

地下街の評価指標としての印象評価および心拍変動の有効性に関する検討

The Efficacy of Sensory Evaluation and Heart-rate Variability as a Evaluative Indicator for Underground Shopping Malls

朝倉万理*・本多薫**・石原正規***・土居倫子****

Mari ASAKURA, Kaoru HONDA, Masami ISHIHARA, Tomoko DOI

We investigated the indicators for evaluation of underground shopping malls, from psychological and physiological perspectives. Each subject attached with a portable heart-rate recorder was instructed to walk to the goal by oneself. Subjects answered to the anxiety test before and after walking, and also answered the questionnaire for the evaluation of the malls after walking. Two conditions for the route, route-defined and route-freed were prepared. Results were as follows. 1. An analysis for the anxiety showed that subjects did not feel uneasy about being in the underground. 2. A factor analysis for the evaluation of the malls showed that the score of complexity factor got larger for the route-defined condition. 3. A power spectrum analysis for the heart-rate variability showed that the activities of sympathetic nervous system increased when the subject was about to enter the underground. The activities for the route-defined condition was relatively larger than those for the route-freed condition.

Keywords: Spatial cognition, Underground shopping malls, Heart-rate variability,
State-trait anxiety, Sensory evaluation

1. はじめに

第6回シンポジウム発表「地下空間における評価指標に関する研究」^[1)]では、個人の空間に対する印象（心理的側面）と心拍（生理的側面）の関係を調べることにより、地下街に対する評価で挙がることの多い「暗い」「不安」「閉鎖的」などのマイナスイメージが、心拍にも影響しているのかについて探り、地下街の評価指標としてこれらの手段が妥当であるか否かを検討した。前報での実験では仮想の地下空間での歩行をコンピュータシミュレーションした映像を観察（経路記憶課題）する際の被験者の心拍を測定し、観察後に印象評定を行った。その結果、生理的側面に関しては、課題の負荷が大きくなるに従い緊張を示す傾向が見られ、また被験者の性別によって緊張の持続時間の違いが示された。一方、心理的側面に関しては、課題の負荷や性別の違いによる顕著な差は見られなかった。また今後の課題として、実空間での同様の実験を行う必要性、個人差について詳細な検討を行う必要性が挙げられた。地下空間に対しては、暗い、じめじめしている、空気が悪い、怖い、逃げ場がない、閉鎖的などのマイナスの印象がもたれており^[2)]、鉱山での落盤事故や地下街のガス爆発などと地下のイメージが結び付けら

キーワード：空間認知、地下空間、心拍変動、状態・特性不安、印象評価

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

れてしまっていることも多い¹³⁾。また、自然光の不足、外部眺望の不足、方向性の不足などをマイナスの心理的影響をもたらす原因として挙げ、地下にいることの恐怖感、密室恐怖症、知覚の喪失などを地下空間に対する個人的反応として挙げている研究もある¹⁴⁾。しかし、窓の有無と人間行動を調べた研究はいくつかあるものの¹⁵⁾¹⁶⁾、実際の地下空間自体と人の心理的状态との関連を調べた研究は数少ない。

そこで本研究では、実際の地下街において歩行する被験者の心拍を生理的指標として測定し、また、個人差の指標としては個人の不安傾向を調べ、それを心理的指標である印象評定の結果と照合した。これらの手法により、不安感や緊張感が地下街という特殊な空間によるものなのか、個人の特性により生じる個人差によるものなのかについて確認した。

2. 方法

被験者には、「地上から地下街に入り指定されたゴール地点まで歩行する」というタスクを課し、課題遂行中の被験者の心拍を測定した。また、課題前後に不安傾向に関する質問紙（STAI）を、課題後には印象評定用紙（20項目のアンケート）を配布し、回答させた。被験者の歩行の様子は、ストップウォッチを携帯した実験者が随時ビデオに録画あるいは行動記録用紙に記録しておき、心拍解析の際、行動と心拍データの照合に利用した。

実験場所とした新宿サブナードの特徴としては、①東京都において第2位の規模の地下街である（床面積約18,000㎡）、②地下街を作る計画標準のモデルになっている地下街である¹⁷⁾、③JR 新宿駅よりメトロブロードウェイを経て、新宿サブナードを経由し西武新宿駅に連結する「駅間連絡通路」であることなどが挙げられる。実験を実施する地下街として、規模的・構造的・立地的および地下街を歩行するのに適当と考えられることから実験場所として選定した。

被験者：18-29歳の大学生男女17名（男5名 女12名）。

実験場所：新宿サブナード。歩行はA22地上入り口から地下街内西武新宿駅連絡口までの約7分間。

地下の通路幅は6m。歩行距離は約388m（条件により異なる）。 付録1

実験日時：平成13年6月8日（金）、9日（土）10時（地下街商店開店時間）から17時（日没前）まで

天候：8日－曇り、平均気温20.9℃（最高24.6℃、最低18.5℃）、平均湿度73% 日没 18時55分

9日－晴れ、平均気温21.6℃（最高25.9℃、最低18.3℃）、平均湿度69% 日没 18時56分

以上、東京管区気象台の記録による。

条件：ゴール地点までのルート指定無し群（自由歩行）、ゴール地点までのルート指定有り群（ルート歩行）

手続き：歩行前－集合時に被験者は地上にて不安傾向測定質問紙「STAI」に回答。

実験者が被験者に電極、心拍測定装置を装着し、実験の説明をした。

歩行－サブナード地上入り口（A22）からサブナード経由で西武新宿駅連絡口までのルートを歩行。

自由歩行：ゴール地点および歩行中の注意事項のみ書かれた紙を渡され、歩行開始。

ルート歩行：ゴール地点までの曲がり角の店名と曲がる方向および歩行中の注意事項が書かれた紙を渡され、歩行開始。

両条件とも、歩行中に店員や通行人、インフォメーション係に道を尋ねることは許可しなかった。

【教示】「これから、サブナードに入ってください、地下街を通してゴールの西武新宿駅連絡口まで歩いていただきます。ルートは、（自由 or 指定された道順）です。途中で分からなくなった場合、店の人や通行人、インフォメーションの人には聞かないでください。尚、実験者が後方からビデオを撮らせていただきますが、これには意識せず歩いてください。何か質問はありますか。無ければスタートしてください。」

歩行後－ゴール地点に到着後、STAI および地下街を歩いた際の印象について20項目のアンケート用紙に回答。電極、心拍測定装置をはずし、終了。

不安傾向測定質問紙 (STAI)

Spielberger 原著の STAI (state-trait anxiety inventory) の日本語版を利用した。いくつかの日本語版が作成されているが、今回は水口・下仲・中里によって構成された日本語版 STAI (三京房, 1970) を使用した。STAI は、表裏に各 20 項目 (4 件法) からなる自己評価尺度 (特性不安用・裏と状態不安用) で構成されており、不安になりやすい性格特性としての特性不安と、刻々と変化する状態不安を別々に測定できるとされている^[8]。状態不安とは、その時その時の刺激の強さによって変化する脅威に対する反応としての不安のことであり、脅威であると判断された刺激によってのみ増加する^[9]。状態不安は、個人のパーソナリティとしての不安傾向である特性不安とは異なる心理的状态であると考えられており、STAI では、「気が落ちついている」、「神経質になっている」、「気がピンと張りつめている」などの質問に対して、今の気持ちを 4 件法で回答してもらうことで測定する。ただし、不安を測っている事は被験者には知らせない。

印象評定用紙 (20 項目のアンケート用紙)

地下街の印象評定は独自に作成した 20 項目の印象語を、「全く思わない」―「非常にそう思う」までの 5 件法で回答してもらった。

心拍測定および解析

従来、生体信号のパワースペクトル解析を行う場合には、フーリエ変換や自己回帰モデルなどを用いることが一般的であり、心拍変動においても周波数成分を調べる有効な手法の一つとされていた^[10]。心拍変動には、異なる周波数を持つ複数の成分を含んでおり、心拍の解析にはパワースペクトル (周波数解析) が有効であると考えられている^[11]。しかし、この心拍の時系列データは非定常な信号であり、これまでのフーリエ変換を用いた解析では、時間軸に沿ったある対象区間の平均としてのスペクトルが得られるため、時間的情報が失われるという欠点がある。そのため、歩行時における瞬時の変化を捉えることができない。

ウェーブレット変換による時系列データの解析は、フーリエ変換を用いる解析に比べると、周波数特性が時間の関数として与えられることになり、時間軸、周波数軸、パワー強度の 3 次元情報として得られる利点があり、生体信号の時間的変化を解析するのに有効な手法であると考えられる^[12]。そこで本研究では、ウェーブレット変換により心拍変動を抽出し、歩行中における被験者の自律神経活動の時間的変化を解析した。なお、心拍の日内変動 (サーカディアン・リズム) は、朝方 4 時頃最も低く、夕方 6 時頃が最も高くなり、その変動は 10 拍/分程度である^[13]。本実験を実施した時間帯における心拍の変動は 5 拍/分程度 (1 時間あたり 1 拍/分以下) であり、その変動は小さいものと考えられる。

今回の心拍変動の解析は、歩行前および歩行時の R-R 間隔時間データに対してウェーブレット変換 (基底関数: ガボール) によるパワースペクトル解析を行った。0.1Hz 付近 (0.05~0.15Hz) に中心周波数をもつ低周波数成分 (LF) と 0.25Hz 付近 (0.20~0.30Hz) に中心周波数をもつ高周波数成分 (HF) を抽出した。0.1Hz の周期を含む LF 成分は血圧変動に関連したものであり、交感・副交感神経活動の反映を示し、0.25Hz の周期を含む HF 成分は呼吸変動に関連したもので、副交感神経活動を反映していると言われている^[11]。よって、0.05Hz 以下を除く 0.05Hz~0.50Hz における LF 成分と HF 成分のパワーを抽出した。また、歩行前と比較して歩行時の交感神経と副交感神経のバランスの変化を検討するため、式(1)により PSB (Power Spectral Balance) を算定した。

$$\text{PSB} = (\text{LF2}/\text{HF2}) / (\text{LF1}/\text{HF1}) \quad \dots\dots (1)$$

(LF1, HF1: 歩行前 LF2, HF2: 歩行時)

3. 結果

3・1 心理的指標: 不安傾向尺度および印象評価

a) 不安傾向尺度

a・1 特性不安

特性不安についても回答を求めたが、回答の範囲が偏っており、妥当性に問題があると思われたため、今

回の分析からは除くことにした。

a-2 状態不安

逆転項目を処理した後、尺度の項目の合計得点を算出した。男女で得点の意味が異なっているの、今回は男女を同時に分析できるように、STAI の標準化された段階基準（表 1）に得点を換算し、分析に用いた。

表 2 及び図 1 より、状態不安の前後の測定結果には、プラスの高い相関が見られる ($r_s = .71; p < .05$)。ルートの有無による状態不安（後）の差はなく、状態不安（前）についても Spearman の順位相関はない。スタート前後の状態不安の変化については、不安段階が変化せず一定だった被験者が 12 名（70.6%）、下がった被験者が 4 名（25.5%）、上がった被験者は 1 名（5.9%）であり、ほとんどの被験者が変化無しもしくは下がった。

表 1 状態不安の評価段階基準

男性	段階	女性
50～	V（非常に高い）	51～
41～49	IV（高い）	42～50
32～40	III（普通）	31～41
23～31	II（低い）	22～30
～22	I（非常に低い）	～21

表 2 全被験者の状態不安（段階）の分類

N=17	平均	SD	I	II	III	IV	V
状態不安（前）	3.53	0.62	0	0	9	7	1
状態不安（後）	3.29	0.92	1	1	8	6	1

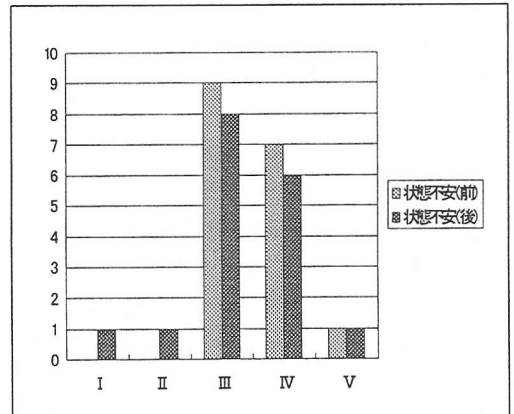


図 1 全被験者の状態不安（段階）の分類

表 3 因子分析結果（プロマックス回転）

b) 印象評定結果

20 項目の空間形容語について 17 人分のデータで因子分析（プロマックス回転）を行った結果、表 3 のとおり、4 つの因子が抽出された。

第 1 因子は、「案内板が分かりやすい」「歩きやすい」「息苦しい」「好きだ」などで表される「評価性因子」、第 2 因子は、「天井が高い」「目的地まで迷いそう」「地上との位置関係がよくわかる」などで「空間性因子」、第 3 因子は、「情報量が少ない」「地上に出たい」「複雑だ」などで「複雑性因子」、第 4 因子は「派手だ」「緊張する」「広々している」で「力動性因子」と考えられる。第 1 因子は、地下街という空間全体を評価するもの、第 2 因子は空間の迷路性とも関連する因子と言える。また、第 3 因子は初めての空間に対する不安や女性における空間認知に対する抵抗感として、第 4 因子は地下街における圧迫感などともつながる因子として捉えられる。

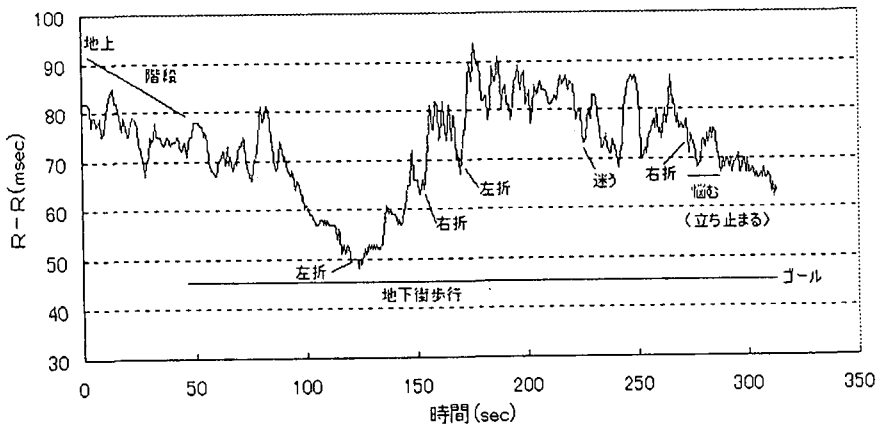
個人の内省では、ゴールまで辿り着くことが課題となっていたため、案内表示の出し方や歩きやすさに言及するものが目立った。また、地上の人の多さとの比較などから地下街を好意的にとらえる人もいた。

	評価性	空間性	複雑性	力動性
きれいだ	-0.875	0.2069	-0.1602	0.0372
好きだ	-0.8192	-0.3921	0.1307	-0.0792
入ってみたい店がある	-0.7635	-0.1278	-0.0269	0.1377
歩きやすい	-0.7538	0.3428	0.0573	0.1223
騒がしい	0.7171	-0.0328	-0.1147	-0.5379
案内板が分かりやすい	-0.6355	0.4483	0.0019	-0.3119
息苦しい	0.4786	0.2290	0.4206	0.1129
遠くからでも文字がよく見える	-0.269	0.8442	-0.0098	0.0442
天井が高い	0.1783	0.7233	-0.1728	-0.4406
性的	-0.0937	0.6333	-0.478	0.0904
地上との位置関係がよくわかる	0.0768	0.6149	0.1027	0.0014
目的地まで迷いそう	-0.1105	-0.4948	-0.1830	-0.4302
地上に出たい	0.2718	0.3806	0.7828	0.064
女性的	-0.3180	-0.0651	0.7051	-0.3925
情報量が少ない	-0.078	0.4508	-0.5041	0.0933
複雑だ	0.0000	-0.1981	0.4683	0.1965
明るい	-0.3745	-0.0039	0.423	-0.2147
派手だ	0.0886	0.0486	0.1437	-0.7416
広々している	0.0081	0.0341	-0.0831	-0.5801
緊張する	0.1000	-0.0575	0.1153	-0.5394

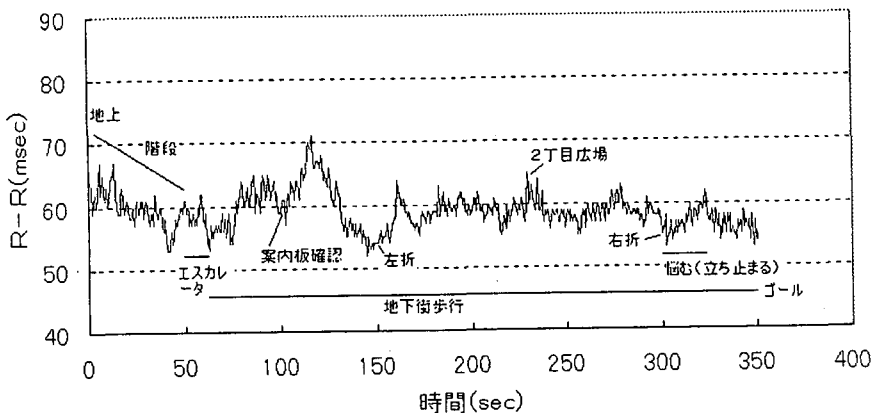
歩行前の状態不安の得点（段階）と各因子得点との相関係数は、力動性因子と5%水準で有意（ $r = -.539$ ）である他は有意ではない。また、歩行後の状態不安の得点と各因子得点の相関係数においても、力動性因子と5%水準で有意（ $r = -.575$ ）となった。一方、ルートの有無と各因子の間には、複雑性因子と正の相関が5%水準で有意（ $r = .517$ ）となった。

3.2 生理的指標：歩行行動と心拍変動について

図2にルート歩行と自由歩行における被験者の歩行行動と心拍（R-R間隔時間）の変化の一例を示す。ビデオ撮影または行動観察により、1秒単位の歩行行動を記録し、心拍のR-R間隔時間の変化との関係を示した。図2より、ルート歩行および自由歩行ともに、地上部をスタートした直後は、急激にR-R間隔時間が短くなる（心拍が速くなる）ことが分かる。しかし、後半R-R間隔時間変動が小さくなる傾向が見られる。次に被験者の行動とR-R間隔時間との関係を見ると、左折や右折の進路変更を行った前後では、R-R間隔時間が短くなる傾向が見られる。また、「迷う」など進路模索中にウロウロと歩き廻った場合にも、R-R間隔時間の低下が見られる。しかし、進路が分からないため、立ち止まるなどの行動（悩む）をした場合には、一度R-R間隔時間が短くなるが、徐々にR-R間隔時間が長くなる傾向が見られる。



ルートを指定した歩行（被験者 R 1）



ルートを指定しない自由歩行（被験者 F 1）

図2 歩行行動と心拍（R-R間隔時間）の変化

次に歩行時におけるパワースペクトル解析（ウェーブレット変換、濃淡グラフ）の一例（自由歩行、被験者 F

1) を図3に示す。図の見方として、白い程パワーが大きく、黒になる程パワーが小さいことを示している。図3より、心拍のR-R間隔時間が短くなった時点では、0.25Hz 付近の高周波数成分が減少し、0.05Hz~0.08Hz 付近の低周波数成分が増加することが分かる。特に歩行開始直後の40秒で0.05Hz 付近の低周波数成分のパワーが増加し、それに反して、0.25Hz 付近の高周波数成分のパワーが減少している。また、左折を行った155秒前後を見ると、0.05Hz~0.08Hz 付近の低周波数成分が増加することが分かる。

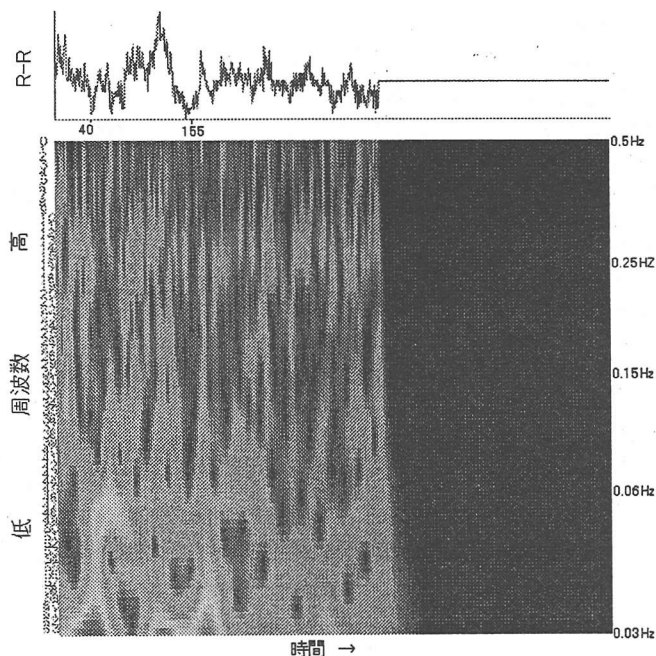


図3 パワースペクトル解析の一例 (被験者F1)

表4 心拍変動におけるパワースペクトルの変化 (PSB)²⁾

被験者 ¹⁾	地上から地下	最初の左折	迷う (ウロウロ等)	悩む (立ち止まる等)
R1 (女)	2.113 ** ³⁾	3.476 **	1.981 **	1.263 *
R2 (女)	1.046	1.073	1.013	1.043
R3 (女)	2.274 **	2.042 *	1.167	1.086
R4 (女)	1.237	2.391 **	1.249	1.004
R5 (女)	1.429 *	1.007	—	—
R6 (男)	2.349 **	1.679 *	1.374 *	—
R7 (男)	1.975 **	2.101 **	—	—
F1 (女)	2.462 **	2.233 **	—	1.813 *
F2 (女)	0.816	1.117	—	1.214
F3 (女)	1.423 *	1.027	—	1.549 *
F4 (女)	2.811 **	1.617 *	—	1.247
F5 (女)	1.319 *	0.891	—	—
F6 (女)	2.104 *	1.265	—	1.453 *
F7 (女)	0.902	0.991	—	1.182
F8 (男)	1.875 *	1.761 *	—	—
F9 (男)	0.924	0.864	—	—
F10 (男)	3.422 **	2.364 **	1.843 **	2.133 **

1) R:ルート歩行 F:自由歩行

2) PSB = (歩行時の LF/HF) / (歩行前の LF/HF)

3) t検定の結果 (歩行前と歩行時の LF/HF 変化の比較) *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$

図3では、1名の被験者を取り上げたが、表4においては全被験者のパワースペクトル解析の結果を示す。各被験者のビデオ撮影または行動観察により得られた歩行行動のうち、生体への負担が大きいと考えられる「地上か

ら地下」、「最初の左折」、「迷う（ウロウロと歩き回る等）」、「悩む（立ち止まる等）」の4行動について、PSBを抽出した。その結果、地上から地下への歩行について、17名中14名の被験者のPSBが増加し、歩行時の低周波数成分（LF）が増加する傾向がみられた。特にルート歩行の全被験者ともに、PSBが増加したことが分かる。 t 検定の結果、17名の被験者中12名が有意に歩行前と比較して歩行時のLF/HFが増加した。また、最初の左折については、17名中14名の被験者のPSBが増加し、歩行時の低周波数成分（LF）が増加する傾向がみられる。 t 検定の結果、17名の被験者中14名が有意に歩行前と比較して歩行時のLF/HFが増加した。特にルート歩行の被験者においては、7名中5名の被験者が有意に歩行前と比較して歩行時のLF/HFが増加した。次に迷う・悩むについては、全被験者のデータを取ることはできなかったが、「迷う」については、6名中3名の被験者が有意に歩行前と比較して歩行時のLF/HFが増加した。また、「悩む」については、11名中5名の被験者が有意に歩行前と比較して歩行時のLF/HFが増加した。これらの結果から、迷うや悩むなどの進路模索中では、PSBが増加し、低周波数成分（LF）が増加する傾向が見られる。また、男女差については、PSBの変化に違いは見られなかった。

4. 考察

4.1 不安特性及び印象評定について

歩行前後での状態不安の得点（段階）は、概ね変化がなかったか低下したということから、歩行によって状態不安が上昇することではなく、地下街を歩くことは不安を感じさせることと直接結びつかない、ということが示唆された。また、印象評定の結果と状態不安段階の間にみられる負方向の相関は、有意でないものも含め、地下街歩行に伴う空間に対する印象と状態不安そのものがつながっていないことを示唆している。さらに、歩行時のルート有無条件の違いによる、ゴール後の状態不安に差はなく、この点からも、地下街をうろつくことは不安を感じる事ではないことが推察できる。一方、ルートの有無と因子得点との相関を見ると、複雑性因子と有意な相関があることから、ルート歩行する際には地下街内の情報や地上と地下を意識する傾向が示されたといえる。また、統計的に有意ではないが、ルートの有無と空間性因子の間には負の相関が見られることから、ルートを指定されて歩行する際に、より歩行空間を意識する傾向があった。これは空間を把握しやすいと不安は低下するという一般的な傾向と矛盾しないと思われる。

不安得点の傾向と空間に対する印象の関係から、研究の前提としていた「地下＝方向・時間定位の不明確な場所＝不安」^{[14][16]}という考え方は、実空間ではイメージほど強調されることがないと言える。むしろ、今回実験を行った地下街は新宿など地上人口が非常に多い場所にしては、比較的歩行者の流れがスムーズで（付録2：平日昼間の歩行人の統計データ参照）、被験者にとっては歩きやすく緊張感の生じない空間だったと考えられる。

実際の地下街で行った今回の実験から得られた結果は、人々が地下空間に付随させるネガティブなイメージ（恐怖、不安、心配等）^[16]が、地下街歩行時の心理的状态の前提としては必ずしも適当ではないことを明らかにした。

4.2 心拍変動について

今回の研究では、実際の地下空間（地下街）を歩行した際の生体への負担を、心拍で測定できるかを検討した。実験結果から、「地上から地下」、「最初の左折」における歩行行動時のPSBが増加することが確認できた。PSBが増加することは、歩行前と比較して、高周波数成分（HF）と低周波数成分（LF）のバランスが低周波数成分（LF）に傾いたことを示している。これまでの既存の研究により、PSBが増加することは、交換神経の活動が活発になり、低周波数成分（LF）が増加し、逆に副交感神経の活動が抑制され、生体が緊張していることに対応すると言われていた^{[17][18]}。したがって、地下街を歩行した直後や進路変更を行う左折時には、交換神経の活動が活発になり、生体が緊張していると考えられる。また、ルート歩行は自由歩行と比較して、PSBが増加する傾向が強いことが伺える。このことは、ルートを指定して歩行させることは、与えられたルート情報と地下街の店名や案内板の照合などの探索は、生体への負担が大きいためではないかと考えられる。

また、歩行行動とR-R間隔時間との比較から、「悩む（立ち止まる）」などの行動をした場合には、一度R-R間隔時間が短くなるが徐々にR-R間隔時間が長くなる傾向が見られた。このことは、心拍のR-R間隔時間

の変化には、生体の緊張による影響と歩行による筋的影響の両方が現れていると考えられる。しかし、今回の PSB による変化を観察すると、「悩む」という行動においても、PSB が増加する傾向が見られ、交換神経の活動が活発になり、逆に副交感神経の活動が抑制され、生体が緊張していることが分かった。さらに、ウェーブレット変換により心拍変動を抽出し、歩行中における被験者の自律神経活動の時間的変化を解析することにより、地下街の歩行における生体の緊張が測定できることが示唆された。

本研究では地下街歩行時のみの心拍測定であったが、心拍は生理的な影響だけでなく、行動や状況判断による精神的状態を微妙に反映することが分かった。地上を歩行した場合には、交通量の多い道路を横断したり歩行者で混雑した状態で前方、左右に注意を払いながら歩行するなど地下街の歩行環境とは大きく異なり、PSB は増加すると推察される。従って、地下街歩行時の生体への影響を更に検討するためには、地上を利用した同様の歩行実験との比較が必要であると考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、不安感や緊張感が地下街という特殊な空間によるものなのか、個人の特性や状況により生じるものなのかについて、個人差を念頭におきながら、心理的側面、生理的側面から検討した。被験者数が 17 名と少数ではあるが、各側面の結果を統合することで地下街歩行時の人の心理的、生理的状態の傾向を導き出す事が出来た。歩行条件（ルートの有無）と空間印象については、複雑性因子の得点と有意な正の相関が見られたが、このことについては心拍のデータからも示されている点であり、ルートの指定が歩行者（被験者）にとって負荷となっている事が分かる。一方、心理的には被験者が意識しない事でも、生理的には変化する点としては、地上から地下に入るとき、曲がり角に来たとき、ルートを探するときなどの生体に生じる緊張が挙げられる。心拍および行動観察（ビデオなど）は継時的なデータであり、被験者が時間を遡って答える質問紙などに比べて有効である。また、ルート指定が生体に負荷となっている点については、生理的なデータだけでなく、空間の印象における因子得点が考察を裏付けるものとして有効である。従って、本研究で用いた手法は人の心理的・生理的側面を捉えることができることから、その人がいる空間即ち地下空間の評価指標として有効であることが明らかになった。

更に今回は、個人の特性として「不安傾向」を取り上げたが、スタートの前後で概ね不安の段階に変化が見られないまたは低下していることから、地下街にいる間の不安感または緊張感は地下街にいるからという理由ではなく、むしろ、指定されたゴールに一人で行かなくてはいけないという課題のため、とも考えられる。したがって、心理的測定による不安はゴールに到着するという安堵感に伴い低下傾向を示し、逆に生体の反応としては、交感神経の活動が活発になり緊張状態がみられる。これが身体的な特徴であるのかそれ以外の理由によるものなのかは今後の検討課題である。

これらの結果は、地下空間での行動における生理的反応および心理的評価が、空間に依存するのか、個人の状態に依存するのかを考え直すきっかけとなるだろう。そのために今後の課題としては、被験者数を増やしての検討、および地上を利用した同様の歩行実験との比較などが必要と考えられる。

6. 謝辞

今回の実験を進めるにあたり、東京都立大学 市原茂先生、文野洋先生には実験の計画、被験者の確保などに際しご助言、ご協力を頂きました。また、実際の地下街における実験に際し、場所および数々の貴重な資料のご提供などの面でご協力くださった 新宿地下駐車場株式会社 飯田竝彬 施設部長、実験者として実働にご協力くださいました 遠藤美帆さん、大塚杏奈さん、田邊絵梨子さん、また、お忙しい中実験にご協力くださいました被験者の皆様にはこの場をお借りして御礼申し上げます。

7. 引用文献

- [1] 本多薫・朝倉万理・小野滋・石原正規：地下空間における評価指標に関する研究，地下空間シンポジウム論文・報告集 第6巻，pp.103～108, 2001.
- [2] 大西有三・佐藤邦明・堀田光：地下空間の利用施設と環境条件，社団法人土木学会（編）ニューフロンティア 地下空間，技報堂出版株式会社，pp.45～56, 1990.
- [3] 西淳二・加藤圭司：地下空間活用と人間，社団法人土木学会（編）ニューフロンティア 地下空間，技報堂出版株式会社，pp.231～242, 1990.
- [4] Carmody, J. & Sterling, R.：地下建築物のデザイン手法，丸善株式会社（渡部与四郎（監修） UBD 研究会訳 1987），1983.
- [5] Stone, N.J. & Irvine, J.M.：Performance, mood, satisfaction, and tasktype in various work environments: A preliminary study, *Journal of General Psychology*, 120, pp.489～497, 1993.
- [6] Nagy, E., Yasunaga, S., & Kose, S.：Japanese office employees' psychological reactions to their underground and above-ground offices, *Journal of Environmental Psychology*, 15, pp.123～134, 1995.
- [7] 建設省：地下街に関する基本方針について（通達：昭和49年6月28日付），1974.
- [8] 水口公信・中下順子・中里克治：日本版 STAI 使用手引き，三京房，1991.
- [9] Eysenck, M. W.：Trait Anxiety and Cognition. In C. D. Spielberger, I. G. Sarason, Z. Kulcsár, & G.L. Van Heck (Eds.), *Stress and Emotion Anxiety, Anger, and Curiosity*, 14, pp.77～84, 1991.
- [10] Sayers, B. McA.：Analysis of heart rate variability, *Ergonomics*, 16, pp.17～32, 1973.
- [11] Pomerantz, B. et al.：Assessment of autonomic function in human by heart rate spectral analysis, *American Journal of Physiology*, 17, pp.H151～H153, 1985.
- [12] 秋谷一平 他：ウェーブレット変換の生体信号解析への応用，総合保健体育科学 21(1), 11～15, 1998.
- [13] Cohen, C.：Human circadian rhythms in heart rate response to a maximal exercise stress, *Ergonomics*, 23(6), 591-595, 1980.
- [14] 安倍北夫：心理学業書 11 災害心理学序説，サイエンス社，pp.50～52, 1982.
- [15] 平井堯：地下都市は可能か，鹿島出版会，1991.
- [16] Sterling, Raymond ; Carmody, John 著；羽根義・小林浩訳：地下空間のデザイン，山海堂，pp.197～220, 1995.
- [17] M.Pagani, F.Lombardi, and S.Guzetto et al.：Power spectral analysis of a beat-to-beat heart rate and blood pressure variability as a possible marker of sympathovagal interaction in man and conscious dog, *Circulation Research*, 59(2), pp.178～193, 1986.
- [18] 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), pp.2222～2226, 1990.

8. 付録

1 - 実験場所（新宿サブナード）写真



①新宿サブナード地上入り口



②曲がり角付近



③ 歩行ルート一例

2-新宿サブナード 平日・休日 時間帯別来街者傾向

サブナードの営業時間中（10:00～23:00）の時間帯別の来街者（IN・OUT）の変化を調べた調査結果によると、INの平日は「18:00～19:00」をピークとし、17:00から急増する山型を示し、休日は「16:00～18:00」が平らになるなだらかな山型を示す。一方、OUTは全時間帯でINと類似した動きを示しており、平日のピークは「18:00～19:00」で、IN、OUTともにピークをむかえることが示される。また、来街者のボリュームゾーンは、平日が17:00～20:00で全体の38%でありタ・夜型、休日は15:00～19:00で全体の45%である。

これらのデータから、今回実験を行った時間帯（10:00～17:00）がサブナード来街者の平均的なボリュームゾーンとずれており、地上の人の多さと比較すると地下街が歩行しやすいことの裏づけになることが分かる。

（資料：株式会社 日本交通事業社：Subnade 来街者計測調査結果報告書、＜第15回 2000年6月＞、2000.）