

## 車いす使用者が含まれる映画館からの避難シミュレーション

### Evacuation Simulation from Movie Theater including Wheelchair User

河西 志歩<sup>1)</sup> 竹内 則雄<sup>2)</sup>  
Shiho Kasai, Norio Takeuchi

<sup>1)</sup> 法政大学デザイン工学部システムデザイン学科

<sup>2)</sup> 法政大学理工学部機械工学科

When a wheelchair user sees a movie while sitting down on a wheelchair, they cannot choose a seat. Under the present conditions, they appreciate a movie at a decided place. One of the reasons of this is the escape delay of a wheelchair user when a disaster occurs. And another reason is the hindrance of evacuation of other spectators by them. However, it is unknown whether this is true. In this paper, when the wheelchair user is included in the evacuation activity from the movies theater, influence to their activity is examined by the simulation. And we investigate the evacuation route, seat arrangement and entrance arrangement which do not have a wheelchair user escape delay.

**Keywords** : Wheelchair User, Evacuation, Simulation, Movie Theater

#### 1. はじめに

現在主流のシネマコンプレックスと呼ばれる複合型映画館<sup>1)</sup>の多くは、客席部の傾斜が大きく、後方座席へは階段での移動が前提となっている。したがって、このタイプの劇場における車いす使用者の席は、出入りのしやすさを考慮して、ほぼ全て前方に設置されている。一方、傾斜のほとんどない後方から入るタイプの劇場では、車いす使用者の席を後方に設置するケースも見られる。

いずれにせよ、車いす使用者が車いすのまま映画を見る場合、座席選択ができず、決まったスペースで鑑賞しているのが現状である。これは、災害時の避難において、車いす利用者の逃げ遅れや、他の観客の避難の妨げになるといったことが大きな理由であるように思われる。しかし、このようなことが実際に生ずるのか、定量的に検証されているわけではない。

車いす使用者がもっと気軽に、映画鑑賞をできるようにするためには、できる限り好きな位置での鑑賞ができるように、席の選択の幅を広げることが望

ましい。そのためには、映画館からの避難において、車いす利用者が含まれる場合、全体の避難行動に車いすがどのように影響するかを検討しておく必要がある。

そこで、本研究では、この影響をシミュレーションにより検討し、車いす使用者が災害発生時に逃げ遅れない避難経路や座席配置、出入り口配置を検証する。

#### 2. シミュレーションモデル

##### (1) 劇場のモデル化

劇場モデルを作成するため、全国にある29劇場の244スクリーンを調べ、1スクリーンあたりの平均座席数を割り出して一般化を図った。Table 1は、1スクリーンあたりの平均座席数である。調査では、1スクリーンあたりの座席数が70~534と、スクリーン規模が様々であったため、Table 1では、通常使用する出入り口の数（その他の非常口は除く）をもとにスクリーンを分類し、それぞれの合計座席数から、平均座席数を算出した。なお、調査対象の244スク

リーンにおいて、車いすスペースは最大 8 台、平均 2 台分設けられていた。

Table 1 Number of Average Seats per One Screen

出入り口数	スクリーン数	合計座席数	平均座席数
1	176	27948	159
2	65	20376	313
3	2	906	453
4	1	534	534

本論文では、この調査結果のうち、出入り口数が 1 つで平均座席数 159 の規模の映画館をシミュレーションの対象とし、同規模のワーナーマイカルシネマズ守谷 9 番スクリーン（出入り口 1 つ、163 席）を参考に劇場モデルを作成した<sup>2)</sup>。Fig.1 に作成したモデルを示す。

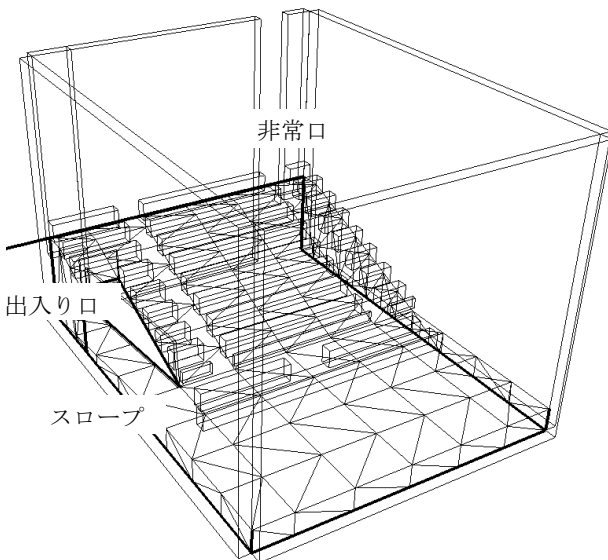


Fig.1 Simulation Model of Movie Theater

Fig.1 において、手前にスクリーンが設置されており、向かって左側に出入り口へと続くスロープが設けられている。通常の入退場は、この出入り口を用いて行われるが、災害などの非常時には右の階段を上ったところに設けられた非常口を利用することができる。本シミュレーションではこの非常口を利用した場合としない場合の両者について検討を行った。

座席は、スクリーン前方の平坦部に 2 列、階段部に 8 列設けられており、階段部分は 2 つの通路をはさみ、3 ブロックに分かれている。また、参考劇場では平坦部の前から 2 列目の中央に車いすスペース 2 台分が設けられているが、本シミュレーションで

は、それを参考に車いすの配置パターンを設定する。

劇場サイズは、13m（幅）×17m（奥行き）であり、東京都建築安全条例第 40～52 条 1 に基づき<sup>3)</sup>、スロープ幅 165cm、出入り口幅 165cm、非常口幅 120cm、階段幅 100cm とした。また、東京都火災予防条例第 49 条 2 に基づき<sup>4)</sup>、座席幅 55cm、座席通路幅 60cm とした。一方、車いすスペースは、大阪府福祉のまちづくり条例施行規則 3 を参考に<sup>5)</sup>、幅 90cm、奥行き 120cm とした。

## （２）人間のモデル化

人間は存在・行動する際に、肩幅や体の厚みなど占有する空間があり、その面積を考慮してモデルを設定する必要がある<sup>6)7)</sup>。Fig.2 は、本シミュレーションで用いる接触領域で、歩行者を半径 0.2m の円とした<sup>8)</sup>。

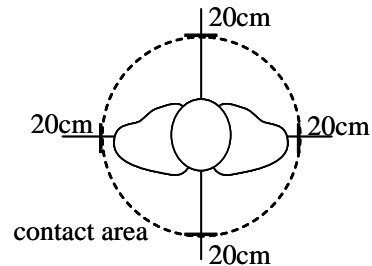


Fig.2 Contact area assumed in the simulation

電動車いすの寸法は、JIS T9203, ISO 7193, 7176/5（車いす）によれば、おおよそ、全幅 70cm 以下、全長 120cm 以下である。本シミュレーションでは、一方向への避難を想定しており、車いすを回転させたりしないという前提のもと、全幅 70cm を基準として接触領域を設定する。Fig.3 はこれらの関係を示した図である。破線の円が車いす使用者の接触領域で、半径 0.35m の円を仮定した。

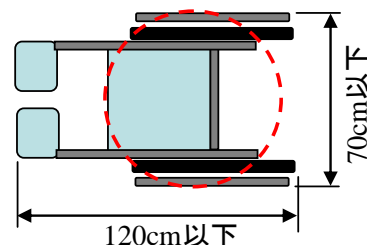


Fig.3 Size of Wheelchair

平成 12 年建設省告示第 1441 号第 2 より<sup>9)</sup>、歩行者の移動速度は、階段上り 0.45m/s、階段下り 0.6m/s、客席部分 0.5m/s、その他の部分 1.0m/s とした。

一方、車いす使用者の移動速度は、手動車いすと電動車いすで異なるが、本シミュレーションでは、これらを区別せず、平均値の 0.8m/s とした<sup>10)</sup>。ただし、車いす使用者は、介助者なしで自走をしているものと仮定する。

### 3. 基本的な避難行動の仮定

避難シミュレーションにあたり、劇場は満室状態で、入場者（観客）は全員が各々の座席に着席している状態を想定する。Fig.4 は、観客の着席状態を示した図で、この状態から避難を開始し、劇場内から人がなくなった時点で避難完了とする。なお、映画館には複数のスクリーンが設置されているケースもあるが、ここでのシミュレーションは Fig.1 に示す 1 スクリーン場内からの避難を対象として検討する。

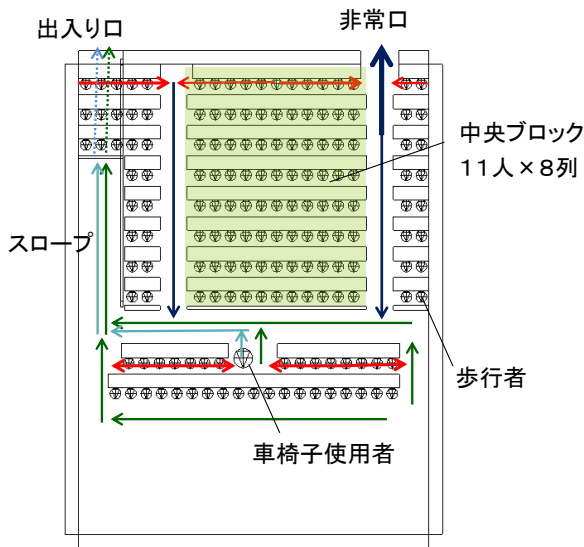


Fig.4 Initial State and Basic Evacuation Route

避難行動の基本は以下のとおりである。

- (1) 車いす使用者がない場合、全員一斉に避難を開始する。
- (2) 車いす使用者がいる場合は、それを優先し、その後一斉に一般入場者の避難を開始する。

実際は避難開始動作にばらつきがでるものと考えられるが、本シミュレーションでは、そのような行動は考慮せず、一斉に避難し始めることとした。

また、後述するシナリオに関係しない一般の入場者の避難経路は、通常の退場の仕方と同様に、座席の最寄りの階段または通路へ向かい、そのまま最短

経路で出口へ向かうものとする。Fig.4 に示した矢印は、その避難経路を示している。

## 4. 避難シミュレーション

### 4.1 避難口が一つの場合

ここでは、Fig.5 に示すような、出入り口が左スロープの先の 1 つのみである場合の避難行動について議論する。

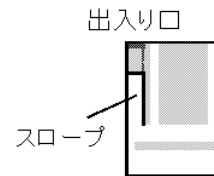


Fig.5 Doorway

#### (1) 一般入場者のみの場合

はじめに、車いす使用者が混在しない一般入場者のみの場合について検討する。

Fig.6 は、中央ブロックの（11 人×8 列）の避難経路を示した図である。ここでは、このブロックの観客が左右どちらかの通路（階段）に向かうものと仮定した。図中の赤の部分の観客は右側の通路へ、黄色の観客は左側の通路に向かう。

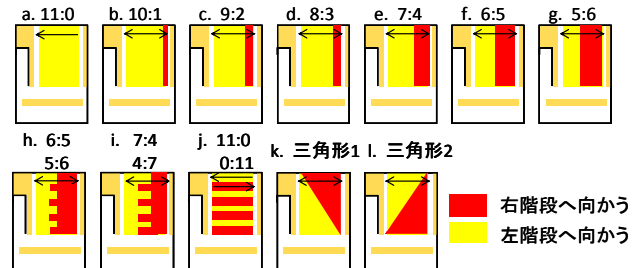


Fig.6 Evacuation Scenario Pattern ( Case-a ~ l)

避難シナリオは、全員が左の通路に向かう Case-a を基本として、Table 2 のように設定した。

Table 2 Evacuation Scenario (Case-a ~ l)

ケース	シナリオ
a ~ g	図中（左：右）の割合で左右の通路に避難
h	(6:5)と(5:6)の割合で交互に通路へ避難
i	(7:4)と(4:7)の割合で交互に通路へ避難
j	左右の通路へ交互に避難
k	前方から後方に向け右通路への避難者が増加
l	前方から後方に向け右通路への避難者が減少

Case-a の避難時間を 100%とした時のその他の避難方法による避難時間を Table 3 に示す. 表中, 劇場避難時間は全観客の避難が完了した時間で, 座席部避難時間は, 座席部から観客がいなくなった時間である. 狭くて身動きの取りにくい座席部に長い時間いることは精神的なストレスになり得るため, 全体の避難時間とともに, この点も検討した.

Table3 Evacuation Time (Case-a ~ l)

ケース	劇場避難時間	座席部避難時間
a	100	100
b	98.9	94.2
c	98.2	87.1
d	94.3	87.8
e	93.8	94.9
f	98.1	64.0
g	100.1	73.7
h	99.0	64.8
i	94.9	79.3
j	104.3	80.6
k	104.2	66.8
l	93.8	86.4

(単位: %)

本シミュレーションによれば, Case-e と l が 93.8% で劇場避難時間が最も短く, Case-f が 64.0% で座席部避難時間が最も短い.

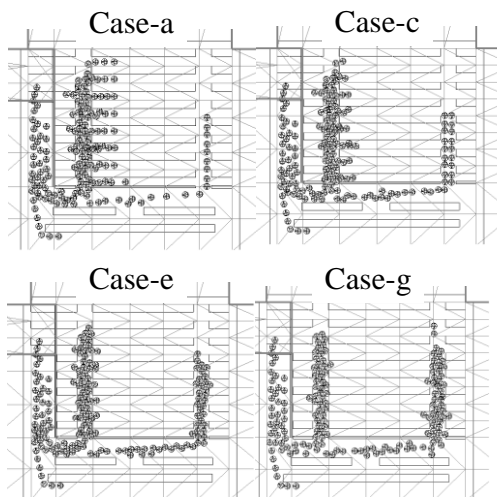


Fig.7 Congestion Situation  
(Evacuation Time form Theater at 20%)

Fig.7 は, Case-a の避難時間 20%経過時の避難状況を示した図である. Case-a から Case-g にかけて左階段へ避難する観客が減少し, 右側からの避難者が増加する. その結果, 左右のバランスが良くなり, 通

路への避難が比較的スムーズに進み, 座席部避難時間が短くなる. また, Case-a, Case-c, Case-e と左階段へ避難する観客が減少するにつれて, 左階段での混雑が解消され劇場避難時間も短くなる.

一方, Case-f から Case-g にかけて右階段を使用する観客が増加し, Case-g で過半数を超えると, 劇場避難時間に及ぼす効果はなくなった. これは, 右階段から降りる観客が増加することによって, 出入口までの移動距離が長くなり, 避難時間の増加につながったものと思われる.

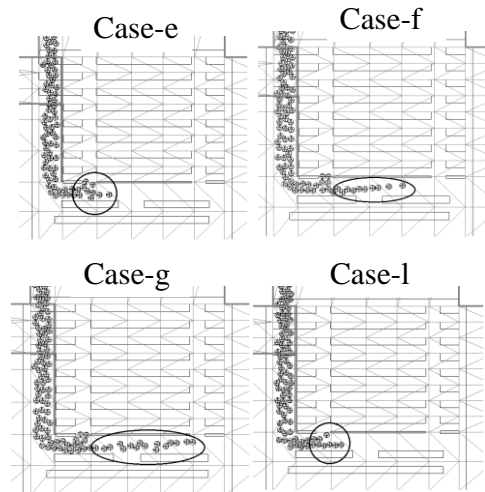


Fig.8 Congestion Situation (at Confluence)

Fig.8 は, 右側通路からの避難者が左側通路の避難者と合流したときの混雑状況を示した図である. 劇場避難時間が短かった Case-e に比べ, Case-f, Case-g とも右通路からの観客に避難遅れが生じている. 一方, Case-l は, 劇場避難時間が Case-e と同じく最短であったケースで, この場合は, 合流部における避難遅れは少ない.

列によって避難者数を三角形の形に変化させる Case-k と Case-l では, スクリーン後方に向かうほど右側通路への避難者が減少する Case-l の方が, 劇場避難時間が短く, 全体でも最短であった. これは, 出入口までの距離が長い後方の座席の人の多くが出入口に近い左階段を使い, その分距離が短い前方の人が右階段を使うようにしたためである.

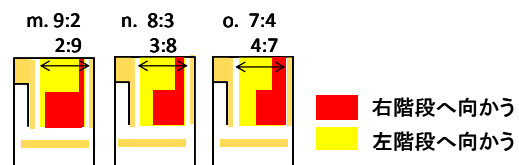


Fig.9 Evacuation Scenario Pattern ( Case-m ~o)

以上を踏まえ、新たなシナリオとして、Fig.9 に示す Case-m, n, o を設定した。これらのケースでは、座席をスクリーン前方 4 列と後方 4 列に分け、それぞれのブロックで、左右通路への避難者数を変えている。Table 4 にこれらのケースにおける避難シナリオを示す。

Table 4 Evacuation Scenario (Case-m ~o)

ケース	シナリオ
m	前方 4 列：(2 名左：9 名右) に避難
n	前方 4 列：(3 名左：8 名右) に避難
o	前方 4 列：(4 名左：7 名右) に避難

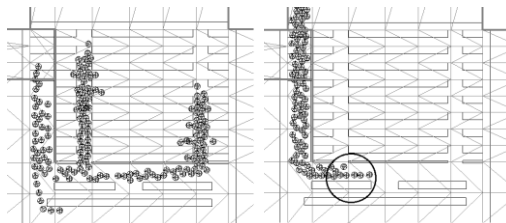
(後方 4 列は前方 4 列の逆)

Table 5 に各ケースのシミュレーションによる避難時間を示す。ただし、表は Case-a の避難時間を 100% として表している。どのケースも、劇場避難時間は Case-a に対して 94% 台で、効果的な避難が行えている。中でも、Case-n は、座席部避難時間も 59.9% と、Case-a ~ Case-l までを含めても最短の時間となっている。

Table 5 Evacuation Time (Case-m ~ o)

ケース	劇場避難時間	座席部避難時間
m	94.3	78.7
n	94.2	59.9
o	94.9	65.8

(単位：%)



(a) at 20% time (b) at Confluence

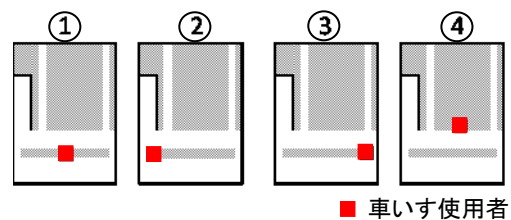
Fig.9 Congestion Situation (Case-n)

Fig.9(a)は避難時間 20%の時の Case-n における混雑状況を示した図である。右階段ではやや混雑が起きているものの、左階段では前方がきれいに隊列になっており、後方の観客がスムーズに避難できる。階段での混雑は将棋倒しの危険性を含んでおり、これは安全性の面から眺めても重要なことである。また、図(b)に示すように、Case-e や l と同様、左右の階段から降りてきた人の合流状況も遅延がなく、全体の劇場避難時間の短縮につながっている。

(2) 一般入場者と車いす 1 台の場合

Table 3 および Table 5 に示した結果を参照し、劇場避難時間または座席部避難時間が最短であったシナリオ Case-e, l, n の 3 つのケースに対して車いす使用者を配置したシミュレーションを行う。車いすの配置場所は、Fig.10 に示すように、下記の 4 ケースとした。

- ①前から 2 列目中央 (規定位置)
- ②前から 2 列目左端
- ③前から 2 列目右端
- ④3 列目中央の



■ 車いす使用者

Fig.10 Wheelchair Arrangement

Table 6 にシミュレーションによる避難時間を示す。行がケース、列が車いすの配置パターンを表している。表の「なし」の列は、車いす使用者がいない場合の避難時間である。これまでと同様に、Case-a の避難時間を 100% としている。車いす使用者の出入り口までの距離が長くなるにつれ、避難完了時間も増加した。ただし、各ケースとも、出入り口に一番近い車いす配置パターン②の場合、車いす使用者が避難に与える影響は少ない結果となった。

Table 6 Evacuation Time with Wheelchair (Case-e, l, n)

ケース	なし	①	②	③	④
e	93.8	108.8	93.7	125.6	113.3
l	93.8	108.8	94.7	126.8	112.0
n	94.2	112.5	98.7	129.4	112.8

(単位：%)

4.2 避難口が二つの場合

Fig.11 は、本節のシミュレーションモデルを示した図である。

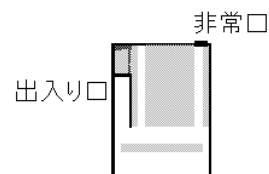


Fig.11 Doorway and Emergency Exit

図に示すような、避難口として、左スロープの先の出入り口と、右後方の非常口の2カ所使用できる場合について検討する。

**(1) 一般入場者のみの場合**

はじめに、車いす使用者が含まれない、一般入場者のみで満室状態のシミュレーションを行う。

Fig.12 は、入場者が使用する避難口の状況を示した図である。図中の赤い箇所の入場者は、右後方の非常口から避難する。それ以外の入場者は、Case-fと同じ配分で、左右の通路から避難する。避難シナリオの詳細を Table 7 に示す。

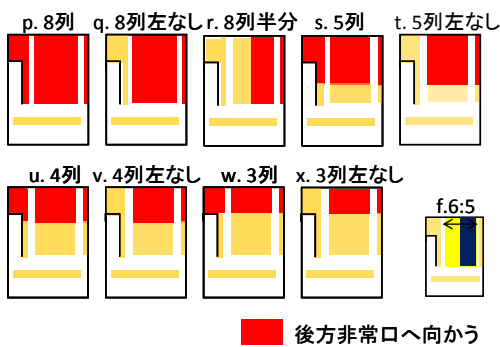


Fig.12 Evacuation Scenario Pattern ( Case-p ~ x)

Table 7 Evacuation Scenario (Case-p ~ x)

ケース	シナリオ (非常口からの避難者)
p	階段部全列
q	左ブロックを除く階段部全列
r	中央ブロックの半分の階段部全列
s	階段部後方5列
t	左ブロックを除く階段部後方5列
u	階段部後方4列
v	左ブロックを除く階段部後方4列
w	階段部後方3列
x	左ブロックを除く階段部後方3列

Table 8 Evacuation Time (Case-p ~ x)

ケース	劇場避難時間	座席部避難時間
p	93.9	130.1
q	81.6	108.3
r	85.7	59.9
s	72.2	95.0
t	76.7	66.5
u	76.1	78.5
v	76.7	58.4
w	80.9	86.3
x	80.8	57.9

Table 8 にシミュレーションによる避難時間を示す。これまでと同様、Case-a の避難時間を 100% とした場合の値で示している。劇場避難時間は、Case-s が 72.2% で最も短く、座席部避難時間は、Case-x が 57.9% で最短であった。

しかし、Case-s では、Fig.13 に示すように、右の階段に出る際に混雑がおり、Case-x では座席部を出た後に左の階段で渋滞が起きていた。

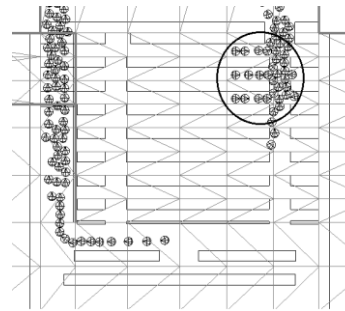


Fig.13 Congestion Situation (Case-s)

座席部避難時間と劇場避難時間がバランスよく、効率的な避難が可能であるのは、Case-v である。この方法は、後部4列の入場者が非常口から避難するケースで、非常口の避難容量のバランスが適切で混雑がおきにくかったためと思われる。

**(2) 一般入場者と車いす1台の場合**

車いす利用者を含まないシミュレーションの結果、バランスのとれた避難ができるのは Case-v であった。そこで、このケースに車いす利用者1名を追加してその影響をシミュレーションにより検討した。

Fig.14 は、Case-v の避難行動の図に車いす使用者の配置を記載した図である。Case-v1, v2, v3 では、車いす使用者は前方出口から避難する。Case-v4 は、後方非常口に最も近い場所に車いすが配置されており、避難もこの非常口から行う。

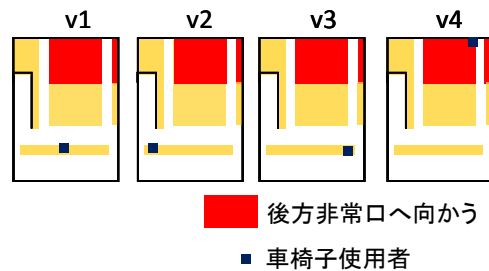


Fig.14 Wheelchair Arrangement ( Evacuation Scenario : Case-v)

Table 9 は、この場合のシミュレーション結果である。この結果も、これまで同様、Case-a の避難時間を 100% とした避難時間である。

Table 9 Evacuation Time with Wheelchair (Case-v)

v	v1	v2	v3	v4
76.7	91	76.7	108.8	76.7

出入口ひとつの場合と同様に、車いす使用者の出入口までの距離が長くなるにつれて、避難完了時間も増加する。ただし、Case-v2 と Case-v4 のように、車いすの配置が出入口に近い場合は、車いす使用者が含まれない場合と同じ避難時間で避難可能となっている。

## 5. まとめ

本論文では、劇場からの避難方法についてシミュレーションにより検討した。さらに、入場者に車いす利用が含まれている場合の避難行動に対する影響についても検討を加え、以下の結果を得た。

- (1) 避難経路としての左右通路の選択の違いによって全体の避難時間に違いが見られた。このことから、例えば、通路の妨げにならない程度の仕切りを入れることで、スムーズな避難を促すことが考えられる。
- (2) 車いす使用者の速度が遅ければそれに応じて全体の避難時間も伸び、出入口との距離が遠ければそれに応じて全体の避難時間も伸びる。しかし、出入口に最も近い位置など、適切な位置に車いす使用者の席を設ければ、一般の人の避難時間及ぼす影響は小さい。
- (3) 非常口を前方と後方の 2 つに設置することで、1 つの時に比べ避難時間がおよそ 8 割に短縮できた。劇場の大きさによって出入口の数は義務付けられているが、出入口を有効に活用すればより安全に避難ができる。

本研究では一般席満席、車いす 1 台でのシミュレーションを行ったが、歩行者のばらつきは考慮していない。また、複数の車いすの場合や、大規模劇場での非常口の設置位置などは、今後の課題である。

なお、シミュレーションには、人工知能を有する群衆シミュレーションソフト (AI.implant<sup>11)</sup>: 情報メディア教育研究センター、ラボラトリ・ライブラリー) を使用した。

## 参考文献

- [1] <http://ja.wikipedia.org/wiki/シネマコンプレックス>
- [2] <http://www.warnermycal.com/cinema/moriya/>
- [3] [http://www.reiki.metro.tokyo.jp/reiki\\_honbun/g1011306001.html](http://www.reiki.metro.tokyo.jp/reiki_honbun/g1011306001.html)
- [4] [http://www.reiki.metro.tokyo.jp/reiki\\_honbun/g1012311001.html](http://www.reiki.metro.tokyo.jp/reiki_honbun/g1012311001.html)
- [5] [http://www.pref.osaka.jp/houbun/reiki/reiki\\_honbun/ak20108621.html](http://www.pref.osaka.jp/houbun/reiki/reiki_honbun/ak20108621.html)
- [6] 日本建築学会編, “第 2 版コンパクト建築設計資料集成”, 丸善株式会社, 1994
- [7] 経済産業省, “size-JPN 2004-2006 調査結果について”, <http://www.meti.go.jp/press/20071001007/20071001007.html>
- [8] 岡田裕作, 竹内則雄, “避難時における指差誘導法および吸着誘導法に対するシミュレーション”, 法政大学情報メディア教育研究センター研究報告, Vol.20, pp. 55-62, 2007
- [9] 建設省告示第 1441 号第 1~第 4
- [10] Boyce KE, Shields TJ, "Towards the characterisation of building occupancies for fire safety engineering: capabilities of disabled people moving horizontally and on an incline", *Fire Technology*, Vol. 35, No. 1, National Fire Protection Association, pp.51-67, 1999
- [11] [http://realviz.jp/catalog/AI.implant\\_Jan.pdf](http://realviz.jp/catalog/AI.implant_Jan.pdf)