

# 日本語の読み時間と節境界情報 —主辞後置言語における wrap-up effect の検証—

浅原 正幸<sup>†</sup>

本論文では、リーダビリティ評価を目的として、日本語テキストの読み時間と節境界分類の対照分析を行う。日本語母語話者の読み時間データ BCCWJ-EyeTrack と節境界情報アノテーションを『現代日本語書き言葉均衡コーパス』上で重ね合わせ、ベイジアン線形混合モデルを用いて節末で、どのように読み時間が変わるかについて検討した。結果、英語などの先行研究で言われている節末で読み時間が長くなるという wrap-up effect とは反対の結果が得られた。他の結果として、節間の述語項関係が読み時間の短縮に寄与することがわかった。

キーワード：リーダビリティ評価・読み時間・節境界情報

## Between Reading Time and Clause Boundaries in Japanese —Wrap-up Effect in a Head-Final Language—

MASAYUKI ASAHARA<sup>†</sup>

This paper presents a contrastive analysis between reading time and clause boundary categories in the Japanese language in order to estimate text readability. We overlaid reading time data of BCCWJ EyeTrack, and clause boundary categories annotation on the Balanced Corpus of Contemporary Written Japanese. Statistical analysis based on the Bayesian linear mixed model shows that the reading time behaviours differ among the clause boundary categories. The result does not support the wrap-up effects of clause-final words. Another result we arrived at is that the predicate-argument relations facilitate the reading speed of native Japanese speakers.

**Key Words:** *Readability, Reading Time, Clause Boundary*

### 1 はじめに

テキストのリーダビリティ評価は、人間の作文の評価だけでなく、機械による文生成の評価においても重要な問題である。日本語のリーダビリティ研究は表記や語彙の難易度など表層的な情報に基づいて、テキストの難易度の評価モデルとして研究が進められてきた(渡邊, 村上, 宮澤, 五島, 柳瀬, 高村, 宮尾 2017; 李 2011; 柴崎, 玉岡 2010; 佐藤 2011)。しかしながら、既

---

<sup>†</sup> 人間文化研究機構国立国語研究所, NINJAL, Japan

存のモデルのほとんどは読み手を陽に仮定していない。

リーダビリティは、眼球運動に基づく読み時間により、直接的に評価できる。筆者らは視線走査装置に基づいた読み時間データを整備するだけでなく、統語・意味分類や情報構造との関連について調査してきた。単語や文節の統語・意味分類が読み時間にどのように影響を及ぼすかだけでなく、情報伝達に必要な情報の新旧と読み時間の関連について分析を進めてきた。

情報の伝達においては、複数の述語を含む複文や重文を用いることが考えられる。複文や重文は節境界を有し、節境界においては読み時間が変化するという先行研究がある。英語においては (Just and Carpenter 1980; Rayner, Kambe, and Duffy 2000) が、句末や節末において読み時間が長くなる wrap-up effect と呼ばれる傾向について議論している。しかしながら、主辞が後置される日本語においては、補部が主辞より先に提示されることにより、主辞を予測することができ読み時間が短くなることが考えられる。

本稿では、日本語の節境界が読み時間に対してどのような影響を与えるのかについて、探索的データ分析により調査する。具体的には、『現代日本語書き言葉均衡コーパス』(以下 BCCWJ) (Maekawa, Yamazaki, Ogiso, Maruyama, Ogura, Kashino, Koiso, Yamaguchi, Tanaka, and Den 2014) の読み時間データ BCCWJ-EyeTrack (浅原, 小野, 宮本 2019) に対して、節境界アノテーション BCCWJ-ToriClause (Matsumoto, Asahara, and Arita 2018) を重ね合わせたものを、節境界情報を固定要因としたベイジアン線形混合モデル (Sorensen, Hohenstein, and Vasishth 2016) を用いて検討を行う。分析においては詳細な節分類について読み時間がどう異なるかについて検討した。例えば、名詞修飾節においては、補足語修飾節 (関係節ウチの関係) が、内容節 (関係節ソトの関係) よりも節末において読み時間が短くなる傾向が見られた。補足節においては、名詞節の節末が、引用節の節末よりも読み時間が短くなる傾向が見られた。また、副詞節においては、因果関係節と付帯状況節とで読み時間のふるまいの違いが確認できた。これらの分析結果は、従前の言語処理において研究されてきたリーダビリティ評価において、眼球運動に基づく読み時間の評価の観点から節レベルの統語構造に対して実証的な根拠を与えるものになる。

以下、2節では関連研究について示す。3節では利用したデータの概要について示す。各データの詳細については元論文を参照されたい。4節では統計処理手法について述べ、5節で結果と考察を示す。最後にまとめと今後の研究の方向性について示す。

## 2 関連研究

まず、前に述べた wrap-up effect の評価以外に次のような先行研究がある。(Hill and Murray 2000) は、前置詞句を含む句読点近辺の読み時間を評価した。(Hirotsani, Frazier, and Rayner 2006) は節末や文末の句読点近辺の読み時間を評価した。(Warren, White, and Reichle 2009) は節内と節間の読み時間の関係を視線走査法に基づいて評価した。しかしながら、これらの評価

はいずれも英語の分析であった。これらの分析は、ANOVA（分散分析）など単純な統計処理に基づく分析であったために、多くの固定要因を検討できないほか、ランダム要因を考慮できないために、例文や被験者の統制が求められていた。

この統制に基づく分析において、不自然な例文を不自然な分布で呈示し、都度、文の構造を正しく把握しているのか質問するという問題点があり、自然な眼球運動が得られていないという批判もある (Futrell, Gibson, Tily, Blank, Vishnevetsky, Piantadosi, and Fedorenko 2018)。このような批判のもと、コーパスからのサンプリングに基づくテキストや、文脈を変えずに語順や語彙を入れ替えるなどしたテキストに対して、読み時間データを構築し、研究する流れが生まれた。Dundee Eyetracking Corpus (Kennedy and Pynte 2005) は英語とフランス語の新聞記事社説について、母語話者 10 人分の視線走査情報を収集したものである。同データに対して、品詞情報、係り受け情報、句構造木、共参照情報が付与され、分析が進められている。他に英語のデータとして、(Frank, Monsalve, Thompson, and Vigliocco 2013), Natural Stories Corpus (Futrell et al. 2018) などがある。他言語のデータとして、ドイツ語の Potsdam Sentence Corpus (Kliegl, Nuthmann, and Engbert 2006), ヒンディー語の Potsdam-Allahabad Hindi Eyetracking corpus (Husain, Vasishth, and Srinivasan 2015), 中国語の Beijing Sentence Corpus of Mandarin Chinese (Yan, Kliegl, Richter, and Shu 2010) がある。このような自然なテキストの分析には、レイアウト情報や呈示順などの要因を考慮するために複雑な統計処理手法が求められる。頻度主義的な一般化線形混合モデルなどでは収束判定やモデル選択など煩雑な処理が伴う。そこで、ベイジアン線形混合モデル (Sorensen et al. 2016) を導入することで、帰無仮説の多重比較の問題を回避し、サンプリングにより推定された事後平均と事後標準偏差に基づく分析により推定する手法が用いられている。

最後に、日本語のテキストの難易度・リーダビリティ評価研究について示す。(渡邊 他 2017) は文長・語彙の難易度・語種・品詞・語彙の具体度・仮定節や係り受け木の深さなどを特徴に入れているが、評価自体は株価のポラティリティに対して行っており、読みやすさ自体の実証的な評価を行っていない。(李 2011) は BCCWJ を日本語能力試験の読解テキストに対応させて難易度を評価しているが、文字・漢字・語彙などに基づき L2 学習者向けに頻度主義的な手法でテキストの難易度をモデル化したものであり、日本語母語話者の読解過程をモデル化したものではない。(柴崎, 玉岡 2010) は小学 1 年から中学 3 年に収められた国語科教科書に収録したものの文字数・文節数・述語数・漢語の割合・ひらがなの割合などで頻度主義的な手法でテキストの難易度をモデル化した。L1 学習者向けには適切かもしれないが、成人日本語母語話者のリーダビリティ評価に対して適切なモデルとは言えない。(佐藤 2011) は文字 n-gram を特徴量とした難易度モデルを提案した。統語情報を考慮していないほか、読み手の存在を陽に仮定していないという問題がある。(藤田 2015) は未就学児を対象としたテキストの対象年齢を推定している。これらの研究は、いずれも読み時間などを用いた実証的な分析ではなく、利用してい

る特徴も表記・語彙などが中心で、複文や重文の節間の関係を適切にモデル化し、リーダビリティを評価しているものは管見の限り存在しない。

### 3 データ

本節では、読み時間データ BCCWJ-EyeTrack と 節境界アノテーション BCCWJ-ToriClause について概説する。これらの2つのデータを重ね合わせたデータを表1に示す。

#### 3.1 BCCWJ-EyeTrack

ここでは読み時間データ BCCWJ-EyeTrack について概説する。詳細については(浅原 他 2019)を参照されたい。新聞記事に対する読み時間の収集方法として2種類の手法を用いた。1つは移動窓方式の自己ペース読文法 (SELF) で、Linger<sup>1</sup>と呼ばれるソフトウェアで収集した。もう1つは眼球運動を計測する視線走査法で、タワーマウント型の EyeLink 1000 を用いた。なお、EyeLink 1000 が fixation とみなしたものを「停留」とみなす。自己ペース読文法では一度に1文節のみ呈示されるが、視線走査法では一度に1画面分(最大53文字×5行)が呈示される。しかしながら、いずれの実験でも前の画面に戻ることはできない設定にした。各被験者は視線走査法→自己ペース読文法の順で実施し、文節境界に空白を入れるか否かを含めてラテン方格による実験配置により、それぞれのテキストを一度だけ見るような設定にした。

視線走査データについては、視線走査順の読み時間データをテキスト順に変換した first fixation time (FFT), first-pass time (FPT), regression path time (RPT), second-pass time (SPT), total time (TOTAL) の5種類のデータ(読み時間のタイプ)を用いる。FFTは対象領域に最初に入ったときの視線停留時間である。FPTは対象領域に最初に入ってから、左右どちらかの領域境界を出るまでの視線停留時間の総計である。RPTは対象領域に最初に入ってから、右の領域境界を出るまでの視線停留時間の総計である。SPTは対象領域に2回目以降に入った視線停留時間の総計で、次のTOTALからFPTを引いたものである。TOTALは対象領域に入った視線停留時間の総計である。図1に読み時間のタイプの集計例を示す。

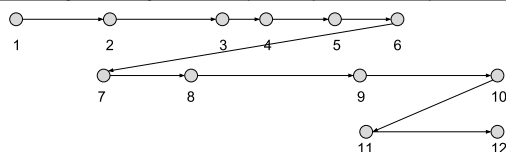
表1の上部に読み時間データの詳細について示す。surfaceは単語の表層形である。読み時間(i.e., time)は対数に変換したデータ(i.e., logtime)も保持し、一般化線形混合モデル用に用いられる。measureは読み時間のタイプ{SELF, FFT, FPT, RPT, SPT, TOTAL}を表す。sample, article, metadata\_orig, metadataは記事に関連する情報である。spaceは文節境界に半角空白を入れたか否かを示す。lengthは表層形の文字数である。is\_first, is\_last, is\_second\_lastはレイアウトに関する特徴量である。sessionN, articleN, screenN, lineN, segmentNは要

<sup>1</sup> <http://tedlab.mit.edu/~dr/Linger/>

表 1 利用するデータの概要

読み時間関連 (BCCWJ-EyeTrack)		
列名	データ型	摘要
surface	factor	単語の表層形
time	int	読み時間 (ミリ秒)
logtime	num	読み時間 (対数)
measure	factor	読み時間のタイプ
sample	factor	サンプル名
article	factor	記事情報
metadata_orig	factor	文書構造タグ
metadata	factor	修正した文書構造タグ
space	factor	文節境界に空白を入れたか否か
length	int	文字数
is_first	boolean	最左要素か否か
is_last	boolean	最右要素か否か
is_second_last	boolean	右から 2 番目の要素か否か
sessionN	int	セッション順
articleN	int	記事順
screenN	int	画面順
lineN	int	行順
segmentN	int	セグメント順
subj	factor	被験者 ID
dependent	int	係り受けの数
節境界関連 (BCCWJ-Toribank)		
列名	データ型	摘要
HS	boolean	補足節末か否か
MS	boolean	名詞修飾節末か否か
FU	boolean	副詞節末か否か
HR	boolean	並列節末か否か
HS*	factor	補足節末のタイプ
MS*	factor	名詞修飾節のタイプ
FU*	factor	副詞節のタイプ
HR*	factor	並列節のタイプ

of the first one year	occupancy rate is	the original goal	surpass	the first fiscal year settling of accounts also	achieve a surplus certainly
開業一年間の	稼働率は	当初目標を	上回り、	初年度決算も	黒字確実で



対象領域を「初年度決算も」の文節とする：

- FET** は視線停留 5
- FPT** は視線停留 5 と 6 の総計。
- RPT** は視線停留 5, 6, 7, 8, 9 の総計
- SPT** は視線停留 9, 11 の総計
- TOTAL** は視線停留 5, 6, 9, 11 の総計

図 1 視線走査データの読み時間のタイプの集計例

素の呈示順に関する特徴量である。subj は被験者の ID で統計処理においてランダム要因として用いる。dependent は当該文節に係る文節の数を人手で付与したもの(浅原, 松本 2018)である。

被験者は日本語母語話者 24 人(女性 19 人, 未回答 1 人, 男性 4 人)である。詳細な情報は(浅原 他 2019)を参照されたい。また, 被験者属性の読み時間の影響については(浅原, 小野, 宮本 2017)を参照されたい。

また, 被験者が記事をきちんと読んでいるか確認するために, 各記事を読んだ後に, Yes/No で解答できる簡単な内容理解課題を課した。視線走査法の内容理解課題の正解率は 99.2% (238/240) で, 自己ペース読文法の内容理解課題の正解率 77.9% (187/240) より有意に高かった ( $p < 0.001$ )。視線走査法は一画面の間は自由に再読することができる一方, 自己ペース読文法は, 読み戻しが許されず, 複数の画面に記事が続く場合など, 内容を記憶している負荷が高かったことがうかがえる。

### 3.2 節境界情報アノテーション

節境界情報のアノテーションは「鳥バンク」(Ikehara 2007)の複文アノテーション基準に基づく。鳥バンクは 2007 年に鳥取大学において複文や重文の日本語の意味類型パターン辞書を編纂するために開発されたデータベースである。節境界情報は 4 層からなる階層構造によりラベルが設計され, 最上位の階層では補足節 (HS), 名詞修飾節 (MS), 副詞節 (FU), 並列節 (HR) の 4 種類からなる。第 2 階層では 26 のラベルにより構成される。詳細については鳥バンクのウェブサイト<sup>2</sup>を参照されたい。

BCCWJ-ToriClause (Matsumoto et al. 2018) は BCCWJ の新聞記事コアデータの一部に対して鳥バンク互換の節境界ラベル(第 3 階層まで)を付与したものである。節境界は節の最右要素に対して国語研短単位<sup>3</sup>に基づいて付与するが, 節の最左要素に関しては文節係り受けアノテーション(浅原, 松本 2018)と重ね合わせるにより得ることができる。

本研究では BCCWJ-ToriClause のアノテーションを文節単位に変換したうえで, BCCWJ EyeTrack データを重ね合わせて分析する。表 1 の下部に示す通り, 最上位階層と第 2 階層についての情報を付与する。最上位階層が異なる節境界に関しては, 文節内に複数の節境界がある場合もありマルチラベルの設定となる。

表 2 に節境界分類と BCCWJ-EyeTrack 上での頻度を示す。第 2 階層では 26 の全てのラベルが出現するわけではない。

<sup>2</sup> <http://unicorn.ike.tottori-u.ac.jp/toribank/>

<sup>3</sup> 『現代日本語書き言葉均衡コーパス』の形態素の基本単位(小椋, 小磯, 富士池, 宮内, 小西, 原 2010)。

表 2 節末のタイプと頻度

ラベル	摘要	頻度	ラベル	摘要	頻度
HS: 補足節		64	FU: 副詞節		83
HSa	名詞節	28	FUa	時	5
HSb	疑問節	2	FUb	因果関係	20
HSc	引用節	34	FUc	条件・譲歩	5
MS: 名詞修飾節		94	FUd	付帯状況・様態	10
MSa	補足語修飾節	61	FUe	逆接	8
MSb	内容節	19	FUf	目的	3
MSc	縮約形修飾節	6	FUh	前提	2
MSd	機能的表現	7	FUi	手段	7
MSe	用言+接続表現	1	FUj	二者関係	2
HR: 並列節		28	FUk	相関	1
HRa	順接的並列	27	FUl	判断・主観	12
HRb	逆接的並列	1	FUn	限定	1
			FUo	独立	8
			FUp	その他	9

#### 4 統計モデル

統計モデルとしてベイジアン線形混合モデル (Sorensen et al. 2016) を用いる。R の `rstan` パッケージを用いて分析を行う。従前の読み時間分析は、ANOVA (分散分析) や一般化線形混合モデルであった。ANOVA では被験者の統制を実験実施者が行う必要があったが、混合モデルでは被験者をランダム要因として入れることにより被験者ごとの差異をモデル化する。また、一般化線形混合モデルは以下に示すレイアウト情報・呈示順・係り受け構造・節境界情報すべてを固定要因として入れると、収束のコントロールやモデル選択が困難であった。しかしながらベイジアン線形混合モデルは、これらの処理を適切に行うことが可能である。データ中 6 種類の読み時間のタイプ (SELF, FFT, FPT, SPT, RPT, TOTAL) の `time` を対数正規分布 (`lognormal`) により、レイアウト情報・呈示順・係り受け構造・節境界情報を固定要因とし、記事情報と被験者をランダム要因としたモデルで回帰分析する。前処理として `metadata` が `{authorsData, caption, listItem, profile, titleBlock}` のものを除いた。これらは新聞記事において、本文 (地の文) と異なる読み方をする可能性があるためである。視線走査データにおいては 0 ms のデータを全て欠損値として扱った。これにより欠損値を読み飛ばしとみなすバイアスを排除するほか、対数正規分布を用いることでサンプリング時に正定値のみを定義域とすることが自然に行える。

分析においては節境界分類の最上位階層と第 2 階層の 2 種類の分析を行う。最上位階層は、補足節 (HS)、名詞修飾節 (MS)、副詞節 (FU)、並列節 (HR) の 4 種類の固定要因からなる。図 2

に最上位階層の分析のための線形式を示す. 第2階層においては補足節の3ラベル, 名詞修飾節の5ラベル, 副詞節の14ラベル, 並列節の2ラベルを固定要因とする. 図3に第2階層の分析のための線形式を示す.

ここで `time` は分析対象の読み時間である. `lognormal` は `rstan` の対数正規分布関数である.  $\sigma$  は `lognormal` の標準偏差である.  $\mu$  は `lognormal` の期待値 (平均) で線形式によって与えられる.  $\alpha$  は線形式の切片である.  $\beta^{\text{length}}$  は固定要因  $\text{length}(x)$  に対する傾きで, 視線が停留した文節の長さに対するものである.  $\beta^{\text{space}}$  は固定要因  $\chi_{\text{space}}(x)$  に対する傾きで, 文節境界に半角空白を入れて呈示したか否かを表す<sup>4</sup>.  $\beta^{\text{sessionN}}$ ,  $\beta^{\text{articleN}}$ ,  $\beta^{\text{screenN}}$ ,  $\beta^{\text{lineN}}$ ,  $\beta^{\text{segmentN}}$

$$\begin{aligned} \text{time} &\sim \text{lognormal}(\mu, \sigma) \\ \mu &= \alpha + \beta^{\text{length}} \cdot \text{length}(x) + \beta^{\text{space}} \cdot \chi_{\text{space}}(x) + \beta^{\text{dependent}} \cdot \text{dependent}(x) \\ &\quad + \beta^{\text{sessionN}} \cdot \text{sessionN}(x) + \beta^{\text{articleN}} \cdot \text{articleN}(x) + \beta^{\text{screenN}} \cdot \text{screenN}(x) \\ &\quad + \beta^{\text{lineN}} \cdot \text{lineN}(x) + \beta^{\text{segmentN}} \cdot \text{segmentN}(x) \\ &\quad + \beta^{\text{is\_first}} \cdot \chi_{\text{is\_first}}(x) + \beta^{\text{is\_last}} \cdot \chi_{\text{is\_last}}(x) + \beta^{\text{is\_second\_last}} \cdot \chi_{\text{is\_second\_last}}(x) \\ &\quad + \beta^{\text{HS=TRUE}} \cdot \chi_{\text{HS}}(x) + \beta^{\text{HS=FALSE}} \cdot (1 - \chi_{\text{HS}}(x)) \\ &\quad + \beta^{\text{MS=TRUE}} \cdot \chi_{\text{MS}}(x) + \beta^{\text{MS=FALSE}} \cdot (1 - \chi_{\text{MS}}(x)) \\ &\quad + \beta^{\text{FU=TRUE}} \cdot \chi_{\text{FU}}(x) + \beta^{\text{FU=FALSE}} \cdot (1 - \chi_{\text{FU}}(x)) \\ &\quad + \beta^{\text{HR=TRUE}} \cdot \chi_{\text{HR}}(x) + \beta^{\text{HR=FALSE}} \cdot (1 - \chi_{\text{HR}}(x)) \\ &\quad + \sum_{a(x) \in A} \gamma^{\text{article}=a(x)} + \sum_{s(x) \in S} \gamma^{\text{subj}=s(x)}. \end{aligned}$$

図2 最上位階層の線形式

$$\begin{aligned} \mu &= \alpha + \beta^{\text{length}} \cdot \text{length}(x) + \beta^{\text{space}} \cdot \chi_{\text{space}}(x) + \beta^{\text{dependent}} \cdot \text{dependent}(x) \\ &\quad + \beta^{\text{sessionN}} \cdot \text{sessionN}(x) + \beta^{\text{articleN}} \cdot \text{articleN}(x) + \beta^{\text{screenN}} \cdot \text{screenN}(x) \\ &\quad + \beta^{\text{lineN}} \cdot \text{lineN}(x) + \beta^{\text{segmentN}} \cdot \text{segmentN}(x) \\ &\quad + \beta^{\text{is\_first}} \cdot \chi_{\text{is\_first}}(x) + \beta^{\text{is\_last}} \cdot \chi_{\text{is\_last}}(x) + \beta^{\text{is\_second\_last}} \cdot \chi_{\text{is\_second\_last}}(x) \\ &\quad + \sum_{\text{HS?}} \beta^{\text{HS?}} \cdot \chi_{\text{HS?}}(x) + \sum_{\text{MS?}} \beta^{\text{MS?}} \cdot \chi_{\text{MS?}}(x) + \sum_{\text{FU?}} \beta^{\text{FU?}} \cdot \chi_{\text{FU?}}(x) + \sum_{\text{HR?}} \beta^{\text{HR?}} \cdot \chi_{\text{HR?}}(x) \\ &\quad + \sum_{a(x) \in A} \gamma^{\text{article}=a(x)} + \sum_{s(x) \in S} \gamma^{\text{subj}=s(x)}. \end{aligned}$$

図3 第2階層の線形式

<sup>4</sup> ここで  $\chi_A$  は次の指示関数とする:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \in A, \\ 0 & \text{if } x \notin A \end{cases}$$



は呈示順に対する固定要因  $\text{sessionN}(x)$ ,  $\text{articleN}(x)$ ,  $\text{screenN}(x)$ ,  $\text{lineN}(x)$ ,  $\text{segmentN}(x)$  の傾きである.  $\beta_{\text{is\_first}}$ ,  $\beta_{\text{is\_last}}$ ,  $\beta_{\text{is\_second\_last}}$  はレイアウト情報に関する固定要因  $\chi_{\text{is\_first}}(x)$ ,  $\chi_{\text{is\_last}}(x)$ ,  $\chi_{\text{is\_second\_last}}(x)$  の傾きである.  $\beta^{\text{HS}=\text{TRUE}}$ ,  $\beta^{\text{HS}=\text{FALSE}}$ ,  $\beta^{\text{MS}=\text{TRUE}}$ ,  $\beta^{\text{MS}=\text{FALSE}}$ ,  $\beta^{\text{FU}=\text{TRUE}}$ ,  $\beta^{\text{FU}=\text{FALSE}}$ ,  $\beta^{\text{HR}=\text{TRUE}}$ ,  $\beta^{\text{HR}=\text{FALSE}}$  は節境界の最上位階層に対する固定要因に対する傾きである. 節境界は国語研短単位に対して付与しているものを文節単位に変換しており, 最上位階層においては文節単位でマルチラベルになるため, 節境界情報に対して負のクラスについてもモデル化する.

$\sum_{\text{HS}^?} \beta^{\text{HS}^?} \cdot \chi_{\text{HS}^?}$  は第2階層の補足節に関する固定要因を表す.  $\sum_{\text{MS}^?} \beta^{\text{MS}^?} \cdot \chi_{\text{MS}^?}$  は第2階層の名詞修飾節に関する固定要因を表す.  $\sum_{\text{FU}^?} \beta^{\text{FU}^?} \cdot \chi_{\text{FU}^?}$  は第2階層の副詞節に関する固定要因を表す.  $\sum_{\text{HR}^?} \beta^{\text{HR}^?} \cdot \chi_{\text{HR}^?}$  は第2階層の並列節に関する固定要因を表す.

$\sum_{a(x) \in A} \gamma^{\text{article}=a(x)}$  は記事情報に対するランダム要因で,  $a(x)$  は  $x$  の記事情報を表す.

$\sum_{s(x) \in S} \gamma^{\text{subj}=s(x)}$  は被験者に対するランダム要因で,  $s(x)$  は  $x$  の被験者 ID を表す.

ベイズ推定においては warm up 後に 5000 回のイテレーションを 4 chains 実施し, 全てのモデルは収束した.

## 5 結果

### 5.1 節境界以外に関する結果

まず, 節境界以外の固定要因が読み時間に与える影響について確認する. 図4と図5に, 自己ペース読文法 (SELF) と視線走査法 (TOTAL) の節境界以外の固定要因に対する事後確率分

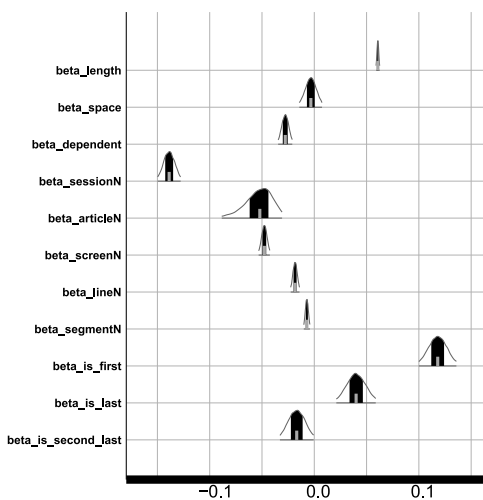


図4 節境界以外の固定要因 (SELF)

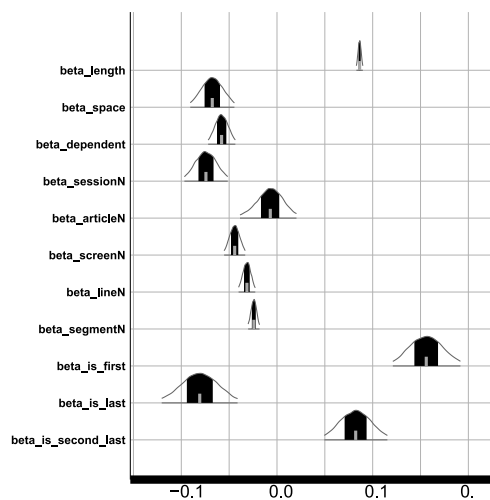


図5 節境界以外の固定要因 (TOTAL)

布を示す。紙面の都合上、第2階層のものを示す。詳細についてはA節を参照されたい。

係数が負の値の場合、その要因が読み時間を短くするために、読みを促進することを表す。一方、係数が正の値の場合、その要因が読み時間を長くするために、読みを阻害することを表す。

半角空白 (space) を文節境界に入れた場合、視線走査法の TOTAL において読み時間を短くする効果が見られた。このことから、単純に文節境界に空白を入れることによってレジビリティが上がるのがわかる。レイアウト情報 (is\_first, is\_last, is\_second\_last) はテキストの折り返しに対する要因である。読み時間は最左要素 (is\_first) で長くなる傾向にある。これは視線が右から左に戻ってきたときの負荷だと考える。視線走査法の FPT, RPT, TOTAL に関しては、最右もしくは右から2番目の要素 (is\_last, is\_second\_last) で長くなる傾向が見られた。呈示順 (sessionN, articleN, screenN, lineN, segmentN) に関して、実験が進捗するにつれて読み時間が短くなる傾向が見られた。これは被験者が実験に慣れていく効果である。

文節の長さ (length) に対しては、FFT 以外において読み時間が長くなる。これは単純に文節の長さが視線停留箇所面積に比例し、視線停留の確率が相関していることによる。

係り受けの数 dependency は、多ければ多いほど読み時間が短くなる傾向がある。この事実は *Anti-locality* (Konieczny 2000) を支持する。

この結果は、線形混合モデルに基づく結果 (浅原 他 2019) と同じ傾向である。

## 5.2 節境界（最上位階層）に関する結果

次に節境界の最上位階層に関して検討する。図6と図7に自己ペース読文法 (SELF) と視線走査法 (TOTAL) の結果を示す。詳細についてはA節を参照されたい。

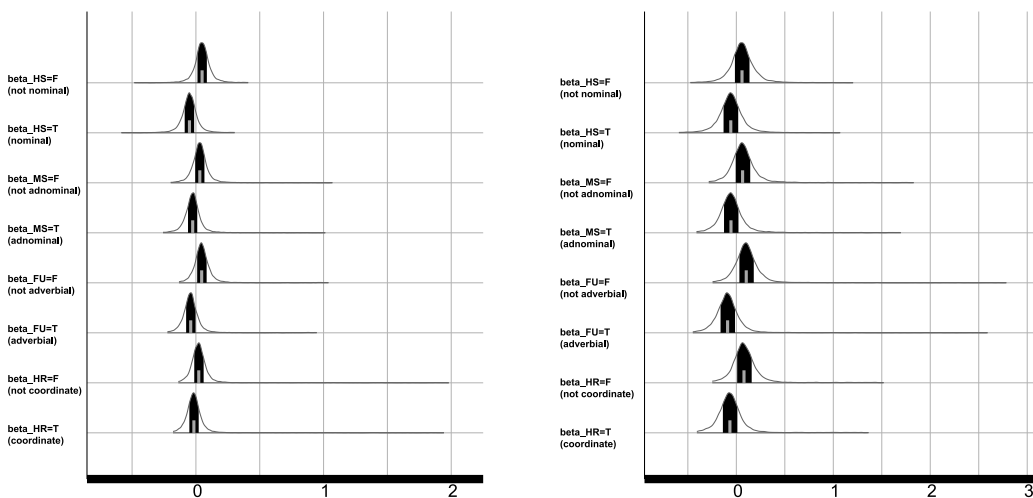


図6 節境界（最上位階層）の固定要因 (SELF) 図7 節境界（最上位階層）の固定要因 (TOTAL)

自己ペース読文法 (SELF) では、並列節以外の節末で読み時間で短くなる傾向が見られた。しかしながら、並列節に関しては強い傾向が見られなかった。視線走査法 (TOTAL) では、全ての節末で読み時間が短くなる傾向が見られた。特に副詞節 (FU) において強い傾向が見られた。

これは英語で言われている wrap-up effect と正反対の結果である。

### 5.3 節境界 (第2階層) に関する結果

以下、第2階層の節境界について、特徴的な部分について検討する。

まず、最初に名詞修飾節について検討する。図8と図9に、視線走査法 TOTAL と SPT の名詞修飾節末の傾向について示す。

視線走査法 (TOTAL, SPT) において、補足語修飾節 (MSa) は内容節 (MSb) に比べて読み時間が短い。例 (1) は補足語修飾節の例で、節内の述語と係り先の語とに述語項関係がある (関係節ウチの関係)。例 (2) は内容節の例で、節内の述語と係り先の語とに述語項関係がない (関係節ソトの関係)。この述語項関係が読み時間を促進していることが推察される。

(1) 幼稚園から大学まで 通った 青山学院では、

(読売新聞 2001 [BCCWJ: 00001\_A\_PN1c.00001\_A\_1])

MSa200: 名詞修飾節: 補足語修飾節: 非制限用法

(2) 支払利息や減価償却費の計上額が 少ない 傾向がある。

(北海道新聞 2002 [BCCWJ: 00005\_A\_PN2e.00001\_A\_2])

MSb: 名詞修飾節: 内容節

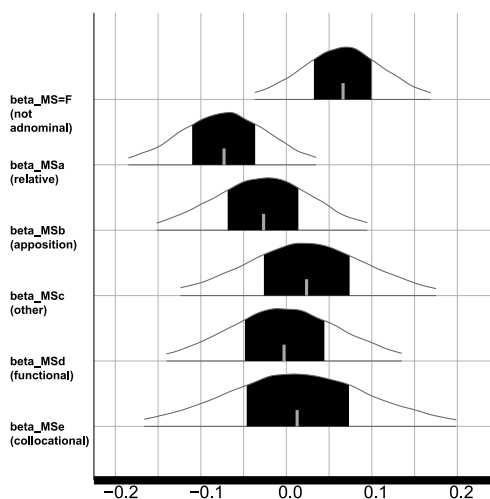


図8 名詞修飾節境界の固定要因 (TOTAL)

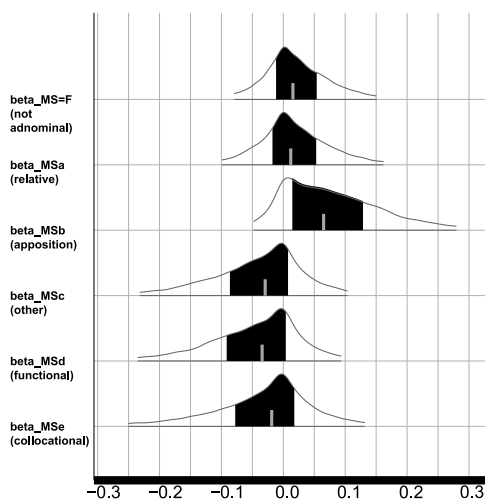


図9 名詞修飾節境界の固定要因 (SPT)

次に補足節 (HS) について示す。頻度の高い名詞節 (HSa) と引用節 (HSc) について検討する。例文 (3) は「こと」を含む名詞句であり、例文 (4) は引用の「と」を含む引用節である。名詞句は引用節よりも読み時間が短くなる傾向があることが、自己ペース読文法 (図 10) と視線走査法 (TOTAL: 図 11) で確認された。

- (3) タイミングよくまぶたを閉じてくれたことで、独特な雰囲気の写真になりました。  
 (産経新聞 2001 [BCCWJ: 00002\_A\_PN1d.00001.B.1])

HSa: 補足節: 名詞節

- (4) シャープの携帯情報端末「ザウルス」のコンテンツを5月中旬から販売すると発表した。  
 (産経新聞 2001 [BCCWJ: 00015\_A\_PN1d.00002.B.5])

HSc: 補足節: 引用節

最後に副詞節の傾向について確認する。頻度の高い因果関係 (FUb) と付帯状況 (FUd) について検討する。図 12 と図 13 に2種類の副詞節について自己ペース読文法と視線走査法 (FPT) の結果を示す。

例文 (5) は因果関係の例で、例文 (6) は付帯状況の例である。2種類の副詞節において、実験方法によって読み時間に異なる傾向が見られた。自己ペース読文法において、因果関係のほうが付帯状況よりも読み時間が短くなる傾向が見られた。しかしながら、視線走査法 (FPT) においては反対の傾向が見られた。これは「て」形が付帯状況だけでなく、引用・手段・並列など

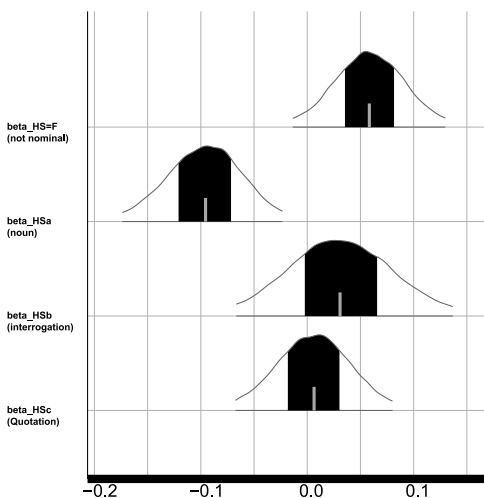


図 10 補足節の固定要因 (SELF)

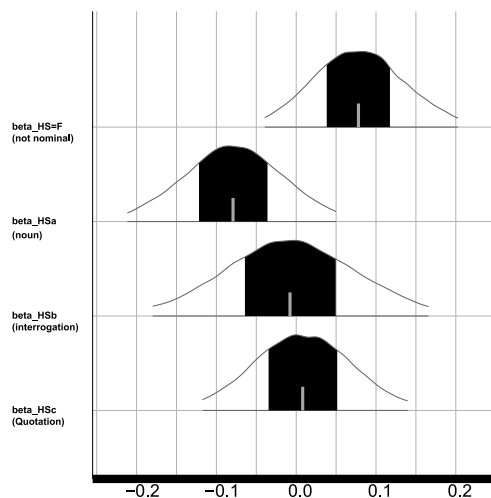


図 11 補足節の固定要因 (TOTAL)

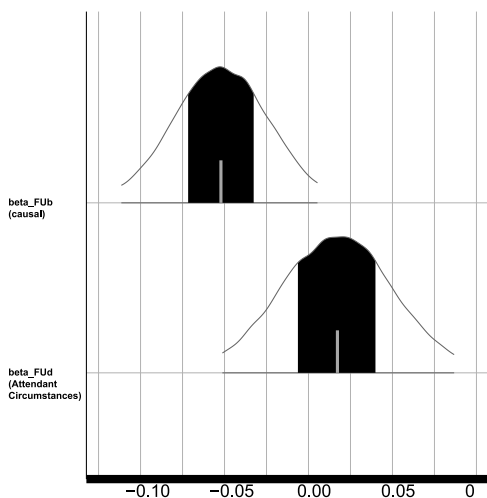


図 12 因果関係と付帯状況節境界の固定要因 (SELF)

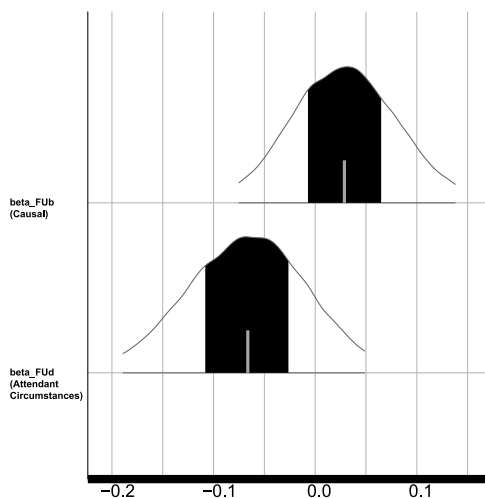


図 13 因果関係と付帯状況節境界の固定要因 (FPT)

のさまざまな節に分類されるが、自己ペース読文法においては隣接文節が見られないために周辺視野による予測が効かないことに起因すると考える。

- (5) 「しゃべるのが 得意 なのだから、能力を 生かしてみたら」と、  
 (読売新聞 2001 [BCCWJ: 00001\_A\_PN1c.00001\_A-1])  
 FUb: 副詞節: 因果関係

- (6) もみじの木に とまって 仲良く 寄り添う 二羽の キジバト。  
 (産経新聞 2001 [BCCWJ: 00002\_A\_PN1d.00001\_B-1])  
 FUD: 副詞節: 付帯状況

## 5.4 考察

より詳細な結果を A 節に示す。

まず、英語で言及されている wrap-up effect (Just and Carpenter 1980; Rayner et al. 2000) (節末で読み時間が長くなる傾向) は確認されなかった。日本語においては基本的に節末に主辞がくるために、先行する従属句が予測のために働くことが考えられる。係り受けの数 dependent が読み時間を短くする効果からも、先行する従属句が読みやすさに寄与することが支持される。

名詞修飾節においては、補足語修飾節 (関係節ウチの関係) のほうが内容節 (関係節ソトの関係) より読み時間が短くなることが観察された。従属節内の述語と節の修飾先の名詞とに述

語項関係がある場合に読み時間が短くなることから、先行する文脈が読み時間を短くする傾向が見られる。同様のことが補足節でもみられ、名詞節のように後置する格要素になりうるものが、引用節よりも読み時間が短くなる傾向が見られる。

副詞節においては、より自然な環境である視線走査法においては、付帯状況よりも因果関係のほうが読み時間が短くなる傾向が見られた。副詞節については今後より大規模なデータで調査する必要がある。頻度 5 の条件節（仮定節）は（渡邊 他 2017）で用いられているが、日本語において条件節（仮定節）を読み時間を短くする傾向が確認された。

## 6 おわりに

本稿では、日本語の節境界がテキストの読み時間に対してどのように影響を与えるかについて、経験的に検証した。その結果、英語などで言われている wrap-up effect が、主辞後置言語である日本語においては認められず、反対に節末で読み時間が短くなる傾向を確認した。名詞修飾節においては、補足語修飾節末のほうが内容節末よりも読み時間が短くなる傾向が見られた。補足節の分析においては、名詞節のほうが引用節よりも読み時間が短くなる傾向が見られた。これらは従属節と係り先の要素との間に述語項関係などの強い統語関係があるか否かにより説明ができる。

BCCWJ-EyeTrack（浅原 他 2019）と言語情報アノテーションの比較として、分類語彙表番号アノテーション（加藤、浅原、山崎 2019）との比較（浅原、加藤 2019）、情報構造アノテーション（Miyuchi, Asahara, Nakagawa, and Kato 2017）との比較（浅原 2018b）、述語項構造アノテーションとの比較（浅原 2019）が進められている。また、単語埋め込みに基づく読み時間のモデル化（浅原 2018a）も進められている。単語埋め込みや各種言語情報を用いることで、テキストの読み時間が線形式により推定できる環境が整いつつある。

今回利用したモデルは、ベイズ手法に基づく線形式である。二次の項を用いていないために、どの要因が読み時間に対してどのような影響を与えるかが直接的に説明できる。これらにより、語彙的な情報・統語的な情報・意味的な情報・談話的な情報を複合的に用いた、リーダビリティ推定モデルが読み時間の観点から単純な線形式で構築できると考える。

## 謝 辞

本研究は、国立国語研究所コーパス開発センター共同研究プロジェクト「コーパスアノテーションの拡張・統合・自動化に関する基礎研究」によるものです。本研究の一部は JSPS 科研費 挑戦的萌芽研究 JP15K12888、基盤研究 (A) 17H00917、新学術領域研究 18H05521 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- 浅原正幸 (2017). 読み時間と節境界について. 日本言語学会第 154 回発表予稿集, pp. 46–51.
- 浅原正幸 (2018a). 単語埋め込みに基づくサプライザルのモデル化. 日本言語学会第 157 回発表予稿集, pp. 82–87.
- 浅原正幸 (2018b). 名詞句の情報の状態と読み時間について. 自然言語処理, **25** (5), pp. 527–554.
- 浅原正幸 (2019). 読み時間と述語項構造・共参照について. 言語処理学会第 25 回年次大会発表論文集, pp. 249–252.
- 浅原正幸, 加藤祥 (2019). 読み時間と統語・意味分類. 認知科学, **26** (2), p. To Appear.
- 浅原正幸, 松本裕治 (2018). 『現代日本語書き言葉均衡コーパス』に対する文節係り受け・並列構造アノテーション. 自然言語処理, **25** (4), pp. 331–357.
- 浅原正幸, 小野創, 宮本エジソン正 (2017). 『現代日本語書き言葉均衡コーパス』の読み時間とその被験者属性. 言語処理学会第 23 回年次大会発表論文集, pp. 473–477.
- 浅原正幸, 小野創, 宮本エジソン正 (2019). BCCWJ-EyeTrack 『現代日本語書き言葉均衡コーパス』に対する読み時間付与とその分析. 言語研究, **156**, p. To Appear.
- Frank, S. L., Monsalve, I. F., Thompson, R. L., and Vigliocco, G. (2013). “Reading Time Data for Evaluating Broad-coverage Models of English Sentence Processing.” *Behavior Research Methods*, **45** (4), pp. 1182–1190.
- 藤田早苗 (2015). 幼児を対象としたテキストの対象年齢推定手法. 認知科学, **22** (4), pp. 604–620.
- Futrell, R., Gibson, E., Tily, H. J., Blank, I., Vishnevetsky, A., Piantadosi, S. T., and Fedorenko, E. (2018). “The Natural Stories Corpus.” In *Proceedings of LREC-2018*, pp. 76–82.
- Hill, R. and Murray, W. (2000). *Reading as a Perceptual Process*, Chap. Commas and Spaces: Effects of Punctuation on Eye Movements and Sentence Processing, pp. 565–589. Elsevier, Amsterdam.
- Hirotsu, M., Frazier, L., and Rayner, K. (2006). “Punctuation and Intonation Effects on Clause and Sentence Wrap-up: Evidence from Eye Movements.” *Journal of Memory and Language*, **54**, pp. 425–443.
- Husain, S., Vasishth, S., and Srinivasan, N. (2015). “Integration and Prediction Difficulty in Hindi Sentence Comprehension: Evidence from an Eye-tracking Corpus.” *Journal of Eye Movement Research*, **8** (2), pp. 1–12.
- Ikehara, S. (2007). “Japanese Semantic Pattern Dictionary—Compound and Complex Sentence Eds.—” <http://unicorn.ike.tottori-u.ac.jp/toribank/>.
- Just, M. A. and Carpenter, P. A. (1980). “A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension.” *Psychological Review*, **87** (4), pp. 329–354.

- 加藤祥, 浅原正幸, 山崎誠 (2019). 分類語彙表番号を付与した『現代日本語書き言葉均衡コーパス』の書籍・新聞・雑誌データ. 日本語の研究, **15** (2), p. To Appear.
- Kennedy, A. and Pynte, J. (2005). “Parafoveal-on-foveal Effects in Normal Reading.” *Vision Research*, **45**, pp. 153–168.
- Kliegl, R., Nuthmann, A., and Engbert, R. (2006). “Tracking the Mind During Reading: The influence of Past, Present, and Future Words on Fixation Durations.” *Journal of Experimental Psychology*, **135** (1), pp. 12–35.
- Konieczny, L. (2000). “Locality and Parsing Complexity.” *Journal of Psycholinguistic Research*, **29** (6), pp. 627–645.
- 李在鎬 (2011). 大規模テストの読解問題作成過程へのコーパス利用の可能性. 日本語教育, **148**, pp. 84–98.
- Maekawa, K., Yamazaki, M., Ogiso, T., Maruyama, T., Ogura, H., Kashino, W., Koiso, H., Yamaguchi, M., Tanaka, M., and Den, Y. (2014). “Balanced Corpus of Contemporary Written Japanese.” *Language Resources and Evaluation*, **48**, pp. 345–371.
- Matsumoto, S., Asahara, M., and Arita, S. (2018). “Japanese Clause Classification Annotation on the ‘Balanced Corpus of Contemporary Written Japanese’.” In *Proceedings of the 13th Workshop on Asian Language Resources (ALR13)*, pp. 1–8.
- Miyauchi, T., Asahara, M., Nakagawa, N., and Kato, S. (2017). “Annotation of Information Structure on “The Balanced Corpus of Contemporary Written Japanese”.” In *Proceedings of PACLING 2017, the 15th International Conference of the Pacific Association for Computational Linguistics*, pp. 166–175.
- 小椋秀樹, 小磯花絵, 富士池優美, 宮内佐夜香, 小西光, 原裕 (2010). 『現代日本語書き言葉均衡コーパス』形態論情報規程集第4版(下). テクニカル・レポート, 国立国語研究所.
- Rayner, K., Kambe, G., and Duffy, S. A. (2000). “The Effect of Clause Wrap-up on Eye Movements During Reading.” *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **53A** (4), pp. 1061–1080.
- 佐藤理史 (2011). 均衡コーパスを規範とするテキスト難易度測定. 情報処理学会論文誌, **52** (4), pp. 1777–1789.
- 柴崎秀子, 玉岡賀津雄 (2010). 国語教科書を基にした小・中学校の文章難易学年判定式の構築. 日本教育工学会論文誌, **33** (4), pp. 449–458.
- Sorensen, T., Hohenstein, S., and Vasishth, S. (2016). “Bayesian Linear Mixed Models using Stan: A Tutorial for Psychologists, Linguists, and Cognitive Scientists.” *Quantitative Methods for Psychology*, **12**, pp. 175–200.
- Warren, T., White, S. J., and Reichle, E. D. (2009). “Investigating the Causes of Wrap-up Effects:



Evidence from Eye Movements and E-Z Reader.” *Cognition*, **111** (1), pp. 132–137.

渡邊亮彦, 村上聡一郎, 宮澤彬, 五島圭一, 柳瀬利彦, 高村大也, 宮尾祐介 (2017). TRF: テキストの読みやすさ解析ツール. 言語処理学会第 23 回年次大会発表論文集, pp. 477–480.

Yan, M., Kliegl, R., Richter, E. M., and Shu, H. (2010). “Flexible Saccade-target Selection in Chinese Reading.” *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **63** (4), pp. 705–725.

## 付録

### A 詳細な結果

以下に詳細な結果を示す. 表 3, 4, 5, 6, 7, 8 に節の最上位階層モデルの結果を, 表 9, 10, 11, 12, 13, 14 に節の第 2 階層モデルの結果を示す. Rhat が収束判定指標で chain 数 4 以上ですべての値が 1.2 以下を収束とみなす. n\_eff が有効サンプル数, mean がサンプルの期待値 (事後平均), sd が MCMC 標準偏差 (事後標準偏差), se\_mean が標準誤差で, MCMC のサンプルの分散を n\_eff で割った値の平方根を表す. 2.5%, 50%, 97.5% はそれぞれの位の値である. 分析においては頻度 5 以上のラベルについて検討する. mean が 2sd 以上の差がある場合に強い証拠, mean が 1sd 以上の差がある場合に弱い証拠があるとする<sup>5</sup>. なお, 一般化線形混合モデルの結果は (浅原 2017) を参照されたい.

---

<sup>5</sup> 頻度主義的な手法と異なり, 帰無仮説を前提としないため有意差の議論は行えない.

表 3 自己ペース読文法 (SELF) の事後確率分布 (最上位階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.123	26	6.139	0.962	0.187	3.052	6.340	6.678
beta_length	1.000	19600	0.061	0.001	0.000	0.059	0.061	0.063
beta_space	1.000	19600	-0.003	0.006	0.000	-0.014	-0.003	0.007
beta_dependent	1.000	19600	-0.028	0.003	0.000	-0.035	-0.028	-0.021
beta_sessionN	1.000	19600	-0.139	0.006	0.000	-0.150	-0.139	-0.128
beta_articleN	1.001	2306	-0.054	0.015	0.000	-0.089	-0.052	-0.031
beta_screenN	1.000	19600	-0.048	0.003	0.000	-0.053	-0.048	-0.042
beta_lineN	1.000	19600	-0.018	0.002	0.000	-0.023	-0.018	-0.014
beta_segmentN	1.000	19600	-0.007	0.001	0.000	-0.010	-0.007	-0.004
beta_is_first	1.000	19600	0.118	0.009	0.000	0.100	0.118	0.136
beta_is_last	1.000	19600	0.040	0.010	0.000	0.021	0.040	0.059
beta_is_second_last	1.000	19600	-0.017	0.008	0.000	-0.033	-0.017	-0.001
beta_clrhst[1] (FALSE)	1.012	131	0.035	0.382	0.033	-0.483	0.048	0.410
beta_clrhst[2] (TRUE)	1.012	131	-0.066	0.382	0.033	-0.584	-0.051	0.303
beta_clrmst[1] (FALSE)	1.068	42	0.079	0.382	0.059	-0.197	0.031	1.069
beta_clrmst[2] (TRUE)	1.068	42	0.022	0.381	0.059	-0.257	-0.025	1.013
beta_clrfut[1] (FALSE)	1.022	127	0.085	0.273	0.024	-0.133	0.045	1.038
beta_clrfut[2] (TRUE)	1.022	127	-0.003	0.273	0.024	-0.223	-0.041	0.947
beta_clrhrt[1] (FALSE)	1.120	26	0.155	0.733	0.143	-0.138	0.022	1.981
beta_clrhrt[2] (TRUE)	1.120	26	0.116	0.733	0.143	-0.179	-0.016	1.943
sigma	1.000	19600	0.370	0.002	0.000	0.367	0.370	0.374
sigma_article	1.003	1302	0.078	0.022	0.001	0.051	0.074	0.131
sigma_subj	1.001	3803	0.258	0.041	0.001	0.192	0.252	0.352
sigma_clause	1.114	27	0.206	0.554	0.106	0.034	0.072	1.855
log-posterior	1.045	61	8764.064	8.326	1.067	8742.467	8765.256	8776.689

表 4 視線走査法 (FFT) の事後確率分布 (最上位階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.028	104	5.252	0.492	0.048	4.876	5.317	5.541
beta_length	1.000	19600	-0.001	0.001	0.000	-0.003	-0.001	0.002
beta_space	1.000	19600	-0.013	0.009	0.000	-0.031	-0.013	0.005
beta_dependent	1.000	19600	-0.015	0.006	0.000	-0.026	-0.015	-0.004
beta_sessionN	1.000	19600	0.001	0.009	0.000	-0.016	0.001	0.018
beta_articleN	1.001	12754	-0.008	0.007	0.000	-0.022	-0.008	0.005
beta_screenN	1.000	19600	-0.006	0.004	0.000	-0.014	-0.006	0.002
beta_lineN	1.000	19600	-0.017	0.003	0.000	-0.023	-0.017	-0.010
beta_segmentN	1.000	19600	0.008	0.002	0.000	0.003	0.008	0.012
beta_is_first	1.000	19600	0.046	0.014	0.000	0.018	0.046	0.073
beta_is_last	1.000	19600	-0.043	0.016	0.000	-0.074	-0.043	-0.012
beta_is_second_last	1.000	19600	0.000	0.013	0.000	-0.025	0.000	0.025
beta_clrhst[1] (FALSE)	1.028	98	0.043	0.186	0.019	-0.072	0.022	0.188
beta_clrhst[2] (TRUE)	1.028	98	-0.002	0.185	0.019	-0.124	-0.020	0.131
beta_clrmst[1] (FALSE)	1.014	188	0.043	0.176	0.013	-0.075	0.024	0.178
beta_clrmst[2] (TRUE)	1.014	190	-0.008	0.175	0.013	-0.129	-0.024	0.118
beta_clrfut[1] (FALSE)	1.032	88	0.060	0.229	0.024	-0.065	0.030	0.256
beta_clrfut[2] (TRUE)	1.031	90	0.001	0.227	0.024	-0.129	-0.026	0.191
beta_clrhrt[1] (FALSE)	1.007	349	0.010	0.144	0.008	-0.102	0.012	0.132
beta_clrhrt[2] (TRUE)	1.008	345	-0.017	0.145	0.008	-0.140	-0.013	0.100
sigma	1.000	19474	0.502	0.003	0.000	0.496	0.502	0.509
sigma_article	1.001	1400	0.038	0.010	0.000	0.022	0.037	0.060
sigma_subj	1.002	2750	0.195	0.030	0.001	0.146	0.192	0.264
sigma_clause	1.031	88	0.090	0.241	0.026	0.019	0.047	0.372
log-posterior	1.008	436	2588.571	7.402	0.355	2571.394	2589.184	2600.942

表 5 視線走査法 (FPT) の事後確率分布 (最上位階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.018	258	5.113	0.512	0.032	4.387	5.131	5.820
beta_length	1.000	19600	0.089	0.002	0.000	0.086	0.089	0.092
beta_space	1.000	19600	-0.040	0.011	0.000	-0.062	-0.040	-0.018
beta_dependent	1.000	19600	-0.053	0.007	0.000	-0.066	-0.053	-0.039
beta_sessionN	1.000	19600	-0.051	0.011	0.000	-0.073	-0.051	-0.030
beta_articleN	1.000	11025	-0.012	0.013	0.000	-0.039	-0.011	0.013
beta_screenN	1.000	19600	-0.031	0.005	0.000	-0.041	-0.031	-0.020
beta_lineN	1.000	19600	-0.030	0.004	0.000	-0.038	-0.030	-0.022
beta_segmentN	1.000	19600	-0.010	0.003	0.000	-0.015	-0.010	-0.004
beta_is_first	1.000	19600	0.207	0.017	0.000	0.173	0.207	0.241
beta_is_last	1.000	19600	-0.029	0.019	0.000	-0.066	-0.029	0.008
beta_is_second_last	1.000	19600	0.084	0.016	0.000	0.052	0.083	0.115
beta_clrhst[1] (FALSE)	1.011	377	0.058	0.198	0.010	-0.285	0.059	0.399
beta_clrhst[2] (TRUE)	1.011	379	-0.065	0.198	0.010	-0.414	-0.062	0.274
beta_clrmst[1] (FALSE)	1.004	723	0.059	0.176	0.007	-0.260	0.055	0.370
beta_clrmst[2] (TRUE)	1.004	745	-0.049	0.176	0.006	-0.370	-0.053	0.261
beta_clrfut[1] (FALSE)	1.004	1209	0.087	0.186	0.005	-0.256	0.086	0.394
beta_clrfut[2] (TRUE)	1.004	1210	-0.089	0.186	0.005	-0.434	-0.088	0.214
beta_clrhrt[1] (FALSE)	1.012	333	0.085	0.243	0.013	-0.231	0.070	0.428
beta_clrhrt[2] (TRUE)	1.012	339	-0.059	0.242	0.013	-0.383	-0.071	0.276
sigma	1.000	19454	0.625	0.004	0.000	0.617	0.625	0.633
sigma_article	1.001	3922	0.079	0.018	0.000	0.052	0.077	0.121
sigma_subj	1.001	5798	0.303	0.048	0.001	0.225	0.297	0.413
sigma_clause	1.011	243	0.190	0.202	0.013	0.064	0.135	0.686
log-posterior	1.003	964	-331.555	6.768	0.218	-346.314	-330.945	-319.868

表 6 視線走査法 (SPT) の事後確率分布 (最上位階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.005	583	5.998	0.291	0.012	5.615	6.017	6.330
beta_length	1.000	19600	0.014	0.003	0.000	0.009	0.014	0.019
beta_space	1.000	19600	-0.084	0.021	0.000	-0.124	-0.084	-0.043
beta_dependent	1.000	5701	-0.041	0.013	0.000	-0.066	-0.041	-0.016
beta_sessionN	1.000	19600	-0.029	0.021	0.000	-0.069	-0.029	0.011
beta_articleN	1.000	14337	-0.005	0.013	0.000	-0.032	-0.005	0.020
beta_screenN	1.000	19600	-0.027	0.010	0.000	-0.046	-0.027	-0.008
beta_lineN	1.000	19600	-0.031	0.008	0.000	-0.047	-0.031	-0.016
beta_segmentN	1.000	19600	-0.021	0.006	0.000	-0.032	-0.020	-0.009
beta_is_first	1.000	19600	-0.062	0.030	0.000	-0.121	-0.062	-0.003
beta_is_last	1.000	19600	-0.134	0.037	0.000	-0.207	-0.134	-0.060
beta_is_second_last	1.000	19600	-0.012	0.029	0.000	-0.068	-0.012	0.045
beta_clrhst[1] (FALSE)	1.003	864	0.010	0.100	0.003	-0.122	0.003	0.154
beta_clrhst[2] (TRUE)	1.003	890	-0.003	0.099	0.003	-0.147	-0.003	0.134
beta_clrmst[1] (FALSE)	1.000	6172	0.005	0.077	0.001	-0.128	0.002	0.144
beta_clrmst[2] (TRUE)	1.000	6246	-0.004	0.077	0.001	-0.142	-0.003	0.128
beta_clrfut[1] (FALSE)	1.005	688	0.044	0.131	0.005	-0.080	0.028	0.207
beta_clrfut[2] (TRUE)	1.006	707	-0.032	0.128	0.005	-0.194	-0.028	0.089
beta_clrhrt[1] (FALSE)	1.003	1035	0.028	0.104	0.003	-0.098	0.014	0.196
beta_clrhrt[2] (TRUE)	1.003	1184	-0.017	0.102	0.003	-0.178	-0.012	0.116
sigma	1.000	18797	0.686	0.007	0.000	0.672	0.686	0.700
sigma_article	1.003	1399	0.068	0.021	0.001	0.033	0.066	0.115
sigma_subj	1.000	4507	0.221	0.037	0.001	0.161	0.217	0.307
sigma_clause	1.008	378	0.072	0.106	0.005	0.006	0.053	0.240
log-posterior	1.006	545	-503.025	8.488	0.363	-519.443	-503.188	-485.590

表 7 視線走査法 (RPT) の事後確率分布 (最上位階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.050	53	5.278	0.795	0.110	4.705	5.366	5.816
beta_length	1.000	19600	0.076	0.002	0.000	0.072	0.076	0.080
beta_space	1.000	19600	-0.041	0.013	0.000	-0.068	-0.041	-0.015
beta_dependent	1.001	19600	-0.044	0.008	0.000	-0.060	-0.044	-0.028
beta_sessionN	1.000	19600	-0.084	0.013	0.000	-0.111	-0.084	-0.058
beta_articleN	1.000	14460	-0.014	0.013	0.000	-0.042	-0.014	0.011
beta_screenN	1.000	19600	-0.029	0.006	0.000	-0.042	-0.029	-0.017
beta_lineN	1.000	19035	-0.013	0.005	0.000	-0.023	-0.013	-0.004
beta_segmentN	1.000	19600	-0.027	0.003	0.000	-0.034	-0.027	-0.020
beta_is_first	1.000	19600	0.063	0.021	0.000	0.022	0.064	0.105
beta_is_last	1.000	19600	0.152	0.023	0.000	0.107	0.152	0.197
beta_is_second_last	1.000	19600	0.106	0.019	0.000	0.067	0.106	0.143
beta_clrhst[1] (FALSE)	1.004	247	0.014	0.285	0.018	-0.224	0.022	0.271
beta_clrhst[2] (TRUE)	1.005	247	-0.035	0.286	0.018	-0.276	-0.024	0.223
beta_clrmst[1] (FALSE)	1.045	60	0.107	0.398	0.051	-0.161	0.065	0.375
beta_clrmst[2] (TRUE)	1.044	60	-0.027	0.397	0.051	-0.300	-0.065	0.235
beta_clrfut[1] (FALSE)	1.046	58	0.113	0.365	0.048	-0.139	0.074	0.387
beta_clrfut[2] (TRUE)	1.046	58	-0.037	0.363	0.048	-0.297	-0.072	0.228
beta_clrhrt[1] (FALSE)	1.017	165	0.067	0.241	0.019	-0.166	0.046	0.354
beta_clrhrt[2] (TRUE)	1.017	189	-0.029	0.240	0.017	-0.275	-0.043	0.237
sigma	1.000	19600	0.758	0.005	0.000	0.749	0.758	0.767
sigma_article	1.001	4785	0.081	0.018	0.000	0.052	0.079	0.123
sigma_subj	1.000	7365	0.309	0.050	0.001	0.230	0.304	0.425
sigma_clause	1.045	60	0.170	0.382	0.049	0.049	0.108	0.458
log-posterior	1.010	449	-2876.692	6.921	0.327	-2892.052	-2876.095	-2865.006

表 8 視線走査法 (TOTAL) の事後確率分布 (最上位階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.125	21	5.318	1.430	0.309	0.157	5.625	6.257
beta_length	1.000	19600	0.086	0.002	0.000	0.083	0.086	0.090
beta_space	1.000	19600	-0.068	0.012	0.000	-0.091	-0.068	-0.044
beta_dependent	1.000	19600	-0.058	0.007	0.000	-0.072	-0.058	-0.044
beta_sessionN	1.000	19600	-0.074	0.012	0.000	-0.097	-0.074	-0.051
beta_articleN	1.000	13190	-0.008	0.015	0.000	-0.039	-0.007	0.020
beta_screenN	1.000	19600	-0.044	0.006	0.000	-0.055	-0.044	-0.033
beta_lineN	1.000	19600	-0.031	0.004	0.000	-0.040	-0.031	-0.023
beta_segmentN	1.000	19600	-0.024	0.003	0.000	-0.030	-0.024	-0.018
beta_is_first	1.000	19600	0.156	0.018	0.000	0.121	0.156	0.192
beta_is_last	1.000	19600	-0.081	0.020	0.000	-0.120	-0.081	-0.041
beta_is_second_last	1.000	19600	0.082	0.017	0.000	0.049	0.082	0.115
beta_clrhst[1] (FALSE)	1.005	156	0.083	0.421	0.034	-0.474	0.059	1.204
beta_clrhst[2] (TRUE)	1.005	156	-0.035	0.421	0.034	-0.592	-0.057	1.071
beta_clrmst[1] (FALSE)	1.066	32	0.158	0.554	0.097	-0.285	0.065	1.829
beta_clrmst[2] (TRUE)	1.066	32	0.037	0.553	0.097	-0.411	-0.055	1.697
beta_clrfut[1] (FALSE)	1.154	20	0.224	0.700	0.155	-0.245	0.102	2.785
beta_clrfut[2] (TRUE)	1.154	20	0.029	0.699	0.155	-0.449	-0.090	2.591
beta_clrhrt[1] (FALSE)	1.048	74	0.151	0.441	0.051	-0.249	0.079	1.519
beta_clrhrt[2] (TRUE)	1.047	75	0.001	0.439	0.051	-0.407	-0.066	1.363
sigma	1.000	19204	0.656	0.004	0.000	0.648	0.656	0.664
sigma_article	1.000	5877	0.092	0.020	0.000	0.062	0.089	0.139
sigma_subj	1.000	8385	0.296	0.048	0.001	0.219	0.291	0.407
sigma_clause	1.114	23	0.317	0.628	0.131	0.067	0.145	2.537
log-posterior	1.039	62	-966.754	7.849	0.999	-985.782	-965.702	-954.179

表 9 自己ペース読文法 (SELF) の事後確率分布 (第 2 階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.002	2090	6.311	0.131	0.003	6.111	6.311	6.527
beta_length	1.000	19600	0.061	0.001	0.000	0.059	0.061	0.063
beta_space	1.000	19507	-0.003	0.006	0.000	-0.014	-0.003	0.008
beta_dependent	1.000	19600	-0.029	0.003	0.000	-0.036	-0.029	-0.022
beta_sessionN	1.000	19600	-0.139	0.006	0.000	-0.150	-0.139	-0.128
beta_articleN	1.001	3358	-0.055	0.015	0.000	-0.090	-0.053	-0.031
beta_screenN	1.000	19600	-0.048	0.003	0.000	-0.054	-0.048	-0.043
beta_lineN	1.000	19561	-0.018	0.002	0.000	-0.022	-0.018	-0.014
beta_segmentN	1.000	19600	-0.007	0.001	0.000	-0.010	-0.007	-0.004
beta_is_first	1.000	19600	0.115	0.009	0.000	0.097	0.115	0.133
beta_is_last	1.000	19600	0.041	0.010	0.000	0.022	0.041	0.059
beta_is_second_last	1.000	19600	-0.020	0.008	0.000	-0.036	-0.020	-0.003
beta_clrhl[1] (FALSE)	1.001	2331	0.059	0.051	0.001	-0.014	0.058	0.130
beta_clrhl[2] (HSa)	1.001	2441	-0.096	0.053	0.001	-0.174	-0.096	-0.023
beta_clrhl[3] (HSb)	1.001	3123	0.033	0.065	0.001	-0.067	0.031	0.137
beta_clrhl[4] (HSc)	1.001	2424	0.007	0.053	0.001	-0.067	0.006	0.080
beta_clrml[1] (FALSE)	1.000	7070	0.041	0.033	0.000	-0.021	0.040	0.101
beta_clrml[2] (MSa)	1.000	7531	-0.022	0.034	0.000	-0.086	-0.022	0.042
beta_clrml[3] (MSb)	1.000	8479	0.026	0.037	0.000	-0.043	0.025	0.096
beta_clrml[4] (MSc)	1.000	19600	-0.005	0.043	0.000	-0.089	-0.005	0.077
beta_clrml[5] (MSd)	1.000	19600	-0.071	0.043	0.000	-0.156	-0.070	0.007
beta_clrml[6] (MSe)	1.000	19600	0.035	0.058	0.000	-0.072	0.032	0.152
beta_clrf[1] (FALSE)	1.000	19600	0.073	0.023	0.000	0.031	0.073	0.117
beta_clrf[2] (FUa)	1.000	19600	0.053	0.042	0.000	-0.027	0.052	0.139
beta_clrf[3] (FUb)	1.000	19600	-0.052	0.030	0.000	-0.111	-0.052	0.005
beta_clrf[4] (FUc)	1.000	19600	-0.050	0.041	0.000	-0.133	-0.049	0.029
beta_clrf[5] (FUd)	1.000	19600	0.017	0.035	0.000	-0.051	0.017	0.087
beta_clrf[6] (FUE)	1.000	19600	-0.071	0.038	0.000	-0.147	-0.071	-0.000
beta_clrf[7] (FUf)	1.000	19600	-0.014	0.046	0.000	-0.104	-0.013	0.075
beta_clrf[8] (FUh)	1.000	19600	-0.038	0.050	0.000	-0.138	-0.036	0.057
beta_clrf[9] (FUi)	1.000	19600	0.053	0.038	0.000	-0.018	0.052	0.129
beta_clrf[10] (FUj)	1.000	19600	-0.058	0.051	0.000	-0.164	-0.056	0.037
beta_clrf[11] (FUk)	1.000	19600	0.006	0.055	0.000	-0.103	0.005	0.115
beta_clrf[12] (FUl)	1.000	19600	0.014	0.049	0.000	-0.081	0.013	0.112
beta_clrf[13] (FUo)	1.000	19600	0.037	0.056	0.000	-0.067	0.035	0.153
beta_clrf[14] (FUp)	1.000	19600	-0.007	0.037	0.000	-0.078	-0.007	0.064
beta_clrf[15] (FUq)	1.000	19600	0.035	0.036	0.000	-0.034	0.034	0.106
beta_clrhl[1] (FALSE)	1.001	3126	0.019	0.053	0.001	-0.069	0.018	0.105
beta_clrhl[2] (HRa)	1.000	3225	-0.020	0.053	0.001	-0.110	-0.021	0.068
beta_clrhl[3] (HRb)	1.000	4445	0.003	0.064	0.001	-0.108	0.002	0.116
sigma	1.000	19600	0.370	0.002	0.000	0.366	0.370	0.374
sigma_article	1.002	2061	0.078	0.021	0.000	0.050	0.074	0.130
sigma_subj	1.000	5899	0.257	0.041	0.001	0.193	0.252	0.354
sigma_clause	1.002	1446	0.064	0.024	0.001	0.040	0.061	0.096
log-posterior	1.001	3538	8833.300	7.653	0.129	8817.767	8833.718	8846.726

- 補足節において、**beta\_clrhl[2]** (HSa: 名詞節) と **beta\_clrhl[4]** (HSc: 引用節) と間に 2sd 以上の差がある。名詞節のほうが引用節より読み時間が短い。
- 名詞修飾節において、**beta\_clrml[2]** (MSa: 補足語修飾節) と **beta\_clrml[3]** (MSb: 内容節) と間に 1sd 以上の差がある。補足語修飾節のほうが内容節より読み時間が短い。
- 副詞節において、**beta\_clrf[6]** (FUE: 逆接) が最も読み時間が短い。副詞節でない箇所より 3sd 以上短い。
- 副詞節において、**beta\_clrf[2]** (FUa: 時) と **beta\_clrf[4]** (FUc: 条件・譲歩) と間に 2sd 以上の差がある。条件・譲歩のほうが時より読み時間が短い。
- 副詞節において、**beta\_clrf[3]** (FUb: 因果関係) と **beta\_clrf[5]** (FUd: 付帯状況・様態) と間に 1sd 以上の差がある。因果関係のほうが付帯状況・様態より読み時間が短い。

表 10 視線走査法 (FFT) の事後確率分布 (第 2 階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.001	7844	5.296	0.100	0.001	5.099	5.296	5.494
beta_length	1.000	19600	-0.001	0.001	0.000	-0.003	-0.001	0.002
beta_space	1.000	18069	-0.013	0.009	0.000	-0.031	-0.013	0.005
beta_dependent	1.000	19600	-0.015	0.006	0.000	-0.026	-0.015	-0.004
beta_sessionN	1.000	19600	0.001	0.009	0.000	-0.016	0.001	0.019
beta_articleN	1.000	19600	-0.008	0.007	0.000	-0.022	-0.008	0.005
beta_screenN	1.000	19600	-0.006	0.004	0.000	-0.015	-0.006	0.002
beta_lineN	1.000	19600	-0.017	0.003	0.000	-0.024	-0.017	-0.010
beta_segmentN	1.000	19600	0.008	0.002	0.000	0.003	0.008	0.012
beta_is_first	1.000	19600	0.046	0.014	0.000	0.018	0.046	0.074
beta_is_last	1.000	19600	-0.042	0.015	0.000	-0.072	-0.042	-0.013
beta_is_second_last	1.000	19600	0.002	0.013	0.000	-0.023	0.002	0.027
beta_clrhsl[1] (FALSE)	1.000	19600	0.025	0.041	0.000	-0.058	0.025	0.107
beta_clrhsl[2] (HSa)	1.000	19600	-0.014	0.045	0.000	-0.106	-0.013	0.074
beta_clrhsl[3] (HSb)	1.000	19600	0.020	0.059	0.000	-0.093	0.017	0.146
beta_clrhsl[4] (HSc)	1.000	19600	-0.032	0.044	0.000	-0.124	-0.030	0.053
beta_clrmsl[1] (FALSE)	1.000	19600	0.029	0.036	0.000	-0.044	0.029	0.100
beta_clrmsl[2] (MSa)	1.000	19600	-0.028	0.039	0.000	-0.108	-0.027	0.047
beta_clrmsl[3] (MSb)	1.000	19600	-0.023	0.043	0.000	-0.112	-0.021	0.060
beta_clrmsl[4] (MSc)	1.000	19600	0.041	0.054	0.000	-0.057	0.038	0.155
beta_clrmsl[5] (MSd)	1.000	19600	-0.048	0.052	0.000	-0.158	-0.044	0.046
beta_clrmsl[6] (MSe)	1.000	19600	0.028	0.064	0.000	-0.093	0.024	0.168
beta_clrful[1] (FALSE)	1.000	19600	0.060	0.029	0.000	0.006	0.059	0.119
beta_clrful[2] (FUa)	1.001	2839	-0.092	0.064	0.001	-0.232	-0.086	0.017
beta_clrful[3] (FUb)	1.000	19600	0.025	0.040	0.000	-0.051	0.024	0.107
beta_clrful[4] (FUc)	1.000	19600	-0.006	0.051	0.000	-0.108	-0.005	0.096
beta_clrful[5] (FUd)	1.000	19600	-0.065	0.048	0.000	-0.164	-0.062	0.022
beta_clrful[6] (FUE)	1.000	19600	0.022	0.048	0.000	-0.068	0.020	0.121
beta_clrful[7] (FUf)	1.000	19600	0.005	0.058	0.000	-0.110	0.004	0.124
beta_clrful[8] (FUh)	1.000	19600	-0.022	0.058	0.000	-0.144	-0.019	0.090
beta_clrful[9] (FUi)	1.001	2645	0.094	0.058	0.001	-0.005	0.089	0.221
beta_clrful[10] (FUj)	1.000	19600	0.009	0.062	0.000	-0.112	0.007	0.138
beta_clrful[11] (FUk)	1.000	19600	-0.002	0.065	0.000	-0.136	-0.002	0.130
beta_clrful[12] (FUI)	1.000	19600	-0.043	0.066	0.000	-0.191	-0.037	0.072
beta_clrful[13] (FUu)	1.000	19600	0.037	0.067	0.000	-0.082	0.031	0.183
beta_clrful[14] (FUo)	1.000	19600	0.030	0.048	0.000	-0.059	0.028	0.130
beta_clrful[15] (FUp)	1.000	19600	-0.053	0.049	0.000	-0.157	-0.051	0.037
beta_clrhrl[1] (FALSE)	1.000	14482	-0.000	0.050	0.000	-0.105	0.001	0.096
beta_clrhrl[2] (HRa)	1.001	11329	-0.037	0.052	0.000	-0.147	-0.034	0.060
beta_clrhrl[3] (HRb)	1.000	19600	0.039	0.066	0.000	-0.081	0.034	0.186
sigma	1.000	18111	0.502	0.003	0.000	0.496	0.502	0.508
sigma_article	1.001	2643	0.038	0.010	0.000	0.022	0.036	0.060
sigma_subj	1.000	5495	0.195	0.031	0.000	0.144	0.191	0.265
sigma_clause	1.003	935	0.067	0.023	0.001	0.030	0.064	0.118
log-posterior	1.002	1370	2641.718	8.972	0.242	2623.709	2641.850	2659.092

- 補足節において, 1sd を超える傾向はみられない.
- 名詞修飾節において, 1sd を超える傾向はみられない.
- 副詞節において, **beta\_clrful[2]** (FUa: 時) が最も読み時間が短い. 副詞節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 副詞節において, **beta\_clrful[5]** (FUd: 付帯状況・様態) は副詞節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 副詞節において, **beta\_clrful[12]** (FUI: 判断・主観) は副詞節でない箇所より 1sd 以上短い.

表 11 視線走査法 (FPT) の事後確率分布 (第 2 階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.000	5473	5.056	0.146	0.002	4.766	5.054	5.342
beta_length	1.000	19600	0.089	0.002	0.000	0.086	0.089	0.092
beta_space	1.000	19600	-0.040	0.011	0.000	-0.062	-0.040	-0.018
beta_dependent	1.000	19600	-0.056	0.007	0.000	-0.069	-0.056	-0.042
beta_sessionN	1.000	19600	-0.051	0.011	0.000	-0.073	-0.051	-0.030
beta_articleN	1.000	19600	-0.012	0.013	0.000	-0.039	-0.011	0.013
beta_screenN	1.000	19600	-0.031	0.005	0.000	-0.041	-0.031	-0.020
beta_lineN	1.000	19600	-0.031	0.004	0.000	-0.039	-0.031	-0.023
beta_segmentN	1.000	19600	-0.010	0.003	0.000	-0.016	-0.010	-0.004
beta_is_first	1.000	19600	0.205	0.017	0.000	0.171	0.205	0.239
beta_is_last	1.000	19600	-0.025	0.019	0.000	-0.063	-0.025	0.013
beta_is_second_last	1.000	19600	0.084	0.016	0.000	0.053	0.084	0.116
beta_clrhsl[1] (FALSE)	1.000	13720	0.085	0.059	0.001	-0.029	0.084	0.206
beta_clrhsl[2] (HSa)	1.000	16530	-0.063	0.064	0.000	-0.189	-0.063	0.065
beta_clrhsl[3] (HSb)	1.000	19600	-0.018	0.082	0.001	-0.183	-0.017	0.142
beta_clrhsl[4] (HSc)	1.000	16131	-0.004	0.063	0.000	-0.126	-0.004	0.122
beta_clrmsl[1] (FALSE)	1.000	16355	0.055	0.051	0.000	-0.047	0.055	0.156
beta_clrmsl[2] (MSa)	1.000	19600	-0.069	0.054	0.000	-0.181	-0.068	0.036
beta_clrmsl[3] (MSb)	1.000	19600	-0.045	0.060	0.000	-0.166	-0.044	0.070
beta_clrmsl[4] (MSc)	1.000	19600	0.010	0.073	0.001	-0.137	0.010	0.152
beta_clrmsl[5] (MSd)	1.000	19600	0.031	0.069	0.000	-0.103	0.031	0.172
beta_clrmsl[6] (MSe)	1.000	19600	0.015	0.088	0.001	-0.158	0.015	0.193
beta_clrful[1] (FALSE)	1.000	19600	0.160	0.039	0.000	0.087	0.159	0.240
beta_clrful[2] (FUa)	1.000	19600	-0.029	0.075	0.001	-0.181	-0.029	0.118
beta_clrful[3] (FUb)	1.000	19600	0.029	0.054	0.000	-0.075	0.029	0.138
beta_clrful[4] (FUc)	1.000	19600	-0.051	0.070	0.001	-0.194	-0.050	0.084
beta_clrful[5] (FUd)	1.000	19600	-0.067	0.061	0.000	-0.189	-0.066	0.049
beta_clrful[6] (FUe)	1.000	19600	0.007	0.065	0.000	-0.120	0.007	0.138
beta_clrful[7] (FUf)	1.000	19600	-0.066	0.085	0.001	-0.242	-0.063	0.095
beta_clrful[8] (FUh)	1.000	19600	-0.058	0.083	0.001	-0.229	-0.055	0.099
beta_clrful[9] (FUi)	1.000	19600	0.127	0.070	0.001	-0.005	0.124	0.270
beta_clrful[10] (FUj)	1.000	19600	-0.034	0.088	0.001	-0.212	-0.032	0.134
beta_clrful[11] (FUk)	1.000	19600	-0.027	0.096	0.001	-0.226	-0.025	0.159
beta_clrful[12] (FUL)	1.000	19600	-0.002	0.088	0.001	-0.175	-0.003	0.172
beta_clrful[13] (FUn)	1.000	19600	0.088	0.095	0.001	-0.086	0.082	0.290
beta_clrful[14] (FUo)	1.000	19600	0.024	0.065	0.000	-0.101	0.023	0.155
beta_clrful[15] (FUp)	1.000	19600	-0.107	0.067	0.000	-0.245	-0.105	0.022
beta_clrhr[1] (FALSE)	1.000	13954	0.053	0.071	0.001	-0.089	0.053	0.195
beta_clrhr[2] (HRa)	1.000	14181	-0.090	0.073	0.001	-0.239	-0.088	0.050
beta_clrhr[3] (HRb)	1.000	19600	0.035	0.093	0.001	-0.144	0.032	0.227
sigma	1.000	19600	0.625	0.004	0.000	0.617	0.625	0.632
sigma_article	1.000	5100	0.080	0.017	0.000	0.053	0.078	0.120
sigma_subj	1.000	8391	0.303	0.048	0.001	0.225	0.296	0.413
sigma_clause	1.001	2811	0.100	0.023	0.000	0.062	0.097	0.153
log-posterior	1.000	4627	-285.035	7.472	0.110	-300.871	-284.684	-271.343

- 補足節において, **beta\_clrhsl[2]** (HSa: 名詞節) は補足節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 名詞修飾節において, **beta\_clrmsl[2]** (MSa: 補足語修飾節) は名詞修飾節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 名詞修飾節において, **beta\_clrmsl[2]** (MSa: 補足語修飾節) と **beta\_clrmsl[3]** (MSb: 内容節) の差は小さい.
- 副詞節において, 副詞節でない部分が **beta\_clrful[0]** (FALSE) が最も読み時間が長い.
- 副詞節において, **beta\_clrful[3]** (FUb: 因果関係) と **beta\_clrful[5]** (FUd: 付帯状況・様態) と間に 1sd 以上の差がある. 付帯状況・様態のほうが因果関係より読み時間が短い.

表 12 視線走査法 (SPT) の事後確率分布 (第 2 階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.004	791	5.939	0.180	0.006	5.551	5.952	6.259
beta_length	1.000	19600	0.014	0.003	0.000	0.008	0.014	0.019
beta_space	1.000	19600	-0.084	0.020	0.000	-0.124	-0.084	-0.044
beta_dependent	1.001	19600	-0.042	0.013	0.000	-0.067	-0.042	-0.017
beta_sessionN	1.000	19600	-0.029	0.021	0.000	-0.070	-0.029	0.011
beta_articleN	1.000	15723	-0.005	0.013	0.000	-0.032	-0.005	0.021
beta_screenN	1.000	19600	-0.027	0.010	0.000	-0.046	-0.027	-0.008
beta_lineN	1.000	19600	-0.031	0.008	0.000	-0.046	-0.031	-0.015
beta_segmentN	1.000	19600	-0.021	0.006	0.000	-0.032	-0.021	-0.010
beta_is_first	1.000	19600	-0.063	0.030	0.000	-0.122	-0.063	-0.004
beta_is_last	1.000	19600	-0.131	0.038	0.000	-0.205	-0.131	-0.058
beta_is_second_last	1.000	19600	-0.014	0.028	0.000	-0.070	-0.015	0.041
beta_clrhs[1] (FALSE)	1.001	8713	0.019	0.063	0.001	-0.101	0.013	0.158
beta_clrhs[2] (HSa)	1.005	19600	-0.044	0.072	0.001	-0.204	-0.036	0.085
beta_clrhs[3] (HSb)	1.002	19600	-0.029	0.086	0.001	-0.229	-0.017	0.126
beta_clrhs[4] (HSc)	1.005	598	0.055	0.073	0.003	-0.065	0.044	0.221
beta_clrmsl[1] (FALSE)	1.002	2558	0.023	0.057	0.001	-0.079	0.016	0.151
beta_clrmsl[2] (MSa)	1.001	19600	0.019	0.063	0.000	-0.099	0.012	0.162
beta_clrmsl[3] (MSb)	1.011	332	0.079	0.086	0.005	-0.048	0.065	0.280
beta_clrmsl[4] (MSc)	1.003	19600	-0.042	0.083	0.001	-0.232	-0.029	0.104
beta_clrmsl[5] (MSd)	1.004	19600	-0.047	0.081	0.001	-0.235	-0.034	0.094
beta_clrmsl[6] (MSe)	1.002	19600	-0.033	0.092	0.001	-0.250	-0.019	0.132
beta_clrful[1] (FALSE)	1.013	271	0.071	0.055	0.003	-0.018	0.068	0.189
beta_clrful[2] (FUa)	1.004	981	0.048	0.092	0.003	-0.102	0.031	0.271
beta_clrful[3] (FUb)	1.000	19600	0.006	0.068	0.000	-0.129	0.002	0.150
beta_clrful[4] (FUc)	1.009	402	-0.075	0.096	0.005	-0.305	-0.055	0.068
beta_clrful[5] (FUd)	1.000	19600	-0.013	0.072	0.001	-0.165	-0.009	0.133
beta_clrful[6] (FUE)	1.001	19600	-0.024	0.075	0.001	-0.187	-0.016	0.121
beta_clrful[7] (FUf)	1.000	19600	0.019	0.090	0.001	-0.154	0.010	0.228
beta_clrful[8] (FUh)	1.001	19600	0.019	0.085	0.001	-0.143	0.010	0.212
beta_clrful[9] (FUi)	1.004	19600	-0.048	0.084	0.001	-0.243	-0.033	0.095
beta_clrful[10] (FUj)	1.000	19600	-0.006	0.088	0.001	-0.193	-0.003	0.175
beta_clrful[11] (FUk)	1.001	19600	-0.018	0.094	0.001	-0.228	-0.009	0.160
beta_clrful[12] (FUl)	1.001	19600	0.020	0.093	0.001	-0.158	0.010	0.227
beta_clrful[13] (FUo)	1.005	19600	0.046	0.083	0.001	-0.095	0.031	0.244
beta_clrful[14] (FUp)	1.002	19600	-0.043	0.085	0.001	-0.239	-0.028	0.102
beta_clrhr[1] (FALSE)	1.001	3121	0.037	0.076	0.001	-0.102	0.026	0.213
beta_clrhr[2] (HRa)	1.000	19600	-0.016	0.075	0.001	-0.172	-0.012	0.139
beta_clrhr[3] (HRb)	1.001	19600	-0.022	0.094	0.001	-0.235	-0.012	0.154
sigma	1.000	19027	0.685	0.007	0.000	0.671	0.685	0.700
sigma_article	1.002	1296	0.069	0.021	0.001	0.034	0.067	0.116
sigma_subj	1.000	5067	0.220	0.037	0.001	0.160	0.216	0.303
sigma_clause	1.030	114	0.084	0.045	0.004	0.009	0.080	0.186
log-posterior	1.042	73	-458.198	18.669	2.178	-485.146	-461.454	-407.712

- 補足節において, **beta\_clrhs[2]**(HSa: 名詞節) は **beta\_clrhs[4]**(HSc: 引用節) より 1sd 以上短い.
- 名詞修飾節において, 1sd を超える傾向はみられない.
- 副詞節において, 副詞節でない部分が **beta\_clrful[0]** (FALSE) が最も読み時間が長い.
- 副詞節において, **beta\_clrful[2]** (FUa: 時) と **beta\_clrful[4]** (FUc: 条件・譲歩) と間に 1sd 以上の差がある. 条件・譲歩のほうが時より読み時間が短い.



表 13 視線走査法 (RPT) の事後確率分布 (第 2 階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.000	5912	5.307	0.154	0.002	5.004	5.307	5.615
beta_length	1.000	19600	0.076	0.002	0.000	0.072	0.076	0.080
beta_space	1.000	19600	-0.041	0.014	0.000	-0.068	-0.041	-0.014
beta_dependent	1.000	19600	-0.046	0.008	0.000	-0.062	-0.046	-0.030
beta_sessionN	1.000	19600	-0.084	0.014	0.000	-0.111	-0.084	-0.058
beta_articleN	1.000	19600	-0.014	0.013	0.000	-0.041	-0.014	0.011
beta_screenN	1.000	19600	-0.029	0.006	0.000	-0.042	-0.029	-0.016
beta_lineN	1.000	19600	-0.014	0.005	0.000	-0.024	-0.014	-0.003
beta_segmentN	1.000	19600	-0.027	0.004	0.000	-0.034	-0.027	-0.020
beta_is_first	1.000	19600	0.062	0.021	0.000	0.020	0.062	0.103
beta_is_last	1.000	19600	0.153	0.023	0.000	0.108	0.153	0.198
beta_is_second_last	1.000	19600	0.103	0.019	0.000	0.065	0.103	0.141
beta_clrhl[1] (FALSE)	1.000	19600	0.036	0.061	0.000	-0.085	0.035	0.158
beta_clrhl[2] (HSa)	1.000	19600	-0.081	0.068	0.000	-0.219	-0.080	0.049
beta_clrhl[3] (HSb)	1.000	19600	-0.004	0.088	0.001	-0.179	-0.003	0.172
beta_clrhl[4] (HSc)	1.000	19600	0.049	0.066	0.000	-0.080	0.047	0.182
beta_clrmsl[1] (FALSE)	1.000	19600	0.086	0.054	0.000	-0.019	0.086	0.194
beta_clrmsl[2] (MSa)	1.000	19600	-0.050	0.058	0.000	-0.165	-0.050	0.063
beta_clrmsl[3] (MSb)	1.000	19600	-0.068	0.066	0.000	-0.199	-0.066	0.060
beta_clrmsl[4] (MSc)	1.000	19600	0.002	0.079	0.001	-0.153	0.002	0.158
beta_clrmsl[5] (MSd)	1.000	19600	0.011	0.074	0.001	-0.135	0.010	0.160
beta_clrmsl[6] (MSe)	1.000	19600	0.017	0.093	0.001	-0.165	0.017	0.208
beta_clrful[1] (FALSE)	1.000	19600	0.130	0.041	0.000	0.051	0.129	0.214
beta_clrful[2] (FUa)	1.000	19600	0.033	0.082	0.001	-0.127	0.031	0.201
beta_clrful[3] (FUb)	1.000	19600	0.018	0.059	0.000	-0.095	0.017	0.136
beta_clrful[4] (FUc)	1.000	19600	-0.052	0.078	0.001	-0.213	-0.050	0.097
beta_clrful[5] (FUD)	1.000	19600	-0.098	0.070	0.000	-0.240	-0.096	0.033
beta_clrful[6] (FUE)	1.000	19600	-0.025	0.070	0.001	-0.168	-0.025	0.113
beta_clrful[7] (FUf)	1.000	19600	-0.054	0.089	0.001	-0.239	-0.050	0.115
beta_clrful[8] (FUh)	1.000	19600	0.013	0.087	0.001	-0.158	0.012	0.191
beta_clrful[9] (FUj)	1.000	19600	0.085	0.077	0.001	-0.056	0.081	0.245
beta_clrful[10] (FUj)	1.000	19600	0.028	0.093	0.001	-0.152	0.025	0.223
beta_clrful[11] (FUk)	1.000	19600	-0.030	0.099	0.001	-0.238	-0.026	0.158
beta_clrful[12] (FUl)	1.000	19600	-0.012	0.093	0.001	-0.203	-0.010	0.172
beta_clrful[13] (FU <sub>n</sub> )	1.000	19600	0.030	0.096	0.001	-0.152	0.027	0.229
beta_clrful[14] (FUo)	1.000	19600	0.065	0.073	0.001	-0.072	0.063	0.216
beta_clrful[15] (FUp)	1.000	19600	-0.137	0.078	0.001	-0.299	-0.133	0.004
beta_clrhl[1] (FALSE)	1.000	16177	0.024	0.074	0.001	-0.128	0.026	0.166
beta_clrhl[2] (HRa)	1.000	19600	-0.081	0.076	0.001	-0.241	-0.077	0.059
beta_clrhl[3] (HRb)	1.000	19600	0.055	0.097	0.001	-0.126	0.050	0.263
sigma	1.000	18634	0.757	0.005	0.000	0.748	0.757	0.766
sigma_article	1.000	5127	0.081	0.018	0.000	0.052	0.078	0.122
sigma_subj	1.000	9313	0.310	0.050	0.001	0.231	0.304	0.425
sigma_clause	1.001	2373	0.101	0.027	0.001	0.058	0.098	0.161
log-posterior	1.000	3469	-2831.216	7.872	0.134	-2847.769	-2830.845	-2816.607

- 補足節において, **beta\_clrhl[2]** (HSa: 名詞節) は補足節でない箇所より 1sd 以上短い.
- 補足節において, **beta\_clrhl[2]** (HSa: 名詞節) は **beta\_clrhl[4]** (HSc: 引用節) より 1sd 以上短い.
- 名詞修飾節において, **beta\_clrmsl[2]** (MSa: 補足語修飾節) は名詞修飾節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 名詞修飾節において, **beta\_clrmsl[3]** (MSb: 内容節) は名詞修飾節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 副詞節において, 副詞節でない部分が **beta\_clrful[0]** (FALSE) が最も読み時間が長い.
- 副詞節において, **beta\_clrful[5]** (FUD: 付帯状況・様態) は副詞節でない箇所より 2sd 以上短い.

表 14 視線走査法 (TOTAL) の事後確率分布 (第 2 階層モデル)

Parameter	Rhat	n_eff	mean	sd	se_mean	2.5%	50%	97.5%
alpha	1.000	5458	5.561	0.154	0.002	5.257	5.562	5.867
beta_length	1.000	19600	0.086	0.002	0.000	0.083	0.086	0.089
beta_space	1.000	19600	-0.068	0.012	0.000	-0.091	-0.068	-0.045
beta_dependent	1.000	19600	-0.061	0.007	0.000	-0.076	-0.061	-0.047
beta_sessionN	1.000	19600	-0.074	0.012	0.000	-0.097	-0.074	-0.051
beta_articleN	1.000	19600	-0.008	0.015	0.000	-0.039	-0.007	0.020
beta_screenN	1.000	19600	-0.044	0.006	0.000	-0.055	-0.044	-0.033
beta_lineN	1.000	19248	-0.032	0.004	0.000	-0.041	-0.032	-0.023
beta_segmentN	1.000	19600	-0.025	0.003	0.000	-0.031	-0.025	-0.019
beta_is_first	1.000	19600	0.153	0.018	0.000	0.118	0.153	0.188
beta_is_last	1.000	19600	-0.076	0.020	0.000	-0.115	-0.076	-0.037
beta_is_second_last	1.000	19600	0.082	0.017	0.000	0.048	0.082	0.115
beta_clrhs1[1] (FALSE)	1.000	14807	0.079	0.061	0.001	-0.039	0.078	0.203
beta_clrhs1[2] (HSa)	1.000	19600	-0.079	0.066	0.000	-0.212	-0.079	0.050
beta_clrhs1[3] (HSb)	1.000	19600	-0.007	0.087	0.001	-0.180	-0.008	0.166
beta_clrhs1[4] (HSc)	1.000	19600	0.009	0.065	0.000	-0.118	0.008	0.140
beta_clrms1[1] (FALSE)	1.000	16434	0.066	0.052	0.000	-0.037	0.066	0.169
beta_clrms1[2] (MSa)	1.000	19600	-0.073	0.056	0.000	-0.185	-0.073	0.035
beta_clrms1[3] (MSb)	1.000	19600	-0.028	0.063	0.000	-0.152	-0.027	0.095
beta_clrms1[4] (MSc)	1.000	19600	0.024	0.076	0.001	-0.124	0.024	0.175
beta_clrms1[5] (MSd)	1.000	19600	-0.002	0.070	0.001	-0.140	-0.003	0.135
beta_clrms1[6] (MSe)	1.000	19600	0.014	0.093	0.001	-0.166	0.013	0.199
beta_clrf1[1] (FALSE)	1.000	19600	0.175	0.040	0.000	0.098	0.174	0.257
beta_clrf1[2] (FUa)	1.000	19600	0.011	0.078	0.001	-0.141	0.010	0.169
beta_clrf1[3] (FUb)	1.000	19600	0.005	0.056	0.000	-0.105	0.005	0.114
beta_clrf1[4] (FUc)	1.000	19600	-0.096	0.075	0.001	-0.252	-0.094	0.047
beta_clrf1[5] (FUd)	1.000	19600	-0.018	0.064	0.000	-0.145	-0.018	0.108
beta_clrf1[6] (FUE)	1.000	19600	0.027	0.068	0.000	-0.102	0.026	0.165
beta_clrf1[7] (FUf)	1.000	19600	-0.086	0.090	0.001	-0.274	-0.081	0.080
beta_clrf1[8] (FUh)	1.000	19600	-0.022	0.085	0.001	-0.192	-0.022	0.145
beta_clrf1[9] (FUi)	1.000	19600	0.103	0.072	0.001	-0.031	0.099	0.254
beta_clrf1[10] (FUj)	1.000	19600	-0.011	0.092	0.001	-0.193	-0.011	0.169
beta_clrf1[11] (FUk)	1.000	19600	-0.032	0.100	0.001	-0.238	-0.030	0.159
beta_clrf1[12] (FUL)	1.000	19600	-0.028	0.093	0.001	-0.216	-0.027	0.152
beta_clrf1[13] (FUn)	1.000	19600	0.073	0.098	0.001	-0.107	0.068	0.281
beta_clrf1[14] (FUo)	1.000	19600	0.041	0.068	0.000	-0.091	0.040	0.180
beta_clrf1[15] (FUp)	1.000	19600	-0.146	0.073	0.001	-0.296	-0.143	-0.009
beta_clrhr1[1] (FALSE)	1.000	13069	0.061	0.075	0.001	-0.089	0.061	0.209
beta_clrhr1[2] (HRa)	1.000	14060	-0.084	0.076	0.001	-0.241	-0.083	0.063
beta_clrhr1[3] (HRb)	1.000	19600	0.023	0.095	0.001	-0.163	0.022	0.216
sigma	1.000	18269	0.655	0.004	0.000	0.647	0.655	0.663
sigma_article	1.000	4833	0.093	0.020	0.000	0.062	0.090	0.140
sigma_subj	1.001	7967	0.296	0.048	0.001	0.221	0.290	0.406
sigma_clause	1.001	3027	0.104	0.025	0.000	0.065	0.101	0.161
log-posterior	1.000	4497	-920.245	7.619	0.114	-936.217	-919.783	-906.324

- 補足節において, **beta\_clrhs1[2]** (HSa: 名詞節) は補足節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 補足節において, **beta\_clrhs1[2]** (HSa: 名詞節) は **beta\_clrhs1[4]** (HSc: 引用節) より 1sd 以上短い.
- 名詞修飾節において, **beta\_clrms1[2]** (MSa: 補足語修飾節) は名詞修飾節でない箇所より 2sd 以上短い.
- 副詞節において, 副詞節でない部分が **beta\_clrf1[0]** (FALSE) が最も読み時間が長い.
- 副詞節において, **beta\_clrf1[4]** (FUc: 条件・譲歩) は副詞節でない箇所より 2sd 以上短い.

## 略歴

浅原 正幸：2003年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究博士後期課程修了。2004年より同大学助教。2012年より人間文化研究機構国立国語研究所コーパス開発センター特任准教授。2019年より同教授。博士（工学）。言語処理学会，日本言語学会，日本語学会各会員。

(2018年11月1日 受付)

(2019年1月26日 再受付)

(2019年3月4日 採録)