

防災・環境シミュレーションにおける VR 技術に基づく立体可視化映像への音響情報付加の試み

中央大学大学院 学生員 ○ 田近 伸二
中央大学大学院 学生員 高田 知学
中央大学 正会員 檜山 和男

1. はじめに

近年，計算機性能や数値解析技術の進歩により，三次元の数値シミュレーションが行われるようになってきている．これまで著者らは，結果の三次元的な構造を把握するために，VR (Virtual Reality)¹⁾ 技術に基づく立体視による可視化を行ってきた²⁾．しかしながら，提示される情報は視覚情報のみであり，実現象のように聴覚などの複数の感覚器官への情報提供は行われなかった．そのため，VR 空間において高い臨場感を得ることは困難であった．

そこで本研究では，上記の問題点を解決するために，視覚と聴覚の二種類の感覚情報を用いてシミュレーション結果を表現する手法を提案する．具体的には，VR 空間における観察者の座標値と数値シミュレーションにより得られた物理量の値に基づき，出力する音の大きさを動的に変化させることを行う．また，それと同期した立体視による可視化結果を提示することで，映像と音の二つの情報を用いてシミュレーション結果を表現することを試みる．適用例として，西新宿周辺を対象とした大気環境シミュレーションに本手法を適用し，有効性の検討を行った．

2. VR 空間の構築

本研究では，没入型映像投影技術³⁾ (IPT: Immersive Projection Technology) に基づき VR 空間の構築を行っている．図-1 は本研究で使用する没入型 VR 装置である．本装置は三面の大型平面スクリーンと，それぞれに対応する高性能プロジェクターで構成されている．観察者は，液晶シャッターメガネと呼ばれる特殊なメガネをかけ，コントローラーを操作することにより，VR 空間内を自由に移動することが可能になっている．また，本システムは 7.1ch の音響装置を有しており，映像とともに音を出力することが可能になっている．

本研究では，シミュレーション結果の立体視による可視化結果の提示に加え，後述する方法に基づき音響を付加することにより，映像と音の二種類の情報を用いて VR 空間の構築を行っている．

3. VR 空間への音響付加とその適用

映像と音を用いて VR 空間を構築する際の流れを図-2 に示す．本手法では，VR 空間へ音響を付加するために，まず VR 空間内の観察者の位置における物理量を求める．そして，求めた物理量の値に応じて音の大きさを決定し，音を出力している．なお，観察者は VR 空間内を自由に移動

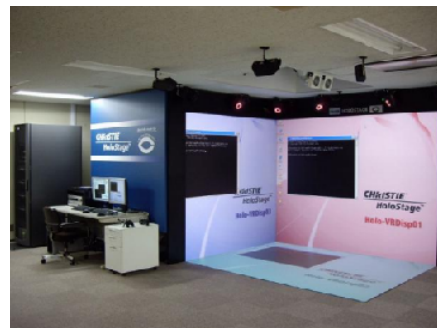


図-1 没入型 VR 装置

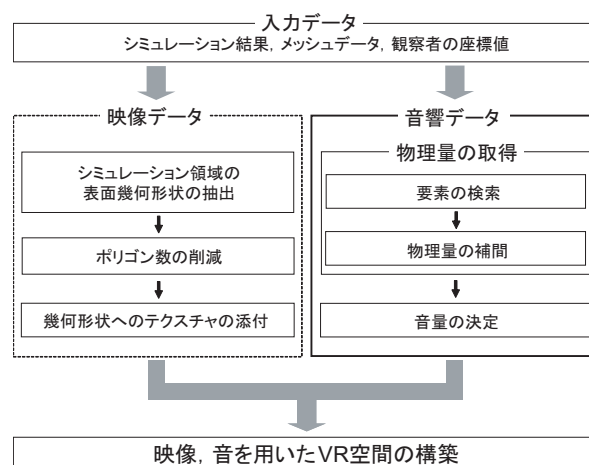


図-2 映像、音を用いた VR 空間の構築の流れ

することが可能なため，これらの処理をリアルタイムで行う必要がある．

本手法における，VR 空間への音響付加の詳細について以下に述べる．なお，立体視により可視化映像を提示する際の詳細に関しては，参考文献 2) を参照されたい．

(1) 入力データ

シミュレーションに使用したメッシュのデータ，シミュレーションにより得られた物理量のデータ，及び VR 空間における観察者の座標値の三種類のデータを入力データとして扱う．なお，観察者は VR 空間内を自由に移動することが可能であるため，観察者の座標値は逐次入力を行う．

(2) 物理量の取得

観察者の座標値における物理量を取得する．なお本手法では，逐次入力される観察者の座標値に対応するために，物理量の取得のための処理をリアルタイムに行うことを試みている．

KeyWords: パーチャルリアリティ, 可視化, 音響

連絡先: 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail: shin-t@civil.chuo-u.ac.jp

a) 要素の検索

観察者の座標値における物理量の値を取得するため、まず観察者がメッシュのどの要素に含まれているかの検索を行う。しかしながら、シミュレーションに使用したメッシュは非常に膨大な数であるため、それらを一つ一つ検索することは、効率が悪く、リアルタイムに処理することは困難である。そこで本手法では、**図-3**に示すように、シミュレーション領域をあらかじめ複数の領域に分割しておき、領域の検索を行った後、分割領域内の要素のみを検索することで、要素の検索量を削減し、検索時間の短縮を図っている。

なお、本手法ではより簡単かつ高速に領域の検索を行うために、一つ一つの領域に着目した検索は行わず、**図-3**の丸数字に示すように、それぞれの座標軸に着目した検索を行うことで、観察者を含む領域を特定している。具体的には、まず x 軸のみに着目した検索を行い、 x 軸の領域が特定された後、 y 軸の検索及び z 軸の検索を行っている。また、本手法における要素の検索方法は体積を利用したものであり、四面体要素の体積と、**図-4**の左図に示すように観察者の位置と四面体要素の各頂点により新たに構成される4つの四面体の体積の和が等しいとき、観察者は要素内に含まれるものとしている。

b) 物理量の補間

観察者の位置における物理量を取得するために、前項で特定した要素の各節点の物理量を用いて補間を行う。なお本手法では、物理量の補間に (1), (2) 式を用いている。

$$\phi = \sum_{\alpha=1}^4 N_{\alpha} \phi_{\alpha} \quad (1)$$

$$N_{\alpha} = \frac{v_{\alpha}}{v_0} \quad (\alpha = 1, 4) \quad (2)$$

ここで、 ϕ は補間後の観察者の位置における物理量、 N_{α} は各四面体要素の体積に応じた重み、 ϕ_{α} は**図-4**の右図に示すように四面体要素の各頂点における物理量を示している。また、 v_0 は四面体要素の体積、 v_1, v_2, v_3, v_4 は観察者の位置と四面体要素の頂点により新しく構成される四面体の体積をそれぞれ示している。

(3) 音量の決定、VR 空間への音響の付加

前項までに取得した物理量の値に応じて、VR 空間への音響の付加を行う。なお本手法では、出力する音の大きさを (3), (4), (5) 式に示すように定義している。

$$V_{sound} = \alpha \phi + \beta \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{100}{\phi_{max} - \phi_{min}} \quad (4)$$

$$\beta = -\alpha \phi_{min} \quad (5)$$

ここで、 V_{sound} は求めた音量、 ϕ は前項で取得した観察者の位置における物理量を示している。また、 ϕ_{max} は数値シミュレーションにより得られた物理量の最大値を示し、 ϕ_{min} はその最小値を示している。

また、VR 空間へ音響を付加するために、音響プログラミングソフト (MAX/MSP: CYCLING'74) を使用し、上

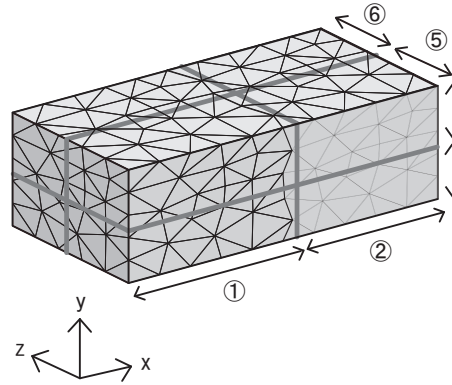


図-3 要素の検索概要

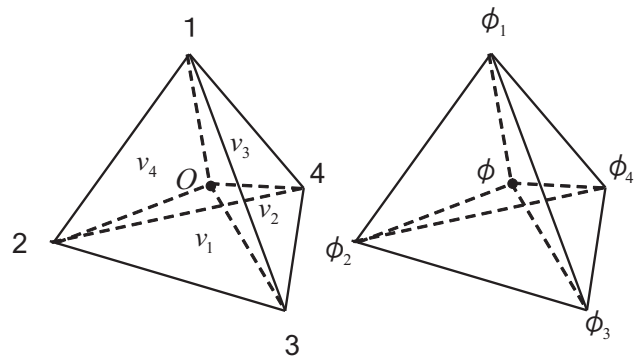


図-4 物理量の補間

式により求めた音量の数値、及び音源として用いる WAVE 形式の効果音のデータを読み込み、音の出力を行う。なお、音量の数値は時々刻々と変化するため、数値の読み込みは常に繰り返行っている。これにより、求めた音量の数値に応じた音を、常に出力することが可能になっている。

(4) 大気環境シミュレーションへの適用

西新宿周辺を対象とした大気環境シミュレーションへ本手法を適用し、本手法の有効性の検討を行った。なお、シミュレーションに用いたメッシュは四面体要素に基づく非構造格子メッシュであり、節点数は 1,390,432、要素数は 7,179,160 である。

本手法を大気環境シミュレーションに適用した結果については講演時に示す。

4. おわりに

本研究では、防災・環境シミュレーションにおける可視化において、映像に加えて音響情報を付加する手法を提案した。

今後は、より臨場感を高めるために、音量の定義式に検討を加える予定である。

参考文献

- 1) 廣瀬通孝：バーチャルリアリティ，産業図書
- 2) 高田知学，檜山和男：都市域の大気環境シミュレーションにおけるプリーポストプロセッシング，第 35 回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集 (CD-ROM)，I-011，2008 年 3 月
- 3) E.J.Wegman and J.Symanzik：Immersive Projection Technology for Visual Data Mining, *Journal of Computational and Graphics Statistics*, Vol. 11, pp.163-188, 2002.