

[別紙 2]

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 マナnder ディネス

景観シミュレーションからコンピュータゲーム、バーチャルモールにおけるウォークスルーなど都市を対象とした3次元空間データに対する潜在的な需要は根強い。都市の3次元空間データは、従来は航空機やヘリコプターに搭載された航空測量カメラやレーザスキャナにより作成されてきた。しかしながら、これらの方法には大きな制約がある。まず、上空からデータを取得するため、道路から見えるような地物の詳細（たとえば、建物のファサードや道路上の付属物など）をうまくカバーできないことである。また写真画像は高精細なテクスチャ情報を提供してくれるものの、立体視という過程を通してはじめて3次元計測が行えるため、計測の自動化という意味では大きな困難が未だ存在する。一方、レーザスキャナは3次元計測の自動化を達成しているものの、計測速度が十分でなく、高い分解能を持ちながら広域をカバーする画像を得るのは容易ではない。道路上から詳細な地物の3次元データを自動的に取得することができれば、大きな意義があると考えられる。こうした背景の下、本論文は以下のような目的を設定している。

- 1) 車載型のレーザスキャニングシステム（VLMS：Vehicle-borne Laser Mapping System）をデザインし、実現すること。
- 2) 同時に利用されるさまざまなセンサ（GPS やレーザスキャナ）の統合やキャリブレーションの方法を開発すること。
- 3) 得られたデータから道路、建物など重要な地物を自動的に抽出する方法を開発すること。

地物の分類・抽出は空間データベースを構築・更新するための基礎であり、視覚化のためのサーフェスマデリングの際にも重要な補助情報を与えることから地物の分類・抽出を、データ処理手法上の主要な研究目標としている。

本論文は、8章からなっている。

第1章は研究の背景と目的を述べている。第2章は既存の研究であり、既存の車載マッピングシステム（モバイルマッピングシステム）について整理している。既存のシステムは全てビデオカメラやデジタルカメラなどステレオ画像を利用した3次元計測手法を利用していること、計測や地物抽出の自動化という意味で大きな限界を抱えていること、その結果、計測や抽出の対象になっている地物は道路付属物や交通信号、レーンマーカーのようなごく少数の地物に限られていることなどが示されている。第3章と第4章はそれぞれ2世代に分かるVLMSのシステムデザインの進化の過程を述べている。VLMSはまず水平面内をほぼ360度回転する3つのレーザを組み合わせることで、沿道の樹木などにより建物

が隠蔽されるのを極力抑えるべく設計された。また、同時に 360 度のオムニ画像の得られる放物線ミラーを備えたデジタルカメラを装備することにより、テクスチャも得ることが出来るように工夫された。しかし太陽光の影響を受けやすく画質が劣化することがたびたび生じたこと、またデジタルカメラとレーザとの完全な同期を図っていたため、データ記録速度が遅く、結果として十分な速度で計測できなかったこと等の問題が生じていた。そのため、第 2 世代 VLMS ではテクスチャ画像をラインカメラにより高速かつ高精細に取得することを可能とした。かつレーザスキャナの回転数を向上させ、データ記録時のタイムスタンプにより事後的に時刻同期をとることで、高速走行をしながらデータを取得することを可能とした。5 章と 6 章はそれぞれのシステムにおけるセンサキャリブレーション手法を述べている。多数のセンサの相互位置・姿勢を求めることではじめて正確なマッピングが可能となった。7 章はレーザセンサデータからの地物の自動抽出手法について述べている。レーザセンサからは膨大なデータが得られることから、効率的に地物を抽出するために、スキャンラインごとに水平線、垂直線などの幾何学的特徴を抽出してデータ量を減少させながら、特徴を明確化し、さらに隣接するスキャンラインごとの特徴（水平線、垂直線など）相互の関係を明らかにすることにより、道路、建物、樹木、ポール類、自動車、トンネルなどを自動抽出する手法を提案している。現時点では、地物の種類と周辺環境によっては完全自動化は達成されていないものの、従来のモバイルマッピングシステムに比べ、圧倒的に高い精度で多様な地物の抽出が可能になっている。第 8 章は結論と今後の課題を整理している。

以上をまとめると本論文は世界で初めてレーザスキャナとラインカメラを搭載したモバイルマッピングシステムを開発し、そのキャリブレーションの方法などの基礎的な手法を開発した。そして、レーザデータから多様な地物を高い自動化率で抽出する方法を提案した。地物の抽出はレーザデータやラインカメラデータをモデル化する上で不可欠な基礎ステップであり、こうした手法が開発されたことにより VLMS の手法的な基礎が築かれたと言ってよい。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。