

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：32620

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11265

研究課題名（和文）認知症早期検出に向けた脳内ネットワーク機能の定量化と歩行変動評価に関する研究

研究課題名（英文）Study on quantification of brain network function and evaluation of gait variability for early detection of dementia

研究代表者

真壁 寿 (MAKABE, Hitoshi)

順天堂大学・保健医療学部・教授

研究者番号：60363743

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、視覚情報を断続的に遮断した際の歩行パラメータ（歩行速度、歩行率、ステップ長）と脳波筋電図コヒーレンスの変化を明らかにする事である。遮断率は0%、30%、70%とした。脳波筋電図コヒーレンスはCz部位と前脛骨筋のコヒーレンス（Cz-TA Coh）とした。視覚情報の断続的遮断は歩行パラメータに影響を与えず、 β 帯域のCz-TA Cohに影響を与えた。若年健常成人は遮断率が高くなるとCz-TA Cohを低下させ、地域在住高齢者はCz-TA Cohを増加させる傾向があった。この違いは歩行時の注意要求量の差から生じるものと考えられ、 β 帯域のCz-TA Cohはその有益な指標と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

軽度認知機能障害（Mild Cognitive Impairment, MCI）は認知症発症前に出現すると言われているが、その出現の12年も前から歩行スピードや歩幅が減少するといわれている。外界を認知し、姿勢をコントロールする能力、すなわち視覚と運動の脳内ネットワークの低下がひとつの原因とされている。本研究はこの点に注目し、視覚情報を断続的に遮断した際に出現する脳内ネットワーク機能の低下を歩行時の脳波筋電図コヒーレンスから評価し、その有益な評価指標を提唱するものである。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to determine the changes in gait parameters (gait speed, gait rate, and step length) and EEG-EMG coherence when visual information was intermittently interrupted. The percentage of visual information interrupted was 0%, 30%, and 70%. EEG-EMG coherence was defined as coherence at the Cz site and in the tibialis anterior muscle (Cz-TA Coh). Intermittent blockade of visual information did not affect gait parameters but affected Cz-TA Coh in the beta band. Young healthy adults decreased Cz-TA Coh with increasing interception rates, while older adults living in the community tended to increase Cz-TA Coh. This difference was thought to result from differences in attentional demands during walking, and Cz-TA Coh in the beta band was considered a useful indicator of this.

研究分野：リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：認知症 歩行 変動 視覚情報 遮断 脳内ネットワーク 脳波筋電図コヒーレンス 注意

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国では認知症患者が急増しており、認知症高齢者数は2012年には約462万人、その予備軍である軽度認知機能障害 (Mild Cognitive Impairment = MCI) は400万人と推定されている。また、この数は高齢化の進展に伴いさらに増加が見込まれており、現在利用可能なデータに基づいた新たな推計によると、2025年には認知症患者は約700万人前後になり、65歳以上高齢者に対する割合は、現状の約7人に1人から約5人に1人に上昇する見込みである。このような背景を鑑みると、認知症に対する対策が急務である。

認知症発症の前に MCI が出現するが、これらの徴候が現れてから認知症予防対策をするのでは遅く、より早い段階から身体徴候を捉える必要がある。2017年の疫学研究によれば、MCI が出現する12年前から歩行スピードや歩幅が低下する。これらの現象は、外界を感知し姿勢をコントロールする能力、即ち『視覚と運動の脳内ネットワーク機能の低下』がひとつの原因と考えられ、この特徴的な現象を客観的に検出し、認知症の発症に繋がる身体徴候を早期に捉えることがその予防対策に貢献すると考える。そこで、本研究の目的を「歩行時の視覚と運動の脳内ネットワーク機能の低下」を早期に検出する手法を開発し、その基礎的なデータを示すことにある。

2. 研究の目的

本研究では視覚情報を断続的に遮断し、その際の歩行パラメータの変化 (歩行速度、歩行率、ステップ長、スケーリング指数) 脳波筋電図コヒーレンス (頭部 Cz と前脛骨筋 TA のコヒーレンス、以下 Cz-TA Coh) による視覚と運動の脳内ネットワーク機能の定量化する。以下の2点を明らかにすることを目的とした。

(1) 視覚情報の断続的な遮断に鋭敏に反応する歩行パラメータを同定し、年齢による差を明らかにする。

(2) 視覚情報の断続的な遮断に鋭敏に反応する Cz-TA Coh の周波数帯域を同定し、その最大コヒーレンス値の年齢による差を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 対象は整形外科及び脳神経外科的疾患を有しない若年成人20名 (平均年齢21歳) 地域在住高齢者20名 (平均年齢71歳) とした。1周20mの8字歩行路を快適歩行速度で10分間の歩行を行った (図1)。

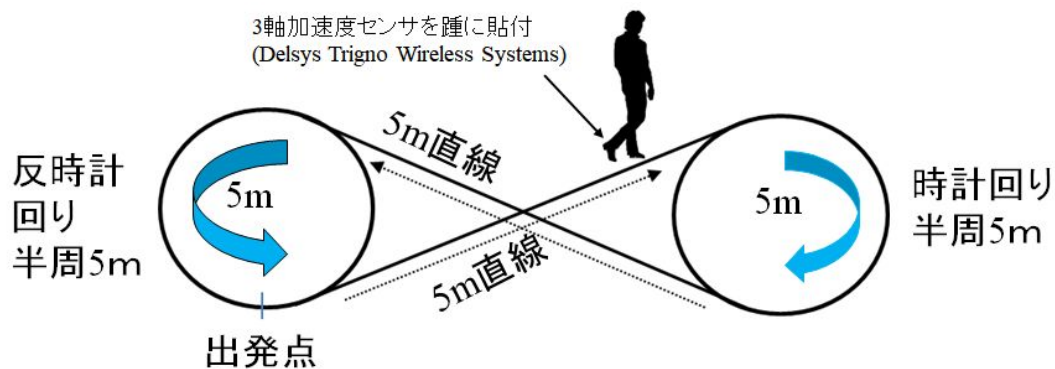


図1 20m距離の8字歩行路

歩行時の視覚情報の遮断はアプシエイト社製 Visionup (AthleteVA11-AF) のストロボ眼鏡を用いた。ストロボ点滅回数 10Hz に設定した。歩行時の視覚情報の遮断条件は、視覚情報の遮断なし (duty ratio 0%、以下 DR0) 視覚情報の遮断率 30% (duty ratio 30%、以下 DR30) 視覚情報の遮断率 70% (duty ratio 70%、以下 DR70) とした (図2)。

Delsys 社製の 3 軸加速度センサを踵に貼付し、その垂直成分からストライドインターバル時間の時系列データを求めた。600 ポイントの時系列データを対象に、トレンド除去法 (Detrended Fluctuation Analysis、以下 DFA) にてスケーリング指数 (Scaling Exponent、以下 SE) を求めた。また、10 分間の快適歩行中のステップ数、移動距離を計測し、歩行速度、歩行率 (ケージンス) ステップ長を求めた。有意水準 5% で各視覚情報の遮断率において、求めたパラメータの群間及び群内比較を行った。

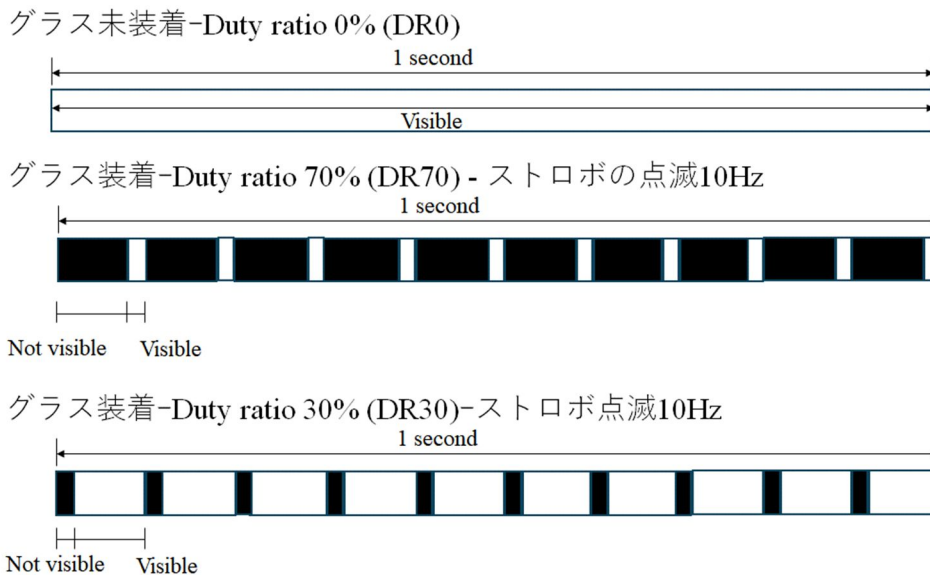


図2 ストロボグラスのDuty ratioと視覚情報

(2) 対象は整形外科及び脳神経外科的疾患を有しない若年成人 12 名 (平均年齢 21 歳)、地域在住高齢者 12 名 (平均年齢 71 歳) とした。対象者は 1 周 20m の 8 字歩行路を快適歩行速度で 10 分間の歩行を行った。歩行時の視覚情報の遮断はアプシエイト社製 Visionux (AthleteVA11-AF) のストロボ眼鏡を用いた。ストロボ点滅回数 10Hz に設定した。歩行時の視覚情報の遮断条件は、視覚情報の遮断なし (duty ratio 0%、以下 DR0)、視覚情報の遮断率 30% (duty ratio 30%、以下 DR30)、視覚情報の遮断率 70% (duty ratio 70%、以下 DR70) とした。これらの 3 つの視覚情報の遮断率での歩行において、頭部 (Cz) から脳波 (EEG)、右下肢前脛骨筋 (TA) から筋電図 (EMG) をサンプリング周波数 200Hz で同時測定した。Cz-TA Coh は Welch 法を用い、ウィンドウ幅 256 ポイント、オーバーラップ 128 ポイント、分解能 1Hz で行った。Cz-TA Coh の値は、帯域 (13-30Hz) での最大ピークで評価し、95%信頼区間より大きな値を有意なピーク値として採用した。また、10 分間の快適歩行中のステップ数、移動距離を計測し、歩行速度、歩行率 (ケードインス)、ステップ長を求めた。有意水準 5% で各視覚情報の遮断率において、求めたパラメータの群間及び群内比較を行った。

4. 研究成果

(1) 視覚情報を断続的に遮断した際の歩行パラメータの変化は以下となった。図 3 にその結果を示す。歩行速度、歩行率は視覚情報の断続的な遮断によって、若年成人、地域在住高齢者とも有意な差がみられなかった (図 3-1、図 3-2)。ステップ長は DR70 において若年成人と比較してわずかに低下していた (図 3-3)。ストライドインターバル時間の SE は遮断なし (グラス未装着 DR0)、グラス装着 DR30 及び DR70 の 3 条件において、若年成人に比べ、地域在住高齢者で有意に低下していた (図 3-4)。

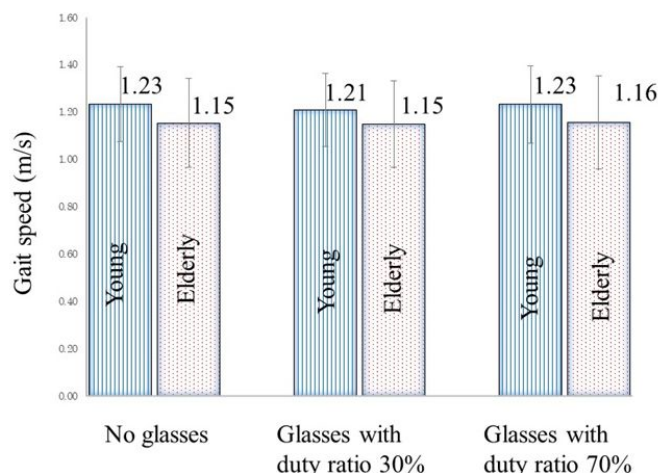


図3-1 視覚情報の遮断における歩行速度の変化

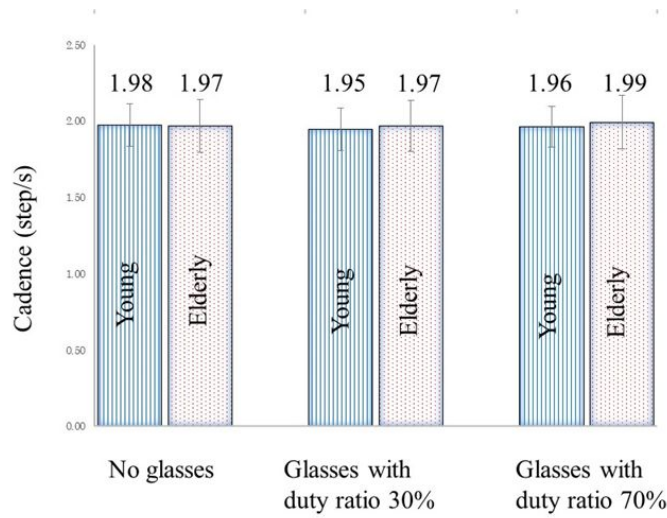


図3-2 視覚情報の遮断における歩行率の変化

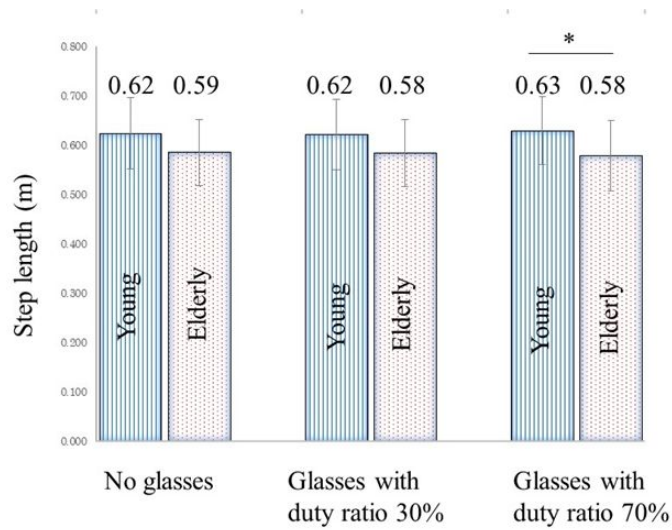


図3-3 視覚情報の遮断における歩行率の変化

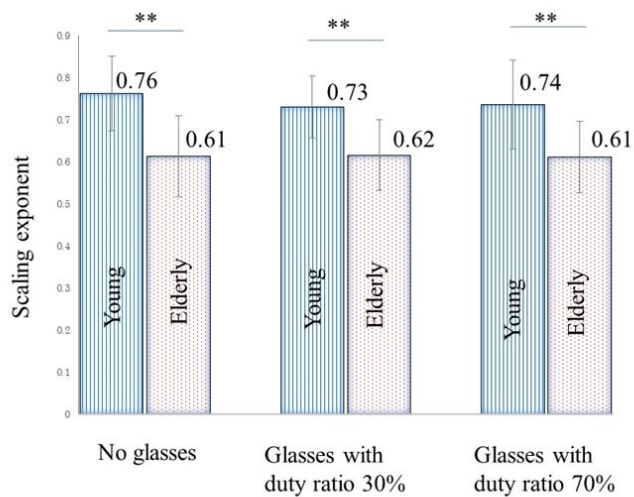


図3-4 視覚情報の遮断におけるスケーリング指数 α ($SE\alpha$) の変化

(2) 若年成人及び地域在住高齢者において、視覚情報の遮断条件による歩行パラメータ(歩行速度、歩行率、ステップ長)の群間及び群内の差は無かった(表1)。また、視覚情報の断続的な遮断によるCz-TA Cohは、 β 帯域(13Hz~30Hz)で変化がみられた。若年成人では遮断無し比べ、DR70の遮断率でその値が有意に減少した(図4-1)。一方、地域在住高齢者の β 帯域のCz-TA Cohは増加する傾向にあったが、有意な変化がなかった(図4-2)。

表1 視覚情報の断続的な遮断における歩行パラメータの変化

	Young persons			Old persons		
	Duty ratio 0	Duty ratio 30	Duty ratio 70	Duty ratio 0	Duty ratio 30	Duty ratio 70
Speed (m/s)	1.1 ± 0.1	1.1 ± 0.1	1.1 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.2 ± 0.1	1.1 ± 0.3
Walking rate (steps/s)	1.9 ± 0.1	1.8 ± 0.1	1.9 ± 0.1	2.0 ± 0.2	2.0 ± 0.2	2.0 ± 0.2
Step length (m)	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.1

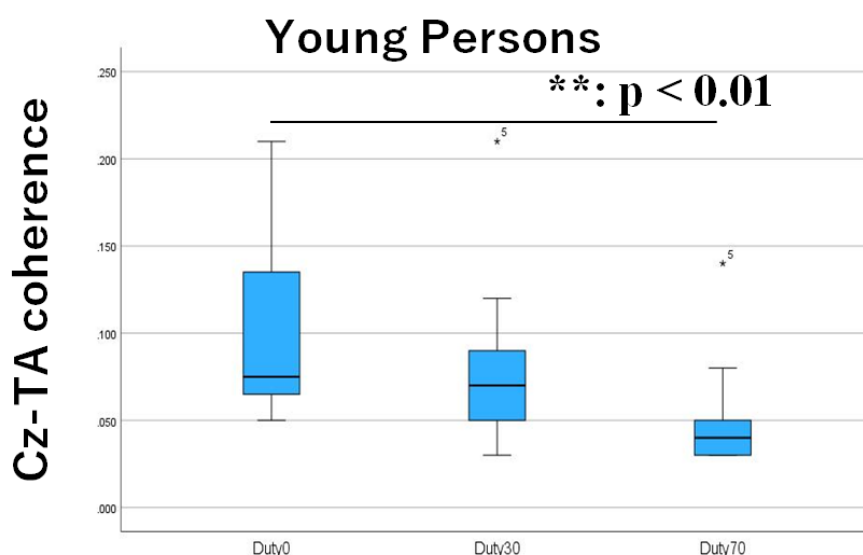


図4-1 若年成人の β 帯域におけるCz-TA Coherenceの変化

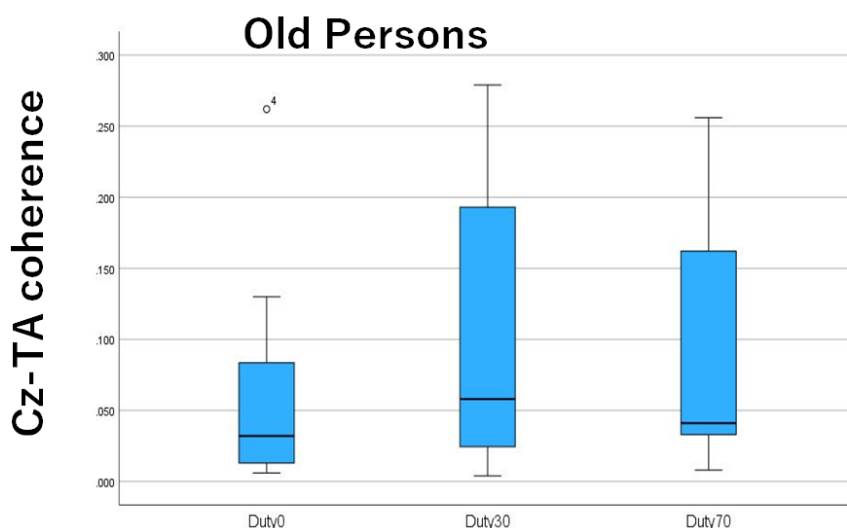


図4-2 地域在住高齢者の β 帯域におけるCz-TA Coherenceの変化

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 Kaneko Kenichi, Makabe Hitoshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Correlation Between Skin Autofluorescence and Muscle Activities of Lower Limb in Aging Without Disease and Disability	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Gerontology and Geriatric Medicine	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/23337214221140225	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3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hitoshi Makabe, Ai Ogawa, Misuzu Awano, Eizaburo Suzuki, Kenichi Kaneko
2. 発表標題 Difference of Influence of Intermittent Blocking of Visual Information on Walking Parameters and Cortico-muscular Coherence between Young Persons and Old Persons
3. 学会等名 International Society of Posture and Gait Research（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Hitoshi Makabe, Ai Ogawa, Misuzu Awano, Kenichi Kaneko
2. 発表標題 Influence of Intermittent Blocking of Visual Information on Corticomuscular Coherence during Walking
3. 学会等名 Congress of International Society of Biomechanics（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hitoshi Makabe, Kazuya Miyazawa, Akihiro Iwai, Hideto Kanzaki, Kenichi Kaneko
2. 発表標題 Characteristics of Stride Time Interval Fluctuations Before and After Knee Arthroplasty
3. 学会等名 International Society of Electrophysiology and Kinesiology（国際学会）
4. 発表年 2020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
研究 分担 者	鈴木 栄三郎 (SUZUKI Eizaburo) (20823298)	山形県立保健医療大学・保健医療学部・助教 (21501)	

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
---------	---------