

実世界活動を反映した仮想都市空間の生成

池内 克史

情報理工学系研究科電子情報学専攻

概要

現実世界の活動を反映した仮想都市空間を生成する枠組みを提案する。すなわち、現実の街から3次元地図を作ることによって用意した仮想都市空間に視覚センサにより収集された実世界上の活動をCGにより反映しそれを可視化するものである。

このために重要なのは3次元地図であるが、その生成には一般には大変手間がかかる。ここではより簡便な3次元地図の生成方法を報告する。

実世界の動きに関しては、今回は、本プロジェクト別チームの成果である交差点における交通状況データベースを利用する。すなわち、生成された3次元地図上に、このデータベースにある交通状況を載せ、可視化するものである。

最後に上記を実現したプロトタイプについて紹介する。

1 はじめに

仮想現実 (Virtual Reality; VR) システムの多くは、幾何学形状モデルを用いて仮想環境は物体を表現し、コンピュータグラフィックス (CG) 技術によって描画・表示される。VR の利用分野は広く、シミュレーション、医療応用、福祉応用、三次元モデリング、娯楽、芸術など多岐にわたる。最近では種々のレンダリング技術の進歩により、実写に近い表示が得られるようになった。

また、仮想空間におけるモデルについても各種のセンサやコンピュータビジョンなどの技術を用いて精度の期待できるモデリングが可能になりつつある。仮想空間における動的なオブジェクトの動きに関しても物理法則や運動特性などを考慮し、

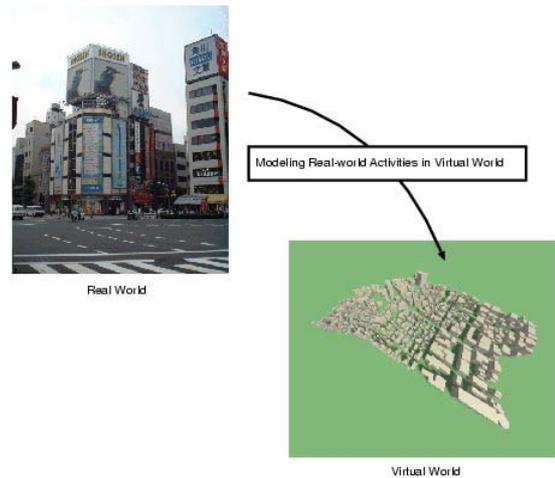


図 1: 本研究の概念図

現実世界で起こりうる動作を仮想空間の中で実現することができるようになった。しかし、その運動自体はリアルに表現できるものの、自立的なものの動きは実世界での状態を反映していない場合がほとんどである。

本研究では実世界における状況を仮想空間に投影することを目的とする。これは、現在進行している実世界での活動を実時間のうちに三次元の仮想空間へ挿入することを意味する。本研究の概念図を図 1 に示す。

具体的には、実世界の情報を視覚センサにより収集し、結果として CG により仮想空間の表示を行う。このように実世界の情報を仮想空間へ投影することの利点は、任意の視点から対象となるオブジェクトを含む仮想空間を眺めることができることである。これにより、実世界において着目しているオブジェクトと、その周囲の環境との空間

的な位置関係を容易に把握できるようになる。

このような視覚化が有効な例としては、スポーツシーンでの多地点からの観戦、監視システム、高度交通システム (Intelligent Transportation Systems; ITS) への適用などが考えられる。

2 ITS における位置付け

ITS は道路交通に関する総合的な情報通信システムであり、人と道路と車両とを情報で結び道路問題を解決する。その目的は、交通の安全性の向上、円滑化、および環境改善による快適性の向上である。

日本の車両保有台数は年々増加傾向にあり、現在でも事故件数は年間 80 万件、負傷者数は 100 万人を超え、安全性の向上が望まれている。このような状況の中、ITS の開発分野においてはドライバに対する安全運転支援は重要視されており、効果的なシステムの開発が望まれている。

交通事故の原因を過去の事故発生内容から分析すると、ドライバの発見の遅れと判断の誤りが全体事故の中で 60% に達するとされている。この観点から事故を低減するためには、以下のような対策が有効であると考えられる。

- ドライバに必要な情報、警告情報を提供する
- 危険回避のための緊急操作支援を行う

本研究の主題である仮想空間への実世界情報の投影することの利点は、実世界の状況を視覚化し、任意の視点からのビューをユーザに提供できることである。これにより、実世界情報として道路の交通状況を採取し、仮想都市空間の中でそれを再現することで任意の視点から見た交通状況をドライバへ提供するという利用形態が考えられる。交差点付近などでは特に事故件数が多い。ドライバに任意視点のビューを提示するシステムは、交差点での右折事故や出会い頭の衝突事故などに対し有用な一助となる。

また、こうした事故等の実際の交通状況を運転者に疑似体験させる事で現在でも把握が困難な運転者の挙動や運転行動といった情報を取得するこ

とも可能となる。こうした情報は、将来の事故防止や運転者への適切な情報提供という観点から重要である。

3 3次元仮想都市空間の構築

本研究における仮想都市空間とは、現実の都市空間をもとに CG 技術を利用して電子的に再現した 3次元空間を意味する。VR をはじめとする物体の三次元表示技術の発展に伴い、都市空間のモデル化はいっそう重要になりつつある。

その半面、実際の都市をデジタイジングすることは大変な困難と手間がかかる。詳細ではあるが、2次元である住宅地図であってもその作成とメンテナンスに巨額の費用がかかるのが現実である。したがって、何も無い状態から 3次元地図を生成するのは一般には大変な労力が必要となる。

さらに、仮想都市空間用 3次元地図の場合は、建物の幾何形状の他に、テクスチャ情報を必要とする。こうしたテクスチャを自動取得する手法の開発も必要である。

3.1 幾何形状モデルの作成

3次元地図の幾何形状を得る方法として現在 2つの手法を開発している。

3.1.1 2次元住宅地図の応用

最初手法は、デジタル化された二次元の地形図を用いるものである。デジタル地図は都市部でほぼ整備が完了しつつあり、中には建物の階高情報を含むものがある。

こうした住宅地図を利用し、建物図形と階高情報から立体図形を生成する。建物図形に対し、高さが (階数 \times 4)m の壁面と天井面を与えることで仮想的な建物オブジェクトを構築する。

この生成方法は単純な図形による近似であり詳細さには欠けるが、用途によってはこの手法でも充分である。なお、図 1 に示した 3次元地図はこの方法で生成したものである。

3.1.2 車載レーザセンサの応用

現在開発中のシステムでは、車両にラインスキャン型のレーザセンサを搭載し街路のモデルを取得することを目的としている。ラインスキャン型のため、一般には車両の位置姿勢に関する正確な情報が必要となるが、本手法では、複数のレーザセンサを搭載することで車両の速度を自動推定し計測結果の補正を行う。このシステムはまだ開発中であるが、図2に、自由走行した場合の街の計測結果(無補正)と本システムで補正した計測結果を示す。

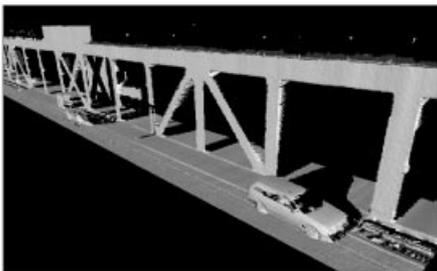
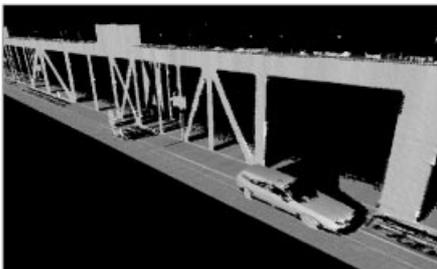


図2: ラインスキャン型レーザセンサによる建物の計測結果
上:実際の建物, 中:速度無補正, 下:速度補正後

この図にあるように、補正前は、車両が不自然に長かったり、柱が間隔に並んでいなかったのが、補正後はこれらの不自然さが解消されている様子がみてとれる。

3.2 テクスチャの取得

より現実感の高い都市空間モデルを構築するためには、建物表面のテクスチャが不可欠である。本研究では建物の幾何形状モデルにテクスチャマッピングを行う。

テクスチャとなる画像は、デジタルカメラなどを用いて撮影するのが一般的である。しかし、広域な空間に存在する建物一つ一つの面を撮影するのは非常に効率が悪い。そこで、車の上部に複数台のデジタルビデオカメラを設置し、広範囲の映像を取得する方法を提案する。図3に9台のカメラを設置した映像を示す。

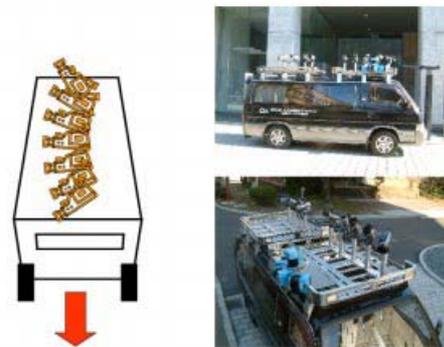


図3: テクスチャ取得実験車両

これらのカメラの光学中心は一般には異なるため、カメラ校正を行なったとしても単純なモザイクではきちんとしたパノラマ画像が生成できない。実際にモザイク画像を生成すると、図4(上)のような結果となる。一見うまくできているように見えるが、手前の電柱が異なるカメラ間で大きく位置がずれていることがわかる。



図 4: モザイクング結果

- (上) 光学中心が合っていないモザイクング結果
- (下) 光学中心を合わせたモザイクング結果

この問題を解決するには、異なるカメラで光学中心を合わせればよい。しかしながら、同じ時刻にすべてのカメラの光学中心を合わせることは不可能なので、時間差を許すことで異なるカメラの光学中心を合わせることを考える。

図3のようにカメラを車両の進行方向と合わせて並べる。すると、車両が移動することにより、カメラ毎にその到達時間は異なるものの、どのカメラの光学中心も同じ位置にくることがあることがわかる。どの位置で同じに来ているかをEPI校正、すなわち、時間軸方向で校正を行なうことにより、広視野のパノラマ画像を自動的に取得することができる。

この方法により生成した広域なテクスチャの画像を図4(下)に示す。

このようにして、テクスチャ取得車両で街路を走行するだけで仮想都市空間用の画像取得が可能

となる。これを3次元白地図にはることで、より現実感の高い仮想都市空間の構築が可能となる。

4 プロトタイプシステム

実世界情報を仮想空間に投影する枠組みのプロトタイプとして、道路の交通状況を仮想空間内で再現し、視覚化するシステムを提案する。具体的には、交差点内の車の動きを仮想都市空間の中に再現する。



図 5: 交差点における車両の動き

4.1 実世界情報の反映

東京都千代田区の駿河台下交差点は複雑で交通量が多く、日本で有数の事故数を数える。この交差点に面したビルの屋上にはビデオカメラが設置されており、24時間交差点の状況を監視している。また、その映像をもとに車両領域を自動的に抽出・トラッキングし、データベース化するシステムが本プロジェクトの他のチームにより提案されている(図5)。

本システムでは、この映像から得られた車両のトラッキング結果を座標系変換し、仮想空間における地上平面上の座標に投影する。

4.2 視覚化

トラッキングの結果から得られたそれぞれの車両位置をフレームごとに結び、仮想空間の中を車



図 6: プロトタイプシステムによる仮想空間の表示

両が走行する様子を CG によってレンダリングを行う。

ユーザは車両が走行する仮想空間を自由な視点から眺めることが可能である。例を図 6 に示す。これは入力画像におけるカメラの位置・姿勢とは異なる視点から見た仮想空間を表示している。

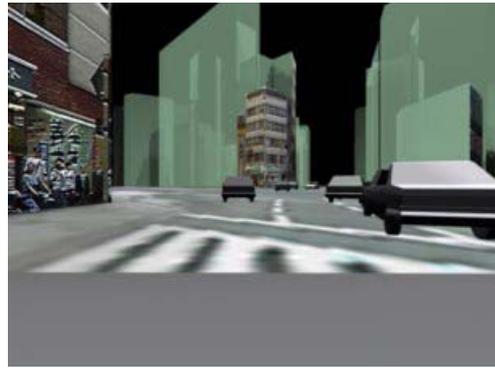
また視覚的な効果として、前方にある建物を透かして表示させることが可能である。これにより、それらの背後を走行する、通常は見えない車両を視覚化することができる(図 7)。実際の利用では、交差点などにおける出会い頭の衝突事故防止に役立つ。

5 おわりに

本研究では、現実世界の活動を反映した仮想都市空間を生成する枠組みを提案した。また、実際にプロトタイプとして、住宅地図から 3 次元地図を作り、これにテクスチャをはりつけることで仮想都市空間を構築し、その中に実世界情報である交通状況を反映させ、その結果を視覚化してドライバに提供するシステムの実装した。このシステムでは、実世界における車両の動きを任意の視点から眺めることが可能であり、視覚効果なもあわせ ITS の主要な開発分野の一つである安全運転支援に役立つものである。これにより、実世界情報を仮想空間へ投影することの利点を明らかにした。

今後は、仮想都市空間の作成に、車載レーザセ

ンサを用いて、より精密な都市空間の構築を行なうとともに、実世界情報を反映した仮想都市空間内で様々なシミュレーションを実行することで、人間行動の分析や事故原因の追求を可能にし、仮想都市空間から実世界へのフィードバックも行なえるような優れたシステムに仕上げていきたいと考えている。



(a) 透明化前



(b) 透明化後

図 7: 衝突事故防止のための視覚効果