

# 都市の色彩分布の生成シミュレーションと視覚的印象評価

Simulation of emerging color distributions in a cityscape and their visual impressions

石田 泰一郎

Taiichiro Ishida

## 1. 都市色彩分布の生成

都市には色彩が様々な分布し、都市のユニークな特徴を形成している。このような都市の色彩分布の特徴を決めているものは何だろうか。地域の伝統、建築の材料、色彩の規制やガイドライン、あるいは商業活動や何らかの統制など、いろいろな要因が考えられる。しかし、今日の社会にあっては、建築物の色を最終的に選択しているのは建築主である。都市という広がりであれば、その色彩を決めているのは住民に他ならない。個々の住民が選択してきた建築物の色が、その都市の色彩分布を構成しているのである。

都市の色彩分布は住民の選択行動によって動的に変化していく。近年、多くの自治体で色彩のガイドラインが導入され、色彩景観の整備が試みられている。それらの多くは使用できる色彩の範囲を定めたものだ。しかし、色彩ガイドラインによって将来的にどのような色彩分布がその地域に形成されるのか確かなことは分からない。そこには住民の意識や中長期にわたる選択の結果が反映されるからである。

## 2. 色彩分布生成のシミュレーション

都市の色彩分布の生成過程を考えるためには、建築物に対する住民の色選択行動を考慮しなくてはならない。個々の建築物の色彩は個々の人が決定するが、それらの人々は何らかの形で相互に影響しあいながら色を選択し、結果として都市の色彩分布が形成されると考えてよいだろう。そのような人と人の相互関係を記述するシミュレーション手法にマルチエージェントシミュレーション [1] がある。この手法は、多数の（マルチ）主体（エ

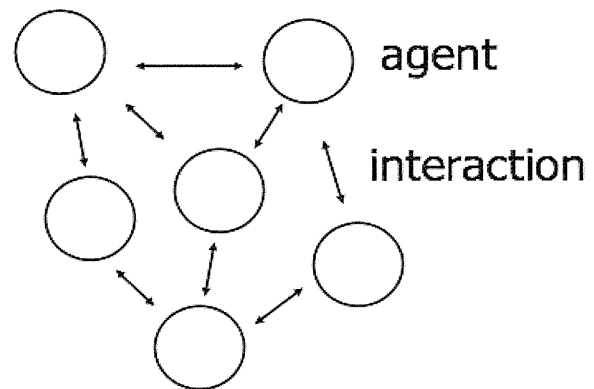


図1 マルチエージェントシミュレーション

ージェント）が相互作用するという社会の特徴を記述できることから、社会学や生態学など多様な分野に応用されている方法である。コンピュータのプログラムに「エージェントが相互作用する場」と「エージェントの行動に関するルール」を設定すると、あとはエージェントが自律的に振る舞い、それを繰り返すことによって、局所的なルールから全体としてのパターン（色配列）が出現することになる。プログラム上のエージェントは自らの行動に関するルールを有しており、局所的な状況に応じて次の行動を選択する。多数のエージェントが存在する場合には、あるエージェントの存在が他のエージェントに影響を与えることになり、エージェント間には相互作用が生じる。その結果、全体として何らかの傾向や特徴的なパターンなどが現れることになる。ここで注意すべきは、全体を統制する管理者はいないことである。エージェントは自らの判断で行動を選択しているだけであり、その個別の行動から全体的な構造が生成することになる。

本稿ではマルチエージェントシミュレーションを用い

て都市の色彩分布の生成を検討した研究を紹介する [2]。今回のシミュレーションはきわめて単純化されたものであり、現実の都市の状況を反映したレベルに達していないが、住民の色彩選択と色彩分布生成の基本的な関係を考察するためには有効であると考えた。

## 2.1 シミュレーションの設定

シミュレーションプログラムにおける都市の地域は  $20 \times 20$  のセルで構成される配列で表現される。1つのセルが1つの建築物であり、それぞれある色を有している。個々の建築物の所有者がエージェントである。さて、この都市に住むエージェントには2つのタイプがある。第一は同調型エージェントと名付ける。同調型エージェントは自らの建築物の色を決定する際に、周囲に存在する色を考慮して、それらの色の範囲に収まる色を選択する。第二は独立型エージェントである。独立型エージェントは自らの建築物の色を決定する際に、選択可能な色の範囲から好きな色を選択する。周囲に存在する色のことは考慮しない。

具体的な色選択のルールを説明する。図2<sup>1</sup>の右図は  $3 \times 3$  のセル領域を切り出したものである。 $a_5$  が同調型のエージェントの場合、自らのセルの色を選択する際には  $a_5$  を含めて近接の9セルの色が考慮対象となる。具体的には色空間<sup>1</sup>上で9色が存在する領域を求め、明度V、彩度S、色相Hのそれぞれについて9色の平均値を中心として9色のうち  $p\%$  の色が存在する領域を選択可能範囲とした。 $p$  の値を許容度と呼び、50%、80%の2通りを設定した。例えば、50%条件では、同調型エージェント  $a_5$  は9色の中からそれらの平均に近い5色 ( $9 \times 0.5$  の四捨五入) が構成する色領域から、新し

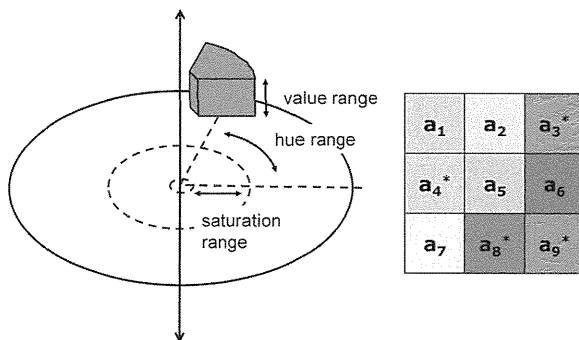


図2 色彩選択のルール概要

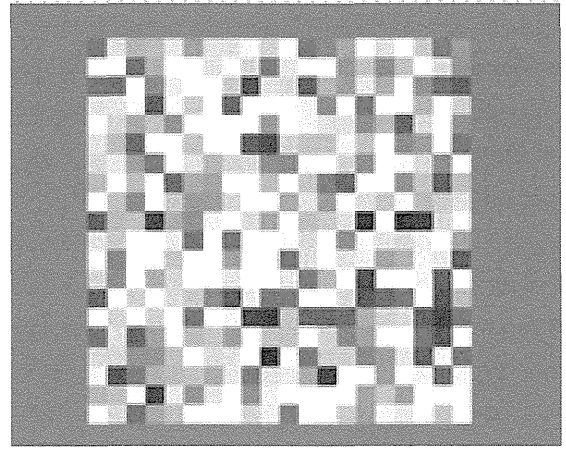


図3 色彩分布の初期値

い色を選択することになる。平均から外れた4色は排除される。同様に80%条件では7色が構成する色領域が選択対象となり、平均から外れた2色は考慮されない。一方、 $a_5$  が独立型エージェントであれば、周囲の色に関係なく、プログラムで表現可能な色全体からランダムに選択する。

シミュレーションの条件を説明する。シミュレーション開始時の  $20 \times 20$  セルの色彩配列は、セルの色の出現頻度が、一般的な都市の建築物の色彩分布の調査結果 [2] に近似するように定めた。その際、各セルへの色の割り当てはランダムである。図3に色の初期分布を示す。シミュレーションでは、定めた期間ごとに全体の5%のセルをランダムに選択し、そのセルのエージェントは新しい色の選択を行う。現実と対応させるならば、1年間に5%の建物が建て替えや改装によって外壁の色を塗り替えると考えればよい。シミュレーションはこのような期間を100回繰り返して終了する。2タイプのエージェントの存在割合を変数とし、同調型の割合を0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.8, 0.9, 1の8段階に設定した。同調型と独立型の領域内での配置はランダムである。

## 3. 実験1：色彩生成のシミュレーション結果

同調型と独立型のエージェントがある割合で存在する地域の色彩分布は、初期値からスタートして100年後にどのような姿を形成しているだろうか。図4(a)(b)に初期値からスタートして繰り返し期間の進行に応じた色

彩分布の変化の例を示す。図 4 (a) に示す同調型 80%、許容度 80% の場合、60 期間以後、色彩分布は変化し続けるものの、全体的な分散の程度は、ほぼ平衡状態に達しているようだ。一方、同調型が 50% となった図 4(b) の場合、色彩分布は平衡することなく、乱雑さが増大する方向に行き着くようである。独立型の密度が高いと、同調型の周囲に独立型が選択した多様な色が存在するようになり、同調型の色選択の自由度も実質的に大きくなっているのである。

次に各条件でのシミュレーション結果（100 期間後の色彩分布）を図 5 (a), (b) に示す。同調型エージェントの割合が 0% のとき、すなわち独立型が 100% を占めるとき、色彩分布は多様な色を含み、非常に乱雑な状況となっている。一方、同調型が 100% を占めるときの色彩分布は空間的に緩やかな変化を有し、類似した色調で構成されている。それらを両極として、エージェントタイプの割合に応じて色彩分布の特徴が変化している。また、図 5 (a), (b) を比較すると、色彩選択の許容度がより小さい図 5 (b) の方が、ベースをなす色彩分布の変動が小さく、許容度条件の違いもシミュレーション結果に反映していることが分かる。次に、これらの色彩分布に対する視覚的な印象評価実験について述べる。

#### 4. 実験 1：色彩分布の視覚印象評価

##### 4.1 実験概要

マルチエージェントシミュレーションによって生成された色彩分布の視覚的な印象評価実験を実施した。評価項目は色彩分布が与える「秩序がある」「にぎやかである」「調和している」「やわらかい」「好き」の 5 項目である。評価方法は一対比較法を採用した。被験者はプロジェクターによって投影された一組の色彩分布を見て、5 項目の各々についてどちらの色彩分布の方がより高い印象を与えたか回答した。評価対象となる色彩分布は同調型の割合 0.1 ~ 1.0 の 7 段階 × 2 許容度（80%, 50%）で 14 通り、さらに同調型 0% と初期配列の 2 条件を加えて、全 16 通りの配列パターンである。これらの全組み合わせ 120 試行を行った。建築学専攻の 7 名の被験者が実験に参加した。

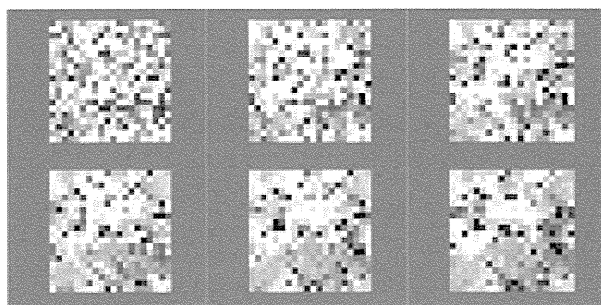


図 4 (a) 期間進行に応じた色彩分布の変化  
(同調型 80%, 許容度 80%)

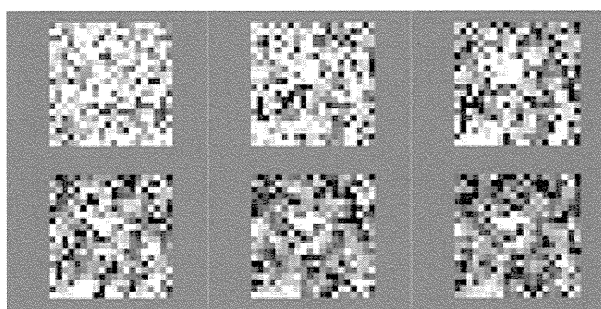


図 4 (b) 期間進行に応じた色彩分布の変化  
(同調型 50%, 許容度 80%)

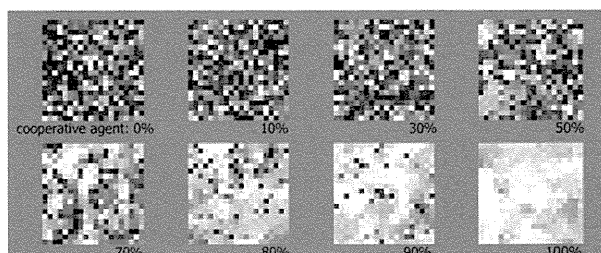


図 5(a) シミュレーションによって生成された色彩分布  
(許容度 80%)

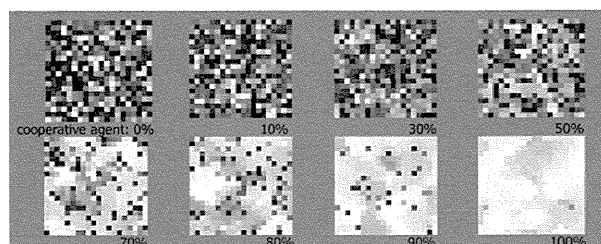


図 5(b) シミュレーションによって生成された色彩分布  
(許容度 50%)

## 4.2 実験結果

5つの評価項目ごとの結果を図6に示す。各グラフの横軸は同調型エージェントの割合である。縦軸がそれぞれの項目の評価得点である。2つのデータ系列は同調型エージェントの色選択の許容度に対応している。さて、色彩配列の視覚印象評価の結果は、同調型エージェントの割合が増すにつれて、色彩配列が与えるにぎやかさが減少し、より調和して、秩序があり、やわらかい印象となることを示している。これらの項目は同調型が10割の場合に最高値を与えている。シミュレーション画像を見ても、同調型の割合が増えると、目立つ色が取り除かれる形で、色が平均近傍に収束していく状態が見てとれる。ただし、自発的に生成された配列であるので、そこにはゆるやかな変化やリズムが存在する。このような状態が調和、秩序として評価されたのだろう[4]。一方、好みの評価はやや異なる傾向を示した。最も好まれたのは同調型が8割、独立型2割の状態である。独立型が存在することで、そこには常に目新しい色が含まれることになる。好みという観点からは、一定割合の独立型の存在は肯定され、色彩の配列にある程度の変化や対比が含まれていた方がよいようである。都市の色彩景観を考える上で、示唆に富む結果といえる。

## 5. 実験2：色彩規制のシミュレーション

実験2としてシミュレーションに「色彩規制」を加えた結果を簡単に紹介する。エージェント（同調型・独立型）が選択できる色の範囲を制限する「色彩規制」は、色彩ガイドラインの現状[5]を参照し、次のような色の3属性に対する規制の組み合わせで8条件を設定した。

色相に対する規制：10R～10Yに制限／制限なし  
 明度に対する規制：中明度以上／高明度  
 彩度に対する規制：中彩度以下／低彩度

シミュレーションの結果、生成された色彩分布の例を図7に示す。同調型エージェントが少数派の30%条件でも、出現する色は色彩規制の範囲に収まり、極端な乱雑さは抑制されている。ただし、色彩規制があったとしても、同調型が70%の場合(上段)と独立型が70%(下段)の場合に生成される色彩分布には違いが見られる。同調型が多数派であれば色彩分布には緩やかな変化が形成されるが、独立型が多数派になると、許容される色彩の範囲内で、ランダムに近い変動が見られる。色彩範囲を規定するガイドラインではコントロールが困難な特徴であろう。これらの定量的な検討は今後の課題である。

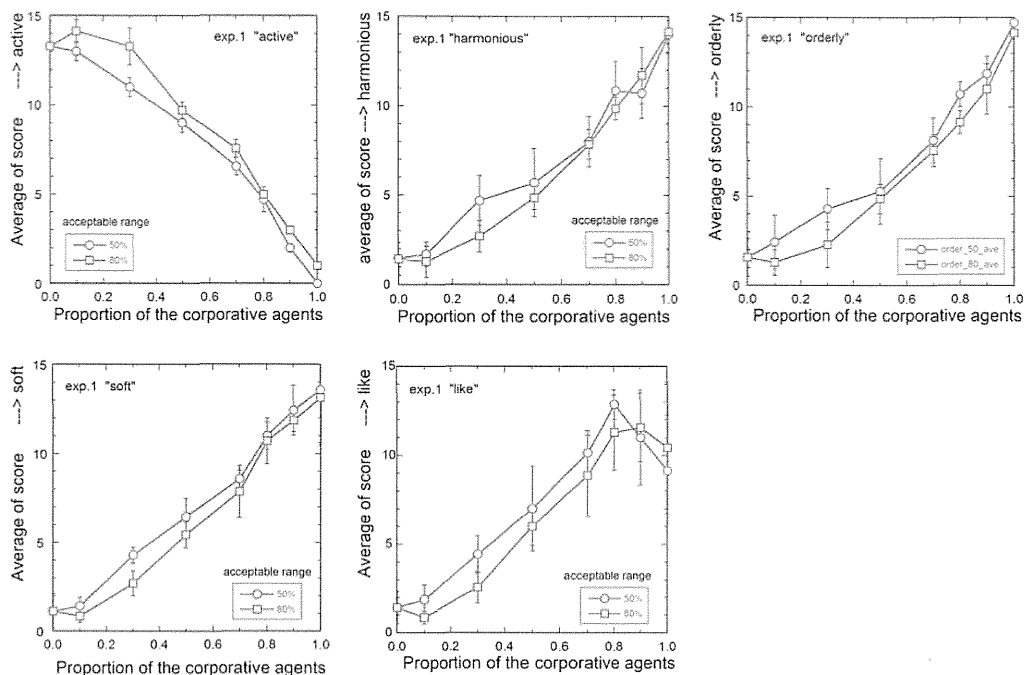


図6 実験1：色彩分布に対する心理評価の結果

被験者による視覚印象の評価結果を図8に示す。◇のシンボルによる結果が「色彩規制なし」の条件である。それに対して、何らかの色彩規制を設定した色彩分布の結果は、にぎやかさが抑制され、調和した方向に評価されていることが分かる。特に、色相をYR系に制限した条件では、独立型エージェントの存在割合にそれほど影響されることなく、「調和感」が増加し、「活動性」の低下が見られる。全体の傾向として、色相を制限することの効果は大きいようである。

現状では色彩規制として使用できる色の範囲を定める方法が一般的であるが、周囲に存在する色との関係性で選択可能な色を決めるなどの方法も有効だと思われる。すなわち、同調型エージェントの振る舞いを取り入れるわけである。シミュレーションは、いずれにしても現実を相当程度に単純化したものにならざるを得ないが、単純化によって見えてくるものもある。同調型が周囲の色として想定する領域をどのように設定するか、同調型、独立型の他にどのようなタイプがあり得るかなど、試してみる価値があるだろう。

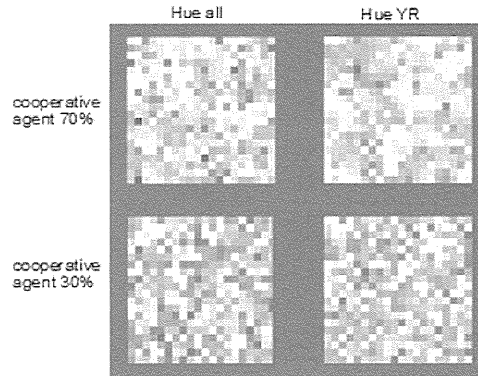


図7 色彩規制あり条件での色彩生成シミュレーションの例  
高明度、中彩度以上の規制条件  
左は色相制限なし、右は色相をYRに制限

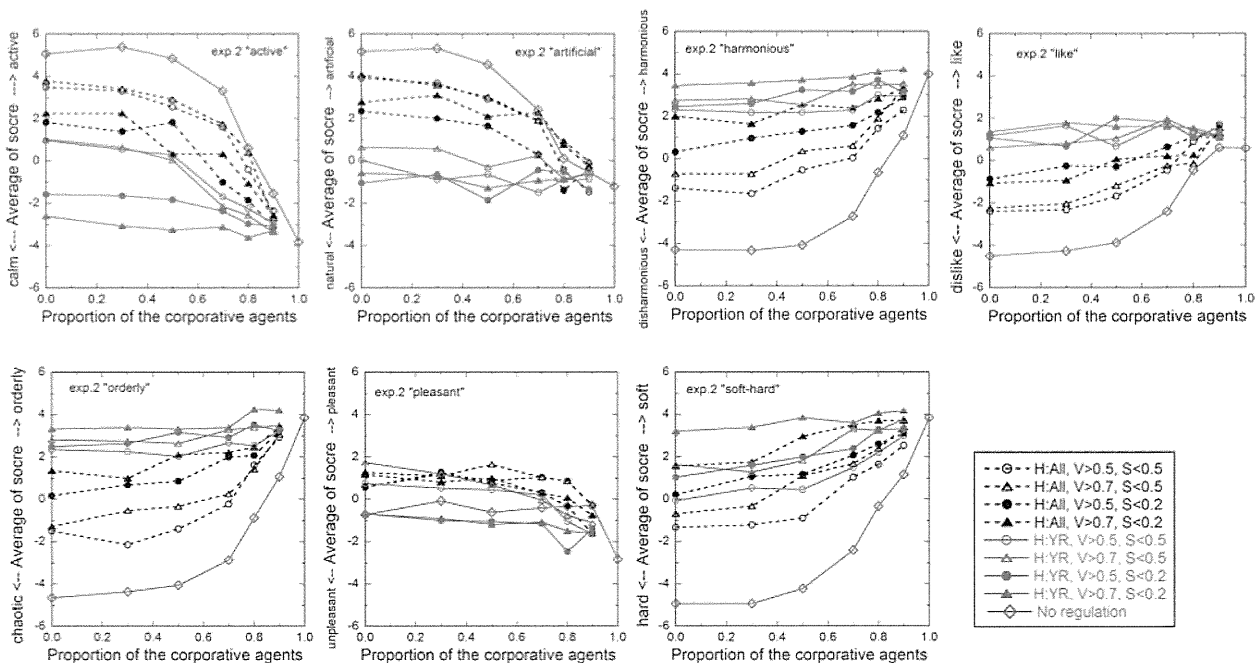


図8 色彩規制あり条件で生成された色彩分布に対する心理印象評価の結果

## 6. シミュレーションの適用

最後に今回のシミュレーションを現実の都市景観にあてはめてみた結果を示す。左上の写真がシミュレーションの初期値である。右上は同調型 100% で色彩規制なしの場合の 100 年後の姿。左下は独立型 50% で色彩規制がない場合。右下は独立型 50% で色彩規制がある場合である。

このようなシミュレーションはあまりに単純化しすぎではないか、地域の色彩計画の役に立つのか、そもそも妥当性はあるのか……など、当然の疑問はさておき、100 年後の未来を見ることができシミュレーションは、やはり楽しめる。同調型が生み出すベースラインと緩やかなリズム、独立型の存在によって得られる対比と好ましさ、色彩ガイドラインの効用。20 × 20 の地域に住む 2 種類のエージェント達の振る舞いによって見えてきたことにもう少し拘ってみたいと思っている。



the initial state



the cooperative agent 100%  
no regulation



the cooperative agent 50%  
no regulation



the cooperative agent 0%  
regulation (YR, V>0.7, S<0.2)

(注)

1. 本稿のカラーの図は <<http://takeyama-lab.archi.kyoto-u.ac.jp/traverse/>> で得られる。
2. 今回はプログラミングに用いた MATLAB の色表現である H, S, V の値を用いている。

### 参考文献

- [1] 例えば, 山影進, 服部正太「コンピュータのなかの人工社会 マルチエージェントシミュレーションと複雑系」, 共立出版, 2002
- [2] Ishida, T. and H. Tanaka, Simulation of emerging color arrangement of cityscape and psychological evaluation. Proceedings of the Interim Meeting of the International Colour Association, 2008: p. No.057.
- [3] 稲垣卓造, 都市の色彩分布に関する一考察. 日本建築学会大会学術講演梗概集, 1987: p. 429-430.
- [4] Ishida, T. and K. Yagi, Relationship between visual impression of a city landscape and its characteristics of color, Proceedings of AIC Midterm Meeting, pp.99-108, 1999.
- [5] 小川, 山本: 景観色彩ガイドラインの地区別共通性と地域特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (2001) p.389-390.