樹木の活力度の景観評価に与える影響

三浦利夫*・森本幸裕**・飛岡次郎*

The Effect of the Vigor of Trees on Landscape Evaluation

MIURA, Toshio*, MORIMOTO, Yukihiro**, TOBIOKA, Jiro*

114 115

活力度の高い健全な樹木は、人々に「うるおい」や「やすらぎ」を提供している。しかし、活力度について統一された定量的な定義はなく、活力度の評価法やシステム化が望まれている。

本研究は、赤外線テレビカメラを使用して光学的に樹木の活力度を解析し、NDVI 画像の輝度値により定量的な評価を行った。また、目視により利用者に与える心理的影響を階層分析法と SD 法を活用して検討を行った。その結果、光学的評価システムの有効性と、活力度の高低が景観性・自然性・快適性及び緑空間の評価に与える影響が明らかになった。

1. はじめに

緑空間の樹木・樹林は、利用者に快適な環境を提供している。活動度が高く生き生きとした樹木は『うるおい』や『やすらぎ』を与える機能が強く、反対に活動度が低く衰弱した樹木は、快適な緑空間の阻害要因となる。樹木の活動度（健康状態）は、良好な緑空間を創出するための重要な要因と考えられる。

しかし、樹木の活力度は形態的特性と生理的特性の両面から検討する必要があるため評価が難しく、活力度についての統一された定量的な定義は未だに見られない。現在、活力度の判定や指標化のため、各種の研究が行われている。その中で樹木の近赤外線反射特性を利用した光学的手法による活力度の評価^{1,4)}は、樹木の活力度の判定に関して興味深い結果を出しているが、樹木の活力度の高低が景観評価に及ぼす影響を分析した研究はほと

んど見られない。

本研究は、森本らが構築した赤外線テレビカメラによるリモートセンシングシステムを用いて樹木の活力度の評価を行うとともに、活力度の高低が緑空間に与える心理的影響を明らかにするものである。心理的影響の評価は階層分析法により評価基準を明確にし、活力度の違いが与える影響を解析した。さらに、SD法により活力度別のイメージを把握し、樹木の活力度が緑空間の評価に与える影響を検討した。

2. 研究方法

筆者らが、これまでに公園緑地等で赤外線テレビカメラにより撮影・調査を行った樹木の中から、活力度の異なるケヤキを5サンプル抽出し、光学的手法と目視による評価の両面から解析を行った。

2.1 光学的手法

健全な樹木の葉は近赤外線（NIR）の反射率が高く、活力度の指標としてその有効性²⁾が知られている。本研究では赤外線テレビカメラを用いた光学的手法により、樹木の活力度の調査を行った。赤外線テレビカメラの分光感度特性は400 nm～1800 nm であるので、現地でこのテレビカメラを三脚に固定し、フィルターを取り替え、近赤外（IR）・赤（R）・緑（G）の3バンドの映像を携帯用ビデオカメラに記録した。

キーワード：樹木の活力度，赤外線テレビカメラ，階層分析法，NDVI，フォトモンタージュ，リモートセンシング

Key words: Vigor of trees, Infrared TV camera, Analytic hierarchy process, Normalized Difference Vegetation Index, Photomontage, Remote sensing

* 三重大学生物資源学部

Fac. of Bioresources, Mie Univ.

** 大阪府立大学農学部

Fac. of Agric., Osaka Pref. Univ.

オ録画装置でテープに記録した。日影の影響が少ないように、12時から2時に南側から撮影した。記録したデータは、ラスターオプス・ビデオキャプチャーボードにより Macintosh II ci に取り込み解析した。

2.2 目視による評価

これまで樹木の活力度の目視による評価は、科学技術庁資源調査会報告による4段階評価がよく活用されてきた。これらは専門家により評価されてきたが、樹木の活力度が利用者に与える心理的影響に対する検討はなされていなかった。本研究では活力度の異なる樹木が、緑空間の利用者のイメージにどのような影響を与えているのか分析するため、階層分析法とSD法で調査した。階層分析法では、評価や比較が困難であった好みの問題を定量的に分析することができるので、活力度の異なる5サンプルの評価が可能と考えた。そして、活力度の異なる写真を見ながら、各階層の項目別に被験者の主観をいかした一対比較により定量的な評価を行った。

階層分析法では第1レベルを『緑空間の総合評価』とし、第2レベルを景観性・自然性・快適性の3項目で判定を行い、さらに景観性は調和・景観要素、自然性は緑量・季節感・環境保全、快適性は雰囲気・レクリエーション・緑陰により判定することとした。

表 1 緑空間評価のための形容詞一覧

Table 1 Table of adjective for estimation of green environment

1. 広々とした	—窮屈な
2. 雰囲気のある	—殺伐とした
3. 自然的な	—人工的な
4. 変化に富んだ	—単調な
5. 洗練された	—素朴な
6. 潤いのある	—潤いのない
7. 落ち着いた	—にぎやかな
8. 親しみやすい	—よそよそしい
9. 快適な	—不快な
10. さわやかな	—むさくるしい
11. 美しい	—醜い
12. 個性的な	—平凡な
13. 緑が豊かな	—緑が乏しい
14. 立体感のある	—平面的な
15. 調和のとれた	—ちぐはぐな
16. 力強い	—弱々しい
17. 神聖な	—俗な
18. 整然とした	—雑然とした
19. 軽快な	—重々しい
20. 伝統的な	—近代的な
21. 好きな	—嫌いな

SD法では筆者らが緑空間の評価を行うため作成した20対の形容詞³⁾に、樹木の活力度別の選好性を把握するため、「好きな」↔「嫌いな」の形容詞対を加え、21対の形容詞による7段階判定により判定を行った。表1に21

サンプル
1

サンプル
2

サンプル
3

サンプル
4

サンプル
5

図 1 解析に使用されたケヤキの活力度写真

Fig. 1 Photographs of Zelkova trees used in analysis varying degrees of vigor can be seen

対の形容詞を示す。

抽出した活力度が異なる5サンプルは、撮影場所が違い背景が異なるため、緑空間の評価時に背景の影響を受けないようにフォトモンタージュ法により、同一の背景(芝生広場)となるよう統一した。アンケート調査の被験者は、樹木に関してある程度の専門の知識を持ち、樹木の活力度の評価ができる者を選定することとし、三重大大学生物資源学部4年生20名と、中央コンサルタンツ(株)設計部員20名の合わせて40名とした。図1にアンケート調査に用いた、フォトモンタージュ法によるケヤキの活力度写真を示す。また、サンプル1～5のケヤキの特徴を以下に示す。

サンプル1は、ケヤキ本来の自然樹形とは多少異なるが、葉・枝が密で緑量も豊富で、色合いも良好である。サンプル2は、ケヤキ本来の自然樹形を持つが、枝の先端部が枯れている。また、色彩も若干薄く、活力度の低下が見られる。サンプル3は、葉・枝が部分的に枯れて、緑量に欠けて弱々しいイメージを受ける。サンプル4は、上部の大半が枯れ樹形が大きく乱れている。下部は枝葉が残っているが、形状が不規則である。サンプル5は、葉が全て落ち、枯死状態で無残な姿をさらしている。

3. 解析結果および考察

3.1 光学的手法

近赤外・赤・緑の3バンドの画像は、反射率のデータをモノクロ256階調で表し、樹木の活力度に関して有効な情報を提供する。本実験ではさらにその情報を効果的に活用するため、NDVI $[(IR-R)/(IR+R)]$ の画像を作成した。NDVIは、植物のクロロフィル濃度や葉の密度に対応し、光学的评价の指標としてその利用性が高いので、樹木の活力度をNDVIから評価するものとした。

5サンプルは、撮影場所や時間が異なるため、活力度の比較は標準反射板を設置し、ヒストグラム変換による標準化を行った。これらの画像解析には市販ソフトのPhoto shopとSpy glassを使用した。図2にケヤキのNDVIの画像を示す。NDVIの画像は活力度の視覚的な評価に有効で、白く明るい部分は活力度が高いことを示している。そして、各サンプルの活力度を輝度値を用いて定量的に評価することとした。ただし、サンプル4・5は葉が少なく良好なNDVI画像が作成できなかったため、サンプル1・2・3のみとした。葉群の輝度値の平均で活力度の比較を行うと、サンプル1(215.5) > サンプル2(202.1) > サンプル3(154.9)となった。今回のサンプルは目視でもその違いを確認することができるが、光学的手法により定量的な評価が可能となった。樹

サンプル1

サンプル2

サンプル3

図2 ケヤキのNDVI画像

Fig. 2 Normalized Difference Vegetation Index of Zelkova trees

木が環境の悪化や病気等で活力度が低下し始める時期は、目視ではその状態を把握することは困難で、更に衰弱し顕著な形態的变化が現れるまで判断は難しい。しかし、光学的评价システムは、樹木の衰弱した葉が近赤外の反射率が下がる特性を利用しており、樹種により差はあるが活力度の低下が早い時期に確認できる有効的な評

図 3 緑空間評価のための目的組織表

Fig. 3 Estimation of green environment using composite estimation system

表 2 総合評価の一対比較得点

Table 2 Comparison of composite estimation scores

名 称	調 和	景 観	緑 量	季 節	環 境	雰囲気	レ ク	緑 陰	総合評価
サンプル 1	0.356	0.381	0.496	0.401	0.425	0.390	0.350	0.392	0.384
サンプル 2	0.333	0.337	0.221	0.319	0.315	0.343	0.341	0.333	0.319
サンプル 3	0.185	0.161	0.128	0.144	0.117	0.150	0.145	0.131	0.148
サンプル 4	0.084	0.084	0.120	0.097	0.110	0.081	0.119	0.111	0.112
サンプル 5	0.042	0.037	0.035	0.039	0.033	0.036	0.045	0.033	0.037

価手法といえる。

また、空隙率（樹冠に占める空隙の割合）を解像度を高めスキャンしたサンプル写真から算出した。サンプル 1～5 の空隙率は 1（6％）＜2（27％）＜3（39％）＜4（49％）＜5（69％）であり、NDVI の結果と同じで、空隙率の増加が活力度の低下を示しており、活力度指数としても有効と思われる。

3.2 目視による評価

ケヤキのサンプルの特徴を基に、活力度が緑空間に与える影響を階層分析法で解析した。図 3 に階層分析法の目的組織表を、表 2 に一対比較得点を示す。サンプル 1～5 の階層分析法による緑空間の総合評価の得点は、サンプル 1＞サンプル 2＞サンプル 3＞サンプル 4＞サンプル 5 となった。活力度の高いサンプル 1・サンプル 2 は総合評価に優れていた。サンプル 3・4 はかなり活力度が低下しており、景観性・自然性・快適性ともに判定が低かった。サンプル 5 は枯死状態であり、すべての項目について、判定が一番低かった。活力度が高いサンプルは評価が高く、樹木の活力度が緑空間におよぼす影響を示唆しているといえる。また、レベル 2 の判定項目の景観性・自然性・快適性は同じウェイトとなった。レベ

図 4 活力度の異なるサンプルのプロフィール

Fig. 4 Profile of samples according to vigor of trees

ル 3 の判定項目はレベル 2 のウェイトを考慮すると、ウェイトの高い順に、①調和 (0.233) ・②雰囲気 (0.207) ・

表3 総合評価と形容詞の相関係数

Table 3 Coefficient of correlation for composite estimation and adjective

形容詞	相関係数
1. 広々とした	—窮屈な 0.14
2. 雰囲気のある	—殺伐とした 0.93
3. 自然的な	—人工的な 0.90
4. 変化に富んだ	—単調な 0.43
5. 洗練された	—素朴な 0.57
6. 潤いのある	—潤いのない 0.88
7. 落ち着いた	—にぎやかな 0.87
8. 親しみやすい	—よそよそしい 0.94
9. 快適な	—不快な 0.93
10. さわやかな	—むさくすしい 0.95
11. 美しい	—醜い 0.93
12. 個性的な	—平凡な 0.24
13. 緑が豊かな	—緑が乏しい 0.94
14. 立体感のある	—平面的な 0.94
15. 調和のとれた	—ちぐはぐな 0.88
16. 力強い	—弱々しい 0.91
17. 神聖な	—俗な 0.40
18. 整然とした	—雑然とした 0.93
19. 軽快な	—重々しい 0.14
20. 伝統的な	—近代的な 0.90
21. 好きな	—嫌いな 0.96

③環境保全 (0.180)・④景観要素 (0.100)・⑤緑陰 (0.080)・⑥緑量 (0.080)・⑦季節感 (0.073)・⑧レクリエーション (0.047) と重み付けされた。調和・雰囲気・環境保全のウェイトが高く、全体の6割以上を占めていた。

図4に活力度の異なる5サンプルのプロフィールを示す。活力度の高い樹木は「力強い」・「緑が豊かな」・「潤いのある」・「雰囲気のある」等の形容詞尺度の判定得点が高かった。また、活力度の低い樹木は「弱々しい」・「緑が乏しい」・「潤いのない」・「殺伐とした」等の形容詞尺度の判定得点が高かった。表3に緑空間の総合評価の得点と形容詞の得点の相関係数を示す。特に、「好きな」・「さわやかな」の形容詞は、階層分析法による緑空間の総合評価との関連が強く、相関係数は0.96と0.95を示していたので、これらは活力度を代表する形容詞といえる。しかし、「広々とした」・「軽快な」の形容詞は、総合評価との相関係数は共に0.14を示し、関連はほとんど見られなかった。

筆者らは、樹木・樹林を主体とする105サンプルの緑空間を20対の形容詞³⁾を用いて、SD法によるアンケート調査を行った。なお、105サンプルの緑空間の調査の被験者は三重大学生物資源学部学生80名である。そして、因子

表4 因子負荷量 (110サンプル)

Table 4 Factor loadings

形容詞	第1因子	第2因子	第3因子	第4因子
1. 広々とした	0.693	-0.317	-0.072	0.109
2. 雰囲気のある	0.771	0.435	0.104	0.228
3. 自然的な	0.095	0.419	0.084	-0.819
4. 変化に富んだ	0.163	0.356	0.859	-0.049
5. 洗練された	0.488	0.049	0.270	0.755
6. 潤いのある	0.626	0.597	0.256	-0.076
7. 落ち着いた	0.188	0.346	-0.547	-0.222
8. 親しみやすい	0.807	0.384	0.014	-0.283
9. 快適な	0.954	0.185	0.031	0.028
10. さわやかな	0.954	0.072	0.020	0.062
11. 美しい	0.841	0.304	0.140	0.160
12. 個性的な	0.263	0.273	0.448	0.509
13. 緑が豊かな	0.149	0.662	0.148	-0.369
14. 立体感のある	-0.239	0.636	0.182	-0.048
15. 調和のとれた	0.808	0.365	-0.026	0.101
16. 力強い	0.166	0.710	0.021	-0.006
17. 神聖な	0.373	0.681	-0.106	-0.144
18. 整然とした	0.707	0.004	-0.277	0.553
19. 軽快な	0.847	-0.348	0.104	0.061
20. 伝統的な	-0.034	0.533	-0.177	-0.633
累積寄与率	40.6%	62.2%	71.2%	76.4%

分析法により緑空間の評価因子を総合評価、自然、多様性、雰囲気 の 4 因子に分類した。ここでは、活力度の異なる樹木が緑空間の景観評価に与える影響を分析するため、実際にサンプル 1～5 の樹木を 105 サンプルの緑空間に取り込み、これらの 4 評価因子で評価することとした。今回のサンプル 1～5 は、フォトモンタージュ法により芝生広場の中央に植栽されたケヤキの活力度を 5 タイプに変化させたものであり、5 つの緑空間とみなして、105 サンプルの緑空間と合わせて 110 サンプルとして因子分析を行った。ただし、5 サンプルは 21 対の形容詞の評定得点のため、SD 法に含まれる「好きな→嫌いな」の形容詞対は除外し、105 サンプルと同様に 20 対の形容詞とした。

そして、110 サンプルの 20 対の形容詞の評定得点によりバリマックス法で因子分析を行った。表 4 に 110 サンプルの因子負荷量を示す。第 1 因子から第 4 因子までの累積寄与率は 76.4% であった。第 1 因子は「快適な」・「さわやかな」・「美しい」で表され、総合評価の因子といえ、第 2 因子は「力強い」・「神聖な」で表され、雰囲気 の 因子といえる。次いで、因子負荷量から因子得点を算出した。図 5 に第 1・第 2 因子の各サンプルの因子得点による散布図を示す。各因子軸は共に負の方向に対して、評価が高い軸となっていた。これにより 105 サンプルの緑空間の中で、サンプル 1～5 の位置づけが明確になり相対的な比較が可能となった。

サンプル 1～5 の第 1 因子の総合評価と第 2 因子の雰囲気における評価は、階層分析法の判定と同様の傾向を示していた。また、サンプル 1～5 の背景の景観は総合評価に優れたサンプル 72 を利用していたが、活力度の低いケヤキに改変することにより、サンプル 3・4・5 は

第 1 因子の総合評価が下った。第 2 因子の雰囲気でも、サンプル 5 はその影響が顕著に現れていた(図 5)。この結果からも、樹木の活力度の高低は、総合評価・雰囲気 の 因子に影響を与えていることがわかった。したがって、活力度は緑空間の評価において重要な要因であるといえる。

4. まとめ

本研究では、活力度の異なるケヤキを赤外線テレビカメラにより分析を行うとともに、目視による評価を行った。そして以下の 2 項目が明らかになった。

1. 光学的評価システムの有効性

樹木の近赤外線の反射特性を利用して、赤外線テレビカメラのより活力度を把握することができた。また、樹木の NDVI 画像は、定量的に活力度を評価できるので、活力度の指標として有効であることがわかった。

2. 階層分析法と SD 法による活力度の評価

樹木の活力度は景観性・自然性・快適性に与える影響が大きく、活力度が高く自然樹形の生き生きした樹木は総合的な評価が高かった。一方、樹形が乱れたり部分的に枯損した樹木は総合的な評価が低かった。また、「好きな」・「さわやかな」等の形容詞は、樹木の活力度と高い相関があることがわかった。因子得点散布図では、活力度の異なるサンプルの相対的な位置づけが明らかになり、樹木の活力度が緑空間の評価に影響を与えることがわかった。

活力度の高い樹木や樹林は快適な緑空間を創出する。活力度を低下させる環境要因は多種多様であるが、赤外線テレビカメラによるモニタリングにより、樹木の健康状態を把握することが可能であり、活力度の衰退を早期に確認ができることは、良好な緑空間の維持管理のために有意義である。

参考文献

- 1) 妹尾俊夫：リモートセンシングによる樹木の活力評価のための基礎的研究 (1)，京都府大演報 21，1-13，1977
- 2) 小橋澄治・村井宏・亀山章：環境緑化学，朝倉書店，95-108，1991
- 3) 三浦利夫・飛岡次郎：フォトモンタージュ法による緑空間の評価，日本緑化工学会誌，19(2)，103-112，1993
- 4) 森本幸裕・小橋澄治：赤外線テレビカメラとパソコンを利用したリモートセンシングシステム，緑化研究第 9 号，20-31，1987

(1995. 2. 1 受理)

○ 活力度の異なるサンプル (1～5)
□ フォトモンタージュのベースサンプル

図 5 因子得点散布図
Fig. 5 Plot of factor scores

Summary

Vigorous and healthy trees can refresh feelings and help provide peace of mind. However, there is no criteria for measuring a tree's vigor and thus, it is necessary to establish a method for such quantitative evaluation and systemize it.

In this study, a tree's vigor was evaluated photometrically using an infrared television camera. The tree's vigor was evaluated according to the brightness of its NDVI picture. The psychological effects on people looking at trees was investigated according to the Analytic Hierarchy Process and the SD method. As a result of this, the photometric evaluation system's effectiveness was determined. The effect of the variation in the vigor of trees on the perceived quality of landscape was evaluated.