

論文名： Developmental Eye Movement test (DEM) と文章黙読の眼球運動の比較

所属：¹帝京大学大学院 医療技術学研究科 視能矯正学専攻,²帝京大学 文学部 心理学科,
³早稲田大学 人間科学学術院,⁴帝京大学 医療技術学部 視能矯正学科

著者名：池田 結佳¹, 早川 友恵², 百瀬 桂子³, 松岡 久美子^{1, 4}

【緒言】

読むことは、眼球を通して視覚情報を取り込み、その情報を処理することである。情報入力には眼球運動が不可欠であり、停留と衝動性眼球運動（以下サッケード）を繰り返しながら網膜上に結像される文字の連なりを大脳が逐次視知覚し、判読する。また、情報処理の結果はすぐに眼球運動に反映されると考えられている¹⁾。読みの眼球運動の先行研究では、停留回数、停留時間、サッケード回数、サッケード幅、逆行頻度などが検討されており、サッケードは順行・逆行・改行に分けて考える（図 1）。視覚障害は読みに支障をきたすが、発達障害の一部も読みを困難にする。読み書きに困難を示す児童生徒の割合は 2.4%と推定されており²⁾、支援の場が求められている。読み困難の背景には様々な要因がある。音韻操作能力や呼称能力の問題によるとの報告がある一方で、視機能の関わりについても報告されている^{3~6)}。多岐にわたる要因の中から問題点を明らかにし、適切な支援につながる検査法を広く共有することが必要である。

読み困難児に使われている視機能検査の 1 つに Developmental Eye Movement test（以下 DEM 検査）がある。Garzia らが 1987 年に読むときの異常な眼球運動パターンを検出する視覚言語眼球運動検査として考案した⁷⁾。DEM 検査は読むときの眼球運動の異常（長い停留時間、短いサッケード距離、多い停留回数や逆行）を検出する検査である。Garzia らは DEM 検査成績と Wide Range Achievement Test(WRAT)成績との比較を行い、WRAT 中の単語読みテスト（関連のない単語が水平に等間隔に並んでいる）の得点と DEM 検査成績の間には相関があったとし、一方で、関連のない数字が並んでいる DEM 検査は意味の認知負荷がないので、実際の読書とは停留回数、停留時間、逆行などの停留パターンが異なるだろう、とも述べている。

DEM 検査と読み成績や眼球運動との関連性について、Ayton らは DEM 検査は眼球運動とは相関しないが、視覚処理速度と相関があり、読みの成績とも相関があるとしている⁸⁾。Palomo-Alvarez らは読み速度の遅さと DEM 検査水平スコアに関連があり、DEM 検査は有用であるとしている⁹⁾。金永らは注意欠陥多動性障害児の DEM 検査の眼球運動計測から、文字間が広いときサッケード回数が増加すると述べ¹⁰⁾、奥村らは読み困難児の読み課題、非読み課題の眼球運動計測を行い DEM 成績と比較し、読み困難児は DEM 比が高く、読み課題でサッケード回数が増加、非読み課題で目標への反応回数が低下したと述べている¹¹⁾。しかし、DEM と文章読み課題の両方の眼球運動を計測して比較した報告は過去にない。そこで本研究では、意味情報の有無という刺激の性質の違いがあっても、DEM 検査が文章読みの眼球運動パターンを反映することの検証を目的とした。そのために DEM 検査

と文章読みにおける眼球運動パターンの相関関係と差の検定を行った。

【対象および方法】

1. 対象

屈折異常以外に眼科的、全身的疾患のない健常若年者 37 名（男性 11 名、女性 26 名、平均年齢：21.1±1.3 歳）を対象とした。

2. 使用機器

Tobii TX300 アイトラッカー（サンプリングレート 300Hz、スクリーンサイズ 23 インチ、スクリーン解像度 1920×1080 ピクセル）を使用した。

3. 刺激と方法

(1) DEM 検査

DEM 検査は testA,B,C の 3 つの表で構成されている。読み成績と相関するのは、水平スコア（testC 音読時間）と比率（testC 音読時間 / testA,B 音読時間）で、特に水平スコアとの相関が強い^{8) 9)}とされており、testC は DEM 検査の最も重要な要素である。したがって計測に用いる刺激は testC（原表の 16 行中 11 行を抜粋してスクリーン表示用に作成したもの。1.3°～7.9°の不規則な間隔で並ぶ数字（視角 0.2°）で、左から右へ横に読む。以下これを DEM と記す）とした（図 2-a）。

(2) 文章

文章は小川未明の童話 5 編（あおぞら文庫より引用）の冒頭の一節を、分節ごとに分かれ書きにしたものを使用した（図 2-b）。文字の視角は 0.66°、間隔 0.27°で、DEM と同じ横書き 11 行とした。文章の選定は、新聞のコラム、論説文、童話から、著者を含む数名で読み比べて決定した。なじみのない単語がある、抽象度が高い、文脈が掴みにくい文章はすらすら読めず、読んでいるときの眼球運動を測定するには適さないとの意見があったため、最もすらすら読めて人によって既読・未読の経験差がない文章を選定した。読むことが容易な文章であることの指標として、NTT データベース「日本語の語彙特性」（2007）を用いて単語の文字親密度と表記妥当性を算出した。単語の文字親密度は 5.97±0.05(Max 7.0)、表記妥当性は 4.46±0.07(Max 5.0)であった。文章読みの信頼性を確保するために、文章刺激は 5 刺激の平均値を算出した、また、各文章計測後に正誤問題（1 刺激 3 問）で内容理解の確認をし、80%以上の正答率をもって有効データとした。

(3) 測定方法

まず予備実験として全被検者に対し眼球運動計測前に音読による DEM 検査、眼位、立体視検査を施行し、その後 DEM 黙読および文章黙読中の眼球運動計測を行った。DEM 検査は本来音読による検査であるが、音読での計測では顔の動きの影響で計測不能の時間が長く良好なデータを得られなかった。そのため DEM、文章とも黙読の条件で眼球運動計測を行った。アイトラッカーのキャリブレーション後、文章 5 刺激と DEM 1 刺激の計 6 刺激 1 回ずつの黙読を計測した。全ての刺激は縦 10°×横 15°の範囲に呈示した。画面と被検者

の前額面は平行にし、距離は 60cm で顎台に頭部を固定した。屈折異常はソフトコンタクトレンズで矯正した。

(4) 分析項目と方法

眼球運動パターンの比較のための分析項目は、黙読時間（各刺激を黙読するのに要した時間）、停留時間・回数、サッケード幅・時間・回数・速度とした。この中で、改行サッケードの時間と速度を改行サッケード特性とした。改行サッケード時間は、加速時間(a)と減速時間(b)に分け、その比を a/b 比とした (図 3)。

眼球運動の分析には、使用機器に付属のソフトウェアを使用し、停留定義は I-VT フィルタ（速度閾値 30 deg/s、停留持続の最短時間 60ms）を用いた。先行研究で左眼が右眼より先に最大速度に達するとの報告¹²⁾があるので、今回は左眼データを解析した。得られたデータを確認し、明らかに逸脱した値は除外した。

算出方法は、まず I-VT フィルタで停留とサッケードを抽出し、停留区間から停留時間の平均と、停留回数を算出した。サッケードについては、順行・逆行・改行に分けて分析した。数回に分けて改行したときのサッケード回数は、最も幅の大きいものを改行とし、残りは逆行として数えた。また、幅 8° 未満のサッケードは改行には数えなかった。停留時間は全停留の平均に加え、改行前・改行後についても検討した。サッケード速度は 1 フレーム (3.3ms) の視線移動幅から速度を算出し、さらに 3 フレームの移動平均値とした。

統計解析は Statcel ver.2 ((有)オーエムエス出版) を用いて、各項目について課題間、課題内で相関係数とその検定、差の検定を行った。相関係数は正規分布の項目は Pearson の相関係数の検定、正規分布でない項目は Spearman の順位相関係数の検定、差の検定は Wilcoxon 符号付順位和検定を行った。また、読み速度の向上は、停留時間の減少よりは停留回数の減少にて達成される¹⁾¹³⁾ことは既に知られているが、DEM においても黙読時間に停留回数が最も影響しているのかを検討するために、黙読時間を目的変数とし、停留回数、平均停留時間、全サッケード時間、その他の時間を説明変数とする重回帰分析を行った。重回帰分析を行う際にはデータを標準正規化した。

【結果】

1. 課題間 (DEM 黙読と文章黙読) の比較

(1) 黙読時間

DEM : 15824±1927 (ms)、文章 : 21324±3588 (ms) で、黙読時間は有意な相関を示した (図 4-a、Pearson の相関係数 $r=0.48$ 、 $p<0.05$)。

(2) 停留回数

DEM : 68±8 (回)、文章 : 85±13 (回) で、停留回数は有意な相関を示した (図 4-b、Pearson の相関係数 $r=0.61$ 、 $p<0.001$)。

(3) サッケード

全サッケード回数 (回) は、DEM : 74±11、文章 : 101±22 (Pearson の相関係数 $r=0.74$ 、

$p<0.001$)、順行サッケード回数(回)は、DEM: 51 ± 7 、文章: 63 ± 12 (Pearson の相関係数 $r=0.63, p<0.001$)、逆行サッケード回数(回)は、DEM: 11 ± 5 、文章: 23 ± 10 (Spearman の順位相関係数 $r=0.75, p<0.001$) で DEM と文章の間の相関係数が高かった。また、順行サッケード幅($^{\circ}$)は、DEM: 3.0 ± 0.4 、文章: 2.3 ± 0.5 (Pearson の相関係数 $r=0.59, p<0.001$) で有意な相関を示した。

(4) 平均停留時間 (図 5-a)

DEM が 187.8 ± 24.0 (ms) で文章の 198.8 ± 18.6 (ms) より有意に短かった。(Wilcoxon 符号付順位和検定、 $p<0.01$)。また、課題間で有意な相関を示した (Spearman の順位相関係数 $r=0.39, p<0.05$)。

(5) 改行前後の停留時間

改行前停留時間 (ms) は、DEM: 158.0 ± 30.1 、文章: 157.0 ± 27.5 で、有意な相関を示した (Spearman の順位相関係数 $r=0.46, p<0.01$) が、改行後停留時間 (ms) は、DEM: 214.7 ± 48.7 、文章: 220.3 ± 30.2 で、有意な相関はなかった (Pearson の相関係数 $r=0.13, p=0.44$)。DEM・文章ともに、改行前停留時間は平均停留時間より有意に短く(図 5-b、Wilcoxon 符号付順位和検定、DEM: $p<0.001$ 、文章: $p<0.001$)、改行後停留時間は平均停留時間より有意に長かった(図 5-c、Wilcoxon 符号付順位和検定、DEM: $p<0.001$ 、文章: $p<0.001$)。

(6) 改行サッケード特性 (表 1)

改行サッケード時間、最大速度、改行サッケードの加速時間(a)、減速時間(b)、a/b 比は全ての項目において課題間で高い相関を示した。

2. 課題内の比較

(1) 黙読時間に影響する因子

DEM、文章ともに黙読時間は停留回数の回帰係数が最も高かった(表 2)。DEM は停留回数、1 回あたりの平均停留時間ともに回帰係数が高かったが、文章は停留回数と 1 回あたりの平均停留時間の回帰係数に差があり、停留回数の方が黙読時間に、より影響していた。

(2) 停留回数と順行サッケード幅の相関

DEM・文章ともに、停留回数と順行サッケード幅の間に有意な負の相関 (DEM: Pearson の相関係数 $r=-0.58, p<0.001$ 、文章: Pearson の相関係数 $r=-0.57, p<0.001$) があつた。

(3) 停留回数と逆行サッケード回数の相関

DEM・文章ともに、停留回数と逆行サッケード回数に有意な正の相関 (DEM: Pearson の相関係数 $r=0.63, p<0.001$ 、文章: Spearman の順位相関係数 $r=0.78, p<0.001$) があつた。

【考按】

意味情報の有無の差があつても、DEM 黙読時間と文章黙読時間の間には有意な相関があり、DEM の結果から文章の読みの速さを予測できることが示唆された。以下、眼球運動パターンの分析項目ごとに DEM と文章を比較して考察する。

1. 停留回数

読書速度の研究において、読み速度の向上は停留時間の減少よりは停留回数の減少、跳躍距離の増加にて達成されることは既に知られているが¹⁾¹³⁾、DEM 黙読においても停留回数の影響が大きいことが明らかになった。停留回数には DEM と文章の間で有意な相関があり、両課題とも停留回数の増加には、順行サッケード幅の狭小、逆行サッケード回数の増加が関わっていた。文章黙読時は意味の理解が停留回数に影響する要因の 1 つであるが¹⁾、他に共通の要因があると考えられる。

順行サッケード幅は DEM と文章で有意な相関を示した。DEM は意味の理解を伴わないので、順行サッケード幅は意味の理解以外の共通する要因によっても影響を受けると考えられる。Hochberg は、眼球運動の制御方法として、周辺視でぼんやり捕らえた場所へ中心視を移動させる周辺探索誘導(peripheral search guidance 以下 PSG)と、文意から次に予想される事柄を視覚的に検証するために視点を導く認知探索誘導(cognitive search guidance 以下 CSG)の 2 つの考え方を提唱している¹⁴⁾。DEM と文章の 2 つの課題を比較すると、文章では PSG と CSG によって、DEM では PSG のみによって次の停留点を決定していると考えられる。このことから課題間で順行サッケード幅に有意な相関があったのは PSG による停留点決定が共通点として考えられる。苧阪は、周辺視は **where** の処理系(背側経路)の情報が、中心視(**what** の処理系、腹側経路)の情報より重要であり、一定水準の注意を配分しうる領域という意味で注意の範囲とも関連している¹⁵⁾と述べている。注意の範囲と関連した眼球運動制御が、本研究の DEM と文章黙読に共通していると考えられる。また、関口らは、読み困難の背景に視覚的注意の問題を指摘している。視覚的注意の能力を、読みの有効視野(単語の概形情報の獲得とそれにより次の停留点決定が行われる範囲)と視覚的注意スパン(並列的に処理できる範囲。これが小さいと単語を全体単位で処理できない。)の 2 つの観点で検討した。読み困難児の有効視野は健常児より狭くなっており、停留回数が多かった¹⁶⁾。本研究は対象が異なるが、停留回数、順行サッケード幅に課題間で有意な相関があったことから、DEM が文章読みの視覚的注意の能力(読みの有効視野)を反映していると考えられる。

逆行サッケード回数には課題間で高い正の相関があった。Rayner によると、文章読みにおける逆行サッケードにはいくつか性質の異なるものがある。①2~3 文字分の逆行は順行サッケードが長すぎたために起こる。②単語内の短い逆行は停留中の単語の処理に問題がある。③読んでいる行、あるいは別の行への 10 文字以上の逆行は文を理解出来ないときに起こる¹⁷⁾。今回、文章黙読でみられた逆行サッケードには①~③の全てが含まれるが、DEM では②と③はない。また、眼球運動計測時、DEM では 1 度で改行せず、数回に分けて改行する被検者がみられた。DEM でみられた数回に分けた改行は、読んでいた行と次の行の区別が難しいときに起こると考えられる。DEM では意味の手がかりがないために、改行時の停留点決定が、文章よりも難しいと感じる被検者がいた。行を見失わずに正しい位置に改行するために数回に分けて改行し、これにより DEM の逆行回数が増えた可能性がある。以

上のことから DEM と文章で逆行サッケード回数に相関はあるが、機序は異なると考えられる。両課題で逆行サッケードが起こる場所と幅をさらに詳しく解析し、逆行サッケードの機序を検討する必要がある。

2. 改行サッケード特性

文章の読みでは、視覚入力のないサッケード中には眼を動かすことと平行して、すでに入力されている文字から単語、単語から文への情報統合を行っている¹⁷⁾。サッケードの中で最も時間の長い改行時には情報処理の影響がサッケードに現われるのではないかと考え、改行サッケード特性も検討した。改行サッケード特性は DEM と文章の間で高い相関を示した。篠田によると、サッケードは網膜上での視標の位置情報がトリガーとなって誘発される。運動が開始される前にすでに中枢神経系内で眼球運動のプログラムがつけられ、それに基づいて運動が起こる。サッケードは運動が開始した後は随意的に変更することができない。サッケードの速度は眼球の回転角度に依存しており随意的に調節できない¹⁸⁾。今回の結果は、刺激の性質に差があり、課題遂行に要する認知負荷が違っていても、サッケードが開始すればバックグラウンドで行われている認知処理に関わらず、その運動は同じであることを示している。

また、サッケードでは、生まれてから後の学習によって経験的に眼球運動の gain の scaling ができあがっている¹⁸⁾。改行サッケード特性の個人差はこれによって起こると考えられる。

3. 平均停留時間

神部は、一つひとつの停留時間の長さは、注視点の置かれた場所にある語の意味処理、次に注視点の移る場所から近中心窩視で得られる情報の処理、前に得られた情報との統合、跳躍運動のための運動潜時などからの影響を受けることが予測できる¹³⁾と述べている。文章黙読の停留時間は上記の全てから影響を受けるが、DEM では跳躍運動のための運動潜時（次の停留点決定を含む）の影響のみと考えられる。今回計測された平均停留時間は DEM が 187.8ms で文章の 198.8ms より有意に短かった。意味情報のない DEM では、文章より意味に関わる認知負荷が少なくすむためであると考えられる。注視点の置かれた場所にある語の処理には、形態処理、音韻・意味処理が含まれるが、藤巻らによると、文字の形態処理は 80ms～210ms、音韻・意味処理は 190ms～460ms に脳活動がみられる¹⁹⁾。本研究の文章黙読の停留時間 198.8ms は意味処理の脳活動の時間に比べて短く、停留時間に意味処理はほとんど行われていないことになる。そのため、DEM と文章の平均停留時間の差は文字の形態処理の時間差であると考えられる。DEM と文章では停留点にある文字が何であるか認知する必要の有無の差と、停留点にある文字が 1つか、まとめり（単語）かの差がある。その形態処理の負荷の差が停留時間の差として表れたと思われる。本研究の文章黙読の停留時間 198.8ms では、単語の音韻・意味処理の途中で次の停留点へのサッケードが開始したことになり、処理の一部は視線が次に移った後に持ち越されていることを示唆している。Rayner は、文章の読みでは、停留時間だけでなく、停留とサッケードの繰り返し

しの中で、連続して意味処理が行われていると述べている¹⁷⁾。今回の結果はこれを裏付けており、1つの停留中にそこにある単語の意味処理だけをしているとは限らないと考えられる。これは、文章の黙読時間には、1回ごとの停留時間より、停留回数の影響の方が大きかったこととも矛盾しない。また、DEMと文章の平均停留時間の差は、有意ではあっても、平均11msという短い時間差であった。今回の条件で得られた停留時間の大部分は次の停留点決定を含むサッケードの運動潜時に要する時間であることを示唆する結果である。DEMと文章の平均停留時間に相関があったのも、サッケードの運動潜時の影響の方が大きかったためと推測される。しかし、停留時間は処理負荷の大きい単語や節に対して延長するとの報告もあり²⁰⁾、音韻操作能力や呼称能力の問題がある症例では意味処理の負荷がより大きく文章の停留時間に影響し、DEM検査の結果と文章読みの速さが乖離することも考えられる。

4. 改行後の停留時間

改行前後の停留時間には他の停留と違う特徴があった。改行前が短く、改行後が長い。文の読みでこの特徴があることはすでに報告されているが¹⁷⁾、DEMにも同じ特徴が見られた。DEMと文章の間の相関は、改行前の停留時間では有意であったが、改行後の停留時間では有意でなかった。改行前の停留時間が短いのは、周辺視による次の停留点決定が不要であったことが要因として考えられ、これは両課題に共通している。改行サッケード幅の視角は、読みの有効視野としての周辺視の範囲を超えるもので、PSGの処理がないために停留時間が短くなったと考える。これとは逆に、改行後は予めPSGの処理を行う機会がなかったために、他の停留より長くPSGの処理の時間を要したと推察される。改行後停留時間に課題間で有意な相関がないのは、文章では前の行との統合の難易により行頭の停留時間にばらつきが生じたためと考えられ、意味の有無の影響を示唆するものと思われる。さらなる検討が必要であろう。

【まとめ】

健常若年者において、DEM黙読と文章黙読中の眼球運動計測を行い、比較した。意味情報の有無の差があっても、DEMと文章の停留回数には有意な相関があったことから、DEMと文章読みに共通して影響する要因として、注意の範囲と関連した眼球運動制御が考えられ、これを評価する検査としてDEM検査は有用であると考えられる。読みに困難を抱える児童生徒の検査として広く共有したい。

意味の有無の影響は平均停留時間と改行後の停留時間に表れた。DEM検査を用いるときには、この点に注意すべきである。

今回の分析項目の中で、逆行サッケードの起こる場所と幅、改行直後の停留時間については今後の検討課題としたい。また、読みの眼球運動パターンは、文の難易度や対象の年齢により影響を受けること、音読と黙読とでは処理の負荷に差があることから、これらを考慮した検討が今後必要である。

【文献】

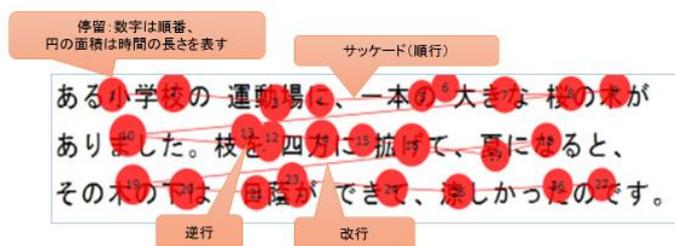
- 1) 斎田真也:読みと眼球運動. 苧阪良二,中溝幸夫,他(編):眼球運動の実験心理学.名古屋大学出版会,名古屋,167-197,1993
- 2) 文科省初等中等教育局特別支援教育課:通常の学級に在籍する発達障害の可能性のある特別な教育的支援を必要とする児童生徒に関する調査結果について,2014
- 3) 永松裕希,松川南海子,他:学校の中の発達性協調運動障害について—視覚効率から見た読みの問題—.教育心理学年報 43:166-175,2004
- 4) 大嶋有貴子,神田真和,他:パソコンを利用した視機能訓練の試み.眼臨紀 4:463-467,2011
- 5) 川端秀仁:視覚の発達と障害.総合リハ 42:827-835,2014
- 6) 平島ユイ子:学習障害児の教育指導における眼の配慮.日視能訓練士協誌 43:29-33,2014
- 7) Garzia RP,Richman JE,et al:A new visual-verbal saccade test:the Developmental Eye Movement test(DEM).J Am Optom Assoc 61:124-135,1990
- 8) Ayton LN,Abel LA,et al: Developmental Eye Movement test :What is it Really Measuring?. Optom Vis Sci 86:722-730,2009
- 9) Palomo-Alvarez C,Puell MC:Relationship between oculomotor scanning determined by the DEM test and a contextual reading test in schoolchildren with reading difficulties. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 247:1243-9,2009
- 10) 金永圭祐,岡まゆみ,他:注意欠陥多動性障害児における読みの眼球運動と文字配列の関係.日視能訓練士協誌 43:249-255,2014
- 11) 奥村智人,若宮英司,他:Reading disorder 児における衝動性眼球運動の検討.脳と発達 38:347-352,2006
- 12) 広田雅和,宮川 雄,他:高速眼球追跡装置を用いた読書時の視線解析(会議録).眼臨紀 8:518,2015
- 13) 神部尚武:日本語の読みと眼球運動. 苧阪直行(編):読み—脳と心の情報処理.朝倉書店,東京,1-16,1998
- 14) Hochberg J :Components of Literacy: Speculations and Exploratory Research.Levin H,Williams JP(ed):Basic studies on reading.Basic Books,New York,74-89,1970
- 15) 苧阪直行:移動窓による読みの実験的研究—周辺視と読みの関係—. 苧阪直行(編):読み—脳と心の情報処理.朝倉書店,東京,17-41,1998
- 16) 関口貴裕,吉田有里:読み書き障害児の視覚的注意特性—読みの有効視野および視覚的注意スパンの検討—.LD 研究 21:70-83,2012
- 17) Rayner K: Eye Movements in Reading and Information Processing:20 Years of Research.Psychol Bull 124:372-422,1998
- 18) 篠田義一:眼球運動の種類と機能分担.丸尾敏夫,小松崎 篤,他:眼球運動の神経学.医学書院,東京,2-18,1985
- 19) 藤巻則夫,早川友恵:言語処理の脳活動及び解析方法.情報通信研究機構季報

50:45-62,2004

20) Just MA, Carpenter PA: A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension. Psychol Rev 87:329-354, 1980

図 1

読みの眼球運動



停留、順行・逆行・改行サックードの例

図 2-a

課題① DEM

3		7	5		9		8
2	5			7		4	6
1			4		7		3
7		9		3		9	2
4	5				2		1
5			3		7		4
7	4		6	5			2
9		2			3		6
6	3	2		9			1
7				4		6	5
5		3	7		4		8

全ての刺激は縦 10° × 横 15° の範囲に呈示した。

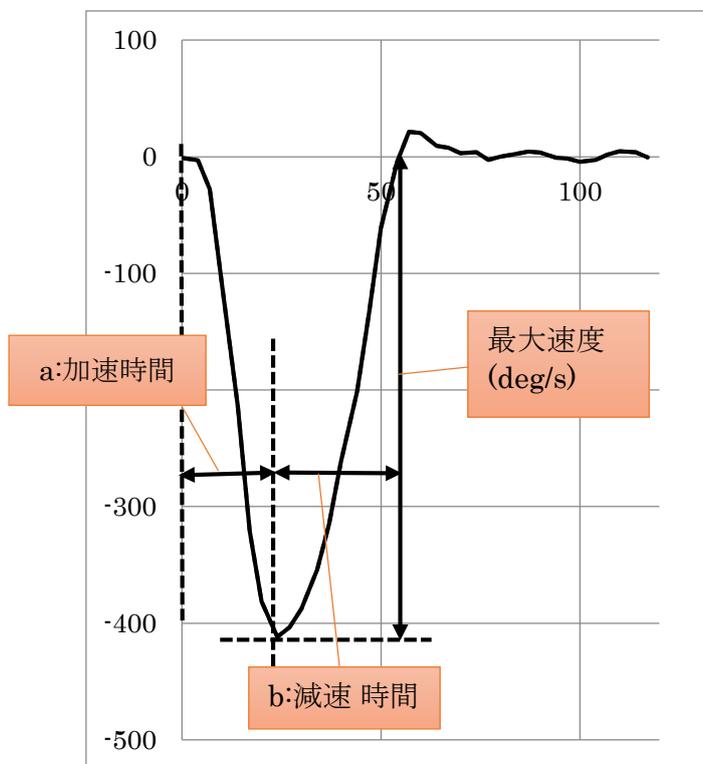
図 2- b

課題② 日本語横書き文章例

ある小学校の 運動場に、一本の 大きな 桜の木が
ありました。枝を 四方に 拡げて、夏になると、
その木の下は、日蔭が できて、涼しかったのです。
子供たちは、たくさん その木の下に 集まりました。
中には、登って、せみを 捕ろうとするものが あれ
ば、また、赤くなった さくらんぼを 取ろうとする
ものも ありました。桜の木は、ちょうど お母さん
のように、子供たちの するままだに まかせていま
した。そして、子供たちの、楽しそうに 遊ぶ よう
すを 見下ろしながら、いつも にこにこ 笑ってい
る ように 見受けられました。

図 3

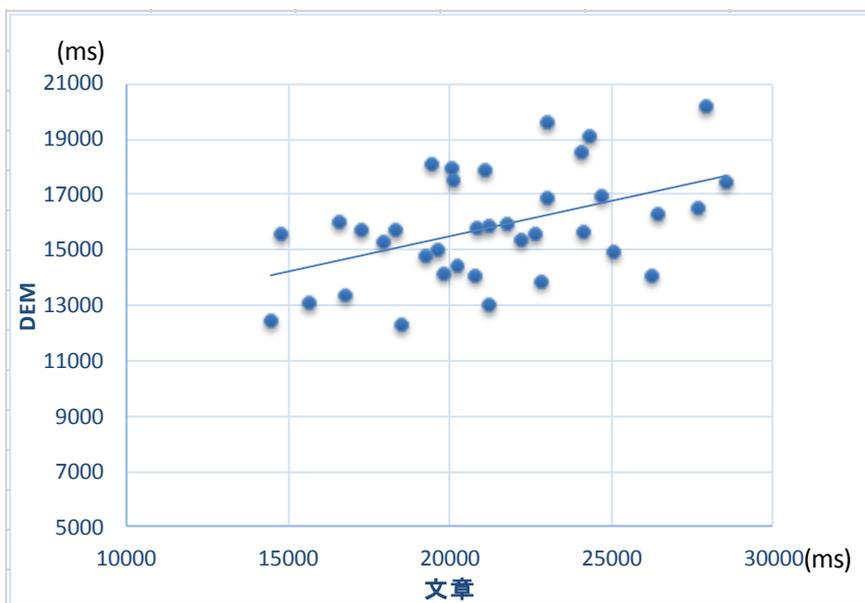
改行サッケード特性例



グラフの横軸は改行サッケード時間 (ms)、縦軸はサッケード速度 (deg/s) を示す。改行サッケード時間を、加速時間(a: 最大速度に達するまでの時間)、減速時間(b: 最大速度に達してからサッケード終了までの時間)に分け、その比を a/b 比とした。

図 4-a

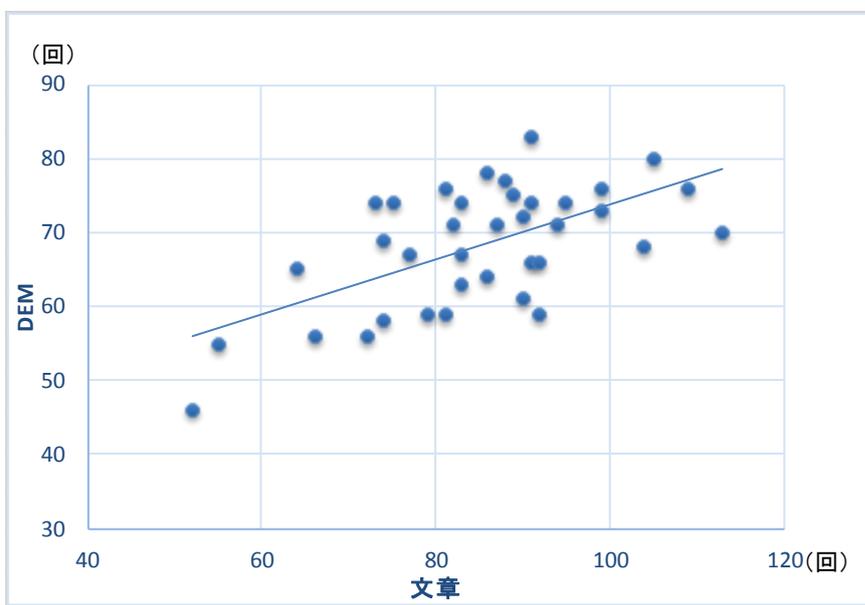
課題間の相関①（黙読時間）



DEM と文章の黙読時間は有意な相関を示した（ Pearson の相関係数： $r=0.48, p<0.05$ ）。

図 4-b

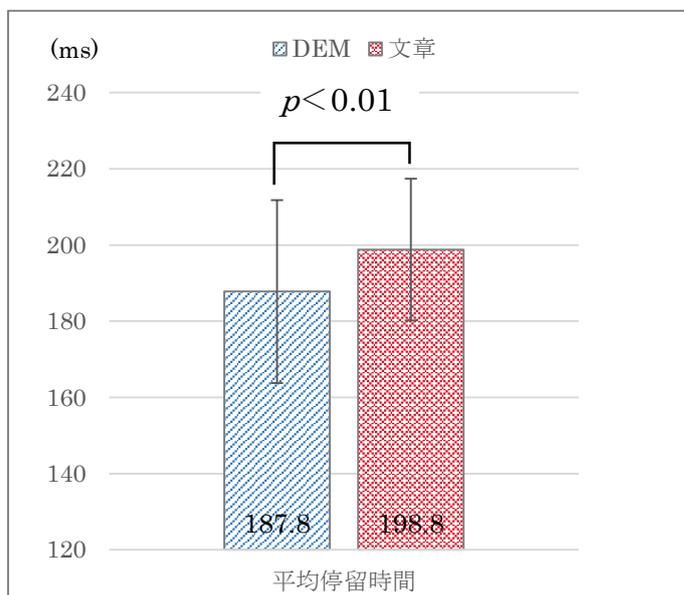
課題間の相関②（停留回数）



DEM と文章の停留回数は有意な相関を示した（ Pearson の相関係数： $r=0.61, p<0.001$ ）。

図 5-a

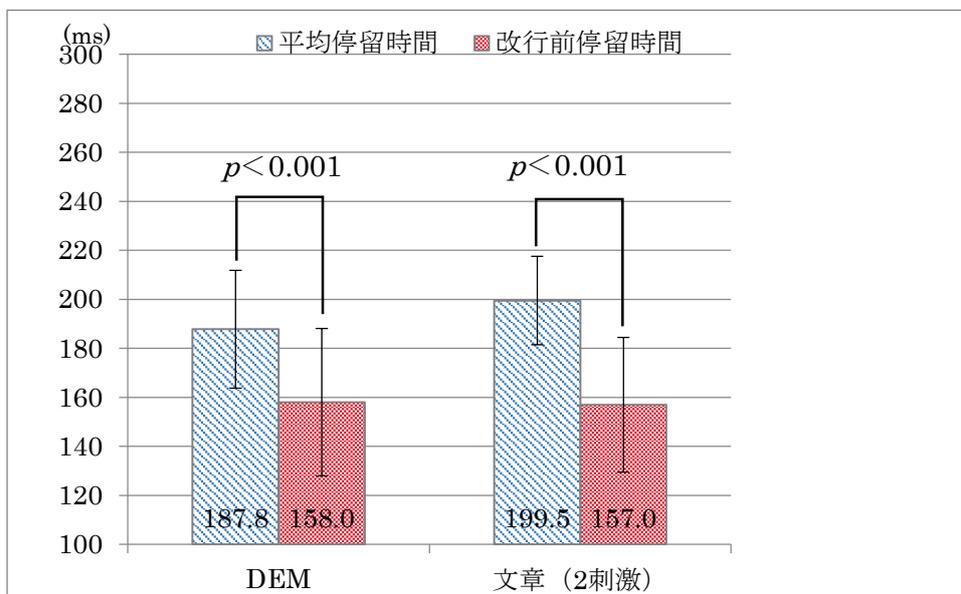
平均停留時間



DEM が 187.8ms で文章の 198.8ms(5 刺激平均)より有意に短かった。(Wilcoxon 符号付順位和検定、 $p < 0.01$)

図 5-b

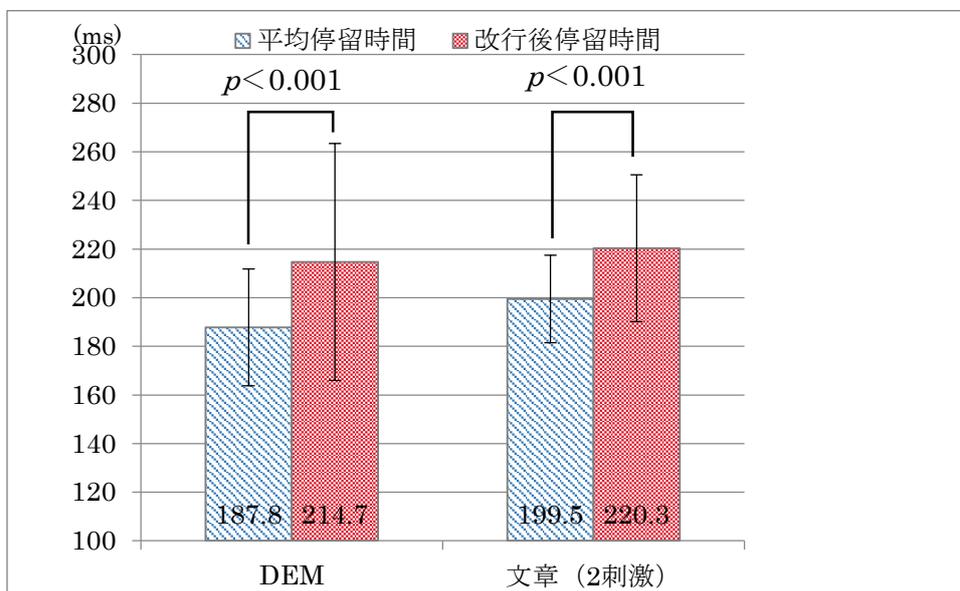
改行前停留時間



DEM・文章とも、改行前停留時間は平均停留時間より有意に短かった。(Wilcoxon 符号付順位和検定、DEM : $p < 0.001$, 文章 : $p < 0.001$)

図 5-c

改行後停留時間



DEM・文章とも、改行後停留時間は平均停留時間より有意に長かった。(Wilcoxon 符号付順位和検定、DEM : $p < 0.001$, 文章 : $p < 0.001$)

表 1

DEM 黙読と文章黙読の改行サッケード特性の相関

		改行サッケード 時間(ms)	改行サッケード 最大速度 (deg/s)	改行サッケード 加速時間(a) (ms)	改行サッケード 減速時間(b) (ms)	a/b比
DEM黙読	Mean	57.1	-397.2	21.6	32.1	0.69
	SD	5.7	50.5	3.2	5.1	0.16
文章黙読 (2刺激平均)	Mean	54.9	-366.6	21.8	29.9	0.75
	SD	4.5	47.6	3.5	3.9	0.18
相関係数 (DEM黙読、 文章黙読)	Pearson			0.88***	0.79***	0.81***
	Spearman	0.83***	0.90***			
		*** $p < 0.001$				

改行サッケード時間・速度・加速時間・減速時間とその比の平均値と標準偏差、DEMと文章の間の相関係数を示す。サッケード速度の符号はプラスが右向き、マイナスが左向きを示す。

表 2

黙読時間重回帰分析

変数	DEM 黙読時間				文章(5刺激平均) 黙読時間			
	回帰係数	標準誤差	信頼区間 95%下限	信頼区間 95%上限	回帰係数	標準誤差	信頼区間 95%下限	信頼区間 95%上限
停留回数	0.893***	0.059	0.772	1.013	0.784***	0.031	0.720	0.848
平均停留時間	0.733***	0.040	0.653	0.814	0.403***	0.020	0.362	0.444
全サッケード時間	0.032	0.064	-0.099	0.163	0.101**	0.034	0.032	0.170
分類不能時間	0.230***	0.040	0.149	0.311	0.298***	0.024	0.250	0.347
重相関係数R	0.980				0.995			
決定係数R ²	0.960				0.990			
	** $p < 0.01$	*** $p < 0.001$						

黙読時間を目的変数とし、停留回数、平均停留時間、全サッケード時間、その他の時間を説明変数とする重回帰分析を行った。重回帰分析を行う際にはデータを標準正規化した。