

## 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 5 月 17 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22520386

研究課題名（和文）制約意味論にもとづく日本語文法の研究とその脳認知的文解析モデルへの応用

研究課題名（英文）Study of Japanese Grammar based on Constrained Semantics and Its Application to Neuro-Cognitive Sentence Processing Model

研究代表者

吉本 啓（YOSHIMOTO KEI）

東北大学・高等教育開発推進センター・教授

研究者番号：50282017

研究成果の概要（和文）：

形式意味論にもとづき、文の意味解釈可能性を基準として文の成り立ちの解明を目指すスコープ制御理論を用いて、日本語の基本的な文表現を網羅的に解析できる文法システムを構築した。その検証を目的として、日本語ツリーバンクのプロトタイプを開発した。さらにその結果にもとづいて、脳機能画像法により得られるデータに合致する脳認知科学的文処理モデルを提案した。

研究成果の概要（英文）：

We have developed a syntactico-semantic system that is capable of analyzing the majority of basic Japanese sentences, using Scope Control Theory, a semantic framework that gives an account of how sentences are formed based on the interpretability of sentences. We have built up a prototype of Japanese Treebank in order to evaluate the obtained results. Furthermore, we have proposed a neuro-cognitive sentence processing model which fits in with the data obtained from neuro-image experiments.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,400,000	720,000	3,120,000

研究分野：人文学

科研費の分科・細目：言語学

キーワード：意味論、文解析

## 1. 研究開始当初の背景

スコープ制御理論（Scope Control Theory, SCT; Butler 2010 等）は、現代の標準的な形式意味論であるダイナミック意味論にもとづく文法処理モデルである。文法性を統語諸理論は統語論的適格性のことであるとするのに対し、SCT は意味処理過程を経て意味評価を得られるか否かと同一であると捉

える。文の意味理解の中核をなす量化詞による述語の束縛は、通常は統語規則による論理変項の操作でなされるのに対し、SCT では、文法項の値を表す論理変項を意味論的な手法で制約して行う。その結果、多数の複雑な統語規則が不要になり、多数の統語規則をいかにコントロールするかという問題を解決できる。

吉本はこれまで、南 (1974) の文階層構造説による日本語複文の諸問題を検討してきた (Yoshimoto 1998 等) が、これが SCT とよく一致することから、南の階層は同理論が形式化した普遍的な文構築の枠組みの現れではないかと考えるようになった。実際に同理論を適用して日本語の主語/主題および時制の複文中での類似した振舞いの理由を解明した (Yoshimoto et al. 2009, Butler, Nakamura and Yoshimoto 2009)。この方法によると、主題を表すスコープ *wa* の値 *x* はグローバルで主節・従属節両方の述語の意味評価に用いられるのに対し、主語を表すスコープ *ga* の値 *y* は、*x* とは独立してローカルにしか表れない。これによって、指示の一致に関して、主語・主題の振舞いの違いや従属節の階層による差異を SCT を用いて明確に定式化できる。複文のテンスの意味をめぐる問題も同様の方法によって解決した。

他方、吉本と横山は、脳機能画像法を用いた文理解や言語習得の脳内モデルについて長年共同研究を行ってきた。その際、脳機能画像法によって得られるデータを説明できる文処理モデルの構築が課題であった。

## 2. 研究の目的

提案する研究の目的は、論理意味論的手法にもとづく文法理論である SCT を用いて、日本語のすべての文法語 (助詞、助動詞等) をカバーする基本的文表現を解析するための定式化を完成することにある。さらに、これにより確立された文処理理論を基礎として、脳機能画像法によって得られるヒトの文処理時のデータを説明できる脳認知的文処理過程モデルを構築する。

上記の文法語は南によってそれぞれ文階層の中に位置づけられてきたが、SCT ではこれらの語は基本的意味単位であるスコープの操作に対応づけられる。南らによるこれまでの日本語研究の蓄積を生かしながら、個々の文法語の読み込みをきっかけとして、スコープがどのように導入、制御、解釈されるかについて解明する。申請者らによるこれまでの、HPSG やダイナミック統語論を用いた日本語文法記述の経験を生かし、並行的にインプリメントしながら文法開発を行う。

また、南-SCT 理論を用いて、脳内文処理に関して得られるデータを説明する文法モデルを提案する。

## 3. 研究の方法

これまでの日本語文階層性に関する研究成果を生かし、スコープ制御理論を用いた日本語文意味解析システムの基盤を作り上げた。

SCT において基礎をなすのは、文法項の意味値を表す論理変項であり、「スコープ」と

呼ばれる。様々な文法語や構文、さらに文脈に応じて文法項にスコープを新しく導入し、削除したり他のスコープと交替させ、それにもとづいて論理述語を意味評価することが文処理の基本をなしている。スコープの制御の6つの基本オペレータの内、特に Rel オペレータは SCT 論理式の中のスコープに過不足が無いように常に調整し、SCT がわずかな統語情報の他にはインデクスも必要とせず意味論的操作だけで多様、複雑な文を解析できることに貢献している。これまでに、カバーできる文法事象と言語類型の広さの点で十分に一般性を備えた理論であることが実証されている (Butler 2010 等)。上記のように意味にもとづく文解析には利点が大きく、日本語への適用の効果も確認済みである。

南 (1974) は日本語文の構成素を共起関係にもとづいて4段階の階層に分類した。より外側の階層は、内側の階層の両側に新しい構成素を付け加えて形成され、内側の階層は外側のそれに含まれるが、逆は必ずしも成り立たない。吉本の仮説は、文階層は構成素の意味が段階的に操作されていく過程で派生するものだという事である。SCT はスコープの制御によってそのプロセスをシミュレートする。Yoshimoto et al. (2009), Butler, Nakamura and Yoshimoto (2009) によって、日本語の文階層に対する SCT によるアプローチの有効性を示すことが出来た。これまでに扱った主語/主題の一致や時制のデータにも見られるように、下位の階層の持つべき情報 (スコープ) が上位の階層のそれにより決定されることが日本語には多いが、このことは、従来の句構造や語彙情報中心の統語論では十分に捉えられて来なかった。SCT を用いることにより異なる階層間のインタラクションを適確に規定できるので、日本語の文にとって本質的な構造を押えながら文法記述を進めることが出来る。

また、心理実験および脳機能画像法によって脳内文処理に関するデータを収集し、南-SCT 理論による説明を試みた。

## 4. 研究成果

本研究では、上記のように、日本語の文法語のすべてを取り上げて、それらを含む基本的文を表現するために十分な SCT による定式化を行うことを目的としている。SCT の日本語への適用が一定のレベルに達したということもあり、対象とするデータの客観性および網羅性を期するために、実際に使用された日本語の文章から成るツリーバンク (文の統語解析情報をタグ付けしたコーパス) を取り上げることにした。コーパスを意味解析処理することによる理論の検証はまだ継続中だが、現段階でも十分な量のデータを処理済み

であり、十分な理論の実証を行うことが出来た。

処理の対象とする日本語コーパスの選定にあたっては、紆余曲折を重ねることになった。日本語の文に対して統語解析情報を付加したコーパスはいくつかあるが、その多くは文節にもとづくものである。このことは、言語処理で用いられる代表的なコーパスである京都大学テキストコーパスについても同様である。そのため、ここで目指している文の意味の自動解析に利用するには限界がある。京都大学テキストコーパス第4版のうち5,000の文については、格、照応および指示情報が付加されているから、これを利用して格フレームを読み取ることができる。さらに吉本らは文が実際に表示する複雑な統語情報をこれから抽出しようと試みた (Butler et al. 2012) が、文節表記の壁にはばまれ、個々の文節を超えて系統的に情報を補充する方法を見出すことは出来なかった。また、わずかな変更により文節間の依存関係全体へと影響が波及することもしばしばであった。そこで、京都大学テキストコーパス等、既存のコーパスを再利用することをあきらめ、日本語ツリーバンクをゼロから構築することに方針転換した。

独自のツリーバンク開発にあたっては、Penn Treebank の解析規約を大幅に修正した Annotation Manual for the Penn Historical Corpora and the PCEEC (Santorini 2010) に従った。これは、極力フラットな統語構造を採用してノードの数を減らし、また名詞句、動詞句、節等に必要に応じて機能情報 (主語、目的語、時間副詞句、節の様々な機能等) をタグ付けすることを特色としている。構造的曖昧性が問題になる場合の多くで統語的埋め込みをフラットなままに未指定とすることが出来るので記述しやすく、また有用な文法情報に富んでいる。

この解析規約では、文の統語構造をラベル付きのカッコによって表示する。文のすべての単語に対して、品詞情報を表す語彙的ラベル (N, ADJ, VB, P 等) がタグ付けされる。句に対しては、このレベルのラベルである NP, PP, IP 等が付加される。機能情報は、必要に応じて句のラベルの後に NP-SUB (従属節)、IP-REL (関係節) のように付加される。

本研究では、自動意味解析の目的に供するためのツリーバンク構築を課題として設定した。この目的のために編み出したアノテーションの原則として、次の5つを挙げる事が出来る。

(1) いくつかの単語が緊密に連結して1つの機能語として働くものは、1つの助詞(P)として扱う。

「として」、「について」、「に対して/対す

る」、「に関して/関する」、「のために」等がこれに含まれる。

(2) いくつかの単語が緊密に連結して1つのモーダルの機能を果たすものは、1つの助動詞 (MD) として扱う。

「(開こ) うとする」、「(解決する) はずだ」等がこれに含まれる。

(3) 後置詞句 (PP) が文中で主語や目的語として機能する場合、その直後に NP-SBJ、NP-OB1 または NP-OB2 を付加して、その文法機能を明示する。

これは、係助詞「は」は副助詞はむろんのこと、格助詞「が」、「を」、「に」でもそれらが表示する文法役割が曖昧なのを補うためである。

(4) 関係節については、いわゆる「内の関係」と「外の関係」とを NP ノードに機能情報をタグ付けすることによって区別する。また前者の場合、関係節内に空所を表示するノードを与えて文法役割を明示する。

(5) 主語または目的語が動詞の必須格として求められているにもかかわらず文中で表現されていない場合の多くについて、それらをゼロ代名詞として明示する。

コントロール構文については、SCT のスコープ操作によって意味論のレベルで補完されるので、ゼロ代名詞表示の必要は無い。

SCT の採用により、例外的な場合を除き、長距離移動のような複雑な構文でもインデックス付けは不要である、これによって、ツリーバンク構築の作業量が著しく軽減される。研究期間の3年間で益岡・田窪『基礎日本語文法』の約2,300文を含む約6,000の日本語文に統語解析情報をタグ付けし、すべて論理表示が自動生成されることを確認した。

さらに脳内文処理に関して、日本語母語話者が日本語の単文を理解する際、優先度順に、格助詞、名詞の有生性、名詞の入力順序、の3つの情報に基づき、文における項の意味役割を予測的に解釈していく、という仮説を立てた。格助詞・名詞の有生性に関する情報の利用について、優先度も含めて、仮定した内容が正しいということを実験により実証した。これは南理論と整合しており、日本語文処理において南の階層が重要な役割を果たしていることを示唆している。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 23 件)

- (1) Satoru Yokoyama, Kei Takahashi, Ryuta Kawashima. "Use of semantic information to interpret thematic information for real-time sentence comprehension in an SOV language." *PLoS ONE* 8(2): e56106, 2013 年, 査読有
- (2) 周振・Alastair Butler・吉本啓「中国語統語解析木の形式変換及びその応用に関する研究—Penn Chinese Treebank (3.0) を対象として—」『言語処理学会第 19 回年次大会発表論文集』, pp. 920-923, 名古屋大学, 2013 年 3 月 15 日, 査読無
- (3) 吉本啓・周振・小菅智也・大友瑠璃子・Alastair Butler「日本語ツリーバンクのアノテーション方針」『言語処理学会第 19 回年次大会発表論文集』, pp. 924-927, 名古屋大学, 2013 年 3 月 15 日, 査読無
- (4) 横山悟・鄭 嫣・尾島 司郎・千葉 克裕・エマニュエル マナロ・吉本啓「第二言語習得への脳認知科学からのアプローチ」日本認知科学会第 29 回大会ワークショップ, 『日本認知科学会第 29 回大会発表論文集』, pp. 58-65, 2012 年 12 月 15 日, 査読無
- (5) 堀田 智子・吉本啓「中国人日本語学習者の『不同意』行動 - 談話の一考察 -」『日本認知科学会第 29 回大会発表論文集』, pp. 453-462, 2012 年 12 月 13 日, 査読無
- (6) Alastair Butler, Ruriko Otomo, Zhen Zhou, Kei Yoshimoto. "Treebank Annotation for Formal Semantics Research", *Proceedings of the Ninth International Workshop on Logic and Engineering of Natural Language Semantics*, pp. 210-222. JSAI International Symposia on AI, the Japanese Society for Artificial Intelligence, Amusement Zone Miyazaki, Miyazaki, 2012 年 11 月 30 日~12 月 1 日, 査読有
- (7) Alastair Butler, Kei Yoshimoto. "Banking Meaning Representations from Treebanks", *Linguistic Issues in Language Technology* 7, CSLI Publications, 2012 年, 査読有
- (8) Satoru Yokoyama, Hideki Maki, Yosuke Hashimoto, Masahiro Toma, Ryuta Kawashima. "Mechanism of Case Processing in the Brain: an fMRI Study." *PLoS ONE* 7(7): e40474. doi:10.1371, 2012 年, 査読有
- (9) Satoru Yokoyama. "Neuro-anatomical overlap between language and memory functions in the human brain." Ed. Bright, P. *Neuroimaging*. InTech publisher, 2012 年, 査読有
- (10) Yosuke Hashimoto, Satoru Yokoyama, Ryuta Kawashima. "Neuro-typology of sentence comprehension: Cross-linguistic difference in canonical word order affects brain responses during sentence comprehension." *The Open Medical Imaging Journal*, 6, 62-69, 2012 年, 査読有
- (11) 横山悟・エマニュエルマナロ・田中 エリス伸枝・高橋慶・橋爪寛・鄭ヒョンジョン・川島隆太「習熟度の異なる日本人英語学習者による英文理解過程」『電子情報通信学会技術研究報告』112 (145), 13-17, 2012 年, 査読無
- (12) Zhen Zhou, Alastair Butler, Kei Yoshimoto. "Combining and Splitting Bunsetsu of the Kyoto Text Corpus", 『言語処理学会第 18 回年次大会発表論文集』, pp. 381-384, 広島市立大学, 2012 年 3 月 14 日, 査読無
- (13) Alastair Butler, Zhen Zhou, Kei Yoshimoto. "Problems for Successful Bunsetsu based Parsing and Some Solutions", 『言語処理学会第 18 回年次大会発表論文集』, pp. 951-954, 広島市立大学, 2012 年 3 月 16 日, 査読無
- (14) 千葉克裕・横山悟・吉本啓「第 2 言語の習熟度と語彙処理速度の検証 — 語彙判断課題および意味判断課題の反応時間から—」『東北大学高等教育開発推進センター紀要』第 7 号, pp. 35-42, 2012 年 3 月, 査読有
- (15) Alastair Butler, Kei Yoshimoto. "Interpreting Japanese Dependency Structure", Takashi Onoda, Daisuke Bekki and Eric McCready (eds.) *New Frontiers in Artificial Intelligence: JSAI-isAI 2010 Workshops, LENLS, JURISIN, AMBN, ISS, Tokyo, Japan, November 18-19, 2010, Revised Selected Papers* (Lecture Notes in Computer Science / Lecture Notes in Artificial Intelligence), pp. 30-44, Springer Verlag, 2011 年 12 月, 査読有
- (16) Kei Yoshimoto. "Modal Particles Yo and Ne in Japanese", Workshop on Evidentials & Modals. Seoul National University, Seoul, 2011 年 10 月 19 日, 査読無
- (17) 朱虹・吉本啓・張立波「日本人学習者による中国語声調の習得の研究—第 2 声と第 3 声の習得を中心に—」野瀬昌彦 (編)『日本語と X 語の対照—言語を対照することでわかること—対照言語学若手

- の会シンポジウム2010 発表論文集』, pp. 73-84, 三恵社, 2011年7月1日, 査読有
- (18) 森芳樹「とりたて詞と否定のスコープ関係に対する統語論的アプローチ」(田川拓海・森芳樹・沼田善子・竹沢幸一). 『日本言語文化研究』第4輯 大連理工大学出版社, 2011, 査読無
- (19) Yoshiki Mori. “Back to the Future, Back from the Future — To and Fro for the Counterfactual Future in the Past —”, *Proceedings of the 8th International Workshop on Logic and Engineering of Natural Language Semantics by the Japanese Society of Artificial Intelligence (JASI)*, pp. 1-12, 2011年, 査読有
- (20) Alastair Butler, Zhen Zhou, Tomoko Hotta, Su Zhang, Kei Yoshimoto. “Development of Corpora Tagged with High-Precision Semantic Information”, 『言語処理学会第17回年次大会発表論文集』, pp. 713-716, 豊橋技術科学大学, 2011年3月10日, 査読無
- (21) 横山悟・高橋慶・イプトスシラ・川島隆太「fMRI データによる文理解反応時間予測モデル」『言語処理学会第17回年次大会発表論文集』豊橋技術科学大学, 2011年3月10日, 査読無
- (22) Alastair Butler, Kei Yoshimoto. “Interpreting Japanese Dependency Structure”, *Proceedings of the Seventh International Workshop on Logic and Engineering of Natural Language Semantics, pp. 191-204, JSAI International Symposia on AI, the Japanese Society for Artificial Intelligence*, Campus Innovation Center, Tokyo, 2010年11月18日, 査読有
- (23) Yusuke Miyao, Alastair Butler, Kei Yoshimoto, Jun'ichi Tsujii. “A Modular Architecture for the Wide-Coverage Translation of Natural Language Texts into Predicate Logic Formulas”, In: Ryo Otoguro, Kiyoshi Ishikawa, Hiroshi Umemoto, Kei Yoshimoto, Yasunari Harada (eds.), *Proceedings of the 24th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation*, pp. 481-488, Tohoku University, 2010年11月4-7日, 査読有
- [学会発表] (計 15件)
- (1) Yoshiki Mori. “Kopffinterner Relativsatz im Japanischen”. Forscher-gruppe “Relativsaetze” (FOR1783) Johann-Wolfgang-Goethe Universität, Frankfurt, 2012年11月20日, 査読有
- (2) 森芳樹「意味強制におけるモダリティの役割」日本独文学会第67回秋季研究発表会シンポジウム「語彙実用論の試み」中央大学, 2012年10月13日, 査読有
- (3) Yoshiki Mori. “Die (In-)Direktheit der Modifikation und der ga/no Wechsel im Japanischen”. Das 40. Linguistenseminar der JGG. Hayama, 2012年8月30日, 査読有
- (4) Haruka Shiromoto, Yoshiki Mori. “Building up Japanese Finite Adnominal Clauses Relationally”. “Concepts, Types and Frames 2012”, Duesseldorf, HHU, 2012年8月24日, 査読有
- (5) Yoshiki Mori. “Finite adnominal Saetze (FANCs): Relativsaetze aus japanischer Sicht”. Im 1. Japanisch-Deutschen Rundtisch der Linguistik, Munchen, LMU, 2012年8月19日, 査読有
- (6) Satoru Yokoyama. “Proficiency in foreign language reading: the relationship between proficiency test score and reading times.” The Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Sapporo, Japan, 2012, 査読無
- (7) Alastair Butler, Tomoko Hotta, Ruriko Otomo, Kei Yoshimoto, Zhen Zhou, Hong Zhu. “Keyaki Treebank: Phrase Structure with Functional Information for Japanese”, テキストアノテーションワークショップ, 国立情報学研究所, 2012年8月6~7日, [http://nlp.nii.ac.jp/tawc/papers/W04\\_butler.pdf](http://nlp.nii.ac.jp/tawc/papers/W04_butler.pdf), 査読無
- (8) Hong Zhu, Peng Zhang, Kei Yoshimoto. “The Acquisition of Mandarin Tones by Japanese Learners”, The Third International Symposium on Tonal Aspects of Languages, Nanjing Normal University, China, 2012年5月26-29日, 査読有
- (9) 岡野伸哉・森芳樹「量化としてのモダリティ、指示としての証拠性」日本独文学会第66回春季研究発表会シンポジウム「文形成とモダリティの相互関係」上智大学, 2012年5月18日, 査読無
- (10) Yoshiki Mori, Shinya Okano. “Evidentials as Inferenceals”, Modes of Modality, Konferenz: Funktion(en) von Modalität, vom 10.-11. Mai 2012 an der LMU Munchen, 2012年5月10日, 査読無

- (11) 岡野伸哉・森芳樹「認識モダリティと証拠性の区別について」広島大学総合科学研究科・言語と情報研究プロジェクト・GLT 共催「文構築とモダリティのダイナミックス」研究会, 2012年3月24日, 査読無
- (12) Yoshiki Mori. “Was oeffnet unsere Zukunft”, Das 40. Linguistenseminar der JGG. Kyoto, 2011年8月29日, 査読有
- (13) Yoshiki Mori. “Konditionierung des Subjunktivs und des Konjunktivs”, Japanisch-Deutscher Workshop Linguistik, “Grammatische Strukturen im Vergleich”, LMU Munchen, 2011年8月19日, 査読有
- (14) Yoshiki Mori. “Modalitaet und Aktualitaet”, Koreanische Gesellschaft fur Deutsche Sprachwissenschaft (KGDS) Jahrestagung, University of Yonsei, Seoul, 2011年6月24日, 査読有
- (15) 田川拓海・森芳樹・沼田善子・竹沢幸一「とりたてて詞と否定のスコープ関係に対する統語論的アプローチ」大連大学国際フォーラム、大連大学, 2010年10月23日, 査読有

[図書] (計 4件)

- (1) Alastair Butler, Kei Yoshimoto. “Towards a Self-selective and Self-healing Evaluation”, Manabu Okumura, Daisuke Bekki, Ken Satoh (eds.) *New Frontiers in Artificial Intelligence: JSAI-isai 2011 Workshops, LENLS, JURISIN, ALSIP, MIMI, Takamatsu, Japan, December 1-2, 2011. Revised Selected Papers* (Lecture Notes in Computer Science / Lecture Notes in Artificial Intelligence), pp. 96-109, Springer Verlag, 2012年11月, 査読有
- (2) Satoru Yokoyama, Kei Yoshimoto, Ryuta Kawashima. “The Partial Incremental Argument Interpretation Model: A Real Time Simplex Sentence Comprehension Model of Japanese Language”, Michelle K. Jackson (ed.) *Psychology of Language*, Chapter 5, pp. 159-183, Nova Science Publishers, 2012年6月, 査読有
- (3) Satoru Yokoyama. “Neuro-anatomical overlap between language and memory functions in the human brain.” Ed. Bright, P. *Neuroimaging*. InTech publisher, 95-108, 2012年, 査読有
- (4) Kei Takahashi, Satoru Yokoyama. “Future perspective on cognitive

neuroscience concerning language: developing a model and its application.” Eds. Kawashima, R, M. Sugiura, T. Tsukiura. *New Frontiers in Social Cognitive Neuroscience*. Tohoku University Press, 191-203, 2011年, 査読有

[産業財産権]  
○出願状況 (計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況 (計 0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

吉本 啓 (YOSHIMOTO KEI)  
東北大学・高等教育開発推進センター・教授  
研究者番号：50282017

### (2) 研究分担者

横山 悟 (YOKOYAMA SATORU)  
東北大学・加齢医学研究所・助教  
研究者番号：20451627  
森 芳樹 (MORI YOSHIKI)  
東京大学・総合文化研究科・教授  
研究者番号：30306831

### (3) 連携研究者

アラステア・バトラー (ALASTAIR BUTLER)  
独立行政法人科学技術振興機構・さきがけ・研究員