

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：32616

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2023

課題番号：19K23295

研究課題名（和文）肢体不自由児者の移動視標に対する位置認知・位置予測特性と眼球運動特性の分析

研究課題名（英文）Analysis of cognitive and anticipation characteristics and eye movement characteristics for moving objects in persons with physical disabilities

研究代表者

松浦 孝明 (Matsuura, Takaaki)

国土館大学・文学部・准教授

研究者番号：90845504

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,300,000円

研究成果の概要（和文）：肢体不自由児者の移動視標に対する位置認知、位置予測の特性、および、移動視標追視中と移動視標遮蔽後の眼球運動の特徴を解析した。対象者は知的障害を伴わない脳性まひのある成人男性と比較対照として障害のない成人男性であった。脳性まひのある者は運動物体の位置認知の特徴として実際の視標よりも進行方向後方の回答が見られ、位置予測の特徴として速度低下現象が認められるとともに位置錯覚量のばらつきが大きい特徴が認められた。移動指標に対する眼球運動については、脳性まひのある者は視標の遮蔽後はサッケードにより視線が物体の進行方向前方に急激に移動する特徴が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

肢体不自由児者は、視力の問題がなくとも視線活動を苦手とするものが多く、そのことが一因となりスポーツや学習・生活場面でさまざまな困難を有している。特に肢体不自由児は体育授業において球技などが苦手な者が多い。本研究では、移動する視標の位置認知・位置予測という認知プロセスの知見とその際の眼球運動の評価を合わせて解析することにより、肢体不自由児者の視覚情報処理のしくみを検討した。肢体不自由児者の視線活動の特徴と認知プロセスが把握できれば、学齢期の体育学習や生活環境の改善につなげることができるだけでなく、トレーニング方法の開発などにより、教育、医療、福祉分野への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：We analyzed the characteristics of cognition and anticipation of moving objects and the characteristics of eye movements during tracking of moving objects and after shielding of moving objects in persons with physical disabilities. The subjects were adult males with cerebral palsy, and adult males without physical disabilities serving as controls. Characteristics of cognition of moving objects in persons with cerebral palsy was a tendency to respond backward rather than to the actual position of the object. Characteristics of anticipation of moving object in persons with cerebral palsy was the phenomenon of decreased velocity, and the large variability in the amount of anticipation position error. Eye movements of the persons with cerebral palsy were characterized by a rapid movement of the gaze forward in the direction of the object due to saccades after shielding the moving objects.

研究分野：特別支援教育

キーワード：肢体不自由 認知特性 予測特性 眼球運動

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

肢体不自由を有する者(以下、肢体不自由児者)は、視力の問題がなくとも視線活動を苦手とするものが多く、そのことが一因となりスポーツや学習・生活場面でさまざまな困難を有している。特に肢体不自由児は体育授業において上手に運動することが難しい様子が見られる。運動の困難さの第1の要因は運動機能障害があることや協調運動の困難が考えられるが、運動機能障害が軽度の肢体不自由児においても運動やスポーツの技能が向上しないケースが存在する。ボールを使用した球技などは、ボールなど移動する物体を視覚的に認知・予測する視覚情報処理が行われ、次に視覚情報をもとにした運動制御が行われるため、視覚情報処理に課題は運動技能の向上に影響を与えることが推察される。

肢体不自由児者の視覚情報処理に関する研究では、形態知覚と空間知覚などの視知覚障害の課題を示唆する研究が報告されてきた。我々は、肢体不自由児には移動する視標の追視の困難さがあることを報告した。これらから、視機能の課題が視覚情報処理の課題の一因であることが示唆された。竹市ら(2004)は、障害のない者を対象として運動物体に対する認知から予測までの局面に着目しその特性について検討し、遮蔽された運動物体の位置予測課題により物体の位置を実際の位置より手前(運動方向と反対方向)に予測するという現象(予測速度低下現象)を発見し、運動物体の位置の認知や予測においてエラーが生じることを報告している。

そこで、肢体不自由児者においても同様の課題による評価を行うことができれば、移動する視標の位置認知と位置予測という認知プロセスの知見を得ることができるとともに、その際の眼球運動の評価を合わせて解析することで、肢体不自由児者の視覚情報処理のしくみを多角的に明らかにできると考え、本研究の着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、肢体不自由児者の移動する視標に対する視線活動に着目し、移動視標に対する位置認知、位置予測の特性について明らかにすることが第1の目的である。さらに、移動視標追視中の位置認知の眼球運動の特徴、および移動視標遮蔽後の位置予測の眼球運動の特徴を示すか明らかにすることが第2の目的である。本研究により、肢体不自由児者の視線活動の特徴と認知プロセスが把握できれば、学齢期の体育学習や生活環境の改善につなげることができるだけでなく、トレーニング方法の開発などにより、教育、医療、福祉分野への応用が期待される。

3. 研究の方法

(1) 対象

知的障害を伴わない脳性まひのある成人男性3名(以下、CP群)を対象とした。また、比較対照として障害のない成人男性2名(年齢22歳)を対象とした(以下、対照群)。全ての被検者は裸眼視力もしくは矯正視力が0.7以上であった。研究にあたって、対象者に対して研究概要、および実験で知り得た個人情報の保護を保障することと実験結果は研究以外に使用しないことを事前に口頭及び書面にて説明し、書面にて同意を得た(研究に関する国土館大学倫理委員会承認番号R1-04)。

(2) 検査および分析

検査1) 移動視標の位置認知および位置予測検査

移動視標表示用PCと提示用モニタ(27インチ)によりコンピューターグラフィックスによる移動視標(以下、視標)およびモニタ中央から右に青色の課題用提示刺激板(以下、刺激板)を表示した。刺激板には位置の回答のためのメモリを等間隔に16個表示した。被検者とモニタの間隔は、刺激板の10メモリまでが視角10degになる距離(0.85m)とした。刺激板の1メモリは視角1degであった。視標(直径1cm、視角0.67deg)はモニタ左端から右方向に10deg/sで水平移動させ、視標の位置を判断する視覚刺激として視標がモニタ中央通過後200、400、600、800、1000msの5段階で刺激板を紫色に変色させた。

また、対象者は頭部固定装置にあごを載せ、頭部を動かさずに眼の動きだけで視標を追視するよう口頭で指示された。検査は以下の2つの課題において視標の位置を口頭で回答させた。

課題1: 遮蔽条件における位置予測課題(図1)

視標がモニタ中央から刺激板の後方を移動して見ることができない遮蔽条件において、視覚刺激提示時の視標位置を予測させ回答させた。回答のための課題用視覚刺激は200~1000msの5段階をランダムにそれぞれ4回ずつ提示し20試行を行った。

課題2: 可視条件における位置認知課題(図2)

視標がモニタ中央から刺激板の前方を移動して見ることができる可視条件において、視覚刺激提示時の視標位置を回答させた。回答のための課題用視覚刺激は位置予測課題と同様にランダムに提示した20試行を行った。

分析は、回答位置(刺激板左端からの距離)と視覚刺激提示時間から散布図を作成した。また、各対象者のプロットから回帰直線の傾きを算出し、竹市ら(2004)の先行研究を参考に位置予測課題の回帰直線の傾きを視標の予測速度とし、位置認知課題の回帰直線の傾きを視標の認知速度とみなした。

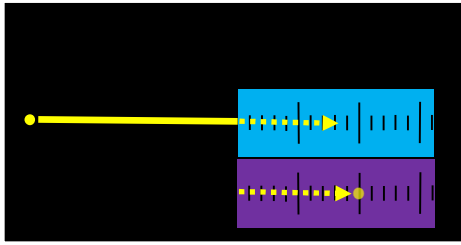


図1 位置予測課題

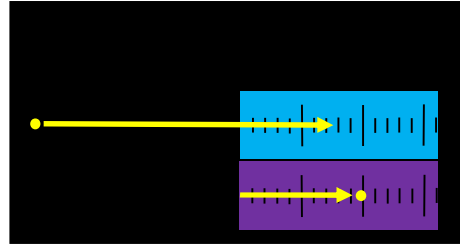


図2 位置認知課題

対象者の位置認知課題及び位置予測課題の回答位置と実際の視標位置の差(以下、位置錯覚量)を算出し、対象者間の比較をクラスカル=ウォリス検定を行い、有意水準 5%をもって統計的有意とした。統計分析は、R(The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)のグラフィカル・ユーザー・インターフェースである EZR(Kanda, 2013)を用いた。

検査2) 赤外線眼球運動記録装置による移動視標追視時の眼球運動検査

眼球運動検査は赤外線眼球運動記録装置アイマークレコーダー(nac社EMR-9、以下アイカメラ)を用いた。アイカメラの撮影周波数は60Hz、測定範囲解像度は水平640、垂直480、視野カメラの測定範囲角度は水平 $\pm 62\text{deg}$ 、垂直 $\pm 20\text{deg}$ 、分解能は 0.1deg 、眼球カメラの測定範囲は水平 $\pm 22\text{deg}$ 、垂直 $\pm 16\text{deg}$ 、分解能は 0.1deg であった。検査は、検査1と同じ実験環境で課題2の位置予測課題と同じコンピューターグラフィックスによる視標を提示して眼球運動を計測した。被検者に視標の動きを左端から右端まで追視するように指示を与え、視標がモニタ中央から遮蔽板により見えなくなった後も視標の動きを予測して追視するように眼球を動かすよう口頭で指示を与えた。

分析は視標がモニタ中央を通過する前後1秒間についてアイマークの水平方向成分の時系列データを分析した。追従性眼球運動(以下、パースト)時については中央通過1秒前と中央通過時のデータから眼球運動速度を算出した。衝動性眼球運動(以下、サッケード)が混入した場合、混入回数、振幅について算出した。なお、比較は検査中の姿勢の崩れのために視線データの欠損が認められたCP3を除き、CP群2名と対照群2名とした。また、CP群2名に右眼に斜視が認められたため分析は全対象者の左眼のデータを用いた。

4. 研究成果

(1) 移動視標の位置認知および位置予測について

1) 位置認知課題と位置予測課題の回答位置の結果

図3にCP群3名(CP1、CP2、CP3)および比較対照としてM1の可視条件における位置認知課題と遮蔽条件における位置予測課題の回答位置の結果を示した。実際の視標の位置を破線で示した。位置認知課題ではCP1は実際の位置の進行方向前方と後方の回答がみられたが、CP2とCP3の2名は実際の視標より進行方向後方の回答が多く認められた。それに比して、対照群2名は実際の視標位置と同じか進行方向前方を回答した。位置予測課題では、CP群、対照群の全員が実際の視標位置よりも進行方向後方を回答する傾向が認められた。あわせて、視覚刺激提示時間の延長に伴い予測位置と実際の視標位置の位置錯覚量が大きくなる比例関係を示していた。

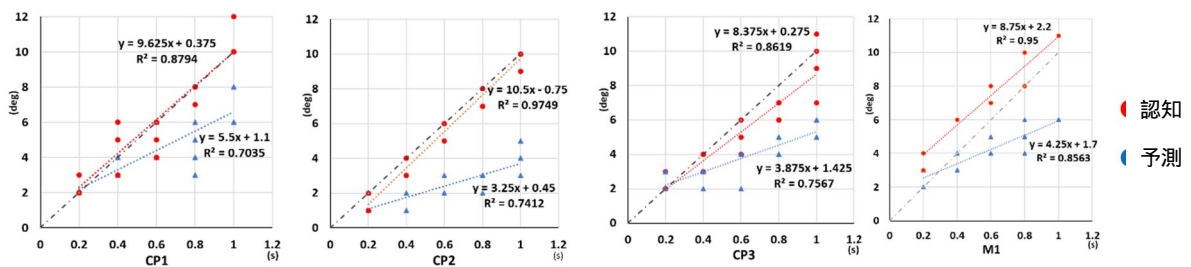


図3 位置認知課題と位置予測課題の回答位置

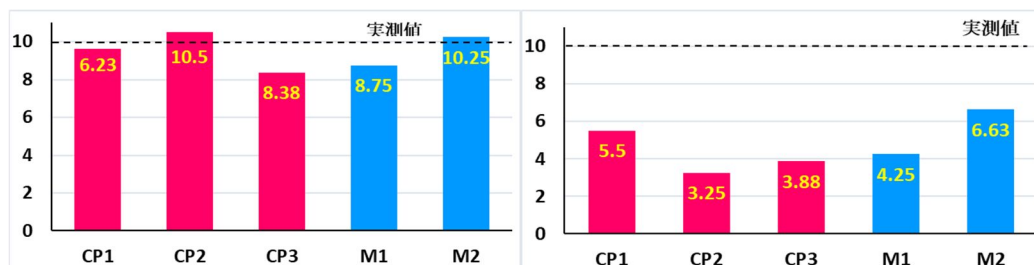


図4 認知速度

図5 予測速度

図4、図5にCP群3名と対照群2名が視標の実際の移動速度に対して脳内でどのように認知もしくは予想しているかをそれぞれの回答位置の回帰直線の傾きから求めた認知速度と予測速度を示した。認知速度は、実際の視標の移動速度10deg/sに対して、CP1、CP3、M1の3名が遅く、CP2、M2の2名が早い速度であった。予測速度においては、CP群、対照群の全員が実際の視標の移動速度に対して32%~66%程度の速度に低下した。

図6、7にCP群、対照群の位置認知課題と位置予測課題それぞれの位置錯覚量を示した。位置認知課題において、CP群は進行方向に-3deg~2degの差が認められ、回答位置の位置錯覚量の平均はCP1が0.15deg、CP2が-0.45deg、CP3が-0.7degであった。これに比して対照群は全ての回答位置が実際の視標位置よりも進行方向前方に1deg~2degの位置錯覚量が認められ、回答位置の差の平均はM1が1.45deg、M2が0.35degであった。位置予測課題において、CP群は進行方向前方に-7deg~2deg度の位置錯覚量が認められ、回答位置の差の平均はCP1が-1.6deg、CP2が-3.6deg、CP3が-2.25degであった。これに比して対照群の回答位置は実際の視標位置よりも進行方向前方に-4deg~1degの位置錯覚量があり、回答位置の差の平均はM1が-1.75deg、M2が-1.65degであった。位置認知課題におけるCP群3名と対照群2名の位置錯覚量をクラスカル・ウォリス検定で比較した結果、対象者間に有意な差が認められた(p<0.01)。Steel-Dwass多重比較の結果、M1とCP1、CP2、CP3との間に有意な差が認められた(p<0.01)。また、M2とCP2、CP3の間にも有意な差が認められた(p<0.01)。CP群の3名それぞれに有意な差はみられなかった。次に位置予測課題におけるCP群3名と対照群2名の角度のズレをクラスカル・ウォリス検定で比較した結果、対象者間に有意な差が認められ(p<0.01)。Steel-Dwass多重比較の結果、CP2とCP1、M1、M2の間に有意な差が認められた(p<0.05)。

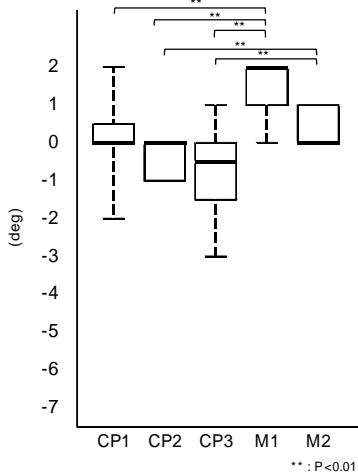


図6 認知位置錯覚量

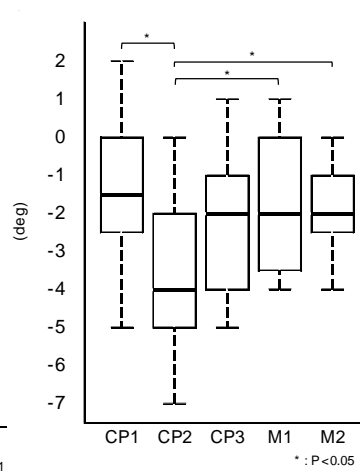


図7 予測位置錯覚量

CP群は移動視標の位置認知の特徴として実際の視標よりも進行方向後方の回答が見られることから、視標が見える状況においても運動の開始が遅れることが考えられる。また、等速運動する視標において、障害のない成人と比べてパーストの眼球運動速度の遅れが予想される。移動視標の位置予測の特徴として、障害のない成人や先行研究と同様の速度低下現象が認められた。しかし、位置錯覚量は障害のないものよりもばらつきが大きく、遮蔽された物体の予測に難しさから、視標が再度現れた際の補正に遅れが生じると考えられる。

(2) 視標追視時および予測時の眼球運動について

移動する視標が遮蔽されるモニタ中央を0秒として前後の1秒間、計2秒間についてCP群(CP1、CP2)2名と対照群(M1、M2)2名の左眼球の水平方向パーストにおける時系列変化について水平方向成分を分析した。図8にCP2、図9にM2の眼球運動の水平方向成分の眼球運動について示した。遮蔽1秒前を-1s、視標が遮蔽された時間を0s、遮蔽1秒後1sとした。表1にパースト時の眼球運動速度とサッケードの出現時間を示した。

1) 遮蔽前の視標追視時の眼球運動について

視標をみることができる-1sから0sのパーストではCP2に補足的なサッケードが1回認められたが、その他の対象者はスムーズなパーストが認められた。-1sと0sの眼球データから算出したパーストの眼球速度は、CP1が10.61deg/s、CP2が12.05deg/sであり、対照群M1、M2ともに12.41deg/sであり、全対象者が視標の実際の移動速度10deg/sより速かった。

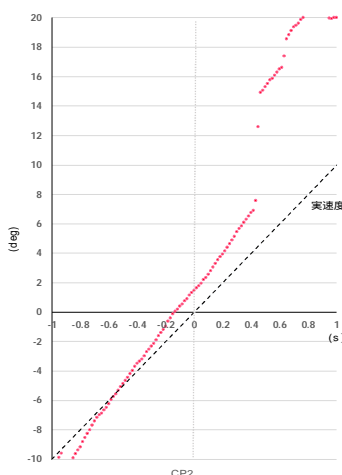


図8 水平眼球運動(CP2)

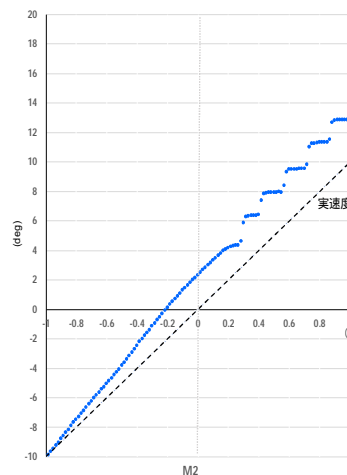


図9 水平眼球運動(M2)

2) 視標遮蔽後の視標予測時の眼球運動について

CP 群、対照群ともに視標がモニタ中央から遮蔽された 0s 後もおおむね遮蔽前と同様の速度でパーストを続け、その後サッケードが出現した。0s からサッケード出現までの時間は CP1 が 0.27s、が 0.42s、対照群の M1 が 0.28s、M2 が 0.38s であった。サッケードの様相は CP 群は 1~2 回のサッケードで遮蔽板の右端まで視線が移動した。これに対して、対照群は M1 が 3 回、M2 が 5 回のサッケードを繰り返す階段状の眼球運動が認められた。

表 1 パースト眼球運動速度とサッケード出現時間

	パースト眼球速度 (deg/s)	サッケード出現時間 (s)
CP1	10.61	0.27
CP2	12.05	0.42
M1	12.41	0.38
M2	12.41	0.28

3) 視標追視時および視標予測時の眼球運動速度について

図 9 に対象者の -1 からサッケード出現までの視標追視時の眼球運動速度および、サッケード出現から 1s までの視標予測時の眼球運動速度を示した。CP 群 2 名は、追視時の眼球運動速度に比してサッケード後の速度が 1.6~1.8 倍に増加したが、対照群は M1 が約 1.4 倍に増加し、M2 は追視時と予測時の速度がほとんど変わらなかった。

遮蔽された視標に対する眼球運動は障害のない成人が小さなサッカードを繰り返しながら徐々に移動し、視標追視時の眼球運動速度に近い特徴が認められたことに対して、CP 群は急激に遮蔽板の端まで移動する特徴が認められた。CP 群は遮蔽された視標の位置を眼球運動を活用して予測することが難しく、このことが検査 1 の予測時の位置錯覚量のばらつきの大きさに関連することが考えられる。

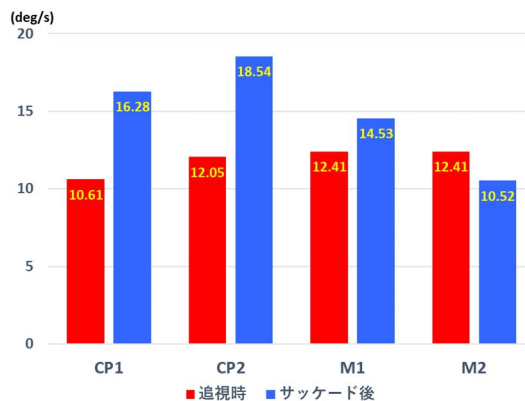


図 9 サッケード出現後の眼球運動速度

<参考文献>

Kanda, Y(2013) : Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics. Bone Marrow Transplantation, 48:452-458.
 竹市勝, 藤田欣也, 田中秀幸(2004) : 仮想環境を利用した自由落下物体の位置予測特性の解析. The Virtual Reality Society of Japan, 9(3) : 299-308.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 松浦孝明
2. 発表標題 肢体不自由者の移動する視標の追視時における視標消失後の眼球運動の特徴
3. 学会等名 第73回日本体育・スポーツ・健康学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松浦孝明
2. 発表標題 重度脳性まひ者の水中活動が筋緊張に及ぼす効果に関する検討
3. 学会等名 第28回大会日本アダプテッド体育・スポーツ学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ohshima, H., Nitta, O., Matsuura, T., Matsuda, T., Kusumoto, Y., Nishikawa, Y.
2. 発表標題 Six-wheel walker for children with cerebral palsy used in daily life
3. 学会等名 International Symposium of Asian Society for ASAPE 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 竹市勝・新井健之・松浦孝明・浅井泰詞
2. 発表標題 運動物体の認知・予測特性の縦断的加齢変化 - 3年後の認知・予測特性-
3. 学会等名 第76回日本体力医学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松浦孝明
2. 発表標題 肢体不自由児の歩行器活用のニーズと屋外移動・スポーツ活動での活用を目的に開発した歩行器の検証研究
3. 学会等名 第59回日本特殊教育学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 TAKAAKI MATSUURA
2. 発表標題 Characteristics of cognition and anticipation of moving objects in persons with cerebral palsy
3. 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松浦孝明
2. 発表標題 肢体不自由児の運動物体に対する位置認知・位置予測と眼球運動に関する研究
3. 学会等名 日本アダプテッド体育・スポーツ学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------