

学位論文題名

学習障害児の定量的評価を目的とした知覚運動協応の研究

学位論文内容の要旨

飛んできたボールを受け止めたり、転がっているボールを蹴ったりというように、「視覚情報に誘導され協応的に行われる運動」がある。このような現象を知覚運動協応という。このような日常何気なく行える動作でも、学習障害(Learning Disability: 以下LDとよぶ)児と呼ばれる子供達にとっては多大な苦勞を伴う。LD児の出現率は2.5~5%と報告されており、換算すると小学校の1クラスに一人いる計算になる。現在のところ、LDの機序は解明されておらず、通常の神経学的検査では発見できない脳の微細な領域での機能障害と想像されている。

一方、LDを早期に発見、診断して適切な指導や治療を行えば、他の障害児と同様に障害の発現が軽度になったり、社会適応がしやすくなることが知られている。現在、LDの診断にはさまざまな診断基準が提唱されているが、いずれも診断する医師および療法士に豊富な経験が要求される。特に、運動機能の評価は「動作がぎこちない」など主観的な評価を行うしかなく、客観的な評価方法の確立が臨床の場から望まれている。

本研究の最終目的は、以上の背景をふまえ、LD児の運動機能を客観的に評価しうる診断方法を構築することである。

この基礎研究として、知覚運動協応の特性およびその因子を明らかにし、これによりLD児の特徴を定量的に評価できるか検討する。

本論文は全5章で構成されている。

第1章では、本研究の背景、特に、LD児の客観的診断方法の必要性、児童の発達過程における知覚運動協応の重要性を指摘した。そして本研究の最終目標と、そのために知覚運動協応の機序の解明が必要であることを述べた。

第2章では、LDおよび知覚運動協応に関する従来の研究について考察し、その問題点、および本研究の指針について述べた。

第3章では、LD児の知覚運動協応を診断するための基礎的知見を得るために、成人健常者を対象とした知覚運動協応の特性を計測した。まず知覚運動協応の一つである「物音や光った方向を見る」という注視運動に着目し、視聴覚刺激システムおよび注視運動計測システムを構成した。ターゲットには視覚刺激、聴覚刺激および視聴覚刺激の3種類用い、被験者から半径0.5mの作業空間内にある円周上に呈示した。ターゲットの呈示時間は0.2sであり、被験者には「できるだけ素早く知覚方向を向く」ように教示した。その結果、視覚刺激および視聴覚刺激において視界周辺部に呈示されたターゲットに対する注視点が5~9°にわたり正面方向にズレることが明らかになった。以後この現象を「周辺部でのズレ」とよぶ。また、視覚刺激と聴覚刺激を加えた場合、標準偏差の平均が8.3°から5.3°へ減少し、急峻な眼球運動であるサッケードの潜時の標準偏差も減少した。

この効果に関係して、近年サルの脳において「異なる感覚情報を用いて周りの環境から感覚刺激に注意を向ける機能」に関与すると考えられている多感覚応答細胞が見いだされている。この知見より、視覚と聴覚という異なる感覚情報を同時に呈示することで被験者の注意が喚起されたと推測した。

また、「ものに手を伸ばす」という指示運動を計測し、異なる運動出力が知覚運動協応の特性におよぼす影響を調べた。その結果、注視点と同様に指示点にも 7° ～ 8° の「周辺部でのズレ」を確認した。このことから、「周辺部でのズレ」が注視運動に固有なものではないことが明らかになった。

次に、視覚刺激のみのターゲットを作業空間外の半径1.5mに配置した場合の指示点を調べた。このとき被験者には、円周上の正面に位置する注視点を、常に注視続けるよう教示した。その結果、視界周辺部における指示点のズレは約 8° 減少し、正面付近のズレは周辺方向に約 6° 増加した。作業空間の内外では全体的に指示点が周辺部にシフトする現象が明らかになり、以後この現象を「指示点のシフト」とよぶ。また、この傾向が指示運動に固有の現象かどうかを調べるために、運動特性に依存しないチャート板により知覚方向を調べた。チャート板とは、羅針盤の様に被験者が知覚した方向を針によって指し示すものである。その結果、危険率 $P>0.05$ で指示点とチャート板による応答に有意差はなかった。これより、「周辺部でのズレ」および「指示点のシフト」が指示運動に固有の現象ではないことが明らかになった。

一方、注視点までの距離が変わると眼球の輻輳角および焦点が変わる。その結果、網膜像および一次視覚野に投射される像も変わる。つまり、注視点までの距離の変化が「指示点のシフト」を引き起こす可能性が考えられる。そこで、ターゲットを半径1.5mの円周上に配置し、注視点を被験者の正面0.5mの位置に呈示した条件下で実験を行った。その結果、危険率 $P>0.05$ で注視点までの距離の変化による指示点の有意差は認められなかった。したがって、作業空間内外の特性を変える要因は一次視覚野以降の過程にあるといえる。

以上の知覚運動協応の知見と神経生理学上の知見を基に考察した結果、「周辺部でのズレ」および「指示点のシフト」は、一次視覚野から空間の認識に関与していると報告されている頭頂連合野に至る過程において生じていると推測した。

第4章では、前章の結果を踏まえて、5～8才までの4人のLD児および3人の健常児を対象とし、指示運動によるLD児の定量的な評価を試みた。視覚刺激および視聴覚刺激をターゲットに用いた指示運動を計測した結果、視覚刺激をターゲットとしたとき、危険率 $P>0.05$ でLD児と健常児の指示点に有意差は生じなかった。しかしながら、視覚刺激に聴覚刺激を同時に呈示することで、LD児と健常児の指示点に危険率 $P<0.01$ で有意差が生じた。これより、視聴覚刺激をターゲットに用いることで、LD児の感覚統合能力を定量的に評価できると考えている。また、健常児に比べLD児の指示動作の軌道は複雑であった。さらに、左右の手の使い分けの能力にも劣ることを確認した。なお、計測では右半面には右手、左半面には左手を使うように教示したが、視聴覚刺激時の左右の手の使い分けの成功率は、健常児で95.3%、LD児で58.3%だった。この結果は、LD児の「運動がぎこちない」、「協調運動がうまくいかない」という特徴を反映していると考えている。以上から知覚運動協応の特性を尺度としてLD児の定量的診断が行える可能性を示すことができた。

第5章では、本研究の結論と、今後の課題および展望について述べた。

学位論文審査の要旨

主査	教授	伊福部	達
副査	教授	下澤	楯夫
副査	教授	栗城	眞也
副査	教授	伊達	惇
副査	助教授	高橋	誠

学位論文題名

学習障害児の定量的評価を目的とした知覚運動協応の研究

飛んできたボールを受け止めたり、静止しているボールを蹴ったりというように、「対象物に対して身体を協応的に動かす運動」がある。これを知覚運動協応という。このような日常的な動作でも、学習障害(Learning Disability: LD)児と呼ばれる子供達には多大な苦勞を伴う。LD児は、IQおよび感覚器は正常レベルであるにも関わらず、義務教育を受ける上での様々な障害を示す。LDを早い時期に発見することができれば、適切な指導や治療により、障害を軽くすることができる。しかしながら、本邦ではLDのための診断方法は確立されておらず、特に空間認識および運動企画などの非言語性の能力の評価は「動作がぎこちない」など主観的な評価を行うしかない。

本研究は、以上の背景をふまえた上で、LD児の非言語性能力の評価および訓練方法を構築することを最終目標と定め、そのために知覚運動協応の特性およびプロセスを調べ、これによりLD児の特徴を定量的に評価できるかを検討したものである。

学位論文の主な結果を以下に要約する。

第1章では、本研究の背景、特に、LD児の非言語性能力の定量的評価基準の必要性について触れている。

第2章では、LDおよび知覚運動協応に関する従来の研究について考察し、その問題点、および本研究の指針について述べている。

第3章では、LD児の知覚運動協応を評価するための基礎的知見を得るために、成人健常者を対象とした計測を行った。知覚運動協応の中でも注視運動および指示運動の二つの動作に着目し、視聴覚刺激システム、注視運動計測システムおよび指示運動計測システムを構成した。被験者から半径0.5mの作業空間内にある円周上にターゲットを呈示した結果、視界周辺部に呈示されたターゲットに対して、注視点で5~9°、指示点で7~8°にわたり正面方向にズレるという「周辺部でのズレ」を見いだした。次に、正面に位置する注視点を常に注視続けるよう被験者に教示し、作業空間外の半径1.5mに配置したターゲットに対する指示点を計測した。その結果、視界周辺部における指示点のズレは約8°減少し、正面付近のズレは周辺方向に約6°増加した。作業空間の内外では全体的に指示点が周辺部にシフトするという「指示点のシフト」を見いだした。これらの傾向が指示運動に固有の現象かどうかを調べるために、運動特性に依存しないチャート板により知覚方向を計測した。チャート板とは、羅針盤の様に被験者が知覚した方向を針によって指し示すものである。その結果、危険率 $P>0.05$ で指示点とチャート板による応答に有意差が生じないことを示し、「周辺部でのズレ」および「指示点のシフト」が指示運動に固有の現象ではないことを導いている。一方、注視点までの距離の変化により「指示点のシフト」が生

じる可能性が考えられ、ターゲットを半径1.5mの円周上に、注視点を被験者の正面0.5mの位置に配置した条件下で実験を行った。その結果、注視点までの距離が変化しても指示点は変化しないこと ($P>0.05$) を確認し、作業空間内外の特性を変える要因は一次視覚野以降の処理過程にあると結論している。

以上の知覚運動協応の特性と神経生理学上の知見を基に考察した結果、「周辺部でのズレ」および「指示点のシフト」は、一次視覚野から空間の認識に関与していると報告されている頭頂連合野に至るプロセスにおいて生じていると仮説を導出している。

第4章では、前章の結果を踏まえて、5～8才までの4人のLD児および3人の健常児を対象とし、指示運動によるLD児の非言語性能力の定量的な評価を試みた。その結果、視覚刺激に聴覚刺激を同時に呈示した場合、LD児と健常児の指示点に危険率 $P<0.01$ で有意差が生じることが明らかになった。この傾向はLD児の感覚統合能力の発達遅滞を反映していると考えた。また、健常児に比べLD児の指示動作の軌道は複雑であった。なお、計測では右半面には右手、左半面には左手を使うように教示したが、視聴覚刺激時の左右の手の使い分けの成功率は、健常児で95.3%、LD児で58.3%だった。この結果は、LD児の「運動がぎこちない」、「協調運動がうまくいかない」という特徴を反映していると考えられ、知覚運動協応の特性を尺度とした非言語性能力の定量的評価の可能性を示している。

第5章では、本研究の結論と、今後の課題および展望について述べている。

以上のように著者は、新たに開発した運動計測装置により知覚運動協応の特性を明らかにし、更にその装置により学習障害児の非言語性能力を定量的に評価しうる可能性を見いだしたことから、生体工学とくにリハビリテーション工学の進歩に寄与するところ大である。

よって、著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。