

(171) 迷路実験に基づく緊急時の人間行動特性

東京大学大学院 学生会員 横山 秀史
 東京大学生産技術研究所 正 会 員 永田 茂
 東京大学生産技術研究所 正 会 員 山崎 文雄
 東京大学生産技術研究所 正 会 員 片山 恒雄

1. はじめに

地震や火災などの災害時における安全性を議論する際に、緊急時に人間がとる行動の特性を理解することは、従来にも増して重要になりつつある。本研究では、主に避難者の心理状態や平常時の個人特性と緊急時の人間行動特性の関係についての基礎的なデータを収集することを目的として、池袋都民防災教育センターの迷路を用いて行った避難実験¹⁾と、実験の終了直後に被験者に対して行ったアンケート調査および性格検査²⁾の結果について報告する。

2. 迷路を用いた避難実験

2.1 実験の概要

迷路を用いた緊急時人間行動に関する実験は、東京消防庁池袋都民防災教育センターに設置された煙体験コーナーの迷路を使用し、1990年2月28日、3月24日、10月20日、10月27日の4回に分けて行った。この迷路は、内部の照明や煙の流量などを迷路入口のコントロールパネルで調整できるほか、迷路内での体験者の位置を感知するマット状のセンサー、迷路内での被験者の姿勢を感知するセンサー、迷路内の音声を収録するマイクなどにより、迷路内部の状況を迷路の外から監視する機能をもつ。迷路の内部は、多くの壁とドアによって仕切られており、いくつかのドアは鍵がかけられて開かないようになっている。また、ドアの中には窓のついたものがあり、外部からの明りもれがある。その他、迷路の内部には一ヶ所「非常口」の表示灯があり、その付近はやや明るくなっている。迷路内の通路部分の幅は約1m、迷路の長さは最短経路で約25mである。迷路の形状と機能を図1に示す。

実験に参加した被験者は、男性19人、女性21人の計40人である。年齢構成は20代から50代に分布しており、20代の被験者がやや多く、50代の被験者は少ない。各年代ごとの男女比はほぼ等しい。被験者の職業構成は、男性被験者の大部分と20代、30代の女性被験者の大部分が会社員、40代以上の女性被験者は主婦が中心である。実験時の被験者への刺激要因としては、迷路内の照明の状態、迷路内の煙の濃度、迷路内への外からの明りもれの有無の3つをとり、これらの要因を変えて被験者1人について2ケースの実験を行った。実験条件は表1に示す。実験の手順は、まず被験者を別室に集合させ、一人ずつ呼び出し、迷路の外から入口と出口の場所を指示した後、実験についての簡単な説明をしてから迷路に入れた。実験では、各被験者の迷路からの脱出時間・迷路内での被験者の動線・姿勢感知用センサーや迷路内の音声を収録した。さらに、迷路から脱出した直後に、迷路内での行動とその理由、行動と心理状態、被験者の行動と性格の関係などを調べるため、アンケート調査と性格検査を被験者に対して行った。

2.2 実験の結果

(1) 脱出時間について

被験者全体の平均脱出時間は、実験ケース1、実験ケース2と

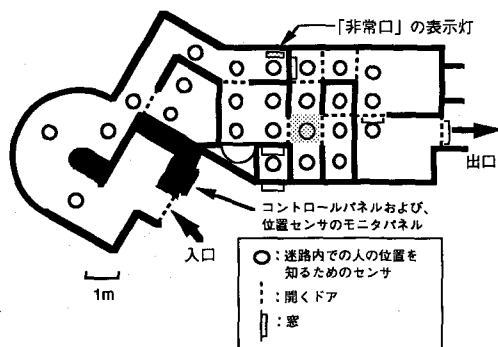


図1 迷路の平面図

表1 実験時の迷路内の状態

	迷路の初期状態 [*]			実験時の状態 ^{**}
	照明	煙の量	明りもれ	照明
ケース1	明るい	なし	あり	暗い
ケース2	薄暗い	少量	なし	暗い

^{*} 被験者が迷路に入った直後の状態。

^{**} 被験者が迷路中央部の部屋に到達したときに設定変更を行った後の状態。煙の量や明りもれは、変更していない。

も約170秒で、ほぼ同じであった。しかし、男女別にみると、実験ケース1では男性の平均脱出時間のほうが女性の平均脱出時間よりも約45秒短かったのに対し、実験ケース2では女性の平均脱出時間のほうが約26秒短い。

脱出時間と性別の関係をみるため、実験ケース1の脱出時間について、男女別の頻度分布を図2に示す。この場合、男性では50秒～150秒と200秒～250秒の2つの山があるのに対し、女性では150～250秒に集まっており個人差は小さい。実験ケース2についても同様な検討を行っているが、男性では実験ケース1と比較してばらつきが大きくなっている。また、女性は男性よりは個人差が小さいが、実験ケース1と比較するとばらつきが非常に大きくなっている。全体的な傾向としては、脱出時間に関しては実験ケース1では男女間の差がはっきりとみられたが、実験ケース2では個人差が大きく、性別による違いはあまりみられなかった。

(2) 動線について

実験ケース1、実験ケース2とも被験者が迷路に入ってから、迷路中央の網掛で示した部屋（図3）に達するまでの間は、照明は点灯したままであり、動線の個人差は小さかった。それに対し、照明を消し迷路内を完全に暗くした後では、被験者ごとの行動パターンの違いが目立った。照明が消えた後の迷路内での被験者の行動は図3に示す3つのパターンに大別できた。分類の基準は主に、経路探索行動が体系的かどうか、方向感覚をある程度保持しているか完全に失っているか否かの2点である。3つの行動パターンのうち、行動パターン1は、同じ場所を何度も往復するなどの無駄な動きが全くなく、右手（または左手）を壁から離さないように壁伝いに探索する体系的な探索行動によって脱出したと考えられるパターンである。次に、行動パターン2は、体系的な探索行動はとっていないものの、照明を再点灯した後はほとんど迷わずに出口まで達していることからわかるように、方向感覚を完全に失っていないと思われるパターンである。行動パターン3は、全ての実験を通じてもっとも多くみられたものであり、探索行動に系統性がみられないほか、無駄な動きが非常に多く、方向感覚を完全に失っていた。このタイプの被験者の中には、入口に戻ってきてしまう例も見られた。入口に戻ってきた被験者は、実験ケース1の場合、40人中11人であり、これらの被験者のいずれもが出口に到達したものと錯覚していた。

また、図1に網掛で示した部分における経路選択に着目すると、実験ケース1の場合迷路内が完全に暗い状態で到達した被験者の約45%が直進し、右折した被験者は約33%、左折した被験者は約21%であった。一方、実験条件等が異なるため単純な比較は困難であるが、北後が神戸市の市民防災センターの耐煙訓練室を使用して行った避難行動実験³⁾によると、暗闇状態における十字路での経路選択は、右折が約50%で最も多く、左折が約25%、直進が約20%であった。北後の使用した施設は、幅1.4mの通路により構成されており、ドアなどの、手探り歩行の手がかりとなるようなものがないため、壁伝いに進む傾向が強く現れたものと考えられる。それに対し、今回の実験で使用した迷路は、通路の幅が約1mと狭いことに加え、十字路の手前と奥の2ヶ所にドアがあり、被験者が手探りしたときに前方のドアに手が届くため、ドアに誘導されるような形で前進する被験者が多くなったものと考えられる。このように、暗闇の中を手探りしながら歩行する場合の経路選択は、周囲の状況によって大きく影響されるものと考えられる。

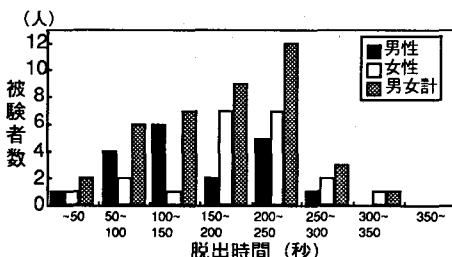


図2 脱出時間と性別の関係
(実験ケース1)

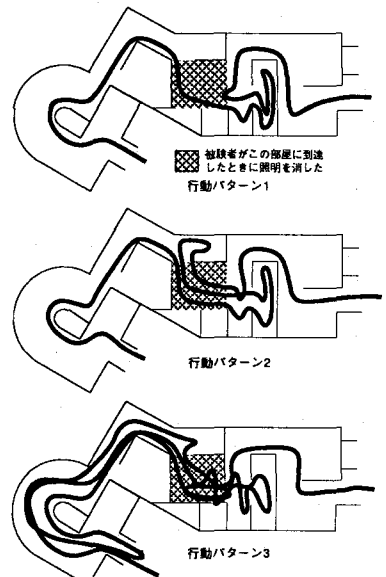


図3 実験で観測された代表的な
行動パターン

3.被験者に対するアンケート調査

3.1 アンケート調査の概要

アンケート調査は、各実験ケースの終了直後に行った。1990年2月28日、3月24日、10月20日、10月27日の4回の実験のうち、先に実施した2回（2月28日と3月24日）と、後で実施した2回（10月20日と10月27日）の実験の際に行ったアンケートがそれぞれ一組となっており、両者の間では質問項目や回答の選択肢などに一部違いがある。アンケート調査の項目は、迷路内の状態を変化させたとき（照明を消す、照明を再点灯するなど）にとった行動とその理由、行動する際に目標としたもの（明り、ドア、壁など）、避難に対する煙の影響、さまざまな状況におかれたときの「焦り」の度合などである。

3.2 アンケート調査の結果

図4は、10月20日と10月27日の実験ケース1の終了直後に、全部で28人の被験者に対して行ったアンケート調査結果の一部を示したものである。このように、照明が消えた直後には大部分の被験者がドアや壁などの手で触れるものを頼りにして前進しようとしていることがわかる。

被験者の迷路内での心理状態を調査し、避難行動モデルの基礎的データとするため、焦りに関する項目を重点的に調べた。実験ケース1の実験時に、さまざまな場面で被験者が感じた焦りの度合と被験者の性別との関係を図5に示す。まず、被験者全体についてみると、各質問項目とも大部分の被験者が「かなり焦った」から「少し焦った」と回答している。このように、今回の実験の際にかなりの被験者が焦りを感じて行動しており、実験の結果は実際の緊急時の行動特性をある程度反映しているものと考えられる。また性別と焦りの関係をみると、女性の方が男性よりも、焦りを感じる方にやや強く反応している。特に、開くと思っていたドアが開かなかったときに女性被験者は大部分が焦りを感じていたのに対し、男性被験者の場合、ほとんど焦らなかった被験者がかなり多いなど、性別により焦り方に多少の違いがみられた。

4.被験者に対する性格検査

4.1 性格検査の概要

人事管理やカウンセリングなどに一般に広く用いられている矢田部・ギルフォード性格検査（Y-G検査）を被験者に対して実施することにより、各被験者の性格尺度と迷路内での行動の関係を定量的に把握することを試みた。Y-G検査からは、12の性格尺度に関する情報が得られる。また、これら12尺度の情報を総合した全人格的な判定も可能になっている。

4.2 人間特性と行動パターンの解析

被験者の性別、年齢、性格尺度などの個人特性と、実験時に観察された3つの行動パターンの関係について、数量化理論第3類を用いた解析を行った。数量化理論第3類によって個人特性のよく似

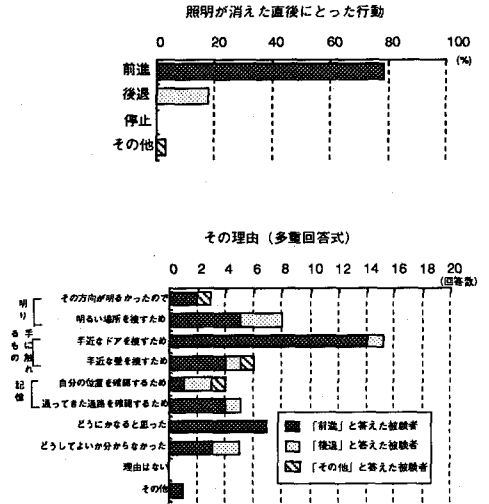


図4 照明が消えた直後にとった行動とその理由

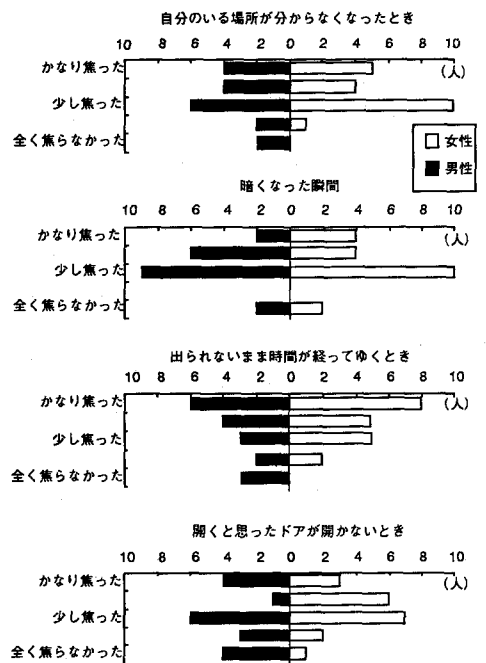


図5 実験時に被験者が感じた焦りの度合

た被験者をグループ分けしたときに、あるグループに分類された被験者がとった行動パターンが同じであれば、個人特性から迷路内での行動パターンを推定できることになる。解析にあたっては、行動パターン1, 2の被験者が行動パターン3の被験者と比べ少ないため、行動パターン1と行動パターン2の被験者を1グループとした。特性変数としては被験者の性別・年齢・職業に加え、性格検査の結果を採用した。年齢は20代・30代・40代以上の3カテゴリ、職業は技術系・事務系・主婦の3カテゴリに分類した。性格尺度としては、Y-G検査によって得られる1)C尺度、2)Ag尺度、3)R尺度の3つの性格尺度を選んだ。一般に、C尺度は情緒面の安定度を、Ag尺度は社会的な活動意欲を、R尺度は行動面での活動性を表す指標と考えられている。計算は第3主軸まで行った。第3主軸までの累積寄与率は約53%である。また、カテゴリウエイトの値より各主軸の意味を検討した結果、第1主軸と第2主軸は性別・年齢・職業・3つの性格尺度の全個人特性項目が被験者の分離に寄与している主軸であり、第3主軸はおもに年齢・職業・C尺度（冷静・焦りを感じやすい）の3つの尺度が被験者の分離に寄与している主軸であった。

実験ケース1について解析を行った結果、第1主軸および第2主軸では、ばらつきは大きいものの、行動パターン1, 2の被験者と行動パターン3の被験者がかなりよく分離されているが、第3主軸では、ほとんど分離できていなかった。次に、実験ケース2についても同様の解析を行った。しかし、実験ケース2では3本の主軸のいずれに対してもほぼ等しい値である上、ばらつきも大きく、実験ケース2での行動パターンはうまく分離できなかった。

5. まとめ

迷路を使用した避難実験の結果、迷路内での被験者の行動パターンは3つに大別できることがわかった。また、迷路からの脱出時間や迷路内での行動パターンと性別には関係があり、年齢ともある程度関連のあることがわかった。その他、いったん暗闇の中で位置感覚や方向感覚を失った場合、回復するまでには明るくなってからある程度時間がかかることを確認した。さらに、明るい時と暗闇の中では、同じ場所であっても全く異なる印象を受ける場合があり、これが避難行動に影響する可能性があること、暗闇の中での行動は、通路の幅やドアの有無などの条件のわずかな違いに大きく影響される可能性があることを確認した。この点は、特に避難行動モデルを構築するような場合には、十分に考慮する必要がある。

次に、緊急時の人間行動に影響する個人の心理的・性格的特性を調べるために、避難実験の被験者に対してアンケート調査と性格検査を行ない、結果を解析した。まず、実験時にかなりの被験者が焦りを感じて行動していること、照明が消えて暗くなった瞬間には、ほとんど全ての被験者が焦りを感じていることなどが、アンケート結果よりわかった。次に、数量化理論第3類を用いて個人特性から被験者の行動パターンを推定することを試みた。その結果、性別・職業・年齢・3つの性格尺度の計6個の個人特性によって実験ケース1での行動パターンをある程度分離することができた。しかし、実験ケース2では学習効果の個人差などの影響もあってか、事前にわかる個人特性のみで行動パターンを類型化することはできなかった。

今回の実験結果に基づく避難行動のモデル化とコンピュータシミュレーションについて現在研究を継続しており、後日報告したいと考えている。

参考文献

- 1)横山秀史・片山恒雄・山崎文雄・永田 茂, 迷路を用いた人間の避難行動に関する実験—第2報—, 生産研究, 第43巻, 第6号, 1991.
- 2)横山秀史・片山恒雄・山崎文雄・永田 茂, 迷路を用いた人間の避難行動に関する実験—第3報—, 生産研究, 第43巻, 第6号, 1991.
- 3)北後明彦, 煙の中における人間の避難行動実験, 日本建築学会計画系論文報告集, 第353号, 1985.