

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 17 日現在

機関番号：82674

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22530807

研究課題名（和文）読解における意味の計算メカニズムについて

研究課題名（英文）Computational mechanisms for the meanings of words in reading

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）：読解とは、文字を入力とし意味を出力とする計算過程であり、その計算には、文字表象から直接その語の意味表象を計算する過程（orth→sem）と、文字表象からその語の音韻表象を計算した後、そこから語の意味表象を計算する過程（orth→phon→sem）がある。本研究では、意味の計算における両過程の役割分担に注目し、人工的ニューラル・ネットワークを用いたシミュレーション実験を行った。日本語の音読と読解を学習したモデルにおいて、orth→sem と orth→phon→sem の各処理過程を孤立させて意味を計算し、両処理過程の寄与を漢字と仮名の表記別に検討した。その結果、漢字語全般における両処理の寄与率に差は認められなかったが、orth→sem の一貫性が高い漢字語の意味計算では、直接計算過程の寄与が高かった。一方、仮名語では、音韻媒介過程の寄与が高かった。本結果は、日本語の読解における意味の計算過程の役割分担が、表記によって異なる可能性を示唆する。

研究成果の概要（英文）：Reading comprehension is a computational process which maps orthographic representation as an input onto semantic representation as an output. The computation involves two processes : direct visual process (orthography->semantics : orth->sem, hereafter) and phonologically mediated process (orthography->phonology->semantics : orth->phon->sem). The key is the division of labor between the two processes. Simulation experiment was conducted using an artificial neural network model that learned Japanese reading aloud and reading comprehension. The model showed some reading effects, largely comparable to these effects in the naming latencies of Japanese skilled readers. After lesion method had been applied, the model was isolated either the orth->sem or the orth->phon->sem process. When reading Kanji (especially words with consistent orth->sem mappings), the orth->sem had more contribution to the correct activation of semantics than the orth->phon->sem. Reading Kana, however, led to the opposite results. These results suggest that the division of labor between the two processes in reading Japanese varied according to the scripts.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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：読解, シミュレーション, コネクショニスト・モデル, 漢字・仮名

1. 研究開始当初の背景

読みに関わる基本的な情報処理には、書かれた単語の文字情報に基づく二種類の処理計算過程がある。つまり、文字情報からその語の音韻表象を計算する過程（音読）と、文字情報からその語の意味表象を計算する過程（読解）である。本研究では、特に後者の読解の過程に注目する。

図1は、Seidenberg & McClelland (1989) の提案した語彙処理を理解する枠組み（コネクショニスト・モデル：単語の音読や理解は、文字形態、音韻形態、意味の各表象が、双方向的に計算される過程により成り立つ）である。彼らのモデルに従えば、読解とは、文字を入力とし意味を出力とする計算過程であり、その計算は、a) 文字表象から直接その語の意味表象を計算する過程（direct visual process：以下 orth→sem と記す）と、b) 文字表象からその語の音韻表象を計算した後、そこから語の意味表象を計算する過程（phonologically mediated process：orth→phon→sem）に分けることができる。表象間の変換計算効率は、単語の出現頻度が同じであれば、表象間の対応関係に依存し、この対応が組織的（systematic）である語（例えば orth→phon であれば、文字と音韻の対応関係が規則的、あるいは一貫している語）の優位性が確認されている。ここで、英語の orth→sem における文字（綴り）と意味の対応は基本的に任意（arbitrary）であり、組織的でないといみなされることが多い。また、英語では orth→sem より orth→phon の学習の方が容易であり、しかも読みを学習する前に、多くの単語において phon→sem が獲得されている。従って、意味の計算過程においては、orth→sem に比べて orth→phon→sem が重要な役割を果たすことが明らかになっている（例、Van Orden, 1987）。

これに対し日本語は、漢字と仮名という二つの表記を用いる言語であり、読解における両過程の計算効率が表記により異なることが予測される。音節（拍）文字である仮名は文字と意味の対応が任意であるため、読解では英語と同様に orth→sem より orth→phon→sem が効率的に働くだらう。一方、形態素文字である漢字は、orth→sem における計算効率が仮名に比べて良いことが期待できる反面（例、御領, 1989; Shimamura, 1989）、orth→phon は仮名に比べて計算効率が悪いと予想される。従って、漢字語の読解では、仮名や英語に比べ、orth→sem が重要な役割を果たすことが予想される。しかし、漢字語における orth→phon→sem の影響も報告されており（Wydell et al., 1993; Sakuma et al., 1998）、意味表象の生成において orth→sem と orth→phon→sem の役割分担（division of

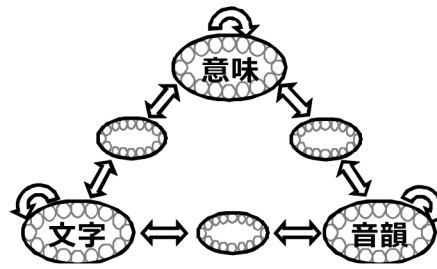


図1. Seidenberg & McClelland(1989)による語彙処理の枠組

labor : Plaut et al., 1996) が各表記でどのようになされているかは、非常に興味深い問題である。

そこで本研究は、研究開始当初、語の意味を計算するこれら二つの処理過程の役割分担がどのように行われているかを日本語により検討することを目的に計画された。研究には二つのアプローチ：実験的アプローチとモデル論的アプローチを用い、行動データとコンピュータ・シミュレーションの結果から、読解における処理メカニズムの一端を探ることを目的とした。実験的アプローチでは、健常成人と認知症例を対象とした行動データの収集が計画され、健常成人を対象に、直接的に意味へアクセスする課題、および音韻を介して意味へアクセスする課題を通して、意味表象を計算する二つの処理過程：orth→sem と orth→phon→sem における役割分担を漢字と仮名の各表記語で検討し、読解における各処理過程の寄与の割合を明らかにしようとした。さらに、健常成人に加え、意味表象が病的に損傷されていることが想定される認知症例（アルツハイマー型認知症例、および意味認知症例）にも同様の課題を行い、意味障害の有無や種類、あるいは障害の程度により両意味処理過程の寄与がどのように変化するかを併せて検討する予定であった。

ところが諸事情により、読解に関する行動データを収集することが困難となったため、残念ながら本報告書では、モデル研究を中心に結果を報告する（なお、認知症例を対象とする行動データの収集を計画していた際、対象の選別に当たって検討した結果のいくつかは、誌上発表や学会発表の形で公表した）。

2. 研究の目的

本研究では、語の意味を計算する二つの処理過程（orth→sem と orth→phon→sem）と両過程の役割分担に注目し、日本語の読解メカニズムを明らかにすることを目的とする。モデル論的アプローチにより、ニューラル・ネットワークを用いたシミュレーション実験を行う。まず、日本語の文字、音韻、意味の表現形式を検討した後、語彙処理に関するコ

ネクシオニスト・モデルを構築する。次に本モデルが、人間を対象とした行動データをシミュレートできるか否かを確認する。最後に、シミュレーションの利点を生かし、 $orth \rightarrow sem$ と $orth \rightarrow phon \rightarrow sem$ の各処理過程を孤立させて意味を計算し、それぞれの処理過程の寄与を表記別に検討する。

3. 研究の方法

モデルの構造

本研究では Welbourne et al.(2011)を元に、図2に示す読みのモデルを構築した。このモデルは図1と同様、単語の文字、音韻、意味の各表象が双方向的に計算されるアトラクタ・ネットワークで構築されている。文字層は48ユニット、音韻層は16ユニット、意味層は32ユニットで構成されており、音韻層用の隠れユニットと意味層用の隠れユニットに各75ユニットが配置されている。音韻層および意味層の各ユニットは、直接的に、あるいは隠れユニットを介して間接的に相互結合されている。文字層と音韻層間、および文字層と意味層間では、全てのユニットが全結合されており、情報は文字から音韻へ、あるいは文字から意味への一方向へ流れる。音韻層と意味層間では、やはり全てのユニットは全結合されているが、情報は音韻層から意味層へ、あるいは意味層から音韻層へと双方向に流れる。

学習単語とその表現

当初、ネットワークには実単語を学習させる予定であったが、意味の表現に約2,000ユニット必要となるため学習時間が長くなり、著しく研究効率を損ねることが予備実験から明らかとなった。そこで本研究では、実単語ではなく人工言語を用いることにした。つまり、漢字、仮名がそれぞれ持つ性質を反映させた人工言語を作成し、使用ユニット数を減らすことにより、学習時間を大幅に短縮することが可能になる。

学習語は、漢字二文字語：224語と仮名四文字語：224語の計448語である。これらは全て4モーラ語であり、漢字では一文字あたり2モーラ、仮名では一文字あたり1モーラより成る。各表記とも、高頻度語と低頻度語が112語ずつ含まれている。

単語の文字形態を表現するにあたり、漢字では一文字あたり16ユニット、仮名では一文字あたり4ユニットを用いた。つまり漢字ユニット32、仮名ユニット16の計48ユニットで各単語を表現した。ここで各ユニットはそれぞれの文字を表現しており、活性状態にある文字ユニットのコンビネーションで単語の文字形態を表現するという準局所表現

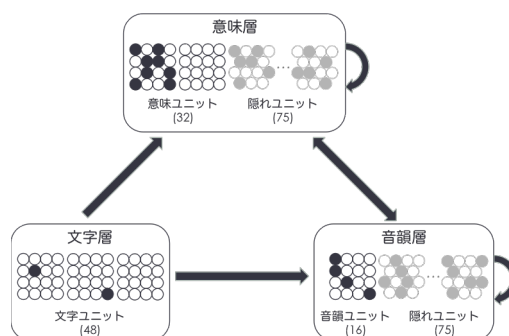


図2. 本モデルの構造(漢字の具象語を例示)

を用いた。

単語の音韻形態は1モーラを4ユニットで、単語全体の音韻を計16ユニットで表現した。ここでも、各ユニットはそれぞれのモーラ音を表現しており、活性状態にある音韻ユニットのコンビネーションで単語の音韻形態を表現した。なお、漢字語224語と仮名語224語で音韻パターンは同一の224パターンを用いている。これは、日本人は一般に、仮名の読み方を先に憶えた後、漢字の読み方を憶えるという学習過程を反映させたものである。

単語の意味を表現するため32ユニットが用いられ、具象語と抽象語に各16ユニットが割り振られた。漢字は形態素文字であることを考慮し、8ユニットで一つの文字の意味を表現し、二文字分の計16ユニットで一つの単語の意味を表現した。活性化するユニットはランダムに選ばれるが、漢字一文字の意味を表す8ユニット中、活性化状態にあるのは具象語で4ユニット、抽象語で2ユニットであった(単語レベルでは16ユニット中、具象語では8ユニット、抽象語では4ユニットが活性状態にあった)。仮名は具象語、抽象語それぞれ16ユニットで一つの単語の意味を表現し、具象語では8ユニット、抽象語では4ユニットが活性化状態にあった。なお実単語における統計的性質を反映させ、具象語と抽象語の割合を漢字語では約1:2(82語:142語)、仮名語では約3:2(134語:90語)とした。

文字-音韻と文字-意味の対応

各表記における文字-音韻の対応関係と、文字-意味の対応関係の一貫性は、以下のよう規定した。Hino et al.(2011)によれば、文字-音韻の一貫性は漢字語と仮名語でほぼ等しく、文字-意味の一貫性は仮名語より漢字語で高い。そこで本研究では、 $orth \rightarrow phon$ における一貫語と非一貫語の割合を両表記で約4:1(176語:48語)、 $orth \rightarrow sem$ における一貫語と非一貫語の割合を漢字語で約1:4(44語:180語)、仮名語で0:1(0語:224語)とし

表1. 学習過程における4つのフェーズ

Phase	総epoch数	課題(epoch数)				
1	150	復唱 (75)	意味理解 (75)	-	-	-
2	80,000	復唱 (8,000)	意味理解 (8,000)	呼称 (32,000)	語義理解 (32,000)	-
3	50,000	復唱 (10,000)	意味理解 (10,000)	呼称 (10,000)	語義理解 (10,000)	仮名語の音読 (10,000)
4	250,000	復唱 (32,250)	意味理解 (32,250)	呼称 (32,250)	語義理解 (32,250)	音読・読解 (125,000)

た. なお上記の比率は, 具象語内および抽象語内においても等しく保たれた.

具体的な対応のさせ方は以下の通りである. 文字-音韻の対応では, 漢字語の場合, まずそれぞれの文字パターンに対して一意に音韻パターンを生成する. これが一貫語になるわけであるが, 224語中48語では音韻パターンをモーラ毎に1bitずらしたパターンを対応させた(例. 1000 1000 1000 1000→0100 0100 0100 0100). 仮名語の場合は, 文字パターンのコピーをそのまま音韻パターンとし, これが一貫語になる. しかし224語中48語では, 第二モーラから第四モーラまでのどこかのモーラの音韻パターンを1bitずらしたパターンを対応させた(例. 1000 1000 1000 1000→1000 0100 1000 1000). この操作は, i) 仮名語における文字-音韻対応の非一貫性が長音記号(例. アース, ツリーなどにおける「ー」. 同じ記号であるにもかかわらず, 前者の読みは/a/, 後者の読みは/i/となる)によってもたらされ, ii) 長音記号は第一モーラには置かれていない, という性質を反映している. なお, どのモーラ位置に長音が置かれるかはランダムである.

文字-意味の対応では, 漢字語の場合, まずそれぞれの文字パターンに対して一意に意味パターンを生成し, これを一貫語として用いた. 非一貫語では, 両表記において16ユニットでランダム・パターンを生成し, これを各語の意味表現とした.

学習手続き

モデルは全448語に対し,

1. 復唱: phon→phon,
2. 意味理解: sem→sem,
3. 呼称: sem→phon,
4. 語義理解: phon→sem,
5. 音読: orth→sem→phon,
6. 読解: orth→phon→sem

の6課題を学習した. 学習は表1に示す4つのフェーズから成る. このフェーズ順は, 人間が実際に文字の読みを獲得する学習過程をおおまかに近似したものとなっている. なお, 各フェーズにおける課題の順序はランダムとした.

表2. 各条件におけるモデルの平均反応時間(音読)

表記	頻度	一貫性	N	平均反応時間 (Ticks)	SD
漢字	高頻度	一貫	88	24.01	0.11
漢字	高頻度	非一貫	24	25.00	0.00
漢字	低頻度	一貫	88	24.90	0.52
漢字	低頻度	非一貫	13	26.23	0.97
仮名	高頻度	一貫	88	24.00	0.00
仮名	高頻度	非一貫	24	24.08	0.28
仮名	低頻度	一貫	88	24.07	0.25
仮名	低頻度	非一貫	23	24.43	0.50

4. 研究成果

学習終了時の課題別正答率は, 復唱: 100.00%, 意味理解: 100.00%, 呼称: 99.55%, 語義理解: 99.55%, 音読: 97.32%(漢字: 95.09%, 仮名: 99.55%), 読解: 75.00%(漢字: 66.07%, 仮名: 83.93%)であった. 読解(特に漢字語の読解)の成績が他の課題に比べて著しく悪いが, 以下ではこの学習済みネットワークにおける読みのパフォーマンスを検討した結果について述べる.

モデルのパフォーマンス(音読)

まず, 学習語のモデルが健常成人の「読み」の特徴を再現できているかどうかを確認するため, 漢字語と仮名語の音読における出現頻度効果と一貫性効果を検討する. 表2と図3に, 各条件においてネットワークが定常状態に落ち着くまでの平均反応時間(Ticks)の結果を示す.

表記(漢字・仮名), 出現頻度(高頻度・低頻度), 一貫性(一貫語・非一貫語)の3要因の分散分析を行った結果, 表記, 出現頻度, 一貫性の各主効果, 及び, 表記と出現頻度, 表記と一貫性, 出現頻度と一貫性の各一次の交互作用が有意であった(表記効果: $F(1,428)=429.89, MSE=.12, p<.001, \eta^2_p=.501$, 出現頻度効果: $F(1,428)=219.08, MSE=.12, p<.001, \eta^2_p=.339$, 一貫性効果: $F(1,428)=261.52, MSE=.12, p<.001, \eta^2_p=.379$, 表記×出現頻度: $F(1,428)=98.10, MSE=.12, p<.001, \eta^2_p=.186$, 表記×一貫性: $F(1,428)=119.27, MSE=.12, p<.001, \eta^2_p=.218$, 出現頻度×一貫性: $F(1,428)=13.412, MSE=.12, p<.001, \eta^2_p=.030$).

一次の交互作用が全て有意だったことから, 表記別に出現頻度と一貫性の単純交互作用を分析した結果, 両表記において出現頻度と一貫性の各単純主効果, および出現頻度と一貫性の交互作用が有意であった(漢字語: 出現頻度効果: $F(1,209)=177.36, MSE=.18, p<.001, \eta^2_p=.459$, 一貫性効果: $F(1,209)=213.29, MSE=.18, p<.001, \eta^2_p=.505$, 出現頻度×一貫性: $F(1,209)=4.69, MSE=.18, p<.05, \eta^2_p=.022$ / 仮名語: 出現頻度効果: $F(1,219)=27.34, MSE=.06, p<.001, \eta^2_p=.111$, 一貫性効果:

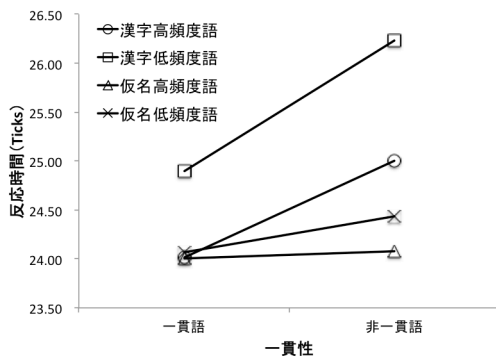


図3. 各条件におけるモデルの反応時間(音読)

$F(1,219)=31.43, MSE=.06, p<.001, \eta^2_p=.126$, 出現頻度×一貫性： $F(1,219)=12.46, MSE=.06, p<.005, \eta^2_p=.054$).

以上の結果は、

1. 漢字語より仮名語で反応時間が早いという表記効果
2. 出現頻度効果と一貫性効果は仮名語より漢字語で大きく現れるという交互作用
3. また両表記において、
4. 高頻度語の方が低頻度語より反応時間が早いという出現頻度効果
5. 一貫語の方が非一貫語より反応時間が早いという一貫性効果
6. 一貫性効果は高頻度語より低頻度で大きく現れるという交互作用

が認められることを意味し、これらの結果は人間の音読時における行動データ（例．Fushimi et al., 1999 ほか）をうまく再現していた。

意味の計算における役割分担

次に、意味の計算過程における二つの処理過程（orth→sem と orth→phon→sem）の役割分担を検討した。学習後に正しく読解できた語に関し、orth→sem と orth→phon→sem の各処理過程を孤立させた状態で単語の意味を計算し、その際の誤差値から両処理の寄与率を表記別に算出した（Welbourne et al., 2011）。まず、orth→sem 単独処理の寄与を計算するため、音韻層と意味層の間の結合を全て取り除き、意味ユニットの誤差値を計算した（Error S）。次に、orth→phon→sem 単独処理の寄与を計算するため、文字層と意味層の間の結合を全て取り除き、意味ユニットの誤差値を計算した（Error P）。最後に両誤差値を以下の式により正規化し、それを各処理の寄与率とした。

$$\frac{Const}{Error S} + \frac{Const}{Error P} = 1$$

$$Const = \frac{Error P \times Error S}{Error P + Error S}$$

その結果、漢字語全般（N=148）における両処理の寄与率に差は認められなかったが、文字と意味との間の一貫性が高い漢字語（N=39）の意味計算では、直接計算過程の寄与が高かった（orth→sem：53.82% vs. orth→phon→sem：46.18%）。一方、仮名語（N=188）の意味計算では、音韻媒介過程の寄与が高くなった（orth→sem：46.83% vs. orth→phon→sem：53.17%）。

本結果は、日本語の読解における意味の計算過程の役割分担が、表記によって異なる可能性のあることを示唆するものである。各表記において、orth→sem と orth→phon→sem のどちらの処理の寄与が意味の計算過程で優位になるかは、文字と意味との間、および文字と音韻との間の一貫性の程度に依存することが、シミュレーション実験から予測された。今後、人間の行動データとの比較・検討が期待される。

参考文献

- ① 御領謙 (1987). 読むということ. 東京大学出版会, 東京.
- ② Fushimi, T., Ijuin, M., Patterson, K., & Tatsumi, I. F. (1999). Consistency, frequency, and lexicality effects in naming Japanese Kanji. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25, 382-407.
- ③ Hino, Y., Miyamura, S., & Lupker, S.J. (2011). The Nature of Orthographic-Phonological and Orthographic-Semantic Relationships for Japanese Kana and Kanji Words. *Behavior Research Methods*, 43, 1110-1151.
- ④ Plaut, D. C., McClelland, J. L., Seidenberg, M. S., & Patterson, K. (1996). Understanding normal and impaired word reading; computational principles in quasi-regular domains. *Psychological Review*, 103, 56-115.
- ⑤ Sakuma, N., Sasanuma, S., Tatsumi, I.F., & Masaki, S. (1998). Orthography and phonology in reading Japanese kanji words: Evidence from the semantic decision task with homophones. *Memory and Cognition* 26, 75-87.
- ⑥ Seidenberg, M. S. & McClelland, J. L. (1989). A distributed, developmental model of word recognition and naming. *Psychological Review*, 96, 523-568.
- ⑦ Shimamura, A. P. (1987). Word comprehension and naming: An analysis of English and Japanese orthographies. *American Journal of Psychology*, 100, 15-40.

- ⑧ Van Orden, G. (1987). A ROWS is a ROSE: Spelling, sound, and reading. *Memory and Cognition* 15, 181-198.
- ⑨ Welbourne, S. R., Woollams, A. M., Crisp, J., & Lambon Ralph, M. A. (2011). The role of plasticity-related functional reorganization in the explanation of central dyslexias. *Cognitive Neuropsychology*, 28, 65-108.
- ⑩ Wydell, T. N., Patterson, K. E., & Humphreys, G. W., Phonologically mediated access to meaning for Kanji: is a rows still a rose in Japanese Kanji? (1993). *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* 19, 491-514.

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 3 件)

- ① Ijuin M., Sugiyama M., Sakuma N., Inagaki H., Miyamae F., Ito K., Kojima N., Ura C., & Awata S. (2013). Walking exercise and cognitive functions in community-dwelling older adults: Preliminary results of a randomized controlled trial. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 28, 109-110. DOI: 10.1002/gps.3804.
- ② 伊集院睦雄, 本間昭, 川合嘉子, 今井幸充, 権藤恭之 (2011). 認知症スクリーニング・ツールにおける記憶課題の比較 - Enhanced cued recall (ECR) の有効性に関する検討 - . *老年精神医学雑誌*, 22, 1062-1070.
- ③ 伊集院睦雄 (2010). 7-Minute Screen (7MS) と Memory Impairment Screen (MIS) . *老年精神医学雑誌*, 21, 183-189.

[学会発表] (計 7 件)

- ① 伊集院睦雄, 三益亜美 (2012). コントラバージョン: 読みのモデル -DRC vs. PDP-. 第 15 回認知神経心理学研究会. [2012 年 8 月, 東京]
- ② 伊集院睦雄, 日野泰志 (2011). 文字と意味との対応に関する一貫性と意味計算効率 - シミュレーション研究からの知見 - . 日本心理学会第 75 回大会発表論文集, 641. [2011 年 9 月, 東京]
- ③ Ijuin, M., Homma, A., Kawai, Y., Imai, Y., & Gondo, Y. (2011). Comparison between four recall tasks in dementia screening batteries: For the detection of early-stage Alzheimer's disease. *Proceedings of the 9th Tsukuba International Conference on Memory*, 22. [2011 年 3 月, 東京]
- ④ 宇野彰, 三益亜美, 伊集院睦雄 (2010).

発達性 dyslexia (読み書き障害) における計算論的, 臨床的, 脳科学的融合研究. 第 55 回日本音声言語医学会総会・学術講演会予稿集, 42. [2010 年 10 月, 東京]

- ⑤ 北村伊津美, 小森憲治郎, 伊集院睦雄, 石川智久, 園部直美, 福原竜治, 山下光, 池田学, 谷向知 (2010). Semantic dementia 例 20 名にみられる呼称課題における特徴. 第 34 回日本高次脳機能障害学会学術総会プログラム・講演抄録, 148. [2010 年 10 月, 大宮]
- ⑥ 伊集院睦雄, 近藤公久, Taeko N. Wydell (2010). コネクショニスト・モデルによる「粒性と透明性」仮説の検証. 日本心理学会第 74 回大会発表論文集, 752. [2010 年 9 月, 大阪]
- ⑦ 伊集院睦雄 (2010). 語彙処理 (読み) に関する計算論的アプローチ. 日本心理学会第 74 回大会 ワークショップ: 語彙システム研究の多面的アプローチ - 一回顧と展望 2010 年 - . [2010 年 9 月, 大阪]

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

()

研究者番号 :