

読み課題刺激の呈示角度が読書速度に与える影響

—座位と側臥位の比較—

稲垣 尚恵¹⁾

Effect of orientation of stimuli on reading speed

—A comparison between sitting position and side lying position—

Hisae INAGAKI

MNREAD-J (小田, 2002) に準じて読み課題を作成し, 健常者を対象に呈示角度が読書速度に与える影響について座位と側臥位で比較した。呈示角度条件は垂直である 0° とそれを時計回りに 90° 回転させた $+90^\circ$ とした。その結果, 読書速度について, (1) 頭位条件に関わらず, 網膜座標上 0° に呈示された条件が, 有意に速いこと, (2) 網膜座標上 $\pm 90^\circ$ に呈示された条件では, 側臥位で有意に遅くなること, が明らかになった。読み課題刺激は, 網膜座標上 0° とほぼ重なる上下の判断基準である知覚的直立位 (PU) を軸として情報処理されることが示唆され, 網膜座標上 $\pm 90^\circ$ に刺激が呈示されると文字が 90° 回転していると認知され, 読書速度が低下したと考えられた。側臥位では, 重力・前庭系・深部感覚の影響を受け自覚的垂直軸が傾くことなどから網膜座標上 -90° に呈示される条件で読書速度が遅くなったのではないかと考えた。

Keywords: 側臥位, 座位, 読書速度, 網膜座標, 知覚的直立位

side lying position, sitting position, reading speed, retinotopic coordinate, perceptual upright

1. 問題

立位・座位では, 重力方向である物理的垂直軸と頭と足を結ぶ体長軸とが一致する。頭・天井方向が上, 足・床方向が下となり, それを軸にして左右が決定される。側臥位の場合, 物理的垂直軸と体長軸は直行し, 上下の基準となる軸が 2 軸存在することになる。眼科臨床では字づまり視力表が機器として据えつけられているため, 物理的垂直軸に合わせて視力検査を行い, Landolt 環字ひとつ視表を手を持って測定する場合も, 検査者の物理的垂直軸に合わせて視力検査を行っている。1904年に行われた国際学会で視力検査法および記載法の統一がされてから今日に至るまで, 視標呈示の方向に関する規定は定められていない (可児, 2009; 内海, 2001)。学校教育においては, 側臥位で生活する児童・生徒に対して, 壁に取付けられた黒板やホワイトボードを使用して授業を行ってきた。近年, Information and Communication Technology (ICT) 機器が学校教育に導入され, 個別に学習教材を自由な角度で呈示することが可能となった。頭位の傾斜がある状態や側臥位で授業を受ける児童・生徒に対して, 教材を呈示する角度により見え方に差は生じるか, また, 差がある場合はどのような角度に呈示すればよいか問題となっている。そこで本研究では, 学習教材等に使用される読み課題を刺激として, 健常者を対象に読書速度を測定し, 読み課題刺激の呈示角度が読書速度に与える影響について, 座位と側臥位で比較し, 検討することとした。

1) 愛知淑徳大学健康医療科学部医療貢献学科視覚科学専攻

2. 方法

2.1. 実験参加者

眼科的疾患がなく、裸眼またはコンタクトレンズ矯正下での小数視力が片眼1.0以上、両眼1.2以上である大学生ならびに大学院生8名(平均年齢 22.6 ± 1.8 歳)が実験に参加した(表1)。視力の表記は最小分離閾の視角の逆数で表す小数視力値とし、()内は矯正視力を示した。他覚的屈折値はオートレフラクトメータ(KR-1 FREXY; Topcon, Japan)で測定した。

全ての実験参加者の本研究への参加は自由意志に基づくものであった。本研究の実施にあたり愛知淑徳大学大学院心理医療科学研究科倫理委員会の承認を得た(承認番号:2021-01)。

表1 実験参加者のプロフィール

実験参加者	年齢	視力(日常の状態)	他覚的屈折値
1	24	BV=(1.5×SCL)	
		RV=(1.2×SCL)	R : S-0.50D : C-0.75DAX14° (SCL上)
		LV=(1.2p×SCL)	L : S+0.25D : C-0.75AX161° (SCL上)
2	22	BV=2.0	
		RV=1.5	R : S-0.25D : C-0.50D AX80°
		LV=2.0	L : S-0.25D : C-0.12D AX110°
3	22	BV=2.0	
		RV=1.5	R : S+0.12D : C-0.750D AX110°
		LV=2.0	L : S+0.12D : C-0.87D AX65°
4	21	BV=1.5	
		RV=1.5	R : S-0.75D : C-0.50D AX78°
		LV=1.2	L : S-0.50D : C-0.75D AX108°
5	26	BV=2.0	
		RV=1.5	R : S+1.25D : C-0.50DAX11°
		LV=2.0	L : C-0.25DAX26°
6	24	BV=(1.5×SCL)	
		RV=(1.2×SCL)	R : S-0.50D : C-0.75AX49° (SCL上)
		LV=(1.2×SCL)	L : S-0.50D : C-0.75AX161° (SCL上)
7	22	BV=(1.2×SCL)	
		RV=(1.0×SCL)	R : S-0.75D : C-0.75D AX43° (SCL上)
		LV=(1.2×SCL)	L : S-0.50D : C-0.50D AX118° (SCL上)
8	20	BV=2.0	
		RV=1.5	R : S+0.25D : C-1.00D AX177°
		LV=1.5	L : S+0.25D : C-1.00D AX169°

BV=Binocular Vision (両眼視力), RV=Right Vision (右眼視力), LV=Left Vision (左眼視力)
 SCL=Soft Contact Lens(ソフトコンタクトレンズ)
 S=Spherical lens(球面レンズ), C= Cylindrical lens (円柱レンズ), Ax=Axis (軸)
 D=dioptr (レンズの度数: レンズの焦点距離の逆数)

2.2. MNREAD-J と臨界文字サイズ

読書や学習に使用する読み課題の文字の大きさは、負担なく読むことができる大きさが求められる。本研究では、ロービジョン（LV）者の見え方に応じた文字サイズを推定するために提案された MNREAD（Minnesota Low-Vision Reading Test：Legge et al., 1989）の日本語版である MNREAD-J（小田・Mansfield・Legge, 1998）を使用して実験参加者ごとに臨界文字サイズを測定し、決定することとした。MNREAD-J は臨界文字サイズを読書に適した文字サイズの推定値として利用することを提案して生まれた信頼性の高い行動評価モデルである（氏間, 2010）。1 行 10 文字 3 行からなる漢字とかなが混じった文章が、視力表と同じように次第に小さい文字で書かれている。患者は、チャートの文章をできるだけ早く正確に読み、検査者は一つの文を読むのにかかる時間と読み誤りを記録する。（30 - 読み損じた文字数） / （1つの文章を読むのにかかった秒数） × 60 の式で求められる読書速度を文字サイズの大きさごとにプロットすると図1のような曲線になる（小田, 2000）。この曲線から、最大読書速度（Maximum Reading Speed：MRS）、臨界文字サイズ（Critical Print Size：CPS）、読書視力（Reading Acuity：RA）が求められる。臨界文字サイズは、実用的な読みができる限界の文字サイズで、臨界文字サイズ以上の大きさの文字では最大読書速度が得られ、本邦では最大読書速度の単位は1分間に正しく読むことができる文字数で表す。読書視力は読める最小の文字サイズで視力にほぼ相当する（小田, 2000, 2002）。

図2に実験参加者1の文字サイズと読書速度の変化を示した。文字サイズの logMAR は最小分離閾の視角（MAR；Minimum Angle of Resolution）を常用対数にしたものである。実験参加者1は、文字サイズ 0.0 logMAR での読書速度は 416 文字/分であったが、-0.1 logMAR では 260 文字/分となり、読書速度が低下したため、0.0 logMAR を実験参加者1の臨界文字サイズとした。表2に実験参加者の臨界文字サイズを示した。

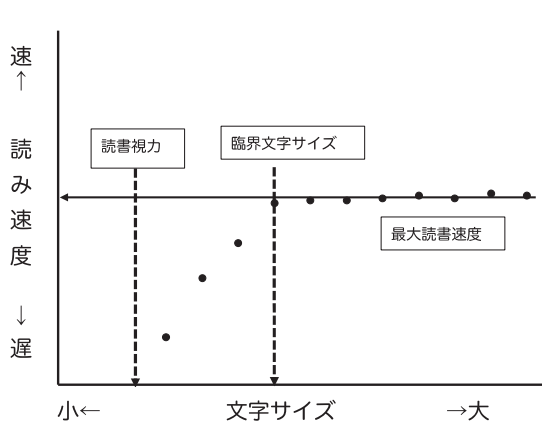


図1 読書速度の成績と3つのパラメーターの関係
(小田, 2000)

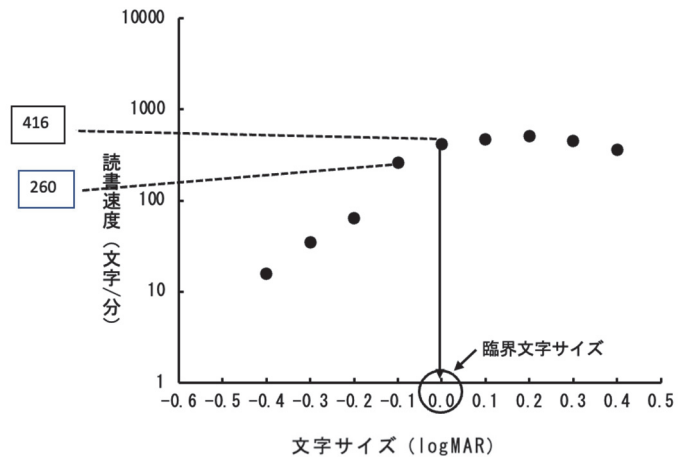


図2 本研究での臨界文字サイズの決定の1例
(実験参加者1)

表2 実験参加者の臨界文字サイズと実験に使用した文字サイズ

実験参加者	臨界文字サイズ	実験に使用した文字サイズ
1	0.0 logMAR	0.1 logMAR
2	-0.1 logMAR	0.0 logMAR
3	0.0 logMAR	0.1 logMAR
4	-0.1 logMAR	0.0 logMAR
5	-0.2 logMAR	-0.1 logMAR
6	-0.1 logMAR	0.0 logMAR
7	0.1 logMAR	0.2 logMAR
8	0.0 logMAR	0.1 logMAR

2.3. MNREAD-Jにおける文字サイズの定義

小田ら(1998)はMNREADの日本語化を行ったが,その際,MNREADで行った成績と同程度になるように,ひらがな・漢字・アルファベットの読みの認知の違いを実験により調べ(小田・今橋,1995),その結果から視距離30cmを基準に文字サイズを定義した。視角 $=10^{1\log\text{MAR}} \times 11.4$ (分)の式で決定しており,文字サイズは最小分離閾値の11.4倍の視角サイズとなる(小田,2002)。

2.4. 装置及び刺激

刺激の作成はPsychoPy3(ver3.6.7)(Peirce,2007,2008;Peirce et al.,2019),制御はノートパソコン MacBook Air Retina,13-inch(Apple),を使用し,刺激は液晶ディスプレイ VP2785-4K(ViewSonic® JP;画面サイズ33.6cm×59.7cm,解像度3840pix×2160pix)に呈示した。

本研究の読み課題刺激の文字は全てMNREAD-Jに準じて作成した。刺激は,左から右へ書かれたひらがな漢字混じりの文章で1行10文字3行となっている読み課題刺激と,読み課題刺激と同形・同面積の四角形が描かれた四角刺激の2枚1組とした(図3)。20組を1セットとして,4セット作成した。読み課題刺激の文章は「10分で読める物語6年生」(青木,2010)から抜粋し,フォントはMNREAD-Jに準じてDFPHSMincho-W3を使用した。臨界文字サイズより大きい文字では,読書速度がほぼ一定であるとされているが(小田,2002),本研究での文字サイズは,読み間違いをできるだけ少なくするために,臨界文字サイズより0.1 logMAR大きい文字サイズとした。最小分離閾(θ),それに対するlogMARと小数視力,文字のサイズ,刺激の横(x)・縦(y)の大きさ($^\circ$)の対応を表3に示した(小田,2002)。x($^\circ$)はかな視標10文字である刺激の横の大きさ,y($^\circ$)はかな視標3列である刺激の縦の大きさを示す。各文字の呈示面は平均輝度254.97cd/m²の白地背景で,文字は平均輝度3.09 cd/m²の黒色,四角刺激の平均輝度は45.48cd/m²,文字コントラストはMichelson contrastで97.6%とした。

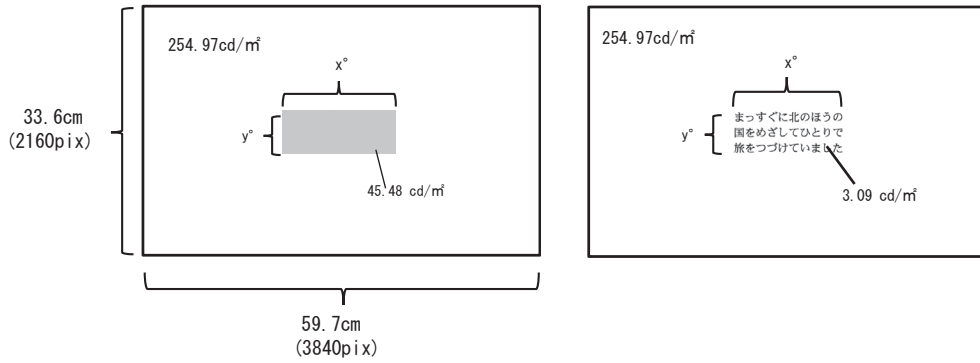


図3 四角刺激（左），読み課題刺激（右）の1例（0°条件）

表3 実験に使用した最小分離閾, logMAR と文字サイズの対応（MNREAD-Jの基準に準ずる）

最小分離閾 (′)	logMAR	小数視力	文字サイズ(°)	x (°)	y (°)
1.6	0.2	0.6	0.30	3.01	1.14
1.3	0.1	0.8	0.24	2.39	0.90
1.0	0.0	1.0	0.19	1.90	0.72
0.8	-0.1	1.3	0.15	1.51	0.57

$$\text{文字サイズ (°)} = \text{最小分離閾 (′)} \times 11.4 / 60$$

2.5. 実験条件

頭位の角度条件（以下頭位条件）、刺激の呈示角度条件（以下呈示角度条件）を設定した。本実験での角度はすべて時計回りを+, 反時計回りを-で表示した。頭位条件は, 座位で直立である条件を頭位0°条件, 右下側臥位を頭位+90°条件とした（図4）。呈示角度条件は, ディスプレイに呈示された読み課題刺激, 四角刺激が水平となる0°条件と90°回転させた呈示角度+90°条件の2水準とした（図5）。呈示角度条件はディスプレイの回転機能を使用して, ディスプレイを回転させた（図6）。頭位条件（2水準）×呈示角度条件（2水準）の2要因分散分析モデル実験計画であった。



頭位0°条件



頭位+90°条件

図4 頭位条件

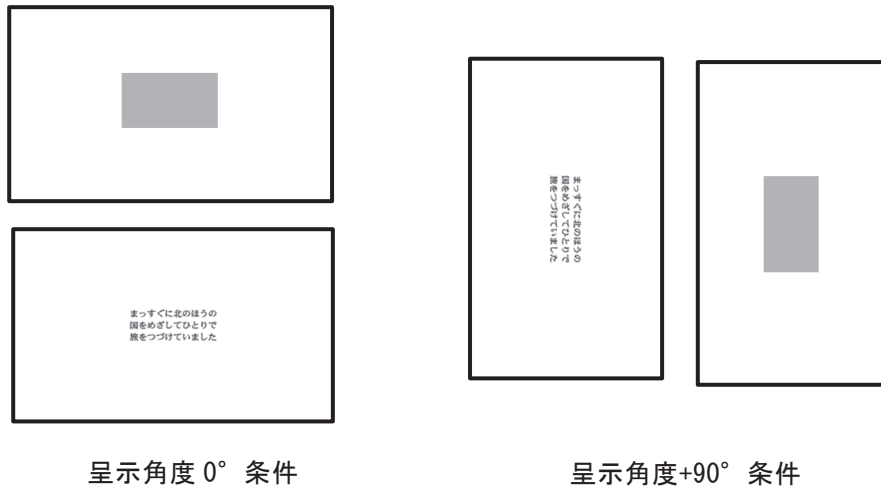


図5 呈示角度条件

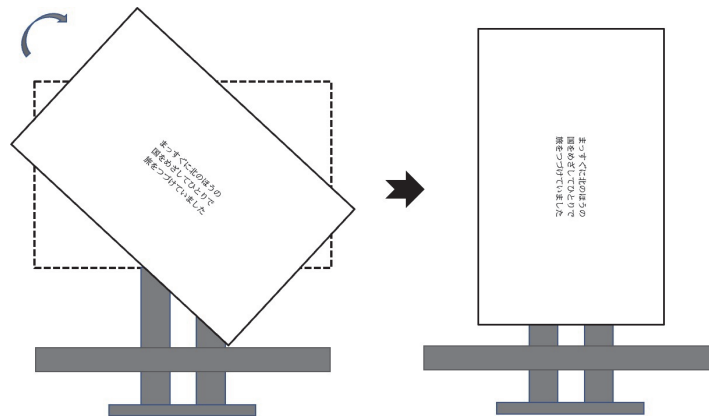


図6 呈示の方法

Note: ディスプレイのピポット機能を利用してディスプレイごと回転させて呈示した.
 参考) VP2785-4K ディスプレイ ユーザーガイド

2.6. 手続き

実験は、明室で観察距離は200cm, 両眼開放下で行った。頭位0°条件はデジタル角度計 BOX BB-180 (新潟精機製) を使用して顎台 (竹井機器) を0°とし、実験参加者の前額部と側頭部を保持した。右下側臥位である頭位+90°条件は、ベッド上でデジタル水平器を使用して頭部を+90°とし、測定眼の高さと視標の高さを一致させた。

実験中は頭位をできるだけ動かさないよう教示したが、頭位の固定は行わなかった。図7に実験の流れを示した。四角刺激、読み課題刺激の順に2枚を1組とし、20組で1ブロックとした。ブロック内の頭位条件、呈示角度条件は同一とし、頭位条件、呈示角度条件、読み課題刺激の選択は、実験参加者ごとにカウンターバランスを取った。1日に行う実験は、頭位条件2条件×呈示角度条件2条件の4条件を上限とし、実験の間隔は2日以上とした。各条件を4回繰り返し、計320回測定した。実験参加者は、読み課題をできるだけ速く読むこと、間違えても読み返しをしないことを教示された。実験の前に練習を行い、実験参加者が刺激の呈示方向を理解したことを確認した後、実験者

がリターン・キーを押して実験に移行した。リターン・キーが押されると、四角刺激が呈示される。実験参加者が、実験開始可能であることを伝えると実験者はスペース・キーを押して読み課題刺激が呈示され、実験参加者は音読を始める。読み課題刺激が呈示されると同時に時間の計測が始まり、実験参加者が読み終わると、実験者はキーを押して計測は終了する。終了すると次の四角刺激が呈示され、20 回繰り返し 1 ブロックが終了する。四角刺激の呈示時間は制限を加えず、実験参加者のペースで実験を進めた。実験者は音読時の誤読をチェックするとともに、実験参加者の読みを IC レコーダーで録音し、実験後誤読の確認をした。読書速度は MNREAD-J マニュアル (小田, 2002) に従い算出した。

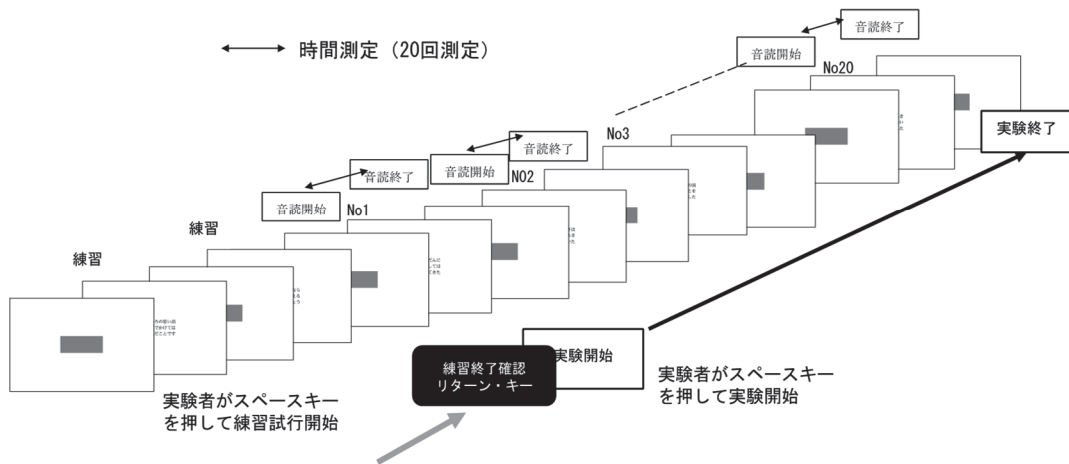


図 7 実験の流れ

3. 結果

図 8 に各頭位条件における読書速度の平均を示した。読書速度について頭位条件×呈示角度条件の 2 元配置分散分析を行なったところ、頭位条件 ($F(1, 2556)=22.857, p<0.001$)、呈示角度条件 ($F(1, 2556)=5.988, p<0.05$) とともに主効果が有意であった。頭位+90° 条件の読書速度の平均 (366 ± 84 文字/分) は、頭位 0° 条件の読書速度の平均 (380 ± 82 文字/分) より有意に遅かった ($p<0.001$)。

図 9 に頭位条件別の呈示角度条件と読書速度の変化を示した。頭位条件と呈示角度条件の交互作用が認められ ($F(1, 2556)=472.933, p<0.001$)、頭位の単純主効果は呈示角度 0° 条件 ($F(1, 2556)=351.865, p<0.001$)、呈示角度+90° 条件 ($F(1, 2556)=143.925, p<0.001$) とともに有意であり、頭位 0° 条件では呈示角度 0° 条件、頭位+90° 条件では呈示角度+90° 条件である網膜座標上 0° となる条件での読書速度が有意に速かった (ともに $p<0.001$)。そこで呈示角度条件を網膜上の呈示角度に変換して (頭位+90° 条件では呈示角度条件+90° を網膜座標上での呈示角度 0° とする; 図 10) 検討した。読書速度は速い順に、頭位 0° 条件・網膜座標上の呈示角度 0° (409.400 ± 71.692 文字/分)、頭位+90° 条件・網膜座標上の呈示角度 0° (402.360 ± 74.154 文字/分)、頭位+0° 条件・網膜座標上の呈示角度+90° (351.181 ± 80.766 文字/分)、頭位+90° 条件・網膜座標上の呈示角度-90° (329.377 ± 77.152 文字/分) であった。刺激の呈示角度を網膜上の呈示角度に変えて 2 元配置分散分析を行なった結果、頭位 0° 条件、頭位+90° 条件ともに網膜上の呈示角度 0° 条件が網膜上の呈示角度±90° 条件より有意に読書速度が速かった。網膜上の呈示角度+0° では、頭位 0° 条件と頭位+90° 条件間で有意差はなかったが、網膜上の呈示角度±90° 条件では、側臥位である頭位+90° 条件の方が座位である頭位+0° 条件より有意に遅かった (図 11: $p<0.05$)。

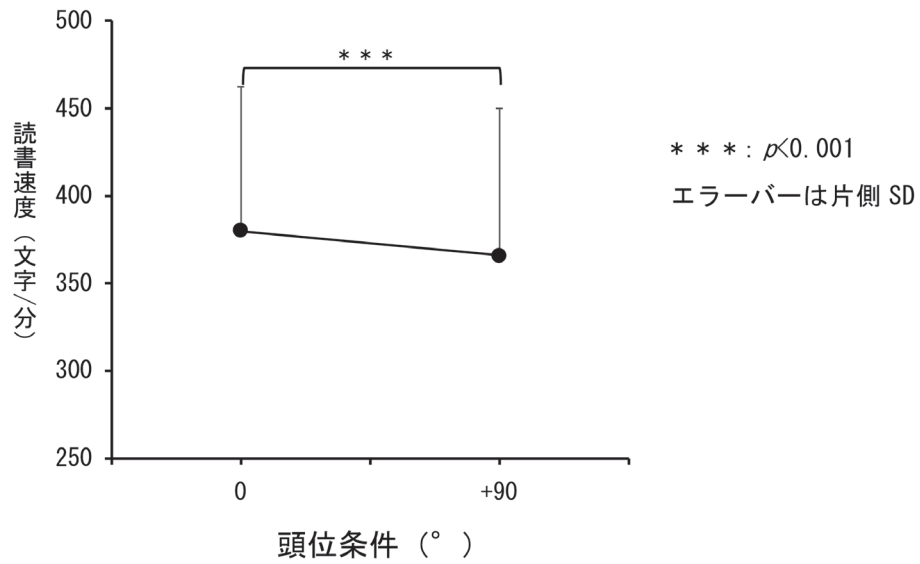


図8 頭位条件と読書速度の関係

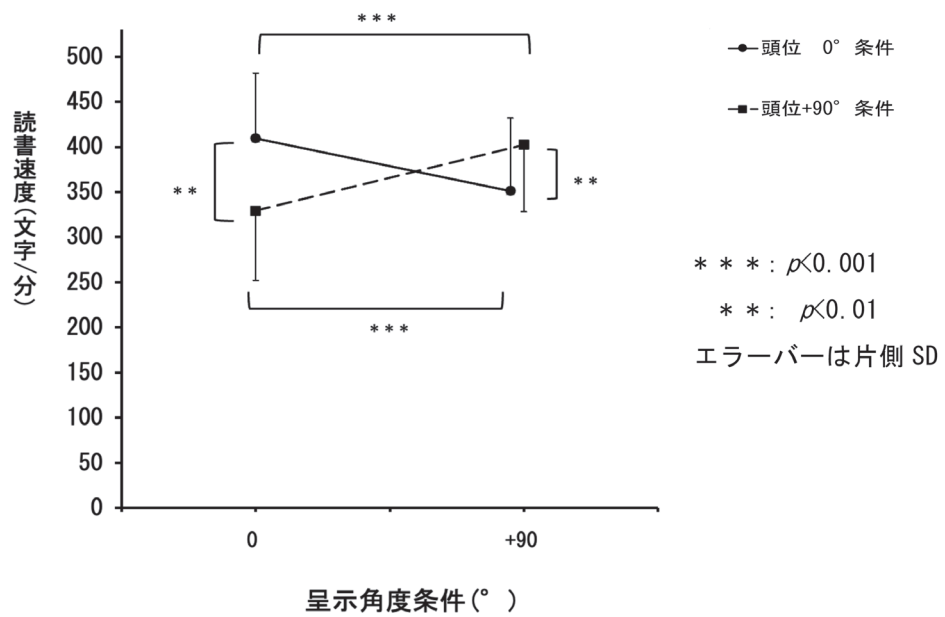


図9 頭位条件別の刺激の呈示角度条件と読書速度の関係

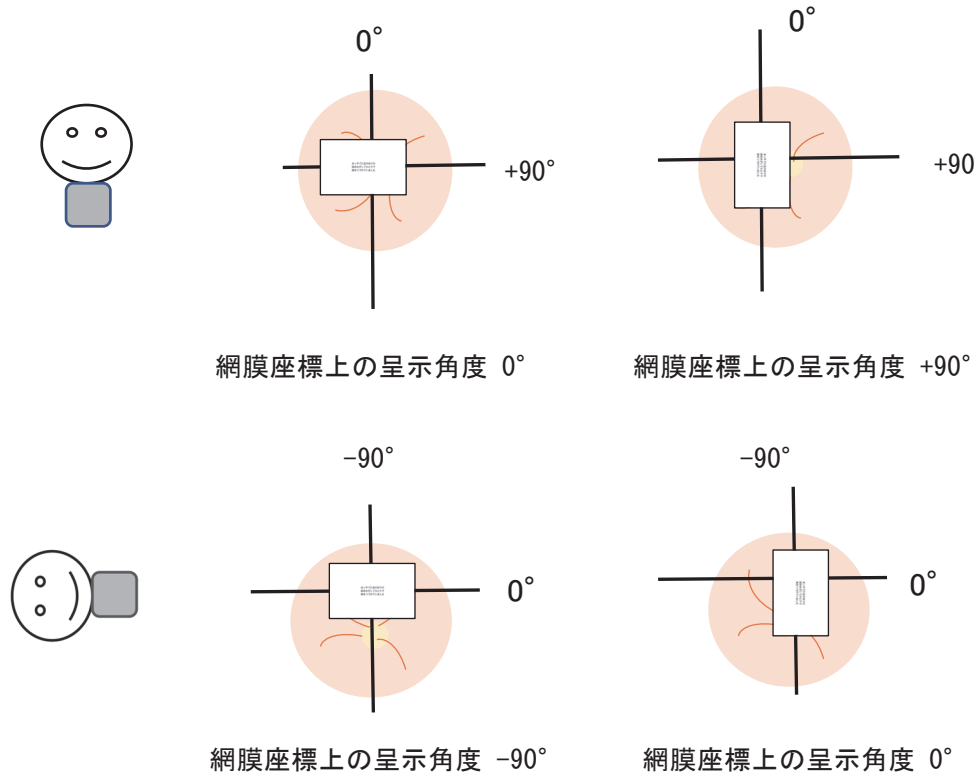


図 10 刺激の呈示角度と網膜座標上の呈示角度の関係

上：頭位 0° 条件

下：頭位+90° 条件

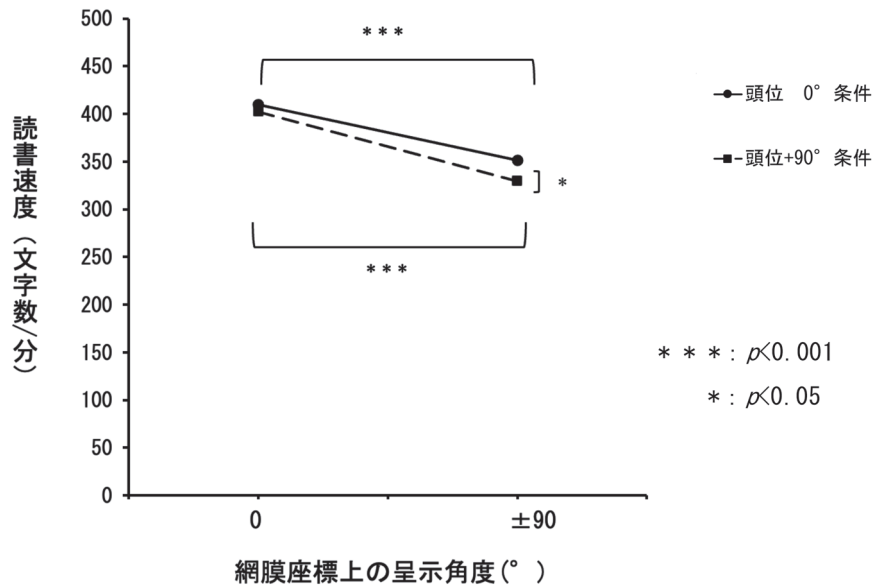


図 11 各頭位条件における網膜座標上の呈示角度と読書速度の関係

Note: 頭位+90° 条件では, 呈示角度+90° 条件は網膜座標上 0° , 呈示角度 0° 条件は網膜座標上-90°

4. 考察

座位で頭位直立を想定した頭位 0° 条件と、側臥位を想定した頭位+90° 条件で、読書速度に違いがあるか、また、その際、刺激を呈示する角度によって違いが生じるかについて、明らかにするため、MNREAD-J に準じて作成した読み課題を刺激として、健常者を対象に実験を行った。

網膜で受容された視覚刺激は、まず網膜座標系でその位置が表現される（船橋, 1998 ; Schuett Bonhoeffer & Hübener, 2002）が、本研究においても、頭位の傾きを基準とした網膜座標系で情報処理されていることが示唆された。網膜座標上 0° に刺激が呈示された条件での読書速度が頭位条件に関わらず有意に速くなり、網膜座標上 ±90° の角度に呈示された条件では、頭位条件間で差がみられ、側臥位である頭位+90° 条件の読書速度が、頭位 0° 条件より有意に遅くなった。稲垣 (2020) は、縞視標を使って、頭位の傾斜と視標の呈示角度が正答割合に影響を与えるかについて実験を行い、座位では頭位の傾斜に関わらず、網膜座標の水平・垂直の軸上に呈示された条件で正答割合が高くなり、側臥位条件では物理的垂直軸である網膜座標上+90° に呈示された縞視標の正答割合が高くなったことを報告しており、本研究では異なる結果となった。

頭位条件に関わらず、網膜座標上 0° に呈示した条件で読書速度が速かった理由として、文字は縞視標と異なり上下が明らかで、イメージとして記憶されている（高野, 1987）ことがあげられる。Dyde & Harris (2006) は、文字や顔を認知しやすい「上」の感覚を知覚的直立位 (Perceptual Upright : 以下 PU) とし、文字の「p」を 360° 回転させて呈示し、「p」に見えるか、「d」に見えるかを実験参加者に答えさせることにより PU を測定し、PU は座位、側臥位ともに網膜座標上 0° にほぼ重なるとした。本研究の結果からも、頭位 0° , +90° 条件ともに網膜座標上 0° 条件での読書速度が速くなり、網膜座標上 0° で文字を「上」と判断していると考えられ、Dyde et al. の考えを支持するものであった。縞視標刺激での実験では網膜座標上 0° と同等に正答割合が高かった網膜座標上 ±90° では、文字が PU から 90° 回転しているため読みにくくなったと考えた。また、本研究では読書速度を測定したため、正答割合では明らかにはならない「読むことは可能であるが、読みにくい」が有意な差となった可能性がある。

網膜座標上 ±0° に刺激を呈示した条件では見られなかった頭位条件の影響が、網膜座標上 ±90° に呈示した条件で見られたことについては、側臥位における重力、耳石器、垂直半規管の影響が考えられる（小川, 2020）。空間における垂直認知は、垂直半規管、耳石器の統合された重力受容入力に基づいており、その前庭入力には両側の前庭神経核と垂直性、回旋性眼球頭部運動の統合中枢である吻側中脳被蓋 (Cajal 間質核, rostral interstitial nucleus of medial longitudinal fascicle: riMLF) と視床を介して頭頂葉—前庭性皮質 (parieto-insular vestibular cortex: PIVC) に至る垂直認知経路を接続する中枢神経回路から調整を受けているとされる（小川, 2020）。空間に対する垂直認知は自覚的視性垂直位 (subjective visual vertical: 以下 SVV) で評価される。SVV は冠状面 (coronal plane), 横断面 (transverse plane), 矢状面 (sagittal plane) のすべてにおいて視覚的に認知される垂直方向を指すとされ（國弘, 2004）。近年では、耳石機能以外に半規管はじめ重力認知経路の影響を受けることが報告されている（小川, 2020）。SVV は、身体・頭位が傾いた時、傾きが小さい時 (45° 以下) は体の傾きを過大評価する傾向 (E-effect) があり、冠状面で身体を大きく傾斜させた場合 (60° 以上), SVV は身体の傾斜方向に傾き、身体の傾斜角度が大きくなるにつれて増大する傾向 (A-effect) があるとされる (Howard, 1982; Guerraz, Poquin, Luyat & Ohlmann, 1998)。側臥位での SVV の個体差は大きく 12° ~ 21° とされている。Dyde et al. (2006) は、SVV は、A-effect により、0° より+側に約 10° 傾斜し、PU は+90° より-側に約 15° 傾くとしている。この現象は、頭部傾斜が起こると耳石器の感受性が低下することから生じると考えられている（國弘, 2004）。図 12 に Dyde et al. (2006) が述べている座位・直立と側臥位で

のSVVとPUの関係を示した。頭位 0° 条件では、SVV、PU、重力（gravity）方向である物理的垂直軸、体長軸（body）が全て重なり1軸となる。しかし、頭位 $+90^\circ$ 条件では、A-effectによりSVVは物理的垂直軸と少しずれ、PUも頭位とややずれるとされ（Dyde et al., 2006）、曖昧な軸が複数できることになる。側臥位である頭位 $+90^\circ$ 条件では、網膜座標上 -90° に呈示された刺激は、曖昧な軸のため文字認知が遅くなったのではないかと考えた。

この他に網膜座標上 $\pm 90^\circ$ に刺激が呈示された条件で頭位 $+90^\circ$ 条件の読書速度が、頭位 0° 条件より遅くなった理由として、頭位 0° 条件では刺激が網膜座標上 $+90^\circ$ に呈示されるため、網膜座標上、上から下へ呈示されるが、頭位 $+90^\circ$ 条件では網膜座標上 -90° に呈示され、網膜座標上、下から上へ呈示されることや網膜座標上 0° に呈示された条件では、頭位 0° 、 $+90^\circ$ 条件ともに、左から右への水平の眼球運動が主に使われるが、網膜座標上 $\pm 90^\circ$ に刺激が呈示される条件では、上下の眼球運動が必要となり水平の眼球運動より複雑になる（福島, 1996）ことが考えられる。

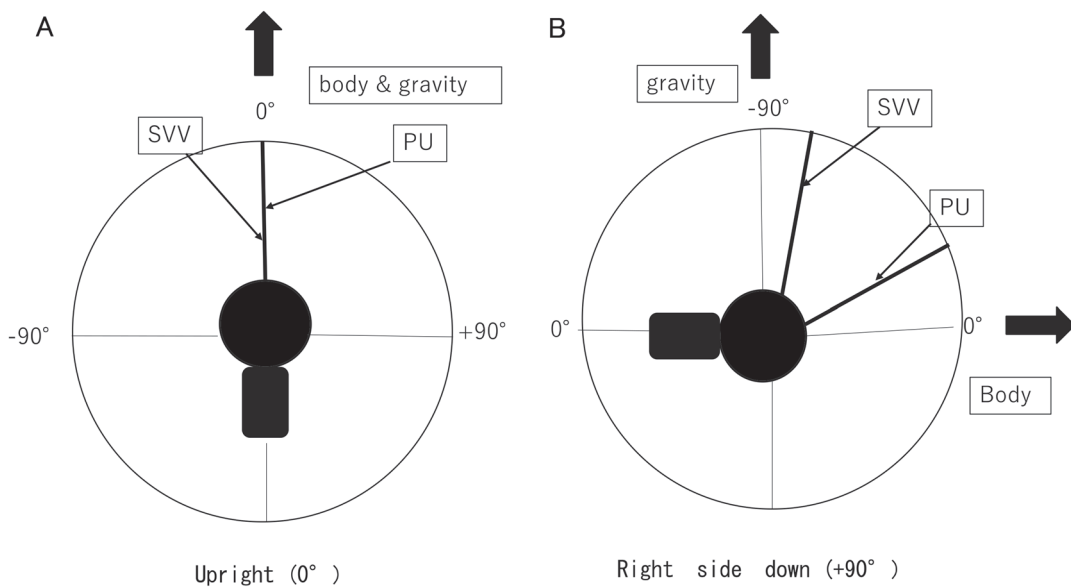


図 12 SVV, PU と体長軸と物理的垂直軸（重力方向）の関係（A：頭位 0° 条件 B：頭位 $+90^\circ$ 条件）

Dyde et al. (2006) をもとに著者作成

Note: body は体長軸, gravity は物理的垂直軸（重力方向）を示す

文字の読みには認知機能が関与しており（高野, 1987）、網膜座標上 0° にほぼ重なるPUが重力や他の感覚に優先され情報処理されたことが示唆された。PUは、文字を課題として呈示する際に重要な軸となるため、側臥位で日常生活を送る児童・生徒に課題を呈示する際には、PUに合わせて呈示をしているかを確認する必要があると考える。側臥位については重力の関与をはじめとして、座位とは異なった機序が働いていることは明らかではあると考えるが、人間は耳石にかかる重力を感覚毛が前庭神経へ伝えることによって重力の大きさを検知する以外に、体性感覚系からの情報によっても重力の大きさを知る（吉澤, 2007 ; Trousselard, Barraud, Nougier, Raphel & Cian, 2004 ; 根岸・金子・水科, 2009）ともされており、詳細は未だ不明である。また、本研究は健常者を対象としたものであり、この結果が側臥位で日常を過ごす人に対してそのまま当てはまるものではない。また、患者・患児、児童・生徒の障害の原因は様々であり、症状も異なるため、日常的に側臥位を取る人（児）を対象として、個別に検討を加えていく必要があると考えた。

引用文献

- 青木伸生 (選) (2010). 10分で読める物語 六年生. 学研プラス.
- Dyde, R. T., Jenkin, M.R. & Harris, L. R. (2006). The subjective visual vertical and the perceptual upright. *Experimental Brain Research*, 173(4), 612-622.
- 船橋新太郎 (1998). 16. 網膜座標系から頭部中心座標への変換メカニズム. *Equilibrium Research*, 57(4), 353-368.
- 福島菊郎 (1996). 垂直性眼球運動のメカニズム. *神経進歩* 40(3), 337-350.
- Guerraz, M., Poquin, D., Luyat, M. & Ohlmann, T. (1998). Head Orientation Involvement in Assessment of the Subjective Vertical during Whole Body Tilt. *Perceptual and Motor Skills*, 87(2), 643-648.
- Howard, I. P. (1982). Human Visual Orientation. Jhon Wiley and sons, New York.
- 稲垣尚恵 (2020). 頭位の傾斜が縞視力に及ぼす影響, 日本視能訓練士協会誌, 49, 193-204.
- 可児一孝 (2009). 視力検査の流れ. 所敬 (編) 理解を深めよう視力検査 屈折検査 (pp. 30-35), 金原出版.
- 國弘幸伸 (2004). 19. 自覚的視性垂直位 (SVV). *Equilibrium Research*, 63(6), 533-548.
- Legge, G. E., Ross, J.A., Luebker, A., & Lamay, J.M. (1989). Psychophysics of reading. VIII. The Minnesota Low-Vision Reading Test. *Optometry and Vision Science*, 66(12), 843-53.
- 根岸一平・金子寛彦・水科春樹 (2009). 重力方向近くにおける視覚刺激の傾きと種類及び身体の傾きの影響. *光学* 38(5), 266-273.
- 小田浩一・今橋真理子 (1995). 文字認知の閾値と読みの閾値. *VISION*, 7(4), 165-168.
- 小田浩一・Mansfield, J. S.・Legge, G, E (1998). ロービジョンエイドを処方するための新しい読書検査表 MNREAD -J. 第7回視覚障害リハビリテーション研究発表人会論文集 157-160.
- 小田浩一 (2000). ミネソタ読書チャート MNREAD-J. 丸尾敏夫 (編) 眼科診療プラクティス 57. 視力の正しい測り方 (pp. 79), 文光堂.
- 小田浩一 (2002). MNREAD-J, MNREAD-Jk マニュアル.
- 小川恭生 (2020). 自覚的視性垂直位. *Equilibrium Research*, 79(4) 211-217.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy—Psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162(1-2), 8-13.
- Peirce, J. W. (2008). Generating stimuli for neuroscience using PsychoPy. *Frontiers in Neuroinformatics*, 2(10):10.
- Peirce, J. W., Gray, J.R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., & Lindeløv, JK. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51, 195-203.
- Schuett, S., Bonhoeffer, T. & Hübener, M. (2002). Mapping retinotopic structure in mouse visual cortex with optical imaging. *Journal of Neuroscience*, 22(15), 6549-6559.
- 高野陽太郎 (1987). 傾いた図形の謎. 東京大学出版会.
- Trousselard, M., Barraud, P. A., Nougier, V., Raphel, C. & Cian, C. (2004). Contribution of tactile and interoceptive cues to the perception of the direction of gravity. *Brain Res Cogn Brain Res*. 20(3), 355-62.
- 氏間和仁 (2010). ロービジョンの読みに適した文字サイズの選択について MNREAD とその周辺の研究. *特殊教育学研究*, 48(4), 323-331.
- 内海隆 (2001). 視力の臨床 1 視力表のこれまでと将来. *神経眼科* 18, 265-271.
- 吉澤誠 (2007). 視覚と他感覚の融合. 日本視覚学会編, 視覚情報処理ハンドブック (pp. 507-510), 朝倉書店.

(2022年 2月 7日 受付)
(2022年 5月 11日 受理)