

言語性ワーキングメモリにおける音韻処理と意味処理について

谷内 まみ¹⁾, 井上 和博²⁾, 深野 佳和²⁾

要旨 言語性ワーキングメモリにおける音韻処理と意味処理について各々の影響を検討するため、(1)系列再生の型 (2)記憶課題の刺激語の心像性 (3)判断課題の意味カテゴリー化を設定した。記憶課題では心像性効果を示し、判断課題では記銘時において基準条件と二重課題条件下の刺激語間で反応時間に有意差が生じた。また判断課題において基準条件及び二重課題条件下の非単語で反応時間に有意差が生じた。言語学的エラー分析より、低心像語において語の置換が多く認められた。つまり判断課題における高心像語と低心像語の干渉効果より、心像性が有する意味・概念が聴覚入力により主観的なイメージを想起・活性化させた際、意味カテゴリーを有する絵判断に影響したと考えられる。低心像語での語の置換は語彙表象レベルでの阻害、意味表象からのトップダウン的処理を示唆した。

キーワード: 言語性ワーキングメモリ, 二重課題, 心像性, 意味表象

【緒言】

近年、言語処理をワーキングメモリの観点から示すものも多い。ワーキングメモリが失語症や発達障害に関与することも認められているが、その理論・議論は多様である。ワーキングメモリの提唱者である Baddeley は、必要な情報を一時的に保持し、その情報に操作を加えるシステムと仮定している¹⁾。そして1つの中央実行系と呼ばれる注意制御などを行う監督システムと、音韻ループと視空間スケッチ・パッドの2つの下位システムを想定している。音韻ループについては、時間経過とともに衰退していく受動的な貯蔵は音韻貯蔵庫の機能であり、一方、能動的な情報再活性化に関与するのは構音コントロール過程である。視空間スケッチ・パッドについては、受動的な貯蔵機能は視覚キャッシュが担い、能動的な再活性化はインナースクライブ (能動的情報保持機能) が担っているとされる²⁾。この2つの下位システムをコントロールする中心的な役割を担うシステムが、中央実行系である。さらに2つの下位システムに加えて、長期記憶からの情報の検索に関するエピソード・バッファが

提唱されている。これは、長期記憶からの情報や他の下位システムからの情報を統合し、多様相的な表象を保持するシステムであると考えられている³⁾。しかし、2つの下位システムとエピソード・バッファの分離性や、中央実行系概念の曖昧性や多義性といった問題は依然として存在している。

言語性ワーキングメモリの音韻処理に関する研究は多くみられるが、意味処理に関する研究は乏しい。また、系列再生課題における記憶方法の相違や、使用語の具体性や心像性による結果の相違、系列再生課題は音韻保持機能を反映しているとされる一方で、意味処理がなされているという報告があり、様々な報告が存在する⁴⁻⁷⁾。

そこで本研究では先行研究の相違に着眼し、言語性ワーキングメモリにおける音韻処理と意味処理について二重課題法および言語学的分析を用い、それぞれの干渉効果について比較検討することを目的とした。二重課題として聴覚言語記憶課題と視覚判断課題を用い、(1)記憶課題における提示再生方法、(2)記憶課題における刺激語の心像性、(3)判断課題における意味カテゴリー化、の

¹⁾鹿児島大学医学部・歯学部附属病院 リハビリテーション部

²⁾鹿児島大学歯学部医学系保健学科臨床作業療法学講座

連絡先: 谷内まみ

鹿児島市桜ヶ丘8-35-1

Tel/fax 099-275-5704

e-mail: mami77@m3.kufm.kagoshima-u.ac.jp

課題・条件を設定することによって各々の影響を明らかにした。

【対象と方法】

1. 対象

本人の同意が得られた、視覚・聴覚能力および日常コミュニケーション能力に問題のない120歳以上の学生64名(男性31名, 女性33名, 平均年齢21.9歳)を対象とした。実施期間は平成25年9月~11月であった。本研究は鹿児島大学医学部疫学・臨床研究倫理委員会の承認を得た(受付番号第263号)。

2. 手続き

(1) 装置

Windows PC2台, Cedrus 社 Super Lab4.5, ヘッドホン2個(被験者用, 実験者用各1個), 小型アンプ(刺激提示用), ICレコーダー

(2) 課題

聴覚言語記憶課題(以下, 記憶課題)

刺激語: 高心像語, 低心像語, 非単語の3言語材料を用い, それぞれ3モーラからなる語とした。心像性はNTTデータベースシリーズより選択した⁸⁾。単語の提示数は, Acheson らの実験により平均単語スパンは5.14語であったことから⁷⁾, 1リストにつき5単語とした。

高心像語... 心像度5.600~6.968 例) すずめ

低心像語... 心像度2.714~3.714 例) 名義

非単語... 日本語として存在しない語 例) くめこ

提示方法: ヘッドホンより聴覚的に単語が提示され, 再生の開始合図を示すトーンが鳴り, 被験者は提示された順序通りに口頭にて系列再生を行った。聴覚提示はWindows PCで制御し, 単語の刺激間隔は1秒とした。各言語材料において1試行につき5単語提示された。

視覚判断課題(以下, 判断課題)

判断課題として2課題を設定した。

・絵判断(意味カテゴリー化必要): 動物の写真が提示され, 犬であれば“F”キーを, 犬以外の動物であれば“J”キーを, 出来るだけ速く正確に押すよう求められた。刺激に対する反応後, 500ms後に次の刺激が提示された。

・マトリクス図形判断(意味カテゴリー化不必要): 2×2=4のマスを白黒で塗り分け, 白黒の割合が1対3もしくは2対2の図形を作成した。被験者は2つの図形が同じであればキーボードの“F”キーを, 異なるものであれば“J”キーを, 出来るだけ速く正確に押すよう求められた。刺激に対する反応後, 500ms後に次の刺激が提示された。

実験に先立ち, 2つの判断課題における難易度を比較

検討するため, 9名(本実験とは異なる被験者)にてプレテストを行った。反応時間(Reaction Time: 以下, RT)と正答率の結果に基づき刺激の調整を行い, ほぼ同等の難易度となるよう調整した。

(3) 条件

基準条件(単一課題)

記憶課題および判断課題を単独で各々2試行ずつ行った。つまり, 3種の言語材料における記憶課題が各2試行, 絵, マトリクス図形判断課題が各2試行であった。課題の順序は被験者間でカウンターバランスされた。

二重課題の実験条件として以下の提示再生3条件を採用し, 被験者をいずれかの群にランダムに分けた。

同時提示即時再生条件群(以下, 同時即時群)(22名)

記憶課題と判断課題による二重課題の直後に開始合図のトーンが鳴り, 系列再生を求められた。

同時提示遅延再生条件群(以下, 同時遅延群)(20名)

二重課題の後に8000msのインターバルが設けられ, その後開始合図のトーンにより系列再生を求められた。記憶課題にて単語提示に8秒要した為, 同等の時間を遅延時間とした。

継時提示遅延再生条件群(以下, 継時遅延群)(22名)

記憶課題の後, 判断課題を行い, その後開始合図のトーンにより系列再生を求められた。判断課題の提示時間は記憶課題と同じ8000msとした。

3条件における実験の流れは図1の通りである。本実験では, 始めに記憶課題の系列再生方法について教示され, 判断課題に慣れるための簡単な練習を行った。その後基準条件, 二重課題条件を行った。二重課題条件では, リハーサル時の干渉効果も検討する為, 即時再生条件に加え, 遅延再生条件および継時提示遅延再生条件も設けた。検査者により反応時間(RT)と正答率が測定された。各被験者は基準条件10試行(記憶課題3言語材料を各2試行, 判断課題2種を各2試行), 二重課題条件12試行(記憶課題3言語材料×判断課題2種×2試行),

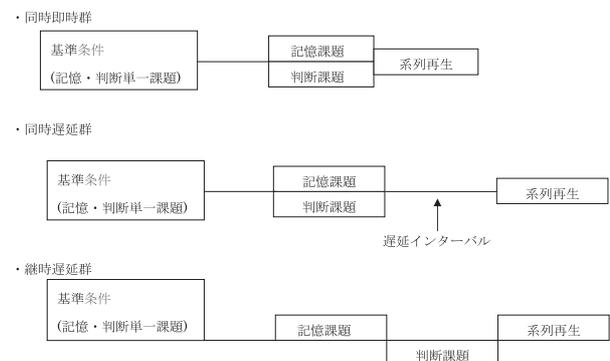


図1 提示再生条件

計22試行実施した。

(4) エラーの言語学的分析

順序の正確さも含めた完全正答（以下、完全正答）、順序誤りはあるものの単語として正確に表出された単語正答（以下、単語正答）、置換（音節の置き換え）、転置（音節の並べ間違い）、音素の誤り（子音の誤り）、省略（音節や子音の省略）、保続（前に出てきた単語を繰り返す）、語の置換（意味のある単語への置き換え）に分類した。

3. 統計処理

記憶課題における判断課題の影響を検討するために、提示再生条件（3：同時即時，同時遅延，継時遅延）×判断課題（3：判断課題なしの基準条件，絵判断，マトリクス図形判断）×刺激語（3：高心像語，低心像語，非単語）の3要因分散分析を行った。

次に，判断課題における記憶課題の影響を検討するために，提示再生条件（3：同時即時，同時遅延，継時遅延）×判断課題（2：絵判断，マトリクス図形判断）×刺激語（4：記憶課題なしの基準条件，高心像語，低心像語，非単語）の3要因分散分析を行った。主効果・交互作用に有意差が生じた場合の下位検定として Tukey's HSD を用いた⁹⁾。

【結果】

1. 記憶課題

(1) 正答数

各群・条件における完全正答数は図2の通りである。刺激語の主効果 ($F=257.46, p<.01$) で有意差が認められ，完全正答数は高心像語（平均5.10），低心像語（平均1.94），非単語（平均1.00）の順であった。完全正答率が各々51%，19%，10%と低く，床面効果の可能性も考慮し，単語正答数についても分散分析を行った。その結果

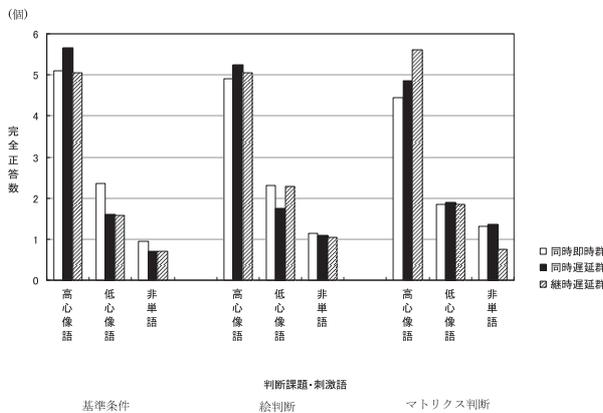


図2 提示再生群および判断課題・刺激語別の完全正答数

表1 エラーの言語学的分析

条件	心像性	転置	置換	音素	省略	保続	語の置換
基準条件	高心像語	0	4	21	0	4	29
	低心像語	2	72	63	1	3	77
	非単語	9	148	86	0	1	56
絵判断	高心像語	0	27	14	0	7	24
	低心像語	3	91	87	0	10	45
	非単語	7	188	129	0	4	35
マトリクス図形	高心像語	0	4	3	0	5	36
	低心像語	7	98	97	0	6	60
	非単語	2	173	114	2	6	45

果，完全正答数と同様，刺激語の主効果 ($F=665.12, p<.01$) で有意差が認められたが，その他については有意差を認めなかった。刺激語の主効果について多重比較を行った結果，完全正答および単語正答ともに，高心像語，低心像語，非単語各々の間で有意差 ($p<.01$) を認めた。

(2) エラーの言語学的分析

転置・置換・音素の誤りは非単語で，語の置換は低心像語で最も多くみられ，保続は高心像語と低心像語で多くみられた (表1)。

2. 判断課題

各群・条件における RT を図3に示した。判断課題の主効果 ($F=25.96, p<.01$) と刺激語の主効果 ($F=36.69, p<.01$) で有意差が認められ，判断課題の RT は絵判断の方がマトリクス図形判断よりも有意に短かった。刺激語の主効果に対する多重比較の結果，基準条件と各刺激語間で有意差を認め，各刺激語間では有意差を認めなかった。

提示再生群と刺激語の一次交互作用 ($F=2.48, p<.05$) がみられ，多重比較の結果，同時即時群における基準条件と刺激語各々の間で有意差 ($p<.01$) を認め，各刺激語間では有意差を認めなかった。同時遅延群も同様の結果であった。

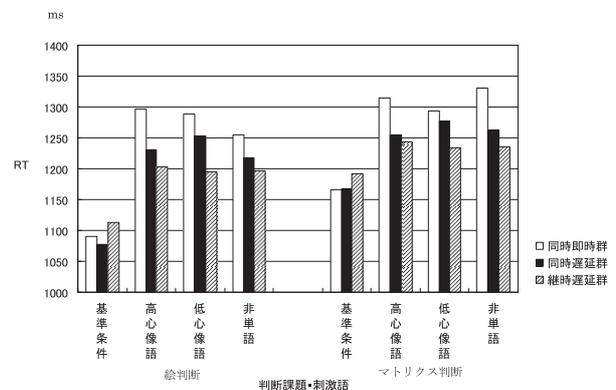


図3 提示再生群および判断課題・刺激語別のRT

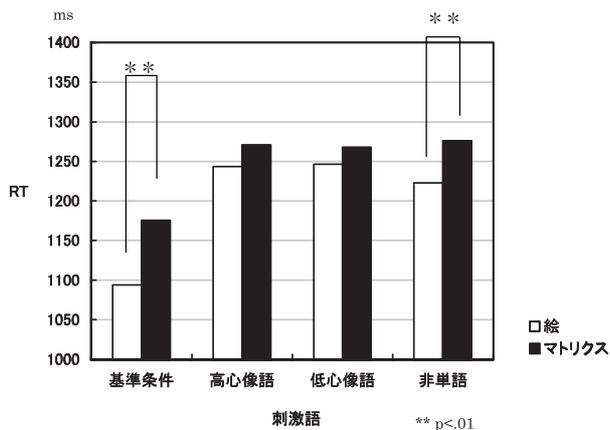


図4 判断課題・刺激語別のRT

判断課題と刺激語の一次交互作用 ($F=4.10, p<.01$) がみられ、単純主効果の結果、判断課題と基準条件 ($F=20.26, p<.01$)、および判断課題と非単語 ($F=8.66, p<.01$) の間で有意差を認めた (図4)。また、絵判断と刺激語 ($F=36.55, p<.01$)、およびマトリクス判断課題と刺激語 ($F=16.14, p<.01$) の間で有意差を認めた。多重比較の結果、絵判断では基準条件と刺激語の間に有意差 ($p<.01$) を認めたが、各刺激語間では有意差を認めなかった。マトリクス図形判断も同様の結果であった ($p<.01$)。

【考察】

1. 記憶課題、及び記憶課題への判断課題の干渉効果

記憶課題の完全正答数及び単語正答数より、高心像語、低心像語、非単語の順にパフォーマンスに相違が生じた。これは顕著な心像性効果を示すものであり、Paivio の二重符号化説によっても説明可能である。Paivio はイメージ過程を、具象 - 抽象という言語学的次元の基礎となる主要な心理学的過程と見なした¹⁰⁾。当結果より、言語性ワーキングメモリが意味表象の影響を受けており、基準条件の記憶課題だけでなく、二重課題の系列再生においても効果を生じることが明らかになった。

提示再生条件及び判断課題各々の主効果で有意差は認められなかった。これらの結果は、(1) 判断課題との二重課題において (記銘時、保持時とも)、干渉効果が生じなかった、(2) 直後再生・遅延再生間にも再生パフォーマンスに差異が生じなかった、ことを意味している。(1) の原因としては、聴覚記憶課題と視覚判断課題における感覚モダリティの分離、及び記憶課題測定 (正答数) の感度 (sensitivity) の低さが挙げられる。完全正答率、単語正答率とも、低心像語・非単語では1~2割程度であり、床面 (floor) 効果によって、条件間の相違を鋭敏に反映できなかったと考えられる。(2) については、遅

延インターバルが8秒と短時間であった為であると考えられ、遅延による効果を調べる為には手続き上の工夫がさらに必要である。

エラーの言語学的分析の結果、転置・置換・音素の誤りは非単語で最も多くみられた。このことは非単語が音韻ループに依存していることを示す。保続は高心像語と低心像語で多くみられた。保続が健常者でもみられたことは大変興味深い。語の置換は低心像語で最も多くみられた。判断課題では記憶課題の干渉効果が生じ、絵判断RTが低心像語で最も遅くなった。その原因として語彙表象レベルでの阻害が挙げられ、エラー分析において語の置換が低心像語にて最も多くみられたことと関係していると考えられる。低心像語における語彙表象へのアクセス、語彙表象レベルでの阻害は記憶課題および判断課題の効率を減じるため、正答数と絵判断課題のRTに影響を及ぼし、なおかつ既知の単語でないものはトップダウン処理により他の語に置換されて表出されたと推測される。この一連の処理は短期記憶システム内で行われていると考えられる¹¹⁻¹²⁾。語の置換による誤りは言語機能のトップダウン処理とボトムアップ処理が複雑に絡み合った現象を反映していると考えられる。

2. 判断課題、及び判断課題への記憶課題の干渉効果

刺激語の主効果がみられ、基準条件 (記憶課題なし) と各刺激語の間で有意差を認め、刺激語間では有意差を認めなかったことから、二重課題の干渉効果による判断課題パフォーマンスの低下が示された。

同時即時群における基準条件 (記憶課題なし) と刺激語それぞれの間で有意差を認め、同時遅延群においても同様の結果であった。また継時遅延群では差がみられなかった。同時即時群と同時遅延群では単語記銘と同時に視覚判断を行う課題であり、継時遅延群では単語記銘後の保持 (リハーサル) 中に視覚判断を行う課題である。つまり、記銘時の二重課題は視覚判断のパフォーマンスを低下させたが、保持においては視覚判断に影響を及ぼさない結果となった。言い換えると記憶痕跡の強化は視覚判断パフォーマンスに影響を与えないことを示しており、聴覚課題と視覚課題の感覚モダリティの分離性が考えられる。

判断課題と刺激語の一次交互作用に対する単純主効果と多重比較の結果、基準条件 (記憶課題なし) と非単語における絵判断とマトリクス図形判断の間に有意差 ($p<.01$) を認めた。非単語の記銘は音韻ループに依存すると考えられており、二重課題により負荷をかけた条件であっても基準条件と同様に絵判断とマトリクス判断との間に差が生じたことは、音韻ループの活性化が概念・意味表象を持つ絵判断と視覚パターン判断であるマトリ

クス図形判断のパフォーマンスに影響を及ぼしておらず、聴覚および視覚の感覚モダリティの分離性を支持する結果となったと考えられる。

高心像語と低心像語による二重課題条件下の RT に焦点を当てると、絵判断に要する RT が高心像語と低心像語で遅くなり、絵判断とマトリクス図形判断の RT に差が生じなくなっている。この結果より高心像と低心像語が持つ概念・意味表象が、意味カテゴリー化を要する絵判断課題に対し、干渉効果を及ぼしたと考えられる。被験者によって想起されるイメージが、発せられる信号と同じ感覚モダリティに関わっているとき、感受度はとくに低下することが Perky らによって明らかにされている¹³⁾。

今回、記憶課題における意味表象の干渉作用が絵判断課題で生じ、低心像語において語の置換が多くみられたことより、言語処理が言語性ワーキングメモリとエピソード・バッファーおよび長期記憶それぞれのシステムが両方向性または同時に機能することによってなされていると考えられる。言語処理における音韻・語彙・意味表象についてワーキングメモリの関係を考慮することは、視覚入力の言語処理への影響を検討するうえでの一助になると考えられる。

【結語】

判断課題にて高心像語と低心像語による意味表象の干渉作用が生じたことから、心像性が有する概念・意味表象が聴覚入力により主観的なイメージを想起し、活性化させる際、意味カテゴリー化を要する絵判断に対し干渉効果を及ぼすと考えられる。低心像語での語の置換エラーは、語彙レベルで阻害が生じ、意味表象を十分活性化するに至らず意味表象からトップダウン的に処理されたことを示す。言語処理において、言語性ワーキングメモリにおける音韻ループと意味処理に関わるシステムが、両方向もしくは同時に機能していることが示唆される。

文献

- 1) Baddeley A, Hitch G. Working memory. In : The psychology of learning and motivation (Eds Bower G). Academic Press :New York; 1974, 47-89
- 2) Baddeley A, Logie R. Working memory, the multiple component model. Models of working memory : Mechanisms of active maintenance and executive control (Eds Miyake A & Shah P). Cambridge University Press: New York; 1999, 28-61
- 3) 斎藤智：ワーキングメモリと言語処理. 運動と言語 - 認知科学の新展開 3 (乾敏郎, 安西祐一郎編). 岩波書店, 東京, 2001, p139-154
- 4) Martin R, Lesch F, Bartha M. Independence of input and output phonology in word processing and short-term memory. Journal of Memory and Language. 1999; 41:3-19
- 5) 金田みずき, 芋阪直行：言語性ワーキングメモリと長期記憶情報とのかかわりにおける実行系機能の役割. 心理学研究, 2007 ; 78 : p236-243
- 6) 西崎友規子, 芋阪満里子：文章理解とワーキングメモリの個人差. 心理学研究, 2004 ; 75 : 220-228
- 7) Acheson D, MacDonald M, Postle B. The effect of concurrent semantic categorization on delayed serial recall. Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition. 2011; 37(1) : 44-59
- 8) 佐久間尚子, 伊集院睦雄, 伏見貴夫ら：NTTデータベースシリーズ 日本語の語彙特性 第3期 第8巻 単語心像性 . 三省堂, 東京, 2005
- 9) 森敏昭：心理学のためのデータ解析テクニカルブック (吉田寿夫編). 北大路書房, 京都, 1990, p121-175
- 10) Paivio A.. A factor-analytic study of word attributes and verbal learning. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 1968; 7 : 41-49
- 11) Shiffrin R, Schneider W. Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. Psychological Review, 1977; 84 : 127-190
- 12) Jackendoff R. Consciousness and the computational mind. MIT Press: Cambridge; 1989, 113
- 13) Denis M (寺内礼監)：イメージの心理学. 勁草書房, 東京, 1989, p98-99

Phonological and semantic processing in verbal working memory

Mami Taniuchi¹⁾, Kazuhiro Inoue²⁾, Yoshikazu Fukano²⁾

1) Department of Rehabilitation, Physical Medicine Division, Kagoshima University Hospital
8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima, 890-8544, Japan

2) Course of Occupational Therapy, School of Health Science, Faculty of Medicine, Kagoshima University,
Kagoshima, Japan

Address correspondence to Mami Taniuchi,
8-35-1 Sakuragaoka, Kagoshima 890-8544, Japan
TEL/FAX : 099-275-5704
E-mail: mami77@m3.kufm.kagoshima-u.ac.jp

Abstract

PURPOSE: The language system has been recently shown from the viewpoint of verbal working memory. The influence of semantic processing on the serial recall was explored using the dual-task paradigm and the analysis of speech errors.

METHODS: Subjects were divided into three groups by the serial recall modality. The tasks were linguistic auditory memory and visual judgment. Subjects performed single and dual task conditions. The stimuli were high imagery word, low imagery word, and non-word lists in memory task, pictures and matrix in judgment task. **RESULTS:** Results showed the effects of imagery in memory task and the differences in reaction time between judgment pictures and matrix under single task condition and dual task with non-word lists, and not with high and low imagery words. The word replacement was observed most frequently in low imagery words by the analysis of speech errors.

CONCLUSION: Our results suggested that the interference of semantic representation was produced by imageability and low imagery words did not bring about full activation of lexical representation, and the top-down processing from semantic representation might explain the word replacement.

Key words: working memory, dual task paradigm, imagery, semantic representation