

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14092

研究課題名（和文）生理学に基づく街路の緑環境評価ガイドラインの策定

研究課題名（英文）Study on the methodology of landscape guidelines for green environment based on physiology

研究代表者

宗本 晋作（MUNEMOTO, Shinsaku）

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：20581490

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、街路の『緑環境』評価において、人が街路の『緑』に対して満足と判断するのに何を基準にし、何を視ているのか、『緑』に対する見方を明らかにし、街路の『緑』に対する満足度を評価に取り入れ、必要な景観のガイドラインを生理学的見地から見直すことにある。

まず『緑環境』を空間要素群として捉え、遠景や近中景の『緑』と『緑環境評価』の関係を確率モデルで示した。次に空間要素群を用いて、印象評価実験に基づく街路の『緑環境評価』マップの作成し、京都市の景観を対象に「生理学に基づく街路の緑環境評価ガイドライン」の策定方法を試行した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this paper is to provide the method for landscape guidelines for green environment based on physiology. We provided the method for the construction of the probabilistic model of the evaluation for the amount of green. We applied Bayesian networks to construct graphical models that represented the correlation between the ratio of the evaluation for the amount of green and the visible green of a close-to-mid-range view, a distant view, and other elements which green environment was composed.

By using Self-Organizing Maps (SOM), we created a map reflecting the characteristics of the green environment with the impression by sensibility evaluation. In this case the characteristics and the sensibility evaluation data of green environment were easily understood by visual analysis. Thus, we provided the method for the method for landscape guidelines for green environment in Kyoto City.

研究分野：建築計画

キーワード：緑環境 緑視率 感性評価 ベイジアンネットワーク 確率モデル 自己組織化マップ 印象評価推定
全方位

1. 研究開始当初の背景

街路の『緑』に対して緑被率、緑視率の指標が用いられるが、景観ガイドラインのこれらの指標の客観的な根拠は不明である。「人が街路の『緑』に満足するとき、『緑』と合わせて街路を構成する他の空間要素と合わせて判断している」と考えられるが、明らかにされていない。規制を満足しても人の『緑環境評価』が改善されなければ意味がない。評価に関係する要素を考慮に入れた規制の見直しが必要である。

研究代表者は、設計者として、街路樹のない京都市の四条通りにおいて、壁面、屋上緑化を施した、緑を纏うビルを設計した。このとき街路に提供する『緑』の量が少量であっても、周辺に『緑』が少ない街路では満足され、また比叡山のような遠景の『緑』が見える場合と見えない場合で、この評価結果は変化することを感じた。これらの経験から、『緑』の評価は視覚に関係するのではないか、またこれを科学的に説明できないか、と考えた。

空間に対する印象評価についても研究代表者はこれまで研究を行ってきた。空間に対する印象評価を確率で推測する設計方法の研究である。また京都大学ナノメディシン融合教育ユニットに在籍し、医学分野において、工学では扱うことが困難な生理学的な知識や実験値をエビデンスとして、視覚の機能や注視行動等の人間行動をモデル化する研究を行なった。

上記のように、研究代表者の設計経験と感性と空間要素を関係づける設計方法、京都大学ナノメディシン融合教育ユニットに在籍した時の医学分野の視覚機能や注視行動モデルの知見を結びつけ、街路の『緑』に対する人間の眼球運動を計測し、『緑』と同時に注視される空間要素を明らかにし、近景や遠景の空間要素と評価の関係を生理学的に捉える。これにより『街路の緑』が真に満足と感じられるために必要なガイドラインの見直しが必要であると着想した。

2. 研究の目的

本研究は、街路の『緑環境評価』において、人が街路の『緑』に対して満足と判断するのに何を基準にし、何を視しているのか、『緑』に対する見方を明らかにし、街路の『緑』に対する満足度を評価に取り入れ、必要な景観のガイドラインを生理学的見地から見直すために、具体的な要素研究としては、下記の3つを実施する。

(1) 眼球運動計測に基づく街路の『緑環境評価』に関係する空間要素の抽出

(2) 街路の『緑』と街路の構成要素と『街路の緑環境評価』の関係モデルの作成

(3) 印象評価実験に基づく街路の『緑環境評価』マップの作成呈示

本研究の目的は、これらの達成により、景観ガイドラインの新しい規定方法を示すことにある。

3. 研究の方法

本研究は以下のように分けて実施する。

(1) 街路の『緑』のデータベースの整備

現行の京都市の景観条例による規定内容と照合するために、京都市の緑環境を対象として、様々な緑環境を撮影し、画像データを獲得する。花壇や街路樹、壁面緑化されている建物壁面の緑化面積等を近中景の『緑』として、遠方の山の緑を遠景の『緑』として街路の『緑』を記録する。

街路の『緑』の画像を用いて、注視点計測装置（アイマークレコーダー：EMR-8）により、人が『緑環境評価』を行うときの眼球運動を計測する。街路のどの要素を視しているのかを明らかにし、空間要素として抽出し、人が視している空間要素に合わせたデータベースを作成する。

(2) ベイジアンネットワークによる街路の『緑環境評価』と空間要素群の確率モデルの構築

『緑環境』に対する評価を、抽出した空間要素を変数とする不確実性を含む行為と捉える。街路の『緑』のデータベースを用いて、印象評価実験を行い、街路の『緑』に対する満足度と空間要素の関係を、ベイジアンネットワークを用いて確率モデルで表現する。確率モデルにより、近中景の『街路の緑』単体でなく、山の緑等『遠景の緑』要素との関係をモデル化し、『緑』量に対する評価を予測するガイドラインのあり方を示す。

(3) 自己組織化マップによる可視化分析を用いた『緑環境評価』マップの作成

街路の『緑』のデータベースを用いる。自己組織化マップを導入し、「満足」あるいは「不満足」と判断された街路の『緑』を、抽出した空間要素の特徴に基づいて2次元平面に位置づけたマップを獲得する。獲得したマップ上で、通りがどこに位置づけられるかを視覚的に把握し、構成する空間要素の特徴に基づいて、類似の空間要素の特徴を持つ『緑環境』の評価を推測する。

(4) データベース、確率モデル、予測マップによる新しい『緑環境評価』ガイドラインの策定

眼球運動計測に基づいて抽出した空間要素群とそれらの要素群の関係を示す確率モデル、空間要素の構成の特徴と印象評価結果を同時に示す『緑環境評価』マップにより、

生理学的なエビデンスを根拠にした横断的かつ複合的な新しいガイドラインとして纏める。実用化と景観評価スキルの共有を目的とし、知識の再利用の形式に配慮した景観ガイドラインを構築する。

4. 研究成果

(1) 京都市の「京のみどり推進プラン」の緑視率調査の概要

「京（みやこ）のみどり推進プラン」は、5年間の計画期間を3つに区分し緑の保全と創出に係る事業をまとめたものである。このプランでは、市民の緑に対する満足度の向上を目指していくために、「緑視率」を指標の一つに採用することを目的として、京都市内37カ所を選定し、緑視率の調査を行っている。

緑視率の計測には、図1のようなパノラマ画像を用い、計測対象とする緑の面積の割合を算出している。計測対象の緑には、「山紫水明」と称えられる本市の自然景観の特性を考慮し、公園や街路樹などのまちなかの身近な緑を近景・中景の緑、まちなかから離れた三山の緑を遠景の緑、鴨川や桂川をはじめとする河川（水）として定義されている。撮影は緑が豊かな時期である夏季に行われ、デジタルカメラを地表面から1.5mの高さに設置し、水平に360度回転させて撮影している（図2）。本研究もこれに倣った。



図1 パノラマ画像の例

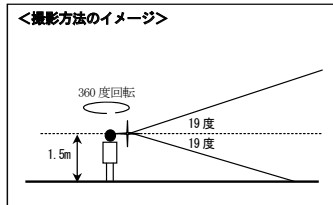


図2 パノラマ画像の撮影方法

市内37カ所の視点場にて、61枚の撮影画像データがある。調査の結果として、以下4点が纏められている。①緑視率約18%で満足を感じはじめ、緑視率約18%を超えると、やや満足以上となる。②三山の緑がある場所は、三山の緑がない場所に比べ、満足度が高くなる傾向にある。③三山の緑がない場所は、緑視率約25%で満足を示しはじめる。④三山の緑がある場所では、緑視率約15%で満足を示しはじめる。本研究では、これらの知見がガイドラインにモデル化されるかを検証する。

(2) 景観のデータベース作成

京都の景観を構成する近景の緑を緑視率、遠景の三山の緑、水景、空、路面、建造物の6つを重要な要素として抽出し、画像内のピクセル数の割合で定義した（図3）。本論では京都市の調査に基づき、この調査と同様の画像を使用し、61枚の画像の景観を構成要素で

記述したデータベースを作成した（表1）。

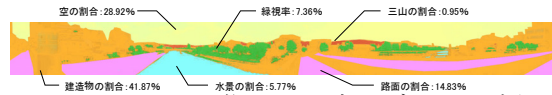


図3 パノラマ画像の緑環境モデルの記述例

表1 構成要素で記述した緑景観のデータベース

画像	緑視率 (%)	三山の割合 (%)	空の割合 (%)	路面の割合 (%)	建造物の割合 (%)	水景の割合 (%)
1	16.65527367	0.105126333	14.38003946	25.00401344	43.93063733	0
2	17.07215395	0.422835718	12.15814522	25.12208637	45.36770913	0
...
60	6.654030792	0.033402209	16.84196353	31.6357761	44.88531908	0
61	7.967592089	0.305539588	30.17436471	29.22926344	32.32324017	0

景観を構成する各空間要素の割合を表1に記述する。緑視率(g)、三山の割合(m)、空の割合(s)、路面の割合(r)、建造物の割合(b)、水景の割合(w)を表1のように、画像の数値で記述した。

景観は、これらの数値で記述された要素の組合せにより構成されるとみなし、各要素の形状や色彩は対象としない。景観を定義した構成要素で記述したデータ行列を表1に示す。61枚の画像データ全てについて記述し、画像を行、構成要素を列とする61行7列のデータ行列を準備した。

(3) 感性評価による実験と入力データ行列

立命館大学の建築都市デザイン学科の学生45名を被験者とし、京都市内37カ所の視点場で撮影された、61枚の景観画像全てについて、アンケートを用いた感性評価実験を行った。景観画像をそれぞれA4用紙1枚に印刷し、被験者に提示し、画像内の緑の量に「満足」もしくは「不満足」を直感的に判断し、アンケート用紙に記入するよう依頼した。この感性評価実験によって45名分の評価データを得た。

回答の「満足」を1、「不満足」を2として、感性評価実験で得た緑に対する満足度の結果を、データ行列の第8列目に順に代入し、入力データ行列を作成した（表2）。被験者数をn人とする、入力データ行列は55n行となる。入力データ行列の構成を表2に示す。

表2 入力データ行列の構成

画像の番号	景観を構成する要素						緑に対する満足度
	緑視率	三山の割合	空の割合	路面の割合	建造物の割合	水景の割合	
1	g ₂	m ₃	s ₄	r ₅	b ₆	w ₇	A ₈
a-1-1	g ₄	m ₂	s ₂	r ₂	b ₂	w ₁	n
a-1-2	g ₄	m ₃	s ₂	r ₂	b ₂	w ₁	y
...
d-15	g ₂	m ₃	s ₃	r ₂	b ₁	w ₁	y
a-1-1	g ₄	m ₂	s ₂	r ₂	b ₂	w ₁	y
a-1-2	g ₄	m ₃	s ₂	r ₂	b ₂	w ₁	y
...
d-15	g ₂	m ₃	s ₃	r ₂	b ₁	w ₁	y
a-1-1	g ₄	m ₂	s ₂	r ₂	b ₂	w ₁	y
a-1-2	g ₄	m ₃	s ₂	r ₂	b ₂	w ₁	y
...
d-15	g ₂	m ₃	s ₃	r ₂	b ₁	w ₁	n

61 × 45 行

被験者 1名分 (61 画像)

45 番目の 被験者 (61 画像)

(4) 確率グラフの構造と分析

ベイジアンネットワークを用いて、緑に対する満足度の結果と景観を構成する要素の関係を示す確率モデルを獲得した(図4)。モデルの適合度は、緑の量に対して満足か不満足かをどれだけ正しく判別できるかを示す判別率により示した。各ノードは景観を構成する要素に対応する。ノードA(緑に対する満足度)に到る有向リンクを辿ると、どの要素が結果に関係するかを把握することができる。ノードS(空の割合)のように、ノードA(緑に対する満足度)に辿り着かない有向リンクは、緑に対する満足度に関係しない。

ノードA(緑に対する満足度)の条件付確率から、ノードA(緑に対する満足度)に有向リンクを持つ景観の構成要素について、任意の要素の組合せが含まれるときの満足される確率を知ることができる。図4に満足、不満足の場合の条件付確率をそれぞれ高確率のものから順に5つずつ示した。図4の条件付確率 $P(A|g5, w2, r2) = 0.995$ は、 $g5(21\% \leq g)$, $w2(0\% \leq w < 5\%)$, $r2(20\% \leq r < 30\%)$ のときに0.995の確率で満足とされることを示す。

また、ノードm(三山の割合)→ノードg(緑視率)への有向リンクが、ノードA(緑に対する満足度)に到る経路においてみられた。これは、三山の割合と緑視率が密接に関係し、緑に対する満足度に深く関係することを示していると考えられる。

市の調査と同様、一定以上の緑視率があれば、三山の緑に関係なく満足が得られることも確率モデルにより表せた。

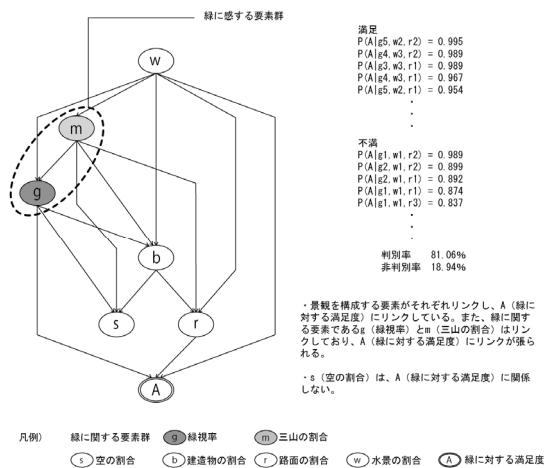


図4 緑環境を構成する要素の関係を示すベイジアンネットワーク

また京都市の緑視率調査で示されている、緑視率と三山の割合の関係を確率モデルの確率推論を用いて分析した。ノードg(緑視率)を固定し、ノードm(三山の割合)の割合を変化させたときのノードA(緑に対する満足度)の変化を確率推論により求めた。この結果、市の調査と同様、同じ緑視率でも三山の割合が増え、満足する確率が高くなる傾向が確認できた。これは、遠景に三山が見えてい

ると、近景の緑視率が低くても満足とされる確率が高くなるということを示している。

$g5(21\% \leq g)$ は、 $m1(m < 0.03)$, $m2(0.03 < m \leq 0.3)$, $m3(0.3 \leq m)$ のいずれの場合も、A(緑に対する満足度)の確率が7割5分以上の高確率となった。市の調査と同様、一定以上の緑視率があれば、三山の緑に関係なく満足が得られることも確率モデルにより表せた。

(5) 緑景観の印象評価の確率推論

獲得した確率モデルの確率推論を試行して、任意の場所で撮影した360度のパノラマ画像に対する緑の満足度を推測した。10名の被験者に対して、10枚の景観の画像を1枚ずつ提示し、緑の量に「満足」か「不満足」かの感性評価実験を行った。次に10枚の画像を景観の構成要素の組合せで記述し、ベイジアンネットワークに代入し、確率推論を行う。得られたノードAの確率分布に基づいて推測した。 $g1(g < 6\%)$, $m1(m < 0.03\%)$, $s1(S < 10\%)$, $r3(30\% \leq r)$, $b3(50\% \leq b)$, $w1(w = 0\%)$ を代入したときの確率推論の例を示す(図5)。この場合、ノードA(緑に対する満足度)は、y(満足)が17.02%、n(不満)が82.98%となった。これは、構成要素の組合せが $g1, m1, s1, r3, b3, w1$ のとき、「満足」とされる確率が17.02%であることを示している。

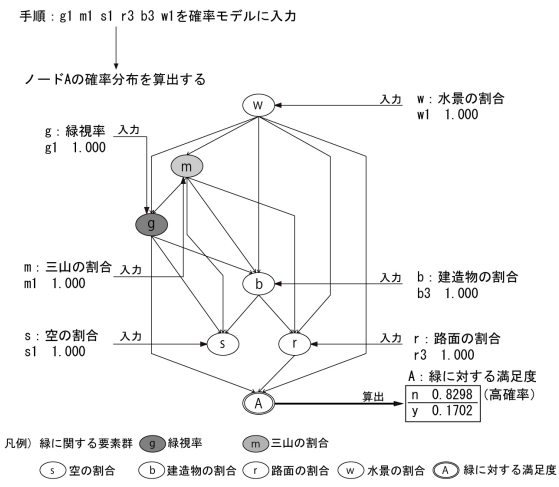


図5 緑量に対する満足度を推測するベイジアンネットワークの確率推論

残りの画像についても同様に、構成要素の組合せを代入し、ノードAの確率分布を求めた。高確率の方を推論の結果として感性評価実験の結果と比較し、確率モデルに基づく推論と感性評価実験の結果は一致することを確認した。

さらに、感性評価実験で「不満」とされた視点場1について、確率推論によって「満足」とされるために必要な緑視率の値を求め、必要とされる緑視率まで増やした景観画像を作成した(図6)。作成した画像について再度感性評価実験を行い、満足度が改善されることを確認した。

図7には、ベイジアンネットワークに緑の満足度に関係がみられたノード m (三山の割合), ノード r (路面の割合), ノード w (水景の割合), ノード A (緑に対する満足度) に、 m_1 ($m < 0.03$), w_1 ($w = 0$), r_3 ($30\% \leq r$), y (満足) を代入したときの確率推論の例を示す。

この推論結果をもとに画像を推測された緑視率 g_4 ($16\% \leq g < 21\%$) に変更し、再度感性評価実験を行い、確率モデルの確率推論により、必要な緑視率が推論できることを示した。



図6 視点場1の画像と緑量を増やした画像例
手順: m_1 w_1 r_3 y を確率モデルに入力

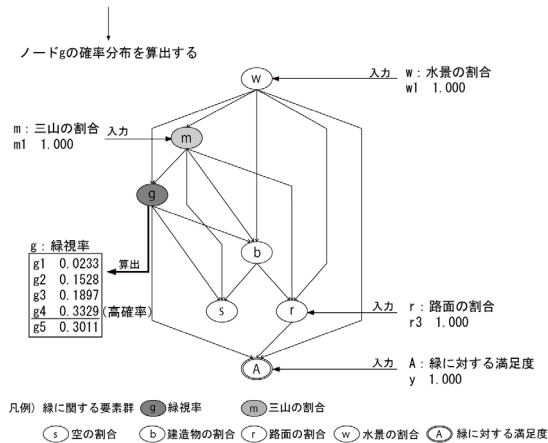


図7 近景・中景の緑視率を推測する
ベイジアンネットワークの確率推論
(6) 緑環境評価の確率モデルを用いたガイドラインの提案

このように、近景・中景の緑視率、遠景の緑視率とその調査結果が公開されている京都市の緑環境を対象とし、獲得した確率モデルを検証した。確率モデルを緑視率の規制運用に用いることを狙いとして、任意の開発地域で緑量に「満足」もしくは「不満足」の評価を推測し、「不満足」であれば「満足」に必要な緑量を推測し、近景・中景の緑視率で提示する緑環境評価の確率モデルをガイドラインとして提案する(図8)。

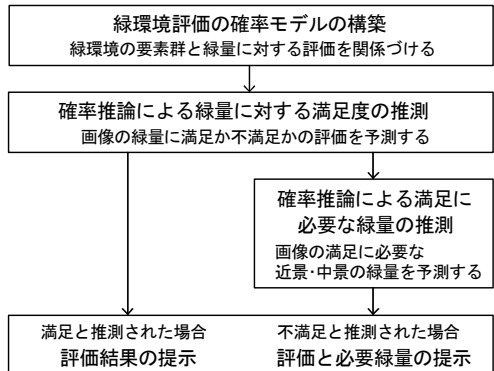


図8 近景・中景の緑視率を提示する緑環境評価の確率モデルを用いたガイドライン

(7) 自己組織化マップによる特徴マップ作成

自己組織化マップは、多次元データの空間分布を特徴マップと呼ばれる二次元平面へ非線型写像を行う。類似した構成要素の組み合わせがまとまりをつくらせて分類され、近くに位置付けられた景観はそれらの特徴が類似であることが把握できる。61 画像のデータベースを自己組織化マップに適用し、緑景観の構成要素の特徴を反映した特徴マップを作成し、印象評価実験結果を同時に可視化した(図9)。自己組織化マップは各属性の特徴も要素マップに可視化される。要素マップを用いてグループごとの特徴の分析を行った(表3)。

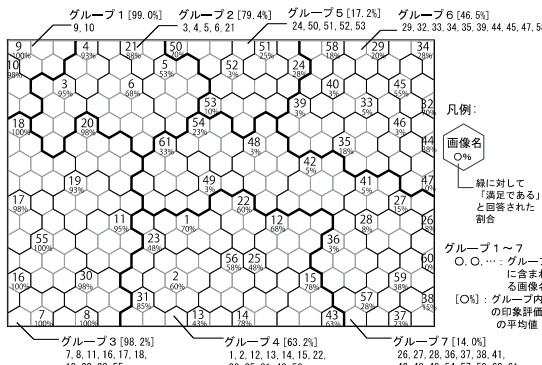


図9 印象評価実験の結果を取り入れた緑景観の特徴マップ

表3 緑景観の各構成要素の特徴を示した要素マップ

要素マップ	特徴	要素マップ	特徴
グループ1	・値が高い 三山の割合 ・値が高い 水景の割合	グループ5	・値が低い 路面の割合 ・値がやや高い 建造物の割合
グループ2	・大きな河川があり、中景に三山が見える観光地の景観 ・緑に対して「満足である」と判断される景観が集合	グループ6	・低層の建物が並ぶ小路やまちなかの景観 ・緑に対して「満足でない」と判断される景観が集合
グループ3	・大きな河川があり、遠景に三山が見える観光地の景観 ・緑に対して「満足である」と判断される景観が集合	グループ7	・高層の建物が密集する大路やまちなかの景観 ・緑に対して「満足である」あるいは「満足でない」と判断される景観が混在
グループ4	・値が高い 緑視率 ・値がやや高い 水景の割合	備考	・街路樹がほとんど見られない大路やまちなかの景観 ・緑に対して「満足でない」と判断される景観が集合
グループ5	・値がやや高い 三山の割合 ・値が高い 水景の割合		
グループ6	・値がやや高い 路面の割合 ・値が高い 建造物の割合		
グループ7	・値が高い 緑視率 ・値がやや高い 路面の割合		

凡例: 0 100(%)
要素マップの濃淡は、画像内における要素の割合の値の高低を要素ごとに視覚的に表している

(8) 緑景観評価マップを用いた印象評価推定法

特徴マップを用いて、緑景観の印象評価の推定と改善ができることを示す。特徴マップは、グループごとの分析から3つのゾーンに分割し、緑景観評価マップを得た(図10)。図11の景観を例に、図12に示す手順で印象評価推定法の検証を行った。

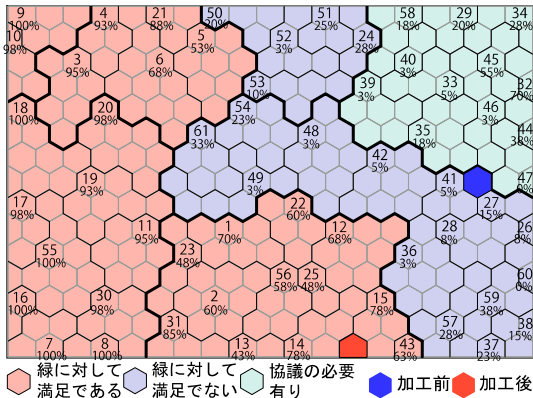


図 10 緑景観評価マップ



図 11 改善前と改善後の緑景観の画像例

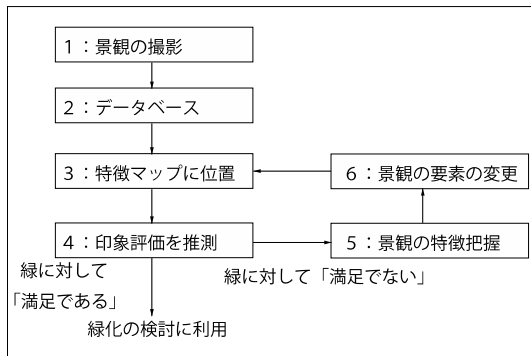


図 12 緑景観評価マップを用いた
印象評価推定法

このように眼球運動計測に基づいて抽出した空間要素群とそれらの要素群の関係を示す確率モデル、空間要素の構成の特徴と印象評価結果を示す『緑環境評価』マップを組み合わせた緑環境評価ガイドラインを提示し、これらを試行しその有用性を示した。

今後の課題として、緑環境評価のデータベース化を進め、緑環境評価の推測の精度を向上させていくことが最初に挙げられる。

本研究で示したガイドラインの策定方法に期待された成果は、景観の専門員が自分の経験や勘に基づいて景観に対する印象を推測するときに用いる暗黙知の共有であった。ガイドラインとして、生理学的なエビデンスに基づいて明示され形式化された判断基準は、数年ごとの役所内の配属替えの度に失われる専門員の判断基準や知識の共有・再利用を可能にすると考えられ、データベース化が大切となる。

また人の『緑』に対する見方を根拠にしてガイドラインを策定する方法は、地域を問わず、地域特有の特徴的な景観に合わせたガイドラインの策定を可能にし、個性的な魅力あるまちづくりへと繋がり、深い社会的意義に

結実すると考えている。

さらには景観評価スキルの獲得・伝承にも繋がり、評価項目の共通化を図れば、全国各地の景観法のフォーマット策定へ展開することも期待される。

近年、オーセンティシティ（真正性）の確保という観点から、まちなみの意匠、材料と材質、用途と機能、伝統と技術、立地と環境、精神と感性、その他内的外的要因が当初から変わらずに保持され続ける必要性が言われている。人がまちなみのどの部分にオーセンティシティを感じるのかを説明し、オーセンティシティの確保に大切な箇所を特定することは困難である。

本研究の提起する方法により、目に見える箇所に限定されるものの、生理学的な分析を根拠として、まちなみの大切な箇所に焦点を当てた整備方針の策定の可能性が広がると考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 2 件）

①宗本 晋作、山田 悟史、バイジアンネットワークを用いた緑視率に基づく緑環境評価の確率モデルに関する研究、日本建築学会計画系論文集、査読有、81(729)巻、2016、2083-2093、10.3130/aija.81.2411

②山田 悟史、藤井 健史、宗本 晋作、全方位緑視率を用いた緑地環境に対する印象評価推定モデル作成と検証-全方位緑視率と印象評価実験をもとにした自己組織化マップを用いて-、日本建築学会計画系論文集、査読有、81(727)巻、2016、2411-2419、10.3130/aija.81.2083

〔学会発表〕（計 2 件）

①山田 悟史、藤井 健史、宗本 晋作、全方位緑視率と心理評価実験を用いた感性評価予測に関する研究、日本建築学会大会、2015

②山田 悟史、藤井 健史、宗本 晋作、全方位緑視率と心理評価実験を用いた緑地環境に対する感性評価予測に関する研究、第 38 回情報・システム・利用・技術シンポジウム、2015

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宗本 晋作 (MUNEMOTO, Shinsaku)
立命館大学・理工学部・教授
研究者番号：20581490

(2) 研究協力者

山田 悟史 (YAMADA, Satoshi)
立命館大学・理工学部・任期制講師
研究者番号：00551524