

人流シミュレーションによる二次災害リスクの可視化

- 教育現場の危機管理能力向上を目指して -

雲雀丘学園高等学校 2年 村上幸太

1. 研究概要・動機

背景

毎年行われる避難訓練ではリアルな危険性が伝わらないと感じていた。学校での避難行動では、構造上のボトルネックや心理的混乱によって二次災害を招く危険がある。実際の避難訓練ではこれらの要因を十分に再現できておらず、科学的分析が必要である。

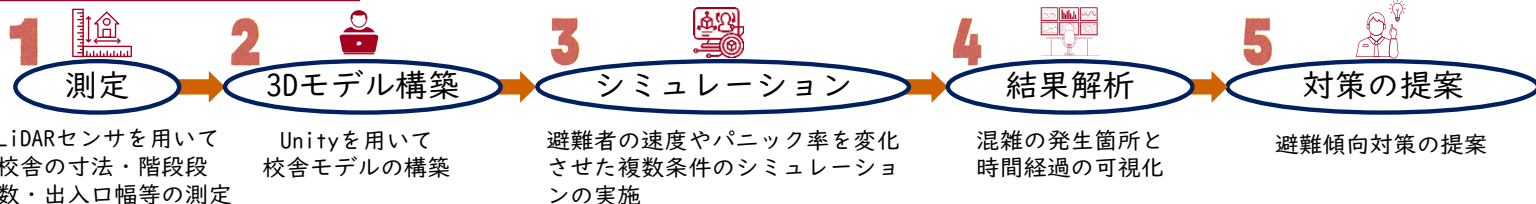
研究目的

シミュレーションによって本校校舎の避難誘導の対策の知見を得ることが目的である。3Dモデルにより避難行動を再現し、校舎構造の弱点および人の行動特性が引き起こす二次災害リスクを明らかにする。

研究の意義

本研究の意義は、従来の避難訓練では把握しにくい混雑箇所や行動パターンを定量的に示し、生徒自身が安全行動を考えるきっかけを与えるものである。科学的分析を教育現場に導入することで、防災教育の質的向上を図る。

2. 研究の全体像



3. 分析・結果

1 測定 2 3Dモデル構築

本校の校舎を測定し、Unityを用いて校舎モデルを構築した。本校は5階建てであり、階段が西側と東側に配置されている構造である（図1・2）。緑色の棒に見えるものが生徒である。生徒（緑）は2つの階段（図2の赤色）を利用して1階の水色の2か所の玄関から校舎外へ避難する。さらに、シミュレーションでは、図3・図4のように混雑時とそうでない状態を判断した。



図1 校舎を西側からみた3Dモデル

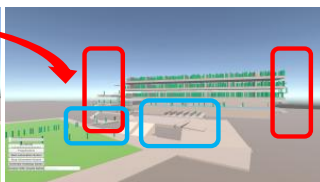


図2 正面からみた校舎の3Dモデル

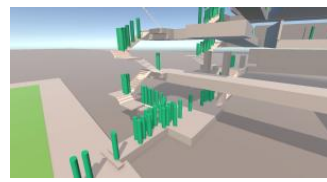


図3 混雑したと判断した場合

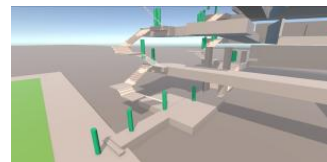


図4 混雑していないと判断した場合

3 シミュレーション

本研究では「移動速度」と「パニック率」を変数としてシミュレーションを行った。

使用した変数の定義・設定

◆ 避難者（生徒）の移動速度

避難者の移動速度はヒトによって異なることを想定し、各エージェントの歩行速度は正規分布に従って設定した。
平均値: 1.461 m/s 標準偏差: 0.186 m/s
この数値は本校生徒(n=18)の移動速度を測定し算出した。
歩行速度の設定は、「標準、-10%、+10%」の3段階とした。
分布方法: ボックス=ミュラー法による正規分布乱数生成

◆ 避難者のパニック率

発生条件パニック状態はユーザーが設定したパニック率のみに依存して発生
パニック率の確率設定: 0~100%
発生タイミング: 実行中、各フレームでランダムに発生
発生日例: パニック率10%の場合、各フレームで0.1の確率でパニック状態に移行
パニック状態における行動変化: 移動速度を上昇させる。基本速度の1.2倍、基本加速度の1.3倍、基本角速度の1.2倍
設定の理由: ①緊急時における逃避行動の加速、②出口がわからなくなる（方向感覚の喪失）、③冷静な判断ができず、避難経路を見失う状況の3点を表現した。

4 結果・解析 (本発表では紙面の都合上、階段の様子に焦点をおいて結論を述べる)

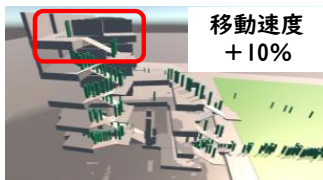
パターン1: 何も設定しない状態



移動速度: 標準, パニック率: 0%

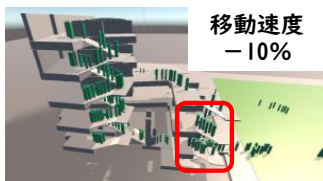
解析1: 玄関での混雑が見られる
階段・踊り場はスムーズな様子

パターン2 移動速度が速い状態



移動速度
+10%

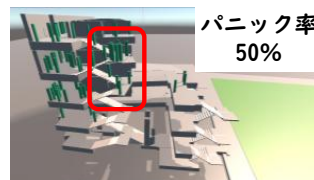
上位階（5階）の生徒は避難できており、避難はスムーズである



移動速度
-10%

上位階（5階）の生徒は避難できておらず、玄関での混雑が見られる

パターン3 パニック率が高い状態



パニック率
50%

上位階の踊り場（4階と5階の間）での混雑が見られる



パニック率
100%

50%の場合と比べ、1つ下の踊り場も混雑が見られる

解析2: 当然速度が速い方がよいが、遅いと玄関での混雑が増加する可能性あり！

解析3: パニックが起こると、踊り場での混雑が高くなる可能性あり！

5 対策の提案

解析より、移動速度による『玄関での混雑』、パニックによる『踊り場での混雑』の可能性が示唆された。

対策としては、単なる移動だけの避難訓練でなく、特定の場所の移動意識を高めるために、混雑可能性の場所をターゲットにした新たな避難訓練の方法を行うことを提案する。今後もより効果的な避難訓練の方法を模索したい。