

水害・避難行動シミュレーションにおけるVR可視化手法の構築

中央大学 学生員 ○ 棚野 裕光
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，水害時の人的被害を予測するために，避難行動シミュレーションが行われるようになってきた¹⁾．これらの結果の可視化表示方法としては，PC ディスプレイやスクリーン等の二次元表示媒体を用いることが一般的であった．しかしながら，上記のような可視化表示では，ディスプレイ面に対する奥行き方向の情報を正確に把握できないということから，避難者の視点レベルで災害及び避難状況を三次元空間内で正確に把握することは困難であった．従って，臨場感のある避難行動シミュレーションの可視化という点では不十分であった．

そこで本研究では，上記の問題点を解決するために，可視化にVR（バーチャルリアリティ）技術を導入し，没入型映像投影技術に基づく立体視による避難行動シミュレーション結果の可視化手法の構築を行った．また，この際，避難者の可視化に三次元人体モデルを適用することで，人間の持つ立体感，存在感を表現し，可視化における臨場感の向上を図った．なお，本可視化手法を仮想的都市型水害における避難行動シミュレーションに適用し，その有効性を検討した．

2. 可視化工程

VR 技術に基づく都市型水害時の避難行動シミュレーションの可視化の流れを図-1に示す．

(1) 避難者の可視化（フロー A）

本手法では，避難行動シミュレーション結果に基づいて避難者を可視化する際，人間の持つ立体感，存在感を表現するために，避難者に三次元人体モデルを適用した．以下に，三次元人体モデルを用いた避難者データの可視化方法の詳細を示す．

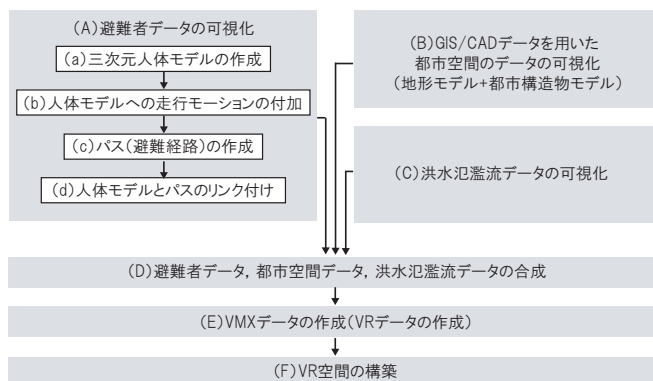


図-1 可視化工程

a) 三次元人体モデルの作成（フロー a）

人間の持つ立体感，存在感を表現するために，三次元人体モデルの作成を行う．なお，三次元人体モデルの手，足を任意に動かすためには，人体や衣服の表面部分のみならず，人体の骨格にあたるオブジェクトを作成する必要がある．そこで本工程では，人体の表面部分，及び骨格部分の作成を別々に行い，作成後それぞれをリンク付けすることを行った．なお，人体モデルの作成には三次元 CG ソフト（3dsMax:Autodesk）を用いた．

b) 人体モデルへの走行モーションの付加（フロー b）

前項の人体モデルを用いて避難行動シミュレーション結果を可視化する際，より臨場感のある避難行動を表現するためには，人体モデルへの走行モーションの付加が必要である．具体的には，全身の各パーツ（頭，胸，腕，手，腰，足等）約 60 個の位置を移動させることにより，人間の自然な走行モーションを作成した．なお，作成したモーションを繰り返しループさせることで，避難行動時に人体モデルが常に走行モーションを行うことを可能とした．

c) パス（避難経路）の作成（フロー c）

避難行動シミュレーション結果に合わせて人体モデルを移動させるために，シミュレーション結果を用いて避難経路を示すパスを作成する．しかしながら，今回可視化する避難行動シミュレーション結果は膨大な数値データであり，それらを一つ一つ結びパスを作成することは非現実的である．そこで，本手法では使用する三次元 CG ソフトの有するスクリプト（Maxscript）機能を用いてこれらの作業の自動化を行った．具体的には，避難行動シミュレーションにより得られた各時間ステップにおける避難者の座標値の入力，及びそれらに基づくパスの作成を自動化するスクリプトを作成した．

d) 人体モデルとパスのリンク付け（フロー d）

前項で作成したパスに合わせて三次元人体モデルを移動させるために，人体モデルとパスのリンクを行う．しかしながら，避難者の避難経路は右折や左折を繰り返すために，人体モデルの向きと避難の進行方向を同期させることが重要である．そこで，人体モデルとパスをリンクさせる際，避難の進行方向に対して人体モデルを常に前方を向かせるように留意し，リンクを行った．これにより，走行状態の避難者が避難行動を行う様子を可視化することが可能になった．

KeyWords： バーチャルリアリティ，可視化，三次元人体モデル

連絡先： 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 E-mail: d35212@educ.kc.chuo-u.ac.jp

(2) 都市空間データ、洪水氾濫シミュレーション結果の可視化(フロー B,C)

避難行動シミュレーションの対象領域である都市を表現するために、GIS/CAD を用いて都市空間のモデル化を行う。また、都市型水害を表現するために、洪水氾濫シミュレーション結果の可視化を行う。なお、詳細については文献2)を参照されたい。

(3) データの重ね合わせ,VMX データの作成(フロー D,E)

三次元人体モデルにより表現された避難者データの可視化結果、洪水氾濫シミュレーションの可視化結果、及び都市空間データの可視化データの重ね合わせを行う。これにより、VR 空間に可視化するための都市型水害時の避難行動シミュレーションの可視化データの準備が完了する。

そして、このデータを VR 用可視化ソフトの一つである VR4MAX (TREE C Technorogy) の独自形式である VMX 形式へデータ変換することで、避難行動シミュレーションの VR 可視化データが完成する。

(4) VR 空間の構築(フロー F)

本研究では、シミュレーション結果の三次元的な空間性を把握するために、VR 技術の一つである没入型映像投影技術に基づく立体視により VR 空間を構築している。なお、本研究で使用するハードウェアは没入型 VR 装置の HoloStage (CHRISTIE) であり、本装置は正面、側面、底面の三面の大型平面スクリーンとそれぞれに対応するプロジェクターにより構成されている²⁾。観察者は、底面スクリーンに立ち、特殊なメガネをかけることで、構築された VR 空間へと没入することができる。また、VR 空間内はコントローラーを操作することにより自由に移動することが可能になっている。

3. 可視例

本報告では、本手法を高田馬場周辺を対象とした仮想の洪水氾濫時における避難行動シミュレーションを可視化に適用した。図-2は避難行動シミュレーション結果を PC ディスプレイ上にて、鳥瞰視点で可視化した結果であり、図中の緑及び赤の点が避難者位置を表している。図より、避難行動及び、洪水氾濫の全体の状況を確認することは可能であるが、洪水により上昇した水位の把握、及び洪水氾濫域と避難者の位置関係を三次元的に把握することは困難である。

図-3は、本手法を用いて VR 空間で可視化を行った結果を撮影したものであり、図-2の赤の点上の避難者の視点の映像となっている。観察者は、特殊なメガネ(液晶シャッターメガネ)をかけることで、立体的に可視化結果を観察することができ、洪水流や都市構造物、避難者の空間的位置関係を正確に把握することができる。従って、本可視化手法により避難者の視点レベルで、三次元的な空間性を考慮し、周辺の状況を正確に把握することが可能となる。また、三次元人体モデルを用いて避難行動シミュレーション結果を可視化したことにより、人間の持つ立体感や存在感が表現され、VR 空間において高い臨場感を得ることが可



図-2 避難行動シミュレーション結果(鳥瞰視点)



図-3 VR 空間において、避難者の視点レベルで避難状況を観察している様子

能となっている。なお、VR 空間内はコントローラーを操作することにより自由に移動することが可能のため、図-3に示すような避難者の視点からの可視化結果の観察のみならず、上空へと移動し鳥瞰的に観察することで、全体の被災状況を把握することも可能になっている。

4. おわりに

本研究では、避難行動シミュレーション結果の可視化に、VR 技術を導入した立体視による可視化手法の構築を行った。本手法を高田馬場周辺を対象にした仮想の洪水氾濫時における避難行動シミュレーションへと適用し、以下の結論を得た。

- VR 技術に基づく立体視によりシミュレーション結果を可視化することにより、三次元的な空間情報正確に考慮した上で、避難者の視点レベルで災害及び避難状況を把握することが可能となった。
- 避難行動シミュレーション結果の可視化に三次元人体モデルを適用することで、人間の持つ立体感や存在感を表現することができ、より高い臨場感を実現した。

今後は、さらなる臨場感の向上を実現させるために、VR 空間における水面の質感の向上について検討する予定である。

参考文献

- 1) 宇野圭亮, 樫山和男: マルチエージェントモデルを用いた災害避難シミュレーションシステムの構築, 第34回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集(CD-ROM), -009, 2007.
- 2) 田近伸二, 高田知学, 田中聖三, 樫山和男: 防災・環境シミュレーションにおける高品質な可視化手法に関する研究, 第35回技術研究発表会講演概要集(CD-ROM), -009, 2008.