

視覚情報の俯瞰的視点変換トレーニングシステム

奥山凌^{†1} 角薫^{†1}

概要: 本研究では、一人称視点で得られた選手の位置情報を俯瞰的視点の情報へ変換する能力を向上させるトレーニングシステムを開発した。ボールゲームにおいて、周囲の状況を正確に把握することは非常に重要であると言われている。一人称視点で得られた視覚情報を俯瞰的視点からの情報へ置き換えて考えることで、正確に周囲の状況を把握することが可能となる。本システムでは、Oculus Riftを用いて仮想空間上においてユーザーに複数の物体の追跡を行ってもらい、その後、最後に観測された状況を俯瞰的視点から見た位置関係を再現してもらい、被験者にシステム利用の前後で俯瞰的視点の情報へ変換する能力の比較実験を行い評価した。

キーワード: 俯瞰的視点, ボールゲーム, 視覚情報, Oculus Rift, 仮想空間

A Training System to Convert from Visual Information to Bird's-Eye View

RYO OKUYAMA^{†1} KAORU SUMI^{†1}

Abstract: We developed the training system which supports a user to improve the ability to convert first-person point of view information that contain position of other players to bird's view information. It is very important to grasp the situation around you when we play the ball game sports. At this moment, you can make a right judgment by using the bird's view information that was converted from information of first-person point of view. In the training system, users chase many objects on the first-person point of view, after that, users reproduce the situation that was observed from first-person point of view in the virtual space by Oculus Rift. We evaluate the system by comparing pre and post test scores.

Keywords: bird's view, ball game, Oculus Rift, virtual space

1. 序論

パスを用いることでゴールへボールを運び入れる得点形式のボールゲームの例としてサッカーやハンドボール、アメリカンフットボールなどが挙げられる。一般的にこれら得点形式のボールゲームは多人数でのチーム戦であり、必然的にプレーヤーは他の選手の位置の把握が必要であり重要であるとされている[1]。しかし、コート上にいるプレーヤーの視点では他の選手は重なって見えるため、選手間の距離の把握や空いたスペースの判断が難しくなる。このときに正しい判断を下すことができなければ優秀な選手にはなれないと言われている[1]。そこで用いられるのが、鳥瞰図的な考え方、つまり俯瞰的視点での情報整理である。一人称視点で得られた情報を俯瞰的視点から観測した情報へと変換して考えることで、的確な判断を下すことが可能となる。これは熟練者ほどよく行っており、俯瞰的視点を用いることで局所でなく大局の情報から全体を把握し、優れた状況判断を行っていると言われている[2]。サッカースペイン代表、FCバルセロナなどで活躍したシャビ・エルナンデスも、NHK スペシャルミラクルボディー1での検証の

結果俯瞰的認知力が優れていると推測されている。また彼の一つの特徴として、試合中に状況把握をするために首を非常に多く振っていることが分かった。2013年に行われた第9回FIFAコンフェデレーションズカップでは首振り回数が1試合平均850回以上も計測されていた。このことから首を振る動作も周囲の状況を把握する上で重要であると考えられる。

一人称視点で得られた情報を俯瞰的視点からの情報への変換を会得するには多く試合の中での経験が必要となる。シュートの練習などの個人のスキルの練習とは異なり、必要人数も多く練習へ取り組む際のハードルも高い。人数のみならず広い空間も必要であるため、個人での能力習得は非常に難しい。また、現実の世界では一人称視点で観測されている状態を俯瞰的視点から観測することは不可能であるため、確立されたトレーニング方法もない。

本研究では、この一人称視点の情報を俯瞰的視点からの情報へ変換する力に着目し、個人でも俯瞰的視点での認知力向上が可能なスポーツトレーニングシステムの開発について取り組む。個人での訓練にあたり、多くの人数と広いスペースの用意が問題となるのは前述の通りであるが、本

^{†1} 公立はこだて未来大学システム情報科学部
Future University Hakodate

1 NHK スペシャルミラクルボディー 第2回スペイン代表
http://www.nhk.or.jp/special/miraclebody/004/mb4_spain.html

研究では HMD (Head Mounted Display) を用いて仮想空間上に現実世界での試合と同様の状態を表現することで解決する。

この仮想空間上で Three- Dimensional - Multiple Object Tracking task (以下 3D-MOT とし、詳細は後述する) を用いたトレーニングシステムを開発し、一人称視点の情報を俯瞰的視点からの情報への変換のトレーニングに有用であるか検証する。

2. 関連研究

スポーツトレーニングシステムの 1 つにニューロイノベーション株式会社が販売している Neuro Tracker があり、3D-MOT というシステムが使用されている[3]。これは画面上に 3D で表示される、左右前後に移動する複数の球体を目で数秒間追跡したのち、指定された球体の位置を解答するというものである。サッカー選手 23 人を対象に、3D-MOT を受ける前後でパス・ドリブル・シュートの精度を観測した実験においてスポーツ選手への応用がなされていて、実際にフィールド上での判断精度の向上が確かめられている。これはつまり正確に周囲の状況を把握する力が向上していると推測される[4]。3D-MOT 上の重なり合う物体の追跡、またその前後左右奥行きを判断する点では本研究と近いが、俯瞰的視点からのアプローチは特になされていない。

HMD を用いたトレーニングシステムの開発も行われている。下森ら (2016) は俯瞰的視点での認知能力の獲得を目的としてトレーニングシステムを研究、開発して実験を行った[5]。俯瞰的視点の認知能力を評価するために事前事後課題として、3 択問題を 10 題出題している。HMD を装着後、仮想空間上のコートで 10 秒間見渡し 10 体の選手オブジェクトの配置を記憶してもらう。その後俯瞰的視点での 3 パターンのオブジェクトの配置図から、一人称視点で観測したときのものに最も近いものを選択してもらうというものである。トレーニング課題としては、マッピング課題と称して、一人称視点を俯瞰的視点へ変換する過程を反復、復習させている。HMD を装着し、仮想空間上でオブジェクトの位置を 10 秒間見渡し記憶する。その後俯瞰的視点から見たコート上に、一人称視点から観測したコートの状況を再現するものである。これらにおいて、選手のオブジェクトの配置による奥行き再現は行われており、選手間の距離の判断をトレーニングすることはできるが、選手のオブジェクトは移動をしないため、現実の観測とは状況が異なるという問題点が挙げられる。

以上 2 つの関連研究を参考に、本研究では一人称視点での 3D-MOT を行い、最後に観測されたオブジェクトの位置配置の再現を俯瞰的視点から行うシステムを開発す

る。

3. 俯瞰的視点変換トレーニングシステム

本システム、仮想空間(Virtual Reality)上で実施するため、Oculus 社の Oculus Rift(CV1)[6]と Oculus Touch[7]を用いる。HMD、VR を用いることで効率的に周囲の状況を把握するうえで重要となる首振りの動作を再現することができ、また必要な情報をリアルタイムで表示できるため効率的なトレーニングを望むことができると考えた[8][9]。開発は Unity Technologies 社が提供する Unity5 を用いた[10]。

本システムは大きく分けて以下の 3 つのフェーズに分かれている (図 1)。

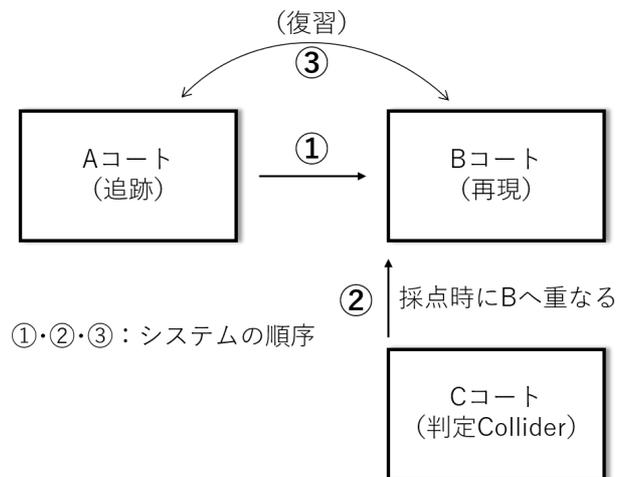


図 1 システム遷移図

Figure1 Screen transition diagram

- 追跡フェーズ (図 2)
- 再現フェーズ (図 3, 4, 5, 6)
- 復習フェーズ (図 8)

追跡フェーズでは、ユーザーは仮想空間上のコート (以下 A コートとする) を動き回るオブジェクトを数秒間追跡してもらう。追跡は図 2 のような一人称視点で行い、オブジェクトはユーザーの正面だけではなく横や後ろへも移動するので、首を振って周囲を確認することが求められる。前述の通り首を振る動作も周囲の状況を把握するために重要であると考えたので、オブジェクトのルート設定の際も首振り動作が求められるようなルートとなるよう考慮して行った。移動を続けていたオブジェクトは数秒後に停止し、ユーザーにはこの時の A コートの (オブジェクトはどこにいるか、オブジェクト間の距離はどの程度かなどの) 状況を記憶させる。

追跡フェーズが終了すると仮想空間中でユーザーは再現専用のコート (以下 B コートとする) へ移動し、視点も俯瞰的視点へと変換される (図 3)。ここから再現フェーズとし、ユーザーは追跡フェーズで記憶した A コートの状況を、

俯瞰的視点から見て再現することが求められる。仮想空間上には図4のように手が存在し、これはユーザーが握っている Oculus Touch と連動している。この手を使用して整列しているオブジェクトを適当な位置へ移動させ再現を行う。再現が終了したら採点を行う(図5)。採点が行われる際には、ユーザーからは観測することができないがAコートオブジェクトと同じ位置に球体が設置されたコート(以下Cコートとする)が図6のようにBコートに重なる。この球体には Collider が付与されていて、この Collider の範囲にユーザーが設置したオブジェクトが侵入することで正解とした(図7)。点数は表1の通りに設定した。点数はユーザー正面に表示される(図5)。

点数確認後100点以外の場合は復習フェーズへ遷移する。この復習フェーズでは、ユーザーの再現したBコートとAコートを俯瞰的視点から見下ろすことができる(図8)。ユーザーはどこが間違っていたか一つずつ確認しながら、点数が100点になるまで復習を行うことが求められる。Bコートには先程のCコートが重なったままであるため、リアルタイムで点数が増減する仕組みとなっており、ユーザーがどのオブジェクトが誤った位置にあるのか理解しやすいようにした。

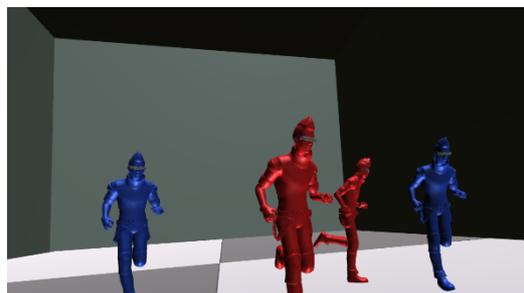


図2 追跡フェーズのユーザー画面
 Figure2 User's screen of tracking phase

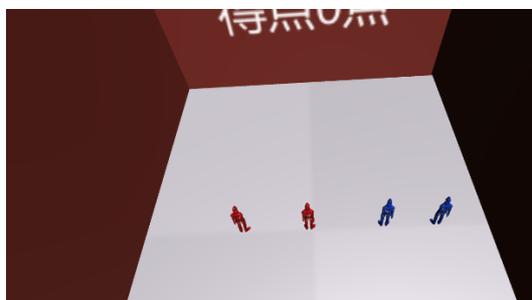


図3 俯瞰的視点の画面(再現フェーズ)
 Figure3 Birds view screen (Reproduction phase)



図4 Oculus Touch を利用したオブジェクトの配置
 (再現フェーズ)

Figure4 User set up objects on B court with Oculus Touch
 (Reproduction phase)

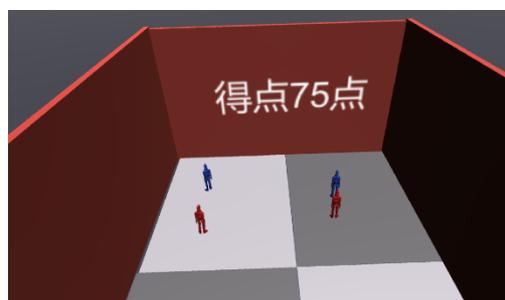


図5 採点後の画面(再現フェーズ)

Figure5 After scoring screen (Reproduction phase)

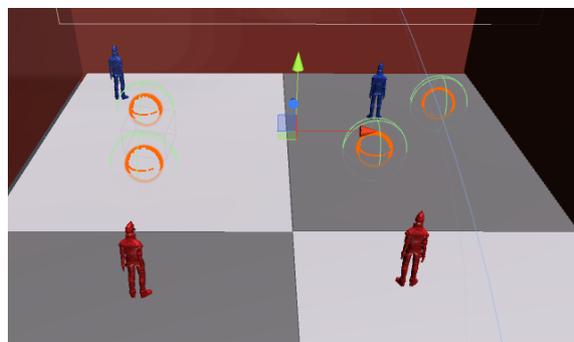
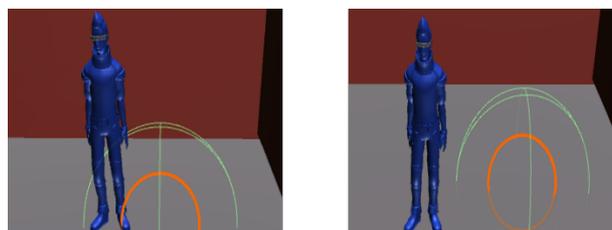


図6 採点時B・Cコートの状態

Figure6 State of B and C court



正解の位置

不正解の位置

図7 Collider による判定図式

Figure7 Decision by collider

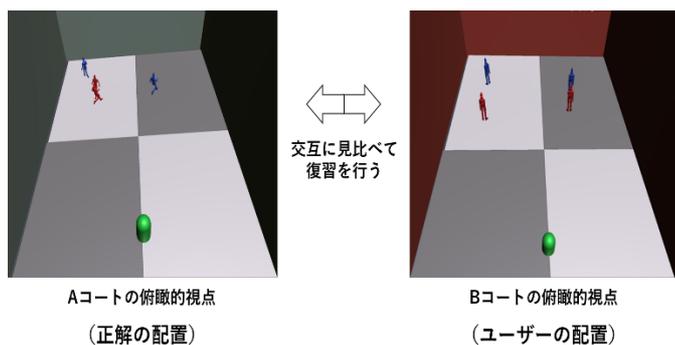


図8 復習画面 (復習フェーズ)
Figure8 Review screen (Review phase)

表1 点数配分

Figure1 Score distribution

オブジェクト数 (体)	オブジェクト 1体当たりの点数 (点)
2	50
4	25
5	20
6	16 (※96 点の時 100 点と表示する)

4. 実験設定

本実験は、作成したトレーニングシステムの評価を目的に行った。

本実験には公立はこだて未来大学の男子学生 22 名が参加した。被験者は 11 名ずつの 2 グループ、実験群と対照群に分けて実験を行った。事前アンケートでこれまでのスポーツ経験を調査し、できるだけ俯瞰的視点での認知力に差が出ることがないようにした。ボールゲームの経験が 3 年以上の被験者 (表中で★印で示している) の人数の偏りが無いように、被験者番号 1~11 を対照群、12~22 を実験群とした (表 2)。

表2 被験者のスポーツ経験

Figure2 Sports experience of subjects

被験者	スポーツ経験 (小学校, 中学校, 高校)
被験者 1	水泳 6 年, 卓球 3 年, ハンドボール 3 年 ★
被験者 2	柔道 4 年, 軟式テニス 3 年, なし
被験者 3	バドミントン 3 ヶ月, 陸上 (長距離) 3 年
被験者 4	サッカー 4 年, サッカー 3 年, サッカー 3 年 ★
被験者 5	なし, バスケットボール 3 年,

被験者 6	ハンドボール 3 年 ★ 野球 5 年・水泳 1 年, 野球 3 年, グラウンドホッケー 3 年 ★
被験者 7	野球 4 年, 野球 3 年, 野球 3 年
被験者 8	なし, なし, 弓道 3 年
被験者 9	野球 3 年, 野球 3 年, ハンドボール 3 年 ★
被験者 10	野球 2 年, 野球 3 年, 野球 3 年
被験者 11	野球 3 年・柔道 2 年, 野球 3 年, ハンドボール 3 年 ★
被験者 12	野球 4 年, バスケットボール 3 年, バスケットボール 3 年 ★
被験者 13	野球 3 年, 野球 3 年, 野球 3 年
被験者 14	野球 3 年, バスケットボール 3 年, バスケットボール 3 年 ★
被験者 15	なし, なし, なし
被験者 16	卓球 2 年, 卓球 2 年, なし
被験者 17	野球 2 年, 硬式テニス 3 年, なし
被験者 18	バスケットボール 2 年, バスケットボール 3 年, バスケットボール 3 年 ★
被験者 19	水泳 6 年・サッカー 3 年, バスケットボール 3 年, バスケットボール 3 年 ★
被験者 20	バスケットボール 3 年, バスケットボール 3 年, バスケットボール 3 年 ★
被験者 21	なし, なし, なし
被験者 22	なし, バスケットボール 3 年, なし ★

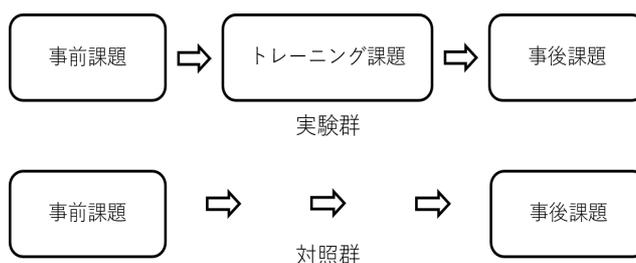


図8 実験手順

Figure 8 Procedure of the experiment.

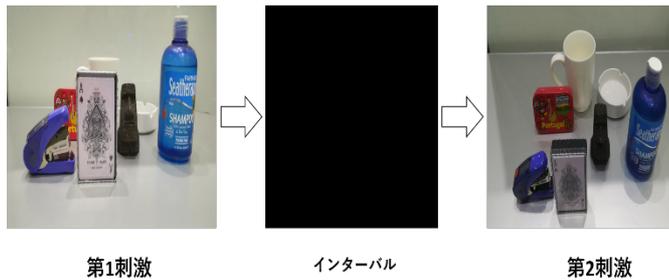


図9 事前・事後課題

Figure 9 Pre-test · Post-test

本実験は図8の手順で全工程を4日で行った。実験群は1日目に事前課題を行い、終了後にトレーニング課題に取り組んでもらった。2日目・3日目はトレーニング課題のみを行い、4日目はトレーニング課題を終了後に事後課題に取り組んでもらった。対照群はシステムを用いてのトレーニングは行わず、実験群と同じ日に事前・事後課題にのみ取り組んでもらった。

事前・事後課題は被験者の俯瞰的視点での認知力を評価するために作成した。刺激提示方法は Shelton and Gabrieli (2002), 出題課題は藤井ら(2014)を参考に作成した[2][11]。この課題では第1刺激として、一人称視点から観測したマグカップなどが置かれた画像が提示される。第2刺激は第1刺激で提示した物を俯瞰的視点から撮影したものか、配置を変更して俯瞰的視点から撮影したものを提示した。第1刺激では6個、7個の物がランダムに配置されたものを一人称視点から撮影したものが1秒間提示され、インターバル1秒を挟んだ後、第2刺激を提示した(図9)。被験者には第2刺激の画像が第1刺激を俯瞰的視点から見た時の画像として正しいかどうか判断してもらい、正しい配置の場合は口頭で「まる」、異なる場合は「ばつ」と答えるよう教示した。また、課題に取り組む前に練習問題として4個の物を使用した画像を第1刺激として作成したものを提示し、課題の説明を行った。

トレーニング課題は開発したトレーニングシステムを用いて行った。まず被験者には Oculus Rift を被ってもらいピントが合うよう調整してもらった。毎回到トレーニングのはじめには、VR環境に慣れることとトレーニング課題の流れを説明するためにオブジェクト2体の練習問題に取り組んでもらった。この練習問題終了後に、被験者にVR酔い等の問題が生じていないことを確認し、本問題へと取り組んでもらった。本問題は追跡フェーズ・再現フェーズ・反省フェーズの順で行った。

本問題はオブジェクトが4体の問題を2回、5体の問題を2回、6体の問題へ取り組んでもらった。1日目のみ被験者全員がVR未体験であったことを考慮して、各問題を1度だけ実施した。

5. 結果

表3 対照群スコア

Figure3 Score of control group

被験者番号	事前課題	事後課題
被験者 1	6	6
被験者 2	6	5
被験者 3	4	6
被験者 4	6	6
被験者 5	6	4
被験者 6	7	7
被験者 7	4	6
被験者 8	7	5
被験者 9	6	6
被験者 10	4	5
被験者 11	4	6
平均	5.45	5.64

表4 実験群スコア

Figure4 Score of experimental group

被験者番号	事前課題	事後課題
被験者 12	5	7
被験者 13	5	8
被験者 14	5	7
被験者 15	6	8
被験者 16	6	5
被験者 17	4	6
被験者 18	7	7
被験者 19	5	7
被験者 20	5	8
被験者 21	8	8
被験者 22	5	7
平均	5.55	7.09

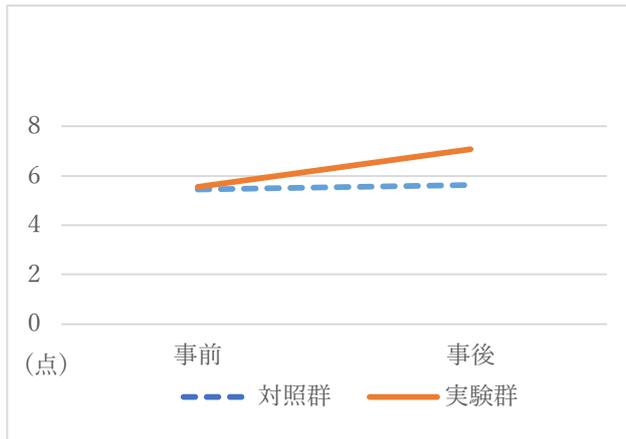


図 10 事前事後問題平均値

Figure10 Mean values of pre-test and post-test

本実験における事前・事後問題の各群の点数は表 3, 4 の通りである。対照群と実験群の事前・事後問題の平均値を比較するために、(グループ) × (システム使用前後) の 2 要因混合計画の分散分析を行った。各グループ (対照群と実験群) の平均値は図 10 に示す。主効果の検定は Bonferroni 法を用いて行い、交互作用が有意であった場合は単純主効果検定を行った。統計解析には統計解析ソフト IBM 社の SPSS を用いて、有意水準は 5%未満とした。

分散分析の結果は、交互作用が有意 ($F(1, 20) = 5.11, p < 0.05$ 偏 $\eta^2 = 0.21$) であった。このことから単純主効果検定を行ったところ、実験群における前後の単純主効果が有意であった ($F(1, 20) = 8.56, p < 0.01$, 偏 $\eta^2 = 0.30$)。

6. 考察

本実験では事前事後問題を用いて俯瞰的視点での認知力の評価を行い、システムを使用することで俯瞰的視点での認知力の向上を目指した。実験の結果、実験群の俯瞰的視点での認知力向上が観察された。

これまでのスポーツ経験から分けた対照群と実験群の事前問題における点数に大きな差はなかった。対照群の事後問題の結果を見てみると、一部被験者の点数の上昇も見られるが、これは同様の問題をこなすのが 2 回目ということもあり慣れが点数に現れたのではないかと推測される。点数の上昇したその一部の被験者の点数を除けば、点数が同じか下がった被験者が半数以上であり、一部の点数の上昇は問題ないと考えた。実験群はほぼ全員の点数が上昇し、有意な得点差が生まれた。事前問題に取り組むにあたり、

被験者の多くが発言していた「すべてまる (あっているように) に見える」の声も聞かれなくなった。このことから物体の前後左右の少しの差にも気づけるようになったのではないかと推測される。

以上のことから今回開発したシステムが俯瞰的視点での認知力向上に有用であると考えられる。しかし、本研究は最終的にはボールゲームをする中での俯瞰的視点からの認知力の向上を目的としている。今回は事前・事後課題を用いての検証のみであり、実際に体を動かしながらの俯瞰的視点からの認知力の検証は行っていない。よってボールゲーム中での俯瞰的認知が高まっていとはまだ言い切れないため、今後システム使用前後で実際にボールスポーツを実施し、被験者の動きに差異があるか調べるなどの追加の実験をする必要があると考える。

また、今回はトレーニング期間が 4 日間に限られていたため、長期にわたるトレーニングによって図 10 に示されている実験群の点数がどこまで上昇するのか、またはどこで点数の伸びが頭打ちとなるか期間を考慮した実験も必要であると考えられる。

7. まとめ

本研究で開発した視覚情報の俯瞰的視点変換トレーニングシステムが、俯瞰的視点からの認知力向上へ有用であるか実験を行った。被験者を利用した検証の結果、本システムを用いた被験者の認知力の向上が見られた。しかし、検証方法で様々な問題が見えてきたので、それらを改善しさらに研究を深めていく必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 真下一策(1997) スポーツビジョン—スポーツのための視覚学, 東京都: スポーツビジョン研究会.
- [2] 藤井紀之, 中本浩揮, 幾留沙智, 畝中智志, 森 司朗 (2014), “サッカー選手のサーヴェイ的視点と心的回転能力との関係” スポーツ心理学研究, 第 41 巻, 第 2 号 93–103 頁.
- [3] NeuroTracker: <http://neurotracker.jp/>
- [4] Legault, I., Faubert, J.(2012) “Perceptual-cognitive training improves biological motion perception: evidence for transferability of training in healthy aging” Cognitive neuroscience and neuropsychology Neuro Report 23:469-473.
- [5] 下森周平, 棟方渚, 小野哲雄 (2016) “HMD を用いた俯瞰的視点変換トレーニング効果の検証” エンターテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2016)
- [6] Oculus Rift CV1: <https://www.oculus.com/rift/#oui-csl-rift-games=robo-recall>
- [7] Oculus Touch : <https://www.oculus.com/accessories/>

- [8] 本荘直樹, 伊坂忠夫, 満田隆, 川村貞夫 (2005),
“HMD を用いたスポーツスキルの学習方法の提案”
日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 第 10 巻, 第
1 号 63–69 頁.
- [9] 川村貞夫 (2002) “スポーツ技術向上のための VR”
日本バーチャルリアリティ学会, 第 7 巻, 第 2 号,
104.
- [10] 荒川巧也, 浅野祐一(2015) Unity5 入門, 東京都: ソフトバン
ク クリエイティブ株式会社.
- [11] Shelton AL, Gabrieli JD. (2002) “Neural correlates of encoding
space from route and survey perspectives.” *The Journal of
Neuroscience* 22(7):2711–2717