

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11日現在

機関番号：12101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500197

研究課題名（和文）文字探索課題における見落としエラー発生時の脳内メカニズム

研究課題名（英文）Toward estimating sources of overlooking error in letter-search tasks

研究代表者

矢内 浩文 (Yanai Hiro-Fumi)

茨城大学・工学部・講師

研究者番号：10222358

研究成果の概要（和文）：漢字仮名交じり文（つまり普通の日本文）の中にある「の」すべてに丸を付ける作業についての研究である。簡単な作業だが、1ページに30個の「の」がある場合、間違いなくすべてに丸を付けられる人は5人中1人に満たない。今回、私たちの研究により次の事実が明らかになった。『漢字の後の「の」は平仮名の後の「の」よりも見落とされやすい』この理由を深く分析すれば、人間がものごとを知覚する原理の理解に一步近づくことができるだろう。

研究成果の概要（英文）：This study is about the performance of human subjects cancelling all of the hiragana-letters [no] from normal Japanese document that consists of kanji's and hiragana's. Although the task seems easy to accomplish, it is less than one out of five persons who could cancel, for example, all the thirty [no]s in one-page document. The main result of the current study is that the letter [no]s after kanji are more often overlooked than the ones after hiragana. By investigating the reason why that happens, we could go one-step further into the understanding of human's basis of perceptions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・"感性情報学・ソフトコンピューティング"

キーワード：ニューラルネットワーク

1. 研究開始当初の背景

ヒューマン・エラーという言葉でくくるならば、見落としの研究の歴史は長く、大量の成果が蓄積されている。見落としという用語も、ヒューマン・エラーの分野で用いられている専門用語の一つである。その文脈の中では、エラーを誘発する内外的および外的要因を探る手法が用いられ、研究としてはエラーを

排除する手法に関する事例研究がほとんどである。いわば、人間特性を踏まえた使いやすいマン・マシーン・インターフェイスの研究として発展してきている。

したがって、エラーと人間の hochi 認識機能を結び付けた研究はあまり例がない。つまり、本研究で取り上げようとする文字探索課題の研究事例はあっても、それらはみな、適

性検査として位置づけられていたり、あるいは、「認識」と類似の用語「認知」が用いられているものの、「認知症」の早期発見検査課題や病状進行抑制のための訓練課題として用いられている例があるだけである。したがって、事例データはあっても、脳内メカニズム解明の観点からのデータや分析がない。

私たちが本研究課題の申請時までの数年にわたり、高校生～大学生～大学院生～社会人（～50歳代）の協力を得て少しずつ収集してきたエラー・データを集計したところ、エラー数の分布がガンマ分布に従っているらしいことに気づいた。その際の課題は、文書中の「の」の個数を数える課題であった。ガンマ分布は、神経生理学的研究でニューロン発火の時間間隔のモデルとして用いられている。また、両眼視野闘争や多義図形の知覚遷移時間間隔がガンマ分布に従うことが知られている。指数分布の重ね合わせがガンマ分布になることから、脳情報処理の要素的過程があるとすれば、分布の分析を通してその自由度やメカニズムが推定できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究課題の申請時において、予備的実験により収集し分析していたデータは、人間特性の意外性（十分に注意したつもりでも見落としてしまうこと）を経験するデモンストレーションとして実施し、得られた結果であった。そのため、課題の作成や実験の実施に際して十分な統制を行なっていなかった。そこで本研究課題では、「の」見落としエラー発生要因の究明に結び付けられること、そして、エラー発生機構のモデル化につながることを目指した実験を計画した。

目的として設定したのは以下の観点である。

(1) 実験刺激（「の」を含む文字列）における「の」の置かれている状況として複数の条件を設定し、条件に応じたエラー発生率の有無を調べる。条件として以下を設定する。

- ① 文字列として自然な文を用いる場合と、ランダム文字列を用いる場合。つまり「の」が自然な文脈で現れる場合と規則性なく現れる場合の違い。
- ② 「の」の直前の文字の影響。直前の文字による「の」見落としエラーの違い。
- ③ 文字間隔の影響。文字間隔による見落としエラーの変化。
- ④ 行間隔の影響。行間隔による見落としエラーの変化。
- ⑤ 紙面を上下反転させる場合とさせない場合の見落としエラーの違い。

(2) 「の」探索エラーが従う分布、すなわち、エラー数と、そのエラー数を有する被験

者数の関係を明らかにする。予備的な分析によれば、一見ガンマ分布のように見えるが、実は形の似た別の分布であるかもしれない。

(3) エラー発生メカニズム推定のために、現象の確率論的要因を分析し、数理モデルを構築する。

3. 研究の方法

刺激作成方法、実験方法、分析方法に分けて述べる。

(1) 刺激作成方法

刺激（被験者が「の」の探索を試みる課題文字列）は、A4判用紙に横書きで印刷した。フォントはMS明朝 10ポイント、行間（行のベースラインの間隔）は20ポイントとした。

(2) 実験方法

はじめに、本研究課題申請時および実施開始後しばらくの間採用していた手法を途中で大幅に変更したことを述べておかなければならない。本研究課題実施前の数年間に行なった予備的実験では、そして、本研究課題実施開始後1年ほどは、用紙に印をつけることはもちろん、指で文字列を追うことも禁止した実験を行った。つまり、被験者は頭の中で「の」の個数を黙々と数えた。その方法を採用したわけは、それが「1. 研究開始当初の背景」で紹介した前例で採用されていた方法だからである。そして、それら前例でその方法が採用されていたのにもわけがある。すなわち、被験者が「の」のカウント数をワーキングメモリー（作業記憶）に保持しつつ探索を行なうという2重課題をさせることで作業負荷を増大させ、被験者のカウント成績を際立たせるためである。しかし、本研究課題では見落としの要因を分解することが必要であり、また、エラー発生位置を特定することが不可欠であるとの判断から、以下に述べる丸を付ける方法に変更した。

では、最終的に採用した実験方法について述べよう。実験は集団で実施した。印刷面を裏にして刺激の印刷された用紙を被験者に配布する。被験者は実験実施者の合図で用紙を表に反し、文字列を左上から右、上の行から下の順に探索し、「の」を発見するたびに筆記用具で丸を付けてゆく。被験者への指示は、慎重になりすぎたり急いだりせずに楽な気持ちで取り組むこと、そして、決して後戻りしないこととした。文字列を最後まで探索し終えたら、被験者は前方スクリーンに映し出されているストップウォッチ（〇分〇〇秒と表示されている）を見て、開始合図からの所要時間を読み、用紙に記入する。

刺激として多種の（多数の条件で作成した）文字列を用いたが、以下、特に断らない限り、各被験者が取り組んだ実験は1度のみ

で、異なる条件は異なる被験者に割り当てた（被験者間実験）。

実験に際しては事前に被験者からのインフォームド・コンセントを得た。また、実験継続に困難を感じた場合にはいつでも中止してよいことを付け加えた。

(3) 分析方法

丸付けされた「の」と丸付けされていない「の」の箇所をデータ化し分析した。

4. 研究成果

研究の主な成果、および今後の展望を述べる。

(1) 研究の主な成果

① 自然な文とランダム文字列の対比について

「の」を探索する刺激として自然な文を用いる場合（自然文と呼ぶ）と、その自然文を文字単位でランダムに並べ替えた場合（ランダム文と呼ぶ）、について見落としエラー発生率を比較した。その結果、自然文の方がエラーが有意に多いことが分かった。この結果が示唆することは以下のとおりである。実験に際しての教示では文の意味把握を求めているにも関わらず、被験者は無意識に文を読んでおり、そのため、「の」探索に配分すべき注意の一部が無意識の言語理解に配分され、見落としが発生する可能性がある。

② 「の」直前文字の影響について

「の」の前後の文字に応じた当該「の」の見落とし率を分析した。その結果、「の」の直前文字による差があることが分かった。すなわち、直前文字が漢字である「の」と、直前文字が平仮名である「の」に分けてエラーを集計したところ、直前文字が漢字の方がエラーが有意に多いことが分かった。この結果が示唆することは以下のとおりである。自然文とランダム文の対比で示唆された要因（探索に配分すべき注意が無意識の言語理解に費やされる）以外に、空間周波数要因があり得る。画像としての漢字は空間周波数の高い成分を多く含んでいるのに対し、平仮名は高周波成分が少ない。そのため、「の」探索には視覚系の低周波成分チャンネルが活性化されると考えられる。だとすれば、同様の周波数成分を含む平仮名が「の」探索を攪乱し、「の」発見を妨害する可能性がある。しかし事実としてそのような妨害は比較的少ない。となると、次の推論が成り立つだろう。高周波成分を多く含む漢字は探索対象から除外される。漢字の除外は「の」発見に有効であるはずだが、なぜ妨害が大きくなっているのだろうか？ 考えられるのは漢字の除外（無視すること、注意を配分しないこと）が次に続く「の」に波及する可能性である。この仮説を検証するには文字間隔を制御した実験

を実施する必要がある。

③ エラーが従う分布の推定、エラー発生メカニズムの推定について

本研究課題に取り組み始めた当初の予想以上に実験と分析の多数の繰り返し（試行錯誤）が必要になった。このため本研究課題開始当初には予想できなかった新事実（(1) - (2)）の発見に到達した時点で研究実施期間の終了が近づいた。したがって、エラーが従う分布の推定と、エラー発生メカニズムの推定については今後の課題である。

(2) 得られた成果の国内外の位置づけ

英語に関しては、文字見落とし研究の歴史は長い（1960年代～現在）。それに対し、日本語での文字見落とし研究はほとんどなかった。よって、日本語における文字見落とし研究の切り口を提示したことに意義があるだろう。国外研究との関係については、扱う言語が日本語という点で波及効果が制限される面があるが、視覚的探索の人間特性として一般化した場合に、特に(1) - (2)で述べた空間周波数の観点は国外の研究者へ向けでも問題提起となると考えられる。

(3) 今後の展望

現在得られている成果の改善や一般化などについては自明であるか、または容易に多くの案を提示することができるため、詳細を述べることは控えておく。その代わりに、現在の成果をより一層発展させるために必要と考えている主な2点について述べておく。第1に、視覚的探索と注意（attention）を扱う広大な研究領域の中で、本成果の位置づけを明確にすること。第2に、実験方法の更なる改善である。すなわち、頭の中で数えることに比べて、「の」に○付けをする方法は有用な情報収集を可能にしたが、見落としの脳内メカニズム推定という本研究申請時に設定した目的達成には不十分である。「の」発見過程の記録装置を導入（製作）し、「の」発見時系列の分析ができれば、脳内メカニズムの推定に一步近づくだらう。

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8件）

- ① H. Akabane, E. Sato, and K. Sanada, 1/f Permittivity Fluctuation in Fullerene C60, Journal of the Physical Society of Japan, vol. 82, No. 2, 025002 (2013), DOI: 10.7566/JPSJ.82.025002, 査読有
- ② 矢内浩文, 水野喜夫, 『発話時の頭部ゆらぎを利用した個人分類』, 電子情報通

信学会論文誌 D, Vol. J95-D, 1686-1687 (2012),
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009495562>, 査読有

- ③ 矢内浩文, 高柳ちひろ, 今枝 靖『上下左右キーを用いた仮名入力方式の効率についての実験的検証』, 電子情報通信学会論文誌 D-II, vol. J95-D, 1432-1434 (2012),
<http://ci.nii.ac.jp/naid/110009457090>, 査読有
- ④ 古橋翔, 早川美德, 『文長分布型と係り受け関係に基づいた文構造の解析』, 計量国語学, vol. 28, No. 7, 250-260 (2012), 査読有
- ⑤ S. Furuhashi and Y. Hayakawa, Lognormality of the Distribution of Japanese Sentence Lengths, Journal of the Physical Society of Japan, 81, 034004 (2012), DOI: 10.1143/JPSJ.81.034004, 査読有
- ⑥ Y. Hayakawa and S. Furuhashi, Group-size distribution of skeins of wild geese, Physical Review E, vol. 86, 031924 (2012), DOI: 10.1103/PhysRevE.86.031924, 査読有
- ⑦ H. Akabane, Fluctuation in the Scattering Probability of an Electron in a One-Dimensional Nonlinear Lattice System, Journal of the Physical Society of Japan, vol. 80, No. 7, 074002 (2011), DOI: 10.1143/JPSJ.80.074002, 査読有
- ⑧ H.-F. Yanai and H. Nishida, Control of firing frequency of Hodgkin-Huxley neuron by varying temporal patterns of input spikes with fixed mean frequency, Far East Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence, vol. 5, 19-25 (2010),
<http://www.pphmj.com/abstract/4989.htm>, 査読有

[学会発表] (計 7 件)

- ① H.-F. Yanai, T. Konno, A. Enjyoji, Reading aloud is quicker than reading silently---an example of enhancement of cognitive processing by action, Proceedings of the 13th Neural

Computation and Psychology Workshop, p. 60 (2012), 査読有 (Basque Center on Cognition, Brain and Language, スペイン)

- ② 宮内 竜, 矢内浩文, 『文字探索課題における見落としエラーの分析』FIT2011 (第10回情報科学技術フォーラム), 第3分冊, 589-590 (2011), 査読無 (函館大学)
- ③ H.-F. Yanai, K. Kurosawa, K. Takahashi, Subitizing-counting analogue observed in a fast multi-tapping task, ENGINEERING PSYCHOLOGY AND COGNITIVE ERGONOMICS, Lecture Notes in Computer Science, 2011, vol. 6781, 120-125 (2011), 査読有 (Hilton Orlando Bonnet Creek, 米国)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

矢内 浩文 (Yanai Hiro-Fumi)
茨城大学・工学部・講師
研究者番号: 10222358

(2) 研究分担者

早川 美德 (Hayakawa Yoshinori)
東北大学・教育情報基盤センター・教授
研究者番号: 20218556

赤羽 秀郎 (Akabane Hideo)
茨城大学・工学部・准教授
研究者番号: 50192886