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

MEASUREMENT OF THE RATIO OF VISIBLE GREEN SPACES IN THE OMNIDIRECTIONAL FIELD OF VISION USING CG MODELS AND THEIR POTENTIAL APPLICATIONS

藤井健史 — * 1 山田悟史 — * 2
廣瀬徳郎 — * 3 及川清昭 — * 4

Takeshi FUJII — * 1 Satoshi YAMADA — * 2
Tokuro HIROSE — * 3 Kiyoaki OIKAWA — * 4

キーワード：
緑視率, 全方位視野, 立体角, 大学キャンパス,
植栽計画シミュレーション

Keywords:
Ratio of visible green, Omnidirectional field of vision, Solid angle,
University campus, Simulation of planting design

This paper proposes a methodology for quantitative evaluation of three-dimensional visibility of green spaces by measuring the ratio of visible green in the omnidirectional field of vision. A method of measurement using CG models based on the solid angle was developed, and it was taken into consideration type of green space (high tree, low tree, ground cover plant) and shape classification of tree crown. The three-dimensional visibility of green spaces was then evaluated at Ritsumeikan University. In addition, the multiple planting design was simulated from the perspective of efficiently taking visibility of green.

1. はじめに

建築の外部空間における緑は、水源涵養、表土・生態保全、気象緩和、大気浄化、炭酸ガス吸収など様々な機能を有している。一方で、緑が見えることによる快適性の提供も緑地のひとつの重要な機能と考えると、植栽計画に際しては緑の可視性の効率的な確保という観点から検討を行うことも重要であるといえる。そのためには、計画対象地の3次元的な緑の可視性の分布様態を把握し、緑の可視性という観点から植栽計画の検討を支援する手法が必要となる。

本研究では前後左右上下、全方位の緑の可視率を「全方位緑視率」と定義し、その計量手法とその計量的特性の評価手法を構築することを目的とする。図1の研究フローに示すように、各段階において3次元モデルによる全方位緑視率の計量手法の検討を重ね、最終的に立命館大学びわこくさつキャンパス（以下：BKC）を例に、全方位緑視率の分布様態を把握するとともに、植栽計画シミュレーションツールとしての応用可能性を報告する。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

これまでの立体的な緑量の計量は、青木¹⁾や小西ら²⁾の研究結果で報告されるように、ある地点から水平方向前方に視線を固定し、特定の視野角によって撮影された写真をベースに、目視判別や手作業によって緑視率を算出する方法が主であった。従来の計量法は現実との適合度が高く、現状分析の手法としてしばしば用いられる。一方で、CGモデルを用いた計量法は、全方位緑視率の確保を加味した植栽計画のシミュレーション手法への応用を視野に入れると、CGモデルをベースとして追加樹木等を自由に変更しながら計量的な検討を行える等の利点が考えられる。

図1 研究フロー

視線方向や視野に関する研究に目を向けると、武井ら³⁾によって建築群や街路を歩く人の頭が場所によって左右に振れ、視野を広げていることが明らかにされているなど、実際の人間の視野はその時々状況や行動によって変化するものであると理解できる。加えて、高野⁴⁾によって、緑の存在評価には進行方向前方の緑量だけでなく、頭上の緑量も大きな影響を及ぼすことが明らかとされている。これらの研究成果に加え、高木の下から見上げる樹冠や足元に広がる芝生面のような緑が日常的に存在することを考慮すると、視線方向や視野角を固定した従来の緑視率の計量に留まらず、周囲 360° に頭上や足元の緑も含めた、ある地点の環境としての緑視率、即ち「全方位緑視率」を計量することの必要性が認められる。全方位的な緑量の計量を試みた研究として、金ら⁵⁾による周囲 360° の緑量の計量手

¹⁾ 立命館大学理工学部建築都市デザイン学科 助手・修士（工学）
〒527-0018 滋賀県東近江市八日市清水二丁目12-11

²⁾ 立命館大学理工学部建築都市デザイン学科 助教・博士（工学）

³⁾ 立命館大学大学院理工学研究科 博士前期課程

⁴⁾ 立命館大学理工学部建築都市デザイン学科 教授・工博

⁵⁾ Research Assoc., Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., M. Eng.

²⁾ Assistant Prof., Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr. Eng.

³⁾ Graduate Student, Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan Univ.

⁴⁾ Prof., Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ., Dr. Eng.

図2 3次元CGモデル上の視点位置と撮影方向

図3 全天球パノラマ画像

法が報告されているが、頭上や足元の緑については計量されていない。また、計量に際し、撮影画像を2次元のパノラマ画像に変換する際に生じる歪みの補正については記述が無い。

既往研究を参考に、緑の立体的な可視量の計量手法を提案するにあたり、本研究は、①CGモデルを用い、前後左右上下の全方位緑視率を立体角によって歪み無く計量する点、②多数の地点での計量により、分析対象範囲全体の全方位緑視率の分布様態の把握を行う点、③高木・低木・地被植物の種類別の計量により、緑地種類ごとの計量的特性把握を可能にする点、④計量に用いるCGモデルをベースとして、植栽計画シミュレーションを試みる点において特徴的である。

3. 全方位緑視率の計量手法の構築

3.1 計量手法の概要

本研究の計量手法ではまず3次元CADソフトを用いて研究対象の3次元モデルを作成する。次に、モデル内の2mメッシュ^{注1)}の各中心点から高さ1.6mの位置に視点を設定し、視野角90°の仮想カメラで上下前後左右の6方向を撮影する(図2)。この6枚の画像を合成し1枚の画像で視点の全方位を描画した全天球パノラマ画像を作成する(図3)。過去に筆者らはこの全天球パノラマ画像を用いて窓面積の立体的な可視量を計量する研究を行ったが、全天球パノラマ画像を合成する際に視点の仰角および俯角55°以上の範囲に大きな歪みが生じることが判明したので、当該範囲の窓面積については計量から除外していた⁶⁾。しかし、2章で詳述したように頭上や足元の緑を含めた「全方位緑視率」の計量が重要であるとなると、視点の仰角および俯角55°以上の範囲も含めた計量手法への発展が必要となる。そこで、既往の手法を発展させるべく、得られた全天球パノラマ画像を球体に再度マッピングし、この球面を微小な二次元平面で分割展開した球面展開図を作成するという処理を新たに追加する(図4)。この処理により、立体角に基づいた、視点の仰角および俯角55°以上の範囲においても歪みや誤差の少ない緑量の計量が可能となる。各視点の球面展開図の緑地ピクセル数を計量し、これを球面展開図の全ピクセル数^{注2)}で除した値を全方位緑視率として得る。分

図4 球面展開図

図5 精度検証モデル

析範囲内を分割した各メッシュにおける計算値を分布図に変換して対象敷地の配置図に重ね、緑視率の分布様態を画像化する。

3.2 全方位緑視率の理論値とCGモデルによる計量値の比較

本研究で提案する緑視率の計量手法は、市販の3次元CADソフトの諸機能の組み合わせによって、立体角に基づいた緑視率の計量を行うものであるが^{注3)}、3次元CADソフト内部の計算アルゴリズムについては確認することができない。そこで、緑地に見立てた三角形をモデリングした全19通り精度検証モデル^{注4)}を用い、立体角に基づいて算出した緑視率の理論値 t とCGモデルによる緑視率の計量値 m との比較検証を行い、計量結果の信頼性を確認する(図5)。

与えられた三角形ABCに対応する単位球面上の球面三角形 $A'B'C'$ の内角を α 、 β 、 γ とすると、三角形ABCの立体角 R については一般に以下の公式が成り立つ。

$$R = \alpha + \beta + \gamma - \pi \quad (1)$$

ここで理論値 t は式(1)で得られた R を全立体角 4π で除した値として求められ、これは本研究で定義する全方位緑視率にあたる^{注5)}。

検証結果から、 $|1-t/m|$ の平均値、最大値、最小値はそれぞれ $|1-t/m|_{\text{平均}} = 0.0196$ 、 $|1-t/m|_{\text{最大}} = 0.0859$ 、 $|1-t/m|_{\text{最小}} = 0.0003$ となり、CGモデルによる計量値 m と理論値 t にほぼ誤差が無いことが確認できた^{注6)}。

3.3 単純モデルIによる全方位緑視率の基本分布特性の確認

全方位緑視率の基本的な分布特性の確認を行うため、4タイプの単純モデルIの計量を行った。モデルI-1は図6に示す樹木を計量範囲の中央に1本配置し、これを基本としてモデルI-2、I-3は樹木の水平投影面積と配置本数を、I-h1は樹冠部分の高さを変更している(表1)。計量範囲は縦30m、横30mとして設定した。計量結果を図7～10と表1に示す^{注7)}。分布図は白に近づくほど全方位緑視率が高い。各モデルは樹木の水平投影面積の合計が等しくなるように設定してあるが、表1のモデルI-1～I-3を見ると樹木本数が増えるにつれ、全方位緑視率平均値も増加している。モデルI-3が最も全方位緑視率平均値が高く、モデルI-1と比較すると約1.6倍となった。モデルI-1と比較して樹冠部分の高さを2倍にしたモデルI-h1は全方位緑視率平均値がモデルI-1の約1.4倍となり、単純に2倍とはならなかった。また、図9の樹木Aから等距離にある地点aと地点bの全方位緑視率を比較すると、地点aが2.3%となり、地点bの1.1%の約2倍となった。これは地点aが樹木に囲まれているためであるが、このような計量結果は全方位的な計量によって得

図6 I-1の樹木モデル

表1 単純モデルIの計量結果

	I-1	I-2	I-3	I-h1
樹木本数	1本	2本	3本	1本
樹木1本あたりの水平投影面積	$1.5^2\pi$	$1.5^2\pi/2$	$1.5^2\pi/3$	$1.5^2\pi$
樹冠高さ	4m	4m	4m	8m
平均値	1.04%	1.36%	1.60%	1.43%

図7 モデルI-1の緑視率分布図

図8 モデルI-2の緑視率分布図

図9 モデルI-3の緑視率分布図

図10 モデルI-h1の緑視率分布図

られる結果であると言える。

3.4 単純モデルIIによる樹冠の形状分類の反映の検討

次に、単純モデルIIを用い、樹冠の形状分類の違いによって緑視率に生じる影響を確認する。計量結果において樹冠の形状分類の違いによる影響が確認された場合、計量に用いた3次元モデルには樹冠の形状分類も反映させることが必要であると考えられる。

検討に用いた樹冠形状のタイプは、円錐型（モデルII-1）とさかずき型（モデルII-2）である（図11）。ともに樹冠の径は6m、樹冠部分の高さは4m、地面から樹冠最下部までの高さを2mとした。計量範囲は縦30m、横30mとして設定し、それぞれの樹木モデルは計量範囲の中心に配した。計量結果を図12・13と表2に示す。表2より、計量範囲全体の平均値は、円錐型は2.68%、さかずき型は1.86%となり円錐型がさかずき型のおよそ1.5倍となった。特に中心9メッシュの平均値を比較すると、円錐型が34.34%、さかずき型が8.98%となっており、樹木近傍において大きな緑視率の違いを確認できる。これは、さかずき型に比べて円錐型の方が視点に近い位置により多くの葉を付けているためであり、頭上の緑も含めた全方位の計量によって得られる結果であると言える。以上より、樹冠形状のタイプによって全方位緑視率の計量的特性が異なり、それらが計量可能であることが確認できた。よって、本研究では樹冠形状を反映させた3次元モデルを構築し計量を行う。

4. BKCの全方位緑視率計量モデルの作成

4.1 現地実測調査の方法と緑地の表現方法

分析範囲はBKCのメインプロムナードと噴水広場を中心とした

図11 円錐型とさかずき型

表2 単純モデルIIの計量結果

	円錐型	さかずき型
平均値	2.58%	1.86%
平均値 (中心9メッシュ)	34.34%	8.98%

図12 モデルII-1（円錐型）の緑視率分布図

図13 モデルII-2（さかずき型）の緑視率分布図

図14 分析対象範囲

図15 BKCの3次元CGモデル

図16 高木の樹冠形状の分類

200m×270mの範囲とした（図14）。建物範囲を除いた計量地点数は7334地点となる。計量に用いた3次元CGモデルは、建物配置図と緑地の現地実測調査に基づいて作成し、分析範囲外の緑地についても分析範囲内から目視できる緑地についてはモデリングを行った^{注8)}（図15）。緑地の調査は、まず緑地の種類を①高木、②生け垣などの低木、③芝などの地被植物、の3つに分類し、緑地の種類が高木の場合は①樹冠形状の分類の種別、②樹冠部分の高さ、③樹冠の径、④地面から樹冠最下部までの高さ、の4項目を調査した。樹冠形状の分類については亀山⁷⁾による分類を参照した（図16）。高木のモデリングは樹冠形状をおおまかに再現する方法とし、低木は高さに応じた長方形ボリュームで、地被植物は2次元平面で表現した。

4.2 緑地種別ごとの計量方法

高木・低木・地被植物のモデリングに際しては、緑地の種別毎に異なる配色でモデリングを行った。これにより、高木・低木・地被植物の種類別に全方位緑視率の計量と分布様態の把握を行うことができる。また、高木・低木・地被植物を全て足し合わせることで、全緑地に対する全方位緑視率の計量結果を得ることも可能である。

4.3 歩行可能・不可能範囲の設定

キャンパス空間には植え込みや立ち入り禁止の芝面など、実際には立ち入ることができない外部空間が存在する。そこで、分析範囲内に歩行可能範囲と歩行不可能を設定し、分析範囲全体についての

図 17 BKC の分析範囲における全緑地の緑視率の分布図

図 18 BKC の歩行可能範囲における全緑地の緑視率の分布図

図 19 BKC の分析範囲における高木の緑視率の分布図

図 20 BKC の分析範囲における低木の緑視率の分布図

表 3 緑地種別ごとの数値指標

	計量範囲全 体の緑視率 平均 (α)	全緑地の α に占め る緑地種別毎の緑 視率の割合 (α^*)	歩行可能範 囲の緑視率 平均 (β)	全緑地の β に占め る緑地種別毎の緑 視率の割合 (β^*)	β / α
全緑地	20.28%	-	13.39%	-	0.66
高木	10.83%	53.42%	8.90%	66.45%	0.82
低木	3.11%	15.33%	1.77%	13.25%	0.57
地被植物	6.34%	31.25%	2.72%	20.30%	0.43

計量結果と、その中でも歩行可能な範囲に限定して計量した結果の2種類を得た。前者はBKCのキャンパス空間が本来的に有する全方位緑視率の計量結果であり、対して後者はキャンパスで生活する人々が実際に目にすることが可能な全方位緑視率の計量結果である。これら2種類の計量結果を得ることで、キャンパスにおける歩行不可能範囲の存在によって生じる計量結果への影響を把握可能になると考えられる。

5. BKCの全方位緑視率の計量結果

BKCの全方位緑視率の計量結果を図17～21と表3に示す。図17・18より、学生の通行が最も多いと思われる噴水広場(図17・18-範囲A、図22-写真A)と、メインプロムナード(図17・18-範囲B、図22-写真B)の緑視率は比較的高い。一方、人の出入りが多い食堂出入り

図 21 BKC の分析範囲における地被植物の緑視率の分布図

図 22 BKC の各範囲の現地写真

図 24 シミュレーションケース 1
の樹木配置

図 25 シミュレーションケース 2
の樹木配置

図 26 シミュレーションケース 3
の樹木配置

図 27
シミュレーション
使用樹木

口付近（図 17・18- 範囲 C・D、図 22- 写真 D）や、多くの学生に利用されている学生交流施設前（図 17・18- 範囲 E、図 22- 写真 E）では、緑視率が比較的低い。

表 3 より、歩行不可能範囲も含めた分析範囲全体における全緑地の全方位緑視率平均 $\alpha_{全}$ は 20.28% であり、分析範囲においては境界の約 1/5 が緑が占めていることがわかる。ただし、歩行可能範囲に限定した場合の全緑地の全方位緑視率平均 $\beta_{全}$ は 13.39% であり、 $\beta / \alpha_{全} = 0.66$ となっている。これは、 $\alpha_{全}$ から $\beta_{全}$ への減少率が約 35% となっていることを示している。分析範囲全体において本来獲得できるはずの全方位緑視率のうち、1/3 以上が歩行可能範囲からは獲得できないと言える。

図 19～21 の高木・低木・地被植物ごとの全方位緑視率分布図を比較すると、値の高い範囲は高木の分布図に多く見られ、次いで地被植物の分布図に多く見られる。低木の分布図には値の高い範囲はほとんど見られない。また、低木および地被植物の緑視率の高い範囲は、そのほとんどが歩行不可能範囲に分布していることが確認できる。表 3 の高木・低木・地被植物のそれぞれの α を比較すると、 $\alpha_{高木} = 10.83\%$ が最も高く、 $\alpha_{高木}^* = 53.42\%$ となることも示すように、分析範囲全体における全緑地の全方位緑視率平均 $\alpha_{全} = 20.28\%$ の半分以上が、高木が計量された影響によるものと言える。次いで α 、 α^* 共に高いのは地被植物であった。 $\alpha_{地被}^* = 31.25\%$ より、分析範囲全体において可視である緑量のうち、30% 以上は地被植物で占められることがわかった。 α 、 α^* 共に最も低いのは低木であった。

また、分析範囲全体の全方位緑視率平均 α に対する歩行可能範囲の緑視率平均 β の比 β / α は、 $\beta / \alpha_{高木} = 0.82$ 、 $\beta / \alpha_{低木} = 0.57$ 、 $\beta / \alpha_{地被} = 0.43$ であり、高木の β / α が低木・地被植物より高い。 α から β への減少率が、高木は 20% にとどまるのに対し、低木・地被植物の平均値は半減するということがわかった。

6. BKC の植栽計画シミュレーション

6.1. シミュレーションケースの設定

BKC の全方位緑視率の計量的分析によって得られた知見のひとつとして、椅子やテーブルが設置され、多くの学生に利用されている学生交流施設前の範囲の緑視率が比較的低いということが挙げられる（図 17・18- 範囲 E、図 22- 写真 E）。多くの緑が見えることがその場所の快適性に繋がるという見地に立った場合、学生交流施設のようなキャンパスの学生交流の中心的役割を担う場所において、比較的低い緑視率しか確保できていない現状には改善の余地があると考えられる。そこで、前述の範囲の現況を踏まえた上で、数通りのシミュレーションケースを設定し、今後の植栽計画の検討を試みる。

図 23 学生交流施設周辺の現況と計量地点の位置

図 23 に学生交流施設前の範囲の現況とシミュレーションに用いる計量地点を示す。図の背景には当該範囲の全方位緑視率の分布図を重ねて表示している。計量地点は椅子やテーブルが設置されているテラスの範囲に 10m ピッチで 5 箇所設定した。また、学生交流施設前ではいくつかの動線が交錯しているが、シミュレーションケースの設定に際しては、これらの動線を妨げないよう配慮した。

シミュレーションケースは 3 タイプを想定した。即ち、学生交流施設と噴水広場を繋ぐ動線の並木がほぼ立ち枯れのような状態になっているので、現状より枝ぶりの良いものに植え替える Case1（図 24）、複数の動線に囲まれた範囲にまとめて樹木を配置する Case2（図 25）、噴水広場方面と大講義室方面を繋ぐ動線に伴って列植を施す Case3（図 26）である。各ケースに用いる樹木はすべて統一し（図 27）、各ケースとも樹木の水平投影面積の合計が等しくなるように、8 本ずつ植える設定としている。

6.2. シミュレーション結果

図 28 と表 4 に各シミュレーションケースの計量結果を示す。Case1 では視点 a においては約 1% の全方位緑視率の増加が見られたが、その他の視点ではほとんど効果が見られなかった。Case2 では現状と比較して視点 a がおよそ 3 倍、視点 b がおよそ 2 倍となり、全方位緑視率の向上が見られた。ただし、視点 c～e に関しては大きな増加は見られなかった。Case3 は、各視点共に最も高い全方位緑視率が計量され、各視点とも現状との比較で 4 倍程度となっている。また、Case1・2 では見られなかった、視点 c～e での顕著な向上が確認できた。

以上のシミュレーションより、設定した 3 例の中では噴水広場方

表 4 各地点の全方位緑視率と 5 地点の平均値

	地点a	地点b	地点c	地点d	地点e	5地点 平均値
現状	1.69%	2.04%	2.51%	2.46%	1.79%	2.10%
Case1	2.75%	2.59%	2.86%	2.70%	1.93%	2.57%
Case2	5.37%	3.97%	3.44%	2.95%	2.09%	3.56%
Case3	6.30%	8.33%	10.28%	10.54%	7.70%	8.63%

図 28 各地点の全方位緑視率のグラフ

面と大講義室方面を繋ぐ動線に伴って学生交流施設前に列植を施す計画 (Case3) が最も効果的であると言える。この 3 通りのシミュレーションのみで Case3 が最適な植栽計画であるとは結論付けられないものの、全方位緑視率の効率的な確保を加味した、植栽計画の計量的な検討に対する応用可能性を示すことができたと考えられる。

7. おわりに

本研究では、3 次元 CG モデルを用いた全方位緑視率の計量手法を提案し、これを BKC に適用することで全方位緑視率の分布様態や計量的特性を把握することができた。計量に際しては、樹冠形状の分類を反映させる手法としたほか、高木・低木・地被植物といった緑地種類別の計量や、分析範囲全体と歩行可能範囲別の計量方法を提案した。これにより、それぞれの分布様態や計量的特性を比較分析することが可能であった。BKC の計量結果より、①分析範囲全体においては、平均して視界の約 20% が緑が占めていること、②そのうちの 1/3 以上は歩行可能範囲からは獲得できないこと、③計量される緑地のうち、50% 以上は高木であり、次いで地被植物、低木の順に割合が高いこと、④噴水広場やメインプロムナードは比較的高い全方位緑視率を有する一方、学生交流施設前では学生の利用率が高いにも関わらず、全方位緑視率が比較的低いことが明らかとなった。

最後に、学生交流施設前の植栽計画シミュレーションを行った。シミュレーション結果から、想定した 3 例の中で最も効果的に全方位緑視率を獲得できる植栽計画を特定できた。全方位緑視率の効率的な確保を加味した植栽計画を、計量的に検討可能であることを示すことができたと考えられる。

本研究で計量に用いた樹木のモデルは必ずしも現実との適合度が高いとは言えないものの、全方位緑視率の計量手法の基礎を構築し、少なくとも大まかな緑視率の分布様態の把握を行えたことを本研究の成果としたい。また、計量手法自体の精度は保障されているため、樹冠の形状分類だけでなく、より詳細な樹冠形状や葉の密度を反映した樹木のモデリング手法を検討することで、より現実にもった計量手法への発展が期待できる^{注9)}。今後、より多くの施設の分析や数理的なシミュレーション、あるいは全方位緑視率と緑量感などの心理量との関係性の把握を通して、植栽計画上のどのような点に留意すれば効率的に全方位緑視率を確保し、良好な緑地空間を形成し得るのかを考究していきたい。

注

- 注 1) メッシュ計法を検討するため、図 6 に示す樹木モデルの直下から 16m 離れた地点までの間の緑視率を、i) 0.5m ピッチで 33 地点計量、ii) 1m ピッチで 17 地点計量、iii) 2m ピッチで 9 地点計量、iv) 4m のピッチで 5 地点計量、の 4 パターンでそれぞれ計量した。i) ~ iv) の平均値はそれぞれ $\mu_i=3.55\%$, $\mu_{ii}=3.74\%$, $\mu_{iii}=4.11\%$, $\mu_{iv}=5.04\%$ となった。 μ_i と他の平均値との差を見ると、 $\mu_{ii}-\mu_i=0.19\%$, $\mu_{iii}-\mu_i=0.57\%$, $\mu_{iv}-\mu_i=1.49\%$ となり、1m ピッチ、2m ピッチについては小数点第一位での差であるため、計量精度は担保されていると判断した。一方、0.5m ピッチや 1m ピッチでの計量は、精度はより高いと言えるが計算量は増大する。以上より、計量精度と計算量に配慮してメッシュ計法は 2m とした。
- 注 2) 球面展開図の全ピクセル数は、96265 ピクセルとした。
- 注 3) 厳密には CG モデルの作成、全天球パノラマ画像の作成、球面展開図の作成までを 3 次元 CAD ソフトで行っており、ピクセル計量は画像処理ソフトを用いて行っている。これらのソフトに実装されている諸機能を、マクロ化およびバッチ処理のプログラムを作成・適用することで連動させ計量を行っている。
- 注 4) 検証モデルは、図 5 で示すモデル (model_N) を基準に、x 軸の正の方向に 5 ピッチで移動させたモデル (model_H1 ~ 6)、model_N を z 軸の正の方向に 5 ピッチで移動させたモデル (model_V1 ~ 6)、model_N を y 軸を回転軸として 15° ピッチで回転させたモデル (model_R1 ~ 6) の計 19 通りとした。また、model_N を x 軸の正の方向に 30 移動させた model_H6 の計量値 m は 0.083% と極めて小さい値であった。このことから、見かけ上の面積が微小になるようなオブジェクトに対しても、計量精度が担保されていることが確認できたため、検証数として妥当であると判断した。
- 注 5) 計算の詳細な導出過程を以下に示す。単位球面上の球面三角形の頂点 A', B', C' の対辺の長さを a, b, c とすると、球面三角形の余弦定理より、

$$\alpha = \arccos \left(\frac{\cos a - \cos b \cdot \cos c}{\sin b \cdot \sin c} \right) \quad (2)$$

が成り立つ。ここで、 $a=B'C' = \angle B'OC'$ なので、a の値は、

$$\alpha = \arccos \left(\frac{|\overrightarrow{OB'} \cdot \overrightarrow{OC'}|}{|\overrightarrow{OB'}| \cdot |\overrightarrow{OC'}|} \right) \quad (3)$$

から求めることができる (b, c についても同様)。これにより、 α を決定することができ、同様に求めた β , γ を式 (1) に代入することで立体角 R を求めることができる。

- 注 6) 各モデルの理論値 t と計量値 m の若干の誤差は、ピクセル計量の際にオブジェクト境界のピクセルが検出されるか否かによるものと考えられる。
- 注 7) 図中の幹は実際にはモデリングされておらず、樹木が立っているメッシュでの計量は幹の位置で行っている。
- 注 8) 敷地周辺の自然緑地も、分析範囲から目視できるものはモデリングを行い、高木として計量した。
- 注 9) 葉の密度の反映に際しては、LAI (Leaf Area Index: 葉面積指数) を参照して葉密度を決定する等の方法も考えられる。

参考文献

- 青木陽二：視野の広がりや緑量感の関連、造園雑誌, Vol. 51, No. 1, pp. 1-10, 1987. 8
- 小西達也, 小松義典: キャンパス内の学生行動と緑視率による緑化適地選定, 日本建築学会東海支部研究報告集, vol. 43, pp. 489-492, 2005. 2
- 武井正昭, 糸井孝雄, 大岩昭之: 建築群の景観に関する研究 I, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 543-544, 1968. 9
- 高野歩: 住区内街路における緑視状況に関する研究, 日本造園学会誌, Vol. 59, No. 5, pp. 157-160, 1996. 3
- 金沢漢, ほか 4 名: 大分市中心部における緑視率推定と印象評価実験による緑化整備推進区域の選定 (その 1), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 1117-1118, 2008. 7
- 藤井健史, ほか 4 名: 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, Vol. 77, No. 676, pp. 1309-1318, 2012. 6
- 亀山章: 緑地植物の形態, 「緑の環境設計」所収, エヌジーティー, pp. 61-66, 2002. 11

[2013 年 2 月 20 日原稿受理 2013 年 4 月 22 日採用決定]