

色と形が地下空間イメージに 与える影響に関する考察

EFFECTS OF COLOR AND SHAPE ON IMAGE FOR UNDERGROUND SPACES

今泉 暁音^{1*}・近江 桃²・向井かおり³・清水 則一⁴

Civil engineers usually design facilities in underground spaces from mainly conventional engineering points of view, i.e., mechanics, safety and costs. In order to succeed in creating attractive underground spaces, however, it may be effective to employ the idea of human sensibility during the design stage in addition to the above conventional engineering points of view. We proposed a method which couples human sensibility and rock mechanics to the design for underground spaces.

In this research, in order to create the image profile regarding color and shape of underground space, a questionnaire is conducted by showing the animation of underground space. The correspondence analysis is applied to the results of questionnaire to discuss how color and shape effect on image for underground space.

Key Words : human sensibility, color, shape, Correspondence analysis

1. はじめに

地下空間は，トンネル，地下発電所，エネルギー備蓄基地のような社会基盤施設，また，地下街やホールなどの公共施設としての用途だけでなく，地球環境問題や景観保全，先端科学実験施設，大都市の空間利用などの今日的な課題の解決のために，多角的な有効利用が検討されている¹⁾．さらに，近年多発する異常気象や大規模地震などによる災害から人々や社会財産を守るため，耐震性，遮蔽性，恒温恒湿性などの優位性を生かした地下空間の活用が求められている．拡大，多様化する地下空間利用において，これまでも増して多くの人が長時間にわたり地下空間を利用することになり，快適な居住性や魅力を持つ空間とする必要があると考えられる．

しかしながら，一般に，地下に対して，人々は，暗い，狭い，怖いなどのネガティブなイメージを抱いている．一方では，静寂さ，崇高さ，幻想性，など地下が本来持つポジティブなイメージもある．地下空間の一層の活用には，ネガティブなイメージを克服し，地下のポジティブな魅力を引出すことが不可欠である．これまで土木技術者は地下空間を，主に力学的安定性，施工性，経済性

等の観点から設計してきたが，人々がより快適な空間として地下を利用するためには，従来の土木工学的観点だけではなく，心理的，感性的な観点を取り入れることが必要である．

そこで，筆者らは，従来の土木工学的な観点の中から特に安全評価の基本となる力学的な立場を取上げ，力学的観点と快適性や魅力などの感性的な観点を総合した地下空間デザイン手法について研究を進めている^{2,3)}．

その中で，色彩が空間の印象に及ぼす影響に対しても検討を行っている．色は地下空間のイメージを考える際に無視できないと考えられ⁴⁾，色を与える影響を分析し，地下空間デザインにどのように取り入れるかという観点は重要である．地下空間デザインの際に参考となることを目指し，色・形の変化による空間のイメージの違いや特徴を“形と色”の関係を二次元平面図上で示すことを検討している⁵⁻⁸⁾．本報告では，イメージ（形容詞）と評価対象の関係を検討することを目的とし，色と形（高さ幅比）を変化させ，動画で表現した地下空間を評価対象としたアンケート調査結果に対してコレスポンデンス分析^{9), 10)}を適用し，その結果を考察する．

キーワード：感性，色彩，形状，コレスポンデンス分析

¹正会員 山口大学大学院学術研究員（〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1），E-mail: xxwbh710@ybb.ne.jp

²非会員 東広島市

³非会員 鳥取県

⁴正会員 山口大学大学院教授

2. 評価方法、および、形容詞

(1) 評価、および、分析の方法

本研究では、地下空間の構造的な安全性を確保するために欠かせない力学的な側面と関係のある形状、及び、デザインを考える上で影響の大きい色という複合的な要素間の印象の関係性を捉えるため、その関係性を二次元平面図上に示し視覚的に表現することを検討している。本研究のように評価対象や評価形容詞の数が多い場合や視覚的にそれらの対応関係を捉えたい場合等には、二軸の平面図上にその関係を示すという方法がよく用いられている^{11)・14)}。

これまで検討では、SD法を適用し、「非常に（評価値：1.7）」「かなり（評価値：2.6）」「少し（評価値：3.5）」「どちらでもない（評価値：4）」で表現される1～7段階のスケールを与えた形容詞対の評価尺度を用いて、アンケート調査を行ってきた。その結果、色の暖感が空間のイメージに与える影響が大きいことや、同じ色でも形状が、同じ形状でも色が異なると空間のイメージが異なることが示された^{11)・14)}。さらに、因子分析結果を因子負荷投影図、及び、因子得点分布図に示し、因子と形容詞尺度、因子と評価対象の関係をそれぞれ二次元平面図上で捉え、形容詞と評価対象との関係をおおまかに把握し、イメージプロフィール作成の可能性を見出すことができた^{5)・7)}。

本報告では、より明確に形容詞と評価対象の関係を把握するためコレスポンデンス分析^{9)・10)}を適用し、形容詞と評価対象を同一平面上で表すことを試みる。コレスポンデンス分析は対応分析とも呼ばれ、形容詞と評価対象の対応関係を二次元上で表現でき、類似度・関係性の強い要素同士は近くに弱い要素同士は遠くにプロットされる。

(2) 形容詞の設定

アンケートに用いる形容詞は、文献9)でイメージの測定に用いられた形容詞の中から地下空間を表現するのに適していると思われるものと、筆者の研究^{5)・7)}で用いてきた形容詞尺度の中から地下空間の評価を行う際に影響が大きいと考えられるものを合わせた計55個を設定した（表-1）。

アンケートの方法は、二項選択を用いる。すなわち、全35種類の評価対象に対して、55個の各形容詞について、「そう思う」「そう思わない」の二択で回答を求めた。本研究では、コレスポンデンス分析により、形容詞と評価対象と対応関係を二次元平面図上で示すことが目的であるので、形容詞と評価対象との対応関係に絞って調査することとし、それぞれの形容詞に対する被験者の反応人数を分析対象とした。

表-1 評価形容詞 55 種類

1. 清潔な感じ	21. 強さを感じる	41. 崇高な
2. エレガントな	22. 野生的な	42. 冷静な
3. 低い	23. 美しい	43. さびしい感じの
4. フォーマルな	24. 高い	44. 生き生きした
5. 陽気な	25. にぎやかな	45. 怖い
6. 悲しい感じの	26. 不安定な	46. 地味な感じの
7. 静的な	27. 不快な	47. 広がりのある
8. 上品な	28. やさしさのある	48. 印象的な
9. 明るい	29. あたたかい	49. 親しみやすい
10. クールな	30. 楽しい	50. 落ち着いた
11. しぶい	31. ロマンチックな	51. 安全な
12. ダイナミックな	32. 危険な	52. 窮屈な
13. 安心な	33. クラシックな	53. 快適な
14. 華やかな	34. 動的な	54. 重厚な
15. 伝統的な	35. 派手な	55. しみじみした
16. 興奮した	36. 新鮮な	
17. 安定した	37. さわやかな	
18. 元気な感じの	38. さっぱりした	
19. おとなしい	39. 神秘的な	
20. くらい	40. 洗練された	

3. 評価対象の設定とアンケートの実施

(1) 評価対象の設定

色、形状の変化に対するイメージの変化を調査することを考え、他の要素による影響をできるだけ受けないように、できるだけシンプルな評価対象を考える。

a) 利用用途

地下鉄駅などから他施設へ連絡する地下通路とし、通路の両側に店舗などがない場合を考える。

b) 色

配色を考えるのに適しているPCCS（日本色研配色体系）¹⁵⁾のシステムを用い、トーンと色相により設定する。

床・壁・天井に囲まれたインテリア空間では、天井・壁は高明度・低彩度、床は低明度・低彩度、または、中明度・低彩度の色彩を用いることが一般的である¹⁶⁾。地下空間も周囲を囲まれた内包空間であることから、これに準じてトーンを設定する。公共空間であることからまとまったイメージとすることを考え、今回の調査においてはトーン配色（同一色相）とする。よって、天井・壁を高明度・低彩度であるpトーン、床をgトーンとした。

また、色相はPCCSの24色相から等間隔に6色相を選んだ。さらに、無彩色の組合せとして天井・床をpトーンと同等明度のWhite、床をgトーンと同等明度のGy4.5としたものを加え、計7種類とする。

c) 形状

基本形状を高さ2.5m（建築限界）¹⁷⁾、幅員4.0m（車椅子同士のすれ違い+人のすれ違い+側方余裕）から想定¹⁸⁾とし、高さと幅を変化させた計5種類とする。

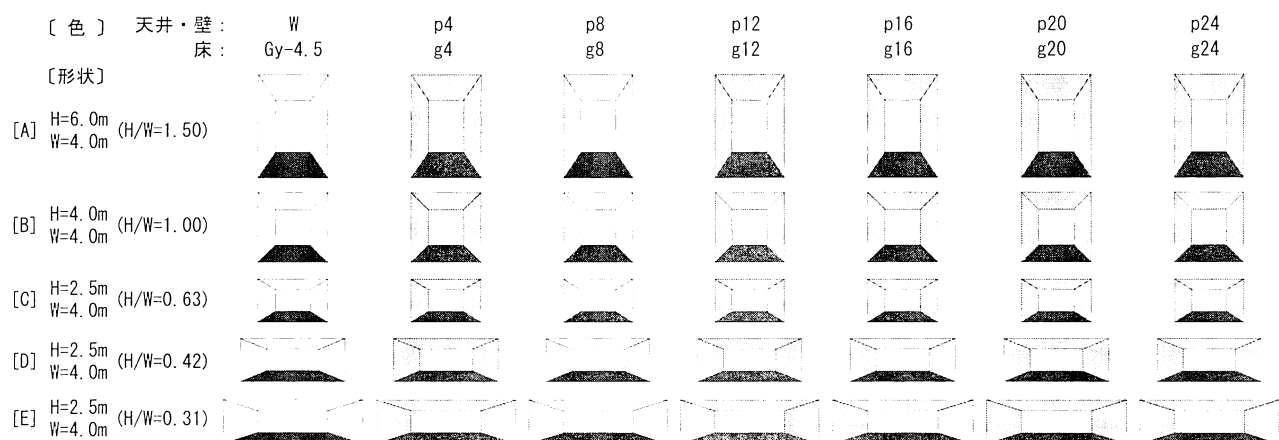


図-1 評価対象35種類

以上の色7種類と形5種類の組合せより全35種類を評価対象とし、図-1に示す。なお、形状は、高さとの比(H/W) が大きい順に形状A,B,C,D,Eとする。

(2) 動画の作成

アンケート調査では、(1)で設定した色・形を変化させた地下通路を動画で表現して提示する。被験者に“地下通路内を歩行している”という感覚をなるべく感じてもらうために視野や視野角度などの設定を行う。

a) 人の視野

図-2に示すように、人の視野は、左右各30度で計60度、下方40度と上方26.5度～50度で計66.5度～90度である¹⁹⁾。使用したCGソフトLight Wave 3Dでは上下の視野角度を別に設定することができず、それぞれ同じ角度となるため、上下各40度の計80度とする(図-3)。また、歩行者が身長160cmと想定し、目線の高さを150cmとした。

b) 動画の速度

人の流れを参考に人の歩く速度(動画の速度)を決定する。歩行者の密度は、サービス水準(歩行者1人当たりの占有面積、表-2参照)の逆数で与えられる。

歩行者の速度は、歩行目的、密度、および歩行者の男女差などによって変化する。例えば、歩行目的別に、歩行速度 $v(\text{m/s})$ と密度 $k(\text{人}/\text{m}^2)$ の関係として、近似的に次の直線式²¹⁾が与えられる。

$$\text{通勤} : v=1.61-0.33k \quad (1)$$

$$\text{行事・催事} : v=1.35-0.38k \quad (2)$$

$$\text{買い物} : v=1.13-0.28k \quad (3)$$

本研究では地下街や地下道をゆっくりと歩く速度を想定しているため式(3)を採用する。サービス水準を、表-2の自由に速度や歩行速度を変えられるA: $4\text{m}^2/\text{人}$ とする。よって密度 $k=0.25\text{人}/\text{m}^2$ を式(3)に代入して、歩行速度 $v=1\text{m/s}$ とする。

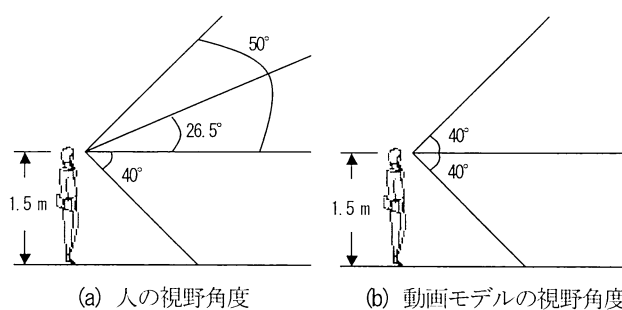


図-2 視野角度の設定

表-2 歩行路の基準²⁰⁾

サービス A	歩行空間 $3.5\text{m}^2/\text{人}$ 以上 (流動係数 $20\text{人}/\text{m} \cdot \text{分}$ 以上)	人は歩行速度を自由に変える事ができる。方向も変えられる。
サービス B	歩行空間 $2.5 \sim 3.5\text{m}^2/\text{人}$ 以上 (流動係数 $20 \sim 30\text{人}/\text{m} \cdot \text{分}$ 以上)	正常な歩行速度で歩くことができ、同じ方向なら追い越しは可能。対交流や交差点ではわずかに衝突が起きる。
サービス C	歩行空間 $1.5 \sim 2.5\text{m}^2/\text{人}$ 以上 (流動係数 $30 \sim 45\text{人}/\text{m} \cdot \text{分}$ 以上)	各自の歩行速度を選択する自由はなくなる。対交流や交差流ではかなり衝突が起きる。
サービス D	歩行空間 $1.0 \sim 1.5\text{m}^2/\text{人}$ 以上 (流動係数 $45 \sim 60\text{人}/\text{m} \cdot \text{分}$ 以上)	追い抜きは困難となり歩行速度は低下するときに歩行は滞留を起すこともある。

c) フレームレートの設定

フレームレートとは、1秒間におけるフレーム数のことである。動画映像の視覚評価に関する報告書²²⁾を参考にし、スクリーンに映し出し、大画面で表示を行うことを想定した場合には、フレームレート30fps (frame per second) が最適を考え、これを用いて動画を作成した。

d) スケールの把握への考慮

動画モデルでは、空間のスケールを把握できるように人物を配置した。服等の配色によってイメージが左右されることが懸念されるため、スケールのみ把握できるように、図-3 のように人物の外形を線で表し、合計で3箇所にランダムに配置した。

(3) アンケートの実施

作成した動画(約15秒間)をモニターに映写し、映写終了後、動画の印象をアンケート用紙に回答を求めた。暗幕カーテンを使用し消灯した部屋で行い、回答する時間は設定せず、被験者全員の画像に対する評価が終わるのを待ち、次の動画の評価に移ることとした。被験者は、学生11名である。

4. 結果の考察

アンケート結果に対してコレスポンデンス分析を適用した。形容詞と評価対象の関係を表現するため、対称的正規化により3次元で得点を求めた。

図-4(a)、及び、図-4(b)は、それぞれ次元1と次元2、及び、次元1と次元2に対する評価対象、および、評価形容詞の得点分布図(イメージプロフィール)である。

図-4(a)において、次元1に注目してみると、+側に「さびしい感じの、くらい、悲しい感じの」、一側に「にぎやかな、派手な、興奮した」といった形容詞が分布していることから、「活動性」を表す軸と解釈できる。評価対象は、+側に寒色、一側に暖色が分布しており、「活動性」と「色の暖感」の関連性を平面上で捉えることができる。次元2では、+側に「さわやかな、新鮮な、清潔な感じ」、一側に「不安定な、危険な、不快な」といった形容詞が分布している。評価対象については、色は+側に明度の高いもの、一側に明度の低いものが分布し、同じ色の中では+側に天井の高い形状(A, B)、一側に天井の低い形状(D, E)が位置する傾向が見られ、次元2は「新鮮さ」や「安定感」、「開放感」を表す軸と解釈できる。

図-4(b)において、次元3の+側に高さ幅比(H/W)の大きいもの、一側にはH/Wの小さいものが分布している傾向があり、次元3は形状のH/Wを捉えていると解釈することができる。

図-4(a)で、色相20(青紫)に着目すると、形状A, Bは原点付近に位置しているが、形状C, Dは「不安定な、怖い」というネガティブな印象が強くなっている。一方、形状Eに着目すると、色相4(赤みのだいだい)では「にぎやかな、生き生きとした」など活動的な印象が強いが、色相16(緑みの青)や色相20(青紫)では「さみ

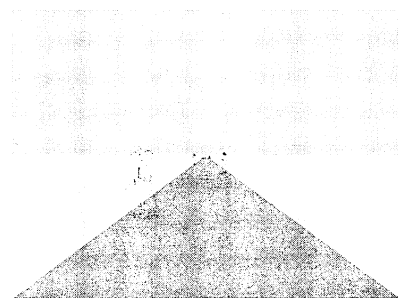
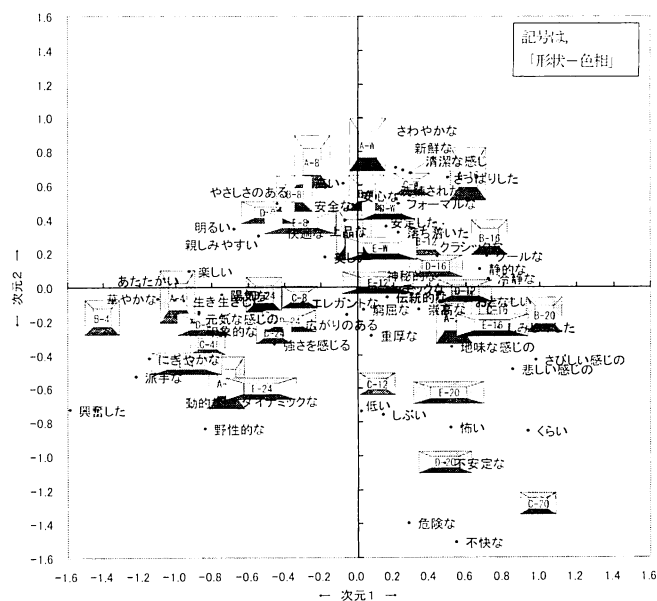
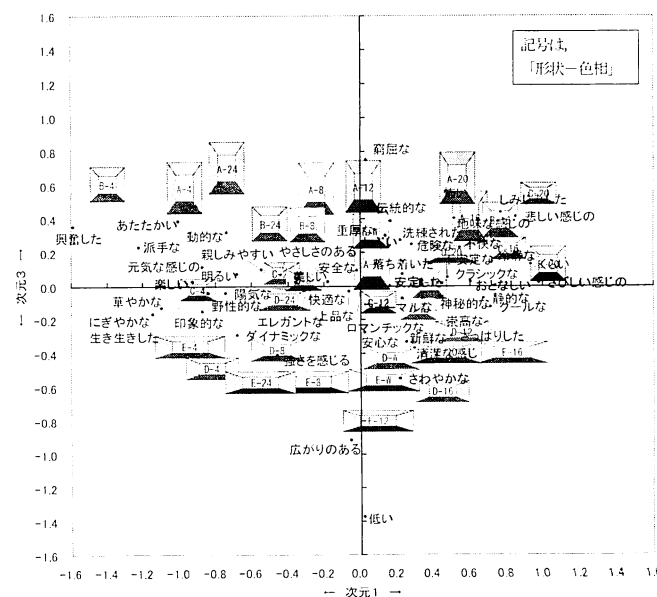


図-3 評価動画の一場面(形状A、天井・壁:pl6)



(a) 次元1×次元2



(b) 次元1×次元3

図-4 イメージプロフィール

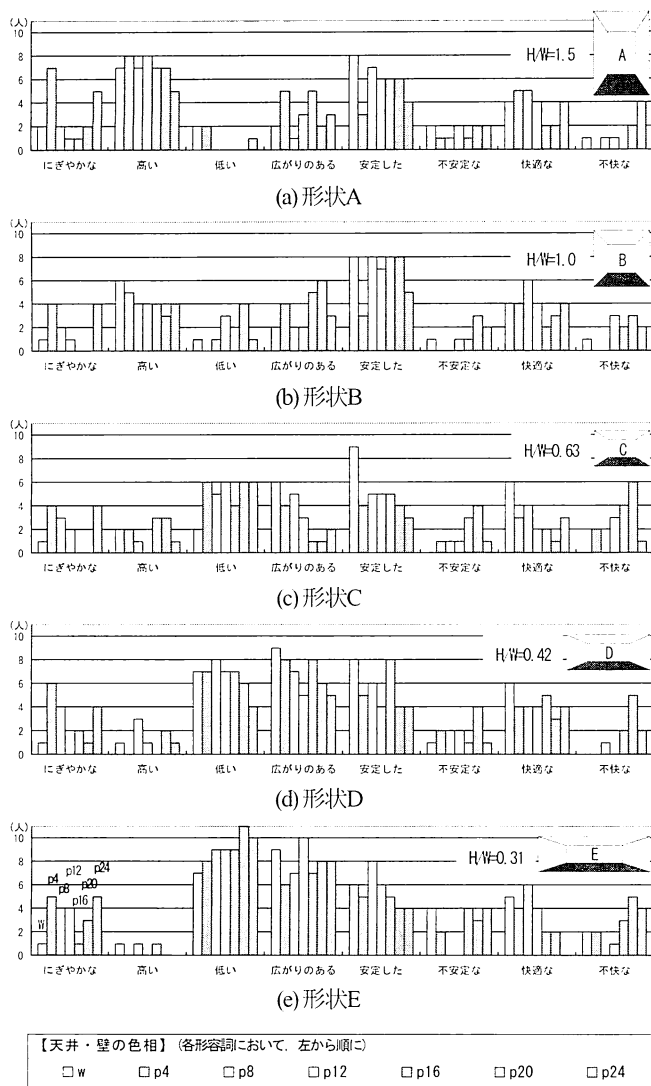
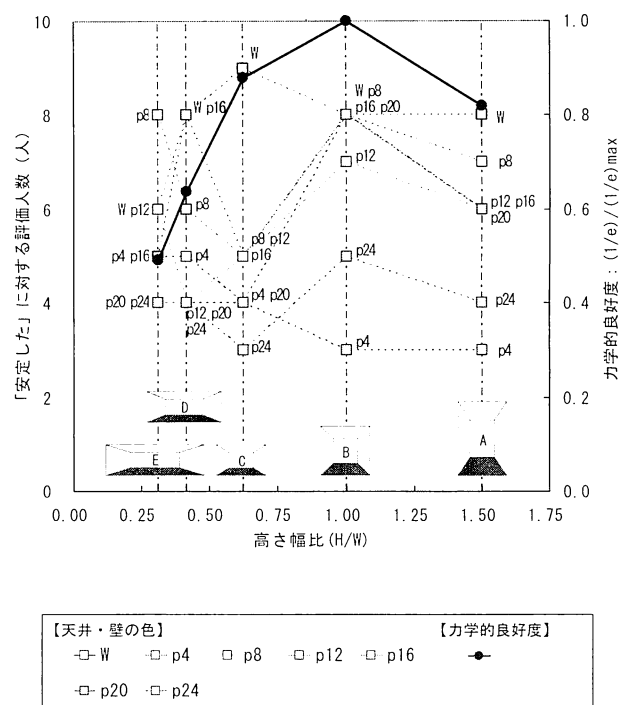


図-5 評価結果抜粋

しい感じの、地味な感じの、おとなしい」という落ち着いた印象となるようである。

図-5に55種類の評価形容詞から任意に8種類を選び、評価結果(そう思うと回答した人数)を示した。「高い」や「低い」に対する評価では、H/Wが大きいものがより高く、H/Wのより小さいものがより低く評価されている傾向にある。C、D、Eは同じ高さであるが、幅員が大きいほど「広がりがある」と評価されている一方で、低いと感じる傾向があることが分かる。また、「にぎやかな」という評価形容詞において、色相4(赤みのだいたい)や色相24(赤紫)は、いずれの形状においてもその印象が強く、この傾向は、図-4においても捉えることができる。一方で「安定した」という印象が色相4(赤みのだいたい)や色相24(赤紫)では他の色に比べやや得られにくいようである。

ここで、力学的な性質との関係を考察するために、力学的感度による力学的良好度³⁾を用いる。力学的感度



	E	D	C	B	A
H(m)	2.50	2.50	2.50	4.00	6.00
W(m)	8.00	6.00	4.00	4.00	4.00
H/W	0.31	0.42	0.63	1.00	1.50
$(1/e)/(1/e)_{\max}^*$	0.49	0.64	0.88	1.00	0.82

*体積ひずみ感度に対する力学的良好度

図-6 力学的感度と安定性の印象

(ここでは、体積ひずみの感度を用いる)は空間断面形状にのみ関係し、値が大きいほど空間形状が変形(収縮)しやすいことを表す。なお、力学的良好度は評価する形状のなかで、最も変形しにくい形状の評価値が1(最大)となるように基準化した指標である。図-6に力学的良好度と「安定した」と評価した人数の関係を示す。ここで対象とした形状は矩形であり、H/Wが1.0の形状Bが最も力学的に有利な形状となる。どの色においても、力学的良好度との明瞭な相関はみられず、色相4(赤みのだいたい)や色相24(赤紫)では、いずれの形状においても安定したという印象が感じにくいことが分かる。

「安定した」という印象評価には、形の安定性よりも色の持つ活動性が与える影響が大きく、色相4(赤みのだいたい)や色相24(赤紫)においては暖色による活発な印象が「安定した」という印象を弱くしているとも推測される。一方、図-5に示すように「不安定な」印象が特に強いとはいえないようである。

本研究の調査全体を通して、扱った矩形断面の縦横比の変化に比べ、色相の変化の方が印象に与える影響が大きい傾向があったようである。さらに、天端の形状を変化させたり、空間断面形状を斜めに傾けるなどの変化を与えることで、人が受ける印象の多様な傾向⁴⁾が得られるものと考えている。

5. むすび

地下空間の構造的な安全性を確保するための力学的な側面と関係のある形状、及び、デザインを考える上で影響の大きい色という複合的な要素間の印象の関係性を捉えるため、コレスポンデンス分析を用いて、その関係性を二次元平面図上に示し視覚的に表現することを試みた。

本研究で扱った形状や色は限られたものである。断面形状を矩形だけではなく、天端をアーチ状にしたり（アーチの方が快適性が高い傾向が得られている³⁾）、通路の平面経路にカーブを設けるなどが考えられる。また、色彩については、色相の変化のみを扱ったが、明度や彩度の変化、環境色彩において用いられることの多いと考えられる色の範囲のバリエーションを増やすなどの工夫を重ねることが必要であると考えている。

謝辞：アンケートに協力して頂いた方々に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) (財) エンジニアリング振興協会：Engineering，地下開発利用センター 設立 20 周年記念号，No.121，pp.19-22，2009.
- 2) 今泉暁音，清水則一，櫻井春輔：感性和力学を総合した地下空間形状のデザインに関する研究，土木学会論文集，No.742/IV-60，pp.159-168，2003.
- 3) 今泉暁音，清水則一，櫻井春輔：力学的感度と感性アンケートに基づく地下空間の形状デザインに関する研究，土木学会論文集，土木学会論文集 F，Vol.66，No.2，pp.237-250，2010.
- 4) 竹尾早代，今泉暁音，清水則一，櫻井春輔：断面の傾きと色を変化させた地下空間に対するアンケート結果，土木学会第 59 回年次学術講演会講演概要集，CS5-003，pp.177-178，2004.
- 5) 今泉暁音，増田美佳，清水則一：地下空間デザインのための色と形のイメージプロフィールについて，第 64 回土木学会年次学術講演概要集，CDROM，CS10-006，2009.
- 6) 今泉暁音，向井かおり，清水則一：地下空間デザインのための色と形のイメージプロフィールについて（その 2），第 65 回土木学会年次学術講演概要集，CDROM，CS9-017，2010.
- 7) 今泉暁音，向井かおり，増田美佳，清水則一：色と形と力学的な観点に基づく地下空間イメージの考察，土木学会地下空間シンポジウム論文・概要集，第 16 巻，pp.167-174，2011.
- 8) 今泉暁音，向井かおり，清水則一：地下空間デザインのための色と形のイメージプロフィールについて（その 3），第 66 回土木学会年次学術講演概要集，CDROM，CS5-002，2011.
- 9) 君山由良：コレスポンデンス分析と因子分析におけるイメージの測定法，データ分析研究所，pp.59，2002.
- 10) (社) 日本建築学会：住まいと街をつくるための調査のデザイン—インタビュー／アンケート／心理実験の手引き—，オーム社，pp.94-95，2011.
- 11) 小林重順：カラーイメージスケール，講談社，1990.
- 12) 南雲治嘉：カラーイメージチャート，グラフィック社，1999.
- 13) 東京商工会議所（編）：カラーコーディネーションの実際 第 3 分野 環境色彩，pp.64-65，2003.
- 14) 君山由良：コレスポンデンス分析の利用法，データ分析研究所，2005.
- 15) (社) 全国服飾教育者連合会（監）：色彩能力検定 対策テキスト 3 級編，A・F・T 企画，pp.24，2006.
- 16) (中) 日本パーソナルカラーリスト協会（監）：パーソナルカラー検定 2 級公式テキスト，誠文堂新光社，pp.74-75，2006.
- 17) (社) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，丸善，pp.70-73，2006.
- 18) (社) 国土技術研究センター（編・発）：道路の移動等円滑化整備ガイドライン，大成出版社，pp.38，2008.
- 19) 岡田光正：建築人間工学 空間デザインの原点，理工学社，pp.9-10，2000.
- 20) (財) エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター：地下空間利用における空間デザインに関する調査研究報告書，pp.3-8，1995.
- 21) 文献 20)，pp.3-7
- 22) (財) デジタルコンテンツ協会：動画映像の視覚評価に関する調査研究—動画映像の時間軸再生に関する完成的評価—報告書，2008.