The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	知的障害者における視覚 : 運動協応研究の動向
Author(s)	岡, 耕平; 三浦, 利章
Citation	大阪大学大学院人間科学研究科紀要. 2007, 33, p. 143-162
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/12772
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

知的障害者における視覚−運動協応研究の動向

岡　　耕平・三浦　利章

目　次

1.　はじめに
2.　知的障害者の視覚−運動協応の問題
3.　知的障害者の視覚−運動協応研究の今後の展開
4.　謝辞

知的障害者の視覚−運動協応研究の動向

岡　耕平[1,2]
三浦　利章[1]

1. はじめに

知的障害者の就業に関する重要な問題のひとつに「手先の不器用さ」の問題がある．高次の認知処理を要する行動の遂行が困難な知的障害者にとって，就業場面においてはそのような高次認知処理をなるべく必要としない作業につくことが比較的多い．しかしながら，高次の認知処理をなるべく必要としない作業の中にも問題は存在する．それら問題の中でも重要なものが知的障害者の「手先の不器用さ」の問題である．実際社会において，この問題が知的障害者の雇用を阻害する要因のひとつであることは疑いのない事実である．

ところで，どうして知的障害者は「手先が不器用」なのだろうか．実はこの問いに対する適切な答えは現在のところ存在しない．知的障害者の「手先の不器用さ」は古くから巧緻性の低さの問題として取り扱われており，既に多くの研究が存在している（例えば，知的障害者の運動技能に関するレビューとしては Newell(1996)が，知的障害者の知覚と運動に関するレビューとしては Sparrow and Day(2002)がそれぞれ詳しい）．しかしながら，巧緻性が低いとはつまりどういうことなのかを調べた研究は少ない．ましてや，実際の作業場面においてそのような巧緻性の問題がどのように表出し，知的障害者の作業パフォーマンスがどのようなメカニズムで低下しているのかを明らかにした研究はほとんど存在しない．しかしながら，そのような実際場面における知的障害者の巧緻性の問題の表出過程とそのメカニズムを明らかにしなければ，知的障害者の巧緻性の低さの問題を解決し，就業支援へと導くことはできない．

著者らはこの知的障害者の巧緻性の低さの問題について，視覚（知覚）−運動協応の問題がその背景にあると考えている．すなわち，視覚情報の取得とその情報処理過程での問題と，視覚情報を利用しての運動遂行命令の問題が相互作用し，さらに状況の認識や判断といった認知処理が絶えず必要な実際環境で，そのような問題が時間的に連続して生起することによって，巧緻性の低さとして表出されるのではないかと我々は考えている．そこで本論文では，知的障害者における眼球運動と動

（1）大阪大学大学院人間科学研究科（適応認知行動学研究分野）　（2）日本学術振興会

作の問題，視覚（知覚）−運動協応の問題，そして認知とパフォーマンスとの関連性，に関する過去の論文をレビューし，健常者における視覚−運動協応に関する知見と関連付けて分析することで，実際場面における知的障害者における巧緻性の低さの生起メカニズムについて検討する．そして得られた知見をふまえて，実際場面において知的障害者のためのリハビリテーションや支援機器を提供するためにはどのような研究が今後必要かを考察する．

1.1 知的障害者の就業困難における巧緻性の問題と視覚−運動協応の関係

知的障害者にとって，就業は困難である．1998 年に障害者を対象にした法定雇用率が制定され，企業や公共機関での就業者数の増加が期待されたものの，2005 年 6 月 1 日現在において，57.9%の民間企業が法定雇用率を達成していない（厚生労働省職業安定局, 2006）．すなわちこれは，障害者全体にとって就業の場が少ないことを意味する．そして，特に知的障害者にとって，就業機会の少なさは顕著である．全国の 15 歳以上 64 歳以下の知的障害者は全国で 26 万 4000 名と推定されているが，このうち就業者は全体の 49.2%であり，さらに被常用雇用者はその就業者の 23.8%にすぎない（厚生労働省職業安定局, 2003）．この数値は身体障害者の常用雇用率 41.2%に比べるとずいぶんと低い．このように知的障害者の常用雇用率が低い理由として，企業内に知的障害者に適切な仕事がないことが考えられる．厚生労働省職業安定局（2004）の調査によると，企業が知的障害者を雇用する際の課題として，最も高い 81.4%という比率で挙がった項目が「会社内に適当な仕事があるか」であった．なぜ「適当な仕事」を探すことが困難なのだろうか．また，「適当な仕事」とはいったいどのようなものなのだろうか．高橋・井戸・飯田・細田(1997)は，実際の知的障害者が従事する作業について実態を調査している．高橋らはその調査の中で，知的障害者の従事する作業内容のうち，多く見られるものとして「物品を並べる，置く，組立部品準備」「清掃・包装等その他軽作業」「供給（投入），取出し」「詰める，単純組立」を挙げている．これら作業の特徴は単純な工程で巧緻性を伴わないことにある．すなわち，このように単純で巧緻性を伴わないことが，知的障害者の遂行できる作業だと推察される．また高橋らは，作業管理者へのインタビュー結果から，知的障害者にとって困難を伴う作業の特徴として「巧緻作業」を挙げており，このこともまた知的障害者が巧緻性を伴った作業の遂行が困難であることを裏付けるものである．これをふまえると，先述の「適当な仕事」とはこのような単純で巧緻性を伴わない作業を意味すると考えることができる．Salzberg, Lignugaris-Kraft, and McCuller (1988)は，知的障害者が失業する理由について調査し，その理由の大きなものとして「生産スキルの低さ」を挙げた．Salzberg らは生産スキルの低さについて具体的な内容を挙げていないが，これも同様の巧緻性の低さや，それに伴う作業遂行の遅さが原因と推察できる．

上記の研究からわかることは，知的障害者は就業が困難であり，その大きな理由に複雑で巧緻性を伴った課題の遂行困難性があるということである．上記の問題の他にも，対人関係およびコミュニケーション能力の問題や，論理的理解力，判断力なども考えられるが，本論文では上記の研究から得られた巧緻性の低さの問題点に重点を置いて論を展開する．まず，知的障害者の就業に必要な能力における巧緻性の重要性について触れよう．知的障害者の就業に必要な能力を分析した国立職業リハビリテーションセンター（1999）の研究では，知的障害者の就業に必要な能力を包括的に「知識に関する能力」「身体的熟練に関する能力」「知的判断力」「対人関係能力」「体力」の５つに分類しており，そのうち本論文と関係するであろう「身体的熟練に関する能力」についてはそれを「空間的知覚力」「五感の鋭さ」「器用さ」「協応動作」の４つの下位項目に分類している．この４項目は全て巧緻性に関わるものであり，すなわち知的障害者の就業に関しては巧緻性の問題の解決を避けて通れないことがわかる．ところでこのような巧緻性の問題は，実際作業環境においては主として手技作業（manual task）に中で見られる現象と考えられる．実際に知的障害者が携わる作業の中で，どのように巧緻性の問題が表出しているのだろうか．

実際就労場面での知的障害者の作業遂行時の問題について，岡・三浦（2005）は実際の就業の場である 12 カ所の知的障害者小規模作業施設を対象に，具体的にどのような課題の遂行が困難なのか調査している．調査は上記の施設に所属する 21 名の作業指導員に対する半構造化面接法を用いたインタビューによって行われ，知的障害者 172 名（平均年齢 30.2 歳(SD = 9.4);重度 132 名・中度 29 名・軽度 11 名）分のデータが分析された．岡と三浦は得られたデータから知的障害者の作業遂行を困難にさせる 64 種類の課題特徴を抽出し，それらを KJ 法で分類することで知的障害者の作業遂行を困難にさせる５種類の課題要件（両手協応・精度と力の調節・空間的イメージの操作・問題解決・作業結果のフィードバック）を特定した．岡と三浦は，実際の作業環境ではこの５種類の課題要件がひとつの課題の中に重複して存在し，それが原因で課題の困難性が増していることを指摘した．岡と三浦が収集した課題から，多くの知的障害者にとって遂行が困難だった課題の具体的なものとして「中身の入ったプラスチック製袋の口をシールで留める」「しわを伸ばしながらタオルを折りたたむ」「段ボールの箱をガムテープで固定する」などがある．上記の課題は知的障害者の多くが遂行困難なものであり，岡と三浦はその原因を連続的な力の制御と連続的な精度の調節を必要とする二重課題になっていること，としている．これまで紹介してきた研究結果をふまえて岡・三浦（2005）の研究結果を併せて考えると，知的障害者の実際作業環境における巧緻性の問題は空間的知覚能力，両手の協応性，連続的な力と精度の調整能力の問題に分解して考えられそうである．これは過去の心理学の知見を基に考えると，視覚（知覚）−運動協応の問題と換言できる．しかしながら，知的障害者の巧緻性が低い原因を「視覚−運動協応に問題

があるため」と説明したのでは意味のないトートロジーに陥ってしまう．問題をテクニカルタームに置き換えるだけでは決して問題は解決されない．従来の研究の多くは，この問題をクリアできていないと著者らは考えている．実際，知的障害者の巧緻性の低さの問題を指摘した論文において，その巧緻性の低さとは何か，明らかにした研究はほとんど存在しない．著者らは上記の研究をふまえて，巧緻性の低さの問題を「連続的な動作の中での視覚−運動協応の不成立」という観点から考えることで，その生起メカニズムを明らかにし，知的障害者における巧緻性の低さとは何かを説明することが重要だと考えている．

1.2 知的障害における視覚−運動協応研究がどのようになされるべきか

従来の知的障害者の巧緻性の低さの問題を取り扱った研究は，いくつかの視点が欠けている．作業療法のようなリハビリテーションの観点からの研究では，特に症状の顕著な少数の患者を対象に異常な部分を詳細に記述することに重点が置かれることが多いように思われる．そのため，要因を外部から操作してその要因が結果に影響を及ぼすメカニズムを考察するといった実験的手法を用いる観点から見れば不満が残る．また，医学的な観点からでは，知的障害という多くの原因を複合的に持つ症候を扱うことを避けるために，症状と状況をかなり限定したうえで研究を行っている．そのため，包括的に知的障害の巧緻性を扱ったものが少ない．心理学的な観点からの研究は，巧緻性の低さをもたらすメカニズムを追求することなく，作業パフォーマンスと年齢や知能指数の関係性や健常者との差異だけを議論するものが多いように思われる．また，知的障害者の巧緻性の低さを扱ったあらゆる分野の研究は，総じて時間的連続性の中で巧緻性の低さの問題がどのように表出するかを扱ったものが少ない．また，視覚−運動協応の研究に関しても，認知とそのパフォーマンスの関係という観点を加えた研究は少ないように思われる．さらに，実際の作業の中で上記のような時間的連続性をもった視覚−運動協応の問題の分析と，認知との関係性を論じた研究はほとんど存在しないのではないだろうか．しかしながら，知的障害者の巧緻性の低さの問題を考えたとき，その原因を理解し，克服する方法を提案するためには，実際の作業環境における視覚−運動協応の問題の表出メカニズムをその時系列の中で明らかにしていく必要があるだろうし，そのメカニズムについてもそれを成立させる生理学レベル，行動学的レベルでの要因特定が必要だろう．どのような要因が，実際の行動の中で具体的に変化し，その変化が後の行動にどのように影響するのかを特定することができれば，知的障害者の巧緻性の低さの問題を解決するための糸口が得られるだろう．

1.3 本論文の目的

上記をふまえ，本論文では知的障害の巧緻性の低さの問題について視覚-運動協

応の観点から過去の知見をまとめて，その問題点を指摘し，今後どのような研究がなされるべきか考察する．そのため本論文でははじめに知的障害者の眼球運動と動作のそれぞれの問題について過去の知見を整理する．その後に視覚−運動協応に関する知見を整理し，知的障害者の情報処理過程の中でどのような問題によって巧緻性が低下しているのかを検討する．最後に上記をふまえて，今後どのような研究がなされるべきか考察していく．

2. 知的障害者の視覚−運動協応の問題

知的障害者の巧緻性の低さについて視覚−運動協応の観点から考えるためには，人間の情報処理の観点からどの段階で問題が生じるのかを検討するのが適切だろう．手技動作遂行時の人間の情報処理を考えた場合，大きく分類して 1)視覚から情報を取得する感覚・知覚レベル，2)得た情報と記憶とを合わせて意味づけ，その後の動作を決定する認知レベル，3)決定された運動命令に従って効果器を動かす運動レベル，の３つのレベルが存在する．我々は 1 と 3 を中心に知的障害者の巧緻性の低さの問題に取り組む．理由は，知的障害者の感覚・知覚レベル，運動レベルの処理を考えるとき，感覚器（眼，視覚機能）と効果器（手または足）それぞれの問題は認知レベルの問題と異なり観察可能な部分が多く，客観的に評価しやすいためである．こうして最初に感覚器と効果器の問題を押さえてから認知レベル，そして最も重要な視覚−運動協応について，その特徴と問題点を議論する．

2.1 知的障害者の視覚機能と眼球運動の問題

知的障害者の視覚には何らかの解剖学的な異常が存在すると報告する研究が多い．Aitchison, Easty, and Jancar (1990)は 367 名の知的障害者（女性 262 名，男性 105 名；IQ=15-74）の視覚機能を調査し，そのうち 218 名（59.4%）に何らかの視覚機能不全（斜視，屈折異常，白内障，角膜異常，眼振異常，網膜症，緑内障など）がみられたと報告している．また，Fletcher and Thompson（1961）は 102 名の学校もしくは養護施設の知的障害児・者の視覚機能について調査し，78 名（76%）に何らかの異常（屈折異常，内斜視，外斜視，上斜視など）が見られたと報告している．Sacks, Goren, and Burke（1991）は，113 名の知的障害者（女性 54 名，男性 59 名；平均 35.5 歳，21-64 歳）の視覚機能を調査し，32%の者が知的障害者に多く見られる屈折異常や斜視以外の異常を有していることを明らかにした．このように，知的障害者の視覚には解剖学的な異常が存在することが多い．Warburg（2001）はこのような知的障害者における視覚機能異常について扱った過去の文献データを集計し，知的障害者の視覚機能障害が知的障害の程度と年齢に応じて劇的に増加することを示している．

眼球自体の問題に加え，知的障害者の眼球運動の問題を指摘した研究も存在する．上述したような眼球についての視覚機能障害はその原因を解剖学的な異常に求めることができるが，眼球運動は脳機能と密接に関係するため単純な解剖学的所見ではその異常がわからないことが多い．ゆえに，知的障害者に関する眼球運動の問題について考えるためには，さまざまな操作を加えた実験や，環境を限定した状況での眼球運動の観察結果を参考にしながらその特徴を推察してゆくのが適切だろう．なお，知的障害者に関する眼球運動研究は比較的多く存在するが，眼球運動自体の研究レビューは本論文の主旨ではないため，ここでは重要な論文を引用するにとどめる（知的障害者の眼球運動機能に関しては，葉石 (2005) が詳しい）．O'Connor and Berkson (1963)は 14 名のダウン症者（平均年齢 23.7 歳；平均 IQ＝32. 7±6.2），14 名の知的障害者（平均年齢 26.2±3.7 歳；平均 IQ＝32.3±7.2），14 名の看護士（平均年齢 24.0±4.3 歳）を対象に，参加者の前方左右 45 度（計 90 度）に５つの光点を配置し，暗闇の中でそれらが点滅した際の光点への眼球運動の水平成分を調べた．結果，O'Connor and Berkson はダウン症者のみが有意に眼球運動の回数が多く，バラツキも大きいことを明らかにした．ここから知的障害者は，行動時の眼球運動回数自体は健常者と同程度（ただしダウン症者は多い）であることがわかる．しかしながら，知的障害者は眼球運動に関する他の側面では健常者と異なる特徴を示している．高橋・尾崎・鈴木 (1987)は知的障害児 10 名（平均年齢 13-15 歳，IQ＝30-59(測定不能２名)）のサッカード特性を検討し，知的障害児の眼球運動の開始潜時が長いこと，注視すべき対象まで注視点が到達しないサッカードが見られること，追従視が安定しないこと，を指摘した．Nettelbeck, Hirons, and Wilson (1984)は眼前１m の位置の振り子（移動範囲：視角 20 度，速度：6.7-10 度／秒）を追従視する際に，知的障害者（14 名；18-24 歳；平均 IQ＝61，43-72）は健常者（14 名；21-23 歳；平均 IQ＝122，104-135）よりも有意に頻繁に眼球運動が停止（velocity arrest）する回数が多いことを示した．このことから知的障害者はサッカードと追従性眼球運動の機能に問題があることがわかる．また，Nettelbeck et al. (1984)は同じ実験中に知的障害者の眼球運動がターゲットから逸れる回数が多いことを見いだし，これを知的障害者の注意が逸れやすいこと(distractability)，注意が向けられないこと(inattentiveness)によるものと考えた．このことをふまえると知的障害者の眼球運動を考える際には注意機能の問題を含めて考える必要がある．

知的障害者の眼球運動と注意機能の間の問題を示唆する研究は他にも存在する．Krupski (1977)は知的障害者 10 名（平均年齢 15.6 歳，平均 IQ＝64.8(SD=6.1)）と健常者 10 名（平均年齢 15.4 歳，平均 IQ＝120.5(SD=13.7)）に対して眼前の光点の色変化に対する単純反応時間課題を適用し，反応時間を調べ，また光点の点灯から光点の色変化までの期間に光点以外へ視線移動させた試行の回数を調べた．結果は，知的障害者の反応時間が有意に長く，注視がターゲットから逸れた試行の数も多か

った．このことより，知的障害者は課題に注意をうまく向けられていないことが示唆され，これが知的障害者のターゲットへの反応時間を長くさせる原因であると考えられた．ただし，この知的障害者の反応時間の長さが反応対象への非注意に起因するという考えについては異論もある．Nettelbeck, Robson, Walwyn, Downing, and Jones (1986)は知的障害者 10 名（年齢＝17-25，平均 IQ＝62）と健常者 10 名（年齢＝17-26）に対して視覚弁別課題を用いて弁別正確性とターゲットから離れた眼球運動の効果について検討した．ビデオ分析の結果より知的障害者は Krupski (1977)の結果同様にターゲットから離れた注視点移動が多いことを示したが，対象に視点を向けることがうまくいかないだけでは知的障害者の反応時間の長さを効果的に説明できないと主張した．このように，ある対象をうまく注視できないことが反応時間に及ぼす影響については一致した見解は得られていないが，知的障害者は課題遂行時に見るべき対象を見ていない，あるいは何らかの理由で見られないということについては上記の研究から指摘できよう．反応時間ではなく，この注視の問題に関しては，注意を向けるべき対象に注意を向けていないことも原因と考えられる．Carlin, Soraci, Strawbridge, Dennis, Loiselle, and Chechile (2003)は知的障害者 21 名（平均 16.8 歳，平均 IQ＝66.6(SD=8.6)）と健常者 21 名（平均 19.9 歳）に対してナチュラルシーンのチェンジブラインドネス（変化の見落とし）現象について，フリッカーパラダイムを用いて検討し，その際の眼球運動を解析することで知的障害者の変化の検出の遅さが，興味のある範囲ばかり長く見ることに起因する可能性を示唆している．また，McCollum (1987)は知的障害児 8 名と健常児 8 名の遊び中および母親から教示を受ける際の注視パターンを比較し，どの条件でも知的障害児は遊具を注視していることを報告している．Kamon and Fujita (1994)は知的障害者 17 名（平均 15.5 歳，平均精神年齢 8.5 歳(SD=1.03 歳)）と精神年齢適合健常児 15 名（平均精神年齢 8.9 歳(SD=0.97 歳)），暦年齢適合健常者 15 名（平均 15.2 歳）に対して上下に運動する曲線をペンでなぞる視覚運動課題と見本図形を模写する課題を適用した．結果，知的障害者は健常児よりもパフォーマンスが低かった．Kamon and Fujita(1994)は，知的障害者がうまく課題をこなすことよりもペン先により多くの注意を向けている可能性を指摘し，同時に自身の筆跡と図形といった２つ以上の刺激を処理する能力が低いことも原因となっているのではないかと解釈した．Carlin et al. (2003) ，McCollum (1987) ，Kamon and Fujita (1994) の研究は知的障害者の注視点と注意を向ける対象の選択の問題を示している．特に Kamon and Fujita (1994) の研究は手技作業パフォーマンスの低さと注視点および注意の向け方の関連について指摘したものとして興味深い．手技作業ではないが，知的障害者のパフォーマンスの低さが注意の向け方にあることを指摘した研究もある．Zeaman and House（1963）は知的障害児 50 名（精神年齢＝2-6 歳）を対象に弁別学習課題を行わせ，弁別学習の速度を検討した．参加者は色と形の特徴が異なった２つの立体オブジェ

クトのうち，一方の正しいオブジェクトを選択するよう求められた．その選択基準は色か形であり，たとえば青色のオブジェクトが正刺激である場合，参加者はオブジェクトの形状に関わらず青色という刺激特徴に注意を向けて弁別する必要があった．実験の結果は知的障害児それぞれにおいて学習が開始されるまで，すなわち弁別成績がチャンスレベル（50%）から上昇しはじめるまでに要する試行回数にばらつきがあるものの，学習が成立する（正答率が 100%になる）までの速度（要した試行回数）には，それぞれの知的障害者間で大きな違いが認められないというものであった．Zeaman らはこの結果をふまえて，知的障害者の学習パフォーマンスの低さは注意を向けるべき刺激特徴へ注意を向けられないことに原因があると解釈し，注意を向けることができたならば知的障害者の学習パフォーマンスは健常者と変わらないと解釈した．Boersma and Wilton (1976)は軽度知的障害者に対し，弁別学習時に刺激特徴を知覚し注意を向けるための訓練を行わせ，知的障害者の探索的な眼球運動を健常者と同等にまで増加させることに成功している．

以上の研究をふまえると，知的障害者の手技作業における巧緻性の低さについて，その原因に，眼球の構造異常，注視すべき対象からの注視点の逸脱，注意を向けるべき対象からの注意の逸脱（選択的注意の障害），があると考えられる．Fletcher and Thompson（1961）は，眼球の構造異常を治療しても運動機能および発達段階が向上しないことを報告しているが，上述の Boersma and Wilton (1976)のように，眼球運動に関しては向上の可能性が見込まれる．これは知的障害者の視覚機能の問題にいて，認知レベル（ここでは注意機能）に起因する問題に関しては，リハビリテーションでパフォーマンスも向上させられる可能性があることを示すものである．

2.2 知的障害者の動作と協応動作の問題

知的障害者には上述したような視覚機能の問題があるが，これに加えて身体動作についても問題がある．知的障害者の頭部と身体動作に関しては，麻痺や形態上の異常がない限り，その可動域に異常はない．しかしながら Davis and van Emmerik (1995)がいうように「知的障害のある者は動作が遅く，不器用で，全ての動作課題の学習において知的障害者のない者に比べて長い期間を必要とする傾向がある(p. 1)」．我々は手技動作における巧緻性の低さの問題に重点を置くため，知的障害者の身体動作全般に関しては触れない．手技動作は微細運動であり，歩行や走行，跳躍などの全身運動（粗大運動）は論じる必要がないためである（ただし，Newell, Incledon, Bobfish, and Sparague, (1999)のように知的障害者の身体揺動が健常者よりも大きいといった姿勢保持の問題を示す論文はある）．また，知的障害者は粗大運動には大きな問題がない（Francis and Raric ,1959）といった研究も存在する．以上をふまえ，このような動作の問題が視覚−運動協応においてどのように表出しているのかを述べる．

知的障害者はこの眼球と頭部と手の動作の連携が健常者と異なることがある．Atkin, Bala, Herman, and Rogowits (1981)は知的障害児 10 名と暦年齢適合健常児 10 名に対し，教示に応じて左右を見る課題を適用し眼球運動と頭部運動の協応について調べた．その結果，身体正面から左右 45 度の位置の刺激を見る際に，知的障害児は健常児に比べ 1) 頭部動作が大きいこと，2) 眼球運動の多くが頭部運動と連動していることを明らかにした．さらに，3) 健常児が頭部運動よりも先に（もしくは頭部運動なしに）眼球運動を開始する比率は全体の 95%なのに対し，知的障害児については逆に頭部運動が眼球運動に先行する比率が 40%もあること，4) 視線を向ける位置にライトを点滅させることによるボトムアップ処理での視線の誘導よりも，視線を向ける位置をジェスチャーで指示するトップダウン処理の視線方向の誘導時に，知的障害児は眼球運動よりも頭部運動が先行すること，を明らかにした．健常者においても，注視対象が正中線より 30 度以上離れた位置にある場合は，眼球運動と同時に頭部運動が伴うが（Haber and Hershenson, 1973），この場合の頭部運動は注視点移動に誘発される形で不随意に生じる（Oommen and Stahl, 2005）．またこのときの頭部運動は，眼球運動と同一の情報処理系統で処理され，頭部運動の開始に必要な神経系の閾値が眼球運動の閾値よりも低いために頭部動作が先行すると考えられる(Corneil, and Elsley, 2005)．これらをふまえると，知的障害者は特に離れた位置の対象に随意的に（トップダウン処理により）視点を向ける場合の眼球と頭部運動の順序および連携に問題があると考えられる．さらにこの問題は眼球運動と頭部運動を結びつける制御過程にあるようである．

2.3 知的障害者における視覚−運動協応の問題

ここまで知的障害者の手技作業における巧緻性の低さの原因を，眼球および眼球運動と頭部運動という比較的観察可能な指標を手がかりとして検討してきた．しかしながら，視覚−運動協応の問題を考えた場合，外部からの観察が不可能な脳内の情報処理過程についての検討が重要になる．ここでは視覚と運動の協応動作の問題について情報処理段階をふまえて検討する．

知的障害者だけではなく，健常者においても巧緻性の低いものは存在する．Signundsson and Hopkins (2005)は，健常児 90 名（平均 8 歳）に運動協応能力を測定する Movement ABC を適用し，パフォーマンスの低かった順から 10 名を運動協応に問題のある群，逆に高かった 10 名を問題のない群として，一部分が見えなくなっている複数のオブジェクトを含んだ 4 シーンの画像から共通するオブジェクトを指摘する視覚類似オブジェクト探索課題を行わせた．結果は運動協応に問題のある群のパフォーマンスが有意に低く，これより運動協応に問題がある者の視覚情報処理段階での問題が示唆された．また，Hulme, Smart, and Moran (1982)は「不器用（clumsy）」児が連続提示される線分の長さの異同を判断できないのは知覚・記憶

どちらに起因するのかを検討し，「不器用さ」の原因が知覚段階にあることを報告している．また，眼球運動が生起しないように刺激提示を操作してもその結果が変わらなかったことから，上記の結果が眼球運動の問題によるものではないことを示した．Skorji and McKenzie (1997)は，不器用児と暦年齢を適合させた健常児に単純な動作を見せ，直後もしくは 15 秒後に再生させた．このとき遅延再生条件において，再生までの 15 秒間に実験者が動かすトーチライトの点滅を見る空間的干渉条件，もしくは指を使ってタップする運動的な干渉，２種類の干渉を操作した．結果，空間要素の高い空間的干渉条件で特に不器用児のパフォーマンスが大きく干渉されたことから，不器用児は動作を記憶する際に視空間的リハーサルに依存する傾向が強いことが示唆された．知的障害者に関する類似した研究としては，Shinkfield, Sparrow, and Day (1997)がある．Shinkfield らは知的障害者 12 名（平均 37.4 歳，平均 IQ＝66(59-75)）と性別を適合させた統制群（平均 37.8 歳）に対し，ディスプレイに提示された前腕と上腕を模した２本の線が一点（つまり肘部）でつながった線画運動を弁別する課題と自身の腕を用いて線画運動を再生する課題を適用し，その成績と視知覚との関係を検討した．弁別課題の結果，知的障害者は刺激の持続時間と運動角度の知覚段階で問題があることが示され，再生課題の結果，知的障害者の運動再生の誤差が大きいことが示された．このことから，知的障害者の運動の問題が，知覚段階に起因し，そこで生じた問題が運動の生起段階において影響していることが考えられる．以上の結果をふまえると，健常者における「不器用さ」が知的障害者の巧緻性の低さと同一メカニズムである保証はないが，知的障害者の巧緻性の低さの原因が視覚機能や眼球運動などの感覚段階にあるだけでなく，知覚段階の問題にも起因すると考えてよいだろう．

視覚−運動協応課題において，知的障害者はどのようなパフォーマンスを示すのか．Welsh and Klavora (2003)は知的障害者 20 名（平均 32.9 歳）と健常者 20 名（平均 21.7 歳）に対し，装置中央ディスプレイに提示される数字を読み上げながら，ディスプレイ周辺に提示される光点をタッチさせる課題を遂行させた．装置は 120×120cm のボード中央（少し上）に２桁の数字が出るディスプレイがあり，その周辺に 2×2cm のライトが５重の同心円状に配置されたものであった．光点提示間隔（セルフペース，１秒間隔の 機械ペース，0.5 秒間隔の機械ペース），性別，提示位置（利き手側，逆手側，中央 (内側の２円)，周辺（外側 3 円））の３条件を操作し，知的障害の有無によるパフォーマンスの差を検討した結果，光点提示間隔に関して知的障害の有無による交互作用が見られた．知的障害者は健常者に比べて全体的な反応回数が少なく，課題がセルフペース，1 sec. 機械ペース，0.5 sec. 機械ペースの順に反応が減少した．他方，健常者はセルフと 1 sec.機械ペースの反応回数に差はなく，0.5 sec. 機械ペース提示の場合のみ反応回数が減った．すなわち，知的障害者は刺激の知覚から反応に至るまでの処理時間が長いことがわかった．刺

激提示位置と障害の有無によるパフォーマンスの変化については，障害の有無による主効果は見られず，どちらのグループについても周辺に提示された光点への反応回数が，中心に提示された光点への反応回数よりも少なかった．ここから，知的障害者の有効視野に関しては健常者と差がない可能性が示唆された．しかしながら，Welsh and Klavora (2003)の研究では，「協応」の問題自体に踏み込んで検討できていない問題が残る．視覚と運動の協応に関する研究において一般的な回転板追跡運動課題を知的障害児 48 名（平均 13.9 歳(SD=1.6)，平均 IQ＝79.3(SD=9.3)）と健常者 48 名（平均 14.0 歳(SD=1.6)）に適用し，そのパフォーマンスと練習効果について検討した Baumeister, Hawkins, and Holland (1966)の研究では，実験開始時は健常者の成績の方が良いが，練習することで知的障害者が健常者の成績に追いつくことを示している．Welsh and Klavora (2003)の研究も Baumeister et al. (1966)の研究も知的障害者の視覚−運動協応課題を用いており，知的障害者の視覚−運動協応パフォーマンスが健常者よりも低いことを示しているが，その協応において問題が生じるメカニズムが明らかになっていない．

健常者を対象にした研究では，視覚（および頭部）と運動の協応メカニズムの研究がいくつかある．Pelz, Hayhoe, and Loeber (2001)は健常者 10 名にカラーブロックを用いて見本を参考にしながら組み立てる課題を遂行させ，行動制約のない環境下での眼，頭，手の協応を検討した．そして眼球，頭部，手の順番で運動が開始され，さらにそれらが時間的に連動することで，視点の移動距離や手の移動距離を短縮させ，動作に要する時間を節約するといった動作の経済性をもたらしていることを明らかにした．また，Niechwiej-Szwedo, Mcllroy, Green, and Verrier (2005)は健常者 10 名（平均年齢 27.2 歳）に単純な刺激検出課題を適用し，目と手の動作方向の適合性を操作することで，眼球運動と運動の整合性が高いほど反応が早くなることを明らかにした．Roerdink, Peper, and Beek (2005)は健常者 9 名を対象に画面上で左右に振幅する刺激に対してレバーを動かして（レバーを動かす手は見えない）トラッキングする課題を遂行させた．トラッキングの方向（刺激と同・逆方向）と，レバーの操作位置が画面上で確認できる視覚フィードバックの方向（正・逆方向・フィードバックなし）を操作し反応の正確性と安定性を評価した結果，正方向トラッキングではフィードバックの影響はなかったが，逆方向トラッキングでは逆方向フィードバックにおいてパフォーマンスが向上し，フィードバックの効果が大きく見られた．これより Roerdink et al. (2005)は視覚−運動協応課題パフォーマンスにおける視覚と運動方向の一貫性とその際の視覚フィードバックが協応動作にとって重要であることを示唆した．Pelz et al. (2001)，Niechwiej-Szwedo et al. (2005)，Roerdink et al. (2005)の研究は，視覚−運動協応における視覚と運動の時間的連携と方向的連携が協応のメカニズムとして強調されている．このことは知的障害者についても当てはまることであるが，知的障害者におけるこのような研究は見あたらない．

知的障害者の視覚−運動協応について，岡・三浦（2006）は多くの知的障害者が共通して遂行困難であった課題（岡・三浦，2005）について，その原因を検討している．岡・三浦 (2006)は知的障害者 1 名（年齢 28 歳，言語性 IQ＝48，動作性 IQ＝35）と健常者 1 名（年齢 27 歳）に対し，知的障害者が遂行困難な課題を適用し，アイカメラによる注視点分析と，ビデオ画像解析による動作分析を組み合わせ，時系列に沿って何をする際に何を見ていたかを分析した．結果，知的障害者の手技作業の遂行困難性が，1)同じ工程の反復が多く存在すること，2)動作対象へ先行注視が少ないこと（視覚と運動が協応していない），3)動作中の体幹が安定しないこと，に起因することを示した．また，岡・三浦（2006）は上記の 2 と 3 の相互作用が巧緻性の低さの原因と考えた．2 については，Atkin et al. (1981)らの研究結果が， 3 については Newell et al. (1999)の研究結果が，実際の行動場面においてどのように表出するかを示しており，これは基礎実験結果と実際作業場面を結びつける研究である．ここから，知的障害者の視覚−運動協応の問題は視覚と運動の時間的連携とその連携を支える身体の安定性の問題が知的障害者の巧緻性を下げる原因となっていることが考えられる．

3. 知的障害者の視覚−運動協応研究の今後の展開

ここまで，知的障害者の巧緻性の低さについて視覚機能，運動機能，そして視覚−運動協応の観点から概観してきた．その結果をまとめると，以下の８つの問題が知的障害者の巧緻性の低さをもたらしていることが明らかになった．1)知的障害者の視覚機能には解剖学的構造の異常があることが多いこと（ただしその異常を治療したからといって，発達レベルが向上するわけではない），2)知的障害者の眼球運動は，サッカードや追従視の際に注視対象から注視点がそれてしまうこと，3)注視点がそれる現象が（選択的）注意の問題と関係していること，4)知覚段階での情報処理の問題が運動パフォーマンスの低下に影響していること，5)知覚段階から反応段階への情報処理に要する時間が健常者よりも長いこと，6)トップダウンの注視点移動の際に，眼球運動と頭部運動の連携がうまくいかないこと， 7)眼，頭部，手の運動が時間的にうまく連携していないこと，8)手技動作中に体幹が安定しないこと，である．

知的障害者の巧緻性の低さをもたらす８種類の原因について考えると，これら研究成果だけでは知的障害者の巧緻性の低さの問題を解決するアプローチとして不十分であろう．今回のレビューにおいて引用した多くの研究は，what，where の問に答えるアプローチのものが多い．すなわち，知的障害者の何に，どの部分に，問題があるのかを検討するものが多かった．これらの研究は有益であるが，これだけでは知的障害者の巧緻性の問題を解決するために利用することは難しい．知的障害

者の眼球には解剖学的な異常があり，眼球運動や動作も健常者と異なることが解った．協応にも問題があるようだ．しなしながら，それらを治療すれば巧緻性の問題は解決するという単純な結論には結びつけることができない．知的障害者の巧緻性の問題を解決するため重要ことは「どのような変数が知的障害者の巧緻性を低くしているか」「どの変数を操作すれば知的障害者の巧緻性を向上させることができるか」の２つの問いに回答できるものでなければならない．そのためには why と how，即ちどのような問題がどのような仕組みで生じているのか検討しなければならない．従来の研究の多くでは，ある対象の検出に対して反応時間が何 ms 長いか短いか，どのくらい反応やエラーの回数が変化したか，健常者に比べて多いか少ないか，といったアプローチが主流である．このような指標の取り方では，巧緻性の低さの問題解決には至らないだろう．本論文で取り扱う研究テーマとは異なるが，ヒューマンエラーの研究分野における飯田 (2006) の研究方法がこの問題に有益な示唆を与えてくれる． 飯田は多くのヒューマンエラーによる事故の研究が，どのようなアクシデントやインシデントがあったかの事例収集・分析の枠組みから脱出できておらず，そのために有効な対策をたてられていないことを指摘している．これをふまえ，飯田は 5W1H（Who, What, When, Where, Why, How）に基づいた事故に関する情報の収集と同時に，時間経過の伴ったコンテクストをふまえ，その中でどのように標準型から異なる状況が発生し，どのように状況が変化したのかを記述しなければならないとしている．このような手続きを経て，はじめて事故の対策が可能になると主張している．飯田のこの考え方は，知的障害者の巧緻性の低さの問題解決に対するアプローチとしても当てはまる．健常者の行動を「標準型」とした場合に，時系列の中でどのように標準とは異なる行動が発生し，どのような変数がどのように変化したのかを検討することで初めて知的障害者の巧緻性の低さの問題を解決するための対応が検討可能になる．知的障害者の巧緻性の低さに関して，このようなアプローチを採用した研究は，現在のところ岡・三浦 (2006)のみである．今後，知的障害者の何らかの行動の問題を研究する場合，時系列の中で「標準型（これは研究テーマによって変わる）」とどのように異なり，それがどのように何にその後影響したのかを検討する研究をおこなう必要があるだろう．

知的障害者の視覚−運動協応研究にして，もう一つの問題を提起しておきたい．知的障害者の視覚−運動協応パフォーマンスと認知との関係を調べた研究がないことである．本論文の中でも知的障害者の知覚における（選択的）注意機能の重要性を指摘したように，知的障害者の視覚−運動協応には認知機能は重要な意味を持つ．しかしながら，視覚−運動協応と認知との関係を論じた研究は，知的障害者を対象にしたものではほとんどない．健常者を対象にしたものでもこのような研究は少ない．Miura (1989a,b)はピアノ演奏時の視覚−運動協応について，エキスパートとエキスパートでない者の眼球運動とパフォーマンスの関係性を比較し，ピアノ演奏技能

の構造について分析している．それにより，ピアノ演奏のエキスパートが有効視野を広く保ち，運動に対する視覚情報入力の先行時間を長くすることがピアノ演奏技能構造の重要な点であることを指摘している．このような視覚−運動協応あるいは運動技能について，それらが知的障害者の実際行動場面においてどのような構造をもちどのように機能するのか検討する研究を増やしていく必要があるだろう．

知的障害者における巧緻性の低さの問題について，今後なされるべきことは知的障害者の視覚−運動協応パフォーマンスが時系列の中でどのように健常者と異なっているのかを明らかにし，どのような変数をどう操作すれば問題の解決結びつけることができるのかを提案することである．さらに，そのなかで認知処理がパフォーマンスに対してどのような影響を及ぼすのか検討することである．このような研究のから知的障害者と健常者が異なる部分の変数を特定し，それがリハビリテーションによって克服可能であるのか否かを特定することができれば，新しいリハビリテーション方法の提案や新しい福祉機器の開発へとつながるだろう．このような研究が実際場面で起こる問題を解決へと導き，知的障害そのものの理解と，ひいては人間の認知とパフォーマンスの関係を明らかにする成果をもたらすことにつながると信ずる．

4. 謝辞

本研究は科学研究費補助金（特別研究員奨励費，課題番号188708，代表 岡耕平；萌芽研究，課題番号17653087，代表 三浦利章）の補助を受けた．ここに記して感謝の意を表する．

引用文献

Aitchison, C., Easty, D. L., and Jancar, J. (1990). Eye abnormalities in the mentally handicapped. *Journal of Mental Deficiency Research*, 34, 41-48.

Atkin, A., Bala, S., Herman, P., and Rogowits, B. (1981). Organicity and mental retardation: Analysis of eye and head movements. *Journal of Mental Deficiency Research*, 25(7), 17-24.

Baumeister, A. A., Hawkins, W. F., and Holland, J. (1966). Motor learning and knowledge of results. *American Journal of Mental Deficiency*, 70, 590-594.

Boersma, F. J., and Wilton, K. M. (1976). Eye movements and conservation acceleration in mildly retarded children. *American Journal of Mental Deficiency*, 80(6), 636-643.

Carlin, M. T., Soraci, S. A., Strawbridge, C. P., Dennis, N., Loiselle, R., and Chechile, N. A. (2003). Detection of changes in naturalistic scenes: Comparisons of indibiduals with

and without mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 108(3), 181-193.

Corneil,B. D., and Elsley, J. K. (2005). Countermanding eye-head gaze shifts in humans: Marching orders are delivered to the head first. *Journal of Neuropsychology*, 94(1), 883-895.

Davis, W. E., and van Emmerik, R. E. A. (1995). An ecological task analysis approach for understanding motor development in mental retardation: Research questions and strategies. In A. Vermeer & W. E. Davis (EDs.), *Physical and motor development in persons with mental retardation*. Basel: Karger, pp. 1-32.

Fletcher, M. C., and Thompson, M. M. (1961). Eye abnormalities in the mentally defective. *American Journal of Mental Deficiency*, 66, 242-244.

Francis, R. J. and Rarick, G. L. (1959). Motor characteristics of the mentally retarded. *American Journal of Mental Deficiency*, 63, 792-811.

Haber, R. N., and Hershenson, M. (1973). Selection in visual field. IN R. N. Haber & M. Hershenson (EDs), *The Psychology of Visual Perception*, Holt, Rinehart and Winston: U. S. A., pp. 204-227.

葉石光一 (2005). 知的障害児・者の眼球運動機能と行動調整機能. *発達障害学研究*, 27(1), 20-27.

Hulme, C., Smart, A., and Moran, G. (1982). Visual perceptual deficit in clumsy children. *Neuropsychologia*, 20(4), 475-481.

飯田裕康 (2006). 実践エラーマネジメント-医療事故事例から組織的対応を考える−, （財）労働科学研究所出版部.

Kamon,T., and Fujita, T. P. (1994). Visual scanning patterns of adolescents with mental retardation during tracking and copying tasks. *American Journal on Mental Retardation*, 98(6), 766-775.

国立職業リハビリテーションセンター (1999). 知的障害者の職業能力開発上の職業評価に関する基礎的研究 −新たな職域の拡大を求めて−. *職リハ調査研究報告書*, 47.

厚生労働省職業安定局 (2006). 障害者の雇用の促進等に関する法律第４７条の規定に基づく企業名の公表について [Internet]. *厚生労働報道発表資料平成18年6月30日*, （2006年7月12日閲覧）
http://www.mhlw.go.jp/houdou/2006/06/dl/h0630-4a.pdfで入手可能.

厚生労働省職業安定局 (2003) 身体及び知的障害者実態調査の調査結果について [Internet]. *厚生労働省報道発表資料平成15年3月27日*, （2006年7月12日閲覧）
http://www.mhlw.go.jp/houdou/2003/03/h0327-3.htmlで入手可能.

厚生労働省職業安定局 (2004). 平成15年度障害者雇用実態調査 [Internet]. *厚生労働省報道発表資料平成16年10月19日*, （2006年7月12日閲覧）http://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/10/dl/h1019-1a.pdfで入手可能.

Krupski, A. (1977). Role of attention in the reaction-time performance of mentally retarded adplescents. *American Journal of Mental Deficiency*, 82(1), 79-83.

McCollum, J. A. (1987). Looking patterns of mentally retarded and nonretarded infantis in play and instructional interactions. *American Journal of Mental Deficiency*, 91(5), 516-523.

Miura, T. (1989a). Skill and visual information acquisition: In a case of playing the piano. *Fifth European Conferece of Eye Movements Proceedings*, 10-13.

Miura, T. (1989b). Information processing in piano playing: An eye movement study. *The First International Conference on Music Perception and Cognition Proceedings*, 17-19.

Niechwiej-Szwedo, E., Mcllroy, W. E., Green, R., and Verrier, M. C. (2005). The effect of directional compatibility on the response latencies of ocular and manual movements. Experimental Brain Research, 162(2), 220-229.

Nettelbeck, T., Hirons, A., and Wilson, C. (1984). Mental retardation, inspection time, and central attentional impairment. *American Journal of Mental Deficiency*, 89(1), 91-98.

Nettelbeck, T., Robson, L., Walwyn, T., Downing, A., and Jones, N. (1986). Inspection time as mental speed in mildly mentally retarded adults: Analysis of eye gaze, eye movement, and orientation. *American Journal of Mental Deficiency*, 91(1), 78-91.

Newell, K. M. (1996). Motor skills and mental retardation. In William E. MacLean, Jr. (Ed), *Ellis' Handbook of Mental Deficiency, Psychological Theory and Research (3rd ed.)*, 275-308.

Newell, K. M., Incledon, T., Bobfish, J. W., and Sparague, R. L. (1999). Variability of stereotypic body-rocking in adults with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 104(3), 279-288.

O'Connor, N., and Berkson, G. (1963). Eye movement in normals and defectives. *American Journal of Mental Deficiency*, 68(1), 85-90.

岡耕平・三浦利章 (2005). 簡便で汎用性のある知的障害者の作業支援法, *信学技報*, 105, No. 186, 57-60.

岡耕平・三浦利章 (2006). 知的障害者における巧緻性について−眼と両手の協応性から考える−. *平成18年日本人間工学会アーゴデザイン研究部会コンセプト事例発表会発表論文集*, 23-28.

Oommen, B. S., and Stahl, J. S. (2005). Amplitudes of head movements during putative eye only saccades. *Brain Research*, 1065(1-2), 68-78.

Pelz, J. Hayhoe, M., and Loeber, R. (2001). The coordination of eye, head, and hand movements in a natural task. *Experimental Brain Research*, 139, 266-277.

Roerdink, M., Peper, C. E., and Beek, P. J. (2005). Effect of correct and transformed visual feed back on rhythmic visuo-motor tracking: Tracking performance and visual search behavior. *Human Movement Science*, 24, 379-402.

Sacks, J. G., Goren, M. B., and Burke, M. J. (1991). Ophthalmologic screening of adults with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 95(5), 571-574.

Salzberg, C.L., Lignugaris-Kraft, B., and McCuller, G.L. (1988). Reasons for job loss: A review of employment termination studies of mentally retarded workers. *Research in Developmental Disabilities*, 9(2), 153-170.

Shinkfield, A. J., Sparrow, W. A., and Day, R. H. (1997). Visual discrimination and motor reproduction of movement by individual with mental retardation. *American Journal on Mental Retardation*, 102(2), 172-181.

Signundsson, H., and Hopkins, B. (2005). Do 'clumsy' children have visual recognition problems? *Child: Care, Health & Development*, 31(2), 155-158.

Skorji, V., and McKenzie, B. (1997). How do children who are clumsy remember modeled movements? *Developmental medicine and child neurology*, 39(6), 403-408.

Sparrow, W. A., and Day, R. H. (2002). Perception and action in mental retardation. *International Review of Research in Mental Retardation*, 25, 241-278.

高橋誠・井戸啓介・飯田祐康・細田聡 (1997). 知的障害者が従事する作業の実態調査 −予備的作業分析−. *労働科学*, 73(4), 148-150.

高橋照子・尾崎久記・鈴木宏哉, (1987). 健常児・遅滞児における追視時衝動性眼球運動の特性. *特殊教育学研究*, 25(2), 11-18.

Warburg, M. (2001). Visual impairment in adult people with intellectual disability: Literature review. *Journal of Intellectual Disability Research*, 45(5), 424-438.

Welsh, T. N., and Klavora, P. (2003). Response to visual stimuli by adults with developmental disabilities. *Perceptual and Motor Skills*, 96, 867-874.

Zeaman, D. & House, B.J. (1963). The roll of attention in retardate discrimination learning. In N. R. Ellis (Ed.) *Handbook of mental deficiency*. New York: McGraw-Hill, pp. 159-223.

Research Trends in Eye-hand Coordination of Mentally Retarded Persons

Kohei OKA and Toshiaki MIURA

Most persons with mental retardation (PMR) appear 'clumsy' while working, and 'clumsiness' is one of the most critical reasons for difficulty in getting a job. Despite the pragmatic importance of research into why PMR present such'clumsiness', there is no reasonable description of why PMR are 'clumsy'. Therefore, we reviewed studies to investigate the reason PMR are 'clumsy' and how 'clumsiness' manifests in the real performance from the perspective of visuo-motor coordination. We discussed the ability of visuo-motor coordination in PMR in three parts; visual ability, motor processing ability, and visuo-motor coordination ability.

The studies indicated that there are eight reasons for poor visuo-motor coordination in PMR. 1) Most PMR have some anatomical abnormalities affecting the eye. Even if the abnormalities are treated, the developmental level remains below normal. 2) PMR often demonstrate deviant eye movements or under shoot eye movements to a target on saccadic or pursuit eye movement. 3) The failure of eye movement is associated with the function of selective attention. 4) PMR have some deficits in perceptual processing, and these deficits cause delayed motor processing. 5) PMR need more time than persons without mental retardation to process the coordination between perception and action. 6) When PMR glance at something requiring top-down processing, they often represent miss-coordination between eye and head movement. 7) PMR could not coordinate the movements of eye, head, and hand in a time efficient manner. 8) PMR failed to stabilize the trunk while performing a manual task.

However, we considered that the eight reasons for difficulty in visuo-motor coordination in PMR were not sufficient to explain why PMR are 'clumsy'. This is because we do not yet know the time-course mechanisms of the difficulty in visuo-motor coordination for PMR during real tasks. We advocate the importance of a detailed investigation of the mechanism of difficulty using time-series analysis. Unless the mechanism underlying the difficulty in visuo-motor coordination in PMR is studied from the perspective of time course, we cannot apply the finding of such studies to actual situations. Therefore, we cannot explain how PMR experience difficulty in actual manual task situations. We emphasize the need for more studies of visuo-motor coordination in PMR based on time-series analysis.