

街路景観画像の一对比較データを用いた 歩行目的別景観要素選好の統計解析

大脇 崇史¹・上村 恵子²・吉村 貴克³

¹ 非会員 株式会社豊田中央研究所 社会システム研究領域 (〒480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)
E-mail: t-owk@mosk.tytlabs.co.jp (Corresponding Author)

² 非会員 株式会社豊田中央研究所 社会システム研究領域 (〒480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)
E-mail: uemura@mosk.tytlabs.co.jp

³ 非会員 株式会社豊田中央研究所 社会システム研究領域 (〒480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)
E-mail: yoshimura@mosk.tytlabs.co.jp

街路を歩く際に好まれる景観は、歩行の目的によって異なる可能性がある。本研究では、208 名の被験者を、「移動を主目的とした歩行」のグループと「余暇を楽しむことを主目的とした歩行」のグループに分け、景観要素 4 因子 2 水準（オープンカフェの有無・路面の明暗・植栽の有無・オブジェの有無）を組み合わせた 16 枚の街路景観画像に対する主観評価データを一对比較法で収集し、各景観要素が街路景観画像の選好に与える影響を統計的に解析した。その結果、景観要素 4 因子全てが街路景観画像の選好に有意に影響すること、また各因子が街路景観画像の選好に与える影響は歩行の目的によって有意に変化することがわかった。

Key Words: streetscape, transportation walking, recreational walking, pairwise comparison, urban design

1. はじめに

魅力的な街づくりを進める上で、街路の景観は重要な要素のひとつである。街路の景観を構成する要素には、建物・車道・歩道・樹木・通行する人や車など、様々なものがある。これらの構成要素の、どのような属性を含む街路の景観が人々に好まれるかを調べるために、街路の写真や CG 画像を被験者に呈示して主観評価してもらい、街路景観を構成する要素の属性と主観評価結果との間の関係を分析する研究がこれまで行われてきている。

Cauwenberg¹⁾らは、景観要素として、歩道の凹凸の有無・車道を走る車の有無・落書きやごみの有無・植物の有無の 4 因子各 2 水準を組み合わせた 16 枚の写真を、友人宅に向かって歩く場合に歩きたくなる順に被験者に並べ替えてもらう方法で主観評価データを収集し、歩道に凹凸がないことが最も歩きたくなる度合いを高めたことなどを報告した¹⁾。Lien²⁾は、景観要素として、歩道の幅・ストリートファニチャーの量・歩道とオープンカフェの間仕切りの有無・建物壁面の透明な部分の割合・建物の高さの 5 因子各 2 水準のうち 16 通りの組み合

わせに対して作成した CG 画像に対し、美しさや歩行（余暇を楽しむ目的）の意欲に関連した質問に対して 7 段階の点数を被験者に回答してもらうことで主観評価データを収集し、歩道の幅・ストリートファニチャーの量・建物壁面の透明な部分の割合が増えると美しさの評価や歩行の意欲が向上することなどを報告した²⁾。

Cauwenberg¹⁾らの研究¹⁾が対象とした歩行は友人宅に向かって歩くという状況で、これは移動を主目的とした歩行（以下、移動の歩行）である。一方、Lien²⁾が対象としたのは散歩のような余暇を楽しむことを主目的とした歩行（以下、余暇の歩行）である。歩行の目的が異なると、街路景観を構成する要素の属性が主観評価に与える影響も変化することが予想されるが、このような変化を景観画像を用いて詳しく調べた研究は我々の知る限りない。

本研究では、被験者に 2 枚の街路景観画像（CG 画像の一部を加工して作成）を呈示して歩きたい画像を選択してもらうことで主観評価データを収集する方法（一对比較法）を用いて、208 名の被験者を、移動の歩行を評価するグループと余暇の歩行を評価するグループとに分

けて主観評価データを取得し、景観要素が街路景観の選好に与える影響、及びその影響が歩行の目的によって変化するかを統計的に解析した。

2. 主観評価実験

208名の被験者を、移動の歩行を評価するグループ104名と余暇の歩行を評価するグループ104名とに分けて、景観要素4因子各2水準を組み合わせた16枚の街路景観画像のうちの2枚の全ての組み合わせについてPCのモニタに左右に並べて呈示し、歩きたい方の画像を選択してもらうことで主観評価データを取得した(調査会社に依頼して実施)。各グループは男性52名・女性52名で構成され、年代は性別毎に20代・30代・40代・50代各13名ずつであった。被験者一人当たりの回答数は ${}_{16}C_2 = 120$ である。なお、多因子実験では直交表を用いて組み合わせ数を減らすことがよく行われるが、本実験では因子間の交互作用も全て評価するために全数比較を行った。呈示順序と左右の呈示位置は被験者毎にランダムに決めた。景観要素4因子(壁面・路面・自然・アート)それぞれに対応する2水準を表-1に、実験に用いた画像の一例を図-1に示す。これら景観要素4因子各2水準は、人中心の街路空間設計に関する文献³⁾を参考に決め、水準のうち、景観要素として好まれることが予想される水準を+ (プラス) に、他方を- (マイナス) に割り当てた。実験に用いた16枚の画像には(1)から(16)までの番号を割り当て、各画像に含まれる景観要素4因子の水準を表-2のように設定した。なお本実験は、(株)豊田中央研究所実験倫理審査委員会での承認(No.21-17)を得ている。本実験において、個人名が第三者に特定されることがないこと、参加は自由意志であり拒否における不利益はないこと、ならびに本研究の目的と内容を被験者に説明し同意を得た上で実施した。

3. 景観要素が選好に与える影響の統計解析

一対比較法を用いた実験データの解析には、2つの呈示刺激の一方を選択する主観評価方法の場合にはThurstone-Mostellerの方法⁴⁾やBradley-Terryの方法⁵⁾が、2つの呈示刺激の一方を選択するだけでなく点数を与える主観評価方法の場合にはSchefféの方法⁶⁾がよく用いられてきた。これらの方法では、各刺激が固有の尺度値を持ち、これらの尺度値に基づいて選択確率が決まるモデルを仮定している。しかし、この仮定がどの程度成り立つかは明らかではなく、また本研究で取り扱う景観要素のような、3個以上の因子が尺度値に与える効果を統計的に評

表-1 景観要素4因子に対する2水準

因子 水準	壁面	路面	自然	アート
+	カフェあり	明るい	植栽あり	オブジェあり
-	カフェなし	暗い	植栽なし	オブジェなし



(注) この画像はCARLA Team(<http://carla.org/>)の著作物をUnreal® Engineで画像化し、人物・自転車・バイクの写真を合成して作成した。Unreal®は、アメリカ合衆国およびその他の地域におけるEpic Games, Inc.の商標または登録商標である。Unreal® Engine, Copyright 1998-2022, Epic Games, Inc. All rights reserved.

図-1 実験に用いた画像の一例(4因子とも+)

表-2 画像(i)に含まれる景観要素の水準

i \ 因子	壁面	路面	自然	アート
1	-	-	-	-
2	+	-	-	-
3	-	+	-	-
4	+	+	-	-
5	-	-	+	-
6	+	-	+	-
7	-	+	+	-
8	+	+	+	-
9	-	-	-	+
10	+	-	-	+
11	-	+	-	+
12	+	+	-	+
13	-	-	+	+
14	+	-	+	+
15	-	+	+	+
16	+	+	+	+

価するのが難しいという問題がある⁷⁾⁸⁾。そこで本研究では、文献¹⁰⁾に基づいて、尺度値ではなく各刺激の選択回数を用いて複数の因子に対する効果を統計的に評価する方法を採用する。各グループ内で景観要素が選好に有意な影響を与えたかの検定（以下、グループ内の景観要素効果の検定）と、景観要素が選好に与えた影響にグループ間で有意な差があるかの検定（以下、景観要素効果のグループ間差の検定）の2種類の統計検定を行った。それぞれについて、(1)節と(2)節で説明する。

(1) グループ内の景観要素効果の検定

各景観要素の主効果及び景観要素間の交互作用を統計的に評価するために、対比 (contrast) と呼ばれる数値を算出する。記述を簡素化するため、景観要素 4 因子（壁面・路面・自然・アート）にそれぞれアルファベット U・V・W・X を割り当て、それぞれの主効果に対応する対比は景観要素を表すアルファベットを Q の添え字として Q_U, Q_V, Q_W, Q_X と表し、交互作用に対応する対比は交互作用を考慮する複数の景観要素を表すアルファベットを並べたものを Q の添え字として表す（例えば、U と V の交互作用に対応する対比は Q_{UV} ）。Q の添え字を*で表すことにすると、対比 Q_* は以下の式で算出される。

$$Q_* = \frac{2}{\sqrt{nt}} \sum_{i=1}^t L_{*i}(a_i - \bar{a}) \quad (1)$$

$$\bar{a} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t a_i = \frac{n(t-1)}{2} \quad (2)$$

ここで、 t は呈示する刺激の数、 a_i は解析対象とする被験者全員が刺激ペアの全ての組み合わせに対して1回ずつ一対比較を完了した段階で刺激 i が選択された回数（以下、刺激 i のスコア）、 \bar{a} は t 個の刺激のスコアの平均値、 n は被験者数、 L_{*i} は対比の種類によって決まる係数である。 $L_{Ui}, L_{Vi}, L_{Wi}, L_{Xi}$ は表-2 の景観要素の水準 +・- をそれぞれ +1・-1 に置き換えたもので、主効果に対応する対比 Q_U, Q_V, Q_W, Q_X は、それぞれの景観要素の水準が+である 8 枚の画像のスコアの \bar{a} からの差分の和から、水準が-である 8 枚の画像のスコアの \bar{a} からの差分の和を引いた数値に、定数 $2/\sqrt{tn}$ を乗じて算出されることがわかる。交互作用に対応する対比を計算する際の係数 L_{*i} は、交互作用を考慮する複数の景観要素の主効果に対応する対比を計算する際の係数の積であり、例えば L_{UVi} は L_{Ui} と L_{Vi} の積である。帰無仮説は「各景観要素が選好に与える主効果・交互作用はない」である。 $n(t-1) \geq 20$ であれば、 Q_*^2/t は自由度 1 のカイ二乗分布とみなすことができ、有意水準 5% の場合は $Q_*^2/t > 3.8415$ で、有意水準 1% の場合は $Q_*^2/t > 6.6349$ で帰無仮説が棄却され、各景観要素が選好に与える主効果・交

互作用が有意であることが示される。

(2) 景観要素効果のグループ間差の検定

景観要素の有無が選好に与える影響に対し、歩行の目的が影響するかを均質性のカイ二乗検定により確かめる方法を説明する。まず、画像 (i) と画像 (j) の 2 枚の画像を画像ペア (i, j) と表すこととし、画像ペア (i, j) に対する選好が「余暇の歩行」グループ（以下、グループ 1）と「移動の歩行」グループ（以下、グループ 2）とで異なるかを検定することを考える。各グループが画像ペア (i, j) に含まれる画像を選択した回数と合計が表-3 のように表されるとする。

表-3 各グループの被験者が画像ペア (i, j) に含まれる画像を選択した回数と合計

	グループ 1	グループ 2	合計
画像 (i) の 選択回数	x_{ij1}	x_{ij2}	x_{ij}
画像 (j) の 選択回数	x_{ji1}	x_{ji2}	x_{ji}
合計	m_1	m_2	m

均質性のカイ二乗検定の理論によれば、

$$C_{ij} = \sum_{g=1}^2 \left\{ \frac{(x_{ijg} - x_{ij} m_g / m)^2}{x_{ij} m_g / m} - \frac{(x_{jig} - x_{ji} m_g / m)^2}{x_{ji} m_g / m} \right\} \quad (3)$$

は自由度 1 のカイ二乗分布とみなすことができ、帰無仮説「画像ペア (i, j) に対する選好は、グループ 1 とグループ 2 とで変わらない」は、 $C_{ij} > 3.8415$ の場合は有意水準 5% で、 $C_{ij} > 6.6349$ の場合は有意水準 1% で棄却される。実験で用いる 16 枚の画像について、特定のひとつの景観要素の有無のみが異なる画像ペアは、各景観要素について 8 個ずつ存在する。景観要素* (*は U, V, W, X のいずれか) に対する k 番目の画像ペアを (i_{*k}, j_{*k}) と表記し、画像ペアの集合 $\{(i_{*1}, j_{*1}), \dots, (i_{*8}, j_{*8})\}$ に対する選好がグループ 1 とグループ 2 とで異なるかを検定することを考える。 $C_{i_{*k}j_{*k}}$ の独立性から、

$$C_{*T} = \sum_{k=1}^8 C_{i_{*k}j_{*k}} \quad (4)$$

は自由度 8 のカイ二乗分布とみなすことができ、帰無仮説「景観要素* (*は U, V, W, X のいずれか) に対する画像ペアの集合 $\{(i_{*1}, j_{*1}), \dots, (i_{*8}, j_{*8})\}$ に対する選好は、グループ 1 とグループ 2 とで変わらない」は、 $C_{ij} > 15.5073$ の場合は有意水準 5% で、 $C_{ij} > 20.0902$ の場合は有意水準 1% で棄却される。

4. 結果

全被験者（「余暇の歩行」グループ 104 名と「移動の歩行」グループ 104 名の合計 208 名）の対比較データを用いて景観要素が選好に与える影響を統計解析した結果を図-2 に示す。棒グラフは、景観要素 4 因子それぞれが選好に与える効果の大きさの目安として、選好に与える効果がない場合の平均選択回数からの増減の割合 Q'_* （*は U,V,W,X のいずれか）を示すもので、以下の式で算出している。

$$Q'_* = \frac{2}{nt(t-1)} \sum_{i=1}^t L_{*i}(a_i - \bar{a}) \quad (5)$$

文字の意味は式(1)と同様である。この式は、それぞれの景観要素の水準が+である 8 枚の画像のスコアの \bar{a} からの差分の和から、水準が-である 8 枚の画像のスコアの \bar{a} からの差分の和を引いた数値の、全ての画像のスコアの和に対する割合を算出するものである。呈示された画像対が常に同じものであると判断された場合には、 Q'_* は 0%となる。 Q'_* が負の値であることは、水準が-の画像の方が、水準が+の画像よりも選択回数が多かったことを意味する。 Q'_* の取り得る値の最大値は 40.4%、最小値は -40.4%である。棒グラフの対応する部分に Q'_* の数値と「3.(1)節 グループ内の景観要素効果の検定」の結果を示した。「余暇の歩行」「移動の歩行」両グループ共、景観要素 4 因子の全てが選好に有意な影響を与えており ($p < 0.01$)、「移動の歩行」グループの「アート」以外は、水準が+の時に選択回数を増やす方向に影響を与えたことがわかる。また、棒グラフの右側に「3.(2)節 景観要素効果のグループ間差の検定」の結果を示した。「路面」以外の 3 つの景観要素については景観要素効果にグループ間で有意な差があった ($p < 0.01$)。つまり、路面は歩行の目的によらず明るい方が好まれ、壁面のオープンカフェや植栽の効果は「余暇の歩行」グループで特に大きくなったことなどがわかる。図-2 の左下に、「余暇の歩行」「移動の歩行」の各グループで有意であった交互作用をそれぞれ青色とオレンジ色の枠で囲んで示した。「余暇の歩行」グループでは「自然」と「アート」の交互作用が有意であった ($p <$

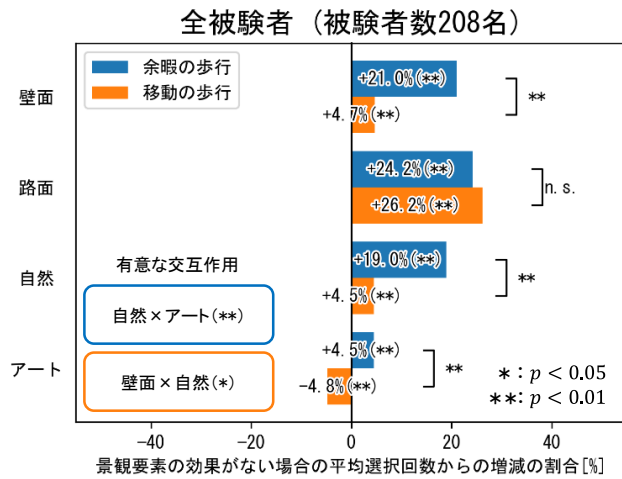


図-2 歩行目的別景観要素選好の統計解析結果 (全被験者)

表-4 「余暇の歩行」グループ 104 名の「自然」「アート」の水準の組み合わせと選択回数

自然	アート	選択回数	選択回数の増減
-	-	2,329	アート：-⇒+
-	+	2,727	+398
+	-	3,630	アート：-⇒+
+	+	3,794	+164

図-3 の右下に、「余暇の歩行」「移動の歩行」の各グループで有意であった交互作用をそれぞれ青色とオレンジ色の枠で囲んで示した。「余暇の歩行」グループでは「自然」と「アート」の交互作用が有意であった ($p <$

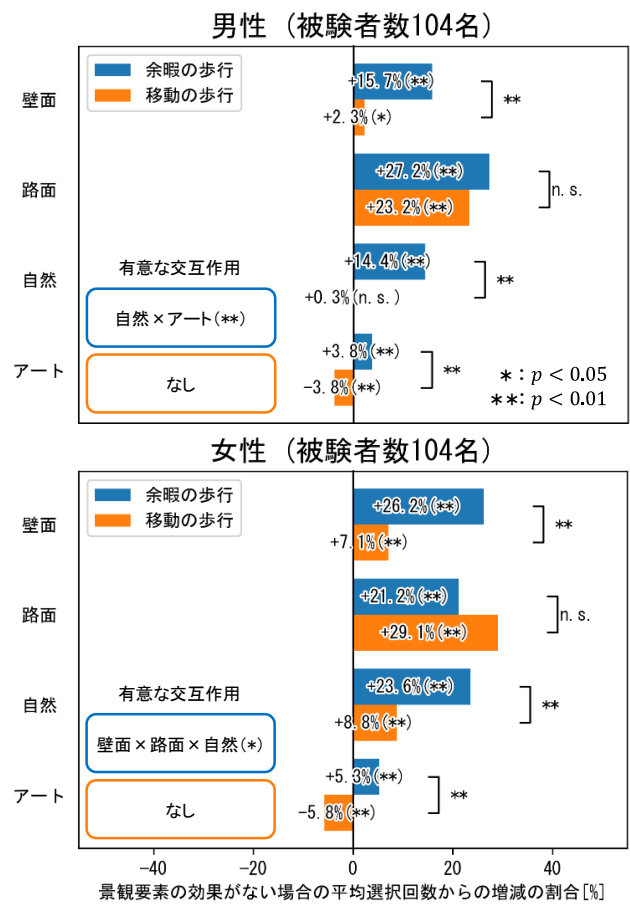


図-3 歩行目的別景観要素選好の統計解析結果 (男女別)

表-5 男性「余暇の歩行」グループ 52名の「自然」「アート」の水準の組み合わせと選択回数

自然	アート	選択回数	選択回数の増減
-	-	1,231	アート：-⇒+
-	+	1,441	+210
+	-	1,772	アート：-⇒+
+	+	1,796	+24

0.01)。また、「移動の歩行」グループでは「壁面」と「自然」の交互作用が有意であった ($p < 0.05$)。

有意水準 1%で有意であった「余暇の歩行」グループでの「自然」と「アート」の交互作用について詳しく検討するために、「余暇の歩行」グループ 104 名の「自然」「アート」それぞれの 2 水準の組み合わせに対する選択回数と、「アート」の水準が一から+に変化した時の選択回数の増減を表 4 に示す。「アート」の水準が一から+に変化した時の選択回数の増加数は、「自然」の水準が一の場合の+377 に比べ、「自然」の水準が+の場合には+191 と少なくなっている。これは、散歩目的の歩行者が多い街路にすでに植栽がある場合には、植栽がない場合と比べてオブジェを追加することによる景観改善効果が少なくなることを示唆するものである。

男性被験者と女性被験者（それぞれ、「余暇の歩行」グループ 52 名と「移動の歩行」グループ 52 名の合計 104 名）に分けた一対比較データを用いて景観要素が選好に与える影響を男女別に統計解析した結果を図 3 に示す。図 2 で有意でなかったが図 3 で有意となった統計検定の結果は、女性被験者の「余暇の歩行」グループでの「壁面」・「路面」・「自然」の交互作用 ($p < 0.05$) である。

有意水準 1%で有意であった交互作用は、男性被験者の「余暇の歩行」グループでの「自然」と「アート」の交互作用である。この交互作用について詳しく検討するために、男性被験者の「余暇の歩行」グループ 52 名の「自然」「アート」それぞれの 2 水準の組み合わせに対する選択回数と、「アート」の水準が一から+に変化した時の選択回数の増減を表 5 に示す。表 4 と同様に、「自然」の水準が一の時に比べ、「自然」の水準が+の時は「アート」の水準が一から+に変化した時の選択回数の増加数が少なくなっている。この「自然」と「アート」の間の交互作用は女性では有意ではなく、全被験者の一対比較データにおける「自然」と「アート」の有意な交互作用は、主に男性被験者の性質によるものと推定できる。

20 代・30 代・40 代・50 代の被験者（それぞれ、「余暇の歩行」グループ 26 名・「移動の歩行」グループ 26 名の合計 52 名）に分けた一対比較データを用いて景観要素が選好に与える影響を年代別に統計解析した結果を図 4 に示す。図 2 で有意でなかったが図 4 で有意となった統計検定の結果は、

1. 20 代・30 代の「路面」の効果のグループ間差 ($p < 0.05$)
2. 40 代「移動の歩行」グループの「壁面」と「アート」の交互作用 ($p < 0.05$) 及び「自然」とアートの交互作用 ($p < 0.05$)

である。

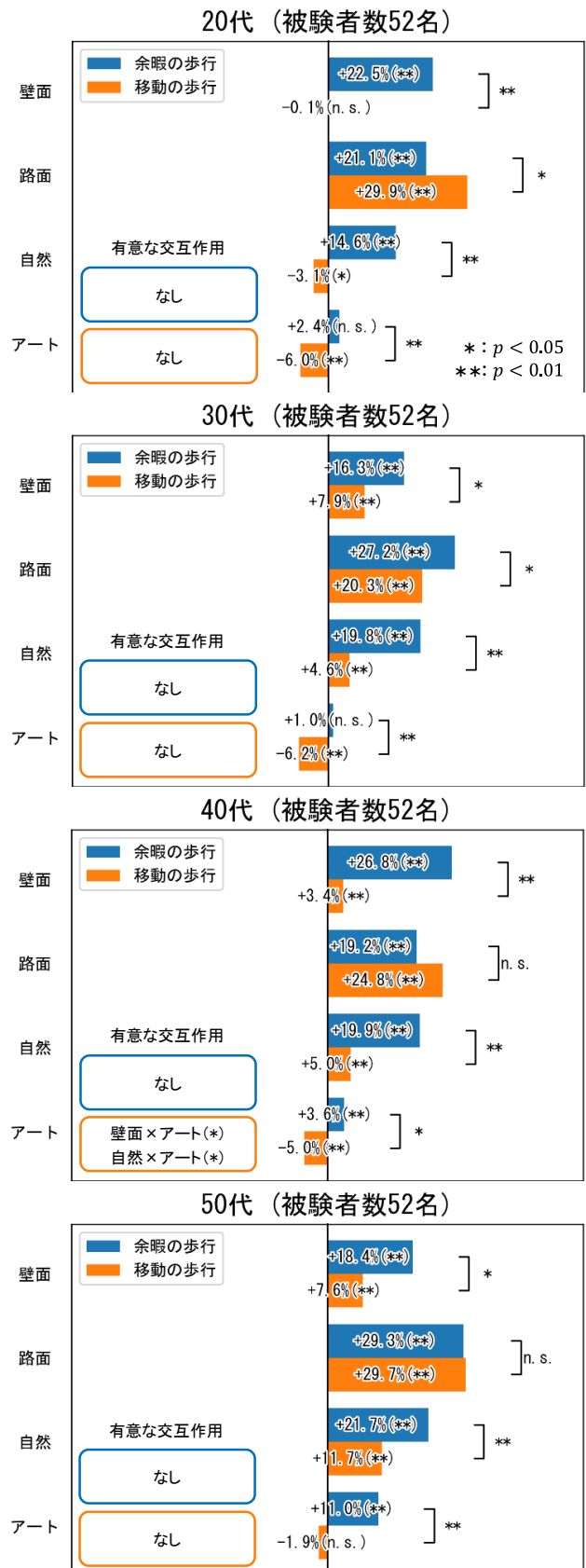


図 4 歩行目的別景観要素選好の統計解析結果 (年代別)

以上の統計解析で得られた結果からは、

1. 「余暇の歩行」のための街路にはオープンカフェや植栽があった方がよい
2. 路面は歩行の目的によらず明るい方がよい
3. オブジェの有無はあまり街路景観の選好に影響しないため、オブジェ設置の優先度は低い

といった街路設計指針を導くことができる。

5. おわりに

本研究では、208名の被験者を、「移動の歩行」を評価するグループと「余暇の歩行」を評価するグループとに分けて主観評価データを取得し、景観要素が街路景観の選好に与える影響、及びその影響がグループ間で変化するかを統計的に解析した結果について報告した。「3.

(1) 節 グループ内の景観要素効果の検定」により、4つの景観要素がいずれも景観画像の選好に有意な影響を与えること、「3. (2) 節 景観要素効果のグループ間差の検定」により、各景観要素が景観画像の選好に与える影響はグループ間で有意に変化することがわかった。また、複数の景観要素の間で有意な交互作用が存在することがわかった。

今回の統計解析で得られた結果からは、前章の最後に示したような街路設計指針を導くことができるが、被験者に呈示した景観画像とは見た目が大きく異なる街路にもこれらの指針が適用できるかについては、さらなる検討が必要である。また、被験者の属性と景観画像の選好との関係の詳細な分析や、景観画像の選好に基づく被験者の分類が今後の課題である。

参考文献

- 1) Van Cauwenberg, J., Van Holle, V., De Bourdeaudhuij, I., Clarys, P., Nasar, J., Salmon, J., Goubert, L., and Deforche, B.: Using manipulated photographs to identify features of streetscapes that may encourage older adults to walk for transport, *PLoS one*, Vol.9, No.11, 2014.
- 2) Lien, H. T.: Streets Features That Increase the Intention to Walk, PhD Thesis, The Ohio State University, 2018.
- 3) Jan Gehl (訳: 北原理雄): 人間の街, 鹿島出版会, 2014.
- 4) Mosteller, F.: Remarks on the method of paired comparisons I. The least squares solution assuming equal standard deviations and equal correlations, *Psychometrika*, Vol.16, No.1, pp.3-9, 1951.
- 5) Bradley, R. A. and Terry, M. E.: Rank analysis of incomplete block designs. I. The method of paired comparisons, *Biometrika*, Vol.39, No.3/4, pp.324-345, 1952.
- 6) Scheffé, H.: An analysis of variance for paired comparisons, *Journal of the American Statistical Association*, Vol.47, No.259, pp.381-400, 1952.
- 7) Abelson, R. M. and Bradley, R. A.: A 2 x 2 factorial with paired comparisons, *Biometrics*, Vol.10, No.4, pp.487-502, 1954.
- 8) 宇佐美慧: 比較判断に影響する複数の要因を考慮した一対比較データ分析法, *心理学研究*, Vol.79, No.6, pp.536-541, 2009.
- 9) 豊田秀樹, 室橋弘人, 尾崎幸謙, 芳賀麻誉美: 実験デザインに基づく一対比較データの解析—構造方程式モデリングによる表現—, *The Japanese Journal of Psychology*, Vol.75, No.1, pp.33-40, 2004.
- 10) Starks, T. H.: Tests of significance for experiments involving paired comparisons, PhD Thesis, Virginia Polytechnic Institute, 1958.

(2022.???.??受付)