

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 船瀬 龍

修士（工学）船瀬龍提出の論文は、「解探索の時間管理手法を導入した実時間タスクプログラミングに関する研究」と題し、8章と附録からなっている。

与えられた目的を達成するために必要となる行動を計画する「タスクプログラミング」は、ロボット等の自律システムの実現の核となる技術であり、特に近年では、現実の問題に適用できる方法論を目指した様々な研究が行われている。現実問題を扱う上で最も重要な課題の一つが「プログラミングに要する計算時間」を扱うという問題である。計算機資源が有限である現実の世界では、プログラミングに要する探索時間は無視できず、プログラミング中にも状況が時々刻々変化するため、オフラインで十分に計算してから得られた解を実行するという理想論はなりたない。このような状況におけるプログラミングでは、探索に時間をかけることのメリットとデメリットを定量的にトレードオフし、「探索時間を適切な量に制御しつつ、なるべく良い解を得る」という人間が通常無意識に行っている方法論が必要になる。これが実時間プログラミングの本質的な要件であるにも関わらず、従来の実時間プログラミング研究では、それを様々な問題について統一的に扱える枠組みが存在してこなかった。

本論文では、これらの背景を踏まえ、実時間プログラミングにおける探索時間制御手法に関して、広範囲の問題に適用可能な統一的な方法論を確立することを目的としている。そのために、探索に時間をかけることのメリットとデメリットを時間軸上でモデル化して適切にトレードオフする汎用的アルゴリズムを導出し、それをいくつかの具体的な問題に対して適用することによって、提案手法の有効性を検証している。

第1章は序論であり、タスクプログラミングに関する研究の現状や傾向について概観し、本論文における問題意識と目的を明確にしている。

第2章では、実時間プログラミングに関する従来の研究について整理し、本論文で提案する実時間プログラミング手法の方向性を明らかにしている。具体的には、一つの評価基準を最適化するよう、状況に応じて探索時間を柔軟に制御する必要があること、その探索時間制御手法を多様な問題に適用できる汎用的な形にすることが重要であることを述べている。

第3章では、前章での考察を踏まえ、任意の問題に適用可能な探索時間制御の枠組みを定式化している。まず、探索時間を制御する際に用いる評価基準として「解の効用関数」を定義しているが、これは、探索を行うことによって得られる解を最終的に実行した結果の良さを探索の間の周辺状況の変化も含めて統合的に予測評価するものであり、探索時間を費やすことのメリットとデメリットを定量的に表現できる汎用的な形式になっている。さらに、多様な状況下においても常に効用関数という単一の評価基準を最大化する形で探索時間を制御できる汎用の枠組みとして、探索後の効用関数の予測に基づいて探索を制御するメタ推論のアーキテクチャを提案している。

第4章では、第3章で提案した汎用の枠組みを個別の問題に適用する際の方法論を示し

ている。具体的には、効用関数が問題によって複数の形式に分類されることを示し、それぞれの分類に関して、探索後の効用を予測するモデルを構築する手順を整理している。さらに、実際にプランニング・システムの設計者が行わなければならない作業とその手順が整理された形で提示されており、第3章で示した汎用の枠組みと合せて、実時間プランニング・システムを構築するための統一的な方法論を与えている。

第5章と第6章では、提案手法を現実の実時間プランニング問題に適用することによって、その有効性を確認している。第5章では、人間が実生活で経験する列車選択という実時間意思決定問題の例を取り上げており、提案手法により最適に探索時間を制御できることを示すと同時に、時間が差し迫った状況において準最適な結果を得るために人間が無意識に行っているであろう思考過程が、本提案手法によって効果的に実現されていることも示されている。

第6章は、宇宙機の軌道計画問題を取り上げている。予定されている最適なタイミングでの軌道変更失敗した後、早急に軌道を再計画しなければならないという状況を想定した問題であり、状況の緊迫度がプランニング・システム側には読めないという難しい問題であるが、探索後に得られる効用をその時点までに見つかった解からオンラインで推定する手法でうまく探索時間を制御できることが示されている。両章ともに、従来研究の手法では扱うことのできない実時間プランニング問題を扱っており、本提案手法の有効性を示すものである。

第7章では、第3章と第4章で提案した手法および第5章と第6章での具体的な問題への適用結果をもとに総合的に議論し、本研究の特徴や有効性について明らかにしている。

第8章は結論であり、本論文で得られた知見をまとめ、今後の課題と展望を述べている。

附録では、第6章で用いた、探索によって得られる効用の確率分布をオンライン推定する方法についてより詳細に説明している。

以上要するに、本論文は、現実世界では無視できないプランニングのための探索時間を陽に扱い、それを適切な量に制御しつつなるべく良い解を得るという実時間プランニングを目指して統一的な枠組みを提案し、その有効性を複数の現実的問題への適用を通して検証したものであり、宇宙工学、知能工学上貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。