

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K12149

研究課題名(和文) 近見に起因する立体視不全・心身疲労の発生機構の解明と回復法の研究開発

研究課題名(英文) Elucidation of the mechanism of stereopsis insufficiency and mental and physical fatigue caused by near vision and development of recovery methods for them

研究代表者

高橋 智 (TAKAHASHI, Satoshi)

岡山大学・ヘルスシステム統合科学学域・准教授

研究者番号：20236277

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)：本研究は、眼科疾患のないVDT(Visual Display Terminals)作業者と若年者に両眼立体視不全が起きやすい事実を、行動学的、認知科学的手法を用いて究明し、機能回復方法を見いだすことを目的に行ったものである。

両眼視簡易検査器(OPUS OF II)を用いた大規模検査によって、若年者の6割近くが両眼立体視不正解者に該当することが分かった。また奥行き弁別において、単眼奥行き手がかりの影響を受けやすい被験者が不正解者に多く、そのうち繰り返し実験で正しく奥行きが判断できるようになる被験者がいることが分かった。このことから、被験者に応じた訓練を実施することが重要であることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

急速なIT化によって若年者から高齢者までVDT作業が日常化し、眼精疲労、肉体的・精神的疲労が大きな社会問題になっている。本研究は、視線移動、焦点合わせの両眼協応作業を必要とする両眼立体視の、特に若年者の機能回復を目指し、両眼立体視不全となる原因を解明しようとしたものである。奥行認知に係る手掛かりの影響を受けて正しく奥行きが判断できない被験者に対して繰り返し検査を実施することによって回復することが明らかになったことから、適切な回復方法を調査し実施することによって、VDT作業に伴う問題を解決できる可能性があることが分かったことは学術的、社会的に大きな意義がある。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to investigate the fact that VDT (Visual Display Terminals) workers and young people without ophthalmologic diseases have difficulty with binocular stereopsis using behavioral and cognitive science methods, and to find a method of functional recovery.

Large-scale testing using the OPUS OF II (Binocular Stereopsis Simplified Test Instrument) revealed that about 60% of young people have incorrect binocular stereopsis. In depth discrimination, it was also found that many subjects who are more susceptible to monocular depth cues are more likely to be incorrect, and some of them will be able to correctly judge depth in repeated experiments. This indicates that it is important to conduct training that is appropriate for each subject.

研究分野：認知科学

キーワード：両眼立体視 立体視不全 VDT 近業作業 運動協応 回復 単眼立体視

1. 研究開始当初の背景

IT化が急速に進展し、職場や学校に広く VDT(Visual Display Terminals)が導入され使用者が急速に増大する状況の中、VDT 作業の継続による眼精疲労、視力低下、肉体的・精神的疲労が大きな社会問題になっている[1],[2]。William ら[3]の結果と比較しても、VDT 作業は日常生活の視線移動と比べて極端に近距離に長時間固定される作業である。対策として、厚生労働省による VDT 作業ガイドラインが定められているが、VDT 作業が与える視機能等への悪影響の様態と理由の詳細については未解明で、機能回復のための有効な方法は未だ確立されていない。

この問題に対して中川ら[4]-[6]は、VDT 業務や視覚精密検査業務従事者 129 名のうち、奥行き判断に過誤を起こす者(両眼立体視不全者)が 50%で、しかも不全者の大半が若年者(20~30代)と報告している。若年者に立体視不全が多い原因は携帯端末等の長時間の使用のためと考えられるが、この点についてこれまで詳しく調べられていない。

2. 研究の目的

本研究は、眼科疾患のない VDT 作業者と若年者に両眼立体視不全が起きやすい事実を、視覚機能に異変が生じるためと捉え、これまで見落とされてきた視覚の根本的機能である「両眼立体視」・「視覚運動協応」に焦点を当て、VDT 作業が与える負の影響の様態と発生メカニズムを行動学的、認知科学的手法を用いて究明し、機能回復方法を見いだすことにある。

3. 研究の方法

本研究では、(1) 立体視能力の大規模調査、(2) 両眼立体視機能検査、(3) 奥行き手掛かりによる奥行き弁別能力測定と回復効果の検証について実施した。

(1) 立体視能力の大規模調査

中川ら[4]-[6]の報告以降さらに携帯電話やスマートフォン、PC 等の普及によって、長時間の近見作業が日常的に行われるようになってきている。はじめに、中川らの報告から 20 年経過した後の若年者の奥行き知覚能力の変化を、両眼視簡易検査器による大規模検査を実施することによって確かめた。

実験には、ワック社製の OPUS OF II(以下 OPUS)を使用する。正常な両眼奥行き認知能力の人では、それぞれ被験者側から犬、蝶、魚の順に奥行きを知覚する。この刺激を 2 秒間、プランクを 1 秒間提示し、奥行き順序を被験者が回答するまで繰り返す。

被験者を任意に募集し、本人の了解を得たうえで検査を行った。検査は 2 年 6 か月間かけて合計 693 名に対して行った。内訳は 10 歳代が 322 名、20 歳代が 310 名、30 歳以上が 50 名であり、男性 85%、女性 15%、また右側利き目が 67%、左側利き目が 31%、両眼が利き目と回答した被験者が 2%であった。初めに年齢、性別、視力、利き目、携帯電話・PC の一日の使用時間についてのアンケートに答えてもらったのち、検査を実施した。また実験前に被験者全員に視機能について口頭で異常がないことを確かめている。

(2) 両眼立体視機能検査

両眼立体視機能に影響を与える視機能について、OPUS による両眼立体視奥行き判断の正解者 8 名と不正解者 11 名について検査を行い、両群の違いの有無について確認する。検査は視力、眼位検査、自覚的調節力、他覚的調節力を岡山大学病院眼科外来診療室にて実施した。

また両眼立体視による奥行き弁別能力を調べるために、図 1 の装置を用いて実験を行った。これは被験者正面に置いた左右 2 枚ずつのミラーによって左右の視線を分割し、同一モニタ上の 2 画像を分離して左右眼で見ることが出来る装置である。同一モニタ上に刺激を提示することから、左右の画像位置、輝度の調節が容易である。モニタは EIZO 社の ColorEdge CG248-4K(有効モニタサイズ:横 621mm、縦 443mm)であり、横 3840pixel、縦 2160pixel であることから、画素サイズは 138 μ m である。被験者からモニタまでの光路長は 333mm である。被験者には 2D の矯正レンズを装着してもらうことにより、視距離は 1m となる。サブピクセル補間を行わない状態で提示できる奥行きの両眼網膜像差は 65"である。したがって左右画像を 1pixel 単位で移動させることによって、奥行き弁別能力を十分に測定することができる。

実験には奥行きの異なる 3 個の正方形(縦横それぞれ 3.75 $^{\circ}$)を、中心画像に対して左右 10.5 $^{\circ}$ の偏心度の位置に同時に提示する。左右の画像の網膜像差は 700"で固定しており、中央の画像を 1pixel 毎に位置を移動させて両眼立体視による奥行きを段階的に変える。被験者は左右の画像に対して中央の画像が奥か手前かを判断し、強制 2 選択によってキーボードを押して判断する。実験には恒常法を用い、中央画像の網膜像差毎に、被験者が左右画像に対して中央画像を手前と判断した割合をロジスティック関数で近似し、近似曲線から得られる主観的等価点(50%)に対する四分位偏差(75%と 50%と判断したとみなせる両眼網膜像差の大きさ)を閾値とした。

この実験は、OPUS での正解者 5 名、不正解者 11 名に対して行った。全員 20 歳代で平均年

年齢は 21.8 歳であった。

(3) 奥行き手掛かりによる奥行き弁別能力測定と回復効果の検証

奥行き手掛かりによる奥行き弁別能力測定実験は、OPUS と同様の画像を同じように配置した基準画像に対し、大きさ、配置、画像の種類などを変更し、奥行き順序を回答してもらうものである。実験では、(A) 両眼網膜像差(犬の画像の両眼網膜像差を 400"、700"、1300" の 3 種類)、(B) 犬の画像の大きさの恒常性(OPUS の画像に対して犬の大きさだけを 70% と 140% に変更)、(C) 配置による遠近法(刺激の並びを横一列、および OPUS の画像と逆向きの対角線上の配置の 2 種類)、および(D) 画像の配置による大きさの恒常性と遠近法の影響(提示する画像の並びの順番の変更)について、それぞれ調べる。

1 セッション内で全ての種類の刺激をランダムな順番で 2 回提示した後、休憩してもらう。このセッションを 3 回繰り返して行う。

本実験には、合計 26 名の被験者が参加した。まず 1 回目のセッションで基準画像、および犬の大きさを 70% とした刺激に対して不正解だった被験者 11 名について、3 回目のセッションでこれらの刺激に対する奥行き判断が正解であった被験者を被験者群 A、3 回目のセッションにおいても不正解だった被験者を被験者群 B として、それぞれの条件における正答率の繰り返しによる変化を評価する。

4. 研究成果

(1) 立体視能力の大規模調査

被験者の年代ごとに正解者と不正解者の割合を示したものが図 2 である。10 歳代、20 歳代は中川ら [4]-[6] も報告しているように、不正解者が 50% 以上となっている。これに対して 30 歳以上では不正解者は 25% 程度であり、20 歳代以下と比べて明らかな違いが表れている。この結果より、両眼立体視画像による奥行き判断では若年者の方が不正解となりやすいことがわかる。

年齢については 20 歳代以下と 30 歳代以上で大きな差がみられた。しかし他の性別、利き目、視力、スマートフォン・PC の一日の使用時間の条件については、条件間で有意な差は見られなかった。

また不正解者の間違いについて調べたところ、犬の奥行きを間違える回答が多かった。このことから、犬の画像による大きさの恒常性、または並びによる遠近法という単眼奥行き手掛かりが大きく影響している可能性が示唆される。

(2) 両眼立体視機能検査

岡山大学病院眼科外来診療室で行った視機能検査(視力、眼位検査、自覚的調節力、他覚的調節力)について、OPUS による奥行き判断の正解者群と不正解者群の間に有意な差は見られなかった。眼位も 5 程度の外斜位傾向を示す被験者が正解者群、不正解者群ともに存在するが、有意な差は見られなかった。

両眼立体視機能検査において、正解者群で 1 名、不正解者群で 3 名で弁別閾値が 100" を越えているが、他の被験者はほぼ 60" 以下であり、本検査装置で提示できる両眼網膜像差の分解能程度またはそれ以下の弁別閾値となっている。このことから、正解者群と不正解者群の間で差がないといえる。またステレオフライテストによる両眼立体視機能検査も実施したが、不正解者 1 名が 50" で、他は全員、最小立体視角である 40" であった。

したがって OPUS で見られた奥行き判断を間違える原因としては、両眼奥行き手掛かりの判断の違いが影響していると考えられる。

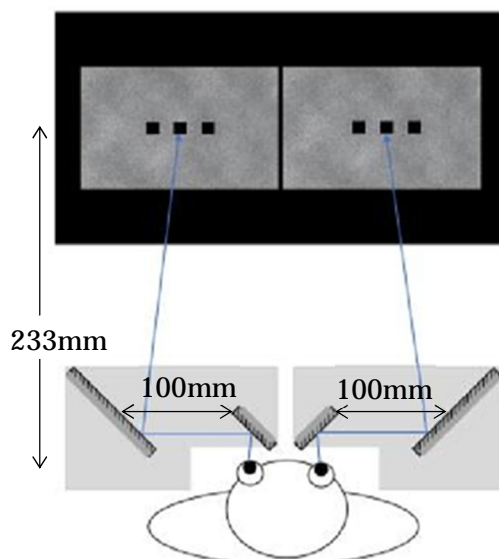


図 1 両眼立体視奥行き弁別域測定装置の概要。左右眼用の 2 組のミラーを用いて視線間隔を広げ、1 台のモニターで両眼用の分離画像を提示する。

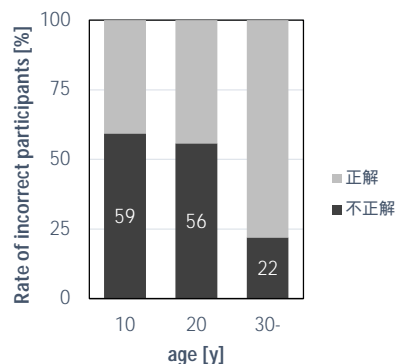


図 2 年代ごとの正解・不正解の割合

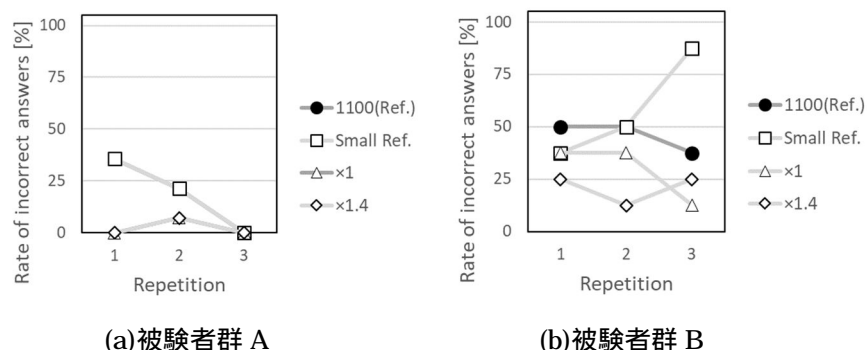


図3 繰り返し実験によって、両眼奥行き認知能力が改善した被験者群 A と改善しなかった被験者群 B の比較

(3) 奥行き手掛かりによる奥行弁別能力測定と回復効果の検証

種々の条件の中で、(B)の犬の画像の大きさを変えた刺激を提示したときの、それぞれの被験者群の正解率の繰り返しによる変化を、図3に示す。(a)は被験者群 A、(b)は被験者群 B の結果である。1回目で基準画像と基準画像の0.7倍の画像(Small Ref.)に対する不正割合が高いが、3回繰り返しことによって、(a)では全検査において正解となっている。しかし(b)については、3回の繰り返しにおいて条件ごとに不正割合が変化するものの、被験者群 A のように不正割合が低下する傾向は見られない。また3回繰り返ししても140%($\times 1.4$)の画像に対しての奥行き判断も正しく行えていない。しかし被験者群 B の被験者において、チトマスステレオテストでは立体視機能に問題がないことから、立体盲と言われる何らかの影響で両眼立体視が困難になっている状況ではなく、複数の単眼奥行き手掛かりを優位に用いているということが考えられる。

両眼立体視機能の違いは、日常生活において困難をきたすレベルではないものの、将来何らかの影響を及ぼす可能性がある。特に日常生活で単眼視の傾向がある被験者に眼精疲労などの症状が現れやすいことから、両眼をバランスよく用いるように訓練することが望ましい。家庭、学校、社会の至る所にVDT機器が存在する現代社会において、両眼視機能を詳しく調べ、両眼協応機能を回復させることが、ますます重要になると考えられる。

< 引用文献 >

- [1] 厚生労働省, "VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン(平成 14 年 4 月 5 日)", (2002).
- [2] Davide Gadia, Gianfranco Garipoli, Cristian Bonanomi, Luigi Albani, Alessandro Rizzi, "Assessing stereo blindness and stereo acuity on digital displays". Displays, 35, pp.206-212, (2014).
- [3] William W. Sprague, Emily A. Cooper, Ivana Tomic, Martin S. Banks, "Stereopsis is adaptive for the natural environment", Science Advances, 29 May, Vol. 1, No. 4, e1400254, (2015)
- [4] 中川皓夫, 江島義道, 魚里博, 名和良晃, "企業内近業従事者の両眼立体視不全の報告", 第 47 回 日本産業・労働・交通眼科学会, p.38, (2005).
- [5] 名和良晃, 中川皓夫, 神崎麻美子, 西智, 中塚三恵子, 原嘉昭, 江島義道, 魚里博, "Temporal Youth Peripheral Stereoagnosia (若年近業者に見られる周辺両眼立体視低下の報告)", 日本眼科学会, 2-9-3-2, (2006).
- [6] Yoshiaki Nawa, Akio Nakagawa, Yoshimichi Ejima, Mamiko Kanzaki, Yoshiaki Hara, Hiroshi Uozato, "High Percentage of peripheral stereoagnosia in the youth engaged in near work (Temporal Youth Peripheral Stereoagnosia)", ARVO, (2006).

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 Qingqing Li, Qing Wu, Yiyang Yu, Fengxia Wu, Satoshi Takahashi, Yoshimichi Ejima, Jiajia Yang, Jinglong Wu	4. 巻 Vol.11, Issue.6
2. 論文標題 Semantic Congruency Modulates the Effect of Attentional Load on the Audiovisual Integration of Animate Images and Sounds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 i-Perception	6. 最初と最後の頁 pp.1-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/2041669520981096	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8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ting Guo, Yanna Ren, Yinghua Yu, Yiyang Yu, Seongyeol Yun, Qiong Wu, Jiajia Yang, Satoshi Takahashi, Yoshimichi Ejima, Jinglong Wu
2. 発表標題 Visual Orientation Sequence Task enhances Working Memory in Younger and Older Adults
3. 学会等名 The 2020 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高熾竜之介, 高橋智, 中川皓夫, 濱崎 一郎, 楊 家家, 吳 瓊, 江島 義道, 吳 景龍
2. 発表標題 両眼立体視判断に与える単眼奥行き手がかりの影響
3. 学会等名 第55回日本眼光学学会総会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋 耀俊, 高橋 智, 楊 家家, 吳 瓊, 江島 義道, 吳 景龍
2. 発表標題 視覚・聴覚注意の切り替えにおける加齢効果に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部 第58期総会・講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高儀竜之介, 高橋智, 中川皓夫, 楊家家, 吳瓊, 江島義道, 吳景龍
2. 発表標題 若者に見られる周辺立体視機能低下の分析
3. 学会等名 第54回日本眼光学学会総会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福本裕也, 高橋智, 江島義道, 吳景龍
2. 発表標題 規則性のある視覚刺激提示後のオドボール刺激に対する間違いの評価
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神高拓海, 高橋智, 江島義道, 吳景龍
2. 発表標題 空間注意における実行難易度が間違いに及ぼす影響
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小橋勇亮, 高橋智, 江島義道, 楊家家, 吳景龍
2. 発表標題 両眼立体視による奥行知覚距離の個人差に関する研究
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第60期総会・講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩崎剛士, 高橋智, 楊家家, 江島義道, 呉景龍
2. 発表標題 両眼視における左右画像の輝度差が奥行知覚に与える影響
3. 学会等名 日本機械学会中国四国支部第60期総会・講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Satoshi Takahashi	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Impact	5. 総ページ数 2
3. 書名 Healthcare Research in A COVID-19 Landscape	

〔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	金澤 右 (Kanazawa Susumu) (20243511)	川崎医科大学・医学部・教授 (35303)	
研究分担者	呉 景龍 (Wu Jinglong) (30294648)	岡山大学・ヘルスシステム統合科学学域・教授 (15301)	
研究分担者	楊 家家 (Yang Jiajia) (30601588)	岡山大学・ヘルスシステム統合科学学域・助教 (15301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	呉 瓊 (Wu Qiong) (40762935)	岡山大学・ヘルシステム統合科学研究科・客員研究員 (15301)	
研究分担者	濱崎 一郎 (Hamasaki Ichiro) (50600532)	岡山大学・大学病院・講師 (15301)	
研究分担者	江島 義道 (Ejima Yoshimichi) (60026143)	岡山大学・自然科学研究科・客員教授 (15301)	
研究分担者	早見 武人 (Hayami Takehito) (60364113)	北九州市立大学・国際環境工学部・准教授 (27101)	

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