

## 画像解析によるスカウティング用プログラム開発の試み

—バレーボールのサーブレシーブの分析—

橋原 孝博\*, 濱 景子\*\*

## A development study on scouting program by use of cinematography

—an analysis of serve reception of volleyball—

Yoshihiro HASHIHARA\*, Keiko HAMA \*\*

This study was designed to prepare the scouting program by use of the cinematography, and to analyze the skill of serve reception during the volleyball games. The cinematographic image taken by the video camera during the game was reflected on the screen of notebook computer. After digitizing the middle point of player's feet, the position of serve receiving formation and the location passed actually were calculated by Two-dimensional Direct Linear Transformation Method. The performance of serve reception was evaluated into three grades, where a pass that can be set into combination play was +1, a pass that can be set to either end spiker was 0, an ace or pass that can't play attacking was -1. The analyzed data was expressed graphically on the screen so that the coach could supplement important strategy in brief time-out period. The scouting program has been tested and validated as video tape recorded the match was played back.

**Key words** : scouting, programming, volleyball, serve reception

本研究の目的は、バレーボールのサーブレシーブに着目し、画像解析によるスカウティング分析プログラムを開発することであった。ビデオカメラとノート型パソコンをアルファデータ社製ビデオキャプチャー・アダプターで接続し、競技場面の映像をパソコンのスクリーン上に取り込んで分析した。バレーボールコート四隅を較正点として使用し、DLT係数を算出した後、競技場面の静止画像をもとに、レシーブ隊形やレシーブ位置を算出して図示した。そして選手別、ローテーション別にレシーブ回数やレシーブ成績を統計処理して表示した。作成したプログラムは、試合を撮影した録画テープを再生しながらテストした。

**Key words** : 偵察, プログラミング, バレーボール, サーブレシーブ

## 緒 言

スカウティングは、スポーツ競技において「偵察活動」を表す用語である。バレーボールでは、山田は、1976年モントリオールオリンピックにおいて、対戦相手のデータを詳細に分析した。対ソ連チームのためのデータは大学ノート12冊にも及んだという。その情報から、男子選手を用いて対戦相手と類似したプレーをする仮想ソ連チームを作り、対応練習をして、日本チームを優勝に導いたことが知られている(朽堀, 2000)<sup>9)</sup>。このように、事前に相手チームの特徴をつかむことは、次回対戦に備えた自チームの対策を立てる上で極めて有益である。

UCLA男子チームの監督であるAllen E. Scates (1988)<sup>10)</sup>は、試合中3人のスコアラーを使用して記録をとった。スコアラーはセットごとに違った色のペンを使い、両チーム

のローテーションチャート、アタックチャート、自チームのサーブレシーブやブロックチャートを記録した。そしてこれらのスカウティング情報をもとにゲーム展開をする戦法により全米大学選手権において圧倒的な優勝回数を誇った。

その後分析装置の発達に伴い、パソコンを導入したスカウティング活動が行なわれるようになった。横田ら(1985)<sup>11)</sup>、吉田ら(1991)<sup>12)</sup>、勝本ら(1994<sup>a)</sup>、1998<sup>b)</sup>、工藤(1997)<sup>13)</sup>は、自作のスカウティングプログラムを考案した。そして実用化するためには、分析結果のプリントアウトが時間を要するので、結果の提示方法を改善してリアルタイム処理を可能にすること、また入力項目を精選してスコアラーの負担を軽減することなどの問題点を指摘している。学術雑誌に掲載されている研究報告ではないが、現在、イタリアで開発されたData Volleyballというスカウティングプログラムが市販されており、ナショナルチームから国内の実業団チームに至るまで数多くのチームがこのプログラムを使用している。完成度の高いプログラムであるが、技能評価をブラインドタッチでキーボード操作しながらデ

\*広島大学総合科学部

\*\*徳島県立城東高等学校

ータ入力しなければならないのでスコアラーのトレーニングが必要であること、位置情報は視覚による主観的判断により入力されているのでデータ精度が低いことなどの問題がある。

## 研究目的

岡野 (1960)<sup>6)</sup>は、国内の主要バレーボール大会において10年間にわたりサーブがゲームの勝敗に及ぼす影響を調査したところ、サーブポイントが多いチームの勝者は87%近い高率を示したと報告している。一方、林ら (1982)<sup>7)</sup>は、バレーボール競技における勝敗は、サーブレシーブの巧拙が重要な要因であり、コンビ攻撃を行う際は味方セッターに好条件のサーブレシーブボールを返球することから始まると述べている。すなわち、サーブでどれだけ相手のサーブレシーブを崩すことができるか、またどれだけサーブレシーブの成功率を高めて攻撃に結びつけることができるかが勝敗を左右する重要な要素であると言える。

そこで本研究では、サーブレシーブに着目し、リアルタイムでスカウティング分析できるプログラムを開発する。その際、画像解析を用いて正確なデータ収集や視覚的に分かりやすくグラフィック化して結果表示することを試みる。

## 研究方法

### 1. 分析対象

1) 2001年6月3日広島県立総合体育館で開催されたWorld League男子大会における日本対キューバ戦、2) 2001年12月6日東京体育館で開催された全日本バレーボール大学女子選手権大会トーナメント4回戦におけるH大学対O大学の試合、3) 2002年5月27日岡山市総合文化体育館で開催された中国四国学生バレーボール選手権大会決勝戦におけるH大学対E大学の試合を分析対象とした。

### 2. 撮影

コート後方の2階観覧席にビデオカメラを設置して、試合全体の撮影を行った。設置場所は、相手コートエンドライン後方から得られる画像が最もスカウティングしやすい。しかし相手コートさえ撮影されておれば、どの方向から撮影された映像でも定量分析は可能である。

### 3. 画像の取り込み

デジタルビデオカメラ SONY 社製 DCR-TRV 30 とノート型パソコン SONY 社製 PCG-R505GK をアルファデータ社製ビデオキャプチャー・アダプター AD-VDO 301 で接続した。Windows にビデオキャプチャーの ActiveX コントロールを登録し、Visual Basic ツールボックスに追加して、スカウティングプログラムのメインフォームにビデオキャプチャーの ActiveX コントロールを配置した。画像取り込みは、Visual Basic により Windows API 関数を使

用して処理をした。動画の取り込みスピードは毎秒30フレーム、画像サイズは320×240 pixel であった。取り込んだ競技中のカメラ画像を640×480 pixel の画像サイズに拡大してノート型パソコンのスクリーン部分に表示した。

### 4. 画像解析

Walton (1979)<sup>8)</sup>の2次元DLT理論を採用してサーブレシーブなどの位置を算出した。Visual Basic コマンドボタンをクリックした瞬間の静止画像をクリップボードに記録し、呼び出した画像のサイズを640×480 pixel に拡大してスクリーン部分に貼付け、座標検出した。座標検出はpixelより読み取り間隔が小さいtwip単位に変換して作業した。

バレーボールコート四隅を較正点として使用し、実測値XY(既知)と座標検出したコート四隅の2次元座標UVを式(1)(2)に代入してデータ行列を整えた。ここで式(1)(2)の添字は較正点の番号を示している。データ行列に転置行列を乗じ、最小二乗法を使用して正規方程式を求めた。そしてこの連立方程式を掃き出し法により解いてAからLまで8個のDLT係数を算出した。このようにして求めたDLT係数は、カメラの位置を動かさない限り、ゲームを通じて同一の値を使用した。

$$AX_1 + BY_1 + D - EX_1U_1 - FY_1U_1 = U_1 \dots\dots\dots (1)$$

$$HX_1 + JY_1 + L - EX_1V_1 - FY_1V_1 = V_1 \dots\dots\dots (2)$$

競技場面の静止画像を座標検出、例えばサーブレシーブした瞬間の選手の両足の midpoint を座標検出することにより得られた位置の2次元座標UVと既に算出しているAからLまで8個のDLT係数を式(3)(4)に代入してデータ行列を整えた。DLT係数算出の場合と同様に、データ行列に転置行列を乗じて最小二乗法の正規方程式を求め、これを掃き出し法により解いてサーブレシーブ位置などの競技場面の位置XYを算出した。

$$(A - EU) X + (B - FU) Y = U - D \dots\dots\dots (3)$$

$$(H - EV) X + (J - FV) Y = V - L \dots\dots\dots (4)$$

### 5. プログラム操作

図1はノート型パソコンのスクリーン部分に映し出されたスカウティングプログラム起動画面を示したものである。競技場面の映像をスクリーン部分に取り込んで分析する。以後、分析手順に沿ってプログラムの操作方法を説明する。

図2はチーム登録画面を示したものである。図中赤の線および矢印で示した欄に登録データを入力する。キーボードを用いて、分析するチーム名、登録選手12人の背番号を入力する。味方サーバー6人は、RB, RF, CF, LF, LB, CBのサーブ順に入力する。そしてマウスを用いて、サーブ権の先・後を選択する。

図3はDLT係数算出画面を示したものである。Snapボタンをクリックしてバレーボールコート上の静止画像をスクリーン部分に表示する。コート四隅を較正点に用いる。●1レフトサイドラインとセンターラインの交点、●2ライトサイドラインとセンターラインの交点、●3ライトサイドラインとエンドラインの交点、●4レフトサイドラインとエンドラインの交点を順番に、マウスを用いて座標検出する。バックの両コーナーが撮影できなくて画面に映らない時は、この代わりに、アタックラインと両サイドラインの交点を較正点に使用する。DLT分析ボタンをクリックするとDLT係数が算出される。

図4はサーブレシーブ隊形の画像取り込み・呼び出し画面を示したものである。ローテーション番号の1~6を選択してボタンをクリックする。そしてサーブレシーブ隊形

が整った瞬間に画像取込ボタンをクリックすることにより、その瞬間の画像が保存される。画像を呼び出すときには、呼び出したいローテーションボタンをクリックした後、画像呼出ボタンをクリックすることにより、静止画像がスクリーン上に表示される。

図5は画像呼び出しをしたサーブレシーブ隊形の画面を示したものである。レシーブ隊形分析は、隊形が整ってからサーブが打たれるまでに数秒間しかなく、その間に分析することが困難なため、相手チームがサーブをして攻防が続いている時、セット間などを利用して行う。

マウスをクリックすることにより、①各レシーバーの両足の midpoint の位置を座標検出する。図中1~6の数値は6人の選手を順に座標検出したことを示している。②座標検出した順に選手登録表から背番号を選択し、③分析実行ボタ

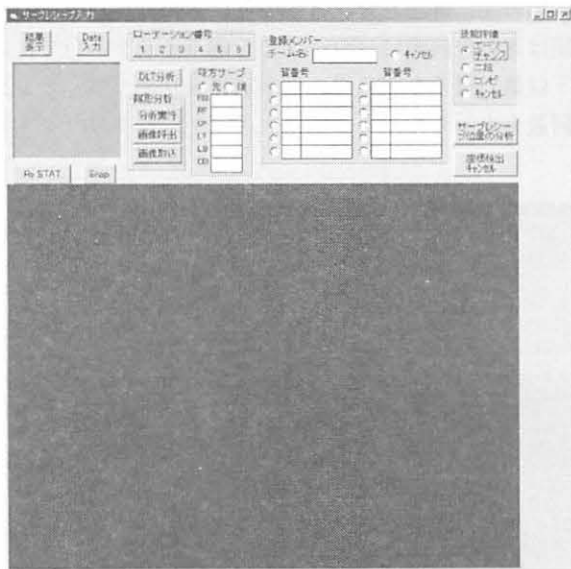


図1 スカウティングプログラム起動画面

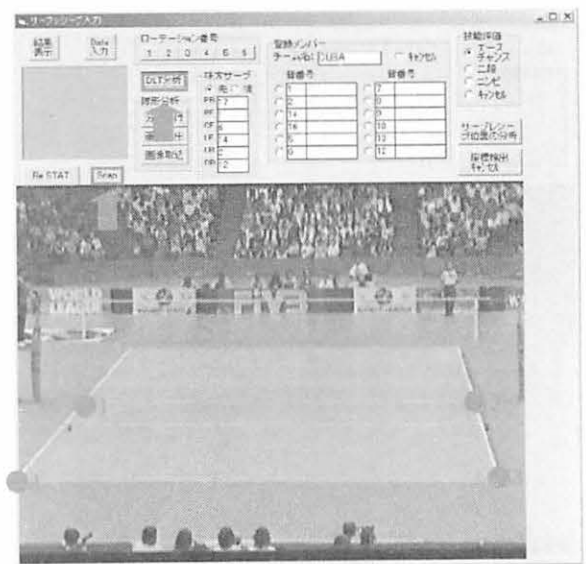


図3 DLT係数算出

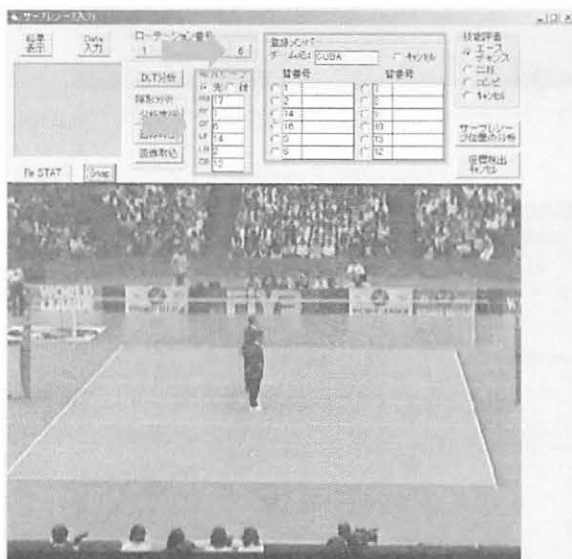


図2 チーム登録

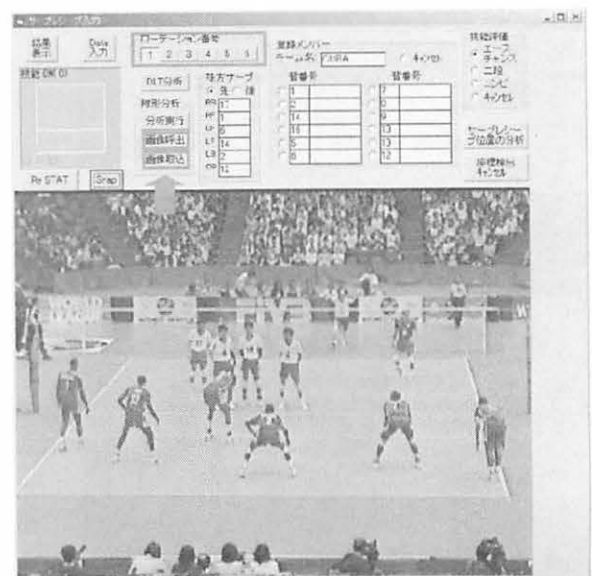


図4 サーブレシーブ隊形の画像取り込み・呼び出し

ンをクリックすることにより、検出した2次元座標と既に算出しているDLT係数から、回帰分析により、サーブレシーブ隊形位置を算出する。このようにして求めたサーブレシーブ隊形のデータは、各レシーバーの算出位置に背番号を描画し、ローテーションごとにスクリーン左上に図示する。各サーブレシーブ隊形に対応する味方サーバーの名前も併記して示す。

図6はサーブレシーブ位置の分析画面を示したものである。ローテーション番号の1~6を選択してボタンをクリックする。①サーブレシーブした瞬間にSnapボタンをクリックし、静止画像をスクリーン上に表示する。②マウスをクリックすることにより、レシーバーの両足の midpoint の位置を座標検出する。③選手登録表よりレシーバーの背番号を選択する。④サーブレシーブ技能評価を選択する。⑤サ

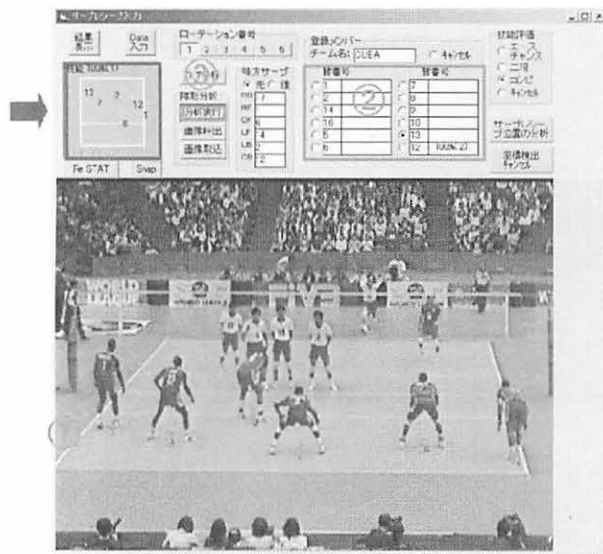


図5 サーブレシーブ隊形分析



図6 サーブレシーブ位置の分析

ーブレシーブ位置の分析ボタンをクリックすることにより、検出した2次元座標と既に算出しているDLT係数から、回帰分析により、サーブレシーブ位置を算出する。

図7はローテーション別および選手別のサーブレシーブ結果を表示したものである。サーブレシーブ位置は、ローテーションごとにスクリーン左上のコート図に丸印で図示する。丸印は、技能評価がエース、チャンスの時には赤色で、二段、コンビの時にはシアン色で図示する。サーブレシーブ技能は、コンビ攻撃が出来るサーブレシーブが+1点、アウトサイドのアタッカーへオープントスしか上げられないレシーブが0点、アタックできず相手にチャンスボールを返球したり、あるいはサービスエースをとられたレシーブが-1点の三段階評価をした。そして評価点の合計をレシーブ回数で除し、サーブレシーブ成功率(%)を求めた。ローテーションごとに求めた成功率は、サーブレシーブ隊形の図に併記した。選手ごとに求めたサーブレシーブ成績は選手登録表にレシーブした選手をシアン色で、成績最下位値の選手を黄色で、選手別に成功率(%)とレシーブ回数を表示した。なお結果表示ボタンをクリックする



図7 ローテーション別および選手別のサーブレシーブ結果表示



図8 全ローテーションの結果表示

と、全ローテーションの結果をスクリーン上に表示することができる。

図8は全ローテーションの結果を表示したものである。作戦タイム時やセット間にこの画面を表示して選手への指導に利用する。6つのコート図には、ローテーション別に1) レシーブ隊形, 2) レシーブ位置, 3) レシーブ成功率(%), 4) レシーブ回数, 5) サーバー名が表示される。スクリーン右側の選手登録表には、選手別の1) レシーブ成功率(%), 2) レシーブ回数が表示される。入力画面ボタンをクリックすることで入力画面に戻る。

保存ボタンをクリックすると、1) チーム名, 2) 選手背番号, 3) 味方サーバー, 4) ローテーション別のレシーブ回数, 5) ローテーション別の技能値合計, 6) ローテーション別のレシーブ成功率(%), 7) 選手別のレシーブ回数, 8) 選手別のレシーブ技能値合計, 9) 選手別のレシーブ成功率(%), 10) 全ローテーションのレシーブ隊形位置, 11) ローテーション別の全レシーブ位置とレシーブ技能値が保存され、プログラムを終了する。

図9は保存したデータの呼び出し画面を示したものである。以前分析したデータを読み出す時は、チーム名を入力した後、Data 入力ボタンをクリックする。保存されていたデータが入力され、選手登録表、サーバー名、スクリーン左上のコート図に表示される。これに新しく分析したデータを追加処理することもできる。

試合後や試合前のミーティング時のように時間的余裕がある場合は、同一のプログラムを使用してリアルタイム処理ではなく、この場合は録画テープを再生しながらスカウティング分析を行うこともできる。

## 結 果

本研究で開発したサーブレシーブのスカウティングプロ

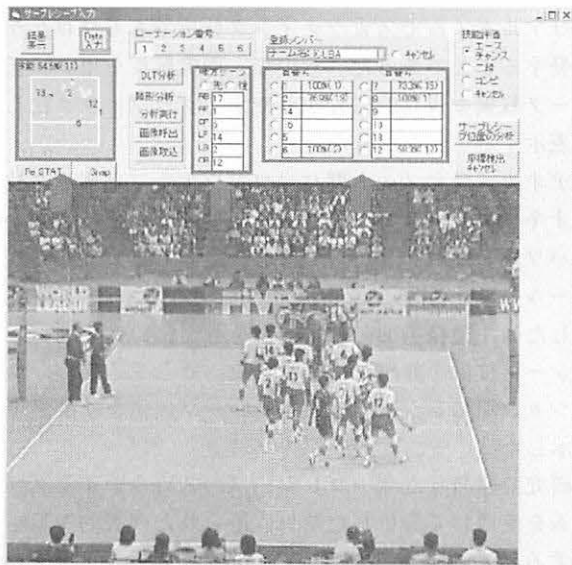


図9 保存データの呼び出し

グラムを使用して分析した結果、得られた代表的な戦略を説明すると次の通りになる。

図10は2001年 World League 男子大会におけるキューバの分析結果を示したものである。ローテーション別のレシーブ成績を見ると、ローテーション (2) は、レシーブ回数15本、レシーブ成功率33.3%であり、6つのローテーションの中で、最もレシーブが弱く相手チームにとっては得点のチャンスであると言える。一方、ローテーション (5) は、レシーブ回数13本、レシーブ成功率100%であり、ここではレシーブを1本も崩せていない。このように弱い、または強いローテーションにおいては、レシーブを崩せそうな場所やレシーブの苦手な選手を狙ってサーブを打つ、ピンチサーバーを投入するなどの対策を練る必要がある。

図11は2001年全日本バレーボール大学女子選手権大会におけるH大学の分析結果を示したものである。このローテーションは、レシーブ回数6本、レシーブ成績100%で、1本もレシーブを崩せていない。レシーブ隊形を見ると、後衛選手は背番号4と11であり、選手別レシーブ成績表より背番号4はレシーブ回数13本、成功率92.3%、背番号11はレシーブ回数6本、成功率100%と非常にレシーブの上手い選手ということがわかる。また、レシーブ隊形が全体的にレフト側に寄っているのにも関わらず、サーブをレフト側に多く打っていることがわかる。従って、まだサーブを打っていないライト側、特にライト後方の赤斜線の場合に打つなど、場所の指摘が考えられる。

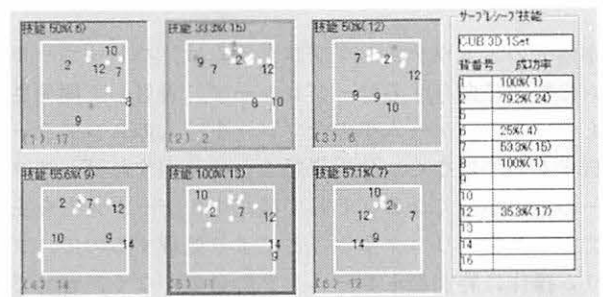


図10 弱いまたは強いローテーションの指摘

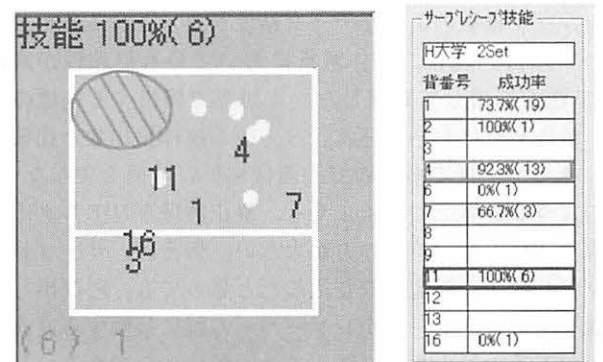


図11 場所の指摘

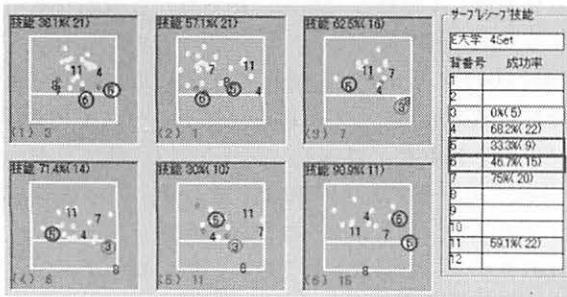


図12 サーブレシーブの弱い選手の指摘

図12は2002年中国四国学生バレーボール選手権大会におけるE大学の分析結果を示したものである。背番号3は、レシーブ回数5本、レシーブ成功率0%と最も成績の低い選手であり、サーブでこの選手を狙えば最も効果的であると考えられる。しかし、後衛では、リベロプレイヤーと交代すること、前衛では、強いサーブを打ちにくい場所にいることからサーバーが狙うには難しいと考えられる。背番号5は、レシーブ回数9本、レシーブ成功率33.3%であり、背番号3に次いで成績が低い。この選手は、全ローテーションでレシーブに参加しており、最も狙いやすい選手であると考えられる。背番号6は、レシーブ回数15本、レシーブ成功率46.7%である。背番号3と同様、後衛ではリベロプレイヤーと交代する。このようにレシーブの弱い選手の指摘が考えられる。

## 考 察

本研究のスカウティングプログラムは、バレーボールゲームの勝敗に関与するサーブレシーブに着目して開発されたものである。ゲーム中の全プレーを一人のスコアラーで分析するのではなく、分析課題ごとに分担すれば、スコアラーの負担が軽くなる。そして競技中のデータ入力を主としてマウスをクリックすることにより処理するので、プログラム操作に特別なトレーニングの必要がなく、容易である。なお、マウスの代わりにタブレットペンを使用してスクリーン上の画像をタッチしながら分析すれば、分析作業はマウスの場合よりも更に早くなる。

レシーブ位置のようなデータ精度が要求される分析項目については、現在、動作解析において最も信頼性が高いDLT法を採用して処理した。本研究で検出する座標の数は、動作解析において通常行っている座標検出数と比較して、極めて少量であるので、画像解析に時間を要しない。このような計算上の誤差よりも、静止画像をリアルタイムで取り込む人為的誤差の方が大きい。例えば、サーブレシーブした瞬間に画像を取り込んだと思っても、呼び出した画像を見ると、ボールがレシーバーの腕に接触する直前あるいは直後の静止画像であることが多いからである。しかし、インパクト前後にレシーバーはその付近にいるから、

求めた値は指導上支障をきたすものではない。なお、スカウティング状況によってはビデオカメラをパソコンに接続してデータ収集できない場合があるかもしれない。その時は、サーブレシーブ位置を目測で座標検出しながら画像解析プログラムとほぼ同様のデータ収集作業ができるプログラムが必要になろう。

本研究で得られた分析結果は、弱い、または強いローテーションの指摘、レシーバーの手薄な場所の指摘、レシーブの弱い選手の指摘など選手やコーチにとってよく判る実戦的な情報であった。スカウティング分析と結果表示をノート型パソコンのスクリーン部分において同時進行で行うので、リアルタイムの情報提示が可能である。ミーティング時のように時間の余裕がある時は、保存したデータから印刷物およびプロジェクターを使用して、丁寧なスカウティング情報のプレゼンテーションを行うこともできる。

市販のソフトは同じ測定項目を繰り返し分析する時には役立つが、オリジナルの課題の解析には適用できない。スカウティング活動が試合の勝利に不可欠な戦略の一つとなっている現在、他チームが独自に作成したスカウティングプログラムには頼らないで、自チームの戦略対策に適したスカウティングプログラムの開発およびプログラム作製に精通したアナリストの養成が急務である。チーム全体のプレーをスカウティングをするためには、本研究で提示したサーブレシーブ偵察に加えて、守備偵察や攻撃偵察のような他の分析課題のためのプログラムも整える必要がある。コーチングスタッフの戦略指導に沿ったプログラミング、そしてスカウティング実践活動を通してプログラムの改良を繰り返せば、世界に通じるチーム戦略の確立も夢ではない。

## 要 約

本研究の目的は、バレーボールのサーブレシーブに着目し、リアルタイムでスカウティング分析できるプログラムを開発することであった。その際、画像解析を用いて正確なデータ収集や視覚的に分かりやすくグラフィック化して結果表示することを試みた。

ビデオカメラとノート型パソコンをアルファデータ社製ビデオキャプチャー・アダプターで接続し、競技場面の映像をパソコンのスクリーン上に取り込んで分析した。バレーボールコート四隅を較正点として使用し、DLT係数を算出した後、競技場面の静止画像をもとに、レシーブ隊形やレシーブ位置を算出して図示した。そして選手別、ローテーション別にレシーブ回数やレシーブ成績を統計処理して表示した。

本研究で開発したサーブレシーブのスカウティングプログラムを使用して分析した結果、得られた代表的な戦略を説明すると次のようになる。1) World League 男子大会の分析から、ローテーション別のレシーブ成績が最も低い

あるいは最も高いローテーションにおいては、ピンチサーバーを投入して得点を稼ぐあるいはサーブレシーブを崩すなどの対策を練る必要があると考えられた。2) 全日本大学女子選手権大会の分析において、レシーブ隊形がレフト側に片寄って守備しているにもかかわらず、サーブをレフト側に打ってサーブレシーブを崩せない状況から、まだサーブを打っていないライト後方のレシーバーが手薄な場所に打つ必要があると考えられた。3) 中国四国学生選手権大会の分析から、選手別サーブレシーブ成績においてレシーブ成功率が悪い選手を選択し、レシーブ位置を確認してサーブで狙える選手を絞り、集中的に攻撃することが考えられた。

本研究のプログラムは、1) 全てのプレーを一人のスコアラーで分析するのではなく、分析課題ごとにスコアラーが分担するため、分析作業が容易である。2) 競技中のデータの入力を主にマウスをクリックすることによりスカウティング分析を行うため、操作が容易である。3) 競技中の映像を、DLT法の画像解析理論を採用して定量分析するため、精度の高い位置データを得る事が出来る。しかし静止画像をもとに定量分析を行うため、静止画像を正確に取り込めなかった時は、算出結果の精度が下がることもある。4) スカウティング分析と結果表示をノート型パソコンのスクリーン部分において同時進行で行うので、リアルタイムの情報提示が可能である。

スカウティング活動が試合の勝利に不可欠な戦略の一つとなっている現在、他チームが独自に作成したスカウティングプログラムには頼らないで、自チームの戦略対策に適したスカウティングプログラムを開発するべきである。

#### 参 考 文 献

- 1) 林幸夫, 川合武司, 浜野光之: バレーボールにおけるサーブレシーブと戦術に関する研究-サーブレシーブからの攻撃パターンと成功率の関係-, 日本体育学会第33回大会号抄録, 714, 1982.
- 2) 勝本真, 吉田雅行, 岡部修一: バレーボールのスカウティングシステムの開発 (3) -コンピュータシステムの改良-, 茨城大学教育学部紀要 (教育科学), 43: 85-93, 1994.
- 3) 勝本真, 吉田雅行, 岡部修一: バレーボールのスカウティングシステムの開発 (4) -リアルタイム処理に関する一考察-, 日本体育学会第49回大会号抄録, 521, 1998.
- 4) 小林龍一: 相関・回帰分析法入門, 日科技連出版社, 35-44, 1979.
- 5) 工藤健司: バレーボールのスカウティングについて-パーソナルコンピュータを用いて-, 日本体育学会第48回大会号抄録, 530, 1997.
- 6) 岡野映子: Volley Ball における Serve の正確度とその方法について, 体育学研究, 5 (1): 152, 1960.
- 7) Scates E. Allen: Winning Volleyball, 221-304, Wm. C. Brown Publishers, 1988.
- 8) 柄堀申二: 世界の指導者に学ぶ 第7回 山田重雄氏のバレーボール, Coaching & Playing Volleyball, 8: 18-19, 2000.
- 9) Walton J. S.: Close-range cine-photogrammetry: Another approach to motion analysis, Terauds J. (ed.), Science in biomechanics cinematography, 69-97, Academic Publishers, 1979.
- 10) 横田和吉, 森田茂男, 石村宇佐一: バレーボールにおけるリアルタイム処理によるスカウティングの試み-ハンディパソコンを利用した簡易分析-, 日本体育学会第36回大会号抄録, 628, 1985.
- 11) 吉田雅行, 勝本真, 岩井俊夫, 岡部修一: バレーボールのスカウティングシステムの開発 (1) -サーブレシーブからの攻撃のグラフィック化の試み-, 大阪教育大学紀要第IV部門, 39 (2): 285-293, 1991.