

# 文字アスペクト比が visual span と読み速度に及ぼす影響

北名 美雨

広島大学人間社会科学研究科

梁 葉飛

広島大学人間社会科学研究科

氏間 和仁

広島大学人間社会科学研究科

本研究は、文字サイズ 2.0°において、文字アスペクト比 (AR) の圧縮が visual span, 眼球運動指標, 読み速度に与える影響を検討した。晴眼者 12 名を対象に、AR 3 水準 (1.0, 0.5, 0.25) で visual span 測定および黙読課題を実施した。その結果、AR 0.5 条件で visual span が有意に拡大し順行サッケード長の伸長や停留外時間の短縮が確認された。しかし停留時間の延長により、読み速度には有意差が認められなかった。本研究は「高さで可読性を確保し、幅で情報量を最大化する」という新たな視座を提示した。

Keywords: visual span, reading speed, aspect ratio

## 問題と目的

弱視者への読み支援として文字の拡大が広く用いられているが、文字を拡大すると視界内に収まる文字数が減少するという「拡大のパラドックス」が存在する。北名 (2026) は、ひらがなにおいて文字サイズを段階的に変化させた際の visual span (一度に認識可能な文字範囲) を測定し、文字サイズ 1.0°~2.0°付近で visual span が減少に転じる「拡大限界点」を特定した。この限界点を超えて拡大を続けると、視認性向上の利益よりも視界内情報量減少の損失が上回り、読み速度が低下する可能性がある。

しかし、弱視者の多くは視力低下を補償するために拡大限界点を越えた文字サイズを必要とする。従来の拡大支援は文字の高さと幅を等比率で拡大するため、拡大のパラドックスを回避できない。そこで本研究では、文字の高さを維持したまま幅のみを圧縮する文字アスペクト比 (Aspect Ratio; AR) の操作に着目した。ARとは文字の高さに対する幅の比率であり、AR圧縮により個々の文字の識別性を保ちつつ視界内の文字密度を高めることで、拡大限界点以降においても visual span を拡張できる可能性がある。ただし、過度な幅の圧縮は文字認識の負荷を増大させるリスクを伴うため、情報密度増加の利益と認識負荷増大のコストのバランスを検証する必要がある。

本研究は、拡大限界点以降の文字サイズにおいて AR を段階的に操作し、visual span, 眼球運動指標, および読み速度に与える影響を検討することで、最適な AR 条件を特定することを目的とする。

## 方法

### 1. 参加者・実験デザイン

日本語を母語とし両眼矯正視力 0.8 以上の大学生 12 名が参加した。独立変数は AR (3 水準: 1.0, 0.5, 0.25) および測定セッション (2 水準: visual span 測定前, visual span 測定後) であった。従属変数は SVS, VSP, および黙読課題における読み速度と眼球運動指標 (平均停留時間, 停留数, 順行サッケード長, 逆行数, 停留外時間) であった。

### 2. 課題・実験刺激・手続き

#### 2.1. visual span 測定課題

刺激にはひらがなのトリグラム (3 文字無意味綴り) を用いた。文字高さは 2.0° に固定し、AR を 1.0, 0.5, 0.25 の 3 水準に変倍処理した。手続きとして、参加者は画面中央の固視点を注視した状態でトリグラムが 100ms 呈示され、見えた文字を左から順に音読した。AR 圧縮により視界内に収まる文字数が増加することを考慮し、呈示位置は AR 条件ごとに設定した。AR 1.0 条件では固視点を中心に -7 から +7 の 15 位置、AR 0.5 条件では -13 から +13 の 27 位置、AR 0.25 条件では -25 から +25 の 51 位置とし、各位置 5 回ずつ呈示した。

#### 2.2. 黙読課題

刺激には文字数 20 文字、漢字含有率 40% の短文を用いた。手続きとして、画面左側に注視点を呈示した後に文章刺激が呈示され、参加者は黙読を行い、読み終わった直後に反応キーを押した。読了後には内容に関するクイズに回答し不正解試行は分析から除外した。各条件 5 試行を行い、読み時間から読み速度を算出した。

### 3. 分析方法

SVS および VSP については、AR (3 水準) を要因とするフリードマン検定を実施し、主効果が有意であった場合は多重比較を行った。読み速度および眼球運動指標については、ART による 2 要因分散分析 (AR × 測定セッション) を実施した。また、visual span が眼球運動指標を予測するかを検討するため、線形混合モデル (LMM) を用いた分析を行った。有意水準は 5% とした。

### 4. visual span の計算方法

Visual span は SVS (Spatial Visual Span) と VSP (Visual Span Profile) の 2 種類を算出した。

#### 4.1. SVS (Spatial Visual Span) の測定と算出

SVS は正答率にフィットした分割ガウス関数と正答率 80% の 2 つの交点間の距離とした。

#### 4.2. VSP (Visual Span Profile) の測定と算出

VSP は各 position での正答率を式 (1) にて伝達情報量 (bits) に変換した値にフィットさせた分割ガウス関数の position -6 から +6 の範囲を積分した値とした。

伝達情報量 (bits)

$$= -0.036996 + 4.6761 \times \text{文字の正答率} \dots \text{式 (1)}$$

## 結果

### 1. Visual span

SVSについてフリードマン検定を行った結果、ARの主効果は有意であった ( $\chi^2(2) = 6.50, p = .039$ )。多重比較の結果、AR 0.5はAR 1.0よりも有意に大きかった ( $p = .009$ )。一方、AR 0.25とAR 1.0の間 ( $p = .233$ )、およびAR 0.5とAR 0.25の間 ( $p = .695$ )には有意差は認められなかった (Fig. 1)。

VSPについても同様にフリードマン検定を行った結果、ARの主効果は有意であった ( $\chi^2(2) = 18.00, p < .001$ )。多重比較の結果AR 0.5はAR 1.0よりも有意に大きく ( $p = .007$ )、AR 0.25もAR 1.0よりも有意に大きかった ( $p = .007$ )。AR 0.5とAR 0.25の間には有意差は認められなかった ( $p = .530$ ) (Fig. 2)。

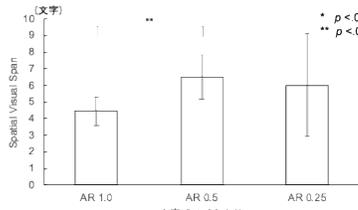


Fig. 1 各ARにおけるSVS

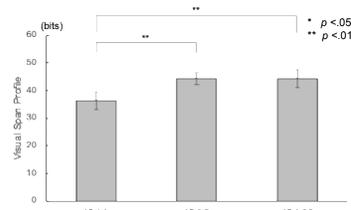


Fig. 2 各ARにおけるVSP

### 2. 読み速度

読み速度についてARTによる2要因分散分析を行った結果、ARの主効果 ( $F(2, 55) = 0.80, p = .455$ )、測定セッションの主効果 ( $F(1, 55) = 0.00, p = .963$ )、および交互作用 ( $F(2, 55) = 0.40, p = .671$ ) はいずれも有意ではなかった。

### 3. 眼球運動指標

平均停留時間についてはARの主効果が有意であり ( $F(2, 55) = 44.07, p < .001, \eta^2_p = .62$ )、AR 1.0と比較してAR 0.5およびAR 0.25は有意に長かった。また、AR 0.5とAR 0.25の間にも有意差が認められ、AR 0.25の方が長かった。停留数 ( $F(2, 55) = 2.81, p = .069$ ) および逆行数 ( $F(2, 55) = 1.72, p = .19$ ) はARの主効果が有意ではなかった。順行サッケード長についてはARの主効果が有意であり ( $F(2, 55) = 9.97, p < .001, \eta^2_p = .27$ )、AR 0.25はAR 0.5よりも有意に大きかった ( $p = .015$ )。停留外時間についてもARの主効果が有意であり ( $F(2, 55) = 13.68, p < .001, \eta^2_p = .33$ )、AR圧縮に伴い有意に短縮した。

### 4. visual span と眼球運動の関連性

LMMを用いた分析の結果、VSPの拡大は順行サッケード長を有意に伸長させ ( $\beta = 0.031, p < .001$ )、停留数を有意に減少させた ( $\beta = -0.15, p = .007$ )。また、SVSおよびVSPの拡大は平均停留時間を有意に延長させた (SVS:  $\beta = 4.55, p = .020$ ; VSP:  $\beta = 3.31, p < .001$ )。停留外時間もvisual spanの拡大に伴い有意に短縮した (SVS:  $\beta = -40.48, p = .002$ ; VSP:  $\beta = -21.75, p < .001$ )。一方、逆行数に対してはSVSおよびVSPのいずれも有意な予測効果を示さなかった。

## 考察

本研究の結果、ARを縮小して文字幅を圧縮することで、SVSおよびVSPが有意に増大することが確認された。この結果は、文字の高さを維持したまま文字幅を狭めることで、視界内により多くの文字情報を収めることが可能になることを実証するものである。特にAR 0.5条件ではSVS・VSPの両方が有意に拡大しており、視界内情報量の増加と文字認識の質のバランスが最も良好な条件であると考えられる。一方、AR 0.25条件ではAR 1.0との比較においてSVSの有意差が消失しており、過度な圧縮による文字認識負荷の増大が示唆された。

visual spanの拡大にもかかわらず、読み速度には有意な向上が見られなかった。LMMの結果から、VSPの増大が順行サッケード長を有意に伸長させ、停留数の減少および停留外時間の短縮を予測することが示された。これは、AR圧縮によって眼球移動の空間的効率化がもたらされたことを意味する。しかし同時に、SVSおよびVSPの増大が平均停留時間を有意に延長させることも示された。この停留時間の延長には、文字認識の難易度上昇と1回の停留で処理すべき情報量の増加という二つの要因が複合的に関与していると考えられる。結論としてAR縮小は「停留数の減少による効率化」という利益をもたらしたが、「1回あたりの停留時間の延長」というコストを招き、これらが相殺し合った結果、読み速度には有意差が生じなかったと考えられる。

## 結論

本研究は、拡大限界点以降の文字サイズにおいて、AR 0.5条件がvisual span拡張に最適であることを明らかにした。AR圧縮により視界内の情報密度が高まり、順行サッケード長の伸長や停留外時間の短縮といった眼球運動の空間的効率化がもたらされた。しかし、停留時間の延長というコストが生じたため、読み速度の有意な向上には至らなかった。本研究は「文字の高さで可読性を確保し、幅の圧縮で情報量を最大化する」という新たな視座を提示した。AR圧縮は視野狭窄のある読者への支援や拡大教科書の面積効率改善に応用可能であり、今後は弱視者を対象とした臨床的検証が課題である。

## 引用文献

- 北名美雨 (2026) 文字サイズと文字アスペクト比が読み速度と visual span に及ぼす影響. 広島大学大学院人間社会科学部研究科修士論文. (未公開)
- Legge, G. E., Mansfield, J. S., & Chung, S. T. L. (2001). Linking letter recognition to reading speed in central and peripheral vision. *Vision Research*, 41(6), 725-743.