

## 1. はじめに

人間の行動は知識ベースを基盤にして行動や思考をしています。既存の制御・・・モデル予測制御にどんな技術を追加していくと汎用のロボット制御の理論となるか考えていてみたいと思います。

ロボットの全てを考えるのですから、目標の設定、プランニング、状況を把握するためのシミュレーション、行動の可能性の評価、行動選択性の有効性の評価、行動の実施、誤差測定、誤差評価、誤差の修正、重力の考慮といった事象が考えられます。全てを知識ベースを基盤に考えるのですから、これらのことをコンセプトとして知識としてもっていることになります。また、行動もアクション要素として量子化された制御単位からなって知識ベースに保存されていなくてはなりません。

## 2. 基本データ構造

### (1) 行動要素

知識から断片的な制御環境を展開させるわけですから、制御データ・プロセスは量子化されたコンセプトでなくてはなりません。条件要素としてこの行動要素が起動される条件、センサー値とか、身体空間構造ですね。そんな条件を表現する制御要素があります。それに、本体の行動要素として、行動のモデルですね・・・それがデータとしてあります。そうして、モデルと現実とが誤差を生じますから、誤差に応じた補正のデータが必要です。これら3者が合体したコンセプトとしてプロダクションシステムが構成されます。

制御要素として、身体の空間的配置に関するデータをまとめた上位のコンセプトであるモデルと、身体の骨格のアクチュエータの生の制御データの下位のモデルとがあります。いずれも知識ベースを基盤とする制御には必須になります。

### (2) 多様体的データ構造

外界や内臓などの内空間の認識にはイメージを解析して、人工知能が扱えるデータにして過程が必須です。その認識とは、既存の知識ベースからコンセプトを取り出し、イメージを構成する部品に貼り付けていくことです。コンセプトは単なる単体ではなく、関連するコンセプトというものがあります。ネットワークを知識は構成していますから、それはグラフとかマップで表現されるものです。コンセプトのグラフやマップをイメージに貼り付けることが認識という過程なのです。このように認識というものを考えますと、認識結果を利用する効率が高くなります。全件検索することなく知識を取り出せるのです。イン

デックスを貼ることがコンセプトをイメージに貼り付けることだと言えます。連想・・・その組織だったものである直観も効率よく実現されます。

### (3) 入出力値変換テーブル

基本的に非線形の制御システムに成ります。非線形でもシミュレーションや実制御を簡潔に行う為に、制御の関数は入出力値のテーブルをもって行います。また、学習によりどんな関数に対しても対応できるためでもあります。小脳をモデルにしています。

## 3. シミュレーション

予測制御データを知識から得るとすると、そのデータが実際良好な結果を導くかどうかを評価する必要があります。したがって、実際に制御する前にシミュレーションをして結果を見なければならぬことが分かります。シミュレーションの部品データ・プロセスも知識ですから量子化され知識ベースに保存されています。

シミュレーションも重力が働く要素を考慮に入れた動きになるでしょう。左足を視点にして、右足を出す時、右足が着地したときしっかり地面に支えられることを予測することが必要なのです。

シミュレーションでは実測値データとの比較は必要ありません。モデル予測制御によって行われる高速結果を得るパスであると言えます。

### (1) ラジオ視聴

ラジオを見たとき、ロボットは聴きたいと思つたとします。すると電源入れて、ボリューム調整して、選局の為にボタンを回すといった一連の行動が想起されます。それは、知識として、ラジオというコンセプトに設定された知識シーケンスなわけです。これを多様体的情報としてコンテンツに述べました。グラフとかマップとかをイメージに貼り付けてできる知識です。今回は、ラジオのイメージに一連の操作が割り振られているわけです。更に、実際のラジオの画像解析結果から、電源スイッチとかボリュームスイッチ、選局ボタンといったものが得られますから、それにラジオの仕組みを表わすグラフを貼り付け、行動の準備とすることになります。

スイッチを押すと電源が入り、ラジオが聴ける準備ができることはシミュレーションによって予測されます。最初にやるべきことであることも知識にあるはずで、スイッチを押す。音量が低ければ、大きくするという目標が生まれます。するとボリューム調整

ボタンに手を伸ばし、ダイヤルを回すと音量が大きくなるという、シミュレーションを実行し、納得いく成果がでると判断すると、実際にボリュームを上げる操作を実行し、目的の音量のところで、止めます。選局も同様に、どちらにどれだけダイヤルを回せばよいかをシミュレーションして、目的の方向にダイヤルを回す操作に移ります。

シミュレーションは知識です。手の感触とかのセンサー値とか、ダイヤルの配置、傾き、回転角とかの知識が次々と連鎖して想起され、その結果が目標の課題を解決するかを評価します。イメージにグラフやマップが張られた情報の塊がシミュレーションです。

## (2) クリ取り

木になっている栗の実を取ろうとします。棒を丁度持っていて、それで栗の実を叩き落とすことをシミュレーションします。棒の状況と棒を握る手と腕の状況を知識として持っていないてはなりません。棒と棒の空間配置というものをイメージに持って、そのイメージの時系列が知識情報を装備したグラフとマップを貼られて順次想起されていきます。目標が達成されることを評価して、そのときの手と腕のセンサー値と空間配置を求めます。これがシミュレーションです。棒の端が、クリの実に届くように、シミュレーション結果から行動モデルを選択して、モデル予測制御によって目標を達成すべく、行動していきます。

## 4. 目標設定と制御要素の選択

大本の目標が何らかの処理の結果発想されたとします。目標はコンセプトとして表現されます。コマンドのコンセプトです。

大本から多様体的データ構造の情報をたぐり、色々な更に詳細な目標が幾つか連想され、調停場に保存されます。

調停場では、多様体的データ構造を手繰って、処理の順序を得て（グラフ構造に時間シーケンスマップがある）、そうしてこの多様体的データ構造からまた、制御要素を得て、別の制御データ用の調停場に制御データを保存することになります。

制御要素はシミュレーションを実現して、目標達成に至る道筋を見て、可能性を評価します。可能なものをモデル予測制御の入力となる調停場に保存します。

## 5. モデル予測制御

モデルは制御要素のシーケンスです。目標とともに手足の運動が連想されますが、運動の軌跡に従って、近似的な多様体的データ構造があります。そのパスを作り、それに従うセンサー・身体配置の制御要素が起動されます。モデルと実際値の誤差を監視しながら誤

差が小さくなる方向に制御データを生成して行くこと成ります。

また、モデルの大本は、身体の軌跡です。それに実際の速度分布を当てはめて、あとは誤差修正の時定数とか、アクチュエータに賭けるトルクというか力を決定して行く作業もモデルにはあります。だから、行動要素には上位と下位の別があるのです。

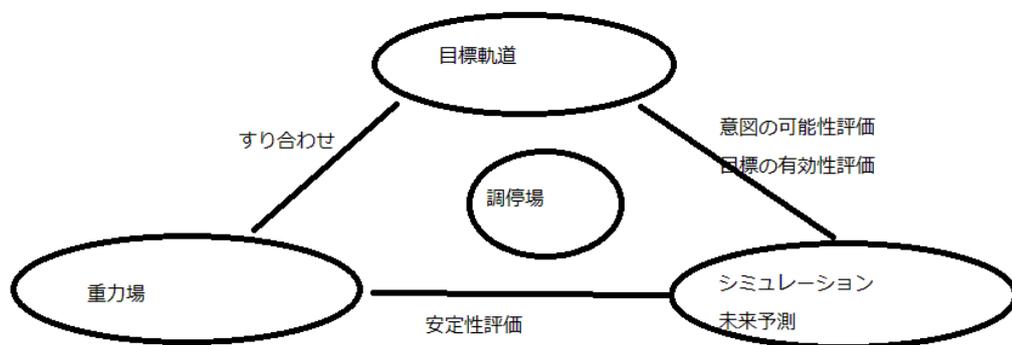
調停場は、発想した行動群のプールであり、その中からメインルートとなる行動の鎖を紡いでいき、量子化された行動制御間の補正項を生成して、スムーズな行動を実現する要となる機構です。

## 6. おわりに

行動も思考も知識ということであれば、量子化されると考えるのが自然です。また、高速の直観を実現するには多様体法が有効です。量子化と多様体法を提唱する所以です。

また直観は思考だけではなく行動にも有効に働く機構であり、思考と行動制御は相同なものであることを示す事実と思われます。そうして、思考も行動も調停場という直観によって取り出されたコンセプト群をプールする場が必要であることも言えました。

さらに、本論に述べたことを纏めると、知識から行動を実現するモジュールは次の図のようになります。



おわり