

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007 ～ 2009
 課題番号：19530672
 研究課題名（和文）「読み」の発達性障害に関する認知神経心理学的研究：
 実験的・モデル論的アプローチ
 研究課題名（英文）A cognitive neuropsychological approach to developmental reading disorders: Behavioral and computational research.
 研究代表者
 伊集院 睦雄（IJUIN MUTSUO）
 地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター（東京都健康長寿医療センター研究所）・
 東京都健康長寿医療センター研究所・研究員
 研究者番号：00250192

研究成果の概要（和文）：「読み」の発達性障害に関し、人間を対象とした音読実験と、コネクショニスト・モデルを用いたシミュレーション実験を行った。日本語の学習過程を反映させた規則語・例外語、及び非語の刺激リストを用いた音読実験から、日本語話者においても発達性音韻失読に分類される症例の存在が確認された。またシミュレーション実験により、発達段階のモデルを構築するためには、小学生の学習環境に準拠した単語学習方法を用いる必要があることが明らかとなった。さらに漢字・仮名音読のシミュレーション・モデルを用い、使用言語の違いによる発達性失読の出現率の差を説明する「粒と透明性仮説」の妥当性を検証した。

研究成果の概要（英文）：In the present research, we investigated the properties of Japanese developmental dyslexia using two types of approaches - behavioral and computational approaches. In experimental study, we confirmed the existence of the cases classified into developmental phonological dyslexia. Computational study showed that we should take into account children's learning environment of Kanji characters for successful simulation of Kanji word reading in primary school children. Moreover we verified the validity of the "hypothesis of granularity and transparency" that accounted for differences in the prevalence of developmental dyslexia between Japan and English-speaking countries by using the connectionist model for naming Kanji and Kana.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：言語、発達障害、失読、シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

失読とは読字能力の障害であり、獲得性失読と発達性失読とに大別される。獲得性失読とは大脳病変の結果、後天的に生じる読みの障害である。一方、発達性失読は、十分な知能があり、学習の機会が与えられているにもかかわらず、年齢に相応した読みのスキルを獲得できない障害を指す。従来から認知神経心理学では、獲得性失読の研究が盛んであり、健常成人への心理実験や症例の観察から得られた実験的研究（例. Coltheart et al., 1980; Patterson et al., 1985）と、読みのモデルの構築といった理論的研究（例. Seidenberg & McClelland, 1989; Coltheart, 2001）の両面から、読みの障害に関する重要な知見を生み出してきた。

実験的研究で確認されている主な獲得性失読の種類に、(i) 表層失読、(ii) 音韻失読、(iii) 深層失読がある。表層失読とは、文字と読みの対応が規則的な語（例. HINT /hint/）や非語（例. ZINT /zint/）の読みは保たれるが、文字と読みの対応が例外的な語（例. PINT /paint/ : 規則的な読みは/pint/）の読みに選択的な障害を示す。音韻失読では規則語、例外語とも単語なら読めるが、非語が読めない。深層失読は、音韻失読と同様に非語が読めないのに加え、単語の音読にも意味性錯読（例. ACT→/plei/）や視覚性錯読（例. LIFE→/waif/）が現れ、強い心像性効果を呈す症状である。

こうした症状の発現メカニズムに関する読みのモデル論的研究では、近年、モデルの予測が定量的に実験あるいは観察データと比較可能なシミュレーション・アプローチがよく用いられる。これはソフトウェアの形でモデルをコンピュータ上に構築するため、(i) 処理のアルゴリズムが明確となり定性的なモデルの曖昧さを排除できる、(ii) 実際にモデルを動かすことで理論の検証が可能、(iii) 人間を対象とした実験では試すことができない仮説を検討できる、という利点を持ち、理論の精緻化にも非常に有効である。特に (iii) は認知神経心理学にとって非常に重要であり、脳損傷に相当するダメージをモデルの好きな場所に好きな強さで与え、モデルの振る舞いを繰り返し観察するといったことが容易に実現できる。こうしたモデルの中で、現在強い影響力を持つのが、二重経路カスケード・モデル（例. Coltheart et al., 2001）とコネクショニスト・モデル（例. Plaut et al., 1996）であり、各失読症状がどのような機序で生じるかに関する興味深い仮説を提案している。

一方、近年では、英語話者の発達性失読研究においても、獲得性失読における表層失読と音韻失読に対応する症状が観察されている（例. Castles & Coltheart, 1993; Manis et al., 1996）。また例は少ないが、深層失読の特徴の一つである意味性錯読を呈する症例の報

告もある（例. Johnston, 1983）。ところが我が国における発達性失読の実験的研究では、英語圏における上記手法のように、読み誤りの種類によって症状を分類した報告がほとんど見あたらない。これは、日本語話者にこれらの症状が認められないのではなく、単に検査刺激が不備であることによる可能性が高い。さらに、実験や観察による実験的研究に比して、発達性失読のモデル論的研究は英語圏でも非常に数が少なく、我が国では皆無に等しいのが現状である。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、日本語話者における表層失読と音韻失読に注目し、これらの発達性失読症状を検出可能な検査刺激を作成して失読例に実施するとともに、モデル論的見地から我が国における発達性失読をコネクショニスト・アプローチを用いて検討することを目的とする。

(1) 実験的アプローチ

日本語では一般に、仮名の読み方を学習した後に漢字を学習する。ここで、漢字の数は非常に多いため、小学校の各学年で学習する漢字の数には目安が設けられており（学年別漢字配当表）、六年間かけて1,006字の教育漢字を学習していく。ところが、一つの漢字には、通常複数の読み方が存在するため、前の学年で学習した漢字と、現在の学年で学習する漢字から構成される二字熟語（例. 歌謡：かよう）の読み方は、前の学年で学習した読み方（歌：うた）と異なる場合が生じる。つまり、ある学年における例外語が別の学年では規則語（あるいはその逆）となる可能性がある。しかし、こうした日本語の学習過程を反映させた規則語・例外語の刺激リストは存在しない。本研究では、この規則語・例外語、及び非語を含んだ刺激リストを作成し、発達性失読例と定型発達児に実施することにより、日本語話者の発達性表層失読例および音韻失読例の存在を確認する。

(2) モデル論的アプローチ

① 習得年齢効果の検討

コネクショニスト・アプローチを用いた発達性失読のシミュレーションでは、日本語話者が音読を学習していく過程をいかにモデルの学習に反映させるかが問題となる。しかし日本語の音読に関するこれまでのコネクショニスト・モデルは成人の音読を対象としており、段階的に文字を獲得していく児童の学習過程が反映されていなかった。そこで本研究では、小学生の音読学習環境に類似した手続きにより漢字を学習するモデルを構築し、音読における文字の習得年齢効果を検

討することを目的とする。

② 「粒と透明性」仮説の検証

発達性失読の出現率は、障害の定義の違いに加え、使用言語の違いにより異なることが知られている。同じアルファベット語圏でも、英語話者では10～12%であるのに対し、イタリア話者での出現率は英語話者の半分程度と言われており、日本語話者では仮名で1%、漢字でも5～6%という報告がある。この出現率の違いに関し、Wydell & Butterworth (1999)の「粒性と透明性」仮説では、1) 1文字が表す音韻塊のサイズ(音素数)が大きいほど(粒性:漢字>仮名>アルファベット)、あるいは、2) 文字(綴り)と発音との対応が規則的であるほど(透明性:仮名, イタリア語, ドイツ語>英語>漢字)、読みの障害が生じにくいと説明する。この仮説に従えば、「透明性」を一定にし「粒性」のみを変化させて漢字と仮名を比較した場合、漢字の文字音読学習は早く、発達性失読の発現機序の一つとされている音韻障害にも頑健であることが予想される。しかし、この「粒性」と「透明性」の独立性を人間を対象とした実験的研究で検証することは困難である。本研究では、この問題をコネクショニスト・モデルによるシミュレーションにより検証することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 実験的アプローチ

まず、日本語話者がどのような過程で漢字の読みを学習しているのかを調査する。どの発達段階でどのような語の読みを学習しているのかを調べることにより、語彙の獲得過程にある児童にとって、どの語が規則語であり例外語であるのかを決定する。調査資料としては、小学校の各学年で用いられる教科書等を利用する。小学生と成人とで同じ語が規則語、あるいは例外語になるとは限らないため、この調査は発達性表層失読の刺激リストの選択に重要な意味を持つ。

次に、この結果を基に、出現頻度を統制した規則語20語と例外語20語、および非語40語の漢字刺激リストを作成し、読みの成績に全般的な遅れを示す発達性失読例に実施することにより、英語圏の表層失読と音韻失読に対応する症例の存在を確認する。対象は小学5年生から中学2年生の発達性読み書き障害児9名、および小学5年生から中学1年生の定型発達児146名である。なお後者のデータは、障害のサブタイプ分類(表層失読、音韻失読)のために利用される。

(2) モデル論的アプローチ

4. 研究成果の項で結果と併せて述べる。

4. 研究成果

(1) 実験的アプローチ

定型発達児の音読得点に関する単回帰分析結果から、発達性読み書き障害児9例を以下の方法でサブタイプに分類した。

音韻失読: 発達性読み書き障害児の非語音読得点が、定型発達群の不規則語得点から予測される非語得点の95%信頼区間を下回っている場合。

表層失読: 発達性読み書き障害児の不規則語音読得点が、定型発達群の非語音読得点から予測される不規則語得点の95%信頼区間を下回っている場合。

9例中2例は、非語と不規則語の両音読得点が、定型発達群の95%信頼区間を下回っていた。また3例は非語の音読得点のみが定型発達群の95%信頼区間を下回っており、音韻失読に分類することができる。またこの中の1例は、規則語と不規則語の音読に問題はなく、非語にのみ特異的に障害を認めたため、純粹音韻失読である可能性があった。一方、不規則語の音読得点のみが定型発達群の95%信頼区間を下回っていた例はおらず、表層失読に分類された例はいなかった。

本研究では症例数が9例と非常に少ないため、日本語話者の発達性失読におけるサブタイプの存在を確定することは難しい。また、本症例は全て、語彙力、理解力に問題が認められなかったため、意味機能の低下により発現が予想される表層失読を検出できなかった可能性もある。今後症例を重ね、さらに検討していく必要がある。

(2) モデル論的アプローチ

① 習得年齢効果の検討

【方法】ネットワークの課題は、漢字・仮名・漢字仮名交じり語の音読を学習することである。学習単語は、4文字以内のひらがな語(533語)とカタカナ語(845語)、2文字以内の漢字語(4,937語)、3文字以内の漢字仮名交じり語(415語)であり、モーラ数は全て4モーラ以内とした。漢字語の入力表現は、一文字あたり16×16ドット、カタカナ語では、一文字あたり8×16ドットのグリッド・パターンを用いた(計512ユニット)。一方、出力である読みの表現には、各文字に対応する読みを音素記号を使って表現した(計172ユニット)。ネットワークの構造を図1に示す。

学習単語の呈示法の違いにより以下の2つのモデルを構築した。

一括入力モデル: 漢字の学年配当を考慮することなく、全ての学習語を一括して呈示し、学習させた。

配当学年順入力モデル: ネットワークの学習過程を小学生の音読学習に類似させるため、漢字を含む単語(とその単語のひらがな表

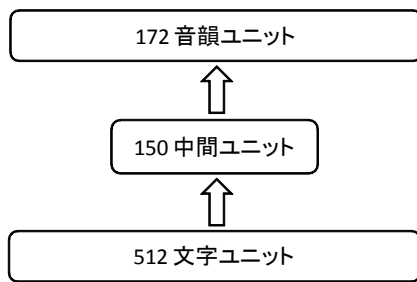


図1 ネットワークの構造

記)を漢字の学年配当順にネットワークに入力した。一度入力した単語については全ての学習が終わるまで継続して学習を行わせることで、小学校6年間に相当する音読学習を縦断的に行わせた。当該学年の全学習単語の音読正答率が95%に達したら、次の学年の学習に進んだ。

【結果と考察】各モデルに、頻度、一貫性、配当学年を操作した漢字単語204語を入力し、その際のネットワークの出力誤差を検討した。図2aに一括入力モデルの、図2bに配当学年順入力モデルの結果を示す。一括入力モデルでは、頻度と一貫性の効果は認められたが、配当学年の効果は認められなかった。一方、配当学年順入力モデルでは、頻度と一貫性の効果に加えて配当学年の効果も認められ、配当学年効果は一貫性の低い場合に大きく現れた。

国立国語研究所(1964)は、小学校6年生を対象に漢字の音読調査を実施し、4年生までに学習する漢字はそのほとんどを習得できていたが、5・6年生で学習する漢字は未習得のものが残っていたと報告している。つまり、我が国の小学校児童の漢字音読では、成人の音読結果とは異なり、配当学年の影響の大きいことが示唆されている。本研究における配当学年順入力モデルの結果では、配当学年、つまり漢字の習得年齢の影響が認められていることから、小学生の音読を対象としたシミュレーション研究を行う場合、小学生の学習環境に準拠した学習方法により、モデルを構築する必要のあることが示された。

② 「粒と透明性」仮説の検証

【方法】**健常モデル**: ネットワークの課題は、仮名・漢字1文字の音読を学習することである。学習文字として、仮名はひらがな、カタカナ各71文字、漢字は配当学年6年以下で、読みの妥当性(近藤・天野, 1999)6.5以上の訓読みで読んだ際に、促音、拗音を含まず、同一モーラの繰り返しが無い218文字を用いた。入出力には局所表現を用い、入力1文

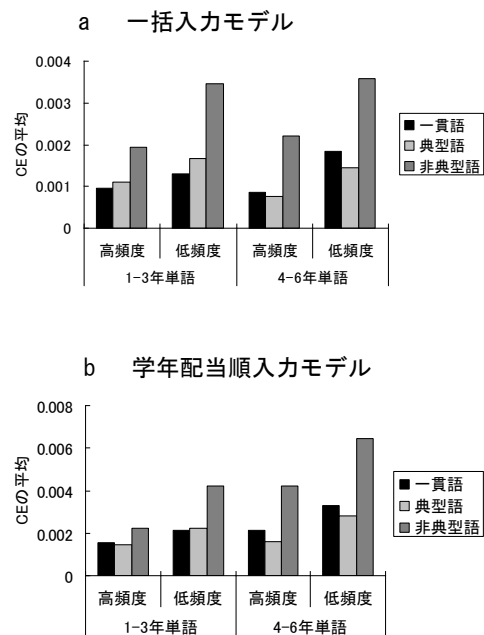


図2 各モデルの音読結果

CE: cross-entropy (出力誤差)

字を1ユニット(計360ユニット)、出力は1モーラを1ユニット(計71ユニット)で表現した。ネットワークの構造を図3に示す。学習手続きは、1)音読の学習に先立ち、音韻から音韻を再帰計算させることにより文字の音韻形態を学習させ、次に2)仮名と漢字の音読をinterleaving法(Harm & Seidenberg, 1999: 音読学習試行の半数に、先の音韻形態学習を挿入する)により学習させた。なお、漢字と仮名で「透明性」を等しくするため、読み方が複数ある漢字にも一通りの読み方しか学習させず(平均モーラ数:漢字2,仮名1)、また、文字頻度情報も学習過程に反映させなかった。

音韻障害モデル: 音韻障害に起因する発達性失読の再現を試みるため、シミュレーション1における音韻形態学習の終了後、音韻計算に関与するユニット(図3の点線部)間の結合にGaussian noiseを付加しながら、文字の読みを学習させた。

【結果と考察】健常モデルと音韻障害モデルそれぞれについて、漢字・仮名両表記の学習曲線を比較・検討した。図4-aに音韻形態学習の、図4-b,cには両モデルにおける文字音読学習の学習曲線を示す。健常モデルにおける音韻形態学習、音読学習のいずれの場合も、仮名より漢字の学習が早かった。この傾向は音韻障害モデルにおける音読学習でも同様であり、漢字の方が損傷に対しても比較的頑健であった。

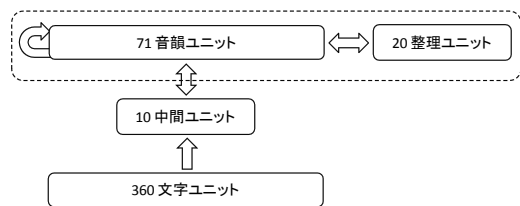


図3 ネットワークの構造

本モデルで漢字と仮名を区別する属性はモーラ数のみであり、モーラ数の多い、つまり音韻塊が大きい漢字の成績が良いという本結果は、「粒性と透明性」の仮説に合致するものである。モデルにとってモーラ数が多いとは、音韻層でオンになるべきユニットが多いことを意味し、結果として漢字では他ユニットからの再帰性入力の助けを多く受けることができるため (Plaut & Shallice, 1993)、仮名より成績が良くなったと考えられる。ただし、実在する漢字は仮名より「透明性」が低く、文字形態も複雑であり、音読学習には不利な点が多く、実際の発達性失読の出現率も漢字の方が高い。さらに、文字と意味との関連性の問題も残り、今後更なる検討が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 三盃亜美, 伊集院睦雄, 宇野彰, 辰巳格: シミュレーション研究における小学生用音読モデル作成の試み. 音声言語医学, 査読有, 49, 115-123, 2008.

[学会発表] (計10件)

- ① 三盃亜美, 宇野彰, 伊集院睦雄, 春原則子, 金子真人, 栗屋徳子: 小学校6年生の漢字二字熟語音読における配当学年及び規則性の効果について. 第33回日本高次脳機能障害学会学術総会, 2009.10.30, 札幌.
- ② 春原のりこ, 宇野彰, 金子真人, 栗屋徳子, 辰巳格, 三盃亜美, 伊集院睦雄, 狐塚順子, 後藤多可志, 孫入里英: 音読年齢基準値の作成および音読年齢を合わせた発達性 dyslexia 児と定型発達児の認知機能の比較. 第33回日本高次脳機能障害学会学術総会, 2009.10.30, 札幌.
- ③ 鈴木香菜美, 宇野彰, 伊集院睦雄, 三盃亜美, 春原則子, 金子真人, 栗屋徳子, 狐塚順子, 後藤多可志, 近藤公久: 発達性読み書き障害児の漢字単語および非

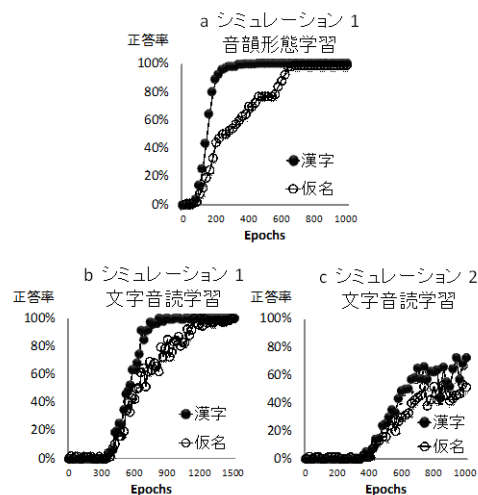


図4 各モデルの学習曲線

語音読における一貫性効果と語彙性効果の検討 — 定型発達児との比較 —. 第54回日本音声言語医学会総会・学術講演会, 2009.10.15, 福島.

- ④ 鈴木香菜美, 宇野彰, 伊集院睦雄, 三盃亜美, 春原則子, 金子真人, 狐塚順子, 後藤多可志: 発達性読み書き障害児の漢字単語および非語音読における文字列属性効果の検討 — 定型発達児との比較 —. 第9回発達性ディスレクシア研究会, 2009.6.27, 横浜.
- ⑤ 伊集院睦雄: 表層性失読. 第32回日本高次脳機能障害学会学術総会サテライト・セミナー 「読み書き障害」, 2008.11.21, 松山.
- ⑥ 三盃亜美, 宇野彰, 伊集院睦雄, 春原則子, 金子真人, 栗谷徳子: バイパス法を用いたひらがな書字訓練に関するシミュレーション研究の試み — 発達性読み書き障害児への適用を想定して —. 第53回日本音声言語医学会, 2008.10.24, 三原.
- ⑦ 伊集院睦雄: 意味の計算過程における表記の影響 — シミュレーション研究からの知見 —. 第11回認知神経心理学研究会, 2008.10.12, 東京.
- ⑧ 三盃亜美, 伊集院睦雄, 宇野彰, 春原則子, 金子真人, 辰巳格: シミュレーションによる発達性 dyslexia の障害メカニズムに関する検討. 第7回発達性ディスレクシア研究会, 2007.7.28, 大阪.
- ⑨ Sanbai, A., Ijuin, M., Uno, A., & Tatsumi, I.: A trial to implement a model of reading in Japanese primary school children by simulation study. The 7th. International Conference on British Dyslexia Association, 2008.3.27, Harrogate, UK.

- ⑩ 三盃亜美, 伊集院睦雄, 宇野彰, 春原則子, 金子真人, 辰巳格: シミュレーションによる発達性 dyslexia の障害メカニズムに関する検討. 第 31 回日本神経心理学会総会, 2007.9.27, 金沢.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊集院 睦雄 (IJUIN MUTSUO)

地方独立行政法人東京都健康長寿医療センター (東京都健康長寿医療センター研究所)・東京都健康長寿医療センター研究所・研究員

研究者番号: 00250192

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

宇野 彰 (UNO KIRA)

筑波大学・人間総合科学研究科・准教授

研究者番号: 10270688

(4) 研究協力者

三盃 亜美 (SAMBAI AMI)

筑波大学大学院 人間総合科学研究科 感性認知脳科学専攻

研究者番号:

鈴木香菜美 (KANAMI SUZUKI)

筑波大学 人間学群 心身障害学類

研究者番号: