

令和元年6月13日現在

機関番号：51303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00940

研究課題名(和文) ネットワーク利用による簡易型バスケットボール支援システムの利便性向上

研究課題名(英文) Improvement of Convenience of Simplified Basketball Support System Using Mobile Network

研究代表者

佐藤 公男 (SATO, Kimio)

仙台高等専門学校・総合工学科・教授

研究者番号：00125767

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、モバイルPCを用いて、バスケットボールの試合データを効率よく収集し、多様な解析を行うことを目的としたバスケットボールデータ管理システムの開発を行ってきた。開発の主なコンセプトは、最低限必要な利便性を有し、広く競技者への普及を図るために無料で手軽に利用できること、工学・数学的な観点からグラフ理論を応用して選手の活躍度の定量化を図ること、及び工学教育の観点からシステム開発のPDCAを通じて学生の実践的システム開発力を育成することである。特に、データのより有効活用を図るための解析表示方法として、試合中の両チームのアクションを時系列で振り返ることができる機能は有用性の高いものとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義について、試合中の各選手の活躍度をグラフ理論を応用した固有ベクトル中心性を用いて定量化し、その変化を選手グラフという形で視覚化できたこと、及び本システム開発におけるPDCAサイクルを通じて、学生によるシステム開発の取組み方法について実践的に検証できたことなどが挙げられる。

社会的意義について、本システムは広く競技者への普及を目指したものであり、特にモバイルネットワーク転送機能を用いて試合データをリアルタイムで共有できるようになったこと、及び時系列解析統合表示機能によって1試合をアクション順に動的に振り返ることができるようになったことは有用性の高い成果であると評価している。

研究成果の概要(英文)： In this research, we have developed a basketball data management system (BM) for the purpose of collecting basketball game data efficiently and performing various analyses using mobile PCs. The main concepts of the development are as follows: (1) To spread BM widely, BM has the minimum necessary convenience, and can be easily used as a free application, (2) BM can quantify the player's level of activity by using graph theory from an engineering and mathematical point of view, (3) From the viewpoint of engineering education, students' practical system development skills are cultivated through the practice of PDCA cycle in BM development.

In particular, as an analysis and display method for more effective use of data, a function capable of looking back on the game actions of both teams in time series is highly useful.

研究分野：教育工学，情報工学，グラフ及びネットワーク理論

キーワード：試合データの効率的な収集と多様な解析 モバイルネットワークによる試合データの転送利用 広く競技者が手軽に利用可能なシステム グラフ理論を応用した選手の活躍度の定量化 学生の実践的システム開発力の育成 時系列解析統合表示機能の構築 システム開発におけるPDCAサイクルの実践 システムの広報活動

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) バスケットボール競技者のいわゆる一般層のチームにおいては、試合データを市販や独自に作成した紙媒体のスコアシートに手書きで記入し、試合終了後に必要に応じて手計算や表計算ソフトを用いて、個人あるいはチーム毎に集計した結果を閲覧しているのが現状である。バスケットボールの試合は他の競技に比べて選手の動きが素早く、変化に富み、試合中に起こるアクション自体も多岐にわたる。したがって、紙媒体でのデータ収集には自ずと限界があり、シュートの成否の確率計算やシュート位置のプロットなど、試合データの必要最小限の解析しか行うことができない。

(2) このような種々の試合データを効率よく収集するには、ノートやタブレット型のモバイル PC の利用が不可欠であり、更に PC を使うことによって、試合中にリアルタイムで試合データの解析結果を閲覧できるという新たなメリットが生じてくる。実際に、同様のことを目的に開発された試合データ入力解析システムは存在しているが、高額のために一般層には入手そのものが困難であり、仮に入手ができたとしても、その使用環境や多機能・高機能性のために、システム自体を使いこなすのが容易ではないと評価している。

(3) 平成 19 年度からの 3 年間に、ICT (情報通信技術) を活用した課外活動の活性化を目的に科研費の交付を受け、Java 言語による簡易型バスケットボールデータ管理システム BM (Basketball data Management system) の開発に取り組んできた。しかし、この当時の BM は 1 台の PC での利用に制限されていた。そこで、例えば 2 台の PC を用意し、ベンチに入っているマネージャーや選手が一方の PC で試合データを入力し、コーチ等が他方の PC でその解析結果をリアルタイムで閲覧できるような機能を追加できれば、実際の試合環境により一層適応した有用なシステムとなる。

(4) 以上のように、有用性や利便性の向上の観点から、BM 本体の入力解析機能の向上及び拡張を図るとともに、複数の PC を無線ネットワークで接続することによって、試合データをリアルタイムで共有し、取得したデータをより有効活用できるようにすることを本研究の最重要課題として挙げている。

2. 研究の目的

(1) バスケットボールの試合データの収集の効率化、解析の多様化・迅速化、及び無料アプリとして一般層への普及を図ることを目的に、開発言語を従来の Java から C# に移行し、より一層の操作性、機能性及び柔軟性を有する Windows アプリケーションとしての BM にバージョンアップする。

(2) 1 台の PC 上で試合データの入力と解析を行うだけでなく、BM がインストールされた複数台の PC をモバイルルータ等によるプライベートな無線ネットワークに接続し、リアルタイムでデータを送受信し、共有が可能な高信頼システムを実現する。

(3) 研究室で並行して開発してきたグラフ理論学習支援システムの解析手法を応用し、BM によって取得した試合データからグラフ理論的手法を用いて選手の活躍度を定量化し、それを視覚的に表示するなどの新しい解析機能について検討し、実装する。

(4) BM の広く競技者層への普及を強く意識しながら、特に利便性と信頼性の観点から PDCA サイクルを積極的に実践し、システム全体として有用性の向上を追求する。

3. 研究の方法

(1) C# 言語とその統合開発環境である Microsoft Visual Studio を用いて、研究当初の第一の目的である無線ネットワーク上での試合データの容易な共有を含めて、従来の BM よりも優れた機能性を有するプロトタイプを Windows アプリケーションとして実現する。その後、プロトタイプレベルを高信頼な実践的・実用的レベルまで引き上げるためのデバッグ工程において、BM の入力・通信・解析機能についての詳細な総合評価を行い、必要な改善事項を明確にする。

(2) BM 開発においては、試合データの入力機能と基本的な解析機能を一通り実装することに主眼を置いていたために、とりわけ解析機能については、入力データから具体的にチームや選手個人のどのような分析が可能かという方向性を必ずしも示していなかった。そこで、(1) の試合データの効率的な収集・共有機能の実装を本研究の最初のステージとすれば、本研究の次のステージとして、利便性や有用性の観点から、入力データをどのように解析し、その解析結果をどのように効率よく視覚的に表現するかといった解析の手法に焦点を当て、そのためのアルゴリズムやデータ構造について検討する。

(3) 工学・数学的な観点から、グラフ理論で用いられるデータ構造や中心性解析手法を応用して、試合中の選手間の関係性や選手個々の活躍度の定量化を図る。特に、解析機能は、ユーザ

にとっての利便性・有用性から最も重要な要素であり、選手の活躍度を含めて、試合中のアクション順に時系列で種々に解析し、それらを視覚的に統合表示する機能を実装する。

(4) 本研究をチームプロジェクトと位置付け、工学教育の観点から BM 開発に積極的に学生を参画させ、学生の実践的システム開発力を育成するとともに、学生自身でどの程度まで機能の実現が可能であるかについて検証する。

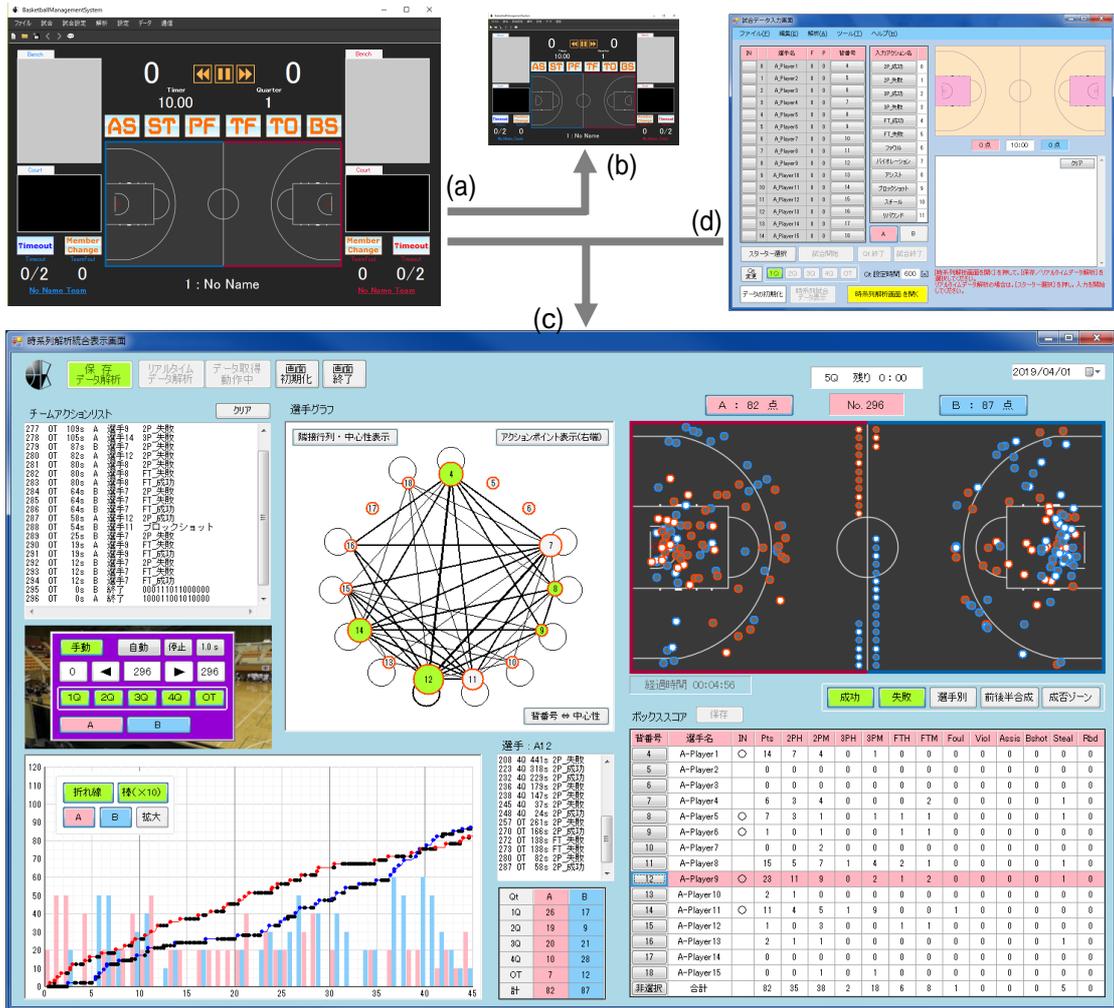


図1 現在のシステム構成

4. 研究成果

(1) 図1に本研究期間終了時点でのシステム構成を示す。(a)は最初に開発を手掛けたBMの本体部分であり、試合データの基本的な入力と解析を行うことができる。取得したデータは、(b)のように通信機能によって他のPCに直接転送して利用することができる。(c)は最も有用な位置付けにある機能であり、リアルタイムまたは保存済の試合データをアクション順に時系列で種々に解析し、それらの結果を一つのフォーム（ウィンドウ）上に統合して効果的に表示するものである。なお、(d)は時系列解析に必要なデータ構造や(a)と(c)の間のインタフェースを検討する際に構築したデータの簡易入力画面であり、効率面では(a)よりも劣るものの、入力をこれで代用することも可能である。

(2) 前述のように、システムの拡張を柔軟かつ効率的に行うことに適した統合開発環境である Microsoft Visual Studio が利用可能な C# に BM の開発言語を変更したことによって、Java による



図2 BM本体の解析機能の例

従来の機能を踏襲しつつ、BM 本体の機能の更なる向上を図ることができた。図 1(a)の入力画面から解析に必要な基本データのほとんどを入力できるほか、図 2 に示すように、解析メニューから閲覧したい項目を選択することによって、解析結果を個々のフォーム上に表示することができる。しかし、閲覧可能な解析結果は、メニューを選択した時点におけるものだけであり、そこから過去に遡ったり、試合開始から現在までを動的に、かつ複数の結果をまとめて閲覧できるようにすることができない仕様となっている。そこで、次のステップとして、それらの改善案を検討することとした。

(3) BM は体育館での利用が基本となる。そこで、通信機能として、モバイルルータによるプライベート無線ネットワーク上で、複数台の PC 間における TCP 通信接続機能を実装した。ネットワークを容易に確立でき、PC 間での試合データの送受信を確実に実行できるようにするために、通信プロトコルは TCP、通信方式はクライアントサーバ方式を採用した。データ入力役の PC から送信された試合データをサーバ役である 1 台の PC が受信し、他の PC に転送して、試合データを共有するものである。現段階では、高専体育大会の試合会場である公営の体育館内で無線ネットワーク接続試験を行い、複数台の PC による BM 間 1 対多通信が実現できていることを実際に確認している。通信の確立に際しては、図 1 の入力画面のメニューから図 3 のような TCP サーバと TCP クライアントの設定画面を立ち上げ、そこから、IP アドレス、ポート番号を入力すると、サーバとクライアント間で通信が確立し、入力した試合データやコメントを送信することが可能となる。また、パスワードの設定も可能であり、プライベートネットワークのセキュリティと併せて不正なアクセスを防止している。

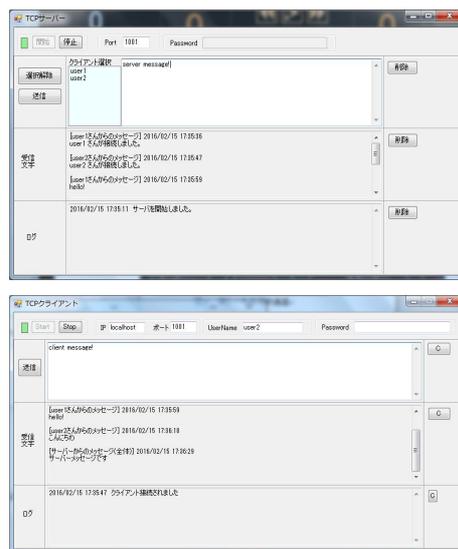
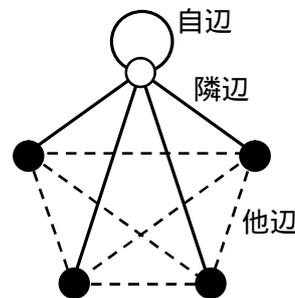


図 3 通信確立のための設定画面

(4) (2)で述べたように、これまでの BM ではデータ入力機能の効率性に主眼を置いていたために、解析機能については一通りの基本機能を実装しただけに留まっていた。そこで、次の段階として、特に有用性や利便性の観点から、データのより有効な解析方法と解析結果の効果的な表示手法について検討した。その結果、1 試合分のアクションを時系列で振り返ることができる機能を最優先で実装することとした。図 1 (c)に示したように、画面上を自由に移動可能なコントローラのボタン操作によって、試合の進行に合わせて、試合及び個人毎のアクションリスト表示、ボックススコア表示、選手グラフと固有ベクトル中心性表示、シュート位置のプロット表示、得点推移グラフ表示、クォータ毎の得点表示などの基本的な時系列解析が可能である。いずれの結果も一つのフォーム上でまとめて確認できるために、チームや選手の好不調を総合的かつ視覚的に捉えることができ、有用性の高いものが実現できたと評価している。

(5) 時系列解析のための元となる試合のアクションデータは、チームの別、試合開始時からの通しの経過時間、クォータ番号、各クォータ正味残り時間、アクション発生時の各選手のコート内の有無、アクションを起こした選手の固有番号、アクション種別、各シュートのコート位置座標（コートサイズは 2800cm×1500cm）、各クォータの開始終了、選手交代などからなる。全て整数値でコンパクトに表現し、そのまま int 型の 2 次元配列に格納しており、通信機能によってアクション発生の際にこの配列を転送する際に負荷のかからない軽量サイズを実現している。更に、保存ファイルもこのデータをテキスト形式に変換しただけのものであり、ファイル上でも、試合の内容確認、入力ミスの修正、データの追加などを直接行うことができる。なお、図 1 の試合データは 296 回のアクションからなるが、テキスト形式のファイルサイズは約 16KB である。



		1Q	2Q	3Q	4Q	OT
成功	自辺	4	4	4	4	4
	隣辺	5	5	5	5	5
	他辺	2	2	2	2	2
失敗	自辺	1	1	1	1	1
	隣辺	2	2	2	2	2
	他辺	1	1	1	1	1

図 4 印の選手に関する各辺とアクションポイントの例

(6) 解析機能の中でも、とりわけグラフ理論を応用した固有ベクトル中心性によって選手の活躍度を定量的に評価できるようにした点が特徴的である。固有ベクトル中心性は、試合のアクションが発生する度に、図 4 のような選手グラフの各辺にアクションポイント（図は 印の選手の 2 点シュートの例）と呼ばれる重みを加算してい

き、その都度その重み付き隣接行列から各選手の固有ベクトルを計算して得られるものである。中心性が大きい選手の仲介を担っている選手の中心性も大きくなるといった固有ベクトル中心性の特性を活かした解析手法であり、最終的には図1(c)のようなチーム全体の選手グラフが得られ、試合で活躍した選手とそうでない選手の特徴がよく現れた結果となっている。

(7) 開発の最終段階として、今後はシステムの品質検査と完成度の向上の観点から、いわゆる製品としてユーザの利用に耐え得るような信頼性、操作性、機能性について徹底的な品質検査が不可欠であり、ソースコードの効率性などを含めてPDCAを実践し、完成度の向上を図っていく。また、システムの広報の観点から、専用のWebページを立ち上げて、本システムとその操作方法の紹介を行うほか、インストーラや簡易操作マニュアルをダウンロードできるようにし、また、オープンキャンパスや高専祭においてシステムの直接の配布を行うなど、一般ユーザへの広報活動を推進していく予定である。

(8) おわりに、本研究を総括すると以下のようなになる。リアルタイム及び保存データ解析の両面から、図1に示したような統合システムとして、試合データの入力、通信及び時系列解析表示の各機能について、実戦での利用に確実に対応できるような完成度の高いものを目指してきた。特に、時系列解析統合表示機能は、取得したデータのユーザの要求に応じた多様な解析と表示を可能にしている。学生にとっては、C#言語プログラミングのための統合開発環境の基本学習は必要であるが、各機能を実現するプログラミング自体は、解析アルゴリズムとデータ構造が明確になっていれば、ソースコードを書くのに通常の授業で学習するC言語の基本構文を理解しているだけで十分である。それ以上に、本システムの開発を通じて、開発者側がプロトタイプとして動作できたことに単に満足するのではなく、ユーザの立場からシステムの評価改善(品質検査)を徹底的に行い、利便性を追求することの重要性を実践的に学修できたことは有益なものとなった。

5. 主な発表論文等

[学会発表](計8件)

矢倉三太郎, 早坂太吾, 櫻井翔太, 東畑陽介, 兼村裕介, 佐藤公男, バスケットボール試合データ統合解析システム開発におけるPDCAの実践, 2019年度日本工学教育協会工学研究教育教育講演会(2019)

齋藤璃空, 堀米美希, 東畑陽介, 兼村裕介, 佐藤公男, バスケットボールデータ管理システムの利便性向上 試合データの時系列解析統合表示機能の構築, 平成30年度情報処理学会東北支部研究会(山形大学), B2-4(2019)

堀米美希, 齋藤璃空, 東畑陽介, 兼村裕介, 佐藤公男, バスケットボール試合データの時系列解析統合表示機能の構築, 平成31年東北地区若手研究者研究発表会, YS-17-P16(2019)

齋藤璃空, 佐藤丈文, 佐藤魁, 杉原巧南, 堀米美希, 佐藤公男, バスケットボールデータ管理システムと選手の中心性解析, 平成29年度情報処理学会東北支部研究会(山形大学) A2-4(2018)

齋藤璃空, 佐藤丈文, 佐藤魁, 杉原巧南, 堀米美希, 佐藤公男, バスケットボールデータ管理システムの機能向上とグラフ理論を用いた選手の中心性解析, 平成30年東北地区若手研究者研究発表会, YS30-2-1-1(2018)

佐々木隆生, 佐藤舞子, 前田充, 佐藤魁, 佐藤丈文, 杉浦巧南, 佐藤公男, バスケットボールデータ管理システムのネットワーク利用と利便性の向上, 平成29年東北地区若手研究者研究発表会, YS29-P-1-8(2017)

石川貴範, 飯野直弥, 井澤凜, 矢島邦昭, 佐藤公男, ネットワークを利用したバスケットボール支援システムの開発, 平成27年度情報処理学会東北支部研究会(山形大学) B2-1(2016)

石川貴範, 矢島邦昭, 佐藤公男, ネットワークを利用したバスケットボール支援システムの開発, 平成27年度東北地区高専専攻科産学連携シンポジウム, T15-P-70(2015)

6. 研究組織

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 矢島 邦昭

ローマ字氏名: (YAJIMA, Kuniaki)

研究協力者氏名: 東畑 陽介

ローマ字氏名: (TOHATA, Yosuke)

研究協力者氏名: 兼村 裕介

ローマ字氏名: (KANEMURA, Yusuke)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。