

Title	摘み動作に関わる脳機能領域の解明 : PET研究
Author(s)	津田, 勇人
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/46604
DOI	
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

氏名	津田 勇 人
博士の専攻分野の名称	博士 (人間科学)
学位記番号	第 19968 号
学位授与年月日	平成 18 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 人間科学研究科人間科学専攻
学位論文名	摘み動作に関わる脳機能領域の解明—PET 研究—
論文審査委員	(主査) 教授 熊倉 博雄 (副査) 教授 三浦 利章 教授 生田 香明 教授 木下 博

論文内容の要旨

母指と示指の指先部による物体の把握動作は「精密把握」と称され、テーブル上や床上の物体を摘み上げる、ファースナーを開閉する、ボタンを開閉する、紙を破る、袋を開く、ペンのキャップを外すなど、手の基本動作の一つであり、我々が日常生活を営む上で極めて重要な動作である。「精密把握」により発揮される摘み力は、把握する物体の物理的特性（形状、硬さ、表面の滑りやすさ、密度分布など）に応じて微妙に調節されることが以前から確かめられている (Johansson and Westling 1984, 1987 ; 川合悟ら 1994, 1995, 1996, 1997 ; Kinoshita et al. 1995, 1996 ; Westling and Johansson 1987)。この摘み力の制御には、視覚からの入力情報だけでなく指先に表在する触覚・圧覚などの感覚受容器および筋紡錘・ゴルジ腱受容器などからの入力情報が不可欠である。他方、把握運動制御には中枢神経系も強く関わっていることは言うまでもないが、それに関する研究はさほど多くない。

「精密把握」動作時の rCBF (局所脳血流) を測定した研究には、閉眼条件下で体側に置かれた物体の精密把握動作 (Kinoshita et al. 2000)、開眼であるが物体や手の操作場面が見えない条件下で、曖昧な形状をした非固定物体を両手を用いて無目的に握る動作と触覚情報に依存して物体の形状を認識する動作の比較 (Jancke et al. 2001)、閉眼条件下で「精密把握」を用いて弱い力を発揮して摘む時と強い力の場合の比較 (Ehrsson et al. 2001)、閉眼条件下で「精密把握」を用いて、固定された物体を持ち上げる時に発揮される指先への力を調整する動作 (Ehrsson et al. 2003)、視覚誘導により固定された物体を把握する動作 (Frey S.H. et al. 2005)、閉眼条件下で重量の変化する非固定物体の精密把握による持ち上げ動作 (Schmitz et al. 2005) などがあり、運動制御に貢献する脳領域が検討されている。しかし①視覚入力に依存した開眼条件下で「精密把握」を行なった時の脳領域、②「精密把握」を利き手で行なった場合と非利き手の場合の脳領域、③「精密把握」における視覚入力の役割、④「精密把握」を体性感覚入力に依存した場合と、視覚入力に依存した場合の差、⑤手の延長として我々日本人が使い慣れている「箸」を用いて摘み動作を行なった時の脳領域、⑥「箸」による摘み動作時の脳賦活領域と「手指」による「精密把握」時の脳賦活領域の差、などの不明な点が存在している。本論文では、人間の摘み動作に関わる脳機能に関してこれまでに解明されていない上述の 6 つの問題点について答えを得ることをねらいとし、PET (ポジトロン断層撮影法) を用いた一連の脳機能研究を行なうことを目的とした。

第 1 章では本論文の背景、目的、意義、限界について述べた。第 2 章では方法論として、PET の原理、随意運動に貢献する脳機能領域解明への PET の導入の背景、PET データの収集と統計処理を解説し、本論文で実施した rCBF

測定の方法を説明した。第3章では体側に設置した小物体を閉眼により視覚情報が遮断された状態、すなわち体性感覚入力に依存した「精密把握」にて持ち上げる運動を行い、その際の脳賦活を運動肢の左右差の問題と関連させて検討した実験結果と考察を報告した。第4章では正面に設置した小物体を、視覚入力に依存した「精密把握」を用いて持ち上げる場合の脳賦活領域について調べた結果と考察を報告した。第5章では閉眼による体性感覚誘導にて行った場合、および、閉眼ではなく開眼状態ではあるがカーテンにより視覚入力が遮断された状態で「精密把握」を行なった場合の脳機能領域についての実験結果と考察を報告した。特に、「精密把握」における視覚入力と体性感覚入力の役割とそれらの相互作用についても考察した。第6章では小物体の摘み動作を箸で行なった場合の脳機能領域を調べた実験結果と考察を報告した。また、手指による摘み動作の場合の脳賦活領域と比較し、その類似性と相違性の観点からの考察も記載した。

本論文の結論は次の通りである。①「精密把握」動作に共通する脳活動領域は、運動感覚皮質では主運動野/主感覚野 (M1/S1) と運動前野背側 (PMd)、皮質下の領域では視床と小脳半球部であった。②「精密把握」を利き手で行なった場合と非利き手の場合の脳領域は、運動肢の左右差に伴って左右半球がほぼミラーイメージ的な活動領域となっていた。③視覚誘導に依存した「精密把握」では、共通領域に加えて、補足運動野/帯状回運動野 (SMA/CMA)、前頭前野 (BA11)、上頭頂小葉 (BA7)、一次視覚野 (BA17) および視覚連合野が活動していた。④視覚入力がなく体性感覚入力に依存した「精密把握」では、共通領域の他に、閉眼の場合に大脳基底核 (被殻) が、カーテンで物体が遮断された場合には前頭前野 (BA11)、一次視覚野 (BA17)、大脳基底核 (被殻) が共通領域に加えて活動していた。視覚入力に誘導された「開眼摘み」では、「閉眼摘み」や「カーテン越し摘み」のいずれの条件と比較しても背側の視覚情報処理経路が有意に活動していた。⑤「箸つまみ」関連の脳賦活領域は、運動感覚皮質では運動肢と反対側の M1/S1、PM、同側の CMA、両側の SMA であった。頭頂皮質では両側の上頭頂小葉 (BA7) に、後頭皮質では同側の一次視覚野 (BA) と両側の視覚連合野 (BA18, 19) に、皮質下の領域では反対側の視床と同側の小脳虫部と両側の小脳半球部に有意な賦活を認めた。⑥「箸による摘み動作」に関する脳活動領域は、視覚誘導「精密把握」に関連する脳領域と酷似していたが、運動前野腹側 (PMv)、上頭頂小葉 (BA7)、後頭皮質 (BA18)、大脳基底核 (尾状核) および小脳では、「箸つまみ」のほうが「指つまみ」より活動が高く、これらの領域は箸操作に関連して賦活したと推察された。

本論文の成果は、身体運動の中でも、特に手の運動制御を扱う脳機能研究分野における基礎的な資料として重要である。そして、本研究者が携わるリハビリテーション医療の中でも特に作業療法の分野において、身体障害や発達障害の評価や治療場面で一般的に使用されている「目と手の協調動作」に関する貴重な基礎的情報となるものである。

論文審査の結果の要旨

本論文は、人間の精密把握運動制御を支える脳機構をポジトロン断層撮影法 (PET) による3つの実験的研究を通して明らかにすることを目的としたものである。研究Ⅰでは閉眼条件で把握運動における運動肢の左右差の影響について調べている。その結果、使用する手の左右差に拘わらず運動肢と反対側の運動関連皮質 (一次運動野、一次感覚野と運動前野、補足運動野)、運動肢と同側の運動関連の皮質下組織 (視床と小脳) での活動が認められることを発見している。また、その一部が左右差に関わらず活動する共通領域であることも明らかにしている。研究Ⅱで把握運動に関わる視覚入力の影響について調べている。その結果、視覚入力が伴う場合には、閉眼条件で認められた領域に加えて、一次視覚野および視覚連合野、さらには前頭前野、上頭頂小葉、下頭頂小葉、などが脳機構のネットワークに加わることを明らかにしている。開眼ではあるが、把握物体を視覚的に認識できないようカーテンで遮断して把握運動を実施させた場合には、帯状回運動野、頭頂皮質、視覚連合野での活動が低下することを発見している。このことから、これらの領域が把握運動における物体の空間的な情報処理を司る脳領域であることが明らかとなった。研究Ⅲでは、箸による把握運動と指による把握運動との比較を実施し、本運動における道具使用の影響について検討している。) その結果、箸を用いての把握では、視覚入力での場合の賦活領域に加えて、運動前野、上頭頂小葉、視覚連合野、大脳基底核、小脳などでのより広範な活動が認められることを発見している。論議では、これらの活動が道具

使用によるもの、と運動制御自体の複雑化問題とに関連づけて考察を加えている。

これらの研究は、いずれも和文および欧文の学術研究誌に掲載もしくは掲載予定であることから、研究の独創性、実験方法の斬新性、考察の高水準性については客観的に評価されていると判断できる。また、本論文の諸成果は、人間にとって不可欠な運動機能の一つである指先での物体操作や道具操作への脳の関わりについて新たな知見を提供したものであり、ヒトの運動制御を支える中枢神経系機構に関する基礎知識を前進させた点で重要な貢献を成し得たと言える。

以上の理由から、本論文は博士（人間科学）の学位を授与するに十分に値するものであると判定した。