

窓の眺望性評価における眺望の距離と要素の推定

准会員○脇山 啓太*1 正会員 古賀 靖子*2

4. 環境工学—6. 光・色 環境工学

窓 眺望 建物外皮

1. はじめに

建物外皮に設ける窓は、建物の周辺環境や天候の変動など、屋外環境の情報を屋内へ伝えるインターフェースとして働く。窓から望む自然の風景は、幸福感や仕事の満足感により影響を与えることが知られている。また、多様でダイナミックな眺望は好ましいとされ、昼光照明に関する欧州規格では、眺望に関する窓の設計基準を定めている¹⁾。

本研究では、建築設計の初期段階で建物のボリュームと形状を検討する際に、窓外の眺望の状況を推定する手法を開発した。設計対象建物から周辺建物までの距離、および外壁面の任意の位置から見える眺望の要素の推定を行ったので、報告する。

2. 欧州規格における眺望に関する窓の設計基準

2.1 眺望の評価基準

昼光照明に関する欧州規格では、室内のある点から見える眺望の質は「開口部の大きさ」「眺望の幅（水平視野角）」「屋外の眺望までの距離」「眺望のレイヤー数」「眺望による周辺情報の質」という 5 つの項目により決まるとしている¹⁾。また、十分な眺望を確保するためには「窓ガラス材によって眺望が歪んだり、色味が変わったりしないこと」「屋内の基準点から見た眺望の水平視野角が、最低値以上であること」「屋外の眺望までの距離が、最低値以上であること」「屋内で利用される場所（以下、「屋内利用域」と称する）において、最低限のレイヤー数の眺望が見えること」としている。

欧州規格では、窓を通して見える屋外の眺望を画像としてとらえ、そのレイヤー数（画像の層）を眺望の質の指標としている。眺望の評価レベルは、眺望の「レイヤー数」「距離」「水平視野角」の 3 項目によって 3 段階に分けられている。

眺望のレイヤーは「空」「風景（建物、緑など）」「地

面」とされ、屋内利用域の 75%以上に対して、風景のレイヤーのみを持つ場合は最低限のレベルと定められている。風景に加えて、空または地面のレイヤーを持つ場合は中程度の評価、すべてのレイヤーを持つ場合は高評価とされている。

距離については、窓外の眺望までの距離が 6 m 以上の場合低評価、20 m 以上の場合中評価、50 m 以上の場合高評価と定められている。表 1 に眺望評価基準を示す。

表 1 欧州規格の眺望評価基準

眺望の評価レベル	評価項目		
	水平視野角	屋外の眺望までの距離	レイヤー数
最低	$\geq 14^\circ$	$\geq 6.0 \text{ m}$	風景が含まれる
中	$\geq 28^\circ$	$\geq 20.0 \text{ m}$	風景＋ その他 1 レイヤー
高	$\geq 54^\circ$	$\geq 50.0 \text{ m}$	すべてのレイヤー
奥行きが 4 m 以上の部屋の場合、各窓の横×縦の合計が 1.0 m×1.25 m を超えることが推奨される			

2.2 眺望のレイヤー数の推定

欧州規格では、室内から見える眺望のレイヤー数を簡易的に推定する方法を示している。すなわち、眺望に空のレイヤーを含む場合と地面のレイヤーを含む場合について、窓からの室内側の距離を定めるものである。図 1 に窓面と評価視点の位置関係を示す。視点高さを床上 1.2 m として、図中の b は空のレイヤーが見える限界、c は地面のレイヤーが見える限界である。また、a1 は風景のレイヤーが見える範囲、a2 は風景と空のレイヤーが見える範囲、a3 は地面を合わせた全レイヤーが見える範囲である。屋外の距離は、表 1 の基準に従うとしている。

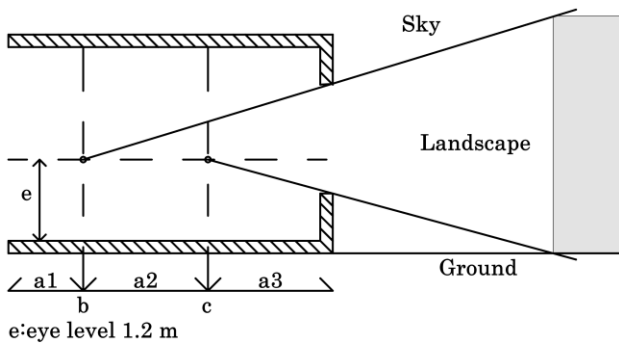


図 1 室内の位置によるレイヤー数の推定

3. 眺望性評価のツール

3.1 窓外対向物までの距離の求め方

本研究では、3次元都市景観モデリングソフトと3次元建築モデリングソフトを用いて、設計対象建物から周囲の対向物までの距離を推定した。3次元都市景観ソフトで敷地データを読み込み、建物や道路などのデータをOBJファイルでエクスポートし、3次元建築モデリングソフトにインポートした。設計対象建物の外壁面から光線を発し、対向物に当たったところで距離を推定した。図2に光線の放出状況を示す。光線の数は任意とし、各外壁面の横幅を等分割したものとすることで、光線の始点位置や数を自由に変更できることとした。また、設計対象建物の中心を基点として、任意の距離を光線放出範囲とした。

本研究では、建物の階高を仮に3.7m、着座時の目の高さを床上1.2mとして、各階の光線の始点高さを決めた。水平方向の光線の本数は10に設定し、放出間隔を10mとした。また、光線の放出範囲を800mとして、これを眺望推定範囲とした。

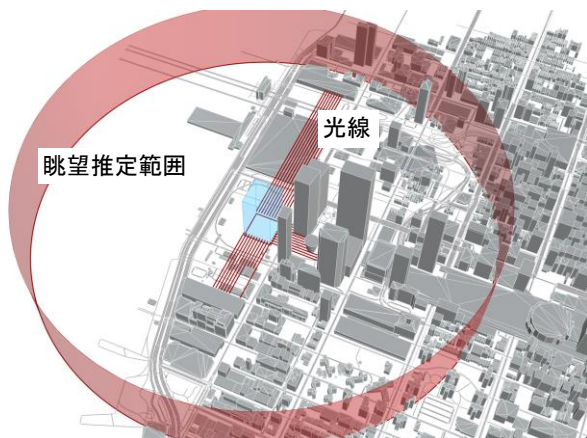


図 2 設計対象建物からの光線の放出

3.2 眺望の内容と要素の推定

眺望内容の推定には、統合型3次元CGソフトを利用した。設計対象敷地の建物を選択後、COLADDAファイルでエクスポートし、統合型3次元CGソフトにインポートした。このソフトのカメラ機能を利用し、設計対象建物から見える眺望のレンダリングを行った。レンダリングの設定を表2に示す。実際に肉眼で見えるような遠近感を得られるようにPerspective projection (透視投影)を選択した。Focal length (焦点距離)を0.05mm、Sizeを0.035mmに設定し、肉眼で見える視野に近づけた。ViewsのStereo ModeにはSide by sideを選択した。画像をトリミングしてセマンティックセグメンテーション(以下、SSと称する)を行い、眺望内容の要素を推定した。

SSは、画像内の各画素を、その意味に基づいてカテゴリ分類するディープラーニングの手法である。本研究では、画像をSky、Green、Water、Building、Automobile、Pavement、People、Otherの8つの要素に領域分割した。SSは一般的に教師あり学習で画像を認識するが、学習データによって、領域分割の結果に誤差が生じる。本研究では、建物の外壁面をガラス面とすることで、SSによる識別を容易にした。また、眺望のレンダリング後に、空の部分に空の写真を貼り付け、識別しやすくした。さらに、レンダリング画像と各要素の割合の値を比較し調整した。

表 2 眺望のレンダリングの設定

Camera		
	Setting	Set value
Lens	Type	Perspective projection
	mode	Parallel
	Convergence Plane Distance	1 m
	Interocular Distance	0.065 m
	Focal length	0.05 mm
	Sensor fit	Auto
	Size	0.035 mm
Scene		
	Setting	Set value
Sampling	Render Engine	Cycles
	Integrator	Path Tracing
Dimensions	Render	128
	Resolution X/Y	2880 px / 1660 px
Stereo Mode	Setup Stereo Mode	Stereo 3D
	Views Format	Stereo 3D
Views	Stereo Mode	Side by side

3.3 適用事例（ハドソンヤード再開発地）

本研究では、3次元都市景観モデリングに必要なデータが得られやすい北米を適用事例の対象とし、ニューヨーク市マンハッタンの西側に位置するハドソンヤード再開発地を選んだ。ハドソンヤード再開発は、第一期と第二期に分けられている。第一期のイースタンヤード再開発は終了し、オフィスや商業施設が建っている。第二期ではウエスタンヤードが再開発される予定であり、住宅、学校などが計画されている。

ウエスタンヤードに建築面積 100 m×100 m、階高 3.7 m で 55 階の建物を想定し、各外壁面について眺望距離と眺望内容の要素を推定した。図 3 にハドソンヤード再開発地における検討対象敷地を、図 4 に検討対象建物の水平方向の光線始点番号を示す。建物西側の眺望推定範囲内にはハドソン川があるため、距離推定から除外した。



図 3 ハドソンヤード再開発地

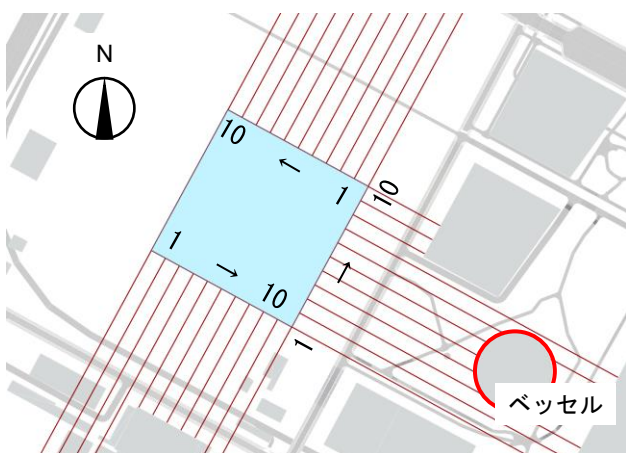


図 4 検討対象建物の光線始点番号

北壁面からの眺望距離について、1階から4階まではマンハッタンの大型コンベンションセンターに光線が当たり、始点番号 0 と 1 では約 218 m、始点番号 2～10 では約 165 m（北側の最小距離）となった。5階以上で、光線はコンベンションセンター後方にある建物に当たり、始点番号 0～2 で約 514 m、3～10 で約 625 m となった。10階以上では、全ての始点番号で最大距離の約 749 m となり、階が変わってもほぼ同じ値であった。これは、眺望推定範囲を建物中心から 800 m（外壁面から約 750 m）に設定したためである。北側の眺望推定範囲内では、低い建物が多く、イースタンヤードのように高い建物が密集していない。図 5 に北壁面からの眺望距離の推定結果（一部）を示す。

東壁面からの眺望距離について、始点番号 8、9、10 では、1階から55階まで 51.2 m（東側の最小距離）となった。その他の始点番号で、1階～15階までは展望施設ベッセル（図 4）に光線が当たり、距離は約 115 m～125 m であった。ベッセルに当たった光線以外は、距離約 195 m であった。これは、ベッセルの東側にある商業施設に光線が当たったためである。19階以上では、始点番号 0、5、6、7 で最大距離約 750 m となり、階が変わってもほぼ同じ値であった。図 6 に東壁面からの眺望距離の推定結果（一部）を示す。

南壁面からの眺望距離について、1階から3階まではウエスタンヤード南側にある高さの低い駐車場や倉庫に光線が当たった。南側の土地は、ウエスタンヤードに比べて若干高く、1階から発した光線は土地に当たり、眺望距離を推定できないという不具合が生じた。よって1階からの推定結果を2階の推定結果で置き換えることとした。南側には高さ 90 m のビジネスセンターがあり、22階までは全ての始点番号で距離 338 m 以下となった。23階以上では、始点番号 1、2 で最大距離約 750 m となった。図 7 に南壁面からの眺望距離の推定結果（一部）を示す。

東面の眺望要素の推定について、ベッセルの一部が Pavement や Other として識別され、要素の割合は Sky:9.4%、Green:0%、Water:0%、Building:79.6%、Automobile:0%、People:0.9%、Pavement:0.2%、Other:9.9%となった。そのため、Pavement と Other の割合を Building の割合に加えた。高さ 50 m からの眺望要素は、空と建物のみであり、Sky:9.4%、

Building : 90.6%となった。イースタンヤードでは、地上 51 階建ての 55 ハドソンヤードや地上 58 階建ての 50 ハドソンヤードなど、高層のオフィス棟が密集しているため、高さ 50 m からの眺望でも Building の割合が多く、Sky の割合は少なかった。図 8 に SS に用いたレンダリング画像を、図 9 に東面の眺望要素の推定結果を示す。



図 8 SS 用レンダリング画像

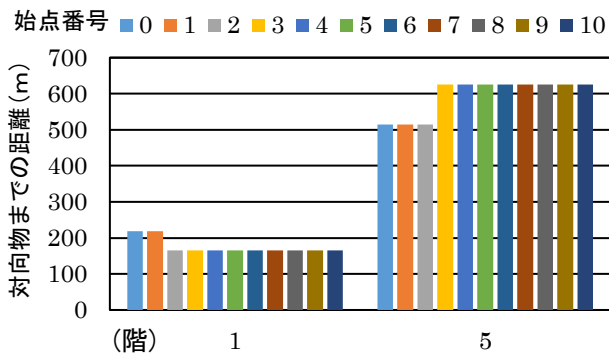


図 5 北壁面からの眺望距離の推定結果 (一部)

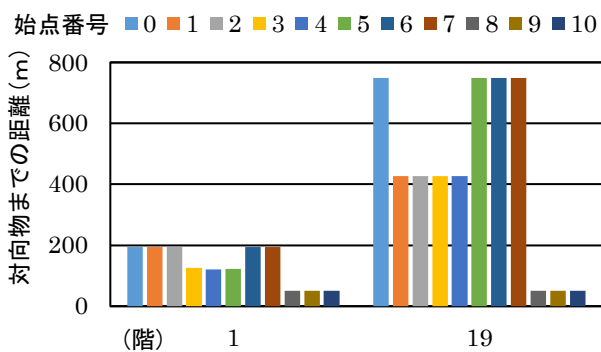


図 6 東壁面からの眺望距離の推定結果 (一部)

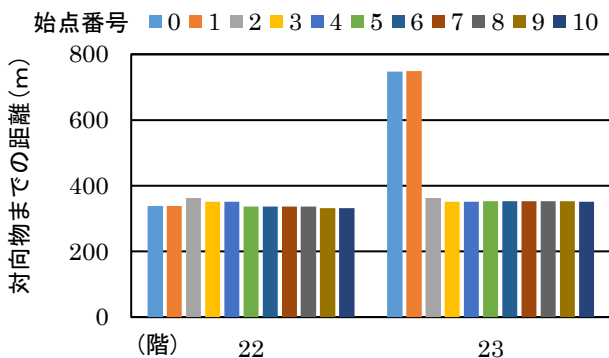


図 7 南壁面からの眺望距離の推定結果 (一部)

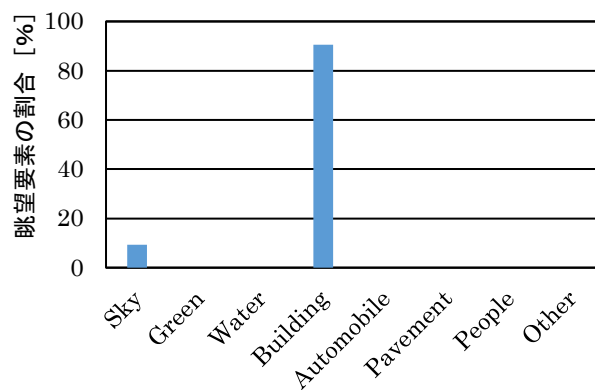


図 9 東面の眺望要素の推定結果

4. おわりに

本研究では、複数のソフトウェアを組み合わせ、建物からの眺望の距離と内容を推定する手法を開発した。眺望距離の推定方法は、任意の建物形状に適用できる。しかし、眺望内容の推定手法は、窓面から屋外を見た場合に限られる。室内において、窓面から離れた位置からも眺望内容を推定できる方法へ発展させる予定である。

また、眺望レンダリング画像を加工しなくても、領域分割誤差の少ない結果が得られるよう、セマンティックセグメンテーションの学習データを整える。

参考文献

- 1) EN 17037:2018 Daylight in Buildings, European Committee for Standardization, 2018
- 2) Hudson Yards, New York: About Hudson Yards, https://www.hudsonyardsnewyork.com/sites/default/files/2019-03/HY_PressKit_NEW_031219_web_final.pdf (2020 年 12 月 10 日確認)

*1 九州大学工学部

*2 九州大学大学院・准教授・工博

Undergraduate Student, Kyushu University

Associate Professor, Kyushu University, Dr. Eng.