

(67) 三次元都市モデルを用いた景観分析と 視線追跡装置による検証

井筒 竜宇¹・山野 高志²

¹学生会員 大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻 博士前期課程
(〒573-0001 大阪府田口山1丁目22-18)
E-mail: idutsu@it.sec.eng.osaka-u.ac.jp

²正会員 大阪府立大学工業高等専門学校 総合工学システム学科 都市環境コース
(〒572-8572 大阪府寝屋川市幸町26-12)
E-mail: yamano@osaka-pct.ac.jp

本研究では京阪本線連続立体交差事業をケース・スタディとし、国土地理院が発行している汎用的な空間データを用いて三次元広域都市モデルの作成手法の構築を行い、モデルを用いた景観分析を2つのアプローチで行い、両者の結果を比較検証することを目的とする。

具体的には、建物モデルと地形モデルからなる三次元広域都市モデルの作成方法を考案する。つぎに、作成した三次元都市モデルを空間分析に適したモデルに変換し、GIS上で可視・不可視分析を行うことで高架橋上の列車からの建築物に対する被可視頻度を明らかにする。可視・不可視分析は客観的・定量的に景観を把握できるため従来から多数実施されてきたが、本研究ではさらに視線追跡装置を用いた実験により被験者の実際の注視傾向を分析し、両者の比較検証と考察を実施する。

Key Words: three-dimensional urban model, landscape, GIS, visibility analysis, eye tracking system

1. 背景と目的

景観法が施行されたことにより、各自治体において景観法に基づいて景観計画を策定する動きが近年活発化してきている。大阪府寝屋川市においても景観重点地区を指定し、景観に配慮した取り組みが行われている。一般的に景観重点地区では、景観を阻害する要因である屋外広告物について規制を設けているが、対象エリアについては、従来の事例を参照とした一律の距離を適用するに留まっている。また、空間データが普及しつつあるにもかかわらず、現実の都市の形状・構成を考慮したモデルによる分析は行われていないのが現状である。

一方で、建設プロジェクトにおける3DCGの活用や景観分析については様々な研究が行われてきている。國井ら¹⁾による都市計画段階で3DCGを作成し、視覚的に景観に及ぼす影響を把握することを目的とした研究や、増岡ら²⁾のように既存の都市空間をモデル化し、それを用いて都市空間の景観的な特徴を定量的に把握することを目的とした研究がなされているが、それぞれ作成したモデル上で定量化した評価を行った段階で結論付けており、その評価指標を検証する段階まで考慮した研究は少ない。くわえて、景観における評価を定量的に行っ

ている研究も行われてきている。伊月ら³⁾による景観の注視特性をアイマークレコーダを用いて記録し、景観に対する注視特性の考察を行っている研究や、申ら⁴⁾のように都市俯瞰景観における被験者の注視特性を把握するために注視傾向を分析することで、都市景観への注視対象を検討する研究が行われているが、三次元モデルを用いた結果と比較検討している研究は少ない。そこで、三次元モデル上で景観に対して定量化を行った結果と視線追跡装置を用いて注視特性を分析した結果を比較検討することに意義があるのではないかと考えた。

以上のような背景のもと本研究では、京阪本線連続立体交差事業をケース・スタディとし、国土地理院が発行している汎用的な空間データを用いて三次元広域都市モデルの作成手法の構築を行い、モデルを用いた景観分析を2つのアプローチで行い、両者を比較検証することを目的とする。

具体的には、建物モデルと地形モデルからなる三次元広域都市モデルの作成方法を考案する。つぎに、作成した三次元都市モデルを空間分析に適したモデルに変換し、可視・不可視分析を行うことで被可視頻度を明らかにする。最後に、視線追跡装置を用いた実験により被験者の注視傾向を分析し、比較検証を行う。

2. 三次元都市モデル上での可視・不可視分析

本研究における三次元都市モデルは建物モデルと地形モデルによって構成されている⁵⁾。生成に用いるデータは国土地理院の基盤地図情報であり、基本項目に含まれる建築物外周線と数値標高モデルを使用している。高架橋という目につきやすい構造物が景観に与える影響を検討する為に、三次元都市モデルの作成範囲は東西2.3km、南北3.7kmと広範囲に設定している。建物モデルはGIS上のゾーン統計機能により、各地点の標高値と階数情報をもとに高さが半自動的に求められ、地形モデルはTIN（不整三角網）による表現となっている（図-1）。

次に、作成されたモデルをGIS上でDSM（Digital Surface Model）に変換した。DSMは地表面のみで構成されるDEM（Digital Elevation Model）とは異なり、建物などの要素も含んだ数値地形モデルとなっている。DSMは三次元数値解析に適したモデルであり、変換されたDSMを用いることで、GIS上で可視・不可視分析を行った。

一般に、GIS上での可視・不可視分析には代表点が必要となるため、本研究では、設計データの鉄道高架橋の中心線上に20メートルごとに107点の代表点を抽出した（図-2）。これらの点は、可視・不可視分析の視点あるいは注視点として使用した。分析では、高架橋上にある列車から都市に視線を向けた場合、そして都市から高架橋に対して視線を向けた場合の二種類を行った。高架橋上の列車の窓から見た風景を再現して分析するために、代表点を人の視点として想定することにより可視・不可視分析を行った。代表点は、人間の平均身長と列車の床の高さを考慮して、2.72m垂直にオフセットされている。また、地表面から高架橋を対象とした可視・不可視分析を行う際は、人間の視点の平均高を考慮して、数値地形モデルから垂直に1.5mオフセットされている。それぞれの解析結果を図-3に示す。107点の代表点それぞれの結果から可視頻度を算出することで、高架橋上の列車の窓から都市を見た際にどこがよく見えるか、そして都市から高架橋がよく見える地点はどこかを判別することができた。

3. 視線追跡装置による分析

GIS上での分析結果は景観の要素を客観的に示したものになっている。しかし、都市計画デザインを行っていくうえで、各個人の主観的な捉え方も重要だと考えられる。そこで、被験者の主観性を考慮した分析を行うために視線追跡装置を用いた。これによりGIS上で行った分



図-1 三次元都市モデルの全体図

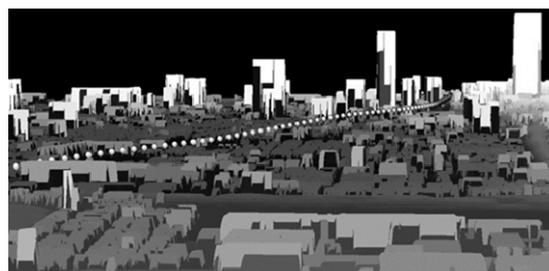


図-2 DSM上に配置された代表点

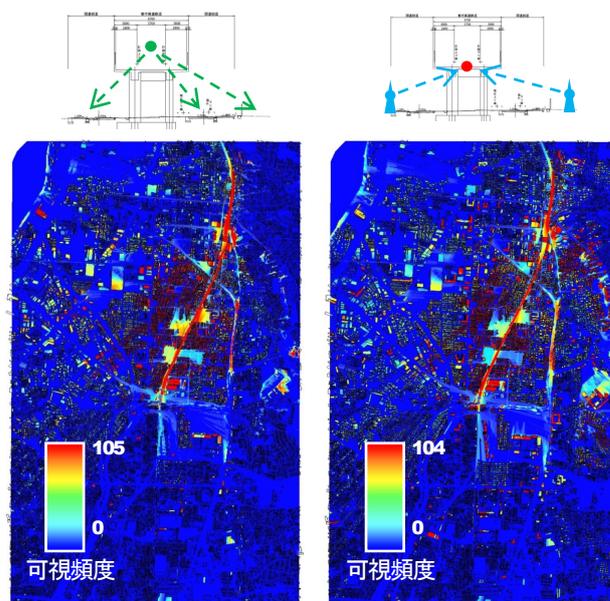


図-3 可視・不可視分析結果（左:高架橋から,右:都市から）

析結果と、CGレンダラ上で作成した景観シミュレーションを被験者が見た際の結果とを比較検証した。具体的には、GIS上で算出した都市の被可視頻度と、実際に人の目が注視する頻度の高い空間とを、定量的に比較することを試みている。使用した視線追跡装置は、スクリーン設置型のTobii社製・Tobii Pro X2-60とした。また、視線追跡に用いたシミュレーションのシーンは、実際の写真を用いずに、GIS上での分析結果から被可視頻度が高い地点を考慮して選定している。選定した視点を図-4に示す。実験は寝屋川市の職員26名について行い、実験終了後には何を意識して見たかなどのヒアリング調査を合わせて実施した。

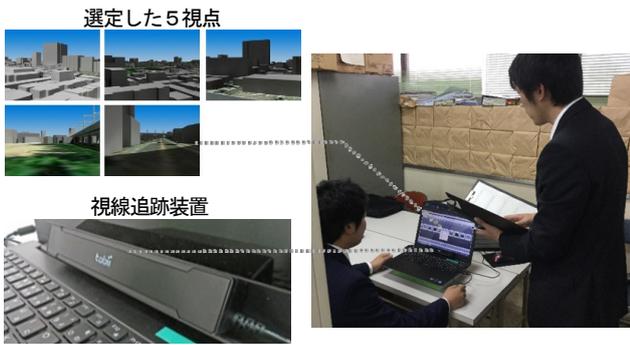


図4 視線追跡装置による実験風景



図5 AOI分析を行うためのエリア分割の一例

実験によって得られた結果を定量的に分析するために、AOI (Area of Interests) 分析 (図-5) を実施した。AOI 分析とは、分析対象とするエリアを任意に指定し、集計を行う分析の事を指す。本研究では、Total Fixation Duration (注視の合計時間)、Total Visit Duration (注視の有無に限らず視線が滞在した合計時間)、Visit Count (滞在した回数) 以上の三つの要素について分析を行うことにより、被験者の可視頻度の検証を行った。

本論文では5つの地点のうち、結果が特徴的であった Spot A, Spot B, Spot C におけるヒートマップを抜粋して示す (図-6, 8, 10)。このヒートマップはすべての参加者による注視プロットを合計したものであり、赤色を示す部分は高い注視傾向にあることを意味している。また、先ほど定義した3つの要素の値が大きくなるにつれ、建築物の景観への影響がより大きくなるといえる。Spot A, Spot B, Spot C における AOI 分析の結果も合わせて図-7, 9, 11 に示す。

4. 分析結果の考察

図-7, 図-9 および図-11 の各図のグラフは左から被験者の平均注視時間、平均滞在時間、平均閲覧回数を示している。ここでは注視の定義として、200ms 以上の滞留かつ 30deg/sec 以下の視線移動速度等を条件とした。また、滞在時間は注視かどうかにかかわらず、指定したエリアに視線が入った合計時間、閲覧回数は指定した空間に視線が入った合計回数を示している。

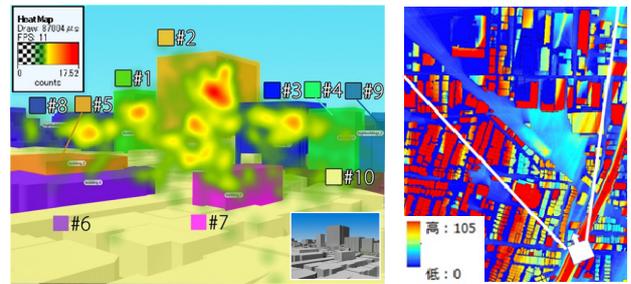


図-6 Spot A における視線動向のヒートマップおよび GIS 上での位置の拡大図

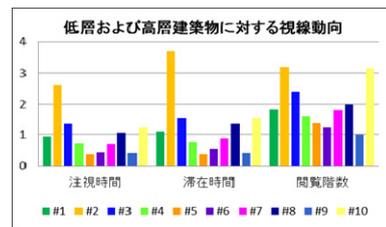


図-7 Spot A における AOI 分析の結果

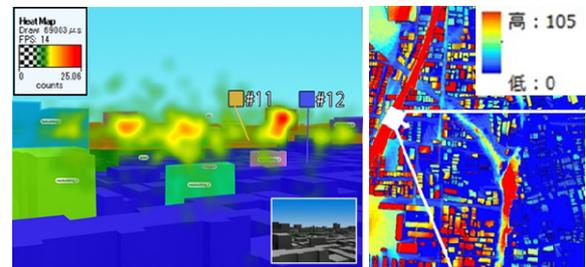


図-8 Spot B における視線動向のヒートマップおよび GIS 上での位置の拡大図

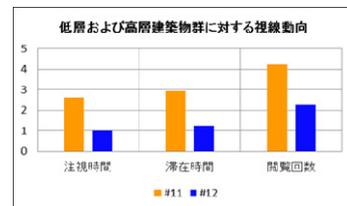


図-9 Spot B における AOI 分析の結果

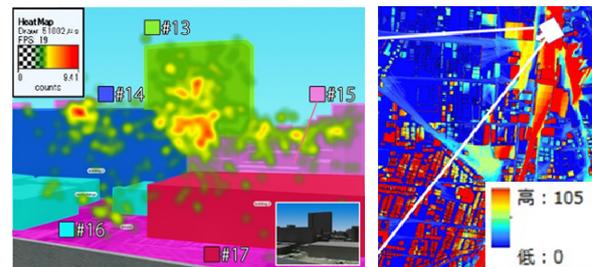


図-10 Spot C における視線動向のヒートマップおよび GIS 上での位置の拡大図

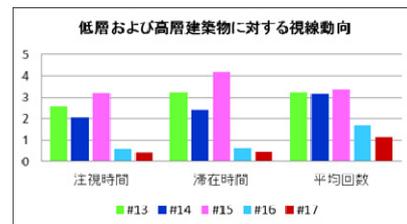


図-11 Spot C における AOI 分析の結果

図-6 のヒートマップと図-7 の AOI 分析の結果から Spot A における結果を考察する。視点からの距離は遠いものの、水平線近くに位置する大きな建物（#2）の被可視頻度の値が大きくなり、注視の合計時間も一番大きな値を示した。ここで、GIS 上での可視・不可視分析結果（図-3）をあらためて確認すると、視線追跡装置によって高い被可視頻度を示した高層建築物だけでなく、視点付近に存在する低層建築物に対しても高い可視頻度を示していた。このことから、注視傾向と GIS の可視・不可視分析の結果との間に相違点があることが明らかになった。なお、低層建築物の閲覧回数は高い数値が算出されているが、他二つの要素の数値が低い値を示しているため、注視されているわけではない事がわかる。

次に図-8 のヒートマップと図-9 の AOI 分析の結果から Spot B における結果を考察する。この視点では、意図して二つの大きな建物群（#11 と #12）に分かれるようにエリアを設定した。両方の建築物群は周辺建築物と比較して低層の建築物で構成されている。ここで、GIS 上で計算された #12（近距離建築物群）の可視頻度の値が #11（遠距離建築物群）よりも高い値を示している事が拡大図（図-8）よりわかる。しかし、視線追跡装置を用いた注視動向分析の結果からは、視点の水平線近くに位置する遠距離建築物群 #11 が何度も見られ、滞在時間も長い事から被可視頻度が高い事が図-9 のグラフから読み取れる。実験終了後に行ったヒアリング調査の結果によると、一部の被験者から「遠距離建築物群がスカイラインを阻害していたため視線が誘導させられた」という意見が得られており、その結果、建物群 #11 の被可視頻度の値が高くなったと考えられる。

図-10 のヒートマップと図-11 の AOI 分析の結果から Spot C における結果を考察する。Spot C での視線追跡装置を用いた結果は、Spot B と同様に水平線近くに位置する建物および建物群に対する領域内への視線の滞在時間も長く、高い被可視頻度の値が得られる結果が確認できる。ここで、建物 #17 は写真内において広い領域を有しており、選定した視点からの距離も非常に短い位置に存在する建築物である。実際に、GIS 上で算出された可視頻度の値は高く、よく見られる建築物として判定されていることが分かる。しかし、視線追跡装置によって作成されたヒートマップを確認すると、建物 #17 は被験者の視線を誘導せず、被可視頻度の値が小さくなっている事がグラフより分かる。以上の結果から、GIS 上で計算された可視頻度の値と視線追跡装置によって算出された被験者による注視傾向分析の結果との間には、差異があることを確認することができた。

5. まとめ

本研究では、汎用的な空間データを用いて三次元広域都市モデルの作成手法の構築を行い、モデルを用いた景観分析を 2つのアプローチで行い、両者の比較検証を行った。結果、実際に高架橋が建設された際に、列車の車窓からの可視頻度が高い建築物の特定と、高架橋に対する可視頻度が高い地点の把握を、GIS 上での可視・不可視分析によって確認することが出来た。また、視線追跡装置を用いた実験により被験者の注視傾向を把握することで、GIS 上で算出された被可視頻度と実際に人が見る可視頻度との間に差異があることが確認できた。

今後の課題としては、環境認知水準による被験者の属性分けを行い、視線追跡装置による視線動向の検証をより詳細に行うことが求められる。また、注視傾向と俯角ならびに視距離との関係性について、定量的に考察することが必要である。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP16K00736 の助成を受けたものです。寝屋川市まち政策部まちづくり指導課をはじめとした市職員の皆様には、視線追跡装置による実験にご協力頂きましたこと、厚く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 國井洋一, 金子絵里香：横浜開港時の日本大通りの景観に対する 3D モデリングによる考察, 東京農業大学農学集報, Vol.56, No.2, pp.162-170, 2011.
- 2) 増岡達也, 伊藤恭行：3DCG を用いた都市景観視領域に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集・建築デザイン発表梗概集, pp.467-468, 2012.
- 3) 伊月和歩, 高田直樹, 門内輝行：景観画像の印象評価と歩行実験における注視特性の分析：アイマークレコーダを用いた街並み景観の注視特性に関する研究(その 2), 日本建築学会近畿支部研究報告集・計画系, Vol.54, 2014.
- 4) 申炳欣, 後藤春彦：都市俯瞰景観における注視特性に関する基礎的研究—アイマークレコーダを用いた東京スカイツリーからの景観体験実験の分析—, 日本建築学会計画系論文集, Vol.80, No.714, pp.1875-1883, 2015.
- 5) 三嶋龍生, 山野高志：三次元広域都市モデルの作成と景観分析/シミュレーションにおける活用に関する研究, 日本高専学会第 22 回年会講演会講演論文集, pp.253-254, 2016.