

陸上競技の投てき種目における世界記録の変遷と将来の記録の推定について

一般教育科 (体育)

岡 野 進

はじめに

筆者は本学紀要第⁽¹⁾11号において、陸上競技の跳躍種目における世界記録の変遷と、その変遷データをもとにして、近い将来 (A.D. 2000年)の世界記録の推定についての報告を行った。今回は前回の一つの課題でもあったように、さらに投てき種目男子4種目、女子3種目について、前回と同様な方法による研究の結果を報告することにした。

ところで、1864年に開催された——3月5日、Oxford の Christ Church Ground で——Cambridge University と Oxford University との対抗競技会が、近代陸上競技のスタートであるとされているが、その後の近代陸上競技の発展が、1896年に始まった近代オリンピック大会の多大なる影響を受けたことは言うまでもない。また、現在の陸上競技が記録的にも、勝負の面においても、非常にハイ・レベルとなり、きびしいものとなっているのは、特に第2次世界大戦後の科学力導入の結果であることも知られるところである。なお、近代陸上競技⁽²⁾の発展の経過のあらましについては、前回紀要で述べたとおりであり、ここでは省略するが、本研究は近代陸上競技の100余年の経過を、世界記録の変遷面からとらえたものである。

ところで、B・Hopkins と D・Edwards は男子のトラック種目について、過去の世界記録変遷データをもとに、A.D. 2000年の世界記録⁽³⁾の予想を行っている。また、同様な報告もいくつか見られる。しかしながら、本研究に關す

るこれらの報告は全てトラック種目に限られ、しかも女子についての報告はなされていない。よって、筆者はフィールド種目 (跳躍、投てき) の男・女に關し研究を進めた訳であり、本稿は⁽¹⁾前回にひき続いての報告である。

1. 研究方法

男子砲丸投 (Shot Put)、円盤投 (Discus Throw)、槍投 (Javelin Throw)、ハンマー投 (Hammer Throw) と、女子砲丸投、円盤投、槍投の計7種目についての世界記録⁽⁶⁾の変遷は、図説陸上競技事典 (下巻)、A world history of track and field athletics⁽²⁾、アメリカ陸上競技の技術⁽⁷⁾、砲丸投・ハンマー投、円盤投・槍投⁽⁸⁾、陸上競技⁽⁹⁾、陸上競技マガジン等の文献によってまとめた。

次に、現在の世界記録が最初の世界記録と思われるものと比較し、どの位伸びたかをみるために Improvement (%) を求めた。

また、1977年現在までの諸種目の世界記録変遷データから、それぞれの種目における回帰直線 (方程式) $\bar{Y}$ (Regression line)、推定の標準誤差 (Standard error of estimate) を求めることにより、A.D. 1980年からA.D. 2000年の世界記録の推定を行った。さらに、求めた回帰直線式に、実際の世界記録がどの位沿って伸びているかの状態を確認するために、西暦年と世界記録との相関係数 (r, Coefficient of correlation)⁽¹²⁾ を求めることにより検討した。

2. 結 果

2-1 世界記録の変遷

表1 から表7 は、投てき種目それぞれについての世界記録の変遷をまとめたものである。表中には現在(1977年)に至るまでの世界記録と、その記録が達成された年・月・日 (Date)、世界記録更新(保持)者の名前と国名 (Athlete and nation name of world's record holder) を示した。種目ごとにおける世界記録の変遷は、次のとおりであった。

2—1—1 砲丸投——1887年の 13.38 *m* が最初の記録として上げられる。そして、現在に至

るまで少なくとも49回の記録更新が成されている。13 *m* 台で始まった記録は1893年に14 *m* 台、1905年に15 *m* 台、1928年に16 *m* 台に達し、第2次大戦前は17.40 *m* (J・トーランス、1934年)まで記録は向上した。第2次大戦後は1953年にP・オブライエンが18 *m* 台とし、以後、オブライエンが1959年までに19.38 *m* まで記録更新を続けた。翌1960年には21 *m* 台に達し(R・マトソン、21.05 *m*)、現在ブリシュニコフの22.00 *m* が世界記録となっている。(表1)

表1 砲丸投 (Shot Put) の世界記録の変遷 (1977年現在)

	Date	Record	World's record holder	
			name	nation
1	1887	13.38	G・グレイ	カナダ
2	1889	13.76	〃	〃
3	1893	14.32	〃	〃
4	1897	14.68	D・ホーガン	アイルランド
5	1898	14.75	〃	〃
6	1904	14.81	R・ローズ	アメリカ
8	1905	15.12	〃	〃
7	1909	15.54	〃	〃
9	1928	15.79	E・ヒルシュフェルト	ドイツ
10	1928	15.87	J・クック	アメリカ
1	1928	16.04	E・ヒルシュフェルト	ドイツ
2	1932	16.05	Z・ヘルヤッツ	ポーランド
3	1932	16.16	L・セクトン	アメリカ
1	1932	16.20	F・ドウダ	チェコスロバキア
4	1934	16.48	J・ライマク	アメリカ
5	1934	16.80	J・トーランス	〃
7	1834	16.89	〃	〃
8	1934	17.40	〃	〃
9	1948	17.68	C・フォンビル	〃
20	1949	17.79	J・フックス	〃
1	1950	17.81	〃	〃
2	1950	17.90	〃	〃
3	1950	17.95	〃	〃
4	1953	18.00	P・オブライエン	〃
5	1953	18.04	〃	〃
6	1954	18.42	〃	〃
7	1954	18.43	〃	〃
8	1954	18.54	〃	〃
9	1956	18.61	〃	〃
30	1956	18.69	〃	〃
1	1956	18.70	〃	〃
2	1956	19.06	〃	〃
3	1956	19.25	〃	〃
4	1959	19.30	〃	〃
5	1960	19.38	D・ロング	〃
6	1960	19.45	W・ニーダー	〃
7	1960	19.67	D・ロング	〃
8	1960	19.99	W・ニーダー	〃
9	1960	20.06	〃	〃
40	1962	20.08	D・ロング	〃
1	1964	20.10	〃	〃
2	1964	20.30	〃	〃
3	1964	20.68	〃	〃
4	1965	20.70	R・マトソン	〃
5	1965	21.05	〃	〃
6	1965	21.51	〃	〃
7	1967	21.78	〃	〃
8	1973	21.82	フェアーバツハ	〃
9	1976	21.85	アルブリットン	〃
50	1976	22.00	ブリシュニコフ	ソビエト

2—1—2 円盤投——1896年の 34.04 m が最初の記録として上げられる。そして、現在に至るまで少なくとも40回の記録更新が成されている。34 m 台で始まった記録は、1909年に40 m 台に達し、1930年には50 m 台に達した。第2次大戦後の1946年には54.93 m (E・フィッチ) が

記録され、1961年にはJ・シルベスターによって60 m 台となり、以後、シルベスターは1971年に至るまで70.38 m に記録を更新した。現在M・ウィルキンスの70.86 m (1976年) が世界記録となっている。(表2)

表2 円盤投(Discus Throw)の世界記録の変遷 (1977年現在)

	Date		Record	World's record holder	
				name	nation
1	1896		34.04	シエルドン	アメリカ
* 2	1899	9.13	37.28	〃	〃
3	1900		38.93	R・パウエル	ハンガリー
4	1902		39.42	M・シエルドン	アメリカ
5	1907		42.63	ソウシエク	オーストリア
** 6	1909		42.89	M・シエリダシ	アメリカ
7	1911		44.01	ニクランダー	フィンランド
8	1912	5.27	47.58	J・ダンカン	アメリカ
9	1924	9.14	47.61	T・リープ	〃
10	1925	5.2	47.89	G・ハートラフト	〃
1	1926	4.3	48.20	C・ハウザー	〃
2	1928	7.22	49.77	ホフマイスター	〃
3	1929	3.9	49.90	E・クレンツ	〃
4	1930	5.17	51.03	〃	〃
5	1930	8.23	51.73	P・ゼサップ	〃
6	1934	8.25	52.42	H・アンデルソン	スウェーデン
7	1935	4.28	53.10	W・シュレーデル	ドイツ
8	1941	6.20	53.26	A・ハリス	アメリカ
9	1941	10.26	53.34	A・コンソリーニ	イタリア
20	1946	4.14	54.23	〃	〃
1	1946	6.8	54.93	B・フィッチ	アメリカ
2	1948	10.10	55.33	A・コンソリーニ	イタリア
3	1949	7.9	56.46	F・ゴードン	アメリカ
4	1949	8.14	56.97	〃	〃
5	1953	6.20	57.93	S・アイネス	〃
6	1953	7.11	58.10	F・ゴードン	〃
7	1953	8.22	59.28	〃	〃
8	1959	6.14	59.91	E・ピオントコウスキー	ポーランド
9	1961	8.11	60.56	J・シルベスター	アメリカ
30	1961	8.20	60.72	〃	〃
1	1962	5.18	61.10	A・オーター	〃
2	1962	6.4	61.64	V・トルセネエフ	ソビエト
3	1962	7.1	62.45	A・オーター	アメリカ
4	1963	4.27	62.62	〃	〃
5	1964	4.25	62.94	〃	〃
6	1964	8.2	64.55	L・ダネク	チェコスロバキア
7	1965	10.12	65.22	〃	〃
8	1968	5.23	66.54	J・シルベスター	アメリカ
9	1968	9.18	68.40	〃	〃
40	1971	5.16	70.38	〃	〃
1	1976	5.1	70.86	M・ウィルキンス	〃

* 1897年、C・ヘンネマンは2.13 m の小さいサークルから36.20 m を記録している。

** 1909年、W・ヤルビネンは2.70 m の大きいサークルから44.84 m を記録している。

2—1—3 槍投——1886年の 35.81 m が最初の記録として上げられる。そして、現在に至るまで少なくとも36回の記録更新が成されている。E・レミングは1899年に49.32 m を記録し、1912年に至るまで 62.32 m とした。1928年には70 m 台に達し、1938年には Y・ニッカネンが

78.70 m とした。第2次大戦後の1953年にはF・ヘルドが80.41 m とし、1964年にはT・ペデルセンが初の90 m 台91.72 m を記録し、現在M・ネメトの94.58 m が世界記録となっている。(表3)

表3 槍投 (Javelin Throw) の世界記録の変遷 (1977年現在)

	Date		Record	World's record holder	
				name	nation
1	1886		35.81	—	—
2	1899		49.32	E・レミング	スウェーデン
3	1902		51.95	〃	〃
4	1906		53.90	〃	〃
5	1908		54.83	〃	〃
6	1912	6. 6	60.64	〃	〃
7	1912	9.19	62.32	〃	〃
8	1919	8.24	66.10	J・ミルラ	フィンランド
9	1924	10.12	66.62	G・リンドストローム	スウェーデン
10	1927	10. 8	69.82	E・ペンティレ	フィンランド
1	1928	8.15	71.01	E・ルンドビスト	スウェーデン
2	1930	8. 8	71.57	M・ヤルビネン	フィンランド
3	1930	8.17	71.70	〃	〃
4	1930	8.31	71.88	〃	〃
5	1930	9.14	72.93	〃	〃
6	1932	6.27	74.02	〃	〃
7	1933	5.25	74.28	〃	〃
8	1933	6. 7	74.61	〃	〃
9	1933	6.15	76.10	〃	〃
20	1934	9. 7	76.66	〃	〃
1	1936	6.18	77.23	〃	〃
2	1938	8.25	77.87	Y・ニッカネン	〃
3	1938	10.11	78.70	〃	〃
4	1953	8. 8	80.41	F・ヘルド	アメリカ
5	1955	5.21	81.75	〃	〃
6	1956	6.24	83.56	Y・ニッカネン	フィンランド
7	1956	6.30	83.66	J・シドロ	ポーランド
8	1956	11.26	85.71	E・ニエルセン	ノルウェー
9	1959	6. 5	86.04	A・カンテロ	アメリカ
30	1961	6. 1	86.74	C・リエボーレ	イタリア
1	1964	7. 1	87.12	T・ペデルセン	ノルウェー
2	1964	9. 2	91.72	〃	〃
3	1968	6.23	91.98	J・ルーシス	ソビエト
4	1969	6.18	92.70	J・キヌンネン	フィンランド
5	1972	7. 6	93.80	J・ルーシス	ソビエト
6	1973	5. 5	94.08	K・ヴォルフアーマン	西ドイツ
7	1976	7.26	94.58	M・ネメト	ハンガリー

2—1—4 ハンマー投——1887年の 34.60 m が最初の記録として上げられる。そして、現在に至るまで少なくとも37回の記録更新が成されている。1909年には J・フラナガンが56.19 m とし、1938年には E・ブラスクが59.00 m とし

た。第2次世界大戦後の1952年には60 m 台となり、1960年には70 m 台となった。1971年には W・シュミットが76.40 m とし、現在シュミットの79.30 m が世界記録となっている。(表4)

表4 ハンマー投 (Hammer Throw) の世界記録の変遷 (1977年現在)

	Date		Record	World's record holder	
				name	nation
1	1887		36.40	J・ミッチェル	アメリカ
2	1892	8. 8	44.21	〃	〃
3	1897	5.31	45.92	〃	〃
4	1904		52.71	J・フラナガン	〃
5	1909	7.24	56.19	〃	〃
6	1911	10.29	57.10	マクグラス	〃
7	1913	8.17	57.77	P・ライアン	〃
8	1938	8.21	58.24	K・ヘイン	ドイツ
9	1938	8.27	59.00	E・ブラスク	〃
10	1948	7.14	59.02	I・ネメタ	ハンガリー
1	1949	9. 4	59.57	〃	〃
2	1950	5.19	59.88	〃	〃
3	1952	7.24	60.34	J・シエルマク	〃
4	1952	9.14	61.25	S・ストランドリ	ノルウェー
5	1953	9. 5	62.36	〃	〃
6	1954	8.29	63.34	M・クリボノソフ	ソビエト
7	1954	12.12	64.05	S・ネナセフ	〃
8	1955	8. 4	64.33	M・クリボノソフ	〃
9	1955	9.19	64.52	〃	〃
20	1956	4.25	65.85	〃	〃
1	1956	7. 8	66.38	〃	〃
2	1956	10.22	67.32	〃	〃
3	1956	11. 2	68.54	H・コノリー	アメリカ
4	1958	6.20	68.68	〃	〃
5	1960	8.12	70.33	〃	〃
6	1962	7.21	70.67	〃	〃
7	1965	5.29	71.06	〃	〃
8	1965	6.20	71.26	〃	〃
9	1965	9. 4	73.74	G・ジボツキー	ハンガリー
30	1968	9.14	73.76	〃	〃
1	1969	6.15	74.52	R・クリム	ソビエト
2	1969	9.20	74.68	A・ボンバルスク	〃
3	1969	10.11	75.48	〃	〃
4	1971	9. 4	76.40	W・シュミット	西ドイツ
5	1974	7. 4	76.60	R・タイマー	東ドイツ
6	1974	9.11	76.66	A・スピリドノフ	ソビエト
7	1975	5.19	78.50	C・リーム	西ドイツ
8	1976	8.14	79.30	W・シュミット	〃

2—1—5 女子砲丸投——1924年の10.15 m が最初の記録として上げられる。そして、現在に至るまで少なくとも36回の記録更新が成されている。10 m 台で始まった記録は、1931年に13.70 m、1934年には14.38 mに達した。第2次大戦後の1950年には15 m 台、1953年には16 m 台、

1959年には17 m 台 (T・プレス) となり、T・プレスは1965年に18.59 mとした。そして、N・チジョーワは1968年から1973年に至り、21.45 mまで記録を更新した。現在フィビンゲロバの22.32 mが世界記録となっている。(表5)

表5 女子砲丸投 (Shot Put of Women) の世界記録の変遷 (1977年現在)

	Date		Record	World's record holder	
				name	nation
1	1924		10.15	ホイブライン	ドイツ
2	1928		11.96	〃	〃
3	1929		12.85	〃	〃
4	1931		13.70	〃	〃
5	1934	7.15	14.38	G・マウエルマイエル	〃
6	1948	8. 4	14.59	T・セブリューコワ	ソビエト
7	1949	10.30	14.86	K・トセノワ	〃
8	1950	11. 9	15.02	A・アンドレエワ	〃
9	1952	7.26	15.28	G・ジビナ	〃
10	1952	9.20	15.37	〃	〃
1	1952	10. 1	15.42	〃	〃
2	1953	5.17	16.18	〃	〃
3	1953	10. 7	16.20	〃	〃
4	1954	9.24	16.28	〃	〃
5	1955	9. 5	16.29	〃	〃
6	1955	11.15	16.67	〃	〃
7	1956	10.13	16.76	〃	〃
8	1959	4.26	17.25	T・プレス	〃
9	1960	7.16	17.42	〃	〃
20	1960	8.13	17.78	〃	〃
1	1962	6.10	18.55	〃	〃
2	1965	9.19	18.59	〃	〃
3	1968	4.28	18.67	N・チジョーフ	〃
4	1968	9.22	18.87	M・グンメル	西ドイツ
5	1968	10.20	19.61	〃	〃
6	1969	5.30	19.72	N・チジョーフ	ソビエト
7	1969	7.13	20.09	〃	〃
8	1969	9.11	20.10	M・グンメル	東ドイツ
9	1969	9.16	20.43	N・チジョーフ	ソビエト
30	1973	8.82	21.20	〃	〃
1	1973	9.29	21.45	〃	〃
2	1974	9.21	21.58	H・フィビンゲロバ	チェコスロバキア
3	1975		21.60	アダム	東ドイツ
4	1976	5.20	21.67	〃	〃
5	1976	7. 4	21.89	I・フリストフ	ブルガリア
6	1976	9. 6	21.99	H・フィビンゲロバ	チェコスロバキア
7	1977	8.20	22.32	〃	〃

2—1—6 女子円盤投——1923年の27.39 mが最初の記録として上げられる。そして、現在に至るまで少なくとも48回の記録更新が成されている。1924年には30 m台、1932年には40 m台となり、第2次大戦後の1946年に50 m台となった。1960年から1965年にかけて、T・プレスは

59.70 mまで記録を更新し、1967年から1969年にかけてはL・ペステルマンが63.96 mとし、以後、F・メルニクが1971年に64.88 mとし、1976年に至るまで70.50 mと記録を更新し続けている。(表6)

表6 女子円盤投 (Discus Throw of Women) の世界記録の変遷 (1977年現在)

Date			Record	World's record holder	
				name	nation
1	1923	9.23	27.39	テムブーレ	フランス
2	1924		27.70	ベティ	〃
3	1924	8. 4	30.10	モリ	〃
4	1925	10.11	31.15	ビドラコバ	チェコスロバキア
5	1926	5.20	34.15	コノパツカ	ポーランド
6	1926	8.15	36.27	〃	〃
7	1926	8.22	38.34	ロイター	ドイツ
8	1927	9. 4	39.18	〃	〃
9	1928	7.31	39.62	〃	ポーランド
10	1932	6.19	40.84	ホイブライン	ドイツ
1	1932	6.19	42.43	ワイソウナ	ポーランド
2	1933	5. 3	42.56	〃	〃
3	1933		42.60	〃	〃
4	1933	7. 5	43.08	〃	〃
5	1934	8.11	43.80	〃	〃
6	1934	8.15	44.20	〃	〃
7	1935	6. 2	44.34	G・マウエルマイヤー	ドイツ
8	1935	6. 4	44.76	〃	〃
9	1935	6.23	45.53	〃	〃
20	1935	6.29	46.10	〃	〃
1	1935	8.25	47.12	〃	〃
2	1936	6.14	47.99	〃	〃
3	1936	7.11	48.31	〃	〃
4	1939	9.18	49.11	N・ドゥムパーゼ	ソビエト
5	1939	10.29	49.54	〃	〃
6	1944	8.14	49.88	〃	〃
7	1946	8.29	50.50	〃	〃
8	1948	8. 8	53.25	〃	〃
9	1951	5.27	53.37	〃	〃
30	1952	8.10	53.61	N・ロマシコーワ	〃
1	1952	10.18	57.04	〃	〃
2	1960	9.12	57.15	T・プレス	〃
3	1961	7.15	57.43	〃	〃
4	1961	9. 1	58.06	〃	〃
5	1961	9.20	58.98	〃	〃
6	1963	5.18	59.29	〃	〃
7	1965	8.11	59.70	〃	〃
8	1967	11. 5	61.26	L・ベステルマン	西ドイツ
9	1968	5.26	61.64	C・シュビールベルク	東ドイツ
40	1968	7.24	62.54	L・ベステルマン	西ドイツ
1	1969	6.18	62.70	〃	〃
2	1969	9.27	63.96	〃	〃
3	1971	9. 4	64.88	F・メルニク	ソビエト
4	1972	8. 4	66.76	〃	〃
5	1973	7.10	67.58	〃	〃
6	1973	9. 7	69.48	〃	〃
7	1974	5.27	69.90	〃	〃
8	1975	8.20	70.20	〃	〃
9	1976	4.24	70.50	〃	〃

2—1—7 女子槍投——1927年の 37.57 m が最初の記録として上げられる。そして、現在に至るまで少なくとも25回の記録更新が成されている。1929年には40 m 台となり、第2次大戦後の1949年には50 m 台となった。1960年E・オゾリナは57.92 m を記録し、1964年までに61.38 m とした。1972年に入り、R・フックスは66.03

m を記録し、1976年に至るまで69.12 m とした。現在K・シュミットの 69.32 m が世界記録となっている。(表7)

以上の世界記録の変遷の様子から、男子の砲丸投、ハンマー投、女子の砲丸投、槍投は第2次大戦後の記録更新数の多いのが、特に目立った。

表7 女子槍投 (Javelin Throw of Women) の世界記録の変遷 (1977年現在)

	Date	Record	World's record holder	
			name	nation
1	1927	37.57	ハイグス	ドイツ
2	1928	38.39	〃	〃
3	1929	40.27	ブラウミューラー	〃
4	1932	44.64	〃	〃
5	1932	6.18 44.74	K・ギンデル	アメリカ
6	1942	6.21 47.24	A・スタインハウエル	ドイツ
7	1947	6.29 48.21	H・バウム	オーストラリア
8	1948	9.12 48.63	〃	〃
9	1949	7.25 49.59	N・スミルニツカーヤ	ソビエト
10	1949	8.5 53.41	〃	〃
1	1954	2.5 53.56	N・コニヤエワ	〃
2	1954	5.22 55.11	〃	〃
3	1954	8.6 55.48	〃	〃
4	1958	6.1 55.73	D・ザトブコーワ	チェコスロバキア
5	1958	7.24 57.40	A・パゼラ	オーストリア
6	1958	10.30 57.49	C・ザロガイテ ィーテ	ソビエト
7	1960	5.3 57.92	E・オゾリナ	〃
8	1960	6.4 59.55	〃	〃
9	1963	7.3 59.78	〃	〃
20	1964	8.27 61.38	〃	〃
1	1964	10.16 62.40	ゴルチャコワ	〃
2	1972	66.03	R・フックス	東ドイツ
3	1973	9.7 66.10	〃	〃
4	1974	9.3 67.22	〃	〃
5	1976	7.10 69.12	〃	〃
6	1977	9.11 69.32	K・シュミット	アメリカ

2-2 世界記録の Improvement

表8は各種目ごとの Improvement (記録の向上率)を示したものである。男子では円盤投, 槍投, ハンマー投, 女子では砲丸投, 円盤投が

Improvement=100(%)を上回った。全体として, 前回報告した跳躍種目の場合に比較し, その Improvement はかなり大きかった。

表8 投てき種目における世界記録の Improvement (%) (単位はmeter)

Sex	Event	World's record		Difference B-A	Improvement $\frac{B-A}{A}(\%)$	Average of Improvement
		The first(A)	Present (B)			
Men	Shot Put	13.38 (1887)	22.00 (1976)	8.62 (89)	64.42	113.64 (S.D=35.42)
	Discus Throw	34.04 (1896)	70.86 (1976)	36.82 (80)	108.17	
	Javelin Throw	35.81 (1886)	94.58 (1976)	58.77 (90)	164.12	
	Hammer Throw	36.40 (1887)	79.30 (1976)	42.90 (89)	117.86	
Women	Shot Put	10.15 (1924)	22.32 (1977)	12.17 (53)	119.90	120.60 (S.D=29.76)
	Discus Throw	27.39 (1923)	70.50 (1976)	43.11 (53)	157.39	
	Javelin Throw	37.57 (1927)	69.32 (1977)	31.75 (50)	84.51	

2-3, 将来 (A.D. 2000年) の世界記録の推定

表9は各種目ごとにおける回帰直線式($\hat{Y}$), 推定の標準誤差 ($\sigma_{\hat{Y}}$), そして, 世界記録と西暦年との相関係数(r)を示したものである。

表9 投てき種目における世界記録の回帰方程式 ($\hat{Y}$), 推定の標準誤差 ($u_{\hat{Y}}$), 相関係数 (r)

Sex	Event	$\hat{Y}$ (Regression line)	$u_{\hat{Y}}$ (Standard error of estimate)	r (Coefficient of correlation)
Men	Shot Put	$\hat{Y} = 0.09060X - 158.002$	0.724	0.951
	Discus Throw	$\hat{Y} = 0.39206X - 706.484$	1.698	0.983
	Javelin Throw	$\hat{Y} = 0.53174X - 955.487$	3.156	0.934
	Hammer Throw	$\hat{Y} = 0.38435X - 684.311$	3.672	0.924
Women	Shot Put	$\hat{Y} = 0.20575X - 385.344$	0.761	0.956
	Discus Throw	$\hat{Y} = 0.64873X - 1212.274$	2.895	0.970
	Javelin Throw	$\hat{Y} = 0.59557X - 1108.775$	1.715	0.983

表10 回帰方程式と推定の標準誤差から推定した近い将来の世界記録の推定
(単位はmeter, 小数第3位4捨5入)

Sex	Event	A.D. 1980	A.D. 1990	A.D. 2000
Men	Shot Put	(21.39) 20.67~ 22.11	(22.29) 21.57~ 23.01	(23.20) 22.48~ 23.92
	Discus Throw	(69.79) 68.09~ 71.49	(73.72) 72.02~ 75.42	(77.64) 75.94~ 79.34
	Javelin Throw	(97.36) 94.20~100.52	(102.68) 99.52~105.84	(107.99) 104.83~111.15
	Hammer Throw	(76.70) 73.03~ 80.37	(80.55) 76.88~ 84.24	(84.39) 80.72~ 88.06
Women	Shot Put	(22.04) 21.28~ 22.80	(24.10) 23.34~ 24.86	(26.16) 25.40~ 26.92
	Discus Throw	(72.21) 69.16~ 75.27	(78.76) 75.65~ 81.76	(85.19) 82.14~ 88.25
	Javelin Throw	(70.45) 68.64~ 72.17	(76.41) 74.70~ 78.13	(82.37) 80.66~ 84.09

それぞれの種目の世界記録と西暦年との相関係数は、0.924 から 0.983 と非常に高い値を示した。これは前回報告した跳躍の場合と同様な結果であった。また、推定誤差 ($Y - \hat{Y}$) の標準偏差 (推定の標準誤差) は、男子砲丸投で $\pm 0.724m$, 円盤投 $\pm 1.698m$, 槍投 $\pm 3.156m$, ハンマー投 $\pm 3.672m$ であった。同様に女子砲丸投は $\pm 0.761m$, 円盤投 $\pm 2.895m$, 槍投 $\pm 1.715m$ であった。

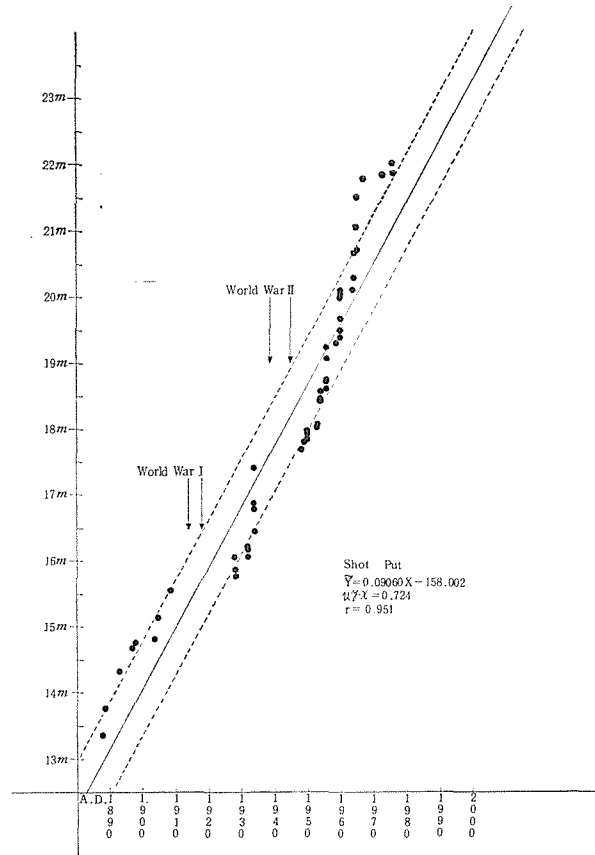
表10は求めた回帰直線式と推定の標準誤差から、A.D.1980年, 1990年, 2000年の推定記録を示したものである。A.D. 2000年の推定記録は男子砲丸投22.48m~23.92m, 円盤投75.94m~79.34m, 槍投104.83m~111.15m, ハンマー投80.72m~88.06m, 女子砲丸投25.40m~26.92m, 円盤投82.14m~88.25m, 槍投80.66m~84.09mとなった。

3. 考 察

投てき種目における世界記録と西暦年との相関係数は、先述したとおり全ての種目において $r \geq 0.924$ を示した。このことは現在に至る世界記録が、求めた回帰直線に沿ってほとんど直線的に伸びていることを証明するものであると言え、また同時に、このことは求めた回帰直線式から、近い将来の世界記録を推定 (予想) することにおいて、非常に高い信頼度を示すものであると言える。

図1から図7は、表1から表7, 表9, 表10をもとに、投てき種目のそれぞれについて、世界記録の変遷の様子と、将来の記録の推定について示したものである。図中の黒点は世界記録を1つずつプロットしたものであり、また、実線は回帰直線、破線は推定の標準誤差を示したも

図1 砲丸投の世界記録の変遷と将来の推定



のである。この図から、実際の世界記録が求めた回帰直線に沿ってわずかにS字（カーブ）を描きながら、ほとんど直線的に伸びている様相を伺うことができる。また、現在までの記録更新のペースで行くとすれば、A.D. 2000年には一段とハイ・レベルの世界記録が実現されることになる訳であるが、ほとんどの種目では現時点において、回帰直線によって示される記録（予想のペース）を上回っており、また、記録更新の頻度も決してとどまっている様子はない。こうした状態はA.D. 2000年（近い将来）の推定記録達成において、十分な可能性を示唆するものである。以下、現在に至るまでの世界記録更新の背景について考察を進めると共に、近い将来における記録更新の可能性について展望することにした。

3—1—1 投てき種目における世界記録更新の要因

現在に至るまでの世界記録更新の背景を考え

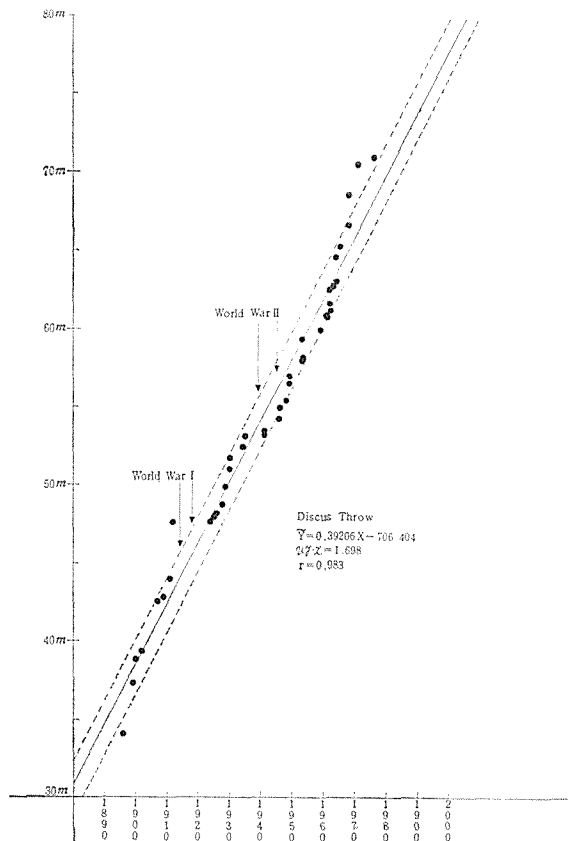
てみるに、少なくとも次の要因を挙げることができよう。その要因とは、

- ① 技術の研究・開発
- ② トレーニング法の進歩
- ③ 施設・用器具の発明、改良
- ④ 体格の向上
- ⑤ 陸上競技の普及（競技人口の増加）と、競技会の増加

⑥ その他—（スポーツ）医学の発達、栄養面の向上、交通機関の発達、科学的研究の進歩（①～③の要因と関連）などである。以上のこうした要因が複雑にいくつかが組み合わされながら、また、直接的、間接的に影響（関与）する中で、世界記録の更新が成されたと考えることができよう。そして、今後さらに記録が向上していくためには、上述した①～⑥の要因がさらに高いレベルで改善されていくことが必要であると言えよう。

ところで、投てき種目における飛距離（記録）

図2 円盤投の世界記録の変遷と将来の推定

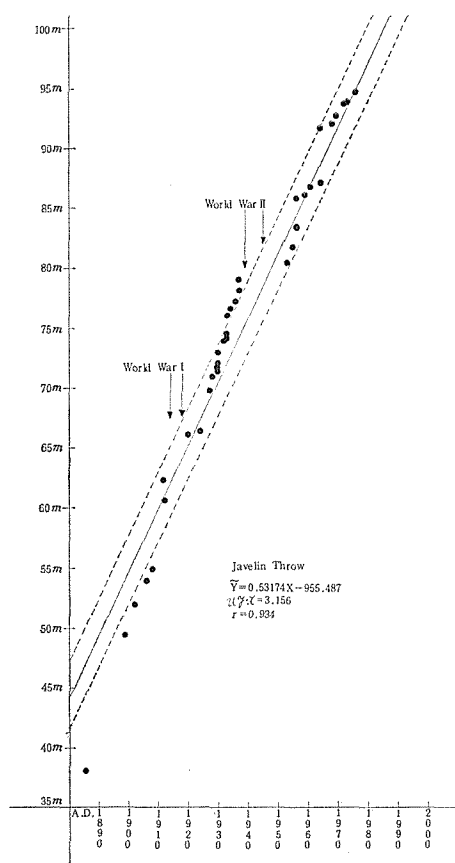


は、力学的には (1) the speed of release = the initial velocity of the implement (物体の投射時の速度=初速), (2) the angle of release (投射角), (3) the height of release (投射時の高さ)によって決定される。この中で最も重要な要因は(1)である。よって、投てき距離を得るためには(2), (3)の要因を改良するよりも, (1)の要因を改良するのがより効果的である。この点, Ecker⁽¹⁵⁾は10%の (1)の要因の改良によって, 記録は21%伸びるとしている(砲丸投の場合)。また, Paish⁽¹³⁾は45°の release angle で円盤を投げたとすると, release speed が 10f/p/s 増加することによって, その飛距離は約50feet 伸びるとしている。この要因(1)の重要性から, 過去の世界記録の更新が主として選手の体力(パワー, 筋力, スピードなど)や技術の向上によって, 達成され続けたことが推察される。勿論, 投てきの飛距離は(2), (3)の要因によっても左右される訳で, (2)の要因については

適切な角度(optimum angle)⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾が要求される。この点に関し, Dyson, Ecker, Paish⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾らは砲丸投では40°~42°, 円盤投35°~40°, 槍投30°~35°, ハンマー投40°~45°であるとしている。以上の(1)と(2)の要因によって, 投てき飛距離のほとんどは決定される訳であるが, より高い位置からの投てきはそれだけ有利となる。Dyson⁽¹⁴⁾は砲丸投において投射時の高さが 6feet→7feet →8feet になると, その飛距離はそれぞれ 13cm ~20cm, 23cm~38cmに増加するとしている。また, この投射時の高さは選手の体格(身長, 腕の長さ)と lifting position⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾(投射の高さのとり方)によるとしている。

ところで, 砲丸投やハンマー投における飛行曲線は, 完全な放物線を描くが, 円盤投や槍投では器具の大きさや形状のために, atmospheric resistance(大気抵抗)⁽¹⁴⁾⁽¹⁷⁾の影響を受け易く, 必ずしも完全な放物線を描かない。よって, 円盤投や槍投の飛距離の決定については, 先述し

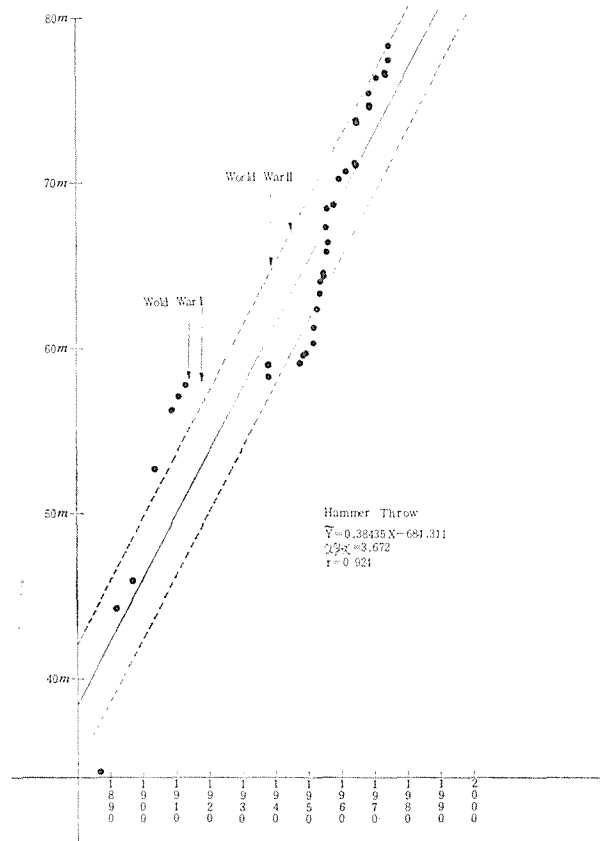
図3 槍投の世界記録の変遷と将来の推定



た(1)~(3)の要因の他に, aerodynamic factor (航空力学的要因)の影響を考えなければならない。この点, 大気中における投射物に, より大きな揚力 (the lifting force) を働かせることが重要となる。Dysonによると, この揚力は投てき物の形状 (shape), 迎え角 (the angle of attack), 表面積 (the surface area), 飛行速度の2乗 (the square of air speed), 空気密度 (air density) などによるとしている。また, 実際の競技会における投てきでは, 風の影響も多大であるが, こうした点に関し, J. Unger⁽¹⁸⁾ は次のような報告をしている。例えば, 砲丸投の air resistance による飛距離の減少は0.9%であり, ハンマー投では2.5%の減少である。またこれらの種目では assisting windの方が, opposing wind より有利であり, 5m/sec における記録の差は約30cmである。ところで, 円盤投や槍投における風の影響は大きく, 5m/sec の opposing wind では, 砲丸投

やハンマー投の場合は, その飛距離に -0.8% ~ -1.0% の影響しか受けないが, 円盤投では +10% も影響されたとしている。例えば 23m/sec で投げ出された円盤は, 無風の時の飛距離は 59.22m であるが, -5m/sec の風を受けた時は64.63mになるとしている。また逆に+5m/sec の風においては, その飛距離は-2.5%の影響がでるとしている。以上触れたように, 円盤投や槍投においては aerodynamic factor や wind のかなり大きな影響が考えられた。この点, Ecker⁽¹⁷⁾ は円盤投や槍投では投射角と投射速度を考慮するだけでなく, 風向や風速, 投てき物の構えの角度 (the attitude angle of the implement) まで考える必要があるとしている。以上の諸点からして, 円盤投や槍投においては, その世界記録の向上の背景に, aerodynamic factor に応じた用器具の改良や, aerodynamic factor と wind に応じた投てき技術の遂行や改良が成されたことが推察される。

図4 ハンマー投の世界記録の変遷と将来の推定



以下、さらに世界記録更新の背景について、体力面、技術面の向上、施設・用器具の改良、選手の体格といった諸点から、具体的に考察を試みるとともに、将来の記録の更新について展望することにした。

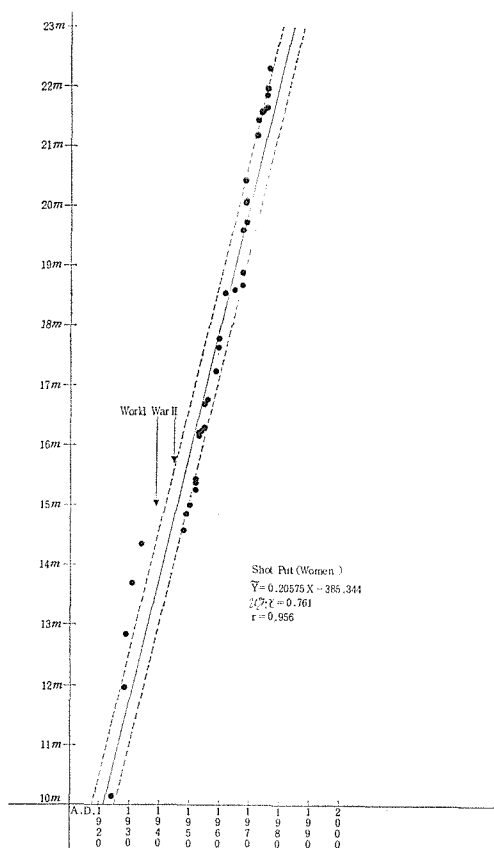
3—1—2, 体力トレーニングの進歩

投てき競技では、特に全身のパワー(power)・筋力の体力要素が要求される。この点、少なくとも第2次世界大戦前までは、投てき物を実際に投げることによって、体力は養成されたと推測される。ところで、陸上競技の記録を高めることにおいて、体力トレーニング(conditioning training)が必要視されだしたのは第2次世界大戦後である。図説、陸上競技事典⁽¹⁹⁾では、「コンディションなしに、すぐれた成績は生まれない」として、1956年以降コンディショニング(特に筋力づくり)が重要視されだしたとしている。この体力トレーニングの中でウェイト・

トレーニング(weight training)は、現在においても最も重要な体力トレーニング手段とされているが、世界におけるウェイト・トレーニングの採用の経過と、記録への貢献については前回紀要(P12)⁽¹⁾で述べたとおりであるので、参照願いたい。

ところで、現在における世界のトップクラス選手のトレーニング・プランをしてみるに、多くのトレーニング時間をweight lifting(=training)にさいていることがわかる。例えば、Mac Willkins(World record holder of Discus throw = 70.86m)⁽²⁰⁾は全トレーニング時間の40~50%であり、Capes(Shot put record = 70-1½ = 約21.38m)は全トレーニング時間の70%をweight liftingに費やし、残りの20%をtechnique work、10%をrunning workに費やすとしている。また、Ken Stadel(=Discus throw record = 222.9feet = 約67.94m)⁽²¹⁾は40%をweight training、45%をtechnique

図5 砲丸投(女子)の世界記録の変遷と将来の推定



work, 15% を running work で費やすとして⁽²²⁾いる。さらに、女子槍投の世界記録保持者の Käte Schmidt も秋のトレーニング期間(鍛練期)においては、週3～4回の weight training を行っている。⁽²³⁾また、女子円盤投世界記録保持者の Faina Myelnik も preparation period (Oct.—Mar) において weight training (1回2～3時間)を行い、そのうちの3日は “hard=with maximum load” なものを行うとしている。⁽²⁴⁾このように、主として barbell を利用しての weight training は、トップクラスの投てき選手において、不可欠のトレーニング手段となることがわかるが、さらに depth jumps, medicine ball や種々のウェイト・トレーニング器を利用しての筋力・パワーの養成も、現在において一段と重要視されだしている。⁽¹³⁾⁽²⁵⁾

第2次世界大戦後において、こうした体力トレーニング(主としてパワー・筋力の向上を目指した)が採用され—効果的なパワー・筋力の向

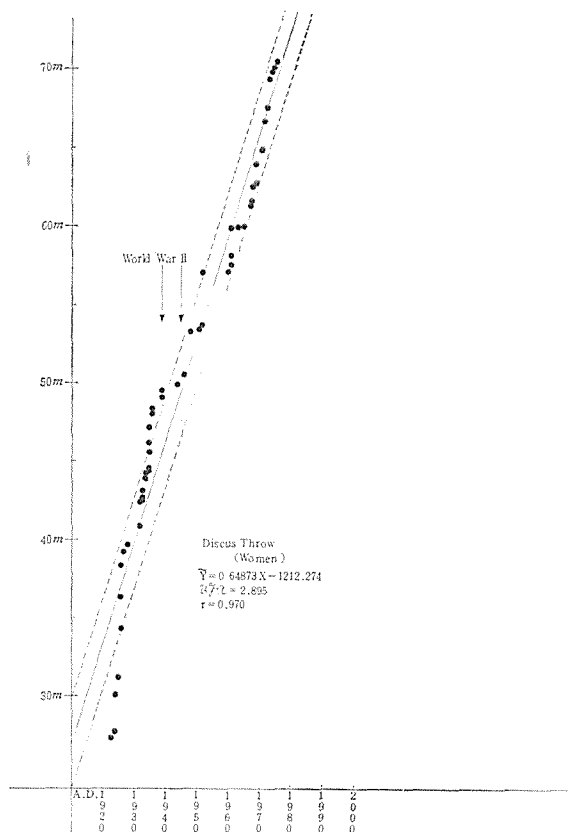
上の方法についても、生理学面から研究された一たことにより、選手の体力は一段と向上したことが推察されるが、勿論のこと、第2次世界大戦後の世界記録の更新において、大きく貢献したことも推察されるところであり、事実、世界記録の更新数や、向上度も高い(図1～7参照)。

3—1—3, 投てき技術の変遷(向上)⁽¹⁴⁾

3—1—3—1 砲丸投—Dyson によれば、効果的な投てき技術とは、全身の力をできるだけ長い距離にわたって作用させることであり(力×距離=仕事)、できるだけ長い時間作用させることでもある(力×時間=力積)としている。よって、世界記録の向上は投てき技術が仕事の、力積的に高められてきた結果であるということができよう。この点、砲丸投の技術の変遷の様子を次のようにとらえてみた。⁽⁷⁾⁽¹⁹⁾⁽²⁰⁾

〔Ⅰ〕期—(旧式)ホップ式(1909年～1928年)

図6 円盤投(女子)の世界記録の変遷と将来の推定



〔Ⅱ〕期— 旧式ホップの改良と投てき動作のスピード化(1928年～1950年)

〔Ⅲ〕期— ホップ(グライド)式投法の向上(オブライエン投法の出現, 1953年～1959年)

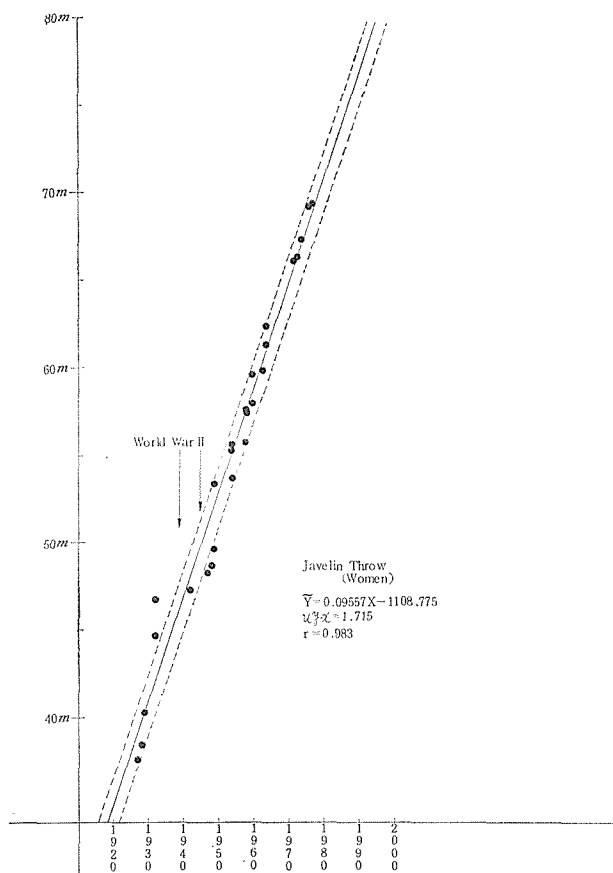
〔Ⅳ〕期— オブライエン投法の定着と回転式投法の出現(1960年～)である。

〔Ⅰ期〕はR・ローズ(15.54m, 1909年)に代表されるホップ式投法である。これはサークルの後方に直立し、右脚で軽く跳ぶ(ホップ)という予備的動作から投てきするというものであった。この投てきフォームは、P・ジョーダン⁽⁷⁾によれば「左脚を大きく蹴りあげて体をうしろに傾け……うなりながら砲丸を突き出した」としている。また彼のフォームは「砲丸投の技術を少なくとも14世紀だけ過去にひき戻してしまった。」とも述べられている。R・ローズの身長は198cm, 体重は125kgであり、少なくとも1928年まではR・ローズの投てきフォームが見

本となり、体の大きさにものをいわせる時代であり、お粗末なホップ式フォーム(技術)であったと考えられる。

〔Ⅱ期〕は予備的動作としてのホップと、投てき動作において、スピード化が進められた時期である。1920年代に入り、アメリカのテンプトンは物理学の原理(力=質量×加速度)から、スピードの必要性を強調した。この時期はすばやい投てき動作によって15.87m(1928年)を記録したJ・クックから、1950年に17.95mまで記録を更新したJ・フックスまでを指すものである。先述したとおり、動作のスピード化が強調された時期であり、スピーディーな技術を身につけた、比較的軽量選手が活躍した時期である。例えば、J・フォンビン(1948年, 17.68m)やJ・フックス(1950年, 17.95m)の体重は、(190ポンド=約86.3kg)に満たなかったが、脚力(100m走10秒8)とす速いホップをマスターし、世界記録を更新したといわれる。⁽⁷⁾またこの

図7 槍投(女子)の世界記録の変遷と将来の推定



時期において、1934年（J・トーフンス16.80m）には、低い構えからホップに入り、まっすぐに突き上げるという技術的に進歩したフォームがみられた。この点、J・フックスは低い構えから速いホップを行い、するどい突き上げの投てきフォームを行なったことが推察されるが、〔Ⅰ期〕と比較し〔Ⅱ期〕では、かなり合理的な投てき技術（フォーム）のレベルであったと考えられる。

〔Ⅲ期〕はオブライエン（投法）による記録更新の時期である。オブライエンはサークルの後方に後ろ向きに低く構えるポジションから、速いグライド技術を開発した。このフォームによって、力の作用線は12インチ伸ばされ、実質的にサークルの長さを7フィートから8フィートに伸ばしたといわれている⁽⁷⁾。オブライエンは彼の投法を定着させるとともに、体力（筋力）トレーニングの採用によって、記録更新を続けたことが考えられる。

〔Ⅳ期〕はオブライエン投法の定着と、効果的な体力トレーニングとによる大型選手の活躍時期と言えるであろう。マトソン（1965年～1967年、21.78m）は2.00mという長身と、オブライエンよりさらに低く構えるポジションにより、さらに力の作用線を長くしたといわれているが、この〔Ⅳ期〕では、より体格に恵まれた選手が体力トレーニングによって、パワーと筋力とを向上させる中で、オブライエン投法を選手自身のものとしてマスターし記録を更新したと考えられる。と同時に、将来はこの方向で記録が高められていくであろうことは明確である。

女子の場合も、ほぼ男子と同様な技術の発展過程—〔Ⅱ期〕～〔Ⅳ期〕—をとったことが推察される。

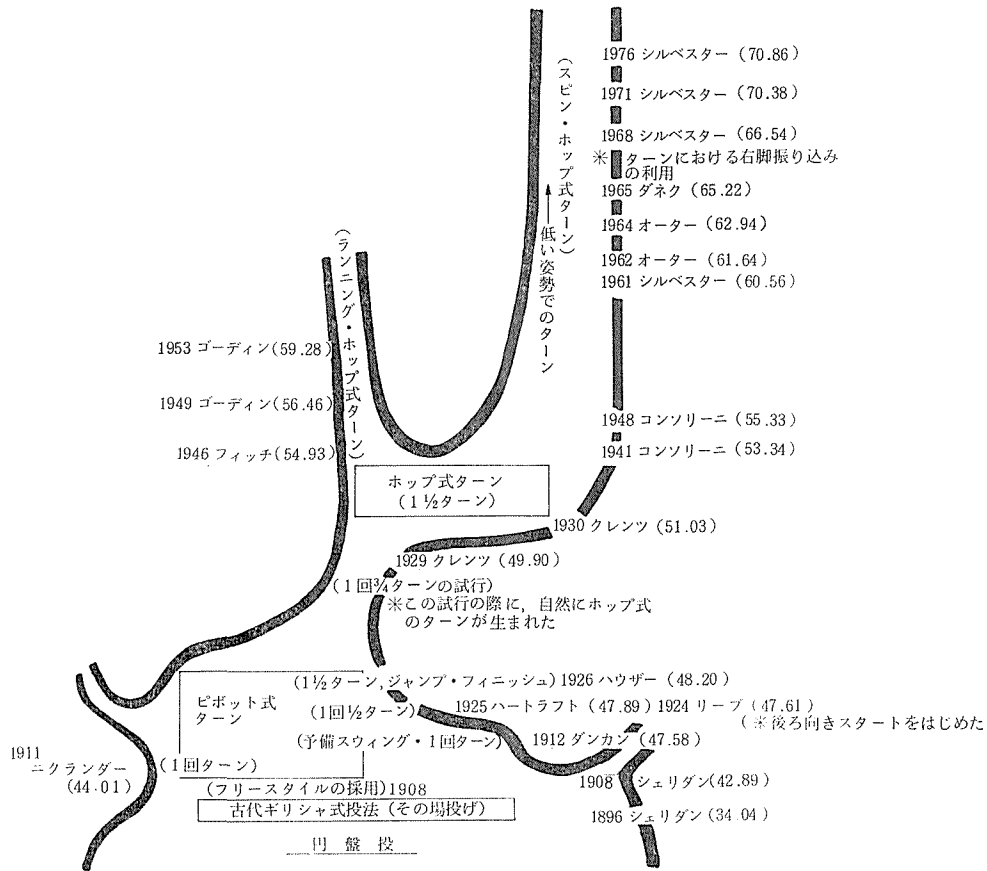
ところで最近において、Discus-style とか、rotational technique とか、spinshot technique とかといわれる新しい投法（回転投）が出現している。すでに、男子における 22.00m

の現在の世界記録は、このスタイルを用いた Barishnikov⁽²⁸⁾ によって達成されている(1976年)。将来の記録を推定することにおいても重要であると考えられるので、ここでこの新投法について触れることにしたい。この点、Jess Javer⁽²⁹⁾ は世界の the rotary shot put(回転投法)の諸研究をまとめているので参考としたい。これによると「Scherer は O'Brien shift の場合の投射角と、ほぼ同じ投射角(36°~38°)が rotational technique でみられたこと、また加速の path(力の作用線)が、rotational technique の方が2 m長かったことを報告している。また、Kessenbrock は2名の世界的選手を用い— Discus-style=Barishnikov, O'Brien style=Alfeuerbach—両者の投法を比較している。この結果、Barishnikov の投射スピードは13.5 m/secであり、Alfeuerbach ではグライド・スピード2.6 m/sec が得られ、投射スピードでは13.9 m/sec であったとしている。また Barishnikov のターンにおいて、ターンの前半では4 m/sec が得られたが、ターンの後半で1.4 m/sec に drop したことを claimしている。さらに Scheris の実験研究では、6週間の180 training puts の結果、discus-style 群の方が O'Brien style 群に比べ、より記録向上をみせたこと(63cmと53cm)と、筋力や体重の少ないものがより良い記録向上をみせたことを報告している。Scheris の結論は、Discus-style ではターンによる最初の velocity は高いが、しかし、砲丸投では投射時において最も高い velocity に達成しなければならない必要性から考えて、決して過大評価すべきではないとしている。その他多くの出版物では、discus-style は rotation 後の投射時において、砲丸をまっすぐに押し出すことのむずかしさが指摘されている。Dyson は glide は重要であるが、しかし、total distance の10%しか影響しない。よって、glide では投てき時における powerful position や control をそこなうものであってはならないとしている……。以上の点から、Javer⁽²⁹⁾ は critical speed(限界スピード)を越え投射時において、power を十分に発揮することのできない position となった時、rotational technique を使用することにおける問

題が生じるが、もしも、回転エネルギーを投射時の局面において使用することができ、そして centrifugal force(遠心力)によってつくられる種々の問題に打ち勝つことができれば、従来の glide 投法よりすぐれ、performance(記録)の向上をはかることができるかもしれないとしている。また、Ecker⁽¹⁵⁾ は水平方向に加速できる距離と時間が長い Discus-style では、conventional な投法よりもより大きな水平スピードを砲丸に与えることができるが、しかし、垂直方向のスピードが減少し、角度の低い投てきになり易い。よって、うまく垂直方向のスピードが出せるなら、記録向上に貢献できるであろうとしている。さらに、J.B.Durant は女子への the spin shot technique の適合性を説いている。その理由は、女子が a lower center of gravity(重心が低い)であることや、砲丸も軽い(4 kg)ことから spin がしやすく、遠心力も小さいという女子特有の physique からの理由と、筋肉的にも物質代謝的にも男子に比べ lower であり、rapid で forceful な筋肉活動の能力が劣るという physiology の理由からである。いずれにしても、出現して日の浅い discus-style は、今後さらに研究されその投法が普及することによって、記録向上に貢献できるのではなかろうかと考える。

3—1—3—2 円盤投—円盤投(男子)の技術の発達と、世界記録との関係について、諸文献⁽⁷⁾⁽⁹⁾⁽³¹⁾より、その系統樹を作成したのが図8である。円盤投の技術の発展は、その初期においては、その場投げ(ターンなし)からターン(回転角度)の増加化が進められ、1930年以降は、さらにターンのスピードを増加させるための技術(ホップ式ターン)が開発された。1960年以降は、低い姿勢でねじりをきかせたフォームで、最大の遠心力を生かす技術(スピン・ホップ式ターン)の改良が進められ、記録更新に貢献したと言えよう。こうしたターン技術の進歩は、角運動量(rotary momentum)=回転速度(rotary speed)×回転慣性(rotary inertia= $m \cdot r^2$)の増加と一致するものである。ところで、投射時における振り出し速度の重要性についてはすでに述べたが、「ターンのはじめでは、大

図8 円盤投(男子)における技術の系統樹



きな回転慣性をつくり、振り出し前にその慣性を減ずることで、回転速度を大きく増加することができる。」という力学的原理が、円盤投の現在の技術に応用されており、将来はホップ式ターンからのす速い振り出しによって、やはり記録が更新されることには違いなかろう。

3—1—3—3 槍投—槍投の技術の進歩のひとつは助走に関する点であり、もうひとつは投げにおける構えに関する点であったと考えられよう。つまり、助走においてはうまくスピードを生かしスムーズに投射のためのより良い構え(ポジション)に入っていける技術へと発展したことが考えられ、また、投射時により大きな力とスピードが加えられるポジションやテクニックが開発されたことが考えられる。

初期の槍投では、「歩く助走からスキップをし構えに入るときに右足を左足の後ろへ運ぶ方法がとられていた」⁽⁹⁾。この投法はE・レミング時代(1899年～1912年)に用いられていたと思

われる。1919年J・ミルラ(フィンランド)は従来の右足を左足の後方にもっていくクロス・ステップを、右足を左足の前方にもっていく新しいクロス・ステップの方法に改良した。これはフィンランド式投法として、主としてヤルビネン・ニッカネン時代(1930年～1938年)に定着したことが考えられる。この点、P・ジョーダン⁽⁷⁾によると、この新しいクロス・ステップの採用について、「投てきに大きなスピードと力を加える——を達するために、右足はある程度左の方に向けなければならなかった。助走で生み出された惰力をできるだけおとさないようにするという目的と、また頭の上からやりを引き出すさいにより大きな力を加えるためには、右足をもつと鋭角においたほうがよいということがわかり、この考えがいわゆるフィンランド式の投法に吸収されていった。」つまり、ミルラの新しいクロス・ステップの開発と、その後のそれを用いての有効な構えの技術が、ここにお

いて成立したことを物語っている。この点について、やはり P・ジョーダン⁽⁷⁾らは「ヤルビネン、ニッカネンあるいはその他のスウェーデンやドイツのやり投げ選手によって、正しい投てき技術の頂点がほとんどきわめられてしまった。」としており、すでに1930年代において、現在の投法に近い技術が用いられていたことが推測される。と同時に、こうした技術の導入による記録更新への貢献を伺うことができる。

アメリカではホップ式投法が簡単であるということから、この投法が用いられていたが、助走スピードをうまく投げに結びつけることができなく、世界記録を出すまでには至らなかった。⁽⁷⁾⁽⁹⁾しかし、1930年代の後半から、アメリカでもフィンランド投法が採用されだし、1953年には、F・ヘルドが「やりを引き出していく時に腰のひねりをきかせて、両肩と腕から正面に力を作用させ……。ヘルドは腕力で損する分を、作用線の長さや体と脚の大きなひねり（をほごく動作）でおぎなった。」と、P・ジョーダン⁽⁷⁾らが述べているように、投射時における力の作用線の増大という力学的原理を導入し成功した（ヘルド式投法＝アメリカ式投法）。その後、A・カンテロ（1959年）は、助走スピードを上げて、やりを引き出すさいの爆発的な力に結びつけることを工夫し、記録を更新したといわれる。⁽⁷⁾⁽⁹⁾以後、今日においては、フィンランド式の助走とクロスステップからの投げの構えを基本としたさらにスピーディーな動作での投てきによって、記録更新が成されていることが推察される。この点、「陸上競技事典」では1960年以降「左足裏と、左肩を回転の軸として振り出す方法、つまり遠心力を一部利用するという……」投法が見られだしたと指摘している。また、この点については Ecker⁽¹⁵⁾も同様に指摘しているが、top thrower の実際の投てきフォームや分解写真を見ても、最後の投げの構えでは、横向き右足接地の lean back position から、するどく左足を前方に運ぶことにより、linear motion を阻止し、身体の回転と上体の反りを利用し、そのフィニッシュでは力強い腕の“w-hiplash action（むち打ち動作）”⁽¹³⁾が遂行されているが、先の「陸上競技事典」⁽⁶⁾の指摘と一致するものであると言えよう。

ところで、槍投の助走距離や、助走の際の槍の持ち運び方に関する発展については、筆者の知るどの文献においてもあまり述べられていないので不明瞭であるが、例えば、1972年のオリンピック勝者 Wolferman (W.G) の approach run は 120 feet (約 36.6 m) であり、Sittonen (Finland) はその $\frac{2}{3}$ (約 24.4 m) ということである。⁽¹³⁾この点、現在の top thrower の助走距離はこの範囲内であることが考えられ、少なくとも1930年以降は、20 m ～ 30 m の助走距離がとられていたことが推測される。この点、より助走スピードを生かした槍投は、今日において必須であり、Wolferman のような長い助走を行う方法は、将来必須となろう。また、槍の持ち運び方は、投射準備に影響を与えるということから、L.G. Anokina⁽³³⁾ は Javelin withdraw (構えの際の槍の引き) と関連づけての研究を進めているが、Russian method = high carriage position above the head in an arc upwards and back で槍を運び投げる方法が、腕を曲げて、まうしろにまっすぐ槍を引いて運ぶ Swedish method や、助走のはじめは前方に槍を持ち、投げる準備に入る時に後方上にアーチ型に槍を運ぶ Finish method よりも、投てきに使う筋肉の pre-tension において、より長い時間貢献することができるという理由から、もっとも有効であるとしている。最近におけるソビエト選手や、ドイツ選手の活躍は、この点が投げに活かされていると考えることもできよう。さて、将来の槍投技術の発展方向について宮下⁽⁹⁾らは「助走路もオールウェザーになったりしたので、フィンランド式のクロスステップによる方法を基本にして、さらにスピードの効率的な使い分けが問題となり、クロスから構えの時間が短縮され、もっとすばやい動きの中で投げられるようになるであろう。」としているが、北欧式、アメリカ式、そしてソビエト式（ドイツ式）といった投法の良い面が集結され、オールウェザー（all weather）助走路に合致した投法が、今後展開されることによって、記録が更新されることは間違いなからう。

3—1—3—4 ハンマー投—今日のハンマー投は、多回転競技（multi-rotational event）⁽¹³⁾といわれるように、top thrower では3回転、4

回転のターンが採用されている。ハンマー投の技術の進歩のひとつは、ターン数の増加であったことが、この点から推測される。実際において、ハンマー投の記録は「最初のうちは回転回数の函数でした。」⁽³¹⁾といわれるように、ミッチェルが1回転ターンで45.92m(1897年)、フラナガンは、1900年2回転ターンをはじめて試み、1904年にはそのターンで52.71mまで記録を伸ばし、さらに1909年には、フラナガンが3回転ターンによって、世界記録を56.19m⁽¹⁹⁾⁽³⁴⁾まで伸ばした。ところで、「陸上競技事典」⁽¹⁹⁾や「スポーツの技術史」⁽³⁴⁾によれば、3回転ターンは、すでにプラウ(163呎=49.39m)によって1904年にはじめて試みられており、1908年にはフクラシマンによって、4回転ターンが試みられている。しかし、4回転ターンは世界記録の更新には結実していない。⁽⁸⁾西藤によれば、「……3回転ターンは現在の方法とやや異なり、軸足となる左足の足底のボールに体重をのせ、親指のつけ根を回転の中心としたつま先回転であった。」としている。以後、このターン⁽⁸⁾の方法は1920年代まで支配することになるが、1920年代にツーテルによってさらにハンマーを両足着地の間に加速する方法と、1930年代にはいつて、ドイツのクリストマンが現在に用いられている“踵—つま先”ターンの要領を開発した。これによって、ドイツ選手のヘイン(58.24m)、ブラスク(59.00m)は、ターンのスピード化と安定化をはかることができ、25年ぶりに世界記録⁽⁸⁾を伸ばした。

第2次大戦後のハンマー投の急速な発展(表4参照)は、体力トレーニングによる筋力・パワーの向上によって、ハンマー投の3回転ターン技術が、よりスピーディーにダイナミックになったからだと推測される。この点、Black⁽³³⁾らは、1976年のMontreal Olympicのハンマー投において、best 8に残った選手の1回目から6回目のすべての投てきを分析している。この結果によると、Syedikh(USSR)が77.52mを投げて優勝した時の3回目のターンの速さは、0.42秒であった。このターンの速さは2位のSpiridonov(USSR—4回転ターン目)、3位のBondarchuk(USSR)、4位のRiem(W.G)も同様に0.42秒であった。よって、75m以上を投

げるには、最終ターンを0.42秒で回ることが必要であるとしている。また、この際27m/secの初速を得ることも必要であるとしている。Ecker⁽¹⁵⁾によると、42°~44°の投射角でハンマーを投げ出す時、ハンマーのスピードが10%増すと、記録は40feet(約12m)以上も伸びるとしているように、ターンのスピードを増す技術は、記録向上にとって必須である。よって、将来における技術は3回転か4回転で、さらにターンを速くする方法しか技術的には残されていないと言えよう。勿論、体力の向上、体格の向上によってよりターンを速くし、回転半径を大きくし、さらにはターンの安定が保たれ、適切な角度で力強く投射された時、記録は更新されるといえ、特にこれからの技術の向上が体力、体格と密接に関連することは確かであろう。この点はハンマー投に限らず、他の種目においても同様な見解が成り立つ。

3—1—4 施設用器具の改良

3—1—4—1 サークルの改良—サークルの改良(主としてその拡大と材質の改良)は、それ自体の記録への貢献と、その改良が新しい技術を生むことによる記録への貢献とが考えられる。例えば、円盤投における1912年のサークル⁽⁷⁾⁽⁹⁾の拡大(直径2.135mから2.5mへ)は、円盤投歴史の初期におけるファールの防止と同時に、投射時における振り切り技術や、さらに1回転から1回転半のターン技術へと発展させることに結びつき、記録更新に貢献したと考えられる。

サークルに関するもうひとつの大きな革新は、1955年のコンクリート化(それまでは土のサークル⁽⁷⁾⁽⁹⁾⁽¹⁹⁾であった)であろう。このことによって、選手のはき物がスパイクからシューズ(投てき用)に変わり、ハンマー投や円盤投のターンが行い易くなり、ターンのスピード化と安定化へ貢献⁽¹⁵⁾したことが考えられる。また、Eckerによると、地面が固いことはそれだけ地面からの反力を得るために必要であるとしているように、投てきに際して、サークルのコンクリート化は投てき物により大きな力を加えるための助けとなっていることは見逃せない。以上の点から、特にサークルの拡大は記録向上にとって大きく貢

献したことは明確であるが、しかし将来において、サークルの拡大の可能性は無いと考えられる。

3—1—4—2 用いる投てき物の改良—砲丸投における shot の大きさは、男子において直径 110mm から 130mm と決められている。J. Unger⁽¹⁸⁾によれば、直径 120mm と 130mm の大きさの shot における、14 m/sec の travel での air-resistance の影響による記録差は、minimal であるとし、むしろ小さな直径の shot の方が、delivery でのつき出し効果が不十分となり易いため、その方が不利であるとしている。また、その shot が polishing であるかどうかの記録への影響も考えられるとしている。砲丸投の shot の場合、こうした点がどのように過去において扱われてきたか正確には不明であるが、ただ、最近において真ちゅう製の小さいものから、鉄製の大きいものへと変ってきたようである。用いる砲丸 (shot) は、すべらなく許される最大の大きさのものを使うことが少しでも有利となる。

ところで、投射物による記録への貢献度は、上述した砲丸投の場合はそれ程でもないであろう。しかし、すでに 3—1—1 で触れたとおり、aerodynamics factor と関係する円盤投や槍投では、それらの投射物がいかに aerodynamic 的であるかどうかで、かなりの記録への貢献度に違いがでてこよう。Dyson⁽¹⁴⁾によると円盤投におけるよい投てきは、ジャイロ効果 (gyroscopic effect) による飛行中の安定が保たれ、揚抗比 (the lift/drag ratio) が比較的一定に保たれるという。この点、Paish⁽¹³⁾は現在の円盤は gyroslabilising effect を得やすいように、その形や重量の配置 (positioning of material) が成されているとしている。つまり、円盤では重量を外側に配し (鉄わく)、その内部は木部を使い軽くしてあるのはそのためである。この点、さらに Ecker⁽¹⁷⁾は外縁を重くした hollow discus (中空円盤) では、そうでない solid discus よりも rotary inertia (回転慣性) が大きく一回転しやすい—、技術的に spin を加えるとより大きな gyro 効果を発揮し、より長く空中にとどまることができるとし、この結果 150foot throw において、7½feet の距離差がでると

している。ところで最近では、円盤の内部を木からナイロン製にかえることで、円盤の内部の密度の均一化をはかり、さらに安定して円盤が飛ぶ試みが成されているということであるが、規定内で、さらにより aerodynamic discus が作られていく可能性が考えられる。

次に、槍の一大革新は 1953 年、Bud Held によった。「Track and Field News によると、1953 年 8 月 8 日、Bud Held は 258 feet 2 inches の Nikkinen の記録を破る 260feet を投げた。Bud は wood からつくられた Bud Held Special という 4 本の槍を使用した。その槍は 27 枚の板を組み合わせた hollow affair (中空) であった。」と述べられている。この槍が有名な一連の Held 式槍の最初のものであり、1953 年から、ある Sweden の会社が Sandvick Super Elite⁽¹³⁾をつくった 1968 年頃まで、槍投選手に使用され続けた。

Dyson⁽¹⁴⁾によると、1955 年から 1961 年にかけての槍投の世界記録の向上は、主として、空気力学的な設計を改善した槍を使用したためであったとし、以前のものより、穂先は軽く、表面積の分布は一様で後端に向ってしだいに細くなっていた。こうした新しい槍は、うまく投げると飛行中の安定性を増し、よりよい揚抗比が与えられることになり、25feet (約 7.6 m) 記録がのびたとされている。

ところで、「近代オリンピック写真史」⁽³⁷⁾によると、アントワープ大会 (1920 年) 優勝者マイラの持つ槍は、細い円柱棒であった。そして、ロサンゼルス大会 (1932 年) のヤルヴィネンの投げている槍は、先が細く尖っており、少し改良されているようである。しかし、Dyson⁽¹⁴⁾が「1955 年以前に使われていた槍と比較すれば、現在のものはやはり aerodynamic 的である。」と述べているように、やはり 1953 年の Held 式槍が javelin の一大革新の発端であったことを示唆している。

現在における槍の規定では (1961 年)、槍の直径は 35mm から 30mm と定められ、重心は 90cm から 110cm の間とされており、現在に至るまで、この範囲内でより良い槍がデザインされたことが推察される。この点、P・ジョーダン⁽⁷⁾らはヘルド式以前の槍に比べ、直径が大きくなったこ

とにより空中でグライドする力がふえたこと、金属を用いることにより空中での振動を少なくし、乾燥と湿気と反りを防げるようになったこと、さらには耐久性が増したと述べている。この点、Paish⁽¹³⁾も同様な点を指摘しているが、現在では steel 製 (the Elite) と alloy 製 (the Held) とが使用されているとしており、stell 製は形のゆがみがない状態で landing の衝激に耐えることができる alloy 製のものよりも、もっと強壯であるとしている。以上の点からしても、1955年以降において、槍がより aerodynamic 的になってきたことにより、記録更新に貢献したことが考えられる。

ハンマー投の歴史の初期においては、Henry VIII⁽⁸⁾⁽¹³⁾の時代に、実際の hammer⁽¹³⁾ を投げたところに逆登る。西藤によれば、1876年鉄製のハンドルがつけられ、1896年にはハンドルは柔らかい金属性のものが公認され、1907年に現在行われているようなハンマーの重さや、ワイヤーの長さが決められたとしている。この時代におけるハンマーはより投げ易いように改良され、初期の記録更新 (1897年～1909年) に役立ったと考えられる。しかし、以後少なくとも最近に至るまではハンマーの改良による記録への貢献はない。ただごく最近においては、遠心力によって、よくのびるタングステン線がピアノ線に代えられたり、ハンドルがターンすることによってのびる工夫がされているといわれている。⁽³⁴⁾これらは、ターンによる遠心力をさらに増加 (回転半径の増加による角運動量の増大) せしめ、記録向上に貢献していることが考えられる。

以上、投てき競技における施設 (サークル) ・用器具の改良が、いかに記録向上に貢献し得たかについて述べてみたが、史的文献の不足からか (少なくともわが国の文献では不十分であると考えられる)、深い史的考察ができなかった。しかし、過去における記録の向上において、施設や用器具の改良が貢献したことは明確であり、もちろん将来においても、科学力の導入により、現在の規程内で、その形、物質がさらにより良く改良されていくことも十分に予想されることである。

3—1—5 体格の向上

体格 (身長、体重、腕の長さ) が記録に影響する要因であることについては、3—1—1で少し触れたが、より高い位置からの有利な投てきを可能とするために、長身であることと、腕が長いこととの体格の条件が必要である。また、円盤投やハンマー投において、より腕が長いことはそれだけ回転半径を大きくでき、ターンによる角運動量の増加をはかれる。さらに、体重がより重いことは円盤投やターンにおける遠心力に耐える助けとなる。以上のように、体格が記録に影響することは明らかであり、世界記録の変遷に伴って、選手の体格がより向上したことが推察される。この点西藤⁽⁸⁾によれば、砲丸投では少なくとも、記録の向上はあったが、選手の形態的なものは昔も今も余り変ってないとしているが、筆者も諸文献⁽²⁾⁽⁷⁾⁽¹⁰⁾⁽¹³⁾から、ほぼ同一の見解を得た。ただ、筆者は、3—1—2 (砲丸投) のところで触れたように、す速いホップやターン技術をものにした比較的小柄な選手が、過去において世界記録を更新した事実があることを見逃してはならないと考える (男・女、全投てき種目において)。

ところで、最近においては記録のハイ・レベル化に伴い、小柄な選手の活躍は不可能となったようである。この点、P・ジョーダン⁽⁷⁾らは「フックスが体に筋肉をつけ始め、オブライエンがうしろ向きのスタートにかえ、……チャンドラーが筋力のためのウェイト・トレーニングにとりかかるというように、1950年代の初めになると、“鯨”級の大きな選手が砲丸投げ界をリードするようになる。この時分から 200ポンド以下の選手の、活躍がみられないようになった。……」としているが、筆者の推察と一致する。もちろん、この点は砲丸投に限らず、他の投てき種目や、女子種目においても共通するものであろう。

ところで、筆者は最近におけるオリンピック入賞者の体格の平均を調べ、その推移を検討してみた (図9—1, 図9—2)。これによると、明らかに最近における top thrower の大型化傾向が把握できる。特に男子の大型化、中でも体重の著しい増加傾向が目立つ。この点最近では、より大きな選手が、より強いパワー・筋力

図 9—1 最近のオリンピック大会入賞者の平均身長推移

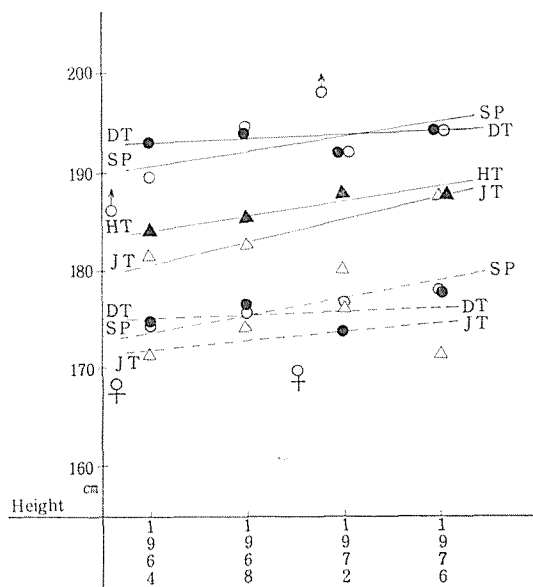
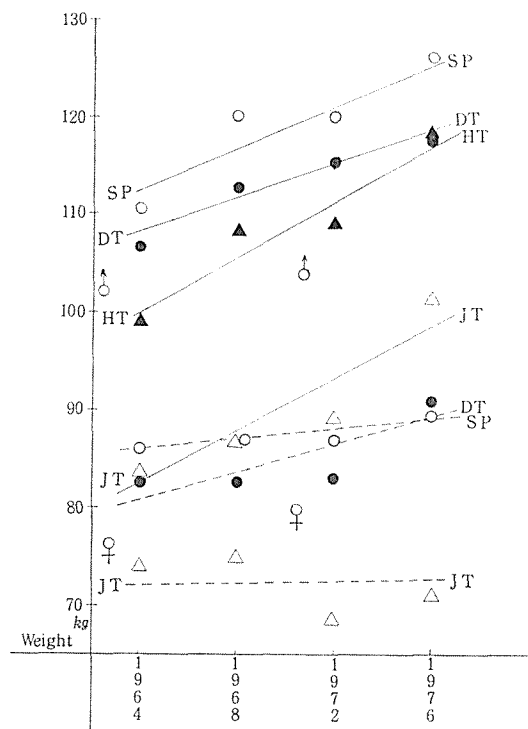


図 9—2 最近のオリンピック大会入賞者の平均体重推移



⑤ ○砲丸投, ●円盤投, △槍投, ▲ハンマー投をそれぞれ示す。また——は男子のそれぞれの種目における回帰直線, - - - - は同じく女子の場合の回帰直線である。

を身につける一筋力と、体重（筋肉量）の増加は一致する——同時に、より良い技術を身につけ世界に君臨している状況が考察される。最近における体格の増加は、ウェイト・トレーニング（リフティング）の導入と、栄養面の改善（高たん白の摂取）による結果である。この点、オチス・チャンドラーはウェイト・リフティングと、高たん白食事とによって、7ヶ月で体重を160ポンドから230ポンドに高め、新しいレコードを生み出す原動力となったとする過去の例がある。

現在の world recorders の体格をみるに、男子砲丸投のプリシュニコフは身長 199cm、体重127kgであり、円盤投の Mac Willkins は 193cm、116kg。槍投のネメトは183cm、88kg。ハンマー投のシュミットは192cm、135kgである。また、女子では、砲丸投の H・フィビンゲロバが179cm、96kg。円盤投の F・Myelnikが173cm、90kg（172cm、88kg）。槍投の K・Schmidt が

186cm、80kg⁽²³⁾であると報告されている。これらは、将来における世界記録更新者にとって、少なくとも必要な体格の目安となろう。

3—2 世界記録の Improvement について
投てき種目における Improvement の平均は、男子において113.64%，女子において120.60%であり、非常に高い Improvement 値を示した。この点、跳躍種目では男子54.23%（S.D=27.73），女子32.74%（S.D=5.19）であり、投てき記録の大幅な更新が示された。投てき種目の記録がいかなる要因で、どのように更新されたかの背景については、3—1において考察した訳であるが、人間の投げる力が助走（ターン、ホップなどのグライドやいわゆる槍投の助走）を巧みに利用しての力強い投てきの遂行によって、また、thrower がより強力な power と筋力とをたずさえたことによって、主として向上したと言えそうである。

なお、男子の砲丸投の improvement は64.42%と、投てき種目の中では低い⁽⁸⁾⁽¹³⁾⁽⁴¹⁾が、最初の世界記録が13.38mとかなり高水準であることからしても、中世においてかなり盛んに“重い物投げ”が行われていたことから、すでに重い物をより遠くへ飛ばすための技術 (pushing or putting) が、あったためではなかろうか。いずれにしても、投てき記録が大幅に更新されたことは確かであり、3—1において述べた種々の要因の改良の結果であったことには相違なかろう。

3—3 紀元2000年の推定記録達成の可能性について (まとめとして)

3—1において、現在までの世界記録が、西暦年の進行に伴って、ほとんど直線的な関係 (両者の相関係数は非常に高い)を示したことで、最近における世界記録更新頻度もかなり多いこと、さらには、回帰直線式 (Y) から予想される記録のペースを上回っていることなどから、近い将来の記録達成の可能性が高いことをすでに述べた。また、3—1において、過去の世界記録が向上した背景についていくつかの要因をあげ、それらの要因ごとに将来を展望してみた。そして、将来の記録向上のためには、少なくとも thrower の体格の大型化と、効果的トレーニングによる一段と powerful かつ speedy な投てき (技術) が遂行されなければならないことが考察された。また、補足的には、aerodynamical な投てき物の改良も必要視された。この点、筆者はすでにハイ・レベルの域に達した記録を、さらに向上させていくためには、選手にとって並大抵のことではないが、しかし、国をあげての科学研究の導入と選手養成—現在ではソビエト、東ドイツがこれに相当すると考える—によって、おそらく2000年における推定記録は達成されるであろうと考えている。ただ、女子の砲丸投と円盤投の記録は、男子に比べかなり上回ったものになる (現在はほぼ同じ) ので、この点、ややきびしいものを感じる。以上、非常に漠然とした考察を述べざるを得なかったが、例えば、砲丸投における Discus-style の導入と普及 (男・女)、槍投における all weather 助走路を利用した speedy な throwing、

円盤投やハンマー投におけるターンの増加といった技術の改良やマスターが、さし当っての記録向上のための課題であろう。

お わ り に

以上、前紀要⁽¹⁾のひとつの課題でもあった投てき種目について、世界記録の変遷とその背景、さらには将来の記録の推定とその可能性を述べてきた。しかし、過去の世界記録の変遷の背景については、まだまだ不明瞭な点があった。特に女子の場合に関する文献は皆無に等しく、男子に準じざるを得なかった。よって、今後はさらに諸文献にあたることから、ひとつずつ明らかにしていく必要性を感じている。また前回⁽¹⁾と今回における論文は、陸上競技 (athletics) の研究に関する筆者の今までの総まとめ的なものであると言えるが、これら論文を土台とし、今後さらに陸上競技の技術・トレーニングに関しての研究に取り組みたいと考えている。

ところで、将来の記録がどこまで伸びるかは筆者をはじめ多くの陸上競技関係者の関心事であるが、従来の将来における記録の予想は、関係者の“勘”によるものが多かった。この点、統計的処法⁽³⁾によった筆者の報告は、B.Hopkinsらの報告からヒントを得たものの、意義あるものであると思っている。なお、本論中において今だに記録の停滞傾向がないことを述べたが、この研究を進めている最中 (1977年から1978年にかけて) 新しく記録が更新されたので、ここに付記しておきたい——男子砲丸投 22.15m (U・バイヤー、東ドイツ、1978年7月6日)。円盤投 71.16m (ヴォルフガング・シュミット、東ドイツ、1978年7月28日)。ハンマー投 80.14m (ザイチュク、ソビエト、1978年7月9日)、80.32m (リーム、西ドイツ、1978年8月6日)。女子円盤投 70.72m (ヤール、東ドイツ、1978年8月12日) である⁽⁴²⁾。このように、現在においてなおかつとどまるところを知らない世界記録が、今後どのように実際において伸びていくのか、誠に興味深いところである。

最後に、陸上競技の記録向上に貢献した新しい技術やフォームが、選手の練習や工夫によって生まれたこと (力学的見解は決して先行して

いない)。また、将来の記録向上に伴い、競技場が現在のものより広くなるか、投てき競技場が別に設けられるか、さらには、投てき器具の変化（重くなる）により記録向上がおさえられるなど、投てき競技はいずれ現在のものとは違った形で展開されることになろうことを付記しておきたい。なお、B・Hopkins⁽³⁾の報告と、筆者の報告などから、A.D. 2000年の推定記録をまとめ、付表1として本論文末に記しておくことにした。

前回紀要と⁽¹⁾、今回の紀要論文の要旨は、第29回日本体育学会（高知大学，1978.12.）において、「陸上競技のフィールド種目における将来の世界記録の推定」というテーマで、口頭発表するものである。（1978.11.）

参 考 文 献

- (1) 岡野進：陸上競技の跳躍種目における世界記録の変遷と将来の記録の推定について，山梨県立女子短期大学紀要第11号（1—30），1978.
- (2) R・L・Quercetani：A World History of Track and Field Athletics 1864—1964，Oxford University press，1964.
- (3) B・Hopkins，D・Edwards：Where does the time go？ Runner's World Magazine，July（44—45），1976.
- (4) 宮川毅他：1970年の記録は？（ソビエトの研究より）陸上競技マガジン9月号増刊（160—163），1964.
- (5) 有吉正博：中・長距離走の記録はどこまで伸びる，陸上競技マガジン7月号（82—83），1977.
- (6) 大島鎌吉，福岡孝行他：図説陸上競技事典（下巻）講談社，1971.
- (7) 小田海平訳
ベイトン，ジョーダン，パド・スペンサー：アメリカ陸上競技の技術，講談社，1970.
- (8) 西藤宏司：砲丸投・ハンマー投，ベースボール・マガジン社，1977.
- (9) 宮下桂治，金子今朝秋：円盤投・やり投，ベースボール・マガジン社，1977.
- (10) 織田幹雄：陸上競技，旺文社，1976.
- (11) 前田新生編：陸上競技マガジン記録集計号（3月号増刊），1975—1977.
- (12) 岩原信九郎：推計学による新教育統計法，日本文化科学社，1967.
- (13) Wilf Paish：Track and Field athletics，Lepus Books，1976.
- (14) Geoffrey Dyson：The mechanics of athletics，University of London Press LTD，1970.
（金原，渋谷，古藤共訳：陸上競技の力学，大修館書店，1972.）
- (15) Tom Ecker：Track and Field technique through dynamics，Tafnews Press，1976.
- (16) Paul Wars：Technique analysis the shot put，Track Technique 60（1907），1975.
- (17) Tom Ecker：Track and Field dynamics，Tafnews Press，1971.
（佐々木秀幸訳：陸上競技ダイナミックス，ベースボール・マガジン社，1974.）
- (18) J・Unger：Throwing in the wind，Track Technique 71（226），1978.
- (19) 大島鎌吉，福岡孝行他：図説陸上競技事典（上巻），講談社，1971.
- (20) C・L・Drown：How they train（Mac Willkins），Track Technique 66（2075—2076），1976.
- (21) Fred Norris：How they train（Geoff Capes）Track Technique 66（2077—2078），1976.
- (22) N.A.Firth：How they train（Ken Stadel），Track Technique 70（2236），1977.
- (23) Mel Beard：How they train（Kate Schmidt），Track Technique 67（2104—2105），1977.
- (24) Petr Stanek：How they train（Faina Myelnik），Track Technique 58（1853—1854），1974.
- (25) George Dunn：Weight training for the prep throwers，Track Technique 66（2060—2063），1976.
- (26) 陸上競技マガジン9月号増刊 1964.
- (27) オリンピック写真史料行会編集：近代オリンピック写真史，同胞之会，1964.
- (28) Viktor Alekeyev：Barishnikov puts the shot… Discus-style，Track Technique 58（1847），1974.
- (29) Jes Javier：Discus-style shot put，Track Technique 67（2097—2098），1977.
- (30) J・B・Durant：Women and the spin shot technique，Track Technique 70（2229），1977.
- (31) 宮川毅他：オリンピックの歴史と記録，陸上競技マガジン9月号増刊（139—140），1964.
- (32) L・G・Anokina：Javelin withdraw，Track Technique 67（2084），1977.
- (33) Iruing S・Black，George Kawecki：Olympic Hammer Throw analysis，Track Technique 67（2098—2100），1977.

- (34) 岸野雄三，多和健雄編，三沢光男：スポーツの技術史，大修館書店，1972.
- (35) 青山利春：用器具の改良と記録の伸び，陸上競技マガジン7月号（84—85），1977.
- (36) 伊藤貫三：陸上競技の最適年齢は何歳か，高校陸上年鑑No.12（23—30），1965.
- (37) 陸上競技マガジン（第19回オリンピック・メキシコ大会記念特別号），1968.
- (38) 陸上競技マガジン10月号増刊（第20回ミュンヘンオリンピック特別号），1972.
- (39) 陸上競技マガジン9月号増刊（第21回モントリオールオリンピック総特集），1976.
- (40) 平松俊男：ウエイトトレーニングのすべて，ウエイトトレーニング普及会，1963.
- (41) 岸野雄三：体育の文化史，不味堂書店，1959.
- (42) 前田新生編：1978年世界30傑，陸上競技マガジン10月号（154—160），1978.
- (43) 岡野進：イギリス陸上競技に学ぶ，陸上競技マガジン11月号（143—150），1977.

付表1 A. D. 2000年の推定記録の一覧

Events	Men	Women
100 m *	9.5sec	
200 m *	—	
400 m *	42.1	
800 m *	1.40.4	
1,500 m *	3.20.8	
5,000 m *	12.20.0	
10,000 m *	25.17.0	
marathon *	1:55.00	
110mH *	—	
400mH **	44.8	
3,000SC ***	7.37.5	
Long Jump****	9.23 m	7.53 m
Triple Jump****	18.26	—
High Jump****	2.42	2.17
Pole Vault****	6.03	—
Shot Put****	23.20	26.16
Discus Throw****	77.64	85.19
Javelin Throw****	107.99	82.37
Hammer Throw****	84.39	—

* はB. Hopkins⁽³⁾ら，**岡野⁽⁴³⁾，***有吉⁽⁵⁾，****岡野⁽¹⁾による。

なお，B・Hopkins らは 200 m とハードルは data が不十分のため推定不可能としている。また，現在のところ女子のトラック種目の報告はない。