スポーツ工学研究 10 年の歩みと将来展望*

日本機械学会論文集(C 編)
64 巻 623 号(1998-7)

宇 治 橋 貞 幸*

Review of Research Activities in Sports Engineering

Sadayuki UJIHASHI

Key Words: Sports Engineering, Research Activities, Hardware of Sports, Interdisciplinary Field, Sports Science

1. ま え が き

1998 年は、「スポーツ工学」の活動を日本機械学会において始めてから 10 年めを迎える年になる。スポーツ用品メーカを除けば、スポーツに係わるハード・ウェア(用具・設備・施設等のスポーツ環境)に関する研究が組織的に行われていた例は、日本国内においてはほとんどなかった。しかし個人のレベルでは、専門の技術や手法を適用して、なかば趣味的にスポーツ用具の研究を行っている研究者は、少なからず存在していた。残念ながら、そういった研究者達の業績は、受け入れるべき適当な学協会がなかったため、さまざまなメディアに分散しており、利用者にとっては、検索・発見が極めて困難であった。また一方で、「スポーツ」の研究は「遊び」や「趣味」の研究と見られがちで、工学の研究者にとって真剣に取り組むべき仕事あるいは業績として認知されないといった雰囲気もあった。しかし、共通の悩みをもった「趣味の研究者達」の中では、スポーツの研究も人間の生き甲斐や豊かな社会建設に貢献できる大事な仕事であるとの認識を持つようになってきていた。そして 1989 年、主に機械工学における研究者達により「スポーツ工学」なる学際的な研究分野の開拓を目指した活動を始めることとなった。この新しい研究分野を開拓することによってスポーツのハード・ウェアを中心とした研究の啓蒙と推進を図り、その研究成果の公表と収録を行うとともに、その業績を正当に評価し工学の一分野としての位置を築くことが目的であった。

日本機械学会が設立から第 2 世紀に入ったいま、機械工学の研究も物質文明の構築からより精神的な満足度の追求が今後ますます重要なテーマになってくると考えられる。スポーツを中心としたくつろぎと楽しみに満ちたレクリエーションの時間をもつことが、真に豊かな生活の要件となっている。そこで「スポーツ工学」がこのような幸せや楽しみの追求の学問としても発展してゆくことを期待している。「スポーツ工学」の出発から 10 年を経て、模索の第一ステージから第二ステージに移行しようとしている。そこで、この 10 年間のスポーツ工学研究の歩みをふりかえるとともに将来展望について考えてみる。

2. スポーツ工学研究会の発足とその活動

スポーツ工学の活動は、日本機械学会の「スポーツ工学に関する調査研究分科会(P-SC 169)」として 1989 年 7 月(～1992 年 6 月)に実質的にスタートした。当初は、研究会を定期的に開催し「スポーツ工学」のイメージを自身の内に作り上げてゆくといい状態であった。翌 1990 年 10 月には、手探りで「スポーツ工学シンポジウム」を開催したが、予想外に世間の関心が高く、初めての試みが間違いでなかったことに意を強くした。

スポーツ工学研究会の会員は、学際分野らしく専門分野が、機械工学だけでなく、体育学・医学・心理学など多岐にわたり、ベースとなる学会もさまざまであり、会員に共通した組織作りの必要性が感じられた。当時、1990 年に設立されたばかりの日本スポーツ産業学会と接触を持つうちに、スポーツ工学研究会の意見と一致するに至り、スポーツ工学研究会の組織は、日本機械学会と緊密な連携を保ちつつ、1991 年より日本

* 原稿受付 1998 年 4 月 21 日。

*1 正員、東京工業大学情報理工学研究科(☎ 152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)。

スポーツ産業学会の一部門(スポーツ工学専門分科会)として、そのベースを築くこととした。以降、研究会および講演会の開催は、現在までにそれぞれ23回および3回を数え、そのテーマは表1および表2に例として示したとおりとなっている。スポーツ工学シンポジウムも表3に示すとおり初回より毎年開催し現在に至っている。

1992年9月には、人間の活動全般を対象としたダイナミクスに関する「ヒューマン・ダイナミックス & メジャメント研究会(A-TS 10-20)」が日本機械学会

の機械力学・計測制御部門に発足した。この研究会の内容はスポーツ工学研究会と共通する部分が多くあったため、1994年からはスポーツ工学シンポジウムとシンポジウム：ヒューマン・ダイナミクスを同時開催することとなり、ジョイント・シンポジウムとして運営されるようになった。また、1992年の日本機械学会誌11月号にスポーツ工学特集として「スポーツ工学のすすめ」を掲載した。1993年にはJapanese Journal of Sports Sciencesに「スポーツ工学の役割」を寄稿し、当時耳慣れなかった「スポーツ工学」という言葉

Table 1 Research Topics Presented at the Meetings of Sports Engineering Research Group

(1) 「テニスボールの弾道計算」
三浦 公亮 (宇宙科学研究所)	(18) 「スポーツ自転車の現状」
吉田和夫 (慶應大)
(2) 「ゴルフクラブおよびスキー設計におけるCAEの利用」
大久保信行 (中央大)・他1名	(19) 「テニスの実技と理論について」
藤野彰久 (ミズノ)
(3) 「ゴルフクラブの最適設計法の研究」
岩壺 卓三 (神戸大)	(20) 「不整脈の計測と解析」
三井和幸 (東京電機大)
(4) 「ヨットの帆の性能」
河内 啓二 (東大先端研)	(21) 「画像処理の計測への応用」
新津 靖 (東京電機大)
(5) 「スポーツにおける人体解剖—用具を使うスポーツとの関係について」
遠藤 陽一 (東京慈恵会医科大学)	(22) 「スポーツ障害とリハビリテーションの科学」
白木 仁 (筑波大)
(6) 「圧電素子を用いた床反力分布測定用センサーの開発」
宇治橋貞幸 (東工大)	(23) 「第2回ゴルフ科学会議報告」
宇治橋貞幸 (東工大)
(7) 「スウィング動作のバイオメカニクス—力学・生理・心理のかかわり」
小林 一敏 (筑波大)	(24) 「テニス・ラケットの科学」
川副嘉彦 (埼玉工大)
(8) 「最近のスポーツウェアの動向」
林 直樹 (アシックス)	(25) 「巧みな動作の運動制御」
大築立志 (東大)
(9) 「コーチの目から見たスポーツ工学」
阿部 一佳 (筑波大)	(26) 「脊椎動物の形態の変遷とエネルギー代謝系」
西原克成 (東大)
(10) 「スポーツに関する力学的諸問題について
(ボールの弾道、ボールの地面との反射、竹刀の打撃による力積、スキーの横滑り等)」
高木 隆司 (東京農工大)	(27) 「テニス選手のための心理的強化策」
石井源信 (東工大)
(11) 「鉄棒運動のシミュレーションと鉄棒運動ロボット」
高島 俊 (法政大)	(28) 「スポーツ工学教科書はどうあるべきか」
宇治橋貞幸 (東工大)
(12) 「自転車の研究紹介とCFRP適用化」
近藤 俊郎 (自転車技研)	(29) 「スポーツ障害とマウスガード」
堤 定美 (京大)
(13) 「人間の加齢と体温調節について」
相原 康二 (東工大)	(30) 「スポーツ・ウェアの設計について」
中澤 愈 (実践女子大)
(14) 「スポーツ技術とバイオメカニクス—陸上競技を中心にして—」
阿江 通良 (筑波大)	(31) 「どうすればテニスで早いボールを打てるか」
友末亮三 (スポーツ医・科学研究所)
(15) 「咬み合わせとスポーツ能力」
宮原 隆雄 (東京医科歯科大)	(32) 「大学教育におけるスキー指導について」
影山義光 (中央大)
(16) 「テニスのバイオメカニクス (動作分析と用具開発の将来)」
友末 亮三 (東京大)	(33) 「歩くこと・足そして靴」
清水昌一 (足と靴の科学研究所)
(17) 「スポーツ医学の現状」
山崎 元 (慶應大)	(34) 「テニスの起源と歴史」
吉成啓子 (白百合女子大)
	(35) 「カンタンラケットの開発について」
長尾裕史 (ミズノ)
	(36) 「スポーツにおける傷害・損傷」
吉矢晋一 (明和病院)
	(37) 「ウェーブレット変換を用いたゴルフ打球音の評価」
村井敦朗, 小泉孝之, 辻内伸好 (同志社大),
佐嶋隆弘 (住友ゴム)

Table 2 Lectures Presented at the Meetings of Sports Engineering Association

(1) 「フットボール・ゲームにおける最適なフェイント動作の研究」
黒田 健 (三菱電機)、今度 史昭	(13) 「陸上競技用スパイク・シューズのシミュレーション」
村上 治 (アシックス)
(2) 「運動時の体温調節」
平田 耕造 (神戸女子大)	(14) 「前十字靱帯および後十字靱帯再建手術における移植靱帯固定用骨孔の最適方向決定に関する研究」
黒田 淳生 (神戸大)
(3) 「筋の粘弾性特性の推定法」
赤沢 堅造 (神戸大)	(15) 「運動時の呼吸調節」
吉田 敬義 (大阪大)
(4) 「自転車のペダリング動作についての研究」
前田 寛 (大分大)	(16) 「スキルと巧みさ」
大築 立志 (奈良女子大)
(5) 「スポーツ工学研究所の紹介」
福岡 正信 (アシックス)	(17) 「やり投げにおけるヤリの動特性と競技成績」
前田正登 (神戸大)
(6) 「ゴルフクラブ・ヘッドの特性とボールの弾道について」
佐藤 文宣 (ミズノ)	(18) 「お手玉・剣玉ロボットの運動計画と制御」
坂口 健、升谷保博、宮崎文夫 (大阪大)
(7) 「ゴルフ・インパクトについての一考察」
宇治橋 貞幸 (東工大)	(19) 「足と靴の関係について」
佐藤重基 (アシックス)
(8) 「加速度計による自由運動体の流体力測定について」
大路 通雄 (電気通信大)、幾島 康夫	(20) 「ゴルフスウィングによるボールの軌跡の解析に関する研究」
岩壺卓三 (神戸大)
(9) 「テニス・ラケットの振動減衰特性について」
大森 一寛 (ミズノ)	(21) 「低抵抗スポーツウェアについて」
清川 寛 (ミズノ)
(10) 「ゴルフ・スイングの数値シミュレーション」
井上 喜雄 (神戸製鋼)	(22) 「テニスラケットの最適設計に関する研究」
山口哲男 (住友ゴム工業)
(11) 「スキーにおける緩衝と回転の力学について」
松久 寛 (京大)	(23) 「テニスにおけるインパクトのメカニズム (ラケットの反発性能についての力学的考察)」
川副嘉彦 (埼玉工大)
(12) 「スポーツ・サーフェイス」
古川 源蔵 (住友ゴム)	

が、だんだんと世の中に浸透しはじめ、新しい研究分野として定着しつつあるように思う。特に1994年以降は、通常の学術講演会にもオーガナイズド・セッション(O.S.)のテーマとしてスポーツ工学が取り上げられる機会が多くなっていった^{(1)~(30)}。

以上のように、シンポジウム等で発表されたスポーツ工学関係の講演論文数は500編以上に達している。しかし一方で、これらの内で正式な原著論文として学術雑誌に収録された論文の数は、極めて少ないのが現状である。審査をうけたスポーツ工学関係論文が最も多く収録されているのは、現在のところおそらく日本機械学会論文集とスポーツ産業学研究(日本スポーツ産業学会)と思われる。

一方、日本スポーツ産業学会は、1991年の第1回学会大会以降、基本的に年1回学会大会を開催し、本年(1998年)7月に7回めの学会大会が早稲田大学で開催されることになっている。学会の実質活動は、日本機械学会の部門制と同じような専門分科会制をとっている。現在、合計で7専門分科会があり、それらはスポーツ産業史・スポーツ法学・スポーツマネジメント・スポーツ医科学・スポーツ指導サービス・スポーツ環境・スポーツ工学である。機関誌には、「スポーツ産業学研究」があり、1991年(第1巻)から発行を続

Table 3 Organized Sports Engineering Symposia

開催年	場 所	発表 論文数	参加者数
1990 10.25~26	大学セミナーハウス 八王子市	論文30 基礎, 特別1	1 2 4
1991 10.30~11.1	産業振興会館 川崎市	論文31 特別3	1 8 8
1992 10.29~30	産業振興会館 川崎市	論文31 特別2, 特別3	1 5 4
1993 11.10~11	きゅりあん 品川区大井町	論文45 特別2	1 4 3
1994 11.10~12	産業振興会館 川崎市	論文46 特別3, WS2	1 5 7
1995 10.19~21	東京工業大学 目黒区大岡山	論文46 特別2, WS2	1 7 0
1996 10.31~11.2	コープイン 京都市	論文65 特別2, WS1	1 7 8
1997 10.23~25	中部大学研修センター 岐阜県・恵那市	論文52 特別1, WS2	1 3 4
1998 10.22~24	六甲ハウス 兵庫県・芦屋市	講演募集中	

けているが、1993年からは年2回の発行となり現在に至っている。内容は原著論文が中心であり、分野としては「スポーツ工学」関係が最も多く、第8巻第1号(1998年3月号)までに28編のスポーツ工学関係論文が掲載されている。

Table 4 Report of WSCG '94

会議名: The 2nd World Scientific Congress of Golf
 会期: 1994年7月5日(火)～8日(金)
 場所: University of St Andrews, Scotland UK
 助成: R&A (the Royal and Ancient Golf Club of St Andrews)
 後援: USGA (the United States Golf Association)
 ICSSPE (the International Council of Sport Science and Physical Education)
 参加者: 約250名(論文数92編, 他にポスター有)
 論文集: B5版634ページ
 参加国: 11ヶ国

国別発表論文数

Part	I	II	III	Total
USA	20	16	12	48
UK	5	5	13	23
Australia	4	0	3	7
Canada	3	0	1	4
Japan	1	2	1	4
Sweden	1	0	0	1
Netherlands	1	0	0	1
Spain	0	0	1	1
India	1	0	0	1
Korea	0	0	1	1
Total	36	23	33	92

Part I: The Golfer

Part II: The Equipment

Part III: The Golf Course and the Game

【論文の分類 (Part II)】

ボール関係 12編

- ボールの衝突荷重と反発係数・力学モデル (3編)
- ボールの衝突荷重と反発係数・スピン
- ボールの空力特性・測定 (2編)
- ボールの構造と弾道
- ボール弾道の測定法
- ボール・コーティングの化学と性能 (2編)
- 最近のボール特性の変化
- ボールがゲームに与える影響

クラブ関係 8編

- シャフトの動特性 (2編)
- シャフトの剛性と材料
- シャフトの変形とプレイヤーの関係
- シャフトの曲げ特性と弾道
- シャフトのキック・バック効果
- ドライバーのヘッド・サイズと弾道
- ヘッドの慣性楕円の測定

その他 3編

- アイアン・クラブの設計システム
- ゲームと用具・ルール
- ゴルフ用具のマーケット

【第1回との比較】

会議名: The 1st World Scientific Congress of Golf
 会期: 1990年7月9日～13日
 場所: University of St Andrews, Scotland UK
 論文数: 59編 (Proceedings: pp.369)
 内訳 Part I: 21 (Human Factors)
 Part II: 8 (Performance Statistics)
 Part III: 19 (Technology and Equipment)
 Part IV: 11 (Golf Course Management and the Environment)

3. 関連学会の動向

スポーツの科学研究において指導的な役割を果たしてきたのは、1950年に設立された日本体育学会である。その中のキネシオロジー研究会が独立し、日本バイオメカニクス学会として1979年に設立されている。

Table 5 Report of WCSRS '93

会議名: The 1st World Congress on Science and Racket Sports

開催日: 1993.7.9～13

場所: Runcorn, UK

発表論文:

Part 1: Physiology of Racket Sports: 全8編

Part 2: Fitness in Racket Sports: 全7編

Part 3: Biomechanics of Racket Sports: 全5編

Part 4: Racket Sports Equipment: 全5編

Part 5: Sports Medicine: 全6編

Part 6: Psychology of Racket Sports: 全8編

Part 7: Match Analysis: 全5編

Table 6 Report of ICES '96

会議: The 1st International Conference on the Engineering of Sport

日時: 1996.7.2～4

場所: University of Sheffield, UK

発表論文: 全49編

- 動作解析 8編
- ゴルフ 6編
- クリケット 5編
- ラケット・スポーツ 5編
- トレーニング 4編
- 生体特性 4編
- 自転車 3編
- 登山用品 2編
- その他 12編

Table 7 Report of ICES '98

会議: The 2nd International Conference on the Engineering of Sport

開催: 1998.7.14～17

場所: University of Sheffield, UK

発表論文: 全66編

- 計測法 8編
- クリケット 7編
- スキー 7編
- 動作解析 6編
- モデル化 6編
- 自転車 5編
- ゴルフ 5編
- 登山 4編
- サッカー 3編
- サーフェス 3編
- テニス 2編
- シューズ 2編
- その他 8編

しかし、スポーツのハード・ウェアに関する工学的な研究は、これらの学会では取り上げられることがほとんどなく、主に続いて現れる種目別学会において散見される程度であった。すなわち、スキー関係では1968年発足のスキー科学技術研究会と1991年設立の日本スキー学会、ゴルフでは1987年設立の日本ゴルフ学会、テニスでは1989年設立の日本テニス学会などが主なものである。

国際会議では、第16回が1997年8月25日～29日(東京都立大学・八王子)に開催されたISB Congress (International Society of Biomechanics)が最も大きなスポーツ科学関係の会議である。種目別では、1990年からSt Andrewsで始まったWorld Scientific Congress of Golf(第3回:1998年7月20日～24日St Andrews), 1993年に第1回が開催されたWorld Congress on Science and Racket Sportsがあり、これらの会議の概要は表4および表5に示すとおりである。

1996年7月2日～4日には、The 1st International Conference on the Engineering of Sportが連合王国のUniversity of Sheffieldにおいて開催されている。この会議で発表された論文は表6のとおりであるが、そのカバーする分野は日本でのスポーツ工学シンポジウムのものと極めてよく似ている。第2回の会議は1998年7月14日～17日に同じくUniversity of Sheffieldにおいて開催される。同会議において、The International Sports Engineering Association (ISEA)が組織され、International Journal of Sports Engineeringの発行も秋から予定されている。この会議は、以後2年ごとに開催するとの方針が示されている。ここで注目すべき点は、シェフィールドが英国の“National City of Sport”に選ばれ、政府による£160 million(約350億円)の投資によりスポーツのハード・ウェアとソフト・ウェアの整備が行われるという点である。英国がオリンピックを頂点としたスポーツの振興の必要性を感じ、この投資が決定されたようである。政府によるスポーツ産業への思い切った投資に、英国の新しい産業にかける期待が感じられる。“UK Institute of Sport”を中心としてスポーツ科学に関するアカデミック・ソサイエティー等もシェフィールドに集合させ、世界的なスポーツの中心地にしようという戦略であると聞いている。

周辺分野としては、第3回が1998年8月2日～8日、北海道大学(札幌)にて開催されるWCB バイオメカニクス世界会議(第1回ラフォーヤ1990年、第2回アムステルダム1994年)がある。これは非常に大きな会

議であるが、スポーツ科学はあくまでその内の一分野である。

スポーツ工学関係の単行本も、最近いくつか出版されている^{(31)～(36)}。また日本機械学会の創立百周年記念行事として出版が進められているテクノ・ライフ選書の中にもスポーツ・シリーズが企画されている。

4. 今後の展望

あと3年足らずで21世紀(2001年～)を迎えるので、将来展望はすなわち21世紀への展望ということになる。従来、体育系大学や学部におけるスポーツの科学的研究は、日本体育学会を中心に精力的に行われてきた。一方、スポーツ科学と工学にまたがるスポーツ工学の分野では、これを専門とする研究者がいなかっただけでなく、これを育てる組織もなかった。しかし、数年前から実施されてきた大学教育の大綱化により全国の大学における体育系部局の改組が進められ、その結果としてスポーツ科学の分野における研究の学際化が実現してきているように思われる。この土壌の中からスポーツ科学と工学にまたがる研究者が育てられてくることが期待される。そのためには、工学系とスポーツ科学系の間にまたがる学際教育を実践するためのカリキュラムの策定とこれを実行するための教科書作りも必要となる。ここでは、これまでのスポーツ工学研究の活動成果が豊富に盛り込まれることになるであろう。

スポーツ工学の研究は、人間とハード・ウェアの融合にあるので、その成果や手法は、他の工学分野の研究にも大きな刺激を与えることが考えられる。そして、この分野を受け入れる学会にも変化が求められてくるとなると考えられる。日本機械学会には、スポーツ科学との学際化を積極的に進め、機械工学の一分野として取り込み、位置づける役割が期待される。

同時にこれまで育んできたこのスポーツ工学の研究活動を国際化してゆくことが求められるであろう。スポーツ工学研究会から出発した活動の次のステージにおける課題は、国際化である。海外でも同様な動きがあるので、これと積極的に連繫して行くとともに、自身の足場かためも必要ではないかと考える。

文 献

- (1) 機講論, No. 900-14(スポーツ工学), (1990-3).
- (2) 機講論, No. 900-66(スポーツ工学シンポジウム), (1990-10).
- (3) 機講論, No. 910-8(バイオメカニクスカンファレンス), (1991-1).
- (4) スポーツ産業学研究第1回学会大会号, (1990).

- (5) 機講論, No. 910-67(スポーツ工学シンポジウム), (1991-10).
- (6) 機講論, No. 920-55(I)(D & D'92シンポジウム), (1992-7).
- (7) 機講論, No. 920-89(スポーツ工学シンポジウム), (1992-10).
- (8) 機誌, 「スポーツ工学のすすめ」, 90-888, (1992), 967-1012.
- (9) スポーツ産業学研究第2回学会大会号, (1993).
- (10) 機講論, No. 930-9(III)(日本機械学会第70期通常総会), (1993-3).
- (11) スポーツ産業学研究第3回学会大会号, (1993).
- (12) 機講論, No. 930-69(スポーツ工学シンポジウム), (1993-11).
- (13) 機講論, No. 940-5(バイオエンジニアリングシンポジウム), (1994-1).
- (14) 機講論, No. 940-26(日本機械学会機械力学・計測制御部門講演会(D & D 94)シンポジウム), (1994-7).
- (15) 機講論, No. 940-30(日本機械学会第72期全国大会), (1994-8).
- (16) 第15回バイオメカニズム学術講演会予稿集, (バイオメカニズム学会), (1994-10).
- (17) 機講論, No. 940-59(スポーツ工学シンポジウム), (1994-11).
- (18) スポーツ産業学研究第4回学会大会号, (1994).
- (19) 機講論, No. 95-3(バイオメカニクスカンファレンス), (1995-1).
- (20) 機講論, No. 95-26(バイオエンジニアリングシンポジウム), (1995-7).
- (21) 機講論, No. 95-45(スポーツ工学シンポジウム), (1995-10).
- (22) スポーツ産業学研究第5回学会大会号, (1995).
- (23) 機講論, No. 96-5(日本機械学会機械力学・計測制御部門講演会(D & D 96)シンポジウム), (1996-8).
- (24) 機講論, No. 96-15(日本機械学会第74期全国大会), (1996-9).
- (25) 機講論, No. 96-20(スポーツ工学シンポジウム), (1996-10).
- (26) 機講論, No. 96-48(バイオエンジニアリング講演会), (1997-1).
- (27) 日本スポーツ産業学会, 「スポーツ産業学研究」, 1-1(1991)~8-1(1998).
- (28) 機講論, No. 92-10-2(スポーツ工学シンポジウム), (1997-7).
- (29) 機講論, No. 92-34(スポーツ工学シンポジウム), (1997-10).
- (30) 機講論, No. 97-72(第10回バイオエンジニアリング講演会), (1998-1).
- (31) Cochran, A. J.編, "Science and Golf II", *Proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf*, (1994), St. Andrews, E & FN Spon.
- (32) Reilly, T., Hughes, M. and Lees, A., "Science and Racket Sports" (1993), E & FN Spon.
- (33) Jorgensen, T. P., "The Physics of Golf", *Am. Institute Phys*, (1994).
- (34) Lind, D. and Sanders, S. P., "The Physics of Skiing", *Am. Institute Phys*, (1997).
- (35) 東レリサーチセンター, 「スポーツ・レジャー用品材料の新展開」, (1995).
- (36) Easterling, K. E., "Advanced Materials for Sports Equipment", (1993), Chapman & Hall.