

# 視野角によって異なる視認速度の把握

人間の視認特性を取り入れた Isovist 解析に向けて

## Understanding the visual recognition speed that varies depending on the viewing angle

Towards Isovist analysis that incorporates human visibility characteristics

○本城真輝<sup>\*1</sup>, 山田悟史<sup>\*2</sup>

Masaki HONJO<sup>\*1</sup>, Satoshi YAMADA<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科

Undergraduate, Dept. of Architecture and Urban Design, Ritsumeikan Univ.

<sup>\*2</sup> 立命館大学 理工学部 建築都市デザイン学科 准教授・博士

キーワード：建築; 環境; 計画; 情報; Isovist; 空間解析

Keywords: Architecture; environment; planning; information; Isovist; Spatial Analysis;

### 1. はじめに

防犯対策には、設備的な対策と人的な対策がある。人的な対策とは人の視認に拠るものである。「防犯環境設計」の視点に立つと、人的な対策に限らず防犯対策は、抑止と発見に大別される。発見に着目すれば、万引きなどの犯罪を人が視覚を通じて発見しやすい環境を設計することが望ましい。同時にこのような環境は抑止にも寄与すると考えられている。この考え方において、ある設計を評価する考え方に自然監視性がある。

自然監視性の代表的な評価方法には Isovist<sup>1)</sup> が挙げられる。Isovist は、解析点から全方向へ照射したベクトルと遮蔽物の衝突判定により視覚的な空間の広さや視対象領域の可視性を解析する方法である。このような解析を網羅的に行うことが、解析領域内の視認性の良し悪し評価に用いられている(図1)<sup>1)</sup>。防犯環境設計だけでなく、建築計画や景観分野でも用いられる汎用性の高い手法である。また情報技術の進歩との親和性が高いことから、コンピュータシミュレーションにおける建築計画の評価指標としても採用され始めている。

一方で、上述のような物理的な条件のみを扱う解析には課題もある。人間科学の視点が反映されていない点である。当然ながら視覚を通じて得られる情報量は、視野の水平角・仰角・俯角によって異なる。人間科学の分野においてこの特性は古くから多く示唆されている。しかし、Isovist において頻繁に採用される上述の解析方法では、方向や距離に関わらず視覚を通じて知覚する情報量が等しく扱われていることも多い。本来は、各ベクトルの角度、距離によって異なる情報量の差が反映されるこ

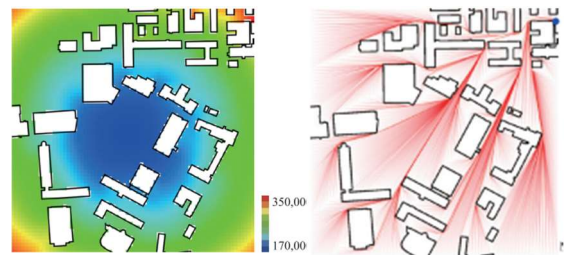


図1 Isovist を使った空間解析

とが望ましい。そのためには、人間の視認特性を明らかにする研究が必要である。

### 2. 研究の位置付け

関わる研究には、類似の研究として焦点を固定して、ディスプレイを中央を原点とした X 軸 Y 軸に対称な領域を同じ領域とし、表示した点の気づきの有無を調べた実験や<sup>2)</sup>、片眼のみで行った表示位置と、表示時間を変化させた際の気づきの有無を調べた実験<sup>3)</sup>のほか視野測定器を用いて 8 方向に三か所ずつ、計 24 カ所の表示から気づきまでの速さを調べた実験<sup>4)</sup>がある。

上述の他にも類似する多くの研究成果がある一方で、視野の水平角・仰角・俯角によって異なる視野特性を連続的に把握した研究は筆者が知る限り見当たらない。そこで本研究は、視認速度に着目し、その差を連続的に把握することを目的とする。なお「連続的」とはある点から特定距離において球面状に構成される曲面内を分割した領域によって異なる認識速度の差を明らかにすることを指している。以降、このような差の把握を本研究では「連続的な差」と呼称する。また認識可能な範囲の把握

も目的である。なおこの連続的な差の把握は本研究の新規性に該当する。

## 2. 実験概要

本研究は被験者実験により研究目的を把握する。実験は HMD<sup>iii)</sup> を装着して体験する VR 空間内で実施する。実験では後述の実験映像を視聴しながら認識速度を測定する。その際、視線を固定する目的で、視野の中心で作業を行ってもらう（この作業をタスク 1 と呼称する）。同時に並行して、認識速度を計測するための作業を行ってもらう（この作業をタスクスケジューラと呼称する）。そして分析では、領域毎の平均認識速度を用いて連続的な差を明らかにする。

### 2.1. 視野の広さと分割領域の設定

視野の広さは、被験者に使用してもらう HMD の仕様を考慮し、視野を垂直方向に仰角  $30^\circ$ 、俯角  $50^\circ$  を  $10^\circ$  間隔で 9 領域に分割、水平方向では、 $100^\circ$  の範囲を  $10^\circ$  間隔で 11 領域に分割する。これらの視野を合計 99 個の分割した領域を使用し視野特性を調べる。なおこの範囲は、特定の条件においては視野角と近似するとされている。また本実験の予備実験で予測された認識可能な範囲のやや外側である。なお本原稿で特定の領域を指定する場合、領域の中心角度を用いて（水平方向の角度、垂直方向の角度）と表す。

### 2.2. 実験映像とシステム

実験は以下の二つのタスクで構成されている。（図 3）

#### ◆タスク 1

タスク 1 は結果を観測しないが二つの目的で実施するタスクである。1 つ目は、実験時の中心視野を  $(0, 0)$  付近とするためである。二つ目は、何かしらの作業を行っているという状況の置き換えである。内容は、ランダムに四色（赤・青・黄・緑）に変化するテキスト“0”の色を回答して貰う内容である。回答は表示色に対応するボタンを押す方式であり、正答した場合のみ色が変わる仕様である。なおタスク 1 はタスク 2 と並行して継続的に行って貰う。

#### ◆タスク 2

タスク 2 は上述した分割領域に出現する“0”を認証したらボタンを押して貰うタスクである。出現位置は領域の中心であり、向きは被験者のカメラに対する領域の法線方向に応じて図 2 のよう設定した。サイズは領域高さの  $1/4$ 、距離は  $1\text{m}$  である。2.1 で説明した視野の分割に応じて“0”を配置した様子を図 2 に示す。図 3 はこれを平面に展開した模式図である。この図を用いて出現回数と位置について後述する。領域は 99 領域であるが、出現回数は 53 回とした。回数の説明に際して、本原稿では、

視野の傾向は図 3 の水平角  $0$  を中心に線対称であると仮定し、対称の関係になる領域をグループと呼称する（図 5）。このグループから各一回ランダムな順番で片側のみ

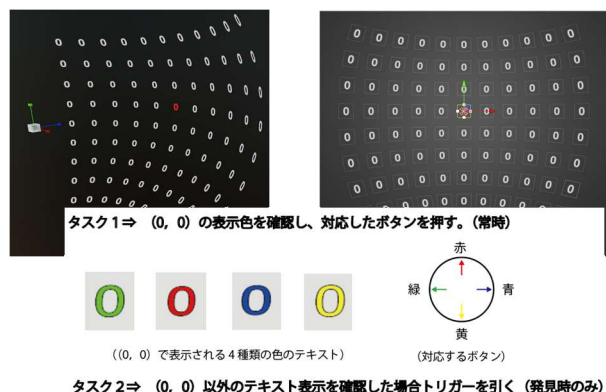


図 3 被験者に行ってもらうタスクと被験者画面



図 4 実際の実験映像

| 水平<br>角度 | -50° | -40° | -30° | -20° | -10° | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° |
|----------|------|------|------|------|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 30°      | 8    | 17   | 26   | 35   | 44   | 52 | 44  | 35  | 26  | 17  | 8   |
| 20°      | 7    | 16   | 25   | 34   | 43   | 51 | 43  | 34  | 25  | 16  | 7   |
| 10°      | 6    | 15   | 24   | 33   | 42   | 50 | 42  | 33  | 24  | 15  | 6   |
| 0°       | 5    | 14   | 23   | 32   | 41   |    | 41  | 32  | 23  | 14  | 5   |
| -10°     | 4    | 13   | 22   | 31   | 40   | 49 | 40  | 31  | 22  | 13  | 4   |
| -20°     | 3    | 12   | 21   | 30   | 39   | 48 | 39  | 30  | 21  | 12  | 3   |
| -30°     | 2    | 11   | 20   | 29   | 38   | 47 | 38  | 29  | 20  | 11  | 2   |
| -40°     | 1    | 10   | 19   | 28   | 37   | 46 | 37  | 28  | 19  | 10  | 1   |
| -50°     | 0    | 9    | 18   | 27   | 36   | 45 | 36  | 27  | 18  | 9   | 0   |

図 5 対称な領域のグループ分け

を出現させた（図 4）（計 45 回）。水平角  $0$  の列からはランダムに各一回出現させた（計 8 回）。この両者の順番もランダムとし、合計で 53 回出現させた。出現間の時間は  $0 \sim 3$  とした。最大表示時間は 10 秒間とし、これを超えた場合、認識可能な範囲の分析においては「認識不可」とし、認識速度の分析においては「認識時間 10 秒」とした。テキストの色は赤色（RGBA=0.962, 0.141, 0.141, 1.000）

とした。最後に、認識の確認は、被験者がトリガーを引く操作とし、出現から認識までの時間が CSV ファイルに記録される方式とした（引くと消え次の出現へ）（図 6）。を観測した。なおタスク 1 は常に行われている。

### 2.3. 実験の手順

実験を実験の流れを以下に示す。タスク 1 と 2 で構成される実験を一人の被験者に 2 回実施して貰った。

- 実験内容、操作方法の説明：5 分
- HMD の装着、セットアップ：3 分
- 順応：3 分
- 実験（1 回目）：10 分
- 休憩：3 分
- HMD 装着、セットアップ：3 分
- 実験（2 回目）：10 分
- ヒアリング、終了：5 分

被験者には椅子に座った状態で実験を行ってもらう（図 7）。また、説明では、操作方法、実験内容に加えて「タスク 1 を可能な限り早く行ってもらふこと」、「(0, 0)以外の領域で”0”を確認した瞬間に、第一優先でタスク 2 を行ってもらふ」、「テキスト表示のインターバルが 10 秒以上でも問題ない」以上のことを補足して伝える。

### 3. 結果の可視化

今回の実験を 30 人の被験者に行ってもらった。30 人の実験結果を平均化したデータを基に、可視化を目的としたヒートマップの作製を行った。作成の手順は以下のとおりである。

#### 1. 認識可能な範囲について

認識率（総認識回数／総表示回数）を図 8 にヒートマップとして示す。セル内の数字が認識率を示し、背景色のグラデーションは高低を示している。

#### 2. 領域毎の認識速度

認識速度の平均値を図 9 にヒートマップとして示す。セル内の数字は平均値速度を示し、背景色のグラデーションは高低を示している。なお平均値算出の際、認識されなかった場合の認識速度はテキストの最大表示時間 10 秒とした。

### 4. 分析・考察

認識率について記述する。認識率は、水平角 40°、垂直角 30° まで約 100% の認識率であったがそれ以降で認識率が減少していることが読み取れる。変化率は約 60% である。なお認識できない境界は検出されなかった。この結果は本研究より狭い視野で行った既往研究<sup>1) 4)</sup>と比較して広い結果となった。

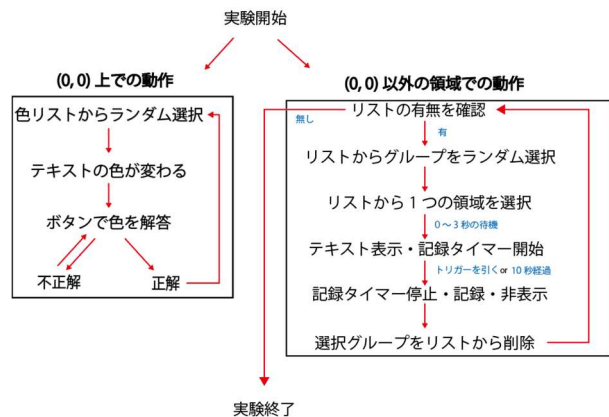


図 6 実験のシステムの流れ



図 7 実験の様子

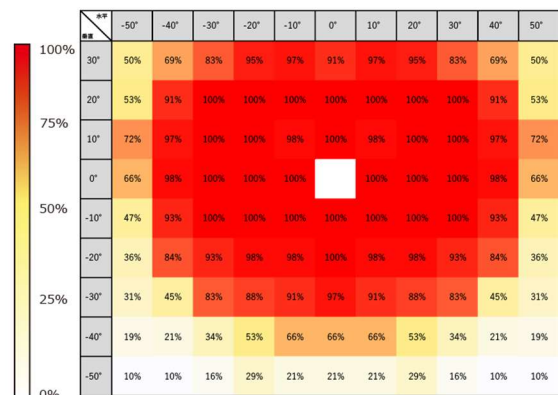


図 8 ヒートマップ（認識率）

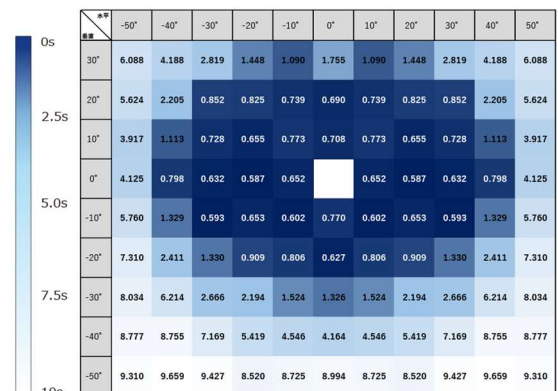


図 9 ヒートマップ（認識速度）

次に認識速度について記述する。水平角、垂直角とも

に 0°~20° の範囲が早く、20° 以降で遅くなる傾向が読み取れる。変化率は水平角で約 4 倍、垂直角で約 2 倍である。

次に両者を比較する。両者の変化率を比較すると、認識速度の変化率が高い。まとめて視認特性の結果を考察すると「内側(水平角・垂直角 20° の内側)の領域を境に認識速度が急激に低下した後に、外側(水平角 40°、垂直角 20°)と考えられる。これは「視認特性という意味で俯角方向にやや広がる二重の円型の構造を示唆」していると考えられる。最初の円の内側は「認識率が高く認識速度が速い領域」である。この円と外側の円に挟まれた円環の範囲は「認識率が高く認識速度が遅い領域」である。その外側は「認識率が低く認識速度も遅い領域」である。

認識速度の標準偏差は図 10 のようになった。視野の水平角 40°、垂直角 20° の範囲内は 1 以下であり、その外側から高くなっている。平均値と標準偏差の性質と同様に、認識速度の平均値と類似の傾向となった。

認識速度の分布を図 11 に示す。約 2 秒以内と認識しなかったことも示す最大表示時間の 10 秒の度数が高い結果となった。両者の認識速度に大きな差があることから、最大表示時間 10 秒は妥当な設定だったと考えられる。

1 回目と 2 回目の実験に分けたヒートマップ図 12 に示す。2 回目は 1 回目と比較すると類似性が高い。若干ではあるが、俯角方向に認識速度が速い領域が一領域ほど拡大していることが読み取れる。実験における順応効果は小さかったと考えられる。

## 5.まとめ

本研究では、HMD を用いた VR 空間において、視野の認識率、認識速度を領域毎に把握し、ヒートマップを用いて可視化することができた。認識率については、既往研究よりさらに広い視野で実験を行い、既往研究の知見より広い範囲で高い認識が可能という結果を得た。認識速度については、既往研究では知見がなかった連続的な差の変化を把握した。この結果は、視認特性という人間科学分野における新規的な結果であり、Isovist に向けた有用な結果であると考えられる。今後は、この結果を Isovist におけるベクトル角度に反映させるプログラムを実装し、結果の変化を観察する。この際、認識速度の回帰分析による定式化も検討する。課題には、視対象の距離とサイズの変化の影響の把握が挙げられる。

### 【注釈】

- i) 空間解析で用いられる“視界”や“視野”を定量的に分析する概念、用法。
- ii) Vive Pro

### 【参考文献】

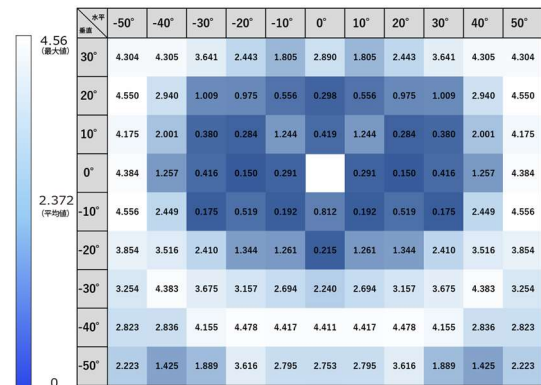


図 10 領域毎の認識速度の偏差

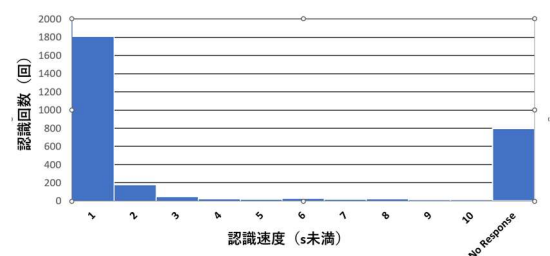


図 11 認識速度の分布

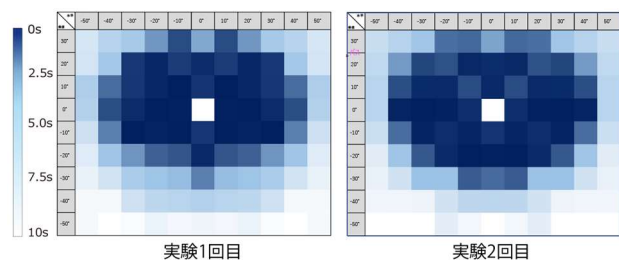


図 12 各回の認識速度

- 1) 宮崎慎也(2019)「3D Isovist Graph 解析システムの開発と応用」『日本建築学会計画系論文集』第 84 巻, 765 号, pp2369-2377.
- 2) 中嶋良介, 谷田恭士, 肥田拓哉, 松本俊之(2015)「目視検査における欠点の特徴と検出視野の関係に関する研究」『人間工学』51 巻, 5 号, pp333-342.
- 3) 金光義弘(2003)「高齢運転者における視野異常の実態」『川崎医療福祉学会誌』Vol.13, No2, pp257-262
- 4) 大山慈徳, 石垣尚男(1978)「動体周辺視反応時間に関する研究」『愛知工業大学研究報告. A, 基礎教育センター論文集』13 巻, 25-29.
- 5) 田中英人, Huijing ZHAO, 柴崎亮介 (2009)「都市空間における道路上からの自然監視性のマッピング」『heoaApplication of GIS』vol.17, No.1, pp.31-42.
- 6) 永家忠司・外尾一則・猪八重拓郎(2007)「防犯環境設計における監視性、領域性、特性評価及び犯罪不安の関連について」『市計画学会都市計画論文集』第 42 巻, 3 号, pp505-510.
- 7) 大山正(1985)「反応時間研究の歴史と現状」『人間工学』Vol.21, No2, pp57-64.