

地下空間における評価指標に関する研究

A study of the evaluative indicator for underground shopping malls

本多薫*・朝倉万理..・小野滋...・石原正規....

Kaoru HONDA, Mari ASAKURA, Shigeru ONO, Masami ISHIHARA

We investigated both the variability of heart-rate and subject's sensory evaluation when the subject watched the computer-generated movies of a virtual environment of underground shopping malls. Twelve university students participated in this experiment as subjects. Each subject was instructed to memorize a route of the malls where he or she virtually passed through. The number of the corner for the route was manipulated to be either 1, 5, or 11 as an index of difficulty. Analysis showed that the variability of heart-rate became larger as a function of the index of difficulty. Sexual difference was also found for the variability of heart-rate although there were no differences for subject's sensory evaluation.

Keywords: Spatial cognition, Underground shopping malls, Heart-rate variability,
Memory task, Sensory evaluation

1. まえがき

地下空間に対する印象を尋ねると「暗い」「不安」「閉鎖的」などマイナスイメージなものが挙がることが多い。実際、初めて歩く地下街や地下鉄の乗り換えなどでは地上と比べて方向感覚のずれが生じやすく、地図などの案内を頼りにすることが頻繁にある。このような地下空間におけるマイナスのイメージは、その空間をはじめて利用する際に生じるだけでなく、突然の事故や災害時など非常事態の際にも起こり得る。これは、昼夜の変化、天候の変化といった環境の動的な変化のある屋外（地上）と比べて地下空間は環境の変化が少なく知覚喪失につながるからだと考えられる。災害時などの非常事態を想定したうえで地下空間の構造や安全性を考えると、地上と地下の境界（出入口）のデザイン、明るさ、天井の高さ、音環境など物理的な要素は、非常時・平常時の人の行動特性や知覚、方向感覚の低下など心理的な要素を取り入れて検討される必要がある。

本研究では、初めて歩く空間において道順記憶という負荷をかけた状態で、人がどのような印象をもってその空間を歩き、また生理的にどのような反応が示されるのかについて先行研究¹⁾で用いた PsyMaze による自動歩行画像を使って調べる。これにより、空間認知の際のわれわれの心理・生理的特性を実験的に検討でき、さらには、実環境において同様の実験を行った際に実験室でのデータの有用性を検討することが可能となる。

キーワード：空間認知、地下空間、心拍変動、記憶課題、印象評価

- ・ 非会員 山形大学人文学部
- .. 非会員 日本女子大学人間社会研究科
- ... 非会員 東京都立大学人文学部
-非会員 東京都立大学理学研究科

2. 実験目的および方法

我々が初めて歩く空間で、道順を覚えるという負荷をかけられた状態にあるとき、どのような印象をもってその空間をとらえ、また生理的な反応を示すだろうか。初めて歩く地下空間のようにマイナスイメージの強い空間における我々の心理的な特性と生理的な反応を結びつけて捉えるために、被験者に実験的に心理的な負荷をかけてその際の心拍が課題と同期するかを調べる。

(方法)

被験者：20～26歳の大学生男女12名（男女6名ずつ）。

刺激：地下街を想定した自動歩行シミュレーション画像（スタートからゴールまで約5分かかるルート）を観察距離約2.6mのスクリーン（縦0.9m×横1.2m）に投影。

条件：天井高、壁・天井の色、移動距離、移動スピードは一定。

曲がり角の数が、1・5・11の3条件を被験者全員が行う。

呈示順が6通りあるため、男女1名ずつ1通りにつき2名の被験者をランダムにあてはめる。

課題：刺激画像を見たあとで、ルートの再生、再認、印象評定を行う。なお、被験者は実験の説明時から終了時まで心拍を測定する。課題については図1,2を参照。

心拍測定および解析：

心拍変動は人間工学や快適工学の分野において、快適性や精神的作業負担の評価に用いられている²⁾³⁾。⁴⁾心拍変動のパワースペクトル解析より得られる成分として、主に呼吸性不整脈に関連した高周波数成分(0.25Hz:HF)と血圧変動に関連した低周波数成分(0.1Hz:LF)の2つがある。HFは副交感神経活動の指標として、LFは交感・副交感神経活動の指標として用いられている⁵⁾。近年では、LF成分とHF成分の比率から交感神経系と副交感神経系のバランスを評価する試みがなされている³⁾。LF/HFの増加は交感神経系と副交感神経系の活動のバランスが交感神経系に傾いていることを示し、LF/HFの低下はその逆を示すと考えられている⁶⁾。

データの解析では、地下街を歩行している時間を前半、中盤、後半に3分割し、それぞれの時間帯のR-R間隔時間データに自己回帰モデルを適用し、自己回帰係数からパワースペクトルの推定を行い、0.05～0.15Hzに中心周波数をもつ低周波数成分(LF)と0.20～0.40Hzに中心周波数をもつ高周波数成分(HF)を抽出した。

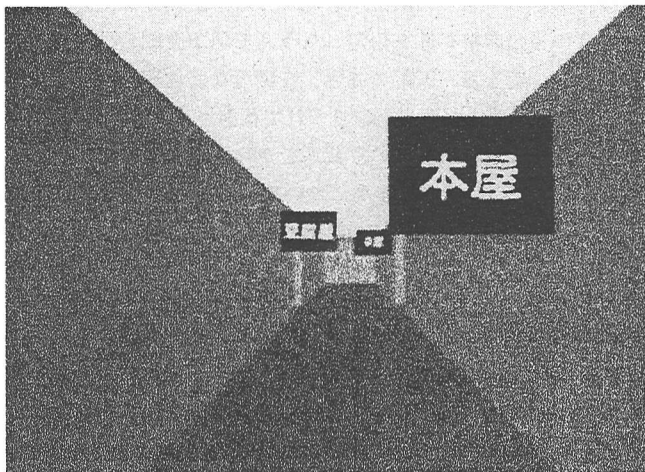
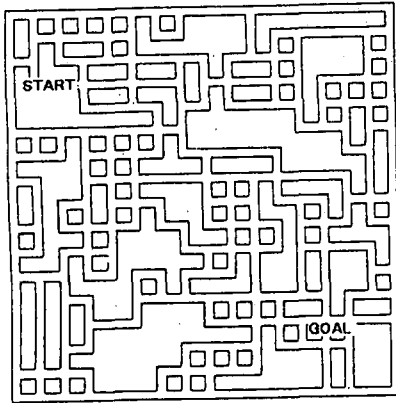


図1 PsyMaze を用いた自動歩行刺激画像（一部）



	非常に	かなり	やや	えんじやうとも重	やや	かなり	非常に
1.明るい							暗い
2.特徴的な							平凡な
3.圧迫感のある							広々した
4.リラックスした							緊張した
5.単純な							複雑な
6.不安な							安心な
7.好きな							嫌いな

図 2 記憶課題、印象評価用紙

3.実験結果

3.1 心理的指標：記憶課題および印象評定について

a) ルートの再生課題

曲がり角及び看板の再生の両方が正解で 1 ポイントとする。

正答率は、曲がり角の数および男女別に完全に正答した人数の割合を%で表 1 に示す。

表 1 ルート再生課題の結果

曲り角の数 提示条件	1		5		11	
	F	M	F	M	F	M
1-5-11	1/1	1/1	3/5	4/5	0/11	1/11
1-11-5	1/1	1/1	0/5	3/5	2/11	1/11
5-1-11	1/1	0/1	2/5	1/5	7/11	3/11
5-11-1	1/1	0/1	1/5	3/5	3/11	0/11
11-1-5	0/1	0/1	1/5	2/5	0/11	1/11
11-5-1	1/1	0/1	5/5	0/5	3/11	0/11
正答率 (%)	83	33	16	0	0	0

b) ルートの再認課題

スタートとゴールの位置を示したルートマップ上で、被験者がシミュレーション画像で見たルートをたどって記入し、曲がり角の看板の再生はカウントしない。道順の再認のみについて正答した数を被験者ごとに表 2 に示す。

表 2 ルート再認課題の結果

曲り角の数 提示条件	1		5		11	
	F	M	F	M	F	M
1-5-11	1/1	1/1	5/5	5/5	0/11	11/11
1-11-5	1/1	1/1	5/5	5/5	2/11	7/11
5-1-11	1/1	1/1	5/5	5/5	11/11	0/11
5-11-1	1/1	1/1	5/5	5/5	3/11	11/11
11-1-5	1/1	1/1	5/5	5/5	0/11	3/11
11-5-1	1/1	1/1	5/5	5/5	11/11	7/11
正答率 (%)	100	100	100	100	33	33

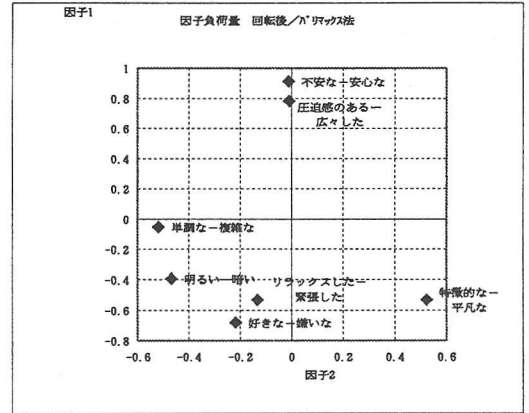
c) 印象評定結果

ルート再生・再認課題終了後、シミュレーション画像を見ている間の全体的な印象について 7 項目の評

定をした結果を因子分析にかけると、第 1 因子に「不安な－安心な」「圧迫感のある－広々とした」「好きな－嫌いな」など「安心－不安因子」であらわされる「評価性因子」、第 2 因子に「単調な－複雑な」「明るい－暗い」といった「単調－複雑性因子」であらわされる「力量性因子」が得られた（表 3）。曲がり角の数条件間で印象の著しい変化は見られなかった（図 3）。また、曲がり角条件ごとに男女差も見られなかった（図 5）。

表 3 因子分析結果

形容詞対	因子 1	因子 2
不安な－安心な	0.913349	-0.01241
圧迫感のある－広々とした	0.782756	-0.00986
好きな－嫌いな	-0.68053	-0.21885
リラックスした－緊張した	-0.53245	-0.13284
特徴的な－平凡な	-0.53203	0.522261
単調な－複雑な	-0.05524	-0.51848
明るい－暗い	-0.39253	-0.46966
寄与率(%)	37.62	11.83



3.2 生理的指標：心拍変動について

図 4 に曲がり角数の違いによる心拍変動の比較を示す。それぞれの時間帯（前半、中盤、後半）毎の被験者の総平均をプロットしたものである。図 4 より、前半の時間帯においては、LF/HF は 1.6 前後を示しており、曲がり角数による違いは見られない。しかし、経過時間が中盤、後半になるに従い、徐々に LF/HF が増加する傾向が見られる。特に曲がり角 1 1 の後半の時間帯では 1.87 と大きく増加している。t 検定の結果、曲がり角 1 1 における前半と後半との間には有意差が認められた ($t=3.068, \alpha<0.01$)。

次に各曲がり角数における性別の比較を図 6 に示す。図 6 より、曲がり角 1 および 5 における各時間帯の LF/HF の変化を比較すると、女性は前半よりも後半の方が、LF/HF が増加する傾向が見られるが、男性は中盤では増加するが、後半では低下する傾向が見られる。また、曲がり角 1 1 では、男女ともに時間が経過するに従い、LF/HF が増加する傾向が見られる。

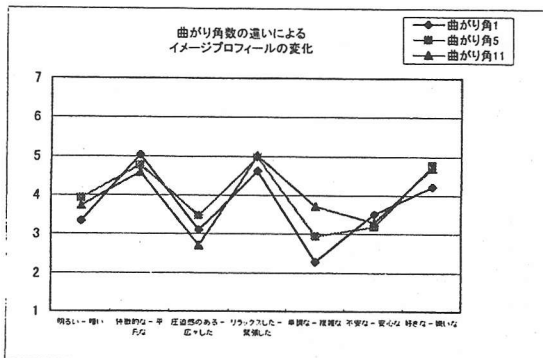


図 3 曲がり角数の違いによるイメージプロフィールの変化

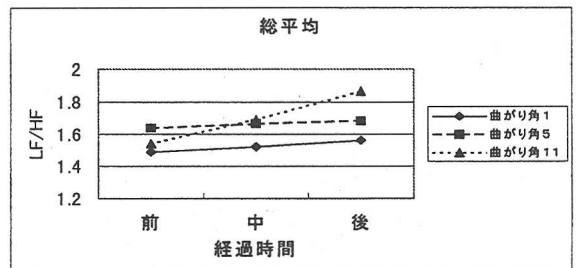


図 4 曲がり角数の違いによる心拍変動の比較

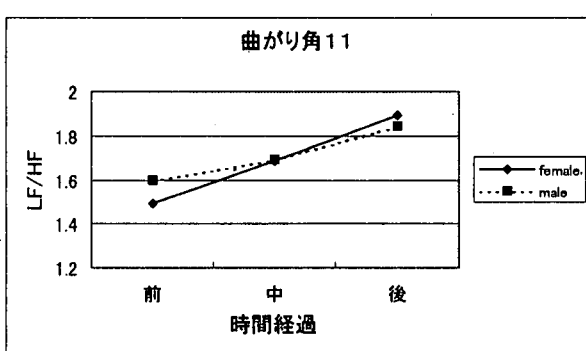
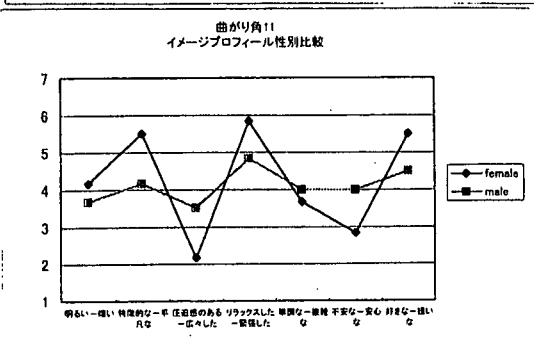
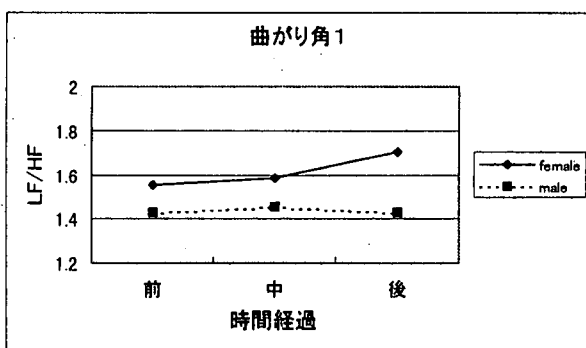
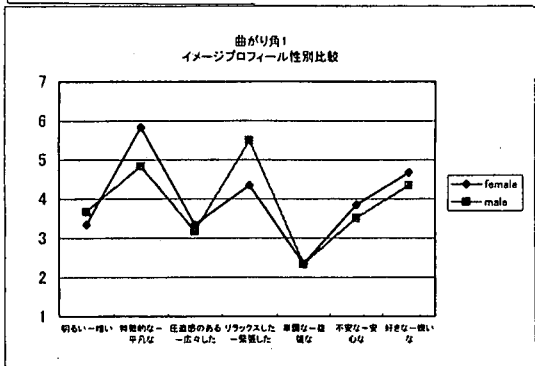
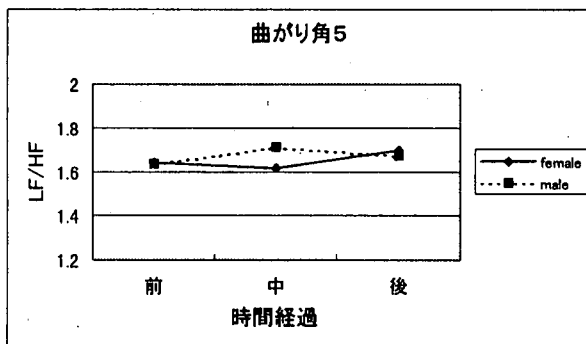
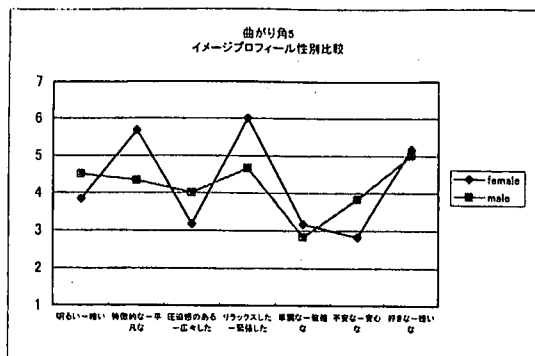


図5 曲がり角数におけるイメージプロフィール性別比較

図6 曲がり角数における性別の比較

4. 考察

4.1 記憶課題及び印象評定について

記憶課題は再生・再認の2種類あり、再生課題では曲がり角数1のときでも全員正答にはならなかった。一方、道順のみの再認課題では曲がり角数11のとき以外は男女ともに全員正答であったことから、曲がり角と曲がり角の看板の両方を記憶するという課題が、かなりの負荷になっていたと考えられる。再生課題では、女性の成績の方が良いがこの裏づけについては、後述の心拍変動における男女の特徴と合わせて考察する。

また、印象評定の結果は曲がり角数の変化や性別の違いによる顕著な差は見られなかったことから、被験者の意識にのぼらないところで課題への負担が感じられていたと考えられる。

4.2 心拍変動について

今回の研究では、心拍変動のパワースペクトル解析より得られた成分としての高周波数成分(HF)と低周波数成分(LF)及びその比率に着目することにより、地下空間における評価指標のひとつとなるかを検討した。実験結果

から、コンピュータで作成したバーチャルな地下街を歩行した際に曲がり角が多くなると、時間が経過するに従い、徐々に LF/HF が増加する傾向が見られた。このことは、曲がり角が多くなり、複雑な歩行になると交感神経系の興奮が高まり、生体への負担が増加したものと考えられる。また、曲がり角が1ヶ所の単調な歩行では、女性よりも男性の方が、LF/HF の変化が小さい傾向が見られた。このことは、男性よりも女性の方が、課題への取り組みが真剣であり、最後まで緊張が持続しているものと推察される。したがって、記憶再生課題における女性の好成績は、交感神経系の持続的な活動と関連付けてみていくこともできる。

5. 今後の課題

今回の実験では、シミュレーション画像を用いたため被験者が実際に歩行したわけではないが、記憶再生課題という負荷をかけることで初めて経験する道（課題）における緊張度合の変化をみることができた。今後は、実際の地下街を歩行する実験を行い、心拍変動をはじめとする地下空間における評価指標を提案していきたい。

6. 謝辞

本実験の総合的なご指導をいただきました、東京都立大学人文学部 市原茂先生にこの場をお借りして御礼申し上げます。

7. 参考文献

- 1) 文野洋・小野滋・市原茂・本間道子: 空間探索実験システム“PsyMaze”を用いた空間表象の形成に関する研究, 地下空間シンポジウム論文・報告集 第4巻, 183-188, 1999.
- 2) 三宅晋司: 快適工学, 泉文堂, 1994.
- 3) 本多薫: 音のテンポが心拍変動と快適感に与える影響, 日本生理人類学会誌 Vol.2 No.1, 33-38, 1997.
- 4) 本多薫: 自己回帰スペクトル解析による心拍変動と精神的負荷強度との関係, 情報処理学会全国大会講演論文集 Vol.59 No.4, 175-176, 1999.
- 5) 早野順一郎: 心拍変動の自己回帰スペクトル分析による自律神経機能の評価, 25(3), 334-343, 1988.
- 6) 安藤真一, 竹下彰: 心拍数のパワースペクトル, 総合臨床, 39(9), 2222-2226, 1990.