

手の機能的左右非対称性に関する発達の検討

— 文 献 展 望 —

安 丸 廣

The Development of Hand Asymmetry

—A Review—

YASUMARU Hiro

1. はじめに

感覚系を通して対象を知覚し認知する過程には、身体、手足や指の運動を通しての運動感覚刺激が密接に関連しているが、感覚系の発達は、運動系による、対象に対する具体的操作を通して達成されていくといわれている。このことは、運動系の機能的左右非対称性が、感覚系に比べると非常に早い時期に安定した非対称になるという知見と、関係しているのではないかという指摘がされている¹⁾。このようなことから、特に乳幼児期においては、運動系の発達が、発達過程を知る代表的な指標となり得ると考えられる（加齢と共に感覚系の要因が強くなるが）。運動系の中でも、手は、中心前回にあるさまざまな身体部位の運動投射野において、投射部位が3分の1以上の部分を占めていることから注目される。西村と松野²⁾、中³⁾らは、手指の運動が大脳皮質の機能的成熟過程をよく反映しており、その検査も、言語的応答を要求せず、場所、用具の上でも簡便に実施できることから、知的障害児の発達診断のための手指運動検査を考案しており、総合的精神発達の指標として、その有効性は高いとされている⁴⁾。

このように発達のみにて重要な指標とされる手の、機能的左右非対称性を、大脳半球優位性との関連から発達の的に検討することは意味があると思われる。その場合、前述したように感覚系と運動系の相互作用が重要であることは、坂野¹⁾によって述べられているが、本稿では運動系に限定し、motor skillに関する左右非対称性の発達を中心に、触知覚、利き手、性差の問題について展望する（最近の研究では、利き手と読書・書字・言語能力の発達、認知様式の型、知能などとの関係も報告されているが、問題が広範囲になるためこれらに関する詳細には触れない）。尚、機能的左右非対称性という場合、利き手が純粋に機能的なものであるか問題はあつた。Levy と Nagylaki⁵⁾ は利き手を遺伝によるものとしているが、それを否定する説もあり、未解決の問題である。ともかく、機能的な独立のためには、構造的にも分離されることが、ある程度その前提条件となると思われる。また、左手利きに関しては、右手利きに比べ言語機能が大脳半球に一側化する程度が低く⁶⁾、言語機能についての優位半球が、右手利きと同じく左半球優位の者と、右半球優位の者があることが知られている。本稿では、混乱を避けるため、特に説明のない場合は、右手利きに限定して述べることにする。まず、利き手の発達の研究を簡単に概括する。

2. 利き手の発達

利き手の発達に関する研究は数多くあるが、Gesell と Ames⁷⁾ の研究は、8週から10歳までの広範囲の年齢にわたる組織的なものとしてよく知られている。彼らによれば、16～20週に左手利きが観察され、1歳までは非対称性と対称性の交代が著しい。1歳半で両手利き、2歳で明確な右手使用が現われ、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が、ある場合には7歳が最後の左手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。尚、課題は、8週から5歳までは Yale 発達検査の場面で、5歳から10歳までは立方体、紙、鉛筆、自由組み立て状況での記録である。Belmont と Birch⁸⁾ は、5～12歳の被験児を用いて、6～7歳で両手利きの者が一時増加（28%）するが、他の年齢では一貫して約80%の児童が右手利きを示し、性差はないという結果を得ている。Annett⁹⁾ は、Belmont らと同様に、書字・ボール投げ・はさみ使用などを指標としたが、3歳半～15歳、152名で約70%の児童が一貫して右手利きであり、女兒がより右手優位であると報告している。しかし、彼らの場合、3歳半～8歳の群と、9～15歳の群の2つに区分しているのみであり、発達的变化をみるには不十分である。Seth¹⁰⁾ は、20～52週にわたり、被験児19名の積木などの呈示物に対する行動観察（ゲゼル発達検査）を毎月行なったところ、20～28週で左手利き、32～40週で右手への移行がみられ、44週以降は右手利きであった。特に、32～40週は、前述の Gesell と Ames の研究では両側性から大半において左手が優勢とされており、Seth の結果と異なっている。Cohen¹¹⁾ は、8か月児100名を用いて、呈示物への reaching を観察し、右手利きが有意に多いことを認めている。また、Bayley Development Scale により、利き手が明確である者は発達得点が高いという結果を得ている。より低い年齢では、Caplan と Kinsbourne¹²⁾ の研究がある。彼らは1～4か月（平均2.7か月）21名に、片方の手にガラガラを持たせる（unimanual grasp）条件と、両手に持たせる（bimanual grasp）条件において、より長く把握している試行数と把握時間を測定した。結果は、片手操作条件では両側度において右手優位、両手操作条件では把握試行数において右手優位であり、性差はなかった。

以上のように、利き手の発達は直線的なものではなく、複雑な段階を経て、非対称な安定した状態に至るようである。一方の手が優勢になる前に両手利きの段階があるが、bimanual coordination を含む活動での、両手の異なる役割を考えると重要であるとする Bresson ら¹³⁾ の見解は注目されよう。それは、利き手が確立した後においても、左右の手の関係は相互に補い合うもので、いかなる場合にも利き手が主となるとは限らないと考えられるからである。次に、利き手が必ずしも motor skill などにおいても優れていることにはつながらないとする研究を展望する。

3. non-preferred left hand 優位を示す研究

3. 1. motor skill

Buffery¹⁴⁾ は、3～11歳160名に、一方の手で四角形、他方の手で円を、閉眼で同時描写させた（Conflict Drawing Test）。■角形の描写を指標としたところ、すべての年齢群で、女兒が有意に左手優位を示した。男女を通じて、左手優位の程度は、年齢とともに右手利きの程度とともに増加した。また、3～7歳では女兒が男児より右手利きが多かった。Ingram¹⁵⁾ は、3～5歳の

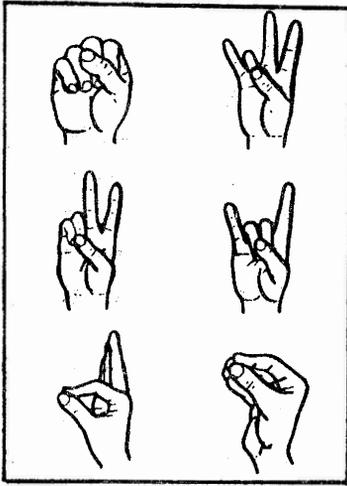


Fig. 1. Hand Postures task.

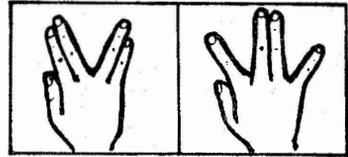


Fig. 2. Finger Spacing task. Ingram (1975) より

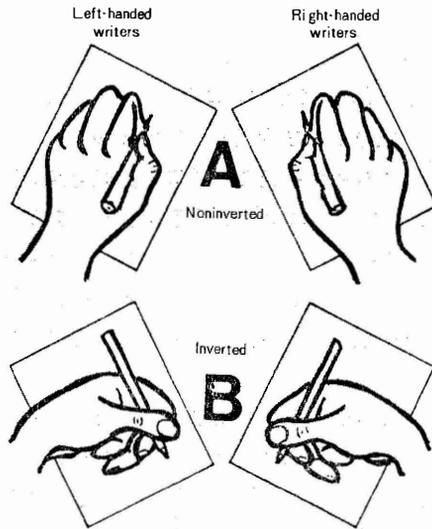


Fig. 3. Typical writing postures. Levy & Reid (1976)より

右手利き84名で、Hand Postures (Fig. 1) と Finger Spacing (Fig. 2) の模倣課題において、有意に左手のパフォーマンスがよいという結果を得た。これらの課題は、5本の指の相互の関連—空間的な構成を要求される課題で、右半球によって媒介されていたのであろうと解釈されている。また、Hand Postures 課題は細かい動きを要するためか、この課題においてのみ女兒が男児より成績がよいという結果が得られた。

次に成人での研究をみることにする。Ki muraと Vanderwolf¹⁶⁾ は、Finger flexion (片手の1本あるいは2本の指を、第2関節で90°に屈曲。他の指は動かさない。) 課題で、右手利きでは左手がより成績のよいことを見出ししている。この課題は Kimura と Archibald¹⁷⁾ の研究においても、右半球に病変のある患者では、パフォーマンスが特に低いことが知られている。

Parlow¹⁸⁾ は、この課題を、右手利きと左手利き（左手利きでは、さらに Writing Posture が Fig. 3 に示す A と B の 2 群となる）に分けて行なったところ、右手利きの群と左手利き B 群に左手優位がみられ、左手利き A 群は右手優位を示した。尚、この Writing Posture に関しては、Levy と Reid¹⁹⁾ が、言語テスト (syllable test) と空間テスト (dot location test) における左右視野差を分析し、右手利き左手利き共に、A の posture では言語的に優位な半球は利き手の反対側、空間的に優位な半球は同側であるのに対して、B の posture ではその逆であるという結果を報告している。又 Provins と Glencross²⁰⁾ は、右手利きの熟練したタイピストの skill が、左手が右手と比べて等しいかそれ以上であるという結果を得、訓練量によるものとしている。しかし、Typewriting は熟練すると、空間的配置が重要な要因となるとも考えられよう。

3.2. 触知覚

触知覚でも左手優位が報告されている。Wietelson²¹⁾ の研究では、6～14歳の男児、右手利き47名を用いて、無意味図形と文字の触知覚に関する実験を行なった（視覚的には遮断されていた）。結果は、非言語刺激の触知覚では右半球優位（左手優位）が示されたが、言語刺激の触知覚では左半球優位（右手優位）は認められなかった。そのことは、この研究の中で最も低い年齢である6歳にも明らかにみられた。彼は、言語刺激は最初に空間的コードで分析され、それから言語コードに翻訳されることを示していると解釈し、このことは、視覚・聴覚で生じるほど、触覚ではインプットと言語分析との間の直接的な環はないことを示唆するものであるとしている。後に彼は6～13歳男女200名を対象として、無意味図形の触刺激による再認課題での実験から、男児は右半球優位性が6歳児からみられるが、女児は13歳まで bilateral の様相を示すという結果を得ている²²⁾。

類似のことが、ブレール式点字の読みにおいてもみられるようである。すなわち、Rudelら²³⁾ は、7～14歳の右手利き80名（視力正常児）を用いて、12個のブレール式点字の reading 課題を行なったところ、ブレール式点字は言語が含まれているにもかかわらず左手優位であった。この課題では男児の方が発達の分化が早く、より初期の年齢（10歳）において左手優位を示している。この年齢については少し遅すぎる感があるが、Wietelson²²⁾ によれば、言語的な要素も関連するためではないかとされている。また、Hermelin と O'Connor²⁴⁾ の実験では、8～10歳の16名の被験児（先天盲）で行なったブレール式点字の reading で、やはり右手と比較して左手が有意に速く正確であった。彼らの研究の成人（盲人）での結果においても同様であった。ブレール式点字の場合、点は文字を表わしているにもかかわらず、空間的なものとして触覚にインプットしている可能性があると考えられる。

触知覚に関する研究の中で、被験者が患者である場合の報告をみると、もう少し触知覚の性質が明確になるであろう。まず、Carmon と Benton²⁵⁾ は、右半球あるいは左半球に病変のある患者に、垂直・水平・45° rotation の方向をもつ1～3個の触刺激が手掌に与えられ、その方向及び数の再認課題を行なった（再認は視覚的マッチング）。その結果、右半球に病変のある患者も、左半球に病変のある患者も、両群とも病変のある半球に対して同側よりも反対側の手において成績が低かった。このことから、手は主に反対側の半球によってコントロールされていることが知られる（サルでは Brinkman と Kuypers²⁶⁾ によって実証されている）。また、特に方向知覚に関して両群に有意な差があり、右半球に病変のある群が両方の手において成績が悪いことが注目

される。同様の結果が、Fontenot と Benton²⁷⁾ の研究にもみられ、右半球に病変のある者は、触刺激の方向再認において両方の手で低いパフォーマンスを示したが、左半球病変の者は反対側（右手）のみ低い。彼らは、右半球は、視覚・聴覚と同様に触知覚においても、空間知覚の媒介に重要な役割を演じていると結論している。しかし、彼らはこの研究では再認に視覚を用いたことから、翌年視覚と触覚を別々にとりあげても同様の結果が得られるかを検討している²⁸⁾。視覚のみを用いた、線分方向と単語の再認課題で、前者は左視野優位、後者は右視野優位となり、やはり右半球は方向知覚に重要な役割をもつことを認めた（この場合、被験者は大学生であったが）。他に、Milner と Taylor²⁹⁾ は交連を切断した患者で Wire-figure を用いた空間パターンの触知覚において、再認（触覚）は左手のパフォーマンスがよいという結果を得ている。

以上、non-preferred left hand 優位を示す研究をあげてみたが、今まで注目されていなかったこともあり、発達的研究が非常に少ない。motor skill, 触知覚の課題の性質上、特に3歳未満ではより困難であることもあり、現在のところ3歳未満で行なわれた研究を見いだせなかった。手の機能的左右非対称性の発達に関しては、motor skill では3歳から左手優位を得た報告があるが、触知覚のブレール式点字に関しては明確な非対称性を示す年齢はかなり遅れるようである。性差も一致した結果が得られていないが、今後、これらの問題を明らかにする上で、発達的研究が必要とされよう。

4. preferred right hand 優位を示す研究

4.1. motor skill

右手優位を示す研究は finger tapping 課題が非常に多い。Knights と Moule³⁰⁾ は、5～14歳の児童169名に片手の finger tapping を行ない、右手がより速いと報告している。5歳からすでに右手優位がみられ、性差はなかった。同様の方法で、右手優位、性差なしという結果を Ingram¹⁵⁾ は3～5歳、Kinsbourne と McMurray³¹⁾ は5歳で、Hiscock と Kinsbourne³²⁾ は3～12歳において認めている。Hiscock らの研究ではすでに3歳から非対称性がみられる。

Denckla³³⁾ は、5～7歳237名に、指の反復運動（親指と示指を同時に tapping）と、指の連続運動（親指に対向させた示指から小指まで4本の指を順に連続的に tapping）の2つの課題を行ない、20 movements に要する時間を測定したところ、反復運動課題のみで有意に右手が速かった。性差では、連続運動課題において左右の手ともに女兒がより速いという結果を得た。翌年彼は、5～10歳168名に対して、前述の指の反復運動、指の連続運動に加えて、hand patting の反復運動、pronation-supination（手掌と腕の回旋）、手の開閉という課題における20 movements に要する時間を測定した³⁴⁾。結果は、指の連続運動を除くすべての課題で、5歳から右手がより速く、非対称性の量は、年齢が進むにつれて（特に8歳以上で）減少していた。また、性差では女兒がより大きな非対称性を示した。Wolff と Hurwitz³⁵⁾ は、5～16歳468名において、試行前にメトロノームを聞き、同じ速さを維持しながら tapping させたが、やはり5歳から右手がより正確で安定していた。また、女兒の左右非対称性がより大であった。しかし、左右差及び性差は12歳以後減少している。左右差の減少に関しては、12歳以後には一定の速さを維持しながら tapping するという課題が容易であったためとも解釈される。このことは、Wolff ら³⁶⁾ が成人で同様の課題を行なった結果、左右の手に有意差がなく、より複雑なリズム再生課題では右手がよ

り正確であったことから推測される。彼らは、同じキーを反復 tapping することは、空間的配置の正確さを要求されるものではないため、右手優位になったものと解釈し、右手優位は正確な temporal control を要求される課題に限定されることを示唆している。Wyke³⁷⁾ は、両手に持った金属針で前後あるいは左右交互に tapping するという腕の運動の速さが、右腕でより速いことを認めている。

tapping 以外の課題では、Ingram¹⁵⁾ が 3～5 歳児の hand strength で右手優位及び性差なし、また Reitan³⁸⁾³⁹⁾ が 5～14 歳児での name writing 課題において、5 歳児から右手がより速いことを見出ししている。Kimura と Archibald¹⁷⁾ は、Copying hand movements (複雑な手の運動系列の模倣) が、左半球に病変のある患者のパフォーマンスで低いことを認め、左半球優位の結果は、運動系列がその課題に含まれている程度に依存するとしている。

右手優位は主に継時的な運動課題においてみられ、その非対称性は各研究の最も低い年齢 (3 歳未満は不明) から認められている。また、性差に関しては、女兒が優位であるか、有意差がないかのどちらかであった。次に、このような一側性の継時的な手の活動が、言語活動に優位である左半球と密接な関連をもつことを示唆する研究をいくつかあげてみたい。

4.2. 継時的な手の活動と言語活動との関係

Hiscock と Kinsbourne³²⁾ の研究では、3～12 歳児で、speaking (童謡と動物名) 中の一側性の finger tapping が、speaking のない場合と比較して右手の tapping がより低下した。3 歳児より非対称性はみられ、性差はなかった。同様の結果は、5 歳児で Kinsbourne と McMurray³¹⁾ でも認められている。また Piazza⁴⁰⁾ の 3～5 歳児の研究においても、3 歳から、詩の暗唱では右手の tapping が妨害され、ハミングでは左手が妨害された (彼の研究では Dichotic Listening 実験からも、3 歳児から左右非対称性を示すという結果が得られている)。

成人では、Lomas と Kimura⁴¹⁾ は、sequential finger tapping (半円状に配置された電信用のキー 4 個を示指から小指へとできるだけ速く正確に tapping)、sequential arm tapping (横に一列に並べられた 4 個のキーを順にこぶしで tapping)、single finger tapping (示指で 1 個のキーを反復 tapping)、そして、dowel balancing (示指の先端に金属棒を垂直に立て、そのバランスをとる) の 4 課題を行ない、右手利きの場合、右手による課題遂行のみが speaking により妨害され、左手利きの場合、両手ともに妨害されるという結果を得た。この結果は、右手利きの場合、speaking と右手の運動系列に関する系が左半球でオーバーラップしていることを示し、また左手利きでは右手利きより speaking の制御系は bilateral であることを示すものと解釈されている。尚、dowel balancing 課題に関しては、Kinsbourne と Cook⁴²⁾ でも同様の結果が得られている。また、成人において speaking 中の手の活動を検討した Kimura⁴³⁾ は、一般にジェスチャーといわれる free movement が右手に多く生じることを見出し、左半球における speech system の賦活によって同側半球内にある他の motor system の賦活が付随したものと結論している。また Ingram¹⁵⁾ は speaking 中のジェスチャーのような手の活動を 3～5 歳児においても観察されることを示している (性差なし)。

このような課題では、左右非対称性の程度が発達的に変化なく、実験が行なわれた最低年齢からすでに非対称性がみられることより、Hiscock と Kinsbourne³²⁾ は、伝統的な Lenneberg 説を否定し、“developmental invariance” 説を主張している。すなわち、Lenneberg⁴⁴⁾ は思春期

になるまで言語機能の大脳半球非対称性は確立しないとしているし、また Hécaen⁴⁵⁾ は、言語獲得期から思春期の間に、言語機能が bilateral から unilateral に移行することを示唆している。そして、Lenneberg 説を修正した Krashen⁴⁶⁾ の説では、言語機能の大脳半球非対称性の十分な確立は 5, 6 歳であるとされている。Hiscock らによれば、5, 6 歳の時期に多くの言語認知的な変化が生じるので、この考え方は注目に値するが、もし 5, 6 歳が非対称性の最高点ならば、その年齢まで非対称性が増加し、その後一定の非対称性を示すであろうが、彼らの実験からは実証されていないとしている。利き手の発達においては、対称性、非対称性をくり返しながら、時には逆の非対称性を示し、8 歳ごろになって確立することが一般的な見解であるが、Hiscock らの説は今後十分な検討がなされる必要があろう。尚、継時的な手の活動と言語活動との関係について、手の非対称性の分析がなされたものではないが、2 か月児で母親と接する中でジェスチャーに類似した手の自発的な活動を観察した研究がある⁴⁷⁾。もし、左半球によって媒介されているなら、発話と関連した motor sequence の存在を示すものとなるであろう。

5. 継時・系列性と空間性

Wolff ら³⁶⁾ によれば、右手利きの場合、右手優位は、反復自動化課題・系列性を要する課題、左手優位は、形態再認・空間弁別課題にみられるであろうと報告されているが、これまでの研究では最もうまく要約されていると思われる。Liepmann⁴⁸⁾ の、左右の手により遂行されるすべての運動学習課題において左半球優位であるという見解は、左手優位を示す研究があることで否定される。また、Provins と Glencross²⁰⁾ の手の機能的左右非対称性は訓練量によるものだとする説も、年齢が増すにつれて手の非対称性も増加することが実証されていないため、受け入れがたい。

Wolff らの指摘した継時・系列性と空間性の問題は、次に示す Nachshon と Carmon⁴⁹⁾ の研究でより明確にされるだろう。すなわち、彼らは、成人での実験で、同じ装置を用いて課題要求を変化させるだけで、系列的課題の場合には右手優位、空間的な課題の場合には左手優位という結果を得ている。この実験は、視覚的に遮断され、刺激された指のマイクロスイッチを押すという状況で行なわれ、系列的課題の場合、あらかじめ指定された指が順序を変え、1 本ずつ継時的に刺激される。また、空間的課題の場合、あらかじめ指定された指のうち、2 回の反復刺激を受ける指、1 回刺激される指、全く刺激を受けない指があり、空間的パターンを要求されるというものである。但し、同時に両手を操作する条件では手の非対称性がみられたが、片手操作条件では有意差がなかった。そのことから、彼らは、competition 条件でのみ生じる結果であるとしている。同様の結果が、視覚では Carmon ら⁵⁰⁾、聴覚では Kimura⁵¹⁾ と Bryden⁵²⁾、触覚では Muram ら⁵³⁾ と Wietelson²¹⁾ の研究にみられる。そして、Kimura⁵¹⁾ は competition 条件が効果的である理由として、聴覚の場合、①反対側の聴覚路から達したインプットは、同側の聴覚路からのインプットが聴覚皮質に達する前に通路を塞いでしまうこと、②聴覚皮質に対して反対側の関係がより強いため、聴覚皮質において、反対側の材料をより精巧に中枢で描写することになる、ということあげている。しかし、Bakker と van der Kleij⁵⁴⁾ は、Nachshon ら⁴⁹⁾ の結果の片手操作条件は天井効果によるものではないかと疑問視している。確かに正答率が 95% であり、触覚であっても成人の被験者には、3 個の刺激の再生は課題が容易すぎる感はある。non-com-

petition 条件でも非対称性を示した研究は、多くの聴覚実験でみられる^{55)~58)}。

Nachshon らは、同じ装置で課題要求の変化により手の非対称性を示したが、安丸ら⁵⁹⁾は、装置、課題も同じで分析方法を変えることにより手の非対称性がみられた。この実験は、4~6歳児を対象とし、手のモデルの指先にあるランプ5個のうち3個が継時的に呈示され、ランプ3個が消滅した後、順序と位置を正確に、モデルのランプと同じ指のスイッチを押すという片手操作での再生課題であった。分析は、指の位置の正誤に関わらず、刺激方向再生の正答数を求める系列的関係の分析と、方向の正誤に関係なく、指位置の正答数を求める空間的關係の分析の2方法がなされ、前者では右手優位、後者では左手優位が示された。この非対称性はすべての年齢においてみられ、性差はなかった。このような結果からは、Provinsら²⁰⁾の手の機能的非対称性は訓練量によるという説は否定される。

6. 性差の問題

左手優位を示す研究では、女兒の分化が早いとする研究¹⁴⁾¹⁵⁾と、男児の方が分化が早いとする研究²²⁾²³⁾があり、一致した知見が得られていない。Buffery と Gray⁶⁰⁾の説によると、男性は女性に比べて、空間能力が bilateral であり、女性は言語、空間能力がそれぞれ左右の半球に分離している。そして bilateral であることは、高次のレベルの空間能力に最も効果的な神経学的基礎であり、男性の空間課題における優位性の説明を与えるものであるとしている。しかし、この説を支持するデータは非常に数少ない⁶¹⁾。Levy と Reid¹⁹⁾は、前述の Writing Posture 課題で、男性がより大きな左右非対称性を示したことより、男性が空間能力に関してより分化しており、女性はこの能力が bilateral であるとしている。McGlone と Davidson⁶²⁾の研究では、女性は空間課題でも右視野優位であった。このことは、空間能力にも左半球が媒介していることを示すものであり、Levy の説が適用される。また、Harris⁶³⁾によれば、右半球の発達は男児がより早いとされている。先に述べた Wietelson²²⁾、Rudelら²³⁾の研究はこの説を支持するものである。但し、Ingram¹⁵⁾の Hand Postures 課題での結果は Harris の説とは逆の結果になっている。Ingram の解釈では細かい動きを要するものであるためとされているが、今後検討を要する課題である。また、Buffery¹⁴⁾は、四角形と円の Conflict Drawing Test で、女兒が早くから左手優位を示すが、男児は左手優位を示さなかったことから、女兒がより早く右半球優位性を示すと述べており、Harris の説とは逆である。しかし、後にこの課題を行なった Clyma と Clarke⁶⁴⁾の結果では、右手において四角形の描写により成績が得られ、右半球の発達は女兒がより早いとする Buffery の説は疑問視される。そして、この課題は、幾何学的形態描写の継時的な運動課題を含んでいるとも解釈し得る。また、四角形のような形は、右手—左半球の系によって媒介される分析的なストラテジーと、左手—右半球の系によって媒介される holistic なストラテジーの、2つの認知ストラテジーのどちらかをを用いて描写される可能性もある⁶⁵⁾。

現在のところ、右半球の発達は男児がより早く、男性は空間能力がより分化しており、女性はこの能力が bilateral であるという説が有力視される。

右手優位を示す研究では、女兒が男児に比較して非対称性が大きであるか、性差なしかのどちらかであった。非対称性を示す時期に関しても性差がみられなかったが、Wietelson⁶⁵⁾によれば、右半球の半球優位性には性差があるが、左半球に関しては性差を示す報告はほとんどないとされ

ている。

7. 今後の課題

機能的左右非対称性の発達に関して、Hiscock と Kinsbourne³²⁾は、伝統的な Lenneberg 説などを否定し、“developmental invariance”説を主張しているが、同次元のものを扱っているのかどうか問題はある。たとえば、motor skill に関しては、3歳から一貫した左右非対称性を示すという報告が多いが、利き手では、対称性・非対称性をくり返しながら発達するといわれており、手指操作と利き手で非対称性の発達過程が異なるという可能性、大脳における優位半球を決定する指標が問題である可能性もある。motor skill に関しては発達の研究が少なく、新生児期からの長期にわたる縦断的研究が望まれる。特に左手優位を示すような運動課題の発達の研究、あるいは両手の相互関係を要し、両手の異なる役割を検討し得る課題での発達の研究が必要であると思われる。坂野¹⁾の述べるように機能的左右非対称性は、両側性結合のあらわれであり、運動、運動感覚、触覚、視覚、聴覚における左または右利きは、両側性結合の特異的な修正の結果であり、一方の半球による機能の単一側的調節 (monolateral regulation) として単に取り扱い得るものではないと考えられる。また、Nachshon ら⁴⁹⁾は、両手操作条件でのみ非対称性が示され、片手操作条件では示されないとしているが、その逆の結果も多く報告されており、性差の問題、本稿では省略したが左手利きの問題と同様、今後より分析的に検討されねばならない問題である。

引用文献

- 1) 坂野登 1970 機能的左右非対称性とその発達の意義。心理学評論, 13, 38-52.
- 2) 西村学・松野豊 1978 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集, 225-244.
- 3) 中 修三 1974 できる子供できない子供。慶応通信。
- 4) 坂上ルミエ 1975 精神薄弱児における指機能の発達の研究。日本特殊教育学会第13回大会発表論文集。
- 5) Levy, J. & Nagylaki, T. 1972 A model for the genetics of handedness. *Genetics*, 72, 117-128.
- 6) Luria, A. R. 1973 *The Working Brain: An Introduction to Neuropsychology*. London: Allen Lane Penguin Press.
- 7) Gesell, A. & Ames, L. B. 1947 The development of handedness. *The Journal of Genetic Psychology*, 70, 155-175.
- 8) Belmont, L. & Birch, H. G. 1963 Lateral dominance and right-left awareness in normal children. *Child Development*, 34, 257-270.
- 9) Annett, M. 1970 The growth of manual preference and speed. *British Journal of Psychology*, 61, 545-558.
- 10) Seth, G. 1973 Eye-hand co-ordination and 'handedness': A developmental study of visuo-motor behaviour in infancy. *The British Journal of Educational Psychology*, 43, 35-49.
- 11) Cohen, A. I. 1966 Hand preference and developmental status of infants. *The Journal of Genetic Psychology*, 108, 337-345.
- 12) Caplan, P. J. & Kinsbourne, M. 1976 Baby drops the rattle: Asymmetry of duration of grasp by infants. *Child Development*, 47, 532-534.
- 13) Bresson, F., Maury, L., Pieraut-Le Bonniec, G., & Schonen, S. de. 1977 Organization and lateralization of reaching in infants: An instance of asymmetric functions in hands collaboration. *Neuropsychologia*, 15, 311-320.
- 14) Buffery, A. W. H. 1971 Sex differences in the development of hemispheric asymmetry of func-

- tion in the human brain. *Brain Research*, 31, 364-365.
- 15) Ingram, D. 1975 Motor asymmetries in young children. *Neuropsychologia*, 13, 95-102.
 - 16) Kimura, D. & Vanderwolf, C. H. 1970 The relation between hand preference and the performance of individual finger movements by left and right hands. *Brain*, 93, 769-774.
 - 17) Kimura, D. & Archibald, Y. 1974 Motor functions of the left hemisphere. *Brain*, 97, 337-350.
 - 18) Parlow, S. 1978 Differential finger movements and hand preference. *Cortex*, 14, 608-611.
 - 19) Levy, J. & Reid, M. 1976 Variations in writing posture and cerebral organization. *Science*, 194, 337-339.
 - 20) Provins, K. A. & Glencross, D. J. 1968 Handwriting, typewriting and handedness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 20, 282-289.
 - 21) Wietelson, S. F. 1974 Hemispheric specialization for linguistic and nonlinguistic tactual perception using a dichotomous stimulation technique. *Cortex*, 10, 3-17.
 - 22) Wietelson, S. F. 1976 Sex and the single hemisphere: Specialization of the right hemisphere for spatial processing. *Science*, 193, 425-427.
 - 23) Rudel, R. G., Denckla, M. B., & Spalten, E. 1974 The functional asymmetry of Braille letter learning in normal, sighted children. *Neurology*, 24, 733-738.
 - 24) Hermelin, B. & O'Connor, N. 1971 Functional asymmetry in the reading of Braille. *Neuropsychologia*, 9, 431-435.
 - 25) Carmon, A. & Benton, A. L. 1969 Tactile perception of direction and number in patients with unilateral cerebral disease. *Neurology*, 19, 525-532.
 - 26) Brinkman, J. & Kuypers, H. G. J. M. 1972 Splitbrain monkeys: Cerebral control of ipsilateral and contralateral arm, hand, and finger movements. *Science*, 176, 536-539.
 - 27) Fontenot, D. J. & Benton, A. L. 1971 Tactile perception of direction in relation to hemispheric locus of lesion. *Neuropsychologia*, 9, 83-88.
 - 28) Fontenot, D. J. & Benton, A. L. 1972 Perception of direction in the right and left visual fields. *Neuropsychologia*, 10, 447-452.
 - 29) Milner, B. & Taylor, L. 1972 Right-hemisphere superiority in tactile pattern-recognition after cerebral commissurotomy: Evidence for nonverbal memory. *Neuropsychologia*, 10, 1-15.
 - 30) Knights, R. M. & Moule, A. D. 1967 Normative and reliability data on finger and foot tapping in children. *Perceptual and Motor Skills*, 25, 717-720.
 - 31) Kinsbourne, M. & McMurray, J. 1975 The effect of cerebral dominance on time sharing between speaking and tapping by preschool children. *Child Development*, 46, 240-242.
 - 32) Hiscock, M. & Kinsbourne, M. 1978 Ontogeny of cerebral dominance: Evidence from time-sharing asymmetry in children. *Developmental Psychology*, 14, 321-329.
 - 33) Denckla, M. B. 1973 Development of speed in repetitive and successive finger-movements in normal children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 15, 635-645.
 - 34) Denckla, M. B. 1974 Development of motor co-ordination in normal children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 16, 729-741.
 - 35) Wolff, P. H. & Hurwitz, I. 1976 Sex differences in finger tapping: A developmental study. *Neuropsychologia*, 14, 35-41.
 - 36) Wolff, P. H., Hurwitz, I., & Moss, H. 1977 Serial organization of motor skills in left- and right-handed adults. *Neuropsychologia*, 15, 539-546.
 - 37) Wyke, M. 1969 Influence of direction on the rapidity of bilateral arm movements. *Neuropsychologia*, 7, 189-194.
 - 38) Reitan, R. M. 1971a Sensorimotor functions in brain-damaged and normal children of early school age. *Perceptual and Motor Skills*, 33, 655-664.
 - 39) Reitan, R. M. 1971b Complex motor functions of the preferred and non-preferred hands in brain-damaged and normal children. *Perceptual and Motor Skills*, 33, 671-675.

- 40) Piazza, D. M. 1977 Cerebral lateralization in young children as measured by dichotic listening and finger tapping tasks. *Neuropsychologia*, 15, 417-425.
- 41) Lomas, J. & Kimura, D. 1976 Intrahemispheric interaction between speaking and sequential manual activity. *Neuropsychologia*, 14, 23-33.
- 42) Kinsbourne, M. & Cook, J. 1971 Generalized and lateralized effects of concurrent verbalization on a unimanual skill. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 23, 341-345.
- 43) Kimura, D. 1973 Manual activity during speaking —I. Right-handers. *Neuropsychologia*, 11, 45-50.
- 44) Lenneberg, E. H. 1967 *Biological foundations of language*. New York: Wiley.
- 45) Hécaen, H. 1976 Acquired aphasia in children and the ontogenesis of hemispherical functional specialization. *Brain and Language*, 3, 114-134.
- 46) Krashen, S. D. 1973 Lateralization, language learning, and the critical period: Some new evidence. *Language Learning*, 23, 63-74.
- 47) Trevarthen, C. 1974 Conversations with a two-month-old. *New Scientist*, 62, 230-235.
- 48) Liepmann, H. 1900 Das Krankheitsbild der Apraxie (motorische Asymbolie) auf Grund eines Falles von einseitiger Apraxie. *Msschr. Psychiat. Neurol.* 8, 15-40, 102-132, 182-197. Cited by P. H. Wolff, I. Hurwitz, & H. Moss, Serial organization of motor skills in left- and right-handed adults. *Neuropsychologia*, 1977, 15, 539-546.
- 49) Nachshon, I. & Carmon, A. 1975 Hand preference in sequential and spatial discrimination tasks. *Cortex*, 11, 123-131.
- 50) Carmon, A. & Nachshon, I. 1973 Hemifield differences in binocular fusion. *Perceptual and Motor Skills*, 36, 175-184.
- 51) Kimura, D. 1967 Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 3, 163-178.
- 52) Bryden, M. P. 1969 Binaural competition and division of attention as determinants of the laterality effect in dichotic listening. *Canadian Journal of Psychology*, 23, 101-113.
- 53) Muram, D. & Carmon, A. 1972 Behavioral properties of somatosensorymotor interhemispheric transfer. *Journal of Experimental Psychology*, 94, 225-230.
- 54) Bakker, D. J. & van der Kleij, P. C. M. 1978 Development of lateral asymmetry in the perception of sequentially touched fingers. *Acta Psychologica*, 42, 357-365.
- 55) Bakker, D. J. 1969 Ear-asymmetry with monaural stimulation: Task influences. *Cortex*, 5, 36-42.
- 56) Bakker, D. J. 1970 Ear-asymmetry with monaural stimulation: Relations to lateral dominance and lateral awareness. *Neuropsychologia*, 8, 103-117.
- 57) Frankfurter, A. & Honeck, R. P. 1973 Ear differences in the recall of monaurally presented sentences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 138-146.
- 58) Morais, J. & Darwin, C. J. 1974 Ear differences for same-different reaction times to monaurally presented speech. *Brain and language*, 1, 383-390.
- 59) 安丸廣・南憲治・大岸通孝 1978 幼児のラテラリティの発達(3)——Motor asymmetry について——日本心理学会第42回大会発表論文集, 894-895.
- 60) Buffery, A. W. H., & Gray, J. A. 1972 Sex differences in the development of spatial and linguistic skills. In C. Ounsted & D. C. Taylor (Eds.), *Gender differences. Their Ontogeny and significance*. London: Churchill Livingstone. Pp. 123-157.
- 61) Marshall, J. C. 1973 Some problems and paradoxes associated with recent accounts of hemispherical specialization. *Neuropsychologia*, 11, 463-470.
- 62) McGlone, J. & Davidson, W. 1973 The relation between cerebral speech laterality and spatial ability with special reference to sex and hand preference. *Neuropsychologia*, 11, 105-113.
- 63) Harris, L. J. 1976 Sex differences in spatial ability: Possible environmental, genetic, and neurological factors. In M. Kinsbourne (Ed.), *Hemispheric asymmetries of function*. New York: Cambridge Univ. Press.

安丸：手の機能的左右非対称性に関する発達の検討

- 64) Clyma, E. A. & Clarke, P. R. F. 1973 Which hand draws a better square? *Bulletin of the British Psychological Society*, 26, 141.
- 65) Wietelson, S. F. 1977 Early hemisphere specialization and interhemisphere plasticity: An empirical and theoretical review. In S. J. Segalowitz & F. A. Gruber (Eds.), *Language Development and Neurological Theory*. New York: Academic Press. Pp. 213-287.

(本研究科博士後期課程)