

モダリティ効果による単一記憶システムの検討

芦谷由衣*

Modality-specificity effect suggest a single memory system

ASHITANI Yui

Abstract

Explicit (declarative) and implicit (non-declarative) memory systems have been the focus of research for a number of years in the past. The current consensus is that memory consists of multiple-systems that include distinct explicit and implicit systems. This experiment and model simulation based on the perspective of a single memory system investigated modality-specificity in priming effects, as well as recognition memory in visual and auditory word identification and recognition tasks. The results indicated that within-modality priming effects were more significant than cross-modality effects. Moreover, within-modality recognition was superior to cross-modality recognition. These findings are suggestive of modality-specificity in priming and recognition of visual and auditory materials. In the simulation, the experimental data was applied to a single-system computational model of priming and recognition. Results indicated that the model was valid for within-modality and cross-modality auditory data, suggestive of the possibility that explicit and implicit memory systems are a modality specific single system. It is suggested that future studies should apply experimental data to models of various single- and multiple-systems, in order to identify the nature of memory system.

Keywords : memory system, modality-specificity effect, priming, recognition, computational model

はじめに

記憶はいくつかの種類に分けられる。その中に、意識を伴う顕在記憶と意識を伴わない潜在記憶とがあり、それぞれ多くの研究が行われている。顕在記憶研究は、再認記憶手続きを使って行われることが多く、一方、潜在記憶研究は、プライミング現象を使って行われることが多い。プライミングとは、先行する刺激が後続の刺激に対する反応に、何らかの影響を与える現象である。再認とプライミングとを区分する現象のひとつに、モダリティ効果がある。モダリティ効果とは、“学習時における記銘材料が提示されるモダリティ（例えば、視覚提示、聴覚提示）と記憶課題遂行時の手がかりが提示されるモダリティが同じ場合と異なる場合を比較すると、同じ場合の方が異なる場合よりも優れた記憶課題成績を示す現象である”（岡田, 1999）。本研究では、モダリティを「感覚モダリティ」の意味で用いる。

これまで、モダリティ効果はプライミング実験において報告されてきた（e.g., 視覚モダリティ：Gibson & Bahrey, 2005; Hayman & Rickard, 1995; Schacter & Graf, 1989; 聴覚モダリティ：Gibson et al., 20005; Pilotti, Bergman, Gallo, Sommers, & Roediger, 2000）。それに対し、再認は学習とテストが同一のモダリティ（単一モダリティ）で行われようと、異なるモダリティ（クロスモダリティ）で行われようと、テストの成績に

キーワード：記憶システム、モダリティ効果、プライミング、再認、計算モデル

*平成22年度生 人間発達科学専攻

影響はないと報告されてきた (e.g., Joyce, Paller, Schwartz, & Kutas, 1999)。ところが、近年では、再認にもモダリティ効果が見られるという実験結果が報告されており (e.g., Mulligan & Osborn, 2009)、モダリティ効果が、プライミング特有の現象なのか、再認でも見られる現象なのかという議論は、現在でも続いている。

もし、モダリティ効果が再認でも見られる現象であるならば、再認とプライミング、つまりは顕在記憶と潜在記憶が同じ記憶システムを使っているのか、それとも異なる記憶システムを使っているのかという議論について、一石を投じることができる。異なる脳部位が記憶に関係していることや、顕在記憶と潜在記憶という別々の現象が起こることから、複数の記憶システムを想定して、記憶を説明する立場と、様々なモデル (e.g., カウンターモデル, Ratcliff & McKoon, 1997; SRNモデル, Kinder & Shanks, 2003; 単一システムモデル, Berry, Henson, & Shanks, 2006; Berry, Shanks, & Henson, 2008a; Berry, Shanks, & Henson, 2008b) を用いて、記憶を単一のシステムとして説明する立場がある。

本研究では、単一記憶システムの立場から、モダリティ効果の実験とシミュレーションを行う。本研究のシミュレーションは、再認判断のモデル説明で用いられてきた信号検出理論を使用したBerry et al.(2008a)が行ったシミュレーション方法に準拠する。以下、シミュレーションの基となる単一システムモデルの説明を行う。

単一システムモデル

単一システムモデル (e.g., Berry et al., 2008a) とは、再認記憶とプライミングとが、単一のシステムの活動であると仮定し、再認判断で用いられる信号検出理論を、プライミングに応用したモデルである。信号検出理論とは、“ノイズのなかの信号 (シグナル) の検出という課題における被験者の内的過程のモデル構成を、感覚過程と決定 (判断) 過程の区別に基づいて行っている”ものである (岡本, 2006)。

単一システムモデルでは、テスト段階において、単語を学習段階で見たことがある「old」、または初めて見る「new」のどちらかで判断する感覚量を既知感 f で表す。 f は、次のような正規分布に従うと想定する。

$$f \sim N(\mu, \sigma_f) \quad (1)$$

学習段階で学習した単語であるold項目の平均値は μ_{old} 、学習しなかった単語であるnew項目の平均値は μ_{new} で表される。この既知感 f が、再認とプライミングを単一で説明する指標となる。反応を4通り (hit, miss, false alarm, correct rejection) に区別するには基準 c が必要であるが、本研究では再認課題と単語同定課題にそれぞれノイズを想定した分布を考えるため、 $c = (\mu_{new} + \mu_{old})/2$ と固定する。

再認課題で測定される再認判断は、変数 Jr (the Judgement made during a recognition task) で表される。

$$Jr = f + e_r \quad (2)$$

$$e_r \sim N(0, \sigma_r)$$

パラメータ e_r は、テスト段階の再認課題で起こる内部感覚のノイズを表している。再認判断は、既知感とノイズを加えた分布で行われていると想定する。

単語同定課題で測定されるプライミングは、変数 RT (Reaction Time)で表される。

$$RT = b - sf + e_p \quad (3)$$

$$e_p \sim N(0, \sigma_p)$$

変数 e_p は、テスト段階の単語同定課題で起こる内部感覚のノイズを表している。また、パラメータ b と s は、既知感に対してold項目とnew項目の平均反応時間をプロットした時の切片 b と傾き s である。これらのパラメータを、データから推測することで、単語同定の反応時間を求めることができる。

Berry et al. (2008a) は、この単一システムモデルをStark & McClelland (2000) の行った実験データに適用して、視覚モダリティの再認とプライミングに関するシミュレーションを行った。本研究では、この単一システムモデルを、聴覚モダリティと視聴覚のクロスモダリティの実験データにおいてシミュレーションを行い、モデルの拡張性を検討する。

以上より、本研究の目的は、視覚と聴覚のそれぞれで、再認とプライミングのモダリティ効果を実験とシミュレーションにより検討することである。単一システムモデルが、聴覚モダリティ、または視聴覚のクロスモダリティの再認とプライミングを説明するのに妥当であるかの検討が主眼となる。

実験

方法

実験参加者

お茶の水女子大学の学生 8 名（女性）が実験に参加した（平均年齢=26.13歳；22~33歳）。各条件の人数は、視覚条件 4 名（平均年齢=28歳）、聴覚条件 4 名（24.25歳）であった。実験参加者は全員、視力、聴力ともに正常であった。

刺激

刺激とする単語は、「NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性第 1 巻単語親密度」より、文字単語親密度・音声単語親密度がともに1.0~2.0の単語を選び、かつ、1 回の聴取で正確に聞き取り可能な120語を選んだ。すべての単語は、4 モーラから成っていた。

視覚刺激は、白色、36ポイントのMSゴシックで提示された。聴覚刺激は、MATLAB Auditory Demonstrationsのdistortion(Speech and Hearing Group Department of Computer Science, 1999)で、チャンネル数が3・4・5・8・10・20・40の7種類の刺激を作成し、Adobe Audition2.0で編集して提示された。

選ばれた単語は、40語の単語リスト3つ（学習単語2つ・新奇単語1つ）に分けられた。1つは学習段階の視覚学習用、1つは学習段階の聴覚学習用とし、リストの単語の前後に、フィラー項目として10語ずつ加えて提示した。もう1つは、テスト段階で新奇単語とした。

装置

実験は、暗室で個別に行った。すべての刺激は、モニタ上に Visual Basic6.0でDirectX 7 を操作して提示した。聴覚刺激は、ヘッドフォン（Bose TriPort OE Headphones）で両耳聴取した。実験参加者は、右手でマウスを動かし、左手でテンキーパッドの数字入力を行った。実験参加者の発話した単語はICレコーダー（SONY ICD-SX800）で録音した。モニタ画面は、実験参加者から110cmの距離に置いた。

手続き

実験手順に慣れるために、学習段階とテスト段階の前に練習を5試行を行った。学習段階では、CID課題を用いて、単語同定課題を行い、テスト段階では、CID-R課題を用いて、単語同定課題と再認課題を行った（図1）。

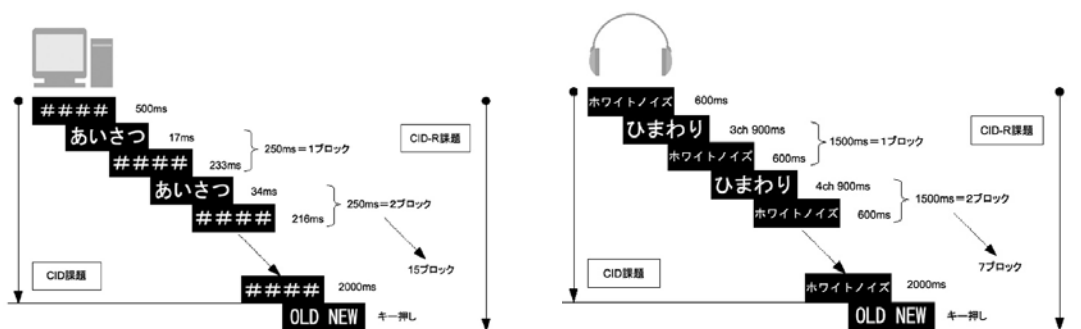


図1 CID課題とCID-R課題（左：視覚条件、右：聴覚条件）

CID課題とCID-R課題。CID課題（Continuous IDentification task）とCID-R課題（Continuous IDentification with Recognition task）は、Stark et al. (2000) が、作成した課題である。CID課題は、試行の始めに、マスク刺激（e.g., ####）が画面の中央に提示される（e.g., 500ms）。続いて、単語刺激（e.g., 「あいさつ」）がマスク刺激と同様の位置に提示され（e.g., 17ms）、その後マスク刺激が提示される（e.g., 233ms）。単語刺激とマスク刺激でブロックを作り（e.g., 1ブロック=250ms）、単語刺激とマスク刺激が交互に提示されるようにする。単語刺激の提示時間を次第に増加（e.g., 17msずつ）し、実験参加者が単語を同定できるまで提示する。実験参加者は、

単語を知覚できたらすぐに、単語の読み上げを行い、試行終了となる。

CID-R課題は、CID課題に再認課題を加えたものである。画面に単語が提示され、単語を知覚できたら読み上げを行うところまでは全く同じである。その後、画面に「Is this word “OLD” or “NEW” ?」の文字が現れ、知覚した単語が先に行ったCID課題に出てきたかどうか、“OLD”と“NEW”のキー押し反応で行い、試行終了となる。

学習段階。視覚学習では、CID課題を用いて、画面の中央に提示された単語刺激を、できるだけ速く正確に答える単語同定課題を行った。1試行15ブロックの提示を行った。実験参加者が単語を知覚して読み上げるか、または知覚できずに15ブロックの提示が終わると、マスク刺激が2000ms提示された。実験参加者が知覚して、発話した単語にフィードバックを与え、正答した場合は、「next trial」ボタンが現れ、次の試行へと移った。誤答の場合は、同じ試行を正答するまで行った。

聴覚学習では、CID課題を用いて、ヘッドフォンで提示された単語刺激を、できるだけ速く正確に答える単語同定課題を行った。試行の始めに、マスク刺激(ホワイトノイズ)を600ms提示した。続いて、単語刺激(900ms)とマスク刺激(600ms)を1ブロック1500msで構成し、提示した。単語刺激は、チャンネル数が3、4、5、8、10、20、40の順に提示し、1試行7ブロックの提示を行った。実験参加者が単語を知覚して読み上げるか、または知覚できずに7ブロックの提示が終わると、マスク刺激が2000ms提示された。実験参加者が知覚して、発話した単語にフィードバックを与え、正答した場合は、「next trial」ボタンが現れ、次の試行へと移った。誤答の場合は、同じ試行を正答するまで行った。

視覚学習でも聴覚学習でも、正答するまで同じ単語の試行が繰り返し提示された。60試行、単語はランダムに提示した。実験参加者全員が両学習を行い、学習順序は被験者間でカウンターバランスをとった。初めの単語刺激が提示された開始時間から、実験参加者が反応する終了時間までを記録し、単語同定の反応時間とした。

学習段階の後は、1分間の休憩をとり、100マス計算(足し算・引き算)を4分間行った。これは、学習段階の単語の再生を妨げるためであった。

テスト段階。CID-R課題を用いて、単語同定課題と再認課題を、視覚条件と聴覚条件に分けて行った。単語同定課題は、学習段階と同様に、画面またはヘッドフォンで単語刺激が提示され、その単語を知覚して読み上げを行った。続く再認課題では、知覚した単語が、学習段階にあった単語であるならば“OLD”、学習段階に無かった単語であるならば“NEW”とキー押しで反応した。その後、「next trial」ボタンが現れ、次の試行へと移った。120試行、単語はランダムに提示した。

結果

テスト段階において、視覚条件と聴覚条件に分け、さらに再認課題と単語同定課題に分けて分析を行った。再認課題では、hit率とfalse alarm率から d' を求めて、再認の感度を検討し、単語同定課題ではnew項目の平均反応時間からold項目の平均反応時間を引いた平均反応時間差を指標として、プライミング効果の有無を検討した。単語同定課題で誤答したデータと、平均反応時間が、視覚条件で3750ms(250ms×15ブロック)以上、聴覚条件で10500ms(1500ms×7ブロック)以上のデータは、エラーとして分析から除外した。

学習段階。CID課題の平均反応時間は、視覚学習では2828ms、聴覚学習では3913msであった。全試行で、正答するまで単語を提示したため、学習は十分にできていたとみなす。

テスト段階。CID-R課題の平均反応時間とエラー率は、視覚テストでは2755ms(エラー=0.05%)、聴覚テストでは3602ms(エラー=0.07%)であった。

(1) 再認課題

全条件のhit率とfalse alarm率は図2に示す通りであった。hit率はチャンスレベル以上であり、全条件でold項目の方がnew項目より再認成績が有意に高かった(視覚条件:視覚学習: $t(3) = 7.99, p < .01, SEM = .04, d' = 0.83$;聴覚学習: $t(3) = 3.80, p < .05, SEM = .04, d' = 0.43$;聴覚条件:聴覚学習: $t(3) = 7.49, p < .01, SEM = .08, d' = 1.70$;視覚学習: $t(3) = 5.14, p < .05, SEM = .06, d' = 0.89$)。

続いて、テスト段階の結果を視覚条件と聴覚条件に分けて、分析を行った。視覚条件では、視覚学習を行った

単一モダリティの方が、聴覚学習を行ったクロスモダリティよりも有意に d' は大きかった ($t(3) = 5.86, p < .05, SEM = .07$)。聴覚条件では、聴覚学習を行った単一モダリティの方が、視覚学習を行ったクロスモダリティよりも有意に d' は大きかった ($t(3) = -3.58, p < .05, SEM = .19$)。よって、視覚条件でも、聴覚条件でも、学習とテストが単一モダリティで行われた方が、クロスモダリティで行われるよりも、再認記憶が良いといえる。

(2) 単語同定課題

プライミング効果は、new項目の平均反応時間からold項目の平均反応時間を引いて求めた。全条件のnew項目、old項目の平均反応時間は図3に示す通りであった。視覚条件では、視覚学習を行った単一モダリティでは、old項目の平均反応時間の方が、new項目の平均反応時間より有意に速く ($t(3) = 9.82, p < .01, SEM = 21.9$)、プライミング効果が観察されたが、聴覚学習を行ったクロスモダリティでは、観察されなかった ($t(3) = 2.30, p = .11, SEM = 40.1$)。平均反応時間差を比較すると、単一モダリティの方がクロスモダリティより、有意に時間差が大きかった ($t(3) = 3.38, p < .05, SEM = 36.34$)。聴覚条件では、聴覚学習を行った単一モダリティでは、old項目の平均反応時間の方が、new項目の平均反応時間より有意に速く ($t(3) = 3.97, p < .05, SEM = 103.4$)、プライミング効果が観察されたが、視覚学習を行ったクロスモダリティでは、観察されなかった ($t(3) = 2.09, p = .13, SEM = 86.9$)。平均反応時間差を比較すると、単一モダリティの方がクロスモダリティより、有意に時間差が大きかった ($t(3) = -4.46, p < .05, SEM = 51.36$)。よって、視覚条件でも、聴覚条件でも、学習とテストが単一モダリティで行われたときのみ、プライミングが起こるといえる。

考察

結果をまとめると、学習段階とテスト段階の視覚-視覚条件、視覚-聴覚条件、聴覚-聴覚条件、聴覚-視覚条件のすべてにおいて、再認記憶が確認された。また、視覚と聴覚の各単一モダリティにおいて、old項目に対する反応時間がnew項目に対する反応時間より有意に速く、プライミング効果が確認された。再認記憶とプライミング効果の強さは、視覚条件では、視覚学習-視覚テストの単一モダリティで強く起こり、再認記憶とプライミングの両方で、モダリティ効果が見られた。聴覚条件では、聴覚学習-聴覚テストの単一モダリティで強く起こり、再認記憶とプライミングの両方で、モダリティ効果が見られた。

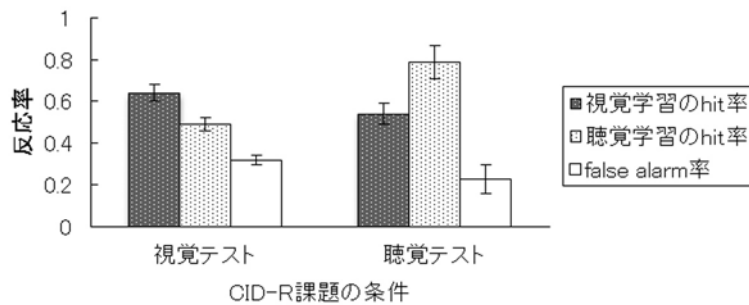


図2 CID-R課題の再認課題の結果

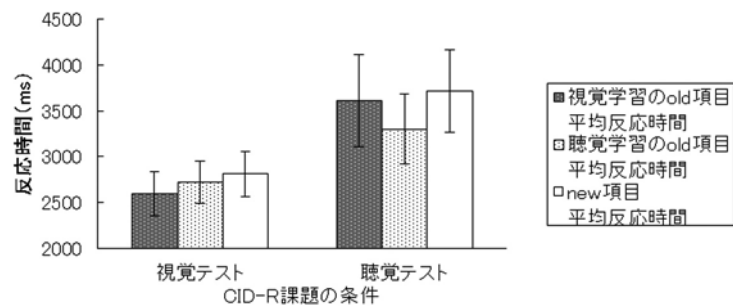


図3 CID-R課題の単語同定課題の結果

本実験では再認記憶とプライミングにおいて、視覚モダリティ、聴覚モダリティのどちらにおいても、単一モダリティの方が、記憶成績が良く、モダリティ効果が示された。つまり、顕在記憶も潜在記憶もモダリティを越えて保持されるのではなく、各モダリティに特有な形で保持されていると考えられる。では、顕在記憶と潜在記憶のシステムの働きは、どのように行われているのだろうか。そこで、シミュレーションでは、プライミングと再認記憶のシステム比較を行うために、実験データを基に、単一システムのモデルを立て、シミュレーションを行った。

シミュレーション

実験で得られたデータを基に、再認とプライミングに単一システムモデル (e.g., Berry et al., 2008a) を仮定して、シミュレーションを行い、モデルの検討を行う。単一システムモデルが視覚モダリティだけではなく、聴覚モダリティまたは視聴覚のクロスモダリティの再認とプライミングに適合するかどうか検討した。

方法

シミュレーションプログラムは、プログラミング言語Rで作成した。単語の既知感 f の分布の平均値は、 $\mu_{new}=0$ 、 $\mu_{old}=\mu$ とした。同定した単語を「new」と「old」に分ける基準値 c は、 $c=\mu/2$ においた。既知感分布の標準偏差 σ_f と、再認課題時の内部ノイズ分布 e_r の標準偏差 σ_r は、先行研究のシミュレーション (Berry et al., 2008a) におけるパラメータ設定より、 $\sigma_f=\sigma_r=0.2$ とする。単語同定課題時のプライミングの内部ノイズ分布 e_p の標準偏差 σ_p は、実験参加者のプライミング効果(new項目の平均反応時間とold項目の平均反応時間の差)の標準偏差とした。式(3)のパラメータ b と s は、new項目とold項目の平均反応時間を縦軸に、既知感の平均値を横軸にとったグラフの切片と傾きであった。パラメータ σ_p 、 μ 、 b 、 s は、条件ごとに実験データより計算して求めた。既知感の確率分布とパラメータの模式図、使用したパラメータ値は表1と図4に示す通りであった。

表1 モデルのパラメータ

パラメータ	意味	視覚-視覚	聴覚-視覚	聴覚-聴覚	視覚-聴覚
σ_f	既知感の標準偏差	0.2	0.2	0.2	0.2
σ_r	再認ノイズの標準偏差	0.2	0.2	0.2	0.2
σ_p	プライミングノイズの標準偏差	44	80	208	215
μ	old項目の親近性の平均値	0.17	0.09	0.34	0.18
b	反応時間の切片	2811	2811	3715	3715
s	反応時間の傾き	1288	1072	1210	574

注) 細字・・・先行研究に準拠したパラメータ値, 太字・・・本実験データより求めたパラメータ値
条件 (学習-テスト)

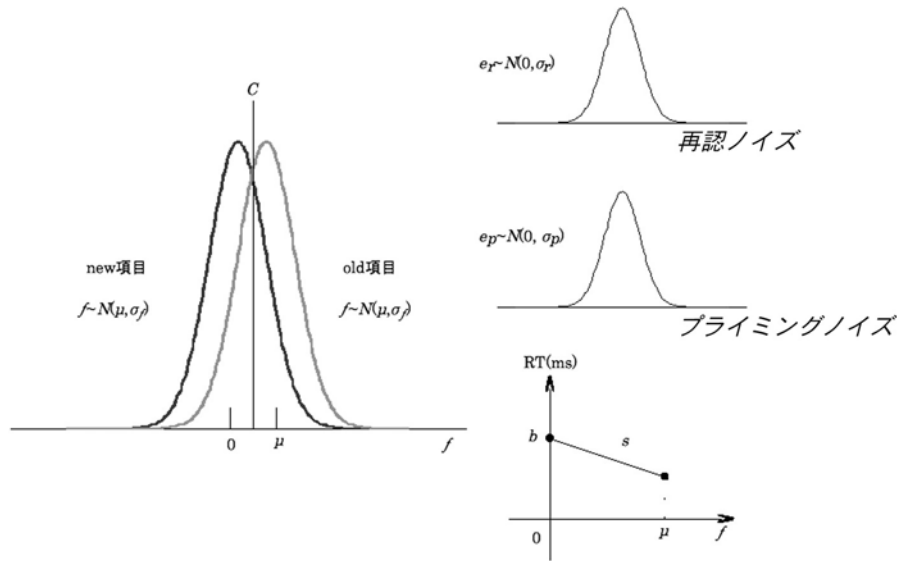


図4 パラメターの模式図（左：項目の既知感の正規分布、右上：再認課題のノイズの正規分布、
 右中：単語同定課題のノイズの正規分布、右下：既知感と平均反応時間）

再認課題の反応は、既知感と内部ノイズの和であった（式2）。単語同定課題の反応時間は、既知感と内部ノイズを操作したものであった（式3）。このシミュレーションの特徴は、再認とプライミングが同一の既知感 f という変数で説明できるということである。

シミュレーションは、モンテカルロ法で行った。old項目とnew項目の既知感分布から50個ずつの正規乱数を発生させ、その値を基準 c で分けた（old項目において、 $c < f$ のとき hit、 $c > f$ のとき miss、new項目において、 $c < f$ のとき false alarm、 $c > f$ のとき correct rejection）。再認課題の内部ノイズと、単語同定課題の内部ノイズもold項目とnew項目で50個ずつ正規乱数を発生させた。それらを、式(2)と式(3)に当てはめて、再認記憶とプライミング効果を求めることを10,000回繰り返し行った。

結果

シミュレーション結果は、図5～図8に黒四角で示した。エラーバーは、実験データの95%信頼区間を示している。すべてのシミュレーション結果が95%信頼区間内に含まれていた。よって、単一システムモデルは、聴覚モダリティと視聴覚のクロスモダリティにも有効なモデルである可能性が示された。考察については、後述の総合考察で述べる。

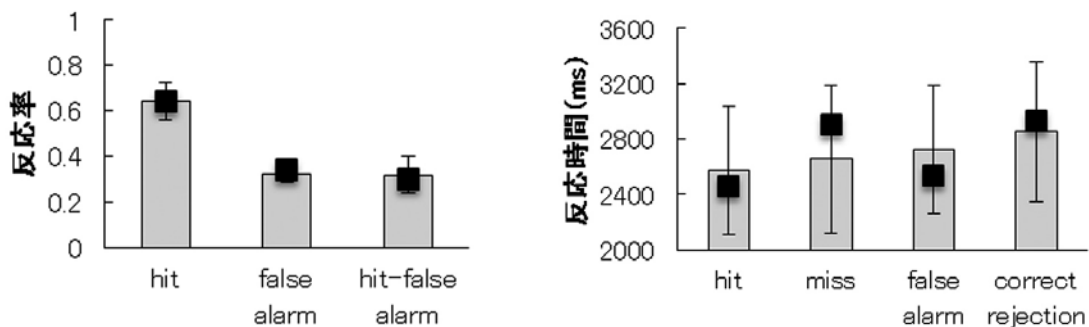


図5 視覚-視覚条件のCID-R課題の結果（左：再認課題、右：単語同定課題）

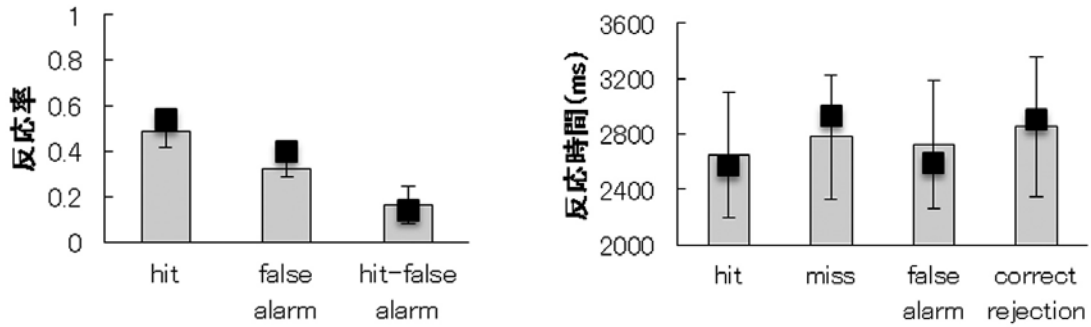


図6 視覚-聴覚条件のCID-R課題の結果（左：再認課題、右：単語同定課題）

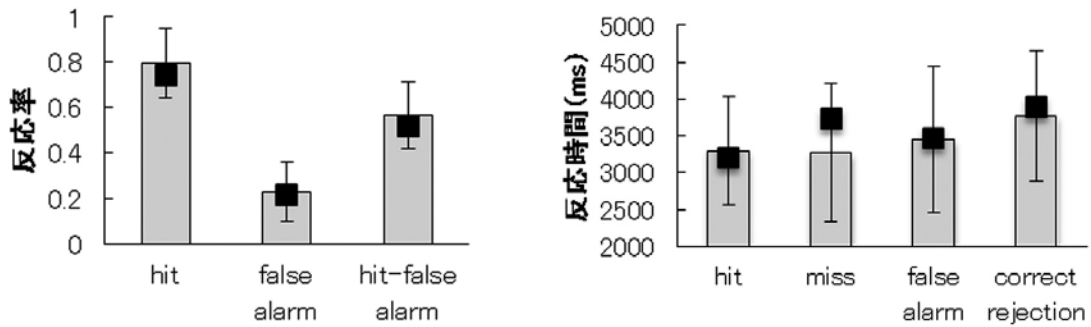


図7 聴覚-聴覚条件のCID-R課題の結果（左：再認課題、右：単語同定課題）

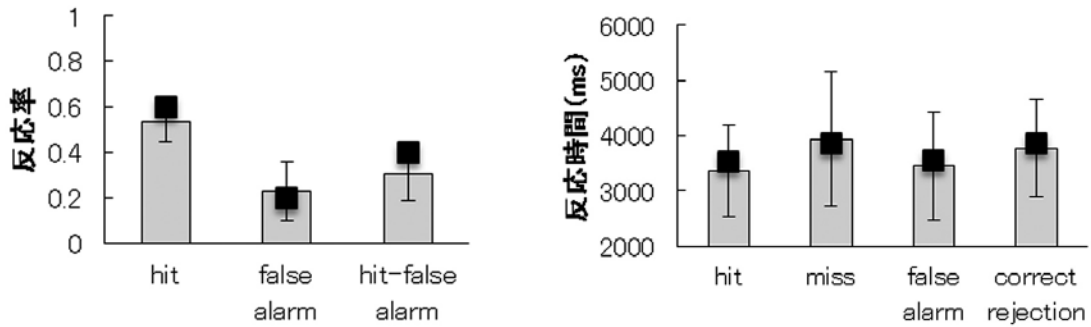


図8 聴覚-視覚条件のCID-R課題の結果（左：再認課題、右：単語同定課題）

総合考察

本研究は、モダリティ効果がプライミングのみに存在し、再認記憶には存在しないと主張する先行研究とは異なる結果となり、視覚と聴覚のそれぞれにおいて、再認記憶とプライミングにモダリティ効果が存在することが示された。これより、単一モダリティでは、記憶貯蔵庫への検索が行われやすいと考えられる。また、再認とプライミングの両方で、モダリティ効果が見られたことから、記憶貯蔵庫の検索は、顕在記憶と潜在記憶で、同じシステムを通じて行われている可能性を仮定することができる。そこで、単一システムを仮定して、シミュレーションを行った。

実験データとシミュレーションの適合は、実験データの95%信頼区間に、シミュレーションデータが当てはまるかどうかで検討が行われた。結果は、すべての条件で適合していたが、2点問題がある。1点目は、信頼区間の大きさである。信頼区間が大きかったため、実験データとシミュレーションの適合が見られた可能性を否定できないため、他の指標を用いて、適合度を検討する必要がある。2点目は、単語同定課題のhit、miss、false alarm、correct rejectionの反応時間の大きさの順序である。4つの反応時間は、プライミング効果が強い場合、

old項目に対する反応時間が速くなり、既知感が強い場合、oldと判断した項目に対する反応時間が速くなる。前者の場合、反応時間の順序は、RT (hit) < RT (miss) < RT (false alarm) < RT (correct rejection) と想定され、後者の場合は、RT (hit) < RT (false alarm) < RT (miss) < RT (correct rejection) と想定される。これより、本データでは、単一モダリティ（視覚—視覚／聴覚—聴覚）においては、プライミングに基づく判断が生じ、クロスモダリティ（視覚—聴覚／聴覚—視覚）においては、既知感に基づく判断が生じている可能性が考えられる。単一モダリティとクロスモダリティの記憶の検索過程を検討し、シミュレーションの精緻化を行う必要がある。

本研究では、単一システムモデルを仮定して、実験とシミュレーションを行ったが、複数システムを否定しているわけではない。今後は、本実験で得られたデータを、単一システムモデルだけではなく、複数システムのモデルを用いたシミュレーションや、神経画像研究を行い、記憶システムの解明をしていくことが重要である。脳と記憶の仕組みが解明されることには、社会的意義も存在する。私たちは、不慮の事故や、病気で突如記憶障害になってしまうことがあり、日々の生活を送ることさえ困難になることがある。健常者と健忘症患者の記憶成績を比較した多くの報告により、健忘症患者にも潜在記憶は残存すると言われており、潜在記憶を活用したりハビリテーションが行われている（綿森 & 本多, 2005）。記憶の仕組みの解明は、記憶障害のさらなる効果的なりハビリテーションや治療法の解明へとつながるだろう。

引用文献

- Berry, C. J., Henson, R. N. A., & Shanks, D. R. (2006). On the relationship between repetition priming and recognition memory: Insights from a computational model. *Journal of Memory and Language*, *55*, 515-533.
- Berry, C. J., Shanks, D. R., & Henson, R. N. A. (2008a). A single-system account of the relationship between priming, recognition, and fluency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *34*, 97-111.
- Berry, C. J., Shanks, D. R., & Henson, R. N. A. (2008b). A unitary signal-detection model of implicit and explicit memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *12*, 367-373.
- Gibson, J. M., & Bahrey, R. (2005). Modality-specificity effects in priming of visual and auditory word-fragment completion. *The Journal of General Psychology*, *132*, 117-137.
- Hayman, C. A. G., & Rickard, C. (1995). A dissociation in the effects of study modality on tests of implicit and explicit memory. *Memory and Cognition*, *23*, 95-112.
- Joyce, C. A., Paller, K. A., Schwartz, T. J., & Kutas, M. (1999). An electrophysiological analysis of modality-specific aspects of word repetition. *Psychophysiology*, *36*, 655-665.
- Kinder, A., & Shanks, D. R. (2003). Neuropsychological dissociations between priming and recognition: A single-system connectionist account. *Psychological Review*, *110*, 728-744.
- Mulligan, N. W. & Osborn, K. (2009). The modality-match effect in recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *35*, 564-571.
- NTTコミュニケーション科学基礎研究所（監）天野成昭・近藤久久（2000）NTTデータベースシリーズ日本語の語彙特性第1巻 単語新密度 三省堂
- 岡田圭二（199）潜在記憶理論の展望 *Japanese Psychological Review*, *42*, 132-151.
- 岡本安晴（2006）心理学の世界 専門編14 計量心理学 心の科学的表現をめざして 培風館
- Pilotti, M., Bergman, E. T., Gallo, D. A., Sommers, M., & Roediger, H. L., III (2000). Direct comparison of auditory implicit memory tests. *Psychonomic Bulletin and Review*, *7*, 357-353.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1997). A counter model for implicit priming in perceptual word identification. *Psychological Review*, *104*, 319-343.
- Schacter, D. L., & Graf, P. (1989). Modality specificity of implicit memory for new associations. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *15*, 3-12.
- Speech and Hearing Group Department of Computer Science, University of Sheffield, UK (1999). MATLAB Auditory Demonstrations. <<http://www.dcs.shef.ac.uk/~martin/MAD/docs/mad.htm>> (2010年4月)
- Stark, C. E. L., & McClelland, J. L. (2000). Repetition priming of words, pseudowords, and nonwords. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *26*, 945-972.

芦谷 モダリティ効果による単一記憶システムの検討

綿森淑子・本多留美 (2005). 記憶障害のリハビリテーション—その具体的方法—. リハビリテーション医学, 42, 313-319.