

## 1. はじめに

行動制御に関わるモジュールは、次のものであります。

- (1) 意志
- (2) センサー系
- (3) アクチュエータ系
- (4) サイバー空間
- (5) 知識ベース
- (6) ステートマシン (オートマトン)
- (7) シミュレーション
- (8) 評価
- (9) 実行制御
- (10) 学習

意志は、行動を発現するコマンドシステムであり、知識ベースにあるデータをプランニングし、実行するシステムです。

センサー系は視覚や聴覚、骨格情報、注意点の速度、皮膚感覚などです。(key,value)で表現されるデータを発生させます。

アクチュエータ系は骨格に働くモーターの出力です。(key,value)で表現されるデータで制御されます。

サイバー空間は、画像などの配列型データで構成されるデータエリアです。身体イメージ、世界イメージ、姿勢イメージなどが格納されています。

知識ベースは、コマンドという記号世界のデータを格納したデータエリアです。

ステートマシンは、汎用人工知能の全ての制御に関わる制御系のデータエリアです。グラフ構造をしています。

シミュレーションは、現実のステートから、目標のステートに遷移することをあらかじめ決められた、入力データの(key,value)セットで予測します。この結果と現実の遷移が異なる場合には、制御の遷移を別のステートパスに切り替えるという処理を行います。

評価システムは、目標の効果を実現すべく行動制御が実行されているかをシミュレーションと実行の両方に対して評価します。

実行制御は、実際にアクチュエータに対して出力を発行します。そうして、評価を受けます。

学習は、ステートマシンを実運動を倣って構築していくことと、評価システムを構築していくことを行います。また、サイバー空間と知識ベースを管理します。

## 2. 意志システムの構造

意志システムは、汎用人工知能の行動をプランニングし、行動の発現に関する様々な処理を制御していきます。意志システムからの出力はコマンド群であり、コマンド群の処理の源泉となるデータはサイバー空間と知識ベースに格納されているデータです。サイバー空間には、世界マップと身体周辺マップと身体マップと骨格の配置である姿勢マップを持ちます。これで、行動の現在の状況と目標の状況が設定されます。その中の行動要素の動きは、コマンドとコマンドのイメージの意味を知識ベースに持ちます。イメージはサイバー空間に置かれますが、意味付けの記号（コマンド）は知識ベースに持ちます。

意志システムを構成するコマンドは、上級の大まかな行動のプランニングと行動選択を行うものから、中級の更に具体的な行動要素である（体を傾けるとか、腕を伸ばすとか）コマンド群で、上級のコマンド群を支え、更に細部の行動要素（指をどれだけ曲げるとかのアクチュエータに近いコマンドで実現する）のコマンド群から成ります。

意志の表出を意味ある物にするため、行動の結果の評価をし、複数の行動群から一つの行動を選択する調停場が設けられています。

## 3. センサーシステムの構造

センサーはセンサー素子を表わす **key** と素子の値を表わす **value** の対 (**key,value**) のセットとして表現されます。結果、**key** に対する **value** の時系列データ（配列）になります。センサーの(**key,value**)の意味づけは意志システムから発生される記号（情報の名前）を、意味に関連する **key** に付される **value** 配列に添付することで表現されます。意味づけはグラフ構造のデータになります。グラフのノードは意味記号というチャンクになります。グラフのエッジは意味記号の繋がりを表わします。

データエリアの構成は、各 **key** 毎の **value** の配列（時系列データ）が基本にあり、**value** 列のチャンク（グラフのノード）名とチャンクの範囲を示すリストの辞書とチャンク名と次に続くチャンクの名前のリスト（エッジを示す）の辞書からなります。

また、センサーの高次のものとして、例えば画像とか重力の身体への作用の分布とかの構造をもって表現される物がありますが、それはサイバー空間と知識ベースにあるデータの名称で構造が参照できる形に、辞書を作ることで対応します。

#### 4. アクチュエータシステムの構造

アクチュエータはアクチュエータ素子を表わす **key** と素子への出力の大きさ **value** の対 (**key,value**)のセットとして表現されます。複数の **value** 値が同時に発生することも考慮して、**value** は値の配列に成っています。その配列に、どこからの指示かという **key** が付されて配列の値のところに印します。調停によって最終の(**key,value**)を決定します。

#### 5. サイバー空間の構造

イメージ (通常配列です) の体系です。世界をイメージとして表現しています。人工知能が世界地図を持ちます。世界にあるオブジェクトの配置と属性を表現しています。一つの配列で無く、情報の詳細さによって複数の階層からなる配列になります。

更に、汎用人工知能が現在の身体が置かれている近傍空間を表現する、身体空間配列があります。それと身体の地図を表わす配列があり、骨格群が形成する姿勢を表現する配列があります。

配列には各部署が持つ属性を表現するコマンドが付されています。コマンドは知識ベースに保存しています。コマンドからは逆にこの配列の部署に名前参照がなされています。

1つのイメージは、複数の配列とデータフレームで表現されます。イメージのある要素がコマンドリストを指していることをデータフレームで表現します。色情報は配列で、**SLAM** を用いて2つのイメージに関連づけるためにスケルトンを配列で表現します。

#### 6. 知識ベースの構造

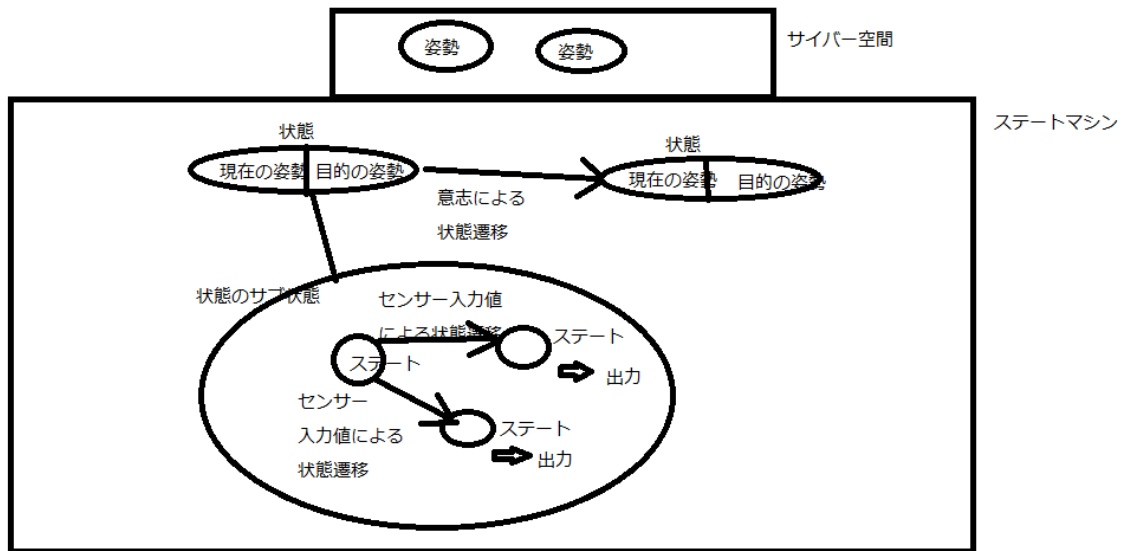
記号世界での意味の表現であるコマンド群を保持します。その意味の基本邸な部分はイメージですので、サイバー空間内の配列を参照していることとなります。

コマンドはカテゴリー (オントロジーを種につくられる意味記号) 毎に纏められて、領野を作ります。

## 7. ステートマシンの構造

状態と状態遷移と状態での入出力をグラフ的に表現します。行動では、ステートは2つの層からなります。身体と空間の形状を表現する状態と、現在の状態と目標の状態の対を一つの状態で表現するものです。行動は、現在の状態から目標の状態へ変化させる活動ですから、後者の状態を基本とするステートマシンになります。

まず意志によって状態の遷移があります。その状態にはセンサーの(key,value)セットを入力として出力の(key,value)を決定する状態遷移があり、その状態で出力が定まります。



## 8. シミュレーションシステムの構造

姿勢の状態を遷移させながら、そのときのセンサー(key,value)セットを予測していく過程です。アクチュエータ出力はしません。代わりに、姿勢状態と予測のセンサー状態を目的に合っているか評価します。

## 9. 評価システムの構造

シミュレーション結果と実動作の現在の様子の違いを得て、目的と合致しているか評価します。

評価システムは、評価の種類（安全とか不安とか）を表わす **key** と、その評価値の高さを示す **value** で表現されます。**Key** はオントロジーで、行動システムの設計時に決めます。**Value** は学習によって獲得していきます。この学習は基本的に相対評価です。絶対評価を表現する配列は多数の学習結果を利用する中で、構築していきます。

## 10. 実行制御の構造

現在の姿勢・センサー値とシミュレーションの結果を評価し、誤差が大きいと適切な状態変化・・・遷移して新しい目標を設定して行きます。

シナリオというグラフ構造の機構が重要になります。それはステートをノードとし、パスをステートの連鎖とするグラフです。このグラフのノードはしかるべきコマンドに連想していて、コマンドによってパスが選択できるようになっています。

## 11. 学習システムの構造

次の機能モジュールから成ります。

- ・ 交差法
- ・ 強化学習
- ・ クラスタリング
- ・ ディープラーニング

これらによって、次のことが行われます。

- ・ 意志システムの構築
- ・ サイバー空間の構築
- ・ 知識ベースの構築
- ・ 評価システムの構築
- ・ 行動制御のデータエリアであるステートマシンとシナリオの構築

## (1) 意志システムの構築

意志システムのコアは記号生成管理機能です。外界からのセンサー入力値や外界への働きかけであるアクチュエータ出力値は信号であり、イメージです。これらのデータを自在に扱うために、意味という記号体系で把握するような仕組みに汎用人工知能は成っています。イメージを記号に対応付ける機能が意志システムのコアであり、学習による行動の獲得と知識を基とする行動の発現、制御は目標とする機能です。

意志システムの発現の基本はコマンドです。コマンドは、(動詞[格、名詞・属性詞]・・・)の形式のデータであり、他の下位のコマンドにより支えられ、最下位のコマンドは、イメージによって支えられ物です。

この意志の行動システムに関するコマンドの構築は、身体の動きの中のフォーカスが当たったものに記号を振ることで行われます。身体の部署は主格のオブジェクトとなり、身体が作用する相手のオブジェクトは目的格のオブジェクトになります。そうして、全体の動作のイメージは動詞となります。これが、基本となるコマンドの土台です。石を握ってクルミを破壊したとすると、石はなにかの(例えば by) 格となって破壊という行動のオブジェクト(石)を結びつけます。初めは何かの記号の格を割り振るのですが、いろいろな身体動作を経験し記録していく中で、交差法によって明確な概念となっていきます。動詞とオブジェクトも精密な記号割り当てへと収束していきます。このようにして意志システムは高度な処理となっていきます。

## (2) サイバー空間の構築

センサーもアクチュエータも(key,value)のイメージの世界の物です。イメージの基本は、

- ・オブジェクト
- ・属性
- ・配置などの格
- ・運動(活動、行動)

に分類されるものです。空間と時間の配列で表現される世界のデータです。こうして、次の配列の集まりである空間がコンピュータに作られます。

- ・世界のイメージである世界空間
- ・身体を表現するマップである、身体マップと骨格の配置マップ
- ・作業用のテンポラリの空間である、身体周辺の世界空間
- ・視覚は特に視界が重要なマップ

これらのデータの整合性を SLAM 技術で保証します。

### (3) 知識ベースの構築

サイバー空間の要素の意味をコマンドで表現し、カテゴリ別に整理して一大体系にしたデータエリアが知識ベースです。イメージに意味づけを行います。コマンドによって、相互の意味が関連づけられ、最終的にイメージによって保証されます。

### (4) 評価システムの構築

姿勢が重力に対して安定であることを支持するセンサー値・アクチュエータ値であるかを評価します。また、行動の目標が達成されるものであるかを評価します。これは、シミュレーションの結果が目標のセンサー値やアクチュエータ値に、かつ世界空間での身体のあり方に一致しているかで評価します。

### (5) ステートマシンの構築

全ての行動の初期は、試行錯誤であり、無意志下の行動の記録から獲得していくステートマシンです。行動が起きたときの、その時のセンサー値 (入力)、アクチュエータ値 (出力) を記録し、意識下でそれを再現しようというコマンドが発行したときに随意行動となっていきます。初めは、粗い精度の行動ですが、交差法によって、コマンド体系が精密に成り、対応するステートマシンも精密となって、一人前の意志システムと行動の発現が行われるようになります。

### (6) シナリオの構築

行動制御システムから発するランダムな意志の発現 (コマンド発行) による身体の動きをステートをノードとし、ステートの推移をパスとして表現しリストを作ります。コマンドを key とし、ここで作ったリストを value とする辞書もしくは Series として管理します。

### 13. おわりに

データエリアやプロセスは領野分散処理という構造を持ちます。代表的 (オントロジーとしての) コンセプトによって領野分割は定められます。そのコンセプトに近いデータエリアがそのコンセプトが代表を務める領野に保存されます。

各領野には次の特別な管理データがあります。

- (1) 名前アドレス変換辞書
- (2) 上位から下位への名前参照がサイバー空間や知識ベースのデータエリアの基本ですが、これらを利用して行くには、下位から上位への参照機構もなければなりません。これがインバース辞書で、領野毎に設けられます。

- (3) ファイル化管理機構

古いデータはファイル化してキャッシュである生きているデータが占めるメモリを有効に使う必要があります。Pandas の Series とかデータエリアを使えば、それは RDB のテーブルとしてファイル化します。Numpy の配列を使う場合には通常のファイルに格納します。

- (4) 名前の出現カウントテーブル

チャンクの獲得や、チャンクの連鎖の獲得をするのに出現カウントを利用します。また、チャンクの重畳によるクラスタリング分類学習の基盤になります。

おわり