



情報通信技術を利用したアダプティブ避難誘導システムにおける誘導情報のあり方に関する研究

掛井, 秀一

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2007-03-09

(Date of Publication)

2008-03-19

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2936

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002936>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



神戸大学博士論文

情報通信技術を利用した
アダプティブ避難誘導システムにおける
誘導情報のあり方に関する研究

平成19年1月
掛井 秀一

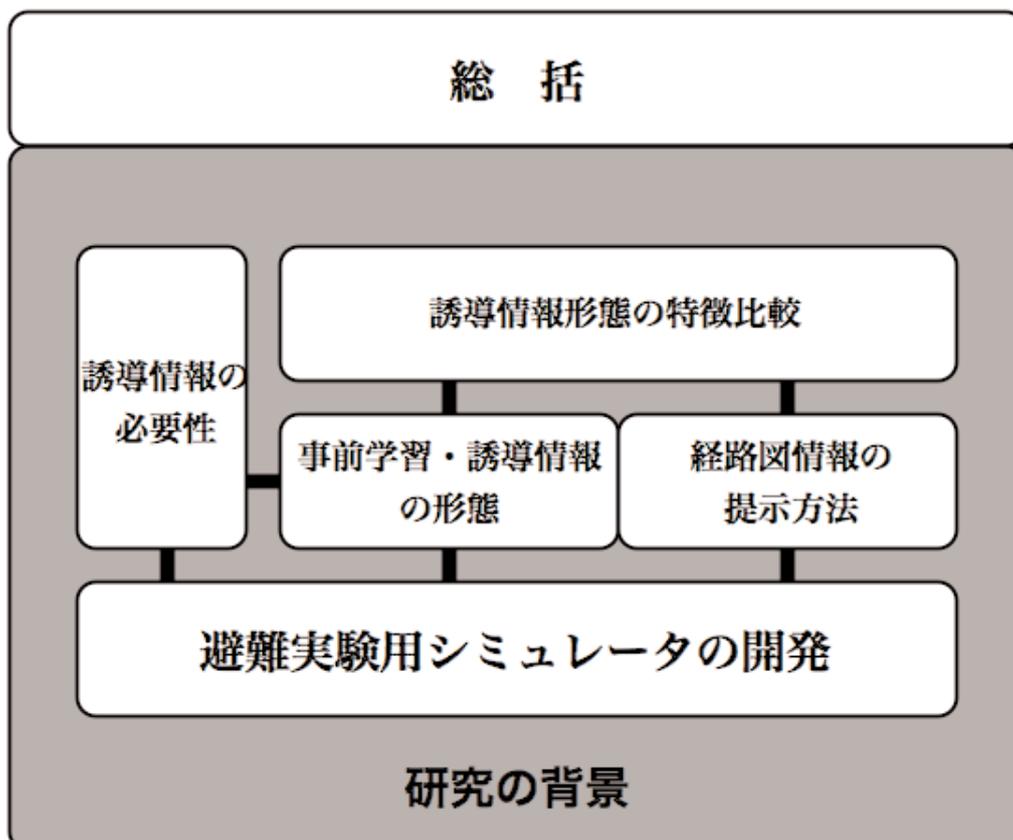
目次

第1章	序論	
1.1	研究の概要	2
1.2	研究の背景	5
1.3	関連既往研究	7
1.4	論文の構成	11
第2章	避難実験用シミュレータの開発	
2.1	シミュレータの開発目的	14
2.2	シミュレータの概要	14
2.3	シミュレータの特長	17
2.4	シミュレータ空間に於ける距離感	17
第3章	誘導情報の必要性に関する検討	
3.1	実験目的	27
3.2	実験概要	27
3.3	実験結果	32
3.4	結論	36
第4章	事前学習・誘導情報の形態に関する検討	
4.1	実験目的	38
4.2	実験概要	38
4.3	反応	47
4.4	分析方法	47
4.5	結果及び考察	49
4.6	結論	58

第5章	経路図情報の提示方法に関する検討	
5.1	実験目的	64
5.2	実験概要	66
5.3	反応	70
5.4	分析方法	72
5.5	結果及び考察	72
5.6	結論	78
第6章	誘導情報形態の特徴比較	
6.1	比較検討の目的	82
6.2	分析対象データ	82
6.3	反応	84
6.4	分析方法	87
6.5	結果及び考察	88
6.6	情報形態の特徴比較	94
第7章	総括	
7.1	研究成果の要約	97
7.2	今後の課題	99
	註釈及び参考文献	101
	謝辞	109

第1章 序論

- 1.1 研究の概要
- 1.2 研究の背景
- 1.3 関連既往研究
- 1.4 論文の構成



1.1 研究の概要

本研究の目的は、環境や避難者の状況にアダプティブな避難誘導システムに適した情報提供方式を明らかにすることである。本研究では、この目的を達成するためにシミュレータを採用した被験者避難実験によって情報提供方式の検討を行う。

ここに環境や避難者の状況にアダプティブな避難誘導システムとは、逐次変化し続ける、避難の原因となった事象の様相や他の避難者の避難態様、避難者自身の状態などに即応した誘導情報を提供するシステムのことである。また、情報提供方式とは事前学習や誘導情報の形態並びにそれらの提示方法を指す。誘導システムが対象とする避難は不特定多数が利用する施設内の避難とする。

環境や避難者の状況の経時変化にアダプティブであるためには、誘導情報は印刷された案内図のような静的な情報ではなく、動的な情報でなければならない。また、避難者毎に異なる状況の個別性にアダプティブであるためには、誘導情報は避難者個人に提示される必要がある。従って、誘導情報の提示装置としては、施設内で自己の位置及び向いている方向の検知が可能^{註1)}、デジタル技術を採用した通信機能付きの携帯端末を想定している。

空間構造が入り組み複雑になっている複合施設や駅施設では利用者は「迷子」になりやすい。このことは緊急時の避難を考えた場合、建築の安全性を大きく損なう要因となる。空間構造が複雑化した施設では、緊急時避難に於ける安全確保に対する新たな取り組みが求められている。

一方で、情報ネットワークが遍在するユビキタス社会が実現しつつある中で、建築に情報通信技術をどのように取り込んでいくかは喫緊の課題である。今日、熱負荷の変動、火災の進展、地震の振動など物理的作用に反応する建築は一般的になりつつある。しかし、利用者の状況にリアルタイムに反応する建築は未だ僅かである。既成であると見做されていた道路網というインフラに情報通信技術を導入し、個々のクルマの状況を交通システムに反映させるというITSには、快適で安全で効率的なクルマ社会の実現が期待されている。同様に、建築並びに建築群に情報通信技術を取り込み、利用者の状況を建築の制御にフィードバックできれば、より質の高い空間の提供が可能となる。

このような認識の下、性能規定設計や消防庁が提唱する「積極誘導」に対応するため、また、建築空間に於ける情報通信技術活用の試みの一つとして、建築利用者個々の状況に対応した個別誘導を可能とするアダプティブな避難誘導システムの実現を構想した。

建築は緊急時に於ける避難などを考慮して、できるだけ安全な空間となるよう計画されているはずである。しかし、建築が計画時の想定とは異なる使われ方をしていれば、設計段階での配慮だけでは十分な安全性を保証することは

きない。また、災害時には環境が大きく変化する。熱や煙が発生することで、施設内各所の安全性は一様ではなくなる。非常口に多くの避難者が集中することもあり得る。一方、災害時には環境だけではなく、避難者自身にも心理的な動揺、煙の充満による視界の変化などが現れる。このような状況変化に対応した、緊急時の避難を支援するシステムが必要である。

従来の避難経路図などにより提供される静的な誘導情報とは異なり、アダプティブな誘導情報には災害の現況や避難者の状況をリアルタイムに反映させることができる。また、デジタルメディアを活用すれば、誘導情報を多様な形態で表現することができる。このためデジタルメディアを採用したアダプティブな誘導情報システムの実現は、状況変化に応じて適切な内容を適確なタイミングで適当な形態により避難者に伝えることを可能とし、緊急時避難に於ける建築の安全性向上に寄与するものであると考えられる。

しかし、誘導システムを有効に機能させ、より安全で円滑な避難を実現するためには、技術的視点だけではなく、避難者の行動及び心理についての理解が不可欠である。携帯端末など情報を伝達するための技術は今後も急速に進歩し続けると予測されるが、伝達すべき情報内容には人間的なファクターが大きなウェイトを占めている。災害の現況や避難者の状況をパラメータとして誘導すべき非常口及び避難順路が算出されても、その情報が避難者に理解され、避難行動に結びつかなければ誘導システムは意味を成さない。従って、避難者の視点に立脚した誘導情報の提供方式についての検討が必要とされる。

本研究では、避難時に於ける情報提供方式に対する避難者の行動及び心理に関するデータを採取するため、避難実験用シミュレータを開発し、このシミュレータを用いた一連の被験者実験を実施した。これらの実験によって得られたデータを分析することで、アダプティブな避難誘導システム構築のために有効な情報提供方式についての検討を行った。

本研究の誘導システムが対象とする不特定多数が利用する施設に於ける避難では、大多数の避難者はその環境に不慣れ (unfamiliar) である。事前の環境情報は不足していて、現在地と非常口との空間関係は十分には把握されていない。従って、避難行動は非常口までの経路探索行動となる。

建築分野に於ける経路探索に関する研究の大部分は、「経路探索は、建築或いは都市という環境に意識的または無意識的に埋め込まれた静的な情報を、それまでの経験などにより構築された知識でそれを読み解く人間により為される行為」ということが前提とされている (図1-1)。しかし、本研究では環境に埋め込まれた情報でも、構築された知識でもない、環境と避難者の両者に関する情報が常時参照され得る状況に於ける経路探索が検討対象となる (図1-2)。

前者のモデルでは経路を選択するための情報は環境からしか得ることができ

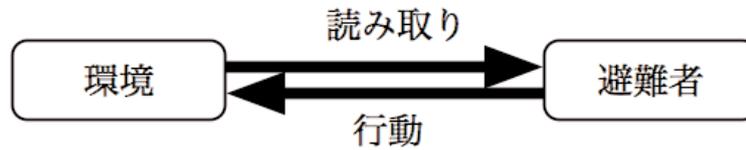


図1-1 従来の研究に於ける経路探索のモデル

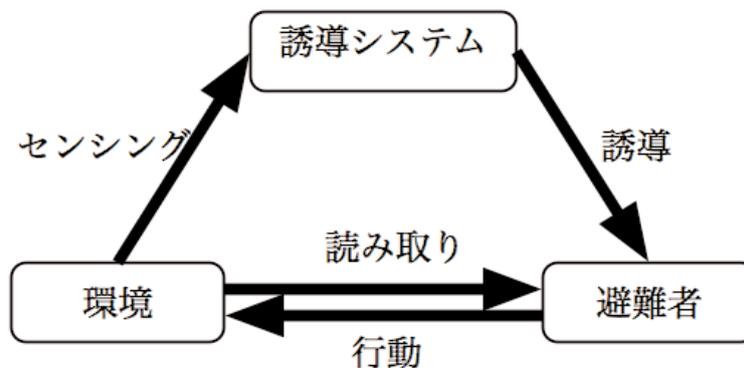


図1-2 本研究に於ける経路探索のモデル

ない。従って、このモデルを採用している経路探索に関する研究に於いては環境の中で何が情報となり得るのか、どのように情報を探し出すのか、情報とそれが参照される場所との関係はどうなっているのかが重視される。

一方、後者のモデルでは経路を選択するための情報は常に参照可能である。自らが環境から積極的に情報を読み取らなくとも、第三者的存在であるシステムから受動的に情報を受け取ることで経路選択の手がかりを得ることができ、このため情報そのものが避難者へ及ぼす効果も研究に於ける検討の対象となる。

誘導情報が常時参照可能なシステムとしてはカーナビやケータイ電話による歩行者ナビが存在する。これらのシステムではナビゲーションの目的地は利用者が主体的に設定する。利用者にとってその目的地が未踏の場所であっても、利用者はその場所に何らかのイメージを描き、「そこへ辿り着きたい」という明確な意志の下に目的地を設定し、探索行動を行っていると考えられる。

一方、避難誘導システムでは、誘導の目的地となる非常口は避難者が設定するのではなく、誘導者サイドから与えられる。避難者には「安全な場所へ辿り着きたい」という意志がある。しかし、その安全な場所である非常口を指定するのは避難者本人ではなく、誘導者サイドである。火災の現況や他の避難者の

状況などの変化によって、誘導される非常口が避難中に変更されることもあり得る。従って、カーナビなどと比較した場合、避難者は「どこに誘導されるのか」と言う不安を感じやすくなると思われる。

目的地を能動的に決定するカーナビなどと目的地が受動的に決定される避難誘導システムとではシステムの利用者の心理に大きな違いがあるものと予測される。

また、カーナビなどは見通しが利く屋外の開放空間に於ける平常時の利用が前提とされている。屋外の開放空間には、遠くからでも目立つランドマークや街中のコンビニなど、そこが何処であるかを特定する多種多様な手がかりが存在している。よって、カーナビなどの研究に於いては、環境に埋め込まれた、これらの手がかりの内、何をシステムに取り込み表示するかが大きな関心となる。

これに対し、本研究の誘導システムは屋内の閉鎖空間に於ける緊急時の利用が前提とされる。このため、ランドマークなどは誘導の手がかりとして利用することはできない。更に、緊急時には防火シャッターが下り、平常時に比べ、環境の表情は均一となる。従って、誘導情報に場所の特定を意図した情報が含まれなくとも、システムには有効に機能することが求められる。

このことより、一連の被験者避難実験では、誘導情報に環境の何を写し取るかよりも、避難者にどのような情報を提供すれば誘導に有効であるかに着目し、情報のタイプが異なる矢印と経路図を検討対象の誘導情報としている。

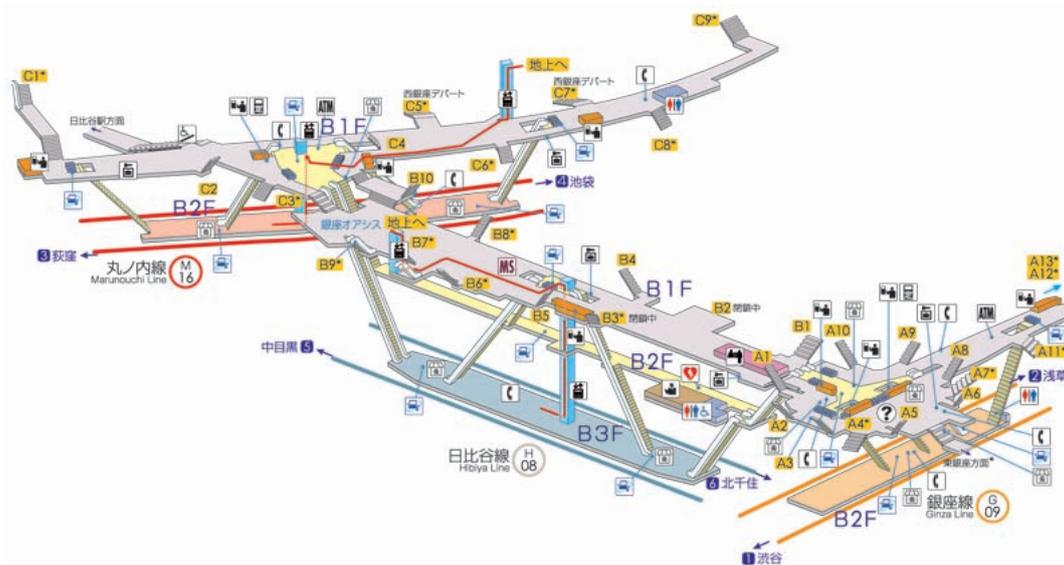
1.2 研究の背景

1) 空間構造の複雑化

人は移動を行うとき、一般的には環境を参照する。よって、設計者は建築利用者に参照されやすい、わかりやすい空間の設計を心懸けなければならない。しかし、近年、都市部の大規模開発で建設された複合施設や交通バリアフリー法の施行に伴い地上・地下の交通設備が敷設された駅施設では空間構造が入り組み複雑になっていることが多い(図1-3)。

空間構造が複雑な建築では利用者は自身の位置を見失ったり方向感覚を喪失して「迷子」になりやすい。このことは緊急時の避難を考えた場合、建築の安全性を大きく損なう要因となる。空間構造が複雑化した施設では、緊急時避難に於ける安全確保に対する新たな取り組みが求められている。

2) 建築利用者の多様化



出典：http://www.tokyo-metro.jp/rosen/eki/ginza/pdf/ginza.pdf

図1-3 空間構造が入り組んだ施設（銀座駅）

社会の高齢化・国際化に伴い、車いすでなくては移動できない高齢者、日本語では意思の疎通が困難な外国人など、これまでは少数者として看過されてきた人たちの姿が何ら特別ではない生活シーンで見られるようになってきた。必ずしも均一であるとは見なすことができない身体的・文化的背景を持つ人間が様々な環境で活動することにより建築利用者の多様化が進行している。

ユニバーサルデザインの観点から重視される緊急時避難に於いても避難者の状況に応じた誘導が可能となるようなシステムが求められている。

3) ユビキタス環境の日常化

"20 Minutes into the Future"

1987年から1988年にかけて米国で制作、放映されたSFドラマシリーズ"Max Headroom"の冒頭で流されるテロップである。

このドラマの中では、街や建物の至る所にはセンサーが設置されており、建物のデータはドアや壁などは勿論、電気配線から設備配管まですべてがデジタル化され、遠隔にいる人間同士がセンサーからの情報や建物のデータをリアルタイムで共有しながら協働で任務を遂行するというユビキタスな環境が描かれていた。このような状況は番組放映当時にとってはScience Fictionであったが、今日に於いては「20分後の未来」である。

ユビキタス技術はネットワークの中の世界とヒトが物理的に暮らす世界とを繋ぐ技術であり、ユビキタス環境では環境を構成している様々なネットワーク

群が状況を認識して、自動的に最適な情報サービスを提供することが目指されている¹⁾。

ユビキタス環境が目指すところを実現するためには情報を収集するためのセンサーと情報を提示するためのディスプレイ^{註2)}が遍在し、それらが情報を処理するためのコンピュータと相互にネットワークされたインフラが必要となってくる。このようなインフラは一定のレベルであれば既に完成している。ケータイ電話は最も身近な、ネットワークに繋がったセンサーでありディスプレイである。

インフラが急速に整いつつある中で、ネットワークの中の世界とヒトが物理的に暮らす世界とが重合して構築されるユビキタス環境のデザインに、建築に携わる人間も積極的に関与していくことが求められている。

4) 建築空間のインテリジェント化

インテリジェント (intelligent) を「判断能力を有する」と解するのであれば、現在の建築はある側面では十分にインテリジェントであると言える。

地震が発生すればP波を感じ取り、自らの剛性を変化させ、S波による主要動に身構える。煙の発生を感知すれば、火災の発生を非常ベルで知らせ、スプリンクラーの放水で火災の拡大を未然に防ぐ。室内の温度が設定温度よりも高くなれば、エアコンの冷房能力を増幅して、室内温度を設定温度まで引き下げる。建物はセンサーから入力された情報を適確に判断して、適切な処置を下しているのである。

一方で、現在の建築はある側面に於いてはまったく判断能力を欠いている。上に挙げたような物理的作用には適切に対応できるが、建築利用者の状況には殆ど反応することができていない。しかし、ユビキタス環境が整備され建築利用者の状況をリアルタイムにセンシングできれば、その状況を適確に判断して適切な処置を下すことは可能なはずである。

環境や避難者の状況にアダプティブな避難誘導システムはそのような建築空間のインテリジェント化の一例である。

1.3 関連既往研究

1) シミュレータによる環境認知実験

1980年代後半以降、コンピュータ関連技術の進展を背景に、3次元CGにより対象空間を構築したシミュレータによる、経路探索行動などを含む環境認知に関する被験者実験が実施されるようになってきた。

WILSONは技術の進歩によりシミュレータによる空間学習が必ずしも"secondary"な空間学習だとは言えなくなってきたと指摘し、実際の建物を使った経路探索実験の結果とシミュレータ環境に於ける経路探索実験の結果とを比較して、両者のパフォーマンスが非常に近似していると結論づけている²⁾。

O'NEILLは3次元CGで構築された、フロアプランの複雑さが異なる環境を複数セット用意して、被験者にそれぞれの環境内で複数回の経路探索行動を行わせた。その結果、どのセットに於いても経路探索行動の回数を重ねるに従い誤行動が減少することから、シミュレータ環境に於いても空間学習が為されることを示した³⁾。

藤井らはシミュレータ環境に於ける経路探索行動中、被験者に一定の時間間隔でスケッチマップを描かせた。その結果、時間経過に伴い描かれるスケッチマップは物理環境に近似するというデータを示している⁴⁾。

櫻井らはHMD^{註3)}を映像提示装置として採用したシミュレータ環境に於ける方向評定に関する実験を行った。その結果、被験者自らが能動的に環境を観察する場合には物理環境と同様の傾向が見られることを示した⁵⁾。

目黒らは同じ構造を持つ迷路を物理環境とシミュレータ環境に構築し、両者で避難行動に関する実験を実施し、その比較からシミュレータ環境に於ける避難行動の再現性確認を行った。その結果、人間の避難時に於ける進行方向の選択性向がシミュレータ環境でも再現されることが確認された⁶⁾。

吉岡らは小学生の児童を被験者としてシミュレータにより避難行動に関する実験を行った。その結果、環境認知能力が発達途上である児童に対してもシミュレータによる実験は避難経路選択の調査を行うための有力な手段となると結論している⁷⁾。

柳沢らは写実的realityの異なる2つのシミュレータ環境を構築し、それぞれの環境から獲得される空間表象の差異を調べた。その結果、写実的realityの相異により空間構造の把握や経路探索の方略(strategy)に違いが生まれることを指摘した⁸⁾。

一連の研究より、付帯条件はあるものの、シミュレータ環境に於ける環境認知実験の結果が物理環境に於ける環境認知実験の結果と相似していることが示され、環境認知分野の研究に於いてシミュレータによる実験は有力な研究手法の一つとして定着しつつある。

シミュレータによる実験には、実験環境の条件統制が容易である、被験者の行動をシステムに記録することが可能である、実験状況の再現が可能である等の利点がある。既往の研究に於いてもこれらの特長を活かした実験が実施されている。

しかし、既にあるものを模擬するだけでなく、未だ実現されていない仕組みを組み込んだ環境をシミュレートし、そのシミュレート環境での実験結果を

仕組みそのもののデザインへフィードバックするという観点からシミュレータ実験を行っている研究は、為されているとしても僅かである。

2) 経路探索

不特定多数が利用する施設に於ける避難では、大多数の避難者はその環境に不慣れであり、避難行動は非常口までの経路探索行動となる。経路探索については建築分野に於いても多数の成果が得られている。

舟橋は「一般に経路探索は、主として環境の物理的条件と行為主体の持ち得る情報とによって決定される」とした上で、事前の環境学習と経路探索行動並びに空間把握の実態との関連について実験を行い検討した。その結果、事前の環境学習が経路探索の方略に影響を与えることを明らかにした^{9), 10)}。

渡邊らは一連の研究に於いて空間自体の持つ情報や案内板・方向板などのサイン情報が経路探索に及ぼす影響について分析を行った。その結果、経路探索の各場面に相応しい情報を提供できていない場合は迷い行動の要因となり得ることを示した^{11) ~ 13)}。

緒方らは歩行者に影響を与えない行動観察により、歩行者が目的地到達までの経路上の空間に於いて、どのような情報を入手しているかについて調査を行った。その結果、空間自体が持つ情報は案内図や案内標識による情報よりも行動のための情報としては優先度が低いことを示した¹⁴⁾。

添田らは空間構成により経路上の視覚的情報を系統的に変化させた街路模型と、その中を被験者が自由に探索できるシミュレータを用い、経路探索実験を行った。その結果、経路記憶に利用できる情報はその質が異なるものが複数存在し、その違いによって記憶に保持される時間も異なる傾向にあることを示した¹⁵⁾。

経路探索に関する大部分の研究では、経路探索は、建築或いは都市という環境に意識的または無意識的に埋め込まれた情報と、それまでの経験などにより構築された知識でそれを読み解き行動する人間とのインタラクションによって為されるということが前提とされている。

しかし、任意のタイミングで呼び出すことが可能な環境と自己に関する情報は、環境に埋め込まれた情報でも、経験により構築された知識でもない。従って、このような情報が利用可能な場合の経路探索に関する研究が必要である。

3) 緊急時に於ける経路選択

緊急時には避難者の認知資源が平常時とは異なる割り当て方がされていると

予測される。また、環境も煙の充満、停電などにより平常時とは大きく変化することもあり得る。従って、通常であれば気づくであろうサインにも気づかないという可能性も考えられる。より安全な避難を実現するためには人間の避難経路選択特性を踏まえた避難経路の計画がなされなければならない。

北後は地下街を対象空間に、撮影した2枚1組のスライドを同時に提示し、被験者に一対比較判断させたデータを分析し、避難者の避難経路選択の傾向について検討を行った。その結果、他者の存在、見通し、通路幅員などが経路選択の要因となっていることを示した¹⁶⁾。

林らは人間の帰巢本能、日常動線選択性を前提として、視覚情報が制限された状態で通った経路の想起に影響を与える空間的特徴を明らかにするための実験を行った。その結果、経路の想起に対しては空間的特徴の影響が強く、通路幅員、キーポイントとなる空間の存在、空間或いは目標物自体の特徴が通路の想起のしやすさに関連していることを示した¹⁷⁾。

久保田らは人間の向光性を前提として、避難経路選択地点に於ける壁面の光特性の相異が、経路選択に及ぼす影響について検討するため実験を行った。その結果、2次輝度の対数比率が大きいほどその誘導効果が高くなることを示した¹⁸⁾。

これらの研究では、環境から読み取られる情報のみが経路選択の要因として取り上げられている。よって、避難者に直接的に提示される誘導情報が存在する場合は経路選択要因が異なってくる可能性がある。

4) 整列効果

経路図上での進行方向と環境内での進行方向（＝身体の向いている方向）の一致／不一致による課題遂行の成績の向上または劣化は整列効果と呼ばれる。整列効果については主に心理学の分野で研究が行われている。

LEVINEは垂直なマップは、上方が前方向になるよう水平に倒した地図と心理的に等価であるとした。また、マップの上方と環境内に於ける身体方向が一致していない場合、mental rotationが必要となるため、そのようなマップはわかりづらいとした¹⁹⁾。

LEVINEらは実際にマップを見ている場合だけではなく、マップの記憶をもとに課題を遂行した場合にも整列効果が生じることを実験により示した²⁰⁾。

天ヶ瀬は避難行動を模した実験を実施し、経路図の方向と環境内に於ける被験者の身体方向とがなす角度を独立変数、どちらに逃げるかという判断が下されるまでの時間を従属変数とした分析を行った。その結果、経路図の方向と環境内に於ける被験者の身体方向とがなす角度が180° となる時判断時間は最大となることを明らかにした²¹⁾。

これらの研究では環境と人間とを繋ぐマップ（或いは経路図）が媒介する情報は静的であるとしている。しかし、アダプティブな避難誘導システムを考えるならば動的な情報が整列効果に及ぼす影響を検討する必要がある。

以上より、不特定多数が利用する施設内に於ける、任意のタイミングで参照可能な避難誘導の情報提供方式を検討する必要性が確認された。

1.4 論文の構成

本論文では被験者実験により得られた避難者の行動及び心理に関するデータの分析並び考察を通して、アダプティブな避難誘導システムに適した情報提供方式を明らかにする。論文の構成は以下の通りである（図1-4）。

第1章では序論として、研究の概要、研究の背景及び研究テーマに関連する既往研究の概略について述べた。

第2章では第3章以下に述べる被験者避難実験を可能にするため開発したシミュレータの詳細について記した。避難者の行動及び心理に関するデータは収集することが難しく、不足している。しかし、実際の建物や実寸大模型での避難実験では制約が多く硬直的な条件下でのデータしか採取ができない。このような困難を取り除き、多様な条件下に於ける避難者の行動及び心理に関するデータ採取を目的とした被験者避難実験を可能とするため、3次元CGにより構築された建築空間に於けるリアルタイムウォークスルーを実現する体験型シミ

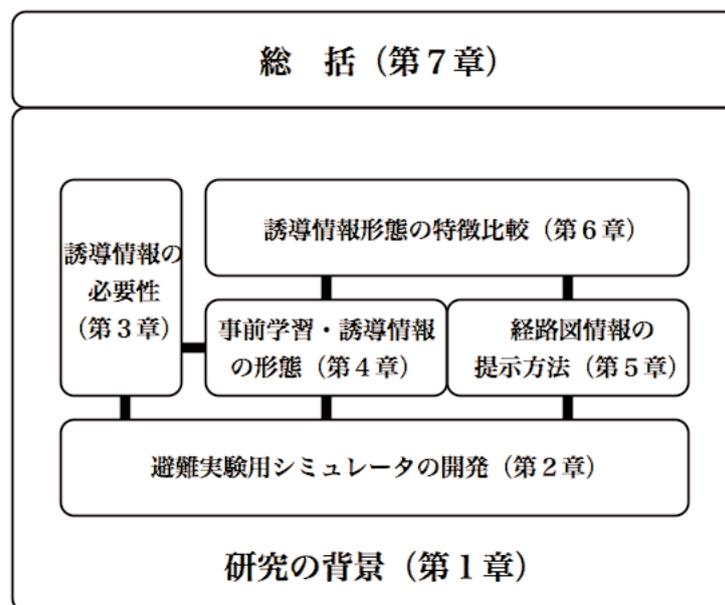


図1-4 本論文の構成

ュレータを開発した。また、シミュレータの実用性を確認するために実施した物理空間に於ける距離感とシミュレータ空間に於ける距離感の比較実験についても記述した。

第3章から第6章では本論文の中核を為す被験者避難実験による情報提供方式の検討について詳述した。第3章では誘導情報が与えられない場合の避難行動について考察した。第4章から第6章では誘導情報が与えられた場合の避難行動について分析し、具体的な誘導情報提供方式について検討を行った。

第3章では避難行動中に於ける誘導情報の必要性を確認するため、誘導情報が与えられない場合の避難行動に関する実験を実施し、その結果を分析した。事前学習から得た情報とは相反した情報を避難行動中に読み取り、且つ、誘導情報を参照できない場合に避難者がとる行動を分析し、誘導情報の必要性を確かめた。

第4章では事前学習及び誘導情報の形態を変数とした避難実験について記述し、それらが避難行動に与える影響について検討した。今日のメディア技術を十分に活用すれば、多種多様な形態の事前学習や誘導情報提示も可能である。しかし、従来とは異なる事前学習方法や誘導情報提示が避難行動にどのような影響を及ぼすかは明らかではない。ここでは事前学習及び誘導情報の形態を変数とした実験を実施した。実験より得られたデータを基に、それらが避難者の行動並びに心理に及ぼす影響について検討した。

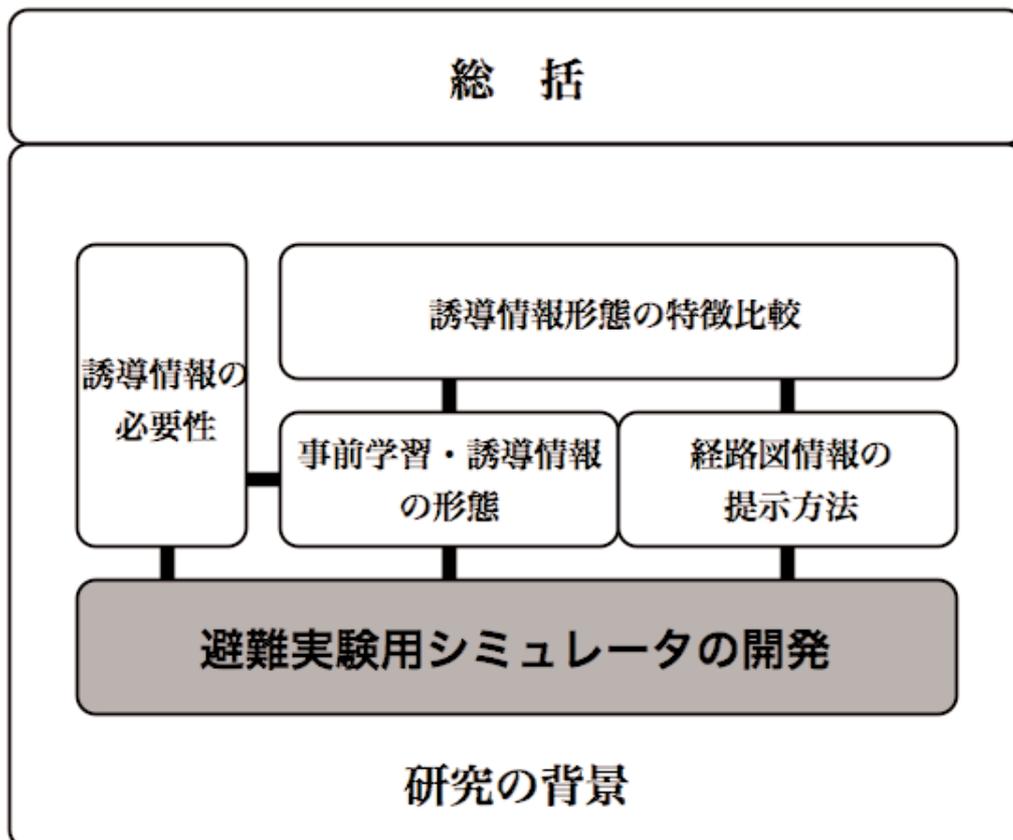
第5章では経路図情報の提示方法を変数とした避難実験について記述し、動的な経路図と整列効果の相関について検討した。第4章で取り上げた避難実験では、経路図は身体方向が常に垂直方向真上になるように回転して提示された。しかし、経路図が身体方向に従って回転することにより、事前学習や避難開始時に提示される経路図と避難行動中に提示される経路図との「見え」に違いが生まれる。このため、避難開始までに獲得した空間構造の知識が利用できなくなったり、逆にその知識が避難行動の妨げになったと指摘する被験者もいた。経路図の回転が空間構造の把握に影響する可能性が示唆されたため、ここでは経路図情報の提示方法を変数として、避難者の避難行動を分析した。

第6章では一連の実験から得られたデータを分析し、誘導情報形態の特徴を比較した。比較する誘導情報形態として、第4章で取り上げた実験から矢印とフロアプランタイプの経路図を採用し、第5章で取り上げた実験から避難順路が付加された経路図を採用した。両実験から得られたデータを分析することで、それぞれの誘導情報形態が持つ特徴を明らかにし、アダプティブな避難誘導システムに相応しい情報形態について検討した。

第7章では一連の実験及び検討から得られた知見を総括し、今後の課題を提示した。

第2章 避難実験用シミュレータの開発

- 2.1 シミュレータの開発目的
- 2.2 シミュレータの概要
- 2.3 シミュレータの特長
- 2.4 シミュレータ空間に於ける距離感



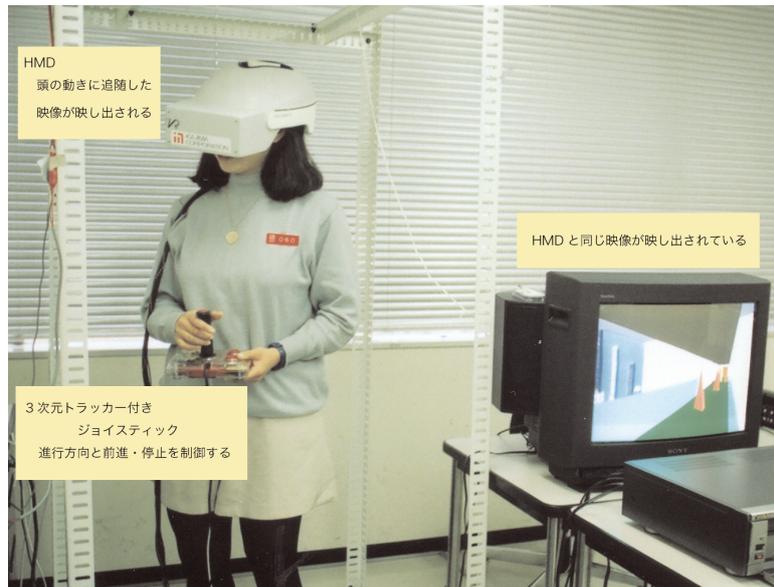


写真2-1 避難実験用シミュレータ

2.1 シミュレータの開発目的

アダプティブな避難誘導システムの情報提供方式を検討するためには避難者の行動及び心理についての理解が不可欠である。しかし、避難者の行動及び心理に関するデータは収集することが難しく、不足している。過去の災害時における生存者の証言からでは、避難できなかった人間のデータが採取できない。不幸にも亡くなった人間がどのように考え、どのように避難しようとしたのかということがわからない。また、実際の建物や実寸大模型での避難実験では制約が多く硬直的な条件下でのデータしか採取ができない。

このような困難を取り除き、多様な条件下に於ける避難者の行動及び心理に関するデータを採取するため、被験者避難実験を可能とするシミュレータを開発した。シミュレータは、3次元CGにより構築された建築空間に於けるリアルタイムウォークスルーを実現する体験型シミュレータである。

さらに、開発したシミュレータではリアルタイムウォークスルーを実現するだけでなく、誘導情報提示システムもシミュレートし、これを組み込んでいく。このため、3次元CGにより構築された建築空間内でシミュレートされた誘導情報提示システムが機能し、避難行動中の誘導情報提供方式を変数とした実験の実施が可能となっている。

2.2 シミュレータの概要



図2-1 3次元CGにより構築された建築空間

避難実験用シミュレータは3次元CGにより構築された建築空間に於けるリアルタイムウォークスルーを実現するウォークスルーシミュレータ部と、その空間内で被験者に誘導情報を提示する誘導情報提示システムシミュレータ部とから成る。

ウォークスルーシミュレータ部はCGを提示するHMD（Head Mounted Display：頭部搭載型ディスプレイ）、進行速度をコントロールする3次元トラック付きジョイスティック、センサー制御・画像処理用のパソコン及びシミュレーションソフトから構成される（写真2-1）。

HMDに組み込まれたディスプレイには被験者の頭部の動きがフィードバックされた3次元CGが提示される（図2-1）。外部からの視覚刺激は遮断され、被験者が頭を右に回せばCGはその動きに連動し、ディスプレイに提示される映像は左へと流れる。

3次元トラックを取り付けることでジョイスティックに方向性を与えた（写真2-2）。これにより視線方向と進行方向を異なる手段で決定することが可能となった。既製の大部分のウォークスルーシミュレータでは進行方法は視線方向やジョイスティックのレバーの方向で決定される。しかし、開発したシミュレータでは視線方向はHMDを介して頭部の動きにより決定される。一方、進行方向はジョイスティックのレバーを倒す方向ではなく、ジョイスティックの前面の方向で決定される。従って、ジョイスティックを胸の前で保持するようになれば、常に身体の正面が進行方向となる。右に曲がるためには、単にジョイスティックのレバーを右に倒すのではなく、体験者自身が身体を右に向け

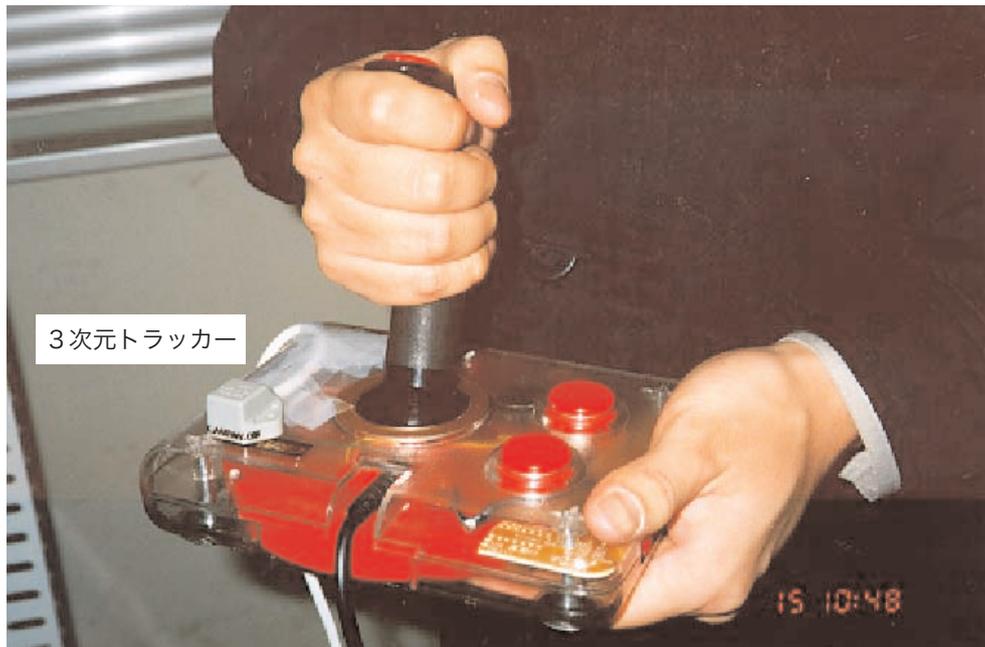


写真2-2 3次元トラックカー付きジョイスティック

なければならない。これらの仕組みにより周囲を見回しながら移動するという行為が自然な身体的な行為となり、避難に於ける「動き」のリアリティを高めている。

誘導情報提示システムシミュレータ部はウォークスルーシミュレータ部に組み込まれている。このことにより、避難実験用シミュレータでは3次元CGにより構築された建築空間内をウォークスルーできるだけでなく、ソフトウェアで構築された誘導情報提示システムがウォークスルーシミュレータ内で稼働するようになっている。具体的には、シミュレートされた建築空間内で被験者が避難行動中に誘導情報を請求すると、被験者の状況及び非常口に関する情報を基にした誘導情報が提示されるようになっている。

誘導情報提示システムシミュレータ部はソフトウェアで構築されているため現状のインフラ環境や技術レベルに拘束されない。従って、この避難実験用シミュレータでは将来的に実現するであろう技術を取り込んだ情報提供方式の評価実験も容易である。一方、実際の建物や実寸大の模型など物理空間で情報提供方式の評価実験を行う場合には、誘導情報提示システムも物理的に構築する必要がある。このため物理空間に於ける実験では未だ確立されていない技術を採用した情報提供方式の評価などには非常な困難が伴う。

本研究テーマに関連して実施した誘導情報の提供方式に関する実験に於いては、現状では一般的には普及していない、建築物内での人の動きを対象とした定位技術としても応用可能なUWBの利用を前提としている^{註1)}。

2.3 シミュレータの特長

避難行動を対象とした実験に利用される空間提示の仕組みとしてはスライドにより静止画を被験者に示すというものがある。避難対象と想定される空間を撮影した2枚1組のスライドを同時に提示し、被験者に避難する場合どちらへ逃げようとするか回答を求める。この手順を繰り返すことにより避難者の経路選択の傾向を探索する。このようなスライドを利用した実験により、通路幅員や見通しなどの空間条件と避難者の経路選択傾向との相関について把握することが可能となる¹⁾。しかし、スライドを利用した実験では、向こうの非常口に辿り着くまでにどのくらいの時間がかかるのか、前を歩いている他の避難者はどちらに曲がろうとしているのかと言ったことが被験者には判らない。これらは動きの中に存在する情報だからである。

一方、本研究で開発したシミュレータを利用した実験では被験者の働きかけにより、提示される空間映像が実時間で変化する。このことにより被験者は、不連続な静止画像からではピックアップできない、動きの中に存在する情報を抽出することが出来る。

本シミュレータでは視線方向はHMDを介して頭部の動きで決定され、進行方向は3次元トラッカーを付加したジョイスティックを介して身体の正面の向きにより決定される。従って、被験者は不自然な操作を行うことなく、移動しながら周囲を見回すことができる。このことにより、被験者は見ようとした方向を見るだけでなく、漫然と辺りを見回すことも可能となる。意識的な働きかけをすることなく環境を見回すことにより、被験者には不意に「気づく」という現象がもたらされ得る。

意識的に働きかけなければ見回すことが出来ない場合、被験者は自分が見ようとしている対象を見るためにしか視線方向を変化させない。見ようとする意図に基づき視線方向を変化させても、何かに「気づく」ことは稀である。しかし、「気づく」ことは普段とは異なる状況での非日常的行動である避難に於いては大きな影響を及ぼす可能性も高い。よって、避難行動を対象とした実験に採用するシミュレータには被験者が「気づく」ことを妨げない仕組みが必要であると考え、意識的に働きかけることなく視線方向を変化させられるよう、視線方向と進行方向の決定方法を考案した。

2.4 シミュレータ空間に於ける距離感

2.4.1 実験目的

シミュレータを有効に活用するためには、それが再現しようとする対象とシ

ミュレーションの対比が明確でなければならない。

避難実験に於いては被験者による経路の選択、あるいは避難に要する時間の判断などに突き当たりや非常口までの距離が大きく関与すると考えられる。従って、シミュレートされた空間の中での距離感が物理空間に於ける距離感と大きく異なるようであれば、シミュレータを用いた避難実験の結果に対しての信頼性は著しく損なわれてしまう。

よって、この実験では距離感の知覚に焦点を当て、物理空間、モニターに提示された空間（モニター空間）、HMDに提示された空間（HMD空間）の比較実験を行ない、シミュレータの実用性の確認を行なった。以下では、物理空間と対比して、モニター空間とHMD空間とをまとめてシミュレータ空間と呼ぶ。

2.4.2 実験概要

1) 実験方法

実験者は、実験空間に設定された廊下に提示される刺激（物理空間の場合はパネルを、シミュレータ空間の場合はそれを模した図形）までの距離の評定を被験者に求める。

パネルを提示する距離は、被験者から

1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36 (m)

の計13刺激を設定した。提示する最大距離を36mとした理由は、建物内の避難経路の距離を想定したためである。

各被験者に対し、物理、モニター、HMDのすべての空間でランダムに13刺激の提示を行い、modulus（標準刺激）を用いないマグネチュード推定法（以下ME）による評定を求めた^{註2)}、²⁾。

評定は、自分が立っている位置からパネルまでの距離（見かけの距離）を反映すると思われる好きな数値とした。但し、負の数値を回答することは禁じた。まず、練習を行ない、十分にME評定に慣らした後、各空間提示条件について被験者一人につき13刺激の提示を2セット行なった。

1つの刺激についての評定後、次の刺激を提示した。シミュレータ空間ではキーボードの操作により瞬時に次の刺激を提示できるが、物理空間ではパネルの移動を行なわねばならない。パネルを所定の位置まで移動する状況が距離評定の手掛かりになることも考えられるため、その間、被験者には閉眼するよう求めた。また、パネルの移動時間が被験者の距離評定に影響しないよう、パネルの移動距離が異なっても移動時間は同一となるよう配慮した。

評定するとき、何を基準に距離を評定しているかを被験者に尋ねた。modulusを用いなかったのは、被験者が何を基準に距離を評定しているかを知りた

かったことと、被験者にとってなるべく規制されない状況を設定する意図からである。

2) 実験ステージ

実験空間は大学校舎内の廊下（幅1.8m×高さ2.4m×奥行き38m）である。被験者の向かって左側は研究室のドアが並び、右側は外部に面した窓が並ぶ。

シミュレータ空間に提示するCGの水平画角は80°とした。CGが不自然に見えることがないようにするためにはシミュレータ空間に提示するCGの画角は、それらの映像提示面が被験者の視野に占める角度となるべく等しくする必要がある。モニターやHMDの映像提示面が被験者の視野に占める角度が60°しかないにも拘わらず、提示されるCGの水平画角が150°であったならば、そのCGで表現された建築空間は非常に不自然に感じられる。よって、CGの画角を広くするためには被験者の視点と映像提示面との距離を近づけ、被験者の視野に占める映像提示面の角度を広くしなければならない。一方、映像提示面のドットが気にならないようにするためには、この距離をある程度以上に遠ざける必要がある。

映像提示面のドットが被験者に意識されないようにするための被験者の視点と映像提示面との間の必要且つ最小限の距離を d 、映像提示面の幅を w 、提示されるCGの水平画角を θ とすれば、

$$\tan(\theta/2) = (w/2) / d$$

となる。

人間の両眼水平視野角は約180°³⁾であるが、映像提示面のドットが被験者に意識されないようにするための被験者の視点と映像提示面との間の必要且つ最小限の距離を考慮して、シミュレータ空間に提示するCGの水平画角は80°とした。

シミュレータ空間に提示するCGの垂直画角は映像提示面のアスペクト比より約64°となる。視点の高さは本人の目の高さから見たものと同じになるように被験者の目の高さを測り、その値をシミュレータに入力した。

シミュレータ空間に提示されるCGの色彩に関しては、色彩色差計で物理空間における各オブジェクト（廊下、壁、ドアetc.）そのものの色彩を測定し、光の3原色Red、Green、Blueに階調分解した値を用いた。

提示する刺激の大きさは幅450mm×高さ1,610mmである。

3) 被験者

被験者は20～28歳の大学生及び大学院生の11名（男性3名、女性8名）であ

表2-1 各被験者に対する空間提示順

セッション	#1	#2	#3
被験者A	phy	mon	hmd
被験者B	mon	hmd	phy
被験者C	hmd	phy	mon
被験者D	phy	hmd	mon
被験者E	hmd	mon	phy
被験者F	mon	phy	hmd
被験者G	hmd	mon	phy
被験者H	phy	mon	hmd
被験者I	mon	hmd	phy
被験者J	hmd	phy	mon
被験者K	phy	mon	hmd

phy : 物理空間
mon : モニター空間
hmd : HMD空間

る。距離評定の結果に空間提示順が影響しないよう、空間の提示順は被験者毎に変更した（表2-1）。

2.4.3 実験結果

1) ME値

各空間条件内に於いて刺激提示を2セット実施し（表2-2）、1セット目と2セット目のME値の相関係数を算出した（表2-3）。その結果、被験者AについてHMD空間での相関係数が低かったが（ $r = .67$ ）、他のすべてのケースでは十分に高い相関係数が得られた（ $r > .87$ ）。よって、被験者AのHMD空間に於けるデータは分析には採用しなかった。

物理空間、モニター空間、HMD空間の3条件について被験者のME値から幾何平均を算出し、その値を散布図にプロットして、回帰分析を行った（図2-2）。回帰式の決定係数 R^2 は何れの空間条件に於いても $R^2 > .97$ と高い値を示した。5m程度の近距離ではシミュレータ空間の場合、上に凸の曲線となっているが、全般的には、すべての空間条件に於いて、建物内の避難距離程度であれば距離感は刺激が提示された距離に比例すると言える。

2) 距離の判断基準

被験者が回答した距離の判断基準はすべての空間条件に於いて「窓の位置」

表2-2 各空間に於けるME値(1)

物理空間

1st set													
物理的距離	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
被験者A	1	3	5	6	8	11	19	20	21	29	32	30	38
被験者B	1	5	8	11	13	17	20	20	22	28	28	30	35
被験者C	1	3	5	8	11	13	17	20	23	18	25	28	30
被験者D	0.5	1	2	3.5	4	5	6	8	8.7	8.5	10	10.5	11
被験者E	1	3	5	10	6	12	15	18	20	20	25	30	30
被験者F	0.5	2	5	6	8	12	18	20	18	27	30	30	32
被験者G	1	2	4	5	6	7	8	8	8	9	9	10	10
被験者H	0.8	1.5	3	7	7	10	15	15	16	15	25	29	30
被験者I	1	3	9	10	12	17	21	22	25	29	30	35	40
被験者J	0.9	3	8	10	16	26	24	28	39	35	42	40	48
被験者K	0.6	2	3	5	7	10	15	17	20	20	25	25	25
幾何平均	0.8	2.4	4.7	7.0	8.3	11.7	15.1	16.7	18.4	19.8	23.5	25.0	27.2

2nd set													
物理的距離	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
被験者A	1.5	3	4	6	9	13	20	20	22	34	36	38	39
被験者B	1	5	10	11	14	16	18	20	23	30	30	35	35
被験者C	1	3	5	6	12	13	16	18	20	20	22	30	30
被験者D	0.3	1	2.5	3	4	5	6.5	7	8	9.5	10	10.5	11
被験者E	1	3	5	6	8	13	15	18	20	25	25	30	32
被験者F	0.5	2	4	6	10	12	18	20	25	26	30	30	32
被験者G	1	2	4	5	6	7	7.5	8	9	9	9	10	10
被験者H	0.8	2	3.5	5	7	8	8	15	15	17	20	20	25
被験者I	1	2	8	10	12	17	20	23	25	30	32	35	40
被験者J	0.7	2.5	8.2	11	18	19	32	36	33	39	42	47	49
被験者K	0.5	2	4	7	12	15	18	17	17	20	22	25	25
幾何平均	0.8	2.3	4.9	6.5	9.4	11.7	14.7	16.8	18.3	21.5	23.0	25.6	27.0

モニター空間

1st set													
物理的距離	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
被験者A	0.5	3	4	7	8	13	16	20	22	22	29	32	30
被験者B	1	3	8	10	16	18	15	18	17	18	22	24	20
被験者C	1	2	7	16	8	12	18	22	23	23	20	23	25
被験者D	0.3	2	3	4	5	5	6	6	7	10	11	11	11
被験者E	1	2	4	5	6	6	8	8	10	10	12	12	15
被験者F	2	10	20	27	35	30	50	45	70	55	60	75	100
被験者G	0	10	50	60	70	70	80	90	90	100	90	100	100
被験者H	3	3	5	10	8	13	15	12	18	25	20	30	25
被験者I	1	5	10	15	20	20	25	30	35	35	35	40	45
被験者J	1	7	14	22	20	24	27	33	36	40	44	44	49
被験者K	2	4	10	8	13	15	15	18	20	20	22	25	25
幾何平均	0.4	3.9	8.6	12.3	13.7	15.9	19.1	20.9	24.3	25.9	27.3	30.7	31.8

2nd set													
物理的距離	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
被験者A	0.5	3	5	12	10	19	18	27	27	25	30	31	33
被験者B	1	5	10	18	20	20	20	24	23	25	28	25	30
被験者C	1	3	7	8	15	18	16	18	19	20	20	24	25
被験者D	0.5	1.5	3	5	5.5	7	7	7	9	10	11	11	11.5
被験者E	1	2	5	6	5	9	9	10	11	10	10	12	12
被験者F	2	13	25	30	35	40	45	50	50	60	55	80	90
被験者G	0	30	50	60	70	70	80	80	90	90	90	100	100
被験者H	3	5	5	8	10	12	15	20	20	18	20	25	28
被験者I	1	5	12	18	20	25	25	25	30	30	35	40	40
被験者J	1.2	5	11	18	29	30	32	36	32	34	40	42	46
被験者K	2	5	12	12	13	18	18	18	20	20	25	25	25
幾何平均	0.4	4.8	9.4	13.6	15.8	19.9	20.6	23.2	24.6	25.1	27.3	30.4	32.3

表2-2 各空間に於けるME値(2)

HMD空間

1st set													
物理的距離	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
被験者A	1	3	5	12	7	8	13	30	20	19	30	23	20
被験者B	1	8	10	10	20	20	20	25	30	25	30	35	40
被験者C	1.5	3	6	8	9	14	13	18	25	25	20	20	30
被験者D	0.5	1.5	3	4	5	6	7	7	8.5	9	9	9	9
被験者E	0.5	1	4	6	8	7	8	12	10	15	12	12	15
被験者F	0.5	2	5	7	10	15	10	14	20	20	25	20	20
被験者G	1	2	10	50	50	60	80	80	90	90	100	100	100
被験者H	1	5	7	6	10	8	10	12	18	20	18	20	20
被験者I	1	5	9	10	13	15	18	20	25	25	30	35	30
被験者J	1.5	4	15	12	8	19	20	20	23	28	30	27	32
被験者K	1.5	3	5	7	7	10	12	10	15	15	15	20	20
幾何平均	0.9	2.9	6.5	9.2	10.6	13.1	14.6	17.9	21.0	22.1	23.5	23.7	25.1

2nd set													
物理的距離	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36
被験者A	2	3	6	8	12	18	30	15	20	29	23	33	32
被験者B	1	8	10	13	15	20	35	28	35	30	40	45	35
被験者C	2	4	6	8	10	18	15	30	20	22	28	35	32
被験者D	0.5	1	3	4	5	6	7	7	8	9	10	9	11
被験者E	0.5	3	5	6	8	10	10	10	10	15	17	16	20
被験者F	0.5	2	5	8	8	10	10	15	18	20	20	25	30
被験者G	1	2	30	50	70	70	80	80	90	90	100	100	100
被験者H	1.5	4	7	8	8	10	12	17	20	18	18	20	20
被験者I	1	5	8	10	13	18	18	20	20	30	25	30	35
被験者J	1.8	12	19	23	25	31	34	33	31	42	29	38	40
被験者K	2	4	5	8	10	12	13	15	18	20	20	25	25
幾何平均	1.1	3.5	7.5	10.1	12.4	16.1	18.4	19.7	21.3	24.7	24.9	28.6	29.8

表2-3 1セット目と2セット目のME値の相関

	物理空間	モニター空間	HMD空間
被験者A	0.9902	0.9756	0.6529
被験者B	0.9890	0.9508	0.9102
被験者C	0.9849	0.8813	0.8660
被験者D	0.9899	0.9771	0.9838
被験者E	0.9829	0.9239	0.9297
被験者F	0.9836	0.9606	0.9002
被験者G	0.9942	0.9813	0.9796
被験者H	0.9552	0.9077	0.9570
被験者I	0.9982	0.9755	0.9484
被験者J	0.9615	0.9502	0.8821
被験者K	0.9647	0.9788	0.9874

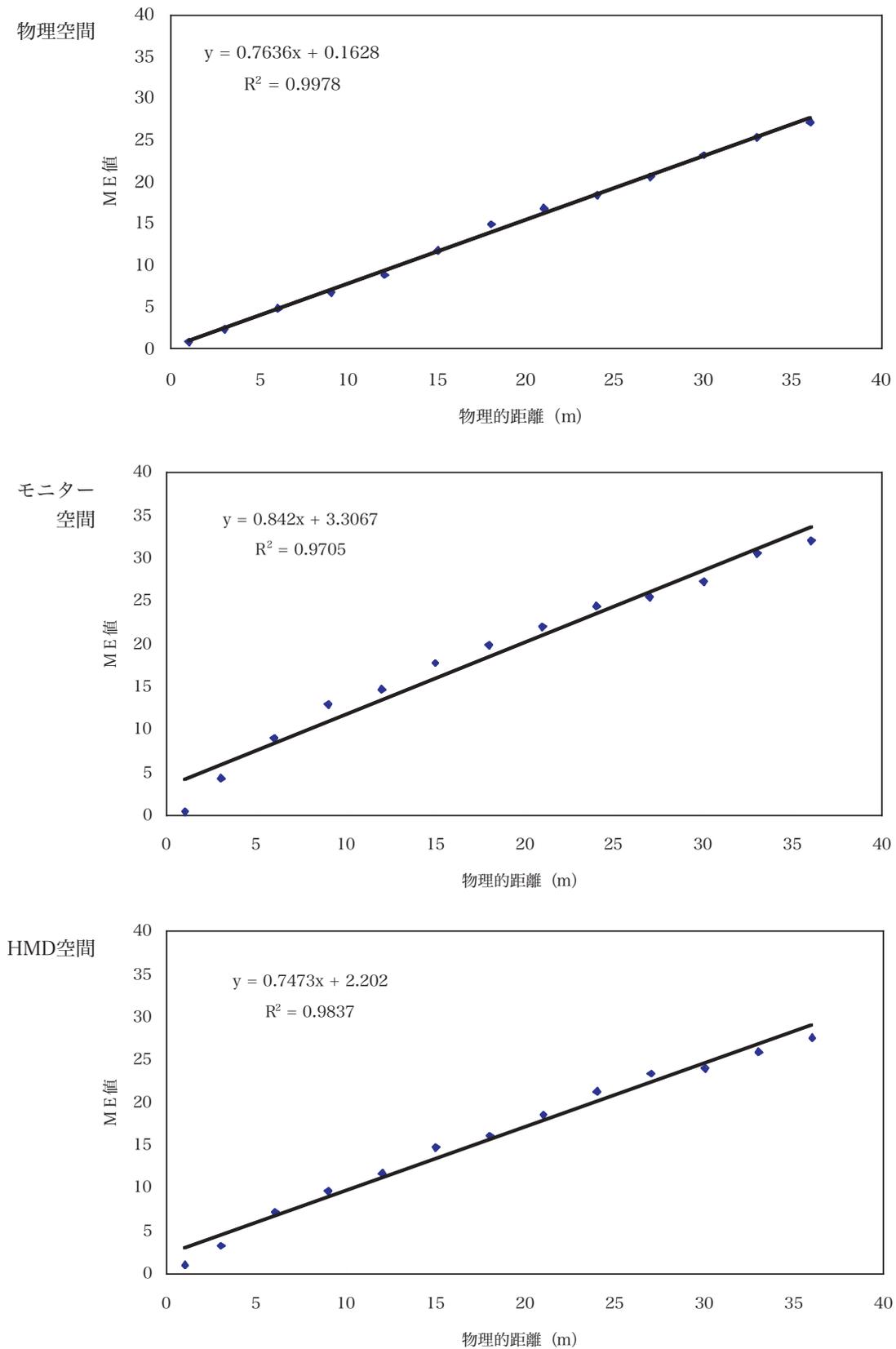


図2-2 各空間に於けるME値（幾何平均）の散布と回帰直線

としている被験者が最も多かった。他に多くみられた回答は「25mプール」、「100m走のコース」など、実際に提示される空間内には現われていないが距離がはっきりと決められているものを想定、比較するものである^{註3)}。ただし、提示される刺激の距離により基準を変えている被験者が約半数程度（物理空間7名、モニター空間6名、HMD空間5名）おり、特に距離が近い地点と遠い地点とで別の基準を設定する傾向が見られる。

2.4.4 考察

一般的に、距離感は物理的距離には比例しないとされる⁴⁾。しかし、回帰分析の結果から考えると、建物内の避難を想定している場合、距離感は物理的距離に比例していると言える。また、シミュレータ空間に於ける距離感は物理空間に於ける距離感と非常に近似していると言える。

シミュレータ空間に於ける5m程度の近距離でME値の平均が上に凸の曲線になっているが、これには2つの要因が考えられる。

一つは視界の中に提示される情報の問題である。インタビュー回答にみられたように、物理空間では被験者自身の身体の一部が視界に入ってくるため、これを基に近距離での距離感を把握できる。一方、シミュレータ空間では壁や床などの対象空間を構成するオブジェクトのみしか映しだされず、近距離での距離感を把握しにくいということである。

もう一つの要因は垂直視野角の問題である。物理空間においては刺激が最も

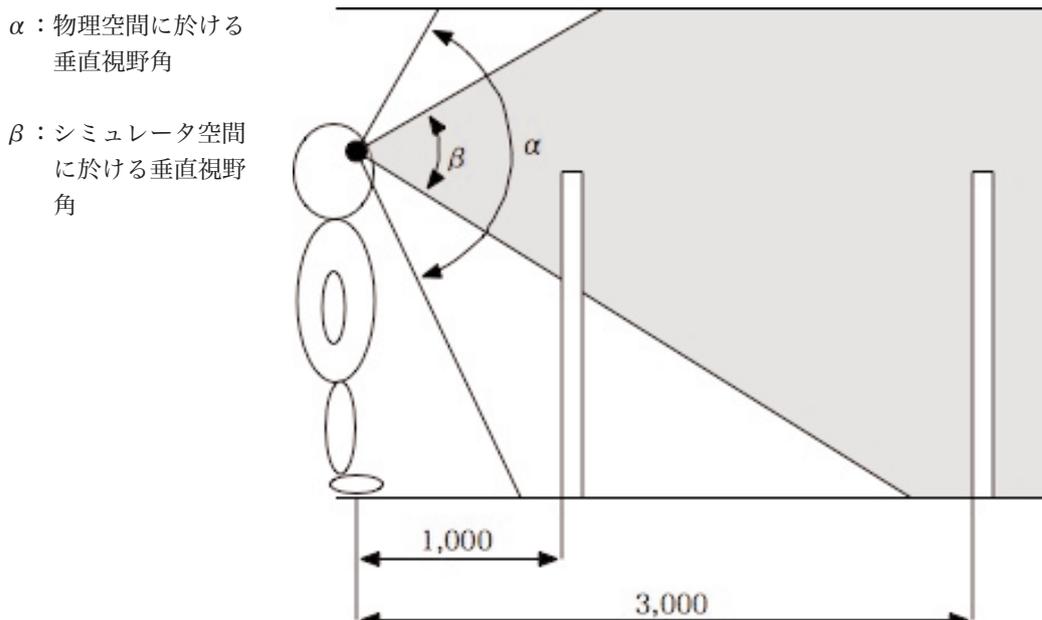


図2-3 物理空間とシミュレータ空間に於ける垂直視野の相異

近づいた1mの距離に提示された場合でも被験者は視野の中に刺激全体を捉えることができる。しかし、モニター空間では1mの距離に刺激が提示された場合、刺激の下部を被験者は見るができない。また、3mの距離に提示された場合には刺激と廊下の交線よりも被験者に近い部分の情報が殆ど欠損してしまう。HMD空間の場合も被験者が視線を水平方向からかなり下げなければ同様である(図2-3)。このような物理空間とのギャップがシミュレータ空間での近距離に於ける距離感の非線形性の理由であると考えられる。

モニター空間とHMD空間との距離感に関してはほとんど差異はなかった。今回の実験からはHMDによる両眼視差の優位性については言及することができなかった。このことは、両眼視差から得られる情報が欠落していても、シミュレータ空間として提示される3次元CGの映像の中に奥行きに関する手がかりは十分に存在していることを示している。

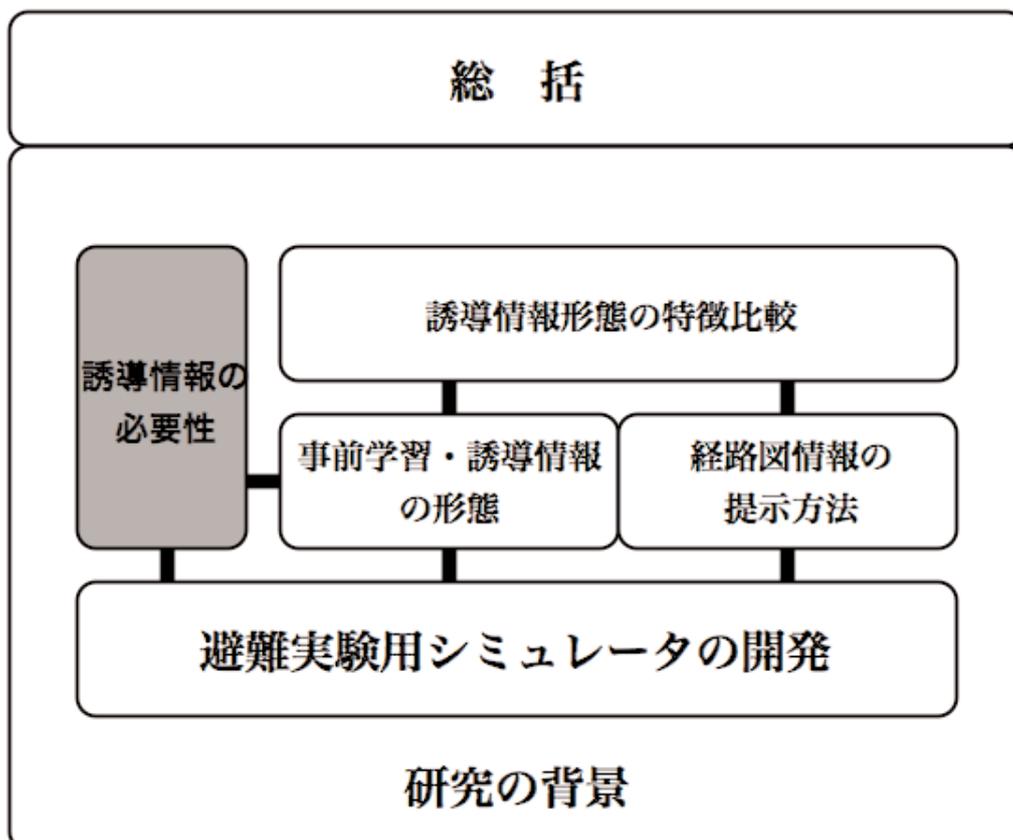
図2-2では各空間それぞれに於けるME値の回帰直線の傾きが異なっている。しかし、避難時の経路選択に影響するのは距離の絶対値ではなく、「あちら」と「こちら」を比較したときの距離の相対値であると考えられる。よって、回帰直線の傾きが異なっても、被験者の距離感が物理距離と線形であるので、経路選択時に大きく影響を及ぼすと考えられる距離の相対値は物理空間とシミュレータ空間では同一となる。従って、物理空間とシミュレータ空間に於ける距離感については近距離の部分で差異があるものの、建物内の避難を想定した第3章以降の実験に於いて、シミュレータ空間の距離感に対して特別な配慮をする必要はないと言える。

本章は、以下の論文を基に加筆修正したものである。

- ・ KAKEI Hidekazu, SATOH Hiroomi, SAKO Toshihiko: The Experimental Study of the Evacuation Using VR Simulator, Human Behaviour in Fire: Proc. of the First International Symposium, pp.469-478, 1998
- ・ 掛井秀一、涌井健、佐藤博臣：VRを利用した避難シミュレータの構築、1995年度日本建築学会大会学術講演梗概集、A-2、防火・海洋・情報システム技術、pp.407-408、1995
- ・ 涌井健、掛井秀一、佐藤博臣：VRを利用した避難シミュレータの開発 その2 物理空間とHMD空間における距離感、1995年度日本建築学会大会学術講演梗概集、A-2、防火、海洋、情報システム技術、pp.389-390、1996

第3章 誘導情報の必要性に関する検討

- 3.1 実験目的
- 3.2 実験概要
- 3.3 実験結果
- 3.4 結論



3.1 実験目的

避難行動中に於ける誘導情報の必要性を確認するため、誘導情報が与えられない場合の避難行動に関する実験を行った。

実際の避難に於いて避難者が外部より取得する情報には、次の2種類が存在する。

1. 誘導サイドが伝えようと意図するメッセージが託された情報
2. 誘導サイドの意図とは無関係な情報

前者の情報は避難経路図や館内アナウンスなどであり、後者の情報は他の避難者の行動や噴出する火炎などである。前者の情報は制御が可能であるが、後者の情報すべてを誘導サイドがコントロールすることは困難である。よって、背反する意味を読み取ってしまうような複数の情報を避難者が同時に受け取るということが起こり得る。避難開始前の事前学習より非常口に辿り着くためには次の分岐を左に曲がるように記憶していた時、その方向から他の避難者が走ってきたら、互いの情報から読み取られる意味はコンフリクト（conflict：衝突、葛藤）を生ずるであろう。

このような相反した情報を読み取り、且つ、誘導情報を参照できない場合、避難者がどのような行動を取るのかを検討するため、避難実験用シミュレータを用い、アトリウムをもつ中層のホテルを想定した被験者実験（以下、避難実験1）を行なった。

また、事前学習に於ける避難経路図のパターンが、その後の避難行動にどのように影響するのかについても検討した。

3.2 実験概要

1) 実験方法

実験課題では後述する実験ステージの避難開始地点である居室からスタートし、できるだけ早く避難を完了することを求める。同一フロアに3つ設けられた非常口のうち任意の2つの非常口を経由して3つめの非常口に辿り着くことで課題は終了する。なお、被験者には、3つとも非常口を巡らないと避難完了とならないことは告げられない。

2) 実験ステージ

実験課題に於いて避難対象となる実験ステージはHMDに表示されるCGにより描かれたアトリウムをもつ4層のホテルの3Fである（図3-1、図3-



図3-1 HMDに提示されるホテルの映像

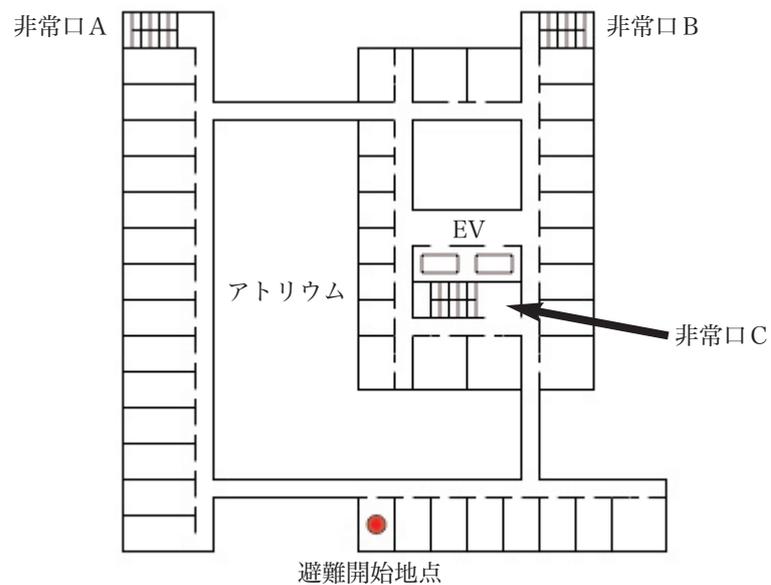


図3-2 ホテルのフロア図

2)。CGで構成された3次元空間に於いても空間学習、空間探索に必要な空間情報は十分に得られることが先行研究により示されている¹⁾。また、「2.4 シミュレータ空間に於ける距離感」で述べたように避難距離程度であればCGによりシミュレートされた建築空間内に於ける距離感は、物理空間に於ける距離感と同様であることが確認されている。

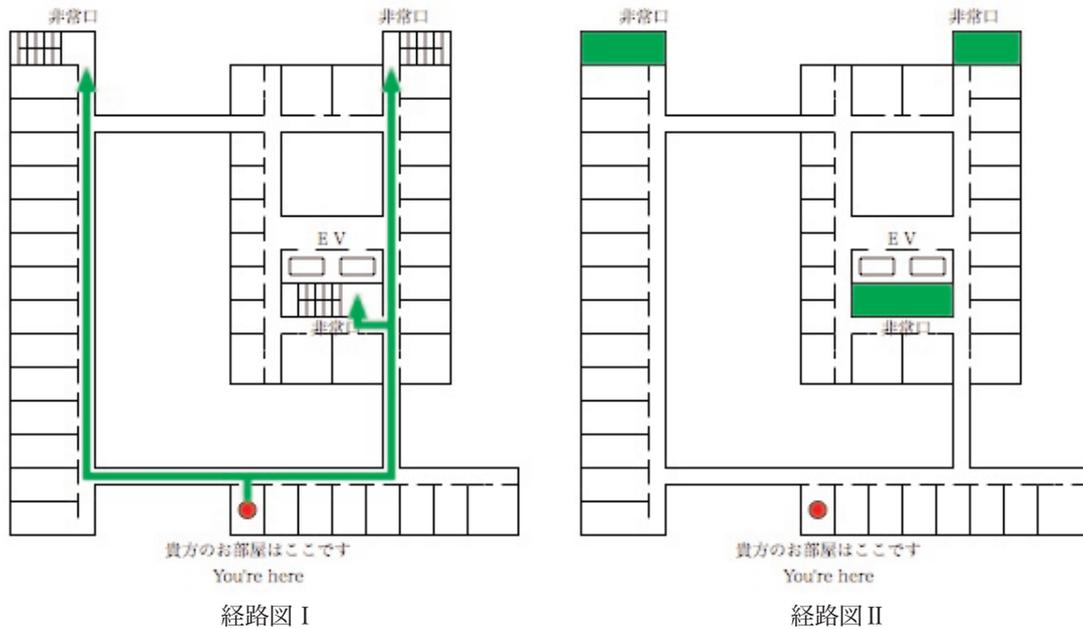


図3-3 事前に提示される経路図

表3-1 被験者配置

	他の避難者の行動			合計
	個人	避難者	誘導者	
経 無提示	1(1)	2(1)	4(3)	7(5)
路 経路図 I	1(1)	5(3)	3(2)	9(6)
図 経路図 II	3(1)	2(1)	5(3)	10(5)
合計	5(3)	9(4)	12(8)	26(16)

() 内は女性の
人数を内数で示
している

3) 要因配置と被験者

被験者は18～25歳の大学生及び大学院生26名（男性10名、女性16名）である。

実験は避難開始前の学習のパターン3群、避難行動中の他の避難者の行動パターン3群の2要因計画（3×3）とした。事前学習に関する要因は、

「経路図 I」群：居室から各非常口までの経路を強調した経路図（経路図 I）を提示する

「経路図 II」群：フロアにおける非常口の位置を強調した経路図（経路図 II）を提示する

「無提示」群：なにも提示しない
の3群を設定した（図3-3）。

他の避難者の行動パターンに関する要因は、

「個人」群：被験者以外の避難者は実験ステージに現われない

「避難者」群：複数の避難者が全員同一の方向に避難する

「誘導者」群：誘導者が他の複数の避難者を先導しながら避難する

の3群を設定した。

これらの各条件へ被験者を表3-1のように配置した。

4) 手続き

「避難者」群及び「誘導者」群に対しては、次のような教示をした。

「ホテル内に現れる他の避難者は、他の場所からネットワークを介し同じ環境にアクセスして、この実験に参加している被験者である」

実際には他の避難者の行動はすべて事前に実験者によりプログラムされている。しかし、他の避難者が実験者の意図により恣意的に行動していると捉えるか、或いは第三者の意思により自律的に行動していると捉えるかによって被験者の行動に影響が及ぶことも考えられた^{註1), 2)}。このため、実際の避難の状況設定に近づけるよう、上記のような教示を行なった。

誘導者の行動も実験者により事前にプログラムされている。しかし、誘導者に対する被験者の信頼感を損なわないようにするため、「誘導者」群には次のように教示した。

「誘導者は、人工知能により、その時点で利用できる可能性のある最も近い非常口へ誘導する」

今回の実験で他の避難者や誘導者（以下、両者を合わせて他者と呼ぶ）はフロアをある規則性を持って巡回するだけである。非常口に向かったり、避難者を適切に誘導したりはしない。

シミュレータを採用した避難実験では、被験者に緊迫感が欠如する傾向にある。この実験では被験者に医療用の電極を取り付け、次のように教示し、早急な避難を促し、緊迫感を高めた。

「避難を開始してから一定の時間を経過すると被験者の身体に電気ショックを与える。その時間は乱数で決定されるので実験者にも、いつ電気ショックが加わるかは予期できない。これを回避するためには、その時間までに避難を完了しなければならない。」^{註2)}

更に、実験開始前に実験に関する同意書にサインを求めることで、切迫感を演出した。

最初に、被験者は3Fのエレベーターホールから避難開始地点となるアトリウムに面した居室までドアボーイに先導され進む。この実験では居室から非常口までの同一フロア内の避難が被験者への課題であることと、ホテルに宿泊し

表3-2 実験データ

	実験要因		質問		避難			行動			
	経路図	他の被験者	他者	非常口	1st	2nd	3rd	0--1	1--2	2--3	L-R
被験者A	経路図 I	避難者	30	3	A	B	C	○	△	○	L
被験者B	無提示	誘導者	7	3	B			×			L
被験者C	無提示	避難者	20	2	A	B	C	○	○	×	L
被験者D	経路図 I	個人		3	C	B	A	○	○	○	R
被験者E	無提示	個人		6	B	A		×	○		L
被験者F	経路図 II	避難者	10	3	A	B	C	○	×	×	L
被験者G	経路図 II	誘導者	2	3	C	B	A	○	○	○	R
被験者H	経路図 II	誘導者	6	3	B	A	C	×	×	×	L
被験者I	経路図 I	誘導者	15	3	A	B	C	△	○	×	L
被験者J	経路図 II	個人		3	C	B	A	○	○	×	R
被験者K	経路図 I	避難者	10	3	C	B	A	○	○	×	R
被験者L	経路図 II	誘導者	1	4	C	B	A	○	○	○	R
被験者M	無提示	誘導者	5	2	C	B		×	○		L
被験者N	経路図 I	避難者	15	3	C	B		○	○		R
被験者O	経路図 II	避難者	20	3	C			○			R
被験者P	経路図 II	個人		3	C	B	A	○	○	○	R
被験者Q	経路図 II	誘導者	4	3	C	B		○	○		R
被験者R	経路図 I	誘導者	4	3	B	C	A	○	○	×	R
被験者S	経路図 I	避難者	20	4	C	B	A	○	○	×	R
被験者T	無提示	誘導者	7	3	B	A	C	×	×	×	L
被験者U	無提示	避難者	15	3	A	B	C	○	×	×	L
被験者V	経路図 II	誘導者	3	3	C	B	A	○	○	×	R
被験者W	経路図 II	個人		3	C	B	A	○	○	○	R
被験者X	経路図 I	誘導者	5	3	C	B	A	○	○	×	R
被験者Y	経路図 I	避難者	5	3	B	C	A	○	○	×	R
被験者Z	無提示	誘導者	15	3	B	A	C	×	×	×	L

て火災が発生し、避難の必要が生じた場合、少なくともフロントから宿泊する居室までの空間移動を避難開始以前に体験していることを考え合わせ、同一フロアのエレベーターホールから居室までの空間移動を被験者に違和感のないように経験させた。また、実際の火災時は防火扉などが閉ざされ建物内の通路パターンが平常時と多少、異なる。これが避難者の行動にどのような影響を及ぼすかを観察するため、このとき通過したエレベーターホールから通路へ繋がる部分を、避難課題実行時には、防火扉で遮断した。

次に「経路図 I」群、「経路図 II」群にはそれぞれのパターンの経路図を手渡す。被験者が経路図を見ている時間に制限は設けないが、

「経路図を見ている時間も避難の時間に算入するので、見ている時間が長くなれば実際の避難に使える時間が短くなる」

と教示した。

避難課題終了後、被験者に用紙を手渡し幾つかの簡単な質問に対しての回答を求めた。

3.3 実験結果

1) 実験データ

実験データを表3-2に示す。表中、『他者』の項目は避難課題終了後の質問

「この実験には他の被験者が何人程度同時にアクセスして参加していたと思いますか」

に対する被験者の回答である。「個人」群には、この質問は行なっていない。同様に『非常口』の項目は避難課題終了後の

「この階には、非常口は全部でいくつありますか」

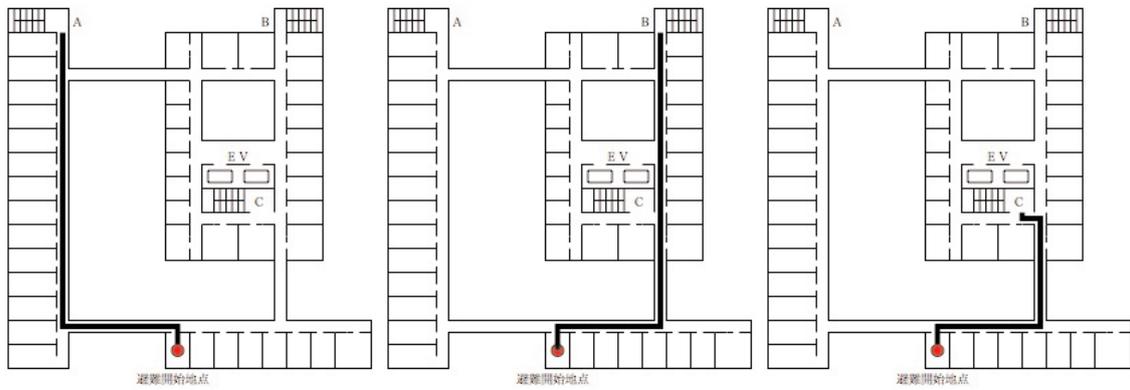
という質問に対する回答である。

『1st』、『2nd』、『3rd』はそれぞれ1番目に辿り着いた非常口、2番目に辿り着いた非常口、3番目に辿り着いた非常口である（A、B、Cについては図3-2参照）。3番目の非常口まで辿り着いて避難課題を終了した場合には、文字が3項目とも記入されている。しかし、被験者の体調悪化、ウォークスルーシミュレータのインターフェイスの不具合により途中で避難課題を終了した場合には『1st』、あるいは『2nd』の項目までしか記入されていない^{註3)}。

『0-1』の項目には避難開始地点である居室から1つめの非常口まで被験者が適切な経路選択を行なった場合には「○」、概ね適切である選択には「△」、不適切な選択には「×」を記入した。ここでの「適切な経路選択」とは2地点間を結ぶ最短経路の選択を指す。同様に『1-2』、『2-3』にはそれぞれ1つめの非常口から2つめの非常口まで、2つめの非常口から3つめの非常口までの経路選択について記入した。具体的には図3-4に示した経路を選択した場合を適切な選択とした。非常口A-非常口Cの経路に関しては図のような2パターンの経路選択を適切と認定した。

『L-R』の項目は避難開始後、居室を出て最初に向かった方向である。左に向かった場合には「L」、右に向かった場合には「R」を記入した。

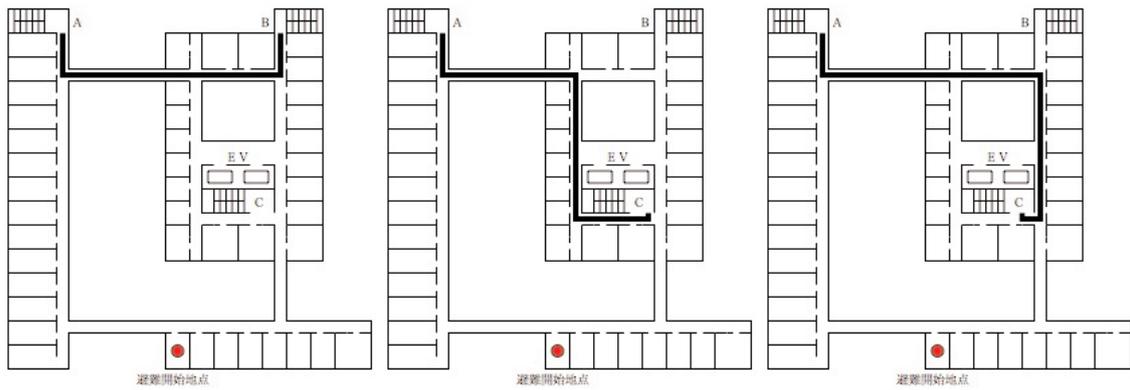
2) 考察



経路選択：居室－非常口A

経路選択：居室－非常口B

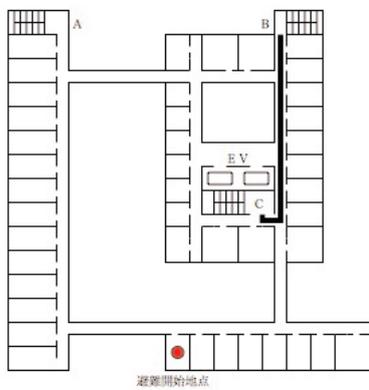
経路選択：居室－非常口C



経路選択：非常口A－非常口B

経路選択：非常口A－非常口C（1）

経路選択：非常口A－非常口C（2）



経路選択：非常口B－非常口C

図3-4 2地点間を結ぶ適切な経路

このフロアに設置されている非常口の数については避難開始前に経路図を見ているにも関わらず、「経路図Ⅰ」群で9名中1名(=11%)が、「経路図Ⅱ」群で10名中1名(=10%)が正解の3つではなく「4つ」と誤った回答をしている。経路図を事前に見ているにも関わらず誤った回答をした被験者が存在したということである。また、避難課題終了後に質問しているため、被験者は避難経路図のみを手掛かりに非常口の数について回答しているわけではない。実際の避難行動を通じて非常口の数についての手掛かりは得られるわけであり、「無提示」群の7名中4名(=57%)が正解しているのはこのためであると考えられる。よって、経路図のみから非常口の数を確認した被験者数はここに述べた数より少数になると予想される。

1番目に辿り着いた非常口は、「経路図Ⅰ」群の9名中4名(=44%)が避難開始地点である居室から最短距離にある非常口Cではなく、非常口A(9名中2名:22%)または非常口B(9名中2名:22%)である。一方、「経路図Ⅱ」群の10名中8名(=80%)は非常口Cへ1番目に辿り着いている。また、「経路図Ⅰ」群、「経路図Ⅱ」群の被験者がそれぞれ1名を除いて全員、居室から1番目に辿り着いた非常口までの経路選択が適切であった。これらのことより、「経路図Ⅱ」群は最初に居室から最短距離にある非常口Cを目指すこと、しかし、「経路図Ⅰ」群については必ずしも最短距離である非常口Cを目指しているとは言えないことがわかる。

経路図Ⅰでは居室から各非常口までの経路が強調されている。このため、「経路図Ⅰ」群の非常口選択基準は目についた経路であったと考えられる。これに対し、経路図Ⅱでは経路は一切記入されず非常口の位置が強調されている。このため、「経路図Ⅱ」群の非常口選択基準はその位置であったと考えられる。

3つの非常口すべてに辿り着いて避難課題を終了し、且つ、各区分すべてに於いて適切な経路選択あるいは概ね適切な経路選択を行なっている被験者は全員、経路図による事前学習を行った者であった。このような被験者は「個人」群では4名中3名(=75%)であるが、「避難者」群では8名中1名(=12.5%)、「誘導者」群では9名中2名(=22%)である。このことは避難行動には他者の影響も大きく影響することを示している。

また、経路図提示により事前学習を行った、「個人」群では区分『0-1』に於いて適切でない経路選択を行なったケースは0%(4ケース中0ケース)、次の区分『1-2』でも0%(4ケース中0ケース)、最後の区分『2-3』では25%(4ケース中1ケース)となった。他方、経路図提示により事前学習を行った、「避難者」群または「誘導者」群のデータ中、区分『0-1』に於ける経路選択が適切ではないケースは6.7%(15ケース中1ケース)であるが、区分『1-2』では14.3%(14ケース中2ケース)、区分『2-3』では76.9%(13ケース中10ケース)となっている。

「個人」群ではすべての区間に於いて、ほぼ全員が適切な経路を選択している。このことより、今回の実験ステージは事前学習により空間構造が把握できる程度に単純なフロアプランであったと言える。

「個人」群に比較して「避難者」群や「誘導者」群では、すべての区間に於いて適切に経路を選択できた被験者が少数であり、時間が経過するとともに適切でない経路選択が増加する。このことは、他者の出現が、事前学習による空間構造の記憶保持への妨害要因となっていることを示している。

他者は非常口に向かったりはしない。また、実験ステージは事前学習により空間構造が把握できる程度に単純なフロアプランであった。従って、空間構造の記憶が十分に保持されているならば他者が現れたとしても、適切な経路を選択して避難することができたはずである。しかし、他者の出現により被験者の注意が他者にも向けられ、被験者の有する認知的資源の幾許かがこれに使われた。そのため、事前学習による空間構造の記憶が曖昧にされてしまい、時間が経過するに伴い適切でない経路選択が増加したと考えられる。他者という妨害要因が出現しなければ避難完了まで保つことができた事前学習の効果が、他者という妨害要因の出現によって著しく低下させられたと言うことである。

居室を出て最初に向かった方向は、経路図を事前に提示した「経路図Ⅰ」群及び「経路図Ⅱ」群の19名中15名(=78.9%)が「R」であるのに対し、「無提示」群で「R」を選択した被験者は皆無(7名中0名)であった。居室を出た地点で左側はアトリウムを通して通路を見渡すことができるが、右側は左側に比較して見通しが利かない(図3-2参照)。このことが避難すべき空間についてほとんど知識を持っていない「無提示」群の被験者が最初に向かう方向として「L」を選択した大きな理由であると考えられる。先行研究に於いても見通しが利く経路が選択されやすいことが示されている³⁾。

避難開始前にエレベーターホールから居室まで誘導されてきたことが「L」の選択について促進する方向に作用したのか抑制する方向にはたらいとのかは定かではない。一般的には知っている経路を選択することが指摘されており、この実験の場合、エレベーターボーイによる事前の誘導は一度通った「R」側の選択を促進する方向に作用することになる。しかし、一度しか通らなかった経路を「知っている」と被験者が捉えていたかは疑問である。また、実際には非常口Cの横を通っているにも関わらず、実験後のインタビューでは「エレベーターホールから居室までの間に非常口はなかった」との回答もあり、この認識が「R」側の選択を抑制したケースもあったと思われる。

一方、「経路図Ⅰ」群、「経路図Ⅱ」群の大部分は、事前の経路図からの情報と居室を出た地点で「左側は見通しが利く」という視覚から得た情報とがコンフリクトを起こしたが、経路図からの情報に従ったということがわかる。案内図や案内標識による情報は空間自体が持つ情報よりも行動のための情報として

は優先度が高いとする先行研究⁴⁾と合致する結果である。

エレベーターホール部分の通路が避難開始前後では変化していることに気づいた被験者はいなかった。

3.4 結論

この実験の分析より以下のことが明らかになった。

- ①避難者は事前に提示される経路図よりすべての非常口に対する情報をよみとっているわけではない
- ②経路が強調された経路図では位置ではなく経路に着目され避難する非常口が選択される傾向にある
- ③避難行動中の妨害要因により事前学習の効果は著しく低減させられることがある
- ④空間自体が持つ情報の効果は経路図など意図的に与えられる情報により抑制される

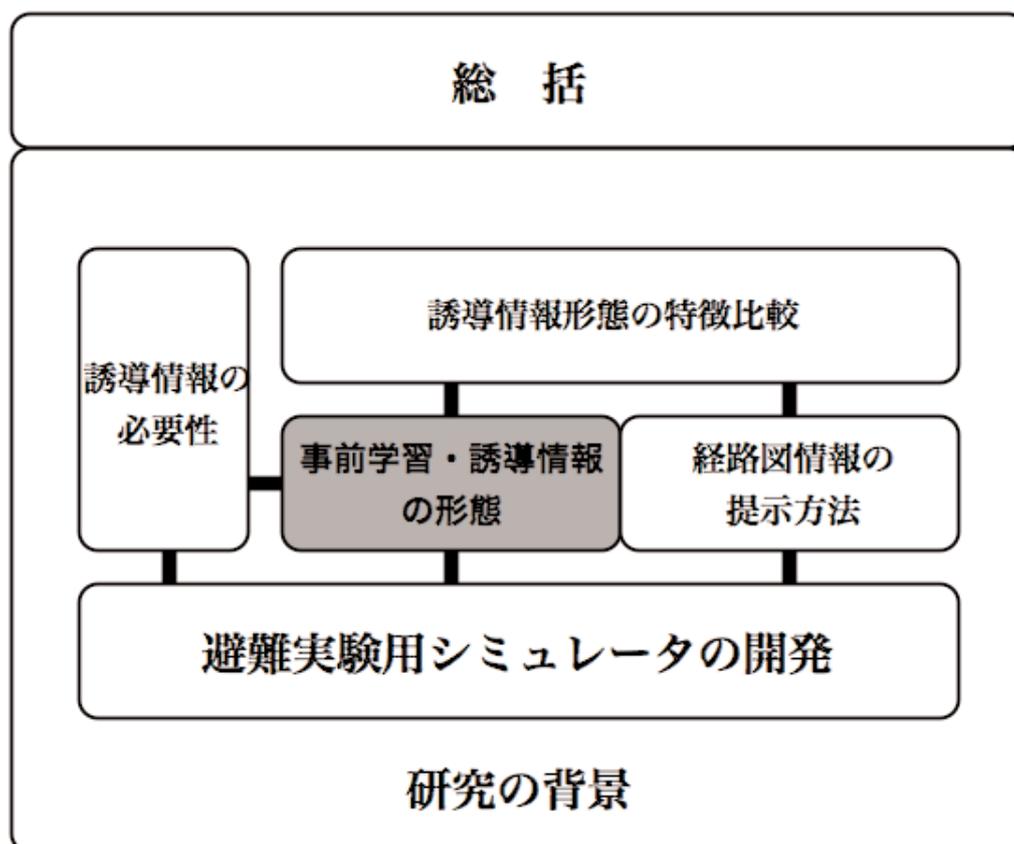
これらの結果より避難においては避難行動中にも適切な誘導情報を提示することが不可欠であると言える。

本章は、以下の論文を基に加筆修正したものである。

- ・掛井秀一、佐藤博臣、佐古順彦：VRシミュレータを用いた避難実験－避難経路図・他の避難者の影響－、1997年度日本建築学会関東支部研究報告集、pp.185-188、1998

第4章 事前学習・誘導情報の形態に関する検討

- 4.1 実験目的
- 4.2 実験概要
- 4.3 反応
- 4.4 分析方法
- 4.5 結果及び考察
- 4.6 結論



4.1 実験目的

ホテルや地下街など不特定多数が利用する空間での避難に於いては、大多数の人間はその時、自分がいる空間の構造を把握していない。このため、避難行動は非常口までの経路探索行動となり、何らかの方法で避難者に避難経路を事前に学習させる、あるいは避難の最中に誘導情報を提示することが重要になってくる。

現在、避難経路に関する事前の情報提供手段としては一般的には一定の方向で壁に固定された経路図が採用されている。しかし、既往の研究によれば避難経路を実際に避難しているようにアニメーション表示するウォークスルーによる経路の事前学習の方が経路図による事前学習よりも経路探索に要する時間が短くなる可能性が示されており^{1), 2)}、経路図とは異なる事前学習の方法の有効性を検討する必要がある。

一方、避難の最中の誘導情報の提示には静的なサインが広く取り入れられている。しかし、煙の充満や避難者の殺到などの理由により、避難すべき非常口や安全な避難経路の変更が余儀なくされる場合もあり得る。このような時、静的な誘導情報の提示は用をなさなくなる。状況に応じて適切な誘導情報を動的に提示するシステムが望まれる。

さらに、一般的には事前学習の効果は時間の経過とともに漸次的に低減するが、「第3章 誘導情報の必要性に関する検討」で述べたように、何らかの妨害要因が存在すると事前学習の効果は著しく低減する。よって、避難者に適切な誘導情報を提供することは非常に重要である。

今日のメディア技術を十分に活用すれば、ウォークスルーによる事前学習、アダプティブな誘導情報提供も可能である。しかし、従来とは異なる事前学習方法や誘導情報提供方式が避難行動にどのような影響を及ぼすかは明らかではない。ここでは事前学習及び誘導情報の形態を変数として実施した実験（以下、避難実験2）より得られたデータを基に、それらが避難者の行動並びに心理に及ぼす影響について検討する。

4.2 実験概要

1) 実験課題

実験課題は、避難課題と再配置課題及びルートマップ課題の3つの課題である。

避難課題では被験者の避難に於ける問題解決過程そのものに関するデータの取得を、再配置課題及びルートマップ課題では避難行動中に被験者が形成した

と想定される認知地図^{註1)、3)}に関するデータの取得を目的としている。

一般的に避難者の避難行動は避難者内部に構築される認知地図にも大きく拠っていると考えられる。従って、問題解決過程に関するデータと認知地図に関するデータを併せ考えることで、事前学習や誘導情報が避難行動に及ぼす影響について得られた知見を、より広い範囲で適用できると期待される。本研究では事前学習や誘導情報の形態として視覚的な情報のみを取り上げている。このため、問題解決過程のみのデータの分析では、得られた知見を、事前学習や誘導情報の形態が音声などの情報に置き換わった場合について、適用することは難しい。しかし、避難者内部に構築される認知地図と避難行動についての知見が得られるならば、その知見は事前学習や誘導情報の形態が音声などの情報に置き換わった場合についても適用することが可能であろう。

再配置課題やルートマップ課題を実施しなくとも、避難課題から得られるデータを精緻に分析することにより認知地図に関する知見も得られるものと考えられる。しかし、避難行動に現れる認知地図の影響はあくまで間接的なものであるので、今回の実験では認知地図の影響が直接的に現れる再配置課題及びルートマップ課題も実施した。

2) 避難課題

避難課題では、後述するCGにより描かれた実験ステージに1つの避難開始地点と3つの非常口を設け、マウス操作により空間内を移動し、できるだけ早く非常口に辿り着くことを求める。任意の2つの非常口を経由して3つめの非常口に到達することで課題は終了する。被験者には3つの非常口とも巡らないと課題が終了しないことは告げられない。1つめ、2つめの非常口では他の非常口へまわることを促すメッセージが表示され、3つめの非常口で避難が完了した旨のメッセージが表示される。他の非常口へまわるように促すメッセージは、「与えられた情報に従ったのに避難できなかった」というような、そこに至るまで利用してきた情報への信頼性を消失させないように、単にその非常口が利用できない旨を伝えるのではなく、不可抗力により利用できなくなったというニュアンスをもつメッセージとした（「避難者が殺到してこの扉は利用できません」、「障害物に塞がれてこの扉は利用できません」）。3つすべての非常口を回らないと避難が完了しないように設定した理由は、各被験者から安定したデータを採取することと、避難途中で状況が変化してしまった場合の被験者の反応を見るためである。

3) 再配置課題

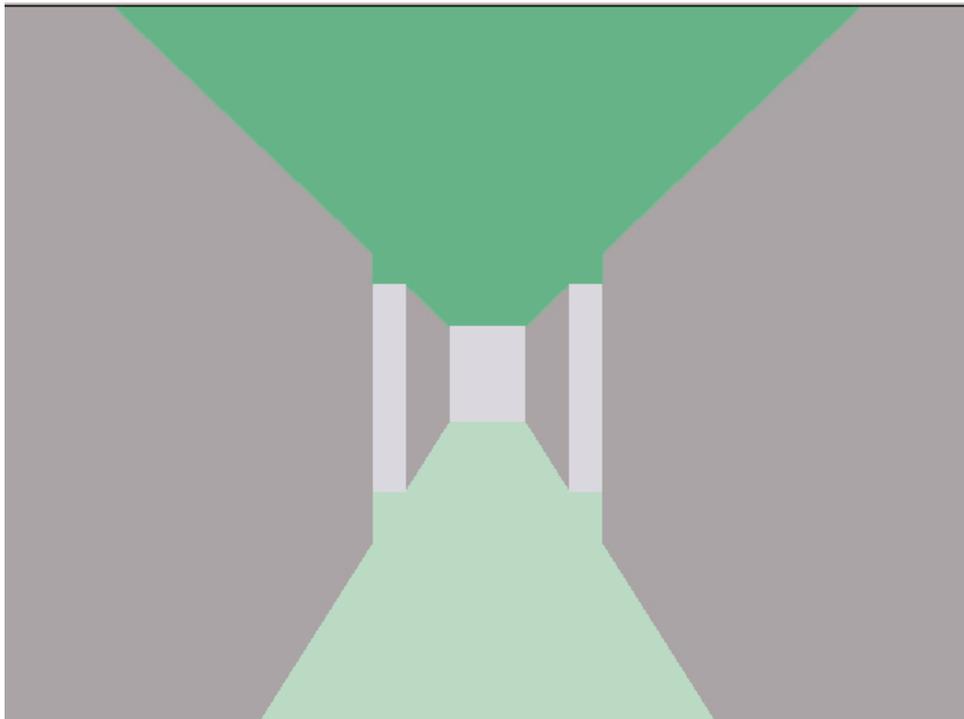


図4-1 被験者の視線で見た実験ステージ

再配置課題では、避難課題終了後、通路のみを描いた実験ステージの平面図を与え、平面図に避難開始地点、非常口を配置することを求めた。また、課題遂行に要した時間を計測した。

4) ルートマップ課題

ルートマップ課題では、避難開始地点・非常口を標した実験ステージの平面図を与え、被験者が避難終了までに辿ったルートの記入を求めた。再配置課題同様、課題遂行に要した時間を計測した。

5) 実験ステージ

避難課題に於いて避難対象となる実験ステージはモニターに表示される3次元CG空間(50m×50m×2.5m)である(図4-1)。通路の総延長は約400mであり、13の分岐点が存在し、フロアプランにはループ、袋小路、非直交な通路の接続が含まれている(図4-2)。

実験ステージは3次元CGにより比較的均一に描かれ、視覚的に分化した特徴を有していない。これは、不慣れでパブリックな環境ではどの部分も同じような特徴を持つように知覚されると想定したためである。

ここに記す避難実験2、並びに「第5章 経路図情報の提示方法に関する検

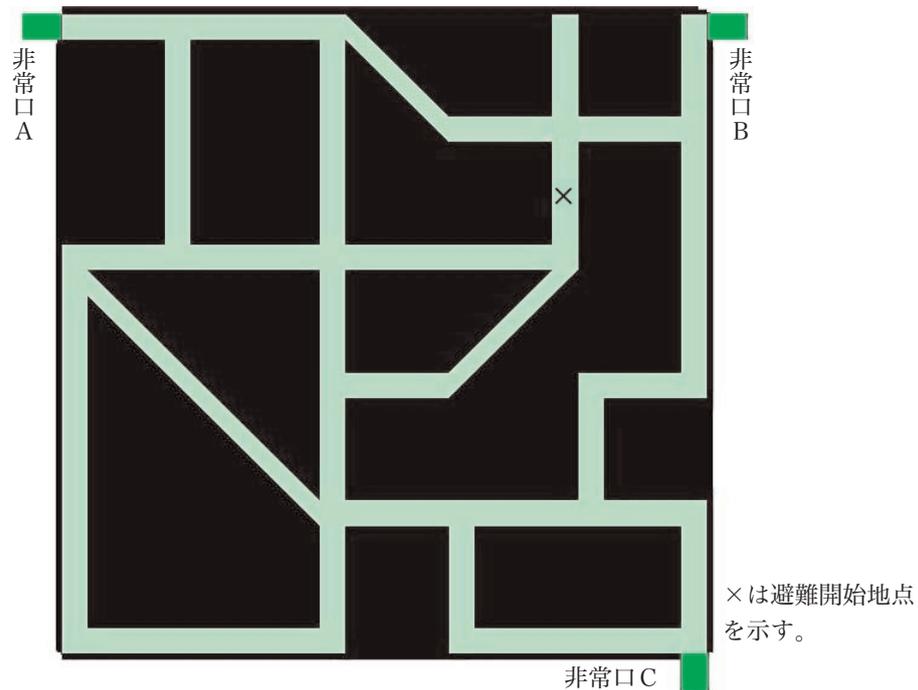


図4-2 実験ステージフロアプラン

討」で述べる実験（以下、避難実験3）は、「第2章 避難実験用シミュレータの開発」に詳述したウォークスルーシミュレータ部に変更を加えたシミュレータ上で実施した。CGはHMDではなくモニターに提示され、進行速度は3次元トラック付きジョイスティックではなくマウスでコントロールされる（写真4-1）。

ウォークスルーシミュレータ部の長所である、見回しながらの移動を可能にしているHMDと3次元トラック付きジョイスティックをモニターとマウスに置き換えた理由は、

1. HMDを装着させることにより少なくない被験者が気分の悪さを訴え、データを十分に確保できないことが予想された
2. 避難実験1より見回すことは余りないと予想された
3. 実験ステージの特徴より特別な意識をせずに見回すことは殆どないと考えられた
4. 実験ステージの特徴より見回し行為が避難行動に及ぼす影響は少ないと考えられた

ことである。

避難実験1ではHMDを装着した被験者の大半が気分の悪さを訴え、避難課題を途中で終了したケースも多かった。従って、HMDを使用した場合、安定したデータの十分な確保が困難であると予想された。

避難実験1に於いて被験者に周囲を見回すという行為は殆ど見られなかつ

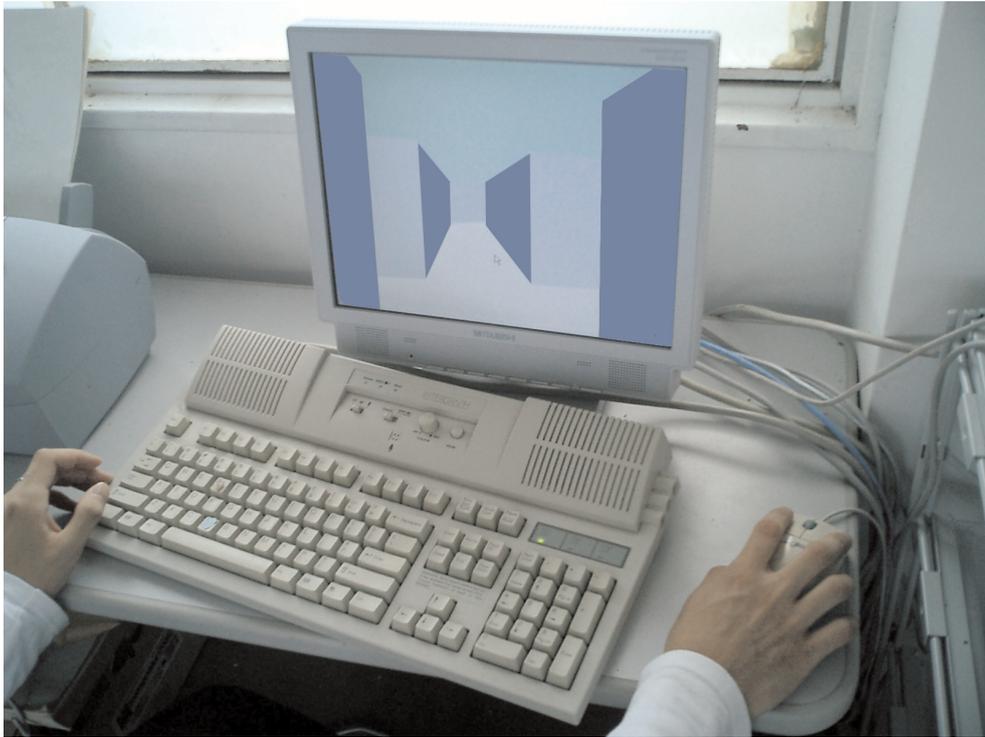


写真4-1 避難課題実施シミュレータ

た。その理由としては、

1. 避難という状況に起因する理由
2. HMDという仕組みに起因する理由

が考えられる。

前者は避難という緊急の状況に於ける情報収集では、見回すことが避難に有利に働くと思われなければ、そのような行為は発生しないと言うものである。避難という緊急の状況では避難に直接的に関係があると考えられる情報を獲得することに意識が集中し、見ようとするものしか見ない。よって、見回すことにより避難に有効な情報が獲得されるという確信がなければ、見回すことは避難にとって無駄な行為であり、そのような行為は発生しない。また、避難者は意識的に情報の収集を行っているため、無意識のうちに周りを見回すという行為は発生しづらい。

後者はHMDの視野角が周辺視を実現するには十分ではなく、被験者は環境 (ambient) を感じる事が出来ないため、見回さないと言うものである。一般的なHMDの視野角は 60° ~ 80° であり、周辺視が欠落している。そのため、HMDによる視覚体験では空間の中に自分が包含 (involve) されているとは感じづらく、自分の周りにも空間が存在しているようには感じられない。従って、被験者は自分の周囲を見回すという行為を起ささない。

避難実験1に於いて被験者が殆ど見回さなかった理由が、上記1. なのか2. なのか、あるいは両者が複合したものなのかは判然としない。しかし、避難実

験1の結果からは、避難実験2及び避難実験3に於いても同様に、HMDを採用しても見回しと言う行為が殆ど起こらないと予想された。

避難実験2及び避難実験3の実験ステージは図4-1及び図4-2に示したように幅員2m程度の通路のみで構成された空間である。このような通路では被験者の注意の殆どは被験者自身の前後方向に向けられていると考えられる。従って、広場やアトリウムなど広がりを持った空間とは異なり、自身の左右方向の空間の存在そのものに対する意識が低いいため、無意識で見回すという行為は発生しないと考えられた。

さらに、この通路の壁面、床面、壁面はCGで均一に描かれている。従って、被験者が通路部分で周囲を見回しても、新たな情報を得ることができない。このため、避難課題中に通路部分で見回しを行っても、そのことが避難行動に及ぼす影響は僅少であると考えられた。

以上より、見回し行為が殆ど発生しないと予想され、見回しを行っても避難行動に対する影響は少ないと考えられるのであれば、被験者に多大な負担を掛けるHMDを映像提示装置として利用するよりも寧ろ、モニターを映像提示装置として利用する方が適切であると判断した。

環境認知という観点からは、「2.4 シミュレータ空間に於ける距離感」で取り上げた実験からも、シミュレータによる環境認知実験に関する先行研究からもモニターに空間を提示しても空間学習、空間探索に必要な空間情報が十分得られることが示されている⁴⁾。

通路部分ではなく分岐点で経路を選択するために為される見回し行為は避難行動に大きな影響を与えられられる。しかし、このような見回しは意識的に為されるので、映像提示装置がHMDではなくモニターでも問題はない。

また、映像提示装置をモニターとすることで、避難課題中、被験者の身体方向はモニターに直面した一定方向に定まる。よって、身体方向を検知する3次元トラック付きジョイスティックを進行速度の制御に利用する必然性もなくなったため、より多くの被験者が使い慣れているであろうマウスを進行速度の制御装置とした。

フロアプランの幾何学的特徴から計算され、そのプランの認知的な明瞭性ととの相関が実験により示されている指標ICD^{注2)、5)}によって今回の実験ステージのプランを定量化すると分岐点が13、曲がり角が8、これらに接続する通路が51なので2.71となる。ICDの値は分岐点・曲がり角に接続する通路の本数の平均値なので実験ステージのプランの分岐点・曲がり角は三叉路よりも多少単純であるということになる。このICDの値は「デュオこうべ地下街」の2.88、「横浜駅東口地下街ポルタ」の3.06とも近く、実験ステージのフロアプランの認知的な明瞭性は実際の地下街とほぼ同等であると言える。

表4-1 被験者配置

		性別	誘導情報要因			合計
			矢印	デュアル	経路図	
事前学習要因	移動	男	5	5	5	15
		女	5	5	5	15
		合計	10	10	10	30
	経路図	男	5	5	5	15
		女	5	5	5	15
		合計	10	10	10	30
	未学習	男	5	5	5	15
		女	5	5	5	15
		合計	10	10	10	30
合計		男	15	15	15	45
		女	15	15	15	45
		合計	30	30	30	90

6) 要因配置と被験者

実験は避難課題に於ける事前の空間学習の形態3群、避難行動中の誘導情報の形態3群の2要因計画（3×3）である。大学生を中心とした19～29歳（平均：22.4歳、標準偏差：2.2）の男女90名の被験者を各条件へ10名ずつ（男女各5名）配置した（表4-1）。

7) 事前学習要因

事前学習要因は、

「移動学習」群：実験者の指示に従い避難開始地点から各非常口までの移動を被験者自らがマウス操作により実際に行なう

「経路図学習」群：避難開始地点・非常口が標された避難空間の平面図を30秒間提示する

「未学習」群：空間学習を行なわない

の3群とした。

「経路図学習」群に提示される平面図は図4-2のフロアプランである。ただし、図中の「非常口A」等の文字は表示されない。

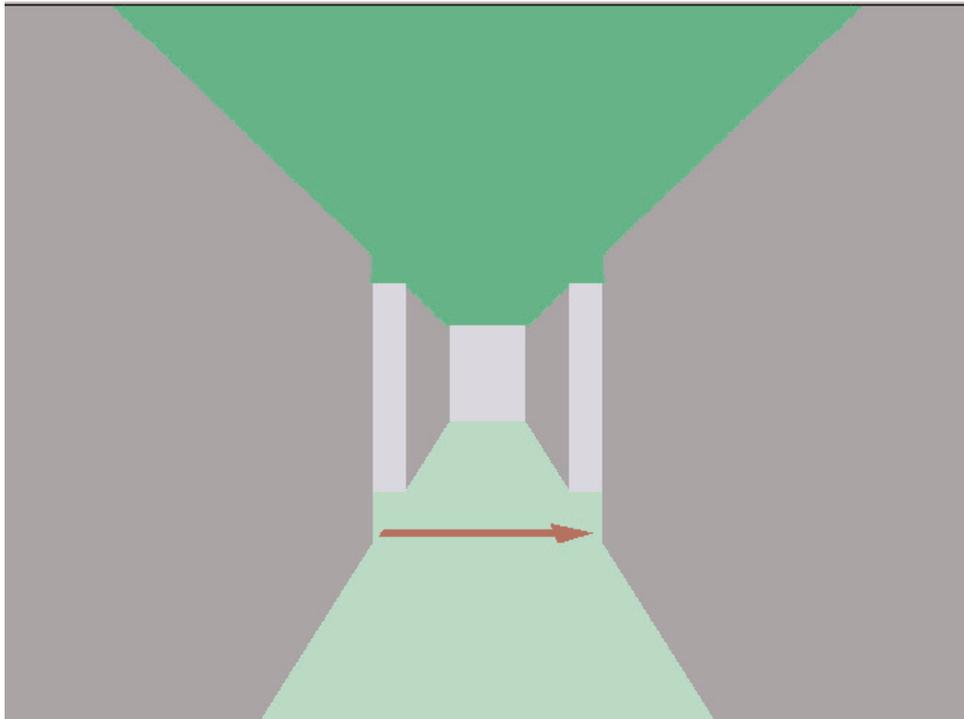


図4-3 避難行動中に請求可能な矢印情報



図4-4 避難行動中に請求可能な経路図情報

8) 誘導情報要因

誘導情報要因は、

「矢印情報」群：避難行動中に請求できる情報が矢印のみの（図4-3）

「経路図情報」群：避難行動中に請求できる情報が経路図のみの（図4-4）

「デュアル情報」群：避難行動中に両方の情報とも請求できるの3群とした。

経路図には避難開始地点、非常口、現在位置が標されている。避難の最中は任意の場所に於いて、キーボード上の割り当てられたキーを押すことにより誘導情報の請求を行うことができる。情報請求の回数に制限は設けない。

矢印は情報が請求された時点で利用できる最寄りの非常口への順路を指し示す。よって、経路の選択をしなければならないすべての分岐点に於いて被験者が常に矢印に従って避難をすれば、避難経路は最短となる。

経路図は情報が請求された時点に於ける被験者の進行方向が常に上になるように提示される。よって、実験空間内での被験者の向いている方向が異なれば、誘導情報を請求したときに提示される経路図の提示方向も異なっている。また、避難開始地点と情報請求がされた時点に於ける被験者の現在位置が経路図には表示される。図4-4では避難開始地点を小さな「●」、現在位置を大きな「●」で表現しているがモニター上では避難開始地点を青い小さな「●」、現在位置を赤い大きな「●」で表示した。このため、被験者が経路図で避難開始地点と現在位置を見間違えることはない。

任意の場所で誘導情報提示を請求できるようにしたのは可搬性のある誘導情報提示システムを念頭においているためである。被験者が移動に要した時間と提示情報から情報を取得している時間とを区別するため、情報を提示しながらの移動はできないようにした。

9) 手続き

インターフェイスに対する慣れによる個人差を是正するため、避難課題開始前に移動及び情報請求の仕方を教示し、実験ステージとは異なる3次元CG空間でマウス操作による移動及びキー操作による誘導情報の請求を被験者自らに練習させた。練習時に請求できる誘導情報は避難課題中に請求できる誘導情報と同じ形態の情報のみである。

この後、操作についての疑問を受け付け、被験者が練習の不足を訴えた場合には、被験者本人から十分修得したという確認を得てから避難課題を開始した。

避難開始からの時間経過を被験者が意識するように、予め用意しておいたメトロノーム音を再生した。予備実験の結果、避難開始後3分から6分の間に避難を完了する被験者が大多数を占めると考え、避難開始後3分と6分の時点でメトロノームのピッチを短くした。

避難課題終了後、再配置課題とルートマップ課題を実施した。

4.3 反応

表4-2には避難実験2の分析で取り上げる反応を記した。それぞれの反応の定義は次の通りである。

- a. 移動時間：避難行動中、実際に移動に費やした平均時間
- b. 情報取得時間：避難行動中、誘導情報を提示している平均時間
- c. 避難所要時間：避難開始地点から3つめの非常口に辿り着くまでに要した平均時間
- d. 行程距離：避難開始地点から3つめの非常口に到達するまでに移動した平均距離
- e. 非常口選択傾向：3つの非常口の巡回パターン
- f. 情報請求回数・X：Xに於いて誘導情報の提示を請求した平均回数
(X=全体, 序盤, 中盤, 終盤)
- g. 再配置課題所要時間：再配置課題に要した平均時間
- h. 再配置課題正答数：再配置課題における平均正答数
- i. ルートマップ描画時間：ルートマップ作成に要した平均時間
- j. ルートマップ誤差数：実際に辿ったルートとの平均誤差数

反応f. に於けるXには反応の説明末尾に記した区間（全体、序盤、中盤、終盤）が適宜代入される。「全体」は避難開始から避難終了までを、「序盤」は被験者の避難行程を3等分した最初の区間を、「中盤」は被験者の避難行程を3等分した中間の区間を、「終盤」は被験者の避難行程を3等分した最後の区間を意味している。

4.4 分析方法

上記の各反応を従属変数、事前学習要因と誘導情報要因を独立変数とする2要因の分散分析結果を表4-2に示した。

帰無仮説「各実験群間の平均値が等しい（e. の場合は『各実験群間での非常口巡回パターンの生起確率が等しい』）」が有意水準1%で棄却される場合を「**」で、5%で棄却される場合を「*」で、10%で棄却される場合を「†」で示した。但し、「e. 非常口選択傾向」に対しては各要因がパターン生起に及ぼす効果について χ 自乗検定を行なった^{註3)}。e. に関する分割表分析統計量は次の通りである。

事前学習要因： $\chi^2 = 31.3$, $df = 8$, $p < 0.001$

誘導情報要因： $\chi^2 = 18.9$, $df = 8$, $p = 0.015$

以下では、帰無仮説が有意水準5%または1%で棄却される場合を「有意差が認められる」あるいは「有意である」、帰無仮説が有意水準10%で棄却され

表4-2 要因の効果及び各反応平均値

課題	反応		事前学習要因						誘導情報要因						交互作用		
	移動時間 (秒)	情報取得時間 (秒)	移動学習 (61.4) (23.1)	経路図学習 (209.5) (35.5)	未学習 (225.4) (54.1)	F値 (78.7)	p値 (0.332)	有意性検定	矢印情報 (43.0) (16.4)	デュアル情報 (200.1) (48.5)	経路図情報 (233.5) (91.0)	F値 (2.491)	p値 (0.089)	有意性検定	F値 (0.489)	p値 (0.744)	
選難課題	情報所要時間	228.9	(73.3)	245.0	(68.9)	281.0	(137.2)	2.479	0.090	†	296.5	(143.2)	5.668	0.005	**	1.250	0.297
	行程距離 (ダリット)	42.1	(9.0)	42.1	(7.5)	42.7	(8.8)	0.048	0.953		45.2	(11.7)	2.854	0.063	†	0.516	0.724
	非常口選択傾向	—	—	—	—	—	—	—	<.001	**	—	—	—	0.015	*	—	—
	情報請求回数・全体 (回)	7.6	(4.3)	10.1	(4.8)	13.3	(6.9)	8.271	<.001	**	9.0	(6.7)	1.451	0.240		0.847	0.499
	情報請求回数・序盤 (回)	1.7	(2.0)	3.1	(2.4)	5.5	(2.8)	19.793	<.001	**	3.0	(2.6)	1.006	0.370		0.700	0.594
再配置課題	情報請求回数・中盤 (回)	3.4	(2.1)	3.9	(1.7)	4.2	(2.6)	1.025	0.364		3.6	(2.3)	0.214	0.808		0.869	0.486
	情報請求回数・終盤 (回)	2.5	(1.5)	3.1	(1.9)	3.7	(2.5)	2.886	0.062	†	2.4	(2.3)	6.576	0.002	**	0.358	0.838
	再配置課題所要時間 (秒)	125.4	(82.9)	54.8	(34.4)	90.3	(118.9)	5.945	0.004	**	69.8	(57.3)	5.343	0.007	**	3.199	0.021
ルートマップ課題	再配置課題正答数 (カ所)	1.9	(1.8)	2.6	(1.6)	1.8	(1.6)	2.205	0.117		2.1	(1.7)	4.086	0.020	*	1.472	0.218
	ルートマップ触頭時間 (秒)	57.4	(42.3)	54.7	(35.7)	66.9	(72.3)	0.467	0.629		45.3	(37.2)	10.158	<.001	**	3.311	0.015
	ルートマップ誤差数 (ダリット)	14.3	(14.7)	12.3	(14.4)	20.0	(18.4)	2.041	0.137		15.9	(18.9)	3.986	0.022	*	0.891	0.474

() 内：標準偏差 ** : p ≤ .01, * : p ≤ .05, † ≤ .1

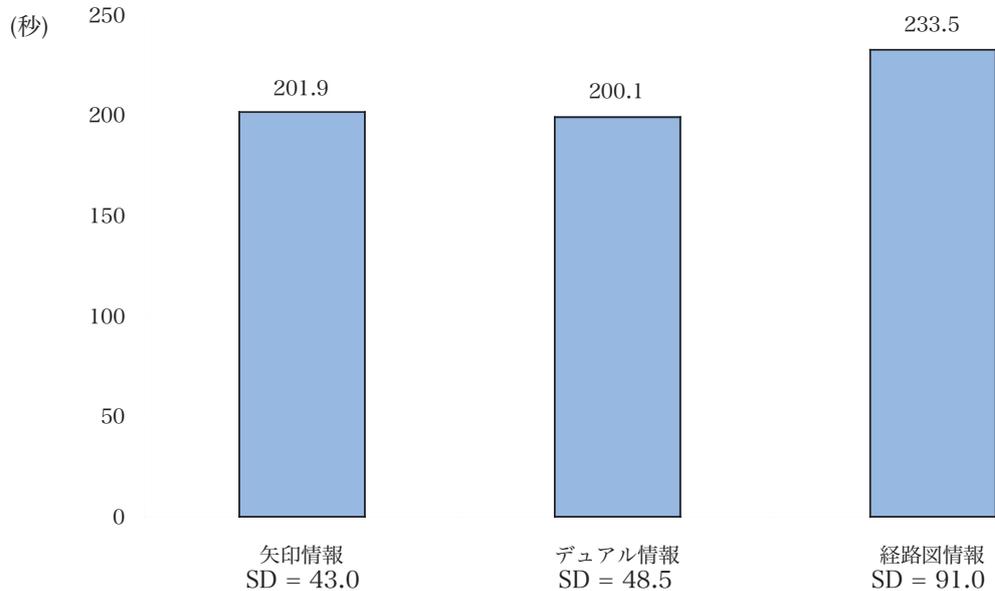


図4-5 移動時間：誘導情報

る場合を「有意な傾向が見られる」として考察を行っている。

4.5 結果及び考察

1) 移動時間・情報取得時間・避難所要時間

移動時間では「誘導情報」の主効果に有意な傾向が見られた。「誘導情報」の主効果について下位検定を行なったところ^{註4)}、「矢印情報」群と「経路図情報」群、「デュアル情報」群と「経路図情報」群に有意差が認められた。図4-5に示すように「経路図情報」群は最も移動に時間を要した。

情報取得時間では「誘導情報」の主効果が有意であった。「誘導情報」の主効果について下位検定を行なったところ、すべての組み合わせの間に有意差が認められた(図4-6)。「デュアル情報」群を対象に経路図情報、矢印情報それぞれ1回当たりの平均情報取得時間の差について1要因の分散分析を行なったところ有意差が認められ ($F(1,49) = 51.31, p < .001$)、「矢印情報」：1.6秒/回(標準偏差：.49) < 「経路図情報」：5.4秒/回(標準偏差：2.44)となった(図4-7)。情報取得時間に於ける「誘導情報」の主効果は矢印情報、経路図情報という情報の種類そのものの質的違いに還元されると言える。また、「事前学習」の主効果、「事前学習」と「誘導情報」の交互作用がともに有意であった。「事前学習」×「誘導情報」(3×3)計9群のすべての組み合わせについて対比による差の検定を行なった結果、「未学習×経路図情報」群と他のすべての群との間に有意差が認められ、この群の情報取得時間が最も長

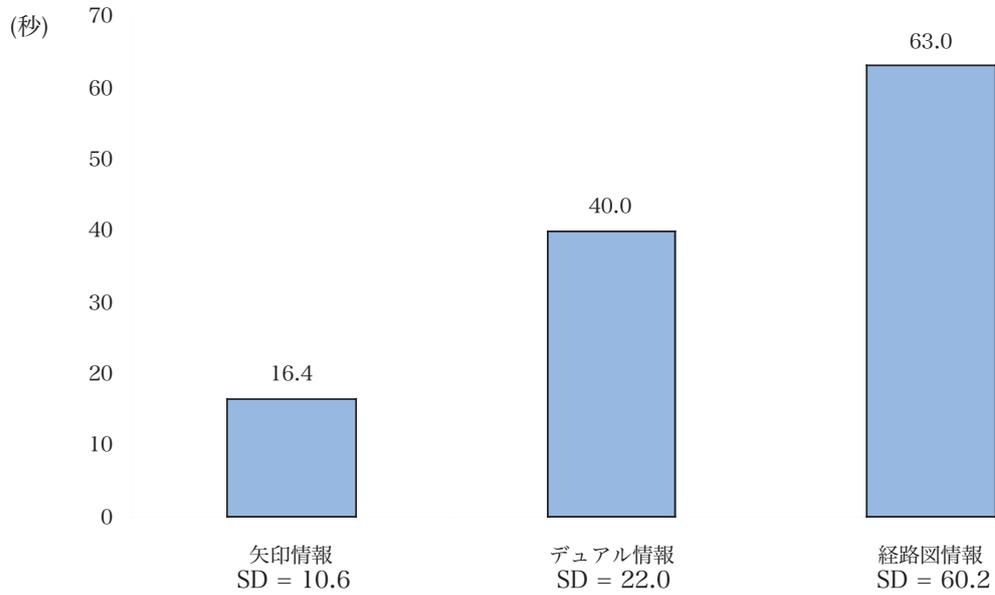


図4-6 情報取得時間：誘導情報

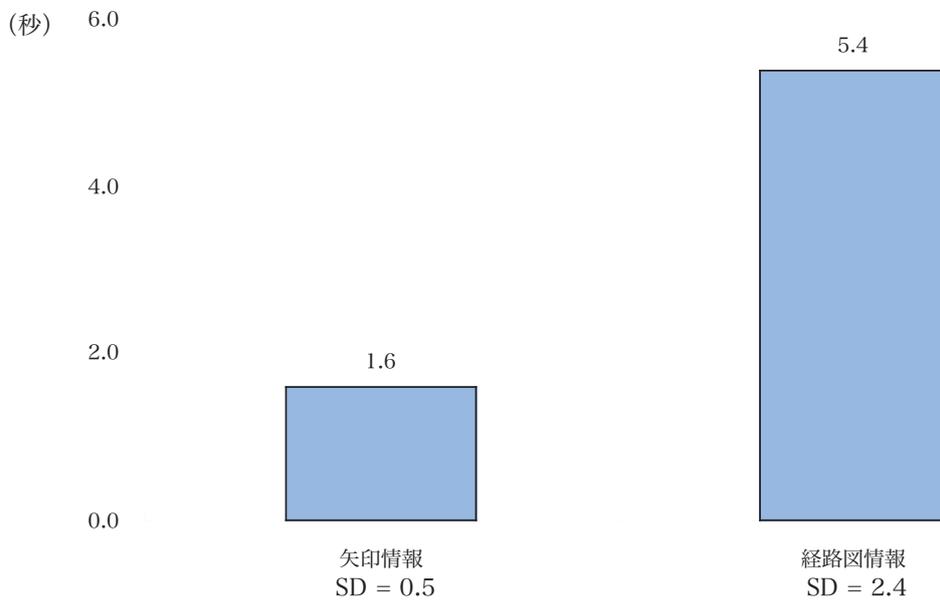


図4-7 「デュアル情報」群情報取得時間/回数：情報の種類

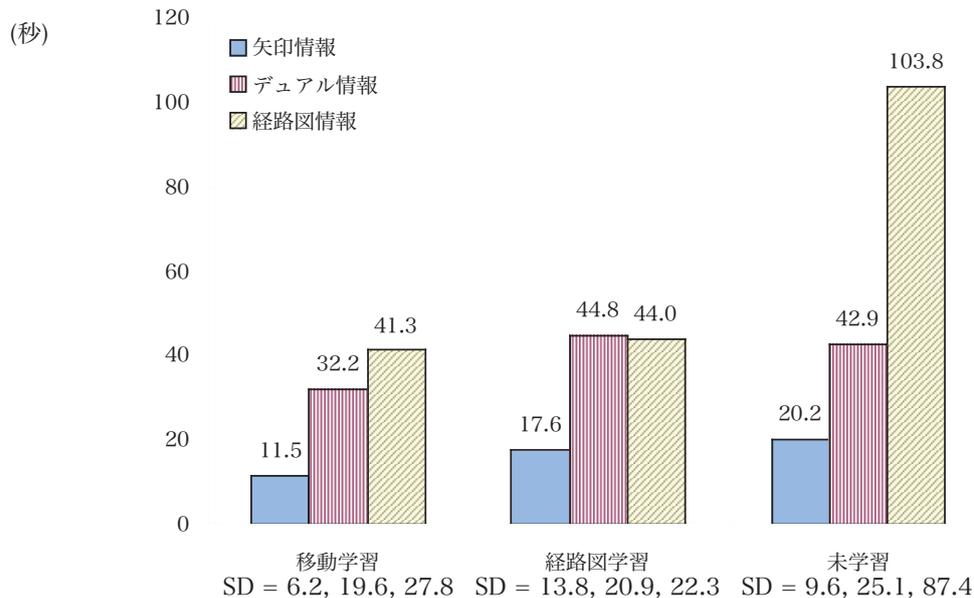


図4-8 情報取得時間：事前学習×誘導情報

いことがわかった (図4-8)。

避難所要時間については「誘導情報」の主効果が有意であった。「誘導情報」の主効果について下位検定を行なった結果、「矢印情報」群と「経路図情報」群、「デュアル情報」群と「経路図情報」群に有意差が見られ、「経路図情報」群は他の情報群よりも避難完了が遅れることが判明した (図4-9)。また、「学習要因」の主効果に有意な傾向があり「移動学習」：229秒<「経路図学習」：245秒とウォークスルーによる学習が経路図による学習よりも経路探索に要する時間が短くなるという既往研究^{6), 7)}とも合致する結果が得られた (図4-10)。

避難行動の時間に関するすべての分析において「経路図情報」群は最も時間を要している。このことより、誘導情報として経路図のみを適用しても矢印などを適用した場合に比較すると、避難が促進されるとは言えないことがわかった。矢印は進行方向を指し示し直接的に避難を誘導する情報である。それに対し、経路図では被験者自らが経路図の中での自分の位置や進行方向と実際に避難している空間との関連づけを行ない、向かうべき非常口、避難経路を読み取る必要がある。このため経路図情報のみの適用は速やかな避難にはあまり役立たないと考えられる。

また、「未学習×経路図情報」群の情報取得時間が「移動学習×経路図情報」群、「経路図学習×経路図情報」群の情報取得時間の約2.5倍と突出している。この理由は、空間に対する事前学習がなされた場合となされなかった場合とで経路図と実際に被験者が行動をしている空間との関連づけの難易度が大きく異なってくるためであると考えられる。

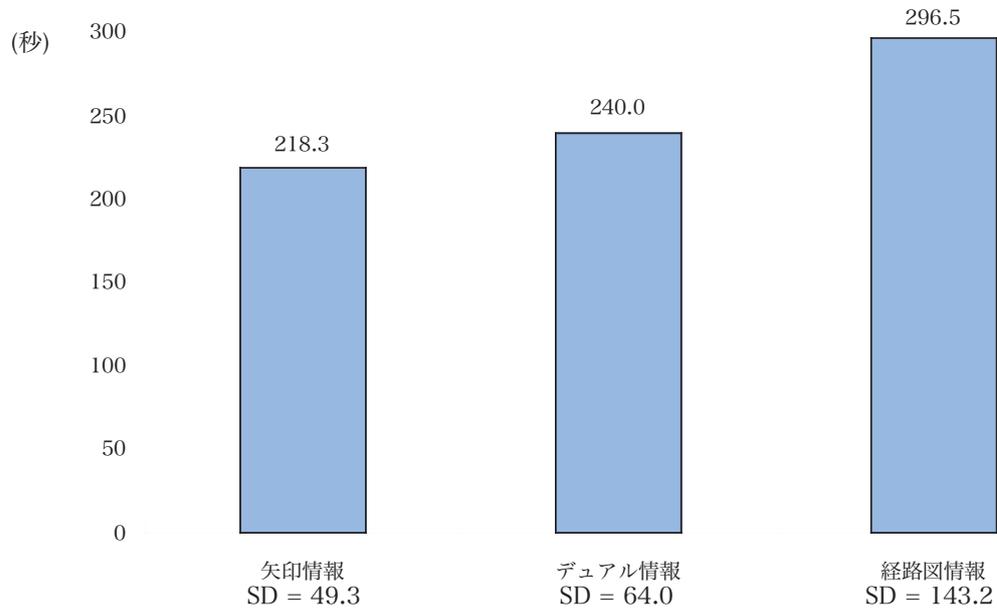


図4-9 避難所要時間：誘導情報

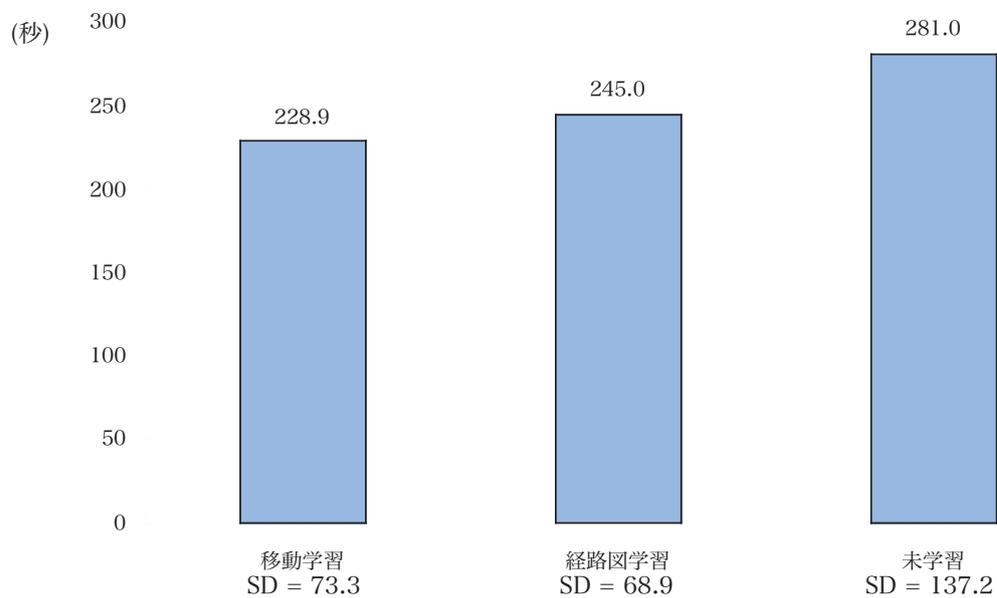


図4-10 避難所要時間：事前学習

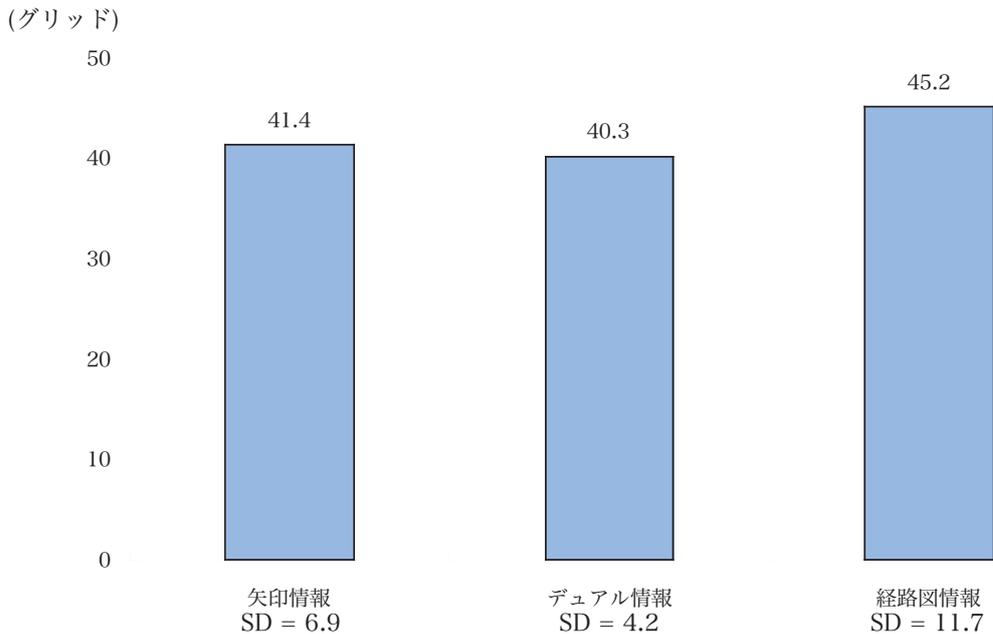


図4-11 行程距離：誘導情報

実験システムのインターフェイスについては、どの事前学習群の被験者も同じように避難開始前に体験している。従って、情報取得時間の差がインターフェイスに対する慣れの差によって生じる可能性は低い。経路図であるか移動であるかに関わらず、一度、事前に空間を体験することで経路図と空間の関連づけが容易になったと考えられる。さらに、経路図による事前学習の時間は30秒であるにも関わらず、「未学習×経路図情報」群の情報取得時間と「経路図学習×経路図情報」群の情報取得時間の差が約60秒（30秒の2倍）である。このことは、避難行動を開始してからでは補うことができない事前学習の効果を示唆していると言える。

2) 行程距離・非常口選択傾向

行程距離については「誘導情報」の主効果に有意な傾向が認められ、「デュアル情報」群の行程距離（40.3グリッド）が最短となり、「経路図情報」群の行程距離（45.2グリッド）が最長となった（図4-11）。

このことは誘導情報提供者が想定する避難経路を辿らせ、避難者を非常口まで誘導する効果が経路図だけでは必ずしも十分ではないことを示している。

非常口選択傾向については「事前学習」3群間で有意差が認められた。「経路図学習」群、「未学習」群ではBACパターンが最も選択されたのに対し、「移動学習」群ではABCパターンとBACパターンが11名ずつと2分された（図4-12）。

「経路図学習」群の巡回パターンは「未学習」群の巡回パターンと同様な傾

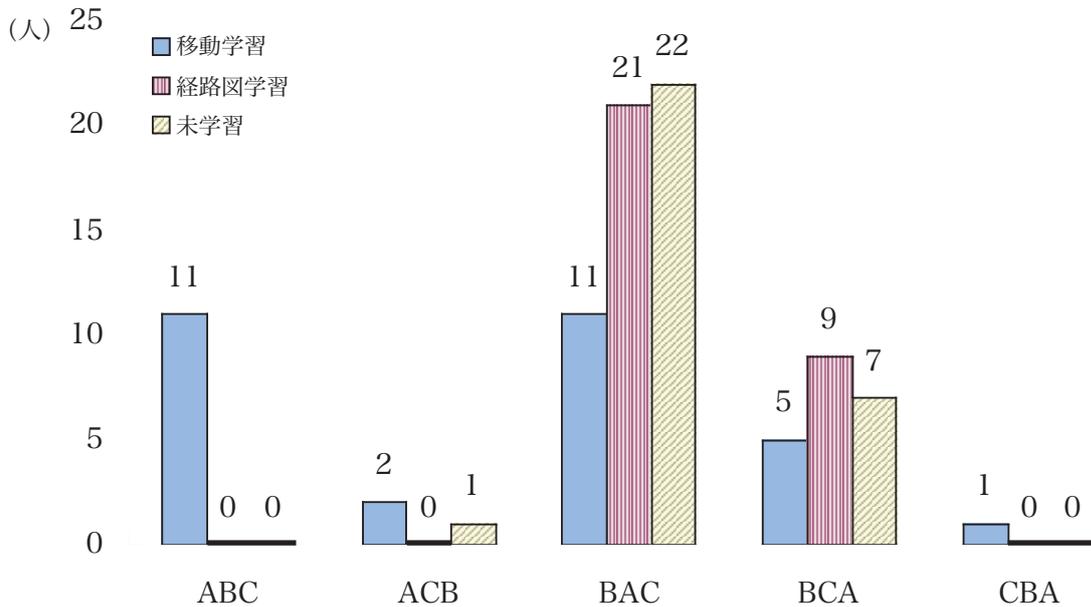


図4-12 非常口選択傾向：事前学習

向を示している。その理由としては、

1. 「経路図学習」では結果的に避難経路について何も学習されないため「経路図学習」群の巡回パターンは「未学習」群の巡回パターンと同様な傾向を示している
2. 「経路図学習」で学習された内容が誘導情報から得られる知識と相反するものではないため巡回パターンがほぼ誘導情報のみによって決定される「未学習」群の巡回パターンと同様な傾向を示している

の2つが考えられる。

しかし、前述した「1) 移動時間・情報取得時間・避難所要時間」に於ける情報取得時間に対する「事前学習」要因の効果の検討や後述する「3) 情報請求回数」に於ける避難序盤での情報請求回数に対する「経路図学習」の効果の検討より、「経路図学習」は十分な学習効果を有していると考えることが出来る。従って、「経路図学習」群の巡回パターンが「未学習」群の巡回パターンと同様な傾向を示す理由は、後者であると結論される。

一方、「経路図学習」群ならびに「未学習」群の被験者のほぼ全員が最初の非常口として非常口Bを選択しているのに対し、「移動学習」群では約43% (30名中13名) が最初の非常口として非常口Aを選択している。このことは経路図学習と比較して、より直接的に空間を経験する移動学習を行なった場合は、避難行動中の誘導情報よりも事前学習が最初の非常口選択に大きく影響することを示している。さらに、「移動学習」では、学習される内容が避難者により大きく異なることを示している。

非常口選択傾向については「誘導情報」3群間にも有意な差が認められた。

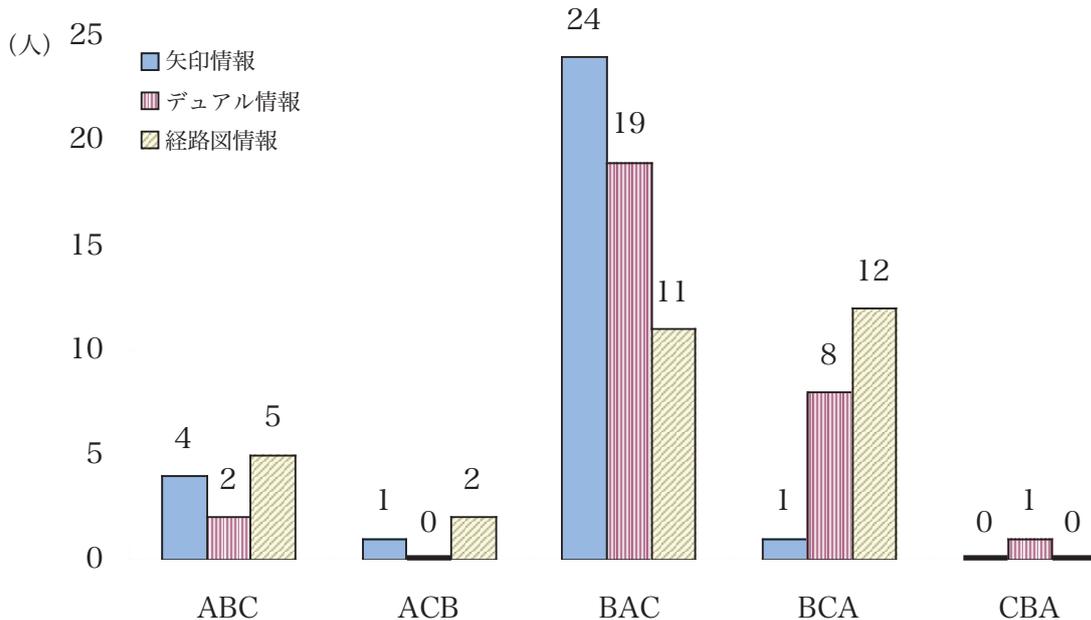


図4-13 非常口選択傾向：誘導情報

「デュアル情報」群の巡回パターンは「矢印情報」群と「経路図情報」群との巡回パターンの中間的なパターンとなった（図4-13）。

BACパターンは3つの非常口を巡回する最短のパターン（避難開始から避難完了まで「矢印情報」の誘導に従えばこの巡回パターンとなる）であるが、「経路図情報」群の40%、「デュアル情報」群の27%の被験者が最短距離とはならないBCAパターンで巡回した。これは、実際に避難する経路ではB→Cの距離はB→Aの距離に比べ長いですが、直線距離ではB→CとB→Aは等しかったためであると考えられる（図4-2）。このため経路図からでは、非常口Bから近い非常口が非常口Aであることを必ずしも読み取ることができずに、非常口Cの方が近いと判断した被験者がBCAパターンで巡回したと言える。また、殆どの被験者が非常口Bから出て、通路の伸びている方向（図4-2の右上から右下に向かう方向）に向き直ったところで情報請求をしている。経路図は被験者の向いている方向が上になるように表示されるため、「経路図情報」をこの地点で提示した場合、非常口Cが上方となり目立つことも、その理由であると考えられる。

3) 情報請求回数

避難全体を通しての情報請求回数については「事前学習」の主効果が有意であり、「移動学習」群と「未学習」群、「経路図学習」群と「未学習」群に有意差が、「移動学習」群と「経路図学習」群に有意な傾向が見られた。「移動学習」群は情報請求回数が最も少なかった。

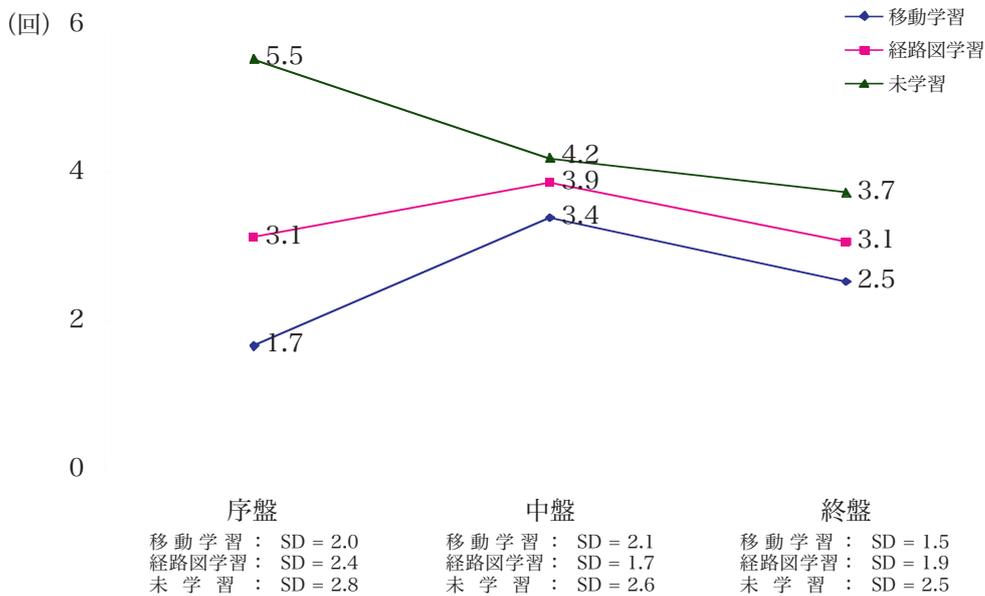


図4-14 情報請求回数経時変化：事前学習

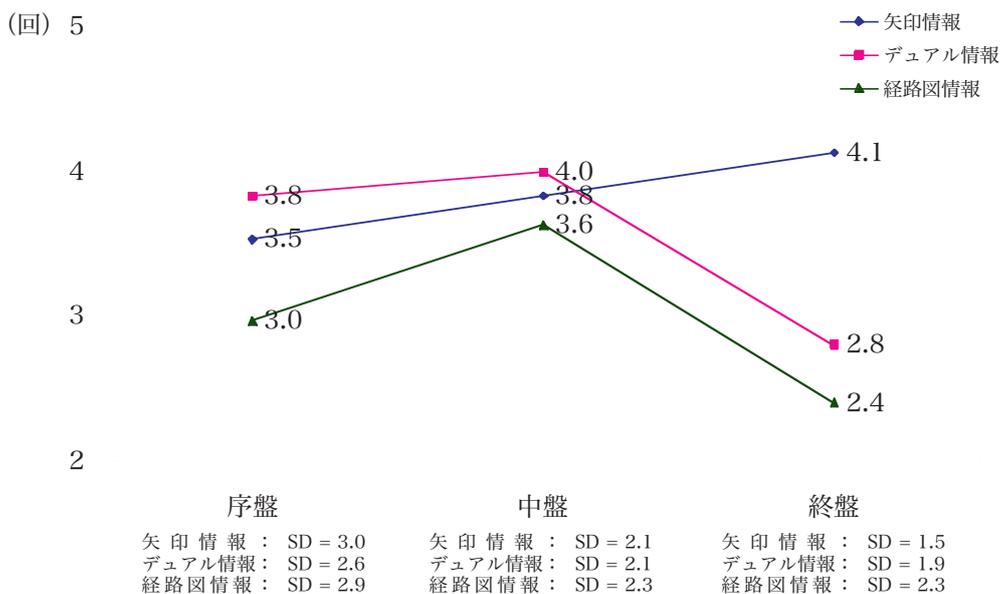


図4-15 情報請求回数経時変化：誘導情報

避難行動中の情報請求回数に関しては図4-14、図4-15に示した。序盤では「事前学習」の主効果が有意であり、下位検定を行なったところ、すべての学習群間に有意差が認められた。中盤では「事前学習」、「誘導情報」とも有意差は認められなかった。終盤では「誘導情報」の主効果が有意であり、「矢印情報」群と「デュアル情報」群、「矢印情報」群と「経路図情報」群に有意差が認められた。また、「事前学習」についても有意な傾向が見られた。

未学習の場合、避難経路に関する事前の知識が何もないので序盤に於いては

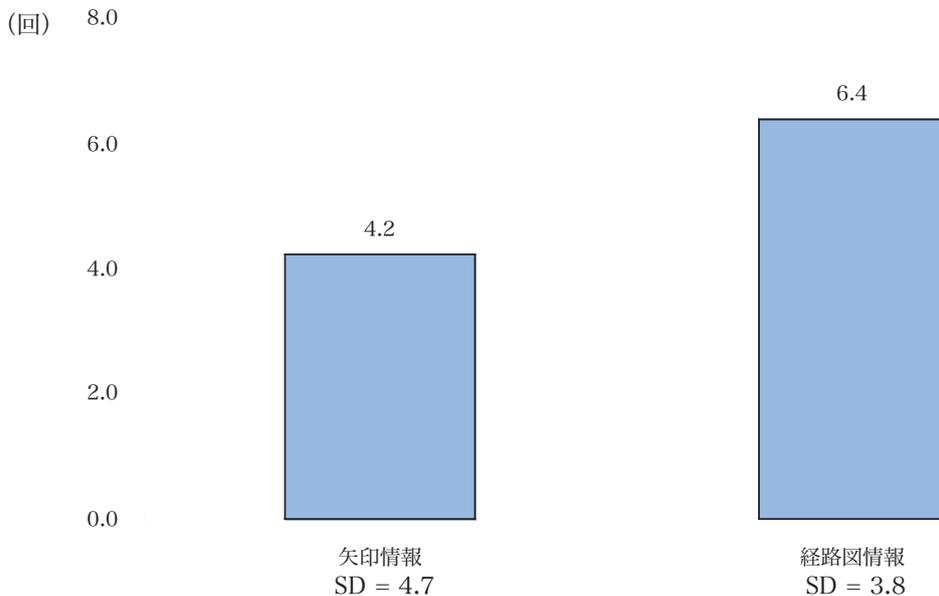


図4-16 「デュアル情報」群情報請求回数：情報の種類

外部の情報を頻繁に活用するが、避難が進行するに従い被験者の空間に対する知識が増加するため、外部の情報への依存が少なくなる。一方、事前に学習をした場合、序盤では自己の知識に頼るが、避難が進行するに従い学習の効果が薄れ外部の情報に依存するようになり（中盤）、避難行動中に得た知識が増加する終盤では再び外部の情報への依存が少なくなると解釈される。

また、「移動学習」群の情報請求回数が「経路図学習」群に比べ少なくなっていることより、直接的に空間を体験する移動学習で得た知識に対する信頼、或いは自信は、間接的に空間を体験する経路図学習で得た知識に対する信頼、自信より大きいと考えられる。

事前学習の効果と避難行動中に得る知識のバランスが避難中の誘導情報への依存の度合いに影響すると考えた場合、「矢印情報」群では空間に対する知識が増加しているはずの終盤で情報請求回数が最多となっており、一見、矛盾しているように思われる。しかし、これは矢印情報の特性に起因していると考えることができる。「4）再配置課題・ルートマップ課題」でみるように、矢印情報のみでは空間に対する知識は増加しない。このため被験者の外部情報に対する依存が少なくなることはない。よって、「矢印情報」群の場合、情報請求回数はその区間に含まれる分岐点や曲がり角の数と連動していると考えられる。

「デュアル情報」群の情報請求回数について「事前学習」×「情報の種類（矢印・経路図）」の効果について分散分析を行なったところ「情報の種類」の主効果が有意であり ($F(1,54) = 28.574, p < .001$)、平均情報請求回数は「矢印情報」：4.2回（標準偏差：4.7） < 「経路図情報」：6.4回（標準偏差：3.8）

となった(図4-16)。

「デュアル情報」群に於いて矢印情報よりも経路図情報が多用されたことは、行動を促す情報以外に空間全体に対する情報への要求が高いことを示している。また、課題終了後の被験者の内省報告に於いては、矢印情報だけでは避難者の不安が払拭できないことが報告されている。これらを考え合わせると、避難行動中の提示情報には避難経路を知らせるという役割以外に「安心させる」という機能が避難者より求められており、これには経路図情報が有効であることが窺われた。

4) 再配置課題・ルートマップ課題

再配置課題所要時間^{註5)}については「事前学習」の主効果が有意であり、下位検定により「経路図学習」群(55秒)と「移動学習」群(125秒)に有意差が認められた(図4-17)。また、「誘導情報」の主効果も有意であり、下位検定により「経路図情報」群(70秒)と「矢印情報」群(125秒)に有意差が認められた(図4-18)。

再配置課題正答数では「誘導情報」の主効果が有意であった。下位検定の結果、「矢印情報」群(1.5箇所)と「デュアル情報」群(2.7箇所)に有意差が認められた(図4-19)。

ルートマップ描画時間^{註6)}については「誘導情報」の主効果、及び「事前学習」と「誘導情報」の交互作用が有意であった。「矢印情報」群はどの学習群においても最も時間を必要とした(図4-20)。

ルートマップ誤差数については「誘導情報」の主効果が有意であり、下位検定により「矢印情報」群(21.0グリッド)と「デュアル情報」群(9.7グリッド)の間に有意差が認められた(図4-21)。

これらの分析から、いわゆるサーヴェイマップタイプの認知地図的な空間イメージの構築に対し経路図による学習、情報提示は有効であるが、矢印情報は効果が弱いことがわかった。また、サーヴェイマップタイプの認知地図的な空間イメージの構築という点については移動学習の効果も経路図学習に比較して強いということとはできないことがわかった。

経路図がサーヴェイマップタイプの認知地図的な空間イメージの構築に有利な事と、「3) 情報請求回数」に於ける「デュアル情報」群に対する考察より判明した経路図が避難者を安心させる点に関して有効である事とを考え合わせると、サーヴェイマップタイプの認知地図的な空間イメージの構築は避難者を安心させるための要因の一つであると推察される。

4.6 結論

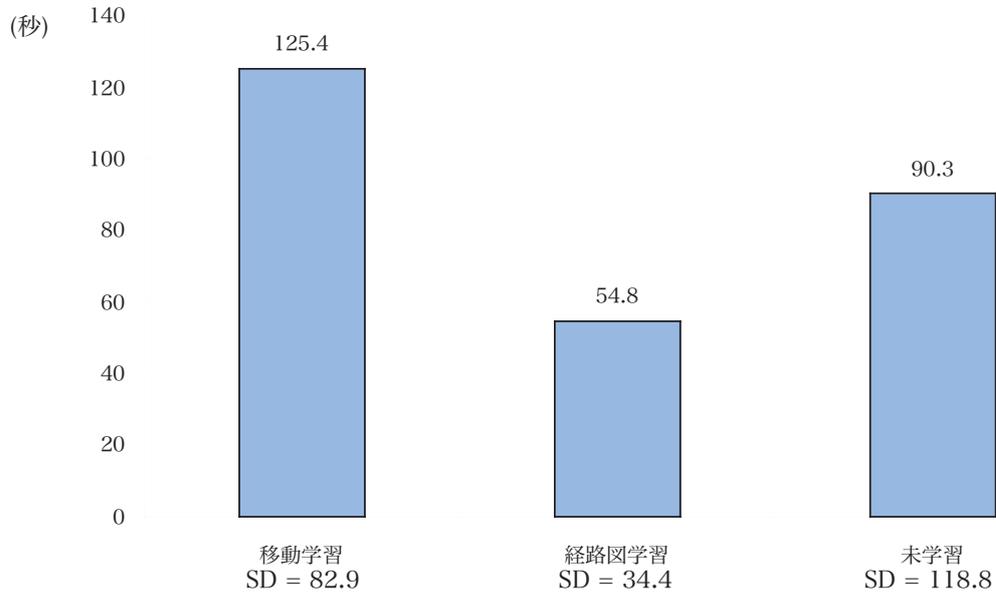


図4-17 再配置課題所要時間：事前学習

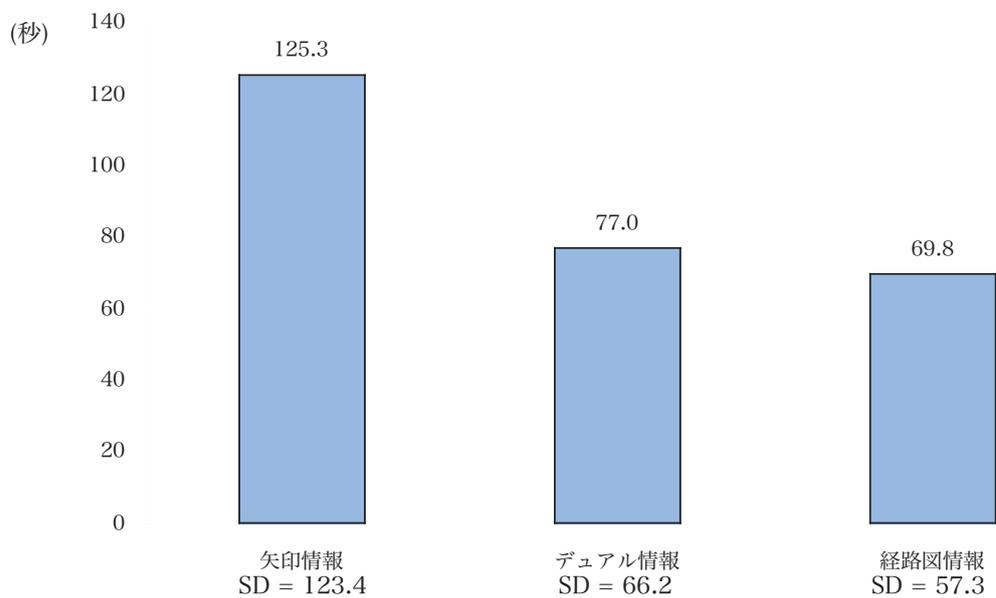


図4-18 再配置課題所要時間：誘導情報

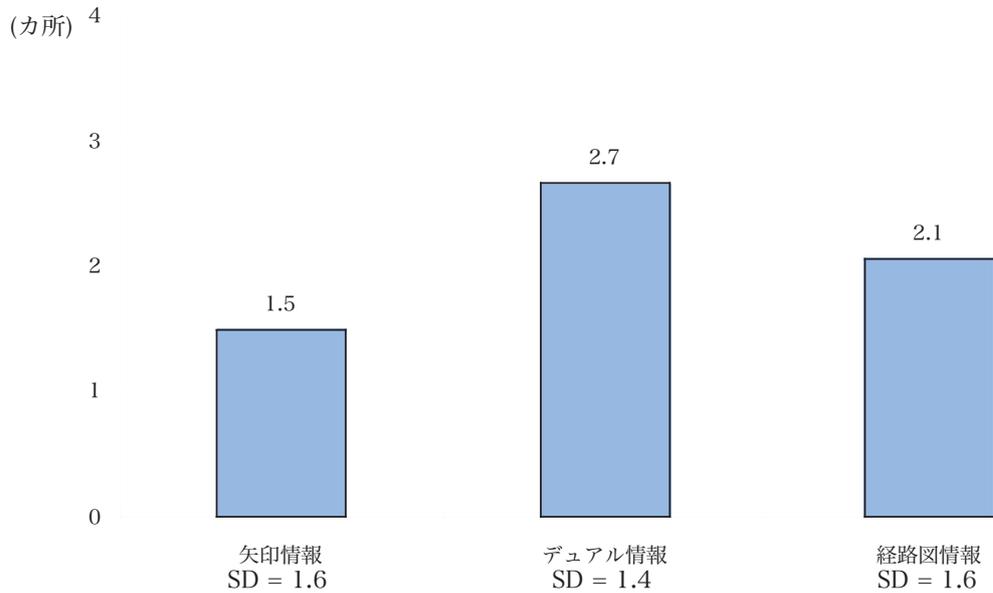


図4-19 再配置課題正答数：誘導情報

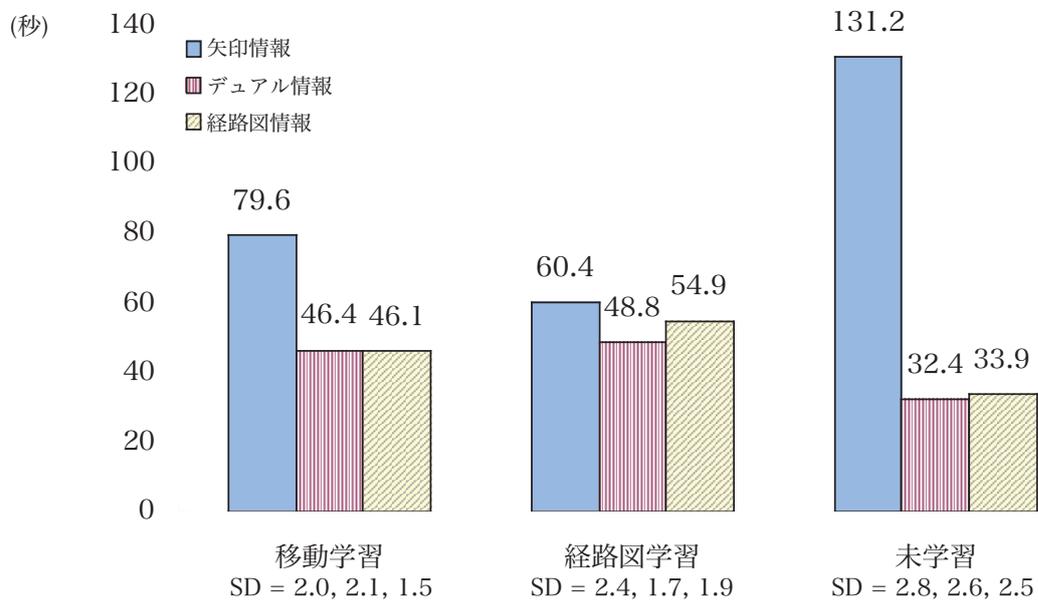


図4-20 ルートマップ描画時間：事前学習×誘導情報

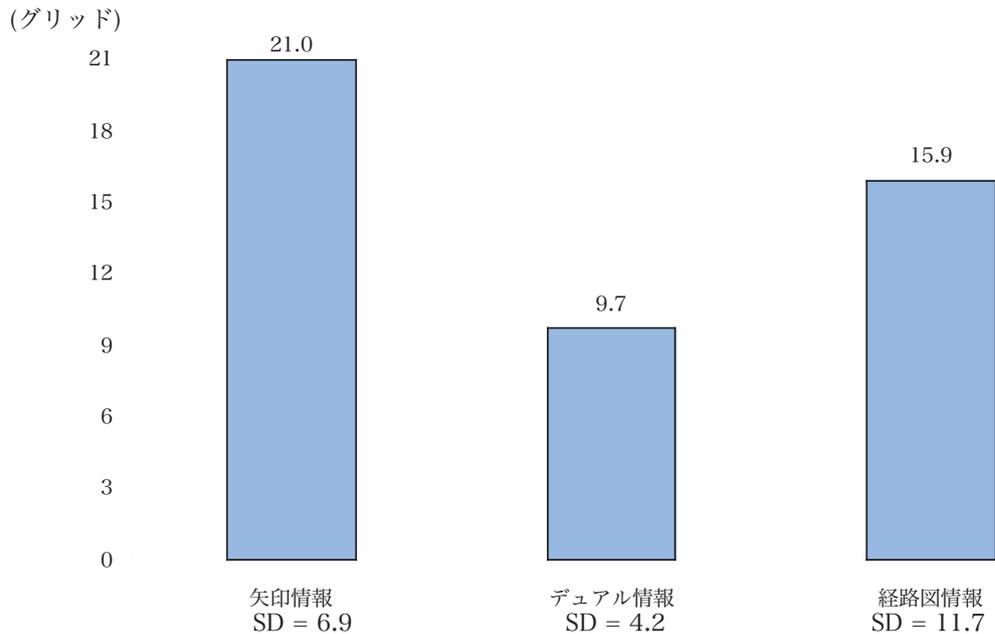


図4-21 ルートマップ誤差数：誘導情報

避難実験2の分析から以下のことが明かになった。

- ①避難行動自体を促進するという観点からは経路図よりも矢印を提示したほうが有効である (図4-5, 図4-6, 図4-9)
- ②誘導情報提供者が想定する避難順路で避難者を非常口まで誘導する効果が経路図は十分ではない (図4-11, 図4-13)
- ③移動学習は経路図学習よりも経路探索に要する時間を短くする (図4-10)
- ④移動学習により学習される内容は避難者個々により大きく異なる (図4-12)
- ⑤直接的に空間経験をする移動学習は間接的な空間経験である経路図学習に比較して誘導情報への依存を低減させる (図4-12, 図4-14)
- ⑥誘導情報として経路図を用いる場合は、事前学習の有無により避難者の情報の読み取りが異なる (図4-8)
- ⑦経路図による学習及び情報提供は空間構造に関する知識の構築に対し有効に作用する (図4-15, 図4-17~図4-21)
- ⑧誘導情報には「安心させる」という機能も求められておりサーヴェイマップタイプの認知地図の構築に有利な経路図はこの点に関して有効である (図4-16)

避難実験2では因子それぞれの効果をみるため、因子を組み合わせた形態での事前学習、情報提示 (例えば、経路図と矢印を組み合わせた形態の情報提示) は考慮しなかった。しかし、実験の結果からは、「デュアル情報」が有効であ

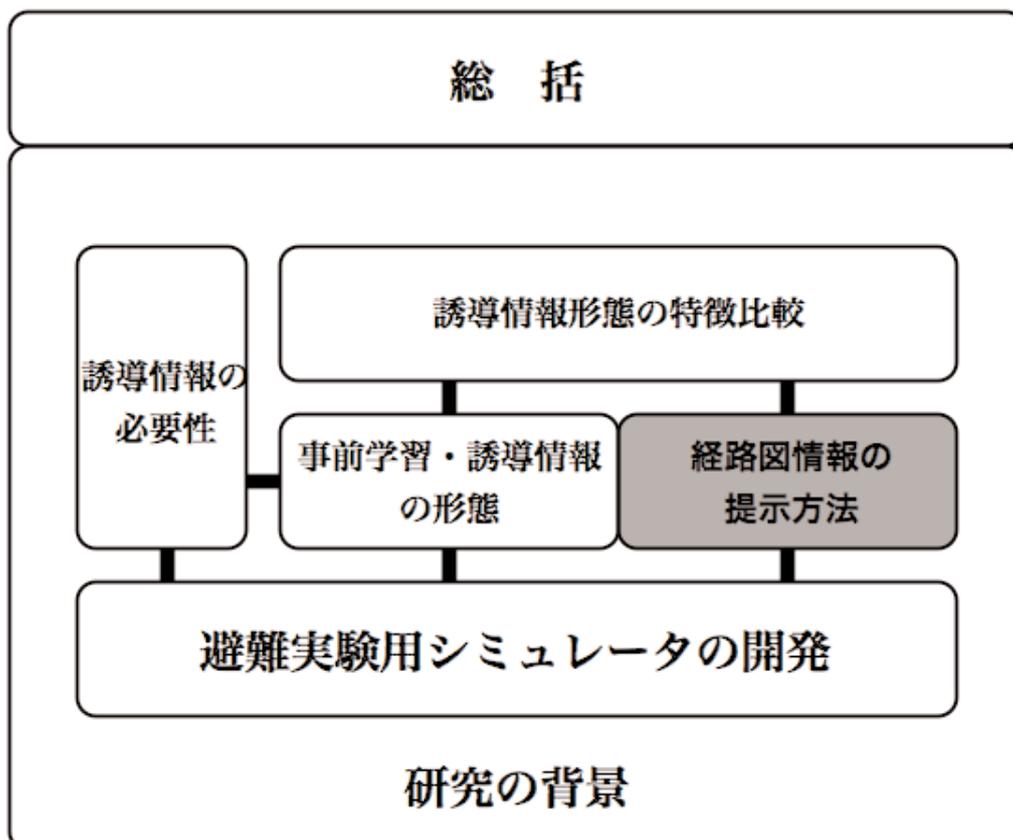
る反応項目も示され、情報形態を適切に組み合わせることで、より効果的な事前学習、情報提示が可能であることが示唆された。さらに、事前学習の形態と提示情報の形態をリンクさせて考えることが必要であることも示された。

本章は、以下の論文を基に加筆修正したものである。

- ・掛井秀一、佐藤博臣、井端泰裕、佐古順彦：避難行動に事前学習・誘導情報が与える影響に関する心理学的考察 —マルチメディア技術を利用した避難誘導システムの開発— その1 —、日本建築学会計画系論文集、535号、pp.139-146、2000

第5章 経路図情報の提示方法に関する検討

- 5.1 実験目的
- 5.2 実験概要
- 5.3 反応
- 5.4 分析方法
- 5.5 結果及び考察
- 5.6 結論



5.1 実験目的

事前の空間学習方式と行動中の誘導情報形態を要因とした避難実験2では、事前学習方式では実験ステージであるCGにより構築された3次元空間をウォークスルーにより経験することがその後の誘導情報への依存を低減させること、誘導情報形態については通路、非常口、避難開始地点及び現在位置が表示されたフロアプランタイプの経路図(p.45, 図4-4)よりも視野内の通路へ投影された矢印(p.45, 図4-3)の方が避難行動自体には有効であること、しかし、空間構造の理解には経路図が優れていること、等が明らかにされた。

課題としては、矢印のような進むべき方向を指し示す情報と経路図のような空間構造を提供する情報とを同時に与えるような誘導情報形態の検討が残された。また、経路図は、身体方向が常に垂直方向真上になるように回転して提示された。それは、地図と身体方向と空間環境の構造とが一致することの有効性を指摘する研究を根拠としている¹⁾。しかし、経路図が身体方向に従って回転することにより、事前学習や避難開始時に提示される経路図と、避難行動中に提示される経路図の「見え」の違いに困惑し、避難開始までに獲得した空間構造の知識が利用できなくなったり、逆にその知識が避難行動の妨げになったと指摘する被験者もいた。このような経路図の回転が空間構造の把握に影響する可能性が示唆された。

従って、本章で取り上げる避難実験3では避難実験2から得られた知見に基づきながら、第一に誘導情報としての経路図の提示方法(「回転」対「固定」)の差異について検討する。ここで、「回転」とは情報請求があった時にその時の身体方向に一致するように経路図の方向を回転させて提示すること、「固定」とは身体方向には無関係に常に避難開始時に提示された方向のままに経路図を提示することとする。

第二に経路図の配置方法(「整列*」対「非整列*」)についても検討を加える。避難実験3では後述する理由のため経路図に避難順路を付加した(図5-1)。ここで「整列*」とは避難開始時に身体方向と経路図に表示される避難順路の向きが一致していることとし、「非整列*」とは避難開始時に身体方向と経路図に表示される避難順路の向きが一致していないこととする。

「整列」／「非整列」という用語は「整列効果」と呼ばれる経路図と身体方向との関係の効果に関連して用いられ、垂直面に表示される経路図の上方と身体方向が一致しない「非整列」は両者が一致している「整列」に比べ定位に困難を来すと考えられている^{2)~4)}。

今回の実験では避難順路に従い避難行動を開始しようとする「整列*」の場合は身体方向を変化させずに移動することができるが、「非整列*」の場合は身体方向を変化させてから移動しなければならない。このため「非整列*」の



図5-1 避難順路を付加した経路図

避難者は、避難開始後、身体方向を変化させる前の情報請求で記憶した経路図の上方と移動を開始しようとするときの身体方向が一致しないこととなる。「非整列*」は避難開始時点での一時的な「非整列」状態であるが、記憶された経路図の上方と移動をしようとするときの身体方向が一致していない「非整列*」の場合にも一般的に定義されている「非整列」と同様に定位に困難を来すと考えられる⁵⁾。例えば、地下街で地上の案内図を見てから地上へ出たときにすぐには自分が向かうべき方向が分からないことがあるが、これは記憶された案内図の上方と身体方向が一致していないためである。

他方、「整列*」は経路探索に対して優位性があると想定される。避難開始時に於いて、避難者の身体方向と経路図に表示されている避難順路の方向とが一致しているとは限らない。しかし、それらが一致した場合、避難開始時から経路図に表示される順路通りに経路の選択を行えば、避難者の身体方向は常に避難順路の方向と一致するからである。

このため、経路図の提示方法に関係なく「表示されている避難順路の方向」がすなわち「自分の身体方向」という思い込みが生じる可能性がある。この思い込みは「認知的資源」を節約するショートカットとして機能するため、避難開始時に避難者の身体方向と経路図に表示されている避難順路の方向とが一致している「整列*」には経路探索に対して優位性があると想定される。

よって、避難開始時の被験者の身体方向と経路図に表示される避難順路の方向との関係が経路図の提示方法の効果に影響を生じる可能性もあるため、その

関係についても検討を加える。

なお、今回の経路図は避難実験2とは異なる形態を採用した。避難実験2で採用した経路図はフロアプランタイプの経路図であり、通路、非常口、避難開始地点及び現在位置が表示されているだけであった (p.45, 図4-4)。一方、今回採用した経路図では避難開始地点を取り除き、誘導情報請求時点で利用できる最寄りの非常口までの順路を示す情報を付加している (図5-1)。避難順路を付加した理由は、避難実験2で避難誘導にはフロアプランタイプの経路図よりも矢印のほうが有効であることが明らかにされたことである。矢印が避難所要時間と情報取得時間等で有利であったことより、経路上に方向の情報を同時に与えることでフロアプランタイプの経路図の短所を補うことができると予想された。

5.2 実験概要

1) 実験課題

実験課題は、避難課題、再配置課題の2つの課題である。

避難課題では被験者の避難に於ける問題解決過程そのものに関するデータの取得を、再配置課題では避難行動中に被験者が形成したと想定される認知地図に関するデータの取得を目的としている。

2) 避難課題

避難実験2と同様、避難課題では、3次元CGで構築された実験ステージに1つの避難開始地点と3つの非常口を設け、マウス操作により空間内を移動し、できるだけ早く非常口に辿り着くことを求める。任意の2つの非常口を経由して3つめの非常口に到達することで課題は終了する。被験者には3つの非常口とも巡らないと課題が終了しないことは告げられない。1つめ、2つめの非常口では他の非常口へまわることを促すメッセージが表示され、3つめの非常口で避難が完了した旨のメッセージが表示される。他の非常口へまわるように促すメッセージは、「与えられた情報にしたがったのに避難できなかった」というような、そこに至るまで利用してきた情報への信頼性を消失させないように、単にその非常口が利用できない旨を伝えるのではなく、不可抗力により利用できなくなったというニュアンスをもつメッセージとした（「避難者が殺到してこの扉は利用できません」、「障害物に塞がれてこの扉は利用できません」）。

避難開始前には避難空間に関する情報は一切与えられない。

避難行動中はキーボード上に割り当てられたキーを押し情報請求を行うこと

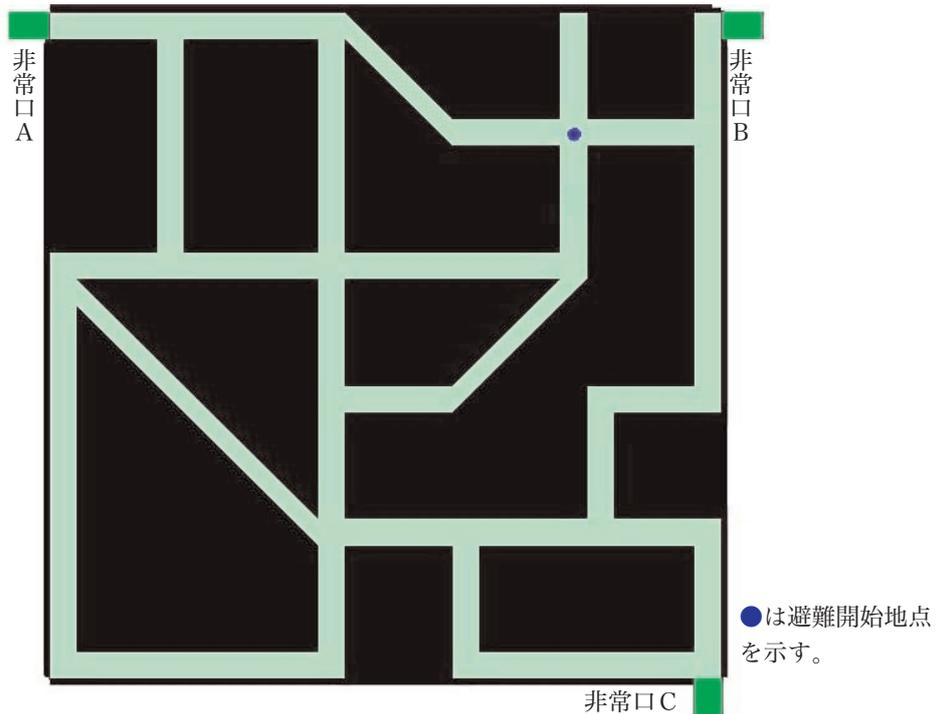


図5-2 実験ステージフロアプラン

で経路図が提示される。避難行動中の情報請求は任意のタイミングで可能であり、回数に制限は設けない。

3) 再配置課題

再配置課題では、避難課題終了後、通路のみを描いた実験ステージの平面図を与え、平面図に避難開始地点、非常口を配置することを求めた。

非常口などを適切に配置するためには複数の場所相互の関係を把握している必要がある、このためにはサーヴェイマップタイプの認知地図が形成されている必要がある。従って、再配置課題の実施により被験者が形成するサーヴェイマップタイプの認知地図の形成の程度を測定することができると考えられる。

4) 実験ステージ

避難課題において避難対象となる実験ステージは避難実験2と同一のプランを持ったモニターに表示される3次元CG空間(50m×50m×2.5m)である。しかし、避難実験2と避難実験3では避難開始地点が異なる。今回の実験では避難開始時に於ける身体方向と経路図に表示される避難順路の方向との一致/不一致を要因としているため避難開始地点を通路が交差する地点とした(図5-2)。

表5-1 被験者配置

		性別	整 列 要 因		合計
			整列*	非整列*	
回 転 要 因	回転	男	5	5	10
		女	5	5	10
		合計	10	10	20
	固定	男	5	5	10
		女	5	5	10
		合計	10	10	20
合計		男	10	10	20
		女	10	10	20
		合計	20	20	40

5) 要因配置と被験者

避難行動中の経路図の回転要因（2水準）と、避難開始時に於ける避難者の身体方向と経路図に表示される避難順路方向の整列要因（2水準）の2要因計画（2×2）で、合計4つの実験群を設定した（表5-1）。大学生を中心とした19～24歳（平均：21.4歳、標準偏差：1.2）の男女40名の被験者を、実験条件以外はランダムとなるよう各実験群へ10名ずつ（男女各5名）配置した。

6) 経路図の提示方法（回転要因）

回転要因は、

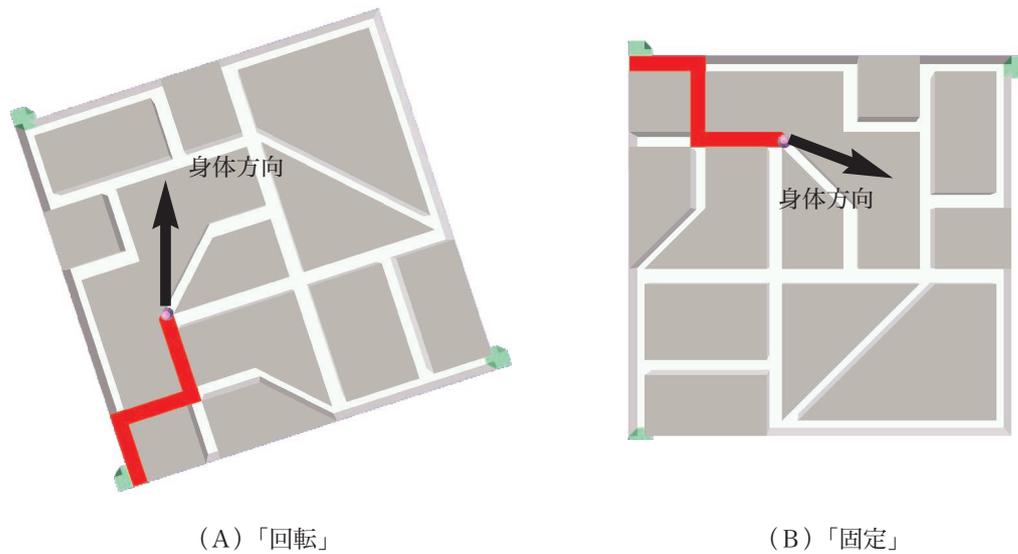
「回転」群：移動とともに変化する避難者の身体方向に応じて情報請求時の避難者の身体方向が常にディスプレイ上で真上になるよう経路図が回転し、表示される（図5-3-A）

「固定」群：避難者の避難開始時に於ける身体方向が常に真上に固定されて表示される（図5-3-B）

の2群とした。

図5-3の2つの経路図は、同一位置で情報を請求した例である。同じ非常口までの避難順路が表示されているが、提示される向きが異なっている。

7) 経路図の配置方法（整列要因）



実際の経路図には身体方向は表示されない

図5-3 回転要因

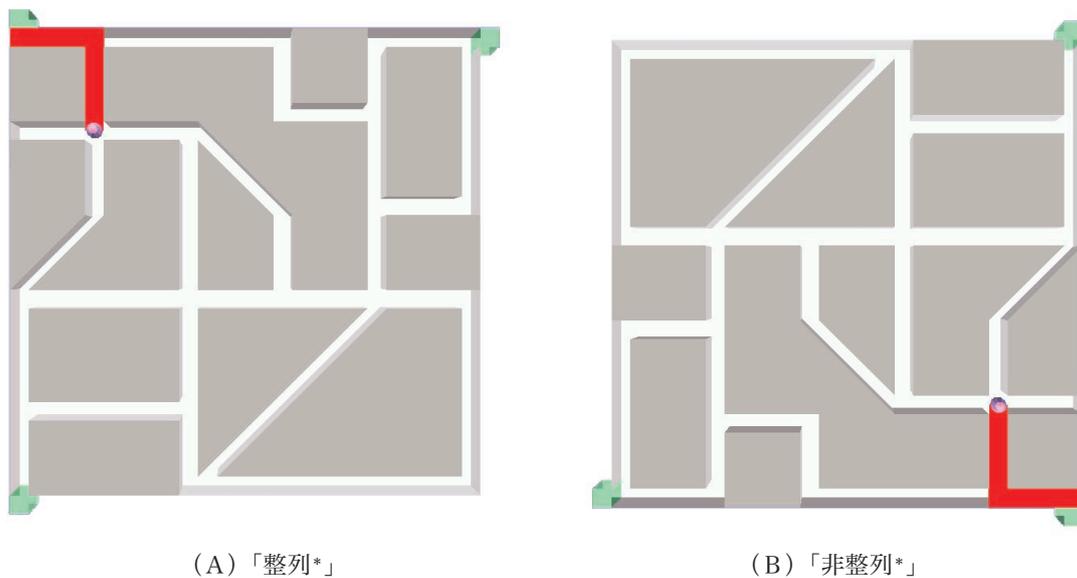


図5-4 整列要因

整列要因は、

「整列*」群：避難開始時の避難者の身体方向が避難順路方向と一致している（図5-4-A）

「非整列*」群：身体方向が避難順路方向と一致していない（図5-4-B）の2群とした。

図5-4は避難開始直後に情報請求すると得られる経路図である。避難開始時点で「非整列*」群の身体方向と避難順路方向との成す角度はランダムに 90° 、 180° のいずれかで設定された。

8) 手続き

インターフェイスに対する慣れによる個人差を是正するため、避難課題開始前に移動及び情報請求の仕方を教示し、実験ステージとは異なる3次元CG空間でマウス操作による移動及びキー操作による誘導情報の請求を被験者自らに練習させた。この練習に於ける開始時の身体方向、行動中の経路図の提示方法は避難課題実行時と同じ条件としている。この後、操作についての質問を受け付け、被験者が練習の不足を訴えた場合には、被験者本人から十分修得したという確認を得てから避難課題を開始した。

避難者が移動に要した時間と提示情報から情報を読み取り取得している時間とを区別するため、情報を提示しながらの移動はできないようにした。

避難開始からの時間経過を被験者が意識するように、予め用意しておいたメトロノーム音を再生した。前回の実験と同様に、避難が早期に終了することを誘発するため避難開始後3分と6分の時点でメトロノームのピッチを短くした。

避難課題終了後、再配置課題を実施した。

5.3 反応

表5-2には、両課題で測定された反応を取り上げている。各々の反応の定義は次の通りである。

以下の反応e.~i.におけるXには各反応の説明末尾に記した区間（全体、開始時、序盤、中盤、終盤）が適宜代入される。「全体」は避難開始から避難終了までを、「開始時」は避難開始後最初の情報請求時を、「序盤」は被験者の避難行程を3等分した最初の区間を、「中盤」は被験者の避難行程を3等分した中間の区間を、「終盤」は被験者の避難行程を3等分した最後の区間を意味している。

- a. 避難所要時間：避難開始地点から3つめの非常口に辿り着くまでに要した平均時間
- b. 移動時間：避難所要時間のうち実際に移動に費やした平均時間
- c. 行程距離：避難開始地点から3つ目の非常口に到達するまでに移動した平均距離
- d. 非常口選択傾向：3つの非常口の巡回パターン

表5-2 要因の効果及び各反応平均値

課題	反応			回転要因			回転要因			整理要因			交互作用			
	回避時間 (秒)	移動時間 (秒)	行程距離 (ミリッド)	回避 (秒)	固定 (秒)	F値 (25.4)	p値 (0.548)	有意性検定	整理* (44.6)	非整理* (23.0)	F値 (0.347)	p値 (0.560)	有意性検定	F値 (0.008)	p値 (0.928)	有意性検定
回避所要時間	146.4	117.7	44.5	146.4	153.3	0.368	0.548		153.2	146.5	0.347	0.560		0.008	0.928	
移動時間	117.7	34.7	119.8	117.7	119.8	0.053	0.819		121.8	115.7	0.449	0.507		0.039	0.844	
行程距離	44.5	(5.1)	45.3	44.5	(5.8)	0.235	0.631		45.5	(7.2)	0.507	0.481		0.098	0.756	
非常口選択傾向	-	-	-	-	-	-	0.349		-	-	-	-		-	-	
情報取得時間・全体	28.7	(13.0)	33.6	28.7	(10.9)	1.569	0.219		31.5	(14.2)	0.028	0.868		0.542	0.467	
情報取得時間・開始時	5.1	(3.2)	7.5	5.1	(3.5)	5.072	0.031	*	5.7	(3.1)	1.268	0.268		0.317	0.577	
情報取得時間・序盤	15.7	(8.4)	18.9	15.7	(10.1)	1.184	0.284		15.9	(11.1)	0.906	0.347		0.722	0.401	
情報取得時間・中盤	9.3	(5.3)	9.3	9.3	(3.7)	0.001	0.972		10.7	(5.4)	4.121	0.050	*	0.062	0.805	
情報取得時間・終盤	3.8	(2.5)	5.4	3.8	(3.9)	2.257	0.142		4.9	(3.7)	0.317	0.577		0.000	-	
取得時間比率・序盤	53.1	(12.0)	54.5	53.1	(14.1)	0.141	0.710		47.8	(14.7)	10.516	0.003	**	0.342	0.562	
取得時間比率・中盤	33.1	(11.9)	29.6	33.1	(11.7)	1.061	0.310		36.4	(13.0)	8.758	0.005	**	0.161	0.690	
取得時間比率・終盤	13.8	(7.8)	15.9	13.8	(10.7)	0.495	0.486		15.8	(10.1)	0.416	0.523		0.071	0.792	
情報請求回数・全体	8.3	(3.3)	8.5	8.3	(3.8)	0.048	0.828		8.0	(3.5)	0.553	0.462		0.231	0.633	
情報請求回数・序盤	3.8	(1.9)	3.8	3.8	(2.2)	0.000	-		3.4	(1.8)	1.926	0.174		0.214	0.646	
情報請求回数・中盤	2.6	(1.2)	2.5	2.6	(1.0)	0.075	0.785		2.6	(1.2)	0.000	-		0.000	-	
情報請求回数・終盤	1.9	(1.0)	2.2	1.9	(1.6)	0.638	0.430		2.1	(1.4)	0.013	0.910		0.326	0.572	
請求回数比率・序盤	46.0	(11.0)	43.7	46.0	(11.4)	0.427	0.517		42.0	(11.1)	2.663	0.111		0.135	0.716	
請求回数比率・中盤	32.4	(9.7)	31.5	32.4	(10.7)	0.077	0.783		32.7	(7.8)	0.219	0.643		1.130	0.295	
請求回数比率・終盤	21.6	(10.3)	24.8	21.6	(12.1)	0.808	0.375		25.3	(11.3)	1.389	0.246		0.378	0.542	
時間/回数・全体	3.8	(1.6)	4.4	3.8	(1.7)	1.405	0.244		4.3	(1.7)	0.503	0.483		1.314	0.259	
時間/回数・序盤	4.4	(2.1)	5.6	4.4	(2.3)	2.747	0.106		4.9	(2.3)	0.041	0.842		2.153	0.151	
時間/回数・中盤	4.3	(2.7)	4.4	4.3	(2.6)	0.036	0.850		5.0	(2.7)	2.265	0.141		0.145	0.705	
時間/回数・終盤	2.1	(0.8)	2.6	2.1	(1.3)	1.311	0.260		2.5	(1.3)	0.413	0.525		0.553	0.462	
再配置課題正答数	1.8	(1.5)	2.6	1.8	(1.3)	3.692	0.063	†	1.7	(1.5)	5.769	0.022	*	2.077	0.158	

() 内：標準偏差 ** : p ≤ .01, * : ≤ .05, † ≤ .1

- e. 情報取得時間・X：Xに於いて誘導情報（＝経路図）を提示している平均時間、（X＝全体，開始時，序盤，中盤，終盤）
- f. 取得時間比率・X：避難全体の情報取得時間に対するXに於ける情報取得時間の比率の平均値、（X＝序盤，中盤，終盤）
- g. 情報請求回数・X：Xに於いて誘導情報（＝経路図）の提示を請求した平均回数、（X＝全体，序盤，中盤，終盤）
- h. 請求回数比率・X：避難全体の情報請求回数に対するXに於けるの情報請求回数の比率の平均値、（X＝序盤，中盤，終盤）
- i. 時間／回数・X：Xに於いて情報請求1回につき情報を提示している平均時間、（X＝全体，序盤，中盤，終盤）
- j. 再配置課題正答数：再配置課題における平均正答数

5.4 分析方法

これらの各反応を従属変数、回転要因と整列要因を独立変数とする2要因の分散分析結果を示した（表5-2）。但し、d. 非常口選択傾向に対しては各要因がパターン生起に及ぼす効果について χ^2 自乗検定を行なった^{註1)}。d. に関する分割表分析統計量は次の通りである。

回転要因： $\chi^2 = 2.1$, $df = 2$, $p = 0.349$

整列要因： $\chi^2 = 2.1$, $df = 2$, $p = 0.349$

帰無仮説「各実験群間の平均値が等しい（d. の場合は『各実験群間での非常口巡回パターンの生起確率が等しい』）」が有意水準1%で棄却される場合を「**」で、5%で棄却される場合を「*」で、有意水準10%で棄却される場合を「†」で示した。

以下では、帰無仮説が有意水準5%または1%で棄却される場合を「有意差が認められる」あるいは「有意である」、帰無仮説が有意水準10%で棄却される場合を「有意な傾向が見られる」として考察を行っている。

5.5 結果及び考察

1) 回転要因の主効果

a) 避難課題

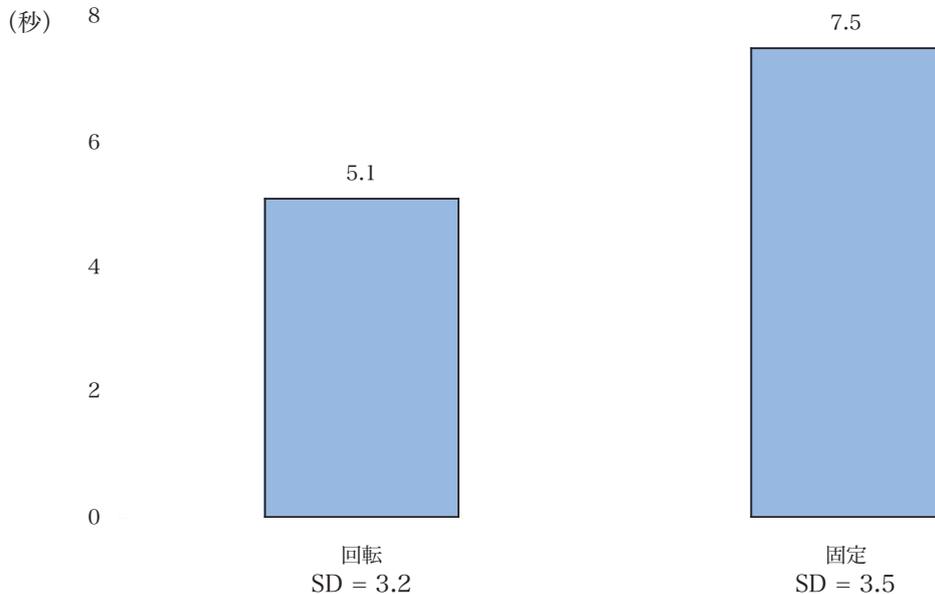


図5-5 情報取得時間・開始時：回転要因

避難課題で計測された反応中、情報取得時間・開始時に回転要因の主効果が有意だった。その他の反応についてはすべて有意差が認められなかった（表5-2）。

このことは、避難開始時にはあった回転要因の効果が最終的には避難行動全体の中で吸収されていったことを示しており、経路図の「回転」対「固定」の差異が避難口まで辿り着くという行為全般に対して及ぼす効果は大きなものではないことを示している。

回転要因の主効果が認められた情報取得時間・開始時の「回転」群の取得時間は5.1秒であったが、「固定」群の取得時間は7.5秒であった（図5-5）。情報取得時間・開始時では「固定」群の取得時間は「回転」群の取得時間の約1.5倍となっている。

避難開始後、「回転」群は全員が方向転回や見回をして身体方向を変化させる前に最初の情報取得を行っている。このため、「回転」群の被験者が最初の情報取得時に見る経路図は避難開始時の身体方向が上方向となっている。一方、「固定」群の見る経路図は常に避難開始時の身体方向が上方向となっている。よって、結果的に「回転」群と「固定」群の被験者が最初の情報取得で見る経路図には提示方法の違いが反映されないものとなっている。これより、情報取得時間・開始時に関する「回転」群対「固定」群間の有意差は経路図の見え方とは無関係であると言える。

経路図の見え方以外で情報取得時間・開始時に影響する「回転」群と「固定」群との相異は避難課題実施前のインターフェイスについての練習、及び自分の身体方向と経路図の提示され方との関係についての教示である。よって、両実

験群間の情報取得時間・開始時に関する有意差の外的原因は、被験者が最初の情報取得を行う数分前に実施されるインターフェイスについての練習、或いは教示に求められる。

このことは避難開始以前に「固定」群の被験者には「回転」群の被験者よりも慎重に経路図を読みとろうとする反応の準備状態、即ち「心的構え」^{註2), 6)}が形成されていたことを示している。そして、この「心的構え」が避難開始後最初の情報取得に反映し、情報取得時間・開始時に於いては「固定」群の取得時間が「回転」群の約1.5倍になるという結果をもたらしたと考えられる。

しかし、情報取得時間・X (X=序盤, 中盤, 終盤)、取得時間比率・X (X=序盤, 中盤, 終盤)のいずれに於いても回転要因の主効果が認められないことから、2回目以降の情報取得時には「固定」群の避難者の経路図を慎重に読みとろうとする「心的構え」が弱くなっていることが示されている。

情報請求回数に関して情報請求回数・X (X=序盤, 中盤, 終盤)及び請求回数比率・X (X=序盤, 中盤, 終盤)のいずれについても回転要因の主効果が有意でなかつことより、情報の取得とは異なり、情報を請求するという行為に関しては経路図の回転要因の差異はあまり効果を与えないと言える。

時間/回数・X (X=序盤, 中盤, 終盤)のいずれについても回転要因の主効果は有意ではなかつたことと避難所要時間、移動時間、行程距離、非常口選択傾向、情報請求回数・全体についても回転要因の主効果が有意ではなかつたことを考え合わせると、この実験で採用した避難順路が表示される経路図から避難に必要な情報を読みとることについての難易度は、経路図の回転要因の差異にはあまり影響されないと考えられる。

なぜなら、難易度が回転要因の差異に影響されるならば、情報請求1回当たりの情報を提示している時間、避難口に辿り着くまでの全般的な行為、情報請求の回数のいずれかに違いが生じるからである。

初めて避難対象空間の経路図を見ることとなる避難開始後最初の情報取得では、インターフェイスについての練習、或いは経路図の提示方法に関する教示により「心的構え」が形成され、「固定」群の被験者は「回転」群の被験者よりも慎重に経路図を読み取ろうとする。しかし、2回目からの情報取得では、経路図から避難に必要な情報を読みとることについての難易度に「回転」群と「固定」群とではあまり違いがないため両者が経路図を読み取る慎重さは同一レベルに落ち着いたと考えられる。

b) 再配置課題

回転要因の主効果は再配置課題正答数について有意な傾向が見られた。再配置課題はすべての対象を適切に配置すると正答数が4カ所となるが、「回転」

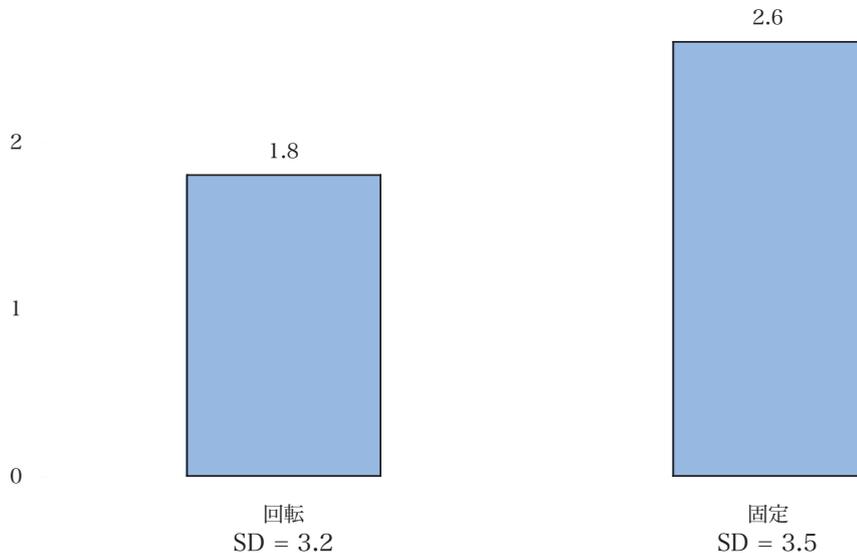
(カ所)³

図5-6 再配置課題正答数：回転要因

群の正答数1.8カ所に対して「固定」群の正答数は2.6カ所となっている（図5-6）。

これは、「固定」群の被験者は「回転」群の被験者と比較してサーヴェイマップタイプの認知地図をより明確に構築していたことを示している。

このことと避難課題に於ける時間/回数・X（X=全体、序盤、中盤、終盤）及び情報請求回数・X（X=全体、序盤、中盤、終盤）に回転要因の効果が見られないことより、「固定」群の被験者は「回転」群の被験者に比べて、経路図から実験ステージ全体の空間情報を効率的に獲得していることが示される。「固定」群の被験者が「回転」群の被験者に比べて効率的に空間情報を獲得できる理由は、「固定」群の被験者の見る経路図が常に同じ見え方をするためであると考えられる。

2) 整列要因の主効果

a) 避難課題

避難課題で計測された反応中、整列要因の主効果が有意だったのは、情報取得時間・中盤、取得時間比率・序盤、取得時間比率・中盤である。その他の反応については有意差が認められなかった。即ち、避難行程を3等分した区間についての反応の一部に整列要因の効果が見られたものの、避難行動全体に関する反応には整列要因の効果が見られなかった（表5-2）。

このことは、回転要因の効果と同様、整列要因の効果も避難行動の一部には

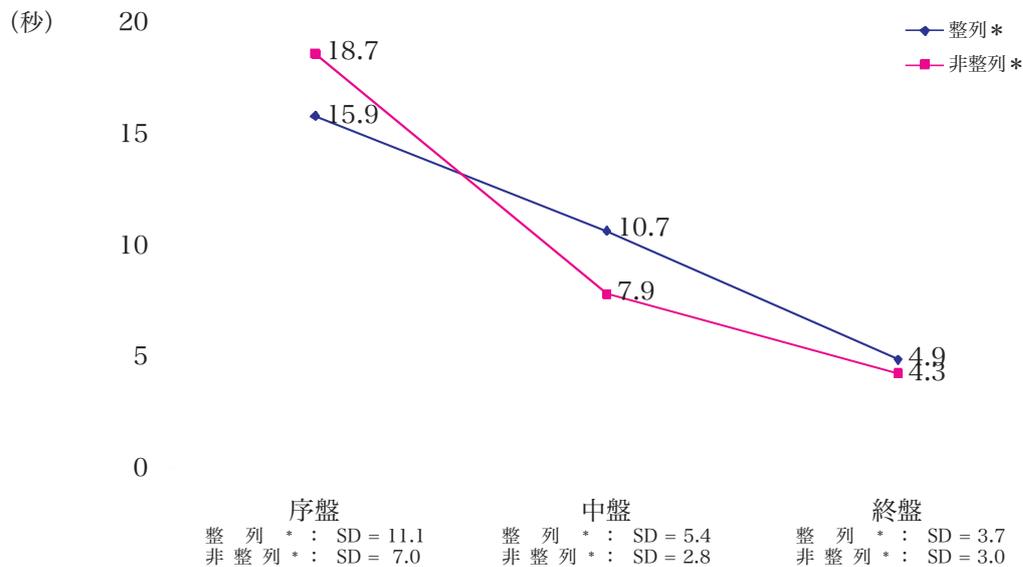


図5-7 情報取得時間：整列要因

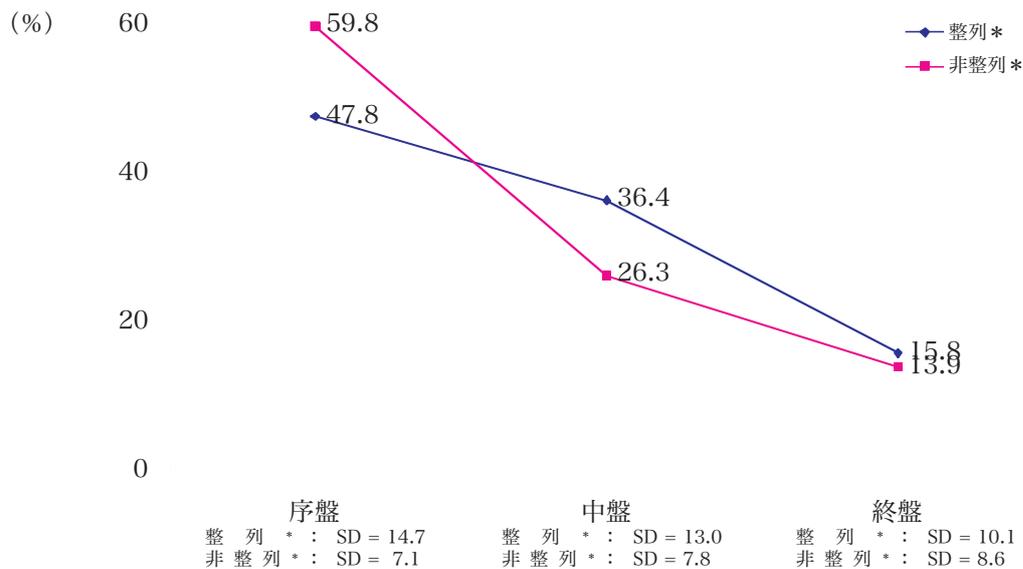


図5-8 取得時間比率：整列要因

現れるが、その効果が最終的には避難行動全体の中で吸収されていったことを示しており、避難開始時の整列要因の差異が最終的な避難口まで辿り着くという行為全般に対して及ぼす効果は大きなものではないことを示している。

整列要因の主効果が認められた情報取得時間・中盤では「整列*」群の取得時間10.7秒に対し「非整列*」群の取得時間は7.9秒と短くなっている（図5-7）。整列要因の主効果が認められた取得時間比率・序盤では「整列*」群47.8%に対して「非整列*」群59.8%、取得時間比率・中盤では「整列*」群

36.4%に対して「非整列*」群26.3%となった(図5-8)。

整列要因の効果が、避難行動中の情報取得時間では、有意であるとすれば最も顕著であろうと思われる序盤ではなく、中盤に於いて有意であった。また、通常予想されるのとは異なり、中盤では「整列*」群よりも「非整列*」群の情報取得時間が短くなっている。この一見、直感に反した結果は避難行動中の取得時間比率の経時変化と関連付けることで理解される。序盤に於いては「非整列*」群の取得時間比率が10%ほど「整列*」群を上回っているが、中盤では逆転し「非整列*」群の取得時間比率が10%ほど「整列*」群を下回っており、「非整列*」群の中盤の取得時間比率は序盤の半分以下になっている。これは、「整列*」群の避難者と比較して「非整列*」群の避難者は序盤で集中的に情報取得を行なっていることを示している。「非整列*」群の避難者は序盤で集中的に情報取得をしたため、中盤では「整列*」群の避難者よりも避難空間に対する知識が豊富になり、その結果、中盤における「整列*」群と「非整列*」群の取得時間比率の逆転が起こり、情報取得時間も「非整列*」群は「整列*」群よりも短くなったと考えられる。

避難開始前に避難空間に対する情報が与えられていない場合、避難開始後、空間内を移動し、経路図を提示することで避難空間に対する学習がなされ、避難開始から時間が経過するほど避難空間に対する知識は増加し、経路図への依存が低くなることは避難実験2により示されている。

情報請求回数・X (X=序盤, 中盤, 終盤) 及び請求回数比率・X (X=序盤, 中盤, 終盤) のいずれについても整列要因の主効果は有意ではなかったことから、情報の取得とは異なり、情報を請求するという行為に関しては避難開始時に於ける身体方向はあまり効果を与えないと言える。

時間/回数・X (X=序盤, 中盤, 終盤) のいずれについても整列要因の主効果は有意ではなかったことと避難所要時間、移動時間、行程距離、非常口選択傾向、情報請求回数・全体についても整列要因の主効果は有意ではなかったことを考え合わせると、この実験で採用した避難順路が表示される経路図から避難に必要な情報を読みとることについての難易度は、避難開始時の身体方向にあまり影響されないと考えられる。

b) 再配置課題

整列要因の主効果が再配置課題正答数については有意であった。「整列*」群の正答数1.7カ所に対して「非整列*」群は2.7カ所となった(図5-9)。

このことから「非整列*」群の避難者は「整列*」群の被験者と比較してサーブレイマップタイプの認知地図をより明確に構築していたと考えられる。

避難課題に於いて整列要因の主効果が有意であったのは避難序盤及び中盤に

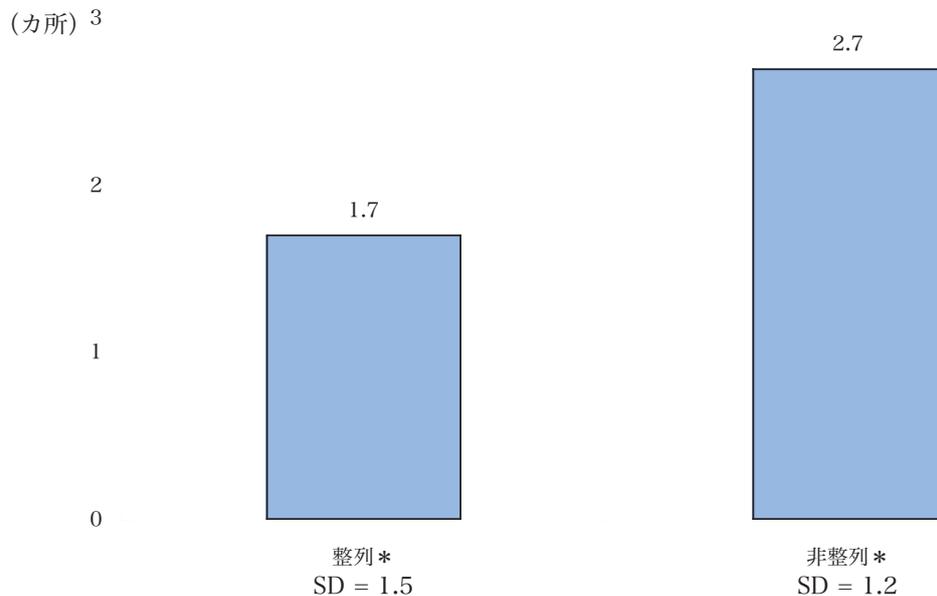


図5-9 再配置課題正答数：整理要因

於ける情報取得に関する項目のみである。また、避難開始時の身体方向が避難順路の方向とは同一でない「非整理*」であること自体が直接的に、認知地図の構築に有利に働くとは考えられない。更に、2回目以降の情報取得時の経路図の「見え」は整理要因という条件には左右されないため、回転要因のように経路図の提示方法が認知地図の構築に影響することもない。これらより、「非整理*」群の被験者が「整理*」群の被験者よりも明確なサーヴェイマップタイプの認知地図的な空間イメージを構築できる理由は、「非整理*」群の被験者が避難序盤に於いて集中して情報を取得したためだと考えられる。「非整理*」群の被験者は避難序盤で情報取得時間全体の約60%を費やしている。

このことは、避難序盤に於ける情報取得により避難者が得ようとする情報と避難中盤及び終盤で得ようとする情報とに違いがあることを示していると思われる。即ち、避難者は、避難序盤に於ける情報取得時には避難中盤及び避難終盤に於ける情報取得時よりも強い注意を空間全体にも向けていると考えられる。

3) 交互作用の効果

すべての反応について交互作用の有意差は認められなかった。これより、避難開始時における身体方向と経路図に表示される避難順路の方向との関係が経路図の提示方法の効果に影響を及ぼす可能性は否定された。

5.6 結論

避難実験3の分析からは以下のことが明らかになった。

- ①経路図に表示された避難順路は経路図の提示方法の差異である回転要因の効果を緩和する働きがある
- ②経路図の見え方そのものではなく「固定」であるという事前の知識が避難開始直後の避難者の情報取得に効果を及ぼす（図5-5）
- ③避難開始時の身体方向と避難順路の方向の関係の差異である整列要因の効果は避難全体の中で吸収される
- ④避難開始時の身体方向が「非整列*」の場合、避難者は避難序盤に於いて集中的に情報を取得しようとする（図5-7, 図5-8）
- ⑤サーヴェイマップタイプの認知地図の構築には「固定」の経路図、避難開始時に於ける「非整列*」の身体方向が有効である（図5-6, 図5-9）

避難実験2では自分の身体方向によって回転する経路図に違和感を訴える被験者が複数名存在したが、避難実験3でも回転する経路図に違和感を訴える被験者が存在した。一方、回転しない経路図が「わかりづらい」と報告する被験者もいた。しかし、避難実験3で取り上げた順路が表示されるタイプの経路図であれば、提示方法の「回転」と「固定」との差異が避難行動全体について及ぼす効果は少ないと言うことが判明した。

既往研究^{7)~9)}では今回の避難行動のような探索的移動に於いては経路図を身体方向と一致させる、即ち回転させることでわかり易くなるとされているが、順路を表示させることにより回転しない経路図でも回転する経路図と同様の避難誘導効果があると確認された。経路図に避難順路を表示させることは、提示方法の差異である回転要因の効果を緩和させる有効な手段であることがわかった。しかし、実際の避難に於いては初期段階での迅速な判断及び行動が重要であり、避難開始時の情報取得時間に有意差があることを考慮するのであれば（図5-5）、経路図の提示方法としては「回転」が好ましいと言える。

サーヴェイマップタイプの認知地図の構築に「固定」の経路図、避難開始時に於ける「非整列*」の身体方向が有利なことより、それぞれが「回転」の経路図、避難開始時に於ける「整列*」の身体方向と比較して避難者に対して避難経路だけではなく空間全体への関心を向けさせる効果を強く持っていると考えられる。

回転要因、整列要因のどちらに於いてもサーヴェイマップタイプの認知地図の構築に関しては実験群間に差異が見られた。一方、避難所要時間、移動時間、行程距離、非常口選択傾向については実験群間の有意差が認められなかった。このことは今回採用した経路図のように避難順路に関する情報を提示すれば、非常口に辿り着くという行為そのものに関しては必ずしもサーヴェイマップタ

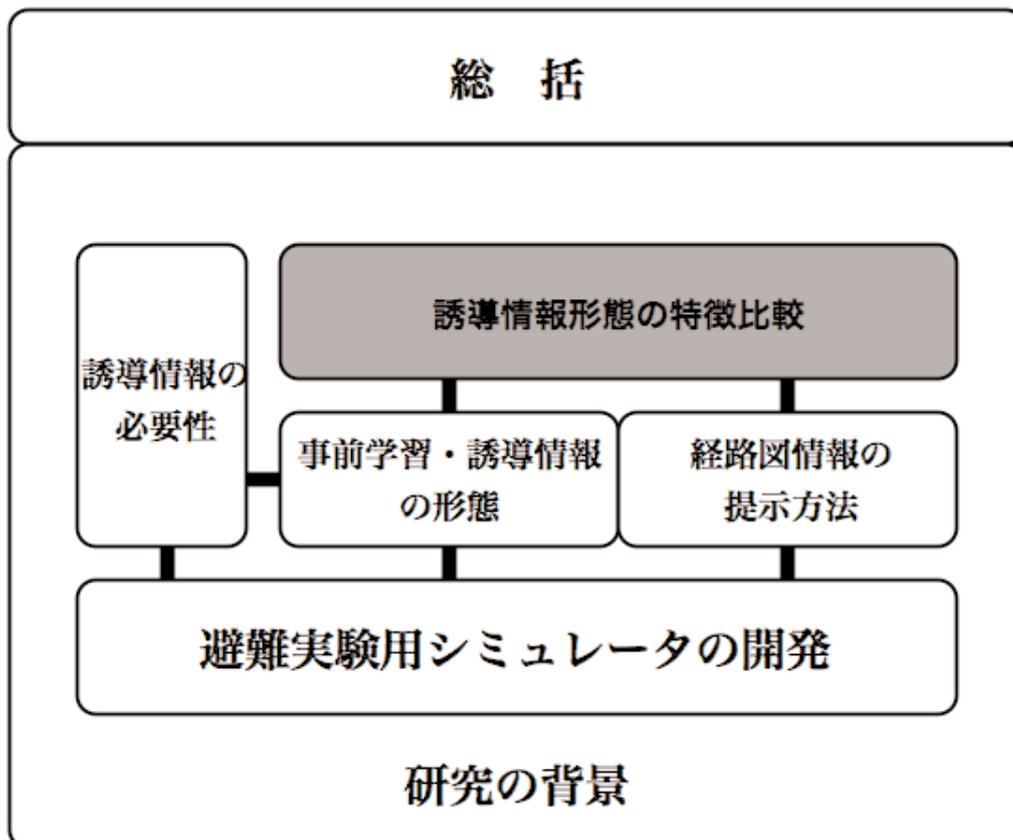
タイプの認知地図の構築が有利に働いているわけではないことを示している。避難実験2に於いてもサーヴェイマップタイプの認知地図の構築には殆ど寄与しない矢印情報 (p45, 図4-3) による誘導によっても非常口に辿り着くという行為そのものについては不利になるような点は見られなかった。しかし、万が一、誘導システムにエラーが発生した場合や避難者を安心させるという点を考慮するならば、誘導情報にはサーヴェイマップタイプの認知地図構築を支援する役割も求められるであろう。

本章は、以下の論文を基に加筆修正したものである。

- ・掛井秀一、佐藤博臣、佐野友紀、佐古順彦：避難誘導における経路図情報の提示に関する心理学的考察 — マルチメディア技術を利用した避難誘導システムの開発 その2 —、日本建築学会計画系論文集、596号、pp.27-34、2005

第6章 誘導情報形態の特徴比較

- 6.1 比較検討の目的
- 6.2 分析対象データ
- 6.3 反応
- 6.4 分析方法
- 6.5 結果及び考察
- 6.6 情報形態の特徴比較



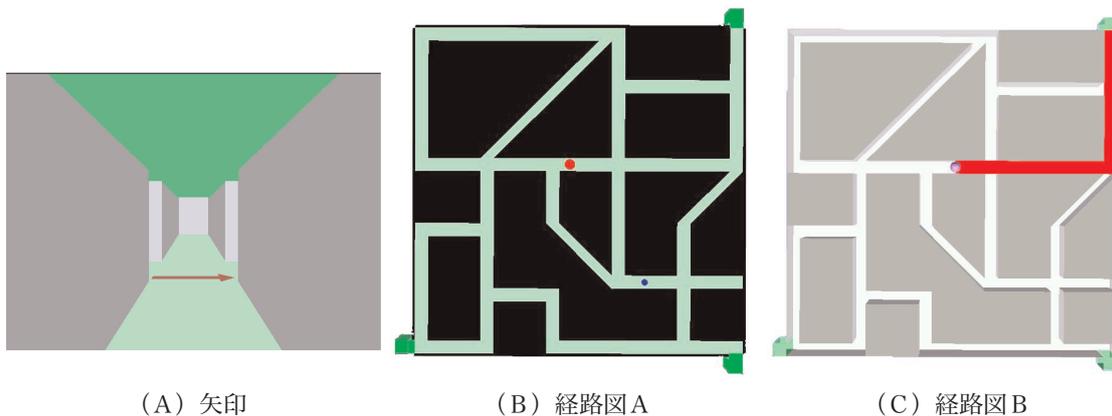


図6-1 比較対象とした誘導情報形態

6.1 比較検討の目的

避難実験3では事前の空間学習は行わず、避難開始時の身体方向2群（整列*、非整列*）と経路図の提示方式2群（回転、固定）の2要因計画（2×2）で4実験群を設定し、これらの要因が避難者の行動及び心理に及ぼす影響を検討した。避難実験2ではフロアプランタイプの経路図（図6-1-B、以下経路図A）を誘導情報のひとつとして採用したが、避難実験3では最寄りの非常口までの順路を付加した経路図（図6-1-C、以下経路図B）を誘導情報として採用した。順路を付加することによりフロアプランが提供する空間構造の情報と同時に矢印（図6-1-A）が与える方向の情報も提供することが可能になり、経路図Aの短所を補うことができると考えたためである。避難実験3の結果、経路図に表示された順路は、避難順路を指し示すという直接的な働き以外に、経路図の提示方法の差異の効果を緩和する働きがあることが明らかにされた。

本章では、避難実験2で得られた矢印及び経路図Aに関するデータと避難実験3で得られた経路図Bに関するデータとを直接比較することによって、両者の情報を提供すると思われる経路図Bが矢印と経路図Aのメリットを相殺することなく、避難誘導に有効な情報提示形態となり得るのか検証する。

6.2 分析対象データ

1) 実験ステージ

避難実験2及び避難実験3の避難課題では同一プランの空間を避難対象空間としている。しかし、図6-2に示したように避難実験2と避難実験3とは

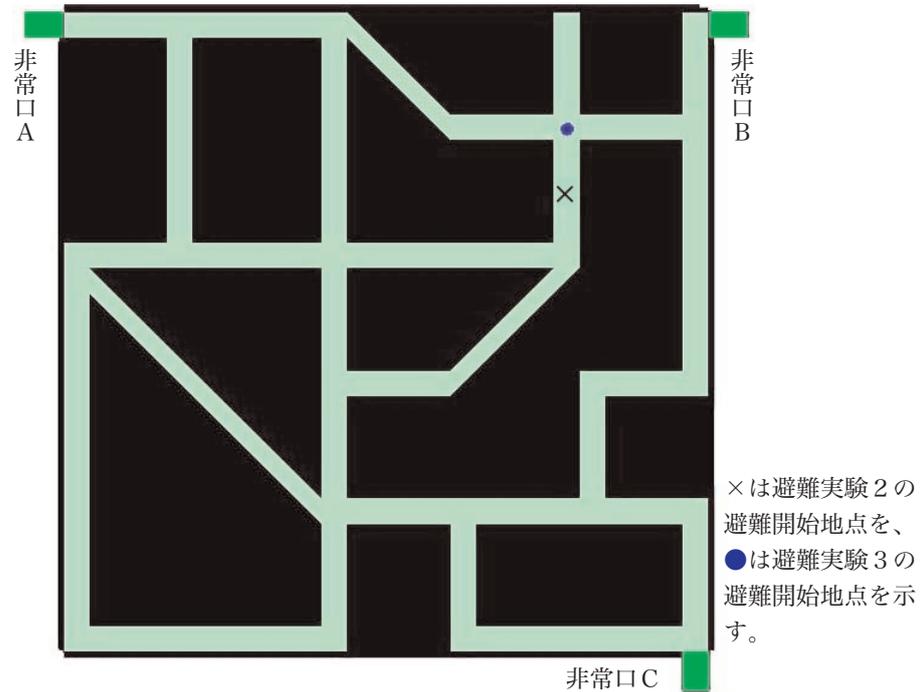


図6-2 避難実験2と避難実験3の避難開始地点

避難開始地点の位置が多少異なっているためデータ比較ではこのことが影響を及ぼさないように配慮を行った。今回の比較の対象とした避難実験2の被験者は全員、避難開始直後の移動で避難実験3の避難開始地点を通過した。よって、後述する移動時間、避難所要時間、行程距離からは、避難実験2の被験者が避難を開始してから避難実験3の避難開始地点に至るまでに要した移動時間、及び行程距離を差し引いている。また、避難実験2の被験者が避難を開始してから避難実験3の避難開始地点に至るまでに情報請求など分析対象となるような事象は発生しなかった。

2) 被験者

誘導情報の形態のみが独立変数となるように、今回の分析では避難実験2の「未学習×矢印情報」群及び「未学習×経路図情報」群、避難実験3の「整列*×回転」群を対象とした。それぞれの実験群の被験者数はいずれも10名（男女各5名）である（表6-1）。

3) 事前の空間学習

避難実験3では避難開始前の避難空間に関する情報は一切与えられない。よって、避難実験2の実験群のうち事前の空間学習を行わない「未学習」群のデ

表6-1 被験者配置

		誘導情報形態			合計
		矢印	経路図A	経路図B	
性別	男	5	5	5	15
	女	5	5	5	15
合計		10	10	10	30

ータを分析対象データとして採用した。

4) 避難開始時の身体方向

避難実験2では被験者の避難開始時における身体方向は避難方向と一致している。よって、避難実験3の実験群のうち開始時の身体方向が避難順路と一致している「整列*」群のデータを分析対象データとして採用した。

5) 経路図の提示方式

避難実験2では経路図は移動とともに変化する被験者の身体方向に応じて情報請求時の被験者の身体方向が常にディスプレイ上で真上になるように表示される。よって、避難実験3の実験群のうち経路図が被験者の身体方向に応じて回転して提示される「回転」群のデータを分析対象データとして採用した。

6.3 反応

表6-2には今回の分析で取り上げる反応を記した。それぞれの反応の定義は次の通りである。

- a. 移動時間^{註1)}：避難行動中、実際に移動に費やした平均時間
- b. 情報取得時間：避難行動中、誘導情報を提示している平均時間
- c. 避難所要時間：避難開始地点から3つめの非常口に辿り着くまでに要した平均時間
- d. 行程距離：避難開始地点から3つめの非常口に到達するまでに移動した平均距離
- e. 非常口選択傾向：3つの非常口の巡回パターン
- f. 情報請求回数・X：Xに於いて誘導情報の提示を請求した平均回数
(X=序盤, 中盤, 終盤)
- g. 情報量/回数：情報請求1回につき移動したルートに含まれる選択可

表6-2 要因の効果及び各反応平均値

反応	誘導情報形態要因					有意性検定
	矢印	経路図A	経路図B	F値	p値	
a. 移動時間 (秒)	135.6 (31.8)	177.5 (72.9)	121.6 (44.1)	3.067	0.063	†
b. 情報取得時間 (秒)	20.1 (9.7)	103.8 (87.4)	27.6 (15.0)	8.084	0.002	**
c. 避難所要時間 (秒)	155.7 (40.1)	281.3 (159.1)	149.2 (56.4)	5.522	0.010	**
d. 行程距離 (グリッド)	44.0 (5.1)	50.6 (12.9)	44.8 (6.9)	1.620	0.217	
e. 非常口選択傾向	—	—	—	—	0.003	**
f. 情報請求回数・序盤 (回)	5.8 (2.9)	5.5 (3.2)	3.5 (1.8)	2.125	0.139	
情報請求回数・中盤 (回)	4.5 (2.0)	4.5 (3.3)	2.6 (1.5)	2.091	0.143	
情報請求回数・終盤 (回)	4.8 (0.9)	3.3 (3.3)	2.0 (0.9)	4.662	0.018	*
g. 情報量/回数 (シャノン)	1.6 (0.4)	2.3 (0.9)	3.2 (1.9)	4.401	0.022	*
h. 情報取得時間/回数 (秒)	1.3 (0.4)	7.3 (1.2)	3.7 (1.5)	71.556	<.001	**

() 内：標準偏差 ** : $p \leq .01$, * : $\leq .05$, † $\leq .1$

能経路数より計算されるShannonによる情報量の平均値

h. 取得時間／回数：情報請求1回につき情報を提示している平均時間
 反応 f. に於ける X には反応の説明末尾に記した区間（序盤、中盤、終盤）が適宜代入される。「序盤」は被験者の避難行程を3等分した最初の区間を、「中盤」は被験者の避難行程を3等分した中間の区間を、「終盤」は被験者の避難行程を3等分した最後の区間を意味している。

反応 g. では情報請求1回当たりの経路探索行動に対する誘導情報の効果を定量化するため、1回の情報請求で移動したルートに含まれる選択可能通路数をパラメータとしたShannonによる情報量の平均を算出した。

- ・ 1回の移動で通過した分岐点及び曲がり角の数を n
- ・ 分岐点（または曲がり角）i に接続する通路の数を X_i
- ・ 誘導情報が与えられなかった場合、避難者は等確率で通路を選択するとすれば、この時の情報量 I（シャノン）^{註2)} は

$$I = \log_2 X_1 + \log_2 X_2 + \dots + \log_2 X_n \quad \dots \text{ (式1)}$$

となる¹⁾。

Shannonによる情報量は、誘導情報など空間に関する知識が与えられず、ランダムに空間内を移動をした場合に避難者が実際に移動したルートと同じルートが選択される確率の減少関数となる。よって、Shannonによる情報量はその数値が高いほど偶然には選択されにくいルートが選択されたことを示しており、情報請求1回当たりの経路探索行動に対する誘導情報の効果を現していると考えた。

誘導情報の請求により獲得される情報量は「目的地にたどり着くまでの経路選択に関する不確かさ」を現す情報エントロピーを用いて、

$$\begin{aligned} \text{(情報量)} &= \text{(誘導情報請求前の情報エントロピー)} \\ &\quad - \text{(誘導情報請求後の情報エントロピー)} \end{aligned}$$

と計算することも出来る。しかし、「矢印」群の被験者は誘導情報である矢印から避難経路全体の情報を取得することは不可能である。また、「経路図A」群及び「経路図B」群の被験者も多くの場合で誘導情報である経路図から意識して取得しようとする情報は、目的地にたどり着くまでの経路選択すべての情報ではなく、その一部に関する情報だと考えられる。よって、情報量の算出に於いては「目的地にたどり着くまでの経路選択に関する不確かさ」である情報エントロピーは用いず、(式1)を採用した。

情報エントロピーを用いて算出される誘導情報の情報量は、通過した経路には拘わらず誘導情報による移動開始地点と移動終了地点から一意的に算出される。このため被験者がどのような経路選択を行ったかという移動のプロセスが情報量には反映されない。一方、(式1)で算出される情報量は通過した経路

が違えば異なる値を取り得るため避難者の移動のプロセスが反映されていると言える。

情報量／回数の計算では、その時点で目的地となり得る非常口までの最短ルートが選択されなかった移動についてはデータとして採用しなかった。また、その地点から目的地となり得る非常口を見通すことができる分岐点及び曲がり角の通過についてもデータとしては考慮しなかった。

「矢印」群及び「経路図B」群では、誘導情報に従えば、その時点で目的地となり得る非常口までの最短ルートを移動することとなる。それにも拘わらず、最短ルートを移動していない場合の理由としては「誘導情報を上手く読み取ることが出来なかった」という認知段階のエラーと「(情報は上手く読み取れたが実際の避難行動中に曲がり角を見落とすなどして) 指示とは異なる移動をしてしまった」という行動段階のエラーとが考えられる。認知段階のエラーについては、その種のエラーが起こることも含めて誘導情報の特徴と捉えることも出来るが、行動段階のエラーについては、その発生理由を誘導情報のみに戻すことは出来ない。また、情報量／回数による分析の目的は誘導情報の情報提示能力に関する検討である。従って、その時点で目的地となり得る非常口までの最短ルートが選択されなかった移動についてはデータとして採用しなかった。

最短ルートを選択した場合の移動のみをデータとして採用したため、結果的に情報量は誘導情報による移動開始地点と移動終了地点が同じであれば同一の値となっている。しかし、このことは情報量を情報エントロピーからではなく(式1)により求めることの意義を損なうものではない。

既に目的地が目に見えている移動の場合についても、その移動から計算された情報量は誘導情報の効果を現しているとは言えないので分析データからは除外した。

6.4 分析方法

上記の各反応を従属変数、誘導情報の形態を独立変数とする1要因の分散分析結果を表6-2に示した。

帰無仮説「各実験群間の平均値が等しい(e.の場合は『各実験群間での非常口巡回パターンの生起確率が等しい』)」が有意水準1%で棄却される場合を「**」で、5%で棄却される場合を「*」で、10%で棄却される場合を「†」で示した。但し、「e. 非常口選択傾向」に対しては各要因がパターン生起に及ぼす効果について χ 自乗検定を行なった^{註3)}。e.に関する分割表分析統計量は次の通りである。

$$\chi^2 = 12.0, \text{ df} = 2, \text{ p} = 0.0025$$

以下では、帰無仮説が有意水準5%または1%で棄却される場合を「有意差が

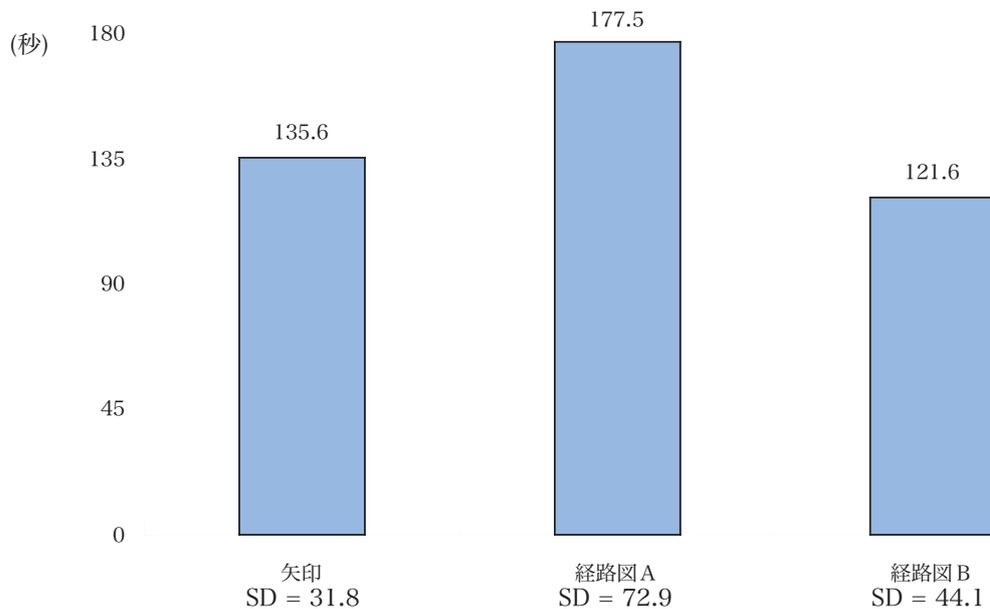


図6-3 移動時間

認められる」あるいは「有意である」、帰無仮説が有意水準10%で棄却される場合を「有意な傾向が見られる」として考察を行っている。

6.5 結果及び考察

1) 移動時間・情報取得時間・避難所要時間

移動時間に対し「誘導情報形態」の効果に有意な傾向が見られた(図6-3)。下位検定を行ったところ、経路図Aと経路図Bに有意差が認められ、矢印と経路図Aに有意な傾向が見られた。

情報取得時間に対し「誘導情報形態」の効果が有意であった(図6-4)。下位検定を行ったところ、「矢印」群と「経路図A」群、「経路図A」群と「経路図B」群に有意差が認められた。「経路図A」群の情報取得時間は103.8秒と、「矢印」群の情報取得時間の20.1秒、「経路図B」群の情報取得時間27.6秒と比較して突出している。これは経路図Aでは提示された誘導情報より避難順路を読み取る事への負担が大きいことを反映したものであると考えられる。

避難所要時間に対し「誘導情報形態」の効果が有意であった(図6-5)。下位検定を行ったところ、「矢印」群と「経路図A」群、「経路図A」群と「経路図B」群に有意差が認められた。「経路図A」群の避難所要時間は281.3秒と、「矢印」群の避難所要時間の155.7秒、「経路図B」群の避難所要時間の149.2秒の約2倍である。

これらより避難行動を早期に完了させるという目的に対し、経路図Aは他の

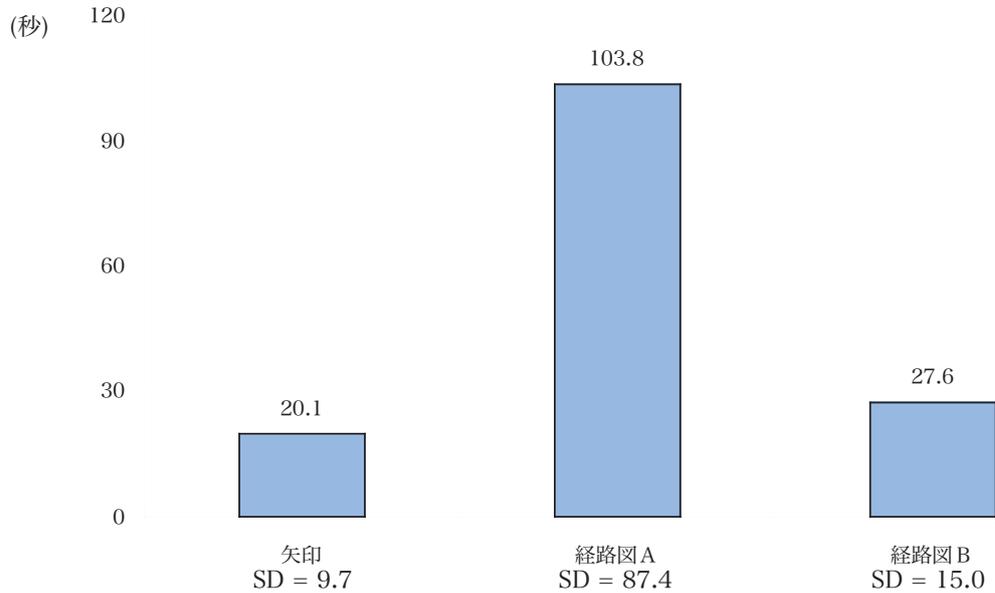


図6-4 情報取得時間

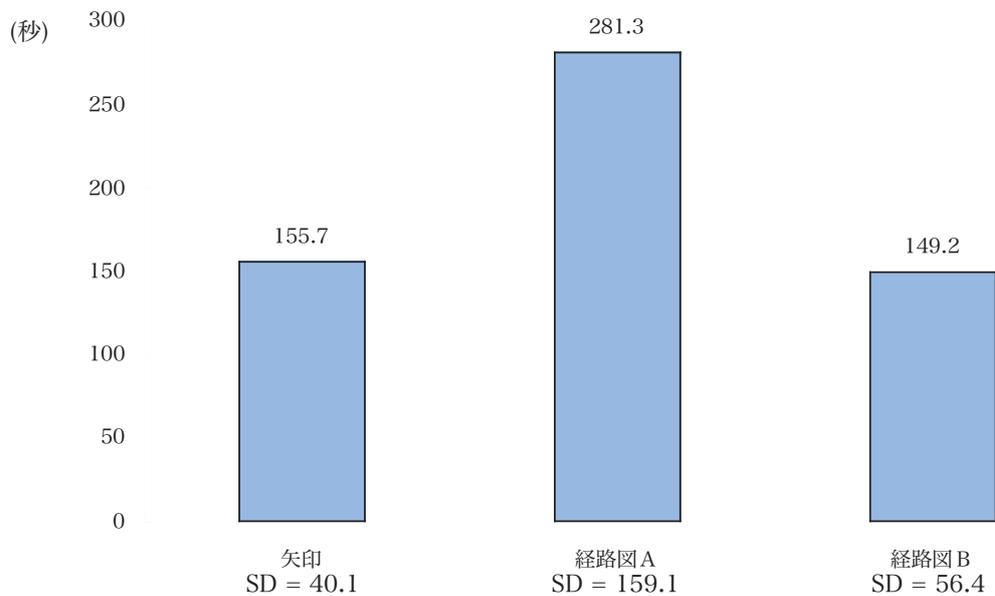


図6-5 避難所要時間

情報形態に比べ効果が低いことがわかった。また、移動時間、情報取得時間及び避難所要時間について「経路図B」群と「矢印」群間には有意な差は認められず、且つ、「経路図A」群の値と比較した場合、両者の値は近似している。従って、矢印と経路図Bは避難を早期に完了させるという目的に対して、同等の効果を有することがわかった。

2) 行程距離・非常口選択傾向

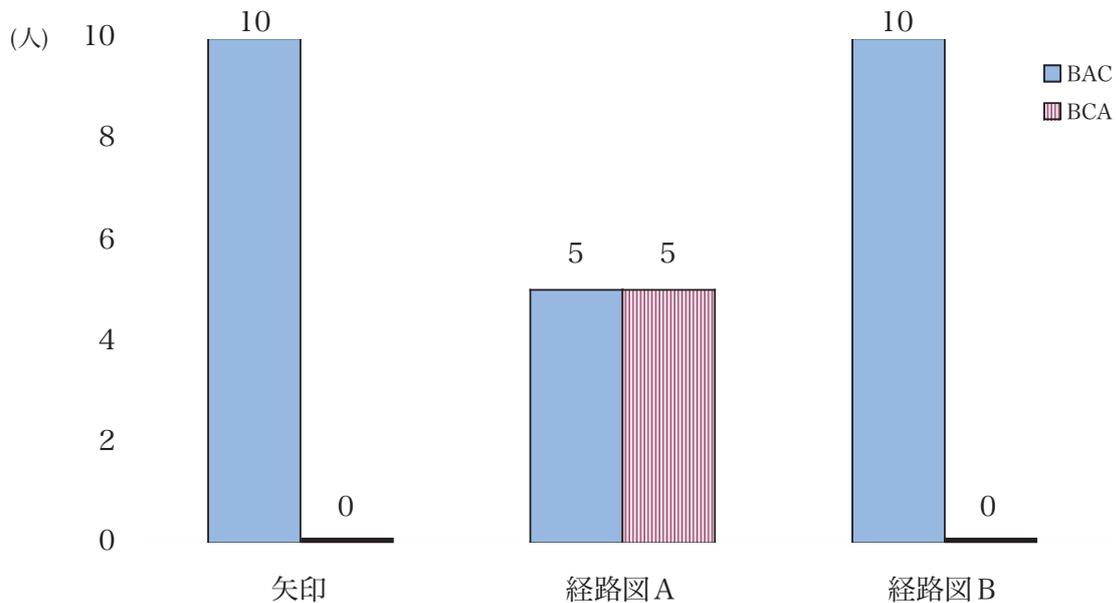


図6-6 非常口選択傾向

行程距離に対しては「誘導情報形態」の効果は認められなかった。

非常口選択傾向に対し「誘導情報形態」の効果は有意であった(図6-6)。「経路図A」群では半数の被験者がBACパターンを、残りの半数の被験者がBCAパターンを選択したが、「矢印」群、「経路図B」群で選択された巡回パターンはBACのみであった。

実際に避難をする経路では非常口Bから非常口Aの距離は非常口Bから非常口Cまでの距離に比べ僅かながら短い。しかし、直線距離では両者は等しくなる。このため経路図に避難順路が示されない「経路図A」群では非常口Bから非常口Cまでは非常口Aまでよりも遠くはないと判断した被験者がBCAパターンで非常口を巡回したと考えられる。一方、「経路図B」群では、順路が示されない場合には半数の被験者が2番目の非常口として非常口Cを選択する程非常口Bから非常口Aの距離と非常口Bから非常口Cまでの距離との差は僅かであるにも関わらず、順路が示されるために被験者全員が2番目の非常口として非常口Aを選択している。このことは経路図Bは矢印と同様に、経路図Aよりも強力な誘導の機能を有していることを示している。

3) 情報請求回数経時変化

情報請求回数・終盤に対し「誘導情報形態」の効果は有意であった(図6-7)。下位検定を行ったところ、「矢印」群と「経路図B」群に有意差が認められた。「矢印」群の情報請求回数とは異なり、「経路図B」群の情報請求回数は

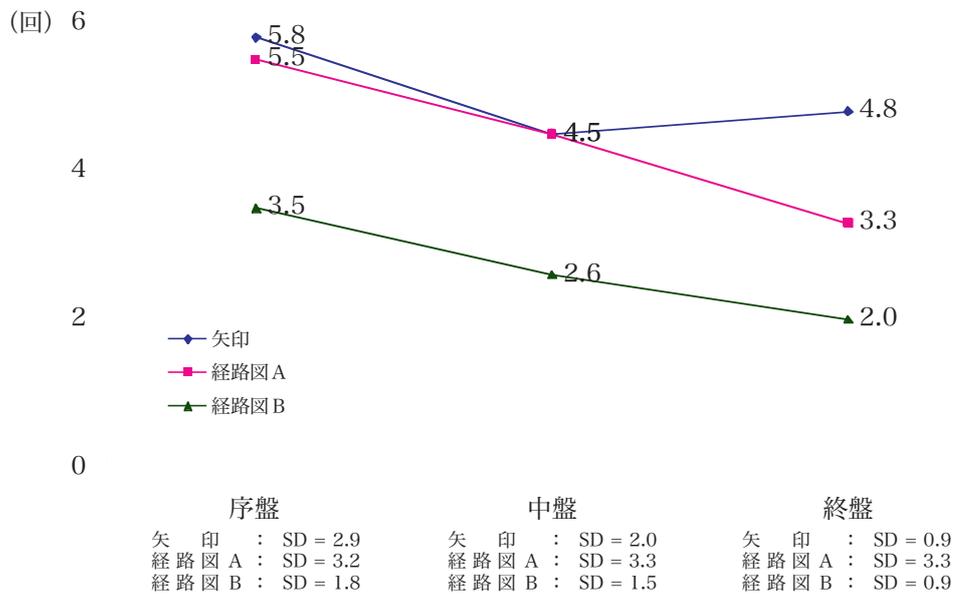


図6-7 情報請求回数経時変化

避難が進行するに従い減少しており、「経路図A」群と同様の傾向を示している。

「矢印」群の情報請求回数の経時変化は序盤、中盤、終盤それぞれの区間に含まれる分岐点及び曲がり角の数に連動している。他方、「経路図A」群及び「経路図B」群の情報請求回数は、3区間に含まれる分岐点並びに曲がり角の数には拘わらず、序盤よりも中盤、中盤よりも終盤と時間が経過するに従い少なくなっている。このことは「経路図A」群及び「経路図B」群に於いては経路図を繰り返し提示することにより何らかの学習効果があったことを示している。

被験者は避難課題開始前に情報請求を含む実験システムのインターフェイスに関する学習を十分に行っている。このため避難課題開始から時間が経過することで避難者が経路図の見方に慣れてきて、終盤になるほど一度の情報請求でより多くの分岐点及び曲がり角に於ける経路選択についての情報を取得するようになったとは考えづらい。

更に、被験者は避難課題開始から避難課題終了までの間に2つの非常口を経由して3つめの非常口に到達する必要があるので避難課題中の被験者の目的地は2度変更される。よって、経路図を繰り返し提示することにより為されるであろう目的地までの経路選択に関する学習だけでは終盤ほど情報請求回数が減少するという経時変化を説明することはできない。目的地までの経路選択に関する学習だけしか為されていないとするならば、目的地が変更された時点でそれまでの学習の効果は消去されてしまい終盤ほど情報請求回数が減少することはないからである。

従って、経路図を繰り返し提示することにより為される学習は、実験システ

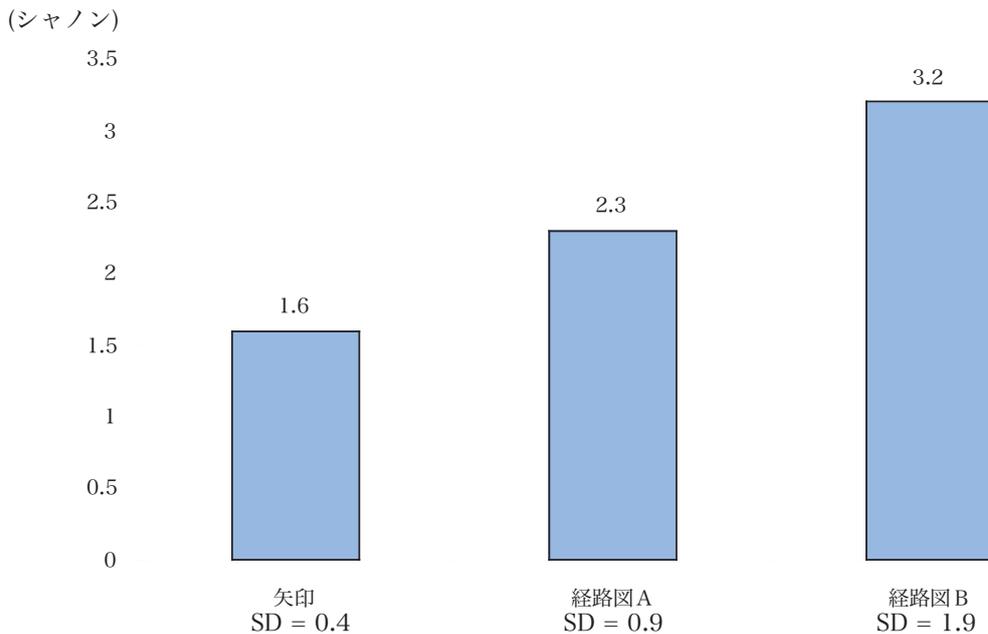


図6-8 情報量/回数

ムや目的地までの経路選択についての学習だけではなく、避難対象となっている空間に対する学習も為されていると考えられる。

また、避難実験2より、避難開始前に避難対象空間に関する情報を有していない場合、誘導情報から空間構造の情報を得られるならば避難が進行するに従い空間に対する知識が増加し、避難者の誘導情報への依存が少なくなることがわかっている。

以上より、経路図Bからは経路図Aと同様に空間構造の情報が得られると考えられる。

4) 情報量/回数・取得時間/回

情報量/回数に対し「誘導情報形態」の効果が有意であった(図6-8)。下位検定を行ったところ、「矢印」群と「経路図B」群に有意差が認められ、「経路図A」群と「経路図B」群に有意な傾向が認められた。「矢印」群1.6シャノン、「経路図A」群2.3シャノンに対して「経路図B」群3.2シャノンであり、経路の選択という観点からは、経路図Bを1回提示させることは、矢印を2回、経路図Aを1.4回提示させることとほぼ同等の効果があることがわかった。

矢印は逐次的な情報しか提供しないため経路図A及び経路図Bよりも情報量/回数の数値が低くなることは至当な結果である。一方、経路図Bの情報量/回数の数値が経路図Aよりも高くなることはフロアプランに付加された避難順路に起因すると考えられる。このことは、付加された避難順路はフロアプランから避難のための順路を読み取ることに有用なだけでなく、被験者に避

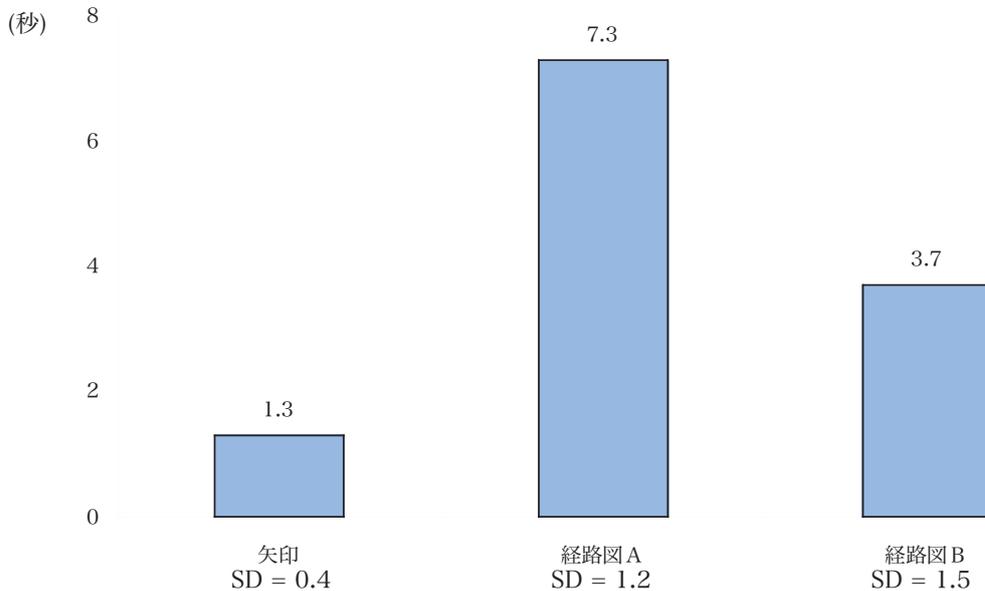


図6-9 情報取得時間/回数

難順路に関する情報をより多く記憶するよう働きかけることを示している。

情報取得時間/回数に対し「誘導情報形態」の効果が有意であった(図6-9)。下位検定を行ったところ、すべての実験群の組み合わせについて有意差が認められた。「矢印」群1.3秒、「経路図A」群7.4秒、「経路図B」群3.7秒であり、経路図Bは矢印と経路図Aの中間的な数値となっている。

矢印は進むべき方向を直接的に示しており、それ以外の情報は提供しないので被験者が情報を提示している時間は一瞬である。そのため矢印の情報取得時間/回数は短くなる。経路図Aでは矢印とは反対に被験者が自らフロアプランより避難順路を読み取らなければならない。このため、経路図Aの情報取得時間/回数は長くなる。他方、経路図Bでは順路が付加されているためフロアプランより避難順路を読み取る必要はなく、経路図Aよりも情報取得時間/回数は短くなる。しかし、上述したように経路図Bでは被験者が避難順路に関する情報をより多く記憶するので経路図Bの情報取得時間/回数は矢印のそれよりも長くなる。

誘導情報より次に進むべき方向を読み取るだけであれば、矢印と同様に経路図Bにおいても情報の取得は一瞬で完了するはずである。経路図Bの情報取得時間/回数が矢印のその約3倍となっていることは、誘導情報から、より多くの情報を得るためのコストと捉えることができる。

情報量/回数の分析より経路の選択という観点からは経路図B1回の提示は矢印2回の提示に相当するが、誘導情報から情報を読み取るために経路図Bは矢印の約3倍、時間を要する。即ち、経路選択に関する情報量を等量取得する為に経路図Bでは矢印よりも多くの時間を要することとなる。これより、経路

表6-3 情報形態による特徴比較

	促進効果	誘導効果	空間構造 情報	記憶 情報量	一瞥性	時間効率
矢印	○	○	×	×	○	○
経路図A	×	×	○	△	×	×
経路図B	○	○	○	○	△	△

選択に関する情報取得の時間効率は経路図Bよりも矢印の方が優れていると言える。

6.6 情報形態の特徴比較

今回のデータ分析から明らかになった矢印、経路図A、経路図Bの特徴を表6-3に記した。

- ①避難を早期に完了させるという促進効果に対して経路図Bは矢印と同等の効力を有する（図6-3～図6-5）
- ②避難者を適切に誘導するという誘導効果に対して経路図Bは矢印と同等の効力を有する（図6-6）
- ③避難者の空間構造に関する理解を促進する空間構造情報の提供に対して経路図Bは経路図Aと同様に十分に寄与する（図6-7）
- ④経路図Bに付加された避難順路は避難者が誘導情報から取得する避難順路に関する情報である記憶情報量を増加させるよう働きかける（図6-8）
- ⑤経路図Bからより多くの情報を取得するにはそのためのコストを要するので経路図Bより情報を取得する際の一瞥性は矢印よりも劣る（図6-9）
- ⑥経路図Bの経路選択に関する情報取得の時間効率は矢印よりも低い（図6-8、図6-9）

矢印、経路図A、経路図Bの避難行動に関するデータを直接比較することよりフロアプランへの避難順路の付加は、矢印の長所である避難行動の促進効果、誘導効果を経路図に付与することが明らかとなった。また、順路が付加された経路図においてもフロアプランタイプの経路図と同様に空間構造情報は提供されることも明らかとなった。このことより順路を付加された経路図はサーヴェイマップタイプの認知地図構築を支援し、矢印を誘導情報として用いた場合に避難者が抱く不安感を低減させるものと思われる。サーヴェイマップタイプの認知地図が避難者の中に構築されることは誘導システムにエラーが発生したときの混乱の低減にも寄与するであろう。

順路の付加により、フロアプランタイプの経路図の長所を損なわず、矢印のメリットの多くを経路図に取り込むことが可能であるとわかった。

更に、経路図への順路の付加は避難者に避難順路に関する記憶情報量を高めるよう働きかけることが認められた。しかし、経路選択に関する情報を取得するための時間効率は矢印よりも低くなる。

経路図Bは一瞥性、経路選択に関する情報取得の時間効率の面で矢印に劣るものの、矢印では提供することができない空間構造に関する情報の提供が可能であり、避難者のサーヴェイマップタイプの認知地図構築を支援する。このことは、一瞥性、時間効率の面での不利を補って余りあるものである。

以上より、避難順路を付加した経路図は欠点が少なく、矢印及びフロアプランタイプの経路図と比較した場合、より多くの避難者に適した誘導情報提示形態であると考えられる。

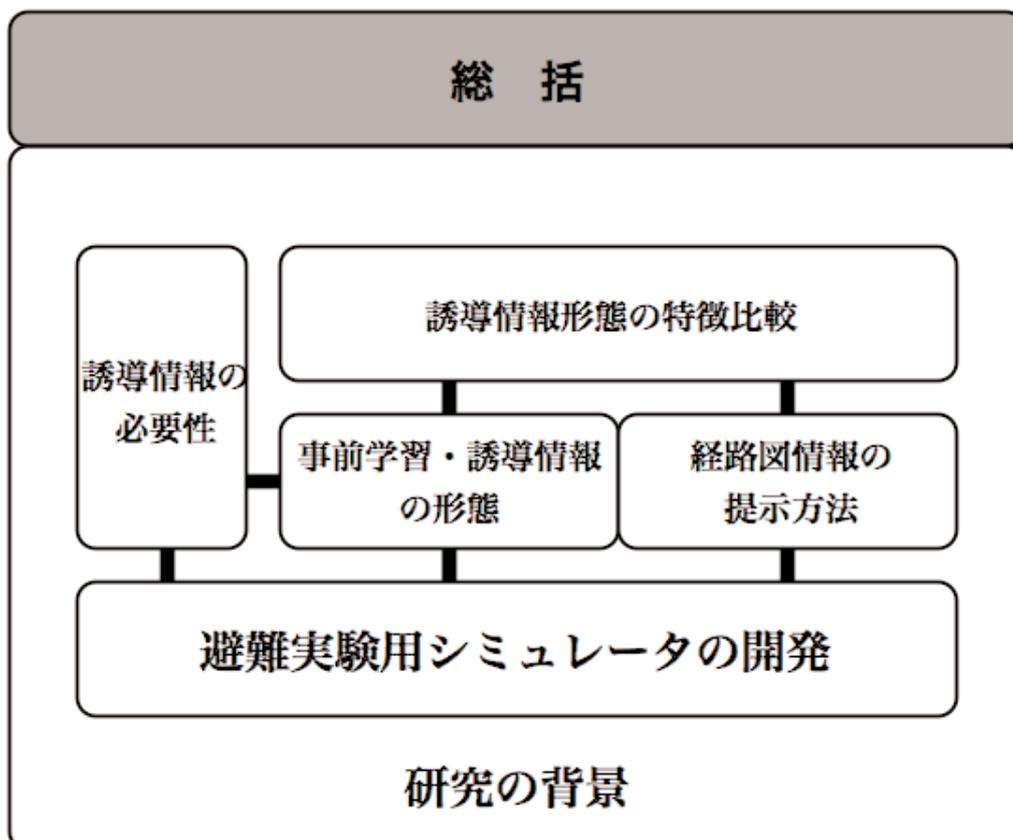
本章は、以下の論文を基に加筆修正したものである。

- ・掛井秀一、佐藤博臣、佐野友紀、佐古順彦：経路図に付加された避難順路が避難行動に及ぼす影響に関する心理学的考察 —マルチメディア技術を利用した避難誘導システムの開発— その3 —、日本建築学会計画系論文集、613号、2007年、印刷中

第7章 総括

7.1 研究成果の要約

7.2 今後の課題



7.1 研究成果の要約

本論文では被験者実験により得られた避難者の行動及び心理に関するデータの分析並び考察を通して、アダプティブな避難誘導システムに適した情報提供方式のあり方について検討した。論文の構成を図7-1に示す。

本研究で計画した被験者避難実験を実施するためにシミュレータを開発し、シミュレータの実用性を確認するための実験を行った。その結果、建物内での避難を想定した場合、シミュレータ空間の距離感に関しては特別な配慮をする必要がないことが判明した。今回の結果及び既往研究^{1)~7)}の知見より、シミュレータは避難実験に於ける有力なツールになり得ると言える(第2章参照)。

避難行動中に於ける誘導情報の必要性を確認するため、誘導情報が与えられない場合の避難行動に関する実験を実施し、その結果を分析した。事前学習から得た情報とは相反した情報を避難行動中に読み取り、且つ、誘導情報を参照できない場合に避難者がとる行動を分析し、誘導情報の必要性を確かめた。その結果、

- ①避難行動中の妨害要因により事前学習の効果は著しく低減させられることがある
- ②空間自体が持つ情報の効果は経路図など意図的に与えられる情報により抑制される

こと等が判明した。これらのことより、避難に於いては避難行動中にも適切な誘導情報の提示が必要であることが示された(第3章参照)。

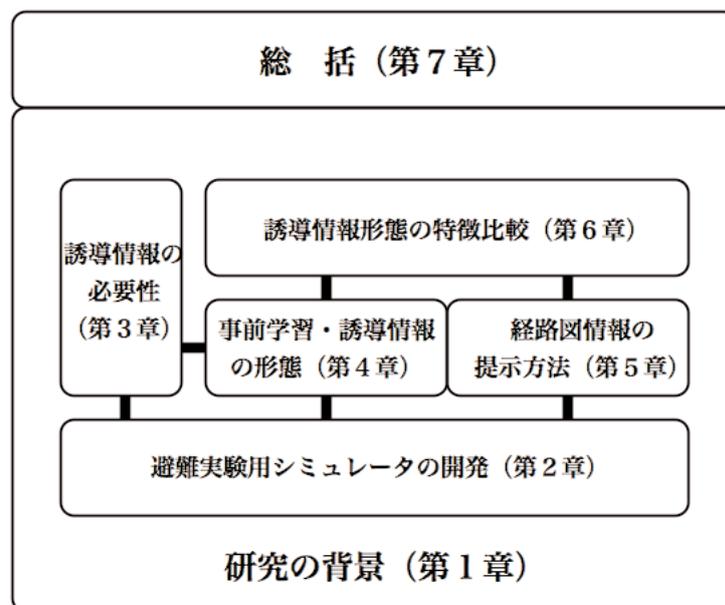


図7-1 論文の構成

今日のメディア技術を十分に活用すれば、多種多様な形態の事前学習や誘導情報提示も可能である。しかし、従来とは異なる事前学習方法や誘導情報提示が避難行動にどのような影響を及ぼすかは明らかではない。ここでは事前学習及び誘導情報の形態を変数とした実験を実施し、それらが避難者の行動並びに心理に及ぼす影響について検討した。その結果、

- ①事前学習形態と誘導情報形態は関連付けて考慮する必要がある
- ②事前学習により避難行動中の経路図の読み取りが容易になる
- ③避難行動自体を促進するという観点からはフロアプランタイプの経路図よりも矢印を提示した方が有効である
- ④しかし、誘導情報には避難順路を指し示すだけでなく避難者を安心させるという機能が求められている
- ⑤そのためにはフロアプランタイプの経路図が有効である

こと等が判明した。これらのことより、情報形態を適切に組み合わせることで、より効果的な事前学習、誘導情報提示が可能であることが示唆された（第4章参照）。

第4章で取り上げた実験では経路図が身体方向に従って回転することにより、避難開始までに獲得した空間構造の知識が利用できなくなったり、逆にその知識が避難行動の妨げになったと指摘する被験者もいた。このような経路図の回転が空間構造の把握に影響する可能性が示唆された。経路図の提示方向と避難者の身体方向の関係を検討するために行った経路図情報の提示方法を要因とした避難実験からは、

- ①経路図の見え方そのものではなく経路図の提示方向と避難者自身の身体方向とは連動しないという事前の意識が避難開始直後の情報取得に影響を及ぼす
- ②経路図に避難順路を付加することにより経路図の提示方法の相違による影響は緩和される

こと等が示された。経路図に付加した避難順路が有する、避難のための順路を指し示す、という直接的な働き以外の効果により経路図の提示方法の相違による影響は緩和される。しかし、避難開始直後の情報取得時に於ける経路図提示方法の差異による有意差及び実際の避難に於ける初期段階の迅速な判断ならびに行動の重要性を考慮するならば、経路図情報の提示方向は避難者の身体方向と一致させる方が好ましいと言える（第5章参照）。

一連の実験から得られたデータを分析し、誘導情報形態の特徴を比較した。矢印とフロアプランタイプの経路図の両者の情報を提供すると推測される避難順路を付加した経路図が両者のメリットを相殺することなく避難誘導に有効な情報提示形態となり得るのか検討を行った。矢印、フロアプランタイプの経路図及び避難順路を付加した経路図の比較からは、

- ①避難順路を付加した経路図は矢印と同様に避難行動を促進する
- ②避難順路を付加した経路図はフロアプランタイプの経路図と同様に空間構造の情報を提供する
- ③避難順路を付加した経路図は避難順路に関する情報をより多く記憶するよう避難者に働きかける

こと等が判明した。これらのことより、避難順路を付加した経路図は欠点が少なく、アダプティブな避難誘導システムに適した情報形態であることが示された(第6章参照)。

以上より、本研究に於いてアダプティブな避難誘導システムの情報提供方式としては、

誘導情報提示形態：避難順路を付加した経路図

誘導情報提示方法：経路図の上方を避難者の身体方向と一致させるように回転させる

が有効であることが示された。

アダプティブな避難誘導システムへのデジタルメディアの適用を前提に考えるならば、避難者の携帯端末に個別対応した誘導情報を提供するという方式が想定される。避難者の操作により避難者が自分にとって最も適していると感じる情報提示形態、情報提示方法を選択して誘導情報が提供されるようにすることも可能である。しかし、それらが誘導に対してどのような特質を持っているのかを事前に明確にしておく責務が誘導情報提供者には求められであろう。また、すべての避難者が自分に適した情報形態、提示方法を認識できているとは考えられず、より多くの避難者に不都合がない情報提供方式をデフォルトとして示すことも必要である。

本研究では、これらについて一定の知見を得ることができたものとする。

7.2 今後の課題

本研究に於いて避難誘導システムの情報提供方式について具体的に検討した避難実験2及び避難実験3では実験ステージは3次元CGにより比較的均一に描かれ、視覚的に分化した特徴を有していない。これは、初めて訪れるパブリックな環境ではどの部分も同じような特徴を持つように知覚されると想定したためである。しかし、環境のデザインという観点から考えるならば、空間自体が持つ情報は人為的なサインによる情報よりも行動のための情報としては優先度が低いという報告がされてはいるが⁸⁾、緊急時に於ける経路選択に関する既往研究^{9)~11)}を参考に、その環境の構造に則した誘導情報提供方式も検討されるべきであろう。

本研究では誘導情報として視覚的な情報を取り上げ、それらの提供方式の検

討を行った。「誘導情報には『安心させる』という機能が求められており、そのためにはサーヴェイマップタイプの認知地図の構築が有効であること」など、一部では視覚的な情報のみに限らず適用可能な知見も得ることができた。しかし、ユニバーサルデザインの視点が重視される緊急時避難という場面で利用されるアダプティブな避難誘導システムの開発のためには、視覚情報には限らない誘導情報の提供方式が、より広範に検討されなければならない。

従って、より安全で円滑な避難を支援する誘導システムの実現のためには、誘導情報の多様な形態をデザインし、提示方法を考案すると共にそれらの特質を明らかにすることが必須である。

また、本研究では情報提供方式のあり方についてのみ検討を行ったが、システムを構築するためには、誘導情報の生成アルゴリズムの検討、誘導情報を提示する端末のスペックの検討、災害や避難者の状況をセンシングするためのインフラの検討などが為されなければならない。

今後はこれらを課題として、情報通信技術を利用したアダプティブな避難誘導システムの実現を目指すこととする。

註釈及び参考文献

第1章 序論

註釈

- 註1) 施設内で人の位置を定位する仕組みとしてはUWB (Ultra Wide Band: 超広帯域無線) を利用したシステムが想定される。位置測定精度はGPSよりも高く、誤差は数センチ程度である。また、混信に対しても耐性が高く、様々な電波が飛び交う建築物内での利用が可能である。
- 施設内で向いている方向を検知する仕組みとしては光ジャイロを利用したシステムが想定される。光の位相差より角速度を検出するので非常に高精度である。また、機械式のジャイロと比較した場合、短時間で起動させることができる。
- 註2) ここで言うディスプレイとは映像情報を提示するための装置を指すのではなく、その形態に拘わらず情報を提示する、装置一般を指す。
- 註3) HMDの詳細については第2章を参照。

参考文献

- 1) 坂村健: 『ユビキタスでつくる情報社会基盤』, p.2, 東京大学出版会, 2006
- 2) Wilson, P. N. : Use of Virtual Reality Computing in Spatial Learning Research, A Handbook of Spatial Research Paradigms and Methodologies, Vol.1, pp.181-206, 1997
- 3) O'Neill, M. J. : Effects of Familiarity and Plan Complexity on Wayfinding in Simulated Buildings, Journal of Environmental Psychology, Vol. 12, pp.319-327, 1992
- 4) 藤井秀夫, 乾敏郎: コンピュータ・グラフィックスを用いた探索実験による空間認知モデルの構築, 1989年度人工知能学会全国大会論文集, pp.145-148, 1989
- 5) 櫻井研三, 加藤健二: 自己回転運動による空間的関係の獲得, 日本心理学会大会発表論文集, Vol.55, pp.234-235, 1991
- 6) 目黒公郎, 芳賀保則, 山崎文雄 他: バーチャルリアリティ (VR) を用いた避難行動の基礎解析, 生産研究, 47巻,

- 11号, pp.566-569, 1995
- 7) 吉岡竜巳, 建部謙治: 火災時における児童の避難行動に関する研究 - 避難シミュレータの開発と有効性について -, 日本建築学会計画系論文集, 第579号, pp.39-44, 2004
 - 8) 柳沢昌義, 赤堀侃司: CG・VRMLの情報量が空間表象とナビゲーション方略に与える影響, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 98, No. 76, pp.117-124, 1998
 - 9) 舟橋國男: 初期環境情報の差異と経路探索行動の特徴 - 不整形街路網地区における環境情報の差異と経路探索行動ならびに空間把握に関する実験的研究 その1 -, 日本建築学会計画系論文報告集, 第424号, pp.21-30, 1991
 - 10) 舟橋國男: 建物内通路における経路探索行動ならびに空間把握に関する実験的研究. 日本建築学会計画系論文報告集, 第429号, pp.61-72, 1991
 - 11) 渡邊昭彦, 森一彦: サイン情報の情報密度と探索行動のばらつき度の関連分析 - 建築空間における探索行動の認知心理学的考察 その1 -, 日本建築学会計画系論文報告集, 第437号, pp.77-86, 1992
 - 12) 渡邊昭彦, 森一彦: 探索行動における探索方法と空間情報との整合性に関する分析 - 建築空間における探索行動の認知心理学的考察 その2 -, 日本建築学会計画系論文報告集, 第437号, pp.93-102, 1993
 - 13) 渡邊昭彦, 森一彦: 案内板・方向板のない情報空間における探索の「場面」の分析と空間評価 - 建築空間における探索行動の認知心理学的考察 その3 -, 日本建築学会計画系論文集, 第478号, pp.121-130, 1995
 - 14) 緒方誠人, 材野博司: 都市のサイン計画に関する行動面からの研究 - 歩行者のサイン・空間情報収集のための行動に関する研究 -, 日本建築学会計画系論文集, 第473号, pp.113-119, 1995
 - 15) 添田昌志, 大野隆造: 視環境シミュレーションによる経路探索の方略に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第512号, pp.73-78, 1998
 - 16) 北後明彦: 避難経路選択に関する実験的研究 - スライド提示による対比較データの分析を通じて -, 日本建築学会計画系論文報告集, 第339号, pp.84-89, 1984
 - 17) 林広明, 室崎益輝, 西垣太郎: 避難経路の想起に影響を与

える空間的特徴に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 第476号, pp.1-7, 1995

- 1 8) 久保田勝明, 室崎益輝, 高橋一郎: モデル空間における壁面輝度が避難経路選択に及ぼす影響 —建物内火災時の避難経路選択時の向光性に関する研究—, 日本建築学会計画系論文集, 第500号, pp.1-7, 1997
- 1 9) Levine, M. :YOU-ARE-HERE MAPS Psychological Considerations, Environment and Behavior, Vol. 14, No. 2, pp.221-237, 1982
- 2 0) Levine, M. ,Jankovic, I. N. ,Palij, M. :Principles of Spatial problem solving, Journal of Experimental Psychology: General, Vol. 111, No. 2, pp.157-175, 1982
- 2 1) 天ヶ瀬正博: 環境・地図・遠近法・定位, imago, Vol. 5-2, pp.143-153, 1994

第2章 避難実験用シミュレータの開発

註釈

- 註1) 第1章 註1) 参照。
- 註2) MEとは「実験者が提示する刺激のおのおのについて、被験者がそれらが自分にとり主観的に感ぜられる大きさ(強さ)に相応した数を述べる」ことである。このとき、ある特定の刺激を標準刺激(modulus)とし、これに一定の値を与え、他の刺激によって起こされる感覚の大きさをmodulusの値との比率で数値を決める場合をmodulusの用いたMEと言う。他方、被験者が刺激が提示されるその都度、まったく自由に数値を決める場合をmodulusを用いないMEと言う。
- 註3) この場合、実際に25mプールなどの具体的な空間をイメージし、それと比較することで評定を行っているのか、評定をした後に基準の説明のため距離が明確な空間を思い付いたのかは定かではない。

参考文献

- 1) 第1章 文献16)
- 2) 『心理学小辞典』, p.257, 有斐閣, 1983
- 3) ibid., p.115

- 4) 大山正：『講座 心理学4 知覚』, pp.68-70, 東京大学出版会, 1970

第3章 誘導情報の必要性に関する検討

註釈

- 註1) コンピュータプログラムを相手にしりとりを行ったとき、相手が人間であると教示された場合は相手がコンピュータであると教示された場合と比較して、しりとりに対して熱中しやすく、飽きるまでの時間も長いことが実験により示されている。
- 註2) 実際には時間がどれだけ経過しても電気ショックが流されることはない。
- 註3) HMDを装着すると大半の被験者が気分の悪さを訴える。このため被験者からの申し出があった場合、避難課題はその時点で終了した。また、避難課題の最中にHMDのヘッドトラッキングセンサーの座標軸に擦れが生じて視界の水平が保てなくなるなどして避難遂行が困難であると実験者が判断した場合も課題途中で終了した。HMD装着者の気分の悪さを軽減するためには、HMDの解像度を上げる等の方策も有効であると思われる。

参考文献

- 1) 第1章 文献2)
- 2) 山本吉伸, 松井孝雄, 開一夫 他：計算システムとのインタラクション -- 楽しさを促進する要因に関する考察, 認知科学, Vol.1, No.1, pp.107-120, 1994
- 3) 第1章 文献16)
- 4) 第1章 文献14)

第4章 事前学習・誘導情報の形態に関する検討

註釈

- 註1) 認知地図とは空間位置情報が維持された心的表象であり、ルートマップタイプとサーヴェイマップタイプとの2通りがあるとされる。ルートマップタイプは道をたどる移動行動に基づいて構成される表象であり、サーヴェイマップタ

イプは複数の場所相互の位置関係に関する一般的な図式的表象である。

註2) $ICD = (\text{各分岐点及び曲がり角に接続する通路の総和}) / (\text{分岐点及び曲がり角の総和})$

視線レベルで撮影された写真で対象空間の学習を行った後、誘導情報に頼らず経路探索行動を行う場合のフロアプランのレジビリティを指標化しており、この数値が大きいほど経路探索行動が困難になる。

註3) 3つの非常口の巡回パターンはすべてで6通りとなる。しかし、その内C A Bというパターンは発生しなかったため、このパターンは χ 自乗検定に於いて考慮に入れていない。

註4) 下位検定はすべてFisherの主効果多重比較検定によって行った。

註5) 所要時間の計測トラブルによりデータの欠損が生じたため、サンプル数は69となった。

註6) 所要時間の計測トラブルによりデータの欠損が生じたため、サンプル数は87となった。

参考文献

- 1) 加藤健二：空間へのprimaryな接触とは何か：(1) 地図学習とCGによるナビゲーション学習の比較，日本心理学会第59回大会発表論文集，p.731，1995
- 2) 第1章 文献6)
- 3) 谷直樹：ルートマップ型からサーヴェイマップ型へのイメージマップの変容について，教育心理学研究，Vol. 28，pp.192-200，1980
- 4) 第1章 文献2)
- 5) O'Neill, M. J. : Evaluation of A Conceptual Model of Architectural Legibility, Environment and Behaviour, Vol.23, No.3, pp.259-284, 1991
- 6) 前掲書1)
- 7) 前掲書2)

第5章 経路図情報の提示方法に関する検討

註釈

註1) 3つの非常口の巡回パターンはすべてで6通りとなる。しか

し、その内3つのパターンは発生しなかったので、これらのパターンは χ 自乗検定に於いて考慮に入れていない。

註2) 「構え」：まわりの世界から入ってくる刺激から特定のものだけを取り出しやすくなる、あるいは認知しやすくなる、または特定の反応をしやすくなるような選択的な反応の準備状態。

参考文献

- 1) 第1章 文献19)
- 2) ibid.
- 3) 天ヶ瀬正博：避難経路図の向きが避難行動へ及ぼす効果，日本心理学会第59回大会発表論文集，pp.729，1995
- 4) 松井孝雄：空間認知の異方性と参照枠 — 整列効果はなぜ生じるのか？ —，慶應義塾大学社会学研究科紀要，第34号，pp.51-58，1992
- 5) Levine, M., Marchon, I. and Hanley, G. : The placement and misplacement of you-are-here maps, Environment and Behavior, Vol. 16, pp.139-157, 1984
- 6) 第2章 文献2)，p.40
- 7) 前掲書3)
- 8) 前掲書4)
- 9) 前掲書5)

第6章 誘導情報形態の特徴比較

註釈

註1) 避難実験2と避難実験3とでは避難課題に用いたパソコンのグラフィックス処理能力が異なる。よって、この能力が大きく影響する移動時間に関する分析には、避難実験2で得られたデータに係数を掛けて換算した数値を採用した。係数は避難実験2と避難実験3で用いたパソコンで避難課題に利用した空間内をウォークスルーしたときの移動速度の比より決定した。

註2) 対数の底を2として計算される情報量の単位としては「ビット」が慣習的に使用されることが多いが、ISO規格及びJIS規格では「シャノン」を対数の底を2として計算される情報量の単位としている。

註3) 3つの非常口の巡回パターンはすべてで6通りとなる。しかし、その内4つのパターンは発生しなかったため、これらのパターンは χ 自乗検定に於いて考慮に入れていない。

参考文献

- 1) Shannon, C. E. : A Mathematical Theory of Communication, The Bell System Technical Journal, Vol. 27, pp.379-423, 1948

第7章 総括

参考文献

- 1) 第1章 文献2)
- 2) 第1章 文献3)
- 3) 第1章 文献4)
- 4) 第1章 文献5)
- 5) 第1章 文献6)
- 6) 第1章 文献7)
- 7) 第1章 文献8)
- 8) 第1章 文献14)
- 9) 第1章 文献16)
- 10) 第1章 文献17)
- 11) 第1章 文献18)

謝辞

避難誘導に於ける情報提供方式のあり方についての研究を始めてから随分、時間が経過しました。この間、多くの方々にお世話になってきました。すべての方々に謝意を表したいと思います。

室崎益輝先生には、本論文の主査を快くお引き受けいただき、研究を纏めるにあたりご指導を頂きました。ありがとうございました。

佐藤博臣博士には、ほぼ大学院修了直後から今日に至るまで、常に叱咤激励を頂きました。ありがとうございました。

佐古順彦教授には、実験のデザインの仕方や結果の解釈の仕方などについて、心理学的な観点からの助言を頂きました。ありがとうございました。

佐野友紀博士には、主に定期的に開催する研究会での議論を通じて、多くの有益なヒントを頂きました。ありがとうございました。

沖村孝教授、松下敬幸教授、北後明彦助教授には、論文審査委員を務めていただきました。ありがとうございました。

井端泰裕氏をはじめとする早稲田大学佐古研究室の修了生、卒業生の皆さんには実験の実施やデータの整理をお手伝い頂きました。ありがとうございました。

最後に、私が、このように研究を行えるよう支えてくれている妻に。感謝しています。

2007年1月9日

掛井 秀一