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

○山田悟史[*1]　藤井健史[*2]　宗本晋作[*3]

キーワード：緑視率，緑量感，全方位視認率，自己組織化マップ，感性評価予測，ランドスケープデザイン

１．はじめに

近年，自然環境の充実化に関わる社会的取組みが数多く行われている。空間の快適性を向上させる要素としても自然環境が用いられており，一例に「緑視率」を用いた「京都市緑の基本計画」[1)] がある。研究においても緑視率に着目した研究があり，感性評価との関係性を考察した研究もあるが，多くは特定視野角内の緑視率を対象としている。それらは視野を進行方向と想定した街路・眺望空間を計画する際に有用な成果であると考えられる一方，視野の想定が困難な広場型空間を対象とした研究は実施されていない。広場型空間を対象にＣＧモデルを用いて自然環境に対する感性評価予測手法を構築することは，自然環境をどのように計画するかというデザイン行為に対する科学的・定量的なアプローチとして有用であると考えれる。そこでこれまでに筆者らは既往研究において全方位緑視率の解析手法[2)]，空間構成要素から景観評価予測する手法[3)] について発表を行ってきた。これらをふまえ本研究は，既往研究を応用することで上下を含む 360° 撮影された全天球パノラマ画像から部位別と角度別の緑視率を解析し，感性評価を予測するモデルとマップを作成することを目的とする。研究においては，第一に対象敷地の３次元モデルを用いた緑視率の計測手法を発展させる，第二に緑視率と心理評価実験を用いた感性評価予測モデルとして自己組織化マップを作成する，第三に評価予測モデルの検証を行う。

２．全方位緑視率の計測

・研究対象

本研究では自然環境が住環境の快適性の一部としてもとらえられている事と，人の視認している方向の想定が難しい広場型である事を選定理由に集合住宅の敷地内の外部空間を研究対象とした。具体的な選定に際しては，自然環境の配置が類似しないよう配慮した。具体的な対象地は，評価予測モデル作成に用いた鴫野コーポ・市営鴫野住宅４号棟・アクアガーデンコート・ウィスタリアコート・市営放出西住宅棟郡（１・２・３・４・６号館）の５敷地に，評価予測モデルの検証に用いた淀川リバータウンを加えた計６敷地である。

・角度別・部位別の解析

既往研究[2)] を発展させ，画像の階調に拠り角度別・部位別に解析する手法を構築した。図２のように角度は 0° ～ 180° を 15° で刻んだ１２段階，部位は高木

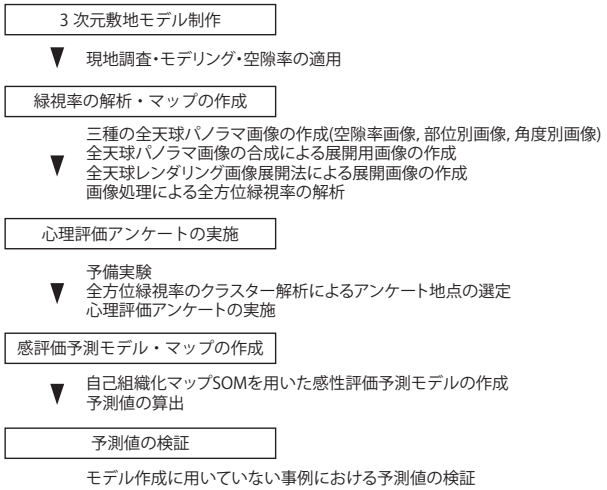

図１　研究の流れ

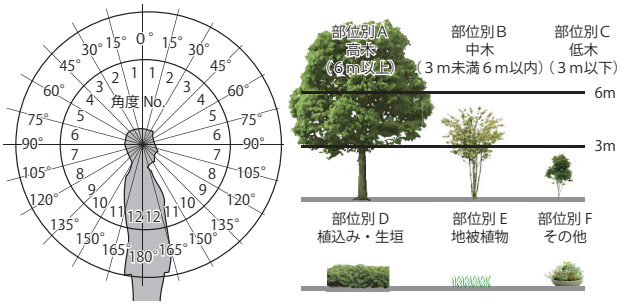

図２　解析の分類

表１　画像解析の階調表

	A(高木)	B(中木)	C(低木)	D(植込)	E(芝)	F(その他)
1(0-15°)	1(1-3)	2(4-6)	3(7-9)	4(10-12)	5(13-15)	6(16-18)
2(15-30°)	7(19-21)	8(22-24)	9(25-27)	10(28-30)	11(31-33)	12(34-36)
3(30-45°)	13(37-39)	14(40-42)	15(43-45)	16(46-48)	17(49-51)	18(52-54)
4(45-60°)	19(55-57)	20(58-60)	21(61-63)	22(64-66)	23(67-69)	24(70-72)
5(60-75°)	25(73-75)	26(76-78)	27(79-81)	28(82-84)	29(85-87)	30(88-90)
6(75-90°)	31(91-93)	32(94-96)	33(97-99)	34(100-102)	35(103-105)	36(106-108)
7(90-105°)	37(109-111)	38(112-114)	39(115-117)	40(118-120)	41(121-123)	42(124-126)
8(105-120°)	43(127-129)	44(130-132)	45(133-135)	46(136-138)	47(139-141)	48(142-144)
9(120-135°)	49(145-147)	50(148-150)	51(151-153)	52(154-156)	53(157-159)	54(160-162)
10(135-150°)	55(163-165)	56(166-168)	57(169-171)	58(172-174)	59(175-177)	60(178-180)
11(150-160°)	61(181-183)	62(184-186)	63(187-189)	64(193-195)	65(193-195)	66(196-198)
12(165-180°)	67(199-201)	68(202-204)	69(205-207)	70(208-210)	71(211-213)	72(214-216)

※：() 内は検出対象となるグレースケールバリューの範囲

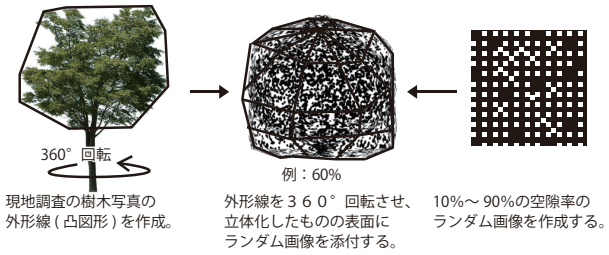

図３　樹木モデルの作成

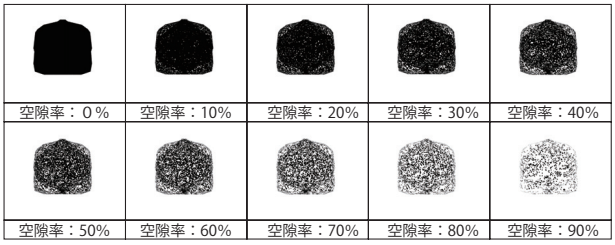

図４　空隙率

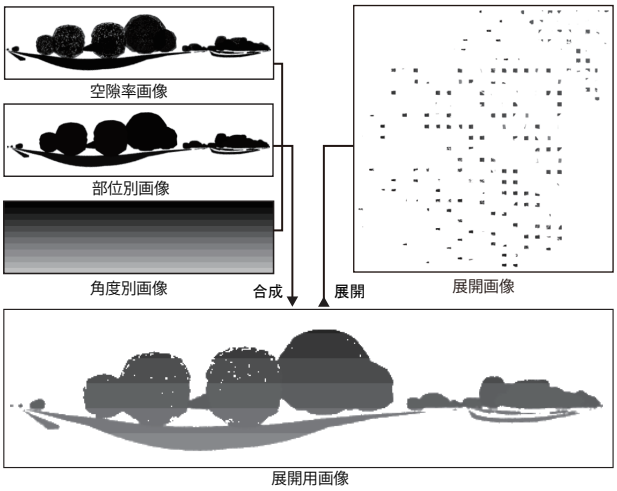

図５　画像処理の流れ

(6ｍ以上)・中木（6～3ｍ)・低木（3ｍ未満)・植込み生垣・地被植物・その他の６分類とし，全組合せの７２領域の階調を表１のように設定した。モデル作成・画像作成については後述する。

・敷地モデルの作成（図３，図４）

まず現地調査を行い樹木配置図の作成と樹木写真の撮影を行った。建物・工作物のモデルは地図と現地調査からボリュームとして作成した。樹木モデルについては，樹木写真から樹木の外形線（凸図形）を作成し，レイズにより立体化したうえで各樹木の空隙率に応じたランダム画像を貼り付け，３次元樹木モデルとした。なお空隙率は葉と葉の間に生まれる空間の密度を呼称しており，読み取りは３人以上で行い平均値を採用した。モデルに反映する際は，ポリゴンが手前と裏で重なることを考慮し，樹木写真から得た空隙率のルート値をランダム画像の空隙率として用いた。

・緑視率の計測方法（図５）

まず敷地モデルを用いて２ｍ毎に空隙率画像・部位別画像・角度別画像の３種の全天球パノラマ画像を作成した。次に３種の画像を合成し展開用画像を作成した。そして，展開用画像の上部下部の歪みを補正するために全天球レンダリング展開法を行い，展開画像を作成した。最後に画像解析により展開画像のピクセル毎の階調を読み取り７２領域の全方位緑視率を計測した。

解析結果の例を表２に示す。15°刻みの総量をみると，75°-90°を頂点としたピラミッド型ではあり75°-90°が突出している。75°-90°を除くと形状は緩やかで90°-105°や105°-120°においてはほぼ

表２　緑視率解析結果の例（アクアガーデンコート）

15°刻み	総量	部位別A	部位別B	部位別C	部位別D	部位別E	部位別ABC	部位別DE
0-15	47.93	15.11	21.85	5.03	2.29	3.65	41.99	5.95
15-30	198.55	74.36	93.18	15.77	6.42	8.82	183.31	15.24
30-45	366.51	128.11	160.57	41.66	13.56	22.60	330.35	36.17
45-60	618.25	198.45	268.05	80.19	29.56	41.99	546.70	71.54
60-75	1065.20	315.38	475.08	169.07	54.35	51.32	959.53	105.67
75-90	1774.65	440.38	839.49	362.45	76.14	56.19	1642.32	132.33
90-105	944.73	90.22	182.95	158.17	240.18	273.21	431.34	513.40
105-120	912.05	96.81	117.55	97.66	259.04	341.00	312.01	600.04
120-135	762.84	72.97	98.03	98.23	195.32	298.29	269.23	493.61
135-150	575.81	56.40	73.02	93.12	124.56	228.71	222.54	353.27
150-165	349.50	36.91	56.56	53.52	65.30	137.22	146.99	202.51
165-180	143.20	32.26	26.33	23.34	23.19	38.08	81.92	61.27

30°刻み	総量	部位別A	部位別B	部位別C	部位別D	部位別E	部位別ABC	部位別DE
0-30	246.48	89.47	115.03	20.80	8.72	12.47	225.30	21.19
30-60	984.76	326.57	428.63	121.85	43.12	64.59	877.05	107.71
60-90	2839.85	755.76	1314.57	531.52	130.49	107.51	2601.85	238.00
90-120	1856.78	187.02	300.50	255.82	499.22	614.21	743.35	1113.43
120-150	1338.65	129.37	171.05	191.35	319.88	526.99	491.78	846.88
150-180	492.70	69.17	82.88	76.86	88.49	175.30	228.91	263.79

60°刻み	総量	部位別A	部位別B	部位別C	部位別D	部位別E	部位別ABC	部位別DE
0-60	1231.24	416.03	543.66	142.66	51.83	77.06	1102.35	128.90
60-120	4696.63	942.78	1615.07	787.34	629.71	721.72	3345.20	1351.43
120-180	1831.35	198.55	253.93	268.21	408.37	702.29	720.69	1110.66

	総量	部位別A	部位別B	部位別C	部位別D	部位別E	部位別ABC	部位別DE
総量	7759.23	1557.37	2412.66	1198.21	1089.92	1501.07	5168.23	2590.99

表内の値はピクセル数

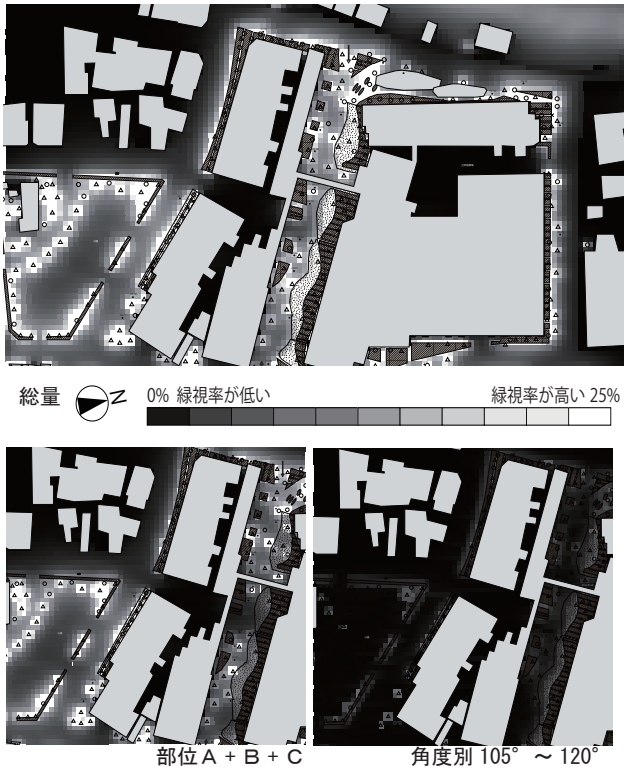

図６　緑視率マップの例（アクアガーデンコート）

同値である。また，部位別ABCはかなり急な勾配な片勾配ピラミッド型であるが，部位別DEは90°-135°までほぼ勾配がなく，105°-120°を頂点としている緩やかな勾配である。部位別では，部位別Bが１番高く，実際のアクアガーデンコートの樹種が反映された。また，芝が丘状になっており，これが反映されて地被植物である部位別Eの値が，120°-180°ではなく60°-120°で高くなった。また解析メッシュ毎の値を地図化した図が図６に示す緑視率マップである。緑視率マップは，敷地内の緑視率を総量・角度別・部位別それぞれにて作成が可能であり，敷地内でどのような緑

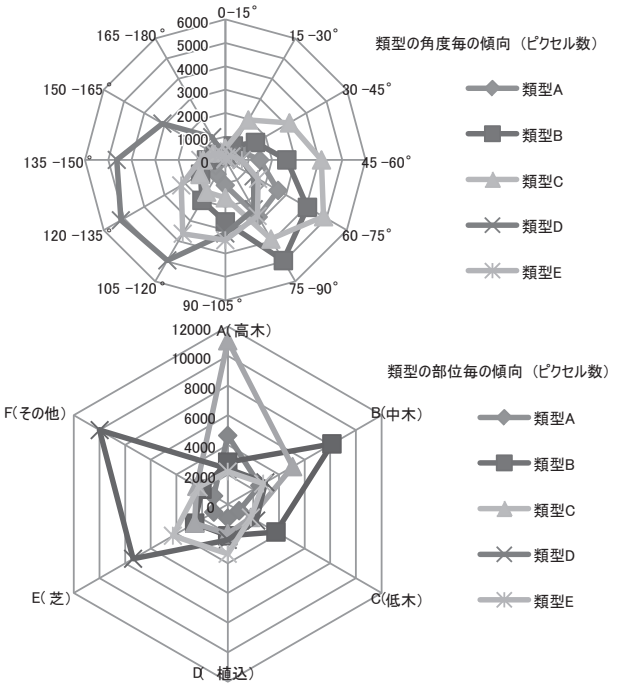

図７　アンケート地点候補５類型の傾向

が多いか，どの角度における緑が少ないかを視覚的にも把握する事が出来る。本原稿では省略したが敷地間で比較して敷地の特徴を定量的・視覚的に把握することも可能である。

３．感性評価予測

・アンケート

感性評価アンケートは５段階SD法を現地にて行った。アンケート地点については緑視率７２領域を変数にクラスター解析を行い，得られた５類型から類型特性が顕著な地点を選び５敷地合計１３７地点で行った。５類型の傾向を図７に示す。現地アンケートでは，敷地内を３０分程度回った後にアンケート地点に立ち周囲を観察し，アンケート項目に回答して貰った。項目は自然環境に関連する項目（多い－少ない，満足－不満足，十分－不十分，囲われている－いない，広がりがある－ない，近い－遠い，覆われている－いない，部位Ａ～Ｅが多い－少ない（「緑が」「緑に」を省略して表記））と空間評価に関わる項目，属性等，回答理由に関するヒアリング調査とした（表３）。実施日は8月8・9・16・17・18日，被験者は大学生・院生男女30名である。このうち20名は対応のある被験者であり，10名は対応のない被験者である。

・感性評価予測モデル

既往研究[3)]を応用し，５事例の緑視率とアンケート結果を用いた自己組織化マップ（SOM）を感性評価予測モデルとして作成した。このモデルを用いてアンケート未実施点の感性評価値を予測し地図化したものが図８の感性評価予測マップである。

敷地内の場所別にみると，多種の緑視率が高いエントランス周りは「満足ー不満足」の評価予測値が高い。2棟の間に配置された並木道も多種の緑視率が高く「満足ー不満足」の評価予測値が比較的高く，「緑が多いー少ない」よりも高い傾向がある。高中木の緑視率が高い公園に挟まれた敷地外周道路の南側は「満足ー不満足」の評価予測値が高いが、他の外周道路部分は低く、特に北側が低い。建物外周は灌木・植え込みの緑視率

表３　緑地環境に対する感性評価の項目

緑が多いー少ない	植え込み・生垣が多いー少ない
緑に満足ー不満足	芝が多いー少ない
緑にが十分ー不十分	緑が手入れされているー手入れされていない
緑に囲われているー囲われていない	安らぎのあるー安らぎのない
緑に広がりがあるー広がりがない	さわやかなーうっとうしい
緑が近いー遠い	潤いのあるー殺風景な
木に覆われているー覆われていない	建物に囲われているー囲われていない
高い木が多いー少ない	建物がきれいー汚い
木か多いー少ない	

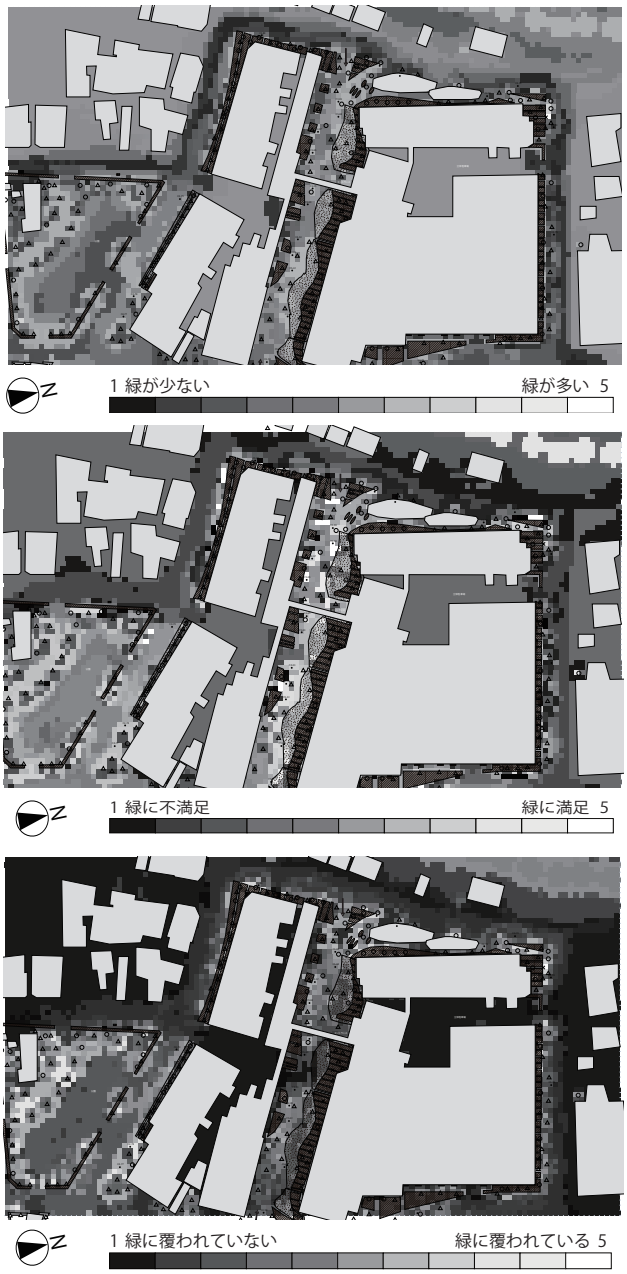

図８　感性評価予測マップの例
アクアガーデンコート

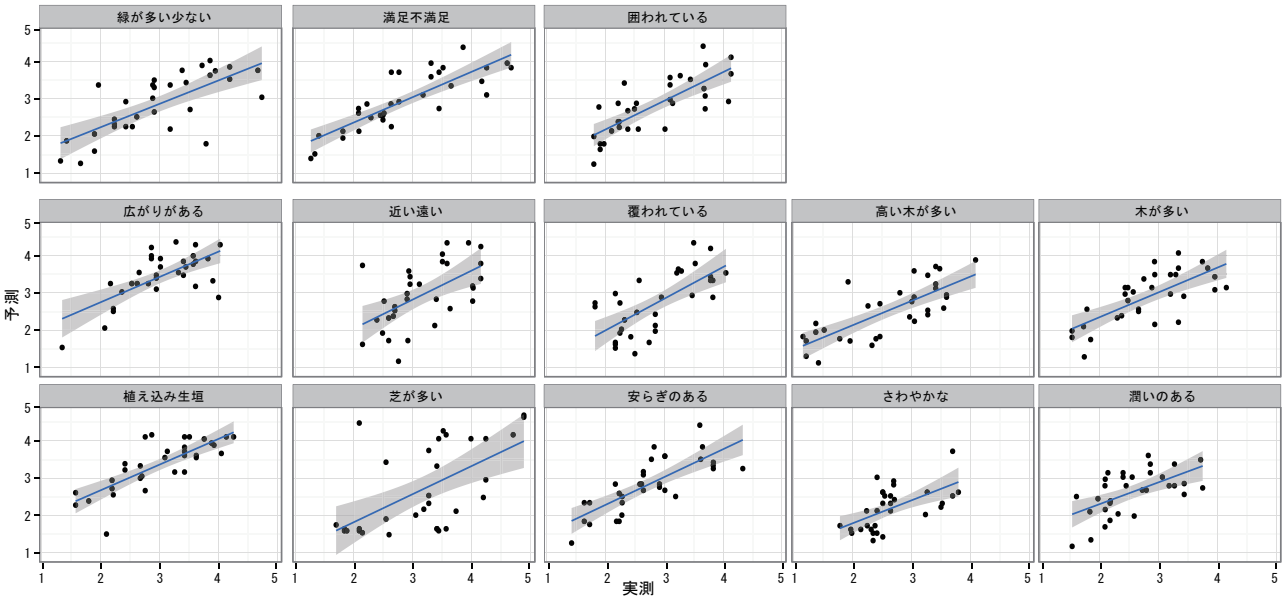

図９　実測値と予測値の散布図（回帰直線は最小２乗法による）

が高く「満足ー不満足」の評価予測値は比較的高いが、建物の中心部に対し外周側はやや低い。緑視率マップから芝が「満足感」に影響を与えた可能性がある。アクセス動線は多種の緑視率が高く「満足ー不満足」の感評価予測値が高い。このように感性評価予測マップから人の緑環境に対する感性評価予測を場所ごとに比較・評価することが出来る。本研究では各場所の設計意図については調査していないが，計画者であれば設計意図と照らし合わせることも出来る。なお原稿の頁数の都合上掲載していないが，アクアガーデンコート以外でも作成しており，敷地間での比較も可能である。このように感性評価予測モデルとマップの作成は，敷地内で人が自然環境をどのように評価するかを定量的・視覚的に把握することを支援する。次章では評価予測値の検証結果について示す。

４．感性評価予測モデルの検証

感性評価予測モデル作成には用いてない第６事例にて同様の現地アンケート調査を行い，予測値との比較を行った。アンケート地点はモデル作成時と同様の方法で 32 地点を選定した。実施日は 11 月 5 日・6 日，被験者は同様である。実測値と感性評価予測値を比較した結果を図９と表４に示す。５事例内での相関値は全項目 0.9 前後と高い相関が見られたが，第６事例では相関値が表４のような値となった。これらの相関の無相関検定を行った所，全ての項目において有意水準 5% で帰無仮説が棄却された。p 値（自由度は全て 30）は表のような値となっており多重性を考慮し p 値の判断水準を 1/13 程度にしても有意性の判断が保持される値である。図９のデータ分布及び 95% 信頼区間の下限が概ね 0.4 程度であることからも，総じて中程度の相関が認められる。このことから，予測値はモデル作成対象地内の未実験地点を予測する程の精度は得られないが，中程度の相関をもつ精度で予測出来ていると考えられる。

表４　相関係数の検定（ピアソンの積率相関係数法）

項目	相関係数	t値	p値	95%信頼区間下限	95%信頼区間上限
緑が多い少ない	0.7174	5.6401	3.83E−06	0.4917	0.8528
満足不満足	0.8340	8.2775	3.07E−09	0.6842	0.9162
囲われている	0.7697	6.6027	2.62E−07	0.5754	0.8817
広がりがある	0.6711	4.9578	2.62E−05	0.4209	0.8264
近い遠い	0.5754	3.8533	0.0005706	0.2836	0.7697
覆われている	0.6931	5.2664	1.10E−05	0.4542	0.8390
高い木が多い	0.7583	6.3711	4.97E−07	0.5568	0.8755
木が多い	0.7085	5.4992	5.69E−06	0.4779	0.8478
植え込み生垣	0.7863	6.9695	9.64E−08	0.6028	0.8907
芝が多い	0.6008	4.1163	0.0002771	0.3189	0.7850
安らぎのある	0.7686	6.5797	2.79E−07	0.5736	0.8811
さわやかな	0.5932	4.0360	0.0003458	0.3083	0.7805
潤いのある	0.5881	3.9826	0.0004005	0.3012	0.7774

５．まとめ

本研究では以上のよう緑視率と心理評価実験を用いて感性感評価予測モデルの作成と検証を行った。本研究はＣＧモデルを用いているため，計画案でも適用が可能である。今後は，科学的・定量的なデザイン手法の構築に向けた予測精度の向上，感性評価項目同士・緑視率との詳細な因果関係の考察を課題とする。

謝辞

本研究に関わる調査の実施・解析に際して西浦吉起氏・藤本友美氏の協力を得た。記して謝意を表する。

参考文献

1）京都市建設局水と緑環境部：第 1 次京のみどり推進プラン，平成 23 年 5 月
2）藤井健史，山田悟史，廣瀬徳郎，及川清昭：CG モデルによる全方位緑視率の計量手法とその応用可能性，日本建築学会技術報告集，第 19 巻，第 43 号，pp1067-1072，2013 年 10 月
3）宗本晋作，山田悟史：自己組織化マップによる空間要素の可視化分析を用いた通りの印象評価推定法に関する研究－京都市伝統的建造物保存地区を対象として－，日本建築学会計画系論文集，第 80 巻，第 708 号，掲載決定 2015.2，日本建築学会
4）藤井健史，山田悟史，窪園翔治，及川清昭，宗本晋作：小学校の自然監視性の評価手法－ ＣＧモデルによる窓の立体的な可視量の計量方法とその応用可能性－，日本建築学会計画系論文集 第 77 巻，第 676 号，pp. 1309-1318, 2011. 12，日本建築学会
5）宗本晋作，山田悟史：ベイジアンネットワークを用いた緑視率を指標とした緑環境評価の確率モデルに関する研究－京都市の景観を対象として－，第 37 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集：論文（本論審査），pp55-60, 2014. 12，日本建築学会

＊1 早稲田大学 人間科学学術院 人間環境科学科 助教・博士（工学）
＊2 東京理科大学 工学部 建築学科 助教・博士（工学）
＊3 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 准教授・博士（工学）