

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 4 日現在

機関番号：32665

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25580095

研究課題名(和文) 言語の内心構造および非内心構造の統辞処理に関わる脳神経回路の動作原理の解明

研究課題名(英文) Elucidation of working principles within neural networks controlling syntactic processing of endocentric and non-endocentric structures in human language

研究代表者

成田 広樹 (NARITA, Hiroki)

日本大学・生産工学部・助教

研究者番号：60609767

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,300,000円

研究成果の概要(和文)：全ての句構造が内心性を示すとする従来の仮定を排除し、むしろ統辞計算は内心構造が示す非対称性を移動(内的併合)を通じて対称構造に写像し均衡状態へと導く過程であるとする新たな仮説を提示した。複数の専門誌・論集に研究成果を発表し、特に著書『Symmetry-driven Syntax』(近刊、出版契約締結)にて解釈的(非)内心性と構造的(非)対称性との対心関係に関する研究成果をまとめた。また、東京大学酒井邦嘉研究室と協働し、非内心構造の一つである等位接続構造の言語処理と再帰的入れ子構造の言語処理とを比較するfMRI実験を企画実行した。

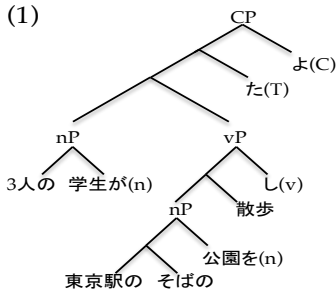
研究成果の概要(英文)：In this research project, we put forward the hypothesis that the traditional notion of “projection” should be entirely eliminated from the theory of human language syntax. We propose an alternative, projection-free characterization of endocentricity (headedness), according to which endocentric phrase structures are in fact asymmetric structures that are in need of symmetrization via movement (internal Merge). The proposal points to the overarching hypothesis that linguistic computation is fundamentally driven for structural symmetry (closely tied with non-endocentricity). The achievements of this project are published in several volumes and a journal paper, and to be elaborated in the forthcoming book (under contract) entitled Symmetry-driven Syntax. Further, a new neuroimaging experiment was designed and conducted, which attempts to measure the cortical activities concerning nested dependencies and cross-serial dependencies in language processing.

研究分野：統辞法・統語論

キーワード：統辞法・統語論 句構造の内心性 句構造の対称性 併合 素性均衡 素性一致 移動

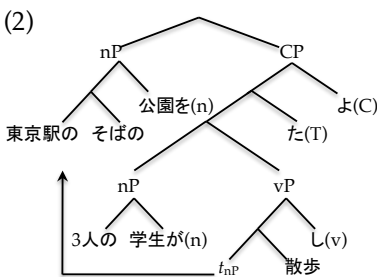
1. 研究開始当初の背景

人間言語は、「学生」「散歩」「す(る)」などの単語や接辞などの最小要素（以後単辞と呼ぶ）を有限の長期記憶から取り出し、それらを再帰的に併合(Merge)して組み合わせていくことで、(1)に見られるような階層的統辞構造を生成する。



併合によって作り出された句構造は、思考系（概念意図系）および音声系（感覚運動系）へと移送され、構造的な意味・音声解釈を与えられるが、そのとき各句構造の解釈的特性を中心的に決定する単辞をその句の主辞(head)と呼ぶ。例えば(1)の文構造の主辞は文末助詞・補文標識(C)「よ」であり、文全体の平叙文フォースやその他の談話的特性を決定する。このように、当該の句において主辞となる単辞 H が構造的優位性から一意的に決定できるような構造、すなわち{H, XP} (Hは単辞、XPは句)の形式を持つ句構造を内心構造(endocentric structure)と呼ぶ。

近年、自然言語における非内心構造(non-endocentric structure; 主辞となる単辞が構造から一意的に決定できない{XP, YP}の構造)は、標準的な内心構造({H, XP})とは異なる種類の統辞計算を要求するという仮説がChomsky (2008, 2013, 2015)らによって提案され、注目を集めている。この仮説に立てば、(a) 主語-述語構造((1)の{nP, vP}等)、および(b) 移動操作を伴う句構造((1)の目的語を文頭に移動させた語順かき混ぜ文(2)の{nP, CP}等)のような非内心構造は、標準的な内心構造((1)の vP [東京駅の]そばの[公園を]散歩]内の各節等)とは異なる計算負荷を課すことが予想される。



このような主張は、「人間言語における全ての句構造は内心的である」とする、かつてのXバー理論(X-bar theory, Chomsky 1981, 1986等)以来の伝統的仮定に対して抜本的な再考

を迫るものであった。事実、Chomsky (1986)等によって、Xバー図式に従わない句構造が理論から一掃されて以来、句構造の非内心性の何たるかを正面から取りあげる研究はほぼ全く為されないままであったと言える。

2. 研究の目的

こうした理論的背景を踏まえ、非内心構造の統辞的計算的特徴の解明を行なうことが本研究の主要な目的となる。具体的には、以下のような問題設定のもと、内心性と句構造生成メカニズムの内実についての理論的考察を進めた。

- (3) 句構造の内心性・非内心性を決定するメカニズムは何か。
- (4) 句構造の再帰的生成において内心性・主辞が果たす計算的役割は何か。
- (5) 句構造の意味解釈・音声解釈における内心性・主辞の役割は何か。
- (6) 非内心構造が示す計算的・解釈的特性は何か。それはどのように内心構造の特性と異なるのか。

また、本研究は、上述の理論言語学的考察で得られた新たな知見が、どのようにして脳神経科学的な実験のもとに検証されるかを追究することも試みた。近年の脳機能イメージング技術の発達によって、言語知覚における統辞計算は、特に左下前頭回を中心とする特定脳領域において処理されていることが明らかになってきた(Sakai 2005 等)。このような脳機能の詳細を解明すべく、単語数、語順、動詞述語の項数や語彙有標性など、種々の要因に調整を加えられた刺激文を用いた脳科学実験が行われてきたが、これらの先行研究が掲げる様々な「統辞的複雑性」の指標およびその観測結果は決して一様のもではなく、また最新の理論言語学研究の知見を反映しているとも言い難い。例えば Pallier et al (2011)の先行研究では、句構造に組み込まれる単語の数が統辞処理の負荷の増減に対応するという素朴な負荷累加型モデルが想定されている。しかし、彼らが実験に用いた刺激文は単純な内心的{H, XP}構造の再帰的右枝分かれ ([I [believe [that [you [should [accept...]]]]]])に限定されており、そのような形式を逸脱するより複雑な文構造の処理負荷の解明は将来的課題として棚上げされている。このような状況を打破すべく行われた最新の研究では、統辞処理に伴う脳活動は、単純な単語や節(構成素)の総数ではなく、特に句構造の「埋め込みの深度」(“Degrees of Merger,” DoM; 統辞構造の中で最も深く埋め込まれた節((1)における[東京駅の]等)と最大節との間に現れる節の数)によって選択的に

変化するというを示唆する結果も得られつつある(Ohta et al 2011)。一方、DoMの指標では、(2)のような語順移動はむしろ深度を下げてしまうことが予測され、正規語順から逸脱する文型は有意に処理負荷を増大させるという一般的傾向(Kinno et al 2008 等)を説明できず、課題も多かった。

このような実験系の先行研究に対し、本研究は、文内における非内心構造が内心構造とは異なる種類の計算を要求するとする理論言語学の最新の知見に着目する。このような仮説が正しければ、非内心構造の存在が言語計算を司る脳領域に対して特有の処理負荷を課すことが予測される。本研究では、特に代表的な非内心構造の一つである等位接続構造（例えば「[太郎と花子と次郎]が[踊り、思い、話し]た」など）に着目し、そこでの言語処理の様子をより基本的な内心構造の入れ子型埋込み構造（例えば「太郎が[花子が[次郎が踊ったと]思ったと]話した」など）と比べ、脳活動に及ぼす影響の違いを探ることも目的の一つとした。

3. 研究の方法

内心構造、非内心構造の特徴付けを解明するに当たり、喫緊の課題として取り組まなければならないのは、従来の統辞理論において当然のものとして仮定されてきた投射 (projection) の概念を抜本的に再考することである。Xバー理論が全句構造の形式を一律に制限しているとする Chomsky (1986) の提案以来、理論言語学の文献は以下の「全投射の仮定」および「投射=内心性の仮定」に囚われてきた。

(7) 全投射の仮定:

全ての句構造はそれに含まれる単一要素 (主辞) の投射 (projection) として捉えられる。

(8) 投射=内心性の仮定:

投射こそが句構造の内心性を一対一対応で特徴付ける理論装置である。すなわち、主辞 H による内心構造は H の投射 (HP) であり、H の投射 HP は主辞 H による内心性を示す。

(7)、(8)の仮定を受け入れると、その組み合わせで「全内心性の仮定」が導かれることとなる。

(9) 全内心性の仮定:

全ての句構造はそれに含まれる単一要素 (主辞) による内心性を示す。

従来の理論は(7)-(9)を仮定することで、句構造の理論の中に非内心構造が存在する可能性を原理的に排除してきたといえる。

しかし、近年の併合に基づく素句構造理論

(bare phrase structure theory; Chomsky 1995) を採れば、(7)-(9)の仮定はもはや盤石な基礎を持つものとはみなされなくなる。素句構造理論によれば、全ての句構造は併合によって一元的に生成されるが、併合は2つの要素 α 、 β を組み合わせることでそれらの集合 $\{\alpha, \beta\}$ を形成するという再帰的集合形成操作にすぎない。併合が形成する集合的対象は投射の概念を組み込んでおらず、従って Xバー理論とは異なり、句構造生成の必然的帰結として投射が句構造に組み込まれるということはない。(7)の仮定が排除されれば、そこから導かれていた(9)の仮説も基礎を失うことになるのである。しかし、こうした状況が十分に素句構造理論研究者の間で共有されているとは言えない。本研究では、併合に基づく投射なしの素句構造理論を追究することで、Xバー理論的な投射の概念を完全に破棄し、(3)-(5)を否定していくことを最初のステップとすることとなった。

次に、Chomsky (2013, 2015)による最新のラベル付けアルゴリズムを詳細に検討することから、投射に基づかない内心性・主辞決定のメカニズムを探った。

また、Fukui (2011)、Narita and Fukui (2012)等によって萌芽的に示された、内心構造の本質は $\{H, XP\}$ などの構造的非均衡性・非対称性であり、一方で非内心構造 $\{XP, YP\}$ は安定性・対称性を示すとする仮説を追究・拡張し、句構造の (非) 内心性と (非) 対称性の対応関係を探った。

さらに、東京大学酒井邦嘉研究室と連携し、言語知覚タスクにおける内心構造と非内心構造の処理負荷の違いについての fMRI 実験を計画・実行した。

4. 研究成果

本研究を遂行した結果、投射の概念を統辞理論の歴史的変遷の観点から検討した上で、上述の全投射の仮定(7)、投射=内心性の仮定(8)、および全内心性の仮定(9)は、最新のもっとも簡素な素句構造理論においては排除されるべきであるという点を論証する論考を発表・出版することができた (下記の「5. 主な発表論文等」における雑誌論文④、著書①②④⑨⑩⑫)。以下同様)。

また、内心性決定のための最小探索アルゴリズムを同定し、非内心構造の処理の際に特定の処理負荷を与える機構について、特にフェイズの観点 (雑誌論文④、学会発表⑦⑧、図書①②⑨)、および統辞構造の対称化の観点 (学会発表②④⑦⑧⑫⑬、図書①④⑩) から示唆を行なう研究を発表することができた。また、ここで提案された主辞探索アルゴリズムのもう一つの帰結として、特に内的併合によってその直接構成素全てが移動の痕跡 (コピー) と化した構造 (* $\{t, t\}$ 、 t は移動の痕跡) が意味インターフェース条件から排除されるという新たな証拠を提示し、提案す

る主辞決定アルゴリズムのさらなる証拠とした(学会発表⑨⑩)。

さらに、素句構造理論の核となる「併合」の概念そのものを再分析することも提案した。従来の素句構造理論によれば、併合とは n 個の対象をとってきてそれらを集合にまとめあげる操作であるが(併合(X_1, \dots, X_n) = $\{X_1, \dots, X_n\}$)、本研究が示した仮説によれば、それは n 個の対象を「選びとる」操作と「集合にする」操作の二つの合成演算として再分析されることになる。前者を「原探索」(0-Search)と呼び、後者を「原併合」(0-Merge)と呼ぶとすると、併合操作、および上述の主辞決定アルゴリズムをも含めた全ての統辞演算は、原探索と原併合の合成演算として統一的に分析できるということを示す研究を生み出すことができた(雑誌論文①、学会発表⑭、図書⑤⑩)。

そして、Narita and Fukui (2012)に端を発する福井直樹(上智大学)との共同研究に本格的に着手し、3カ年の研究期間を通して大いに発展させることができた(学会発表②④⑦⑧⑫⑬、図書①④⑩⑫)。特に、句構造内の形式素性(formal features)の分布に着目し、内心構造($\{H, XP\}$)とは形式素性の分布という観点からは構造的非均衡状態・非対称構造であり、一方で非内心構造 $\{XP, YP\}$ のうち、特に構造的安定性を示すものは、形式素性の分布に関して対称性を示すものであるとする新たな一般化を提示した。また、全ての句構造が内心性を示すとする従来の仮説に対し、むしろ句構造生成のプロセスは内心構造が示す非対称性を対称構造に写像し均衡状態へと導く過程であるとする新たな仮説を提示することとなった。句構造の(非)内心性と素性的(非)対称性の対応関係を探るこの研究の集大成が査読を経て受理され、近年刊行の書籍企画として Routledge 社と出版契約を結ぶことができた(図書①)。

さらに、東京大学酒井邦嘉研究室と連携し、言語知覚タスクにおける内心構造と非内心構造の処理負荷の違いについての fMRI 実験を計画・実行し、その研究成果について国際学会やワークショップにて報告することができた(学会発表①⑩⑪)。特に、非内心構造の代表格である等位接続構造(特にそれがもたらす終末連鎖上の交差依存(cross-serial dependency))の言語処理がもたらす脳活動は、典型的に左下前頭回(言語機能の文法中枢と考えられる部位、いわゆるブローカ野)の選択的活性化をもたらす再帰的入れ子依存(nested dependency; 太郎が[花子が[次郎が踊ったと]言ったと]思っている、など)の処理とは異なる種類の負荷がかかっていることが示された。

<引用文献>

- ① Chomsky, N. (1986). *Barriers*. MIT Press.
- ② Chomsky, N. (1995). *The Minimalist Program*. MIT Press.

- ③ Chomsky, N. (2008). On phases. In *Foundational issues in linguistic theory*, ed. R. Freidin et al, 133–166. MIT Press.
- ④ Chomsky, N. (2013). Problems of projection. To appear in *Lingua*.
- ⑤ Fukui, N. (2011). Merge and bare phrase structure. In *The Oxford handbook of linguistic minimalism*, ed. C. Boeckx, 73–95. Oxford University Press.
- ⑥ Kinno, R., Kawamura, M., Shioda, S., & Sakai, K. L. (2008). Neural correlates of noncanonical syntactic processing revealed by a picture-sentence matching task. *Human Brain Mapping* 29:1015–1027.
- ⑦ Narita, H., & Fukui, N. (2012). Merge and (a)symmetry. Paper presented at the Kyoto Conference on Biolinguistics, Kyoto University, March 12, 2012.
- ⑧ Ohta, S., Fukui, N. & Sakai, K. L. (2011). Specialization of the human language areas for the recursive computation of syntactic structures. *NLC2011 Abstr.* 128, E12.
- ⑨ Pallier, C., A.-D. Devauchelle, & S. Dehaene, (2011). Cortical representation of the constituent structure of sentences. *Proc Natl Acad Sci USA* 108: 2522–2527.
- ⑩ Sakai, K. L. (2005). Language acquisition and brain development. *Science* 310, 815–819.

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4件)

- ① Kato, T., M. Kuno, H. Narita, M. Zushi, and N. Fukui (2014). Generalized Search and Cyclic Derivation by Phase: A Preliminary Study. *Sophia Linguistica* 61: 203–222. (査読有)
- ② 成田広樹・飯島和樹・酒井邦嘉 (2014). 人間言語の基礎は複雑なのか? *BRAIN and NERVE*, 66(3): 276–279. (査読有)
- ③ Narita, H., T. Kato, and M. Zushi (2013). A Tangled Web of Biolinguistic Questions: Review of A. M. Di Sciullo and C. Boeckx, eds. (2011) *The Biolinguistic Enterprise: New Perspectives on the Evolution and Nature of the Human Language Faculty* (Oxford Studies in Biolinguistics), Oxford University Press. *English Linguistics* 30(2): 780–791. (査読有)
- ④ Samuels, B., and H. Narita (2013). Phasing Out Projection: Considerations from the Syntax-Phonology Interface. *Linguistic Analysis* 38(3-4): 357–391. (査読有)

[学会発表] (計17件。うち招待講演7件)

- ① S. Ohta, N. Fukui, M. Zushi, H. Narita, and K.

- L. Sakai (2016). Merge-Generability as a Crucial Concept in Syntax: An Experimental Study. Paper presented at the First International Symposium on the Physics of Language. Sophia University (Chiyoda-ku, Tokyo), March 4th, 2016.
- ② 成田広樹 (2016). 統辞構造の対称性と非対称性について. Some Issues on Minimalist Syntax (招待講演). 大阪大学 (大阪府豊中市). 2016年1月31日.
- ③ 成田広樹 (2016). 問いの科学としての生成文法研究. Some Issues on Minimalist Syntax (招待講演). 大阪大学 (大阪府豊中市). 2016年1月30日.
- ④ Narita, H. (2015). Conditions on Symmetry-breaking in Syntax. 日本英語学会第33回大会シンポジウム「Unconstrained Merge: Its Consequences and Challenges」(招待講演). 関西外語大学 (大阪府枚方市). 2015年11月21日.
- ⑤ 成田広樹 (2015). Aspects からみる統辞法の自律性: 併合理論からの再考. 慶應義塾大学言語学コロキウム (招待講演). 慶應義塾大学 (東京都港区). 2015年7月11日.
- ⑥ Kimura, H., and H. Narita (2015). Sluicing with Coordinated Remnants. Paper presented at the English Linguistic Society of Japan (ELSJ) 8th International Spring Forum 2015, Seikei University (Musashino, Tokyo), April 18th, 2015.
- ⑦ 成田広樹 (2014). Symmetric Syntax, Asymmetric Linearization. 日本英語学会第32回大会ワークショップ「ラベルについて」にて発表. 学習院大学 (東京都豊島区). 2014年11月8日.
- ⑧ 成田広樹 (2014). Case, Bare Phrase Structure, and the Lexicon of Japanese. 上智大学言語学会第29回大会シンポジウム「日本語から格理論を再考する」(招待講演). 上智大学 (東京都千代田区). 2014年7月19日.
- ⑨ Narita, Hiroki (2014). *{t, t}. Poster presented at the 32nd West-Coast Conference on Formal Linguistics (WCCFL 32) at University of Southern California (USA). March 9th, 2014.
- ⑩ Ohta, S., M. Iizawa, K. Iijima, T. Nakai, N. Fukui, M. Zushi, H. Narita, and K. L. Sakai (2014). An On-going Research: The Experimental Design. CREST ワークショップ. 東京大学 (東京都目黒区). 2014年3月7日.
- ⑪ Narita, H., M. Zushi, N. Fukui, S. Ohta, K. Iijima, M. Iizawa, T. Nakai, and K. L. Sakai (2014). An On-going Research: The Linguistic/Theoretical Background. CREST ワークショップ. 東京大学 (東京都目黒区). 2014年3月7日.
- ⑫ Narita, Hiroki (2014). On Exocentricity. 慶應義塾大学次世代研究プロジェクト B 言語学ワークショップ. 慶應義塾大学 (東京都港区). 2014年3月1日.
- ⑬ Narita, Hiroki, and Naoki Fukui (2013). On the Notions of Head and Symmetry in Syntax. 生物言語学・東京ワークショップ. 上智大学 (東京都千代田区). 2013年12月15日.
- ⑭ Kato, Takaomi, Masakazu Kuno, Hiroki Narita, Mihoko Zushi, and Naoki Fukui (2013). Generalized Search and the Phase Edge. 生物言語学・東京ワークショップ. 上智大学 (東京都千代田区). 2013年12月15日.
- ⑮ Narita, Hiroki (2013). Labeling, Chains, and Full Interpretation. 日本英語学会第31回大会ワークショップ「Simplest Merge and Label Identification by Minimal Search」福岡大学 (福岡県福岡市). 2013年11月9日.
- ⑯ Narita, Hiroki (2013). Free Merge, and What Else? 慶應言語学コロキウム. 慶應義塾大学 (東京都港区). 2013年10月6日.
- ⑰ 成田広樹 (2013). 心身二元論を超えて: デカルト・ニュートン・チョムスキー. 第87回かがみやま言語学コロキウム (招待講演). 広島大学 (広島県広島市). 2013年8月22日.

[図書] (計12件)

- ① Narita, Hiroki, and Naoki Fukui (forthcoming). *Symmetry-driven Syntax*. London/New York: Routledge. 頁数未定.
- ② Narita, Hiroki (forthcoming). *{XP, YP}, the Independence of the LCA and Antisymmetry, and the LCA-free Phase-based Account of the CED Effect. To appear in Balazs Suranyi, ed., *Minimalist Approaches to Syntactic Locality*. 頁総数未定.
- ③ ノーム・チョムスキー(著)・聞き手=ジェームズ・マッギルヴレイ/訳=成田広樹 (2016). 『チョムスキー 言語の科学—ことば・心・人間本性』(Chomsky, Noam, 2012. *The Science of Language: An Interview with James McGilvray*. Cambridge: Cambridge University Press. の翻訳). 岩波書店. 336頁.
- ④ Narita, Hiroki, and Naoki Fukui (2016). Feature-equilibria in Syntax. In *Advances in Bilingualism: The Human Language Faculty and Its Biological Basis*, ed. by Koji Fujita and Cedric Boeckx, pp.9–28 (/276 pages). London/New York: Routledge.
- ⑤ Kato, Takaomi, Hiroki Narita, Hironobu Kasai, Mihoko Zushi, and Naoki Fukui (2016). On the Primitive Operations of Syntax. In *Advances in Bilingualism: The Human Language Faculty and Its Biological Basis*, ed. by Koji Fujita and Cedric Boeckx, pp.29–45 (/276 pages). London/New York: Routledge.

- ⑥ Kimura, Hiroko, and Hiroki Narita (2016). Sluicing with Coordinated Remnants. Papers from the Thirty-Third Conference November 21-22, 2015, and from the Eighth International Spring Forum April 18-19, 2015, of The English Linguistic Society of Japan (JELS 33), pp.235-241 (/306 pages).
- ⑦ Narita, Hiroki (2015). *{t, t}. In Ulrike Steindl, Thomas Borer, Huilin Fang, Alfredo García Pardo, Peter Guekguezian, Brian Hsu, Charlie O'Hara, and Iris Chuoying Ouyang, eds., Proceedings of the 32nd West Coast Conference on Formal Linguistics (WCCFL 32), pp.286-295 (/351 pages).
- ⑧ Huang, C.-T. James, and Hiroki Narita (2015). Movement Theory and Constraints in Syntax. In James D. Wright et al., eds., International Encyclopedia of Social and Behavioral Sciences (2nd Edition), Vol. 16: 1-7 (/23185 pages). Oxford: Elsevier.
- ⑨ Narita, Hiroki (2014). *Endocentric Structuring of Projection-free Syntax*. Amsterdam: John Benjamins. 250 pages.
- ⑩ 成田広樹・福井直樹(2014). 「統辞構造の内心性と対称性について」. 藤田耕司・福井直樹・遊佐典昭・池内正幸(編)『言語の設計・発達・進化:生物言語学探究』. 開拓社. pp.37-65 (/328頁).
- ⑪ 加藤孝臣・久野正和・成田広樹・辻子美保子・福井直樹(2014). 「一般探索と相の端」. 藤田耕司・福井直樹・遊佐典昭・池内正幸(編)『言語の設計・発達・進化:生物言語学探究』. 開拓社. pp.97-119 (/328頁).
- ⑫ Fukui, Naoki, and Hiroki Narita (2014). Merge, Labeling, and Projection. In Andrew Carnie, Dan Siddiqi, and Yosuke Sato, eds., Routledge Handbook of Syntax. London: Routledge. pp.3-23 (/734 pages).

6. 研究組織

(1)研究代表者

成田 広樹 (NARITA, Hiroki)

日本大学・生産工学部・助教

研究者番号：60609767

(2)研究協力者

酒井 邦嘉 (SAKAI, Kuniyoshi L.)

東京大学・大学院総合文化研究科関連基礎

科学系・教授

研究者番号：10251216