

建築空間の視界幾何特性分析ツールの開発

開口部から見える景色の視界幾何特性分析手法の提案

Development of Geometric Appearance Analysis Tool for Feature to Architectural Space

Proposal of method analyzing geometric appearance feature of views from openings

○廣瀬 寛騎*1, 下川 雄一*2
Hiroki Hirose*1, Yuichi Shimokawa*2

*1 株式会社 BIM LABO 博士(工学)
BIM LABO Corporation, Dr. Eng.

*2 金沢工業大学建築学部建築学科 教授・博士(工学)

Prof., Dept. of Architecture, Kanazawa Institute of Technology, Dr. Eng.

キーワード：開放性；属性情報；見えの大きさ；視距離；視方向

Keywords: Openness; Attribute information; Apparent size; Viewing distance; Viewing direction.

1. はじめに

一般的に建築設計において空間の見え方は模型や3次元モデルを用いて行われ、近年ではVRを用いた空間体験も空間把握のツールとして活用され始めている。しかし、これらの方法はいずれも定性的であり、現在のBIM化の流れを踏まえれば今後の建築設計において、空間を幾何学的に捉え、定量的に評価するニーズが生じてくることも考えられる。このことから、筆者らは建築空間の内外において周囲の空間構成要素の見え方を効果的に分析する手法について継続的に研究を進めている。この基礎研究として、建築空間を見回した時の見えの大きさや距離などを視界幾何特性と定義し、これらを全方位に放出した視線ベクトルと視対象の交差により計算し可視化するツールを開発した(以降、先行研究1と呼ぶ)¹⁾。その後、オブジェクトに与えた属性情報を基に視領域単位を構成し、その細分化手法に関する提案・検証を行った(以降、先行研究2と呼ぶ)²⁾。これにより、実態に近い状態で視領域単位の構成を定量的に読み取ることができるようになった。一方で、それらの研究では開口部から何がどの様に見えるのかを読み取ることができなかった。

そこで、本研究では開口部からの景色の見え方が分析できるよう、視界幾何特性分析ツールの拡張を行ったので、その概要を報告する。

2. 開口部ごとの視領域単位分析機能の開発

2.1. 視線ベクトルの抽出方法

開口部ごとの視領域単位は先行研究2で提案した視領域単位構成グラフのSTEP3で求められた各視領域単位がどの開口部を通過したものかを自動的に判別し、対応付

ける方法として開発を行った(図1)。この場合、開口部を意味的かつ幾何的に定義するための専用オブジェクトが必要であり、その専用オブジェクトを通過する視線ベクトル群を抽出する必要がある(図2)。そのため、ここでは開口部分としての属性を与えたサーフェスを配置し(以降、開口オブジェクトと呼ぶ)、開口オブジェクトを通過している視線ベクトル群のみを抽出し、開口部ごとにグループ化し、その中での視領域単位を整理するようなアルゴリズムを設けた。開口オブジェクトはユーザーが任意に配置できるものとして開発した。ただし、現時点では視線ベクトルが複数の開口オブジェクトを通過する場合、最も近い開口オブジェクトのみを対象とし、背後の開口オブジェクトは計算対象から外される仕様となっている。

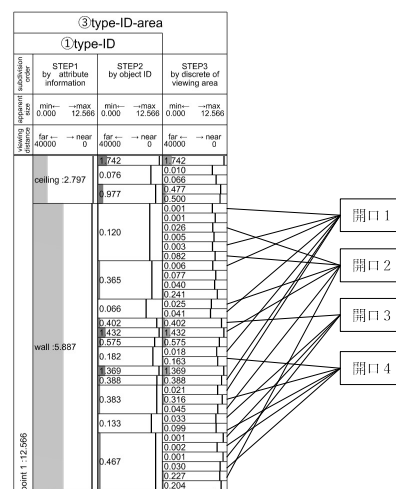


図1 開口部ごとの視領域単位分析機能の開発

2.1. 視線ベクトルの抽出方法

先行研究2で算出可能な視界幾何特性は見えの大きさと平均視距離の2種類であった。今回、開口部ごとの視領域単位分析機能の開発に際して、第3の視界幾何特性として視線方向の算出機能を加えた。具体的には、視領域単位を代表とする視線方向として、その視領域の重心に対する方位角と仰俯角の2つの値を算出することとした。視領域の重心の算出は球面ボロノイを利用して求める。house N（設計：藤本壮介建築設計事務所^{注1}）の中心部に視点を配置した場合の計算結果を例に説明すると、図3は視点から開口部を抜けて最外層の壁が見えている視領域単位を構成する視線ベクトル群とそれらに対応する球面ボロノイを示している。この球面ボロノイの複数面の重心点を算出し、視点とその重心点を結ぶ視線ベクトルの方位角と仰俯角をこの視領域単位の視線方向として求めている。ここで、図4のように対象物が口の字型に見えるような場合、すなわち、球体ボロノイの面状に重心点が存在しない場合もあるが、視線方向の定義としては特に問題ないものとして考えている。

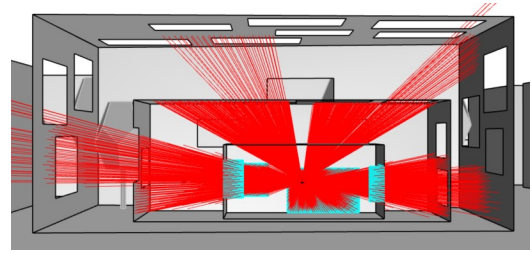


図2 Extraction of openings object (blue) and gaze vector (red)

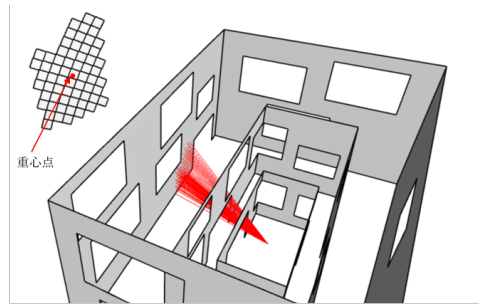


図3 Outermost layer's center of gravity of visual area units seen from Central part

3. 開口部ごとの視領域単位の可視化機能

先行研究2では視界幾何特性情報の細分化結果を可視化する手法として、視領域構成グラフを表示する機能を設けた。ここでは、開口部ごとに視領域が分けられるため、新たに開口部に関する視領域構成グラフ（以降、開口視領域構成グラフと呼ぶ）を表示する機能を設けた（図5）。先行研究2の視領域構成グラフでは視点毎に視領域構成グラフを算出しており、開口視領域構成グラフも同じように視点毎にグラフを表示する。一方、視領域構成グラフでは細分化の段階ごとにSTEP1からSTEP3までの視領域単位を全て表示していたが、ここではSTEP1やSTEP2の計算結果はあまり意味を持たないため、開口視領域構成グラフではタイプ-ID・領域分割のSTEP3の結果のみをグラフとして表示する。最左列は開口部ごとに分けられており、ここでは各開口オブジェクトの属性情報や見えの大きさ、平均視距離を表示している。左から2列目は各開口部から見える対象物の属性が表示されており、対象物が外部環境を表している場合は、背景を赤く表示している。グラフの色は平均視距離を示しており、対象物までの距離が近いほど赤く、離れるほど青く表示される。グラフの長さは見えの大きさが大きいほど長く表示される。グラフの右側に表示されている列は見えの大きさ、平均視距離、視線方向（方位角・仰俯角）をそれぞれ示している。

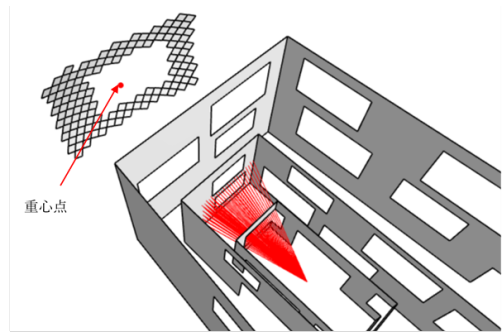


図4 Center of gravity point of the visual area unit that looks like a square

4. 開口部ごとの視領域単位分析機能のケーススタディ

4.1. 目的

ツールの有効性を確認するため、具体的な建築空間を

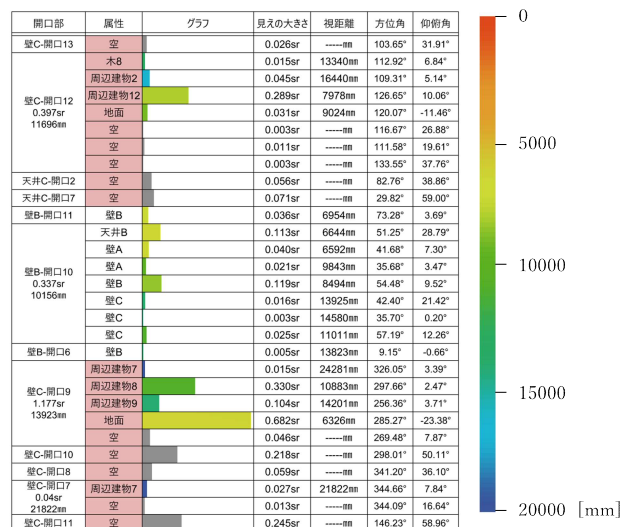


図5 Example of graph of openings visual area constitution

選定し、ケーススタディを実施した。対象として「house N」（設計：藤本壮介建築設計事務所^{注1}）を選定した。この住宅では3層の壁や屋根スラブが入れ子状に配置され、異なる層にある開口部相互のずれや重なりによってプライバシーや開放性が巧みに操作され、豊かなシーンが多様に生み出されている。開発したツールを使用し、住宅各所から開口部を見た時の視領域単位分析機能から、どのような空間分析ができるかを調べることを目的とする。

4.2 分析データの作成と準備

分析用CADモデルの作成はRhinocerosの標準サーフェスツールを用いて作成した（図6・図7）。前処理に一定の計算時間を要することが予想されたため、壁や屋根スラブ等の面状の部位は厚みを持たないサーフェスオブジェクトとして作成した。同様の理由で、樹木についても樹冠を単純な多面体として作成した。また、浴室・トイレ等の小空間・キッチン設備・什器等は省略した。結果、モデルの総メッシュ数は1587であった。各オブジェクトには、見えの大きさの分類単位としての属性情報（文字列）を予め与えた。計算に使用したPCの仕様はCPU: Intel Core i7-6700K CPU@4.00GHz(8CPU) / RAM: 32GB / Graphics: NVIDIA GeForce GTX 980 Ti(6GB)である。

4.3 条件

本検証では外部環境の見え方が重要になるため、地面・周辺建物などを抽象化した外部要素モデルも作成した。視点の場所は庭・寝室・リビングダイニング・和室・駐車場の5視点で計算を行った。視点の高さは場所に応じて起立状態の1600mmと椅子の座位状態の1200mm、そして和室などの床に座ると考えられる場所は床座状態の800mmとして計算した。視点から放出する視線ベクトル数は1万本とし、モデルに与えた属性情報は天井・壁・床・木・周辺建物・地面の6種類を基本とし、さらに場所毎に区別できるものは壁A、壁B、…のようにナンバリングした。本検証で重要となるのは開口部の配置場所であり、視線が通る窓や単純開口はもちろん、人が通過するようなドアも開口部として配置した。house Nで配置する開口部を図8に示す。壁や天井（屋根）が入れ子状になっており、多方向に不規則な開口部が配置されているのが特徴である。

5. 結果と考察

5.1 計算結果の全体像

本稿では和室の結果のみを図9に示す。外部方向（壁B・天井B）の開口部では周辺環境要素が多く見えるが、内部方向（壁A）の開口部においても周辺環境要素が見えることが確認できる。また、空の視領域単位について、視線方向の仰俯角の値から天井の開口部（トップライト）

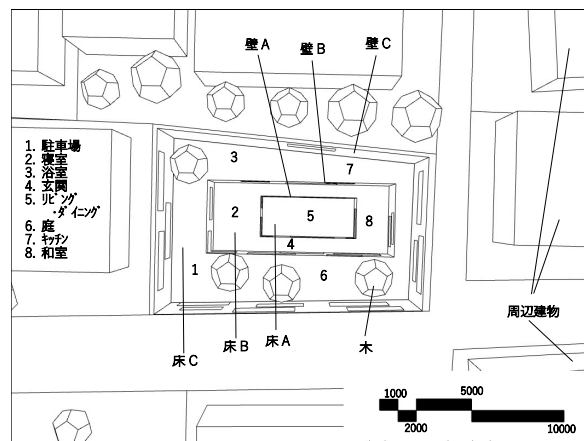


図6 Case study model (bird's eye view of house N)

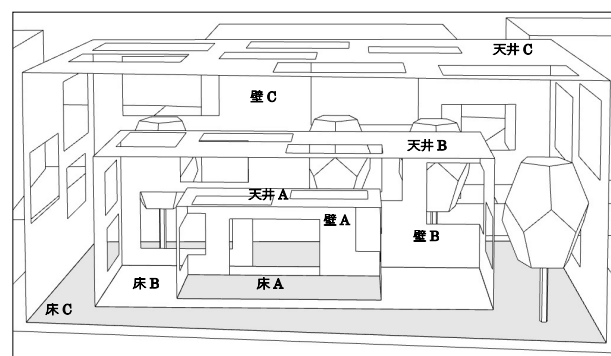


図7 Case study model (sectional perspective of house)

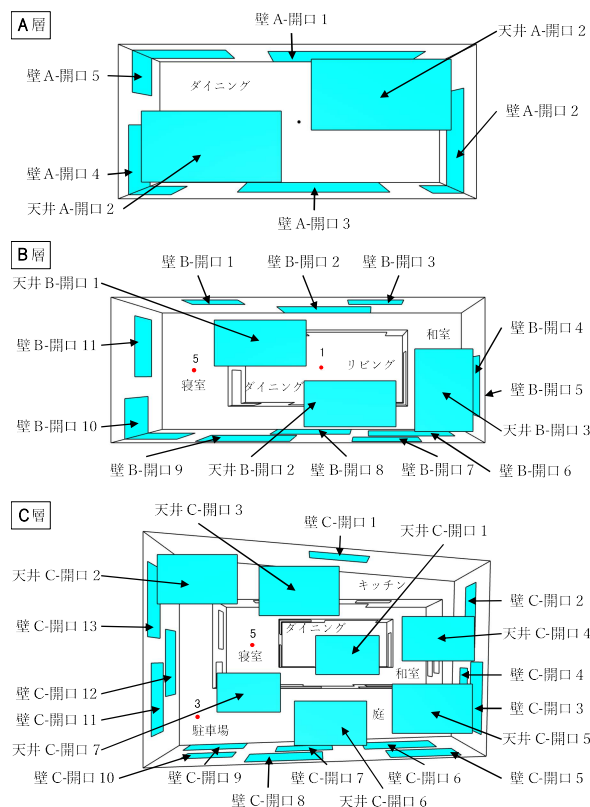


図8 Placement location of openings objects (bird's eye view of house N)

を通して見えていることを確認できる。

5.2 開口部ごとの視領域単位数

和室から直接見える開口部オブジェクトは 8 つあり、その中でも「壁 A-開口 2」のみが内部方向に対する開口部で、和室から見える視領域単位の半分以上は「壁 A-開口 2」から見えるものが占めている。残りの外部方向に対する 7 つの開口部は視領域単位数はあまり多くない。一方で、「壁 A-開口 2」と「壁 B-開口 5」は見えの大きさが近いのに対し、視領域単位数に大きな差があり、景色の様相の違いが読み取れる。また、同一の要素でも複数の視領域単位に分かれているのは、何らかの別の要素によって複数のエリアに分別されて見えていることを表しており、各種の要素が断片化した景色の見え方であることも読み取れる。

5.3 開口部から見える要素と見えの大きさについて

内部方向に対する開口部「壁 A-開口 2」からは壁 A・B・C といった建築構成要素が多く見えつつも、木・周辺建物・空といった外部要素も見えの大きさは非常に小さいが、散見される様子が伺える。一方、外部に開いた壁 B や天井 B の開口部からも、壁 C・床 C といった建築要素および周辺建物・空などの外部要素の両方が見えている。これらから、景色の複雑さの程度の違いはあれ、内部や外部に対しても建築の一部を垣間見えつつ、外部の景色が断片的に見えるような景色の構造であることが推察される。

5.4 上方向への視線の抜けについて

天井に配置された開口部「天井 B-開口 2」や「天井 B-開口 3」はトップライトであり、そこから見える空などの視領域単位の仰角が非常に大きいことも一つの特徴として確認できる。

6. まとめ

本研究では、先行研究 1・2 を発展させ、開口部ごとに視領域単位の構成をグラフとして可視化するツールを開発し、具体的な建築空間でケーススタディを行った。

先行研究までは全方向を対象として算出していた視領域構成を開口部に絞ることで、開口部を通じた周囲の見え方を構造的且つ定量的に把握することが可能になった。

本報では和室のみの結果紹介となったが、建築内の複数視点でのケーススタディを通して、空間内各所における開口部からの見え方の違いを確認することもできた。

課題として、現段階では複数視点で同時に計算することができないため、その改良や計算速度のスピードアップも必要である。

開口部	属性	グラフ	見えの大きさ	視距離	方位角	仰角
壁A-開口2 1.137sr 10549mm	天井A		0.162sr	4256mm	184.02°	29.54°
	天井B		0.054sr	6638mm	168.44°	34.66°
	天井B		0.015sr	10496mm	184.43°	20.50°
	天井C		0.033sr	12005mm	173.17°	32.89°
	壁A		0.082sr	7717mm	179.11°	3.35°
	壁A		0.228sr	3340mm	207.82°	13.41°
	壁A		0.085sr	4772mm	160.63°	14.60°
	壁B		0.043sr	7629mm	199.15°	3.36°
	壁B		0.081sr	3873mm	220.39°	9.29°
	壁B		0.012sr	11540mm	183.63°	16.83°
	壁B		0.010sr	11170mm	170.60°	1.06°
	壁B		0.022sr	11084mm	184.69°	3.02°
	壁B		0.006sr	10760mm	167.39°	5.10°
	壁B		0.043sr	7011mm	159.83°	4.59°
	壁C		0.041sr	11980mm	154.42°	3.32°
	壁C		0.022sr	8336mm	225.73°	9.92°
	壁C		0.011sr	14044mm	172.54°	4.48°
	壁C		0.006sr	15024mm	202.50°	-0.00°
	床A		0.064sr	5230mm	179.23°	-11.53°
	床B		0.020sr	5889mm	199.41°	-10.13°
	床B		0.016sr	5230mm	157.77°	-11.22°
	床C		0.012sr	8204mm	154.52°	-7.42°
	床C		0.010sr	8946mm	204.15°	-6.82°
	木2		0.006sr	9842mm	203.26°	6.13°
	木2		0.007sr	9596mm	199.25°	11.52°
	周辺建物9		0.010sr	24613mm	225.00°	9.24°
	周辺建物10		0.003sr	32556mm	205.63°	1.69°
	周辺建物12		0.003sr	16963mm	180.67°	5.72°
周辺建物12		0.011sr	17170mm	188.40°	6.27°	
空		0.006sr	-----mm	225.69°	15.42°	
空		0.003sr	-----mm	225.33°	23.29°	
空		0.010sr	-----mm	168.65°	30.26°	
壁B-開口6 0.63sr 11792mm	壁C		0.055sr	5732mm	277.73°	-0.48°
	壁C		0.265sr	6690mm	245.19°	5.55°
	木4		0.188sr	3449mm	269.14°	19.63°
	周辺建物8		0.006sr	17469mm	230.79°	11.05°
	周辺建物8		0.081sr	14159mm	253.03°	11.83°
	周辺建物9		0.005sr	23250mm	228.66°	10.42°
	空		0.011sr	-----mm	275.78°	7.85°
	空		0.006sr	-----mm	229.27°	16.99°
	空		0.013sr	-----mm	249.16°	23.22°
壁B-開口5 1.03sr 6888mm	壁C		0.833sr	3300mm	341.87°	4.76°
	床C		0.036sr	3115mm	343.42°	-19.82°
	周辺建物7		0.069sr	14248mm	314.12°	17.41°
	空		0.074sr	-----mm	325.06°	25.39°
	空		0.018sr	-----mm	3.22°	34.86°
壁B-開口4 0.213sr 5841mm	壁C		0.110sr	5841mm	351.44°	59.26°
	空		0.023sr	-----mm	8.39°	51.23°
	空		0.098sr	-----mm	321.86°	49.48°
天井B-開口3 0.329sr 6671mm	天井C		0.104sr	6671mm	243.57°	79.17°
	空		0.091sr	-----mm	265.64°	66.53°
	空		0.134sr	-----mm	73.95°	89.15°
壁B-開口3 0.028sr 7665mm	壁C		0.010sr	7665mm	126.10°	44.01°
	空		0.018sr	-----mm	125.93°	36.45°
壁B-開口7 0.077sr 8617mm	天井C		0.022sr	8911mm	239.83°	46.57°
	壁C		0.055sr	8723mm	239.67°	39.05°
天井B-開口2 0.037sr 7688mm	天井C		0.016sr	7688mm	212.71°	56.91°
	空		0.015sr	-----mm	198.99°	60.36°
空		0.006sr	-----mm	220.49°	53.14°	

図 9 Graph of openings visual area constitution from tatami room in house N

【参考文献】

- 1) M. L. Benedikt: To take hold of space isovists and isovist fields, Environment and Planning B, Vol.6, No.1, pp.47-65, 1979
- 2) 廣瀬寛騎、下川雄一：フィボナッチ格子による視線ベクトル配列を用いた建築空間の視界幾何特性分析ツールの開発、日本建築学会計画系論文集、第 83 巻、750 号、pp. 1611-1621、2018. 8
- 3) 廣瀬寛騎、下川雄一、福元大輔：視界幾何特性分析のための視領域単位細分化手法の提案、日本建築学会計画系論文集、第 84 巻、765 号、pp. 2467-2477、2019. 11