

運動残効における片目順応は視力向上に結びつくか

岡田 樹・下条 大樹・清水 稜太

大正大学人間学部人間科学科

指導教員：井関 龍太

要旨：本研究では運動残効による視力向上の現象を用いることによって、片目でも運動残効における順応が同様に視力に影響するのかどうかを調べた。仮説としては片目で見た場合でも両目と同じように運動残効による視力向上が起こるものと考えた。結果は両目と片目のいずれにおいても残効による違いはみられず、刺激文字の大きさによっても差はみられなかった。本研究では期待通りの結果は得られなかったが、観察距離や文字の大きさを再考することにより、違った結果が得られるかもしれない。

問 題

本研究では、片目で収縮運動に順応することが視力の向上につながるかについて検討する。

人間の視覚機能は光を受容する感覚器官である目とそのあとの後頭葉にある視覚野での処理に依存している。光を見たときに、その光が消えた後も、まだかすかにそれまで見ていた光が残って見えるような現象がある。そのような効果を「残効 (aftereffect)」という。残効のなかでも、一定の運動をしているものをしばらく見つめた後に、急にその運動を停止したり別のものを見せたりすると、それまで見ていた印象や残像が残ることがある。このことを「運動残効 (motion aftereffect)」という。このような現象自体は、古くから知られている。例えば、流れ続けている滝を見つめていると「滝の錯視 (waterfall illusion)」と呼ばれる運動残効が生じる。他にも、走っている電車をしばらく見た後に駅や風景など違うものを見るとそれらの静止しているものが動いているように感じるなどである。

運動残効を利用することで、一時的ではあるが視力を向上させられることがわかっている。Lages et al. (2017) が行った実験は、渦巻き状の映像を一定時間見せることで収縮残効および拡大残効を生じさせ、それによって視力の増加または低下を起こさせた。

ここで、視力の評価について説明する。私たちの視力は一般的に最小対数分解能の logMAR

チャートを用いて評価される。logMAR は、“the logarithm of the minimum angle of resolution” の頭文字をとったものの最小分離閾角度のことである (のらくろ, 2003)。具体的な数値で説明すると、logMAR の尺度で 0.1 大きくなると視角では約 1.26 倍、0.2 になると 1.26 の二乗、つまり 1.58 となる。簡単に説明すると、logMAR-0.0 は視力 1.00 に対応し、logMAR-0.1 は視力約 1.3、logMAR-0.2 は視力 0.8 として評価される。Lages et al. (2017) の実験では logMAR-0.0 ~ 0.3 の範囲の大きさに当たる文字を使用した。

運動残効を用いた先行研究として、Whitney & Cavanaugh (2003) の実験がある。彼らが行った 5 つの実験の一つに、ハプロスコープを用いた両目間における残効の転移を調べた実験がある。ハプロスコープというのは片目に画像を表示し、もう片方の目に別の画像を表示することができる、主に医療分野で活用されている装置である。この実験の結果において、順応刺激とテスト刺激を同じ目で見えた場合と違う目で見えた場合にほとんど違いは見られなかった。そこで、両目間における残効の転移は可能であると考えられた。

これらの先行研究を踏まえて、本研究では、運動残効による視力向上の効果が中枢である「脳」で起こっているのか、末梢である「目」で起こっているのかを調べる。上で説明したように、人間の視覚機能は光を受容する感覚器官である目と後頭葉にある視覚野での処理に依存している。本研究では、Lages et al. (2017) の実験をもとにして、片目で運動残効に順応した場合でも視力向上の効果はみられるのかを明らかにすることを目的に実験を行った。異なる目の間において運動残効の転移がみられるのであれば、運動残効による視力向上の効果の転移も可能であると思われる。両目と同じように片目でも効果がみられたならば、視力向上の効果は中枢におけるものであるといえる。一方、効果がみられなかった場合は、視力向上の効果は抹消におけるものであるといえるだろう。

本研究は、順応前セクションを施行した後に順応セクションを施行するものであり、実験参加者は視力 1.0 以上であることを前提とした。順応前セクションでは文字だけを見てもらい、順応セクションでは渦巻きの映像を 30 秒見てもらった後に文字を見てもらうというものであった。本研究の仮説は、残効は片目であっても両目であっても発生し、その結果としての視力の向上がどちらの条件でも認められるというものである。この仮説が支持されるならば、そのまま文字の読み上げをするよりも、残効を誘発する動画を見た後の文字の読み上げの方が成績は良くなり、さらに、動画を両目で見えた場合と片目で見えた場合の成績は変わらないだろう。逆に支持されない場合は、そのまま文字を読み上げるよりも、残効を誘発する動画を見た後の文字の読み上げの方が成績は良くなるが、動画を両目で見えた場合と片目で見えた場合の結果に差が出てくるであろう。

方 法

実験参加者

男性 21 名、女性 10 名の合計 31 名が実験に参加した。そのうち、男性 4 名、女性 5 名の合計 9 名は課題は行ったが、視力 logMAR-0.0 の基準に満たなかったため分析からは除外した。残り

の 23 名は視力に問題はなかった。また、実験参加者は日常生活を行う際の視力で実験を行ってもらうため、ふだん眼鏡やコンタクトを装着している人はそのままの状態で行った。

刺激と装置

視力検査では、視力検査表（ランドルト環）と物差し棒、遮眼子を用いた。刺激は 24 インチモニター（BENQ XL2420-B）に提示し、その制御には PC（HP, ENVT 700-270jp）にインストールされた PsychoPy（1.85.2）を用いた。観察距離はあご台を用いて 60 cm に固定した。渦巻きの動画は YouTube（2011）からダウンロードしたものを視角 $1.8^\circ \times 2.2^\circ$ の大きさに提示した。R を用いて作成したボロノイ図（図 1a）を練習用 2 種類と本試行用 36 種類作成した。ボロノイ図は視角 $2.2^\circ \times 2.2^\circ$ ，その中に提示した文字はそれぞれ $\log\text{MAR}-0.1$ の際は視角 0.8° ， $\log\text{MAR}-0.2$ の際は視角 0.6° ， $\log\text{MAR}-0.3$ の際は視角 0.5° であった。さらに、練習用の画像で提示した文字は視角 1° （ $\log\text{MAR}-0.0$ ）であった。実験で使用した文字には、視力のテストを行う際に使われるスローン文字のフォントを用いた。スローン文字は 1959 年に Louise Sloan によってデザインされた文字で、スネレンチャートや $\log\text{MAR}$ チャートで一般的に使用されており、それぞれ C, D, H, K, N, O, R, S, V, Z の 10 種類で構成されている（Wikipedia, 2018）。本研究では、これら 10 種類の文字から試行ごとにランダムに 5 つずつを選び、ボロノイ図の中央に埋め込んだ。

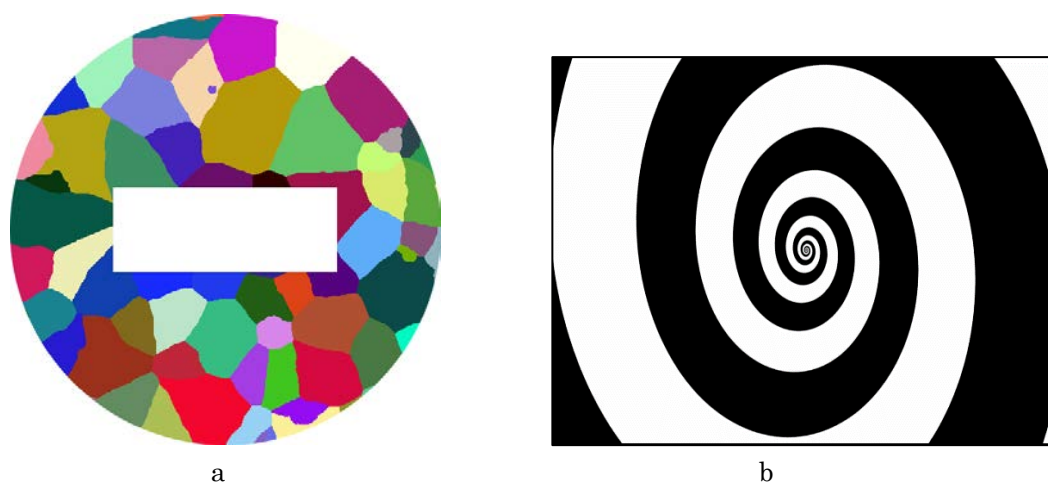


図 1 ボロノイ図と渦巻き動画の例

手続き

まず実験参加者には、実験参加の同意書の記入を求め、その後に実験を行った。実験参加者には、最初に簡易的な視力検査を受けてもらった。

実験参加者には、順応前セクションとして PC 画面上に提示された図 1a のようなボロノイ図の中央の枠の中に表示された 5 つの文字を視力の低い方の目を遮眼子で隠し、視力の高い方の目で見ながら左から順に声に出して読み上げてもらった。文字が読めなくてわからない場合は

「わからない」と答えてもらった。例えば、A B C D E の文字の B が見えなくてわからない場合は、「A, わからない, C, D, E」というような形で答えてもらった。まず練習を1回行ってもらい、その後本試行を行った。本試行では、フォントサイズが最大の文字 (logMAR-0.1) から提示し、そのサイズの刺激を4試行終えたら、文字のフォントサイズをだんだんと小さくしていった。この時、ボロノイ図は6秒間提示され、実験参加者にはボロノイ図が提示されている間に文字の読み上げを行ってもらった。

次に、実験参加者には順応セッションとして渦巻きの動画 (図 1b) を30秒間提示し、その1秒後にボロノイ図を6秒間提示し、その中に表示されている5つの文字を声に出して読み上げてもらった。練習試行を1回行ってもらい、その後、本試行を行った。順応前セッションと同じように、表示される文字のフォントサイズ1つにつき4試行を行ってもらい、文字はだんだんと小さくしていった。

順応セッションでは、両目フェーズと片目フェーズがあり、両目から片目の順で行った。両目フェーズでは、両目で渦巻きの動画を見てもらい、その後、ボロノイ図が提示される前に視力の低い方の目を隠し、そのまま文字の読み上げを行ってもらった。片目フェーズでは、動画も字の読み上げも指示した一方の目のみで見て行ってもらった。

結 果

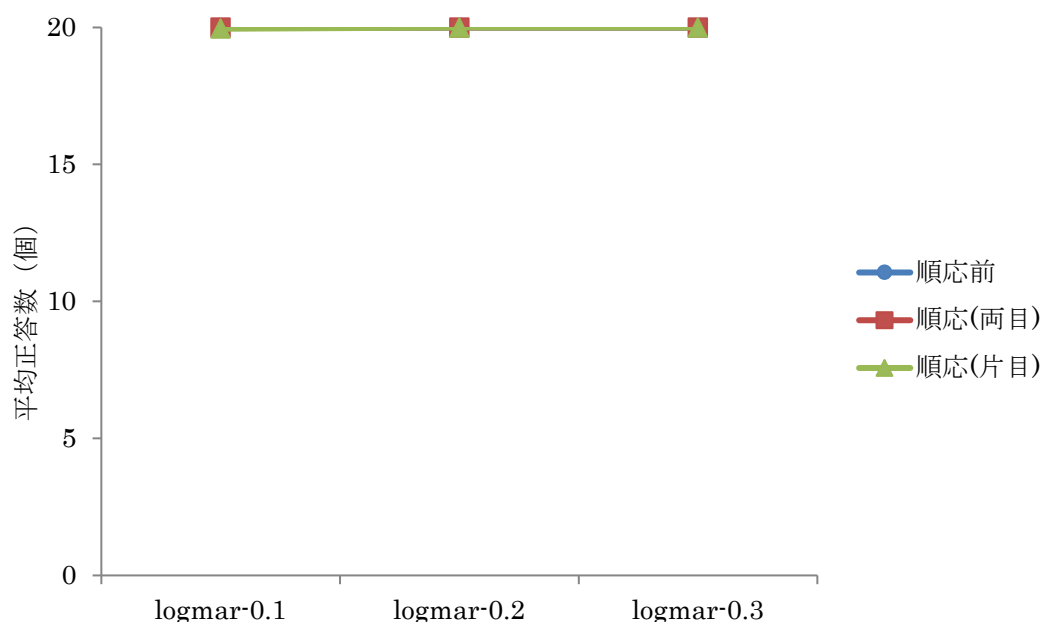


図 2 各セッションとフェーズにおける平均正答数

正答数

ボロノイ図内に提示された文字 1 文字ごとに正答を 1 とカウントした。つまり、1 つの条件につき、4 試行×5 文字で 20 文字であった。

各条件の平均正答数を図 2 で示した。順応前セクションの平均正答数は logMAR-0.1 で 20 文字 ($SD = 0.00$)、logMAR-0.2 で 20 文字 ($SD = 0.00$)、logMAR-0.3 で 20 文字 ($SD = 0.00$) であった。すなわち、すべての実験参加者がすべての試行で正答した。順応セクションの両目フェーズでは、logMAR-0.1 で 20 文字 ($SD = 0.00$)、logMAR-0.2 で 20 文字 ($SD = 0.00$)、logMAR-0.3 で 20 文字 ($SD = 0.00$) であった。さらに、順応セクションの片目フェーズでは、logMAR-0.1 で 19.95 文字 ($SD = 0.21$)、logMAR-0.2 では 20 文字 ($SD = 0.00$)、logMAR-0.3 では 20 文字 ($SD = 0.00$) であった。各セクションにおける順応要因の主効果を調べるために 2 (順応前, 順応後) × 3 (logMAR-0.1, logMAR-0.2, logMAR-0.3) の二要因の参加者内分散分析を行った。その結果、文字の大きさの主効果は見られず ($F(2, 42) = 0.00, p = 1.00$)、また順応前後の主効果も見られなかった ($F(2, 42) = 1.00, p = 0.38$)。さらに、交互作用も見られなかった ($F(2, 42) = 1.00, p = 0.38$)。次に、各条件の主効果を調べるために 3 (順応前, 両目, 片目) × 3 (logMAR-0.1, logMAR-0.2, logMAR-0.3) の二要因の参加者内分散分析を行った。その結果、順応条件の主効果は見られなかった ($F(2, 42) = 1.00, p = 0.38$)。さらに、交互作用も見られなかった ($F(4, 84) = 1.00, p = 0.41$)。

考 察

本研究は運動残効による視力の向上現象を用いて、片目による順応でも運動残効によって視力に影響がみられるのかを調べることを目的とした。片目で見た場合でも両目と同じように運動残効が起こるといふ仮説を立てた。結果は予想とは異なった。Lages et al. (2017) では、正答率は logMAR-0.3 のときに大きく低下した。しかし、本研究では、logMAR-0.3 の場合でも正答率は急激に下がることはなく、順応後の両目、片目のどちらの条件においても正答率は満点であった。片目条件の logMAR-0.1 において唯一正答数の低下がみられたが、ほかの実験参加者の結果と比べてみても、この段階の文字の大きさに誤答するという事は極めてまれなことである。加えて、間違った文字は「D」であり、参加者はそれを「O」と答えたことから、ケアレスミスの可能性が高いと思われる。

本研究において今回のような結果が得られた原因としては、文字の大きさが logMAR-0.3 の場合でも実験参加者に十分に見える大きさであったことにあると考えられる。本実験の文字の大きさは、Lages et al. (2017) の実験での 3 メートル離れた場合の文字の大きさと視角において一致するように対応させて作った。しかし、このような結果が得られたからには文字の大きさについての見直しが必要であろう。具体的には、文字の観察距離をさらに遠くするか、文字をもっと小さくする必要があると考えられる。将来の実験では、文字が見えるか見えないかのギリギリのラインを踏まえてから実験の作成に移るべきである。

また、本研究と Lages et al. (2017) を比較する際に、国によって視力検査表に違いがあるこ

とを考慮する必要があるだろう。視力検査表には本研究で使用した「ランドルト環」, 「E チャート」, 「スネレン指標」など複数の種類がある。日本では C の形をしたランドルト環を用いることが一般的である。一方, 中国など表記にアルファベットを用いない国では E チャートが用いられる。また, 欧米ではスネレン指標が多用される。このように, 各国で視力の検査方法はさまざまである。もしかしたら, Lages et al. (2017) ではスネレン指標を用いて, 刺激文字もアルファベットであったことが結果に関係していたのかもしれない。これらのことから, 検査方法や刺激文字の見直しなども視野に入れていきたい。

引用文献

- Lages, M., Boyle, S. C., & Jenkins, R. (2017). Illusory increases in font size improve letter recognition. *Psychological Science*, **28**, 1180-1188.
- のらくろ (2003). LogMAR とは 〈http://www.geocities.jp/ort_tudoi/43-LogMAR/index.htm〉 (アクセス日: 2018 年 2 月 18 日)
- Wikipedia (2018). Snellen chart. 〈https://en.wikipedia.org/wiki/Snellen_chart〉 (アクセス日: 2018 年 2 月 18 日)
- Whitney, D., & Cavanagh, P. (2003). Motion adaptation shifts apparent position without the motion aftereffect. *Perception & Psychophysics*, **65**, 1011-1018.
- YouTube (2011). Make whatever you stare at magically grow! 〈https://youtu.be/Xg_y7X5y2BI〉 (アクセス日: 2018 年 1 月 8 日)