

令和 5 年 6 月 17 日現在

機関番号：20101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K01514

研究課題名（和文）発達障害児の頭部-眼球運動の協調性の特性と生活・学習上の課題との関連に関する研究

研究課題名（英文）A research of relate to head-eye movement cooperation and daily and/or learning activity in developmental disorder

研究代表者

仙石 泰仁（Sengoku, Yasuhito）

札幌医科大学・保健医療学部・教授

研究者番号：10248669

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,700,000円

研究成果の概要（和文）：日常生活活動における頭部-眼球運動協調性の関与を活動特性との関係から明らかにすることを目的とした。その結果机上での食事課題のような静的な動作と姿勢変換を伴う移乗動作のような動的な動作で眼球頭部協調運動のパターンが異なっていた。また、個体間で比較するために眼球運動・頭部運動の分担比をいう指標を基準とした分析方法を用いることで個体間の比較を行える可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

単純な追視と目的のある活動であるADL動作での眼球頭部協調運動のパターンが異なっていること、またADL動作でも机上での食事課題のような静的な動作と姿勢変換を伴う移乗動作のような動的な動作で眼球頭部協調運動のパターンが異なっているということが明らかとなり、協調運動障害を伴う様々な疾患でリハビリテーションを行う際の課題提示や方略指導の方法に一定の指針が示せる可能性がある。また、眼球運動・頭部運動の分担比という分析方法を取り入れることで、視覚探索や分類といった課題特性に応じた眼球頭部協調運動の個人間の比較が可能となり、これらの課題で困難さを認める対象者の生涯構造の分析に貢献できることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to clarify the relationship between head-eye coordination and activity characteristics in daily living activities. As a result, the patterns of coordinated eyeball-head movements differed between static motions such as eating on a table and dynamic motions such as transfer motions involving posture changes. In addition, it was suggested that comparison between individuals may be possible by using an analysis method based on the ratio of eye movement and head movement as a standard for comparison between individuals.

研究分野：作業療法学

キーワード：眼球・頭部協調性 日常生活活動 分担比

研究 1

1. 研究開始当初の背景

視覚による外界情報の取得と運動や活動との協調性について、上肢の到達運動や歩行・姿勢制御、書字・描画活動などの研究がこれまでも行われてきている(1~3)。その中でも対象物の補足とリーチ動作における研究では、ターゲットと被験者自身の位置関係を視覚により認識するだけでなく、指標と頭部の変位を視覚情報と統合していることが指摘され(4)、指標へ正確なリーチ動作を行うためには、眼球・頭部協調運動が重要な役割を果たしていることが報告されている(5)。これは指標と身体の動きの中で対象物を網膜像として安定させるためのメカニズムであると考えられる。しかし、これまでの研究ではこの機能についての適切な測定方法が確立されていないこと、日常生活の様々な動作を遂行する上での役割、発達障がいや神経筋疾患などで認められる協調運動障害との関連などについては不明な点が多い状況にある。

2. 研究 1 の目的

複数の動作要素の含む ADL 課題中の眼球・頭部協調運動の関与を明らかにする、

3. 研究 1 の方法

本研究では個人間で動作パターンの差が大きく出ず、また今回の実験機器で測定可能という観点から、座位姿勢で複数の動作単位が含まれる食事動作と、移動を伴い立位や座位など複数の姿勢へ変化する便座への移乗動作を課題として取り上げた、食事動作と移乗動作の 2 種類の動作における眼球・頭部運動の特徴を抽出し、眼球運動と頭部運動の開始時間、開始の順序性、眼球と頭部の運動量の面から検討した。

(1) 研究対象

健常成人 21 名(男性 11 名、女性 10 名)とした。平均年齢は 24 ± 1.8 歳、21 名中左利きの者が 3 名であった。

(2) データ収集の方法 / 機器

1) 机上での追視課題

眼球頭部協調運動の基礎となるデータを測定し、ADL 動作と比較するために頭部を固定し眼球のみで追視を行う課題(以下、眼球単独追視課題)、眼球運動を極力自己抑制し頭部で追従する課題(以下、頭部追従課題)、自由に指標を追従する課題(以下、自由追従課題)を実施した。眼球単独追視課題では、モニターの前に着座した姿勢を開始肢位とし、被験者は JINS MEME を装着してあご台にあごを乗せた。30cm 前方に設置したモニターに動くターゲットを表示し、そのターゲットを眼球のみで追跡するように教示を行った。ターゲットの動く幅は視角 20、30、40 度の 3 段階で提示し、0.25Hz の時間間隔で左右 1 往復するよう設定した。頭部追従課題でも眼球単独追視課題と同様の実験設定で実施し、被験者はあご台からあごを外し、眼球をできる限り動かさないようにしながら頭部運動のみでターゲットを追跡するように指示された。自由追従課題では眼球と頭部の運動を制限せずに、ターゲットの追跡を行うように教示した。すべての課題でターゲットが 10 往復完了するまで実施した。

2) ADL 動作課題

実験課題は食事動作と便座への移乗動作の 2 つとし、その試行順番は被験者ごとにランダムとした。課題実施前の準備として被験者はヘッドカメラ、JINS MEME を装着した。食事動作課題はテーブル(縦 57cm、横 85cm、高さ 70cm)の前に自然に着席してもらった姿勢を開始肢位とし、テーブルの下端(着座している側)から 5cm のところに縦 32cm、横 45cm のマットを敷き、そのマットの四隅に皿を配置し、それぞれの皿に一辺が 3cm の立方体型のスポンジを 1 つずつ入れた。被験者には開始の合図の後、皿からスポンジを箸でつまみ上げ、口元まで運び、そのまま箸を開いて真下の介護用エプロンの中にスポンジを落とすよう指示した。皿の順番は右下から反時計回りとし、終了は全てのスポンジをエプロンの中に落とし終わった時とした。皿は平皿(縦 7cm、横 7cm、高さ 3cm)と深皿(縦 9cm、横 9cm、高さ 6cm)の 2 種類とし、それぞれ 3 試行ずつ実施した。平皿と深皿の順番は被験者ごとに不規則とした。便座への移乗動作課題では便座に向かって直立に立った姿勢を開始肢位とし、便座までの距離は約 60cm とした。開始の合図の後、便座に着座した。着座した後、3 秒間閉眼し、その後開眼して立ち上がるよう指示した。立ち上がった後もまた 3 秒間閉眼して終了とした。便座の高さを 40cm と 55cm の 2 段階用意し、それぞれ 3 試行ずつ実施した。

3) 測定

測定時、装着しているヘッドカメラで被験者側から見た映像を撮影し、JINS MEME で頭部の加速度(LSB)、頭部の角加速度(LSB)、眼電図(μV)を記録した。

機器は JINS MEME (JINS 社製 JINS MEME ES-R)、ヘッドカメラ (Panasonic 製 HX-A1H)、デジタルビデオカメラ (SONY 製 HDR-CX485) の 3 つを用いた。デジタルビデオカメラで動作遂行中の様子を記録し、動作分析を行い課題動作に含まれる動作単位を分析した。

(3) データ分析 / 解析方法

眼電図と頭部の加速度のグラフより、眼球運動と頭部運動の潜時と各波形における電位の最大値と最小値の差を算出し、運動量の大きさとした。加えて、ADL 課題では課題動作の動作解析を行い、動作単位ごとの眼球・頭部運動の運動量の大きさや眼球運動・頭部運動の開始の順序性を求めた。今回対象とした動作単位は食事動作時の 右下の皿から右上の皿に移る、右上の皿から左上の皿に移る、移乗動作時の 方向転換と 立ち上がりとした。データの処理は、運動量の大きさについては机上での追視課題では 10 試行中 3 試行、ADL 課題では全 3 試行の平均値を採用した。潜時については、それぞれの試行でのタイミングと潜時の大きさについて分析を行った。分析については対応のある t 検定を用い、課題条件による比較（平皿 - 深皿、40cm 便座 - 55cm 便座）と動作単位による比較を行った。その際の有意水準は 5%とした。

4. 研究 1 成果

(1) 自由追従課題では測定データには個体差があるものの、角度の増加に伴って眼電位が増加し頭部の角加速度が減少する者、頭部の角加速度が増加し眼電位が減少する者がおり、個人によって追視パターンが異なるものが含まれていた。この結果からは自由追従課題では眼球単独追視課題や頭部追従課題に比べて、眼電位、頭部の角加速度共に減少しており、眼球・頭部が協調して動くことにより少ない運動量で指標を追従できていることが示唆された。

(2) ADL 動作での特徴 (図 1)

食事動作での全員の眼電位の平均値は平皿の右下から右上に移る際は $105.6\mu\text{V}$ 、右上から左上に移る際で $105.3\mu\text{V}$ であった。深皿では右下から右上で $107.9\mu\text{V}$ 、右上から左上で $115.6\mu\text{V}$ であり、皿条件・位置の両方で有意差は見られなかった。頭部の角加速度では、平皿の右下から右上で 2375.5LSB 、右上から左上で 3657.5LSB であり、深皿では右下から右上で 2635.3LSB 、右上から左上で 3736.0LSB となった。頭部の角加速度では、位置に関して有意差が認められた (平皿: $p < 0.001$, 深皿: $p = 0.002$)。

移乗動作 (図 2) での全員の眼電位の平均値は 40cm の高さの便座での方向転換で $264.9\mu\text{V}$ 、立ち上がりで $298.3\mu\text{V}$ であった。55cm の高さの便座では方向転換で $260.8\mu\text{V}$ 、立ち上がりで $333.8\mu\text{V}$ であった。眼電位では 55cm の高さの便座の方向転換と立ち上りの間で有意差が認められた ($p = 0.002$)。頭部の角加速度では、40cm の高さの便座の方向転換で 17248.3LSB 、立ち上がりで 5577.8LSB であった。55cm の高さの便座では方向転換で 18497.4LSB 、立ち上がりで 5941.4LSB となり、便座の高さに関係なく方向転換と立ち上りの間で有意差が認められた (40cm: $p < 0.001$, 55cm: $p < 0.001$)。

(3) 運動の開始の順序性

机上での追視課題では目が先行する者が視角 20 度では 17 名、視角 30 度では 14 名、視角 40 度では 18 名となり、潜時の差の範囲は 0.0 ミリ秒から 1320.0 ミリ秒までと個人による差がみられた。追視課題全体で眼球運動が先行している者と頭部運動が先行している者の人数の間には有意な差がみられた ($p = 0.040$)。食事動作では、平皿での右上から左上に行く際に眼球運動が先行する者が 14 名と最も少なく、眼球運動が先行する者が最も多かったのは深皿で右上から左上に行く動作で 19 名であった。潜時の差の範囲は 0.0 ミリ秒から 1590.0 ミリ秒となっていた。食事動作全体でも、追視課題同様に眼球運動が先行している人数と頭部運動が先行している人数の間に有意な差がみられた ($p = 0.009$)。移乗動作では、便座の高さ、動作単位に関係なく全被験者において頭部運動が先行しているという結果が得られた。潜時の差の範囲は 0.0 ミリ秒から 1300.0 ミリ秒であった。

ADL 課題におけるもっとも特徴的な結果は、課題間の違いによって眼球運動と頭部運動の生起順序が異なっている可能性が示されたことであると考えている、今回の結果では箸操作という机上で行う食事動作では眼球運動が先行し、姿勢変換を伴う移乗動作では頭部運動が先に生じていた、結果からは ADL 課題の中でも姿勢制御が含まれる課題と机上課題では眼球頭部協調運動の遂行戦略が異なっているのかもしれない、しかし、潜時自体には個体差があることや机上課題である食事動作では頭部運動が先に生じる対象者も含まれておりこれらの差異がどのような機能的な差異から生じているのか、また課題遂行結果にどのような影響を与えるのかという点については今後の検討が必要と考えられた、また、今回の分析は個体間の差異が大きくあくまで個人内の変化に基づいたものであり、疾病特性を分析するためには個体間分析が可能な分析方法の開発も必要であり研究 2 として実施した、

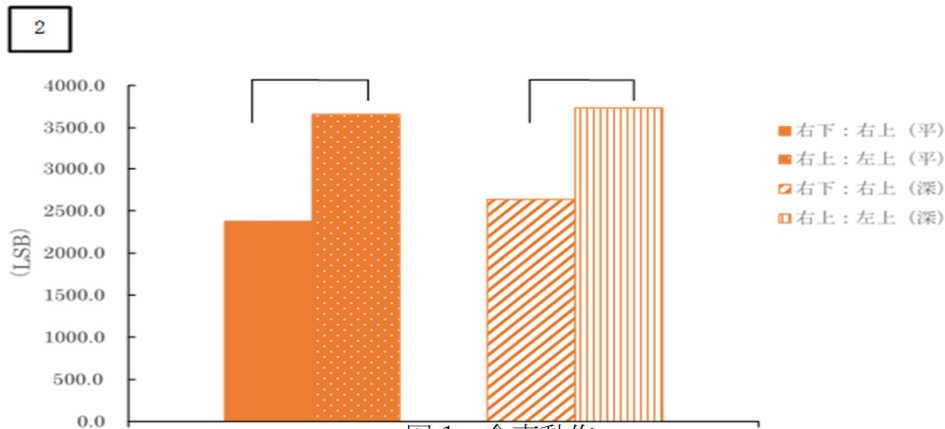
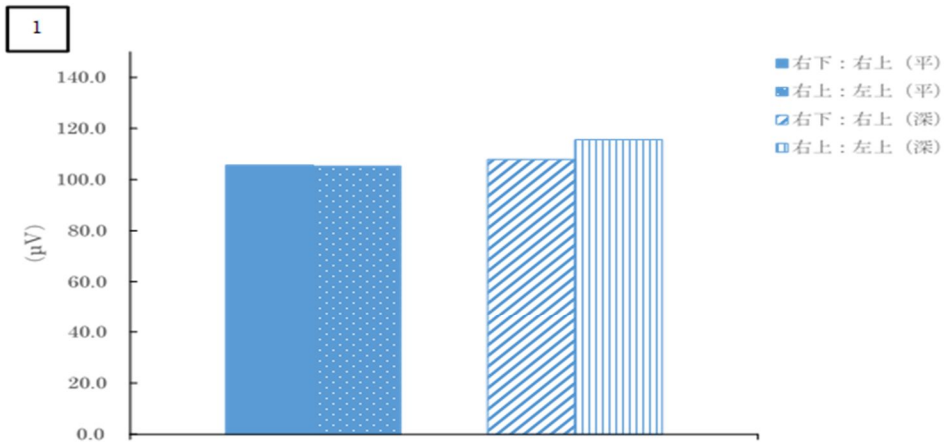


図1 食事動作

1:眼電位 2:頭部角加速度 *:p<0.05 **:p<0.001

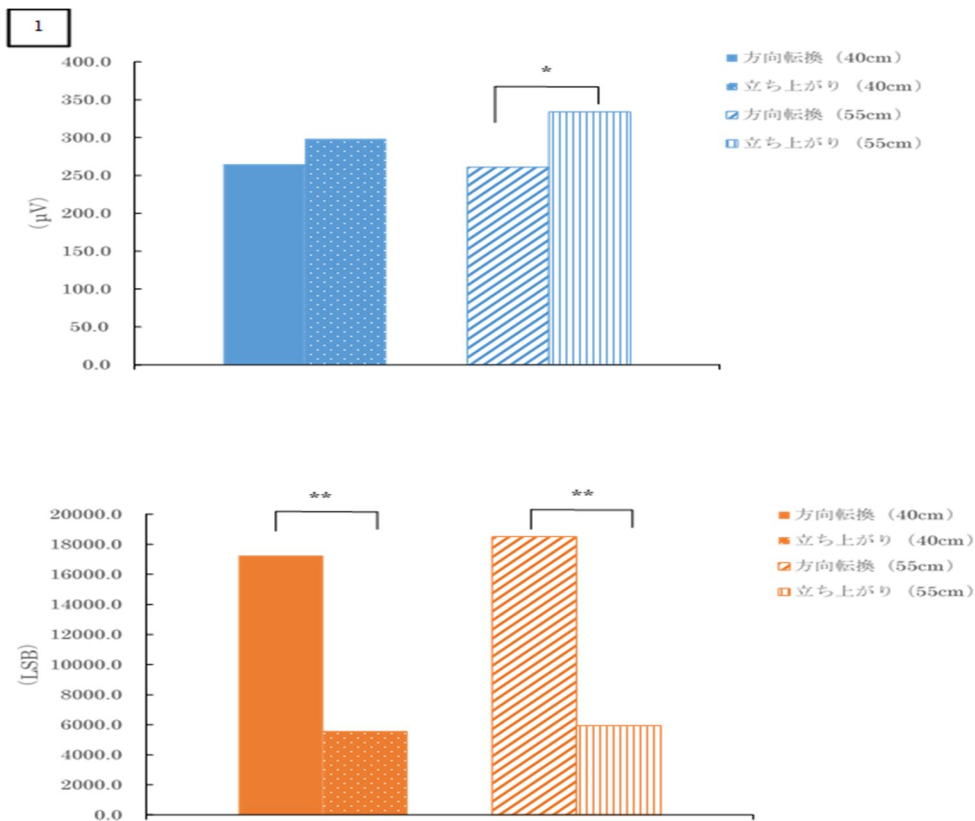


図2 移乗動作 動作単位による比較

1:眼電位 2:頭部角加速度 *:p<0.05 **:p<0.001

研究 2

1. 研究開始当初の背景

研究 1 より眼球・頭部運動は課題特性に応じて協調性方略に違いがある可能性が示唆されている,しかしながら,眼電位図を用いた測定では個体差が大きいことや動きに伴うノイズの混入によりデータ収集が困難となることが頻発した,そこで,研究 2 として近赤外光による眼球運動解析と視野カメラ画面を合成し視野映像内の視線移動を測定する機器と,頭部運動を 3 軸角加速度センサーにより測定し,安定したデータ収集と個体間の比較が可能となる測定方法の開発が必要である,

2. 研究 2 の目的

眼球・頭部協調性の機能的特性を個体間で分析するための新たな分析方法を開発することを目的とした,

3. 研究 2 の方法

単純な追視課題における視覚運動と頭部運動の課題中の分担比を基準として,課題毎の特性を個体間で比較する,用いた課題は水平方向に視角 30° で反復移動する指標の追視を行う追視課題,検者が読み上げる数字に合わせてモニター上の数字を探索する視覚探索課題,モニター中央に表示されるターゲットの色を確認した後に,該当する箇所の指差しする分類課題を実施した.分析は基本的な眼球頭部協調運動である追視課題時の眼球運動・頭部運動分担比を算出し,各課題でその比に対する相対値を求めた.対象は健常成人 5 名(男性 3 名,女性 2 名)とした.平均年齢は 28±2.3 歳であった.測定には,眼球運動は TalkEye Lite(竹井機器工業株式会社),頭部運動は小型 3 軸加速度センサ(共和電業 AS-1TG)を頭部に到着するバンダナに固定し測定した,

4. 研究 2 成果

個々人の追視課題を基準とした眼球運動・頭部運動分担比では,視覚探索課題において 1.11/1.89(頭部 X 軸/頭部 Y 軸),分類課題において 0.47/0.70(頭部 X 軸/頭部 Y 軸)となり,視覚探索課題と分類課題での大きな値の違いが認められた.この結果からは視覚探索課題は頭部運動優位,分類課題では視覚運動優位の方略を共通して取っていることが推測され,課題特性に応じた協調性のメカニズムがあることが示唆された.これは視覚探索課題ではすばやい予測が必要な際や正答率を上げるために頭部運動が先行 6) すること,認知負荷の増大する状況では眼球運動が増加する 7) といった先行研究における知見とも一致する結果であった.

参考文献

- 1) 福井隆雄,乾敏郎:視覚情報の到達把持運動に及ぼす影響.Cognitive Studies9:487-500,2002
- 2) 村瀬研一,斉藤進,塚原進:視覚と姿勢制御.Society of Biomechanisms Japan:149-156,1978
- 3) 永田隆信,石田明允,福岡豊他:直立姿勢制御における視覚系の役割.医用電子と生体工学 39:95-101,2001
- 4) 杉山真人,宮辻和貴,椿武他:捕捉行為におけるターゲットとの協調性と頭部の先行運動.体育学研究:1-16,2017
- 5) Biguer,B.,Prablanc,C.,and Jeannerod,M.:The contribution of coordinated eye and head movements in hand pointing accuracy. Experimental Brain Research55:462-469,1984
- 6) 杉山真人,宮辻和貴,椿武,荒木雅信.捕捉行為におけるターゲットとの協調性と頭部の先行運動.体育学研究 63 : 49-64 , 2018
- 7) 村瀬健二,武田雄策,原利宏,金子寛彦.自動車運転時の周辺対象認知における頭部と眼球運動. TVRSJ23 : 207-216 , 2018

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 秋田谷結奈, 中村裕二, 中島そのみ, 大柳俊夫, 仙石泰仁	4. 巻 3
2. 論文標題 眼球・頭部協調運動から見た新たな日常生活動作評価の試み	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 作業療法の実践と科学	6. 最初と最後の頁 31-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.32151/psot.3.2_31	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 秋田谷結奈, 中村裕二, 中島そのみ, 大柳俊夫, 仙石泰仁
2. 発表標題 眼球-頭部協調運動における課題特性による違い-眼球運動・頭部運動分担比に着目して
3. 学会等名 日本作業療法学会
4. 発表年 2023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
---------	---------