

## 論文審査の結果の要旨および担当者

|      |             |
|------|-------------|
| 報告番号 | ※ 甲 第14741号 |
|------|-------------|

氏 名 MURALEEDHARAN Arun

### 論文題目

Realization of Safe Autonomous Driving using Randomized Model Predictive Control  
(サンプルベースモデル予測制御を用いた安全な自動運転の実現)

### 論文審査担当者

|    |        |            |     |       |
|----|--------|------------|-----|-------|
| 主査 | 名古屋大学  | 工学研究科      | 教授  | 鈴木 達也 |
| 委員 | 慶應義塾大学 | 政策・メディア研究科 | 教授  | 大前 学  |
| 委員 | 名古屋大学  | 工学研究科      | 教授  | 井上 剛志 |
| 委員 | 名古屋大学  | 工学研究科      | 准教授 | 奥田 裕之 |

## 論文審査の結果の要旨

MURALEEDHARAN Arun君提出の論文「Realization of Safe Autonomous Driving using Randomized Model Predictive Control (サンプルベースモデル予測制御を用いた安全な自動運転の実現)」は、サンプルベースのオンライン最適化に基づいたモデル予測制御による、安全な自動運転の計画と制御を提案している。特に、GPUを使った並列計算による計算速度の高速化、歩行者との間の自然なインタラクションの実現、サンプルベースモデル予測制御と連続変形法を融合した緊急回避動作にも適用可能な新たなモデル予測制御への拡張が提案の骨子となっている。各章の概要は以下の通りである。

第1章では、自動運転に関する社会的関心の高まり、技術開発のこれまでの経緯と現状、および取り組むべき課題について論じている。いくつかある課題群の中でも特に計画と制御の今後の重要性、およびその困難さについて論じられており、特に克服すべき点として、周辺他者の適切な行動予測に基づく計画・制御とその高速実行を挙げている。これらを解決する視点から本論文の目的、構成が述べられている。

第2章では、準備としてモデル予測制御の基本的考え方、制御対象のクラス、代表的な最適化手法が紹介されている。自動車の運動制御問題は非線形の制御対象であり、さらには確率的な評価関数が導入されることも多いことから、結果としてサンプルベースの最適化手法が適していると論じている。

第3章では、サンプルベースのモデル予測制御の高速実行と適切なサンプルの生成について論じている。サンプル生成については、自動車の制御においては入力信号の連続性が重要なため、高周波成分を除いたサンプルを周波数領域で生成し、それを時間領域でのサンプルに変換するアプローチを提案している。また、高速実行を可能にするため、GPUの使用を検討しており、GPUが持つ並列計算機能を活用することで、従来のCPUよりも40%程度計算時間を削減できることを明らかにした。この削減効果は予測時間を長くすればとるほどより顕著となる。最後に1/20サイズのモデルカーを使った実験によりその有用性を検証している。

第4章では、歩行者とのインタラクションを考慮したモデル予測制御について論じている。提案手法ではまず、Probability Weighted ARX モデルと呼ばれる複数のモードを持ったARXモデルを歩行者の行動予測モデルとして採用し、歩行者の持つ判断のあいまいさを判断エントロピーとして定式化している。そして、歩行者との自然なインタラクションを行う制御問題を、歩行者の判断エントロピーを最小化する最適化問題に帰着している。安全性が確率的な制約として記述されるため、最適化問題の解法として、サンプルベースのアプローチを採用している。提案手法の有用性をシミュレーションにより検証しており、特に歩行者の「迷い」が低減される車速制御が可能であることを明らかにしている。

第5章では、サンプルベースのモデル予測制御と連続変形法に基づくモデル予測制御の融合について考察している。連続変形法に基づくモデル予測制御は、高速計算が可能という点において注目されている制御手法の一つであるが、一方で突然の状況変化に対して弱いという欠点を持つ。そこで、連続変形法に基づくモデル予測制御とサンプルベースのモデル予測制御の併用方式を新たに考案し、両手法をシームレスに切り替えることで突然の他車両の割込み等に対しても対応可能な新たなモデル予測制御の枠組みを提案している。

第6章では、本研究の結論と今後の課題を述べている。

以上のように本論文は、サンプルベースのオンライン最適化に基づいたモデル予測制御による安全な自動運転の計画と制御を提案するものである。得られた成果は、拡張性も高く、サンプルベースのモデル予測制御を自動運転に適用する際の基盤技術になると期待され、工学の発展に寄与するところが大きいと判断できる。以上より、本論文の提出者であるMURALEEDHARAN Arun君は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格があると判断した。