

HMDを用いた俯瞰的視点変換 トレーニング効果の検証

下森 周平^{1,a)} 棟方 渚^{1,b)} 小野 哲雄^{1,c)}

概要: サッカーにおいて優れた判断を行うために、上空から見下ろすような俯瞰的視点で試合状況を捉えることは重要である。しかし、この視点を現実空間で養うことは、俯瞰的視点を確認できないという点から難しい。一方で仮想空間では、俯瞰的視点を確認することが容易である点でトレーニングに適していると考えられる。そこで Head Mounted Display による仮想空間上での疑似試合環境で俯瞰的視点を養うトレーニング方法を提案し、そのトレーニングの有用性を検証した。

An evaluation of the training effectiveness of bird's-eye view using a head mounted display

SHITAMORI SHUHEI^{1,a)} MUNEKATA NAGISA^{1,b)} ONO TETSUO^{1,c)}

Abstract: It is important to have a bird's-eye view understanding when playing ball sports to make good decisions in quick succession, as the state of the game is constantly varying. It is difficult, however, to acquire this ability in the real world as people naturally cannot look down at the game from the real sky. On the other hand, virtual reality has the possibility to aid users in gaining this ability through virtual representations of games. In this paper, we describe the design and development of our training system and the investigations we conducted to measure its effectiveness. The system incorporates a head mounted display and provides bird's-eye views of virtual soccer fields.

1. はじめに

サッカーは世界で最も盛んなスポーツの1つである。その盛り上がりから近年ではサッカーの勝敗が商業的にも価値があるため、各国でサッカーの技術を高める研究が盛んに行われているようになった。日本にもおいても、サッカーへの関心は年々高まっており、2010年W杯ではベスト16進出を果たし大きな盛り上がりを見せるなどもあり、さらなる躍進が求められるため、研究の必要性があることがうかがえる。

サッカーの技術には運動スキルと認知スキルがある。運動スキルはより自由自在にボールをコントロールしたり、正確なキックをするといったものであり、これら運動スキ

ルを向上させる研究は多くなされている [1], [2]。対して、認知スキルはゲーム状況を認知し、その状況に最適なプレーが選択できるスキルである [3]。認知スキルの1つであるゲーム状況認知能力を向上させる研究には、[4], [5] 等があるが、これらの研究は、ゲーム状況を認知する際の視覚からの情報の質と量を向上させるものであり、新たな状況認知方法自体を獲得する研究は見つからない。

認知科学分野では大規模空間の状況認知の視点として Route 的視点と Survey 的視点 2つの種類に分けられる [6]。Route 的視点とは、対象となる空間内に自己が位置づけられ、その地点に自身があたかも立っているかのような視点のことを指す。対して、Survey 的視点は対象となる空間外に自己が位置づけられ、空間全体から状況を俯瞰するかのような視点のことを指す。地図などの空間認知研究ではサーヴェイ的視点をを用いた状況認知の利点として空間を移動する際に自己の現在位置と周囲の全体的配置との対応関

¹ 北海道大学

^{a)} shitamori@complex.ist.hokudai.ac.jp

^{b)} munekata@complex.ist.hokudai.ac.jp

^{c)} tono@complex.ist.hokudai.ac.jp

係を把握しやすくなると言われている [7], [8].

サッカーにおいて、サーヴェイ的視点を用いた状況認識はいわゆる俯瞰的視点として知られており [9], 俯瞰的視点でゲーム状況を認知することができる選手はトップリーグの選手の中でもごく一部とされている. 元サッカースペイン代表のシャビ・エルナンデスもその1人とされており, NHK スペシャル ミラクルボディーのインタビュー中に「僕にはピッチの上のすべてが見えている」と答えることから俯瞰的視点でゲーム状況を認知していることがうかがえる [10]. サッカーにおける俯瞰的視点でゲームを捉える能力を持つ選手は天才といわれており, その視点での認知方法獲得するトレーニングを行うことは, サッカーコートサイズの空間, 十分な人数, あらゆるパターンの反復のための多くの時間, 認知イメージの修正のための実際の上空からの状況図などあらゆる要素が必要であることから困難であると推測され, いまだ有効なトレーニング方法は提案されていない.

一方で, 近年の技術発達に伴い, 高解像度でヘッドトラッキング機能が向上した HMD (Head Mounted Display) の開発が進んでいる. HMD の性能の向上により, まるで映像の中の仮想現実 (Virtual Reality) にいるような没入感を得られるようになった. HMD を用いた VR 体験は世間では主にエンターテインメントとして広く認知されているが, 一方で自由自在に VR 環境を再現できることから技術支援のシミュレーションとしても研究が進んでいる [11], [12].

以上のことから, サッカーにおける俯瞰的視点での認知能力は HMD を用いた VR 環境で適切なトレーニングを行うことで養える可能性がある. 本研究では, HMD を用いた VR 環境にサッカーフィールドを用意し, その環境下での体験をもとに俯瞰的視点での認知能力の獲得が可能であるか検証を行った.

2. システム構成

本研究で用いる VR 環境は, Oculus 社製の HMD である Oculus Rift[13] と Unity Technologies 社のゲームエンジンである Unity[14] で構築した. また, タッチ入力デバイスとして Xperia Z3 compact SO-02G[15] を用いた. Unity で作成する VR 環境では 1 スケールを 1m とみなしてよいので, 60×120 スケールのサッカーコートと人サイズの選手オブジェクトを作成した (図 1, 2). また, より高い没入感を与えるため, スタジアムの再現も行った.

VR 環境はキーボードで以下の変更を行うことができる.

- サッカーコートのスケール調整
- 選手オブジェクト数の増減
- サッカーコートを上空からみた俯瞰的視点と選手視点の切り替え
- 選手オブジェクトの位置を乱数を用いてサッカーコート上に再配置



図 1 作成したサッカーコート
Fig. 1 A soccer field in VR



図 2 選手オブジェクトの例
Fig. 2 A sample of player objects

サッカーコートのスケール調整や選手オブジェクトの増減によって難易度の調整を行えるようにした. また, あらゆるパターンでのトレーニングができるように選手オブジェクトの再配置ができるようにした. 自身の俯瞰的視点からとらえたゲーム状況を認知する際の補助として VR 環境内に戦術ボードを作成した (図 3). HMD の特性上, 実環境での手元を確認することができないことから, マウス等による入力は向いていない. そこで新たな入力方法としてスマートフォンのタッチ入力を採用した. スマートフォンもマウスと同様に HMD を装着中は直接見ながら操作はできないが, その長方形のタッチパネルをそのままサッカーコートの俯瞰図とみなして直観的に入力が行えることから適していると考えた. スマートフォンへのタッチ入力情報の通信プロトコルには OSC (Open Sound Control)[16] を採用した. OSC はリアルタイム通信であり実装も難しくなくいため, 本実験のタッチ位置情報のみの通信には適していると考えた.

3. 実験設定

本実験は, VR 環境で状況を上空から捉える俯瞰的視点での認知能力を獲得, 向上させるために作成したトレーニングシステムの評価を目的に行う. 本研究での俯瞰的視点能力の向上とは, 俯瞰的視点での状況認知がより正確に, より速く行われることを指す.



図 3 作成した戦術ボード
Fig. 3 A tactics board in VR



図 4 実験手順
Fig. 4 The procedure of the experiment

3.1 被験者

本実験には大学生 (男性 8 人, 女性 1 人) が参加した。うちサッカー経験者は 6 人である。実験には Oculus Rift を用いるため眼鏡をかけていない被験者に限定した。また, 被験者は全員, スマートフォンのタッチ入力に十分慣れており本実験での入力方法に対しても順応が高いと考えられる。

3.2 手順

本実験では図 4 の手順で行った。本実験でいう準備課題は, 本実験で検証するトレーニングの効果のほかに生じる VR 環境に対する慣れによる影響を排除するために行った。準備課題では, 「サッカーコート上の選手オブジェクトの 1 人称視点からサッカーコートを 10 秒間見渡した後, サッカーコート上にいる選手オブジェクトの数を回答する」という課題を 3 回行った。

事前課題, 事後課題は被験者の俯瞰的視点での認知能力を評価するために行った。これらの課題では, 後述する 3 択問題を 10 問出題し, 問題ごとの正誤と確信度を記録した。ここでいう確信度とは, 被験者が自身の解答に対してどれだけ確信度があるかを 1 から 5 までの 5 段階評価であらわしたものとす。事前課題と事後課題で難易度の差が結果に影響が出ないようにあらかじめ 3 択問題を 20 問用意し 10 問ずつ a 問題群と b 問題群に分けた。被験者ごとに事前課題としてどちらの問題群を出題し, 事後課題としてどちらの問題群を出題するか変更した。このとき, 2 つの問題群で難易度が等しくなるように乱数の調整を行った。HMD の長時間の装着による VR 酔いが生じないよう

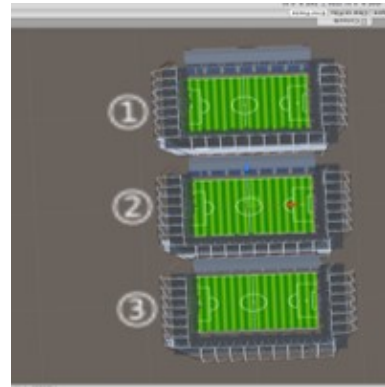


図 5 3 択問題の提示
Fig. 5 A example of three choice test

に 5 問ごとに休憩をとった。

また, トレーニング課題として後述するマッピング課題を行った。被験者には, マッピング課題を行った後に自分の認知方法の反省をしてもらった。マッピング課題は最大で 10 回行うことができ, 被験者がこれ以上反省する点や見直したい点がないと申告した時点でトレーニング課題を終了し, 休憩を挟んだ後に事後課題に移ることとした。

また, 課題間の休憩中や各課題終了後にインタビュー形式で以下の質問を行った。

- どんな見方をしているか
- トレーニング段階で自分の見方についてどう思うか
- トレーニング段階でどこを次は直したほうがいいか
- トレーニング段階を行ったことで何か見え方に変化があったか
- このトレーニングに対して, どう思うか
- このトレーニングで他にどんなことが伸びるだろうか

3.2.1 3 択問題

この問題は被験者の俯瞰的視点での認知能力を評価するために作成した。被験者は, サッカーコート上の選手オブジェクトの 1 人称視点からサッカーコート全体を 10 秒間見渡し 10 体の選手オブジェクトの配置を見る。その後, HMD の映像を俯瞰的視点に切り替える。HMD の映像には 3 パターンの選手オブジェクトの配置を 1 秒間ずつ表示させる。被験者には 3 つのパターン選択肢から, 1 人称視点で認知した配置を同じと感じたものを, もしくはどの選択肢にも当てはまらなかったと回答させる。被験者の根拠のない勘による解答による実験への影響を抑えるために 3 つの選択肢に正解がない課題も用意した。また, 3 つの選択肢の作成方法は, 正解の配置から乱数を用いて各選手オブジェクトの位置をずらす方法を用いた。

3.2.2 マッピング課題

この課題では被験者の 1 人称視点を俯瞰的視点に変換する過程を反復, 復習させるために作成した。被験者は, サッカーコート上の選手オブジェクトの 1 人称視点からサッカーコート全体を 10 秒間見渡しサッカーコート上の

表 1 実験結果

被験者番号	問題群	事前課題	事後課題
被験者 1	A	3	6
被験者 2	A	2	5
被験者 3	A	4	5
被験者 4	A	5	6
被験者 5	B	6	5
被験者 6	B	2	4
被験者 7	B	7	5
被験者 8	B	8	7

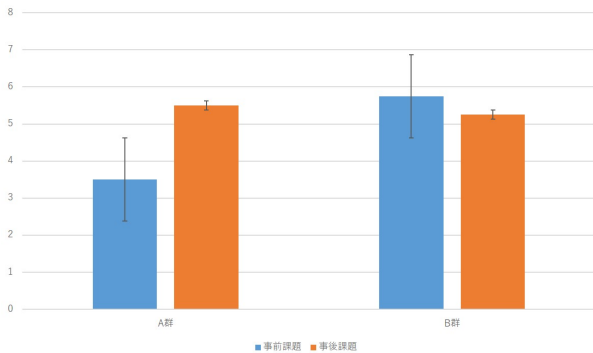


図 6 A 群と B 群の比較
Fig. 6 Results of A group and B group

他の選手オブジェクトの配置を見る。その後、HMD に表示されている戦術ボードに自身がみた 1 人称視点を上から捉えた俯瞰的視点を再現する。再現後、実際の位置の確認を行い、俯瞰的視点のイメージの修正を行う。

4. 実験結果とその考察

本実験の結果を表 1 に示す。被験者のうち 1 人は事前課題、事後課題ともに b 問題群を用いてしまった不備があったため排除した。事前課題として a 問題群を、事後課題として b 問題群の課題を行った被験者は A 群、事前課題として b 問題群を、事後課題として a 問題群の課題を行った被験者は B 群とした。まず、A 群と B 群の比較をする (図 6)。

A 群と B 群では事前課題と事後課題の得点差が異なることが分かった。この結果を踏まえて b 問題群の方が a 問題群よりも難易度が低い課題であった可能性がある。

次にインタビューによって事前課題の段階での認知方法の違いによって Survey 群 (被験者番号 4, 5, 7, 8) と Route 群 (被験者番号 1, 2, 3, 6) の 2 群に分けた。関根 [17] は、認知視点の違いの指標として被験者イのインタビュー内での運動動詞 (行く, 動く, 走る等) の数を用いたが、本実験では、1 人称視点が移動することがなかったので、ここでいう認知方法の違いとして、事前課題で「上から見た」といった 1 人称視点以外の視点からの回答内容の

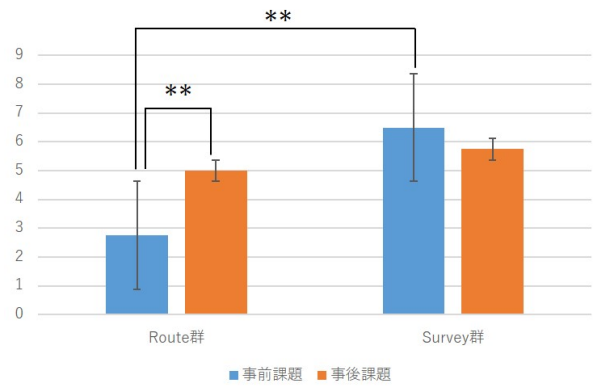


図 7 Survey 群と Route 群の比較
Fig. 7 Results of Route group and Survey group

有無で判断した。1 人称視点以外の視点からのコメントがあった被験者を Survey 群、そうではない被験者を Route 群としている。Survey 群と Route 群の事前課題と事後課題の結果を図 7 で示す。

Survey 群と Route 群を比較すると事前課題での得点に差があることが分かる。Survey 群と Route 群の事前課題の得点の差を t 検定で両側検定を行った結果、 $p = 0.001722$ と 1%水準で優位な差が見られた。先ほど示した通り、a 問題群と b 問題群では難易度に差がある可能性があるため、Survey 群と Route 群の認知方法の違いがそのまま得点の差として出ているとは言えないが、幾分か認知方法の違いが得点に影響を与えていることは示唆された。

また、Survey 群よりも Route 群の事前課題から事後課題へ得点の増加がみられる傾向にあることが分かる。先ほどと同様に Route 群の事前課題と事後課題での得点差を t 検定での片側検定を行ったところ、 $p = 0.00911$ と 1%水準で有意差が見られた。この場合も、a 問題群と b 問題群の難易度の差を考慮する必要があるがトレーニングの効果が表れた可能性が示唆できる結果となった。

実際に Route 群に属する被験者 1 のトレーニング段階での戦術ボードへの俯瞰的視点での再現図を見ると、トレーニング序盤段階よりも終盤段階のほうが正確な俯瞰図を作ることができていることがわかる (図 8, 9)。白いマーカーは被験者が再現した配置を、青いマーカーは正しい配置を表している。

加えて、Route 群では、事前課題での認知方法として「人が特徴的に配置されていたところをより強く認知した」、「局所的に配置を記憶した」といった回答が多く見られたが、トレーニング課題では「自分の位置がコートのだどこにいるかを気にするようになった」、「自分の後を側の配置は左右が反転している」といった回答が得られたことから俯瞰的視点での状況認知を試みていることが示唆された。

一方で Survey 群はトレーニング課題では「脳内の俯瞰的イメージと実際の位置の配置の誤差の修正をした」といっ

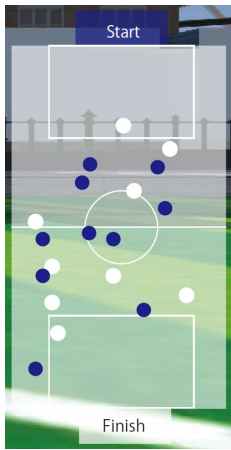


図 8 トレーニング序盤段階の俯瞰図

Fig. 8 A board at the early time

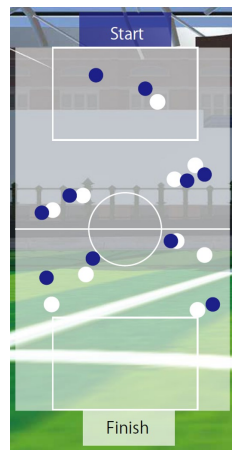


図 9 トレーニング終盤段階の俯瞰図

Fig. 9 A board at the end time

た回答があったが、その修正が事後課題の得点を改善させることは確認できなかった。

5. 考察

本実験の結果を踏まえて考察を行う。本実験では、事前課題と事後課題によって俯瞰的視点での認知能力の評価を、トレーニング課題で俯瞰的視点の獲得と向上を試みた。まず、俯瞰的視点での認知能力の評価に用いた事前・事後課題について考察を行う。

本実験の結果からインタビュー内容から推測した認知方法の違いによって分けられた Survey 群と Route 群では課題での得点差が生じた。事前課題、事後課題を構成する 3 択問題を回答するために必要な能力として、俯瞰的視点での認知能力の他に記憶力や集中力、サッカーの知識など様々な要素が含まれているが、現時点ではその評価基準としてある程度妥当であると考えられる。被験者の 3 択問題への意見をまとめると、

- 課題を回答するにあたって俯瞰的視点での認知能力の他に記憶力による影響が大きい
- 能力を評価する課題として計 10 題を回答するには脳への負担が大きく、集中力が必要である
- 各選択肢の表示時間が 1 秒間では正しい判断が行えない

といった現課題への指摘が多く挙げられたので今後、改善をする必要がある。

次に、俯瞰的視点での認知能力の獲得と向上を目的としたトレーニング課題について述べる。本実験の結果、Route 群に属する被験者は、事前課題と事後課題の得点差と、インタビューから俯瞰的視点での認知能力獲得したと示唆されるものとなった。しかし、Survey 群に属する俯瞰的視点での認知方法をすでに獲得している被験者においては認知能力の向上は見られなかった。本実験では Route 群に属す

る被験者において、トレーニング課題の段階で俯瞰的視点の獲得について、教示として特定の認知方法の指定を行わなかった。Survey 群に属する被験者にどのような俯瞰的視点で認知しているかを質問したところ、「自分の視点をカメラとみなしてそのカメラを徐々に上空に飛ばすイメージで行った」、「自分の前方の視点を丸ごと上から見た図に変換し自分の脳内のイメージに張り付ける感じ」と各被験者ごとにイメージが異なっていることがわかった。そのため、各個人のイメージや感覚に依存する俯瞰的視点の認知方法の獲得は、個人のイメージに基づいて行われた方が望ましいと考えられる。本実験で教示を行わず Route 群の俯瞰的視点の獲得が示唆されたことは今後の研究においてよい傾向と考えられる。俯瞰的視点能力の向上がされなかった理由として、被験者のインタビューとして挙げられた「1 度のトレーニングでは向上は難しい」「継続的に行わないと効果がなさそう」といったことから分かるように長期的なトレーニングを行わないと向上が見られない可能性が挙げられるため、今後の研究では、トレーニング期間を考慮した実験設定を行う必要がある。

6. おわりに

本研究では、HMD を用いた VR 環境下でサッカーコート上で俯瞰的視点での認知能力を養うトレーニングの有用性を検証した。検証の結果、俯瞰的視点での認知能力を持たないと分類された被験者は、トレーニングを通して、俯瞰的視点での認知能力の獲得が示唆されたが、俯瞰的視点での認知能力をすでに獲得していた被験者においてはさらなる向上は見られなかった。

本研究の最終目標は、現実においてサッカーゲームで通用する俯瞰的視点での認知能力を獲得することである。本研究での選手オブジェクトは 10 体に固定しており、その場から動かず、同じ姿をしており、また、認知する必要があったのは選手オブジェクトの位置関係のみであった。しかし、現実でのサッカーゲームでは選手は 11 人対 11 人で行われ、選手は常に動き続け、自チームと敵チームの見分けも行わなければならないと複雑な認知が必要となるため、よりサッカーの状況に近いトレーニング手法を提案する必要がある。そして、今回獲得が示唆された俯瞰的視点での認知能力が実際のゲーム状況でどのような影響を与えるかを検証する必要がある。現実で有用性が示せることではじめて本研究の意味が見いだせるため、今後さらに研究を深めていく必要がある。

参考文献

- [1] 川本竜史, and 古川康一. "サッカーにおけるインサイドキックスキルの解明." 人工知能学会全国大会論文集 0 (2004): 230-230.
- [2] 真鍋晃大, 丸山智章 (2015) Kinect を用いたコーチング支援システム平成 27 年度電子情報通信学会東京支部学生会

研究発表会

- [3] 中川昭 (1984) ボールゲームにおける状況判断研究のための基本概念の検討. 体育学研究 28 : 287-297.
- [4] Jocelyn Faubert, Lee Sidebottom (2012) Perceptual-Cognitive Training of Athletes Journal of Clinical Sport Psychology, 2012, 6, 85-102
- [5] 糸田孝太, 渡邊紀文, 武藤佳恭 ゴール型ボールゲームにおける視線行動に基づいた協調パターン獲得の実験的検討 The 30th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2016
- [6] Taylor HA, Tversky B (1992): Spatial mental models derived from survey and route descriptions. J Mem Lang 31: 261-292.
- [7] 浅村亮彦. "空間認知における視点の役割について." (1998).
- [8] 浅村亮彦. "空間学習時の視点と空間的メンタルモデル." 情報研究 27 (2002): 1-13.
- [9] 藤井紀之, et al. "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 (2014).
- [10] NHK スペシャル ミラクルボディー第2回 スペイン代表 (2012)
- [11] 本荘直樹, et al. "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 10.1 (2005): 63-69.
- [12] 飯田秀人, 川村拓也, and 山田宏尚. "VR の利用による車椅子体験シミュレータの開発." 自動制御連合講演会講演論文集 54.0 (2011): 307-307.
- [13] Oculus Rift <https://www3.oculus.com/en-us/rift/>
- [14] Unity <http://unity3d.com/jp/unity>
- [15] <http://www.sonymobile.co.jp/xperia/docomo/so-02g/>
- [16] Wright, M. and A. Freed. 1997. "Open Sound Control: A New Protocol for Communicating with Sound Synthesizers." Proceedings of the 1997 International Computer Music Conference. San Francisco: International Computer Music Association, pp. 1011-04.
- [17] 関根和生. "身振りから捉える幼児期の大規模空間表象の発達 (1) ルート・マップ視点とサーヴェイ・マップ視点の比較検討." 発達研究 21 (2007): 175-183.