

全身反応時間の研究とその応用

財団法人 日本体育協会
東京オリンピック選手強化対策本部
スポーツ科学研究委員会

全身反応時間の研究とその応用

陸上競技トレーニング・ドクター 猪 飼 道 夫
共同研究者 浅 見 高 明
芝 山 彦 太 郎

1. 反応時間研究小史

人が、光が点火されるのを見てから、できるだけすみやかに電鍵を押すという方式で、人の反応時間が測定されてきたのは、19世紀の終わりころヘルムホルツ (Hermann von Helmholtz) が蛙の坐骨神経の中を興奮が伝達される速度を測定したあとであった (注1)。

その後は、心理学者や生理学者たちは、いろいろの方法で反応時間の測定を行なってきた。一般に反応時間の測定には、手または足を用い、光、あるいは音の合図にたいして被検者が、ある筋肉運動をする。すなわち「反応」をする。このとき、合図から反応がおきるまでの時間をはかれば、それが反応時間である。

反応時間の測定には、多くの場合合図として、豆電燈の点滅、あるいは電鈴、ブザーなどを用いる。また記録にはカイモグラフ(回転円筒)、を用いるか、またはヒップのクロノスコープのような1000分の1秒まで測定可能な時間測定器が用いられる。手の反応時間は、光刺激にたいし、およそ0.18~0.22秒であり、音刺激にたいしては0.12~0.18秒であり、電気刺激にたいしては音刺激と同様に0.12~0.20秒である (注2, 3)。これにたいし、皮膚刺激では音と光との中間の値を示す。

反応時間の測定は、「心身相関現象の時間的経過」であるとか (吉田章信: 運動生理学の中の記述)、「考えの速度」(ジェームス: 心理学の中の記述) とかいう表現が用いられており、心理学ではとくに注目され、興味をもたれてきた。

反応時間には、思考に要する時間が含まれることは当然であるにしても、それは最も単純な形式の思考である。しかし、これらの取扱いにおいて「心身相関」という表現や、「考えの速度」という表現は誤解を生じやすいので用いない方がよ

い。反応時間とは、刺激に対して反応のおきるまでの時間であり、その中には、知覚受容器における潜時、知覚神経の伝導時間、脊髄におけるシナプス、間脳におけるシナプス、ついで大脳皮質におけるいくつかのシナプス(注5)を経て、皮質運動領の神経細胞にうつるために要する時間、などがふくまれる。さらにここから錐体路を下行し、脊髄前角の運動神経細胞につたわり、運動神経をつたわり、筋の終板にいたる時間、さらに終板にきた神経衝撃が筋線維を興奮させ、これに収縮をおこさせるまでの時間をふくんでいる。

したがって、反応時間には、いろいろと短縮の可能なところがある。第1にあげられるものは、大脳皮質の内部でついやされる時間の短縮である。これは、皮質内部で使用するシナプスの数を減少させることである。それは、練習により、必要以外の神経ニューロンのサーキットを使用しないでよくなるからである。

吉田氏は、その著「運動生理学」の中で、反応時間の練習による短縮を次のように述べている。

反応時間を短縮せしめようとするれば、練習することが必要である。反応時間の長い人も、音を聞き、または物を見るとき、直ちに動作を開始するように練習をつむときは、反応時間は漸次短縮する。フェンシングにおいても、複雑な斬刺動作に要する反応時間は、練習の結果0.1秒に短縮するという。そして入校時と退校時の間の4カ月間練

注1 ウィリアム・ジェームス「心理学」上巻p.151, 岩波文庫 [William James 今田恵訳 (1842-1910)著 Psychology, briefer Course(1891)]

注2 正井保良: 東京医学会法 42巻 1717頁 (1914)

注3 Evans, Ch. L.; Principles of Human Physiology, London, churchill, p.324(1952).

注4 吉田章信: 運動生理学. 南江堂. p.510. (1932)

注5 シナプス(Synapse)は2つの神経単位が機能的接続をする場所である。

習を行なった結果、平均0.062秒の反応時間の短縮を示し、入校時の反応時間が0.25秒であったものが、退校時には0.196秒になったという。練習が、反応時間を構成するいかなる部分で短縮しているかはわからない。推測されるものは、大脳の中において思考の単純化、シナプスにおける疎通(facilitation)、ならびに筋の収縮時間の短縮である。しかし、これらのことはこのような方法ではわからない。

ここにおいて、あらわれたものが、筋電図を利用する方法である。これは反応運動に関与する筋肉に針電極をさしこむとか、あるいは筋肉の上の皮膚に板電極を電気糊(食塩をまぜた糊)ではりつけ、反応運動があらわれるに先行して筋電図のあらわれることを記録する方法である。この筋電図なるものは、運動神経をつたってきた興奮が神経終板を通り、筋に電氣的興奮をおこした時期を示すものである。したがって、この筋電図のあらわれるのは、ほんとうの運動が外部的にあらわれる時期よりほんのわずかだけ早いわけである。筋電図のはじめと運動のはじめとの時間の差は、筋の収縮のあらわれるために必要な時間である。ふつうの人では0.045秒くらいであるが、トレーニングした人では0.03秒くらいになる。筋肉が何も負荷を持たないとき、すなわち切り出した蛙の筋肉などでは、この時間は0.01秒であり、いわゆる筋の潜時である。生体としての人体では、筋肉に骨がつき、骨は他の骨と連絡し、さらに他の筋肉をつけているから、何本かの筋肉線維の収縮がおこっても、手や足が直ちに運動するというわけにはいかない。筋肉の力が、手や足の重量にうちかつだけ発生したときに、はじめて運動となってあらわれる。筋電図と運動記録とを併用することにより、これまでわからなかった、神経性の部分と、筋肉そのものによる部分とを区別して考えることができるようになった。猪飼は(注6)この方法を用いて、反応時間に生理的限界(physiological limit)があることをたしかめた。その限界というのは、約0.1秒であるということであった。すなわち、いくらすみやかに反応する人でも、 $\frac{1}{10}$ 秒より短くはなれないということである。もしそれより早いという人がおれば、その人は「山をかけた」人である(注7)。

しかし、反応時間の測定をした人ならばすぐわかるように、反応時間というものは、同じ人について同じ時にはかってもたいへんまちまちな値が出ることもある。これは、もちろん注意の集中のていどが、時々刻々と変化するためであろう。したがって、1人の人については、からだの構造によってきまる反応時間の限界があり、これが「生理的限界」というものであるが、時々刻々と変化する注意の集中というような心理的因子によって規定される反応時間の限界は、「心理的限界」というものである。このような2つの限界についての考え方は、筆者猪飼が、(注8、9)筋力の発揮の場合にスタインハウス教授と一緒に発表したものと同じである。したがって「心理的限界」のもちようで、相当に結果は変動する。そして考え方によっては、どうせ反応時間は変動しやすいものであるから、反応時間の変動の大小を1つの目やすとするという考え方である。慈恵医大名取生理教室では、一定の間隔で刺激を与え、これにたいして反応をくりかえし、このときの反応時間の変動の分布を画く方法を考察し、その人の疲労などのコンディションの変化を追求することを行ってきた。疲労してくるとこの分布の幅がひろがってくるが、疲労していないときは分布の幅が狭いということになる。これを連続反応時といっている。

この方法は、反応時間を裏から見たともいえるもので興味のあるものである。しかし、このような取り扱いにくい反応時間というものを、あいかわらず表から利用しようという企てはたえない。しかし、これまでの長い研究史からもわかるように、よほどうまく取り扱わないと、反応時間は利用価値が少いものになる。じつさい、反応時間を研究した人が多いにもかかわらず、実用的の価値はきわめて僅かである。

その第1の原因は、反応時間は、神経と筋肉と

注6 猪飼道夫：動作に先行する抑制機構 生理学雑誌 17巻5号, 292-298, 1955.

注7 猪飼道夫・杉本良一・石河利寛：スポーツの生理学 同文書院 1960年, p.38-42

注8 猪飼道夫：体力の生理的限界と心理的限界に関する実験的研究 東大教育学部紀要, 1-18, 1961.3月.

注9 IKAI, Michio & A.H Steinhaus: Some Factors Modifying the Expression of Human Performance, J. Appl. Physiol. Vol.16. 157-163 Jan. 1961.

の中でおきた、1つの事象の系列の「合計」だけがわかっているだけで内味がわかっていないものだからである。

その内容がわからないままにしておいて、 $\frac{1}{1000}$ 秒の正確さの器械を用いて、反応時間の $\frac{1}{1000}$ 秒の単位まで測定し、これを論議しても、あまり意味がないのではなかろうか。連続反応時の検査でもわかるように、 $\frac{1}{1000}$ 秒はおろか、 $\frac{1}{100}$ 秒さらに $\frac{1}{50}$ 秒のていどの変動がさらに生ずるわけである。

2. 反応時間と反射時間との関連

短距離走のスタートや、競泳のスタートで、反応時間が短いことが有利なことは当然である。

アイオワ大学のタトル氏(W.W. Tuttle)(注10)等は手の反応時間を陸上短・中・長距離別にくらべた。その結果短距離選手では0.131秒、中距離選手0.149秒、長距離0.169秒であった。すなわち、短距離選手が、中・長距離選手よりも0.018秒、および0.038秒反応時間が短い。これは当然のようでもある。

しかし、イリノイ大学のキュアトン氏(T.K. Cureton)は陸上競技など脚をつかい、とくに体重を動かすような種目では、脚を用い自分の身体を動かすような反応を対象にした方がよいといっている。そこで合図に応じて、できるだけすみやかに、垂直跳をするようなテストを用いている。同氏はこれを Vertical Jump Reaction Time (垂直跳反応時間)と呼んでいる。筆者等は全身反応時間とよぶ。そして、競技者ではこの反応時間が短縮すると述べている。反応時間が競技者で短縮するということはいったいどういうことであろうか。これに関連して、一般の反応時間と反射時間との関係をながめてみたい。その理由は、反応(Reaction)が極度にはやくなると、反射(Reflex)とほとんど同じになり、また反応がいくら早くなっても反射より早くはならぬからである。筆者猪飼が、1959年スプリングフィールド大学で、カーポビッチ教授と一緒に仕事をしようというとき、同教授は、反応時間(Reaction Time)と反射時間(Reflex Time)との関係をしらべようといった。それは筆者にとっては、少しあてがはずれたような題目であった。というのは反応時間と反射時間とは全く異なるもので、前者は大脳皮質が関与する

ものであるのたいし、後者は大脳が関与しないものだからである(ただし、ここでは条件反射をふくまない)。しかし、カーポビッチ氏は、議論はあたまにして実験をやろうというので、助手のダーリング氏(R.R. Dering)と3人で仕事を始めた。同一人につき膝蓋腱反射時間(注11)と、音にたいする膝関節の伸展反応時間とを測定するものである。被検者は、マサチューセッツ州ハンフリー地方拘置所の囚人約40名であった。その結果、反応時間と反射時間との間には相関はないことがわかった。これは予期したとおりであり、ちょっと気のきかない仕事のように思われた。そこで筆者は論文をまとめることにして、文献をしらべた。そしてタトル氏等が陸上競技の選手について、膝蓋腱の反射時間をしらべていることがわかった(注12)。同氏等の研究結果によると、短距離走者は最も短い反射時間を持ち、0.096秒であり、中距離走者は中位で、反射時間は0.122秒であり、長距離走者はいちばん長く、反射時間は0.134秒であるという。しかし、タトル氏等は、反応時間は手でしらべ、反応時間は脚でしらべているので、その間の連関が不明瞭である。また同一人でしらべていないので、連関を見ることができない。筆者は、もし脚の反応時間と脚の反射時間を一流の陸上選手についてしらべるならば、その間に相関があるのではないかと考えた。この計画に、カーポビッチ氏も同意した。そして、ダーリング氏が陸上選手についてしらべることになった。その結果は、予想したように選手群は、非選手群にくらべて反射時間も反応時間も短いのであり、その差は反射時間で0.03秒、反応時間で0.06秒である

注10 Westerlund, J.H. and W.W. Tuttle: Relationship between running events in track and reaction time. Research Quarterly, Vol. 2, 95-100, 1931.

注11 膝を一定の角度から落下するハンマーで叩き、このときの膝関節の運動を記録する。そしてハンマーが叩いたときから膝の伸展がおきるまでの時間を膝蓋腱反射時間とした。このときエレクトロゴニオメーターを用いた。この装置はカーポビッチ教授の長男ジョージが作成したものである。

注12 Lautenbach, R. and W.W. Tuttle: The relationship between reflex time and running events in track. Research Quarterly, Vol. 3, 138-143, 1932

(注13)。そして、選手群では反射時間と反応時間との相関係数は+0.62であり、 $P=0.01$ で有意であった。しかし、この場合に、反射時間が早いことが、どこまで素質的なものであり、どこまでがトレーニングによるものであるかをたしかめるための研究を要するという事になった。

筆者猪飼がさきに行なった実験で(注6)、手の反応動作が著しく速くするときには、反射に近づくことを見た。すなわち音にたいする反応時間を筋電図と運動曲線とで記録しているとき、音が無警告で与えられたピストルの音のような場合には、反応はほとんど反射になる。すなわち、びっくりして思わず筋肉が収縮し、腕が動く。これはすでに反応ではなく、反射である。そして反応時間としては、0.14秒~0.20秒であったものが、反射となると、その時間は0.1秒になる。そして、この0.1秒という数字はさきに述べた反射の生理的限界である。したがってこれ以上は短くならない。しかし、更にくわしく見ると、この限界にも個人差があり、最も早い場合には0.085秒くらいにはなる。その原因は神経ニューロンのシナプスにおける疎通の程度と、筋肉の収縮速度とに個人差があることである。競技者が非競技者にくらべて、反応時間ばかりでなく反射時間も短いというのは、素質によるものか、それともトレーニングの結果であるかは、はっきりわからないが、トレーニングによる可能性もたかい。反応時間に個人差があることのいちばん大きな原因は脳の中でついでやす時間の大小である。選手群では脳の中で費す時間が短いことはありうることである。そして、反応時間と反射時間も筋肉も神経も同じものを用いており、神経のシナプスの疎通の程度も、また筋肉の収縮速度についても同じものであるから、両者の相関が高いことも当然である。いいかえれば、選手群では、よいシナプスの疎通と、はやい筋肉の収縮速度とをもっていることが、反応時間と反射時間とを一般人よりもはやめているのである。そして、反応時間はトレーニングにより限りなく反射時間に近づきうるものであるとともに反射時間も、トレーニングにより短くなる可能性がある。

3. 全身反応時間の研究

前に述べたように、キューアトン氏は運動競技と関係の深いものは、手の反応時間よりも全身をもちあげるような全身運動の反応時間であるといっている。キューアトン氏は、来日したときに、次のように述べた。すなわち、ハイスクールの生徒たちに、全身反応時間を測定しておき、その成績のよいものをえらび出し、これに短距離をさせるとよいと。同氏の用いているものは、鉄製のわくに、パネ仕掛のはね板をおき、これの上に立ち、音または光の刺激に応じて跳躍するもので、刺激から跳躍して板から足がはなれるまでの時間を測定している。

キューアトン氏(注14)の成績によると、イリノイ大学陸上選手の全身反応は次のようである。

棒高跳	0.251秒
トラック走者	0.257秒
走高跳	0.291秒
砲丸投	0.308秒

水泳選手については、次のようになる。

(オリンピック選手)

飛込	0.278秒
100m背泳	0.292秒
100m自由型	0.295秒
1500m自由型	0.316秒
400m自由型	0.321秒
200mプレスト	0.322秒

アメリカ陸上選手、水泳選手とを比較したものは次のものである。

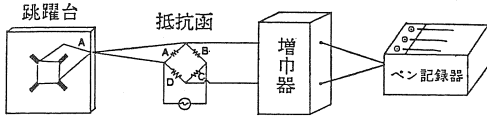
	人数	光刺激	音刺激
陸上選手	15	0.274秒	0.267秒
水泳選手	23	0.321秒	0.313秒

これは、手や足に体重をかけないときの反応時間に比較すると、だいぶ長い。これが、キューアトンのいう全身反応時間がより直接的に競技能力に関係するはずだというわけである。

筆者等は、この研究に興味をもち、全身反応時

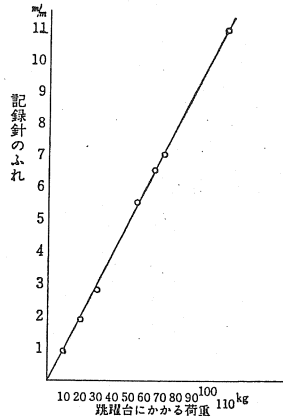
注13 Karpovich, P.V., Dering, R.R. and Michio IKAI: Reflex and Reaction Time. Dept. of Physiology, Springfield College, Springfield, Mass. 1960.

注14 Cureton, T.K.: Physical Fitness of Champion Athletes. University of Illinois Press, Urbana, 1951. p.94-102.



AをActive Gauge とするが、踏台が平板のために上図のごとく貼付した。これは4ゲージを各2個を直列にし、それぞれを並列に結んだ合成抵抗回路をActive Gaugeとし、三栄測器製抵抗歪計の抵抗函に接続する。これが抵抗歪計のGauge Inputに導入され、増巾器回路を経てOutputに出てくる。これをインク書きオシログラフ式記録装置のガルバノメーターを振らせ、ペンで記録する。

第1図(A) 全身反応時間測定器 (東大体育学研究室1961)



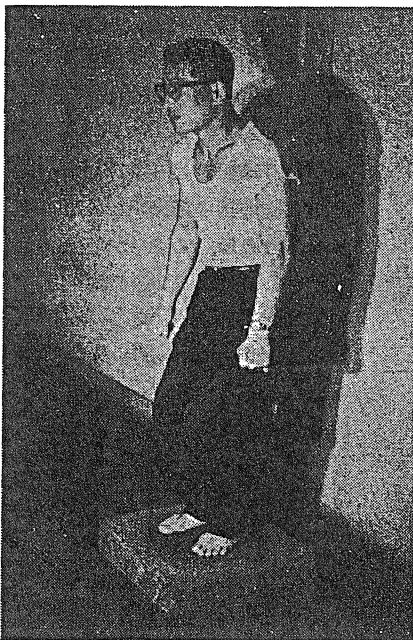
第1図(B)

全身反応時間測定器の跳躍台にかけた荷重(kg)とオシログラフの振れ(mm)との関係を示す

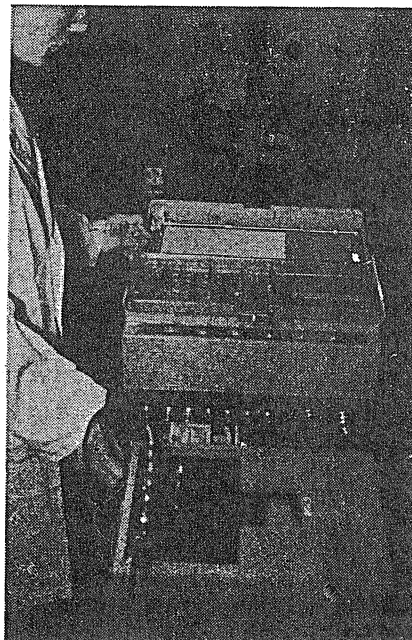
間 (Whole Body Reaction Time) の研究をはじめた。しかし、測定器を独自の立場で設計することとし、板の裏面に、ストレイン・ゲージをはりつけ、これを箱型に組立て、ゲージはホイーストブリッジに組合せ、その端を増幅器と記録に導いた。第1図に示すような箱が全身反応時間測定台であり、被検者はこの上に立つ。被検者が立てば、その体重により板がわずかにたわむので、ストレイン・ゲージの電気抵抗が変化し、オシログラフの針にふれが生ずる。このふれの大きさは、種々の重量物を台面にのせることによって換算でき

る。そして、被検者の立っているときの目の高さに、豆電燈、およびブザーがつけてある。実験者と記録器は別の室におかれ、被検者に実験者が見えないようになっている。それは実験者の振舞により準備動作をおこさせないためである。実験者の「用意」の合図で用意し、光の点燈、またはブザーの音にたいして、跳躍をする。すると記録紙には、刺激の時点について、台面の上で体重の変動が見られる。すなわち、刺激にたいして身体に反応がおこり、記録の曲線がゆれる。それからいくらかたって、跳躍がおこり、足が台面を離れ

る。これは記録の曲線には台面の荷重が零になったという形のものとなって見られる。その実例を第4図に示した。これによると、刺激が与えられてから動作の開始時までの反応時間と、動作が完了した時(足が台から離れた時)までの反応時間とを測定することができる。第4図において、一番下のシグナルは0.1秒の時間記録であり、中の線は音刺激の合図の時を示すものであり、一番上の線は台面の上での被検者の体重変動曲線である。いま、○において音の刺激がブザーで与えら



第2図
全身反応時間測定装置

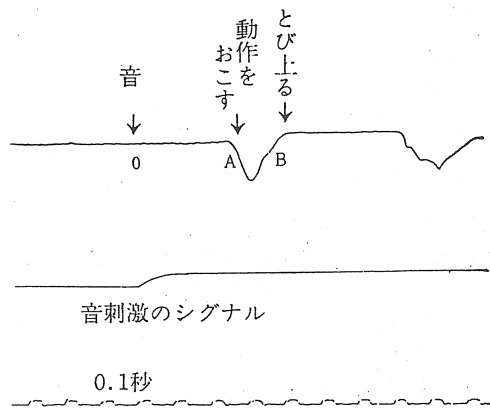


第3図
全身反応時間記録装置

れたとき、被検者はできる限りすみやかに跳躍しようとするが、その跳躍の直前に台面をけらなくてはならない。曲線のAというところは、台面をける動作をおこしはじめる時期である。そして台面をけて跳び上がり、足が台面をはなれる。曲線Bというところは足が台をはなれた時期である。したがって、AとBとの間は、跳躍動作に要した時間であり、OとAとの間は、音の刺激が神経をつたわり脳をまわり、筋肉の収縮をおこしはじめるまでに費された時間である。おおまかにいえば、OAの長さは神経機構によってきまるものであり、ABの長さは筋肉の収縮時間によってきまるものである。

キューアトン氏の用いている方法では、OBの長さだけがわかり、その要素のOAとABとについてはわからない。したがって、その人の全身反応時間が長いとか、短いとかいっても神経機能によるものか、筋肉機能によるものか判定できない。それにくらべると、本法はこの両者を分けて知ることができる。この点が本法の特長である。

全身反応時間を測定するときの被検者の跳躍のしかたには、およそ3種類ある。そして、その



第4図 全身反応時間の記録の一例

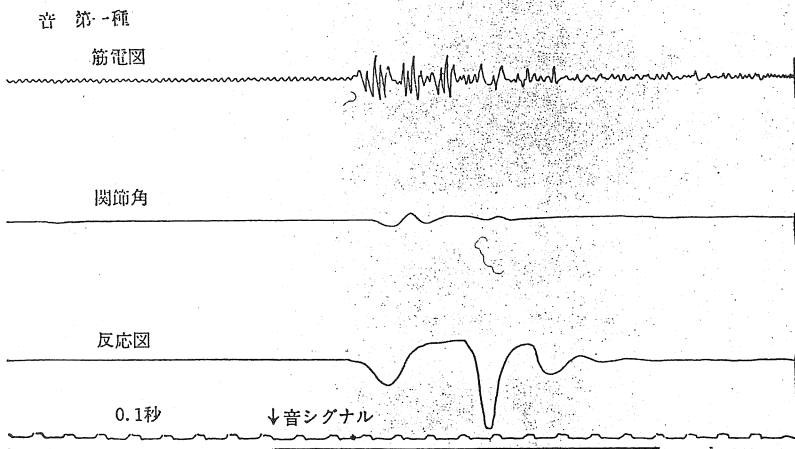
OA=反応開始時間

OB=全身反応時間

AB=筋収縮時間

方法によって多少ちがいがある。ここでは、これらを第1種、第2種、第3種と呼ぶことにした。第1種とは、下肢をのばしたままの立位姿勢で用意をし、合図とともに跳躍するものである。第2種というのは、はじめから膝を少しまげた準備姿勢をとり、合図とともに、跳躍に入るものである。第3種というのは、第1種と同様に膝をのばした立位姿勢で台にのり合図とともに、脚を腰にひきつけるように跳躍するものである。これらの方法により、全身反応時間にも多少のちがいがおこる。いちばんはやいものは第3種である。第1種と第2種との間には認めるほどのちがいはない。キューアトンは第1種を用いている。筆者らは、第2種を用いた。それは、跳躍のための膝の屈曲角度をいつも一定にしようというためである。

さらに、これら跳躍のさいに、大腿直筋(膝を伸ばすためにはたらく筋)の筋電図を記録し、体重変化のあらわれる時間



第5図 全身反応時間 音刺激 第1種跳躍

上から大腿直筋の筋電図、膝関節角(上向きは伸展)、反応図、時間記録の変化を示す。反応図は上向きが加重、下向きは加重である。一番下の直線の切れ目は音のシグナルである。

(A点) よりもどれくらい前に神経興奮が筋肉に達しているかをしらべた。その結果、第1種、第2種ともに、体重変動の開始(動作の開始)の時期よりも約0.02~0.03秒前に神経興奮が伝達されていることがわかる。したがって正確に言えば、全身反応時間の構成要素は次のようにする。

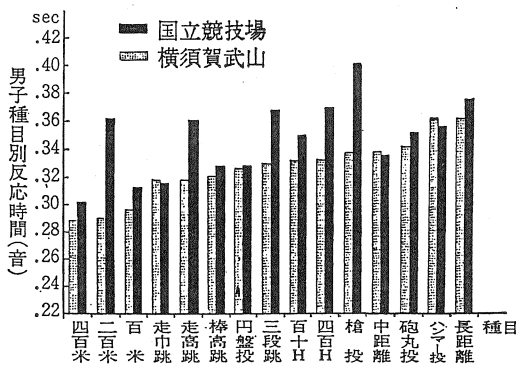
$$\begin{aligned} \text{全身反応時間} &= (\text{神経反応時間}) \\ &+ (\text{筋肉反応時間}) \\ \text{OB} &= (\text{OA} - 0.03\text{秒}) \\ &+ (\text{AB} + 0.03\text{秒}) \end{aligned}$$

しかし、ここでは、この補正を行わず、OB、OA、ABのままで、議論をすすめようと思う。

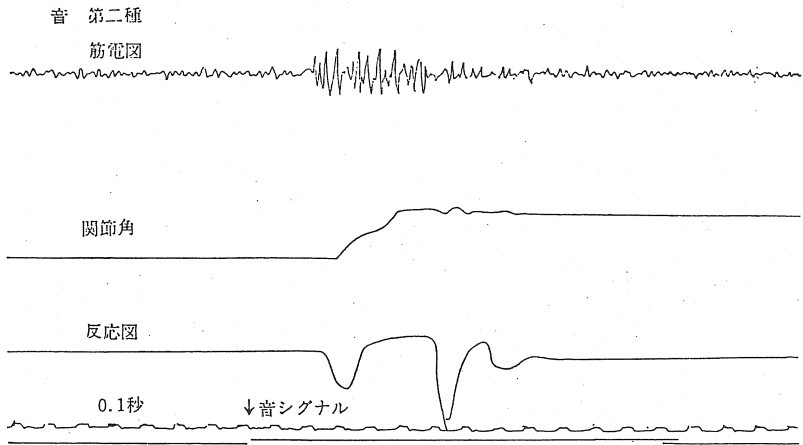
4. 全身反応時間の競技への応用

(1) 陸上競技種目間の特徴

すでに報告したように(注15)、日本の陸上競技オリンピック候補選手を1961年4月に国立競技場で、3月に武山で測定した。音にたいする全身反応時間の成績を再録すると、第7図のようになる。いっばんに武山グループの方が国立グループより成績がよい。武山グループを基準にして、全



第7図 陸上競技種目別全身反応時間 (音刺激にたいするもの)



第6図 全身反応時間 音刺激、第2種跳躍

身反応時間の短い方からならべてみると、図のようになり、400メートル、200メートル、100メートルの順にならび、いちばんすぐれている。次に走巾跳、走高跳、棒高跳とならび、三段跳が円盤投についてつづく。中長距離はおそくなっている。これは一応うなずかれる数字である。国立グループは前にも述べたように、少し順序がちがっている。しかし、だいたいキュートン氏がアメリカの陸上選手についてやった成績にくらべると残念ながら日本の選手はだいたいおちる。すなわち、トラック走者は平均0.275秒であるということから、日本の選手よりおよそ0.05秒くらい平均値ではやい。走高跳が0.29秒(米国)であり、日本では0.32秒であるので、0.03秒ちがう。棒高跳では米国選手の方が、0.07秒はやい。これは平均値でいっているからはやい人と、おそい人とでは相当のちがいがある。

しかし、0.1秒を競う今日、0.05秒とか、0.07秒のひらきが、こんな最も単純な動作で出てくるというのでは芳しくない。日本人は敏捷性において、筋力その他のハンディキャップを代償しようというのに、敏捷性も劣るのでは、救いの道も開られないのではなからうか。

注15 猪飼道夫：陸上競技の体力、体カテストをめぐって(その1)陸上競技マガジン、1961. 6月号、p. 28-32

第1表 各種目別全身反応時間の平均値と標準偏差

(被検者は教大各運動部員1961)

種目	水	バスケット	サッカー	柔道	陸上	バレー	体操	野球	剣道	平均	非鍛錬者	
	泳							球				
n	6	10	11	29	13	12	13	10	12	116	15	
全身反応時間	音	0.343 S.D.0.024	0.350 S.D.0.036	0.356 S.D.0.034	0.367 S.D.0.040	0.382 S.D.0.044	0.385 S.D.0.034	0.387 S.D.0.043	0.390 S.D.0.060	0.400 S.D.0.051	0.373	0.375 S.D.0.029
	光	0.304 S.D.0.024	0.358 S.D.0.032	0.356 S.D.0.034	0.366 S.D.0.034	0.390 S.D.0.043	0.392 S.D.0.033	0.394 S.D.0.036	0.392 S.D.0.067	0.383 S.D.0.035	0.375	0.375 S.D.0.029
動作開始時間	音	0.180	0.187	0.195	0.192	0.192	0.184	0.187	0.198	0.201	0.191	0.199
	光	0.180	0.199	0.197	0.192	0.208	0.200	0.207	0.203	0.191	0.197	0.206
筋収縮時間	音	0.163	0.164	0.162	0.176	0.190	0.201	0.194	0.189	0.199	0.182	0.177
	光	0.157	0.160	0.159	0.173	0.182	0.193	0.191	0.189	0.190	0.177	0.171

注 単位は秒, S.D.は標準偏差, nは人数, 音, 光はそれぞれ音刺激, 光刺激を示す

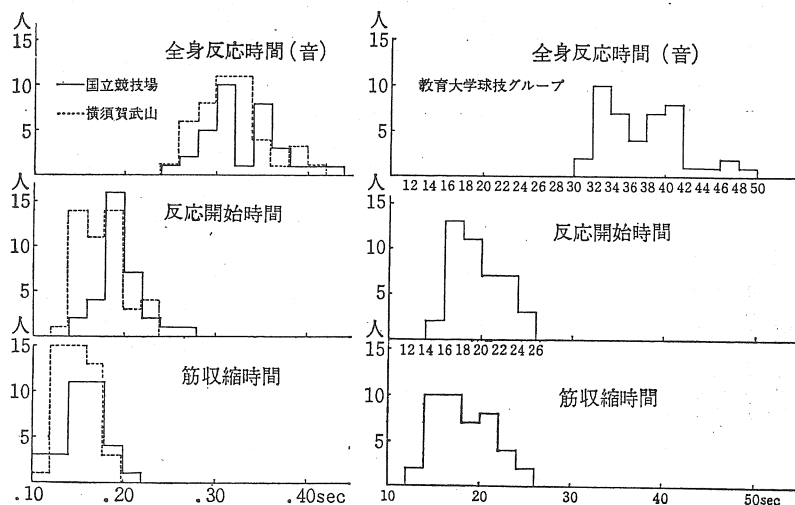
果たして、敏捷性のどの部分が改良されなくてはならないか。これを解剖することに役立つのが、ここに設計した全身反応測定器である。

全身反応時間を神経要素と筋肉要素に分けることはできるが、外国人選手では測定されたものがないので、止むを得ず日本人の選手についてくらべたもので検討しようと思う。前述したように記録上でOBを全身反応時間とすると、OAは反応開始時間であり、ABは筋収縮時間である。これを武山グループと国立グループで比較すると、両

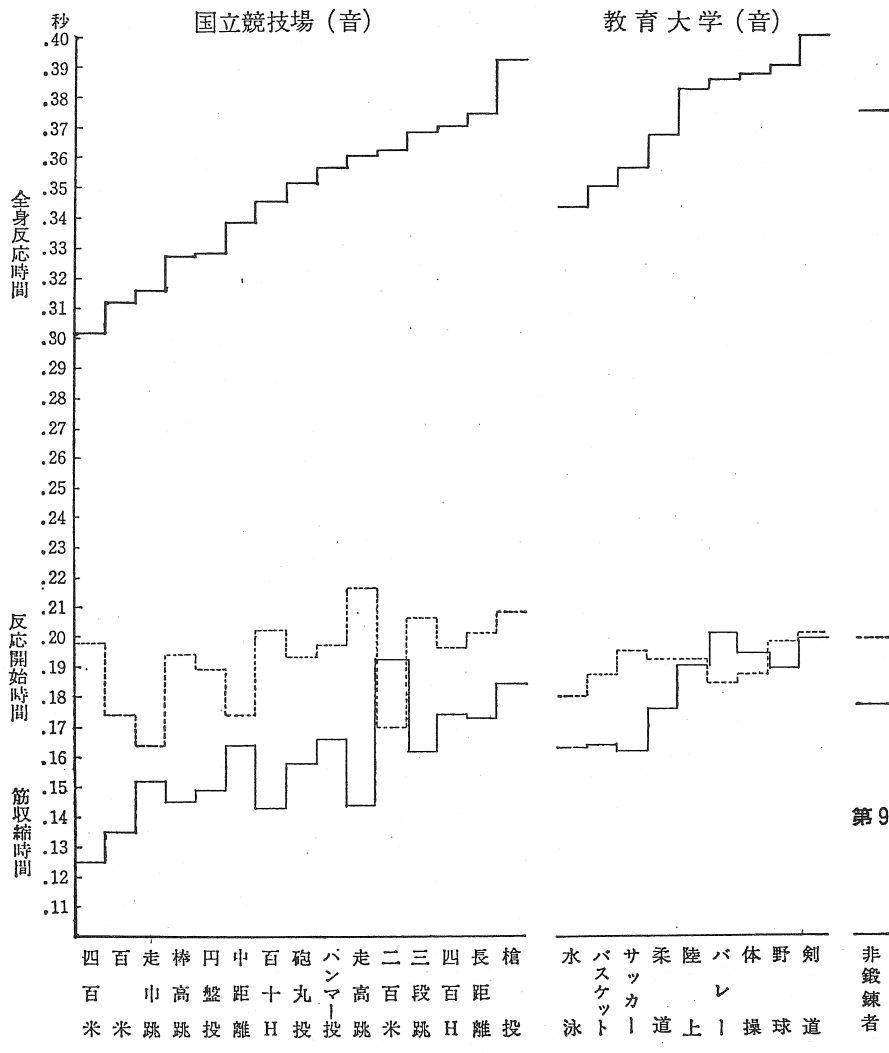
者はよく似ているが全身反応時間はいくらか武山グループの方がよい。反応開始時間を見ると、武山の方がだいぶよい。筋収縮時間は反応開始時間ほどではないが、やはり武山の方がよい。これを教育大学の球技（バスケット、サッカー、バレー、野球）選手についてしらべた成績とくらべると、第8図のようになる。すなわち、教育大球技グループの方が国立、武山陸上グループより0.04秒くらいおそい。その内容を見ると、筋収縮時間が球技グループで0.03秒くらい劣っている。これが全身

反応時間に大きくひびいている。すなわち、球技グループは神経要素よりも、筋肉要素において陸上グループに敏捷性が劣るといえる。

つぎに、音の刺激にたいする全身反応時間、反応開始時間および筋収縮時間を比較した。第9図において、左に国立グループ（陸上）、右に教育大各種目の選手の反応時間を短いものから長いものへ順次ならべてみた。これによると、一般に国立



第8図 全身反応時間(音)の内容別の陸上競技と球技との比較



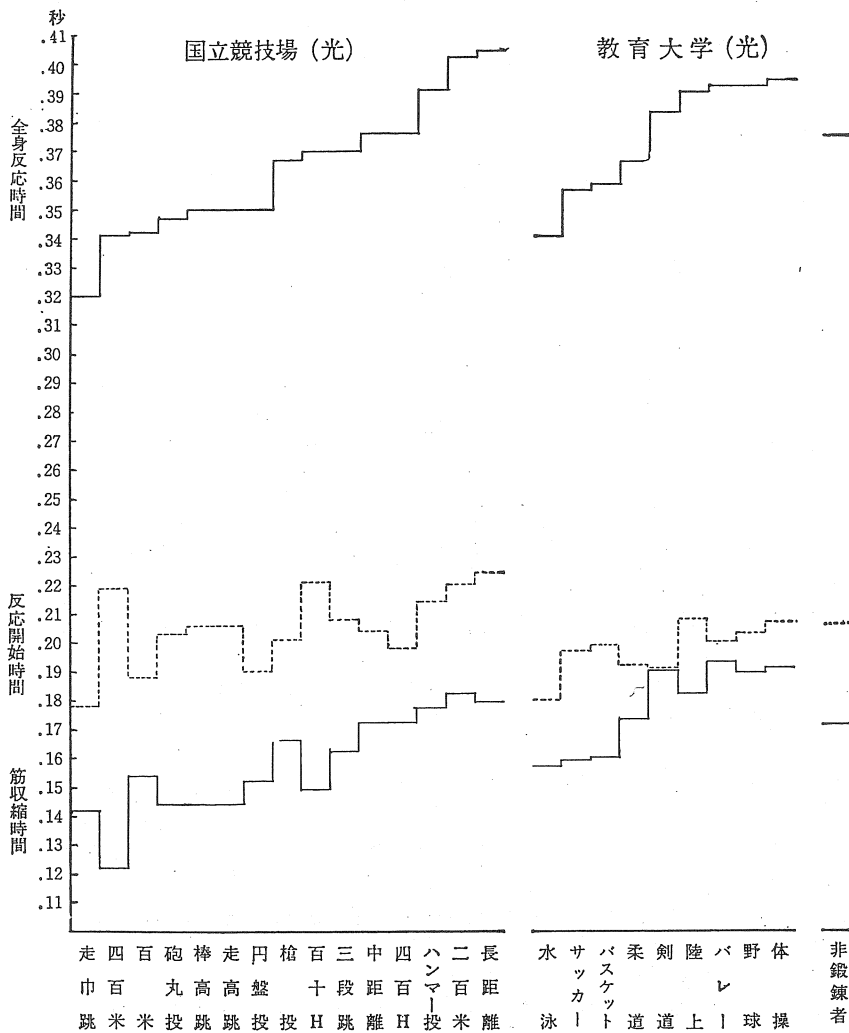
第9図 全身反応時間(音)とその内容の比較

グループの方が教育大グループよりすぐれているが、種目によっていろいろである。図の下の部分に実線で示したものは、筋収縮時間であり、波線で示したものは、反応開始時間である。そして筋収縮時間は全身反応時間の長くなるにつれて、長くなっていく。これに反して、反応開始時間はあまり関係がない。そして注目すべきことの1つは教大グループの方が反応開始時間は国立グループよりも短い、筋収縮時間は長いことである。すなわち教大グループの方は神経要素はよいが筋肉要素がにぶいといえる。

同様のことは、第10図のように光刺激にたいしてもいうことができる。全身反応時間の順序は少しかわるが、以上のべた関係はよくにている。そ

して、陸上各種目の間においても、また陸上以外の種目間でも全身反応時間の大小を決定するものが筋収縮時間であることがわかる。

音刺激では全身反応時間で最もはやいものと、最もおそいものとの差異は0.09秒であるにたいし、反応開始時間では0.052秒、筋収縮時間では0.068秒である。したがって筋収縮時間のちがいがより大きくひびく。光刺激の場合には、全身反応時間の最も早いものと、おそいものとの差異は0.084秒であるにたいし、反応開始時間でのひらきは0.045秒、筋収縮時間のひらきは0.060秒である。教大グループについては同じことがいえるが、その優劣のひらきが国立陸上各種目間のそれにくらべると小さい。



第10図 全身反応時間 (光)とその内容の比較

筆者が考察するところでは、反応時間は、まだ大いに短くなる可能性がある。まず第1に神経要素を改良することである。それは注意の集中によって改良されるからである。これは古くジェームスが述べているように、注意の集中を刺激そのものにするよりも、自分の動作の発揮そのものに向けているのがよい。すなわち、光や音を期待しているのは受け身の態勢であり、そこにおくれが生ずる。

これにたいして、何か1つの「きっかけ」としての刺激が与えられると、いつでも発動するというような態勢では反応が早い。これは神経細胞が抑制から解放されており、かつニューロン相互の連絡(シナプス)の疎通がおこっているばかりでな

く、筋に一定の緊張が与えられており、筋も活動にはいりやすくなっている。

これにたいして、筋収縮時間の方は、注意の集中だけでは不十分であり、筋力も発達し、筋の内部抵抗が小さくなくてはならない。これはもちろん素質もあるが、トレーニングによって大いに改良せられる。

競技者が、そのトレーニングの経過において、全身反応時間を測定して、その内容を分析し、さらに何をトレーニングすべきかを知ることが進歩向上への1つの手段である。

また、未知数の競技者に、このテストを行ない、その内容を分析して、その素質を見いだすことは選手選抜の1つの方法となる。