

パワーの発揮をとまなう運動と反応時間について (第2報)

——スポーツ種目間の比較——

戸苺 晴彦* 浅見 俊雄* 菊池 武道*
足立 長彦* 佐野 裕司*

Studies on the Relationship between Power Movement and Its Reaction Time Report 2. Comparative Analysis among Selected Sport Participants

by

HARUHIKO TOGARI*, TOSHIO ASAMI*, TAKEMICHI KIKUCHI*
NAGAHIKO ADACHI* and YUJI SANO*

This study was intended to make a comparative analysis of the efficiency of instantaneous by performed quick motion. The present investigators had so far reported the results of analysis concerning the relationship among movement speed, reaction time and power (c. f. The same authors: "A Study on the Relation between Movement Concerned with Power and Its Reaction Time" in this Proceedings, No. 7, 1973. pp. 61-67.). In that, it was recognized that 1) individual difference was small in reaction time, whereas large in movement time, 2) the heavier the load increased, the greater the individual difference became, and 3) this latter result seemed to be influenced by the power of the individual. In this study this relationship was examined comparatively among several different sport participants such as power-lifters, Shorinji-Kempoists (participants in a traditional martial art similar to karate), soccer players, and also untrained students as a control. The total number of subjects were thirty-three, who were all healthy male college students.

Results were as follows:

1. No remarkable differences were found among different sport groups in items of reaction time such as the onset time of electrical discharge and the time at which reaction starts. However, in the former the soccer players were superior and in the latter the Shorinji-Kempoists were the best. There were no recognizable variations in reaction time due to the increase of weight load.

2. As to the movement time, the power-lifters showed longer duration but slight variations in spite of weight increase. The Shorinji-Kempoists revealed comparatively longer duration and, when the load exceeded 60 kg, it was greatly delayed. That of soccer players was short, but delayed with the load increase.

3. The power-lifters were most excellent in work (kg·m) but their power (kg·m/sec) was the lowest with light load, whereas the highest with heavy load. Soccer players and Shorinji-Kempoists were superior to power-lifters when loaded with light weight. The untrained subjects (control) were the least efficient in both work and power.

* 東京大学教養学部体育研究室 (Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo)

4. The height of vertical jump decreased in a linear fashion in response to increasing weights loads. In that, power-lifter's curve showed slow decreasing line; whereas, that of the untrained was a fast decline. It might be estimated to be caused due to the difference in training for muscle strength and power.

In summary, it may be said that power-lifters makes efficient movement with heavy load, i. e. excellent on the low gear power; soccer players move efficiently with light load, i. e. excellent on the high gear power. Shorinji-Kempoists were a little less efficient than soccer players but belonged to the same type. [Proceedings of Department of Physical Education, College of General Education, University of Tokyo, No. 8, 27-33, 1974]

I 緒 言

スポーツにおいて反応時間がすぐれている方がよいことはいうまでもない。しかし、それ以上に重要なことは反応を開始してから目的とする動作をすばやく遂行する能力であろう。特にボールゲームでは“出足の良さ”というような瞬間的な速さが重要視されているが、これはとりもなおさず反応の速さとはじめの2, 3歩の動きの速さである。

このような瞬間的な動きの速さに関連した研究は数多くあるが、その主なものは fine motor skill における反応時間と動作時間の関係を取りあげたものである。この両者の関係には一致した結論はなく、ほとんど関係が認められないとするものに Henry, F.M.¹⁾, Fairclough, R.H.²⁾, Howell, M.L.³⁾ などの報告がある。また関係が認められるとするものには Hipple, J.E.⁴⁾, Youngen, L.J.⁵⁾, Pierson, W.R.⁶⁾, Mendryk S.⁷⁾, Lotter, W.S.⁸⁾, Kerr, B.A.⁹⁾ などの報告がある。

また、動作時間と体力要素の関係についての研究には Rasch, D.J.¹⁰⁾, Lotter, W.S.¹¹⁾, Smith, L.E.¹²⁾ などの報告があり、腕や足の動作時間と形態、体力との関係を検討し報告している。

このように反応時間と動作時間の関係の研究は数多くあるが、動作時間の成績に影響をもつとおもわれる筋力、パワーなどの関係について検討がなされた報告は少ない。

そこで著者らは瞬間的な動きの速さを反応時間とパワーによるものと考え、光刺激に対する反応を全身のパワーをともなうかたちで測定し第一報¹³⁾として報告した。その内容は反応時間における個人差は小さく、動作時間における個人差は大きいということであった。しかも動作時間はパワーとの関連が大きく、特に重量負荷を増していく

となおはっきりその影響が大である傾向がみられた。そこで第二報では動作時間にみられる個人差をスポーツの種目別にとらえ、その特性について検討したので報告する。

II 方 法

対象にしたスポーツ種目はパワー・リフティング*(8名)、サッカー(11名)、少林寺拳法(7名)である。これらの種目をとりあげた理由を述べるとパワー・リフティングは垂直方向への跳躍の主働筋となる大腿四頭筋を集中的にトレーニングしている代表的種目であること、サッカーはボールや、味方、相手の動きによりすばやい動きが要求されるボールゲームの1例として選んだ。また、少林寺拳法は相手とのすばやい対応動作をする格技の1例としてとりあげた。この3群を実験群とし、対照群として男子大学生(7名)を用い全部で4群とした。被検者数は男子大学生33名、年齢は18~22才である。なお、各スポーツ種目の技術水準は大学スポーツにおいてはかなり高いレベルにある。実験は昭和48年5月から6月に実施した。

測定方法は第一報と同様の方法をとった。即ち、被検者はバーベルを荷荷として肩にせおい、歪計測定台(総合計装K.K.)上に立ち、目の高さに設置した光刺激に対し、できうる限りすばやく、しかも最大努力で垂直方向に跳躍するという方法である。各測定項目は8素子脳波計(polygraph 140システム 三栄測器 K.K.)により同時記録した(第1図)。(1)は光刺激で、ボタンを押すと交流が流れ、ネオンランプが点灯するという方法をとっ

* Power lifting この運動種目は最近アメリカを中心に、わが国でも盛んになりつつあり、日本では競技人口約7,000といわれている。Bench press, full squat, dead lift の3種目からなり3回の試技のうちベストのものを合計した総挙上重量を競い、体重別に4階級にわかれている。

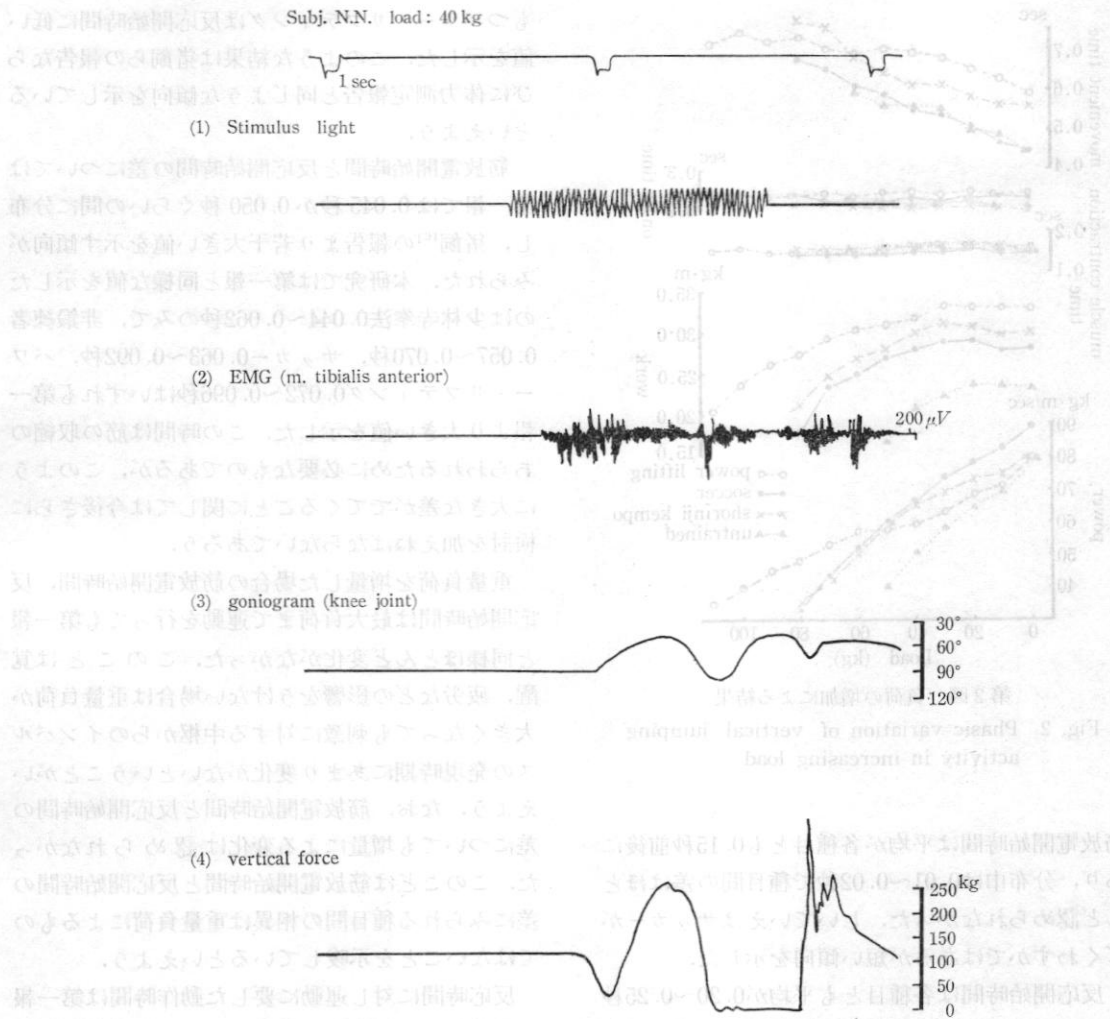


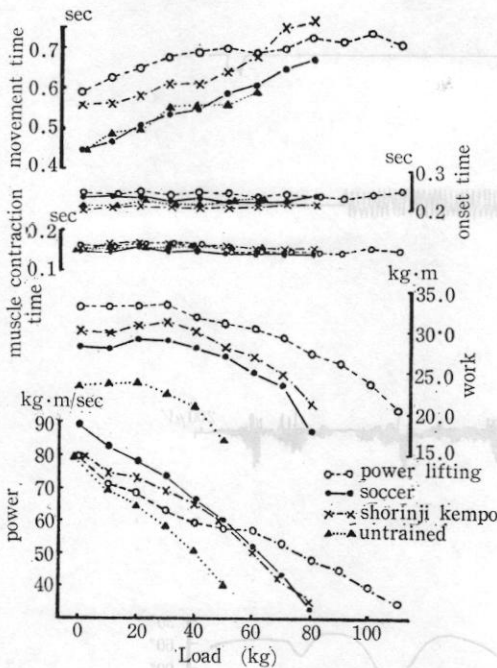
Fig. 1 Recordings of EMG, electrogoniograms of knee joint, pressure force in vertical jumping activity to light stimulus

た。(2)は光刺激に対し、筋電図の発現時間をみるために被検者の右脚より前脛骨筋 (m. tibialis anterior) の筋電図を表面電極誘導により記録したものである。これをとりあげた理由は第一報で対象にした前脛骨筋、腓腹筋 (m. gastrocnemius)、内側広筋 (m. vastus lateralis) のうちもっとも早期に発現し、しかも個人差が少ないことによる。(3)は跳躍時の関節角の変化をみるために、被検者の左脚膝関節にエレクトロ・ゴニオメーターを装着し、膝関節角の変化を電氣的に記録したものである。(4)は歪計測定台による force curve

であり、垂直方向への加圧変化を記録したものである。跳躍高の測定はジャンプ・メーター (竹井機器工業 K. K.) を用い、腰の移動距離を求めた。筋放電開始時間、反応開始時間、動作時間、power などはすべて第一報と同様の方法を用い数値化した。

III 結果と考察

刺激に対する生体反応の速さ、つまり筋放電開始時間、反応開始時間についての結果を述べると次のようである(第2図)。対象にした前脛骨筋の



第2図 負荷の増加による結果

Fig. 2 Phasic variation of vertical jumping activity in increasing load

筋放電開始時間は平均が各種目とも0.15秒前後にあり、分布巾は0.01~0.02秒で種目間の差はほとんど認められなかった。しいていえばサッカーがごくわずかではあるが短い傾向を示した。

反応開始時間は各種目とも平均が0.20~0.25秒の間にあり、分布巾は0.03~0.04秒とわずかであった。種目別の特徴をみると種目間の差は小さいが、比較的、少林寺拳法が短く、パワー・リフティングが長い傾向が認められた。猪飼¹⁴⁾らの全身反応時間の報告によれば、スポーツ種目別の比較をした場合、サッカーは剣道などと並び特に早いグループに属している。また、メキシコ・オリンピック日本代表選手の体力測定報告¹⁵⁾中の全身反応時間によるとサッカーはもっとも早いグループに、フェンシングは比較的、早いグループに、重量挙げはもっともおそいグループに属している。本研究では種目数が少ないが、サッカーは筋放電開始時間で、敵対動作という剣道、フェンシングと共通な要素をもつ少林寺拳法は反応開始時間で比較的よい成績を示した。また、重量挙げと共通点を

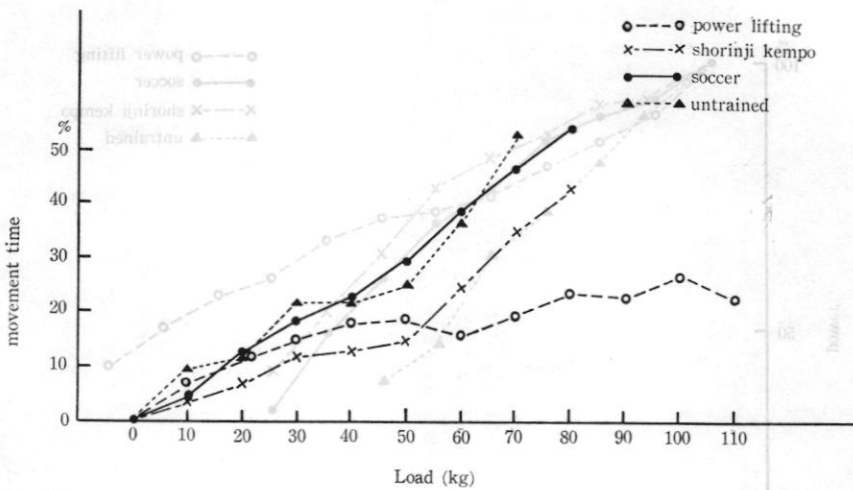
もつパワー・リフティングは反応開始時間に低い値を示した。このような結果は猪飼らの報告ならびに体力測定報告と同じような傾向を示しているといえよう。

筋放電開始時間と反応開始時間の差については第一報では0.045秒か0.050秒ぐらゐの間に分布し、猪飼¹⁶⁾の報告より若干大きい値を示す傾向がみられた。本研究では第一報と同様な値を示したのは少林寺拳法0.044~0.062秒のみで、非鍛練者0.057~0.070秒、サッカー0.063~0.092秒、パワー・リフティング0.072~0.096秒はいずれも第一報より大きい値を示した。この時間は筋の収縮のあらわれるために必要なものであるが、このように大きな差がでてくることに関しては今後さらに検討を加えねばならないであろう。

重量負荷を増量した場合の筋放電開始時間、反応開始時間は最大負荷まで運動を行っても第一報と同様ほとんど変化がなかった。このことは覚醒、疲労などの影響を受けない場合は重量負荷が大きくなっても刺激に対する中枢からのインパルスの発現時期にあまり変化がないということがいえよう。なお、筋放電開始時間と反応開始時間の差についても増量による変化は認められなかった。このことは筋放電開始時間と反応開始時間の差にみられる種目間の相異は重量負荷によるものではないことを示唆しているといえよう。

反応時間に対し運動に要した動作時間は第一報と同じように個人差が大きく、しかも重量負荷の増量による変化が認められた。重量負荷が増量されれば動作時間が延長されるのは当然考えられることであるが、われわれはすでに第一報で時間延長の小さいものはパワーが大きく、時間延長の大きいものはパワーが小さい傾向があることを報告している。本研究はこのように動作時間の個人差がスポーツの種目間にどのようにみられるかを検討することであるが、その結果、パワー・リフティング、少林寺拳法は比較的動作時間が長く、サッカー、非鍛練者は短かった(第2,3図)。この結果を跳躍高と体重から算出した仕事量(kg·m)及びパワー(kg·m/sec)との関連から検討する。

パワー・リフティングは動作時間はながいが、負荷の増量による変化は他の3群と比較すると小



第3図 動作時間の増加率
Fig. 3 Rate of increase on movement time

さい。動作時間の増加率(第3図)にみられるように、負荷30kgから横ばい状態になり、全体にやや時間延長の傾向があるがわずかであった。仕事量からみると値そのものは大きく、負荷60kgをこえても少林寺拳法、サッカーほどは著しい低下を示さなかった。また、パワーは負荷50kgまではサッカー、少林寺拳法をしたまわるが、負荷60kgからは前二者ほどの低下は示さなかった。動作時間を仕事量、パワーと併せてみると、パワー・リフティングは負荷重量が大であるときにすぐれているといえよう。つまり、パワー・リフティングはロー・ギア・パワーにすぐれているといえることができる。

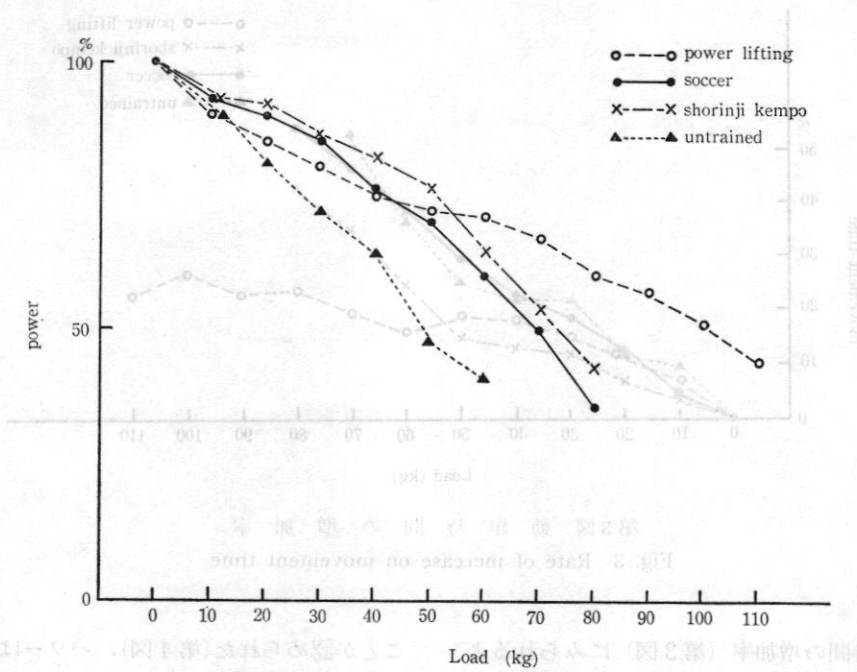
サッカーは動作時間が短いのが特徴である。仕事量においてはパワー・リフティング、少林寺拳法より劣るが、パワーでは特に重量負荷が小さいとき4群中、最高値を示した。これは30kgぐらいまでの比較的軽い負荷では動きのよいことを示し、パワー・リフティングに対し、ハイ・ギア・パワーにすぐれているといえよう。

少林寺拳法は動作時間は比較的ながく、負荷60kgをこえると著しいおくれがみられた。仕事量はパワー・リフティングとサッカーの間であったが、重量負荷が大きくなると値は急激に減少するという傾向は概してサッカーに近い型である

ことが認められた(第4図)。パワーは負荷50kgまではサッカーとパワー・リフティングの中間にあり、これをこえた負荷ではサッカーとほとんど同様な傾向を示した。このことは少林寺拳法はサッカーよりやや劣るが、ハイ・ギア・パワーにすぐれているタイプといえよう。

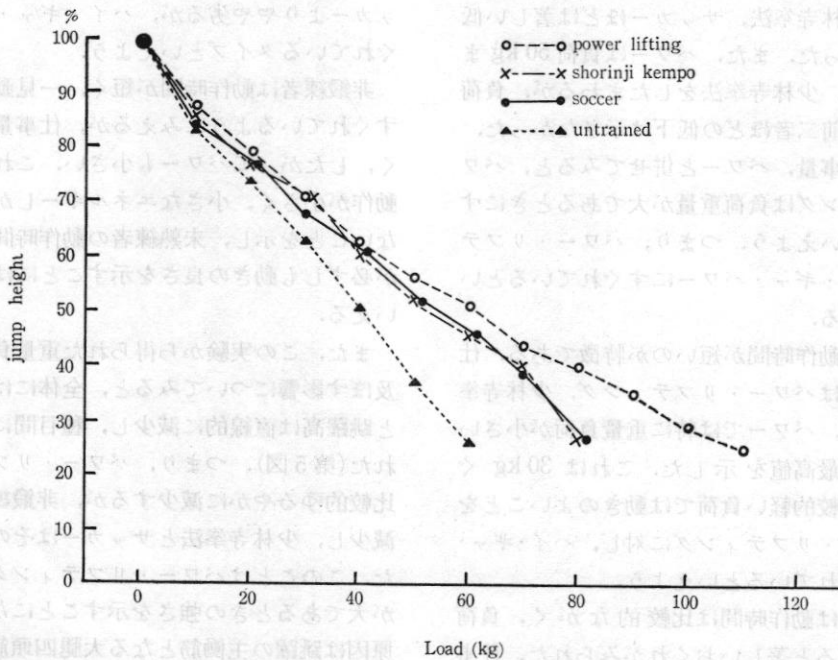
非鍛練者は動作時間が短く、一見動きの速さがすぐれているように見えるが、仕事量はかなり低く、したがってパワーも小さい。これは実際には動作が小さく、小さなエネルギーしか発揮していないことを示し、未熟練者の動作時間が短いことが必ずしも動きの良さを示すことにはならないといえる。

また、この実験から得られた重量負荷が跳躍に及ぼす影響についてみると、全体には重量が増すと跳躍高は直線的に減少し、種目間には差がみられた(第5図)。つまり、パワー・リフティングは比較的ゆるやかに減少するが、非鍛練者は急激に減少し、少林寺拳法とサッカーはその中間であった。このことはパワー・リフティングの重量負荷が大であるときの強さを示すことになるが、その原因は跳躍の主働筋となる大腿四頭筋の鍛練の度合によるものと思われる。つまり、重量負荷が増しても跳躍高の減少率が低いことは筋力トレーニングによる筋力・パワーの向上によるもので、余



第4図 パワーの減少率

Fig. 4 Rate of decrease on power



第5図 各負荷重量に対する跳躍高

Fig. 5 Phasic variation of jump height in increasing load

裕力といえよう。

IV 結 語

この研究は第一報にひきつづき光刺激に対する反応を全身のパワーをともなう型で測定し、反応時間と動作時間の関係を検討した。特に第二報ではパワー・リフティング、少林寺拳法、サッカー、非鍛練者を対象に種目の特性について検討し、動きの良さにパワーがいかに関連しているかを解明しようとした。その結果

1) 筋放電開始時間、反応開始時間は種目の差は小さいが前者についてはサッカーが、後者については少林寺拳法がややはやい傾向を示した。重量負荷の増量による時間の延長は第一報と同様にみられなかった。

2) 動作時間は第一報と同様に重量負荷の増量による時間の延長がみられた。種目の特徴は動作時間そのものはサッカーが速く、パワー・リフティングはおそく、少林寺拳法はその中間であった。しかし、重量負荷の増量による動作時間の変化はパワー・リフティングは小さく、サッカー、少林寺拳法は負荷 60 kg からの増加が著るしかった。

3) 仕事量、パワーは、パワー・リフティングは負荷が小さいときはパワーは劣るが、負荷が大きときはすぐれていた。サッカー、少林寺拳法は負荷が小さいときはパワーはすぐれているが、負荷が大きときは劣っていた。非鍛練者は仕事量、パワーとも全般に劣っていた。

4) パワー・リフティングは重量負荷が大きときは動きがよく、サッカー、少林寺拳法は重量負荷が小さいときに動きがよいといえよう。

5) 重量負荷を増量したときの跳躍高の変化は負荷が増すと直線的に減少した。種目の特徴をみるとパワー・リフティングは他の種目とくらべ負荷が大きくなっても跳躍高の減少が小さかった。これは筋力トレーニングによるものと思われる。

文 献

- 1) Henry, F.M.: Independence of reaction and movement times and equivalence of sensory motivation of faster response. *Res. Quart.*, 23 (1), 43-53, 1952.
- 2) Fairclough, R.H.: Transfer of motivated improvement in speed of reaction and movement. *Res. Quart.*, 23, 20-27, 1952.
- 3) Howell, M.L.: Influence of emotional tension on speed of reaction time and movement. *Res. Quart.*, 24(1), 22-32, 1953.
- 4) Hipple, J.E.: Racial difference in the influence of motivation on muscular tension, reaction time and speed of movement. *Res. Quart.*, 25, 297-304, 1954.
- 5) Youngen, L.J.: A comparison of reaction and movement times of women athletes and nonathletes. *Res. Quart.*, 30(3), 349-355, 1959.
- 6) Pierson, W.R.: Comparison of fencers and nonfencers by psychomotor, space perception and anthropometric measures. *Res. Quart.*, 27 (1), 90-96, 1955.
- 7) Mendryk, S.: Reaction time, movement time, and task specificity relationships at ages 12, 22, and 48 years. *Res. Quart.*, 31(2), 156-162, 1960.
- 8) Lotter, W.S.: Interrelationships among reaction times and Speed of movement in different limbs. *Res. Quart.*, 31(2), 147-155, 1960.
- 9) Kerr, B.A.: Relationship between speed of reaction and movement in a knee extension movement. *Res. Quart.*, 37(1), 55-60, 1966.
- 10) Rasch, D.J.: Relationship of arm strength, weight, and length to speed of arm movement. *Res. Quart.*, 25(3), 328-332, 1959.
- 11) 9) と同じ。
- 12) Smith, L.E.: Specificity of individual differences of relationship between forearm "strengths" and speed of forearm flexion. *Res. Quart.*, 40(1), 191-197, 1969.
- 13) 戸蒔晴彦他: パワーの発揮をともなう運動と反応時間について。東京大学教養学部 体育学紀要. 7, 61-67, 1973.
- 14) 猪飼道夫, 浅見高明他: 全身反応時間とその応用, *OLYMPIA*, 2(4), 18-27, 1961.
- 15) 第19回メキシコオリンピック日本代表選手体力測定結果。財団法人日本体育協会スポーツ科学委員会, 1968.
- 16) 猪飼道夫: 動作に先行する抑制機構, *日本生理学雑誌*, 17(5), 292-298, 1955.