

## 審査の結果の要旨

氏 名 ジャワンマーディ マハディ

本論文は「Precision 3D Urban Mapping Using Ground and Aerial Surveillance Data」(モバイルマッピングシステムと航空測量を用いた都市空間高精度三次元モデリング)と題し、航空画像と航空レーザ測量のデータを基準として、高精度な都市三次元地図を効率的に自動生成するための技術を提案するものである。航空画像へモバイルマッピングシステム(MMS)のポイントクラウドデータをアライメントし、地上と航空からのポイントクラウドを用いて高精度なモデリングをする一連の技術を新たに考案し、その有効性を示したものであり、英文で記され全体で6章により構成される。

第1章「Introduction」(はじめに)では、研究のテーマである三次元モデリングの重要性と必要条件を説明し、システム全体のアーキテクチャ、入力情報と出力情報のフォーマットを定義している。提供されているアーキテクチャは主に二つのパーツにより構成されている。入力されるMMSデータと航空測量データのアライメントを行い、MMSデータと航空レーザデータそれぞれの利点を活かしながら都市空間高精度三次元モデリングを行うというものである。

第2章「General Overview of 3D Urban Mapping」(三次元都市空間マッピングの概要)では、都市空間モデリングの概要を紹介し、既存のマッピングプラットフォーム、地図のフォーマット、三次元地図の様々な用途とそれぞれの要件をまとめている。そこで、本章では、精度と適用性を重要とする用途に適応した都市空間モデリングプラットフォームを考案し、提案している。

第3章「Registration of Mobile Mapping System and Aerial Imagery」(モバイルマッピングシステムと航空画像のアライメント)では、MMSから高精度な地上データを取得するために、絶対精度を持つ航空画像へのアライメント手法を提案している。従来のMMSにおいては、アーバンキャニオンなどの衛星不可視区間での計測時に、計測された地物の位置(ランドマーク)を利用することにより、MMSで計測した座標値の誤差を補正するランドマークアップデート手法が主流で、労働集約的であるため相当の時間と費用がかかる。このため、航空画像の絶対精度を活かし、路面の白線情報を用いてMMSデータのアライメントを行う。このアライメントの精度を高めるためには、航空画像から建築物を抽出する必要がるため、本章では航空ポイントクラウドから建築物のPerspective Occlusion Mapを生成する。建築物が除かれた航空画像から、白線と誤認識される可能性がある車両などについて、複数写真からの情報を統合することで除去することができる。そして、MMSデータにおいて、輝度情報のキャリブレーションを行ったデータを参照することで、航空画像と対応する白線部位を検出する。この検出では、Dynamic sliding windowを用いたアライメント手法を提案している。

第4章「Three-Dimensional Registration of Mobile Mapping System and Aerial

Surveillance Data」(モバイルマッピングシステムと航空測量データの三次元アライメント)では、最も正確な位置精度を有する二次元航空画像と航空レーザデータを融合したレファレンスに基づいて、MMS データのアライメントを行う手法を提案している。この目的のため、前章から得た白線情報と航空レーザ測量から得た高さ情報とから三次元白線情報を取得し、この白線情報を基準として MMS サーベイデータの三次元アライメントを行う手法を提案している。この提案手法により、従来の労働集約的な作業を概ね自動化して、なお二次元航空画像の有するレベルの精度の確保を両立することが可能となった。

第5章「3D Urban Modeling Using Ground and Aerial Surveillance Data」(モバイルマッピングシステムと航空測量を用いた都市空間三次元モデリング)では、地上と航空測量の情報を融合して、新たな都市空間高精度三次元モデリングシステムを提案している。このシステムは、航空測量からの屋上情報とストリートビューからの高解像度の壁情報を融合し、建築物の外形を高精度に再構築することができる。この場合、MMS が獲得できる範囲はその情報を主に信頼し、MMS が獲得できない屋上や高い壁などは航空測量をもとに生成している。最後にモデルされた壁の位置の精度について、Global Navigation Satellite System (GNSS)技術を用いた検証を行った。

第6章「Conclusions and Future Works」(まとめ及び今後の課題)では、本論文における主たる成果をまとめるとともに、今後の課題と展望について述べている。

最後に、Appendix「GCL Social Project: Autonomous Vehicle Platform for Smart Society」(スマート社会のための自動運転プラットフォーム)において、ソーシャル ICT グローバル・クリエイティブリーダー育成プログラム (GCL) 修了条件である社会イノベーションプロジェクトに関する活動概要を付記した。このプロジェクトの目的は、数人のコアメンバーが主体となり、自動運転実現による社会課題の解決を積極的に目指すものである。また、コアメンバー以外の GCL 学生が主催するプロジェクトにプラットフォームとして活用されるような自動運転車両を開発することを目的とした。ここでは、このプラットフォームを実現するために重要な安全自動走行実験を企画するスキルを身につけるために成し遂げてきた活動の流れを述べている。異文化体験によるコミュニケーション能力の向上、自動運転の社会的課題の発見を通して、自動運転社会のソリューションの提案を目指すために、米国カリフォルニア大学・バークレー校で6か月のインターンシップを行なった。その間、PATH において障害物検出などの技術的研究開発、Berkeley Deep Drive プロジェクトとのデータベース構築に関する学際的研究協力、研究発表を通じた企業とのネットワーキング、国際会議での発表を行った。最終的に、本プロジェクトの総括として、メンバーで協力して開発した実験車両を用い、自動走行実験を安全に実施するための知見を共有するためのワークショップを企画した。

以上、これを要するに、本論文は、MMS と航空測量を用いた都市空間高精度三次元モデリングを目的として、MMS と航空測量データの二次元および三次元モデリングに関する新たなフレームワークを提案した。評価実験によって、これまでの人海戦術的なプロセスを大幅に削減できることが確認され、電子情報学上も貢献するところが少な

くない。よって本論文は博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。