

isovist を用いた鉄道駅歩行時の視覚体験のノーテーション Notation of Visual Experience while Walking in Subway Stations Using Isovist

○大嶽 有加^{*1}, 本間 健太郎^{*2}, 須藤 望^{*1}, 新井 祐子^{*3}, 今井 公太郎^{*4}
Yuka OTAKE^{*1}, Kentaro HONMA^{*2}, Nozomu SUDO^{*1}, Yuko ARAI^{*3} and Kotaro IMAI^{*4}

*1 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 修士課程

Master Course, Department of Architecture, The University of Tokyo.

*2 東京大学生産技術研究所 准教授 博士(工学)

Associate Professor, The University of Tokyo, Dr. Eng.

*3 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 博士課程, 東日本旅客鉄道

Doctoral Course, Department of Architecture, The University of Tokyo, East Japan Railway Company.

*4 東京大学生産技術研究所 教授 博士(工学)

Professor, The University of Tokyo, Dr. Eng.

キーワード: ビジビリティ; isovist; 駅; 視覚体験; ノーテーション

Keywords: Visibility; isovist; station; visual experience; notation.

1. 背景と目的

近年、鉄道駅は大規模化・複合化に伴い、交通空間と滞留空間が複雑に絡み合い、ますます分かりにくくなっている。一方で、外国人観光客や高齢者といった文字情報にアクセスしづらい利用者が増加し、サインに頼らない空間計画の重要性が高まっている。赤瀬¹⁾はこれを「記号論的空間計画」と呼び、内部空間の視覚的な分かりやすさが今後の建築デザインの重要なテーマになると述べている。

一方で、歩行時の視覚体験のシミュレーションは建築・都市計画分野における重要なテーマとして位置づけられてきた。J.J.ギブソン²⁾は、観察者が動くことにより隠れているものが現れる遮蔽縁が観察者に決定的な情報を与えるとし、歩行時の視野の変化を把握することの重要性を示した。また大野らは、遮蔽縁からの情景の現れ方が注視行動に影響を及ぼすことを示した³⁾。しかし、こうした遮蔽縁に関する研究は観察者の主観的な見えに着目したもので、可視領域を定量化しようとした研究は少ない。

したがって本研究では、鉄道駅に着目し、isovist を用いて歩行時の視覚体験を定量的に分析するとともに、ビジビリティを記述する手法を提案することを目的とする。

2. isovist を用いた分析方法

2.1. 可視領域を求めるアルゴリズム

isovist を用いて経路上の 2m ごとに可視領域を求める。3次元 CAD ソフトウェア Rhinoceros のプラグインであ

る Grasshopper で計算した。

- ① 壁や柱などの障害物のポリラインを線分に分解する視野内にある障害物を判定し、その線分のみ次のステップの計算を行うことで計算量を削減した。
- ② 障害物の外形線を分解した線分の頂点を始点とし、視点から各頂点の向きに十分な長さで線分を引き、これらを閉じて四角形をつくる。すべての線分についてこの計算を行い、生成された四角形の和集合をとる。
- ③ 始点から経路の接線方向にすべての線分を内包する扇形をつくり、②で求めた領域との差集合をとる。

なお、視線の連続性を保つため、経路の折れ曲がりには半径 0.2m の円弧でフィレットした。また、畑田は⁴⁾安定した眼球・頭部運動により、対象範囲を無理なく注視できる範囲(安定注視野)の最大値が水平方向に 90° であると示している。したがって、本研究では視点から左右に 45° の 90° の範囲での可視領域を求める。

2.2. 基本形態指標

表 1 に本研究で扱う基本形態指標を示す。4章では、このうち新規面積率と凸度について isovist を用いてビジビリティの分析を行う。さらに、基本形態指標について主成分分析を行い、観測地点の性質の類型化に寄与する指標を特定する。

赤瀬¹⁾は、地下鉄駅が分かりにくい理由として、階段・壁・独立柱が見通しを悪くし移動先がすぐに見えないためであると述べている。本研究では、隠されていた

情報を新たに発見するような場面に対応する指標として、新しく見えた領域の面積の割合（以下、「新規面積率」とする）を求める。新規面積率が大きいほど、先ほどまで見えていなかった領域の割合が大きく、経路を見落としやすい場所である。

また三浦⁹⁾は、直線通路よりも分岐において注視回数が増えることを明らかにし、経路選択を迫られるためであると分析した。経路選択を迫られる場面に対応する指標として凸度を求める。凸度が小さいほど可視領域が線形で複雑な形状であることを示している。こうした形状は分岐でよくみられるため、凸度の小さい場所は誤った経路を選びやすい場所であると考えられる。なお、単純な形状であっても凸度を正確に計算することは難しい。そこで本研究では、ランダムな2点を生成しそれらを結ぶ線分が領域内に含まれるかどうか判定する試行を1000回繰り返すことで近似値を求めた。

実際に簡単なモデルで実験してみると、新規面積率はL字・列柱で大きく、凸度はY字型においては視線を変える直前に、列柱では常に小さい値をとった。(図1)

表1 基本形態指標

新規面積	現在の可視領域のうちこれまで見えていなかった可視領域の面積。
新規面積率	現在の可視領域面積に対する新規面積の割合。この指標が大きいほど、これまで隠れていた部分が見えるようになる場所であるといえる。
面積変化量	現在の領域面積から直前の領域面積を引いた値。各経路の最初は0とする。
周長	可視領域の周長。
凸度 (convex efficiency)	領域内のランダムな2点を結ぶ線分が領域内に完全に含まれる確率。この指標が小さいほど対象の領域は凸多角形から乖離しているといえる。
稠密度	凸包の面積に対する可視領域の面積の割合。
円形度	現在の領域面積に 4π をかけた値を周長の2乗で割った値。

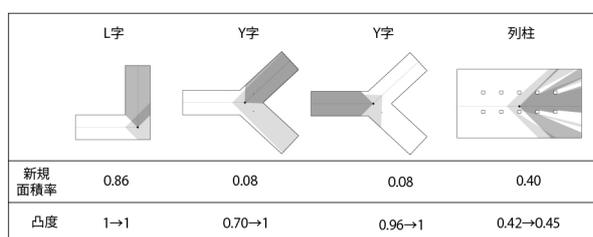


図1 分析対象となる10個の経路と改札口

3. ネットワーク分析を用いた経路の選定

3.1. 駅の選定方法

国土交通省高精度測位社会プロジェクトにおいて屋内地図データが公開されている9駅（東京駅、大手町駅、有楽町駅、銀座駅、新宿駅、新横浜駅、大門駅、都庁前駅）のうち、ネットワークデータがあり、主な駅周辺利

用施設・改札口別乗降人員割合が公開されている駅の中から、銀座駅を対象とした。銀座駅は、ショッピング・レジャーの目的地として利用する人の割合が46.1%と高く、不慣れた人が多い駅である。

3.2. 経路の選定方法

改札口と出口を結ぶ経路の組み合わせは膨大であるため、東京メトロが行った主な駅周辺利用施設のアンケート⁹⁾から利用者数が多いと推定される^{注10)}経路を、ダイクストラ法を用いて選定する。ネットワーク分析に際し、国土交通省が公開する^{注2)}東京駅周辺歩行空間ネットワークデータと屋内ネットワークデータを参考に、地上部分と地下部分を統合した歩行空間ネットワークを作成した。また、一般的に利用される経路のみを扱い、エレベーターやスロープを通る経路は除外した。既往研究⁹⁾や実測調査をもとに、各リンクの所要時間を算定し、リンクに重みづけを行った。表2には、重みづけに用いた属性値を示す。図2、表3は選定された経路と推定利用者数を示す。本研究では、選定された経路のうち鉄道駅の地下通路部分のみに注目する。これらの経路ができるだけ地下部分を通る経路であったのは、地上部分の交差点を回避したためであると考えられる。

表2 ノードの重みづけに用いる属性値

	歩行速度	1.11(m/s)
地下	階段	0.51(m/s)
	ESC	0.58(m/s)
地上	信号付き横断歩道	60秒

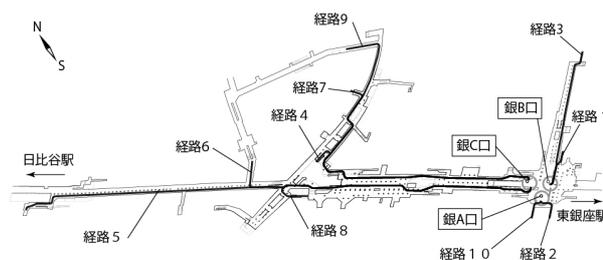


図2 分析対象となる10個の経路と改札口

表3 経路ごとの推定利用者数と移動時間

経路番号	改札口	目的地	利用者数(人)	地下部分移動時間(s)
1	銀B口	銀座三越	8012815	70.3
2	銀A口	GINZA SIX	4616655	60.5
3	銀B口	松屋 銀座店	4377863	145.2
4	銀C口	ビックカメラ 有楽町店本館	4271733	237.3
5	銀C口	東京ミッドタウン日比谷	3634953	406.7
6	銀C口	ルミネ有楽町店	2785913	238.5
7	銀C口	東京交通会館	2414458	286.2
8	銀C口	東急プラザ銀座	2361393	283.3
9	銀C口	銀座インズ	2255263	304.8
10	銀A口	ユニクロ銀座店	2228730	57.0

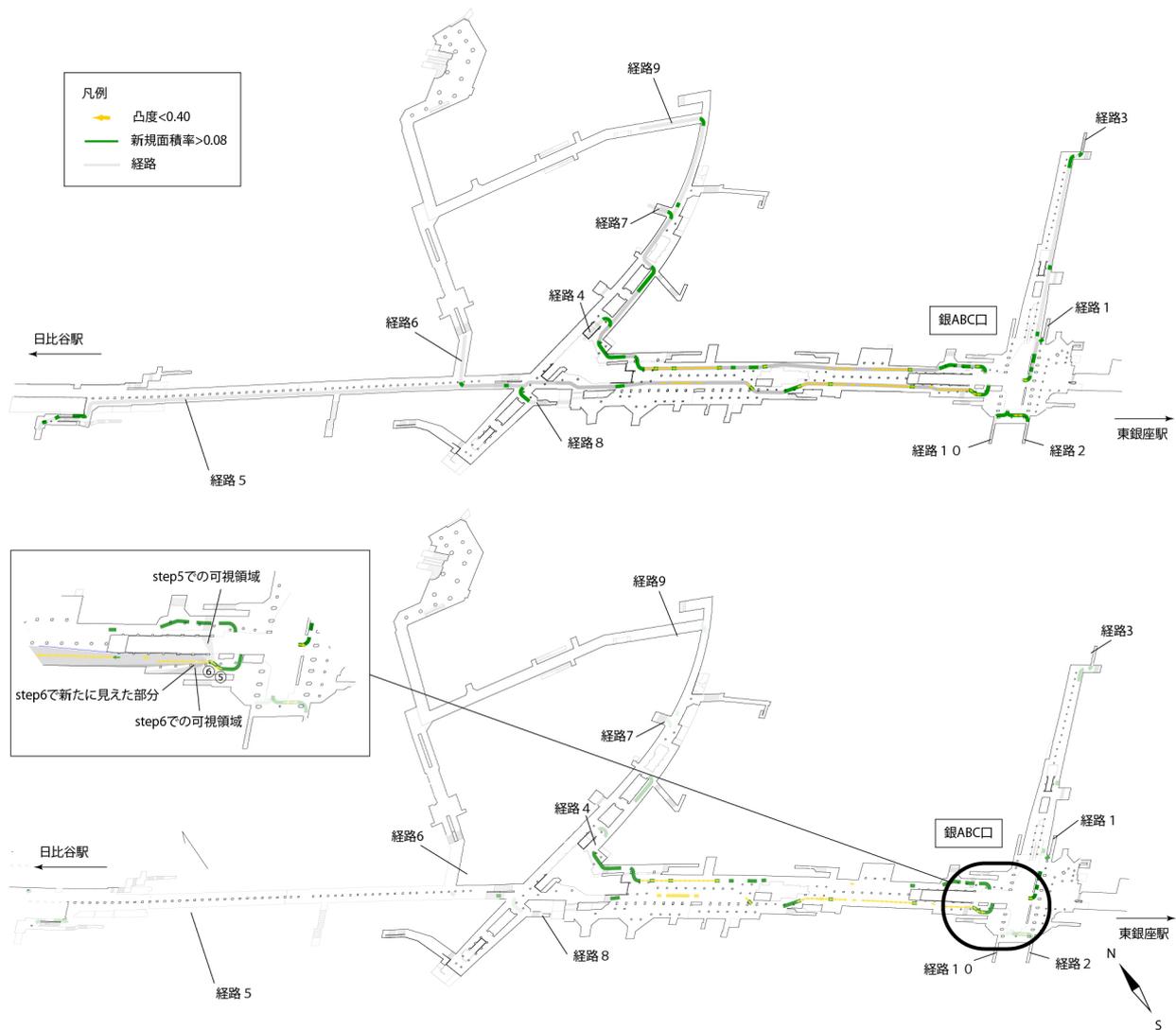


図3 新規面積率と凸度に基づく分かりにくさマップ（上）と利用人数で重みづけした分かりにくさマップ（下）

4. 分析結果

4.1. 新規面積率と凸度に注目した鉄道駅における分かりにくさの記述

10 経路計 951 地点における新規面積率と凸度の分析を行い、分かりにくい地点を地図上に記述することを試みる。

新規面積率について、平均値が 0.13、第三四分位数が 0.091 と小さな値であった。これはほとんどの箇所ではビジビリティが連続的であったことを示している。また経路の大部分を占める直線通路では新たに見える領域がほとんどないためであると考えられる。そこで、第三四分位数よりも大きい値をとる地点の1つ前の地点から対象地点に向かって矢印を描画することで、シーンが大きく変化する場所を示す。

凸度について、平均値が 0.60、第一四分位数が 0.40

であった。凸度は1に近いほど対象の可視領域が凸多角形に近いことを示している。そこで、第一四分位数よりも小さい値をとる地点から進行方向に矢印を描画することで、可視領域の形状が複雑な場所を示す。

新規面積率と凸度に注目した銀座駅における分かりにくさマップを示す（図3）。上図は、新規面積率と凸度がある値を下回るまたは上回る区間を緑色と黄色で示す。新規面積率が大きい緑の区間は、曲がり角など歩行者が体の向きを変える場所が多く、経路を見落としやすく分かりにくい場所をよく表している。また黄色で示される凸度が小さい場所は、列柱の横を通り過ぎる場所が多かった。下図の囲われた部分をみると、step5からstep6のやや曲がりながら進む場所では新規面積率が高く、列柱脇は凸度が小さくなっている。凸度を用いて分岐のある場所を記述しようとするねらいとは異なる結果となったが、列柱空間も分岐が連続し分かりにくい空間であると

もいえる。

下図は、3章で推定した各経路の利用人数で重みづけした分かりにくいマップを示す。濃い色であるほどよく使われる経路上の分かりにくい場所であることを示す。

よく使われる改札口付近や他の改札口との間の通路は、多くの人にとって分かりにくい場所であると考えられる。人数による重みづけを行うことで、分かりにくい地点のうちどの部分を優先的に解消すべきかを概観することができた。

4.2. 主成分分析

10 経路計 951 地点における算出された基本形態指標のデータの中から、その地点の特徴をより強く表す要素を変数として主成分分析による類型化を行う。

主成分分析を行う前に、表 3 が示す基本形態指標の相関係数を調べ、0.8 以上をとるものについてはそのうち 1 つのみを説明変数として用いることにした。選定された変数は、それぞれ偏差を標準偏差で割ることで標準化をした。

図 4 に、第一主成分と第二主成分における寄与度及び主成分の得点を示す。第一主成分は可視領域がどれくらい凸であるかに関係し、第二主成分は新しく獲得した面積に関係しており、今回ノーテーションを行った 2 つの指標は主成分分析に結果から見ても正しいことがわかる。また、第二主成分までの累積寄与率は 74.4%であった。主成分の得点を示す分布図より、可視領域の形状が凸に近く新規面積率が小さい直線通路型、非凸で新規面積が小さい Y 字型、非凸で新規面積が大きい列柱・十字型に分類できる。しかしながら、ややグループとしてのまとまりが不足しており、隠れている部分の面積・周長や数ステップを合計したビジビリティなど他の新たな意味をもつ変数を検討する必要がある。

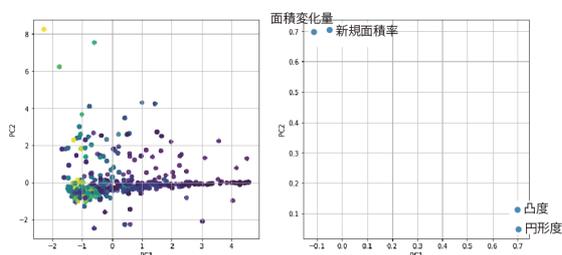


図 4 主成分の得点 (左) 及び第一主成分と第二主成分における寄与度 (右)

5. おわりに

本研究では、isovist を用いて可視領域の面積を求め、新規面積率と凸度に着目して鉄道駅歩行時の視覚体験のノーテーションを行った。また、正しい経路を見落とし

やすい場所や経路選択を迫られる箇所を視覚的に描写した。新規面積率と凸度がある値を上回るまたは下回る区間を地図上に示すことで、シーンが大きく変わると感じる場所や誤った道を選びやすい場所についてある程度実感と一致する表現ができた。

さらに、可視領域の形態に関する主成分分析を行い、視覚体験の類型化を試みた。結果として、凸度に関する軸と新規可視領域面積に関する軸の 2 軸に分解でき、通路の形状に対応した類型化を行った。

今後の展望として、より歩行時の視覚体験によりフィットした指標を見つけ、他の改札口からの経路も含めて駅全体の分かりやすさの評価を行いたい。さらに、本研究で分かりにくいと予想した地点を、実際の駅の中で分かりにくいとされる場所にある既設・追設サインの位置などと比較をして本研究の指標や評価方法の妥当性を検討していきたい。

【注釈】

- 注1) 利用者数の推定に関して、東京メトロが公開する乗降人数、改札口別乗降人員割合及び駅周辺施設の利用割合の値を用いた。
- 注2) 国土交通省が公開する「東京駅周辺屋内地図データ」及び「東京駅周辺屋外地図データ」及び「東京駅周辺ネットワークデータ」(<https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/0401>) を加工して作成

【参考文献】

- 1) 赤瀬達三：サインシステム計画学 公共空間と記号の体系，鹿島出版会，2013
- 2) ギブソン：生態学的視覚論 ヒトの知覚世界を探る，サイエンス社，1985
- 3) 大野隆造，宇田川あづさ，添田昌志：移動に伴う遮蔽線からの場の現れ方が視覚的注意の誘導および景観評価に与える影響，日本建築学会計画系論文集，vol. 556，pp. 197-203，2002. 6
- 4) 畑田豊彦：人工現実感に要求される視空間知覚特性，人間工学，vol. 29，No. 3，pp. 129-134，1993
- 5) 三浦金作：歩行条件の異なる歩行者の注視傾向について 街路空間における探索歩行時の注視に関する研究その 4，日本建築学会計画系論文集，vol. 75，No. 656，pp. 2407-2414，2010
- 6) 株式会社メトロアドエージェンシー，“TOKYO METRO MEDIA DATA 2020”，2019. <https://www.metro-ad.co.jp/media/data/>，(参照 2022-09-14) .
- 7) Hodge, J.; Marshall, E.; and Patterson, G. "Gerrymandering and Convexity." Coll. Math. J. 41, 312-324, 2010.
- 8) Dijkstra, E. W. 1959. "A Note on Two Problems in Connexion with Graphs." Numerische Mathematik. 1: 269-271.
- 9) 丹羽由佳理，高橋真有，伊藤香織：地下鉄駅内外の空間バリアがベビーカー利用者の駅アクセスに与える影響 . 日本都市計画学会都市計画論文集，vol. 51，No. 3，pp. 1220-1225，2016. 10