

言い間違い誘導法を用いた音韻計画過程の検討^{1, 2}

中山 真孝³ 齊藤 智 京都大学

Investigating phonological planning processes in speech production
through a speech-error induction technique

Masataka Nakayama and Satoru Saito (Kyoto University)

The present study investigated principles of phonological planning, a common serial ordering mechanism for speech production and phonological short-term memory. Nakayama and Saito (2014) have investigated the principles by using a speech-error induction technique, in which participants were exposed to an auditory distractor word immediately before an utterance of a target word. They demonstrated within-word adjacent mora exchanges and serial position effects on error rates. These findings support, respectively, the temporal distance and the edge principles at a within-word level. As this previous study induced errors using word distractors created by exchanging adjacent morae in the target words, it is possible that the speech errors are expressions of lexical intrusions reflecting interactive activation of phonological and lexical/semantic representations. To eliminate this possibility, the present study used nonword distractors that had no lexical or semantic representations. This approach successfully replicated the error patterns identified in the abovementioned study, further confirming that the temporal distance and edge principles are organizing precepts in phonological planning.

Key words: speech error, within-word exchange, serial position effect, speech production, phonological short-term memory.

The Japanese Journal of Psychology

2015, Vol. 86, No. 3, pp. 249–257

J-STAGE Advanced published date: May 28, 2015, doi.org/10.4992/jjpsy.86.14029

人間が言語を操る上で、系列順序情報処理能力は重要な役割を果たす (Lashley, 1951)。順序を扱うことにより、限られた言語音のレパートリーで無限に近い概念を表現することが可能となる。例えば、“たまつき”と“たつまき”は異なる概念であるが、同じ組み合わせの音を異なる順序で用いることで表現される。

この系列順序情報処理メカニズムは大きく2つの分野で研究されてきた。言語産出 (speech production:

Fromkin, 1971; Garrett, 1975) と音韻性短期記憶 (phonological short-term memory: Henson, Norris, Page, & Baddeley, 1996; Jefferies, Frankish, & Lambon Ralph, 2006) である。これらの分野での行動実験・調査による研究に加えて計算モデルの構築が系列順序情報処理メカニズムの理解に大きく貢献してきた (Botvinick & Plaut, 2006; Brown, Preece, & Hulme, 2000; Burgess & Hitch, 1999; Dell, Burger, & Svec, 1997; Dell, Juliano, & Govindjee, 1993; Elman, 1990; Gupta & Tisdale, 2009; Henson, 1998; Houghton, 1990; 牧岡, 2003; Page & Norris, 1998; Plaut & Kello, 1999; Vousden, Brown, & Harley, 2000)。計算モデルの構築は、言語産出と音韻性短期記憶の系列順序情報処理メカニズムの共通性を明らかにし、また行動実験によってそれが確かめられてきた (Acheson & MacDonald, 2009; Ellis, 1980; Gupta, Lipinski, Abbs, & Lin, 2005; Page, Madge, Cumming, & Norris, 2007)。この共通メカニズムとして想定されるのが音韻計画過程 (phonological planning process) である (Nakayama & Saito, 2014; Saito & Baddeley, 2004)。言語産出過程は、

Correspondence concerning this article should be sent to: Masataka Nakayama, Graduate School of Education, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan (e-mail: nakayama.masataka.36x@st.kyoto-u.ac.jp or masataka.nakayama.mn@gmail.com)

¹ 本研究のデータの一部は the 34th Annual Conference of the Cognitive Science Society および基礎心理学会第 31 回大会にて発表した。

² 本研究は JSPS 科研費 11J07208, 22530794, 25380980 の補助を受けた。

³ データ収集にご協力いただいた倉屋 香里氏に感謝いたします。

意味表象を、産出すべきすべての言語音とその順序を同時に保持する音韻計画表象へと変換し、その計画に従って順に音を産出する。音韻性短期記憶過程は、順に入力される聴覚・音韻情報を、すべての言語音とその順序を含んだ音韻計画表象として一時的に保持し、計画に従って言語音を順に再産出する。つまり、入力様式は異なるものの、言語産出と音韻性短期記憶は、言語音と順序を含む音韻計画を表象し、それによって音韻情報を順に出力する音韻計画過程を共有している。

Saito & Baddeley (2004) は、日本語の言葉遊びから着想した言い間違い誘導法を用いて、言語産出過程を実験的に検討した。Saito & Baddeley (2004) は標的語(例: しずおか)を繰り返し複数回発語することを実験参加者に求めた。ある発語の直前に、音韻的に類似した妨害刺激(例: しおづけ)が聴覚的に呈示され、音韻的な言い間違い(例: しおづか)が誘導された。この方法は、音韻計画過程に対し、(通常は音韻性短期記憶で用いられる)聴覚からの経路により干渉することで言い間違いを誘導していると考えられている。産出された言い間違いの数の個人差は音韻性短期記憶容量の個人差と相関し、これら言い間違いは言語産出と音韻性短期記憶が共有する音韻計画過程の働きを反映していると結論された。

Nakayama & Saito (2014) は、この言い間違い誘導法を用いて、音韻計画における、配列の単位(例えば、文中の単語、記憶リストの項目等)を問わない普遍原理として、時間的距離原理(temporal distance principle)と端性原理(edge principle)が同一語内でのモーラの配列においても働いていることを示した。時間的距離原理とは、時間的に近い位置で産出されるべき音または情報は音韻計画表象内で類似する形で表象されるというものである。これまでの行動実験・調査からは、言語産出と記憶のエラーのいずれにおいても、隣接するなど産出されるべき位置が近い音ほど、交換エラー(late night が nate light に: Vousden et al., 2000; HKMQRY が HKMRQY に: Henson et al., 1996)が起りやすいことが示されている。こうした現象は時間的距離原理の傍証であると考えられており、このような行動データを元に、計算モデルにおいても時間的距離原理は実装されてきた。時間・文脈表象によって直接的に距離の類似性を実装する(Brown et al., 2000; Burgess & Hitch, 1999; Henson, 1998; Vousden et al., 2000)、活性化拡散など活性化値の勾配によって順序を表象することで時間的に近い音が似た活性化値をとる(Dell et al., 1997; Dell, 1986; Page & Norris, 1998)、複数ノードの活性パターン(分散表象)を用いて時間的な類似性を表象する(Botvinick & Plaut, 2006; Gupta & Tisdale, 2009; Plaut & Kello, 1999)、など実装の詳細は異なるが、ほとんどすべての計算モデルが時間的距離原理を実装している。この時間的距

離原理は同一語内で音素を配列する場合でも働くと考えられるが、単語間の距離に従ったエラー(late night が nate light になるなど、隣接語間の交換)や記憶リスト内でのエラー(HKMQRY が HKMRQY になるなど、隣接項目の交換)は確認されているものの、時間的に近いはずの同一語内での隣接音素の交換(“たまつき”が“たつまき”に)は実験的には確認されてこなかった。ただし、自然におこる言い間違いでは報告されている(寺尾, 2002)。これに対して Nakayama & Saito (2014) は、Saito & Baddeley (2004) の言い間違い誘導法で隣接モーラを交換した単語(例: “たまつき”に対する“たつまき”)を妨害刺激として用いることで、同一語内の隣接モーラ交換を実験的に誘導し、同一語内での時間的距離原理の直接的実証証拠を示し、配列単位を超えた原理の普遍性を示した。

端性原理とは、音韻計画表象において系列の両端(始めと終わり)は他とは示差的に表象されるというもので、記憶研究の文脈では系列位置効果として繰り返し示されてきた(Gupta et al., 2005)。計算モデルにおいても、直接的に示差性を実装する方法(Henson, 1998)やモデルの学習の結果として実装する方法(Botvinick & Plaut, 2006; Gupta & Tisdale, 2009)を用いて実現されている。この原理は言語産出においても働くと考えられるが、直接的実証証拠はなかった。Nakayama & Saito (2014) は両端が関連する隣接モーラ交換(例: “くろだい”が“ろくだい”に)は起りにくいこと(系列位置効果)を示し、同一語内での端性原理の直接的実証証拠を示し、原理の普遍性を示した。

言い間違い誘導法を用いたこれら2つの先行研究では、聴覚的に呈示される妨害刺激の、標的語に対する音韻類似性の操作によって音韻的に類似した言い間違いを誘導している。このことが2つの先行研究において報告されたエラーが音韻計画過程を反映したものであると仮定する根拠となっているが、この点については別の説明の可能性が残されている。

2つの研究で用いられた妨害刺激はすべて実在する単語であるため、観察されたエラーは音韻レベルの順序エラーではなく語彙表象全体の侵入エラーとしても説明可能である。有力な言語産出モデルである相互活性化モデル(interactive activation model)は音韻表象と語彙表象の相互作用を仮定しており、音韻表象から語彙表象へのフィードバックにより誤った語彙が選ばれることが言い間違いの(少なくとも一部の)源であると説明する(Dell, 1986, 1988, 1990)。特に、単語の反復と産出(絵画命名)を同時に説明するモデルでは、単語反復において音韻表象を用いる経路だけでなく、語彙表象を用いる経路も同時に用いることを仮定するモデルが最もよくデータを説明することが示されている(Nozari, Kittredge, Dell, & Schwartz, 2010)。これらを考えると、2つの先行研究では、単語である妨害刺

激が（聴覚的に呈示されたとしても）、音韻表象だけでなく語彙表象にも干渉し、語彙レベルでの置換が起こったものが観察されている可能性が否定できない。

そこで本研究では、語彙表象を持たないと仮定できる非単語を妨害刺激として用い、音韻計画表象をより選択的に妨害する状況でも Nakayama & Saito (2014) の結果（音韻類似性効果、同一語内隣接モーラ交換と系列位置効果）が再現できるか否かを検討する。

また、この言い間違い誘導法において意味表象が関与するかを別の観点から確認するために意味の寄与の変数として先行研究でもその効果が示されている心像性（imageability: Jefferies et al., 2006; 佐久間・伊集院・伏見・辰巳・田中・天野・近藤, 2005; Ueno, Saito, Saito, Tanida, Patterson, & Lambon Ralph, 2014）を標的語において操作し、その効果も検討する。語彙・意味表象は音韻性短期記憶課題の遂行に関与することが知られている。各項目（単語）の意味からのフィードバックによって、記憶項目間の相互干渉（特に音素の移動）から守られることで、音素系列の記憶が意味記憶の寄与を受けるのである（意味的結合仮説, semantic binding hypothesis: Jefferies et al., 2006; Patterson, Graham, & Hodges, 1994; Ueno, Saito, Rogers, & Lambon Ralph, 2011）。この点を考慮すると、本言い間違い誘導法においても、妨害刺激の語彙・意味表象の効果とは別に、標的語自体の語彙・意味表象からのフィードバックが言い間違い防止に役立っている可能性がある。もし、本言い間違い誘導法が、音韻計画過程だけでなく、意味が関与する過程も捉える方法であるならば、標的語の意味へのアクセスしやすさを示す心像性の効果がみられると予測され、純粋な音韻計画過程をとらえる方法であるならば、心像性効果はみられないと予測される。本研究の目的は、こうした検討により、時間的距離原理と端性原理が音韻計画過程において具現化する普遍原理であることを実証することにある。

方 法

参加者 24名の京都大学の大学生および大学院生が実験に参加し、謝礼として図書カード500円分を受け取った。加えて1名が実験に参加したが実験プログラミングのエラーがあったため分析には含まなかった。参加者の平均年齢は20.6歳（範囲19—26歳）で、全員が日本語を母語とする者であった。

材料 単語心像性コーパス（佐久間他, 2005）より以下の条件をみたすよう210の4モーラ単語を選定した。すべてのモーラはCV, V, Nいずれかの形態をとった。これら単語は標的語96語、音韻非類似妨害刺激種単語（下記）96語、フィラー語18語からなった。標的語は参加者が繰り返し発語する語で、妨害刺激は参加者の発語直前に聴覚的に呈示された語である。フィラー語は妨害刺激が呈示されないフィラー試行の

標的語として用いた。音韻類似妨害刺激として、標的語（例：ほろよい）の1-2モーラ（例：ろほよい）、2-3モーラ（例：ほよろい）、3-4モーラ（例：ほろいよ）を交換して非単語を作成した。音韻非類似妨害刺激として、標的語と種々の心理言語学的変数をマッチさせた（下記）妨害刺激種単語（例：あきぞら）の1-2モーラ（例：きあぞら）、2-3モーラ（例：あぞきら）、3-4モーラ（例：あきらぞ）を交換して非単語を作成した。これにより576の非単語を作成し、すべての非単語は語頭が撥音でないという点で日本語の音素配列規則をみたしていた。標的語の半分は文字単語心像性の高い語から選定し、もう半分は低い語から選定した（Appendix）。標的語と妨害刺激種単語は音素の共有率が50%以下となるようにし、種単語から作成した妨害刺激が標的語と音韻的に類似しないようにした（Appendix）。標的語と妨害刺激種単語は、単語頻度（10を底とする対数変換値：天野・近藤, 2000）、文字心像性、3つのバイモーラ頻度（Tamaoka & Makioka, 2004）の合計値の対数変換値、1-2モーラ、2-3モーラ、3-4モーラを交換して作成した非単語のそれぞれのバイモーラ頻度の合計値の対数変換値をマッチした（Appendix）。また、高心像性語と低心像性語の間でも、上記の各頻度をマッチした（Appendix）。マッチングにはマッチングソフト Match (van Casteren & Davis, 2007) を用いた。聴覚刺激としての妨害刺激は日本語音声合成ソフト VoiceText エディタ SAYAKA (HOYA) を用いて生成した。

手続きと要因計画 手続きの概要を Figure 1 に示した。各試行の開始前に標的語を視覚的に呈示した。心像性コーパス（佐久間他, 2005）での文字心像性評定に用いられた表記をコンピュータディスプレイ（Diamondcrysta RDTI92WLM）の中央に呈示し、その下にカタカナでフリガナも呈示した。各試行開始前に参加者は一度標的語を読み上げ、正しく読めていることを実験者に確認されると、キー押して試行を開始した。試行では画面中央に視覚刺激“*”が1秒に1回250ミリ秒間、合計12—14回呈示され、参加者はこれにあわせて標的語を繰り返し（12—14回）産出するように求められた。産出タイミングを制御しやすくするよう、視覚刺激の500ミリ秒前に440 Hz のビープ

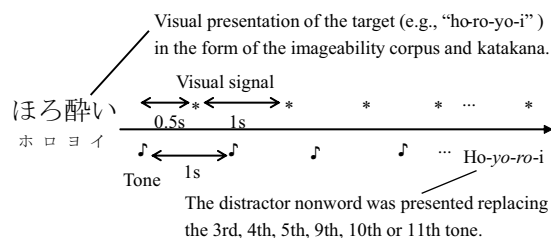


Figure 1. A schematic illustration of the procedure.

Table 1
Qualitative categorization of errors

		High imageability	Low imageability
movement	total	29	26
	exchange	13	10
	exchange with deletion	0	0
	exchange with addition	3	2
	anticipation	0	4
	anticipation with deletion	0	0
	anticipation with addition	0	0
	perseveration	2	1
	perseveration with deletion	0	0
	perseveration with addition	3	2
	others with deletion	8	7
substitution	total	22	17
	substitution	21	13
	substitution with deletion	1	3
	substitution with addition	0	1
mixed (movement + substitution)		7	9
pure deletion (incomplete)		3	1
correct		1073	1091
# of trials		1134	1144

Notes: All error categories are based on mora sized units. Errors were broadly categorized into movement, substitution, and mixed errors. Movement errors in which correct mora (e) appeared in incorrect positions consisted of exchange, anticipation, perseveration, and other movement. Exchange: two morae within a word were exchanged. Anticipation: one mora appeared both at an earlier position and at the correct position. Perseveration: one mora appeared both at the correct position and at a later position. (Although these three errors are theoretically not mutually exclusive, as there are four mora positions in each target word, they were mutually exclusive in this dataset). Other movement: except for the error types described above, all produced morae were correct, but at least one mora appeared in the wrong position due to deletion of deletion of the previous mora. Substitution errors were defined as erroneous utterances in which the wrong mora (e) appeared. Mixed errors were defined as at least one correct mora in the wrong position and at least one incorrect mora present. Independent of these criteria, word length of erroneous utterances was considered. Addition and deletion indicate utterances longer or shorter than four morae, respectively. Pure deletion is an utterance in which all uttered morae were located in the correct positions, but at least one mora was omitted (an incomplete utterance).

音を 250 ミリ秒間呈示した。言い間違いを誘導するために、3, 4, 5, 9, 10, 11 番目のいずれか 1 つのピープ音の代わりに妨害刺激を呈示した。妨害刺激は視覚刺激呈示直前までの 500 ミリ秒のインターバルを埋めるように呈示された。ピープ音および妨害刺激の呈示は参加者が装着したヘッドフォン (Audio-Technica ATH-I2SG) で行った。実験プログラムは Hot Soup Processor (<http://hsp.tv/>) を用いて書き、Dell Dimension 9150 で制御した。参加者の反応は実験者が記録用紙に記録すると共に IC レコーダー (OLYMPUS Voice Trek V-85) でも記録した。すべての参加者は 2 (妨害刺激類似性: 類似・非類似) $\times$ 3 (交換モーラ位置: 1-2・2-3・3-4) $\times$ 2 (心像性: 高・低) の 12 条件すべてを経験した。各条件 8 試行の 96 試行と妨害刺激

が呈示されないフィラー試行 18 試行の計 114 試行を経験した。一人の参加者は同じ標的語を 2 度経験することはなく、それぞれの標的語は 12 条件のいずれかに割り当てられた。すべての標的語は 2 (妨害刺激類似性: 類似・非類似) $\times$ 3 (交換モーラ位置: 1-2・2-3・3-4) の 6 条件のいずれかで 24 人の参加者に対して呈示された (心像性の要因は項目間要因)。条件の割り当てはカウンターバランスした。試行順は Mix (van Casteren & Davis, 2006) を用いて疑似ランダム化した。制約として、同じ条件 (例えば、類似条件) が 3 試行以上続かないこと、フィラー試行間は 3 試行以上とすることを与えた。実験試行に先だって参加者は同意確認書に署名し、実験に関する教示を受け、練習試行を 7 試行行った。

結 果

分析の恣意性を最小化するために、Nakayama & Saito (2014) が用いた分析の枠組みを原則としてそのまま用い、そうでない場合は明記した。

予備分析 実験者は言い間違いを実験中に記録し、不明瞭な部分は音声記録に基づき確認した。独立した評定者が音声記録を聞いて言い間違いをコードした。独立した評定者は24人中4人の記録をコードした(Nakayama & Saito (2014)の実験1では全員、実験2では5人であった)。実験者も評定者も日本語を母語とした。言い間違いは大きく誤答とリズムエラーに分類された。誤答は音韻的間違いであり、音の移動エラーと代用エラーを含んだ。リズムエラーは遅延反応、(あるインターバル間での)無反応、流暢でない発語、誤った開始(“ほ、ほろよい”など最初の正しい音素の後、言い直して正しい語を発語したもの)とした。誤答とリズムエラーが共起した場合は誤答と定義した。すべてのエラーが記録されたが、以下の分析では音韻計画過程が妨害刺激によって妨害されたと強く仮定できる妨害刺激呈示直後の発語のエラーのみを分析対象とした。ただし、試行開始前の確認で読めたにもかかわらず、試行の最初の発語で誤答またはリズムエラーのあった試行は分析全体から除いた。誤答かどうかの判定での評定者間の一致率は $\kappa = .86$ だった。分析には実験者がコードしたデータを用いた。また、今回の実験パラダイムは誤答を誘導・検出するのに最適化されており、リズムエラー(反応時間)を検出・測定するには適していないため、誤答のみをエラーとして分析対象とした。ただし、2種類のエラーを合わせて分析しても脚注1で述べる点を除き同じ結果のパターン

だった。

エラー分類 Table 1 にモーラ単位でエラーを質的に分類したものを示した。Nakayama & Saito (2014)と同様に移動エラー(movement: 少なくとも1つの正しいモーラが間違った位置で産出されるエラー)は数字上最も多いエラーであった(移動エラー 55 vs. 混合エラー(mixed)を除く代用エラー(substitution) 39)が、その差は統計的には有意でなかった($p = .12$, exact test)。また、移動エラーは交換エラー(exchange: 2つの正しいモーラが位置を交換して産出されるエラー)とそうでないエラーを含むが、本研究のターゲットである交換エラーについて分析すると、すべて隣接モーラ交換エラーであった。そして、移動エラーの中で数字上は最も多かった(交換エラー 28 vs. 非交換エラー 27)が、その差は統計的には有意ではなかった($p = 1$, exact test)。この結果は、単語妨害刺激を用いた先行研究と異なるが、非単語妨害刺激では交換エラーを安定して誘導できないということを示しているわけではない。追加の分析として、Nakayama & Saito (2014)の2つの実験のうち、本実験と同様に標的語が単語である条件(実験1および実験2の単語条件)での交換エラーの全試行数に対する割合と本実験のそれを比較すると同程度であり(44/3444 vs. 28/2278, $p = .90$, exact test)、それ以外のエラーが本実験で有意に多かった(32/3444 vs. 86/2278, $p < .05$, exact test)。このことから、非単語妨害刺激は交換エラーを単語妨害刺激と同程度に安定して誘導するが、加えてそれ以外のエラーも誘導していたと考えられる。つまり、本実験内で交換エラーや移動エラーが優勢なエラーでなかったことは相対的に交換エラー以外が増えたことによるものであると考えられる。Table 1 が示すように心像性

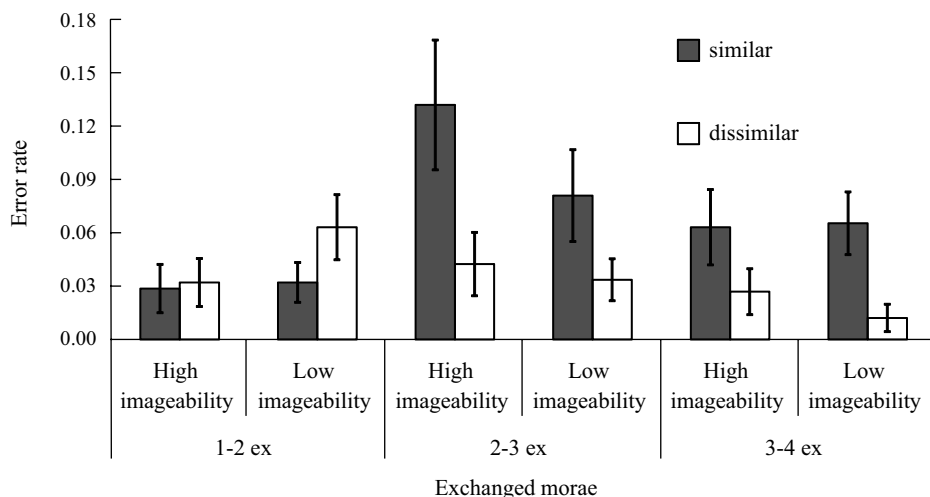


Figure 2. Incorrect error rate as a function of phonological similarity, exchanged mora positions, and target imageability. Note. Gray and white bars indicate mean raw error rate in the phonologically similar and dissimilar conditions, respectively. Error bars indicate standard errors of the means based on participant analysis.

Table 2
Summary of mixed-effects logistic regression analysis

Random effects						
Groups		Variance	<i>SD</i>	Correlation		
Participant	Phonological similarity	0.05	0.22			
	Edge	0.04	0.19	1.00		
	Primacy gradient	0.83	0.91	0.69	0.69	
	Imageability	0.05	0.23	0.86	0.86	0.22
Item	Phonological similarity	0.57	0.76			
	Edge	0.25	0.50	−1.00		
	Primacy gradient	2.74	1.65	−0.61	0.61	
Fixed effects						
	Estimate	<i>SE</i>	<i>z</i> value	Pr(> <i>z</i>)	χ^2	Pr (> χ^2)
(Intercept)	−3.75	0.60	−6.24	<.001		
Phonological similarity	−0.26	0.17	−1.53	>.1	1.37	>.1
Edge	0.72	0.14	4.98	<.001	5.15	<.05
Primacy gradient	1.01	0.43	2.35	<.05	2.69	>.1
Imageability	−0.09	0.15	−0.63	>.1	0.00	>.1

による系統的な差は見いだせなかった。

エラー率 エラー率 (Figure 2) を混合効果ロジスティック回帰分析 (Jaeger, 2008) を用いて分析した。分析には統計ソフトウェアとして R (R Core Team, 2013) を用いた。音韻類似性・モーラ交換位置の固定効果は中心化された互いに直交するダミー変数を用いてコード化した。コード化の際はエラー率に対する効果が正となるようにした。すなわち、音韻類似性 (phonological similarity) の効果として、類似条件を 1, 非類似条件を -1 とした。交換位置の効果に対しては系列位置効果を適切に捉えるため、“両端 (edge)” と “初頭勾配 (primacy gradient)” の 2 つの変数を用いた。非類似妨害刺激は標的語の隣接モーラを交換したのではなく、種々の心理言語学的変数を類似妨害刺激とマッチさせただけのものであるため、理論的には非類似妨害刺激は系列位置効果を示さないはずであり、系列位置効果は音韻類似性効果に埋め込まれている。そこで、2 つのモーラ交換位置効果の変数では非類似条件はすべて 0 とした。類似妨害刺激については、“両端” の変数は 1-2 と 3-4 交換は -1 とコードし、2-3 は 1 とした。“初頭勾配” の変数は 1-2 交換を -1, 2-3 交換を 0, 3-4 交換を 1 とコードした。これに加えて連続量としての心像性 (imageability) を固定効果として分析に投入した。変量効果として、Nakayama & Saito (2014) と同様に参加者と項目における切片項と可能なすべての傾斜項を投入したが、推定が収束しなかったため、切片項を除いたモデルを元に分析を行った (Barr, Levy, Scheepers, & Tily, 2013)。固定効果の検定は、すべての

効果を投入したモデルとそこから当該固定効果のみを除いたモデルを比べる尤度比検定によって行った (Barr et al., 2013)。Table 2 が示すように、“初頭勾配” の効果は尤度比検定で有意ではなかったが⁴、少なくとも Nakayama & Saito (2014) の効果量 (回帰係数 (SE) は実験 1 が 0.68 (0.49), 実験 2 が 0.98 (0.51)) と同程度の効果量は得られている (回帰係数 (SE) は 1.01 (0.43))。また、“両端” の効果は有意であった。これらより非単語妨害刺激によって誘導された言い間違いにおいても系列位置効果が再現されたといえる。類似性の効果は有意ではなかったが、類似性の効果は系列位置効果を統計的に統制した上でのものであるため、この結果は 1-2 交換類似条件と非類似条件のエラー率が同程度かむしろ非類似条件の方が高かったことを反映していると考えられる。心像性についてはこの分析でも有意な効果は見られなかった⁵。

⁴ リズムエラーも含めた分析では有意であった。

⁵ 1-2 交換非類似条件の特に低心像性条件のエラー率が高いことは音韻類似性効果に反するものであり、特定の項目がエラー率を引き上げている可能性が考えられたため、どのような項目がエラーを生んでいるか直接検討したが、特定の項目がエラー率を引き上げている傾向もなく、この条件においては 12 個のエラーが 11 個のユニークな項目で生じていた。同様に、2-3 交換類似条件で高心像性条件が低心像性条件よりむしろエラー率が高い傾向がみられている。ここでも、特定の項目の影響が考えられたが、高心像性条件においては 27 個のエラーが 20 個のユニークな項目で生じ、低心像性条件においては 15 個のエラーが 13 個のユニークな項目で生じており、特定項目の影響ではないと考えられる。

移動エラー率 すべての類似妨害刺激は標的語の隣接モーラを交換した系列であるため、観察された移動エラーは、標的語内の移動エラーではなく、妨害刺激からのモーラレベルでの侵入エラーである可能性がある。妨害刺激が非単語であることによって語彙レベルでの侵入エラーである可能性は排除されているが、モーラレベルでの侵入エラーの可能性は排除されない。そこで、類似条件で、誤って出力されたモーラの源を特定し分析を行った。特に今回の議論と関連する点として、モーラ2の位置で出力されたエラーは1-2交換妨害刺激よりも2-3交換妨害刺激によって多く誘導された(2/379 vs. 13/378, $p < .05$, exact test)。これは1-2交換妨害刺激でモーラ1より移動したものと2-3交換妨害刺激でモーラ3より移動したものに限って分析しても同じパターンだった(0/379 (分析上は0.5/379.5とした) vs. 12/378, $p < .05$, exact test)。この場合、源と推定されるモーラの位置は妨害刺激では同じ(モーラ2)であるが、標的語においては異なる(モーラ1と3)。これらのエラーが妨害刺激からの侵入エラーであるとすれば同程度のエラー率となるはずであるが、実際には標的語内の系列位置によって成績が異なっている。モーラ3で出力されたエラーは、3-4妨害刺激による移動エラーは17/379(モーラ4からの移動に限った場合15/379)であり、2-3妨害刺激による移動エラーは17/378(モーラ2からの移動に限った場合12/378)であり、3-4交換妨害刺激よりも2-3交換妨害刺激によって誘導される傾向は特に見られなかった($ps > .05$, exact test)。これは初頭効果よりも新近性効果が小さいことによると考えられる(エラー率分析の「初頭勾配」効果と対応)。少なくともモーラ2で出力されたエラーの結果では標的語の系列位置に従って移動エラーが生起しているため、これらは妨害刺激からの侵入エラーではなく標的語内の順序エラーであるといえる。

考 察

結果のまとめとして、非単語妨害刺激を使用した場合でも、Nakayama & Saito (2014) が示した同一語内での隣接モーラ交換と系列位置効果が再現された。妨害刺激が語彙レベルでの干渉をしないと仮定できる状況で誘導された隣接モーラ交換と系列位置効果は、音韻計画過程の(誤った)働きを反映していると考えられる。これらの結果から、言語産出と音韻性短期記憶に共通の系列順序情報処理メカニズムである音韻計画過程において、時間的距離原理と端性原理が機能していることが明らかとなった。

今回の実験では、Nakayama & Saito (2014) と比べて交換エラー以外のエラーが多くみられた。先行研究と種々の心理言語学的変数やデザインをマッチさせていないので、厳密には直接比較はできないが、この結

果については少なくとも2つの理由が考えられる。まず、単語妨害刺激のもつ語彙・意味表象はエラーを避けるのに何らかの形で寄与している可能性がある。もう1つの可能性として、本研究ではモーラ交換位置が比較的予測しにくかったのに対し、Nakayama & Saito (2014) では交換して単語となる妨害刺激を使用したため、交換位置をあらかじめ予測して構えを作りやすかったことが考えられる。異なる順序の系列を複数同時に保持することは順序エラーを誘発することがよく知られており(Baars, 1992)、交換位置の異なる複数の妨害刺激への構えを参加者が作っていたとすれば、ひとつの妨害刺激への構えを作るよりも、エラーを誘発しやすかったかもしれない。今後の課題として、妨害刺激の語彙性と予測可能性の効果を分離して検討し、それらメカニズムのさらなる検討の必要がある。

本研究の結果は、音韻表象と語彙・意味表象の相互作用がないことを示しているわけではない。非単語妨害刺激でも交換エラーと系列位置効果がみられたことは、音韻計画表象に対して語彙・意味表象の関与が一般的にないことを示すというよりはむしろ、語彙・意味表象の関与がない状況で音韻計画表象がどのように働くかについて示していると考えの方がよいだろう。また、標的語の心像性効果がみられなかったことの解釈にも注意が必要である。本研究では系列位置効果を示すことに焦点を当てた実験デザインであったので、心像性効果を検出するように最適化はされていなかった。非類似条件や1-2交換条件では天井効果の可能性があり、効果の検出を妨げていた可能性がある。また、2-3交換類似で高心像性条件のエラー率が、低心像性条件よりも高い傾向にあったことは、予測とむしろ逆の効果であり、今回のこの条件の項目サンプルで心像性の高低の操作と何らかの心理言語学的変数が偶然交絡していた可能性は否定できない。今後は例えば、2-3交換、3-4交換条件のみを用いて、これらの条件での刺激数を増やし、またより広範な心像性の値をもつ刺激を用いるなど、心像性効果に焦点をあてた検討が必要である。

引用文献

- Acheson, D. J., & MacDonald, M. C. (2009). Verbal working memory and language production: Common approaches to the serial ordering of verbal information. *Psychological Bulletin*, **135**, 50–68.
- 天野 成昭・近藤 公久(編著)(2000). NTT データベースシリーズ 日本語の語彙特性 第2期 三省堂 (Amano, S., & Kondo, T.)
- Baars, B. J. (1992). A dozen competing-plans techniques for inducing predictable slips in speech and action. In B. J. Baars (Ed.), *Experimental slips and human error: Exploring the architecture of volition*. New York:

- Plenum Press. pp. 129–150.
- Barr, D. J., Levy, R., Scheepers, C., & Tily, H. J. (2013). Random effects structure for confirmatory hypothesis testing: Keep it maximal. *Journal of Memory and Language*, **68**, 255–278.
- Botvinick, M. M., & Plaut, D. C. (2006). Short-term memory for serial order: A recurrent neural network model. *Psychological Review*, **113**, 201–233.
- Brown, G. D. A., Preece, T., & Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, **107**, 127–181.
- Burgess, N., & Hitch, G. J. (1999). Memory for serial order: A network model of the phonological loop and its timing. *Psychological Review*, **106**, 551–581.
- van Casteren, M., & Davis, M. H. (2006). Mix, a program for pseudorandomization. *Behavior Research Methods*, **38**, 584–589.
- van Casteren, M., & Davis, M. H. (2007). Match: A program to assist in matching the conditions of factorial experiments. *Behavior Research Methods*, **39**, 973–978.
- Dell, G. S. (1986). A spreading-activation theory of retrieval in sentence production. *Psychological Review*, **93**, 283–321.
- Dell, G. S. (1988). The retrieval of phonological forms in production: Tests of predictions from a connectionist model. *Journal of Memory and Language*, **27**, 124–142.
- Dell, G. S. (1990). Effects of frequency and vocabulary type on phonological speech errors. *Language and Cognitive Processes*, **5**, 313–349.
- Dell, G. S., Burger, L. K., & Svec, W. R. (1997). Language production and serial order: A functional analysis and a model. *Psychological Review*, **104**, 123–147.
- Dell, G. S., Juliano, C., & Govindjee, A. (1993). Structure and content in language production: A theory of frame constraints in phonological speech errors. *Cognitive Science*, **17**, 149–195.
- Ellis, A. W. (1980). Errors in speech and short-term memory: The effects of phonemic similarity and syllable position. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, **19**, 624–634.
- Elman, J. L. (1990). Finding structure in time. *Cognitive Science*, **14**, 179–211.
- Fromkin, V. A. (1971). The non-anomalous nature of anomalous utterances. *Language*, **47**, 27–52.
- Garrett, M. F. (1975). The analysis of sentence production. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation*. San Diego, CA: Academic Press. pp. 133–175.
- Gupta, P., Lipinski, J., Abbs, B., & Lin, P. H. (2005). Serial position effects in nonword repetition. *Journal of Memory and Language*, **53**, 141–162.
- Gupta, P., & Tisdale, J. (2009). Does phonological short-term memory causally determine vocabulary learning? Toward a computational resolution of the debate. *Journal of Memory and Language*, **61**, 481–502.
- Henson, R. N. A. (1998). Short-term memory for serial order: The Start-End Model. *Cognitive Psychology*, **36**, 73–137.
- Henson, R. N. A., Norris, D. G., Page, M. P. A., & Baddeley, A. D. (1996). Unchained memory: Error patterns rule out chaining models of immediate serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **49A**, 80–115.
- Houghton, G. (1990). The problem of serial order: A neural network model of sequence learning and recall. In R. Dale, C. Mellish, & M. Zocks (Eds.), *Current research in natural language generation*. London: Academic Press. pp. 287–319.
- Jaeger, T. F. (2008). Categorical data analysis: Away from ANOVAs (transformation or not) and towards logit mixed models. *Journal of Memory and Language*, **59**, 434–446.
- Jefferies, E., Frankish, C. R., & Lambon Ralph, M. A. (2006). Lexical and semantic binding in verbal short-term memory. *Journal of Memory and Language*, **54**, 81–98.
- Lashley, K. (1951). The problem of serial order in behavior. In L. A. Jeffress (Ed.), *Cerebral mechanisms in behaviour: The Hixon Symposium*. New York: Wiley. pp. 112–136.
- 牧岡 省吾 (2003). 音韻ループのコネクション主義モデル. *認知科学*, **10**, 93–103.
- (Makioka, S. (2003). A connectionist model of the phonological loop. *Cognitive Studies*, **10**, 93–103.)
- 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.
- Nozari, N., Kittredge, A. K., Dell, G. S., & Schwartz, M. F. (2010). Naming and repetition in aphasia: Steps, routes, and frequency effects. *Journal of Memory and Language*, **63**, 541–559.
- Page, M. P. A., Madge, A., Cumming, N., & Norris, D. G. (2007). Speech errors and the phonological similarity effect in short-term memory: Evidence suggesting a common locus. *Journal of Memory and Language*, **56**, 49–64.
- Page, M. P. A., & Norris, D. (1998). The primacy model: A new model of immediate serial recall. *Psychological Review*, **105**, 761–781.
- Patterson, K., Graham, N., & Hodges, J. (1994). The impact of semantic memory loss on phonological representations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **6**, 57–69.
- Plaut, D. C., & Kello, C. T. (1999). The emergence of phonology from the interplay of speech comprehension and production: A distributed connectionist approach. In B. MacWhinney (Ed.), *The emergence of language*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. pp. 381–415.
- R Core Team. (2013). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Saito, S., & Baddeley, A. D. (2004). Irrelevant sound disrupts speech production: Exploring the relationship between short-term memory and experimentally in-

- duced slips of the tongue. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **57A**, 1309–1340.
- 佐久間 尚子・伊集院 陸雄・伏見 貴夫・辰巳 格・田中 正之・天野 成昭・近藤 公久（編著）（2005）. NTT データベースシリーズ 日本語の語彙特性 第3期 三省堂
(Sakuma, N., Ijuin, M., Fushimi, T., Tatsumi, I., Tanaka, M., Amano, S., & Kondo, T.)
- Tamaoka, K., & Makioka, S. (2004). Frequency of occurrence for units of phonemes, morae, and syllables appearing in a lexical corpus of a Japanese newspaper. *Behavior Research Methods*, **36**, 531–547.
- 寺尾 康 (2002). 言い間違いはどうして起こる？ 岩波書店
(Terao, Y.)
- Ueno, T., Saito, S., Rogers, T. T., & Lambon Ralph, M. A. (2011). Lichtheim 2: Synthesizing aphasia and the neural basis of language in a neurocomputational model of the dual dorsal-ventral language pathways. *Neuron*, **72**, 385–396.
- Ueno, T., Saito, S., Saito, A., Tanida, Y., Patterson, K., & Lambon Ralph, M. A. (2014). Not lost in translation: Generalization of the primary systems hypothesis to Japanese-specific language processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **26**, 433–446.
- Vousden, J. I., Brown, G. D. A., & Harley, T. A. (2000). Serial control of phonology in speech production: A hierarchical model. *Cognitive Psychology*, **41**, 101–175.
- 2014. 7. 28 受稿, 2015. 1. 24 受理 ——

Appendix

Psycholinguistic variables of the stimuli

		High imageability		Low imageability	
		Target word	Seed word for dissimilar distractor	Target word	Seed word for dissimilar distractor
Word frequency (log10)	Mean	2.05	2.05	2.05	2.05
	SD	0.42	0.44	0.42	0.42
	Min	1.34	1.32	1.40	1.23
	Max	2.97	3.00	2.97	2.93
Imageability	Mean	4.85	4.88	3.36	3.45
	SD	0.37	0.29	0.29	0.19
	Min	4.51	4.51	2.44	2.82
	Max	6.29	5.86	3.69	3.69
M1M2 Bi-mora frequency (log10)	Mean	5.63	5.55	5.56	5.63
	SD	0.32	0.38	0.30	0.29
	Min	4.91	4.55	4.62	4.83
	Max	6.21	6.17	6.19	6.12
M2M3 Bi-mora frequency (log10)	Mean	5.48	5.52	5.47	5.42
	SD	0.40	0.37	0.41	0.43
	Min	4.64	4.63	4.52	4.38
	Max	6.26	6.28	6.20	6.30
M3M4 Bi-mora frequency (log10)	Mean	5.61	5.65	5.67	5.73
	SD	0.29	0.30	0.38	0.38
	Min	4.99	4.97	4.65	4.29
	Max	6.29	6.35	6.59	6.36
% of phonemes shared between target and dissimilar distractor	Mean	23.9		24.1	
	SD	11.8		11.7	
	Min	0.0		0.0	
	Max	50.0		50.0	