

関西大学大学院 学生員 ○川中 龍児  
 関西大学 佐藤 敬典  
 関西大学大学院 学生員 中畑 佳城  
 関西大学環境都市工学部 正会員 石垣 泰輔

1. はじめに

近年，都市化の進展により地下空間が有効的に利用されるようになった．しかし一方では，都市化により市街地の雨水排水能力・遊水機能が低下している．それに加え，短時間・局地的豪雨，いわゆる「ゲリラ豪雨」の多発により都市部の水害への脆弱性が浮き彫りとなった．都市水害の特徴の一つとして，行き場所を失った雨水が地下空間へと浸水するという問題がある．地下空間は「ショッピングモール」・「地下鉄」など不特定多数の利用者が存在する場所が多いことから，複数の利用者が地下空間浸水時に避難を行うことが予測される．本研究では，利用者の密集度が避難行動に及ぼす影響を定量的に評価することを目的とした．歩行密集度が避難行動に与える影響を評価するために，避難体験実験を行い避難困難度指標の確立を行い，この結果を数値計算に適用することで，地下空間の避難経路の安全性について検討した．

2. 通路模型を用いた避難体験実験

(1) 実験概要

図-1 に示す，全長 30m の水路を様々な条件下で被験者に歩行してもらい，水深・流速・歩行密集度が避難速度に与える影響について検討を行った．浸水状況として水深を，0.00・0.20・0.30・0.40・0.50m，各水深での流速を 0.00・0.50m/s の計 10 ケースとした．避難時の歩行密集度のパターンとして，「成人男性 1 人」・「成人男性 2 人」・「成人男性 5 人」，さらに避難時に災害時要援護者が存在することを想定し，「高齢者男性 1 人+成人男性 1 人」・「高齢者男性 2 人」・「高齢者男性 2 人+成人男性 3 人」とした．ここでの高齢者とは成人男性に高齢者体験キットを着用し，高齢者の運動能力に近づくように動きを拘束した被験者である．集団歩行の際，被験者にはどのケースにおいても 1 m<sup>2</sup>に仕切られた中を歩いてもらい，1 m<sup>2</sup>あたりの密集度が各パターンで一定となるように実験を行った．

(2) 実験結果

図-2 は各水深において成人男性 1 人の歩行速度でそれぞれのケースでの歩行速度を除して無次元化した歩行速度の減少率を示す．図より，浸水していない場合でも，歩行密集度が増加することによって歩行速度が急激に低下することがわかる．もっとも密集度が高い「成人男性 5 人」のケースでは歩行速度が

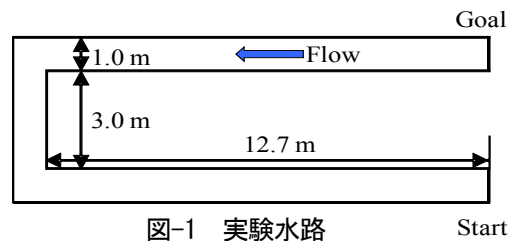
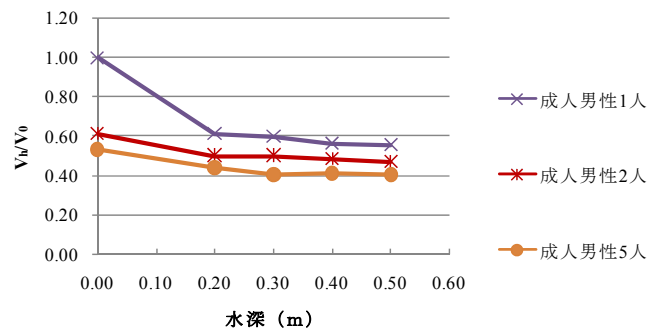


図-1 実験水路

《成人男性のみの場合(流れ無し)》



《高齢者男性を含む場合(流れ無し)》

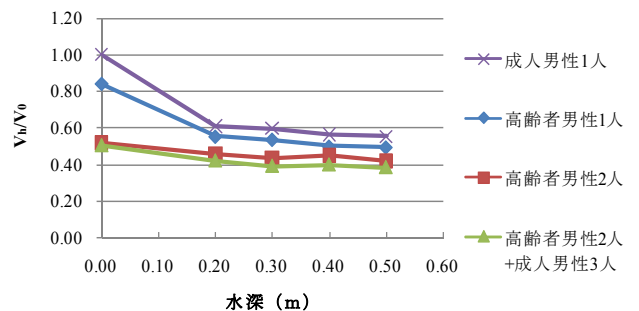
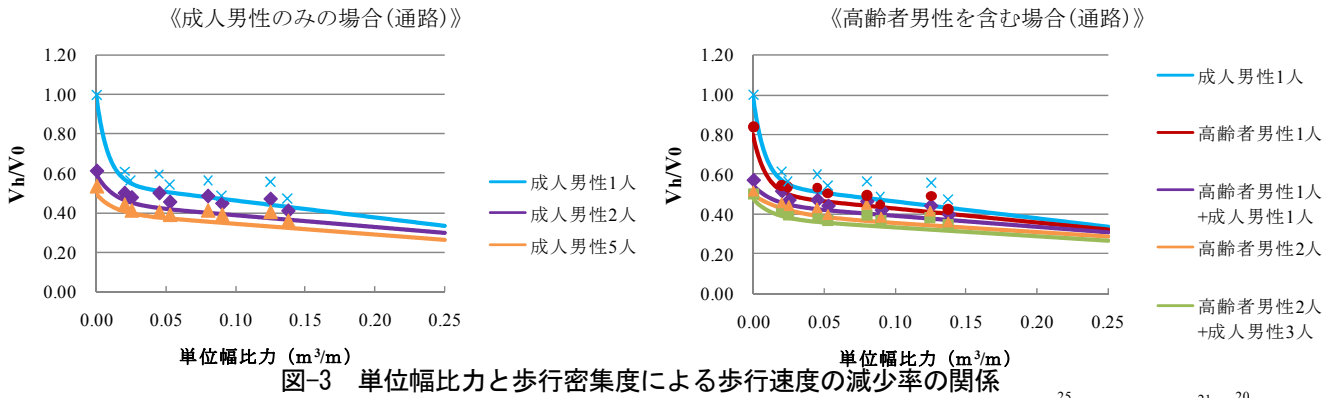


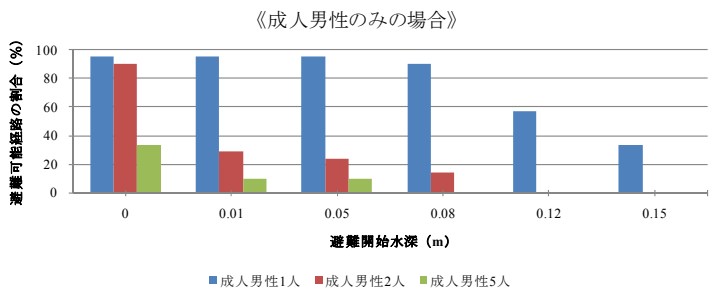
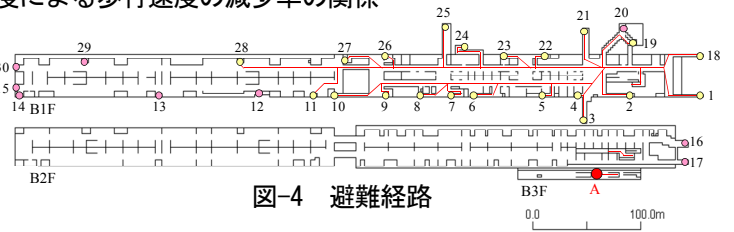
図-2 成人男性の条件別歩行速度低下率



成人男性 1 人に比べて 50%まで低下している。災害時要援護者が含まれる場合でも同様の減少が見られた。

### 3. 避難困難度評価

以上の実験結果から歩行密集度が避難行動に及ぼす影響を評価するために、大西<sup>1)</sup>らの研究によって提案された「単位幅比力」を用いて評価を行った。各密集度のパターンについて単位幅比力と歩行速度減少率の関係と各密集度のパターンの結果の下限値を包括するような線を図-3 に示す。図に示す包絡線は歩行密集度が避難行動に与える影響であると考え、この包絡線の定式化を行うことで歩行密集度が浸水時の避難行動に及ぼす影響の指標を作成した。次にこの指標を適用して避難経路の安全性の検討を行った。



### 4. 避難経路の安全性の検討

#### (1) 計算概要および条件

避難困難度評価において作成した、歩行密集度が浸水時の避難行動に及ぼす影響を評価した式を避難経路の安全性評価に適用した。対象地は図-4 に示した、大西<sup>1)</sup>らの研究で検討されている「御池地下街」とした。計算手法としては大西らと同様とし、本研究で作成した歩行密集度と単位幅比力の関係の式は計算中での避難者の移動速度の減少率として用いた。避難開始位置は地下 3 階の地下鉄のホームからであり、そこから計 21 経路の避難経路で避難を行う。また、避難開始水深を変化させることで避難開始の遅れについても検討を行った。

#### (2) 計算結果

図-5 は各避難開始水深における避難可能な経路の割合を示す。図より、避難開始水深が 0.01m の場合、歩行密集度が多い場合には急激に避難可能経路が減少していることがわかる。このことから、不特定多数が利用する地下空間では避難開始が遅れると非常に危険であることがわかる。

### 5. まとめ

本研究では、歩行密集度が浸水時の避難行動に与える影響を定式化し、避難経路の安全性評価に適用した。その結果、密集度が高い状態での浸水時の避難の危険性を明らかにした。

<参考文献>：大西良純・石垣泰輔・馬場康之・戸田圭一：地下空間浸水時における避難困難度指標とその適用、水工学論文集、第 52 巻、pp841-846、2008 年