

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25380980

研究課題名(和文) タイミング制御が支える音韻的作動記憶と長期音韻知識の相互作用

研究課題名(英文) A timing-based interaction between phonological working memory and long-term phonological knowledge

研究代表者

齊藤 智 (SAITO, SATORU)

京都大学・教育学研究科・教授

研究者番号：70253242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：音韻的作動記憶における音韻系列の保持メカニズムと長期音韻知識の相互作用を、タイミング制御を軸に検討した。記録すべき非単語に含まれるバイモーラ頻度と各モーラの提示タイミングを操作した直後系列再生実験によって、音韻的作動記憶における長期音韻知識の運用には、提示タイミングが重要であることを示した。非単語を用いたヘップ反復の操作に加え、リスト内の各系列位置における非単語の生起頻度を長期間の学習中に操作し、系列再生へのその影響を検討した。その結果、ヘップ反復学習とは別に位置生起頻度の効果が現れてくることが示された。音韻系列の長期学習と保持メカニズムが複合的かつ多層的であることを示した。

研究成果の概要(英文)：It is well established that long-term phonological knowledge contributes to short-term retention of verbal sequences. The present project examined how temporal factors influence usage of long-term phonotactic knowledge. First, we compared recall performance for two types of nonword lists, consisting of a mixture of high- and low- frequency bi-morae sharing the same bi-mora frequency. In one type of list, temporal gaps were inserted at low-frequency bi-mora positions. In another type, temporal gaps were inserted at high-frequency bi-mora positions where we expected a disconnection of the two morae, which otherwise possessed a strong association. The latter manipulation reduced the effect of bi-mora frequency on recall performance. Second, experiments manipulated position-specific and position-free bi-mora frequency. The results indicated the presence of two types of long-term phonotactic knowledge implementation, one being more and the other being less sensitive to temporal structure.

研究分野：認知心理学

キーワード：記憶 作動記憶 音韻的作動記憶 長期音韻知識 タイミング制御

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ると考えられており、記憶研究の中心的なテーマであった。

これまでの音韻的作動記憶に関する研究は、大きく2種類に分類できる。第一に、音韻情報の保持がどのようにして実現されているのかを検討する、メカニズムに関する研究、第二に、その音韻情報がどのような場面でどのように利用されるのかを検討する、機能に関する研究である。前者は主として、音韻的作動記憶と言語処理過程に共通するメカニズムを探ることで研究が進展してきた。特に、言語の音韻部門の中心的な問題である音韻系列の保持についての研究は、音韻的作動記憶と言語産出過程における音韻系列処理の共通性を強調し、そのメカニズムの解明を進めてきた。

音韻系列情報の保持について、現在、多くの音韻的作動記憶のモデルは、次の仮定を採用している：音韻系列は語音の連鎖によって保持されるのではなく、各語音が時間文脈と結びつくことによって保持される。例えば、「5,3,9,6」という数字系列を聴覚的に提示され、これを保持する時、この4つの数字の順序は、図1のように、5と3の連結、3と9の連結、というように連鎖的な結合によって保持されるのではない。5はT1 (Time 1の略)、3はT2、9はT3、6はT4という時間文脈と結びつくことによってこの数字系列が保持されると考えられている(図2参照)。

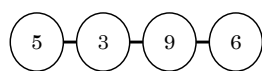


図1 連鎖モデル

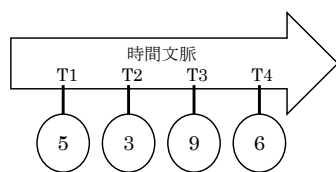


図2 タイミング制御モデル

2. 研究の目的

本研究の問題意識は、時間文脈に依存した音韻系列の保持メカニズムが、長期音韻知識に蓄えられた音韻系列の表現様式にも適用できるのかどうかということから出発している。これは、系列順序というダイナミックな情報が、どのようにして長期記憶に貯蔵

されるのかという問題と関わっている。音韻的作動記憶と長期音韻知識は相互依存関係にあることはすでに知られており、それぞれの音韻系列の表現メカニズムが類似している可能性は高い。また、長期音韻知識の形成過程には、音韻的作動記憶の働きが重要であることを示す研究も多くある。

先行研究と申請者のこれまでの研究成果から、次のような作業仮説を設定した。仮説：音韻的作動記憶と長期音韻知識の相互作用はタイミング制御に支えられている。本研究は、この仮説を検討することで、長期音韻知識における音韻系列の表現メカニズムを検討し、“音韻的作動記憶と長期音韻知識の相互作用”の理解に寄与することを目的とした。

3. 研究の方法

2つの研究パラダイムを用いた。

(1) 直後系列再生課題におけるバイモーラ頻度効果を通じて、音韻的作動記憶における長期音韻知識とタイミング制御の役割を検討した。

(2) 直後系列再生課題におけるヘップ反復効果を利用して長期音韻知識の形成過程における音韻的作動記憶とタイミング制御の役割を検討した。

4. 研究成果

(1) 直後系列再生課題におけるバイモーラ頻度効果

バイモーラ頻度は、一般には、単語内の位置関係なく当該モーラの出現頻度としてカウントされる。例えば、「たりばん」、「あたりめ」、「かまたり」という3つの4モーラ単語には、すべて「たり」というバイモーラが含まれており、これらはいずれも「たり」のバイモーラ頻度のカウントされる。こうしたバイモーラ頻度が非単語の系列再生の成績に影響を与えることを確認した(雑誌論文⑦⑧、図3)。

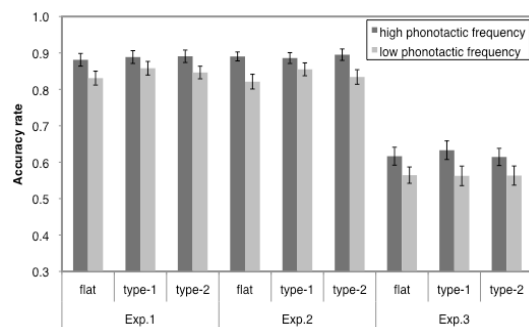


図3 直後系列再生の成績：high phonotactic frequencyのバーは、高頻度バイモーラを含んだ非単語の再生成績、low phonotactic frequencyのバーは、低頻度バイモーラを含んだ非単語の再成績(雑誌論文⑦Figure 1)

あるバイモータは、単語内のある特定の位置に出現しやすく、その他の位置では出現頻度が低いことがある。この事実は、語音が時間文脈と結びついて音韻系列が保持されるとする、タイミング制御モデルに基づく1つの予測を導く。すなわち、「長期音韻知識として蓄えられる音韻系列は、単なる語音の連鎖によるのではなく、それぞれの語音は単語内の特定の位置と結びついており、バイモータ頻度の効果も、その位置情報を反映するであろう」という予測である。各モータの単語内位置での頻度が系列再生の成績に影響を与えることを示し、この仮説を部分的に支持した(雑誌論文③)。

また、バイモータ頻度の効果が、時間的構造に依存するのであれば、2つのモータの間に時間的なポーズを挿入して提示した場合には、バイモータとしての時間的構造が崩れるため、バイモータの頻度の影響は消失するものと予想される。このことも系列再生実験によって確認された(学会発表③)。

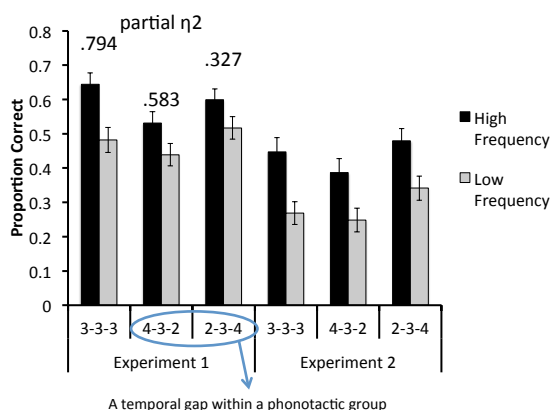


図4 右側には時間的ポーズを挿入しない Experiment 2における頻度効果が示されている。図左側(Experiment 1), 4-3-2条件および2-3-4条件においては、高頻度バイモータの間にポーズが挿入されている。高頻度バイモータの間へのポーズの挿入が頻度効果(低頻度との差)に影響を与えている(学会発表③)

(2) 直後系列再生課題におけるヘップ反復効果

ヘップ反復効果(Hebb repetition effect)とは、直後系列再生の実験中に、同一リストが他のリストを間に挟みながら繰り返し提示されると、その反復されたリストの系列再生の成績が向上するという現象である。この効果は、我々の長期音韻学習の基盤となるものと考えられている。この反復効果は、「5, 3, 9, 6」が1まとまりのグループとして提示されるときのみに見られる。

「5, 3---9, 6」や「5---3, 9, 6」(---は時間的なポーズを意味する)というように毎回異なるリズムで提示すると、反復提示による成績の向上は見られなくなる(Hitch et al., 2009)。この事実は、長期音韻知識の形成過

程にタイミング制御が重要な役割を担っている可能性を示すとともに、タイミング制御モデルが長期の学習においても適用されるということも示唆している。

一方で、奇数位置のみ、あるいは偶数位置のみに同じ項目を反復して提示した場合には、タイミング制御モデルからの予測に反し、反復による成績の向上は見られないことが知られている。位置ごとに時間文脈との連合が学習されていくのであれば、リスト全体でなくその一部であっても同じ位置で反復することで成績の向上がみられるはずである。また、そのような学習は自然言語においては確認されている(雑誌論文③)。

本研究では、ヘップ反復効果を、通常の反復回数(4回)で再現するとともに(図5)、位置ごとの反復学習が40回を越える反復においては確認されることを示した(図6)。

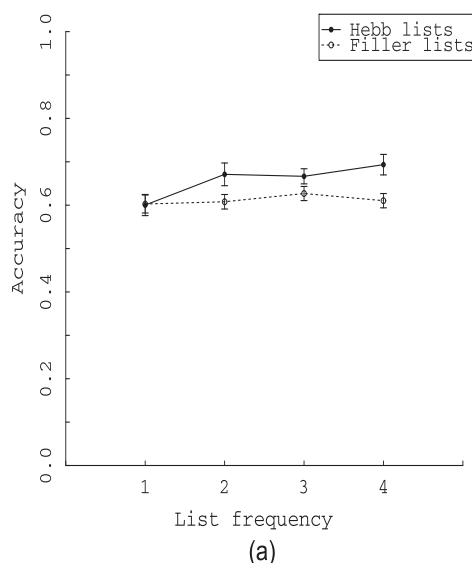


図5 ヘップ反復効果の再現: リストの反復回数(list frequency)の増加とともに、Hebb listsの再生成績が上昇する。毎回異なるリストが提示される Filler lists ではそのような上昇は見られない(雑誌論文⑪)

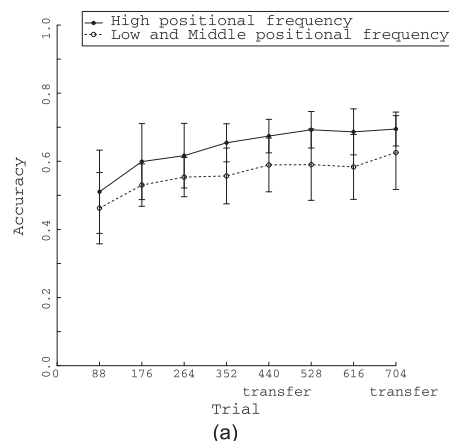


図6 ある特定の項目がある特定の位置に高頻度で提示されるリスト(High positional frequency)においても成績が向上することが示された(雑誌論文⑪)

以上の結果からは、反復には2種類の学習メカニズムが作用している可能性が指摘できる。第一に、通常のヘップ反復効果においてみられるような、比較的少ない反復でもみられる学習である。これは、リスト全体の学習を支えるもので、新しい語彙の語形態そのものの学習を支えるメカニズムに基づいていると考えられる。第二のメカニズムは、タイミング制御に基づいた位置ごとの学習である。この学習は緩やかであり、多くの反復必要とする統計学習の一種であると考えられ、効率的でスムーズな言語使用を支えているものと考えられる。

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 11 件)

① Nakayama, M., & Saito, S. (2014). Within-word serial order control: Adjacent mora exchange and serial position effects in repeated single-word production. *Cognition*, 131, 415-430. [査読有]

② Saito, S. (2014). Working memory and education: Recent advances in cognitive psychology. *The Annual Report of Educational Psychology in Japan*, 53, 120-132. [査読有]

③ Nakayama, M., Tanida, Y., & Saito, S. (2015). Long-term phonological knowledge supports serial ordering in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40, 1570-1578. [査読有]

④ 中山真孝・齊藤 智 (2015). どうか名前で判断しないでください—名前の印象判断に項目内音韻類似性と音素配列頻度が与える影響— *認知科学*, 22, 456-462. [査読有]

⑤ 中山真孝・齊藤 智 (2015). 言い間違い誘導法を用いた音韻計画過程の検討 *心理学研究*, 86, 249-257. [査読有]

⑥ Soemer, A., & Saito, S. (2015). Maintenance of auditory-nonverbal materials in working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 1777-1783. [査読有]

⑦ Tanida, Y., Ueno, T., Lambon Ralph, M. A., & Saito, S. (2015). The roles of long-term phonotactic and lexical prosodic knowledge in phonological

short-term memory. *Memory & Cognition*, 43, 500-519. [査読有]

⑧ Tanida, Y., Ueno, T., Lambon Ralph, M. A., & Saito, S. (2015). The influence of accent pattern typicality on immediate and delayed nonword repetition. *Psychologia*, 58, 145-154. [査読有]

⑨ Logie, R. H., Saito, S., Morita, A., Varma, S., & Norris, D. (2016). Recalling visual serial order for verbal sequences. *Memory & Cognition*, 44 (4), 590-607. [査読有]

⑩ Soemer, A., & Saito, S. (2016). Domain-specific processing in short-term serial order memory. *Journal of Memory and Language*, 88, 1-17. [査読有]

⑪ Nakayama, M., & Saito, S. (2017). Position-element frequency learning is dissociable from Hebb repetition learning. *Journal of Memory and Language*, 94, 235-253. [査読有]
<http://doi.org/10.1016/j.jml.2016.11.007>

[学会発表] (計 14 件)

① Nakayama, M., Ishibashi, Y., Masuda, M., Nozaki, Y., Tomonaga, A., Tanida, Y., & Saito, S. (2013). *Are bi-mora frequency effects position-specific? Accumulation and implementation of long-term phonological knowledge for serial ordering.* Poster presented at the 18th Meeting of the European Society for Cognitive Psychology, Budapest, Hungary. (August 29 - September 1, 2013)

② Nakayama, M., Ishibashi, Y., Masuda, M., Nozaki, Y., Tomonaga, A., Tanida, Y., & Saito, S. (2014). *Backward association effects of long-term phonological knowledge in immediate serial recall.* Poster presented at the meeting of the Experimental Psychology Society, University College London, London, U.K., Abstract p.51, January 9-10, 2014. (January 9)

③ Saito, S. (with Tanida, Y., & Nakayama, M.) (2014). *The role of temporal factors and long-term phonotactic knowledge in verbal short-term memory.* International Conference on Working Memory, University Arms Hotel, Cambridge, U.K., 9th - 11th July 2014. (招待講演)

④ Saito, S. (2015). *Phonological working memory, speech production, and serial order control*. Invited talk at Department of Psychology, Korea University, Seoul, Korea, May 11, 2015. (招待講演)

⑤ Saito, S. (2015). *Phonological working memory in the language system*. Invited talk at Department of Psychology, Yeungnam University, Gyeongsan, Korea, May 13, 2015. (招待講演)

⑥ Nakayama, M., & Saito, S. (2016). *Position-element frequency effects in the Hebb repetition paradigm*. Poster presented at the meeting of the 31st International Congress of Psychology, Yokohama, Japan, July 24-29, 2016. (July 27) (PS27A-05-212)

⑦ Saito, S., & Nakayama, M. (2016). *Accumulation of knowledge in the Hebb repetition paradigm affects immediate serial recall: Implications for the development of verbal working memory*. Paper presented at the 31st International Congress of Psychology, Yokohama, Japan, July 24-29, 2016. (July 27)

⑧ Saito, S. (2016). *Verbal working memory, long-term knowledge, and the Hebb repetition learning*. Psychology Seminar, Lancaster University, UK, September 21, 2016. (招待講演)

⑨ Logie, R. H., Saito, S., Morita, A., Varma, S., & Norris, D. (2016). *Recalling visual serial order for verbal sequences*. Paper presented at the International Meeting of Psychonomic Society, Granada, Spain, Abstract p. 46, May 5-8, 2016. (May 7)

⑩ Soemer, A., & Saito, S. (2016). *Domain-specific interference in serial order memory*. Paper presented at the International Meeting of Psychonomic Society, Granada, Spain, Abstract p. 46, May 5-8, 2016. (May 7)

⑪ 齊藤 智 (2016). ワーキングメモリの領域固有性と学習経験 東北英語教育学会 第35回福島研究大会 コラッセ福島 (福島市) 2016年6月26日 (招待講演)

⑫ Saito, S. (2016). *Verbal working memory and language environment*. International symposium "Social cognitive biology on representation of environment", Kyoto University, Kyoto, Japan, July 31, 2016.

(招待講演)

⑬ 齊藤 智 (2016). ワーキングメモリ研究の理論的展開と応用可能性 日本自閉症スペクトラム学会 第15回研究大会 教育講演 白百合女子大学 (調布市) 2016年8月28日 (招待講演)

⑭ 齊藤 智 (2017). ワーキングメモリのトレーニング研究から何を学ぶのか 日本発達心理学会第28回大会 シンポジウム「ワーキングメモリ理論から発達障害へのアプローチの進展」, JMS アステールプラザ (広島市), 2017年3月27日 (招待講演)

[図書] (計 4 件)

① 齊藤 智・三宅 晶 (2014). ワーキングメモリ理論とその教育的応用 湯澤正通・湯澤美紀 (編著) ワーキングメモリと教育 第1章 北大路書房 pp. 3-25.

② 齊藤 智・三宅 晶 (2014). 実行機能の概念と最近の研究動向 湯澤正通・湯澤美紀 (編著) ワーキングメモリと教育 第2章 北大路書房 pp. 27-45.

③ 齊藤 智 (2016). ワーキングメモリと学習活動 佐久間康之・太田信夫 (編著) 英語教育学と認知心理学のクロスポイント 第I部・第4章 北大路書房 pp. 56-69.

④ 齊藤 智 (2016). 記憶と実行機能 子安増生・楠見 孝・齊藤 智・野村理朗 (編著) 教育認知心理学の展望 第10章 ナカニシヤ出版 pp. 141-156.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

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・教授

研究者番号: 70253242