

バーチャルリアリティを用いた地下街防災シミュレータ

VR-Simulator for Disaster Prevention of Underground Shopping Center

渡辺 眞知子 Machiko Watanabe
 土井 暁 Satoru Doi
 吉野 摂津子 Setsuko Yoshino
 小宮 英 孝 Hidetaka Komiya

1. はじめに

建物の防災計画においては随所で発生する火災を想定し、安全な場所へ到達するまでの一連の避難計画を立案し、建築物の持つべき基本性能としてその安全性を検討しなければならない。建築基準法の改正により、建築物の安全性を検証する方法が確立されている。しかしながら、避難安全に関わる要素がすべて把握、検証されていないのが実状である。

ここでは、実空間では体験できない多人数を想定した火災による避難シミュレーションをVR（バーチャルリアリティ）上で有機的かつ効果的に表示して総合的な検討ができるようにするとともに、一般市民の同時体験や専門家による設計等の見直しなどを可能とするシステムの構築を目的とした。

2. 地下街防災シミュレータの概要

VR 空間では、一般的な地下街における建築・設備を想定し、実大規模の設計を行った。CAD データは、計算機の表示上の負担を軽くする目的で極力簡素化した。臨場感を損なわないようテクスチャマッピング手法を導入している。地下街概要を Table 1 に示す。

今回開発した体験システムでは、地下街の日常時と非常時のシナリオを扱った。日常時は、買い物客等で賑わっている状況を、非常時に洋品店から火災が発生するという想定で、その店舗前のシャッターと通路のシャッターが降下せず、煙が通路中に拡散してしまうという最悪の状況を想定した。ここでは映像における臨場感だけでなく、より緊迫感を高めるため火災音、音声警報、防火シャッター降下音といった火災時特有の音も体験可能とした。地下街防災シミュレータの開発に必要な要素技術を Fig. 1 に示すとともに、各要素の開発成果を以下に示す。

3. 防災要素技術の開発成果

3.1 火災形状シミュレーション

火災の際、燃え盛る火災の性状が視覚を通して人間に与える心理的圧迫感は大い。従来、火災をシンボリックに表示する試みは見られた。しかし、ここでは火災が時間経過とともに店舗内を燃え広がる様子を、その店舗の収容可燃物の密度から予測し、この結果から得られる火原の面積と火災の高さの情報を用いて忠実に再現し、それに基づく炎をVR上にリアルに表示した。表示例を Fig. 2 に示す。

3.2 煙拡散シミュレーション

火災形状算定シミュレーションの結果と空間構成とを入力条件として煙の発生量や拡散状況を数値計算によって1秒毎に予

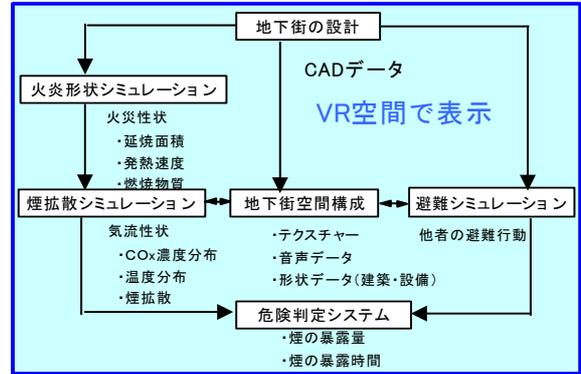


Fig. 1 システム構成図

Components of the system

Table 1 地下街概要
Outline of the underground shopping center

建物概要	延べ床面積	13,800 m ²	
	天井高さ	3m	
	通路幅	5m, 6m, 8m	
	建物用途	店舗等	
設備概要	広場	7箇所	
	階段	26箇所	
	照明器具	避難誘導設備: 誘導灯設備、非常照明設備	
	警報設備	手動火災報知器	
	防火扉、防火シャッター		



初期火災

一定時間経過後の火災

Fig. 2 火災の表示

Representation of flame

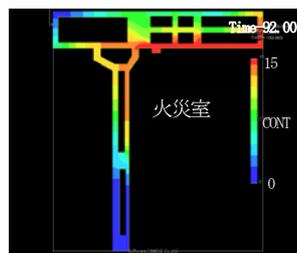


Fig. 3 煙拡散の数値シミュレーション

Numerical simulation of Smoke diffusion



Fig. 4 VR上での煙拡散表示

Representation of smoke diffusion on VR

測し、それにもとづいて煙の可視化シミュレーションを行った。結果をFig. 3の動画像に示す。

Fig. 3 動画像の右上の数値は、燃え始めてからの時間経過を示す。動画像は出火から220秒続くが、その間、火災室から時々刻々と煙が広がり地下街天井面に煙が充満してゆく様子が確認できる。煙の速度については、水平方向と垂直方向の速度を画像表現した。煙のVR表示は従来平面的な表現のみであったが、Fig. 4に示すようにどの角度から見ても煙として認識できる3次元での表示を可能とした。

3.3 避難シミュレーション

これまでVR上で避難を扱った事例はあるが、体験者の行動の表現にとどまっていた。避難シミュレーションプログラムの開発では、地下街建物データや煙拡散と避難シミュレーション結果をVR空間上に統合することにより、他人の動きを加味した避難体験が可能となった。シミュレーションには、開口部前の滞留現象や設計に用いられている歩行速度等、これまでに得られている避難行動特性の知見を可能な限り取り入れた。避難シミュレーションにおける交差点あるいは出口付近での動きについては、Fig. 5の動画像より確認できる。また、動画像では煙を避けて避難する人の流れが体験できるが、今回画像内における人の表現は直方体の表示にとどまっている。

3.4 煙の危険性判定システム

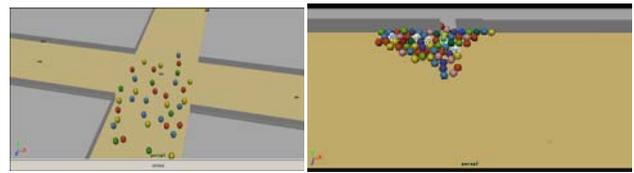
煙の濃度と体験者の位置から煙の危険性（一酸化炭素濃度）を定量的に把握し、その情報をVR上で被験者に提示できるようにした。これにより、体験者は視覚的に危険性を判定でき、避難の成功、不成功も確認することができる。危険性判定システムのイメージをFig. 6に示した。

4. 地下街の避難安全評価システム

避難計画においては、建物利用者に対し、心理的負荷の少ない、スムーズな避難誘導が重要となる。そこで、防災要素技術の開発成果と組み合わせる形で心理的側面を考慮した安全性評価システムを構築した。非常時の地下街評価フローをFig. 7に示す。ここでは、VR上で体験した日常時と非常時のそれぞれについてアンケートを実施して、空間の感じ方が平常時に比べてどのように変わるかを把握するとともに、行動パスデータや有毒ガスの危険性判定による客観的な評価を行う。これらにより、非常時の心理に影響を与え、体験者のスムーズな避難の遂行を妨げると予想される要因を定量的に評価することが可能となる。さらに評価結果を蓄積していくことにより、評価対象である建築物に対する最適な評価システムの構築が可能になる。

5. まとめ

今回開発した地下街防災シミュレータは、本来危険を伴う避難等の体験を完全に行えることから、今後の避難訓練、安全性に対する教育等への活用が期待できる。また、ネットワークシステムの構築により一般市民の同時避難体験が可能となる。



交差点 出口の滞留

Fig. 5 避難シミュレーション

Results of evacuation simulation

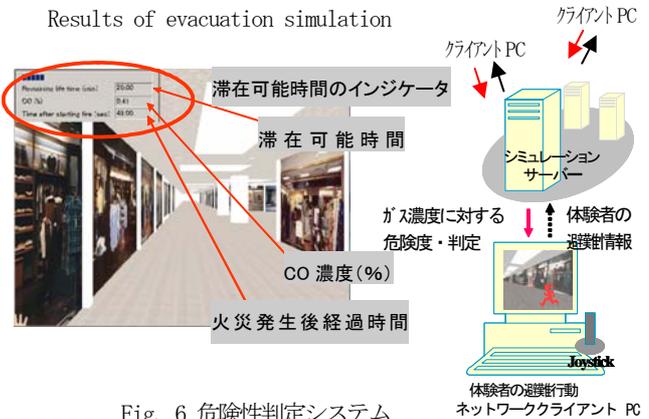


Fig. 6 危険性判定システム

The risk judgment system

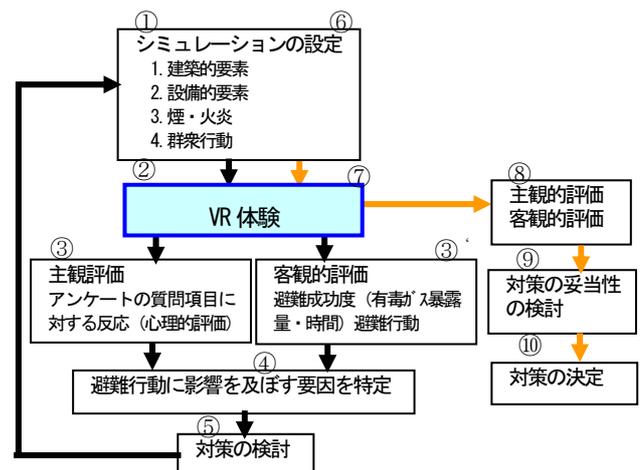


Fig. 7 地下街火災時の安全性評価・対策立案フロー
The evaluation flow for underground market on an emergency due to fire

謝辞

本研究は経済産業省産業科学研究開発制度を用いた、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの委託研究「ヒューマンメディア研究開発」の成果である。

参考文献

- 1) 土井他：地下街火災VRシミュレータの開発 その1 シミュレータの概要と煙拡散シミュレーション, 日本建築学会大会学術講演梗概集2000年9月
- 2) 本間他：地下街火災VRシミュレータの開発 その2 避難シミュレーションとVRシミュレータシステム, 同上
- 3) 土井他：バーチャルリアリティを用いた避難安全評価システム, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2001年9月