

1-113 感性モデルに基づく街並みの色彩計画支援システム

A Color Support System for Townscape Based on *Kansei* Model

○木下 雄一郎 (立命館大学大学院理工学研究科) 亀井 且有 (立命館大学理工学部)

Yuichiro KINOSHITA, Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University
Katsuari KAMEI, Computer Science, Ritsumeikan University

Abstract: Recently, the problem of how to live in a comfortable environment has become more important, and a townscape has increasingly attracted attention. In the townscape, keeping harmony with environment is a common goal. But useful and meaningful goals are expressing individuality and town image in the townscape. In this paper, we propose a system that supports improvement of the townscape. The proposed system finds the best color coordination for street by considering three elements: town image, color harmony, and the cost to change colors. Though we have to treat the image in the system, it's difficult to quantify the image. In our research, we constructed an emotional model between town image and street colors from the approach of *Kansei* engineering. First, we conduct experiments using the SD (semantic differential) method to clarify the relationship between town image and street colors. After the experiments, we construct a model using neural networks based on these results. Testing of the model show that the model worked well for more than 80% of the samples.

Key Words: Townscape, Support system, *Kansei* engineering, Evaluation, Neural network

1. はじめに

近年, 生活の水準の向上により, 都市景観への関心が高まっている。都市景観においては, 周辺の環境との調和だけでなく, 調和を保った上で, 都市の個性, 独自性をいかに創っていくかも重要な問題とされている。

都市景観を対象とし, 景観の修景と創造を目的とした都市型の景観条例は, 1980年代より増加傾向にあり, その交付例は現在までに100以上に上る。都市型の景観条例の前文と目的には, 都市の個性づくりに関連する用語である「歴史」「自然」「個性・らしさ」が多用されている⁽¹⁾。

都市の個性を決定する要素として, 都市を構成する建物の色彩, 形状, 材質等が考えられる。その中でも色彩は, その違いによってイメージを大きく左右する重要な要素の一つである。都市を構成する建物の色彩を考える場合, 個々の建物がいくつか並んだ時の色彩のつながりが重要な要素となる。したがって, 一つの建物ではなくいくつかの建物の連なりである「街並み」に着目する必要がある。

そこで本稿では, それぞれの都市のイメージに適した街並み色彩の組み合わせを, 都市イメージ, 色彩調和, 修正に必要なコストの3側面から選択し, 修正案として出力する「色彩計画支援システム」を提案する。そして, そのシステム中での都市イメージの評価に必要な「感性モデル」の構築を, ニューラルネットワークを用いて行う。

2. $L^*a^*b^*$ 表色系

$L^*a^*b^*$ 表色系⁽²⁾は, CIE が1976年に推奨したものであり, L^* , a^* , b^* の3軸による3次元空間で色彩を表現する。 $L^*a^*b^*$ 表色系の3軸は, おおよそ L^* 軸が明暗, a^* 軸が赤-緑, b^* 軸が黄-青に対応している。この表色系の色空間内は知覚的にほぼ均等な歩度を持つ(均等色空間)という特徴がある。したがって, ある2色間の色差 ΔE^*_{ab} は, 式(1)のように表すことができる。

$$\Delta E^*_{ab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

ただし, Δ は, 2つの色の $L^*a^*b^*$ 表色系における各要素の差である。

このような性質から, $L^*a^*b^*$ 表色系は, RGB 表色系等の均等色空間を持たない表色系と比べると, 人間の色の違いに対する感覚の相違をそのまま扱うのに適している。そこで本研究では, $L^*a^*b^*$ 表色系を用いて街並みの持つ色彩を表現する。

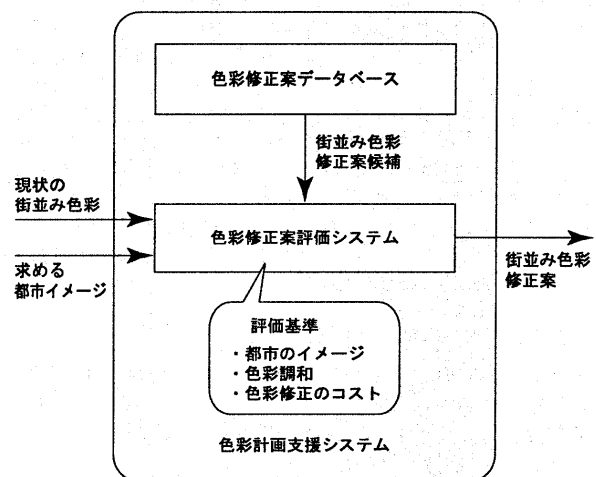


Fig. 1 Color support system outline.

3. システム概要

色彩計画支援システムは, Fig.1に示すように, 現状の街並みの色彩と求める都市のイメージを入力とし, その街並みの色彩修正案を出力とする。

システムではまず, 色彩修正案の候補を色彩修正案データベースから選択する。次に, 選択された候補が修正案として適切であるかを, 「都市のイメージへの近似度」「色彩の調和度」「色彩修正のコスト」の3側面から評価する。評価値が一定の基準に達した色彩の組み合わせを, 修正案としてシステムから出力する。

3.1 色彩修正案データベース 色彩修正案データベースには, 街並みの色彩修正案として現実的に実現可能な組み合わせを, あらかじめ多数用意し格納する。

3.2 色彩修正案評価システム 色彩修正案評価システムでは, まず, 色彩修正案データベースから選択された色彩修正案候補が, 求める都市のイメージに適しているかを評価する。支援システムに入力された求める都市イメージと, 色彩修正案候補から受けるイメージとの誤差を求め, 誤差の小さいものほど高得点となるように定める。このとき, 色彩修正案がどの様なイメージを与えるかを数値として定量化する必要がある。そこで, 修正案の街並みに使われている色彩と, そこから受けるイメージとの関係のモデル化を行う。

次に, 選択された色彩修正案が, 実際の街並みとして適しているかを, 色彩調和の観点で評価する。現在までに, 多数の色

Table 1 Pairs of adjectives related to townscape.

形容詞番号	形容詞対	
1	つめたい	暖かい
2	雑然とした	整然とした
3	安っぽい	豪華な
4	かわいた	潤いのある
5	落ち着かない	落ち着いた
6	親しみのない	親しみのある
7	心地よくない	心地よい
8	人工的な	自然な
9	典型的な	個性的な
10	保守的な	進歩的な
11	ひっそりした	賑やかな
12	汚れた	きれいな
13	古風な	現代的な
14	格調のない	格調のある
15	欧米的な	日本的な
16	田舎風な	都会風な

彩調和に関する報告⁽³⁾⁽⁴⁾がなされており、それらを基本に、修正案の色彩調和を評価するモデルの構築を行う。

ここで、選択された色彩修正案が、都市のイメージや色彩調和の面で最適であっても、街並みを構成する建物の色を全て変更することは、現実的に不可能である。多くは、街並みの一部分の色彩を変更することとなる。そこで、支援システムに入力された現状の街並みの色彩を、修正案の色彩に変更するのに必要なコストを算出し、そのコストに基づき、コストの低いものほど高得点となるように評価を行う。

今回は、システム中での都市イメージの評価に必要となる「都市のイメージの感性モデル」の構築を行った。次章で感性モデルの構築について説明をする。

4. 都市イメージの感性評価モデル

街並みに使われている色彩入力とし、その街並みに対する標準的なイメージを出力する「都市のイメージの感性モデル」の構築を行う。モデルは、感性評価実験の結果から、ニューラルネットワークを用いて構築する。

4.1 形容詞の収集 人間がある対象に対して抱くイメージは、一般に「暖かい」や「上品な」のような形容詞によって表現することができる。そこで、都市イメージの感性評価に用いる形容詞を収集する。まず、形容詞辞典⁽⁵⁾や、過去の調査⁽⁶⁾を参考に、都市のイメージを表す語として適当なものを約470語抜粋した。なお、この段階で色に直接関係すると思われる語(例:あざやかな、派手な)は省いた。さらに、これらの形容詞が反対の意味を持つ対となるようにまとめ、意味の重複するものを除外し、Table1に示すような16の形容詞対を得た。

4.2 街並みサンプル 次に、評価の対象となる、住宅地の街並みサンプルを用意する。長町は、写真と実物に大きなイメージの相違がないと報告している⁽⁷⁾。したがって本研究では、建物を正面から撮影した写真を用いる。形状、材質等の色彩以外の条件を統一するために、同一の街並み写真を用い、それに着色することで100種類のサンプルを作成した。街並みは、特殊な装飾等のない一般的な住宅を選んだ。また、着色する色は、実際の街並みを調査しそこに使われている色を使用した。

4.3 都市イメージの感性評価実験 街並みの色彩に対するイメージを得るために、作成した100枚の街並みサンプルに対してSD法⁽⁸⁾による感性評価実験を行った。今回の実験では5段階SD尺度を用いた。

実験は、10代後半～30代前半の男性16名、女性4名の合計20名を被験者として、Fig.2に示すようなコンピュータ画面上で行った。画面上には、街並みサンプル1枚と16の形容詞対が表示されており、その形容詞対間に5つのボタンが配置されている。被験者は、それらの5つのボタンの中から、表示されてい



Fig. 2 Screen appearance of the experiments.

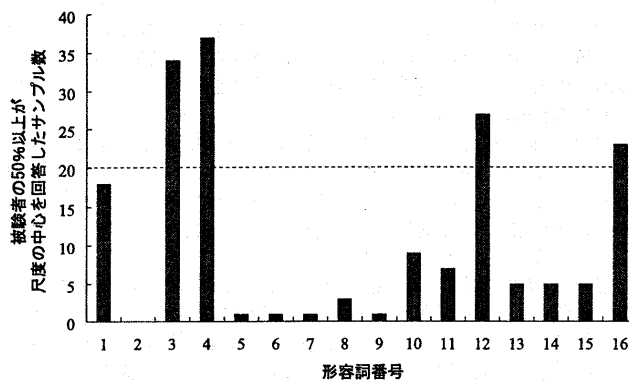


Fig. 3 The number of samples evaluated as the center of SD scale by more than 50% of the subject.

る街並みサンプルのイメージとしてあてはまるものを選択する。この評価を、用意した街並みサンプル全てについて行う。サンプルの提示順による実験結果への影響を抑えるため、サンプルの提示は、被験者毎にそれぞれランダムに行った。また、被験者の疲労による影響を軽減するため、実験の途中、20サンプルごとに十分な休憩時間を設けた。

4.4 形容詞の選択 評価実験の結果を各形容詞ごとに整理し、モデル化において適当でない形容詞を除外する。まず、SD尺度の中心の評価が多い形容詞は、その形容詞に対してどちらともいえないという評価が多いことを示している。そのため、実際の都市のイメージを表現するには適当でない形容詞であるといえる。また、評価値の分散が大きい形容詞についても、個人により抱くイメージが大きく異なる形容詞であるといえる。Fig.3に被験者のうち半数以上が尺度の中心を回答したサンプル数を、Fig.4に評価値の分散の全サンプルにおける平均を示す。Fig.3より、形容詞番号3, 4, 12, 16の形容詞は、被験者の50%以上が尺度の中心を回答したサンプル数が20を超えていることがわかる。そこで、これら4つの形容詞を除外する。また、Fig.4では、全ての形容詞で分散の全サンプルにおける平均が1.2を下回り、際立って分散の高い形容詞は見られない。これより、以上の4個の形容詞を感性モデル構築において考慮しないものとした。

4.5 感性モデルの構築 感性モデルの構築には、各形容詞対ごとに1つのニューラルネットワークを用いて行う。モデル

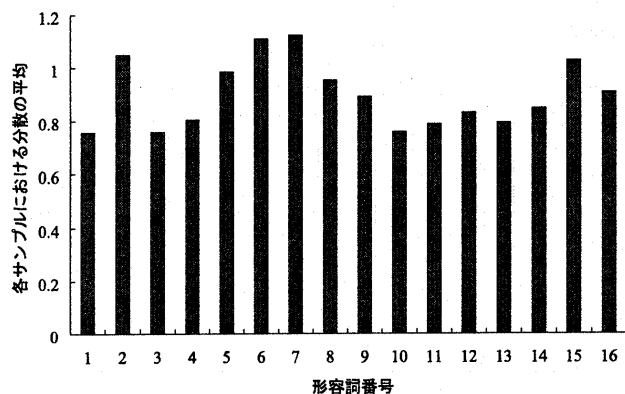


Fig. 4 Average variance of evaluation scores for each samples.

Table 2 Input items for the Kansei model.

入力番号	入力要素		
1	建物 1	壁色	L^*
2	建物 1	壁色	a^*
3	建物 1	壁色	b^*
4	建物 1	屋根色	L^*
5	建物 1	屋根色	a^*
6	建物 1	屋根色	b^*
7	建物 1	建具色	L^*
8	建物 2	壁色	L^*
9	建物 2	壁色	a^*
10	建物 2	壁色	b^*
11	建物 2	屋根色	L^*
12	建物 2	屋根色	a^*
13	建物 2	屋根色	b^*
14	建物 2	建具色	L^*
15	建物 3	壁色	L^*
16	建物 3	壁色	a^*
17	建物 3	壁色	b^*
18	建物 3	屋根色	L^*
19	建物 3	屋根色	a^*
20	建物 3	屋根色	b^*
21	建物 3	建具色	L^*

の入力値は各建物ごとに、壁色、屋根色、建具色とし、 $L^*a^*b^*$ 表色系における、 L^* 、 a^* 、 b^* の各値で表現する。ただし、建具色については、色域が限られているため $L^*a^*b^*$ 表色系の L^* 軸のみを使用する。各入力パラメータを Table2 に示す。各入力値は [0, 1] の範囲の実数値に正規化して扱う。また、モデルの出力は、各形容詞の尺度を [0, 1] の実数値で表す。用いたニューラルネットワークは、入力層、出力層、2つの中間層を持つ4層構造であり、各層のユニット数は、入力層から順に 21, 30, 15, 1 である。

ここで、100 の街並みサンプルから、ニューラルネットワークの学習に使用するサンプルを選定する。ニューラルネットワークの学習においては、学習に用いるデータをどう選択するかが重要となる。今回は、各サンプル中における色彩の色相・彩度分布に着目し、それらが偏らないように注意しながら 62 のサンプルを学習用データとして選定した。また、学習用データに使用しないサンプルのうち、20 のサンプルを、検証用データとし、モデル構築後の検証実験に使用する。

学習アルゴリズムにはバックプロパゲーション⁽⁹⁾を用いた。各サンプルの色彩に対応した値をニューラルネットワークの入力、評価実験における評価値の平均を出力値の教師データとし、重みの更新を行う。これを全学習用サンプルについて、繰り返し学習させる。

Table 3 Wall colors of the testing samples.

サンプル番号	建物 1 壁色	建物 2 壁色	建物 3 壁色
1	うすい赤紫	うすい黄	ごくうすい青
2	明るい灰色	明るい灰色	明るい灰色
3	明るい灰色	明るい灰色	明るい灰色
4	うすい赤紫	灰黄	うすい黄赤
5	くすんだ黄赤	灰黄	くすんだ黄赤
6	白	白	白
7	くすんだ黄赤	灰色	くすんだ黄赤
8	くすんだ黄赤	明るい灰色	くすんだ黄赤
9	くすんだ黄赤	灰黄	くすんだ黄赤
10	明るい灰色	白	明るい灰色
11	くすんだ黄赤	白	くすんだ黄赤
12	明るい灰色	白	ごくうすい黄赤
13	明るい灰色	白	くすんだ黄赤
14	くすんだ黄赤	白	ごくうすい黄赤
15	くすんだ黄赤	こい黄	くすんだ黄赤
16	うすい赤紫	白	うすい黄
17	うすい赤紫	うすい紫	明るい灰色
18	灰黄	灰黄	暗い青紫
19	うすい赤紫	白	明るい灰色
20	明るい灰緑	白	明るい灰色

5. 感性モデルによる評価結果と考察

構築された感性モデルを用いて検証用サンプルの評価を行うことで、そのモデルの有効性について検証する。構築したモデルに、20 の街並みサンプルを検証用データとして入力し、感性モデルによって得られた出力と、評価実験での評価値平均との誤差を求めた。Fig.5 に各街並みサンプルにおけるモデルの出力と評価実験での評価値平均を示す。なお、図中の破線は 5 段階の SD 尺度である。このように、80%以上のサンプルにおいて、誤差は 0.25 以下を示した。これは 5 段階の SD 尺度における 1 以下相当し、イメージのモデル構築において良好な結果である。

ここで、検証用データの入力要素のうち壁色について、JIS 系統色名⁽²⁾を Table3 に示す。なお、表中の太字で示した色名は、出力されるイメージに特に影響を与えていると思われる色彩である。

まず、形容詞対「落ち着かない-落ち着いた」に関して検討を行った。Fig.5(a) に示すように、サンプル番号 1, 3, 16, 17, 19, 20 において、モデルは、比較的「落ち着かない」イメージを出力している。これは、壁色として使われている、うすい赤紫、うすい黄、うすい紫等の彩度・明度の高い色彩が影響している。逆に「落ち着いた」イメージを出力したサンプル番号 2, 4~15, 18 では、このような色彩はみられない。このような、彩度・明度の高い色彩とそうでない色彩とのイメージの違いは、他の形容詞対においてもはっきり現れた。

次に、形容詞対「人工的な-自然な」に着目する。Fig.5(b) に示すように、サンプル番号 1, 3, 16~20 において「人工的な」イメージの出力が得られている。これらの大半は彩度・明度の高い色彩を含むが、サンプル番号 18 に関してはこのような色彩を含まない。暗い青紫以外は「自然な」と出力されたサンプルと共通の色彩であることから、この暗い青紫が影響を与えていると言える。暗い青紫は、彩度・明度の高くない色彩と組み合わせられた場合「落ち着いた」イメージを与えると同時に「人工的な」イメージも与える事になる。

最後に、形容詞対「欧米的な-日本的な」について述べる。この形容詞対では、他の形容詞対と比較して出力イメージの範囲が狭く、色彩の違いによるイメージの違いがあまりはっきり見られない。このことから「欧米的な-日本的な」は、建物の形状等の色彩とは関係の薄い要素に左右されやすいと考えることができる。

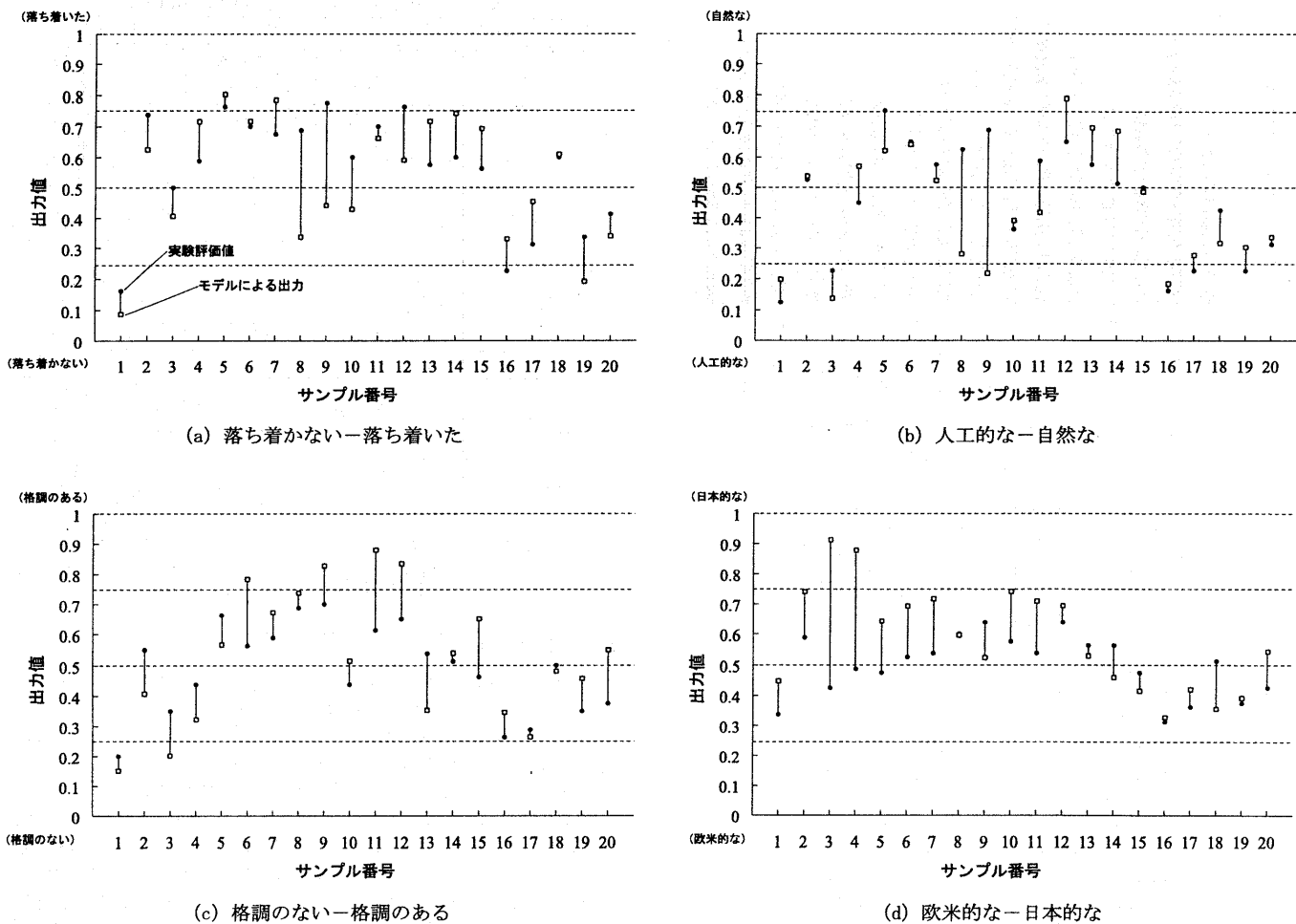


Fig. 5 Examples of the testing results.

6. おわりに

本稿では、まず、街並みの色彩と都市のイメージから、現状の街並み色彩の修正案を出力する「色彩計画支援システム」を提案を行った。次に、ニューラルネットワークを用いて、都市イメージの評価に必要な「感性モデル」の構築を行った。構築したモデルの有効性について検証した結果、ほとんどの検証用サンプルについて良好な結果が得られた。今後引き続き、色彩調和度評価モデルの構築やコスト評価方法等の検討を行い、今回提案したシステムの実現を目指す。

参考文献

- 北條元, 初田亨, 島田正文: 昭和 53 年から平成 10 年における都市型の景観条例に用いられた項目にみる内容の変遷, 日本建築学会計画系論文集, No. 543, pp. 297-303, (2001)
- 日本規格協会: JIS ハンドブック 61 色彩, 日本規格協会, (2001)
- Judd, D. B., Wyszecki, G.: Color in business, science, and industry, Wiley (1975)
- 楨究, 山本早甲, 飯島祥二, 武藤浩: 街路景観評価における色彩調和論の有効性の検討, 日本色彩学会誌, Vol. 21, No. 2, pp. 62-73, (1997)
- 飛田良文, 浅田秀子: 現代形容詞用法辞典, 東京堂出版, (1991)
- 室恵子, 須永修通, 伊藤直明: 居住環境評価のための用語の特性に関する考察, 日本建築学会計画系論文集, No. 534, pp. 69-75, (2000)
- 長町三生: 感性工学, 海文堂出版, (1989)
- Osgood, C. E., Suci, G. J., Tannenbaum, P. H.: The measurement of meaning, University of Illinois Press (1957)

- 馬場則夫, 小島史男, 小澤誠一: ニューラルネットの基礎と応用, 共立出版株式会社, (1994)
- 長町三生: 感性をデザインに造り込む技術, 日本ファジィ学会誌, Vol. 10, No. 6, pp. 1063-1077, (1998)
- 木下雄一郎, 亀井且右: ニューラルネットワークによる街並みの色彩に基づく都市のイメージの感性評価, 第 46 回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, pp. 515-516, (2002)

【お問い合わせ先】

木下 雄一郎
立命館大学大学院 理工学研究科 知能システム研究室
〒 525-8577 滋賀県草津市野路東 1 丁目 1-1
Tel / Fax: 077-561-2807
E-mail: kino@spice.cs.ritsumei.ac.jp