

ランドマークによる空間定位の精度と各被験者の注視傾向との関係

Accuracy of Landmark based Self Position Detection and Fixation Characteristics of Each Subject

○菊池 真由^{*1}, 吉岡 陽介^{*2}
Mayu Kikuchi^{*1}, Yohsuke Yoshioka^{*2}

*1 千葉大学大学院融合理工学府創成工学科建築学コース 博士課程前期
Graduate Student, Graduate School of Science and Engineering, Chiba University

*2 千葉大学工学研究院 准教授 博士(工学)
Associate Professor, Graduate School of Engineering, Chiba University, Doctor of Engineering

キーワード：没入型仮想環境；ランドマーク；中心視；周辺視

Keywords: Immersive virtual environment; landmark; central vision; peripheral vision.

1. 背景

我々は環境内を移動する際、周辺環境の見え方の変化を追うことで、移動している方向や、移動距離、移動速度を視覚的に把握している¹⁾。周囲の見え方の変化を基準にしながら、移動する自己身体を空間内に定位しつづける能力は、道に迷わないようにしたり目的地に正しく行き着いたりするために必要不可欠な能力である。

都市空間で空間定位を行う際の環境情報に「ランドマーク」がある^{2), 3)}。深堀らは、ランドマークを「場の定位の尺度」と位置づけ、その効果を検証した²⁾。被験者にランドマークと周辺環境を見比べることで空間定位を図らせており、外乱としての周辺環境の影響が排除しきれていなかった。仮想環境技術を用いてランドマークのみの環境を構築し検証を行うことで、より純粋なランドマークの効果を探ることができると考える。

本研究は、視野の特定の領域でランドマークを捉えることが空間定位精度にどのような効果を与えるか検証するものである。特定の視野領域の視覚感度特性に合わせたランドマークデザイン手法の開発につながる知見が得られると考える。中心視野と周辺視野を効果的に連携させ、我々は日常の行動を行う。空間を把握する際にも両視野領域を効率的に使う必要があるとわかっている⁴⁾。

既報⁵⁾では、ランドマークを表示する視野領域の違いが、空間定位精度に影響を与えることを示した。本論は実験方法を改良した実験と被験者ごとの注視特性を考慮した分析を行う。既報のランドマークの表示・非表示方法では、非表示領域がランドマークに触れるとランドマーク全体が消えていた。本論で追加した実験条件では、ランドマークの一部のみが消えるよう設定し、より精細に調査していく。既報より、ランドマークを基準とした空間定位を行なう際、被験者ごと注視特性が大きく異なることがわかった。本論はその点を重点的に検証する。

2. 目的

本研究では、仮想環境技術を用いた被験者実験により、ランドマークを基準とした空間定位の精度と中心視機能と周辺視機能との関わりを定量的に検証する。特に異なる注視傾向をもつ被験者群が、それぞれどのように中心視と周辺視を使い分けてランドマークの捉えているのかを明らかにすることで、空間定位を目的としたランドマークの機能性向上に資する知見を得ることを目的とする。

3. 方法

ランドマークを配置した仮想環境を構築し、視線追尾デバイス内蔵のヘッドマウントディスプレイ(以下HMD)を介して被験者に提示した。視線追尾デバイスで検出した被験者の注視点データを用い、特定の視野領域でランドマークのみが非表示になるように設定した。この状態で仮想環境内の指定した場所へ移動してもらうことで、実験条件が空間定位精度に与える影響を検証する。

3.1. 実験環境と被験者

実験は千葉大学の実験室(5900mm×7000mm)にて行った。被験者は20代の大学生7名(男性7名)とした。ソフトウェア(vizard6.0/WorldViz)により構築した仮想環境を、HMD(HTC-VIVE/HTC)を介して被験者に提示する(Fig.1)。HMDは、眼球運動追尾デバイス(TobiiPro VR インテグレーション/Tobii)を内蔵しており被験者の注視点移動をPCに遅延なく転送する。そのデータに合わせ映像を更新しランドマークの表示・非表示の操作を行う。

3.2. ランドマークと空間定位精度の測定

提示する仮想環境空間の地平面上にランドマークに見立てた同一の円柱3本を互いに等距離になるように、地平面上の一辺100m正三角形の頂点に配置した(Fig.2)。

円柱の形状は直径 5m×高さ 75m とした^{注1)}。本研究の実験では移動距離がかなり長大となるため、仮想環境内の移動はコントローラー操作と歩行の両方で行う。

被験者には、ランドマークに見立てた円柱を見比べ 3本のちょうど中央位置まで移動し、そこで停止するよう指示した。停止位置の座標と、3本円柱の正確な中心位置の座標の距離を計測し、空間定位精度を定量化する。

3.2.1. ランドマークを表示する視野領域の設定

特定の視野領域でのみランドマークを表示することで、その視野領域でランドマークを捉えることが、ランドマークを利用した空間定位の精度にどんな影響を与えるかを検証する。ランドマークを非表示にする視野領域は、2種類の視野角と表示・非表示を掛け合わせることで以下の5条件とする (Fig.3)。

N00: 全視野領域でランドマークを表示

非表示とする領域がなく、全ての視野領域でランドマークを捉えることができる条件。

C05: 視野角 5度の領域でのみランドマークを表示

注視点近傍の視野角 5度の領域でのみランドマークを捉えることができる条件。

C20: 視野角 20度の領域でのみランドマークを表示

注視点近傍の視野角 20度の領域でのみランドマークを捉えることができる条件。

P05: 視野角 5度の領域でランドマークのみを非表示

注視点近傍の視野角 5度の領域でランドマークのみを非表示とする条件。

P20: 視野角 20度の領域でランドマークのみを非表示

注視点近傍の視野角 20度の領域でランドマークのみを非表示とする条件。

3.2.2. 表示・非表示とする方法の設定

既報では、特定の視野領域内にランドマークが含まれると、ランドマークを一本丸ごと非表示 (または表示) にしていた (Display-Whole 条件)。本論では新たに、ランドマークの一部分のみを非表示 (または表示) とする条件 (Display-Part 条件) を加えて、その効果を検証することとした (Fig.4)。

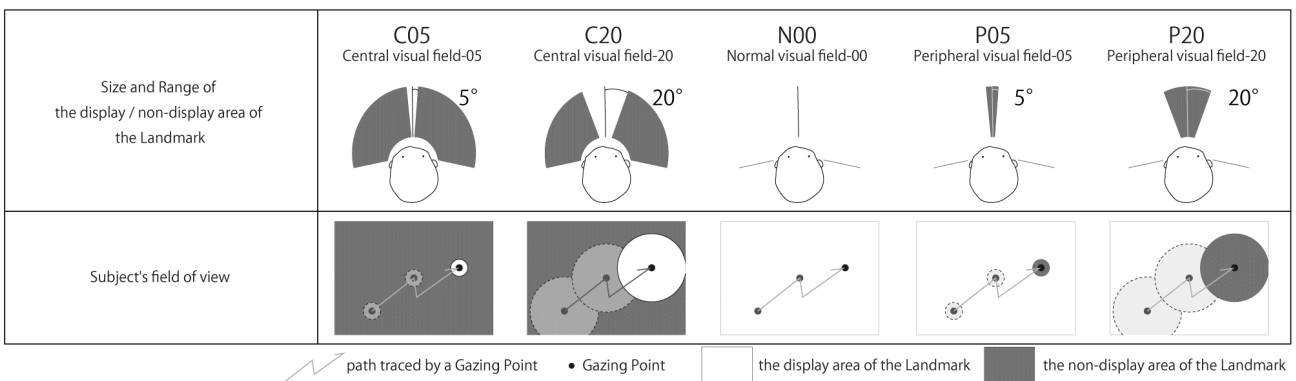


Fig.3 Details of each experimental condition

3.3. 実験手順

被験者の中心位置探索の精度を精密に計測するため、1つの実験条件を3回ずつ施行しその平均値を算出する。視野領域 5水準とランドマーク非表示方法の2水準を掛け合わせた計 10条件をランダムな順序で提示した。

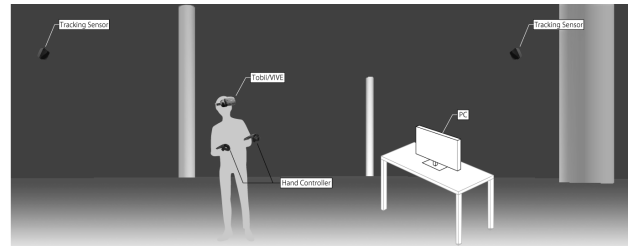


Fig.1 Experimental equipment and virtual environment

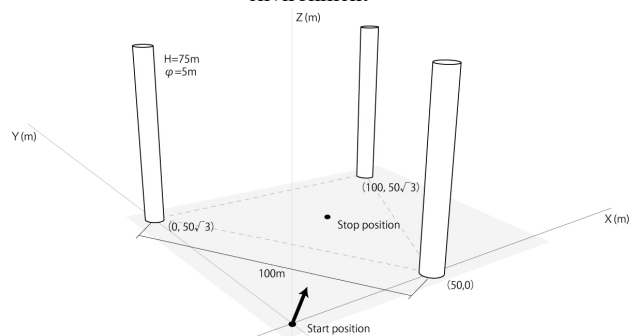


Fig.2 Image of virtual environment space

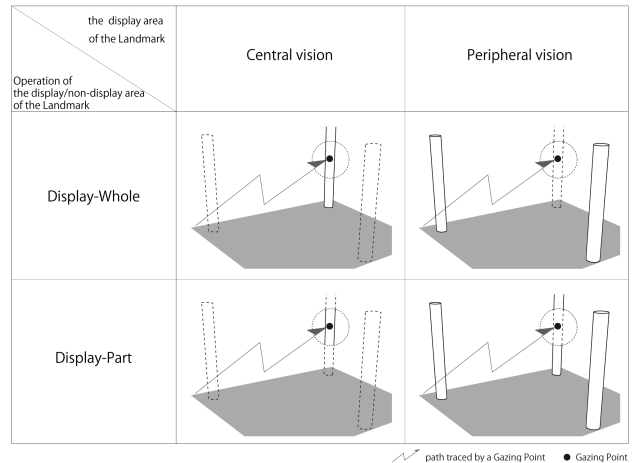


Fig.4 Method of displaying or non-displaying the landmarks

3.4. 被験者の注視点移動の記録

これまでの実験で、ランドマークの表示領域が中心視野条件の方が中心位置探索をやりやすく感じた被験者と、周辺視野条件の方が中心位置探索をやりやすく感じた被験者がいた。そこで、最終の中心位置決定^{注2)}の際どこを注視しているか検証するため、以下3項目を記録した。

- ① N00 条件での最終位置決定時の主な注視位置の記録
- ② 3 回目の N00 終了時に、被験者にどこを見て中心位置の決定を行ったか口頭で回答してもらい記録
- ③ N00 実験中のランドマークの注視時間を記録

上記3つの記録項目は、③における結果は客観的に評価し数値的に表すことを目的としており、①と②の項目は③の結果を立証する要素として記録した(Table1)。

Table1 Recording the movement of the subject's gaze position

subject	① Subject's gaze position (1st to 3rd)	② Subject's gaze position	③ Percentage of gazing at landmark 1st to 3rd value	
			Percentage of gazing at landmark	Average
A	at a landmark—other than landmarks	at a landmark → other than landmarks	28%	26%
	at a landmark—other than landmarks		32%	
	at a landmark—other than landmarks		17%	
B	at a landmark	at a landmark	24%	34%
	at a landmark		56%	
	at a landmark		22%	
C	at a landmark	at a landmark	37%	29%
	at a landmark		35%	
	at a landmark		14%	
D	other than landmarks	other than landmarks	10%	12%
	at a landmark—other than landmarks		21%	
	other than landmarks		6%	
E	at a landmark—other than landmarks	other than landmarks	39%	15%
	other than landmarks		2%	
	at a landmark—other than landmarks		5%	
F	at a landmark—other than landmarks	at a landmark	21%	36%
	at a landmark		40%	
	at a landmark		48%	
G	at a landmark—other than landmarks	at a landmark	33%	35%
	at a landmark—other than landmarks		23%	
	at a landmark		49%	

※The arrows show the main changes in the gaze position.

4. 実験結果と考察

4.1. 注視位置の傾向によるグループ分け

Table1 を概観すると③について、被験者 A,D,E に比べ被験者 B,C,F,G の値が大きく、②の被験者の主観的評価とほとんど一致していることもうかがえる。被験者により、ランドマーク上もランドマーク以外も注視している人がいた。特に被験者 A は、最終位置決定の際にランドマークの太さを見比べたのちにランドマークの上端を周辺視野で見比べ位置決定を行なったと回答し、③の値が比較的高い。③を元とし被験者を2グループに分けた。

Group A:最終位置決定時にランドマークを注視した割合の高い被験者のグループ。

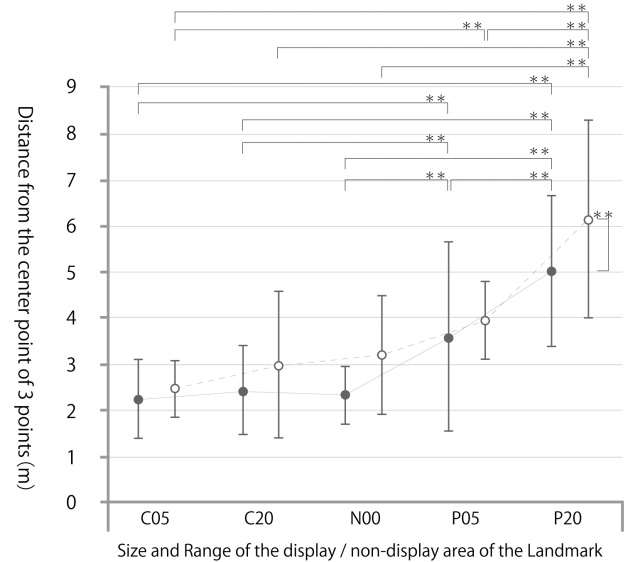
Group B:最終位置決定時にランドマークを注視した割合の低い被験者のグループ。

この方法で被験者を2グループに分けそれぞれの条件下での中心位置探索精度の比較を行う。Table1 より被験者 B,C,F,G を Group A、被験者 A,D,E を Group B とする。

4.2. 非表示領域の方法による中心位置探索精度の比較

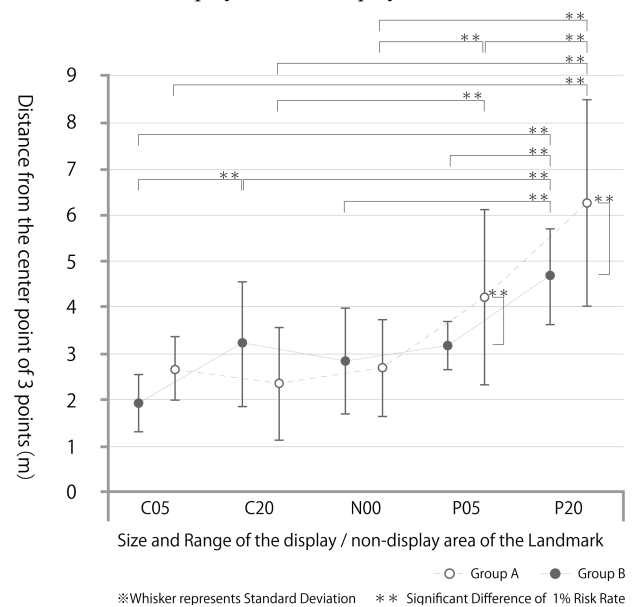
被験者の各実験条件における平均値の推移と標準偏差の広がりを見せる Fig.5 に示す。平均値の推移に対するランドマークの非表示の方法、ランドマークの表示・非表示領域の大きさと範囲を因子とし多元配置分散分析を行ったところ、危険率1パーセントで帰無仮説が棄却され実験条件による差が生じていることが示された。各要因について Fisher の最小有意差法による多重比較検定を行った。

Display-Whole 条件について、ランドマークの表示・非表示領域の大きさと範囲を変更した時、N00 と P05 と P20 のそれぞれに有意な差がみられる^{注3)}。これは既報と同様であり、周辺視野でのみランドマークを捉えられる条件では、非表示領域が大きくなると空間定位の精度が低下している。既報で有意差の示されなかった P05 と P20 間にも有意な差がみられ、被験者ごとの注視の傾向を踏まえ更に細かく見る必要がある。



Operation of the display / non-display area of the Landmark ○ Display Whole ● Display Part
※Whisker represents Standard Deviation ** Significant Difference of 1% Risk Rate

Fig.5 Comparison of center position search accuracy of Display Whole / Display Part



○ Group A ● Group B
※Whisker represents Standard Deviation ** Significant Difference of 1% Risk Rate

Fig.6 Comparison of center position search accuracy of Group A / Group B

Display-Part 条件について、P20 と P05 および P20 と N00 の間に有意な差が見られた^{注3)}。これは Display-Whole 条件の結果と類似し、周辺視野でのみランドマークを捉えられる条件で非表示領域が大きくなると空間定位精度が低下している。

一方、N00 と P05 間について、Display-Whole 条件では有意な差があるが、Display-Part 条件では有意な差は認められない。これについて、P05 はより注視点に近い部分でランドマークが非表示の条件であり、Display-Whole 条件ではランドマークを注視するとランドマーク全体が非表示となるが、Display-Part 条件ではランドマークを注視するとランドマークの一部が円状に非表示となる。それにより、Display-Whole 条件に比べ Display-Part 条件は視野内でランドマークを捉えられる範囲は大きくなりこの差が生まれたと推測される。ただし、Display-Whole 条件の P05 と、Display-Part 条件 P05 における中心位置探索精度との直接比較では、両者の間に有意な差は認められていないことは留意したい。

Display-Whole 条件と Display-Part 条件との間の比較について、条件間の有意差が見られたのは P20 においてであった。注視点から視野角 20 度の領域内にランドマークが含まれた際ランドマークの「一部分」を非表示にする条件より、ランドマークの「全体」を非表示にする条件の方が中心位置探索の精度は低くなることを示している。

Display-Whole 条件と Display-Part 条件の P20 を比較すると、Display-Part 条件の P20 は注視点から上方と下方の周辺視野でランドマークを捉えられる。視野角 20 度より外側の上下の周辺視野という視覚解像度の低い視野領域ではあるが、この領域でランドマークを捉えると中心位置探索精度が有意に向上することが示唆された。

4.3. N00 条件での注視傾向とランドマーク非表示条件下での中心位置探索精度

Group A / Group B の 2 グループ、および非表示領域の大きさと範囲を因子として分散分析を行ったところ、危険率 1 パーセントで帰無仮説は棄却され、実験条件による差が生じていることが示された。各条件間について Fisher の最小有意差法による多重比較検定を行う (Fig.6)。

グループ内での条件間の中心位置探索精度の変動を比較する。Group A について、N00 と P05 と P20 のそれぞれ間に有意な差が見られた。一方、Group B について、P20 と N00 と P05 および P20 と P05 間に有意な差が示された。2 グループ内で見られた有意差を比較すると、Group A のみ N00 と P05 間で有意な差がある。Group A の被験者は、N00 条件でランドマークを多く注視していたため、ランドマークを視野中央部で捉えられない条件下での中心位置探索精度が、注視点から 5 度でランドマークを捉えられないだけでも低下したと考えられる。

つづいて、実験条件ごとにグループ間の中心位置探索精度の変動を比較する。Group A より Group B が P05 と P20 においてランドマークを利用した中心位置探索の精度が有意に低下していた。これは、N00 条件で最終位置決定の際にランドマークの注視割合の低い被験者グループの方が、周辺視のみでランドマークを捉えられる条件下で中心位置探索精度が有意に向上することを示している。

5. まとめ

本研究は、ランドマークを基準とした空間定位精度と被験者ごとの注視傾向との関係の定量的な検証を行った。

本論および既報の研究を通して、ランドマークを利用し空間定位をつかむ際、ランドマーク上を多く注視している人とランドマーク以外を多く注視している人がいることが示唆された。今回の実験結果からは、視野全体でランドマークを捉えられる条件下で最終位置決定時にランドマークを多く注視しているグループとそうでないグループ間で、ランドマークを表示させる領域を変えることによる中心位置探索精度に差が生まれることが示された。

今後は被験者数を増やして実験し、通常視野でのランドマークの注視割合が異なるグループ間における違いを探索するためにランドマーク自体の形状等を変化させた時の中心位置探索精度に与える影響を検証していきたい。

[脚注]

- 注 1) 移動距離の長さが被験者に与える負担を軽減するため、実験の開始位置から 3 本の円柱の中央位置までの移動時間を 30 秒程で行えるように想定し空間のスケールを設定した。円柱については空間内のどの位置からでも十分に高いと認識される高さを採用している。このスケールやランドマークの形状は、今後の実験においてさらに検討していく。
- 注 2) 被験者が 3 本のランドマークの中央位置に移動する際、大幅な移動を行ったのちに位置決定の微調整を行う時間を最終位置決定の時間とした。ここでの最終位置決定の時間は、被験者の移動記録をもととし、実験開始から連続での移動時間が 3 秒以内のみに達した以降の時間とする。
- 注 3) C 条件と P 条件間はランドマークの表示・非表示領域の範囲が全く異なり直接の比較は難しいため言及していない。

[参考文献]

- 1) 近江 政雄：自己運動の方向の知覚，VISION, 6(3), 101-106, 1994
- 2) 深堀清隆, 窪田陽一, 白濱美香, ホーウェンユエ：場の定位を尺度としたランドマーク構図の視覚的影響分析, 土木計画学研究・論文集, 18, 349-358, 2001. 09
- 3) 森永寛紀, 若宮翔子, 谷山友規, 赤木康宏, 小野智司, 河合由起子, 川崎洋：点と線と面のランドマークによる道に迷いにくいナビゲーション・システムとその評価, 情報処理学会論文誌, 57(4), 1227-1238, 2016. 04
- 4) 吉岡陽介, 一色 高志, 岡崎 甚幸：迷路内探索歩行において周辺視が果たす役割, 人間工学, 39, 1-8, 2002. 02
- 5) 菊池真由, 吉岡陽介：中心視および周辺視での把握が空間定位精度に及ぼす影響, 日本建築学会技術報告集, 26(62), 257-260, 2020. 02