

**研究課題** スポーツ・インフォマティックスの研究

**種別** 公募研究

**代表者** 早藤 貴範（理工学部情報科学科）

**研究員** 北橋 忠宏、巳波 弘佳、岡田 孝（理工学部情報科学科）、中條 道雄（総合政策学部政策科学科）、武田俊之（情報メディア教育センター）

## 1. はじめに

プロスポーツかアマチュアスポーツかを問わず、スポーツはビジネスの中に組み込まれており、スポーツ関連産業は大きなマーケットに成長している。これまでのスポーツ関連産業は、それに用いる用具や機材、またアスリートの体力増強のためのサプリメントなどの物、いわゆるハードウェアがビジネスの対象になっていた。昨今では、技術的なコーチング法を筆頭に、スポーツの種々の局面における指導方法とその基礎となる戦略および戦術解析方法、いわゆるソフトウェアの開発がビジネスの対象になりつつある。トップ・アスリートがトップ・パフォーマンスを演出するための総合的な研究、すなわちスポーツ・フィールドとアカデミック・フィールドの融合が必要になってきている。これまで、関西学院大学におけるスポーツ・フィールドとアカデミック・フィールドのソフト面での融合は、心理学を応用したコーチング法において、それをスポーツ科学として捉えることによって実践されてきた。

本学では、アメリカンフットボール、野球、サッカー、テニスをはじめ多くのスポーツが好成績を収めている。これら競技は情報科学にとっても格好の研究課題を提供するものである。運動部との連携によりビデオ映像を出発点として、ビデオデータの蓄積から解析用データの作成、検索、戦略戦術の解析および立案から個々の選手動作の解析にいたるまで、すべての過程に情報技術を適用して、本学のスポーツ振興に寄与するとともに、情報科学自体としても水準の高い研究を成し遂げることを、本研究の最終的な目標として設定した。

研究初年度の本年は、主としてアメリカンフットボール競技を対象とした研究を行い、また一部はテニス競技について研究を遂行した。各々の主たる分担は下記のようにになっているが、課題によっては有効な成果をあげるために協同して研究を推進した。

### ◆ アメリカンフットボール

数理的な観点からの有効戦術の創案（巳波）

ビデオ蓄積検索統合システム FITERS の開発（早藤、中條）

競技データのマイニングとフォーメーションエディタの開発（岡田、武田）

### ◆ テニス

テニスプレイにおける画像解析（北橋）

以下、研究の経過と得られた成果について、項目毎にその概略を述べる。

## 2. アメリカンフットボールにおける有効戦術の創案

アメリカンフットボールやサッカーに代表される、複数のプレイヤーからなるチームの対戦においては、各プレイヤーの各時刻における位置および移動の方向ベクトルを決めることが、戦略立案における重要な要因となる。一般的には、オンライン最適化問題として捉えることができると考えられるが、制約条件や目的関数が明確ではないために、定式化は非常に困難である。

しかし、これを主要な制約条件や目的関数に絞ることによって、取り扱える可能性がある。例えば、各プレイヤーの勢力範囲というものを、他のプレイヤーより早く到達できるような位置の集合を考えることにより、ボロノイ領域として扱うことができる。全プレイヤーの位置が決まれば、各選手の勢力範囲をボロノイ領域として求めることができる。さらにプレイヤーの移動は、ボロノイ領域の動的変化と

して捉えることができる。有効な戦略とは、チームのプレイヤーの勢力範囲を常に大きく維持し続けることと考えることもできるため、相手チームの動きに応じて、チームの選手のボロノイ領域の和集合ができるだけ大きくなるようにプレイヤーを動かすという最適化問題として考えることが可能である。このように最適化された解が求まるならば、ビデオから得られた相手チームの動きに対する統計的な解析から、自チームの最適な動きを導くことができ、新しい作戦の立案につながる可能性がある。本年は、この考え方をアメリカンフットボールへ適用することの有効性について検討した。未だ具体的な成果は得られていないものの、興味ある数学的課題に発展できる可能性があり、今後も研究を続ける予定である。

### 3. ビデオ蓄積検索統合システム FITERS の開発

#### [研究の背景と目的]

本研究は、アメリカンフットボールを題材にして、コンピュータを利用したゲーム解析を核にして、すなわち、ゲームにおける技術解析、戦術解析、戦略解析を行い、将来の戦術と戦略の立案に寄与することを目的にしている。

一般のスポーツ解析システムは米国で、幾社の企業より販売されている。これらは複数のスポーツを解析対象にしており、アメリカンフットボールの解析に特化されていない。これらのシステムを学生が使うには、操作が複雑であり問題が多い。一方、日本製のアメリカンフットボール解析システムは現在販売されていない。従って、我々はプロジェクト発足の初年度である今年度は、アメリカンフットボールのゲーム解析に特化したアメリカンフットボール解析システム（以後、FITERS (Football Integrated Technology for Evaluation & Research System) と呼ぶ）の開発に研究目標を置いた。

#### [アメリカンフットボール解析システムの機能の概要]

FITERS は、5 種類の機能を持つ処理部で構成されている。5 種類の処理部は、①ユーザがゲームデータをシステムに入力する機能を持つ入力インターフェース部、②分析対象のゲーム名とチーム名および分析条件を選択するだけで、それらに対応した 20 種類以上のオフENSE及びディフェンスの傾向データを定型的な統計データとして出力する定型傾向分析部、③オフENSE及びディフェンスの任意で自由な形式の統計データを出力する自由傾向分析部、④ゲームデータ入力のためのメタデータの変更やデータベースの自動更新を行うためのメンテナンス部、⑤自由傾向分析部で検索し抽出されたプレイデータに対応する動画の再生表示を行うための動画再生表示部などである。FITERS の機能構成の概略を図 1 に示す。

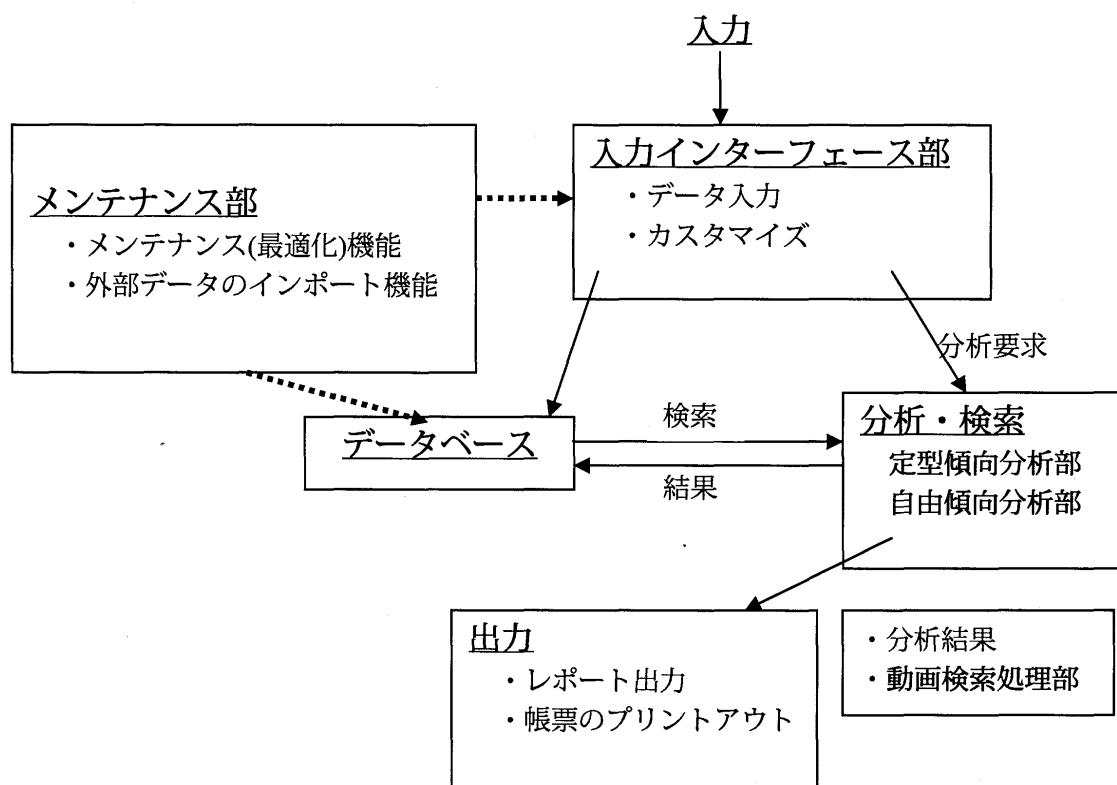


図 1 FITERS の機能構成の概略図

#### [開発経過と結果]

アメリカンフットボール解析システム FITERS は、ゲームプレーの定型傾向分析結果と自由傾向分析結果を出力し、それらに関連した動画検索を行い、表示する機能を提供する。システムは現在稼動している。一例として、ユーザが定型傾向分析の結果の出力を要求した場合の操作とその出力画面の説明をする。

まず、メインメニューにある「DATA ENTRY & ANALYZE」ボタンをクリックするとサブメニュー「GAME SELECT」画面が表示される。この画面内において分析したい1つの試合を選択して「REPORT」ボタンをクリックすると次のサブメニュー「REPORT MENU」画面が表示される。

「REPORT MENU」画面の上段には選択された試合の「試合 ID」、「GAME KIND」、「DATA」、「TEAM NAME」、「TEAM SCORE」といった情報が表示されている。その下に、「Select Team」のコンボボックスがあるので、傾向分析をするチームを選択して以下のボタンをクリックすることにより定型傾向分析結果をレポート出力することができる。

「REPORT MENU」画面には、「GAME」、「OFFENCE」、「DEFENSE」、「KICKING」の4種類の大項目の分析のメニューが表示される。「GAME」は「INFORMATION」と「SCORE」を、「OFFENCE」は「OFF PLAY TENDENCY Summary」、「OFF PLAY TENDENCY Details」、「SITUATION TENDENCY」、「QB RESULT」、「RUN PLAY TENDENCY」、「RUN HOLE TENDENCY」、「RUN CARRIER TENDENCY」、「PASS PLAY TENDENCY」、「PASS TARGET TENDENCY」を、「DEFENSE」は「DEFENSE DATA LIST」、「DEF PLAY TENDENCY Summary」、「DEF PLAY TENDENCY Details」、「DL DTUNT TENDENCY Summary」、「DL DTUNT TENDENCY Details」、「LB BLITZ TENDENCY Summary」、「LB BLITZ TENDENCY Details」、「DB COVERAGE TENDENCY Summary」、「DB COVERAGE TENDENCY Details」、「DEF PERSONALTENDENCY」を、「KICKING」は「KICKING DATA LIST」など23種の定型傾向分析結果の

出力が可能である。

例として、指定されたチームの「Run Play Tendency」の分析結果を要求するとしよう。「REPORT MENU」画面の「OFFENCE」の中から「Run Play Tendency」を選び、クリックすると「Run Play Tendency」の分析結果が表示される。最上段の左端にレポート名を表示し、その下に解析のために指定されたチーム名が表示される。その下の欄には「GAME ID (試合のID)」、「GAME KIND (試合の種類、リーグ名)」、「DATA (試合日)」、「TEAM NAME (チーム名)」、「TEAM SCORE (チームの最終スコア)」が表示される。

その下に定型傾向分析結果が表示される。その項目として、「Play-Name」、「Times」、「Gained-Yard」、「Ave」といった項目の詳細が表示される。検索の結果が一覧表として表示される。例えば、「Blast(R)」というプレイが試合中に7回行われて、22ヤード獲得したことや1プレイあたりの平均獲得ヤードは3.1ヤードであることが示される。また、「RollOption(L)」は2回のプレイで、51ヤード獲得したことが示される。

これらのデータに対応したプレイを、動画検索処理部の機能を使って瞬時に表示することも可能である。本システムはほぼ完成したといえるが、現在、実戦における実用化の検討を大学のチームにお願いしている段階である。

#### [今後の課題]

本システムの実用化においては、致命的ではないが、2つの大きな課題が残されている。一つはデータ入力の煩雑さである。データベースにプレイデータを直接入力する方法に比較して、本システムの入力フォーム形式はデータ入力時間の短縮と効率化の点で改善は大いにあった。しかしこの入力フォーム形式はテキスト形式の入力という点においては、データベーステーブルに直接キーボードから入力する作業と大きな変化はない。プルダウンの選択メニュー等による入力で多少の効率化は図れたものの、アメリカンフットボールの一試合150余のプレイのデータ入力の作業を考慮すると、テキスト形式の入力はユーザにとって適しているものとは言えない。開発に当たっては、アイコンによる入力及び、マークシートを使った入力という方法も考慮したが、FITERSの開発に用いたAccessがそのようなデータ入力方法に適していないために、止む無くテキスト形式の入力方法を選択したのだが、将来の展望として、それらの入力方法や音声入力なども考慮しなければならない。第2の課題は、セキュリティーに関するものである。本システムが他大学に渡ること万一の事態に備えて、セキュリティーシステムを内蔵しておく必要がある。学内の方々には自由に使っていただき、学外の人たちには使えないようなシステムを考案中である。その他にも小さな問題が数多くある。今年度内にそのような問題を解決する予定である。

## 4. 競技データのマイニングとフォーメーションエディタの開発

アメリカンフットボールは、高度な作戦と駆け引きが伴う競技であり、もしも相手チームの作戦に何らかの癖を発見することができれば、試合結果に大きな影響を与えることができる。そのため、前節で述べたテキストデータを元にマイニングを行うこととした。しかし、本来マイニングでよい結果が得られるか否かは、利用できるデータに決定的に依存するものである。相手チームも癖が出ないように、作戦を立てることは当然であり、通常の利用できるデータからは、それほどすばらしい結果が得られることは期待できない。従って、ビデオデータから容易に各種の戦術データを取得できるようにするためのフォーメーションエディタの開発も並行して推進した。現在、双方の作業ともに未だ予備的な試行段階であるに過ぎないが、以下これらの成果について述べる。

#### [フォーメーションエディタの開発]

Squeak言語を用いて開発したエディタプロトタイプ画面を図2に示す。利用者はこのエディタを利用して、ビデオを見ながら、(1)フィールド上でのプレイ位置を画面上でクリックして入力、(2)相手オフェンスチームのフォーメーションとプレイをプルダウンメニューから指定、(3)上記操作を繰り返すことによりデータを蓄積し、その結果を表形式データとして最終的に出力、することができる。

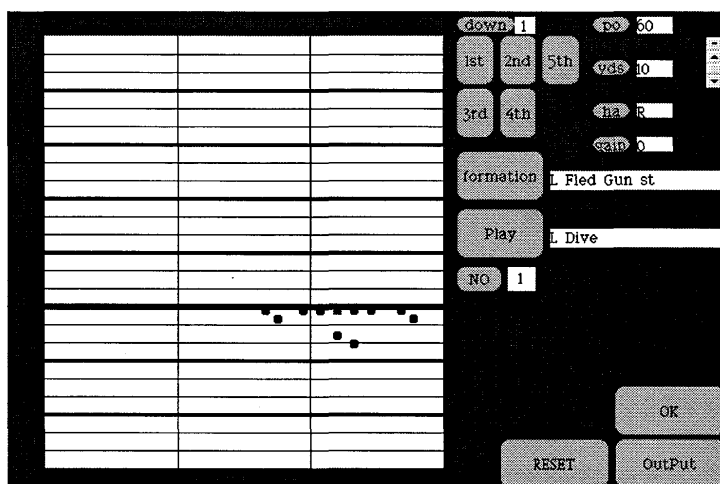


図2. フォーメーションエディタの実行画面

現段階のエディタは、未だ入力項目が限られており、また操作性も十分でないため、実用段階には達していないが、今後試用結果を開発に取り込むことにより、マイニング用に豊富なデータを出力可能とすべく、開発を続行したいと考えている。

#### [戦術のマイニング]

すでに手作業で蓄積されている表形式データを元に、チームXの採用するプレイにどのような特徴があるか決定木を用いて解析することを試みた。しかし、データの件数が少ないため、実際に目的変数値として利用可能であったのは、QBが何歩下がってパスをするかのプレイだけに限られた。このパスプレイの範囲に限っては、チームXがチームYと対戦するときの要因と、Y以外の他チームの対戦する要因は全く異なっていることが判明した。従って、チームXの作戦解析には、他チーム結果を参考にできないこととなる。

現在の解析は未だ予備的なものであるため、今後各種の方法を用いて、解析を遂行し、何らかの有用な結果を発掘できればと、考えている。

## 5. テニスプレイヤーの動作認識に基づく3次元モデル化

スポーツを含め、各種の作業の熟達者は、その分野に求められる動作を、もっとも効果的な形で実現できることは衆知である。これを参考にして、本項目では画像処理が比較的容易と考えられるテニスを取り上げて、その国際的マッチでのプレイヤーをこの道の熟達者と見なし、状況に応じたフォームにも共通性があると考えた。そこでテニスのTV映像から、プレイヤーのコート上での動作と位置を画像処理によって求め、その概形から準備した典型的動作を推察してその3次元動作モデルで置き換えることにより、TV映像の3次元化を目指した。

開発環境としては、Visual Studio 2005 Professional とともに、OpenCV に備わる各種ソフトを利用して、下記のプレイヤー動作に関わる各種パラメータの抽出を行った。

- ◆ 画像中のプレイヤー： 無人のコートの画像を用いて背景を消去した。そのプレイヤーの像は図3のように雑音を含むため、典型的な手法で雑音除去して図4を得る。
- ◆ 人体の各部分： 色と明度情報により腹部、腰部を抽出した。頭部の面積が小さいため、他の部分のノイズとの切り分けが困難で、倍率、回転、反転、テンプレート画像を遺伝子とした遺伝的アルゴリズムにより抽出した。手足の動きが激しいため、初期位置を与え、Optical Flow を用いて、

その後の位置を追跡し、適当に位置を構成している。

- ◆ 動作：頭部、腹部、腰部を結ぶ線分の傾きと重心の移動速度で動作を表現した。このように抽出した動作の一例を図5に示す。
- ◆ 位置：コート上の白線との相対位置を求め、遠近法による歪みを加味して算出した。



図3. 背景除去



図4. ノイズ除去

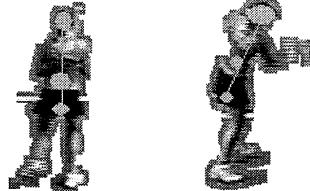


図5. 姿勢の変化による動作表現

原画像の解像度がプレイヤーの正確なパラメータ抽出には不十分であった。このため当初の目的であった3次元モデルによる置き換えまでは到達できなかった。スポーツ映像を処理するには、その目的に適した映像の必要性が判明し、今後の研究に対し大きな教訓を得た。

## 6. 終わりに

初年度の研究開発を終了した段階では、「ビデオ蓄積検索統合システム FITERS の開発」がもっとも実用的なレベルに近づいている。このシステムを実際に利用することにより、コーチ、選手の解析作業を効率化することができるのは確実であり、今後は実用システムの展開に向けて、開発作業を加速する予定である。また、その他の課題についても、2年度以降の作業を継続することにより、学問的にも実用的にも優れたシステムへと発展させることが可能と考えている。

### [謝辞]

本研究特にアメリカンフットボールに関連する部分を遂行するにあたり、関西学院大学アメリカンフットボール部の小野宏氏と石割淳氏の総括的なご協力を得ることができた。また、アメリカンフットボールの思想やプレイの理解においては、水嶋琳貴氏のご教示を頂いた。ここに記して感謝する次第である。