

単語を手がかりとした単文産出における 知覚的シミュレーション^{1,2}

西口 美穂³ 楠見 孝 京都大学

Perceptual simulation during sentence production using word sets

Miho Nishiguchi and Takashi Kusumi (Kyoto University)

Perceptual symbol systems theory has discussed the intimate relationship between language and perception. Many studies have shown that perceptual simulation occurs during sentence comprehension. However, previous studies in sentence production, in which participants were asked to produce a sentence based on pictures, had not addressed the question of whether perceptual simulation plays a role during sentence production. In this study, we investigated whether perceptual simulation occurs during sentence production using word sets. Participants were first presented three words (e.g., egg/refrigerator/skillet) and asked to produce a sentence from two of the assigned words (e.g., egg/refrigerator or egg/skillet). Then they were presented with a picture of the object (e.g., a whole egg still in its shell, or a cracked egg) and asked to judge whether the pictured object was in the sentence production phase. Results revealed that responses in the picture judgement task were faster when the image in the sentences the participants produced matched that of the pictured object. This result suggests that perceptual simulation plays an important role in sentence production.

Key words: language production, sentence production, perceptual symbol systems, mental simulation, perceptual representation.

The Japanese Journal of Psychology

2018, Vol. 89, No. 5, pp. 459–468

J-STAGE Advanced published date: September 20, 2018, doi.org/10.4992/jjpsy.89.17042

ある単語や文に接するとき、私たちはしばしばその対象の形状、方向、色などといった知覚的な特徴を、まるで今自分が見ているかのように体験することがある。たとえば、その対象が「りんご」であるとき、そのりんごがどのような形状や色をしているのかといっ

た知覚的な情報を頭に思い浮かべることがある。このように、言語は経験的知識と関連の薄いモジュール的なものではなく、私たちの経験の知覚的・概念的・理解を強く反映したものである (Gibbs, 1994 辻・井上訳 2008; Gibbs, 2006)。

このような言語と経験的知識との密接な関連性は、Barsalou (1999) の「知覚的シンボルシステム (perceptual symbol systems)」でも言及されている。Barsalou (1999) は、意味表象や概念操作において、知覚情報を含むシンボル (知覚的シンボル) が重要な働きを行っている」と主張した。Barsalou (1999) によると、ここでの知覚的シンボルとは、「知覚の際に生じる神経活動の記録 (p. 583)」である。つまり、何かを体験する際に神経システムによって捉えられた知覚情報が、その後知覚的シンボルとして部分的に再活性化される。そして概念処理は、このような知覚・運動的な情報を含んだ処理、つまり心的シミュレーションによって実現さ

Correspondence concerning this article should be sent to: Miho Nishiguchi, Graduate School of Education, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan. (E-mail: nishiguchi.miho.83c@st.kyoto-u.ac.jp)

¹ 本研究は第 1 著者が平成 28 年度に京都大学教育学部へ提出した卒業論文の一部を加筆・修正したものである。

² 本研究結果の一部は、日本心理学会第 81 回大会で発表された。

³ 本研究の実施および論文執筆にあたり多くの助言をくださいました京都大学大学院教育学研究科 (研究実施当時) の岡 隆之介様に心より感謝を申し上げます。また、データ処理にご協力いただきました京都大学教育学部 (研究実施当時) の梶原 彩香様および小畠 純一様にも感謝いたします。

れると主張している。本論文では、この心的シミュレーションのうち、知覚に関わるものを特に「知覚的シミュレーション」とする。

文の理解と心的（知覚的）シミュレーション

私たちが文を理解するとき、この知覚的シミュレーションが生じることがこれまで様々な研究で示されてきた。その代表的な研究の1つとして、Zwaan, Stanfield, & Yaxley (2002) がある。この研究では、「冷蔵庫に卵がある」や「フライパンに卵がある」などの文と、「割れていない卵」と「割れた卵」などの画像が用いられた。そして、それぞれの文を読ませた直後に画像をどちらか1枚提示して、その物体が文で言及されていたかを参加者に判定させた。その結果、文が暗示するアイテムの形状と、提示した画像の形状が一致した方が、不一致の場合よりも画像判定における反応時間が短かった。同様の方法を用いた研究は、このほかにも方向 (Stanfield & Zwaan, 2001) や色 (Connell, 2007), 大きさ (de Koning, Wassenburg, Bos, & Van der Schoot, 2017) あるいは道具の使用方法 (望月・内藤, 2012) などがある。その中でも形状・方向・色に関しては追試され、いずれも文と画像が一致していた方が不一致であるよりも反応時間が短いという結果が得られている⁴ (Zwaan & Pecher, 2012)。また、視覚情報だけでなく、聴覚 (Brunyé, Ditman, Mahoney, Walters, & Taylor, 2010) や触覚 (Brunyé et al., 2012) など、他のモダリティに関わる知覚情報も文の理解過程に関与することが示されている。このことから、運動情報 (Glenberg & Kaschak, 2002; Zwaan, Madden, Yaxley, & Aveyard, 2004; Zwaan & Taylor, 2006) や感情情報 (Havas, Glenberg, & Rinck, 2007) と同様に、知覚情報は文の理解において重要な役割を果たしていると考えられてきた。

文の産出と心的シミュレーション

しかし、日常生活において言語産出は言語理解と同程度の頻度で生じうるにもかかわらず、文の産出における心的シミュレーションの働きはほとんど議論されていない。確かに文の理解と産出は、理論的にはどちらも意味を構築するという点で共通している (Tierney & Pearson, 1983)。それでも、実験的な検討は多くが理解過程を対象としており、産出過程を対象としたものはほとんどないのが現状である (Bergen, 2015)。

言語産出過程と心的シミュレーションの関連性に言及した数少ない例としては、ジェスチャー研究や創造性研究などがある。ジェスチャー研究では、文の産出時に生じる心的シミュレーションがジェスチャーの根

源であると仮定した上で検討が行われているものがある (Hostetter & Alibali, 2008; Parrill, Bullen, & Hoburg, 2010)。創造性研究では、Zwaan et al. (2002) のパラダイムにおける知覚的シミュレーションの効果が、作成された物語の創造性と関連することが示されている (Bos, de Koning, van Wesel, Boonstra, & van der Schoot, 2015)。しかし双方ともジェスチャーの生じない文の産出や、創造性を求められない文の産出過程を検討できていない。そのため、言語産出過程における心的シミュレーションの関与は直接検討されていない。さらに、双方とも文章を扱っている。心的シミュレーションと言語産出との関連をより詳細に検討するには、単文での検討が必要になるだろう。

単文産出のモデル Bock & Levelt (1994), Ferreira & Slevc (2007), Levelt (1999) は、単文産出の理論的なモデルを提唱している。それぞれに共通している点は、発話による言語産出はそれに対応した3つの段階に分かれているということだ。第一にメッセージ符号化段階がある。これは何が何とどのような状態にあるかなどの、前言語的で概念的なメッセージを形成する段階である。たとえば、「フライパンに卵がある」という文の場合は、「ある器具の上に、ある食べ物が存在する」という状況がメッセージとして形成される。第二に文法的符号化段階がある。これはメッセージ符号化段階で形成されたメッセージを適切な言葉を用いて表現する段階である。これには、語彙選択、主格や目的格といった機能の割り当て、文構造の決定などが含まれる。たとえば、「フライパンに卵がある」という文の場合、メッセージにおける器具と食べ物を適切に示す名詞としてフライパンと卵、それらの状態を適切に示す動詞として「ある」が選択される。そして卵が主語、フライパンが補語に割り当てられる。第三に音韻的符号化段階があり、ここでは出力された言葉を発話するために、その文の音韻的情報が引き出される。

Sato (2010) の文産出研究 これらのモデルに従って文の産出過程における知覚運動情報の影響を検討した研究がSato (2010) である。この研究は、ジェスチャーを伴わず、創造的でない文の産出と心的シミュレーションとの関連を検討した唯一の研究でもある。この研究における4つの実験 (実験1—4) では、英語話者 (実験1, 3) と日本語話者 (実験2, 4) を対象に、参加者の手の運動 (手前側・向こう側・左右) が、産出される文の内容に与える影響を検討した。手の運動は時計盤を模したマウスパッドを用いて、画面に提示された数字の場所にマウスを動かすことで実行された。また、文の産出に用いるアイテムとして1試行につき2枚の画像 (牛乳や冷蔵庫など) が用いられた。これらをもとに参加者は、実験1, 2では手の運動、画像の提示、文の作成という順、実験3, 4では画像の提示、手の運動、文の作成という順でそれぞれの試

⁴ ただし、色に関してはこの追試で初めて一致促進効果が確認されている。

行を行った。その結果、手前側の動きを暗示する文（冷蔵庫から牛乳を出す）は、事前に手前側の動きをしたあとの方がその他の方向の運動をするよりも多く産出された（ただし実験1を除く）。同様に、向こう側の動きを暗示する文（牛乳を冷蔵庫に入れる）も、事前に向こう側の動きをしたあとの方がその他の方向の運動（実験1は手前側の運動のみ）をするよりも多く産出された。この結果から、参加者の行った運動がその後に産出される文の内容に影響を与えることが示された。

しかし Sato (2010) の研究は、何らかの行動・運動をしながら会話をする場面を想定したうえで、そのような行動・運動が文の産出に影響を与えるかを検討したものである。つまり、このような行動や環境の情報に関係なく、文を作成することそのものにおいて心的シミュレーションがどのような役割を果たしているのかについては検討されていない。むしろ、Sato (2010) の実験では、文を作成する手がかりとなるアイテムが画像によって提示されており、文の作成そのものに知覚運動情報が関わることは前提とされている。確かに、前述した理論的なモデルにおいてもメッセージ符号化段階は「前言語的」とであるとされており、知覚運動情報が関わる可能性は高い。

しかし、だからといって文の産出に知覚運動情報が関与することが当然であると考えてよいかというと、必ずしもそうとは言い切れず、検討の余地がある。特に Sato (2010) の課題のように、提示されたアイテム同士をつないで文を作成するときには、非知覚的な情報も関与する可能性が考えられる。代表的なものとしては「普段そのアイテムの語がどのような語と共に生じやすいか」という情報が挙げられる (Burgess & Lund, 1997; Landauer & Dumais, 1997)。私たちは言語に接するとき、その内容を理解すると同時にそれらの単語がどのように使われているのかも学習する。そのため、文の産出の際にもその情報を使用している可能性がある。実際に、このような単語の共起関係に基づいた言語処理には心理学的にも妥当性があることが示されており (猪原・楠見, 2011)、単語の理解過程にも関与していることが示唆されている (Ostarek & Vigliocco, 2017)。確かに、単語同士の共起関係に基づく言語処理は、新奇な道具の使用を示す文などの適切性を判断できないという問題点を抱えてはいる (Glenberg & Robertson, 2000)。しかし、Sato (2010) が扱ったような日常的な状況を示す文ならば、これまで学んできた語の使い方に基いて文を作成する可能性があると考えられる。

文を作成する手がかりとなるアイテムを画像ではなく言語という記号で提示することで、共起関係のような記号的な言語処理が行われる可能性はより高くなるだろう。なぜなら、理解過程とは異なり、産出はその

結果として生じるものが言語、すなわち記号的なシンボルであるからだ。その結果、同じ「あるアイテムを元に文を作成する」という課題内容であっても、心的シミュレーションが生じないという可能性がある。しかし、文を作成することそのものに心的シミュレーションが重要な働きを果たすならば、文を作成する手がかりとなるアイテムの提示形式にかかわらず、文の理解過程と同様の心的シミュレーションが生じると考えられる。

本研究の目的

以上を踏まえて、本研究ではアイテムを言語的に提示し、その状況下における文の産出過程で心的シミュレーションが生じるか検討を行う。

文の産出過程そのものに心的シミュレーションがどのように関わっているのかを検討する方法としては、Zwaan et al. (2002) のパラダイムが挙げられる。つまり、特定の文脈を産出させたあとに画像判定課題を行うという方法である。しかし、Sato (2010) が扱ったような運動情報では、この方法を用いて単文産出における心的シミュレーションを検討することは難しい。なぜなら、この方法を用いる場合、単語の手がかりのみで特定の動作、たとえば「出す」という動作を含む文を確実に産出させるには、「出す」などの単語を使用するように参加者に求める他ない。しかしこれらの単語は、1単語のみでその動作を直接示してしまっている。そのため、課題の遂行において心的シミュレーションが生じても、それが単語同士を組み合わせで文を作成した結果なのか、その前に手がかりとして提示された「出す」という単語を読んだ結果なのかを判別することができない。

そこで本研究では、Zwaan et al. (2002) などが用いてきた「主題となるアイテムの知覚情報」を用いる。これは、手がかりとなる個々の単語（例：卵 / フライパン）は特定の知覚情報（卵は割れているか）を直接示さないが、手がかりから産出された文はその情報を示すという点で有用である。そして本研究は、知覚情報の中でも特に形状情報に注目する。形状を対象とする理由としては、文の理解で生じる知覚的シミュレーションと他の変数との関連を検討した多くの研究 (Dijkstra, Yaxley, Madden, & Zwaan, 2004; Engelen, Bouwmeester, de Bruin, & Zwaan, 2011; Holt & Beilock, 2006; Kaup, Yaxley, Madden, Zwaan, & Lüdtkke, 2007; Lincoln, Long, & Baynes, 2007; Madden & Zwaan, 2006) が形状を対象としており、以上のいずれの研究でも一貫して知覚的シミュレーションの関与が実証されていることによる。

具体的には、参加者にいくつかの日常的なアイテムから成る単語セット（「卵・冷蔵庫」や「卵・フライパン」）を与えて文を産出させ（「卵が冷蔵庫にある」

や「卵がフライパンにある」), その直後に Zwaan et al. (2002) と同様の画像判定課題を行う。もし提示された単語から文を産出する際でも知覚的シミュレーションが生じるならば, 画像判定課題における反応時間は産出された文が暗示する形状と一致する場合に短くなるだろう。

知覚的シミュレーションと意識的なイメージの処理との関連

本研究では Zwaan & Pecher (2012) での手法にならない, Marks (1973) の視覚心像鮮明性質問紙 (Vividness of Visual Imagery Questionnaire: 以下, VVIQ とする) を用いて, 意識的な視覚的イメージ能力と心的シミュレーションの効果との関連も検討する。知覚的シンボルシステムにおける心的シミュレーションは無意識的に起きるという点で意識的にイメージすることとは異なるとされている (Barsalou, 1999)。そして, 心的イメージに関する質問紙による検討, 心的回転課題成績などの行動指標による検討の双方において, いくつかの研究の結果はこの Barsalou (1999) の主張を支持したものとなっている (Pecher, van Dantzig, & Schiffrstein, 2009; Stanfield & Zwaan, 2001)。さらに, この結果は Zwaan & Pecher (2012) の実験 2a, 2b で検討された, 文の理解における形状に関しての知覚的シミュレーションにおいても同様である。すなわち, VVIQ によって評価された視覚的イメージ能力と文理解の際に生じる知覚的シミュレーションの効果に有意な関連性が見られなかった (実験 2a, 2b: $r_s = .05, -.06$)。このことから, 文の理解においてはたらく知覚的シミュレーションは, 心的イメージとは異なる, 認知プロセスの骨子となるものであると考察されている。理解と産出が類似の性質を持っていると仮定すると, 理解と同様に, 意識的なイメージと文産出時に生じる知覚的シミュレーションは異なるものであると考えられる。そこで本研究でも, 知覚的シミュレーションの効果は各個人の VVIQ 平均得点とは関連しないと予測する。

方 法

実験参加者

参加者は, 日本語を母語とする大学生・大学院生 42 名 (男性 22 名, 女性 20 名) であった。また, 平均年齢は 21.7 歳 ($SD = 2.9$) であった。

刺 激

刺激は文の作成において提示する単語セットと画像判定課題で提示される画像で構成し, それぞれ実験試行用とフィラー試行用を用意した。

単語セットは 3 つの単語で構成される。1 つは作成される文における中心的なアイテムを示す「アイテム

単語」(例: 卵) である。残る 2 つは文の産出においてアイテム単語と組み合わせる「関連単語」(例: フライパン・冷蔵庫) である。これらは, 1 つの単語セットから生じる 2 通りの単語対ごとに, 特定の形状 (例: 割れた卵・割れていない卵) を暗示する文が産出されることを想定して作成した。また, これらは Zwaan et al. (2002) での材料を参考に作成した。さらに, 想定された形状を示す文がより産出されるように, 文の作成に際して, (a) 日常生活における状態・動作などの場面を描写するものとし, 独創的な文を作る必要はない, (b) 使う動詞は 1 つのみの単文とする, (c) 文は肯定文とする, (d) 助詞「と」で 2 つの単語を並列して使わない (「ピーマンとピザがある」など), (e) 単語は別の単語の一部として使わず, そのまま用いること (「オレンジ」という単語を「オレンジジュース」で用いるなど), (f) 全試行を通してストーリーを作る必要はない, そして (g) 文の時制・語順は自由である, と参加者に教示した。

画像のうち, 実験試行用画像は割れた卵・割れていない卵などの特定の形状を示すアイテムの白黒画像を用いた。フィラー試行用画像は単語セットに含まれる単語のどれにも当てはまらないアイテムの白黒画像 (たとえば, 「タマネギ・買い物かご・串」という単語セットに対して, スケート靴の画像) を用いた。これらは Zwaan et al. (2002) で使用された画像を一部用いたほか, 素材集, フリー素材, 第 1 著者が撮影した画像を加工して作成したものを用いた。画像の大きさはすべて 500×500 ピクセルとした。

また, 実験試行用の単語セットと画像は, 予備調査 (それぞれ $N = 10$) に基づいて単語セット 20 組と画像 40 枚を選定した⁵。そして, この数に合わせてフィラー試行用単語セットと画像セットも同数ずつ用意した。

装 置

刺激の提示および反応時間の記録は Psychopy2 v1.83.01 (Peirce, 2007) を用いて行った。また, 産出された文の記録のために片耳用ヘッドセット (サンワ

⁵ 単語セットと画像は, 以下の基準をすべて満たしたものを用いた。条件として, 第一には, 単語セットについて 2 単語を対提示したときに, 一致画像として用意した画像の形状と合致した文を十分に作成できること (予備調査参加者の 7 割以上, 判定は第 1 著者による), 第二には, 画像がアイテム単語の示すアイテムであると正しく判定できること (予備調査参加者の 8 割以上), そして, 同アイテムかつ形状の異なる 2 枚の画像 (例: 割れた卵と割れていない卵) に対する反応時間について対応のある t 検定を行ったとき, その差が 5% 水準で有意ではないこと, 第三に, 画像と文との対応について, 単語対によって作成される最も標準的な文 (多くは「(アイテム単語) が (関連単語) にある/いる」) の内容における形状が, 一致画像として用意した画像の形状と正しく合致していること (予備調査参加者の 8 割以上) とした。

サプライ製 MM-HSUSB13BKN)、音声録音ソフトにサウンドレコーダーを使用した。

文作成・画像判定課題手続き

1 試行の流れは Figure 1 に示した。

各試行の最初には、3つの単語（1セット）を同時に提示した。このとき、常にアイテム単語は上部に、2つの関連単語は下部に配置した。これらの単語を提示してから2秒後に、関連単語のどちらか一方の下に赤線を表示した。参加者は前述した文作成の教示に従ってアイテム単語と赤線が引かれた関連単語の計2つの単語を組み合わせて文を作成し、発話した。また、文の作成における制限時間は7.5秒間とした⁶。これは、文の作成において複雑な文を考える可能性、あるいは指定されない関連単語での文を考える可能性を小さくするためである。また、残り時間が3秒になると中央に赤丸を提示し、警告を行った。参加者はこの制限時間のもとで文の作成と発話を行い、発話し終わった段階でスペースキーを押して画像判定課題に進んだ。また、制限時間内に文を作成できない場合も自動的に画

像判定課題に進むため、その場合は画像判定課題に移った段階ですぐに発話をやめるものとした。

画像判定課題では、注視点が250 ms 提示されたあとに画像が提示された。参加者はここで画像を示す単語が3つの単語の中にあったかについて、「はい」(Jキー)あるいは「いいえ」(Fキー)で判定を行った。ここでは、実験試行はすべて「はい」、フィラー試行はすべて「いいえ」が正解となる。このうち実験試行において一致条件と不一致条件を設定した。一致条件は2つの単語によって作成された文が暗示する形状と一致した形状の画像（たとえば、「卵・冷蔵庫」で文を作成したあとに「割れていない卵」の画像）が提示される場合を示す。不一致条件は2つの単語によって作成された文が暗示する形状と一致しない画像（たとえば、「卵・冷蔵庫」で文を作成したあとに「割れた卵」の画像）が提示される場合を示す。

画像判定の終了後、「スペースキーを押すと次の試行を開始します」という教示を提示した。参加者はここでのみ適宜休憩することができ、スペースキーを押すと次の試行を開始した。

以上の流れを1試行とし、これを計40回繰り返した。全試行は一致条件10試行、不一致条件10試行、そしてフィラー試行20試行から構成され、全試行を通してそれぞれの条件はランダムに提示された。1人の参加者につき1つのアイテムは1回しか提示されなかつ

⁶ 材料選定時の予備調査で計測した、実験試行用アイテムにおける文の作成時間（単語提示から文の作成が終了するまでの時間）を利用した。具体的には、参加者ごとに中央値を算出し、その平均値+3SDを参考に設定した。

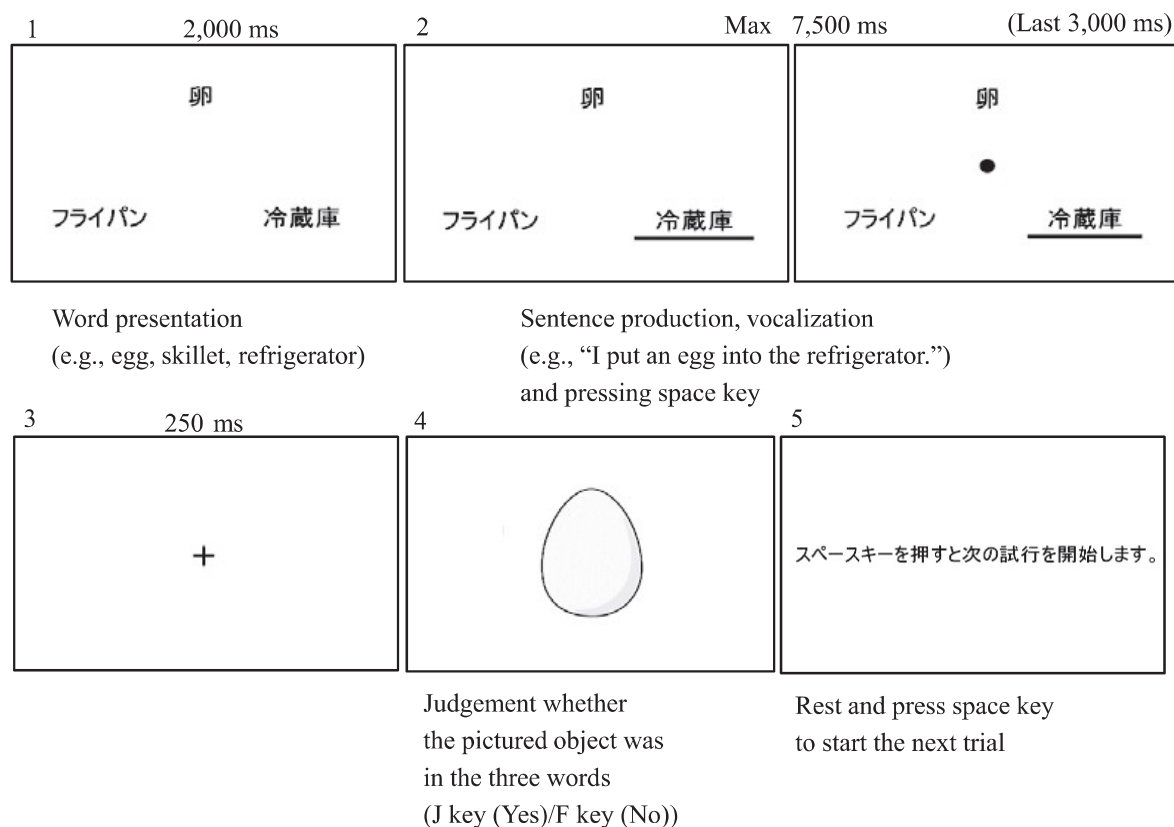


Figure 1. Time course of sentence production and picture judgement task in a Match condition trial.

た。組み合わせられる単語の種類、赤線の位置、画像の種類は参加者間でカウンターバランスをとった。また、参加者内の各条件内で指定される関連単語の位置は左右同数とした。なお、フィラー試行に関しては参加者全員が同じ単語の組み合わせで文を作成するものとした。

VVIQ

VVIQ は Marks (1973) の日本語版である長谷川 (1993) によるもの (16 項目、項目例: 太陽が水平線から霞んだ空へ昇っていく) を使用した。評定は参加者がより直感的に回答できるように、イメージの鮮明性が高いほど大きな値で評定するものに変更した上で、5 件法で回答を求めた (1: その対象について考えているだけで何のイメージも感じられない—5: 実際経験しているのと全く同じぐらい明瞭で鮮明に感じられる)。

操作チェック質問紙

本試行での文作成・画像判定課題の結果に影響を与えると考えられる方略を使っていないかを確認するため、操作チェック質問紙を実施した。操作チェック質問紙は 1-1 から 1-2 と 2-1 から 2-4 までの計 6 問で構成した。1-1 では画像が提示される前から、どちらのキーを押せばよいか容易に予想できたか、4 件法 (1: 当てはまる—4: 当てはまらない) で回答を求めた。そして、1-2 では 1-1 で 1 および 2 に回答した場合、その時期を 3 件法 (1: 最初の方から—3: 最後の方になってから) で回答を求めた。また、2-1 では 2-3 を尋ねるためのクッション項目として、実験試行において、作成した文の内容におけるアイテムの形状と画像の形状との関連に気づいていたかを 4 件法で、2-2 でその時期を、3 件法で回答を求めた。2-3 では、2-1 で 1 および 2 に回答した場合、意識して別の形状を思い浮かべる、あるいはもう 1 つの組み合わせでの内容を考えるなどの対処を行っていたかを 4 件法で、2-4 ではその時期を 3 件法で回答を求めた。また、2-1 はやや抽象的であることから、回答前に実験者が具体例 (「バナナがヨーグルトの中にある」という文と「スライスしたバナナ」の画像と「房になっているバナナ」の画像) を提示して説明を行い、質問の意図を理解したことを確認した上で回答を求めた。

手続き

実験は個別に行われた。参加者は実験説明を受けたあと、同意書への記入を行った。その後、参加者は課題の取り組み方に関する教示を受け、ヘッドセットを着用したあとに文作成・画像判定課題の練習を 6 試行行った。ただし、ここでは発話の録音は行わなかった。また、実験者は練習試行終了後に、参加者が課題に十

分に慣れたか確認を行い、慣れていない場合は同じ練習試行をもう一度繰り返した。練習試行終了後、録音を開始して本試行を行った。本試行終了後、参加者は VVIQ、操作チェック質問紙の順に回答した。最後に、操作チェック質問紙に記した以外の方略を用いたかを口頭質問し、実験を終了した。所要時間は約 30 分であった。

結 果

文の判定

全参加者の実験終了後、録音データをもとに第 1 著者が本試行で得られた文を書き起こした。このとき、画面に提示された単語以外は外来語を除いてひらがなで表記した。このうち、制限時間終了までに文が最後まで作成されなかったもの、アイテム単語を別の単語と読み間違えて文を作成したものを除外した。全く同じ文はまとめて 1 種類とみなした。また、文作成に際して参加者に与えた教示は、想定した文脈に沿った文が産出されるように設けたものである。そのため、文作成の教示が守られていなくても文が暗示するアイテムの形状が画像の形状と合致する場合もあること (たとえば、「卵をフライパンで焼いて目玉焼きをつくる」など) から、文作成の教示を守れていないものも判定対象とした。これら計 465 種類の文に関して第 1 著者を含む 3 名で文を判定した。

判定では、各単語対から作成されうる文が暗示するアイテムの形状と一致する画像を 1、もう 1 つの画像を 2 とナンバリングした。そして、参加者が記述した文全体の内容におけるアイテムの形状が 1 の画像の形状と一致しているか、あるいは一致していないかの判定を行うように求めた⁷。このとき、「一致していない」の基準として、(a) 文の内容におけるアイテムの形状のイメージが 1 と 2 で同等、あるいは 2 の方が強い場合、(b) それ以外のケースで、文の内容におけるアイテムの形状のイメージが 1 にも 2 にも当てはまらない、別の形状のイメージである場合、そして (c) 文の意味が通らない場合など、文からアイテムのイメージが喚起されない場合の 3 種類を挙げた。

データの除外

反応時間の分析においては、操作チェック質問紙や口頭質問での回答内容から特定の方略を使用したと思

⁷ 判定の際には、材料選定時に用いた「その単語の組み合わせによって作成される最も標準的な文」も併せて提示した。そして判定者には、その文は予備調査の結果、この文の内容におけるアイテムの形状が 1 の画像と合致すると判定されたものであるため、その前提に立った上でそれぞれの文を判定するように教示した。

Table 1
Reaction time in picture judgement task(s)

Condition	<i>M</i>	<i>SD</i>
Mismatch	0.764	0.167
Match	0.735	0.146

われる5名⁸、実験試行の対数変換後の平均反応時間が全体平均の2SD以上となった1名を除外した。そして、残りの36名（平均年齢21.5歳、*SD* = 2.7）の実験試行のデータにおいて、不正解などの4%のデータ⁹を分析の対象外とした。

画像判定課題に対する反応時間

まず、Zwaan & Pecher (2012) と同様に、参加者ごとに画像判定課題の反応時間について各条件の中央値を算出した。この平均値および標準偏差を Table 1 に示す。

反応時間について対応のある *t* 検定を行ったところ、画像が一致していたときの方が不一致であるよりも反応時間は有意に短かった ($t(35) = 2.07, p = .046, d_p = .34$)。

条件の効果と VVIQ 得点との関連

次に、Zwaan & Pecher (2012) と同様の分析方法によって、条件の効果と VVIQ 得点との関連について検討を行った。ここでは、参加者ごとに条件間の平均値差を両群をプールした標準偏差で割ることによって算出した。この手続きによって算出された効果量と VVIQ 得点の平均値について相関分析を行った結果、相関は有意ではなかった ($r = -.14, p > .10$)。また、外れ値を除外した分析も併せて行った。ここでは、Zwaan & Pecher (2012) および Conell (2007) を参考に、各試行の反応時間において各参加者のその条件における平均値から 2SD 以上離れたものを外れ値とみなした。分析の結果、有意な相関はみられなかった ($r = -.21, p > .10$)。

また、データセットを集約せずに分析が可能である線形混合モデルによっても分析を行った。分析手順は神長・井上・新井 (2012) を参考にした。ここでは、従属変数は反応時間を対数変換した値とし、固定因子

は条件（一致を 1、不一致を -1 とコード化）、全体平均中心化した VVIQ 平均得点、そして条件と VVIQ 平均得点との交互作用とした。また、ランダム因子は参加者とアイテム単語の種類、提示される画像の種類、指定される単語組み合わせの種類としてモデルを作成した。なお、混合モデル分析には、プログラミング言語 R (R Core Team, 2017) の lmerTest パッケージにおける lmer 関数を用いた。

最終的なモデルの選択にあたって、まずランダム因子ごとに条件（一致・不一致）の効果が異なる可能性を考慮した。つまり、すべてのランダム因子について切片と固定因子の傾きの変動（ランダムスロープ項）を仮定する最も複雑なモデルを作成した。次に、単語組み合わせに関するランダムスロープ項を削除したモデル、つまりどの単語対においても条件の効果は同じであるとするモデルを作成した。そして、以後同様に一段階ずつランダムスロープ項を削除したモデルを作成した。ただし、条件の効果と VVIQ との関連を検討するため、参加者に関わるランダムスロープは常に仮定するものとした。ランダムスロープ項を削除する順序は、通常は刺激に関するランダムスロープ項から削除される (Jaeger, 2009)。しかし、本研究では刺激に関するランダム因子が複数あるため、級内相関が低い順（単語組み合わせ、画像、アイテム単語）でランダムスロープ項を削除した。この手順により、最も複雑なモデルを含め計 4 個のモデルを作成した。ここで、複雑なモデルと、そのモデルから 1 段階単純化したモデルとの尤度比検定による比較を繰り返すことで、最終モデルを決定した (神長他, 2012)。尤度比検定により決定されたモデルは、最も単純なモデルであった。すなわち、どのアイテム単語、画像、そして単語組み合わせでも条件の効果の大きさが一定であるとするモデルであった。この線形混合モデル分析の結果を Table 2 に示す。Table 2 における切片 (Intercept) の *B* は全実験試行における従属変数の平均に相当し、条件 (Condition) の *B* は条件による従属変数の変動の大きさに相当する。Table 2 から、画像判定課題の反応時間は、不一致条件よりも一致条件において有意に短くなることが示され¹⁰、条件と VVIQ 平均得点との交互作用も有意ではなかった ($p > .10$)。

考 察

本研究は、単文産出過程において、アイテムを言語的に提示した場合にも知覚的シミュレーションが生じるかについて検討することを目的とした。そこで、特定の単語対から文を産出させたあとに画像判定課題を行った。その結果、画像判定課題の反応時間に関して、

⁸ 内訳は、操作チェック質問紙 1-1、2-3 で「当てはまる」または「やや当てはまる」を回答した 3 名 (1-1 が 1 名、2-3 が 2 名)、それ以外の方略を報告した 2 名 (ともに、赤線が出る前に 2 つの文を作成するという方略を報告) であった。

⁹ 具体的には、(a) 画像判定課題で不正解だったデータ、(b) 文の判定対象とならなかったデータ、そして (c) 文の判定を行った結果 3 名中 2 名以上が、文の内容における形状が、材料選定で想定された形状と一致しないと判定した文を作成した際のデータが該当する。

¹⁰ なお、VVIQ を投入せず、すべてのランダムスロープを仮定しないモデルでも、条件の効果は有意であった。

Table 2
Parameters of the linear mixed effects model including VVIQ score

Variable	<i>B</i>	<i>SE</i>	<i>df</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	95% CI
Intercept	-0.268	0.037	46.34	-7.189		
Condition (Mismatch -1, Match 1)	-0.019	0.009	197.93	-2.104	0.037	[-0.037, -0.001]
VVIQ	-0.176	0.078	33.18	-2.263	0.030	[-0.329, -0.023]
Condition × VVIQ	0.028	0.023	196.82	1.242	0.216	[-0.016, 0.073]

Note. CI = confidence interval; VVIQ = Vividness of Visual Imagery Questionnaire

不一致条件よりも一致条件の方が画像に対する反応時間は有意に短かった。これは Barsalou (1999) の理論とも合致する結果である。この結果から、文の作成に用いるアイテムの提示形式にかかわらず、あるアイテムをもとに文を作成する際に知覚的シミュレーションが重要な働きを果たしていることが示唆される。また本研究では独創的な文ではなく平易な文を対象とし、より共起関係に基づいた文の産出が行いやすい状況にあった。しかしその状況下でも知覚的シミュレーションが言語処理に関与していることが示された。この結果は、平易な文の産出における知覚的シミュレーションの関与を実証的に示したものであると考えられる。

また、本研究で得られた結果が Zwaan et al. (2002) が示したような文の理解過程を反映しているのではなく、文の産出過程を反映していると主張する上ではいくつかの理由が挙げられる。第一に、参加者に提示されるのは個々の単語のみであり、参加者はそれをもとに能動的に文を産出していた。この点において、本研究の課題は文が与えられ、受動的にそれを読むのみであった理解研究とは明確に異なるものである。第二の理由としては、産出した文に対する理解に関連するものが挙げられる。文を産出する際には、産出内容を確認する、産出した文を読み上げる音声を聴覚的に聞くなど、同時並行で文を理解している可能性がある。さらに、理解研究では文を聴覚提示することで検討を行うものがある (Engelen et al., 2011; Zwaan et al., 2004; Zwaan & Taylor, 2006)。その点で、産出した文を理解したことによって知覚的シミュレーションが生じていた可能性を完全に排除することは難しい。しかし、本研究はあらかじめ3つの単語を参加者に提示していた。つまり先行研究と異なり、他の形状が生じうる可能性を示唆していた。また、本研究は画像判定課題における問いを先行研究のような「画像のアイテムが文で言及されているか」ではなく、「画像を示す単語が3つの中にあったか」という、文を意識させず、かつより中立的なものとしていた。さらに、理解研究における文の聴覚提示は「理解させる」ことを目的としている。それに対して、特に「発話した文を聞くこと」

は副産物としての性質が強く、聴覚提示された文を理解しようとするときよりもその内容は注目されにくいと考えられる。以上から、もし産出した文を理解することで初めて知覚的シミュレーションが生じるのであれば、条件による効果量は文の理解研究におけるものよりも小さくなるだろう。この予測のもとで、先行研究のうち、*t* 値を報告している Zwaan & Pecher (2012) の実験 2a, 2b の結果から d_p を算出し (計算式は波田野・吉田・岡田 (2015) による)、比較を行った。その結果、本研究の効果量 ($d_p = .34$) は理解研究の効果量 (実験 2a, 2b: $d_p = .28, .30$) と同程度あるいはそれよりもやや大きかった。以上の点から、本研究で得られた結果は産出過程によるものであると考えられる。しかし、産出時のモニタリング (Levelt, 1989) に知覚的シミュレーションが実際にどの程度関与するかは不明である。そのため、単語対から文を作成し、発話するまでに生じる処理をより詳細に明らかにするために、今後は文の産出開始時間などを用いて検討する必要がある。

また、本研究は文の産出課題における赤線を引かれた単語への注目の効果は検討できていない。つまり、赤線を引いた単語のみで形状の知覚的シミュレーションが生じるのならば、条件の効果は単語を組み合わせる文を作ることによって生じたものとはいえない。「鉛筆」などの字義的には運動を示さない単語が手の運動に関する心的シミュレーションを引き起こすことがあること (Tucker & Ellis, 2004) から、赤線を引いた単語が字義的に示すもの以外の知覚的シミュレーションを引き起こしている可能性は否定できない。そのため、今後は単語のみの知覚的シミュレーションの強度についても検討する必要があるだろう。

また、本研究で得られた条件の効果は Zwaan & Pecher (2012) と同様、VVIQ とは有意に関連しなかった。この結果は、線形混合モデルにおける結果でも同様であった。Zwaan & Pecher (2012) での考察に従えば、文の産出における知覚的シミュレーションも理解過程でのそれと同様に、自動的に生じる、概念や認知プロセスの骨子となるものであると推察される。しかし、双方の分析ともに第二種の過誤の可能性は否定できな

いため、これは消極的な示唆にとどまるものである。

最後に、本研究の結論を述べる。本研究では、まず心的シミュレーションと言語産出に関する研究が非常に少ないこと、そして単文産出に知覚が関与することがこれまで前提として扱われてきたことを指摘した。これを踏まえ、単語という記号的なシンボルを元に文を産出する際にも知覚的シミュレーションが生じうるのであるかを検討した。ここでは Zwaan et al. (2002) のパラダイムを参考に、産出された文の内容と画像への反応時間の関連性に着目した。その結果、産出された文が暗示するアイテムの形状が画像のアイテムの形状に一致する場合の方が不一致の場合よりも画像に対する反応時間が短かった。この結果は、単文産出過程において単語の共起関係に基づいた処理が関与することを否定するものではないことには注意したい。しかし、文を作成する手がかりとなるアイテムの提示形式（画像か言語か）にかかわらず、知覚的シミュレーションが文を産出することそのものにおいて重要な役割を果たしていることを実証的に示した点で重要な知見であると考えられる。

引用文献

- Barsalou, L. W. (1999). Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 577–609.
- Bergen, B. (2015). Embodiment, simulation and meaning. In N. Riemer (Ed.), *The Routledge handbook of semantics* (pp. 142–157). Abingdon, UK: Routledge.
- Bock, K., & Levelt, W. J. M. (1994). Language production: Grammatical encoding. In M. A. Gernsbacher (Ed.), *Handbook of psycholinguistics* (pp. 945–984). San Diego, CA: Academic Press.
- Bos, L. T., de Koning, B. B., van Wesel, F., Boonstra, A. M., & van der Schoot, M. (2015). What can measures of text comprehension tell us about creative text production? *Reading and Writing*, 28, 829–849.
- Brunyé, T. T., Ditman, T., Mahoney, C. R., Walters, E. K., & Taylor, H. A. (2010). You heard it here first: Readers mentally simulate described sounds. *Acta Psychologica*, 135, 209–215.
- Brunyé, T. T., Walters, E. K., Ditman, T., Gagnon, S. A., Mahoney, C. R., & Taylor, H. A. (2012). The fabric of thought: Priming tactile properties during reading influences direct tactile perception. *Cognitive Science*, 36, 1449–1467.
- Burgess, C., & Lund, K. (1997). Modelling parsing constraints with high-dimensional context space. *Language and Cognitive Processes*, 12, 177–210.
- Connell, L. (2007). Representing object colour in language comprehension. *Cognition*, 102, 476–485.
- Dijkstra, K., Yaxley, R. H., Madden, C. J., & Zwaan, R. A. (2004). The role of age and perceptual symbols in language comprehension. *Psychology and Aging*, 19, 352–356.
- Engelen, J. A., Bouwmeester, S., de Bruin, A. B., & Zwaan, R. A. (2011). Perceptual simulation in developing language comprehension. *Journal of Experimental Child Psychology*, 110, 659–675.
- Ferreira, V. S., & Slevc, L. R. (2007). Grammatical encoding. In M. G. Gaskell (Ed.), *The Oxford handbook of psycholinguistics* (pp. 453–470). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Gibbs, R. W. J. (1994). *The poetics of mind: Figurative thought, language, and understanding*. New York: Cambridge University Press.
- (ギブズ, R. W. Jr. 辻 幸夫・井上 逸兵 (監訳) (2008). 比喩と認知——心とことばの認知科学—— 研究社)
- Gibbs, R. W. J. (2006). *Embodiment and cognitive science*. New York: Cambridge University Press.
- Glenberg, A. M., & Kaschak, M. P. (2002). Grounding language in action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 9, 558–565.
- Glenberg, A. M., & Robertson, D. A. (2000). Symbol grounding and meaning: A comparison of high-dimensional and embodied theories of meaning. *Journal of Memory and Language*, 43, 379–401.
- 長谷川 浩一 (1993). 心像の鮮明性尺度の作成に関する研究 風間書房
- 波田野 結花・吉田 弘道・岡田 謙介 (2015). 「教育心理学研究」における p 値と効果量による解釈の違い 教育心理学研究, 63, 151–161.
- Havas, D. A., Glenberg, A. M., & Rinck, M. (2007). Emotion simulation during language comprehension. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 436–441.
- Holt, L. E., & Beilock, S. L. (2006). Expertise and its embodiment: Examining the impact of sensorimotor skill expertise on the representation of action-related text. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13, 694–701.
- Hostetter, A. B., & Alibali, M. W. (2008). Visible embodiment: Gestures as simulated action. *Psychonomic Bulletin & Review*, 15, 495–514.
- 猪原 敬介・楠見 孝 (2011). 潜在意味解析に基づく概念間類似度の心理学的妥当性——言語統計解析アプローチの効用と限界—— 心理学評論, 54, 101–122.
- Jaeger, T. F. (2009). *Random effect: Should I stay or should I go?* Retrieved from <https://hlplab.wordpress.com/2009/05/14/random-effect-structure/> (October 23, 2017)
- 神長 伸幸・井上 雅勝・新井 学 (2012). t 検定・分散分析から混合モデルへ——文理解研究の導入事例から学ぶ—— 日本認知科学会第 29 回大会発表論文集, 34–39.
- Kaup, B., Yaxley, R. H., Madden, C. J., Zwaan, R. A., & Lüdtke, J. (2007). Experiential simulations of negated text information. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 976–990.
- de Koning, B. B., Wassenburg, S. I., Bos, L. T., & Van der Schoot, M. (2017). Size does matter: Implied object size is mentally simulated during language comprehension. *Discourse Processes*, 54, 493–503.

- Landauer, T. K., & Dumais, S. T. (1997). A solution to Plato's Problem: The latent semantic analysis theory of acquisition, induction, and representation of knowledge. *Psychological Review*, 104, 211–240.
- Levelt, W. J. (1989). *Speaking: From intention to articulation*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Levelt, W. J. (1999). Models of word production. *Trends in Cognitive Sciences*, 3, 223–232.
- Lincoln, A. E., Long, D. L., & Baynes, K. (2007). Hemispheric differences in the activation of perceptual information during sentence comprehension. *Neuropsychologia*, 45, 397–405.
- Madden, C. J., & Zwaan, R. A. (2006). Perceptual representation as a mechanism of lexical ambiguity resolution: An investigation of span and processing time. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 1291–1303.
- Marks, D. F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64, 17–24.
- 望月 正哉・内藤 佳津雄 (2012). 行為意味知識は文理解の心的シミュレーションに影響を与えるか? 心理学研究, 83, 10–17.
- Ostarek, M., & Vigliocco, G. (2017). Reading sky and seeing a cloud: On the relevance of events for perceptual simulation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 43, 579–590.
- Parrill, F., Bullen, J., & Hoburg, H. (2010). Effects of input modality on speech–gesture integration. *Journal of Pragmatics*, 42, 3130–3137.
- Pecher, D., van Dantzig, S., & Schifferstein, H. N. (2009). Concepts are not represented by conscious imagery. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 914–919.
- Peirce, J. W. (2007). PsychoPy—psychophysics software in Python. *Journal of Neuroscience Methods*, 162, 8–13.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Retrieved from <https://www.R-project.org/> (October 23, 2017)
- Sato, M. (2010). *Message in the “body”: Effects of simulation in sentence production* (Unpublished doctoral dissertation). University of Hawai'i, Hawai'i.
- Stanfield, R. A., & Zwaan, R. A. (2001). The effect of implied orientation derived from verbal context on picture recognition. *Psychological Science*, 12, 153–156.
- Tierney, R. J., & Pearson, P. D. (1983). Toward a composing model of reading. *Language Arts*, 60, 568–580.
- Tucker, M., & Ellis, R. (2004). Action priming by briefly presented objects. *Acta Psychologica*, 116, 185–203.
- Zwaan, R. A., Madden, C. J., Yaxley, R. H., & Aveyard, M. E. (2004). Moving words: Dynamic representations in language comprehension. *Cognitive Science*, 28, 611–619.
- Zwaan, R. A., & Pecher, D. (2012). Revisiting mental simulation in language comprehension: Six replication attempts. *PloS ONE*, 7(12), e51382. doi:10.1371/journal.pone.0051382.
- Zwaan, R. A., Stanfield, R. A., & Yaxley, R. H. (2002). Language comprehenders mentally represent the shapes of objects. *Psychological Science*, 13, 168–171.
- Zwaan, R. A., & Taylor, L. J. (2006). Seeing, acting, understanding: motor resonance in language comprehension. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135, 1–11.

—— 2017. 10. 31 受稿, 2018. 5. 12 受理 ——