

## 道路トンネル火災時における群集避難行動シミュレーションの適用性

(株) ニュージェック 正会員 ○水口 尚司  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 後藤 仁志  
 京都大学大学院工学研究科 正会員 原田 英治

## 1. はじめに

道路トンネル内においてひとたび火災が発生すると、トンネル内部の通行が遮断され、トンネル利用者は車両から降りて、火災によって生じた煙の中を自力で避難しなければならない。このような場合、トンネル内の充満した煙は視界低下や呼吸困難をもたらし、パニック状態となり大惨事となる可能性がある。本研究では、トンネル火災によるパニック時を想定し、避難者が一つの非常口に殺到した際の非常口構造の安全性について検証したものである。その手法は、群集避難行動の数値シミュレーションであり、個々の避難者行動を追跡するために、個別要素法をベースとした群集避難行動シミュレータを用いた。

## 2. 個別要素法型群集避難行動シミュレータの概要

群集行動のモデル化では、人間行動を表現する個体モデルが必要となるため、人間の能動的行動を記述する必要がある。人間行動が心理的作用に影響されているが、災害時等のパニック避難に限定すれば、個々の人間の心理が避難行動に与える影響の個体差は少ないと考えられるため、単一の規則によるモデル化が可能であると考えられる。(図-1避難行動イメージ図参照)

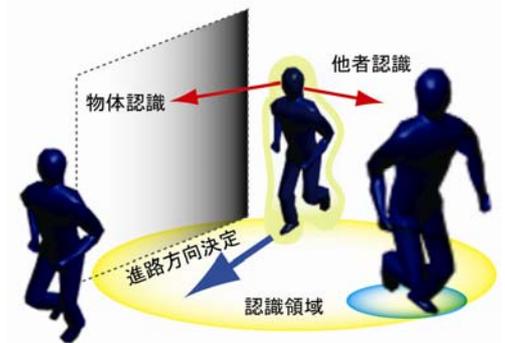


図-1 避難行動のイメージ図

## (1) 基礎方程式

人間を円要素として扱い、平面2次元場の円要素の相互作用として群集行動を記述する。個人の避難行動は、個別要素法をベースに人間の能動的行動を規定する外力項を加えて拡張した並進および回転の運動を与えることとした。

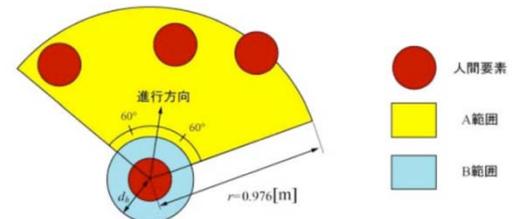


図-2 人-人の物理的接触概念図

## (2) 要素間作用力

要素間の相互作用力としては、[人-人]および[人-壁]の物理的接触はもちろん、物理的接触を回避しようとする非物理接触(心理的接触)に関する作用力(それぞれの要素(人・物)ごとにバネ及びダッシュポットによる抗力が作用)を運動方程式に導入する必要がある。図-2~3に物理的接触および心理的接触の発現領域の概念図を示す。

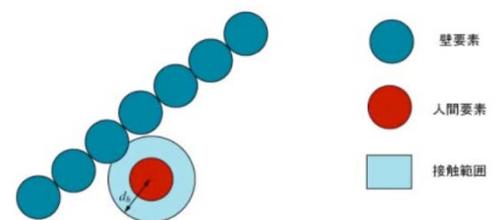


図-3 人-物(壁)の物理的接触概念図

## 3. 火災ケースの条件

これまでの火災実験や事例などから、トンネル火災は発生から初期段階で小康状態を保ち、その後本格的に燃え上がる傾向(フラッシュオーバー)を示しており、その初期段階が概ね10分間とされている。したがってトンネル管理者は、その10分間を避難時間とし、施設配置や運用目標としていることから、今回の検証においても初期段階を基本条件とし、煙が充満する以前の段階を対象とすることとした。

キーワード: トンネル火災, トンネル防災, 群集避難行動シミュレーション, 個別要素法

連絡先 〒531-0074 大阪市北区本庄東2丁目3番20号 TEL:06-6374-4031 E-mail:mizuguchitk@newjec.co.jp

#### 4. 避難シミュレーションの設定条件

シミュレーションの条件を図-4のように、設定する。

- ①避難施設は300m間隔とし、トンネル中央から非常口階段により避難する構造とする。
- ②1箇所の非常口には450m区間の避難者が集中する計画とする。(階段部は30m)
- ③車両は先詰りで、最大人員を予測し、発災箇所先端には50人乗車のバスを配置する。
- ④上記条件より、避難人員は約250名とする。
- ⑤避難者の歩行速度は、避難弱者を考慮し、1.0m/sとする。(階段部は低減率0.5を乗じる)
- ⑥非常口開口寸法は、標準的な1.2mとする。
- ⑦避難の開始時間は、火災発生2分後とする。

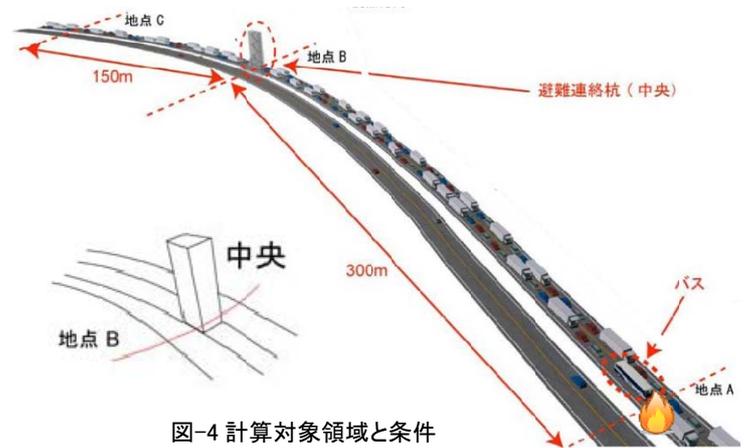


図-4 計算対象領域と条件

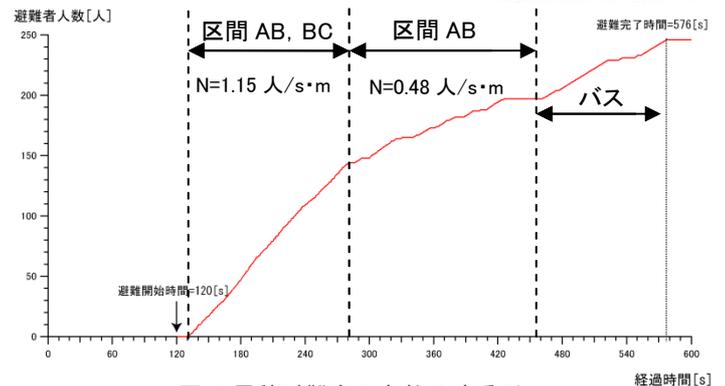


図-5 累積避難完了者数の時系列

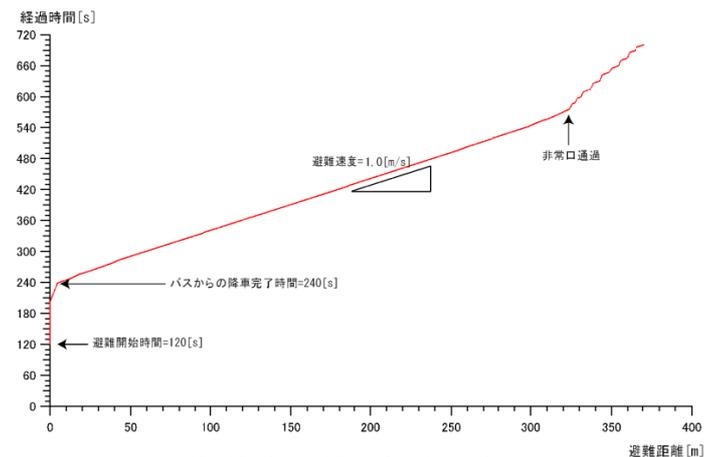


図-6 最終避難者の避難距離と経過時間の関係

#### 5. 避難シミュレーションの結果と考察

図-5に累積避難完了者の時系列を示す。発災後2分後の避難を開始から、130s後に最初の避難者が到着し、270sに区間AB, BCからの流入があり、最終的に570sで全員が避難できる結果となった。また図-6に最終避難者の位置と経過時間を示す。バスからの降車時間(2分)を考慮しても、一定の速度(1.0m/s)で避難すれば10分以内で避難できる結果となった。

非常口扉の検証として、有効流動係数<sup>1)</sup>(単位時間あたりに単位幅を通過する人数)を使用するが、今回の開口幅が1.2mであり、許容値を1.5人/s・mとすると、今回は図-5(N=1.15, N=0.48)のとおりであり、さらに図-6に示すように速度低下も見られないことから、避難閉塞(ボトルネック)は生じないものと判断される。また図-7に示すように、得られた結果をCGに加工し、具体的な避難状況をイメージした。

#### 6. おわりに

道路トンネルの火災シナリオをもとに、個別要素法を基礎とする、人間要素間の相互作用をモデル化した群集避難行動シミュレータを使用した。結果として避難過程の全体を通じて群集の閉塞はなく、標準的な設計思想に基づく避難施設であれば安全であり、本シミュレータの適用も可能であると判断された。

今後は、火災時の煙による影響、複雑に連なる避難通路等に注目した研究によりさらに適用性を広げていきたい。

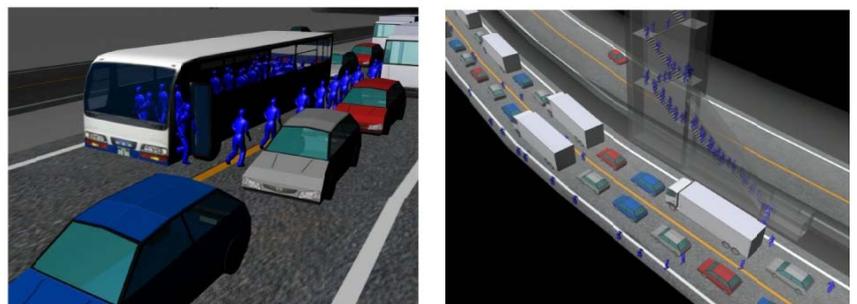


図-7 避難状況のイメージ CG

#### 参考文献

- 1) 国土交通省住宅局建築指導課等編集 2001年版避難安全検証法の解説及び計算例とその解説 H13.3