

論文審査の結果の要旨

氏名 中川雅史

従来からの CG（コンピュータグラフィックス）などに加え、歩行者を対象とした「マンナビ」から都市災害シミュレーションまで都市空間を 3 次元表現した都市データに対する需要は多く、いくつかの企業が 3 次元空間データをすでに発表されている。しかしその作成は膨大な手作業に頼っており、3 次元データの更新も十分には行われていないのが現状である。一方、この数年で航空機に搭載する高精細デジタル画像センサが普及し、デジタル画像そのものは大変利用しやすくなってきた。そこで空からの高精細デジタル画像データを利用して 3 次元都市データを効率的に作成・更新しようという気運が高まってきている。しかし、コンピュータビジョンやデジタル写真測量などの分野で 3 次元計測の自動化に関する研究が数十年間行われてきたにもかかわらず、計測を全自動で行うものは存在せず、結局手作業に頼る部分が多い。その結果、工程全体のスループットがなかなか向上しない。そこで、都市部では 2 次元数値地図などの蓄積もかなり進んでいることなどに着目し、そうした既存情報を補助情報として利用することで自動化率を向上させること、自動化が困難な部分についてはオペレータが簡単なインストラクションを与える半自動手法を組み合わせることができれば、工程全体のスループットを大幅に改善できる。また更新に関しても作業効率を向上できる可能性がある。本論文は以上のような背景とアイデアに基づくものである。

本論文は全体で 8 章からなっている。第 1 章は研究の概要である。第 2 章は使用した高精細デジタルセンサであるスリーラインセンサ（TLS）について概要を述べている。第 3 章は TLS を利用した 3 次元計測の方法について、手作業による計測手法と建物や地表面の 3 次元データの表現方法について整理している。

第 4 章はデータ統合によるモデリングの完全自動化の検討であり、概略形状の生成と、その高精細化という二つの段階に分かれた自動化手法を提案している。概略形状の生成では TLS 画像からの概略 3 次元モデルの自動生成を含め、既存の 2 次元数値地図と TLS 画像を組み合わせる方法、レーザスキャナなどによる解像度の低い 3 次元データと TLS 画像を組み合わせる方法を提案している。次に TLS 画像を利用して、概略形状データの高さ、形状の両面について高精細化を行う。具体的には概略形状を初期値として TLS 画像から建物形状を抽出し、高さも高精度に推定する。これにより補助データのある地区については自動化率が大幅に向上することが示された。

第 5 章では TLS 画像からの半自動計測手法について述べている。第 4 章で提案した自動化が成功しない部分を対象に半自動計測を行う。ここでは、技量・熟練を要する立体視による計測を全く行わず、単画像だけを見てその上で概略の建物輪郭を与えることで、詳細輪郭の再構成、高さの精密自動決定を高速に行う手法を提案している。

第 6 章は作成された高精細な 3 次元データに対して TLS 画像をテクスチャとして貼り付ける方法を提案している。TLS 画像は建物をさまざまな方向から撮影しており、それを利用してより適したテクスチャを貼ることに成功している。上記の第 4 章から 6 章までに提案された手法を利用して、六本木地区、および錦糸町地区を対象に 3 次元都市モデルの構築実験を行い、良好な結果を得ている。

第 7 章は、テクスチャ付きの高精細 3 次元データを利用した変化検出手法を提案している。ここ

ではテクスチャ付きの高精細3次元データに新しく撮影された TLS 画像を投影することで変化を検出するが、太陽高度の変化による陰影の変化などを補正しながら、まず建物滅失を検出する方法を開発した。次に駐車場など新たに建物が立ち上がる可能性のある箇所を抽出して建物の新設を検知する手法を検討した。滅失の検出は密集市街地でほぼ 100%を達成した。新設に関しては、密集市街地での適用に留まっており、対象地区でそうした新設がなかったためシミュレーション画像を利用して検出実験を行い、これもほぼ 100%の成功率を得ている。

以上まとめると、高精細デジタル画像センサである TLS を利用して、きわめて精細な都市3次元モデルを非常に効率的に構築する体系的な手法を開発し、その有効性を実証しただけでなく、高精細なテクスチャ付き3次元モデルが、変化検出にも有効であることを明らかにしており、博士(環境学)の学位を授与できると認める。