

調整力に関する基礎的研究

— 調整力の発達的特徴について —

藤島仁兵・溝口陸奥夫・丸山敦夫・鬼塚幸一*

Basic Studies on Coordination by Using Whole Body Reaction Time Test

An Analysis of Developmental Trait about Coordination

Jinpei FUJISHIMA, Mutuo MIZOGUCHI,
Atuo MARUYAMA and Koichi ONITUKA

I. 緒 言

我々の日常における動作、特に、スポーツ運動における動作はそれぞれ目的をもっているため、その目的に即応した最適動作の発揮が主要な課題である。そして、この最適・合目的動作の顕在化を、一般に、Skill と呼ぶ。このような Skill は、それぞれスポーツ運動で外面的運動形態を異にするが、Skill の質的構成因子は、基本的に、時間・力・空間の三つで、スポーツ間に違いは認められない。まさに、それぞれのスポーツ運動にみられる外面的運動形態 (Skill) の Profile は、その運動の目的に基づくこれら三因子の配列や Rhythm の違いによるものと考えられる。従って、あらゆる運動 Skill の発達が時間や力・空間に対する適切な認知や反応の能力と密接な関連をもつということは容易に理解できる。即ち、Timing (筋肉の時間的調整能) ; Grading (筋力の強さの調整能) そして、Spacing (筋肉の空間的調整能) 等が優れていることは、Skill の発達に大いに貢献できる。

さて、一般に、これらの能力を総合して調整力と呼ぶが、調整力に関する研究は、調整力があらゆる運動の基礎的課題として、また、人間の基本的な Physical Source の指標として重要な意味をもつにも拘らず極めて少なく、近年、ようやく制御工学系からの Approach³⁾⁶⁾ や目標波型に対する Tracking 作業能から調整力を究明¹⁾⁵⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾ したものが散見できるようになった。しかし、調整力が人間の成長過程でどのような発達を示すか、また、形態の発育といかなる関連を有すか、即ち、調整力の発達に関する報告は我々が渉猟した範囲では殆んどみあたらない。

ところで、過去4カ年にわたる調整力に関しての一連の研究の中で、調整力を究明するための Laboratory Test として、Whole Body Reaction Time の測定が最適であるという一定の見解を得た。このことは、浅見²⁾ 等も同様な見解を主張しているが、それは、調整力が基本的に、知覚一運

* 鹿児島工業高等専門学校

動系の機能と深いかかわりを有し、そして、Whole Body Reaction Time の測定が、まさに、この cycle における適切な反応速度調整の検索を意図しているところにある。

本報告は、調整力を Whole Body Reaction Time から追求し、調整力が学童期（6才）から青年期（19才）にかけてどのような発達を示すか、特に、神経一筋収縮系回路の調整（刺激一筋収縮までの所要時間）や身体の移動に要する跳躍動作の調整（跳躍に要する時間）という二つの立場から Approach し、更に、反応方向の違いによる両者の特徴や、形態の発育と調整力の発達との関連等について検討し、一定の結果が得られたので報告するものである。

II. 研究の方法

（一）資料蒐集の方法

<1> 実験の方法

竹井式全身反応測定器を利用して、前方に対する7回の単純反応時間と、前・後・左・右ランダムに、合計16回の選択反応時間を測定した。尚、試技に際しては、Signal と同時に、両脚をすばやく、測定板から次の方向づけされた測定板へ移動するよう指示した。

<2> 実験対象者及び実験期間

学童期から青年期（6, 8, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 19才）までの児童・生徒・学生を対象に、各年令層20名、合計180名に対して、昭和54年5月から6月までの2カ月間にわたり、<1>で述べたような方法により測定した。

（二）資料分析の方法

<1> 各年令別に、身長・体重及び単純・選択反応時間等の平均値並びに標準偏差の算出。

<2> 身長・体重及び単純・選択反応時間等の年間発育・発達増加量の算出。

<3> 身長・体重及び単純・選択反応時間等の平均値を各年令間で有意差検定。

<4> 選択反応時間については、4つの反応方向に対するそれぞれの平均値を、反応方向間で有意差検定。

<5> 身長・体重と単純・選択反応時間との相関を算出。

III. 結果及び考察

（一）身長と体重の発育について

図1は身長及び体重の年令別推移について、図2は両者の年間発育増加量をそれぞれグラフ化したものである。図1からも明白なように、身長・体重は年令とともに増加し、両者がえがく発育曲線は非常に類似している。そして、図2にみられる年間発育増加量は、身長で12才、体重においては14才でそれぞれピークに達するが、この時期は、ちょうど第2次発育急進期にあたる。そして、その後は緩やかな発育を示す。次に、表1は各年令間で、身長及び体重の平均値の差を有意差検定した結果である。身長・体重ともに、15才以降の年令間においては、15才と19才の有意差検定を除

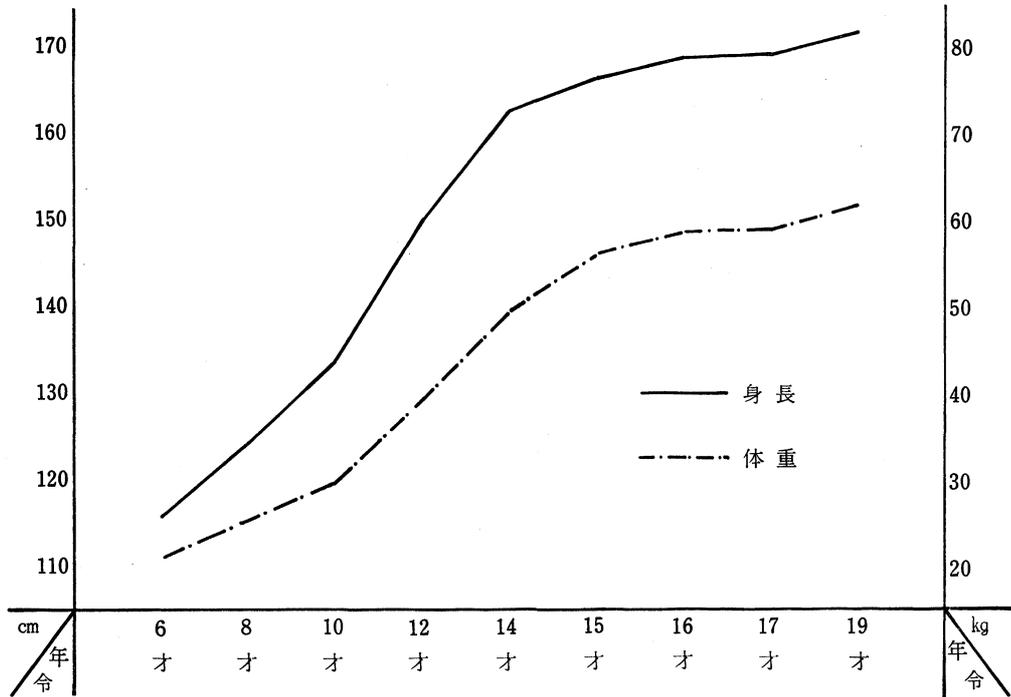


図1 身長と体重の発育曲線

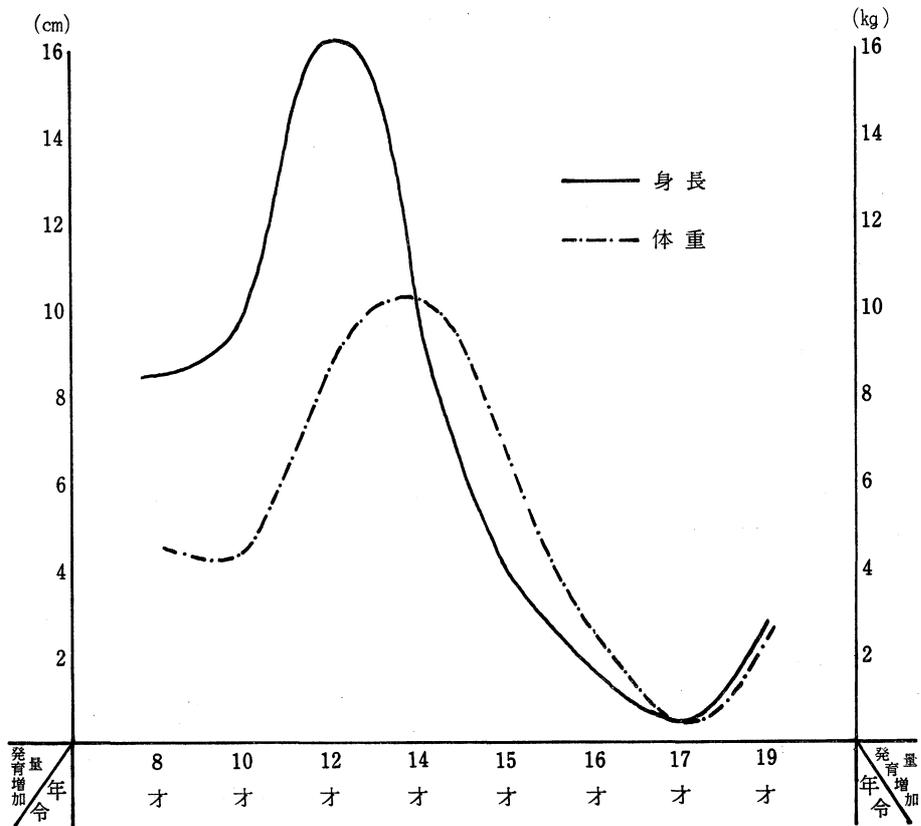


図2 身長と体重の年間発育増加量

表1 身長及び体重の平均値に対する各年令間の有意差検定
 <身長>

年令	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
6才		**	**	**	**	**	**	**	**
8才	**		**	**	**	**	**	**	**
10才	**	**		**	**	**	**	**	**
12才	**	**	**		**	**	**	**	**
14才	**	**	**	**		none	*	**	**
15才	**	**	**	**	*		none	none	*
16才	**	**	**	**	**	none		none	none
17才	**	**	**	**	**	none	none		none
19才	**	**	**	**	**	*	none	none	

* 5% ** 1%レベルでの有意性

き、有意な差は認められなかったが、その他の年令間では全て5%~1%の危険率で有意差が認められた。

(二) 調整力の発達について

1) Whole Body Reaction Time の年令別推移について

図3, 4は単純・選択反応時間の年令別推移をみたものであり、表2, 3は各年令間で、それらの平均値の差を有意差検定した結果である。図3, 4にみられるグラフはいずれも右下降状で、これは年令とともに、神経-筋収縮系回路で要した時間と跳躍動作で要した時間を含む全動作完了所要

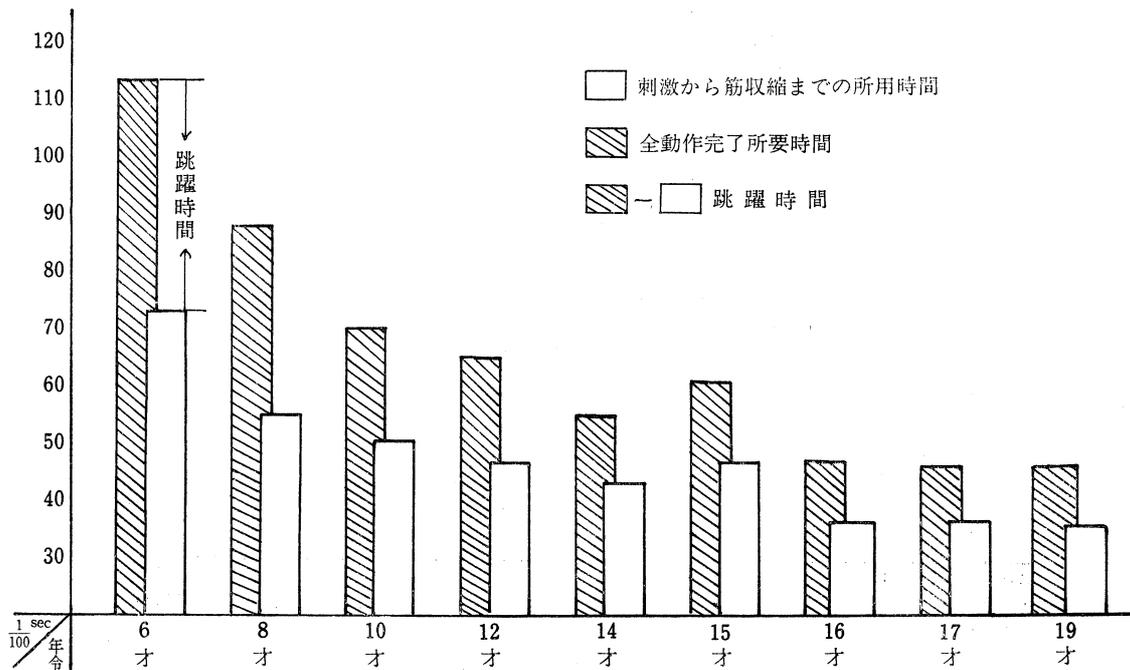


図3 年令別にみた単純反応時間の発達的变化

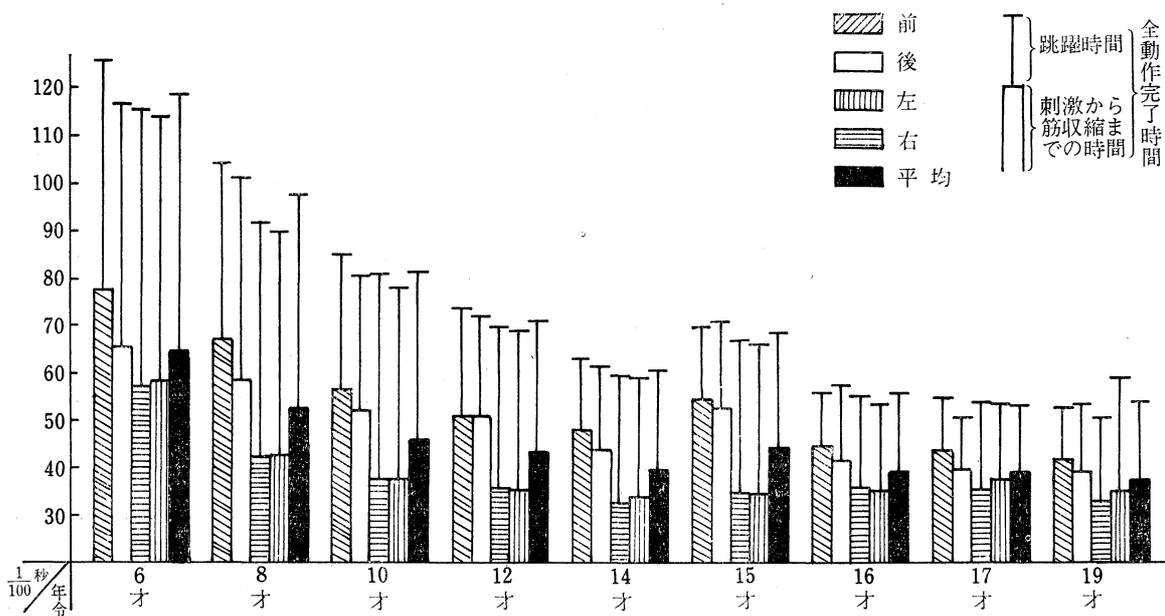


図4 年齢別にみた選択反応時間の発達的变化

時間が速くなることを示している。即ち、反応時間と反応動作は、6才から14才にかけて急激に発達し、15才では一旦停滞する傾向にあるが、16才まで発達しつづける。そして、その後における発達的变化は殆んど認められない。ところで、15才時にみられるこのような特徴は、前述したように、形態面の发育スパークが12才~14才時であるため、形態发育の促進化現象が何らかの形で機能の発達に影響を及ぼしたことに起因するものと推察される。次に、各年齢間で単純・選択反応時間の平均値を有意差検定した結果、両者ともに、16才から19才の間の比較を除き、各年齢間で、刺激から筋収縮（神経—筋収縮系回路）までの所要時間と全動作完了所要時間とに5%~1%の危険率で有意差が認められた。

表2 単純反応時間の平均値に対する各年齢間の有意差検定
→ <刺激から筋収縮までの所要時間>

年齢	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
6才		** *	** *	** *	** *	** *	** *	** *	** *
8才	** *		none	*	** *	** *	** *	** *	** *
10才	** *	** *		none	** *	none	** *	** *	** *
12才	** *	** *	none		none	none	** *	** *	** *
14才	** *	** *	** *	** *		none	** *	** *	** *
15才	** *	** *	** *	*	*		** *	** *	** *
16才	** *	** *	** *	** *	** *	** *		none	none
17才	** *	** *	** *	** *	** *	** *	none		none
19才	** *	** *	** *	** *	** *	** *	none	none	

* 5% ** 1%レベルでの有意差

表3 選択反応時間の平均値に対する各年令間の有意性検定 (全体)
→ <刺激から筋収縮までの所要時間>

年令	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
6才		**	**	**	**	**	**	**	**
8才	**		*	**	**	**	**	**	**
10才	**	**		none	**	none	**	**	**
12才	**	**	**		*	none	*	*	**
14才	**	**	**	**		**	none	none	none
15才	**	**	**	none	**		**	**	**
16才	**	**	**	**	*	**		none	none
17才	**	**	**	**	**	**	none		none
19才	**	**	**	**	**	**	none	none	

* 5% ** 1%レベルでの有意性

2). Whole Body Reaction Time の年間発達増加量について

図5, 6 は単純反応時間並びに選択反応時間の年間発達増加量を示したものである。両者がえが

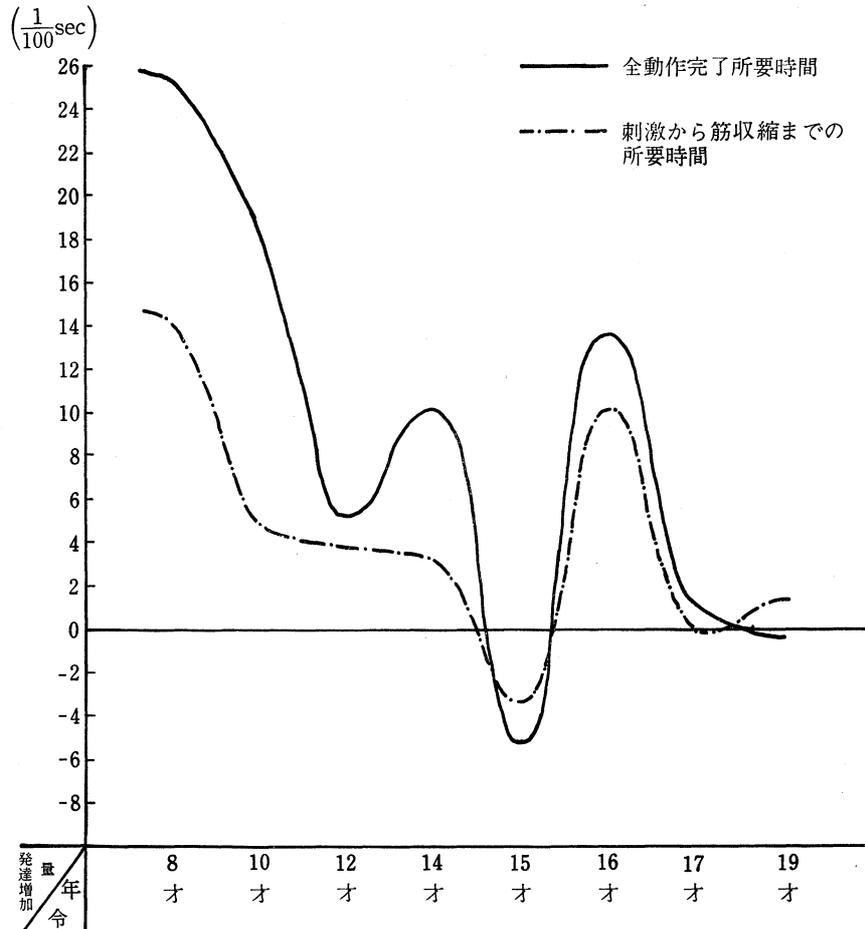


図5 単純反応時間の年間発達増加量

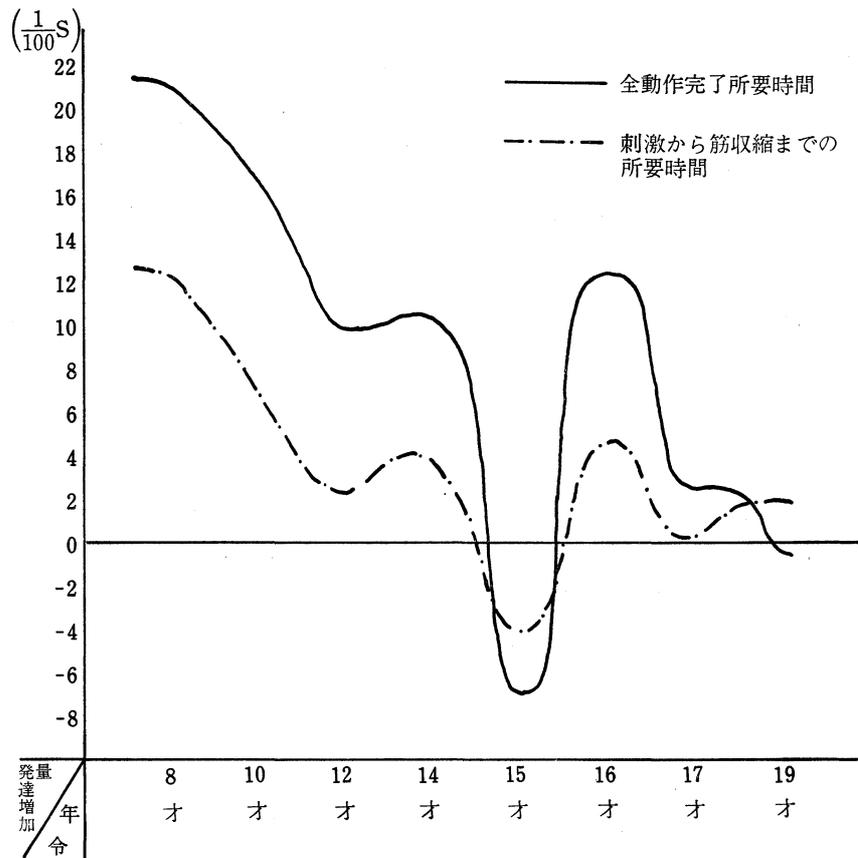


図6 選反時間の年間発達増加量

く曲線は非常に類似し、年間発達増加量は、第1次発育急進期と第2次発育急進期との谷間である学童前期、即ち、8才時において最も著しい。そして、第2次発育急進期、即ち、12才～14才時における年間発達増加量は急激に下降し、15才時に至っては negative な発達増加量となる。しかし、16才時には再度、増加量は上昇する傾向にあるが、その後における発達の変化は認められない。

以上、1)、2) で述べたような結果から、調整力は形態面の発育が比較的緩やかな学童前期において著しく発達し、反対に、形態面の発育が顕著な第2次発育急進期における年間発達増加量は小さいということが判る。そして、かかる時期に、形態と機能のアンバランスな発達が促進されやすいことから、調和的な成長を意図する体育では、このような時期に、いかなる内容のものを、どの程度指導するか、十分吟味する必要がある。

ところで、調整力は、ピークとしての16才まで発達しつつ、6才時における単純・選反時間がそれぞれ1.1秒～1.2秒であったのに対比し、16才時に至っては0.5秒～0.6秒と大巾な発達を示す。従って、調整力は16才を界にして、その発達を完了するものと推察されるが、この問題は、全身反応動作に必要にして最小限の時間的限界ということも十分に考えられるので断定は難かしい。

3). 神経—筋収縮系回路の調整と跳躍動作の調整間の特徴について

前掲図3, 4の全動作完了所要時間を神経—筋収縮系回路の調整で要した時間と跳躍動作の調整で要した時間に区分し、両者の観点から Whole Body Reaction Time を捉えた場合、単純反応テ

ストにおける全動作完了所要時間内の両者の比率は、16才以上の年齢層においては殆んど差が認められないのに対比し、6才～15才の年齢層における両者の比率は、跳躍動作の調整に要する時間に比べ、神経一筋収縮系回路の調整に要する時間はながくなる。このことは、刺激が発生し、その刺激を大脳の知覚領で認知し、さらに運動領を経て筋肉を収縮させるまでの神経一筋収縮系回路の調整が、16才以上の年齢層に比べ、16才以下の年齢層で劣るということを示唆している。しかし、選択反応テストにおける両者の関係は、前方への反応を除き、全般的に、跳躍動作の調整に要した時間に対比し、神経一筋収縮系回路の調整に要した時間は短い。このことは、選択して反応するという、弁別のための意識集中に伴う跳躍動作調整の無意識化に起因するものと推察されるが、このような二つの結果から、神経一筋収縮系回路の調整や跳躍動作の調整は、運動課題（課題の意識化）によって、両者の間には柔軟な関連が存在するものと推察される。

4). 反応方向別にみた Whole Body Reaction Time の特徴について

前掲図4の選択反応のテスト結果を更に反応（跳躍）方向別に、神経一筋収縮系回路の調整に要した時間と跳躍動作の調整に要した時間との関連で検討してみると、各年齢層共通的に云えることは、神経一筋収縮系回路の調整に要した時間は、左方向に対する反応で最も速く、右方、後方への反応がそれにつづき、前方に対する反応が最も遅い。表4の(1)～(9)は、選択反応時間のそれぞれの平均値を各跳躍方向間で有意差検定した結果である。表からも明白なように、各年齢層ともに、前後方向間においては、神経一筋収縮系回路の調整に要した時間に有意差は認められないが、左右方向の反応と前後方向の反応との間には、5%～1%の危険率で有意差が認められる。また、左右方向への反応における神経一筋収縮系回路の調整に要した時間は、表7、8の有意差検定の結果か

表4 各跳躍方向間における選択反応時間の平均値に対する有意差検定

(1) 6才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

方向	方向			
	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		none	none
左	none	none		none
右	※	none	none	

(2) 8才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

方向	方向			
	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		※ ※	※ ※
左	※ ※	※		none
右	※	none	none	

(3) 10才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

方向	方向			
	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		※ ※	※ ※
左	none	none		none
右	none	none	none	

(4) 12才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

方向	方向			
	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		※ ※	※ ※
左	none	none		none
右	none	none	none	

(5) 14才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

△全動作完了所要時間▽

方向	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		※ ※	※ ※
左	none	none		none
右	none	none	none	

(6) 15才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

△全動作完了所要時間▽

方向	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		※ ※	※ ※
左	none	none		none
右	none	none	none	

(7) 16才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

△全動作完了所要時間▽

方向	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		※ ※	※ ※
左	none	none		none
右	none	none	none	

(8) 17才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

△全動作完了所要時間▽

方向	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	none		※	none
左	none	none		none
右	none	none	none	

(9) 19才 <刺激から筋収縮までの所要時間>

△全動作完了所要時間▽

方向	前	後	左	右
前		none	※ ※	※ ※
後	※		※ ※	※
左	none	none		none
右	※	none	※ ※	

※ 5%, ※※ 1%レベルでの有意性

表5 選択反応(前方)時間に対する各年令間の有意差検定
→ <刺激から筋収縮までの所要時間>

△全動作完了所要時間▽

年令	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
6才		none	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※
8才	※ ※		none	※ ※	※ ※	※	※ ※	※ ※	※ ※
10才	※ ※	※ ※		none	※	none	※ ※	※ ※	※ ※
12才	※ ※	※ ※	※ ※		none	none	※	※ ※	※ ※
14才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※		※	none	none	※
15才	※ ※	※ ※	※ ※	none	※		※ ※	※ ※	※ ※
16才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※	※ ※		none	none
17才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	none		none
19才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	none	none	

※ 5% ※※ 1%レベルでの有意性

表6 選択反応（後方）時間に対する各年令間の有意差検定
→ <刺激から筋収縮までの所要時間>

年令	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
6才		none	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※
8才	※ ※		none	none	※ ※	none	※ ※	※ ※	※ ※
10才	※ ※	※ ※		none	※	none	※ ※	※ ※	※ ※
12才	※ ※	※ ※	※		※	none	※ ※	※ ※	※ ※
14才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※		※ ※	none	none	※
15才	※ ※	※ ※	※ ※	none	※ ※		※ ※	※ ※	※ ※
16才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	none	※ ※		none	none
17才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※		none
19才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※	※ ※	none	none	

※ 5% ※※ 1%レベルでの有意差

表7 選択反応（左方向）時間に対する各年令間の有意差検定
→ <刺激から筋収縮までの所要時間>

年令	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
6才		※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※
8才	※ ※		※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※
10才	※ ※	※ ※		none	※ ※	none	none	none	※ ※
12才	※ ※	※ ※	※ ※		※	none	none	none	none
14才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※		none	※	none	none
15才	※ ※	※ ※	※ ※	none	※ ※		none	none	none
16才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	none	※ ※		none	※
17才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※	※ ※	none		none
19才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※	none	

※ 5% ※※ 1%レベルでの有意性

らも明らかなように、6才・8才との比較を除き、各年令間に有意差は認められない。しかしながら、動作が完了するまでの全所要時間においては、年令が低いグループと高いグループとの間に、5%～1%の危険率で有意差が認められる。このことは、測定板から次の指示された測定板へ身体をすばやく移動させるというテストの目的に合致した跳躍動作の調整は、年令が高いほど優れているということを示唆している。次に、前述したように、左右方向の反応に対する神経—筋収縮系回路の調整に要した時間は、前後方向の反応に比して速いにも拘らず、全動作完了所要時間に至っては、反応方向の違いに基づく差は認められない。このことは、身体の移動に必要な跳躍動作の調整は前後方向への反応でとりやすく、一方、神経—筋収縮系回路の調整は左右方向でとりやすいということを示唆している。そして、これらの結果に対する原因の多くは、大脳を中心とした知覚領—運動領回路の情報伝達の速さよりも、身体の重心や足底部の解剖学的問題等によるものと推察される。

表8 選択反応（右方向）時間に対する各年令間の有意差検定
→ <刺激から筋収縮までの所要時間>

年令	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
6才		※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※
8才	※ ※		none	※	※ ※	※ ※	※	none	※
10才	※ ※	none		none	none	none	none	none	none
12才	※ ※	※ ※	※		none	none	none	none	none
14才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※		none	none	none	none
15才	※ ※	※ ※	※ ※	none	※ ※		none	none	none
16才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※	※ ※		none	none
17才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	※	※ ※	none		none
19才	※ ※	※ ※	※ ※	※ ※	none	※	none	none	

※ 5% ※※ 1%レベルでの有意差

(三) 身長及び体重と調整力との関連について

既に述べてきたように、身長・体重の第2次発育促進化現象は12才から14才であられるが、調整力における発達の促進化現象は8才時を中心としてあられる。8才前後の学童前期は、身長、体重の年間発育増加量が緩やかな時期で、この時期において調整力の発達は著しい。そして、反対に、学童期後半以降の第2次発育急進期と前後して、調整力の年間発達増加量は下降し始めるということから、形態と機能（調整力）の発育・発達との間には反比例的な関係が存在するものと推察される。

次に、表9は身長・体重と反応時間との相関を年令別にみたものである。16才時において、身長と選択反応時間との間に $r=0.53$ ；19才時において、身長・体重と単純反応時間との間に $r=0.42$ と、かなり高い相関が認められたが、全般的にみて、両者の間に一貫した関係をみいだすことはできなかった。従って、以上の結果から、形態と調整力との間には相関がないと判断されるが、対象者が1グループ、20名と少数なので、この問題に関しては、追試的研究が必要であろう。

表9 年令別にみた身長、体重と反応時間との相関

相関項目	年令	6才	8才	10才	12才	14才	15才	16才	17才	19才
身長：単純反応		0.12	0.07	0.01	-0.05	0.05	0.06	-0.24	-0.16	0.42
体重：単純反応		-0.12	-0.19	-0.12	0.00	0.09	0.23	-0.17	-0.03	0.42
身長：選択反応		0.21	-0.54	0.29	-0.24	-0.22	-0.12	0.53	-0.04	0.22
体重：選択反応		0.05	-0.61	-0.08	-0.24	-0.24	-0.21	-0.10	-0.15	0.00

要 約

調整力に関する発達的特徴を光刺激に対する全身的反応という立場から検討を加えてきたが、総

合的に、調整力は年齢とともに発達し、我々が対象とした年齢層では16才でピークに達し、その後における発達的变化は殆んど認められない。そして、調整力の年間発達増加量は、第1次発育急進期と第2次発育急進期との谷間、即ち、形態面の発育が比較的緩やかな学童前期において著しく、反対に、形態面の発育が顕著な第2次発育急進期における年間発達増加量は小さい。このような発達の特徴の中で、全動作完了所要時間を神経一筋収縮系回路の調整で要した時間と跳躍動作の調整で要した時間とに区分して検討した場合、単純反応テストにおいては前者が、選択反応テストにおいては後者が、16才以上の年齢層に対比し、それ以前の年齢層で劣る。また、反応方向別に、神経一筋収縮系回路の調整で要した時間と跳躍動作の調整で要した時間との関係についてみると、前者に対しては、前後方向への反応に比べ、左右方向への反応において速く、後者においては、逆に前後方向への反応において速い。このことは、神経一筋収縮系回路の調整は左右方向の反応でとりやすく、跳躍動作の調整は前後方向の反応でとりやすいということを示唆している。次に、身長・体重と調整力との関係について分析したが、両者の間には一貫した関係をみいだすことはできなかった。

参 考 文 献

- 1) 青谷基夫：筋力コントロールの練習効果についての研究。体育学研究 Vol 12-5, p. 45, 1968.
- 2) 浅見高明, 渋川侃二, 浅野勝己, 朝比奈一男, 藤田 厚：フィールド・テストとラボラトリー・テストからみた調整力の検討。体育科学 第4巻, p. 123~141, 1976.
- 3) 猪飼道夫：動作の敏捷性—その生理的背景。体育の科学. p. 149~156, 1965.
- 4) 岡野崇彦：反応時間に関する実験的研究。体育学研究 Vol 9, No 1, p. 410 1964.
- 5) 小野三嗣, 佐藤良雄：筋力調整力についての研究。体育学研究 Vol 13-5, p. 125 1969.
- 6) ———：随意運動における筋力調節能力。体育学研究 Vol 11-5, p. 85, 1967.
- 7) 金子英一：垂直跳における距離の調整能力について。体育学研究 Vol 12-5, p. 202 1968.
- 8) 藤島仁兵：調整力に関する基礎的研究。第1報。九州体育学会誌。第3巻3号, p. 24~26, 1976.
- 9) 藤島仁兵, 溝口陸奥夫, 鬼塚幸一：調整力に関する基礎的研究。第2報。身体各部位の筋調整能力について。九州体育学会誌第3巻4号. p. 10~11. 1977.
- 10) 藤島仁兵, 溝口陸奥夫, 丸山敦夫, 鬼塚幸一：調整力に関する基礎的研究。第3報いくつかの Laboratory Test からみた各運動サークル間の調整力の検討。九州体育学会誌 第4巻1号. p. 17~19, 1978.
- 11) 横山泰行：移動方向と空間方向を同時に考慮した全身選択反応時間。体育学研究. Vol 24-No 2, p. 109~116, 1979.

(1979年10月15日 受理)