

1. はじめに

ディープラーニングによりパターン認識とくに視覚系のパターン認識は高度になっています。人工知能への期待もそれにより高まりました。しかし、まだ、思考能力を実現した人工知能は実現していないようです。汎用人工知能の目標の大きなものはこの思考能力の実現でしょう。

本論は思考能力の実現を目指した考え方を纏めてみたいとおもいます。そこで、まずは簡単な思考過程を考えて見ます。それには、洗濯物を畳む過程が最適だと思われます。洗濯物を畳むのは、状況を把握し、行動をプランニングし、行動を選択しつつ行動し、結果を評価し、そして全体の状況を再度把握していく過程であるからです。

手順は次のように進むでしょう。

(1) 「手ぬぐいを畳む」という目標を設定します。「手ぬぐい」を認知し、それを床に置きます。そしてまずは、広げて折りたたみやすく整えます。「折りたたみやすく」という目標に合致した評価パターン（「広げる」）を実行し行動します。

(2) プランニングを実施します。「手ぬぐいを2つ折りにする」という具体的な目標を経験から得たイメージをもってプランニング過程へと提示します。これは、手ぬぐいを半分に折る手ぬぐいのラインで手ぬぐいを折り、手前のラインを奥のラインに合わせるように持って行くというプランを生成します。

(3) 「手ぬぐいを半分に折り曲げるラインの2点を押さえる」という行動を起こします。そして、その行動の結果を評価します。もちろん、この行動は更に細かな腕の動きを制御するプランニング・行動・評価というプロセス（コマンド群）が実行されます。「手ぬぐいの奥のラインの2点を押さえる」という行動を起こします。「手ぬぐいの手前のラインの2点を持ち上げる」という行動を起こします。そして、結果を評価します。あとはプランニングに従った、「手前のラインの2点を奥のラインへ合わせるべく動かす」という行動を実施します。そして、最終結果を目的が達成されたかという評価に至ります。

思考過程とは、目標の設定という命令によって具体的なプランを作るという作業とプランに従って行動を選択しつつ実施し、途中経過と目標結果との全体状況を評価していくという創造的な過程であるから、外界のゆらぎに対して強力に対応できる物となっています。

自動運転を考えて見ましょう。状況にマッチした運転を現在の状況と過去の経験からの推論で得たり、推論の結果の良い行動を学習し次回から利用していくというものです。つまり、状況に合う運転技術を獲得していくという人工知能を搭載することが必須の技術分野です。

- (1) 車や人、自転車などの行動モデルを獲得し、ある状況からそれらが如何に自分に向かって振る舞うか推定するのに使うデータとします。
- (2) 道路に関するオブジェクト（信号機とか横断歩道とか、ビルディングとか）の振る舞いと自分の行動との関連性を学習します。
- (3) 現在の状況から、目的の時間内に車窓から見えるオブジェクトと隠れて見えないオブジェクトの自分との関係（離れている程度など）を推論し、安全な走路と自分の速度を求めます。
- (4) 安全な走路を正しい速度で走るように運転します。

推論として、人の動きを予測することを考えて見ましょう。基本的に、人は障害物をよけるものであるとか、こちらが近づけば、避けていってくれるとか、興味のあるものに近づこうとするとかの知識を経験から知っている必要があります。それもイメージとコマンドの対で知識となっていることが重要です。

自分が道路を走行しているときに、対向車があったとします。対向車の動き・・・近づいてくるという認識とその対向車の速度から将来の対向車の位置を推定し、安全かということの評価します。そのときに、人が2人も推定の位置にいたとします。その人たちは、道路のどちら側によけるかということ推論しなくてはなりません。自分の側によけると自分の今の速度では危険であるかと評価し、危険であれば、速度を落とすとか停止するかします。

全ての思考はコマンドそのものとコマンドの実行から構築される未来のオブジェクトとオブジェクトの関係を評価し、どう自分が今振る舞うかを決定していくことです。これらのコマンドは塊（チャンク）を成します。

思考についての詳細はコンテンツ「思考システム詳細設計書」に記述しましたが、ここでは、基本データエリアをセットで集積し、プロセス（コマンドとプログラム要素）をそのセット上に定義・獲得していき、チャンクとして小さな操作単位を構成し、そのチャンクのシーケンスで行動・思考していくことを提示しています。

2. データエリア

データエリアとして次の物が思考能力の基盤として存在します。

(1) イメージをコンセプトとして定義するマップデータ

多段階解像度によって解析とパターンマッチングを高速に行うために解像度毎にマップをスタックさせることを行います。

また、イメージ発生の時系列をスタックしていきます。更に、その各イメージの重要度を状況から判断し重要度指数をイメージに添付します。イメージの忘却やコンセプトの生成はこの重要度指数をキーにして管理していきます。

(2) イメージの重ね合わせを管理し、イメージの特徴パターン要素をクラスタリングによって得るマップの場合

多段階解像度によってスタックされた各解像度毎のマップを重ね合わせコンセプト毎の重なるの強さを解析し、重なるの違いによって特徴を定義し、パターン要素としてクラスタリングしていきます。

(3) パターンマッチング用のマップデータ

コンセプトパターンの配置関係を (key,value) の高次元空間でマップ化したデータエリアで、その要素はマップの (key,value) の要素にパターンのコンセプト名を記したものであります。

(4) イメージを解析して特徴や属性を得るマップの場合

イメージの持つ特徴とか属性は解析プロセスが動作することにより得られます。そうしてそれはコマンド形式の構造表現により更にイメージ要素にマッピングされていきます。そうして、イメージの特徴や属性の配置部分にはこのコマンドが連想されます。この連想を管理するのはマップです。

(5) (key,value) で表現するデータの高次元の場合

データのソースは、センサーからの入力とアクチュエータへの出力、それとメリット・デメリットなどの人工知能の評価能力の基盤とすべく設定した論理センサの入力があります。

(6) 3次元世界空間の構築と利用の場

人工知能への入力データや出力データは取り巻く空間を3次元で表現し、その3次元空間でのオブジェクト、オブジェクトの属性、オブジェクト間の関係（配置や影響し合う格）として整理し取り巻く空間を理解し、対応していきます。人工知能のある時点の入出力は3次元空間のごく一部を反映したものであり、部分空間をつなぎ合わせて世界を表わす3次元空間のデジタルツインを獲得していきます。そうして、デジタルツインの利用も部分を切り取り推論に利用し、あらたな知識として構築し世界に働きかけます。その主な物は、SLAMと射影という幾何学の技術です。

これら(1)から(6)の場や空間の部分セットを纏めて同じ物を表わすときに、1つのコンセプトとして統一して扱い、イメージ空間と呼びましょう。イメージ空間は知識として永続化し、それらのイメージを合成したものとして世界の部分イメージは全て表現されます。そうして、合成イメージは知識にあるイメージ要素（コンセプトとして作られている）のどれをもって合成されているかを紐付けて分かるように成っています。いつでも合成イメージの分解要素を把握できる体勢となってるようにします。

3. 網羅的データ基盤とプロセス群

汎用人工知能は万能でなければなりません。万能であるためには、コアとなるデータエリアとプロセスがあって、それらによって全ての事象を管理し、人工知能の内部にデジタルツインを獲得し、確実性を伴った柔軟な予測と推論を展開できるようになっている必要があります。網羅的であるデータエリアとプロセス群の装備であります。それはなんであるか。

3次元空間は点と線と面と立方体が全てであります。また、時間的に変化するとき、点の近傍に同じ属性の点が発生し、今まで占めていた点の位置が異なる属性の点に変わったというときに、一つの点が近傍に移動したという了解事項を設定しましょう。

また、人工知能が生きていく中で、現在の状況がどうであるかを評価して行くことが必須になります。評価項目の根本のものは、自分が快適に生きているか、身体にダメージを受けているかというメリット・デメリットと真実・虚構と対応している・対応していないという3つの論理センサー群が考えられます。全ての評価はこの3つの論理センサー群から派生していくと考えて良いと思います。

主なコマンドを以下に示します。

[入出力]

- (1) センサーからデータを入力し、イメージマップに保存する . . . input
- (2) アクチュエータにデータを出力する output

[マップ群操作]

- (1) 多段階解像度マップ群を作る create map_stack
- (2) パターンマッチングマップを作る create pattern_map
- (3) イメージマップを重ねる pile map
- (4) クラスタリングを行いイメージ要素群を作る clusuter

[解析]

- (1) 線分をイメージのある部分に当てはめる
- (2) パスラインを得る
- (3) オブジェクト間の関係を得る

[パターンマッチング]

. compare

[コンセプトを作る]

. create_concept

[2次元・3次元変換]

. manage_space

主な属性を以下に示します。

- (1) 乱雑さ/スッキリさ
- (2) 鋭さ/鈍さ
- (3) 対称性/対称の破れ
- (4) 単数/複数
- (5) 曲率
- (6) 分岐数
- (7) 特異点と特異点の分布状況
- (8) 繰り返し性
- (9) グラデーション
- (10) 重なり
- (11) 島・点・・・オブジェクト
- (12) 線・帯
- (13) 凹凸
- (14) 入れ子

4. 視覚系から思考系へ

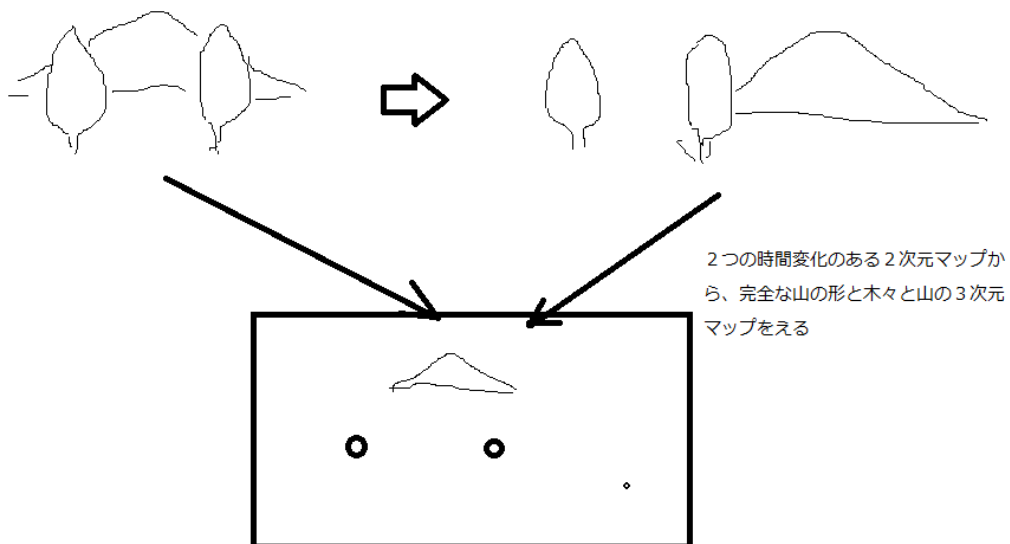
視覚系の場合、イメージを空間として生成するのはセンサーデータやアクチュエータデータであり、イメージの構造は明確に外界から与えられるものです。一方で、思考系のイメージ空間は柔軟で、人工知能が任意に構成するものです。しかし、イメージとしては解析プロセスは視覚系でも思考系でも同じ機序で実現していく物で、特徴と属性を得ていくことは視覚系と思考系で同じです。

(1) 視覚系の目的（認識とコンセプトの獲得）と動作

視覚系のデータエリアとプロセスは、外界の状況と外界と身体の関係を確認するために使われます。外界をデジタルツインとして把握し、またツインを獲得していくものです。

外界のツインは、3次元空間と時間の推移を表現する空間とで構成されます。しかし、目から得られるデータは2次元マップであり、これから3次元化と時間推移を推定していくことになります。そのため、2次元マップのイメージが視覚系の基本データとなります。そうして、この基本データを解析して、パターンマッチング用のデータやオブジェクトとオブジェクトの属性とオブジェクト間関係データを得ていく必要が生じます。

重なりのある視覚データから、3次元空間を作っていくことを考えてみましょう。



2つの画像の各画素を比較していくことになります。それも、微小時間間隔で。画素の近傍に視点に移るに要する時間間隔としてよいでしょう。その近傍では、同じ画素属性の点は微小時間に移動した物と見なして良いでしょう。そこで、画像の対応点が求めれば、欠けている画素の情報も埋め合わせることができます。

また、対象までの距離が分かるセンサーですと、さらにオブジェクトの切りだしが確実になります。2次元データの解析と既存の奥行き知識から、単なる2次元画像でも3次元でオブジェクトを捉えることは実現できます。

2次元マップでのオブジェクトの切り出しの基本は、閉曲線という枠であります。オブジェクトの中身は、枠の内部の部品とその配置関係で決定されます。オブジェクトとオブジェクトの属性、オブジェクト間の関係が解析できれば、コンセプトが完成し、コマンド表現が得られます。これが、視覚系の存在目標です。

(2) 思考系の目的（推論、発想の実現）と動作

思考系のイメージ空間の目的は、推論の手がかりをデジタルツインを基にして、イメージで構成し、そのイメージの解析と時間推移による推論とによって将来の未知の状況を推定することにあります。

イメージの構成は、コマンドからの連想によるオブジェクトとオブジェクト属性、オブジェクト間関係を表わすデータにより実現されます。また、この構成では、現状況と部分マッチしたイメージ部分により、コマンドを連想し、コマンドの欠けているデータ部分を他のコマンドと比べて推論し、完全な形にするという作業（新しいイメージを構成する作業）が重要になります。コマンドを得る過程では、イメージの解析が必要になります。解析は、オブジェクトの同定と、オブジェクトの属性（距離とか曲率とか）の検出、オブジェクト間の関係（配置とか、作用の対象とか）の同定であります。オブジェクト間の当たり判定も重要な解析になります。

イメージは、柔軟に生成・変形できなくてはなりません。意志のもと、既存知識のイメージを元に、それらを組み合わせて、思考に有用なイメージを生成し、そのイメージを自在に操作し、変形して、新しいイメージを作っていくことが思考をモデル化して実施することの基盤となります。イメージを柔軟に変形できるようなコマンド体系が視覚系のコマンドに付加されます。特に、既存イメージを参照しながら、現在対象としているイメージを変形していく過程は頻繁に行われる重要な能力になります。

イメージを構成するのは、3次元空間の点の集まりとしてです。点をどう配置しているかというのがイメージの生成です。これを2次元平面に射影して、ビジョンとします。3次元点群でイメージを把握し、視覚イメージとして認識する過程に2次元のビジョンがあります。

点として、イメージの基本を捉えることにすれば、イメージの生成や変形は自在に行われるものになります。すなわち、直線を描くプロセスと、点の重なりを判定するプロセスがあれば、直線のある長さや方向を持った線分に切り取ることにより、点の配置は柔軟に決定し、3次元で把握できます。変形も線分の縮小・拡大すれば良いのです。他のイメージの参照も、線分単位に行えば、点群の配置が作る模様を自在に変形できます。

こうして作られたイメージは解析もしやすいです。すなわち、点群の部分セット（オブジェクト）の関係を求めるだけです。こうして、思考はイメージという強力な武器を持つことになります。

ハノイの塔パズルを例にして思考を考えて見ましょう。

[ハノイの塔パズルの定義]

- (1) 3本の杭と、中央に穴の開いた大きさの異なる複数の円盤から構成される。
- (2) 最初は全ての円盤が左端の杭に小さいものが上になるように順に積み重ねられている。
- (3) 円盤を1回に1枚ずつどれかの杭に移動させることができるが、小さな円盤の上に大きな円盤を重ねてはならない。

[解法-推論の過程]

杭をA,B,Cとして、今Aに3枚の円盤が下から大きい順にスタックしているとします。

- (1) 目標を設定します。目標のBかCの杭に下から大きい順に円盤をスタックしているイメージです。
- (2) 先ず、Bに一番小さな円盤を置きます。これはOKであると評価します。
- (3) 次の、Bに2番目の円盤を置こうとします。これはNGであると評価します。
- (4) Cに2番目の円盤を置くことにします。これはOKであると評価します。
- (5) 3番目の一番大きい円盤を移動させようとするのですが、BにもCにも置けません。
- (6) そこで、BからCへ、一番小さな円盤を移動させます。これはOKであるので、杭Bが空きます。
- (7) Bに一番大きな円盤を置きます。Aが空きます。
- (8) AにCの一番小さな円盤を置きます。すると、2番目に大きな円盤・・・一番大きな円盤はBにあって、そこに置くことができる状態であると評価します。
- (9) BにCの円盤を置きます。するとBの杭の上に一番小さな円盤を置ける状態であると評価できます。
- (10) BにAの円盤を置きます。解答完成。評価は目的のイメージと一致する状況をパターンマッチングで実現します。
- (11) Cの杭に円盤のスタックを置くように解法を変更するには、最初に小さな円盤をCに置けば良いことも推論できます。
- (12) あと、一般の場合について、杭の最底辺は最大の円盤であるとして定義し直せば、3枚の円盤の解法を拡張して行くと良いことが推測できます。

行動システムと思考システムは同じようにして制御され、行動や思考を実現します。思考と行動は一体となったものだと言えます。いずれも、視覚系と思考系のシステムで作られた空間を利用して外界に作用していく過程であるということです。制御は空間を操作するもので、視覚系から行動データを抽出し、コマンドとして体系だったものです。それは、割り込み無しで実行する目標設定・プランニング・実行・評価を小さな制御のチャンクとして記録し、それが集まってできています。そのチャンクも割り込みを許す大きなチャンクへと学習が進み、意志として纏まって、管理され、統一された行動・思考の実現がなさ

れることを保証していくものになります。とくに、プランニング過程の直観は重要で、各時点での最適な行動選択肢を検出し、以下の思考過程での意識的な行動を組み立てていく原動力になります。

つまり、直観は無意識な思考過程（途中割り込みが無い過程）で、平行して多くのチャンク（チャンクセット）を実行し、各チャンクの実行の結果を評価し、もっとも適した結果のチャンクシーケンスを調停場というメモリ領域に置くことです。この調停場の内容をもって、意識下の思考（意志のもと割り込みが発生する過程）は紡がれていきます。

5. おわりに

思考の実現はイメージを基盤に行うべきである事を論じていきました。コマンドを中心とした思考の推移もあり得ますが、コマンドに付属するイメージがコマンドの働きの基盤であります。

思考を強固に行うために、網羅的データ基盤とプロセス群から、その上の合成データセットやプロセスセットが常に紐もつけられて管理できていることが重要に成ります。そうした紐もつけの状況を管理することから、更にデータを得ていくことができるように、汎用人工知能は作るべきなのです。

思考した過程を記録し、繰り返せることと、よりスマートな思考過程を創り出して、思考を高度化することが重要です。それには、コマンドセットのシーケンスとして思考過程を記録することです。コマンドセットのシーケンスを解析（パターンマッチングとか概念のマージなど）し、より短いシーケンスにするとか、パターンに共通部分を発見し、繰り返しの発見とか抽象化をしていきます。どんな記録も逃さず知識としていきます。抽象化された状況から具体的な状況を連想し、さらに思考を高度化していくのにこれら全ての情報は必須であるからです。

思考は、外界の変化に柔軟に対応していくのに必須の能力です。また、未経験の事象に遭遇しても、既存の知識の組み合わせを行い、未知の部分を抽出し、それを知るべく行動する。柔軟に外界の変化に対応していくのです。コンピュータシステムに何か障害が発生した時に、問題の場所を突き止め、適切な手持ちの対応昨をプランニングし、選択して実施して、障害を切り抜けていくこと。そうゆう能力が思考です。これから複雑化していくコンピュータシステムに是非とも実現すべき能力が思考システムです。

ここで、汎用人工知能の実現の為に特に気をつけていくべき技術について挙げてみたいと思います。汎用人工知能は自律して動作し、自己組織化により自律的に外界のデジタルツインを獲得し、最適な外界への作用を実現していくものであります。

自律して動作するために、常に目的を設定（コマンドで）し、行動の原動力としなくてはなりません。そうして、目的に向かって、現在の状況を評価し、行動をプランニングし、プランニング結果を評価し、行動を選択、そうして行動し、行動の結果を評価（安全か、目的に合致しているか）します。この動作を繰り返していきます。特に、評価という動作は本当に重要であります。そうして、莫大な評価項目をこなさなければ成りません。高速に評価セットをこなすには、それなりの工夫がいます。できるだけ、評価項目を刈り込む必要があります。刈り込みますが、評価項目セットはその時点で適切なものであるべきです。状況によって評価項目セットを設定して行く過程が必要です。学習によって、評価

項目セットを獲得していくこと、また、事象の特徴から評価項目セットを対応させて、刈り込み作業をすることも必要です。評価項目は多重に選択され、適切に平行処理されるものであるべきなのは言を待たないでしょう。思考システムの要は評価システムであるという所以です。

そうして、思考のチャンクの切れ目は評価システムの割り込みです。

おわり