

機関番号：17701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700183

研究課題名（和文）都市などの大規模空間の効率的な形状およびテクスチャ情報の取得に関する研究

研究課題名（英文）Research on efficient acquisition of shape and texture of large scale scene including urban city

研究代表者

川崎 洋 (KAWASAKI HIROSHI)

鹿児島大学・理工学研究科（工学系）・教授

研究者番号：80361393

研究成果の概要（和文）：本研究では、車載カメラで撮影した画像から、自動的に街などの広域空間の詳細な形状や色の情報を獲得する手法を開発した。これは実世界取得の基礎的研究であり、具体的には、(1) 全方位ステレオによる広範囲な3次元形状の復元(2) 時系列画像群からの車の位置姿勢の高精度な推定(3) 都市の建物のテクスチャの高精度化、を目指して研究を行った。上記の成果を論文として発表し、ITSシンポジウム2010においては、200件程度の応募から6件のみ採択されるベストポスター賞を受賞することが出来た。

研究成果の概要（英文）：In this research, we develop a new system to capture shape and texture automatically from large scale scene such as urban city. The research is one of fundamental research topics of acquisition of real-world data into computer. The research can be divided into three categories; (1) shape reconstruction of large scale scene using omni-directional camera, (2) motion estimation from car-mounted video camera, and (3) refinement of texture of buildings of the city. We published several papers at journals and conferences including best poster award at ITS symposium 2010.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度			
2007年度			
2008年度			
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

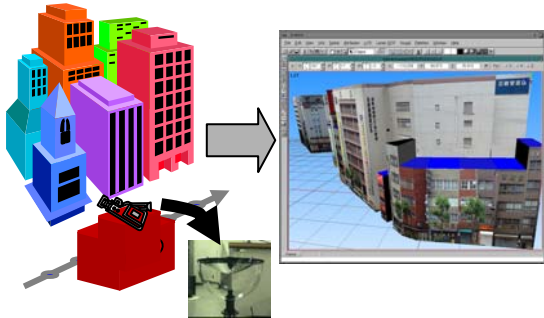
キーワード：(1) 情報センシング (2) 3次元計測 (3) バーチャルリアリティ (4) ITS (5) 可視化

1. 研究開始当初の背景

実世界空間を計測し計算機内に取り込むことが、多くの分野で求められている。例えば、道路や地形などのデータは、土木や建設など

多くの分野で必要なため古くよりデジタル化に関する研究が行われてきており、現在、詳細なデジタル地図を簡単に入手することが出来る。一方で、ITSや3次元GISなどで必要とされる、より詳細な実世界のデータ、

例えば建物の輪郭や階高・色などの情報は、今も取得が技術的に難しく、その解決が求められている。さらに、近年、自由に世界中のあらゆる土地を歩き回ることを仮想的に体験できるインターネット上のサービスが次々に生まれており、広い範囲の実世界空間を、計算機内に詳細に再現する手法やそのための効率的なデータ獲得方法が求められている。研究代表者は上記の背景より、各種センサを車載して街路を走り回ることによって、実世界空間の詳細なデータを効率よく獲得し、計算機内に実世界空間を自動で再構築する研究を行ってきた(下図)。



特に、センサとして全方位を撮影可能なビデオカメラを用いることで、一つのセンサで簡易に空間及び時間方向に密な画像データを獲得し、時空間画像解析によりテクスチャのついた 3 次元モデルを自動構築する手法を提案した。その成果は国際的にも高い評価を得て、国際会議 ACCV (2000 年)において応募約 300 件の論文中 2 件のベストペーパー候補に選出された。さらに、研究を進展させ、多数の画像を用いることで形状データの精度が低い場合でも、現実感の高い再構築を実現する手法や、広域空間をリアルタイムに描画する手法などを提案し、2007 年には企業との共同開発の成果として写実的なドライビングシミュレータのデモをモータショーで行い、広くマスメディアで報道された。しかしながら、提案手法は実世界を計算機内に写実的に再現することを目的としていたため、デジタル地図から得られるラフな形状データを前提とし、また描画も画像ベース手法のため詳細な形状や色情報は必要なく、前述の詳細な空間データの自動取得が達成されたわけではなかった。もし、車載センサのみで詳細な形状や色の情報が取得できれば、広域な空間データが迅速に獲得でき、3 次元に時間を加えた 4 次元地図の作成などが実現可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、車載センサから得られるデータのみから、自動あるいは半自動的に、街などの広域空間の詳細な形状や色の情報を獲

得する手法を開発する。これは実世界空間計測の本質的な課題の解決に必要な基盤的な研究テーマである。本研究の目標は次の通りである。

(1) 全方位ステレオ画像による密な 3 次元形状の取得手法の開発

広域な空間の 3 次元形状データの効率的な取得方法としては、対象空間を走行しながら、車載したセンサからの情報を元に 3 次元復元することが考えられる。車載センサによる形状の効率的な取得にはこれまで大きく 2 つのアプローチがある。一つは、レンジセンサなどのアクティブセンサを用いて 3 次元形状を得るものであり、他方はカメラから得られる画像データのみを用いて形状復元する方法である。前者は近年、センサの著しい性能向上を受け、広域空間への応用も始まっているが、センサが高価であり、一度の計測範囲も狭いことから広域空間への適用には課題も多い。一方、後者は設置や広範囲のデータ取得が容易な反面、計測が不安定になりやすいという問題がある。ところがこれまで両者を組合わせた研究はあまり行われていない。そこで、今回は両者を組合わせた手法を開発する。具体的には、レンジセンサによる疎で信頼度の高いデータを初期データとして、密ではあるものの精度の低い全方位ステレオ画像に対して、グラフカット等周辺との滑らか拘束を考慮した形状復元処理を適用することで、最終的に精度の高い形状を広範囲にわたり密に獲得する。

(2) 時系列画像群からの車の位置姿勢の推定手法の開発

複数地点で得られたデータを高精度に統合するには、車両の位置姿勢が必要である。ところが、GPS やジャイロ・車速センサなどから、精度の高い車の位置姿勢などの情報を常に得ることは難しい。そこで、画像データを用いてこれを推定することを考える。時系列画像データから形状及び位置姿勢を推定する手法は、「Structure from Motion」としてコンピュータビジョンでは良く知られた手法であり、これを車載した全方位ビデオ映像から得られるデータセットに適用する手法を研究する。この時、全方位ビデオ映像であることから、特徴点が通常のカメラよりも長いフレームで追跡出来るため、精度の向上や処理の安定化が期待できる。特に、遠くにある特徴点は長い間観測可能であり、回転に関しても敏感であることから、これをランダム

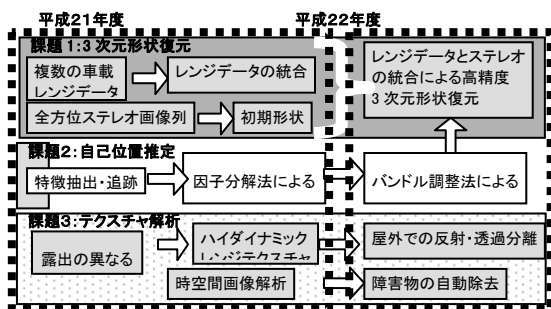
ークと定義し登録することで、安定した回転推定や、ループ状の経路を通ったときのループクローズングの判定に利用することができ、推定精度の向上が期待できる。

(3) テクスチャの高精度化

実世界の現実感豊かな再構築には、対象物体表面のテクスチャ情報が重要である。そこで、撮影した画像の高精度化を目指す。具体的には、標識や電柱などの障害物の除去や、建物の窓ガラスなどに見られる反射や透過を分離する。前者に関しては、時空間画像のエピポーラ切断面上で急な傾きをしている領域が一般に障害物であることから、これを時空間画像内で選択的に削除することで消去することができる。現在は手動で選択しているため、この自動化を目指す。また、後者に関しては、通常のカメラを用いて屋内および曇天の屋外での実験に成功していることから、これを晴天の屋外で全方位画像に適用する予定である。屋外に適用する際には、複数台のカメラを用いてハイ・ダイナミックレンジ画像を作成することが必須となるため、露出の異なる2台のカメラ画像を正確に位置決めする手法も開発する必要がある。

3. 研究の方法

基本システムの構築を平成21年度に完了し、基礎データ取得の実現、および形状や位置姿勢の初期推定を行う。平成22年度には、得られた初期データを組み合わせることで精度向上を目指すと同時に、実用システムを作成し、実際に市街地でデータの計測や再構築を行う。具体的には、以下の図で示すように、各年度について個々に目標を設定し、研究を進める。

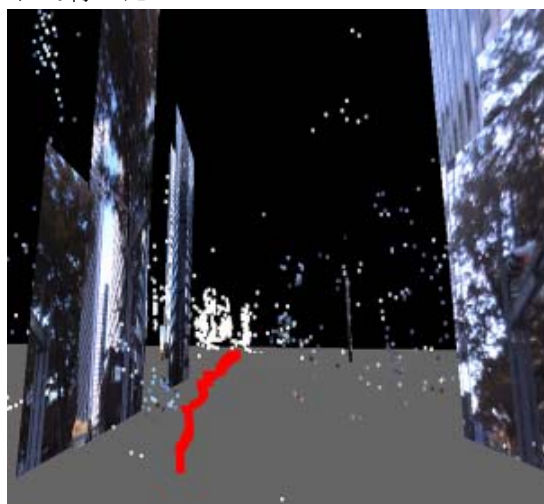


4. 研究成果

平成21年度は、システムの基本的な実装を大きく3つ行った。以下にそれぞれの詳細を述べる。

(1) 広範囲の密な3次元形状復元：広域を密に3次元復元するには、レンジセンサよりステレオカメラの方が適している。そこで、全方位ステレオによる密な形状復元を実装した。テクスチャ模様のない部分は、グラフカットにより滑らかな形状復元を実現した。成果は日本ロボット学会講演会にて発表した。

(2) 画像列を用いた高精度自己位置推定：全方位因子分解法を実装し、線形解法により精度の良い初期値を得て、さらに、全方位画像の場合、長いフレームにわたり特徴点の観測が可能であることから、時空間画像解析とバンドル調整法を組み合わせ、高精度化を実現した(下図)。さらに、建物などの繰り返しパターンに関して、曖昧なく安定した処理が可能となる研究をフランス INRIAにて行った。



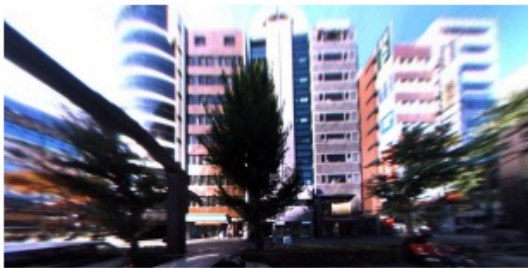
(3) 時空間画像解析による高精度テクスチャ取得：建物テクスチャの取得においては、対向車や歩行者、電柱などを除去し、さらに車の揺れによるブレを除去することが求められる。そこで、時空間画像解析により、これらを除去し、ブレ除去処理を実装した。成果は、国内シンポジウムおよび国際会議で発表を行った。シンポジウムにおいては200件超のなかで3件のベストインタラクティブ賞を受賞した。

平成22年度は、前年度のシステムの高精度化を行った。以下にそれぞれの詳細を述べる。

(1) 広範囲の3次元形状の復元：前年度の開発により、複数の全方位カメラ映像より、形状データを取得し、これを統合するアルゴリズムが完成していることから、これを自動化する研究を行った。全方位カメラ画像の場合、球面座標系の影響で画像が歪むため、これを除去するアルゴリズムを開発した。さらにカメラの動きによる歪みの除去も行った。歪除去により正規化された時空間画像を用いた処理により、複数の全方位カメラ映像の自動的な統合に成功した。

(2) 画像列を用いた高精度位置推定：前年度の成果により得られた基礎行列を分解し、カメラの位置姿勢の高精度な推定を行った。ここで得られた推定結果は、前記(1)の入力として用いられている。

(3) 車載映像からの高精度テクスチャの取得：街路樹のように障害物が画面全体を覆っている場合、正しい建物がノイズに埋もれて正しく障害物を分離することが難しい。そこで、車が徐々に動きながら、建物の同じ位置を何枚も撮影していることを利用し、統計的な手法にローランクマトリクス手法を利用して、ほとんど障害物に覆われているようなシーンにおける障害物の除去に成功した。以下に結果を示す。



入力画像



ノイズ除去画像

(成果の発表) 上記の成果を ITS シンポジウムで発表したところ、200 件程度の応募で 6 件のみ採択されるベストポスター賞を受賞することが出来た。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

[1] Ryota Matsuhisa Shintaro Ono Hiroshi Kawasaki Atsuhiko Banno Katsushi Ikeuchi Image-based egomotion estimation using on-vehicle omnidirectional camera International Journal of ITS Research, vol. 8, issue 2, pp. 106-117, 2010, 査読あり

[2] 永塚遼、小野晋太郎、池内克史 (東京大学)、川崎洋 (鹿児島大学)、In So Kweon (Korea Advanced Institute of Science and Technology)、「車載全方位ビデオ映像を用いたイメージベースレンダリングによるドライビングシミュレータの開発」、第 9 回 ITS シンポジウム 2010、1-D-04, 査読あり

[3] 栗林宏輔、子安大士、前川仁 (埼玉大学)、小野晋太郎、池内克史 (東京大学)、川崎洋 (鹿児島大学)、「平面群構造を利用した車載カメラ映像からのオンライン前景障害物除去システム」、第 9 回 ITS シンポジウム 2010、1-D-05, 査読あり

[4] 小野晋太郎、松久亮太、池内克史 (東京大学)、川崎洋 (鹿児島大学)、「車載カメラ映像の時空間マッチングを利用した自車位置推定」、第 9 回 ITS シンポジウム 2010、1-D-08、ベストポスター賞, 査読あり

[5] Takuma Yamaguchi, Hiroshi Kawasaki, Ryo Furukawa, Toshihiro Nakayama, "Super-Resolution of Multiple Moving 3D Objects with Pixel-based Registration", The ninth Asian Conference on Computer Vision (ACCV 2009), CD_ROM, 2009, 査読あり

[学会発表] (計 12 件)

[1] 松元 貴寛, 川崎洋, 福元伸也, 古川亮, 山口拓真、複数枚の入力画像を利用した自然画像からのむらのある霧・煙の除去手法、電子情報通信学会 ISS 学生ポスターセッション 2011. 3. 22, 横浜

[2] 山口 拓真、福田 悠人、古川 亮、川崎 洋、久野 義徳、Peter STURM、手ぶれビデオ映像からの超解像処理手法の提案、電子情報通信学会 PRMU 研究会 2010. 11. 10 金沢

[3] 山口 拓真, 川崎 洋, 古川 亮, 中山

利宏, "画素単位のレジストレーションによる3次元形状物体画像の超解像処理", 第12回画像の認識・理解シンポジウム論文集(MIRU2010論文集), pp.1223-1230, 2010.7.27, 釧路

- [4] 川崎 洋 因子分解法の基礎と広域空間モデリングへの発展・応用～ストリートビューを見るだけでは物足りない。街を3次元にしてみよう～、画像センシングシンポジウム・チュートリアル講演会 2010.6.26, 横浜
- [5] 福田悠人, 川崎洋, 久野義徳, 古川亮、実3次元物体の表面反射特性パラメータの効率的推定手法、情報処理学会CVIM2010年5月研究会172-8, 2010.5.28, 愛知

[産業財産権]

○出願状況(計1件)

名称: 画像処理装置、画像処理方法およびプログラム

発明者: 池内克史, 川崎洋, 小野晋太郎, 栗林宏輔

権利者: 埼玉大学

種類: 特願

番号: 2009-273124

出願年月日: 2009.12.1

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.ibe.kagoshima-u.ac.jp/~cgv/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川崎 洋 (KAWASAKI HIROSHI)

鹿児島大学・理工学研究科(工学系)・教授

研究者番号: 80361393

(4) 研究協力者

小野 晋太郎: 東京大学

池内 克史: 東京大学

子安 大士: 埼玉大学