

3 次元都市地図の携帯情報端末向け配信を 目的としたデータ削減のための基礎的評価

前原 秀明[†] 菅沼 優子 久永 聡 脇本 浩司 田中 聡
三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

〒247-8501 神奈川県鎌倉市大船 5-1-1
Tel 0467-41-2098; Fax 0467-41-2287
E-mail maeh@isl.melco.co.jp[†]

あらまし

3次元都市地図を用いた携帯情報端末アプリケーションの実現を目標として、従来の平面地図と比べて膨大な3次元都市地図のデータ量を削減する方法について検討している。3次元都市地図では、テクスチャのデータ量が大半を占めることから、テクスチャをデータ削減の対象としている。データ量の削減手法を検討するための基礎的なデータを得る目的で、情報量の異なる複数の地図を被験者に提示し、その中に示されている建物を周囲の景観から見つけるまでの所要時間を計測する模擬実験を行った。この結果、情報量と地理情報の伝達効率の間に明確な相関が無いこと、さらに解像度より減色によって情報量を削減したテクスチャを用いた3次元都市地図の方が、地理情報の伝達効率に大きな影響を与えることを知見として得た。

キーワード

3次元都市地図、携帯情報端末、テクスチャ、データ削減

Fundamental study of data reduction for mobile application based on 3D urban map

Hideaki Maehara[†], Yuko Yuganuma, Satoshi Hisanaga, Koji Wakimoto and Satoshi Tanaka
Information Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation

5-1-1, Ofuna, Kamakura-shi, Kanagawa 247-8501
Tel 0467-41-2098; Fax 0467-41-2287
E-mail maeh@isl.melco.co.jp[†]

Abstract

In order to develop a mobile application utilizing 3D urban maps, we are studying to reduce data size of the map, which is huger than one of conventional 2D maps. We focus texture data, which is mapped on 3D urban models, because the texture data is major in the 3D map data. We simulated subjective experiments that measure time to find buildings shown in 3D urban maps with different texture conditions, to get fundamental data to make a data reduction method. The result showed that there is no strong correlation between data size of texture and understandability of geographic information and that color reduction affects the map understandability more than resolution reduction.

Key words 3D urban map, mobile appliance, texture, data reduction

1. はじめに

近年、建物や道路などの 3 次元モデルに基づいて都市景観を生成する 3 次元都市地図が地図会社によって整備されつつあり、それまでのアミューズメント用途に限定されず、報道・都市計画・カーナビゲーションなどでの利用が活発化している。筆者らは、3 次元都市地図が従来の平面地図と比較して地理情報を効率良く伝達することを実験により確認して報告している¹⁾。一方、3 次元都市地図の表示には相応の計算能力が必要であるが、情報機器の能力も確実に増大しつつある。このことから、今後 3 次元都市地図の普及が加速すると考えられる。

3 次元都市地図の利用における障壁の 1 つは、データ量の大きさである。一般に、平面地図が単純なピクセルの 2 次元配列であるのに対し、3 次元都市地図は、個々の建物を最小単位として 3 次元モデル化したジオメトリデータに加えて建物の表面にマッピングするテクスチャデータからなるため、数 10 から数 100 倍のデータ量を持つ。このため、携帯型情報端末の使用やネットワーク配信機能を前提とする実用的なアプリケーションの開発はこれまで困難であった。筆者らは、携帯電話への GPS と 3 次元コンピュータグラフィクス表示機能の実装に着目し、歩行者ナビゲーションに 3 次元都市地図を利用するコンセプト²⁾についても提案しているが実用化には至っていない。データ量の問題を解決する方法として、動画配信機能を持つ携帯電話を利用して、3 次元都市地図をサーバ側でレンダリングして配信する方法³⁾も提案されているが、視点移動が制限されるなどの問題がある。また、3 次元都市地図のテクスチャが窓などの構造物の組み合わせであることの特長を利用して、データを削減する方法⁴⁾についても報告があるが、その結果が与える地図としての了解性の低下やデータの作製コストが課題である。

以上の背景から、筆者らは 3 次元都市地図の了解性を維持したままデータ量の削減を行う方法について検討している。特に、一般的な 3 次元都市地図ではデータ量の 90% 以上をテクスチャが占めるので、テクスチャのデータ量削減に焦点を当てる。なお、想定する 3 次元

都市地図の利用形態は、歩行者ナビゲーション等の携帯情報端末向け配信である。本稿では、この方法を検討するための基礎的な知見を得る目的で、色数・解像度の変換によって得た情報量の異なるテクスチャを用い、3 次元都市地図による地理情報の伝達効率を計測する実験の結果について報告する。

2. 3 次元都市地図のデータ削減のための基礎検討

2.1 3 次元都市地図データの特徴

一般に 3 次元都市地図はジオメトリとテクスチャの 2 種類のデータから構成される。前者は都市の 3 次元形状をモデル化した図形データであり、後者はジオメトリの表面にマッピングする画像データである。まず、重要と考えるべきことは、両データのデータ量比率である。ジオメトリの精密さやテクスチャの品質によって変化するが、筆者らの経験的な知見から両者の比は 1:10 ~ 1:100 であり、テクスチャのデータ量が圧倒的に大きい。例えばここで、都市部の平均的なエリアとして、30 の建物と 10 の道路がある 100m 四方の地域の地図について考える。各建物を 1 直方体、各道路を 1 矩形で近似した場合、必要な 3 次元頂点の総数は 280 であり、1 頂点の表現に必要なバイト数を 6 とすれば、ジオメトリのデータ量はおよそ 2KB となる。一方、1 建物について底面を除く 5 面に縦横 64 ピクセルの画像データをマッピングする場合、1 ピクセルのバイト数を 1 とし、ハフマン符号化に基づく可逆変換による 50% 程度の圧縮を想定すれば、テクスチャのデータ量はおよそ 300KB となる。このような単純な試算によっても、ジオメトリとテクスチャのデータ量の差が大きいことがわかる。

2.2 アプローチ

前節で述べたように、3 次元都市地図を構成する 2 種類のデータにおいて、テクスチャのデータ量はジオメトリの 10 倍以上である。このことから、3 次元都市地図のデータ削減については、テクスチャだけに着目することとした。

一般に、画像のデータ量を削減するには 3 つ

の方法が考えられている。

- 低解像度化
- 減色
- 非可逆変換

低解像度化は、画素数を減らす方向の画素数変換である。減色は、デジタルカメラ等で標準的に用いられている1ピクセルあたり24bit(16,777,216色)に対し、8bit(256色)や4bit(16色)で表現する画像変換である。非可逆変換は、局所的な色調変化などを破棄する(劣化させる)ことによって画像の情報量を削減する符号化変換である。画素数変換については最近傍補間法・バイリニア法など、減色についてはヒストグラム中央値分割法・立法最密配置法などによる色選択および各種ディザリング法など、非可逆変換については離散コサイン変換法・ウェーブレット変換法など、それぞれ複数の、変換性能の異なる手法が知られている。一方、デジタル画像の画質評価についても、客観的画質評価尺度や線形回帰評価モデルなどの客観的評価手法や、二重刺激連続品質尺度法・単一刺激連続評価法などの主観的評価手法など、多くの手法が提案されている。

しかしながら、携帯情報端末での利用を前提とした場合、3次元都市地図の利用目的は地理情報の獲得であることから、画質が優れていることと地理情報を適切に提示できることの相関は高くないと考えるべきである。例えば、道案内においてランドマークとなる建物を表現する場合、その建物の特徴を適切に伝達することが重要であり、建物全体のディテールを高精細に表現する必要は無い。従って、3次元都市地図におけるテクスチャの評価においては従来の画質評価手法とは異なる視点で評価を行い、この結果に基づいてデータ削減の方法を検討することが必要となる。この視点に立脚し、次章ではテクスチャのデータ削減を検討するための基礎的データを収集する実験とその結果について述べる。

3. テクスチャ画質が3次元都市地図による地理情報提示に及ぼす影響の評価

3.1 実験仕様

前章で述べた通り、3次元都市地図における

テクスチャのデータ削減方法を検討するにあたっては、地理情報の伝達という目的に沿って、テクスチャにおける重要性の高い情報と低い情報を明らかにする必要がある。そこで、情報量の異なる複数のテクスチャのグループを用いて3次元都市地図表示を行い、地理情報の伝達を比較するための主観評価実験を行うこととした。

筆者らの目的である3次元都市地図の携帯情報端末への配信では、歩行者ナビゲーションが主たる用途であると想定される。歩行者ナビゲーションでは、目印となる建物等(ランドマーク)を歩行者の移動に合わせて順次提示しながら、目的地までの誘導を行うのが一般的と考えられる。従って、ランドマークを見つけ易いように地図を提示できるかどうかは地理情報の伝達効率を示す1つの指標となる。この考えに基づき、筆者らは、地図中に提示したランドマークを周囲の景観から見つけるための所要時間を計測することにより、異なる地図による地理情報の伝達効率の差異を評価可能であることを確認している¹⁾。また、この実験では、実世界における探索の代わりに実世界の360度パノラマ画像を用いた実験も行い、両方の実験結果の相関が十分に高いことから、パノラマ画像を用いた模擬実験によっても地図の地理情報の伝達効率を定量的に比較評価可能であることを確認している。今回は、このパノラマ画像を用いた実験環境を改良し、メール添付可能なソフトウェアアプリケーション Geo-Scaler Version 1.1を開発して実験に使用することとした。このアプリケーションは、配布可能であるため、広く実験データを収集可能であるという特長を持つ。アプリケーション画面には中央から右端にわたって6枚に分割したパノラマ画像を配置し、パノラマ画像の下部には、被験者がランドマークを見つけたパノラマ画像を指定するためにマウス操作(押下)可能なソフトウェアボタンを配置した(図1)。左端には地図を提示する領域があり、ランドマークとして建物の1つに赤色のマーキングを行った地図を提示し、ソフトウェアボタンが操作されるまでの時間が記録される。

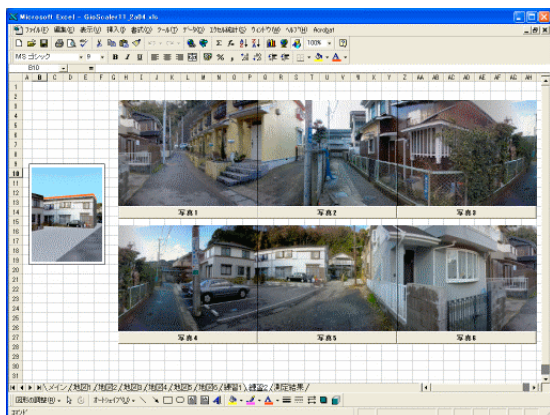


図1 地理情報伝達効率計測ソフトウェア
ツール Geo-Scaler Version 1.1 の実行画面例

3次元都市地図の仕様として、縦横 64 ピクセル・256 色を標準テクスチャとし、1/2 解像度・1/4 解像度および 16 色・8 色の計 5 種類のテクスチャを用いることとした。なお、標準テクスチャの仕様は、2004 年時点で標準的な携帯電話のディスプレイサイズである 2.3 インチ・QVGA(縦 320 ピクセル・横 240 ピクセル)を想定し、縦横 64 ピクセル・256 色以上のデータ量を持つテクスチャを用いた 3 次元都市地図表示を比較する予備実験により、主観的差異が認められないことを確認した上で定めた。画素変換にはバイリニア法、減色にはヒストグラム中央値分割法および誤差拡散ディザリングを用いた。

また、3次元都市地図のフォーマットは VRML(Virtual Reality Modeling Language)とし、VRML ビューアの標準値である視点の高さ 1.6m 相当・視野角 45 度を透視投影条件とした。さらに、提示する地図の内容や目標物の状態(わかりやすい・見つけにくいなど)による計測値への影響を抑えるため、対象エリアを市街地に限定するとともに、市街地を住宅街・商店街・オフィス街の 3 種類に分類し、各種類から 2 つ、合計 6 エリアを選定した。さらに、以下の条件を設定し、各エリアにおいて 1 つの建物为目标物として選定した。

- 建築面積が 16m² 以上
- パノラマ画像の撮影地点からの距離が 15m 以上 35m 以下
- 3次元地図において、目標物の表示画素数が全体の 10% 以上

アプリケーションの実行環境は、21 インチディスプレイにおいて UXGA (縦 1200 ピクセル・横 1600 ピクセル) を標準とし、地図がディスプレイ上で 2.3 インチで表示されることとした。また、被験者は 20~30 代の 30 名(男性 22 名、女性 8 名)とし、地図の提示パターン数 30(6 エリア×5 テクスチャ種別)において、1 パターンに対し均一に 6 名が評価することとした。

3.2 実験結果

建物探索の平均所要時間は、8 色テクスチャ、16 色テクスチャ、1/4 解像度テクスチャ、1/2 解像度テクスチャ、標準テクスチャの順に大きいという結果が得られた(図 2)。有意差が認められたのは、標準テクスチャと 16 色テクスチャ、標準テクスチャと 8 色テクスチャ、および標準テクスチャと 1/4 解像度テクスチャの 3 組であった。なお、所要時間の統計的処理に際しては Box-Cox 変換後の外れ値除去を行った。また、全計測 180 回のうち、約 4% に探索誤りが発生しており、度数は減色の 2 種についてそれぞれ 3 件、低解像度化の 2 種についてそれぞれ 1 件であった。所要時間で最も標準誤差の大きいのは 8 色テクスチャであった。

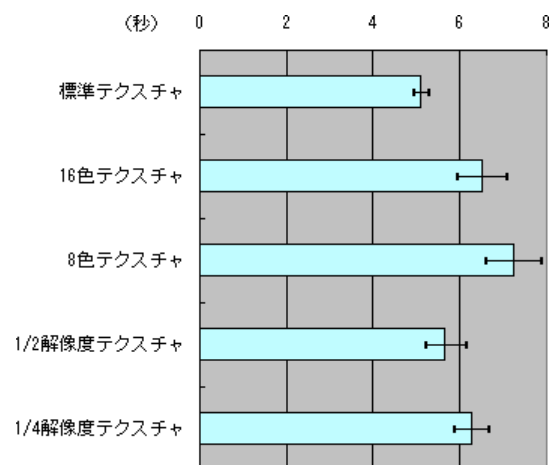


図2 実験結果(建物探索の平均所要時間
および標準誤差)

3.3 考察

本実験では、縦横 64 ピクセル・256 色の標準テクスチャを基準として、1/2 解像度テクスチャ

ャ・1/4 解像度テクスチャ・16色テクスチャ・8色テクスチャの5種類のテクスチャを用いた3次元都市地図による地理情報伝達効率の主観評価を行った。これらのテクスチャは、標準テクスチャを基準として、それぞれ25%・6.25%・50%・37.5%の情報量を持つ。情報量の少ないテクスチャを用いた3次元都市地図による探索では、所要時間の増加、すなわち地理情報の伝達効率の低下が認められるが、情報量と伝達効率の間にはほとんど相関が見られない。すなわち、伝達効率の低下を抑制しつつ情報量を減らすことができる可能性を示している。これが本実験により確認された第1の知見である。

一方、解像度の変更を行ったテクスチャについて観察すると、解像度が低くなるほど細部の特徴が失われていることがわかる。最も伝達効率の低下した地図と最も影響の少なかった地図では、視点から建物までの距離の違いが大きかった。距離の大きい方の地図では解像度の影響が少ないので、妥当な実験結果が得られていると言える。また、色数の変更を行ったテクスチャについて観察すると、当然のことながら、色数が少なくなるほど色情報も失われており、8色テクスチャの場合はほとんどモノクロ画像に等しくなっていることがわかる。減色によって伝達効率が最も低下した地図は、色彩的特徴を有する看板などを持つ建物が探索目標となっているものである(図3)。さらに、実験では意図した建物の探索失敗が発生しており、この割合は減色テクスチャの方が有意に大きい。このことから、解像度より減色の方が伝達効率に与える影響が大きいと考えられる。これが本実験により確認された第2の知見である。

4. まとめ

3次元都市地図を用いた携帯情報端末アプリケーションの実現を目標として、3次元都市地図におけるデータ量の大半を占めるテクスチャのデータ削減方法について検討している。このための基礎的なデータを得る目的で、情報量の異なる複数の地図を被験者に提示し、その中に示されている建物を周囲の景観から見つけるまでの所要時間を計測する模擬実験



(a) 16色テクスチャ (b) 8色テクスチャ

図3 減色したテクスチャの例
(16色では看板の文字に色がついているが、8色では色は消えている)

4. まとめ

3次元都市地図を用いた携帯情報端末アプリケーションの実現を目標として、3次元都市地図におけるデータ量の大半を占めるテクスチャのデータ削減方法について検討している。このための基礎的なデータを得る目的で、情報量の異なる複数の地図を被験者に提示し、その中に示されている建物を周囲の景観から見つけるまでの所要時間を計測する模擬実験用ソフトウェアアプリケーション Geo-Scaler Version 1.1を開発し、これを用いて実験データの収集を行った。この結果、情報量と地理情報の伝達効率の間に明確な相関が無いこと、さらに解像度より減色によって情報量を削減したテクスチャを用いた3次元都市地図の方が、地理情報の伝達効率に大きな影響を与えることを知見として得た。

今回の実験では、解像度と色数をパラメータとし各2段階の情報量を設定したテクスチャを用いた。今後は、他のパラメータを導入すること、情報量を多段階化することなどにより、地理情報の伝達効率への影響を詳しく調査し、併せてテクスチャのデータ量削減のための手法について検討を進める予定である。

謝辞

本研究は、平成15年度および平成16年度総務省「次世代GISの実用化に向けた情報通信技術の研究開発」の一環として行ったものです。総務省および研究参加機関関係者のご支援に感謝致します。また、実験データの収集には、三菱スペース・ソフトウェア(株)の武

田俊氏、(株)ホロンクリエイトの松井英樹氏、三菱電機(株) 社会インフラ事業本部の岩本太介氏、宇都宮大学工学部鎌田研究室の塩野目剛亮氏、他の方々の御協力を頂きました。感謝致します。

文献

- [1] 前原 秀明、臼井 澄夫、鎌田 一雄：“歩行者ナビゲーションを目的とした 3 次元地図表示の視認性改善”、映像情報メディア学会論文誌、Vol. 56、No. 11、pp. 58-63、2002
- [2] 前原 秀明、脇本 浩司：“三次元地図を用いた歩行者ナビゲーション Mobile 3D Map の提案と考察”、映像情報メディア学会画像情報システム研究会、Vol. 25、No. 85、pp. 53-58、2001
- [3] 古川久雄、宮崎陽司、神谷俊之、國枝和雄：“三次元都市空間基盤「地球ナビゲータ」の構成技術と応用”、日本バーチャルリアリティ学会サイバースペースと仮想都市研究会、CSVC2002-18、2002
- [4] T. Yoshida, Y. Karasuya and Y. Okazaki: “Three-Dimensional Object Modeling in a Three-Dimensional Urban Map”, The International Workshop on Urban Multi-Media/3D Mapping (UM3 '98), Tokyo, Japan, pp. 55-62, 1998