

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 6 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500206

研究課題名（和文） 3次元動画像の感性評価に対する時系列解析手法

研究課題名（英文） A time series analysis method of kansei evaluation for 3-dimensional moving images

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（和文）：本研究では、感性評価に対して時間ピリオドの刺激間の相互作用を考慮できる時系列解析手法を提案する。具体的な都市景観評価の問題への適用により次の知見が得られる。被験者は建物壁面色彩の統一性を重視する群と重視しない群に分割されるが、前者は形態に関しても統一性を求め、後者は変化を求める。両群ともに、各街区では形態が共通で街区間でのみ変化するような街並みを好む。さらに、感性評価の再現性の検討を行う。

研究成果の概要（英文）：In this research, we develop a time series analysis of kansei evaluation reflecting interactions between stimuli of any two time periods. Its applications to concrete townscape evaluation problems bring the following results. Subjects are partitioned into two types of groups, one of which consists of those who regard uniformity of facade color as important and the other of which consists of those who do not. Similarly, the former group seeks uniformity for building shapes, but the latter group remarks variation. Both groups prefer a townscape plan with building shapes common within each block but varying between any two blocks. Furthermore, the reproducibility of evaluations is studied.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

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，時系列解析

## 1. 研究開始当初の背景

近年、都市景観評価の研究では動画像刺激を用いた実験が行われるようになってきたが、評価構造分析の実施にまでは至っていない。その大きな理由として、動画像刺激を提示しても任意時点の評価値を実験で聞き出すことが不可能に近いことが挙げられる。すなわち、時点評価値は何らかの解析手法で求

めざるを得ないが、それを実現できる確かな解析手法が提案されていなかったのである。実際、過去時点と現時点の景観刺激の間に相互作用が存在する可能性が指摘されており、解析手法には相互作用を反映することが要請されるのであるが、そのような検討は殆どなされてこなかった。以上より、時点刺激間の相互作用を考慮できる時系列解析手法の

構築は重要な研究テーマである。また、感性評価では常に評価計測結果の再現性の問題が指摘されており、どのような状況で再現性が失われるかを検討する必要がある。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、3次元動画像刺激に対して、累積的評価値 (i.e. 最初から最後まで動画像刺激を提示したときに被験者から得られる評価値) から各時間区分 (ピリオド) の評価値を予測できる時系列解析手法を構築すること、および具体的な都市景観評価の問題への適用を通して有益な設計指針を導き出すことである。まず、ピリオド間の相互作用を考慮できるようにするために、カルマンフィルタの状態方程式に自己回帰過程を仮定し、各回帰係数をピリオドの景観刺激の関数として扱う。次に、都市景観の物理特性 (壁面色彩、形態) と評価者の個人特性 (統一性の重視度) を考慮に入れて適用を実施する。すなわち、景観を構成する建物の壁面色彩または形態に変化を与えた動画像刺激を作成し、評価者を景観の統一性を重視する群 (統一重視群) と重視しない群 (統一非重視群) に分類した上で、各群に対して各物理特性の評価への影響分析を行う。

もう一つの研究目的は感性評価値の再現性の検討である。これは、一対比較による服飾刺激の選好判断の問題に限定して、判断時の眼球運動特性と選好再現性の関係を調べるという形で行われる。このとき、静止画像の実験刺激を用いるが、その理由は眼球運動特性を正確に測定するためである。

## 3. 研究の方法

本研究では、動画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カルマンフィルタにより推定する。このとき、動画像に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できる。具体的な3種類の提示時間は次のように設定された。壁面色彩を変化させた刺激では全45秒 (形態変化刺激では69秒) の動画を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、図1に示すように、動画像刺激 (提示時間 3) は3つの街区から構成され、各街区には進行方向の左側と右側のそれぞれに2つの建物が配置されている。従って、ピリオドの番号と街区の番号は一致する。なお、各ピリオドで建物以外の内容 (道路等)

は一定である。以下、動画像刺激による都市景観評価に対するモデル化関数と実験方法を説明する。

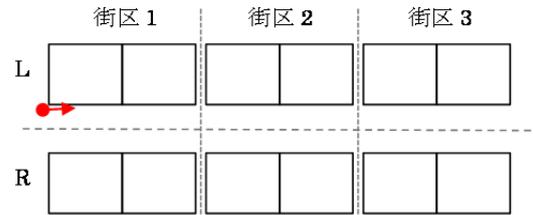


図1 街区の設定

### (1) モデル化関数

状態空間表現で用いるモデル化関数の概略を説明する。各時間ピリオドの評価値を予測するとき、当該ピリオドとそれ以前のピリオドの景観刺激の間に相互作用があるかないかでその算定方法は異なってくる。このため、相互作用を考慮しないモデル (加法形モデル) と考慮するモデル (相互作用モデル) を用意する。提示時間  $k$  ( $= 1, 2, 3$ ) の累積評価値を  $y_k$ 、時間ピリオド  $i$  ( $= 1, 2, 3$ ) の評価値を  $u_i$  とする。またピリオド  $i$  の景観刺激を  $x_i$  とする。具体的には  $x_i$  に景観の質的データ (e.g. 暖色、寒色、建物形態のタイプ) が代入される。

どのモデルも  $y_k$  は  $u_i$  の時間平均で表わされる。すなわち、 $y_k = 1/k \sum_{i=1}^k u_i$  である。しかし、モデルごとにピリオド評価値の算出方法は異なる。まず、加法形モデルのピリオド評価値は当該ピリオドのみの景観刺激の関数として求められる。

$$u_1 = f(x_1), u_2 = f(x_2), u_3 = f(x_3),$$

ここに、 $f$  は評価値を割り当てる関数である。一方、相互作用モデルのピリオド評価値は一次の自己回帰モデルとして

$$\begin{aligned} u_1 &= f(x_1) \\ u_2 &= \delta_{12}(x_1, x_2)u_1 \\ u_3 &= \delta_{23}(x_2, x_3)u_2 \end{aligned}$$

で表される。ここに、 $\delta_{12}(x_1, x_2)$  と  $\delta_{23}(x_2, x_3)$  は一つ以前のピリオドの景観刺激と現在の景観刺激の関数であるから相互作用を反映したものである。式の形から、 $\delta_{12}$  と  $\delta_{23}$  は一つ以前のピリオド評価値に対する増幅または減衰係数と解釈できよう。もし増幅効果 (相乗効果) が見られた場合、 $x_i$  と  $x_{i+1}$  には正の組み合わせ効果があることになり、景観列として離してはならないことを意味する。逆に、減衰効果 (相殺効果) が見られた場合、 $x_i$  と  $x_{i+1}$  には負の組み合わせ効果があることになり、景観列として結合しない方が良いことを意味する。加法形モデルの  $u_i$  ( $= 1, 2, 3$ )、および  $u_1, \delta_{12}, \delta_{23}$  は、カルマンフィルタに基づくアルゴリズムによって推定される。

(2) 実験方法

① 壁面色彩の変化

作成した実験刺激は被験者に住宅街を遊ぶイメージを与える動画像である。建物の形態を各街区で一定（次項目のタイプ *a*）に固定した上で、壁面色彩のみを変動させた。用いた色彩は暖色（茶系）、寒色（青系）の2種類である。以下、使用した刺激の表記法を示す。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。目的に応じて、このような建物壁面色彩の組で表される動画像刺激が作成されたが、特に重要なケースは以下の通りである。

(*w, w, w*), (*c, c, c*), (*w, w, c*), (*c, c, w*)

被験者には、先に示した 3 つの提示時間ごとにこれらの動画像刺激を最初から最後まで提示した後に、好きの程度を 7 件法で回答させた。なお、実験刺激は 200 インチのスクリーンに投影し、提示順序の影響を減らすため、実験計画法の乱塊法を用いて提示順序を定めた。被験者は大学生 52 名である。

② 建物形態の変化

実験刺激は、壁面色彩の場合と同様の動画像であるが、図 2 に示すような 4 つのタイプの建物 *a, b, c, d* を用意し、住宅街に建物形態の変化を与えたものである。ここに、壁面色彩は全ての街区で（壁面色彩の実験結果で好ましいと判断された）暖色に統一した。ところで、住宅街では各街区に建物が 4 棟ずつ配置されている（図 1）から、建物の配置パターンによって印象は大きく異なることが予想される。そこで、表 1 に示すような建物の配置パターンを設定した。表中、アルファベットは建物のタイプを意味する。なお、ケース 1, 2, 3 では建物は進行方向の左右で対称に配置されているので左側の配置パターンのみを示すが、ケース 4 では左右非対称であるため表の上段に左側(L)の下段に右側(R)の配置パターンを示す。特にケース 4 ではどの街区においても建物 4 棟が同じ配置パターンにならないことに注意されたい。各ケースの持つ意味は、ケース 1 のみ形態変化無しであり、その他のケースは全て形態変化有りである。さらに、ケース 2 では街区間で形態変化が有り街区間では無く、ケース 3 では街区間で形態変化は無く街区間で有る。ケース 4 は全くランダムな形態変化である。刺激の提示方法や提示順序は壁面色彩の場合と同様であり、被験者には刺激提示後に好きの程度を 7 件法で回答させた。ただし、被験者は壁面色彩の場合とは異なる大学生 52 名である。



タイプ *a*                      タイプ *b*



タイプ *c*                      タイプ *d*

図 2 配置される建物のタイプ

表 1 建物配置パターンによる場合分け

ケース	側	街区1	街区2	街区3
1	L	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>a</i>
2	L	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
3	L	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
4	L	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>b</i>
	R	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>a</i>

(3) 感性評価値の再現性

実験刺激はトップスとパンツの色彩に変動を与えた静止画像による服飾モデルである。トップスに 5 色、パンツに 2 色が使用された。実験は服飾モデル刺激の単体評価と一対比較の 2 種類が行われた。まず、単体評価により、評価値が高いもの同士の組 (HH ケース：比較の困難な課題) と離れたもの同士の組 (HL ケース：容易な課題) を作成した。単体実験の被験者は大学生 48 名である。次に、一対比較実験では、被験者にアイマークレコーダを装着した上で、左右に並べた種々の服飾モデルの一対刺激を提示し、モデルの選好を 7 件法で回答させた。なお、被験者には「どちらでもない」は回答しないように教示した。この実験を同一の被験者に約 3 か月の間隔を開けて 2 回行い、いずれの実験でも右側 (左側) の刺激を選択したときを「再現性がある」とした。アイマークレコーダから導出する眼球運動特性は次の通りである。

回答時間

停留点回数比率 (回数比率)

停留点時間比率 (時間比率)

ここに、停留点回数比率は左右のモデルのうち選択されたモデルの停留点回数のモデル内全停留点回数に対する比率である。停留点時間の比率も同様の意味の時間比率である。これらの抽出には、1 回目の実験結果を用いた。解析で使用したデータは (単体評価実験とは異なる) 被験者 52 名からの結果である。回答数は HH ケースが 105, HL ケースが 148 である。

#### 4. 研究成果

##### (1) 壁面色彩の変化

被験者を色彩の統一性を重視する群（統一重視群）と重視しない群（統一非重視群）に分類する。分類は次の2つの選好

$(w, w, w) > (w, w, c)$  and  $(c, c, c) > (c, c, w)$  (1)

を満たす被験者群を統一重視群とし、そうでない被験者群を統一非重視群とする。統一重視群は21名、統一非重視群は31名であった。それぞれの群で最適なモデル化関数をAIC（赤池情報量基準）により評価した結果、統一重視群では相互作用モデル、統一非重視群では加法形モデルであった。

図3(a), (b)に統一重視群の暖色刺激( $w, w, w$ )と寒色刺激( $c, c, c$ )の解析結果を示す。図4(a), (b)に統一非重視群の同様刺激の解析結果を示す。図中、折れ線は累積評価値の平均を表し、棒グラフはカルマンフィルタにより推定されたピリオド評価値である。ただし、統一重視群では相互作用モデル、統一非重視群では加法形モデルによる推定結果である。

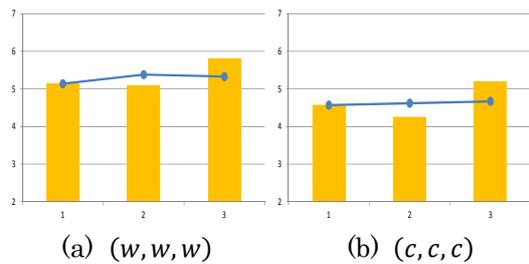


図3 統一重視群の評価値

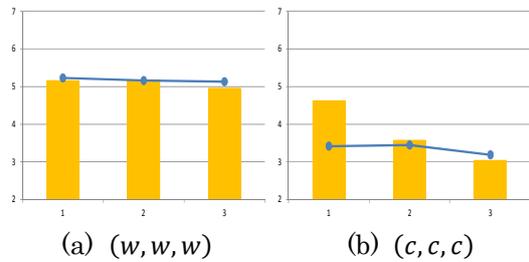


図4 統一非重視群の評価値

図3より、統一重視群では暖色刺激、寒色刺激ともに最終ピリオドでのピリオド評価値が増加していることが分かる。ここに、相互作用の効果が反映されていると考えられる。すなわち、同一色彩の壁面提示を連続させると、統一感が向上し総合的な評価値も向上するものと考えられる。一方、図4より、統一非重視群では寒色刺激のピリオド評価値は単調に減少し、暖色刺激でも僅かではあるが最終ピリオドで評価値が減少している。従って、暖色刺激においても同一色彩の連続提示をさらに続けると評価が下落する可能性があることが示唆される。以上の統一重視

群と統一非重視群の評価結果の違いは両群の評価構造の違い（相互作用の有無の違い）に起因するものと考えられる。また、図3, 4より、統一重視群と非重視群のいずれにおいても、住宅街をイメージした場合、暖色系色彩の壁面を好むことも判明した。

##### (2) 建物形態の変化

形態変化に関する評価構造分析も、壁面色彩の評価に基づく判別式((1)式)により被験者を統一性重視群と非重視群に分類して行う。従って、壁面色彩に関する統一性の重視の違いが形態変化に対しても同様の意味を持つかどうかという疑問が生じる。この疑問を検証した上で、本題である形態変化を与えることで両群に好まれる都市景観を提案できるかどうかの検討を行う。なお、統一重視群は36名、統一非重視群は16名であった。

上の疑問に答えるために、統一重視群と統一非重視群のケース別の好ましさと統一感の累積評価値を図5(a), (b), 図6(a), (b)に示す。ここに、統一感の累積評価値とは刺激提示後に統一感の度合いを7件法で答えさせた結果である。図5より、統一重視群では、殆どのケースで好ましさと統一感の折れ線の形が相似に近いが、図6より統一非重視群ではそうではないことが分かる。従って、統一重視群では統一感が好ましさにプラスに作用するのに対して、統一非重視群ではそうとは限らない。以上より、壁面色彩により判断した統一性の重視は建物形態についても色彩の場合と同様の働きをする可能性が高い。

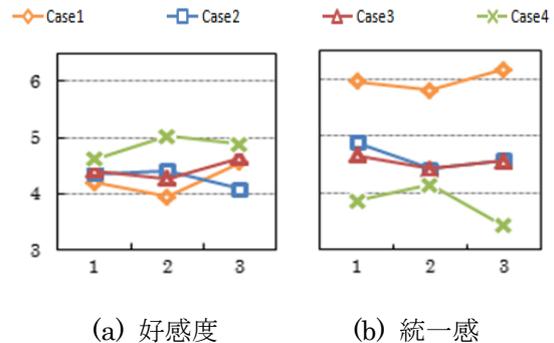


図5 統一重視群の累積評価値

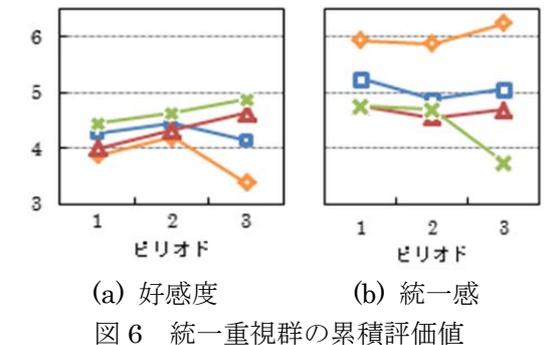


図6 統一重視群の累積評価値

統一重視群と非重視群の相互作用モデルの未知パラメータの推定値を表2に示す。表より、 $\delta_{23}$ の値は統一重視群のケース1-3と統一非重視群のケース1, 2において1より0.2以上離れており、相互作用が現れていることが分かる。従って、相互作用モデルでピリオド評価値を算出して考察を行う。

表2 相互作用モデルのパラメータ推定値

群 ケース	統一重視		統一非重視	
	$\delta_{12}$	$\delta_{23}$	$\delta_{12}$	$\delta_{23}$
1	0.89	1.53	1.16	0.39
2	1.03	0.75	1.09	0.76
3	0.93	1.32	1.16	1.14
4	1.18	0.84	1.08	1.12

図7(a)-(d), 図8(a)-(d)に各ケースで推定したピリオド評価値を被験者群別に示す。図中、折れ線は累積評価値の平均値であり、棒グラフはピリオド評価値である。以下、ケース別の考察を行う。

まず、ケース1, 2は、両被験者群に対して好ましい都市景観ではないと判定できる。なぜなら、ケース1については、表2より、統一非重視群のピリオド3で大きな相殺効果が現れており、またケース2については両被験者群の最終ピリオドで相殺効果が表れているからである。

これに対して、ケース3と4は特に統一非重視群に対して良好な結果を与えている。実際、統一非重視群では、緩やかな相殺効果が見られており、このままの形で街並みを延長しても安定した評価が得られそうである。一方、統一重視群では、ケース3ではピリオド2において、ケース4では最終ピリオドにおいて、ピリオド評価値の落ち込みが見られる。しかし、強いて判定すると、ケース3の方が好ましいと考えられる。その理由は、表2より、ケース3のピリオド2の相互作用係数は $\delta_{12}=0.93$ とケース4のピリオド3の $\delta_{23}=0.84$ より大きいこと、および相殺効果自体がケース4ではピリオド3で起こっていることである。特に、後者はこの変化を続行すると下落に歯止めがかからなくなる恐れがあることを意味する。さらに、詳しく見ると、ケース3のピリオド2での評価値の下落の原因はピリオド2の建物の屋根形状にあると考えられる。実際、図2より、ケース3では、街区2の建物(c)の屋根面の見え方が街区1, 3の建物(a, b)の屋根面の見え方と異なっており、印象に何らかの不連続性を生じさせた可能性がある。その結果、統一重視群はピリオド1から2にかけて統一性の欠落を知覚し、

評価が下降したと考えられる。表2より、統一重視群のピリオド3で相乗効果が現れていることを考慮に入れると、屋根形状を統一させると統一重視群にとっても良好な景観になることが予想される。

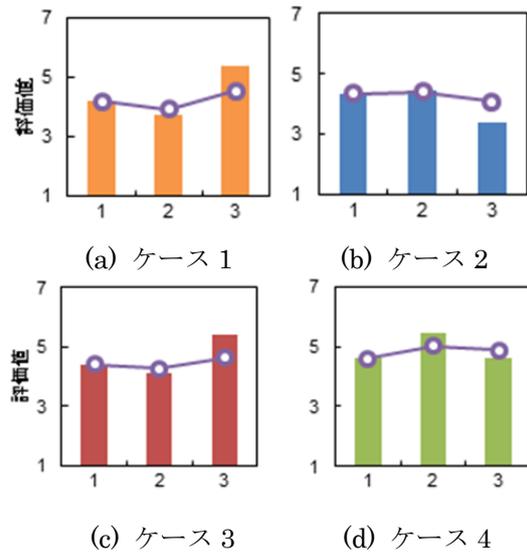


図7 統一重視群の評価値

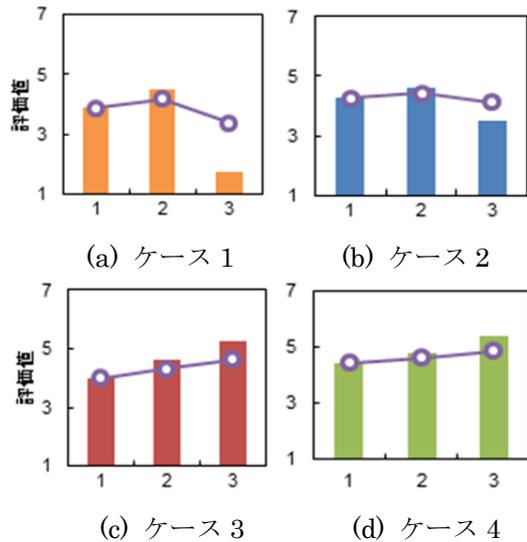
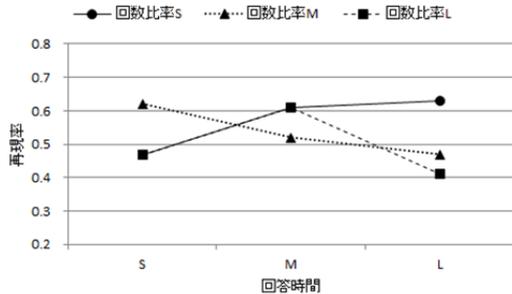


図8 統一非重視群の評価値

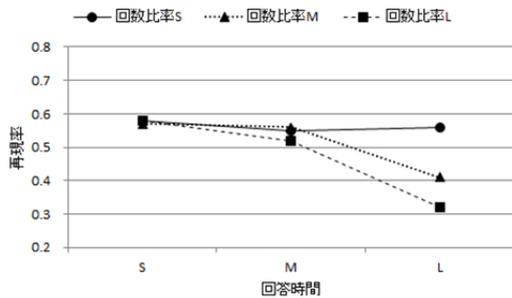
### (3) 感性評価値の再現性

被験者全体での再現率はHHケースでは0.55, HLケースでは0.53であり、いずれもあまり高くはない。そこで、どのような見方をすると再現率が悪くなるかを分析するために、眼球運動特性を説明変数に再現率を目的変数にとり、ベイジアンネットワークで予測モデルを構築した。HHケースとHLケースの再現率と回答時間の関係の予測結果を図9(a), (b)に示す。図中、記号S, M, Lは各属性値が小, 中, 大であることを意味する。図より、回答時間が長いときに注目すると、

選択刺激の回数比率が小さいときとそれ例外の場合で再現率は大きく異なる。すなわち、両ケースともに選択刺激の回数比率が小さい場合、回答時間が長くなると再現率は高いが、それ以外の場合再現率は低くなる。従って、非選択刺激を多く見つめて、嫌悪点を認識できると再現率が高くなると考えられる。



(a) HH ケース



(b) HL ケース

図 9 回答時間と再現率の関係

## 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 松下裕. (2012). 一対比較時の選好再現性に関する確率推論モデル, 日本知能情報ファジィ学会誌. 査読有, Vol. 24, 印刷中.
- ② Matsushita, Y., (2012). Certainty equivalent representation of binary gambles that are decomposed into risky and sure parts. *Review of Economics & Finance*, 査読有, pp.65-75. <http://www.bapress.ca/journal-2012-2.html>.
- ③ Matsushita, Y., (2011). Central  $r$ -naturally fully ordered groupoids with left identity. *Quasigroups and Related Systems*, 査読有, Vol. 19, pp. 287-300.
- ④ 長谷川渡, 松下裕. (2009). アニメーション刺激を用いた都市景観評価に対する動学的モデル - カルマンフィルタによる時系列解析 -, 日本知能情報ファジィ

ィ学会誌. 査読有, Vol. 21, pp. 471-479. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsot/21/4/21\\_4\\_471/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsot/21/4/21_4_471/_pdf).

[学会発表] (計 10 件)

- ① 松下裕. (2012. 9/12 発表予定). アニメーション刺激を用いた都市景観評価の時系列解析 - 屋根面の見え方を考慮した建物形態変化の影響 -, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 名古屋大学・愛知県.
- ② 松下裕, 牧知宏. (2011. 9/14). ベイジアンネットワークによる一対比較の選好再現性予測. 第 27 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会, 福井大学・福井県.
- ③ 太田裕介, 松下裕. (2011. 9/14). アニメーション刺激を用いた都市景観の評価 - 建物形態の変化による影響 -. 第 27 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会, 福井大学・福井県.
- ④ 松下裕. (2010. 9/11). アニメーション刺激を用いた都市景観評価の時系列解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1, 富山大学・富山県.
- ⑤ 腰山至, 松下裕. (2009. 7/15). 眼球運動に基づく服飾刺激の選好特性の考察. 第 25 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 日本知能情報ファジィ学会, 筑波大学・茨城県.

[図書] (計 1 件)

- ① 松下裕. (2010). 2-7-4 期待効用理論, 2-7-5 非線形効用理論. 海保博之他監修 「感情と思考の科学事典」 2 部 思考と意思決定, pp. 164-167. 朝倉書店.

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

[http://www2.kanazawa-it.ac.jp/matsulab/link/matsulab\\_tea.html](http://www2.kanazawa-it.ac.jp/matsulab/link/matsulab_tea.html)

## 6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し