

読書における文脈依存的な認知処理のモード Identifying Context-dependent Reading Modes

布山 美慕¹⁾, 日高 昇平²⁾, 諏訪 正樹³⁾

MihoFuyama, Hidaka Shohei, Masaki Suwa

¹⁾ 慶應義塾大学大学院政策メディア研究科, ²⁾ 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科, ³⁾ 慶應義塾大学環境情報学部

¹⁾ Graduate School of Media and Governance, Keio University, ²⁾ School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology, ³⁾ Faculty of Environment and Information Studies, Keio University
miho02@sj9.so-net.ne.jp, shhidaka@jaist.ac.jp, suwa@sfc.keio.ac.jp

Abstract

To understand cognitive processes in reading, past studies have analyzed reading times of sentences with different contextual information. This methodology however, has a potential flaw: Reading time alone is not sufficient to tell whether qualitative differences in reading processes are involved with the difference in reading time or not. Regarding this issue, we propose a new statistical analysis of reading time, and identified the number of distinct cognitive processes in reading. Specifically, we conducted two experiments collecting reading times of novels for each pair of pages, and estimated its probability distribution which can be interpreted as the quantitative aspects of the cognitive processes using the new analytical method. In Experiment 1, a mixture of two gamma distributions fitted the best to the set of reading times collected across multiple novels. Further analysis showed that the estimated statistics from the reading times was correlated to the absorption ratings reported by the reader. These results suggest that two distinct modes of reading processing may be involved in reading. In Experiment 2, we also found the temporal changes of the reading modes common across multiple readers of the same novels. This consistency across the readers suggest reading modes depend on the contexts of novels

Keywords — Reading (読書), cognitive process (認知処理), reading time (読解時間), statistical distribution (統計的分布推定)

1. 文脈による読解処理の変化

小説の読者は、読み始めには物語を少しずつ想像し理解し、やがて登場人物や世界観、筋をある程度わか

るとリズムよく読み進め、しかし思いもよらない展開に息を飲み、というように多様な体験をし、様々な読み方をする。先行研究は、短い文章の理解において、こういった文脈の変化によって異なる認知処理が行われることを理論的に提唱し、実験的に確かめてきた [1, 2].

本研究では、より長く複雑な構造を持つ小説を読書する際の認知処理の変化に注目する。統制された短いストーリーを用いた実験では、短い時間スケールの認知処理の特徴について調べられる一方で、前述のような実際の物語で起こるダイナミックな文脈変化とその理解過程に対応する認知処理は調べるのが難しい。また、単純化した文章で確認した認知処理の足し合わせとして、文学作品の読書時の認知が捉えられるのか疑問がある。そこで、本研究では、短い範囲での認知処理の特徴を1つ1つ調べるのではなく、大きな文脈変化に伴って認知処理が変化するか否か、変化するとしたら処理内容の変化か処理速度の変化かを実験で調べることを目的とする。

2. 読解時間の分析

読書時の認知処理を調べる主な方法の1つとして読解時間の分析が用いられてきた (レビュー論文として Graesser (1997) [3])。布山・諏訪 [4] は、市販の小説を用いた実験によって、見開き2ページを読む際の読解時間の標準偏差が文脈によって変化すると報告した。この結果は、2ページ単位の読解時間が、作品の文脈に依存した認知処理の変化を反映している可能性を示唆する。そこで、本研究では、1作品における各2ページを読む時間をさらに詳しく分析することで、物語理解の認知処理の変化を調べることにした。

多くの先行研究では、読解時間の増減で処理の変化を論じてきた [1, 5]。しかし、時間の増減だけでは、その変化要因が処理内容の変化にあるのか、処

理速度の変化にあるのか、あるいはその組み合わせなのか判断できない。たとえば、予想外の情報の処理で読解時間が増加するという同じ実験結果に対して、KintschのCI modelでは処理速度の低下と解釈し[6]、GernsbacherのStructure Building Frameworkでは処理内容の変化と解釈する[1]。こういった場合、読解時間の増減だけでは、どちらのモデルを選ぶべきか決め手が無い。

本研究では、Hidakaの方法論[7]を応用し、読解時間の統計的な分布を推定することで、より読解時間の持つ情報を活用し、認知処理の内容が変わったのか、処理速度が変わったのか、本方法論の仮定のもとで区別して議論が可能となった。次節で具体的な分析方法を説明する。

3. 読解時間の統計的分布の推定と処理の関係

本研究では、2ページを読む間の認知処理が複数のサブプロセスを含み、そのサブプロセスの全て、あるいは最初の1つが終了するとページが捲られると仮定する。そして、このサブプロセスの数と処理速度、およびページ捲りの規則の違いで、それを含む認知処理を区別する（この意味で区別された認知処理を認知処理のモードと呼ぶ）。

この仮定のもとに、Hidakaの方法論[7]を応用し、2ページの読解時間の統計的な分布から、サブプロセスの数と処理速度、ページ捲りの規則を推定して、認知処理モードの変化を調べる。処理の推定には、次のような統計的な分布の理論的性質を利用する。一般に、ポアソン過程の終了時間は以下の統計的な分布を持つことが知られている。まず、単一のポアソン過程の終了時間は指数分布となる。そして、こういった独立のポアソン過程が n 個ある場合、それらが全て終了するまでの時間は形状パラメータ(Shape) $=n$ のガンマ分布となる(図1の上図に対応)。さらに、同様に独立のポアソン過程が k 個あり、それらの最初の1個が終了するまでの時間は形状パラメータ $=k$ のワイブル分布となる(図1の下図対応)。したがって、反対に、読解時間の分布を分析して、指数分布やガンマ分布、ワイブル分布が推定されれば、対応する単一/複数のポアソン過程を含む認知処理が行われていると解釈することができる。たとえば、観測した2ページの読解時間に対して形状パラメータ n のガンマ分布が最適と推定された場合、2ページの読書の間に行われる認知処理は n のサブプロセスを含み、その全てのサブプロセスが終了するとページが捲られると考えること

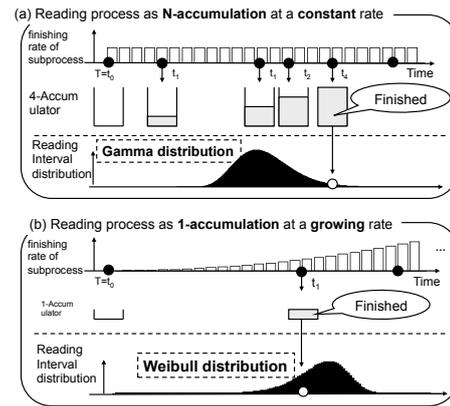


図1 読解時間の分布と分布の関係。上の図がガンマ分布、下の図がワイブル分布に対応

ができる(図1の上図)。

本研究では、この推定方法を用いて、読解時間から推定される統計的分布が異なれば、異なる処理モードと解釈する。もし、1作品にわたって同じサブプロセスからなる処理がなされていれば、読解時間から推定される分布は常に同一となる。しかし、もし読んでいる箇所によって推定される分布が異なれば、含まれるサブプロセスの数や処理速度が変化していることになる。つまり、認知処理モードの変化を、処理に含まれるポアソン過程のサブプロセスの数や処理速度の変化として推定する。実際の分析では、複数の認知処理モードが含まれていた場合、実験データは複数分布の混合分布として推定される。

ただし、分析方法の定義上、同一の読解時間の分布をもつ処理は区別できない。実際にはサブプロセスの処理内容が変化していても、もしサブプロセス数・処理速度・ページ捲りの規則が同一の処理で、同一の統計的分布として推定されれば、これらの認知処理モードは同一と判断される。この限定はあるものの、読解時間の増減だけから認知処理の変化を議論してきた先行研究の手法に比べて、本分析方法は認知処理の変化に対してより高い識別能力を有すると期待できる。

また、本研究では、知りたいのは作品の理解や体験に関わる読書の認知処理の変化である。一方で、読書中には姿勢を制御するなどの、読書とは直接関係が薄い認知処理も同時に行われている。こういった読書に直接には関係が薄い処理の変化のみで読解時間の分布が変化した場合、本研究が対象としている認知処理の変化の推定にはならない。そのため、分析結果が読書行為に関連する認知処理を推定しているか確認する必要がある。この確認には、読解時間とは独立に、読書行為に関連して変化する指標を測定することが有効で

ある。本研究では、この独立指標として読書時の熱中度を採用し、読後に質問紙調査で2ページごとの熱中度を5件法で取得した。もし読解時間から推定された分布と熱中度の間に有意な相関があれば、推定分布は読書に関連した認知処理の変化を反映していると判断できる。

4. 実験概要

本研究では、読解時間を観測する実験を行って3節の方法を用いて分析し、小説を読書する際の認知処理モードは単一か複数か、その処理モード変化は作品の文脈に関連するのか調べた。

実験は2種類行った。両実験とも、読者を撮影し、その映像からページを捲る動作を書き出して各2ページの読解時間を算出した。実験1では、読書中に認知処理モードが変化するのか調べることを目的とし、長編小説の読書データを20作品分集めて2ページごとの読解時間の分布の推定を行った。被験者負担が大きい実験のため、被験者を第1著者1名が担当した。実験2では、実験1で認知処理モードの変化が確認できたので、被験者6名で2作品を用いて計10データを取得し、認知処理の変化が作品の文脈に依存して読者間で共通なのか、あるいは読者の固有性が高く読者間でバラバラなのかを調べた。

5. 実験1

5.1 実験方法

被験者は第1著者1名で、実験当時30歳の女性、日本語を母国語とし、普段から読書をする習慣があった。出来るだけ自然な読書状態のデータを取得するため、被験者の自室で、日常的に読書をしている机と椅子を用いて実験を行った。日本の小説20作品を読書する書籍とした。表1に書籍のタイトルと著者、ページ数を示した。作品は芥川賞や直木賞をはじめとする日本の著名な文学賞受賞歴のある著者の作品で、かつ被験者が未読のものを選んだ。

1回の実験で、被験者は1つの作品を数時間かけて読んだ。途中休憩も自由に取ったが、1作品は1日の中で読み終わるようにした。読書中の被験者の様子は、小型のWebカメラ2台を被験者の左前と右前に1台ずつ設置し撮影した。小型のため、カメラの存在が被験者の気になって読書を妨げることはなかった。

20作品中No.17とNo.18の2作品で、読後に2ページごとの熱中度の評価を5件法(-2~+2で評価、+2が非常に熱中、-2が非常に退屈)で行った。ただし、本実験は他の実験・分析を兼ねていたため、それらの

表1 実験1での使用作品情報

No	作品タイトル	著者	ページ数
1	色彩を持たない多崎つくると、彼の巡礼の年	村上 春樹	370
2	神様	森 博嗣	314
3	なめらかで熱くて 甘苦しくて	川上 弘美	189
4	天地明察	沖方 丁	474
5	沈黙博物館	小方 洋子	308
6	光	三浦 しをん	297
7	くちぬい	坂東 眞砂子	309
8	みずうみ	よしもとばなな	206
9	凍える牙	乃南 アサ	401
10	Self-Reference ENGIN	円城 塔	308
11	死の泉	皆川 博子	427
12	季節の記憶	保坂 和志	316
13	永遠の出口	森 絵都	313
14	ほかならぬ人へ	白石 一文	295
15	書楼弔堂	京極 夏彦	498
16	孤独の歌声	天童 荒太	312
17	猫を抱いて象と泳ぐ	小川 洋子	359
18	ルート 225	藤野 千代	282
19	やさしい訴え	小川 洋子	260
20	ブラフマンの埋葬	小川 洋子	146

分析が全て終了した100日後に熱中度評価を行った。評価時には再読しつつ、作品の文脈を手がかりに評価付けした。

5.2 分析

撮影した映像から、被験者がページを捲る動作をもとに、各2ページの読解時間を算出した。休憩時間は除いた。この読解時間から統計的分布の推定を行った。統計的な分析能力をあげるために、20回分の全データをまとめて分析した。

分布の推定では、指数関数の混合分布、ガンマ分布の混合分布、ワイブル分布の混合分布を候補として分析した。それぞれ、混合分布に含まれる分布の数を1~5個まで変化させ尤度が最大となる分布を求めた。これらの統計的分布は異なる数のパラメータを有するため、ベイズ情報量基準 (Bayesian Information Criterion[8], 以下 BIC と略す) をモデル選択の基準とした。前述した通り、もし読書中に認知処理モードが変化していれば、2個以上の分布を含む混合分布が最適分布として推定されることになる。

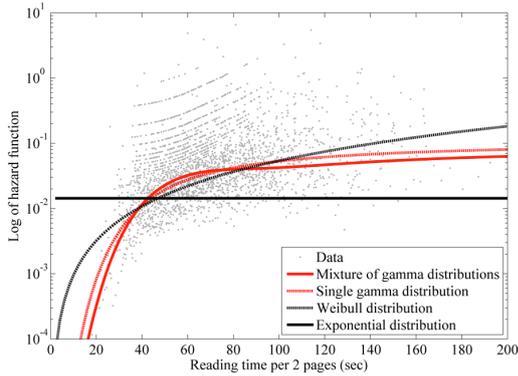


図2 ページ巻りの時間間隔観測値と、指数分布、ガンマ分布、ワイブル分布で推定したハザード関数の比較。黒い点が観測値、実線が推定結果を示す。ガンマ分布が最も良い推定である

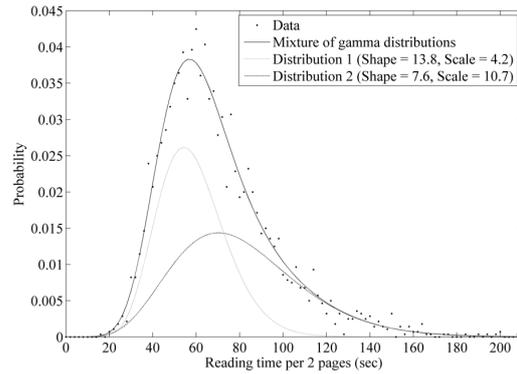


図3 2つのガンマ分布の混合分布の確率密度関数と実験観測値の密度表示のヒストグラムの比較。混合分布に含まれる2つのガンマ分布も2種類の点線で示した

5.3 結果と議論

20回の実験データをまとめて読解時間の分布の推定を行った結果、2つのガンマ分布の混合分布が最適と推定された。図2に、ページ巻りの時間間隔の観測値と、指数分布、単一のガンマ分布、混合ガンマ分布、ワイブル分布で推定した場合のハザード関数を示した。ハザード関数 $H(t)$ は t 秒までページが捲られておらず、 t 秒ではじめてページが捲られる確率を示す。指数分布のハザード関数は定数であり、ガンマ分布とワイブル分布は複数のポアソン過程を含むため時間とともに捲られる確率が増加していく。

図2からわかるように、指数分布は観測値に当て嵌まらない ($BIC=29421.71$)。ワイブル分布も $20 < t < 40$ で観測値から外れている ($BIC=25722.64$)、これに対し、ガンマ分布、特に混合ガンマ分布がよりよく当て嵌まっている。結果として、2つのガンマ分布の混合分布が最適なモデルとして推定された ($BIC=25655.29$)。なお、3つ以上のガンマ分布の混合分布は BIC を改善しなかった (3つの場合、 $BIC=25677.24$)。

最適と推定されたガンマ分布の確率密度関数と、観測値の密度表示のヒストグラムを図3に示した。2つのガンマ分布の形状パラメータは、分布1が $Shape=13.80$, $Scale=4.24$, 分布2が $Shape=7.58$, $scale=10.67$ となった。本分析では $Shape$ はサブプロセス数に、 $Scale$ は各サブプロセスの平均処理時間と解釈できるので、こういった数と処理速度の異なるサブプロセスを含む2種類の認知処理が読書中に行われていることが示唆された。

この分布の変化、ひいては認知処理モードの変化

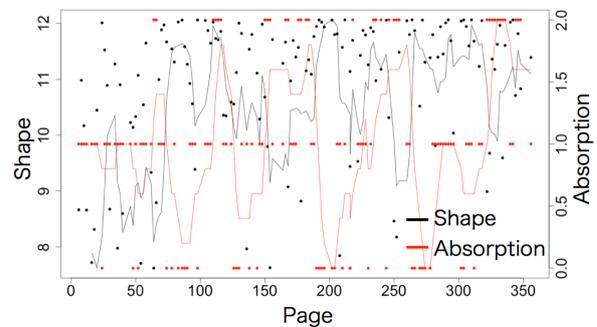


図4 No.17のページごとのShapeと熱集中度。Shapeと熱集中度の相関係数は-0.28 ($p < .001$)と有意な負の相関を示す

は、作品ごとの違い (作品AではShape値が大きい分布、Bでは小さい分布) ではなく、1つの作品内で起こっていた。この作品内の分布の変化例を図4に、次に説明する熱集中度と共に示した。黒い点が推定された各2ページごとのShapeの値、黒い線がその5区間の移動平均である。分布の移り変わりを示す詩表としてShape値の変化を示している。1つの作品を読む間に分布が変化していることがわかる。

この2つの分布の変化が読書に関係した認知処理の変化に対応しているのか調べるため、No.17とNo.18の2つのデータで熱集中度との相関分析を行った。その結果、No.17では相関係数 $R=-0.28$, $p < .001$, No.18では相関係数 $R=-0.28$, $p < .01$ といずれも有意な負の相関を示した。この結果は読解時間から推定した分布が、読書行為に関連する熱集中度に有意に相関することを示す、したがって、読解時間から推定された認知処理モードの変化は、読書に関連する変化と考えられる。

加えて、大きく分布が変化するいくつかの箇所では、明確に作品の文脈が変化していることがわかった。たとえば、話の時間が大きく変化する（主人公の子供時代から大人に話が飛ぶなど）、2つの話が収録されている作品で新しい作品が始まる、などの点で分布が大きく変化した。このことは、分布の変化が文脈に関連して変化していることを示唆する。実験2では、複数の被験者による実験で作品内容と分布の変化の関係をさらに調べた。

6. 実験2

実験1の結果、読書時に少なくとも2つの認知処理モードが用いられることが示唆され、またその処理の変化が作品の文脈に関連する可能性が提示された。実験2では、この2つの認知処理モードが作品に依存して被験者間で共通に変化するのか、あるいは読者によって異なる変化をするのか、複数の被験者で2つの作品を使った実験を行い調べた。

実験方法の概要は実験1と同様である。ただし、被験者負担を軽くするため、短編小説と長編小説の冒頭を使用し、読書時間を30～60分程度と短縮した。熱中度は全ての実験で読後すぐに5件法で各1ページごとに回答してもらった。

6.1 実験・分析方法

被験者は慶應義塾大学の大学生および大学院生の計6名で、日本語を母語とし、日常的な読書習慣は無いものの十分な読解力を有した。実験は慶應義塾大学の小さな会議室もしくは教室を使用した。使用した作品は、49ページの短編小説（村上春樹『女のいない男たち』の中的一篇「木野」）と長編小説（小川洋子『沈黙博物館』）の冒頭40ページを使用した。被験者6名のうち、4名が両方の作品を読み、それ以外の2名がどちらか片方の作品を読んだ。なお、実験2は進行途中であるため、今後さらに被験者数を増やし、かつ全ての被験者が両作品を読む予定である。

被験者は一人で読書し、その様子を撮影した。1回の実験で一人が1作品を読書した。2作品とも読書した4名は同日に2回実験を行うのではなく、日を改め6ヶ月以上のブランクを置いて実験を行った。被験者にはできるだけ自然に読書するように教示し、身体動作を分析するために撮影することは伝えたが、読解時間の分析をすることは伝えなかった。読後すぐに、各1ページごとに熱中度評価を5件法（1～5で評価。5が非常に熱中、1が非常に退屈）で行うように教示した。

読解時間の分析方法は実験1とほぼ同様で、読解時間の全てのデータをまとめた後に、統計的分布の推定を行った。ただし、現在までに取得したデータ数では分析の統計的な能力が十分でないため、実験1の結果を踏まえ2つのガンマ分布の混合分布であることは仮定し、その分布のパラメータと変化を推定した。今後、被験者を増やしデータ数を拡充し、実験1と同様に指数分布やワイブル分布なども仮定して、混合分布に含まれる分布の数も変化させ推定を行う予定である。また、熱中度の評価は各1ページごとの結果を2ページごとに平均し、2ページごとの熱中度評価値とした。

6.2 結果と議論

実験2の結果、同一作品を読書した場合、被験者間で類似した読解時間の分布の変化が推定された。図5に各作品の分布の変化を形状パラメータ Shape の変化として示した。推定された2つのガンマ分布の形状パラメータはそれぞれ、分布1が Shape=25.884, Scale=4.294, 分布2が Shape=29.283, Scale=2.791であった。同一作品を読んだ各5名の分布 (Shape) の相関係数は、各2名のデータをペアとし全ての組み合わせで算出すると、「木野」が $R=0.55\sim 0.79$ 、平均値は0.66（全ての組み合わせで $p<.004$ ）、「沈黙博物館」が $R=0.28\sim 0.76$ 、平均値は0.58（相関係数が比較的良かった被験者Fのデータを除いた組み合わせで $p<.02$ 、被験者Fのデータとの相関係数では $p<.24$ ）となった。一方で、異なる作品間での相関係数は、 $R=-0.18\sim 0.53$ 、平均値は0.22となった。この結果は、読解時間の分布が、同一作品、特に短編小説の「木野」を読んだ場合に被験者間で有意な高い正の相関を持ち、「沈黙博物館」でも被験者によってややばらつきがあるが総じて有意な正の相関を持つことを示す。一方で、異なる作品間では、高い相関を示すデータが少数あるものの、同一作品を読んだ場合に比べて平均的に低い相関となることが示された。この結果は、分布の変化、すなわち認知処理モードが被験者よりも、作品に強く依存することを意味する。

図5を見ると、どちらの作品でも読み初めに Shape が低い値を示す点が共通する。一方で相違点は、図5上段の「木野」のデータは下段の『沈黙博物館』にくらべて明確な凸型の変化が見て取れる点である。このことは、読み初めは作品に共通して低い Shape の値の分布に対応する認知処理モードであり、その後は作品の情報によって異なった処理モードに移行すると解釈できる。異なる作品間で相関係数が比較的高いデータ

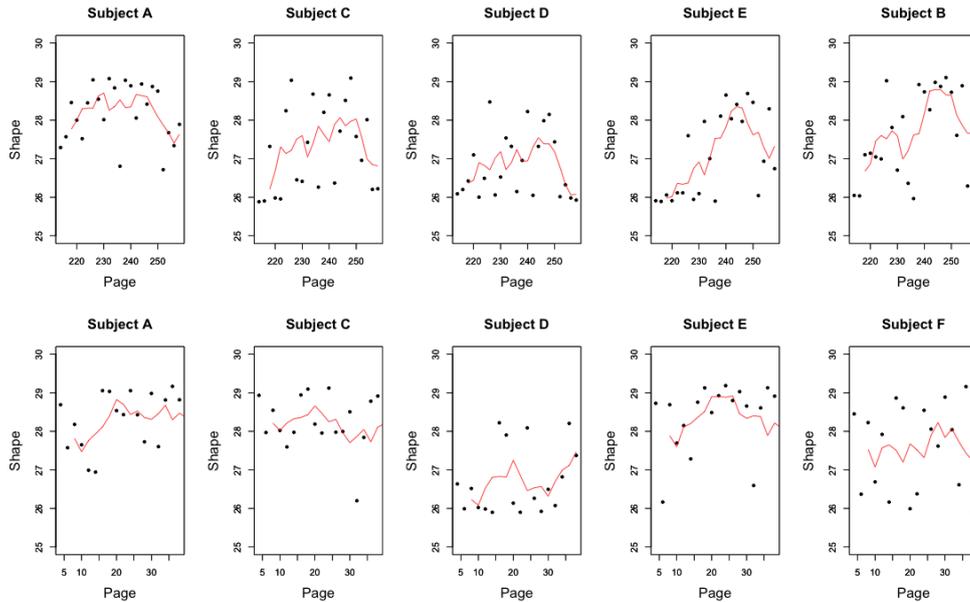


図5 10回の実験の Shape 値の変化. 上段が「木野」、下段が『沈黙博物館』のデータ. 被験者 B と F 以外の 4 名は 2 作品ともて実験を行ったので, 同一被験者が上下で同一列になるように配置した. 黒い点が各ページの推定 Shape の値, 赤い線がその 5 区間移動平均を示す. 同一作品を読書した 5 名のデータを, 2 名ずつペアにして全ての組み合わせで Shape の相関係数を算出すると, 相関係数の平均値は「木野」で $R=0.66$ ($0.58\sim 0.79$, 全ての組み合わせで $p<.004$), 『沈黙博物館』で $R=0.58$ ($0.28\sim 0.76$, 1 データを除いた組み合わせで $p<.02$) と高い相関を示す

があったのは, 1 回の実験データに含まれるデータ数が 20~25 (40~50 ページ分) のため, 読み初めの共通した傾向の箇所が相関に表われたとも考えられるだろう. 上段の「木野」が明確な凸型の変化を示す一方で『沈黙博物館』があまり変化しないのは, 「木野」が短編小説一篇全体の読書でクライマックスを含む文脈の変化に富んでいたのに対し, 『沈黙博物館』は長編小説の冒頭部分のみの読書で, 物語がまだ展開していなかったことも関係するとも考えられる. つまり, 文脈の大きな変化が分布 (認知処理モード) の大きな変化と関連する可能性が示唆される.

Shape の値はサブプロセスの数 (に比例し), Scale の値はサブプロセスの平均処理時間 (に比例する) と考えられる. 前述した分布の推定結果から, 分布 1 は Shape が相対的に小さく (Shape=25.884, もう一方は Shape=29.283), Scale は相対的に大きい (Scale=4.294, もう一方は Scale=2.791). これらを合わせると, 2 作品の読み初め, 及び「木野」の読み終わりでは, サブプロセスの数も処理速度も中盤に比べて減少していると言える. この結果の 1 つの解釈は予測可能性との関係である. 「木野」の終盤のクライマックスでは, 多くの読者にとって予想外と感じられる展

開が起こる. また, 読み初めも, 読者ははじめて読む作品であるため, まだ筋や構成がわからず, 多くの予想外の情報に触れることになる. 総合すると, 予想外の情報を処理する際には特定の少ない数のサブプロセスが時間をかけて行われ, いったん文脈が理解でき内容がある程度予想可能になると, より多くのサブプロセスがより早く行われると解釈できる.

熱中度と分布の相関は, 「木野」のデータで相関係数 $R=-0.26$, $p<.006$, 『沈黙博物館』のデータで相関係数 $R=0.18$, $p<.089$ とそれぞれ有意であった. この結果は, まず, 熱中度と有意な相関があることから, 分布 (認知処理モード) の変化が読書行為に関連した変化であることを示唆する. 加えて, 2 つの作品で熱中度と分布の相関の正負が逆になったことから, 作品によって, あるいはその文脈によって, 認知処理モードと熱中度の関係が異なる可能性を示している.

この結果は, 現在までのデータ数では確かではないが, いくつかの解釈が可能である. たとえば, 熱中していないときには作品によって読解時間の分布がばらつき, 熱中すると多くの作品に共通した読解時間の分布に落ち着くと解釈することができる. また, 「熱中」という評価はいろいろに解釈できるため, 2 つの作品

で異なる状態を指していた可能性もあるだろう。たとえば、「木野」のクライマックスで感じる熱中と、『沈黙博物館』の冒頭で感じる熱中は、たとえ評価値が同じでも、異なる読解処理や状態に関係する可能性がある。

7. 総合議論

本研究では、小説を読み進めるなかで、読者の認知処理がどう変化するか/しないのかを、読解時間の分布推定を用いて調べた。実験1では1名の被験者が20の長編小説を読み、各2ページの読解時間の分布の推定を行った。その結果、2つのガンマ分布の混合分布が最適とされ、含まれるサブプロセスの数と処理速度の異なる2つの認知処理モードが読書中に用いられていることが示唆された。実験2ではこの結果を受けて、一作品を読書する間の認知処理モードの変化が、作品に依存して読者間で共通なのか、あるいは読者によって異なるのか、簡易化した実験で被験者を増やして調べた。その結果、同じ作品を読んだ被験者の分布の変化は類似しており、認知処理モードの変化は作品の情報、特に文脈に強く依存する可能性が示唆された。まとめると、以上の結果は、読者は1つの作品を読む中で、少なくとも2つ以上の認知処理モードを用いており、その認知処理モードは作品の文脈に関連して変化していることを示唆する。

より短い文章を主な対象とし、細かく読解処理について調べてきた文章理解の先行研究では、2節で触れたCI modelやStructure Building Frameworkを始めとして多くの理解モデルが提示されてきた。近年、これらのモデルを統合し、より多くの現象を説明できるモデルを構築することが議論されている[9]。本研究は、これまで議論されてきた多くのモデルが、それぞれ異なる認知処理モードを説明している可能性を示唆する。もしそうであるならば、単純に複数のモデルを比較することは有意義ではなく、むしろ、本研究が示すような大きな変化の中に各モデルを位置づけた上で、統合モデルを構築する必要がある。したがって、局所的に詳細な認知処理を調べるだけでなく、より広範囲の認知処理の大きな変化を調べ、それらの情報を併せて議論することが有益であろう。

また、本研究では、読解時間の増減で読解処理の変化を議論するのではなく、読解時間の統計的な分布を推定することで読解処理を議論する新しい分析手法を試みた。その結果、読書と関連のある認知処理の変化を、先行研究よりも具体的に、含まれるサブプロセスの数と処理速度の変化として推定することが可能と

なった。この手法は、より時間分解能の高いデータでも同様に有効だと考えられる。

今後は視線計測で単語や文単位の読解時間を計測し、単語、文、文章、1作品など複数レベルの時間粒度で同様の分析を行い、各レベルの認知処理を推定し、さらに認知処理の変化をレベル間で比較することを予定している。本研究で議論した認知処理の内容をより詳しく知ることができ、異なるレベルの言語・文章理解（例えばある程度短い文章と1作品の理解）の認知処理の違いが分かる可能性があるだろう。それによって、ある文を理解するということと、ある文学作品を理解するということの違いについても、示唆を得られると期待できる。

また、読解時間の分布は、もちろんその範囲に含まれる文字数にも依存すると考えられる。筆者らは、すでにいくつかの作品で文字数と分布の間にある程度の有意な相関があることを確認している。本研究では、分布の変化を文脈という作品の意味的構造と結びつけて論じたが、こういった文字数などの分布を変化させる別の要因も、それぞれ分けて検討することで、推定した認知処理モードをより詳しく分析できる。その際にも、単語や文レベルの処理の変化を併せて分析することで、各処理の仕分けが可能となるだろう。

謝辞

本研究の一部は、第1著者は慶應義塾大学博士課程研究支援プログラムおよび森泰吉郎記念研究振興基金の助成を受け、第2著者は科学研究費補助金 基盤研究B(23300099)の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] Gernsbacher, M. A., Varner, K. R., & Faust, M. E. (1990). Investigating differences in general comprehension skill. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16(3), 430-445.
- [2] Gernsbacher, M. A. (1997). Two decades of structure building. *Discourse processes*, 23(3), 265-304.
- [3] Graesser, A. C., Millis, K. K., & Zwaan, R. A. (1997). Discourse comprehension. *Annual review of psychology*, 48(1), 163-189.
- [4] 布山美慕, 諏訪正樹, (2013). 読書中の映像分析による熱中状態変遷の観察. 人工知能学会第16回身体知研究会, SKL-16-06, 26-34.
- [5] Zwaan, R. A., Radvansky, G. A., Hilliard, A. E., & Curiel, J. M. (1998). Constructing multidimensional situation models during reading. *Scientific studies of reading*, 2(3), 199-220.
- [6] Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension: a construction-integration model. *Psychological review*, 95(2), 163-182.

- [7] Hidaka, S. (2013). A computational model associating learning process, word attributes, and age of acquisition. *PLOS ONE*, 8(10), e76242.
- [8] Schwarz, G. (1978). Estimating the dimension of a model. *The annals of statistics*, 6(2), 461-464.
- [9] McNamara, D. S., & Magliano, J. (2009). Toward a comprehensive model of comprehension. *Psychology of learning and motivation*, 51, 297-384.