

容量次元を用いた歩道植栽の景観評価に関する研究

○山邊 友一郎^{*1} 谷 明勲^{*2}
 住吉 孝一^{*3}

キーワード：容量次元 歩道植栽 景観評価

1. はじめに

歩道には様々な植栽が植えられており、都市景観形成に寄与している。景観評価は主観的な側面が大きい、定量的かつ客観的な指標により景観を評価することができれば、適切な植栽配置計画策定に役立つことが期待できる。近年、自然界に存在する形態の中に存在する複雑性や自己相似性を記述するフラクタル幾何学¹⁾についての研究が進められており、形態認識への応用・定量化や都市景観特性を評価する指標への応用が目指されている^{2,3)}。都市景観が視覚的に及ぼす影響に関する研究は数多く実施されているが、景観を記述するために感覚的な言葉で表現されることが多いため、客観的に景観を評価する手法が必要とされている⁴⁾。

建築・都市の景観・形態評価にフラクタル次元を求める方法の一つである容量次元を応用した研究として、筆者らによる一連の研究^{5~7)}、及川らによる景観評価の定量化に関する研究⁸⁾、佐藤らによる建築平面形態の特徴分析に関する研究⁹⁾などがある。

本研究では、植栽を有する歩道を対象として、容量次元を用いて景観評価を行うことを目的とする。都市部における歩道は、移動する機能を満たすと同時に、散歩の際には街路樹などにより季節の移り変わりを感じることで癒しの空間としての役割も求められる。また、歩道は移動を伴う連続空間として存在するため、1枚の切り取った画像のみで、その景観を評価することは難しい。よって本研究では、実際に歩道を歩く状況を想定して、連続画像を用いてシーケンス景観としての歩道景観を評価する。また歩道を歩く際、視界には道、街路樹、街灯、塀、柵、建物、空など様々なものが存在するが、本研究では問題の単純化及び景観評価に及ぼす影響の切り分けを目指して、低木によって構成される歩道沿いの植栽の変化と景観評価との対応を考察する。そのため、撮影画像から特定の色域のみを抽出することにより、歩道植栽部分のみを抽出して容量次元を求めるシステムを構築した。また、容量次元を求める際には、画像の色に関する情報は削除されるため、低木で構成される植栽の色の変化は画像解析では無視されることになる。よって、本研究の発展として歩道沿いの塀や建物、花壇などを変数として設定しても、色の変化を画像解析に反映することはできないことに注意が必要である。

2. 歩道植栽の画像解析

2. 1 撮影対象及び方法

本研究では、表1及び図1に示すA~Hの8箇所の歩道を対象として画像解析・景観評価を行った。撮影に当たっては条件を揃えるため、①晴天、②午前10時から午後3時、③一眼レフデジタルカメラ（有効画素数15,054,336画素）、④視点及び視心の高さは歩行者の目線高さ（約1.5m）、⑤歩道進行方向と平行、という5つの条件のもとで撮影した。尚、連続性を有する歩道をシーケンス景観として評価するため、一方向に歩きながら約5m間隔で7枚撮影し（図2参照）、連続写真により歩道植栽景観を代表させた。

表1 撮影場所・撮影日

A	つくば市天久保	12月21日
B	神戸市中央区海岸通	1月11日
C	神戸市灘区篠原中町	1月9日
D	つくば市千現	12月21日
E	神戸市中央区伊藤町	1月9日
F	つくば市大穂	1月5日
G	つくば市並木	12月21日
H	神戸市灘区将軍通	1月13日



図1 歩道A~Hの写真

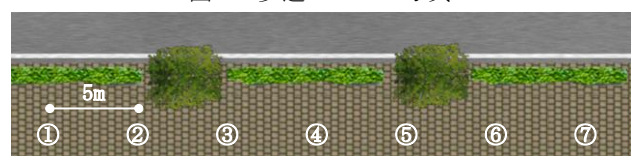


図2 連続写真撮影位置

2. 2 画像処理

画像解析の準備として、撮影した写真を以下の手順①～⑥に従って画像処理を行った。

- ①コントラスト、レベル、カラーを補正
- ②植栽部分だけを残すため、色域指定により特定の色域（図3参照）を抽出する。尚、指定した色域は撮影画像に含まれる植栽部分から抽出したものである。
- ③グレースケールに変換
- ④モノクロ 256 階調の 128 を閾値として 2 階調化
- ⑤ノイズ除去
- ⑥画像ファイルの種類を BMP 形式に変換

参考として、図4～6に歩道A-①の画像を対象として、元画像、手順②、手順④の画像処理を行ったものをそれぞれ示す。また、歩道Aの7枚の連続写真を画像処理したものを図7に示す。

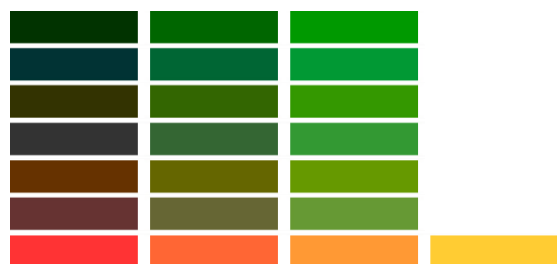


図3 色域指定



図4 元画像



図5 特定色域を抽出した画像（手順②）

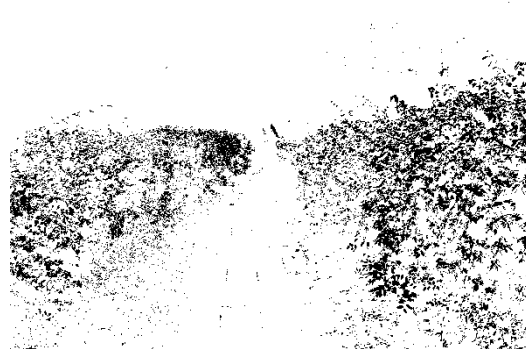


図6 2階調化した画像（手順④）

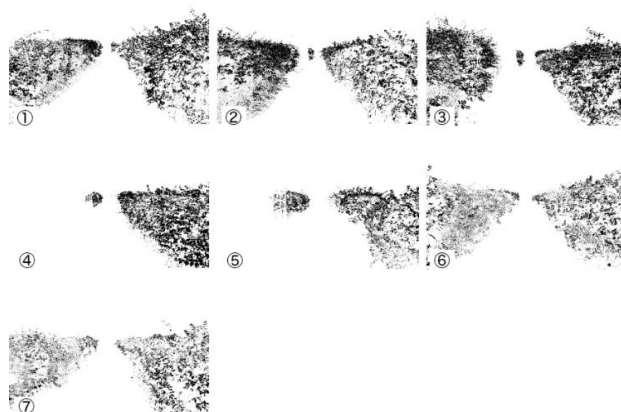


図7 連続写真（A-①～⑦、画像処理後）

2. 3 容量次元の計算

2 階調化された画像を対象としてボックスカウンティング法により各画像の容量次元を求めるプログラムを作成した。ボックスカウンティング法とは、解析対象となる図形を正方形のセルで分割し、セルの一辺の長さ（分割幅）と図形要素を含むセルの総数を両対数グラフ上にプロットして直線近似し、直線の傾きの絶対値から容量次元（以下 D 値とする）を求める方法である。本研究では以下の手順①～⑤に従って容量次元を求めた。

- ①図形上に格子状に組まれた正方形セル（1 辺の長さを分割幅 r とする）を重ね合わせる
- ②セル内に図形の要素を含むセルの数 $N(r)$ を求める
- ③分割幅 r を順次大きくしながら $N(r)$ を求める
- ④両対数グラフ上に $\log_{10} N(r)$ と $\log_{10} r$ を縦軸、横軸にそれぞれプロットする
- ⑤最小二乗法で近似直線を求め、その直線の傾きの絶対値を D 値とする

本研究では分割幅 r の最小値を 1 ピクセルとして $r=1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 16 \rightarrow 32$ と増加させた。図8にこのときの図形の変化の過程を示す（セル内に図形要素を含む正方形セルは黒く塗りつぶされている）。また手順④に従って両対数グラフ上に点をプロットした例を図9に示す。図中、

赤色のマーカーは、 r 及びその変化に対応させて求めた $N(r)$ を対数グラフ上にプロットしたものを示し、青色の点線は最小二乗法で求めた近似直線を示す。上記の方法により歩道 A～H の連続写真①～⑦について D 値を求めた結果を表 2 に示す。

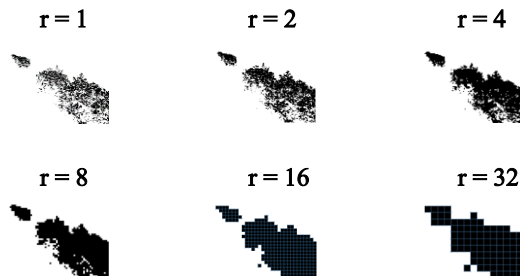


図 8 図形の変化

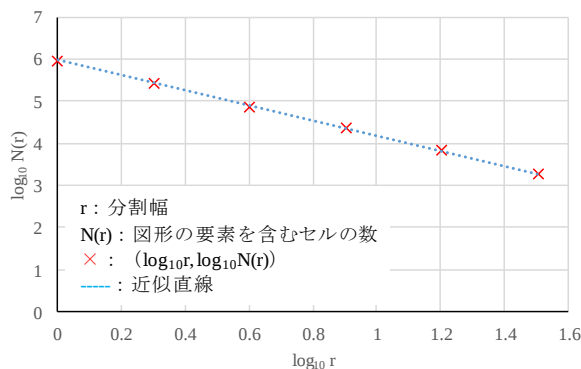


図 9 計算結果のプロット例

表 2 歩道植栽の D 値 (A～H: 歩道の記号、①～⑦: 連続写真の撮影位置)

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
A	1.68	1.67	1.74	1.76	1.65	1.57	1.56
B	1.78	1.79	1.79	1.74	1.78	1.80	1.78
C	1.66	1.71	1.59	1.73	1.73	1.68	1.82
D	1.72	1.69	1.68	1.71	1.68	1.70	1.68
E	1.76	1.75	1.73	1.77	1.75	1.74	1.76
F	1.52	1.70	1.49	1.65	1.45	1.56	1.51
G	1.78	1.78	1.77	1.75	1.75	1.75	1.77
H	1.78	1.77	1.66	1.66	1.71	1.71	1.69

3. アンケートによる景観評価調査

3. 1 方法

歩道植栽に着目した上で、好ましいと感じる歩道の順位付け及び、歩道の印象を自由記述してもらう形式で 25 人を対象にアンケート調査を行った。回答者の属性を表 3 に示す。回答者には、歩道沿いの植栽に注目してもら

うため、歩道及び植栽以外の部分をマスク処理した 7 枚の連続写真(図 10 参照)を gif 形式のコマ送りアニメーションに編集して、23 インチ液晶モニタ上で最大化して提示することによりアンケート調査を実施した。

表 3 回答者の属性

性別	男性	女性	計
n	8	17	25
%	32	68	100

年齢	18 歳未満	18～24 歳	25 歳以上	計
n	5	18	2	25
%	20	72	8	100



図 10 マスク処理した連続写真(歩道 A)

3. 2 結果

アンケートによる順位付け調査結果を表 4 に示す。表中 No. 列は回答者の番号を示し、歩道 A～H に 1～8 の順位付けを行った結果を示す。最下行に 25 人の回答者が付けた順位の合計値を示し、この値が小さいほど回答者が好ましいと感じたことを表している。また、回答者が 1 位と付けた箇所の背景を緑色で示す。表 5 には、アンケート調査で回答者に自由記述してもらった A～H の歩道の印象調査結果を示す。尚、好印象と判断できるコメントを緑字で表記する。

4. 考察

各歩道の連続写真の D 値の分布を図 11 に示し、最小値、最大値、平均値、標準偏差を表 6 にまとめて示す。また、標準偏差を棒グラフで図 12 に示す。さらに、表 4 で示した順位付けの合計値を棒グラフで図 13 に示す。

図 11 及び表 6 より、歩道 A～H の D 値の分布をみると、最小値は 1.45～1.75、最大値は 1.70～1.82、平均値は 1.56～1.78 に分布しており、平均値の平均は 1.70 であつ

表4 順位付け調査結果

No.	A	B	C	D	E	F	G	H
1	5	2	6	4	1	8	3	7
2	6	4	5	1	2	7	3	8
3	4	1	7	3	2	8	5	6
4	1	3	7	4	2	8	6	5
5	5	1	7	4	2	8	3	6
6	5	2	8	4	3	6	1	7
7	5	2	7	1	3	8	4	6
8	6	2	5	4	1	8	3	7
9	5	1	6	3	2	8	4	7
10	5	1	8	3	2	4	6	7
11	7	1	5	4	2	6	3	8
12	7	1	6	2	5	8	3	4
13	5	8	4	1	7	2	6	3
14	5	1	8	4	3	7	2	6
15	4	3	7	6	2	8	1	5
16	4	3	2	6	1	8	5	7
17	4	8	5	6	2	3	7	1
18	1	6	2	7	3	8	4	5
19	7	2	6	8	3	4	1	5
20	8	1	3	2	5	6	7	4
21	7	3	2	4	1	8	5	6
22	5	1	6	3	2	7	4	8
23	3	1	5	4	2	8	7	6
24	5	3	7	2	1	6	4	8
25	5	2	6	1	3	8	4	7
計	124	63	140	91	62	170	101	149

表5 印象調査結果

A	自然を感じる、覆われている感じがよい、田舎を思い起こさせる、落ち葉に癒される、整っていない、鬱陶しい
B	整っている、手入れされている、良い印象、癒される緑ではない
C	植物の種類が多い、多様、汚い、整備されていない、計画的でない、雑然
D	整っている、丸みが可愛らしい、工夫されている、低木の間隔が気になる、人工的
E	整然としている、とてもきれい、きっちりしている、計画的、連続的、垣根が低い、単調、淋しい
F	寂しい、汚い、嫌い、垣根の意味がない、物足りない
G	整備されている、癒される、単調、邪魔に感じる、圧迫感がある、鬱陶しい
H	草が多すぎる、まとまりがない、ごちゃごちゃしている、整然としていない

表6 D値の分布

	最小値	最大値	平均値	標準偏差
A	1.56	1.76	1.66	0.073
B	1.74	1.80	1.78	0.017
C	1.59	1.82	1.70	0.067
D	1.68	1.72	1.69	0.014
E	1.73	1.77	1.75	0.012
F	1.45	1.70	1.56	0.082
G	1.75	1.78	1.76	0.013
H	1.66	1.78	1.71	0.045

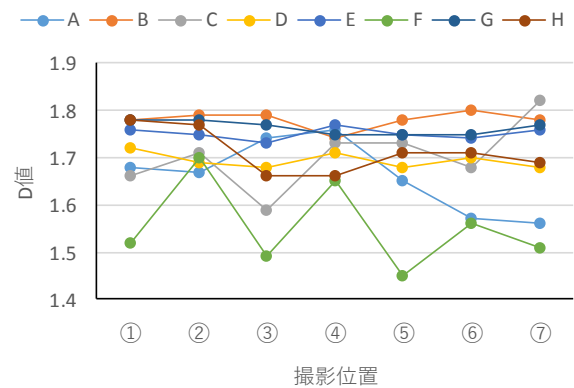


図11 D値の分布

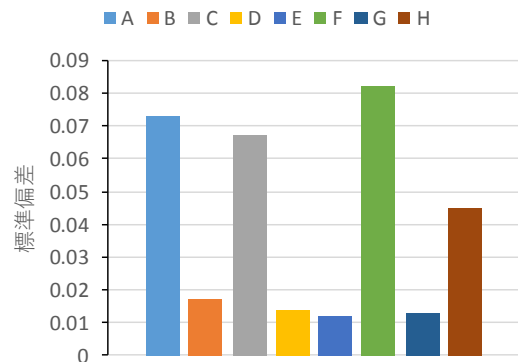


図12 標準偏差

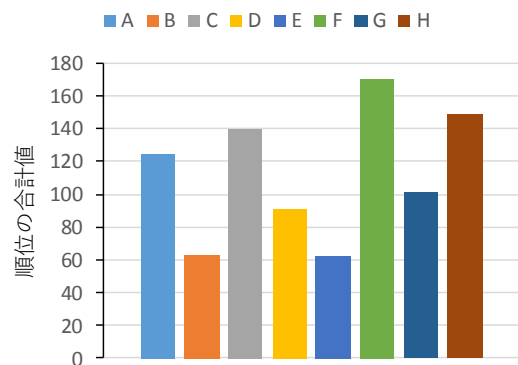


図13 順位の合計値

た。図 12 及び表 6 より、標準偏差は 0.012~0.082 の間に分布し、ばらつきが大きいグループ (A、C、F、H) と小さいグループ (B、D、E、G) の二つのグループに分類できる。一方順位付け結果については、評価の高い上位グループ (B、D、E、G: 表 6 で背景を緑色で示す) と評価の低い下位グループ (A、C、F、H) に分類できる。

まず、順位付け調査結果と D 値の分布の対応について述べる。最小値については、評価上位グループは D 値が 1.68 以上であるのに対して、評価下位グループは D 値が 1.66 以下であり、最小値が大きい歩道の方が好ましく感じられる傾向があった。一方、最大値及び平均値については、順位付けとの対応に明確な傾向はみられなかった。標準偏差については、評価上位グループは 0.017 以下であるのに対して、評価下位グループは 0.045 以上と明瞭な差異が観察された。これは、評価上位グループは標準偏差が小さいグループと対応し、評価下位グループは標準偏差が大きいグループと対応することを示している。

次に、順位付け調査結果、印象調査結果及び D 値の分布との対応について述べる。印象調査結果で好印象のコメントが得られた歩道は (A、B、D、E、G) であった。これは、歩道 A を除外すれば、標準偏差が小さく、かつ評価上位グループである (B、D、E、G) と一致した。評価上位グループ (B、D、E、G) では「整っている」、「整然としている」、「手入れされている」などの印象が並び、人の手により均質な景観が連続することを好ましく感じていることがわかる。一方、評価下位グループ (A、C、F、H) では「整っていない」、「汚い」、「まとまりがない」などの印象が並び、手入れが行き届いていない様子を好ましく思わないことがわかる。但し、歩道 A については、標準偏差が大きく順位は 5 位であるが、「自然を感じる、覆われている感じがよい、田舎を思い起こさせる、落ち葉に癒される」という好意的な印象がある一方、「整っていない、鬱陶しい」など否定的な印象もあり、評価が分かれる結果となった。

さらに、本稿では歩道植栽のある景観をシークエンス景観として評価する手法を提案したが、連続した画像を用いずに 1 枚の画像のみで解析・評価を行う仕組みも考えられる。しかしその場合、図 12 からわかるように、歩道のどの場所で撮影するかによって画像の D 値は一定しない場合があり、歩道を代表する D 値を定めることが難しい。また、表 5 に示す印象評価については、画像の連続性に影響を受ける印象を導くことができなくなる恐れがある。よって、本稿で対象とした連続性を有する歩道の景観を対象とする場合、1 枚の画像のみで解析・評価を行うことは望ましくないと考える。

5. まとめ

本稿では、歩道植栽を対象として都市景観の画像解析及びアンケート調査を行い、容量次元 (D 値) と景観評価との関連性について考察した結果、以下のことを明らかにした。

- ①歩道植栽の D 値は 1.45~1.82 の間に分布し、その平均値は 1.70 であった。
- ②D 値の分布と順位付け結果との対応では、最小値は大きい方が好ましく感じられ、標準偏差は小さい (ばらつきが小さい) 方が好ましく感じられる傾向があった。
- ③順位付け結果と印象調査結果の対応については、手入れの行き届いた歩道植栽を好ましく感じる一方、手入れが不足して順位付け結果は良くない場合でも、自然に近い様子に癒しを感じるという意見もあった。
- ④以上より、歩道植栽の D 値を求めることで、多くの人が好ましいと感じる歩道植栽を判別することの可能性を示すことができたと考える。

今後は、本研究で考慮しなかった高木植栽、塀、建物なども含めた歩道景観の評価システムへと発展させる予定である。

【参考文献】

- 1) 高安秀樹：フラクタル，朝倉書店，pp.1-7，1986.
- 2) カール・ボーヴィル：建築とデザインのフラクタル幾何学，鹿島出版会，1997.
- 3) B・マンデルブロ：フラクタル幾何学，日経サイエンス社，pp14-15，1985.
- 4) 国土交通省都市・地域整備局都市計画課：景観形成の経済的価値分析に関する検討報告書，Aug. 2007.
- 5) 梶原優樹，谷明勲，山邊友一郎，河村廣：建築・都市景観のフラクタル次元解析－回帰分析による建築景観のフラクタル解析－，第 28 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集，pp.199-202，2005.12
- 6) 王翊，谷明勲，河村廣，山邊友一郎：容量次元に基づく 3 次元都市空間の形態分析に関する研究，第 28 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集，203-206，2005.12
- 7) 別所良祐，山邊友一郎，谷明勲：ボックスカウント次元を用いた都市景観の注視点の研究，日本計算工学会計算工学講演会論文集，Vol.18，H-1-3，pp.1-4，June 2013.
- 8) 及川奉之，堀口敬：景観評価の定量化に関する研究 (IV)－都市景観のフラクタル次元－，第 31 回照明学会全国大会講演論文，July. 1998.
- 9) 佐藤祐介，新宮清志：修正ボックス・カウント法による建築平面形態の特徴分析，日本ファジィ学会誌 14(2)，pp.198-207，2002.

*1 神戸大学大学院工学研究科 准教授 博士(工学)

*2 神戸大学大学院工学研究科 教授 博士(工学)

*3 元神戸大学工学部 学部生

Landscape Evaluation of Sidewalk Planting using Capacity Dimension

○ Yuichiro YAMABE^{*1}

Akinori TANI^{*2}

Koichi SUMIYOSHI^{*3}

Keywords: Capacity Dimension, Sidewalk Planting, Landscape Evaluation

The landscape evaluation is subjective, therefore if we can evaluate the landscape by quantitative and objective indicators, it can be expected to be useful for proper planting placement planning. The purpose of this research is to verify the effectiveness of a method to objectively and quantitatively evaluate urban landscape by using fractal dimension. The feature of this research is to evaluate the sequence landscape using continuous pictures taken at regular intervals and to extract only a specific color gamut from the photographed image and perform image analysis.

In this research, image analysis and landscape evaluation were conducted for 8 sidewalks. In order to evaluate the sidewalk with continuity as a sequence landscape, seven photographs were taken at an interval of 5 meter while walking in one direction. As a preparation for capacity dimension analysis, the captured images were converted to black and white. A program for calculating the capacity dimension of each image by box counting method was prepared. Questionnaire survey was conducted to 25 people, in a format that allows freely describing the order of sidewalk favorites and the sidewalk impression.

In this research, image analysis and questionnaire survey of urban landscape were conducted, and the following relation between capacity dimension and landscape evaluation was clarified. The capacity dimension of sidewalk planting was distributed between 1.45 and 1.82, and its average value was 1.70. In the correspondence between the distribution of the capacity dimension and the ranking result, there was a tendency that it is felt that the smaller standard deviation is preferable landscape. In correspondence between the ranking result and the impression survey result, even when the evaluation of the ranking result is low, there was an opinion that it feels healing in a state close to nature. From the mentioned above, it is possible to discriminate the sidewalk planting that many people feel preferable, by finding the capacity dimension of sidewalk planting. In the future, we are going to apply this method to a landscape evaluation system using seamless videos.

*1 Associate Professor, Graduate School of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.

*2 Professor, Graduate School of Engineering, Kobe University, Dr. Eng.

*3 Former Undergraduate Student, Faculty of Engineering, Kobe University