

エレベーター利用の効率化について

—エレベーター内の人の動きのシミュレーションから—

日大生産工(学部) ○渡辺 一樹, 堀内 理沙
日大生産工 豊谷 純, 吉田 亘克, 間田 潤

1 まえがき

エレベーター利用の効率化については, エレベーターの運転状況に合わせた制御システムにおいて議論が盛んであると考える (例えば, 行き先階でエレベーターを停止させておくのではなく, 利用の多い階もしくはその近くにエレベーターを動かし, 待機させておくような制御). ただし, 多くの人利用し, 行列が出来るような時間帯では, エレベーター自体は上へ上がり下へ下がるという割とシンプルな動きになってしまい, 制御システムによる効率化は望めないのではないかと思う (例えば, 37号館や39号館の1時限開始前の利用状況を思い浮かべてもらおうと良いだろう).

しかしながら, そのような状況下でこそ, エレベーター利用の効率化が必要なはずである. そこで, 我々は混雑時におけるエレベーターの考察を行うことにし, 効率化のヒントがないかを探ってみたところ, エレベーター内での人の動きが大きく乗降時間に影響しているのではという結論に至った.

本講演では, 人を対象とした実験として実データを取得するのが難しいエレベーター内の動きについて, シミュレーションを考え, より現実的な人の動きを再現できるように改良を重ねてきたので, その工夫の解説を行うとともに, そこから見えてくるエレベーター利用の問題点を提示し, 改善策を提案できればと思う.

2 セルオートマトン

利用者が増えるほどエレベーターの待ち時間は増えるが, その関係は単純に比例ではなく, 指数的な増大のように感じられる. その要因の一つに「エレベーター内の人の動き」があると考えた. ただ, エレベーター内部を観測するには, 常に観測者が乗っているか, ビデオ撮影を行う必要がある. しかしながら, 前者の方法は

負担が大きすぎ, 後者の方はプライバシーの問題があり実現が難しい.

そこで我々は, 交通流でよく用いられる「セルオートマトン」の手法¹⁾によりエレベーター内部のシミュレーションを行い, 考察を行うことにした.

「セルオートマトン」については紙面の都合上, 詳細な説明を省略するが, 簡単に言えば格子状の細胞と単純な規則により定められる離散的計算モデルである²⁾.

簡単な例として, 一列に並んだ細胞の次の状態 (活性: ■・不活性: □) は自分自身と両隣の細胞の状態によって,

□□→□ □■→□ □□→□ □■→■
■□→■ ■■→■ ■□→□ ■■■→■

の規則 (中央の状態の変換規則) により変化するとする. これにより得られた状態を変化の順に並べていくと, 図1のようなパターンが得られる. 図1において, ■を車と見ると, 前に空き (□) があると前に一つ進み, 前に車 (■) がいると動かない, すなわち, 簡単な交通流モデルになっている (前が渋滞していれば, 動いていた車も巻き込まれるが, 最終的にはすべての車が均一に動く様子も確認できる).

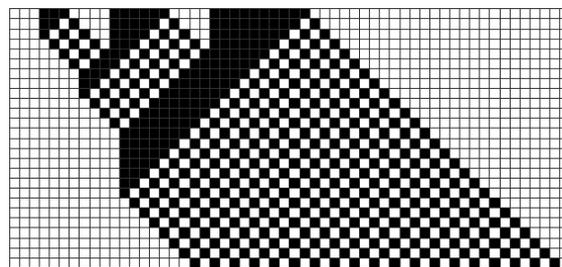


図1 セルオートマトンの例 (交通流モデル)

Efficiency of an elevator

— Simulation of human behaviour in an elevator —

Kazuki WATANABE, Risa HORIUCHI, Jun TOYOTANI, Nobukatsu YOSHIDA and Jun MADA

3 シミュレーション

前節のモデルと比較すると、エレベーター

内の人の動きを表すためには (図 2 参照),
 (1) 直線 (1次元) 的な動きから平面 (2次元) 的な動きにする.

(2) 降りるために動く人 (○) と空き (■) だけでなく, 降りたくない動かない人 (●) を考慮する.

という二つの拡張を行わなければならない.

拡張(1)については, 1次元格子上で考えていたものを 2次元格子上で考えればよい. 拡張(2)については, 2次元上の人を規則として与える際に

▶ 動かない人 (●) も動く人 (○) の邪魔になれば, 回避して動く人を通す.

を考慮しなくてはならない. 簡単そうに思えるかもしれないが, 実際の人の動きを考慮することにより, 本研究の最大の課題となった. 本紙面上で, 詳細を述べることはできないので, これらに関する工夫は講演で解説することにし, あとはシミュレーションに関して, 簡単にまとめておく.

Java を利用してプログラムを組んだが, プログラムを載せても仕方ないので, 動く人 (○) と動かない人 (●) の移動規則を簡単にまとめる: 出口に近い順に次の規則に従い人を動かす.

動く人 (○)

- 出口方向 (前, 斜め, 横の順で優先して見る) に空き (■) があれば移動する.
- 空きがなければ, その場に止まる.

動かない人 (●)

- 後方 (斜めも含む) に動く人 (○) がいて, かつ移動しない状態が続いている場合のみ空き (■) に移動する.
- 他の状況であれば, その場に止まる.
 ※ 簡単に書いているが, 実際には移動方向など複雑な規則になっている.

4 結果および検討

前節のシミュレーションにより, 例えば, エレベーター内の人の動きとして既に示している図 2 のようなパターンが観測できる. このシミュレーションをもとに, 「エレベーター内の人数」を変化させたときの「降車までにかかるステップ数」について数値計算を行った結果が図 3 である.

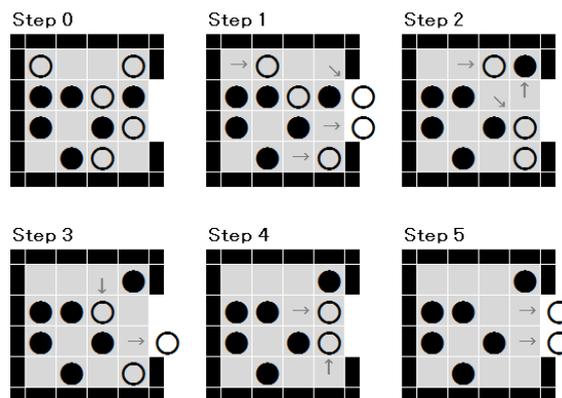


図2 エレベーター内のシミュレーション

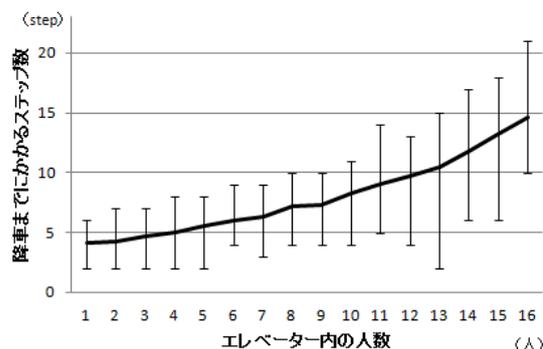


図3 降車時間と乗車人数

各人数で100回ごとの試行実験を行い, 平均を折線で, 最低値と最高値をエラーバーにより示している. 実証実験を行う必要はあるが, ある程度は妥当なシミュレーションだと考える.

5 まとめ

今後は, 本シミュレーションの妥当性の検証およびプログラムの改善を行うとともに, 図3に見られる最小値と最大値の差が大きい点について解析し, 最小の値 (効率化) が実現する状況を考察していく (降りる人と降りない人の人数比が大きく関わっているのではないかと予想している). そして, その結果を踏まえ効率化について提案を行いたい.

謝辞

教養・基礎の小林奈央樹先生にご助言をいただきましたので, ここに謝意を表します.

「参考文献」

- 1) 柳澤大地, 西成活弘「渋滞学のセルオートマンモデル」日本応用数理学会論文誌 vol.22, No.1 (2012) pp.2-13.
- 2) 時弘哲治「箱玉系の数理」朝倉書店 (2010) pp.1-12