

CAVE 上での都市空間の実現

牧野 光則 金井 大樹 松本 茂

中央大学 大学院 理工学研究科 情報工学専攻

利用環境: ChuoCAVE (2003 年 3 月導入)

本体 : Hp workstation x4000 (Xeon 2.40GHz Dual)3 台

プロジェクタ : Electrohome Marquee 8500/3D 3 台、

スクリーン : 3 面 80 インチハードスクリーン

ライブラリ : CAVElib(VRCO), GEO-Element(日本 SGI)

目的: CAVE 等没入型立体視システム上での都市空間の実現は、エンターテイメントから地理情報システム、交通工学に至るまで幅広い利用が期待できる。仮想 3 次元都市空間の幅広い利用を実現するために、本稿では 3 次元都市空間システムの汎用性ならびに利便性の向上を目的とする。

方法: 目的の達成には、(1)大量都市情報を処理できる高速性、ならびに、(2)対象とする都市データの容易な取り扱い、の 2 点の実現が課題として挙げられる。本稿ではこの 2 点の解決を、省スペース型 3 面スクリーンの ChuoCAVE 上で試みる。

初めに、(1)に対して、対象を記述するポリゴン集合の多重詳細度制御(LOD)を導入する。省スペース型 CAVE は利用者 1 名の場合が多いこと、通常型 CAVE で複数名が使用する場合でも操作者の中心視野に他者が注目する可能性が高いことを考慮して、操作者の視野特性による LOD (中心視野、周辺視野、視野外)を考慮した詳細度制御を行う。また、動体視力特性である、視線に対して前後の動きに対する見極め能力(KVA: kinetic visual acuity)と、視線に対して左右の動きに対する見極め能力(DVA: dynamic visual acuity)を考慮して、視点に対して相対的に移動する物体の詳細度制御も合わせて行う。これにより、操作者が注目していない領域中の物体、あるいは、相対的に高速移動中の物体の詳細度を低減させ、3 次元都市空間の大量情報の円滑な表示を実現する。

次に、(2)に対して、平面ディスプレイ用の既存の電子地図データの利用を試みる。本稿では OpenGL ベースの 3 次元 GIS ツールキット GEO-Element を、同じく OpenGL 対応の立体視環境 CAVElib と連動させることにより、3 次元都市空間を CAVE 上で実現する。GEO-Element での視点・視線・視野情報と、CAVElib での視点・視線・視野情報を一致させることにより、都市表示を達成する。これにより、既存の電子地図を利用でき、CAVE 利用者が都市情報を作成する労力から解放される。また、実現した都市空間中の建物の選択・移動・削除・追加を可能とする対話的操作機能を付加する。これにより、3 次元都市空間利用分野の基盤としての能力を強化する。

結果: 初めに視覚特性を考慮した LOD の結果を示す。LOD を施していない参照用のスナップショットを図 1 に示す(建物は約 32,000 ポリゴン、画面外に同様の建物が 15 棟存在する)。

これに対して、同一領域が中心視野内の場合のスナップショットを図 2 に、周辺視野内のスナップショットを図 3 に示す。図 1 と図 2 には違いがほとんど見られず、図 2 と図 3 では概形が同一であるものの細部に違いが見られる。このことから、提案手法が視野による LOD を適切に施していることを確認できる。ここで、多面型スクリーンを持つ CAVE の場合、図 2 の状況は視線方向上に当該領域が存在する場合(正面スクリーン)に、また、図 3 の状況は視線方向から離れた場所に当該領域が存在する場合(側面スクリーン等)に生じる。図 3 の状況は注視していない周辺部の描画としては十分である。利用者が回転運動中の状況を示す図 4 と図 1 と比べると、絶対的には静止しているが相対的には回転運動中の建物形状に対して、DVA による簡略化が行われていることを確認できる。

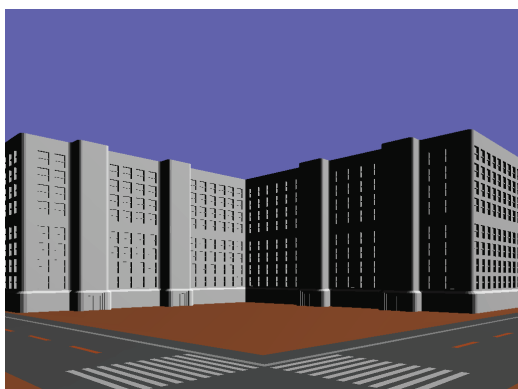


図 1: LOD なしのスナップショット

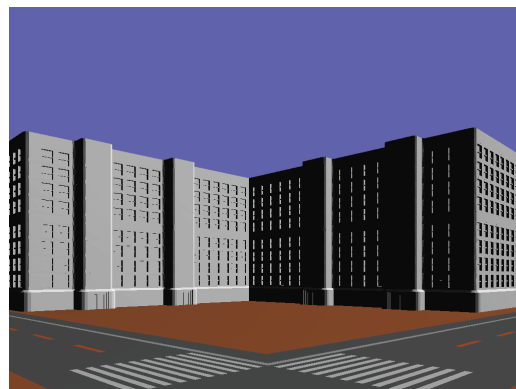


図 2: 中心視野内におけるスナップショット

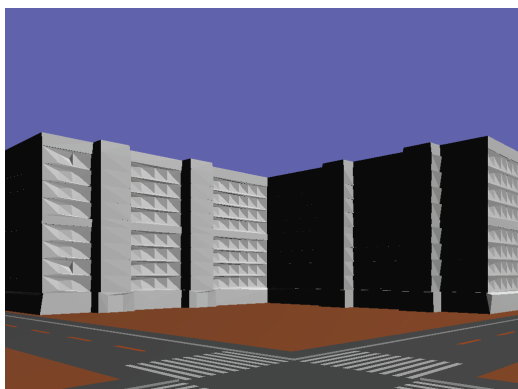


図 3: 周辺視野内におけるスナップショット

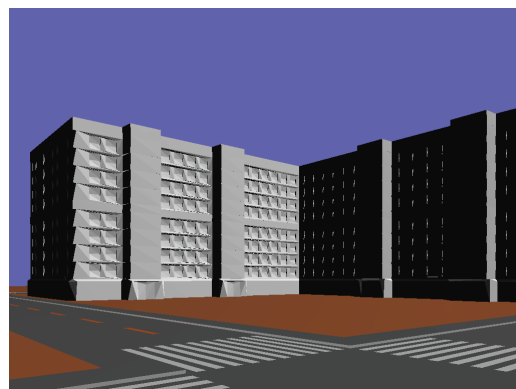


図 4: 回転運動中のスナップショット

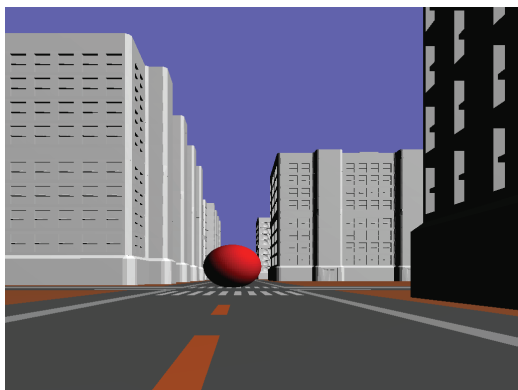


図 5: 横方向に移動する赤色球(1)

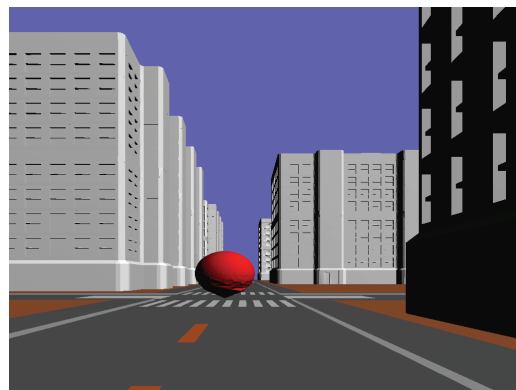


図 6: 横方向に移動する赤色球(2)

((1)の 4 倍の速度)

静止状態の利用者に対して左右に移動する赤色球(6,240 ポリゴン)の、速度による簡略化

の状況を図 5、6 に示す(図 6 中の球が図 5 の球の 4 倍の速度)。図 5、6 を比較すると、多少の形状の違いを確認できる。しかし、CAVE 上で操作中の利用者に実施したアンケート調査では、違和感がないことを確認した。

これらの実験の結果、LOD を施さない場合が 3.68~4.11fps であったのに対して、提案手法(LOD 判定・処理時間を含む)は 8.50~25.56fps を達成し、課題(1)を解決した。

次に、GEO-Element と CAVELib を連動させて CAVE 上で描画した結果を図 7 に示す。また、建物を選択した状態を図 8 に、選択した建物を削除した結果を図 9 に、別種の建物を追加した結果を図 10 に示す。なお、表示は十分な速度を保ち、対話的操作に問題はない。アンケート調査の結果、提案手法の 3 次元都市空間への没入感、提示される都市情報の容易な把握、ならびに操作性の良さを確認した。

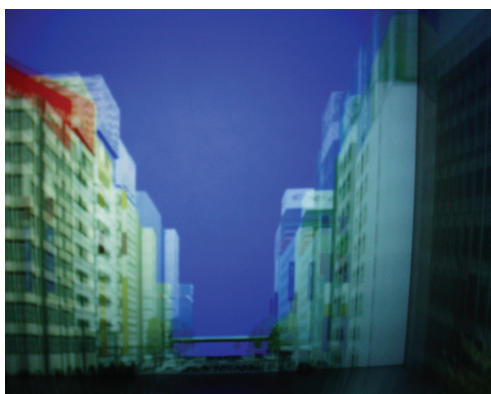


図 7: ChuoCAVE スクリーンのスナップショット



図 8: 建物選択状態



図 9: 建物削除後



図 10: 別種の建物追加後

結論: 本稿では、CAVE 上での汎用性・利便性に優れた 3 次元都市空間基盤の実現を目指して、(1)視覚特性を考慮した LOD、(2)既存の電子地図システムの CAVE への実装、を行った。本稿の成果は、より大量の都市情報を扱える点、ならびに、既存の電子地図データを利用可能な点に特長がある。今後は両者の結合等、個々の成果の統合と機能充実が課題である。

参考文献:

- (1) ChuoCAVE: <http://www.ise.chuo-u.ac.jp/CAVE/>
- (2) 松本茂, 牧野光則: “視覚特性を利用した詳細制御による没入型システムでの高速表示”, 芸術科学会第 23 回 NICOGRAPH 論文コンテスト論文集, CD-ROM (2007.11.16).
- (3) Taiki Kanai, Mitsunori Makino: “A Visualization and Interactive Manipulation of 3D Digital Map on Immersive Display System”, Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology 2008 (IWAIT2008), CD-ROM, P1-07, Hsinchu, Taiwan (2008.1.7-8).