

地下空間デザインにおける 色と形の相互関係の活用について

EFFECTS OF COLORS AND SHAPES ON UNDERGROUND SPACE DESIGN

伊藤 裕美子^{1*}・今泉 暁音²・清水 則一³

Yumiko ITO^{1*}, Akane IMAIZUMI², Norikazu SHIMIZU³

Underground facilities should be designed so that people feel more of an attraction to them and a desire to revisit them time and again. For this purpose, it is important that underground structures be designed not only on the basis of conventional engineering viewpoints, i.e., mechanics, costs, safety, etc., but also on the basis of alternative viewpoints. 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.

In this research, in order to create an image profile regarding the colors and shapes of underground spaces, a questionnaire is conducted by showing the animation of varying shapes and colors of underground spaces. A corresponding analysis is applied to examine the results of both the questionnaire and an image profile, which expresses the relationship between the images of the underground passage and the adjective scale for measuring human impressions.

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

1. はじめに

地下空間は社会基盤施設や産業用途目的だけでなく、人々が集う公共空間としても利用され、多角的な利用が検討されている。一方、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くことも多く、ネガティブなイメージを克服し、静寂さ、崇高さ、幻想性等の地下が持つポジティブなイメージを引き出し、魅力ある空間を創造しようとするのは地下空間の利用における研究のテーマと考えられる。

筆者らは、力学的な観点と感性的な観点を総合した地下空間デザイン手法を提案し¹⁾²⁾、さらに、地下空間を設計する際に活用できる色と形のイメージプロフィールの作成を目指し、色と形が地下空間のイメージにどのような影響を与えるか³⁾⁴⁾、また、地下空間における人々の時間経過の感じ方について検討している⁵⁾⁶⁾。

本研究では、地下空間の色と形のイメージプロフィールの作成に関連して、これまでの結果を整理し、新しい成果を取り入れ取りまとめる。まず、色と形（断面形状、

平面線形（曲率半径））の組み合わせによって地下空間がどのような印象を持つかを調査する。そして、その結果を用いて、デザインしたい地下空間の印象に対して、どのような形状と色の組み合わせがあり得るかを示す関係図（イメージプロフィール）を作成する。具体的には、地下空間の形と色の組み合わせを設定し、その空間を歩くよう作成した動画を用いて、それらを評価対象としたアンケート調査を実施する。アンケート結果をコレスポンド分析¹⁰⁾し、その結果から地下空間の色と形のイメージプロフィールを作成し、デザインにおける活用の可能性について考察する。

2. 評価方法

(1) 評価形容詞

アンケート調査に用いる形容詞は、文献 10)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の表現に適していると思われるものと、筆者らのこれまでの研究

キーワード：感性、色彩、形状、コレスポンド分析

¹学生会員 山口大学大学院 理工学研究科 Department of Civil and Environmental Engineering, Yamaguchi University
(E-mail: t003vif@yamaguchi-u.ac.jp)

²正会員 福岡大学助教 工学部社会デザイン工学科 Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Fukuoka University

³正会員 山口大学大学院教授 理工学研究科 Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, Yamaguchi University

でアンケート調査に用いる形容詞の中から地下空間の表現に適していると思われるものと、筆者らのこれまでの研究で用いた形容詞尺度の中から地下空間を評価する際に影響が大きいと考えられるものを合わせた 55 種類とする (表-1)。

アンケートでは 55 種類の各形容詞について、「そう思う」「そう思わない」の 2 択で回答を求める。

(2) 分析方法

形容詞と評価対象の関係を把握するため、アンケート結果に対しコレスポンデンス分析を適用し、「地下空間モデル」と「イメージを表す形容詞」を同一平面上で表す。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。

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、形状の変化によるイメージの変化を調査するため、他の要素による影響をなるべく受けないように、できるだけシンプルな評価対象を考える。

a) 利用用途

地下鉄の駅等から他施設に移動するための地下通路とし、通路サイドには店舗がなく、出入口や勾配は設定しないものとする。

b) 形状の設定

断面形状は、矩形とアーチ状天井の 2 種とする。

矩形形状は、基本形状の高さ H を建築限界の $2.5m^{11)}$ とし、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)¹²⁾ とし、高さと幅を変化させた計 5 種類とする (図-1)。

アーチ状天井は、図-1 の形状 A (縦長形状)、形状 B (正方形)、形状 E (幅広形状) の天井部をアーチ部の高さ H_a が各々の矩形形状の高さ H に対し $0.5H$ となるように設定する (図-2)。

また、矩形断面において、平面線形 (交角) を変化させ、通路前方の見え方による印象の影響を検討する。地

表-1 評価形容詞 55 種類

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

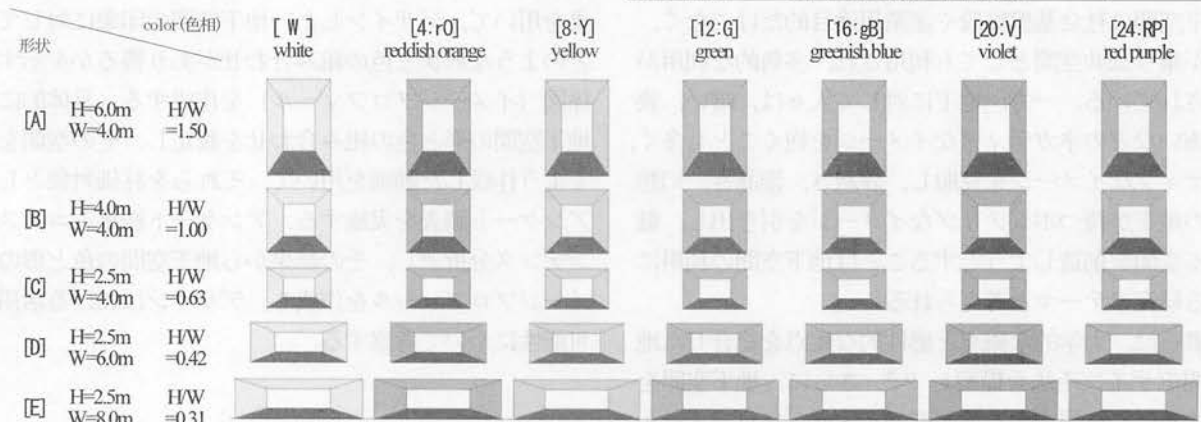


図-1 評価対象の模式図 (矩形断面)

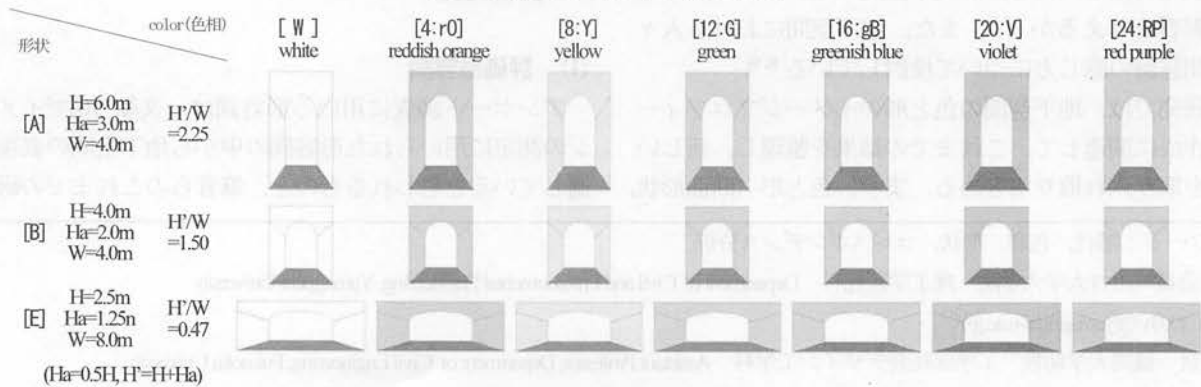


図-2 評価対象の模式図 (アーチ状天井)

下通路モデルの入り口断面と出口断面のなす角度交角 θ を変化させる (図-3)。地下通路の全長を 80m とし、交角 $\theta = 0^\circ$ (曲率半径 $R=\infty$)、 15° ($R=305.6\text{m}$)、 30° ($R=152.8\text{m}$) の 3 種とする。 θ が増加 (R が減少) するにつれ、地下通路の出口が見え辛くなる。

c) 色の設定

評価対象の配色は文献 3)-7) と同様に、色相は PCCS¹²⁾ の 24 色相から等間隔に 6 色相を選び、無彩色の組み合わせとして床を p トーンと同等明度の White、床を g トーンと同等明度の Gy-4.5 としたものに加え、7 種類とする (図-1、及び、図-2)。ただし、後に示す 4.2 矩形断面 2 (曲線通路) に関しては、評価対象の色相を、赤みの橙 (rO)、黄 (Y)、緑 (G)、青紫 (V)、無彩色の白 (W) の 5 色とする。

(2) 動画の作成

アンケート調査では、色・形を変化させた地下通路を動画で表現し提示する。そこで、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、視野や速度の設定を行う。各値の設定値は文献 3)-7) と同様にする。視野は左右各 30° で計 60° 、上下各 40° の計 80° とし (図-4)、歩行者の身長は 160cm と想定し目線の高さを 150cm、歩行速度は買い物時を想定し $v=1.0\text{ m/s}$ 、フレームレート 30fps で動画を作成する。また、動画モデル内で、空間のスケールを把握しやすくするため、地下通路モデル内に人をランダムに配置する。その際、服等の配色によるイメージを受けずに、スケールのみが把握できるよう外形のみを線で表す (図-5)。

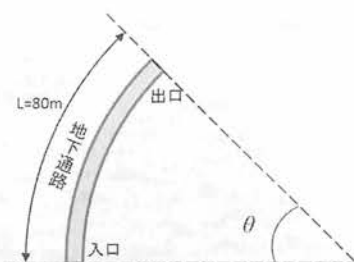


図-3 交角 θ の定義

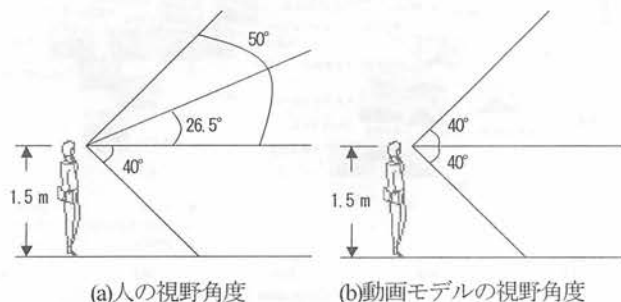


図-4 視野角度の設定

(3) アンケートの実施

作成した地下空間モデルの動画を約 15 秒間液晶モニター (42 インチ、NEC 社) に投影し、被験者にアンケートへの回答を求めた。各アンケートの被験者数は、表-2 に示すように、「実験 1: 矩形断面モデル 1 (直線通路)」では 11 人、「実験 2: 矩形断面モデル 2 (曲線通路)」では 18 人、「実験 3: アーチ状天井モデル」では 14 人である。各アンケート調査とも、被験者は土木工学系を専攻する学生、及び、教職員である。

(4) アンケート結果の一例

アンケート結果の一例 (A-rO, A-W, E-W) を図-6 に示す。断面形状や色が変わることで、各評価形容詞に対し「そう思う」と回答して人数が異なることがわかる。例えば、「A-rO, A-W」に注目すると、「あたたかい」という形容詞に対し、A-rO では 15 人が、A-W では 5 人が「そう思う」と回答しており、形が同じでも色が違うと印象が変わることが分かる。また、「A-W, E-W」に注目すると、「さわやかな」という形容詞に対し、A-W では 13 人が、E-W では 8 人が「そう思う」と回答しており、色が同じでも形が変わると印象が変わることが分かる。しかしながら、これらの結果から、形状、及び、色という複合的な要素間と印象 (形容詞) の関係性を捉えることは容易ではない。そこで、次章では、相関分析を実施し、その関係性を二次元平面図上に示すことによって、視覚的に捉えやすく表現する。

4. アンケート結果の相関分析による考察

「断面形状: 矩形 5 種類、色相: 7 色の計 35 種類 (図-1)」、
「断面形状: 矩形 3 種類、色相 5 色、交角 3 種



図-5 動画の一場面 (形状 E, 白(W), $\theta=0^\circ$)

表-2 各アンケートの評価対象の条件

	交角 ($^\circ$)	断面形状 (種)	色相 (色)	評価数		被験者 (人)
				小計	計	
実験 1: 矩形断面 1 (直線)	0°	5	7	—	35	11
実験 2: 矩形断面 2 (曲)	15°	3	5	15	30	18
	30°			15		
実験 3: アーチ状天井	0°	3	7	—	21	14

図-7, 図-8, 図-9, 及び, 図-10 は, それぞれ 4 ケースの分析結果における次元 1 と次元 2 に対する評価対象, 及び, 評価形容詞の得点分布図 (イメージプロフィール) である. なお, 図-8, 及び, 図-9 は図-7, 及び, 図-10 と比較しやすいよう次元 1 の正負を反転させて図を作成した.

図-7 に示す「断面形状：矩形 5 種類、色相：7 色の計 35 種類（図-1）」のイメージプロフィールにおいて次元 1 に注目すると、一側には「興奮した、派手な、にぎやかな」、+側には「さびしい感じの、くらい、悲しい感じの」といった形容詞が分布していることから、次元 1 は「活動性」を表すと解釈できる。評価対象は、一側に暖色、+側には寒色が分布しており、「活動性」と「色の寒暖」の関連性を捉えることができる。

「そう思う」と答えた人数(人)

形容詞	A-r0	A-W	E-W
清潔な感じ	2	11	11
エレガントな	8	3	11
低い	3	3	11
フォーマルな	7	7	2
隠微な	2	11	11
悪い感じの	4	11	11
静的な	10	11	11
上品な	8	11	11
明るい	3	7	11
クールな	2	4	11
しぶい	2	2	11
ダイナミックな	3	2	11
安心な	13	8	7
華やかな	2	2	11
伝統的な	10	11	11
興奮した	4	7	11
安定した	7	3	11
元気な感じの	2	11	11
おとなしい	2	4	11
くらい	2	3	11
強さを感じる	2	3	11
野生的な	4	8	11
美しい	13	2	11
高い	11	2	11
にぎやかな	2	7	11
不安定な	7	4	11
不気味な	15	4	11
やさしさのある	2	7	11
あたたかい	4	4	11
楽しい	4	4	11
ロマンチックな	2	7	11
危険な	2	7	11
動的な	7	2	11
派手な	4	2	11
新鮮な	2	10	11
さわやかな	8	7	11
さっぱりした	11	7	11
神秘的な	3	7	11
妖艶な	2	7	11
幽霊な	2	7	11
冷静な	4	4	11
さびしい感じの	2	4	11
生き生きした	8	2	11
怖い	2	3	11
地味な感じの	7	7	11
広がりのある	8	4	11
印象的な	10	11	11
親しみやすい	4	7	11
落ち着いた	4	7	11
安全な	2	7	11
快適な	8	2	11
厚手な	2	2	11
しみにみえた	2	2	11

■A-r0 ■A-W □E-W

平面形容詞55種類

[illegible]

Figure 1 is a 2D plot showing the relationship between shape, color, and curvature. The plot has two axes: Dimension 1 (horizontal) and Dimension 2 (vertical), both ranging from -1.6 to 1.6. Data points are represented by small 3D blocks, each labeled with a number (e.g., B-1-10, A-1-10) and a descriptive Japanese phrase. A legend box in the top right corner explains the color coding: W (white), G (green), rO (reddish orange), and Y (yellow). A text box in the bottom right corner defines the color coding: W: white, G: green, rO: reddish orange, Y: yellow.

- 144 -

(2) 矩形断面 2 (曲線通路)

図-8に示す「断面形状：矩形3種類，色相5色，交角3種類の計45種類（図-1，及び，図-3参照）」のイメージプロフィールにおいて次元1に注目すると，一側には「あたたかい，生き生きとした，陽気な」が，+側には「悲しい感じの，くらい，さびしい感じの」といった形容詞が分布し，評価対象は一側に暖色，+側には寒色が分布しており，次元1は“活動性”を表すと解釈できる。

次元2に注目すると，+側に「フォーマルな，清潔な感じ，さっぱりした」，一側に「派手な，動的な，興奮した（次元1の一側）」「危険な，不快な，不安定な（次元1の+側）」といった形容詞が分布していることから，次元2は“新鮮さ”や“安心感”を表すと解釈できる。

また，評価対象の分布は，図-7，及び，図-9の平面線形が直線の場合のイメージプロフィールに比べ，同じ色でまとまって分布する傾向が強いことが分かる。これは，地下通路の出口の形により地下通路の断面形状を把握していたものの，交角の変化により出口の形状が判別し辛くなり，形状の違いに比べ，色によるイメージへの影響が大きかったためと推測する。また，同色中では交角が増すと次元1の得点が高く，次元2の得点が低くなる傾向が見られる。これは，出口が見え辛くなるに従い，地下通路の先に何があるか分からない不安感（次元1の得点が増加し，次元2の得点が減少する）が生じるのではないかと考える。

(3) アーチ状天井

図-9に示す「断面形状：アーチ状天井3種類，色相7色の計21種類（図-2）」のイメージプロフィールにおいて次元1に注目すると，一側には「あたたかい，生き

生きとした，陽気な」，+側には「さびしい感じの，悲しい感じの，不快な」といった形容詞が分布していることから，次元1は“活動性”を表すと解釈する。

次元2に注目すると，+側には「高い，フォーマルな，クラシックな」，一側には「低い，不快な，怖い」といった形容詞が分布している。また，同じ色の評価対象でも+側には天井の高い縦長形状（A）が，一側には天井の低い幅広形状（E）が分布している。特に，形状Eの「黄（Y），赤紫（RP），青紫（V），赤みの橙（rO）」は次元2の得点が-0.8付近に集中しており，色のまとまりより形状Eの分布のまとまりがよく分かる。これらの状況から，次元2は“新鮮さ”“安心感”，さらに“開放感”を表すと解釈できる。

(4) 総合評価

被験者の異なるアンケート結果を統合させコレスpondens分析を用いるため，「（そう思うと答えた人数）/（各実験時の人数）×18」の値を四捨五入し，各アンケートの被験者総数を18人として換算した人数を用いる。

図-10に示す「断面形状：矩形5種類，色相：7色の計35種類（図-1）」「断面形状：矩形3種類，色相5色，交角3種類の計45種類（図-1，及び，図-3参照）」「断面形状：アーチ状天井3種類，色相7色の計21種類（図-2）」の計84種類のイメージプロフィールにおいて次元1に注目すると，一側には「あたたかい，興奮した，生き生きした」，+側には「くらい，悲しい感じの，さびしい感じの」といった形容詞が分布していることから，次元1は“活動性”を表すと解釈できる。評価対象は，一側に暖色，+側には寒色が分布しており，“活動性”と“色の寒暖”の関連性を捉えることができる。

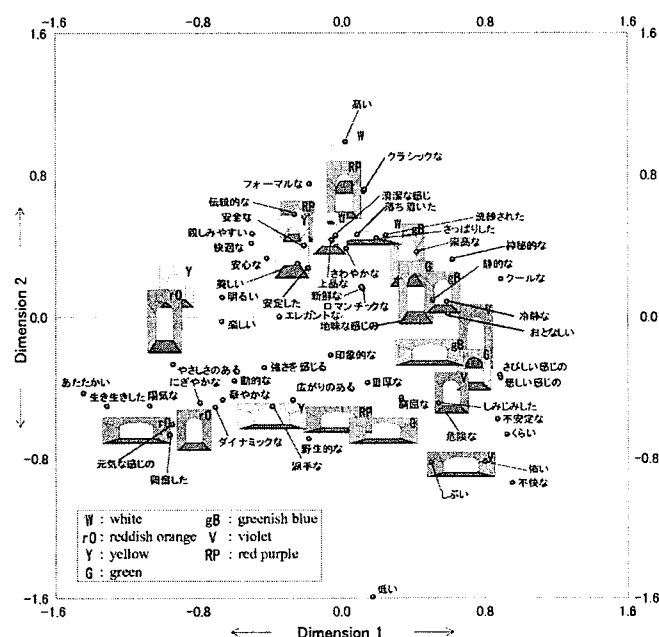


図-9 イメージプロフィール3（アーチ状天井）

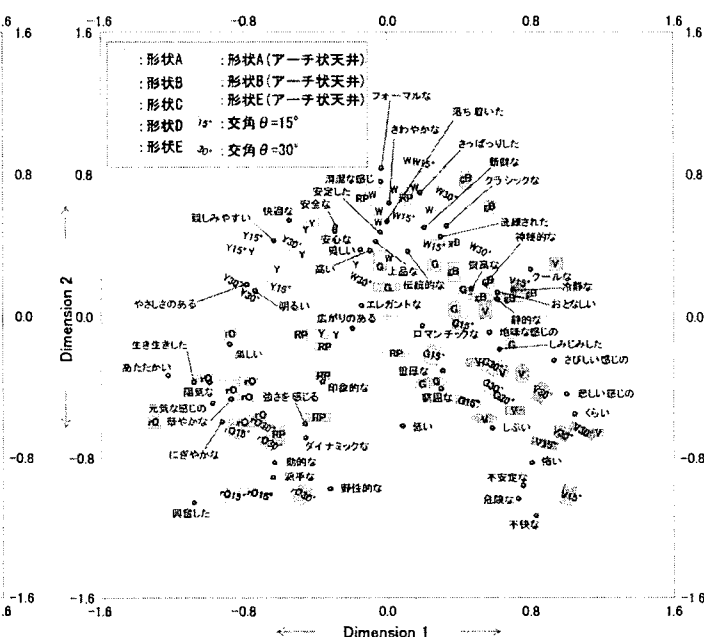


図-10 イメージプロフィール4

（矩形断面（直線通路，曲線通路），アーチ状天井）

次元2に注目すると、+側には「フォーマルな、清潔な感じの、さっぱりとした」、-側には「不快な、危険な、不安定な」といった形容詞が分布している。評価対象の色は、+側に白(W)、黄(Y)、-側に青紫(V)、赤みの橙(ro)が分布しており、+側は明度が高く、-側は明度が低い色の評価対象が分布していることから次元2は“新鮮さ”や“安心感”を表すと解釈できる。

(5) まとめ

図-7、図-8、図-9、及び、図-10の4つのイメージプロフィールにおいて、形容詞や評価対象の詳細な位置関係に差があるものの、4図とも次元1は“活動性”、次元2は“新鮮さ”や“安心感”を表すと概ね同等の解釈ができた。また、4図とも評価対象は同じ色でまとまって分布する傾向が見られ、色の影響が地下空間のイメージに与える影響は大きいようである。しかし、そのまとまりの程度は異なっており、形状の違いは色の影響度に変化を与えることが示唆される。また、評価対象の種類が増えると、同じ色でのまとまりが密になっていることが分かる。

本研究のアンケートの分析結果より、地下空間の形と色の組み合わせで作成した動画を用い、アンケート調査を実施することで地下空間の色と形のイメージプロフィールを作成しすることができた。また、これらのイメージプロフィールを用いて、地下空間デザインにおける色と形の相互関係の一例を示すことができた。

5. むすび

色と形が、地下空間のイメージにどのような影響を与えるかを、動画を使ってアンケートを行い、その結果をコレスポンデンス分析を用いて評価し、地下空間に対する色と形のイメージプロフィールの一例を作成した。

得られた図から、地下空間に対するイメージに対して、以下の考察がなされた。

- 地下空間のイメージは、主に“活動性”と“新鮮さ、安心感”によって決まるようである。“活動性”は色の寒暖に、“新鮮さ、安心感”は色の明度と関係している。
- 地下空間の色が同じであっても形状が異なると印象が変わり、逆に、形状が同じであっても色が異なると印象が変化する。
- 評価対象の数が変わっても、色ごとにプロットが集中する点や、赤みの橙(ro)の評価対象では次元1の得点が低い等の特徴は同様である。具体的

には、「陽気な、にぎやかな」イメージの地下空間をデザインしたいならば、色は暖色系、形状(縦横比)は任意、「おとなしい、クールな」イメージの地下空間をデザインしたいならば、色は寒色系、形状(縦横比)は幅広、あるいは正方形の形状の空間を基本とすればよいことが読み取れる。

以上のように、形容詞で表現したデザインイメージに対して、対応する色と形の組み合わせを提示できる可能性が示された。

謝辞：アンケートに協力して頂いた方々に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 今泉暁音, 清水則一, 櫻井春輔: 感性と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.
- 2) 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よる地下空間の形状デザインに関する研究, 土木学会論文集 F, Vol.66, No.2, pp.237-250, 2010.
- 3) 今泉暁音, 向井かおり, 増田美佳, 清水則一: 形と色と力学的な観点に基づく地下空間イメージの考察, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第16巻, pp.167-174, 2011.
- 4) 今泉暁音, 近江桃, 向井かおり, 清水則一: 色と形が地下空間イメージに与える影響に関する考察, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第17巻, pp.51-56, 2012.
- 5) A. Imaizumi, N. Shimizu and S. Sakurai: Underground space design - coupling human sensibility and mechanics, and an image profile of shape and color -, 13th World Conference of the Associated Research Centers for the Urban Underground Space, ACUUS, pp.160-169, 2012.
- 6) 伊藤裕美子, 今泉暁音, 清水則一: 地下空間デザインにおける色と形の評価に関する考察(その2), 平成25年度土木学会中国支部研究発表会発表概要集, IV-25, 2013.
- 7) 伊藤裕美子, 清水則一, 今泉暁音: 地下空間のイメージに与える色と形の影響について, 第34回西日本岩盤工学シンポジウム論文集, pp.67-72, 2013.
- 8) 今泉暁音, 松尾由樹, 坂田力, 清水則一: 地下空間における時間感覚評価の試み, 地下空間シンポジウム論文・報告集, Vol.19, pp.167-174, 2014.
- 9) A. Imaizumi, Y. Matsuo, T. Sakata, Y. Itoh and N. Shimizu: Psychological investigation of time estimation for underground space design in rock engineering, 8th Asian Rock Mechanics Symposium, ARMS8, TUS-6-4, 2014.
- 10) 君山由良: コレスポンデンス分析と因子分析によるイメージの測定法, データ分析研究所, pp.59, 2002.
- 11) (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.
- 12) (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.
- 13) 大井義雄, 川崎秀昭: カラーコーディネーター入門色彩, 日本色研事業株式会社, 1996.