

スポーツセミナー「スポーツ科学とデータ解析」実践報告

新海宏成
(地域教育文化学部)

I. はじめに

私は平成 25 年度の基盤教育において、スポーツ実技「サッカー」「スキー（ビギナー）」、健康・スポーツ科学「身体運動のメカニズム」、スポーツセミナー「スポーツ科学とデータ解析」の授業を担当した。スポーツ実技は文字通り“実技”中心の授業を、健康・スポーツ科学は“講義”中心の授業をそれぞれ実施しているが、スポーツセミナーは“講義+演習”の形式をとる授業科目である。

幸いにも私は平成 25 年度の基盤教育ベストティーチャー賞という荣誉ある賞を頂戴した。その際に基盤教育院からいただいた受賞理由（一部）には下記のような記述があった。

氏の授業の特長は、スポーツ・バイオメカニズムに関する深い知識と最新の知見に基づき、また実験・測定から得られた具体的なデータを示しつつ、スポーツ現象を科学的な観点から捉えることを学生に具体的にかつわかりやすく教えることにある。

上記の下線部は、まさに“講義+演習”の形をとる「スポーツ科学とデータ解析」の授業で私が学生に伝えたい最大のテーマである。

本稿では、2 年前からスタートしたこの「スポーツ科学とデータ解析」の授業実践について報告していきたい。

II. 授業のねらい

スポーツには大きく「する」「見る」「支える」の3つの要素があると言われている。全ての学生

に、この3つのうちのどれか1つの要素だけでも関心を持って欲しいと願っているのがスポーツ教育に携わる者としての現実的な本音である。しかしながら、さらに欲を言えば、特に「する」と「見る」の2つを大学生として経験して欲しい。そうすることで、スポーツへの理解がグッと深まるからだ。

先に行われたソチオリンピックでは日本人選手の活躍が多数見られた。例えばスキー・フリースタイル女子モーグルの上村愛子選手の滑りは日本中に感動（と悔しさ）を与えるもので、記憶に新しい人も多いだろう。あの大きなコブが連なった急斜面をあのスピードで降りてくる滑りを見ると、誰もが「凄い・・・」と感心する。おそらくスキー未経験者はただ「凄い」と感じるだけがほとんどである。しかしながらスキー経験者は、急斜面を滑る怖さやコブ斜面を滑る難しさを想像できるので、上村選手の滑りに対して「何がどれくらい凄いのか」をより理解することができる（だからこそ、スキー経験者は上村選手があと一步メダルに届かなかったことがより悔しいと感じたはずだ）。多くの人が陸上競技のトップスプリンターが100mを9秒台で走る凄さがわかるのは、自分が100mを走った経験があり、自分のタイムと比較することができるからである。

このように、スポーツを「する」ことでより深くスポーツを「見る」ことができる。逆もまた然りで、スポーツをよく「見る」ことは「する」スポーツの上達に欠かせない要素の1つである。相互関係の強いこれら「する」「見る」の2つの要素を“講義+演習”のスタイルで同時に満たし、より深くスポーツへの理解を深めようとするのが

本授業科目のねらいである。

また二次的なねらいとして、パソコンの基本的操作（主に表計算ソフトの使用法）の習得と基本的な統計解析の理解も挙げられる。並行して情報処理の授業を受けているとは言え、本授業を履修する1年生にはパソコンの扱いに慣れていない者が多い。また事象を客観的に捉える1つの手段である統計解析の基本概念について理解することは、最高学府で学ぶ大学生の教養として重要な意味を持つ。文系・理系問わず1年生のうちにこれら2つについて学習することは、1年生後期以降の学びに有益となることが期待できる。

Ⅲ. 授業の概要

本授業科目は、基盤教育共通科目の健康・スポーツ領域に属しており、スポーツセミナーは講義を含む授業形態であることから修得単位数は「2」となっている。

基本的な授業の流れは下記の通りである。

1. 運動・スポーツに関する実験や測定を実施し、学生が自分自身のデータを取得する（演習）。
2. 数値データをパソコンで分析・集計する（演習）。
3. 取得したデータに関するスポーツ科学のトピックスを解説し、それを踏まえて学生が自身のパフォーマンスを評価する（講義）。
4. まとめのレポートを作成する。

1つのトピックに対して上記1～4を1つのサイクルとし、これを複数回繰り返していく。

ここで大切なことは、「自分自身」のデータを取得し、分析する点にある。学生にとっては自分自身のデータが最も興味深いものである。そして、自分のデータを知ってこそ書籍に掲載されているデータや雲の上の存在である一流アスリートのデータに興味を持つことができる。

私の専門は人間のスポーツ動作のメカニズムを力学的観点から解明する「スポーツバイオメカニクス」である。本授業では、この「スポーツバイ

オメカニクス」およびその隣接分野である「運動生理学」に関するトピックスの中で、特に学生が興味を持ってくれそうなものをピックアップしている。平成25年度に扱ったトピックスは以下の5つであった。

- ・筋肉の特性と力発揮 —各種ジャンプと握力の分析—
- ・筋肉と神経 —刺激に対する反応時間の測定—
- ・スポーツと身体重心
- ・スポーツ動作の分析 —投・打・蹴—
- ・「科学」を考える（科学哲学）

紙面の関係上、上記の全てを詳細に報告することはできないので、主なものについてのみ以下に紹介していきたい。

Ⅳ. 各トピックスの内容紹介

a. 筋肉の特性と力発揮 —各種ジャンプと握力の分析—

ここでは、主に以下に挙げる筋肉の基本的特性について学ぶ。

- a1 骨格筋は関節をまたいでその両側の骨に付着している。
- a2 筋肉は弾性体であり、伸ばされることで縮もうとするエネルギーを蓄えることができる。
- a3 筋肉には速筋線維と遅筋線維があり、それらの割合は遺伝的要因によってほぼ決定される。
- a4 単位断面積当たりの筋力に年齢差や性差はなく、筋肉が大きいほど発揮できる筋力は大きくなる。

a1 についてはまず、図1のような骨が描かれたプリントを配布し、学生に肘を屈曲する筋肉（上腕二頭筋）と肘を伸展する筋肉（上腕三頭筋）を描かせる。私はこの課題を本授業に限らず他の授業でも半期の初めの方で実施するのだが、

平均すると学生の正答率は5割程度である。要は、肘関節をまたいで上腕骨と前腕骨に筋肉が付着するように書ければ正解であるのだが（こう書かないと筋肉の収縮によって骨が動かない）、身体（関節）を動かすということがあまりにも当たり前すぎて、そのメカニズムなど考えたこともないという学生が多いようである。＜図1挿入＞

なぜ人間の身体(関節)は動くのか？

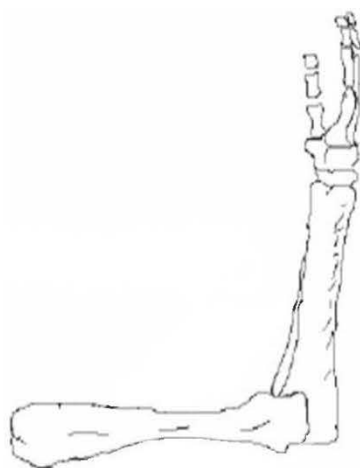


図1. 筋肉の付着について考えるプリント

a2 については、体育館でデータ取得のための測定を実施する。学生はデジタル垂直跳び測定器（JUMP-MD、竹井機器工業製）を腰に装着した状態で図2、3、4の3種類の垂直跳びを行い、それぞれのジャンプ高を記録する。3種類のジャンプとは、①両手を腰に当て膝・股関節90度の姿勢から飛び上がるだけの「スクワットジャンプ（SJ）」（図2）、②両手を腰に当て沈み込みの反動動作から飛び上がる「カウンタームーブメントジャンプ（CMJ）」（図3）、③両手の動きをフリーにし、下肢の反動動作や上肢の振り込み動作も利用可能な「カウンタームーブメントジャンプ with アーム（CMJA）」（図4）である。①は純粋な脚伸展のみによるジャンプ、②は沈み込み動作によって大腿部前面に付着する大腿四頭筋を一度伸ばし、弾性エネルギーを蓄えた状態で一気に収縮させるジャンプ、そして③は②のジャンプに上半身の効果的な動きを加えたジャンプ

である。ジャンプ高は一般的に①→②→③の順に高くなる。①は脚の伸展筋力の高さを、②は筋の弾性特性を上手く利用できているかを、③は全身の協調性が上手くとれているかをそれぞれ表している。＜図234挿入＞

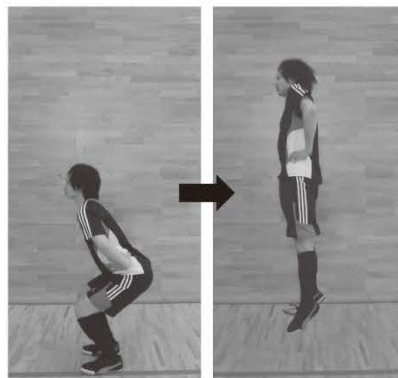


図2. SJ

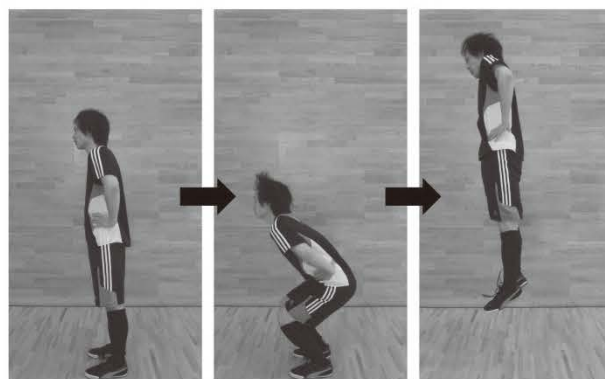


図3. CMJ

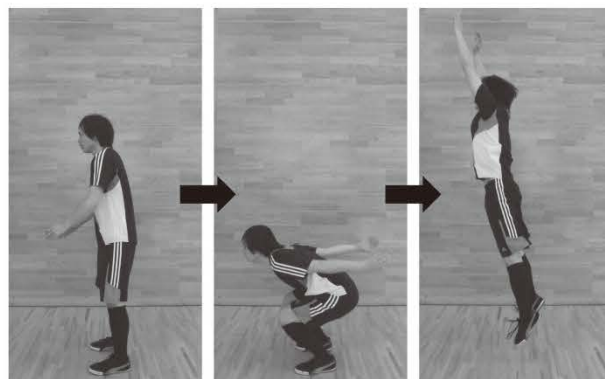


図4. CMJA

学生は個人内の条件間比較と個人間の比較から

筋肉の特性を学ぶと同時に、自分の運動パフォーマンスも客観的に知ることができる。図5はある学生がレポートで作成した棒グラフである。個人内の条件間比較と、男子学生の平均値と自身のデータの比較がわかりやすくまとめられている。＜図5挿入＞

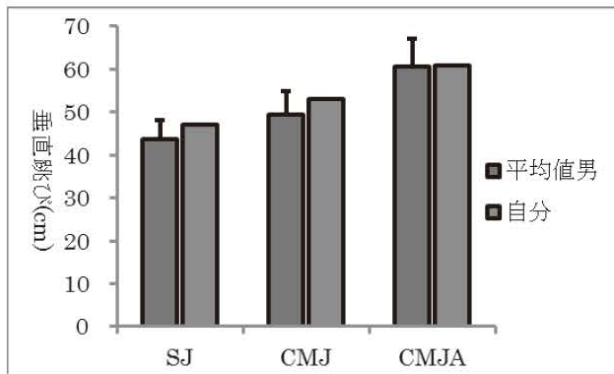


図5. 学生が作成した各種ジャンプの比較棒グラフ

a4 についても測定を実施する。デジタル握力計 (GRIP-D、竹井機器工業製) で各学生の握力を測定し、同時にメジャーで前腕の周径囲 (最も太い部分) を測定する。これら2つのデータを縦軸と横軸にとった散布図から、筋肉が大きい程 (前腕が太いほど) 握力が大きくなる傾向にあることを学ぶ。図6はある学生が作成した散布図である。＜図6挿入＞

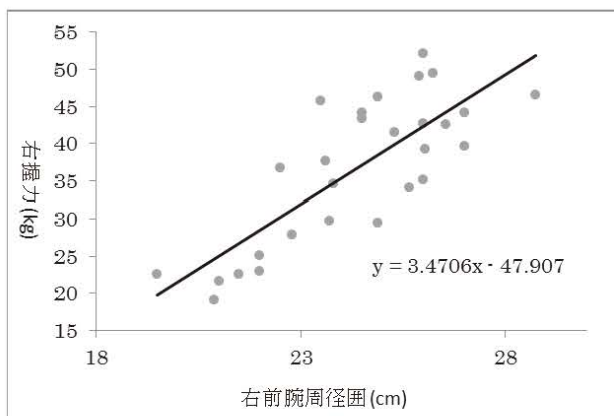


図6. 学生が作成した前腕周径囲と握力の関係を示す散布図

図から読み取れるように、前腕周径囲の値が同

じでも個々の握力には差がある。これは前腕の周径囲には、筋肉の他に脂肪、骨、皮膚の全てが含まれているためと考えられるが、学生にはこの理由についても考えてみるように指示を出す。

またグラフの作成だけでなく、これらのデータを利用して統計解析の基礎についても学ぶ。標準偏差の意味や、相関、t 検定の解説が主なものであり、ここで修得した統計解析は後のトピックスの分析でも使用する。

b. スポーツと身体重心

ここでは、主に以下の点について学ぶ。

- b1 人間の身体重心位置の求め方。
- b2 静止姿勢の時、身体重心は基底面上に存在する。
- b3 空中での身体重心は放物運動となる。
- b4 空中での身体重心高は姿勢の影響を受けない。

b1 と b2 については演習を通じて学ぶ。測定はいたってシンプルで、市販のデジタルカメラで学生各々の静止姿勢を撮影するだけだ。この時、できるだけ身体のラインが見える方が後の分析精度が高まるため、半袖やハーフパンツかつジャストサイズのウェア着用が望ましい。また、静止姿勢は通常の立位だと結果がつまらないので、片足立ちやY字バランス、ブリッジ、逆立ち等ダイナミックな姿勢が面白い。ただし、撮影の瞬間に必ず“静止”していることが必要である。

撮影された写真には、図7のように上から方眼を被せる。これは身体の各部の位置を二次元座標値化 (X・Y) するためで、図7の左下の適当な位置に基準となる原点 (0, 0) を設定するだけでそれが可能となる。本授業では教員側で予めパソコン上で方眼をかける処理を施し、それを印刷したものを学生に配布したが、単に写真を印刷して市販の半透明方眼シートを上に乗

ねることでも同様の分析が可能である。

分析に必要な身体各点は、全身をモデル化するために必要な20点で、その位置は図8の右下に示されている通りである。図7の写真上におけるこれら20点の座標値を求め、それらの値を図8のExcelシート上部の表（予め作成し、ファイルを学生に配布）に入力すると、身体重心位置が算出される仕組みになっている。上手くいけば（身体各点を精度よくプロットできていれば）、身体重心位置は基底面上（図7の右足の真上、高さはヘソの近辺）となる。この一連の分析にはそれなりの時間（説明も含めると90分は見込んだ方がよい）がかかるため、無事に基底面上に重心が出た学生からは安堵や喜びの表情が見られる。

<図78挿入>

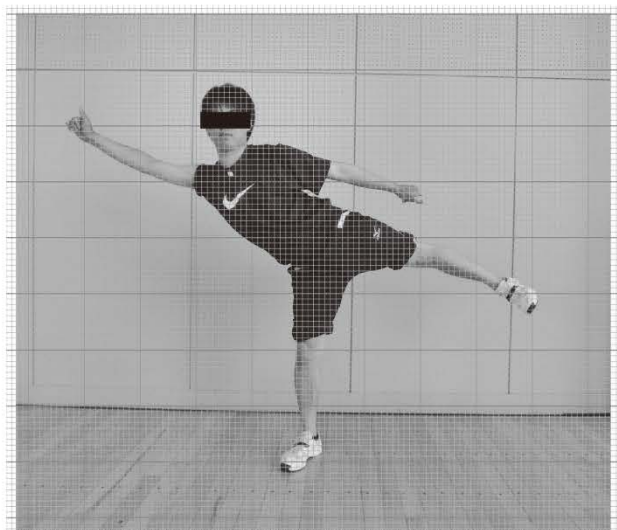


図7. 身体重心位置を算出するための写真

この結果から、学生は静止姿勢では身体重心は基底面上に存在することを学ぶ。逆に言うと、静止できないということは身体重心が基底面上に乗っていないということである。また、両足よりも片足の方が不安定なのは、基底面が狭いために重心をその上に維持することが困難なためであり、授業内では学生にこういった点への気付きも促す。

b3 および b4 は陸上競技の走り高跳びを例に挙げて講義内で解説しているが、ここではその詳

細は割愛する。

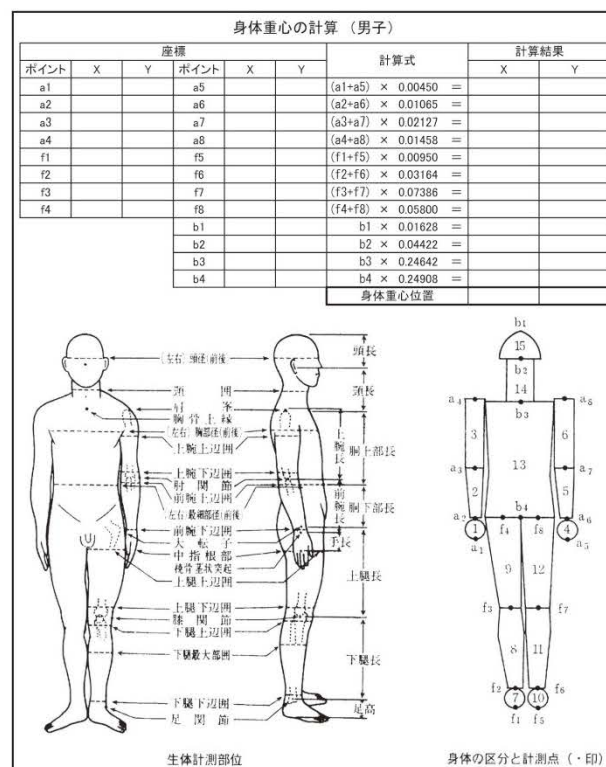


図8. 身体重心位置計算のためのExcelシート

c. スポーツ動作の分析 一投・打・蹴一

ここでは、スポーツバイオメカニクスの主たる分析方法である映像を使った動作分析の基礎について学ぶ。半期の限られた授業期間内で複雑な分析を行うことは不可能なので、本授業では「速度」の算出を最低限の目標として行う（進度によっては「角度」の算出にも挑戦する）。

学生は、①投動作（ハンドボール投げ）、②打動作（ティーバッティング、図9）、③蹴動作（サッカーのボールキック）の3種類の動作を行い、その様子をハイスピードカメラで撮影する。本授業では1秒間に300コマの速度で撮影したが、必ずしも実験用の高価な機材を使用する必要はない。スポーツ動作は高速なのでハイスピードカメラで撮影する必要があるが、最近では市販のデジタルカメラにもハイスピード動画機能がついているものもある。<図9挿入>

撮影された映像から速度を算出する手順は下

記の通りである。

1. キャリブレーション

カメラ映像を座標値化 (X・Y) する。映像内に予め距離のわかっているものを撮影しておくことで、映像上の距離と実距離の換算を行う。図9では、左右の地面に貼られたテープの交点間の距離が 2.5m であることから、映像上の 1 ドット当たりの距離が算出できる。

2. 変位の算出

映像上のある 2 コマを使って速度を算出した点の移動距離を求める。

3. 時間の算出

2 で使用した 2 コマ間の時間を求める。例えば本授業の映像は 300 コマ/秒なので、連続した 2 コマであればその時間間隔は 0.0033 秒である。

4. 速度の算出

2 と 3 のデータを使って速度を算出する。

ある 2 コマだけで算出した速度の場合、変位を算出する際のちょっとした誤差が結果に大きな影響を及ぼすことがある。これを回避するためには、複数コマを使用して速度を算出する。例えば等間隔の 4 コマ (a、b、c、d) を使用した場合、a・b 間、b・c 間、c・d 間の 3 つそれぞれで速度を算出し、それらの平均を a・d 間の平均の速度として扱う。

投動作では左右の腕でそれぞれ投げ、ボール速度について個人内左右間の比較や個人間の比較を行う。打動作ではインパクト前のバットのヘッドスピードとボール速度を、蹴動作ではインパクト前の蹴り足の速度とボール速度をそれぞれ算出する。いくらバットや蹴り足のスイング速度が大きくても、しっかりとボールにミートさせることができなければボール速度は大きくならない。このようなボールを捉える「技術」は、バットと蹴り足のスイング速度に対するボール速度の比を算出することで評価することができる。

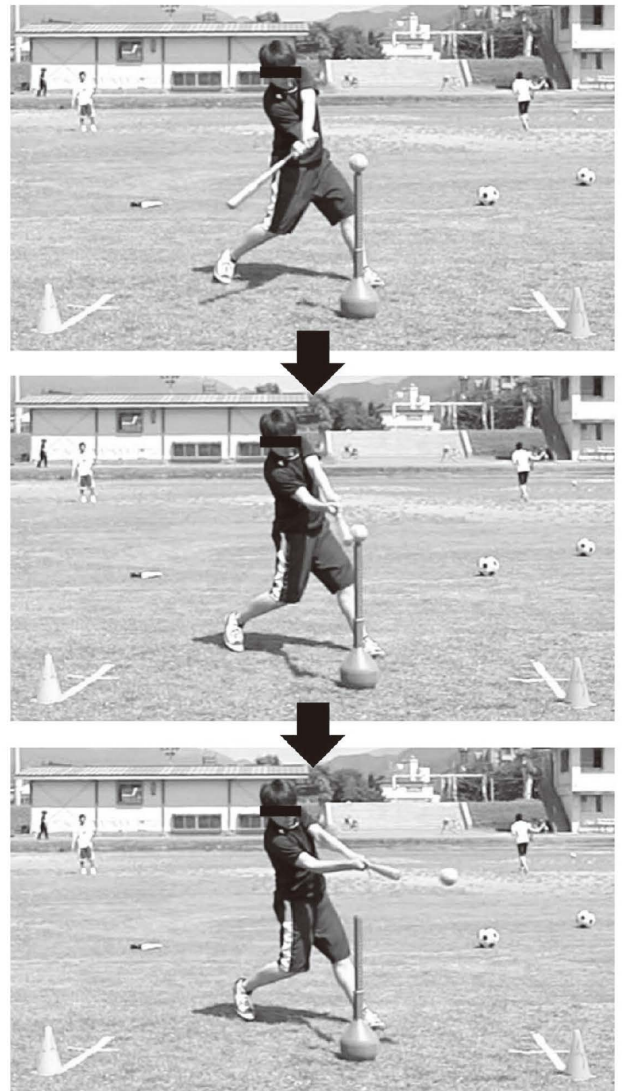


図9. ハイスピードカメラで捉えたティーバッティング動作

V. おわりに

以上が、全てではないが本授業「スポーツ科学とデータ解析」において 2 年間で実施してきた内容である。実際の授業では前述の各トピックにおける 1～4 を 1 サイクルとし、いくつかのトピックスをまとめながら合計 3 つのレポート提出を学生に課した。また、最後に確認の意味を込めて難度の易しい筆記テストも実施している。

本授業は実験・測定の演習を含む授業科目なので、平成 24 年度は 25 名、平成 25 年度は 30 名と受講者制限をかけて初回に抽選を行っている。人数が多くなり過ぎると、実験・測定に時間がかかり過ぎることや、学生間の進度のばら

つきが大きくなってしまいうのでやむを得ずこのような措置をとっている。

基盤教育で実施している授業評価アンケートの「総合評価」の項目は、平成24年度が4.54、平成25年度が4.69であった。また、自由記述欄に書かれていたものを以下に紹介する（原文まま）。

「この授業で良かったと思う点」

- ・スポーツをしている自分にとって、とても役に立ちました。
- ・スポーツというものについて改めて知ることができた。
- ・Excelについて学べた。
- ・データをとるのが面白かった、分析もためになった。
- ・他学部の人と知り合えた。
- ・卓球ができた。
- ・メールでレポートが提出できる。
- ・エクセルの使い方を学べたこと。
- ・部活に活かせる知識を学べたこと。

「この授業で良くなかったと思う点、改善すべきと思う点」

- ・レポート+テストは少しハードすぎると思います。
- ・テスト範囲についてもう少し詳しく教えてほしい。
- ・プリントの穴うめの解答がほしい。

自由記述欄の回答数は決して多くはないが、こちらの意図しているねらいが学生に伝わっている事も感じられる。「卓球ができた」という回答は、実験・測定が受講者全員で一度に実施できなかった時、全体を2グループに分け、待っているグループにレクリエーションの意味合いも込めて実施したためである（知らない人同士の試合も組まれるように調整している）。本授業は実験・測定やPCを使ったデータ分析といった演習の時間が占める割合が半分強と大きく、またレ

ポート作成もあることから、学生間で互いに相談しながら進める機会が多い。この点を踏まえると、授業内で友人・知り合いを作ることは授業を円滑に進める上で1つの重要な要素になってくるため、卓球の果たす役割も決して小さくない。また副次的ではあるが「他学部の人と知り合えた」という感想が挙がることも、履修学生が1年生ということも考慮すると価値あることだと考えている。

高校生までは体育の授業が必修で課せられるので学生には最低限度の運動機会が確保されるが、大学生からはそうはいかない。在学中および卒業後の長い人生を健康で活発に過ごしていくために運動・スポーツの担う役割は大きく、その価値は疑いようがない。これからも本授業を含む基盤教育健康・スポーツ領域全体が、履修した学生のスポーツへの関わりを深めるきっかけになれることを期待したい。