

寄	贈
村瀬	平成
智彦	年
氏	月
	日

DA  
1293  
1993  
①

— 博士論文 —

幼児の上肢を用いた筋力発揮における力量の弁別及び評価に関する研究

— Doctoral Dissertation —

Discrimination and Rating of Force in Grip, Elbow Flexion and Extension  
for Preschool Children

筑波大学大学院 体育科学研究科 体育科学専攻

村瀬 智彦 (平成元年度入学)

Doctoral Program of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

Tomohiko MURASE

指導教官

浅見 高明 教授

95003948

## — 目次 —

第1章 序論	.....	1
第1節 研究の意義		
第2節 研究の目的		
第2章 文献研究	.....	4
第1節 運動強度の知覚に関する研究		
第2節 力量の知覚に関する研究		
第3節 幼児の筋力発揮に関する研究		
第4節 幼児を対象とした体育科学的研究		
第3章 研究手順及び課題	.....	23
第1節 研究手順		
第2節 研究課題		
第4章 方法論	.....	30
第1節 測定方法の考案		
第2節 筋力発揮動作及び測定装置		
第3節 標準刺激及び比較刺激		
第4節 測定変量		
第5節 測定期間		
第6節 測定装置の特性		
図表		

第5章	力量弁別及び評価特性の基本的特性（研究課題1）	.....	46
	第1節	緒言	
	第2節	方法	
	第3節	結果	
	第4節	考察	
	第5節	要約	
	図表		
第6章	力量弁別及び評価特性の個人内での関連性（研究課題2）	.....	64
	第1節	緒言	
	第2節	方法	
	第3節	結果	
	第4節	考察	
	第5節	要約	
	図表		
第7章	力量弁別及び評価特性の左右上肢間の差異と関連性（研究課題3）	.....	75
	第1節	緒言	
	第2節	方法	
	第3節	結果	
	第4節	考察	
	第5節	要約	
	図表		

第8章	力量弁別及び評価特性と運動能力との関係（研究課題4）	.....	89
	第1節	緒言	
	第2節	方法	
	第3節	結果	
	第4節	考察	
	第5節	要約	
		図表	
第9章	力量弁別特性と発揮力量との対応関係（研究課題5）	.....	99
	第1節	緒言	
	第2節	方法	
	第3節	結果	
	第4節	考察	
	第5節	要約	
		図表	
第10章	力量弁別及び評価特性における幼児と成人との比較（研究課題6）	.....	116
	第1節	緒言	
	第2節	方法	
	第3節	結果	
	第4節	考察	
	第5節	要約	
		図表	



第11章 本研究の方法と既存の方法との測定値の大小関係（研究課題7）	135
第1節 緒言	
第2節 方法	
第3節 結果	
第4節 考察	
第5節 要約	
図表	
第12章 総括	150
第1節 力量弁別及び評価に関する知見	
第2節 測定及び評価方法に関する知見	
第3節 今後の研究課題	
第4節 結語	
関連論文及び発表一覧	155
謝辞	159
文献	161

## —用語の定義—

本論文の研究課題における主要用語の定義は以下に示す通りである。

### 幼児 (preschool children)

幼児期の分類は研究領域によって異なるが、上限は就学を基準とする場合が多い。本研究では、測定が可能であった年齢段階から就学まで（約5～6歳）の子供を幼児とした。

### 力量 (force)

力は大きさと方向によって表わされるが、力の方向がほとんど変化しない場合に、力の大きさの部分を重視した「力量」という用語が用いられる。本研究では、筋力発揮時の動作方向がほとんど変化しないため、筋張力の大きさを力量として表現した。

### 力量弁別 (discrimination of force) と力量評価 (rating of force)

本研究では、力量の知覚を実際の力量間の差異を主観的にどの程度の精度で弁別しているのかを表す側面と、実際の力量を主観的にどの程度に評価しているのかを表す側面とに分けて分析を進めた。前者の感覚尺度の精度を表わす側面を力量弁別とし、後者の感覚尺度の形態（客観量と主観量との対応関係）を示す側面を力量評価とした。

## 第1章 序論

## 第1章 序論

### 第1節 研究の意義

ヒトの身体運動現象を理解する場合、運動の基礎となる生理的側面だけではなく心理的側面からの検討も必要である。そこで、運動強度の感覚・知覚に関しては、刺激量（物理量）と感覚量（主観量）との対応関係が検討されており、重量、力量、動作速度、移動角度、さらに、体育科学の研究領域において全身運動を伴う疾走速度や跳躍距離についての研究が認められる。また、研究あるいは臨床領域においては、運動中の主観的過程を重視して、運動強度の主観的評価法が生理学的測定を補足する手段として多く用いられている。このように、運動強度の感覚・知覚に関連する一般的法則等の諸特性を明らかにすることは、随意的な身体運動現象を理解する上で重要な課題であると考えられる。

しかし、従来の運動強度の感覚・知覚を研究対象とした研究は、成人を被験者としたものが多く、発育発達水準の異なる幼児や児童についての検討は少ない。その原因の1つとして方法論上の問題が考えられる。つまり、主に精神物理学で成人を対象として確立された方法は、子供にとって課題内容の理解が困難であり原法のままでは適用できないのが現状である。また、心理学などにおける乳幼児の感覚・知覚に関する研究は、身体運動に関連する課題を用いているが、その研究対象となる運動が微細運動であったり、運動強度が非常に小さい場合が多い。したがって、大筋運動を伴いかつ運動強度の相対的に高い水準での主観的過程の諸特性の解明が体育科学の研究領域で期待される。そのためには、被験者の特性を十分に考慮した測定方法を確立し検討を進める必要があると考えられる。

一方、身体運動は筋肉の収縮及び弛緩に基づき行なわれるので、筋力発揮あるいは調節に関する検討が数多く認められる。幼児に関しても、全身あるいは上肢・下肢を用いた筋力発揮における各種筋力の平均値、加齢に伴う変化及び性差、さらに、反射及び随意的筋

収縮についての運動生理学的研究が数多く行なわれている。しかしながら、筋力の随意的調節に關与する力量知覚に關する研究成果はほとんど認められない。

以上のことから、成人とは異なり形態及び機能的な發育發達途上にある幼児の力量知覚に關する諸特性を、幼児に適用可能な測定方法を確立し、種々の観点から明らかにすることは意義があると考えられる。つまり、このような研究成果は、幼児の力量調節における心理的特性を明らかにするばかりではなく、幼児期の身体運動現象の理解や随意運動における調節能力の發育發達変化の検討においても貢獻するであろう。

## 第2節 研究の目的

本研究は、随意運動の遂行に關与すると考えられる力量知覚特性に着目し、幼児が動作内容の理解が可能でかつ実施が容易である把握、肘關節の屈曲及び伸展の3動作を筋力發揮動作として選択した上で、①發育發達学の立場から、就学前の幼児の力量弁別及び評価特性を定量化すること、及び②測定評価論の立場から、幼児に対して適用可能な力量弁別及び評価特性の測定及び評価方法の検討を行なうことを目的とする。幼児に適用可能な測定及び評価方法が開発され、幼児の力量弁別及び評価特性を定量化することができれば、幼児期からその他の年齢段階における加齡変化の解明が可能になると考えられる。

## 第2章 文献研究

## 第2章 文献研究

### 第1節 運動強度の知覚に関する研究

身体運動に関係する種々の感覚における刺激量と感覚量との対応関係の解明や複数の感覚を通して知覚される主観的運動強度に関する研究は、精神物理学における考え方を基礎として発展してきた。以下に大筋運動を伴う運動の知覚に関する研究を要約する。

#### 1. 精神物理学的研究

精神物理学の研究領域において Stevens (1957) は、種々の感覚（味、明るさ、視覚的長さ、視覚的面積、音の大きさ、視覚的距離、時間、重さ、視覚的速度など）における実際の物理学的尺度上の客観量と主観的な判断に基づく感覚量との間に、一定の対応関係が成り立つことを示唆した。以来、身体運動に関係する主観的な運動強度と実際の運動強度との関係が Stevens のべき法則 ( $R = k S^n$ ,  $R$ : 感覚量,  $k$ : 比例定数,  $S$ : 刺激量,  $n$ : 各感覚に固有のべき指数) を用いて明らかにされている。これらの検討の測定には、比率算出法、比率表出法、マグニチュード算出法、マグニチュード表出法が用いられており、被験者が感覚量についての比率を判断できることが前提条件となっている (八木, 1982)。そのため、研究対象は比率の概念の理解が可能な成人に限られている。

身体運動に関係する物理量と主観量との対応関係は、重量 (Stevens and Galanter, 1957)、腕の移動速度 (Hoff, 1971; Wood, 1969)、腕の移動角度 (Marteniuk and Ryan, 1972)、握力 (Stevens and Mack, 1959)、脚伸展力 (Eisler, 1962) などについて検討されている。そして、物理量と客観量との対応関係がべき関数によって数式化されている。また近年、体育科学の関連領域においては、複数の感覚を通して知覚される運動強度についても検討が行なわれるようになってきた。すなわち、全身的な身体運動に関して、疾走速度 (伊藤・三條,

1985；工藤, 1985) や跳躍距離 (定本・大築, 1977) についての客観量と主観量との対応関係が明らかにされており, パフォーマンスが主観的な感覚尺度とよく対応して発揮されていることが示唆されている。これらの研究成果は, 大筋運動を伴う身体運動現象のメカニズムを主観的な側面から理解する上で重要な研究であると考えられる。

## 2. 主観的運動強度に関する研究

運動中の主観的運動強度の評価法 (RPE: ratings of perceived exertion) は, 前述の Stevens の考え方を基礎として発展して確立された方法である (Borg, 1973; 1982)。現在では, 評価法の妥当性と信頼性の検討から有効性が認められ (Skinner et al., 1973), 広く研究あるいは臨床領域において生理学的測定を補足する評価法として用いられている (Noble, 1982)。また, 主観的運動強度を規定する生理的要因 (Noble et al., 1973; Pandolf, 1982) や評価値に影響を及ぼす心理的要因 (Morgan, 1973) が明らかにされている。さらに, 被験者の属性 (運動経験, 性別) が異なる場合 (DeMello et al., 1987), 運動様式 (トレッドミル, 自転車エルゴメーター) が異なる場合 (Robertson et al., 1990), 高所環境 (標高 4,300 m) における場合 (Young et al., 1982) の主観的運動強度の評価における差異についての検討や女性の月経周期との関係 (Stephenson et al., 1982) を調べた研究が認められる。一方, 評価尺度を一部変更したカテゴリ尺度による主観的運動強度の評価も試みられている (Noble et al., 1983)。このように, 主観的運動強度の知覚に関する研究は, 測定方法の信頼性及び妥当性の検討, 評価値を規定する生理的及び心理的要因, さらに評価値に影響を及ぼす諸条件の違いによる主観的運動強度の差異について行なわれている。

しかし, 従来の研究においては, 測定方法あるいは主観的評価法が成人を対象として作成されている場合が多いため, 研究や臨床領域における研究対象は限られており, 成人とは発育発達水準の異なる幼児や児童についての検討は少ない。特に, 幼児に関しては実験課題に対する理解度の問題からほとんど検討されていないのが現状である。



## 第2節 力量の知覚に関する研究

身体運動は筋肉の収縮及び弛緩に基づき行なわれるため、随意運動の調節に力量知覚が重要な要因として関与していると考えられる。故に、各種筋力発揮動作における発揮力量の知覚に関する研究が以下に示すような観点で行なわれている。

### 1. 力量知覚における中枢と末梢の関与に関する研究

随意的な筋力発揮時の力量知覚を規定する要因に関しては、力量評価における中枢と末梢との関与の程度について検討した研究が認められる。McCloskey et al. (1974) は、上肢の動作を伴わない状態での重量と力量の評価の実験を行ない、疲労時や筋に振動を与えた場合の差異から力量知覚と末梢の固有受容器との関係を検討している。Cafarelli and Bigland-Ritchie (1979) は、拇指内転、肘関節の屈曲及び伸展時の力量評価の検討を行ない、力量の知覚が主に中枢によって規定されていることを示唆している。また、膝関節の伸展時の力量知覚の検討もなされている (Cafarelli and Kostka, 1981)。そして、Cafarelli (1982) は、一連の研究成果から、力量知覚が3種類の過程を通してなされることを示している。

さらに、力量知覚における疲労の影響 (Cafarelli and Layton-Wood, 1986; Jones and Hunter, 1983a; 1983b) や最大筋力発揮前後の影響 (Gooch and Randle, 1993) に関する検討などいくつかの条件における力量知覚特性が明らかにされている。なお、これらの研究では、主観的な力量評価の測定において、被験者が一方の上肢あるいは下肢で知覚した力量を他方あるいは指定された動作で再生させる方法が用いられている。

### 2. 力量情報の短期保持に関する研究

大筋運動を伴う筋力発揮時の力量情報の短期保持に関しては、握力発揮を力量調節課題とした一連の研究によって、種々の条件の関与について検討されている。象徴的コーディング方略と内潜的リハーサルの効果について調べた研究 (伊藤, 1982) では、等尺性筋力発

揮における力量情報について内潜的リハーサルの効果が認められないことが示唆されている。また、強化回数の効果についても検討されている（伊藤, 1983）。力量情報の保持期間に挿入された心的活動条件については、各条件の反応の偏向に及ぼす影響が明らかにされている（伊藤, 1984）。さらに、力量情報の短期記憶における直後再生エラーの反応セット特性（伊藤・三條, 1984）及び筋感覚的イメージと運動の機能的等価性の検討が行なわれている（伊藤, 1986）。以上のように、成人を対象とした握力発揮における力量情報の短期保持に関しては、前述のような一連の体育心理学的研究が認められる。

### 3. 力量評価の一般的傾向に関する研究

力量評価の一般的傾向は、目標とする力量水準を再生することによって検討が行なわれている。阿部(1956)は、大学生を被験者として自動秤と握力計を用い、実際の物理的な力量と主観的な圧力及び握力との対応関係を検討している。須見(1960)は、握力発揮における力量評価の実験を大学生を対象として実施している。その結果、2分の1の力量の評価では、いずれの標準刺激においても実際の力量を過小評価する傾向が顕著であり、発揮力量が大きくなるに従い誤差が小さくなることを示唆している。等量評価では、標準刺激が相対的に小さい場合に実際の発揮力量が過小評価され、標準刺激の増大に伴い過大評価される傾向にあることを報告している。また、須見(1962)は、第1報と同じ実験方法で運動直後の力量評価について検討している。さらに、須見・西田(1965)は、第1報と第2報に続き、大学生を対象にケーブルテンションメーターを用い、9種類（腕まげ、腕のばし、股関節のばし、股関節まげ、膝まげ、膝のばし、上体前まげ、上体後まげ、脚の後あげ）の動作時の力量の評価特性を明らかにしている。前報と同様に、全ての動作において2分の1の力量評価では標準刺激の大小にかかわらず実際の力量を過小評価する傾向が顕著であり、等量評価では標準刺激が相対的に小さい時には過小評価し、大きい時には過大評価する傾向にあることを示唆している。これらの一連の研究とは別に、小野ほか(1966)は最大握力の3分の1、2分の1及び3分の2の力量水準を目標として、自己の握力を主観的に

評価させた場合の評価値と目標値との差異から算出される指数（D I）を用いて、握力の調節能力に関する検討を行なっている。被験者は一般人とスポーツ選手 2,117 名であった。その結果、加齢に伴う変化は 12 歳から 16 歳頃まで漸次向上するが、17 歳以降では変化が認められなくなる傾向にあった。スポーツ選手との比較では、重量挙げ、剣道及びバレーボール選手が、一般人よりも優れた成績を示していた。さらに、右手と左手の D I における相関関係を検討し、左右上肢間の関連性が低いことを示唆している。

以上のように、力量知覚に関しては、力量知覚における中枢と末梢の関与や力量が知覚される過程の解明、力量の短期保持における種々の条件の影響、力量評価の一般的傾向などを検討した研究が認められる。力量知覚における中枢と末梢の関与については、拇指内転、肘関節の屈曲及び伸展、膝関節の伸展動作についての研究成果が認められる。測定方法には、上肢あるいは下肢において知覚された力量を指定された動作で再生する方法が採用されており、被験者は成人に限られている。また、握力発揮時の力量情報の保持に影響を及ぼす心理的条件の効果に関する一連の研究が認められる。発揮力量の評価については、力量評価の一般的傾向が明らかにされている。力量評価の検討では把握動作が用いられることが多いが、須見・西田 (1965) の研究においては 9 種類の筋力発揮動作が用いられている点で他の研究とは異なっている。また、力量評価特性に関しては、12 歳以降の加齢に伴う変化やスポーツ競技種目との関連性が明らかにされている。

先行研究では、比較的大きな筋群を用いた筋力発揮における力量知覚特性が明らかにされている。しかし、被験者の大部分は成人（大学生など）である。また、上肢や下肢を用いた筋力発揮動作が課題として採用される傾向にあるが、左右差の問題あるいは筋力発揮動作間の関連性についての検討は十分になされていない。したがって、四肢を用いた筋力発揮動作で検討する場合には、発揮動作が異なる場合の差異あるいは動作間の関連性や左右肢間の差異及び関連性を明らかにする必要があると考えられる。

### 第3節 幼児の筋力発揮に関する研究

幼児期における運動能力の因子構造を明らかにした研究（青柳・松浦, 1982；松浦・中村, 1977；村瀬・出村, 1990；中村・松浦, 1979；竹内ほか, 1968；米沢ほか, 1984）によって、筋力が運動能力を構成する重要な下位領域であることが示唆されている。幼児期の筋力発揮特性に関する研究は以下に示すようないくつかの観点から行なわれている。

#### 1. 幼児の最大筋力の発達に関する研究

発育発達の観点からは、各筋力発揮動作における最大筋力の加齢に伴う変化が明らかにされている。筋力テストの中では握力が運動能力テストの項目に選択されることが多いため（中村ほか, 1980；芝山ほか, 1982）、握力の発達変化については多くの研究が認められる（出村ほか, 1990；松浦・中村, 1977；宗高ほか, 1971；中村・松浦, 1979）。握力については、発揮筋力と時間との関係の発達変化も明らかにされている（Teepie and Massey, 1976）。一方、児童期以降とは異なり背筋力の測定は実施されることが少なく、背筋力の発達に関する研究は限られている（小林ほか, 1982；松田ほか, 1971）。また、肘関節屈曲力（等尺性及び等長性）については、水谷ほか（1973）によって4～20歳までの加齢変化が明らかにされている。下肢に関しては、膝関節の屈曲及び伸展時の最大筋力の加齢に伴う変化や性差が報告されている（船渡, 1988；金子ほか, 1990；吉沢ほか, 1984b）。以上のように、幼児期の筋力の発達に関しては、各筋力発揮動作における加齢変化が明らかにされている。

#### 2. 幼児の筋力発揮における生理学的研究

運動生理学的な見地からは、5歳児のアキレス腱反射における諸特性（水間, 1971）や肘関節屈曲時の筋電図特性（浅井・石河, 1984）が明らかにされている。さらに、筋力の発揮形式別に、等尺性筋力発揮に関しては、力と速度との関係（青木ほか, 1983；青木・玉木, 1988）、種々の条件（前負荷、電気及び光刺激、冷却）における発揮特性（青木ほか, 1984；

青木・浅井, 1985 ; 1986) が検討されている。等速性筋力発揮に関しては, 基本的特性 (小林ほか, 1989) 及び基礎運動能力との関係 (小林ほか, 1990) が明らかにされている。以上のように, 幼児の筋力発揮特性に関しては, 筋力発揮における筋電図特性, 発揮筋力と種々の条件との関係, あるいは筋力発揮形式別の発揮特性が明らかにされている。

### 3. 幼児の力量知覚に関する研究

体育科学の研究領域で研究対象となる大筋運動を伴い相対的に大きな筋力発揮を必要とする筋力発揮特性に関しては, 幼児の感覚・知覚に関する研究が少ないようである。力量の主観的評価については, 握力と背筋力に関する研究が認められる。

末利ほか (1972) は, 幼児から高校生 (5~17歳) の男女を対象として, 重量弁別能力, 再現握力の正確性及び前膊の運動感覚の発達について検討している。重量弁別に関しては, 重量の弁別が確実にできることを示す弁別閾が加齢に伴い小さくなり, 特に顕著な発達が認められるのは男子では 10~12 歳, 女子では 11~12 歳であることを示している。再現握力については, 加齢に伴う発達傾向は認められないが, 低い水準 (最大握力の 3 分の 1) では力を出し過ぎ, 高い水準 (最大握力の 3 分の 2) では出力が不足する傾向が男女とも全ての年齢段階において認められることを示している。また, 末利・千駄 (1978) は, 運動に関する感覚・知覚の発達に関する研究において, 背筋力の出力の主観的な調節に関する検討を行なっている。その結果, 力量の主観的評価特性の加齢に伴う変化や性差が明らかにされている。さらに, 千駄・末利 (1977) は, 感覚・知覚の発達に影響を及ぼす要因について, 子供の遊びを中心とした生活環境や子供の運動量から検討を行なっている。一連の研究によって, 握力及び背筋力の発揮における力量の評価特性や重量弁別における弁別特性の加齢に伴う発達変化が明らかにされている。しかし, 研究対象となる筋力発揮動作は限られており, 幼児の各種筋力発揮時の力量知覚特性は十分に明らかにされていない。

以上のように, フィールドテストを用いた多くの研究成果によって, 幼児期の各種筋力

発揮における最大筋力の平均値，加齢に伴う変化及び性差が既に報告されている。また，幼児に関しても等尺性及び等速性筋力発揮における基本的特性や種々の条件下での筋力発揮特性が最近の運動生理学的研究によって明らかにされてきている。しかしながら，幼児の筋力発揮における主観的な側面からの力量知覚に関する研究は少ない。したがって，幼児の各種筋力発揮動作における力量弁別及び評価特性の解明が必要であると考えられる。また，幼児の力量知覚特性とフィールドテストによって捉えられる運動能力との相関関係や運動生理学的知見との関係も明確にする必要があると考えられる。

#### 第4節 幼児を対象とした体育科学的研究

本節では，体育科学あるいはその他の関連領域における幼児を対象とした身体機能に関する研究の動向と問題点について明らかにするために，主に国内の学術雑誌に掲載された研究論文を参考にして分析する。なお，参考にした国内の学術雑誌は日本体育学会編集の「体育学研究」と日本体力医学会編集の「体力科学」であった。

##### 1. 幼児の呼吸循環機能に関する研究

「体育学研究」と「体力科学」における幼児を対象とした呼吸循環機能に関する研究を要約したのが表2-1である。勝部ほか(1970a)は，幼児体育のカリキュラム編成に有効な19種目の運動中の心拍数変動を明らかにしている。また，運動中の心拍数については，自転車遊び中(星川ほか,1979)，運動能力上位者と下位者の1日中(三村・上林,1985)，保育園生活中(吉沢ほか,1988)についての報告が認められる。

一方，幼児期の持久性の評価は最大酸素摂取量の測定によって比較的多く行なわれている。吉沢ほか(1975)は，最大酸素摂取量と運動能力テストとの相関関係を明らかにしている。発育発達の見点からは，最大酸素摂取量の加齢変化(吉沢・本多,1979；吉沢ほか,1983)

及び性差（吉沢ほか, 1980）の検討が行なわれている。測定方法に関しては、最大酸素摂取量の測定値の信頼性（小林ほか, 1983；吉沢ほか, 1975）や判定基準（吉沢ほか, 1981）が示されている。最大酸素摂取量の測定では、幼児が自転車エルゴメーターを所定の速度で漕ぐことが困難であるため（吉田・石河, 1978）、検者がダグラスバッグを持って幼児を激励しながら全力疾走を行なうグランド走法を採用するなど、成人とは異なる方法が用いられている。近年では、呼吸循環系のトレーニングにおけるトレーナビリティの研究が認められ（吉沢ほか, 1990）、幼児期のトレーナビリティの存在が示唆されている。

幼児の呼吸循環機能に関する研究は国外でも多く認められ、国内と同様に各種身体活動中の心拍数変動（Gilliam et al., 1981）、呼吸循環機能の測定指標の検討（Reybrouck et al., 1982）、運動中の呼吸循環機能の変化とその性差（Macek and Vavra, 1971）、持久走トレーニングの呼吸循環機能に及ぼす影響（Yoshida et al., 1980）などの報告が認められる。つまり、幼児に関しても心拍数あるいは最大酸素摂取量の測定を通して比較的多くの検討が認められる。また、最大酸素摂取量の測定では、測定方法に幼児のための特別な工夫をしたり、測定指標及び評価方法に関する種々の検討が重要視されている。

## 2. 幼児の神経筋機能に関する研究

表 2-2 は、幼児を対象とした神経筋機能に関連する論文の要約を示したものである。水間 (1971) は、5 歳児のアキレス腱反射における各相の特性を明らかにし、左右足における左右差及び男女間における性差が認められないことを示唆している。浅井・石河 (1984) は、幼児と成人との比較検討から、短時間及び持続的等尺性収縮時の表面筋電図における周波数と振幅を検討している。また、肘関節屈曲（等尺性及び等長性）時の最大随意筋力の発達過程が、横断的資料に基づき幼児から成人までの年齢段階について報告されている（水谷ほか, 1973）。さらに、木下ほか (1992) は、精密把握動作中の把握物体に作用する力と運動時間から、精密把握力制御機能の発達に対する神経機能の発達の影響を示唆している。

国外では、神経—筋の伝達速度の生後から 9 歳までの成熟過程の研究（Goudsouzian, 1980）

が認められる。また、幼児に関しても筋力と筋線維の太さとは密接な関係があることから (Bowden and Goyer, 1960), 形態に関する研究が筋線維の乳児期から幼児期 (Vogler and Bove, 1985) 及び乳児期から青年期 (Aherne et al., 1971) における発育変化, 筋肉量の幼児期から青年期までの加齢変化 (Malina and Johnston, 1967) などを明らかにする目的で行なわれている。幼児の神経筋機能に関しては, 反射及び随意運動の両者についての検討が行なわれているが, 国内における幼児を対象とした研究成果は限られているようである。

### 3. 幼児の運動能力と調整力に関する研究

幼児の運動能力と調整力については, フィールドテストを実施した研究によって検討が進められている (表 2-3)。幼児期の運動能力の構造は因子分析法を用いた研究によって明らかにされており, 各能力を推定するのに妥当性の高いテスト項目から構成される運動能力テストが提案されている (松井, 1955; 竹内ほか, 1968)。特に, 従来から問題とされている幼児の運動能力テストに対する動機づけの問題を解決するために, 合否判定テストによる運動能力の評価 (村瀬・出村, 1991) や行動観察に基づく運動能力の評価 (郷司・出村, 1992) の試みが認められる。また, 青柳ほか (1980) は平衡運動に関与する調整力の構造, 今中ほか (1981) は走パフォーマンスで規定される疾走能力の構造を明らかにしている。発育発達の観点からは, 基礎運動能力 (松浦・中村, 1977; 中村・松浦, 1979) あるいは合否判定テストによって捉えられる運動能力 (岸本・馬場, 1980) の加齢に伴う発達変化や男女間の性差が報告されている。さらに, 勝部ほか (1970b) による運動能力のパフォーマンスに及ぼす練習の効果の検討, 宗高ほか (1971) による運動能力の地域差 (離島, 団地, 都市) と生活条件の差異との関係の検討が研究成果として認められる。

運動能力や調整力に関する研究では, 運動能力の構造の解明, その能力を推定するためのテストの検討, フィールドテストによって推定された運動能力や調整力の加齢変化や性差の検討が行なわれている。また, 児童期以降の対象とは異なる特性を有する幼児の運動能力あるいは調整力をより正確に測定するために, 測定評価の観点からの研究が多く認め



られる。なお、幼児の調整力に関しては体育科学センターによって、調整力の定義、調整力テストの考案など長年にわたる系統的な研究が進められている（石河ほか, 1987）。

#### 4. 幼児の運動技能と動作に関する研究

幼児の運動技能あるいは動作に関する研究をまとめたのが表2-4である。運動技能に関しては、松浦(1978)がボールハンドリング技能の発達傾向と性差を検討し、各種技能の質的差異の存在を示唆している。また、金・松浦(1988)は、走・跳・投の基礎運動技能の量的及び質的変化の発達傾向と両側面の関連性を明らかにし、量的変化と質的変化との関連性が高いことを示している。一方、運動動作については、跳躍動作とボール遠投動作に関する研究が認められる。岩田・森下(1979)は、立ち幅跳びを動作課題として用いて跳躍動作の発達と指示条件の差異との関係を明らかにしている。また、藤巻(1989)は時間や距離を制限した場合とそうでない場合での連続跳躍における動作過程を分析し、跳躍過程には「増加」－「ピーク」－「減少」の3相があることを報告している。ボール遠投動作については、ボール遠投に対する投動作の貢献度とその性差が明らかにされている（出村, 1993）。

運動技能に関しては、幼児期における全身の協調性と投技能との関連が高いことから、国外でもボール遠投（Morris et al., 1982；Nelson et al., 1986）やボール捕球（Fischman et al., 1992；Strohmeyer et al., 1991）の各技能に関する研究が認められる。一方、運動動作に関しては、国内と同様に跳躍動作の発達過程についての研究（Halverson and Williams, 1985）や前転動作（Williams, 1980）を対象とした研究が行なわれている。以上のように、走・跳・投の運動技能の加齢に伴う量的・質的変化が既に明らかにされている。また、運動動作については主に跳躍動作や遠投動作などについての研究成果が認められる。

国内の幼児を対象とした研究では、その他に幼児期の身長・体重などの発育（森下, 1968；大山, 1974）、足及び足蹠の形態発育（小山ほか, 1982；根本, 1966）、あるいは身体部分係数（Yokoi et al., 1986）などの形態に関する研究が認められる。また、幼児のための体育指

導法についての研究（網野・近藤, 1986；小橋川, 1970；松延・安藤, 1972）もいくつか行なわれている。しかしながら、感覚・知覚に関する研究（近藤ほか, 1976；岡野・丹羽, 1976）は少なく、体育科学の研究領域において幼児の主観的な側面を取り扱った研究は限られている（杉原, 1985）。したがって、体育科学の研究領域で対象となる大筋運動を伴い比較的大きな運動強度における幼児の感覚・知覚に関する特性の解明が必要であると考えられる。

一方、幼児を対象とした研究では、最大酸素摂取量の測定方法における工夫やフィールドテストにおける動機づけなどに対する特別な配慮が認められる。つまり、幼児を対象とした研究においては、被験者の諸特性が児童期以降の対象とは異なるため、実験課題に対する理解度や動機づけについての特別な配慮が必要であると考えられる。

以上のことから、幼児を対象とした感覚・知覚に関する検討、特に随意運動の遂行に参与する力量知覚の研究が必要であると考えられる。また、その検討においては幼児の諸特性を考慮した測定及び評価方法の考案あるいは検討が行なわれるべきである。

表 2-1 「体育学研究」と「体力科学」における幼児を対象とした研究〔呼吸循環機能〕

文献	被験者	測定項目	結論など
勝部ほか(1970a)	4~6歳, 男女151名, 男子高校生15名, 女子短期大学生45名	心拍数(脈拍数)	幼児体育のカリキュラム編成上有効な19種目の運動の心拍数変動を明らかにした。 幼児の運動負荷による心拍数の変動幅は成人に比べ小さかった。
吉沢ほか(1975)	5~6歳, 男女85名	最大酸素摂取量, 25m走, 50m走, 立ち幅跳び, 5分間走, 握力, 背筋力	最大酸素摂取量と運動能力テストとの相関関係を明らかにした。 最大酸素摂取量と5分間走に性差が認められた(男>女)。 再現性は男子が女子よりも高かった。
吉田・石河(1978)	平均年齢6.3歳, 男女各9名	最大酸素摂取量, 心拍数, 1500m走, 750m走	最大運動時の心拍数の変化から幼児の持久性を検討した。 持久走を実施すると幼児は速やかに高い心拍数に達することが示唆された。
吉沢・本多(1979)	3~5歳, 男女109名	最大酸素摂取量, 皮脂厚, 5分間走	3~5歳児の最大酸素摂取量を測定した。 最大酸素摂取量(3.5歳)及び5分間走(4.5歳)に性差があった(男>女)。
星川ほか(1979)	5~9歳, 男女43名	最大酸素摂取量, 心拍数, 自転車走行速度, 自転車走行速度, 走行様式	自転車遊びにおける走行速度, 走行様式及び呼吸循環反応の検討を行った。 自転車遊び中の平均心拍数は113~146拍/分及び酸素摂取量は最大酸素摂取量の32~79%に相当していた。
吉沢ほか(1980)	3~6歳, 男女232名	最大酸素摂取量, 心拍数, 酸素脈, 5分間走, 皮脂厚	3~6歳児(4歳児を除く)の最大酸素摂取量と酸素脈に有意な性差(男>女)が認められた。 5分間走と最大酸素摂取量との間の相関係数が求められた(男0.273, 女0.308)。
吉沢ほか(1981)	5~6歳, 男女各5名	最大酸素摂取量, 心拍数 呼吸数	最大酸素摂取量の判定基準を明らかにした。 最大酸素摂取量発現時の呼吸商は1.0以上であり心拍数は202~206拍/分であった。 運動強度が十分大きければ運動開始後30~60秒で最大酸素摂取量が得られた。
小林ほか(1983)	5~6歳, 男女99名	最大酸素摂取量, 最大換気量, 最高心拍数, 呼吸交換比	最大酸素摂取量(0.582~0.781), 最大換気量(0.708~0.749)及び最高心拍数(0.778~0.807)の再現性を示す相関係数を求めた。 呼吸交換比の再現性は低かった。

表 2-1 「体育学研究」と「体力科学」における幼児を対象とした研究〔呼吸循環機能〕（つづき）

文献	被験者	測定項目	結論など
吉沢ほか(1983)	4～18歳, 男女679名 農村の幼児・青少年	最大酸素摂取量, 心拍数, 酸素脈, 5分間走	呼吸循環機能の地域差を考慮して相対成長による検討を試みた。 5歳以降の最大酸素摂取量は男子の方が有意に大きかった。
吉沢ほか(1984a)	4～5歳, 男女各4名	最大酸素摂取量, 心拍数	酸素摂取量と心拍数の走行時における増加率及び走行終了後の回復率を明らかにした。 男女とも心拍数の増加率が酸素摂取量の増加率より大きかった。
三村・上林(1985)	5～6歳, 男女4名	最大酸素摂取量, 心拍数, 行動観察	1日の運動量を心拍数の変化と行動観察法によって検討した。 運動能力上位の者は下位の者に比べ男女とも低い平均心拍数を示し屋外での自由遊びの時間が長かった。
吉沢ほか(1988)	5～6歳, 男女13名	最大酸素摂取量, 心拍数, 血中乳酸濃度	保育園における身体活動（月～土曜日）による生理的負荷の実態を明らかにし適性負荷強度を示した。 保育園内生活における心拍数は100～115拍/分であることが認められた。
吉沢ほか(1990)	5～6歳, 男19名	最大酸素摂取量, 心拍数, 血中乳酸濃度, 皮脂厚	呼吸循環系におけるトレーニング効果（6ヵ月間）のトレーナビリティを再検討し, 幼児期におけるトレーナビリティの存在を示唆した。

表 2-2 「体育学研究」と「体力科学」における幼児を対象とした研究〔神経筋機能〕

文献	被験者	測定項目	結論など
水間 (1971)	5 歳, 男女 24 名	アキレス腱反射 (反射曲線, 反射時間, 収縮期間, 弛緩期間, 持続時間, 収縮高)	5 歳児のアキレス腱反射における各相の特性を明らかにした。 左右脚での左右差及び男女間での性差はいずれの測定項目にも認められなかった。 アキレス腱反射各相の測定値相互間に相関関係が認められた。
水谷ほか (1973)	4~6 歳, 男女 324 名, 7~20 歳, 男女 1,897 名	肘関節屈筋力 (等尺性, 伸長性), 上腕囲 (屈曲, 伸展), 前腕長	肘関節屈筋力 (等尺性及び伸長性) の発達過程を横断的資料に基づき明らかにした。 等尺性筋力を基準とした場合の男子 (4~7 歳) の伸長性筋力の割合は 135~142% であり, 女子 (4~8 歳) のそれは 135~146% の範囲の値を示していた。
浅井・石河 (1984)	平均年齢 5.8 歳, 男 8 名, 男子大学生 9 名	肘屈曲時の筋電図 (周波数, 振幅), 最大随意筋力 (肘屈曲)	短時間及び持続的等尺性収縮時の表面筋電図における周波数と振幅を検討した。 短時間の等尺性収縮時の表面筋電図では幼児の方が成人に比べ低周波数成分が優勢であり, 持続的等尺性収縮時には幼児の方が成人よりも低周波数への移行が少なかった。
木下ほか (1992)	1 歳 7ヶ月~13 歳, 93 名, 18~41 歳, 15 名	精密把握動作中の把握物体に作用する力と運動時間	小物体の持ち上げ運動における精密把握力の制御機能の発達を明らかにした。 把握力制御機能の発達に対する皮質脊髄路の機能的発達, 上位中枢から運動ニューロンループへの抑制入力機構の発達, 中枢神経機構における運動プログラム機能の発達の影響を示唆した。

表 2-3 「体育学研究」と「体力科学」における幼児を対象とした研究〔運動能力・調整力〕

文献	被験者	測定項目	結論など
松井ほか (1955)	4～6 歳, 男女 225名, 7～9 歳, 男女 569名	オゼレッキー運動能検査法と狩野式運動能検査法から選択された21～55項目, 知能検査	運動能力の検査法に必要なテスト項目の選択を試み, 各テストにおける発達状態(合格率等)や性差を明らかにした. サーストンの因子分析を用いて幼児期の運動能力の構造を示した. 運動能力と知能との関係について検討した.
竹内ほか (1968)	5～6 歳, 男女 212名	筋力, 筋持久力, 瞬発筋力, 速度, 身体協調能力, 平衡性, 敏捷性, 柔軟性の能力要素を測定する13項目	因子分析を用いて妥当性の高い運動能力組テストを作成し, 同時にテストの信頼性を示した. 男女別に運動能力の構造が検討された(男子5因子, 女子6因子).
勝部ほか (1970b)	3～5 歳, 男女 135名	片足立ち, 反復横跳び, 立ち幅跳び, 長座体前屈, 連続片足跳び, 背筋力, 走り幅跳びの7項目	運動練習(1～2ヵ月/1日1回)による運動能力の変化を明らかにした. 全般的に運動効果が認められ, 筋力的なものの練習効果は男子に著しく平衡性と巧緻性に関するものの効果は女子が優れていた.
宗高ほか (1971)	4～5 歳, 男女 532名 (離島, 団地, 都市)	筋力, 筋持久力, 平衡性, 瞬発筋力, 身体協調能力, 速度, 敏捷性, 柔軟性の能力要素を測定する12項目, 家族構成, 学歴, 職業	運動能力の地域差(離島, 団地, 都市)と生活条件の差異による影響を検討した. 運動能力に関しては項目によって地域の特性が認められた. 都市の幼児は離島と団地の幼児に比べ年間発達量において優れていた.
松浦・中村 (1977)	4～8 歳, 男 259名	握力, 背筋力, 垂直跳び, 体支持時間, 棒上片足立ち, 伏臥上体反らし, 25m走, 両足連続跳び, 立ち幅跳び, テニスボール投げの10項目	基礎運動能力の発達の特徴を明らかにした. 運動能力中に占める基礎運動能力の割合は加齢に伴い減少する傾向を示した. 運動能力の発達は未分化の状態から次第に分化する方向にあった. 体格や年齢の貢献度は加齢に伴い減少した.
中村・松浦 (1979)	4～8 歳, 男女 557名	握力, 背筋力, 垂直跳び, 体支持時間, 棒上片足立ち, 伏臥上体反らし, 25m走, 両足連続跳び, 立ち幅跳び, テニスボール投げの10項目	基礎運動能力の発達変化を性差を考慮して検討した. 男子の基礎運動能力は全ての年齢段階で女子のそれより優れていた. 男女間で基礎運動能力を構成する要素が若干異なっていた(4～6歳).

表 2-3 「体育学研究」と「体力科学」における幼児を対象とした研究〔運動能力・調整力〕（つづき）

文献	被験者	測定項目	結論など
岸本・馬場(1980)	4～6歳, 男女349名	平衡機能(6項目), 全身運動(14項目), 手指運動(9項目), 模倣運動(10項目)を測定する39項目	合否判定法により運動機能の発達傾向及び性差を横断的に明らかにした. 39課題の合格率(4～6歳/6ヵ月間隔)を示し, さらに加齢に伴う発達傾向を7つのパターンに分類した.
青柳ほか(1980)	3～6歳, 男女234名	平衡運動の調整力を測定すると考えられる20項目	平衡運動に関与する調整力の構造を明らかにし, 妥当なテスト項目の選択を試みた. 因子分析を用いて9因子を抽出し組テストを作成した. 平衡性に関与する調整力を多面的に測定するテストとして3項目のテストを示した.
今中ほか(1981)	5歳, 男女57名, 9～21歳(大学生), 男女109名	25mを基本とする4種目7項目にわたる疾走テスト, 走抑制係数	走運動パフォーマンスで規定される疾走能力の構造を階級因子モデルの立場から分析し明らかにした. 大学生と幼児に共通して「一般疾走能力」因子が抽出されたが, その因子の全分散に対する貢献度は成人の方が大きかった.
青柳・松浦(1982)	3～6歳, 男女539名	Gallahueの仮説的分類に基づき選択された26項目	GuilfordのS Iモデル及び猪飼の三次元展開モデルを参考として幼児の運動能力構造を検討した. 運動能力空間は体格, 調整力, 可動域の柔軟性という3軸によって特徴づけられた. クラスター分析により10種類の運動能力領域が解釈された.
村瀬・出村(1991)	4～6.5歳, 男女192名	運動能力テスト12項目, 合否判定テスト14項目	因子分析を用いて運動能力の構造(5因子)を明らかにした. 運動能力テストと合否判定テストとの関係から合否判定テストの関連基準妥当性を検討し, 合否判定テストによって構成される組テストの有効性を示した.
郷司・出村(1992)	2.5～7歳未満, 男女3,683名	運動能力テスト6項目, 行動観察によるテスト37項目	行動観察に基づく運動成就テストの客観性, 信頼性, 妥当性を検討した. 移動型, 操作型, 安定型の各領域ごとの運動能力の構成因子を明らかにした. 16項目及び9項目から構成される組テストと評価基準を作成した.

表 2-4 「体育学研究」と「体力科学」における幼児を対象とした研究〔運動技能・動作〕

文献	被験者	測定項目	結論など
松浦(1978)	3～6歳, 男女275名	ボールハンドリング技能に関連する9種類 24項目	ボールハンドリング技能の発達傾向(技能スコアの発達変化)を明らかにした。 男児で4～5歳及び女児で3～4歳の段階で、各種技能の質的差異が存在することが認められた。
岩田・森下(1979)	2～5歳, 男女57名, 女子大学生5名, 陸上跳躍選手2名	跳躍距離,動作時間・速度,フォームなど(2種類の指示条件下での立ち幅跳び),筋電図	調整機能と効果器の機能の発達を跳躍課題(立ち幅跳び)を用いて検討した。 3歳児の言語だけの指示で全力発揮の調整を行う機能はまだ低いことが示唆された。 指示条件による差異は3歳以降加齢に伴い減少する傾向を示していた。
金・松浦(1988)	3～7.5歳, 男女1,843名	25m走,テニスボール投げ,立ち幅跳び, パターンテスト	基礎運動技能の量的及び質的変化の発達傾向と両側面の関連性を検討した。 走・跳・投運動における量的変化と質的変化との関連性が高いことを示唆した。 男女の走運動と跳運動の発達パターンは全般的にはほぼ並行した傾向を示していた。
藤巻(1989)	5～6歳, 男女152名	跳躍距離,跳躍所要時間,跳躍エラー頻度など(2つの条件下での20m連続跳躍における)	時間や距離を制限した場合とそうでない場合での連続跳躍における動作過程の差異を検討した。 跳躍過程には「増加」-「ピーク」-「減少」の3相が認められた。 跳躍エラーは1回ごとの跳躍距離の変動が大きいことによると考えられた。
出村(1993)	2～6歳,男女720名	体格3項目,運動能力8項目,各種ボール遠投6項目,正確投,投動作	ボール遠投に対する体力及び投動作の貢献度とその性差が明らかにされた。 遠投に対する体力及び投動作の関与度は男児の方が女児より高く,また男児における投動作の関与度は体力の関与度よりも高いことを示した。



### 第3章 研究手順及び課題

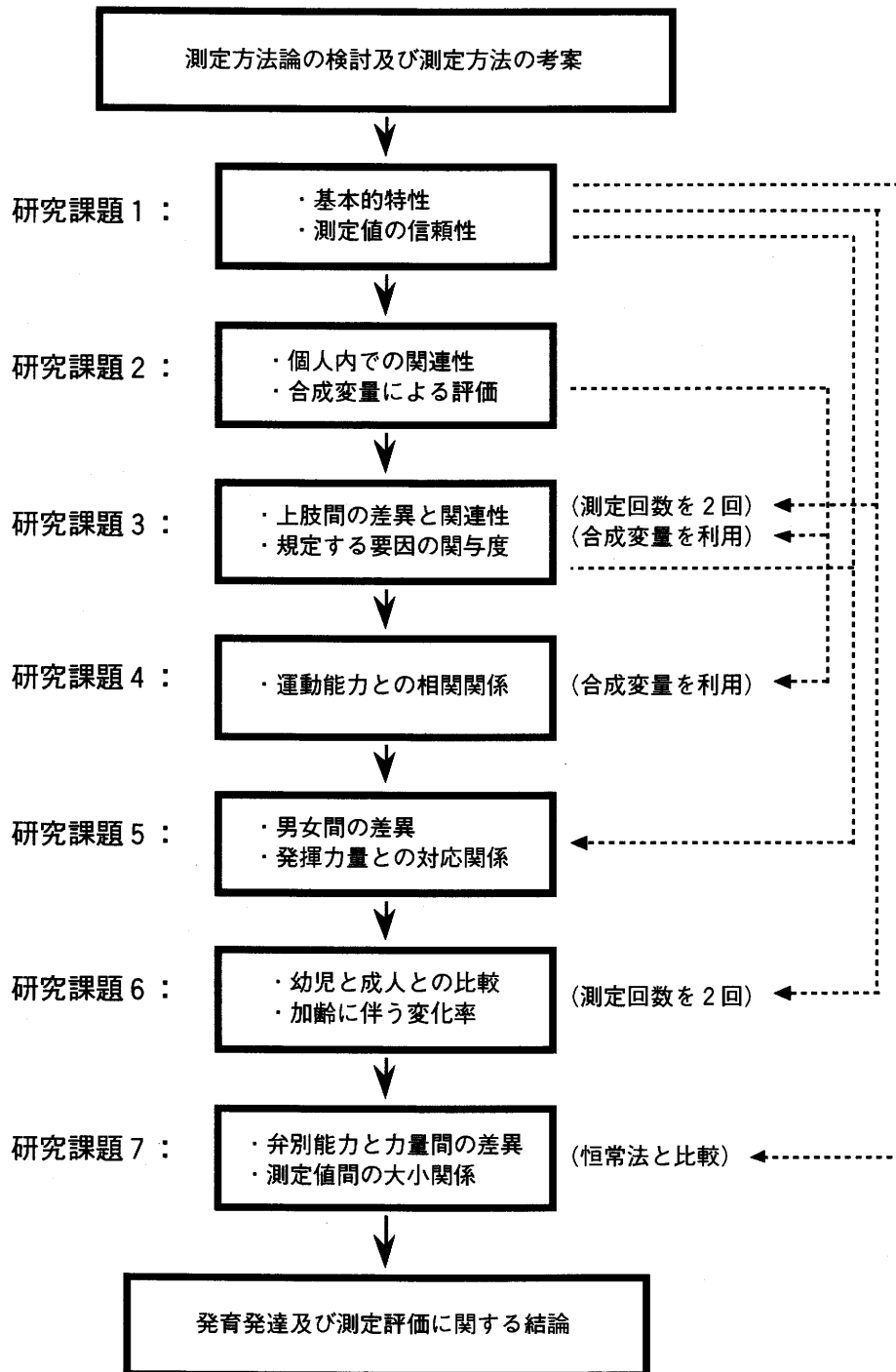
## 第3章 研究手順及び課題

### 第1節 研究手順

本研究では、発育発達学及び測定評価論における研究視点に基づき研究の手順を決定した。つまり、文献研究によって明らかにされた問題点を参考にして、従来検討されることが少なかった幼児の力量弁別及び評価特性に関連する諸特性の解明と測定方法の開発に関する検討を行なうために、次頁に示す流れ図に沿って研究を進めた。特に、研究課題3の測定及び分析の終了後には、研究報告会における指摘に従い測定装置の特性を明らかにする実験（力量弁別中の超過力量の測定、第4章参照）を実施し、測定方法及び条件の再検討を行なった。なお、具体的な研究課題及び検討項目は次節において示す通りである。

研究手順図（次頁）における波線で示した矢印は、研究課題間の関係を示すものである。研究課題1では、力量弁別及び評価特性の基本的傾向が明らかにされたが、測定値は他の方法よりも大きくなる傾向が認められたため、研究課題7において既存の恒常法を一部修正した方法を用いて測定値間の大小関係を明らかにした（把握時のみ）。また、研究課題1で明らかにされた測定値の信頼性をさらに高める目的で、研究課題3及び6では測定回数を2倍にして測定を行なった。さらに、研究課題1及び3において、力量弁別特性と発揮力量の大きさとの間に密接な関係があることが認められたため、研究課題5において両者の対応関係を回帰線の形態と関連の程度の側面から明らかにした。研究課題2では、標準得点の総和に基づく合成変量が力量弁別及び評価特性を代表する指標として有効であることが示唆されたので、この合成変量を研究課題3及び4において用いて分析を行なった。研究課題6では、幼児と成人に対して力量弁別に基づく測定を実施し、両者の測定値間の比較検討から加齢に伴う変化率を明らかにしようとした。

研究手順：



## 第2節 研究課題

本研究では、幼児の力量弁別及び評価特性の解明と測定方法の開発において検討が必要であると考えられる検討項目を選択し、これらの検討項目から構成される研究課題を7つ設定した。研究課題1～7までの内容と検討項目は以下に示す通りである。選択された筋力発揮動作は、把握、肘関節の屈曲（以下、肘屈曲）及び肘関節の伸展（以下、肘伸展）の3種類であった。なお、研究課題7では把握動作についてのみ検討を行なった。

### 【研究課題1】

研究課題1では、力量弁別及び評価特性の基本的特性、特に把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別の精度や力量評価の一般的傾向を、3種類の動作時の特性値間の相互比較から明らかにすることを目的とする。また、測定値の信頼性についても検討を行なう。

検討項目は、1. 力量弁別に基づく測定方法の信頼性  
2. 力量弁別における基本的特性  
3. 力量評価における基本的特性 の3項目である。

### 【研究課題2】

研究課題2では、把握、肘屈曲及び肘伸展時における力量弁別及び評価特性の個人内における関連性を明らかにすることを目的とする。つまり、異なる力量水準における成績間の関連性及び3種類の筋力発揮動作間での成績間の関連性を明らかにする。また、総合得

点と各測定値との関連性から、合成変量による評価法についても検討を行なう。

- 検討項目は、
1. 力量弁別及び評価特性の異なる力量水準間での関連性
  2. 力量弁別及び評価特性の異なる発揮動作間での関連性
  3. 力量弁別及び評価特性の合成変量による評価 の3項目である。

### 【研究課題3】

研究課題3では、把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別及び評価特性における左右上肢間の差異と関連性を明らかにすることを目的とする。これらの検討を通して、力量弁別及び評価特性を規定する要因の関与の程度についても考察する。

- 検討項目は、
1. 力量弁別特性の左右上肢間の差異
  2. 力量評価特性の左右上肢間の差異
  3. 力量弁別及び評価特性の左右上肢間の関連性
  4. 力量弁別及び評価特性を規定する要因 の4項目である。

### 【研究課題4】

研究課題4では、把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別及び評価特性と全身あるいは上肢に関連する運動能力との相関関係を検討し、力量知覚特性が運動能力との対比によってどのような特性として位置づけることができるかを明らかにすることを目的とする。

検討項目は、1. 力量弁別及び評価特性と運動能力との相関関係 の1項目である。

#### 【研究課題5】

研究課題5では、把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別特性と発揮されている力量水準との対応関係を、関係を示す直線あるいは曲線の形態と関連の程度から明らかにすることを目的とする。また、分析の過程で力量弁別特性における性差についても検討する。

- 検討項目は、
1. 力量弁別特性における性差
  2. 力量弁別特性と発揮力量との対応関係
  3. 力量弁別特性と発揮力量との関連度 の3項目である。

#### 【研究課題6】

研究課題6では、把握、肘屈曲及び肘伸展の各筋力発揮動作について、力量弁別に基づく測定を幼児と成人に対して実施し、力量弁別及び評価特性における幼児と成人との比較検討を行ない、両者間の差異と加齢に伴う変化率を明らかにすることを目的とする。

- 検討項目は、
1. 力量弁別特性における幼児と成人との比較
  2. 力量評価特性における幼児と成人との比較 の2項目である。

**【研究課題7】**

研究課題7では、把握動作による力量弁別を恒常法を一部修正した方法と本研究で考案した方法によって実施し、把握時の力量弁別能力と力量間の差異の程度との関係と両測定方法の測定値間の大小関係を明らかにすることを目的とする。

- 検討項目は、
1. 力量弁別における弁別能力と力量間の差異との関係
  2. 既存の測定方法における測定値との大小関係 の2項目である。

## 第4章 方法論



## 第4章 方法論

本章では、方法論の基本的な説明と後述する研究課題1～7において共通する研究方法について記述する。被験者や資料の解析方法などは研究課題ごとに示す通りである。

### 第1節 測定方法の考案

筋力発揮時の実際の物理的な力量と主観的な力量との対応関係やある力量水準における弁別の精度を明らかにするためには、精神物理学の研究領域で用いられている測定方法が適用可能である。特に、幼児を対象とする場合には、被験者に十分な量的判断を期待することは困難であるので、数量概念に基づく直接表現による方法よりも大小や強弱などの比較判断に基づき間接的に弁別閾や等価刺激を推定する方法を用いる必要がある。

間接的に閾値及び等価刺激を決定する方法には、大別すると調整法、極限法及び恒常法の3種類の方法がある(大山, 1989)。調整法は、刺激の調整を被験者にゆだね被験者自身に変化刺激を調整させて値を決定する方法である。したがって、幼児を対象として測定を実施する場合には、課題内容の理解が困難になるため適応範囲は限られている。

極限法は、実験者が求める値の方向へ刺激を段階的に増加または減少させ、変化の都度被験者に判断を求める方法である。この方法では、大小あるいは強弱などの判断に基づき弁別閾や主観的等価値を求めることができる。刺激量の変化の方向を理解することや試行回数について測定方法を工夫すれば、幼児に対しても適用可能であると考えられる。

恒常法は、閾値あるいは等価刺激の上下に段階ごとに並べられた刺激を通常4～7個程度用意し、これらの刺激を単独または標準刺激と対にして無作為な順序で被験者に提示する方法である。提示回数是一对の刺激について50～200回必要である。この方法は、精度が

高く適用範囲が広い方法であるが、筋力発揮を伴う測定においては、比較判断（力量弁別）を重ねることによる測定値への疲労の影響や幼児の実験課題に対する集中力などの問題が生じ、適用するには試行回数についての問題点が残されているようである。

本研究では、以上の3種類の代表的な測定方法を参考にした。また、力量知覚に関する測定では、連続した筋力発揮によって力量の知覚に筋肉疲労の影響が介入してくる（Jones and Hunter, 1983a ; 1983b）。さらに、幼児の場合、実験課題に対して注意を持続できる時間が限られている。したがって、本研究では弁別閾の決定において主にこの2点を考慮し、できる限り力量弁別回数の少ない方法を考案した。すなわち、標準刺激と標準刺激から一定の間隔で異なる比較刺激との一对の比較を実施し、その比較判断が5回の試行において全て正しい判断である場合の比較刺激と標準刺激との差異を弁別閾とする方法を採用した。この場合、最高5回の試行において全ての比較判断に正解が出現する確率は、正否の解答が得られる確率が等しいと考えるならば3.125%  $[(1/2)^5]$  となり、一般に推測統計において仮説の採否の基準となる5%よりも小さな値になる。したがって、このような小さな確率の現象が生起したならば、その判断の背後に何らかの判断基準が確立されている（標準刺激と比較刺激との差異を弁別することができる）と解釈できる。なお、5回以内に誤った解答が得られた場合には、その対の比較判断の継続を中止する。その他の実際の力量弁別測定における測定条件などは研究課題ごとに示す通りである。

## 第2節 筋力発揮動作及び測定装置

筋力発揮動作は、比較的単純な動作で、かつ幼児でも実施可能であると考えられる把握、肘関節の屈曲（以下、肘屈曲）及び伸展（以下、肘伸展）の3種類であった（研究課題7は把握のみ）。各動作における力量弁別時の動作条件及び測定装置の構造は図4-1~3に示す通りである。なお、最大随意筋力の測定は力量弁別時と同じ条件で行なった。

### 第3節 標準刺激及び比較刺激

力量弁別測定に用いた標準刺激（比較判断における基準となる刺激）の力量の大きさは、幼児の各筋力発揮動作における最大随意筋力を参考にして決定した。その結果、標準刺激は1.0 kgf, 2.0 kgf 及び 3.0 kgf の3種類の力量が採用された。比較刺激（比較判断における比較される刺激）は、標準刺激から0.1 kgf 単位で異なる力量であった。但し、研究課題6における成人の場合の変化幅は0.05 kgf 単位であった。標準刺激あるいは比較刺激の力量の調節は取り外しが可能な重量負荷を用いて行なった（図4-1～3）。

### 第4節 測定変量

本研究では、随意的な筋力発揮時の力量弁別及び評価特性を明らかにするために、以下に示す測定変量を選択した。上下弁別閾、不確定区間及び反応出現率は、力量弁別特性を表す測定変量である。また、主観的等価値、恒常誤差及び絶対誤差は、評価特性を示す測定変量である。測定変量の説明は以下に示す通りである。なお、反応出現率以外の測定変量と力量弁別における測定結果との関係は、図4-4の記録用紙の記入例に示す通りである。

#### 1. 下弁別閾（LT：lower threshold）と上弁別閾（UT：upper threshold）

弁別閾とは、刺激の強度あるいは質的特性の異なる2刺激が同時または継時的に与えられた場合に、それを区別できる最小の刺激差である。標準刺激に対して比較刺激の強度が小になる側の弁別閾を下弁別閾、大になる側を上弁別閾として区別する（下中, 1981：新版心理学事典, p.480）。本研究の下弁別閾と上弁別閾は、それぞれ、基準となる力量に対して比較する力量が減少する場合と増加する場合の力量弁別の精度を示す変量である。

## 2. 不確定区間 (IU : interval of uncertainty)

不確定区間は、ある刺激強度に対する弁別不可能な刺激の範囲を示す。この範囲は上下弁別閾の総和に相当する (Wolman, 1973 : Dictionary of Behavioral Science, p.201)。本研究の不確定区間は、上下弁別閾と同様に力量弁別の精度を示す変数である。

## 3. 反応出現率 (percentage of response appearance)

反応出現率は、ある刺激段階において特定の反応が出現する割合である (大山, 1989 : 感覚・知覚心理学ハンドブック, p.35)。本研究では、力量弁別 (2件法) において、標準刺激に対して比較刺激の方を主観的に大であると反応した場合の割合に相当する。反応出現率は、2種類の力量間の比較判断における弁別能力 (弁別率) を示す変数である。

## 4. 主観的等価値 (PSE : point of subjective equality)

主観的等価値 (主観的等価点とも言う) は、2つの刺激を同時または継時的に提示した場合、ある感覚特性に関して両者が等しいと判断される (あるいは区別できない) 場合の一方の刺激値である (下中, 1981 : 新版心理学事典, p.481)。直接測定ができない場合には上下弁別閾の測定値から推定される。本研究での主観的等価値は、実際の物理的な力量を主観的にどのように評価しているのかを示す変数である。つまり、実際の力量を過大評価しているのか過小評価しているのか、また、その差異の程度はどのくらいかを表わす変数である。しかし、主観的等価値の測定値は標準刺激の大きさに依存するので、異なる標準刺激間での比較検討を行なう場合には適していない。したがって、本研究では主観的等価値から以下に説明する恒常誤差及び絶対誤差を算出して分析を行なった。

## 5. 恒常誤差 (CE : constant error)

恒常誤差は主観的等価値と標準刺激との差異 (主観的等価値 - 標準刺激) である。本研究の恒常誤差は、実際の力量の主観的な評価傾向 (過大評価しているのか、あるいは過小

評価しているのか)を示し, 値が正の場合には実際の力量を過小評価, 負の値の場合には過大評価していることを意味する力量評価特性を示す変数である。

#### 6. 絶対誤差 (AE : absolute error)

絶対誤差は恒常誤差の絶対値である。本研究の絶対誤差は, 実際の力量と主観的な力量との絶対的な偏差の程度を示す指標であり, 力量評価特性を示す変数である。

### 第5節 測定期間

力量弁別測定は以下に示す8期にわたり実施した。幼児の場合は, 茨城県土浦市内にあるM保育園において, 原則的に月曜日から金曜日の午後2時30分～5時にかけて測定を行なった。なお, 保育内容などの都合により測定の時間帯を変更した場合もあった。成人の場合は, 筑波大学体育科学系の実験室 (B213) において測定を行なった。

- ① 1990年 9月18日～11月26日 (約 10 週間)
- ② 1991年 1月16日～ 2月12日 (約 4 週間)
- ③ 1991年 3月 8日～ 3月22日 (約 2 週間)
- ④ 1991年 5月14日～ 8月 1日 (約 11 週間)
- ⑤ 1991年 9月 2日～10月15日 (約 6 週間)
- ⑥ 1992年 2月 3日～ 3月13日 (約 5 週間)
- ⑦ 1992年 6月15日～ 7月31日 (約 7 週間)
- ⑧ 1993年 7月 9日～ 8月29日 (約 7 週間) [成人]

合計 約 52 週間

## 第6節 測定装置の特性

成人とは異なり，幼児は数量概念に従って能動的に基準となる力量に対して自己の発揮筋力を調節することは困難である．そのため，従来の力量知覚の測定で用いられていた方法を幼児にそのまま適用することは適切でないと考えられる．そこで，このような幼児の特性を考慮して，本研究では力量弁別による測定を実施した．前述したように各測定装置には筋力の発揮方向を明確にする目的で可動部分を設定した．その可動部分の間隔は，幼児の場合は全ての動作において5mmであった．そのため，本研究の方法では筋力発揮によって重量負荷が移動し，力量弁別中に実際の重量負荷の大きさと刺激量との間に差異が生ずることが予測される．したがって，本節では，把握，肘屈曲及び肘伸展動作による力量弁別中の測定装置の特性を検討した．つまり，力量弁別中（開始から終了するまで）の重量負荷が移動することによる力量の変化及び停止部位に加わる力量の変化を測定した．

### 1. 測定方法

被験者は幼児2名（男女各1名）であった．把握，肘屈曲及び肘伸展動作の各動作において，実際の測定と同じ条件で力量弁別を実施し，測定装置の特性を検討した．重量負荷の移動による力量の変化は引張圧縮両用型小型低容量ロードセル（共和電業社製）を，停止部位に加わる力量の測定には超小型ロードセル（共和電業社製）を用い，歪増幅器（日本電気三栄社製）を介して記録した．各測定装置におけるロードセルの取付け位置は図4-5に示す通りである．図4-6に示すように，重量負荷の移動開始から停止部位に到達するまでの区間における最大値，最小値及び平均値を算出した．停止部位に力量が加わってから力量弁別動作が終了するまでの区間においては最大値及び平均値を求めた．さらに，重量負荷の移動が開始してから力量弁別動作が終了するまでの1動作に相当する区間の平均値を測定した．なお，全ての測定値は標準刺激との差異で表わされている．

## 2. 重量負荷の移動による力量の変化

図4-7は、力量弁別動作の開始から停止部位到達までの重量負荷が移動することによる力量の変化について、最大値から最小値までの範囲及び平均値を示したものである。3種類の動作に共通して標準刺激が増加するに従い最大値と最小値との範囲が大きくなる傾向にある。重量負荷の移動に伴う力量の変化は、約  $-0.1 \sim 0.1$  kgf の範囲で認められた。平均値は  $0.05$  kgf 以下であり、標準刺激と超過力量との差異は相対的に小さい値であった。

## 3. 停止部位に加わる力量の変化

停止部位に加わる力量の変化の範囲（最大値までの範囲）と平均値は図4-8に示す通りである。前述の結果と同様に、最大値は標準刺激の増加に伴い大きくなる傾向にある。最大値は約  $0.2 \sim 0.4$  kgf、平均値は  $0.2$  kgf 前後の値を示していた。実際の測定においては、停止部位に加わる力量で比較判断を行わないように被験者に指示して注意した。

## 4. 1 試行における力量超過の平均値

3種類の測定装置における1回の力量弁別動作中の力量超過の平均値は図4-9に示す通りである。肘伸展動作の測定装置における平均値は相対的に大きな値を示していた。標準刺激が  $2.0$  kgf 及び  $3.0$  kgf の場合には、肘伸展動作において  $0.1$  kgf を超える値が認められたが、他の条件では  $0.1$  kgf 以下の値を示していた。把握及び肘屈曲動作の各装置における超過力量は、幼児の場合の比較刺激の変化幅に相当する  $0.1$  kgf より小さかった。

## 5. 小括

把握、肘屈曲及び肘伸展の3種類の測定装置の特性は以上に示した通りである。本研究の結論は、このような測定装置の特性に基づき得られた測定値によって導かれる。なお、同じ装置を用いて力量弁別が行なわれるので、2種類の力量の差異の程度には測定装置の特性がほとんど影響を及ぼさないと考えられる。力量弁別における発揮力量と標準刺激と

の差異を小さくするために、例えば、停止部位に緩衝物を取り付けたり、力量超過を知らせる装置（音や光信号を発する装置）を加えるなど測定装置を改善することにより、本研究の力量弁別における力量超過をさらに小さくすることが可能になると考えられる。



図表

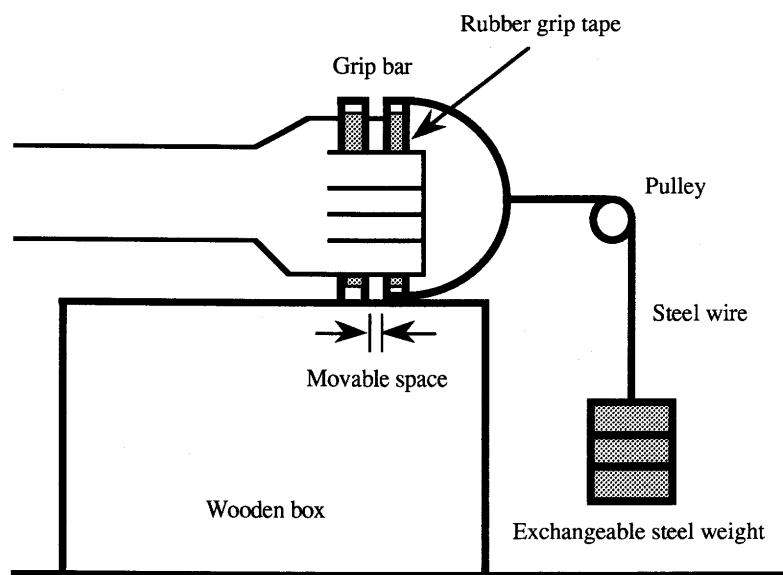


Fig. 4-1 Apparatus for discrimination of force in grip

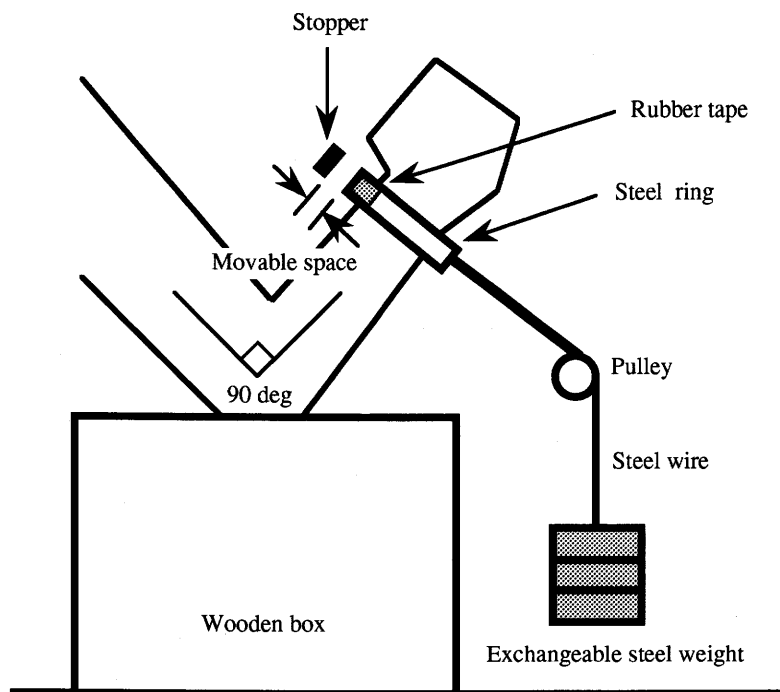


Fig. 4-2 Apparatus for discrimination of force in elbow flexion

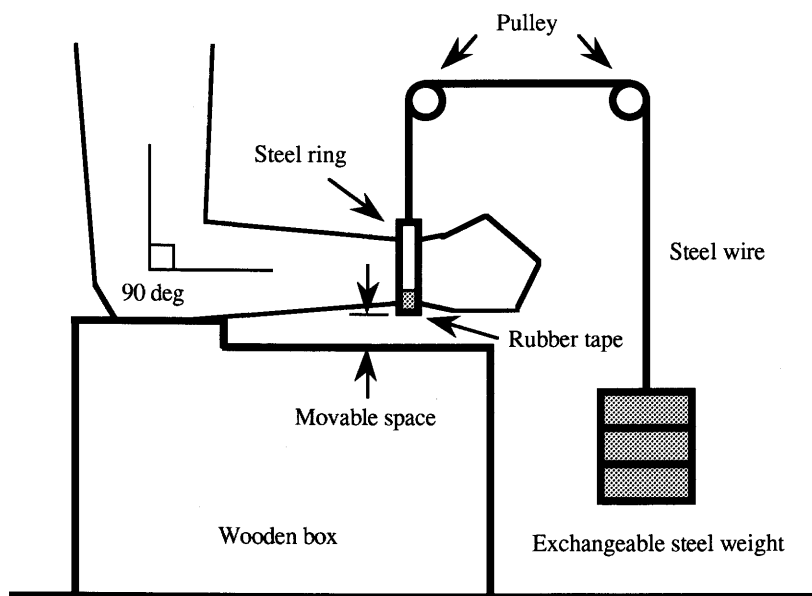


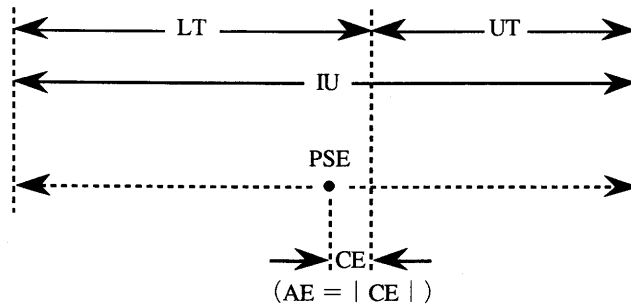
Fig. 4-3 Apparatus for discrimination of force in elbow extension

Comparison stimuli: 1.6 - 1.9 kgf and 2.1 - 2.3 kgf

Standard stimulus: 2.0 kgf



1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3
○	○	×	○	—	○	○	○
○	○		×	—	○	×	○
○	○			—	×		○
○	×			—			○
○				—			○



○: correct judgement      ×: incorrect judgement

LT: lower threshold, UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty

PSE: point of subjective equality, AE: absolute error, CE: constant error

Fig. 4-4 Example of recording sheet at standard stimulus of 2.0 kgf

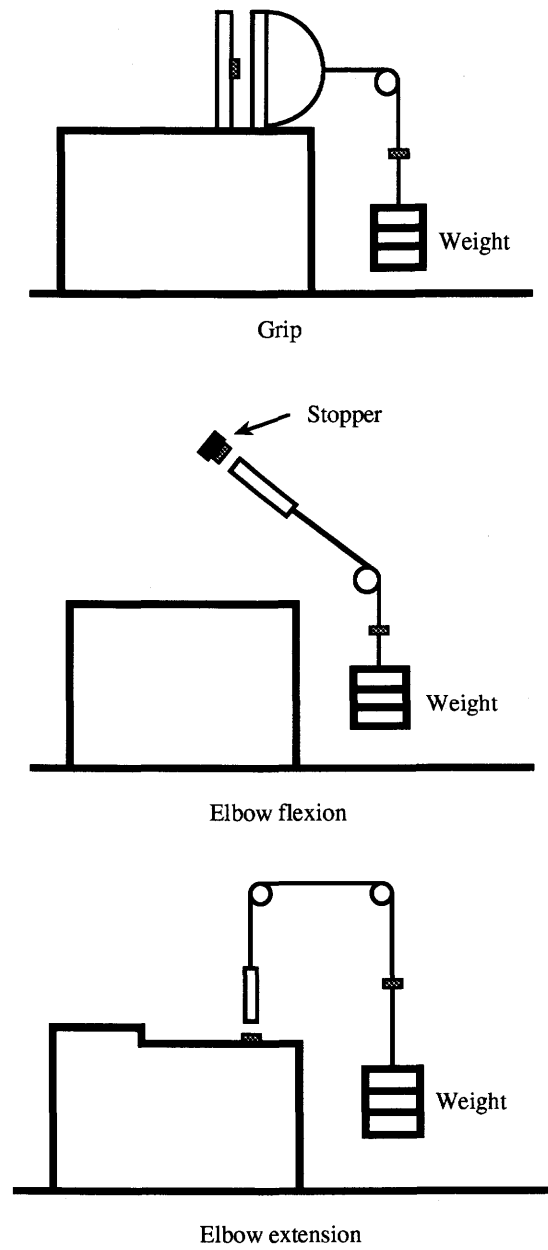


Fig. 4-5 Setting position of load cells (▨: load cell)

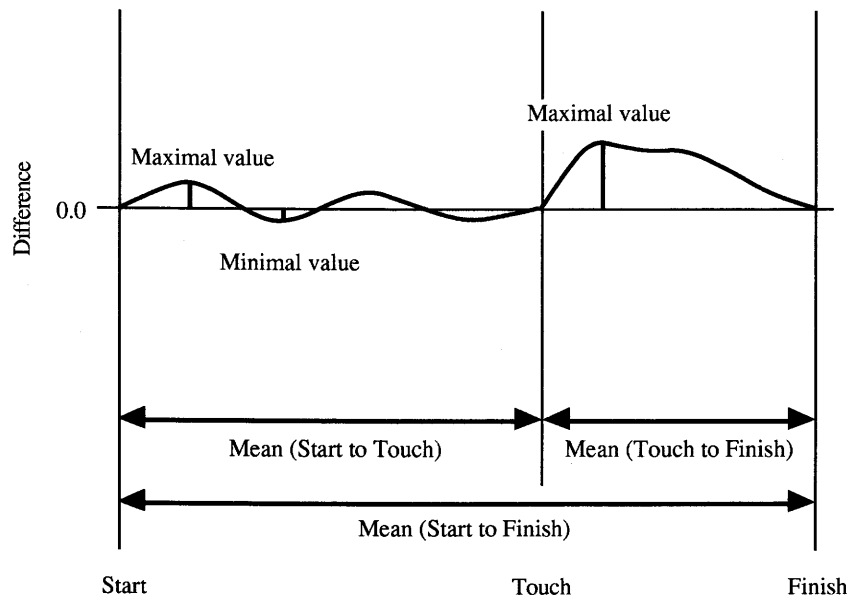


Fig. 4-6 Change of force during one discrimination of force

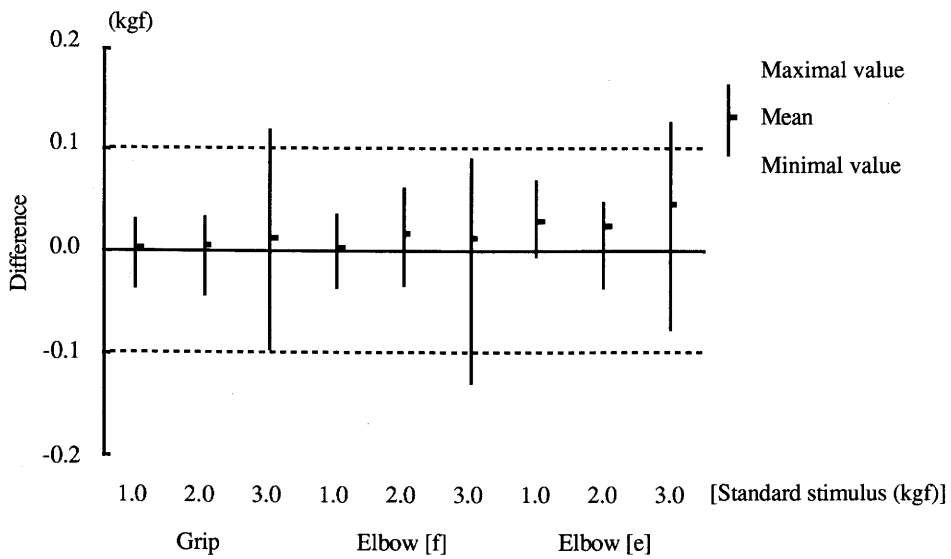


Fig. 4-7 Range and mean from start to touch in 3 motions (f: flexion, e: extension)

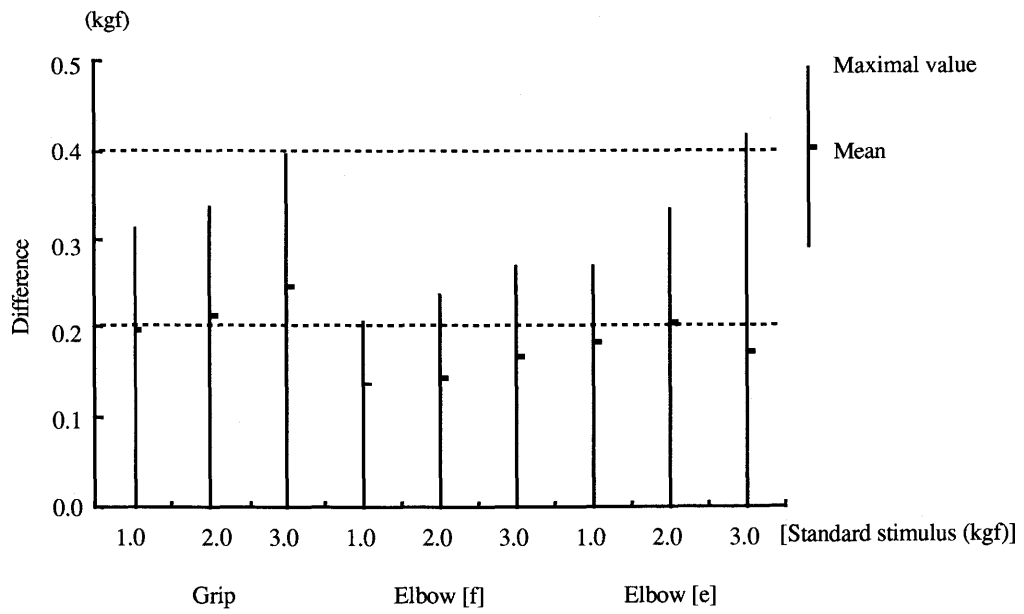


Fig. 4-8 Maximal value and mean from touch to finish (f: flexion, e: extension)

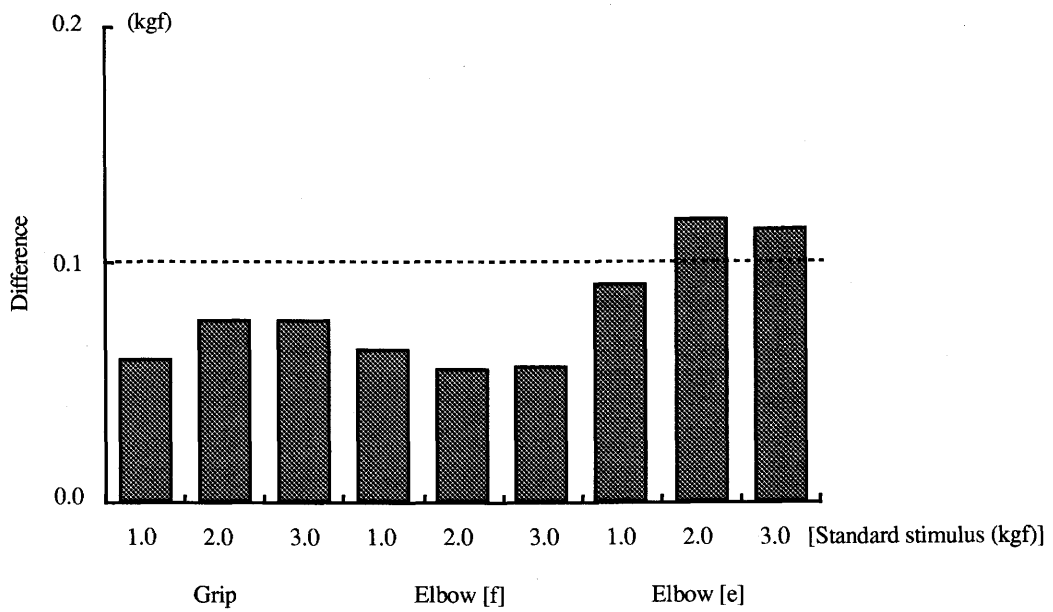


Fig. 4-9 Mean of over force from start to finish (f: flexion, e: extension)

## 第5章 研究課題1



## 第5章 力量弁別及び評価特性の基本的特性（研究課題1）

### Examination 1

*General characteristics of discrimination and rating of force* — The purpose in chapter 5 was to determine the general characteristics of discrimination and rating of force in grip, elbow flexion and extension motions for preschool children. Twenty healthy Japanese children (mean age: 5.7-5.9 yr) were tested for each motion. Standard stimuli were 3 forces of 1.0 kgf, 2.0 kgf and 3.0 kgf, and comparison stimulus changed at an interval of 0.1 kgf. Consecutive discriminations of force in 3 motions were administered, and the results were compared among both 3 force levels and 3 motions with one-way ANOVA. Lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) were selected as variables in discrimination of force, and constant error (CE) and absolute error (AE) in rating of force. Furthermore, test-retest reliability of the discriminations of force was examined at standard stimulus of 2.0 kgf. Results were discussed for both the discrimination and rating of force. Pearson's correlation coefficients between two performances for LT and UT in 3 motions ranged from 0.642 to 0.841 ( $p < 0.01$ ). It was suggested that the method by means of the discriminations of force developed in this study could be applied to preschool children. Performances in discrimination of force increased with a gain in force level for 3 motions, not in rating of force. LT, UT and IU in elbow flexion were larger than those in elbow extension, but the differences among 3 motions for CE and AE were not clear.

### 第1節 緒言

身体運動に関係する運動強度の主観的評価についての研究は、Stevens (1957) 以来、種々の感覚尺度を構成することによって検討されてきた。力量 (Eisler, 1962; Stevens and Mack, 1959), 重量 (Stevens and Galanter, 1957), 動作速度 (Hoff, 1971; Wood, 1969), 移動角度 (Marteniuk and Ryan, 1972), 全身的な運動に関しては疾走速度 (伊藤・三條, 1985; 工藤, 1985) や跳躍距離 (定本・大築, 1977) についての研究が認められる。また, 研究あるいは

臨床領域においては、主観的運動強度の評価が生理学的測定を補足する手段として用いられている (Borg, 1982; Noble, 1982)。しかし、多くの場合、測定条件として被験者が数量概念 (比率概念など) を有していることを前提条件としている。したがって、研究対象の多くは成人に限られており、発育発達水準の異なる幼児や児童についても同様な結果が得られるかどうかは明らかではない。特に、幼児期は、物事の質的判断 (大小の比較など) はある程度可能であるが、比率概念に基づく量的判断は困難な時期にあり、主に測定方法の問題から前述の観点での検討はほとんどなされていない。

一方、幼児の筋力発揮特性に関しては、測定評価及び発育発達の立場から、各種筋力の加齢に伴う変化や性差が明らかにされている (船渡, 1988; 金子ほか, 1990; 水谷ほか, 1973)。また、反射及び随意的筋収縮についての運動生理学的研究が数多く認められる (浅井・石河, 1984; 小林ほか, 1990; 水間, 1971)。しかし、筋力の随意的調節に関与する主観的過程である力量知覚に関する研究成果は少ない (村瀬・浅見, 1991; 1992a)。

研究課題1では、発育発達期にある幼児の筋力発揮における力量知覚に着目し、力量の弁別及び評価に関する基本的特性 (例えば、それぞれの動作時の力量弁別における弁別閾の大きさや力量評価の一般的傾向など) を明らかにすることを目的とする。つまり、上肢を用いた3種類の異なる筋力発揮動作 (把握、肘関節の屈曲及び伸展動作) における力量弁別及び評価に関する特性値の相互比較を通してそれらを明らかにする。さらに、幼児のための力量弁別に基づく測定方法の測定値の信頼性に関しても検討する。

## 第2節 方法

### 1. 被験者

被験者は動作別グループの平均年齢が5.7~5.9歳の幼児であった。被験者数は把握、肘関節の屈曲 (以下、肘屈曲) 及び肘関節の伸展 (以下、肘伸展) の各動作につき20名 (男

女児各10名)であった。被験者の身体的特性(年齢, 身長, 体重及び最大随意筋力)は表5-1に示す通りである。筋力発揮動作別の被験者の身体的特性間には統計的に有意な差異は認められなかった。また, Bryden(1977)の利き手のテスト(①字を書く, ②ハサミを使う, ③円を描く, ④歯ブラシを使う, ⑤ボールを投げるの5項目から構成される)を実施した結果, 全員が右手利きであると判定されたので, 被験者は利き手で力量の弁別を実施した。

## 2. 筋力発揮動作及び測定条件

筋力発揮動作は, 上肢を用いた把握, 肘屈曲及び肘伸展(前腕回内位)の3種類であった。図5-1に示す測定装置(2台使用)及び条件で, 一方の上肢を用いて重量負荷を保持する場合に発揮される2種類の力量の比較を継時的に行なった(椅座位姿勢)。被験者は, 主観的に発揮力量が大きいと感じた方を2件法に従い言語または動作で答えた。それぞれの測定装置には, 筋力の発揮方向を規定するために可動部分が5mmの間隔で設定されていた。なお, 力量弁別は外部環境の影響の少ない個室において1名ずつ行なわれた。

力量弁別において用いられた標準刺激(基準となる力量)は, 1.0 kgf (9.8 N), 2.0 kgf (19.6 N)及び3.0 kgf (29.4 N)の3種類であり, 比較刺激(比較される力量)は標準刺激から0.1 kgf単位で異なる力量であった。標準刺激と比較刺激との提示順序は, 測定結果に影響を及ぼすことが報告されているため(Brodie, 1988), カードを用いて試行ごとに標準刺激を先に与える場合と後に与える場合が等確率でかつ無作為に決定されるように考慮した。

また, 各試行ごとの力量弁別の良否に関する結果の知識は被験者に与えないようにして, 学習効果が生じないように配慮した。さらに, 同じ被験者が毎回同一時間帯に測定を実施することによって測定値に対する日内変動の影響を小さくするように工夫した。1日の比較判断(力量弁別)回数は10回以下としたため, 1個の弁別閾が決定するまでに3~4日の期間を必要としたが, 異なる測定日における力量弁別測定の測定値に影響を及ぼす諸条件は一定であるという作業仮説の下で本研究の測定は行なわれた。

### 3. 弁別閾の決定方法

力量弁別における弁別閾の決定に関しては、筋力発揮による筋肉疲労の影響と幼児の課題に対する注意の持続時間を考慮して測定方法を考案した（村瀬・浅見, 1991）。つまり、標準刺激と標準刺激から一定の間隔で異なる比較刺激との比較（力量の大小の比較）を2件法で行ない、5回の比較判断において全て正しい解答が得られた場合の比較刺激と標準刺激との差異を弁別閾とする方法を採用した。この場合、最高5回の試行において全ての比較判断に正解が出現する確率は、正否の解答が得られる確率が等しいと考えるならば3.125%  $[(1/2)^5]$  となり、一般に推測統計において仮説の採否の基準となる5%よりも小さな値になる。したがって、このような小さな確率の現象が生起したならば、その判断の背後に何らかの判断基準が確立されていると解釈できる。

### 4. 測定変量

前述の弁別閾の測定方法に基づき得られる弁別閾を、標準刺激より比較刺激の方が小さな力量である場合の弁別閾を下弁別閾、及び比較刺激の方が大きな力量である場合のそれを上弁別閾として区別した。上弁別閾と下弁別閾との和を不確定区間とした。以上の3変量が力量の弁別特性を示す変量である。一方、力量の評価特性については、恒常誤差と絶対誤差を測定変量として選択した。主観的等価値を弁別可能な2つの比較刺激の中間に相当する値として推定した後これらの値を算出した。すなわち、恒常誤差は標準刺激と主観的等価値との差異に相当し、絶対誤差はその絶対値である。

### 5. 資料の解析方法

測定値の信頼性を検討する場合には、2回の測定値間のピアソンの相関係数を算出した。標準刺激ごとの各測定変量における差異の検討には、繰り返しのある場合の一要因分散分析法を用いた。また、3動作間の差異を明らかにするためには、完全無作為化法による一要因分散分析法が適用された。さらに、一要因分散分析において有意なF値が認められた

場合には、多重比較検定を行ない平均値間の差異を明らかにした。

### 第3節 結果

#### 1. 2回の測定値間の相関係数

本研究課題では、測定値の信頼性を検討する目的で標準刺激が2.0 kgfの場合に限って測定を2回実施した。2回の測定における上下弁別閾の測定値間の相関係数は表5-2に示す通りである。信頼性の指標となる相関係数は、下弁別閾に関しては0.704~0.818、上弁別閾に関しては0.642~0.841の範囲の値であり、全て1%水準で有意な相関関係を示す値であった。把握及び肘伸展動作における上弁別閾の値は相対的に低い値であった。

#### 2. 上下弁別閾及び不確定区間

動作別の標準刺激ごとの上下弁別閾及び不確定区間の平均値及び標準偏差は表5-3に示す通りである。上下弁別閾及び不確定区間に関しては一要因分散分析の結果、全ての条件において有意な差異が認められた。そこで、多重比較検定を行なった結果(図5-2)、把握に関しては、標準刺激が2.0 kgfと3.0 kgfの場合の上弁別閾の平均値間には有意な差異が認められなかったが、残りの平均値間には有意な差異が認められた。肘屈曲においては、3変量に共通して標準刺激が2.0 kgfと3.0 kgfの場合の平均値間を除く全ての平均値間に有意な差異を示していた。肘伸展においては、上下弁別閾及び不確定区間について全ての平均値間に有意な差異が認められた。3種類の動作に共通して、上下弁別閾及び不確定区間の値は基準となる力量が1.0 kgfから2.0 kgfへと変化する場合に増加する傾向にあった。

3動作間の比較では、標準刺激が1.0 kgf及び2.0 kgfの場合の3変量と下弁別閾の標準刺激が3.0 kgfの場合において一要因分散分析の結果に有意な値を示していた(表5-4)。さらに、多重比較検定の結果(図5-3)、標準刺激が1.0 kgf及び2.0 kgfの時に、3変量に共

通して肘屈曲と肘伸展の動作間で有意な差異が認められた。下弁別閾と不確定区間の標準刺激が 1.0 kgf の場合に把握と肘屈曲間、及び把握と肘伸展の動作間に関しては、下弁別閾の標準刺激が 3.0 kgf の場合にのみ差異が認められた。肘屈曲と肘伸展間の比較では標準刺激が 1.0 kgf 及び 2.0 kgf の場合に、力量弁別の精度を示す 3 変量（上下弁別閾及び不確定区間）において一貫して肘屈曲の方が大きな値を示していた。

### 3. 恒常誤差及び絶対誤差

恒常誤差及び絶対誤差の各標準刺激における平均値及び標準偏差は表 5-3 に示す通りである。恒常誤差に関しては一要因分散分析の結果、把握動作において有意な F 値が認められ、標準刺激が 2.0 kgf と 3.0 kgf の場合に平均値間に有意な差異が認められた（図 5-4）。絶対誤差については、有意な差異が認められたのは肘伸展においてのみであった。さらに、多重比較検定では、標準刺激が 1.0 kgf と 3.0 kgf の場合においてのみ平均値間に差異が認められ、標準刺激が 3.0 kgf の場合により大きな値を示していた（図 5-4）。

動作間での比較においては、一要因分散分析の結果（表 5-4）、恒常誤差の標準刺激が 3.0 kgf の場合においてのみ統計的に有意な値を示していた。多重比較検定の結果、把握及び肘伸展動作の平均値間に差異が認められた（図 5-5）。肘伸展動作における恒常誤差（標準刺激が 3.0 kgf の場合）は把握動作のそれよりも大きな値を示していた。

## 第4節 考察

### 1. 力量弁別に基づく測定方法の信頼性

小林ほか(1983)は5~6歳の幼児を対象として生理学的指標である aerobic power (0.582~0.781, 測定値間の相関係数), 最高心拍数 (0.778~0.807), 最大換気量 (0.708~0.749) 及び呼吸交換比 (0.072~0.547) の信頼性を示しており, 呼吸交換比以外の変量は信頼でき

ることを示唆している。フィールドテストの信頼性に関しては、4～5歳児の棒上片足立ちを除く7項目のテストの信頼性を示す相関係数が0.740～0.940であることが報告されている（村瀬・出村, 1990）。一般に、幼児を対象とした測定においては、ラボラトリーテストやフィールドテストの種類にかかわらず、信頼性を示す相関係数は0.6～0.7以上が必要であると推測される。本研究において新たに考案された弁別閾の測定方法の信頼性はその水準に達しており、この方法は信頼性の面では幼児に対して適用可能であると考えられる。

上弁別閾の信頼性は、把握及び肘伸展において相対的に低かったが、両動作における上弁別閾の標準偏差は肘屈曲動作に比べ小さい値を示していた。テストの信頼性に影響を及ぼす一要因として標本の分散の大きさが考えられる（Baumgartner, 1989）。把握及び肘伸展の信頼性が相対的に低くなった理由の1つとして、これらの動作の標準偏差が肘屈曲のそれよりも小さいこと、つまり、両動作における個人差が相対的に小さいことが考えられる。

## 2. 力量弁別における基本的特性

把握、肘屈曲及び肘伸展の3動作における上下弁別閾及び不確定区間は、標準刺激の相対値（標準刺激を1とした場合）で表すと、それぞれ15.6～38.0%及び34.0～74.0%であった。幼児の重量弁別能力に関する研究では、末利ほか(1972)が標準刺激が120gの軟式テニスボールを用いて弁別閾及び不確定区間を明らかにしている。この研究における弁別閾及び不確定区間を標準刺激の相対値で示すと、それぞれ5.8～8.4%及び11.6～16.8%の範囲の値であった（5～6歳児）。本研究では幼児の諸特性を考慮して、弁別閾の測定方法を新たに考案して測定を実施したが、前述の研究より大きな値が認められた。動作内容や標準刺激の力量の程度に差異はあるが、本研究の測定方法では弁別閾及び不確定区間の値が従来の結果よりも相対的に大きくなる傾向にあると推測される。

一般に、弁別閾は標準刺激が増大するに従って大きくなる。把握、肘屈曲及び肘伸展の各動作における上下弁別閾及び不確定区間に関しても同様な傾向が認められた。特に、標準刺激が1.0 kgf から2.0 kgf の力量に相当する区間では、筋力発揮動作の種類にかかわりな

く力量の増加に伴い弁別閾及び不確定区間が増加すると考えられる。

一方、動作間の比較において、標準刺激が 1.0 kgf 及び 2.0 kgf の時には、力量弁別の精度を示す上下弁別閾及び不確定区間に関して、肘屈曲及び肘伸展の動作間に差異が認められた。力量弁別は主に皮膚感覚及び筋感覚情報に基づいて行なわれると考えられる (Schmidt, 1986)。本研究では、予備実験の段階で幼児にとって通常の肘伸展動作による力量弁別は困難であると考えられたので、前腕を回内して、いわゆる「押す」動作によって力量弁別を実施させた。したがって、直接力量が加わる部位が肘屈曲と肘伸展の両動作とも同一の手頸部の内側であるので、両動作間の差異は皮膚感覚以外の特性の差異によるものと推測される。北本 (1991) は、肘関節の屈曲及び伸展を伴う筋力調節課題における筋放電パターンを明らかにしており、屈曲時と伸展時では上腕二頭筋と上腕三頭筋の放電量が大きく異なることを示唆している。以上のことから、肘屈曲及び肘伸展動作における力量弁別特性間に差異が生じたことには、筋力発揮時の主働筋の種類や筋感覚情報の処理過程の諸特性 (固有受容器の特性など) の違いが関係していると推測される。

### 3. 力量評価における基本的特性

力量の主観的評価に関する研究は、Stevens (1957) 以来、実際の物理的な力量と主観的な力量との対応関係をべき関数で定量化することによって数多く検討されてきた (Eisler, 1962; Hoff, 1971; 伊藤・三條, 1985; Stevens and Mack, 1959)。その対応関係を示すべき指数は 1.5 ~ 1.8 であることが報告されている。しかし、これらの研究の被験者は成人に限られており、発育発達の見点からはほとんど検討されていない。その理由として、第一に従来の測定方法 (比率表出法, マグニチュード表出法など) を幼児に適用することが困難であることが考えられる。このような方法では、被験者が数量概念 (比率概念) を有していることが前提条件となっている。したがって、本研究では新しい方法を考案して測定した。

末利ほか (1972) は、幼児の発現筋力の認知の発達に関する研究において、握力の評価特性を明らかにしている。さらに、末利・千駄 (1978) は背筋力の知覚に関しても検討を行なっ



ている。自己の握力の評価においては、力量の小さいところ（最大筋力の2分の1）では実際の力量を過小評価するが、相対的に大きな力量（最大筋力の3分の2）では過大評価する傾向にあった。本研究課題の恒常誤差についてみると、標準刺激が1.0 kgf 及び 2.0 kgf の場合には共通して恒常誤差が正の値を示し、標準刺激が 3.0 kgf の時には把握及び肘屈曲動作の値が負の値を示していた。力量が増加するに従って、実際の力量の評価が過小評価から過大評価へと変化する結果は、末利ほか (1972) の研究結果と類似している。また、同様な評価傾向は、成人を対象とした把握時（阿部, 1956）あるいは肘関節の屈曲時（Jones and Hunter, 1982）についても報告されている。動作によっては、被験者の発育発達水準に関係なく幼児から成人において共通する特性があると推測される。

一方、実際の力量と主観的な力量との差異の程度を示す絶対誤差に関しては、肘屈曲及び伸展の両動作における標準刺激との対応関係が類似していた。しかし、把握動作では異なる傾向を示し、変化の幅が他の動作よりも相対的に小さかった。日常生活や運動場面では、他の2動作に比べ物を把握する機会が多いと考えられる。絶対誤差の程度には、その動作を用いる回数などが関係しているかもしれない。

3動作間の比較において、力量の評価特性を示す恒常誤差及び絶対誤差に関して、動作間でほとんど差異が認められなかった。前述の力量弁別の場合とは異なり、力量の評価特性については、発揮動作間で差異が認められないと推測される。

## 第5節 要約

幼児（平均年齢 5.7～5.9 歳）を対象として、把握、肘屈曲及び肘伸展の3種類の動作での力量弁別測定を実施した。力量弁別に基づく測定における測定値の信頼性の検討、さらに、力量弁別及び評価特性を異なる3種類の筋力発揮動作から得られる特性値の相互比較から検討した結果、いくつかの知見が得られた。測定方法の信頼性に関しては、2回の測

定値間の相関係数（標準刺激が 2.0 kgf の場合の上下弁別閾）が、0.642～0.841 の範囲の値であり、信頼性の面で幼児に対して力量弁別に基づく測定方法が適用可能であることが示唆された。力量弁別の精度を示す上下弁別閾及び不確定区間は、基準となる力量が 1.0 kgf から 2.0 kgf へと増加するに従い大きくなるが、力量評価の指標である恒常誤差と絶対誤差に関しては、基準となる力量の大きさとの間に 3 動作に共通する明確な対応関係は認められなかった。さらに、基準となる力量が 1.0 kgf 及び 2.0 kgf の場合に、肘屈曲及び肘伸展動作の力量弁別特性間に差異が認められ、肘屈曲時の力量弁別の方が困難であるのに対し、力量評価特性の発揮動作間における差異はほとんど認められなかった。

図表

Table 5-1 Physical characteristics of subjects

Motion		Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	MVC (N)
Grip	(n=20)	5.7 (0.4)	111.0 (4.4)	18.6 (1.9)	85.4 (21.8)
Elbow [f]	(n=20)	5.7 (0.5)	110.7 (4.5)	18.7 (2.0)	55.6 ( 8.1)
Elbow [e]	(n=20)	5.9 (0.5)	112.0 (4.7)	19.3 (1.9)	66.3 (12.5)
F <sup>†</sup>		1.127 <sup>ns</sup>	0.483 <sup>ns</sup>	0.599 <sup>ns</sup>	—

Mean (SD), f: flexion, e: extension, ns: not significant ( $p>0.05$ ),

MVC: maximal voluntary contraction,

<sup>†</sup> F-ratio calculated in one-way ANOVA

Table 5-2 Test-retest reliability for LT and UT at standard stimulus of 2.0 kgf

Motion	LT	UT
Grip	0.704 <sup>**</sup>	0.680 <sup>**</sup>
Elbow [f]	0.800 <sup>**</sup>	0.841 <sup>**</sup>
Elbow [e]	0.818 <sup>**</sup>	0.642 <sup>**</sup>

LT: lower threshold, UT: upper threshold, f: flexion, e: extension, \*\*  $p<0.01$

Table 5-3 Means and standard deviations for LT, UT, IU, CE and AE

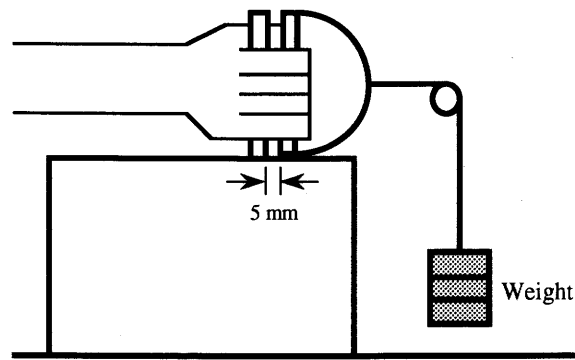
Motion / Variable	Standard stimulus			F <sup>†</sup>	
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf		
Grip	LT	0.268 (0.116)	0.428 (0.119)	0.625 (0.260)	30.443**
	UT	0.305 (0.119)	0.483 (0.137)	0.565 (0.199)	17.187**
	IU	0.573 (0.181)	0.910 (0.220)	1.190 (0.433)	29.787**
	CE	0.019 (0.075)	0.028 (0.066)	-0.030 (0.082)	4.036*
	AE	0.056 (0.052)	0.048 (0.053)	0.060 (0.063)	0.308
Elbow [f]	LT	0.360 (0.134)	0.523 (0.148)	0.585 (0.132)	19.088**
	UT	0.380 (0.139)	0.543 (0.158)	0.580 (0.141)	15.169**
	IU	0.740 (0.245)	1.065 (0.269)	1.165 (0.189)	29.625**
	CE	0.010 (0.061)	0.010 (0.074)	-0.003 (0.099)	0.168
	AE	0.048 (0.038)	0.058 (0.045)	0.078 (0.058)	1.862
Elbow [e]	LT	0.248 (0.094)	0.375 (0.143)	0.468 (0.129)	28.223**
	UT	0.290 (0.079)	0.383 (0.103)	0.553 (0.127)	40.713**
	IU	0.538 (0.147)	0.758 (0.207)	1.020 (0.212)	52.529**
	CE	0.021 (0.046)	0.004 (0.069)	0.043 (0.072)	2.411
	AE	0.036 (0.035)	0.056 (0.039)	0.073 (0.039)	6.053**

Mean (SD), unit: kgf, f: flexion, e: extension, \*\* p<0.01, \* p<0.05,  
 LT: lower threshold, UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty,  
 CE: constant error, AE: absolute error, † F-ratio calculated in one-way ANOVA

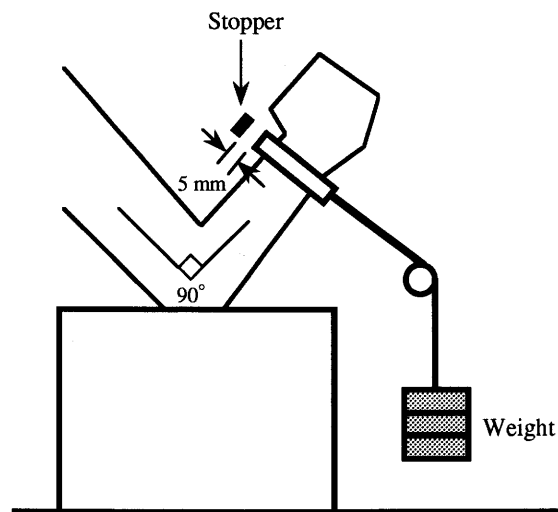
Table 5-4 Results of one-way ANOVA among 3 motions

Variable	Standard stimulus		
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf
LT	5.356**	5.943**	3.960*
UT	3.513*	7.202**	0.150
IU	6.155**	8.680**	1.885
CE	0.182	0.624	3.718*
AE	1.128	0.282	0.552

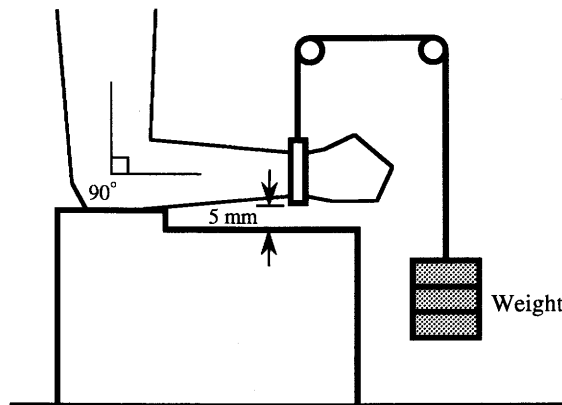
Values are F-ratios calculated in one-way ANOVA.  
 LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
 IU: interval of uncertainty, CE: constant error,  
 AE: absolute error, \*\* p<0.01, \* p<0.05



Grip motion



Elbow flexion motion



Elbow extension motion

Fig. 5-1 Schematic of apparatus for each motion

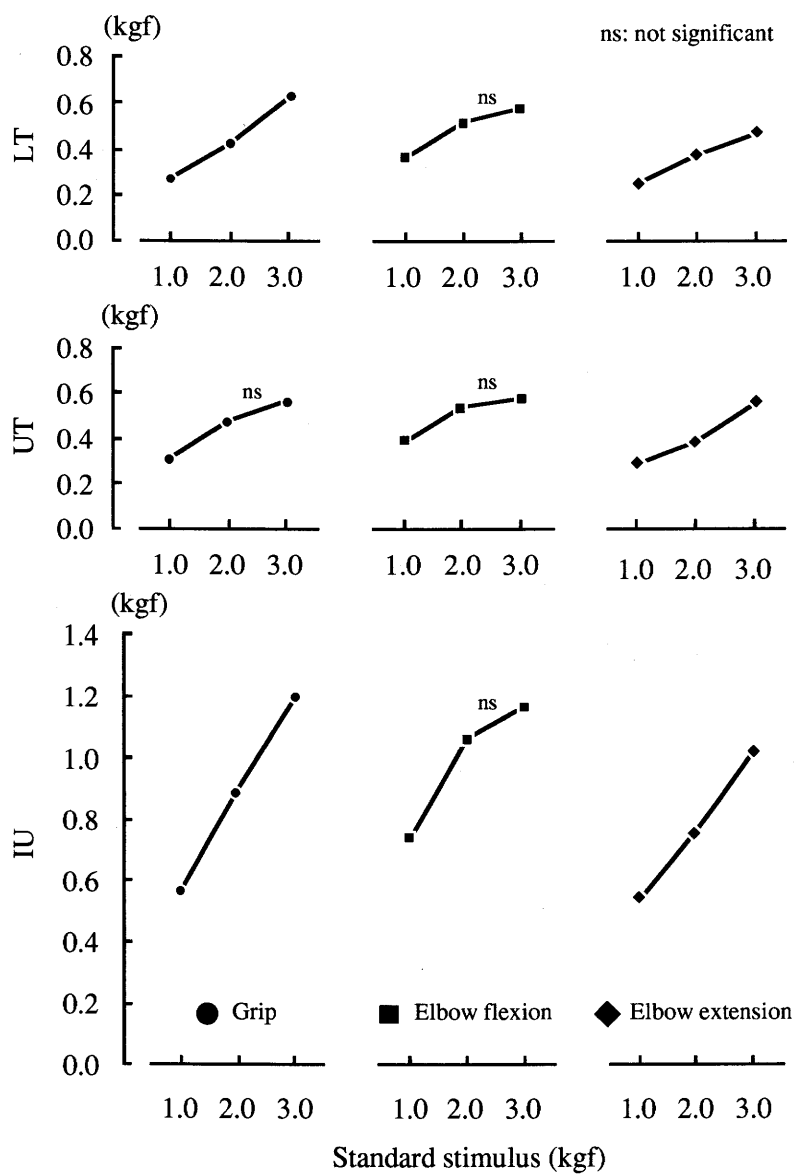


Fig. 5-2 Change of lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) for each motion in discrimination of force

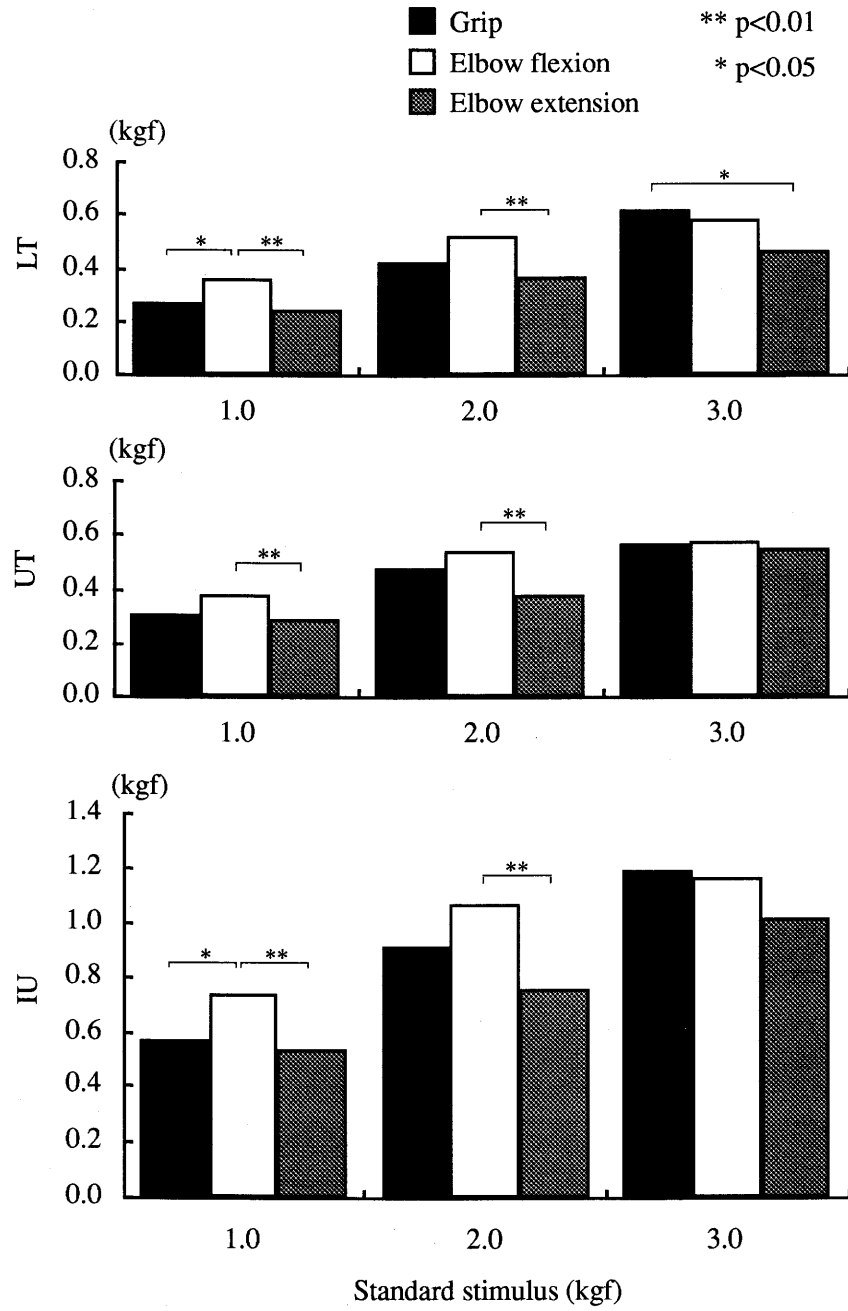


Fig. 5-3 Lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) for each motion in discrimination of force

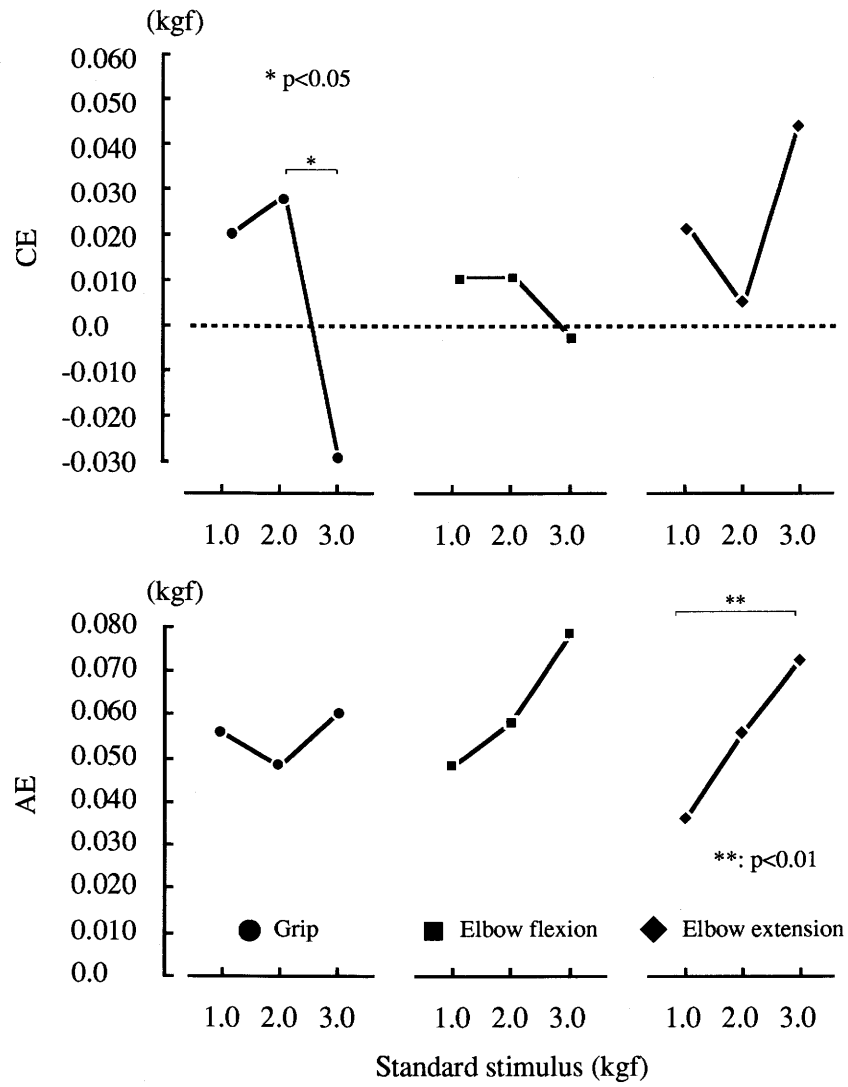


Fig. 5-4 Change of constant error (CE) and absolute error (AE) for each motion in rating of force



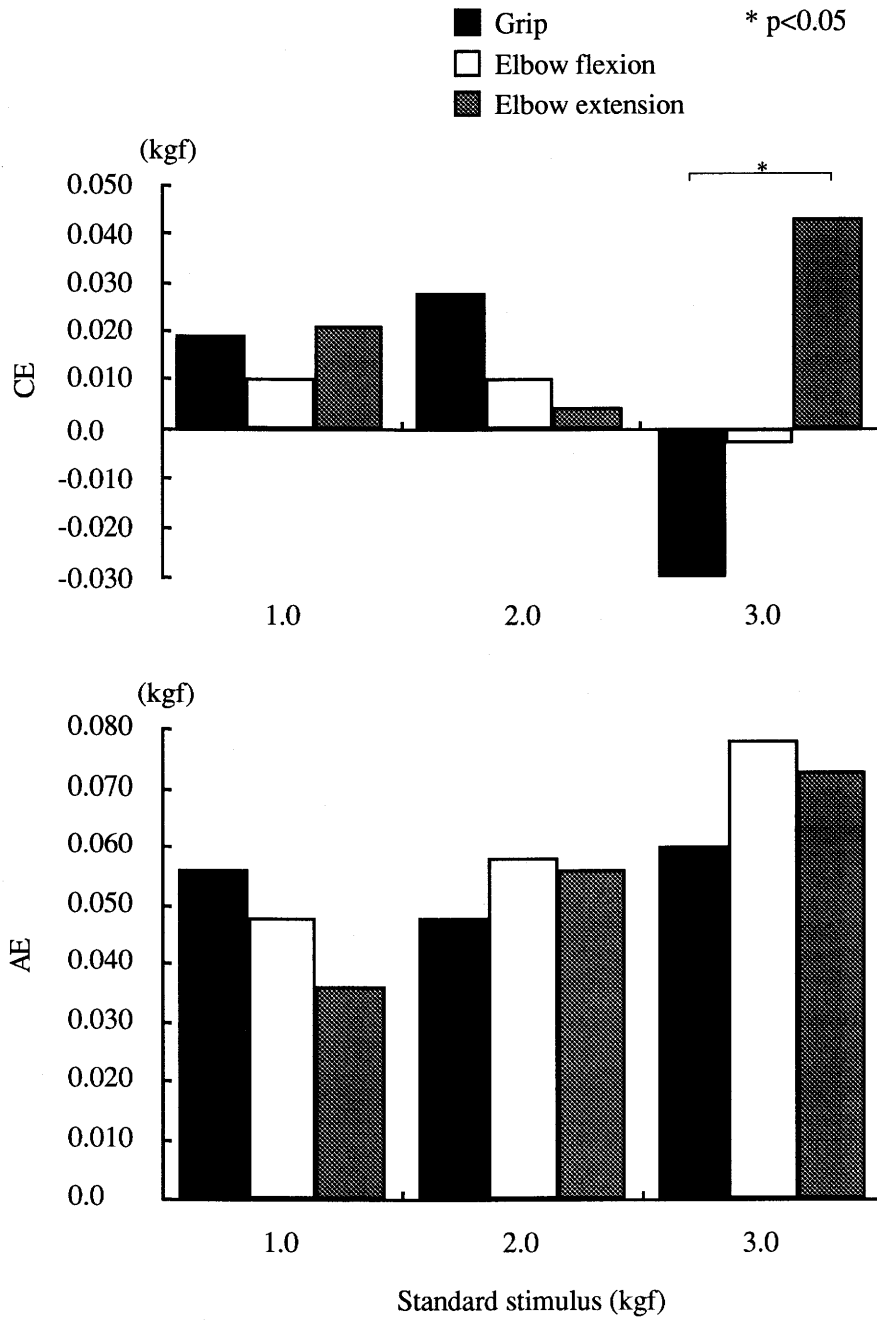


Fig. 5-5 Constant error (CE) and absolute error (AE) for each motion in rating of force

## 第6章 研究課題2

## 第6章 力量弁別及び評価特性の個人内での関連性（研究課題2）

## Examination 2

*Intra-individual relationships among motions and force levels on discrimination and rating of force — The purposes of chapter 6 were (1) to determine the intra-individual characteristics of force perception for preschool children aged 5.0 to 6.6 years, and (2) to examine the validity of total score estimated by the sum of 3 standard scores. A total of 20 children participated in this study for about 9 to 12 weeks. Consecutive discriminations of force using an upper arm were followed in grip, elbow flexion and elbow extension motions. Variables were lower threshold, upper threshold, interval of uncertainty, constant error, and absolute error. Pearson's correlation coefficients were calculated to examine the relationships between performances and between total score and each performance. Results were discussed in terms of both the discrimination and rating of force. For all motions, there were weak relationships between performances among different standard stimuli. Performances for the grip motion correlated with those for elbow extension motion in the discrimination of force but not in rating of force. The total score calculated based on three standard scores represented a performance at each standard stimulus in all motions. Therefore, it was suggested that total score was useful in measurement and assessment of force perception for preschool children.*

## 第1節 緒言

身体運動は筋肉の収縮及び弛緩によって成就されるため、筋力の発揮特性に関する研究が数多く認められる。発育発達期にある幼児に関しても、各種筋力の加齢に伴う変化及び性差（出村ほか, 1990；船渡, 1988；金子ほか, 1990；水谷ほか, 1973）、等尺性（青木ほか, 1983；青木・玉木, 1988；浅井・石河, 1984）あるいは等速性（小林ほか, 1989；1990）筋力発揮における基本的特性などが明らかにされている。しかし、随意的な筋力調節に関与する主観的過程である力量知覚に関する研究は少なく、基本的特性（村瀬・浅見, 1993b）や加齢

に伴う変化（末利ほか, 1972；末利・千駄, 1978）が検討されているだけである。さらに、筋力の発揮動作は多様であるにもかかわらず、異なる筋力発揮動作での特性間の関連性など力量知覚に関する個人内での関連性についてはほとんど検討されていない。

研究課題2では、幼児の上肢を用いた把握、肘関節の屈曲（以下、肘屈曲）及び伸展（以下、肘伸展）時における力量弁別及び評価特性の個人内における関連性として、以下の3点を明らかにすることを目的とする。つまり、異なる力量水準における特性値間の個人内での関連性、3種類の筋力発揮動作間の個人内での関連性、及び測定評価の立場から、異なる力量水準における測定値と合成変量との関連性を明らかにする。

## 第2節 方法

### 1. 被験者

被験者は5.0～6.6歳の幼児男女20名であった（表6-1）。各筋力発揮動作での力量弁別測定の実施には約3～4週間の期間を必要とするため、本研究課題の被験者は約9～12週間の測定に参加した幼児であった。また、Bryden (1977)の方法に従い利き手の検査を実施した結果、全ての被験者が右手利きであると判定され、利き手を用いて力量弁別を実施した。

### 2. 筋力発揮動作及び測定条件

### 3. 弁別閾の決定方法

### 4. 測定変量

以上の3項目は、研究課題1の場合と同じである（第5章の研究課題1を参照）。

### 5. 資料の解析方法

各変量における標準刺激相互間の関連性の検討においては、ピアソンの相関係数を用い

て検討を行なった。さらに、本研究課題ではそれぞれの標準刺激における各測定値を標準化した後、上下弁別閾、不確定区間、恒常誤差及び絶対誤差の各変量ごとに総合得点（標準得点の総和）を算出して、総合得点と各標準刺激における測定値との関連性を検討した。動作間の関連性は、これらの総合得点間のピアソンの相関係数を算出して検討した。

### 第3節 結果

#### 1. 各標準刺激における測定値間の相関係数（表 6-2）

下弁別閾については、肘伸展の標準刺激が 1.0 kgf と 2.0 kgf の場合の両測定値間に 5 % 水準で有意な値が認められた。上弁別閾に関しては、肘屈曲における標準刺激が 2.0 kgf と 3.0 kgf の場合に有意な値を示していた。不確定区間に関しては、下弁別閾の結果と同様に肘伸展における標準刺激が 1.0 kgf と 2.0 kgf の場合に有意な相関係数が認められた。

一方、恒常誤差については把握の標準刺激が 2.0 kgf と 3.0 kgf の場合に、5 % 水準で有意な相関関係が認められた。また、絶対誤差に関しては、把握の標準刺激が 1.0 kgf と 3.0 kgf 及び肘伸展の標準刺激が 2.0 kgf と 3.0 kgf の場合に有意な相関係数を示していた。全般的に、各標準刺激における測定値間の関連性は低い傾向にあることが認められた。

#### 2. 各筋力発揮動作における測定値間の相関係数（表 6-3）

把握、肘屈曲及び肘伸展の動作間の相関係数は表 6-3 に示す通りである。上弁別閾及び不確定区間では、把握と肘伸展の動作間に 1 % 水準で有意な相関係数が認められたが、肘屈曲動作と他の 2 動作との相関係数は統計的に有意ではなかった。恒常誤差に関しては、肘屈曲と肘伸展との動作間においてのみ有意な負の相関関係が認められた。把握と肘屈曲間の恒常誤差の場合を除く全ての値は負の相関係数であった。一方、絶対誤差に関しては、動作間に統計的に有意な相関関係は認められなかった。

### 3. 総合得点と各標準刺激における測定値との相関係数（表 6-4）

標準得点の総和に基づき算出された総合得点と各測定値との関連性を示す相関係数は、0.588～0.857（下弁別閾）、0.599～0.865（上弁別閾）及び0.635～0.854（不確定区間）の範囲の値であった。いずれも1%水準で有意な相関関係を示す値であった。力量弁別の精度を示す上下弁別閾及び不確定区間に関しては、標準得点の総和による総合得点と各力量水準における結果との間に比較的高い相関関係が認められた。

恒常誤差の総合得点と各標準刺激における値との相関係数は0.469～0.831であり、全て有意な値であった。絶対誤差に関しては、肘屈曲の標準刺激が3.0 kgfの場合を除く全ての相関係数が有意な値（0.477～0.847）を示していた。力量の評価特性を示す恒常誤差及び絶対誤差に関しても、力量弁別の精度を示す3変量と同様に、ほとんどの場合に総合得点とそれぞれの力量水準における結果との間に統計的に有意な相関関係が認められた。

## 第4節 考察

### 1. 力量弁別及び評価特性の異なる力量水準間での関連性

力量弁別特性の指標となる上下弁別閾及び不確定区間の結果に関しては、異なる力量水準における成績間に、ほとんどの条件で正の相関係数が得られたが、関連性の程度は低かった。つまり、幼児の筋力発揮においては、力量が増加あるいは減少する場合に、個人内で共通する特性が認められないと推測される。力量弁別の精度は、筋力発揮時に関与する筋肉内の固有受容器の特性や加えられる力量に対する皮膚感覚の感受性、さらに情報を処理する中枢の特性などによって決定されると考えられる（Schmidt, 1986）。しかし、それらの関与の程度が基準となる力量水準の大きさによって異なるため、本研究課題のような結果が得られたと推測される。幼児の力量弁別特性における種々の要因の関与の程度については、今後検討していく必要があると考えられる。

力量評価に関しても、力量弁別の場合と類似する傾向が認められた。集団の平均的傾向では、力量評価において法則的な特徴を示すことが知られている (Eisler, 1962; Hoff, 1971; 伊藤・三條, 1985; Stevens and Mack, 1959; Stevens, 1957)。しかし、個人内では力量弁別特性と同様に、異なる力量水準における成績間の関連性が低いと考えられる。

## 2. 力量弁別及び評価特性の異なる発揮動作間での関連性

把握と肘伸展との間で、上弁別閾と不確定区間に関しては中程度の関連性が認められた (図 6-1~2)。下弁別閾においても両動作間の相関係数は他の動作間のそれより相対的に大きな値を示していた。したがって、異なる筋力発揮動作による力量弁別において、把握及び肘伸展時では個人内での関連性の程度が比較的高いと推測される。

一方、力量評価に関しては、恒常誤差において肘屈曲と肘伸展間に負の相関関係が認められた。これは個人内で肘屈曲と肘伸展時の力量を主観的に評価する場合の尺度構成が異なることを示唆している。末利ほか (1972) は幼児を対象とした研究において、重量弁別テストにおける恒常誤差を基準に、上位群と下位群の再現握力の正確性について調べている。その結果、重量弁別テストにおいて成績の良い者が必ずしも握力の主観的な評価において優れているとは限らないことが明らかにされている。力量評価に関しては、筋力発揮動作が異なる場合、その特性の個人内での関連性が低いと考えられる。

## 3. 力量弁別及び評価特性の合成変量による評価

本研究課題では、それぞれの力量水準における測定値の標準得点から各変量における総合得点を算出した。力量弁別の精度を示す上下弁別閾及び不確定区間に関しては、測定値と総合得点との間に比較的高い相関関係が認められた。つまり、標準得点に基づく総合的な指標が、それぞれの力量における成績をある程度代表していると解釈できる。力量評価特性に関しては、弁別特性の結果より相対的に相関関係が低い傾向にあるが、全体的に総合得点と各力量水準での成績との間に関連が認められた。今後、測定値の信頼性 (村瀬・浅

見, 1993b) をさらに高めるなど測定方法に関する問題点を改善すれば, この総合的な合成変量が幼児の力量知覚特性を示す変量として利用することが可能になると考えられる。

## 第5節 要約

本研究課題では, 5.0~6.6歳の幼児を対象として3種類の筋力発揮動作(把握, 肘屈曲及び肘伸展)による力量弁別測定を実施し, 力量弁別及び評価特性における個人内特性を明らかにした。基準となる力量水準が異なる場合の個人内での関連性, 異なる筋力発揮動作間の個人内での関連性, 及び力量弁別及び評価特性の評価における合成変量の有効性の検討の結果, 次のことが明らかになった。つまり, 幼児の筋力発揮を伴う力量弁別及び評価特性に関しては, 個人内の異なる力量水準における特性値間に関連性がほとんど認められない。また, 異なる筋力発揮動作での力量弁別特性間では, 個人内で把握及び肘伸展の動作間に関連性が認められるが, 力量評価に関しては, それぞれの筋力発揮動作固有の特性がある。さらに, 測定評価の立場から検討した結果, 異なる力量における標準得点の総和に基づき算出される総合得点は, 各力量水準における測定値と関連性が高く, この合成変量を幼児の力量弁別及び評価特性を表す指標として利用できることが示唆された。



図表

Table 6-1 Physical characteristics of subjects

Characteristic	Mean (SD)
Age (yrs)	5.9 (0.4)
Height (cm)	111.9 (4.2)
Weight (kg)	19.1 (2.0)
MVC [G] (N)	85.6 (21.7)
MVC [F] (N)	56.2 (8.0)
MVC [E] (N)	66.6 (12.6)

G: grip, F: elbow flexion, E: elbow extension,  
MVC: maximal voluntary contraction

Table 6-2 Correlation coefficients between standard stimuli for LT, UT, IU, CE and AE in 3 motions

Variable / Motion	1.0 - 2.0	1.0 - 3.0	2.0 - 3.0
[LT] G	0.356	0.357	0.368
	0.401	0.123	0.086
	0.538*	0.098	0.387
[UT] G	-0.019	0.305	0.373
	0.430	-0.011	0.456*
	0.392	-0.010	0.247
[IU] G	0.270	0.425	0.338
	0.509	0.134	0.326
	0.536*	0.054	0.349
[CE] G	-0.204	0.124	0.506*
	0.111	-0.123	0.251
	0.297	0.026	0.265
[AE] G	-0.237	0.484*	0.179
	0.135	-0.216	-0.276
	0.093	-0.129	0.580**

\*\* p<0.01, \* p<0.05, LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
IU: interval of uncertainty, CE: constant error, AE: absolute error,  
G: grip, F: elbow flexion, E: elbow extension

Table 6-3 Correlation coefficients between motions for LT, UT, IU, CE and AE

Variable	G-F	G-E	F-E
[LT]	0.025	0.298	0.163
[UT]	0.370	0.575**	0.121
[IU]	0.177	0.572**	0.332
[CE]	0.151	-0.227	-0.473*
[AE]	-0.107	-0.202	-0.176

LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
 IU: interval of uncertainty, CE: constant error,  
 AE: absolute error, \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ ,  
 G: grip, F: elbow flexion, E: elbow extension

Table 6-4 Correlations between total score and LT, UT, IU, CE and AE at each standard stimulus

Variable / Motion	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
[LT]	G	0.754**	0.759**	0.759**
	F	0.742**	0.724**	0.588**
	E	0.728**	0.857**	0.661**
[UT]	G	0.619**	0.651**	0.808**
	F	0.651**	0.865**	0.663**
	E	0.670**	0.794**	0.599**
[IU]	G	0.753**	0.714**	0.783**
	F	0.739**	0.826**	0.657**
	E	0.720**	0.854**	0.635**
[CE]	G	0.469*	0.663**	0.831**
	F	0.530*	0.730**	0.605**
	E	0.647**	0.764**	0.632**
[AE]	G	0.635**	0.480*	0.847**
	F	0.608**	0.568**	0.336
	E	0.477*	0.827**	0.718**

LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
 IU: interval of uncertainty, CE: constant error,  
 AE: absolute error, \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ ,  
 G: grip, F: elbow flexion, E: elbow extension

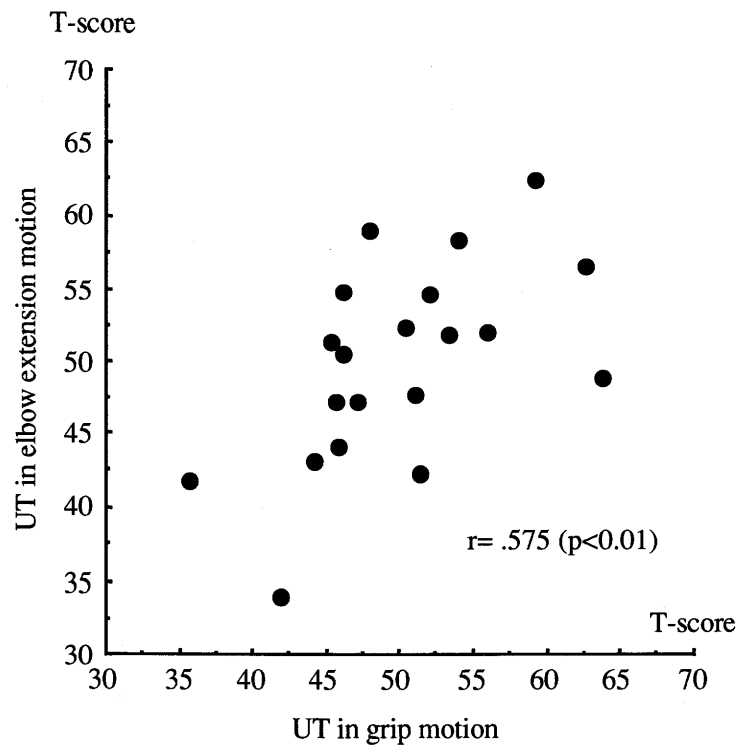


Fig. 6-1 Correlation between grip and elbow extension motions for upper threshold (UT)

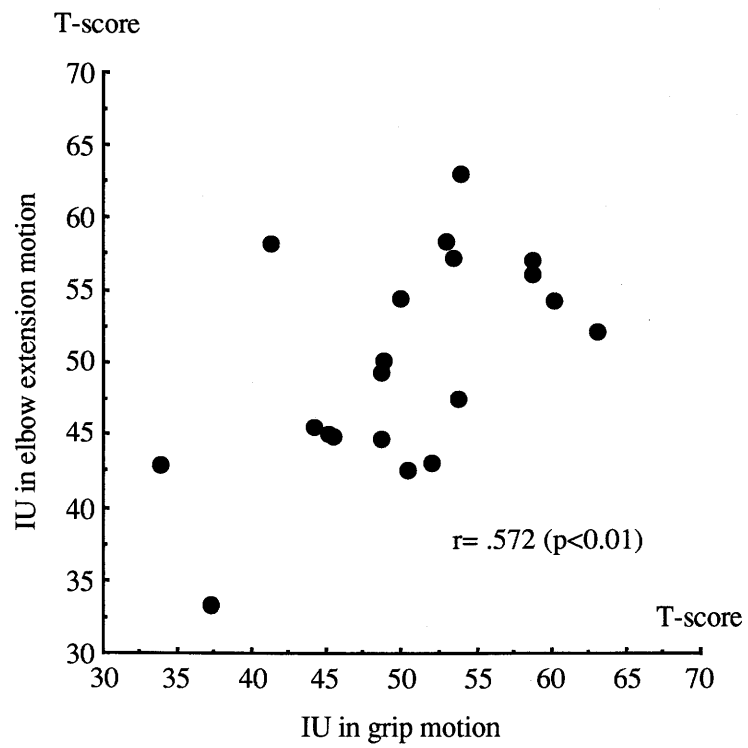


Fig. 6-2 Correlation between grip and elbow extension motions for interval of uncertainty (IU)

## 第7章 研究課題3

## 第7章 力量弁別及び評価特性の左右上肢間の差異と関連性（研究課題3）

## Examination 3

*Lateral dominances and relationships between the right and left sides on discrimination and rating of force* — The purpose of chapter 7 was to clarify the differences and relationships between performances with the right or left upper limb on the characteristics of discrimination and rating of force for grip, elbow flexion and extension in preschool children. Ten Japanese boys and girls (mean age: 5.5 to 5.6 years) in each motion took part in the measurement and performed discriminations of force with the right or left upper limb separately. The measurement was conducted twice to increase the reliability of tests, and 2-factor analysis of variance (ANOVA) was applied to the data considering the relationships between the performances and force levels. Standard stimuli were 3 forces of 1.0 kgf, 2.0 kgf and 3.0 kgf, and comparison stimulus changed at an interval of 0.1 kgf. Lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) were selected as variables to measure the characteristics of discrimination of force, while constant error (CE) and absolute error (AE) were chosen for those of rating of force. The results of 2-factor ANOVA revealed that the characteristics of discrimination of force correlated closely with the force levels regardless of which side of the upper limb was used but not for rating of force. Although in elbow flexion the interactions (side × force) for LT and IU were significant ( $p < 0.05$ ), there were no differences between performances for right and left hand or arm, and it was found that the relationships between upper limbs would be weak. Consequently, it was suggested that the peripheral receptors rather than central nervous system contributed relatively more to the performances on force perception in preschool childhood.

## 第1節 緒言

随意的な筋力発揮時の力量知覚の研究は、主に上肢（阿部, 1956；Hoff, 1971；伊藤・三條, 1985；北本, 1979；Stevens, 1957；Stevens and Galanter, 1957；Stevens and Mack, 1959）や下肢（Eisler, 1962；北本, 1984）を用いた動作で検討されてきた。発育発達段階にある幼児に関

しては、把握、肘関節の屈曲及び伸展動作についての研究が認められ、力量弁別及び評価特性の加齢に伴う変化（末利・千駄, 1978）、動作間における差異（村瀬・浅見, 1993b）、個人内での関連性（村瀬・浅見, 1992a）及び運動能力や調整力との関係（Murase and Asami, 1993）が明らかにされている。しかし、四肢においては左右肢が存在するにもかかわらず、従来の研究では利き手などの一方の側についてのみ検討されることが多く、力量弁別及び評価特性の左右上肢間における差異や関連性の検討は少ない（小野ほか, 1966）。

上肢を用いた身体運動における知覚の研究は、位置、運動（移動速度など）及び力量に関して行なわれている。例えば、位置の知覚については、肩関節の水平面（倉田ほか, 1981）及び鉛直面（大庭ほか, 1971）や肘関節（宮崎ほか, 1982）についての研究が認められる。これらの研究においては、左右上肢の成績間の差異について言及しているが、対象となる関節及び動作によって異なる結果が示されている。また、重量弁別に関しても同様な検討が数多く行なわれているが、実験条件あるいは被験者の属性の差異により種々の結論が導かれている（Brodie, 1988；菊池, 1969）。したがって、上肢を用いた知覚の諸特性については、発揮動作別に詳細に検討する必要があるだろう。さらに、タッピング（Hiscock and Kinsbourne, 1978；Rudel et al., 1984）や四肢動作の協応性を示す叩打動作（渡辺・川原, 1976）では、幼児期において既に左右差が認められることが報告されており、幼児期の力量知覚特性に関しても、左右上肢間の差異や関連性の検討を行なう必要があると考えられる。

研究課題3の目的は、把握、肘関節の屈曲（以下、肘屈曲）及び伸展（以下、肘伸展）時の力量弁別及び評価特性の左右上肢間の差異と関連性を明らかにすることである。以上の検討から、力量知覚特性を規定する要因についての分析が可能になると考えられる。

## 第2節 方法

### 1. 被験者

被験者は、把握、肘屈曲及び肘伸展の各動作につき幼児10名（男女各5名）であった。各動作別の被験者の年齢、身長、体重及び最大随意筋力は表7-1に示す通りである。被験者は、左右両上肢を別々に用いて力量弁別を行なった。Bryden (1977)の利き手の検査を実施した結果、3種類の動作別の被験者全員が右手利きであると判定された。また、全ての動作における最大随意筋力の左右上肢間に統計的に有意な差異は認められなかった。

### 2. 筋力発揮動作及び測定条件

筋力発揮動作及び主な測定条件は研究課題1の場合と同じである。但し、本研究課題では測定値の信頼性を高める目的で力量弁別に基づく測定を2回実施し、2回の測定値の平均値を代表値とした。本研究の力量弁別に基づく測定における測定値の信頼性（測定値間の相関係数）は、1回の測定では、上下弁別閾に関して0.680～0.704（把握）、0.800～0.841（肘屈曲）及び0.642～0.818（肘伸展）であることが明らかにされている（村瀬・浅見, 1993b）。したがって、Spearman-Brownの信頼性の予測式（Baumgartner, 1989）によれば、測定回数を2倍にすることにより、前述の信頼性は、それぞれ、0.810～0.826（把握）、0.889～0.914（肘屈曲）及び0.782～0.900（肘伸展）に増加することが予測され、信頼性を示す相関係数は従来の幼児を対象とした力量弁別及び評価特性に関する報告（村瀬・浅見, 1992a；1993a；1993b；Murase and Asami, 1993）よりも高くなると考えられる。

### 3. 弁別閾の決定方法

### 4. 測定変量

以上の2項目は、研究課題1の場合と同じである（第5章の研究課題1を参照）。



## 5. 資料の解析方法

把握、肘屈曲及び肘伸展の各動作における力量弁別及び評価特性を示す測定変量、特に弁別特性の指標である上下弁別閾と不確定区間は基準となる力量の増加に伴い大きくなることが報告されている（村瀬・浅見, 1993b）。したがって、左右上肢間の差異の検討は、測定値と発揮力量の大きさとの関係を考慮して、重複測定による二要因分散分析法を用いて行なった。また、左右上肢間の測定値の関連性についても検討を行なった。5変量に関して、各標準刺激における測定値の標準得点の総和に基づく合成変量が、各々の測定値と関連性が高く、幼児の力量知覚特性の評価に有効であることが示唆されている（村瀬・浅見, 1992a）。左右上肢間の関連性の検討は、各変量ごとに標準得点の総和に基づく合成変量を求め、その合成変量間のピアソンの相関係数を算出することによって行なった。

## 第3節 結果

### 1. 把握動作

把握時の上肢別の力量弁別測定における上下弁別閾、不確定区間、恒常誤差及び絶対誤差の平均値及び標準偏差は表 7-2 に示す通りである。弁別特性を示す3変量の値は、左右両上肢に共通して標準刺激の力量の増加に伴い大きな値を示していた。二要因分散分析の結果（表 7-5）、弁別特性を示す3変量において力量の要因に有意な主効果が認められ、上肢の側に関係なく、3変量の値は標準刺激の力量の増加とともに大きくなる傾向にあった。恒常誤差及び絶対誤差に関しては、主効果と交互作用におけるF値が有意ではなかった。

把握時の合成変量による左右上肢間の相関係数は表 7-6 に示す通りである。弁別特性を示す3変量の値は全て正の値であり 0.139~0.282 の範囲の値であった。評価特性を示す変量については、恒常誤差が -0.076 及び絶対誤差が 0.484 であった。絶対誤差に関しては相対的に大きな相関係数が得られたが、統計的に有意な相関関係は認められなかった。

## 2. 肘屈曲動作

肘屈曲時の上肢別の測定結果は表 7-3 に示す通りである。弁別特性に関する 3 変量については、右上肢の値が力量の増加に伴い大きくなる傾向にあるのに対し、左上肢の値は標準刺激が 2.0 kgf から 3.0 kgf に増加する場合に減少する傾向を示していた。力量と上肢の側による二要因分散分析の結果（表 7-5），弁別特性を示す 3 変量に関しては，把握時の結果と同様に力量の要因に有意な主効果が認められたが，さらに下弁別閾及び不確定区間においては，力量と上肢の側の 2 要因による交互作用の F 値が統計的に有意であった。肘屈曲時の弁別特性には，把握及び肘伸展（後述）の場合とは異なる要因が関与すると推測される。

両上肢間の相関係数（表 7-6）は，5 変量全てが正の値を示し，弁別特性の 3 変量では 0.258～0.492，評価特性の 2 変量では 0.068～0.233 の範囲の値が認められた。上弁別閾及び不確定区間の値は相対的に大きな相関係数を示していたが有意な値ではなかった。

## 3. 肘伸展動作

肘伸展時の両上肢における結果は表 7-4 に示す通りである。弁別特性を示す 3 変量と評価特性を示す絶対誤差の値は，両上肢とも標準刺激の力量の増加に伴い大きくなる傾向を示していた。二要因分散分析の結果（表 7-5）において，恒常誤差を除く 4 変量における力量要因の主効果に有意な値が認められた。4 変量に共通して標準刺激の力量増加に従い両上肢の値が共に大きくなる傾向を示していた。評価特性に関して，力量の要因についての主効果に有意な値が得られたのは，肘伸展動作の絶対誤差においてのみであった。

左右上肢別の合成変量に基づく相関係数は表 7-6 に示す通りである。弁別及び評価特性を示す 5 変量における相関係数の絶対値は 0.011～0.255 の範囲の値であり，左右上肢間の関連性を示す相関係数は他の動作の場合よりも相対的に低い値であった。

## 第4節 考察

### 1. 力量弁別特性の左右上肢間の差異

把握、肘屈曲及び肘伸展の3種類の動作において、力量の大きさと弁別特性（上下弁別閾及び不確定区間）との間に関連があることが再確認された（村瀬・浅見, 1993b）。しかし、用いる上肢の側の要因における主効果は全て有意ではなかった。したがって、これらの動作時の左右上肢における力量弁別特性間には差異が認められないと推測される。

肘屈曲時の下弁別閾と不確定区間に関しては、力量と上肢の側の2つの要因による交互作用に有意性が認められた。把握及び肘伸展動作においては、力量増加に伴い両上肢の上下弁別閾及び不確定区間が大きくなる傾向にあった。しかし、肘屈曲動作に関しては、右上肢の値は把握及び肘伸展の場合と同様であったが、左上肢の値は標準刺激が2.0 kgfから3.0 kgfへと増加する場合に減少する傾向を示していた（図7-2）。同じ動作を用いた研究（村瀬・浅見, 1993b）では、力量の弁別特性を示す3変量の力量増加に伴う変化が明らかにされている。つまり、他の動作とは異なり肘屈曲時の3変量の値は、標準刺激が1.0 kgfと2.0 kgfの間で有意な差異を示すが、2.0 kgf～3.0 kgfの間では増加量が有意ではないことが認められている。また、個人内の異なる力量水準におけるパフォーマンス相互間の関連性が低いことから、基準となる力量水準の大きさにより弁別特性を規定する要因の関与の程度が異なることが示唆されている（村瀬・浅見, 1992a）。以上のことから、肘屈曲時の力量弁別特性に対しては、基準となる力量の増加に従い力量水準の要因に加えて用いる上肢の側の要因がさらに関与してくると推測され、左上肢における減少傾向には、特に、上肢の側についての要因の関与の程度が関係していると考えられる。

### 2. 力量評価特性の左右上肢間の差異

力量評価特性の指標となる2変量については、肘伸展動作における絶対誤差に関して力量要因の主効果に有意性が認められ、左右両上肢の値が力量の増加に伴い大きくなる傾向

にあり、先行研究（村瀬・浅見, 1993b）と一致する結果を示していた。しかし、その他の条件では力量や用いる上肢との関連性は認められなかった。力量評価についても力量弁別特性と同様に、左右上肢間で差異が認められないと推測される。また、3種類の動作時の力量評価特性を規定する要因として力量や上肢の側以外の要因が存在すると考えられる。

上肢を用いた位置、運動（移動速度など）及び力量の知覚は、固有受容器（関節受容器、筋紡錘、腱紡錘など）からの求心性の入力に基づいていると考えられている（Schmidt, 1986）。上肢位置の主観的な評価特性に関しては、肩関節（倉田ほか, 1981；大庭, 1971）及び肘関節（宮崎ほか, 1982）を軸とした場合の研究が認められ、左右上肢間の差異についても検討がなされているが、左右上肢における成績間にはほとんど差異が認められていない。日常生活あるいは運動場面で左右上肢を共同して用いる場合に、前述のような位置、運動及び力量に関する主観的過程の特性に差異があると随意運動の遂行が円滑に行なわれなくなることが予想される。したがって、幼児の力量評価特性に関しても、左右上肢の特性間に差異が認められないので、5～6歳の年齢段階において両上肢を用いた相対的に大きな筋力発揮を伴う運動の調節が十分に可能であることが推測される。

### 3. 力量弁別及び評価特性の左右上肢間の関連性

5変量の左右上肢間における相関係数は、全て統計的に有意な相関関係を示すものではなかった。また、力量の弁別特性と評価特性に分けて考えた場合にも、明確な法則性は認められなかった。したがって、幼児の把握、肘屈曲及び伸展時の力量弁別及び評価の両特性における左右上肢の成績間の関連性は低いと考えられる。

3種類の動作に共通して認められる傾向としては、実際の力量を主観的にどのように評価しているのかを示す恒常誤差に関して、左右上肢間における相関係数が無相関に近いこと（ $-0.076 \sim 0.068$ ）が認められた。このことは、力量評価における感覚尺度が左右上肢において全く独立に構成されていることを示唆するものである。また、小野ほか（1966）の握力の力量評価に関する研究では、13歳の男子の左右両上肢の成績間の相関関係が低いこと

が報告されている。把握、肘屈曲及び肘伸展動作による力量の過大評価あるいは過小評価に係わる特性は、左右の各上肢において独立に決定されていると推測される。

#### 4. 力量弁別及び評価特性を規定する要因

幼児期において、指先の敏捷性の指標となるタッピング課題（Hiscock and Kinsbourne, 1978；渡部ほか, 1978）では右手が優位であること、また、四肢を用いた叩打動作（渡辺・川原, 1976）における同側肢での動作では右側が優位に発達していることが明らかにされている。これらの課題の実施においては、上肢を用いた筋力の随意的調節を必要とするため、主観的過程である力量知覚特性がパフォーマンスに影響を及ぼすと考えられる。一般に、上肢における機能的な右側優位は、大脳半球における左脳優位と関連させて考察されるため、幼児期に既に大脳半球における機能的差異が認められると推測される。

しかし、本研究の3種類の動作における力量弁別及び評価特性については、左右の上肢間で差異は認められなかった。また、左右上肢の特性間の関連性は低かった。力量の知覚は、前述したように関節受容器、筋紡錘、腱紡錘や皮膚受容器などからの情報が中枢神経系で処理されて形成される（Schmidt, 1986）。つまり、末梢と中枢の両特性とが力量弁別や評価特性に関与していると考えられる。一方、末梢における固有受容器は各々の上肢において独立して存在し機能している。以上のことから、力量知覚に関しては、力量弁別及び評価特性を規定する程度が、中枢よりも末梢において相対的に高いために、左右両上肢間の関連性が低いと推測される。さらに、円滑な随意運動を遂行するために、中枢で種々の入力情報が処理されて左右上肢間に差異が生じないように調節されていると考えられる。

### 第5節 要約

本研究課題では、幼児（平均年齢 5.5～5.6 歳）を対象として、力量弁別及び評価におけ

る左右上肢間の差異と関連性を明らかにすることを目的とした。筋力発揮動作は、把握、肘屈曲及び肘伸展の3動作であった。今回は、特に信頼性を高める目的で力量弁別の測定回数を従来の2倍にし、さらに、基準となる力量の大きさと測定値との関係を考慮して二要因分散分析法を用いて検討を行なった。主な知見は以下に示す通りである。力量弁別特性と基準となる力量の大きさとの間には、従来報告と同様に密接な関係があることが両上肢についても確認された。評価特性に関しては、力量の要因との関連性が低かった（肘伸展時の絶対誤差の場合を除く）。左右両上肢の成績間の検討においては、力量弁別及び評価の両特性に左右差が認められず、両上肢間の関連性が低いことが示唆された。以上のことから、幼児の把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別及び評価特性に対しては、中枢よりも末梢における種々の受容器の特性の関与の程度が相対的に高いことが推測された。

図表

Table 7-1 Physical characteristics of subjects for 3 motions

Variable [unit]	Motion		
	Grip (n=10)	Elbow [f] (n=10)	Elbow [e] (n=10)
Age [yrs]	5.5 (0.3)	5.6 (0.4)	5.6 (0.4)
Height [cm]	110.2 (5.2)	110.4 (5.2)	110.4 (3.6)
Weight [kg]	18.4 (2.0)	18.6 (2.0)	18.6 (1.6)
MVC (R) [N]	78.6 (18.1)	51.7 (8.0)	67.6 (11.1)
MVC (L) [N]	72.8 (18.9)	49.7 (7.8)	62.2 (10.5)

Mean (SD), f: flexion, e: extension, R: right, L: left,  
MVC: maximal voluntary contraction

Table 7-2 Descriptive statistics of 5 variables in grip

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
LT	[R]	0.270 (0.071)	0.455 (0.107)	0.565 (0.136)
	[L]	0.275 (0.086)	0.465 (0.100)	0.510 (0.141)
UT	[R]	0.280 (0.103)	0.540 (0.124)	0.610 (0.133)
	[L]	0.335 (0.143)	0.470 (0.125)	0.630 (0.219)
IU	[R]	0.550 (0.156)	0.995 (0.169)	1.175 (0.215)
	[L]	0.610 (0.200)	0.935 (0.206)	1.140 (0.345)
CE	[R]	0.005 (0.042)	0.043 (0.079)	0.023 (0.080)
	[L]	0.030 (0.063)	0.003 (0.048)	0.060 (0.065)
AE	[R]	0.030 (0.028)	0.058 (0.068)	0.058 (0.058)
	[L]	0.055 (0.040)	0.043 (0.017)	0.075 (0.044)

Mean (SD), unit: kgf, [R]: right hand, [L]: left hand,  
LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
IU: interval of uncertainty, CE: constant error, AE: absolute error

Table 7-3 Descriptive statistics of 5 variables in elbow flexion

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
LT	[R]	0.390 (0.097)	0.485 (0.111)	0.645 (0.130)
	[L]	0.375 (0.092)	0.590 (0.115)	0.575 (0.098)
UT	[R]	0.490 (0.124)	0.570 (0.162)	0.605 (0.134)
	[L]	0.405 (0.096)	0.585 (0.162)	0.560 (0.156)
IU	[R]	0.880 (0.203)	1.055 (0.179)	1.250 (0.193)
	[L]	0.780 (0.134)	1.175 (0.230)	1.135 (0.227)
CE	[R]	0.050 (0.046)	0.043 (0.106)	-0.020 (0.090)
	[L]	0.015 (0.066)	-0.003 (0.080)	-0.008 (0.064)
AE	[R]	0.055 (0.039)	0.098 (0.052)	0.075 (0.049)
	[L]	0.050 (0.042)	0.068 (0.037)	0.053 (0.032)

Mean (SD), unit: kgf, [R]: right arm, [L]: left arm,  
 LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
 IU: interval of uncertainty, CE: constant error, AE: absolute error

Table 7-4 Descriptive statistics of 5 variables in elbow extension

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
LT	[R]	0.280 (0.079)	0.425 (0.140)	0.465 (0.113)
	[L]	0.330 (0.063)	0.440 (0.070)	0.505 (0.169)
UT	[R]	0.305 (0.064)	0.405 (0.101)	0.570 (0.089)
	[L]	0.315 (0.111)	0.420 (0.109)	0.470 (0.071)
IU	[R]	0.585 (0.120)	0.830 (0.204)	1.035 (0.167)
	[L]	0.645 (0.164)	0.860 (0.135)	0.975 (0.181)
CE	[R]	0.013 (0.040)	-0.010 (0.067)	0.053 (0.058)
	[L]	-0.008 (0.037)	-0.010 (0.061)	-0.018 (0.093)
AE	[R]	0.033 (0.024)	0.055 (0.035)	0.067 (0.037)
	[L]	0.033 (0.017)	0.050 (0.033)	0.073 (0.056)

Mean (SD), unit: kgf, [R]: right arm, [L]: left arm,  
 LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
 IU: interval of uncertainty, CE: constant error, AE: absolute error



Table 7-5 F-ratios in two-factor ANOVA

Motion / Variable		Main effect		Interaction
		Side	Force	Side & Force
Grip	LT	0.121	53.253**	0.938
	UT	0.001	29.446**	1.225
	IU	0.026	49.161**	0.570
	CE	0.138	0.987	2.726
	AE	0.485	1.592	1.221
Elbow [f]	LT	0.042	28.630**	4.244*
	UT	0.621	9.689**	1.047
	IU	0.223	29.724**	3.530*
	CE	0.854	2.470	1.018
	AE	3.648	2.362	0.423
Elbow [e]	LT	0.839	21.225**	0.201
	UT	1.454	22.902**	2.194
	IU	0.037	38.416**	0.975
	CE	3.451	0.985	1.689
	AE	0.000	6.234**	0.111

f: flexion, e: extension, LT: lower threshold,  
 UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty,  
 CE: constant error, AE: absolute error, \*\* p<0.01, \* p<0.05

Table 7-6 Correlation coefficients between right and left upper limbs for LT, UT, IU, CE and AE

Variable	Motion		
	Grip	Elbow [f]	Elbow [e]
LT	0.139	0.258	0.249
UT	0.277	0.419	-0.011
IU	0.282	0.492	0.114
CE	-0.076	0.068	0.036
AE	0.484	0.233	0.255

f: flexion, e: extension, LT: lower threshold,  
 UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty,  
 CE: constant error, AE: absolute error

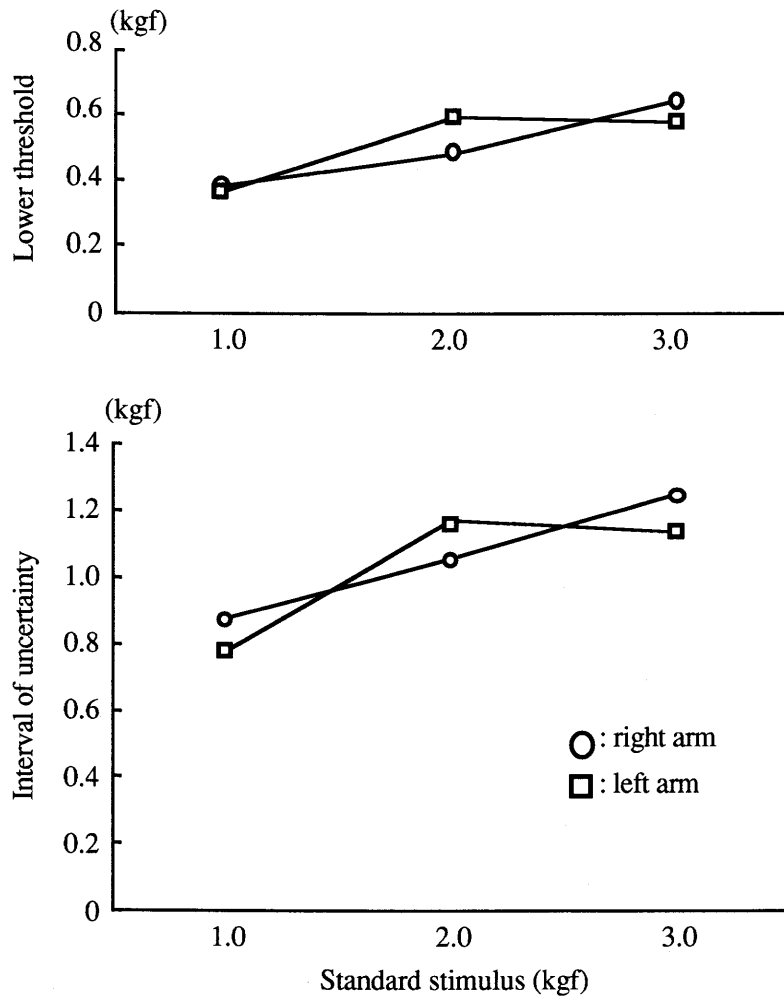


Fig. 7-1 Lower threshold and interval of uncertainty in elbow flexion with right or left arm

## 第 8 章 研究課題 4

## 第8章 力量弁別及び評価特性と運動能力との関係（研究課題4）

## Examination 4

*Correlational relationships of characteristics of discrimination and rating of force to motor ability* — In chapter 8, the relationships between performances on force perception and motor ability were investigated in preschool children. Subjects were Japanese children aged 4.7 to 6.8 years and performed both the measurement by means of discriminations of force and performance tests on motor ability at the same period. Lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) were selected as variables on the characteristics of discrimination of force, while constant error (CE) and absolute error (AE) were chosen for the characteristics of rating of force. Test items included 12 performance tests and 2 compound variables with regard to coordination and muscular strength. Product moment correlation coefficients were calculated between observations for the variables and tests. The results may be summarized as follows: Comparing with the characteristics of rating of force, those of discrimination of force correlated relatively more with performances on motor ability and coordination but the elements related to force perception were different in each motion. Although there was a strong negative correlation coefficient ( $-0.853, p < 0.01$ ) between LT in elbow flexion and the performance for the test of rolling a ball at a target, it was concluded that the characteristics of force perception were generally independent of motor ability in preschool childhood.

## 第1節 緒言

力量の知覚に関連する主観的過程は、随意的な運動を遂行する上で重要な役割を果たすと考えられる。そこで、精神物理学における研究は、把握（Hoff, 1971；Stevens and Mack, 1959）、膝関節の伸展（Eisler, 1962）、錘挙上（Stevens and Galanter, 1957）等の動作時の物理的な力量と主観的な力量との対応関係を明らかにしているが、Stevens (1957) によって確立された方法では、被験者が自己の発揮力量を数量概念に基づき理解できることを前提条

件としているため、研究対象は大学生や大学院生に限られている。つまり、方法論や被験者の諸特性の問題から、発育発達段階にある幼児や児童に関しては、同様な観点からの検討がほとんど認められない（末利ほか, 1972；末利・千駄, 1978）。

しかし、近年、就学前の子供の諸特性や力量課題における筋肉疲労の問題を考慮して、力量弁別及び評価特性の幼児のための測定方法が村瀬・浅見(1991)によって考案され、種々の検討がなされている。測定評価論の立場からは、再テスト法による測定値の信頼性（村瀬・浅見, 1993b）、合成変量による評価（村瀬・浅見, 1992a）、及び既存の測定方法における測定値との比較による測定値の大小関係（村瀬・浅見, 1993a）の検討が行なわれている。また、把握、肘関節の屈曲及び伸展時の力量弁別及び評価特性が動作間の相互比較によって明らかにされている（村瀬・浅見, 1993b）。しかしながら、随意運動の遂行に關与する運動能力と力量弁別及び評価特性の2つの要素間の関係は未だ明確にされていない。

研究課題4では、把握、肘関節の屈曲（以下、肘屈曲）及び伸展（以下、肘伸展）時の力量弁別及び評価特性と運動能力（全身及び上肢に關連する）との関係を明らかにすることを目的とする。以上の検討から、幼児期の力量弁別及び評価特性が運動能力との対比によっていかなる特性として位置づけることができるかが明らかになると考えられる。

## 第2節 方法

### 1. 被験者

被験者は4.7～6.8歳の幼児であった。表8-1には、把握、肘屈曲及び肘伸展の3種類の動作グループにおける被験者の身体的特性が示してある。利き手のテスト（Bryden, 1977）を実施した結果、全員が右手利きであると判定され、力量弁別は右上肢を用いて行なった。被験者は全員（25名）が力量弁別の測定を行なったが、運動能力テストの実施に参加した幼児の人数は異なるため、資料の解析における標本数は9～25名であった。

## 2. 筋力発揮動作及び測定条件

## 3. 弁別閾の決定方法

## 4. 測定変量

把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別に基づく測定実施に関連する以上の3項目は、研究課題1の場合と同じである（第5章の研究課題1を参照）。

## 5. 運動能力テスト

運動能力テストは、全身運動を伴うテスト5項目と上肢を用いたテスト7項目の合計12項目を選択した。さらに、調整力に関連する3項目のテスト（栗本ほか, 1981）の結果から調整力総合得点を、筋力に関連する3項目のテスト結果から筋力総合得点をそれぞれ標準得点の総和によって求め合成変量として扱った。各テスト項目と関連すると考えられる運動能力要素、及び主な測定方法は表8-2に示す通りである。

## 6. 資料の解析方法

標準得点の総和に基づく合成変量が各標準刺激における測定値と関連が高いことが報告されている（村瀬・浅見, 1992a）。本研究課題ではその合成変量（T得点）を分析に用いた。つまり、この合成変量と運動能力テストの測定値とのピアソンの相関係数を算出することにより、力量弁別及び評価特性と運動能力との相関関係を明らかにしようとした。

### 第3節 結果

#### 1. 運動能力テストの測定結果

12項目の運動能力テストにおける平均値と標準偏差は表8-3に示す通りである。体育科学センターによって公表されている評価基準（栗本ほか, 1981）と本研究課題の調整力に関連

する3項目の結果とを比較すると、反復横跳びとジグザグ走の値はほぼ標準値（10段階評価の4～5点）に相当していた。しかし、跳び越しくぐりに関しては、本研究課題の方が低い値を示していた。筋力に関連する3項目のテストの平均値は先行研究（村瀬・浅見, 1992a）と類似していた。一方、立ち幅跳びの測定結果は、同年齢の幼児について報告されている結果（Morris et al., 1982；村瀬・出村, 1990）よりも大きな値を示していた。本研究課題では、以上のような運動能力特性を有する被験者を用いて分析を行なった。

## 2. 測定値間の相関係数

力量弁別及び評価特性の5変量と運動能力テストにおける14項目の測定値間の相関係数の内、統計的に有意な相関係数は表8-4に示す通りである。大部分の相関係数が負の値であるが、これは力量弁別特性の指標である上下弁別閾及び不確定区間の測定値は、力量弁別の精度が増すほど値が小さくなるためである。把握動作に関しては、下弁別閾と跳び越しくぐりの成績との間に有意な相関係数（ $-0.646, p<0.05$ ）が得られた。肘屈曲動作では、下弁別閾と反復横とび（ $-0.485, p<0.05$ ）、タッピング〔腕〕（ $-0.613, p<0.05$ ）、ボール転がしの的当て（ $-0.853, p<0.01$ ）、及び調整力と筋力総合得点（調整力： $-0.565, p<0.05$ 、筋力： $-0.440, p<0.01$ ）との間に統計的に有意な相関係数が認められた。さらに、上弁別閾は片足立ち（ $-0.616, p<0.01$ ）、不確定区間は反復横とび（ $-0.539, p<0.01$ ）と片足立ち（ $-0.571, p<0.01$ ）と有意な相関関係にあった。下弁別閾とボール転がしの的当てテストにおける測定値間の相関係数は非常に高かった。肘伸展動作においては、下弁別閾と片足立ち及び不確定区間と反復横とびにおける相関係数が、それぞれ  $-0.493 (p<0.05)$  及び  $-0.420 (p<0.05)$  であった。力量評価特性に関しては、唯一、肘伸展動作において恒常誤差と片足立ちテストとの間の相関係数（ $0.535, p<0.01$ ）が統計的に有意であった。

## 第4節 考察

### 1. 力量弁別及び評価特性と運動能力との相関関係

上下弁別閾と不確定区間は自己の発揮力量の弁別の精度を示す変量である (Wolman, 1973) . 各動作における3変量については, 力量評価特性の指標である恒常誤差や絶対誤差に比べて, より多くの有意な相関関係が認められた. つまり, 運動能力との関連の程度は力量評価特性の場合よりも高いと推測される. しかし, 動作間で比較すると結果は異なるため, 力量弁別特性は相対的に運動能力と関連が高いが, 関連する運動能力要素は動作によって異なると考えられる. 標準刺激が1.0 kgfと2.0 kgfの場合の上下弁別閾と不確定区間の値は, 肘伸展時の値よりも肘屈曲時の方が有意に大きな値を示すことが報告されている (村瀬・浅見, 1993b) . また, 力量弁別および評価特性の個人内での関連性を検討した研究において, 把握と肘屈曲及び肘屈曲と肘伸展動作の測定値間には有意な相関関係が認められないことが示唆されている (村瀬・浅見, 1992a) . 3種類の動作における差異や関連性の程度が異なることが前述のような結果を生じた理由の1つとして考えられる.

負の非常に高い相関関係 (Barrow et al., 1989) を示す最も大きな相関係数は, 肘屈曲時の下弁別閾とボール転がしの成績との間に認められた (図8-1) . 上肢を用いてボールを転がす場合の動作は, 上肢のバック・スウィングとフォワード・スウィング, さらに, ボール・リリース動作から構成される (Gallahue, 1989) . ボールを放すまでの動作過程において, ボールを転がす方向やボールの速度の調節が指, 手掌, あるいは上肢全体によって行なわれる. また, 下弁別閾は主観的力量の弁別の精度を示す変量であり, 特に, 基準となる力量に対して比較される力量が減少する場合の指標である. 力量弁別及び評価特性は, 関節受容器, 筋紡錘, 腱紡錘やその他の受容器からの情報に基づき決定されることが考えられる (Schmidt, 1986) . したがって, ボール転がしの当てテストでは, 肘関節を屈曲させながら, かつ発揮筋力を減少させる時の力量調節過程が重要であり, そのため, 下弁別閾の値とパフォーマンスとが密接な相関関係にあると考えられる.



全体的にみると、本研究課題では力量弁別及び評価特性と運動能力との関係を検討するために合計70個の相関係数を算出したが、有意な相関係数は全体の約17%に相当する12個であった。運動能力テストは、全身運動を伴うテストと上肢の運動を伴うテストの両方について実施され、上肢を用いたテストには神経系が関与すると考えられる項目が含まれていた。しかし、関連のある項目は少なく、その関連性の程度もほとんどが中程度かそれ以下であった。したがって、幼児の力量弁別及び評価特性は、全体的には運動能力テストによって捉えられる能力領域とは関連が低く、独立した特性であることが示唆された。

## 第5節 要約

研究課題4では、力量弁別及び評価特性と運動能力との相関関係を明らかにすることを目的とした。4.7～6.8歳の幼児を対象として、力量弁別に基づく測定と運動能力テスト（2項目の合成変量を含む14項目）の測定を同一期間内に実施し、それぞれのパフォーマンス間の相関係数を算出した。その結果、力量弁別と評価の両特性で比較すると、力量弁別特性の方が運動能力テストにおける成績との間に相対的に多くの場合に有意な相関関係が認められたが、関連する運動能力要素は動作によって異なっていた。上肢を用いたボール転がしの的当てテストに関しては、肘屈曲時の下弁別閾との間に高い負の相関係数（ $-0.853$ ,  $p < 0.01$ ）が認められたが、全体的には、力量弁別及び評価特性が運動能力テストによって捉えられる幼児期の能力領域とは独立した特性であることが示唆された。

## 図表

Table 8-1 Physical characteristics of subjects

Motion	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
Grip	5.6 (0.5)	111.0 (4.4)	18.7 (1.9)
Elbow flexion	5.7 (0.5)	111.1 (4.6)	19.0 (2.0)
Elbow extension	5.9 (0.5)	112.0 (4.7)	19.3 (2.0)
Mean (SD)			

Table 8-2 Performance tests and methods

Test item [unit] (Element)	Method (setting, condition etc.)
1. Jump over and crawl under [sec] (coordination)	a rubber tape (height: 35 cm), duration of 5 repetitions
2. Side jumps [times] (coordination)	2 lines on the floor (interval: 35 cm), duration of test: 10 sec
3. Zigzag run [sec] (coordination)	3 pairs of posts (distance between posts: 3 m)
4. Standing long jump [cm] (power)	distance when jumping forward with both feet
5. Standing on one foot [sec] (balance)	duration of standing with one foot (maximum: 120 sec) <sup>†</sup>
6. Grip strength [N] (strength <sup>‡</sup> )	maximal voluntary strength in grip <sup>††</sup>
7. Elbow flexion strength [N] (strength <sup>‡</sup> )	maximal voluntary strength in elbow flexion (angle: 90 deg) <sup>††</sup>
8. Elbow extension strength [N] (strength <sup>‡</sup> )	maximal voluntary strength in elbow extension (angle: 90 deg) <sup>††</sup>
9. Tapping with a finger [times] (agility <sup>‡</sup> )	times of tapping a key with an index finger for 20 sec <sup>††</sup>
10. Tapping with an arm [times] (agility <sup>‡</sup> )	times of tapping a key with an arm (at carpus) for 20 sec <sup>††</sup>
11. Bar gripping reaction time [cm] (agility <sup>‡</sup> )	distance of bar (length: 50 cm, diameter: 1 cm) falling through grip <sup>††</sup>
12. Rolling a ball at a target [points] (coordination <sup>‡</sup> )	target (width: 50 cm, distance: 3 m), tennis ball, 10 trials <sup>††</sup>
13. Standardized total score on coordination (coordination)	sum of standard scores for 3 performance tests (No.1, 2, 3)
14. Standardized total score on strength (strength <sup>‡</sup> )	sum of standard scores for 3 performance tests (No.6, 7, 8)

<sup>†</sup> The average was calculated based on both performances with right or left foot separately.

<sup>††</sup> right side (i.e. right hand or arm), <sup>‡</sup> element with regard to upper limb

Table 8-3 Means and standard deviations for 12 performance tests

Test item	[unit]	Mean	SD
1. Jump over and crawl under	[sec]	18.2	5.3
2. Side jumps	[times]	19.7	4.0
3. Zigzag run	[sec]	11.6	1.4
4. Standing long jump	[cm]	127.1	15.5
5. Standing on one foot	[sec]	51.3	39.8
6. Grip strength	[N]	83.5	20.0
7. Elbow flexion strength	[N]	55.0	8.7
8. Elbow extension strength	[N]	62.5	13.7
9. Tapping with a finger	[times]	41.9	4.8
10. Tapping with an arm	[times]	47.7	5.4
11. Bar gripping reaction time	[cm]	28.3	6.9
12. Rolling a ball at a target	[points]	2.7	1.3

Table 8-4 Significant correlation coefficients between each variables and performance tests

Motion	Variable & Performance test	r
Grip	LT & Jump over and crawl under	-0.646*
Elbow [f]	LT & Side jumps	-0.485*
	LT & Tapping with an arm	-0.613*
	LT & Rolling a ball at a target	-0.853**
	LT & Standardized total score on coordination	-0.565*
	LT & Standardized total score on strength	-0.440*
	UT & Standing on one foot	-0.616**
	IU & Side jumps	-0.539**
	IU & Standing on one foot	-0.571**
Elbow [e]	LT & Standing on one foot	-0.493*
	IU & Side jumps	-0.420*
	CE & Standing on one foot	0.535**

f: flexion, e: extension, \*\*  $p < 0.01$ , \*  $p < 0.05$ ,

LT: lower threshold, UT: upper threshold,

IU: interval of uncertainty, CE: constant error

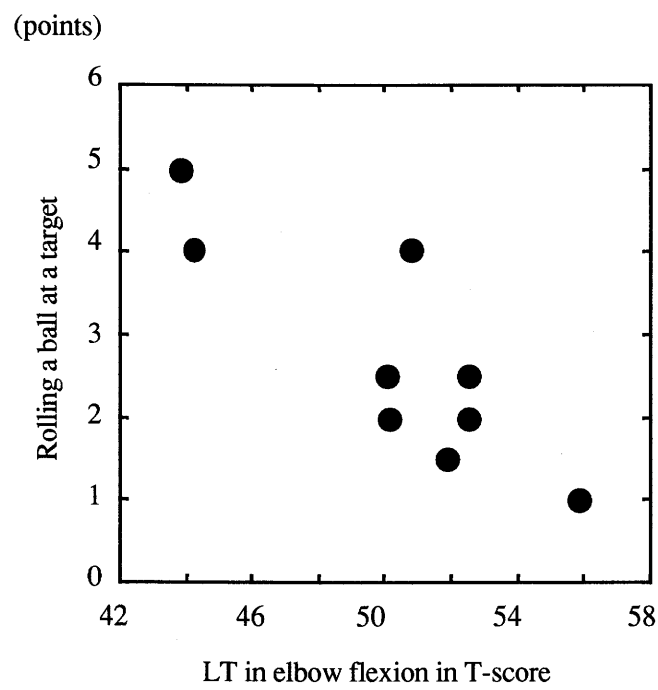


Fig. 8-1 Scattergram of lower threshold (LT) in elbow flexion and performance of rolling a ball at a target ( $r=-0.853$ ,  $p<0.01$ )

## 第9章 研究課題5

## 第9章 力量弁別特性と発揮力量との対応関係（研究課題5）

## Examination 5

*Changes in characteristics of discrimination of force with a gain of force level* — The study in chapter 9 was designed to determine the patterns and interdependence which exist within the relationships between characteristics of discrimination of force and exerted force level in preschool childhood. A total of 28 to 30 preschool children aged 5 to 6 years volunteered to be subjects in each motion, and they discriminated forces in grip, elbow flexion and extension motions. Standard stimuli were 3 force levels of 1.0 kgf, 2.0 kgf and 3.0 kgf, and comparison stimulus changed at an interval of 0.1 kgf. Lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) were selected as variables representing the characteristics of discrimination of force. Prior to the main examination, the unpaired t-test revealed no gender differences for LT, UT and IU in any motions. Therefore, the data derived from boys and girls were pooled in the subsequent analysis. The patterns of relationships between variables and exerted force level which was expressed in the form of percentage of maximal voluntary contraction, generally indicated nonlinear combinations rather than linear ones, as a result of the analysis with the use of simple regression and 2nd to 5th degree polynomials. In addition, the interdependency of relationships were estimated in grip (36.6 to 44.2 %), elbow flexion (26.1 to 46.8 %), and elbow extension (28.1 to 37.6 %) by means of the coefficients of determination in second degree polynomials. Individual differences in the subjects seemed to affect the interdependency during preschool childhood.

## 第1節 緒言

随意的な筋力の調節過程には力量知覚が関与していると考えられる。力量知覚の諸特性は、実際の力量を主観的にどの程度に評価しているのかを表わす評価の側面と、実際の力量間の差異を主観的にどの程度の精度で弁別しているのかを表わす弁別の側面に分けて考えることができる（浅見ほか, 1994；村瀬・浅見, 1992a；1993a；1993b；Murase and Asami,

1993) . 評価特性に関しては、主に精神物理学の研究領域で種々の感覚について検討が行なわれており、力量については物理量と主観量との間に一定の対応関係が認められ、Stevens のべき法則 (Stevens, 1957) が成立することが知られている (Eisler, 1962 ; Hoff, 1971 ; Stevens and Mack, 1959) . 弁別特性に関しては、重量弁別をはじめ各種課題における弁別の精度を示す弁別閾 (刺激増加量) と基準となる標準刺激との関係が Weber の法則などを用いて客観化されている (Stevens, 1986 ; 和田, 1989) . しかしながら、力量の弁別特性に関する同様な研究成果はほとんど認められない。

一方、成人とは発育発達水準の異なる幼児について、力量弁別及び評価特性の研究が筋力発揮動作間の差異 (村瀬・浅見, 1993b) , 個人内の関連性 (村瀬・浅見, 1992a) , 左右上肢間の差異 (浅見ほか, 1994) , 運動能力との関係 (Murase and Asami, 1993) , 測定方法の検討 (村瀬・浅見, 1993a) , 加齢変化 (末利ほか, 1972 ; 末利・千駄, 1978) の観点から行なわれている。そして、力量弁別特性 (上下弁別閾と不確定区間) と発揮されている力量水準との間には密接な関係があることが認められている (浅見ほか, 1994 ; 村瀬・浅見, 1993b) . さらに、把握時の力量弁別における反応出現率は力量間の差異の程度に対応して変化することが示唆されている (村瀬・浅見, 1993a) . しかし、弁別特性と発揮力量とがどのような対応関係を示すのか、また、その関連の程度はどのくらいなのかは明確にされていない。

研究課題5では、把握、肘関節の屈曲 (以下、肘屈曲) 及び伸展 (以下、肘伸展) を筋力発揮動作として選択し、幼児の力量弁別特性と発揮されている力量水準との対応関係を回帰分析法を用いて、回帰線の形態と関連の程度から明らかにすることを目的とする。また、分析の過程において力量弁別特性における性差についても検討する。

## 第2節 方法

### 1. 被験者

被験者は5～6歳の保育園児であった。筋力発揮動作別の被験者数と被験者の身体的特性（年齢、身長、体重、最大随意筋力）は表9-1に示す通りである。肘屈曲と肘伸展時の最大随意筋力には男女間で統計的に有意な差異が認められ、男子の方が大きな値を示していた。他の身体的特性には性差は認められなかった。利き手の検査（Bryden, 1977）を実施した結果、被験者全員が右手利きであると判定され、利き手を用いて力量弁別を行なった。

### 2. 筋力発揮動作及び測定条件

### 3. 弁別閾の決定方法

### 4. 測定変量

以上の3項目は、研究課題1の場合と同じである（第5章の研究課題1を参照）。

### 5. 資料の解析方法

男女別の測定値の平均値間の差異は、対応のない場合のt-検定を用いて検討した。発揮力量と各測定変量との対応関係を明らかにするためには、3種類の標準刺激の力量水準を各被験者の最大随意筋力の相対値に変換した後に、発揮力量と各測定変量の測定値との関係に回帰分析法を適用した。相対値に変換することにより各被験者が発揮している力量水準をより明確にすることができると考えられる。直線回帰式における相関係数と2次から5次までの多項式に当てはめた場合の相関比の大きさから、対応関係が直線的か非直線的かを検討した。また、発揮力量と測定変量との関連の程度は決定係数を用いて評価した。



### 第3節 結果

#### 1. 上下弁別閾と不確定区間の測定結果

男女別の把握、肘屈曲及び肘伸展時の各測定変量における測定結果は表 9-2 に示す通りである。肘屈曲時の測定値が肘伸展時のそれよりも大きな値を示すという結果は、先行研究（村瀬・浅見, 1993b）と一致していた。また、対応のない場合の t-検定を用いて性差を検討した結果、いずれの条件においても統計的に有意な差異は認められなかった。したがって、男女を同一のグループにまとめて分析を進めることが可能であると考えられる。

#### 2. 相関係数と相関比

把握、肘屈曲及び肘伸展時の各測定変量と発揮力量との対応関係について、回帰式の適合度を表わす相関係数と相関比の変化は図 9-1 に示す通りである。直線回帰の場合には相関係数が曲線回帰の場合には相関比が、それぞれ適合度を示す指標として用いられる。

把握動作の結果では、その値が 0.55~0.67 の範囲で変化し、相関係数と 2 次の多項式における相関比との間に相対的に大きな差異が認められた。肘屈曲に関しては、下弁別閾と不確定区間の相関係数と相関比が、それぞれ 0.68~0.70 及び 0.64~0.68 の範囲内で漸増的に変化しているのに対し、上弁別閾の値は 0.45~0.53 の範囲の相対的に低い値を示し、相関係数と相関比との間に大きな差異が認められた。肘伸展動作においては、把握動作の結果と同様に相関係数と相関比との間に相対的に大きな変化を示していた。1 次の回帰式から 5 次の多項式までの変化幅は、下弁別閾 0.47~0.54、上弁別閾 0.50~0.57 及び不確定区間 0.55~0.62 であった。全体的には、相関係数と相関比との間に相対的に大きな差異が認められた。また、相関係数と相関比の値は動作によって異なる値を示していた。

#### 3. 決定係数

決定係数は、一方の変量から他方を説明可能な割合を示す指標である。表 9-3 には決定係

数に100を乗じた値(単位は%)が示されている。把握時の値は、1次の場合に31.1~38.7%、2次になると36.6~42.2%であった。2次から5次までの多項式の値にはほとんど差異(0.3~0.7%)がなかった。肘屈曲の下弁別閾と不確定区間の値は1次の場合に46.6%と41.7%であり、3種類の動作の中で最も大きな値を示していた。また、2次の値との差異は0.2%と2.5%であった。上弁別閾の値は1次の時に21.1%であり2次の値との差異は5.0%であった。肘伸展時の決定係数については1次で22.7~30.5%の範囲の値が得られ、2次では28.1~37.6%の範囲の値が認められた。2~5次までの値は類似していた。

#### 第4節 考察

##### 1. 力量弁別特性における性差

5~6歳の幼児の身体機能に関して、一方の上肢を用いた運動課題で性差が認められるものには、ボール遠投(Morris et al., 1982; Nelson et al., 1986)や捕球(Fischman et al., 1992)が報告されている。Nelson et al. (1986)によると、投能力の性差には環境的要因(遊び友達の年齢など)の差異が関係し、5歳児において既に形態的要因(骨の太さなど)も関与していることが示唆されている。また、Fischman et al. (1992)は、片手捕球の成功率における性差にはボールゲームへの参加の程度が関係していることを指摘している。

一方、力量調節課題に関しては、末利ほか(1977)が6歳児の把握時の再現能力に性差が認められないことを示している。また、木下ほか(1992)は本研究と同じ年齢段階の幼児の把握力制御機能を示すいずれの指標においても性差が認められないことを明らかにしている。

ボールを用いた運動課題のパフォーマンスには日常の遊びを通して習得された技能水準の程度が大きく反映し幼児期に既に性差が明確であるのに対し、力量知覚に関する特性は環境的要因により影響を受ける割合が小さく性差が認められないと推測される。力量の知覚は筋肉内に存在する固有受容器を通してなされるため(Schmidt, 1986)、筋の加齢に伴う

形態及び組織的発育変化 (Malina and Bouchard, 1991) によって力量弁別特性も幼児期以降に変化することが予測されるが、5~6歳の年齢段階においては、把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別特性に性差が認められないと考えられる。

## 2. 力量弁別特性と発揮力量との対応関係

力量弁別特性の指標である3つの測定変量 (上下弁別閾と不確定区間) と最大筋力の相対値で表わされた発揮力量との関係を回帰分析法を適用して分析した。その結果、把握と肘伸展動作では、3変量に共通して直線回帰式の適合度を示す相関係数と2次の多項式に当てはめた時の相関比との間に相対的に大きな差異が認められた。同様な結果は肘屈曲時の上弁別閾についても認められた。また、2次から5次の相関比には大きな差異は認められなかった。したがって、肘屈曲時の下弁別閾と不確定区間を除く他の条件では、力量弁別特性と発揮されている力量水準とが直線よりも曲線的に対応していると推測される。

力量の知覚における末梢の固有受容器の重要性 (Cafarelli, 1982) は指摘されており、関節受容器、筋紡錘、腱紡錘などからの情報が中枢で処理されて力量が知覚されると考えられる (Schmidt, 1986)。また、本研究と同じ動作を用いて幼児の個人内の測定値間の関連性を検討した研究 (村瀬・浅見, 1992a) では、標準刺激の力量の大きさが異なると測定値間の相関関係は低くなることが示されており、発揮されている力量水準が異なる場合には力量弁別特性を規定する要因が異なることが示唆されている。以上のことから、発揮力量が変化すると力量知覚に関与する固有受容器の種類やその関与の程度が異なると推測される。つまり、独立して存在する複数の受容器が力量の知覚に異なる割合で関与するため、複数の要因によって規定される主観的な力量弁別特性と1つの物理的尺度によって捉えられる発揮力量とが前述のように曲線的に対応していると考えられる。

肘屈曲時の下弁別閾と不確定区間における相関係数と2次の多項式の場合の相関比との間には大きな差異が認められないので、図9-2~4に各動作における3変量の測定値と発揮力量との対応関係を表わす散布図と2次の多項式の回帰線を示した。曲線の形が全て上側

に凸の形を示している。従来、標準刺激と弁別閾との関係は Weber の法則などを用いて説明されてきた (Stevens, 1986)。Weber の法則は  $\Delta R$  を弁別閾 (刺激増加量),  $R$  を標準刺激とすれば  $\Delta R/R = C$  ( $C$ : 定数) で表わされる。しかし, 本研究の結果は全体的には曲線的な対応関係を示すことから Weber の法則は成立しないと考えられる。曲線的な対応関係を説明するために提案されている法則としては Fullerton-Cattel の法則 ( $\Delta R/R^{0.5} = C$ ), さらに, この法則を一般化した Guilford の法則 ( $\Delta R/R^n = C$ ,  $n = 0.5 \sim 1.0$ ) が知られている (和田, 1989)。これらの法則を測定変量と発揮力量について図示したのが図 9-5 である。 $n$  が 1.0 の場合には Weber の法則に,  $n$  が 0.5 の場合には Fullerton-Cattel の法則に相当する。本研究では, 把握, 肘屈曲及び肘伸展の 3 種類の動作において, 力量水準に対する力量弁別特性の変化を示す回帰線の曲率が少し異なっていたが, 全体的にその曲線は上側に凸の形を示していた。そのため, べき関数を用いてさらに分析を行なったところ, そのべき指数は 0.540~0.590 (把握,  $r = 0.632 \sim 0.708$ ), 0.407~0.496 (肘屈曲,  $r = 0.527 \sim 0.686$ ), 0.349~0.408 (肘伸展,  $r = 0.527 \sim 0.613$ ) であった。したがって, 把握動作については, べき指数の値が前述の法則の中では Guilford の法則の範囲内にあるが, その他の動作についてはいずれの法則にも適合しないと推測される。

また, 1.0 kgf, 2.0 kgf, 3.0 kgf の 3 種類の標準刺激ごとに比較検討した研究 (村瀬・浅見, 1993b) では, 把握, 肘屈曲及び肘伸展の 3 動作に共通して, 標準刺激が 1.0 kgf から 2.0kgf に変化する場合の上下弁別閾及び不確定区間に統計的に有意な増加が認められたが, 標準刺激が 2.0 kgf と 3.0 kgf の間では差異が認められない場合があることが報告されている。つまり, 力量弁別特性を示す上下弁別閾や不確定区間の発揮されている力量水準の増加に伴う変化量は, 力量水準の増加量の相対値で表わすと漸減してゆくと推測される。

### 3. 力量弁別特性と発揮力量との関連度

力量弁別特性と発揮力量との関連の程度は筋力発揮動作や測定変量によって異なっていた。2次の多項式を用いて一方の変量を説明できる割合は, 把握動作で約 37~44%, 肘屈

曲動作で約26~47%、肘伸展動作で約28~38%であった。力量弁別特性を発揮されている力量水準によって説明できない部分には、図9-2~4を観察すると個人差が大きく関係していると推測される。力量の評価特性に関して成人を対象とした精神物理学的研究では、個人差は小さくほとんど問題とされていない(Eisler, 1962; Hoff, 1971; Stevens and Mack, 1959; Stevens, 1957)。しかし、末利ほか(1972)が重量弁別課題について6~17歳までの加齢変化を調べた研究では、個人差を示す変動係数が男女とも加齢に伴い減少することが報告されている。したがって、幼児に関しては、発育発達途上にあるため個人差が大きく、弁別特性と発揮力量との関連の程度が相対的に小さくなっていると考えられる。

この関連の程度に影響を及ぼす要因としては、前述した個人差(集団の分散の大きさ)の他に、動機づけの程度、検者の評価傾向(客観性)、測定値の信頼性などの測定方法上の要因が考えられる(Baumgartner, 1989)。動機づけに関しては、予備実験の段階で力量弁別の装置や動作内容の理解を促し、また、測定回数を1日10回以下にして十分に課題に集中できるよう配慮した。全ての測定は1人の検者が担当して行なったため、測定値の客観性についてはほとんど問題がないと考えられる。力量弁別に基づく測定の測定値の信頼性(村瀬・浅見, 1991; 1993b)は既に明らかにされており、信頼性に関しては幼児を対象とした測定方法として適用可能であることが示されている。以上のことから、測定値の信頼性を高める目的で測定回数を増やす(浅見ほか, 1994)など測定方法上の問題点を改善することによって、関連の程度はさらに高くなることが予測される。

力量弁別特性と発揮力量との対応関係やその関連の程度は動作間で少し異なる傾向を示していた。また、同一動作においても測定変量によっては異なる結果が得られた。筋力発揮動作の難易度あるいは日常生活における動作回数などが結果に影響していることが推測されるが、把握、肘屈曲及び肘伸展の各動作における対応関係やその関連の程度の差異に関しては、今後さらに詳細な検討を進める必要があると考えられる。

## 第5節 要約

幼児（5～6歳児）を対象として、把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別特性（上下弁別閾と不確定区間）と発揮されている力量水準との対応関係、及びその関連の程度を明らかにした。各標準刺激の力量水準を各被験者の最大随意筋力の相対値に変換した後に、力量弁別特性と発揮力量との対応関係を回帰分析法を適用して分析した。分析の過程では男女差の比較を行い、5～6歳の年齢段階において力量弁別特性に性差が認められないことが明らかになった。直線及び曲線回帰式を用いて分析した結果、力量弁別特性と発揮力量とは直線よりもむしろ曲線的に対応していることが認められた。また、2次の多項式を用いて、発揮されている力量水準によって力量弁別特性を説明可能な割合が、把握（36.6～44.2%）、肘屈曲（26.1～46.8%）及び肘伸展（28.1～37.6%）の各動作について推定された。力量弁別特性を発揮力量で説明できない部分には個人差などが関係していると推測される。

図表

Table 9-1 Physical characteristics of subjects for 3 motion groups

Motion	Sex	[n]	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	MVC (N)
Grip	Boys	[n=15]	5.6 (0.5)	112.4 (4.8)	19.6 (2.2)	94.6 (24.6)
	Girls	[n=15]	5.7 (0.4)	111.0 (3.9)	19.1 (1.8)	80.4 (15.2)
Elbow [f]	Boys	[n=14]	5.8 (0.5)	112.5 (4.9)	19.1 (1.7)	64.2 (10.5)*
	Girls	[n=14]	5.7 (0.5)	110.0 (4.8)	19.0 (2.1)	54.0 (10.3)
Elbow [e]	Boys	[n=15]	5.8 (0.5)	112.8 (4.8)	19.6 (1.8)	74.0 (18.1)**
	Girls	[n=15]	6.0 (0.5)	111.8 (4.5)	19.6 (1.9)	59.5 ( 9.1)

Mean (SD), n: number of subjects, MVC: maximal voluntary contraction, f: flexion, e: extension

Asterisks indicate significant difference between boys and girls (\*\* p<0.01, \* p<0.05).

Table 9-2 Means and standard deviations of LT, UT and IU for boys and girls

Variable	Standard stimulus					
	1.0 kgf		2.0 kgf		3.0 kgf	
	Boys	Girls	Boys	Girls	Boys	Girls
LT	0.277(0.078)	0.273(0.110)	0.453(0.092)	0.427(0.122)	0.553(0.117)	0.607(0.280)
UT	0.297(0.104)	0.307(0.122)	0.483(0.140)	0.503(0.158)	0.580(0.157)	0.563(0.204)
IU	0.573(0.166)	0.580(0.188)	0.937(0.188)	0.930(0.235)	1.133(0.234)	1.170(0.439)
LT	0.343(0.104)	0.346(0.117)	0.457(0.131)	0.493(0.094)	0.596(0.137)	0.596(0.149)
UT	0.389(0.138)	0.343(0.140)	0.532(0.132)	0.482(0.176)	0.593(0.159)	0.564(0.149)
IU	0.732(0.222)	0.689(0.221)	0.989(0.223)	0.975(0.214)	1.189(0.231)	1.161(0.225)
LT	0.267(0.082)	0.263(0.108)	0.380(0.125)	0.367(0.122)	0.467(0.111)	0.417(0.106)
UT	0.307(0.070)	0.323(0.103)	0.403(0.083)	0.400(0.112)	0.537(0.142)	0.493(0.092)
IU	0.573(0.113)	0.587(0.191)	0.783(0.163)	0.767(0.199)	1.003(0.211)	0.910(0.147)

Mean (SD), f: flexion, e: extension, LT: lower threshold, UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty, unit: kgf

Table 9-3 Coefficients of determination

Motion	Degree <sup>†</sup>	Variable		
		LT	UT	IU
Grip	1st	33.8	31.1	38.7
	2nd	37.6	36.6	44.2
	3rd	37.6	36.7	44.2
	4th	37.9	37.1	44.6
	5th	37.9	37.3	44.8
Elbow [f]	1st	46.6	21.1	41.7
	2nd	46.8	26.1	44.2
	3rd	47.6	26.1	44.6
	4th	47.6	26.6	44.8
	5th	48.6	27.8	46.1
Elbow [e]	1st	22.7	25.2	30.5
	2nd	28.1	30.9	37.6
	3rd	28.1	31.1	37.6
	4th	28.2	31.2	37.7
	5th	28.2	31.5	37.8

<sup>†</sup> degree of regression, f: flexion, e: extension,  
 LT: lower threshold, UT: upper threshold,  
 IU: interval of uncertainty  
 Values are multiplied by 100 and expressed as %.



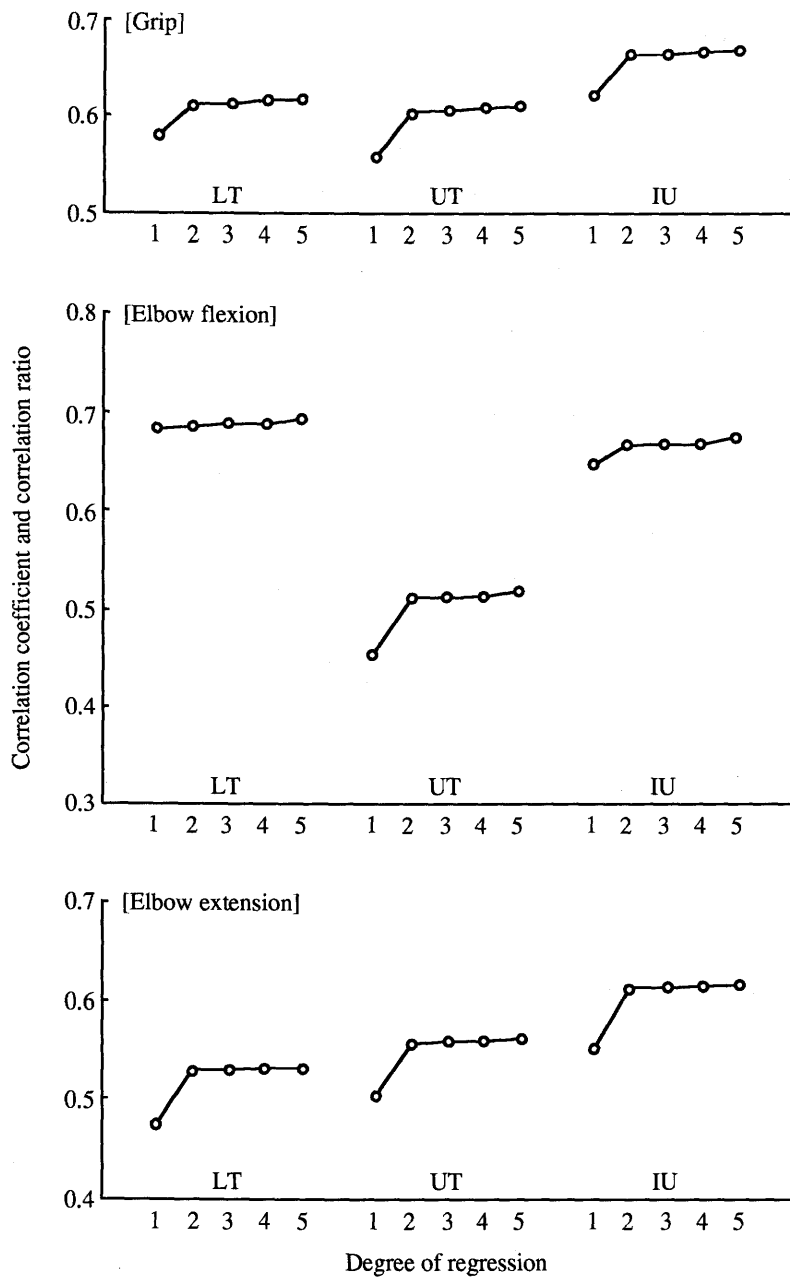


Fig. 9-1 Correlation coefficient in linear regression (1st degree) and correlation ratios in second to fifth degree polynomials for 3 motions (LT: lower threshold, UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty)

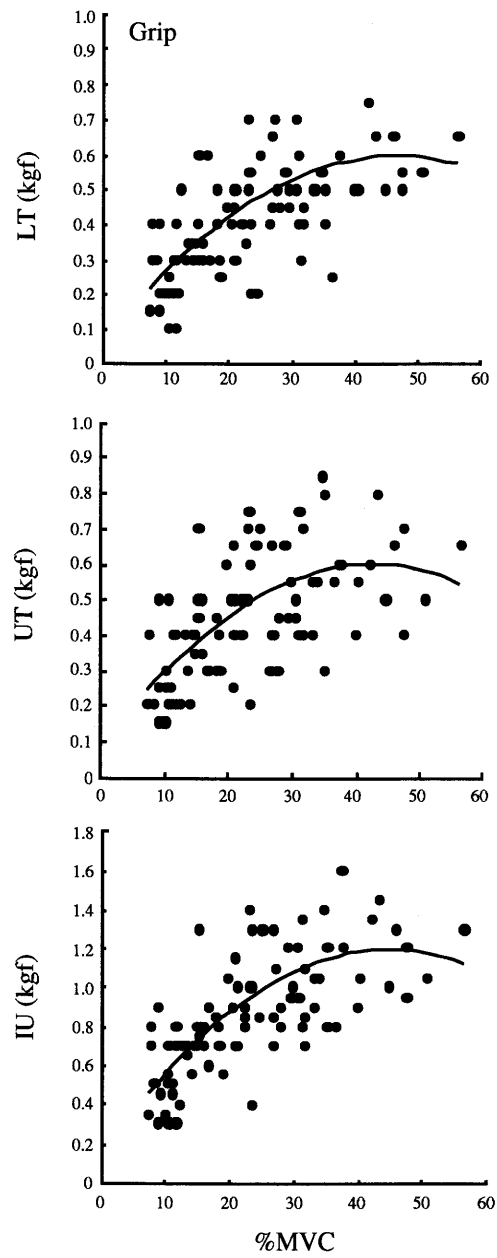


Fig. 9-2 Scattergrams and second degree polynomials for lower threshold (LT), upper threshold (UT), and interval of uncertainty (IU) in grip motion

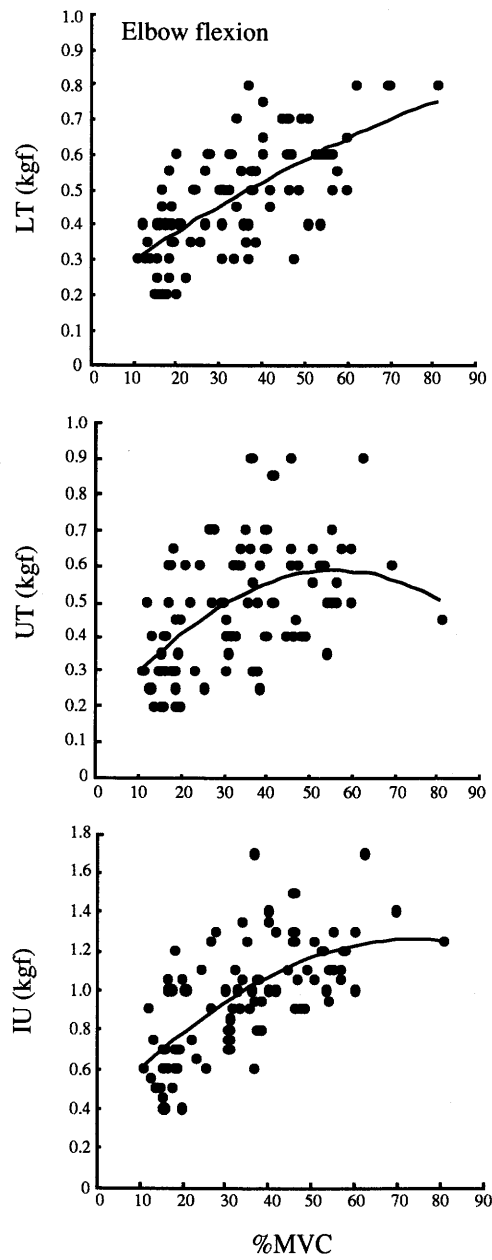


Fig. 9-3 Scattergrams and second degree polynomials for lower threshold (LT), upper threshold (UT), and interval of uncertainty (IU) in elbow flexion motion

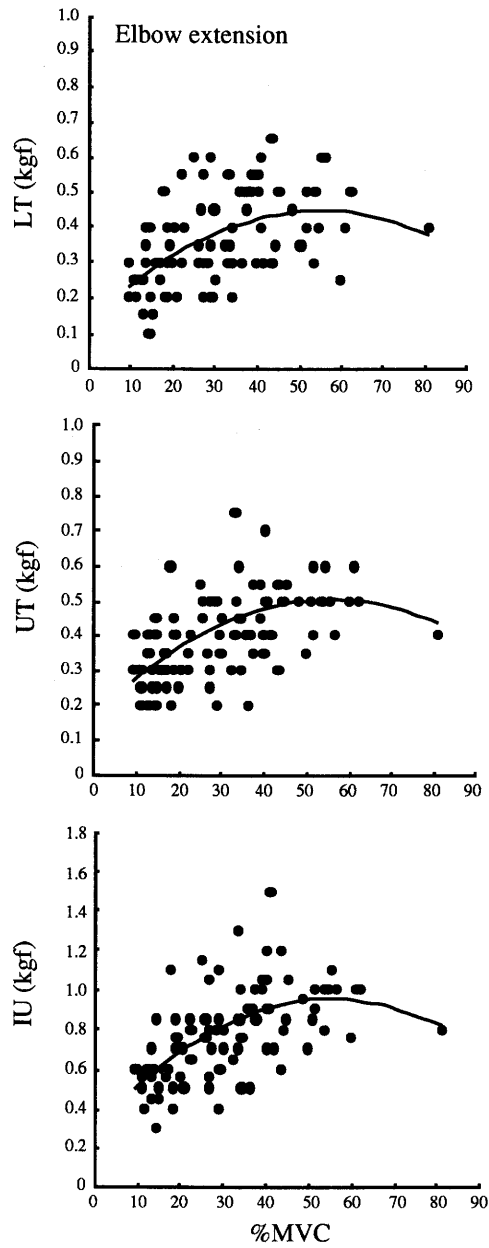


Fig. 9-4 Scattergrams and second degree polynomials for lower threshold (LT), upper threshold (UT), and interval of uncertainty (IU) in elbow extension motion

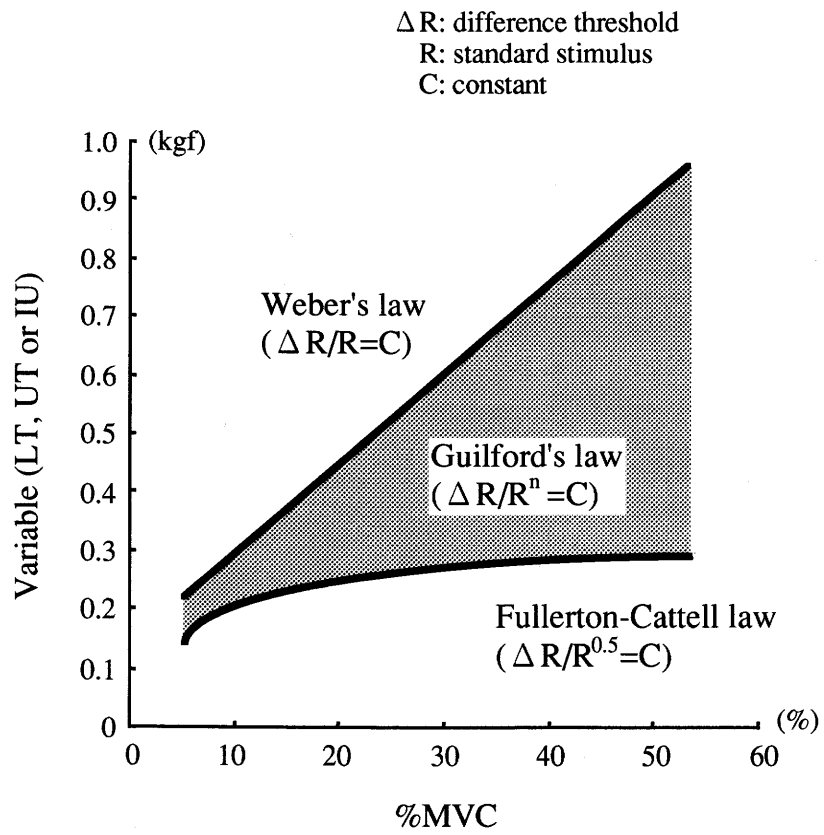


Fig. 9-5 Three laws of Weber, Guilford and Fullerton-Cattell

## 第10章 研究課題 6

## 第10章 力量弁別及び評価特性における幼児と成人との比較（研究課題6）

## Examination 6

Comparison between preschool children and grown-up persons on discrimination and rating of force — In chapter 10, a comparative study was conducted to describe the differences between preschool children and grown-up persons on discrimination and rating of force in grip, elbow flexion and extension, and the degree of developmental changes with age. Eight boys (mean age: 5.7 yr) and 10 adult men (mean age: 23.5 to 24.2 yr) were tested with the method by means of consecutive discriminations of force in each motion. Standard stimuli were 3 forces of 1.0 kgf, 2.0 kgf and 3.0 kgf, and comparison stimulus for boys and men changed at intervals of 0.1 kgf and 0.05 kgf, respectively. Variables selected in this study included lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) on discrimination of force, and constant error (CE) and absolute error (AE) on rating of force. In grip, elbow flexion and extension motions, large differences which proved the superiority of men in discrimination of force were found between boys and men. Ratios (boys/men) for LT, UT and IU were approximately 2.1 to 3.2 (grip), 2.9 to 3.9 (elbow flexion), and 2.6 to 3.2 (elbow extension). It was suggested that 3 force levels (1.0 to 3.0 kgf) were consistently underestimated in magnitude for men in any motions, and that AE at standard stimuli of 2.0 kgf and 3.0 kgf for preschool children would be larger than for men in elbow flexion and extension motions. The degree of developmental changes in grip motion was relatively small on both the discrimination and rating of force.

## 第1節 緒言

筋力発揮時の発揮力量の知覚に関しては、物理量と主観量との対応関係を検討した精神物理学的研究（Eisler, 1962；Hoff, 1971；Jones and Hunter, 1982；Stevens and Mack, 1959）と力量知覚における疲労（Jones and Hunter, 1983a；1983b）あるいは最大筋力発揮（Gooch and Randle, 1993）の影響を調べた研究が認められる。しかし、従来の研究における被験者には

成人が採用されることが多く、発育発達水準の異なる幼児を対象とした研究は、主に方法論の問題から限られていた（末利ほか, 1972；末利・千駄, 1978）。

そこで、村瀬・浅見 (1991) は、幼児に適用可能な力量弁別及び評価特性のための測定方法を考案して検討を行ってきた。現在までに、把握、肘関節の屈曲及び伸展時の力量弁別及び評価特性の一般的傾向（村瀬・浅見, 1993b）、個人内での関連性（村瀬・浅見, 1992a）、左右上肢間の差異と関連性（浅見ほか, 1994）、運動能力との相関関係（Murase and Asami, 1993）が明らかにされている。また、力量弁別特性と発揮力量との対応関係の検討が回帰分析法を用いて行なわれている（村瀬・浅見, 1994）。一方、新しく考案された方法と既存の方法との測定値の大小関係の検討（村瀬・浅見, 1993a）においては、両者の測定値が対応するが新方法の測定値の方が大きくなることが示唆されている。さらに、発育発達水準の異なる対象間の比較検討は十分になされていないため（末利ほか, 1972；末利・千駄, 1978）、同一の方法を用いて幼児と幼児以外の対象との直接的な比較検討を行ない、力量知覚における発達変化を明確にする必要があると考えられる。特に、成人に達した対象と幼児の成績とを比較することにより、上肢を用いた筋力発揮時の力量弁別及び評価特性の幼児期から成人に至るまでの変化量や変化率が明らかになるだろう。

研究課題6では、把握、肘関節の屈曲（以下、肘屈曲）及び肘関節の伸展（以下、肘伸展）時の力量弁別に基づく測定を幼児と成人に対して実施し、力量弁別及び評価特性に関して幼児と成人との比較検討を行なうことを目的とした。以上の検討から、同一力量に対する幼児から成人までの力量知覚特性の変化量が明らかになると考えられる。

## 第2節 方法

### 1. 被験者

被験者は5～6歳の幼児（男児）と21～27歳の成人男性であった。被験者数は把握、肘



屈曲及び肘伸展のそれぞれの筋力発揮動作について、幼児各8名及び成人各10名であった。筋力発揮動作別の被験者の身体的特性は表10-1に示す通りである。被験者は全員が右利きであり（Bryden, 1977）、右上肢を用いて力量の弁別測定に参加した。

## 2. 筋力発揮動作及び測定条件

筋力発揮動作は、把握、肘屈曲及び肘伸展の3種類であった。本研究課題では研究課題3と同様に測定値の信頼性を高める目的で力量弁別の測定を2回実施し、2回の測定値間の平均値を代表値とした。測定回数を2回にした場合の予測される測定値の信頼性は既に報告されている（浅見ほか, 1994）。その他の幼児の場合の測定条件は研究課題1（第5章を参照）と同じである。成人については、以下に示す3点の測定条件が幼児の場合とは異なっていた。本研究では、筋力の発揮方向を規定するために測定装置に可動部分を設けたが、幼児と成人では手長あるいは前腕長の長さが異なるため、力量弁別動作における相対的な動作範囲を幼児と等しくする目的で成人の測定における可動部分の間隔を変更した。つまり、成人の可動部分は、幼児と成人の手長（東京都立大学体育学研究室, 1989）及び前腕長（水谷ほか, 1973）の値を参考にして、把握では7mm（幼児の1.4倍）、肘屈曲と肘伸展では8mm（幼児の1.6倍）間隔とした（図10-1）。また、成人の測定では1日の比較判断（力量弁別）回数は20回以下とした（幼児の測定では10回以下）。これは、本研究では1.0 kgf, 2.0 kgf, 3.0 kgfの標準刺激を選択したが、成人にとってこれらの標準刺激の力量水準は最大随意筋力（表10-2）に対して非常に小さな負荷に相当し、力量弁別を重ねることによる筋肉疲労の影響や課題への集中時間が幼児の場合とは異なると考えられるからである。さらに、力量弁別における比較刺激の力量の変化幅は、成人を対象とした予備実験を実施して決定した。すなわち、各筋力発揮動作において弁別閾が決定されるまでの刺激段階数を参考にして0.050 kgf単位とした（幼児の測定では0.100 kgf単位）。

### 3. 弁別閾の決定方法

### 4. 測定変量

以上の2項目は、研究課題1の場合と同じである（第5章の研究課題1を参照）。

### 5. 資料の解析方法

上下弁別閾、不確定区間、恒常誤差及び絶対誤差の各測定変量における幼児と成人の平均値間の差異の検討は、対応のない場合のt検定を用いて行なった。また、幼児から成人までの測定値の変化率を評価するために平均値間の比率を算出した。

## 第3節 結果

### 1. 把握動作

力量弁別特性を示す上下弁別閾及び不確定区間の3変量の幼児と成人の測定結果は表10-3に示す通りである。一方、力量評価特性を代表する恒常誤差と絶対誤差の2変量の測定結果は表10-4に示す通りである。上下弁別閾と不確定区間の3変量に関しては、全ての標準刺激において幼児の値の方が大きく、幼児と成人の平均値間に1%水準で統計的に有意な差異が認められた。また、成人の値に対して幼児の値は約2.1~3.2倍であった。把握時の力量弁別の精度は、幼児に比べて成人の方が高いことが認められた（図10-2）。

恒常誤差については、幼児の場合に標準刺激が3.0 kgfの時に負の値が認められたのに対し、成人では全て正の値が得られた。平均値の差異の検定を行なった結果、幼児と成人との間には有意な差異は認められなかった。絶対誤差に関しては、幼児と成人に共通して標準刺激の力量の増加に従い値が大きくなり、また成人の方が小さな値を示す傾向にあったが、幼児と成人との差異は統計的に有意ではなかった。つまり、把握時の力量評価に関する特性には、幼児と成人との間に差異は認められなかった。

## 2. 肘屈曲動作

肘屈曲時の幼児と成人の測定結果は表 10-5 と表 10-6 に示す通りである。力量弁別特性を示す上下弁別閾と不確定区間については、把握動作の結果と同様に全ての条件において幼児の方が成人よりも大きな値を示していた。対応のない場合の t 検定を行なった結果、全ての平均値間に 1 %水準で有意な差異が認められた。幼児と成人との比率（幼児／成人）は約 2.9～3.8 であった。肘屈曲時の力量弁別の精度は成人の方が高かった（図 10-3）。

一方、力量の評価特性を表す恒常誤差については、幼児と成人において正の値が得られ、両者において肘屈曲時の実際の力量を主観的に過小評価する傾向が認められた。また、標準刺激が 2.0 kgf の場合には、幼児と成人との間に有意な差異（ $p < 0.05$ ）が認められ、幼児の方が大きな値を示していた。絶対誤差については、標準刺激が 2.0 kgf と 3.0 kgf の場合に幼児と成人との間の差異が有意（ $p < 0.01$ ）であり、幼児の方が大きな値を示していた。客観的な力量と主観的な力量との偏差を示す絶対誤差については、2.0 kgf 以上の力量水準において差異が認められ、その偏差の大きさは成人の方が小さい傾向にあった。

## 3. 肘伸展動作

上下弁別閾と不確定区間の各標準刺激における測定結果は表 10-7 に示す通りである。幼児と成人の平均値間には、力量弁別特性を示す 3 変量全てにおいて差異が認められ、把握や肘屈曲動作と同様に幼児の方が大きな値を示していた。幼児の値は成人に比べ約 2.5～3.2 倍大きかった。肘伸展動作に関しても成人の弁別の精度の方が高かった（図 10-4）。

恒常誤差と絶対誤差の測定結果は表 10-8 に示す通りである。恒常誤差の結果においては、幼児と成人の両者において正の値が得られた。肘屈曲動作の場合と同様に、実際の力量を主観的に過小評価する傾向にあった。また、幼児と成人の平均値間には、統計的に有意な差異は認められなかった。絶対誤差については、把握及び肘屈曲動作の結果と類似して幼児に比べ成人の方が小さな値を示す傾向にあり、標準刺激が 2.0 kgf と 3.0 kgf の時には幼児と成人の平均値間に統計的に有意な差異が認められた。さらに、肘伸展動作の絶対誤差に

関しては、成人と幼児の測定値間の比率が標準刺激の力量水準の増加に伴い大きくなり、幼児と成人との平均値間の差異が大きくなる傾向にあった。

#### 第4節 考察

##### 1. 力量弁別特性における幼児と成人との比較

把握、肘屈曲及び肘伸展時の同一力量に対する幼児と成人の力量弁別特性の比較を行なった。1.0 kgf, 2.0 kgf, 3.0 kgf の力量に対する上下弁別閾と不確定区間の測定値は、いずれの場合にも幼児の方が大きな値を示していた。したがって、筋力発揮動作の種類にかかわらず同一力量に対する力量弁別の精度は幼児より成人の方が高いと推測される。幼児の弁別特性に関しては、重量弁別能力の加齢に伴う変化（5～17歳）を明らかにした研究が認められる（末利ほか, 1972）。そして、重量弁別における弁別特性を示す弁別閾と不確定区間の値が幼児期から12～13歳頃まで発達傾向を示すことが報告されている。力量あるいは重量の知覚における弁別の精度は加齢に従い高くなるため、力量弁別特性に関しても幼児と成人との成績の間に大きな差異が認められると考えられる。

幼児と成人の測定値間の比率（幼児の平均値÷成人の平均値）は、把握動作において約2.1～3.2、肘屈曲動作において約2.9～3.9、肘伸展動作において約2.6～3.2であった。肘屈曲動作における比率が他の動作に比べて大きいことから、肘屈曲動作における力量弁別特性の加齢に伴う変化は相対的に大きいと推測される。動作によって比率が異なることは、幼児から成人にかけての力量弁別特性の発達曲線の傾きが異なることを示唆するものと考えられる。一方、成人の最大随意筋力は、幼児の約6.3倍（把握力）、約4.9倍（肘屈曲力）、約3.1倍（肘伸展力）であった（表10-2）。把握動作に関しては、最大随意筋力の変化率を示す比率が力量弁別特性のその約2～3倍の値を示しているのに対し、肘伸展動作では同程度の値が得られた。以上のことから、把握時の力量弁別特性の変化率は把握力の加齢に

伴う変化に比べ小さいが、肘伸展力と肘伸展時の力量弁別特性における変化率は同程度であると推測される。今後、児童期や青年期の被験者を対象として測定を行なうことにより、幼児から成人に至るまでの過程の詳細な発達変化が明らかになると考えられる。

## 2. 力量評価特性における幼児と成人との比較

実際の力量を主観的に過小評価しているのかあるいは過大評価しているのかを示す恒常誤差は、幼児の把握時における標準刺激が 3.0 kgf の場合以外は全て正の値であった（図 10-5）。したがって、1.0~3.0 kgf の力量に対しては幼児も成人も全般的に実際の力量を過小評価する傾向にあると推測される。幼児を対象とした把握力の主観的評価に関する研究（末利ほか, 1972）では、基準となる力量が相対的に低い水準（最大筋力の 3 分の 1）では実際の力量を過小評価するが、相対的に高い水準（最大筋力の 3 分の 2）では過大評価する傾向にあることが示唆されている。把握時の場合、本研究の標準刺激（1.0~3.0 kgf）の力量は、個人の最大随意筋力が異なるため被験者によっては最大筋力の約 10~60 % の範囲の力量水準に相当する（村瀬・浅見, 1994）。先行研究を参考にすると、把握動作に関しては、発揮力量の増加に従い実際の力量の主観的な評価が過小評価から過大評価へと変化すると推測される。また、同様な把握力発揮における評価傾向は成人についても報告（阿部, 1956）されている。本研究では同一力量に対する幼児と成人との力量弁別及び評価特性の比較検討を目的としたため、同じ力量水準の標準刺激を用いて測定を実施した。成人にとって標準刺激の力量水準が最大随意筋力に対して非常に小さな力量水準であったため、成人の場合では 1.0~3.0 kgf の力量を過小評価する傾向が認められたと考えられる。

実際の力量と主観量との偏差の程度を示す絶対誤差については、肘屈曲と肘伸展動作の標準刺激が 2.0 kgf 以上の力量水準において幼児と成人との間に統計的に有意な差異が認められ、偏差の程度は幼児の方が大きい傾向にあった（図 10-6）。肘屈曲と肘伸展時の絶対誤差については、2.0 kgf 以上の力量水準において幼児と成人との間に差異があると推測される。また、幼児の絶対誤差は成人のそれに対して、把握動作で約 1.1~2.3 倍、肘屈曲動

作で約 2.7~8.9 倍、肘伸展動作で約 1.8~3.8 倍であり、肘屈曲の値は相対的に大きな値であった。一方、把握動作の比率は 3 動作の中で相対的に小さな値を示し、幼児と成人の成績間に差異が認められなかった。また、変化率に関しては前述の力量弁別特性を代表する 3 変量の場合にも同様な小さな値が認められた。把握力の主観的評価の正確性の加齢変化を調べた研究（末利ほか, 1972）では、正確性が 7~8 歳において最も改善され 10 歳前後で成人と同程度になることが示唆されている。また、小野ほか (1966) の把握力の主観的評価に関する研究においては、12 歳の目標値との偏差の程度を示す値は 23~25 歳の値の約 1.4 倍であった。以上のことから、肘屈曲と肘伸展動作時に比べて、幼児期における把握時の力量知覚特性の発達の程度は相対的に高いと推測される。

## 第 5 節 要約

幼児（男児、平均年齢 5.7 歳）と成人男性（平均年齢 23.5~24.2 歳）を対象として、把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別に基づく測定を行なった。測定値は信頼性を高める目的で研究課題 3 と同様に測定を 2 回実施した時の 2 回の測定値間の平均値であった。同一力量水準に対する力量弁別及び評価特性の幼児と成人との比較検討を行なった結果、以下に示すことが明らかになった。つまり、把握、肘屈曲及び肘伸展時の同一力量に対する弁別の精度は幼児よりも成人の方が高く、加齢に伴う変化率を示す比率（幼児/成人）は、約 2.1~3.2（把握）、約 2.9~3.9（肘屈曲）、約 2.6~3.2（肘伸展）であった。一方、力量評価特性に関しては、成人が 1.0~3.0 kgf の力量を過小評価する傾向にあることが示唆された。また、力量の主観量と客観量との偏差の程度は肘屈曲と肘伸展時において幼児の方が大きくなる傾向にあった（標準刺激が 1.0 kgf の場合を除く）。さらに、力量弁別及び評価の両特性における変化率から、肘屈曲と肘伸展動作に比べて把握時動作については、幼児期における力量知覚特性の発達の程度が比較的高いことが認められた。

図表

Table 10-1 Physical characteristics of subjects

Motion / Characteristic		Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
Grip	B (n=8)	5.7 (0.5)	113.3 (5.6)	19.5 ( 1.9)
	M (n=10)	24.2 (1.9)	171.6 (6.0)	77.8 (12.2)
Elbow [f]	B (n=8)	5.7 (0.5)	113.6 (5.4)	19.7 ( 1.7)
	M (n=10)	23.5 (1.9)	173.6 (6.2)	77.6 (11.2)
Elbow [e]	B (n=8)	5.7 (0.4)	112.0 (5.4)	20.0 ( 2.7)
	M (n=10)	23.9 (1.7)	173.8 (6.5)	77.3 (11.3)

Mean (SD), B: boys, M: men, f: flexion, e: extension, n: number of subjects

Table 10-2 Muscular strength in maximal voluntary contraction (MVC)

Motion	MVC		Ratio <sup>†</sup>
	Boys	Men	
Grip	92.4 (23.6)	583.7 (88.7)	6.317
Elbow [f]	63.8 (11.9)	311.3 (52.2)	4.879
Elbow [e]	77.2 (18.8)	239.3 (38.0)	3.100

Mean (SD), f: flexion, e: extension, unit: N

<sup>†</sup> ratio between values for boys and men (Men / Boys)

Table 10-3 Means and standard deviations for LT, UT and IU in grip

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
LT	B	0.238 (0.074)	0.438 (0.074)	0.556 (0.140)
	M	0.095 (0.026)	0.140 (0.053)	0.175 (0.063)
	B/M	2.505	3.129	3.177
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01
UT	B	0.256 (0.112)	0.456 (0.124)	0.544 (0.161)
	M	0.120 (0.044)	0.150 (0.042)	0.238 (0.075)
	B/M	2.133	3.040	2.286
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01
IU	B	0.494 (0.166)	0.894 (0.172)	1.100 (0.275)
	M	0.215 (0.063)	0.290 (0.083)	0.413 (0.117)
	B/M	2.298	3.083	2.663
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01

Mean (SD), B: boys, M: men, unit: kgf,  
 LT: lower threshold, UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty

Table 10-4 Means and standard deviations for CE and AE in grip

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
CE	B	9.4 (46.2)	9.4 (55.0)	-6.3 (62.3)
	M	12.5 (17.7)	5.0 (24.4)	31.3 (36.9)
	t-test	ns	ns	ns
AE	B	34.4 (29.7)	40.6 (35.2)	43.8 (41.7)
	M	17.5 (12.1)	17.5 (16.9)	38.8 (27.9)
	B/M	1.966	2.320	1.129
	t-test	ns	ns	ns

Mean (SD), B: boys, M: men, unit: gf,  
 CE: constant error, AE: absolute error, ns: not significant



Table 10-5 Means and standard deviations for LT, UT and IU in elbow flexion

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
LT	B	0.363 (0.122)	0.438 (0.146)	0.581 (0.156)
	M	0.100 (0.026)	0.148 (0.032)	0.193 (0.051)
	B/M	3.630	2.959	3.010
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01
UT	B	0.431 (0.151)	0.556 (0.118)	0.588 (0.083)
	M	0.110 (0.043)	0.158 (0.061)	0.200 (0.051)
	B/M	3.918	3.519	2.940
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01
IU	B	0.794 (0.261)	0.994 (0.219)	1.169 (0.169)
	M	0.210 (0.053)	0.305 (0.089)	0.393 (0.100)
	B/M	3.781	3.259	2.975
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01

Mean (SD), B: boys, M: men, unit: kgf,

LT: lower threshold, UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty

Table 10-6 Means and standard deviations for CE and AE in elbow flexion

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
CE	B	34.4 (42.1)	59.4 (74.3)	3.1 (92.0)
	M	5.0 (23.7)	5.0 (20.6)	3.8 (11.9)
	t-test	ns	p<0.05	ns
AE	B	40.6 (35.2)	84.4 (37.7)	78.1 (38.8)
	M	15.0 (18.5)	15.0 (14.2)	8.8 ( 8.4)
	B/M	2.707	5.627	8.875
	t-test	ns	p<0.01	p<0.01

Mean (SD), B: boys, M: men, unit: gf,

CE: constant error, AE: absolute error, ns: not significant

Table 10-7 Means and standard deviations for LT, UT and IU in elbow extension

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
LT	B	0.294 (0.078)	0.425 (0.110)	0.494 (0.143)
	M	0.100 (0.029)	0.135 (0.027)	0.193 (0.035)
	B/M	2.940	3.148	2.560
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01
UT	B	0.306 (0.086)	0.444 (0.082)	0.513 (0.064)
	M	0.113 (0.024)	0.138 (0.024)	0.198 (0.042)
	B/M	2.708	3.217	2.591
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01
IU	B	0.600 (0.139)	0.869 (0.175)	1.006 (0.190)
	M	0.213 (0.038)	0.273 (0.032)	0.390 (0.070)
	B/M	2.817	3.183	2.579
	t-test	p<0.01	p<0.01	p<0.01

Mean (SD), B: boys, M: men, unit: kgf,

LT: lower threshold, UT: upper threshold, IU: interval of uncertainty

Table 10-8 Means and standard deviations for CE and AE in elbow extension

Variable	Standard stimulus			
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf	
CE	B	6.3 (43.8)	9.4 (42.1)	9.4 (56.6)
	M	6.3 (18.9)	1.3 (19.9)	2.5 (16.5)
	t-test	ns	ns	ns
AE	B	25.0 (35.4)	34.4 (22.9)	46.9 (28.2)
	M	13.8 (13.8)	16.3 (10.3)	12.5 (10.2)
	B/M	1.812	2.110	3.752
	t-test	ns	p<0.05	p<0.01

Mean (SD), unit: gf, B: boys, M: men,

CE: constant error, AE: absolute error, ns: not significant

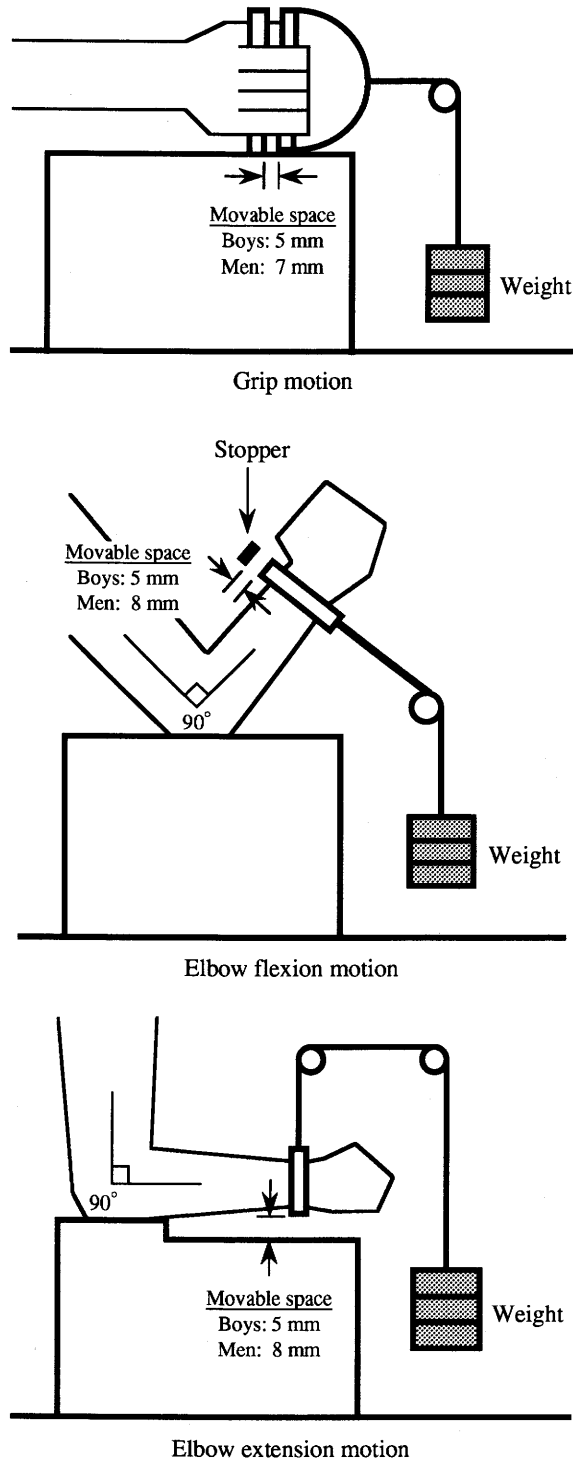


Fig. 10-1 Schematic of apparatus for each motion and the movable space for boys and men

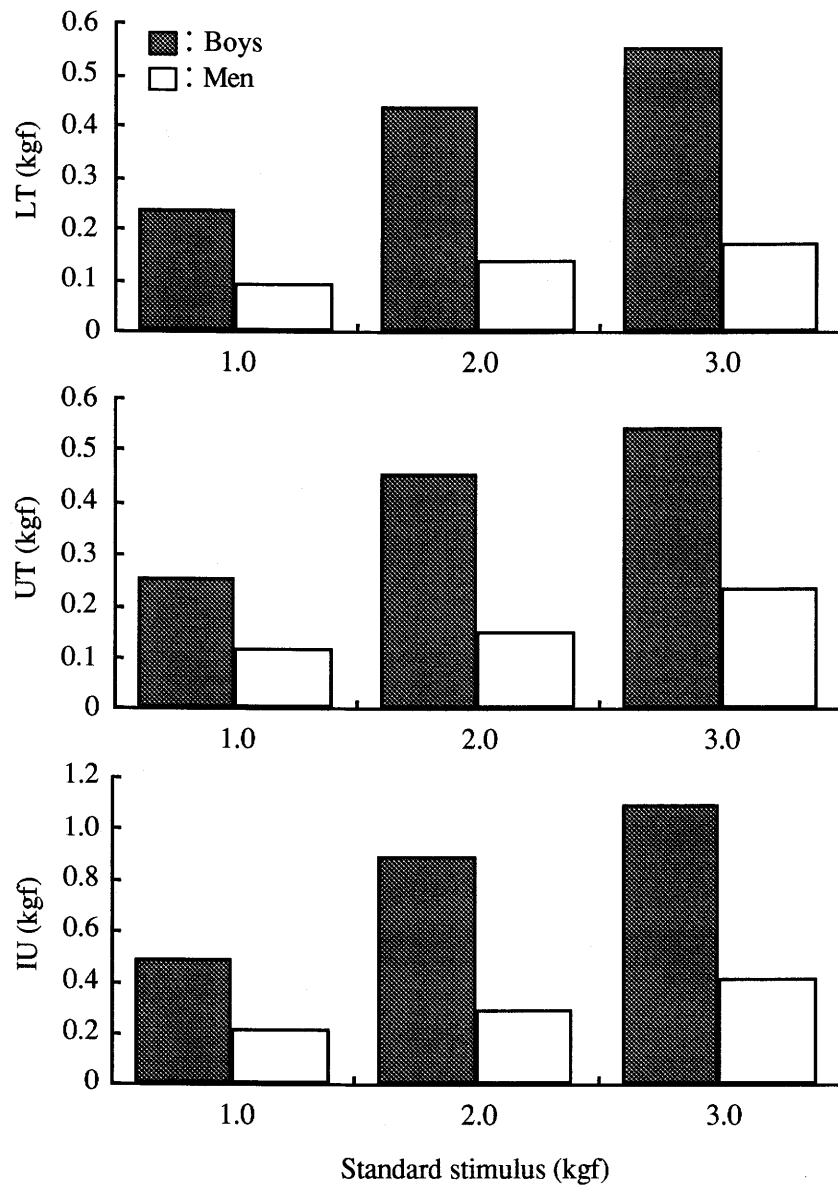


Fig. 10-2 Comparison between boys and men for lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) in grip

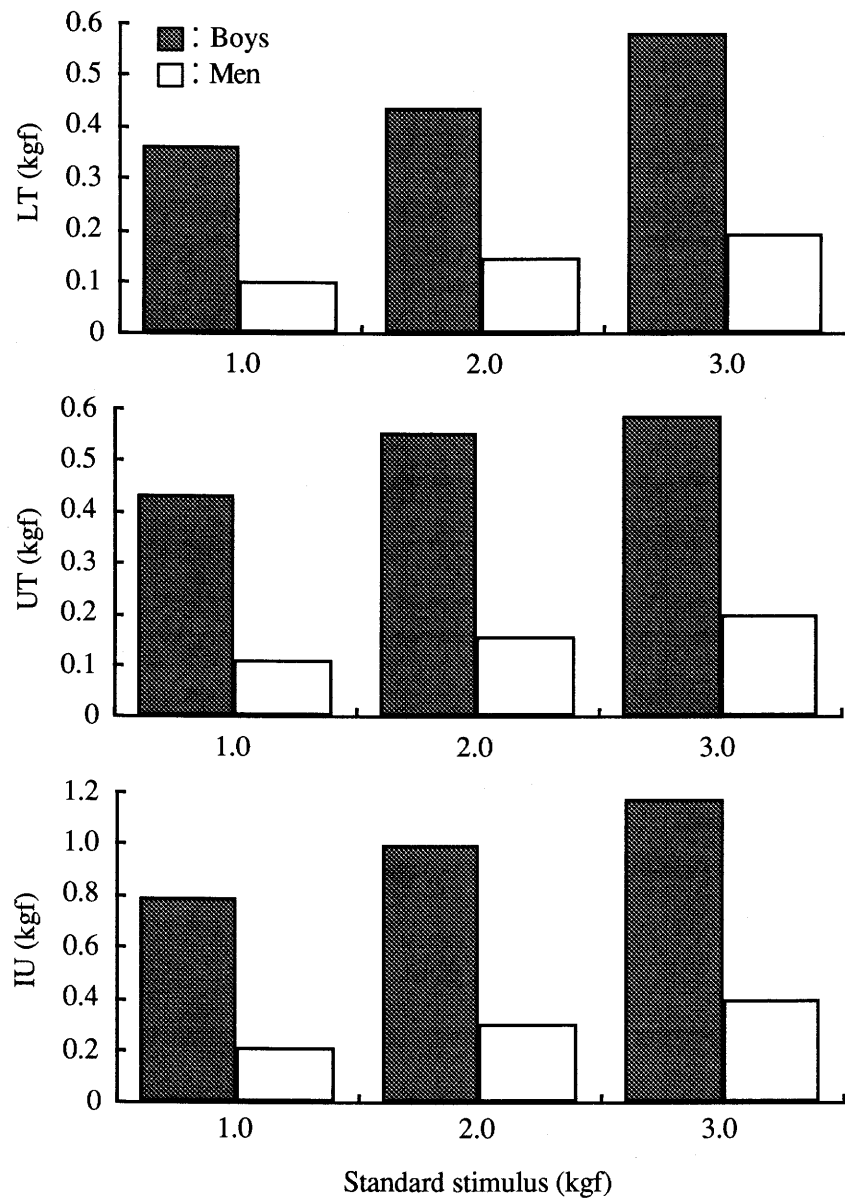


Fig. 10-3 Comparison between boys and men for lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) in elbow flexion

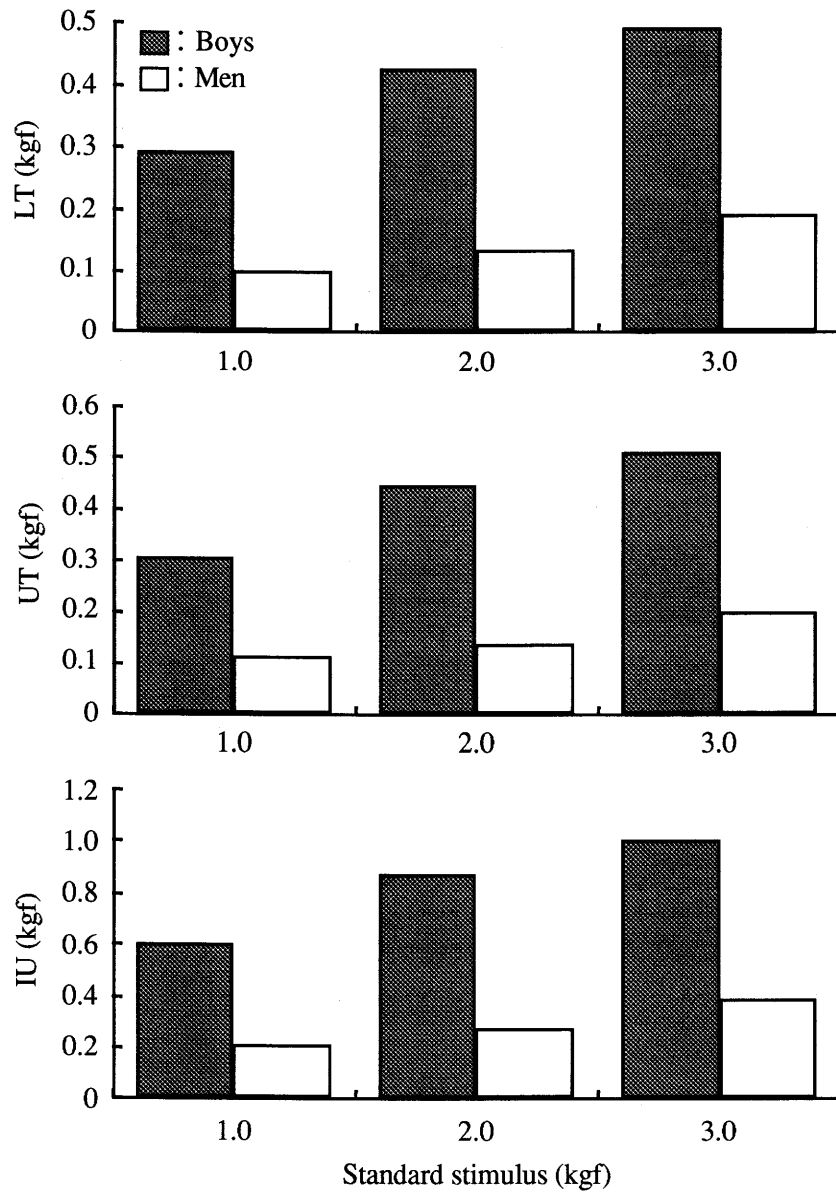


Fig. 10-4 Comparison between boys and men for lower threshold (LT), upper threshold (UT) and interval of uncertainty (IU) in elbow extension

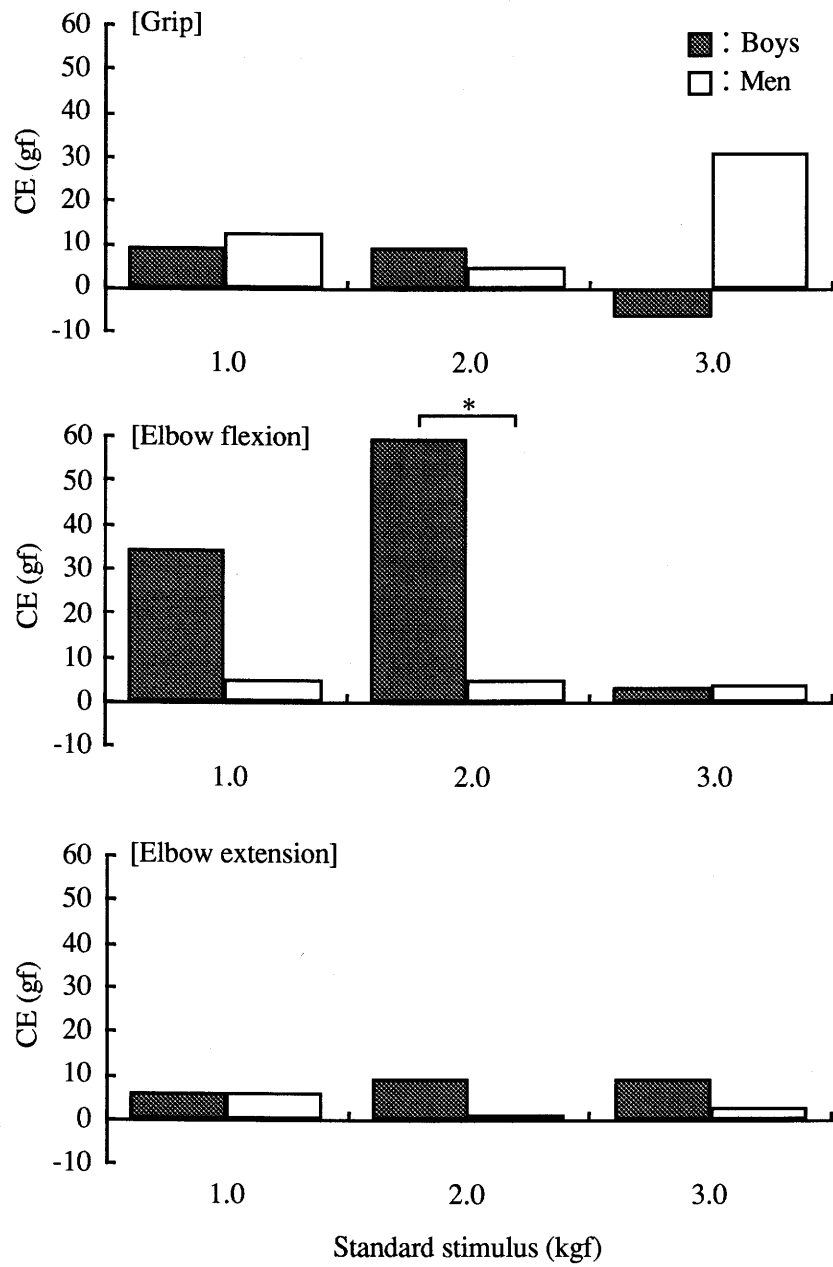


Fig. 10-5 Comparison between boys and men for constant error (CE) in grip, elbow flexion and extension motions (\*  $p < 0.05$ )

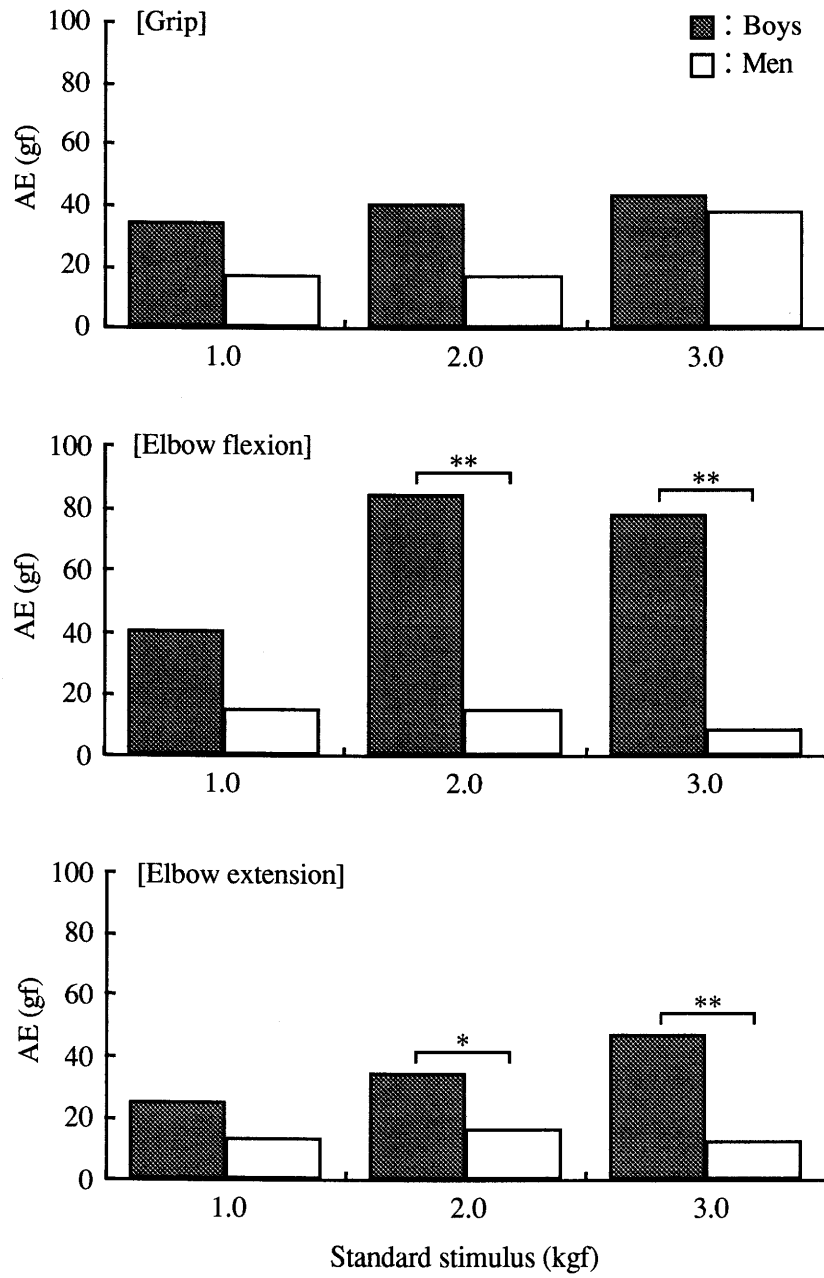


Fig. 10-6 Comparison between boys and men for absolute error (AE) in grip, elbow flexion and extension motions (\*\* p<0.01, \* p<0.05)



## 第11章 研究課題7

## 第11章 本研究の方法と既存の方法との測定値の大小関係（研究課題7）

## Examination 7

Comparison between observations obtained from the new method devised in this study and the modified constant method — The study in chapter 11 was conducted to determine the characteristics of discrimination of force in grip for preschool children, and to examine the new method (NM) designed by Murase & Asami (1991) based on discriminations of force through the comparisons between observations obtained by two methods (i.e. modified constant method (CM) and NM). A total of 12 healthy Japanese preschool children (mean age:  $5.4 \pm 0.4$  yr) volunteered to be subjects for the two methods. The subjects engaged in CM measurements for about 28 days and in NM measurements for 18 to 24 days. The standard stimuli were 3 forces of 1.0 kgf, 2.0 kgf and 3.0 kgf, and the comparison stimulus was changed at intervals of 0.1 kgf. Lower threshold (LT), upper threshold (UT), interval of uncertainty (IU) and percentage of response appearance were selected as variables to represent the characteristics of discrimination of force. The results were also analyzed from the viewpoint of measurement and assessment. The relationships between the percentage of response appearance and each comparison stimulus for 3 standard stimuli matched the cumulative normal distribution functions. It was found that a subjective scale of force in grip would be established at the age of 5 to 6 years. LT, UT and IU in grip motion increased with a gain in the standard stimulus. The data for the NM were approximately 1.3 to 1.8 times larger than those estimated by the CM, and the two observations roughly paired with each other. For the two methods, the tendency of changes in LT, UT and IU, and relative sizes between LT and UT showed similar patterns.

## 第1節 緒言

随意的な筋力の調節に関与する主観的過程である力量知覚の諸特性は、評価と弁別の2つの側面に分けて考えることができる（村瀬・浅見, 1992a；1993b；Murase and Asami, 1993）。つまり、物理学的尺度によって捉えられる力量を主観的にどのように評価しているのか

(過大評価か過小評価なのか)を示す側面と、力量の感覚尺度の精度を示す異なる力量に対する弁別能力を表わす側面である。両側面とも身体運動現象を理解する上で重要な要素である。故に、Stevens (1957)を初めとする精神物理学的研究 (Eisler, 1962; Hoff, 1971; Stevens and Mack, 1959; Stevens et al., 1960) や体育・スポーツ科学に関連するいくつかの研究 (阿部, 1956; 伊藤・三條, 1985; 小野ほか, 1966) においては、相対的に大きな力量水準で種々の検討がなされている。しかし、それらの研究においては力量評価特性についての検討が多く、弁別特性に関してはほとんど研究成果が認められない。

一方、研究対象の発育発達水準を考慮した検討において、特に幼児の場合には、方法論の問題などから力量知覚に関する研究は少ない (末利ほか, 1972; 末利・千駄, 1978)。つまり、従来の成人を対象として確立された測定方法 (Stevens, 1957) は、被験者が数量概念 (比率概念など) を有していることを前提条件としているため、幼児に適用することは困難である。さらに、成人とは異なり幼児に関しては、実験課題に対する動機づけや注意の持続時間についての特別な配慮が必要であると考えられる。そこで、村瀬・浅見 (1991) は、前述の問題点と測定実施における筋肉疲労の影響 (Jones and Hunter, 1983a; 1983b) を考慮して、幼児のための力量弁別に基づく測定方法 (以下、新方法) を考案した。この測定方法に関しては、測定値 (弁別閾) 決定の理論的根拠 (村瀬・浅見, 1993b)、測定値の信頼性 (村瀬・浅見, 1993b) 及び合成変量による評価法 (村瀬・浅見, 1992a) が明らかにされている。しかし、既存の測定方法における測定値との大小関係は十分に検討されていない。

研究課題5では、幼児が実施可能で動作内容の理解が容易であると考えられる把握動作に着目し、把握時の力量弁別における反応出現率を恒常法を一部修正した方法によって測定し、弁別能力と力量間の差異の大きさとの関係を明らかにすることを目的とする。また、本研究において考案した新方法に基づく測定を同一期間内に同じ被験者に対して実施し、両方法における測定値間の比較検討を行ない、その大小関係についても検討を加える。

## 第2節 方法

### 1. 被験者

被験者は幼児男女12名（平均年齢  $5.4 \pm 0.4$  歳，平均握力  $76.9 \pm 16.9$  N）であった。被験者は全員が右手利き（Bryden, 1977）であり，右手で力量の弁別を行なった。

### 2. 筋力発揮動作及び測定条件

本研究課題での筋力発揮動作は把握動作であった。力量弁別における測定装置（図 5-1）及び基本的な測定条件は研究課題1の場合と同じである（研究課題1を参照）。

### 3. 恒常法に基づく力量弁別の測定方法

弁別閾測定における代表的な調整法，極限法及び恒常法の中で，恒常法は最も精度が高く適用範囲が広い方法である（丸山, 1973）。しかし，恒常法では通常1人の被験者が1対の刺激間の比較判断を20～100回実施することが望ましいため（大山, 1989），力量弁別に関しては筋肉疲労の影響，さらに，幼児については課題への集中時間の問題が生じ，原法のままでは実施が困難であると考えられる。したがって，本研究課題では恒常法を参考にして，被験者全員の12名の各比較刺激における比較判断回数の合計が100回以上になるまで力量弁別を前述の測定条件で続けた（以下，この方法を恒常法と記述）。

恒常法で用いられた比較刺激は，標準刺激との差異が  $\pm 0.5$  kgf の範囲にある10種類の力量であった。3種類の標準刺激における比較判断回数の合計は3,316回（各比較刺激において平均110.5回）であり，幼児1人当たりの平均比較判断回数は276.3回であった（表11-1）。被験者は，恒常法の測定実施のために平均約28日間測定に参加したことになる。

力量弁別の比較判断における解答の正否から，標準刺激との差異が  $\pm 0.5$  kgf の範囲における比較刺激ごとの反応出現率（標準刺激に対して比較刺激の方を大であると主観的に判断した頻度の百分率）を算出した。従来の恒常法では，反応出現率が累積正規分布曲線に

当てはまるかどうかの適合度の検定を行い、適合することが確認された場合に最小二乗法を用いて測定値を推定する（大山, 1989）。したがって、力量弁別における反応出現率と力量との関係を示す関数が累積正規分布曲線に適合するかどうかの検討を $\chi^2$ -検定を用いて行ない、適合性を確認した後に上下弁別閾及び不確定区間を推定した。

#### 4. 新方法に基づく力量弁別の測定方法

力量弁別の測定実施においては、弁別を繰り返すことにより筋肉疲労の影響（Jones and Hunter, 1983a；1983b）が介入してくる。また、就学前の幼児は力量を比率概念に基づき理解することは困難であり、従来の成人を対象とした方法（Stevens, 1957）は適用できないのが現状である。そこで、幼児のための測定方法が考案され実施されている（村瀬・浅見, 1992a；1993b；Murase and Asami, 1993）。この方法は、標準刺激と標準刺激から一定の間隔（本研究課題では0.1 kgf 間隔）で異なる比較刺激との比較判断を2件法で行ない、最高5回の比較判断において全て正しい解答が得られた場合の比較刺激と標準刺激との差異を弁別閾とするものであった。この場合、最高5回の試行において全ての比較判断に正解が出現する確率は、正否の解答が得られる確率が等しいと考えるならば3.125% [(1/2)<sup>5</sup>] となり、一般に推測統計において仮説の採否の基準となる5%よりも小さな値になる。したがって、このような小さな確率の現象が生起したならば、その判断の背後に何らかの判断基準が確立されていると考えられる（村瀬・浅見, 1993b）。標準刺激と比較刺激との力量の差異は弁別閾が決定するまで0.1 kgf 単位で増加した。得られた弁別閾は、標準刺激より比較刺激の方が小さい場合に下弁別閾、及び比較刺激の方が大きい場合に上弁別閾として区別した。両弁別閾の和を不確定区間とした。これらの測定値と恒常法によるそれとの比較から、新方法の測定方法の検討を行なった。なお、新方法では1つの弁別閾を決定するのに3~4日の期間を必要としたので、被験者は新方法の測定に18~24日間参加した。

### 第3節 結果

#### 1. 把握時の力量弁別における反応出現率

恒常法に基づく把握時の力量弁別における反応出現率の測定値と最小二乗法を用いて算出された理論値は表 11-2 に示す通りである。理論値（累積正規分布曲線上の値）と実際の測定値との差異の検討を  $\chi^2$ -検定（大山, 1989）を用いて行なった結果、全ての標準刺激において統計的に有意な差異（5%水準）は認められなかった。したがって、幼児の把握時の力量弁別における反応出現率は累積正規分布曲線に適合すると考えられる。なお、この場合の  $\chi^2$ -検定は理論値との適合性の検討に用いられるもので、理論値の推定には最小二乗法によって求められた平均値及び標準偏差が用いられているため、自由度は7（比較刺激段階数-3）であった（Snedecor and Cochran, 1991）。

また、3種類の標準刺激における反応出現率と比較刺激の力量の大きさとの関係を図示したのが図 11-1 である。曲線の傾きが標準刺激の増加に伴い小さくなる傾向が認められた。つまり、反応出現率の最大値と最小値までの範囲（最大値-最小値）は、標準刺激が 1.0 kgf, 2.0 kgf 及び 3.0 kgf の場合に、それぞれ 89.9%, 72.7% 及び 60.2% であり、標準刺激の力量が大きくなるに従いその範囲が小さくなる傾向を示していた（図 11-2）。

#### 2. 2種類の方法による上下弁別閾及び不確定区間

力量弁別特性を示す指標としては上下弁別閾及び不確定区間が用いられる（Wolman, 1973）。2件法による測定の場合、恒常法に基づき推定された累積正規分布曲線上の反応出現率が 25% 及び 75% の時の比較刺激と標準刺激との差異を、それぞれ下弁別閾及び上弁別閾とし、不確定区間は上下弁別閾の総和として算出される（図 11-3）（大山, 1989）。

この基準によって算出された恒常法による測定値と新方法によって得られた測定値との比較は表 11-3 に示す通りである。また、両方法における測定値の対応関係を図示したのが図 11-4 である。両方法に共通して上弁別閾の方が下弁別閾に比べて大きな値を示すこと、

及び力量の増加に伴い弁別閾や不確定区間が大きくなることでは一致した傾向を示しており、さらに、両方法における測定値はほぼ対応していることが認められた。

また、2つの測定値間の比率（新方法の測定値÷恒常法の測定値）を算出した。その比率は、下弁別閾では1.638～1.825、上弁別閾に関しては1.305～1.678及び不確定区間では1.445～1.742の範囲の値を示していた（表11-3）。3変量全てにおいて新方法による測定値が恒常法によるそれよりも約1.3～1.8倍大きかった。

#### 第4節 考察

##### 1. 力量弁別における弁別能力と力量間の差異との関係

把握時の力量弁別における反応出現率は、把握力発揮における力量弁別能力を表わすものである。縦軸に反応出現率及び横軸に比較刺激の力量をとって図示した場合（図11-1）、反応出現率は比較刺激の力量の増加に伴い高くなる傾向にあった。そして、反応出現率と比較刺激の力量の大きさとの関係を示す曲線は、全ての条件で累積正規分布曲線に適合することが認められた。つまり、幼児の把握力発揮における弁別能力と力量の大きさとの間に関数関係が成立することが示唆された。力量の知覚は、関節受容器、筋紡錘及び腱紡錘などの固有受容器や皮膚受容器からの求心性の入力に基づき行なわれるため（Schmidt, 1986）、単一の物理学的尺度で表わされる力量と複数の入力情報によって規定される主観的過程の特性を示す反応出現率とが、このような非直線的な関係を示すと推測される。

さらに、弁別能力と力量の大きさとの関係が規則的な対応関係を示すことから、把握時の力量の知覚に関する感覚尺度が、本研究で対象とした幼児の年齢段階（5～6歳）において既に確立されていると考えられる。また、木下ほか（1992）の精密把握動作における把握力制御機能の発達を検討した研究では、把握力調節に関する特性が5歳まで急速に発達し、その後成人と同程度になることが報告されている。一方、末利・千駄（1978）は、把握力の最

大筋力の3分の1, 2分の1及び3分の2の力量水準における力量知覚特性の加齢変化(5~17歳)を明らかにし, 7~9歳で最も発達が著しく10歳でほぼ成人の水準に達することを示唆している。前者の研究の力量水準は非常に小さいのに対して, 後者の研究のそれは本研究の力量水準にほぼ相当する。以上のことから, 本研究課題で明らかにされた相対的に大きな力量水準での力量弁別特性は幼児期以降において加齢に伴い変化すると考えられる。

基準となる力量の大きさと弁別能力との関係については, 標準刺激の力量が増加するに伴い反応出現率の最大値から最小値までの範囲が小さくなる傾向が認められた(図11-2)。力量に限らず一般に, 標準刺激の増加とともに弁別閾は大きくなるが, 本研究課題でも幼児の把握力発揮において, 同様なことを意味する基準となる力量の増加に伴い同程度の力量の差異の弁別が困難になることが認められた。したがって, 以前の報告(村瀬・浅見, 1993b)と同様に, 力量弁別特性と力量水準の間には密接な関係があると推測される。

一方, 測定及び評価の観点から考察すると以下のことが考えられる。従来の弁別閾測定に基づく方法, すなわち, 物理量と主観量との対応関係を示す評価特性の指標を直接測定できない方法では, 主観的等価値, 恒常誤差及び絶対誤差などが間接的に推定されていた。そして, その推定の前提条件として, 反応出現率と刺激との関係が関数関係(主に累積正規分布関数関係)に適合することが仮定されていた(大山, 1989)。新方法における力量評価特性の推定にも同様な仮定が用いられていた(村瀬・浅見, 1992a; 1993b; Murase and Asami, 1993)。本研究課題の結果は, 実際の物理的な力量と主観的な力量との対応関係を示す指標を, 前述の仮定に従って間接的に推定することが妥当であることを支持するものである。つまり, 比率概念の理解を必要とする従来の測定方法(Stevens, 1957)の適用が困難である幼児などの対象については, 力量の評価特性を上下弁別閾を測定することによって, 間接的に推定することが可能であると考えられる。

## 2. 既存の測定方法における測定値との大小関係

幼児のための力量知覚測定における筋肉疲労の影響や課題への注意の持続時間を考慮し



で、新方法では比較判断の回数をできるだけ少なくするように工夫した。特に、5%以下を小さな確率と考える時、2件法で比較判断を行なう際は、5回連続して同じ解答が出現する場合に初めて生起確率が3.125%  $[(1/2)^5]$  となり、その基準(5%)以下になることから弁別閾の決定回数が決められている(村瀬・浅見, 1993b)。

上下弁別閾と不確定区間の測定値の比較では、新方法における測定値が恒常法に基づく測定値よりも常に大きな値を示し、新方法の測定値は恒常法によるそれよりも約1.3~1.8倍であった。また、新方法による上下弁別閾及び不確定区間は、標準刺激の相対値(標準刺激を100%とした場合)で表わすと、それぞれ18.7~31.7%及び39.1~57.5%であった。課題内容は異なるが、末利ほか(1972)の幼児を対象とした軟式テニスボールを用いた重量弁別における弁別閾及び不確定区間の相対値と比較しても、本研究の測定値の方が大きな値を示していた。恒常法やその他の方法に比べ、前述の考えに基づく新方法での弁別閾の決定基準が厳しいために、このような結果が得られたと推測される。弁別閾の決定における比較判断(力量弁別)回数を少なくすると、測定値は相対的に小さくなり既存の測定方法における値に近くなることが予測されるが、同時に測定値の信頼性(村瀬・浅見, 1993b)が低くなることが考えられる。この点に関しては、さらに検討する必要があるだろう。

また、新方法と恒常法の両測定値間の対応関係は図11-4に示す通りであり、両者がほぼ対応していることが認められる。さらに、3種類の標準刺激において共通して上弁別閾が下弁別閾よりも大きい値を示すという測定値の大小関係についても一致した結果が得られた。したがって、2つの方法の測定値間の相対的な大小関係を考慮することによって、既存の測定結果と新方法のそれとの比較がある程度可能になると推測される。

## 第5節 要約

本研究課題では、幼児（平均年齢  $5.4 \pm 0.4$  歳）の把握時の力量弁別特性を明らかにするために、恒常法の測定方法を参考に長期間に及ぶ力量弁別測定を実施した。さらに、幼児の諸特性及び筋肉疲労の影響を考慮して考案された方法（新方法）による測定を同一期間内に同じ被験者に対して実施し、両測定方法における測定値の比較から、幼児のための力量弁別に基づく新方法の測定方法の検討を行なった。力量弁別特性に関しては、力量弁別能力と力量間の差異との関係が累積正規分布曲線に適合することが認められ、5～6歳の年齢段階において把握時の力量知覚に関する感覚尺度が確立されていること、及び基準となる力量の増加に伴い同程度の力量の差異の弁別が困難になることが示唆された。一方、測定及び評価の観点から考察した結果、新方法における上下弁別閾及び不確定区間の3変量の値が恒常法によるそれよりも約1.3～1.8倍大きくなることが認められ、両測定値間の対応関係が明らかになった。また、標準刺激の力量の増加に伴う弁別閾及び不確定区間の変化や上下弁別閾の大小関係は両測定方法とも類似する傾向を示していた。

図表

Table 11-1 Trial times of discrimination of force

Difference	Standard Stimulus		
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf
-0.5 kgf	112	107	108
-0.4 kgf	108	104	117
-0.3 kgf	109	109	111
-0.2 kgf	105	106	115
-0.1 kgf	108	110	120
+0.1 kgf	109	112	120
+0.2 kgf	109	111	119
+0.3 kgf	104	110	117
+0.4 kgf	108	116	109
+0.5 kgf	109	106	108
Total	1,081	1,091	1,144

unit: times

Table 11-2 Percentage of response appearance

Difference	Standard Stimulus		
	1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf
-0.5 kgf	1.8 ( 3.2)	10.3 (10.4)	17.6 (16.6)
-0.4 kgf	6.5 ( 6.6)	13.5 (15.3)	22.2 (21.7)
-0.3 kgf	15.6 (12.2)	20.2 (21.5)	22.5 (27.7)
-0.2 kgf	17.1 (20.4)	31.1 (28.9)	29.6 (34.9)
-0.1 kgf	37.0 (31.3)	36.4 (37.4)	46.7 (41.4)
+0.1 kgf	68.8 (57.5)	62.5 (56.0)	60.0 (56.4)
+0.2 kgf	73.4 (70.2)	66.7 (65.0)	68.1 (63.7)
+0.3 kgf	79.8 (80.8)	72.7 (73.3)	71.8 (70.2)
+0.4 kgf	86.1 (88.7)	81.0 (80.4)	76.1 (76.6)
+0.5 kgf	91.7 (93.9)	83.0 (86.2)	77.8 (82.0)
$\chi^2$	12.146 <sup>ns</sup>	3.698 <sup>ns</sup>	7.467 <sup>ns</sup>

Observed value (Expected value), unit: %,  
 ns: not significant (p>0.05)

Table 11-3 LT, UT and IU for two methods

Variable		Standard Stimulus		
		1.0 kgf	2.0 kgf	3.0 kgf
LT	N (kgf)	0.258	0.458	0.562
	C (kgf)	0.155	0.251	0.343
	N/C	1.665	1.825	1.638
UT	N (kgf)	0.317	0.542	0.612
	C (kgf)	0.243	0.323	0.373
	N/C	1.305	1.678	1.641
IU	N (kgf)	0.575	1.000	1.174
	C (kgf)	0.398	0.574	0.716
	N/C	1.445	1.742	1.640

LT: lower threshold, UT: upper threshold,

IU: interval of uncertainty,

N: observed value for new method,

C: observed value for modified constant method

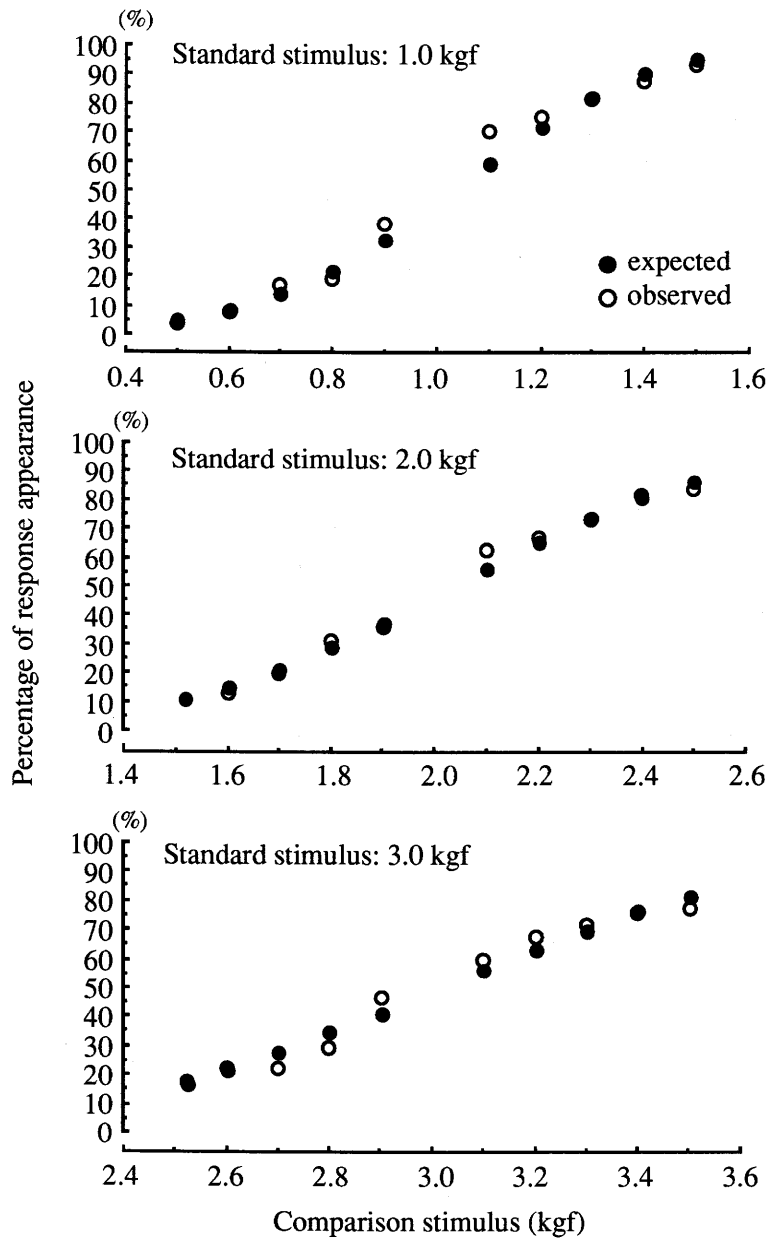


Fig. 11-1 Percentage of response appearance for 3 standard stimuli

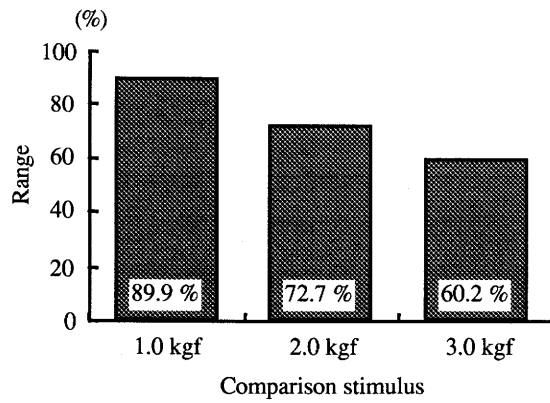


Fig. 11-2 Range between maximal to minimal value for percentage of response appearance

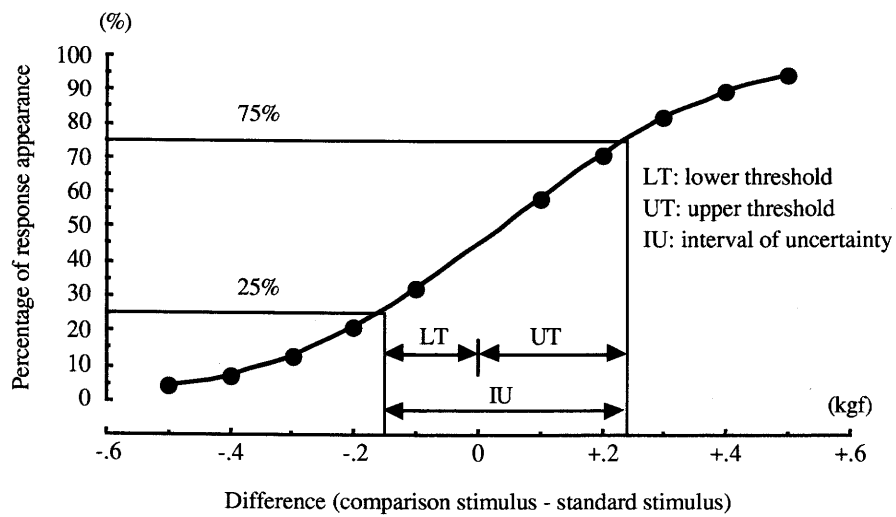


Fig. 11-3 Lower and upper thresholds and interval of uncertainty estimated from percentage of response appearance



## 第12章 総括



## 第12章 総括

本研究では、従来検討されることの少なかった相対的に大きな力量水準における幼児の力量弁別及び評価特性を明らかにすることと、幼児に対して適用可能な測定方法の検討を行なうことを目的とした。そして、上肢を用いた筋力発揮動作を選択し、第3章に示す研究手順に従い検討を進めた。本研究で設定された研究課題1～7において明らかにされた知見は以下に示す通りである。発育発達立場から、幼児の把握、肘関節の屈曲（以下、肘屈曲）及び伸展（以下、肘伸展）時の力量弁別及び評価に関する知見と、測定評価の立場から、3種類の動作時の幼児のための測定及び評価方法に関する知見との2つに分けて記述されている。なお、括弧内には明らかにされた研究課題が示してある。

### 第1節 力量弁別及び評価に関する知見

1. 把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別特性と発揮されている力量水準との間には対応関係が認められ、力量水準の増加に従い弁別が不可能な力量の範囲が大きくなる。一方、力量評価特性と発揮力量の大きさの間には明確な対応関係が認められない。  
(研究課題1, 3)
2. 肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別特性間には差異が認められ、同一力量に対する力量弁別の精度は肘屈曲時の方が肘伸展時よりも低い。(研究課題1)
- 3 a. 把握、肘屈曲及び肘伸展時における力量弁別及び評価特性の個人内での異なる力量水準における成績間の関連性は低い。(研究課題2)

- 3b. 個人内の動作間の関連性については、把握と肘伸展の動作間で中程度の相関関係が認められるが、力量評価特性については動作間での関連性が低い。（研究課題2）
4. 把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別及び評価特性の左右上肢間の差異は認められない。また、両上肢間の成績の関連の程度は低い。（研究課題3）
5. 把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別及び評価特性は、全身あるいは上肢の運動に関連する運動能力とはほとんど独立した特性である。（研究課題4）
6. 把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別特性には性差が認められない。（研究課題5）
7. 把握、肘屈曲及び肘伸展時の力量弁別特性には幼児と成人との間に差異が認められ、同一力量に対する弁別の精度は幼児よりも成人の方が高い。（研究課題6）
8. 把握時の力量弁別能力は、2種類の力量間の差異の程度と対応しており、力量弁別のための規則的な感覚尺度が5～6歳の年齢段階で確立されている。（研究課題7）

## 第2節 測定及び評価方法に関する知見

1. 力量弁別に基づく測定方法の測定値の信頼性を示す相関係数は0.642～0.841であり、幼児を対象とした方法における測定値としては信頼できる水準にある。（研究課題1）
2. 把握、肘屈曲及び肘伸展時の各力量水準における測定値の標準得点の総和に基づく合成変量は、力量弁別及び評価特性の評価指標として適用可能である。（研究課題2）

3. 把握時の力量弁別特性を示す測定値は、恒常法を一部修正した方法や他の測定方法における測定値よりも相対的に大きいが対応する関係にある。（研究課題7）

### 第3節 今後の研究課題

幼児の上肢を用いた動作時の力量弁別及び評価特性についての研究課題1～7の検討を通して、今後さらに検討が必要であると考えられる問題点は以下に示す通りである。

1. 把握、肘屈曲及び肘伸展の3動作時における力量弁別及び評価特性が明らかにされたが、筋力発揮動作によって検討結果に差異が認められた。また、筋力発揮動作には上肢を用いた動作に限らず様々な発揮動作が考えられるため、幼児が実施可能なその他の筋力発揮動作における同様な検討が必要であると考えられる。
2. 力量の知覚に関する諸特性が明らかにされたが、身体運動は力量知覚と力量知覚以外の感覚あるいは知覚の関与によって成就される。幼児の身体運動現象をさらに理解する上では、その他の感覚・知覚との関連も明らかにする必要があるだろう。
3. 幼児の力量知覚特性が従来までほとんど検討されることがなかったため、幼児期の諸特性が中心として明らかにされた。また、同一の方法によって成人についても検討が行われた。今後、力量知覚特性の加齢に伴う発達変化を明らかにする場合には、幼児と成人以外の対象の資料の追加や縦断的資料による分析が必要であると考えられる。

#### 第4節 結語

以上に示したように博士論文においては、はじめに就学前の子供の諸特性を考慮しつつ確率論の考え方を導入して、幼児に適用可能な力量弁別に基づく力量知覚特性の測定及び評価方法を考案した。そして、新しく考案された測定及び評価方法を用いて、従来検討されることの少なかった幼児の上肢を用いた筋力発揮時の力量の弁別及び評価特性を定量化することができた。幼児期の力量知覚特性が明らかにされたことにより、今後、幼児期からその他の年齢段階に至る発達変化の解明が可能になると考えられる。

## 関連論文及び発表一覧

— 関連論文及び発表一覧 —

本論文の研究成果は，原著論文 6 編（印刷中 2 編）と口頭発表 5 編によって公表されている．原著論文の掲載誌名と口頭発表の抄録掲載誌名等は以下に示す通りである．

【原著論文（6 編）】

村瀬智彦，浅見高明 (1993b)

「幼児の把握，肘関節の屈曲及び伸展時の力量弁別及び評価特性」

体育学研究，38，25-33．〔第 5 章，研究課題 1〕

村瀬智彦，浅見高明 (1992a)

「幼児の上肢筋における力量知覚の個人内特性」

いばらき体育・スポーツ科学，7，1-6．〔第 6 章，研究課題 2〕

浅見高明，村瀬智彦，渋谷侃二 (1994)

「幼児の上肢を用いた力量弁別および評価特性における左右差の検討」

体育科学，21，（印刷中）．〔第 7 章，研究課題 3〕

Murase, T. and Asami, T. (1993)

"Relationship between characteristics of force perception and performances on motor ability and coordination for preschool children"

*Japanese J. Educational Medicine*, 38, 266-273. 〔第 8 章，研究課題 4〕

村瀬智彦, 浅見高明 (1994)

「幼児の把握, 肘関節の屈曲及び伸展時の力量弁別特性と発揮力量との対応関係」

体力科学, 43, (印刷中). [第9章, 研究課題5]

村瀬智彦, 浅見高明 (1993a)

「幼児の把握時の力量弁別特性と力量弁別に基づく測定方法の検討」

体力科学, 42, 201-208. [第11章, 研究課題7]

【学会発表 (5編)】

村瀬智彦, 浅見高明 (1991)

「幼児の上肢を用いた等尺性筋力発揮における力量感覚特性」

第42回 日本体育学会 [抄録: 日本体育学会第42回大会号, p.553]

村瀬智彦, 浅見高明 (1992b)

「幼児のための力量弁別及び評価特性の測定法の検討」

第47回 日本体力医学会 [抄録: 体力科学, 41, p.859]

村瀬智彦, 浅見高明, 原田暁美 (1992)

「幼児の上肢を用いた力量知覚特性とフィールドテストとの関係」

第43回 日本体育学会 [抄録: 日本体育学会第43回大会号, p.558]

村瀬智彦, 浅見高明 (1993c)

「幼児の力量弁別特性と力量水準との対応関係の検討」

第48回 日本体力医学会 [抄録：体力科学, 42, (印刷中)]

村瀬智彦, 浅見高明 (1993d)

「幼児の力量弁別及び評価特性における左右上肢間の差異と関連性」

第44回 日本体育学会 [抄録：日本体育学会第44回大会号, p.552]



## 謝辭

## — 謝辞 —

博士論文の作成にあたり、博士課程に入学してから今日に至るまで、研究内容あるいは論文に対して懇切丁寧な御助言・御指導をいただいた筑波大学体育科学系教授浅見高明先生には、心から感謝の意を表します。また、博士課程体育科学研究科においては、中京女子大学教授（元筑波大学体育科学系教授）松浦義行先生、筑波大学体育科学系教授小林一敏先生、並びに筑波大学体育科学系助教授田中喜代次先生から、中間評価論文及び研究計画書の作成において、御助言・御指導をいただいたことを深く感謝致します。さらに、研究報告会や予備審査会においては、筑波大学体育科学系教授（体育科学研究科研究科長）岡田守彦先生から論文全体に対する御指摘をいただいたことを感謝致します。

資料の収集においては、3年間にわたる約45週間の測定実施に御理解と御協力をいただいた社会福祉法人めぐみ愛育会めぐみ保育園（茨城県土浦市）の山崎園長、保護者の方々、及び職員の皆様に、この場を借りて感謝の意を表します。また、実験課題に興味を示し長期に及ぶ測定に元気に参加してくれた子供達の今後の健やかな発育発達を祈念致します。

浅見研究室や田中研究室（元松浦研究室）の勉強会やゼミにおいては、先生方や大学院生の皆さんから多くの貴重な御助言・御指摘をいただきました。また、出身大学の金沢大学教育学部教授出村慎一先生並びに出村研究室の皆さんからはたくさんの励ましの言葉をいただきました。論文を書き上げることができたのも皆さんのお蔭と感じております。

最後に、筑波大学大学院の博士課程に進学し研究を継続したいという自分の意志を尊重し、学生生活を支えてくれた両親と兄には、ここに感謝の気持ちを記します。

1993年 12月 村瀬 智彦

## 文献

## — 文献 —

- 1) 阿部俊造 (1956) : 力量の見積りに関する実験的研究 (1) — 圧力及び握力 —. 体育学研究, 2, 48-52.
- 2) Aherne, W., Ayyar, D. R., Clarke, P. A. and Walton, J. N. (1971) : Muscle fibre size in normal infants, children and adolescents: An autopsy study. *J. Neurol. Sci.*, 14, 171-182.
- 3) 網野貴子, 近藤充夫 (1986) : 衝動型幼児の運動遂行に及ぼす言語教示の効果. 体育学研究, 30, 293-301.
- 4) 青木純一郎, 浅井英典, 石河利寛 (1983) : 筋電図および力—速度関係からみた幼児の筋力発揮特性. 体育科学, 11, 79-85.
- 5) 青木純一郎, 浅井英典, 石河利寛 (1984) : 収縮直前に与えた負荷が幼児の等尺性筋力発揮に及ぼす影響. 体育科学, 12, 132-140.
- 6) 青木純一郎, 浅井英典 (1985) : 電気刺激および光刺激に対する幼児の等尺性筋力発揮特性. 体育科学, 13, 95-102.
- 7) 青木純一郎, 浅井英典 (1986) : 幼児の等尺性筋力発揮特性におよぼす冷却の影響. 体育科学, 14, 49-57.
- 8) 青木純一郎, 玉木啓一 (1988) : 力—時間関係および筋電図からみた子供と成人の等尺性筋力発揮. 体育科学, 16, 111-115.
- 9) 青柳 領, 松浦義行, 出村慎一, M・アンワール・パサウ, 服部 隆, 田中喜代次 (1980) : 幼児の平衡運動に關与する調整力の因子分析的研究 — 妥当なテスト項目の選択について —. 体育学研究, 25, 197-206.
- 10) 青柳 領, 松浦義行 (1982) : 幼児の運動能力構造について. 体育学研究, 26, 291-303.
- 11) 浅井英典, 石河利寛 (1984) : 幼児の短時間および持続的等尺性収縮における表面筋電図の周波数および振幅の分析. 体育学研究, 29, 115-123.

- 12) 浅見高明, 村瀬智彦, 渋川侃二 (1994) : 幼児の上肢を用いた力量弁別および評価特性における左右差の検討. 体育科学, 21, (印刷中).
- 13) Barrow, H. M., McGee, R. and Tritschler, K. A. (1989) : Practical Measurement in Physical Education and Sport, 4th Ed. Lea & Febiger: Philadelphia, PA, pp.53-75.
- 14) Baumgartner, T. A. (1989) : Norm-referenced Measurement: Reliability. In. Safrit, M. J. and Wood, T. M. (Eds.) : Measurement Concepts in Physical Education and Exercise Science. Human Kinetics Publishers, Inc.: Champaign, IL, pp.45-72.
- 15) Borg, G. A. V. (1973) : Perceived exertion: a note on "history" and method. *Med. Sci. Sports*, 5, 90-93.
- 16) Borg, G. A. V. (1982) : Psychophysical bases of perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 377-381.
- 17) Bowden, D. H. and Goyer, R. A. (1960) : The size of muscle fibers in infants and children. *Arch. Pathol.*, 68, 188-189.
- 18) Brodie, E. E. (1988) : Sex and hand-preference effects in the simultaneous and consecutive discrimination of lifted weight. *Percept. Psychophys.*, 43, 326-330.
- 19) Bryden, M. P. (1977) : Measuring handedness with questionnaires. *Neuropsychologia*, 15, 617-624.
- 20) Cafarelli, E. and Bigland-Ritchie, B. (1979) : Sensation of static force in muscles of different length. *Exp. Neurol.*, 65, 511-525.
- 21) Cafarelli, E. and Kostka, C. E. (1981) : Effect of vibration on static force sensation in man. *Exp. Neurol.*, 74, 331-340.
- 22) Cafarelli, E. (1982) : Peripheral contribution to the perception of effort. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 382-389.
- 23) Cafarelli, E. and Layton-Wood, J. (1986) : Effect of vibration on force sensation in fatigued muscle. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 18, 516-521.

- 24) DeMello, J. J., Cureton, K. J., Boineau, R. E. and Singh, M. M. (1987) : Ratings of perceived exertion at the lactate threshold in trained and untrained men and women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19, 354-362.
- 25) 出村慎一, 村瀬智彦, 岡島嘉信 (1990) : 幼児期における運動能力の発達とその性差. 学校保健研究, 32, 532-538.
- 26) 出村慎一 (1993) : 幼児期におけるボール遠投に対する体力及び投動作の貢献度とその性差. 体育学研究, 37, 339-350.
- 27) Eisler, H. (1962) : Subjective scale of force for a large muscle group. *J. Exp. Psychol.*, 64, 253-257.
- 28) Fischman, M. G., Moore, J. B. and Steele, K. H. (1992) : Children's one-hand catching as a function of age, gender, and ball location. *Res. Q. Exerc. Sport*, 63, 349-355.
- 29) 藤巻公裕 (1989) : 幼児の連続跳躍過程と動作エラーについて. 体育学研究, 34, 167-174.
- 30) 船渡和男 (1988) : 筋収縮力の成長・加齢. 体育の科学, 38, 431-438.
- 31) Gallahue, D. L. (1989) : Understanding Motor Development: Infants, Children, Adolescents, 2nd Ed. Benchmark Press, Inc.: Indianapolis, IN, pp.225-287.
- 32) Gilliam, T. B., Freedson, P. S., Geenen, D. L. and Shahraray, B. (1981) : Physical activity patterns determined by heart rate monitoring in 6-7 year-old children. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 13, 65-67.
- 33) 郷司文男, 出村慎一 (1992) : 行動観察に基づく幼児の運動成就テストの作成—スクリーニングテストとしての利用—. 体育学研究, 37, 123-134.
- 34) Gooch, J. L. and Randle, J. (1993) : Force perception before and after maximal voluntary contraction. *Percept. Mot. Skills*, 76, 399-402.
- 35) Goudsouzian, N. G. (1980) : Maturation of neuromuscular transmission in the infant. *Br. J. Anaesth.*, 52, 205-214.

- 36) Halverson, L. and Williams, K. (1985) : Developmental sequences for hopping over distance: A prelongitudinal screening. *Res. Q. Exerc. Sport*, 56, 37-44.
- 37) Hiscock, M. and Kinsbourne, M. (1978) : Ontogeny of cerebral dominance: evidence from time-sharing asymmetry in children. *Dev. Psychol.*, 14, 321-329.
- 38) Hoff, P. A. (1971) : Scales of selected aspects of kinesthesia. *Percept. Psychophys.*, 9, 118-120.
- 39) 星川 保, 豊島進太郎, 亀井貞次, 松井秀治 (1979) : 幼児における自転車遊びの体力科学的研究. *体力科学*, 28, 280-288.
- 40) 今中国泰, 吉本 修, 松永淳一 (1981) : 成人と幼児の変型走路における短距離疾走能力の因子構造. *体育学研究*, 26, 29-41.
- 41) 石河利寛, 高田典衛, 小野三嗣, 勝部篤美, 松浦義行, 宮丸凱史, 森下はるみ, 小林寛道, 近藤充夫, 清水達雄 (1987) : 調整力に関する研究成果のまとめ. *体育科学*, 15, 76-87.
- 42) 伊藤政展 (1982) : 力量情報の短期保持における象徴的コーディング方略と内潜的リハーサルの効果. *体育学研究*, 27, 187-195.
- 43) 伊藤政展 (1983) : 力量情報の短期保持におけるコーディング方略と強化回数の効果. *体育学研究*, 28, 237-250.
- 44) 伊藤政展 (1984) : 力量情報の短期保持における内潜的リハーサルの効果と心的活動による反応の偏向. *体育学研究*, 29, 207-216.
- 45) 伊藤政展, 三條俊彦 (1984) : 力量情報の短期記憶における直後再生エラーの反応セット特性. *体育学研究*, 29, 143-151.
- 46) 伊藤政展, 三條俊彦 (1985) : 力量と疾走時間の表出における期待強度と表出強度の関係. *体育学研究*, 29, 307-314.
- 47) 伊藤政展 (1986) : 力量情報の短期記憶における筋感覚的イメージと運動の機能的等価性. *体育学研究*, 31, 113-121.

- 48) 岩田浩子, 森下はるみ (1979): 幼児の動作メカニズムとその発達 —指示のしかたによる跳躍動作の変容について—. 体育学研究, 24, 185-200.
- 49) Jones, L. A. and Hunter, I. W. (1982): Force sensation in isometric contractions: a relative force effect. *Brain Res.*, 244, 186-189.
- 50) Jones, L. A. and Hunter, I. W. (1983a): Perceived force in fatiguing isometric contractions. *Percept. Psychophys.*, 33, 369-374.
- 51) Jones, L. A. and Hunter, I. W. (1983b): Effect of fatigue on force sensation. *Exp. Neurol.*, 81, 640-650.
- 52) 金子公有, 淵本隆文, 佐々木茂 (1990): 肘屈筋のパフォーマンスからみた神経・筋機能の発達. 体育科学, 18, 18-24.
- 53) 勝部篤美, 原田碩三, 後藤サヨ子 (1970a): 幼児体育に関する実験的研究 (1) 幼児の運動負荷と脈拍数. 体育学研究, 14, 193-200.
- 54) 勝部篤美, 原田碩三, 後藤サヨ子 (1970b): 幼児体育に関する実験的研究 (2) 幼児の運動の練習効果について. 体育学研究, 15, 26-32.
- 55) 菊池安行 (1969): 利き手の神経機構. 人間工学, 5, 333-339.
- 56) 金 善應, 松浦義行 (1988): 幼児及び児童における基礎運動技能の量的変化と質的变化に関する研究 —走, 跳, 投運動を中心に—. 体育学研究, 33, 24-38.
- 57) 木下 博, 生田香明, 葛原憲治, 会田 勝, Forssberg, H. (1992): 小物体の持ち上げ運動に関わる把握力制御機能の発達. 体育学研究, 37, 69-86.
- 58) 岸本 肇, 馬場桂一郎 (1980): 幼児の運動機能の発達に関する一考察. 体育学研究, 25, 47-58.
- 59) 北本 拓 (1979): 左右筋力の発現調節について. 人間工学, 15, 259-263.
- 60) 北本 拓 (1984): 脚屈曲・伸展運動における筋力調節能力の測定. 人間工学, 20, 111-117.



- 61) 北本 拓(1991)：各種追従動作からみた肘関節運動の調整能力の測定. 体力科学, 40, 74-82.
- 62) 小橋川久光(1970)：幼児の運動反応に及ぼすモデルの示範の効果. 体育学研究, 14, 247-251.
- 63) 小林寛道, 小松佳世, 水谷四郎, 脇田裕久, 八木規夫, 長井健二(1982)：健康・体力づくりカリキュラムと幼児の筋力・運動能力・調整力および Aerobic Power. 体育科学, 10, 134-146.
- 64) 小林寛道, 桜井伸二, 小松佳世, 脇田裕久, 八木規夫(1983)：幼児の aerobic power の再現性に関する研究. 体育学研究, 28, 23-31.
- 65) 小林寛道, 八木規夫, 並木洋子(1989)：幼児の等速性筋力の特徴について. 体育科学, 17, 57-65.
- 66) 小林寛道, 八木規夫, 並木洋子(1990)：6歳児の等速性脚筋力と基礎運動能力との関係. 体育科学, 18, 110-117.
- 67) 近藤充夫, 杉原 隆, 落合 優, 松田岩男(1976)：幼児の知覚—運動経験が知的能力に及ぼす影響. 体育学研究, 21, 155-163.
- 68) 小山吉明, 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦(1982)：幼児の足の形態発育について. 体育学研究, 26, 317-325.
- 69) 工藤孝幾(1985)：ランニング速度感覚に関する研究. スポーツ心理学研究, 12, 85-87.
- 70) 倉田 博, 宮崎淳子, 小川芳徳, 増田 允(1981)：ヒトの肩関節水平面における身体空間知覚能力—空間二等分割能力による検討—. 体力科学, 30, 214-219.
- 71) 栗本関夫, 浅見高明, 渋谷侃二, 松浦義行, 勝部篤美(1981)：体育科学センター調整力フィールドテストの最終形式—調整力テスト検討委員会報告—. 体育科学, 9, 207-212.
- 72) Macek, M. and Vavra, J. (1971)：Cardiopulmonary and metabolic changes during exercise in children 6-14 years old. *J. Appl. Physiol.*, 30, 200-204.

- 73) Malina, R. M. and Johnston, F. E. (1967) : Relations between bone, muscle and fat widths in the upper arms and calves of boys and girls studied cross-sectionally at ages 6 to 16 years. *Hum. Biol.*, 39, 211-223.
- 74) Malina, R. M. and Bouchard, C. (1991) : Growth, Maturation, and Physical Activity. Human Kinetics Publishers, Inc.: Champaign, IL, pp.115-132.
- 75) Marteniuk, R. G. and Ryan, M. L. (1972) : Psychophysics of kinesthesia angular movement. *J. Mot. Behav.*, 4, 135-142.
- 76) 丸山欣哉 (1973) : 精神物理学的測定法. 北村晴朗, 安倍淳吉, 黒田正典 (編) : 心理学研究法. 誠信書房: 東京, pp.69-97.
- 77) 松田岩男, 杉原 隆, 南 貞己, 和田 尚 (1971) : 幼児の運動能力と居住地区, 遊び, 母親の養育態度との関係について. 東京教育大学体育学部紀要, 10, 41-47.
- 78) 松井三雄, 松田岩男, 森國太郎 (1955) : 幼児の運動能力検査に関する研究. 体育学研究, 9, 523-533.
- 79) 松延 博, 安藤 幸 (1972) : 幼児に対する体育指導の方法と効果に関する研究. 体育学研究, 17, 35-41.
- 80) 松浦義行, 中村栄太郎 (1977) : 基礎運動能力の発達に関する研究 — 4 から 8 歳の男児について —. 体育学研究, 21, 293-303.
- 81) 松浦義行 (1978) : 幼児期における運動技能の発達 : ボールハンドリング技能について. 体育学研究, 23, 129-140.
- 82) McCloskey, D. I., Ebeling, P. and Goodwin, G. M. (1974) : Estimation of weights and tensions and apparent involvement of a "sense of effort." *Exp. Neurol.*, 42, 220-232.
- 83) 三村寛一, 上林久雄 (1985) : 幼児の日常生活における至適運動量に関する基礎的研究 — 24時間の心拍数の変動について —. 体力科学, 34, 201-210.

- 84) 宮崎淳子, 倉田 博, 小川芳徳, 齊藤義弘, 時岡 醇, 原田邦彦, 碓井外幸, 増田 允(1982): ヒトの肘関節における身体空間知覚能力—空間二等分割能力による検討—. 体力科学, 31, 242-250.
- 85) 水間恵美子(1971): 幼児の Achilles 腱反射の運動生理学的研究. 体育学研究, 15, 9-19.
- 86) 水谷四郎, 奥野 博, 脇田裕久(1973): 日本人の肘関節屈筋力の発達— Isometric Strength と Eccentric Strength について—. 体育学研究, 17, 277-285.
- 87) Morgan, W. P. (1973): Psychological factors influencing perceived exertion. *Med. Sci. Sports*, 5, 97-103.
- 88) 森下はるみ(1968): 乳幼児における身長—体重相対発育. 体育学研究, 13, 189-194.
- 89) Morris, A. M., Williams, J. M., Atwater, A. E. and Wilmore, J. H. (1982): Age and sex differences in motor performance of 3 through 6 year old children. *Res. Q. Exerc. Sport*, 53, 214-221.
- 90) 宗高弘子, 松浦義行, 宗高平八(1971): 幼児の運動能力の地域差について—離島・団地・都市の場合—. 体育学研究, 16, 91-97.
- 91) 村瀬智彦, 出村慎一(1990): 幼児の運動能力評価法の検討—いわゆる「運動能力テスト」と「合否判定テスト」との関係について—. 体育学研究, 35, 207-217.
- 92) 村瀬智彦, 浅見高明(1991): 幼児の上肢を用いた等尺性筋力発揮における力量感覚特性. 日本体育学会第42回大会号, 553.
- 93) 村瀬智彦, 浅見高明(1992a): 幼児の上肢筋における力量知覚の個人内特性. いばらき 体育・スポーツ科学, 7, 1-6.
- 94) 村瀬智彦, 浅見高明(1992b): 幼児のための力量弁別及び評価特性の測定法の検討. 体力科学, 41, 859.
- 95) 村瀬智彦, 浅見高明, 原田暁美(1992): 幼児の上肢を用いた力量知覚特性とフィールドテストとの関係. 日本体育学会第43回大会号, 558.

- 96) Murase, T. and Asami, T. (1993) : Relationship between characteristics of force perception and performances on motor ability and coordination for preschool children. *Japanese J. Educational Medicine*, 38, 266-273.
- 97) 村瀬智彦, 浅見高明 (1993a) : 幼児の把握時の力量弁別特性と力量弁別にに基づく測定方法の検討. *体力科学*, 42, 201-208.
- 98) 村瀬智彦, 浅見高明 (1993b) : 幼児の把握, 肘関節の屈曲及び伸展時の力量弁別及び評価特性. *体育学研究*, 38, 25-33.
- 99) 村瀬智彦, 浅見高明 (1993c) : 幼児の力量弁別特性と力量水準との対応関係の検討. *体力科学*, 42, (印刷中, 発表抄録).
- 100) 村瀬智彦, 浅見高明 (1993d) : 幼児の力量弁別及び評価特性における左右上肢間の差異と関連性. *日本体育学会第44回大会号*, 552.
- 101) 村瀬智彦, 浅見高明 (1994) : 幼児の把握, 肘関節の屈曲及び伸展時の力量弁別特性と発揮力量との対応関係. *体力科学*, 43, (印刷中).
- 102) 中村栄太郎, 松浦義行 (1979) : 4 ~ 8 歳の幼児・児童の基礎運動能力の発達に関する研究. *体育学研究*, 24, 127-135.
- 103) 中村 茂, 角田真一郎, 杉山 信, 船戸徳郎, 吉村 正, 宮崎正己 (1980) : 発育発達の特性に関する研究 (その V) — 幼稚園における体力運動能力測定法に関する考察 —. *早稲田大学体育研究紀要*, 12, 16-27.
- 104) Nelson, J. K., Thomas, J. R., Nelson, K. R. and Abraham, P. C. (1986) : Gender difference in children's throwing performance: biology and environment. *Res. Q. Exerc. Sport*, 57, 280-287.
- 105) 根本芳男 (1966) : 幼児の接地足蹠発育変化に関する研究. *体育学研究*, 11, 110-115.
- 106) Noble, B. J., Metz, K. F., Pandolf, K. B. and Cafarelli, E. (1973) : Perceptual responses to exercise: a multiple regression study. *Med. Sci. Sports*, 5, 104-109.
- 107) Noble, B. J. (1982) : Clinical applications perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 406-411.

- 108) Noble, B. J., Borg, G. A. V., Jacobs, I., Ceci, R. and Kaiser, P. (1983) : A category-ratio perceived exertion scale: relationship to blood and muscle lactates and heart rate. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15, 523-528.
- 109) 大庭健吾, 佐藤光毅, 米田継武 (1971) : 上肢側方挙上による位置感覚 (第一報) . 体育学研究, 16, 145-150.
- 110) 大山 正 (1989) : 精神物理学的測定法. 和田陽平, 大山 正, 今井省吾 (編) : 感覚・知覚心理学ハンドブック. 誠信書房 : 東京, pp.31-55.
- 111) 大山良徳 (1974) : 幼児の身体発育に関連する主要因の選定に関する基礎的研究 (第1報) . 体育学研究, 19, 87-98.
- 112) 岡野満里, 丹羽劭昭 (1976) : 幼児のリズム・パターンへの同期に関する発達的研究. 体育学研究, 20, 221-230.
- 113) 小野三嗣, 高橋泰光, 坪田修三, 大和 真 (1966) : 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, 113-119.
- 114) Pandolf, K. B. (1982) : Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 397-405.
- 115) Reybrouck, T., Weymans, M., Ghesquiere, J., Van Gerven, D. and Stijns, H. (1982) : Ventilatory threshold during treadmill exercise in kindergarten children. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 50, 79-86.
- 116) Robertson, R. J., Goss, F. L., Auble, T. E., Cassinelli, D. A., Spina, R. J., Glickman, E. L., Galbreath, R. W., Silberman, R. M. and Metz, K. F. (1990) : Cross-modal exercise prescription at absolute and relative oxygen uptake using perceived exertion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 22, 653-659.
- 117) Rudel, R. G., Healey, J. and Denckla, M. B. (1984) : Development of motor co-ordination by normal left-handed children. *Dev. Med. Child. Neurol.*, 26, 104-111.

- 118) 定本朋子, 大築立志 (1977): 跳躍動作における出力制御の正確性 — 跳躍距離の grading および再現の特性—. 体育学研究, 22, 215-229.
- 119) Schmidt, R. F. (1986): Somatovisceral Sensibility. In. Schmidt, R. F. (Ed.): Fundamentals of Sensory Physiology, 3rd Ed. Springer-Verlag: Berlin, pp.30-67.
- 120) 千駄忠至, 末利 博 (1977): 運動と関係のある感覚・知覚の発達 — 子どもの遊びと感覚・知覚の発達について—. 京都教育大学教育研究所所報, 23, 101-118.
- 121) 芝山秀太郎, 江橋 博, 西嶋洋子, 松澤眞知子 (1982): 幼児の体力とその測定. 体力研究, 51, 11-18.
- 122) 下中邦彦 (編) (1981): 新版 心理学事典. 平凡社: 東京.
- 123) Skinner, J. S., Hutsler, R., Bergsteinova, V. and Buskirk, E. R. (1973): The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion. *Med. Sci. Sports*, 5, 94-96.
- 124) Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. (1991): Statistical Methods, 8th Ed. Iowa State University Press: Ames, IA, pp.64-82.
- 125) Stephenson, L. A., Kolka, M. A. and Wilkerson, J. E. (1982): Perceived exertion and anaerobic threshold during the menstrual cycle. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 218-222.
- 126) Stevens, J. C. and Mack, J. D. (1959): Scales of apparent force. *J. Exp. Psychol.*, 58, 405-413.
- 127) Stevens, J. C., Mack, J. D. and Stevens, S. S. (1960): Growth of sensation on seven continua as measured by force of handgrip. *J. Exp. Psychol.*, 59, 60-67.
- 128) Stevens, S. S. (1957): On the psychophysical law. *Psychol. Rev.*, 64, 153-181.
- 129) Stevens, S. S. and Galanter, E. H. (1957): Ratio scales and category scales for a dozen perceptual continua. *J. Exp. Psychol.*, 54, 377-411.
- 130) Stevens, S. S. (1986): Psychophysics: introduction to its perceptual, neural, and social prospects, Stevens, G. (Ed.). Transaction Books: New Brunswick, NJ, pp.1-36.

- 131) Strohmeyer, H. S., Williams, K. and Schaub-George, D. (1991) : Developmental sequences for catching a small ball: A prelongitudinal screening. *Res. Q. Exerc. Sport*, 62, 257-266.
- 132) 末利 博, 千駄忠至, 内藤憲雄 (1972) : 運動感覚の発達に関する研究 一重量弁別と発達筋力の認知について一. 京都教育大学紀要B, 41, 47-58.
- 133) 末利 博, 千駄忠至 (1978) : 運動に関係のある知覚・感覚の発達についての追跡的研究. 京都教育大学紀要B, 52, 33-55.
- 134) 杉原 隆 (1985) : 幼児の運動あそびに関する有能さの認知とパーソナリティの関係. 体育学研究, 30, 25-35.
- 135) 須見芳紀 (1960) : 力量の判断について. 北海道学芸大学紀要 (第二部C), 11, 42-49.
- 136) 須見芳紀 (1962) : 力量の判断について (2). 北海道学芸大学紀要 (第二部C), 13, 15-20.
- 137) 須見芳紀, 西田幸憲 (1965) : 力量の判断について (3). 北海道学芸大学紀要 (第二部C), 15, 23-27.
- 138) 竹内一二美, 川畑愛義, 松浦義行 (1968) : 幼児のための運動能力組テストに関する研究. 体育学研究, 13, 49-57.
- 139) Teeple, J. and Massey, B. (1976) : Force-time parameters and physical growth of boys ages 6 to 12 years. *Res. Quart.*, 47, 464-471.
- 140) 東京都立大学体育学研究室 (編) (1989) : 日本人の体力標準値第4版. 不昧堂出版: 東京.
- 141) Vogler, C. and Bove, K. E. (1985) : Morphology of skeletal muscle in children: An assessment of normal growth and differentiation. *Arch. Pathol. Lab. Med.*, 109, 238-242.
- 142) 和田陽平 (1989) : 感覚・知覚研究の歴史. 和田陽平, 大山 正, 今井省吾 (編) : 感覚・知覚心理学ハンドブック. 誠信書房: 東京, pp.11-30.
- 143) 渡部和彦, 朝比奈一男, 浅見高明 (1978) : 姿勢制御からみた調整力の研究 IV. フィールドテスト項目との比較 一3~6歳児について一. 体育科学, 6, 131-138.

- 144) 渡辺俊男, 川原ゆり (1976) : 四肢動作にみられる協応能の発達. *体力科学*, 25, 118-128.
- 145) Williams, K. (1980) : Developmental characteristics of a forward roll. *Res. Q. Exerc. Sport*, 51, 703-713.
- 146) Wolman, B. B. (1973) : *Dictionary of Behavioral Sciences*. Van Nostrand Reinhold Company: New York, NY.
- 147) Wood, H. (1969) : Psychophysics of active kinesthesia. *J. Exp. Psychol.*, 79, 480-485.
- 148) 八木 晃 (監) (1982) : 現代基礎心理学 第2巻 知覚I, 相場 覚 (編). 東京大学出版会: 東京, pp.189-229.
- 149) Yokoi, T., Shibukawa, K. and Ae, M. (1986) : Body segment parameters of Japanese children. *Japan J. Phys. Educ.*, 31, 53-66.
- 150) 米沢 久, 太田紘一, 土橋敏郎, 紫垣由則, 岩崎健一 (1984) : 幼児の運動能力の発達に関する研究 (3) —因子分析による発達の特性について—. 熊本大学教養部紀要 (自然科学編), 19, 83-90.
- 151) 吉田敬義, 石河利寛 (1978) : 呼吸循環機能からみた幼児の持久走について. *体育学研究*, 23, 59-65.
- 152) Yoshida, T., Ishiko, T. and Muraoka, I. (1980) : Effect of endurance run training on cardio-respiratory functions of 5-year-old. *Int. J. Sports Med.*, 1, 91-94.
- 153) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子 (1975) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (I). *体力科学*, 24, 37-44.
- 154) 吉沢茂弘, 本多宏子 (1979) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (II). *体力科学*, 28, 104-111.
- 155) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子 (1980) : 3 - 6才児の最大酸素摂取量. *体育学研究*, 25, 59-68.



- 156) 吉沢茂弘, 本多宏子, 漆原 誠, 中村 伸 (1981) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (III). 体力科学, 24, 37-44.
- 157) 吉沢茂弘, 石崎忠利, 本多宏子 (1983) : 日本の農村における幼児及び青少年 (4-18 歳) の有酸素的作業能の発達に関する研究. 体育学研究, 28, 199-214.
- 158) 吉沢茂弘, 本多宏子, 漆原 誠 (1984a) : 幼児の有酸素的作業能に関する研究 (IV) . 体力科学, 33, 173-183.
- 159) 吉沢茂弘, 亀岡隆之, 小宮秀明, 根本富士夫, 大和雅彦, 広瀬利枝 (1984b) : 幼児の総合的にみた基礎体力. 体育の科学, 34, 395-399.
- 160) 吉沢茂弘, 本多宏子, 漆原 誠, 中村 伸 (1988) : 保育園における幼児の活動水準に関する研究. 体力科学, 37, 158-171.
- 161) 吉沢茂弘, 本多宏子, 漆原 誠, 中村 伸 (1990) : 幼児における持久走の呼吸循環機能に及ぼすトレーニング効果に関する研究. 体力科学, 39, 243-255.
- 162) Young, A. J., Cymerman, A. and Pandolf, K. B. (1982) : Differentiated ratings of perceived exertion are influenced by high altitude exposure. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 223-228.

※ 文献表における欧文雑誌の雑誌名の省略は, 主に List of Journals Indexed in Index Medicus (1993), National Library of Medicine, National Institute of Health の表記法に従って示した.