

制御系における状況認識と行動判断に関する研究

Study on state recognition under condition and behavior
judgement for control systems

主任研究員：竹口知男

分担研究員：岩佐哲夫 宮井義裕

本長期的共同研究の目的は、平成9年度より、人とインターアクションを有する移動体（自動車、自律移動の福祉ロボット等を含む）の制御系に対して、人間特性を考慮した知的処理を図るためのヒューマンインターフェイスについての研究を行うこととした。そのための分担研究として、移動体の制御系における学習機能、人及び移動体の状況判断の定量的表現方法、移動体間ならび移動体と人間間の通信手段についての研究を行うこととしている。

平成9年度は、(1)「制御系の学習機能に関する研究」、(2)「制御系の状況認識と定量的表現」についての分担研究を行い、各分担研究において、次のような研究成果が得られた。

(1) 制御系の学習機能に関する研究

本分担研究は、ロボットが人間の動作・行動等の制御動作についての機械学習を行うためのフレームワーク構築を研究目的としている。そこで、人間の動作・行動を状態遷移として捕らえ、その状態遷移をペトリネット（Petri Net）によって表現することを検討した。人間の動作・行動とPetri Net要素との対応関係として、Petri Netでの“Place”を「人間の状態」とし、“Transition”を「人間の行動動作」、「Token」を「状態遷移トリガー」と対応づけることにより、人間の行動（状態遷移）をPetri Netによって表現可能であることが判った。また、人間の行動を「タスク」として捕らえ、タスクを、ある行動における状態の流れを表わす「パターン・タスク」と各状態における詳細動作遷移を表わす「プリミティブ・タスク」にタスク階層分割を行うことによって、ペトリネットによる知識ベース学習時の更新処理を容易に行えるフレームワークが構築可能であることも判った。これらのフレームワークについて、多関節型産業用ロボットによる熟練塗装作業のロボット動作教示支援システムに適用することを現在試みている。また、これらのフレームワークに適したソフトウェアツール（Petri Netの描画と描画されたPetri NetをProgramに変換するツール）をC言語により開発を試みているが、時間的に開発が困難であるため、市販ツールを現在探索中である。

(2) 制御系の状況認識と定量的表現

本分担研究では、無人搬送車（ビークル）が進むべき前方の情報を、ネットワークを利用して、得ることについて検討を行った。

学内のネットワーク上のサーバとクライアントとしての各ビークル搭載のノートパソコンとを無線LANにより交信させ、また各ビークル搭載のノートパソコンと各ビークル内のシングルボード（CPU：Z80）コンピュータとをRS-232Cケーブルによって接続した、3種のCPUを用いて階層的に機能分担を図る移動体システムを構成した。シングルボードコンピュータは、モータ駆動・操舵・路面からの磁気情報の検知を行わせている。ノートパソコンは、シングルボードコンピュータからの路面情報とサーバ内ファイルからの現地点位置ならびに他ビークルの進路上状況についての情報を得て、サーバから指示された目的地までの走行進路を決定し、シングルボードコンピュータに走行指示を与える。また、サーバは、各ビークルの移動目的地の設定と各ビークル現位置情報ならびに対象区域の地図情報を保有しており、クライアントからの要求に応じてこれらの情報を送信するように構成されている。このように3種のCPUに機能分散することにより、ビークルが自律走行するための周辺情報を欠かすことなく、クライアントの作業量を軽減させることができた。

次のステップとして、クライアントサイドのプログラムの検討を行うとともに、位置認識と進行確認のためのロケーション表現を検討する予定である。

分担研究報告

制御系の学習機能に関する研究

竹口知男（工学部）

人間とインタラクションを有するロボット制御において、人間の動作・行動パターンをロボットに機械学習させる必要がある。たとえば、プレーバック式の多関節型産業用ロボットにおいて、熟練作業者の作業を支援・模倣するロボット動作制御を行うには、熟練作業者の動作・行動パターンを学習し、その学習に基づきロボット動作制御を行う必要がある。また、ホームロボットやオフィスロボットなどの制御においては、周辺の人間の動作・行動よりその動作・行動の意図を推定・予測して、その意図に沿った支援・協調動作を行うようにロボット動作制御を行う必要がある。

本分担研究は、ロボットが人間の動作・行動等の制御動作についての機械学習を行うためのフレームワーク構築を研究目的としている。そこで本分担研究では、人間の動作・行動を状態遷移として捕らえ、その状態遷移をペトリネット（Petri Net）によって表現することを検討した。人間の動作・行動とPetri Net要素との対応関係として、Petri Netでの“Place”を「人間の状態」とし、“Transition”を「人間の行動動作」、「Token」を「状態遷移トリガー」と対応づけている。また、人間の行動を「タスク」として捕らえ、タスクを、ある行動における状態の流れを表わす「パターン・タスク」と各状態における詳細動作遷移を表わす「プリミティブ・タスク」にタスク階層分割を行うことによって、ペトリネットによる知識ベース学習時の更新処理を容易に行えるフレームワークとしている。これらのフレームワークの適応例として、多関節型産業用ロボットによる熟練塗装作

業のロボット動作教示支援システムに適応することを現在試みている。「被塗装面」、「塗装ガン」、「塗料」等の入力PlaceにTokenが入力されることにより「塗装開始」というTransitionが発火し、「塗装終了」という出力PlaceにTokenが移動（遷移）するようになっている。また、これらのフレームワークに適したソフトウェアツール（Petri Netの描画と描画されたPetri NetをProgramに変換するツール）をC言語により開発を試みているが、時間的に開発が困難であるため、市販ツールを現在探索中である。

一方、ロボット等の機械学習に対する新たなるアプローチとして、昆虫や蟻等の下等動物の知識獲得・学習機能を模倣した、MITの人工知能研究所のR. A. Brooks教授を中心とした研究グループが提唱している“Subsumption Architecture”についても、実行可能性ならびに適用可能範囲についてのシミュレーション実験ならびに小型移動ロボットによる模型実験を行っている。

制御系の状況認識の定量的表現

岩佐哲夫・宮井義裕（工学部）

種々の物理的現象を測定値として系全体を制御する方法による無人搬送車（ビークル）の誘導について研究を進めてきたが、パーソナルコンピュータ・画像処理・AI等を支えるエレクトロニクスの飛躍的な発達の中で、ビークルの誘導制御の方法を見直すことを考えてみた。

従来型のビークルの誘導として、定められた軌道上を自律走行するハード・ソフトウェアの開発研究に主体を置いてきた。この方法は多くの研究開発がなされ、実用化も進んでいる。ビークルが周辺状況を知ることは非常に高度な誘導を実現する前提である。その一つとしてビークルが進むべき前方の情報をNetworkを利用して得ることを検討した。

まず、学内のNetworkとビークルに搭載したノートパソコンを無線LANを用いて情報の交信を検討した。すなわち、Network上のサーバを中心として、走行経路上の複数台のビークルにクライアントとしてのノートパソコンが搭載されている。また各ビークルには、シングルボード（CPU：Z80）を搭載している。経路は従来から用いている磁気テープ（幅50mm、厚さ1mm、表面S極裏面N極のブチルゴム製）を使用した。

シングルボードの機能は、モータ駆動・操舵・路面からの磁気情報の検知である。ノートパソコンとはRS-232Cケーブルで接続し、ノートパソコンからの指示によって動作をするが、経路からの離反を防止する制御は、すべてシングルボードサイドで受け持っている。クライアントとしてのノートパソコンの機能は指示された目的地までの走行をシングルボードからの情報とサーバ内のファイルから現時点の位置、他のビークルの進路上の状況から目的の走行を確実にこなうことである。サーバのファイルは経路上の全てのビークルが共有するものであるが、クライアントから見れば、自分の直前のチェックポイントへの進行が可能であるかどうかの可否を判断するのみである。このように3種のCPUに機能を分散することにより、クライアントの作業量を軽減させた。これによってビークルが自律走行するための周辺状況が得られたと考える。残る問題は、経路上の障害物等の

外乱に対処する方法の検討である。

本年度は、無線LANの構築、Z-80とノートパソコンの接続、Z-80によるビークルの制御の基礎的な整備・検討が中心であったが、無線LANによるサーバとクライアント、RS-232Cによるクライアントとシングルボードコンピュータとの動作認識は可能となった。

次のステップとして、クライアントサイドのプログラムの検討を進め、まず、位置認識と進行確認に対するロケーション表現を確実にしたいと考えている。