カテゴリーのプロトタイプ理論とか、ネットワーク理論とかの根拠になるのである。

数学的にはカテゴリー理論は意味素性に置くべきだと考えるのは以上の事柄による。そこで、身体性を少し詳しく見てみたい。

ところで、アクションは基本的にモデル予測制御で動く断片的なもので、実際のロボットの行動や思考はそのアクションの時系列とか並列組み合わせである。モデル予測制御は、行動をデータ（モーターの動きとか）持ち、実際の制御はそのモデルに近づくべく操作していく制御方式である。感覚とアクションをプリミティブなものとして用意することで、その上に、無限の行動パターンを自律的に学習して獲得できるようになるのである。人工知能の設計問題は網羅性をプリミティブに与えることであるといえる。網羅性が高いことがより精巧な人工知能であると言える。

(1) 身体とアクション例

身体部分	アクション (自分の行動と他者の動きパターン)
頭	うなずき、左右の首振り
顔	表情、食べる、飲む、息をする、話す、歌う
首	
腕	持ち上げる、振る、投げる
手	握る、受ける、開く、道具を使う
手の指	挟む、つまむ、細かい仕事をする
胸	
腹	
背中	
尻	腰かける
脚	歩く、走る
足	立つ
かかと	
つま先	ける
足指	はさむ

体の中、体の外、体に接して
身体の上、身体の下、身体の横

(2) 移動場所

空中、地中、地上、水上、水中、物の上、物の中、物の下、物の横

(3) 感覚

皮膚感覚、音感覚、視覚、体内感覚、疲労感、爽快感

(4) 行動

使役、受け身、標準(静止、動き、変化)

(5) 一般

分断、接合、交差、上、下、中、外、横、前、後、変化、静止、動き。

2 . 図と地

オントロジーは、ただまんべんなく発火するが、その上にフォーカス機能が存在する。図と地を決めるシステムである。大きな物、枠組みを地とし、動く物、人間とか、小さいものとかが図となる。無論、例外的な物にも意志的にフォーカスして図とすることができる。いずれにしても、デフォルトな図と地の決定を行うオントロジーが必要である。

文や文章は、この図と地を持って、情報が際だって表現されることが見えてくる例である。図と地のはっきりしない文や文章は存在しない。

また、図と地を情報として持つから、意味素性は構造を持つと言える。単なる記号ではない。

3 . カテゴリーシステム

カテゴリーシステムは次の機構が基本となる。

(1) パターン発見

(2) パターンマッチング

(3) パターンとアクションの間の連想とその連想の強さのQ学習

(4) 鍵と鍵穴システム

(5) 能動的試行錯誤

(1) から (5) までを意味素性という記号をベースに捕らえていきたい。パターン発見は感覚器からの信号や言葉などから発火される意味素性記号セットに規則性があるかどうかを調べる処理である。それは繰り返し発火される意味素性記号セットの範囲とその頻度を集計していくことで行われる。

パターンマッチングはパターン発見や行動、思考などで、モデルに一致する意味素性記号セット組み合わせパターンを検索する機能である。そして、パターンとアクションは連

想で結びつけられる。あるパターンが発現したとき連想されているアクションを起動するようになっている。これは人工知能の基本機構である。意味素性セットは文脈を構成し、ある文脈で起動したアクションは結果として意味素性セットを発火する。そして、それは文脈に反映され、さらなるアクションが起動することになる。

鍵と鍵穴は、曖昧性管理で利用する機構である。曖昧性情報は、異なる意味素性記号セットでも上位のカテゴリーとして同じものを取ることがあるので必然的に生まれる。アクションとして、発話を考えればそのことが納得できる。異なる意味の発話が同じ構文、文章になってしまうことが多々あるからだ。だから、発話を解析するとき、鍵と鍵穴システムで、曖昧性を削減していく必要が生じる。曖昧性のあるカテゴリーは更に精度の高い、曖昧性の少ないカテゴリーへ分解される。ある文脈のもと、その精度を改善できるように情報を供給するのが鍵と鍵穴である。文脈パターンをキーとして、精度の高いカテゴリーの内容を連想するのがその鍵と鍵穴情報である。それによって、曖昧の少ないカテゴリーをより強く発火するのである。

学習は受け身で行ってばかりでは効率が悪い。未知の動きとか構文に対して、今までのカテゴリーから推論を組み立てて、予測して、正しいと思える行動を取ってみる。発話してみる。能動的な試行錯誤の活動である。

4 . 構文の学習

学習をいくつかの構文を習得する場合を想定して考えてみる

(例文 1) I can go to school.

この文で、「can」を学習することを考えてみたい。「can」は可能を表すカテゴリーである。このカテゴリーと構文を学習しなくてはいけない。それには、「抑圧された状態」から「解放された状態」への感覚の変化として捕らえられるだろう。記号では(+change (+pressure,+release))と成るだろうか。そんな感覚変化の時に、人から例文 1 を聞かされたとき、「can」と「can go」の単語と構文を学習きっかけが与えられる。これは、条件付けである。これで単純に人工知能は言葉を学習できることが分かった。

この構文を発展させて、「can+VB」を凡化によって予測し、試行錯誤していく過程を実施して知識を確実なものにしてけばよい。

カテゴリーを構成するには、既存のオーソライズされた知識との整合性が常に調べられる。その例を次にみよう。

(例文 2) I give him a paper.

I give a paper to him.

(例文 3) × I put the table a paper.

I put a paper on the table.

give と put では同じ文型を取れない。give は直接目的語と間接目的語の交替パターンがあるが、put では無いのである。それは、give よりも put の方が直接目的語の制約がきついかからと解釈される。それは、give と put の基本的な構文の学習時において意味素性が異なっているからであると言えるのである。

5 . もっと徹底的に数学を

情報処理とは、変化/変換である。すなわち、入力情報を出力情報にどう変化させるかというのがプログラムである。物作りの基本である。変化を表すプロセスに利用するアルゴリズムとデータがプログラムとして、オブジェクトとして存在する。変化とは写像（矢）だから、なんか圏論が定式化に役立つのではないかと思える。無論、いくつかの考え方の拡張が必要になるわけであるが。

推論も、思考も、リーズニングも、行動も、・・・システム内に矢のチェーンがあるかどうかを発見する処理である。学習とは矢を獲得していく処理である。学習とは、意味素性セット（集合論の世界）をベースに矢を作って行く過程である。などなど、人工知能は、集合論と圏論で数学化できるのではないだろうか。

6 . 人工知能の開発は

人工知能の開発は、一気に完成とはいかないだろう。意味素性の網羅性にレベルを設けて、少しずつ実現していくのが良い。どんな感覚をサポートし、どんなアクションプリミティブを可能とするか、そんなことが人工知能の重要な設計項目である。網羅性が高い程人間的になる。人と生活するロボットには、ロボット自身が耐えうる限界の他に、人間の限界を感覚情報として得られるようになっていなくてはならない。意味素性の網羅性は人工知能のレベルの高さを示す指標となる。また、カテゴリーシステムの精緻さの技術も人工知能のレベルの高さの指標となるだろう。

だから、人工知能システムは、オントロジー系とプログラム系をきっぱり分けて構築できるように設計していかなばならない。また、並列処理のハードウェアとソフトウェアアーキテクチャははっきりと分離して、独立に開発を進められるようになっていなくてはならない。オントロジーを充実し、ハードウェアの並列環境が充実していけば、自然に人工知能の能力が向上するようにソフトウェアシステムを構築していくべきである。そんなアーキテクチャが求められる。

R Tミドルウェアとカテゴリーシステム、その上に言語、思考、行動システム、意志・プランニングシステムが乗り、それがソフトウェア系の基盤アーキテクチャになる。

おわり