Vol.2018-EC-50 No.26
2018/12/22

スポーツにおける一人称視点から俯瞰的視点への変換トレーニングシステム

清水俊希[†1]　角薫[†1]

概要：ボールゲームでは，プレイ中に一人称視点で得た選手の位置情報を俯瞰的視点の位置情報へ変換する能力は重要であると言われている．本研究では，その能力を向上させるトレーニングのために，プレイヤーが HMD(Head Mount Display)を用いて 360 度視点でのボールゲームのプレイ中の一人称視点を体験でき，俯瞰的視点から自分と他のプレイヤーとボールを正しい位置に並べ替えるトレーニングを行うことのできるシステムを開発した．本システムでは，一人称視点での複数の他のプレイヤーの追跡を体験することができ，プレイヤーのボールゲーム特有の動きをシステムに取り入れた．被験者を用いた実験により，本システム，視点が固定の条件についての特徴について考察した．

キーワード：空間認知，スポーツトレーニング，俯瞰的視点，視点変換，

Sports Training System for Visualizing Bird's-Eye View from First-Person View

SHUNKI SHIMIZU[†1]　KAORU SUMI[†1]

Abstract: In ball games, the ability to estimate the positional information of the players in the bird's-eye viewpoint based on the first-person viewpoint is important. In this research, we developed a training system for improving the ability. The user wear HMD and can simulate a ball games in 360-degrees in first person viewpoint. The system allows the user to rearrange himself/herself, other players, and a ball from bird's eye viewpoint. The user can then track the other players from first person viewpoint and perform actions specific to ball games such as passing, receiving a ball, and defense players follow offense players. We conducted experiments on human subjects to evaluate this system and the conditions with a fixed view. We also compared and verified between this system and the third person viewpoint fixed condition.

Keywords: Spatial cognition ability, Sports training system, Bird's-eye view, Visualizing information

1. 序論

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．

スポーツにおいて実戦で相手にプレッシャーをかけられると注意散漫になりやすいことが指摘されており[1,2]，そのためプロ選手でも正確な判断に時間を要してしまうことが考えられる．このような能力の向上はパスやシュートといった基本的な技術よりも訓練や評価が難しい．状況判断はボールゲーム等の競技においてプレーヤーのプレー能力の重要な要素だと言われており[3,4]，状況判断力の取得は必要不可欠なものである．球技において自分を含めた複数選手の位置関係の把握が必要とされている．また一人称視点からは選手同士が重なって見えることがある．そのため選手間の距離の判断や，空いているスペースの判断が難しい．しかしそのような状況でも正確に判断しなければならない．

優れた選手は，俯瞰的視点と呼ばれる視点で状況判断していると言われている[5]．俯瞰的視点から捉えることはゲーム状況の認知に重要であり，選手の位置関係，ボール，ゴールなど，全体的に把握することで優れた判断をしていると言われている[4,5,6]．そのため，普段一人称的に見ている情報を空間的に捉える能力を向上させることは状況判断力の向上にもつながると考えられる．

スポーツにおいて，スポーツビジョンと呼ばれる周辺視野や動体視力といったスポーツに必要な視覚機能が重要であると言われており，スポーツビジョントレーニングなども開発されている．スポーツに必要な視覚機能をトレーニングする現存のシステムの多くはユーザがディスプレイ等の画面の前に座るか立って使用する．これらに共通するのがユーザはその場から動かないという点である．スポーツ

†1 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate.
E-mail:
g2117025@fun.ac.jp
kaoru.sumi@acm.org

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

のような複雑で動的な場面に必要な能力と視覚機能は異なることや[7]，既存のトレーニングツールのような静止している対象物に反応する能力はスポーツに必要な能力とは異なると指摘されている[8]．また，空間把握能力の獲得には心的回転能力が必要とされている[9]．ボールゲームでは，プレーヤーが動いている方向，道具の向き，パスの方向などを手がかりにしてプレーの予測をしており，その情報を認知するために視覚情報を心の中でイメージする（心的回転）ことが行われている[10, 11]．空間能力の 1 つである心的回転能力に優れている者はより情報を空間的に捉えやすいと言われている[12]．そのため自分自身が動かない状況では心的回転が考慮されていないと考える．空間認知を必要とする競技者は心的回転課題の成績が良く，非競技者よりも判断速度に優れていると言われていることからも[13]，心的回転能力は必要不可欠であると考える．

そこで本研究では，VR（Virtual Reality）上で一人称視点の映像を作成し，HMD（Head Mounted Display）を用いてユーザが 360 度視点を体験できる環境を作成する．さらに複数の選手やボールの位置関係を俯瞰的視点から視覚化する能力をトレーニングするシステムを開発した．本システムを使用することで一人称的に見ている情報を俯瞰的に捉える空間認知能力の向上を測る．空間認知する上で，ランドマーク（選手やボール）やルート知識（パスコース，スペース）が状況によって変動する．そのためスポーツの領域の情報が必要だとされているため[14, 15]，本研究では攻め手の動きを阻止するために守り手がついていく，動きを妨害するなどのいくつかのスポーツに共通する動きを体験できるようにした．

2. 関連研究

Faubert らは 3D-MOT（3D Multiple Object Tracking）という知覚・認知トレーニングプログラムを用いて，プロスポーツ選手でも視覚的場面を最適に処理するトレーニングが可能であることを示した[7]．MOT は Pylyshyn らによって考案されたものである[16]．MOT では被験者にディスプレイ上のある複数の球体から一部の対象物に集中し続けるように指示される．その対象物が互いにぶつかり合うなど総合作用したのちに指定された対象物を回答するというものである[16]．このような複数の対象物に追従して認識力を高めるトレーニングツールは，チームスポーツにおいて複数のプレーヤーやボールなどの動的な対象物を認識して判断するために有効である[7]．3D-MOT はスポーツにおける空間認知にも有用であると考え，本研究でも複数の対象物を追うタスクを利用したいと思う．しかし空間認知のトレーニングシステムではないことや，スポーツ特有の情報がないことが課題であると考える．

ゲームで空間認知スキルを学習するシステムがある．Helen は空間認知能力を学習するためのゲームを開発した[17]．このゲームは，心的回転能力と空間知覚スキルを教えるためのアドベンチャー構築ゲームである．プレーヤーは壊れた宇宙船を直すために，とある惑星を探索します．またパーツを探して構築しなければならない．探索モードでは，プレーヤーは一人称，もしくは三人称の視点からキャラを操作してナビゲートします．また構築モードでは，宇宙船のパーツを動かして，向きを変えたりして組み立てます．なので，探索モードでは空間知覚を訓練するために設計され，構築モードは心的回転能力を訓練するために設計しています．Helen は被験者にゲームをプレイしてもらい，空間スキルのテストを行なった．結果は一部の男子の能力が向上したことを確認した．しかし，このゲームはスポーツとは異なる環境である．そのため，スポーツに必要な空間認知スキルとは異なる可能性がある．

奥山らは情報を空間的に捉える視点変換トレーニングシステムを開発した[18]．このシステムでは，VRHMD を用いて一人称視点で 360 度見渡せる環境をつくり，その中でランダムに動く複数のアバターの動きを追跡して全体的な位置関係を把握したのち，俯瞰的視点からその状況を再現し，解答と復習を行うものである．このシステムは本研究に近しいものであると考えられるが，問題が 2 点あると考えている．1 つはアバターの動きがランダムであるということである．スポーツにおける空間把握には，スポーツに見られる動き，フォーメーション，攻撃のプレイパターンといったその領域特有の情報を含む環境で効果が発揮されると述べている[14, 15]．つまりランダムな動きで構成される状況では実際にスポーツで必要とされる能力とは異なるのではないかと考えられる．また，ユーザ自身の視点が固定であるため，空間能力や方向感覚に関わる心的回転能力を発揮する場面もないとも考えられる．

以上を踏まえて本研究では，仮想空間上にてユーザの位置が移動することで視点が一定ではない環境を作ることと，ランダムではないスポーツ特有の動きを取り入れることで，スポーツ時に効果を発揮できるようトレーニングするシステムの開発を目指す．また本研究ではスポーツの対象を，より瞬間的な判断が求められると考えられるチームスポーツ，なおかつ攻守が直接対峙し合うボールゲームに焦点を当ててシステムの設計を行なった．

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

図 1　HMD を用いた追跡フェーズの場面

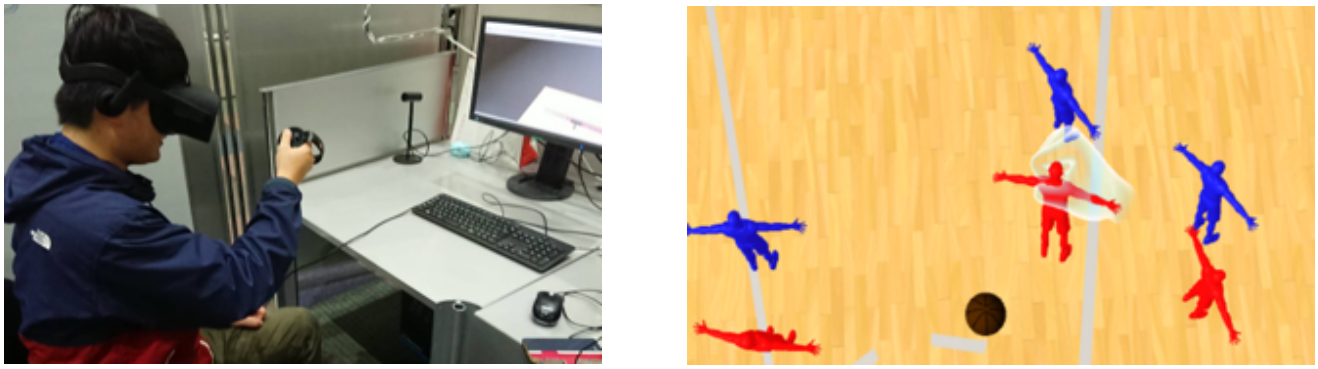

図 2　追跡フェーズで把握した位置関係を Oculus Touch で配置する場面

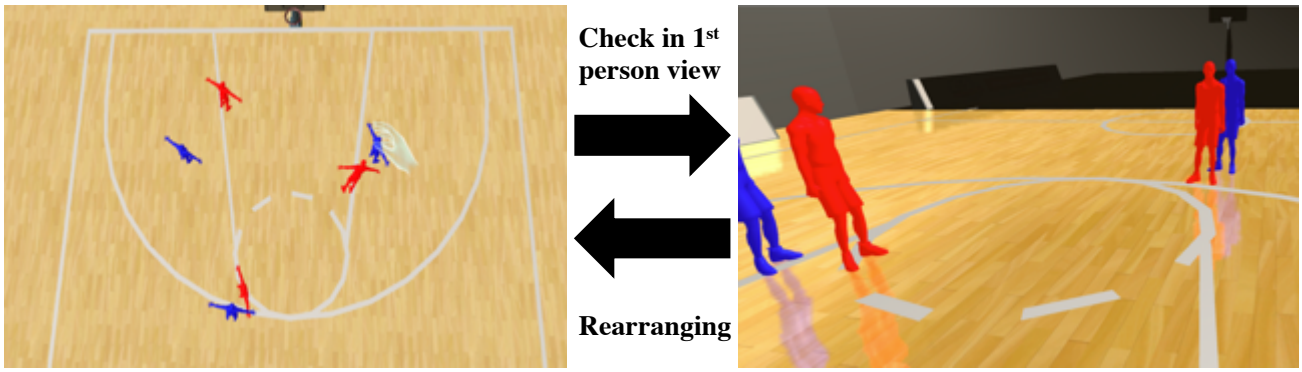

図 3　復習フェーズで位置関係を確認しながら再配置する場面

図 4　プレーヤーとボールのスコア判定の例

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

3. 俯瞰的視点変換トレーニング

本システムを作成するにあたってスポーツの空間認知能力の向上のために，自分を含めたプレーヤーとボールを追跡することと，スポーツ特有の動きを体験できる環境を作成した．Unity と Oculus Rift CV1 を用いることで一人称視点と，360 度周囲を見渡しながら複数の対象物の追跡を行うことができる．またスポーツ特有の動きの作成にあたっては，教本やスポーツ教室のビデオ[19, 20]を参考に作成した．また，本システムは大きく分けて以下の３つのフェーズがある．

1） 追跡フェーズ
2） 再現フェーズ
3） 復習フェーズ

追跡フェーズでは，ユーザは仮想空間上のハーフコート上で動く複数のアバターを 20~25 秒のランダムな時間追跡する．コート上には，赤プレーヤー3 人，青プレーヤー3 人いる．その内の赤プレーヤの 1 人の視点で映像が始まる．また全てのプレーヤーは自動で動く．その中でユーザは 360 見渡して，複数の選手の位置関係とボールの行方を追跡なければならない．20~25 秒でプレーヤの動きは止まり，ユーザは自分を含めた全プレーヤーの位置，プレーヤー間の距離，ボールは誰が持っているかを把握する．また，正確に何秒でプレーヤーの動きが止まるかは指示しない．

追跡フェーズの終了後，別のコートにカメラが切り替わり，再現フェーズに移行する．このフェーズでは，俯瞰的視点から追跡フェーズで把握したものを再現する．Oculus Touch を用いることで仮想の手（図 2）が出現するので，これを使用して，オブジェクトを直接掴んで移動させる．配置した後は採点を行う．採点の際には，実際に見えない球体のエリアが計 6 カ所存在する．そのエリア内に配置すると加点される（図 4）．なお，6 箇所のエリアは追跡フェーズのプレーヤーと同じ位置関係である．エリアの大きさは，プレーヤーオブジェクトのおよそ 4 倍の大きさである．ボールは最終的に所持していたプレーヤーのすぐ側に置くと加点される（図 4）．またプレーヤーオブジェクト 1 つあたり 16 点とし，6 つで合計 96 点になる．残り 4 点分をボールの配置とした．オブジェクトの配置中は得点表記が”0 点”のままだが，配置が終了次第こちらでキーボード操作すると加算された点数が表示される．

復習フェーズではユーザの回答との答え合わせを行い，どこが合っていて，間違っているかを確認してもらう．このフェーズでは間違った配置を直しながら 100 点になるまで復習を行う．復習の際には追跡フェーズの視点を Oculus Touch のボタン操作で行えるようにした．まだ視点の切り替えは何度も行うことができる．

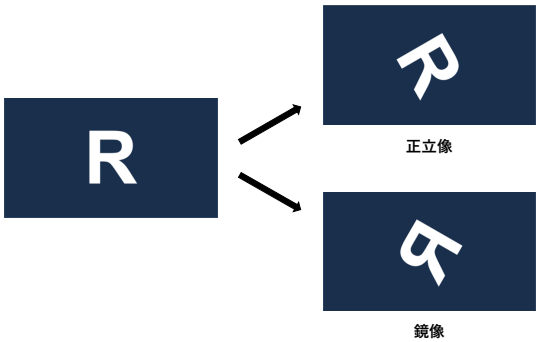

図 5　心的回転課題の例

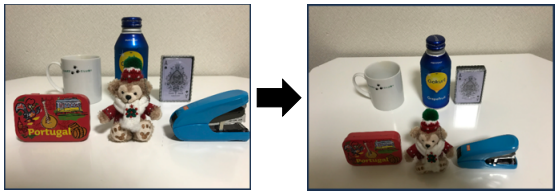

図 6　視点変換課題の例

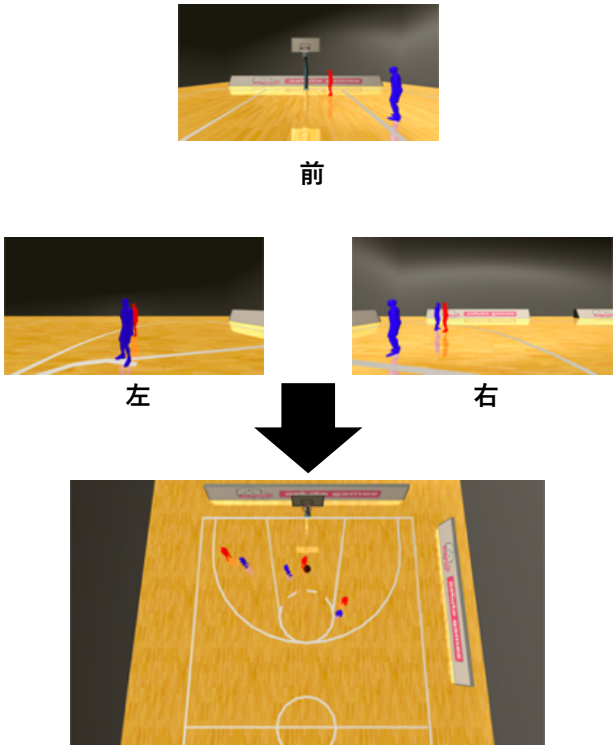

図 7　複合課題の例

4. 評価

4.1 実験 1

本研究で開発したトレーニングシステムの評価を目的に，19～24 歳の大学生男女計 28 人を対象に平日 4 日間の実験を行なった．ここでは本システムを使用する実験群（A 群）と，一人称視点ではなく斜め上から眺めるだけのシステムを使用する対照群 1（B 群），何も使用しない対照群 2（C 群）の 3 つの群にわけ，それぞれの群に 9 人ずつ使用して

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

もらった．また，鳥瞰的な視点が必要であるバスケットボールやサッカー，ハンドボールの経験のある人の偏りがないように配慮して割り振りをした．実験の流れとしては，A, B 群は初日に事前課題を行い，その後本システムによるトレーニング課題を行なった．2 日目，3 日目はトレーニング課題のみを行い，最終日はトレーニング課題を行なったのち，事後課題を行った．C 群は初日と最終日に同課題のみ行った．その課題の内容は以下で説明する．

4.1.1 トレーニングタスク

トレーニング課題では，まずユーザに Oculus Rift を着けてもらい，しっかり固定されるよう支持し，ピントの調整も促した．課題の実施前に VR になれることや説明も兼ねて練習課題を行なった．この練習では仮想空間上のアバターが動く映像を提示し，360 度見渡してもらった．その後，本番課題として 3 つの映像を体験してもらった．各映像の中にある情報としては赤と青のプレーヤーが 3 人ずつと，ボールの 7 つが主体ですべての映像で同じである．各映像の流れとしては，追跡フェーズ，再現フェーズ，復習フェーズの流れで行なった．

4.1.2 評価課題

本研究では事前事後課題として 3 つの課題を実施した．

１つ目に心的回転課題（図 5）というものを行なった．この課題は，方向感覚と空間認知の１つと言われており，この心的回転課題が優れている人ほど，俯瞰的に捉えた方略を利用しやすいと言われている[14]．この課題はまず，第一刺激としてアルファベットが 1 秒間呈示され，1 秒間のインターバルを挟んだ後，第二刺激として呈示される文字の正立像が回転した文字なのか，鏡像が回転した文字なのかを解答するものである．第一刺激として呈示される文字は，F，L，P，R（ R は練習のみ）であり，呈示時間は 1 秒間とした．この課題に関しては Cooper and Shepard[21]を参考に課題の作成をした．

2 つ目に視点変換課題（図 6）を行なった．この課題は一人称視点から俯瞰的視点への単純な視点変換能力を測定するものである．第一刺激として複数の物体が配置された画像が提示され，1 秒間のインターバルを挟んだ後，第二刺激として俯瞰的視点から撮影された画像が第一刺激と同じ配置のものか否かを解答する．この課題に関しては Shelton and Gabrieli[22]を参考に作成した．

3 つ目に複合課題（図 7）を行なった．これは複数の方向に対して一人称視点から見た情報を俯瞰的視点へと変換する能力があるかどうかを測定する課題である[5]．コート上の真ん中にカメラがあり，上下左右の 4 方向の内選手が写っている３方向の画像がランダムで提示される．第一刺激として３方向の画像が各 2 秒ずつ提示された後，1 秒間のインターバルを挟み，第二刺激として上空から見た画像の配置が呈示され，複数の選手やボールの所持者などの配置が同じか異なるかを解答する．この一連の流れを一施行とした．使用する場面はコートの半分の中であり，そのハーフコートの中心にカメラを設置し，0°，90°，180°，270°の角度から選手が写っている方向をランダムに 3 つ呈示した．

4.1.3 統計処理

各課題において，心的回転課題を 30 試行，視点変換課題を 10 試行，複合課題を 10 試行実施した．測定項目は正確性と速さを評価するために，各課題における正答率と第 2 刺激が提示されてから回答するまでの時間を測定した．

統計処理では，AB 群，AC 群双方における事前事後課題の結果を比較するため，2 つの群×課題 2 種の 2 要因分散分析を行なった．また主効果の検定には Bonferroni 法を用いた．全ての統計処理において，統計計算ソフトである SPSS Statick25（IBM 社）を用い，有意水準を 5%とした．

4.2 結果 1

A，B，C 群の各課題の平均回答時間の結果を表 1 と図 7，正答率の結果を表 2 と図 8 に示した．

まず，各課題における回答時間に対して，２要因混合計画の分散分析を行なったところ，課題１の心的回転課題において，主効果が有意となり[$F(1, 25)=7.79, p < .05, \eta_p^2=0.24$]，多重比較を行なったところ，全てにおいて差が見られなかった．次に，課題２の視点変換課題において，同様に２要因混合計画の分散分析を行なった．相互作用で有意傾向であったため[$F(1, 25)=3.27, p<.1, \eta_p^2=0.21$]，単純主効果の検定を行ったところ，A 群において事前事後で有意であった[$F(1, 25)=15.39, p<.01, \eta_p^2=0.38$]．また課題３の複合課題において同様に要因混合計画の分散分析を行なったところ，

表 1　AB 群の各課題の平均回答時間

	心的回転課題		視点変換課題		複合課題	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後
A 群	1.266	1.117	1.897	1.470	3.164	2.540
B 群	1.321	1.147	1.609	1.570	3.106	2.318
C 群	1.268	1.106	1.596	1.417	2.776	2.106

表 2　AB 群の各課題の平均正答率

	心的回転課題		視点変換課題		複合課題	
	事前	事後	事前	事後	事前	事後
A 群	85.56%	85.93%	72.22%	76.67%	70.00%	72.22%
B 群	82.22%	87.04%	71.11%	71.11%	66.67%	72.22%
C 群	90.00%	89.00%	65.00%	69.00%	75.00%	61.00%

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan

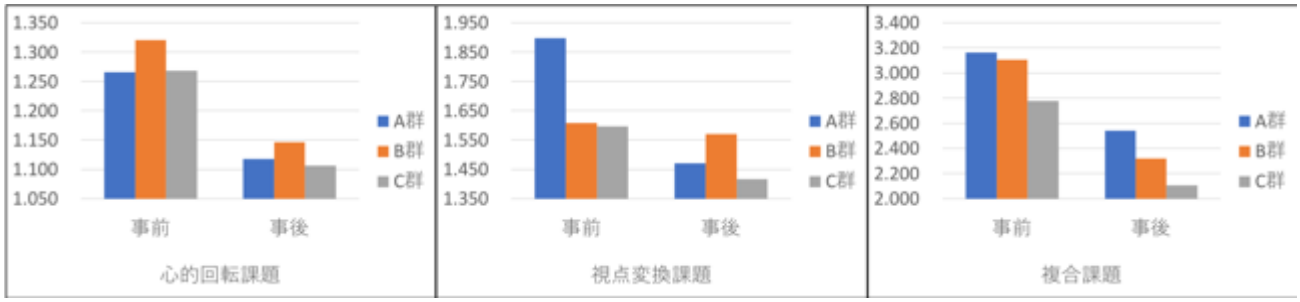

図 8　各課題における回答時間の結果

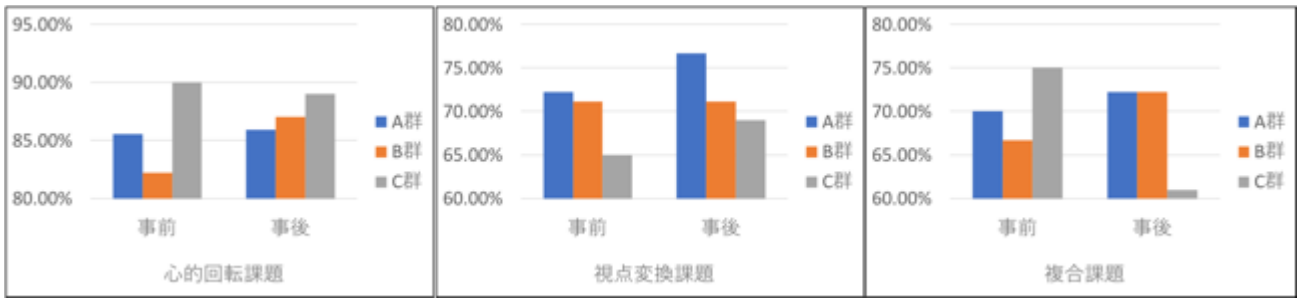

図 9　各課題における正答率の結果

主効果が有意であったため[$F(1, 25)=15.37$, $p<.05$, $\eta_p^2=0.38$], 多重比較を行ったところ全てにおいて差は見られなかった.

各課題における正答率に対して，回答時間と同様に２要因混合計画の分散分析を行なったところ，全ての課題において差は見られなかった.

4.3　考察 1

本研究は，スポーツにおける状況判断に必要な空間認知力の向上を目的としてそのトレーニングシステムの開発を行った. スポーツ中の空間認知に必要だとされる方向感覚，スポーツ領域特有の情報を含んだ環境を考慮した VR システムのトレーニング効果により，俯瞰的情報へ変換する能力向上の検証のため, 空間認知能力に関する心的回転課題，視点変換課題，複合課題の 3 つの課題を行った．また本システム(A 群)と， 視点移動しない三人称の固定視点の映像の呈示（B 群），または何も使用しないもの（C 群）とで比較検証した.

実験結果から各課題における平均正答率に向上は見られなかったが，平均回答時間では課題 2 である視点変換課題において，平均回答時間において相互作用で有意となっており，単純主効果検定の結果から A 群における事前事後で回答時間が有意となったことが図 4 からも見て取れる. 本システムにより単純な視点変換に対する判断までの処理速度の向上につながるものと考えられる.

4.4　実験 2

実験 1 で出た結果のそのほかの要因を探るため，また本システムに関して効果が期待できるかの評価を得るための評価実験を行った. 現役選手に本システムを使用してもらい，良し悪しに関した評価を得るため，大学生で現役バスケットボール部員 10 名（１９～２１歳，男５名，女子５名）に協力してもらった．この実験ではシステム A（俯瞰的視点変換トレーニングシステム）とシステム B（常に俯瞰的視点から見るシステム）の２つを使用してもらい，その後システムに関するアンケートを実施した．アンケートの質問内容は以下のようになっている.

・Q1. 本システムを使用することで，一人称視点から俯瞰的視点への視点変換能力が身につきそうか.

・Q2. システム A とシステム B では，どちらが実戦に近い訓練ができそうか

・Q3. システム A とシステム B ではどちらがプレイ中の状況判断力の向上に繋がりそうか

4.5　結果 2

Q１を５段階評価で回答してもらったところ，「とてもそう思う」回答した人が６０％,「そう思う」と回答した人が３０％,「どちらでもない」と回答した人が１０％であった. 理由のコメントは表３のようになっている．Q２では，「システム A」と回答した人が６０％,「システム B」と回答した人が３０％，「同じくらい」が１０％だった．Q３では，「システム A」と回答した人が５０％,「システム B」と回答した人が３０％，「同じくらい」が２０％だった.

各アンケート項目に対するコメントは表３のようになっている．また，本システムのトレーニング課題のスコアを記録したところ，システム A では現役の男子選手の平均

表 3 実験 2 におけるトレーニング課題のスコアの結果

	System A	System B
Average of male active players	64	70.4
Average of female active players	33.6	64
Total average	48.8	67.2
Average of college students	28	60

表 4 各質問に対する理由とコメント

Q1: 本システムを使用することで，一人称視点から俯瞰的視点への視点変換能力が身につきそうか

・平面で捉える時にどのように見えているのかわかりやすい
・意識的に見ることで習慣付きそう
・自分の位置やボールの場所などを，2 つの視点から見比べることができるから意識しやすい
・システムAとBでは使う能力が別なものに感じる
・システムBは客観的に全員の位置や動きを見るのに役立つ
・常に状況判断を冷静に行わないといけないため，このシステムで練習する価値は大きいと思う

Q2: システムAとシステムBでは，どちらが実戦に近い訓練ができそうか

・システムBだと客観視できる
・組み合わせて使うと自分の視点での動きとわかりの動きが理解しやすい
・相手が邪魔して見えないなど周囲の動きがリアル
・システムAだと意識的に周りを見ようとする
・システムAだとその人にしかわからないような情報をみんなで見ることができる

Q3: システムAとシステムBではどちらがプレイ中の状況判断力の向上に繋がりそうか

・Bが全体的に動きを理解しやすい
・自分の視点から見えている方がパスを通す位置や周りの動きが理解しやすい
・Bは監督目線の方だと思う
・A は自分の視点で考える場合，B は客観的に見るのに必要

が 64 点に対して，本学の男子学生のスコアが 28 点であった．またシステム B では現役の男子選手の平均が 70.4 点に対して，非現役の学生の平均が 60 点だった．

4.6 考察 2

トレーニング課題のスコアの結果を見ると，大学生のスコアよりも現役選手のスコアの方が高かったため，現役選手の空間認知能力が高い可能性を示している．そのため，本システムでトレーニングをすることにより，現役選手と同じ程度能力を上げることができると考える．

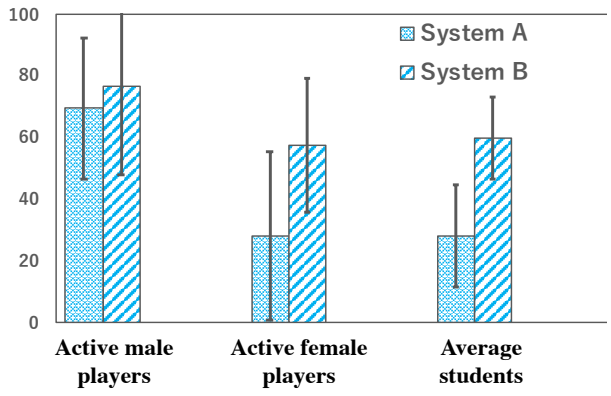

図 10 トレーニング課題のスコアの標準偏差

システム A に関するコメントでは，「普段見ないような視点で情報捉えることが良い訓練になる」，「必然的に集中しなければならないため，より首位を見渡して情報を得ようとする」などのコメントを多く得ることができた．また，「自分自身だけでなく他の人からどう見えていたかのアドも見ることができて良い訓練になる」というコメントも得ることができた．本システムを使用することで，普段見ているような視点から得る情報を俯瞰的視点で書き起こした時に，どの程度位置関係を把握できてきるのかを確認できることが良い刺激になっているように感じた．また，システム B がいいと回答した人のほとんどは，「情報を客観視したい」，「チームバランスを見たい」というコメントをしていた．

集中して周りの動きを見る，普段の視点から物事を捉える能力ではシステム A，客観視して全体を見る，もしくは全体のバランスを見て戦略を練るときはシステム B など，場面を使い分けて考えていることがわかった．中でもシステム A のほうが，普段の視点に近い環境で訓練ができることや，視点変換により情報を俯瞰的に確認できる点が訓練になると考えられる．

また現役の学生選手からのコメントで，「普段周りの選手の位置を把握する際には，その人の身長や体格といった身体的な特徴や，髪型，背番号をみて判断しているので，このシステムのようなプレーヤーだと見分けがつきにくくて把握しにくい」という意見があった．本研究ではどのスポーツにも適用できるようにと考えて，特定の競技に絞らずに簡単なスポーツ特有の動きを体験できる環境を作成した．しかし単純動作だけではなく細かい動きをつけるなどより詳細な領域情報を含んだ環境を作った上でトレーニングが必要だと考えられる．また，本システムでは 3 対 3 で場面作成しているが，「実戦は 5 対 5 だから，3 対 3 では少し簡単に感じる」という意見もあったため，難易度調整も必要になってくると考える．

5. まとめ

本研究ではスポーツの状況判断に必要な空間能力向上を目的として，方向感覚とスポーツ特有の情報を含む環境を考慮した VR トレーニングシステムの開発を行った．現役の学生にシステムの評価をしてもらったところ，半分以上の学生が本システムに対していい訓練になるという印象を持っていた．また，現役選手と非現役選手の間で，トレーニング課題のスコアを比較すると，平均点が現役選手の方が高かった. このことから, 本システムを使用することで, 空間認知能力の向上の指標になると考えられる.

謝辞　実験にご協力いただいた，弘前大学 教育学部 保健体育講座 益川満治講師, 並びにバスケットボール部の皆さまに感謝申し上げます．また実験および調査にご協力いただいた公立はこだて未来大学の学生に感謝申し上げます.

参考文献

[1] T. Murayama et al. Factor analysis of the mechanisms underlying choking under pressure" in sports. Asian Journal of Exercise & Sports Science, Vol. 7, No. 1, pp. 55-60, December 2010.
[2] A. M. Williams et al. The Effects of Anxiety on Visual Search, Movement Kinematics, and Performance in Table Tennis: A Test of Eysenck and Calvo's Processing Efficiency Theory, Vol. 24, Issue 4, pp. 438-455, August 2002
[3] A. Kaya: Decision making by coaches and athletes in sport, Social and Behavioral Sciences, Vol.152, pp. 333-338, 2014
[4] S. Nakagawa. Some basic concepts for the study on situational judgment in ball games, Japanese Society of Physical Education Vol. 28, No. 4, pp. 287-289, March 1984
[5] N. Fujii et al. The Relationship between Survey View and Mental Rotation in Football Players, Japanese Journal of Sport Psychology, Vol43, No. 2, pp.93-103, March 2014
[6] A. M. Williams et al. Perceiving patterns of play in dynamic sport tasks: Investigating the essential information underlying skilled performance. Perception, 35: pp.317-332, February 2006.
[7] J. Faubert and L. Sidebottom. Perceptual-Cognitive Training of Athletes, Journal of Clinical Sport Psychology, vol. 6, No. 1, pp. 85–102, March 2012.
[8] E. Blaser and G. Sperling. When is Motion 'Motion'?, Perception, Vol. 37, No. 4, pp. 624–627, April 2008.
[9] T. Ishikawa and D. R. Mentello. Spatial knowledge acquisition from direct experience in the environment: Individual differences in the development of metric knowledge and the integration of separately learned places. Cognit Psychol., Vol. 52, No. 2, pp. 93-129, March 2006
[10] P. Ward and A. M. Williams. Perceptual and cognitive skill development in soccer, The multidimensional nature of expert performance. Journal of Sport & Exercise Psychology, Vol.25, pp.93-111, March 2003
[11] G. J. Savelsbergh et al. Visual search and locomotion behavior in a four-to-four football tactical position game. International Journal of Sport Psychology, Vol. 37, No. 2, pp.248-264, April 2006
[12] F. Pazzaglia and R. D. Beni. Are people with high and low mental rotation abilities differently susceptible to the alignment effect? Perception, Vol. 35, pp. 369-383, March 2006
[13] S. Ozel et al. Relation between sport and spatial imagery: comparison of three groups of participants. J of Psychology, Vol. 138, pp. 49-63, January 2004
[14] D. J. Garland. and J. R. Barry. Sport expertise: the cognitive advantage. Percept Mot Skills, Vol. 70, pp. 1295-1314, June 1990
[15] Allard, F., Graham, S., and Paarsalu, M. L. Perception in sport: basketball. J Sport Psychol., Vol, 2, No. 1, pp. 14-21, April 1980
[16] Z. W. Pylyshyn and R. W. Storm. Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism, Spatial vision, Vol. 3, No. 3, pp. 179-197, February 1988.
[17] H. Wauck. Game Features and Individual Differences: What Makes a Spatial Skill Training Video Game Effective?, International Conference on Intelligent User Interfaces, pp.197-200, March 2017
[18] R. Okuyama and K. Sumi. A Training System to Convert from Visual Information to Bird's-Eye View, IPSJ SIG Computers and the Humanities, Special Interest Group Technical Report of IPSJ, January 2018
[19]鈴木良和：バスケットボールー判断力を高めるトレーニングブック，ベースボール・マガジン社，96p，2015
[20] NHKE テレ：テレビスポーツ教室「バスケットボールチームスタイルを身につけよう」，URL: https://www.levanga.com/news/11389.html
[21] Cooper, L. A. and Shepard, R. N. The time required to prepare for a rotated stimulus. Mem Cognit., Vol.1, pp.246- 250, 1973
[22] Shelton, A. L. and Gabrieli, J. D.Neural correlates of encoding space from route and survey perspectives. J Neurosci., Vol.22, 2711-2717, 2002

ⓒ 2018 Information Processing Society of Japan