

I-758

遺伝子コードを用いた避難行動シミュレーション

山口大学 正員 ○瀧本浩一 山口大学 正員 三浦房紀
山口大学 正員 清野純史 山口大学 学生員 八木宏晃

1. はじめに

地下街や百貨店といった、日常不特定多数の人が集まる場所において万一災害が発生した際の人間行動を予測しておくことは防災対策を行う上で非常に重要である。災害時における人間行動のシミュレーションに関してはこれまで多くの研究がなされている^{1)・2)}。しかし、これらのシミュレーションモデルでは避難者の行動を再現することに重点が置かれ、災害時に避難誘導を行う防災要員の存在が考慮されていない。そこで、本研究は、遺伝的アルゴリズムの一部である遺伝子コードの生成と交叉を用いて人間の行動および人間どうしの情報のやり取りを行わせる避難シミュレーションモデルを構築し、火災時における避難行動を推定するだけでなく、災害時における防災要員の重要性について考察を行うものである。

2. シミュレーションモデルの構成

本研究で用いるシミュレーションでは対象とする地下街等を図1のように通路とその交差点をそれぞれリンクとノードで表し、防災要員や避難者はこれらリンクとノードの上を自由に移動することが出来るようになっている。火災はノード上で発生させ、煙は火災発生点から同心円状に拡散するモデルとした。火災が発生すると発生点から人命に無害な煙が0.5m/sの速度で、続いて40秒後に生命に危険を及ぼす煙がそれぞれ同心円状に広がる。次に、本シミュレーションの人間モデルとしては避難者と防災要員を設定し、防災要員は避難者へ非常口への情報を与えるものとする。火災発生前後の避難者および防災要員の行動は以下のようにして決定される。

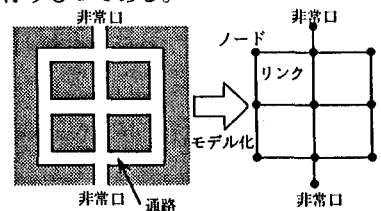


図1 空間モデル

①避難行動および方向決定はポテンシャル分布に従うものとする。火災発生前は各ノードのポテンシャル値はすべて-1とし、歩行者は乱数に従って進む方向を決め、速度1.3m/sで歩行を行う。火災発生後には出火点のポテンシャル値を0に上げ、非常口のノードのポテンシャル値を隣接のノードより十分に低い値に設定する。非常口への経路を知っている避難者の進行方向は、現在自分のいるノードに隣接するノードのポテンシャル値のうち最小値を持つノードへ歩行速度1.3m/sで進み、非常口を知らない避難者は、このポテンシャルの情報を与えず、乱数による歩行を続けさせる。なお、ポテンシャル分布 Ω は次式で与えられる。

$$\Omega = -\sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k} \quad (1)$$

ここに R_k : は避難者のいる位置から k 番目の非常口までの距離

②生命に危険を及ぼす煙の円内に避難者が取り込まれると、30秒経過するごとに、歩行速度が0.2m/sずつ低下し、90秒後に死亡する。

③防災要員はあらかじめ設定した場所に固定または設定したルートを歩行速度2.0m/sで巡回し、避難者が防災要員からの距離が5mの円内に入ると、ポテンシャル値の情報を伝達する。なお、防災要員は生命に危険を及ぼす煙の円内に入ると活動を止め、あらかじめ設定しておいた非常口への最短経路を通して退避する。

3. 遺伝子コードの適用

(1) 避難行動の遺伝子へのコード化 本シミュレーションでの人間行動を規定するための情報や避難者や防災要員のおかれた状態を表す情報を遺伝子にコード化する。図2に示すように避難者と防災要員の遺伝子はCとcを除いてそれぞれ1/0の2進数ビットで表し、Cは0~5、cは1~4で表す。

避難者の遺伝子コード	A	B	C	D	E	防災要員の遺伝子コード	a	b	c	d
A: 防災要員に出会ったかどうか (出会った:1, 出会わなかった:0)						a: 避難情報の与え方 (固定:0, 巡回:1)				
B: 火災を目撃したかどうか (見た:1, 見てない:0)						b: 避難活動を始めたかどうか (安全時:0, 危険時:1)				
C: 煙にまかれた時間 (0秒:0, 0~29秒:1, 30~59秒:2, 60~89秒:3, 90秒:4, 90秒以後:5)						c: 避難経路(4つの脱出経路の番号)				
D: 非常口へ到達したかどうか (到達した:1, 到達していない:0)						d: 非常口への経路の情報 (知っている:1のみ)				
E: 非常口への経路の情報の有無 (知っている:1, 知らない:0)										

図2 遺伝子コードの一例

(2) 避難情報の交叉 防災要員が自分の持っている非常口へのルートの情報を避難者に与える際、図3に

示すように非常口への経路を知っているかどうかを表した部分で一点交叉を行う。この際、この交叉に連動してAの部分が1に変わる。なお、通常の遺伝的アルゴリズムで行われるような親（防災要員と避難者）の遺伝子の交叉から子供の遺伝子を生じさせるということは行わず、単に避難者の遺伝子コードを上書きする。

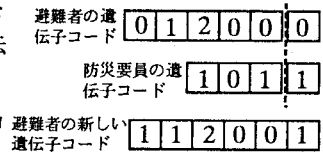
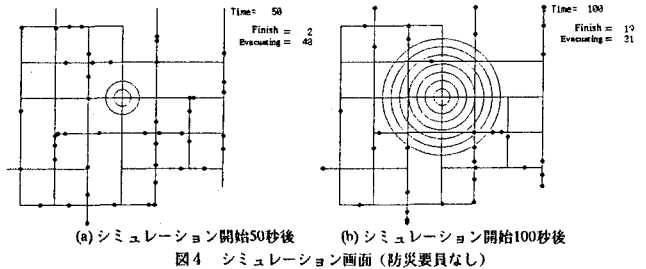


図3 交叉の一例

4. シミュレーション例

本研究で提案したモデルを実際の地下街に適用して避難シミュレーションを行う。避難者総数は50人とし、そのうち半数が非常口への経路を知らず、シミュレーション開始から30秒後に地下街の中心部から出火させ、同時に防災要員の活動を開始させた。避難完了時間は避難者が最後に無事に非常口に到達した時間とし、逃げ遅れた避難者が全員死亡すると、シミュレーションを終了させた。図4および図5にシミュレーション画面の一部を示す。シミュレーション画面における●印が避難者、○印が防災要員、拡散する煙は同心円で表示されている。図4は防災要員がいない場合であり、(a)はシミュレーション開始後50



秒後（火災発生後20秒）の状態で、この時点で避難成功者は2人である。さらに50秒後の(b)では19人が避難を完了し、31人がまだ避難中であることが分かる。図5は防災要員10人を巡回させた場合で、図4と同じ時間でそれぞれみると、(a)では、避難を完了した人間が11人、(b)では43人が避難を完了していることが分かる。次に、これら2ケースにおける避難成功者の人数の時間的変化の様子を図6に示す。図6から10人の防災要員を巡回させた方が、早期に多くの人間が避難を終えており、最終的な避難成功者の人数は防災要員がいない場合で35人、10人の防災要員を巡回させた場合で49人となり、避難成功者数に大きな差が出ている。さらに、防災要員を固定させた場合と巡回させた場合についてその数と避難完了時間との関係を図7に示す。

これより、防災要員を固定した時よりも巡回させた時の方が早く避難が完了し、防災要員の人数が多いほど避難完了時間は早くなるが、防災要員の人数が6人以上になると固定も巡回も避難完了時間が、ほぼ変わることが分かる。

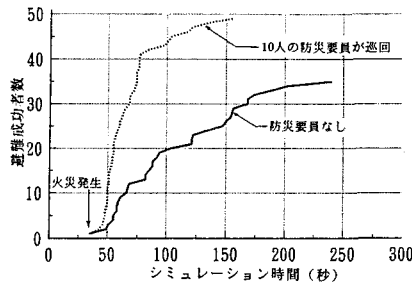


図6 避難成功者数の時間的変化

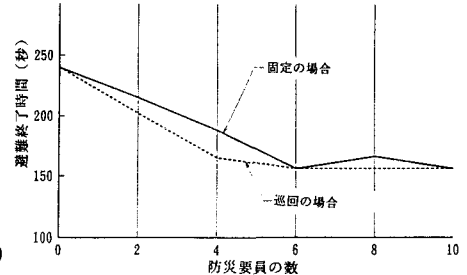


図7 避難完了時間と防災要員との関係

5. 今後の課題

本研究の今後の課題としては実際の避難者や防災要員の行動を再現するため遺伝子コードの追加が必要であること、過去の災害事例からの本シミュレーションモデルの検討が必要であると考えられる。

<<参考文献>>

- 1) 大槻 明:オブジェクト指向言語による地下街の地震時避難シミュレーション, コンピュータ・シミュレーション, コンピュータ・エンジニアリング社, Vol.2-4, pp.78-83, 1991.
- 2) 横山秀史・目黒公郎・片山恒雄:人間行動シミュレーションによる地下街の安全性評価に関する研究, 地域安全学会論文報告集, NO.3, pp.161-164, 1993.