

手の活動における機能的左右非対称性と操作性の高さ

橋 廣

目 次

はじめに

I 問題と目的

1. ヒト以外の霊長類の研究から
2. ヒトの発達的研究から
3. 操作性の高さと機能的左右非対称性の関係性

II 6面ダイスの積み上げ課題

1. 目的
2. 方法
3. 結果と考察

III 豆運び課題

1. 目的
2. 方法
3. 結果と考察

IV 総合的考察

むすびにかえて

はじめに

ボタンの縫い付けや、包丁を用いたりんごの皮むきを、通常使用している手の役割を逆に行ってみるとしよう。利き手で支えた針の穴に、非利き手で糸を通し玉結びをする。利き手で布とボタンを支えながら、非利き手でボタンを縫い付ける。りんごの皮むきでは、利き手でりんごを回転させ、非利き手で包丁を用いて皮むきをする。これらの通常とは左右逆転した作業は非常に困難であり、作業開始時点より極端に時間を要することとなる。しかし、ハブラシの使用は利き手の方が器用ではあるが、非利き手でも可能である。ボール拾いでは左右差はほとんどなく、どちらの手でも遂行可能である。手の活動には、左右の手の機能差が顕著である活動と、機能差のみられない活動がある。

ボタンの縫い付けや、包丁を用いたりんごの皮むきは、高度な技能を要する操作性の高い活動であるが、ボール拾いは操作性の低い活動である。

発達や熟練の程度により、困難さが異なる可能性が考えられるが、個体にとって高度な技能を要する操作性の高い活動ほど、左右の手の遂行に差がみられるのであろうか。また、そのことは

左右の脳半球の機能分化に関連するのであろうか。なお機能分化に関しては、左右の半球間では常に情報伝達が行なわれているので、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、「優位半球」として現れる場合があるということにとらえている。

操作活動について分析していくことで、両半球に及ぶ広範囲の脳領域が活性化される手の活動や、主として片側半球の限定された脳領域が活性化される操作活動があることも示されるであろう。それにより、脳全体をウォーミングアップするための手の活動や、脳をバランスよく使用するためのさまざまな手指操作活動を見つけることも可能であろう。効果的な操作活動が特定できれば、発達診断や認知症予防などに役立つことも考えられる。

筆者は、手指活動の機能的左右非対称性は操作性の高さに関係する可能性を、出生から1歳までの発達の研究^[1]などから示したが、本稿では、機能的左右非対称性と操作性の高さの関係性をより詳細に分析するために、大学生を対象に手指操作課題を行った研究を報告する。

I 問題と目的

1. ヒト以外の霊長類の研究から

対象物を扱う操作活動の機能的左右非対称性が、技能を含む操作性の高さに関係するのではないかと考えられる報告は、ヒト以外の霊長類の研究にもみられる。

松沢^[2]は、野生チンパンジーを対象とした研究で、好物の木の小さな実をとる際には、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^[3]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、知覚運動課題において、コンピュータ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。この結果から、同じ個体でも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り、巧緻性を要するレバー操作において右手使用が明らかに多くなることが認められる。他に、巧緻性を要するような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も報告されている。Hopkinsら^[4]は、ヤーキス霊長類研究所飼育下のチンパンジーを対象に、細かな器用さが必要とされる小さな餌を把握する際の左右の手の運動技能の非対称性を検討した。餌として、プレッツェル（直径4mm、長さ60mm）、M&M's（直径9mm、厚さ約3.5mm）、Tart N'Tiny（8mm×6mm）が用いられ、左手の方が右手よりエラーが多く、オスのチンパンジーはメスよりエラーが多いという結果が得られた。把握の際の手指の形状はチンパンジーによって異なるが、第1指と第2指を好んで用いるタイプ、第2指と第3指を好んで用いるタイプが大半を占め、この2つのタイプ間でエラーの割合に有意差はみられず、上記の結果は把握の形状による差では説明できない

としている。高い巧緻性が要求されるような操作活動では、運動技能が右手優位であることを示す研究結果である。

1989年10月に愛知県犬山市の京都大学霊長類研究所で、錠のかかったオリからチンパンジー3頭が脱走するという事件があった。この事件についてチンパンジーが錠を操作することは可能であるのかを確かめる実験が行われ、その際の映像が1990年3月公開された。それによると、まず左手で錠を持って、何度も錠穴に差し込むが（この差し込む段階でも左手では失敗することが多い）、左手では開かない。その後、右手に錠を持ちかえ、左手で錠を支えながら、右手で錠を錠穴に差し込み容易に開ける様子が確認された。この操作を行ったのは図形文字の識別訓練を受けている13歳の雌のチンパンジーであった。久保田^[5,6]によれば、チンパンジーではリーチングは左手が優位しており、加齢につれ左手優位が明確になると報告されている。（物を扱うという点で）操作性の低いレベルの「錠を持つ」という到達・把握運動は左手優位であっても、操作性の高度なレベルの「錠の操作」では左手ではうまくいかず、右手での細かな動きで錠を操作し左手で錠を支えることで成功している。Morrisら^[7]の研究においても、15年以上にわたり図形文字の識別訓練を受けたチンパンジー2頭の自然観察ビデオテープを分析したところ、1頭は右利きでもう1頭は両手利きであったが、錠をはずす等の細かい操作では2頭とも右手を使用していることが認められている。

以上のように、ヒト以外の霊長類の研究では、機能的左右非対称性は操作性の高さが重要な要因となり、操作性が高い場合に左右差が顕著で、手の機能分化がみられることが示されている。しかし操作性が低い場合、ほぼ同程度にどちらの手でも可能となる。このような知見を進化の過程から考えると、ヒトの場合も操作性の高い活動は、発達初期から機能が分化し、左右の手それぞれの役割が定まっている可能性、そして操作性の低い活動は左右差がみられないことが考えられる。

2. ヒトの発達的研究から

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るが^[8]、乳児の場合多く用いられる方法は、対象にリーチングする際使用する手の優位性である。つまり、視覚誘導により手を対象に接触させるような腕の運動において左右どちらが多く使用されるかということである。リーチングは生後3-5カ月頃に生じるが、より初期の生後2カ月頃より予備的行動のプレ・リーチング（視覚誘発性の腕の運動で、目前にせまってくる対象に反射的に腕を伸ばす動作）があるとされる^[9]。

利き手の発達の研究として代表とされるのがGesellら^[10]の研究である。彼らの研究は、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が、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)が確立するとされている。尚、課題は、8週から5歳まではYale発達検査の場面であり、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。

このようなリーチングと操作活動の機能的左右非対称性に関しては、次のような報告がある。

橘^[1]は、出生から1歳までの縦断研究の中で、手指活動の左右非対称性が、どの時期より、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。主な結果は次のとおりである。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。また、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。リーチングが観察されるようになった後も、リーチングにおいて多く使用されるという優位側とは関係なく、操作（の基礎となる）活動において機能分化がみられた。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、巧緻性が要求される動作で観察され、左手優位は、支えや保持の役割をする活動で観察された。一方、リーチングや、モノを拾う動き、指さしなど、操作性の低い活動については、一側化の程度は低くどちらの手でも使用され、言語発達や運動発達、環境からの要因（例えば右利きへの指導）により優位性が変動しやすいことが示された。このようなことから、物を扱うという点で操作性の高いレベルでは、発達初期より一側化がみられる。中間のレベルでは優位側はあるが、どちらの手でも遂行可能である。操作性の低いレベルでは、一側化の程度は低く、発達のにも機能的優位性が変動しやすいことが示唆された。

対象児の日齢354日に、穴（直径1.2cm）に棒（直径1.0cm、長さ16cm）を差し込む様子が生後初めて観察されたが、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、右手で穴に棒を入れる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した。前述のチンパンジーの鍵開けに関する観察結果と共通点があり興味深い。

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ほとんど左右差はみられないが（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）であった。左手でのボール投げでは後ろにボールが飛ぶこともありうまく前方に投げられず、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、操作性の高さの違いにより左右非対称性の程度が異なることが示された。生後1年は、利き手が決定する年齢でもなく、左右の手に練習量が顕著に現れる年齢でもない。積み

木重ねは発達初期より半球の特徴が示される課題であるかもしれない。

橘・池上^[11]の、最も早期の集団健診となる4カ月児健診受診児を対象とした横断的研究においても、同様の結果を示している。この4カ月健診時は、対象への視覚的注意のみの段階から、リーチングの段階、そして把握行動がみられる段階まで、さまざまな段階の存在する時期である。このようなリーチングの発達がどの段階であっても、またリーチングが観察される場合に優位な手がどちらの手であっても、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。両手カップや片手カップ、積み木等への左右の手指の動きから、右手が細かい動き、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1名であった。このことは、操作活動とリーチングの機能分化を示す時期が異なり、前者がより早期に機能分化がみられることを示している。

橘・岩砂^[12]の72名の乳児の手指操作に関する研究においても、上記の研究を支持する結果が得られている。リーチングに優位な手とは関係なく、対象児の92%において8カ月以降の操作活動で、右手は継時的、巧緻性を要する活動、左手は支えや空間性に関わる活動という機能分化が認められた。加えて、まだリーチングのみられない2カ月から、継時的反復的活動での右手優位が観察されている。さらに、巧緻性が求められる活動での右手優位が、リーチングの優位性では非右の者にも認められた。このようなことは、リーチングのような操作性の低い活動と操作（の基礎となる）活動の発達過程が異なることを示すものであり、後者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。

次のような研究からも、操作性の高さを考慮すべきではないかと考えられる。Steenhuisら^[13]は691名の学生を対象に、60項目から成る質問紙により、利き手を5段階尺度で調べている。その結果、書字、描画、ボール投げ、ハサミ、ハブラシ、ナイフ、針使用といった操作活動では、右利きは常に右手使用、左利きは常に左手使用との回答が多く、一方の手への極端な偏り（一側性）がみられた。それに対し、モノを拾うなど到達・把握運動のような操作性の低い活動では、利き手の分布が極端に一方の手に偏ることはなく、一側性の程度は低いものであった。この研究で学生を対象に行った質問紙を修正したものを、10、12、14歳で行った調査でも、同様の結果が得られている^[14]。

なお、左右どちらの手を好んで用いるかという利き手の検査法としては、代表的なOldfield^[15]のエディンバラ利き手テスト（Edinburgh Handedness Inventory）をはじめ、Crovitzら^[16]、Annett^[17]、八田ら^[18]の利き手テストなどがある。Bryden^[19]は、CrovitzらのテストとOldfieldのテストを実施し因子分析にかけたが、利き手に関する質問であると明確に考えられるものとして、「書く」「投げる」「描く」「ハサミで切る」「ハブラシでみがく」際に用いる手に関するものが抽出された。Brydenはこの5項目の質問が利き手に関する質問紙の簡略版となると結論づけている。Sakano^[20]は、Oldfieldの利き手テストと対比させた研究で、Brydenの結論の正しさを確認している。これらの項目はいずれも細かな技能を要するもので、その目的を達成するために道具を使用するものである。

Oldfieldのエディンバラ利き手テストでは、利き手を連続体としてとらえ、右利きから左利きまでの程度の強さを、ラテラルリティ指数 (LQ) により、完全な右利き (全項目右手使用) が 100点、完全な左利き (全項目左手使用) が -100点、右利き傾向と左利き傾向が等しいものが 0点とされている。このOldfieldのテストを基にしたSakano^[21]の分類方法では、書字、描画、ボール投げ、ハサミ、ハブラシの5項目についてラテラルリティ指数 (LQ) を算出して、LQ100~80を右利き、LQ60~0を両手利き、LQ-20~-100を左利きとしている。

以上をまとめると、手指の活動を指標としたヒトの研究からは、ヒト以外の霊長類の報告と同様に、技能を含む操作性の高い活動では、右利きは常に右手使用、左利きは常に左手使用といった一方の手への極端な偏り (一側性) がみられるのに対し、リーチングを行ったり、小さい物を拾うというような操作性の低い活動では、極端に一方の手に使用が偏ることはなく、一側性の程度は低いという報告がされている。

3. 操作性の高さと機能的左右非対称性の関係性

これまで述べてきたような研究から、(物を扱うという点で) 操作性の高いレベルは、複数の物を組み合わせ調整しながら扱うような操作で、発達初期より一側化がみられる。中間のレベルでは優位側はあるが、どちらの手でも遂行可能である。操作性の低いレベルでは、一側化の程度は低く、発達的にも機能的優位性が変動しやすいことが示唆される。操作性の高さにより、発達的に機能分化の時期が異なることが考えられ、また個人の中でも操作性の低いリーチングと操作性の高い活動の機能的左右非対称性は同じであるとはいえないと考えられる。

前述したように、操作性の高い活動であるほど、左右の手の遂行の差異は大きくなるということが示唆された研究がある^[1]。乳児の手指活動についての自然観察記録による縦断的研究で、同日 (日齢369日) であるにもかかわらず、ボールへの到達・把握運動のような操作性の低い活動では、使用頻度及び器用さの点でほとんど左右差はみられず、ボール投げでは右手優位ではあるものの左手でも可能であった。しかし、操作性の高いと考えられる身長以上の高さの積み木重ねでは左手では困難で、右手のみを使用していた。積み木重ねに関しては、Marschikら^[22]の研究においても、利き手の確立しない (リーチングの優位性が一定しない) 1歳児に一側化がみられることが報告されている。

以上のことから、機能的左右非対称性は操作性の高さに関係する可能性が考えられるため、機能的左右非対称性と操作性の高さの関係性をより詳細に分析するために、右利き大学生を対象とした手指操作実験を行う。

細かな条件設定で検討する場合には、対象者の年齢が低いほど、研究者側の設定した実験において、実験時の心身の状態や利き手の不確定性等に結果が影響されることが考えられるため、対象を大学生とした。なお、本研究の基礎データとなる橘^[1]の乳児を対象とした研究は、常時子どもに接している中での自然観察記録による縦断的研究で、やまだ^[23]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をとらえたものである。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可能となる研究法から得られたデータである。また利き手の強さの程度による要因の影響をできるだけ避けるために、完全な右利き（ラテラリティ指数100）の大学生を対象とする。

課題は、上述の積み木重ねと関連し、ダイスの積み上げ課題を行う。ダイスの積み上げでは、ダイスの大きさの異なる課題を設定し、操作性の高さによる差異を検討する。また、道具（箸）を用いた条件と用いない条件を比較検討する。道具（箸）を用いない条件については、次のようなOhgamiら^[24]の研究を参考にし、BPO（body-parts-as-object）課題を設定する。

OhgamiらはfMRIを用いた脳機能研究において、成人を対象に、2形態の道具使用ジェスチャー（歯ブラシ、ハサミ、ペン等の使用の身振り）を比較検討し、次のような結果を報告している。道具使用状況の再現をするジェスチャー（パントマイム）では、左半球に集中した活動がみられ、右半球はほとんど活動がみられなかった。一方、道具を身体（手）で表現するジェスチャー（BPO）では、両半球が活性化していた。2形態のジェスチャーに、右頭頂葉の活動に大きな差異があることから、BPO条件下では、道具の形や動きを手で表現するために、自分の手の形や動きに注意して細かな分析を行う脳活動が加わるのではないかと解釈されている。この研究結果を操作性のうえから検討すると、BPOでは手指で道具自体を表現するため、道具を操作するわけではなく操作性は低いと考えられるが、パントマイムは手指で道具を操作するという点で、より高いレベルを要求されると考えられる。このことから、操作性が高いほど限られた脳領域での活性化がみられるという可能性も考えられる。

本研究では、BPO課題として、箸自体を手指で表現し、（手指で）ダイスを積み上げる課題を設定する。道具（箸）を用いてダイスを積み上げる課題と、BPO課題では、結果にどのような差異があるか、操作性のレベルが高いほど機能的左右非対称性が大きくなるのかを検討する。

予備実験により、道具となる箸は、割り箸を用いた場合、大学生には課題が容易で天井効果がみられ、5mmダイス以外はダイスの大きさによる差異がみられなかったため、11cmの塗り箸を用いて実験を行う。加えて、予備実験で最も積み上げ数が少なく困難な課題であった5mmダイスでは、より困難な課題となる1の目課題（1の目を上にして、箸でダイスの積み上げをする課題）を行う。さらに、前述したようなことから最も左右差が少ない課題と考えられるBPO課題も、5mmダイスで行うことで左右差が生じやすい課題とする。このことで、5mmダイスでは、単純積み上げ課題、1の目課題、BPO課題の3つの課題が行われる。

II 6面ダイスの積み上げ課題

1. 目的

ヒト以外の霊長類の手指操作活動に関する研究や、ヒトの発達的研究から、機能的左右非対称性は操作性の高さに関係する可能性が考えられる。機能的左右非対称性と操作性の高さの関係性を検討するために、右利き大学生を対象とし、さまざまな大きさの6面ダイスの積み上げ課題を通して検討する。また、箸を用いた単純積み上げ課題、箸を用いたより操作性の高い1の目課題、

箸を用いないBPO課題を比較検討する。

2. 方法

参加者はラテラリティ指数が100となる右利き大学生50名。16mm、10mm、8mm、5mmのダイスの積み上げを、箸を用いて行う。5mmダイスでは他に、1の目課題（1の目を上にして箸でダイスの積み上げ）、BPO課題（第2指、第3指で箸自体を表現し指でダイスを積み上げ）を行う。計6課題を左右各々の手で行い、30秒間の最大積み上げ個数が記録された。箸は11cmの塗り箸を用いた。

ダイス積み上げの6課題の順序、左右の手の順序を参加者間でカウンタバランスした。

3. 結果と考察

ダイス積み上げ6課題（16mm、10mm、8mm、5mm、1の目、BPO）において、30秒間の最大積み上げ個数の平均値をFigure 1に示す。

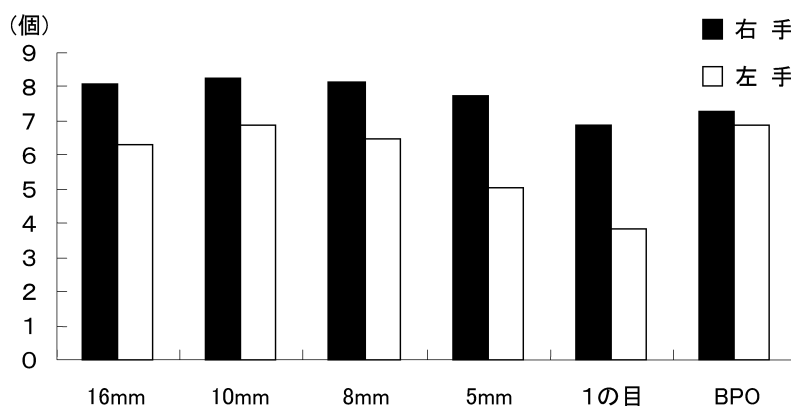


Figure 1 30秒間のダイスの積み上げ個数

課題（16mm・10mm・8mm・5mm・1の目・BPO）×手（左・右）の分散分析を行ったところ、課題の主効果（ $F(4.1, 199.3) = 24.09, p < .01$ ）、手の主効果（ $F(1, 49) = 345.50, p < .01$ ）、課題×手の交互作用（ $F(5, 245) = 18.81, p < .01$ ）において有意差があった。右手においては、課題による単純主効果が有意で（ $F(5, 245) = 7.71, p < .01$ ）、左手においても、課題による単純主効果が有意であった（ $F(5, 245) = 36.96, p < .01$ ）。さらに、各課題において左右差を検討した。16mmで手による単純主効果が有意（ $F(1, 49) = 81.00, p < .01$ ）、10mmで手による単純主効果が有意（ $F(1, 49) = 38.56, p < .01$ ）、8mmで手による単純主効果が有意（ $F(1, 49) = 39.34, p < .01$ ）、5mmで手による単純主効果が有意（ $F(1, 49) = 164.64, p < .01$ ）、さらに1の目で手による単純主効果が有意（ $F(1, 49) = 205.04, p < .01$ ）となった。しかし、BPOでは手による単純主効果はみられなかった。

積み上げ個数の少ない課題、すなわち操作の困難な課題ほど左右差が顕著であった。4種のダイスの大きさでは5mmが最も積み上げ個数が少なく左右差が大きくなったが、同じ5mmダイスを1の目を上にして積み上げる課題では回転も含めた高いレベルの操作が要求されるため、単純積み上げ課題より積み上げ個数が少なく、左右差もより顕著になった。6課題のうちBPOでのみ左右差がみられなかったが、BPOでは、道具を操作するわけではなく操作性は低いと考えられる。BPOに関しては、成人を対象にfMRIを用いた研究において、両半球が活性化することが報告されているが^[24]、同様の結果となった。

Ⅲ 豆運び課題

1. 目的

ダイス積み上げ課題において、積み上げ数が少なく、操作性の高い課題ほど左右差が大きくなるという結果が得られたが、別の材料（大豆と小豆）を用いた課題でも同様の結果が得られるかを検討する。

2. 方法

参加者はラテラリティ指数が100である右利き大学生20名。10個の豆を皿から皿へ、11cmの塗り箸で移す所要時間を左右各々の手で測定し、小豆（直径約5mm）と大豆（直径約8mm）の2課題が行われた。

豆運び2課題の順序、左右の手の順序を参加者間でカウンタバランスした。

3. 結果と考察

10個の豆の移動に要する時間の平均値をFigure 2に示す。課題（大豆・小豆）×2（左・右）の分散分析を行ったところ、課題の主効果（ $F(1, 19) = 90.93, p < .01$ ）、手の主効果（ $F(1, 19) = 75.67, p < .01$ ）、課題×手の交互作用（ $F(1, 19) = 50.72, p < .01$ ）において有意差があった。右手においては、課題による単純主効果が有意で（ $F(1, 19) = 6.47, p < .05$ ）、左手においても、課題による単純主効果が有意であった（ $F(1, 19) = 76.32, p < .01$ ）。さらに、各課題において左右差を検討した。大豆では手による単純主効果が有意（ $F(1, 19) = 12.25, p < .01$ ）、また小豆でも手による単純主効果が有意（ $F(1, 19) = 78.11, p < .01$ ）であった。

小豆は箸での把持・移動が大豆より困難で、所要時間が長くなり左右差もより顕著になった。また左手で、大豆と小豆の課題に大きな差異がみられた。

以上の実験結果より、ダイスの積み上げ課題と同様に、操作性が高く困難な課題ほど左右差が顕著になることが示された。複数の物を組み合わせ調整しながら扱うような操作性の高い活動では限定された脳領域での活性化が示唆される。

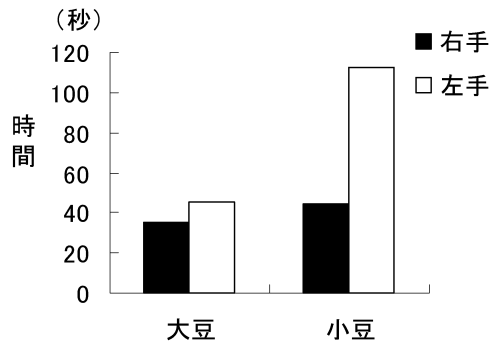


Figure 2 10個の豆運びに要した時間

IV 総合的考察

ダイスの積み上げ課題や豆運び課題から、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示された。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はないかと思われる。発達的研究からは、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。

このような結果は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^[25]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、大学教員が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。

このようなこと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。

機能的左右非対称性を検討するには、脳梁が機能している脳では半球間で常に情報伝達が行われていることから、2つの半球が全く別個に機能しているとは考えられず、両半球の関わり方を考慮すべきである。この観点から、神経系を機能的な階層に組織化されたものとしてとらえた、近代神経学の創始者Jackson^[26]の考え方が注目される。彼は言語には両半球が関わっているとし、

その関わり方は神経系の階層的組織化のレベルによって異なると述べている。最も低次のレベルでは、言語は情動的発声や不随意的な原初的言語反応というかたちをとり、この機能は両半球にまたがっている。中間のレベルでは理解の過程があり、これは話しことばよりも自動的な過程であり、片側の半球に機能が特殊化している程度は低い。最も高次のレベルでは話しことばや書きことばのような叙述的言語があり、主導半球 (leading hemisphere) の進化と密接に関係しているというものである。分離脳患者による研究では、右半球の言語機能は、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可能であるが左半球より劣るものであることが確かめられている^[27]。Jacksonの説を裏づける研究結果であると思われる。

操作性の高さと大脳半球機能の一側化については、言語機能のレベルによって一側化の程度が異なると述べたJacksonの説から推論し、次のような仮説が考えられる。手の活動には両半球が関わっており、その関わり方は神経系の階層的組織化のレベルによって異なるのではないかと思われる。手の活動においては、そのレベルは技能を含む操作性の高さが大きな要因となると考えられ、操作性の高い活動は発達初期から一側化がみられるが、リーチングのような操作性の低い活動では一側化の程度は低く、他の要因すなわち言語発達 (その指標として例えば初語) や運動発達 (その指標として例えば歩行開始) など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。

むすびにかえて

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。最も高次の活動をする前頭前野を活性化させるには、考えながら手指活動をすることが有効であるという研究報告が多くある。脳のリハビリや、脳の活性化、脳の発達を促すため、認知症の予防のため、脳のトレーニングなどそれぞれに応じ、効果的に活用できるような操作活動は何か。その1つの段階として、左右差が顕著にみられる課題を検討した。左右差が顕著にみられることは、限定された領域で活性化していることを示唆していると思われる。脳をバランスよく使うために手指操作課題を通じて行うことも可能であろう。手指操作の基礎的な研究が、脳の発達や健康に役立てればと思う。

引用文献

- [1] 橘廣「乳児の手の活動における機能的左右非対称性：出生から1歳までの縦断研究」『発達心理学研究』第20巻、第1号、2009年、pp. 55-65.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 久保田競「ニホンザル嵐山一R群の好みの手」久保田競 (編)『左右差の起源と脳』、朝倉書店、1991年、pp. 1-14.

- [6] 久保田競「利き手の発達と抑制系」久保田競（編）『発達の脳のメカニズム』、ミネルヴァ書房、1994年、pp. 183-200.
- [7] 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.
- [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] McDonnell, P. M. 1979, “Patterns of eye hand coordination in the first year of life”, *Canadian Journal of Psychology*, Vol. 33, pp.253-267.
- [10] Gesell, A., and L.B. Ames, 1947, “The development of handedness”, *The Journal of Genetic Psychology*, Vol.70, pp.155-175.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Bryden, M. P., and R.E.Steenhuis, 1990, “The assessment of handedness in children”, In J.E.Obrzut and G. W. Hynd (Eds.), *Neuropsychological foundations of learning disabilities: A handbook of issues, methods, and practice*. Orlando, FL: Academic Press. pp. 411-436.
- [15] Oldfield, R. C. 1971, “The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory”, *Neuropsychologia*, Vol. 9, pp.97-113.
- [16] Crovits, H. F., and K.Zener, 1962, “A group-test for assessing hand- and eye-dominance”, *American Journal of Psychology*, Vol. 75, pp.271-276.
- [17] Annett, M. 1967, “The binominal distribution of right, mixed, and left handedness”, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, Vol. 19, pp.327-333.
- [18] 八田武志・中塚善次郎「きき手テスト作成の試み」『大西憲明教授退任記念論文集(大阪市立大学)』1975年、pp. 224-247.
- [19] Bryden, M. P. 1977, “Measuring handedness with questionnaires”, *Neuropsychologia*, Vol. 13, pp. 617-624.
- [20] Sakano, N., and L.Pickenhain, 1985, “Japanese and German data on the correlation between handedness, arm folding, and hand clasping”, *Studia Psychologica*, Vol. 27, pp.107-116.
- [21] Sakano, N. 1982, *Latent left-handedness : Its relation to hemispheric and psychological functions*. Jena: VEB Gustav-Fisher Verlag Jena.
- [22] Marschik P.B., C. Einspieler, A. Strohmeier,B.Garzarolli, and H.F.R.Prechtl, 2007, “A longitudinal study on hand use while building a tower”, *Laterality*, Vol. 12, pp.356-363.
- [23] やまだようこ『ことばの前のことば——うたうコミュニケーション』新曜社、2010年、pp. 15-21.
- [24] Ohgami,Y., K. Matsuo, N. Uchida, and T. Nakai, 2004, “An fMRI study of tool-use gestures: Body part as object and pantomime”, *Cognitive Science and Neuropsychology*, Vol. 15, pp.1903-1906.
- [25] 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. 200-201.
- [26] Jackson, J.H. 1869, “Abstract of the Goulstonian lectures on certain points in the study and classification of diseases of the nervous systems”, *Lancet*, Vol. 1, pp.344. Reprinted in *Brain*, 1915, Vol. 38, pp.72-74.
- [27] 杉下守弘『右半球の神経心理学』朝倉書店、1991年、pp. 1-14.

受理日 平成23年3月31日