

高齢者の仲間入りの前に、今まで研究してきた人工知能「信濃」の基本的な考え方を纏めたいと思います。

## 1. はじめに

2025年問題をクリアして行きたいと思います。労働力不足への対応、介護・健康管理とうとう、これからの日本が抱える問題は、人工知能とロボットが決め手で解決されていこうということ。多くの技術者が関わって問題を解決していくのですから、その技術者個々が抱える具体的な問題を解決するように人工知能やロボットが設計され、実現されていくでしょう。人工知能やロボットは具体的な問題ごとに、難しい課題をクリアしていく必要があるから当然です。しかしながら、そうした人工知能応用プログラムのコアな部分は、どの人工知能でも共通なものが大多数ではないでしょうか。色々、本を漁って読んでみますに、1950年代から21世紀の今までに提出されたアイデアは繰り返し利用されているのを見ます。ディープラーニングも既に永いニューロコンピュータの歴史の上にあるものです。基本的な技術は出そろってきている・・・と考えられます。

そんな中ですので、汎用的な人工知能・ロボットを始めから目標にして設計して、実現していこうとすることにも意味が見出されるでしょう。それはまた一方で、問題ごとに作られた人工知能・ロボットを総合して利用して行く場合に、部分人工知能・ロボットシステムを貼り合わせる接着剤としての技術として汎用的な人工知能・ロボットは有効になるでしょう。

本論が、そんな汎用的人工知能を設計していく上で、手掛かりとなれば私の研究人生も本懐です。

## 2. コア技術

人工知能は外界と身体との関係を打ち立てることになります。身体が自律的に自己組織化していき、外界に効果的な反応を返すようにしていくことが人工知能の目的であります。その基本は、

- (1) 事象の共起の発見
- (2) 事象の共起の記録
- (3) 事象の共起情報の利用
- (4) 外界と身体の状態の解析
- (5) 外界に働きかけるアクションプロセス

です。センサーと解析とアクチュエータは身体と外界の表現となっています。全ては単位があります。区切りがあります。要素として感覚され、解析され、行動されます。これら

によって、人工知能は、

- (1) 認識
- (2) 推論
- (3) 評価
- (4) 行動
- (5) 学習

という大きな機能群を実現します。その基本機能は、

- (1) 連想
- (2) パターンマッチング
- (3) 有限状態オートマトン
- (4) 重み付投票
- (5) コマンド

であり、学習機構の基盤は共起のカウントであります。全てはそこから始まります。共起カウントの結果として構成される要素技術は次のようなものです。

- (1) ニューロ (重み付投票法)
- (2) 交差法
- (3) 連想
- (4) プロダクションシステム
- (5) プロセス、データカップリング

直観、目標管理思考、課題認識・解決、全ては上記の要素技術の組み合わせで実現できることが言えます。認識は知識と解析結果のマッチングです。マッチングの基本となるデータは

- (1) マップ (n次元格子)
- (2) グラフ
- (3) 情報 (コンセプト、コマンド)

であり、埋め込みや組み合わせを整合させていく作業が認識処理です。

### 3. コア技術の具体例による説明

人工知能の基礎は共起の処理であると述べました。その技術を具体的に説明したいと思います。そうして、共起が知識ベースを創り、知識ベースの利用の仕方が問題に成りますが、その辺の所を具体例で説明したいと思います。そうして、実際に人工知能の目的である課題認識・解決能力をどう実現して行くかも説明して行きたいと思えます。その場合、行動の決定は、様々な領野からの多様な依頼に寄ります。行動は一つですから、調停が必要

になります。その辺も考察します。

### 3. 1 共起（記録と学習機構の処理結果）と知識ベース

共起の基本は、ある事象（Concept A）とある事象（Concept B）が同時もしくは順番に短い時間間隔で起きたときに連想関係（Association (A,B)）を作り、その共起が起きるたびにカウントアップしていくことです。事象としては、ものとか行動とかがありますが、その他に重要なものに格（関係）と属性があります。特に格は物事の構造を記録する大事なファクターです。コアな事象はオントロジーによって、外界とか身体に接地していなければなりません。接地の基本はイメージですから、Map と Graph が基盤とまります。Map は格子状の点の集まりで、番地とか距離が確定しています。Graph は自由に設定できる点と点同士を結ぶ線分で、線分の形状も大きさも自由なものです。事象はまた Symbol で表現されます。Symbol の接地は Map や Graph の点に Symbol を付すことです。Symbol が事象の名前となります。ここに様々な値を連想させることにより、情報が設定されます。

共起を収集していくと、連想関係の塊ができたり、鎖ができてきます。とくに、自然言語処理では文という単語の連なりが基本となりますから、共起の鎖が基本となります。自然言語の場合の共起は先ず塊としての文章とか文があって、それを交差法で分析していくことで、単語が切り出されていきます。この辺のことは「交差法」のコンテンツを見てください。

鎖が、ある Concept から出ていく共起するプロセス群を纏めるとプロダクションシステムが構築できます。また、入力 Concept 群と、出力とする Concept 群とを決めて、その間の共起ネットワークを作ると、パーセプトロンになります。

共起関係を塊とか鎖として記録し、それらを解析していくことで、人工知能の情報処理が成り立っていることが分かります。

共起カウントとそこから解析によって得られたデータが知識ベースとなります。生得的なデータも有りますが、多くは学習機構によって構築されていきます。

### 3. 2 認識と推論

認識は、共起の記録と外界の解析結果のマッチングによって、記録されたデータ（Concept, Command）が発火することです。外界の解析結果は、物（物体と属性）と格（物体の配置関係など）で表現されるものです。物と格の組み合わせは、物やイメージの構造を表現します。記録された物やイメージは知識ベースを作ります。その知識ベースと外界

の解析結果がどれだけ一致するかを観るのが認識過程です。ある構造が知識ベースにあったとして、外界の解析結果がその一部と一致するだけであれば、その欠けたものを補うとどうゆうものになるか観ることも意味があります。それが推論です。マッチする一部から、それを含む更に大きなイメージを推論することもできます。類推 (Analogy) です。

更に推論は、一致する構造と連想している (共起記録されたもの) イメージも発火します。こうして、推論は展開していきます。

### 3. 3 多様体構造の知識ベース

人間の情報処理はどう実現されているでしょうか。朝の風景で見てみましょう。

- (1) 寝ている
- (2) 起きる
- (3) 布団を片付ける
- (4) 食事の用意をする。冷蔵庫開けたり、野菜を切ったり、味噌汁作ったり。盛り付けたり。
- (5) 家の人に会ったら挨拶 (「おはよう」) する。
- (6) 食事する。
- (7) 新聞を読む。テレビを見る。
- (8) 出かける。

いろいろ変化はありますが、繰り返しパターンが見つかります。部分的な繰り返しパターン、小さくくりの繰り返しパターンと入れ子構造をしています。それらの行動はある状況のもとに自動的 (習慣的に) に発せられることも見て取れます。「布団を片付ける」ですと、「朝」であり、「活動して行く時間である」であり、「今まで布団を使っていた」であります。これらの切っ掛けの状況は、時間の系列の一時点だったり、生活リズムの系列の一点だったり、状況を表わす事象だったりします。それぞれ、何らかの **Concept** であります。**Concept** には枠組みとなるものとその枠組みの中の1時点の事象であったりします。枠組みを場(Field) と呼ぶことにしましょう。事象はこのまま **Concept** で、そこで発する行動を情報(Information) としましょう。**Information** は **Field** だったり、**Concept** だったり、行動を表わす **Command** だったりします。

**Field** は構造が明確に表現されますから、**Map** だったり **Graph** だったりします。**Map** や **Graph** の点に **Information** が **Symbol** として添付されるというモデルが、ここで言及したい多様体としての情報表現です。

**Concept** 「朝」には、朝焼けの情景とかのイメージである **Field** がカップリングされています。山とか川とか建物、雲とかの **Concept** が配置した **Graph** があって、実際の朝の情景

の中に、そのイメージの **Concept** が貼り付けられ、認識されます。「山は高い」とか、「山から太陽が昇る」とかの知識が現実の「山」のイメージから連想できるようになります。

**Concept**「朝」には、朝の生活場面のイメージである **Field** もカップリングされており、実際に朝起きると、このイメージが「今の生活」**Concept** 中の活動のいちいちに貼り付けられます。

このように、知識化されたイメージ (**Map** と **Graph**) が、現実の体験するシーンに貼り付けられ、利用されていくのが認識処理です。

機械翻訳では、この **Concept** を各言語で持つことによって実現します。原言語の文章を解析することで、言わんとしている生活や論理とかの内容をイメージに落とし込み、そのイメージに付されている対訳言語の **Concept** で、文章を生成していく。そんなプロセスになります。

### 3. 4 課題認識・解決

2025年問題とか、日々人は問題を見つけ課題を設定し、解決したり、諦めたり・・・いろいろに生活しています。課題を見つけられない日々というものはないと言ってよいでしょう。生活とは問題・課題の認識の日々なのです。

問題はどうか見出すのでしょうか。人工知能ですと、ライフログとかのビックデータ解析の中で見出すと言い切っていいでしょう。人工知能に与えられるデータから、異常値とか、特異値とかの通常とは違うデータを発見する。通常と同じデータであることから、問題を発見することもあります。自律人工知能としては、どんなデータのどんなデータ形式が問題なのかということ人を指示されてはいけません。自分で問題を認識して欲しい。どうするか・・・。

まず、評価プロセスというものが必要でしょう。「新しい」とか「今まで通り」とかの評価と人工知能にとって「良好な状況」か、「不利な状況」かといったこととか、「危険な状況」かとか、「安心・安全な状況」かといったこと。この3つの判定が先ずは必要でしょう。その判定はどうするかと言いますと、時間推移によるシミュレーションの結果がこれらの状況を引き起こすこと、その状況がこれら3つの判定の幾つかになることを、知識として持っていることです。知識とは構造のある **Concept** であり、その構造にマッチするようにシミュレーション結果が落ちるのか、それに連想する **Concept** に落ちるかです。

問題の認識の次に課題の認識があります。自分に対応する能力があるか、自分に対応す

るように求められた状況かという評価の結果が課題認識です。これも知識として評価基準があるのです。その知識は学習によって獲得します。知識の構造は多様体を成します。これらの知識は構造を持ち、その構造にマッチしたデータが問題となり課題として抽出されるからです。状況の構造が「良好」であり、「不利」なのです。ライオンはそのままでは危険でも安心でもありません。ライオンが檻を出て、街中で人と遭遇する可能性があって、初めて危険となるのです。そしてその状況の構造とは学習によって得られるものなのです。

課題の解決は、知識によって、添付された **Command** を実行することで行い、結果を評価し、有利な方向であれば解決とします。

### 3. 5 調停場

調停が必要なのは、さまざまなアイデアの中から、一つ最適なものを選択するという場合と、様々な領野から手足胴体の動きを指示され、もっとも適切な全身運動を決定するときでしょう。実際の行動の選択の前に、候補の **Concept** のプールを作って、そこに蓄えていく必要があります。そのプールを基盤にして、調停作業をしていく（調停場）のです。

ゴルフのスイングを考えてみます。意識するのは、ボールと手の動きだけです。しかし、体の向きとか、腰の動き、足の動きが自動的に生成されます。手の動きも、大体の感覚だけで、細かな腕の動きや、グリップなどの手の動きは指示されません。特に、重力の影響は意識外のことですが、姿勢制御では重要なファクターです。

意識して行う指示に関連して、様々な領野への連想が発せられ、そこから行動のパターンが発行され、調停場に格納されます。意識しない、重力による影響を解決する行動パターンも重畳発行され、調停場に格納されます。

調停はどのように行われるのでしょうか。値と優先順位が付された投票でしょう。どの行動もそれだけで、意味を持ち、他の行動との重ね合わせの値というものには意味を持たないからです。優先順位の最も高い **Concept** が・・・その値が選択される。あとは、誤差とか、行動の滑らかさの為に、合成部分に調整を入れる処理が存在するでしょう。

モデル予測制御では、全身の運動を表現するモデルが多数あるというような機構です。何かを掴むというような部分的なコマンドでも、連想する関連コマンド（足の振り具合とかの）を引き起こし、それらのコマンドセットに最もマッチングする全身モデルをもって、制御していくことになるでしょう。

### 3. 6 自動起動する解析プロセス

物を観たとき、何を見ているかは無意識のなかで一気に行われます。解析とは意識的に起動するものでなく、自動起動するものなのです。あるものを観たとき、大きいとか小さいとか評価しますが、それも評価したいからでなく、自律的に評価してしまうものなのです。

### 3. 7 コマンドの表現

人工知能の内部プロセスはコマンドの発行によって実現します。全ては表現が厳格に決まったコマンドによって行われます。その表記は、

(動詞、[格、名詞/属性]・・・)

です。格として **Symbol** を普通取りますが、必要に応じてイメージ (**Map**)での指定も可とします。

## 4. モジュール構成

オブジェクト指向プログラミングで実現しようとしているのが信濃です。ハードウェア・アーキテクチャの設計もできるならば、並行処理アーキテクチャはスレッドでなくてクラスがそのままCPUに貼り付けられ、並行処理がなされるというようにしたいという想いもあります。

信濃は自律的に動作し、自己組織化能力を持つことを目指していますので、部品となるクラスは、網羅的に機能を装備している必要があります。この部品から外には出ない範囲で、汎用的な人工知能を実現するのです。

以下に挙げるモジュールは汎用人工知能の部品として必須のものと考えているものですが、それは本当のコア部品とコアミドルウェア、コアアプリケーションとに分類しておくで見通しが良くなるでしょう。コア部品は単純な機構であり、全てのミドルウェア以上のプログラムを構成するものになります。コアミドルウェアは、コア部品を組織化したものであり、単機能を実現します。コアアプリケーションは、認識、推論、評価、行動、学習の人工知能の基本的な能力を実現するくくりのクラス群です。

#### (1) コア部品

- ・共起カウント法 (発火管理)
- ・ポテンシャル法

- ・ 重み付投票法 (パーセプトロン)
- ・ プロダクションシステム
- ・ 有限状態オートマトン
- ・ オントロジー的解析プロセス群
- ・ マップ
- ・ グラフ

## (2) コアミドルウェア

- ・ 多様体法
- ・ 直観
- ・ 目標管理思考
- ・ 交差法
- ・ フォーカス
- ・ モデル予測制御 (カルマンフィルター)
- ・ 弛緩法
- ・ パラメータ変換テーブル群
- ・ 調停場
- ・ ベイス評価法
- ・ 感情サブシステム

このモジュール単位の他に、並行処理・メモリ管理の大まかな単位分割として領野があります。自然言語認識、自然言語生成、画像認識、音声認識、思考、学習 (知識ベース構築) といった領野が考えられます。その領野にはアプリケーションプログラムが配置され実現されます。



## 5. まとめ

ロボットを難しくしているのは、ハードウェア的には計算機パワー（並行処理度）であり、ソフトウェア的には自律と自己組織化の実現です。事象が起きたら何か行動するという反射的なプログラミングであれば自律ということはそのままであり、簡単に実現できるものです。しかし、課題を発見してその解決を図るということは簡単ではありません。課題かどうかをどう判断するか、・・・課題は多様でありますから、その判断を行う人工知能は巨大な処理をすることになります。対応しなくてはならない事象が多様で、変化するので、自律的に対処することが困難になります。

手作業によってプログラムを創り、人工知能を成長させるというのは禁じ手です。自律システムでは許されないことです。完全に自動的に成長していくものでなくてはなりません。それは、自己組織化能力があるということです。自己組織化能力があって初めて自律システムになれるといえるのです。

人の手でプログラミングしないということであれば、成長の過程で創り出すプロセスやデータはあらかじめ定められた形式のものであり、選別されることなく一括して創られるものでなければなりません。新しい約束事の創生は許されません。すなわち、人工知能が持っている既存コマンドですべてのデータ、プロセスの確保と実行が行われるということです。コマンドの表記も標準的なものであることが求められます。

すべては共起データの記録から始まります。人工知能にとって意味のあるデータとは共起だけです。過去の共起データと現在の共起データの比較によって認識とは起こります。共起データの構造を知ることが解析プロセスで、曖昧性のあるところは重み付投票となります。解析プロセスは人工知能の生得的なものです。重み付投票は共起データから創るものです。解析プロセスが起動する条件は無条件なものでもあるし、共起データによる連想の働きで起動することもあります。行動にはアクションプロセスが生得的にあり、そのプロセスが使うデータは人工知能が創り出すものです。ただ、行動には調停作業が付随します。人工知能の色々な領野から出てくるアクションプロセスを動かすコマンド・データが衝突するからです。調停システムはこれらデータを共起データとして秩序だって取捨選択、重畳して最終結果を得て行くようにしていきます。

共起データをどう自己組織化の種としていくか、・・・これが各種人工知能部品技術になるのです。

おわり