

高速行為文の理解による反応時間の遅延 Understanding fast action sentences increases reaction time.

栗津 俊二
Shunji Awazu

実践女子大学
Jissen Women's University
awazu-shunji@jissen.ac.jp

Abstract

Recently, numerous studies have investigated the relationship between sentence comprehension and sensorimotor representation. Such studies have shown that action-sentence comprehension activates sensory-motor simulation and affects actual actions. This study investigated whether speed of described action influences sensory-motor simulation. Native Japanese speakers judged the sensibility of Japanese sentences and responded by pressing buttons. A t-test was conducted to compare reaction times for sentences that describe high- and low-speed actions. When participants comprehended high-speed action sentences, their responses were slower than when they comprehended low-speed action sentences. That is, the result revealed an incongruency between the speed of described actions and that of actual responses. This lack of congruency suggests that the sensory-motor simulation includes speed of described actions. The neural mechanisms are discussed.

Keywords — embodiment, sentence comprehension, motor simulation, speed.

1. 目的

近年、言語理解と知覚運動表象の関係が盛んに研究されている。言語は、その言語が意味する状況を実際に経験したときと同じ知覚運動表象が活性化してシミュレーションが行われることで理解される、と考えられている[1]。実際、行為文の意味判断課題をさせると、その文が意味する行為に含まれる身体動作が速くなるなど、文の理解時に知覚運動表象が活性化することを示す研究は数多い[2]-[4]。

筆者もこれまで、行為文理解時の運動表象活性化について検討してきた。まず、手を使う動作を意味する行為文を読むと手でのボタン押し反応が、足を使う動作を意味する行為文を読むと足でのペダル押し反応が促進されることを示した[4]。次に、利き手片手での行為を意味する文の読解によって、利き手でない左手でのボタン押し反応が、身体動作を伴わない文の読解時よ

りも促進されることを示した[5]。母語である日本語文と外国語である英語文の双方で、手の行為を意味する文の読解時の方が、身体行為を伴わない心的行為文の読解時よりも、ボタン押し反応が促進された[6]。また、手の行為を意味する文の時相が、ボタン押し反応に影響することも示した[7]。

このように行為文理解時の運動シミュレーションは、文が意味する行為の詳細を含むと考えられている。手の方向[2]、効果器[4]、形[8]など、使用する筋肉の違いまでも含んだ詳細なシミュレーションがなされている可能性が示唆されており、その文が意味する行為を実際に行うときと同じ神経回路を使用するとの説は説得力が高い。

しかし、栗津(2017)[9]は異なる可能性を示した。栗津(2017)は自身が行った3研究[5]-[7]をメタ分析したものである。各実験で提示した行為文を対象に、動作の方向、行為に必要な力、行為のスピード、必要な手腕の部位について新たな研究協力者に5段階で評定させ、その評定値と反応時間の相関を検討した。その結果、行為のスピードの評定値は、反応時間と負の相関を示した。つまり、遅い行為を意味する文を理解するときの方が反応時間が短く、速い行為を意味する文を理解するときの方が反応時間が長くなる傾向が見られた。これは、動作に使用する筋肉や効果器の違いだけではなく、同じ効果器における動作の様相の違いもシミュレーションされていることを示唆する。

本研究は、上記の知見を直接的に検討するための行動実験である。

2. 方法

2.1. 刺激

栗津(2017)では、「○○を△△する」という127の日本語行為文について、過去の実験参加者とは異なる協力者に、以下の4項目について評定させた。1つ目は、

動作の方向であり、文が意味する行為が「手腕を押す（伸ばす）1」から「引く（縮める）5」で答えさせた。2つ目は「行為に必要な力が弱い（1）」から「強い（5）」、3つ目は「行為のスピードが遅い（1）」から「速い（5）」、4つ目は「必要な部位は指先だけ（1）」から「腕全体（5）」で評定させた。

この127文のうち、「スピード」の評定が3.2以上の30文（「キャベツを刻む」など）と2.8以下の30文（「ご飯をよそう」など）を使用した。「スピード」以外の「押し」、「力」、「指腕」の各項目および刺激文の文字数、モーラ数、親密度、心像性（イメージしやすさ）は、t検定（両側10%水準）で有意差が無いように、刺激を選定した。他に、名詞と動詞の組み合わせが不自然な文（「コップを結ぶ」など）を30文作成し、計90文を実験に使用した。

2.2. 手続き

右利きの日本語話者、20歳前後の女子大学生28名が実験に参加した。

実験は、実験制御ソフトウェア SuperLab4.5 を使用し、ノートPCで行った。まず画面に「+」が1秒間呈示され、その後刺激文が1つ提示され、協力者は、文が自然な文かどうかを判断し、自然な文なら左手人差し指で「1」キーを、不自然な文なら右手人差し指で「¥」キーを、できるだけ速く正確に押すよう求められた。文は、協力者がどちらかのボタンを押すか、または10秒間経過するまで、提示された。文が消えたのち、1秒の試行間隔ののち、再び「+」が表示され、次の試行が開始された。実験は全90刺激文

（90試行）であり、刺激文は、すべてランダムな順で呈示された。45試行で休憩を入れ、実験協力者が任意のタイミングで実験を再開した。

3. 結果

刺激文の平均正答率は全体が0.999、低速行為文が1.00、高速行為文が0.999ときわめて高く、条件間に有意差は見られなかった。

平均反応時間は低速行為文が1098ミリ秒（SD: 179）、高速行為文が1192ミリ秒（SD: 212）であり、t検定において有意差が見られた [$t(27)=3.32$, $p<0.01$, two-tail]（図1）。

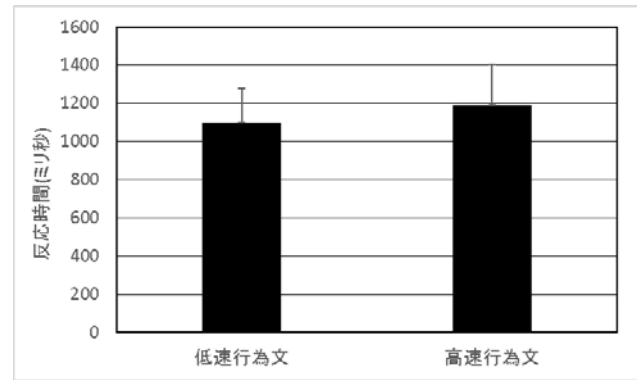


図1 条件別の平均反応時間と標準偏差

4. 考察

本研究では、手行為文が意味する行為の速度によって、ボタン押し反応時間が影響されるか検討した。その結果、低速の行為を意味する文を理解するときの方が、高速の行為を意味する文を理解するときよりも、反応時間が短くなることが確認された。これは、同一実験協力者内での直接的な比較によって、栗津(2017)を追認するものである。

本研究の結果は、手行為文の理解時に、効果器の違いではなく、動作の様相の違いがシミュレーションされていることを示唆する。これまで、行為文の理解時に発生するシミュレーションでは、手足という効果器の区別がなされていることが示されていた[4, 10]。また、手の形[8]や方向[2]が区別されることも示されてきた。これらが異なる行為は、使用する筋肉が異なる行為である。したがって従来の研究は、文の意味する行為において、実際に使用する効果器を詳細に反映した運動シミュレーションが発生することを示してきた、と考えられる。それに対し、本研究が扱ったのは行為の速さであり、効果器の違いではない。同じ効果器を用いた行為でも、速度によって異なったシミュレーションが行われることを示しており、文の理解時に発生する知覚運動シミュレーションの新たな側面を示したものである。

本研究は行動実験であり、文の意味する行為の速度が、どのような神経回路によってシミュレーションされるのかを明らかにするものではない。しかし、近年のfMRI研究の知見から考えれば、文が意味する行為の速度は、実際の運動の速度に関わる神経活動とは異なる形で、表現されている可能性が示唆される。速度が異なる行為の理解時に活性化する脳領域を比較した研究では、速度によって右半球視覚（運動視）関連領域と運動

領域の活性化に違いが見られ、速い行為では運動領域の活性化程度が低下していた[11]。本研究の結果と合わせて考えると、速い行為は、運動領域ではなく、その行為を視覚的に捉えた状況としてシミュレーションされることが考えられる。語の意味概念に含まれる感覚属性は脳内に広く分散して表象されており[12]、各感覚領域に保存された情報が側頭葉を中心としたハブ領域を介して活性化されると考えられている[13, 14]。言語に関する知覚運動情報、概念の身体性などは、語が直接的に意味する内容や感覚属性だけでなく、マルチモーダルなネットワークの変化として捉える必要があるだろう。

5. 参考文献

- [1] Barsalou, L. W. 1999. Perceptual symbol systems. *Behavioral and Brain Sciences.*, 22, 577-660,
- [2] Glenberg, A. M. & Kaschak, M. P. 2002. Grounding language in action. *Psychological Bulletin and Review*, 9, 558-565.
- [3] Scorolli, C., Borghi, A. M., & Glenberg, A. 2009. Language-induced motor activity in bi-manual object lifting. *Experimental Brain Research*, 193, 43-53.
- [4] Awazu, S. 2011. The action sentence compatibility effect in Japanese sentences. *Perceptual and Motor Skills*, 113, 597-604.
- [5] 栗津俊二. 2013. 行為文理解時の「抽象的な」知覚運動シミュレーション. 日本認知科学会第30回大会発表論文集, 136-141.
- [6] 栗津俊二, 鈴木明夫, & 赤間啓之. 2015. 英語学習者における日本語文と英語文理解時の運動シミュレーション. 日本認知科学会第32回大会発表論文集, 583-587.
- [7] 栗津俊二. 2016. 行為文理解時の運動シミュレーションに動詞の時相が与える影響. 日本認知科学会第33回大会発表論文集, 828-831.
- [8] Bergen, B. & Wheeler, K. 2005. Sentence understanding engages motor processes. *Proceedings of the annual meeting of the cognitive science society*, 27, 238-243.
- [9] 栗津俊二(2017) 行為の様相が行為文理解時のボタン押し反応に与える影響. 日本認知科学会第34回大会発表論文集. P2-2.
- [10] Marino, B., Gough, P., & Gallese, V. 2013. How the motor system handles nouns: a behavioral study. *Psychological Research*, 77, 64-73.
- [11] van Dam, W. O., Speed, L. J., Lai, V. T., Vigliocco, G., & Desai, R. H. (2017). Effects of motion speed in action representations. *Brain and Language*, 168, 47-56.
- [12] Fernandino, L., Binder, J. R., Desai, R. H., Pendl, S. L., Humphries, C. J., Gross, W. L., & Seidenberg, M. S. (2015). Concept Representation Reflects Multimodal Abstraction: A Framework for Embodied Semantics. *Cerebral Cortex*, 26(5), 2018-2034.
- [13] Lambon Ralph, M. A., Jefferies, E., Patterson, K., & Rogers, T. T. (2016). The neural and computational bases of semantic cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 18, 1-14.
- [14] Pulvermüller, F. (2013). How neurons make meaning: Brain mechanisms for embodied and abstract-symbolic semantics. *Trends in Cognitive Sciences*, 17, 458-470.

※ 本研究はJSPS科研費16H02835の助成を受けた。