

特集論文

# 音読困難者の眼球運動特性に基づく 新しい読字モデル

A New Cognitive Model for Oral Reading Processes:  
Results of Studying Eye Movement Characteristics of a Phonological  
Dyslexic Patient

Kwok, Misa Grace 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科後期博士課程  
Misa Grace Kwok / Doctoral Program, Graduate School of Media and Governance, Keio University

石崎 俊 慶應義塾大学環境情報学部教授  
Shun Ishizaki / Professor, Faculty of Environmental Information, Keio University

福田 忠彦 慶應義塾大学環境情報学部教授  
Tadahiko Fukuda / Professor, Faculty of Environmental Information, Keio University

---

音読時における眼球運動特性を明らかにし、表記文字コミュニケーションの基礎である「読字モデル」を構築した。表記属性を統一した課題語を用い、失読症患者と健常者の読字実験を行い音読時間と眼球運動を測定した。その結果、健常者は周辺視により単語を chunk として認識する傾向にあるのに対し、失読症患者は音読困難な場合に、中心視による逐次読みが発生することが分かった。眼球運動と音読時の発話解析より、従来の二重回路モデルやトライアングル・モデルとは異なった言語処理プロセスの存在が示唆された。

The purpose of this study is to examine eye movement characteristics during reading and to build an oral reading-processing model, the basis of communication by written materials. A phonological dyslexic patient and unimpaired 'control' subjects were selected to experiment on oral reading with controlled words. Experimental analysis shows that the unimpaired subjects read each word as a "chunk" using their peripheral vision, whereas the phonological dyslexic subject read those words which he felt difficult to read, such as in a "letter-by-letter-reading" manner using only central vision. This suggests the existence of a separate language reading process in addition to regular dual-route and triangle models.

Keywords: 読字モデル、Phonological dyslexia、音読、眼球運動、瞳孔変化

## 1 はじめに

コミュニケーションにはさまざまな形態がある。2人以上の人間の間で行われる会話や情報の伝達、ジェスチャーや表情などの非言語による意思の疎通などが代表的といえる。コミュニケーションとは、情報の伝達や交換によって社会関係が動的な状態になり、活性化することを指す（大石1998）。

コミュニケーションの手段には会話などの音声によるもの、手紙やインターネットなどの表記文字で行われるものがある。コミュニケーションは人間間のみで行われるだけではないが、表記文字を用いてコミュニケーションを行うのは人間だけである。生活環境の中にはさまざまな情報が呈示されている。近年ではインターネットやE-メールなどの電子媒体を利用したコミュニケーションが盛んである。しかし、言語情報による表記文字を認識できない人もいる。例えば、視覚障害者や表記文字を読むことのできない幼児や言語障害者である。視覚障害者に対してはスクリーンリーダーや Talking Sign（三菱プレジジョン株式会社、日本 東京都）などの音声による情報伝達や、音声案内付き触地図（株式会社サン芸株式会社、日本 愛知県）のように触覚を利用した情報伝達用具がすでに開発され、実社会に導入されている。しかし、表記文字の認識困難者を対象とした情報呈示器具や情報呈示法はほとんどないのが現状である。

表記文字の認識困難者の表記文字コミュニケーションを支援するためには、読字に関する認知特性を明らかにする必要がある。本研究では、音読時における眼球運動特性に注目し、「眼球運動特性に基づいた読字モデル」を作成した。

## 2 失読症

失読症は読語発達障害（developmental dyslexia）と、後天性難読症（acquired dyslexia）に区別することができる。読語発達障害は、読み書き能力の発達に遅滞が見られる場合を示し、医学的問題として捉えられ教育や訓練によ

りたい場合は正常に回復する。一方、後天性難読症は脳に損傷を受け文字や文章を読めない症状を示す一種の言語障害である。後天的に脳梗塞や脳内出血などにより、脳機能が低下または一部分が停止した状態によって引き起こされる。

失読症にはさまざまな分類法があるが、言語病理学的分類と認知心理学的分類に2分することができる。言語病理的アプローチの特徴は、①個々の患者が示すさまざまな言語症状(群)の詳細かつ系統的な記述・分類として、②症状の基盤にある神経心理学的メカニズムないし病態機構についての説明仮説を提示すること(評価・診断の過程)、および③これに基づいた治療・訓練法を企画・実施することを通して言語によるコミュニケーション機能の改善をはかることにある(笹沼 1991)。一方、認知心理学的アプローチの特徴は症状に着目することにより言語認識メカニズムに注目している点にある。つまり、言語病理学的分類は脳の損傷部位による分類であり、それに対して認知心理学的分類は脳の損傷部位にのみとらわれず、症状に基づいた分類方法である。本稿では、後者の分類法を採用した。

失読症には、純粋失読(pure alexia)、深層難読症(deep dyslexia)、表層難読症(surface dyslexia)、音韻性難読症(phonological dyslexia)がある。純粋失読症は読むことに障害があり、聞くことと話すことに障害がない状態で、心内辞書内の語形情報に視覚系からコンタクトできないことが原因と言われている。深層難読症は単語を正しく音読することができないのに対し、その意味は理解可能な状態である。またひらがな表記されているものに関しては音読することができないのに対し、漢字表記されているものであれば音読することが可能である。また深層難読症には意味的誤り(同じ意味の単語を読み間違える)、視覚的誤り(見間違い)、派生的誤り(派生語を混同する)、非語がほとんど読めない、機能語の読みに問題があるなどの誤り方が発生する。表層難読症は文字と読みの関係が規則的な単語は読めるが、そうでない単語は正しく読めない状態である。例えばひらがな表記の単語は正しく読めるのに対し、漢字の場合では読めないなどの症状である。最後に音韻性難読症であるが、単語は正常に読めるのに対し、非語は読めず、

単語自体を音読することは可能でもその意味が理解できない状態とされている(阿部ら 1999)。本稿では被験者に音韻性難読症の患者の協力を得た。したがって、本稿で失読症患者という場合は、特に表記のない限り音韻性難読症患者をさす。

失読症の音読に関する研究は、心理学的検査法を中心として検定されることが多い。一般的な失読症の診断には心理学的検査法を用いることが多かった。Warrington ら (1980) は後天性失読症の患者 4 例を用いて単語の音読実験を行った。脳損傷のために視覚または認知的な特徴が現れ、その結果 letter-by-letter reading を行うと報告をしている。また初期視覚プロセス (Early visual processing) から視覚語形成システム (Visual word-form system) に情報が伝達され、視覚語形成システム内で読めるか判断され、音韻性プロセス (Phonological processing) と意味性プロセス (Semantic processing) に分化し、音読処理が完了するとしている (図 1)。また、伊集院ら (2000) は音韻性失読を音韻レベルの障害と仮定し、トライアングル・モデル (図 2) によりコンピュータシミュレーションを行った。トライアングル・モデル (Seidenberg ら 1989) は文字表象から音韻表象への直接の変換過程に、語彙経路と非語彙経路のような文字列の持つ属性に特化した下位処理構造を持たず、単語、非語とも同じ構造と計算原理で処理するモデルである。一方、近年では生理学的知見より分析を行う傾向が見受けられる。生理学的知見からの分析としてはまだ数例ではあるが、眼球運動が用いられ始めている (金子ら 2002、Zihl 1995)。

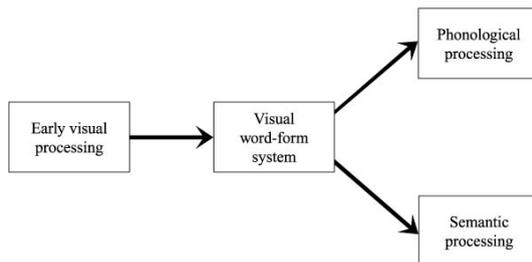


図 1 二重経路モデル (Warrington ら 1980)

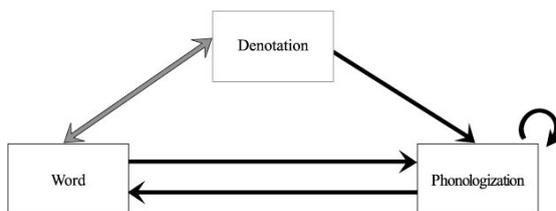


図2 トライアングル・モデル (Seidenberg ら 1989)

### 3 表記文字の読みに関する眼球運動

長文の音読や黙読などに関する健常者の眼球運動測定実験は数多い。外国人の日本語長文読解時における眼球運動を測定した事例では、日本人は文章内容の重要度によって選択的に視線を移動させるのに対し、中国人は学習歴を重ねても日本人と異なる視線移動を行うという(鴻巣 1999)。また松田(2001)は、ひらがな文における文節間空白の役割と漢字かな交じり文における漢字の役割を、眼球運動を指標として検討した。その結果、漢字かな交じり文では文節間空白の影響は認められず、ひらがな文では空白があるときのほうが読みの時間は短く、眼球運動の停留時間、停留数が少ないことを示した。英文の読書時における健常者の視点移動特性に関しては、英文図書のページにマスキングを施し、中心窩領域のみに刺激を限定し朗読を行った場合の視点移動の特性に関して石原・守田(2001)は報告をしている。英文の読書時では、読書時注目領域の高さと最大長に視点移動の特徴があらわれることが示された。しかしこれまでの研究では長文を刺激として用いているため、単語属性などの統一は一切なされていなかった。

一方、失読症の音読時における眼球運動に関する実験は少なく、半盲失読(hemianopic dyslexia)の長文黙読時における眼球運動を、視線の跳躍であるサッケードを用いて示した研究(Zihl 1995)や、純粹失読症患者の音読時と非音読時の眼球運動の差を計測した研究(Behrmann 2001)がある。また、失読・失書の長文黙読とサッケードの関係を示した研究(Biscaldi

1998)もある。これらはサッケードを分析の対象とし、刺激も長文の黙読に限定しており刺激の統一性がなされていない。近年の日本では、失読症患者の眼球運動に関する研究はまだ始まったばかりである。純粋失読患者に関しては、ひらがな表記、カタカナ表記による単語の音読時の眼球運動測定実験(金子ら 2002)により、純粋失読患者の音読時における眼球運動特性が報告されている。音韻性難読症(phonological dyslexia)の単語属性を統一した上での眼球運動特性を明らかにした研究は、Kwokら(2001a)とKwokら(2001b)以外にはこれまでなかった。

## 4 実験

### 4.1 目的

本実験の目的は、健常者と音韻性難読症の単語音読時における眼球運動を測定、比較し、失読症患者の単語音読特性を明らかにすることにある。特に視線の軌跡と注視範囲への注目により生理的な特性を明確化する。

### 4.2 被験者

#### 4.2.1 症例

男性の音韻性失読症患者1名を対象とした。1999年3月に脳梗塞を発病し、深層失読症(deep dyslexia)を経て音韻性失読症となった。発症時の年齢は52歳で、右利き、視力、色覚はともに正常であった。CT所見として、左前頭葉、尾状核、内包前脚、頭頂葉にわたるLDAが認められた。言語所見としては、音声言語の理解と産生は日常コミュニケーションレベルなのに対し、書字障害は漢字・仮名とも見られた。音読に関しては、漢字は単語レベルで良好であるのに対し、文レベルでは意味性錯読が時々出現する。仮名は、一文字音読成績(3回施行)のうち、2回以上正答は清音42/46、半濁・濁音13/25、拗音7/33であった。単語レベルでは、親密度、仮名表記妥当性の高い語に関しては良好なのに対し、無意味綴りは困難であった。本研究では症例1例に関してのみ測定を行った。

#### 4.2.2 対照群

対照群として健常者5名を対象とした。平均年齢46.5歳(±18.5歳)

の男性2名、女性3名であった。視力は矯正視力を含め両眼で標準視力表を用いた視力検査で1.0以上あり、かつ色覚は仮性同色表を用いた色覚検査で正常であった。また全ての被験者の利き目は右目であった。

### 4.3 刺激

呈示刺激として、通常漢字表記をひらがな表記した単語（以下、通常漢字表記）、通常ひらがな表記をひらがな表記した単語（以下、通常ひらがな表記）、通常カタカナ表記をカタカナ表記した単語（以下、カタカナ表記）、通常カタカナ表記をひらがな表記した単語（以下、通常カタカナ表記）、実在語に対して形態的に擬似化した文字列（以下、pseudoword）、無意味綴りをひらがな表記した文字列（以下、無意味綴り）をそれぞれ2モーラから5モーラの単語を用いた。表記属性に統制を持たせるため課題語は、日本語の語彙特性（天野・近藤 1999）に基づき、単語親密度6.0以上（Max 7.0）で、かつ「通常漢字表記」に関しては漢字表記妥当性が4.95以上（Max 5.0）、ひらがな表記妥当性2.5以下の語を、「通常ひらがな表記」に関してはひらがな表記妥当性4.0以上の語を、「カタカナ表記」に関してはカタカナ表記妥当性5.0以上、ひらがな表記妥当性1.5以下の語を用いた（表1）。特に、呈示刺激の作成にあたり、通常ひらがな表記とカタカナ表記に関しては、一文字音読成績で正答が3回中2回未満の文字を含んでおり、それ以外の課題語は全て正答が2回以上の文字で構成されるようにコントロールした。

それぞれの刺激は、Microsoft社製のMicrosoft Power Pointにより、1単語ずつランダムに表示した。また刺激間には画面中央に+を記した画面（以下、視線制御画面とする）を入れることにより視線を制限した。呈示刺激の画面は背景が10%グレーの無地、文字の呈示は黒字により80ptの明朝体（最大視野角、水平方向17.4 deg）で記載した。

### 4.4 眼球運動測定装置

眼球運動測定には、非接触型眼球運動測定装置「FreeView」（株式会社竹井機器工業社、日本新潟県）を用いた（図3）。最大検出分解能は水平方向、垂直方向共に0.1度以内である。また、サンプルレートは30 Hzであり、

表1 呈示刺激

	2モーラ	3モーラ	4モーラ	5モーラ
通常漢字表記	ちか	どうろ	しょくどう	れいぞうこ
単語親密度	6.16	6.28	6.00	6.34
表記妥当性・漢字	4.95	4.95	5.00	4.95
表記妥当性・かな	2.50	2.50	2.50	2.50
通常ひらがな表記	えび	わさび	じゃがいも	ぬいぐるみ
単語親密度	6.47	6.41	6.44	6.00
表記妥当性・漢字	4.30	3.05	-	3.85
表記妥当性・かな	4.55	4.50	4.15	4.40
カタカナ表記	ガム	コップ	ガソリン	サングラス
単語親密度	6.50	6.47	6.47	6.44
表記妥当性・カタ	5.00	5.00	5.00	5.00
表記妥当性・かな	1.35	1.35	1.25	1.15
通常カタカナ表記	がむ	こっぷ	がそりん	さんぐらす
Pseudoword	のい	たぼこ	かぼまこ	かぢぐるま
無意味綴り	うぼ	ろゆざ	らへだも	ねうぞふひ

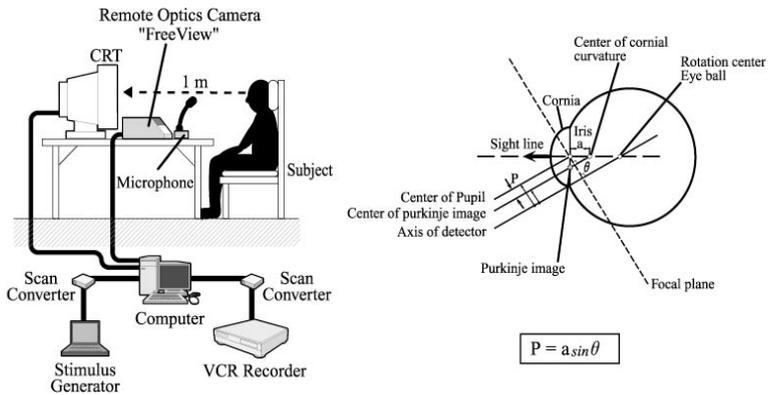


図3 実験装置と FreeView の原理

視線の移動速度が 5 deg/sec 以下で 165 msec 以上視線が停留した場合を注視とした。被験者と呈示刺激間の視距離は 1 m であった。FreeView は刺激呈示用 21 inch モニタ、FreeView 本体、操作用 PC、記録用ビデオデッキ (WV-DR7 株式会社 SONY、日本東京都)、音声録音用マイクロフォン、呈示刺激出力用 PC からなる。

FreeView は 850 nm の近赤外線を被験者の眼球に照射し、瞳孔中心と第 1 プルキニエサンソン像 (Purkinje-Sanson's image) の反射位置を画像で検出し、画像処理を行うことでそれぞれの中心座標を抽出する。それらの中心座標の変化割合と較正時にモニタ上における位置関係から眼球運動を計測する、角膜反射方式 (cornea reflex method) を用いている。

#### 4.5 手続き

実験は実験室にて行った。被験者は FreeView の前に設置された椅子に座り頭部を固定した。実験者は被験者に、前方のディスプレイに表示される単語を音読するようにインストラクションを与えた。また視線制御画面の場合は中央部分の+を見るように指示した。被験者に与えられる課題は、ディスプレイに表示された文字を発話により再現することとした。実験者は単語が表示されてから、被験者が音読を完了するまでの時間の計測と眼球運動の計測を行った。

#### 4.6 分析方法

音読時間測定は、音声データを含んだ呈示刺激画面上にスーパーインポーズされた視線の軌跡フレームを DV に保存し、Windows 搭載のコンピュータに音声部分のみ取り込み、SP4WIN Pro (NTT アドバンステクノロジー株式会社、日本東京都) により音読時間を解析した。

眼球運動のデータの分析は、33 msec サンプリングによる眼球運動座標データの定量的手法と、呈示刺激画像上にスーパーインポーズされた視線の軌跡のフレーム解析による定性的手法で行った。定量的解析ソフトウェアとしては、眼球運動統計プログラム II Version 2.0.18 (株式会社竹井機器工業社、日本新潟県) を用いた。本稿では呈示刺激に対する視線の軌跡と注視範囲を中心に分析を行った。

## 4.7 定義

分析を進めるにあたって、中心視、周辺視、注視点、平均注視位置、平均注視範囲に関してそれぞれ定義を行った。

### 4.7.1 中心視と周辺視

中心視は網膜の中心から半径 5 度以内の視野内、周辺視は中心から半径 5 度以上とする。福田 (1978) は、アルファベット、単純幾何学図形などを刺激図形とし、網膜上の各部位に短時間呈示した場合の見え方を測定し、文字に関しては中心窩 (5 度以内) ではほぼ 100% 文字であることを識別でき、近中心窩 (5 度 ~ 6.5 度) にかけての範囲では何の文字であるかを識別することが可能になると報告している。本稿で行った実験は音読であり、刺激として呈示された単語の文字形態の認識について議論するべきであると考えた。

### 4.7.2 注視点

注視点は、視線の移動速度が 5 deg/sec (山田ら 1986) 以下で、時間が 165 msec 以上停留した場合とする。

注視点は視線の停留時間とサッケードの分離により、基準値を設定することにより定義づけることができる。視対象や個人によって変更が必要であるとの報告はなされている (柳生ら 1995、福田ら 1996)。また注視点の定義づけに関してはさまざまである。朗読の場合は 300 msec の注視点と、30 msec のサッケードを繰り返しているという報告がある (Volkman 1968, Latour 1962) が、注視の速度的定義に関しては山田・福田 (1986) の示した眼球運動の速度を注視点の定義として採用した。これは、固視微動の速度成分と、ある速度以下の随従運動成分を注視に含めた考え方であり、人間が情報を取り入れうる時間を考慮した数値である。静的画像を見る場合と動的画像を見る場合では注視の速度的定義に差があるが、本稿では表記文字を呈示するため 5 deg/sec が妥当であると考えた。時間的定義については、鴻巣ら (1999) は長文読解における眼球運動測定実験で 99 msec 以上を注視として定義している。また、金子ら (2002) は純粋失読症患者の単語音読時における眼球運動測定実験で、99 msec 以上を注視と定

義づけている。しかしながら、150 msec 以上を注視として定義づけることが最も一般的である。本稿における実験で採用した眼球運動測定装置のサンプルレートが 33 msec であるため、移動平均が 5 フレーム以上である 165 msec 以上の停留が認められた場合を時間的定義とした。

#### 4.7.3 平均注視位置と平均注視範囲

平均注視位置は 1 つの刺激で発生した注視点の座標を平均化した座標であり、平均注視範囲は注視点の分散範囲を示す。図では平均注視範囲は楕円形で表され、平均注視位置は平均注視範囲の楕円形の中央部分に点であらわす。平均注視位置として表記されている点の大きさは平均注視時間の長さを示す。点が大きくなればなるほど注視時間が長い。

## 5 結果

### 5.1 正答率と音読時間

正答率と音読時間の結果を表 2 に示す。健常者の 1 文字単位の音読正答率は全ての単語において 100%であったのに対し、失読症患者の正答率は全体で 86.9%であった。特に通常漢字表記、通常ひらがな表記、カタカナ表記、通常カタカナ表記に関してはほとんど正答を述べているのに対し、pseudoword と無意味綴りに文字錯読が多く見られた。通常ひらがな表記および通常カタカナ表記には、失読症患者が一文字音読実験で音読困難であった文字が含まれているが正答率は 100%であった。また、失読症患者の単語単位での正答率は通常漢字表記では 100%、通常ひらがな表記では 75%、カタカナ表記では 75%、通常カタカナ表記では 75%、pseudoword では 25%、無意味綴りでは 0%であった。

図 4 は表 2 で得られた結果に関して、表記法ごとの平均音読時間を示したものである。平均音読時間は、健常者の方が失読症患者よりも短い傾向にあった。表記法と平均音読時間では、健常者より失読症患者の方が全体的に音読時間が長くなった。健常者と失読症患者の平均音読時間では、無意味綴りでのみ有意な差が認められた ( $t$  検定  $p < 0.05$ )。

健常者の音読時間は表記法に依存することなく一定であるとの傾向を読

表2 一文字音読正答率（正答文字割合）と平均音読時間

	2モーラ	3モーラ	4モーラ	5モーラ
通常漢字表記	ちか	どうろ	しょくどう	れいぞうこ
健常者	100 (0.83)	100 (1.60)	100 (1.63)	100 (1.53)
失読症患者	100 (6.57)	100 (13.27)	100 (6.17)	100 (0.92)
通常ひらがな表記	えび	わさび	じゃがいも	ぬいぐるみ
健常者	100 (1.43)	100 (1.53)	100 (2.23)	100 (1.67)
失読症患者	100 (2.48)	100 (3.47)	100 (2.61)	80 (21.05)
カタカナ表記	ガム	コップ	ガソリン	サングラス
健常者	100 (1.27)	100 (1.30)	100 (1.63)	100 (1.33)
失読症患者	100 (1.49)	100 (1.82)	100 (1.45)	80 (39.73)
通常カタカナ表記	がむ	こっぷ	がそりん	さんぐらす
健常者	100 (1.03)	100 (1.20)	100 (1.63)	100 (1.67)
失読症患者	100 (1.55)	100 (2.34)	100 (3.93)	100 (12.24)
Pseudoword	のい	たぼこ	かぼまこ	かちぐるま
健常者	100 (0.97)	100 (2.43)	100 (1.50)	100 (0.37)
失読症患者	100 (2.28)	33 (3.70)	50 (1.98)	40 (6.83)
無意味綴り	うぼ	ろゆざ	らへだも	ねうぞふひ
健常者	100 (0.97)	100 (2.00)	100 (2.10)	100 (2.77)
失読症患者	50 (7.16)	67 (23.20)	75 (12.28)	67 (21.38)

( )内：平均音読時間、単位 sec

み取ることができた。それに対して、失読症患者の音読時間はカタカナ表記と無意味綴りに関しては顕著に長かった。また pseudoword の音読時間は他の表記法と比較して短い、2モーラの単語以外では誤答であった。

図5は表2で得られた結果に関して、モーラ数ごとの平均音読時間を示したものである。モーラ数と平均音読時間でも健常者より失読症患者の方が全体的に音読時間が長い傾向が見られた。健常者と失読症患者の平均音読時間では、5モーラにのみ有意な差が認められた ( $t$  検定  $p < 0.05$ )。

健常者の音読時間はモーラ数に依存することがないのに対し、失読症患者の音読時間は5モーラに関して顕著に長い傾向が見られた。

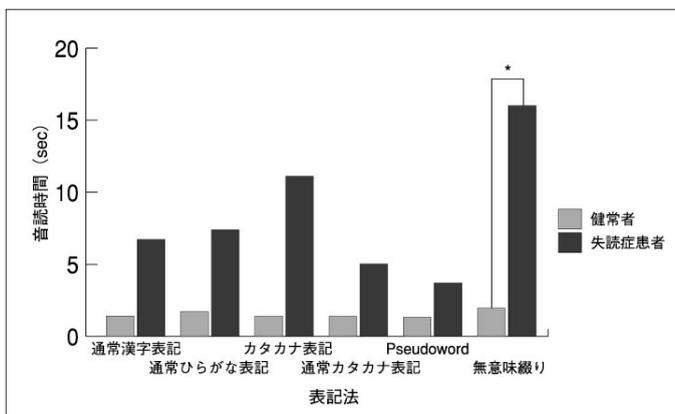


図4 表記法と平均音読時間

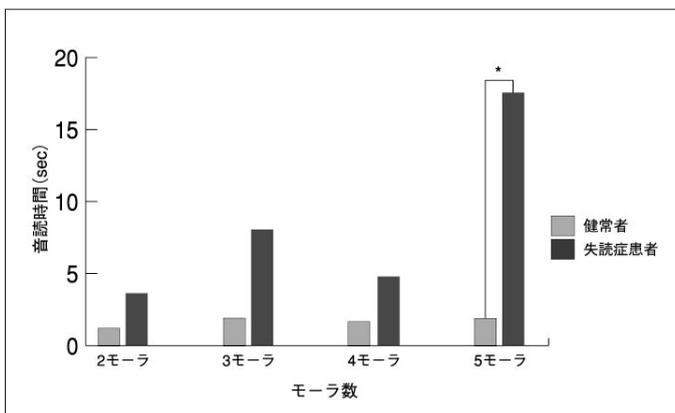


図5 モーラ数と平均音読時間

## 5.2 眼球運動

モーラ数ごとにおける平均注視位置に注目すると、健常者と失読症患者の平均注視位置と平均注視範囲に差が見られた。図6では平均注視位置を黒丸の位置で、平均注視時間を黒丸の大きさで、さらに平均注視範囲を横棒で示した。健常者の平均注視位置は、モーラ数に依存することなく中央

に集中しているのに対し、失読症患者の平均注視位置は左に偏りが見られた。また平均注視範囲では健常者に比べて失読症患者は広い範囲に見られた。

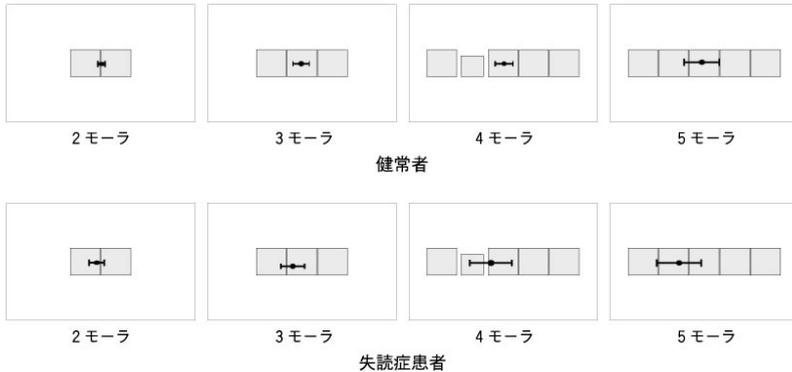


図6 モーラ数における平均注視位置

視線の軌跡と注視点分布でも健常者と失読症患者に顕著な差が見られた。視線の軌跡と注視点分布に関して顕著な差が得られた結果に関して図7に示す。特に健常者と失読症患者の差が顕著なものを取り上げ、視線の軌跡を曲線で、注視点分布を円で示した。特に円の大きさは注視時間の長さを表しており、円が大きくなればなるほど注視時間が長いことを意味する。また健常者の眼球運動特性は全ての被験者において同じ傾向を示したため、顕著例として年齢が失読症患者に対照群の中で最も近い65歳の女性を取り上げた。

健常者は単語の中央の2文字程度に視線が集中しており、さらに注視の回数も2回程度であり単語全体に視線が及ぶことはなかった。それに対して失読症患者は、単語の最初の文字にまで視線の範囲が広がっており注視の長さも長いことが分かった。また注視の回数も健常者に比べて多く、単語の半分以上に視線を向けることが分かった。



図7 視線の軌跡と注視点分布（顕著例）

## 6 考察

### 6.1 正答率と平均音読時間

1文字単位の音読正答率の結果では失読症患者の正答率が86.9%であった。失読症患者が音読困難な文字が存在することを示している。しかし通常漢字表記、通常ひらがな表記、カタカナ表記、通常カタカナ表記に関してはほとんど正答であった。通常ひらがな表記とカタカナ表記に関しては、一文字音読成績で正答が3回中2回未満の文字を含んでいるが、課題語の音読では共に75%の正答率を挙げている。このことより、通常ひらがな表記やカタカナ表記のように通常の表記法に準じて表記されている課題語に関しては、chunkとして捉えやすい傾向にあることが示唆された。また通常漢字表記に関しては、一文字音読成績で正答が3回中2回以上の文字で構成されているため、失読症患者の音読の正答率が高かったと考えられる。しかしながら、健常者と比較して失読症患者の音読時間は非常に長い傾向が見られた（健常者の平均音読時間：1.40 sec、失読症患者の平均音読時間：6.73 sec）。これは全ての文字が音読可能であると判断した上で、失読症患者が熟読しようとしたためと考えられる。ただし、5モーラの「れいぞうこ」に関してのみ、失読症患者の音読時間が健常者の平均音読時間より早かつ

た。これはこの単語に関してのみ現れた傾向であり、この単語自体を漢字よりもひらがなで記載していたものを日常的に使用していたためと考えられる。

Pseudoword と無意味綴りに関しては、正答率は 0% から 25% と非常に低い結果が得られた。Pseudoword は意図的に文字を組替えることで非実在語を作成したものであるが、音読時間は他の実在語とほぼ同様の結果を示している。正答率が低いことより、推測読みを行っていたことが示唆された。また、無意味綴りに関しては課題語を一文字音読成績での正答が 3 回中 3 回の文字を用いて作成しているにも関わらず、音読時間も長くさらに正答率も低い。このことより、課題語が非実在語であることが音読時間と正答率に影響を与えていることが考えられる。

モーラ数では、健常者はモーラ数に依存することなく音読時間は一定なのに対して、失読症患者はモーラ数が増加するに従い平均音読時間が長くなる傾向が見受けられた。しかし、4 モーラは平均音読時間が短く正答率も 66.7% であった。Pseudoword として選択した課題語が「かぼまこ」であり、実在語である「かまぼこ」と単語を構成する文字形態が近似していたことと、「か」「ぼ」「ま」「こ」の文字が全て一文字音読成績で正答が 3 回中 3 回の文字であったため、誤った chunk として捉えたことが示唆される。

このことより失読症患者の正答率と音読時間は、単語を構成する文字の音読の可否に関わらず表記法に依存すると考えられる。

## 6.2 眼球運動

健常者と失読症患者の平均注視位置と平均注視範囲では差が見られ、健常者の平均注視位置は単語の中心付近に集中していたのに対して、失読症患者の平均注視位置は左に集中することが分かった。健常者の平均注視位置が中央付近に集中した要因として、画面中央部分に注視位置を設定した視線制御画面の影響も考えられるが、健常者は視線を単語の 1 文字目に及ぼすことがほとんどなかったためと考えられる。一方、失読症患者の平均注視位置は左に集中したが、これは単語の 1 文字目に視線を向けさらに一文字目から注視を行う傾向が得られたためと考えられる。失読症患者の音

読傾向として、単語の先頭の文字から順番に文字を音読し単語の途中まで音読が終了した段階で推測読みを行っていることが示唆された。また平均注視範囲も健常者と比べて広い範囲に及ぶことが分かった。さらに注視点の個数も健常者に比べて非常に多かった。これらより、失読症患者は一度の注視で得られる情報量が健常者に比べて少ないことが示唆される。

失読症患者の音読時における視線の及ぶ範囲は、健常者に比べて広い傾向が見られた。健常者の視線の及ぶ範囲は、モーラ数や表記法に依存することなく中央部分の2文字程度の範囲であった。それに対し失読症患者は、課題語の最初の文字から最後から2番目の文字まで視線を及ぼせる傾向が見られた。また健常者には見られなかった視線の逆行が失読症患者には見られた。逆行はモーラ数が多くなればなるほど出現頻度が高く、特に失読症患者が一文字音読困難な文字が含まれている、通常ひらがな表記とカタカナ表記に多く見られた。

また眼球運動と正答率および音読時間の結果より、失読症患者は特に通常漢字表記では注視時間が短く注視回数が多いことより、細かい注視を繰り返すことにより課題語を逐次読みにより捉えようとしている傾向が読み取れた。カタカナ表記では短い注視を繰り返しているが逆行が発生した。このことより chunk として捉えることができなかつたため逐次読みを行い、その結果「単語」として課題語を捉えることができなかつたため音読時間が長くなったと考えられる。また無意味綴りでは一文字音読において正答率が3回中3回の文字のみで構成されているにも関わらず、音読時間が長く正答を述べるができなかつた。これは長い少ない注視を行った結果、非語である課題語を新しい単語として再現することができなかつたためと考えられる。

眼球運動の結果と正答率より、健常者は音読時には視覚情報処理システムの周辺視を有効に利用し単語を chunk として捉える傾向にあることが分かった。このことは視線の及ぶ範囲が単語の中央付近の2文字程度にのみ視線と注視が発生しているにも関わらず、正答率が100%であったことから推測される。一方、失読症患者は周辺視により課題語を chunk として捉

えられない場合に、中心視を用い文字を1文字ずつ逐次読みすることが示唆された。

瞳孔変化の要因として、1) 対光反射、2) 近見反応、3) 心的反応が一般的にあげられる。対光反射は、光入力に伴う光量調節を行うものである。近見反応は焦点調節時に発生する瞳孔変化を示す。また心的反応は精神的な変化に対する瞳孔の変化である。本研究では失読症患者の瞳孔の拡散と収縮の変化量が健常者よりも大きい傾向が読み取れた。刺激と視線制御画面でのコントラストと照明、被験者と刺激呈示ディスプレイ間の距離は一定であったことより、対光反射と近見反応によるものではなく、心的反応によるものと推測される。また瞬きも同様に心的反応により発生回数に変化が現れる。音読時間に対する瞬きの出現割合と出現頻度にも健常者と失読症患者で差が見られた。平均出現割合は健常者で11%、失読症患者で31%であった。またその出現頻度は健常者が1.3回、失読症患者が4.8回であった。以上のことより、失読症患者は音読を行う際に心的負担がかかることが推測される。

## 7 眼球運動に基づく読字モデル

### 7.1 眼球運動特性に基づいた読字モデル

本研究で得られた眼球運動の結果を基に、眼球運動特性に基づいた読字モデル(図8)を作成した。

健常者は文字列を視覚情報システムの周辺視(Peripheral vision)を用い chunk として捉える。chunk として認識した後、言語処理プロセスで意味コード変換(Denotation)と音韻コード変換(Phonologization)で文字列自体の意味と音韻を照合することで認知し発話する(図8の上ルート)。一方、失読症患者は健常者と同じ経路をたどる文字列も存在するが、周辺視で文字列を chunk として捉えられない場合異なったルートで文字列を認知する。周辺視により chunk として捉えられない場合は、中心視(Central vision)を用いて逐次読み(letter-by-letter reading)を行う。

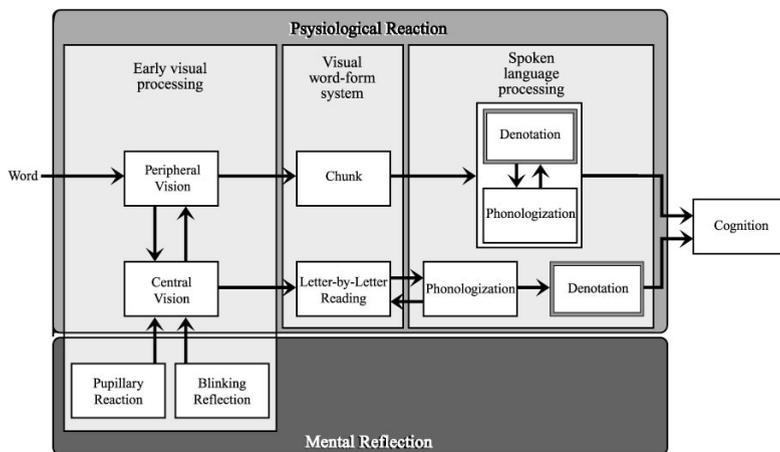


図8 眼球運動特性に基づいた読字モデル

中心視により文字列を知覚した場合には心的反応である瞳孔変化と瞬きが発生する。逐次読みにより文字列を「文字」に分解し、音韻コード変換を行い1文字ずつ発話する。逐次読みと音韻コード変換を繰り返し行うことにより、文字全体を発話することで書字情報を聴覚情報（音声）として取り入れることで意味コード変換を行い、最終的に文字列を認知する(図8の下部ルート)。

書字情報を聴覚情報（音声）として捉えることは、実験時に撮影したビデオ録画記録を解析した結果明らかになった。失読症患者は逐次読みを行い1文字ずつ発話し、全ての文字を発話後に文字列を再現していた(発話例:「ぬ・ぬ・い・い・これは・・・ぐ・ぐ・ら・らじゃないな、ぬ・ぬだ・み・・・あーぬいぐるみ、ぬいぐるみだ」、「サ・サ・サ・ン・ン・グ・グ・グ・ラ・ラ・ス・・・あーサングラスか」) これは特に正答率が低く音読時間が長かった、通常ひらがな表記の5モーラやカタカナ表記の5モーラ、無意味綴りの5モーラで確認された。

## 7.2 表記文字コミュニケーションモデルの構築に向けて

本研究では、表記文字の認識困難者の眼球運動特性に基づき読字モデル

を構築した。本研究で得られた読字モデルは、表記文字の認識困難者に対する情報呈示に応用することができる。一方、失読症の書字モデルはこれまででなく、表記文字の認識困難者の書字に関する認知特性を明らかにすることにより、表記文字コミュニケーションモデルを構築することが可能になるであろう。今後、取り組む予定である。

## 8 おわりに

健常者と失読症患者の音読時の眼球運動を測定することにより、表記文字コミュニケーションの基礎である「眼球運動特性に基づく読字モデル」を構築した。また眼球運動測定の分析の結果、刺激呈示から音読開始までの眼球運動に新たな特性が示唆されるデータが得られた。しかし有意な差を得るだけのデータが不足しており、実験に失読症患者1例のみが参加したこともあり、本稿では読字全体の特性を明らかにしモデルを構築するにとどめた。新たな特性に関してはより多くのデータを集め今後の課題としたいと考える。

## 謝辞

本研究を行うにあたり、学校法人ふれあい学園茅ヶ崎リハビリ専門学校の関野とも子氏、平塚市立病院の古木 忍氏には症例検証および、予備実験にて大変お世話になった。また、東京都老人総合研究所の伊集院 睦雄氏にはモデルに関して議論させていただいた。論文完成にあたっては、竹之内 博史氏に論文の構成に関してご意見をいただいた。さらに、被験者として実験に参加してくださった、失読症患者および本郷 逕子氏、SFCの学生各位には心より感謝し、ここに記したいと思う。

## 参考文献

- 阿部 純一・桃内 佳雄・金子 康朗・李 光五 『人間の言語情報処理—言語理解の認知科学—』サイエンス社 1999 年
- 天野 成昭・近藤 公久 日本語の語彙特性 三省堂 1999
- 石原 由紀夫・守田 了 「読書時における視点移動の実現」電子情報通信学会論文誌 J84-D-II (1), pp. 111-119, 2001
- 伊集院 睦雄・伏見 貴夫・佐久間 尚子・辰巳 格・田中 正之・近藤 公久・天野 成昭 「トライアングル・モデルによる日本語の失読症状のシミュレーション」第3回認知神経心理学研究会抄録集 2000
- 大石 裕 『コミュニケーション研究 社会の中のメディア』慶應義塾大学出版会 1998 p. 4
- Kwok, Misa Grace・関野 とも子・古木 忍・石崎 俊・福田 忠彦 「Phonological dyslexia とみられる1例のかな単語音読処理過程の検討(2)—音読時における眼球運動特性—」第25回日本失語症学会総会 発表講演集 2001a
- Kwok, Misa Grace・福田 忠彦 「朗読時における失読症患者の眼球運動特性」人間工学 37 (Sup), pp. 338-339, 2001b
- 金子 真人・宇野 彰・春原 則子・伏見 貴夫 「純粹失読2症例の単語音読時における眼球運動—刺激呈示視野角による影響—」第5回認知神経心理学研究会抄録集 pp. 36-37, 2002
- 鴻巣 努・重松 淳・鈴木 美加・福田 忠彦 「第二言語としての日本語読解における視覚情報処理に関する人間工学的研究」人間工学 35 (3), pp. 135-144, 1999
- 小島 好雅 「失語症患者における読文障害：読文時の眼球運動障害と責任病巣」帝京医学雑誌 19 (6), pp. 515-525, 1996
- 笹沼 澄子 「脳損傷に起因する読みの障害—言語病理学的立場から—」補稿『読むということ』東京大学出版会 1991 pp. 175-211
- 福田 忠彦 「図形知覚における中心視と周辺視の機能差」テレビジョン学会誌 32 (6), pp. 492-498, 1978
- 福田 亮子・佐久間 美能留・中村 悦男・福田 忠彦 「注視点の定義に関する実験的検討」人間工学 32 (4), pp. 197-204, 1996
- 松田 真幸 「日本語文の読みに及ぼす文節間空白の影響」基礎心理学研究 19 (2), pp. 83-92, 2001
- 山田 光穂・福田 忠彦 「画像における注視点の定義と画像分析への応用」電子通信学会論文誌 J69-D (9), pp. 1335-1342, 1986
- 柳生 聖司・阿久津 正大・斎藤 真・斎藤 進 「注視時の注視点分布特性(3)」人間工学 31 (Sup), pp. 214-215, 1995
- Behrmann M, Shomstein S. S., Black S. E., and Barton J.J. "The eye movements of pure alexic patients during reading and nonreading tasks" *Neuropsychologia*, 39 (9), pp. 983-1002, 2001
- Biscaldi M., Crezdeck S., and Stuhr V. "Poor saccadic control correlates with dyslexia." *Neuropsychologia*, 36 (11), pp. 1189-1202, 1998
- Latour, P. L. "Visual threshold during eye movements" *Vision Research*, 2, pp. 261-262, 1962
- Seidenberg, M. S. & McClelland, J. L. "A Distributed, Developmental Model of Word Recognition and Naming" *Psychological Review*, 96, p. 523, 1989
- Volkman F. C., Schick A. M. L., and Riggs L. A. "Time Course of Visual Inhibition during Voluntary Saccades" *Journal of The Optical Society of America*, Vol.58, No.4, pp. 562-569, 1968
- Warrington, E. K., and Shallice T. "WORD-FORM DYSLEXIA" *Brain*, 103, pp. 99-112, 1980
- Zihl, J. "Eye movement patterns in hemianopic dyslexia" *Brain*, 118, pp. 891-912, 1995

