様式Ｃ－１９

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２０日現在

機関番号：１４３０１
研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2010～2012
課題番号：２２５３０７９４
研究課題名（和文）　音韻的作動記憶を支える意味記憶とプロソディの相互作用

研究課題名（英文）　An interaction between semantic memory and prosody contributes to phonological working memory functioning

研究代表者
齊藤　智（SAITO SATORU）
京都大学・大学院教育学研究科・准教授
研究者番号：70253242

研究成果の概要（和文）：これまでの研究からは，音韻的作動記憶に対して，意味記憶が貢献することが知られていた。ただし，その貢献は，音素系列の保持についてのみ評価されたものであった。本研究においては，音素系列の保持に対して，意味記憶の実験変数が影響を与えることを確認しただけでなく，そうした変数が，アクセント一致効果というピッチアクセントの影響の仕方に対しても効力を持つことを示した。一方で，非単語再生の場合には，音素配列頻度という長期的知識の影響は，音素正答にもアクセント正答にも影響を与えたが，アクセント知識の変数は，アクセント正答のみに影響を与え，音素正答には影響を与えなかった。以上の結果に基づいて，アクセントの長期的知識は，主として意味記憶を介して音韻的作動記憶における音素系列保持に影響を与えると結論された。

研究成果の概要（英文）：It has been widely recognized that semantic memory contributes to verbal short-term memory performance, which is usually assessed in terms of the accuracy of segmental phonology in recall. Word recall experiments showed that recall accuracy in suprasegmental phonology (pitch accent in Japanese) was also affected by experimental manipulations of semantic variables and that the effect of semantics on short-term memory tasks was, in turn, influenced by manipulations of pitch accents. These results suggest a strong interaction between pitch accent and semantics in short-term memory. In contrast, pitch accent manipulation (i.e., accent typicality) and phoneme sequence manipulation (i.e., phonotactic frequency) showed a very limited interaction in Japanese nonword serial recall tasks. These data suggest that the retention of phoneme sequences in phonological working memory is influenced by knowledge about suprasegmental phonology when semantic memory can mediate a link between them.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
２０１０年度	1,500,000	450,000	1,950,000
２０１１年度	700,000	210,000	910,000
２０１２年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総　計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：社会科学
科研費の分科・細目：心理学、実験心理学
キーワード：記憶

１．研究開始当初の背景

作動記憶(working memory)とは，さま

ざまな認知・学習課題の遂行時に，一時的に情報を保持する機能・機構・システムをさす。特に，言語・音韻的情報を保持する音韻的作動記憶は，読解や計算課題といったオンラインの認知課題の遂行のみならず，言語の習得を根幹から支える音韻系列の長期的学習を可能にするシステムであり，本研究の中心的な研究ターゲットであった。

＜音韻的作動記憶と意味記憶＞

これまでの音韻的作動記憶に関する研究の多くは，音韻情報の保持がどのようにして言語の音韻システムによって実現されているのか (e.g., Saito & Baddeley, 2004)，そしてその音韻情報がどのような場面で利用されるのか (e.g., Saeki, Baddeley, Hitch & Saito, 2013)という問題の解決に終始していた。言い換えると，これまでの音韻的作動記憶に関する研究の多くは，音韻システムに閉じて進行してきた。一方で，言語の音韻的側面は，それが意味と結びついてはじめて機能するのであって，言語認知や言語産出など言語処理過程に関する研究においては，音韻部門と意味部門の関係は常に重要なテーマであった(e.g., Dell, 1986; Morita & Saito, 2007)。そのため，言語処理研究から派生してきた音韻的作動記憶に関するモデルには，意味記憶の関与を想定するものがある（e.g., Dell et al., 1997）。実際，これまでの神経心理学的および実験心理学的研究から，長期的な意味知識が，短期の音韻情報保持を支えているという証拠が蓄積されており，音韻情報の保持メカニズムに関する心理学的モデルに意味記憶の関与を明確に位置づける必要が生じてきていた。

その最も強力な証拠は、意味認知症(semantic dementia)の患者のから得られたデータであろう。意味認知症とは，脳の側頭葉前方部における萎縮によって意味知識が失われていく進行性の障害であり，言葉の意味の喪失により様々な臨床的症状を示す(Hodges et al., 1992)。言語処理の中でも音韻弁別課題などで査定される音韻処理に関してはまったく障害が見られないことから，意味認知症は，意味記憶の選択的障害の例であると考えられている。ところが，この意味認知症の患者が，口頭で提示された複数の単語（たとえば、mint と rug）を再生する際に音韻的な間違い（rint と mug）を頻繁に示すのである(Patterson et al., 1994)。この結果は，意味情報の喪失が，音韻情報の短期的保持に影響を与えることを示すとともに，翻って，我々が単語の音素系列（音の配列）を保持する際にその意味情報が重要な役割を担っていることを物語っている。

＜理論的枠組み＞

上述の例では，「ミント」という言葉の意味が，聴覚提示された/m/という音素を mint という単語に結びつけていると仮定される。このように意味情報が音素同士を束ねているという考えを意味バインディング仮説 (semantic binding hypothesis; Patterson et al., 1994)と呼ぶ。本研究では，健常成人を対象とした心理学実験によって，意味バインディング仮説を検討･精緻化する。この検討から音韻的作動記憶と意味記憶の関係を提案するが，このモデルには先行研究と大きく異なる観点がある。本研究では，単語のプロソディ(prosody; 抑揚やアクセント等)が意味記憶と相互作用し，その相互作用過程が音韻系列の保持を支えることになると想定している。この仮説には，次に記すように，実証的な根拠がある。

(a) 言語情報とは一見関係のないリズム・パターンの保持が音韻的作動記憶によって支えられている（Saito, 2001; Saito & Ishio, 1998）。

(b) 音韻的作動記憶には，音素情報だけでなく言語のプロソディが保持されており，そのプロソディは，短期の系列情報保持を促進する（Saito, 1998）。

(c) 言語の系列情報を一時的に保持するためには，音韻的作動記憶システム内にタイミング制御機構が必要であり，この機構がリズム・パターンの記憶やプロソディの時間的構造の保持を支えている（Saito, 1994; Saito et al., 2007）。

このように，音韻的作動記憶とプロソディが密接な関係にあることがすでに示されているが，日本人幼児を対象とした研究(湯澤，2002)から，単語のアクセントパターンなどのプロソディはその語の意味と不可分な関係にあり，プロソディと意味記憶の相互作用が音韻的作動記憶を支えている可能性が示されている。この実験では，複数の２モーラ単語から成るリストを聴覚的に提示し，直後に口頭での系列再生を求め，参加した幼児の記憶範囲を測定した。２種類のリストが用意された。単語に対して正しいアクセントパターンを付与したアクセント一致条件と，異なるアクセントパターンを付与したアクセント不一致条件であった。アクセント一致条件の方がアクセント不一致条件よりも記憶範囲が大きいことが示されたが，このアクセント一致効果は３･４歳児でのみ見られ，５･６歳児においては見られなかった。

年長の幼児（５−６歳児）は，年少の幼児（３−４歳児）と比べ，頑健な意味的表象を保有していると考えられ，アクセントパターンの変化に対して耐性があるが，年少幼児の場合には，単語の意味を活性化するためには，正しいアクセントパターンでのアクセスが必要となり，アクセント不一

致のリストでは意味的情報による支援が乏しかったと解釈できる。ただし，年長児と年少児は，意味的表象の頑健性のみでなく，短期の音韻表象の頑健性も異なると考えられる。年少児では，頑健な音韻表象を形成するためにはアクセント情報による支えが必要であった可能性もある。

２．研究の目的

以上の先行研究をふまえ，本研究では次のような作業仮説を設定した。「音韻系列に付随するプロソディが，意味記憶と相互作用し，音素系列の保持を支えている。」この仮説を検討することで，音韻的作動記憶に貢献する意味記憶とプロソディの関係を明らかにすることを目的とした。

３．研究の方法

本研究では，成人を実験協力者とし，まず，単語（words)を用いた系列再生課題を実施した。単語の出現頻度を操作し，アクセント一致効果を検討した実験の結果を報告する。日常的に出現頻度の高い単語は，低い単語よりも意味的に頑健な長期的表象を備えていると考えられ，アクセントパターンの変化に対して耐性があるが，出現頻度の低い単語の意味が利用可能になるためには，正しいアクセントパターンでのアクセスが必要となり，アクセント不一致のリストでは意味的情報による支援が乏しくなると考えられる。その結果，アクセント一致効果は出現頻度の低い単語で顕著で，出現頻度の高い単語ではそれほど大きくはないと予想される。

ただし，出現頻度は確かに単語の意味的側面を反映していると考えられるが（Walker & Hulme, 1999)，出現頻度の異なる単語は，意味的側面だけでなく，音韻レベルの表象の強度でも異なる可能性がある（Hoffman et al., 2009)。そこで，続く実験では，より直接的に単語の意味的側面を操作する変数として単語の心像性（imageability)を操作し，そのアクセント一致効果への影響を検討した。

さらに，意味の関与しない事態での音素系列とアクセント情報の関連を検討するために，非単語（nonwords）を用いた系列再生実験を実施した。この実験においても，音素配列頻度（phonotactic frequency)とアクセント典型性（accent typicality)を操作した。前者は音素の配列についての知識を反映し，後者はアクセントパターンについての長期的知識を反映すると考えられる（Ueno et al., under review)。日本語の３モーラの単語では，アクセントは平板型（flat)が最も数が多く，それに続いて第一モーラに高い音が付されるtype 1アクセントが多い。これに対して，第二モーラにアクセントが付されるtype 2は数が少ないということが知られている。そこで，今回の研究で用いられる３モーラの項目場合，flatのアクセントを典型的，type 2アクセントを非典型的，type 1をその中間的な典型性を持つものとして扱う。

４．研究成果

(1) 単語の系列再生実験：単語の出現頻度効果とアクセント一致効果 （Ueno et al., under review)

実験参加者:大学生 36 名
実験デザイン:被験者間２要因
- 単語の出現頻度（2: High vs. Low)
- アクセント（2: congruent vs. incongruent)

課題：１リスト５単語の系列再生課題。単語はすべて３モーラ構造をしていた。聴覚提示，口頭再生。４つの条件に各２０試行，計８０試行。

結果：音素系列の正再生率において，出現頻度とアクセント条件に交互作用が見られた。アクセント一致効果は，高頻度単語よりも低頻度単語において大きかった（図１)。

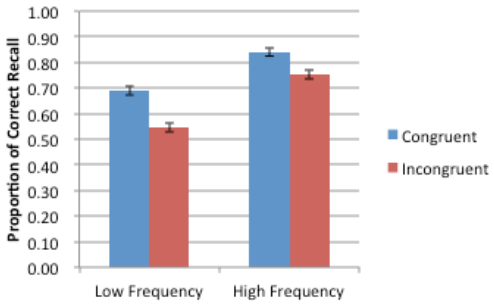

図１ 条件ごとの正再生率(エラーバーはSE)

(2) 単語の系列再生実験：単語の心像性効果とアクセント一致効果（Ueno et al., under review)

実験参加者:大学生 64 名
実験デザイン:被験者間２要因
- 単語の心像性（2: High vs. Low)
- アクセント（2: congruent vs. incongruent)

課題：１リスト５単語の系列再生課題。聴覚提示，口頭再生。４つの条件に各１２試行，計４８試行。

結果：音素系列の正再生率において，心像性とアクセント条件に交互作用が見られた。アクセント一致効果は，高心像性単語よりも低心像性単語において大きかった（図２)。

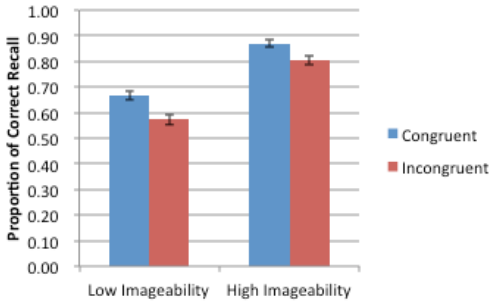

図２ 条件ごとの正再生率(エラーバーは SE)

また，音素系列が正答した項目について，再生されたアクセントパターンが日常で用いられるものと同じである場合に正答とする指標を用いると（congruent では提示されたアクセント，incongruent では提示されたものとは異なるアクセントとなる），incongruent 条件では，心像性が低いもので正答率が高くなった（図３）。

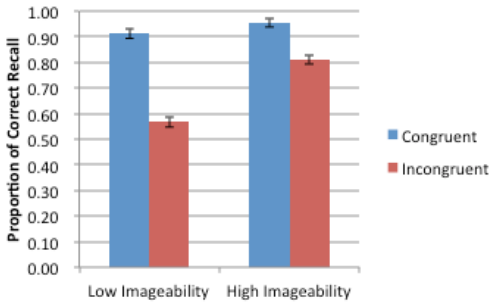

図３ 音素系列が正答した項目の各条件におけるアクセント正答率（エラーバーは SE)

(3) 非単語の系列再生実験：音素配列頻度効果とアクセント典型性効果 (Tanida et al., 2011)

実験参加者:大学生 24 名
実験デザイン:被験者間２要因
- 音素配列頻度（2: High vs. Low)
- アクセントタイプ (3: flat, type1, type2)

課題：１リスト４項目の非単語系列再生課題。聴覚提示，口頭再生。各音素配列頻度条件に３６リスト。計７２リスト。各リスト内に３つのアクセントタイプのすべてが含まれていた。実験参加者は，音素系列だけでなく，アクセントも正確に再生することを求められた。

結果：音素系列の正答率では，すべてのアクセントタイプにおいて音素配列頻度効果が見られたが，アクセントタイプの効果は示されなかった（図４）。一方，アセント正答率で再生成績を評価した場合，アクセント典型性の効果が得られ，また，音素配列頻度の効果も有意であった（図５）。

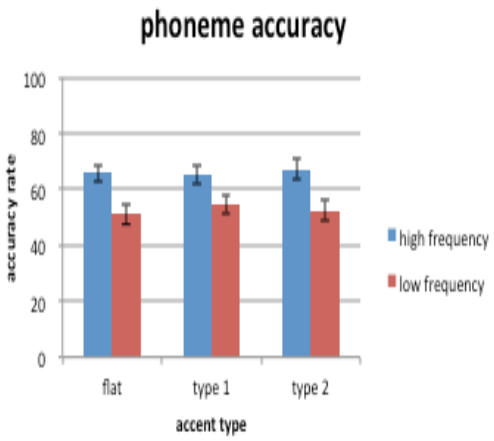

図４ 音素系列の正答率(エラーバーは SE)

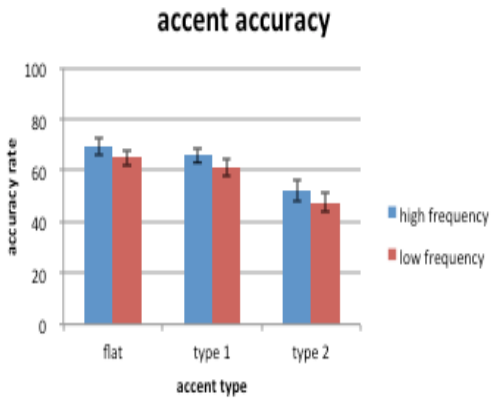

図５ アクセント正答率(エラーバーは SE)

(4) まとめ

これまでの研究からは，音韻的作動記憶に対して，意味記憶の働きが貢献することが知られていた。ただし，その貢献は，音素系列の保持についてのみ評価されたものであった。本研究においても，音素系列の保持に対して，単語の出現頻度のみでなく，心像性という意味記憶の変数が影響を与えることが確認された。本研究では，さらに，出現頻度と心像性がアクセント一致効果というピッチアクセントの影響の仕方に対しても効力を持つことを示した。また，アクセント不一致条件の単語の多くが，日常的に用いられるアクセントパターンへと修正されて再生されることが示され，この効果は，特に心像性の低い単語で顕著であった(音素正答項目の約 80%)。

一方で，非単語再生の場合には，音素配列頻度の影響は，音素正答にもアクセント正答にも影響を与えたが，アクセント典型性は，アクセント正答のみに影響を与え，音素正答には影響を与えなかった。つまり，非単語の系列再生においては，アクセントと音素の相互作用は一方的であり限定さ

れたものであった。
　以上の結果から，音韻的作動記憶における音素系列の保持は，アクセントの保持に影響を与えること，また，アクセントの長期的知識は，音素系列の保持には直接的には影響を与えないということが明らかとなった。このことから，アクセントの長期的知識は，意味記憶を介して音韻的作動記憶における音素系列保持に影響を与えるという心理学モデルが提案できる。

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３件）

(1) Sakuma, Y., & Saito, S. (2012). The positive influence of English-language activities on English digit-span performance among Japanese elementary school children: A three-year cross-sequential study. *Psychologia, 55*, 257-268.（査読有）
(2) Yuzawa, M., Saito, S., Gathercole, S. E., Yuzawa, M., & Sekiguchi, M. (2011). The effects of prosodic features on nonword repetition performance among young Japanese children. *Japanese Psychological Research, 53 (1)*, 53-64. DOI: 10.1111/j.1468-5884.2010.00448.x（査読有）
(3) 齊藤　智 (2011). 言語のワーキングメモリー　*ことばの科学研究, 12*, 3-7.（査読無）

〔学会発表〕（計８件）

(1) Tanida, Y., Ueno, T., Lambon Ralph, M. A., & Saito, S. (2012). The interaction between phonotactic frequency and pitch-accent typicality in verbal short-term memory: Exploration with a Japanese nonword repetition task. Poster presented at the Experimental Psychology Society, University of Bristol, Bristol, U.K., July 4-5, 2012.
(2) Saito, S., Ueno, T., Saito, A., Tanida, Y., & Lambon Ralph, M. A. (2011). The role of long-term knowledge in verbal short-term memory: When word-pitch accent and semantics work together. The 5th International Conference on Memory, University of York, York, UK, Abstract p. 42, August 1, 2011. (Symposium on the role of language and semantics in working memory)
(3) Tanida, U., Ueno, T., Saito, S., & Lambon Ralph, M. A. (2011). An interaction between phoneme and accent in serial order recall of Japanese nonwords. Poster presented at the 9th Tsukuba International Conference on Memory, Gakushuin University, Tokyo, Japan, Abstracts p. 40, March 7, 2011.
(4) Saito, S. (2010). The role of long-term knowledge in verbal short-term memory: When word-pitch accent and semantics work together. Psychology Seminar, University of St Andrews, UK, November 12, 2010.（招待講演）
(5) Saito, S. (2010). The interplay between pitch accent and semantic knowledge in verbal short-term memory: An examination through Japanese words and nonwords. Psychology Colloquia, University of Edinburgh, UK, November 9, 2010.（招待講演）
(6) Tanida, Y., Ueno, T., Saito, S., & Lambon Ralph, MA. (2010). Effects of accent typicality and phonotactic frequency on nonword immediate serial recall performance in Japanese. Poster presented at INTERSPEECH2010, Makuhari, Japan, September 26-30, 2010, Proceedings, Pp.1565-1967.
(7) 齊藤　智 (2010). 言語のワーキングメモリ　ことばの科学会第２回年次大会 関西学院大学梅田キャンパス, 招待講演, 2010 年 10 月 9 日.
(8) 齊藤　智 (2010). アクション・コントロールと作動記憶と意味記憶. 日本心理学会第 74 回大会, 大阪大学,　国際賞受賞講演, 2010 年 9 月 20 日.

６．研究組織
(1)研究代表者

齊藤　智（SAITO SATORU）
京都大学・大学院教育学研究科・准教授
研究者番号：70253242