

集団避難シミュレーションによる 航空機事故時の避難誘導政策の検討

豊橋創造大学 ○三好哲也 甲南大学 中易秀敏
甲南大[院] 上野由貴 滋賀大経済 中川雅央

A Study on Evacuation Support Policy in Urgent Aircraft Accident Using AAMAS Simulation

Tetsuya MIYOSHI, Hidetoshi NAKAYASU, Yuki UENO and Masao NAKAGAWA

1 緒 言

航空機の安全確保のために、事故後の脱出時間に関する制約が制定されている。米連邦航空局が制定した安全基準 (FAR Part 25.803(3) ¹⁾) では、「機内の全非常用脱出口の半分以上を使って、事故発生から 90 秒以内に乗客乗員全員が機内から地上に脱出できるような構造にすること」が機体設計に義務付けられ、欧州各国や日本も準じている。その検証のための実験も行われている ²⁾。また、効率的な避難行動の実現のために、様々な条件における避難状況を把握し、設備配置や避難誘導方法を検討するための避難シミュレーションに関する研究も報告されている ³⁾⁴⁾⁵⁾。

本報では、著者らが開発したマルチエージェントシステム ⁵⁾ に基づく航空機避難シミュレーションシステムを用いた避難誘導政策法の提案と、その有用性に関する検証について報告する。

2 脱出シミュレーションモデル ⁵⁾

2.1 機内設備配置と 2 次元セルモデル表現 航空機内の避難行動を模擬するために、機内を小セルに離散化して表現する 2 次元セルモデルを用いる。Fig.1 に脱出時の航空機の機内設備配置例として B777-300 の機内設備配置図とそれに対応する 2 次元セルモデルを示す。セルサイズは、シミュレーションにおいて脱出時間の上限推定値が得られることを念頭に 0.43m と近似した。

2.2 エージェントの行動モデル モデルで乗客行動を表すエージェントは、現在の自分の位置や状況を判断し、最短時間で非常口に到着することを目的として行動を決定する。エージェントの行動ルールを本研究では以下のように規定した。

(1) エージェントは 1 回の行動で 1 セル移動する。ただし、進行方向に他のエージェントや障害物がなければ、1 単位時間に 2 セルまで移動可能とした。1 セルの移動時間は、性別、年齢群により計測された速度のうち最遅速度である 0.98m/s とし ³⁾、1 セル移動するのに要する所要時間を 0.43sec と定めた。

(2) 視野内の情報から求めた目的地と近傍の設備状況の情報から近傍 8 セルを選択し移動する。

(3) 座席近辺では、非常口の方向に関係なく最寄りの通路側に移動する。

(4) 移動先セルが他の乗客で埋まっている場合は、移動可能になるまでその場で待機する。この場合は、非常口に脱出待機として待ち行列を形成する。

(5) 非常口に到達したエージェントは、脱出スライドで地上に脱出する。スライドで下降に要する時間は資料 2) より 2 秒と設定した。

(6) 非常口のサイズや大きさにより、MTBE(平均避難時間間隔)が固有に決まっており、避難乗客の到着間隔により、非常口付近に乗客が滞留する。

緊迫した避難状況では、エージェントの心理的影響が大きく指摘されているが、航空機事故においては、誘導等が適切になされ、避難行動が整然となされる場合も報告されている。本報告では、心理的影響のないことを想定したシミュレーション結果を報告する。

3 避難誘導政策

3.1 誘導先決定アルゴリズム 避難誘導政策を検討するに当たり、開発した航空機避難シミュレーションシステムによって、機種規模、乗客率 (ロードファクタ)、乗客の配置、非常口の開閉の条件を変化させて種々のシミュレーションを実施した。シミュレーション実験の結果から、上記条件で決定される非常口別の避難効率の不均衡が乗客全体の避難効率に強く影響することが明らかになった。以上の実験結果に基づき、本報告では、個々の非常口への避難乗客数の均等化を行い非常口の避難効率を高め、全体としての避難効率を向上させる避難誘導政策を提案する。避難人数の均質化のための乗客への誘導方法として、非常口を仮想的に移動することにより乗客の避難先を変更し、各非常口の避難人数を均質化する方法を提案する。

3.2 誘導先決定アルゴリズム 提案の避難シミュレーションシステムでは、経過時間に対する非常口別の避難人数をグラフ化し、非常口別避難効率を可視化している (Fig. 2 参照)。可視化された非常口別避難効率の中で、もっとも避難効率の悪い非常口を機体中央へ仮想的に移動することにより、非常口への避難乗客の再割り当てを実施し、そ

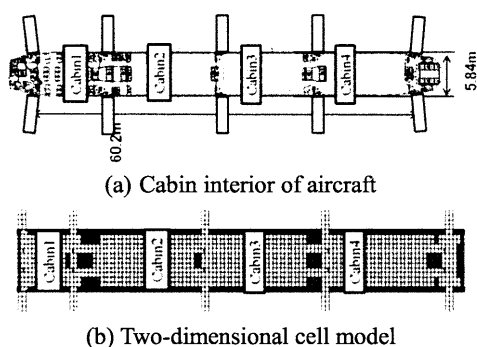


Fig. 1 Cabin interior and cell model (B777-300)

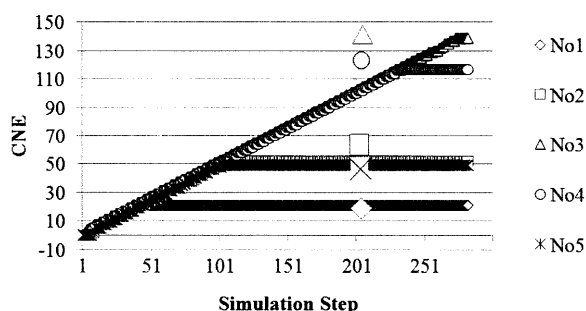


Fig.2 Cumulative number of evacuation passengers from each exit door

の状態での避難シミュレーションを行い、非常口別の避難効率を評価する。以上の手順をまとめると以下のとおりである。

- (1) 非常口位置を決定して避難シミュレーションの実施。
 - (2) 非常口別避難効率の要約 (Fig. 2, 避難効率の可視化)。
 - (3) 避難効率の悪い非常口を仮想的に機体中央へ移動。
- 移動にあたっては、隣接する非常口との位置関係を逆転せず一定の距離を確保するために、現在の非常口の位置と隣接する非常口の中央に移動することとする。
- (4) (1)から(3)の手順を繰り返す。

4 数値計算例

Fig. 1 に示す比較的大型機に属する B777-300 型航空機を対象に避難誘導政策の検討を行った。搭乗率 100%の状態 で片側 5 つの非常口が利用可能である場合の避難シミュレーション結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 に示した 5 つの非常口別の避難効率では、No. 3 の非常口が最も高く、No. 1 の非常口が最も低かった。この結果から No. 1 の非常口を仮想的に中央へ移動させて、再度、避難シミュレーションを行った。これを繰り返した経過を Fig. 3 に示す。最終的に Fig. 3 に示した 6 回の処理後 (Step6)、避難効率が改善されなくなり、改善過程を終了した。非常口が実際の場合 (初期レイアウトの場合) に、ここで得られた乗客ごとの誘導先非常口番号に、誘導避難させたときの避難完了時間は、85.42 秒であり、誘導しない場合の 119.39 秒に比較して短縮された。このときの非常口別避難効率を Fig. 4 に示す。

5 結 言

本研究において、航空機の避難シミュレータを用いた避難誘導政策策定についての提案とその評価を行った。避難誘導政策の策定では、非常口別の避難効率を均衡化する発

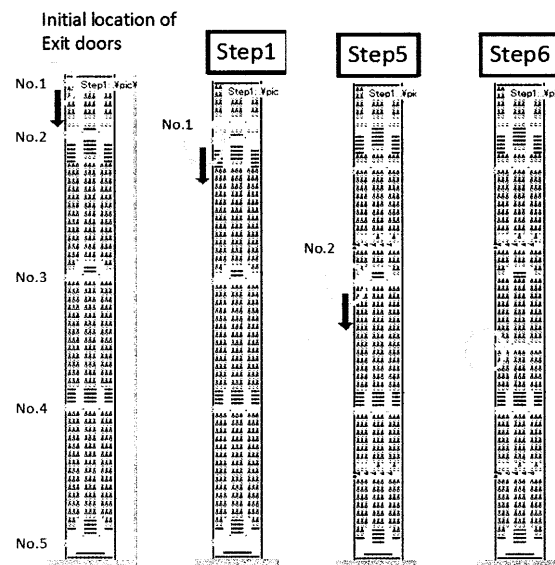


Fig.3 Determination process of exit door which each agent would go out in evacuation.

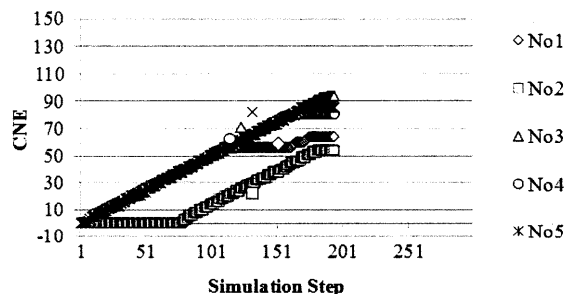


Fig.4 Result of Determination process of exit door which each agent would go out in evacuation simulation

見的手法を提案した。比較的大型機である B777-300 型航空機による避難シミュレーションと避難誘導政策策定を例示した。提案の避難誘導政策が避難時間を大幅に低減できることを数値例として示した。機内レイアウトや乗客配置の変化に対しても、提案の避難誘導政策策定法の有用性を評価することが今後の課題である。

参考文献

- 1) Federal Aviation Regulation FAR Part 25.803 Emergency Evacuation, Part 25 Appendix J. Part 121.391 Flight assistants, Washington DC, USA.(1990), [http : // www. flightsimulation .com/ data/FARS/part_25-803.html](http://www.flightsimulation.com/data/FARS/part_25-803.html)
- 2) National Transportation Safety Board. Safety Study: Emergency Evacuation of Commercial Airplanes, (2000).
- 3) A.Ceruti, and R.Manzini, , Aircraft evacuation dynamic model based on simulation tool, Advanced Simulation Technologies Conference and Business and Industry Symposium, Orlando, FL, *Society for Modeling and Simulation International*, 2003,
- 4) E.R.Galea. Predicting the evacuation performance of mass transport vehicles using computer models, Focus on Commercial Aviation Safety, 34, pp.14-15, 1999
- 5) 三好, 中易他, 航空機事故時の緊急避難シミュレーションモデルの構築, 日本機械学会論文集 (印刷中)