

要約

第 1 章：序論

本論文のテーマは、知的障害者の手技作業の巧緻性低下要因を視覚・運動協応の観点から検討することである。過去の知見から、知的障害者の特徴として巧緻性の低さを指摘しているものがいくつもある (e.g. Bruininks, 1974)。しかしながらこれらの研究は、知的障害の有無による単純なパフォーマンス比較に留まっているものが多く、その巧緻性低下の要因にまで言及されていない (e.g. 天川, 1968; 木庭・斉藤・植木, 1974)。巧緻性の問題が就労の困難さのような不利益に結びついている現状 (富田ら, 1999) を考えると、支援法の開発に繋がるような巧緻性低下要因の理解は重要である。また、従来の知的障害者のパフォーマンスに関する実験心理学的研究は、行為の速度と正確性の関係が特に注目されており (e.g. 勝吉・田中, 2007; 平田・北島・細渕・國分, 2008)、実際環境への適応的な行動の特徴把握としては不十分であった。世界で知的障害の診断基準となっているアメリカ精神医学会の診断基準 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, DSM-IV-TR, 2000) では、知的障害 (mental retardation) の診断が知能指数と環境への適応行動の様子からの総合判断でなされることをふまえると、低巧緻性の要因について実際環境への適応行動の観点から検討することは重要である。本論文では、知的障害者が示す低巧緻性について、特に実際行動場面での視覚・運動協応の特徴を詳細に記述し、どのような要因が巧緻性 (遂行速度と正確性、動作の時空間的な協調) の低下に繋がるのか検討した。そして、そこから得られた知見を実験的に検証し、低巧緻性の要因を検討した。

第 2 章：実際環境で知的障害者が遂行困難な課題特徴の実態調査

実際の作業現場でみられる課題遂行困難性の特徴を把握し、低巧緻性につながる原因を検討するために、22名の作業指導員へのインタビュー調査を実施し、その特徴を整理した。知的障害者 172名分の遂行困難事例を KJ 法により分類した結果、知的障害者による作業の遂行困難性の原因として、次の 5つの課題要件が示唆された。1) 両手の協応、2) 精度と力のコントロール、3) 空間的イメージの操作、4) 手段と目的の推論、5) 結果のフィードバックの有無。また、これら課題要件が増加したり、二重課題化したりした場合に遂行困難性が増すことが判明した。巧緻性低下原因としては、これら課題要件の中で特に手の操作に直接関係する 1) 両手協応と 2) 精度と力のコントロールが考えられた。この特徴を把握した上で、第 3 章にて遂行困難性の詳細な検討を行った。

第 3 章：実際場面で困難な作業遂行時の視覚-運動協応特性の検討

第 2 章で示された遂行困難な課題のうち、特に多くの作業所で報告された課題（「両手協応」と「精度と力のコントロール」の 2 つの課題要件が重複した課題）を取り上げ、実際に遂行する中で、視覚-運動協応の特徴が知的障害の有無によってどのように異なるのか、アイカメラとビデオカメラを用いて注視点と行為内容を時系列に沿って詳細に分析することで検討した。具体的な課題は、机上でキャラメルを小さなプラスチックバッグに封入する行為の反復であった。分析の結果、1) 複数の課題要素を同時に遂行しない（二重課題を遂行しない）こと、2) リーチング行為に対する注視の開始が遅れること、3) 工程の反復が多いこと、4) 製品の質を左右する行為（シーリング）にかかる時間が他の行為と比べて相対的に少ないこと、の 4 点が、知的障害者の遂行の特徴として観察され、これらが知的障害者の見かけの巧緻性の低さに繋がっていることが示唆された。この特徴を把握したうえで、視覚-運動協応に関する特徴として 1 と 2 に注目し、1) に関しては第 4 章と第 5 章、2) に関しては第 6 章にてさらに検討した。

第 4 章：知的障害者の巧緻性低下要因の検討（両手協応と二重課題の観点から）

第 3 章で明らかになった知的障害者の遂行の遅さと精度の低下の原因について、二重課題における両手協応の観点から把握をするために 2 つの実験を行った。

実験 1：両手を使うことが困難なのか、両手を協応させて使うことが困難なのかを明らかにすることを目的とした。厚生労働省編一般職業適性検査(職業指導用)の指先および手腕の器用さの検査器具を用い、作業盤の穴にペグを差し込む速度と正確性を測定した。片手のみを使う課題成績と両手を使う課題成績の個人内での成績比を知的障害の有無によって比較した結果、障害の有無による違いは見られなかった。このことから知的障害のある者は両手を使うこと自体に問題がないことが示唆された。また、両手を使う課題において両手協応を要するあるいは要しない 2 種類の二重課題を用い、左右の手の協応を必要としない条件の課題成績から、協応を必要とする条件の課題成績の低下率を障害の有無で比較した結果、知的障害のある群はない群に比べ、左右の手の協応を必要とする場合に作業成績が著しく低下することが判明した。

実験 2：実験 1 の結果をふまえ、両手の協応動作の困難が精度を要することに起因するか否かを明らかにすることを目的とした。課題として両手の協応を要する 2 種類の課題を用意し、一方は精密さを必要とする（紙上に線で描かれた形状の切り抜き）課題、もう一

方は精密さを必要としない（段ボール箱の蓋をテープでとめる）課題を使用し、上述した点を明らかにすることにした。これらの課題は、第2章の実態調査で遂行困難として挙げられた課題である。その結果、いずれの課題においても知的障害者は健常者よりも困難性を示し、動作の精密さが要求されるか否かに関わらず、両手を協応させて同時に使うという二重課題そのものが困難性を生じさせていることが示唆された。

補足分析：複雑な両手動作が協応するには、両手の運動が一定のパターンを形成する必要がある（田島，2003）。協応動作の困難性が安定した反復行為（リズム性）を形成できないことに起因するか否かを検討するために、第4章の実験2で行った紙の切り抜き課題（裁断位置調節のために「視覚情報を得る」「得た情報に従って紙を裁断する」という行為が連続して行われる）の遂行の録画映像をフレーム解析し、左右の手の協応動作における反復行為の安定性について予備的に分析した。ハサミの開閉行為について、信号（特定の行為が生起しているか否か）生起の反復性を評価する自己相関係数の分析と、得られた自己相関行列データ（波形データ）のフーリエ変換によるスペクトル分析からその行為の周期性と安定性について検討した（分析手法：cf. 和田，1997；赤池・中川，1972）。その結果、知的障害のある者はカッティングラインが滑らかではないにもかかわらず、開閉行為に周期性が確認され、行為の周期性とカッティングという協応動作パフォーマンスに関係がないことが示唆された。この結果と第3章での行為に対する視覚の遅れによるパフォーマンスの低下をふまえると、二重課題・協応動作の困難性要因の検討には、運動のみではなく認知と遂行の関係や視覚と運動の協応性の検討が必要なことが示唆された。

第5章：知的障害の有無による二重課題遂行時の注意配分特性の比較

第4章において、知的障害のある者における二重課題遂行の困難性が、協応性要件によって増加すること、精密性要件によって増加しないこと、行為反復の安定性によって減少しないことが明らかになった。しかしながら、なぜ二重課題の遂行が困難なのかという問いに対する回答は得られなかった。第4章での補足分析結果より、二重課題遂行困難性要因の検討には、運動パフォーマンスの分析だけではなく、認知と遂行の関係性という観点からの検討が必要である。そこで本章では知的障害者における二重課題の困難性について、注意配分という観点から検討した。二重課題は認知心理学において注意機能について検討する研究パラダイムとして一般的な研究手法である（cf. Gopher, 1990）。これをふまえ、知的障害者の二重課題の遂行困難性が2種類の課題に対する注意配分機能の問題に起因す

る可能性を検討した。課題として、視覚刺激に対してマニュアル反応する課題と聴覚刺激に対してオーラル反応する課題を用いて、情報入力・運動出力段階での情報処理の干渉がなく、各課題への注意配分機能レベルでのみ干渉が生じる課題を遂行させた。その結果、知的障害のある者はない者に比べて個々の課題パフォーマンスは低いものの、二重課題によるパフォーマンス低下率に関して知的障害の有無による差は見られなかった。この結果から、知的障害者の注意配分機能に問題はない可能性が示唆された。知的障害者の注意配分機能が知的障害のない者より低いことを示した過去の知見 (Nugent & Mosley, 1987; Merrill & Peacock, 1994) をふまえると、今回の知見との差異が課題の違いから生じている可能性がある。Nugent & Mosley の研究では2種類の聴覚刺激に対する反応が求められ、同じ聴覚モダリティーが情報入力に求められていた。また、Merrill & Peacock の研究ではカードの意味処理をしながら聴覚刺激に対する反応が求められ、音韻ループという同じ処理システムでの情報処理を要求されていた。今回の研究手続きが、情報入力・運動出力段階での処理の干渉がないことをふまえると、知的障害者の二重課題遂行困難性が情報入力時および運動出力時の情報処理の干渉によって生じる可能性が示唆された。

第6章：視覚情報の取得のタイミングが後の行為の精度に及ぼす影響

第5章では知的障害のある者の情報入力、運動出力レベルでの情報処理の問題が遂行能力を低下させている可能性が示され、第3章では知的障害のある者は行為の開始に対して行為対象への注視が遅れることが多いことと、行為中の自身の手を追従視し、行為を修正するという特徴が示された。これらをふまえ本章では、行為に必要な情報をあらかじめ入手できないことがどのようにパフォーマンス低下に繋がるのか、行為遂行中に新しい修正行為を遂行しなければならないことがどのようにパフォーマンス低下に繋がるのか検討した。

視覚-運動協応課題である紙上の見本曲線(サイン波)をペンでトレースする作業について条件操作し、パフォーマンスを比較した。デジタルペン(サンプリングレート:13ms毎、空間解像能:0.3mm)を用い、トレース線の見本線からの位置ずれ程度で行為の精度を検討した。知的障害のない者を対象に3種類の負荷条件を操作し、負荷がない条件での知的障害者の遂行パターンと比較することで、知的障害者の視覚-運動協応の困難がどの要因からもたらされるのか検討した。3種類の条件は以下であった(1・2・4はブロックとして別個に実施。3は1・2・4と同じブロック内で実施。知的障害者は条件3・4のみ遂行した)。

- 1) 見本線の先見可能範囲を制限する先見制限条件 (4 水準). 一定速度 (10mm/s) で自動的に利き手と逆方向から流れてくるロール紙に描かれた曲線をトレースする. この条件では参加者はトレースすべき曲線をトレース直前まで見ることができない. これは知的障害者の視覚による情報取得の遅れを想定している.
- 2) 装置を用いて行為結果を時間的に遅れて見せる遅延フィードバック条件 (5 水準). トレース速度は自由. この条件では自身の行為の自己受容感覚から計画される運動プログラムの遂行段階において, 遅延した視覚情報から計画される運動プログラムによって行為の修正をもたらし, 2 種類のプログラムの干渉を生じさせることを想定している.
- 3) 見本曲線の複雑さ. 単純波: 1 種類のサイン波でトレース操作の運動プログラム計画が容易. 複雑波: 複数のサイン波の合成でトレース操作の運動プログラム計画が困難.
- 4) 先見可能範囲制限・遅延フィードバックなくトレースする統制条件. 見本曲線の複雑さ条件のみ負荷として存在.

トレース曲線の座標データをもとに, 非線形最小二乗法 (ニュートン法) を用いてトレース曲線の近似式を算出し, そこから得られた振幅と位相の特徴について分析した. また, トレース曲線と見本曲線の X 座標を揃えた際の Y 軸方向への位置ずれを平方した値をトレースの正確性の指標として分析した.

統制条件 (と条件 3) において, 知的障害のある者のトレース曲線の振幅と位相は, 見本線と比べて位相に違いはないものの振幅が小さくなり, この傾向は複雑曲線よりも単純曲線において顕著であった. この特徴は先見制限条件における「先見範囲が狭まるにつれて見本線と比べ振幅が小さくなる一方で位相には変化がない (複雑曲線より単純曲線において顕著)」という特徴と一致する. また統制条件における知的障害のある者のトレース曲線の複雑さとトレースの速度と正確性については, 曲線が単純になるとトレース速度に変化がないまま正確性のみが低下した. これは遅延フィードバック条件における「遅延時間が長くなるにつれてトレース速度が僅かに低下し, トレースの正確性が大きく低下する (複雑曲線より単純曲線において顕著)」という特徴と一致する. すなわち, 行為に関する視覚情報の事前取得の制限 (先見制限) はトレースの振幅と位相について知的障害のある者と同様の結果をもたらし, 行為結果の知覚の遅延 (視覚遅延フィードバック) はトレースの速度と正確性について知的障害のある者と同様の結果をもたらした. なお, いずれの負荷

の場合も複雑曲線条件よりも単純曲線条件においてその特徴が顕著に表れ、これは知的障害のある者の遂行の特徴と一致した。

これらの結果を総合すると、知的障害のある者の巧緻性低下の原因が、行為対象に対する情報を行為開始より先に取得できず、行為の遂行に必要な情報が不十分なまま運動プログラムを実行するために正確性が下がることと、(視覚遅延フィードバックによる)情報処理の遅延によってもたらされる運動プログラムが、(自己受容感覚の情報から)予測計画されていた運動プログラムと干渉することで遂行が困難になることにあると示唆された。

第7章：総合論議

本章ではこれまでの章で得られた知見を総括し、知的障害のある者に低巧緻性をもたらす要因とその関係について整理した。

第3章の結果より、リーチング時に知的障害のない者は、行為に対して行為対象への注視が時間的に先行していたのに対し、知的障害のある者は行為に対して行為対象への注視が時間的に遅れる傾向が見られた。通常リーチング行為はフィードフォワード制御によって開始され、リーチング行為中のオンライン情報を利用し、フィードバック制御による修正を行うことで、正確な動作を実現する(Hay, 1990)。そのためリーチング開始前に対象に関する視覚情報のない知的障害者が正確な動作ができなくなるのは当然といえる。知的障害のある者は、行為を完遂するための位置情報を遅れて取得し、後に運動プログラムを修正するために、遂行に時間を要することになる。

第3章の結果より、リーチング行為が開始された後、また、物を把持して手元に持ってくる際に、知的障害のある者は自身の手を注視するという知的障害のない者にはほとんど見られない行動をとっていた。手技動作において、その運動精度を向上させるためには、運動中に自らの手を見る必要があるという Carlton (1981)の知見をふまえると、知的障害のある者は行為の精度を高めるために自身の手を追従視している可能性がある。行為を修正するためには、修正プログラムを用意する必要があり、その結果、行為を修正するための運動が実行されることになる。この結果、行為を修正する過程が知的障害のない者に比べて増加すると考えられる。また行為の修正があることで、その度に行為内容が変更されることになる。知的障害のある者の行為の“ぎこちなさ”の原因はこのようなことが背景に存在する可能性が考えられる。このような補償行為があるにもかかわらず知的障害のある者のパフォーマンスが低下する理由としてはどのようなことが考えられるだろうか。第

6章で知的障害のない者に対して遅延フィードバックを与えた際に、トレーシングパフォーマンスが知的障害のある者の負荷のない状態でのトレーシングパフォーマンスに類似していた。手技運動中の脳内の情報処理過程には、予測される自己受容感覚および視覚フィードバックと実際の自己受容感覚および視覚フィードバックとの誤差を修正する機構が備わっている（小川・乾・杉尾，2004）。この知見をふまえると、遅延フィードバックでは予測される遂行結果の知覚と、視覚情報による実際の遂行結果の知覚が時間的に一致しないことにより、2種類の情報処理から得られる情報の差異をうまく統合できなくなるため、遂行が困難になると考えられる。このため、第6章の実験結果では、運動の予測が容易な条件の方が、予測が困難な条件での遂行よりも上記の情報の差異が大きくなり、遅延フィードバックによるパフォーマンスが大きく低下したものと考えられる。

以上をふまえ、続いて二重課題遂行の困難性について考察する。第2章の実態調査においては、知的障害のある者は二重課題の遂行が困難であることが明らかになり、第3章の実際作業場面での作業分析結果においては、知的障害のある者は二重課題を遂行する時間が知的障害のない者に比べて顕著に短いことが明らかになった。二重課題の遂行困難について従来の認知心理学の分野では、注意配分の機能と関連させて論じられることが多い（Gopher, 1990）ことをふまえると、知的障害のある者の二重課題遂行の困難性が注意配分機能の問題に起因すると考えられたが、第5章での研究の結果、注意機能の問題ではないことが示唆された。過去の知的障害のある者の注意配分機能を検討した研究結果は知的障害のある者の注意配分機能に問題があることを示していた。これをふまえ本研究との違いを検討したところ、先行研究で用いた二重課題は第5章の研究と異なり、情報の知覚段階および運動出力段階での干渉可能性のある課題であった。これをふまえ、知的障害のある者の二重課題遂行性の問題は、情報の知覚段階と運動出力段階での干渉に起因する可能性が考えられた。Schmidt (1991) は、二重課題干渉についてそれが情報処理のどのレベルで生じるかを検討し、反応選択および反応プログラミング段階でそれが生じることを示している。この知見をふまえると、知的障害のある者の二重課題遂行困難性は反応選択もしくは反応プログラミング段階で生じていると考えられる。第5章の研究において、反応選択段階での干渉を除いたうえでの実験の結果でも二重課題によるパフォーマンス低下が見られたことから、反応プログラミング段階において2種類のプログラムの干渉が生じていると考えられる。知的障害のある者は運動プログラムの干渉が生じる機会が多いことを示唆している。知的障害のある者は修正運動プログラムを必要とし、そのため知的障害の

ない者に比べてプログラム干渉の機会が多くなるために、協応を要する課題においてよりいっそう困難を示したのではないかと考えられる。

以上より、知的障害のある者はない者に比べて運動プログラム修正の機会が多いために遂行時間が長くなり、運動プログラムの干渉機会が多く、行為の正確性（＝巧緻性）が下がっているのではないかと考えられる。

これら結果をふまえ、第6章で用いた曲線のトレースのような簡単な課題で、巧緻性をスクリーニングできる可能性が示唆された。このように多くの者の巧緻性の特徴を把握することでできれば、本研究結果の信頼性が得られるとともに、巧緻性の問題を類型化することができる。巧緻性の問題を類型化することができれば、問題毎に対応策を提示し支援法を提案することができる。知的障害のような原因が多様な症候群を対象にした研究は、一般化可能な研究成果を求めることは困難なため、その特徴の類型化からどのように支援すればよいか検討することが重要である。今後の知的障害を対象とした研究にとって、本研究のように実際行動場面での遂行困難性の表出過程を詳細に検討し、個人の知覚認知特性と環境特性がどのように相互作用することで問題が生じているのかを明らかにする適応認知行動学的な研究が重要になるだろう。

目次

第1章 序論

1.1	研究の背景	1
1.1.1	知的障害者の“不器用さ”	
1.1.2	訓練から支援へのシフト	
1.1.3	科学と相性の悪い知的障害研究	
1.2	知的障害とは何か	2
1.2.1	知的障害の定義と有病率	
1.2.2	知的障害の原因	
1.2.3	症候としての知的障害と国際生活機能分類	
1.3	知的障害者の巧緻性と視覚-運動協応	5
1.3.1	知的障害者の巧緻性研究	
1.3.2	知的障害者の視覚-運動協応研究がどのようになされるべきか	
1.3.3	知的障害者の視覚機能と眼球運動の問題	
1.3.4	知的障害者の協応動作の問題	
1.3.5	知的障害者における視覚-運動協応の問題	
1.3.6	知的障害者における注意・認知と遂行の問題	
1.3.7	従来の知的障害者の視覚-運動協応研究の問題	
1.3.8	知的障害者に対する適応認知行動学研究の重要性	
1.4	本論文の目的と構成	28

第2章 実際環境で知的障害者が遂行困難な作業とその特徴

2.1	本章の目的	33
2.2	方法	34
2.3	結果	35
2.3.1	知的障害者が遂行困難な課題の分類	
2.3.2	課題の遂行を困難にする認知的課題要件	
2.4	本章の考察およびさらなる課題	40

第3章 実際作業遂行時の知的障害者の視覚-運動協応特性

3.1	本章の目的	43
3.2	方法	44
	3.2.1 実験参加者	
	3.2.2 手続き	
3.3	結果	48
	3.3.1 作業パフォーマンス比較	
	3.3.2 作業分析結果	
	3.3.3 注視点と動作の時系列分析	
	3.3.4 行為と注視のタイミング分析	
	3.3.5 モーションキャプチャによる動作軌跡比較	
3.4	本章の考察およびさらなる課題	76

第4章 知的障害者の視覚-運動協応と二重課題遂行の困難性

4.1	本章の目的	81
4.2	手腕作業検査と指先器用検査による巧緻性の検討	81
	4.2.1 目的	
	4.2.2 方法	
	4.2.3 結果と考察	
4.3	動作タイプと二重課題遂行困難性の関係	89
	4.3.1 目的	
	4.3.2 方法	
	4.3.3 結果	
	4.3.4 考察	
4.4	二重課題遂行時の動作リズムの検討	101
	4.4.1 目的	
	4.4.2 方法	
	4.4.3 結果と考察	
4.5	本章の考察およびさらなる課題	108

第5章 知的障害の有無による二重課題遂行時の注意配分機能の比較

5.1	本章の目的	111
5.2	二重課題遂行時の注意配分特性の検討	112
	5.2.1 方法	
	5.2.2 結果	
5.3	本章の考察およびさらなる課題	119

第6章 制御パターンからみた知的障害者の視覚-運動協応特性

6.1	本章の目的	121
6.2	方法	122
	6.2.1 実験参加者	
	6.2.2 刺激と課題	
	6.2.3 装置	
	6.2.4 実験デザイン	
	6.2.5 手続き	
	6.2.6 分析方法	
	6.2.7 予想される結果	
6.3	結果	131
	6.3.1 統制条件結果	
	6.3.2 先見制限条件結果	
	6.3.3 遅延FB条件結果	
	6.3.4 結果のまとめ	
6.4	本章の考察およびさらなる課題	144

第7章 総合論議

7.1	本研究のまとめ	149
7.2	本研究で得られた重要な知見	154
7.3	知的障害者に低巧緻性をもたらす要因は何か	159
7.4	今後の展開	164
	7.4.1 本研究の問題	
	7.4.2 今後の研究展開	

引用文献	171
資料	183
謝辞	193