

マルチエージェントシミュレーションを用いた規制退場の順序の決定

2016SS071 杉浦遼哉

指導教員：佐々木美裕

1 はじめに

アリーナやドーム、スタジアムなど1万人を超える会場でのイベント終了後、一斉退場すると混雑が予想されるため、規制退場が行われることがある。規制退場とは、イベント会場の座席を階やブロックごとに分け、退場のアナウンスがあった階やブロックの人から退場を開始する退場方法である。このように混雑緩和に貢献している規制退場であるが、規制退場の順序を考慮することで、より混雑を緩和できると考えられる。本研究では、マルチエージェントシミュレーションソフト artisoc を用い、ナゴヤドームを例として、観客が最短ルートで規制退場する状況について考え、ドーム内の全ての観客が、退場するのにかかる時間が、最小になる規制退場の順序を求める。

2 artisoc について

artisoc は、日本で最も広く使われている複雑系シミュレーションプラットフォームである。マルチエージェントシミュレーションとは、複数のエージェントが周囲の状況を認識し、それに基づいた一定のルールの下で、自律的に行動するシミュレーションである。汎用のマルチエージェントシミュレーターという性格上、人工生命、人口社会などのシミュレーションに適しており、社会現象を分析する際に用いられる。[2]

3 シミュレーションモデルの説明

3.1 ナゴヤドームについて

図1はナゴヤドームでライブが開かれる際、座席を階やブロックごとに分けたドーム内マップである。ナゴヤドームは、左右対称に作られているため、右半分の空間を再現する。また、ライブ時は図1の上側にステージが設営される関係上、図1の赤の斜線で示した座席は使用されないため、考えないものとする。以上のことから、図1の青い

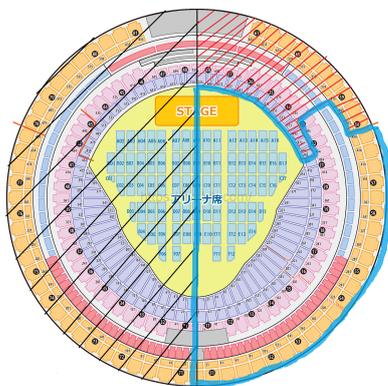


図1 ナゴヤドーム内マップ [1]

太線で囲った部分を用い、規制退場のシミュレーションを行う。

3.2 各エージェントの設定

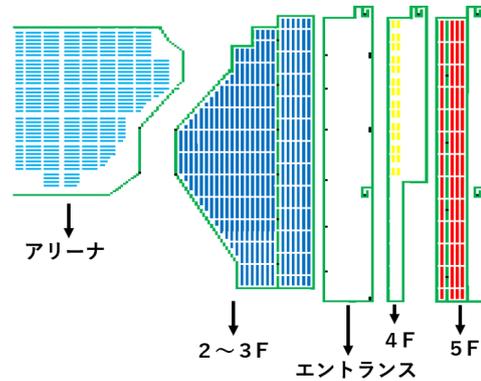


図2 モデル化した空間

図1のようにナゴヤドームは円形状になっている。しかし、シミュレーションを行う空間が格子状に分割されているため、本研究ではナゴヤドームを少し変形した空間を使用する。図2は、縮小したナゴヤドームをモデルに、壁エージェント（緑色のセル）、出入口エージェント（黒色のセル）、アリーナの椅子エージェント（水色のセル）、2～3Fの椅子エージェント（青色のセル）、4Fの椅子エージェント（黄色のセル）、5Fの椅子エージェント（赤色のセル）を配置した空間である。実際のシミュレーション画面では、アリーナ、2～3F、4F、5F、エントランスをレイヤごとに分けており、同一平面上には存在しない。レイヤごとに分けた空間を連結するために、指定した場所に到着した人エージェントを削除し、次に指定した場所から、同じ数の人エージェントを発生させるプログラムを組む。これにより5Fの階段下に到着した人エージェントが4Fの空間に生成され、空間を連結することができる。

3.3 人エージェントのルール

人エージェントは各レイヤに配置した椅子の上に1エージェント生成する。人エージェントは1ステップに前後左右のいずれかの方向に1セルだけ進むが、移動先のセル上に人エージェントが存在する場合、その場に立ち止まる。また、壁、各レイヤに配置した椅子を避け、歩行可能セルのみを通る。現実的なシミュレーションを行うためには、人エージェントがいるセルを歩行可能セルから除外する必要がある。しかし、大規模なシミュレーションを行う場合、人エージェントがいるセルを歩行可能セルから除外してしまうと、出口までのルートを探さず、その場に停止する人エージェントが多数発生する。そのため、本研究

では、人エージェントがいるセルは歩行可能エリアとし、移動先のセルに人エージェントが存在する場合、その場に立ち止まるというルールを用いる。

各人エージェントの目的地は、それぞれの初期配置から最も近い出口とする。そのため、人エージェントが生成されるときに同時に目的とする出口の座標を与え、出口までの最短ルートを配列に格納する。退場を開始した人エージェントは配列を参照し出口に向かうことで、毎ステップごとに最短ルートを調べる工程をなくし、シミュレーションの高速化を図る。

3.4 規制退場の順序

図3に示す5つの規制退場の順序を用いてシミュレーションを行う。次のフロアが退場を開始するタイミングは、現在退場を行っている階の退場率が90%に達した時とし、人エージェントは退場を開始するまで発生場所で停止している。パターン1は5Fの人が最初に退場を開始し、その後4Fの人、次に2~3Fの人の順で退場を開始する。パターン2はパターン1と逆の順で退場する。パターン3では最初に5Fとアリーナの人が退場を開始する。5Fの退場率が90%に達した時、4Fの人が退場を開始し、アリーナの退場率が90%に達した場合2~3Fの人が退場を開始する。パターン4はパターン3と逆の順で退場を開始する。

3.5 退場のルール

エントランスの出口がナゴヤドームから退場する出口となるため、全ての人エージェントは最終的にエントランスの出口へ向かう。エントランスにつながる出入口は2~3Fと4Fに存在するため、アリーナの人エージェントは2~3Fを経由してエントランスへ向かう。5Fの人エージェントは4Fを経由してエントランスへ向かう。

4 シミュレーション結果

アリーナに1511人、2~3Fに2204人、4Fに97人、5Fに423人の人エージェントを発生させ、合計4235人の人エージェントを発生させてシミュレーションを行った。1回のシミュレーションにかかった時間は約2時間である。5パターンのシミュレーションを10回ずつ行い、か

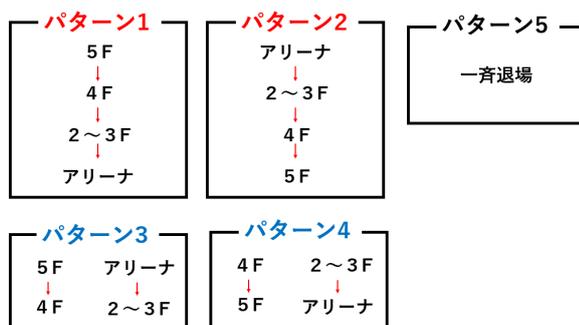


図3 パターン別退場順序

表1 各パターンのシミュレーション結果

	最小	最大	平均
パターン1	3617	3633	3625.4
パターン2	2993	3005	2999.5
パターン3	2995	3005	3000.3
パターン4	2950	2963	2956.6
パターン5	2953	2965	2957.8

かったステップ数をとった。表1における「最小」は各パターンごとの最小ステップ数、「最大」は各パターンごとの最大ステップ数、「平均」は各パターンごとのステップ数の平均を表す。退場が完了するまでにかかったステップ数が一番少なかったパターンを赤字で示し、一番多かったパターンを青字で示す。

5 結果の分析

シミュレーションを行った5つのパターンの中では、パターン4を用いると退場完了までの時間が最短となることが分かった。また、規制退場を行わないパターン5の場合もパターン4と同等のよい結果となった。パターン5の一斉退場では、ナゴヤドームの構造上、アリーナの人が2~3Fを通り、5Fの人が4Fを通るため、パターン4と似た退場の順序になり、パターン4と類似した結果が得られたと考えられる。シミュレーション中の人エージェントの動きから、アリーナと2~3Fの人をどのタイミングで退場させるかが退場時間を左右する大きな要因になっていると分かった。アリーナと2~3Fの収容人数が大きいため、全てのパターンにおいて最後に退場を完了するのがアリーナ、2~3Fの人エージェントであった。パターン2とパターン3の結果が似ているのはアリーナ、2~3Fの人を退場させるタイミングが同じだからである。パターン1が他と比べて極端にステップ数が多い理由は、収容人数の多いアリーナと2~3Fの退場が最後に設定されているからであると考えられる。

6 おわりに

ナゴヤドームの収容人数の約5分の1の人エージェントでシミュレーションを行い、実際にナゴヤドームで実施されている規制退場方法をシミュレーションした結果と比較すると、退場完了までの時間を約25%の短縮ができることがわかった。しかし、出口の個数や出口の流量、通路の幅などを約5分の1にはしていない。実際のナゴヤドームと同規模の空間を定義し、シミュレーションを行うことで、より現実的な結果を得ることができると考えられる。

参考文献

- [1] ライブ基地：『ナゴヤドーム スタンド席座席表と見え方について』。 <https://livekiti.com/>
- [2] 山影進：『人口社会構造指南』。構造計画研究所，2007。