

大規模大気環境シミュレーションにおけるプリ・ポストプロセッシングの高度化

中央大学大学院 学生員 ○ 高田 知学
中央大学 正会員 榎山 和男

1. はじめに

著者らは既往の研究において、大気環境シミュレーションのためのプリ・ポストプロセッシング手法の構築を行ってきた。¹⁾²⁾しかし、さらにこれら従来手法の適用性を向上させるためには、以下の点の改善が望まれる。1) モデルの大幅な再作成を行わずに風の流入方向を変更することが可能な数値風洞モデルの実現、2) プリプロセッシングにおけるメッシュの品質の確認方法の改善、3) ポストプロセッシングにおける臨場感のある可視化方法の改善

そこで本研究では、上記の問題点を解決する、大規模大気環境シミュレーションにおけるプリ・ポストプロセッシングの高度化を行った。課題点 1) に対しては、数値風洞を実現するための都市モデリング手法においてターンテーブルの概念の導入を行い、課題点 2) 及び 3) に対しては、没入型 VR (Virtual Reality) システムを用いた可視化手法の導入を行った。本手法の妥当性を、実際の都市モデリングに適用することで検討した。なお、対象地域には近年、再開発が注目されている中央区日本橋周辺を取り上げた。

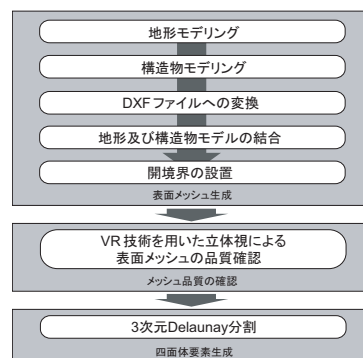


図-1 都市モデリングの概要

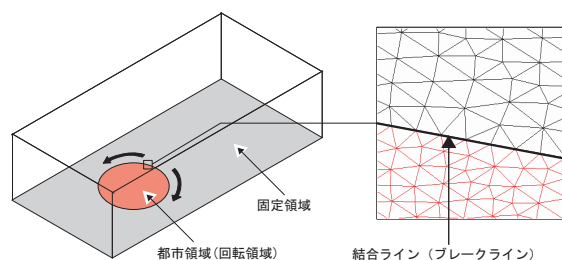


図-2 数値風洞モデルの概念図

2. 都市モデリング

(1) 数値風洞モデリング

本報告では、風洞実験の際に採用されているターンテーブルの考えを計算モデルに応用し、計算空間における都市領域を回転させることが可能な数値風洞モデルを実現する。都市の大気空間に対する三次元メッシュ生成手法には、三次元 Delaunay 分割法³⁾を用いる。この手法は、表面三角形メッシュで閉じた空間を形成し、その空間内に非構造格子に基づく四面体要素を生成する手法である。従って、本手法による数値風洞モデリングの方針は、三次元メッシュ生成に必要な表面メッシュモデルに着目し、大幅な表面メッシュモデルの再作成を行わずに、都市領域のみを回転させるというものである。図-1 に都市モデリングの概要を、図-2 に数値風洞モデルの概念図を示す。

図-3、図-4 に本手法により作成された都市モデルを示す。図-3 に示す灰色の部分、ビル群を簡易形状で近似したものを示しており、赤い部分は高架高速道路（首都高速道路）を、青い部分は河川を示している。本都市モデリング手法は図中で色分けされた部分それぞれに対して別々にメッシュ生成を行い、その後、生成されたメッシュを結合させるという手法である。本手法による表面メッシュ生成の結果を図-5、図-6 に示す。なお、表面メッシュの生成手法には、Delaunay 分割法、及び Lagrange 補間法を併用している。

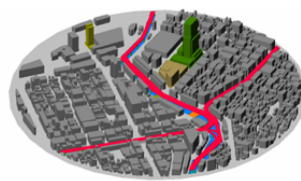


図-3 形状モデル（高架高速道路有り）



図-4 形状モデル（高架高速道路無し）

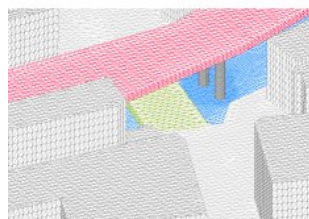


図-5 橋梁に対するメッシュ生成結果

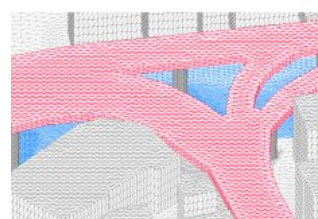


図-6 高架高速道路に対するメッシュ生成結果

(2) CAD データを用いたメッシュの結合

各領域で生成されたメッシュはテキストデータである。本手法ではこれらを DXF ファイルに変換し、CAD システムに読み込ませる。読み込んだ DXF データを CAD システムにおいて、領域ごとにレイヤー分けすることで、オブジェクト（首都高速道路や橋梁など）の結合や消去が容易である。従って、都市領域のみを CAD システムで回転させ、再結合することによって、地表面モデルの再作成を

KeyWords : 都市モデリング, 数値風洞, 可視化, VR

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

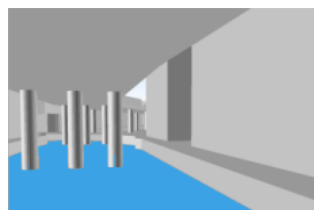


図-7 景観1(高架高速道路有り)



図-8 景観2(高架高速道路無し)

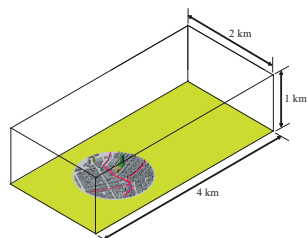


図-9 計算領域

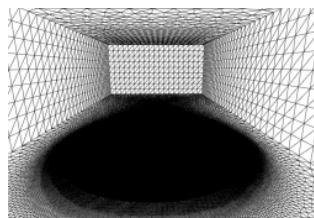


図-10 計算空間の表面メッシュ

行わずに都市領域を回転させることが可能となる。

都市計画において、良好な大気環境を創出するためには、様々な都市形状に対して、大気環境の予測・検証を行うことが求められる。また、都市の景観を決定する際においても、構造物の有無などによる景観シミュレーションは重要である。本手法はメッシュデータを CAD データに変換し、レイヤー分けしていることから、複数のパターンの有限要素モデルを容易に作成することができるだけでなく、構造物の有無による景観シミュレーションに応用することが可能である。図-7 は高架高速道路が有る場合のある地点からの景観を、図-8 は高架高速道路が無い場合の景観を示している。このように、容易に構造物の有無による景観の比較を行うことができる。以上の手法により作成された計算領域を図-9 に、計算空間を定義している表面メッシュを図-10 に示す。

3. VR 技術を用いた立体視による可視化

VR 技術には IPT(Immersive Projection Technology)⁴⁾ を用いており、没入型ディスプレイを採用している。3 面の大型平面スクリーンとそれぞれのスクリーンに対応する 3 台の高性能プロジェクターで構成されている。図-11 に本報告で運用している VR 装置を、図-12 にネットワーク構成を示す。観察者は 3 面のスクリーンで囲まれた領域において、液晶シャッターメガネと呼ばれる特殊なメガネを装着することで、対象物を立体視することが可能となり、コントローラーを用いることで、VR 空間内を自由に移動することができる。

図-13 は観察者が高架高速道路の裏側を観察している様子を示している。通常、このような三次元物体の裏側に生成されたメッシュの品質を平面ディスプレイに表示し、確認することは困難である。しかし、対話性を実現している VR 空間では観察者が物体の裏側に入り込むことができ、生成されているメッシュの品質を正確に把握することがで



図-11 没入型 VR 装置

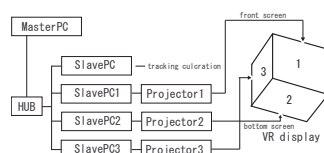


図-12 ネットワーク構成



図-13 高架高速道路下でメッシュの品質を確認している様子

きる。また、ヘッドトラッキングシステムにより、観察者の視点位置は逐次計測されており、その動きに応じた映像投影をリアルタイムで行うため、自由な視点で物体を観察することができる。

4. おわりに

本報告では、大気環境シミュレーションの適用性を向上させるためのプリ・ポストプロセッシング手法の高度化を行い、以下の結論を得た。

- 大気風洞実験で採用されているターンテーブルの考えをプリプロセスに導入することにより、任意の風向の解析が可能となった。
- 没入型 VR システムを用いた可視化を行うことで、ポストプロセスにおける流れの三次元構造の把握や、プリプロセスにおける構造物の三次元幾何形状やメッシュの品質の正確な把握が可能となった。

今後の課題として、より大規模な問題に適応するためのメッシュ生成の高速化、及び VR 空間における可視化の際のさらなる臨場感の向上が挙げられる。

参考文献

- 1) 浜田秀敬, 桜井紘己, 高瀬慎介, 樫山和男, 谷口健男: CAD/GIS を用いた自動要素生成法による三次元都市モデリング, 日本計算工学会論文集, Vol.8, pp845-848, 2003.
- 2) 高田知学, 田中聖三, 樫山和男: 都市域の大気環境シミュレーションにおけるプリ・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), 土木学会, 1-011, 2008
- 3) 浜田秀敬, 大川博史, 樫山和男, 谷口健男: 三次元 Delaunay 分割法における形状生成と要素の細分割, 日本計算工学会論文集, Vol.10, pp821-824, 2005.
- 4) Wegman E. J. and Symanzik J.: Immersive Projection Technology for VIsual Data Mining, Journal of Computational and Graphics Statistics, Volume 11, Number 1, pp.163-188(26), 2002