

手の活動における機能的左右非対称性 —乳幼児教育への神経心理学的アプローチ—

橘 廣

目 次

はじめに

I 手指活動を通して発達初期に個性の基盤となる脳のはたらきの特徴を見つけられる可能性

1. 半球優位性—言語機能と手指活動
2. 手指活動—好みと器用さ
3. 操作性の高さ

II 手指活動を通して諸発達を促進する可能性

III 教育の現場への応用

むすびにかえて

はじめに

手指の活動は、言語活動が十分でない状態においても検査や観察が可能で、大脳皮質の機能的成熟過程をよく反映するものである [1]。手指活動を通して、脳の発達をふまえた乳幼児教育について検討することを本稿のねらいとする。

脳の発達に関しては、主に左右の大脳半球優位性の側面から検討するが、左右の半球間では常に情報伝達がなされているので、それぞれの半球が全く別個に機能するととらえているのではない。脳のさまざまな場所で機能を分担している領域、特定の機能を得意とする領域があり、左右の半球を比較するならば、どちらかの半球が優れているというような、つまり「優位半球」として現れる場合があるというようにとらえて

いる。

これまでの神経心理学的研究から得られたデータを基に、次のような乳幼児期の手指活動を通して得られる可能性を考察する。

(1) 発達初期に個性の基盤となる脳のはたらきの特徴を見つけられる可能性

(2) 手指活動によって諸発達を促進する可能性
それぞれについて、根拠となるデータと、現場の乳幼児教育にどのように生かせるのかを検討する。

I 手の活動を通して発達初期に個性の基盤となる脳のはたらきの特徴を見つけられる可能性

1. 半球優位性—言語機能と手指活動

左右の大脳半球は形態的にはほぼ対称的に見えるが機能は同じではない。右利きの場合、左半球は主として言語能力や継時性、右半球は主として非言語的な空間能力に、より優れているといわれている。右半球の言語機能では、話しことばの表出と書字表出はほとんど不可能であること、また話しことばの理解と読解は右半球においても可能であるが左半球より劣るものであることが、分離脳患者による研究で確かめられている [2]。分離脳とは脳梁（左半球と右半球をつないで情報を伝えている神経の束）を、

重症てんかん治療などの手術や事故のため切断されたり、先天的に欠損した状態をいう。

2つの大脳半球の機能的な差については言語機能に関する研究報告が多いが、手指の活動は言語機能と重要な関係があることが次のような研究から指摘されている。Greenfield [3]は、ブローカ野（左半球の前頭葉後半部領域で、言語生成に関わる領域。複雑な文構造理解や言語操作にも関わる）が、2歳までは、発話と道具使用を含むモノの操作との共通の中枢である可能性を示している。そして、操作性の発達が言語生成に関係している可能性を指摘している。このことに関する臨床的な報告もある。河添 [4]は長年の障害児教育の臨床経験から、第1指と第2指の指尖対向と操作性の発達が、言語機能の中でも最も高次な話しことばの獲得に、非常に重要な関係があると述べている。幼児の段階では、脳性マヒなどの例を除いて、第1指と第2指の指尖対向の状態によって、話しことばの状態や近い未来でのことばの獲得を、ほぼ完全に予測可能であること、さらに第1指と第2指の対向と操作機能を高めれば、言語機能も高められること、指導により実際に効果をあげていることが報告されている。

右手の運動は左半球の運動領野で、左手は右半球の運動領野で制御されていると考えられており、神経解剖学的にも、末梢の手指の筋肉の運動を支配する1次運動野の神経細胞からのびている軸索は、90%以上が対側に交差して下降していることが知られている。しかし、近年の脳科学研究では、タッピング課題において、右利き対象者は、右手の運動で左半球の運動領野の活性化、左手の運動で両半球の運動領野の活性化がみられたという報告がある [5]。タッピングでは左半球が得意とする継時的処理が求められることから、左半球が右手の運動に関わるのはもちろんであるが、左手の運動にも関与

する可能性も考えられ、左手の運動に両半球の運動領野が関わることにつながるのではないかと考えられる。継時的処理や空間的処理などの何が求められる課題であるかということが、脳のどの領域が活性化するかに関わってくることが示唆される。また同じ右利きであっても利き手の強さの程度に個人差があり、例えば強制的な指導のもと左利きから右利きへの移行があった右利きと、強い右利きでは、活性化する領域が異なる可能性もある。

手の活動を半球優位性からみた研究では、主として利き手の研究がなされてきた。利き手の発達的研究の代表とされるのがGesellら [6]の研究である。彼らの研究は、生後8週から10歳までの広範囲の年齢にわたる組織的な研究として、現在でもよく引用されている。彼らによれば、16週～20週に左利きが観察され、1歳までは非対称性と対称性（左右差がみられたりみられなかったり）の交代が著しい。1歳半で両手利き、2歳で明確な右手使用が現れ、2歳半～3歳半で再び両手利き、4歳～6歳になって右手が用いられるとされる。しかし、ある場合には7歳が最後の左利きあるいは両手利きの時期となり、8歳で利き手（右手）が確立すると報告されている。このような研究を行う中で、Gesell [7]は次のような興味深い記述をしている。「多数の条件規定のよく行われている研究をもってしても、利き手の起源についても、またその発達についても、なんら決定的な知見を得ることはできなかった。それが生得的なものであるのか、あるいは胎児期ないし生後の生活における要因にもとづくものであるかは、まだあきらかにされていない。しかし、この問題はきわめて重要な問題であるから、あらゆる臨床的実験のなかに取り入れられるべきものである。・・・そして、手を用いた頻度ないし活動の量よりも、むしろ運動の巧みさないし正確さ

のほうに重点を置くようなテストのほうが、利き手の早期発見に対しては最も効果的であろうと思われる」。利き手の起源、利き手の発達の問題については、現在も明確な結論に至っているとはいえないと思われる。この記述の後半の部分は、巧みさや正確さ（器用さ）を測度とする方が、どちらの手を多く使用したかという使用頻度（好み）を測度としてみるより、早期に一側化（一方の手への極端な偏り）がみられることを示唆しているものと考えられる。

2. 手指活動—好みと器用さ

利き手は片手だけを使う行為において好んで使用される手として定義され [8]、例えば「箸を使う」「字を書く」「ハサミを使う」「ボール投げをする」「ハブラシを使う」「絵を描く」際にどちらの手を多く用いるかが問題となる。乳児の場合には、対象にどちらの手で多くリーチング（視覚誘導により手を対象に接触させるような腕の運動）したかが問題となる。しかし、操作活動での動作遂行上どちらの手が器用であるかという要因も重要な側面である。

好みにおいて優位な手と器用さにおいて優位な手は、必ずしも一致するものではないことが次のような研究で報告されている。まずチンパンジーの研究であるが、チンパンジーを対象とした研究報告は進化の過程を考えるうえで興味深い。松沢 [9] は、野生チンパンジーを対象に、好物の木の小さな実をとる際、優位な手というのはあるもののどちらの手でも実をとるが、石を用いたヤシの実割り（左右の手指の機能分化が必要な操作活動）では、個体内で利き手の一貫性がみられ、ヒトが字を書くときのペンを使用する手と同程度にきわめて高いものであることを報告している。また、Hopkins [10] は、図形文字の識別訓練を受けてきたチンパンジーを対象として、知覚運動課題でコンピュー

ターのカーソルを移動させるレバーの操作活動では右手使用は98～100%であるが、餌へのリーチングでの右手使用は38～60%であることを示した。リーチングでは左手を使うが、レバー操作では右手を使用するということがあることになる。他にも、鍵をはずす等の細かい操作活動での右手優位 [11] や、巧緻性を要する非常に小さな餌を把握する際のエラー数は右手の方が左手より少ないという結果が報告されている [12]。

ヒトでは、McMaus ら [13] が自閉症児を対象に、好みでは右利きが多いが、動作遂行上の器用さでは、約3分の2が左手優位であったことを報告している。自閉症児の右半球過剰活性化が問題とされているが、器用さとの関連が示唆される報告である。

リーチングと操作活動では、一側化を示す時期や一側化の発達過程に差異がみられるのか、発達初期に個性の基盤となる脳のはたらきの特徴を見つけられる方法はないかを検討するために行った筆者らの研究を報告する。このようなことを検討するには、乳児期以降の発達だけでなく、それ以前の発達との関係を総合的にみる研究が必要である。

橘ら [14] は、胎児期のからだの向き、出生直後の頭部の向きと、乳児期の手の活動との関係、遺伝的要因として家族性左利き調査結果をあわせて総合的に検討した。参加者は、生後3日以内の健康な新生児、男児67名、女児55名の計122名で、頭部回旋運動検査が行われた。この検査は、仰臥位、覚醒状態で、対象児の頭部を正中方向に両手で保持し、ゆるやかに離れた後の5分間の自発的な頭部の動きを記録するもので授乳の間の昼に毎日実施され計3回行われた。すべての対象児は出生前の検診により胎児期の向きの測定がなされている。対象となった子どもの養育者に、乳児期の手の活動に関す

る追跡調査を約1年半にわたり依頼した。そのなかで、連絡不能、観察不十分、右利きへの意図的な指導で対象外となった者を除き、最終的に、男児44名、女児28名の計72名が対象となった。主な結果は次のとおりである。

- (1) 胎児期の向きと出生直後の頭部の向きとの関係については、出生直後頭部の向きが左側の者は、胎児期に第2頭位優位（胎児の背が母体右側に向かう頭位第2胎向が、妊娠28週から出生までの間の検診時の測定で2分の1以上）が多く、出生直後頭部の向きが右側の者は、胎児期に第1頭位優位（胎児の背が母体左側に向かう頭位第1胎向が、妊娠28週から出生までの間の検診時の測定で2分の1以上）が多いことが示された。また、胎児期の姿勢の変化は第2頭位優位者に多くみられた。
- (2) 乳児期のリーチングと胎児期の向きとの関係では、胎児期に第1頭位優位者は生後右手でのリーチングが多く、第2頭位優位者は非右手でのリーチングの割合がより多いということが認められた。また、リーチングと出生直後の頭部の向きとの関係については、頭部の向きが右側では右手リーチング、頭部の向きが左側では非右手リーチングの割合がより多いという傾向がみられた。

操作活動での遂行に関しては、両手使用の場合、対象児の約92%が生後8ヵ月以降の操作活動で、右手は細かい動き、左手は支えの機能分化が、リーチングの左右に関わりなく認められた。片手使用の場合には、まだリーチングのみられない生後2ヵ月から継時的反復的活動での右手優位が観察され、また細かな操作の要求される活動の器用さにおいても右手優位がリーチングでは非右の者にも認められた。このようなこと

は、リーチングの発達過程と操作性の発達過程は異なるものであること、また操作性の方がより早期に機能分化がみられることを示すものである。

- (3) 優位な手の移行については、養育者の報告によれば、操作活動の遂行では機能分化を認めた時点から左右の手の役割が大きく逆転したという報告はみられなかったが、リーチングでは72名中31名に右への移行がみられ、その時期はつかまり立ちを始めた頃と歩行開始の頃で約9割をしめた。リーチングでは一側化の程度が低いことに加え、運動発達など他の要因によって機能的優位性が影響を受けることや、脳の発達の質的变化が反映されることも考えられる。
- (4) 以上の主な結果から、胎児期（妊娠28週以降）のからだの向きおよび出生直後の頭部の向きは、後の乳児期における手の機能的左右非対称性と関連があることが示唆された。特に、胎児期の向きが第2頭位で一定していること、出生直後の頭部の向きが左側であること、家族に非右利き者がみられること、これらが重なる場合、操作活動の遂行において、強い左利きの要因を出生前にすでにもっている可能性が考えられる。72名の対象児のうち該当者は3名であったが、操作活動では他の対象児とは左右逆の機能分化がみられた。この割合は成人の左利き者の割合に近似している。

リーチングの優位側と操作活動での優位側の発達的な関係はどのようなものであるのか、最も早期の集団健診受診児における横断的研究 [15] では次のような結果が得られている。この4ヵ月健診は、リーチングにおけるさまざまな発達段階の対象児が混在する時期である。リーチングがまだみられない乳児において、一方の手で細かい動き、他方の手で支えというような手指操

作の基礎となるような左右差がみられるか否か、リーチングがみられる者では、リーチングに優位な手と操作活動に優位な手の関係はどのようなものであるのかを検討すること、また手指操作に視覚的な要因がどのように関わっているのかを検討することが、研究の目的であった。参加者は、最も早期の集団健診である4ヵ月児健診受診児で、生後116~130日(平均日令123.5日)、出生時体重2,500g以上の健康な男児9名、女児7名、計16名が対象とされた。刺激材料には、スプーン付の両手および片手カップ、積み木、鐘、哺乳ビン、さらにヒト刺激として、キューピー人形、対象児と等身大の布製の人形が用いられた。対象児は母親の膝の上で支えられ、手指操作に関しては、眼前に透明スクリーンが用いられている可視条件と、厚紙で作成されたスクリーンが用いられている不可視条件の2条件が設けられた。対象児はスクリーンの円形に切り取られた部分から手を出し、刺激保持時間内の左右の手指の動きがビデオカメラで記録された。リーチングに関しては、刺激が対象児の眼前に、左右の手から等距離に提示され、手の動きがビデオカメラで記録された。主な結果は次のとおりである。

(1) 手指操作の基礎をみるためのカップ刺激では左手の平均保持時間が長く、また刺激の見える可視条件で保持時間が長いという結果が得られた。第2指の指尖の動きの分析でも、細かい動きは右手で多くみられ、左手は柄を握り支えの役割をして指の動きは少なく、この左右の手の役割の違いは可視条件の方が顕著にみられた。目と手の協応が発達に重要であることが示唆される。人形は、手の左右差はみられないが腕の動きが多く、身をのりだし笑顔がみられ、注視率が非常に高いという結果が得られ、操作する対象としてのモノではなくヒト刺激で

あったためと考えられた。

(2) リーチングがまだみられない段階であっても、またリーチングがみられる段階にあっても優位な手がどちらの手であるかに関係なく、手指操作の基礎となる左右の手の機能的な差異は全員にみられた。右手が細かい動きで、左手が支え・保持という機能分化がみられたのは16名中15名、左右逆の機能分化がみられたのは1名であった。このような機能分化が全員にみられたことは、操作活動の方が、リーチングより早期に一側化がみられることを示している。また、リーチングの優位側の発達的变化と手指操作における動作遂行能力優位側の発達的变化は異なるものであると考えられる。

リーチングの優位側と操作活動での優位側の発達的变化を検討するには、出生直後からの日常の自然な状況での行動観察による方法は、これまで述べたような実験法とあわせて検討することで有効な方法となると思われる。常時子どもに接している中での自然観察によって、子どもの発達的变化や新しい行動の現れを速やかに発見することができ、変化の背景となる、周囲の状況、子どもの内的状況、他の発達面との関係などをとらえることができる。日誌研究では、やまだ [16] の述べるように、研究者の側からおこす行動ではなく、乳児の側から自発的に行う行動の記述ができること、いつ生起するかわからないが重要な自発的行動を発見し、拾い上げることができる。橘 [17] は、著者自身の子どもの日常生活の観察記録により出生から1歳までの縦断的研究を行い、手指活動の左右非対称性が、どの時期から、どのような活動で現れるのか、特にリーチングの優位性と操作(の基礎となる)活動の優位性の関係について検討した。次に主な結果を示す。

(1) リーチングの観察される以前、生後まもない時期より左右非対称性のみられる活動がある。右手優位は、つつく、振るといった継時的な反復動作や、発話と関連した運動連鎖を示唆する発声中の腕の大きな動きで観察された。一方、左手優位は、支えや保持、5本の指の空間的な構成を模倣するような手指の活動において観察された。

言語性、継時性といった左半球の特徴的な機能、空間性といった右半球の特徴的な機能が発達初期から分化され動作遂行に現れている可能性が考えられる。

(2) リーチングの観察以後も、右手優位は、ヒッティング、パッティング、太鼓の連打といった継時的な反復動作や、言語と関連した運動連鎖が考えられる動作、細かい動きが要求される動作で観察され、一方、左手優位は、支えや保持の役割をする活動で観察された。

(3) 手指操作の基礎となるような左右の手の機能的な差異は、リーチングの出現とは関係なく、観察期間を通じて一貫しており、左手優位となる活動、右手優位となる活動の内容にはそれぞれに共通点があった。Wolffら [18] が幼児期以降の手指操作に関する研究をまとめた事柄の基礎的な側面が乳児期にも観察されることを示すものである。彼らは幼児期以降の手指操作に関する諸研究の結果をまとめ、右利きの場合、右手優位は（タッピングや複雑な手の運動系列の模倣課題に代表される）反復自動化課題および系列性を要する課題にみられ、左手優位は（方向の触知覚や空間的配置が重要となる課題に代表される）形態再認および空間弁別課題でみられると述べている。

(4) 歩行開始前に、同日でありながら、指さし行動の頻度は左手優位、パッティングの頻

度は右手優位が観察されたように、活動の内容によって同時期に優位な手が異なる場合があることが示された。リーチングする際の優位な手が手指のすべての活動の優位側とはならないことを示している。

(5) 指さし行動とパッティングの約1ヵ月間の頻度の変化を検討した結果、パッティング（継時的な反復動作）のように左右の手の機能的な差異が明確な活動と、指さしのようにより機能分化が明確でなく優位性が歩行開始や言語発達などに影響される活動があることが示された。手指活動の内容によって、機能分化の程度が異なることが示唆される。

(6) 歩行開始と同時期に、指さし行動における変化や、言語発達および手指操作でも大きな変化が観察された。直立2足歩行が脳半球機能の発達上、大きな意味を持つことが推測される。また、生後6ヵ月には、つかまり立ちと、初発単語、第1指と第2指の指尖対向が同時期であったように、運動発達と言語発達と手指操作の発達の関連が示唆される。

(7) モノへのリーチングでは左右の手に大差は認められないが、自分の身長より高い積み木重ねや、穴の中に棒を差し込む動作のような、高度な技能を要する操作活動では、使用頻度や遂行能力における左右差は大きくなり使用される手が明確になるということが観察された。操作活動の中でも、子どもにとって技能を含む操作性の高い活動であるほど一側化が顕著で左右差は大きくなり、操作性の低い活動では一側化の程度は低くほとんど左右差はみられなかった。

以上のようなことから、操作活動の遂行（器用さ）優位側とリーチング（好み）の優位側は発達的变化に差異があり、技能を要する操作活

動での遂行がより早期に一側化がみられることが示され、Gesell [7] の示唆を支持する結果となった。

3. 操作性の高さ

前述の縦断的研究 [17] の中で、次のようなことが観察されている。対象児の日齢354日に、穴（直径1.2cm）に棒（直径1.0cm、長さ16cm）を差し込む様子が観察されたが、まず穴のあいた板を右手で支え、左手で穴に棒を差し込もうとしたが失敗し、次に逆の左手で板を支え、右手で穴に棒を差し込むことに成功している。繰り返し練習し、3時間後に左右の手を逆にしても成功することができた。

また日齢369日の同日の手の活動を分析したところ、ボールに手を伸ばし把握するには器用さと使用頻度において左右の大差はみられないが（左手使用4割、右手使用6割）、ボールを投げるには、右手がより器用で使用頻度も右手が優位（左手2割、右手8割）であり、左手で拾ったボールを右手に持ちかえ投げるということも観察された。そしてより高度な技能を要し操作性が高いと考えられる身長以上の高さの積み木重ねに関しては、右手では器用に課題を達成できるが左手では困難で、右手のみを使用して積み木を重ねていくという観察結果が得られた。すなわち、同じ日でありながら、手の活動内容の違い、操作性の高さの違いにより左右非対称性が異なることが示された。

このような観察結果から、高度な技能を要し操作性の高い活動であるほど、左右の差異は大きくなるということが観察された。操作性の高い活動には、半球に特徴的な機能を十分生かしたかたちで対応することで困難な高度な課題も達成しやすいのであろう。これらのことより、操作活動の基礎となるような、半球に特徴的な機能が発達初期より分化され、技能を含む操作

性の高さが一側化に重要な要因となることが示唆された。操作性の高さという観点から考えると、例えばリーチングや、モノを拾う動き、指さしは、操作性の程度の低い活動と考えることができ、一側化の程度は低くどちらの手でも使用されることになるのではないかと思われる。大学生を対象に行われた調査研究であるが、Steenhuisら [19] が691名の学生を対象に60項目から成る質問紙により、どちらの手をどの程度使用するかを5段階尺度で調査した報告がある。結果は、字を書く、絵を描く、ボールを投げる、ハサミを使用する、ハブラシを使用する、ナイフを使用する、針を使用するといった技能を要する操作活動では、右利きはいつも右手使用、左利きはいつも左手使用との回答が多く一側化がみられた。それに対し、モノを拾うなどの技能を要する程度の低い活動では、どちらの手も使用するという一側化の程度は低いものであった。

このような結果は最近の脳機能イメージング研究の結果と照らし合わせると興味深い。川島 [20] は不思議なデータとして、単純計算（例えば、一桁の連続足し算）では左右の前頭前野をはじめ脳の広範囲を活性化させるのに対し、手続きが複雑な計算（例えば、 $54 \div (0.51 - 0.19)$ ）を暗算で解くべく、じっくりと考えているときには、左半球のごく一部しか活性化しないことをあげている。難しいことを熟考しているときは、脳は休んでいるようにも見え、究極の集中した状態であるとも言えるかもしれないと述べている。さらに、日本語の文章の音読でも多くの脳の領域が活性化されるが、左半球だけでなく右半球でも広範囲に活性化されておりこれまでの常識では理解できないとしている。そして、この音読の脳活動に比較し、大学の教員が頭の中で論理を組み立てそれを言葉で説明しているときの複雑な脳活動で活性化され

ているのは限定された領域となり、左半球優位であった。

このような結果から考えられることは、単純計算や音読のような基本となる活動では左右の半球ともに広範囲に活性化されるのに対し、高度な脳の活動では、その活動に対し個体にとって優位な半球の限られた領域が主に活性化されるのではないかということである。

操作性の低い活動に分類される、モノに手を伸ばし把握するときの脳活動に関しては、川島ら [21] が右利き男性 (19~21歳) 9名を対象とし右手の到達・把握運動についてPET (Positron Emission Tomography: 陽電子放射断層撮影装置) を用いた研究により報告している。到達運動 (右手第2指で触れる) では、運動と反対側の一次運動野、感覚野、運動前野、頭頂間溝領域を中心とした頭頂連合野、帯状回などに有意な活動が認められ、また把握運動 (右手第1指と第2指で掴む) では、両側の運動前野、前頭前野、右下頭頂小葉、視覚連合野などに有意な活動が認められている。そして有意な血流増加を示した領野の活動は、到達運動では (1) 視覚対象を眼でとらえ、(2) その位置を頭部を中心とした立体座標系上の視覚的地図に変換し、(3) その地図を体を中心とした運動地図に変換し、(4) その地図より腕、肘、指の各関節の適切な運動の指令を計算し、(5) 運動の発現を視覚情報のフィードバック下で行う、ことに関連すると考えられ、把握運動では (1) 物体の大きさを判断し、(2) 指をその大きさに合わせて、適切に開く、ことに関連すると考察されている。この研究報告は19~21歳が対象ではあるが、操作性の低い活動に分類されるモノに右手を伸ばし把握するとき、左右両側の広範囲の領域が活性化されることが示されている。発達初期の到達・把握運動での脳活動はどのように示されるのか、そして操作性の高

い活動時の脳活動は違いがあるのであろうか、現時点では不明であるので比較はできない。今後検討したい課題である。

振る、つつく、といった継時的反復的活動が生後まもない時期より観察されることを前述したが、すでに妊娠15週目の指吸い行動 (サッキング) で将来の利き手がほぼ判明するという、Hepperら [22] の研究報告がある。この研究チームでは、胎児 1,000例を妊娠期間によりグループ分けし、妊娠15週目頃、27週目頃、36週目頃の各々の段階において超音波スキャンによる観察を行い、サッキングが観察された対象児の約90%が右指のサッキングをしていることを認めている。その対象児のうち75名を追跡調査し、10~12歳で利き手を調査したところ、胎児期に右指をサッキングしていた対象児60名全員が右利きとなり、胎児期に左指をサッキングしていた対象児15名は、10名が左利きで残り5名が右利きとなったという結果を報告している。加えて、サッキングが観察される以前の妊娠10週目で胎児に腕を振る動作がみられ、大部分の胎児が右腕優位であり、この右腕優位は胎児が胎内で動きにくい状態になる時期まで持続したことを報告している。このような結果について、彼らは、妊娠20週の頃までは脳から体への神経連絡は考えにくく、このような早い段階で胎児が動作をコントロールできることを示すものではないとしている。また、無脳症と呼ばれる状態の大脳皮質の欠如した同じ発達段階の胎児も、同様に動作は右腕優位であることから、脳よりも脊髄を通る反射神経の作用によるもので、わずかにより速く発達する側が優位となるのであろうと推測している。この研究結果は、脳が手足の動きを制御する以前に腕を振るという継時的な反復動作が現れることを示すもので、利き手が決定するまでには脳がある程度発達しなければならず、生後3~4年経たなけ

れば決まらないとしていた従来の説に異論を唱えるものである。

筆者らの研究 [14, 17] においても、継時的な反復動作は生後まもない時期より一貫して右手優位が観察されており、胎児期からのものであると思われる。このような継時的な反復動作の右側の手や腕の優位性は、大脳皮質が欠如した状態でも、遺伝子レベルで手や腕自体に機能的な左右差があることを示唆するものではないかとも考えられる。

これまで述べてきたように、技能を含む操作性の高い手指活動あるいは継時的反復的活動では発達初期から機能分化がみられることが示され、これらの活動によって大脳半球優位性の特徴を早期から知ることが可能ではないかと考えられる。

II 手指活動を通して諸発達を促進する可能性

山田 [23] の述べるように、手は環境にはたらきかけて自分で直接変化をつくりだすことができる器官である。視覚のみに頼るよりも、手で対象に直接関わることで環境に対する能動的なはたらきかけができるようになると考えられる。手で自ら変化をつくりだすことによって、自分の行為の結果を知ることになる。それによって、目標をもって意図したことを実行する能力や、意図した結果とならなかった時に自分の行為を修正していく実践的な能力が形成されると考えられる。

このような目標指向的行動では、環境刺激はまず目標の内的イメージを引き起こし、次に過去の経験からこの目標を実現すると思われる行為が選ばれて実行される。この目標によって行為を選ぶ過程において、ヒトとサルに共通に前頭葉、特に前頭前野が重要なはたらきをしている可能性が最近の研究により指摘されており、

目標指向的行動の認知制御は前頭前野の機能ととらえられる [24]。臨床的にも、前頭葉機能障害の中核となっているのが、自ら目標を設定し、計画を立て、実際の行動を効果的に行う能力とされる実行機能の問題である。一般に、遂行機能には (1) 目標の設定、(2) 計画の立案 (プランニング)、(3) 目標に向けての計画の実行、(4) 効果的な行動、という4つの要素が含まれる。1つの目標達成のために、いくつかの副目標を設定することが必要で、一連の副目標を系統的に達成していくことになる。通常、目標の設定や、目標達成のためのアプローチも複数存在することが多く、複数の目標の可能性を考え、その中から適当なものを選択し、効率的に達成していくことなどが求められる [25]。このような前頭葉の機能と手の活動との関係を考えるならば、手の活動により環境への自発的な能動的なはたらきかけを行うことによって前頭葉機能の発達を促すことが考えられる。

手指で探索的に触れるというアクティブタッチ (受動的触知覚とは異なる) を通し、より正確な情報を得ようとするような、手指の積極的な能動的運動があれば、それに伴い手の体性感覚系が発達し、外界を精密に理解できるようになる。

また前述したように、手指の活動は言語機能とも重要な関係にある。手指活動を通して言語機能の発達を促進することも可能であると思われる [4]。

III 教育の現場への応用

まず、振る、つつく、たたくといった継時的反復的活動や、操作性の高い手指の活動で、利き手の左右の方向とその強さを発達初期に知ることができるのではないかとということが考えられる。半球機能に特徴的な能力を考慮すると、子どもの伸ばしやすい能力を早期に見つける参

考となるのではないかと思われる。個性を生かし伸ばす教育のためには、例えば強い左利きの子どもに、強制的な右利きへの指導はできるならば避けたい。能動性を阻んだり、強い心理的ストレスを伴うことになる。慢性ストレスによる前頭前野の機能障害およびそれに伴い作業記憶障害の原因にもなることが報告されている[26]。

操作性の高さについては、例えば、モノに手を伸ばし把握するという行動はどちらの手でも大差なく可能であるし、ハブラシの使用やボール投げは器用さに優位な側はあってもどちらの手でも動作は遂行可能であるが、箸、針、包丁の使用は非利き手での遂行は困難であるというように差異を見つけることはできる。操作性の低い手指活動は一側性が低くどちらの手でも大差なく、操作性の高い活動は一側性が高いことは、野球に例えると、高度な技能をもつ打者（操作性の程度の高い課題）に対してはどの投手（脳領域）でも対応できるわけではなくその打者に適した特別な能力をもつ投手に限られてくるが、高度な技能をもたない打者に対しては対応できる投手の数は増えるようなものなのであろうか。

次に、手指活動を通じた教育の現場への応用には、大脳の前頭前野活性化に関することが考えられる。前頭前野は、行動の抑制、記憶や感情の制御、創造、意志決定、意欲、集中力、他者想像性に関わっており、脳の中でも最も高度な精神活動をつかさどっていて、他の動物に比べ大きくよく発達しているため、人間を人間たらしめる場所ともいわれている。この前頭前野の機能に問題があると考えられるような、目標指向的行動がとれない、意志決定ができない、自発性や意欲がみられない、他者の気持ちを慮ることができない、不適切な衝動的行動を抑えられない、考えて行動できない子どもたちが近

年増えてきているように思われる。前頭前野を活性化させるにはどのような方法があるのか、これまで次のような方法が報告されている。川島[20]は、一連の脳機能イメージング研究から、音読（読み）、考えながら文字を書くこと（書き）、一桁の数字の連続加算のような単純計算（計算）によって、前頭前野をはじめ、脳の広範囲を活性化（脳の血流が増加）させ得ることを示した。またどのような行為を行っているときに前頭前野を活性化することができるのか光トポグラフィーを用いて検証した結果、編み物、裁縫、包丁での皮むき（ピーラーでは前頭前野は活性化されない）、料理を作ること、折り紙を折ること、ハサミで紙を切り抜くことで、前頭前野の活性化がみられている。特に料理は、メニューを考える、下ごしらえをする、炒める、盛り付ける、いずれの場面でも左右の前頭前野が活性化していた。また、考えながらの描画や、楽器の演奏をしているとき（特に新しい楽曲に挑戦しているときに活性化が顕著で、弾きなれた曲の演奏では右脳の前頭前野のみ活性化の傾向）も前頭前野の活性化がみられた。多くの楽器で検討した中で、演奏時唯一前頭前野の活性化をともなわなかったのは、カスタネットであったことは注目される。指先の動きが関係しているのではないかと解釈されている。音読や計算以外では、主として何かをつくり出すことを目的にすること、手指を使うことが前頭前野活性化につながるのではないかと考えられる。

以上のような研究結果から、高度な思考活動をする領域、前頭前野を活性化させるためには、何かをつくりだすことを目的に、時系列的に空間的に効果的な行為に向け修正しながら手指を使用することは重要であると思われる。手指の使用については、両手での活動が望ましく、例えば包丁でのリンゴの皮むき（包丁を持つ手はほとんど同じ位置、同じ動作の繰り返しで、他

方のリングを保持し方向や回転の調節をする手の動きで上手にむけるか否かが決まる)、ハサミでの紙の切り抜き(ハサミを持つ手はほとんど同じ位置、同じ動作の繰り返しで、他方の紙を保持して方向調節をしながら動かす手の動きで、上手に切り取れるか否かが決まる)のように、非利き手を単なる支えとしてではなく、空間的に微妙な調節をしながら動かす必要性のある活動が前頭前野活性化に効果的であると思われる。つまり、継時性と空間性にみられるような左右の手の機能的な特徴を十分に必要とし、各々の役割を果たしながら両手が協調することによって効率的に目標(目的)が達成されていくような活動である。加えて、他者の気持ちを慮ることによって前頭前野をより広範囲に活性化し得ると考えられることより、コミュニケーションをとりながら共同で、目標指向的に手の活動を行うことが望まれる。

解剖学的に、神経細胞の大きさは、その神経細胞に接続するシナプス数に関連し、神経細胞が大きくなるのはより多くの情報伝達が可能となった状態とされるが、その大きさの測定から前頭前野の神経細胞は、出生から3歳頃までの間に急激に発達した後緩やかに発達し、その後11、12歳から18歳頃に再び急激に発達することが認められている。このことから基礎形成の時期で脳の急激な発達のある3歳頃までは、特に手指活動を通じてコミュニケーションをとり楽しみながら前頭前野を育てるような教育が行われるべきであると思われる。例えば、ままごと遊びでの食事作り、楽器演奏、ハサミでの紙の切り抜きや折り紙(クラフト作り)、レゴ、積み木遊び、粘土遊び、パズル、考えながらの描画などが考えられる。またモノとモノとの関係づけからの操作性の高い活動として、裁縫や木工は安全性に配慮しながら行ってほしい活動である。

その他、手指活動を通じて、1人ではできないものが皆で力をあわせれば創り出せることや、コミュニケーションをとりながら創り出していく過程で、言語発達や社会性の発達を促すことが可能である。

むすびにかえて

子どもたちのそれぞれの能力を十分に引き出し生き生きと生活できるように、そして考えながら手指を使用して仲間とコミュニケーションをとり協力し合い、新しいものを創り出す喜びを子どもたちに多く体験してほしいと願っている。子どもたちを豊かに育むにはさまざまな方法があると思われるが、本稿では手指活動に限定して検討してきた。今後、手指活動を通して脳をより活性化させる方法により、乳幼児教育だけでなく、障害児教育、高齢者の認知能力の改善、脳機能リハビリテーションにも役立てられる方法を探っていきたいと考えている。

引用文献

- [1] 西村学・松野豊「手指運動の発達ならびにそれと言語発達との関連をめぐって」『東北大学教育学部研究年報』第26号、1978年、pp.225-244.
- [2] 杉下守弘『右脳と左脳の対話』青土社、1990年、pp.173.
- [3] Greenfield, P.M. 1991, "Language, tools, and brain: The ontogeny and phylogeny of hierarchically organized sequential behavior", *Behavioral and Brain Sciences*, Vol.14, pp.531-595.
- [4] 河添邦俊『障害児の育つみちすじ』ミネルヴァ書房、1978年、pp.123-130.
- [5] 川島隆太『高次機能のブレインイメージング』、医学書院、2002年、pp.46.

- [6] Gesell, A. and L.B. Ames, 1947, "The development of handedness", *The Journal of Genetic Psychology*, Vol.70, pp.155-175.
- [7] Gesell, A. 1940, *The first five years of life*, New York, Harper & Brothers. (山下俊郎訳『乳幼児の心理学出生より5歳まで』家政教育社、1966年、pp.179-180.)
- [8] 伊田行秀「利き手の成立」坂野登編『脳と教育—心理学的アプローチ』、朝倉書店、1997年、pp.118-128.
- [9] 松沢哲郎「野生チンパンジーの石器使用」『発達』第46巻、1991年、pp.106-113.
- [10] Hopkins, W.D. 1991, "Handedness and laterality in apes and monkeys", in *Primate today*, eds. A. Ehara, T. Kimura, O.Takenaka and M. Iwamoto, Amsterdam, Elsevier Sciences, pp.271-274.
- [11] Morris, R.D., W.D.Hopkins, and L.Bolser-Gilmore, 1993, "Assessment of hand preference in two language-trained chimpanzees (Pan troglodytes): A multi-method analysis", *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, Vol.15, pp.487-502.
- [12] Hopkins, W.D. and J.L.Russell, 2004, "Further evidence of a right hand advantage in motor skill by chimpanzees (Pan troglodytes)", *Neuropsychologia*, Vol.42, pp.990-996.
- [13] McMaus, I., B.Murray, K.Doyle and S.Baron-Cohen, 1992, "Handedness in childhood autism shows a dissociation of skill and preference", *Cortex*, Vol.28, pp. 373-381.
- [14] 橘廣・岩砂真一「胎向、生後3日以内の頭部の向きと、乳児期の手の活動の関係」『心理学研究』第72巻、2001年、pp.177-185.
- [15] 橘廣・池上貴美子「乳児における手の操作と偏好性の発達」『中部女子短期大学紀要』第22巻、1992年、pp.201-207.
- [16] やまだようこ『ことばの前のことば——ことばが生まれるすじみち1』新曜社、1987年、pp.17.
- [17] 橘廣「乳児の手指運動における機能的左右非対称性」『日本教育心理学会第26回総会発表論文集』1984年、pp.182-183.
- [18] Wolff, P.H., I.Hurwitz, and H.Moss, 1977, "Serial organization of motor skills in left- right- handed adults", *Neuropsychologia*, Vol.15, pp.539-546.
- [19] Steenhuis, R.E., and M.P.Bryden, 1989, "Different dimensions of hand preference that relate to skilled and unskilled activities", *Cortex*, Vol. 25, pp.289-304.
- [20] 川島隆太『天才の創りかた』講談社インターナショナル、2004年、pp.29-202.
- [21] 川島隆太、井上健太郎、松村道一、定藤規弘、米倉義晴、福田寛「PETによるヒトの手の運動機能マップ」『神経研究の進歩』第42巻、1998年、pp.139-145.
- [22] Hepper, P.G., D.L.Wells, and C.Lynch, 2005, "Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness", *Neuropsychologia*, Vol. 43, pp.313-315.
- [23] 山田洋子「乳幼児における言語機能の基礎過程としての認識行動とコミュニケーション行動の発達」『名古屋大学1988年度博士学位論文(未公開)』pp.23.
- [24] 田中啓治、松元健二「目的指向的行動を

制御する前頭前野の神経ネットワーク」
『生体の科学』第55巻、2004年、pp.60-
70.

[25] 三村将「前頭葉機能障害のリハビリテー
ション」『老年精神医学雑誌』第15巻、
2004年、pp.737-747.

[26] 溝口和臣「慢性ストレスによる前頭前野
の機能障害：うつ病様病態発生機構にお
ける役割」板倉徹編『前頭葉：その機能
とネットワーク』ブレーン出版、2005年、
pp.19-38.