

SD法に基づく地下高速道路における 換気塔のデザイン評価

Design evaluation of ventilation tower in underground expressway by using
semantic differential method

棚橋由彦¹・蔣宇静²・森尾真悟³・岡村佳奈⁴

Yoshihiko TANABASI・Jiang YUJING・Singo MORIO・Kana OKAMURA

The number of ventilation tower increases if the underpass road becomes long, and a large amount of traffic is processed. It is thought that it is necessary to consider a surrounding spectacle from the aspect of environmental preservation if installing the ventilation tower in urban areas.

In this study, the photographs of ventilation towers in Tokyo Metropolitan Expressway are used to clarify the correlation between their configuration and the surrounding spectacle with the aid of SD(semantic differential) method. The design elements for the design evaluation of ventilation towers are also investigated and discussed.

Key Words : ventilation tower, design evaluation, SD(semantic differential)method,
underground expressway

1. はじめに

近年都市部では，人口集中による自動車交通の慢性的な交通渋滞や環境問題(騒音など)が大きな問題になっている．これに伴って，道路の建設が推進される中で，道路建設のための拡張による用地取得難や，地上空間占有難，環境問題等が道路建設の弊害になっていることから，新たな解決策の一つとして道路の地下化が検討実施されている．特に首都圏においては，その中枢管理機能や国際的業務機能などが一極集中していることから，前述した建設弊害の条件がより著しくなり，首都高速道路の路線には地下道路区間が多く存在する．地下道路の延長が長くなるにつれ，送風機等では換気をまかなえない状態になり，地上部に換気塔を設置する必要性が生じる．また，地下道路の延長が長くなれば換気塔の数が増え，大量の交通を処理しようとすれば，その高さも高くならざるを得ない．換気施設として空気環境を保全すると同様に，換気塔の設置に関して，「都市部では周辺環境保全の視点からデザインや周辺の景観との調和に配慮しなければならない」と考えられる．また，都市型地下道路の場合，換気塔設置に関して環境保全のためかなり強い制約を受ける．

本研究では，首都高速道路における地下道路区間に存在する換気塔の形状と景観について，写真を用いたSD法(Semantic Differential Method)により，竣工年や地下道路トンネルの地上空間との相関を分析し，換気塔にはどのようなデザイン要素が存在しているのかを因子分析し，デザイン評価を行うことを目的とする．

キーワード：換気塔，デザイン評価，SD法，地下高速道路

¹フェロー会員 長崎大学教授 工学部社会開発工学科

²正会員 長崎大学助教授 工学部社会開発工学科

³学生員 長崎大学大学院 生産科学研究科

⁴正会員 阪神コンサルタンツ(株)

2. イメージアンケート調査

2.1 SD法の概要

人間の感覚による検査を官能検査(Sensory Test)と言い、SD法 (Semantic Differential Method) はその官能検査の1つである。このSD法は、ある対象のイメージを知りたい場合、その対象に適切な修飾語対で構成された複数の評価尺度を用いてアンケート調査を実施し、これらの各イメージ調査対象について、統計結果より特質パターンを分析するイメージ測定法の有力な計量手段となりうる。それらをより定量的に捉えるため、アンケートの統計結果より平均評定を求める。そうすることにより、平均評定より対象の平均プロフィールが得られる。平均プロフィールをもとに、因子分析などの統計処理が行われる。

土木施設に対するイメージや景観のイメージおよび価値観の測定と定性分析には有効な手法とされている。また、因子分析は多変量解析の1手法であり、分析対象に対していくつかの因子が存在すると仮定し、それらを定量的に把握するためにデータを採取して分析を行い、データから因子と変量及びサンプルの関係を分析しようとする手法である。

表-1 換気塔一覧

番号	換気塔名	路線名	竣工年月日	地上階数	地下階数	地上空間
1	三宅坂換気所	高速都心環状線	1964/3/1	7	2	皇居濠
2	千鳥ヶ淵第一換気所	高速都心環状線	1964/6/1	1	2	皇居濠
3	千鳥ヶ淵第二換気所	高速都心環状線	1964/6/1	1	2	皇居濠
4	千鳥ヶ淵第四換気所	高速都心環状線	1964/6/1	1	2	皇居濠
5	千鳥ヶ淵第五換気所	高速都心環状線	1964/6/1	1	1	皇居濠
6	千鳥ヶ淵第六換気所	高速都心環状線	1964/6/1	1	3	皇居濠
7	平河町換気所	高速都心環状線	1964/6/1 1988/9/8(増築)	10	3	皇居濠
8	隼町換気所	高速都心環状線	1964/9/1	6	1	皇居濠
9	羽田換気所	高速1号羽田線	1964/6/1	1	1	河川
10	森ヶ崎換気所	高速2号羽田線	1964/7/1	1	2	河川
11	霞ヶ関第一換気所	高速都心環状線	1964/8/1	2	3	街路
12	霞ヶ関第二換気所	高速都心環状線	1964/9/1	3	4	街路
13	鍛冶橋換気所	高速八重洲線	1971/11/30	7	4	街路
14	常盤橋換気所	高速八重洲線	1972/3/25	6	4	街路
15	大井換気所	高速湾岸線	1974/11/30	5	4	海面
16	13号地換気所	高速湾岸線	1975/10/20	5	3	海面
17	桜木町換気所	高速神奈川1号横羽線	1977/11/30	6	1	街路
18	三ツ沢橋換気所	高速神奈川2号三ツ沢線	1977/12/15	7	0	街路
19	花園橋換気所	高速神奈川1号横羽線	1983/3/11	8	0	街路
20	京浜島換気所	高速湾岸線	1992/7/11	3	1	空港
21	多摩川第一換気所	高速湾岸線	1993/11/19	7	4	河川
22	多摩川第二換気所	高速湾岸線	1994/9/18	2	3	河川
23	川崎第一換気所	高速湾岸線	1993/9/20	7	2	海面
24	並木換気所	高速湾岸線	1996/12/7	3	2	街路
25	飛鳥山換気所	高速中央環状線	2002/11/30	8	0	公園
26	新都心西換気所	高速埼玉新都心線	2004/6/5	1	3	街路
27	新都心換気所	高速埼玉新都心線	2004/6/30	4	2	街路

2.2 調査方法

60年代から現在稼働中である換気所29箇所をデザイン事例とし、形状が類似しているのを除く27箇所(表-1)を抽出した。これらの写真画像をパワーポイントで各画像を約40秒から60秒間見せていき、表-2に示すような、基本的に直感で言語のイメージがわくイメージ言語対11項目に対し、7段階評価でアンケートに対する回答を得た。調査対象は当学科3年次学生から博士1年次の学生とした。回答者の属性は男性52名、女性14名の計66人である。また、表-1の番号1番から27番まではアンケート対象換気塔を示す。

2.3 イメージ言語対の設定

景観とは物的対象による純物理的な現象の他に、対象（群）を全体的に眺めることを契機とする人間の心理的現象があり、景観には2つの人間と物的対象の両者の要素が存在する。人間の心理的現象である景観を評価するときに、当然そこには評価するための何らかの根拠があり、その根拠の根底には、人々の景観に対する価値基準が存在すると推測される。そこで、イメージ言語対の選定は、眺められる対象が視覚的にどのような特徴を持つか、また景観に関する人々の価値基準という視点から選定を行った。二つの視点に適するスケールを用いて、カスマー（Kasmer）による66の環境標準尺度を参考にし、評価に適した質問を行った。

3. 統計処理による結果の分析

アンケート結果を集計し、因子分析を行う前に、換気塔の竣工年代別、地下道路トンネルの地上空間別に分類したすべての評価項目に対する総平均得点を算出した。総平均得点は、各事例のトータルなデザイン評価点を表しており、各事例のデザイン総合としての意味を有する。

竣工年代別総平均得点を図-1に、地上空間別総平均得点を図-2に示す。

3.1 竣工年代別総平均得点

竣工年代別総平均値に大きなばらつきがなく、7段階評価の中間点である4点付近に値が集中している。70年代について全質問項目を通じて他の評価より評価が高いことが読み取れる。一般に土木構造物は新しく竣工された構造物に従い、デザインが景観に考慮される傾向にあるが、分析結果より竣工年代とデザイン評価との間に強い相関関係があるとは考えられない。

3.2 地上空間別総平均得点

地上空間では空港が最も高い値になり、他は7段階評価の中間点である4点付近に値が集中している結果になった。空港と公園のデザイン事例が各1事例しか存在しておらず、総合的に判断するのは難しいが、全地上空間において、いずれも中間点付近なので、周辺設備、眺望を見据えたデザイン工夫を行うことが望ましいと考えられる。

表-2 イメージ言語対

項目	スケール	質問項
対象の視覚属性	形状	好きな形状・嫌いな形状
		斬新な形状・平凡な形状
	色彩	あざやかな色・くすんだ色
		明るい色・暗い色
景観に関する価値	色相	好きな色・嫌いな色
	美しさ	美しい・醜い
	親密性	親しみのある・親しみのない
	圧迫感	圧迫感がある・圧迫感のない
	目障り感	目障りな・目障りでない
	調和	調和した・不調和な
	好み	好き・嫌い

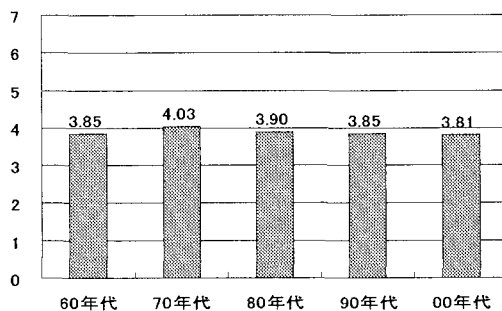


図-1 竣工年代別平均得点

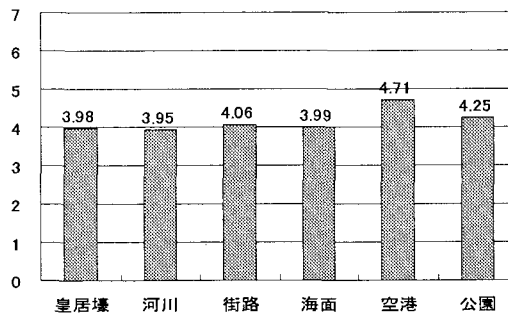


図-2 地上空間別総平均得点

表-3 固有値・寄与率・累積寄与率（回転後）

因子No.	固有値	寄与率(%)	累積寄与率(%)
1	4.6267	42.0607	42.0607
2	2.7570	25.0634	67.1240
3	2.6312	23.9203	91.0443

表-4 因子負荷量（回転後）

番号	質問項	因子1	因子2	因子3
1	好きな形状・嫌いな形状	0.9423	0.0966	0.2818
2	斬新な形状・平凡な形状	0.8009	-0.2898	0.3240
3	あざやかな色・くすんだ色	0.5614	0.0779	0.8205
4	明るい色・暗い色	0.4759	0.1066	0.8165
5	好きな色・嫌いな色	0.7685	0.1698	0.5880
6	美しい・醜い	0.8925	0.0370	0.4494
7	親しみのある・親しみのない	0.4602	0.4768	0.5766
8	圧迫感のない・圧迫感のある	-0.3531	0.7903	0.2220
9	目障りでない・目障りな	0.0588	0.9862	0.0553
10	調和した・不調和な	0.2702	0.8633	0.0259
11	好き・嫌い	0.8692	0.2150	0.4169

表-5 相関行列

	嫌いな形状	平凡な形状	くすんだ色	暗い色	嫌いな色	醜い	親しみのない	圧迫感のある	目障りな	不調和な	嫌い
嫌いな形状	1	0.8370	0.7656	0.6793	0.9046	0.9620	0.6656	-0.1938	0.1628	0.3474	0.9471
平凡な形状	0.8370	1	0.7019	0.6027	0.7431	0.8560	0.3991	-0.4166	-0.1907	-0.0727	0.7837
くすんだ色	0.7656	0.7019	1	0.9750	0.9209	0.8666	0.7546	0.0311	0.1632	0.2565	0.8364
暗い色	0.6793	0.6027	0.9750	1	0.8755	0.7873	0.7058	0.0658	0.1807	0.2813	0.7635
嫌いな色	0.9046	0.7431	0.9209	0.8755	1	0.9611	0.7786	-0.0216	0.2465	0.3741	0.9469
醜い	0.9620	0.8560	0.8666	0.7873	0.9611	1	0.7089	-0.1913	0.1145	0.2810	0.9697
親しみのない	0.6656	0.3991	0.7546	0.7058	0.7786	0.7089	1	0.4112	0.4927	0.5162	0.7770
圧迫感のある	-0.1938	-0.4166	0.0311	0.0658	-0.0216	-0.1913	0.4112	1	0.8001	0.5360	-0.0415
目障りな	0.1628	-0.1907	0.1632	0.1807	0.2465	0.1145	0.4927	0.8001	1	0.8954	0.2782
不調和な	0.3474	-0.0727	0.2565	0.2813	0.3741	0.2810	0.5162	0.5360	0.8954	1	0.4283
嫌い	0.9471	0.7837	0.8364	0.7635	0.9469	0.9697	0.7770	-0.0415	0.2782	0.4283	1

表-6 因子得点

換気塔番号	因子1 (美的因子)	因子2 (調和因子)	因子3 (華やかさ因子)
1	0.6435	0.8970	0.6482
2	-0.5119	1.3550	-0.7792
3	0.3107	0.0082	-0.1334
4	-0.9117	0.9155	0.4735
5	-0.9156	0.5506	-0.5106
6	0.7219	0.0867	-1.3530
7	-0.0957	0.6139	-2.8427
8	0.1973	-0.9548	0.7870
9	-2.8600	1.1309	-0.0385
10	-0.8699	0.8211	1.1430
11	-1.2101	-0.4976	-0.3958
12	-2.0057	-1.4236	0.3141
13	1.3551	-0.2164	-1.9045
14	0.8664	1.3886	-0.6631
15	1.6165	0.1345	1.2621
16	0.8614	-2.2651	-1.1993
17	-0.2378	-0.7590	1.3814
18	-0.9205	-1.2858	0.1009
19	0.4037	-0.9079	-0.3763
20	0.7506	1.8759	-0.3596
21	0.3155	-0.8957	0.0886
22	0.0844	-1.1128	0.3777
23	1.1560	0.5682	1.4243
24	0.6078	0.8856	0.6698
25	0.0902	-0.7237	0.7217
26	0.4545	0.1604	1.3354
27	0.1035	-0.3496	-0.1717

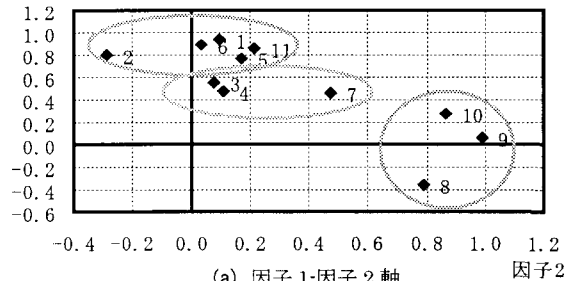
4. 因子分析結果と考察

4.1 因子軸の設定とネーミング

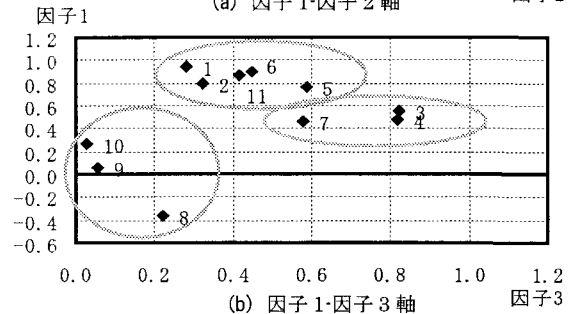
本研究では、SMC法に基づく共通性の推定、主因子分析、バリマックス回転を用いて因子分析を行った。因子分析は、たくさんの変量を用いて行うのが普通である。そうすると、因子の数をいくつまで取ることが問題になるが、現象を単純化して理解するという観点からは、できるだけ少数であればよい。し

かし、因子数の決定には決定的な方法はないことから、累積寄与率が60%以上、固有値が1.0以上は因子数を決める材料とする。バリマックス回転後の因子の固有値、寄与率、累積寄与率を表-3、因子負荷量を表-4、相関行列を表-5に示す。また、因子負荷量グラフ(図-3 (a) 因子1-因子2軸、(b) 因子1-因子3軸、(c) 因子2-因子3軸)のように、因子1から因子3を軸とする3次元空間で明瞭に3グループに群別化するため、3つの因子数で解析を行うことにした。また、図-3における数字は表-4の質問項の番号と対応している。

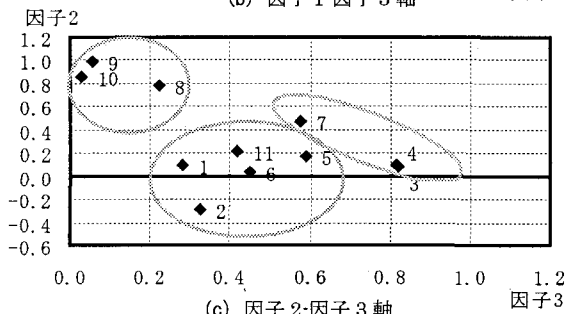
因子1



(a) 因子1-因子2軸



(b) 因子1-因子3軸



(c) 因子2-因子3軸

図-3 因子負荷量グラフ

3つの因子軸から因子イメージを解釈し、最もふさわしいと考えられる各因子軸に名前をつけた。因子1（好きな形状、斬新な形状、好きな色、美しい、好き）は人々の心情的価値に関係し、美的評価を行っている因子と考えられる。よって「美的因子」と名付けた。因子2（圧迫感のない、目障りでない、調和した）は周囲の対象と一定の調和を保つイメージを表現する因子で「調和因子」と名付けた。因子3（あざやかな色、明るい色、親しみのある）は換気塔を際立たせる印象をもつ因子で「華やか因子」と名付けた。

4.2 因子軸間におけるデザイン評価傾向の把握

各因子軸のネーミングが決定したところで、回転後の因子負荷行列に対して、因子得点を算出した。因子得点を表-6に示す。また竣工年代別の各因子得点を図-4に、地上空間別の因子得点を図-5に示す。

横軸を美的因子、縦軸を調和因子、華やかさ因子とした各換気塔の因子得点プロットをそれぞれ図-6(a)、(b)に示す。また、各因子はその値が大きいくほど、高く評価される。図中の数値は換気塔の竣工年であり、凡例は換気塔の地上空間を表す。またこの中で、皇居壕は全て64年、空港は92年、公園は02年に竣工されている。

(a) 竣工年代

図-4より美的因子の平均得点は60年代が最も低く、70年代、80年代以降の順に平均得点が高くなることがわかった。これらから竣工年代が現在に近づくほど、美的評価は高くないことがわかった。また、調和因子においては、竣工年代と各因子評価との相関関係があるとは考えられない。華やかさ因子は竣工年代が進む順に平均得点が増加しており、年代との相関がややみられる。

(b) 地上空間

図-5からわかるように海面の美的因子の評価が高く、街路の美的評価が低い結果になった。海面の美的評価が高いのは海面空間の換気塔を眺望としてランドマークのような存在として立地していると考えられ、華やかさ因子が高く評価された。そして、調和因子が全体的に高い傾向であると評価されたのは皇居壕であった。皇居壕という特殊な地上空間の故に周囲との景観の調和を図るために、周囲を樹木で囲まれている換気塔が多く見られたためと推測する。

4.3 デザイン分析

デザイン評価の高い写真群を図-7に、低い写真群を図-8に示し、併せて、最も評価が高い事例をA、最も評価が低い事例をBとして図中に示す。また、景観材料として考えられているものと空間を形作る

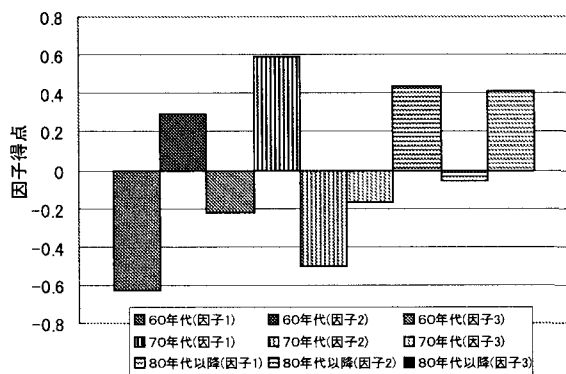
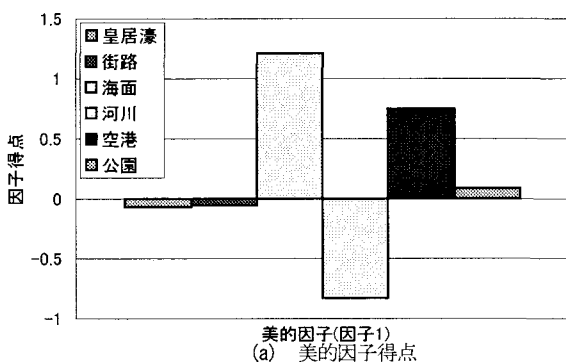
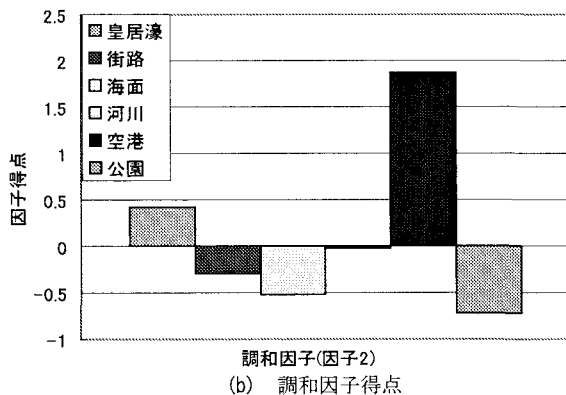


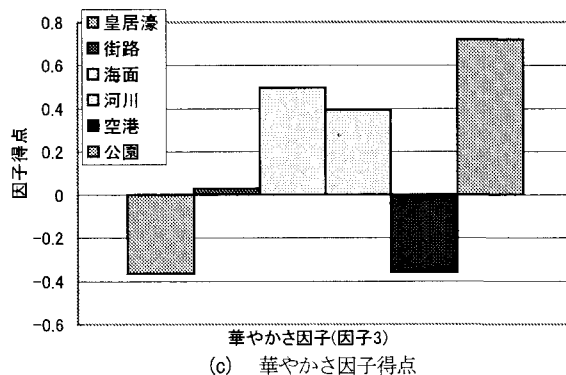
図-4 竣工年代別因子得点



(a) 美的因子得点



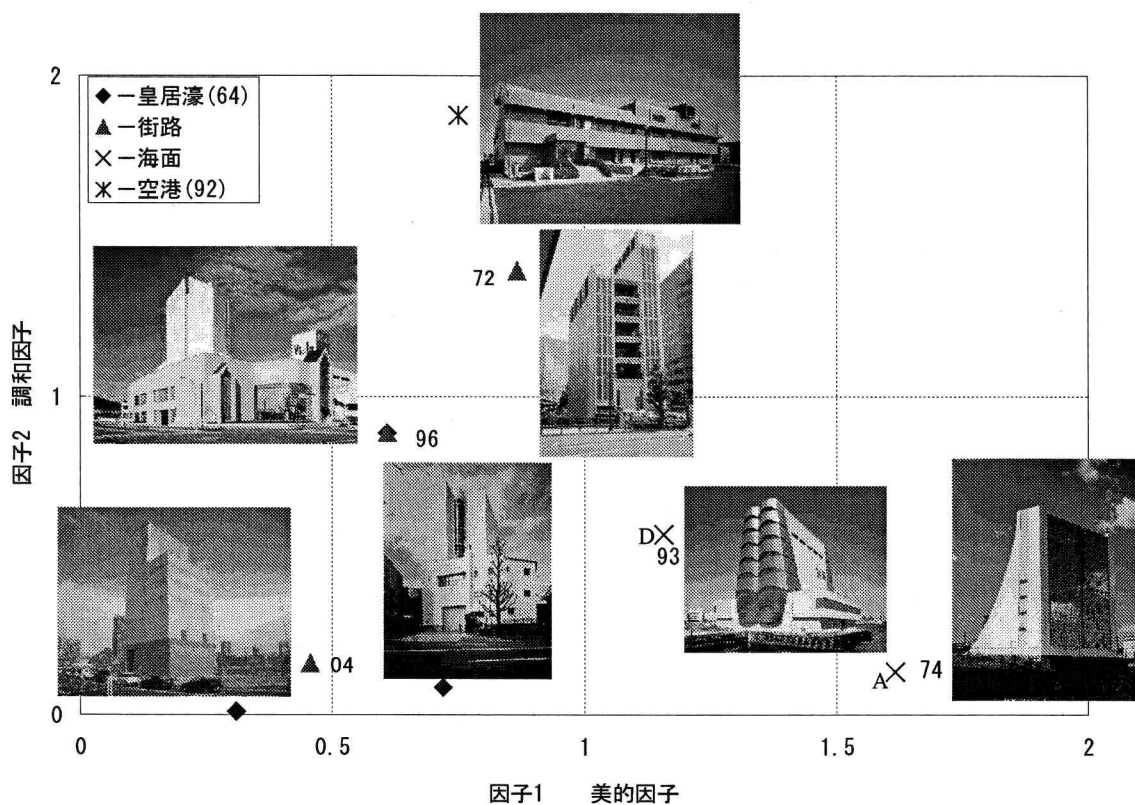
(b) 調和因子得点



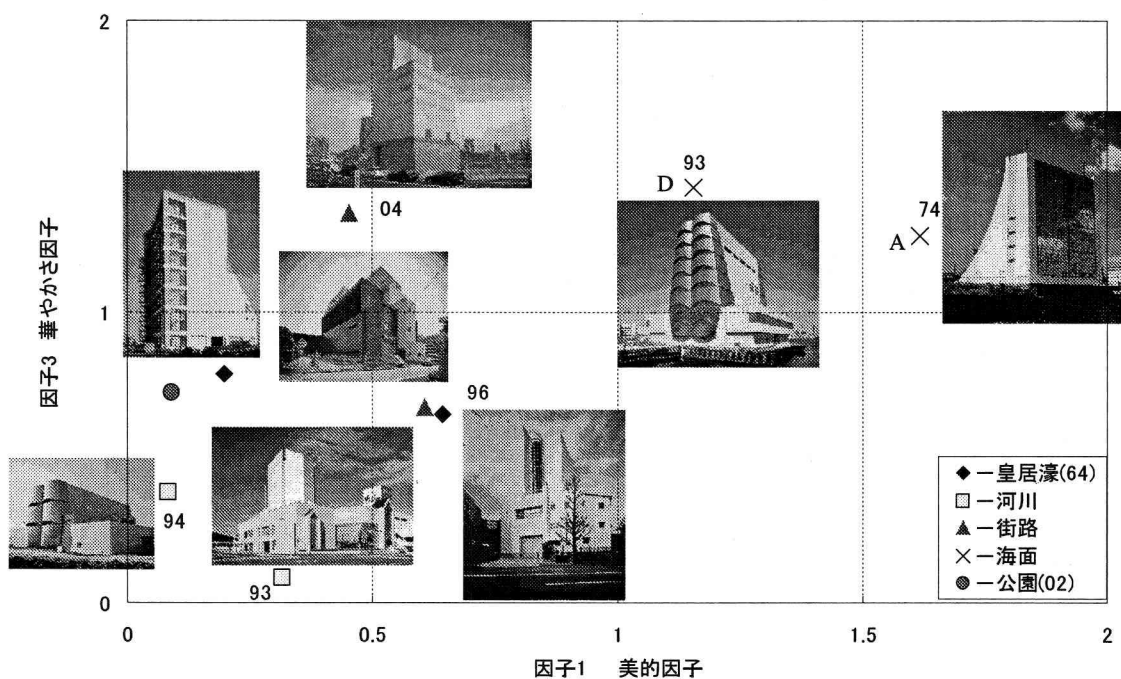
(c) 華やかさ因子得点

図-5 地上空間別因子得点

—26—



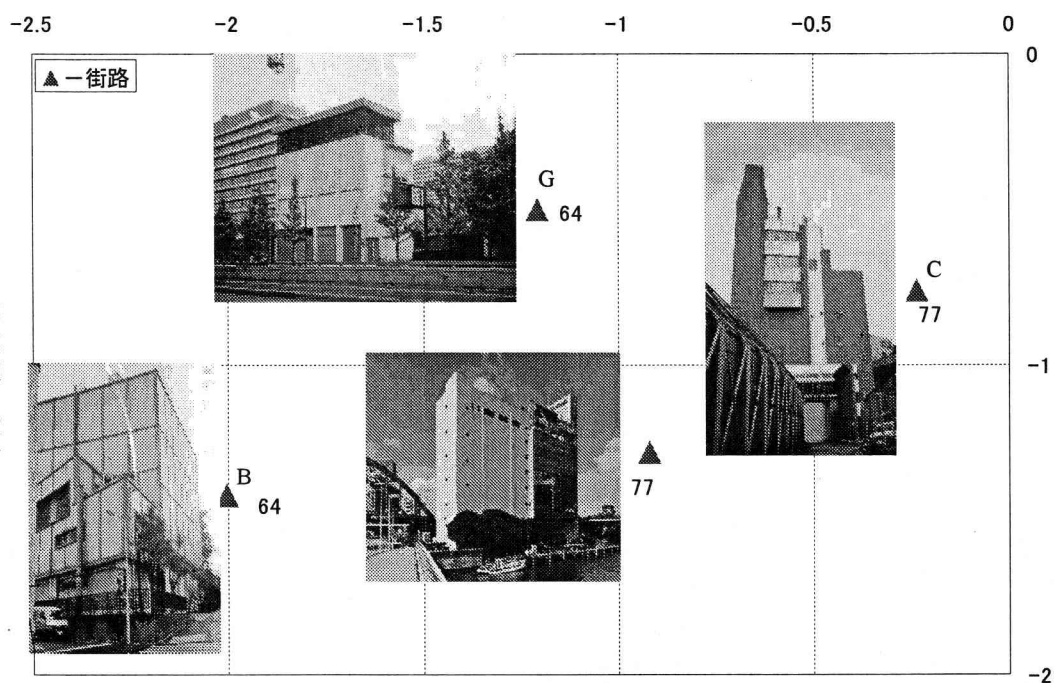
(a) 因子1-2軸平面 (1象限)



(b) 因子1-3軸平面 (1象限)

図-7 デザイン評価の高い写真群

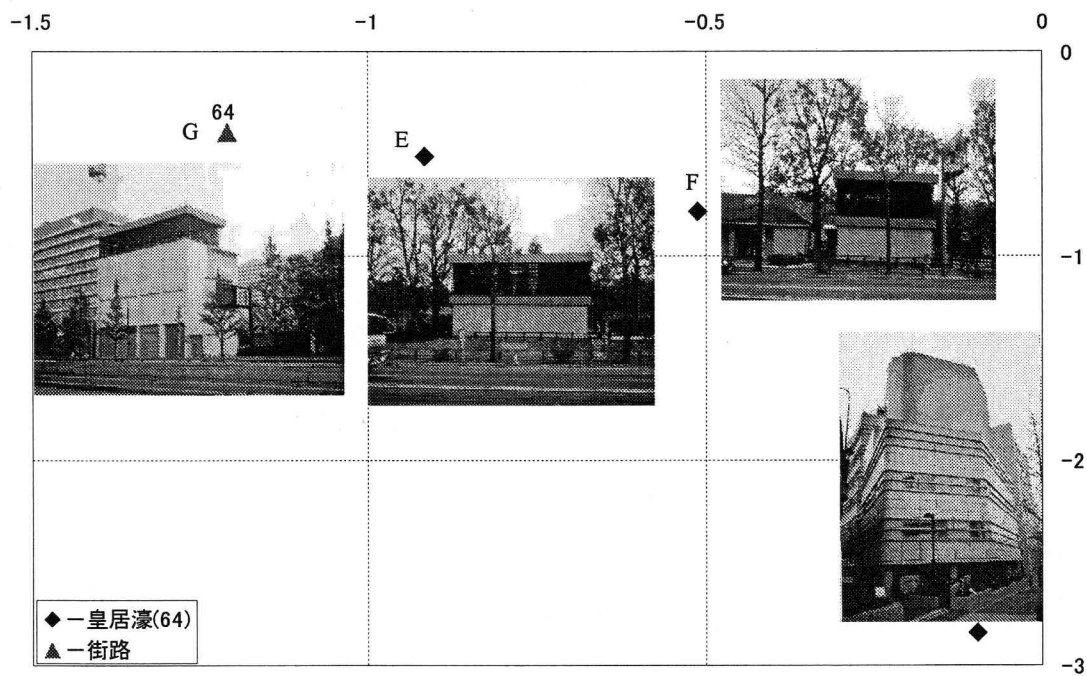
因子2 調和因子



因子1 美的因子

(a) 因子1-2 軸平面 (3 象限)

因子3 華やかさ因子



因子1 美的因子

(b) 因子1-3 軸平面 (3 象限)

図-8 デザイン評価の低い写真群

5. 結論

SD 法を用いた分析結果より、地下道路における換気塔に影響を与える3つの因子(美的、調和、華やかさ)を抽出しデザイン評価を行った。その結果、換気塔は排気ガス施設から負のイメージが連想されるが、様々なデザインの工夫がなされていることがわかった。

6. 課題

今回アンケートに用いた写真画像は同条件での画像ではなくまた、換気塔の周辺環境が十分に読み取れるものではなかったという問題点がある。これらの問題点を解決するために実際に現地に赴いて、上記のような問題点を解決した写真撮影を行う必要がある。また、地下道路トンネル換気塔という特性を考慮したイメージ言語対の設定を行う必要がある。さらに、今回は首都高速道路に存在する換気塔を対象としたが、他の地下施設に存在する換気塔も調査し、地下施設別の換気塔のデザイン分析を行うべきと考える。

謝辞：本研究を進めるにあたり、換気塔の画像を提供して頂いた首都高速道路公団の高野正克さん、換気塔の情報を提供して頂いた東京都交通局の金川孔明さんに深謝の意を表します。アンケート調査に協力してくれた本学社会開発工学科学生のみなさんにも深謝の意を表します。

参考文献

- 1) 金田一淳司,工藤康博,西淳二,浅野光行：都市内道路の地下化と空間特性に関する研究, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第4巻, 土木学会, pp.75-82, 1999.
- 2) 篠原修：新体系土木工学59 都市計画, 土木学会, 1982.
- 3) 山下達之,西淳二,清木隆文：地上・地下接続手段と空間デザインに関する一考察～自動車排気ガス用換気施設に見る傾向～, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第3巻, 土木学会, pp.209-214, 1999.
- 4) 棚橋由彦,蔣宇静,永谷順子：SD法を用いた地下街景観の静的・動的デザイン評価, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第9巻, 土木学会, pp.9-18, 2004.