CAによる群集歩行シミュレーションに関する一考察

金沢大学大学院　学生会員　廣岡　淳
金沢大学工学部　正会員　近田康夫
金沢大学工学部　正会員　城戸隆良

1. はじめに

地下街における防災計画は，閉鎖空間という特殊な状況下での災害に対して，その被害を最小限に抑えるような計画でなければならない．しかし，緊急時を想定した避難実験には非常に危険が伴うため，PC上での人の避難を考慮したシミュレーションを行うのが一般的である．

本論は，セルラオートマトン (以下，CA) を用いて，歩行者個人個人に歩行のための規則を適用させ，その相互作用として群集歩行行動の再現を試みる．これは，群集を歩行者の集団としてとらえる方法であり，より現実に即しているといえる．

2. セルラオートマトン (CA)

CAとは，人の介在なしで組織が自然に形成される自己組織化 (Self-organization) のような局所的な相互作用の原理に基づく計算手法である．その特徴は，簡単なセル間の局所的相互作用から複雑な現象を再現できることにある．

CAは，状態・近傍・遷移規則の3つの要素を有する．状態はセルの性質であり，近傍は注目しているセルの周辺のセル，遷移規則はあるセルの現在の状態とその近傍の状態をもとにそのセルの状態を変化させるための規則である．

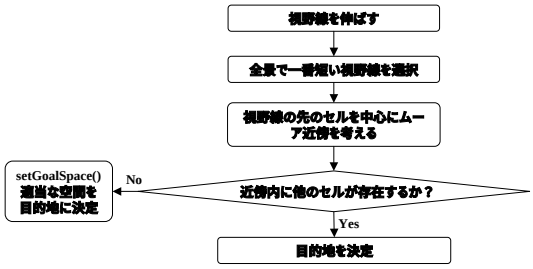
本論では，2次元CAとしてモデル化を行い，プログラム言語としてJAVA言語を用いる．

3. 群集行動

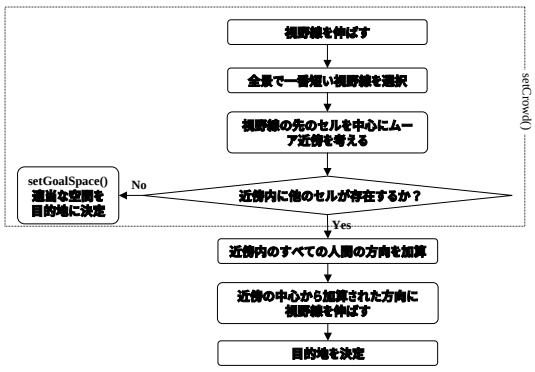
群集心理を考えるとき，Craig W.Reynolds[2)]は次の3つの行動を群集の基本とした．すなわち，Separation(別離)，Alignment(整列)，Cohesion(凝集) である．人間の避難時群集行動を再現するために，上記のAlignmentとCohesionの考え方を参考にする．このうち，Cohesionを再現するメソッドをsetCrowd()とした．

(1) メソッド setCrowd()

setCrowd() の処理内容を**図－1**に示す．



図–1 setCrowd() のフロー



図–2 setInOrder() のフロー

このメソッドによって，セルが目的地を決める際の優先順位は，既存シミュレーション[1)]の (出口) → (出口標識) → (誘導標識) → (適当な空間) であったものが，(出口) → (出口標識) → (誘導標識) → (**群集**) → (適当な空間) となるが，テストの結果，セルが1度群集を形成すると，その場所から動かなくなるという問題点も発生した．現実の人間の群れの行動を再現するには，(セルが群集を形成) → (群集があたかも1つのセルのように出口に向かう) という特性を持たせる必要がある．そこで，新たにメソッドsetInOrder()を追加する．

(2) メソッド setInOrder()

上記の群集が動かなくなる問題を解決するために，Craig W.Reynoldsの Alignmentの考え方を参考にする．setInOrder() の処理内容を**図－2**に示す．これにより，視野線の先のムーア近傍にいるセルの平均方向の先を目的地とするため，移動する群集に合流するという現象を再現できる．

上記のsetCrowd()にこのsetInOrder()を付け加えることによって，(セルが群集を形成) → (群集があた

Key Words: *CA*，歩行シミュレーション，群集行動
〒920-8667 石川県金沢市小立野2-40-20 金沢大学土木建設工学科内 TEL 076-234-4634

かも 1 つのセルのように出口に向かう) という行動が再現されるようになる.

4. テストシミュレーション

setCrowd() および setInOrder() によって形成された群集が実際にどのように地下街から避難するかを検証するため，**図－ 3** に示す比較的簡単な MAP で検証を行う．MAP のセルは意図的に配置されており，MAP の左上と右下に群集を配置し，さらに誘導標識が死角になっているセルを単独で配置した．この誘導標識が死角になっているセルがうまく群集を見つけ，誘導標識および出口標識を発見できればよいことになる.

開始直後，左上と右下の群集に 3 つのセルが反応した (**図－ 4**)．その後，これらのセルは誘導標識および出口標識に向かう群集に合流し，出口に向かうことになる (**図－ 5**)．その間も，初期には群集を見つけられなかったセルも群集を見つけ，シミュレーションの初期段階で誘導標識の死角にいたセルの数は徐々に減少していく.

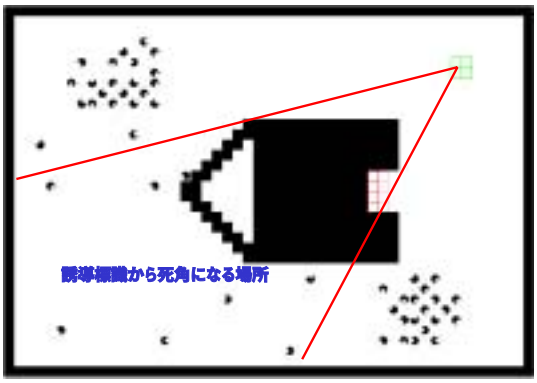
結果，**図－ 6** の通り，誘導標識から死角にいた 8 のセルのうち，5 までがうまく群集を発見し，群集が出口に向かう様子が確認できた..

5. 結論

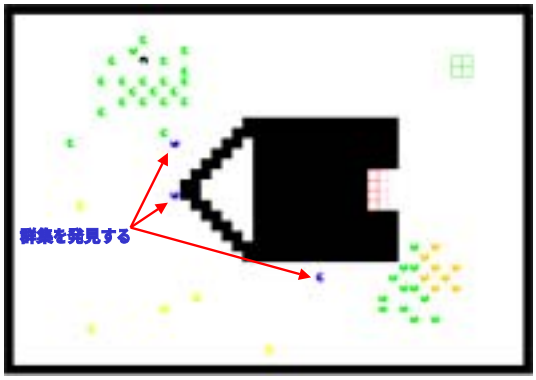
既存シミュレーション[1)]にメソッド setCrowd() と setInOrder() を付け加えることにより，初期状態によっては若干の問題点を残すものの，群集の形成と群集としての行動が再現できた.

6. 今後の課題

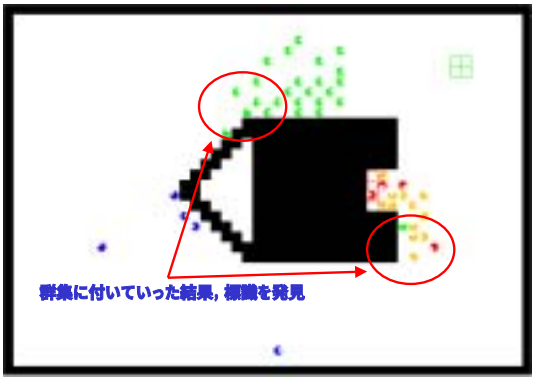
本論は現在，(1) 標識を確認できないセルが群集を発見するとき，発見した群集も標識を確認できないセルであった場合，行き先が定まらない，(2) 目的地が壁の外に設定されるなど，無限ループに陥る可能性がある (**図－ 6** の左下に残るセルがそれにあたる)，という問題点を抱えている．今後は，これらの問題点の改善を行い，シミュレーションシステムとしての完成度を向上させる予定である.



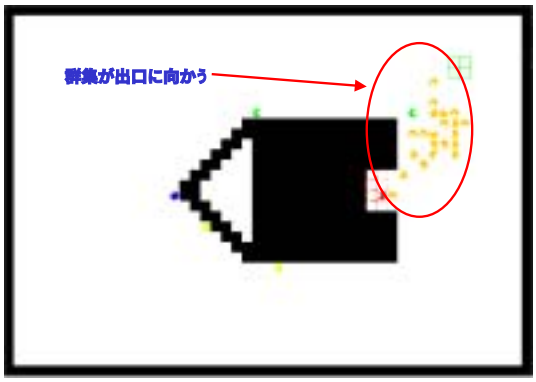
図–3 テストシミュレーション初期 MAP



図–4 テストシミュレーション結果



図–5 テストシミュレーション初期 MAP



図–6 テストシミュレーション結果

参考文献

1) 近田康夫・浅地剛成・城戸隆良，CA を用いた避難シミュレーションに関する一考察，構造工学論文集 Vol.49A，pp.217-224，2003.3
2) Craig W.Reynolds，http://www.red3d.com/cwr/