

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2014

課題番号：23650315

研究課題名(和文) ロービジョン者のための眼球運動訓練ツールの開発と効果の検証

研究課題名(英文) Eye movement training tool for persons with low vision

研究代表者

鈴鴨 よしみ (Suzukamo, Yoshimi)

東北大学・医学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60362472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まず狭窄視野を持つロービジョン者を対象に、探索課題を行う際の眼球運動を測定した。2つの類似図形の同異を探索する課題において、ロービジョン者は晴眼者に比べて探索課題の遂行により多くの時間を要し、特に、課題が複雑な場合、違う図形よりも同じ図形であることの判断を求められる場合、水平よりも垂直方向に眼球運動が必要な場合に、より時間を要することが明らかになった。また、2図形を見比べる回数が晴眼者よりも多かった。視覚の質向上を目指したリハビリテーショントレーニングツールについては、すでに公開されているソフトウェアの使用可能性をさらに検討する必要がある。

研究成果の概要(英文)：First, we assessed eye movement of persons with low vision due to constriction of the visual field and compared with sighted people. When they performed the tasks judging whether two similar figures were same or different, persons with low vision took much more time in comparison with sighted people, in particular, on the tasks of increasing complexity, the tasks with same figures, and the tasks with eye movement in a vertical direction. In addition, the persons with low vision had more number of times of eye movement switching between 2 figures than sighted people. Second, we reviewed the training tools for rehabilitation aiming to improve the quality of vision. It is necessary to examine the usability of the available software for the persons with low vision.

研究分野：リハビリテーション

キーワード：障害学 リハビリテーション ロービジョン 眼球運動

1. 研究開始当初の背景

ロービジョンは、両眼の矯正視力が 0.05 以上 0.3 未満の状態を指す (世界保健機関 [WHO] の定義による)。ロービジョンにより歩行、移動、読書、書字、作業能力などが大きく障害され、日常生活は大きな影響を受ける。日本には約 166 万人の視覚障害者 (そのうちロービジョン者は約 145 万人) がおり、2030 年には 200 万人に達すると推定され、視覚障害から生じる生産性や生活の質の低下による社会的損失は 8.8 兆円と試算されている (日本眼科医会資料 2009)。ロービジョンリハビリテーションに対する社会的要請はますます高まっていると言える。

ロービジョンリハビリテーションは、運動器障害のリハビリテーションに比してその方法が確立されていない。一部の眼科で行われているロービジョンケアは視覚補助具の活用が中心であり、視機能の向上を意図したリハビリテーション訓練はほとんど行われていない。臨床的には、網膜周辺部での固視の獲得や眼球運動による視野の拡大が残存視機能の活用には有効であることが知られている (文献 ) が、実証的な研究はほとんどない。近年開発された微小視野計マイクロペリメーターを使用して初めて、中心視野欠損患者の固視の可塑性が実証され、その獲得が読書効率と関連することが報告された (文献 )。しかしマイクロペリメーターは限られた環境でしか使用できないため、日常生活上の訓練活用は困難であり、日常生活の目の使い方に即した方法によって残存視機能の活用状況を調査し、訓練方法を考案することが求められる。

2. 研究の目的

本研究は、ロービジョン者の残存視機能を最大限に活用して生活上の障害を最小限にすることを目指して、眼球運動測定装置を活用したロービジョン者の効率的な眼球運動のトレーニングツールを開発し、その効果を検証することを目的とする。そのために、1) ロービジョン者が物を見る行動を行う際に、残存視力に応じて、どのように眼球を動かしているのかを明らかにし、2) 効率的な眼球運動のトレーニングツールを開発してその効果を検証することであった。

3. 研究の方法

(1) 研究 1 ロービジョン者の眼球運動の定量化

対象者

ロービジョン者の選定条件は、1) 求心性視野狭窄があり、残存視野が 15 度以内であること、2) 20 歳以上であること、3) 研究参加に同意していること、とした。晴眼者の選定条件は、1) 近視と遠視以外の眼疾患を罹患していないこと、2) 20 歳以上であること、3) 研究参加に同意していること、とした。

実験課題と眼球運動の測定

アイマークレコーダ EMR-8B (株式会社ナックイメージテクノロジー、東京) を用いた。EMR-8B は、瞳孔 / 角膜反射方式を採用した視線計測システムである。近赤外照明の角膜反射像の位置と、瞳孔中心位置の相対的な距離からアイマーク (視野映像に対する視線位置) を検出する。キャリブレーションを行うことにより、個人の眼球の特性を吸収し、視野カメラの映像に対する位置情報として視線を検出し、単眼・両眼の眼球運動 (X、Y 軸) 計測、瞳孔径計測等が可能である。

実験課題は、2 つの類似図形を画面上の左右または上下に提示し、異なる部分を探す (または異なる部分がないことを回答する) 課題とし、要因の異なる 7 タスクを作成した。要因は、1) 図形種類 (5x5 のキューブからなる無意味図形 [図 1]、魚の形の有意義図形 [図 2])、2) 配列方向 (水平、垂直) 3) サイズ (小、大) 4) 同異要因 (同 [2 図形に異なる箇所がない]、異 [2 図形には異なる箇所がある]) 5) 距離 (中位、遠位、近位) 6) 図形の向き (有意義図形のみ; 左方向、対面方向) 7) 難易要因 (単純、複雑) の 7 要因とした。全 7 タスクとその要因の一覧を表 1 に示した。

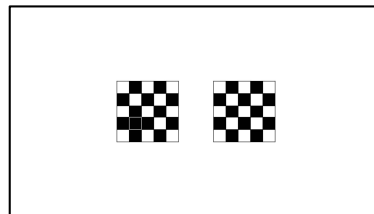


図 1 タスク 1 の例 (無意味図形、水平方向、サイズ小、異図形、近位、単純)

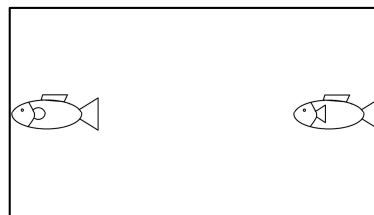


図 2 タスク 3 の例 (有意義図形、異図形、水平、左方向、単純)

表 1 各タスクに含まれる要因

| タスク | 試行数 | 種類  | 方向 | サイズ | 同異    |        |       | 距離    |       |       | 図形の向き  |         | 難易      |  |
|-----|-----|-----|----|-----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|--|
|     |     |     |    |     | 同     | 異      | 遠     | 中     | 近     | 左     | 対面     | 単純      | 複雑      |  |
| 1   | 18  | 無意味 | 水平 | 小   | 同 (3) | 異 (15) | 遠 (6) | 中 (6) | 近 (6) | /     | /      | 単純 (18) | /       |  |
| 2   | 18  | 無意味 | 水平 | 小   | 同 (3) | 異 (15) | 遠 (6) | 中 (6) | 近 (6) | /     | /      | /       | 複雑 (18) |  |
| 3   | 10  | 有意義 | 水平 | /   | 同 (2) | 異 (8)  | /     | /     | /     | 左 (5) | 対面 (5) | 単純 (10) | /       |  |
| 4   | 10  | 有意義 | 水平 | /   | 同 (2) | 異 (8)  | /     | /     | /     | 左 (5) | 対面 (5) | /       | 複雑 (10) |  |
| 5   | 18  | 無意味 | 垂直 | 小   | 同 (3) | 異 (15) | 遠 (6) | 中 (6) | 近 (6) | /     | /      | 単純 (18) | /       |  |
| 6   | 18  | 無意味 | 垂直 | 小   | 同 (3) | 異 (15) | 遠 (6) | 中 (6) | 近 (6) | /     | /      | /       | 複雑 (18) |  |
| 7   | 12  | 無意味 | 水平 | 大   | 同 (2) | 異 (10) | /     | /     | /     | /     | /      | 疲運 (6)  | 複雑 (6)  |  |

課題の開始と終了時、および試行の間には、

画面の中心に十字の Fixation の図を提示した。

参加者は、17 インチのモニター(1600×900ピクセル)から70cm手前に置かれた顎台下顎を乗せた姿勢で座り、モニターの高さは参加者の目の高さにモニターの中心が来るように調整した。両手をテーブルの上に置き、両示指を左右の反応ボタンの位置に乗せた。

課題の開始と終了時、および試行の間には、画面の中心に十字の図(Fixation)を提示した。

水平課題では、右図形を基準として左図形の間違いを探し、垂直課題では、上図形を基準として下図形の間違いを探そう教示した。違いを見つけたら、右手の示指でボタンを押して画面が変わるまで違いの箇所を注視すること、二つの図形が同じ場合は左手の示指でボタンを押して画面の中心を注視することを教示した。また、Fixationでは、中央の十字を注視するよう教示した。

#### 測定項目と統計解析

- 1) 視力：ロービジョン者の視力および視野は、協力病院にて測定した。晴眼者については視力のみを視能訓練士が測定した。
- 2) 反応時間：課題の図が提示されてからボタンを押すまでの時間を反応時間とした。一人当たり104試行の反応時間が記録された。左ボタンを押すべき試行で右ボタンを、または右ボタンを押すべき試行で左ボタンを押した場合を反応エラーとして、解析から除外した。残された各反応時間から要因別の平均値を計算した。
- 3) 眼球運動回数：視線が視野映像の中心線を超える回数を眼球運動回数とした(水平課題についてはX軸、垂直課題についてはY軸)。
- 4) 統計解析：まず、ロービジョン者と晴眼者の反応時間を、t検定を用いて比較した(全試行平均、タスク別平均)。また反応時間に影響する要因を明らかにするために、各要因と群(ロービジョン者と晴眼者)による分散分析を行った。さらに、ロービジョン者と晴眼者の眼球運動回数を、t検定を用いて比較した(全試行平均、タスク別平均)。

#### (2) 研究2 眼球運動トレーニングツールの試行

##### トレーニングツールの選定

当初、トレーニングツールを独自に開発する計画であったが、平成25年度に行った文献・資料の収集により、複数の近く学習アプローチを組み合わせた統合的知覚学習プログラムソフトウェアが一般化されていることが判明した。このプログラムは、多様な刺激セットによる訓練、最適化刺激提示、多感覚促進、一貫した強化トレーニング刺激提示を特徴とし、すでに、晴眼者の視力向上、目的物探索時間の短縮等において効果が示されていた(文献)。そこで、本研究でもこのツールが使用可能かどうかを検討するこ

ととした。

トレーニングツールの施行による基礎データ収集

晴眼者1名(53歳女性、両眼矯正視力1.0)を対象として、本ソフトウェアによるトレーニングを施行した。トレーニングは、毎日1セット(1セット約25分)、1ヵ月間とした。

実施可能性を検討するために、トレーニング実施を求めた。また、訓練の効果を検討するために、毎回の1セット終了までの所要時間、課題達成度を記録し、また、訓練期間終了時に視力を測定した。さらに、実施者の感想を記録した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究1 ロービジョン者の眼球運動の定量化

ロービジョン者の反応時間の全試行平均±標準偏差は $4.08 \pm 0.95$ 秒、晴眼者は $1.89 \pm 0.43$ 秒であり( $p=0.051$ )、ロービジョン者の方が、反応時間が長い傾向がみられた。タスク別にみると、条件別に見ると、無意味図形課題であるタスク1(水平方向、単純課題)、タスク2(水平方向、複雑課題)、タスク6(垂直方向、複雑課題)、タスク7(水平方向、大きいキューブ)において、ロービジョン者は晴眼者よりも反応時間が遅かった( $p<0.01$ )。有意図形条件では両群の反応時間に有意な差が見られなかった。

ロービジョン者の反応時間に関わる要因について、分散分析の結果、両群と要因の反応時間に交互作用が見られた項目について記載する。配列要因(水平、垂直)：ロービジョン者は水平課題よりも垂直課題においてより晴眼者との差が大きかった(交互作用： $p<0.01$ 、図3)。難易要因(単純、複雑)：ロービジョン者では、単純課題よりも複雑課題において晴眼者との差が大きかった(交互作用： $p<0.01$ 、図4)。同異要因(同図形、異図形)：ロービジョン者では異図形よりも同図形において晴眼者との差が大きかった(交互作用： $p<0.01$ 、図5)。

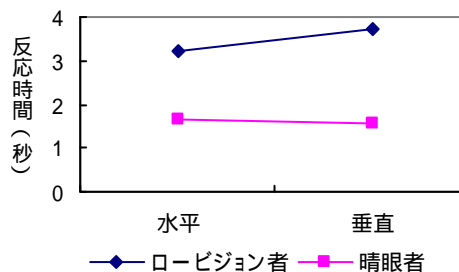


図3 配列要因による反応時間の違い

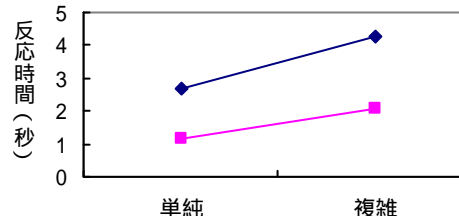


図4 難易要因による反応時間の違い

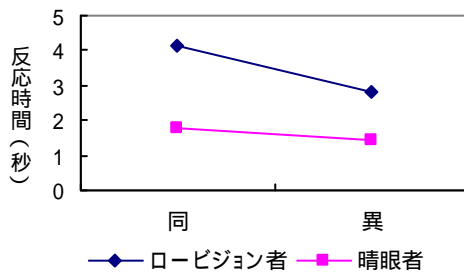


図5 同異要因による反応時間の違い

ロービジョン者の眼球運動回数は、全試行平均±標準偏差 1.87±0.49 回で、晴眼者は 1.61±0.26 回であり、両群に統計的な有意差はなかった。タスク別に見ると、タスク 2(水平方向、複雑課題)では有意傾向が(p=0.089)、タスク 6(垂直方向、複雑課題)では、有意差が見られ(p<0.05)、いずれもロービジョン者の眼球運動回数は晴眼者より多かった。

### (2) 研究 2 眼球運動トレーニングツールの試行

実施状況は、平均週 4 回であった。1 セット当たりの実施時間は、最初の 1 週間の平均 25.25 分、最後の 1 週間の平均が 22.30 分であった。

訓練期間終了後、対象者の視力には変化が見られなかった。

実施者の感想として、以下の内容が挙げられた。

- ・対象物を見つける速さを競うゲームとして取り組めるので、トレーニングを苦痛に感じない。
- ・速さを目標にするとエラーが多くなり、どちらを目指すべきか迷う。
- ・1 回 25 分は長い。もう少し短い時間の方が毎日取り組みやすい。
- ・課題の難度が上がると晴眼者でもかなり難しい。

### (3) 本研究の成果のまとめ

本研究において、視野狭窄のロービジョン者を対象に、課題探索時の眼球運動を測定した。その結果、晴眼者に比べて探索運動にかかる時間が長く、また、複雑な課題においてはより眼球運動回数が多いことが示された。視野狭窄のロービジョン者は、課題探索時に晴眼者よりも多く眼球運動を行うことによって課題を確認していることが推測された。また、視野狭窄ロービジョン者の課題探索においては、難易度が高い課題、垂直の眼球運動を要する課題、違いがないことを探す課題において、より探索に時間がかかることが示された。

本研究結果は、視野狭窄によるロービジョン者のみにとどまったため、中心暗点や全体的な視力低下者については、さらに検討していくことが必要である。

トレーニングツールについては、本研究で

テストしたソフトウェアが、ロービジョン者にも使用可能であるかどうかについて、今後検討していきたい。

### <引用文献>

山田信也：眼球運動訓練．眼科プラクティス 14 ロービジョンケアガイド、文光堂、2007

陳進志、他：微小視野計 MP-1 で測定した偏心固視症例における固視と視力、読書能力との関係．臨床眼科 2008;62(8): 1245-1249.

Tarita-Nistor L, et al.: Plasticity of fixation in patients with central vision loss. Vis Neurosci. 2009;26: 487-94.

Deveau J, et al. Improved vision and on-field performance in baseball through perceptual learning. Current Biology 2013, 24(4);R146-7.

### 5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

鈴鴨よしみ、眼の機能と QOL、Monthly Book Oculista、査読無、(掲載確定)、2015 .

鈴鴨よしみ、QOL 評価と心理尺度構成、心理学ワールド、査読無、65 巻、2014、16-19.

[学会発表](計 7 件)

鈴鴨よしみ、探求! QOV . QOL と QOV、その関連と帰結するところ、第 3 回日本視野学会学術集会、2014 年 6 月 28 日~29 日、アリスアクアガーデン品川(東京都).

Wang Y, Suzukamo Y, Izumi SI, Eye movement pattern and response time of visual searching task in low vision patients with concentric visual field constriction. 16<sup>th</sup> International Congress of the World Federation of Occupational Therapists. 2014 年 6 月 18 日~21 日、パシフィコ横浜(横浜市).

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

該当なし

### 6 . 研究組織

(1)研究代表者

鈴鴨 よしみ (SUZUKAMO, Yoshimi)  
東北大学・医学系研究科・准教授  
研究者番号：60362472

(2)研究分担者

大内田 裕 (Oouchida, Yutaka)  
東北大学・医学系研究科・助教  
研究者番号：80510578

小野 峰子 (Ono, Mineko)  
東北文化学園大学・医療福祉学部・助教  
研究者番号：20515085

(3)連携研究者

該当なし

(4)研究協力者

王 尹容 (Wang, Yin-Jung)  
東北大学・医学系研究科・大学院生