

就学前幼児における言語による握力調整

Verbal Regulation of Grip Strength in Preschoolers

葉石 光一¹⁾・葭岡 晃世²⁾・小間 剣²⁾・小松 歩³⁾
細瀨 富夫⁴⁾・奥住 秀之⁵⁾・国分 充⁶⁾

Kouichi Haishi Akiyo Yoshioka Tsurugi Koma Ayumi Komatsu
Tomio Hosobuchi Hideyuki Okuzumi Mitsuru Kokubun

I はじめに

運動を調整する上で言語が大きな役割を果たしていることは、ルリヤのバルブ押しの実験によってよく知られるところとなっている。ルリヤは言語指示に従った行為（バルブ押し）の遂行状況を分析し、言語が行動を解発する機能しかもたない状態から、言語が行動を抑止し、調整するようになっていく発達的变化を描き出した¹⁾²⁾。しかしルリヤは運動の程度の調整がどのように発達するのかという点は明らかにしていない。複雑な運動行為の習得においては、行為の解発と抑止ということに加え、運動の微妙な力加減を調整することが求められる。

本研究では、運動行為の微妙な力の調整の発達を、握力調整を題材として検討する。握力調整の発達に関する近年の研究を概観すると、視覚情報のフィードバックに基づく握力調整に関する研究³⁾⁴⁾、物を掴んで持ち上げる際の状況に応じた握力調整に関する研究⁵⁾⁶⁾⁷⁾、持ち上げようとする対象の手触りと握力との関係に関する研究⁸⁾などがみられるが、言語指示の意味にそった握力調整に関する研究はみあたらない。そこで本研究では、

与えられた言葉の意味に基づいて握る力を調整する二つの課題（二分の一調整課題および二段階調整課題）を用いて、就学前期の幼児を対象としたのは、ルリヤによって調べられた、言語による行動調整機能がこの時期に著しい発達の変化をとげるためである。

II 方法

1. 被験者

被験者は同じ幼稚園に在籍する健常幼児113名である。内訳は、3歳以下44名（平均3歳3ヵ月、標準偏差4.52ヵ月）、4歳44名（平均4歳4ヵ月、標準偏差3.46ヵ月）、5歳以上25名（平均5歳2ヵ月、標準偏差1.86ヵ月）であった。

2. 測定

次に示す二種の握力調整課題を上記のすべての被験者を対象として実施した。握力の測定にはアナログ握力計（竹井機器工業株式会社製）を用いた。

(1) 二分の一調整課題

まず「力一杯握って下さい」という指示によっ

¹⁾ 長野大学社会福祉学部助教授

²⁾ 元東京学芸大学生

³⁾ 白梅学園短期大学助教授

⁴⁾ 埼玉大学教育学部教授

⁵⁾ 東京学芸大学教育学部助教授

⁶⁾ 東京学芸大学教育学部教授

て握力計を力一杯握ってもらう。次に、このときの握力の値を見せずに、「今の力の半分で握って下さい」という指示に基づいて握力計を握ってもらう。「力一杯」握る試行と「半分の力」で握る試行を1セットとして、一人あたり2セットの測定を行う。握力計によって測られた握力の値を試行ごとに記録した。

(2) 二段階調整課題

「力一杯握って下さい」という指示によって握力計を力一杯握ってもらった後、「今の力より少し弱い力で握って下さい」という指示に基づく試行と、「今の力よりさらに弱い力で握って下さい」という指示に基づく試行を行う。二分の一調整課題と同じく、各試行で測定された握力の値は被験者には見せない。「力一杯」握る試行、「少し弱い力」で握る試行、「さらに弱い力」で握る試行を1セットとして、一人あたり2セットの測定を行う。握力計によって測られた各試行の握力の値を記録した。

(3) データの処理

「力一杯」握ってもらったときの握力値を S 、それを基準として調整して握ってもらったときの握力値を s とし、Fechner の対数法則 (感覚量 $R = k \log S/s$) によって感覚量を算出した。個人の感覚

量の代表値には、基本的に2試行の算術平均を用いた。調整した握力がゼロだった場合、感覚量は算出不可能であり、その試行のデータは除外した。この場合、一回の試行で算出された感覚量をその個人の代表値として用いた。

以下、二分の一調整課題によって得られた感覚量を「半分感覚量」、二段階調整課題によって得られた感覚量を「少し感覚量」「さらに感覚量」とする。

III 結果と考察

1. 握力の発達の変化

表1は、二つの課題において「力一杯」握ってもらったとき (一人あたり4試行) の握力の平均値と標準偏差を年齢別にまとめたものである。年齢の上昇に伴って握力の平均値は大きくなっている。年齢を要因とする一要因分散分析を行った結果、年齢の主効果は有意であった ($F_{2,110} = 25.51, p < .005$)。

2. 握力調整のパターン

本測定において、すべての被験者が指示の意味通りに握力調整を行うことができたわけではなかった。表2、3、4は、指示の意味と異なる握

表1 握力 (kg) の平均値と標準偏差

	3歳以上	4歳	5歳以上
握力	4.28±1.58	5.95±1.77	7.39±2.10

表2 二分の一調整課題にみられた指示と異なる調整パターンの出現頻度 (%)

	3歳以下 (88試行)	4歳 (88試行)	5歳以上 (50試行)
力一杯<半分	7.95 (7)	5.68 (5)	0.00 (0)
力一杯=半分	19.31 (17)	6.81 (6)	0.00 (0)
半分がゼロ	10.22 (9)	7.95 (7)	6.00 (3)
計	12.50 (33)	6.81 (18)	2.00 (3)

表3 二段階調整課題 (少し弱く) にみられた指示と異なる調整パターンの出現頻度 (%)

	3歳以下 (88試行)	4歳 (88試行)	5歳以上 (50試行)
力一杯<少し弱く	5.68 (5)	7.95 (7)	0.00 (0)
力一杯=少し弱く	6.81 (6)	3.40 (3)	0.00 (0)
少し弱くがゼロ	21.59 (19)	12.50 (11)	12.00 (6)
計	11.36 (30)	7.95 (21)	4.00 (6)

表4 二段階調整課題(さらに弱く)にみられた教示と異なる調整パタンの出現頻度(%)

	3歳以下(88試行)	4歳(88試行)	5歳以上(50試行)
力一杯<さらに弱く	11.36(10)	6.81(6)	2.00(1)
力一杯=さらに弱く	6.81(6)	2.27(2)	0.00(0)
さらに弱くがゼロ	26.13(23)	21.59(19)	24.00(12)
計	14.77(39)	10.22(27)	8.66(13)

力調整のパタンの出現頻度(全試行に対する百分率)をまとめたものである。教示の意味と異なる握力調整のパタンとは、①調整した握力が「力一杯」の握力よりも大きい、②調整した握力が「力一杯」の握力と同じ、③調整した握力がゼロ、の3パターンである。

全体的にみると、すべての課題において、教示と異なる調整パタンの出現頻度は年齢の上昇に伴って減少する傾向にあり、発達の教示の意味にそった握力調整ができるようになっていく様子を見ることが出来る。しかし各パタンの出現頻度の発達の変化は様様ではない。調整した握力が「力一杯」の握力よりも大きい、または同じであるというパターンは、どの課題においても5歳になるとほとんどみられなくなるが、調整した握力がゼロになってしまうというパターンは5歳になっても根強く見られている。調整した握力が「力一杯」の握力よりも大きい、あるいは同じというパターンには、教示の意味にそった行動調整の未熟さが強く現れている。ルリヤ²⁾はバルブ押しの実験を通して、行動調整が未熟である2、3歳の段階では、バルブを握った子どもの運動を大人の言葉によって中止させることが困難であることを見出し、「この段階では、大人の言語教示は、運動に対して興奮作用をひきおこすが、抑止作用を及ぼ

さない」と述べている。調整した握力が「力一杯」の握力よりも大きい、あるいは同じというパターンは、本来「力一杯より弱く」握るという抑制的な調整に矛盾する興奮的なありようであり、ルリヤの指摘に通じるものといえる。一方、調整した握力がゼロになってしまうというパターンは、教示の意味にそった行動の極端な現れとみられる点で、行動調整の問題よりも握力調整の実行部分の未熟さを示している。ここでいう実行部分の未熟さの内容としては、握力調整のための感覚および出力の目が粗く、握力の微細な調整が困難である、ということが可能性として考えられる。今後、本測定で行った二段階調整課題以上に調整の段階を増やした測定を行うなどして確認していく必要がある。

3. 感覚量の発達の变化

表5は二つの課題によって得られた「半分」感覚量、「少し」感覚量、「さらに」感覚量の平均値と標準偏差をまとめたものである。なおこの感覚量の算出には、上述の3つのパターン①調整した握力が「力一杯」の握力よりも大きい、②調整した握力が「力一杯」の握力と同じ、③調整した握力がゼロに該当する試行の値は用いていない。つまり表5に示した値は、「力一杯」握ったとき

表5 課題別感覚量の平均値と標準偏差

	3歳以下 (n=44)	4歳 (n=44)	5歳以上 (n=25)
半分感覚量	0.60±0.42 (84.09%)	0.65±0.48 (88.63%)	0.78±0.47 (96.00%)
少し感覚量	0.80±0.58 (81.81%)	0.84±0.57 (86.36%)	1.00±0.57 (92.00%)
さらに感覚量	0.79±0.64 (68.18%)	1.00±0.48 (75.00%)	1.53±0.72 (80.00%)

の握力よりも調整した握力が小さく、またそれらがゼロではなかった試行のデータのみを用いて算出した。なお表中の括弧内の百分率は、調整した握力が「力一杯」握った握力よりも小さく、またゼロではなかった被験者の割合である。

まず調整した握力が「力一杯」握ったときの握力よりも小さく、またゼロではなかった被験者の割合は、どの課題においても年齢の上昇に伴って高くなっている。年齢の上昇とともに教示の意味にそった課題の遂行が正確にできるようになっていく様子をうかがうことができる。

またすべての感覚量において、年齢の上昇とともに感覚量は大きくなっている。またどの年齢においても、基本的に感覚量は「半分」感覚量、「少し」感覚量、「さらに」感覚量の順に大きくなっている。ただし3歳以下の「少し」感覚量と「さらに」感覚量はほとんど同じである。年齢と条件を要因とする二要因分散分析の結果、年齢の主効果 ($F_{2,21}=10.77, p<.005$)、条件の主効果 ($F_{2,21}=13.30, p<.005$) はともに有意であったが、交互作用は有意ではなかった ($F_{4,21}=2.63$)。

感覚量は「力一杯」握った握力と調整した握力の比の対数である。ここでは調整した握力が「力一杯」の握力よりも小さく、またゼロではない場合をとりあげているため、二つの握力の比は1.0より大きい。この比は、その値が大きいほど「力一杯」の握力と調整した握力との差が大きいことを意味しており、またこの差が大きき比の値が1.0より大きいほどその対数である感覚量は大きくなる。つまり、どの感覚量についても年齢が高くなると感覚量が大きくなるという表5の結果からは、年齢が高くなるほど、「力一杯」のときよりも握る力を明確に調整しているということを読み取ることができる。感覚量の値に注目すると、3歳以下では「少し」感覚量と「さらに」感覚量にほとんど差がないが、4歳、5歳以上ではそれぞれの感覚量にはっきりとした差がみられる。これは、年齢の上昇に伴い、教示の言葉の違いが握力調整の結果にはっきりと現れるようになるという発達的变化を示すものである。

ここまでみてきた面からは、①年齢の上昇に伴って教示の意味にそった運動調整ができるよう

になる、および②年齢の上昇に伴って教示の違いが握力調整に明確に反映されるようになる、という発達的变化が見て取れた。しかし、握力調整の正確さについてはどうであろうか。表6は、握力調整と感覚量の関係、および本研究で算出された各年齢の感覚量の平均値をまとめたものである。

表中の調整比とは「力一杯」の握力をMkg、調整した握力をmkgとした場合に、 M/m で表される比である。ここではMを仮に2.0kgとした上で、mを1.8kg（調整比1.11：表中最下段）から0.1kg（調整比20.00：表中最上段）までを0.05kg刻みで変化させたときの「調整比」、調整比の逆数でありm（調整した握力に相当）がM（「力一杯」の握力に相当）に対してどの程度の大きさであるかを百分率で示した「割合」、それぞれの場合における「感覚量」に相当する仮想感覚量（調整比の対数）が示されている。表中の二つの網掛けは、「半分」感覚量と「少し」感覚量の目安となる値である。上の網掛けは調整比2.0、つまり「力一杯」の握力に対して調整された握力がちょうど半分である場合の理想的な感覚量（約0.69）の位置を示している。下の網掛けは「少し弱く」握るという調整が「力一杯」の握力の70～80%程度の力で握ることと考えた場合の感覚量（約0.22～約0.35）の位置を示している。表の右半分には、実際に測定された各年齢の感覚量を、それに最も近い仮想感覚量のところに位置付けた。

「半分」感覚量の値は、5歳以上ではやや大きいものの、どの年齢についても理想的に半分の力で握った場合の感覚量である約0.69付近に集まっている。各年齢の調整した握力を感覚量から逆算すると、「力一杯」の握力に対して概ね45～55%相当であり、教示の意味に対してほぼ正確に握力調整をしているとみることができる。しかし「少し」感覚量の値は、「力一杯」に対する「少し弱く」の程度を仮に約70～80%程度と考えた場合の仮想感覚量を大幅に上回っている。またどの年齢についても、「少し」感覚量は「半分」感覚量より大きい。これは「力一杯」に対して「少し弱く」握ったときの握力が、「半分」の力で握るときよりも弱いということである。感覚量から逆算すると、「少し弱く」握った握力は「力一杯」の

表6 握力の調整比と感覚量の関係

調整比	割合	仮想感覚量	半分感覚量	少し感覚量	さらに感覚量
20.00	5.0	2.995732			
13.33	7.5	2.590267			
10.00	10.0	2.302585			
8.00	12.5	2.079442			
6.66	15.0	1.89712			
5.71	17.5	1.742969			
5.00	20.0	1.609438			
4.44	22.5	1.491655			5歳以上
4.00	25.0	1.386294			
3.63	27.5	1.290984			
3.33	30.0	1.203973			
3.07	32.5	1.123930			
2.85	35.0	1.049822			
2.66	37.5	0.980829		5歳以上	
2.50	40.0	0.916291			4歳
2.35	42.5	0.855666		4歳	
2.22	45.0	0.798508	5歳以上	3歳以下	3歳以下
2.10	47.5	0.744440			
2.00	50.0	0.693147			
1.90	52.5	0.644357	4歳		
1.81	55.0	0.597837	3歳以下		
1.73	57.5	0.553385			
1.66	60.0	0.510826			
1.60	62.5	0.470004			
1.53	65.0	0.430783			
1.48	67.5	0.393043			
1.42	70.0	0.356675			
1.37	72.5	0.321584			
1.33	75.0	0.287682			
1.29	77.5	0.254892			
1.25	80.0	0.223144			
1.21	82.5	0.192372			
1.17	85.0	0.162519			
1.14	87.5	0.133531			
1.11	90.0	0.105361			

握力に対して概ね37.5~45%に相当する値である。この結果は、言葉の一般的な感覚から言えば逆転現象と言えるであろう。ただしこの点に関しては、健常成人を対象とした同様の測定を行うなどして判断の基準を得る必要がある。「さらに」感覚量についてみると、3歳以下では「少し」感覚量とほぼ同じであり、「少し弱く」と「さらに弱く」との間に明確な差をつけられていない。しかし5歳以上になると、「さらに弱く」の握力は

「力一杯」の握力の約22.5%に相当する値となっており、他の年齢の場合と異なり、「少し弱く」と「さらに弱く」との間により明確な差をつけられるようになることが分かる。

IV まとめと課題

就学前幼児を対象として言葉による握力調整の課題を実施した結果、この時期の握力調整の発達的变化として下のようなことが観察された。

- 1) 4歳までは、調整した握力が「力一杯」の握力よりも大きい、あるいは同じという、教示の意味と明らかに異なる調整パターンが見られる。
- 2) 5歳以上になっても、調整した握力がゼロになるという、教示の意味にそってはいるものの、それを極端に遂行したと思われる調整パターンが見られる。
- 3) 「半分」で握るという調整に関してはどの年齢でも概ね意味通りの遂行が可能である。
- 4) 「少し弱く」「さらに弱く」という二段階の握力調整に関しては、5歳以上にすれば、教示間の差をつけた明確な握力調整が可能である。
- 5) どの年齢でも「少し」感覚量が「半分」感覚量よりも大きく、これは一般的な言葉の感覚からすると逆転しているとみられる結果である。

ところで、本研究では、ここで取り上げた年齢間の握力調整の発達的变化が何に由来するものなのかを明確にすることはできなかった。また「少し」感覚量と「半分」感覚量の逆転とみられる結果の意味も明確ではない。握力の最大値の違いが感覚量の違いに影響を及ぼしている可能性を吟味すること、測定先の見通しをもたせるような教示の仕方によって結果が変わる可能性を吟味することが、これらを明らかにする上で取り組むべき点と思われる。

文 献

- 1) ルリヤ「随意運動の発生」(松野豊・関口昇訳『言語と精神発達』、明治図書、139-171頁、1969年)。
- 2) ルリヤ「心理諸過程の経過における言語行為の役割—言語行為の調整機能とその発達」(天野清訳、『言語と意識』、金子書房、160頁、1979年)。
- 3) Gordon A.M., Forssberg H., Johansson R.S., Eliasson A.C. and Westling G. Development of human precision grip. III. Integration of visual size cues during the programming of isometric forces. *Exp Brain Res.*, 90(2), 399-403, 1992
- 4) Blank R., Heizer W. and von Voss H. Externally guided control of static grip forces by visual feedback-age and task effects in 3 - 6 - year old children and in adults. *Neurosci Lett.*, 271(1), 41-44, 1999
- 5) Forssberg H., Eliasson A.C., Kinoshita H., Johansson R.S. and Westling G. Development of human precision grip. I : Basic coordination of force. *Exp Brain Res.*, 85(2), 451-457, 1991
- 6) Forssberg H., Kinoshita H., Eliasson A.C., Johansson R.S. Westling G. and Gordon A.M. Development of human precision grip. II . Anticipatory control of isometric forces targeted for object's weight. *Exp Brain Res.*, 90(2), 393-398, 1992
- 7) Blank R., Breitenbach A., Nitschke M., Heizer W., Letzgus S. and Hermsdorfer J. Human development of grip force modulation relating to cyclic movement-induced inertial loads. *Exp Brain Res.*, 138(2), 193-199, 2001
- 8) Forssberg H., Eliasson A.C., Kinoshita H., Westling G. and Johansson R.S. Development of human precision grip. IV. Tactile adaptation of isometric finger forces to the frictional condition. *Exp Brain Res.*, 104(2), 323-330, 1995