

地下街の照明および出口の制限が避難行動に与える影響

The effect of the limitation on illumination and escape routes on escape behavior in an underground shopping mall

文野 洋*・西田幸夫**・向井希宏***・大谷 亮****

Yoh FUMINO, Yukio Nishida, Marehiro MUKAI, Akira OHTANI

This study investigated the effect of limitation on illumination (on / off/ emergency) and escape routes(all exits were open / some were closed) on escape behavior in an actual underground shopping mall. Subjects were instructed to walk along an underground shopping mall, and to make a quick escape as soon as the emergency cue is given. The videotapes and the pre/post questionnaires were used to analyze subjects' escape behavior. The results suggested that the limitation on escape routes had accidentally an effect on the escape time, regardless of the illumination condition.

Keywords: escape behavior, underground shopping mall, illumination, limitation on escape routes

1. 問題と目的

災害時における地下施設の安全性を考える際には、地下構造物の耐久性に加え、施設内の避難場所の確保や、円滑な避難行動を促進する環境の整備が重要な基準となる。とくに、速やかに地上への避難を行わねばならないような災害状況では、円滑な避難行動を促進する避難誘導設備や、施設勤務者による避難誘導体制が、地下施設の安全性に大きく寄与すると考えられる。

避難誘導設備や避難誘導体制をより有効なものとするためには、経験的な「安全性」の観点を、避難行動に関する研究によって検証し、補強・改善していくことが求められる。とくに、近年では大深度地下利用の推進が目指されているが、安全性の確保は、はじめに検討すべき課題の一つであろう。

地下施設における避難行動についての研究は蓄積がほとんど見られず、関連する研究成果の整理とともに、課題となっている。避難行動一般についての研究は、防災関連の機関や建築の分野で行われているが、心理学の領域においても成果が蓄積されてきている¹⁾。心理学の領域で行われてきた避難行動研究では、危機的状況にある人が、いかなる人的条件によっていかなる行動を示すか、という点に焦点が当てられてきた。これらの研究は、災害時の避難行動を考える上で重要な知見を提供している。しかし、地下施設における避難行動を考える際には、さらに進んで、具体的な災害状況を考慮した空間条件を考慮することが求められる²⁾。

そこで本研究では、実際の地下街を利用して、具体的な災害状況を考慮した空間条件のもと、避難行動実験を行うこととした。災害状況としては、大地震による火災発生直後の状況を想定し、環境条件（照明、出口制限）の相違による避難行動の特徴を検討した。照明条件は、通常の電源が使用可能な場合（通常照明）、

キーワード： 避難行動，地下街，照明，避難路の制限

* 正会員 修（心理） 東京都立大学人文学部 助手

** 正会員 工修（株）熊谷組 営業統括部

*** 正会員 文修 中京大学心理学部 助教授

**** 非会員 修（心理） 中京大学大学院 文学研究科

非常電源の配線が損傷し、機能しない場合（消灯）、非常電源が使用可能な場合（非常照明）の3条件を設定した。また、出口制限の条件は、大地震による崩壊のため一部の出入口が使用不能となっている場合（制限）と、すべての出入口が使用可能な場合（非制限）の2条件を設定した。

なお本稿では、この避難実験研究の第1報として、実験手続きの詳細と結果の概要を中心に記述する。

2. 方法

2・1 実験概要

7月23日（月）、名古屋ミヤコ地下街において、地下街が閉店し、通路が閉鎖された後の時間帯（21:00～24:00）に避難行動実験を実施した。被験者は名古屋近郊の大学生49名である。

実験には5つの条件を設定した。照明「通常／消灯」の2条件と、出口制限「あり／なし」の2条件とを組み合わせた4条件に、「非常照明・出口制限なし」条件を加えた5条件である。したがって、各条件は「通常照明・出口制限あり」「消灯・出口制限あり」「通常照明・出口制限なし」「消灯・出口制限なし」「非常照明・出口制限なし」の5つである。

次に、被験者を5つのグループに分割し、5つの実験条件にそれぞれ割り当てた。1条件を1セッションとして、合計5セッションの実験を行った。なお、グループの人数は各10名としたが、被験者に欠席者が出たため、セッション5（「非常照明・出口制限なし」条件）のみ実験者1名を加え10名とした。この実験者の行動は、避難中の被験者の後を追うのみに制約した。

2・2 セッション手続き

各セッションの被験者に対し、実験集合場所にて教示（実験の説明）を行い（表1参照）、事前アンケートに回答を求めた（表2参照）。回答後、集合場所から地下街出口1まで参加者を誘導した（図1参照）。ここで、グループを5名ずつの2組に分け（各組の男女比は2：3で統一した。集合場所にて説明済み）、一方の組は出口5へと誘導した。出口1および5において、再度教示を行い、出口1の記録係の合図と同時に地下街へ入るよう指示した。セッション1と2では、この後、出口1と5に設置されている既設の扉を閉めることで出口を閉鎖した。出口3には、地下街通路接続部（図1㊦）に突っ張り棒を張り、「通行禁止」の幕を垂らすことで閉鎖した。したがって、セッション1と2において利用可能な出口は2と4である。

地下街通路を歩行中、出口1から進入した群（以降、A群）および出口5から進入した群（以降、Z群）が交差した後に、交差点付近に設置したスピーカー（図1㊧）から、「火災が発生しました。速やかに避難してください。」という避難開始の合図を流した。避難開始の合図後すぐに照明を落とした。通常照明条件では、約2秒間の消灯の後、照明を復旧した。消灯条件はそのまま消灯を保った。非常照明条件では、約1秒後に非常照明に切り替わった。避難合図は、避難終了時まで繰り返し流した。

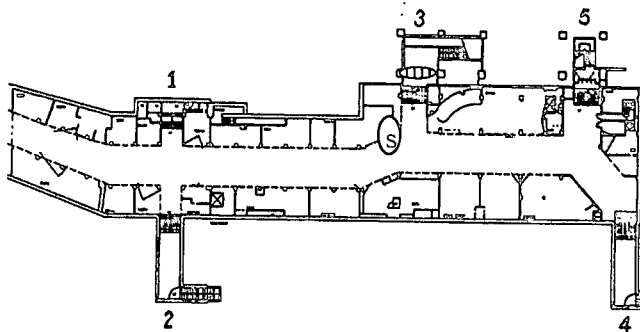


図1 ミヤコ地下街避難実験の配置
（実験時、出口3、5は工事中のため形態は異なる）

避難終了後、実験解散場所へ誘導し、事前に知らせなかった実験目的・方法・データ分析についての説明を行い、実験全般についての理解を求めた（デブリーフィング）。その後、事後アンケートへの回答を求めた（表2参照）。

表1 実験前の教示

- ・これから、地下街に入ります。地下街では、避難開始の合図が出るまで、通路を往復してもらいます。
- ・階段を下りて地下街の通路に出たら、左へ曲がって(出口5では「右へ曲がって」)、通路をまっすぐ歩いてください。
- ・通路の突き当たり1mのところまで歩いたら、振り向いてまた歩き始めたところまで歩いてください。
- ・歩くときは、先に行く人、遅れる人が出ないように、5人がまとまって歩くようにしてください。
- ・地下街は今、お店が閉まっていますが、ふだんの地下街を通っているつもりで歩いてください。
- ・歩いている最中は、実験に関すること以外でしたら、会話をしても構いません。
- ・今回の実験では、地震が発生したことから火災が起きたが、火の手がどこからあがるかわからず、速やかに地上へ避難しなければならない、という災害状況を想定しています。
- ・実験中、避難開始の合図が流れたら、自分がそのような状況にいるものとして、ただちに地上へ避難してください。
- ・実験では、避難開始から、地上へ出るまでの避難時間を測定します。
- ・実験中、危険なことはありませんが、測定した避難時間は、この種類の災害でどれくらいの人が助かるかどうかの資料となりますので、とにかく急いで避難してください。
- ・避難中は、走っても構いませんが、ケガをしないように十分気をつけてください。

<集合場所でのみ教示>

- ・希望された方のみ、測定した避難時間から、あなたがこのような災害で助かるかどうかの予想結果を、個別にお知らせいたします。実験後、謝礼を受け取る際に、申し出てください。

表2 事前／事後アンケートの主な項目と回答形式

種類	項目名	質問内容	回答形式(5件法の数字の割り当ては左=1、右=5)
事前	地上知識	付近の地上の地理	5件法(とてもよくわかっている～まったくわからない)
	方向感覚	自分の方向感覚	5件法(よい～よくない)
	地下街利用頻度	ふだんの地下街利用	5件法(ほぼ毎日～ほとんど利用しない)
	実験前の緊張度	現在の緊張の度合い	5件法(とても緊張している～まったく緊張していない)
事後	避難経路	出口までの避難経路再生	アンケートに印字した図面に実線を記入
	歩行時の緊張度	歩行中の緊張の度合い	5件法(とても緊張していた～まったく緊張していなかった)
	合図予期	合図は予想通りか	択一(合図気にせず／思ったより早く／ちょうど／遅く)
	消灯予期	消灯を予期していたか	5件法(まったく予想していなかった～予想通りだった)
	恐怖感	消灯時の恐さの度合い	5件法(とても恐かった～まったく恐くなかった)
	焦り	避難時の焦りの度合い	5件法(とても焦っていた～まったく焦らなかった)
	災害想定	災害を想定できたか	5件法(できた～まったくできなかった)
	避難手がかかり	避難時に利用した手がかかり	避難の局面ごと、手のかかりの選択肢から複数回答
	出口制限予期	出口の閉鎖に気づいたか	択一(気づいた／気づかなかった)
	安堵感	地上に出たときの安堵感	5件法(とてもほっとした～まったくほっとしなかった)
	同組の友人数	同じ組にいた友人の数	人数を記入
	他組の友人数	他の組にいた友人の数	人数を記入
	ミヤコ利用頻度	ミヤコ地下街の利用頻度	5件法(ほぼ毎日～ほとんど利用しない)

2・3 避難行動の指標

避難時の行動指標として、地下街に既設のビデオカメラ2台による録画、各出口における避難時間の測定、心拍の測定（各セッション1名のみ）を行った。避難時間の測定には、ミヤコ地下街防災センター内に本部を置き、各出口の記録係とトランシーバーを通じて通信を行い、ストップウォッチにて計測した。出口1の係の合図で計測を開始し、本部の避難合図を出口1の係（地下本部と通信良好のため）が復唱した時点で各出口が避難開始時をラップ計測、各被験者が出口の階段をすべて昇り終えた時点で避難時間のラップを計測した。本部がビデオモニターにて避難完了を判断して合図を送り、各出口の計測を終了した。

心拍の測定は、出口5において実験者が被験者1名に電極および心拍測定器を装着し、実験開始前に測定を開始した。避難終了後、出口にて装置をとりはずした。実験のフェイズを後に確認可能にするため、心拍測定装置のメモリーダイヤルを実験開始時、避難終了時、装置の取り外し直前、の3時点で切り替えた。

3. 結果と考察

3・1 被験者の属性

実験結果に影響を及ぼすと思われる被験者の属性について、事前／事後アンケートの項目を検討した。各グループの平均値および標準偏差を表3に示す。

これらの指標について、グループ間で差が認められるかを検討するため、一元配置の分散分析を行った。その結果、いずれの指標においてもセッション間に差は認められなかった（付録：分散分析表参照）。したがって、各グループの被験者は等質的であるといえる。平均的特徴として、地上の知識、方向感覚はいずれも中程度であること、地下街の利用頻度は月1～2回程度でミヤコ地下街の利用経験はほとんどないこと、実験前の緊張度は中程度以下であったことがわかる。

表3 被験者の属性(上段:平均値, 下段:標準偏差, 実験条件別)

実験条件		年齢	地上知識	方向感覚	地下街の利用頻度	ミヤコ地下街の利用頻度	実験前の緊張度
通常照明・出口制限あり	平均値	20.4	3.3	2.9	2.9	4.9	3.4
	標準偏差	1.0	1.2	1.0	1.0	0.3	1.2
消灯・出口制限あり	平均値	20.5	3.1	3.5	3.1	4.4	3.5
	標準偏差	1.3	0.9	1.4	1.4	0.8	1.4
通常照明・出口制限なし	平均値	21.1	3.4	3.3	3.6	4.9	3.7
	標準偏差	3.1	1.1	1.3	1.1	0.3	0.8
消灯・出口制限なし	平均値	20.4	3.0	3.1	3.4	4.9	3.8
	標準偏差	0.7	1.1	1.6	1.0	0.3	1.0
非常照明・出口制限なし	平均値	20.2	3.3	3.3	2.9	4.3	3.9
	標準偏差	0.4	0.9	1.1	1.2	1.7	1.2

表4 実験状況の受け止め方(上段:平均値, 下段:標準偏差, 実験条件別)

セッション		歩行時の緊張度	合図予期(1を除外)	消灯予期	恐怖感	焦り	安堵感	災害想定	同組の友人数	他組の友人数	避難時間
通常照明・出口制限あり	平均値	3.8	2.0	1.4	2.7	2.5	2.1	2.8	0.3	0.7	26.5
	標準偏差	1.2	0.0	1.0	1.3	1.1	0.6	0.9	0.5	1.3	7.8
消灯・出口制限あり	平均値	3.8	2.1	1.6	3.8	2.9	2.7	3.0	0.4	0.5	30.6
	標準偏差	1.3	0.3	1.0	1.0	1.0	0.9	0.7	0.5	1.6	6.4
通常照明・出口制限なし	平均値	2.3	2.1	1.8	2.7	2.2	2.3	2.4	0.2	0.8	21.9
	標準偏差	1.1	0.3	1.5	1.4	1.1	1.3	1.0	0.4	0.9	3.2
消灯・出口制限なし	平均値	3.3	2.0	1.6	3.0	2.4	2.4	2.8	0.8	1.0	25.9
	標準偏差	1.2	0.0	1.0	1.2	0.5	1.0	0.9	0.6	0.7	5.4
非常照明・出口制限なし	平均値	3.8	2.0	1.7	2.9	2.4	1.9	2.8	0.7	0.8	27.3
	標準偏差	1.2	0.0	1.0	0.9	1.0	1.5	1.1	0.9	1.0	7.7

3・2 実験操作の確認

各被験者が実験状況をどのように捉えていたかを、事後アンケートから確認する。各グループの平均値および標準偏差を表4に示す。

被験者の属性と同様に、これらの指標にグループ間で差が認められるかを検討するため、一元配置の分散分析を行った。その結果、「歩行時の緊張度」において主効果が認められた($F(4, 44)=2.91, p<.05$)。下位検定(Duncan法)の結果、「通常照明・出口制限なし」グループが、「消灯・出口制限なし」グループを除く他のグループよりも緊張度が高かった。その他の指標においては、セッション間に差は認められなかった(付録：分散分析表参照)。

また、出口制限予期において、通路途中の出口閉鎖は、通路途中の出口が開ける場所で横に目を向ければ見える位置にあったため、気づいたものが11名と多かった。しかし、自分の入った地下街への入口の閉鎖に気づいたものは0名であった。

以上から、各グループの被験者は平均的に、次のように実験状況を捉えていたといえる。まず、歩行時の緊張はあまりなく(「消灯・出口制限なし」条件は除く)、思ったよりも早く避難合図があり、まったく予想なしに照明が消えた。自分の入ってきた入口は知らない内に閉ざされていた。消灯時の恐怖感はいずれともいえない程度であったが、避難時にはわずかながら焦りがあり、地上に出て多少の安堵を感じた。災害想定可否は、どちらともいえない程度であった。被験者の報告からは、全体的に、災害の突発性・意外性については模擬的に再現されているが、緊急性の点では、避難の動機づけが十分には喚起されていない状況であったといえる。しかし、本実験の状況は、何か災害が生じたが手がかりがないために緊急性がつかめず、避難を急がねばならない状況として捉えることは可能である。

3・3 避難経路および避難出口

避難時の経路を調べるために、事後アンケートの避難経路とビデオによる避難行動の確認を行った。また、事後アンケートの避難手がかりへの回答から、各組の被験者が避難に向かった出口数を割り出した。避難出口とともに表5に示す。避難した出口番号とビデオによる避難行動から、各組ともほぼ5人がまとまって同じ出口に出ていることを確認した。指示「まとまって歩くように」の影響が考えられたため、第3セッションより指示を徹底し、避難時は分散してもよいことを伝えたが、ほぼ同様の傾向が見られた。避難実験という特殊な状況のためかもしれないが、これまで指摘されている避難時の同調行動³⁾⁴⁾が生じていることも考えられる。

出口に向かう数は、当然ながら、出口制限のあったグループで多くなっている。ここで、通常照明・出口制限ありA組の被験者1名は、閉鎖された出口にことごとく向かったため、66秒と極端に長い避難時間を要した。ビデオと避難経路から、この被験者は避難合図後に直進し、引き返した同じ組の他の被験者とはぐれ、

表5 避難した出口と向かった出口の数

		避難した出口番号					向かった出口の数				計
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	
A組 (出口1)	通常照明・出口制限あり					5		5			5
	消灯・出口制限あり					5	4	1			5
	通常照明・出口制限なし				5		5				5
	消灯・出口制限なし				5		5				5
	非常照明・出口制限なし				1		4				4
合計					11	10	9	18	6		24
Z組 (出口5)	通常照明・出口制限あり					5			2	1	5
	消灯・出口制限あり			5				5			5
	通常照明・出口制限なし			5			5				5
	消灯・出口制限なし	4	1				5				5
	非常照明・出口制限なし	5					5				5
合計		9	11			5	15	7	2	1	25

出口1に向かって閉鎖されていることに気づいた。反対側の出口2に向かえば避難できたが、自分が歩いてきた方向に戻ったため、閉鎖に気づいていなかった出口3、出口5を確認し、ようやく出口4へ避難した。このように、出口制限のある場合には、いくつかの契機が重なることによって、避難時間に大きな影響が出ることが示された。

避難開始時に直進するか、反転して来た道に戻るかは、避難時の通路上の位置、出口3の閉鎖の事前認識、他者への同調、などが影響していると考えられ、照明の条件とはとくに関連する傾向はみられない。

3・4 避難時間

各出口における被験者の避難時間のラップから、本部計測の避難時間を差し引き、避難時間とした。各セッション別の被験者の避難時間を図2に示す。避難開始時の通路上の位置が各組とも多少異なることから、直接的な比較は行えない。しかし、被験者の避難経路と図2の避難時間の分布とをあわせて考えると、1) 通常照明時よりも消灯時の方が避難時間に遅れが出るが、それほど大きな差は生じない、2) 出入口に制限がある場合には、照明の状態に関わらず大幅な遅れが生じる可能性がある、という予測がたてられる。

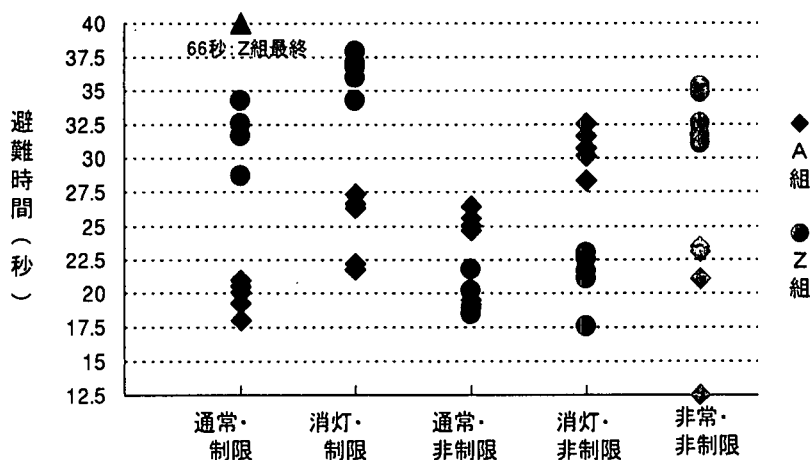


図2 各グループの避難時間

4. まとめと課題

本研究では、具体的な災害状況を考慮した空間条件のもとに、実際の地下街を利用した避難行動実験を行った。大地震による火災発生直後という災害状況のもと、照明の機能不全や、出口の崩壊による閉鎖といった状況を想定し、実験条件とした。実験の模擬状況は、避難の動機づけをとくに高めたり、恐怖を喚起させたりはしなかったが、突発的で急激な環境の変化という状況は疑似的に再現され、一定の心的負荷をかけた状態であったことが予想される。この点については、心拍データの分析を進めて検討する余地がある。

避難経路および避難時間については、出入口の制限された状態が、大幅な遅延をもたらす可能性が示された。今回の実験では、制限した出入口はすべてメインの通路から離れない位置にあり、避難不可の判断を比較的早く引き出すような配置・状態であった。例えば、閉鎖出口が2や4であった場合には、引き返しに時

間を要し、より遅延が大きくなっていたであろう。したがって、この効果はとくに、より大規模で複雑な構造を持つ地下街からの避難においては、より大きくなるものと考えられる。したがって、地上への避難においては、避難可能経路についての正しい誘導あるいは情報の提供を、速やかに行うことが必要である。こうした提言の前提となる避難行動および避難時間の知見について、避難開始後の進路（直進、反転）に関する条件の吟味や、避難の手がかりと同調のあり方、避難開始位置を統制した避難時間の比較について、今後さらに詳細に検討していくことが今後の課題である。

5. 引用文献

- 1) 釘原直樹：『パニック実験—危機事態の社会心理学—』 ナカニシヤ出版，1995.
- 2) 文野 洋・向井希宏・田中 正・大谷 亮：地下街における避難行動に関する研究について，地下空間シンポジウム論文・報告集，第6巻，pp.97-101，2001.
- 3) 釘原直樹： 危機状況からの脱出行動における同調性と固着性に関する実験的研究，心理学研究，Vol. 56，No. 1，pp29-35，1985.
- 4) 伊藤君男・天野 寛・岡本真一郎： 緊急事態における避難行動に関する実験的研究 —事前の探索経験の効果—，実験社会心理学研究，Vol. 38，No. 1，pp17-27，1998.

謝 辞

本研究の計画・実施にあたり、ミヤコ地下街防災センターの職員の方々をはじめ、関連機関の担当の方々にご理解・ご協力をいただいた。本研究は、現場の方のご理解・ご協力なしには実現しえなかった。また、実験準備から実施に至るまで、名古屋大学大学院工学研究科の西 淳二教授、田中 正助手、所属の院生の方々には多くの時間と労力をさいてのご協力を得た。また、中京大学、名古屋市立大学、山形大学、日本女子大学の先生方、院生、学生のみならず、様々な面からのご協力をいただいた。深く感謝申し上げます。