

## 空港での災害時における人間関係と避難者の特徴を考慮した 避難行動について

TA090908

中川 千尋

### 1. 研究の目的と背景

空港で大規模災害が発生した場合に備えて、各空港は避難対策を徹底する必要がある。災害が発生した場合、人的被害の縮小には、避難者の行動が大きく関わっている。

また、空港という不特定多数の人が集まる特殊な環境を想定したとき、避難者の年齢・性別・思考・国籍・人間関係などは、多種多様である。そのため、空港での大規模災害時には、大勢の避難者や救助隊が様々な行動をとる、複雑な状況を考える必要がある。また、大規模災害のような緊急事態発生時には、人間の心理が大きく影響すると考えられる。避難者の人間関係や特徴まで考慮した災害非難を想定するために、シミュレーションを用いる必要性を提案し、空港の災害対策のさらなる向上のための第一歩となることを目的としている。

#### 2.1 避難行動に関する既往の研究

避難行動をする際に重要なのは、避難する上で把握しておくべき重要な要素が何なのか、どのような考え方、知識が必要なのかを事前に知っておくことである。災害の種類ごとにその避難方法や優先順位、把握しておくべき要素が変わってくるため、既往の研究から地震、水害、火災、航空災害の4つに分類し、災害の種類ごとに避難行動で重要な要素を挙げる。

#### 2.2 災害時の人間心理

突然災害が発生した時の人間の心理状況は通常時とは大きく異なったものになる。

既往の研究で行われた、不意の警報とそれに関する被験者の対応行動の関係を明らかにするための実験で、複数時の避難行動の抑制作用が明らかになった。

さらに、歩行者の空間行動は、実に多種多様なものであり、これまで長年にわたり観察・実測・実験研究が蓄積されている。これらの知見に基づいた、避難者の行動特性を示す。

表1 屋内避難者が陥りやすい行動特性

特性が顕著となる場合	避難行動特性	行動内容
建物に慣れていない人 (メンタルマップのない人)	(1) 帰巢行動	入ってきた経路を逆に戻ろうとする
	(2) 追従行動	先行する避難者や、他の人が逃げる方向についていく
建物に慣れている人 (メンタルマップのある人)	(3) 日常動線への回帰	日頃から使い慣れている経路や階段を使って逃げようとする
	(4) 安全機器への固執	認識している安全な避難階段等の経路、あるいは、自分が安全だと考えた経路に向かう
建築空間の特徴に応じて	(5) 至近距離選択	一番近くの階段や経路を選択する
	(6) 易視経路選択	目につきやすい非常口や階段に向かう、あるいは、目についた誘導標識の方向に向かう
	(7) 直進法	見通しのきくまっすぐな経路を逃げる、あるいは突き当たるまで経路を直進する
危険が迫った場合	(8) 危険場所回避	煙がただよっている階段を避ける等、危険場所を回避する
	(9) 付和雷同	多くの人々が逃げる方向を追いかける、人の声や指示に従う
	(10) 向光性行動・向開放性行動	煙の充満している中で、明るい方向に向かう

#### 2.3 要援護者を考慮した避難行動

2001年版・避難安全検証法の解説及び計算例とその解説において、「避難安全検証法の制約」として避

難行動に関して、自力で避難できる事を前提に避難に要する時間の計算方法がつくられている。災害時に援護を必用とする施設での避難計画では、建物側の安全性を十分に担保した上で、一般の避難者よりも避難時間が長くなる事を考慮する必要がある。

そこで、要介護者の避難行動に対する評価法の検討と、避難用車いすを利用する場合の操作性への影響について、既往の研究から考察し示した。

### 3. シミュレーション内容の設定

シミュレーション実行を提案するにあたって、エージェントが行動する空間の設定や避難行動のモデル化、ルール設定が必要である。以下は、構造計画研究所が開発した artisoc<sup>2)</sup> の考え方に沿って、条件設定の方法を考察した。

#### 3.1 空間のモデル化

身近なF空港国際線ターミナル1階をモデル化する。



左側から出口1～出口6の6つの出口が存在する。出口付近においては、幅も狭く、単位時間あたりに通過できる人数が制限されるため、混雑が発生する。

また、モデル空間内には計11箇所に消火器が設置されている。現地調査を通して、消火器の説明書きは日本語と英語表記のみであることや、すべての消火器には説明書きが添えられていないことがわかった。さらに、1階の天井には火災報知器と音声スピーカーが等間隔で設置されている。広範囲に設置されているため、避難誘導アナウンスおよび火災警報が作動した場合、どこにいてもアナウンスを聞き、危険を察知することができる。

今回提案するシミュレーションのモデル空間は1階のみを対象とするため、エレベーターやエスカレ

ータ部分は壁同様、人の通り抜けが出来ない部分とみなし、障害物として定義する。

### 3.2 避難行動のモデル化

#### ● 1セルの定義

1セルとは、シミュレーション内の避難者エージェントの大きさのことである。人体寸法は歩行者のモデリングにおいて重要な意味を持っている。一般的に99%の人の肩幅は52.6 cm以下であるとされる。

完全に服を着た状態で人は、33 cm以下の胸の厚みと、57.9 cm以下の肩幅を持つとされているが、荷物を持った状態や身体の揺れを考慮し、設計上有用な手段として人体は60 cm×45 cmの楕円形に置き換えられる。

MASの仕様を考慮し、1セルの大きさを、人体楕円を囲う60 cm×60 cmの正方形と定義する。参考にした人体寸法の表を以下に示す。

表2 いろいろな姿勢の人体寸法と占有面積

姿勢		間口寸法 (mm)	奥行寸法 (mm)	占有 面積 (mm <sup>2</sup> )	占有 率 (%)
何も持たずに 自然に立っている	男	580	300	174,000	100
	女	484	252	121,968	70.1
ショッピングバック を持っている	男	587	426	250,062	143.7
	女	484	323	156,332	89.8
車いすに乗っている		700以下	1200以下	840,000	482.8

#### ● 1ステップの定義

1ステップとは、シミュレーション内の避難者エージェントの1歩のことである。一般的に人間の歩行速度は4 km/h(≒1.1 m/s)であるとされている。

上記のこともふまえて、本研究のシミュレーションにおける空間内の避難者エージェントは、基本的には1セルに1体のみ存在し、1ステップに1セルの移動が可能であるとする。

これは1ステップあたり約60 cm移動することを意味している。このことと歩行速度の関係性から、MASの1ステップの経過時間を0.5秒と定義する。



### 3.3 避難行動のルール設定

各避難者エージェントは周囲の情報を基に、総合的に最優先移動方向を決定し、のちに移動距離など具体的な行動決定を行う。

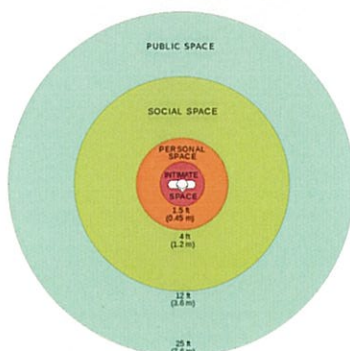
移動方向と視野を定義し、他者から影響を受ける範囲の定義はパーソナル・スペースの考え方を基に、本論文で提案する避難行動シミュレーションでは、公衆距離近接相(3.6m~7.5m)の中間値である5.5mを通常の動作で相手に意思を伝えることができる距離とする。

従って、1セル=0.6mであることから、他者から影響を受ける範囲を9セルと定義する。参考にしたパーソナル・スペースの考え方を示す。

表2 4つの距離帯

密接距離 (intimate distance)	0cm~45cm	・身体に容易に触れることが出来る距離 ・家族、恋人など、ごく親しい人がこの距離にいることは許されるが、それ以外の人がこの距離に近づくと不快感を伴う
固体距離 (personal distance)	45cm~120cm	・二人が共に手を伸ばせば相手に届く距離 ・友人同士の個人的な会話では、この程度の距離がとられる
社会距離 (social distance)	120cm~350cm	・身体に触れることは出来ない距離 ・あらたまった場や業務上上司と接するときにとられる距離
公衆距離 (public distance)	350cm以上	・講演会や公式な場での対面るときにとられる距離

図1 Personal Space



さらに、周囲の情報から移動方向を決定するため、災害時の人間の行動特性を踏まえ、優先度に組み込む指数とエージェントの行動決定を設定する。

〈優先度に組み込む指数〉

- 目的地指向
- 障害物判定と危険回避指向
- 防衛指向
- 開放空間指向
- 同調指向

〈エージェントの行動決定〉

- 速度の定義
- 人判定と移動距離(速度)の決定
- 出口付近の避難者エージェントのルール設定
- 火エージェントのルール設定

### 4. シミュレーションの必要性

本論文では、空港で災害が発生した場合の避難行動を計画するためのシミュレーションの必要性及びシミュレーションで規定すべき条件を述べている。実際にシミュレーションを実行したわけではないが、本論文で規定した条件でシミュレーションを実行した場合、結果を実際の避難行動に役立てるための提案を行う。

#### 4.1 異なる条件下でのシミュレーション

実際の避難行動に役立てるために、本論文第3章で設定した避難行動シミュレーションの実行条件を変更し、検証を行う必要がある。

その際、初期配置人数や、出火位置、避難者エージェントの視野を変更し、変更前との違いや避難行動の変化について考察する必要がある。

さらに、火災時だけでなく、他の災害発生時の避難行動シミュレーションを実施し、第2章で示した避難行動を規定する要素と比較した避難計画の提案が必要である。

#### 4.2 避難行動シミュレーションの課題と解決策

- 避難安全性の検証

実際にシミュレーションを実行した後、シミュレ

ーション結果の妥当性を検証する必要がある。

(解決策) 過去に実際におこった空港での災害例や大規模災害例を調査し、そのデータとシミュレーション結果とを比較・解析する。

#### ● 人間の正確な避難行動予測の困難さ

避難行動シミュレーションを行うモデル空間に慣れているか否か、またはモデル空間の特徴に応じてや危険が迫った場合に、表1に示したように、人は特徴的な行動をとる。このことから、人間の正確な避難行動予測は非常に困難であるといえる。

(解決策) 避難行動データの収集や避難行動実験、統計データを用いる。

### 5. まとめ

本論文では、空港での災害発生時に避難者のとる避難行動の特性を、避難者の心理状態や関係性を考慮して示し、行動特性をシミュレーションし、福岡空港国際線ターミナル1階での火災を想定した避難行動シミュレーションを実行する必要性を2章、3章で提案した。

空港での災害時の避難行動に必要な要素を規定するために、既往の文献を基に災害の種類ごとの要素を示し、共通の要素を設定した。災害時の避難行動には避難者個人の能力値(地形への知識、災害に対する知識、体力など)が大きく関係することがわかった。

また、心理学に基づいた調査から、複数避難時には単独避難時よりも避難開始時間が遅くなることから、複数時の避難行動に抑制効果が働き、行動時間が長くなることを示した。

4章では避難者の特徴を考慮したシミュレーションが可能となるマルチエージェントモデルを用いた避難行動シミュレーションのための条件設定を行った。シミュレーションに必要な条件を設定していく上で、避難者の初期条件(避難者の人数、火の出火位置、避難者の視野についてなど)の重要性がわかった。

今後の課題は、歩行者エージェントシミュレーションを実行するためのプログラミング言語について

学び、本論文で設定した条件でシミュレーションを実行することである。実際に実行し、既往の研究で明らかになっている避難者エージェントよりもさらに細かい人間性の加わったエージェントを生成し、より現実の避難行動に近い避難計画を提案することが重要である。

また、更なる課題として、モデル空間の設定に信憑性を持たせるために、実際に発生した過去の大規模災害の避難行動についてのデータとの比較解析や、建物の材質を考慮した空間の設定や3次元空間への応用などが挙げられる。

本論文では視野の規定はしたが、煙のモデル化まではたどり着いていない。

そのため、煙のモデル化をはじめとした、より多くの特性をモデル化し、シミュレーションを行うことで、指定空間における効率的な避難計画を提案することが重要である。

### 参考文献

- 1) 人間関係を考慮したエージェントベースの避難シミュレーションフレームワーク、エージェントベースシミュレーション、〈特集〉ソフトウェアエージェントとその応用論文 (2012年 7月参照)
- 2) artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション 原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメントまで 兼田敏之 編集 構造計画研究所創造工学部 名古屋工業大学兼田研究室 (2012年 10月参照)
- 3) 山影進 「人工社会構築指南」、書籍工房早山、2007 (2012年 7月参照)
- 4) マルチエージェントモデルを用いた避難行動シミュレーション 押野 麻由子 (2012年 8月参照)
- 5) J. J. フルーイン著、長島正充訳、歩行者の空間、鹿島出版会、東京、1974 (2012年 9月参照)
- 6) 警報パターン別の避難開始行動に関する実験的研究 その5 避難時の行動決定プロセスに着目した分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009 (2012年 10月参照)
- 7) 警報パターン別の避難開始行動に関する実験的研究 その3 複数避難時の対応行動に着目した観察分析、日本建築学会大会学術講演梗概集、2009 (2012年 10月参照)