

多次元尺度構成法による地下景観のタイプ分類に関する研究

A study on the recognition structure and the form of the geoscape
with Multi-Dimensional Scaling method

関口 佳司* 北村 眞一**

Keiji SEKIGUCHI and Shinichi KITAMURA

We had a purpose of making the recognition structure and the form of the geoscape clear. We studied by the following order. First, we investigated an underground in Tokyo, Nagoya, Osaka in Japan. For the 2nd, we classified the photograph of 100 sheets of typical and characteristic views at the underground. For the 3rd we processed with MDSCAL which used a computer. As a result, the following factor was extracted. ① The busyness and the loneliness of the geoscape ② The complexity of the geoscape composition ③ The area sense in the space having to do with the geoscape. It was possible to order the form of the geoscape by the following five types from above. (1) The elegant geoscape (2) The dynamic geoscape (3) The brilliant geoscape (4) The fantasy geoscape (5) The ghost geoscape

1. 研究の背景と目的

現在、日本全国に地下街や地下コンコースが建設されている。そこでは地下の環境をいかに地上に近い快適な環境に近づけるかという問題に対してさまざまな点から地下空間の演出が試みられていて。地下空間建設史をひも解くと、建設コストが高いことから機能上最小限の素材と広さで構成された初期の時代から、高価な素材と広い空間の演出を施した現代へと変貌を遂げている。しかしながら地下空間は、少しずつ拡張により建設されてきたため、時代によりデザイン様式が異なっていたり、地下埋設物の影響や地上空間への出入口の制約によって、ちぐはぐな空間が各地に見られる。人々の空間に対する好み^{1),2)}は、不快なレベルにおいては個人差が小さいが、一定以上の快適性が達成されれば個人や属性の影響が大きくなることが言われている。小物類、家具、自動車、建築、インテリアなどのデザインにおいては、使用者や利用者を絞って、客層の好みにあわせた様式（スタイル）を用意するなどのマーケティングが行われる³⁾。地下空間のデザインにおいても、今後は個人差や属性差に配慮したデザイン様式を追求し、地下商店街や地下通路への応用が求められると思われる。

本研究では過去に建設された地下街や地下通路のデザインを分析対象として地下空間の景観タイプを抽出し、その特徴を記述することから今後の地下空間デザイン戦略の基礎情報と得ようとするものである。そこで、はじめに過去に建設された地下空間の景観…これを本研究では「地下景観」（geoscape）⁴⁾と呼ぶ…の代表的なものを収集し、それを被験者に分類してもらう実験を行った。次にその結果に対し多次元尺度構成法⁵⁾ (Multi-Dimensional Scaling Method:以下、MDSとする)を用いて少数次元の空間に配置して地下空

* 正会員 技術士 西武建設 技術部 土木技術課

** 正会員 工 博 山梨大学 工学部 土木環境工学科

間の景観タイプを抽出し、特性の考察を行った。既存研究では、街路、河川、室内などの景観を対象として数量化理論や多次元尺度構成法などを用いた様式分類の研究は見られるが、地下景観タイプの分析は見られない⁹⁾。

2. 多次元尺度構成法の概要

多次元尺度構成法（MDS）は、複数の対象があったとき、その対象間の類似性をもとに対象を多次元空間内の点として位置づける方法である。すなわち、一見するとわからない対象間の親疎に関して、空間内に布置された対象の視覚的類似性をもとに共通要素を抽出し、グルーピングを行う解析方法である。このことから「地図上で地点間の直線距離を示す表を作成することの逆で、地点間の距離から地図を作成する操作を行う方法」とも言われている⁷⁾。

MDSには計量的MDSと非計量的MDSがある。計量的MDSはその点間の距離と類似性との相関が最も高くなるように点の座標を決定するものであり、非計量的MDSはその点間の距離の順位と類似性の順位との相関が最も高くなるように点の座標を決定するものである。非計量的MDSには、順位の一致性やストレス（適合性）の定義によって複数の計算法があるが、いずれの方法を採用してもその結果に大きな相違は現れない特徴を持っている。

非計量的MDSの基本的なアルゴリズムの概略を図-1に示す。図-1中の“収束の判定”に関しては本研究において使用したプログラムが初期値に数量化IV類⁹⁾を用いたM-D-SCALであることから適合度を表すストレス値として〈1〉式が用いられている。

$$S_1 = \left[\frac{\sum_i \sum_j (d_{ij} - \hat{d}_{ij})^2}{\sum_i \sum_j d_{ij}^2} \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots \langle 1 \rangle$$

d_{ij} : 点 i と j の間の距離

$\hat{d}_{ij}$: ディスバリティまたはランクイメージ(あてはめられた距離)

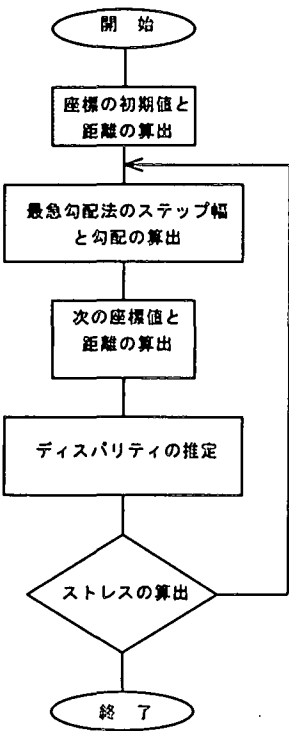


図-1 非計量的MDSのアルゴリズムの概略

3. 研究方法

本研究は図-2に示すフローチャートに従ってMDSと分類基準の記述といった二つの方法により地下空間の景観タイプを模索する試みを行った。

3.1 既存地下空間の現地調査

我が国の3大都市圏（東京、名古屋、大阪）の17地区を対象に現地調査を実施し、その空間構成を写真撮影した。

3.2 写真分類作業

地下街や通路の代表的で特徴的な景観の写真を100枚選択し、山梨大学土木環境工学科の学生30人の被験者に写真の階層的な分類とその基準を答えてもらう実験を行った。図-3に示す用紙を用いて、1)第1分類として、地下空間写真100枚を、景観形態に注目して分類基準をもうけ10前後のグループに分類する。2)第2分類として、第1分類

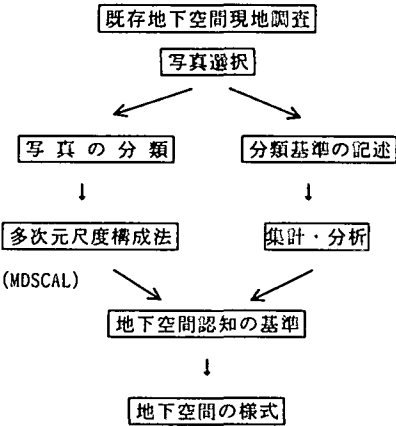


図-2 研究のフローチャート

で大別した各グループを第2の分類基準で5つ前後にまとめる。3)第3分類として、同様に3つ前後のグループに分類する。4)第4分類として、同様にグループをまとめ、最終的に2つのグループになるようにする。この時、分類を逆の順序で(徐々にグループを増やしていく方法)で行わないように指示を与えた。また、被験者が空間の親疎を決定づける場合の基準あるいは理由を把握するために写真を見た第一印象を被験者自身の言葉で記入してもらい、写真の分類作業における各段階の分類基準を記述する欄を設けた。基準の内容については特に制約しないが、どの分類にも属さない写真を集めた“その他”という基準は使わないように指示を与えた。これは空間布置図の解釈の材料として利用でき、地下景観構造解析の補助的役割を持つ。

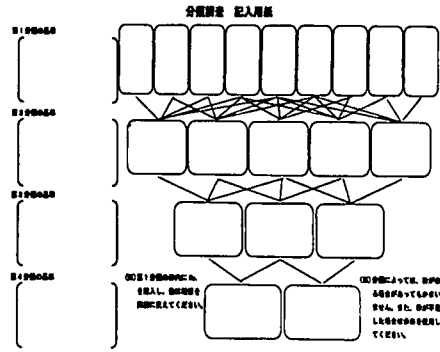


図-3 分類調査記入用紙

3.3 実験結果のデータ化

写真分類データからある2枚の写真がどの階層で同一グループに分類されるかをもとにそれぞれの写真間の類似度を定義し、30人分のデータを集計して写真間の類似度を算出する。この100枚×100枚の写真の類似性行列は類似性を表す順序尺度程度の精度と解釈し、非計量多次元尺度構成法プログラム(MDSCAL)を用いて、類似度の高いもの同士が近くに、低いもの同士は遠くに配置されるように空間布置を求めた。(なお、多次元尺度構成法の各プログラムはそれぞれ途中計算が異なってもほぼ同じ結果が得られる特性を持つため、特に本プログラムを採用した大きな理由はない。)

多次元尺度構成法を使用するにあたり入力データ写真の親疎の度合いを表す(数値化)ために以下の仮定を決めた。①第1分類で同じグループに位置づけられた写真の距離は0とする。②第2分類で同じグループに含まれた写真のうち、初めて同じグループになったものは距離1とする。③同様に第3、第4分類で同じグループになれば距離は2、3とする。④第4分類(大きなグループが2つできている状態)でも同じグループにならなかった写真については距離は4とする。以上①から④の仮定により作業結果をデータとして数値化すると、一人のサンプルに対し4950(0から4)の数値が生まれる(表-1)。この数値30人分の合計が、多次元尺度構成法にかかるデータとなる。

3.4 実験結果のコンピューター処理

3.3で数値化したデータを、多次元尺度構成法プログラム処理する。今回使用したプログラムは、M-D-SCALである。データ入力の設定条件は、対象数=100、MDS開始次元=1、MDS最終次元=5、ミンコフスキーのハワー距離=2.0、ストレス収束制度:0.02、ステップ数の上限値=500、データ形式=0(非類似性・対象データ)とした。なお、地下空間写真分類の結果データをプログラムにかけて得られた出力データのストレスを各次元ごとにプロットしたグラフを図-4に示す。本研究においては、ストレス値が多次元尺度構成法(MDSCAL)で言われているような小さな数値をとらなかった。

この原因の一つにサンプル数(地下景観写真数)が100で多次元尺度構成法(MDSCAL)としては多すぎる事が挙げられる。しかし、地下景観の構成要素および様式という無限の基準を持つ対象を研究対象とした

表-1 1人あたりの数値データ例

	1	2	3	...	...	100
1	-	-	-	-	-	-
2	3	-	-	-	-	-
3	4	2	-	-	-	-
...	0	1	4	-	-	-
...	2	4	1	0	-	-
100	1	2	4	2	3	-

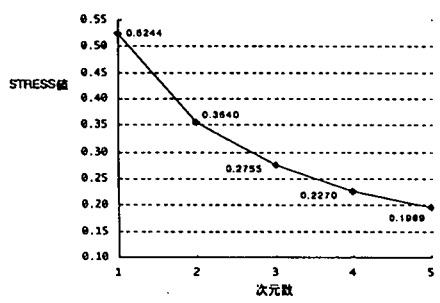


図-4 各次元におけるストレス値

ことや既存研究(地上開放景観)とは違う心理的要素が影響することが予測できたことからサンプル数を減らすことができなかった。そこで、ストレスの値については、Cluska1. J. B が一応の日安として 0.20 をあげているが、地下空間写真のデータがN=100 と大きいことと、多次元尺度構成法は視覚的に理解できる空間表現ができるという根本的な理念から3次元ストレス値 0.28 を用いて分析した。

4. 分析

分析にあたっては、コンピューターからアウトプットされた2次元グラフの布置点に写真を貼りこれを大きくOHP投影し、視覚的類似性をもとに共通要素を抽出しグルーピングを行った。

4.1 地下景観の認知基準

基本的な地下空間の認知基準として以下のような要因が抽出された。

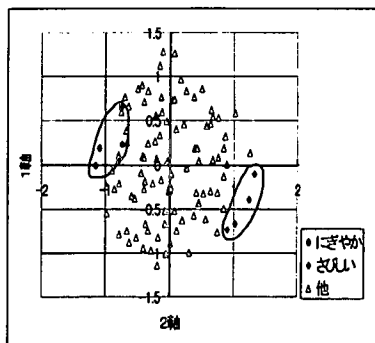


図-5 にぎやかさの布置

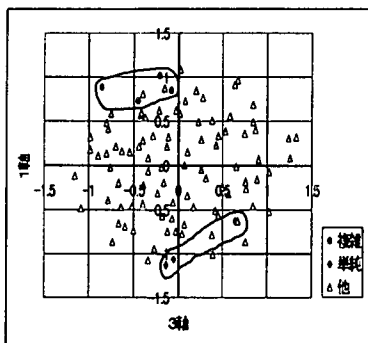


図-6 複雑さの布置

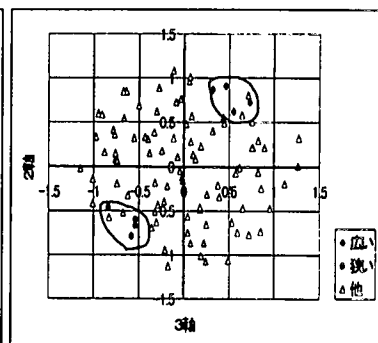


図-7 広がり

(a) 景観のにぎやかさ

図-5に示すように 1-2 軸布置図において、歩行者の数、色彩、光、要素の多様性などによってにぎやかな空間として捉えられる景観領域 (No. 18, 33, 34, 54) とさびしい空間として捉えられる景観領域 (No. 25, 84, 85, 99) が概ね 1 軸に近接した第 4, 2 象限にみられた。

(b) 景観構成の複雑性

図-6に示すように 1-3 軸布置図において、空間内の柱などの要素、壁面・境界線の方、曲線と直線などの構成要素の複雑性によって複雑な構成の空間として捉えられる景観領域 (No. 41, 60, 76, 100) と単純な構成の空間として捉えられる景観領域 (No. 13, 19, 61) が概ね 3 軸に近接した第 4, 2 象限にみられた。

(c) 景観的な空間の広さ感

図-7に示すように 2-3 軸布置図において、奥行きの方、水平方向、垂直方向の空間の広がりや階段の効果などによって広がりを感じる空間として捉えられる景観領域 (No. 48, 59, 63, 66) と狭い感じの空間として捉えられる景観領域 (No. 24, 39, 42, 74) が概ね第 1, 3 象限の中心部にみられた。

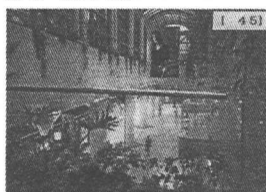
4.2 地下景観のタイプ分類

MDS CALによる出力結果(3次元空間 1-2 軸布置図)を図-8に示す。図-8に示されるように本研究対象地下空間における地下景観は被験者が記述した分類基準と布置図からの類似性をもとにした共通要素の抽出によって、エレガント景観、ダイナミック景観、ブリリアント景観、ファンタジー景観、ゴースト景観という名称で表現できる領域にグルーピングできた。そこで上記5タイプを本研究において抽出された地下景観タイプとする。

なお、布置図において各景観タイプの重複部は複数の地下景観タイプの要素を含む写真であり、被験者間の認知基準に共通な部分と異なる部分が含まれており、特徴的な領域と曖昧な領域を生じさせたものとする。

(1) エレガント景観

落ち着いた華やかさが漂い、女性的で優雅な景観である。パステル調、ベージュ色、アクセントカラーとなっている。代表的なものとして、No. 44, 45, 46のディアモールがあげられる。

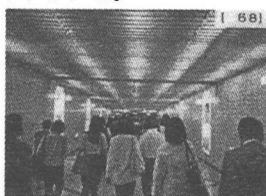


エレガント景観

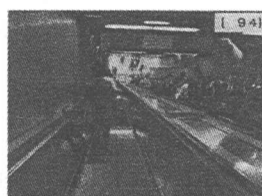
(2) ダイナミック景観

a) “歩行者交通量が多い”通路。奥行き方向に空間が開放的で動きを感じさせる空間形態となっている。代表的なものとして、No. 55, 68があげられる。

b) “速い動き”を象徴する景観。代表的なものとして、No. 13, 95の地下鉄ホームやNo. 94のエスカレーターに多くの人々が乗っている動き、広場やT字路などにおけるランダムな方向の動き、横方向の動きを伴うものがあげられる。



ダイナミック景観 (a)



ダイナミック景観 (b)

(3) ブリリアント景観

a) 地上からの“光がまばゆい輝き”を持ち、全体に明るくなっている。代表的なものとして、No. 6, 4があげられる。

b) 暗い背景に輝く“光が散乱”させる、天の川のような夜空の星の集合体イメージ。代表的なものとして、No. 2, 3, 12があげられる。

c) 明るく“光が満ち満ちている”中にさらに輝く光が散乱してまばゆい景観。代表的なものとして、No. 8, 11, 16, 19, 36, 48, 63があげられる。

d) “中間的”なもので、明るく光が満ち満ちている中にさらに輝く光が散乱してまばゆく、動的でもあり幻想的でもありエレガントでもある座標の中心近くで多様なイメージを持つ景観。代表的なものとして、No. 18, 75, 76があげられる。



ブリリアント景観 (a)



ブリリアント景観 (b)



ブリリアント景観 (c)



ブリリアント景観 (d)

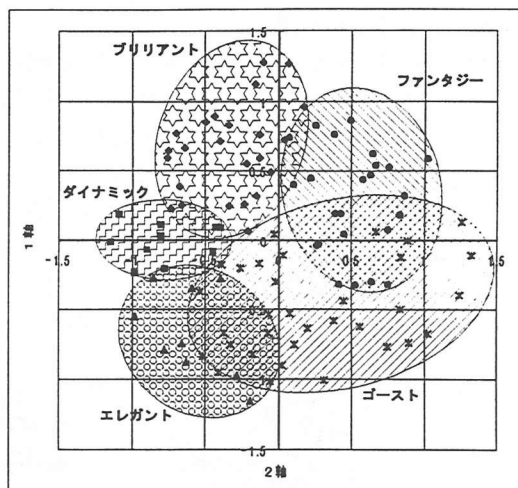


図-8 MDSCALによる3次元空間1-2軸布置図

(4) ファンタジー景観

- a) “明るく楽しく、虹的な幻想的”な景観。色彩を多様化し、派手な色彩の演出を行っている。代表的なものとして、No. 65, 66があげられる。
- b) “メリハリ”がある景観。光を幻想的に使ったライティング、色合いが変わる、円などの曲面の使用、部分的に光が集中的に発せられる部分がある、暗いところと明るいところがある。代表的なものとして、No. 23, 29, 49があげられる。分布はまとまらないが、No. 22, 37, 77, 61もこれに近いように見受けられる。
- c) やや複雑な立体的な空間に“光がきらめく”全体を照らしている景観。やや標準的な地下街の装飾の多い空間である。代表的なものとして、No. 26, 53, 89があげられる。



ファンタジー景観 (a)



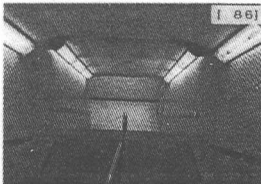
ファンタジー景観 (b)



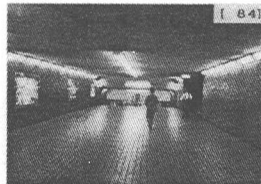
ファンタジー景観 (c)

(5) ゴースト景観

- a) “閉鎖立体景観の通路”で見られる景観。階段の途中から地下通路の床が見え、暗く、単調である。天井が低く奥行き感がないため圧迫感や閉鎖的な感じがする。タイルやコンクリートの壁面が冷たく、薄汚れていて触りたくないという不快感を持つ。壁と床のメッシュも不快に感じる。代表的なものとして、No. 86があげられる。
- b) “やや奥行きのある”景観。階段や通路、やや奥行き感のある通路で見られる。天井は低いが前述のNo. 86より閉鎖的な感じをやや薄れている。閉鎖状態でなく先に通路が続いているように見える景観、壁面にはタイルやコンクリートのみでなくポスターやショーウィンドウ、案内板などのサインがある。暗い通路ではあるがほっとさせる人間的な「跡」がわずかに見られる。代表的なものとして、No. 84があげられる。
- c) “奥行き方向の開放性が強い”景観。通路や広い空間で閑散としているが若干の人の動きが見られる。通路の壁・床・柱もタイル張りよりは景観的に少し良い石張り、プラスチックなどの材料を使用している。また、ポスターや案内サインなどが見られる。天井は低いが天井や柱などに曲面を用いている。代表的なものとして、No. 43があげられる。
- d) “ゴーストとエレガント”の両方の性質を持ち合わせているが、人気の少ない景観。冷たい壁と床の通路となっている。代表的なものとして、No. 31, 32, 93があげられる。



ゴースト景観 (a)



ゴースト景観 (b)



ゴースト景観 (c)

4.3 分類基準の記述からの確認

多次元尺度構成法 (MDSCAL) のコンピューター処理による分析に対して、被験者自身の記述による分類基準を照査してみると、以下のような共通性が言える。被験者自身の記述による分類基準には大きく分

けて(a)空間の形状および状態、(b)空間から受けるイメージの2種類に分けられる。

(1) 形状および状態からの分類基準

- (a) “空間のスケール”：広範囲に「広い」「狭い」という表現で分類しており、縦方向・横方向・頭上(天井)方向の「広がり」という基準や吹き抜け・広場など直接的に空間の形態を指したものなどを含め細かく記述している。これらを、「広さ・狭さ」でまとめると、その数は77にのぼり、その割合は23.9%(「広さ」だけでは、18.6%)になった。このことは「広さ・狭さ」もしくはそれに関連した空間のスケールに関する基準が重要な判断材料になっていると考えられる。
- (b) “目印となる空間”：「待ち合わせ場所」、「目印」、「ランドマーク」、「オブジェ的なもの」、「通路/広場の交差点」などを分類基準としている。その割合は5.3%になっている。
- (c) “空間のデザイン、芸術性”：地下空間は地上空間と異なり天井面の要素が加わっているため、景観対象の線・面の構成に影響を多く受けた被験者が見られた。すなわち、「線形」、「曲線」、「面的」などの要素に加え、「殺風景」、「複雑」といった空間から受ける印象を分類基準としている。その割合は11.2%になっている。
- (d) “光”：地下空間が地上の開放空間と大きく異なる条件として採光がある。直接的に「照明」という基準、「明るい・暗い」の基準、具体的に「外からの光」という基準を挙げている。その割合は12.4%になっている。

(2) イメージからの分類基準

- (a) “人が集まりそう”：被験者全体としては少数であるが、「華やか」、「人が集まりそう」、「活動的・活気がある」、「にぎやかそう」など、人が集まりやすいと考えられることを基準にあげている。その割合は全体で4.3%、イメージ内で17%になっている。
- (b) “人が遠ざかる”：「寂しい」、「こわい」、「人気がない」、「不安」など人が遠ざかると考えられることを基準にあげている。その割合は全体で3.1%、イメージ内で12.2%になっている。

(3) 記述式分類基準とMDS地下景観タイプとの相関

次に、記述式による分類基準とMDSによる地下景観タイプとの相関を求めるために情報理論のエントロピー⁹⁾を利用した以下の方法で分析を行った。

① アンケート用紙内の分類基準記

述欄(第1分類から第4分類)から、記述による分類基準ごとにデータシートを分ける。(重複可)

② 被験者が最初に分類した第1分類の複数のグループ内に存在する各地下景観タイプの写真数からエントロピーを(2)式より求める。

$$H_i = -\sum p_i \log p_i \dots\dots\dots (2)$$

P_i ：景観対象写真の生起確率

③ 記述による分類基準ごとに各エントロピー平均値を算出し、その分散度合いを検討する。

表-2 エントロピーの平均値と評価

H_i	空間スケール	目印	デザイン 芸術性	光	人が集まる	人が遠ざかる
エレガント景観	○ 0.633	△ 0.687	○ 0.573	△ 0.687	△ 0.669	△ 0.692
ダイナミック景観	○ 0.627	△ 0.748	△ 0.782	△ 0.699	△ 0.678	△ 0.748
ブリリアント景観	× 0.831	○ 0.643	× 0.820	○ 0.637	△ 0.703	△ 0.735
ファンタジー景観	× 0.858	× 0.825	○ 0.665	△ 0.785	△ 0.727	△ 0.763
ゴースト景観	△ 0.711	△ 0.733	△ 0.781	△ 0.741	× 0.839	○ 0.636

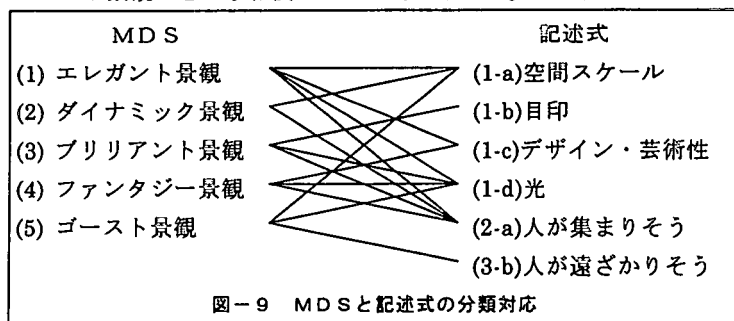
$H_{i\max}$: 0.955 ○ : $H_i < 0.650$

$H_{i\min}$: 0.499 △ : $0.650 \leq H_i < 0.800$

× : $0.800 \leq H_i < 0.960$

以上の結果、表-2に示すように本研究においてはMDSによる地下景観タイプと記述による分類基準との間には、空間スケールに影響される“エレガント景観、ダイナミック景観、ゴースト景観”、目印に影響される“ブリリアント景観”、デザイン・芸術性に影響される“エレガント景観、ファンタジー景

観”、光に影響される“エレガント景観、ブリリアント景観、ゴースト景観”、人が集まりそうに影響される“エレガント景観、ダイナミック景観、ブリリアント景観、ファンタジー景観”、人が遠ざかりそうに影響される“ゴースト景観”という相関があると考えられる。この相関を図－9に示す。



5. まとめ

既存地下空間の現地調査とこれによる写真の分類作業から多次元尺度構成法（MDSCAL）を用いて地下景観タイプを見出す研究を行った。その結果、基本的な認知の基準として以下のような要因が抽出された。

- （1）景観のにぎやかさと寂しさ；歩行者の数、色彩、光、要素の多様性など空間のにぎわいの度合い、
- （2）景観構成の複雑性；空間内の柱などの要素、壁面、境界線の方向、曲線と直線など構成要素の複雑な度合い、
- （3）景観的な空間の広さ感；奥行き方向、水平方向、垂直方向の空間の広がりや階段の効果など、景観（写真）から空間の広がりを感じる度合い。

以上より、地下景観の様式は次の5つのタイプに整理された。（1）エレガント景観；落ち着いた華やかさが漂う、（2）ダイナミック景観；雑踏の通路で、a)歩行者が多い、b)速い動きがある、（3）ブリリアント景観；明るく光輝く空間で、a)きらめく輝き、b)光が散乱する、c)光が満ち満ちている、d)エレガント的でもある、（4）ファンタジー景観；演出効果があり、a)幻想的、b)メリハリ、c)まばゆい輝きがある、（5）ゴースト景観；人気の少ない冷たい壁と床の通路で、a)閉鎖的、b)やや奥行きがある、c)奥行きに開放性がある、d)エレガント的でもある。

また、地下景観写真の階層的分類によるMDSからの地下景観タイプと記述による分類基準との相関の度合いが示された。

なお、本研究における調査および論文作成にあたっては長谷川隆氏（現トーニチコンサルタンツ）の多大なる協力を得ており、記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) Abraham A. Moles・Elisabeth Rohmer：空間の心理学（渡辺淳訳），岩波書店・東京大学出版会・法政大学出版局・みすず書房，1997.5
- 2) 小林重順：建築デザイン心理学，彰国社 1995.5
- 3) 小林重順：カラーリスト，講談社，1997.3
- 4) 関口佳司・北村真一：地下空間における景観に関する研究，土木計画学講演集 19(1)，pp.157～160，土木学会，1996.11
- 5) R.N.SHEPARD：多次元尺度構成法（岡太彬訓・渡邊恵子共訳），共立出版，1976.5
- 6) 土木学会：地下空間のデザイン，土木学会，1995.12
- 7) 日本建築学会編：建築・都市計画のための 調査・分析方法，井上書院，pp.162～168，1987.4
- 8) 日本建築学会編：建築・都市計画のための 空間学辞典，井上書院，p.150，1996.11
- 9) 前掲 7)，pp.190～193，