

論文の内容の要旨

研究題目 VR 環境の体験者視点画像に基づく統合の研究

氏 名 谷川 智洋

現在、景観シミュレーションやデジタルアーカイブなど実環境と密接に関連する VR 環境の要求が非常に大きくなってきている。特に実環境を積極的に用いた VR 環境は、多岐に渡る利用可能な実環境入力装置により実環境から得られる多岐に渡る様々な用途やデータに対処するため、VR 環境の膨大なデータ量の処理、必要とする操作など全てに対処する必要がある。一方、実画像から VR 環境を構築できると期待される IBR 手法は、写真的リアリティの高い VR 環境を構築できるものの画像が撮影された近傍でしか利用できない制限があり、利用者の品質や規模への要求を満たすものになっていないのが現状である。

本論文は、実環境を積極的に用いた VR 環境の構築するにあたり、体験者視点画像に基づき様々な VR 環境の統合を行う手法の提案を行い実証している。個別に構築された VR 環境を一つの VR 環境として統合することで、様々なデータ処理に対処でき IBR 手法の制約を受けない VR 環境の構築手法を提案している。体験者の入力に対し、個別に構築した VR 環境で体験者の視点の画像を生成し、生成画像を統合することで VR 環境の統合を実現している。

VR 環境の統合

VR 環境を構築するとき、従来の Computer Graphics(以下 CG)の手法では移動可能な範囲全域にわたって正確な幾何形状モデルを構築する。その上で Level of Detail と呼ばれる手法などを用いてリアルタイム性を維持している。しかしながら、写真の持つリアリティを実現するには精細な形状モデルや精細なテクスチャ画像を用意する必要があり、大規模な環境を構築するためには膨大なデータ量や処理が必要になる。

一方、実写画像を積極的に取り入れることで高い品質と自由度を持つ空間を構築する手法として、Image-based rendering(以下 IBR)と呼ばれる手法が検討されてきている。この手法を用いることで実写画像から新しい視点の画像を生成することができ、従来の手法では困難であった写真的リアリティの高い VR 環境を生成することが可能になる。しかしながら、提示可能な視点の自由度の制限や、写真的リアリティを維持するには高いデータの精度が必要などの問題があり、広範囲を移動できるような VR 環境を構築するのは困難である。

VR 環境を構築するための基本的な枠組みは、図 1 に示すような構造を描くことができる。体験者にとっては、自分の行動に対し VR 環境内の自分の視点からの画像が提示されればよく、従来の VR 環境のシステムのようにひとつの VR 環境として構築する必要は必ずしもない。本研究では、目的に応じた VR 環境を個別に構築し VR 環境ごとに管理・併用することで、視点に応じて世界の幾何形状モデルや画像だけではなく、座標系や操作系など様々なデータを動的に切り替えることを提案する(図 2)。

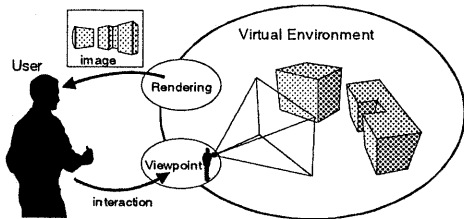


図 1 VR の枠組み

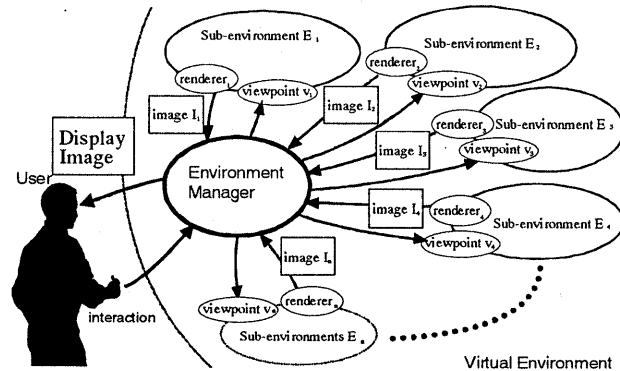


図 2 提案手法による VR 環境

VR 環境の統合手法

個別に構築された VR 環境を一つの VR の環境として扱うには、視点移動に応じて VR 環境が切り替わる際、体験者からみて視点位置やインタラクションが不連続にならないようにする必要がある。利用するデータなどが扱いやすい手法を用いるため、座標系やスケール、視点の記述方法などが大きく異なっている場合においても、切り替える各 VR 環境における体験者の位置は相対的に常に同期している。

また、視点に応じて VR 環境が切り替わる際、提示画像が不自然に切り替わったり複数の VR 用いて提示画像を生成する際物体の前後関係などがおかしくならないようにする必要がある。特に使用する VR 環境が利用するデータやレンダリング手法が大きく異なる場合があり、各 VR 環境の生成画像に重み付けを行うことで提示画像上でなめらかに切り替えることを検討した。また、各 VR 環境でレンダリング時に奥行き情報を取得し、合成する際に前後関係の判定を行うことで正しい画像を生成することを検討した。

複数の異なる VR 環境により生成された画像を同時に使用する場合、一つの VR 環境として整合性をとるため生成画像に奥行き情報を持つ必要がある。本研究では、各要素 VR 環境で視点に応じて画像をレンダリングし、同時に奥行き情報も取得している。生成された奥行き情報を元に各画素の前後関係を判定し、各 VR 環境で生成された画像のどの色情報を使用するか決定する。また、複数の VR 環境による生成画像の画素がほぼ同じ奥行き情報をもつ場合、信頼度の高いと思われる VR 環境の情報を使用する。

信頼度は、視点移動に伴い VR 環境が提示する画像がどの程度実環境と乖離するかにより決定される。VR 環境の構築手法の視点移動への制約は、図 3 で示すように、構築される VR 環境がどのように表現されているかに依存する。従来の手法では実際の物体に正確にモデル化しているため視点移動への制約は少なく、IBR 手法は、図 3 に示すように、様々な近似を行い画像で代用する手法といえる。画像による近似面(本論文では基準面とする)と実際の物体との乖離が、視点から大きく見えるようになり信頼度が低くなるとできる。

本論文では、個別に構築された VR 環境を一つの VR 環境として管理し、上述のインタラクションの統合と提示画像の統合を行う環境マネージャを提案する(図 4)。まず、体験者の

視点位置などに応じて、管理する各 VR 環境のうちマスターとなる環境を決定し、その環境のインタラクションに準拠して視点移動を決定する。また、他の環境に合わせて、マスターとなる環境の視点情報を変換し各々の環境に視点情報を送ることで全体の同期を行う。また、使用する VR 環境の決定及び環境間の重み付けの算出も同時に行う。その上で、決定した視点位置を各 VR 環境に送り、生成画像を受け取る。最後に各環境で生成された生成画像及び奥行き情報をもとに、体験者に最終的に提示する画像の生成を行う。

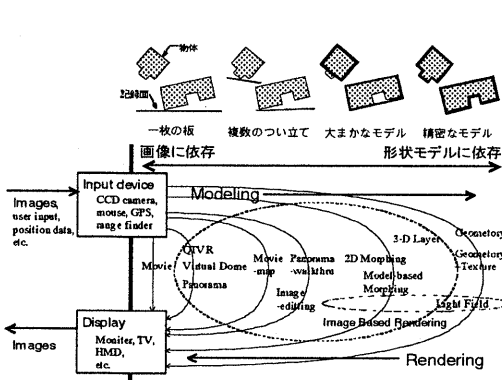


図 3 VR 環境構築手法

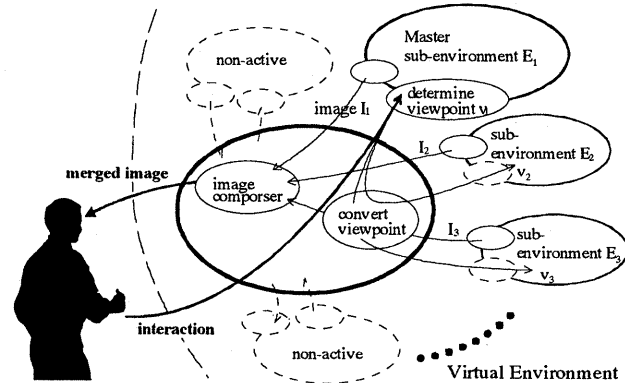


図 4 環境マネージャ

プロトタイプシステム

本研究では、提案手法の有効性を示すため、個別に構築した写真的リアリティの高い都市環境と地球規模の VR 環境、さらに太陽系のシミュレーションモデルを用い、写真的リアリティの高い都市環境のもつ精細さと太陽系規模の移動範囲を併せ持つ VR 環境の構築の検討を行った。

まず、実際に車載型画像収集システムを用いて取得された位置姿勢情報付き画像データを使用した都市 VR 環境の構築と、リモートセンシングデータや航空写真を用いて地球規模 VR 環境の構築を行った。提案手法では、IBR により構築された移動範囲の制限される要素 VR 環境を統合することで、移動範囲の制限を回避できた。

次に、提案手法に基づき、個別に実装した VR 環境を環境マネージャにより統合した VR 環境を図 5 に示す。この環境では、太陽系全体を外惑星軌道で見るとようなマクロな視点から我々が普段見ている視点までをシームレスに移動可能であった。また、環境マネージャの変更のみで、没入型多面ディスプレイ CABIN の表示も可能であった。

プロトタイプシステムでは、全く個別に作成した VR 環境にもかかわらず、画像および奥行き情報をもとに合成した画像を体験者に提示することにより、各々の精細さ・移動範囲など様々な長所を併せ持つ一つの VR 環境として統合することができた。各要素 VR 環境は全く異なる座標系やデータ、レンダリング手法を用いていたにもかかわらず、環境マネージャから要求される視点に応じた画像を生成すればよく他の環境を全く意識する必要がなかった。

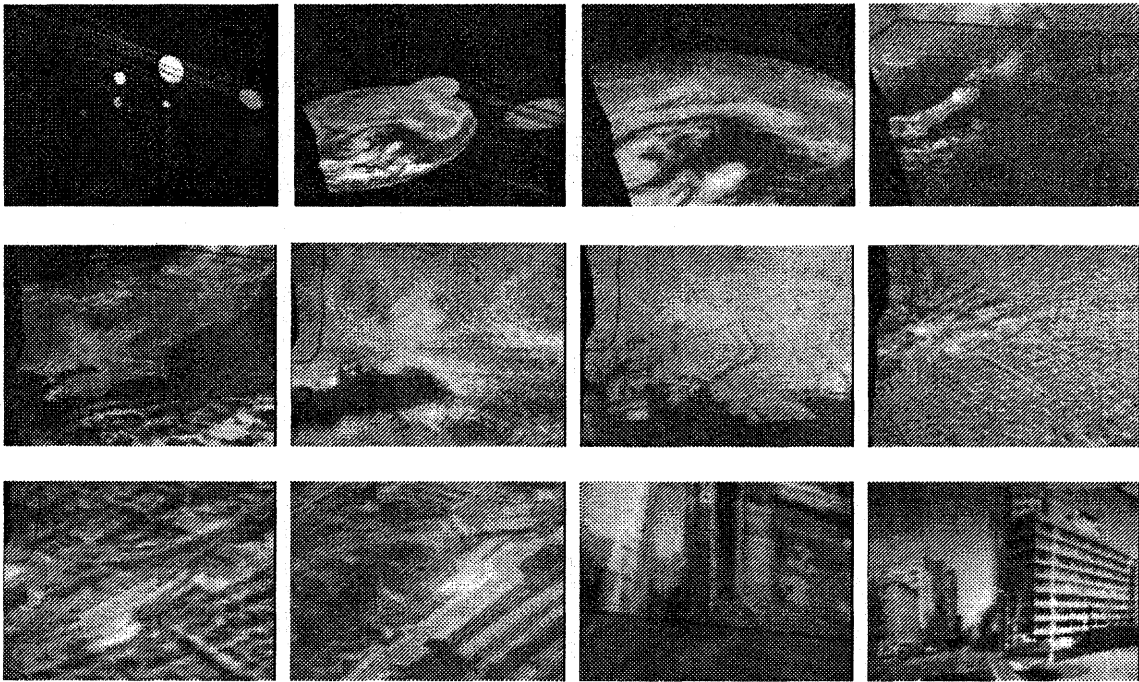


図 5 VR 環境の統合によるプロトタイプシステム(CABIN)

本研究では、VR 環境を構築するためには体験者の視点・操作に応じて適切な画像を提示すればよいことに注目し、全く個別に構築された異種 VR 環境を画像ベースで統合することによる様々な用途やデータに対処可能な VR 環境の構築を行なった。また、個別に構築された VR 環境を環境マネージャにより管理し、視点情報の同期、生成画像の統合を行う構造を提案しその有効性を示した。

今後、新たな目的やデータなどを追加したい場合、環境マネージャから視点及び視野データを受け取り生成画像を返す VR 環境を構築し付け加えることで対処可能である。また、VR 環境がすでにある場合、入力部を環境マネージャからデータを受け取るように変更し画像の出力先を環境マネージャに渡すように変更するのみでよい。また、様々な提示装置に対応するには、各要素 VR 環境を修正する必要はなく環境マネージャにのみにディスプレイ情報や入力環境に関する修正を加えるのみで対応可能になると考えられる。

本プロトタイプシステムでは、一つの計算機内で全ての要素 VR 環境に関わる処理を実行し統合を行っていた。各々の VR 環境を分散して管理し実行することにより、データの記憶容量のみならず、実行時の計算負荷やレンダリング負荷をネットワーク上に分散することが可能となる。

提案手法により、画像提示装置・入力インターフェースから、コンテンツの規模や精細さ、用途まで、極めて高いスケーラビリティと拡張性を持つ VR 環境を構築することが可能になると考えられる。