

# 随意運動の発達に関する研究

—調整能力からみた—

(昭和51年12月28日受理)

円田 善英\* 長田 一臣\*  
西條 修光\* 大塚 俊昭\*

## 1. はじめに

随意運動の発達を明らかにすることは、子どもの身体活動における運動能力の発達の法則を追究するうえでも、また運動学習の効果を期待するうえでも、最も基本的な課題の一つである。

そこで、筆者らは随意動作の発達に着目し、それを究明する一つの手がかりとして調整能力をとりあげた。

調整能力を随意動作のレベルでとらえるためには、ある動作についての目標と、それに従った認知・判断による大脳皮質の神経過程の関与した、行動様式とのズレをみる必要がある。すなわち、調整能力は外界からの情報によって行動の目標を正確にとらえ、それにもとづいて運動のプログラムが大脳皮質で企画・設計され、運動を遂行するという、感覚・知覚・運動の系としての図式であらわすことができる<sup>1)</sup>。

このように随意動作による調整能力は目標にたいする正確な情報把握とそれに見合っただけでなく、遂行された行動様式つまり、運動制御 (Motor Control) が、力的にも、空間的にも、時間的にもうまく自己統制された結果として、動作に反映するものと考えられる。

ところで、筆者らは調整能力を動作という“できばえ”(Performance)のレベルでとらえることに着目している。そのための評価はある一定の目標に向かって意図的な応答・反応や動作を実施したときの成績が、目標とした座標軸(Diagram)に、いかに近いかを評価の基準と考えた<sup>2)</sup>。

以上述べたことから本研究では、子どもの各年

令段階に伴う調整能力の発達過程と、その特徴を明らかにしようというものである。そのためどのような指標を採用するかは議論のあるところであるが、ここでは、①筋力の調整能力、②跳躍動作の調整能力、③時間再生検査、④投動作の調整能力の4種目についてのパフォーマンス・テストをとりあげ検討を試みた。

## 2. 方法と手順

調整能力を測定するための各項目の目標値は表1に示したごとくである。なお目標値の設定にあたっては「日本人の体力標準値(東京都立大学・身体適性学研究室編、1970)を参考にして、各年令段階の平均値の $\frac{1}{2}$ とした。

この目標値の設定については、あらかじめ個人の最大値を求め、その $\frac{1}{2}$ の目標値を設定するのが一般的に妥当性があると考えられるが、本研究では個人差に注目するのではなく、全体の平均値から加齢に伴う発達傾向を巨視的なレベルで明らかにしたいと考えた。

また各年令ごとによる最大値の $\frac{1}{2}$ を目標に設定した根拠については、それ以外の場合より練習効果が最も少ないという小野らの報告にもとづくものである<sup>3)</sup>。(但し筋力調整の場合であるが他の種目も同様の見解でおこなった)。

さらに、時間再生検査については、各年令(学年別)共通に目標となる時間を15秒に設定し、それと実測値との間の誤差量を評価の基準とした。

測定はどの項目においても1回だけ、リハーサルを試行させ、ただちにはほぼ10秒間隔で5回連続して実施した。また毎回の測定に際しては、検者が

\* 日本体育大学・体育心理学研究室

表1 各年令ごとの目標値

性	年令	項目			
		握力 (kg)	立巾跳び (m)	ソフトボール投げ(m)	
男子	6	6.0	66.0	7.0	
	7	7.0	71.0	10.0	
	8	8.0	77.0	13.0	
	9	9.0	82.0	15.0	
	10	10.0	86.0	17.0	
	11	12.0	91.0	19.5	
	12	14.3	96.5	21.7	
	13	17.2	102.0	23.3	
	14	19.3	107.5	25.1	
	女子	6	5.0	64.0	4.0
		7	6.0	67.0	5.0
		8	7.0	71.0	7.0
		9	8.0	76.0	8.0
		10	9.0	79.0	9.0
11		11.0	82.0	11.0	
12		12.1	83.0	11.2	
13		13.0	84.5	11.8	
14		13.6	86.0	12.6	

被検者に対して測定結果を具体的に数値で知らせるために、目標値と実測値のズレ、つまり(+), 及び(-)の誤差量をことばではっきりと被検者に指示する方式をとった。

評価は、まず全4項目について、各項目の目標値からの誤差量を(+), (-)値に区別せずに、いかに目標値に近いかを示す絶対値による正確度を百分率によって算出した。したがって、この正確度を示す指数をP, 目標値をa, 実測値をb, とすれば次のような式であらわすことができる。

$$P = \left( 1 - \frac{|a-b|}{a} \right) \times 100 (\%)$$

この計算式に従って各項目ごとに求めた各人の5試行の平均指数、つまり正確度(%)の合計を各年令(各学年別)ごとの対象人数で除した平均値と標準偏差値を算出した。

次に、①筋力の調整能力、②跳躍動作の調整能力、③時間再生検査の3項目については、実測値が目標値をこえた場合は(+), それに到らなかった場合は(-)とした。また各年令(学年別)ごとの(+ )及び(-)の平均値については、それぞれの実測値に従って、あらかじめ個々の平均による代表値を求め、各学年ごとの延人数で除した平均値を百分率(%)であらわした。

表2 各年令ごとの対象人数

年令	男子	女子	計
6才)	45(名)	29(名)	74(名)
7	21	15	36
8	24	16	40
9	21	15	36
10	22	16	38
11	28	13	41
12	69	70	139
13	38	36	74
14	46	32	78
	314	242	556

対象は表2に示したように、6~14才で、男子計314名、女子計242名、の総計556名であった。

### 1) 握力による方法

握力については、あらかじめ目標とする値を正確に把握させるために、一度被検者に握力計の目盛りをみせながら握らせた。ついで本番では、被検者に握力計の目盛りをみせないで握らせ、各試行ごとに目標値と実測値の誤差量を被検者に知らせた。

この方法は、目標値に向っての一定の筋緊張度をモデルに筋力を再現させるものであり、正確な力的表象の程度を、いかにうまく筋につたえるかの能力をみるものである。

なお測定は目標値と実測値の誤差量を(+ )と(-)にわけて計測した。

### 2) 跳躍動作による方法

立巾跳びは、あらかじめ設定された目標線に向って開眼にて跳躍を行った。その際、目標値と実測値との誤差量を試行ごとに被検者に知らせた。この方法は被検者が目標線までの距離を正確に知覚し、それによって適当な筋緊張度を発揮して的確な動作の遂行が必要である。測定は、被検者が目標線までの距離を実測値とした。また、両足がそろわなかった場合、目標線からの誤差量の大きい方を実測値とした。

### 3) 時間再生検査による方法

あらかじめ検者は被検者に目標となる15秒の時間を提示し、その後15秒という一定モデル、すな

わち、時間の知覚・記憶に従って、被検者が15秒と思った時点で合図し、その時の時間をストップウォッチの秒針を読み、目標値からの(+), (-)の時間(秒)を記録する。したがってこれは15秒という物理的時間と時間表象によって発揮される心理的時間との誤差量をみるので、時間の知覚・記憶・表象の能力をみていることにほかならない。

#### 4) 投動作による方法

目標点に向って、投動作を行うことによって、ボールが目標の中心点にいかにか近く落下するかを評価の基準と考えた。目標までの距離は、あらかじめ年齢ごとに設定されており、目標の中心点のポストから半径50cmの間隔で円形の白線を描き、ボールの落下地点から中心点を直線で結んだ距離の誤差量を評価の対象とした。これは、被検者が目標地点までの距離、方向を知覚し、それに見合って、的確な筋力を発揮し、ボールをタイミングよく手から離すことであるから、動作の空間的・力的・時間的な統制の能力をみていることになると考えた。

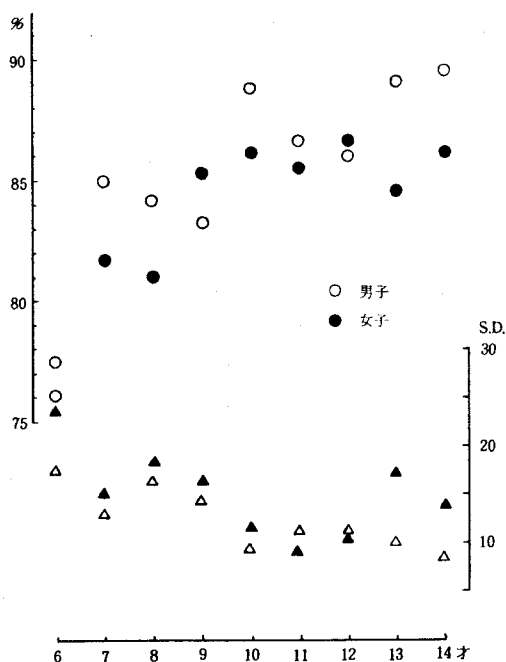


図1 正確度からみた筋力調整能力の年令的变化と推移

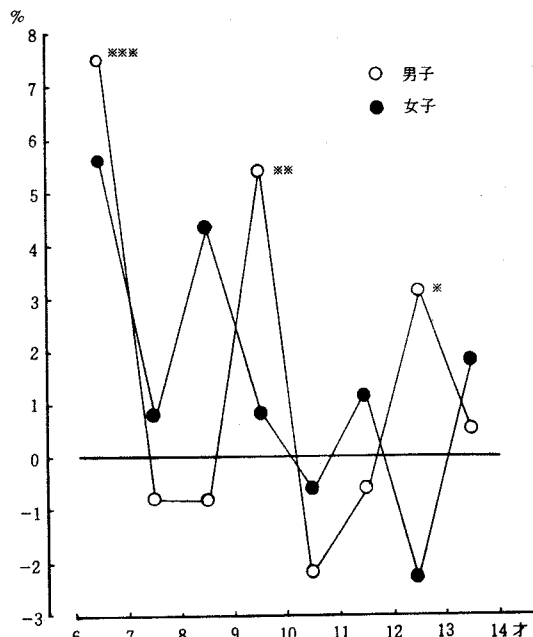


図2 握力による筋力調整能力の発達量  
\*P<0.05, \*\*P<0.01, \*\*\*P<0.001

### 3. 結果

以上の方法により得られた結果は次の通りである。ここでは各調整能力のテスト項目ごとに、各年齢(学年)での発達的な特徴を記述する。

#### 1) 筋力調整能力の年令的变化と推移

図1は、握力による筋力の年令的变化と推移を正確度によってみたものである。図をみて明らかに、正確度は、加齢に伴って上昇する傾向がみられる。そこで、これらの事態に立ち入るために分散分析をおこなってみると、男子では加齢に伴って有意な増加(P<0.05)が認められるが、女子では有意でない。また図をみて明らかに、加齢に伴って標準偏差値が漸次小さくなっており、これは正確度の安定性を示したのとして注目しておきたい。

ところで、筋力調整はどの年齢の時期に最も発達するのであろうか。そこで各年齢(各学年)段階に伴う発達の特徴を明らかにするために、各年齢間の発達量を求めた。

図2は各年齢間の発達量を示したものであるが、図にみられるように、男子では、6~7才7.5%

( $P < 0.001$ ), 9~10才 5.4% ( $P < 0.05$ ), 12~13才 3.1% ( $P < 0.05$ )と、三つの年齢段階に顕著な増加がみられる。女子では、6~7才 5.4%, 8~9才 4.3%の増加がみられ、逆に12~13才では減少しているが、いずれも有意とは認めがたい。

ここで問題にしたいのは、各年齢間の発達量が顕著な時期には何が起因しているのかをつきとめることである。そこで、この問題に接近するために、目標値からの誤差量の内容を(+)及び(-)ごとに分けその特徴を検討してみる。握力による調整能力の発達量の顕著な年齢間に着目してみると、男子では、6~7才、(+)値 6.7%, (-)値 5.4%と、いずれも誤差量が減少した。また、9~10才の(+)値では 8.2%と顕著に減少しているが、(-)値では逆に1%の増加を示した。さらに、12~13才(+)値では 3.4%, (-)値 4.6%といずれも減少し、目標水準に接近することがわかった。一方、女子では、各年齢間の発達量に有意差は認められないが、比較的発達量の大きい、6~7才と8~9才に着目してみると、前者の(+)値では12.3%, (-)値では 4.7%の減少がみられ、後者の(+)値では 36.6%, (-)値では逆に、7.9%の増加を示した。

このように、年齢間の発達量を促進させている時期では、(+)と(-)値が力動的関係を示しながら、目標水準に接近していることがわかる。

つぎに、目標からの(+)及び(-)値の誤差量と両者の関係を時間軸からながめてみることにする。図3は握力による調整能力の(+)及び(-)値の誤差量の年齢ごと推移をみたものであるが、図に示したように、男女の発達傾向とその速度をみるために、直線回帰方程式とその有意性を求めてみると、男子では(+)値、 $\bar{Y} = -2.31X + 37.08$  ( $r = -0.918$ ,  $df = 7$ ,  $P = < 0.001$ )であり、(-)値においては有意性が認められなかった。一方、女子では(+)値及び(-)値とも有意性が認められない。

ところで、各年齢を通じて(+)値と(-)値の誤差量のうちいずれが目標水準に優位に接近するかであり、両者がどのような相互作用によって発達するかという問題である。図3をみて明らかにように、男女とも10才頃まで(+)値に比して(-)値

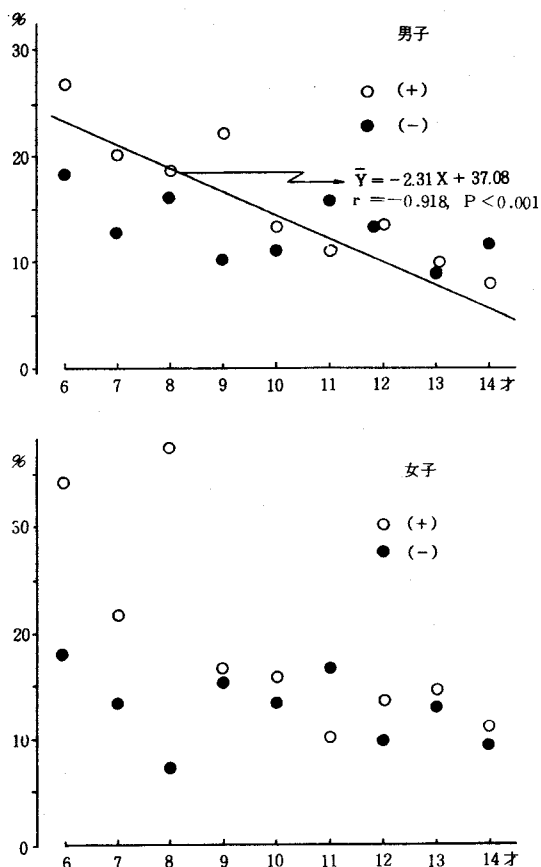


図3 誤差量からみた筋力調整能力の推移

の誤差量の方が小さく目標水準に近いことがわかる。一方、(+)値誤差量の年齢的発達推移の速度についてみると、(-)値の誤差量に比して、いずれも(+)値の誤差量が加齢に伴って顕著な発達を示している。

さらに、ここで注目されるのは男女とも11才の時期で、これまでと逆に(+)値の誤差量が大きく、それ以降では両者の目標水準からの誤差量は、ほぼ平衡してくる事実から、この時期に筋力の調整能力の力的制御が完成されることを示唆しているといえよう。

## 2) 跳躍動作による調整能力の年齢的变化と推移

図4は立巾跳びによる跳躍動作の調整能力の年齢的变化と推移をみたものである。図をみて明ら

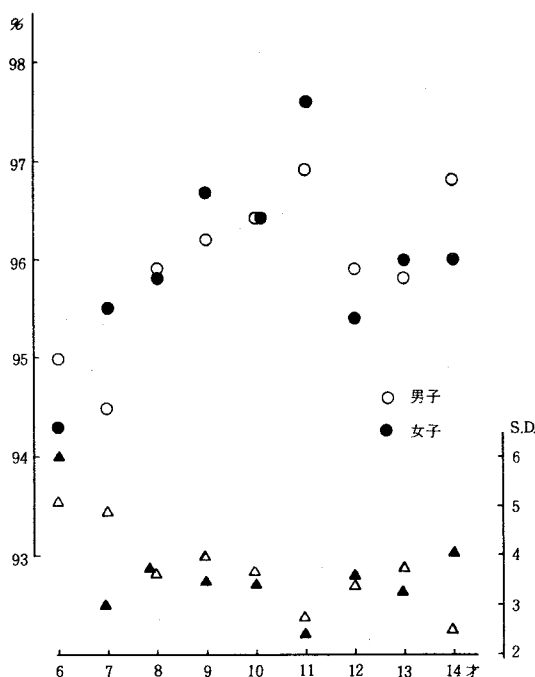


図4 正確度からみた跳躍動作の調整能力の年令的变化と推移

かなように、正確度は男女とも6~11才までは直線的な上昇の傾向がみられた。

また、年令別の特徴については、11才(男子96.9%, 女子97.6%)でピークに達するが、12才では谷がみられ、再び上昇する傾向がみられる。さらに全体的な発達傾向に立ちいって分散分析をおこなってみると、男子( $P < 0.001$ ), 女子( $P < 0.01$ )とも加齢に伴って有意な上昇が認められた。また、図をみて明らかなように、正確度の増加に比例して標準偏差値が小さくなっており、これは正確度の安定性が増加していることを示している。

そこで、握力の場合と同様に各年令間の発達量に着目してみることにする。

図5は各年令ごとの跳躍動作の調整能力の発達量をみたものである。図にみられるように、各年令ごとの発達量が有意なのは、男子では、7~8才で、1.4% ( $P < 0.05$ )であり、女子では、10~11才で1.2% ( $P < 0.05$ )の増加が認められた。ところが、ここで注目されるのは、11~12才の女子で、2.2% ( $P < 0.01$ )の減少が認められることである。

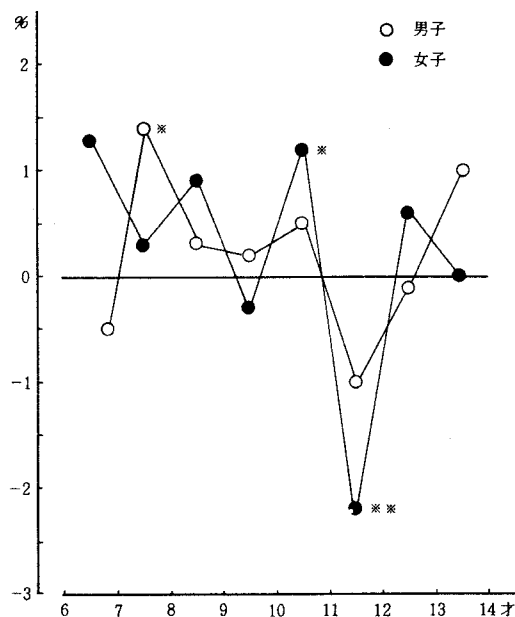


図5 跳躍動作による調整能力の発達量

※ $P < 0.05$ , ※※ $P < 0.01$

そこで、この発達量の特徴を明らかにするために、誤差量の(+ )及び(- )値に着目してみると、男子では、7~8才の(+ )値16%, (- )値1.3%の減少がみられた。女子では、10~11才の(+ )値0.1%, (- )値1.1%といずれもわずかながら減少した。このようなことから、各年令間の発達量の顕著な時期に両者の誤差量も小さくなり目標水準に接近することがわかる。また、先にみた発達量がマイナスになっている、11~12才の女子に着目してみると、(+ )値では0.1%とわずかながら減少しているように見えるが、(- )値では2.0%と増加している。

したがって、年間の発達量が増加する時期では、(+ )値と(- )値の誤差量がほぼ平衡的に目標水準に接近するが、しかし発達量がマイナスになる時期では目標水準からの(- )値の誤差量が優位に増加することを示している。

つぎに、(+ )及び(- )値の誤差量とその関係を時間軸からながめてみることにする。

図6は立巾跳びによる調整能力の誤差量の年令ごとの推移をみたものである。図にみられるように、6~11才までの男女の直線回帰方程式とその

有意性を求めてみると、男子の(+)値では、 $\bar{Y} = -0.45X + 6.47$  ( $r = -0.843$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ ), (-)値では $\bar{Y} = -0.41X + 8.08$  ( $r = -0.823$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.05$ ) で有意性が認められた。これは、(+)及び(-)値の誤差量が加齢に伴って減少することを示している。ところが、ここで注目されるのは図にみられるように、11才を境目に12~13才で誤差量の増加を示したことである。

また、女子では男子と同様に、(-)値の直線回帰方程式は $\bar{Y} = -0.47X + 8.23$  ( $r = -0.950$ ,  $df = 4$ ,  $P < 0.01$ ) と有意性が認められる。しかし、(+)値では有意でない。

ところで、(+)値と(-)値の誤差量のいずれが優位であるか、つまり目標水準に近いかという関係とその発達の年令的推移に注目すると、同図にみられるように、いずれの年令段階においても男女とも(-)値に比して(+)値の誤差量が小さく加齢に伴って、目標水準に接近していることがわか

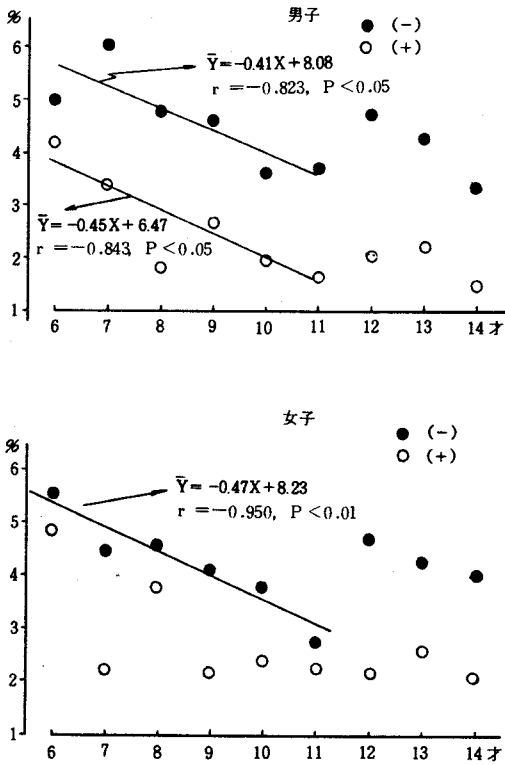


図6 誤差量からみた跳躍動作による調整能力の推移

る。この事実は握力の場合と全く逆の関係にあり、(+)値が優位を示している。

したがって、男女とも(+)値と(-)値の誤差量の力動的な関係は、11才頃までは(-)値の誤差量の方が急速に発達することを物語るもので、11才を境として、12才で再び(-)誤差量が増加することから、この時期に質的転換があることを示唆しているといえよう。

### 3) 時間再生検査による調整能力の年令的变化と推移

図7は、時間再生検査による調整能力の年令的变化と推移を正確度からみたもので、男子( $P < 0.01$ ), 女子( $P < 0.01$ )とも加齢に伴って急速な上昇が認められた。また、同図にみられるように、加齢に伴って標準偏差値が漸次小さくなる傾向にあり、これは正確度の安定性が増加していることを示している。

そこで、時間再生による調整能力がどの時期(年令)に最も発達するのか、その特徴を明らかにするために、年令間の発達量を求めた。

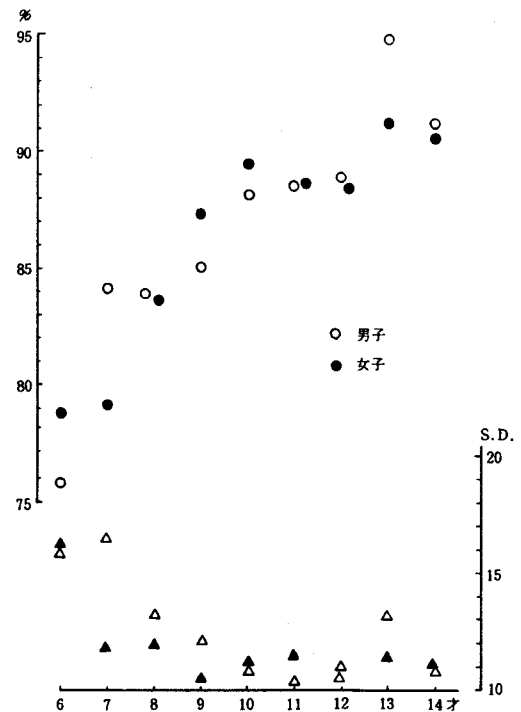


図7 正確度からみた時間再生検査の年令の変化と推移

図8は、各年令間の発達量をみたものであるが男子では、10~11才、2.8% (P<0.05), 12~13才、2.3% (P<0.05), 女子では、12~13才2.4% (P<0.05)といずれも有意な増加が認められた。また、ここで注目されるのは、女子の13~14才の時期の発達量が3.5% (P<0.01)の減少をしている事実である。この点については後に述べる。

ところで、この発達速度を促進させることは何に起因しているのであろうか。これをつきとめるために、各年令間の発達量のなかで有意なものを取りだし、(+)及び(-)値を比較検討した。まず男子の10~11才では(+)値2.0%, (-)値2.7%, 12~13才では(+)値2.7%, (-)値1.4%といずれも減少した。一方、女子の12~13才では(+)値2.7%, (-)値2.7%減少し目標標準に接近することがわかった。この事実から、各年令間の発達量を促進させている時期では、ほぼ(+)と(-)値が、ほぼ平衡的に誤差量が減少していることがわかった。ところが、女子の13~14才の時期では(+)値4.0%と(-)値2.0%の誤差量がいずれも増加していることについては後に述べる。

一方、目標値からの(+)及び(-)値の誤差量の関係を時間軸でみていくことにする。

図9は時間再生検査による誤差量の年令ごとの変化と推移をみたものであるが、男女とも加齢に伴って、(+)及び(-)値のいずれも直線的に目標

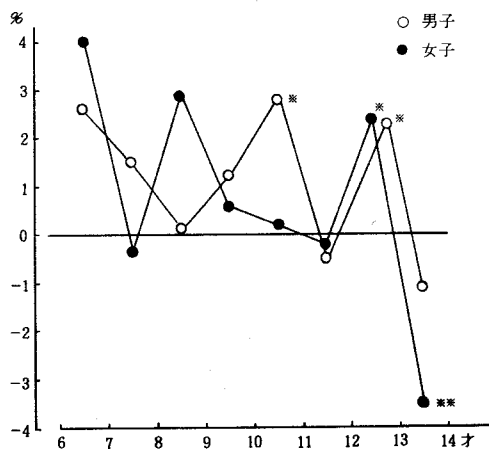


図8 時間再生検査による時間調整能力の発達量  
\* P<0.05, \*\* P<0.01

値に接近する傾向がみられる。そこで、両者の誤差量における6~14才までの推移につき、さらに立ち入って、男女の直線回帰方程式を求めてみると、男子では、(+)値  $\bar{Y} = -1.23X + 26.98$  ( $r = -0.950$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.001$ ), (-)値  $\bar{Y} = -1.24X + 23.99$  ( $r = -0.976$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.001$ )と、ほぼ同様な傾向を示し、いずれも有意性が認められた。一方女子では、(+)値では有意性が認められないが、(-)値では  $\bar{Y} = -0.97X + 21.01$  ( $r = -0.827$ ,  $df = 7$ ,  $P < 0.01$ )と男子と同様に有意性が認められた。また、図に示した直線回帰方程式にみられるように男女とも、(+)値より(-)値の誤差量が小さく、(-)値の方が終始優位を保ちながら、加齢に伴って両者は平行して目標値に接近することがわかった。

4) 投動作による調整能力の年令的变化と推移

図10は、ソフトボール投げによる投動作の調整能力の正確度をみたものである。そこで分散分析を行ってみると、男女とも加齢に伴って上昇することが認められた (P<0.001)。

また、図をみて明らかのように、正確度の増加

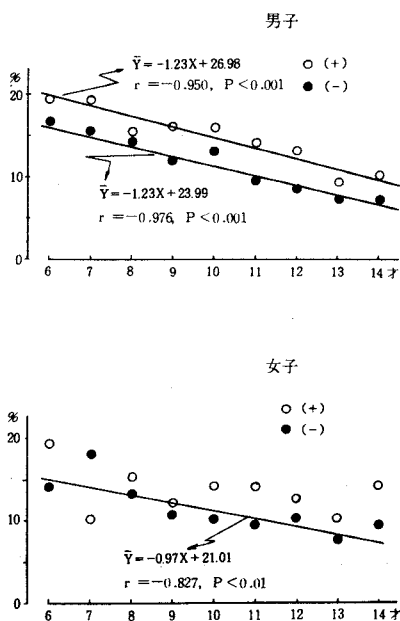


図9 誤差量からみた時間再生検査による時間調整能力の推移

につれて、標準偏差値が小さくなる傾向を示すことは、正確度の安定性を示している。

そこで、どの年令の時期に投動作の調整能力が最も発達するか、その特徴を明らかにするために、発達量に着目してみることにする。

図11は各年令間の発達量をみたものであるが、男子では、6~7才8.3% ( $P < 0.001$ )、9~10才3.1% ( $P < 0.01$ )、12~13才6.1% ( $P < 0.001$ )と、三つの山が顕著にみられ、いずれも有意な誤差量の減少が認められた。一方、女子では、7~8才4.6% ( $P < 0.01$ )、8~9才3.6% ( $P < 0.01$ )、12~13才2.8% ( $P < 0.01$ )といずれも有意な増加が認められた。ところが、ここで注目されるのは男子の13~14才では、これまでとは逆に3.8% ( $P < 0.05$ )の減少が認められることである。この点については考察のところでふれる。

以上のことから投動作による調整能力は、男子では、7~8才、9~10才、12~13才に顕著な発達を示すのに対し、女子では、7~9才、12~13才に発達が顕著なことを示唆している。

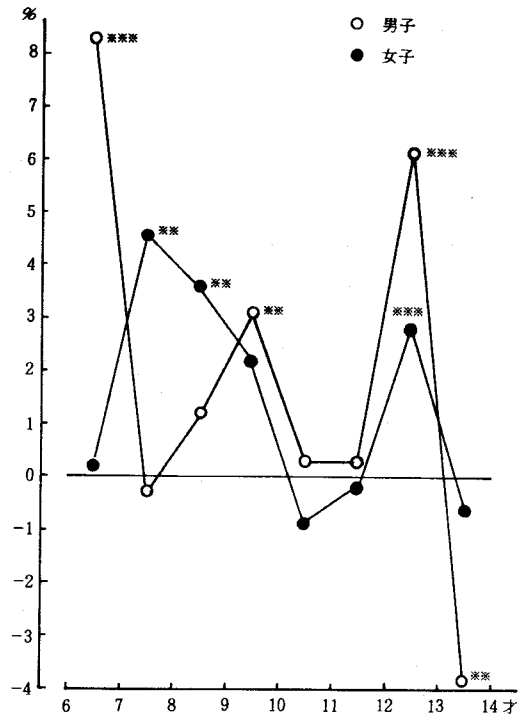


図11 投げによる調整能力の発達速度

\*\*\*  $P < 0.001$ , \*\*  $P < 0.01$ , \*  $P < 0.05$

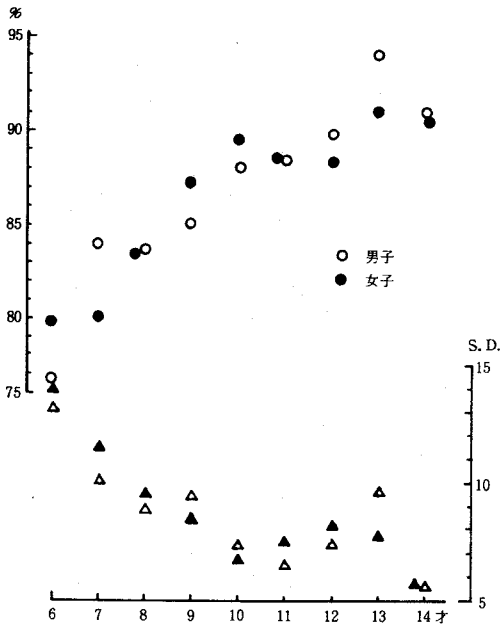


図10 正確度からみた投げの調整能力の年令的变化と推移

#### 4. 考 察

筆者らは、随意動作による調整能力は生理的因子 (Physiological Factor) と心理的因子 (Psychological Factor) によって運動が統制されているものと考え、その実体は身体の構造と神経活動の支配によるものである。つまり、本実験における調整能力は、視覚による情報、言語指示による聴覚の情報、さらに自己の筋緊張度による情報などによる記憶・表象や認知・判断によって、力的、空間的、時間的な制御・統制が意志のもとでおこなわれ、随意動作が遂行されると考える。したがって、終局的には大脳皮質の神経過程の興奮と抑制に起因すると思われる<sup>4)</sup>。

さて、本実験の場合、現象的には目標値と実測値の誤差量を評価の基準と考えており、その実体は目標に誤差量が接近するほど、大脳皮質における神経過程のある領域の興奮量が増加すると同時に、他の領域に抑制量が増加することが考えられ



る<sup>9)</sup>。したがって、目標値からの(+)値及び(-)値の誤差量の絶対値が小さくなるにつれて、神経過程の興奮量と抑制量の増加、その平衡性によって調整能力が、発達するのではないかという仮説を考え、この仮説と実験の結果を検討し考察を進めてみたい。

#### 1) 握力の調整能力の発達からみた場合

加令に伴って正確度が増加する事実は、その後には神経過程の興奮量と抑制量の絶対値が増加することに起因するものと考えられる。そこで、この両者のうちいずれが優位な増加を示すかを先の結果についてみると、各年令間の発達量が顕著である男子について明らかなように、6~7才、9~10才、12~13才の時期では(+)及び(-)値の誤差量が平衡して目標水準に接近する事実から、興奮量と抑制量の増加と、その相互作用による力動的な平衡関係に対応して発達するものと思われる。この発達過程を追求するために、6~14才までの特徴をみると、図3にみられるように男女とも6~10才の時期では、いずれの年令段階でも興奮量に比して、抑制量が優位に作用していることがわかる。また、同図にみられるように6~10才までの(+)及び(-)誤差量の年令的推移について、両者の発達速度についてみると、加令に伴って抑制過程よりも興奮過程が急速に目標に接近する。これは、この時期に興奮量を抑制する働きが作用していることを考えれば、抑制過程が主導的役割を演じているように思われる。しかし、女子では、そのことは明らかでない。また12~14才の時期では男女とも、興奮量と抑制量が接近してくる傾向がみられる。これは、両神経過程の平衡性が発達を促進させる一つの因子と考えられる。

一方、ここで注目されることは、図3にみられるように男女とも11才で(+)値と(-)値の誤差量が逆転が生じていることである。これはこの時期に抑制量に比して興奮量が顕著に増加するという神経過程の質的転換があるのではないかと推察できよう。

#### 2) 跳躍動作の調整能力の発達からみた場合

加令に伴って神経過程による興奮量と抑制量が増加することは筋力調整の場合とはほぼ同様な傾向

がみられた。また各年令間の発達量の顕著な時期(男子では7~8才、女子では10~11才)では興奮量と抑制量が平衡している点においても握力の場合とはほぼ共通している。

一方、興奮量と抑制量の関係については、いずれの年令でも抑制より興奮が優位に作用しており、加令に伴って両者の直線回帰方程式による相互関係は平行して目標値に接近する。したがって、いずれの年令段階においても、神経過程の興奮あるいは抑制のいずれかが、優位に作用して発達を促進させられると思われる。

この点筆者らは、前者を「興奮主導型」(Excitatory Initiative)後者を「抑制主導型」(Inhibitory Initiative)という新しい概念を採用した。以上のことから、筆者らは跳躍の調整では、「興奮主導型」によって調整能力が発達するのではないかと推察した。

一方、ここで注目されることは、男女とも6~11才の時期では「興奮主導型」には変わりはないが、興奮過程の発達速度より、抑制過程の方が急速に発達する傾向がみられる。この事実は、男女とも12才で抑制量が顕著に減少することから、この時期に神経過程の質的転換が予想される。

さらに、ここで注目されるのは、図5にみられるように女子の11~12才の発達速度が、マイナス2.2%と顕著に低下することである。この点についてはあとで他の項目の結果と合わせて検討する。

#### 3) 時間再生による調整能力の発達からみた場合

時間の調整能力においても、握力、跳躍の場合と同様に加令に伴う神経過程の興奮量と抑制量の絶対値が大きくなることには変わりがない。また各年令間の発達量(男子10~11才、12~13才、女子12~13才)の特徴でみたように抑制量と興奮量が平衡して発達することも全く同様の傾向にある。さらに興奮量と抑制量の力動的関係では、いずれの年令でも興奮量に比して抑制量が優位に作用している。

これを時間軸からみると、加令に伴って両者の直線回帰方程式の相互関係は平行して目標値に接近する事実から「抑制主導型」(Inhibitory In-

initiative)によって発達を促進させていると推定される。

一方、図8にみられるように女子の場合、13～14才の発達速度に注目すること、先の項目と同様にマイナス3.5%と顕著な低下がみられることである。この点あとでふれる。

#### 4) 投動作の調整能力の発達からみた場合

加齢に伴って神経過程の興奮量と抑制量の絶対値が増すことについては他の種目全体に共通してみられる。また、この発達の原因を明らかにするために各年令間の発達量に着目すると、男子では、6～7才、9～10才、12～13才、女子では、7～9才、12～13才で顕著である。

これは、この時期に大脳の神経過程の活動が顕著に発達することを示唆しているといえよう。しかし、図11にみられるように男子ではこの種目だけが、13～14才の時期にマイナス3.8%と顕著な低下を示している。この点については、跳躍動作や時間再生検査の結果と同様であるのであとで考察を加えたい。

#### 5) 各調整能力の発達とその関連をみた場合

これまで各調整能力の発達をみてきたが、それぞれの各項目をその動作の構成要素からみれば、握力では力的要素が、跳躍では空間的・力的要素が関与しており、同時に、本実験の場合は言語情報のフィード・バックによる動作の修正が、重要な役割を演じているものと思われる。

ところが、この投動作による調整能力は、視覚による距離、それに見合っただけの筋の緊張、ボールから手をはなすタイミングの統制が必要になってくる。したがって被検者による毎回の目標からの誤差量の修正は視覚による距離と方向の情報、またそれに見合った筋緊張の情報、さらに言語による情報のフィード・バックによるものと考えられる。

つまり、投動作の調整能力は力的、空間的、時間的要素がすべて含まれていると考えられ、この点他の種目より高度な制御・統制を必要とするレベルのテスト項目と考えられる。

ところで、男子(13～14才)、女子(11～14才)の時期に、調整能力が顕著に低下する事実をどう

考えたらよいのであろうか。この点、目標値からの誤差量の内容について考察を加えてみると、いずれの項目においても、興奮量より抑制量が著しく減少していることがわかった。(但し、投動作の調整能力については明らかでない)。これは、この時期に調整能力が低下するという退行現象の背後に、大脳における抑制過程の停滞、もしくは低下が予想されることである。

以上、全種目における調整能力の発達の特徴については、①4項目の調整能力のうち最も早く発達する時期の順位をみると、男子では、握力と投動作、跳躍動作、時間再生であり、女子では、握力、跳躍動作と投動作、時間再生であった。これは、調整能力の力的要素、空間的要素、時間的要素の順で発達すること。②男子では13～14才に、女子では11～14才の時期の神経過程に退行現象を示していることから、いわゆる思春期の不器用といわれることの存在が予想されること。③加齢に伴って大脳の神経過程における興奮量と抑制量の増加が予想されること。④発達の顕著な年令間では、興奮量と抑制量がほぼ平衡してくることが予想されること。⑤興奮量と抑制量の力動的関係は目標水準に接近する際、興奮量が抑制量のいずれかが優位となる交代作用が推察されること。⑥調整能力のテスト項目によって、「興奮主導型」と「抑制主導型」が推察されること。

## 5. 結 論

随意動作のレベルで調整能力の発達をとらえるためには、各年令での目標値を具体的に設定し、その目標値と意志による動作とのズレの程度をみることによってなされる。そのために各年令での①握力、②立巾跳び、③ボール投げにおける全国平均値の1/2を目標値を基準として設定し、それに対する調整能力をみた。その結果は次の通りである。

1. 調整能力は加齢に伴って安定性を増し発達するが、発達量の顕著な時期では、(+)と(-)値の誤差量が減少し目標水準に接近すること。

2. 発達量の顕著な年令は、①握力の調整能力では男子6～7才、9～10才、12～13才、女子

は6～7才，8～9才，②跳躍動作の調整能力では男子7～8才，女子10～11才，③時間再生検査では，男子10～11才，12～13才，女子12～14才，④投げの調整能力では男子6～7才，9～10才，12～13才，女子7～8才，8～9才，12～13才であった。

3. 調整能力における発達の退行現象は，男子では，投げの調整能力では13～14才に，女子では跳躍動作の調整能力では11～12才，時間再生検査では13～14才の時期にみられた。

4. 調整能力における(+)及び(-)値の誤差量の関係とその年令別推移については，①握力では男女とも6～10才頃まで各年令ともに(+)値に比して(-)値の誤差量が小さく，(+)値より(-)値が目標値に接近するがその後は両者の差は小さくなる。②跳躍動作では男女とも6～11才まで，どの年令でも(+)値に比して(-)値の誤差量が小さく，加齢に伴って，(+)値と(-)値の誤差量が目標値に接近する。しかし，12～14才の時期では誤差量が増加する。③時間再生検査では，男女とも(+)値に比して(-)値の誤差量がいつれの年令においても小さく，両者の関係は6～14才まで加齢に伴って平行して目標値に接近することがわかった。

④各項目における調整能力のうち，最も早く発達する順位は，男子では，握力と投動作，跳躍動作，時間再生であり，女子では，握力，跳躍動作と投動作，時間再生であった。

本論文作成にあたり，測定に協力くださった体育調査研究部，部員の方々に深謝する。

#### 文 献

- 1) 円田善英他；随意運動の発達に関する研究－跳躍動作における調整能力の検討，日本スポーツ心理学会第2回大会論文集1～3. 1976.
- 2) 猪飼道夫；調整力～その生理的考察～体育の科学，22. 1, 5-10, 1972.
- 3) 小野三嗣他；筋力調節能力に関する研究その1握力について，体力科学. 15, 3, 113-119. 1966.
- 4) И. П. Пабров (川村浩沢)；大脳半球の働きについて－条件反射学－上・下. 岩波文庫. 1975.
- 5) Рудик, П. А. ; Психология, Издательство „Физкультура И Спорт” Москва, 1964.

THE DEVELOPMENTAL PROCESS OF ADJUSTABILITY OF VOLUNTARY  
MOVEMENTS IN CHILDREN AGED SIX TO FOURTEEN

by

Yoshihide Enda, Kazuomi Osada, Osamitsu Saijyo and Toshiaki Otsuka

Abstract

In order to clarify the developmental process and characteristics of voluntary movements in children adjustabilities of some voluntary motions were investigated along with their chronological aging levels.

Children 556 in total, 314 boys and 242 girls, whose ages ranged from 6 to 14 years, were used as subjects. Each subject was asked to adjust his or her motions to pre-set target values which were halves of standardized means of performances for each age group in (a) grip strength, (b) standing long jump, and (c) ball-throwing, and for the reproduction a duration of 15 seconds was set. For each category, after one rehearsal, children performed five trials consecutively with 10 second intervals in-between, in which children were given the knowledge of the value of the previous trial. The degree of accuracy (P) was calculated from the equation:  $P = (1 - \frac{|a-b|}{a}) \times 100$  (%), where a is the target value and b is the actual measure.

The results may be summarized as followings:

1. In general, the adjustability of voluntary motions develops with increasing stability with age, and the amount of differences (plus and minus) from the target value decreased in balanced fashion in the period when the developmental speed was remarkable.

2. Ages when the developmental speed was remarkable were, (a) in grip strength, for boys at the ages of 6-7, 9-10 and 12-13 years and for girls approximately 6-7 and 8-9 years, (b) in standing long jump, for boys at the ages of 7-8 years and for girls at 10-11 years, (c) in ball-throwing, for boys at 6-7, 9-10 and 12-13 years and for girls at 7-8, 8-9 and 12-13 years, and (d) in time reproduction, for boys at 10-11 and 12-13 years and for girls at 12-13 years.

3. Regressive phenomena in the development of adjustability were observed for boys in ball-throwing at the ages of 13-14 years and for girls in standing long jump at 11-12 years and in time reproduction at 13-14 years.

4. As to the age changes in the relation between plus and minus values of difference from the target, (a) in grip strength, minus values were smaller than the plus values for both boys and girls from 6 to 10 years of age and, thus, the former came closer to the target value, but thereafter, both values balancingly proceeded, (b) in standing long jump, plus values were smaller than the minus ones at all age levels up to 14 years for both boys and girls and both values approached in parallel fashion to the target value with increasing age, but in the age period from 6 to 11 minus values of difference approached to the target faster than the plus values, and (c) in time reproduction, minus values were smaller at any age levels from 6 to 14 years and both values approached to the target value in parallel fashion.

From the above results, the developmental process of adjustability of voluntary movement seemed to follow the assumption that it might depend upon increasing amounts of excitement and inhibition with aging in the cerebral hemisphere.