

I-B 367

個別要素法による地下街の避難行動解析

静岡県庁 正会員 八木 宏晃
 山口大学工学部 正会員 清野 純史
 同上 正会員 三浦 房紀

1. まえがき

近年、大都市中心部の駅周辺部へ都市機能の集中化が進行し、これらを接続する地下街、地下道やビル、デパートなどの地下階などは、日常不特定多数の人々が利用するために、災害時の避難行動やその状況を正確に知り、その危険性を評価した防災計画を立案する必要がある。

そこで、本研究では地下街という閉鎖的で特殊な空間を対象に、地震災害や火災などが発生した場合の人間の群集行動を正確に把握し、各避難者の避難時間や避難の途中で作用する力を定量的に評価できる個別要素法(DEM)によるモデルを開発し、これを用いて実際の地下街を対象に避難行動解析を行った。

2. DEMによる人間のモデル化

人間をモデル化するために、人間を円形要素に置き換え、個体間の力の伝達は接触点のバネとダッシュポットで行われるものとし、各個体要素の運動はそれぞれ独立な運動方程式を作り、これをステップ毎に解く。

DEM要素を人間に置き換えるために、Fruin¹⁾による人体楕円を参考に、個体要素半径0.259mの単位高さを持つ円柱体とした。人間は自分の周囲の個人空間を大切に、相互が物理的に接触する前にこの接触を避けようとする心理が働き、ある一定の距離を保とうとする。この心理的距離を個体要素仮想半径とし、この距離を考慮に入れた新たなバネである個体要素仮想バネを設定した。また、この心理的距離以遠では個体要素仮想バネが作用しないために個体要素相互に力は作用しない。

固有速度に至るまで人間に働く個体推進力の大きさは、歩行実験より得られた加速度により決定し、その作用方向は、個体要素の現在位置から進行方向を決定する目標点を設定し、その目標点方向に作用するものとした。また、個体要素とこの目標点を結ぶベクトルに対して左右90°の範囲、およびコーナーで遮られない領域を視野領域とし、この領域内で状況変化がある場合に目標点を変更するものとした。

また、個体要素がコーナーを滑らかに曲がるために、コーナーからは引力を作用させた。

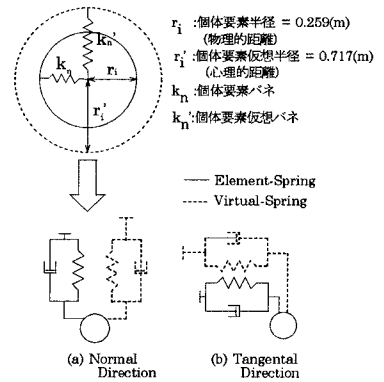


図-1 DEMによる人間のモデル化

3. 避難行動解析例

1980年8月に死者15人、負傷者222人という大ガス爆発事故を起こした静岡駅前ゴールデン地下街を対象に、ガス爆発当時と現在の地下街をモデル化して解析を行った。図-2、図-3に示すように、幅5m、長さ約200mの通路の構造で、地上への出口は旧地下街は11箇所、新地下街は8箇所である。要避難人員は、1993年11月に静岡市役所が実施した歩行流動調査のピーク時の17時~18時の結果を基に、575人とした。

避難者の初期配置としては、旧地下街平面の通路に乱数を用いて配置した。

避難時の歩行速度は、建築防災指針²⁾による不特定者収容用途の一般の廊下での歩行速度1.0m/secと、既存の調査で明らかにされた速い人の2.0m/secを用いた。この歩行速度を与える加速度としては、実験より得られた平常時の0.837m/sec²と緊急時の1.840m/sec²とし、それぞれケース1、ケース2とした。また、階段部の歩行速度は、建築防災指針²⁾で水平方向の歩行速度の1/2としていることから、本研究でもこの値を用いた。

シミュレーション条件としては、全避難者が地震等の被災直後に最短出口に向かって避難を開始すると仮定した。ただし、地震や火災・煙等の災害要因の影響は考慮していない。

解析例および解析結果を、図-2~4に示す。図中左上の数値は避難開始からの経過時間を示し、右上の数値はその時刻での避難完了者数を表している。また、図中の白丸は、各避難者を表し、各避難者から出ているベクトルはその避難者に作用している力を表している。図-2(a)から、旧地下街の30秒後の出口8付近において大きな力が作用している避難者がいることがわかる。

図-4(a),(b)は、それぞれケース1とケース2のシミュレーション開始からの経過時間と避難残留者数の関係を示したものである。旧地下街と新地下街とを比較すると、新地下街の方が避難効率が良いことが明らかである。

4. まとめ

DEMを避難行動解析に適用することにより、各個体および全体的な群集の動きが時間毎に把握できる。本手法を静岡駅前ゴールデン地下街の避難行動シミュレーションに適用した結果、避難残留者数は、避難の際の歩行速度にほぼ比例すること、避難時間の面から新地下街は旧地下街に比べ安全性の検討が十分なされていることがわかった。

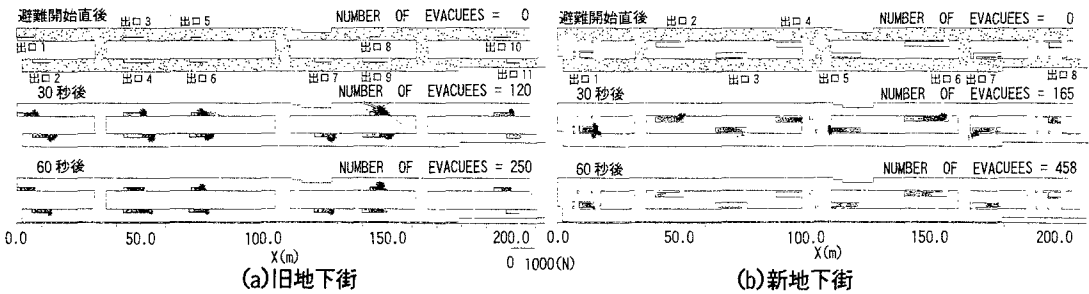


図-2 避難行動シミュレーション例（避難者575人、ケース1）

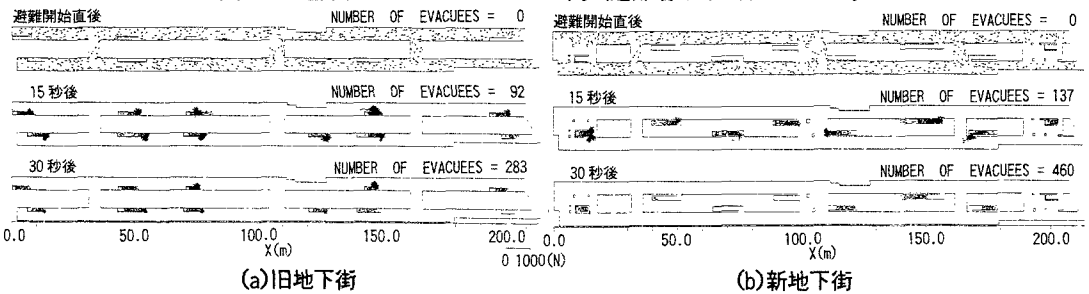


図-3 避難行動シミュレーション例（避難者575人、ケース2）

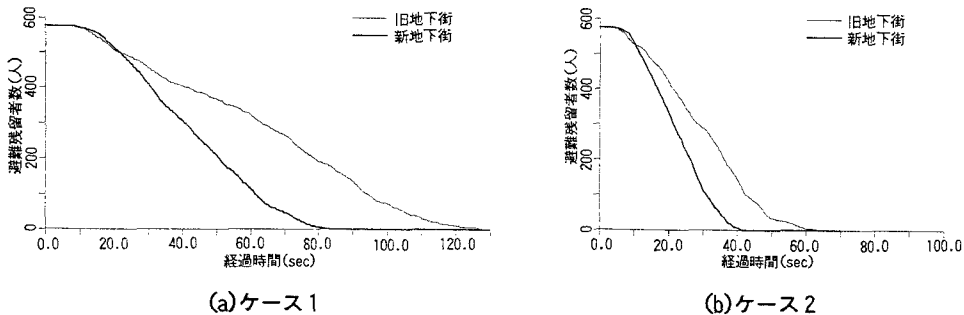


図-4 避難残留者数の変化

<参考文献>

- 1) Fruin, J. 長島正充訳：歩行者の空間，鹿島出版会，1974.
- 2) 建設省監修：新・建築防災計画指針 1985年版，日本建築センター，1985.