

## 審査の結果の要旨

氏名 アギラール・メルガール レオネル エンリケ

論文審査委員会は、レオネル氏が独創性のある実質的に有効な研究を行った点を合意し、博士号に十分値する論文であることを確認した。レオネル氏の独創的な研究開発項目は下記のように集約される。1) 異種のエージェント間（歩行者・運転者）の相互作用を再現・予測する衝突回避アルゴリズムを採用し高度化したこと。2) 観測結果を基に狭い道路での歩行者・自動車の相互作用を定量化できる手法を開発したこと。3) エージェントの「考える」機能を効率化するエンバイロメントのハイブリッドモデル（グリッドとグラフ）を構築したこと。4) Dijkstra のアルゴリズムを改良し歩行者が慣れた経路や安全な経路を選択できるようにしたことである。

審査委員は研究成果に質疑を行い、また、将来の研究に関してもコメントを行った（レオネル氏が答に窮するような質疑はなかった）。以下、質疑とコメントの要約である。エージェントの機能に包括的な認知科学モデルを組み込む必要があるのではという質疑があった。少なくとも将来の研究には必要であることが議論された。また、異なる状況下の避難者の避難行動を推測するためには、認知科学の成果を取り込む重要性があることも議論された。

エージェントの衝突回避のアルゴリズムに関して、既存アルゴリズムとの違いが質問された。アルゴリズムの詳細が説明され、特に異種エージェントの衝突回避に特化したアルゴリズムの改良点と特徴が説明された。

狭い道路での自動車-歩行者の相互作用をモデル化し、観測結果を利用してモデルに一定の妥当性があることを示したことが評価された。狭い道路が多い日本では、この相互作用のモデル化は重要であることが強調された。自動車-歩行者の相互作用を取り込んだマルチエージェントシステムの独創性は高いと思われるが、同種の研究の文献が交通工学の分野にある可能性があり、独創性を示すためには交通工学の分野での論文調査を徹底する必要があると指摘された。

レオネル氏が開発したマルチエージェントシステムに関し、氏が独自で開発した特性・機能と、従来のシステムにもあった特性・機能をより明確に区別することが指摘された。レオネル氏からは、ハイブリッドモデルの自動構築を除き、博士論文に記載した特性・機能は全て同氏が独自に開発したものであることが回答された。

自動車-自動車の相互作用の妥当性確認に関して、問題設定に関して質疑があった。レオネル氏から、リンカーントネルの観測結果を再現するシミュレーションの結果が説明された。観測データの質・量に限りがあるため、他の指標を使っても妥当性確認が

より確実になるとは限らないものの、自動車の密度と速度に関してより適切な指標を利用すべきであったと考えていることが説明された。同氏から、観測結果をより忠実に再現できるような、モデルパラメータのチューニングが容易にできることもマルチエージェントシステムとして重要であることも指摘された。

大規模並列計算の適用可能性も指摘された。レオネル氏から、大規模並列計算の重要性は認識しつつも、並列計算機に特化した専用モジュールを開発したのではないことが説明された。

マルチエージェントシステムのチューンアップに必要なデータに関して質疑があった。これは全く新しい地域での避難シミュレーションを行うためのチューンアップである。レオネル氏は、密度と移動速度の関係式 (**fundamental diagram**) があれば十分であることが回答された。しかし、この関係式を使ったチューンアップでは、観測結果の再現はできるものの、予測は難しいことが指摘され、予測には認知科学に基づく改良が必要なことが議論された。

エージェントの認知機能の改良はゲーム理論のアプローチを使ったシステム改良の必要性が指摘された。少なくとも将来の改良の具体的なターゲットである。レオネル氏は、マルチエージェントシステムの潜在的有効性を示し、将来の実用に繋げることが重要であることが指摘され、ここの要素技術の改良は長期的に考えることが望ましいとの回答があった。

論文で実行されたモンテカルロシミュレーション (アンサンブルコンピューティング) に関して、並列計算ではあるが、**"embarrassingly parallel"**であるか否か、また、出力用の**"writer-core"**を使った並列計算であるか否かが質問された。レオネル氏は、問題規模が小さく単一コアの計算で十分であるため**"embarrassingly parallel"**であること、避難完了したエージェントからの出力がなくなるという特性があるため**"writer-core"**は使っていないことが説明された。

狭い道路での歩行者と自動車の相互作用を考えた密度と移動速度の関係が開発されたマルチエージェントシステムで計算できることの重要性が指摘された。また、単に避難シミュレーションを行うのではなく、その結果を基に避難円滑化に繋がる防災・減災対策を考案することが本質的であり、将来の研究課題とすべきであることが議論された。

本論文において、歩行者-自動車の相互作用を考慮したマルチエージェントシステムを開発した点は十分高く評価できることは確認された。本研究の計算例も信頼性が高く、今後の研究の基盤となることも期待できる。以上の理由をもって、本論文を合格と判定した。