

令和4年（2022）年度
理学部 卒業論文

時間及び空間的な視覚的注意シフトに関する研究
Research of temporal and spatial visual attention shifts

分野名 物質科学
学籍番号 192024
氏名 宇佐美悠
指導教員 ミケレット・ルツェロ

令和5年1月26日 提出

時間及び空間的な視覚的注意シフトに関する研究
Research of temporal and spatial visual attention shifts

分野名 物質科学
学籍番号 192024
氏名 宇佐美 悠
指導教員 ミケレット・ルヅェロ

Modern society is full of information that it is called an “information society”, requiring appropriate acquisition and processing of information. It is known that visual information is processed non-uniformly and efficiently by attention, which is called “visual attention”. The understanding of the visual attention is important for application to early detection of dementia using abnormality detection during driving and spatial cognitive decline in dementia patients. However, quantitative research on visual attention is scarce and unexplored. The purpose of this study is to quantitatively examine temporal and spatial visual attentional shifts by tracking gaze information. In this experiment, we obtained the gaze data while subjects searched targets generated at random coordinates. The results showed that visual attention was extended laterally, and that visual attention did not change depending on the distribution of target occurrence for at least 4 minutes. The results suggest that visual attention was laterally spread and was not renewed in a short period of time.

・背景と目的

現代社会は情報化社会と呼ばれるほど日常的に情報がありふれ、適切な情報の取得・処理が求められる。情報を適切に取得、処理する上で重要なのは注意であり、ヒトは注意によって効率的に情報の取得・処理を行っている。情報の取得は五感によって行われており、そのうち、約 80%を視覚情報が占めている[1]。外部から得た情報は脳内へと伝達され、処理される。この時、視覚情報は注意によって非均一かつ効率的に処理されていることが知られており[2]、これは“視覚的注意”と呼ばれる。視覚的注意によって見たい対象物周辺とそれ以外で情報量に濃淡をつけることで効率的な取捨選択を行っている。視覚的注意を理解することで、運転中の異常検知や認知症患者の空間認知力低下[3]を利用した認知症の早期発見等への応用が期待される。しかし、視覚的注意についての定量的な研究は少なく、応用に合わせた視覚的注意の理解は十分ではない。

本研究では、視線情報の追跡を行うことで時間及び空間的な視覚的注意シフトの定量的な検証を目的とする。

・実験方法

本実験ではUnity 3Dを用いて、ある確率分布に従ってランダムな座標にターゲットを生成し、このターゲットを被験者(7名)にVR環境で探索、注視してもらいアイトラッキングを用いて視線データを取得した。得られた視線データから被験者がターゲットを補足できているかの判定を行った。

・結果・考察

ターゲットの生成確率が一様分布時の、被験者がターゲットを補足した時間とターゲットが生成された座標をヒートマップにした(図1)。視覚的注意が横方向に広がっていることがわかる。これは2つの理由が考えられる。第一はヒトが脳内で過去の知識・経験から視覚的注意の分布を持っており、日常的に横方向への探索を行っているため。第二は錯視などで知られるように、ヒトは縦方向が横方向よりも長く見えるため、脳内では縦方向に引き伸ばされるのに対し適切に情報を処理するために視覚的注意は横方向に広がっているというものである。

図2ではターゲットの生成がガウス分布に従う時の、ターゲット出現から5フレーム(約0.07秒)内の視線から次の視線への角度変化(gaze)、視線からターゲットへの角度変化(target)における各フレーム数の総量を求めた。ターゲット発生後約0.07秒の視線移動方向はターゲットの発生分布によって変化しないことが分かり、視覚的注意は短時間では更新されなかったと考えた。これは図1で示された横方向に広がる視覚的注意は潜在的なものである可能性を支持する結果である。視線移動方向がどの時間スケールで変化するかは今後調べていく必要がある。

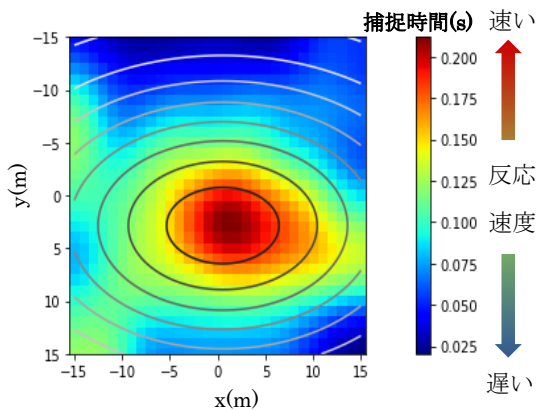


図1. ターゲット補足時間

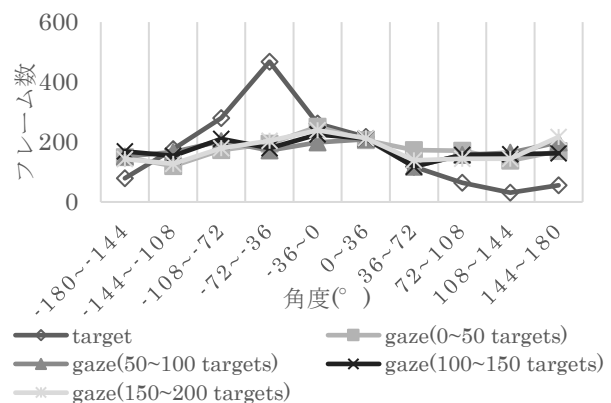


図2. ターゲット生成直後の視線シフト

・参考文献

- [1]教育機器編集委員会編, 『産業教育機器システム便覧』, 日科技連出版社(1972)
- [2]古川崇亮, 高柳英明, 山田昇吾, 木原己人 『近傍視野の情報取得と歩行者挙動の連関』, 日本インテリア学会論文報告集, 2020
- [3]伊東雄一, エフッドシャーリン, 北村喜文, 岸野文郎, ベンジャミンワトソン, ステューブステファン, リリリウ 『ActiveCube による認知能力評価のためのユーザインタフェース』, 情報処理学会研究報告, 2002 (38), 55-64

目次

1	序論.....	5
1.1	背景.....	5
1.2	目的.....	6
2	関連研究.....	7
3	実験概要.....	8
3.1	VRについて.....	8
3.2	Unity 3Dについて.....	9
3.3	実験環境.....	10
3.4	実験方法.....	11
3.4.1	視線リセットなし.....	11
3.4.2	視線リセットあり.....	12
3.5	ターゲット捕捉判定.....	13
3.6	視線シフト.....	14
4	実験結果.....	15
4.1	捕捉時間のヒートマップ・ヒストグラム.....	15
4.2	捕捉時間と角度変化.....	21
4.3	視線シフトの時間変化.....	22
5	考察.....	23
6	結論と今後の展望.....	24
7	参考文献.....	25
8	謝辞.....	25

1 序論

1.1 背景

現代社会は情報化社会と呼ばれるほど日常的に情報がありふれ、適切な情報の取得・処理が求められる。情報を適切に取得・処理する上で重要なのは注意であり、注意によってより効率的に情報の取得・処理を行っている。

情報の取得は視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚からなる五感によって行われており、そのうち約80%を視覚情報が占めている[1]。外部から得る情報の大部分を占める視覚の理解は、ヒトの知覚や効率的な情報取得の理解などの観点で不可欠であると考え、本実験では視覚を研究の対象とした。

外部から得た情報は脳内へと伝達され、処理されている。この時、視覚情報は注意によって非均一かつ効率的に処理されていることが知られており[2]、これは”視覚的注意”と呼ばれる。視覚的注意についての定量的な研究は少なく、応用に向けた視覚的注意の理解は十分ではない。

ヒトは視野が約180度あり、視野内全てが見えているように感じるが、実際には中心視野や有効視野と呼ばれる非常に狭い範囲内のみが明瞭に見えており、中心に寄るほど解像度が高くなる。古川らによると、「人間の視野領域は、具体的な情報(文字や色)の認識が可能な中心視野領域と抽象的な情報(情報の有無)の認識が可能な周辺視野領域の2つに大きく分類されている」[2]。日常的にヒトは見たい対象物に頭や眼球を向けることで対象物を中心視野に収めようとする。このようにして、視覚的注意によって見たい対象物周辺とそれ以外で情報量に濃淡をつけることで効率的な取捨選択を行っている。

脳内における視覚情報の取得、処理における重要なメカニズムである視覚的注意の理解は、視覚を理解するためには不可欠であり、脳内の情報処理を理解する上でも肝要であるため、本実験では視覚的注意に着目した。

視覚的注意を評価するには指標が必要である。注意が向いているほど、得られる情報が明瞭になるが、これを定量的に測定、比較するのは困難である。よって本実験では視覚的注意を定量的に測定、評価する上で反応速度を利用した。反応速度は注意によって変化し、定量的にデータの取得、解析が可能であり、単純な値の大小による比較が可能である利点が存在する。

従来、視覚実験は実験環境を整えることが困難であったことから、2Dディスプレイ上で被写体の表示を行い、実験データの取得を行っていた。しかしながら現実においてヒトが目にするのは3次元物体であるため、実験から得られるデータは限定的な物であった。具体的には2Dディスプレイ上で現実と同様の奥行き、被験者と被写体の距離感を再現することは難しい。

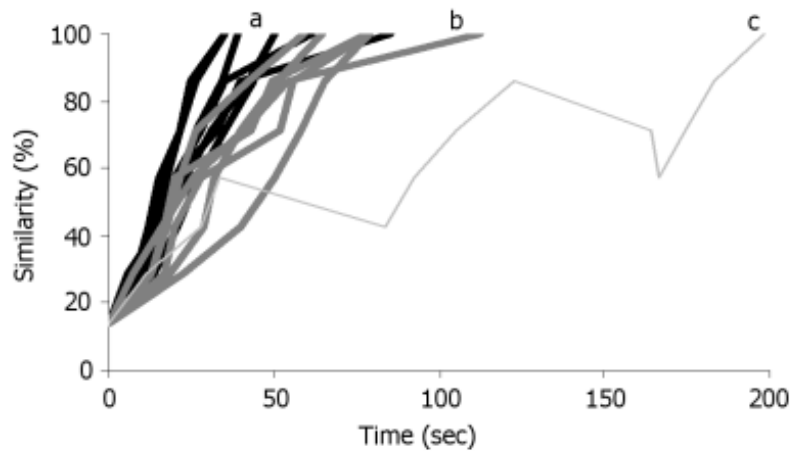
より現実に近い環境での視覚にまつわる実験データの取得を可能としたのはVRである。近年ではVRが発達したことにより、過去には困難であった視覚実験をコンピューター上で作製し、VRを用いることで比較的容易に実験が行える環境へと変化している。本実験でもVRを用いて実験を行った。

1.2 目的

本研究では、視線情報の追跡を行うことで時間及び空間的な視覚的注意シフトの定量的な検証を目的とする。

具体的には被験者にランダムに出現するターゲットを探索、注視してもらい、FOVE 0 を用いて視線情報を追跡した。視覚的注意を評価する指標として、ターゲットを捕捉する時間、反応時間から時間及び空間的な視覚的注意シフトの傾向を検証した。

視覚的注意の理解することで、運転中の異常検知や認知症患者の空間認知力低下[3]を利用した認知症の早期発見等への応用が期待される。



あるタスクの全被験者の類似度と時間のグラフ (a：若者, b：年輩, c：AD 患者)

図 1-1. 認知症患者は空間認知力が顕著に低下する

2 関連研究

視覚的注意による視覚認知の正確性の空間分布に関する研究を取り上げる。

8×8 の格子中に円形ドットをランダムに配置する。ドット数が 1,4,8,12,16 の 5 種類からなる Target 刺激を表示する。同様の 8×8 の格子中にターゲット刺激と同様のドットを一つだけ配置する(プローブ刺激)。ターゲット刺激とプローブ刺激は、ターゲット刺激の内の 1 つのドットと同じ位置にプローブ刺激のドットが表示される YES セットと、異なる位置にプローブ刺激のドットが表示される NO セットからなる。被験者はプローブ刺激のドット位置にターゲット刺激が表示されていたかを判断し、yes または no の選択を行う。[4]

ターゲット刺激のドット数が 4,8 つの時、正答率が刺激パターンの中央ほど高くなっていることが分かる(図 2-2)。視覚的注意は凝視点を中心に広がり、凝視点から離れるほど正確性を失うことが分かる。また同時に処理すべき対象数の増加に伴い視覚的注意の注意範囲がせまくなることもわかる。

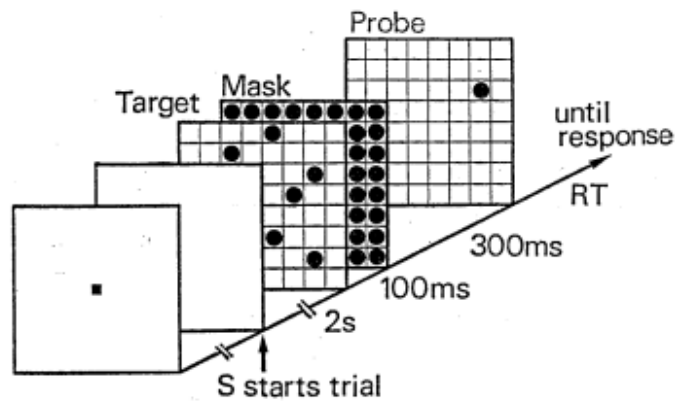


図 2-1. 被験者に表示された映像[4]

(b) 4 dots								(c) 8 dots							
79.2	58.3	58.3	66.7	70.8	50.0	58.3	95.8	54.2	70.8	58.3	70.8	58.3	54.2	37.5	70.8
87.5	75.0	70.8	79.2	79.2	75.0	83.3	87.5	75.0	66.7	66.7	62.5	62.5	62.5	50.0	50.0
58.3	83.3	79.2	95.8	83.3	95.8	95.8	79.2	62.5	54.2	75.0	62.5	75.0	75.0	75.0	54.2
100.0	95.8	83.3	79.2	95.8	87.5	87.5	87.5	54.2	50.0	91.7	87.5	95.8	87.5	66.7	54.2
91.7	75.0	100.0	95.8	91.7	95.8	75.0	70.8	58.3	41.7	79.2	75.0	83.3	75.0	50.0	83.3
79.2	83.3	79.2	66.7	79.2	87.5	79.2	75.0	75.0	45.8	70.8	75.0	62.5	66.7	62.5	45.8
70.8	58.3	82.5	82.5	66.7	70.8	75.0	58.3	50.0	75.0	58.3	45.8	50.0	54.2	45.8	54.2
83.3	87.5	66.7	62.5	87.5	79.2	70.8	62.5	75.0	58.3	62.5	33.3	62.5	54.2	58.3	45.8

図 2-2. ターゲット刺激のドット数が 4,8 の時の正答率[4]

3 実験概要

3.1 VR について

VR とは Virtual Reality の略であり、コンピューター上で作成された仮想空間を人間の感覚を刺激することで、まるで実際にそこにいるかのように体験させる技術のことである。

HMD(Head Mounted Display)と呼ばれる頭部に装着する小型ディスプレイの登場、発展により医療や教育、住宅業界など様々な分野で利用、注目されており、VR 市場は拡大している[5]。

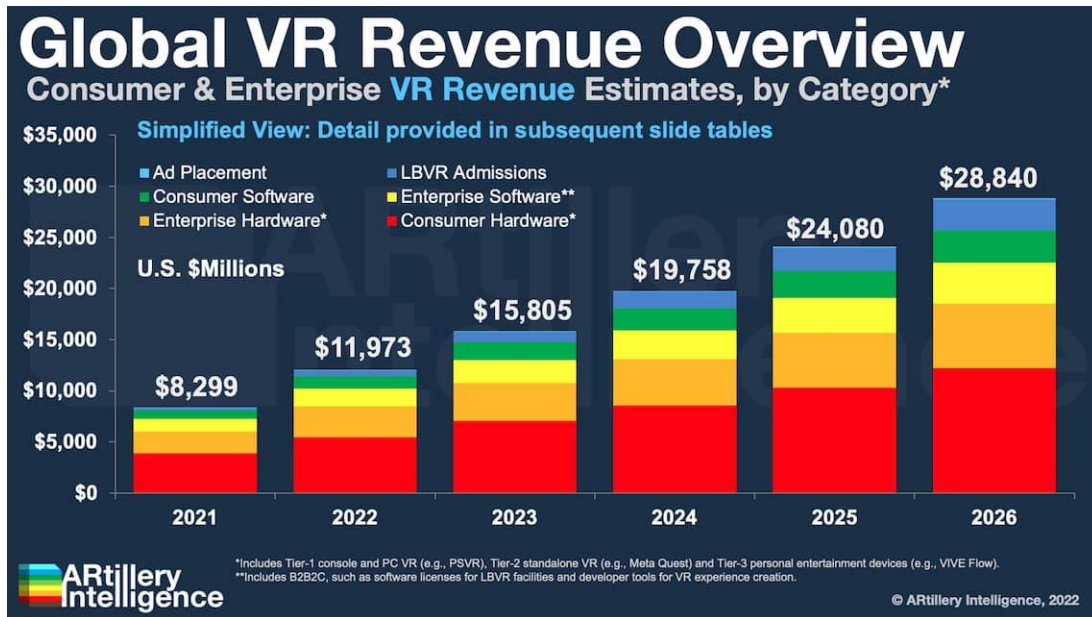


図 3-1. 世界の VR 市場

本実験では世界初のアイトラッキング(視線追跡)搭載型 VR HMD[6]である「FOVE 0」を用いて視線データを取得した。



図 3-2. FOVE 0 の写真

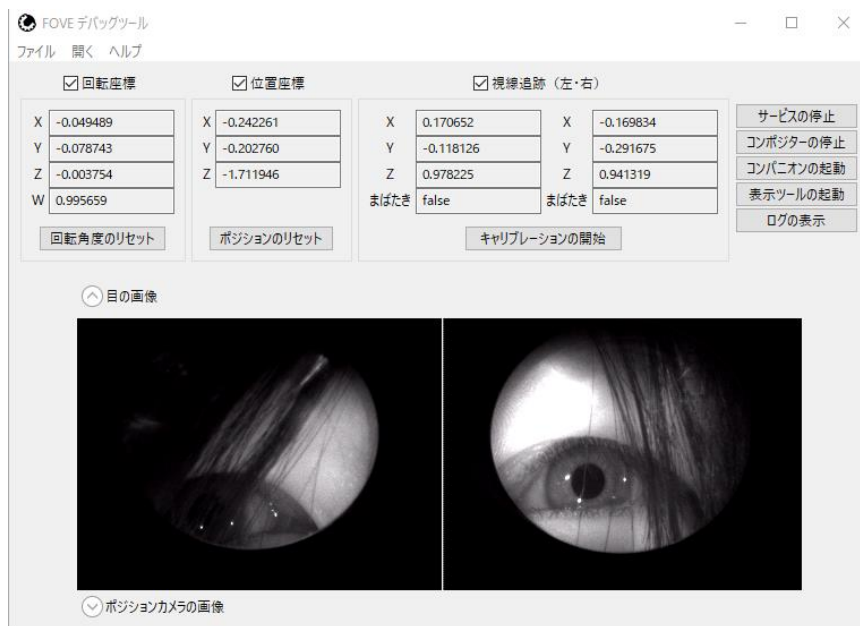


図 3-3. アイトラッキングの様子

3.2 Unity 3D について

本実験では被験者実験を行うための VR 空間を、ゲームエンジンである Unity 3D を用いて作製した。Unity 3D では用意されているアセット及び、主に C# によるプログラミングを行うことで容易に VR 機器向けのコンテンツ開発が可能である。本実験では Microsoft Visual Studio にて実験動作に必要なスクリプト(プログラム)を C# で作製した。

本実験で用いた FOVE0 では Unity 3D で用いることが出来るプラグインが用意されており、簡易な初期設定を行うことで視線情報の取得や視線追跡を利用したコンテンツ開発が可能である。

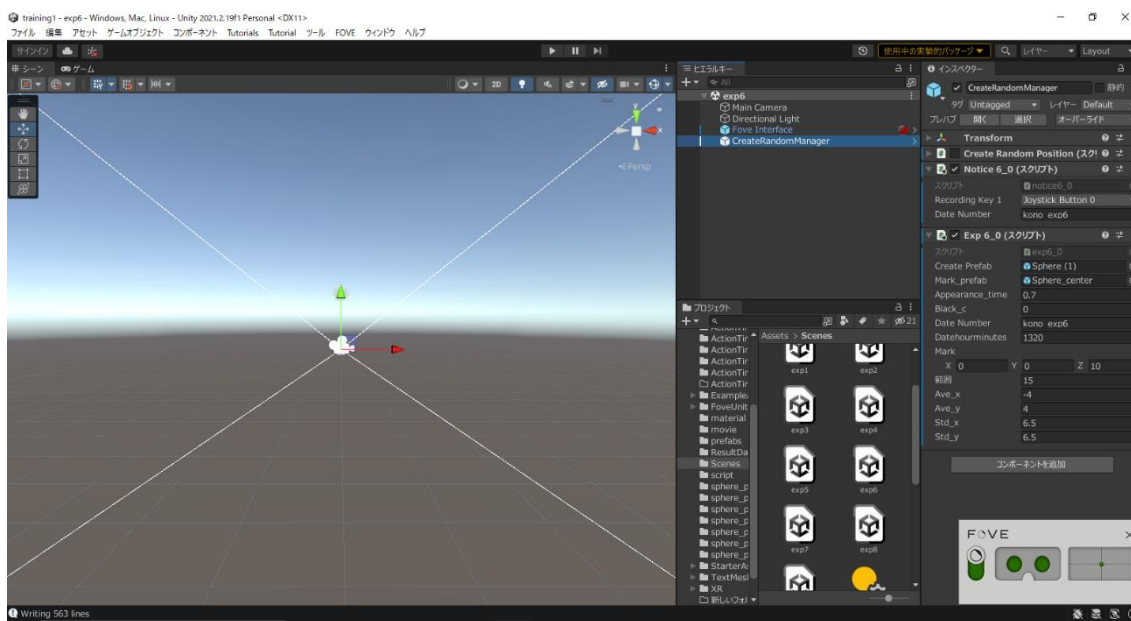


図 3-4. Unity 3D の画面

3.3 実験環境

被験者は男性 7 名であり、実験説明を行った後、実験内容を十分理解していることを確認し実験を行った。被験者が実験目的を知ることによって意識的、無意識的に実験結果が変化することを危惧し、被験者には実験操作の説明のみを行い実験目的は伝えなかった。

実験前には得られる視線データや頭の位置座標の調整のため、移動する点を凝視するキャリブレーションを行った。

実験は横浜市立大学理学系研究棟の 1 室で行い、実験中には被験者に実験に集中してもらうため、極力会話をせず雑音のない無音に近い状態で実験に臨んでもらった。



図 3-5. 実験中の被験者の様子

3.4 実験方法

本実験では Unity 座標にて x, y が -15 以上 15 以下、 z が 0 以上 15 以下のランダムな座標(被験者前方)にターゲットとなる黒い球が出現し、これを被験者に探索及び注視してもらった。実験開始直後のラグによるデータの不正確化を防ぐために、実験開始直後には赤い球を Unity 座標 $(0,0,10)$ に 5 秒間出現させ、被験者にこれを注視してもらった。Unity による実験動作、視線データの測定は共に 70 fps で行った。

本実験ではターゲットが生成された位置座標、時間、各フレームにおける頭の位置座標、両目の焦点位置座標など多岐に渡るデータを取得した。また被験者にはターゲット発見時に **Enter** キー、もしくは Xbox コントローラーの **A** ボタンを押してもらうことにより測定データ内で視線データと別に、被験者がターゲットを発見したことを識別、保存できるようにした。測定したデータは全て Unity のプログラムによって CSV ファイルで出力、保存されるようにした。

3.4.1 視線リセットなし

ターゲットは 0.7 秒間出現し、新たなターゲットが生成すると同時に消滅し、一度の実験につき計 350 個のターゲットが生成される。ターゲットの生成確率は座標によって変化せず、一様分布に生成される。ランダムな座標へのターゲットの生成には C# の **Random** クラスを用いた。

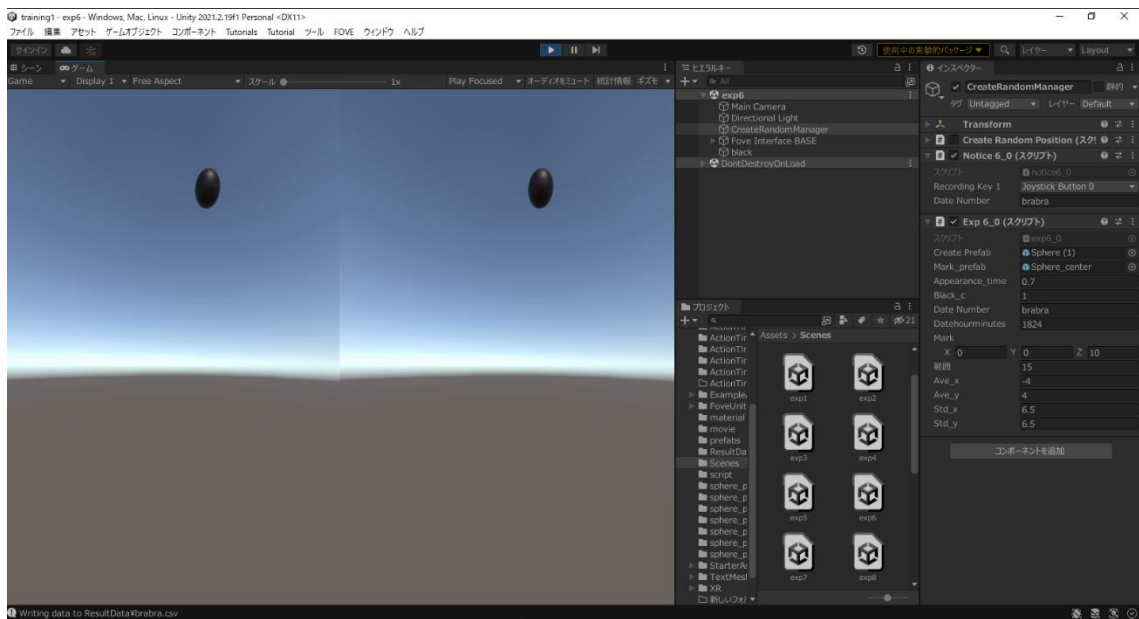


図 3-6. 生成されるターゲット

3.4.2 視線リセットあり

視線を被験者真正面に戻すために、ターゲットと赤い球を交互に出現させた。赤い球は Unity 座標(0,0,10)に出現させた。共に出現時間は 0.7 秒であり、一度の実験につき計 200 個のターゲットが生成される。視線推移の測定のため、球の生成が一様分布、ガウス分布に従う実験を行った。

ガウス分布に従う実験は 2 つ行い、それぞれ x,y の平均値は -4,4 で統一し、標準偏差は 8, 6.5 とした。

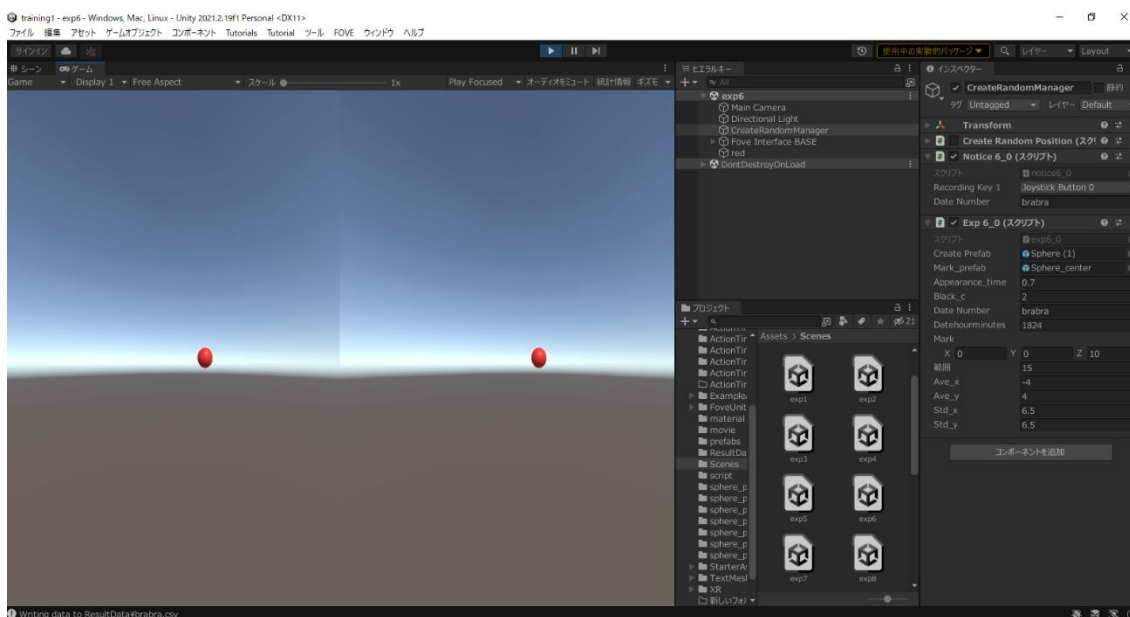


図 3-7. 生成される赤い球

本実験では Unity 3D における C# スクリプトにて、2 次元ガウス分布を作製するために、Box-Muller 法を用いた。Box-Muller 法では一様分布に従う確率変数からガウス分布に従う確率変数の生成が可能である。

標準偏差 σ 、平均値 μ のガウス分布に従う乱数 x,y は、

$$\begin{aligned}x &= \sigma\sqrt{-2\log X}\cos(2\pi Y) + \mu \\y &= \sigma\sqrt{-2\log X}\sin(2\pi Y) + \mu\end{aligned}$$

で生成される。但し、 X,Y は互いに独立であり、0~1 の範囲で生成される一様分布に従う乱数である。

3.5 ターゲット捕捉判定

実験から取得した視線データから、視線によってターゲット(黒い球)を捕捉できているか判定を行った。被験者の視線ベクトルを G_n 、ターゲットの座標ベクトルを S_n とした時、

$$|S_n - G_n| \leq 0.2$$

となる状態が5フレーム(約0.07s)続いた時、被験者がターゲットを捕捉したと判定した。この捕捉判定により被験者がターゲットを捕捉した時間を $\tau_{g,n}$ 、ターゲットが生成された時間を $\tau_{s,n}$ とし、被験者がターゲットに反応するのに要した捕捉時間 $\tau_{r,n}$ を

$$\tau_{r,n} = \tau_{g,n} - \tau_{s,n}$$

とし、求めた。視線ベクトル G_n 、ターゲットの座標ベクトル S_n の成す角 θ_g を、

$$\theta_g = \arccos \frac{S_n \cdot G_n}{|S_n||G_n|}$$

によって求めた。

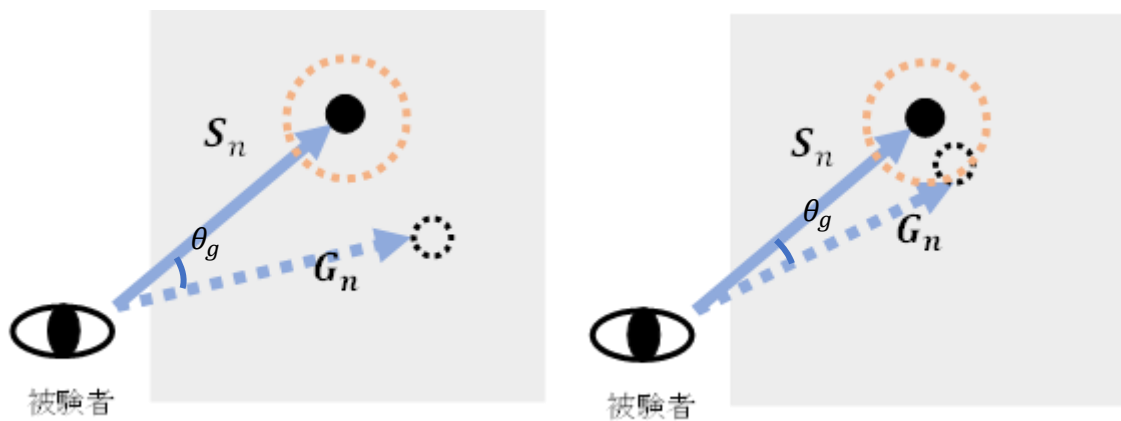


図 3-8. ターゲット捕捉判定の模式図(左図は捕捉できておらず、右図は捕捉できている)

3.6 視線シフト

視線シフトを調べるためにターゲット出現から 5 フレーム(約 0.1 秒)内の各フレームにおける視線から次の視線への角度、視線からターゲットへの角度を求めた。現在の視線を中心に考えて、次の視線、ターゲットへの角度を図 3-9 の様にして求めた。視線の時間シフトを調べるため 200 個出現したターゲットを 0~50,50~100,100~150,150~200 個のターゲットに 4 分割し視線シフトを調べた。

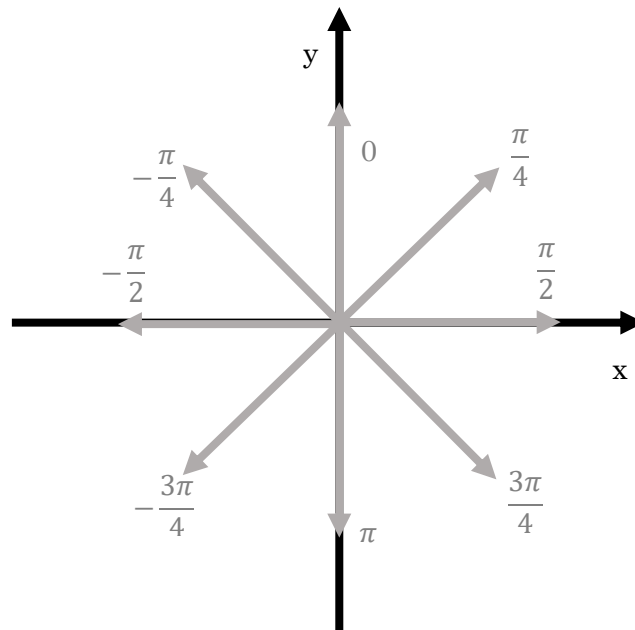


図 3-9 角度による方向の表し方

4 実験結果

4.1 捕捉時間のヒートマップ・ヒストグラム

実験 3.4.1 の視線リセットなしにて得られた視線データから、3.6 に示したターゲット捕捉判定により被験者のターゲットへの捕捉時間を求め横軸を x 、縦軸を y とし、ヒートマップにした(図 4-1)。 図 4-1 に対してガウシアンフィルタを用いて平滑化した図が図 4-2 である。

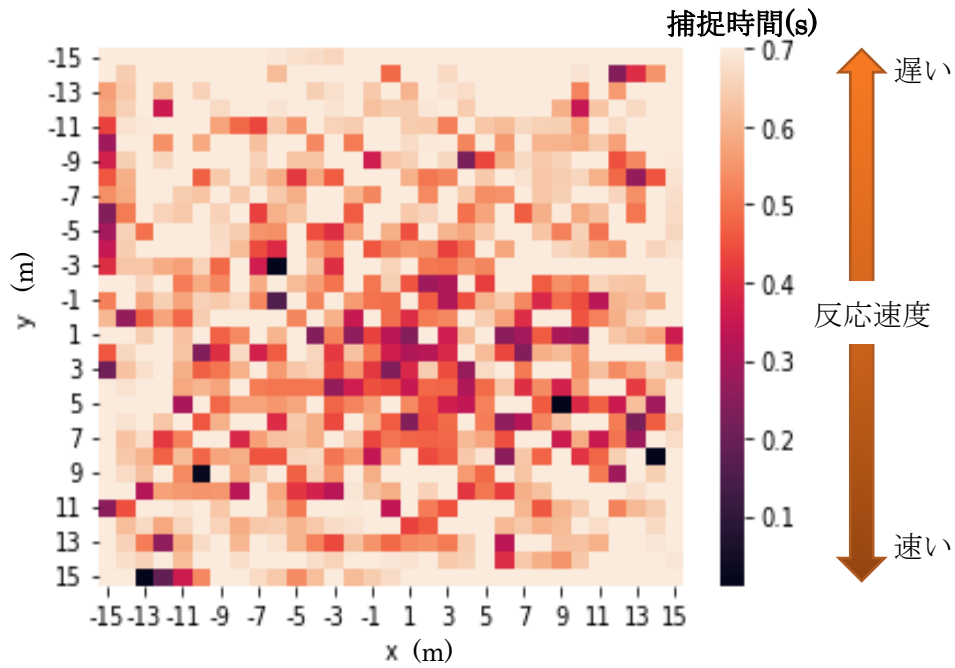


図 4-1. ターゲットの捕捉時間(n=7)

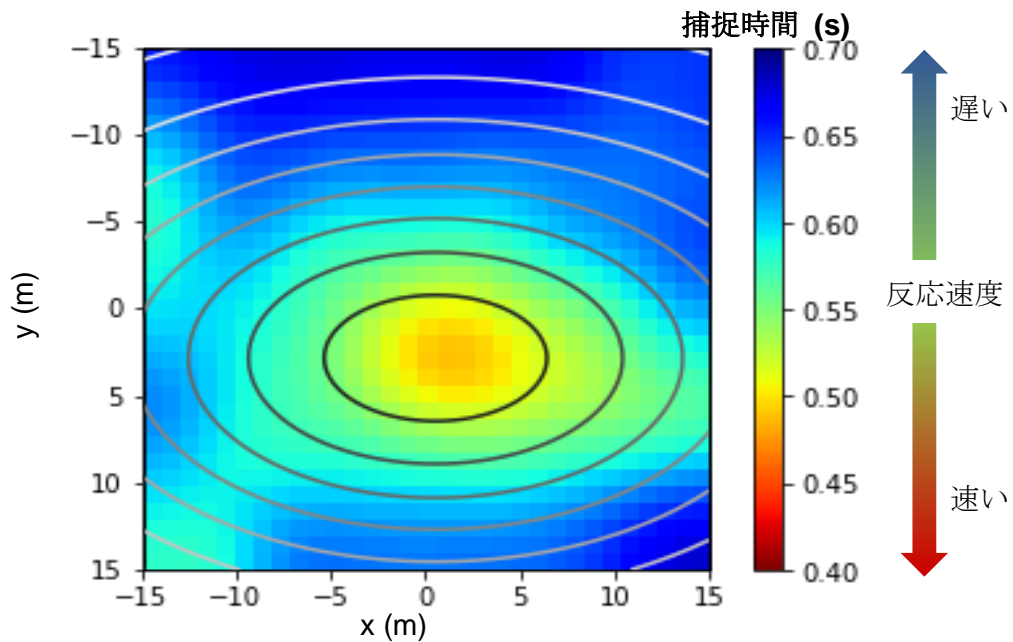


図 4-2. ターゲットの捕捉時間

同様に実験 3.4.1 の視線リセットなしにて得られた視線データから、3.6 に示したターゲット捕捉判定により被験者のターゲットへの捕捉時間を求め横軸を z 、縦軸を y とし、ヒートマップにした(図 4-3)。図 4-3 に対してガウシアンフィルタを用いて平滑化した図が図 4-4 である。

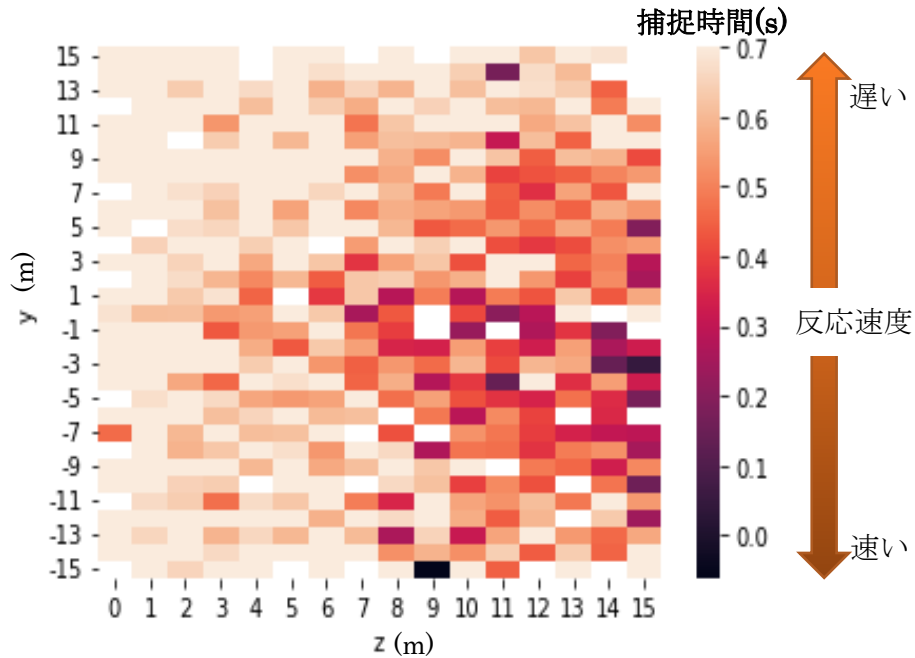


図 4-3. ターゲットの捕捉時間(n=7)

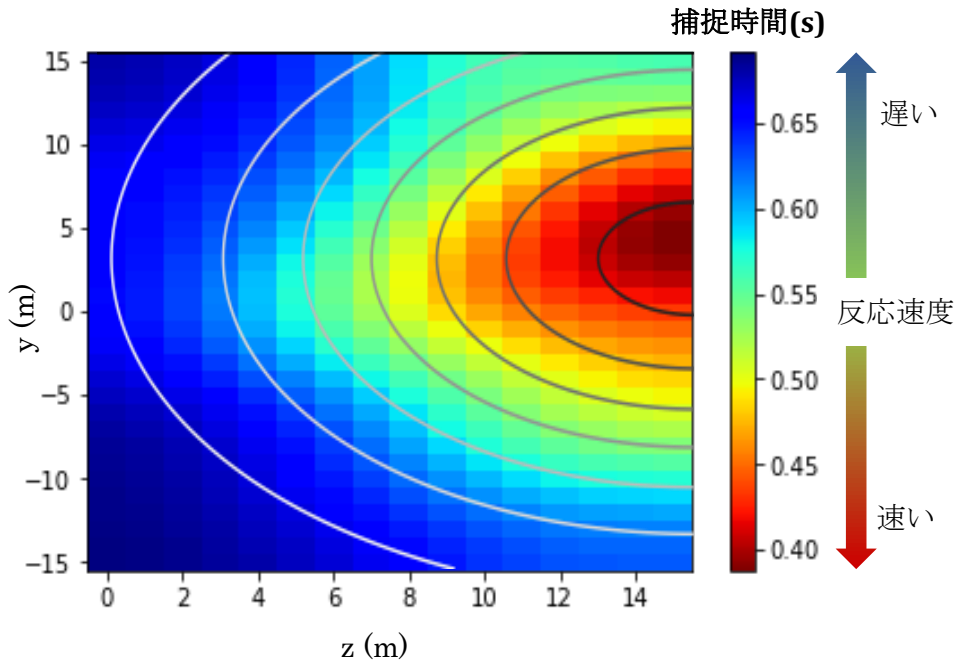


図 4-4. ターゲットの捕捉時間

実験 3.4.2 の球の生成がガウス分布(標準偏差 8)に従う実験から得られた視線データから 3.6 に示したターゲット捕捉判定により被験者のターゲットへの捕捉時間を求め横軸を x 、縦軸を y とし、ヒートマップにした(図 4-5)。図 4-5 に対してガウシアンフィルタを用いて平滑化した図が図 4-6 である。

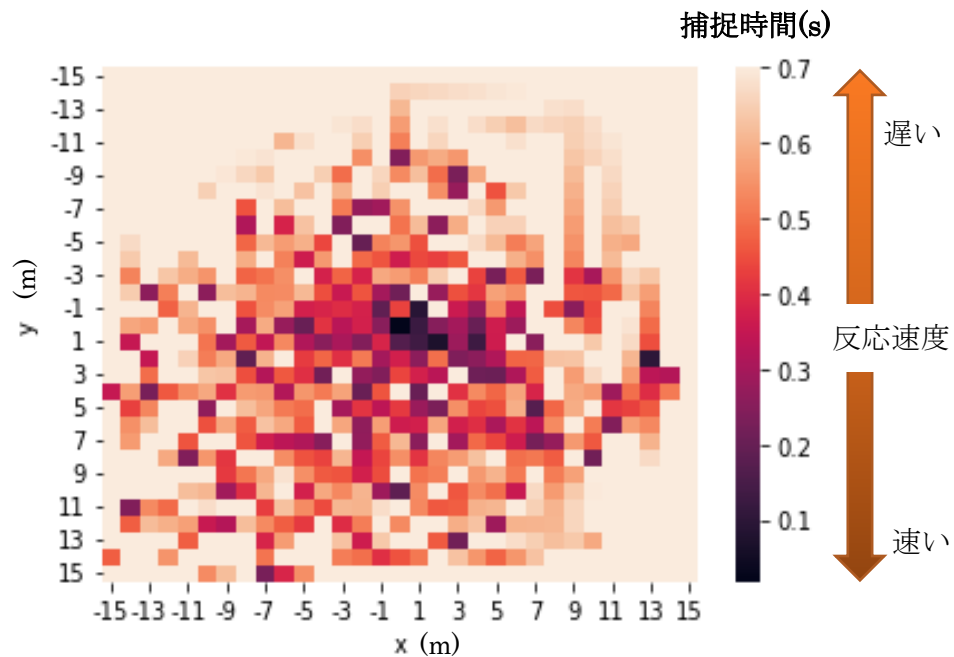


図 4-5. ターゲットの捕捉時間(視線リセットあり, 標準偏差 8, $n=7$)

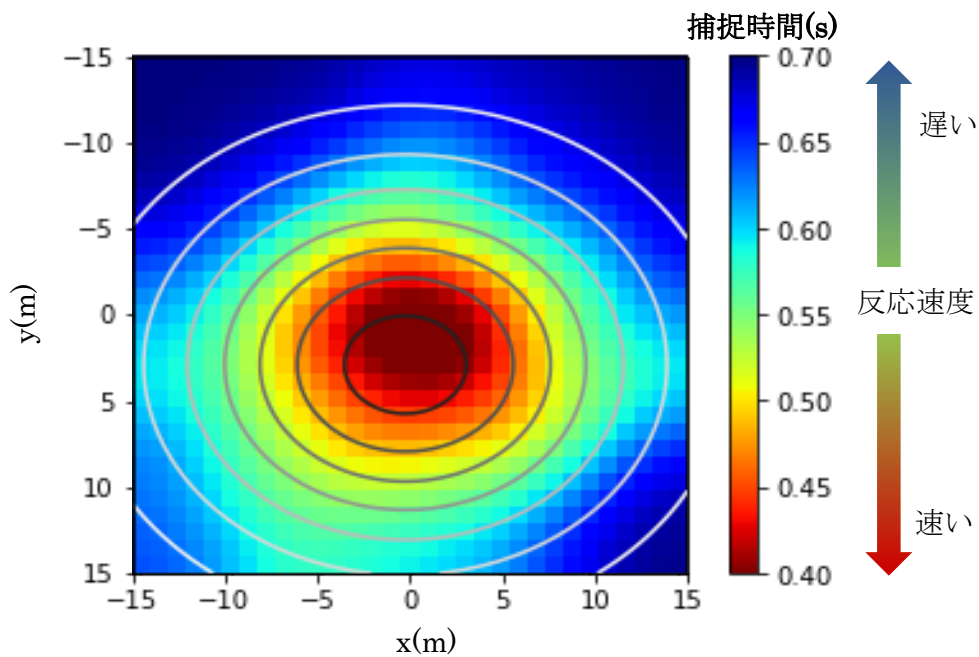


図 4-6. ターゲットの捕捉時間(視線リセットあり, 標準偏差 8, $n=7$)

実験 3.4.2 の球の生成がガウス分布(標準偏差 6.5)に従う実験から得られた視線データから 3.6 に示したターゲット捕捉判定により被験者のターゲットへの捕捉時間を求め横軸を x、縦軸を y とし、ヒートマップにした(図 4-7)。図 4-7 に対してガウシアンフィルタを用いて平滑化した図が図 4-8 である。

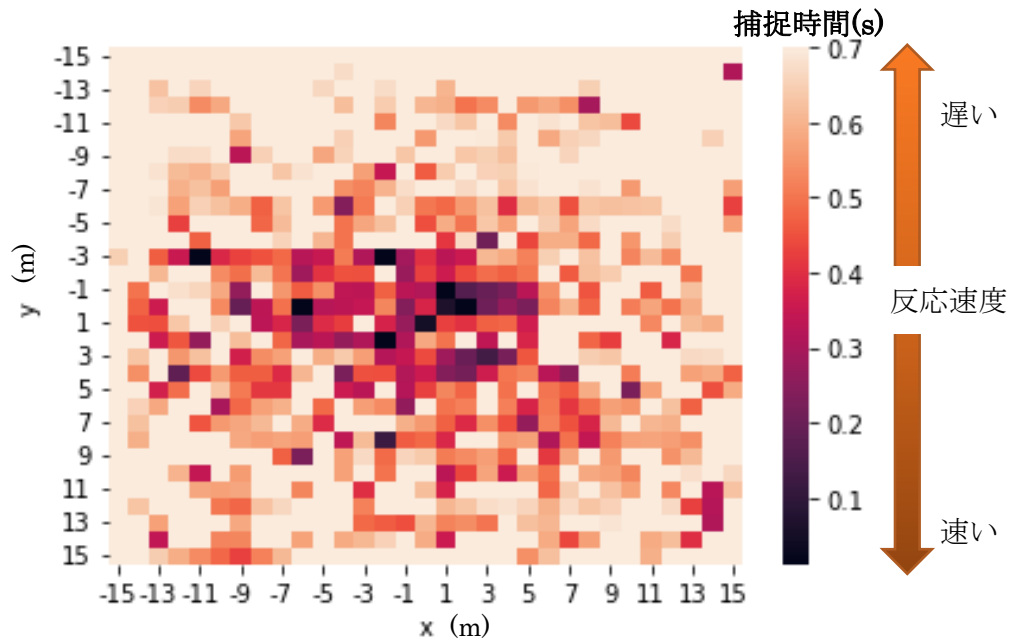


図 4-7. ターゲットの捕捉時間(視線リセットあり, 標準偏差 6.5, n=7)

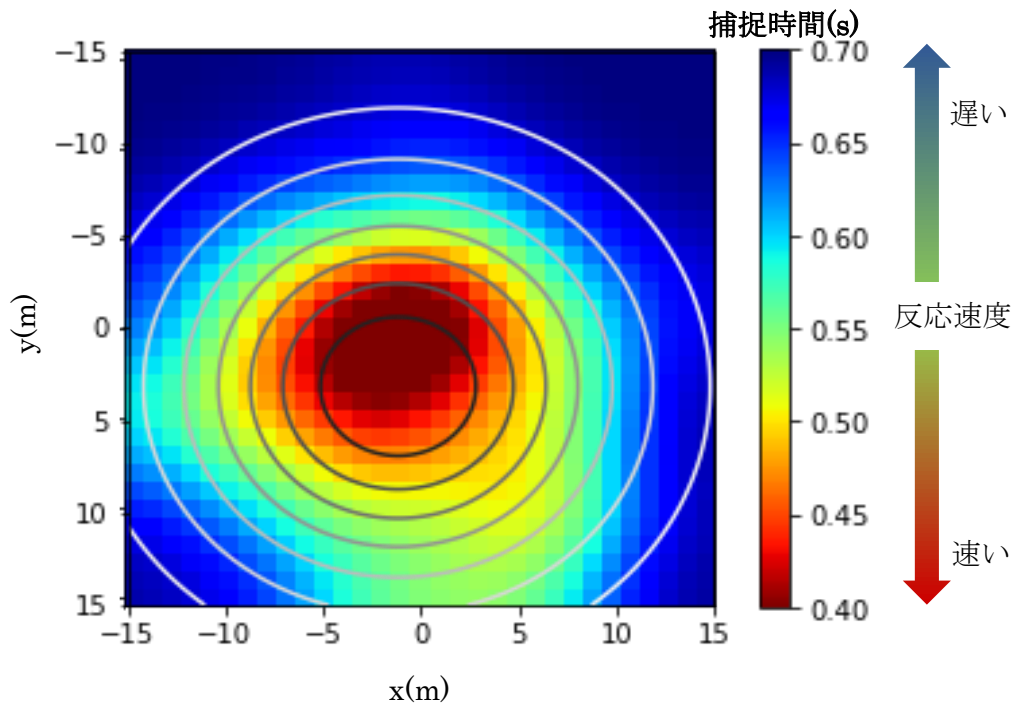


図 4-8. ターゲットの捕捉時間(視線リセットあり, 標準偏差 6.5, n=7)

実験 3.4.2 の球の生成が一様分布に従う実験から得られた視線データから 3.6 に示したターゲット捕捉判定により被験者のターゲットへの捕捉時間を求め横軸を x、縦軸を y とし、ヒートマップにした(図 4-9)。図 4-9 に対してガウシアンフィルタを用いて平滑化した図が図 4-10 である。

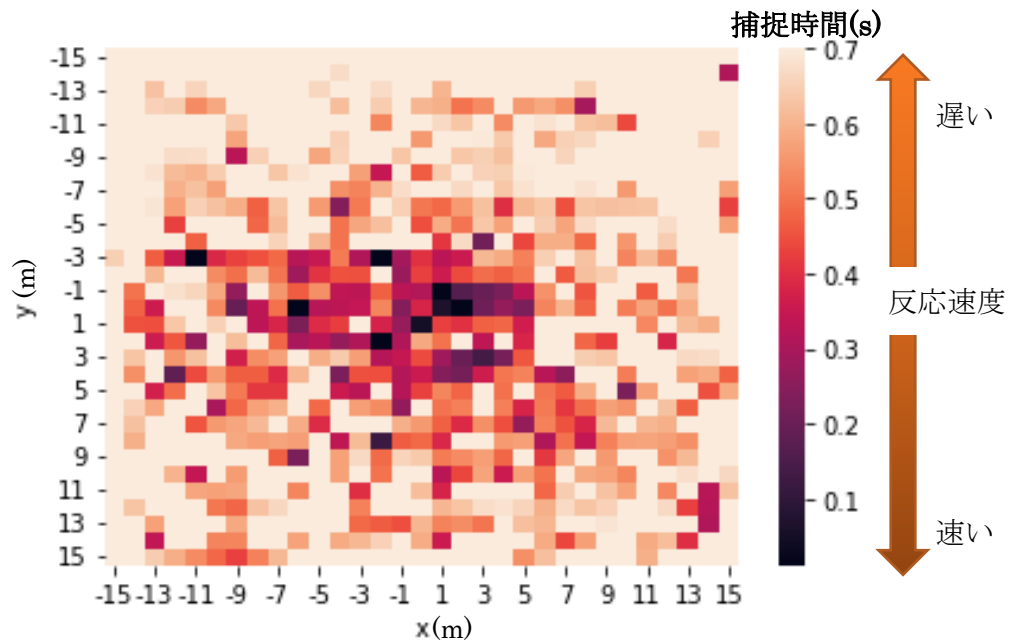


図 4-9. ターゲットの捕捉時間(視線リセットあり, n=7)

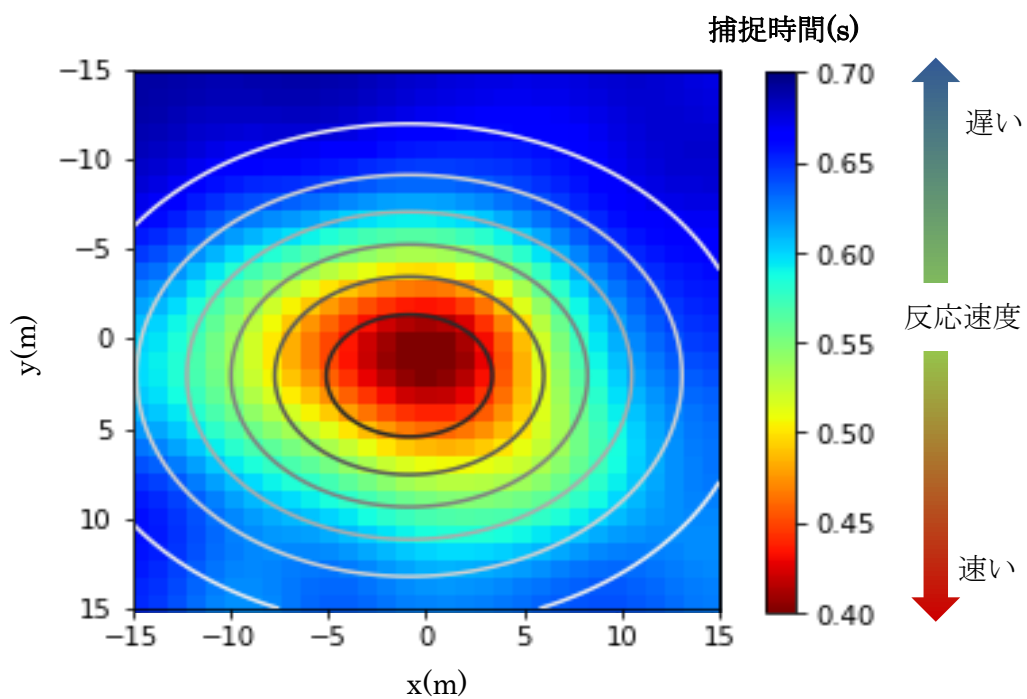


図 4-10. ターゲットの捕捉時間(視線リセットあり, n=7)

補足時間の分布を比較するために各実験の x, y の標準偏差および平均値を求めた(表 4-1)。

表 4-1. 各実験の x, y の標準偏差および平均値

		x の標準偏差	y の標準偏差	x の平均値	y の平均値
視線 リセット なし	一様分布	15.36	9.43	0.54	2.86
視線 リセット あり	ガウス分布(標 準偏差 8)	8.69	7.50	-0.25	2.90
	ガウス分布(標 準偏差 6.5)	7.84	7.40	-1.17	3.17
	一様分布	8.95	7.17	-0.84	2.06

各実験の捕捉時間をヒストグラムにし、比較した(図 4-11)。

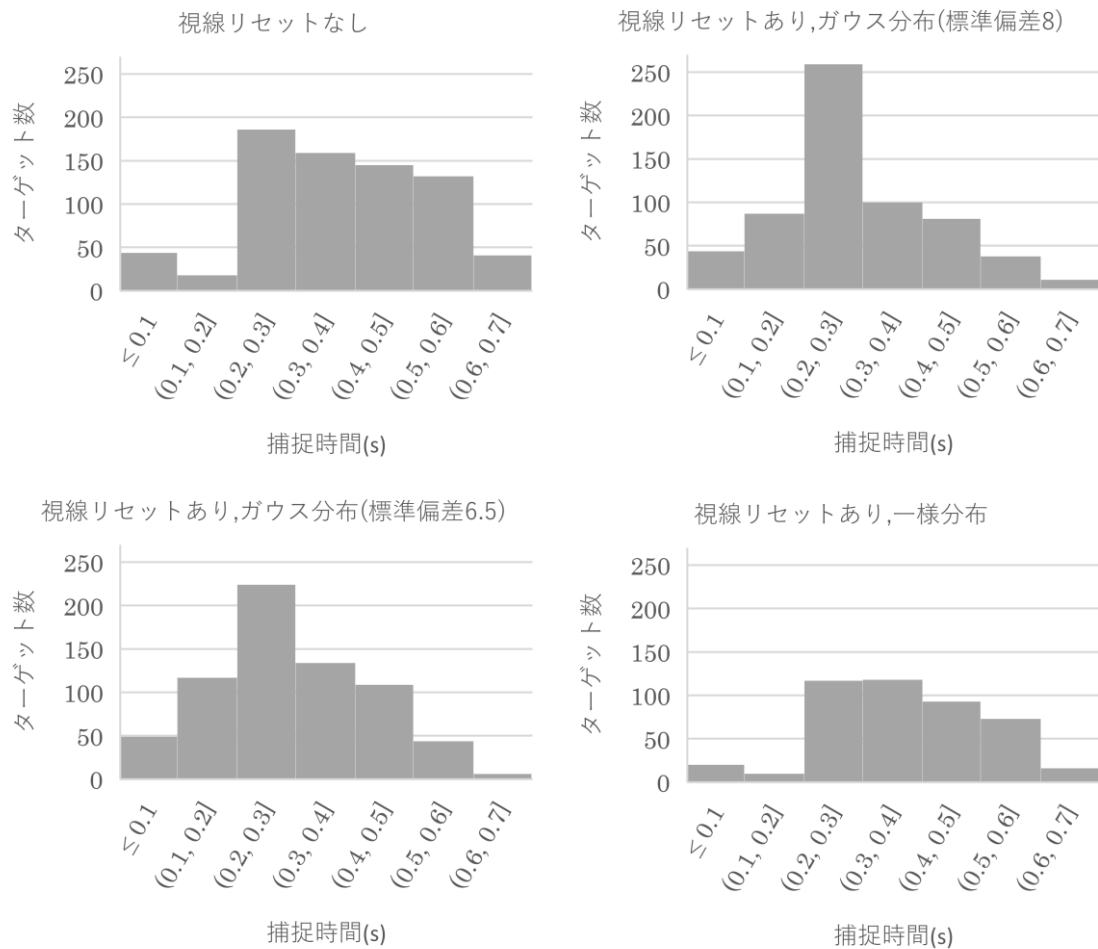


図 4-11. 各実験の捕捉時間

4.2 捕捉時間と角度変化

実験 3.4.1 にて得られた視線データから、3.5 に示した式から求めた視線ベクトル G_n 、ターゲットの座標ベクトル S_n の成す角 θ_g を横軸、捕捉時間 $\tau_{r,n}$ を縦軸として相関関係を調べた(図 4-12)。

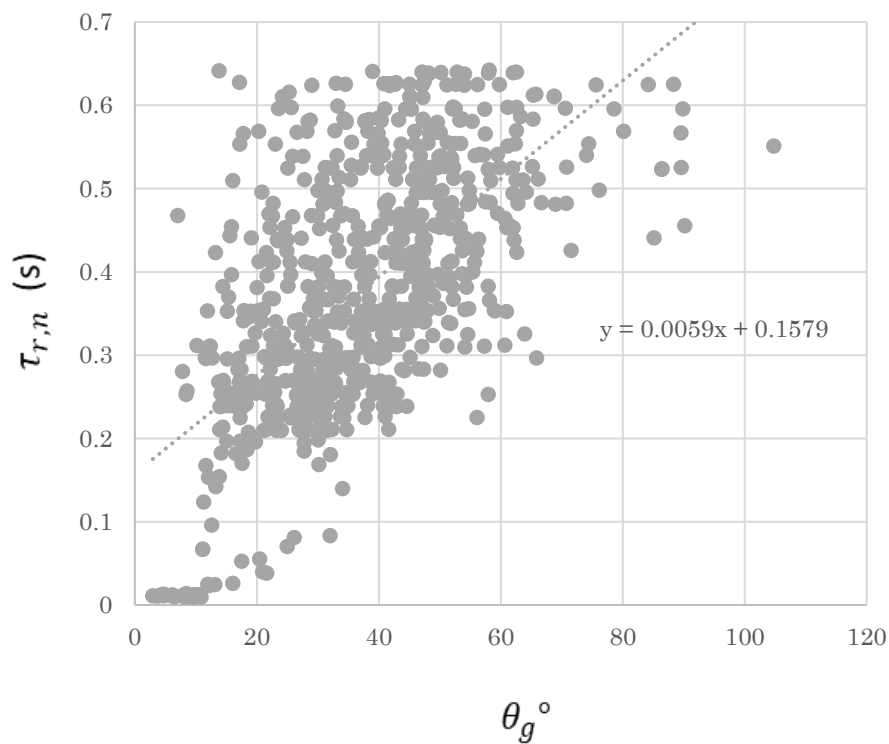


図 4-12. 捕捉時間の角度依存性

4.3 視線シフトの時間変化

実験 3.4.2 にて得られた視線データから 3.6 に示したように、視線から次の視線への角度、視線からターゲットへの角度を求めた。視線から次の視線への角度が gaze、視線からターゲットへの角度が target である。それぞれ球の生成がガウス分布(標準偏差 8)に従う実験(図 4-13)、球の生成がガウス分布(標準偏差 6.5)に従う実験(図 4-14)、球の生成が一様分布に従う実験(図 4-15)である。

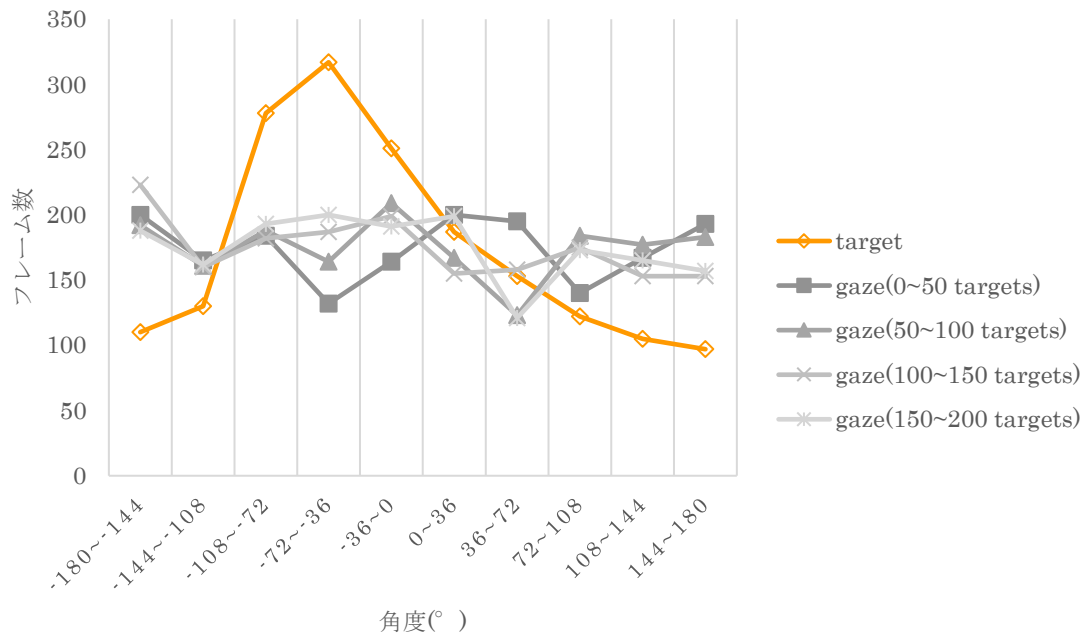


図 4-13. 視線シフト(ガウス分布,標準偏差 8)

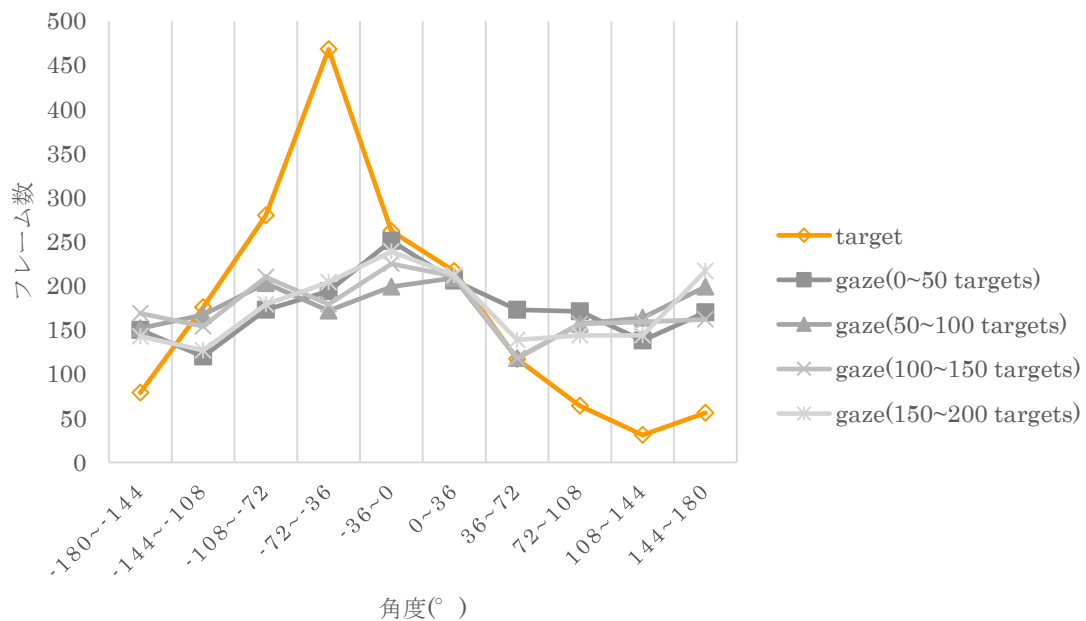


図 4-14. 視線シフト(ガウス分布,標準偏差 6.5)

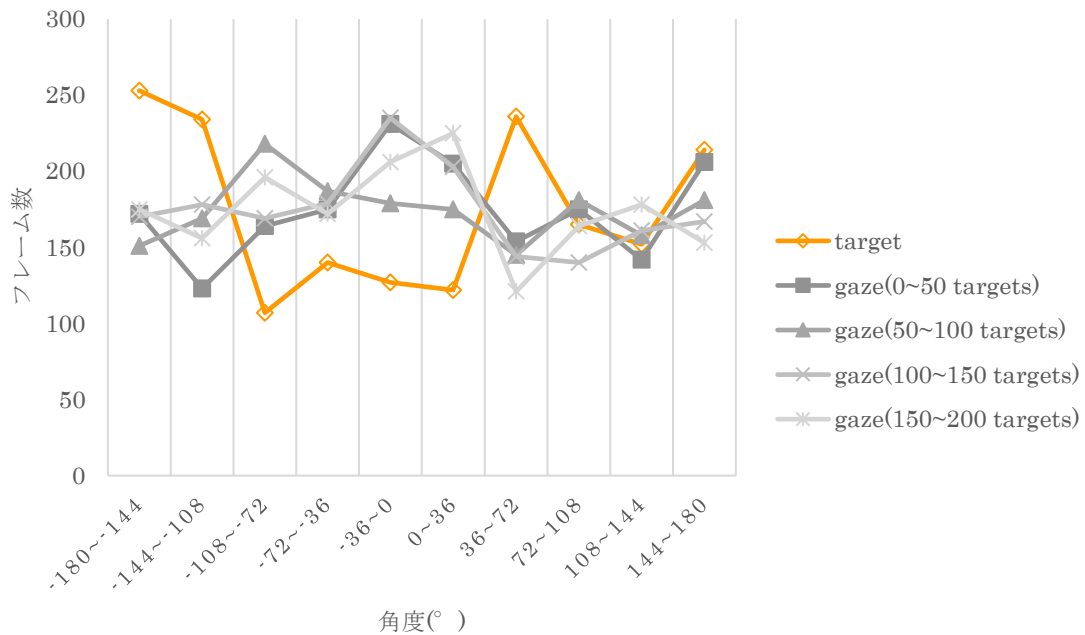


図 4-15. 視線シフト(一様分布)

5 考察

図 4-2 及び表 4-1 から捕捉時間は、横方向に短いことが分かる。これは視覚的注意が横方向に広がっている楕円形であるためだと考えた。図 4-4 及び表 4-1 から正面前方より上方向に視覚的注意が寄っていることが分かる。視覚的注意が横方向に広がっている楕円形である理由について 2 つの可能性を考えた。

ヒトはベイズ推定のように振舞う [7] ため視覚的注意は過去の経験や知識によって変化していると考えられる。つまり日常的に横方向への探索を行っているため、視覚的注意が横方向へと広がっていると考えた。

ヒトはフィック錯視(Fick illusion)[8]でも知られるように、現実比べて縦方向が横方向よりも長く見えている [9]。このため、横方向に広がっている視覚的注意が脳内では縦方向に引き伸ばされ、円形に近い形になっているのではないかと考えた。つまり視覚的注意は、本来円形に近い形をしているが、ヒトは縦方向が横方向よりも長く見えているため勘違いを起こし、横方向に広がる楕円形となっているのではないかと考えた。

図 4-3,4-4 から被験者とターゲットが離れるほど補足時間が短くなる傾向がみられる。これは、ヒトの実際の視野範囲を表しており、ヒトが自身の前方全体を見えているように感じているが実際には見えていないことを示していると考えた。

表 4-1 から視線リセットの有無によって視覚的注意の広がりが増えることが分かる。これは視線リセットによって強制的に視線を被験者正面に戻されているため、視覚的注意、視覚探索が収縮したためだと考えた。これは本実験において視線リセットのために用意した赤球を 0.7 秒間しか表示しなかったため、被験者がターゲット表示中に探索を途中で諦めてしまった影響が存在

すると考えた。より優れた視線リセットの方法としてターゲット消滅時に音で被験者に知らせる方法などを考えた。

図 4-11 よりターゲット生成がガウス分布に従うとき、一様分布に従う場合と比較して捕捉時間 0.1~0.2 s が多いことが分かる。これはターゲット生成がガウス分布に従う場合の方が被験者真正面にターゲットが生成されやすいためだと考えた。また視線リセットの有無を比べると、視線リセットがない実験では捕捉時間 0.3s 以降が多いことが分かる。これは視線リセットのために被験者がターゲット表示中に探索を途中で諦めてしまったのではないかと考えた。

捕捉時間と視線ベクトル G_n 、ターゲットの座標ベクトル S_n の成す角 θ_g にはある程度の相関性が見られた(図 4-12)。強い相関性が見られなかった理由として間違った方向への探索によるタイムロスが影響したと考えた。ターゲットの探索に成功した場合でも、ターゲット生成直後からターゲット方向を探索していたパターンとターゲット生成直後は間違った方向を探索していたパターンが存在している。図 4-12 ではこれらの異なる相関性を示す 2 パターンの両方を近似してしまい、相関性が弱くなったと考えた。

図 4-13~4-15 からターゲット発生直後の視線移動方向は 0° 付近および $180, -180^\circ$ 付近が多いことが分かる。このことから視覚探索は上下方向が左右方向に優先されて行われていると考えた。これはターゲット探索時に最初に焦点を合わせようとした結果、視線が上下方向に移動したのではないかと考えた。

図 4-13~4-15、表 4-2 から、ターゲット発生直後の視線移動方向はターゲットの発生分布によって変化しないことが分かり、本実験内では視覚的注意は時間に伴って更新されなかったと考えた。これはヒトが獲得している視覚的注意の影響が強く、約 4 分の実験では視覚的注意分布の更新ができなかったと考えた。これは図 4-2 で示された横方向に広がる視覚的注意は潜在的なものである可能性を支持する結果である。視線移動方向がどの時間スケールで変化するかは今後調べていく必要がある。

6 結論と今後の展望

本実験では捕捉時間から、視覚的注意が横方向に広がっている楕円形であることが分かった。これは視覚的注意が脳に蓄積された情報に基づく可能性やヒトは縦方向が横方向よりも長く見えているためである可能性を考えた。

異なる確率分布で生成されるターゲットを捕捉しても視線シフトが変化せず視覚的注意が変化しなかったことから、ヒトが獲得している視覚的注意の影響は強く、本実験内では視覚的注意分布の更新ができなかったと考えた。

これらのことから、より長時間偏りが存在する確率分布に従うターゲット捕捉実験が必要であると考えた。

本実験では意識下での視線シフトのみを検証していた。しかし視覚的注意は無意識下でより顕著であると考えられるため、マイクロサッケードと呼ばれる微小な眼球運動を分析することで無意識下での視覚的注意を検証することが必要であると考えた。

7 参考文献

- [1]教育機器編集委員会編,『産業教育機器システム便覧』,日科技連出版社(1972)
- [2]古川崇亮,高柳英明,山田昇吾,木原己人『近傍視野の情報取得と歩行者挙動の連関』,日本インタリア学会論文報告集,2020
- [3]伊東雄一,エフッドシャーリン,北村喜文,岸野文郎,ベンジャミンワトソン,スティーブステファン,リリリウ『ActiveCube による認知能力評価のためのユーザインタフェース』,情報処理学会研究報告, 2002 (38), 55-64
- [4]熊田孝恒,菊池正『位置の再認における空間的注意の分布』,The Japanese Journal of Psychology,1988,vol.59,No.2,99-105
- [5] <https://artilleryiq.com/reports/vr-global-revenue-forecast-2021-2026/>, 最終閲覧日 2023 年 1 月 26 日
- [6] <https://fove-inc.com/product/fove0/>, 最終閲覧日 2023 年 1 月 26 日
- [7]David C.Knill, Alexandre Pouget『The Bayesian brain: the role of uncertainty in neural coding and computation』, Trends in Neurosciences ,Vol.27,No.12,2004,pp.712-719
- [8]Fick, A. (1851). De errore optico quodam asymmetria bulbio-culi effecto. Koch: Marburg.
- [9]東山篤規『野外における垂直・水平距離の知覚』,Vision,Vol.9,No.4,1997,pp.217-224

8 謝辞

本研究を行う上でミケレット・ルヅェロ教授にはテーマ設定や研究の進め方、発表について熱心にご指導を賜りました。深謝申し上げます。

加えて日々有益な議論を通して様々な知見やアドバイスをくださったミケレット研究室の皆様には深く感謝いたします。

そして本研究の被験者を引き受けてくださった皆様にも心より感謝いたします。

最後に本論文執筆に関わってくださった全ての方々に感謝の意を示し、謝辞といたします。