

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 -視界幾何特性情報の細分化手法の提案-

○廣瀬 寛騎*¹ 下川 雄一*²

キーワード：視線ベクトル 注視点 見えの大きさ 細分化 属性情報 BIM

1. はじめに

視覚情報は人間の行動に強く影響しており、建築や都市空間の計画を行う際には建築物の各部が利用者からどのように見えるかを確認する事が重要である。一般的に、空間の見える方を確認するために模型が利用されるほか、近年では BIM の普及もあり、3次元モデルを利用して確認するケースも増えている。それに対し、視覚によって得られる空間情報を定量的に評価するアプローチも存在し、その代表的存在として Isovist¹⁾ 理論が挙げられる。Isovist 理論やその概念から影響を受けた研究は様々に存在するが、それらの研究ではどのような要素がどのように見えるのかという視覚対象物の属性に着目した計算方法や表現方法の研究はほとんど見られない。このような背景から、筆者らは壁や柱などの建築構成要素の名称を属性情報として付与したモデルを対象とし、建物内の各場所から見える割合等をより柔軟に分析できる視界幾何特性分析ツールを基礎研究²⁾として開発してきた (Fig.1)。今回は式(1)で求められる見えの大きさや視距離情報を細分化する機能を追加することでより詳細に分析するツールを開発したので報告する。

2. 視界幾何特性を用いた細分化手法について

本研究で開発した従来のツールでは壁や柱などの単純な分類構成で分析することを想定しており、属性情報に依

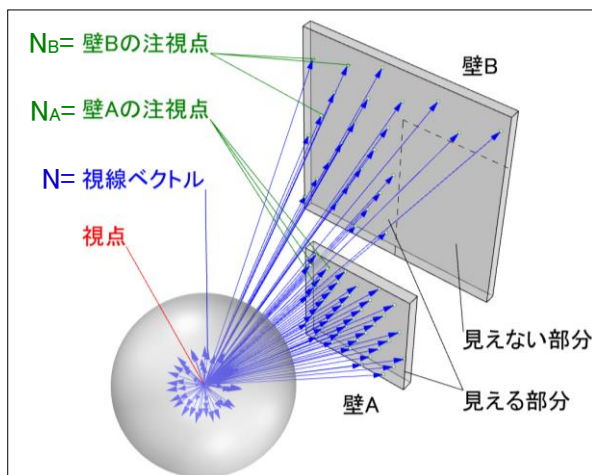


Fig.1 3Dモデルを用いたイメージ

$$4\pi \times \frac{N_A}{N} \dots (1)$$

存する視対象のみを扱っていた。そのため、計算結果から視線の抜け方やオブジェクト単体に対する見え方は読み取りにくく、視界幾何情報を細分化して詳細に評価する必要があると考えられた。荻谷³⁾は建築的情景を構成する各種要素の見えの大きさを抽出し、構造化する手法を提案している。この研究は視覚による空間の認知構造を定量的に且つ図式的に可視化する手法として興味深い。本研究では、これを1つの視界幾何特性の細分化モデルとして、3Dモデルを用いた視界幾何特性細分化手法の提案を行う。

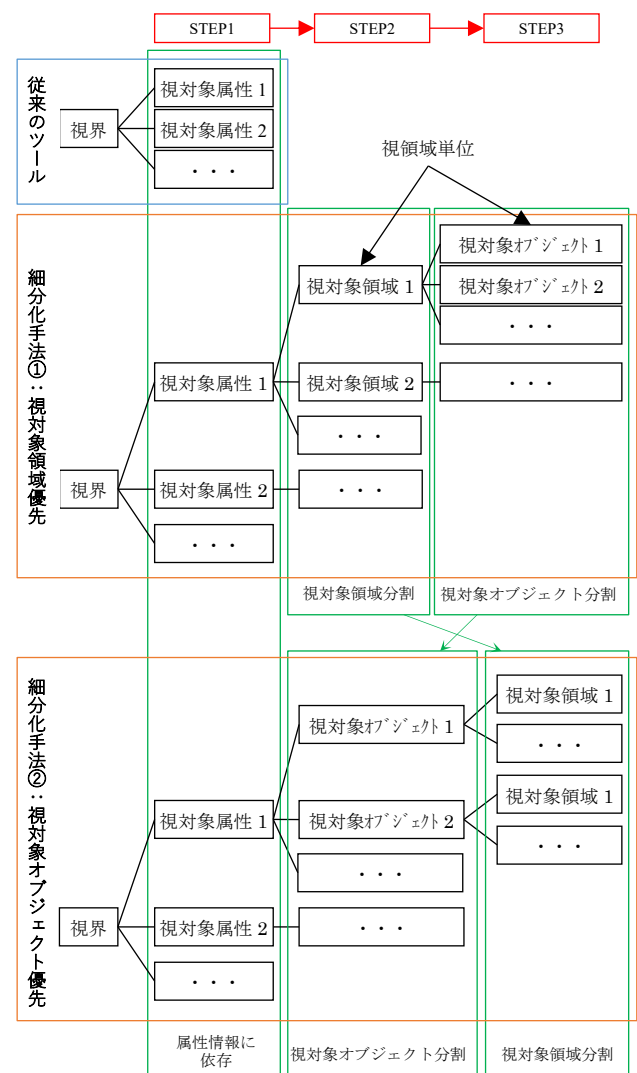


Fig.2 視界幾何情報の細分化手法の概念図

3. 細分化の手法と違いについて

3.1 視対象領域分割と視対象オブジェクト分割について

本研究では細分化を行うにあたって「視対象領域分割」と「視対象オブジェクト分割」の2つの処理方法を用いている（Fig.2）。視対象領域分割とは連続して見える視界領域毎に処理する方法を示しており、本研究では視線ベクトルを用いていることから、隣接している視線ベクトル群のことを視対象領域分割と定義している。また、視対象オブジェクト分割とは個別オブジェクト毎に処理する方法を示しており、視線ベクトルが個別の同オブジェクトに衝突しているベクトル群のことを視対象オブジェクト分割と定義している（Fig.3）。

3.2 細分化手法の適用順序

前項で説明した2つの細分化処理方法を組み合わせる際に、どちらを優先して処理するかによって結果が異なってくる。細分化手法①の場合、Fig.4に示す様に「属性値・視対象領域分割・視対象オブジェクト分割」と細分化が行われるため、最終的に4つの視領域単位に細分化される。それに対し、細分化手法②の場合、Fig.5に示す様に「属性値・視対象オブジェクト分割・視対象領域分割」と細分化が行われ、最終的に5つの視領域単位に細分化されることになる。Fig.4に示す細分化手法①では、A₂に衝突する視線ベクトルが隣接していないのに同じグループに分類されていることがわかる。

4. 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、住宅内の各所から周辺建物・空・樹木等が断片化することで、この空間全体や空間内の各場所の特性について理解を深めることができるのではないかと考えた。

4.2 分析データの作成と準備

分析用CADモデルの作成はRhincerosの標準サーフェスツールを用いて作成した（Fig.6, Fig.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

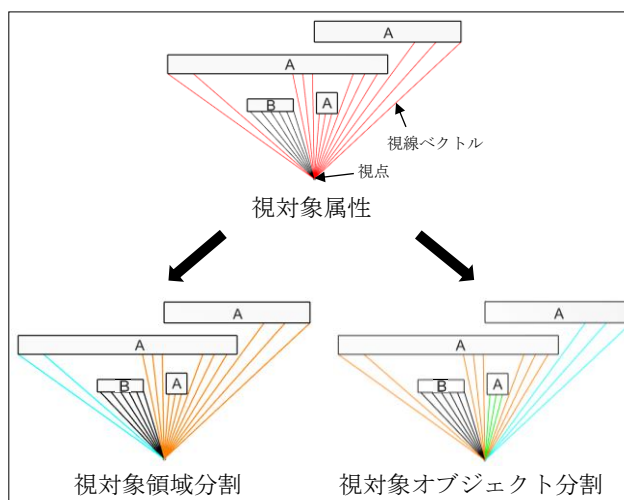


Fig.2 種類の細分化処理方法

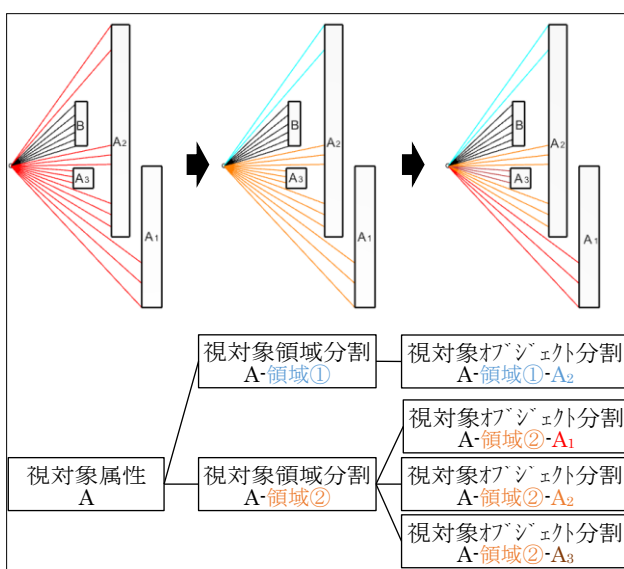


Fig.4 細分化手法①の細分化イメージ

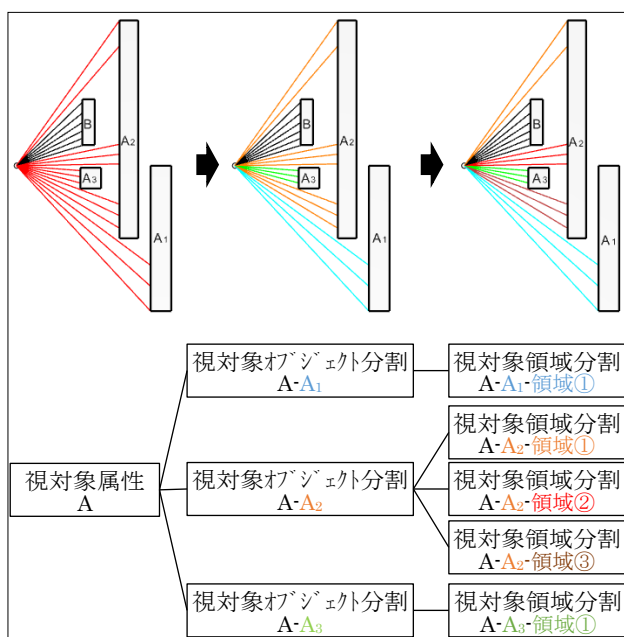


Fig.5 細分化手法②の細分化イメージ

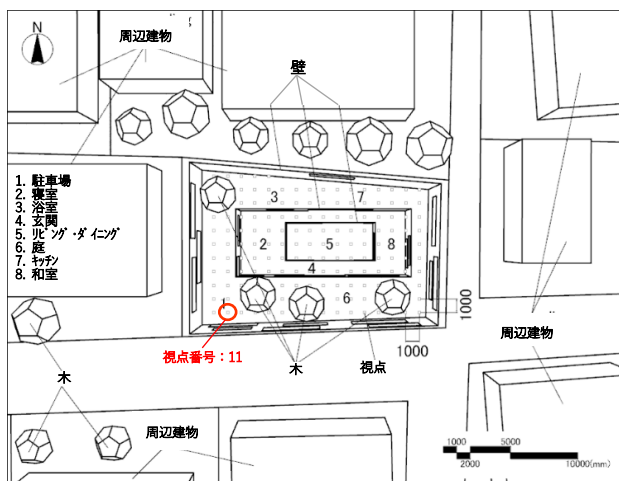


Fig.6 ケーススタディモデル (平面)

め与えた。Fig.6、Fig.7 内の室名以外の注釈は各オブジェ

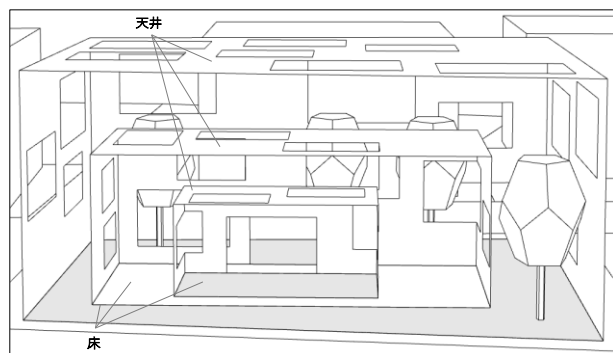


Fig.7 ケーススタディモデル (断面)

クトに与えた属性値を示している。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 検証方法

使用する視線ベクトル配列は既往研究²⁾で行った精度検証結果で最も誤差が小さかったフィボナッチ格子とする。視点は座位状態を想定して視点高を 1200mm とし、視点グリッドは 1000mm 間隔で最外部の壁(壁 C)の内側に全て配置した結果、視点数は 165 となった。Fig.6 の床に示したドットは視点の位置を示している。細分化結果は現時点で 1 つの視点のみでしか表示されないため、本ケーススタディでは駐車場に位置する 1 視点 (Fig.6 の赤丸部分) に絞って行う。以上の条件で、視線ベクトル数は 1 万本とし、細分化結果の有効性を検証する。

4.4 結果

細分化結果として表示される情報は以下の通りである。

①各 STEP での見えの大きさの表示

各 STEP の各視領域単位に見えの大きさを数値として表示する。従来のツールと同様にステラジアン単位を用いている。

②各 STEP での平均視距離の表示

各 STEP の各視領域単位において 0 から 1 までの正規化した平均視距離をデータバーとして表示する。視点から最も近い平均視距離を示す値を 1、最も遠い平均視距離を示す値を 0 としている。視距離を測定することができない「空」のデータはデータ無しとして斜線で表記する。

③オブジェクトの色データの表示

オブジェクトの属性値毎に、大まかなモデルの表示色をデータバーに表示する。別属性値だが同系統のモデルを視覚的にわかりやすくするために表示する。

駐車場に位置する視点（視点番号：11）において、細分化手法①の結果を Fig.8、細分化手法②の結果を Fig.9 に示す。従来のツールでは属性情報のみしか分類分けされておらず（STEP1）、視領域が特定の方向にまとまっているのか多方向に分散しているのかを確認することができなかった。しかし、細分化を行うことにより STEP3 の視領域単位数から視領域の分散状況を把握し、見えの大きさの値を確認することで視線の抜けの大小も読み取ることができる。また、この住宅ではすべての視対象が数多くの細かな視領域単位に細分化されている様子が読み取れる。細分化手法①の方では、視対象領域分割の STEP と視対象オブジェクト分割の STEP において、視領域単位数や見えの大きさなどに大きな差がみられない。それに対し、細分化手法②の場合は STEP が進むにしたがって視領域単位数が増えていることがわかる。平均視距離を示すデータバーにおいては、属性情報毎の平均視距離だけでなく各 STEP

細分化順序	STEP1	STEP2	STEP3
視点	属性情報	視対象領域	視対象オブジェクト
	(遠い)0-視距離→1(近い)	(遠い)0-視距離→1(近い)	(遠い)0-視距離→1(近い)
	天井:0.784	0.084 0.899 0.003 0.092 0.007 0.001 0.002 0.002 0.001 3.918	0.084 0.899 0.003 0.061 0.012 0.018 0.007 0.001 0.002 0.002 0.001 0.552 0.025 3.340
	壁:4.03	3.405	0.002 3.396 0.006
	床:3.405	3.405	0.087 0.001 0.715 0.016 0.001 0.041 0.001 0.001 0.291 0.010 0.193 0.005 0.617
	木:0.863	0.087 0.001 0.715 0.016 0.001 0.041 0.001 0.001 0.291 0.010 0.193 0.005 0.617	0.087 0.001 0.715 0.016 0.001 0.041 0.001 0.001 0.291 0.010 0.193 0.005 0.617
	周辺建物:1.109	0.087 0.001 0.715 0.016 0.001 0.041 0.001 0.001 0.291 0.010 0.193 0.005 0.617	0.087 0.001 0.715 0.016 0.001 0.041 0.001 0.001 0.291 0.010 0.193 0.005 0.617
視点番号11 全視領域:12.566 (視対象:見えの大きさ)	数地:0.491	0.491 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.066 0.002 0.002 0.002 0.001	0.491 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.001 0.049 0.002 0.018 0.002 0.001
	周辺数地:0.084	0.066 0.002 0.002 0.002 0.001	0.002 0.018 0.002 0.002 0.001
	前面道路:0.742	0.742 0.007 0.026 0.028 0.038 0.541 0.017 0.036 0.001 0.177 0.045 0.134	0.742 0.007 0.026 0.028 0.038 0.541 0.017 0.036 0.001 0.177 0.045 0.134
	空:1.055	0.007 0.026 0.028 0.038 0.541 0.017 0.036 0.001 0.177 0.045 0.134	0.007 0.026 0.028 0.038 0.541 0.017 0.036 0.001 0.177 0.045 0.134

Fig.8 視点番号 11 における細分化手法①の結果

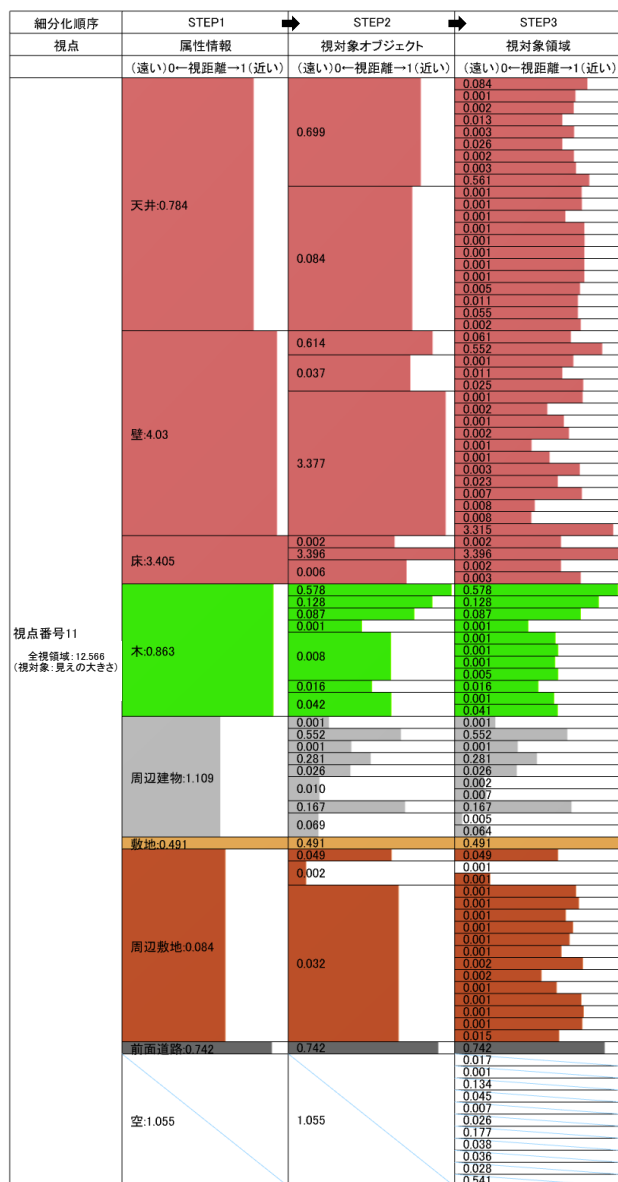


Fig.9 視点番号 11 における細分化手法②の結果

の各視領域単位で平均視距離を視覚的に確認できる。従来のツールでは多方向に複数存在する視距離を平均していたため視距離情報としては曖昧で有効性に欠けることが問題であったが、細分化を行うことで曖昧な距離情報を明確にすることができた。各視領域単位の平均視距離のデータバーは正規化を行った値を用いているため、視覚的に全体の距離関係を把握することができる点においては有効だが、実際の値は結果に表示されていないため、結果以外から読み取る必要がある。今回新たに追加した機能の計算時間を計測した結果、細分化手法①では 6 分 11 秒、細分化手法②は 4 分 42 秒となった。

5. 考察

視界幾何情報の細分化を行うことによって、従来のツールでは曖昧であった視距離情報がより明確になり、指定した視点の場所が持つ空間のポテンシャルがよりわかりや

すくなったと考えられる。本ケーススタディは 3 層の空間が入れ子状に形成されているのが特徴となる house N を対象に行い、細分化を行う際は細分化手法②の方が有効であると考えられた。しかし、異なった建築的特徴を持った空間の場合においてもこの手法が有効であるとは限らないため、複数のモデルにおいて検証を行う必要がある。本ケーススタディでは 1 つの視点につき 1 万本の視線ベクトルで計算行っていたが、一定の精度を保たせるには視線ベクトルを 10 万本発生させる必要がある。1 万本で所要時間が 5 分程度であることから、10 万本の場合 50 分程度の計算時間が予想される。そのため複数視点で細分化結果を同時に表示し比較することが難しく、計算アルゴリズムを改良する必要があると考えられる。

6. まとめ

本研究では、既往研究で開発した視界幾何特性分析ツールの有効性を高めるために視界幾何情報の細分化の提案および実装を行った。また、その有効性を確かめるために「house N」のような開口部に大きな特徴を持つ建築空間を対象にケーススタディを行った。このような特徴を持つ建築空間では視対象オブジェクト分割を優先的に細分化し、その後、視対象領域分割で細分化することで従来のツールより詳細な視界幾何情報を確認することができた。しかし、別の建築的特徴を持つ空間においても同様とは言えないため、別の建築モデルを対象にさらなるケーススタディが必要になると考えられる。

注

注 1) ケーススタディで使用した 3D モデルは下記の分権委基づいて作成した。

藤本壮介、武井誠、鍋島千恵、福島加津也、富永祥子、長谷川豪：現代住宅の「ディテール」、彰国社、pp.16-25、2010.9

[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: 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) 荻谷哲郎：建築的情景の階層構造と立体角比、Man-Environment Research Association、第 13 号、pp. 21-30、2000. 12

*1 金沢工業大学大学院工学研究科建築学専攻 博士後期課程

*2 金沢工業大学建築学部 建築学科 教授