

平成 21 年 6 月 10 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2008

課題番号：18500164

研究課題名（和文） 都市景観の時系列データに対する評価分析手法

研究課題名（英文） An analyzing method for time series data of cityscape evaluations

研究代表者

松下 裕 (MATSUSHITA YUTAKA)

金沢工業大学・情報学部・准教授

研究者番号：60393568

研究成果の概要：本研究の目的は、アニメーション刺激を用いた都市景観評価に対する要因分析手法を開発することである。まず、累積的評価値から各時点の評価値を算出するための解析アルゴリズムが構築される。特に、加法形モデルに対しては適用妥当性の判別式が提案される。さらに、加法形モデルで得られた評価値に基づき都市景観の要因分析が行われる。また、相互作用モデルに対して、カルマンフィルタによる評価値算出のアルゴリズムが検討される。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
18年度	1,300,000	0	1,300,000
19年度	1,500,000	450,000	1,950,000
20年度	400,000	120,000	520,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	570,000	3,770,000

研究分野：感性情報工学

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性情報，ソフトコンピューティング，解析・評価，都市景観

1. 研究開始当初の背景

コンピュータグラフィックス(CG)技術の発展に伴い、建築や都市工学の分野では、都市景観をCGで再現して評価実験が行われることが多くなってきた。静止画像刺激に対しては多くの要因分析手法が提案されており、例えば、建物壁面色彩の影響に関して有益な知見が導出されている。しかし、より現実的な評価が可能になると期待されている動画像刺激では、実験自体は行われているが、要因分析は殆どなされていないのが現状である。その原因として都市景観評価の時系列データの解析手法が構築されていないことが挙げられる。そこで、このような時系列解

析を容易に行える手法を構築することは重要な研究テーマである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、都市景観を動画像（時系列データ）で表現し、各時点の景観要素と各時点の評価値との相関分析を行える手法を構築することである。しかし、動画像の場合、「各時点での評価値を実験で測定することは極めて困難である」という問題がある。実際、動画像を提示して被験者にある時点の評価値を答えさせたとしても、恐らく他の時点の刺激の影響も加味されており、正確にその時点の評価値を抽出したとは言えないであ

らう。そこで、被験者から比較的容易に得られる累積的評価値 (i.e., 最初から現時点まで刺激を提示したときに得られる評価値) より各時間区分 (ピリオド) の評価値を算出するという方法が有効になる。その実現に対しては、モデル化関数の選出方法の確立とモデル化関数に応じた時間ピリオドの評価値算出の解析アルゴリズムの構築が不可欠である。具体的には、加法形関数によるモデル化で十分であるか否か (言い換えればピリオド間の相互作用を考慮に入れる必要は無いか有るか) を実験で確認した上で、それぞれのモデルに対応した解析アルゴリズムを提案することを目標にする。

3. 研究の方法

本研究では、アニメーションを最初から最後まで提示して被験者から“累積的”評価値を聞き出した上でモデル化関数を仮定して時間ピリオドの評価値を算出する。このとき、アニメーションに3種類の提示時間を設定すれば、3つの時間ピリオドの評価値を求めることが可能になる。具体的な3種類の提示時間は次のように設定される。全45秒のアニメーションを3等分し、それぞれの時間区分をピリオド1, 2, 3とすると、

提示時間 1 = ピリオド 1
 提示時間 2 = ピリオド 1 + ピリオド 2
 提示時間 3
 = ピリオド 1 + ピリオド 2 + ピリオド 3

となる。なお、アニメーション刺激は各ピリオドとも建物壁面色彩以外の内容 (形態, 道路等) は一定である。以下、モデル化関数, 実験方法, および分析方法を説明する。

(1) モデル化関数

3種類の提示時間 $t (= 1, 2, 3)$ の累積的評価値を y_t , 時間ピリオド t の評価値を $u_t(x_t)$ と表示する。各 x_t には建物壁面色彩の質的データ (e.g., 暖色, 寒色) が代入される。加法形モデルとは、累積的評価値 y_t がピリオド評価値 $u_t(x_t)$ ($i = 1, 2, 3$) の時間平均で表わされるモデルである:

$$y_t = (1/t) \sum_{i=1}^t u_i(x_i). \quad (1)$$

さらに、過去と現在の刺激間の相互作用を考慮に入れて累積的評価値を算出するために時変重み付き加法形モデルを考える。これは、 $y_1 = x_1$ として、 $t \geq 2$ に対しては次式で表わされる。

$$y_t = (t-1/t)y_{t-1} + (1/t)\delta_{t-1}u_t(x_t), \quad (2)$$

ここに、 δ_{t-1} は正の実数値を取る時間の関数であり、係数 $(t-1/t)$, $1/t$ は(1)式と同様に累積的評価値をピリオドの評価値の時間平均

として表すためにつけられたものである。従って(2)式より、ピリオド t の累積的評価値は、ピリオド $t-1$ までの累積的評価値とピリオド t の評価値を時間効果で重みづけたものの平均値と解釈される。

(2) 実験方法

作成した実験刺激は被験者に住宅街を散歩するイメージを与えるアニメーションである。図1, 2にアニメーションの一部を示す。また、建物壁面色彩は暖色, 寒色の2類とした。なお、暖色は茶系, 寒色は青系である。使用した刺激の表記法は以下のとおりである。建物壁面色彩が暖色の場合を w , 寒色の場合を c とする。このもとに、例えば、ピリオド 1, 2, 3 において暖色が連続する刺激を (w, w, w) と記述し、ピリオド 1, 2 が寒色でピリオド 3 が暖色の刺激を (c, c, w) と記述する。また、 f は植栽を意味し、 $w \oplus f$ (or $c \oplus f$) と書くとき、暖色壁面 (or 寒色壁面) の建物に植栽が付加されることを意味する。例えば、 $(w, w, c \oplus f)$ はピリオド 1, 2 が暖色壁面で、ピリオド 3 が寒色壁面に植栽付きの刺激ということになる。実験の目的に応じて、このような建物壁面色彩の組で表されるアニメーション刺激が作成された。被験者には、先に示した3つの提示時間ごとに種々のアニメーション刺激を最初から最後まで提示した後に、望ましさの程度を7件法で回答させた。



図1 アニメーション刺激 (暖色壁面)



図2 アニメーション刺激 (寒色壁面)

(3) 分析方法

① 加法形モデル適用妥当性の判定

以下に示す加法形モデル適用妥当性の判定式は加法的コンジョイント構造の可解性条件に基づくものである。ただし、CGによる景観刺激では各ピリオドの景観要素の重ね合わせ（植栽の付加など）を容易に行えることを考慮に入れて、加法的コンジョイント構造の各成分がア・プリアリに代数構造を持っていることを前提にして、新しく可解性の条件を導出したものである。

時系列刺激の強選好関係を \succ で表す。例えば、 $(w, w) \succ (c, c)$ によりピリオド1, 2ともに暖色壁面の方がピリオド1, 2ともに寒色壁面より望ましいことを意味する。また、 \sim により提示した刺激の組の無差別関係（同じ位望ましいこと）を表す： $(w, w) \sim (c, c)$ により、2つの刺激が無差別であることを意味する。

加法形モデルの適用妥当性の判定を綿密に行うために、建物壁面に暖色を基調とした場合と寒色を基調した場合の2つの解析ケースを設定する。

Case1: ピリオド1の壁面色彩が暖色

Case2: ピリオド1の壁面色彩が寒色

ここで、各ピリオドで暖色壁面が寒色壁面よりも望ましく、植栽を付加することで景観が幾らでも良くなるものと仮定する。さらに、加法形モデルが成り立つとするならば、ピリオド2, 3において、適当に植栽を与えると次の関係式が成り立つはずである。

ピリオド2

$$\text{Case1: } (w, w) \sim (w, c \oplus f) \succ (w, c) \quad (3)$$

$$\text{Case2: } (c, w) \sim (c, c \oplus f) \succ (c, c) \quad (4)$$

ピリオド3

$$\text{Case1: } (w, w, w) \sim (w, w, c \oplus f) \succ (w, w, c) \quad (5)$$

$$\text{Case2: } (c, c, w) \sim (c, c, c \oplus f) \succ (c, c, c) \quad (6)$$

(3)式の意味((4)–(6)式も同様)は (w, w) が (w, c) より強く好まれていたとしても、 (w, c) に植栽を付加することにより (w, w) に幾らでも近づけられるということである。これは加法形モデルの必要条件であるが、本論文では(3)–(6)式を加法形モデルの適用条件と考える。適用条件の検証は、(3)–(6)式に現れる刺激に対する累積的評価値の母平均の差の検定によって行われる。例えば、(3)式の場合、 (w, w) と (w, c) の累積的評価値に有意差が見られ、 (w, w) と $(w, c \oplus f)$ の累積的評価値に有意差が見られない場合、(3)式が成立すると判定する。他の式も同様に判定を行う。

② ピリオド評価値の算出

各ピリオドの評価値を算出できれば、時系

列データの要因分析は容易に実行できる。すなわち、各ピリオドの評価値を目的変数とし景観構成要素を説明変数として数量化理論第一類を実施するのである。そこで、ピリオド評価値の算出方法を説明する。

加法形モデルでは、(1)式から、

$$\begin{aligned} u_1(x_1) &= y_1 \\ u_2(x_2) &= 2y_2 - y_1 \\ u_3(x_3) &= 3y_3 - 2y_2 \end{aligned}$$

となり、 y_t から $u_t(x_t)$ を算出できる。ここで、ピリオドの評価値は観測不可能であることに注意されたい。例えば、ピリオド3の刺激のみを提示しても、それは提示時間1の実験を行ったにすぎないことになる。

時変重み付き加法形モデルでは、上のような単純計算でピリオド評価値を算出できない。そこでカルマンフィルタを用いて逐次的に推定する。具体的には、ピリオド評価値の推移は移動平均過程に従うものとし、ピリオド1の評価値 $u_1(x_1)$ 、時変重み δ_{t-1} 、および攪乱項を未知パラメータとして状態空間表現を行い、最尤法によりそれらの値を推定する。

なお、2つのモデルの優劣判定はAICによって行う。AICは次式で表わされる。

$$\text{AIC} = -2\text{MLL} + 2p,$$

ここに、MLLはモデルの最大対数尤度であり、 p は未知パラメータの総数である。

4. 研究成果

(1) 動画像効果

予備検討として、動画像刺激の提示が静止画像刺激と異なる影響を生み出すか否かを検証した。これは、提示時間ごとに都市景観評価に関する(総合評価を除く)19項目の質問を実施した上で因子分析を行い、静止画像を用いて行った既往研究の因子分析結果と比較することによって行われた。その結果、15秒間の動画像刺激の提示で抽出された因子は静止画像の場合(既往研究)と同一であったが、それを超えると異なることが分かった。従って、建物壁面の色彩変化と植栽の有無程度の情報量を持つ都市景観評価では、15秒間の動画像刺激は静止画像刺激と同様の効果しか持たないと考えられる。言い換えれば、動画像の影響は15秒以降に現れる。このことは、アニメーション刺激を一定時間以上提示した場合、動画像効果が現れることを意味する。動画像効果の有無に関する検討事例はこれまでに殆ど見られておらず、この知見は動画像刺激を用いた都市景観評価実験の意義を確認させるものである。

(2) 建物壁面色彩の影響分析

建物壁面色彩3水準(寒色系、暖色系、(寒色暖色)混合)と植栽2水準(有、無)を組

み合わせた6種類の動画像刺激に対して、加法形モデルにより各時間ピリオドの刺激構成要素と評価値との相関分析を行った。各ピリオドの色彩と植栽の 카테고리ウエイトの和を、植栽が有る場合と無い場合に分けてそれぞれ図3(a), (b)に示す。これより、次のような知見が得られた。

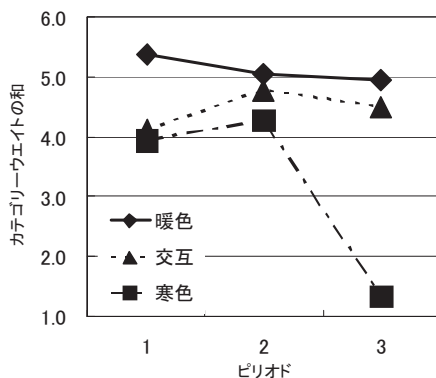
① 暖色系壁面の連続提示はピリオド1から3を通して評価値が高レベルで安定し、混合の連続提示は評価値をピリオド1より漸増させる。しかし、寒色系壁面の連続提示はピリオド3での評価値を急降下させる。

② 植栽はピリオド2までならある程度の効果を持つが、ピリオド3になると効果は薄れる。このことは単調な街並みの連続に対して植栽の付加は一定時間までなら効果を有するが、根本的な景観改善にはなり難いことを意味する。

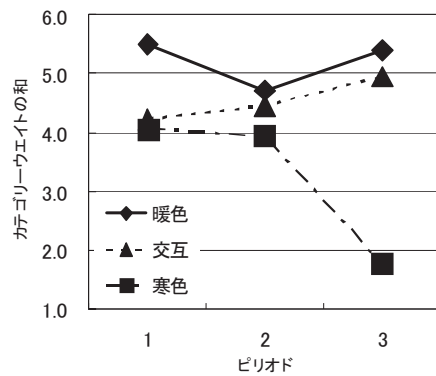
③ 上記知見①, ②は動画像刺激の評価実験によって初めて確認されたものであり、現実的な景観設計に対して動画像刺激提示実験の重要性を示すものである。

さらに、建物に形態変化を与えた場合の影響も分析した。その結果は次の通りである。

④ 建物に街並みの統一感を損なわない程度の形態変化を与えると寒色系壁面での評価値の急落は抑えられる。しかし、形態より色彩の変化が評価値に与える影響は大きい。



(a) 植栽有り



(b) 植栽無し

図3 各ピリオドのカテゴリウエイトの和

(3) 加法形モデルの適用妥当性

寒色系壁面を連続提示した場合、最終ピリオドで評価値が急落することが確認されたが、このような急激な変化が生じる局面に加法形モデルを適用することの妥当性については検討する必要がある。そこで、前節の2つの解析ケース(暖色基調, 寒色基調)に対して、ピリオド2とピリオド3で(3)-(6)式の適用条件の成否を確認した。その結果、次のような知見が得られた。

① 暖色基調 (Case 1) では、ピリオド2でもピリオド3でも加法形モデルの適用条件 ((3), (5)式)は成立した。従って、暖色系の連続提示では、加法形モデルの適用は妥当である。

② 寒色基調 (Case 2) では、ピリオド2でもピリオド3でも加法形モデルの適用条件 ((4), (6)式)は成立しなかった。従って、寒色系の連続提示では、加法形モデルの適用は不適當である。

③ 累積的評価値 (i.e. 観測値) で見ても暖色系壁面の連続提示では変化は小さいが、寒色系壁面の連続提示ではピリオド3で変化は大きくなる。従って、累積的評価値にある程度の大きさの変化がみられる局面では、各ピリオドの刺激間に相互作用が存在していた可能性が高い。

④ 以上より、動画像刺激を用いた都市景観評価に対する汎用的な時系列解析手法を構築するためには、相互作用の考慮は不可欠であることが確認された。

(4) 相互作用を考慮できる解析手法

本研究では、相互作用モデルの予備的な解析アルゴリズムを構築した。これは一般化重み付き加法形モデル(相互作用モデル)に対してカルマンフィルタを用いてピリオド評価値を予測するものである。比較を容易にするために、加法形モデルでもカルマンフィルタによってピリオド評価値を予測した。これらの予測結果に基づき2つのモデルの優劣をAICによって判定することにより、相互作用を考慮する必要性の有無を検討した。加法形モデルと相互作用モデルのAICと最大対数尤度(MLL)の値を表1に示す。なお、暖色壁面と寒色壁面刺激の被験者数はそれぞれ18名と8名である。以上より、次の知見が得られた。

表1 加法形と相互作用モデルの比較

モデル	刺激	AIC	MLL
加法形	暖色	-130.39	68.20
	寒色	-40.44	23.22
相互作用	暖色	-127.13	68.56
	寒色	-38.17	24.08

① 暖色壁面，寒色壁面刺激ともに加法形モデルの方が良好であり，相互作用を考慮する必要がないことが示唆された．これは，加法形モデルの適用妥当性の結果②と整合的ではないが，評価実験の被験者数が少なかったことと累積的評価値にあまり大きな変化が見られなかったことが原因と考えられる．

② 寒色壁面で相互作用モデルと加法形モデルの MLL が同程度であることを考えると，被験者数を増加させた場合，相互作用モデルと加法形モデルの優劣が逆転する可能性があると考えられる．

今後の研究課題として以下のものが挙げられる．

③ 被験者数を増やしてこの種の検討を行うことは言うまでもないことであるが，加法形モデルの適用妥当性の結果③より，累積的評価値にある程度の変化が見られる局面に相互作用モデルを適用してその説明能力を調べる必要がある．

④ 解析アルゴリズムの完成度を高めるために，相互作用モデルの状態空間表現を工夫することが重要である．例えば，自己回帰過程の状態空間表現は迅速に検討すべき課題である．

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Yutaka Matsushita (2008). An additive representation on the product of complete, continuous extensive structures. *Theory and Decision*, 査読有, online: <http://dx.doi.org/10.1007/s11238-008-9116-0>.
- ② 長谷川渡, 松下裕 (2008). アニメーション刺激を用いた都市景観の評価 - 加法形モデルの適用妥当性の検証 -. 日本建築学会第 31 回情報利用技術シンポジウム, 査読有, pp. 67-72.
- ③ Yutaka Matsushita (2007). A Joint-Receipt Conjoint Structure and its Additive Representation. *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, 査読有, Vol. 11, pp. 891-896.
- ④ Yutaka Matsushita (2006). An Additive Utility for Finite Temporal Sequences. *Joint 3rd International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 7th International Symposium on Advanced Intelligent Systems* (SCIS &

ISIS 2006), 査読有, FR-F4-2, pp. 1380 - 1385.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 長谷川渡, 松下裕 (2008 年 11 月 14 日, 飯坂温泉). アニメーション刺激を用いた都市景観の評価 - カルマンフィルタによる時系列解析 -. 日本知能情報フュージ学会 第 13 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, pp. 15-19.
- ② 長谷川渡, 松下裕 (2007 年 12 月 2 日, 石川県文教会館). アニメーション刺激を用いた都市景観評価 - 加法形モデルによる測定法の検証 -. 日本知能情報フュージ学会 第 12 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, pp. 71-76.
- ③ 長谷川渡, 松下裕 (2007 年 7 月 15 日, 信州大学). アニメーション刺激を用いた都市景観評価 - (1) 連続提示による建物壁面色彩の影響 -. 日本建築学会北陸支部研究報告集, pp. 375-378.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松下 裕

金沢工業大学・情報学部・准教授

研究者番号: 60393568

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し