



マルチエージェント・シミュレーションとのインタラクション型仮想環境ゲームによる災害時避難行動分析システムの開発

名古屋工業大学大学院 工学研究科
教授 荒川 雅裕

1. はじめに

災害時における避難者の行動を予測することは施設設計や防災対策に重要な役割をもつ。避難者の行動特性の分析についてはエージェント・シミュレーションを利用した研究が広く行われており、シミュレーションには避難者の判断をルール化したモデルが組み込まれるが、単純な判断によるルールだけでは避難者の潜在化した行動や個人差による意思決定が十分評価されているとは言えない。避難者の不確かな意思決定の特徴をシミュレーションに組み込むことができれば、より現実起こりうる現象を事前に評価することができるものと考えられる。

本研究ではエージェント・シミュレーションと仮想現実ゲームを組み合わせ、避難者の行動を分析するための仮想現実ゲームシステムを開発する。図1は本研究の概念図である。ゲームを通して、シミュレーションでは評価できていない避難者の行動を分析することで、潜在化した行動特性や個人差による行動特性をモデル化する。そして、行動特性のモデルをシミュレーションに組み込むことで、より現実に近い現象を模擬できることが期待できる。ゲームにおいては、避難者の潜在化した行動特性や個人差のある行動特性を被験者の視点や脳波などから分析を行った。本報告書では開発したシステムの特徴と実験結果から得られた特性の一部を報告する。

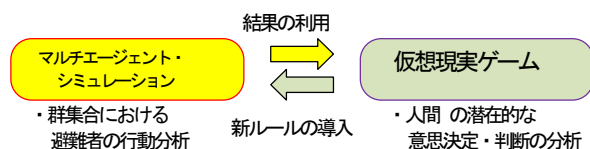


図1 本研究の概念図

2. 仮想現実ゲームの開発

仮想現実ゲームはゲーム開発用ソフトウェア Unity3D (Unity Technologies)を用いて開発した。開発した仮想現実ゲームは次のサブシステムから構成される。

(a)マルチエージェントシミュレーションによってエージェントの動きを模擬するサブシステム。

(b)他のプレイヤーやエージェントと競い合う、仮想現実ゲームのサブシステム。

(a)では、エージェント・シミュレーションを実行し、全避難者の移動情報を取得する。そして、(b)において、(a)から得られたエージェントの移動情報を利用して、ゲームのプレイヤーはシミュレーションによる避難者集団の行動と同一場でゲームを行う。仮想現実ゲームとエージェント・シミュレーションで利用するフロアのレイアウトは実在する施設を参考に作成した。また、避難誘導灯の配置も実際の施設の配置を利用している。図2に仮想現実ゲームでの実行時の様子を示す。

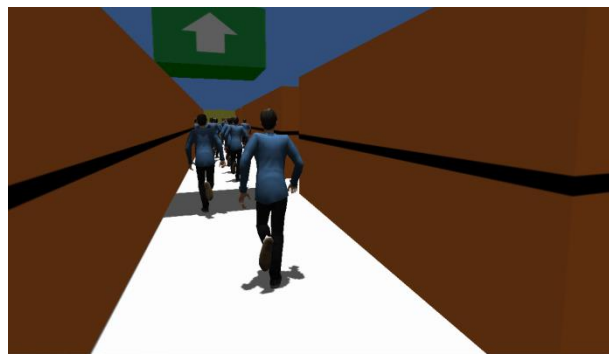


図2 仮想現実ゲームのプレー時の様子

3. 仮想現実ゲームによる避難者行動の分析

3.1 誘導灯の設置による効果

エージェント・シミュレーションでは一様乱数を利用して避難者の初期位置や方向を設定する。複数の被験者がゲームを試行し、避難者の避難経路や避難にかかる時間から、避難者の行動を分析する。本節では避難誘導灯の設置による効果を調べる。各被験者に対して、下記の誘導灯設置に関する条件について各3回のゲームを行う。誘導灯設置の3条件は以下である: (1)フロア内に誘導灯を未設置、(2)誘導灯を設置、(3)音の発生する誘導灯の設置。ゲーム内の被験者の初期位置は所与の共通位置からランダムに設定する。

図3は異なる条件での全被験者の避難時間の平均と標準偏差を示す。この結果から、避難誘導灯の導入は避難

時間の短縮に効果的であり、音の出る避難誘導灯の導入の効果はさらに大きい。音の出ない誘導灯の導入条件「誘導灯設置」では標準偏差が大きく、被験者の避難時間のばらつきが大きい。これらの結果は、誘導灯が存在しても被験者は誘導灯を利用せずに移動している場合が存在し、音を含めることで避難者が適切な誘導灯に従わせることが可能であることを示している。

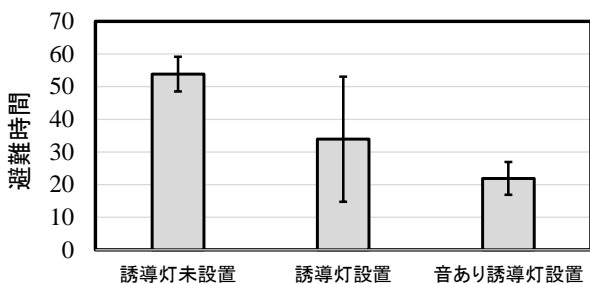


図3 誘導灯の配置条件による避難時間の比較

ゲームの観察結果から、被験者の特徴は次の2つに大きく分けられる。

- (1) ゲーム開始時に被験者は身体が向いている方向に移動する。
- (2) 避難誘導灯や他のエージェントなど周りを見ながら避難する。

この特徴から、ゲーム開始時の身体の向きが避難者の避難経路の選択に影響することが考察される。開始時に誘導灯や他のエージェントが視界に入っていない場合は、周りを見渡しながらい行動する被験者が多かった。このような被験者は頻りに周りを見渡すため、時間のロスが大きく、避難時間が長い。移動の途中、移動方向を急に変わる被験者も存在し、彼らは迂回りの行動していた。

3.2 アイマークレコーダによる被験者の視点の分析

被験者の避難時の半断りに利用する情報を調べるため、本節ではアイマークレコーダを利用し、ゲーム実施時の被験者の視点の特徴を調べる。被験者は適切な誘導灯を参照できれば短時間で避難できることから、誘導灯が(a)無灯火、(b)灯火、(c)点滅の条件の場合を設定した。複数の被験者の行動として、以下の傾向が見られた。

- (1) 被験者は初期位置および初期の向き(初めの視界)に強く依存する。とくに、初期位置で視界内に誘導灯が入っているか、他の避難者の移動が見えているかには大きく影響する。
- (2) 誘導灯が視界に入っている、他の避難者の移動が近くあれば、その避難者に追従してしまう被験者が多い。
- (3) 被験者がエージェントに従って移動したとき、出口を見失い、直近の出口とは異なる方向に進み、避難までに長く時間が経過してしまう。

(4) 一度、出口が視野に入った場合、遠くに存在してもその出口を目指して避難してしまうため、直近の出口を発見できず、通り過ぎてしまう。

(5) 開始時に点滅する誘導灯が視界内にあれば、他の被験者に従わずに、誘導灯に従って移動し、短時間で避難することができていた。

これらの結果は、他のエージェントが存在する場合は、誘導灯による方向表示だけでは効果的な避難誘導ができるとは限らず、誘導灯を意識させる必要を示唆する。

4. エージェント・シミュレーションによる視界制限による避難の影響

前章の実験結果から、被験者の個人差による避難行動に視界の範囲や視界内の直近の物体を移動の判断に利用する傾向が見られた。本節では避難者の視界範囲に着目し、避難者の避難時間の変化を調べる。なお、単純な構造のレイアウトを利用する。図4は全エージェントの視界範囲を360°、180°、90°に制限した条件での避難者数の時間推移を示す。図より、視界の範囲が狭いほど、直近の出口や誘導灯の発見が困難となり、避難時間が長くなる傾向が見られている。この結果より、シミュレーションに視界範囲の異なるエージェントを混合することで、より現実的な現象の模擬を行えることが考えられる。

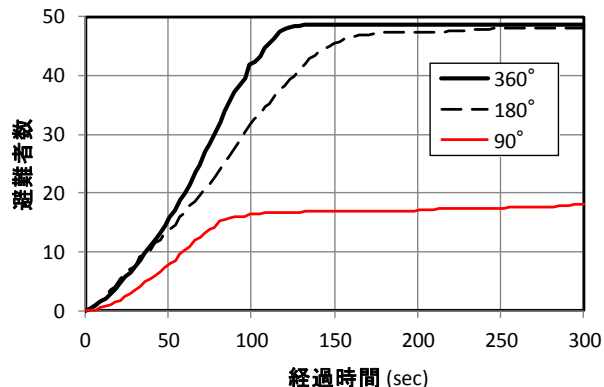


図4 シミュレーションによる視界範囲の評価

5. まとめ

本研究ではマルチエージェント・シミュレーションと仮想現実ゲームを組み合わせた、仮想現実ゲームシステムを開発し、仮想ゲームの実施により、避難者の行動を分析した。本報告書では仮想現実ゲームシステムの特徴と被験者の視点に関する分析結果等を示した。他に脳波による避難者の判断の特徴を調べており、被験者の視界内に他の避難者の行動や誘導灯が存在する場合に脳波に変化が表れる結果が得られている。今後、ゲームの実施により、多様な生体情報の分析を進めることで、避難者の意思決定の特徴を調べるとともに、シミュレーションを利用して効果的な誘導方法を提案する予定である。