

研究論文

サッカーの戦略会議を支援する 複数視点をを用いた協調作業空間

樽川 香澄^{1,a)} 井上 智雄^{2,b)} 岡田 謙一^{3,c)}

受付日 2013年1月15日, 採録日 2013年5月27日

概要: 三次元空間を扱う会議では対象とする空間全体をイメージすることが必要である。しかし、空間認識能力には個人差があるために、会議時の意識の共有を妨げてしまっている。本研究では、サッカーの戦略策定会議に注目し、参加者のサッカーのフィールドの上の空間認識能力の差を狭め、スムーズな戦略会議進行を実現することを目的として会議環境を構築した。提案システムでは仮想的に作成したサッカーのフィールドの空間情報を2つの視点から提示し、両視点からの選手オブジェクト操作を可能にした。提案システムのサッカーの仮想空間認識における有効性を評価する実験を行ったところ、サッカー経験者、未経験者ともに問題の正解率は向上した。特に未経験者の向上率は大きく、提案システムによってサッカーの空間認識能力の個人差を狭めることができたという結果を得た。

キーワード: 協調作業, 仮想空間, テーブルトップインタフェース, サッカー

Collaborative Workspace Using Multiple Perspectives for Supporting Soccer Strategy Meetings

KASUMI TARUKAWA^{1,a)} TOMOO INOUE^{2,b)} KEN-ICHI OKADA^{3,c)}

Received: January 15, 2013, Accepted: May 27, 2013

Abstract: To make a sports strategy, proper imagination of the space is important. This paper presents the design, implementation, and evaluation of an interactive tabletop and vertical touch screen system that reduces difference in spacial perception ability of an individual user at conference. This research focuses on two kinds of viewpoints, the overhead view and the first-person's view. The proposed system shows both viewpoints. The system allows the user to move the object intuitively in each viewpoint. In addition, the system promotes the image of game situation regardless of one's experience.

Keywords: collaborative work, virtual space, tabletop interface, soccer

1. はじめに

サッカーやバスケットボール、ラグビーなど多数の選手が活躍するスポーツでは、選手個人の身体能力だけでなく、チーム内の選手同士の連携やチームとしての戦略が重要である。そのため、監督や選手は試合でのポジションの取り方やパスコースといった戦略策定会議を事前に行う。現在、戦略の策定に用いられている道具として、戦略ボードがある。戦略ボードとはフィールドを上から見下ろした図をホワイトボードに印刷したもので、敵味方で異なる色の磁石を配置して選手のポジションを示すものである。戦

¹ 慶應義塾大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University,
Yokohama, Kanagawa 223-8522, Japan

² 筑波大学図書館情報メディア系
Faculty of Library, Information and Media Science, Univer-
sity of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

³ 慶應義塾大学理工学部情報工学科
Department of Information and Computer Science, Fac-
ulty of Science and Technology, Keio University, Yokohama,
Kanagawa 223-8522, Japan

a) tarukawa@mos.ics.keio.ac.jp

b) inoue@slis.tsukuba.ac.jp

c) okada@mos.ics.keio.ac.jp

略ボードを用いて戦略を立てる際、ボード上の位置に実際に自分が選手として立つとフィールドや他の選手の様子がどのように見えるのかをイメージする作業が必要となる。

このように、戦略ボード上の二次元で表された空間と現実の三次元空間の対応を考えるには空間認識能力が必要となる。空間認識能力とはほかにも立体を回転させたときの図形認識や、地図上で自分のいる場所・進行方向を認識するときに必要なとされる。空間認識能力の程度は個人で異なるため [1]、戦略会議に参加するメンバの試合空間の把握の程度にも差が生ずる。しかし、現在は空間認識能力の個人差により意識の共有が困難となってしまっている。

近年、機械の設計や地図など様々な分野において、三次元空間の情報を複数の視点からとらえて空間情報を提供することでユーザの空間把握を促進するシステムがある [9], [10], [11], [12], [13]。本研究では、スポーツの中でもサッカーに注目し、複数の視点情報を提示することで戦略策定におけるユーザのサッカーフィールドの空間把握を促進するシステムを提案する。提案システムでは複数人での同時操作が可能なタッチパネルを利用することで、監督や選手などの複数人で行う戦略策定作業に適した環境を構築する。また、操作はタッチやジェスチャといった直感的な方法で行うことができる。提案システムの空間認識における有用性を確認するために、評価実験を行ったところ、ユーザ個人のサッカー経験によらずフィールド上の選手の視界や選手同士の距離感のイメージを促進できることが確認できた。

本稿の構成は本章以降、2章ではサッカーの戦略策定について説明し、3章ではサッカーの戦略策定支援と空間情報の提示手法についての関連研究を紹介、4章では複数視点を利用したサッカーの戦略支援システムの提案、5章で提案システムの実装、6章で評価実験を述べ、最後に7章で結論を述べて結びとする。

2. サッカーの戦略策定

会議とは情報伝達、創造、調整、決定を行うための重要なプロセスであり [2]、複数人で行う協調作業である。協調作業においては、情報・作業・意識の共有が不可欠である [3] といわれている。本研究で注目するサッカーの戦略会議の環境においては、コーチや監督が中心となって戦術を考え、選手に提示する。そのため、コーチや監督の2, 3人が同時に情報と作業を共有することができる環境が必要となる。そのような環境として高校サッカーやサッカーサークルなどで利用されている戦略ボードがあり、バスケットボールやバレーボールなどでも用いられる。戦略ボードとはホワイトボードに各スポーツのフィールド、コート印刷した物で、選手のポジションは色分けされた磁石を配置して示す。テーブルに置いて使う小さなものから壁に設置するものなど大きさは様々で、複数人で同時に戦略を確認するの

に適している。

サッカーでは“状況に応じて味方から見てパスを出しやすい動きをすること”や、“フィールドを俯瞰的にとらえて選手配置のバランスを考えること”などを考えることが重要である [4]。そのため、戦略会議においても、個人の動きとチーム全体の選手配置の双方を議論しなければならない。

3. 関連研究

3.1 サッカーの試合分析

近年サッカーの分野では過去の試合の分析に用いられるシステムが多く開発されている。たとえばアメリカのメジャーリーグで使用されているセイバーメトリクス [5] というシステムでは統計学的根拠から選手の分析を行い、成績の指標としている。また、試合中の選手の走行距離の算出やパスコースの記録のデータを可視化するものもある [6]。近年ではタブレット端末でデジタル化した戦略ボードを扱える Tactics View [7] や、取り込んだ試合の時間推移に合わせて選手の走行距離やパストラフィックを表示する e-spor 社のシステム [8] のように、デジタル環境での戦略プランニング支援がさかんである。

3.2 空間情報提示手法

1章で述べたように、サッカーの試合状況を適切に思い浮かべながら戦略を練るには空間認識能力が必要である。本節では三次元の仮想空間の空間情報を提示する手法に着目する。空間情報提示の手法には大別して2種類ある。1つはユーザがHMDなどを装着し仮想空間内に入るなど直接的に空間情報を提示する手法 [9]、もう1つは空間内のオブジェクトの視点をディスプレイに表示して、そのオブジェクトを操作することでユーザが間接的に空間情報を得る手法である。前者は臨場感に優れているが他のユーザとの情報共有はできないため、本節では複数人での情報共有が必要な戦略会議に応用可能である後者の関連研究を紹介する。グーグルストリートビュー [10] は、PCディスプレイの地図上に表示された人形のオブジェクトをドラッグして動かすと、実際に地図で示された位置の風景が地図上のオブジェクトの向きに応じて同一ディスプレイ内に表示されるものである。俯瞰的な地図と、道や建物といった個人の視点を同時に得ることで、ユーザは空間に対するイメージを深めることができる。

3.3 複数画面の利用

ユーザの空間認識を促進させる方法として、仮想空間を複数の視点でとらえた情報を提示しユーザの受け取る情報量を増やす方法がある。たとえば複数人での作業に適したテーブル型のタッチパネルであるテーブルトップインタフェース上の現実空間をミニチュア舞台として、現実空間での操作を仮想空間に連動させる研究では、現実空間のミ

ニチュア舞台での操作がリアルタイムで仮想空間に反映されるため、2つの舞台空間を利用してユーザは実際の舞台空間に対するイメージを深めることができる [11]。この研究では、テーブル上でのタッチパネル操作により仮想舞台をとらえる視点を調整することができる。これにより、仮想舞台を様々な角度から確認することができる。MERL (Mitsubishi Electric Research Laboratories) では、テーブルトップインタフェースと複数の壁面ディスプレイを利用して、複数の俯瞰視点を同時に確認可能なシステムが作成された [12]。ユーザは、テーブルトップインタフェースに表示されている空間を真上から見た様子だけでなく、用途に応じて異なる位置からの視点や様々な情報を含んだイメージを他の3枚の壁型ディスプレイを利用して同時に確認することができるため、空間の状況認識を効率的に進めることができる。Wuらは、テーブルトップインタフェース上に表示した地図上に置いた人形の視点で地形の様子を確認できるシステムを作成した [13]。人形の視点は、壁掛け型のディスプレイ3枚を利用して表現している。また、人形の回転や移動操作によって、その人形の視点も連動させて操作することができる。俯瞰的な見え方だけでなく、その空間にいるオブジェクトの視点も同時に確認して空間状況を把握できるため、より詳細にその空間に対する理解を深めることができる。テーブルトップインタフェースを利用したもの以外にも、3Dモデリングを行う Blender というソフトウェアでは、仮想物を上、横45度、真横、正面と4つの視点からとらえた情報をつねに提示し、仮想物の形状を適切に把握できるようになっている。これらの研究のように、同一の空間を複数の視点で提示することは、その空間や物体に対しての認識を促進するうえで有効であると考えられる。

4. 提案

1章で述べたように、サッカーの試合空間をイメージしながら戦略策定を行うには、三次元空間であるフィールドを策定時に利用する戦略ボードの二次元空間に置き換えて考える空間認識能力が必要である。しかし、空間認識能力には個人差があるため、現状の戦略ボードを利用した戦略策定会議では参加者が共通の認識を持つことは難しい。特にサッカーのフィールドといった特定の空間をイメージする能力は、個人がどれだけその空間を知っているかという経験にも左右されてしまう。また、サッカーの戦略分析を電子的に支援するシステムも開発されているが、試合動画の分析が主であり、選手の目線イメージを再現することや複数人での情報共有、操作をすることは実現されていない。サッカーに限らず、複数人での情報共有、操作が可能であるテーブルトップインタフェースを利用したシステムでは、複数の視点から仮想空間の情報を提示するものもある。しかし、そのようなシステムではオブジェクトへの操

作がどれか1つの視点からに限定されているものが多かった。そのため、提示されている一方の視点情報に対してしか直感的な操作は行えず、オブジェクト操作が可能でない視点に対しては別の視点での空間情報との方向の対応を考える必要があった。

本研究では仮想的に構築したサッカーのフィールドの空間情報認識を促進し、戦略策定会議における参加者の空間認識能力によるイメージの差を小さくする環境を作ることによって、戦略会議のスムーズな進行を目指す。提案システムでは、戦略立案の必要はあるが個人の空間認識能力にばらつきがある高校サッカーやアマチュアのサッカーチームを対象とする。まず監督やコーチの2, 3人で提案システムを利用して戦術策定作業を行い、決定した戦術を提案システムで提示して他の選手と共有することでチーム全体で戦術を把握する。提案システムでは複数の視点からの情報を提示することで、戦術策定作業を行う監督らや戦術を共有する選手らは、実際の試合に近い選手の目線での戦術の把握が可能となる。

2章で述べたように、サッカーでは個人の動きと全体の選手配置のバランスを俯瞰的に意識することの双方が重要である [4]。このことから、本提案システムにおいては選手個人の視点とフィールドを俯瞰的に見た視点の2つを提示する。以降、前者を個別視点、後者を俯瞰視点と呼ぶ。この両視点で選手やボールといったオブジェクトの直感的な操作を可能にすることで、ユーザは議論したい視点から操作を行い、自動でもう一方の視点でのオブジェクトの動きも確認することができる。提示される仮想空間情報が俯瞰のみであった従来の戦略ボードでの会議に比べ、提案システムである2視点から情報が提示される環境では、ユーザ個人の空間認識は高まると考えられる。このようなシステムを実現することによって、戦略会議に参加する1人ひとりが自由に2つの視点情報を得て操作し、空間認識を高めることができる。

5. 実装

5.1 ハードウェア構成

図1は提案システムの概要である。本研究では複数人での協調作業である戦術策定会議を支援するため、複数人での情報共有が容易であるテーブルトップインタフェースと壁型のタッチパネルを用いた。俯瞰視点はユーザが見下ろす位置にあるテーブルトップに、個別視点はユーザの目線と並行な位置の壁型タッチパネルに表示し、現実 に即した位置関係にすることでユーザに直感的な空間認識を促す。テーブルトップインタフェースでは、戦略策定中の作業干渉を防ぐため、電流による操作者識別が可能で DiamondTouch を利用した。個別視点を表示する壁型タッチパネルには指と電子ペンで操作可能な SMART Board を利用した。それぞれのタッチパネルへの画像投影

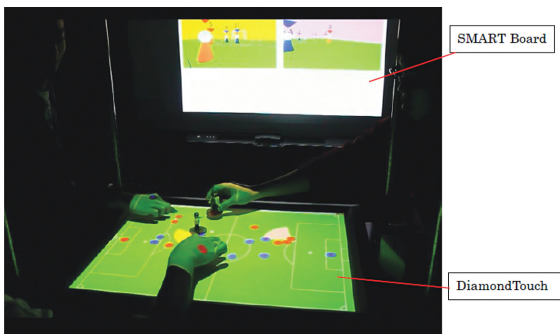


図 1 提案システム概要
Fig. 1 System overview.

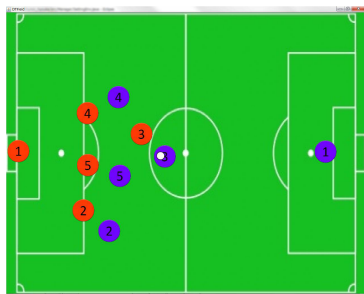


図 2 俯瞰視点
Fig. 2 The overhead view.

は、DiamondTouch は天井のプロジェクタから、SMART Board は DiamondTouch の下部に設置したプロジェクタから行っている。また、テーブルの周囲に座っている 3 人のユーザのうち、壁型タッチパネルの対面に座っているユーザは直接壁型タッチパネルに触れて操作することができない。そのため、SMART Board の下部に Kinect センサを設置し、対面のユーザでも座席を変えずに個別視点のオブジェクトを操作できるようにした。

5.2 空間情報の表示

フィールドや選手の大きさ、そして視野の範囲の設定などは現実世界での数値を考慮して行った。図 2 の俯瞰視点に示すように、視点を表示する際に利用されている仮想空間内では、フィールドの大きさや選手のサイズを現実世界での大きさに比例させて構成している。具体的には、フィールドの大きさは国際大会の基準範囲である 105 m × 68 m を、そして個別視点で表示されている選手の身長は日本人男子 20~24 歳の平均身長とされる 171 cm をフィールドと同比率でスケールダウンして仮想空間内に配置した [14]。また個別視点で見えている画角は、視界でとらえた映像に反応して運動を起こす際に有効であるといわれる 110 度に設定した [4]。このように定めた画角は図 3 にある黄色とピンクの扇形で示した。この扇形の色は、図 4 の個別視点の背景の色と対応している。このように本システムでは、オブジェクトのサイズや位置関係、視野の広さを現実世界での数値を基に設定することで、実際のサッカーをプレイ



図 3 視点オブジェクトの描画
Fig. 3 The viewpoint object.



図 4 個別視点
Fig. 4 The first-person's view.

している際の視点をイメージして戦略のプランニング作業を効率化できるような作業環境を構築した。

DiamondTouch 上に表示されている俯瞰視点は、Java を利用して作成したイメージで表示しており、SMART Board 上に表示している個別視点は Java3D を利用した仮想空間で表現した。個別視点は 2 つまで表示することができるため、選手 2 人の視点を確認することができる。どの選手の視点を個別視点に表示するかの設定方法については後述する。これらの別環境で用意された空間やオブジェクトの情報はつねに連携しており、どちらかの視点内でオブジェクトの操作が行われた際は両方の視点イメージ内で適した位置にオブジェクトが自動的に移動するため、各視点どうしで情報認識時にギャップを感じずに直感的に空間情報を把握して作業を進めることができる。

5.3 様々なオブジェクト操作

本節では俯瞰視点、個別視点それぞれでのオブジェクトの操作方法について説明する。

5.3.1 俯瞰視点

俯瞰視点上ではすべてのオブジェクトがタッチにより移動操作可能であり、加えて個別視点画面に視点を表示する選手のオブジェクトには回転操作も可能である。このオブジェクトを視点オブジェクトと呼ぶ。視点オブジェクトは 2 本の指で設定したいオブジェクトをタッチすることで設定する。視点オブジェクトを設定すると、俯瞰視点上ではそのオブジェクトの周囲に扇形の描画がされるため他のオブジェクトとの判別が容易になる。この扇形の周囲に触れることによって、視点の方向を設定でき、またドラッグすることで、視点の向きを連続的に変化させることもできる。

この際、個別視点イメージで表示されているオブジェクトの視点の向きは、俯瞰視点上での視点オブジェクトの周囲に表示されている扇形の向きと連動する。また扇形の中心角は、視点設定オブジェクトの視野角と同じ角度で描画されている。この機能によりユーザは、どのオブジェクトがどの方向を見ているのかという情報を、俯瞰視点上で容易に認識することができる。

5.3.2 個別視点

個別視点上では視界内のオブジェクトの移動に加えて、個別視点画面に視点を表示する選手のオブジェクトも移動・回転操作可能である。2つの個別視点では独立に視点オブジェクトを操作できるため、ユーザは同時に2つの個別視点から仮想のサッカーフィールド空間を確認することができる。

6. 実験と評価

6.1 戦術訂正実験

本実験の目的は、提案システムがユーザに提示する仮想空間の情報を増やすことで、仮想のサッカーフィールド空間内の選手同士の位置関係や全体的なポジションなどの空間認識を促進するのに有効かどうかを検証することである。

6.1.1 実験内容

本実験では被験者に用意された選手配置のプランの正当性を3通りの環境で検証してもらった。

本実験では、故意に正しい選手配置からずらしてある誤った戦略プランを用意した。提示するプランでの選手配置は実際のサッカーでも用いられるポジショニングの条件を考慮して行った。被験者にはこれらのプランに対して、指定された“選手の配置条件”に基づきその選手の配置が正しいかどうかを検討してもらった。以下に被験者にあらかじめ提示した“選手の配置条件”を示す。

- ディフェンス側
 - (1) 自分のマーク相手とゴールをつなぐ直線上にいる。
 - (2) ボールを持っている相手選手を集中視野にとらえたときに、自分のマーク相手の選手も視野の中に入っている。
 - (3) 最後尾で選手が横並びになる。
- オフェンス側
 - (1) ボールを持っている味方選手の視野の範囲で動く。
 - (2) 自分をマークしている相手の視野の外に位置するように動く。
 - (3) オフサイドにならないように動く。

図5は実際に被験者に提示した問題の一部である。この問題では赤が守備、青を攻撃としたときの守備の配置が正しいかどうかを検討する。ここでは赤の3番が守備側の選手の配置条件の1つ目を満たしていないため、このプランは誤りであることが分かる。正しいプランにするためには、自分がマークする相手(青の3番)とゴールをつなぐ直

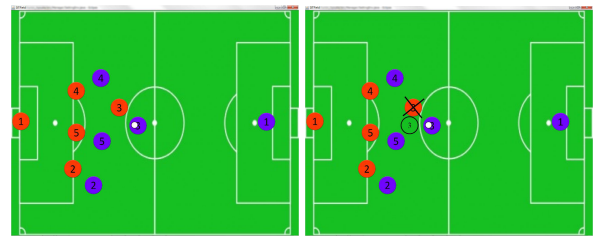


図5 問題(左)と回答(右)

Fig. 5 The question (left) and the answer (right).

表1 正解率と所要時間(提案システムなし)

Table 1 The accuracy rate of corrections and the time required (without the proposed system).

	守備	攻撃
正解率 (%)	52	48
所要時間 (s)	147	114

線上に位置するように赤の3番の配置を訂正すればよい。右図の解答では、元の3番の位置に×印をつけ、新しく正しい配置を記入している。

これらの問題を解く環境として、問題のプランを印刷した紙のみで解答する場合、提案システムの俯瞰視点のみを利用する場合、提案システムの俯瞰視点と個別視点両方を利用する場合の3通りで正解率と所要時間を評価した。

6.1.2 実験1: 紙のみを使用した場合

まずシステムを利用せずに問題を印刷した紙だけを用いて実験を行った。被験者は大学生、大学院生14名であった。被験者に守備側、攻撃側各3問、計6問の選手配置の様子と上記の選手の配置条件を紙に印刷し問題として配布した。その後、被験者は1人ずつ、問題で示された選手配置のプランが条件を満たしているかを検討した。なお、時間の制限は設けなかった。守備、攻撃の問題それぞれの正解率と所要時間を表1に示す。

6.1.3 実験2: 提案システムを利用した場合

次に本提案システムを利用して同様に問題を解く実験を行った。被験者は実験1とは異なる大学生、大学院生16名であり、サッカー経験者と未経験者の両方を含む。その内訳は、サッカーのプレイ経験がある者7名、それ以外の者9名であった。被験者に守備側、攻撃側各6問計12問の選手配置の様子と上記の選手の配置条件を紙に印刷し問題として配布した。その後、提案システム的使用方法に関して説明を行い、実際に選手を動かして視点操作を行いシステムに慣れてもらった。被験者は1人ずつ、問題で示された選手配置のプランが条件を満たしているかを検討した。被験者の半数は提案手法である2つの視点を利用できる環境で先に実験を行い、残る半数は俯瞰視点のみ利用できる環境で先に実験を行った。1つの環境につき、守備側の設問を3問、攻撃側の設問を3問回答した後、もう一方の環境で同じく回答してもらった。なお、時間の制限は設けな

表 2 正解率と所要時間 (提案システムあり)

Table 2 The accuracy rate of corrections and the time required (with the proposed system).

	俯瞰視点のみ		俯瞰+個別視点	
	守備	攻撃	守備	攻撃
正解率 (%)	63	52	88	78
所要時間 (s)	202	337	278	349

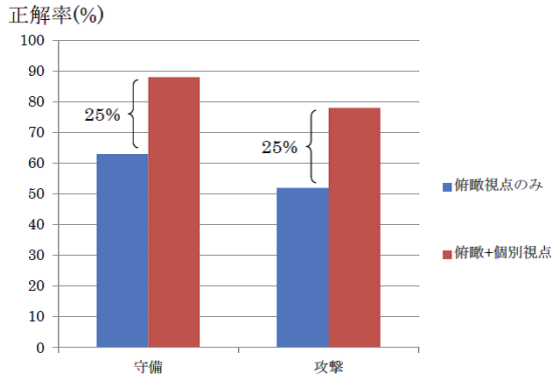


図 6 比較実験結果 (提案システムあり)
Fig. 6 The accuracy rate of corrections (with the proposed system).

かった。システムの俯瞰視点のみを利用した場合、俯瞰視点と個別視点の両方を利用した場合の守備・攻撃それぞれの正答率と所要時間は表 2 のようになった。

また、縦軸を訂正実験における正解率とし、この値を横軸に示したように被験者が守備側、攻撃側それぞれの立場で問題を考えた場合で分けてまとめると図 6 のようになった。

これら 2 通りの正解率に対して、平均正解個数におけるマン・ホイットニーの U 検定を行ったところ守備時は $p = 0.0053$ 、攻撃時は $p = 0.065$ となった。

6.1.4 考察

まずシステムの利用の有無による正解率の差異について考察する。問題として提示したプランは俯瞰視点の図であるため、問題が印刷された紙で解答した場合とシステムの俯瞰視点のみを利用した場合を比較する。表 1、表 2 から、これら 2 つの場合の正解率を図 7 にまとめた。

図 7 から、守備、攻撃どちらの場合でも紙のみの場合と提案システムの俯瞰視点を利用した場合ではほぼ同等の正解率となっていることが分かる。提案システムありのほうが若干の正解率の向上が見られるのは、提案システムで表示される選手の視界を示す扇形によって、選手の配置条件と問題のプランの対応が判断しやすくなったためだと考えられる。また、所要時間に関してはシステムを触ってオブジェクトを操作する時間が必要となるため、提案システム利用時のほうが長かった。

次に、提案システムの利用を俯瞰視点のみに制限した場合と、俯瞰視点・個別視点の 2 つの視点を利用できる場合

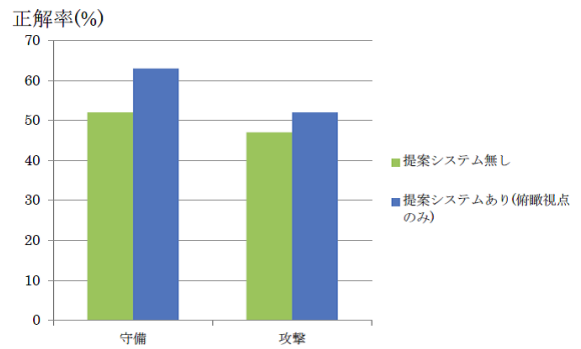


図 7 比較実験結果 (提案システムあり, なし)
Fig. 7 The accuracy rate of corrections.

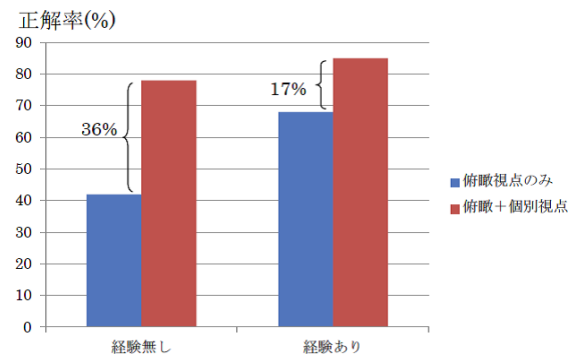


図 8 プレイ経験別の正解率

Fig. 8 The accuracy rate of corrections divided by experience.

の正解率について考察する。図 6 より、守備、攻撃ともに俯瞰視点のみの利用時より 2 視点利用時のほうが正解率が向上していることが分かる。これは、今回の選手の配置条件のように、選手同士の位置関係や視野内でのマーク相手の位置などといった選手個人の視界を意識する必要のある戦略策定では、俯瞰視点での視点操作と個別視点での視界の確認作業をすることで、両視点を利用したときのほうが詳細に選手から見たサッカー場の仮想空間を把握できているためだといえる。

実験 1、実験 2 ともに守備側のほうが攻撃側よりも正答率が高いのは、攻撃側の戦略プランを検討する際には、あらかじめ守備側の相手選手の位置を一度自分で考える必要があるため、守備側の戦略プラン訂正よりも難易度が高くなっているためである。実験 2 においては、2 視点利用時のほうが守備、攻撃とも所要時間は長くなっているが、攻撃側では俯瞰視点のみを利用した場合とあまり差はない。このことから、難易度の高いタスクになるにつれて、利用する視点の数による所要時間の差は狭まっていくと予想できる。また、本研究におけるサッカーのフィールドのように、特定の空間をイメージする場合、一般的にユーザ個人がどれだけその空間を知っているかという経験にも左右される。そのことから、図 6 の結果をさらにユーザのサッカー経験によって切り分け、結果を図 8 に示す。

この結果に対して U 検定を行ったところ、サッカー経験

なしのユーザは $p = 0.046$ 、経験ありのユーザは $p = 0.15$ となった。サッカー経験ありのユーザは試合のフィールドを実際に体験したことがあるため、仮想空間においてもフィールドの空間イメージを経験なしのユーザよりも把握でき、どちらの視点提示パターンでも正答率が高かったと考えられる。しかし、図 8 からはサッカー経験なしのユーザのほうが経験ありのユーザよりも 2 視点利用時の正答率の向上値が大きいこともうかがえる。経験による正答率の差は俯瞰視点のみの利用時には 36%であったのに対し、2 視点利用時には 17%と狭まっている。このことから、提案システムでは、ユーザのサッカー経験による仮想サッカーフィールド空間の認識能力の差を狭めることができるといえる。

6.2 自由操作実験

6.1 節の戦術訂正実験では個人ごとにサッカーのフィールドをイメージする空間認識能力を評価した。本節では、提案システムを複数人で同時に使用した場合について検討する。

6.2.1 実験内容

実際に行われた試合のゴール前後の動画をノートパソコンで提示し、その動画を確認しながら被験者に選手の動き方やボールの流れを提案システムを用いて再現してもらった。再現後、選手やボールのオブジェクトを操作しながら提示された動画の戦術が適切であったかどうか議論してもらった。なお、時間の制限は設けなかった。議論終了後、システムの使用感についてのアンケートを行った。被験者はサッカー経験のある大学院生 3 名であり、それぞれの役割は対等であった。

6.2.2 実験結果と考察

アンケートの結果を以下に示す。

表 3 に示されるユーザフィードバックからは、各視点上でのオブジェクトの移動や視点の操作が簡単だという評価を得たことほかに、複数人で操作を行った際にも視点間のオブジェクトの連動が直感的であり、思いどおりに選手を動かすことができたということが分かる。戦略策定の多

くは協調作業であるため、複数人での作業が快適に行えるならば、効率的な戦略策定作業が可能になると考えられる。

7. 結論

スポーツでは試合の前に戦略を練ることが重要であり、戦略策定時には戦略ボードなどコートを俯瞰的に表した二次元的な情報から三次元の試合空間をイメージするサッカーの空間認識能力が必要である。しかし、空間認識能力にはもともと能力やサッカーのフィールドにいた経験により個人差があるため、戦略策定会議において参加者は共通の空間イメージを持つことができず、会議のスムーズな進行の妨げとなっている。現在開発されているサッカーの戦略支援システムではこのような問題を解決するものは少ない。また、複数視点を提示して空間認識を促進するシステムでは、操作が直感的に行えていないといった問題がある。

そこで、本研究では選手個人の視点とサッカーフィールドを俯瞰的に見た 2 種類の視点を提示し、ユーザの仮想サッカーフィールド空間の認識を促進することでサッカーの試合空間の空間認識能力の個人差を狭めることのできる環境を構築した。本提案システムでは 2 種類の視点上のどちらからでも仮想空間内のオブジェクトをタッチやジェスチャで直感的に操作することができる。提案システムの仮想空間認識促進への有効性を検証する戦略訂正実験とユーザフィードバックのアンケートを実施したところ、戦略訂正実験では 2 視点の環境下では 1 視点のときよりも仮想空間の認識が促進され、個人の経験によるサッカーのフィールドの空間認識の差を狭めることができるという結果を得た。また、自由操作実験からは、複数人での操作でも煩わしさを感じず、協調作業に適用できるという評価を得た。これらの評価より、提案システムがサッカーにおける試合の空間認識を高め、戦略策定会議を支援するのに有効な環境を提供できたといえる。

謝辞 本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金 (A) 課題番号 22243037 (2012 年) の支援により行われた。

参考文献

- [1] Coleman, S.L. and Gotch, A.J.: Spatial Perception Skills of Chemistry Students, *Journal of Chemical Education*, pp.206–209 (1998).
- [2] 高橋 誠：会議の進め方, 日本経済新聞社 (1992).
- [3] 岡田謙一：協調作業におけるコミュニケーション支援, 電子情報通信学会誌, Vol.89, No.3, pp.213–217 (2006).
- [4] 山中邦夫：コーチ学—コンピネーション・サッカー編, 新体育学講座, 第 77 巻 (1980).
- [5] James, B.: *The New Bill James Baseball Abstract*, copyright 2001, paperback edition 2003, Free Press.
- [6] Spydercam, available from (<http://www.samadsc.com/terms/spydercam.html>).
- [7] Tactics View, available from (<http://intergate-j.com/tacticsview/>).

表 3 ユーザフィードバック結果

Table 3 User's impression.

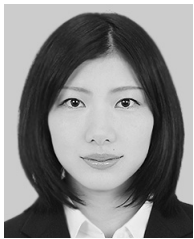
質問	平均
俯瞰視点上での選手の移動操作が簡単	4.3
個別視点上での選手の移動操作が簡単	4.5
選手の視点操作が簡単	4.1
複数人での操作に煩わしさが無い	4.3
2 つの視点での選手の動きの連動は直感的	4.5
両方の視点を同時に意識して操作を行った	4.1
実際の試合をイメージできた	3.9
自分の思いどおりに選手を動かせた	4.0
サッカーの戦略を考えるのに役立つと思う	4.4

- [8] e-spor, available from (<http://www.soccer-ikusei.com/html/soccerbunnsekisoft.html>).
- [9] Franke, T., Kahn, S., Olbrich, M. and Jung, Y.: Enhancing Realism of Mixed Reality Applications through Real-Time Depth-Imaging Devices in X3D, *Proc. Web3D '11*, pp.71-79 (2011).
- [10] Google Street View, available from (<http://maps.google.co.jp/>).
- [11] Horiuchi, Y., Inoue, T. and Okada, K.: Virtual theatrical space linked with a physical miniature stage for multiple users' easy image share, *Trans. Virtual Reality Society of Japan*, Vol.16, No.4, pp.567-576 (2011).
- [12] Forlines, C., Esenther, A., Shen, C., Wigdor, D. and Ryall, K.: Multi-user, multi-display interaction with a single-user, single-display geospatial application, *Proc. UIST '06*, Montreux, pp.273-276, ACM (2006).
- [13] Wu, A., Reilly, D., Tang, A. and Mazalek, A.: Tangible navigation and object manipulation in virtual environments, *Proc. TEI '11*, Funchal, pp.37-44, ACM (2011).
- [14] 文部科学省, 学校保健統計調査・運動能力調査, 入手先 (http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/1268826.htm).



岡田 謙一 (フェロー)

慶應義塾大学理工学部情報工学科主任教授, 工学博士. 専門は CSCW, グループウェア, HCI. 情報処理学会理事, 学会誌編集主査, 論文誌編集主査, GN 研究会主査, IE 領域委員長, 日本 VR 学会理事等を歴任. 現在, 情報処理学会論文誌: デジタルコンテンツ編集長, DCC 研究会運営委員, 電子情報通信学会 HB/KB 幹事長. 情報処理学会論文賞 (1996, 2001, 2008), 情報処理学会 40 周年記念論文賞, IEEE SAINT '04, IC AT '07 最優秀論文賞等を受賞. 日本 VR 学会フェロー, IEEE, ACM, 電子情報通信学会各会員.



樽川 香澄 (学生会員)

2012 年慶應義塾大学理工学部情報工学科卒業. 現在, 同大学大学院理工学研究科修士課程在学中. ヒューマンインタフェースと協調作業支援の研究に従事.



井上 智雄 (正会員)

筑波大学図書館情報メディア系准教授. 博士 (工学). HCI, CSCW, 学習支援システムの研究に従事. 本会論文賞, 同学会活動貢献賞, 同山下記念研究賞, 他多数受賞. 本会グループウェアとネットワーク研究会, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会, 同食メディア研究会, 日本 VR 学会サイバースペースと仮想都市研究会, 同香りと生体情報研究会, IEEE TC CSCWD, APSCE CUMTEL SIG 各運営委員. 「Communication and Collaboration Support Systems」(IOS Press) 等執筆.