

# 特集 オリンピック・パラリンピックを支える技術

2016年はオリンピックイヤーであり、4年後には東京での開催を迎える。科学技術イノベーション総合戦略2015にも「2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会の機会を活用した科学技術イノベーションの推進」が盛り込まれ、アスリートの活躍や、公正で安全な大会運営を支える科学技術・産業への関心が高まりつつある。本特集では、これらのうち、特に化学工学的な知見や要素技術に関連が深いと考えられる、スポーツ用具の素材開発や構造設計、運動の計測解析法、ドーピングや危険物の迅速・微量検出などの話題に焦点を絞って、これまでの開発動向例を紹介したい。（編集担当：竹林良浩）†

## オリンピック開催がもたらすもの

宇治橋 貞幸

### 1. 初めてのオリンピック東京大会

1964年の東京オリンピック大会は言うまでもなく日本が開催する過去最大のビッグイベントだったと思う。当時の日本国民の熱狂は、現在では想像できないものであった。開会式のおこなわれた10月10日（オリンピック終了後、体育の日として国民の休日となる）の東京都内には静けさが漂っていたような記憶がある。恐らく人々は、テレビを通してではあるにせよ「世紀の祭典」を目の当たりして釘づけにされていたと思う。もしかしたら筆者の気のせいであったかも知れないが、それを思わせる時代であったのは間違いない。オリンピック開催は、日本国民に様々な影響を与えた。日本経済はいわゆる高度成長期の真っただ中であったが、オリンピック開催に合わせて高速道路や東海道新幹線が建設され、コンピュータが実用化され、人工衛星による通信網の拡大など現在の技術の先駆けが芽を出していた。過去のオリンピック（表1）を概観しても、東京オリンピックが科学技術の成果がスポーツの世界に押し寄せてきた時代の先駆けとなっていたように思う。あれから半世紀



What Would Be Brought by Hosting Olympic Games?  
Sadayuki UJIHASHI  
1971年 東京工業大学大学院理工学研究科修士  
現 在 日本文理大学工学部 教授  
連絡先：〒167-0053 東京都杉並区西荻南3-3-21  
E-mail ujihashi@top-cae.co.jp

2016年5月6日受理

表1 日本のオリンピックにおけるメダル獲得数

回	開催年	開催都市	メダル獲得数 (金+銀+銅)	備考
5	1912	ストックホルム	0(0+0+0)	日本初参加
7	1920	アントワープ	2(0+2+0)	
8	1924	パリ	1(0+0+1)	
9	1928	アムステルダム	5(2+2+1)	
10	1932	ロサンゼルス	18(7+7+4)	
11	1936	ベルリン	20(6+4+10)	
14	1948	ロンドン	—	不参加 (招待されず)
15	1952	ヘルシンキ	9(1+6+2)	
16	1956	メルボルン	19(4+10+5)	
17	1960	ローマ	18(4+7+7)	
18	1964	東京	29(16+5+8)	初のオリンピック開催
19	1968	メキシコ・シティ	25(11+7+7)	
20	1972	ミュンヘン	29(13+8+8)	
21	1976	モントリオール	25(9+6+10)	
22	1980	モスクワ	—	不参加 (ボイコット)
23	1984	ロサンゼルス	32(10+8+14)	
24	1988	ソウル	14(4+3+7)	
25	1992	バルセロナ	22(3+8+11)	
26	1996	アトランタ	14(3+6+5)	
27	2000	シドニー	18(5+8+5)	
28	2004	アテネ	37(16+9+12)	
29	2008	北京	25(9+6+10)	
30	2012	ロンドン	38(7+14+17)	
31	2016	リオデジャネイロ	?	

† Takebayashi, Y. 平成27、28年度化工誌編集委員(6号特集主査)  
(国研) 産業技術総合研究所 化学プロセス研究部門

を経て時代は大きく変わってきたが、日本にとって二度目のオリンピック開催が何をもちたらすのか、過去を振り返りながら考えてみたい。ところで、当時高校3年の筆者もこのビッグイベントの影響を受けてしまい陸上競技の世界に足を踏み入れ、大袈裟に言えばその後の人生までもスポーツに染まってしまった。

## 2. 科学技術の関与とパフォーマンス

1964年の東京大会と前後して、陸上競技とその舞台にも急速に科学技術が入り込み、「科学のオリンピック」と言われていた。その科学技術の関与は、もちろん陸上競技だけに限ったことではなく他のスポーツ種目においても同様であることは言うまでもない。陸上競技史上、東京大会が大きな転換点となった科学技術に関わる事象がある。その重要な一つは、人工衛星による同時中継が初めておこなわれた大会であったことである。それまでは、時差の影響もあって競技の結果が分かるのは暫く時間が経ってからであったが、リアルタイムに競技を見守ることができるということは現地にいる観戦者と感動を共有できる素晴らしいことである。特にスポーツでは、結果の分かっているビデオを見るのとは臨場感や興奮度において極めて大きな違いがあることは誰でも分かることである。このテレビ中継は、オリンピックを大きく変質させてきたと言って良い。天候によって競技スケジュールが大きく影響されていた陸上競技では、競技場の全天候化は放送スケジュールを重要視するテレビ局にとって必要不可欠の要望であった。そして、東京大会の次のメキシコ大会では、陸上競技場の走路は全てポリウレタン舗装の全天候サーフェスとなった。つまり東京大会は、陸上競技が土(アンツーカー)の上でおこなわれた最後のオリンピックとなった。この人工ポリウレタン・サーフェスの影響の大きさは、メキシコ大会における世界記録のラッシュ(表2)が物語っている。この大会がもし低地でおこなわれていたならば、長距離種目でも大量の世界記録が出ていたはずである。土のサーフェス上で出された記録と人工のサーフェス上で出された記録とは区別されていないが、実際に両方のサーフェスを経験してきた著者には不公平とを感じる。人工サーフェスには、専用のシューズ

が必要となり、新しいシューズの開発も同時におこなわれ、特にスパイク・シューズは大きく変化した。

この二つは、科学技術の関与の中でその影響の大きさが突出しているが、東京大会における電気計時の導入も大きな話題となっていた。日本のSEIKOが世界のメーカに取って変わって大会の計時を全て担当した。陸上競技では、電気計時による記録が正式に採用されたのは、もう少し後のことになるが、東京大会で初めて導入された電気計時のお蔭で記録や着順のトラブルは皆無となった。この電気計時に関しては、手動による計時に比べて確実に約0.1秒遅くなることから、世界記録や日本記録などでは手動と電気による記録は区別されて残されている。熟練した計時審判員でも、ストップ・ウォッチの手動によるスタートには約0.1秒の反応時間の遅れがあり、逆にストップ・ウォッチの手動による停止には遅れがないので、結果として記録が約0.1秒良くなってしまふのである<sup>(注)</sup>。このスタートに関連して不正出発(いわゆるフライング)の判定の厳格さが求められるようになり、後にロードセル(荷重センサー)と不正出発を判定するソフトウェアが組み込まれた新しいスターティング・ブロック・システムが開発されることとなった。不正出発があった場合、このシステムが瞬時に信号を出し、スタータにイヤホンを通じて伝えることができる。この信号を聞いたスタータあるいはリコール・スタータは、直ちに二回目のピストルを撃ち、選手にフライングのあったことを知らせ、出走を止めなければならない。

一方、棒高跳びでは棒(ポール)の材質が、1960年のローマ大会頃から天然素材の竹から金属のジュラルミンへと変化し、その後、ガラス繊維やカーボン繊維の製造実用化に伴ってポールの材料は東京大会では全てFRP(繊維強化プラスチック)の時代へと変化し、その性能向上に伴って世界記録がしばしば更新されてきた。FRP製ポールではポールが90度近くまで曲がっても破壊することなく復元するので、表3のように選手はより高い位置でポールをグリップすることが可能となり、記録向上を実現させることができた。

オリンピックが巨大化するとともにメダル獲得競争も激化し、薬物によって選手のパフォーマンスを最大限引き出そうとする別の科学技術の関与も止まることを知らない。スポーツによって名誉と富を得るために人材育成と科学技術を総動員した総合力が求められており、オリンピックがその最大の舞台となっている。

表2 オリンピックで樹立された陸上競技世界記録の種目数(19回から全天候サーフェスを採用)

回	開催年	開催都市	種目数
17	1960	ローマ	5
18	1964	東京	7
19	1968	メキシコ	13
20	1972	ミュンヘン	13

(注: 100m競走ではスタータと計時審判員とは100m離れており、計時審判員がスタートのピストル音を聞いてからストップ・ウォッチをスタートさせては約0.3秒の遅れを生じ記録がその分良くなってしまふという問題もあった。そこで、東京オリンピックの頃はスタータの横に黒板を掲げる補助員がいて、ピストルの火薬の煙が良く見えるようにし計時審判員はそれを見て計時をしていた。)

表3 (a) ポール材料と記録の変遷

材料	年代	世界記録	樹立者
ヒッコリー	～1900年頃	3 m40	不明
竹	1900年頃～	4 m77	ワーマーダム(米)1942年
金属	1940年頃～	4 m83	デービス(米)1961年
FRP	1960年頃～	6 m14	ブブカ(ウクライナ)1994年

(注)2014年フランスのルノー・ラビレニによって6 m16の室内世界記録が出されている

表3 (b) ポール材料とグリップ高

材料	グリップ高
竹	3 m80～4 m10
金属	3 m80～4 m20
FRP	4 m70～5 m00

### 3. スポーツのすすめ

東京大会ではオリンピック開催に向けて新幹線などのインフラ整備に日本の総力を挙げた感があった。これらのインフラはその後の国民の生活環境を改善してきた。それから半世紀を経てオリンピック開催を取り巻く環境は大きく変化してきて、以前のような国力を挙げた財政出動は時代遅れとなっている。一方で、オリンピック開催の重要な目的としてスポーツ振興が挙げられている。東京大会をはじめ二度の冬季オリンピック開催やサッカー・ワールドカップ開催などを経て、日本はスポーツが盛んな国に変身できたのであろうか。これを検証する信頼性の高いデータは少ないが、新聞やテレビニュースなどにおけるスポーツ報道を見ると、確かに以前よりも盛んになってきたように見える。しかし、その中身はプロスポーツの興隆などによる「見るスポーツ」の普及でスポーツ・ビジネスとしての成功が成せる業ではないであろうか。オリンピック開催によって、結果として「するスポーツ」すなわち国民のスポーツ参加が盛んになって初めて成果と言えるのではないだろうか。国民のスポーツ参加の増減を測る一つの指標として、スポーツ産業規模を上げることができる。プロスポーツが如何に盛んであってもスポーツの用具などハードウェアの売り上げにはあまり反映されないと考えられる。そこで、表4のような日本の余暇市場規模を見ると何が言えるであろうか。残念ながら50年前まで遡ることはできないが、この30余近くの傾向は見る事ができる。かつて生活レベルを代表する指標としてエンゲル係数というものがあったが、今日ではこの余暇市場規模がその国の豊かさを代表する指標ではないであろうか。同じ意味においてスポーツに関わる国民の支出の大きさが「スポーツが盛んであるか否か」の判断基準になると考えられる。国民総支出は2000年頃まで順調な伸びを示しているが、以降500兆円を前後

表4 余暇市場規模の推移

年	国民総支出	余暇市場 (単位: 億円)				合計
		スポーツ	趣味・創作	娯楽	観光・行楽	
1989	4,085,350	47,000	105,760	395,370	106,040	654,170
1990	4,401,250	51,790	105,580	448,620	121,710	727,700
1991	4,682,340	56,960	106,170	497,010	127,250	787,390
1992	4,804,920	60,050	106,460	529,550	124,800	820,860
1993	4,842,340	58,980	109,390	544,860	119,740	832,970
1994	4,900,050	57,460	111,570	560,970	117,250	847,250
1995	4,969,220	57,480	113,250	567,780	118,280	856,790
1996	5,099,840	56,930	119,370	553,660	121,460	851,420
1997	5,209,390	55,760	118,790	599,190	118,780	892,520
1998	5,145,950	53,300	118,200	585,030	113,620	870,150
1999	5,072,240	51,170	118,090	576,100	110,180	855,540
2000	5,114,623	49,600	117,750	572,260	111,240	850,850
2001	4,967,768	47,880	117,300	551,780	109,720	826,680
2002	4,913,122	45,990	116,970	561,390	107,940	832,290
2003	4,902,940	45,250	114,880	553,150	104,860	818,140
2004	4,983,284	43,800	116,320	547,750	105,560	813,430
2005	5,017,344	42,160	111,540	541,130	106,390	801,220
2006	5,073,648	42,330	110,220	532,540	106,660	791,750
2007	5,155,204	42,470	107,750	488,680	107,080	745,980
2008	5,043,776	41,680	106,910	474,050	104,250	726,890
2009	4,709,367	40,700	102,430	457,130	94,240	694,500
2010	4,791,757	40,150	108,840	435,610	95,150	679,750
2011	4,715,787	38,900	94,490	443,490	92,200	669,080
2012	4,753,317	39,160	84,950	448,180	96,330	668,620
2013	4,801,280	39,190	83,550	447,810	100,220	670,770
2014	4,875,758	39,480	82,010	447,070	105,250	673,810

して推移しており停滞している。余暇に対する支出(余暇市場)そのものの割合にはそれほど大きな変化は無いように見える。スポーツ支出(スポーツ市場規模)に関しては、1992年をピークに顕著な減少傾向にあり、やっと最近下げ止まったが、上昇に転ずるような兆しはない。1990年当時スポーツ産業は10兆円になるとの将来予測が立てられていたが、結果は全く期待外れとなっている。国民総支出に占める割合は、0.8%まで低下しており、現状では日本国民のスポーツ参加に関して良い方向に向かっているとはいえないのが現状であると考えられる。2020年の東京オリンピックとそれ以降にこの数値が改善されて、日本がスポーツの盛んな国となることを望みたい。そのためには、これを機会に様々な施策を大胆に進めることを国に求めたい。具体的には、国民のスポーツ環境整備に尽きると考えられるが、ハードウェアの整備だけでなくソフトウェアの整備も重要である。サマータイムの導入は、国のリーダーシップのできる費用のあまり掛からない施策である。これを機会に国民に真剣に問い掛けて欲しいものである。人に見せるショーとなった頂点スポーツを否定するものではな

いが、メダルのための科学技術開発の場で終わらずに、国民のスポーツ参加を促す絶好の機会であることを忘れてはならないと思う。

#### 4. 再びオリンピックは東京へ

オリンピックの度に獲得できるメダルの皮算用がおこなわれる。特に開催国では、それが重大問題として扱われている。その結果として、オリンピックの開催を機にスポーツ振興の実効が図られなければならないであろう。ところで、オリンピックにおけるメダル獲得が多い国は、スポーツが盛んな国と言えるであろうか。そして、日本は再びやってくる東京オリンピックで何を目標にすれば良いのであろうか。

前回のオリンピック・ロンドン大会2012年のデータを見てみよう。表5の(a)は国別の人口当たりのメダル獲得数、(b)はそのGDP当たりのメダル獲得数である。このように見てみると、各国のスポーツへの取り組みの状況がよく見えてくる。メダル数の上位国は、大体において豊かでスポーツが盛んな国と言えるであろう。ただし、ロシアと中国は政治体制が異なる国で例外として見た方が良くと考えられる。また、英国は開催国あるという点を念頭に見る必要がある。しかし、どちらの指標で見ても上位に出てくる国は同じである点が興味深い。一般にスポーツ大国と言われているアメリカの順位は意外にもこの中で下位にあり、日本とはほぼ同じ順位である。ロンドン大会における日本は過去最大のメダル獲得であった特別な大会であったが、敢えて厳しい言い方をすれば、日本は従前から柔道やレスリングなど体重階級別種目で多くのメダルを獲得しており、陸上競技のような競争のより厳しい基本的な競技でのメダル獲得が非常に少ない。オリンピックにおけるメダル数とその国のスポーツ参加の多さを代表しているかという問題はあるが、頂点が高ければ裾野も広いと考えられる。日本は表5のような指標で見ると、比率において順位以上に大きく上位国から大きく水をあけられている。これらのことを考慮すると日本はいわゆる先進国の中で、スポーツが盛んな国とは言い難いと筆者は考える。人口減少と高齢化社会の二重苦を抱える日本の目指す方向は、健康寿命を延ばし本当の意味で「一億総活躍社会」でなければなら

表5(a) ロンドン・オリンピックにおける人口百万人当たりメダル獲得数

順位	国名	人口 (百万人)	百万人当り メダル数	総メダル数
1	オーストラリア	22	1.55	35
2	英国	62	1.04	65
3	ロシア	143	0.574	82
4	韓国	50	0.559	28
5	ドイツ	82	0.538	44
6	フランス	63	0.537	34
7	イタリア	61	0.461	28
8	アメリカ	312	0.334	104
9	日本	128	0.297	38
10	中国	1344	0.065	88

表5(b) ロンドン・オリンピックにおけるGDP1兆円当たりメダル獲得数

順位	国名	GDP (単位：USD)	1兆円当り メダル獲得数	総メダル数
1	ロシア	1兆8577億	44.1	82
2	英国	2兆4315億	26.7	65
3	オーストラリア	1兆3717億	25.5	35
4	韓国	1兆1162億	25.0	28
5	イタリア	2兆1947億	12.8	28
6	ドイツ	3兆5705億	12.3	44
7	フランス	2兆7730億	12.3	34
8	中国	7兆2981億	12.1	88
9	アメリカ	15兆940億	6.89	104
10	日本	5兆8671億	6.48	38

らない。2020年東京オリンピックを好機と捉え、様々な方策を動員して「世界一のスポーツ参加」を誇る国作りに取り組むべきではなからうか。オーストラリアは、特異な国で人口2千万人でありながらオリンピックのメダルだけでなく、あらゆるスポーツ種目で世界のトップレベルに名を連ねており、参考にすべきである。

2020年東京オリンピックを契機に、将来日本がスポーツ参加においても世界のトップレベルになり、少子高齢化で人口減の二重苦を乗り越えていかなければならない。

参考文献

- 1) 日本生産性本部：レジャー白書2015
- 2) 出口治明：DIAMOND online：http://diamond.jp/articles/-/23496
- 3) 宇治橋貞幸：東京工業大学講義テキスト「スポーツ工学」(2012)