

筆記具操作における上肢運動機能の発達的变化²

尾崎 康子¹

本研究の目的は、幼児の筆記具操作における上肢運動機能の発達変化を検討するとともに、それらの上肢運動が筆記具の持ち方や上肢部位の机との接触状態と如何なる関連性を持ちながら推移していくのかを明らかにすることである。2歳6か月から5歳9か月までの214名の幼児を対象に、ペンで円を塗りつぶす課題を行い、その描画時の様子を4方向からビデオカメラで同時記録した。幼児が円を塗りつぶしている間の上肢の動きを関節運動として分類した結果、年少幼児では近位の上腕や前腕が動く粗大な動きに対して、年長になるにつれ次第に遠位の指を動かす微細な動きが可能となる発達変化を捉えることができた。このような上肢の関節運動の発達は、上肢運動系の内的拘束を獲得していく過程であると考えられる。さらに、筆記具の持ち方や上肢部位が机に接触する状態は上肢運動と互いに絡み合いながら発達的に移行し、上肢運動発達をさらに強化するように作用して、遠位の上肢運動をより一層引き出し易くしていくと考えられた。

キーワード：上肢運動発達、筆記具操作、動的三面把握、関節運動、姿勢の調整

問 題

幼児が筆記具を使って描き始めるのは、1歳過ぎてからであるが、この時期にはまだ手の動きに随伴した「なぐり描き」の状態にある。その後、2歳頃に丸や線などを描けるようになるが、それらを組み合わせて人や物らしいものが描けるようになるのは、3歳を過ぎた頃からであり、その後、加齢とともに次第により精密な表現が可能となり、描かれる対象も多様化する(Kellogg, 1969)。このような発達に伴う描画行動の変化には、外界についての視覚的認知が次第に精緻化していく必要があるが、一方では、それらの想起した視覚的イメージを、中枢での運動プランに基づき上肢を駆使して平面上に精緻に表わす筆記具操作の運動機能発達が重要となってくる。

運動機能発達には、①不随意運動から随意運動へ、②体幹近位の運動から遠位の運動へ、③粗大運動から微細運動へ、などの順序性があるが、描画時の筆記具操作に関わる幼児の上肢運動機能発達も基本的には、この原則に従うものと推測される(Erhardt, 1982)。例えば、上肢は体幹近位から上腕、前腕、手掌、指の順に構成されており、体幹から最も遠位に生じる運動でか

つ最も微細なものは指の動きであろう。前述した運動発達の原則に従えば、上肢における運動発達とは、上肢全体が不随意に動くような粗大運動に始まり、それぞれの指を微細かつ巧妙に動かして実現される随意運動の獲得に至るまでの過程とも言えよう。

そして、幼児の描画時の筆記具操作においても指の動きが注目され、動的三面把握(dynamic tripod)³の獲得過程が多く研究者によって報告されてきた(Erhardt, 1982; Erhardt, Beatty & Hertsgaard, 1981; Rosenbloom & Horton, 1971; Saida & Miyashita, 1979; Wynn-Parry, 1966; Ziviani, 1983)。例えば、Rosenbloom & Horton (1971)は1歳半から7歳までの子どもが描画する時の筆記具の持ち方や上肢の動きを調べ、動的三面把握が認められるようになるのは4歳を過ぎてからであると報告している。また、Erhardt 発達学的把持能力評価(Erhardt, 1982)でも、この動的三面把握ができるのは4歳児の把持能力に相当するとされている。

一方、生物情報工学的立場では、上肢系の随意運動が冗長な自由度をもつために不定性(indeterminacy)が生じることが問題にされている。人間の上肢にある肩関節、肘関節、手関節そして指の関節は冗長な自由度を持ち、さらに関節を回転させるには多くの筋肉が関与しているため、これらを併せると上肢運動系は多大な冗長性をもつことになる。この自由度の冗長性は、上肢運動の制御を難しくするだけでなく不定性を引き

¹ 財団法人小平記念会 日立家庭教育センター

² 本研究の一部は、日本教育心理学会第38回総会(1996)において発表した。

Email: k-center@saturn.netspace.or.jp
住所: 茨城県日立市西成沢町2-4-20

³ 動的三面把握は、筆記具を三面把握(母指、示指、中指の3指で支える把握)で持って指で操作する状態をいう。

起こすが、実際には人間は冗長な自由度を減らして正確な動作を行っている(鈴木, 1991)。そして、上肢を駆使してよりの確な動作が要求される書字や描画等の動作においては、実際には関節角度が正確に決まっておき、冗長な自由度が存在しないかのように見えるが(Soechting, Lacquaniti & Terzuolo, 1986), このような正確な動きは、上肢運動系が持つ冗長な自由度を内的拘束によって減少させることにより可能となるという見解が提唱されている(Whiting, 1984)。そして、幼児期には手指運動を調節する様式が大人と異なっているため、大人のような的確な動作は困難であるが(Mounoud, Viviani, Hauert & Guyon, 1985; Sciaky, Lacquaniti, Terzuolo & Soechting, 1987; Wann, 1987, 1989), 発達の過程で上肢運動系の内的拘束が獲得されて、その結果、的確な運動調節も可能になると考えられている(Viviani & Schneider, 1991)。しかし、これらの研究は何れも上肢を用いて描かれた描画結果から検討されたものであり、幼児の描画動作の発達過程を解明するためには、実際に上肢諸部位機能の発達の動態を調べる必要がある。

このような視点から、尾崎・佐藤・河村・菊池(1992)は、3歳と4歳の幼児20名が筆記具を用いて描画する際の上肢諸部位(上腕, 前腕, 手, 指)の動きを調べ、上腕や前腕の関節が固定されにくい年少児では上腕や前腕が粗大に動くのに対して、年長児になると上腕や前腕の関節をほぼ固定して指を微細に動かせるようになることを報告した。このことは、加齢に伴い上肢諸関節の運動を内的に拘束できるようになれば、微細な動きも可能になることを意味している。そして、筆記具の持ち方や上肢部位の机との接触状態でも幼児には特徴が認められ、筆記具の持ち方と机との接触状態が加齢に伴って変化すると筆記具操作も安定した(尾崎, 1996)。従って、描画時の筆記具操作では、上肢関節運動の内的拘束に加えて筆記具の持ち方や上肢部位の机との接触状態が重要であり、幼児期にはそれらが絡み合いながら次第に発達していくことにより、的確な筆記具操作が獲得されることが予想される。

目 的

本研究では、2歳6か月から5歳9か月までの幼児214名における筆記具操作を調べることにより、上肢運動機能の発達の变化を明らかにすることが目的であるが、それを以下の仮説に沿って検討する。

仮説1: 筆記具操作における上肢運動発達は、運動発達の原則に従って、近位の運動から遠位の運動へと移行し、最終的には最も遠位の指の動きを獲得するに至

るのである。そして、これらの上肢運動発達の経過は、次第に上肢運動系の内的拘束が獲得されていく過程であると考えられる。

仮説2: 子どもが加齢に伴い筆記具の持ち方と上肢部位の机との接触状態とを呼応しながら変えていくことは(尾崎, 1996), 上肢運動を近位から遠位に引き出していき、最終的には最も微細な指の動きを発現させるための先導的な役割を担うものと考えられる。

方 法

被験児 被験児は、30-33か月(38名), 36-39か月(40名), 42-45か月(39名), 48-51か月(39名), 54-57か月(21名), 60-63か月(17名), 66-69か月(20名)の計214名(男105名, 女109名)であり、全員右利きであった。被験児は全員、最後まで同じ持ち方で課題を遂行した⁴。

材料 筆記具には、青の水性カラーペン(直径9mm, 長さ16.4cm)を用い、描画用紙には直径3cmの円が線幅0.5mmで予め描かれているB4版のケント紙を用いた。

手続き ペンで塗りつぶされた3cmの円の手本を子どもに見せながら「丸の中をこのようにきれいに塗ってください」と教示し、用紙に予め描かれた円をペンで塗りつぶすよう求めた⁵。塗り上げる時間は制限せず、子どもが終了の意志表示を行うまで自由に塗らせた⁶。

測定方法 円を塗りつぶしている経過は子どもの正面、右方、左方、上方の位置に配置された4台のビデオカメラ(CCD-V800)で同時撮影し、4分割ユニット(SQ-C120)で4分割画面に合成して収録した。

上肢運動の評価 複雑な上肢の動きを分類表記するには、時間とともに変化する一連の動きを特徴づける必要がある。どんな複雑な上肢の動きも結局は多数の関節運動の組み合わせに帰することができるので、幼

⁴ 本研究は、尾崎(1996)の被験児227名の内、描画中に筆記具の持ち方を変えなかった214名を研究の対象とし、尾崎(1996)の実験データについて筆記具操作の側面から検討したものである。

⁵ 円塗りつぶし課題は、①幼児が興味を持って取り組める統制可能な描画課題である、②上肢全体から指の動きまで多様な上肢運動によって課題遂行することが可能である、③比較的上肢の位置移動の範囲が狭く、また指の動きも近い位置で連続的に起こるためビデオカメラで撮影したり画像分析し易い、④描画結果が、塗り過ぎや塗り残しとして定量的に計測できることから、本研究の課題として設定した。

⁶ 塗り終わるまでの時間は、子どもによって最も短い3秒から最も長い4分までと個人差が大きかったが、概ね1分前後で塗り上がる子どもが多かった。

児が課題に取り組んでいる間の上肢の動きを、関節可動域表示ならびに測定法（日本整形外科学会身体障害委員会・日本リハビリテーション医学会評価基準委員会, 1975）に基づいて、2名の評価者が関節運動として分類した。なお、2名の分類評価が異なった時には、再度評価し直して分類を一致させた。その結果、描画時の上肢関節運動は、①肩、肘、手関節が動かず、指関節（指節間関節あるいは中手指節間関節）を屈伸させることによりペンを動かしているもの（以下、指動）、②肩、肘関節が動かず、おもに手関節を背屈掌屈あるいは回転させつつ指関節を屈伸させてペンを動かしているもの（以下、指手動）、③肩、肘関節が動かず、おもに手関節を背屈掌屈、橈屈尺屈あるいは回転してペンを動かしているもの（以下、手動）、④肩関節が動かず、おもに肘関節を屈伸してペンを動かしているもの（以下、肘動）、⑤おもに肩関節を屈伸させてペンを動かしているもの（以下、肩動）の5種に大別された。なお③、④、⑤などに分類された関節運動には、複数の関節が同時に動いていたものも含まれるが、その場合には最も優位と思われる動きを示した関節の運動として分類した。また、指関節と手関節とが何れも顕著に動き、それらの優劣を判断できない場合には、指手動として分類した。

結 果

最初に上肢の動きの月齢変化を調べ、次にその上肢の動きが筆記具の持ち方や上肢部位の机との接触状態と如何なる関係を持ちながら月齢変化していくかを調

べ、以下述べていく。

筆記具操作における上肢運動の月齢変化 1人の子どもが円を塗り終えるまでに、幾通りかの上肢運動が認められた。TABLE 1は、指動：1、指手動：2、手動：3、肘動：4、肩動：5、としてコード化された上肢運動の各月齢段階での出現比率を見たものである。例えば、12300という組み合わせは、指動、指手動、手動が観察されたことを意味する。これらの5種の動きの組み合わせは理論的には全部で31通り可能であるが、実際に観察されたのは、22通りの組み合わせであった。そのうち12300, 00300, 00340などはそれぞれ10%以上の割合で認められ、それら3通りの組み合わせが全体の43%を占めていたが、一方1%にも満たない組み合わせも6通り認められた（12345, 12305, 10340, 10305, 10040, 02040）。各月齢ごとにこれら組み合わせの出現割合をみると、45か月以下の低月齢では00300と00340の出現率が高いのに対し、48か月をこえると12300の出現率が急激に増加し、66-69か月では55%の子どもがこの種の動きを示していた。

以下、これらの上肢運動の組み合わせの中で一番遠位であった動きに注目し、検討していく。例えば、上肢運動の組み合わせが12300（指動、指手動、手動）の場合は、最も遠位の動きである「指動」として取り扱う。そして、これら最も遠位の上肢運動の出現率を月齢段階ごとにみると（FIGURE 1）、「肘動」や「肩動」は、30か月から51か月の間に漸減し、54-57か月には消失している。また、「手動」は、36-39か月では70%と高い割

TABLE 1 上肢運動組合せの月齢別出現割合

(%)

最も遠位の上肢運動	上肢運動組合せ	30-33か月 (N=38)	36-39か月 (N=40)	42-45か月 (N=39)	48-51か月 (N=39)	54-57か月 (N=21)	60-63か月 (N=17)	66-69か月 (N=20)	全月齢合計 (N=214)
指動	12000	0	2.5	0	0	4.8	17.6	10.0	3.3
	12300	0	2.5	2.6	28.2	23.8	41.2	55.0	16.8
	12340	0	0	0	0	4.8	0	10.0	1.4
	12345	0	0	0	0	4.8	0	5.0	0.9
	12305	0	0	0	2.6	0	0	0	0.5
	10300	0	2.5	5.1	2.6	0	0	0	1.9
	10340	0	2.5	0	2.6	0	0	0	0.9
	10305	0	0	0	2.6	0	0	0	0.5
	10040	0	0	2.6	0	0	0	0	0.5
指手動	02000	7.9	0	7.7	7.7	4.8	0	0	4.7
	02300	10.5	0	10.3	2.6	9.5	23.5	15.0	8.4
	02340	0	2.5	2.6	0	4.8	5.9	5.0	2.3
	02345	0	0	0	0	14.3	0	0	1.4
	02305	0	0	2.6	2.6	0	5.9	0	1.4
	02040	2.6	0	0	2.6	0	0	0	0.9
手動	00300	13.2	30.0	17.9	15.4	0	5.9	0	14.5
	00340	21.1	12.5	15.4	7.7	14.3	0	0	11.7
	00345	5.3	15.0	5.1	5.1	9.5	0	0	6.5
	00305	7.9	12.5	5.1	5.1	4.8	0	0	6.1
肘動	00040	7.9	5.0	7.7	0	0	0	0	3.7
	00045	10.5	7.5	5.1	7.7	0	0	0	5.6
肩動	00005	13.2	5.0	10.3	5.1	0	0	0	6.1

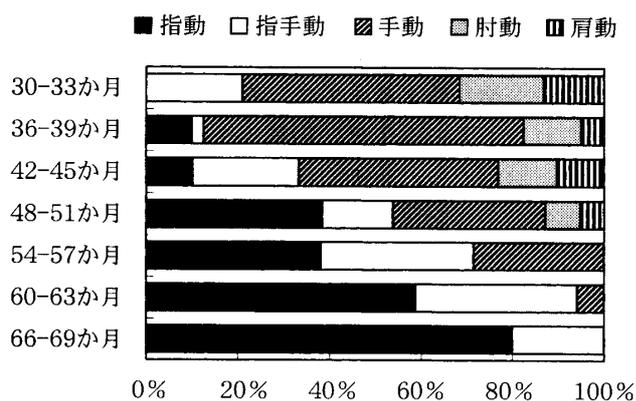


FIGURE 1 上肢運動の月齢別割合

合で出現し、その前後の時期でも比較的高い割合で出現しているが、月齢が長じるにつれてその割合は低下し、66-69か月では完全に消失している。「指手動」は、36-39か月ではあまり認められないものの、それ以後の月齢段階では概ね20%から30%の割合で認められた。それに対して、「指動」は、30-33か月では全く認められなかったのが、36か月から45か月にかけて僅かに見られるようになり、さらに、48-51か月では38.6%と急激に割合が増加した。それ以後も「指動」の割合は増加し、66-69か月では80%にまで達した。

次に、これらの上肢運動と月齢との関係について χ^2 検定を行った。その際、月齢によって5種の上肢運動の出現に偏りがあるため、上肢運動を体幹近位から順に「肘動・肩動」、「手動」、「指動・指手動」の3種にまとめ、近位の運動と遠位の運動では月齢によって発現に違いがあるかを調べた。また月齢については、48か月以降に「指動・指手動」が急速に増加していったが、そこに至る30か月から45か月の経過を詳しく捉えるために30か月から45か月の3段階に48か月以降を合併した段階を加えて全部で4段階とした。そして、3(上肢運動)×4(月齢)の χ^2 検定を行ったところ有意な差が認められ($\chi^2(6, N=214)=67.122, p<.001$)、月齢によって上肢運動が大きく変化することがわかった。さらに、残差分析を行ったところ、30-33か月では「肘動・肩動」が、36-39か月では「手動」が、そして48-69か月では「指動・指手動」が有意に多かったのに対して、30-33か月と36-39か月における「指動・指手動」と48-69か月の「手動」及び「肘動・肩動」が有意に少なかった。

筆記具の持ち方と上肢運動の月齢変化 先行研究において、子どもの筆記具の持ち方を、①2指握り、②3指握り、③4・5指握り、④指尖握り、⑤挟み握り、⑥手掌一回外握り、⑦手指一回内握りの7種に分類したが、2指握り、3指握り以外の持ち方をした者が少

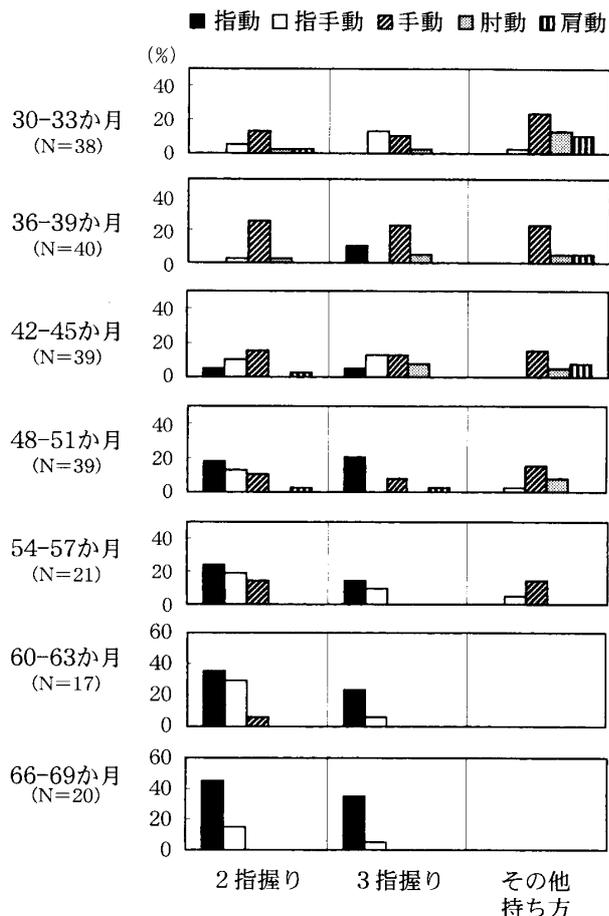


FIGURE 2 筆記具の持ち方と上肢運動の月齢別割合

なかった(尾崎,1996)。そこで、本研究では③から⑦の持ち方を「其他持ち方」としてまとめ、「2指握り」と「3指握り」とともに3通りの持ち方における上肢運動の月齢変化を調べた(Figure 2)。30-33か月では、「其他持ち方」をして「手動」の者が優勢であるが、「肘動」や「肩動」の動きをする者も多かった。36-39か月では、「2指握り」と「3指握り」をしている者で手動の割合が増加した。しかし、42-45か月では、「2指握り」と「3指握り」の「手動」の優勢に加えて「指手動」の割合も増加して、持ち方、上肢運動ともに多様な様相となった。しかし、48-51か月になると、「2指握り」と「3指握り」をする者の「指動」の割合が突然高くなり、それ以後もその割合は増加する傾向にあった。このように、年少の月齢段階では「2指握り」や「3指握り」をする者でも上肢運動は「手動」が優勢であったが、月齢が大きくなると「指動」が急速に優勢となり、最終的には「2指握り」と「3指握り」をする者の大半が「指動」に収束していった。

次に、被験児全員の筆記具の持ち方と上肢運動との関係について χ^2 検定を行ったところ有意であった(χ^2

TABLE 2 筆記具の持ち方及び上肢部位の机との接触状態における上肢運動

		指動・指手動	手動	肘動・肩動
筆記具の持ち方	2指握り	53(3.7**)	29(-1.4)	5(-3.2**)
	3指握り	42(2.9**)	21(-1.8)	7(-1.5)
	その他持ち方	3(-7.2**)	33(3.5**)	21(5.2**)
机との接触状態	手接触	85(8.4**)	30(-4.6**)	4(-5.5**)
	腕接触	12(-4.5**)	34(3.6**)	12(1.3)
	肘接触・接触なし	1(-5.8**)	19(1.7)	17(5.7**)

表内数値は人数，() は調整された残差，**p<.01

(4, N=214)=58.880, p<.001 : TABLE 2)。さらに，残差分析を行うと，「2指握り」と「3指握り」では「指動・指手動」が，また「その他持ち方」では「手動」と「肘動・肩動」が有意に多かった。一方，「2指握り」の「肘動・肩動」，「その他持ち方」の「指動・指手動」が有意に少なかった。従って，筆記具を「2指握り」や「3指握り」で持った時には指の動きが生じ，その他の持ち方では指の動きは生じない傾向があることが確かめられた。

上肢部位の机との接触状態と上肢運動の月齢変化

先行研究において，描画中に上肢が机と接触している状態を大きく①手接触，②腕接触，③肘接触，④接触なしの4段階に分類したが，肘接触及び接触なしの者が少なかった(尾崎, 1996)。そこで，本研究ではそれらを併せて「肘接触・接触なし」として，「手接触」と「腕接触」とともに3通りの接触状態における上肢運動の月齢変化を調べた(FIGURE 3)。30-33か月では，「腕接触」で「手動」が最も優勢で，次いで「肘接触・接触なし」で「肘動」の割合が高かった。36-39か月になると，「腕接触」で「手動」の割合がさらに増加して42.5%となった。しかし，42-45か月では，「腕接触」で「手動」の割合は僅かとなり，代わって「手接触」で「手動」や「指手動」が優勢になった。そして，48-51か月になると，「手接触」で「指動」の割合が38.5%と最も優勢となり，それ以後「手接触」で「指動」の割合は増加し続け，66-69か月では80%にまで達した。このように発達の経過において，机と接触する上肢部位をより遠位に変化していくことに呼応して，上肢運動もまた追隨して変化し，最終的には「手接触」で「指動」の状態に収束していった。

次に，上肢部位の接触状態と上肢運動の関係について χ^2 検定を行ったところ有意な差が認められた($\chi^2(4, N=214)=87.729, p<.001$: TABLE 2)。さらに，残差分析を行うと，「手接触」では「指動・指手動」が，「腕接触」では「手動」が，そして「肘接触・接触なし」では「肘

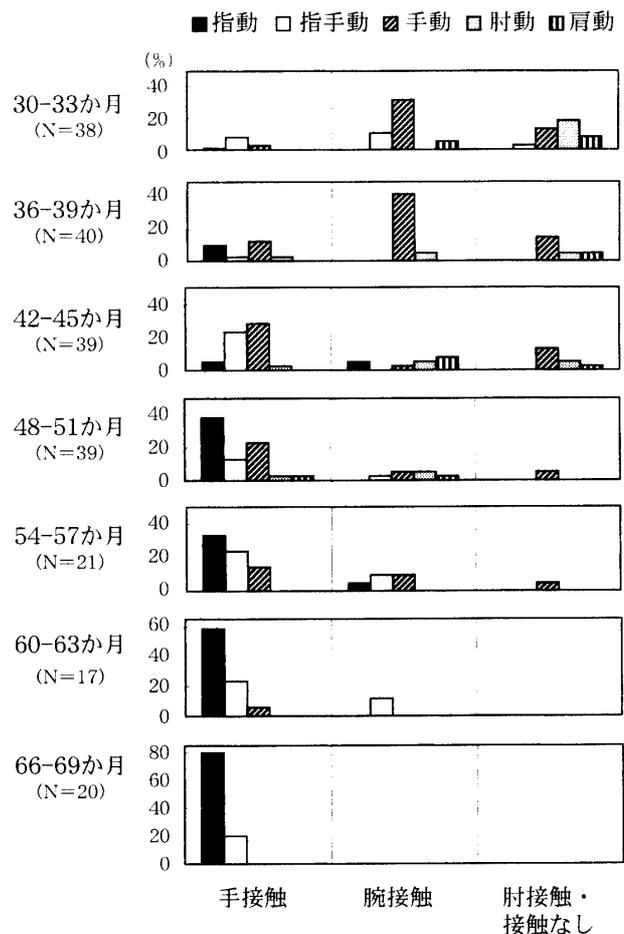


FIGURE 3 上肢部位の机との接触状態と上肢運動の月齢別割合

動・肩動」が有意に多かった。それに対して，「手接触」では「手動」と「肘動・肩動」が，そして「腕接触」と「肘接触・接触なし」においては「指動・指手動」が有意に少なかった。このように，机に手を接触させた状態では「指動」や「指手動」が，腕を接触させた状態では「手動」が，肘を接触させたり机に上肢が接触しない状態では「肘動」や「肩動」が優勢であるという，上肢部位の接触状態と上肢運動の間の一定の対応関係が示された。

考 察

上肢運動の発達過程 本研究では，子どもが筆記具を操作する際の上肢の動きを，肩関節運動，肘関節運動，手関節運動，指関節運動に分け，その発達的变化を調べた。その結果，年長になるにつれて上肢の動きは，近位の肩関節運動や肘関節運動から遠位の手関節運動に移行した後，最終的には最も遠位の指関節運動へと収束していく様相を捉えることができた。従って，近位の運動から遠位の運動へと移行するという発達の

原則が、筆記具操作における上肢運動の発達の経過にもあてはまることが示された。

これらの上肢運動に介在する上肢の諸関節は、肘関節運動が単独で起こるには肩関節は固定され、手関節運動が単独で起こる時には肩関節及び肘関節が固定されており、さらに指関節が単独で起こるには肩関節、肘関節に加えて手関節が固定されていた。これらの上肢諸関節は本来冗長な自由度を持っており、幾つかの方向へ動くことが可能であるが、実際には筆記具操作の上肢運動発達の過程で肩関節、肘関節そして手関節の順に関節を固定させて上肢の動きを規定していることが示された。冗長な自由度を減らして正確な動作を実現するための方法の1つに、階層構造を組み上位から下位への拘束条件を与えるという方略があるが(鈴木, 1991), 描画時の上肢運動において、年長幼児がすでに上肢運動系の自由度を減らすような内的拘束を行っていることが報告されている(Viviani & Schneider, 1991)。本研究においても、加齢に伴い上肢関節を近位から遠位へ順に固定させていく経過が指摘されたが、これらの経過は、上肢関節を固定させてより正確な上肢の動きを実現させる上肢運動系の内的拘束を徐々に獲得していく過程であると考えられる。従って、仮説1で示した近位から遠位へと向かう上肢運動発達の様相とその機序としての内的拘束の獲得は、上肢関節の固定状況の加齢変化を調べることによって検証された。

次に、上肢の関節運動によって動く部位に注目すると、上肢運動が近位から遠位へと発達的に移行することは、上肢全体、前腕、手、指の順に動く部位が移行して、粗大な動きから微細な動きへと発達変化していくことを示している。また、消費する運動エネルギーを最小にすることが最適な運動調節であるならば(Nelson, 1983), 運動エネルギー消費が大きい粗大な動きから消費が少ない微細な動きへと変化することは効率的な運動調節を獲得していくことを意味する。

このように幼児は上肢運動の発達過程で次第に上肢運動系の内的拘束を獲得していき、最終的に最も微細な指の動きを得て、精緻で最適な筆記具操作を身につけていくと考えられる。

筆記具の持ち方が規定する上肢運動 筆記具の持ち方と上肢運動の関係を調べると、上肢運動の中で最も遠位で微細な動きである指の動きは、2指握りと3指握りをした時に限られていた。筆記具の把握は指によって巧妙に操作できる把握とできない把握に分類されるが(Skerik, Weiss & Flatt, 1971), 2指握りや3指握り

は、指の動きによって高い操作性が実現できる把握の形状であり、それ以外の手掌一回外握り、手指一回内握り、挟み握りの握力把握さらに指尖握りや4・5指握りは指の動きによる操作ができない把握の形状であることが確認された。従って、幼児が年長になるにつれて筆記具の持ち方を握力把握などから2指握りや3指握りへと変えていくことは(尾崎, 1996), 上肢運動発達において指の動きを発現させるために、指によって操作できない把握から指で操作可能な把握へと筆記具の把握方法を変えていく経過と捉えることができよう。

これらの筆記具の持ち方と上肢運動の発達過程をRosenbloom & Horton (1971) の3つの段階⁷に基づいて大きく捉えると、握力把握等で筆記具を持って指の動きが見られない段階、2指握りや3指握りで筆記具を持つが指の動きが見られない段階、そして2指握りや3指握りで持って指を動かして操作する段階となり、それらは加齢に伴い順に推移していった。

このように筆記具の持ち方と上肢運動の発達推移を3つの段階に分けてみると、まず先に2指握りや3指握りで把持することができ、それに続いて指の動きが発現するという発達の順序性をより明確に表わすことができる。そして、Rosenbloom & Horton (1971) が指摘したように、2指握りや3指握りで指を動かす段階が4歳以降急激に増加していくことが特徴的に認められた。この発達の推移の背景には、指の動きが可能な手の形状を整えておくと、その後指の動きが発現し易くなるという因果関係が考えられる。

上肢関節の固定が規定する上肢運動 筆記具操作の発達の経過において、上肢が机に接触している部位が近位から遠位へと変化していくことに呼応して、上肢運動もまた近位から遠位へと変化していくことが示された。そして、この上肢部位の接触状態と上肢運動が発達的に移行する時の関係性をみると、机に肘をつけると肘関節運動が優勢になり、次に前腕をつけると手関節運動が優勢になり、さらに手をつけると指の動きが優勢になるというように、一定の上肢部位を机につけるとその後その部位よりも遠位にある関節の動きが優勢になるという対応関係が認められた。FIGURE 4に、これらの上肢部位の接触状態と上肢運動の対応関係が順次発達の推移していく様子を図示した。

上肢部位を机につけることは、その部位よりも近位

⁷ Rosenbloom & Horton (1971) は、筆記具操作の発達過程を「握力把握等の年少の把握」、「三面把握」、「動的三面把握」の3段階に分けた。なお、本研究の2指握りと3指握りは三面把握に相当する(鎌倉, 1989)。

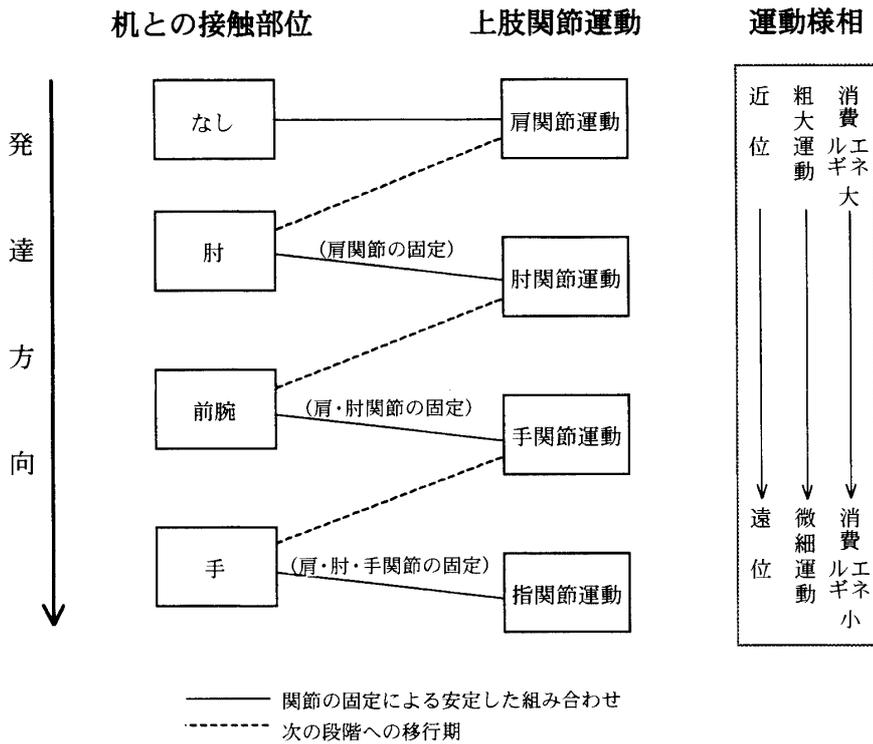


FIGURE 4 描画行動における上肢運動の発達モデル

の上肢関節を固定するように作用し、上肢運動系に対して外的な拘束を与える役割を担うと考えられる。そして、上肢運動発達は、肩関節、肘関節そして手関節の順に関節を固定するような内的拘束を獲得していく過程と捉えられたが、さらに上肢部位を机につけて上肢関節が固定されるような外的拘束を加えることによって、内的拘束はさらに強化されて、遠位の上肢運動が一層引き出され易くなると考えられる。

筆記具操作の獲得過程 Bobath(1980)は、新生児反応が徐々に抑制され、それと連動して正常姿勢反応が出現してくることが、姿勢に関する四つ這い位、座位、立位や移動に関する匍匐(はいはい)、歩行等の運動マイルストンの獲得を可能にさせると考えた。そして、運動マイルストンは、四つ這い位の姿勢を獲得してから匍匐ができ、立位の姿勢が保持できてから歩くことができる等、それぞれの姿勢を獲得してから移動や動きが生じるという発達順序性をもつが、これは、姿勢反応の出現によって姿勢を確かなものにし、その姿勢の獲得が基盤となって移動へと連関していく様相を示したものと考えることができる。筆記具を持つことや上肢部位を机に接触させることを上肢諸部位の姿勢を整える状態と捉えると、筆記具操作の上肢運動発達においても、先に上肢の姿勢が整えられ、その後発達的に上位の運動が生ずるという順序性が示されたと言え

よう。

結局、筆記具の持ち方の加齢変化は、指の動きが発現する手の形状すなわち姿勢を整えていくことであり、上肢部位の机との接触状態の加齢変化は、指の動きが発現し易い上肢の姿勢を整えていくことであると考えられる。従って、仮説2で示したように、筆記具の持ち方と上肢部位の机との接触状態と呼応しながら変えていくことは(尾崎,1996)、上肢の姿勢を整えて上肢運動を近位から遠位に引き出していき、最終的には最も微細な指の動きを発現させるための先導的な役割を担うものと考えられる。

これらの筆記具の持ち方や上肢部位の接触状態は、成長の中で繰り返行われる描画活動を通して、指の動きの獲得の方向に沿って自然に体得されていくと考えられる。そして、最終的に、

幼児は筆記具を2指握りや3指握りで持ち、その手を机につけて上肢を安定させ、さらに微細に指を動かして描くという精緻で的確な筆記具の操作を身につけていくと言えよう。

最後に、指の動きが4歳で急激に増加したことは大変興味深い事象であり、先行研究においても神経生理学的な成熟の指標となることが示唆されている(Rosenbloom & Horton, 1971)。しかし、これに関わる要因を上肢運動発達の側面からだけでは十分に説明することは困難であろう。円塗りつぶし課題においても、描画目標は中枢において生起され、それに沿った運動プランの内的表象を作り出すことが必要である。従って、この事象の背景には、子どもの認知的な側面がこの時期に飛躍的に発達することも考えられ、認知面等の高次機能の発達により指の動きが導かれる可能性も考えられるが、これについては認知面の発達との関連を詳細に検討する必要があるだろう。

引用文献

Bobath, K. 1980 *The motor deficit in patients with cerebral palsy*. 2nd ed. Suffolk : Levensham Press.

エアハーツ, R.P. 紀伊克昌(訳) 1988 手の発達

- 機能障害 医歯薬出版 (Erhardt, R.P. 1982 *Developmental hand dysfunction*. Maryland : RAMSCO Publishing Company.)
- Erhardt, R.P., Beatty, P.A., & Hertsgaard, D.M. 1981 A developmental prehension assessment for handicapped children. *The American Journal of Occupational Therapy*, **35**, 237-242.
- 鎌倉矩子 1989 手のかたち手のうごき 医歯薬出版
ケロッグ, R. 深田尚彦(訳) 1971 児童画の発達過程—なぐり描きからピクチュアへ 黎明書房 (Kellogg, R. 1969 *Analyzing children's art*. California : National Press Books)
- Mounoud, P., Viviani, P., Hauert, C.A., & Guyon, J. 1985 Development of visuomanual tracking in 5- to 9-year-old boys. *Journal of Experimental Child Psychology*, **40**, 115-132.
- Nelson, W.L. 1983 Physical principles for economies of skilled movements. *Biological Cybernetics*, **46**, 135-147.
- 日本整形外科学会身体障害委員会・日本リハビリテーション医学会評価基準委員会 1975 関節可動域表示ならびに測定法 リハビリテーション医学, **10**, 119-123.
- 尾崎康子 1996 幼児期における筆記具把持の発達の变化 教育心理学研究, **44**, 463-469.
- 尾崎康子・佐藤美年子・河村由紀・菊池龍三郎 1992 手の運動機能の発達に関する予備的検討—描画における筆記具の持ち方とその操作 家庭教育研究所紀要, **14**, 23-31.
- Rosenbloom, L., & Horton, M.E. 1971 The maturation of fine prehension in young children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, **13**, 3-8.
- Saida, Y., & Miyashita, M. 1979 Development of fine motor skill in children : Manipulation of a pencil in young children aged 2 to 6 years. *Journal of Human Movements Studies*, **4**, 104-113.
- Sciaky, R., Lacquaniti, F., Terzuolo, C., & Soechting, J.F. 1987 A note on the kinematics of drawing movements in children. *Journal of Motor Behavior*, **19**, 518-525.
- Skerik, S.K., Weiss, M.W., & Flatt, A.E. 1971 Functional evaluation of congenital hand anomalies. *The American Journal of Occupational Therapy*, **25**, 98-104.
- Soechting, J.F., Lacquaniti, F., & Terzuolo, C. 1986 Coordination of arm movements in three-dimensional space : Sensorimotor mapping during drawing movements. *Neuroscience*, **17**, 295-311.
- 鈴木良次 1991 生物情報システム 朝倉書店
Viviani, P., & Schneider, R. 1991 A developmental study of the relationship between geometry and kinematics in drawing movements. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, **17**, 198-218.
- Wann, J. 1987 Trends in refinement and optimization of fine motor trajectories : Observations from an analysis of handwriting in primary school children. *Journal of Motor Behavior*, **19**, 13-37.
- Wann, J. 1989 The appraisal of the velocity curvature relation in children's hand movements : A research note. *Journal of Motor Behavior*, **21**, 145-150.
- Whiting, H.T.A. 1984 *Human motor actions : Bernstein reassessed*. Amsterdam : North-Holland.
- Wynn-Parry, C.B. 1966 *Rehabilitation of the hand*. 2nd ed. London : Butterworth.
- Ziviani, J. 1983 Qualitative changes in dynamic tripod grip between seven and 14 years of age. *Developmental Medicine and Child Neurology*, **25**, 778-782.

謝 辞

本研究は、財団法人小平記念会特別研究及び平成8年—10年文部省科学研究費(基盤研究A:代表者尾崎久記, 課題番号08558019)の補助により実施された。

研究を進めるにあたり多大なご協力を頂いた日立家庭教育センター教室生の子ども達そして同センターの研究員の方々に心より御礼申し上げます。

(1999.2.4 受稿, 12.16 受理)

Functional Motor Development of the Arm in Manipulation of a Drawing Device

YASUKO OZAKI (HITACHI FAMILY EDUCATION CENTER, ODAIRA MEMORIAL FOUNDATION) JAPANESE JOURNAL OF EDUCATIONAL PSYCHOLOGY, 2000, 48, 145-153

The present study aims at clarifying developmental changes in motor function of the arm during early childhood when manipulating a drawing device. 214 children (105 boys and 109 girls), ranging from 30 to 69 months of age, were asked to fill a circle with a pen, and their behavior was monitored through 4 video cameras simultaneously. The following motor aspects of drawing behavior were evaluated: prehension of the drawing device, joint motion in the arm, and the portion of the body contacting the desk. In the younger children, drawing behavior was governed by motions of the proximal joint. As age increased, the moving joint was switched to more distal joints. A dynamic tripod grip was observed in older children who moved their finger joints. The change in which joint moves might be achieved by reducing the degree of freedom of the hand-arm system. These results suggest that acquisition of the dynamic tripod grip and stable suspension of the arm might make it possible to manipulate a drawing device effectively during early childhood.

Key Words: functional motor development, manipulation of drawing devices, dynamic tripod grip, joint motions, postural control