



# 建築物における火災時の避難行動特性に関する研究

北後, 明彦

---

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1985-03-31

(Date of Publication)

2007-10-11

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲0545

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1000545>

※ 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。



博 士 論 文

建築物における火災時の避難行動特性に関する研究

1985年3月

神戸大学大学院自然科学研究科

北 後 明 彦

# 目 次

	頁
第1章 序 論 .....	1
1.1 問題の所在 .....	1
1.2 研究の視点と方法 .....	2
1.3 本論文の位置と構成 .....	4
第1編 事例分析による行動特性の解明	
第2章 避難行動の類型化とその規定要因の構造 .....	15
2.1 研究の目的 .....	15
2.2 方法 .....	15
2.3 火災発生前の状況の要因パターンの類型化 .....	21
2.4 避難状況パターンの類型化と要因分析 .....	23
2.5 死者発生の状況と類型との関連 .....	26
2.6 まとめ .....	26
第3章 典型事例調査分析 .....	29
3.1 東淀川高層マンション火災における避難行動 .....	29
3.2 大阪科学技術センター火災における避難行動 .....	39
第2編 実験的方法による行動特性の解明	
第4章 避難経路選択に関する実験 .....	61
4.1 研究の目的 .....	61
4.2 研究の方法 .....	61
4.3 実験の概要 .....	62
4.4 実験の結果と分析方法について .....	63
4.5 サーストンの一次元尺度構成法による分析 .....	64
4.6 多次元尺度構成法による分析 .....	66
4.7 まとめ .....	73

第5章 階段室における2群集の合流に関する実験 .....	75
5.1 研究の目的 .....	75
5.2 研究の方法 .....	75
5.3 結果と分析 .....	78
5.4 まとめ .....	90
第6章 避難器具使用時の心理的影響に関する実験 .....	93
6.1 研究の目的 .....	93
6.2 実験の方法 .....	93
6.3 実験結果と考察 .....	94
6.4 まとめ .....	102
第7章 煙の中における人間の避難行動実験 .....	105
7.1 研究の目的 .....	105
7.2 実験の方法 .....	105
7.3 実験結果と考察 .....	108
7.4 まとめ .....	118
第8章 結 論 (各章の要約) .....	119
研究発表の記録 .....	122

## 第1章 序論

### 1-1 問題の所在

建築物における火災時の人命をいかに確保するかが、建築物の防火対策の基本目的となることは、ビル火災で多数の死者がでて今日、論をまたないであろう。そこで、どのような方法でこの目的を達成するかが問題となる。出火防止対策、延焼防止対策、避難対策の組合せが基本となるのであるが、どのような割合で組み合わせるか、どの対策に重点をおくか等は、各対策の信頼性とコスト等とのかかわりで論議のあるところである。出火防止対策の信頼性を100%とすると、その他の対策は不要となるわけであるが、出火防止対策だけで信頼性を100%とすることはコストを突出させないかぎり困難であり現実的ではない。損失をある程度認め得るシステムでは、信頼性を100%とする必要性はなく、費用・便益を最適化すればよいのであるが、目的を人命の確保とする場合、システム全体としての信頼性を100%に近づけなければならない。このためには、対策を多重的にするとともに、特に避難対策を重視する必要がある。というのは、出火防止、延焼拡大防止につづいて最後の手段となるのが避難対策であり、避難対策を信頼性の高いものとしておけば、人命だけは救い得るということになるからである。また、出火防止や延焼防止対策は火煙をその対象としており設備機器で対処することが多いのであるが、避難対策は人間をその対象としており建物の形状で対処することが多く、したがって、避難対策とその他の対策では質が異なり、避難対策を重視することは、対策が多面的、多重的となり、フェイルセイフの原則に適用ということになるからである。

このように避難対策は防火対策のなかで重要な位置をしめており、その信頼性を高くしておく必要がある。避難対策を考える際、建物の形状と煙、人間の相互の関係が問題となる。したがって避難対策としては、①人間が避難しやすい建物形状とする（安全域の確保、避難経路の設定）、②適切な避難誘導をする、③煙を制御して避難中には人間が煙に曝されないようにする、といったことが考えられる。これらの対策は互いに排反するものではないが、③の対策は、おもに排煙設備等、出火防止対策、延焼防止対策と同じく設備機器で対処することになるので、連鎖的な機械の故障等に弱点があると考えられる。そこで、本論文では、上記の①、②の対策を念頭に置くことにする。これらの

対策を進めるためには、火災時に人間はどのように逃げるか、という避難行動特性が把握されていなければならない。したがって、避難行動特性の解明をはかる必要があるのである。火災時の人間行動の法則性の解明が進めば、建物の形状や避難方法などをその法則性に合致するようにできる部分が増え、対策の信頼性を高めることができるのである。本論文は、このような問題意識のもとに、建築物における火災時の避難行動特性を解明することを目的としている。

## 1-2 研究の視点と方法

### (1) 研究の視点

避難行動とは、建築物という空間的条件、火煙の拡大とそれに対応する人間行動という時間的事象の中で、人間が安全な場所へ移動していくことである。そこで、避難行動特性を解明する際、次に示す「空間的視点」、「時間的視点」、及び、「人間的視点」の各視点からみていくことが必要となる。これらの視点から、避難対策上問題となる避難状況を解明していくのである。

#### <空間的視点>

避難行動は、建築空間の形態や利用状況等の空間的条件によって規定される。これらの条件がきまれば、一定のパターンの避難行動となることが考えられる。また、避難行動は、安全な場所への移動行動ということで、方向選択が問題となるが、これは、避難空間の条件との関わりで人間の経路選択の傾向を捉えることである。このように、避難行動のあらわれ方を建物の空間特性、利用状況等の空間条件との関連で把握することが重要である。

#### <時間的視点>

避難行動は、火煙が拡大していく時間的経過の中で、それに対応する人間行動の一連の流れとして展開されるものである。ここでは、火煙の拡大に要する時間と、人間が安全な場所へ到達するまでの時間との差に注目することが重要で、特に、人間が避難行動を開始する時点が問題となる。そこで、火煙の拡大の状況と、人間の対応行動との関連

を時間的経緯のなかでみることが求められるのである。

#### <人間的視点>

避難行動の主体である人間は、様々な空間的条件や時間的経緯の中で、具体的な火煙に曝され生理的に影響をうけたり、また、緊急の状況であることから心理的なストレスをうけ、これが避難行動のあらわれ方を規定し、異常な行為が生じる原因ともなる。したがって、避難行動を危急時の心理状態や生理状態との関連から捉えておく必要がある。

#### (2) 研究の方法

避難行動を解明する方法として、①火災事例における避難行動を調査分析する方法、②被験者を用いて一定の条件下で実験を行う方法、③避難シミュレーションを行う方法、が考えられる。以下各方法について述べていく。

##### ①火災事例における避難行動を調査分析する方法

火災の生存者ひとりひとりにアンケートやヒヤリングを行い、火災時の状況やそれに対応する一連の行動がどのようなものであったかを調査し、空間的条件とのかかわりや時間的経緯のなかで避難行動の構造をさぐる方法である。1つの火災事例からでもその特定の条件下での行動ということで解明の緒になるが、事例調査を積み上げ多数の火災事例から一般的な法則性を解明していくことが必要である。

##### ②被験者を用いて一定の条件下で実験を行う方法

実際の火災時の状況での実験は困難であるが、例えば発煙筒をたいて煙の中での避難状況を作りだし、その状況での人間の行動を探るといった方法である。また避難訓練や一般の群集流動も一種の実験的状況での避難行動であるとみなし、これを観察、測定することも考えられる。これらの実験から得られる結果を評価する際、実際の火災時と異なる条件に注意することが必要である。

##### ③避難シミュレーションを行う方法

避難行動のモデルを作成し実火災時の避難行動に合致するようにパラメータの値を求めることによって逆に人間の行動を探ろうとする方法であるが、実際には定めるべきパラメータが多すぎ、火災時の人間行動に未知の部分が多い現状では多数のパラメータの値を求めることやモデルの検証は困難である。この方法は、建物の中で人間がどのよう

に避難していくか予測をするためには有効であるが、避難行動の特性そのものを解明するものではないのである。シミュレーションをするためには、いくつかの仮定条件を定めることが必要なのだが、これらの条件は上の①、②の、火災事例での避難行動の分析による方法や実験的方法によってしか求められないのである。

本論文では、まず事例分析による方法で、避難行動をその展開される空間特性とともに統一的に把握することによって類型化をはかり、次いで実験的方法により、各類型の避難行動特性について、以下に考察するように避難行動予測をする際の要となる特性のうち現在未解明の部分について解明をすすめる。

### 1-3 本論文の位置と構成

#### (1) 既往の関連研究の到達点と本論文の位置

本論文は、建築物における火災時の避難行動特性を解明することを目的としているが、既往の研究との関連性をみるために、関連研究の到達点を明らかにする。

従来の研究をその研究対象・枠組の近いものでまとめると次のようになる。

- ① 火災事例分析にもとづく避難行動に関する研究
- ② 群集流動に関する研究
- ③ 煙や暗闇の中での避難行動に関する研究
- ④ 心理的影響に関する研究

以下、各研究領域の研究の流れ・到達点と本研究との関連を述べる。

#### ① 火災事例分析にもとづく避難行動に関する研究

避難行動が展開された火災の発生後に行なうヒヤリングやアンケートにもとづく調査研究は、1932年の白木屋火災をはじめとして<sup>1) 2)</sup>、以後、特徴的な火災事例について行われてき<sup>3) ~ 6)</sup>、特に、1970年代になって大型の火災が相次いでおこり、火災時の避難行動に関する研究の必要性が認識されだし、火災事例の研究が精力的に行われるようになった<sup>7) ~ 20)</sup>（この他、消防機関等による調査報告が「火災」誌等に多数発表されている。）。また、海外においても、同様に避難行動のあった火災についての調査が行わ



れてきた。<sup>21)</sup> これらの調査研究は、特定の火災における限定された状況での行動をとらえている点に限界があるが、一次資料として重要であるので、今後とも調査研究される必要がある。次いで、これらの調査研究をある程度行った後、それまでの事例調査にもとづいて避難行動の構造を明らかにしようとする研究がある<sup>22)~25)</sup>。これらの研究の特徴は、個々の事例から得られる人間の避難行動の諸特性が整理されて示されていることである。しかし、収集されている火災事例がそれぞれの研究者の調査したものに限定されているため一般的な把握にはいたっていない。これらの研究の他、多数の事例を用いて避難行動の解明を行った研究として、堀内三郎他<sup>26)</sup>の経路選択に焦点をあてた研究、斉藤平蔵他<sup>27)</sup>の海外の超高層の事例研究、加藤忠司他<sup>28)</sup>の初期行動を扱った研究、神忠久<sup>29)</sup>の従業員の行動に注目した研究、矢代嘉郎<sup>30)</sup>のフォールト・ツリーによる安全性評価法に関する研究等がある。これらの研究のうち堀内らの研究は、避難事例を空間タイプ別にとらえているが、避難行動のなかでも経路選択に焦点をあてており、全体的な避難行動をとりあつかっていない。斉藤らの研究は、超高層という限定された空間での避難行動に関する考察である。また、矢代の研究は、避難行動を全体的にとりあつかっているが、建築の特性との関わりでの把握が課題とされている。その他の研究も、それぞれ観点をしばって多数の事例を分析することにより、避難行動を解明しようとしているが、空間的視点からの把握がされていない。避難行動特性をふまえて人間が避難しやすい形状となるように建築物の計画をするためには、建物のプランや規模等の空間特性、建物用途や滞在者数等の利用状況からみた建物の型とこれに対応する避難行動の型を統一的に把握しておく必要がある。そこで、本論文では、研究期間中に発生した火災の中で調査を行った事例を分析するとともに、多数の避難行動事例を用いて避難行動の類型化をはかっている。

#### 注

- 1) 松本録濟他「昭和 7年12月16日火災に依る白木屋百貨店の災害について」建築雑誌, 1933.3, 407-436.
- 2) 北沢五郎「百貨店の火災に於いては人は如何に逃げたか」建築雑誌, 1933.9, 1275-1284.
- 3) 戸川喜久二「丸光百貨店火災時の群集避難に関する調査とその解析」建築学会論文報告集第54号, 1956.9, 657-659.
- 4) 塚本孝一「東京宝塚劇場火災実態調査報告—火災における避難の実態」建築雑誌, 1963.12, 52-56.

- 5) 戸川喜久二「西武百貨店火災実態調査報告—避難」 建築雑誌, 1963.12, 720-723.
- 6) 亀井幸次郎「国際ホテルの火災時における避難の実態 (京都国際ホテルの場合)」, 建築雑誌, 1968.10, 749-754.
- 7) 村上處直他「災害空間の考察 (千日デパート火災)」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1972.10, 503-508.
- 8) 防災都市計画研究所・MANU都市建築研究所「千日前デパート火災研究調査報告書」, 1972.10
- 9) 堀内三郎他「ビル火災における避難行動の事例研究」火災91, Vol.23, No.4, 1973, 37-45.
- 10) 高野公男「高層住宅火災と居住者の意識・行動」火災91, Vol.23, No.4, 1973, 46-64.
- 11) 三宅敏郎他「建築設計計画より観察した病院火災の実態調査 (八幡済生会病院火災)」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1973. 10, 645-648.
- 12) 堀内三郎他「大洋デパート火災における避難行動について」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1974.10, 573-576.
- 13) 堀内三郎他「愛知県ガンセンター火災の調査報告」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1975.10, 933-936
- 14) 堀内三郎他「京都『五条ローズハイツ』マンション火災における避難行動」火災, Vol.26, No.2.
- 15) 倉田正春「日立市キャバレー火災における避難」火災111, Vol.27, No.6, 1977, 15-19.
- 16) 斎藤平蔵他「火災と人間行動のシミュレーション (その3) 在館者の行動・心理の法則性」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1977.10, 521-522.
- 17) 室崎益輝他「東淀川マンション火災における避難行動」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1979.9, 769-770.
- 18) 小林正美他「オフィスビルにおける火災時の人間行動の分析」日本建築学会論文報告集, No.280, 1979.6, 137-142, No.284, 1979.10, 119-125.
- 19) 関沢 愛他「川治プリンスホテル火災時における宿泊客の避難行動について」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1981.9, 2361-2362.
- 20) 神 忠久他「万座温泉ホテル火災における従業員および宿泊客の行動について」火災143, Vol.33, No.2, 1983, 34-39.
- 21) 最近の報告例として, 次のものがある。  
R.L.Best, Reconstruction of a Tragedy, The Beverly Hills Supper Club Fire, Boston, NFPA, January 1978.  
J.A.Swartz, Human Behavior in the Beverly Hills Fire, FIRE JOURNAL. Vol.73, No.3 (May 1979), p.73.  
J.L.Bryan and P.J.DiNunno, Human Behavior in a Hospital Fire, FIRE JOURNAL, Vol.73, No.3 (May 1979), p.82.  
J.Scanlon, Human Behavior in a Fatal Apartment Fire, FIRE JOURNAL, Vol.73, No.3 (May 1979), p.76.  
J.L.Bryan, An Examination and Analysis of the Dynamics of the Human Behavior in the MGM Grand Hotel Fire, Quincy, MA, National Fire Protection Association, NFPA No. LS-5, 1982.  
J.L.Bryan, Human Behavior in the Westchase Hilton Fire, Fire Journal, Vol.77, No.4, July 1983, pp.78-85.
- 22) 塚本孝一「避難時の人の行動」, 新訂建築学体系21建築防火論, 1970.2, 167-172.
- 23) 堀内三郎他「火災における避難行動の事例研究」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1975.10, 925-926.
- 24) 室崎益輝「ビル火災と避難行動」, 法律時報49巻 4号 臨時増刊号—現代と災害, 1977. 3, 220-228.
- 25) 高野公男・矢代嘉郎「火災事例」, 安全計画の視点, 日本建築学会編, 彰国社 1981.10, 51—60.
- 26) 堀内三郎他「避難行動および避難施設計画について」火災111, Vol.27, No.6, 1977, 2-8.
- 27) 斎藤平蔵他「火災と人間行動のシミュレーション (その1) 火災例による問題点の洗い出し」日本建築学会大会学術講演梗概集, 1977.10, 517-520.
- 28) 加藤忠司他「火災時における避難開始までの人間行動」日本建築学会大会学術公園

梗概集,1977.10,709-710.

- 29) 神 忠久「火災時における従業員の行動—死者を伴った建物火災時における従業員の初動について—」, 火災137, Vol.32, No.2, 1982, 6-9.
- 30) 矢代嘉郎「火災進展のFTA にもとづいた避難計画方法の考察」, 日本建築学会学術講演梗概集,1983.9,1773-1774.

## ② 群集流動に関する研究

避難行動特性のなかで最も早くから研究が行われたのが、この群集流動に関する研究であり、日常の群集流や避難訓練を観察、測定することによって、群集流動の性状を解明しようとするものである。日本では、1910年代から1920年代にかけて高層建築物が出現しだしたが、当時、建築行政を行っていた警視庁等では、ビル火災の危険として、建物内の群集による混乱が想定され、群集流動に関する研究が1930年代になされた<sup>1) 2)</sup>。木村<sup>2)</sup>は、NBS (U.S. Bureau of Standards) での同様の研究を紹介しているが<sup>3)</sup>、その後1935年に NBSは建築基準に世界的な影響をあたえたレポートを出している<sup>4)</sup>。また、英国ではこの研究をもとにさらに調査が行われ<sup>5)</sup>英国の建築基準に影響をあたえた。これらの研究を受け継ぎ、戸川喜久二は1955年に群集流動に関する包括的な論文<sup>6)</sup>で群集避難の計算法を示した。また、上田光雄はほぼ同時期に階段での群集流動についての研究<sup>7)</sup>を行っている。戸川の論文<sup>6)</sup>は、海外にも紹介され、特に大陸ヨーロッパにおける研究に影響を与えた<sup>8) 9)</sup>。その他、英語圏での同様な研究としてFruin や Paulsの研究がある<sup>10)11)</sup>。これらの研究で、階段や通路における群集の一方向の流動に関してはかなり解明され、この結果を用いた避難計算法による設計で、群集避難による災害の発生が一定防止されてきたと考えられる。これらの研究は、日常時の群集流動や避難訓練時の群集流動を観察調査したものであるが、これをそのまま避難時の予測に用いることができるかどうか議論のあるところである。たとえば、群集が特定の方向に集中して大混乱となること等が考えられるが、これに対しては経路選択に関する研究が必要となる。この研究は、堀内三郎が行っているが<sup>12)</sup>、まだ充分には研究されていない。また、避難予測の上で重要と考えられる階段室での上階からの群集と当該階からの群集の合流時における流出比(合流比)に関しては、仮定的に設定されている状況で、たとえば、上田光雄<sup>13)</sup>は、多層建築物において被災階よりの流出にややおくらせて警報発令後、それより上

階からの同時流出がおきる場合の流出完了時間を図式解法によって求めているが、合流点における流出比は、当該階よりと上階よりとの合流比として1：1を観察的経験より用いている。また、吉田治典<sup>14)</sup>は、避難時間算出の基礎式として戸川式を採用し、廊下あるいは階段等に避難路が合流する場合の合流比を仮定してシミュレーションを行っているが、合流比は階段室については階段室内の避難路優先を80%としている。小林正美ほか<sup>15)</sup>は、対象となる建物及びそこでの人や煙の挙動をモデル化して状態変化を時系列的にとらえるシミュレーションモデルを作成し、得られる結果から問題点を明らかにしている。このモデルでは、合流比を用いて階段室への流入に制限があるとはせず、階段室に到着した人員をそのまま階段室に流入するものと仮定している。岡田光正ほか<sup>16)</sup>は、3次元メッシュによる高層建築物の火災時における避難者及び煙の挙動を同時に扱う避難シミュレーションモデルを作成し、百貨店を対象としたケーススタディを実施してその適応性を検討しているが、このシミュレーションモデルでは、階段室への水平方向と垂直方向からの流入比率は任意に設定できるようにしてあり、各比率での避難状況が把握できるようにしてあるが比率を如何に設定するかについては言及されていない。このように、合流比については、実験的な研究による定量化はまだ行われていない。建物全体の避難時間は、基本的には経路の途中の出入口の中で、単位時間当たりの通過可能人員が最小となるものがネックとなって決まっていくのであるが、各階レベルでの避難時間は、以上みてきた合流の状況及び避難者の集中の状況によって左右される。そこで、本論文では、群集流動のシミュレーションのための基礎資料とするために、経路選択、及び、2群集の合流に関して実験を行いその結果を分析した。

## 注

- 1) 吉村辰夫、伊藤憲太郎、芦田憲治「百貨店の客用階段幅員について」、建築雑誌、第45輯、第547号、1931年7月。
- 2) 木村幸一郎、伊原貞敏「建物内における群集流動の観察」、建築学会大会論文集、1937年3月。
- 3) Harry B. Houghton and J.H. Courtney, A Survey of The Exits, Quarterly of the National Fire Protection, Vol.26, Jan.1933.
- 4) Design and Construction of Building Exits, Washington DC, National Bureau of Standards, U.S. Dept. of Commerce, 1935.
- 5) Fire Grading of Buildings, Part III, Personal Safety, Post War Building Studies, No.29, London, Her Majesty's Stationery Office, 1952.
- 6) 戸川喜久二「群集流の観測に基づく避難施設の研究」、建設省建築研究所研究報告14号、1955年6月。

- 7) 上田光雄「階段における群集流動の性状」, 日本建築学会論文報告集第55号, 1957年2月.
- 8) Predtechenskii, V.M. and Milinskii, A.I., Planning for Foot Traffic Flow in Buildings, Moscow, Stroizdat Publisher, 1969.
- 9) Seeger, P.G. and John, R., Evacuation Tests in High-Rise Office Buildings and in Large 2-Story School Buildings, Proceedings of Second International Seminar on Human Behavior in Fire Emergencies, 1978, Washington DC, Center for Fire Research, National Bureau of Standards, U.S. Dept. of Commerce, NBSIR 80-2070, June 1980, pp.221-248.
- 10) Fruin, J., Pedestrian Planning and Design, New York, Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.
- 11) Pauls, J., Management and Movement of Building Occupants in Emergencies, Proceedings of the Second Conference on Designing to Survive Severe Hazards, IIT Research Institute, Chicago November 1977, pp.103-130.
- 12) Horiuchi, S., An Experimental Study on Exit Choice Behavior of Occupant in an Evacuation Under Building Fire, Proceedings of Second International Seminar on Human Behavior in Fire Emergencies, 1978, Washington DC, Center for Fire Research, National Bureau of Standards, U.S. Dept. of Commerce, NBSIR 80-2070, June 1980, pp.173-185.
- 13) 上田光雄「多層建築物における同時流出について」, 日本建築学会論文報告集第67号, 1961年2月.
- 14) 吉田治典「建物全体を考慮した避難時間のシミュレーション」, 日本建築学会学術講演梗概集, 1973年10月.
- 15) 小林正美他「建築防災計画のシステム分析<デパートにおける避難シミュレーション>」, 日本建築学会論文報告集第251号, 1977年1月.
- 16) 岡田光正他「3次元メッシュによる避難シミュレーションモデルによる高層建築物への適用性」, 日本建築学会学術講演梗概集, 1983年9月.

### ③ 煙や暗闇の中での避難行動に関する実験的研究

第2章で実態的に明らかにするが、大規模なビルでもデパートやオフィスビル等とホテル、マンション等とでは、避難の条件に差があり、後者では、避難階段の混雑よりむしろ煙や暗闇が避難上の障害となる。つまり、避難ルートの容量より質が問題となるのである。これまでの研究として、神 忠久の煙による視覚的影響、心理的影響に関する研究がある<sup>1)~3)</sup>。しかし、煙の中での歩行実験は、危険をとまなうので、これまであまり行われていないが、神 忠久によって過去の実験例が一般に紹介されている<sup>4)</sup>。それによると、渡部勇市は、空気呼吸器を装着した消防隊員が坑道内の障害物を乗り越えて歩行する際の歩行速度を求める実験<sup>5)</sup>、神 忠久は、誘導灯の視認距離を求める際、被験者が誘導灯に近づいていく速度を求める実験、堀内三郎は、誘導員の先導の下に5~7名の避難者がグループで避難を行う際の歩行速度を求める実験<sup>6)</sup>を行っている。これらの実験の結果、煙の中での歩行速度は状況によりかなり異なるが、一般に煙濃度の

増加にしたがい遅くなること、また、建物内の熟知者は、ごくわずかの照明光が確保できれば避難可能であることが明らかにされている。しかし、不特定者の避難の際に必要な照度については未解明で、今後の課題とされていた<sup>4)</sup>。そこで、本論文では、一般人を被験者とし、避難経路に関して全く情報をもっていない不特定者を想定し、照度の段階を設定した実験を行い、その結果を分析した。

#### 注

- 1) 神 忠久「煙中の誘導標識の見透かし距離について」Ⅰ～Ⅲ，日本建築学会論文報告集，No.182 (1971)，No.192 (1972)，No.204 (1973)。
- 2) 神 忠久「煙の中での心理的動揺度について」，日本火災学会論文集，Vol.30，No.1 (1980)。
- 3) 神 忠久「煙の中での思考および記憶力の低下について」，日本火災学会論文集，Vol.32，No.2 (1982)。
- 4) 神 忠久「煙の中での歩行速度について」，火災，Vol.25，No.2 (1975)。
- 5) 渡部勇市，消防研究所報告，No.37 (1973)。
- 6) 堀内三郎「停電時及び発煙中の避難行動と誘導灯の視認距離」，地下街災害に関する研究，大阪市防災会議 (1974)。

#### ④ 心理的影響に関する研究

避難行動時における心理的影響という場合、まず、想起されるのはパニックということであり、一般に火災時の避難行動で問題とされているものはパニックによる群集の混乱である。このいわゆるパニックに関する研究は、心理学の分野で研究されてきたが<sup>1)</sup>～<sup>4)</sup>、パニックの発生機構はまだ十分に解明されていないとされている<sup>5)</sup>。一方、このパニックの概念を火災時の人間行動の要因とみることに疑問があるとする考え方が最近示されている<sup>6) 7)</sup>。つまり、実際の火災時には、いわゆるパニックとなる事態になることはまれで、実際の火煙による生理的危機における恐怖をともなった逃避行動等のパニックではない事態までパニックという概念で行動を説明してしまうことは、火災時の人間行動の様々な面の研究を阻害することになるというわけである。このパニックという観点以外からの心理的影響に関する研究は現在まであまり行われていない。本論文では、無批判的にはパニックという概念は用いないが、危急時の心理的ストレスが異常な行動に結びつくことは考えられるので、一例として避難器具使用時の心理的影響に関して研究を行っている。

## 注

- 1) Mintz, A., Nonadaptive group behaviour, *Journal Abnormal and Social Psychology*, 46, 1951, 150-159.
- 2) Kelly, H., Condry, J. C., Dahlke, A. E., Collective behavior in a simulated panic situation. *Journal of Experimental and Social Psychology*, 1, 1965, 20-54.
- 3) Abe, Kitao, The behavior of survivors and victims in a Japanese nightclub fire: a descriptive research note, *Mass Emergencies*, 1, 1976, 119-124.
- 4) 佐藤静一, 釘原直樹「模擬パニック事態における集団行動の研究—Mintz 実験の再吟味—」, *災害の社会心理学*, *年報社会心理学*, 第24号, 1983, 31-46.
- 5) 吉田克之「火災安全対策」, *新建築学体系12建築安全論*, 1983. 彰国社.
- 6) Sime, J., The concept of 'Panic', in *Fires and Human Behaviour* edited by D. Canter, 1980, John Wiley and Sons Ltd.
- 7) Pauls, J., *Evacuation of High Density Residential and Highrise Office Buildings: Some Procedures and Case Studies*, for the Ninth Australian National Conference on Fire, Sydney, September 1983.

以上みてきたように、本論文は、避難行動特性に関する各研究領域で解明が必要とされる部分の研究を進め、避難行動特性研究の体系化をはかっている。

## (2) 本論文の構成

本論文は8章より構成され、第2章、第3章を第1編「事例分析による行動特性の解明」、第4章から第7章までを第2編「実験的方法による行動特性の解明」としている。第1編では、多数の避難行動事例を用いて、避難行動の類型化を建築物の形状との関わりではかるとともに、各類型の典型事例調査分析を行っている。第2編では、第1編ではかかった避難行動の各類型の状況に対応するように実験を行い分析しており、第4章、第5章は「群集避難型」、第6章、第7章は「逃げ遅れ型」にそれぞれ対応している。

## 第1編 事例分析による行動特性の解明

### 第2章 避難行動の類型化とその規定要因の構造

### 第3章 典型事例調査分析

#### 3.1 東淀川高層マンション火災における避難行動

#### 3.2 大阪科学技術センター火災における避難行動



## 第2章 避難行動の類型化とその規定要因の構造

### 2-1 研究の目的

本研究は、火災時の避難行動のあらわれ方を類型化し、建物の空間特性、利用状況等との関連をみることによって、避難行動の規定要因の構造をさぐることを目的としている。建物内における火災に対する安全性にとって、火災時に人間がどのような行動を実際にとるかを考慮した上で、建築物の計画をすることが重要である。その際、単に並列的に火災時の人間行動の諸特徴をふまえるというだけでは、計画に反映されにくい。計画にフィードバックするためには、避難行動のあらわれ方を、建物の空間特性、利用状況等との関連で把握しておくことが必要である。

### 2-2 研究の方法

#### (1) 対象とする火災事例及び資料

国内で発生した過去の主要火災事例を分析の対象とする。できる限り詳細なデータを多数の事例について収集することが望ましいのだが、人間行動を詳細に調査した事例は限られたものしかない。そこで、調査項目が比較的そろっており、ある程度の事例数が収集されている資料として「特異火災事例調査概要書」<sup>1)</sup>を用いる。同書は、特定防火対象物の危険要因を抽出するために過去の火災事例についての資料を全国の各消防機関等から収集し、各事例について、火災概要、火災建物概要、火災後の人間行動（発見状況、通報状況、初期消火状況、消火活動概要、避難状況、死者の状況）の各項目にわたって集約したものである。同調査では、昭和7年及び同27年以降国内に発生した建物火災のうち、不特定多数の者を収容する百貨店、ホテル、病院、複合用途ビル等、特定防火対象物で発生したもので、①焼損面積1000㎡以上の火災、②焼損面積500㎡以上1000㎡未満で死者の出た火災、③焼損面積500㎡未満で死者3名以上でた火災、④火災の延焼経路が特異な火災、⑤火災原因の特異な火災、⑥その他火災予防上参考となる火災、のいずれかに該当する110例が調査対象として選定されているが、本研究では同書に記

載された特異火災 110例から、無人、又は、警備員、作業員のみ在館時の火災、及び、ガス爆発による火災を除く74例を分析対象とした。これらの分析対象74例のうち60例が上の①～③に該当し、不特定の避難者による避難行動がみられた主要な火災事例を網羅している。なお、この資料で「特異」というのは被害が大きいことや人命安全対策上の教訓となる点があることをいっており、避難行動を把握するための資料としては、むしろ一般性があると考えられる。

## (2) 火災時の人間行動の指標及びとり上げる要因

火災時の人間行動として、「特異火災事例調査概要書」から、従業員の初期対応行動、及び、在館者の火災覚知状況、避難方法に関するデータが得られる。

従業員の初期対応行動として、避難誘導があったかどうか、また、それが適切なものであったかどうかを、資料の文面より判読する。

在館者の火災覚知状況は、第1発見者の覚知時期が火災の拡大状況に比して、遅かったかどうか、及び、在館者のうち最後に火災を認知した者の覚知時期が、煙の拡散に比して遅かったかどうかを、資料の文面より判断する。次に、避難方法については、通常の廊下、階段から避難する際、群集避難の状況があったかどうか、及び、その他の避難方法について検討する。群集避難の状況があったかどうかは、文面から読み取ることは困難であったので、在館人員から、死者、救助された者、他の避難方法をとった者の数を差引き、これを、ネックとなる開口幅の合計と流動係数で除して、避難時間を概算し、これを群集避難の指標として、比較的時間がかったものを、群集避難の状況があったものとした。ただし、これは避難開始時間の遅れを考慮に入れていないので、実際の避難時間とは異なる。その他の避難方法としては、窓からの避難、及び、飛び降りの有無をみた。死者数は、行動そのものではないが、避難が成功したかどうかの指標としてとりあげる。

次に、これらの火災時の人間行動を規定する特性として、「建物の空間特性」「建物の利用状況」「防火面からみた出火時の状況」の3つに分けてとり上げる要因を考える。

「建物の空間特性」に関する要因としては、空間形態、規模、構造をとり上げる。空間形態は資料の平面図をもとに、小空間（個室）が廊下によって連結された型（小空間

表1. 各火災事例のデータ及び類型化の結果 (用途順, 年代順に示す)

火災事例	要因 指標	空間 形態	延床 面積	建築 構造	建物 用途	滞在 密度	使用 範囲	出火 時刻	防火 管理	自火 報	覚知 状況	避難 誘導	避難 時間	死者 数	要因 類型	避難 類型	
白木屋デパート		1	1	2	1	3	2	3	2	3	2	3	3	1	4	1	3
仙台丸光百貨店		1	1	3	1	1	1	2	3	1	3	3	1	2	1	1	1
寝屋川第一センター		3	3	3	1	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	4
小田急OX町田店		1	2	2	1	1	1	2	3	1	2	2	1	1	1	1	1
中部ユニー栄さが美		3	2	2	1	3	1	3	2	3	2	3	1	1	2	3	4
大洋デパート		1	1	2	1	3	2	3	3	3	3	3	2	3	1	4	1
館山市いとう屋		1	1	2	3	1	3	2	3	1	1	1	1	2	2	1	2
下関大丸百貨店		1	1	2	1	1	1	2	3	1	2	1	1	5	2	1	1
東急ストア辻堂		1	2	2	1	3	2	3	2	2	1	2	2	2	1	1	3
やしま旅館		2	3	3	2	1	2	1	2	3	1	3	2	1	2	2	3
錦水別荘		2	2	1	2	3	1	1	3	3	2	1	1	1	3	2	3
八峰館		2	3	1	2	3	1	1	2	3	3	3	1	1	2	2	4
菊富士ホテル		2	1	3	2	3	1	1	3	1	3	3	2	2	1	4	2
京都国際ホテル		2	1	2	2	3	2	2	1	2	2	1	3	2	1	1	2
大伊豆ホテル		2	1	3	2	3	2	2	3	3	2	2	3	1	1	2	3
福寿美旅館		2	2	2	3	2	3	1	1	2	3	3	1	1	2	2	4
白樺湖ホテル		2	2	2	3	2	3	1	4	3	2	2	1	1	1	1	2
池之坊満月城		2	1	3	2	3	1	1	2	3	3	3	2	2	1	4	2
曙光ホテル		2	1	2	2	3	2	4	2	2	2	3	2	1	4	2	3
ホテルいのう		2	2	1	2	3	2	3	1	2	2	2	3	1	1	1	2
龍登園		2	1	3	2	3	1	3	1	2	1	1	1	2	1	1	2
熱川大和館		2	2	3	2	3	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2
鶴見園観光ホテル		2	1	2	2	3	2	3	1	1	2	2	1	1	1	2	3
つるやホテル		2	1	2	2	3	1	1	1	3	3	1	2	2	1	1	2
壽司由桜		2	2	3	2	3	1	1	1	3	3	2	1	1	4	2	4
のだや去留庵		2	2	2	2	3	1	1	2	1	2	3	1	2	2	2	4
樟グランドホテル		2	1	3	2	3	1	2	3	2	3	2	3	1	3	2	3
銀路オリエンタル		2	1	2	2	3	1	1	1	2	3	3	1	1	2	2	4
千成ホテル		2	2	1	2	2	2	3	2	2	3	2	2	1	3	2	3
袋田温泉ホテル		2	2	1	2	3	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2
ホテル青い城		2	3	2	2	3	2	1	3	2	3	3	2	2	1	2	3
旅館丸井荘		2	2	3	2	3	2	1	1	1	2	2	2	1	3	2	3
ビジネスホテル白馬		2	3	3	2	3	2	1	3	2	3	3	1	1	3	2	4
スバル座		1	2	1	3	1	2	3	1	3	1	1	5	2	2	1	1
東京宝塚劇場		1	1	2	3	1	2	3	1	1	1	1	5	2	3	1	1
式場精神病院		2	3	1	4	1	2	1	2	3	1	2	2	2	4	2	2
徳山静病院		2	2	1	4	3	1	1	1	3	3	2	1	2	3	2	3
根岸国立病院		2	3	1	4	2	2	3	2	3	2	1	2	2	2	2	2
佐藤病院		2	3	3	4	3	1	1	3	3	1	1	2	2	3	2	2
常岡病院		2	2	3	4	3	2	2	1	3	3	3	1	1	3	2	4
植松病院		2	2	3	4	3	1	1	2	3	3	1	2	2	3	2	2
新宿日赤病院		2	1	2	4	3	2	1	1	1	1	1	2	2	1	2	2
藤井精神病院		2	3	1	4	1	2	4	2	1	1	1	2	2	3	2	2
両毛病院		2	2	3	1	4	2	1	4	3	3	2	2	2	4	2	3
小島病院		2	2	3	4	3	2	4	2	3	3	2	2	2	3	2	3
済生会八幡病院		2	1	3	4	3	2	1	1	1	2	2	2	1	4	2	3
青森市民病院小浜		2	2	1	4	2	2	3	3	2	3	2	2	2	3	2	3
湯浅内科病院		2	2	2	4	2	2	3	2	1	1	1	2	1	2	2	2
愛知ガンセンター		2	1	2	4	3	1	4	1	1	1	1	2	2	1	2	2
白石中央病院		2	2	3	4	3	1	2	1	1	3	2	2	1	3	2	3
岩国病院		2	2	3	4	3	2	4	1	1	2	2	2	1	3	2	3
レストラン東洋		3	3	1	5	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	4
ひさご		3	3	1	5	3	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	4
喫茶店「白十字」		1	3	1	5	1	2	3	2	3	1	3	1	1	2	1	4
キャバレー金の扉		3	2	2	5	3	1	1	2	1	1	3	1	2	2	3	4
喫茶ニューブリッジ		3	3	1	5	2	1	1	3	3	3	3	1	1	3	3	4
衣料デパート泉屋		3	2	2	5	3	1	4	2	1	2	2	3	1	2	1	3
金井ビル		3	2	2	5	3	1	1	3	2	2	3	1	2	4	3	4
喫茶田園		3	3	3	5	3	1	1	3	3	3	3	1	2	3	3	4
有楽町ビル		2	1	2	5	3	1	3	1	2	1	1	4	2	3	3	2
プロンズ会館		3	2	2	5	3	2	3	3	2	1	1	2	2	1	3	2
日本青年会館		2	1	3	5	3	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	2
林ビル		3	2	2	5	2	2	3	3	2	1	1	2	2	1	3	2
トルコその		2	3	1	5	3	2	3	2	3	1	1	1	1	1	3	2
滝田文化会館		1	1	2	5	2	2	3	1	2	1	1	3	2	1	1	2
水戸市中央ビル		3	1	2	5	2	2	3	3	2	2	3	4	1	2	3	4
千日デパートビル		3	1	2	5	3	1	4	1	1	3	2	1	1	4	3	4
第6ホールスタビル		3	2	2	5	3	1	3	3	1	3	3	2	2	2	3	3
池袋朝日会館		3	2	3	5	3	1	1	3	2	3	3	1	1	3	3	4
貴悦ビル		3	3	2	5	3	1	1	3	2	3	3	1	2	2	3	4
今井ビル		3	2	2	5	3	2	1	3	1	3	3	1	1	3	3	4
三沢ビル		3	3	2	5	3	1	1	3	3	3	2	1	1	4	3	4
今町会館		3	3	1	5	3	1	1	3	3	1	2	1	1	4	3	3
天狗ビル		3	3	2	5	3	1	1	2	3	3	3	1	2	3	3	4

空間形態 (1: 大空間型, 2: 小空間連結型, 3: 混合空間型),  
延床面積 (1: 5000㎡以上, 2: 1000~5000㎡, 3: 1000㎡未満),  
建築構造 (1: 木造, 2: 耐火造, 3: 複合構造),  
建物用途 (1: 百貨店, 2: 旅館・ホテル, 3: 劇場, 4: 病院, 5: 複合用途),  
滞在者密度 (1: 0.16人/㎡以上, 2: 0.08~0.16人/㎡, 3: 0.08人/㎡未満),  
使用範囲 (1: 一部使用, 2: 全体使用),  
出火時刻 (1: 0~6時, 2: 6~9時, 3: 9~19時, 4: 19時~24時),  
防火管理状態 (1: 良好, 2: やや問題あり, 3: 問題あり),  
自火報の作動状況 (1: 作動した, 2: 作動せず, 3: 自火報なし),  
覚知状況 (1: 遅れなし, 2: 認知の遅れ, 3: 認知・発見の遅れ),  
避難誘導 (誘導あり, 誘導不適切, 誘導なし),  
避難時間 (1: ~10秒, 2: 10~60秒, 3: 60~120秒, 4: 120~180秒, 5: 180秒~),  
窓からの避難・飛降 (1: 有り, 2: なし),  
死者数 (1: 0人, 2: 1~2人, 3: 3~10人, 4: 11人以上),  
要因類型 (1: 大空間・集合施設型, 2: 小空間・宿泊施設型, 3: 混合空間・複合施設型),  
避難類型 (1: 群集避難型, 2: 早期避難型, 3: 誘導・逃げ遅れ型, 4: 個別・逃げ遅れ型)

連結型) と、廊下に相当する空間がほとんどなく、居室から階段等の施設に直結するようなホール空間となっている型(大空間型)、及び、混合空間型、の3分類とする。規模は延床面積でみる。構造は、耐火造、木造、及び、混合構造に分ける。

「建物の利用状況」に関する要因としては、建物の用途、滞在者密度、建物の使用範囲をとり上げる。建物用途は、劇場、物販施設、宿泊施設、病院、複合用途の5分類とする。滞在者密度は、出火時の在館者数を、延床面積で除したものとする。建物の使用範囲は、出火時、全館を使用していたか、その一部を使用していたかの2分類とする。

「防火面からみた出火時の状況」に関する要因としては、出火時刻、防火管理の状態、自動火災報知機の作動状態をとり上げる。出火時刻は、0時～6時の深夜、6時～9時の早朝、9時～19時の昼間、及び、19～24時の夜間の4分類とする。防火管理の状態は、防火管理者の選任、避難計画書の提出、避難訓練のうち、全てが実施されていたものを良好、防火管理の状態に問題があると指摘されているものを問題あり、その他、中間のものをやや問題ありとした。自動火災報知機の作動状態は、作動、不作動、機器なし、の3分類とする。

以上の火災時の人間行動、各要因についてのコーディング結果を、各事例について、表1. に示す。

### (3) 分析の枠組と方針

人間行動の指標、及び、とりあげた要因を属性変数とし、属性相関の1つであるクラマーのコンティンジェンシィ係数を各変数間について求める(表2. 参照)。このコンティンジェンシィ係数を親近性の指標  $e_{ij}$  として数量化理論第4類を行う。第3軸までで寄与率26.4%と低いが、変数間の相対的な位置が求まる。この結果を図1. に示す。この図1. 及び表2. より行動の指標の避難誘導、覚知時期、窓避難・飛降の3指標は近い位置にあり、また、要因では、平面形態、建物用途、滞在者密度、建物の使用範囲、出火時刻の5つの要因が互いに近い位置にあることがわかる。これらの指標、要因が互いに近い位置にあるということは、一定の行動パターン及び、火災事例の発生前の状況に一定のパターンが存在するということである。そして、このことより、一定の火災発生前の状況のパターンが、一定の避難状況のパターンをひき起こしていることが考えら

表2. 行動の指標及び要因間の属性相関係数（クラマーのコンティンジェンシ係数）

	延床面積	建築構造	建物用途	滞在者密度	使用範囲	出火時刻	防火管理状態	自火報の作動	覚知状況	避難誘導	避難時間	窓避難・飛降	死者数
空間形態	0.2421	0.2818 *	0.8242 ***	0.3901 ***	0.4962 ***	0.4603 ***	0.3751 ***	0.0649	0.3698 *	0.3914 ***	0.6150 ***	0.2014	0.2285
延床面積		0.3711 ***	0.2375	0.1229	0.1053	0.2391	0.3510 **	0.4684 ***	0.2655	0.2404	0.4447 ***	0.1505	0.3364 *
建築構造			0.3395 *	0.2581 *	0.1723	0.2483	0.0848	0.3442 **	0.1286	0.1775	0.2656	0.2176	0.2770
建物用途				0.4233 ***	0.3577	0.3848 ***	0.2959	0.2249	0.2583	0.3522 *	0.4895 ***	0.3741 *	0.2294
滞在者密度					0.4544 ***	0.3112 **	0.2478	0.1732	0.3798 ***	0.2061	0.5600 ***	0.2319	0.1432
建物の使用範囲						0.5160 ***	0.2095	0.1688	0.4159 **	0.2140	0.4902 **	0.0000	0.2031
出火時刻							0.2185	0.2694	0.3699 **	0.2927 *	0.4234 ***	0.2968	0.2801 *
防火管理状態								0.3070 **	0.2447	0.2814 *	0.3044	0.2078	0.3786 **
自火報の作動状況									0.2182	0.1980	0.3210	0.1429	0.2590
滞在者の覚知状況										0.4352 ***	0.3732 **	0.4189 **	0.3853 **
避難誘導の有無											0.4673 ***	0.4492 ***	0.5079 ***
群集避難状況 (避難時間)												0.4027 *	0.2584
窓から避難 飛降の有無													0.4723 ***

(\*\*\*: 0.1%, \*\*: 1.0%, \*: 5.0%の危険率でそれぞれカイ自乗検定の帰無仮説を棄却)

れる。そこで、図2. に示すような避難行動の構造があると仮定して、以下の分析を進める。次節では、火災発生前の状況の要因パターンのグルーピングをカテゴリデータの外的基準のない数量化理論（第3類）を用いて行う。ついで、第4節では、行動の指標と要因パターンとの相関をとり、どのような建物の空間特性、利用状況の下で、どのような行動パターンとなるかを考察する。なお行動パターンのグルーピングも数量化第3類を用いておこなう。最後に死者発生状況と要因パターン、行動パターンとの関連をみる。

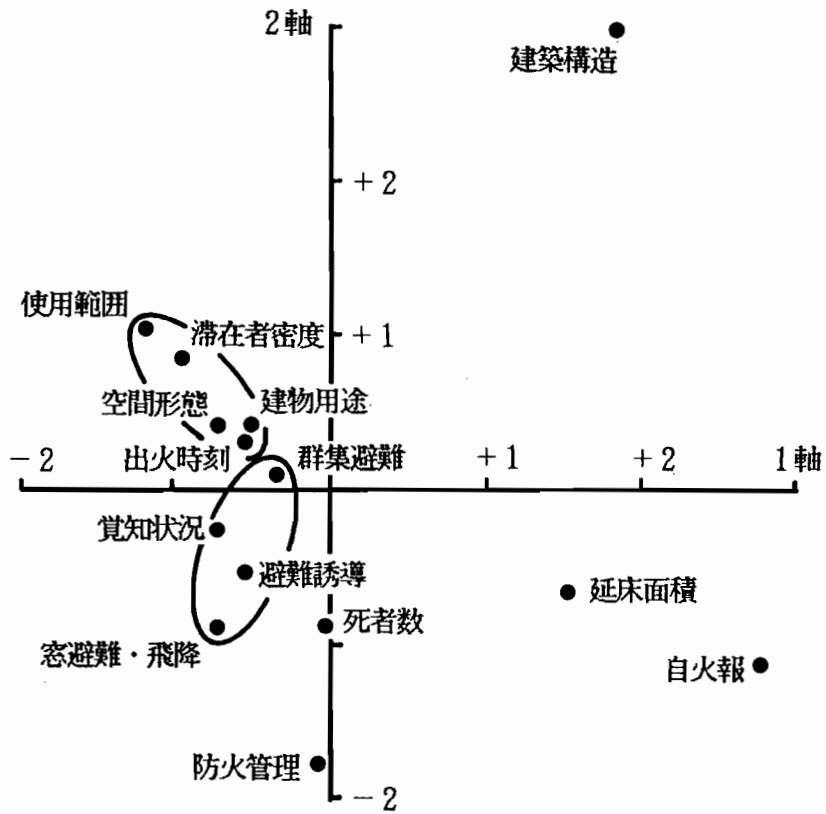


図1. 変数間の相対的位置 (数量化4類による変数の布置)

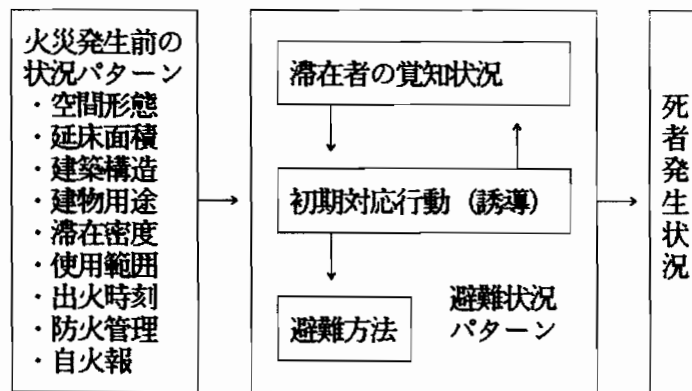


図2. 避難行動の構造の分析のための枠組

### 2-3 火災発生前の状況の要因パターンの類型化

火災発生前の状況の要因のうち、互いに密接な関係にあり、かつ、行動を規定すると考えられる空間形態、建物用途、滞在者密度、建物の使用範囲、出火時刻の5要因について、数量化3類を行った。第1軸、第2軸の相関係数はそれぞれ  $\rho_1=0.7706$ 、 $\rho_2=0.6489$ 、2軸までの累積寄与率は、42.3%である。求めたカテゴリ数量、及び、カテゴリ数量と各事例の反応パターンから得られる各事例の得点を、第1軸、第2軸について、図3. に布置する。なお、カテゴリ数量に固有値をかけ各軸の重みづけをした。

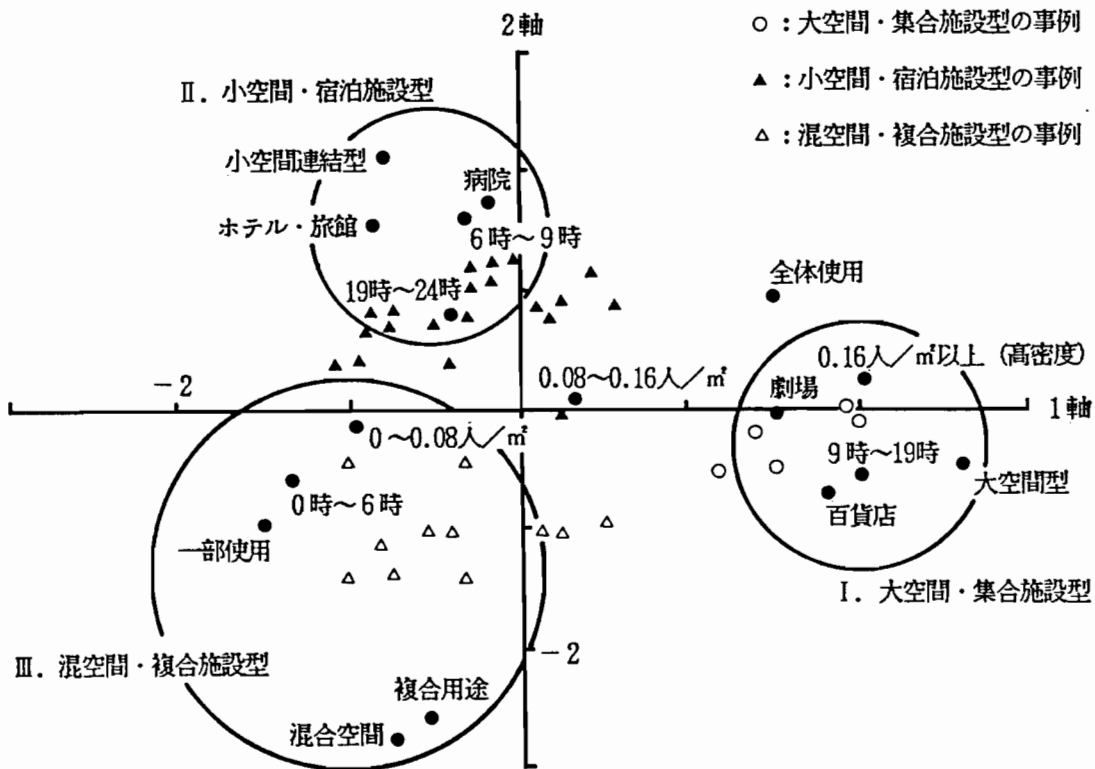


図3. 火災発生前の状況の類型化 (数量化3類によるカテゴリ及び事例の布置)

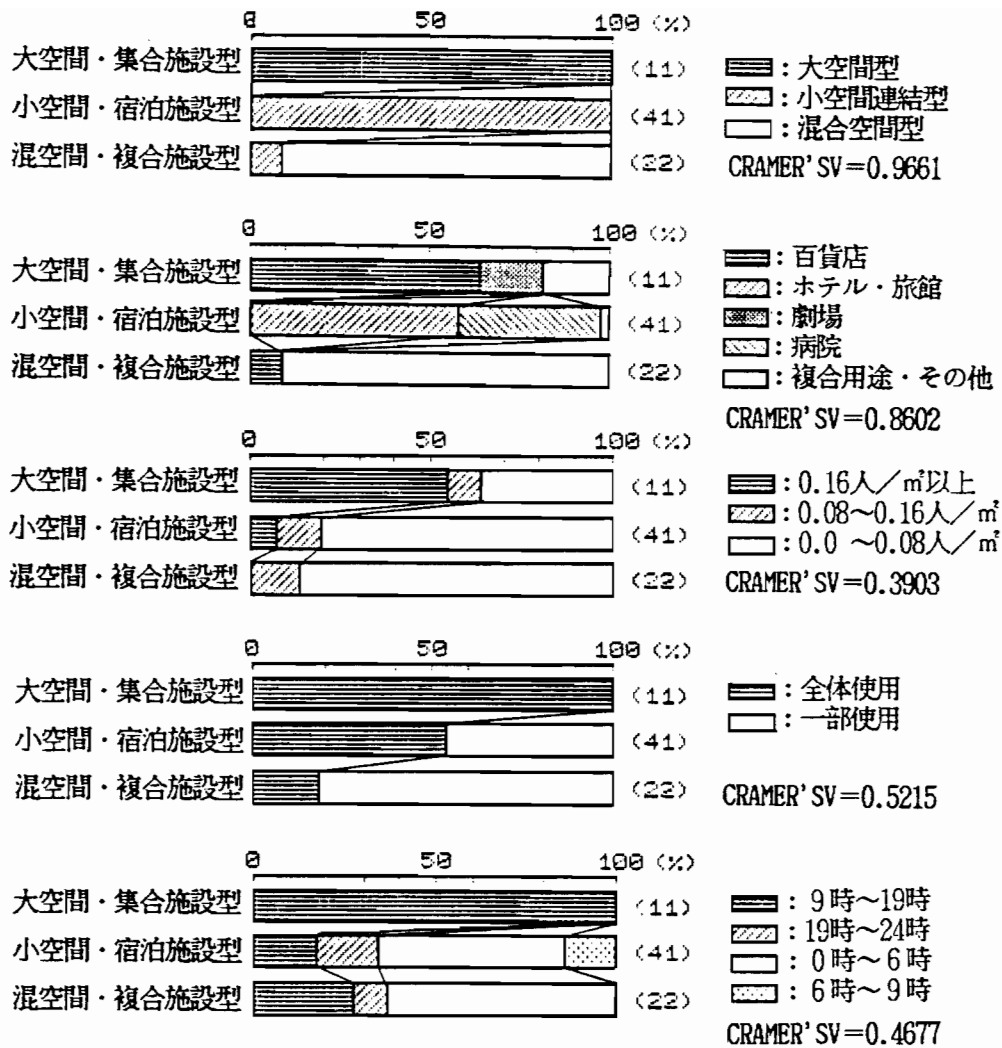


図4. 要因類型 (空間・施設の型) と各要因とのクロス集計 (上から, 空間形態, 建物用途, 滞在者密度, 建物の使用範囲, 出火時刻)

図3. より特定のカテゴリが集中して一定のパターンとなっている3つの類型があることがわかる。類型Ⅰは、百貨店・劇場という高密度で多数の人が集まる大空間の施設で、火災は昼間、建物の全体が使用されている時発生しているという状況にある要因パターンの類型で、これを「大空間・集合施設型」とする。類型Ⅱは、ホテル・旅館及び病院といった個室が廊下で連結された空間をもっている宿泊施設で、火災は、夜間や早朝に発生している状況にある。そこでこの類型は「小空間・宿泊施設型」とする。類型Ⅲは、主に複合用途、複合空間の施設で、深夜その一部が使用されている状況で火災が発生しているパターンとなっており、これを「混空間・複合施設型」とする。



次に、布置された事例についてみていくと、カテゴリのパターンによって得られた3つの類型に対応して分布していることがわかる。そこで、図3.の座標上に各類型の重心を、それぞれの類型に属するカテゴリ数量より求め、この各類型の重心と各事例の座標との距離が最も小さくなる類型にその事例を属させた。この要因による事例の類型化（空間・施設の型）の結果を表1.に示す。この空間・施設の型の内容を確認する為に各要因とのクロス集計を図4.に示す。各事例の類型化はほとんど空間形態及び建物用途と一致している。この類型化は、空間形態・建物用途が決まれば、出火時の滞在者密度、建物の使用範囲、出火時刻等がある特定のパターンとなりやすいことを示している。

#### 2-4 避難状況パターンの類型化と要因分析

行動の4指標（滞在者の覚知時期、避難誘導、避難時間、窓避難・飛降の有無）について、数量化3類を行った。第1軸、第2軸の相関係数は、それぞれ  $\rho_1=0.7802$ 、 $\rho_2=0.5936$ 、2軸までの累積寄与率は、42.8%である。求まったカテゴリ数量、及び、カテゴリ数量と各事例の反応パターンから得られる各事例の得点を、第1軸、第2軸について、図5.に布置する。なお、カテゴリ数量に固有値をかけ各軸の重みづけをした。

要因パターンの場合と同様、特定のカテゴリが集中して一定のパターンとなっている3つの類型がある。類型Ⅰでは、覚知は早期にされ、誘導もあり、窓からの避難・飛降等の逃げ遅れが生じないというパターンとなっている。この類型の中で避難時間が180秒以上で、群集避難となっていると考えられる事例を「群集避難型」、それ以外の事例を「早期避難型」とする。これに対して、窓からの避難・飛降等の逃げ遅れは、第1軸が負の値をとる類型Ⅱ及び類型Ⅲで生じている。類型Ⅱと類型Ⅲとは、他のカテゴリの第2軸の数量で区別される。類型Ⅱでは、火災を発見する時期は早く、従って誘導もされているが不適切であり（または、結果的に不適切と指摘され）、最後に火災を認知した人の覚知時期が遅れている。この類型では、一応誘導がされているので、「誘導・逃げ遅れ型」とする。類型Ⅲでは、避難時間がかかなり短い、火災の発見・認知ともに遅れがあり、これが逃げ遅れを生じる原因となっている。この類型では、従って誘導がされる状況になく、個々の人が別々に避難しているので、「個別・逃げ遅れ型」とする。

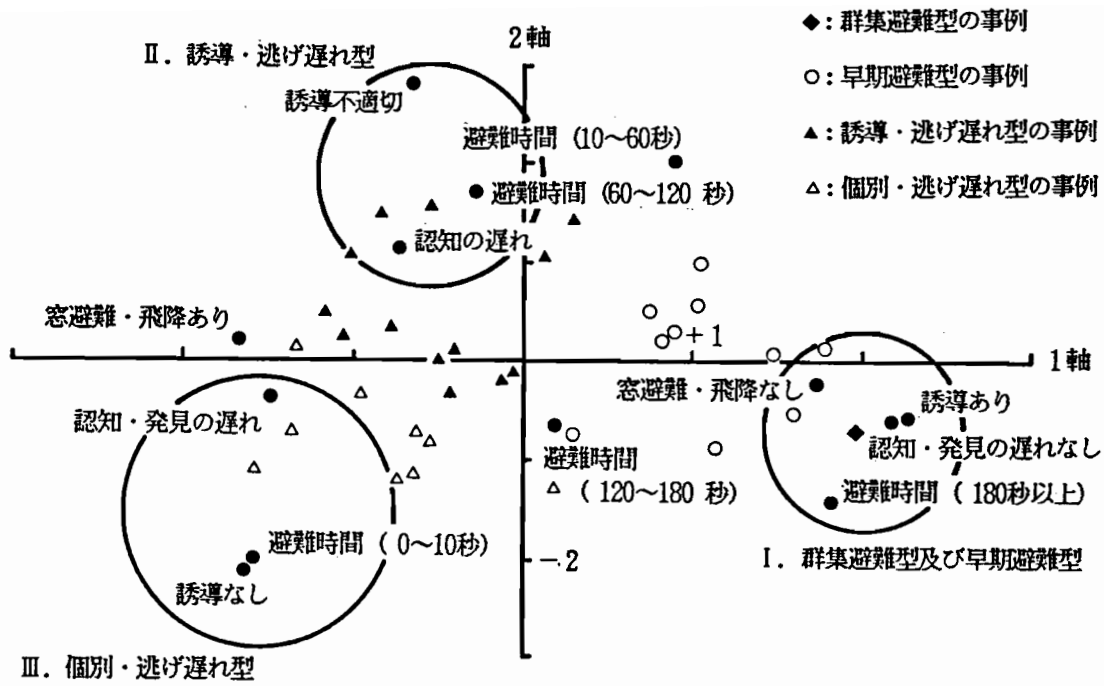


図5. 避難状況の類型化 (数量化3類によるカテゴリ及び事例の布置)

次に、布置された事例について、要因パターンの場合と同じく、図5.の座標上に各類型の重心をもとめ、各事例をそれぞれの類型に属させる。「群集避難型」の事例は、集中して分布しているが、「誘導・逃げ遅れ型」と「個別・逃げ遅れ型」の事例は、明確には区別されて分布していない。これらの2つの類型の中間的なパターンとなっている事例も多いということである。この行動状況の類型の内容を確認する為に、各指標とのクロス集計を図6.に示す。

以上のような避難状況の各類型は、どのような建物の空間特性、利用状況の下でそうなるかをみるために、要因の類型とのクロス集計を図7.に示す。「群集避難型」の事例はすべて「大空間・集合施設型」の要因パターンとなっている。「早期避難型」、及び、「誘導・逃げ遅れ型」の事例は「小空間・宿泊施設型」、「個別・逃げ遅れ型」の事例は「混空間・複合用途型」で、それぞれ発生しやすくなっている。

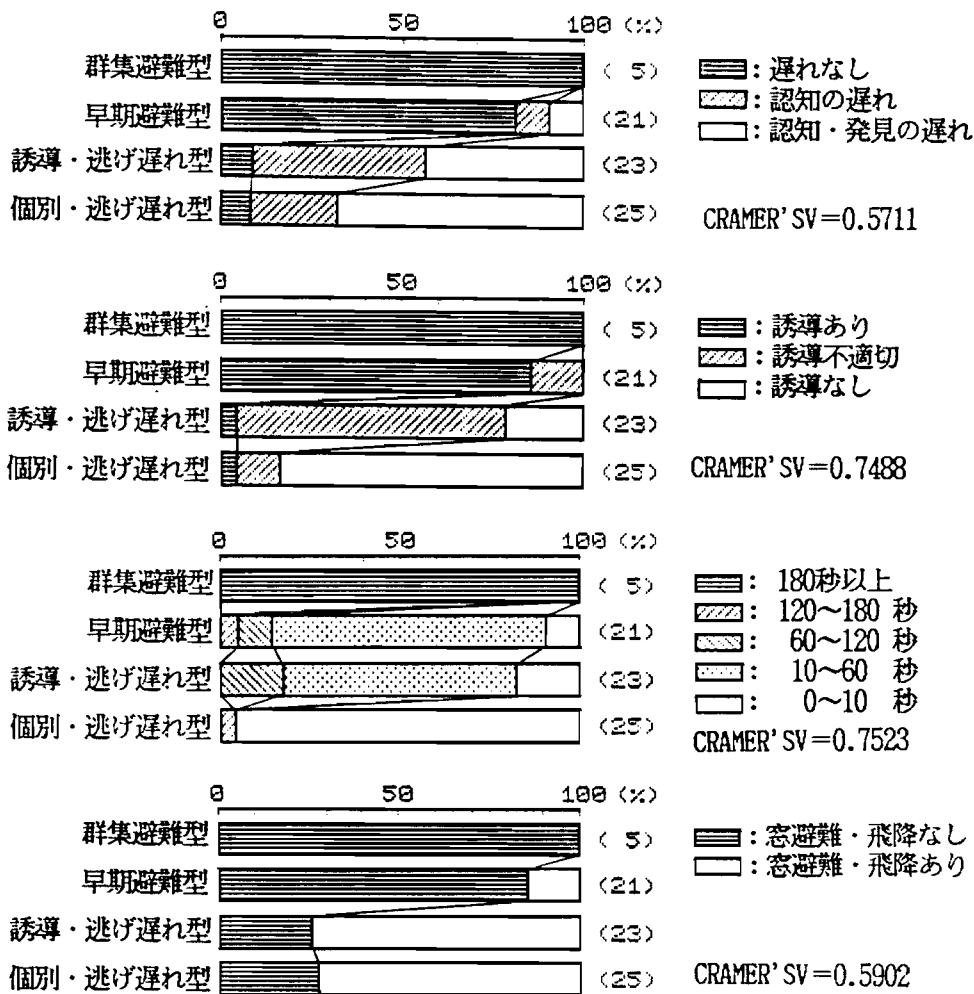


図6. 避難状況類型と行動の各指標とのクロス集計 (上から、  
 認知時期、避難誘導、避難時間、窓からの避難・飛降)

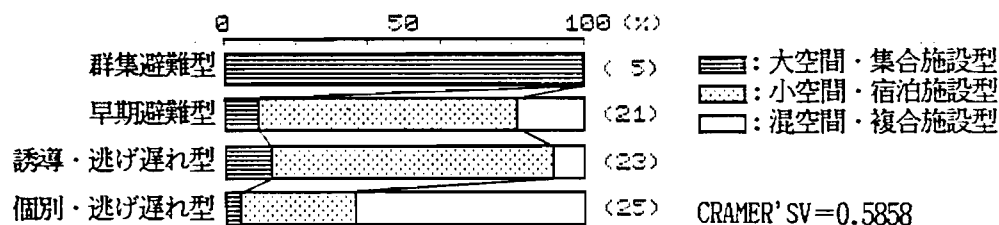


図7. 避難状況類型と要因類型 (空間・施設の型) とのクロス集計

## 2—5 死者発生状況と類型との関連

要因類型（空間・施設の型）別の死者発生状況を図8.，避難状況類型別死者発生状況を図9. に示す。関連性の係数は避難状況との方が高い。このことより，図2. に示した枠組みのとおり，要因類型が避難状況を規定し，避難状況の差によって死者発生状況が生じていることがわかる。11人以上の大量死は，ほとんど「逃げ遅れ型」の避難状況にあった事例で生じており，「群集避難型」では，発生していない。また，「早期避難型」では，1例だけ大量死が発生しているが，これは，出入口をすべて施錠されていた精神病院で発生しており特殊である。

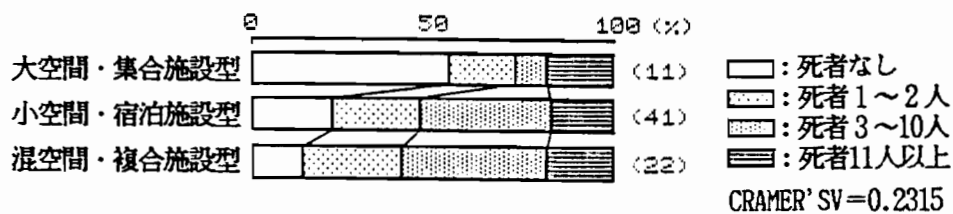


図8. 要因類型（空間・施設の型）別死者発生状況

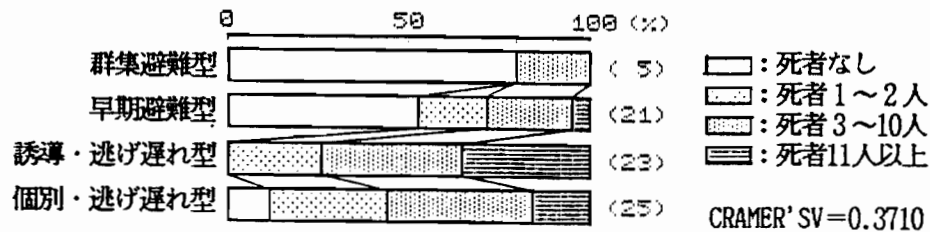


図9. 避難状況類型別死者発生状況

## 2—6 まとめ

以上の分析より，建築物の空間特性，利用状況と，避難状況は，明確な対応があることがわかった。すなわち，「大空間・集合施設型」の建築物では，居室内の人が集団と

なって避難する「群集避難型」となりやすい。これに対し、「小空間・宿泊施設型」や「混空間・複合施設型」では、居室から廊下、廊下から階段といった順序で避難が展開されるが、避難者が各居室に分散され各居室の独立性が高いために、覚知が遅れ部屋の中に閉じ込められやすく、「逃げ遅れ型」となりやすい。

現在の避難計画では、群集による混乱を少なくともさけようとするを第一の目的とする避難計算の手法（防災計画指針方式）が一般に実施され、その結果として群集避難による大量死は発生していない。しかしながら、本研究の結果からすれば、この手法を「大空間・集合施設型」の建築物に適用することは妥当なのであるが、その他の「小空間・宿泊施設型」や「混空間・複合施設型」の建築物では、別の避難状況が問題となって、その結果大量死が生じているのであって、このような型の建築物では、群集避難対策より、むしろ逃げ遅れた人に避難空間を提供するといった計画を重視する必要があると考えられる。

注

- 1) 東京消防庁火災予防審議会：「特異火災事例調査概要書」,1981.3.

### 第3章 典型事例調査分析

#### 3-1 東淀川高層マンション火災における避難行動

本節では、1978年11月、1979年9月と連続して同一の高層マンションで発生した火災について、そこでの避難行動を居住者に対するアンケート調査をもとに解明する。

##### 3-1-1 東淀川高層マンション火災（1978年11月）における避難行動

アンケート調査は火災の1週間後に実施した。アンケートの対象としては、出火階の直下の階（8階）から最上階までの全世帯を設定した。これは比較的危険の高い階の居住者を対象とする考えによる。180世帯に配票、火災時に在宅していたとみられる124世帯から回収した。なお調査票の配布・回収には東淀川消防署の署員があたった。

##### (1) 火災および出火建物の概要

- ① 出火：1978年11月14日19時11分頃
- ② 場所：大阪市東淀川区東淡路町1の44、「エバーグリーン淀川」2号館
- ③ 建物：鉄筋コンクリート造12階建，総戸数 448戸，延床面積47,610㎡，中廊下式，  
廊下長さ 198メートル
- ④ 火元：9階,921号室（4LDK）の88.5㎡を焼損
- ⑤ 死者：女児1名（生後6ヶ月）

##### (2) 煙の状況

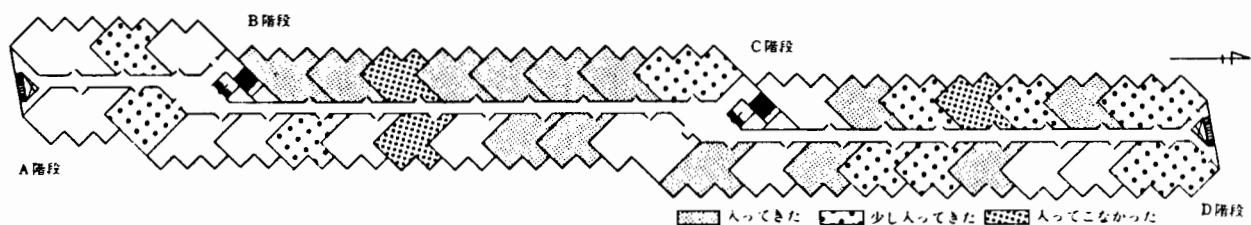


図1. 10階の室内への煙の流入

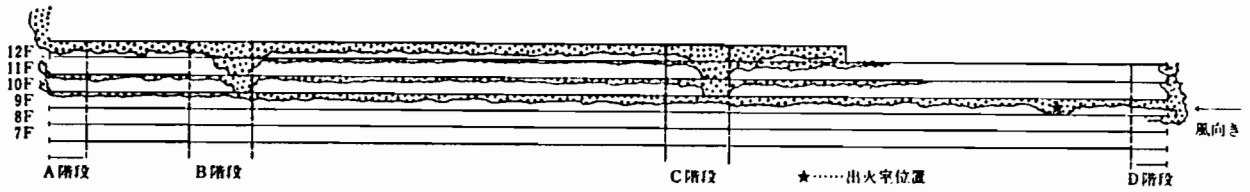


図2. 煙の拡がり方 (1978年11月, 廊下部分断面)

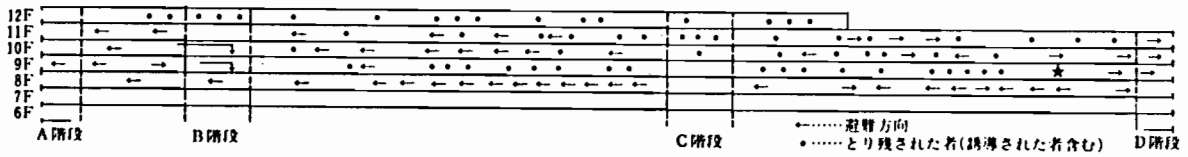


図3. 避難方向と、とり残された者の室の位置

火元の玄関戸が開放状態になっていたため、濃煙が出火室から廊下、廊下から屋内階段を通過して上階へと拡大した。

「室内に煙が流入したか」の回答をみると、出火階では全戸に煙が流入しており、最上階の12階および直上階の10階でも殆どの住戸に煙が進入している。図1は、10階について室内への煙の流入を示したもので、これによると、B階段とC階段の間の住戸では煙の流入した割合が高い。これは建物の両端の非常階段の部分が外気に開放されており、当時風向きが南向き（図では右から左）であったために、9階の出火室から廊下にでた煙が、C階段まで達し、ここで上昇して、10階で再び風によりB階段まで達したものである。（11階でも同様）また12階では、北側の端が非常扉で閉鎖されていたため、風の流入はなく、従って煙のふきだまりとなった。この煙の廊下、階段からの拡がり方を図2に模式的に示す。

### (3) 覚知前後の状況

「火災だと知る前に何か異常を感じたか」、「何で火災と判断したか」の回答を、階

表1. 階別覚知状況

	消サの防イ音 車レ のン	煙	こい げ臭 くい さ	人物 の 騒 ぎ音	人知 から らせ の	放 送	避 難 者 数
8 F	14(60.9)	7(30.4)	2( 8.7)	13(56.5)	12(52.2)	3(13.0)	23
9 F	7(26.9)	20(76.9)	21(80.8)	5(19.2)	2( 7.7)	0( 0.0)	26
10F	17(70.8)	12(50.0)	4(16.7)	7(29.2)	7(29.2)	3(12.5)	24
11F	14(53.8)	13(50.0)	8(30.8)	8(30.8)	13(50.0)	1( 3.8)	26
12F	10(62.5)	4(25.0)	5(31.3)	3(18.8)	7(43.8)	3(18.8)	16

( )は階別避難者数を基数とした%、各階で50%以上のものに下線を付した

別に表1に示す(重複回答)。

出火階(9階)では、煙・こげくさい臭い等の火災現象で覚知した者が大部分である。これに対して、他の階では、消防車のサイレンの音・人からの知らせによる覚知が多く、階別に覚知時刻に差のあることがわかる(消防車のサイレンで覚知、または、人からの知らせで覚知するという事は、火災の発生時刻よりかなり遅れて覚知するという事である)。また、出火階の下階である8階では人の騒ぎ・物音で覚知した者が多い。

(4) 避難行動の概要

図4に示すように、すぐ避難した人、すぐ避難しなかったが独力で避難した人、ベラ

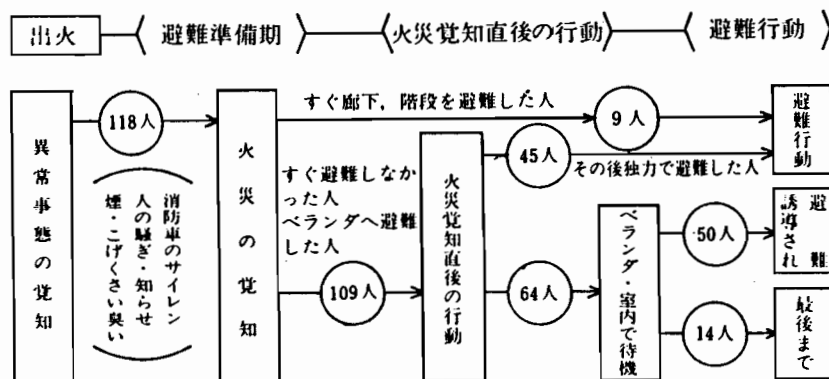


図4. 避難行動の概要



ランダ・室内で待機していて誘導され避難した人、最後までベランダに避難していた人、の各タイプに分けられる。特に注目されるのは、廊下の煙がひどくて廊下を避難せず、ベランダの方へ避難していた人が64名もいることである。出火階でベランダへ避難した21名中6名は「廊下は煙がひどく、ベランダへ出た。」とアンケートの欄外にコメントしている。煙のひどかった最上階でもこの傾向が強い（図2、図3、図5参照）。

廊下を独自に避難した人の避難方向を図3に示す。これと図2の煙の拡がり方を見比べると、主に煙の少ない方向へ避難していることがうかがえる。事実、避難方向の選択理由の質問項目での回答で、「煙が少ない方を選んだ」をあげる者が42%と最も多く、次いで「外気に面していて安全だと思った」が26%であった。この外気とは両端部にある屋外非常階段のことを意味し、かつ、この方向に煙が少なかったので、結果として屋外避難階段を選択して避難した者が多く、9階以上では、経路不明の人を除いて25名中19名（76%）の人が、A階段またはD階段（屋外非常階段）を選択している。

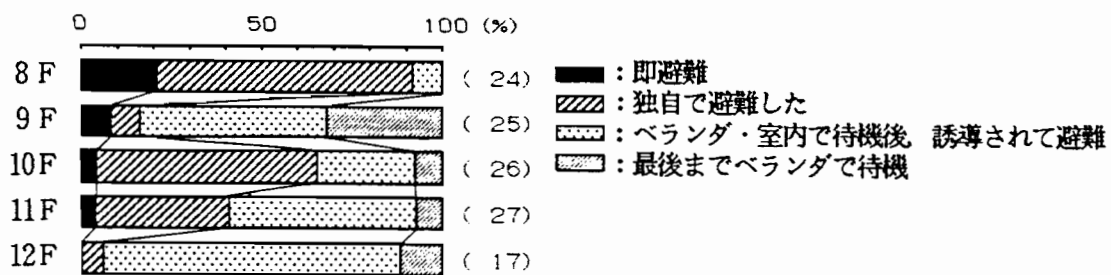


図5. 階別避難タイプの割合

### 3-1-3 東淀川高層マンション火災（1979年9月）における避難行動

#### (1) 火災および出火建物の概要

- ① 出火：1979年 9月13日 9時35分頃
- ② 場所：大阪市東淀川区東淡路町 1の44, 「エバーグリーン淀川」 4号館
- ③ 建物：鉄筋コンクリート造11階建, 総戸数 394戸, 延床面積37,000㎡, 中廊下式,

廊下長さ約 165メートル

- ④ 火元：6階,635号室の80㎡を焼損
- ⑤ 傷者：主婦1名（三週間の火傷）

(2) 煙の状況

6階の窓から炎と煙が激しく噴き出し、また玄関戸も開放状態になっていたため、前回同様、濃煙が廊下から屋内階段を通して上階へと拡大した。しかし出火室が建物全体では風下側となったため、他端の方の住戸にはあまり煙は達しなかった（図6参照）。

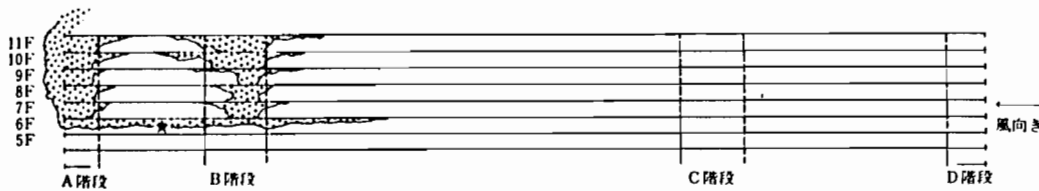


図6. 煙の拡がり方（1979年9月，廊下部分断面）

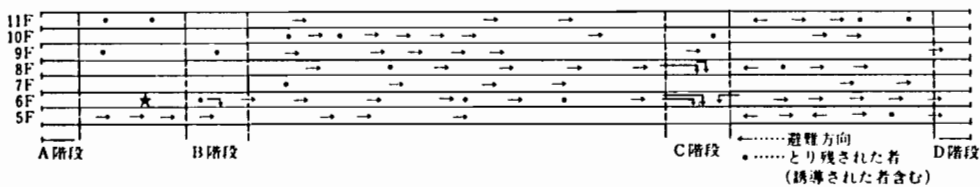


図7. 避難方向と、とり残された者の室の位置

(3) 覚知前後の状況

前回の集計と同様に階別の傾向をみたが、階別の差はあまりない。これは、煙が南側だけに限定されたことによる。そこで、平面的に3つのブロックに分け集計しその結果

表2. ブロック別覚知状況

	消サの防イ音車レのン	煙	こいげ臭くいさ	人物の騒ぎ音	人知からせの	放送	避難者数
A-B (南側)	8(42.1)	8(42.1)	4(21.1)	5(26.3)	7(36.8)	2(10.5)	19
B-C	<u>29(65.9)</u>	21(47.7)	3( 6.8)	9(20.5)	14(31.9)	15(34.0)	44
C-D	<u>18(69.2)</u>	5(19.2)	1( 3.8)	3(11.5)	12(46.2)	<u>13(50.0)</u>	26

( )は各避難者数を基数とした%、各ブロックで50%以上のものに下線を付した

を表2に示す。特に注目される点は、火元から風上側にあたり煙がほとんど達しなかったC階段～D階段間では、放送による覚知が、50%と多いことである。また、全体として、消防車のサイレンによる覚知が多いことも特徴的である。

(4) 避難行動の概要

前回と同様に図8にしめすようなタイプに分け集計した。ベランダ・室内に待機した人は前回より少なく、17名であるが、覚知と同様ブロック別にみると、図9に示すように、火元の近くのA階段～B階段間では、このタイプが多く、ベランダで待機後、誘導され避難した者と、最後までベランダにいた者を含めて19名中9名がこのタイプでこの9名中7名までが「逃げようと思ったら廊下の煙がいっぱい逃げられなかった。」と

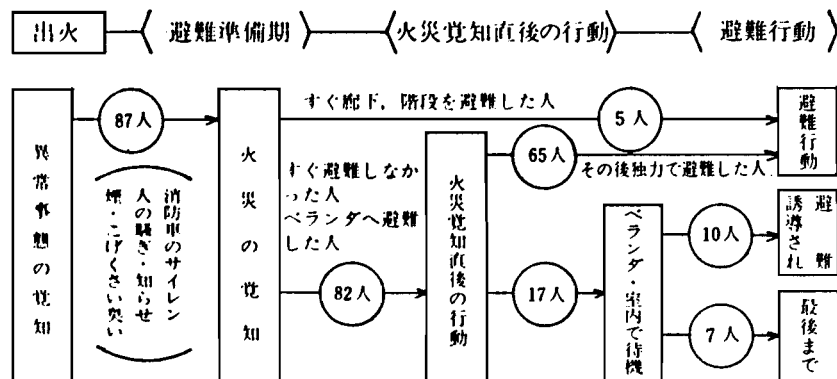


図8. 避難行動の概要

回答している。逆に、B～C、C～D階段間では、68名中8名と少なく、しかも8名中5名は「逃げる程の大きな火事でないと思った。」と回答している。

次に、廊下を独自に避難した人の避難方向を図7に示す。前回と同様、煙の少ない方向へ避難していることがわかる。「その方向へ逃げたのはなぜですか」の問に、廊下を独自に避難した人の42%（30名）は、「煙が少ない方を選んだから」と回答している。今回C階段には、煙があまりこなかったのをこれを利用した人が多く、独自に避難した70名中42名（60%）にも上っている。また、屋外階段のD階段を利用した人は22名（31%）と多い。同じ屋外階段でもA階段は煙が多く、出火階の1名しか利用していない。



図9. ブロック別避難タイプの割合

### 3-1-4 両火災の避難行動の特徴点

#### (1) ベランダへの志向性

このマンションは中廊下式で、各住戸は廊下に対して防火戸で区切られ気密性が高い。そのため、火災に気づいた時、既に廊下は煙でいっぱい、二方向避難の観点からみて選択する方向は、窓の方向となる場合が多い。このマンションの両端部には、屋外非常階段が設置されているが、中廊下の総延長が100メートル以上もあり、有効には利用されていない（もっとも、(2)で示すように廊下を避難した者は、この屋外非常階段を利用している）。第一回めの火災では、出火階と最上階でそれぞれ84%、94%と高く第二回めの火災においても火元近くのA階段からB階段の間では出火階以上の階では60%がこのタイプとなっている。第一回めの火災では、出火階の出火室近くの人、ベランダにて、5～6軒隣まで、ベランダにある非常板を破って集まっている。これは出火室の

煙をさける必要と、お互いに安心感をもつためであると思われる。このマンションでは、ベランダから水平方向に避難できた点が評価できる。（さらに、ベランダから下階への垂直方向に避難できればなおよかったという意見がアンケートの中にみられた。）

高層マンションで中廊下式の場合、当マンションのようにベランダへの志向性が高いとすれば、ベランダから水平方向に避難できないタイプは問題となる。例えば、神戸・兵庫駅前ビルのような高層公団住宅は、ベランダから隣接する片側の住戸までしか避難できなく、この隣接住戸から廊下へ避難すればよいといった想定では、廊下に煙が拡大した場合、避難者は、煙に追い詰められることになるので危険性が高い。現に、このビルでは昭和50年2月に出火しているが<sup>1)</sup>、この火災では大部分の居住者は早期に覚知して屋内階段から避難しているが、一人の主婦は煙を恐れてベランダへ避難し、ヘリコプターで救出されかかる事態となっている。

## (2) 経路選択における屋外階段志向性

前項では、廊下が煙でいっぱいであった場合、ベランダの方へ向かうことを述べたが、廊下の煙がそれほどでない場合、廊下・階段を通過して地上へ避難することになる。その際、2つの火災事例より明らかになったことは、当然のことではあるが、「燃えている所、あるいは煙の吹き出してくる方から遠ざかる方向に避難する」つまり「煙のある方へは向かわない」という<安全志向要因><sup>2)</sup>が加わって、屋外階段への志向性が高くなっている。

### 3-1-5 まとめ

以上、マンション火災2事例より、高層マンションでの避難行動の特徴点として、ベランダへの志向性、経路選択における屋外階段志向性を明らかにした。

堀内・水野ほか<sup>2)</sup>は、「安全な避難階段の存在の必要性」を提起しているが、今回の2事例における避難行動の結果からみれば、高層住宅火災時に安全な避難が行われるには、図10で示すように、「安全な避難階段の存在」とともに「安全な水平方向の避難のできるベランダの存在」が必要条件となると考えられる。

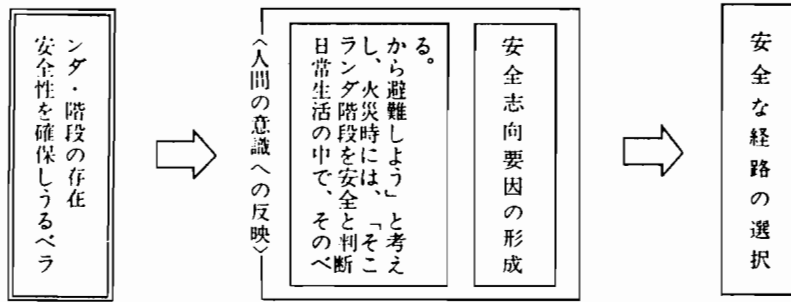


図10. 安全なベランダ，階段の必要性

注

- 1) 神戸市消防局：「神戸・兵庫駅前ビル火災」，火災，Vol.25，No.3.
- 2) 堀内三郎ほか：「『五条ローズハイツ』マンション火災における避難行動に関する研究」，火災，Vol.26，No.2.

### 3-2 大阪科学技術センター火災における避難行動

本節では1984年4月4日に発生した火災について、出火時の在館者に対して火災の状況やそれに対応する一連の行動がどのようなものであったかをアンケートによって調査し、これをもとに空間的条件、避難者の属性とのかかわりや時間的経緯のなかでの避難行動をとらえ、避難行動の構造を事例的に分析する。

火災の発生した大阪科学技術センタービルは、集会場等の不特定多数の者が集まる施設と各種学会の事務所等の特定者のいる施設が混在しており、多目的オフィスビルの一典型と言える。この研究は、最近増えつつあるこうしたビルの避難計画への指針を得ることを目的としている。

調査は火災の約2週間後に実施した。23項目にわたる調査票を作成し、これを大阪市消防局が出火時の在館者679名を対象として配票、458の有効票を回収した（表1参照）。

表1. 階別の建物概要、避難救出人員、アンケート回収状況

階別	床面積 (m <sup>2</sup> )	焼損面積	主な用途	高さ (m)	在館人員	避難人員	救出人員	救出方法	アンケート回収数 (%)
8階	1,177	—	ホール・集会場	27.7	70	70	—	—	61 (87.1)
7階	1,177	—	食堂・事務所	24.3	94	94	—	—	67 (71.3)
6階	1,177	—	事務所・集会場	21.0	85	83	2	はしご車	51 (60.0)
5階	1,177	—	事務所	17.7	63	*61	2	はしご車	39 (61.9)
4階	1,177	—	集会場	14.4	254	158	96	はしご車	170 (66.9)
3階	1,177	473	事務所	11.1	50	48	2	二連可搬はしご	38 (76.0)
2階	1,176	—	展示場・事務所	7.8	11	11	—	—	—
1階	1,124	—	展示場	3.9	14	14	—	—	—
B1階	1,161	—	飲食店	—	29	29	—	—	23 (79.3)
B2階	1,150	—	機械室	—	9	9	—	—	7 (77.8)
EV内	—	—	—	—	—	—	—	—	2
合計	12,485	473	—	—	679	577	102	—	458 (67.5)

\*内7人は救助袋で避難

#### (1) 火災及び出火建物、在館者の概要

- ① 出火日時：1984年4月4日午前11時25分頃。
- ② 出火場所：大阪市西区大阪科学技術センタービル3階西階段付近の廊下。
- ③ 焼損程度：延面積 12485m<sup>2</sup>のうち、3階 473m<sup>2</sup>焼損、天井側壁62m<sup>2</sup>表面積焼損、

4階外壁88㎡表面焼損。

- ④ 負傷者数：負傷者8名（いずれも軽度のCO中毒）
- ⑤ 出火原因：放火の疑い。
- ⑥ 出火建物：鉄筋コンクリート造8階建，センターコアタイプで，常用の中央階段のほか，東西の端部に屋内非常階段（防火戸常時閉鎖式）がある。
- ⑦ 在館者：事務所階の3，5階は全ての人がビル内に職場のある特定者であった。4，6階の集会場は新入社員研修受講者で，このビルには初めて来た不特定者が多く，また，7，8階は，会議等の外来者であるが，今までに何度か来ているものが多かった（図1．参照）。

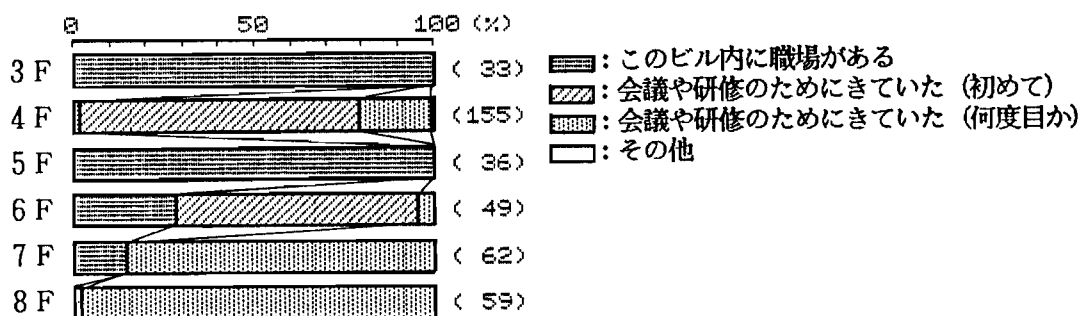


図1. 階別在館者の概要

## (2) 出火時の状況と火煙の拡大

### ① 火災の発見と通報等の状況

大阪科学技術センター事務局の職員が出火階である3階事務室で執務中，廊下の方で異常な音を聞きつけ，あわてて飛び出したところ，西側非常階段付近の廊下床面で煙が立ち上がり，天井部分に煙が充満し，炎が断続的に廊下部分を走るのを確認した。同階で，やはり執務中の防火管理者は，付近に居た職員に初期消火をするように指示する一方，事態が容易でないことを察し，ただちにビル一階の保安室へ急行して消防機関に対する通報を指示するとともに（通報の時刻は，11時32分頃で，火災発生から約7分経過



している。), 非常放送設備を使用してビル全館に非常放送を繰り返し実施した。放送の内容は、「中央階段は避けて東または西の非常階段を使って避難して下さい。」というものであった。

## ② 消防隊到着時の状況

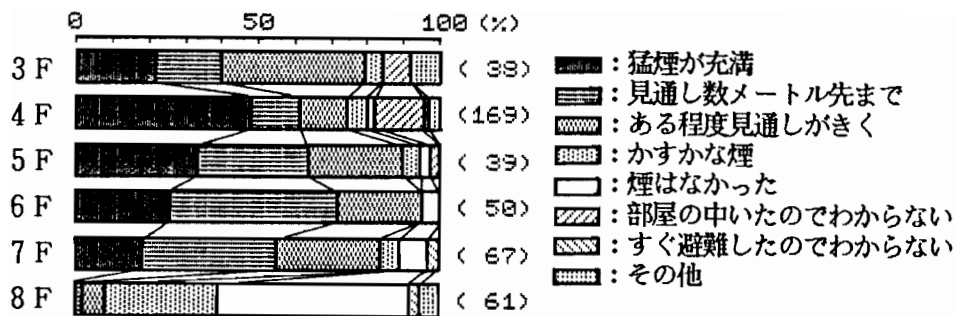
消防署からの先着隊が到着した11時39分頃(火災発生後約14分後),ビル3階の南面の窓からさかんに黒煙が噴出していた。また,被災ビルの周辺道路には,数百名の在館者がすでに避難していた。3階から6階にかけての北面の窓には,逃げ遅れている多数の在館者が,それぞれ手を振り,救助を求めている。

## ③ 煙の拡大状況

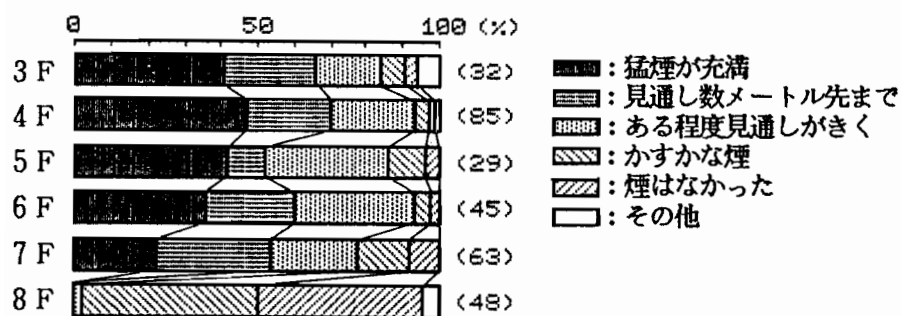
中央階段の階段室のシャッターの閉鎖による区画は全くなされていなかったのて,この中央階段から上階へ煙が拡大した。在館者の覚知時期における階別の廊下の煙の状態を図 2-1. に示す。出火階の3階に近い階ほど覚知時にはすでに猛煙が充満していたことがわかる。しかし,出火階の3階では,猛煙が充満していたと回答した者は少ないが,これは,出火階なので爆発音等が聞こえ,覚知が早かったためである。避難中の廊下,階段の煙の状態を図 2-2.,2-3. に示す。出火階では,避難時にはかなり煙が廊下に拡大している。次に階段についてみると,6階では煙が濃かったと回答している割合が高いが,これは出火場所に近く煙の進入が早かった西側非常階段を6階の避難者は多く使用したためである。一方室内への煙の浸入上階ほど激しく外部からの観察でも6階,5階,4階の順に煙が濃かったと消防隊は報告している。

## (3) 覚知前後の状況

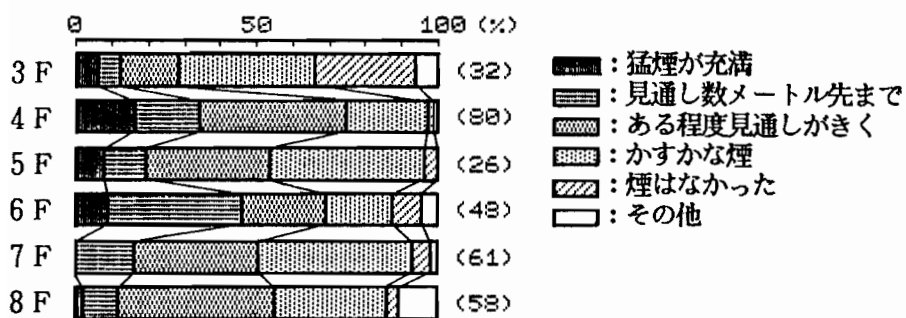
「火災を何によって知ったか」(複数回答),「本当の火災だと判断したのは何によるか」(択一回答)の問に対する階別の結果を図3. に示す。出火階の3階では,ポーンという爆発音で31.6%の人が異常を感じている。また,この人たちが消火にかけつけたりする騒ぎ声で52.6%の人が異常を感じ,13.2%の人が火災だと判断している。また,直接火炎をみて火災だと判断した人も31.6%と多い。これに対して,上階では,まず,



2-1 階別覚知時の廊下の煙の状況



2-2 階別避難中の廊下の煙の状況



2-3 階別避難中の階段の煙の状況

図2. 階別廊下及び階段の煙の状況

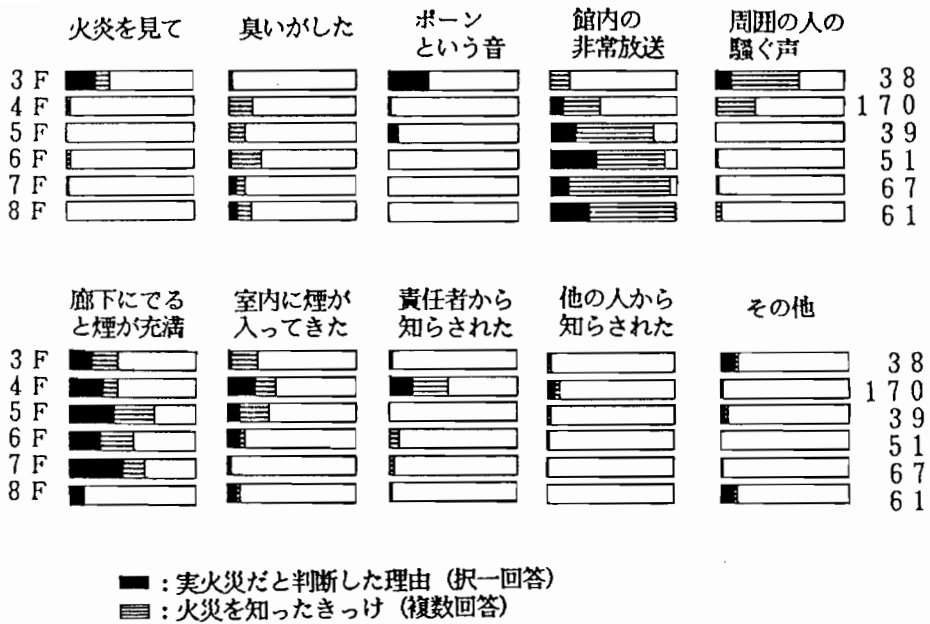


図3. 階別覚知状況

非常放送で火災発生の連絡をうけ、廊下に出ると煙が充満していたので本当の火災だと判断したパターンが多い。このことにより、非常放送のなされた時には、既に廊下は煙に汚染されていたことがわかる（4～7階）。4階では、出火階の3階に近いので、煙の拡大が早く、他の上階とは若干ちがった覚知状況となっている。すなわち、4階では新入社員の研修会が行われており、各室はかなり閉鎖的な状況にあり、何らかのきっかけで研修会担当者が火災を知った後、各受講者に伝えている。したがって、煙の拡大に比して覚知がおそく、中央階段の階段室内に出入口のあった404号室では、担当者の判断で廊下からの避難をしないように指示している。これとは逆に、8階では、覚知時には、まだ煙の拡大はあまりなく、かなりの人が非常放送で火災だと判断している。

#### (4) 覚知直後の行動

「火災を知ってから何をしたか」の問に対する回答を行動順に整理したものが図4である。行動のパターンが近いものをまとめて<消火活動型><通報誘導型><避難優先型><動揺避難型><待機型>と類型化した。<消火活動型>は、確認の後すぐに消



火し、その後、他の者を誘導する行動パターンをとるものが多い。〈通報誘導型〉は、ほとんどの場合、通報の後に誘導し、その後避難している。〈避難優先型〉は、火災覚知直後、あるいは、避難の指示をうけてすぐに避難している。〈動揺避難型〉は、一時動けなかった、あるいは、びっくりしてウロウロした後に避難している。〈待機型〉は、他の人の指示で部屋にとどまったもので、はしご車で救出されている。

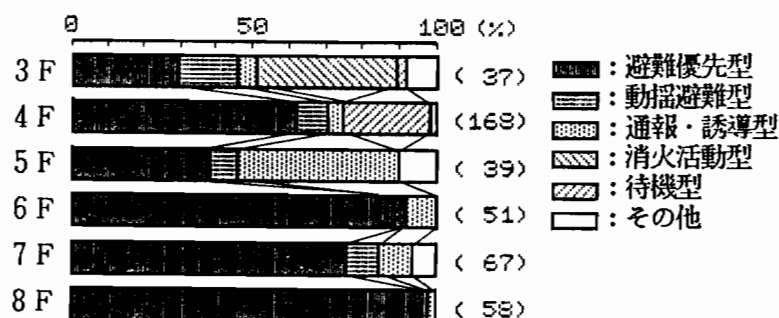


図5. 階別行動類型の分布

以上の各類型がどの階で発生しているかをみたのが図5である。〈消火活動型〉はすべて出火階の3階、〈通報誘導型〉は主に5階で見られる。一方、〈避難優先型〉は、4、6、7、8階で多くみられる。図1. でしめされているように、3、5階では、ビル内に職場のある特定者がほとんどで、そのため消火、通報、誘導等、様々な活動を行っているものと考えられる。

また、その他の階では、研修や会議などで来ていた不特定者がいたのだが、これらの者はすぐに避難を開始するという傾向があることが、以上のことよりわかる。

#### (5) 避難方法の選択状況

「廊下から避難するか、部屋にとどまるか、判断はどうしたか」の問いに対する階別の結果を図6. に示す。

上階ほど「すぐに、階段から避難することにした」ものが多い。図2-1. に示すように上階ほど覚知時の煙が少なく、判断するまでもなく階段から避難している。「煙はあ

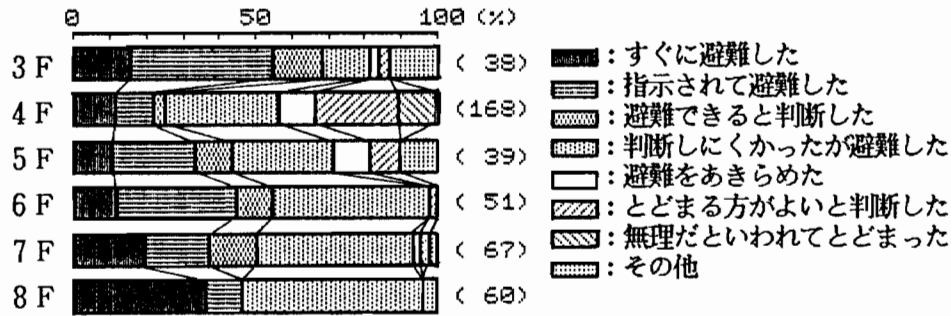
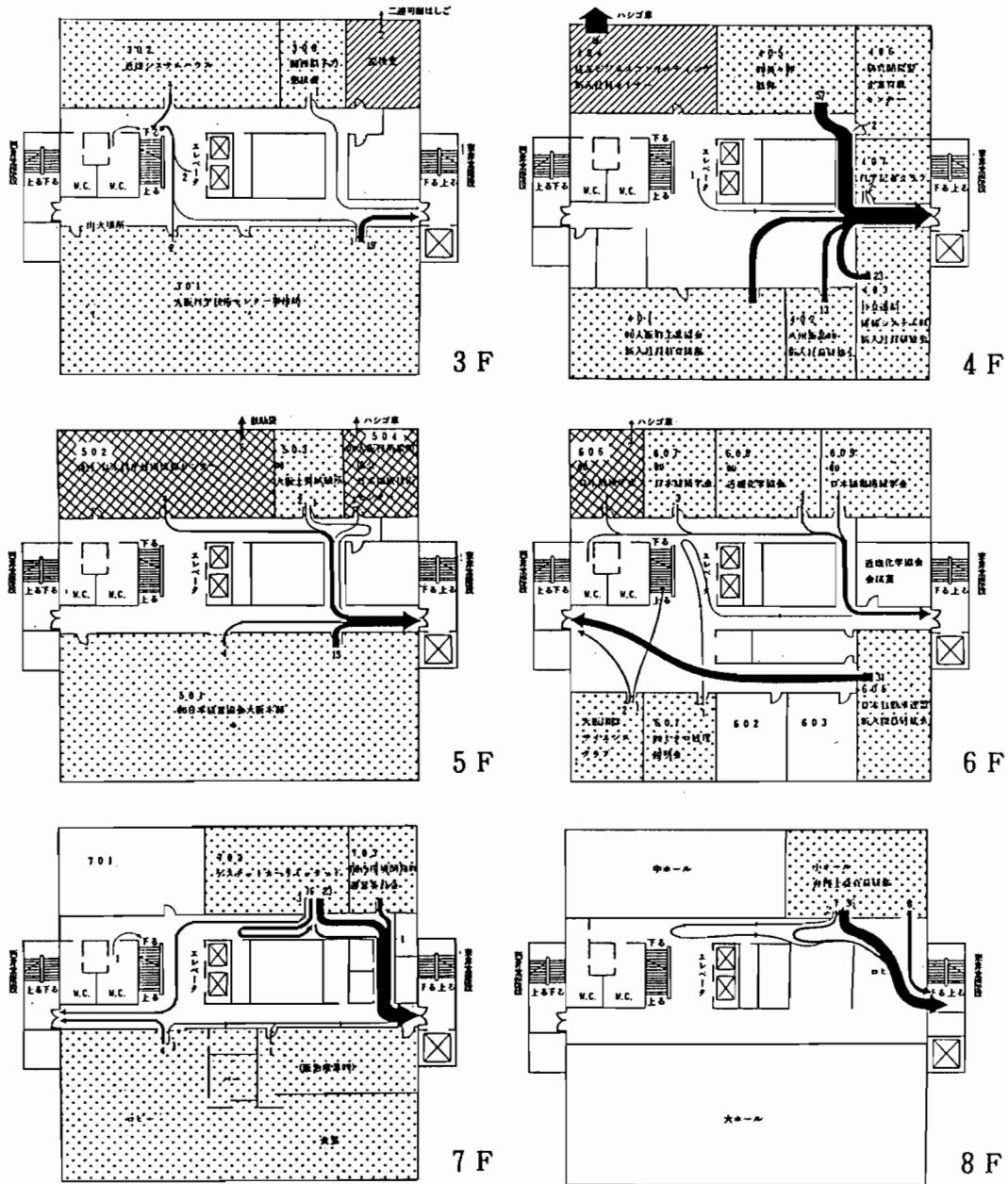


図6. 階別避難方法選択の判断

「したが廊下から避難できると判断した者」は、3、5、6階に多い。これらの階には特定者がいたことから少々の煙があっても避難できると考えている。一方、「煙がすごいので廊下からの避難をあきらめた、部屋にとどまる方がよいと判断した者」は、4、5階に多い。覚知時の煙の状況は、4、5階で最もひどい。これらのことから煙の状況が基本的には避難方法の選択の要因となっていることがわかる。廊下から避難したか、部屋にとどまって窓側から脱出（はしご車、救助袋による）したかの状況を示したものが図7.である。5、6階で、同じ部屋から、廊下避難と窓からの脱出とにわかれたケースがみられる。これらのケースは、室にとどまるか、廊下から避難するかの要因を考え

表2. 同じ部屋から廊下避難と窓からの脱出に分かれたケース

	廊下から避難したもの				窓側から避難したもの			
	性別	年齢	役職等	避難経路選択理由	性別	年齢	役職等	脱出方法
606号室	女	24才	一般職員・職場	階段を知っていた	男	39才	係長・外来	はしご車
504号室	女	44才	一般職員・職場	放送の指示	男	80才	専務理事・職場	はしご車
502号室	女	30才	一般職員・職場	普段から利用	男	37才	係長・職場	救助袋
	女	36才	一般職員・職場	普段・知っていた	男	41才	係長・職場	救助袋
	女	39才	一般職員・職場	知っていた	男	34才	主事・職場	救助袋
	男	38才	係長・職場	普段から利用	男	56才	嘱託・職場	救助袋
					男	35才	主事・職場	救助袋
					男	48才	運転士・職場	救助袋
					男	43才	支所長代理職場	救助袋



- ⊗ : 同じ部屋から廊下避難と窓からの脱出に分かれたケース
- ⋯ : 廊下避難のみのケース
- ▨ : 窓からの脱出のみのケース

図7. 室別避難方法の選択状況及び各階避難経路

る際に、煙の条件がそろっているため、それ以外の条件が、その選択に如何に関わるかを教えてくれる。表2に、これらのケースの個々の人の特徴を示す。廊下から避難した人のほとんどは女性でこのビルが職場である一般職員であり、避難経路の選択理由として「非常階段を知っていた」「普段から使っていた」等をあげている。これに対して、室にとどまった人は全て男性で、なんらかの役職をもっている。また606号室では外来者、504号室では高齢者であった点も、室にとどまった要因と考えられる。以上のことから、性別、役職、建物の認知度等が避難方法選択の要因と考えられる。

(6) 避難経路の選択傾向と経路選択理由

出火階である3階以上の避難経路を図7. に示す。全体としては、東非常階段から避難したものが多。4, 5, 8階では、全て東非常階段から避難している。これに対し、

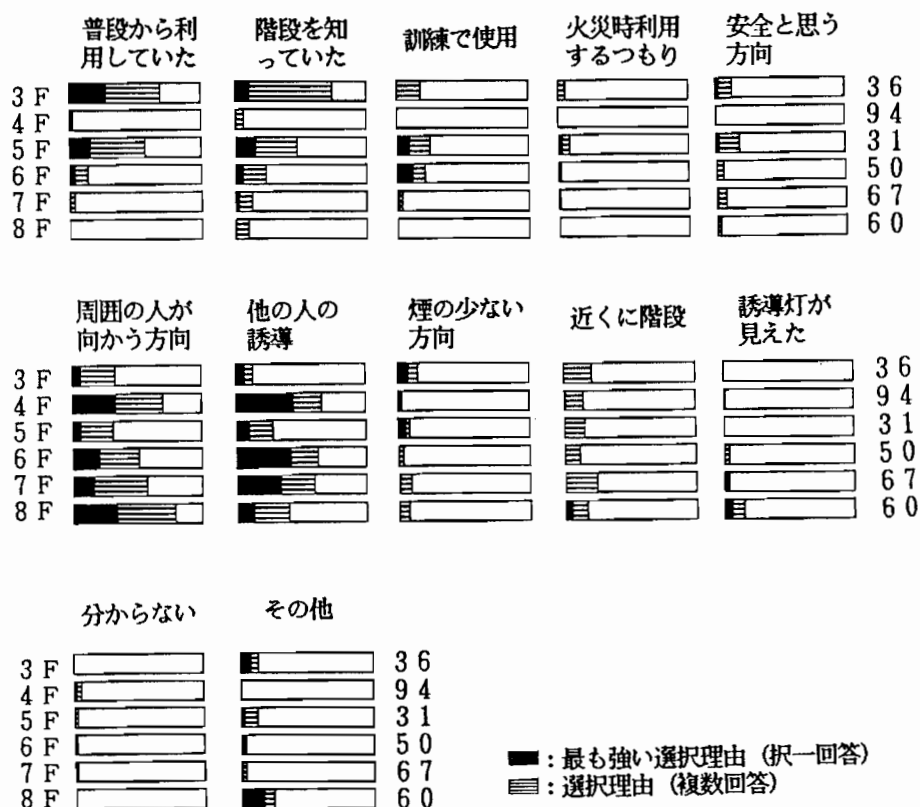
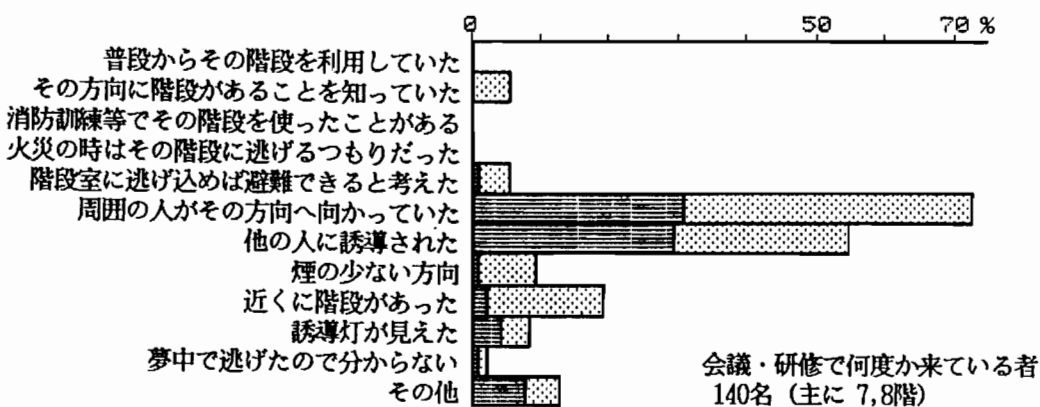
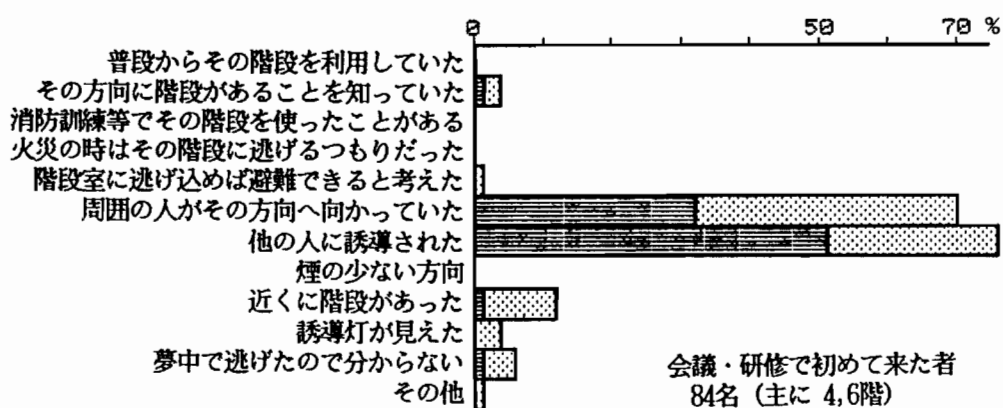
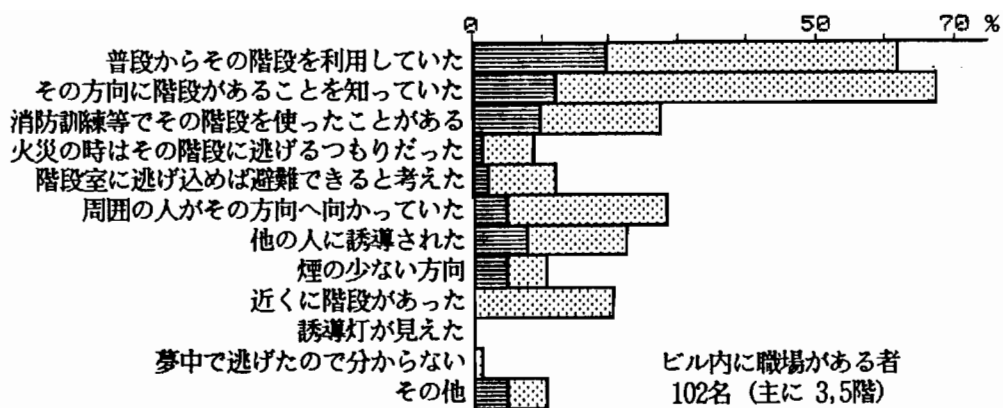


図8. 階別経路選択理由





■: 最も強い選択理由 (択一回答)  
 □: 選択理由 (複数回答)

図9. 避難者タイプ別経路選択理由

6階では研修会場であった605号室の全員が西側非常階段から避難している。

階段から避難した者による経路選択理由を階別にみたものが図8.である。また、この選択理由と避難者との関連をみたものが図9.である。以下、階別に経路選択理由をみていく。

3階：「普段から利用していたから」、「階段を知っていたから」を理由にあげている者が多い。また、「部屋に近い階段」という理由で中央階段か東非常階段のどちらかを選択している。

4階：東非常階段を選択した者は、ほとんどが研修のために初めてこのビルに来た者であり、そのために「誘導されたから」、「周囲の人が向かっていたから」を選択理由としている。

5階：3階と同様「普段から利用していたから」、「階段を知っていたから」をあげる者が多いが、これと共に「訓練で使用したことがあるから」も比較的多い。また、西非常階段へは煙の充満のため行けなかったようである。

6階：職場がこのビル内にある特定者は、「階段を知っていたから」、「訓練で使用したことがあるから」という理由で東非常階段を選択している。研修のため初めて来た者の経路選択理由は、4階と同様「誘導されたから」、「周囲の人が向かっていたから」と回答した者が多く、煙による見通しが、比較的悪くなっていたため廊下をまっすぐに進むことしかできずに西非常階段を選択したようである。

7階：今までに何度か研修で来ている者のほとんどは、「周囲の人が向かっていたから」、「誘導されたから」を理由に東非常階段を選択している。西非常階段を選択した者の内、職場がある者は、「階段を知っていたから」を理由にあげている。

8階：全ての者が東非常階段を選択している。理由は、「周囲の人が向かっていたから」が最も多く、次に「誘導されたから」「館内放送の指示」があげられている。「館内放送の指示」は質問選択肢に用意していなかったのだが、その他で記入のあったものはほとんどこの「館内放送の指示」をあげているので、実際はもっとこの「館内放送の指示」に従って、経路を選択したものと考えられる。この階は、避難開始時にはほとんど煙はなかった状態だったので落ち着いて館内放送の指示に従って避難している。

以上の階別の分析をまとめると、経路選択は基本的には煙のない方向へ向かうのであ

るが、特定者の多い3、5階では普段から利用していた階段や認知していた階段を選択しており、経路選択に自律性が高くなっていることがわかる。これに対し、不特定者の多い4、6、7、8階では、誘導されたり、周囲の人が向かっていた階段を選択しており、経路選択には自律性がなく、従属的に避難した者が多いのである。

#### (7) 廊下・階段での避難状況

「避難する時、迷うことはなかったか」の問いに対して、廊下を避難した者の約15%が、「煙がすごく、なかなか階段を見つけられなかった。」と答えている。これらは特に4階と7階に集中している（図10. 参照）。8階では、煙の拡大に比して覚知が早かったために、避難中の煙の汚染度は低く、従って迷った者はほとんどいない。また、3、5階と6階では避難時の煙の汚染の程度は高かったのだが、迷った人は少ない。これは、3、5階の在館者は特定者のみであり、経路選択理由の項で考察したように、よく建物を知っていたために迷った人が少なかったと考えられる。6階には不特定者がある程度存在したのだが、これらの不特定者は605号室の研修会にいた者のみで、これらの者は全て誘導に従って避難しており、その他の特定者は5階と同様、よく階段の位置を知っていたため、迷った人が少なかったと考えられる。これに対して、4階、7階ではほと

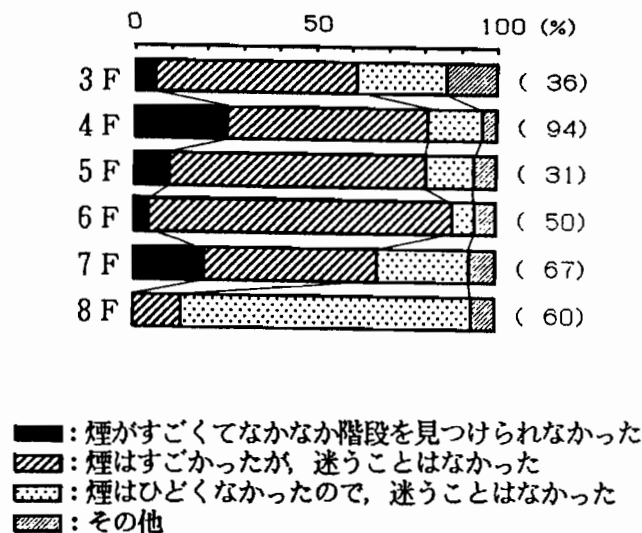
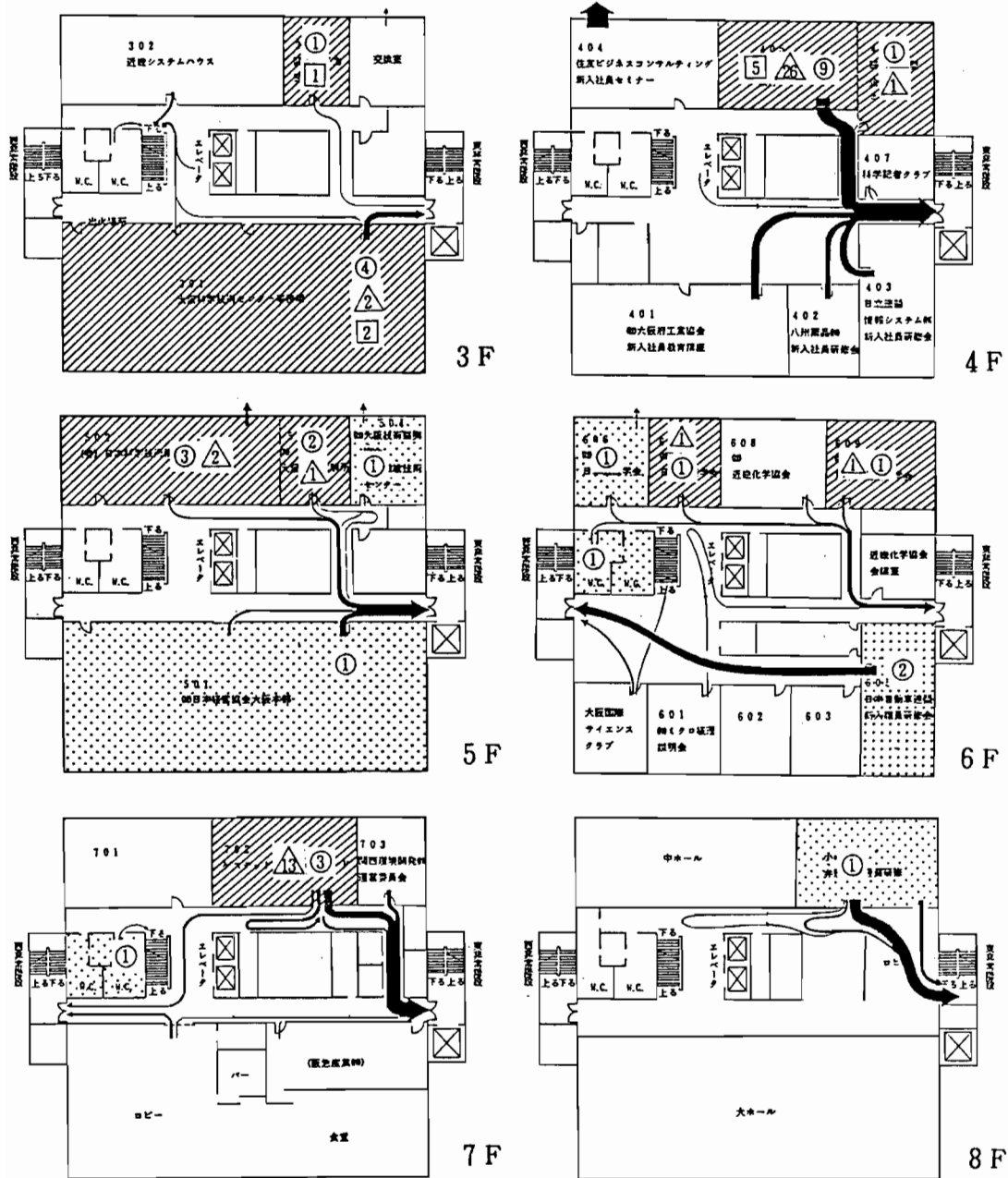


図10. 階別避難状況



- △: 煙がすごくて視界がきかず, なかなか階段が見つけれなかった
- : 停電して暗かったので, 階段を見つけるのにまどった
- : 壁ぞいに手探りで階段をさがした

図11. 「階段をみつけにくかった」「手探りで階段を探した」者のいた位置

多くの在館者が不特定者であったために階段の位置を知らず、煙のために階段がなかなか見つけられなかったと考えられる。

次に図11. になかなか階段を見つけれなかった者の当初居た室の位置を示す。また、「避難した時の姿勢はどうだったか」の問にたいして「壁沿いに手探りで階段をさがした。」と回答した者の位置を示す。これら避難に困難を生じた者のほとんどが各階の北側の室に居たことがわかる。避難に困難を生じた原因は、基本的には図12. , 図13. で

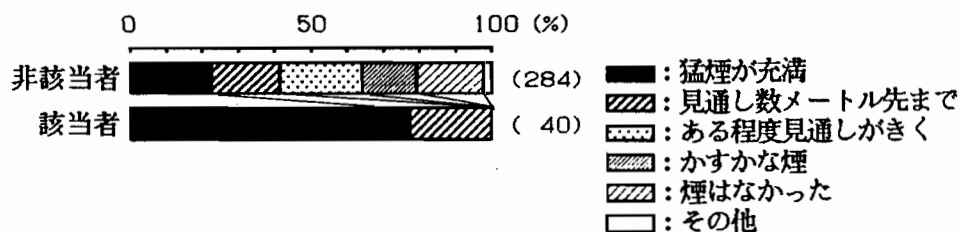


図12. 「階段をみつけにくかった」者の避難中の火災の状況

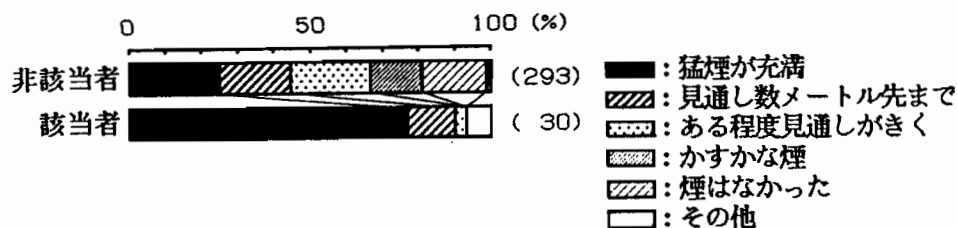


図13. 「手探りで階段をさがした」者の避難中の火災の状況

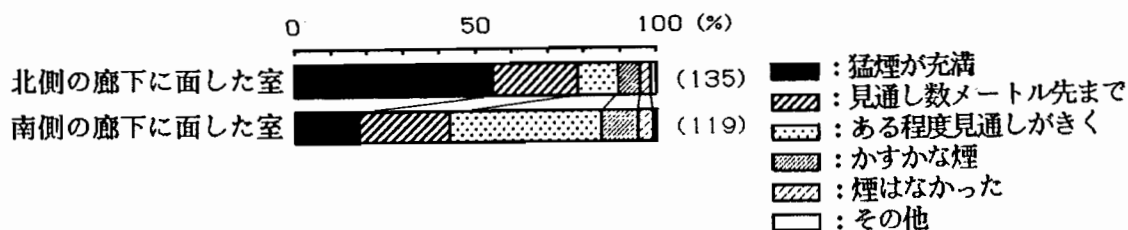


図14. 北側廊下と南側廊下別にみた避難中の煙の状況 (3～7階について)

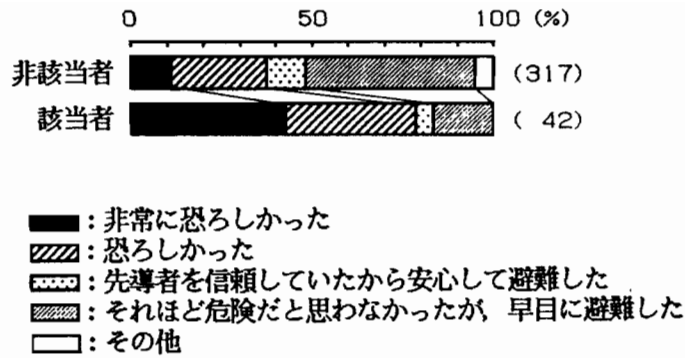


図15. 「階段を見つけにくかった」者の心理状態

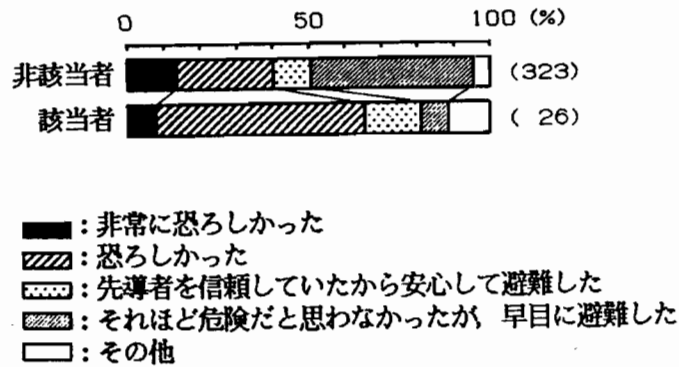


図16. 「手探りで階段をさがした」者の心理状態

示すように煙によるもので、図14. に示すように北側の廊下の方が煙の充満度が高かったことによる。また、平面形態も関連している。即ち、南側の室に面している廊下の端部には、東西の非常階段が設置されていてわかりやすいのだが、北側の室に面している廊下は行き止まりで、一端南北の廊下へ折れ曲がり、再び非常階段の方へ折れ曲がらなければならず、煙や暗闇の中ではなかなか階段を見つけにくかったと考えられる。

「階段を見つけにくかった」結果、心理状態がどうなったかを見たものが図15. で、検定の結果 0.5%で独立性の仮説が棄却され関連があるといえる。これに対して「手探りで階段をさがした」場合の心理状態を図16. にしめすが、これは5%でも関連があるとはいえない。つまり、「手探りで階段をさがす」という行動よりも、「階段を見つけ

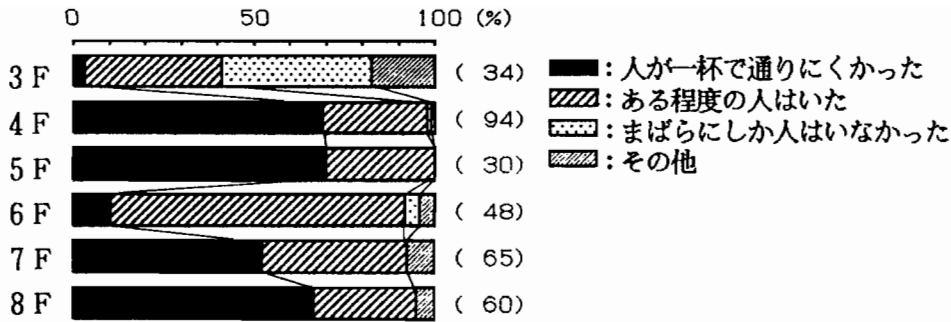


図17. 階別混雑度 (階段)

にくい」という状況の方が恐怖心を呼び起こしているということになる。

「避難する時、廊下・階段の人の混雑はどの程度だったか」の問いに対する階別の結果を図17. に示す。

4, 5階は別にして、上階ほど混雑したと答えているが、回答欄のその他で「下に行くほど混んできて通りにくかった。」と書き込んだ者が7, 8階で5名いる。また「廊下はまばらにしか人はいないが、階段にでると非常に多くの人で混雑していた。」と回答している者が6階でいた。従って、階段室内でかなりの密度の群集流動が、特に、下階の方であったことがわかる。しかし、「誘導が良かったので、整然と避難」(回答より)したようである。

#### (8) はしご車で救出された者及び救助袋で脱出した者の状況

多数の籠城避難者のいた 404号室に救助のために進入した消防隊員によると、ある者は「助けてくれー」と怒号し、ある者は床に伏せるなどの状況にあった(図18. 参照)。これらの籠城避難者70名(アンケート回収分)のうち8名の者は「一瞬、飛び降りたいと思った」と答えている等、かなり心理的に動揺していたことがわかる(図19. 参照)。しかし、室内に消防隊員が入ってきたり、はしご車の救出活動を見て、不安がなくなった者が多い。404号室にいた96名を、はしご車(1台)で救出するのに20数分を要している。

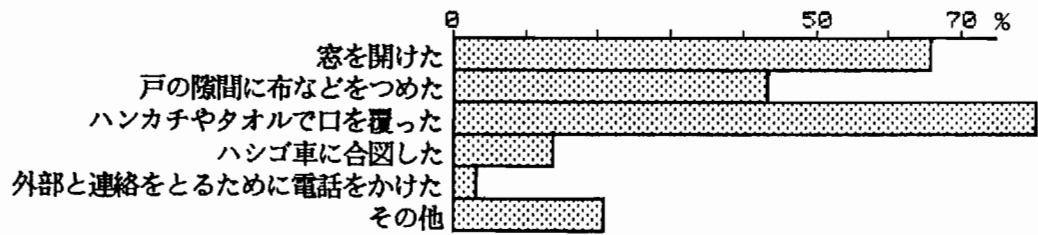


図18. 籠城避難者の室内での行動

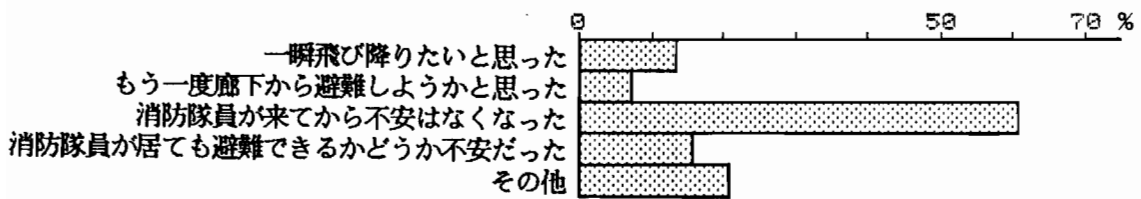


図19. 籠城避難者の動揺度

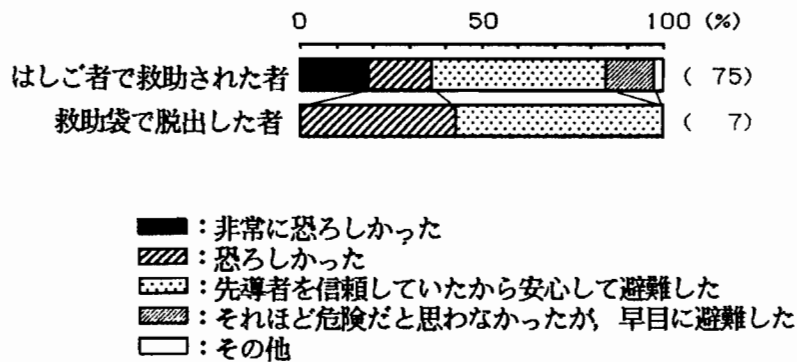


図20. はしご車で救助された者及び救助袋で脱出した者の心理状態

一方、救助袋で脱出した 502号室の7名は、救助袋の使用には多少の心配をしているが、恐怖感の程度は低かったようである(図20. 参照)。この救助袋は斜行式であったが最初の一人は垂直のまま降下し、降下後、近の人と協力して斜行できるように手でささえ、他の6名が脱出後、固定装置に固定している。これらの人は、火災に気づいてか



ら約5分後ぐらいまでに脱出を完了している。

(9) まとめ

本研究の結果、以下のことが明らかとなった。

① 特定者の場合、避難に至るまで、消火、通報、誘導等、様々な行動をとるが、不特定者の場合、すぐに避難行動をとる傾向がある。

② 避難方法の選択は基本的には煙の状況に規定されるが、性別、役職、建物の認知度等も要因となる。

③ 経路選択は基本的には煙のない方向に向かうが、特定者では、知っている方向、普段利用している方向へ向かうが、不特定者では周囲に従う傾向がある。

④ よく建物を知っている特定者は煙の中でも階段を見つけるみに困難を生じないが、不特定者では、階段の位置を知らないため、困難を生じている。

⑤ 煙が基本的には迷いを生じさせている原因なのだが、さらに平面形態の如何がその程度を左右する。

⑥ このように、本研究では特に特定者と不特定者では避難行動に大きな差が、様々な局面ででてくることが明らかとなった。

## 第2編 実験的方法による行動特性の解明

第4章 避難経路選択に関する実験

第5章 階段室における2群集の合流に関する実験

第6章 避難器具使用時の心理的影響に関する実験

第7章 煙の中における人間の避難行動実験

## 第4章 避難経路選択に関する実験

### 4-1 研究の目的

建築物内における火災時の人間の避難経路選択特性として、従来「いつも使っている出入口や階段の方向へ向かう、もときた方向へもどる（帰巢本能・日常動線選択性）」、「先行する避難者に追従し、合流しようとする。人の声や指示に従う（追従本能）」、「明るい方向開かれた感じのする方向に向かう（指光本能）」、「一番近くの階段や経路を選ぶ（至近距離選択性）」<sup>1) 2) 3)</sup>等が指摘されてきた。これに対して堀内三郎他は、限られた避難空間の条件のもとで限られた避難経路しか選択できなかったという側面を重視して、火災時の避難行動事例を検討しなおすと、安全な避難階段等の避難路が存在し認識されれば安全指向要因が形成されることを指摘している<sup>4)</sup>。従って避難計画においては、安全な避難経路を確保すると同時にそれがビル内の滞在者に確実に認識されていることが必要であるとしている。つまり、避難経路は、人間の避難経路選択特性をふまえて計画されなければならないということである。この視点に基づいて、本研究は、安全な避難経路が確保された状況を仮定した上で、空間条件と人間の経路選択傾向との関わりを明らかにすることを目的としている。

### 4-2 研究の方法

本研究では空間として地下街を取り上げ、撮影したスライドを実験室で被験者に2枚1組同時に提示し、一対比較判断させたデータをもとに分析する。スライドを提示する組み合わせ方により次の2種の実験を行った。なお、スライドは大阪・神戸の各地下街の通路、階段等を撮影したものである。

〔実験Ⅰ〕あらかじめ、一つの要因が異なり、他の要因はほぼ共通していると考えられるスライド2枚を1組として計15組を被験者に提示し、火災時を想定して瞬間的にどちらへ逃げるか判断させ、選択の理由を聞く。

〔実験Ⅱ〕あらかじめ要因は設定せずに、スライド5枚を1組として、A～H組まで8組つくる。各組について全ての対を提示し、火災時を想定して瞬間的にどちらへ逃げる

か判断させる。

実験Ⅰでは、設定した要因と選択理由との整合性は低く、意味のある結果は得られなかった。一つの要因が異なり、他の要因はほぼ共通しているスライドの組合わせを得ること自体困難な作業であり、本当にそのような組合わせが得られたかどうか疑問である。実験Ⅱのように要因を設定せず、実験データの分析から要因を抽出する方が、ここでは適しているようである。従って以下、実験Ⅱについての概要と分析結果を示すことにする。

#### 4-3 実験の概要

##### (1) 被験者の選定

実験Ⅰと同じ被験者のうち男女各15名計30名をA、B組の被験者とし残りの男女各15名計30名をC、D組の被験者とした。同じ被験者に大量な比較判断をさせないためにE～H組については、別の男女各15名計30名を被験者とした。なお、被験者は18～25才の学生である。

##### (2) 実験装置

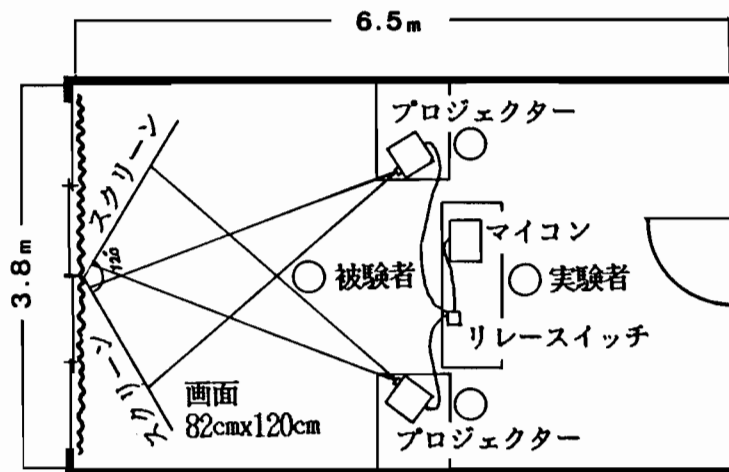


図-1 実験装置概略図

2枚のスライドを同時瞬間的に3秒間映すため、マイコンとリレースイッチを組合わせて2台のプロジェクターを同時に作動させる（図—1参照）。

### (3) 実験手続

被験者に教示を与えた後、一つの組について考えられる対の2枚のスライドを同時に3秒間ずつ提示し、選択をおこなわせる。教示内容は次の通りである。

「スクリーンに地下街のスライドが2枚ずつ順次映されます。あなたが地下街で火事にあったような場合、瞬間的にどちらに逃げようと思うか、2枚のスライドの内一方を選んで右または左で教えてください。スライドは3秒間ずつ映されます。スライドが提示されたらすぐに答えて下さい。」

スライドを映す順序は、連続して映ることによる影響をさけるため同じスライドが続いて映ることがないように配慮し、スライドの左右の位置や映される順番による影響をさけるためランダムに映した。

## 4—4 実験の結果と分析方法について

各スライドの組について表—1に例示するような一対比較データ行列Fが得られる。

表—1 スライドに関する一対比較データ行列F (一部)

第j刺激 第k刺激	スライドの対										
	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	
	2	3	4	5	3	4	5	4	5	5	
被 験 者 (i)	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	
	2	1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	-1	
	3	-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	
	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1
	5	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
	30	-1	-1	1	1	1	-1	1	-1	1	1

(スライドA組)

ここで、 $f_{jk}$ を被験者*i*のスライドの対 ( $X_j, X_k$ ) に対する反応変量とし次のように定義する。

$$f_{jk} = \begin{cases} 1 & (\text{被験者 } i \text{ の判断: } X_j > X_k) \\ -1 & (\text{被験者 } i \text{ の判断: } X_j < X_k) \end{cases} \quad \text{----- (1)}$$

このデータ行列をもとに、まず、サーストンの比較判断の法則による尺度構成法によって、選択の順位を一次的にみる。ついで、多次元尺度構成法により、避難経路選択を規定する要因を次元別に取り出し、どのような要因が経路選択を規定しているのかを明らかにする。

#### 4-5 サーストンの一次元尺度構成法による分析

表-1に例示した一対比較データから各スライド対に対しての選択比率を求め、これをもとにサーストンのケースVの仮定の下での最小ノーマット法により、尺度値を算出した<sup>5)</sup>。

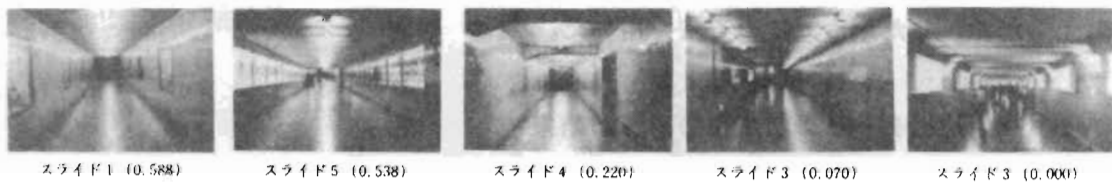
内的整合性が0.01の点で適合したA, C, D, F, Hの各スライドの組についての算出された尺度値とスライドを図-2~6に示す。Aでは、人がいるかどうか、通路の先まで見通せるかどうかの要因がきいていると思われる。Cでは階段までの距離、明るさ、非常口の標示の有無等が考えられるが一元的でない。Dでは、通路幅が広い程、通路の終端部に階段が見える程よく選択されている。Fでは、階段の上部まで見通せるものがよく選択されている。また、Hでは通路が続いているかどうか及び、通路幅の要因が考えられる。以上のことより通路については、「人が少ない」、「通路が続いている」、「幅が広い」、「明るい」等階段については、「階段への距離が短い」、「明るい」、「上まで見通せる」、「通路の終端部に階段がある」等の条件がある時に、より選択されることがわかった。しかし、各組の5枚のスライドの中には様々な要因が含まれており、一次元尺度構成法では、スライドの選択される順序は明らかとなったが、その要因間の関係を知ることは困難である。



図一2 スライドA組の各スライドに対する尺度値（左から、より選択される順に示す。）



図一3 スライドC組の各スライドに対する尺度値（左から、より選択される順に示す。）



図一4 スライドD組の各スライドに対する尺度値（左から、より選択される順に示す。）



図一5 スライドF組の各スライドに対する尺度値（左から、より選択される順に示す。）



図一6 スライドH組の各スライドに対する尺度値（左から、より選択される順に示す。）

#### 4-6 多次元尺度構成法による分析

##### (1) 一対比較データの多次元尺度構成法について

サーストンの一次元尺度構成法では、個人差を前提とせず、同一の観点から比較していると仮定している。しかし、いくつかの要因が各スライドについて考えられ、また、被験者によって比較の観点が異なっていたり、同じ被験者でもいくつかの観点から判断している状況があると考えられる。この状況を説明する方法が一対比較データの多次元尺度構成法である。一対比較によって得られるデータによって多次元尺度値を求め、刺激を空間布置して、選択の要因を抽出しようとする試みは数々なされてきている<sup>6)</sup>。ここでは、回答パターンよりも被験者がどの刺激（スライド）を最もよく選択するかを重視するので、西里の一対比較データの数量化<sup>7)</sup>が、データ加工の性質上適していると考えられる。したがってこの方法を用いた。

##### (2) 一対比較データの数量化の方法と結果

表—1に例示する、 $f_{jk}$ からなるデータ行列に(2)式に示す模型行列をかけると被験者×刺激（スライド）という行列Eが求まる。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \text{----- (2)}$$

$$E = F A \quad \text{----- (3)}$$

被験者の相対的選択傾向を示す行列Eをもとにして、

$$H_n = \frac{E' E}{N n (n-1)^2} \begin{bmatrix} N : \text{被験者数} \\ n : \text{刺激数} \end{bmatrix} \quad \text{----- (4)}$$



とすると、解くべき固有方程式は次のようになる。

$$(Hn - \eta^2 I) x = 0 \quad \text{-----} \quad (5)$$

表—3に、スライド各組について、得られた相関比の2乗 ( $\eta^2$ ) と情報率 (説明率) ( $\delta'$ ) を示す。一対比較データの数量化で対象 (スライド) が5の場合、5次元の軸が得られるが、全ての組で、最初の2軸で全分散の60%以上が説明され、残りの3軸の説明度は低い。従って以下の分析では、最初の2軸をとりあげる。

表—2 表1の一対比較データから式(3)により得られた被験者の相対的選択傾向を示す行列E (一部)

	スライド	1	2	3	4	5
被験者	1	-4	-2	0	4	2
	2	0	0	-4	2	2
	3	2	4	-2	4	0
	4	-4	-2	2	4	0
	5	-4	0	4	2	-2
	30	0	2	0	2	-4

(スライドA組)

表—3 スライド各組のI軸、II軸、III軸に関する統計量

	I軸		II軸		III軸	
	$\eta^2$	( $\delta'$ )	$\eta^2$	( $\delta'$ )	$\eta^2$	( $\delta'$ )
A	0.2359	(55.29)	0.1079	(25.21)	0.0497	(11.64)
B	0.2694	(61.68)	0.0938	(21.49)	0.0458	(10.48)
C	0.1843	(44.96)	0.0856	(20.89)	0.0803	(19.63)
D	0.2098	(49.18)	0.1147	(26.89)	0.0554	(12.99)
E	0.2874	(64.83)	0.0827	(18.64)	0.0699	(9.88)
F	0.1759	(40.91)	0.1298	(30.10)	0.0699	(16.27)
G	0.1400	(38.17)	0.1052	(28.69)	0.0702	(19.14)
H	0.1947	(45.99)	0.0957	(22.61)	0.0784	(18.52)

### (3) 数量化の結果による経路選択要因分析

スライドA組～H組の中から、特徴的な要因を含む組合わせA, B, D組を取り上げて分析する。

〔スライドA組〕 I軸, II軸の得点(表—4参照)にもとづいて、スライドを布置すると、図—7のようになる。各軸のスライドの順序にもとづいて軸の意味を解釈していく。図—7のI軸方向のスライドの順序をみると、スライド3, 4には人がいなく、スライド1, 2, 5には人がいるので、I軸は人がいるかどうか、つまり通行の障害となるものがあるかどうかの要因の次元と考えられる。個人得点をみると正の得点の人が多い。これらの被験者は「人がいない」つまり通行の障害がないという要因を重視し選択を行ったものといえる(図—8参照)。次にII軸についてみていく。負の値をとるスライド1, 2, 3は遠方まで見通せるが、正の値をとるスライド5は人によりスライド4では植木及び壁によって見通せない。したがってII軸は見通しに関する要因の次元と考えられる。被験者の得点のII軸方向の分布を図—8でみると、どちらにも偏ってはいない。これはI軸の影響でスライド4を選択した人が多いため、II軸の正值をとる人が一定の割合いるため、基本的には「見通せる」方向を選択しているものと考えられる。また、サーストンの一次元尺度構成法による尺度値をみても、スライド2, 3はより選択される側にあり、このことが裏づけられる(図—2参照)。したがって図—8の第三象限に布置された被験者3人以外はI軸, II軸で説明ができたことになる。以上I軸, II軸の解釈より、人がいない方、見通しのきく方を選択する傾向のあることがわかった。

〔スライドB組〕 I軸で全分散の62%, II軸で21%, 計83%が説明される。I軸は明らかに階段幅に関する要因の次元で、正の値をとるスライドは階段幅が広く、負の値をとるスライドは階段幅がせまい(図—9参照)。図—10で個人得点の分布をみると、I軸方向では大部分の人が正の値をとっており、階段幅の広い方のスライドがより選択されていることがわかる。II軸についてみると、負の値をとるスライド4には、青色とオレンジ色の大きな標示、また、スライド3, 5には緑色の非常口の標示がある。これに対して正の値をとるスライド1, 2には標示がない。したがってII軸は標示に関する次元であると考えられる(図—9参照)。図—10で個人得点の分布をみるとII軸方向では、

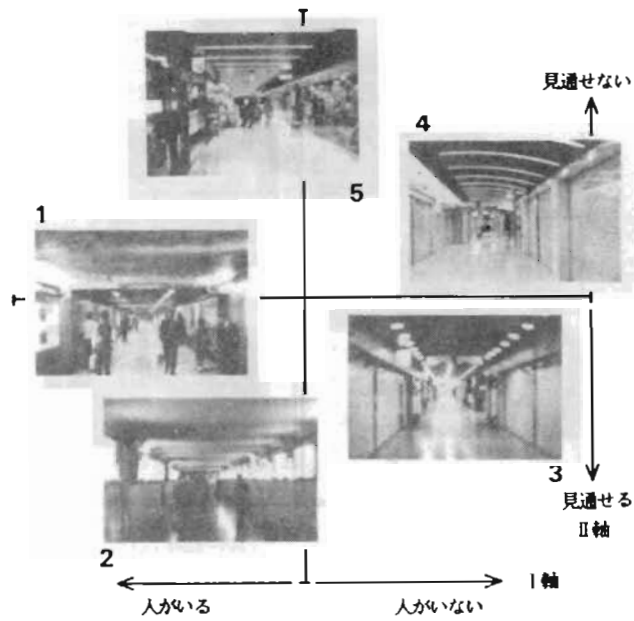
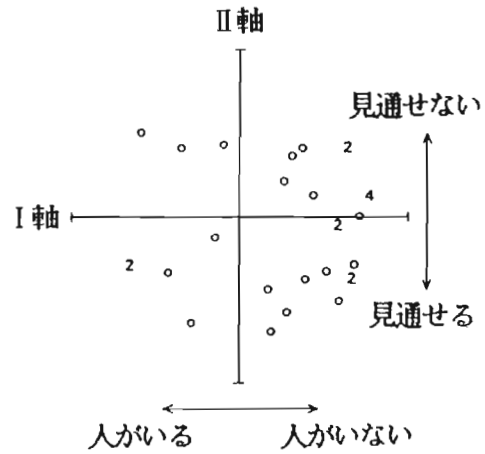


図-7 I軸, II軸の得点にもとづくスライドの布置 (スライドA組)

表-4 各スライドに対する得点

スライド	I軸	II軸	III軸
1	-.72	-.05	-.26
2	-.30	-.38	.08
3	.48	-.33	.24
4	.72	.17	-.32
5	-.20	.58	.26

(スライドA組)



(図中の数字は、同一反応パターンの被験者数を示す)

図-8 個人得点 (I軸, II軸) の布置 (スライドA組)

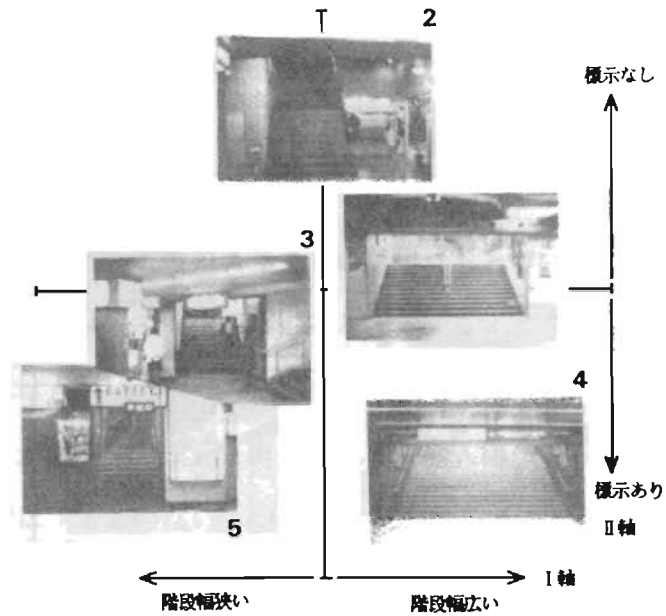
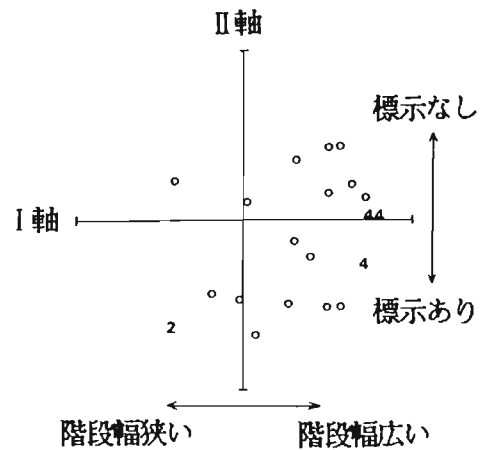


図-9 I軸, II軸の得点にもとづくスライドの布置 (スライドB組)

表-5 各スライドに対する得点

スライド	I軸	II軸	III軸
1	.54	.03	-.30
2	-.08	.63	.11
3	-.45	-.20	-.26
4	.72	-.28	.27
5	-.75	-.20	.18

(スライドB組)



(図中の数字は、同一反応パターンの被験者数を示す)

図-10 個人得点 (I軸, II軸) の布置 (スライドB組)

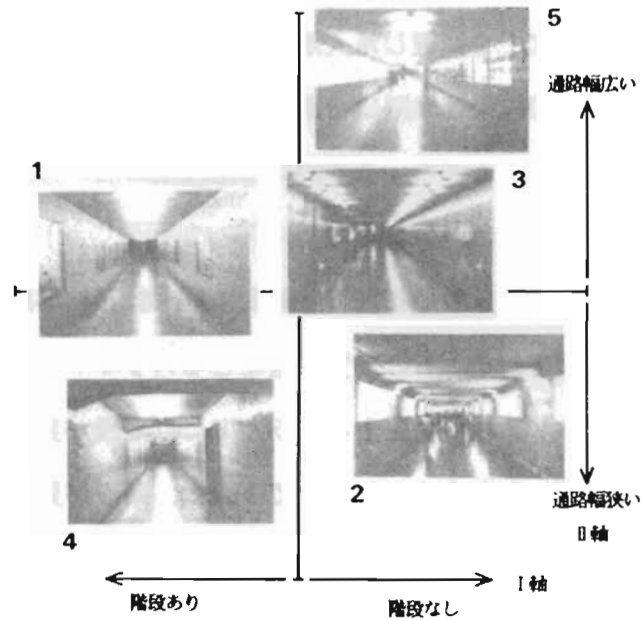
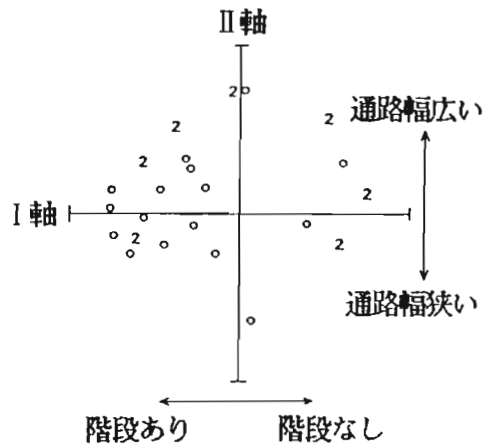


図-11 I軸, II軸の得点にもとづくスライドの布置 (スライドD組)

表-6 各スライドに対する得点

スライド	I軸	II軸	III軸
1	-.60	.12	-.39
2	.72	-.41	-.15
3	.18	.16	-.02
4	-.53	-.43	.32
5	.21	.53	.24

(スライドD組)



(図中の数字は、同一反応パターンの被験者数を示す)

図-12 個人得点 (I軸, II軸) の布置 (スライドD組)

正の値をとっている者と、負の値をとっている者はほぼ同数であるが、A組の場合と同様にI軸の影響でスライド1を選択した人が多いためにII軸の正値をとる人が一定の割合いるのであって、図-10の第3象限に布置された被験者1人以外はI軸、II軸で説明できたことになる。以上のことより、基本的には階段幅の広い方、次には標示のある方を選択する傾向のあることがわかった。

〔スライドD組〕 I軸で全分散の49%、II軸で27%、計76%が説明される。スライドを布置した図-11をI軸方向でみると、負の値をとるスライド1、4はともに通路の終端部に階段が見えているが、正の値をとるスライドには階段が見えていない。個人得点をみると負の値をとるものが多く、したがってI軸は、階段が見えている方が選択されやすいことを示している。次にII軸は通路幅の要因の次元で、正の値から負の値をとるスライドの順に通路幅が狭くなっている。図-12の個人得点のII軸方向の分布より、通路幅の広いスライドの方が選択されることがわかる。またサーストンの一次元尺度構成法の尺度値の順でも、スライド1、5が、より選択される側にあるので(図-4参照)、階段が見える方、通路幅の広い方へ向かう傾向があることがわかる。

#### (4) 経路選択の主要因

A～H組のI軸、II軸の解釈によって明らかにされた要因をまとめて表-7に示す。この表で要因の分類を示したがこれらの経路選択の要因のうち、階段の見通し、行き止

表-7 スライド各組の軸の解釈と要因の分類

	I軸			II軸		
	正	負	分類	正	負	分類
A	人いない*	人がいる	その他	見通せない	見通せる*	進路条件
B	階段幅広*	階段幅狭	広さ	標示なし	標示あり*	標示
C	階段近い	明るい		解釈困難	解釈困難	
D	階段なし	階段あり*	進路条件	通路幅広*	通路幅狭	広さ
E	雑然	整然*	雰囲気	標示あり*	標示なし	標示
F	下部しか 見えない	階段上部 が見える*	進路条件	明るい	暗い	雰囲気
G	人少ない*	人が多い	その他	標示あり	標示なし	標示
H	行止まり	先に続く*	進路条件	淡い色合*	濃い色合	雰囲気

\*印はより選択される側であることを示す。

まりかどうか等、進行方向の様子がはっきりわかる方を選択するという進路条件に関する要因が多い。また、人に関する要因も、スライドでは動きがないため人が見通しをさえぎるかどうかを選択の基準とされたと思われる。したがって、進路条件に関する要因が第一の規定要因となっている。また広さの要因も規定要因となっていることが考えられる。次いで、標示の有無の要因はいずれも第Ⅱ軸に出ている。過去の実験的研究<sup>24)</sup>でも、経路選択の主要因として「最短経路志向」とともに「見えやすさ志向」が指摘されているが、本研究では、「見えやすさ」、つまり進路条件に関する要因が主たる経路選択の要因となることを明らかにした。

#### 4-7 まとめ

本研究では、空間条件と人間の経路選択傾向のかかわりを、火災時を想定したスライド実験による一対比較データの分析をとおしてみた。実火災の場合の緊迫した心理状況での判断はまた異なることも充分考えられるが、どのような空間形態とすれば、設定した避難経路がよく認識され、経路選択されるかという点で一定の評価基準が得られたと考えられる。今後の課題としては、次の2点が指摘できる。

- (1) 本研究では、地下街を例にとって分析したが、他の様々な建築物についても、同様の実験を行って計画の差がどのように経路選択に反映されるかをみること。
- (2) 本研究では要因を、尺度化した値によるスライドの布置から解釈的に抽出したが、逆に、明らかとなった要因を配置して実験を行い検証すること。

#### 注

- 1) 塚本孝一：避難時の人の行動，建築防火論，P.167，建築学大系21，彰国社，1957.
- 2) 建設省住宅局建築指導課：建築防災指針，P.36，新日本法規，1975.
- 3) 室崎益輝：ビル火災と避難行動，法律時報臨時増刊号「現代と災害」，1977.
- 4) 堀内三郎他：避難行動および避難施設について，火災，Vol.27，No.6 (111)，1977.
- 5) 田中良久：心理学的測定法第2版，P.159，東京大学出版会，1977.
- 6) 例えば，林知己夫：情報処理と統計数理，産業図書1970 (292-304) の二者比較にもとづく数量化では，回答一致度による数量化Ⅳ類で被験者をグルーピングしグループごとの尺度化をはかる。その他，齊藤堯幸：多次元尺度構成法，朝倉書店，1980 (133-137) の展開法モデル，高根芳雄：多次元尺度法，東大出版会，1980 (154-159) のサーストンの尺度構成法に基づく非計量データの多次元尺度法等がある。
- 7) Nishisato, S. : Optimal scaling of paired comparison and rank order data : an alternative to Guttman's formulation. Psychometrika, 1978, 43, 263-271.
- 8) 堀内三郎：百貨店等の火災時における避難者の階段（経路）選択に関する実験的研究，消防研修，第26号，消防大学校，1979.

## 第5章 階段室における2群集の合流に関する実験

### 5-1 研究の目的

高層建築物における火災時、各階の群集が一度に階段を利用した場合、階段室へ流入しようとする群集と上階から下階へ避難しようとする群集との合流現象が生じる。群集が合流することにより合流場所での滞留が起こり、その態様によって避難時間は左右される。過去の関連する研究において、2群集がどれぐらいの割合で合流するか、即ち、合流比を実験的に確かめた研究はない。一般に行われている避難計算においても、この合流比について厳密な取り扱いをしていない。しかし、デパートなどのように人が多く集まる場所や高層建築物においては、階段室入口の扉幅の影響とともに合流による影響は無視できないと思われる。したがって、階段室での2群集の合流状態、特に合流比に着目することによって現実に即した階段室内の群集の挙動をとらえ、それをもとに合理的な避難計算式を導く必要がある。そこで、研究の第一段階として標準的寸法の階段を用い、実際に人を多数集め避難訓練的な実験を行い、2群集合流に関わる要因を探り、合理的避難計算式を導くてがかりを得ることが本研究の目的である。

### 5-2 研究の方法

以下に示すように、実際の階段を用い、多数の被験者を2群集にわけ、避難訓練の要領で1群集は上階から階段を降下させ、あとの1群集を通路から階段室に流入させることによって両群集が合流する状況をつくりだし、これをビデオで撮影後、各被験者の合流区画への流入時間、流出時間を測定し、これをもとに分析する。

#### (1) 実験施設

実験に使用した階段室は、神戸大学工学部環境計画学科棟の屋内避難階段である。階段・通路の形状及び寸法は、図1に示す通りで、屋内避難階段として一般的なものと考えられる。本実験に先だち、測定方法、各条件の設定、2群集の各被験者数、被験者の誘導方法等を検討するために予備実験を実施した。



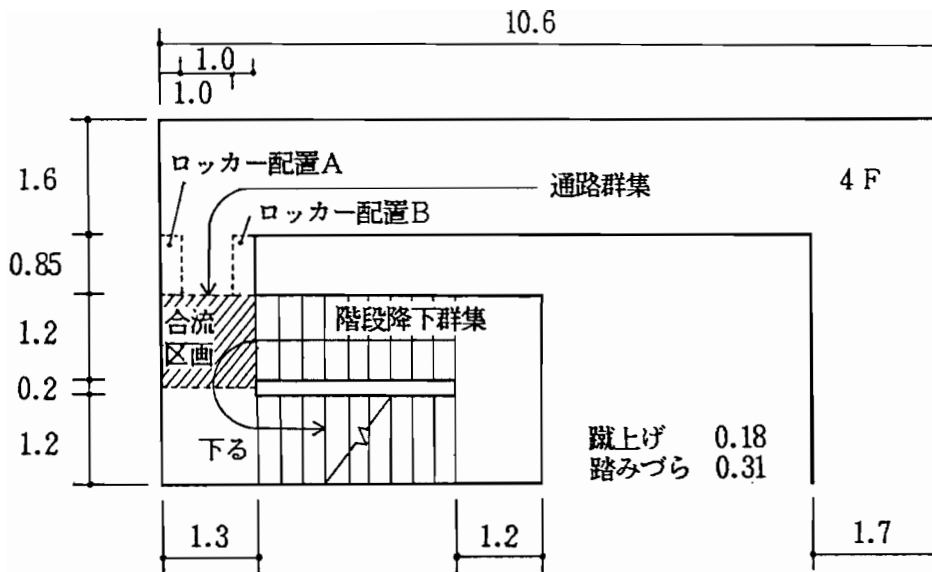


図1. 実験に用いた階段・通路の形状 (m)

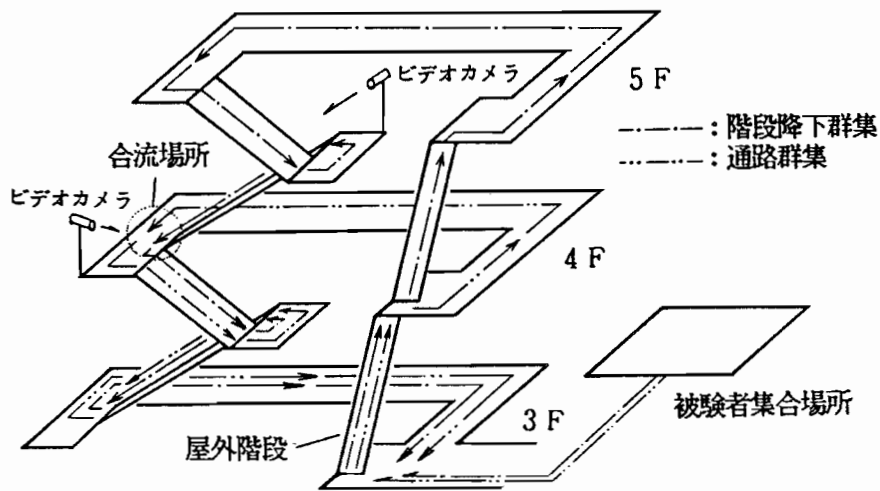


図2. 実験の概要

## (2) 被験者

青年男子約 115名、女子約35名、計約 150名（表 1 参照）。被験者は、粗品を進呈することを条件に主に大学生を対象として募集した。

表 1. 各条件の群集人数

	第 1	第 2	第 3	第 4	第 5
通路群集の人数	85(23)	86(25)	85(25)	86(25)	86(25)
階段降下群集の人数	68(11)	67(11)	67(11)	65(11)	66(11)
合計	153(33)	153(36)	152(36)	151(36)	152(36)

( )内の数字は女性の内数を示す。

## (3) 実験手続 (図 2 参照)

まず、集合場所において被験者に教示を与える。教示の内容は、「赤組は、5階から、白組は4階から、誘導員の合図とともに、避難訓練の要領で避難してください。そのあと誘導員の指示に従って下さい。」というものである。歩行速度については、意識すると不自然な動きとなるため特に指示しなかった。赤組は階段室を上階から降下する群集であり、もう一方の白組は、通路から階段室に流入して下階に避難する群集である。教示の後、各被験者にハチマキを渡しそれぞれの群集の色になるように着用させる。誘導員が2群集を実験場所の指定の位置まで誘導した後、合流のタイミング、階段室入口の形態等各条件のもとで2群集に避難開始の合図をおくる。各被験者が階段を降下し3階に到達後、避難開始の位置にもどるように3階の誘導員が指示する。3.5 に示す各条件下でこの手順を5回くりかえしたのち、粗品を進呈した。

## (4) 測定方法

合流点での合流状態を2台のビデオカメラで撮影する。1台のカメラは4階と5階の間の踊り場隅上部に設置し、主として通路から流入する群集の流動を撮影、もう1台のカメラは合流場所隅上部に設置し、主として5階から階段を降下してくる群集の合流場所での流動を撮影する（図 2 参照）。撮影した画像にデジタルタイマーを映し込み、こ

れをスロー再生して2群集各被験者の4階合流区画（図1参照）への流入時及び流出時を0.1秒単位まで読み取る。

#### (5) 実験条件

実験の条件として、以下の5条件を設定する。実験はこの順に行った。

〔第1条件〕5階からの階段降下群集が4階踊り場に流入しているところへ4階通路から群集を合流させる。

〔第2条件〕4階通路から群集が踊り場に流入しているところへ5階からの階段降下群集を合流させる。

〔第3条件〕2群集を同時に4階踊り場で合流させる。

〔第4条件〕4階階段室入口通路のA位置にロッカーを配置して通路幅を1.3mから1.0mに狭める（図1参照）。なお、2群集は同時に4階踊り場で合流させる。

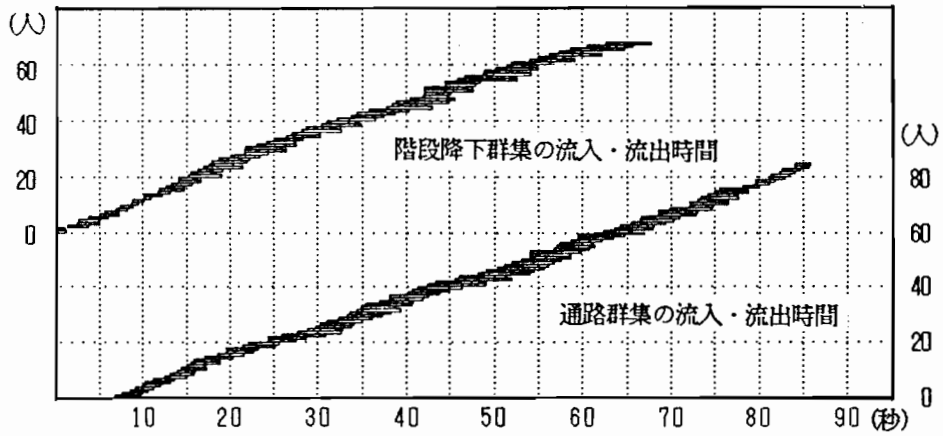
〔第5条件〕4階階段室入口通路のB位置にロッカーを配置して通路幅を1.3mから1.0mに狭める（図1参照）。なお、2群集は同時に4階踊り場で合流させる。

第1～第3条件は2群集が踊り場で合流するタイミングの違いが合流比に及ぼす影響を解析しようとしたものであり、第3～第5条は階段室入口通路幅の違いと通路と階段室の接続形態の違いが合流比に及ぼす影響を解析しようとしたものである。

### 5-3 結果と分析

#### (1) 結果の整理

2群集各被験者の4階踊り場の合流区画（図1参照）への流入時、流出時のデータをもとに、単位時間当たりの流入人数、流入比率（通路群集の流入人数/2群集合計流入人数）、合流区画の群集密度、通路からの流入群集の合流区画における歩行速度等を算出する。これをグラフ化したものが図3～図7である。なお、流入人数、及び、群集密度は、時定数6秒として算出した。第1～第3条件において実験条件として合流のタイミング（どちらの群集が先に流入するか）を変えることを試みたが、第1条件では階段降下群集が踊り場に流入して6.7秒後に通路群集が合流、第2条件では、通路群集が踊



合流区画における2群集の流入・流出時間の推移 (第1条件)

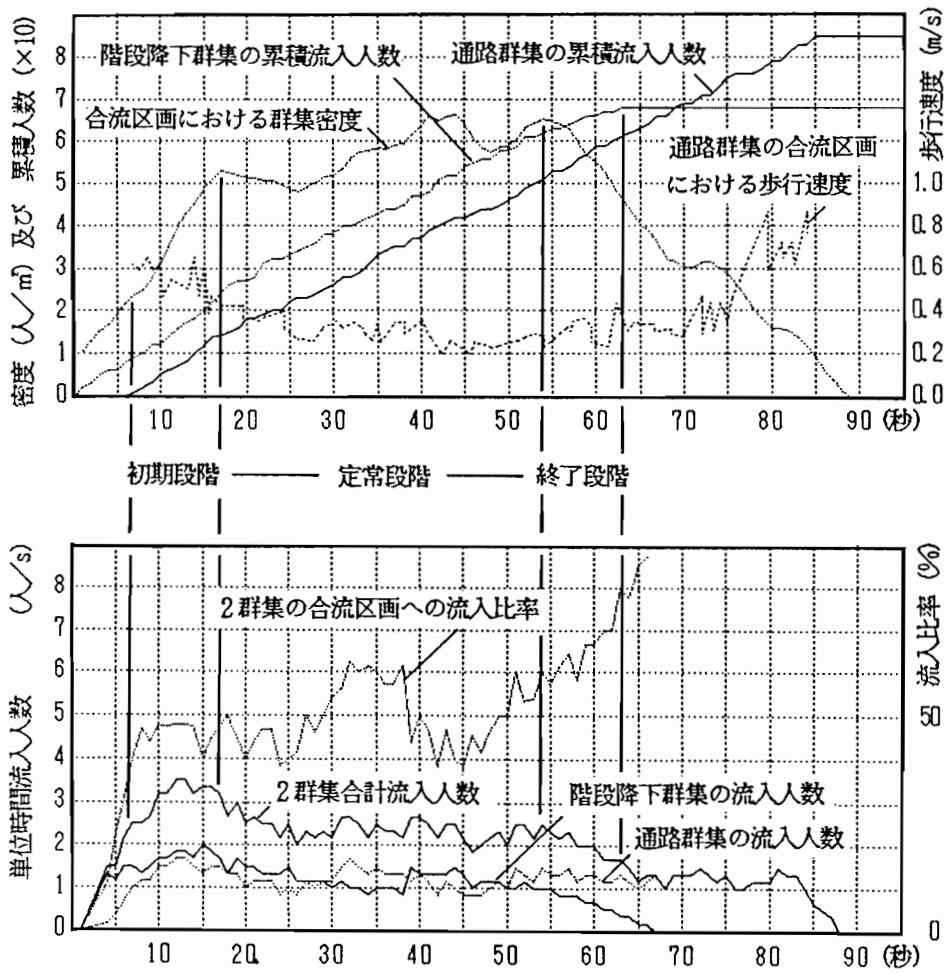
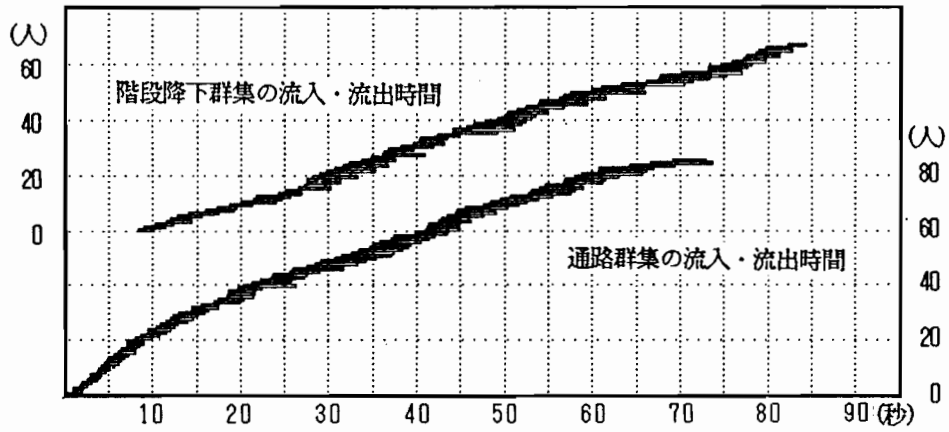


図3. 各指標の時間的推移と流動状態の段階 (第1条件)



合流区画における2群集の流入・流出時間の推移 (第2条件)

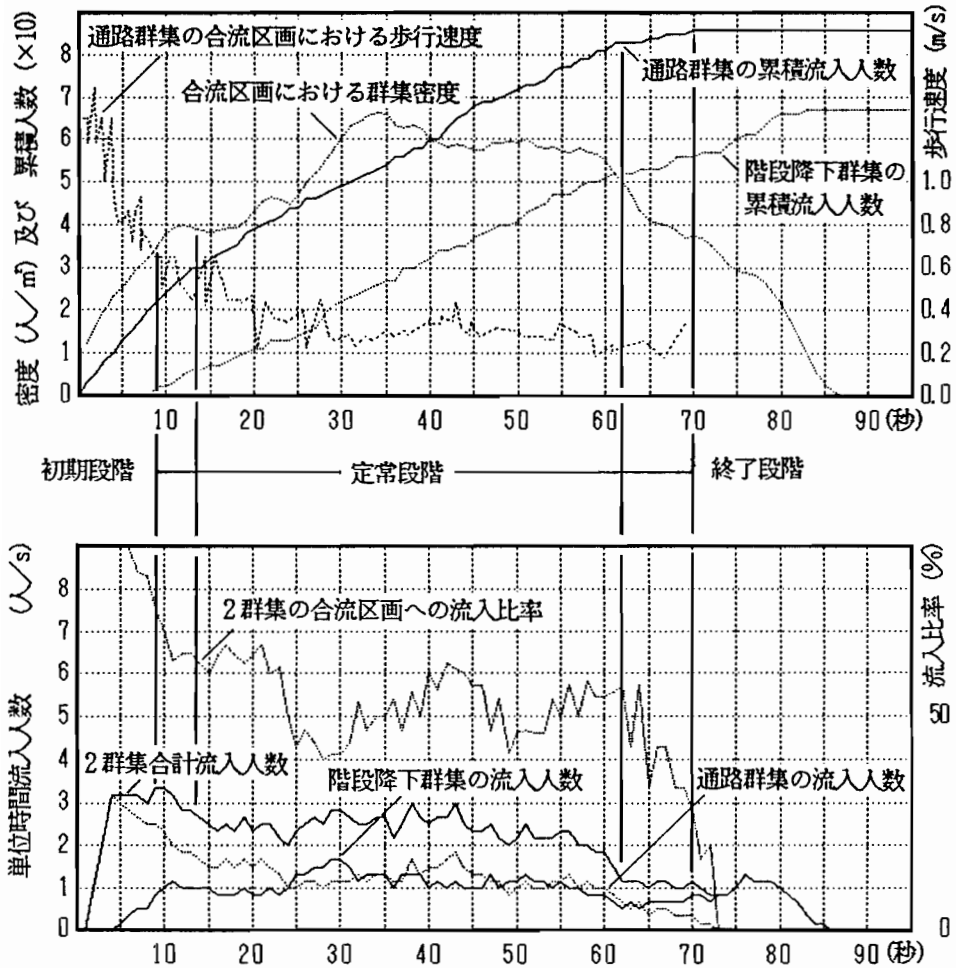
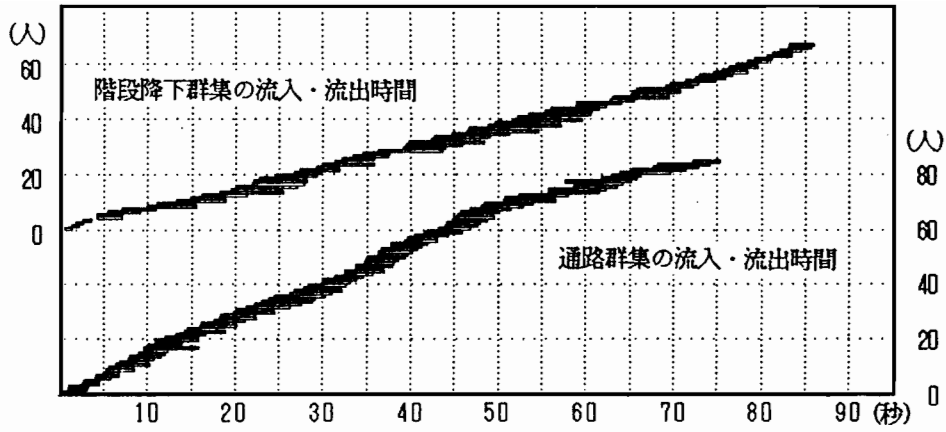


図4. 各指標の時間的推移と流動状態の段階 (第2条件)



合流区画における2群集の流入・流出時間の推移 (第3条件)

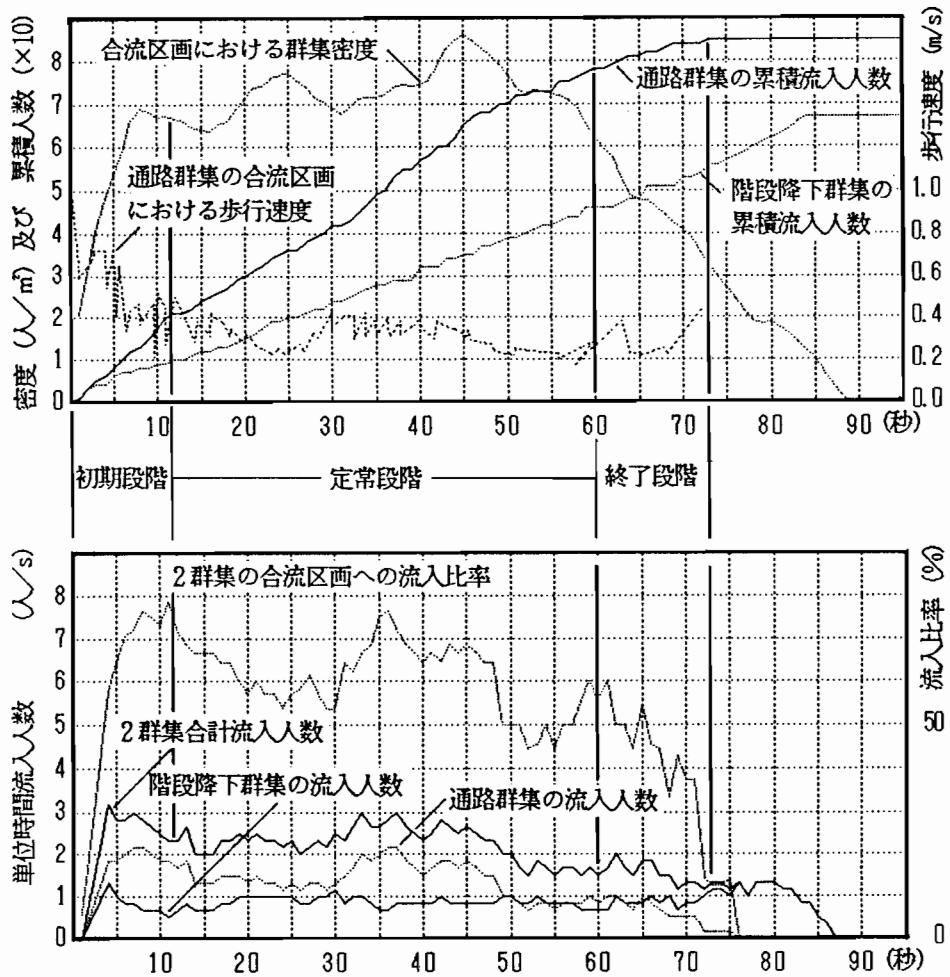
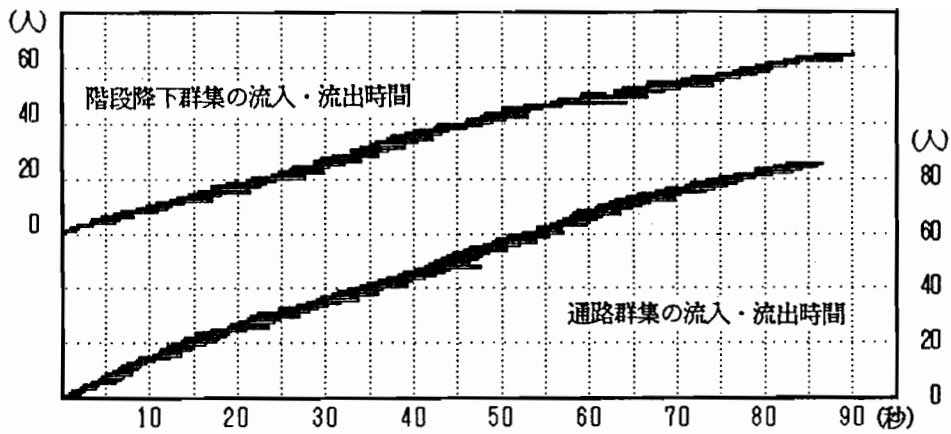


図5. 各指標の時間的推移と流動状態の段階 (第3条件)



合流区画における2群集の流入・流出時間の推移 (第4条件)

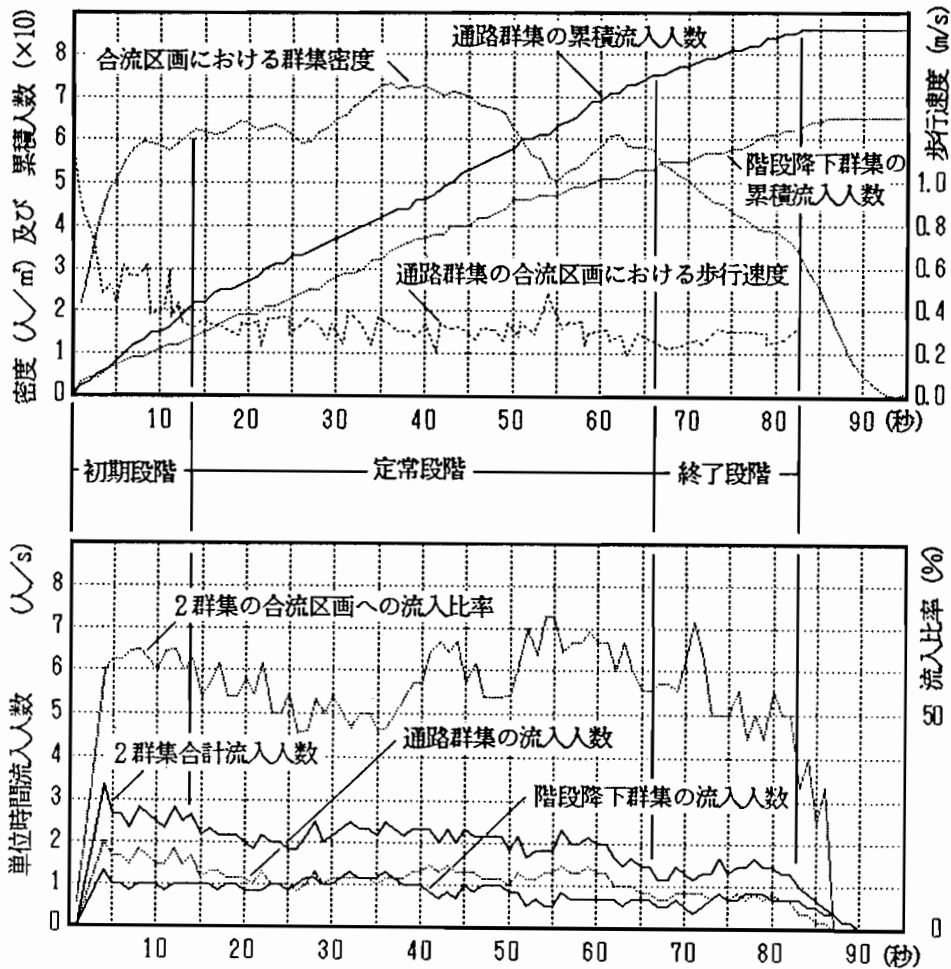
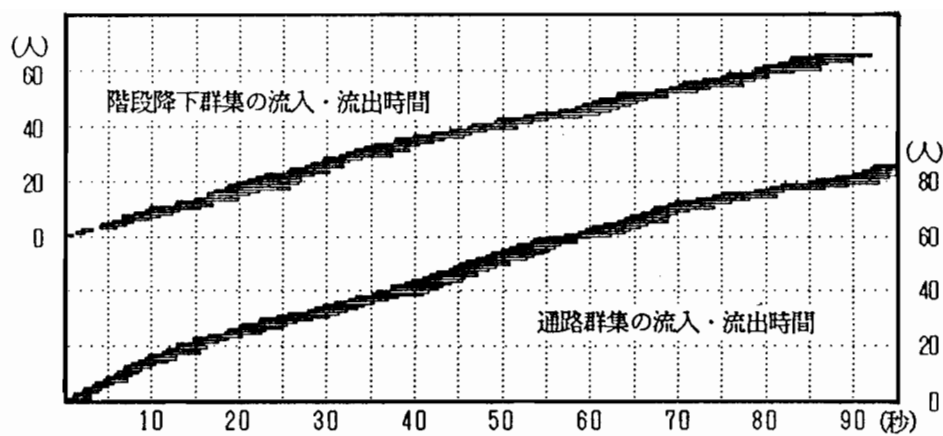


図6. 各指標の時間的推移と流動状態の段階 (第4条件)



合流区画における2群集の流入・流出時間の推移 (第5条件)

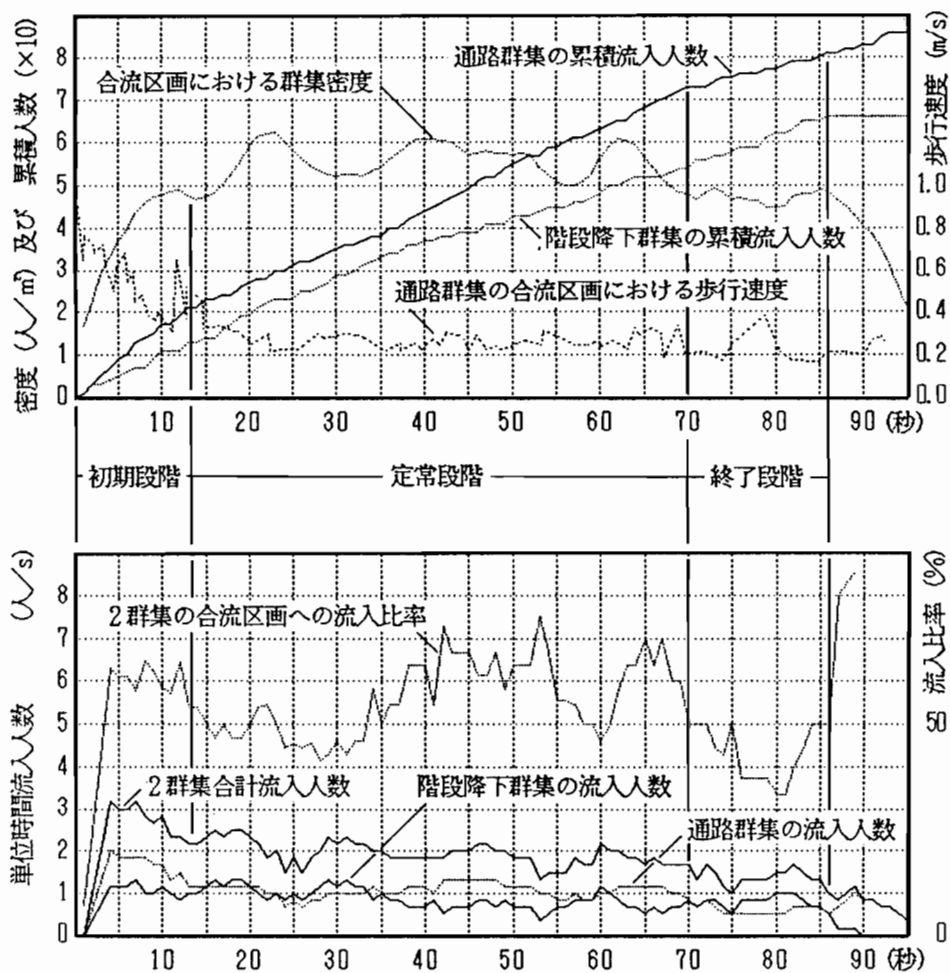


図7. 各指標の時間的推移と流動状態の段階 (第5条件)



り場に流入して 8.3秒後に階段降下群集が合流，第3実験では通路群集が踊り場に流入して 0.6秒後に階段降下群集が合流，第4，第5実験においては，いずれも通路群集が踊り場に流入して0.1秒後，0.5秒後に階段降下群集が合流しており，ほぼ設定条件どおりのタイミングとなっている。

## (2) 流動状態の段階

2群集が合流後の流動状態は以下の3段階に区分して考えられる。

〔初期段階〕合流場所である踊り場の密度が低密度から高密度へ移行する段階であり，各個人が周囲の流動状態に拘束されず，2群集が比較的自由に合流することが可能なため2群集の流入状態が非定常な段階。

〔定常段階〕踊り場の密度が高密度状態を維持するため各個人が周囲の流動状態に拘束され，2群集の流入状態が均衡を保つ定常な段階。

〔終了段階〕両群集または一方の群集が踊り場への流入を完了しつつあり，後続群集からの圧力が減少し，各個人が互いに距離をとることができるようになるため，踊り場の密度が下降をたどり，2群集が比較的自由に合流を行う段階。

上記の3段階の時間帯を区分するために両群集の累積流入人数を求め，図3～図7に示す。これをもとに，各条件における3段階の時間帯を設定する(表2参照)。

表2. 各条件における3段階の時間帯

	初期段階	定常段階	終了段階
第1条件	7～17秒	17～55秒	55～62秒
第2条件	8～13秒	13～62秒	62～70秒
第3条件	0～12秒	12～60秒	60～73秒
第4条件	0～13秒	13～66秒	66～83秒
第5条件	0～13秒	13～70秒	70～86秒

## (3) 各段階での合流比率

前項で設定した3段階の時間帯について図3～図7より数値を読みとり，単位時間当

たりの流入人数 (人/s), 流率〔流動係数〕 (人/m.s), 流入比率 ( $N_a/N_a+N_b$ ), 流率合流比率 ( $F_a/F_a+F_b$ ) を算出した (図8, 表3参照)。

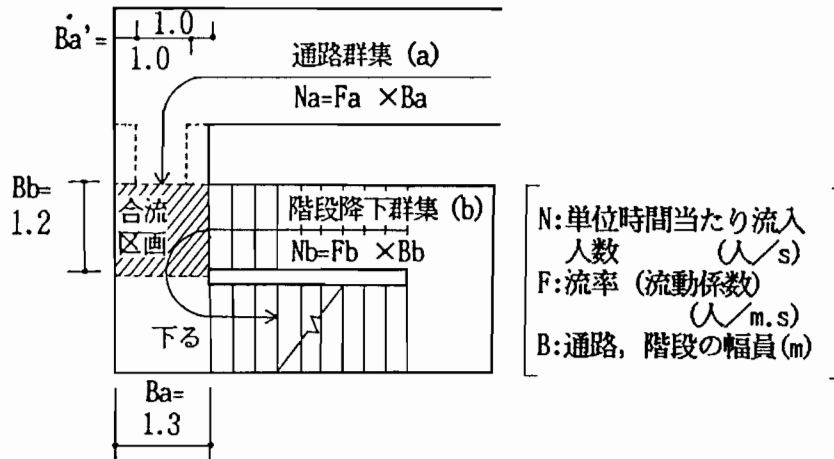


図8. 記号の設定

表3. 合流後の2群集の各段階における流入状態

合流後の段階	実験条件	通路群集 (a)		階段降下群集 (b)		2群集合計流入群集		流入比率	流率合流比率
		Na	Fa	Nb	Fb	Na+Nb	Fa+Fb	$\frac{Na}{Na+Nb}$	$\frac{Fa}{Fa+Fb}$
初期段階	第1	1.50	1.15	1.50	1.25	3.00	2.40	50.0	47.9
	第2	2.00	1.54	1.20	1.00	3.20	2.54	62.5	60.6
	第3	1.67	1.28	0.83	0.69	2.50	1.97	66.8	65.0
	第4	1.54	1.54	1.00	0.83	2.54	2.37	60.6	65.0
	第5	1.62	1.62	1.00	0.83	2.62	2.45	61.8	66.1
定常段階	第1	1.03	0.79	1.05	0.88	2.08	1.67	49.5	47.3
	第2	1.06	0.82	0.94	0.78	2.00	1.60	53.0	51.3
	第3	1.21	0.93	0.75	0.63	1.96	1.56	61.7	59.6
	第4	1.04	1.04	0.75	0.63	1.79	1.67	58.1	62.3
	第5	0.91	0.91	0.74	0.61	1.65	1.52	55.2	59.9
終了段階	第1	0.88	0.67	0.63	0.52	1.51	1.19	58.3	56.3
	第2	0.50	0.38	0.50	0.42	1.00	0.80	50.0	47.5
	第3	0.54	0.41	0.77	0.64	1.31	1.05	41.2	39.0
	第4	0.65	0.65	0.59	0.49	1.24	1.14	52.4	57.0
	第5	0.50	0.50	0.69	0.57	1.19	1.07	42.0	46.7

#### (4) 結果の考察

群集の流動状態を把握するために、まず群集密度と歩行速度の関係をみる。次いで、合流のタイミングの差、通路と階段室の接続形態の違いによって、通路群集及び階段降下群集の合流区画への流入量が左右されるかどうかを流動状態の各段階別にみていく。また、定常段階にみられる周期性の考察を通じて合流のメカニズムをさぐる。

##### ① 踊り場における群集密度と歩行速度の関係

第1～第5条件における流入開始後の踊り場（合流区画）における群集密度と通路から流入した群集の歩行速度の関係をみるために、通路群集の各被験者が合流区画を通過する時の群集密度と歩行速度のデータを図9にプロットする。合流状態の3段階のうち、初期段階においては群集密度が0.0～7.0(人/m<sup>2</sup>)、歩行速度は0.2～1.1(m/s)の広範囲に分布している。定常段階においては群集密度が4.0～8.6(人/m<sup>2</sup>)、歩行速度は0.2～0.4(m/s)の範囲に集中している。また、終了段階においては群集密度が定常段階より低下し、3.0～6.5(人/m<sup>2</sup>)であるが、歩行速度は定常段階と同じく0.2～

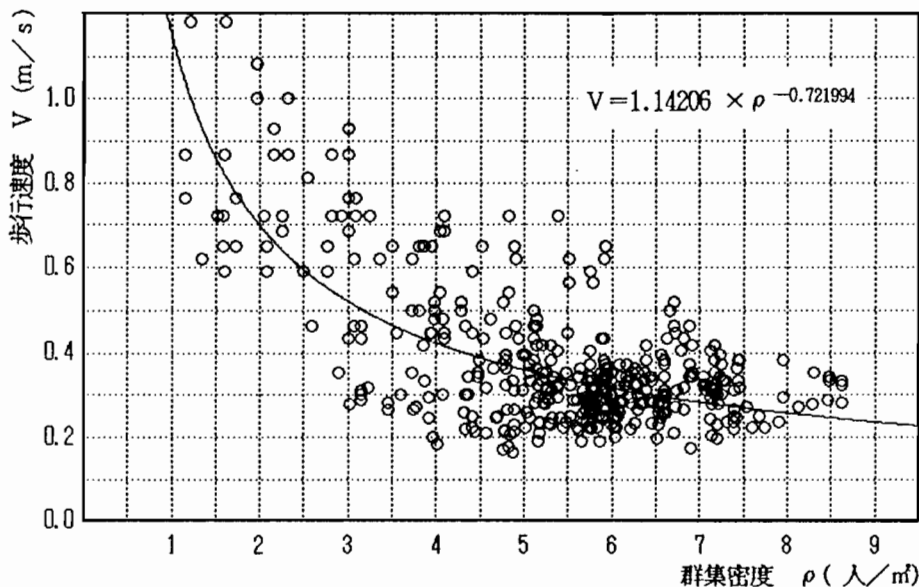


図9. 合流区画における群集密度と通路群集の歩行速度

0.4(m/s) の範囲に集中している。全体を通じて踊り場における群集密度 ( $\rho$ ) と通路群集の歩行速度 ( $V$ )の間には

$$V = 1.14206 \times \rho^{-0.721994} \quad \text{-----(1)}$$

の関係が認められ、(1)式の係数の値は一般の水平な通路における一方向流に関する木村・伊原式<sup>1)</sup>の値と近似しており、標準誤差 4.33499で相関係数は0.6719となっている。

② 合流のタイミングの違いによる流入量の変化 (第1条件～第3条件)

(2)で設定した段階別に流率、及び、流率合流比率をみることによって流入量をとらえ、実験条件による結果の差について考察する。〔初期段階〕

各条件の初期段階での通路群集の流率 ( $F_a$ ) と階段群集の流率 ( $F_b$ ) を比較すると表4のようになる。

表4. 初期段階における2群集の流率 (第1～第3条件)

	Fa値 (通路)	大小比較 (Fa, Fb値)	Fb値 (階段)	流率合流比率 Fa/(Fa+Fb) %
第1条件 (階段先行)	1.15	<	1.25	47.9
第2条件 (通路先行)	1.54	>	1.00	60.6
第3条件 (同時流入)	1.28	>	0.69	65.0

通路群集が先に流入した場合は合流後も通路群集が優勢であり、流率合流比率は60.6%となっている。階段降下群集が先に流入した場合は階段群集が優勢とはいっても流率合流比率は47.9%で両群集の流率はほぼ等しい。また、同時流入の場合は圧倒的に通路群集が優勢となっている。これは、踊り場の密度が低密度から高密度へ移行する初期段階では、階段降下群集はステップに拘束されて流入速度が制限されるのに対し、通路群集は歩行速度を速めるとともに、容易に密度を高めて踊り場へ流入でき、流入量が増大するためと考えられる。

〔定常段階〕

各条件の定常段階での通路群集の流率 ( $F_a$ ) と階段群集の流率 ( $F_b$ ) を比較すると表5のようになる。

表5. 定常段階における2群集の流率 (第1～第3条件)

	Fa値 (通路)	大小比較 (Fa, Fb値)	Fb値 (階段)	流率合流比率 Fa/(Fa+Fb) %
第1条件 (階段先行)	0.79	<	0.88	47.3
第2条件 (通路先行)	0.82	>	0.78	51.3
第3条件 (同時流入)	0.93	>	0.63	59.6

定常段階では各条件ともに初期段階に比べてFa値, Fb値の減少が顕著であり, 流率合流比率も減少している。この理由として, この段階では後続群集の圧力により踊り場の密度が高密度状態を維持し, それに伴い, 合流場所直前の階段降下群集及び通路群集の密度も上昇し, 両群集とも一定の歩行速度でしか歩行できない状態となるため, 両群集とも一定の流入量となり, 初期段階のようには通路群集が自由に流入できないことによると考えられる。また, 各条件の優勢順位は合流のタイミングが異なる第1, 第2条件では両群集の流率はほぼ等しく, 合流のタイミングが同時の第3条件では通路群集が優勢を示しており, 定常段階では合流のタイミングの影響はないと考えられる。第1, 第2, 第3条件の順にFa値は増加し, Fb値は減少していることから, 第3条件で通路群集優勢となる理由は慣れの影響がでているとも考えられ, ビデオ観察からも階段降下群集が合流区画への流入を躊躇している様子が見られた。

(終了段階)

各条件の終了段階での通路群集の流率 (Fa) と階段群集の流率 (Fb) を比較すると表6のようになる。

表6. 終了段階における2群集の流率 (第1～第3条件)

	Fa値 (通路)	大小比較 (Fa, Fb値)	Fb値 (階段)	流率合流比率 Fa/(Fa+Fb) %
第1条件 (階段先行)	0.67	>	0.52	56.3
第2条件 (通路先行)	0.38	<	0.42	47.5
第3条件 (同時流入)	0.41	<	0.64	39.0

終了段階では踊り場の密度が下降をたどり, 概してFa値, Fb値ともに定常段階と比べて減少している。この理由として, 両群集ともに後続群集が少なくなり, 後続群集から

の圧力が減少し、各個人が互いに距離をとり、無理をして踊り場への流入を試もうとはしなくなることによると考えられる。

③ 通路幅及び通路と階段室の接続形態の違いによる流入量の変化(第3～5条件)

(2)で設定した段階別に流率、及び、流率合流比率をみていき、実験条件による結果の差について考察する。

〔初期段階〕

各条件の初期段階での通路群集の流率 (Fa) と階段群集の流率 (Fb) を比較すると表7のようになる (A, Bは図1参照)。

表7. 初期段階における2群集の流率 (第3～第5条件)

	Fa値 (通路)	大小比較 (Fa, Fb値)	Fb値 (階段)	流率合流比率 Fa/(Fa+Fb) %
第3条件 (通路全開)	1.28	>	0.69	65.0
第4条件 (A位置閉)	1.54	>	0.83	65.0
第5条件 (B位置閉)	1.62	>	0.83	66.1

初期段階では、いずれの実験条件においても通路群集の流入が優勢であり、また、通路全開の第3条件と通路の一部を閉鎖した第4, 5条件とを比較すると、第4, 第5条件の方がFa値は高い。この理由として、通路幅の有効利用、即ち通路幅が狭まっても通路群集は容易に密度を高めて流入できるためと考えられる。

〔定常段階〕

各条件の定常段階での通路群集の流率 (Fa) と階段群集の流率 (Fb) を比較すると表8のようになる (A, Bは図1参照)。

表8. 定常段階における2群集の流率 (第3～第5条件)

	Fa値 (通路)	大小比較 (Fa, Fb値)	Fb値 (階段)	流率合流比率 Fa/(Fa+Fb) %
第3条件 (通路全開)	0.93	>	0.63	59.6
第4条件 (A位置閉)	1.04	>	0.63	62.3
第5条件 (B位置閉)	0.91	>	0.61	59.9

定常段階では、第3～第5条件を通じて流率合流比率はほぼ60%で本実験で設定した踊り場と通路の接続形態の違いによる影響は認められない。

〔終了段階〕

各条件の終了段階での通路群集の流率 (Fa) と階段群集の流率 (Fb) を比較すると表9のようになる (A, Bは図1参照)。

表9. 終了段階における2群集の流率 (第3～第5条件)

	Fa値 (通路)	大小比較 (Fa, Fb値)	Fb値 (階段)	流率合流比率 Fa/(Fa+Fb) %
第3条件 (通路全開)	0.41	<	0.64	39.0
第4条件 (A位置閉)	0.65	>	0.49	57.0
第5条件 (B位置閉)	0.50	>	0.57	46.7

終了段階では、Fa値、Fb値ともに定常段階より減少しており、②の分析と同様、後続群集に規定されていると考えられる。

#### ④ 定常段階にみられる流入の周期性

各条件ごとに、(2)で設定した定常段階について2群集の踊り場 (合流区画) への流入人数の推移 (図3～図7参照) をみると、定常段階においては両群集ともに踊り場 (合流区画) への流入人数 (人/s) は一定ではなく、以下に示す2形態の合流状態が認められた。一方は第1, 第2, 第4, 第5条件でみられるように、2群集合計流入人数 (人/s) がほぼ一定になるよう両群集の流入量が10～15秒周期で変動する合流状態であり、他方は第3条件でみられるように階段降下流入人数 (人/s) が一定であり、合流区画における群集密度が上昇すると通路からの流入量が減少、その結果、合流区画における群集密度が低下し、再び通路からの流入量が増加し群集密度が増加するという合流形態である。

#### 5. まとめ

本研究では、階段室内において上階から階段を降下して避難する群集と通路から階段室に流入して下階に避難する群集が合流する状況を想定し、避難訓練的な実験を行い、

2群集合流に関わる要因を探った。その結果、次のようなことがわかった。

(1) 合流のタイミング及び通路と階段室の接続形態を操作したことによる影響は明確には現れておらず、基本的に通路群集が優勢となる傾向があり、定常段階を通じての流率合流比率( 通路流率/通路流率+階段流率) は60%前後となっている。しかし、本実験では同一の被験者が同じ試行を5回連続して行ったので、慣れによる影響も無視できない。

(2) 両群集の踊り場(合流区画)への流入は、10~15秒周期で変動する。

現実の緊急避難時の状況により近づくためには、実験方法、実験順序、被験者への教示内容等、まだまだ修正の余地があり、被験者の疲労、慣れに対する配慮も必要と思われる。また、本実験は階段室内における同時避難の最も基本的なパターンであり、合流後の2群集は下階踊り場で流動を妨げることなく放出させており(図2参照)、順次合流を重ねていく現実に近い階段降下群集流を再現するためには、下階の通路からも群集を流入させる方法などが考えられる。

#### 注

- 1) 木村幸一郎・伊原貞敏『建物内に於ける群集流動状態の観察』(日本建築学会論文集大会号,P308, 1937.3)によると、 $V=1.10\rho^{-0.7954}$ であるが、日本建築学会編「建築資料集成3」(丸善)では、 $V=1.272\rho^{-0.7954}$ (修正木村・伊原式)とされている。



## 第6章 避難器具使用時の心理的影響に関する実験

### 6-1 研究の目的

建物を設計計画するに際しては、人命尊重の見地から、火災などの災害が発生した場合において、人間が安全に避難しうるように、避難経路や避難器具が設計されていなければならないことは、当然であるが、その際、避難経路や避難器具が安全に設計されているか否かの評価は、それを利用する人間の避難行動との関わりでなされる必要がある。火災時には、人間の異常な心理が異常な行動を引き起こし、これが原因で生命の危険にさらされることもあるが、この異常心理は避難経路や避難器具のまずさから生じることがある。設計においては、異常心理が引き起こされないような配慮が必要だということである。

また、避難経路や避難器具が用意されていても、その使用を躊躇させるような心理的反応を加えるものであれば、それが利用されない、あるいは、うまく利用できないということが生じる。それゆえ、安心して利用できるようにしておくことが必要である。この安心性というのは、避難経路や避難器具の重要な性能の一つである。

避難経路計画、避難器具設計の是非というものを心理面より問題とするためには、非常における人間の心理や行動について、解明しなければならない。本研究は、避難行動を心理面から解明する試みの一つである。

従来、この解明のために火災事例での意識調査が行われ、ある程度解明されつつあるが、これだけでは、十分でなく限界があると思われるので、なんらか実験的方法を併用する必要がある。本研究では、避難器具を利用し、少数特定の被験者による実験を行い避難行動時の人間の心理の解明を試みた。

### 6-2 実験の方法

非常時における人間の心理状態を把握するには、想定した実験で、被験者の内観（恐ろしさの程度等）を、被験者の言語によって報告してもらう方法もあるが、客観的な指標として生理的な指標を用いて、心理状態を把握できるかどうかみる。本実験では、被

験者の属性や避難器具に対する慣れの程度等の諸条件の下で、避難器具を使用中の被験者の血圧の変化によって人間の恐怖・不安感を把握する。

〔実験条件〕

① 測定方法：

血圧の測定装置としてテレメータ式最高血圧連続測定装置<sup>1)</sup>を用いる。被験者に小型のテープレコーダを装着し、送信機と接続して収録した後、受信機と接続し、時定数10秒で再生表示し、ペンレコーダで描画する。

② 避難器具：

大学内に設置されている緩降機（ロープにより一定速度で地上に降下するもの）

③ 実験的統制：

被験者属性として避難器具に慣れている人と慣れていない人を被験者とし（実験Ⅰ）、慣れは一度めと二度めの降下を比較する（実験Ⅱ）。また、緩降機の設置高さによる比較を行う（実験Ⅲ）。

### 6—3 実験結果と考察

#### (1) 実験Ⅰ（初心者と経験者の差）

① 目的：

被験者側の条件に差をつけ、避難器具を初めて使う人と慣れている人との血圧の変化に差があるかどうかをみる。この際、初心者の血圧の変化は運動量と恐ろしさ、慣れている人の血圧の変化は運動量のみによると仮定し、恐ろしさの分だけ血圧の変化が大となるかどうかをみる。

② 被験者：

避難器具を初めて使う人（初心者）として、大学生男子12名（年齢は21才～29才）、慣れている人（経験者）として、消防士5名（年齢は23才～29才）を選定した。

③ 実施期日：1979年2月10日～17日

④ 試行内容：

まず、姿勢変化による血圧値の変化をみるために第一試行として、地上でベルトをつ

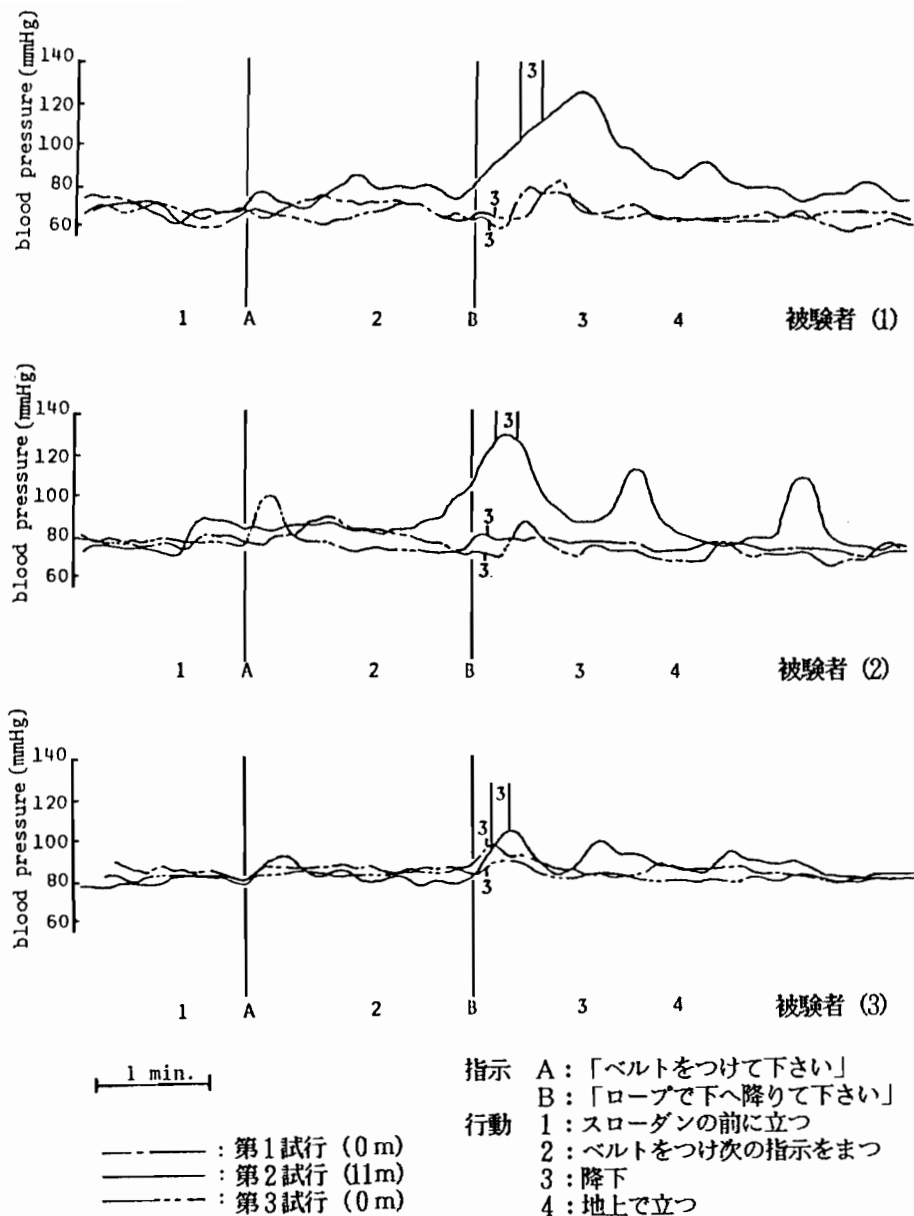


図1. 試行中の血圧の変化 (救助隊員 0m-11m-0m)

け、窓を乗り越えるだけの行動をする。次に第二試行で実際に降下する。「ベルトをつけて下さい」と実験者が指示して予期の状態に入る。2分後「下へ降りて下さい」(同B)と言ったあと降下する。降下後、立位安静とする。次いで、第三試行として第一試行と同様のことをする。これは緩降機の使用の前後で実験に対する緊張感を把握するためである。また、これらの試行前に、MAS (固有の不安の程度のを得点化する心理テ

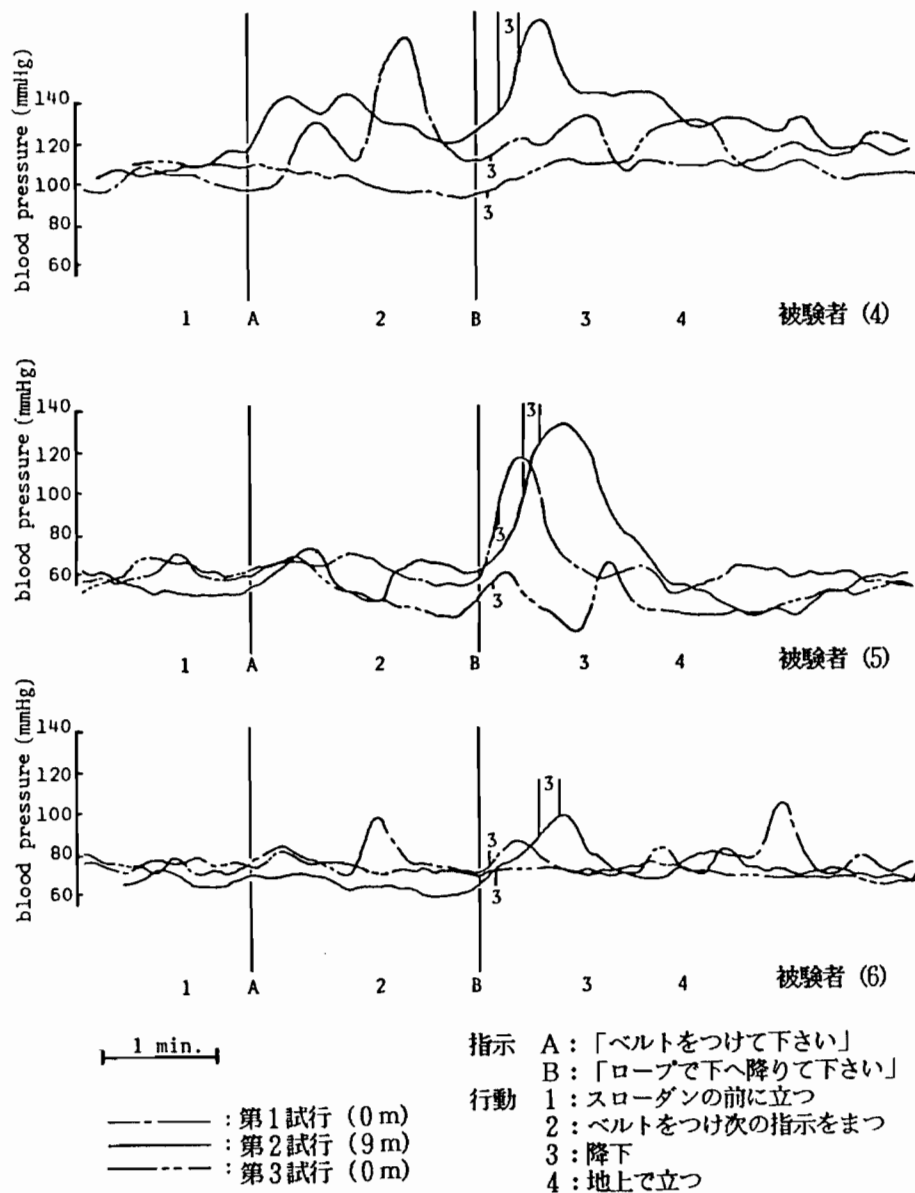


図2. 試行中の血圧の変化 (大学生男子, 0m—9m—0m)

スト), 試行後に, 質問紙調査 (「恐ろしかったか」どうか等) を行う。

⑤ 血圧の測定結果 :

消防士についての測定結果を図1. に示す。被験者5名のうち3名について血圧のデータが得られた。

被験者(1)~(3) (図1.) の平静値は約70~80mmHgを示しているが, これは, 耳検出器

による耳甲介部血圧測定であって、上腕部血圧測定より、経験的に40～50mmHg低い。したがって、70～80mmHgは上腕部血圧（普通にいう血圧）では約110～130 mmHgとなる。この値は、20才台の男子の血圧の正常範囲内にある。

次に、大学生男子のうちデータが得られた3名についての血圧の測定結果を図2. に示す。明らかに消防士に比べて血圧の変化が激しいことがわかる。まず予期時相（AからBまで）では、消防士はほとんど一定の血圧（ただし、Aの指示の直後血圧が少しだけ上昇したり（約10～20mmHg）AよりBにおける血圧が少し高い（約10～20mmHg））であるのに対し、大学生は、この時相での血圧の変動が20mmHg～70mmHgにまで及んでいる。次にB以降については、個人差がそれぞれの被験者の群の中で大きく、また、窓枠の乗り越えや、降下中の筋肉運動（ベルトを握り締めたりする）に差があるので、単純には比較できないが、筋肉運動が激しいことも緊張の現れと考えると、大学生の方が、血圧の変動が大であるので、この変動量の差が、緊張感・恐怖心を示していると言える。また、姿勢変化による血圧の変化は、図1. の被験者(1)～(3)について、A、Bの指示後、第一、第三試行の場合、血圧はほとんど変化していないので、この程度の姿勢変化は血圧に影響がないといえる。

## (2) 実験Ⅱ（慣れの差）

- ① 目的：慣れの影響をみる。
- ② 被験者：大学生男子6名（21才～24才）
- ③ 実施期日：1978年12月18日～26日
- ④ 試行内容：同一被験者が同じ高さから二度降下する。
- ⑤ 血圧の測定結果：

被験者6名のうちデータの得られた4名についての測定結果を図3. に示す。明らかに、第二試行は、第一試行より血圧の変化が小さくなっていることが分かる。この原因として、

- a. 一度避難器具を使用すると、それに対する信頼ができる。
- b. 最初、耳介検出器などの測定装置を付けること等による緊張が二度めは和らぐ。の二つが考えられる。いずれにしても、緊張感・不安感の複合化された情動が、血圧の

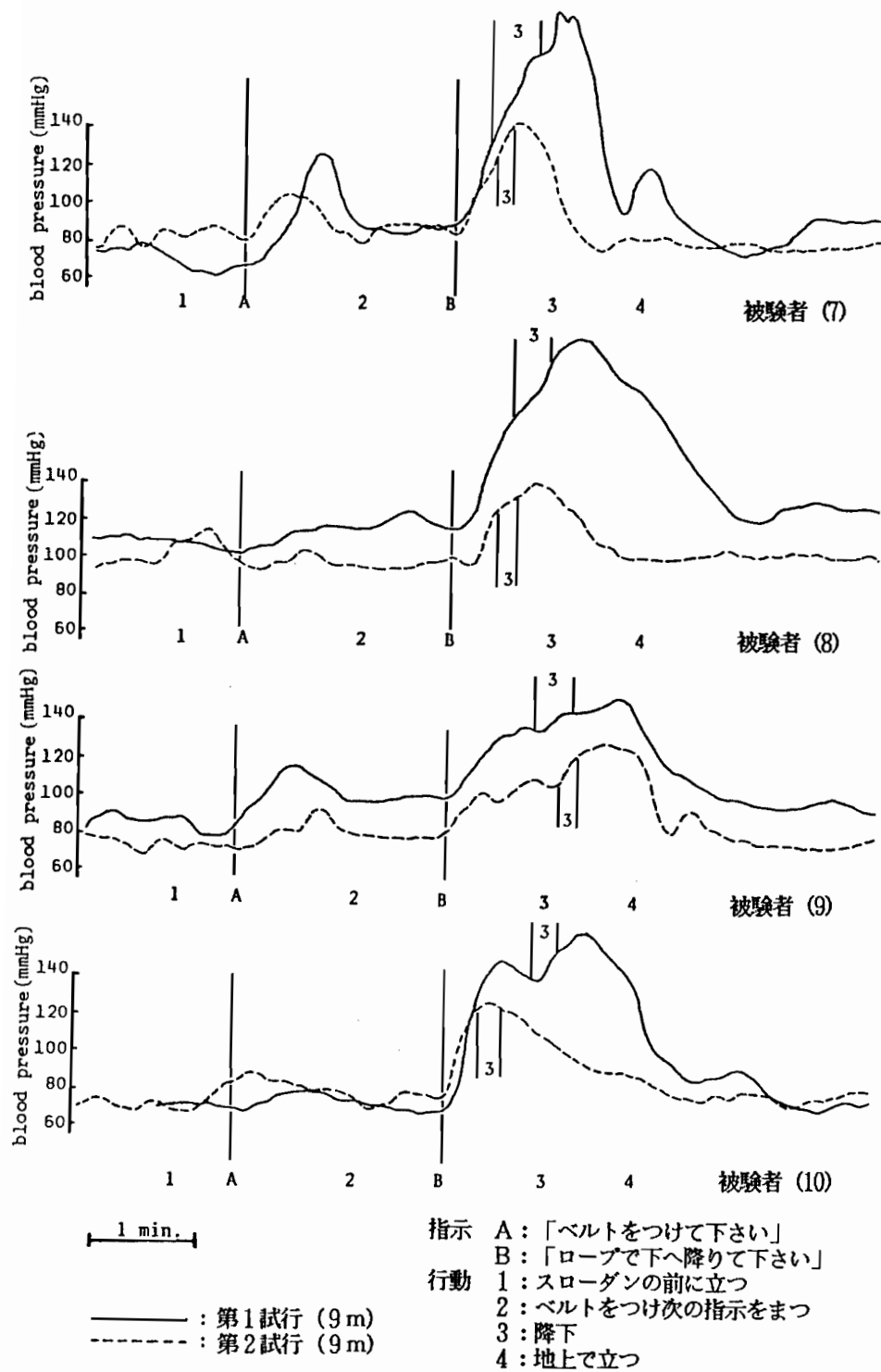


図3. 試行中の血圧の変化 (2度くりかえし, 9m-9m)

上昇を引き起こしていることは、この第一試行と第二試行の血圧の差によって明らかとなった。

### (3) 実験Ⅲ (高さの差)

#### ① 目的：

高さの違い (高さ 8 m と高さ 20 m) によって恐ろしさの程度の差をつけ、血圧との対応をみる。

#### ② 被験者：

大学生男子 11 名 (20~22 才) を試行内容により、先に 8 m から降下し、次に 20 m から降下する A 群と先に 20 m から降下する B 群とに分ける

#### ③ 実施期日：1979 年 1 月 31 日 ~ 2 月 9 日

#### ④ 血圧の測定結果：

A 群のうち、データの得られた 1 名についての測定結果を図 4. に示す。この被験者 (11) の血圧の変化のパターンは実験Ⅱの血圧変化とほぼ同じである。

次に、B 群についてデータの得られた 3 名の測定結果を図 5. に示す。被験者 (12),

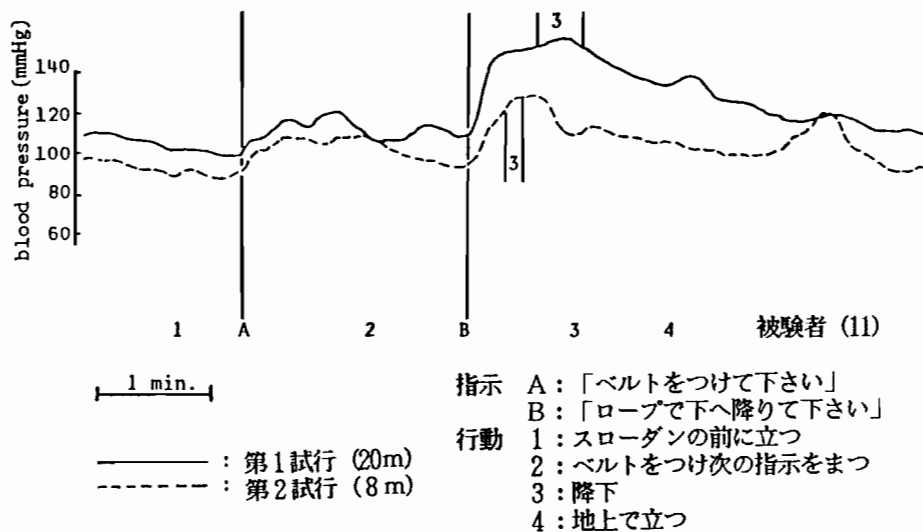


図 4. 試行中の血圧の変化 (20m - 8 m)

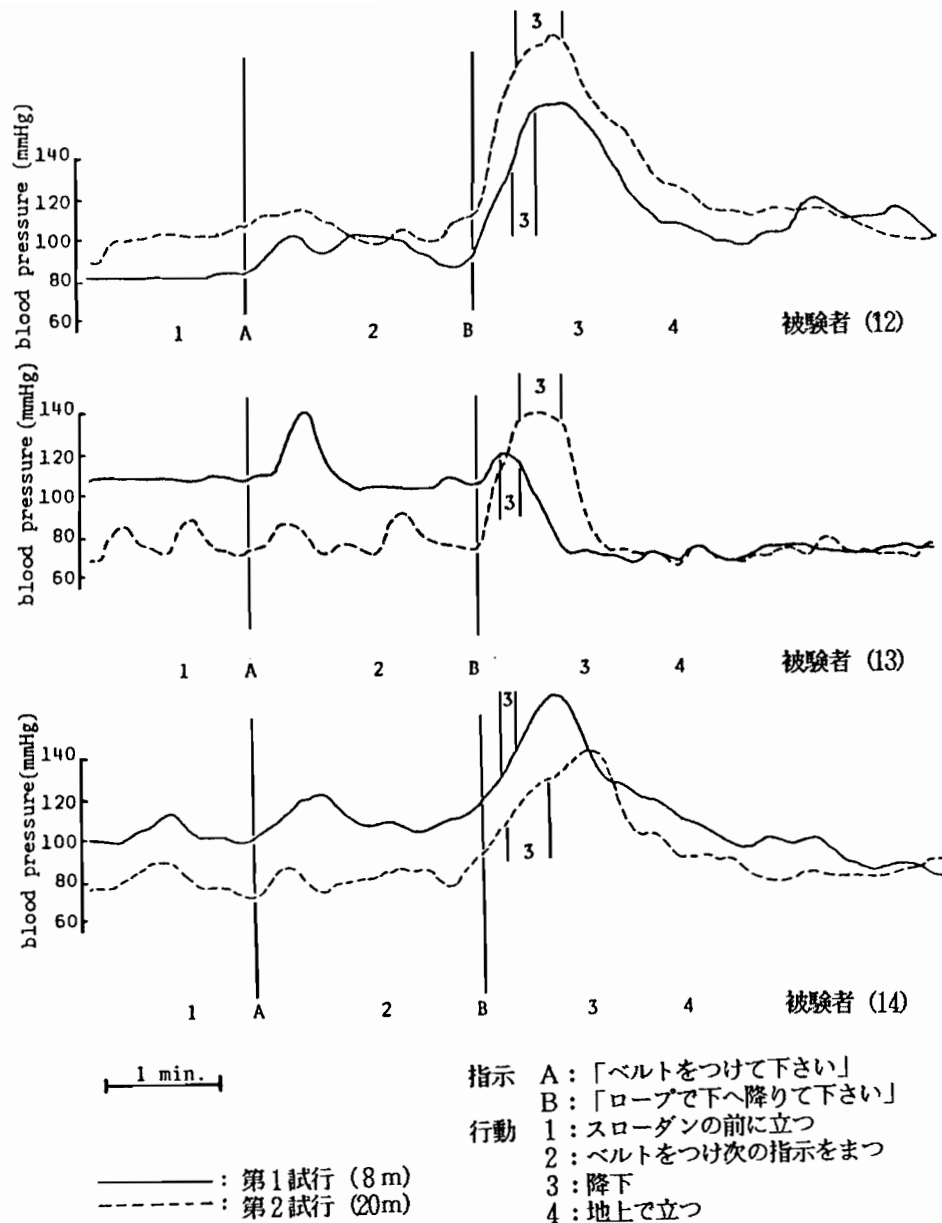


図5. 試行中の血圧の変化 (8m-20m)

(13), (14) はそれぞれ異なった血圧の変化のパターンを示している。(12)は二度めの方が血圧変化が大である。二度めの20mという高さに対する不安が要因となって血圧上昇したものといえる。(13)は降下直後二度めの方が血圧が高い。(12)の場合と同じ理由によるものと思われる。これに対して、(14)では、実験Ⅱの同じ高さから二度繰り返す時の血圧パターンと同じである。これは、血圧を低くする要因 (主に慣れによる) の方が



強かったためであると考えられる。

この実験Ⅲでは、高さの違い、実験に対する緊張感の個人差など、多数の要因がからんでいるので、血圧の変化が多様となっているのである。つまり、実験Ⅱの同じ試行を繰り返す場合では、各被験者とも同様な血圧変化のパターンを示すのに対し、実験Ⅲでは、高さの変化によってこれが乱されたのであるから、高さの違いに対応する不安感と血圧の変化とい、パラレルな傾向にあることがうかがわれる。

#### (4) 反応時間にあられる心理的影響

図6. に、質問紙調査の結果（試行中の恐ろしさの程度）と行動時間（「下へ降りてください」という指示から降下しはじめるまでの準備時間）との対応を示す。「恐ろしくなかった」と思った者は、準備時間が短いのにに対して、「恐ろしかった」者は準備時間が長い。また、MAS得点と準備時間の対応を図7. に示す。固有の不安が高い（MAS得点が高い）程、準備時間が長いことがわかる。これらのことは、個人の不安感が高い程、行動への対応時間が長いことを示しており、個人差を一定説明している。

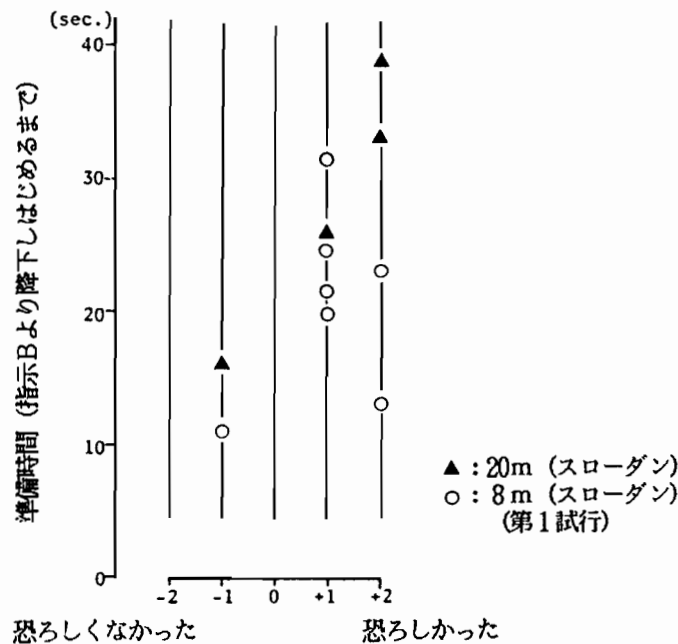


図6. 試行中の恐ろしさの程度と準備時間の対応

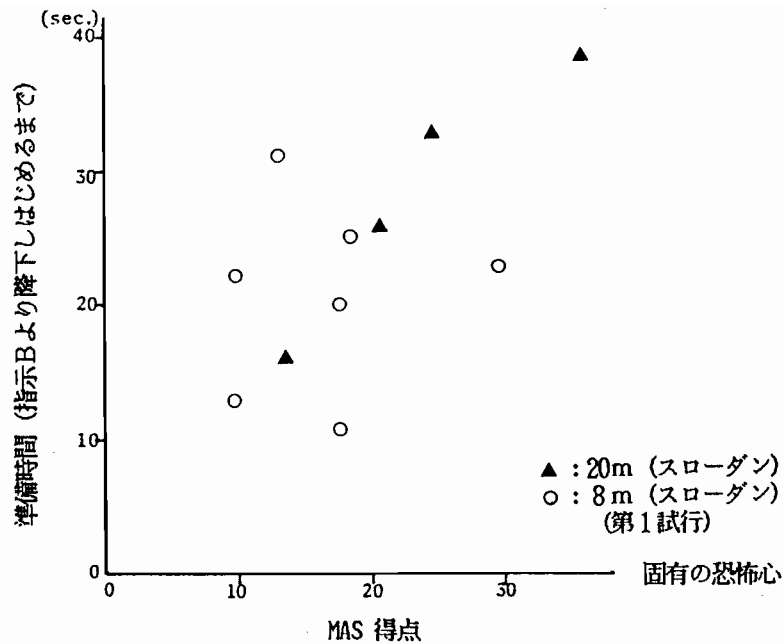


図7. MAS 得点と準備時間の対応

#### 6—4 まとめ

本実験の結果をまとめると次のようになる。

- (1) 避難器具に慣れている者の方が、初心者の場合に比べて、血圧の変化が小さく、また、初心者でも2回繰り返すと、2回目は血圧の変化が小さい。
- (2) 避難器具に慣れている人は、器具に信頼感を持っており、恐怖心をもつ割合が低い。また2回繰り返すと、2回目は、緊張感が低い。
- (3) 以上のことより、血圧の水準、変化は、心理状況と対応して変化していることがわかる。
- (4) 避難器具を使ってみて、恐ろしくなかったと答えた場合ほど、指示から、降下すまでの時間が短い。

以上のことより、避難器具は、それに慣れ親しんだ場合の方が、恐怖心を持つことが少なく、スムーズに避難できるようになることがわかる。したがって、避難訓練等で、要避難者が実際に使ってみることは有効であると考えられる。

注

- 1) 万井正人ほか：「収縮期血圧の連続測定装置に関する研究」，医用電子と生体工学，Vol.14，特別号（1976）P.90.

## 第7章 煙の中における人間の避難行動実験

### 7-1 研究の目的

建築物の避難計画を考える場合、安全域に至る避難経路を確保することが重要なのであるが、防煙区画の不備や覚知時期が遅れた場合、猛煙で避難経路が汚染されることは過去の火災事例より十分に考えられる。これに対して、防煙区画の信頼性を向上させる対策を進めて人間が煙に曝されないようにすることが基本なのであるが、これと同時にフェイルセーフの原則からいって、猛煙下での人間の行動特性をふまえて、避難経路の形態、位置等の設計を工夫することにより猛煙下での避難を容易化することも考えていかなければならない。本研究は、こうした猛煙下での人間の行動特性について、経路選択特性を把握するとともに、歩行限界距離を定める際の基準となる歩行速度を求めることを目的としている。

### 7-2 実験の方法

#### (1) 実験施設

神戸市民防災センターにある耐煙訓練室（図1．参照）を使用する。この室は、10m×10mの大きさで、可動壁（高さ約2.2mの簡易間仕切）により1.4m幅の通路を構成する。なお、この室には煙攪拌装置があり、これにより煙を一様に分布させることができる。また、可変照明装置により照度を調整する。

#### (2) 被験者

防災センター見学者53名、大学生男子64名、同女子30名の計147名。被験者の概要を表1．に示す。見学者は、防災センター主催の研修・訓練の一環として実験の被験者となっていた。なお、慣れによる影響を避けるために各被験者は次に述べる実験条件のうち特定のものについて一試行しか行わない。

#### (3) 実験条件

経路は、可動壁の構成により図1．に示す2つの形態を設定する。経路ⅠではT字路、

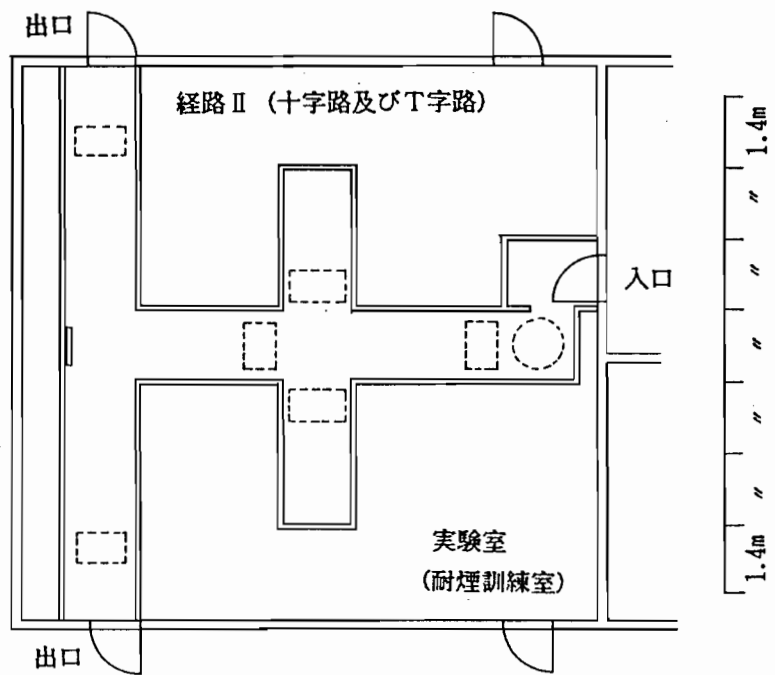
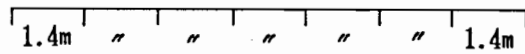
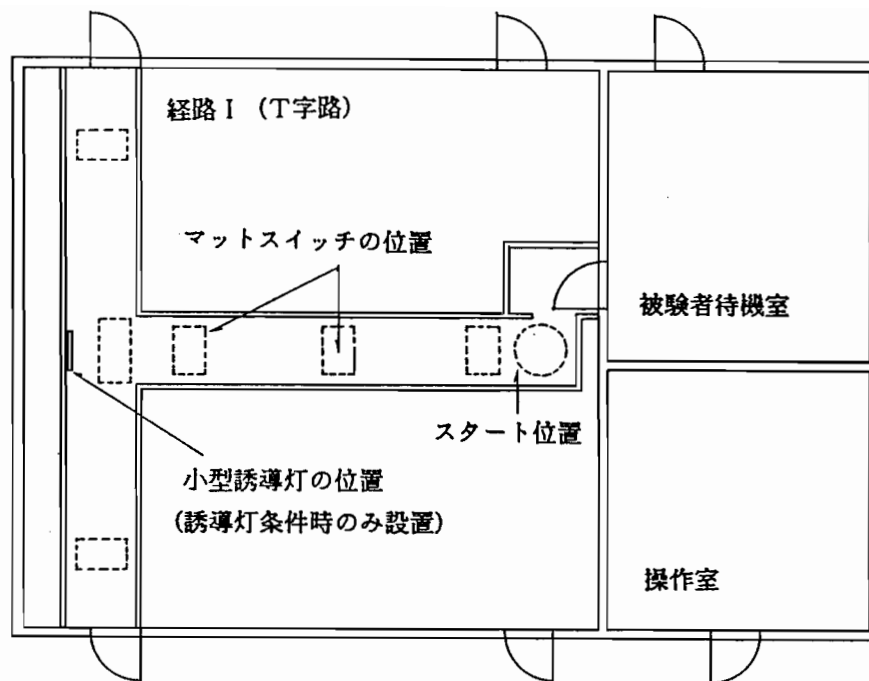


図1. 実験施設及び経路形態

表1. 被験者の概要 (性別及び年齢構成)

	性別	年齢						計 (人)
		8~11	20~29	30~39	40~49	50~59	60~72	
大学生男子	男	0	64	0	0	0	0	64
大学生女子	女	0	30	0	0	0	0	30
見学者	小学生	9	0	0	0	0	0	9
	青年会	0	3	1	0	0	0	4
	看護婦	0	4	4	2	0	0	10
	婦人会	0	0	6	3	0	0	9
	保育所長	0	0	3	3	4	0	10
	旅館の防火管理者	0	0	3	3	2	3	11

表2. 実験条件と被験者の割付

	照明 通常照明 (100 lx) 非常照明 ( 1 lx) 暗 闇 ( 0 lx) 非常照明+誘導灯			
経路Ⅰ	大学生男子 (7)	大学生男子 (7) 大学生女子 (8)	大学生男子 (8)	大学生男子 (8)
経路Ⅱ	大学生男子 (7) 大学生女子 (7) 小学生 (9) 看護婦 (4) 防火管理者 (5)	大学生男子 (9) 大学生女子 (7) 青年会 (4) 看護婦 (3) 婦人会 (9) 保育所長 (4) 防火管理者 (6)	大学生男子 (8) 大学生女子 (7) 看護婦 (3) 保育所長 (6)	大学生男子 (7)

(カッコ内の数字は、被験者数を示す)

経路Ⅱでは十字路及びT字路における経路選択の傾向をみる。この経路に猛煙下での行動をさぐるため、発煙筒によって煙を大量に発生させ $C_s$  (減光係数) = 1.0 となるように発煙筒の本数、扉の開放、及び、煙攪拌装置によって調整する。なお、煙の濃度は透過光型煙濃度計 (光路長 1 m) を壁面より約20cm離し、床上 1.5mの高さに取りつけて測定した。経路の明るさは、照明のない暗闇 (0 lx) , 非常照明程度の明るさの 1 lx, 通常照明程度の 100lx の 3 水準とする。猛煙下 ( $C_s=1.0$ ) での側壁が確認できる見透かし距離は、暗闇時は 0 m, 1 lxで約 0.5m (交差点内でも各角を同時には識別できない距離) , 100lxでは約 2 m (交差点で次の交差点は見通せないが交差点内の各角は識別できる距離) である。この他、経路途中に避難口誘導灯がある場合を想定して、小型誘導灯を図1. に示す場所に床上 0.6mの位置に設置し、誘導灯の有無の条件を設定した。以上の条件の組合せ及び被験者の割付を表2. に示す。

#### (4) 測定方法

廊下の床面にマットスイッチを図1. に示す位置に配置し、被験者がマットを踏むと操作室に設置したモニターのランプが点灯するようにする。これとデジタルタイマーをビデオに撮影し、実験終了後再生し、経路パターン及び通過時間を記録する。

#### (5) 実験手続

実験前に経路の大きさ、出口の位置等を知ることがないように被験者を防災センターの入り口から待機室へ導く。待機室で被験者に次のような教示を与える。「実験を行う場所には通路と出口が設けてあります。「火事です。避難してください」という放送と同時に、煙の中を避難して下さい。」この教示を与えた後、被験者を耐煙訓練室に入れ、図1. に示すスタート位置に立たせる。これと同時に避難開始の放送を操作室より行う。被験者の避難状況を操作室でモニターし、出口付近のランプが点灯すると、出口の外にいる係員に指示する。係員は被験者が出口に達すると被験者を外へ誘導する。この後、操作室で避難中の状況についての内観を求めるアンケートを行う。

### 7-3 実験結果と考察

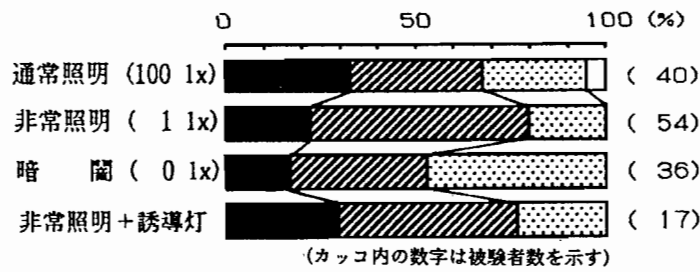
#### (1) 被験者の煙の中での状況

煙の身体への影響を表3. に示す。全体として63.9%のものが何らかの身体への影響を受けたと感じている。また「煙の濃さをどの程度と感じたか」の回答結果を図2. に示す。実際の煙の濃度は同一なのだが明るいほど煙を濃く感じている。次に、煙の中での歩行の状態を図3. に示す。暗いほど歩行に障害が生じやすくなっている。これらのことから明るい時は煙の影響を直接受け煙を濃く感じているのに対し、暗い時は煙とともに暗さの影響も受けて歩行に障害が生じていることがわかる。これらの煙や暗さの中で「どの程度不安を感じて避難したか」の回答結果を図4. に示す。経路の明るさによって差があり、暗いほどより不安を感じている。全被験者では、全体の24.5%が強い不安を、59.2%が多少不安を感じて避難している。実験であってもかなりの被験者が不安を感じているといえる。従って、以下で分析する経路選択特性及び歩行速度はある程度現実の火災時の状況を反映しているものと考えられる。

表3. 避難中の被験者への煙の影響

	息か ぐった るた し	目か が いた た	のた どか が いた	気な にか な ら た	そ の 他	被 験 者 数
通常照明 (100 lx)	8 (20.0)	0 (0.0)	21 (52.5)	15 (37.5)	3 (7.5)	40
非常照明 (1 lx)	14 (25.9)	5 (9.3)	25 (46.3)	15 (27.8)	1 (1.9)	54
暗 闇 (0 lx)	7 (19.4)	0 (0.0)	12 (33.3)	19 (52.8)	2 (5.6)	36
非常照明+誘導灯	6 (35.3)	1 (5.9)	7 (41.2)	4 (23.5)	1 (5.9)	17
計	35 (23.8)	6 (4.1)	65 (44.2)	53 (36.1)	7 (4.8)	147

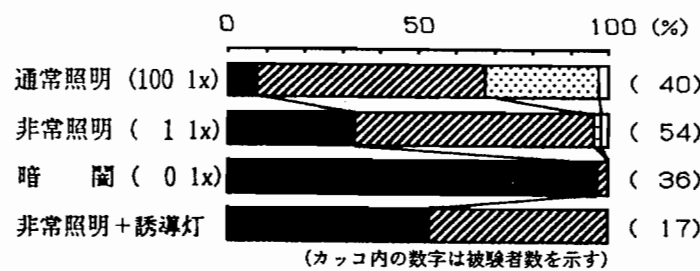
(カッコ内の数字はパーセントを示す)



CRAMERS'V=0.1942

■ : かなり濃く感じた    ●●● : うすく感じた  
 ▨ : 濃く感じた        □ : その他

図2. 避難中の被験者が感じた煙の程度



CRAMERS'V=0.4411

■ : ほとんど前が見えなかったので手さぐりで歩いた  
 ▨ : ある程度前が見えたが手さぐりで歩いた  
 ●●● : ある程度前が見えたのでふつうに歩いた  
 □ : その他

図3. 煙の中での歩行の状態



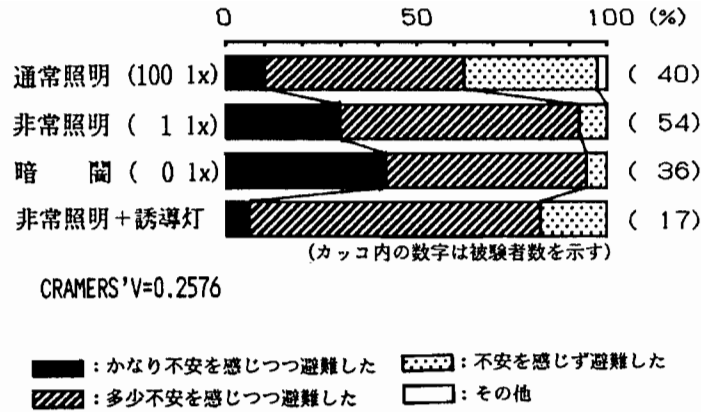


図4. 避難中の被験者の心理状態

(2) 経路選択特性

① 経路選択の傾向

まず、T字路における経路選択の状況を表4. に示す。これは経路Ⅰ及び経路ⅡでのそれぞれのT字路における右折、左折の割合をみたものである。経路Ⅰでは、一方が多いとはいえないが、経路Ⅱでは右折したものの割合は誘導灯のある場合をのぞいて61.6%で、信頼係数を0.95にとると信頼区間±9.6%となるから右折の方が多いといえる。明るさの影響はみられない。

表4. T字路における経路選択状況

	経路Ⅰ		経路Ⅱ	
	右折	左折	右折	左折
通常照明 (100 lx)	4 (50.0)	4 (50.0)	20 (62.5)	12 (37.5)
非常照明 (1 lx)	6 (40.0)	9 (60.0)	24 (61.5)	15 (38.5)
暗闇 (0 lx)	4 (50.0)	4 (50.0)	17 (60.7)	11 (39.3)
非常照明+誘導灯	8 (100.0)	0 (0.0)	9 (100.0)	0 (0.0)

(カッコ内の数字はパーセントを示す)

次に、十字路を含む経路Ⅱでの経路選択の状況を図5. に示す。ここでは経路の明るさによって差がでている。

100lxの通常照明での猛煙下では、最初の十字路で直進後次のT字路で右折又は左折し出口に至るといった単純なパターンが40.7%と多いが、またこれとは逆に、例えば一方

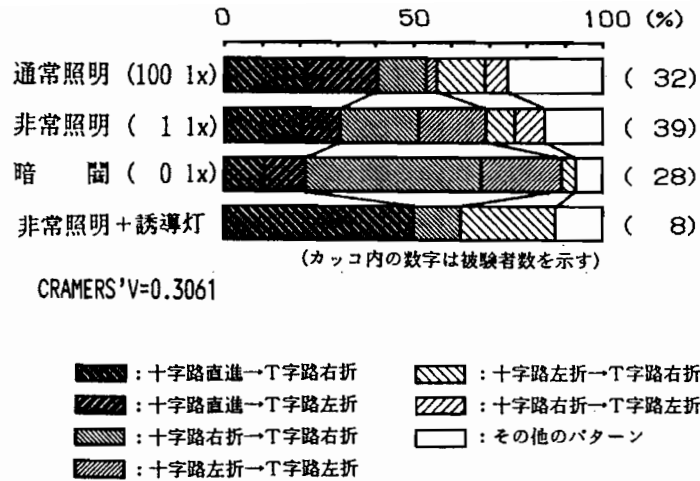


図5. 経路Ⅱにおける経路選択のパターン

の袋小路に入った後もう一方の袋小路に進んだり、入口方向に逆戻りしたりする複雑なパターンも25.0%と比較的多い。これらのことより、明るい場合、十字路では直進する傾向が強いことがわかる。つまり、最初にこの傾向が現れた場合は直進して右折または左折する単純なパターンとなるが、この傾向が最初には現れないが次に現れる場合には、一つの袋小路に入った後、十字路にもどり、そこで直進してもう一つの袋小路に入り込むといった複雑なパターンとなるのである。

これに対して照明のない暗闇では十字路で直進する割合は低く、十字路では、左右の経路に入り込む傾向が強い。十字路で右折または左折後、つきあたりを引返し十字路まで戻りT字路の方へ進み、そこで十字路での経路選択と同じ方向、つまり、十字路で右折したものはT字路でも右折、十字路で左折したものはT字路でも左折、というふうに一貫して右折を続けるか又は左折を続けるパターンが、合計67.9%でかなりの割合をしめる。また、このうち一貫して右折するパターンの方が多く、このことが表4で示した経路ⅡにおけるT字路で右折したものが多いことにつながっているのである。

誘導灯のある場合は、直進する割合が高く、T字路では全て誘導灯の指示どおり右折して出口に至っている。

## ② 経路選択の基準

「どのような基準で経路を選択したか。」の回答結果を図6. に示す。経路形態によ

る差はでていないのでまとめて示す。照明のない暗闇ではほとんどのものが壁づたいにまがっている。経路Ⅱで壁づたいにまがっていくと一貫して右折または左折を続けるパターンとなるが、暗闇でこのパターンが多いのはこのためであると考えられる。また、経路ⅡのT字路で右折したものが多くこのことと関連がある。つまり、利手である右手（被験者の大部分の者の利手は右であった）の影響で右側の壁に触れやすく、壁ぞいに進むと必然的に十字路で右折することになりその後一貫して右折するパターンとなりやすいのである。これに対して照明のある場合では「なんとなくまがった」と回答した者が多いが、これらの者は十字路では特に右折または左折する必然性がないので、直進する割合が高くなっていると考えられる。以上のことより、経路について全く知識がない場合、猛煙下で明るい時は、他の経路にあまり入りこまずに直進する割合が高いが、視界条件の悪い時は壁にそって出口を探索し、まがり角があれば壁にそってまがる傾向があることが明らかとなった。

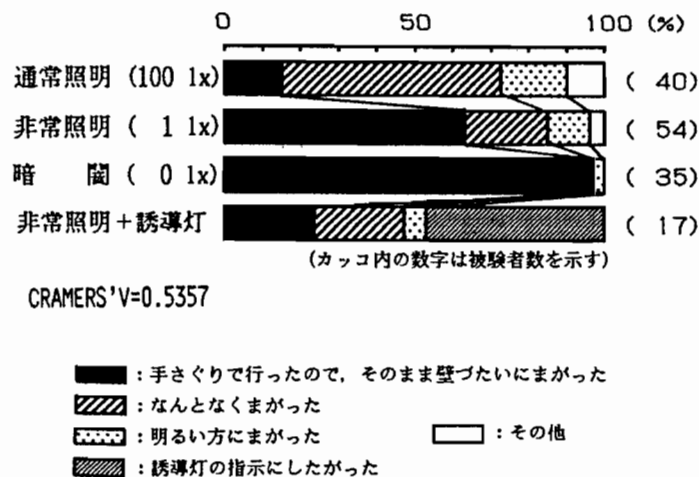


図6. 経路選択の基準

### ③ 歩行速度

経路Ⅰにおける各被験者の歩行速度を図7. に示す。この歩行速度は、マツトスイッチ間の距離をそれぞれの歩行時間で除して各地点の歩行速度としたものである。この図によって歩行速度の変化の状況がわかる。以下、実験条件、属性によって猛煙下での歩行速度に差があるかどうかを検定し考察する。

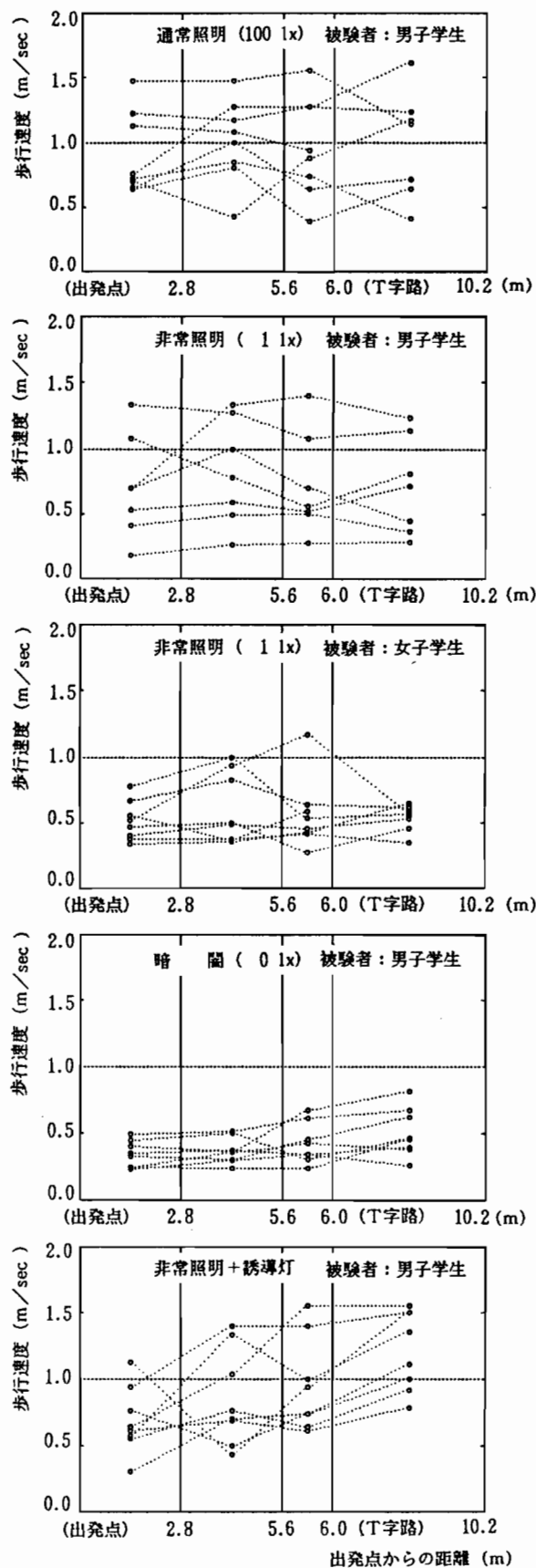


図7. 経路Iでの各被験者の歩行速度の変化 (実験条件別に示す)

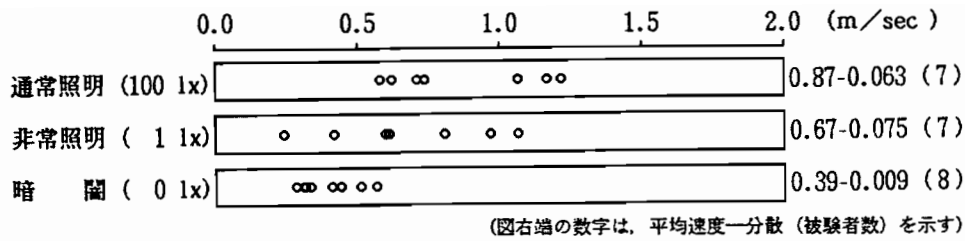


図8. 経路 I における明るさの程度別各被験者の歩行速度 (男子学生)

表5. 図8に関する分散分析表

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO
BETWEEN GROUPS	2	0.8625	0.4312	7.9070**
WITHIN GROUPS	19	1.0363	0.0545	
TOTAL	21	1.8987		

$F(2,19,0.05) = 3.52$  ,  $F(2,19,0.01) = 5.93$

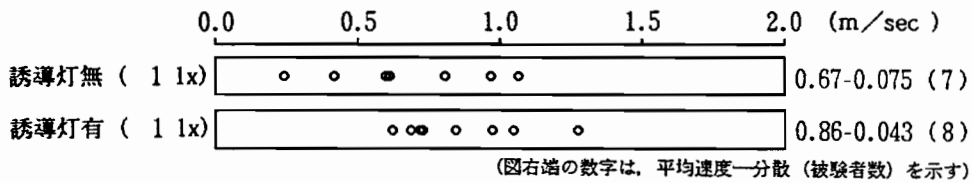


図9. 経路 I における誘導灯の有無別各被験者の歩行速度 (男子学生)

表6. 図9に関する分散分析表

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO
BETWEEN GROUPS	1	0.1334	0.1334	1.9996(-)
WITHIN GROUPS	13	0.8672	0.0667	
TOTAL	14	1.0006		

$F(1,13,0.05) = 4.67$  ,  $F(1,13,0.01) = 9.07$

被験者が男子学生の場合の明るさの3段階について分散分析を行うと、各段階の平均速度の間には有意水準5%で統計的に有意な差が認められる(表5. 参照)。照明のない暗闇では歩行速度の分散は小さく、平均速度0.39m/sの周辺に集中している(図8. 参照)。これは図3. で示したように、歩行状態が暗闇ではほとんどのものが手探り歩行であるため一定の速度となったものと考えられる。これに対して通常照明下では、平

均速度は0.87m/秒だが分散が大きく最高1.27m/秒から最低0.62m/秒まで大きな開きがある。これは、同様に図3. で示したように歩行状態が人によって差があり、通常のように歩行したのもあれば手探りで歩行したものもあるためであると考えられる。

次に、1lxで誘導灯を設置した場合とない場合とを比較すると、誘導灯を設置した場合の方が速いが、分散分析の結果、有意水準5%で平均歩行速度には差があるとはいえない(表6. 参照)。しかし、マットスイッチ間の距離をそれぞれの歩行時間で除して各地点の歩行速度として歩行速度の変化をみると歩行の状況に差があることがわかる(図7. 参照)。誘導灯がない場合は速度が各被験者ともあまり変化がないのに対し、誘導灯を設置した場合は速度が増加している。誘導灯がある場合、前節でみたように誘導灯の指示に従って経路を選択しており、進むべき方向が明らかな状況下では速度が増加していることが確認できる。

最後に属性の差として、被験者が男子学生の場合と女子学生の場合について(いずれも1lxの照明)分散分析を行うと有意水準5%でそれぞれの平均速度の間には有意な差があるとはいえない(表7参照)。また、等分散の検定を行うと有意水準5%で分散は等しいとはいえない。男子の場合個人差が大きい、女子は個人差が小さいといえる。

経路IIでは、マットスイッチの配置の関係上、測定された歩行時間には、交差点をまがる時間及び袋小路から折り返す時間が含まれる。また、各被験者が実際にどのようなステップで交差点をまがったかわからないので、マットスイッチ間の各歩行時間に対応

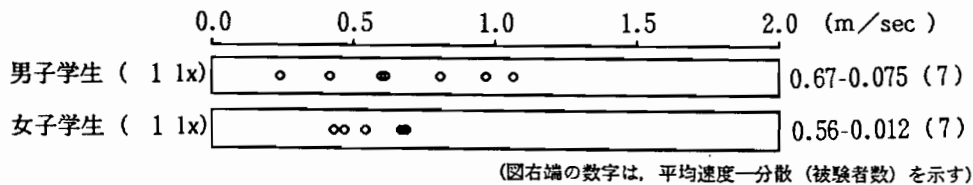


図10. 経路Iにおける属性別各被験者の歩行速度(非常照明)

表7. 図10に関する分散分析表

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO
BETWEEN GROUPS	1	0.0468	0.0468	0.9284(-)
WITHIN GROUPS	12	0.6055	0.0505	
TOTAL	13	0.6523		

$F(1,12,0.05) = 4.75$  ,  $F(1,12,0.01) = 9.33$

する実際の歩行経路長を求めることはできない。そこで各マツスイッチ間の歩行速度は求めず、各被験者のたどった経路の中心部の経路長の合計を歩行距離とみなし、これを全歩行時間で除して歩行速度とした。以下、実験条件、属性別に歩行速度の状況をみていく。

まず、明るさの3段階について、被験者が男子学生、及び女子学生の場合のそれぞれで分散分析をすると、どちらの場合についても有意水準5%で平均歩行速度に差があるといえる。また、誘導灯の有無についてみると、平均歩行速度には差は認められなかった。

次いで、属性別にみていく。明るさの段階別に図11～図13に各被験者の歩行速度を示す。明るさの段階別に属性について分散分析すると、5%の有意水準で差は認められない(表8～表10)。しかし、各属性間で平均値の差の検定を行うと、通常照明では被験者のタイプによって、歩行速度に差がみられ、男子学生と旅館の防火管理者とでは1%の有意水準で差があるといえる。被験者となった防火管理者や保育所長は表1に示すように年配者が多く他の被験者のタイプとの体力の差が、歩行速度に反映しているものと考えられる。これに対して暗闇では、有意水準5%で被験者のタイプ間に、歩行速度の

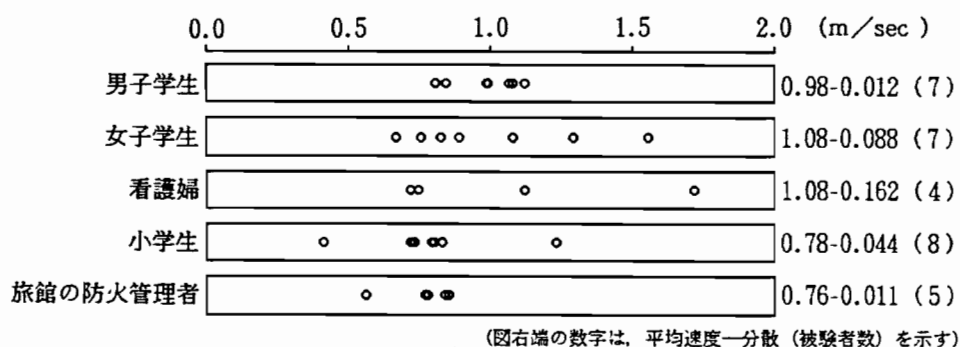


図11. 経路Ⅱにおける属性別各被験者の歩行速度 (通常照明)

表8. 図11に関する分散分析表

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO
BETWEEN GROUPS	4	0.4642	0.1160	1.7200(-)
WITHIN GROUPS	26	1.7542	0.0675	
TOTAL	30	2.2183		

$F(4,26,0.05) = 2.74$  ,  $F(4,26,0.01) = 4.14$

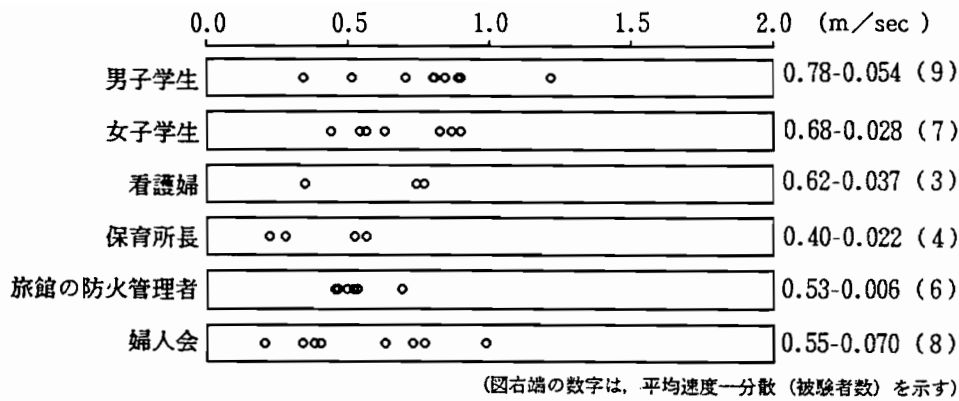


図12. 経路Ⅱにおける属性別各被験者の歩行速度 (非常照明)

表9. 図12に関する分散分析表

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO
BETWEEN GROUPS	5	0.5405	0.1081	2.3751(-)
WITHIN GROUPS	31	1.4110	0.0455	
TOTAL	36	1.9515		

$F(5,31,0.05) = 2.52$  ,  $F(5,31,0.01) = 3.68$

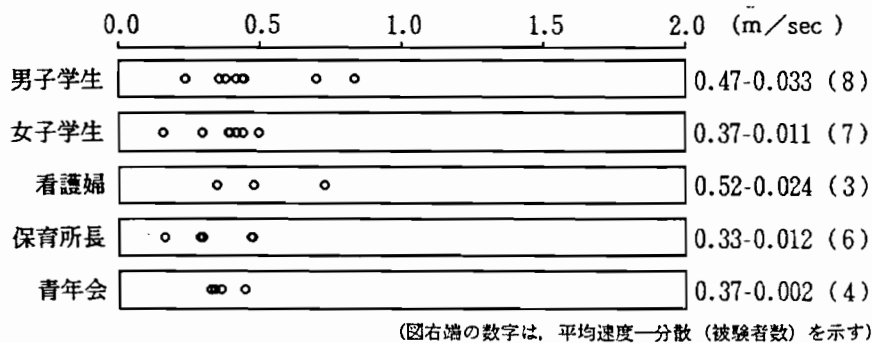


図13. 経路Ⅱにおける属性別各被験者の歩行速度 (暗 闇)

表10. 図13に関する分散分析表

SOURCE	D.F.	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARES	F RATIO
BETWEEN GROUPS	4	0.1267	0.0317	1.4763(-)
WITHIN GROUPS	23	0.4934	0.0215	
TOTAL	27	0.6201		

$F(4,23,0.05) = 2.80$  ,  $F(4,23,0.01) = 4.26$

差があるとはいえない。したがって、猛煙下でも照明があり、ある程度の行動の自由のきく状況では年齢による体力の差や個人差が歩行速度に影響を及ぼすが、より制約され



た状況の暗闇では、壁ぞいの手探り歩行となるため、歩行速度の散らばりは小さく、0.2～0.3 m/秒程度となるのである。

#### 7-4 まとめ

本研究では、避難経路に関して全く情報を持っていない状況を想定した猛煙下での避難行動実験を行った結果、次のようなことが分かった。

- (1) 経路について全くの知識がない場合、猛煙下で明るい時は、他の経路にあまり入りこまずに直進する割合が高いが、視界条件の悪い時は、壁にそって出口を探索し、まがり角があれば壁にそってまがる傾向がある。
- (2) 猛煙下での歩行速度は、属性による差よりも明るさの程度による差が大きく、通常照明では 0.8～1.0 m/秒、非常照明では 0.4～0.8 m/秒、暗闇では 0.2～0.3 m/秒程度となる。
- (3) 照明のある場合は、歩行速度に個人差が大きく、また、属性の差がみられるが、暗闇の場合は、ほとんどの被験者が壁ぞいの手探り歩行となるため歩行速度の散らばりが小さい。

一般に異常事態中での人間行動は、実験が難しいこともあってとらえにくいのであるが、事態の単純化を行った実験を積み重ねることによって人間行動を側面からとらえていくことが必要である。本研究の実験では、人体に無害な煙を用いているので、生理的影響は実際の火災時にくらべると小さく、煙の視覚的影響、心理的影響の下での人間行動をとらえていることになる。したがって、本研究の結果をそのまま実火災時の行動予測に用いることはできない。今後、煙の生理的影響がある場合の行動についてもさらに実験、または、火災事例から明らかにしていく必要がある。

## 第8章 結 論 (各章の要約)

本論文は、建築物における火災時の避難行動特性を解明することを目的とするものであり、まず、避難行動の類型化をはかり、各類型と空間の条件との対応をみた上で、避難行動の各類型について、事例的研究方法、及び、実験的研究方法によって解明を深め、建築物における火災時の避難行動特性に関して体系的理解を得ることを試みた。

第1章の序論において、本論文の目的を明らかにし、従来の研究の概要について述べ、本論文の位置と構成を示した。

第2章において、過去の主要火災事例における避難状況を消防機関による報告書よりカテゴリデータ化し、これをもとに、火災発生前の状況の要因パターンのグルーピング、及び、火災発生後の行動パターンのグルーピングをそれぞれカテゴリデータの外的基準のない数量化理論(第3類)を用いて行った。その結果、「大空間・集合施設型」の建築物では、居室内の人が集団となって避難する「群集避難型」となるのに対し、「小空間・宿泊施設型」や「混空間・複合施設型」では、居室から廊下、廊下から階段といった順序で避難が展開されるが、避難者が各居室に分散し各居室の独立性が高いために覚知が遅れ部屋の中に閉じ込められる事態となるといった「逃げ遅れ型」となることを実証的に明らかにし、各類型に対応する避難計画が必要となることを示した。

第3章において、研究期間中に発生した火災のうち、「小空間・宿泊施設型」における避難行動として、「東淀川高層マンション火災」、「混空間・複合施設型」における避難行動として、「大阪科学技術センター火災」をとり上げ、火災時の在館者に対してアンケート調査を行い、その結果を分析した。「東淀川高層マンション火災における避難行動」に関する分析では、避難行動は「逃げ遅れ型」となっており、そのためベランダへの志向性が高くなっていることを明らかにした。また、「大阪科学技術センター火災における避難行動」に関する分析では、「混空間・複合施設型」の火災といえる本火災では特定者と不特定者が混在して存在し、それらの行動の間には大きな差がみられることを明らかにした。

第4章において、「群集避難型」の定性的な傾向を把握するために、避難者の経路選択特性に焦点をあてて実験を行いその結果を分析した。実験は、火災時を被験者に想定

させてスライドを提示し、避難しようとする方のスライドを選択させ、一対比較させるもので、この実験から得られた一対比較データをもとに、サー斯顿の一次元尺度構成法による分析、及び、多次元尺度構成法による分析を行った。その結果、見通しがよく、行き止まりでない等、進行方向の状況がよくわかる方向がより選択され、「見やすさ」、つまり進路条件に関する要因が主たる経路選択の要因となることを明らかにした。

第5章において、「群集避難型」の定量的な側面を把握するために、定量的なデータのまだ得られていない階段室における2群集（上階からの群集と階段室へ流入する群集）の合流に関して実験を行い、その結果を分析した。実験は、標準的寸法の屋内非常階段を用い、約150名の被験者を2群集に分け、避難訓練の要領で1群集は上階から階段を降下させ、他の群集は通路から階段室に流入させることによって両群集が合流する状況をつくりだすもので、合流のタイミング等の条件を設定、試行を5回くりかえし、この状況をビデオで撮影後分析した。分析の結果、合流のタイミング及び通路と階段室の接続形態を操作したことによる影響はあらわれていないが、基本的には通路群集が優勢となる傾向があり、定常段階を通じての流率合流比率は、60%前後となっていることがわかった。また、両群集の踊り場（合流区画）への流入は、10～15秒周期で変動していることも認められた。しかし、本実験では、限定された状況のもとでの合流状態しか把握しておらず、現実の避難時の状況により近づけて合流状態を把握するためには、実験方法、実験順序、被験者への教示などを変えた種々の実験を行う必要がある。

第6章において、「逃げ遅れ型」の定性的な傾向を把握するために、逃げ遅れた避難者が避難器具を使用して避難する状況をとりあげた。実験は、避難器具を使用する時の被験者の生理的指標（血圧）により、避難器具が被験者にあたえる心理的影響を把握するもので、その結果、避難器具に慣れている者、また、初心者でも2回目は、緊張感・恐怖心が緩和され血圧の変化が小さく、降下に要する時間も短いことがわかった。したがって、避難訓練等で、要避難者が実際に避難器具を使ってみることは有効であることを示した。

第7章において、「逃げ遅れ型」の状況として、煙の中での避難行動をとり上げ、これを実験によって、定性的及び定量的に明らかにした。実験は、神戸市市民防災センターの耐煙訓練室で発煙筒をたき、被験者が避難経路を避難するもので、経路形態、照度、

被験者属性の実験条件を設定し、経路選択特性及び歩行速度を測定した。その結果、以下のことがわかった。本実験のように被験者には経路について全く知識がない場合、煙下で明るい条件下では、他の経路にあまり入りこまずに直進する割合が高いが、視界条件の悪い条件下では、壁にそって出口を探索し、まがり角があれば壁にそってまがる傾向がある。歩行速度に関しては、照明のある場合個人差が大きく、また、属性の差もみられるが、暗闇の場合はほとんどの被験者が壁ぞいの手探り歩行となるため歩行速度の分散が小である。歩行速度は基本的には属性による差よりも明るさによる差が大きく、通常照明では 0.8～ 1.0m/秒、非常照明では 0.4～ 0.8m/秒、暗闇では 0.2～ 0.3 m/秒程度となる。

以上のように本論文は、避難行動を空間とのかかわりで位置づけ、避難行動の各類型について事例的また実験的に研究することによって、これまでその特性が十分に解明されていない避難行動についての解明を進めた。

終わりに、この研究をまとめるにあたり、御教示をいただいた神戸大学教授松本 衛先生、ならびに、大学4回生のゼミナール以来今日に至るまで7年間、終始、御指導と御鞭撻をいただいた神戸大学助教授室崎益輝先生に心から感謝の意を表する次第である。

## 研究発表の記録

### 1. 研究論文

No.	論文題目	掲載誌	発表時期	共著者
1	東淀川高層マンション火災における避難行動に関する研究	日本火災学会 会誌 30巻4号	1980. 8	室崎益輝
2	避難経路選択に関する実験的研究（スライド提示による一対比較データの分析を通じて）	日本建築学会 論文報告集 339号	1984. 5	単著
3	建物火災における避難行動事例の類型化とその規定要因の構造	日本建築学会 論文報告集 347号	1985. 1	単著
4	煙の中における人間の避難行動実験（避難経路選択特性及び歩行速度に関する実験的研究）	日本建築学会 論文報告集 （投稿中）	（未定）	単著
5	階段室における2群集の合流に関する実験的研究	日本建築学会 論文報告集 （投稿中）	（未定）	室崎益輝 久保幸資
6	A Case study of Fire in a Multi-purpose Office Building, Osaka, Japan	1. International Symposium on Fire Safety Science	1985. 10	堀内三郎 室崎益輝

### 2. 学術講演

No.	講演題目	発表学会	発表時期	共同発表者
1	避難行動心理に関する実験的研究	日本建築学会 近畿支部	1979. 6	堀内三郎他

2	東淀川高層マンション火災における避難行動	日本建築学会 大会	1979. 9	室崎益輝
3	避難行動心理に関する実験	“	“	堀内三郎他
4	高層マンション火災における避難行動の事例研究	日本建築学会 近畿支部	1980. 6	室崎益輝
5	日常行動をふまえた広域避難計画に関する研究	日本建築学会 大会	1980. 9	室崎益輝
6	木造密集住宅地における不燃化と地区更新に関する基礎的研究（神戸市における典型地区不燃化動向調査分析を通じて）	日本建築学会 近畿支部	1981. 6	
7	木造密集住宅地における不燃化と地区更新に関する基礎的研究（神戸市における典型地区不燃化動向調査分析を通じて）	日本建築学会 大会	1981. 9	
8	火災対応行動に関する事例研究 （特異火災事例の分析を通じて）	日本建築学会 近畿支部	1982. 6	室崎益輝他
9	建築物の防災計画に関する設計者を対象とした調査報告	日本建築学会 大会	1982. 10	室崎益輝他
10	避難経路選択に関する実験的研究	日本建築学会 近畿支部	1983. 6	山平恵子他
11	避難経路選択に関する実験的研究	日本建築学会 大会	1983. 9	室崎益輝他
12	建物火災における避難行動事例の類型化及び規定要因の構造	日本建築学会 近畿支部	1984. 6	
13	煙の中での歩行速度と経路選択特性に関する実験的研究	“	“	荒木一郎他
14	2群集の合流に関する実験	“	“	久保幸資他
15	大阪科学技術センター火災における避難行動	日本建築学会 大会	1984. 10	堀内三郎他