

学位論文題名

機能部品組合せモデルによる  
メタ問題解決システムの研究

学位論文内容の要旨

従来の記号処理を基本とする人工知能研究における問題解決とは、問題を適切に定式化し、そこで定義された推論規則の適用による解の探索を行うものである。これまでさまざまな手法、ヒューリスティクスが提案されており、これらは問題が解決できるように定式化してあるとき非常に強力な手法である。それに対して、事前に想定できないタスクを環境との相互作用により解決を目指す知的自律エージェントの研究が行われている。一般的には、知的エージェントは学習によりタスクの解決を図る方法がとられる。学習は入出力関係をタスクに適合させることが目的であり、非常に多数回の試行錯誤が要求される。さまざまな手法が提案されているが、結局はタスクごとに人間がどの手法を用いるのかを決めなければならない。一方、我々人間は多様なタスクにいつ直面するかわからない世界に存在し、高い推論能力や学習能力をもってタスクを解決することのできる非常に強力な知的エージェントである。その知能は、タスクに応じてその解決のための計算処理を獲得し、それをタスク解決のための知識として一般化し、類似するタスクに再利用することでそのタスクを素早く解決できる、ということであると考えられる。その解決過程のモデル化をすることは知能システムの工学的な実現に向けた端緒となると期待できる。

そこで本研究では、タスク解決をする知的エージェントに必要なアーキテクチャとして、上述のような入出力関係の学習ではなく、タスクに応じた計算処理の獲得というメタ問題解決の実現を目指す。そのために、実世界においてメタ問題解決を行うことが可能な、人間のタスク遂行時の脳の情報处理的な働きとサルにおける知識再利用によるタスクへの漸近的即応性の行動実験の考察から、知的システムが直面する多様なタスクのそれぞれに対応した計算処理を獲得するための方式として、個々の問題に対応した異なる計算処理を獲得できる機能部品組合せモデルを提案する。また、機能部品組合せモデルの一形態として、神経回路全体の構造や部分神経回路をタスク解決のための知識として獲得して類似するタスクにおいて再利用することでタスクへの即応性を実現する知識再利用型学習システムの提案を行う。

【機能部品組合せモデル】

これまでの問題解決を行なう知的システムの研究においては、問題解決のための出力決定

を行うシステムの内部構造，つまり計算の過程が，設計者が作りこんだ処理に固定されていた．そのため，多少の変形で対応できる同型問題に対しても一つ一つ人間がプログラムを作り変える必要があった．これに対して我々は，個々の問題に対応した異なる計算処理を獲得できる機能部品組合せモデル(FPC モデル)を提案する．そして移動エージェントのナビゲーションを例題として，同一の問題に対して構造の異なるシステムを適用する場合と，複数の問題に対して同一構造のシステムを適用する場合について，FPC モデルによる計算処理探索の能力をコンピュータシミュレーションにより示す．

#### 【知識再利用型学習システム】

現在の実世界で活動する知的エージェントの特性のひとつは，事前にタスクを限定できないために学習が必要となり，学習のために非常に多数回の試行が必要となることである．しかし実世界ではエージェントは次々と新しいタスクに直面し，多数回の試行錯誤は現実的な学習問題の壁になっている．ここで多数の試行回数が必要となるのは，何もない状態からの学習を想定するからであり，既得の知識を再利用するならば少ない試行回数で学習を終えてタスクへの即応性が実現できる可能性は高い．そこで本研究で我々は，知識の再利用によって過去の経験に類似の問題の即応的な解決を行う神経回路学習システムを提案する．そしてナビゲーションタスクを例題として，知識再利用時の即応性の観点から，提案学習システムが他手法と比較して有効であることを示す．

本研究では，環境との相互作用により，タスクに応じた計算処理の獲得とタスク解決のための知識の獲得と再利用を可能とする知的エージェントのシステムモデル構築を目指して，機能部品組合せモデルと知識再利用型学習システムの提案を行った．機能部品組合せモデルがシステムの持つ機能部品群とタスク環境に応じた計算処理が獲得できること実験により示すとともに，知識再利用型学習システムが既学習タスクと類似するタスクへの即応性を実現できることと他手法と比較して有効であることを示した．

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 森 隆 司  
副 査 教 授 大 内 東  
副 査 教 授 嘉 数 侑 昇  
副 査 教 授 和 田 充 雄

学 位 論 文 題 名

## 機能部品組合せモデルによる メタ問題解決システムの研究

従来の記号処理を基本とする人工知能研究における問題解決とは、問題を適切に定式化し、そこで定義された推論規則の適用による解の探索を行うものである。これまでさまざまな手法、ヒューリスティクスが提案されており、これらは問題が解決できるように定式化してあるときには非常に強力な手法である。それに対して、事前に想定できないタスクを環境との相互作用により解決を目指す知的自律エージェントの研究が行われている。一般的には、知的エージェントは学習によりタスクの解決を図る方法がとられるが、その学習には一般に非常に多数回の試行錯誤が要求される。さらに、さまざまな手法が提案されているが、結局はタスクごとに人間がどの手法を用いるのかを決めなければならない。一方、我々人間は多様なタスクにいつ直面するかわからない世界に存在し、高い推論能力や学習能力をもってタスクを解決することのできる非常に強力な知的エージェントである。その知能の源は、タスクに応じてその解決のための計算処理を獲得し、それをタスク解決のための知識として一般化し、新規に直面する類似するタスクにおいて再利用することでそのタスクを素早く解決できる、という能力がその一端を担っている。その解決過程のモデル化をすることは柔軟な知能システムの工学的な実現に向けた糸口になると期待できる。

このような問題意識のもとで本研究は、知的エージェントに必要なアーキテクチャとして、上述のような入出力関係の学習ではなく、タスクに応じた計算処理の獲得というメタ問題解決能力の実現を目指したものである。そのために、実世界においてメタ問題解決を行うことが可能な、人間のタスク遂行時の脳の情報处理的な働きとサルにおける知識再利用によるタスクへの即応性の行動実験の考察から、知的システムが直面する多様なタスクのそれぞれに対応した計算処理を獲得するための方式として、個々の問題に対応した異なる計算処理を獲得できる機能部品組合せモデルを提案している。また、機能部品組合せモデルの一形態として、神経回路全体の構造や部分神経回路をタスク解決のための知識として獲得して、類似するタスクにおいて再利用することでタスクへの即応性を実現する、知識再利用型学習システムの提案を行なっ

ている。

機能部品組合せモデルは、実装されたシステムの構造つまりシステムの持つ機能部品群とタスクに適した計算処理を探索・獲得する知的計算モデルである。本研究は、機能部品組合せモデルがタスクに応じた計算処理を獲得することを評価するために、簡単な実装の方法を示し、移動エージェントのナビゲーションを例題として、同一の問題に対して構造の異なるシステムを適用する場合と、複数の問題に対して同一構造のシステムを適用する場合について、機能部品組合せモデルによる計算処理探索の能力をコンピュータシミュレーションにより示している。

知識再利用型学習システムは、機能部品組合せモデルの延長として、神経回路の構造などを制御することにより機能モジュール様の部分神経回路が自己組織的に生成可能で、神経回路全体の構造や部分神経回路をタスク解決のための知識として再利用する学習システムである。システムの構成が知識の再構築を素早くできるようになっており、既学習タスクに類似するタスクへの即応性を実現できるという特徴がある。本論文ではその評価実験として、Khepera シミュレータを用いたナビゲーションタスクを行い、知識再利用型学習システムが既学習タスクに類似するタスクへの即応性を実現できることを示した。また、他手法との比較実験の結果から本システムの有効性を確認しており、一般性の高い結果を得ている。

これを要するに本論文は、問題解決を行なう知的システムとして個々の問題に対応して異なる計算処理を獲得できる新しい知能モデルについての新知見を得たものであり、柔軟な知能システムの実現技術にたいして貢献するところが大きい。よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。