

平成 28 年度

日本大学学位論文

記憶検索時における
抑制処理のメカニズムに関する
心理学的研究

玉木 賢太郎

日本大学大学院文学研究科

心理学専攻博士後期課程

目次

第 I 部 序 論.....	3
第 1 章 記憶検索と抑制研究の概観.....	5
1.1. 検索と抑制の位置づけ.....	6
1.2. 記憶検索.....	7
1.3. 抑 制.....	18
1.4. 考察:長期記憶・ワーキングメモリの抑制の異同	26
第 2 章 研究課題.....	29
2.1.エビデンスへの反証.....	29
2.2. 実行機能モデルの転換.....	36
2.3. 考察: 定義とパラダイムの対応	39
第 3 章 仮説.....	43
3.1. 抑制の作用範囲.....	43
3.2. 抑制のメカニズム.....	49
3.3. 仮説検証のための手続き	66
第 II 部 本 論.....	79
第 4 章 排除される情報の特徴.....	81
4.1. 研 究 1.....	81
4.2. 研 究 2.....	107
4.3. 総 合 考 察.....	125
第 5 章 排除の作動メカニズム.....	127
5.1. 研 究 3.....	134

5.2. 研究 4.....	149
5.3. 研究 5.....	156
5.4. 総合考察.....	162
第 6 章 抑制の事後効果.....	167
6.1. 研究 6.....	169
6.2. 研究 7.....	180
6.3. 総合考察.....	189
第 III 部 結論.....	193
第 7 章 全体的考察.....	194
7.1. 要約.....	194
7.2. 学術的意義.....	196
7.3. 展望.....	197
引用文献.....	199

第 I 部
序 論

本論文では、記憶の想起行動を情報処理の観点から検索とみなして、検索に関与すると考えられている抑制処理のメカニズムを検討する。抑制処理は、認知心理学に限らず心理学において注目されている考えである。一方で、概念が曖昧であることやメカニズムの検討が遅れていることなど多くの問題を孕んでいる。序論全体の目的は、記憶検索時に働いていると考えられる抑制処理のメカニズムについての仮説を提示である。そのために、第1章では、はじめに抑制を考える上で検索の過程を明確にする必要性を述べ、記憶検索研究と抑制研究を概観した。続く第2章では、これまでに指摘されている抑制研究の問題点を挙げた。これらを踏まえ、第3章では、情報処理において抑制がどのように働いているのかについての仮説を述べた。

第1章 記憶検索と抑制研究の概観

日常生活を送るうえで、人は絶えず知的活動をおこなっている。電車に乗るために切符を買うような場合であっても複雑な活動を要する。切符を買うには行先を決め、そこまでの値段を運賃表から探すか、もしくは記憶から探してこななければならない。運賃表中には多くの駅名が書かれているが、そこから行先と一致する駅名を探索し料金を知る必要がある。たとえ料金が分かっている場合にも、同じように、無数に存在する運賃の記憶から、そのときの行先に応じた料金を思い出さなければならない。

人がこのような知的活動をどのようにおこなっているのかという問題は、認知心理学では人をコンピュータに見立て、情報処理の枠組みから論じられてきた。外界に存在する情報は、視覚や聴覚などの感覚受容器を通じて人に入力される。入力された情報は何らかの形で心的に表現される。表現された情報は経験として蓄積され、これが記憶と呼ばれる。人は、これらの入力される情報や蓄積された情報に対して、そのときの目的に応じて働きかけることで読解や会話、計算など様々な知的活動をおこなうことができる。情報への働きかけは処理と呼ばれる。知的活動は、情報処理の立場において、心的に表現された情報に対する処理として捉えることができる。

この枠組みの中で、本論文では検索と抑制という二つの処理を議論の対象とする。これらの処理は記憶を想起する際に働くと考えられている処理である。想起は、人が何かを思い出す行動を指し、過去の経験に基づく活動全てに関与するといえる。記憶は、情報が貯蔵されたものを指

し、ここでは貯蔵された記憶全体を記憶構造と呼ぶ。よって、想起は、記憶構造の一部を利用することといえる。

1.1. 検索と抑制の位置づけ

検索と抑制はともに記憶を利用する際に記憶構造に対して働くと考えられている処理である。検索は、記憶構造から必要な記憶を探す処理を指し、抑制はその他の記憶の活動を低下させる処理を指す。人が適切に想起をおこなうためには、これらの処理が適切に働くことが必要と考えられている。

しかし、この二つの処理は行動との対応において異なる性質の概念であると考えられる。検索は、思い出すという人の行動を、情報処理の観点から捉えたときに必要となる概念である。思い出した記憶を口頭で報告するといった場面では、無数にある経験の一部を利用していることは明白である。このように特定の記憶を探し当てていることを、情報処理の観点から検索と呼んでいる。これはコンピュータが保存された情報を利用する際に検索がおこなわれることから類推される処理である。すなわち、検索は観察可能な人の行動に対応した構成概念であるといえる。

これに対して、抑制は行動との対応は明らかではなく、あくまで仮説構成概念としての処理である。後述するように、神経系の働きとして抑制の存在は認められているものの、抑制と対応する行動があるのかどうかについては議論の最中である。そのため、想起における検索と抑制を考えるためには、はじめに行動と対応する検索の処理から議論を進める必要があると考えられる。

“記憶研究の鍵となる過程は検索である (Tulving, 1991)”

と言われ、検索は記憶研究において特殊な立ち位置にある。これは、記憶のあらゆる側面に関する実験的検討において、記憶検索が関与することが前提であるためである (月元, 2007)。

“被験者が想起できること、これが記憶の実験的研究における前提となる。一般に記憶現象は実験的に見出された効果のことを指す。言い換えると、これまでの記憶研究で見いだされた数多くの記憶現象は、想起する能力という前提の上に成立した効果であって、前提そのものではない。すなわち、記憶現象は何らかの条件を施した際の (想起) メカニズムの “性質” であって、メカニズムそれ自体ではないのである。”

という月元 (2007) の指摘に従えば、記憶のどの側面を検討する場合であっても検索をどのように捉えているのか、あるいはどの理論に基づいているのかを明確にしておかなければならない。

1.2. 記憶検索

認知心理学では、記憶検索の理論は二つの研究領域から発展してきた。伝統的に、記憶は保持時間によって2種類の性質を持つと考えられており、想起の研究はこの区分に基づく二つの領域でおこなわれてきた。これら2種類の記憶の分類について先駆けとなる考えは William James の考察による。James (1890) は意識に上っている記憶を一次記憶、意識されていないが経験として蓄積されている記憶を二次記憶と呼び区別した。

James (1890) の枠組みでは、二次記憶が意識されることで一次記憶となり、一次記憶が想起の対象となる。James (1890) の意識の関与の有無という考えは、認知心理学では情報処理の観点から、記憶が保持される時間間隔の長さに置き換えられた。それに伴い、一次記憶にあたる記憶は短期記憶あるいはワーキングメモリ、二次記憶は長期記憶と呼ばれるようになる。

認知心理学における代表的な理論としては Atkinson & Shiffrin (1971) の多重貯蔵モデル (dual storage model) が挙げられる。このモデルでは、短期記憶と長期記憶が個別に貯蔵されることが仮定されている。短期記憶は短期貯蔵庫に入れられることで保持され、長期記憶は長期貯蔵庫にて保持される。感覚に入力される情報 (これを感覚記憶と呼ぶ) のうち注意を向けたものが短期貯蔵庫に転送される。短期貯蔵庫は、一度に保持できる容量が非常に小さく、すぐに忘却されてしまう (Miller, 1956)。忘却されないように保持し続けるためには言語的に反芻 (リハーサル) をおこなう必要がある。十分にリハーサルされた記憶は容量限界のない長期貯蔵庫に転送され、永続的に貯蔵される。長期貯蔵庫の記憶は、短期貯蔵庫に転送されることで反応として出力される。このように、認知心理学では、短期記憶と長期記憶が異なる記憶システムと考えられ区別されてきた。そのため、記憶の想起についても、短期記憶と長期記憶でそれぞれ独立して研究がおこなわれてきたと考えられる。

1.2.1. 短期記憶・ワーキングメモリと検索

短期記憶の概念 短期記憶の概念は大きく発展しており、近年ではワーキングメモリとして扱われることが多く、本論文でもワーキングメ

メモリについて議論する。ここでは、ワーキングメモリの説明に不可欠となる短期記憶の概念を説明し、ワーキングメモリの考えを概観する。

短期記憶は保持時間の短い記憶を指す。短期記憶の特徴として、第一に、貯蔵できる記憶容量に大きな制限があることが挙げられる。これは Miller (1956) の研究によって示された事実で、人は 7 ± 2 個以上の文字列等を覚えることができないというものである。この性質は **Magical Number 7** と呼ばれ、短期記憶が 7 つ程度の記憶項目しか貯蔵できない容量制約を持つことを示している。そのため、短期貯蔵庫内の記憶は後から入力される情報によって押し出され忘却されてしまう干渉が生じると考えられている。

第二に、短期貯蔵庫ではリハーサルと呼ばれる処理がおこなわれることが想定されている。リハーサルは、短期貯蔵庫内に情報を保持し続けるためにおこなわれる処理を指す。リハーサルの働きの一つは、短期貯蔵庫内に記憶をとどめておくことで、忘却を防いでいる (Peterson & Peterson, 1959)。もう一つは、リハーサルは短期貯蔵庫の記憶を長期貯蔵庫に転送する働きを担っている (Atkinson & Shiffrin, 1968)。

ワーキングメモリの概念 このように、多重貯蔵モデルの短期記憶は、一時的な保持をどのようにおこなうのかに焦点が当てられてきた。これに対し、Baddeley & Hitch (1974) は、記憶の貯蔵の側面を強調した短期記憶に、処理を実行するシステムを取り入れ、ワーキングメモリの概念を発展させた。ワーキングメモリは、一時的に保持した情報を処理し認知活動をおこなうシステムとして定義される (Miyake & Shah, 1999)。Baddeley の初期のモデルでは、ワーキングメモリは、処理を実行する中央実行系 (central executive) と、情報のモダリティに依存した保持システムである視空間スケッチパッド (visuo-spatial sketchpad) と音韻性ルー

プ (phonological loop) の3つのシステムを包括したものを指している。視空間スケッチパッドと音韻性ループは、中央実行系の下位システムとして位置づけられる (Baddeley, 1986)。

短期記憶の概念から最も大きく修正された点は、中央実行系が組み込まれたことである。中央実行系は課題の目標に応じて、処理を制御するシステムを指す。中央実行系が全般的な処理の制御を担っていると想定されたことで、ワーキングメモリはリハーサルに限らず多くの知的活動をおこなうシステムと考えられている。そのため、短期記憶に比べて James (1890) の一次記憶の概念により近いものであると考えられる。

ワーキングメモリが処理を制御しているという考えが支持されるのは、ワーキングメモリの容量制約の特徴による。ワーキングメモリは短期記憶の概念を拡張したものであることから、短期記憶と同じく容量に大きな制約がある。ただし、ワーキングメモリにおける容量は、単に貯蔵できる情報量ではなく、システムの効率性を決定する処理資源を反映していると考えられている (Just & Carpenter, 1992)。この処理資源とは、認知活動をおこなうために利用される心的なエネルギーを指し、ワーキングメモリ容量と呼ばれる。ワーキングメモリがおこなう情報の保持と処理は、一方を重視するともう一方が効率的に働かなくなることからトレードオフの関係にあり (Just & Carpenter, 1992)、それゆえ処理資源を共有していると考えられている (Baddeley & Hitch, 1974)。このため、ワーキングメモリは保持だけではなく処理を担うシステムとして考えられてきた。

ワーキングメモリが様々な認知的処理に関連していることは、複雑スパンテスト (complex span test) との相関研究から示唆されてきた。複雑スパンテストでは、参加者は何らかの処理課題と同時に記憶リストを覚

えることが課され、課題の正再生率がワーキングメモリ容量を反映すると考えられている。同時に実施する処理課題の種類は多く、音読 (Daneman & Carpenter, 1980) や計算 (Turner & Engle, 1989) を課す他、言語刺激、視覚刺激など記憶リストの刺激も様々である。これらの複雑スパンテストは、処理課題を実施しない、短期記憶容量の測定に用いられた単純スパンテスト (simple span test) と区別される。この複雑スパンテストの個人差は、言語理解や推論などの高次認知をはじめ (Daneman & Carpenter, 1980; Kyllon & Christal, 1990; Just & Carpenter, 1992; Unsworth, Redick, Heitz, Broadway, & Engle, 2009), 注意課題 (Heitz & Engle, 2007) や記憶課題 (Conway & Engle, 1994), 抑制課題 (Lustig, May, & Hasher, 2001) など複数の課題の個人差と正の相関が認められる。これに対して、同様の記憶リストの正再生を成績とする単純スパンテストでは複雑スパンテストほどの相関は示されない (Daneman & Carpenter, 1980; Daneman & Merikle, 1996)。これらのことから、ワーキングメモリ容量は、特定の活動に固有のものではなく領域普遍的な処理資源であるとみなされ (Engle, Kane, & Tuholski, 1999; Conway, Kane, Bunting, Hambrick, Wilhelm, & Engle, 2005), ワーキングメモリは様々な認知課題に関連する処理の制御を担っていると考えられている。

短期記憶の検索 短期記憶の検索については、短期貯蔵庫内の特定の記憶を利用するときに、どのようにその記憶を選択しているのか議論されてきた。口頭で報告するといった短期貯蔵庫内の記憶を利用する時には、保持されている記憶のうち一つの記憶が選択されている。一つの記憶を選択するための検索メカニズムといて考えられる仮説の一つが、保持している記憶に順に注意を向けていくアクセス処理を仮定するものであり、系列処理と呼ばれる。もう一つは、複数保持している記憶全て

に並列にアクセスし適切なものを選択する並列処理である。

この議論が注目された背景には、Sternberg (1969) の考案した課題の特徴がある。Sternberg (1969) は、参加者に複数の学習刺激を提示した直後にプローブ刺激を提示し、プローブが先に提示された項目に含まれていたかどうかの判断を求める即時再認課題を実施した。実験では独立変数として刺激数が操作された。この課題の重要な点は、従属変数に反応時間を採用し、二つの仮説を検証したことであった。短期記憶の検索が系列処理であるならば、一つ一つの記憶にアクセスしていくため刺激数が多いほど判断に時間を要する。一方、並列処理であれば、全ての記憶を同時にアクセスするため、刺激数にかかわらず反応時間は一定となる。実験の結果、反応時間は刺激数に比例して長くなることが示され、短期記憶の検索は系列処理であると考えられてきた。しかし、設定される実験条件によって双方の仮説が支持されることが明らかになっており、短期記憶検索が並列処理と系列処理のいずれが妥当であるのかについては現在も議論が続けられている。

ワーキングメモリの検索 一方、ワーキングメモリ研究では、系列処理・並列処理にかかわらず、情報へのアクセスをどのように捉えるかについての理論的な議論が進められてきた。近年では、ワーキングメモリのモデルは数多く提唱されているが、多くのモデルで処理を実行するシステムが組み込まれている点は共通している (Miyake & Shah, 1999)。これらのモデルでは、情報へのアクセスも実行系によって制御されると考えている。

先に述べたように、Baddeley (1986) のモデルでは処理の制御は中央実行系が担っている。Baddeley の中央実行系は、監督的注意システム (supervisory attentional system; Norman & Shallice, 1986) を援用したもの

であった。監督的注意システムは、反応としての行動と注意の関連に関する注意制御モデルであった。そのため、アクセスはワーキングメモリ内の情報に注意を向けることと捉えられている。この考えは、Engleらのワーキングメモリモデルにおいて実行注意（executive attention）と呼ばれ、特に強調されている（Kane & Engle, 2004; Kane, Poole, Tuholski, & Engle, 2006）。注意の働きは、Cowan（1988, 1995）のモデルではさらに強調されており、ワーキングメモリの検索は情報へ注意を向けることであるという考えは広く受け入れられていると考えられる。

1.2.2. 長期記憶と検索

長期記憶の想起の研究は、短期記憶やワーキングメモリの研究よりも歴史が長く膨大な知見が蓄積されている。この領域では、初期の研究から続く伝統的な記憶観があり、それが現在も受け継がれている。長期記憶の想起理論に不可欠な伝統的な記憶観は、記憶と記憶が互いにつながっているという考えである。記憶間のつながりは連合（association）と呼ばれる。その起源は、記憶に関する科学研究をはじめておこなったEbbinghausによる。Ebbinghaus（1885, 1964）は、忘却の原因として、記憶間の連合の強度に言及している。その後、連合の概念は、行動主義が主流となったことでさらに強調されていった。行動主義の下で記憶の研究は、S-R 図式の中で刺激とそれに対する言語反応とみなされ、言語学習として進められてきた。つまり、刺激と反応の連合を学習するという観点からの検討されてきた。そのような背景があり、対連合学習の研究が盛んにおこなわれた。対連合学習は、二つの対になった言語刺激を学習した後、一方を刺激として提示されたときに学習した言語反応を求

める実験手続きである。近年の想起理論もこの流れに基づいていると考えられる。

Raaijmakers & Jakab (2013) によると、この時代の研究の中でも、McGeoch (1932) による干渉理論が近年の長期記憶検索の理論に与えた影響が特に大きいと考えられている。McGeoch (1932) は対連合学習を応用した逆向干渉実験から想起について言及している。逆向干渉実験は、同じ刺激に対して異なる言語学習をおこなう。実験条件では、先に刺激 A と反応 B を学習した後に、次は刺激 A と反応 C の学習をする。統制条件では、後続の学習で刺激 D と反応 C の学習をおこなう。最後に刺激 A に対して反応 B を求めると、実験条件の正反応率が低下する。この結果をもとに、想起は刺激 (手がかり) に対してターゲットとなる反応 (記憶) がどの程度連合しているのかに依存すると指摘した。連合の程度は連合強度 (associative strength) と呼ばれ、刺激反応間の連合強度が強ければ、刺激に対して正しい反応ができる。つまり、想起がおこなわれる。一方、刺激反応間の連合強度が弱ければ、刺激が提示されると連合強度の高い反応が優位となる。その場合、正しい反応がおこなうことができない。弱い反応が優勢反応によって阻害されることをブロッキングと呼ぶ。このように、McGeoch の理論は連合強度に基づき正しい反応、つまり想起される確率を説明している¹。

長期記憶の概念 近年の枠組みは、McGeoch (1932) の理論を情報処理に捉え直したものと見ることができると考えられる (Raaijmakers & Jakab, 2012)。連合の概念は、McGeoch (1932) では刺激反応間のつながりを指していたが、記憶という構成概念を扱うようになったことで記憶間のつながりに置き換えられている。よって、記憶は相互に結合され

¹McGeoch (1932) の理論も本来は忘却の生起要因についての干渉理論であるが、忘却は想起できないことであり、想起も同様に説明される。

て保持されていると考えられている。意味的な記憶は意味ネットワークとして (Collins & Quillian, 1969; Collins & Loftus, 1975), エピソード記憶も共起頻度に基づくネットワークとして (Anderson, 1983), それぞれ保持されていると想定されている。

長期記憶の検索 認知心理学的な連合理論が, McGeoch (1932) の理論と異なるのは, 活性化の概念が導入されている点である。活性化の概念は, 保持された記憶の状態に関するもので, 想起されるかどうかを決定する。認知心理学の枠組みでは, 記憶が保持した情報であることを強調するために記憶表象 (memory representation) や記憶痕跡 (memory trace) と呼ぶことがある。再生のように保持した記憶が反応に用いられるためには, 記憶表象の状態が二つの条件を満たしている必要がある (Tulving & Pearlstone, 1966)。一つめの条件として, そもそも記憶が貯蔵されている必要がある。言い換えると, 記憶表象が存在していなければならない。記憶表象の有無を利用可能性 (availability) と呼ぶ。つまり, 記憶が想起されるためには利用可能性が満たされている必要がある。二つめの条件に, 記憶表象が存在していたとして, その表象にアクセスできなければならない。これをアクセス可能性 (accessibility) と呼ぶ。活性化の概念はこのアクセス可能性を記憶表象の状態と捉えた概念と考えられる。活性化及びアクセス可能性は高いほど処理に用いられやすく, 実験的には反応時間の速さや再生の正確さを促進する (Ratcliff & McKoon, 1981; Coane & Balota, 2009) ²。

近年の代表的な長期記憶の想起理論である SAM 理論 (search of associative memory: Mensink & Raaijmakers, 1988) は, 記憶の活性化と記憶間の連合強度から想起を説明する。手がかりが提示されることなどに

²一時的に思い出せない (度忘れ) という体験は, 表象が存在しているが活性化ができない状態であると考えられる。

よって情報が知覚的に入力されると対応する記憶表象が活性化される (initial activation)。活性化された記憶表象は様々な記憶と連合しており、初期の活性化はそれらに対して連合強度に基づき自動的かつ並列に伝搬していく (Anderson, 1983b; Dell, 1986; Ratcliff & McKoon, 1981)。この伝搬は、間接プライミング効果から支持され (Neely, 1977)、活性化拡散と呼ばれる (Loftus & Quillian, 1975; Anderson, 1983)。活性化拡散による活性化のレベルは連合強度に基づき、活性化のレベルが高いものが想起される。したがって、記憶の想起は記憶間の連合強度によって規定されると考えられている。

1. 2. 3. ワーキングメモリと長期記憶を包括する記憶モデル

一方、近年では、ワーキングメモリと長期記憶を包括して扱うモデルが広く受け入れられている。この種類の理論では、長期記憶とワーキングメモリの違いは、記憶の状態であると考えている。両記憶を区別する記憶の状態は活性化の程度であり、活性化されていない状態を長期記憶、活性化が高い状態をワーキングメモリと捉える (Anderson, 1983; Cowan, 1988, 1995; Oberauer, 2009; Engle & Kane, 2004; Hasher, Lustig, & Zacks, 2007)。

これらのモデルでは、記憶の想起は次のように考えられている。記憶は、長期記憶の想起理論と同じく、相互に連合されており、連合強度を変数として持つ。知覚的な入力などにより特定の記憶が活性化されると、その活性化は連合強度の関数に従い、連合している記憶に拡散する。これにより複数の記憶が同時に活性化される。ここで、目標に一致する記憶に対して注意が向けられることで、それらの活性化が高められる。活性化が高められた記憶は、ワーキングメモリの状態になり認知的な処理

の対象となる。ワーキングメモリは一時的な記憶であり、この状態の記憶は全て報告することが可能であると考えられてきている (Miller, 1956)。したがって、記憶の想起とは、目標に一致する記憶に注意を向け、ワーキングメモリとして活性化状態を維持することであると捉えることができる (Oberauer, 2009)。

このような枠組みは、Atkinson & Shiffrin (1968) の多重貯蔵モデルや James (1890) の考えと一致する。多重貯蔵モデルでも、想起される記憶は短期記憶に転送されている必要があった。同様に、二次記憶も利用される時は一次記憶となると考えられてきた。近年のモデルでは、ワーキングメモリ研究では Cowan (1988, 1999) の Embedded-Processes model (埋め込みモデル) がこれにあたり、長期記憶研究からは ACT 理論 (atomic component of thoughts: Anderson, 1983; Anderson & Reder, 1999) が同様の考えを提示している。

1.3. 抑 制

1980年代以降はワーキングメモリ、長期記憶ともに抑制の概念を組み込んだ理論が提唱されるようになる。しかし、抑制の概念の歴史は古く、記憶に限らず注意や反応といった行動全般の知見から成立した経緯を持つ。そのため、多くの研究者が指摘するように概念の曖昧さという問題をはらんでいる。ここではじめに抑制の概念について整理した後に、各記憶理論における抑制の働きを概観する。

認知心理学における抑制とは、課題の遂行に不要な情報の活性化を低下させる働きを指す仮説構成概念である。記憶の想起をはじめ、人が何かを心的に表現しようとするときには、外界の刺激や経験といった情報の処理がおこなわれる。このときターゲットの刺激に物理的に近接する他の刺激や、先行する経験に基づく他の情報が同時に活性化される。それらの情報が不要な場合、その活性化を低下させることで不要な情報が積極的に処理されることを防ぐ働きとして想定されている。

抑制の概念が記憶に関連して議論されるようになったのは1980年代以降であり、それ以前は類似する概念が他領域で提唱されてきた。Friedman & Miyake (2004) は抑制の起源が精神分析学の抑圧 (repression) であると指摘している。精神分析学の考えでは、人は欲求が満たされない場合フラストレーションが生じる。フラストレーションを解消する心的活動は防衛機制と呼ばれ、防衛機制の一つに抑圧が挙げられた。抑圧は、葛藤状態が意識に上らないように無意識下に追いやるように働く。しかし、抑圧の考えは検証が難しく科学的な研究までつながらなかった。土田 (1998, 2007) によると、その後の抑制の基になる考えは神経心理学の領域で発展してきた。神経心理学では、抑止 (suppression) と呼ばれ、

反応の実行と拮抗する概念として設定されている。特に、抑制を行動調節の機能と位置づけた Luria (1961, 1973) の理論は重要視されている。

情報処理として抑制 (inhibition) の概念が用いられたのは, Tipper (1985) のネガティブ・プライミングの研究が始まりであると考えられている(土田, 2007)。ネガティブ・プライミングは, 先行する試行での刺激の処理が後続の試行の処理を遅延させる効果を指す。この実験では, 先行試行と後続試行でそれぞれ提示される 2 種類の刺激の一方を声に出して読み上げるよう求められる (命名課題)。2 種類の刺激はそれぞれ赤か緑で表記されており, 実験では一貫して緑 (もしくは赤) の刺激を命名するよう教示される。先行試行で緑の刺激 A を命名するときには, 赤の刺激 B は無視される。後続試行でも緑の刺激に対して命名しなければならないが, 後続試行で緑の刺激に何が設定されるのかによって条件が異なる。後続試行での命名対象が, 先行試行で提示されていない刺激 C である場合が統制条件となる。一方, 先行試行で無視した B が命名対象である条件が実験条件となる。ネガティブ・プライミング効果は, 後続試行の反応時間が統制条件に比べ実験条件にて遅延することを指す。先行試行の処理が後続試行の処理を遅延するため, 先行する処理が後続の処理を促進するプライミング効果 (Neely, 1977) とは対照的な現象である。

Tipper (1985) はネガティブ・プライミングの説明において抑制の概念を用いた。命名課題では, 知覚的に提示される刺激を処理し音声反応を実行する。先行試行で提示される刺激 A と刺激 B はともに知覚的に入力されることで活性化され情報として心的に表現される。参加者は緑色の刺激に反応するよう求められているため, 刺激 A に選択的に注意を向け処理する。このとき, 赤で表記された刺激 B の活性化が抑制される。後続試行では, 統制条件の刺激 C は知覚的な入力に従い活性化されるが,

抑制処理を受けた実験条件の刺激 B は知覚的な入力による活性化が一時的に阻害されている。再活性化に時間を要するぶんだけ処理が遅れ、それが反応時間に反映される。この説明が情報処理理論に抑制の概念を取り入れた先駆けであったと評価されている（土田, 2007）。

この段階で、類似する概念が 3 つ提示されているが、これらは作用する対象が異なる。Tipper（1985）の抑制は情報の活性化に対して作用する。神経心理学の抑止は反応に対して作用する。Freud の抑圧は、葛藤状態を生じさせる情動に対するものと考えられる。情動についてはより複雑であり、情動に伴う反応に注目すれば抑止であり、その反応を生起させる情報処理に注目すれば抑制と同じ概念と考えられる。現在の研究ではこれらの概念とその用語の区別が曖昧となっており、使用される用語が混同されている。例えば、同じ記憶の脱活性化をおこなう作用として、抑制が用いられることも（Anderson & Neely, 1996）、抑止が用いられることもある（Anderson, Bjork, & Bjork, 1994）。これらが同じ概念として相互に引用されており、抑制の議論はより複雑になっていると考えられる。これらの概念は区分を明確にすべきであり（Friedman & Miyake, 2004）、本論文では情報処理における脱活性化作用としての抑制を対象とし、抑止と抑圧については言及しない。

1.3.1. ワーキングメモリにおける抑制

認知心理学の記憶理論において明確に抑制が組み込まれたのは Hasher & Zacks（1988）による認知加齢理論であり、抑制について言及した最も影響力がある理論の一つである。彼女らの抑制の概念は、Tipper（1985）の考えをワーキングメモリ理論に組み込んだものであった。ワーキングメモリは容量制約があるため、多くの情報がワーキングメモリとして維

持されると干渉が生じて処理が低下する。ワーキングメモリの効率性を上げるには、課題の目標に一致する情報のみをワーキングメモリ内に保持する必要がある。抑制は、課題目標に一致しない情報を脱活性化させ、それによってワーキングメモリに混入しないようにしている。抑制の働きは、加齢によって徐々に効率が低下していき、高齢者では若年者に比べワーキングメモリ内に不要な情報が混入しやすい。加齢による認知課題の成績の低下は、抑制する能力の低下によるワーキングメモリへの不要な情報の侵入によって生じていると説明している。

Hasher & Zacks (1988) の理論においても、Tipper (1985) と同じく、抑制は脱活性化の働きを指している。彼女らは抑制の結果もたらされる影響から、抑制を 3 つの機能に部類している。Cowan (1988) のモデルから考えると、第一に、抑制は Focus of Attention (注意の焦点) に入っていた情報が、後に不要になった時にそれを脱活性化する。脱活性化された情報は、活性化が低下したことで Focus of Attention の外に排除される。第二に、抑制は Focus of Attention 外の活性化の高い情報を脱活性化する。これらの情報は活性化レベルが低下されたことで Focus of Attention 内に侵入できなくなる。第三に、優勢な反応を抑えるもので神経心理学の抑止に対応する。これらはそれぞれ、抑制の消去機能 (deletion function of inhibition), 抑制のアクセス機能 (access function of inhibition), 反応抑制 (prepotent response inhibition) と呼ばれる (Lusting, Hasher, & Zacks, 2007)。本論文では、アクセス処理との混同を避けるため、アクセス機能は以後、「侵入妨害機能」と呼称する。このうち、情報の排除に関する消去機能と侵入の阻止に関する侵入妨害機能がワーキングメモリの処理効率を保つために不可欠な働きであると考えられている。

Hasher らの理論において重要な点の一つは、抑制を中央実行系の機能の一つとして捉えたことである (Hasher & Zacks, 1988; Hasher, Zacks, & May, 1999; Lusting et al., 2007; Stoltzfus, Hasher, & Zacks, 1996; Zacks & Hasher, 1994)。先述のとおり、中央実行系は処理を実行する注意制御システムであった。このシステムは、その後前頭葉機能と同様のものとして議論されるようになった。前頭葉機能とは、前頭葉の選択的損傷による障害から推測される思考や行動の遂行に必要とされる機能を指す。この機能は特定の活動に限定されないという意味で一般的機能と考えられている (Luria, 1966)。思考や行動を支持する前頭葉機能と全般的な処理を担う中央実行系は、処理全般を支持するトップダウンの仕組みという点で同義の概念とみなされ、近年では実行機能³ (executive function) と呼ばれるようになった (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000)。したがって、Hasher & Zacks (1988) は、抑制を前頭葉に支持される実行機能の一つに位置づけたことになる。

先述の通り、複雑スパンテストで測定されるワーキングメモリ容量は処理資源を反映していると考えられてきた。処理が実行機能によって制御されると考えるのであれば、処理資源は実行機能が働くため必要な資源と考えることができる。したがって、実行機能の効率性の個人差と処理資源の個人差との相関が予測される。McCabe, Roediger, McDaniel, & Hambrick (2010) は、実行機能、ワーキングメモリ容量、処理速度の関連性について確認的因子分析を用いて検討し、実行機能とワーキングメモリ容量は共通する因子を有することを示した。同様に、Engle & Kane

³広義の実行機能には感覚・運動機能、合目的行動、社会性、情動制御、流動性知能に関わる能力、人格などが含まれる。しかし近年では、流動的知能に関わる能力に限定して実行機能と呼ぶことが多い (McCabe et al., 2010)。

(2004)の実験では、ワーキングメモリ容量の個人差は、妨害刺激の提示される条件下において拡大されることが報告されている。これらは、実行機能による処理の制御が複雑スパンテストに反映されていることを示唆しており、実行機能をワーキングメモリの制御機能として捉える理論の妥当性を支持している。

実行機能の研究からも抑制は主要な構成要素としてみなされ、Hasherらの理論を支持している。Miyake et al. (2000)の実行機能モデルによると、実行機能を構成する機能は、情報の抑制 (inhibition)・転換 (switching)・更新 (updating) の3つである⁴。転換は必要な情報に注意を向け直す処理を指し、更新は課題目標の変化に応じてワーキングメモリに保持する内容を変更する働きを指す。これら3つの機能が注意を制御することで、ワーキングメモリを適切に機能させていると考えられている。実行機能の観点から見ると、Hasherらの理論は、特に抑制を強調した理論であると考えられる。

このように、抑制はワーキングメモリを制御する実行機能として組み込まれた概念である。Hasherらはネガティブ・プライミングなど多くの抑制課題とワーキングメモリ容量との相関を報告しており (Hasher, Stoltzfus, Zacks, & Rypma, 1991)、この理論の証拠として挙げている。ただし、第2章で挙げるように、抑制課題として扱われてきた実験手続きは、記憶に関する課題ではなく、注意や反応の抑制を測定するものも多い。

⁴ほかにも行動のモニタリング (monitoring & regulating performance) やプランニング (planning) の機能が含まれると考える立場もある (Jurado & Rosselli, 2007)。

1.3.2. 長期記憶における抑制

注意課題などから推測されてきた理論上の概念であった記憶の抑制を、記憶の想起に直接焦点を当て、実験的に捉える方法を提示したのは、検索誘導性忘却 (retrieval-induced forgetting: Anderson et al., 1994) の発見によるものであった。この点において、検索誘導性忘却は記憶検索時の抑制を考えるためには無視することができない現象である。検索誘導性忘却とは、先行するターゲット記憶の想起が後続する記憶想起確率を低下させる現象であり、検索経験パラダイムと呼ばれる手続きによって観察することができる。

検索経験パラダイムは、想起の事後効果を検討するため考案されたパラダイムであり、学習フェーズ、検索経験フェーズ、遅延フェーズ、テストフェーズの4フェーズから構成されている。典型的な手続きでは参加者はまず学習フェーズで対提示されるカテゴリと事例の対連合学習をおこなう。ここでは多くの場合各カテゴリにつき6事例が与えられる (e.g., animal - horse, animal - lion, animal - cat, animal - dog, animal - rat, animal - tiger, profession - doctor, profession - carpenter...)。次いで検索フェーズでは、学習時に提示したカテゴリの半分のカテゴリから半数の事例をカテゴリを手がかりとして再生する。例えば、animal と profession をカテゴリとして6単語ずつ学習した場合、animal のカテゴリから3単語を再生するよう求める。このとき、検索すべきターゲットの頭文字を提示することでターゲットを指定する (e.g., animal-ho_._.)。検索経験フェーズにより、学習した単語は3条件に分けられる。まず、検索した項目のカテゴリに属する単語 (Rp) と検索しなかったカテゴリに属する単語 (Nrp) が区別される。先の例では、animal が Rp, profession が Nrp となる。さらに使用したカテゴリ (Rp) に属する単語のうち、検索フェーズ

で再生した単語 ($Rp+$) としなかった単語 ($Rp-$) に分けられる。この後遅延フェーズを挟んでテストフェーズがおこなわれる。テストフェーズでは学習した単語全てについて手がかり再生が要求され、その再生率が従属変数となる。

実験の結果、 $Rp+$ の再生率が Nrp を上回り、 $Rp-$ の再生率が Nrp を下回る ($Rp+>Nrp>Rp-$)。 Nrp の単語は学習フェーズとテストフェーズの間にカテゴリ及びカテゴリ内の単語について操作がおこなわれないため、単純な遅延手がかり再生の成績として個人内ベースラインと考える。このベースラインに比べ $Rp+$ の再生率がより高いことは検索経験が学習イベントとして機能したためと考えられている。この結果において最も重要なことは、 Nrp 項目と $Rp-$ 項目は検索されなかったという点において共通しているのにもかかわらず、 $Rp-$ の再生率が Nrp を下回ることである。この Nrp に対する $Rp-$ の再生率が低い現象が検索誘導性忘却と呼ばれる。

Anderson et al. (1994) はこの現象が記憶検索時に抑制が働いたことを反映していると解釈している。Anderson et al. (1994) の仮説は抑制説と呼ばれ、次のように検索誘導性忘却を説明する。学習フェーズの対連合学習はカテゴリと各アイテム間に連合を形成し、検索フェーズのカテゴリ提示によって生じたカテゴリの活性化はアイテムに伝搬する。活性化の伝搬により $Rp+$ と $Rp-$ はともに活性化され、両者は活性化の程度に差が無い競合状態を引き起こす (Anderson & Neely, 1996)。検索フェーズでは $Rp+$ の検索を求められるが、競合状態ではどちらか一方を想起する場合他方が阻害要因となるため、 $Rp+$ の選択的検索をおこなうことができない。そのため、競合する $Rp-$ の活性化を抑制することで競合状態が解消し、 $Rp+$ の検索が可能となる。この時点の活性化状態がテストフェーズで観察される。検索フェーズで検索を求められないカテゴリである

Nrp をベースラインとすると、抑制を受けた Rp-は後で検索の対象となった時に活性化されにくくなり Nrp に比べ再生率が低下する (Anderson, 2003)。Anderson et al. (1994) を中心とする抑制説の支持者は、記憶の検索は抑制により競合状態を解消することで達成されると考えている。

Anderson は、抑制説の考えを発展させて、記憶想起に抑制を必須とする記憶想起の抑制理論を発展させた (Anderson, 2003)。抑制理論では、抑制説で言及されていた抑制のメカニズムについてより詳細な点まで説明されている。重要な点は、抑制を実行する主体として実行機能を想定したことである。Anderson & Neely (1996) は、Go/NoGo 課題における反応の制止から類推して想起を止めることができると考えた。そのため、反応抑制が実行機能によりおこなわれるように、記憶検索時の抑制にも実行機能による制御が想定された。したがって、抑制理論では、記憶間の競合状態を実行機能が抑制することでターゲット記憶の検索が可能であると考えている。

1.4. 考察:長期記憶・ワーキングメモリの抑制の異同

以上、ワーキングメモリと長期記憶それぞれにおける検索と抑制の研究を概観した。記憶の検索と抑制の研究は、二つの領域でそれぞれ知見が蓄積されてきた背景がある。

しかし、ワーキングメモリ領域で議論されてきた抑制と長期記憶の抑制は、それぞれ区別される処理ではないと考えられる。その理由は、ワーキングメモリと長期記憶で抑制の概念が、二つの重要な点において共通しているためである。一つは、概念的定義が同じことであり、どちらの研究領域においても抑制は記憶の活性化レベルを低下させる働きと定義される。二つめの共通点は、抑制が実行機能により制御される能動的働きと考えていることである。すなわち、ワーキングメモリにおいても

長期記憶においても、抑制は実行機能によって制御される情報の脱活性化の働きを指している。

先に述べたように、実行機能は課題特定の機能ではなく、課題の種類に依存しない一般的機能を指す。すなわち、短期記憶に対して働く機能、長期記憶に対して働く機能のように、課題に特化して働くことは想定されない。それゆえ、ワーキングメモリの抑制はフロンカー課題といった注意課題を利用して知見を蓄積することができた。加えて、長期記憶の抑制にも反応抑制の考えが援用されている。したがって、抑制は課題に応じて異なる機能が想定されるようなものではないと考えられる。ただし、後述するように、実行機能を想定することの妥当性については考慮する必要がある。

さらに、ワーキングメモリの抑制も、長期記憶の抑制も、それぞれの研究領域にのみに基づくメカニズムが想定されているわけではない。例えば、抑制の侵入妨害機能 (Hasher et al., 2007) は、ワーキングメモリ外の記憶を脱活性化することで侵入を防ぐと働きを指す。この働きが想定されるということは、ワーキングメモリ外の記憶が活性化している状態を想定していることになる。Hasher et al. (2007) の理論は、長期記憶とワーキングメモリを単一のシステムと考える Cowan (1995) の理論に基づいているため、ワーキングメモリ外の情報とは、活性化された同様に、長期記憶の抑制理論の中では、ターゲットに注意を向ける処理過程が想定されている。このような処理過程は、SAM 理論など想起確率を数理的に予測する伝統的な長期記憶の検索理論では組み込まれない概念であり、むしろワーキングメモリにおける検索のメカニズムと一致している。したがって、ワーキングメモリにおいても長期記憶においても、背

景にある記憶の枠組みは、いずれかの記憶理論ではなく、ワーキングメモリと長期記憶を包括して扱う理論であると考えられる。

このように考えると、検索誘導性忘却の研究は特別な意味を持つ。検索誘導性忘却が発見される以前におこなわれていた抑制研究は、ワーキングメモリ研究におけるものであった。しかし、これらの研究では、記憶への脱活性化処理を想定していながらも、記憶の抑制を反映する適切な実験手続きがないという制約から、注意課題などとの相関から抑制の特徴を推測してきた。そのような状況において、Anderson et al. (1994) は検索誘導性忘却によって、検索に直接焦点を当て、記憶の抑制を実験的に捉える方法を提示したことになる。この点において、記憶検索時の抑制を考えるためには検索誘導性忘却を無視することはできない。想定される記憶の抑制メカニズムは、この現象を説明することができる必要があると考えられる。

第2章 研究課題

第1章では長期記憶とワーキングメモリ/短期記憶における抑制の概念を概観した。その中で、ワーキングメモリの概念と長期記憶の概念が一致したメカニズムを想定していることを指摘した。しかし、近年ではこれまで想定されてきた抑制のメカニズムに反する知見が多く提出された。第2章では、これらの知見を紹介するとともに抑制研究の問題点を三つの観点から整理する。第一に、記憶検索時の抑制の問題を唯一実験的に取り扱ってきた検索誘導性忘却における問題を挙げた。第二に、抑制全般のメカニズムに関する考えを転換させた実行機能研究を挙げた。最後に、実験手続きの問題点について挙げた。

2.1. エビデンスへの反証

第一の問題は、記憶検索時の抑制の論拠とされる検索誘導性忘却について対立仮説が受け入れられ始めたことである。検索誘導性忘却が記憶研究において非常に注目された理由の一つは、伝統的な連合理論の限界を提示したことであった。そして、その限界を補完する目的で抑制理論が構成されていた (Anderson et al., 1994)。そのため、抑制理論の妥当性は検索誘導性忘却を説明できることにかかっている。しかし、抑制理論はすぐに連合理論の支持者からの批判を受け、二つの説明仮説の検証という形で研究が蓄積されてきた。

2.1.1. 連合説

連合理論を支持する研究者は、連合理論からも Anderson et al. (1994)

の結果を説明することは可能であり、抑制の働きを想定する必要はないと批判してきた (Raaijmakers & Jakab, 2013; Verde, 2012)。連合理論によると、Rp-の再生率の低下は、Rp+の方が手がかりとの連合強度が強いために Rp-の想起を妨害するブロッキング現象として解釈される (Raaijmakers & Jakab, 2013)。以降この仮説を連合説とする。連合強度は、学習フェーズ直後には Rp+と Rp-で等価であるが、検索フェーズでの Rp+の選択的想起によってカテゴリと Rp+の連合強度のみが強化される。そのため手がかりに対する Rp+と Rp-の連合強度に差が生じる。テストフェーズで手がかりが提示されると、連合強度の強い Rp+が優先的に活性化され、Rp-の想起を妨害する。よって、テストフェーズにおける Rp-の再生率の低下は、Rp-の再生を Rp+が干渉するブロッキング現象であると説明される。

連合説に対して、Anderson らが抑制説を強調することができた理由は、連合理論からの説明が困難な特徴を検索誘導性忘却が示したことであった。検索誘導性忘却の特徴はそれぞれ手がかり独立性、競合依存性、再生固有性と呼ばれる。これらの特徴は連合説からの説明及び予測ができないものであったため、抑制説の説明が妥当なように思われてきた。しかし、近年これらの特徴に対する疑問が投げかけられている。以下に、特徴とその問題点を挙げる。

一つめの特徴は、手がかり独立性である。これは検索時の手がかりにかかわらず現象が生起することを指している。Anderson & Spellman (1995) はテストフェーズの手がかりを学習フェーズ、検索フェーズとは異なるものを用い検索経験パラダイムを実施した。この手続きは独立手がかり法と呼ばれ、検索フェーズでのカテゴリと Rp+間の連合強化がテストフェーズでの再生には影響しないよう計画されている。彼らは、ブロッキ

ングが生起しない独立手がかり法を用いても検索誘導性忘却が認められることを報告している。また、Anderson & Spellman (1995) は Nrp の項目が Rp-と特徴を共有している場合 Nrp の再生率も低下するクロスカテゴリ効果も報告している。これらは、検索誘導性忘却が Rp+とカテゴリ間の連合強化がテストに影響しない条件においても忘却が生じることを示すものであり、抑制説を支持するとともに連合説を反証するデータと解釈されてきた。

しかし、手がかり独立性の妥当性について問題が指摘されている。Williams & Zacks (1995) と Perfect, Stark, Tree, Moulin, Ahmed, & Hutter (2004) は Anderson & Spellman (1995) と同様の独立手がかり法を実施したが、手がかり独立性の特徴は再現されなかったことを報告している。さらに、Raaijmakers & Jakab (2013) は独立手がかり法を用いた場合にも、ターゲットの検索が必ずしも提示されたカテゴリのみを手がかりとしておこなわれているわけではない可能性を指摘している。たとえ独立手がかりが提示されたとしても、参加者は一度学習・検索フェーズで提示された手がかりを経由して Rp-を検索しようとする。そのため、独立手がかり法であっても検索フェーズ時の手がかりを経由した段階で Rp+が活性化され Rp-の検索をブロックしていると考えられることができると主張している。これらの指摘は、手がかり独立性がデータの信頼性と理論的な妥当性が保証されていないことを意味しており、この特徴に基づき抑制説を支持することは慎重にならざるをえない。

二つめの特徴は競合依存性と呼ばれる。競合する程度が大きい記憶ほど抑制されるという特徴である。記憶の競合をもたらす連合強度の検索誘導性忘却への影響について、抑制理論と連合理論では異なる振る舞いが予測される。抑制理論では競合解消のために抑制が働くと考えること

から、 R_{p-} とカテゴリの連合強度が強いほど、検索フェーズでは R_{p+} の検索に競合する R_{p-} は強く抑制される。逆に、 R_{p-} の連合強度が弱い場合、忘却は小さいかもしくは生じなくなる。一方、連合理論に基づけば、カテゴリと R_{p+} の連合強度に比較して、 R_{p-} との連合強度が強い場合は忘却が生じにくくなる。逆に R_{p-} の連合強度が弱い場合、干渉されやすくなりより忘却が生じる。カテゴリに対する事例の典型性を操作した実験では (Anderson et al., 1994, Experiment 3), 典型性が高いほど忘却が生じたことから抑制理論の予測を支持すると考えられている。しかし、その後の研究から R_{p-} とカテゴリの連合強度が強いほど忘却が生じないという連合理論を支持する結果が報告され (Williams & Zacks, 2001), 連合強度の影響から一方の理論を排除することは難しいと考えられる。

このように、抑制理論を支持すると考えられてきた検索誘導性忘却の特徴のうち二つは再現が難しいことが明らかとなった。さらには、連合理論からの予測される振る舞いも数多く報告されている。手がかり独立性と競合依存性という特徴が成立するかも含め、検索誘導性忘却が手がかりと連合強度にどのような影響を受けるのかは未だに不明なままである。したがって、手がかり独立性と競合依存性を論拠に抑制理論を積極的に支持することは難しいといえる。

2.1.2. 文脈説

抑制説を支持する三つめの特徴として再生固有性がある。再生固有性は検索誘導性忘却がターゲットの再生によってのみ生起するという特徴を指す。検索誘導性忘却が連合強度に依存するのであれば、再学習による R_{p+} とカテゴリ間の連合強化においても忘却が生じることが予測される。これに対して、実際に R_{p+} とカテゴリの再学習を実施したところ検

索誘導性忘却が観察できないことが示されている (Anderson et al., 2000)。手がかり独立性と競合依存性に比べ頑健に観察されることから、再生固有性は連合理論を反証する最も強力な証拠と考えられてきた。

しかし、近年、特定の条件を満たせば再学習によっても忘却が生じることが報告された (Jonker, Seli, & MacLeod, 2013)。彼女らは映像刺激を用いて学習時の背景文脈と再学習時の背景文脈を操作した。その結果、学習時と再学習時の背景文脈が同じ条件では忘却が生起しないが、背景文脈が異なる条件では忘却が生起することを示した。この結果は、背景文脈が変更されることで再学習によって検索誘導性忘却が観察できることを示唆している。彼女らは検索誘導性忘却が再生固有性という特徴を持たないこと主張している。

さらに、Jonker et al. (2013) は、この実験から抑制理論と連合理論に代わる文脈説を提唱している。この仮説では文脈情報の変化が検索誘導性忘却を引き起こすと説明している。つまり、学習フェーズ後は手がかりと R_{p+} , R_{p-} の連合は学習文脈と紐づけられている。どのような処理をおこなったかに関する文脈情報は学習フェーズと検索フェーズで異なるため (Sahakyan & Hendricks, 2012), R_{p+} と手がかりの連合は検索文脈と連合される。テストフェーズでは、優先的に後続の文脈情報が利用されるために、 R_{p-} のカテゴリが提示されると検索文脈に基づき記憶検索がおこなわれる。 R_{p-} は検索文脈に連合していないために、検索に失敗し再生確率が低下する。一方で、 N_{rp} の手がかりは学習文脈とのみ連合しているため学習文脈に基づき検索がおこなわれる。よって、 N_{rp} に比べ R_{p-} の再生率が低下する。このように Jonker et al. (2013) は、検索誘導性忘却は再生固有の抑制によって生じるのではなく、文脈情報の変化が原因であると主張している。

2.1.3. 仮説の比較

以上の議論は、検索誘導性忘却に対して抑制理論を適用することの限界を示したものであった。対立仮説に従えば、検索誘導性忘却は連合強度の差により生じる忘却であり、記憶の検索に抑制処理を想定する必要はない。しかし、仮説の問題は抑制説に限ったものではなく、対立仮説を採択しても報告されている実験結果を説明できるわけではないと考えられる。

文脈説に関する問題点は、この仮説がどのような想起過程を想定しているのかについての言及がないことである。文脈説 (Jonker et al., 2013) は、 $Rp+$ とそのカテゴリに検索文脈が付加されたことでテスト時に学習文脈が利用されなくなり、学習文脈のみと紐づいている $Rp-$ の再生率が低下すると検索誘導性忘却を説明している。このことから、検索誘導性忘却を検索文脈が学習文脈をブロッキングする逆向干渉とみなしていると考えられる。つまり、想起理論としては連合理論に基づいていると推測される。

一方、検索経験をおこなったカテゴリで検索文脈が優先して利用されることは抑制説からも説明が可能である。Tsukimoto & Kawaguchi (2006) は、抑制の効果が文脈情報に影響しているかを検討するために、検索経験パラダイムでベースラインとされる Nrp と単純な遅延手がかり再生の結果を比較した。その結果、遅延手がかり再生よりも Nrp の再生率が低く、学習文脈が利用されづらくなっていることを示唆している。Tsukimoto & Kawaguchi (2006) は、この結果を、抑制理論の立場から、学習文脈に対して抑制の影響が波及していると結論している。この考えに従えば、検索フェーズ文脈が学習フェーズ文脈よりもテスト時に利用されやすい理由にこそ抑制の働きを想定する必要がある。加えて、文脈

説は、手がかりとアイテム間の連合に言及していないことから、何らかの想起理論に基づかない限り、競合依存性といった他の議論が困難である。

このように文脈説では、想起についての言及がない以上、前提とする想起理論によって様々な解釈が可能であると考えられる。したがって、文脈の影響は、抑制理論もしくは連合理論のいずれかの想起理論の枠組みから検討されるべきであろう。ただし、検索誘導性忘却に関するこれまでの議論が文脈情報を無視してきたことは明らかであり、後述するように、文脈情報を考慮した説明が不可欠であると考えられる。

次に、干渉説を採択したとしても、抑制説と同様に、報告されている実験結果全てを説明することはできない。例えば、競合依存性についての結果の予測は干渉説と抑制説では検索誘導性忘却の効果は反対の予測が導かれる。抑制説では競合が大きいほど忘却される予測されるが、干渉説では競合が大きいほど忘却は生じにくいと予測される。先行研究では両者を支持するデータが報告されており、どちらの仮説を採択したとしても実験結果を整合的に説明することは困難である。両仮説が反証されている以上、競合の影響を含めて検索誘導性忘却を説明することは、どちらの仮説においても説明の限界が示されているとみなせる。これらのことから、現状では反証するデータが即座に他の仮説を棄却することはできないと考えられる。したがって、検索誘導性忘却を説明するためには、連合理論と抑制理論のどちらの立場においても、修正しなければならない点が残されていると考えられる。

これらの議論を踏まえたうえでなお、本論文では月元（2007）の指摘する次の一点を理由に抑制理論の意義を強調する。それは、連合説が処理の違いを理論に組み込んでいないことである。干渉説の基盤となって

いる SAM 理論では、再学習による強化と選択的想起による強化を区別できない。これは理論がそもそも想起と再学習の処理を同じものとして扱っていることによる。検索誘導性忘却を説明するためには、仮に文脈の変化であったとしても再生固有性の特徴を説明する必要がある。しかし、再生と再学習を等しく強化の処理として扱う SAM 理論では、なぜ単純な再学習による強化によって忘却が起こらず、検索による強化では忘却が起こるのかを説明することができない。その意味で検索誘導性忘却は連合理論が適用できない現象であり、ブロッキングとは異なる説明が求められると考えられる。実際、Anderson & Reder (1999) は連合理論の立場から、検索誘導性忘却が干渉とは異なる現象である可能性を指摘している。

2.2. 実行機能モデルの転換

第二に、抑制のメカニズムに関する最大の問題は、実行機能としての抑制という位置づけが崩れたことである。これは実行機能に含まれる機能が、認知神経科学的な研究と心理学的な研究の双方において捉え直されたことによる。これまでの理論では、実行機能、つまり前頭葉が目標に応じた処理を制御する主体と考えられてきた。このように考えると、この主体がどのように目標を認識し、処理を選択するのかという問題が生じる。つまり、どのように処理が制御されるのかについての議論が棚上げされてしまう。この問題はホムンクルス問題 (Hazy, Frank, O'Reilly, 2006) と呼ばれる。

認知神経科学の領域から、Hazy et al. (2003) は、前頭葉の働きが、処理の制御ではなく、目標情報の維持であることを主張している。前頭葉を含む脳は、ニューロン間のシナプス結合により情報伝達をおこなって

おり、結合は可塑性を持っている。前頭葉の機能は目標や文脈に関連する情報（abstract information）を維持するような働きであり、維持された目標との結合が強い領域に対して興奮性の投射がおこなわれる。これにより処理が実行される。つまり、前頭葉は何らかの処理を実行しようとするのではなく、目標を維持することで目標に関連する処理を担う脳領域を賦活させていることが明らかとなった。

これに基づき Munakata, Herd, Chatham, Depue, Banich, & O'Reilly (2011) は、脳神経系における抑制の新しいフレームワークを提示した。彼女らによると、神経系では二つの作用によって抑制がおこなわれている。一つは、前頭葉が“反応しない”という目標を維持した時におこなわれる働きで、前頭葉によりその反応に該当する処理系全体の活動が低下される（global shutdown）。もう一つは、ニューロン間の競合に対する作用で、前頭葉の維持した目標に合致する領域に興奮性の投射がおこなわれたときに、ターゲットとするニューロン群以外のニューロンの活動を抑える働きである（competitive inhibition）。競合するニューロンの抑制は、前頭葉の機能によって実行されるのではなく、ニューロンの構造上の性質による。前頭葉からの投射によりターゲット領域が賦活されると、それらのニューロンの賦活をトリガーに、抑制性の介在ニューロンを通じ周辺のニューロンの活動を低下させる。この二つの働きにより神経系の抑制が働いていると考えている。

記憶の想起に関しては、このうち競合抑制の働きが指摘されている。例えば、Munakata et al. (2011) は、読書中の多義語の意味の選択といった意味記憶の選択的想起において競合抑制の関与を認めている。記憶想起時の抑制が競合抑制であるとすれば、実行機能、すなわち前頭葉の直

接的な機能として抑制を捉えてきた従来の抑制モデルと異なるものである。

神経系のモデルを認知モデルに安易に流用すべきでないことが指摘されているが (McLeod, 2007), Munakata et al. (2011) に先行して心理学的研究からも同じ指摘がされている。これまで、心理学的な実行機能のモデルでは、実行機能は抑制, 更新, 転換の3つの機能によって構成されていると考えられてきた (Miyake et al., 2000)。Miyake & Friedman (2012) は Miyake et al. (2000) のモデルを修正し、実行機能に固有な機能は更新と転換であり、抑制はこれらに媒介される働きであると結論づけている。

このようなフレームワークの転換は抑制のメカニズムにとって重要な意味を持つ。抑制を実行機能として捉えることは、抑制の働きには実行機能と同じメカニズムを適用することができた。つまり、不要であるという目標に基づいて能動的におこなわれる処理と考えることができた。実際のデータも、ワーキングメモリ容量との相関や二重課題における課題成績の低下を示し、実行機能に必要な処理資源を抑制が消費していることを支持するものであった。そのため、抑制のメカニズムに関する研究では、資源依存的な処理という枠組みを前提として実験結果が解釈されてきた。

例えば、実行機能による競合低減の考えは Roman, Soriano, Gomez-Ariza, & Bajo (2009) が検索経験パラダイムを用い実験的に検討している。彼らの実験では、検索フェーズ時に二重課題法を実施するというものであった。二重課題法では単一の課題を実施する統制条件と同時に二つの課題をおこなう実験条件の差を比較する。実行機能は処理資源を消費するために、実験条件では二つの課題に資源が配分される。一方、統制条件は一つの課題が資源を占めることができる。そのため、抑

制が実行機能であり資源を消費する処理であれば、実験条件の成績は統制条件を下回る。Roman et al. (2009) の実験では、通常の検索経験パラダイムを実施した統制条件と検索フェーズに二重課題を課した実験条件の検索誘導性忘却を比較したものであった。抑制が競合低減を目的とした実行機能であれば、二重課題時には抑制、つまり検索誘導性忘却が消失するという仮説であった。実験の結果、二重課題条件では検索誘導性忘却が示されず、彼らは、抑制が競合低減を目標とした実行機能によって働いている考えを支持する結果と結論している。

しかし、この結論には議論の余地が残されている。抑制理論では手がかり再生の遂行に抑制が必須と考えている。抑制が二重課題により阻害されれば、検索フェーズでの手がかり再生は失敗することが予測される。このため、実行機能によって抑制が制御されているのであれば、二重課題条件では手がかり再生率が低下するはずである。しかし、彼らの実験において検索フェーズの手がかり再生率は二重課題条件と統制条件の間に差が認められていない。つまり、実験の結果は両条件とも抑制が働いていることを示しており、抑制が実行機能ではないことを示唆していると解釈できる。したがって、Roman et al. (2009) の結果は、Munakata et al. (2011) や Miyake & Freidman (2012) の抑制が実行機能の直接的な機能ではないという知見を実験的に支持したものと考えられる。

これらのことから、抑制のメカニズムを検討するためには、抑制が実行機能であると仮定することで生じる前提を除いて検討する必要があると考えられる。

2.3. 考察：定義とパラダイムの対応

Friedman & Miyake (2004) は、抑制が抱える理論的な問題の背景には

概念の曖昧さがあると指摘している。概念の曖昧さは実験手続きとその解釈にも直接影響するものと考えられる。これは抑制メカニズムを検討する上で議論を複雑にしている可能性がある，そこで，第三の問題として，抑制を測定するために用いられる実験手続きと抑制の概念の対応に関する問題点を挙げる。

これまでの実験課題の多くは，抑制を間接的に測定する課題が多くを占めている（cf; 順向干渉課題，検索経験パラダイム）。これらの課題では，先行する試行において抑制されたと考えられる情報に対してテスト試行でアクセスを求める。その反応時間や再生率に反映されるアクセス可能性あるいは活性化が，抑制を受けない情報にアクセスする統制条件に比べて低下することを以って間接的に抑制の証拠とみなす。これは同時に，抑制されたと考えられる条件と統制条件間で差が認められない場合，抑制は起こらなかったと解釈することを意味している。

例えば，順向干渉実験の一つである A-B/A-C パラダイムでは，アイテム A とアイテム B の連合学習をおこなった後に，アイテム A とアイテム C の連合学習をおこなう。この後，アイテム A を検索手がかりとしてアイテム C の再生を求める。そして最後にアイテム A を手がかりに，アイテム B の再生を求める。この課題では，学習時にはアイテム B とアイテム C が共にアイテム A と結合されワーキングメモリ内に維持される。しかし，アイテム C の再生を求められたことで，アイテム C が課題関連情報となり，アイテム B が抑制により排除される。そのため，後続のアイテム B の再生率はアイテム C に比べ低下すると考えられている。

ただし，間接的に抑制を測定する実験手続きにおいて，アクセス可能性の低下を抑制の証拠とみなすためには，ある前提が成立する必要があると考えられる。それは，従属変数の測定に先行して抑制が働き，その

効果が後続の測定時点まで持続することである。例えば、先の順向干渉課題では、先行するアイテム C の想起フェーズ時にアイテム B が抑制され排除される。この抑制の効果はアイテム B にアクセスを求められるテストフェーズまで持続していると考えている。このように、これらの解釈の前提として、理論上抑制による活性化の低下が持続することを想定しなければならない。

しかし、Hasher & Zacks (1988) の理論においても Anderson et al. (1994) の理論においても、記憶の脱活性化が持続することは想定されていない。これに対して、記憶の活性化は、抑制されない場合であっても、ある程度の時間が経過すると減衰すると考えられている。つまり、抑制されない統制条件の情報も時間的な経過により活性化は徐々に小さくなる。よって、統制条件の減衰の程度によっては、抑制される実験条件と活性化の差が認められなくなることが予測される。仮に抑制の効果が持続するとしても、統制条件の活性化の差が検出される程度に維持されている時間間隔のみに限定して反映されるものと考えられる。

つまり、持続性を仮定して抑制を観察することには二つの限界が存在すると考えられる。一つめは、抑制メカニズムのタイムコース上のどの時間を切り取っているのかが不明な点である。反応時間や再生率の差を抑制が働いた証拠とみなす間接的な測定では、統制条件の活性化が相対的に高い期間にアクセスを求めた場合に限って抑制の証拠が得られる。つまり、抑制が働いていたとしてもすでに統制条件の活性化が減衰している場合は、抑制が働かなかったと解釈されてしまう。そのため、実験的に抑制条件と統制条件間に差が認められず、抑制が働かないと解釈されたとしても、それは抑制が働いていないのではなく、統制条件の活性化が減衰してしまった可能性が残っている。

二つめに、測定された従属変数が必ずしもアクセス可能性の低下を反映しているとは言い切れないことである。上述のように、間接的な測定方法では、再生率や反応時間の遅延をアクセス可能性の低下と解釈して、これを抑制の証拠と考える。しかし、再生率の低下は、常にアクセス可能性の低下を示しているとは一意に結論できるものではない。Tulving& Pearlstone (1966) によると、再生を規定する記憶構造の要因として、アクセス可能性と利用可能性の二つを挙げている。アクセス可能性は記憶へのアクセスのしやすさ、利用可能性は記憶痕跡があるかどうかを意味している。これらの関係は、利用可能性は記憶痕跡の有無であり、アクセス可能性は利用可能性が担保された記憶に対するアクセスのしやすさの程度についての連続的な概念として解釈できる。再生の場合、ある記憶が再生できるかどうかは、その記憶痕跡が存在するかどうかにも依存する。加えて、再生率は、正答数を総刺激数で除した割合が指標とされるが、実際の反応は再生できたかできなかったかという二値的なものである。再生率に反映されるものは、アクセス可能性の低下の効果が再生に反映されるほどに表れた記憶の割合であり、純粋な効果を反映しているとは言い切れないと考えられる。

したがって、再生率の低下を指標とした場合、それがアクセス可能性なのか利用可能性なのかを結論づけることが困難である。そのため、これまで抑制及び抑制効果の持続の証拠として扱われてきた再生率の低下は、活性化の程度ではなく、利用可能性の有無を反映しているとも考えることができる。実験条件と統制条件の再生率の差が利用可能性を反映しているとしたら、その現象は記憶構造を変化させるような作用が働いていると解釈することが妥当であると考えられる。

第3章 仮説

これまで紹介してきたように抑制に関する理論には主要な課題が残っている。これらの問題点を踏まえ、記憶検索時の抑制処理のメカニズムに関する仮説を構成する。仮説は、記憶の検索時にどのように抑制処理が働き、それによって記憶にどのような影響を与えるのかを説明しなければならない。はじめに、抑制を記憶の活性化を低下させる働きとする定義に従い、抑制の作用がどの程度まで及ぶと考えられるのかを検討する。次に、その抑制がどのように働くのかを考え、これらをまとめ記憶検索時における抑制処理のメカニズムの仮説とする。最後に仮説を検証することができる実験手続きについて述べる。

3.1. 抑制の作用範囲

抑制は記憶の活性化を低下させる働きと定義され、記憶検索時の抑制処理においても同様である。活性化は類似する概念であるアクセス可能性と言い換えられることがあるが、これは次の理由から同じものを表現していると考えられる。活性化は利用のされやすさという記憶の状態に関する概念である。一方、アクセス可能性は、記憶の利用のしやすさを表した概念である。すなわち、記憶の使いやすさを記憶構造に注目して概念化したものが活性化であり、処理に焦点を当てたものがアクセス可能性と考えることができることから、両者は同義の概念とみなせる。よって、抑制は、記憶のアクセス可能性を低下させることとも定義できる。

しかし、記憶検索時の抑制の研究においては、処理の観点から見た記憶状態を指示する用語が曖昧なまま用いられていることが指摘されてい

る（月元, 2007）。例えば, Anderson & Spellman (1995) ではアクセス可能性の低下に言及しているが, Anderson & Neely (1996) では利用可能性の低下に言及している（月元, 2007）。アクセス可能性が記憶の利用しやすさを表している一方で, 利用可能性は記憶の有無を表している。つまり, アクセス性及び活性化は利用可能性が保証されていることが前提になれば成立しない。利用可能でない状態は記憶が消失している状態を指すため活性化はしない。抑制を記憶の脱活性化の作用と定義するのであれば, 抑制の直接的な働きは利用可能性の消失ではなく, アクセス可能性が低下することと考えなければならない。したがって, 利用可能性にまで言及するのであれば, 活性化の低下が記憶の存在の有無にまで影響するような過程を別に組み込む必要があると考えられる。

抑制の影響が利用可能性にも及んでいるのかを検討するため, 月元・川口 (2006) は単語完成課題による検証をおこなっている。単語完成課題では, 単語を構成する文字の一部を抜き取ったフラグメントと呼ばれる刺激を提示する。参加者はフラグメントを適切に埋めた場合の単語を報告することが求められる。例えば, “し__ぶ__し” というフラグメントに対して “しんぶんし” と回答することが求められる。この課題では, 刺激に対してその単語の記憶が利用可能であれば, 正しい反応をおこなうことができる。実験の論理は, テストフェーズで単語完成課題を実施した場合, 利用可能性が低下していなければ, Nrp と Rp -の差が認められないというものであった。実験の結果, 単語完成課題の成績は Nrp と Rp -に差はなく利用可能性の低下が否定されるものであった。

また, 反応時間により活性化の程度の測定を試みた実験でも, アクセス可能性の低下を支持している。再認反応時間を指標とした実験では (Veiling & van Knippenberg, 2004, Experiment 1), Nrp に比べ Rp -の反応

時間が遅いことを報告している。また、語彙判断課題を用いた実験でも (Veiling & van Knippenberg, 2004, Experiment 2), 検索フェーズ直後に実施した場合において条件間の差が認められている。これらの研究から、アクセス可能性の低下が起こっていることと、利用可能性は低下していないことを示唆している。以上より、抑制の働きをアクセス可能性の低下と定義することは妥当であると考えられる。

しかしその一方で、持続性に関する研究は、抑制の影響が利用可能性の低下にまで及ぶ可能性を示唆するものと考えられる。検索誘導性忘却は比較的長い期間持続することが多く報告されている。検索経験パラダイムを考案した Anderson et al. (1994) の最初の実験をはじめ、標準的手続きでは検索フェーズから 20 分の遅延後にテストフェーズがおこなわれる。この手続きにおいて安定して検索誘導性忘却が観察されるということは、抑制の効果は少なくとも 20 分以上は持続していると考えられる。さらには、より長期にわたり忘却が示されることが報告されており、丹藤・仲 (2007) と Storm, Bjork, & Bjork (2012) では 24 時間後や 1 週間以上の遅延後にも検索誘導性忘却を見出している。

第 2 章で挙げたように、このような長期的な忘却の持続をアクセス可能性の低下から説明することは難しいと考えられる。活性化は一時的であり時間の経過に伴い減衰すると考えられているため、検索経験パラダイムでは R_p -の活性化が抑制により急激に低下し、 N_{rp} の活性化が減衰により徐々に減衰するはずである。そのため、 N_{rp} と R_p -の差は時間経過によってベースライン、もしくは活性化されていない状態に収束することが予測される。検索フェーズから 20 分後に語彙判断課題によりアクセス可能性を測定した Racsmany & Conway (2006) では、 N_{rp} と R_p -の差が認められないことを報告している。同様に、再認反応時間によりア

クセス可能性を測定した玉木・内藤（2012）の実験でも、遅延 5 分で認められた条件間の差が遅延 10 分では認められなかった。これらの実験から両条件間のアクセス可能性の差は時間経過によって検出されない程度まで縮小することが示唆される。この予測に反して忘却が持続するということは、記憶のアクセス可能性以外の側面、すなわち利用可能性が抑制の影響を受けている可能性がある。

これらのことから、記憶検索が競合記憶の脱活性化をしてはいるが、忘却は単なる活性化の低下のみが原因ではなく、何らかの長期的な記憶の変化による可能性が考えられる。実際、Anderson（2003）では、活性化の低下が構造的な変化を引き起こすため、記憶が活性化されづらくなり長期的な検索誘導性忘却につながると論じている。しかし、抑制が記憶の構造的変化を引き起こすメカニズムまでは言及されておらず、今のところアクセス可能性と利用可能性への持続時間が異なる理由を説明する仮説も提示されていない。

そこで、抑制の影響範囲を推定するために、持続性の問題を手がかりとし、テストフェーズで用いられる課題の特徴に焦点を当て、これまでの知見を整理する。課題の処理過程を考えると、テストフェーズで用いられている課題は二つの種類に大別できる。区別される基準は、判断をおこなうために学習したという情報が必須かどうかによる。この区分は、Tulving のエピソード記憶と意味記憶の区分に対応する。Tulving によると、エピソード記憶とは、学習時の時空間的情報を伴う記憶であり、意味記憶はそれ以外の記憶を指す。時空間的情報は文脈情報と呼ばれることから、言い換えると、エピソード記憶は学習時の文脈情報を伴った記憶であり、意味記憶は文脈情報を伴わない記憶である。

標準的手続きの手がかり再生と再認課題は、学習したかどうかを判断

するためこれらは学習文脈の情報が必須となる。これに対して、語彙判断課題では (Veiling & van Knippenberg, 2004; Racsmany & Conway, 2006), 提示される刺激が単語であるか非単語であるかを判断する。また、単語完成課題は (Tsukimoto & Kawaguchi, 2006; Ikier, Yang, & Hasher, 2008), 提示されるフラグメントに一致する単語を回答する。よって、単語完成課題と語彙判断課題では学習文脈の有無が課題の遂行に求められることはない。

この違いを考慮すると、持続性に関する先行研究は一貫した傾向を示している。エピソード記憶のアクセス可能性のみを反映すると考えられる再認反応時間では、検索フェーズ直後で認められた Nrp と Rp-の差は (Veiling & van Knippenberg, 2004), 検索フェーズ後 5 分の遅延では再現されたが、10 分の遅延後には消失した (玉木・内藤, 2012)。一方、同じくエピソード記憶に依存する手がかり再生の再生率と再認課題の正再認率では、最低でも 20 分は安定して忘却が観察される。つまり、エピソード記憶においてはアクセス可能性の低下は一時的であり、忘却の原因は記憶の利用可能性によってもたらされている可能性がある。

同様に、意味記憶へのアクセスを求める語彙判断課題では、検索経験直後では条件差が認められるが (Veiling & van Knippenberg, 2004), 20 分の遅延後には検出されないことが報告されている (Racsmany & Conway, 2006)。一方、3 分の遅延を挟んで実施された単語完成課題では、Nrp と Rp-の差が認められないことに加えて、学習フェーズで提示されなかった単語に対応するフラグメントに対する正答率よりも高いことが示されている。つまり、意味記憶に関して利用可能性が低下していないと考えられる。これらをまとめると、標準的手続きに反映されるエピソード記憶においてのみ持続性が認められることが分かる。

しかし、抑制の理論は (Anderson, 2003; Hasher & Zacks, 1988), 意味記憶とエピソード記憶の区分を想定しておらず, これらの効果の持続性の違いを説明できない。そのため, 抑制処理のメカニズムを検討するためには, これらを区分できるような枠組みを導入する必要があると考えられる。Tulving によるエピソード記憶と意味記憶の定義に従い, 両者を区別すると, エピソード記憶は文脈情報を伴った記憶であり, 意味記憶は文脈情報を伴わない記憶でなる。ただし, 月元 (2007) が指摘するように, 記憶の特徴は全て想起を通じて観察されるものであるため, 意味記憶とエピソード記憶に関して確実にいえることは, 意味記憶は文脈情報を伴って検索されない記憶であり, エピソード記憶は文脈情報を伴って検索される記憶ということになる。抑制が, 意味記憶へは一時的なアクセス可能性の低下のみを引き起こすのに対して, エピソード記憶では忘却が持続するほどの効果を示すということは, 抑制の結果, 記憶が文脈情報を伴った検索ができなくなってしまうという可能性を示唆している。つまり, 抑制の結果, 文脈情報が失われるという記憶構造の変化がおこっている可能性が指摘できる。

このように考えると, 持続性は次のように説明することができる。抑制は活性化を低下させるために, アクセス可能性もしくは活性化を測定する課題では, 一時的にアクセス可能性の低下が示される。このアクセス可能性の低下は, 統制条件の記憶の活性化が減衰することで一定の時間で検出されなくなる。しかし, 抑制の効果は, 文脈情報を消去させる働きを持つため, アクセス可能性が収束した後も, エピソード記憶として検索することができず結果として手がかり再生率の低下が持続する。一方, 意味記憶課題は文脈情報の影響を受けないため, 持続性は認められない。

ただし、文脈情報の利用可能性が低下するのは競合記憶に限定されることに留意しなければならない。検索経験パラダイムにおける Rp+などターゲットとなっていた記憶に関しては後続の再生、再認の際においても忘却は認められず、文脈情報の利用可能性の低下は生じていない。そのため、競合記憶をエピソード記憶として想起できないのは文脈情報そのものが失われたのではなく、競合記憶と文脈情報を結びつける連合が消去したためと考えられる。したがって、抑制が作用する範囲としては、直接的に働く対象は記憶の活性化であるが、その影響が文脈情報との連合を消失させると推定される。

3.2. 抑制のメカニズム

次に、抑制のメカニズムの仮説を立てる。つまり、抑制がどのように始まり、活性化の低下から連合の消去まで作用が及ぶのかについて考察する。これまでのように抑制を実行機能が制御するという考えは、言い換えると、目標志向的に不要な情報を抑制するという能動的処理を仮定するものであった。しかし、実行機能の基盤と言われる前頭葉機能において、抑制を直接支持していないという見解が相次いで提示されたことで (Miyake & Friedman, 2006; Munakata et al., 2011)、このようなメカニズムに基づく仮説は成立しないものと考えられる。したがって、抑制が作動するメカニズムについては再考する必要がある。

抑制を能動的な働きとして考えることは、理論的な観点からも問題点が挙げられている。月元 (2007) は抑制の処理とアクセスの処理がともに実行機能により制御されるという考えが論理的に成立しないこと指摘している。抑制の理論においては、抑制の意義は競合を解消することと考えられている (Anderson, 2003; Hasher & Zacks, 1988)。競合は手がかり

の提示時によって複数の記憶が活性化されている状態を指す。月元(2007)は、この競合の概念をより厳密にターゲットとそれ以外の記憶の活性化の差が小さい、もしくは等しい状態と定義し、それをシグナルであるターゲット記憶とノイズとなる競合記憶の比 (S/N 比) によって表している。この定義に基づくと競合が解消されることはターゲットとそれ以外の記憶の活性化状態に差をつけること、すなわち S/N 比を大きくすることとなる。このように考えると、抑制は、ノイズを脱活性化させることで相対的にシグナルを際立たせ、S/N 比を拡大する働きである。

Anderson (2003) の理論では、競合を解消することでターゲットへのアクセスが可能となると考えている。これは、S/N 比が上がらなければ、ターゲットへのアクセスができないことを意味している。よって、記憶検索時の処理として、競合記憶の抑制がターゲット記憶へのアクセスに先行すること仮定していると考えられる。そして、抑制とアクセスがともに実行機能によって制御されると考えている (Anderson & Neely, 1996)。この仮定が矛盾をはらんでいると月元 (2007) は指摘している。このような順番で処理がおこなわれるためには、実行機能は抑制処理が実行される前に、どの記憶が不要でどの記憶がターゲットであるかを識別している必要がある。実行機能が抑制対象となる競合記憶が識別できるということは、同時にターゲットの識別も可能となっているはずである。ターゲットの識別ができていたのであれば、その前提となる S/N 比はすでに拡大されていると考えられる。そのため、月元 (2007) は、競合記憶をターゲットとする抑制と必要な記憶をターゲットとするアクセスという二つの処理を理論に組み込む必要がないと指摘している。実際、月元 (2007) の EMILE モデルでは、ターゲットへのアクセスの処理を破棄し、抑制のみによって検索誘導性忘却を説明することに成功している。

本論文では何らかの情報を利用している状態を想起とし、利用することを情報処理の観点から見たときに、情報に対するアクセスと定義した。よって、月元（2007）の立場と異なり、アクセスの処理を備えたうえでこの問題を解消する必要がある。はじめに述べたように、アクセスは行動と対応するように定義することができる。一方で、抑制は必ずしも行動との対応が示されるわけではない。検索時の抑制処理を考えるならば、想起した状態に対応する、必要な記憶へのアクセスを明確にしたうえで、アクセスと抑制の関係を議論することが必要と考えられる。

3.2.1 アクセス

第1章で述べたように、アクセスのメカニズムは短期記憶とワーキングメモリの研究から知見が蓄積されてきた。ワーキングメモリは情報を処理することに焦点を当て発展した概念であり、課題目標に一致する情報に対するアクセス処理に関して精巧な理論を提示している。特に、Cowan（1995, 1999）のモデルは、アクセスを注意を向けることと捉え、長期記憶とワーキングメモリを共通の枠組みから説明するものであった。Cowan（1995, 1999）モデルをもとに発展させた Oberauer（2009）のワーキングメモリモデルも同様に、ワーキングメモリと長期記憶をともに扱うことができる。加えて、文脈情報が組み込まれていることから、抑制の範囲を説明するために必要な意味記憶とエピソード記憶を区分することもできると考えられる。したがって、本論文では、記憶のアクセス処理に関しては Oberauer（2009）のモデルを前提とする。

3.2.2. Three-Embedded-Components model

Oberauer（2009）のワーキングメモリモデルは Cowan（1995）の

Embedded-Processes model 拡張したものであり、Three-Embedded-Component model (3要素埋め込みモデル) と呼ばれる。この理論では、多くの理論と同様に、目標志向的な情報処理のために情報へアクセスするシステムとしてワーキングメモリを定義している。そして、目標志向的なシステムとして成立するためには、ワーキングメモリは6つの要件を満たすものである必要があることを強調している。要件の一つめは、ワーキングメモリが情報の結合をおこなうことである。つまり、新しいワーキングメモリ内容を結合・構築し、それを維持することができることである。日常的に行動をおこなうためには、その場面で必要とされる情報は常に変化している。それゆえ、ワーキングメモリは、その時必要な情報によって新しいワーキングメモリ内容を維持しなければならない。そして、新しいワーキングメモリを構築するためには、必要な情報を相互に結び付ける結合 (dynamic binding) の働きが不可欠となると考えている。

二つめは、構築されたワーキングメモリ内容を操作できることである。目標志向的な行動では、維持しているワーキングメモリ内容のうち、さらに一部を選択することができると考えられる。例えば、系列再生課題では、覚えたアイテム全てがワーキングメモリで維持・結合されるが、再生報告をおこなうためにはその内の一つ一つのアイテムが選択されている。つまり、ワーキングメモリ内容を構成する要素に対する選択的なアクセスが可能である。

三つめは、ワーキングメモリは、全般的な目標に対するシステム (general-purpose mechanism) であり、特定の目標を解決するためにデザインされたモジュールを持っていない。

四つめは、ワーキングメモリ内容を素早く更新 (updating) できること

である。課題目標は、場面に応じて次々に変化する。これを実現するためには、ワーキングメモリ内容を目標に合致するよう次々に更新していく必要がある。Oberauer (2009) によると、この更新がワーキングメモリにおける情報の操作に該当する。そのため、直前の目標のために維持していた情報が、現在の目標のために維持する情報を阻害する（順向干渉: proactive interference）ことを回避する必要がある。この干渉を回避する作用の一つが後述する排除（removal）にあたる。

五つめは、長期記憶から、目標に合致する情報を引き出すことができることである。ワーキングメモリとして維持する目標に合致する長期記憶を、他の長期記憶と区別できる構造が必要となる。そのため、ワーキングメモリは他の長期記憶がワーキングメモリに干渉しないように保護（Shielding）する働きが想定される。

第六に、ワーキングメモリは、構築したワーキングメモリ内容を長期記憶にフィードバックし符号化している。これによって記憶構造が更新される。

モデルの構造 Three-Embedded-Components model は以上の要件を満たすように構成されている。そのため、ワーキングメモリと長期記憶の双方に言及することができる。この理論では、ワーキングメモリと長期記憶は構造的に単一の記憶であることを想定している。Baddeley (1986) のモデルのように、短期記憶と長期記憶にそれぞれ貯蔵庫を想定する場合、貯蔵庫間の転送が想定されるため、長期記憶の記憶と短期記憶の記憶は異なるものとして扱われる。これに対して、Oberauer (2009) のモデルでは、長期記憶が高度に活性化された状態をワーキングメモリと捉えている。この考えは、Cowan (1988) の Embedded-Processes model や Anderson (1983) の ACT 理論と同様の考えである。それゆえ、ワーキン

グメモリと長期記憶は連続的で、両記憶の性質の違いは活性化の程度によって生じる。

Three-Embedded-Components model において長期記憶は、貯蔵された記憶が活性化されていない状態を指す。長期記憶に該当する記憶は多岐にわたり、手続き的記憶と宣言的記憶の区がなく、相互に等しく連合されている。知覚的入力などにより、特定の記憶が活性化されると、活性化は連合を通じてほかの記憶に伝搬していく。

この状態の長期記憶は、特に活性化された長期記憶 (**Activated part of Long Term Memory**) と呼ばれる。活性化された長期記憶は、連合に基づく拡散により活性化されるため、記憶の容量制約を受けないことが想定されている。**Ratcliff & McKoon (1981)** の活性化の定義に従えば、活性化によりアクセス可能性があがり、より効率的に処理される。よって、多くの記憶が入力に伴い活性化された長期記憶と状態なり、それらに対する反応時間が短くなるプライミング効果や検索の正確性が上がると考えられている。また、活性化された長期記憶の状態では、課題の内容に応じて、宣言的記憶 (**declarative memory**) と手続き的記憶 (**procedural memory**) が区別される。

活性化された長期記憶のうち、目標に一致する記憶は検索されることで直接操作可能な状態になる。言い換えると、目標に一致する活性化された長期記憶に対して、注意を向けるアクセス処理がおこなわれることで、活性化がより高められる。この状態は **Central Component** (ワーキングメモリの中心的構成要素) と呼ばれ、**Baddeley (1986)** のワーキングメモリや **Cowan (1988)** の **Focus of Attention** の概念に対応する。**Oberauer (2009)** によると、長期記憶の情報を、**Central Component** に維持することが、長期記憶の検索であると考えている。

Central Component の最も重要な特徴は、Central Component を構成する情報間で一時的な結合 (binding) がおこなわれることである。活性化された長期記憶が Central Component として維持されると、個々の記憶は結合されることでワーキングメモリ内容を構成する。結合は、一時的なつながりという点で、長期記憶における連合とは区別される。結合がおこなわれることで、一時的にワーキングメモリ内容は新たな一つの情報として取り扱われる (Oberauer, 2003)。すなわち、ワーキングメモリ内容は複数の記憶が単に維持されたものではなく、記憶の集合によって形成された新たな情報と捉えることができる。これに関連して、Oberauer (2009) は、Central Component もしくはワーキングメモリにおける忘却は全て干渉が原因であると考えている。ワーキングメモリ内容は、高い活性化状態で相互に結合されていると考えるため、ワーキングメモリ内容は時間経過による活性化の減衰が想定されない。

Central component における記憶の結合に関してさらに特筆すべき点は、結合が刺激などのアイテムに関する記憶と提示文脈に関する記憶 (文脈情報) 間でおこなわれると想定していることである。例えば、“3-2-4-7” と順に提示する系列再生の場合、参加者が提示される刺激を数字として扱うことができるのは長期記憶に依存している。入力によって活性化された長期記憶のうち、数字に対応する意味や読みが Central component として維持される。数字が系列提示されると、提示されるごとに数字の記憶が Central Component 内に系列 1, 2, 3, といったように時間的な背景情報を伴って結合される。ただし、これらの情報は相互に結合されるため、提示された数字は、全ての系列情報と結合されてしまう。つまり、提示された刺激 3 は、実際の文脈情報である系列 1 番の他にも系列 2 番、3 番、4 番とも結合される。そのため、ワーキングメモリ内容を構成する

個々の情報は、特徴の重ね書き (feature overwriting) が起こっていると考えられている。刺激の記憶との結合は、近接する文脈情報ほど強いという勾配が想定されており、実際の文脈情報との結合が最も強くなる。そのため、参加者は、順序情報を伴う再生が可能となる。

Central Component は、宣言的記憶と手続き的記憶によって維持される内容が異なり、宣言的記憶では概念が維持され、手続き的記憶では刺激と反応の連合が維持されると考えられている。宣言的記憶に関する Central Component は Region of Direct Access (ダイレクトアクセス) と呼ばれ、手続き的記憶に関する Central Component は Bridge (ブリッジ) と呼ばれる。Oberauer, Souza, Druery, & Gade (2013) では、Region of Direct Access と Bridge のメカニズムは共通であり、両者を維持される情報の種類以外の区別をおこなっていない。したがって、宣言的記憶における情報の選択と手続き的記憶における情報の選択は同じメカニズムと考えられている。それゆえ、本論文では宣言的記憶における抑制の実証研究をおこなうが、手続き的記憶とのメカニズムの共通性が想定されることから、Region of Direct Access と Bridge を区別せず Central Component として扱うこととした。

そして、ワーキングメモリ内容は、文脈情報を伴って長期記憶へ符号化されると考えられている。ワーキングメモリ内容が、長期記憶の一部である数字の記憶と系列情報により構成されている場合、“3-2-4-7” という情報が長期記憶へ符号化される。符号化は、一時的な結合の強度に基づき長期記憶の連合強度を変化させることを指している。

さらに、Oberauer (2009) は Central Component 内を構成する情報に選択的にアクセスすることも可能であると考えている。選択的なアクセスは、宣言的記憶においては Narrow Focus of Attention (注意の焦点) と呼

ばれる機能によっておこなわれ、手続き的記憶においては Response Focus (反応の焦点) によっておこなわれる。これによって、即時再生課題のように維持された内容から一つを取り出し (Narrow Focus of Attention), 声に出して反応する (Response Focus), といった直接的な操作が可能となる。Narrow Focus of Attention は Cowan (1999) の Focus of Attention と異なり、記憶の状態ではなく、ワーキングメモリ内容から単一の記憶を選択する機能を指す (Oberauer et al., 2013)。短期記憶の研究において検討されてきた検索は Narrow Focus of Attention の働きと捉えることができる。

3. 2. 3. Three-Embedded-Components model における検索と抑制

このように、Oberauer (2009) のモデルに従えば、長期記憶とワーキングメモリを共通の枠組みから扱うことができる。まず、長期記憶とワーキングメモリは共通の記憶構造であり状態が異なると考える。よって、貯蔵形態は区別されない。長期記憶とワーキングメモリからの検索は、長期記憶では、Central Component として記憶を維持することであり、ワーキングメモリでは、ワーキングメモリ内容を構成する記憶に選択的にアクセスすることとなる。このように長期記憶とワーキングメモリの検索を捉えることは、多重貯蔵モデル (Atkinson & Shiffrin, 1968) や ACT 理論 (Anderson & Lebiere, 1998) と共通している。検索誘導性忘却における連合説の基盤となる SAM 理論においても、二段階の検索を想定している。

このモデルに従うと、抑制は次のように扱われる。Hasher & Zacks (1988) の想定する抑制は、ワーキングメモリ内の不要となった情報に対する抑制の消去機能と、活性化が高いためにワーキングメモリ内に混入する可

能性があるワーキングメモリ外の情報に対して脱活性化をおこなう抑制のアクセス妨害機能であった。これを **Three-Embedded-Components model** から見ると、**Central Component** としてワーキングメモリ内容を構成する記憶の中で不要になった記憶と、**Central Component** 外の活性化が高い記憶に対して抑制が働くことになる。一方、Anderson (2003) の理論ではターゲットではない競合記憶に対して抑制が働くと考える。長期記憶検索を **Central Component** として記憶を維持することと考える **Three-Embedded-Components model** に従うと、**Central Component** としてターゲット記憶を維持する際に、それに競合する記憶に対して抑制が働くことと考えられる。つまり、どちらの抑制も **Central Component** に不要な記憶が混入しないよう働くという点において共通している。第1章で述べたように、抑制の定義が、長期記憶においてもワーキングメモリにおいても記憶の脱活性化の働きであることを踏まえると、これらを積極的に区別して扱う必要はないと考えられる。

加えて、**Central Component** における結合の考えは、文脈情報を伴う記憶と、伴わない記憶の区別を可能とする。ワーキングメモリ内容が長期記憶へ符号化されるということは、課題目標が文脈を要求する場合、文脈情報を伴った記憶が再び **Central Component** に維持される長期記憶検索がおこなわれると考えられる。一方、課題目標が文脈を要求しない場合、文脈情報は目標に一致する情報ではないため、必ずしも **Central Component** に維持する必要はない。したがって、抑制が効果を及ぼす範囲を説明するために必要とされる、エピソード記憶と意味記憶の区分を文脈情報の観点から扱うことも可能であると考えられる。

3.2.4. 抑制の始動

したがって、記憶検索時の抑制を考えるためには、Central Component の特徴を明確にする必要がある。Oberauer (2009) のモデルでは、Baddeley (1986) や Cowan (1995) のモデル同様、Central Component において維持できるワーキングメモリ内容の情報量には制約が存在する。Oberauer (2009) によると、容量制約の原因は、Central Component の結合の働きによる。結合によって Central Component 内の記憶間の結合数が増加すると、手がかりをもとに特定の記憶にアクセスする際に候補となる記憶が多くなる。これらの記憶は全て Central Component として選択されているため、高いレベルに活性化されている。記憶全ての高い活性化状態にあるということは、記憶間の活性化レベルの差が小さいことを意味している。例えば、一つの手がかり（文脈情報）に結合されている情報が多いほど、手がかりに合致する情報が多くなり、特定のターゲットを選択することは難しくなる。これは検索競合と呼ばれる (retrieval competition)。これは月元 (2007) の競合の定義と一致する。

加えて、ワーキングメモリ内容の個々の記憶は、その特徴が重ね書きされているために、記憶間の区分が不明瞭になっている (Oberauer, 2003)。文脈情報や維持する記憶の増加は、その分だけよりワーキングメモリ内容を複雑にし、処理が困難となる。これは表象間競合 (representational interference) と呼ばれる。つまり、Central Component 内に多くの情報を維持することは、記憶構造と検索処理に異なる競合を引き起こす。これらが Central Component が一定数の情報しか同時に扱えないことの原因と考えられている。

そして、Central Component は、目標の変更に応じて即座に適切なワーキングメモリ内容を捉え直す更新がおこなわれる。この働きは、実行機

能における更新と同じものを指す (Miyake et al., 2000; Miyake & Friedman, 2012)。ワーキングメモリ内容が情報の集合であるとする、ワーキングメモリ内容の更新は、新たな目標に一致するように情報の集合を結合し、ワーキングメモリ内容を形成しなおす過程と捉えられる。

このような **Central Component** の更新を検討するための課題について、Ecker et al. (2010) は、情報の検索 (retrieval)⁵、操作 (transformation)、代替 (substitution) の 3 つの過程が関与していると指摘している。例えば、順に提示される数字を、提示が新しいものから二つ覚える課題の場合、古い数字を新しい数字に替える代替がおこなわれる。また、提示された数字を加算する課題では、維持している数字を検索し、新しい数字を加算する操作がおこなわれた後に、はじめに維持していた数字と代替する。これら検索、操作、代替の 3 つの過程を説明変数に、Ecker et al. (2010) は、複雑スパンテストによるワーキングメモリ容量を目的変数として構造方程式モデリングによる分析をおこなった。その結果、代替は、ワーキングメモリ容量と独立していることが示されたことから、**Central Component** の更新に特有の過程であると主張している。さらに、Ecker, Oberauer, et al. (2014) は、代替が新しい情報の符号化と不要となった情報の排除 (removal) の下位過程によって成立していると主張している。そして、排除によって成立する代替の過程がワーキングメモリ容量と独立する更新特有の過程であることから、不要な情報の排除も更新に特有の過程であると考えられている (Ecker, Oberauer et al., 2014)。

不要な情報を排除するという考えは、Hasher & Zacks (1988) の想定している抑制の働きの一つである抑制の消去機能と同一のものである。先に述べたように、Hasher & Zacks (1988) の抑制の消去機能は、ワーキン

⁵この場合は、短期記憶の研究で扱われてきた、維持されてる内容の中から特定の項目にアクセスすることを指す。

グメモリ内にある不要となった記憶を脱活性化することでワーキングメモリ外に排除することであった。これをワーキングメモリ内容に焦点を当てると、多くの情報により形成されている情報の集合から不要な情報が除かれ、課題目標に一致する情報のみによって再構成されている。よって抑制の消去機能と排除は共通の働きといえる。長期記憶の検索に関しても、新たな情報を **Central Component** に維持するということは、ワーキングメモリ内容は、新たな情報を加えた内容に更新されていると考えられる。そして、この排除が更新に特有の働きであるということは、実行機能である更新に媒介されて抑制が働いているという Miyake & Friedman (2012) の知見とも一致すると考えられる。したがって、排除を開始させるために必要な条件こそが、実行機能にかわり抑制を作動させるメカニズムである可能性がある。

不要な記憶をワーキングメモリ内容から排除するということが更新の一側面であるならば、不要な情報の排除は、多くの情報により形成されている情報の集合を、課題目標に一致する情報のみを用いて結合しなおす過程として捉えられる。すなわち、不要な情報を排除するときには、目標に一致する情報に対しても結合するという処理がおこなわれていると考えられる。

そこで、ワーキングメモリ内容が更新される前後の状態を考えると、ワーキングメモリ内容を構成する記憶の一部が、情報の排除を下位過程とする代替により入れ替えられ、新しいワーキングメモリ内容となる。このとき、更新する必要のない情報は引き続き **Central Component** に維持されていなければならない。そのため、不要な情報を排除する際にも、課題に一致する記憶を **Central Component** 内に維持するために選択されていると考えられる。必要な記憶を選択することの重要な点は、選択さ

れなかった情報を不要な情報として位置づけることができることである。すなわち、必要な情報を選択することが、排除すべき不要な情報が明確にし、排除が可能となると考えられる。このように考えると、必要な情報の選択が完了することで排除が始まっている可能性がある。これは、目標に一致する処理が競合の低減を伴うという点で Munakata et al. (2011) の実行機能フレームワークとも一致する。したがって、必要な情報の選択の完了によって抑制が始動するという仮説が立てられる。

3.2.5. 機能か構造か

Central Component として維持すべき必要な記憶を選択することで抑制が働くという本論文の仮説に従えば、これまでの理論で考えられてきた抑制の役割は次のように考えられる。Central Component として維持する情報が選択されると他の記憶が抑制される。それが Central Component 内の記憶の場合には排除される。Central Component 外の場合には Central Component として維持できるほどの活性化が失われ結果として、侵入することができなくなる。前者は抑制の消去機能に、後者は抑制のアクセス妨害機能にそれぞれ該当する。同様に、長期記憶検索を Three-Embedded-Components model の観点から Central Component として情報を維持することとすると、長期記憶検索は必要な情報が Central Component 内がない場合のワーキングメモリ内容の更新過程と捉えることができる。この場合、ターゲットの記憶が Central Component として維持されることを契機に他の記憶に抑制が働くと考えられる。結果として競合する記憶が抑制される。これが Anderson の競合記憶の抑制と対応すると考えられる。

このように考えると、これまでの理論で想定されてきた抑制の役割は、

結果的に実現されるものの、必ずしもその役割を目的として存在する機能として抑制を位置付ける必要はないと考えられる。抑制が競合の低減を目標とした機能であると考えれば、そのメカニズムが必要となる。特にこれまでの理論では、競合記憶やワーキングメモリ内容として不適切な内容に対して働くと想定されてきた。そのために競合記憶や不適切な記憶に選択的に作用する過程をしなければならず、実行機能がそのメカニズムとして考えられてきた。しかし、このように抑制を機能として仮定することが、抑制メカニズムの議論を複雑にしている可能性がある。実行機能は直接抑制を支持していないという知見と (Munakata et al., 2011), 抑制とアクセスが検索に不可欠と考えたときに生じる矛盾を踏まえると (月元, 2007), どうやって抑制する記憶を選択しているのかを説明することができない。よって、選択的に作用する機能を想定することは難しい。

これらのことから、本論文では、抑制を機能ではなく記憶構造の性質と捉えることとする。そのため、記憶間には隣接する記憶を活性化するように隣接する記憶を脱活性化させる働きを想定する。知覚的な入力に基づき特定の記憶が活性化される場合、連合する記憶を活性化させる。一方で、課題の処理に必要な記憶として選択されることで活性化される場合、活性化される記憶に連合する記憶は脱活性化される。これによって **Central Component** 内外を問わず選択されない記憶は抑制される。この効果として不要な情報は排除され、競合する記憶は **Central Component** へ侵入できなくなる。つまり記憶間に側抑制の働きを仮定するものである。

記憶間に側抑制の働きを考えることは、記憶の理論研究では広く受け入れられている。例えば、Norman, Newman, & Detre (2007) は、ニュー

ラルネットワークモデルを用いて検索誘導性忘却を再現することに成功している。ニューラルネットワークモデルでは、ユニットと呼ばれる情報単位の集合によって一つの記憶が表現される。複数のユニット間の結合の強さ（係数）が学習によって変化していき、それによって複数の記憶を表現することができる。結合係数⁶を変化させる規則は学習側と呼ばれ、様々な目的に応じた学習則が考案されている。彼らのモデルでは学習則として勝者占有（winner-take-all）と呼ばれるアルゴリズムが採用されている。この学習則は、ユニット間に抑制性の結合を想定する。学習は、最も活性化されたユニットが全ての活性化を占有し、残りのユニットを脱活性化させることで結合係数を変化させていく。つまり、計算論モデルにおいてはすでに、側抑制によって記憶の抑制効果を再現することに成功している。加えて、実際のニューロンの活動の選択が勝者占有によっておこなわれていることが明らかとなっている（Watts & Thomson, 2005）。すなわち、Munakata et al. (2011) 抑制のフレームワークとも一致するものと考えられる。このように、記憶研究において記憶間の構造に側抑制の考えはすでに取り入れられている。

3.2.6. 抑制から忘却へのメカニズム

このように考えると、検索誘導性忘却の結果から抑制の働きとして次のことが考えられる。抑制の範囲に関して本論文では、抑制の効果は文脈情報と意味記憶との結合が消去されることで、後にエピソード記憶としての利用可能性が低下すると推測した。検索誘導性忘却の研究から、想起の際に選択される記憶は、Rp+とそのカテゴリ及び学習文脈と考えられる。このとき選択されなかった記憶が抑制されるため、Rp-も抑制の

⁶記憶間の一時的な結合の強さを表す心理学的な概念としては結合の強度と呼称する。

対象となる。よって、学習文脈は選択され、Rp-が選択されない記憶となる。このことから、結合が消去される条件として、結合を形成する一対の記憶がそれぞれ異なる処理を受けた場合に結合が低下されている可能性が考えられる。

3.2.7. 仮説の要約

第3章の内容をまとめると、抑制のメカニズムとして以下の処理過程が考えられる。必要な記憶は **Central Component** として維持され相互に結合されワーキングメモリ内容を形成する。ワーキングメモリ内容を構成する記憶が更新されるときに再び必要な記憶の選択がおこなわれる。このとき選択されなかった記憶に対して抑制がおこなわれる。これにより、**Central Component** 内の不要な記憶は排除され、**Central Component** 外の不要な記憶は侵入できなくなる。このとき、記憶間の処理に応じて結合の強化と低下がおこなわれる。結合を形成する記憶間がともに活性化している場合は強化され、ともに抑制される場合変化しない。しかし、一方が抑制され他方が活性化される場合に結合が低下する。ワーキングメモリ内容は、その結合情報を長期記憶へ符号するため (Oberauer, 2009; Oberauer et al. 2013), 結合の強化と低下は長期記憶の連合を上書きする。よって、長期記憶中に連合の存在しない、文脈情報との一時的な結合は消去され、忘却が生じる。

3.3. 仮説検証のための手続き

第2章で挙げたように、抑制課題の多くは、抑制がおこなわれる時点とその効果を測定する時点の間に間隔がある。しかし、メカニズムの詳細を実験的に検証するためには、抑制されている過程が反映される実験手続きが必須となる。加えて、本論文の仮説では活性化量について量的な予測をおこなわないため、活性化の程度としてではなく抑制されているかされていないかを判断できる課題が必要となる。そこで本論文では、抑制の効果を排除されたかされていないかという状態で捉えることができる、Central Component からの不要な情報の排除に焦点を当てる。そして、不要な情報が排除されていく過程を反映することができると考えられている Modified Sternberg task (修正版スタンバーグ課題: Oberauer, 2001) を用いる。

3.3.1. Modified Sternberg task

Modified Sternberg task は、抑制の効果を捉えることとワーキングメモリモデルを検証するという二つの目的のために Oberauer (2001) によって開発された実験課題である。そのため、不要な情報が排除されていく過程を捉えることができる。この課題は、スタンバーグ課題 (Sternberg, 1969) で観察されるセットサイズ効果を応用した手続きである。セットサイズ効果は、即時再認課題において、アイテム数に比例して反応時間が遅くなる傾向を指しており、ワーキングメモリ内に維持された情報量を反映していると考えられている。

Modified Sternberg task の手続きでは、まず、参加者は1単語もしくは3単語からなる記憶リストを2つ覚える。2つのリストの単語数は試行ごとに異なっており、1単語と1単語、1単語と3単語、3単語と3単語の

組み合わせが同数提示される。リストは画面上の 2 行×3 列のマトリックス上に提示され、一方のリストが上の行、他方のリストが下の行に提示され、それぞれ異なる色で表記されている。例えば、1 単語からなるリスト 1 が上行に青色で提示され、3 単語からなるリスト 2 が下行に赤色で提示される。これにより、参加者は色によってリストを区別することができる。リストの提示後、画面上に長方形のフレームが提示される。このフレームは 2 色のリスト表記色のうちのどちらかの色で表記されている。ここで、2 つのリストはフレームの色と表記色が一致する一致リストと一致しない不一致リストに分けられる。フレームの提示から一定時間後 (cue-stimulus interval: 以下 CSI とする)、フレーム内にプローブ刺激が提示される。CSI は 100 ms から 5,000 ms の間で変化する。プローブが提示されると、参加者は一致リストにプローブが含まれていたかどうかの判断を求められる。プローブが一致リストに含まれる場合ヒット反応をおこない、プローブが不一致リストに含まれる場合、または、どちらのリストにも含まれない場合 (新項目) にリジェクト反応をおこなう。そのため 3 種類のプローブが提示される; プローブはそれぞれ一致リストに含まれる場合を **Positive** プローブ、不一致リストに含まれる場合 **Intrusion** プローブ、そしてどちらのリストにも含まれないものを (**truely**) **Negative** プローブと呼ぶ (Figure 1)。

Modified Sternberg task では主に二つの結果が得られる。一つはセットサイズ効果である。この課題では、2 つのリストに含まれる単語数 (セットサイズ) がそれぞれ独立に変化する。つまり、一致リストと不一致リストの比がそれぞれ 1: 1, 1: 3, 3: 1, 3: 3 の試行が同数実施される。そのため、一致リストのセットサイズ効果と不一致リストサイズのセットサイズ効果が検討できる。これら二つのセットサイズ効果は、CSI が

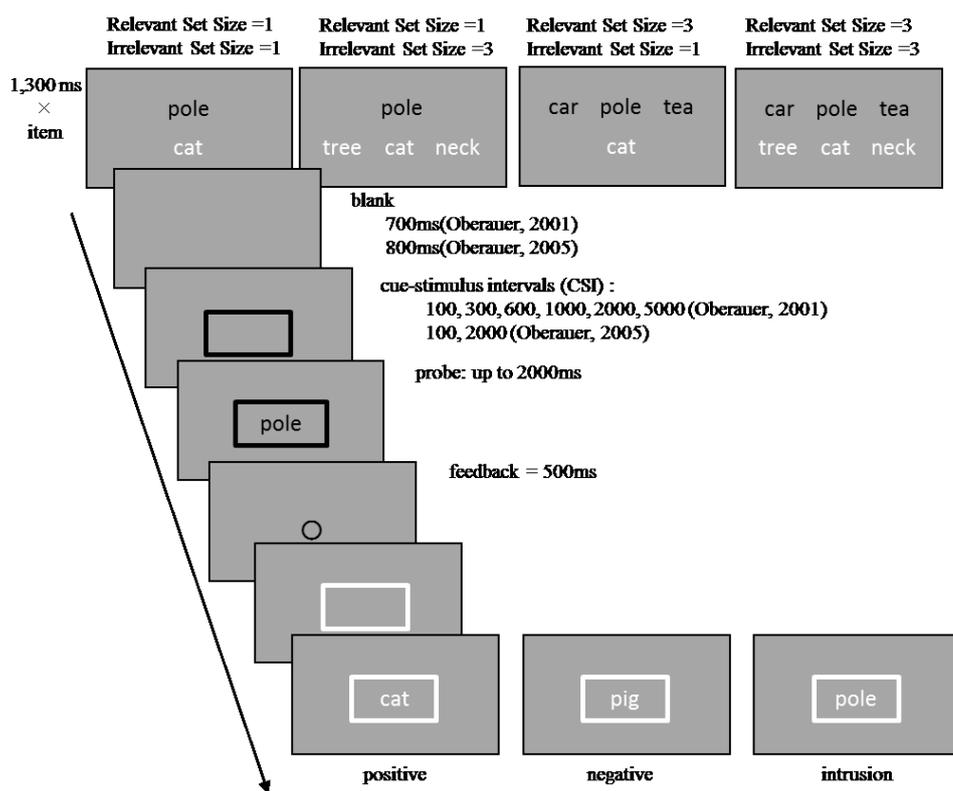


Figure 1

The procedure of modified Sternberg task (Oberauer, 2001).

100 ms の時点ではともに認められる。しかし、CSI が伸びていくと徐々に不一致リストサイズのセットサイズ効果は小さくなり、600 ms ほどで消失する。一方、一致リストサイズのセットサイズ効果は、CSI が 5,000 ms でも依然認められる。二つめは、リジェクト反応では Intrusion プロープに比べ Negative プロープの反応が速い傾向を示す。この傾向は侵入効果 (intrusion effect) と呼ばれる。侵入効果は CSI が 100 ms から 5,000 ms の間で安定して認められる。これらの結果は、Oberauer (2001) では、次のように説明されている。

3.3.2. Modified Sternberg task における再認過程の前提

この課題の遂行過程について、Oberauer (2001) は次の 3 つの理論を前提として挙げている。第一に、再認判断における意思決定過程として、Brown & Heathcote (2008) の Liner Ballistic Accumulator モデルが想定されている。このモデルは反応選択に関するモデルであり、再認課題ではヒット反応とリジェクト反応の選択を説明する。Liner Ballistic Accumulator は蓄積モデルの一つで (上田・椎名・浅川, 2003), 反応の選択は、選択肢となる反応に関する証拠 (evidence) が蓄積されることでおこなわれると考える。再認課題の場合、ヒット反応とリジェクト反応の選択には、ヒットに関する証拠とリジェクトに関する証拠がそれぞれ蓄積される。Liner Ballistic Accumulator では、証拠は時間に対して直線的に蓄積されていき、証拠がしきい値を越えると反応が決定される。反応ごとの蓄積の過程の違いは、切片に表される初期状態と傾きに表される蓄積効率によって規定される。蓄積効率を表す傾きはドリフト率 (drift rate) と呼ばれ、正規分布に従い変動する。

第二に、再認判断には二重過程モデル (Yonelinas, 2002) が援用されている。Yonelinas のモデルは再認が親近性シグナル (familiarity) と回想過程 (recollection) の二つのリソースに基づいておこなわれると考える 2 要因モデルの一つに位置付けられる (村山, 2006)。親近性シグナルは、記憶表象の強度に基づく信号であり、強度が強いほど信号は強くなる。この信号はプローブ提示時の記憶の状態を反映しているといえるため、意図の関与にかかわらずプローブの提示によって信号が発せられると考えられる。これに対して、回想はプローブが学習時のエピソードを伴う記憶として想起する過程を指す。この過程において再認は、親近性シグナルと異なり、プローブに対応する記憶の学習時の文脈的情報 (これ

をエピソードと呼んでいる) を併せて想起することでおこなわれる。そのため、親近性シグナルに基づく再認は処理時間が早く、回想に基づく判断は相対的に遅い判断となると考えられている。

Modified Sternberg task では、これらの再認過程はプローブの種類に応じて参照すべきリソースが異なる。参加者は **Positive** プローブにはヒット反応、**Intrusion** プローブと **Negative** プローブにはリジェクト反応をおこなわなければならない。しかし、**Positive** プローブと **Intrusion** プローブはどちらも学習時に提示されているため、記憶表象の強度に基づく親近性シグナルは同程度となる。そのため、一般的な **Sternberg task** と異なり、親近性シグナルのみに基づき判断すると **Intrusion** プローブに対して虚再認をおこなってしまう。**Positive** プローブのみに正しくヒット反応をおこなうためには、文脈情報を参照する必要がある。よって、**Positive** プローブには回想過程が不可欠となっている。

リジェクト反応が求められるプローブもそれぞれ参照されるリソースが異なる。**Positive** プローブと同様に、**Intrusion** プローブでは、親近性シグナルに基づいた場合ヒット反応が誘発される。これに対してリジェクト反応をおこなうためには、回想過程によって一致リストを想起できているか、プローブを手がかりにプローブの文脈情報を検索する必要がある (Oberauer, 2008) よって、**Intrusion** プローブも回想過程なしにリジェクト反応をおこなうことができない。一方、**Negative** プローブは学習時に提示されていないため、親近性シグナルが弱いことをリソースに正しく判断することができる。これらのことからリジェクト反応では **Intrusion** プローブに比べ **Negative** プローブの判断が速いことが予測される。

第三に、**Modified Sternberg task** は再認課題の中でも即時再認課題に属

するため、再認対象となる記憶はワーキングメモリ、あるいは短期記憶内の情報であることが想定される。したがって、即時の再認課題の処理過程は Sternberg task の知見に基づくものである。Sternberg task では、即時再認課題の反応時間がアイテム数に比例して長くなるセットサイズ効果が観察される。セットサイズ効果は、再認時には短期的に保持された記憶表象全てに対して検索処理がおこなわれていることを示すものとして解釈されている (Oberauer, 2003) ⁷。

Oberauer (2001) は、短期的な記憶保持システムとしてワーキングメモリを想定しており、なかでも Cowan (1999) の Embedded-Processes model に基づいて議論を進めている。Embedded-Processes model では、長期記憶とワーキングメモリに同じ記憶表象を想定する。このモデルにおいてワーキングメモリは、活性化された長期記憶のうち Focus of Attention (注意の焦点) に特に高い活性化状態を保ち維持された情報として捉えられる。したがって、このモデルでは、Focus of Attention が情報の一時的な維持と操作を担うシステムとして考えられている。

このモデルから、Sternberg task を考えると、Focus of Attention に維持された情報に対して再認を求めていることになる。そのため、Sternberg task におけるセットサイズ効果は、Focus of Attention 内の情報量に比例していることになる⁸。特に、Modified Sternberg task では正しい反応をお

⁷Sternberg task (1969) で想定された短期的記憶の保持システムは短期貯蔵庫であるが、近年では、ワーキングメモリが想定されることが多い。

⁸ここでの Focus of Attention は Cowan (1999) モデルのものであり、Oberauer (2009) モデルにおける Focus Of Attention とは異なる。Cowan (1999) モデルの Focus Of Attention は、Baddeley (1986) のワーキングメモリの概念に相当するものであるが、Oberauer (2009) の Focus of Attention は Baddeley (2009) のワーキングメモリモデルよりも狭い範囲を意味している。Oberauer (2009) モデルでのワーキングメモリに相当する概念は、宣言的記憶の Direct Access と手続き的記憶の Bridge から成り、併せて Central Component of Working Memory と呼ばれる。

こなうために、文脈情報が必須となる。Oberauer (2001) は課題の目標に合わせて、文脈情報を検索するという過程は **Focus of Attention** に維持されることでおこなわれていると指摘している。そのため、**Positive** プローブにヒット反応をするために、フレームが提示されたときに、一致リストを積極的に **Focus of Attention** に維持するよう処理されると考えている。

以上のように、Oberauer (2001) は意思決定の理論、再認の理論、そしてワーキングメモリの3つの理論に基づき **Modified Sternberg task** を構成した。Oberauer (2001) は次のように対応すると考えている。まず、Yonelinas (2002) の二重過程モデルにおける親近性シグナルの概念を、Cowan (1995) モデルの活性化の概念と対応するものとして扱っている。活性化の概念は記憶のアクセス可能性を示す概念であり記憶表象の状態を表している。一方、親近性シグナルは記憶表象の強度という記憶表象の状態に関する概念である。次に、回想過程でおこなう文脈情報を伴う学習エピソードの検索は、長期記憶とワーキングメモリの構造に関するCowan (1995) のモデルに基づけば、課題目標に適合した情報を操作することから **Focus of Attention** 内でおこなわれる。これらのことから、記憶表象の活性化（親近性シグナル）と **Focus of Attention** 内で記憶表象と文脈情報を結合して維持した結果（回想）の二つが再認判断のためのリソースとなる。したがって、これら二つのリソースが、**Liner Ballistic Accumulator** のヒット反応とリジェクト反応それぞれの証拠として蓄積される。

この考えから、**Modified Sternberg task** での処理過程を捉えるとプローブごとに次のように証拠が蓄積されることが想定される。**Positive** プローブが提示された場合、活性化のリソースもアイテムと文脈情報の結合の

リソースもそれぞれヒット反応の証拠として蓄積される。同様に、**Negative** プローブは、活性化のリソースがリジェクト反応の証拠として蓄積される。このプローブではアイテムが結合すべき文脈情報の検索ができないが、文脈の検索に失敗することがリジェクト反応の証拠として蓄積されると考えられている (Oberauer, 2008)。したがって、これら二つのプローブに対しては、二つのリソースにより正反応に関する証拠が蓄積される。これに対して、**Intrusion** プローブでは、活性化のリソースはヒット反応の証拠を蓄積する一方で、記憶表象と文脈情報のリソースはリジェクト反応を蓄積していく。そのため、**Intrusion** プローブでは誘発するヒット反応を抑えリジェクト反応を実行する必要がある。

Modified Sternberg task の実験結果は、これらの考えを前提として解釈される。

3.3.3. **Modified Sternberg task** に反映される構成概念

Modified Sternberg task は、二つの構成概念を経験的に示すために提案されたものであった。その一つが抑制である。この課題では、情報の排除と保護の二つの抑制の働きが測定対象となっている。排除は、一時的に課題に必要であったが、後に不要となった情報をワーキングメモリから排除する働きを指す (Hasher & Zacks, 1988)。この働きを反映させるために、**Modified Sternberg task** ではフレームを提示することで一致リストと不一致リストが区別できるようになっている。学習時にはどちらのリストが再認に利用されるか分からないため、両リストがワーキングメモリに維持される。この状態で一方が再認に必要なリストであることが指示されると、他方は不要なリストとなる。ワーキングメモリから不要な情報が排除されるのであれば、不一致リストは排除されると考えられる。

実験結果の一致リストと不一致リストのセットサイズ効果は、各リストがワーキングメモリに維持されているかどうかを示す指標となる。セットサイズ効果はワーキングメモリ内に維持されているアイテム数に比例して反応時間が長くなる傾向であるため、セットサイズ効果が認められるリストはワーキングメモリに維持されていると考えることができる。Oberauer (2001) の実験では、一致リストは、CSI が 5,000 ms でもセットサイズ効果が認められていることから、長時間ワーキングメモリ内に維持されていると考えられる。一方、不一致リストは、CSI が 600 ms ほどでセットサイズ効果が消失していることから、600 ms 以上ではワーキングメモリ内に存在しないと考えられる。さらに、不一致リストのセットサイズ効果が徐々に小さくなっていることは、不一致リストが排除されていく過程を捉えていると考えられている (Oberauer, 2001, 2005)。

Modified Sternberg task で測定されるもう一つの抑制の働きが情報の保護の働きである。これは、不要な情報が侵入しないように、ワーキングメモリ内の情報を独立させる働きを指す。Hasher & Zacks (1988) のモデルによると、ワーキングメモリは、活性化が高い記憶表象によって構成される。そのため、活性化が高くなった記憶はワーキングメモリに侵入しようとする。抑制は、このような記憶の侵入を防ぐために、侵入する記憶の活性化を抑制し、ワーキングメモリ内容を保護する働きがあると考えられている。つまり、ワーキングメモリ外の不要な情報が、ワーキングメモリ内の処理に干渉しないようにする働きである。Modified Sternberg task では、排除された不一致リストがプローブの照合処理に干渉しているかどうかには反映されることが考えられている。

リジェクト反応の侵入効果が、この働きの指標となると Oberauer (2001) は指摘している。侵入効果は Intrusion プローブに比べ Negative プローブ

の反応時間が速い傾向を指す。これは **Intrusion** プローブにおいてヒット反応が誘発されるためと考えられている。**Negative** プローブが記憶表象の活性化をリソースにリジェクト反応にのみ証拠が蓄積される。一方、**Intrusion** プローブでは、記憶表象の活性化のリソースはヒット反応の証拠を蓄積するのに対して、ワーキングメモリ内で文脈情報を参照した結果はリジェクト反応の証拠を蓄積する。そのため、**Intrusion** プローブへのリジェクト反応には、活性化を抑制し、ヒット反応を抑える必要があり反応が遅延する。

ただし、この侵入効果は、不一致リストのセットサイズは **CSI** が **600 ms** 以上で消失することから、**CSI** が **600 ms** 前後で異なると考えられる。不一致リストは、**CSI** が **600 ms** 以内ではワーキングメモリ内に維持されているため、ワーキングメモリ内の情報に対してリジェクト反応をおこなう。一方、**CSI** が **600 ms** 以上では不一致リストは排除されているため、ワーキングメモリ外の不要なリストに対してリジェクト反応がおこなわれる。したがって、**CSI** が **600 ms** 以上での侵入効果は、ワーキングメモリ内の情報を、ワーキングメモリ外の情報の侵入から保護する働きを示していると考えられている。

Oberauer (2001) によると、この侵入効果は、**Modified Sternberg task** に反映される二つめの構成概念である、活性化された長期記憶を反映している。ワーキングメモリ外の情報が侵入効果を示すということは、ワーキングメモリの不一致リストが親近性シグナルを発していることを意味している。不一致リストが排除されても侵入効果を引き起こすという事は、不一致リストがワーキングメモリ外でも活性化していることを意味している。これをもとに、高度に活性化された記憶であるワーキングメモリと静的な記憶である長期記憶の間には、ワーキングメモリには維

持されないがある程度の活性化を保った状態の長期記憶が存在することを捉えていると解釈されている。

以上をまとめると、**Modified Sternberg task** では、以下の過程が反映されている。学習終了後には、二つのリストがワーキングメモリに維持される。これらのリストは、フレームの提示により一方が課題関連情報の一致リスト、他方が課題に不要となった不一致リストとなる。課題に必要な一致リストの各アイテムが文脈情報と参照され一致リストのみがワーキングメモリ内に維持されていく。このとき不一致リストは徐々にワーキングメモリ外へ排除されていく。CSI の操作は、この処理過程を異なる時点で捉えており、CSI が短い場合不一致リストが排除される前の状態を示す。CSI が長くなるにつれて徐々に不一致リストが排除されていき、2,000 ms でワーキングメモリ内に存在しない。しかし、ワーキングメモリから排除された不一致リストは、活性化された長期記憶部分において依然ある程度の活性化を保っている。このように、**Modified Sternberg task** は排除過程のタイムコースを捉えることができる課題といえる。

これらのことから、**Modified Sternberg task** は、従来の抑制課題とその理論的側面の問題点を改善した課題と考えられる。本論文において、従来の抑制における問題として挙げたことは、第一に抑制を間接的に捉えることしかできなかつたことであつた。これに対して、**Modified Sternberg task** では、排除されいく過程が反映されるようになっている。第二に、抑制効果の持続性を問題として挙げた。**Modified Sternberg task** は伝統的に多く用いられてきた課題と異なり、排除の処理が進行していく過程が反映される。そのため、抑制効果が持続するか否かにかかわらず、排除過程を捉えることができる。第三の問題は、抑制概念と測定方法との対

応であった。Oberauer (2001) は、抑制を脱活性化と捉えたうえで、活性化の概念を親近性シグナルに反映される記憶表象の状態と扱っている。活性化のレベルの測定には、活性化の変化に対して感度の高い再認反応時間を従属変数としていることから (Anderson, 1983)、抑制の概念と手続きが整合していると考えられる。さらに、ワーキングメモリモデルにおける再認の処理過程も説明されているため、抑制を検討する課題として利用しやすいと考えられる。

第 II 部
本 論

序論では、抑制処理に関する仮説として、ワーキングメモリからの情報の排除に焦点を当て、排除過程に関する仮説を提示した。本論では、経験的データから仮説を検討するために一連の実験を実施した。仮説検証には、排除過程を反映すると考えられている Modified Sternberg task (Oberauer, 2001) を採用した。第 4 章では、Modified Sternberg task の妥当性を確認するとともに、どのような情報が排除されるかを検討した。第 5 章では、排除のメカニズムのうち、排除が開始されるトリガーに関する検討をおこなった。最後に第 6 章では、第 4 章、第 5 章の知見から推定される排除後の記憶状態に関する仮説を検討した。

第4章 排除される情報の特徴

4.1. 研究 1

Modified Sternberg task は、Oberauer (2001) が抑制の働きを捉えるために開発した課題であり、特に排除の進行を実験的に検討するために有用な手続きである。しかし、この課題を用いた先行研究は少なく、刺激の変化に対して、頑健に現象が再現されるかは分からない。本論文における実証研究では刺激として日本語を用いるため、日本語刺激による実験結果の再現性を保証する必要がある。そこで研究 1 では、日本語刺激を用い Modified Sternberg task を実施した。

記憶課題においては、刺激の性質による処理過程の違いが、従属変数に量的な変化を生じさせることが予測される。例えば、語長効果は、単語に含まれる音節が多い単語は短い単語に比べ成績が低下することを示している (Baddeley, Thomson, & Buchanan, 1975)。Modified Sternberg task においてこれまで使用されてきた刺激は、ドイツ語 (Oberauer, 2001, 2005) と英語 (LaRoque, Lewis-Peacock, Drysdale, Oberauer, & Postle, 2013) の名詞であった。これに対して、本論文では、日本語のカタカナ文字を刺激とする。

言語学では、日本語の仮名文字とドイツ語、英語は異なる表記形態に分類される。仮名文字は表音文字の一つであり、さらに表音文字の下位分類である音節文字に属する。音節文字は 1 文字が特定の音に対応しており、音節と文字数が一致することが多い。一方、ドイツ語と英語も表音文字の一つであるが、母音と子音によって発音を表す音素文字とに分

類される。音素文字の場合、隣接する文字によって一つの文字の読みは変化する。

また、同じ2モーラであっても日本語と先行研究の言語では、表記に使用される文字数が大きく異なる。Oberauer (2001) において用いられている刺激は2音節からなるドイツ語名詞であった。しかし、これは単に2音節の日本語名詞を用いることで等しい条件となるわけではない。第一に、2音節の名詞は、日本語では多くの場合1音節が1文字に相当するため、表記の多くは2文字となる。一方、ドイツ語においては、1音節が1文字となることは稀であり、2音節の単語は多くの場合3から4文字を要する。これらのことから、単語を認知する過程において、日本語とドイツ語では異なる可能性がある。

実際、音素文字である日本語と音節文字の英語では視覚的文字認知が異なることが指摘されている(村山・伊賀崎・河本・梶原・米積, 2002)。英単語などの音素文字では音素を音韻として表現するためには刺激を複合させて処理することから、日本語に比べ、刺激提示後300ms以上の時点での処理に負荷がかかる可能性が示唆されている(篠田・石井・鈴木, 2013)。本研究では、単語認知過程については扱わないが、音素文字と音節文字において単語認知の複雑さに違いが生じるとすると、Modified Sternberg taskの結果も刺激の複雑性によって調整される可能性があり、これは考慮しなければならないと考えられる。

Modified Sternberg taskの手続きは、まず、参加者に2色のいずれかで表記された記憶アイテムを覚えるよう求める。その後2色のうち一方を指示し、プローブが指示された色に属するアイテムに含まれるかを判断する。このとき、指示されたアイテム(一致リスト)を選択するとともに、指示されなかったアイテム(不一致リスト)が Central Component

から排除されると考えられている。この必要な情報の選択と不要な情報の排除の過程が一致リストと不一致リストのセットサイズ効果として反応時間に反映される。色の指示からプローブの時間間隔を 1,000 ms 以上に延ばすことで、不一致リストのセットサイズ効果のみが消失する。不一致リストの消失が排除の指標とされる。

Oberauer (2001) は、選択と排除をおこなうためには、各アイテムと色情報の照合がおこなわれると考えている。これは短期記憶の検索に相当する。Three-Embedded-Components model に基づけば、Central Component 内の検索は、維持している刺激の複雑性の程度によって、表象間競合の程度が変化する (Oberauer, 2009)。そのため、先行研究で使用されている刺激として複雑な音素文字に比べ、相対的に複雑性の低い日本語では、表象間競合が小さくなることが考えられる。よって、アイテムと色の照合は日本語刺激の方が容易であると考えられる。したがって、選択と排除の過程のタイムコースも異なり、その違いは反応時間に反映される可能性がある。

仮に、ドイツ語において単語認知が複雑であるとするならば、日本語刺激を用いた場合、相対的に早く照合が完了する可能性がある。このような可能性は、Modified Sternberg task の実験結果を前提として実験操作をおこなう場合、実験操作の効果との区別が困難となる。よって、実験で使用する日本語刺激を用いても、Oberauer (2001) と同じ手続きで結果が再現できるか、あるいはどの程度のタイムコースの変化が起こるかをはじめに検討する必要があると考えられる。

4.1.1. 実験 A

目的

Oberauer (2001) の実験では、不要な情報が徐々に排除されていく過程が観察される。これは不一致リストのセットサイズ効果量が、CSI が 100 ms, 300 ms, 600 ms と長くなるにつれて小さくなり、1,000 ms と 2,000 ms の時点で認められないことに反映されている。本論文では、第 5 章において、提示した仮説から予測される Modified Sternberg task における処理の遅れを扱う。つまり、実験操作により CSI が 600 ms を越えても不一致リストのセットサイズ効果が消失しないことを検証する。これは Oberauer (2001) と同様の手続きを用いると、CSI が 600 ms 以上では、不一致リストのセットサイズ効果が認められないことが前提となる。したがって、Modified Sternberg task では維持されていた記憶が排除されることを確認できる CSI を設定する必要がある。

そこで、実験 A では、CSI を最も長い 2,000 ms と最も短い 100 ms の 2 時点を比較することとした。不要な記憶が排除されることを示すには、不要な記憶が一時的には維持されていることを確認できなければならない。日本語刺激の方がドイツ語、英語刺激に比べ処理が容易であり検索競合が小さいために、先行研究に比べ検索が速く完了するとしても、実験的に維持されていたことが観察できるのであれば、仮説の検証における有用性が損なわれることはないと考えられる。そのため、最も短い CSI において維持されていることを示すことができるかを確認する目的で CSI を 100 ms とした。

方 法

参加者

17名の参加者が実験に参加した。実施前に実験の目的と内容，途中退出が可能であること，個人情報の取り扱い，謝礼及び不利益について説明を受けたのちに同意書に署名をおこなった。参加者は謝礼として金券500円分を受け取った。実験の実施時間は約30分であった。

実験計画

ヒット反応については，2（一致リストサイズ: 1, 3）×2（不一致リストサイズ: 1, 3）×2（CSI: 100 ms, 2,000 ms）の3要因参加者内計画，リジェクト反応については，2（プローブの種類: Negative, Intrusion）×2（一致リストサイズ: 1, 3）×2（不一致リストサイズ: 1, 3）×2（CSI: 100 ms, 2,000 ms）の3要因参加者内計画とした。

実験装置

反応の取得はラップトップ PC (lenovo T510) を用いた。刺激はラップトップ PC のディスプレイに提示し刺激提示ソフト E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) によって制御した。ディスプレイの解像度は1,024×768ピクセルに設定した。

実験刺激

実験刺激として日本語の語彙特性第2期CD-ROM版(天野・近藤, 2003b)に掲載されている341,722単語から，以下の基準により単語を選定した。まず，全単語から2モーラの名詞を対象に，心像性（日本語の語彙特性第3期CD-ROM版：佐久間ら, 2005），親密度（日本語の語彙特性第1期CD-ROM版：天野・近藤, 2003a）のデータが存在するものを選んだ。選定した単語から，さらに，単語頻度が中央値の34以上であり，文字音声単語親密度，音声単語親密度5以上，音声単語心像性4以上の単語を

Table 1

Lexical properties of words selection in Research 1.

	頻度	文字音声単語親密度	音声単語親密度	文字単語親密度	文字単語心像性	音声単語心像性
Mean	580.58	5.99	5.82	6.01	5.17	5.05
SD	1332.62	0.37	0.41	0.39	0.67	0.69
Median	170.00	6.00	5.84	6.03	5.09	4.97
Max	18984.00	6.66	6.66	6.72	6.69	6.68
Min	34.00	5.00	5.00	4.63	3.11	4.03

抽出した。これらの単語のうち、読みの重複する単語については、親密度が低いものを除外した。使用した単語の語彙特性は、平均頻度 580.58 ($SD = 1332.62$)、平均文字音声単語親密度 5.99 ($SD = 0.37$)、文字単語親密度 6.01 ($SD = 0.39$)、文字単語心像性 5.17 ($SD = 0.67$)、音声単語心像性 5.05 ($SD = 0.69$) であった。使用した単語の合計数は 424 単語であり、そのうち 320 単語を乱数表により選択し、1 ブロックの刺激とした。ブロック内で単語の重複はなかった (Table 1)。

手続き

参加者は、練習試行を 16 試行おこなった後に本実験をおこなった。練習試行のはじめの 6 試行は本実験より画面の切り替わり速度を遅く設定した。本実験は 3 ブロックで構成し、2 ブロックが Modified Sternberg task、1 ブロックがスタンバーグ課題 (Sternberg, 1969) であった⁹。Modified Sternberg task では、まずグレー背景に 2×3 のマトリックスになるようア

⁹ 実験 A では刺激の言語以外の実験環境を Oberauer (2001) の手続きと共通のものとするために、Sternberg task を 1 ブロック設けた。しかし、課題の処理が Modified Sternberg task と異なるため両課題を直接比較することは難しいと考えられる。Oberauer (2001) も課題間の比較をおこなっていない。短期記憶の検索過程に関する議論は、本論文の目的とするところではないため、Sternberg task の結果は割愛した。

アイテムを提示した。アイテムは赤か青のいずれかで表記されており、一方の色をマトリックスの上行に、他方の色を下行になるように配置した (Figure 2)。アイテムの提示画面は1単語あたり 1,300 ms で、最大 7,800 ms であった。1 試行において提示するアイテム数は、一致リストのアイテム数 (1 単語, 3 単語) と不一致リストのアイテム数 (1 単語, 3 単語) の組み合わせで決まるため、2 単語, 4 単語, 6 単語のいずれかであった。アイテムの提示後、グレー画面を 700 ms 提示し、一致リストを指示するフレームを提示した。フレームの提示時間は CSI に基づき、ブロック間で変動した。実験 A では CSI として、100 ms と 2,000 ms を設定した。その後、フレーム内にプローブを提示し再認判断を求めた¹⁰。各ブロック内で一致リストサイズと不一致リストサイズの組み合わせが同数提示されるように直交させた。また、プローブの種類は Positive プローブ: Negative プローブ: Intrusion プローブを 2: 1: 1 の比で直交させた。そのほかに、一致リストが提示される画面位置 (上行, 下行), 一致リストになる色 (赤, 青), 画面位置における単語数が全て同数出現するよう直交させた。

スタンバーグ課題では、白色のフレームを 100 ms 提示した後、プローブを提示した。スタンバーグ課題のリジェクト反応は Negative プローブのみであり、Positive プローブとの比が 1: 1 となるよう直交させた。

¹⁰本論文では、全ての実験において、「提示される文字・単語がフレームと同じ色で提示されていたか判断してください」という趣旨の教示をおこなった。Oberauer (2001) では、指示忘却の手続きを導入したことが述べられているため、一致しないリストを積極的に忘却するよう教示されていた可能性がある。しかし、何らかの原因の結果生じる忘却が意図的におこなえるかどうかは、その原因が意図的におこなえるかに依存すると考えられる。意図的におこなえない行動である場合、忘却を求めることは参加者に様々な解釈の余地が生まれると考えたため、忘却を求めることはせず、フレームの色と異なるアイテムが不要であることも伝えなかった。

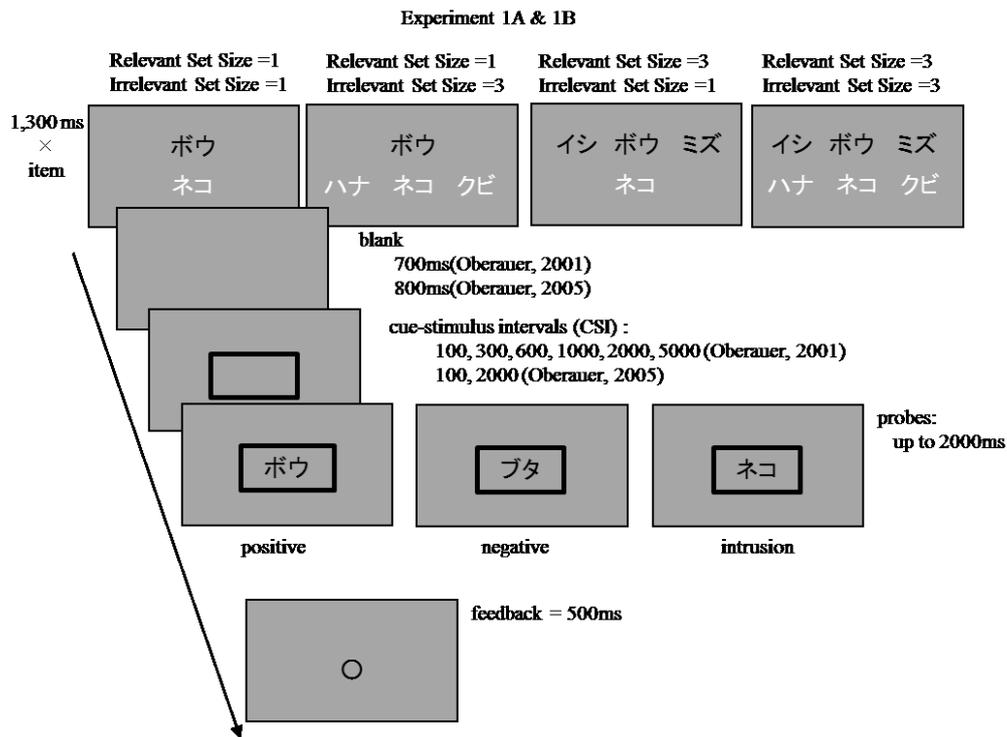


Figure 2

The procedure of the modified Sternberg task in Experiment A and B from Research 1.

結果

反応時間

参加者ごとに条件ごとの平均反応時間を算出し、その参加者平均を算出した (Table 2)。

ヒット反応 各条件の平均反応時間を算出した結果、Positive プローブに対するヒット反応については、CSI が 100 ms の場合、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 623 ms ($SD = 119$), 1:3 のとき 655 ms ($SD = 140$), 3:1 のとき 708 ms ($SD = 131$), 3:3 のとき 780 ms ($SD = 182$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 469 ms ($SD = 91$), 1:3 のとき 440 ms ($SD = 82$),

Table 2

Mean reaction times in ms, Standard Deviations, and 95% CIs as a function of relevant and irrelevant set size and CSIs for each probes in Experiment A.

Probe	CSI (ms)	relevant size = 1						relevant size = 3					
		irrelevant size = 1			irrelevant size = 3			irrelevant size = 1			irrelevant size = 3		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>									
positive	100	623	119	586-659	655	140	618-691	708	131	671-744	780	182	744-817
	2,000	469	91	433-506	440	82	404-477	606	124	569-642	628	127	592-665
negative	100	587	94	541-634	560	81	514-607	645	107	598-691	673	106	626-720
	2,000	509	76	462-555	497	81	451-544	612	113	565-659	604	109	557-650
intrusion	100	691	144	644-737	761	161	715-808	791	141	745-838	850	209	803-896
	2,000	522	79	476-569	550	109	503-596	861	131	815-908	812	193	765-859

Note. *SD* = Standard Deviation, 95%*CI* = 95% Confidence Interval

CSI = cue-stimulus intervals

3: 1 のとき 606 ms (*SD* = 124), 3: 3 のとき 628 ms (*SD* = 127) であった。

ヒット反応についての分散分析の結果, CSI の主効果 ($F(1,16) = 82.58$, $MSe = 9,959.03$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .84$), 一致リストの主効果が有意であった ($F(1,16) = 78.51$, $MSe = 7,739.66$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .83$)。また, CSI と一致リストの交互作用 ($F(1,16) = 9.58$, $MSe = 2,871.82$, $p = .007$, $partial \eta^2 = .37$), CSI と不一致リストの交互作用が有意であった ($F(1,16) = 5.21$, $MSe = 4,990.04$, $p = .04$, $partial \eta^2 = .25$)。加えて, 不一致リストの主効果 ($F(1,10) = 3.37$, $MSe = 5,986.80$, $p = .08$, $partial \eta^2 = .17$), 一致リストと不一致リストの交互作用が有意傾向であった ($F(1,16) = 4.11$, $MSe = 4,417.16$, $p = .06$, $partial \eta^2 = .20$)。

CSI と一致リストの交互作用について単純主効果の分析をおこなったところ, CSI の単純主効果は一致リストサイズが 1 と 3 のどちらの場合においても有意であった (1 の場合: $F(1,16) = 84.00$, $MSe = 6,580.67$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .84$; 3 の場合: $F(1,16) = 45.91$, $MSe = 5,980.67$,

$p < .001$, $partial \eta^2 = .74$)。同様に、一致リストサイズの単純主効果も CSI が 100 ms と 2,000 ms の両時点において有意であった (100 ms: $F(1,16) = 28.08$, $MSe = 6,705.84$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .64$; 2,000 ms: ($F(1,16) = 114.41$, $MSe = 3,905.64$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .88$)。これらのことから、反応時間は、全般的に CSI が 2,000 ms の方が速いが、どちらの CSI の場合にも一致リストサイズが 1 の場合に比べ 3 の場合に反応に時間を要することが示された。すなわち、一致リストのセットサイズ効果は CSI にかかわらず観察された。

CSI と不一致リストの交互作用について単純主効果の分析をおこなったところ、CSI の単純主効果は不一致リストサイズが 1 の場合も 3 の場合も有意であった (1 の場合: $F(1,16) = 69.57$, $MSe = 3,995.61$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .81$; 3 の場合: $F(1,16) = 52.08$, $MSe = 10,953.03$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .77$)。しかし、不一致リストサイズの単純主効果は、CSI が 100 ms の時点でのみ有意であり ($F(1,16) = 4.92$, $MSe = 9,343.03$, $p = .04$, $partial \eta^2 = .24$)、CSI が 2,000 ms の時点では認められなかった ($F(1,16) = 0.11$, $MSe = 1,633.81$, $p = .74$, $partial \eta^2 = .007$)。この交互作用について、CSI の単純主効果は一致リストの場合と同様で、全般的な反応時間は CSI が 2,000 ms の方が速いことが示された。一方、不一致リストサイズの効果は CSI が 100 ms の時点では認められているが、CSI が 2,000 ms の時点で消失していることが示された。これは、不一致リストのセットサイズ効果は CSI が長くなると消失することを意味している。

また、一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用についても単純主効果の分析をおこなった。一致リストサイズの単純主効果は、不一致リストが 1 の場合にも、3 の場合にも認められた (1 の場合: $F(1,16) = 43.33$, $MSe = 4,797.45$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .73$; 3 の場合: $F(1,16) =$

56.79, $MSe = 7,359.37$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .78$)。一方、不一致リストサイズの単純主効果は、一致リストサイズが 1 の場合には認められず ($F(1,16) = 0.008$, $MSe = 3,559.47$, $p = .93$, $partial \eta^2 = .0005$)、一致リストサイズが 3 の場合にのみ有意であった ($F(1,16) = 5.60$, $MSe = 6,844.50$, $p = .03$, $partial \eta^2 = .26$)。これは、不一致リストのセットサイズ効果は一致リストの組み合わせによって調整されており、一致リストサイズが 3 の場合にのみ認められることを意味している。

これらをまとめると、まず全般的な反応時間は CSI が 100 ms の時点よりも CSI が 2,000 ms の方が速いことが示された。また、CSIにかかわらず一致リストサイズが 1 の場合の方が 3 の場合に比べ反応時間が長い傾向がある。よって、一致リストのセットサイズ効果は、CSIにかかわらず認められたといえる。これに対して、不一致リストサイズが 1 に比べて 3 の場合に反応時間が長くなる傾向は部分的なものであった。不一致リストサイズの効果は、一致リストが 3 の場合に有意であったが、この効果は CSI が 2,000 ms になると有意ではないことが示された。これは不一致リストサイズのセットサイズ効果は、一致リストが 3 の場合にのみ観察できるが、この効果は CSI が 2,000 ms の時点では消失していることを示している。

リジェクト反応 リジェクト反応の反応時間については、欠損のあった 1 名のデータを除外しプローブの種類ごとに各条件の平均反応時間を算出した。Negative プローブでは、CSI が 100 ms の場合、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 587 ms ($SD = 94$), 1: 3 のとき 560 ms ($SD = 81$), 3: 1 のとき 645 ms ($SD = 107$), 3: 3 のとき 673 ms ($SD = 106$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 509 ms ($SD = 76$), 1: 3 のとき 497 ms ($SD = 81$),

3:1 のとき 612 ms ($SD = 113$), 3:3 のとき 604 ms ($SD = 109$) であった。

Intrusion プローブの平均反応時間は, CSI が 100 ms の場合, 一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 691 ms ($SD = 144$), 1:3 のとき 761 ms ($SD = 161$), 3:1 のとき 791 ms ($SD = 141$), 3:3 のとき 850 ms ($SD = 209$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は, 一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 522 ms ($SD = 79$), 1:3 のとき 550 ms ($SD = 109$), 3:1 のとき 861 ms ($SD = 131$), 3:3 のとき 812 ms ($SD = 193$) であった。

リジェクト反応について分散分析をおこなった結果, プローブの種類の主効果 ($F(1,15) = 118.35, MSe = 11,200.70, p < .001, partial \eta^2 = .89$), CSI の主効果 ($F(1,15) = 18.02, MSe = 19,440.75, p < .001, partial \eta^2 = .55$), 一致リストの主効果が有意であった ($F(1,15) = 152.83, MSe = 8,961.92, p < .001, partial \eta^2 = .91$)。また, プローブの種類と一致リストサイズの交互作用 ($F(1,15) = 26.68, MSe = 6,321.52, p < .001, partial \eta^2 = .64$), CSI と一致リストサイズの交互作用 ($F(1,15) = 39.42, MSe = 5,192.29, p < .001, partial \eta^2 = .72$), プローブの種類と CSI, 不一致リストサイズの 2 次の交互作用が有意であった ($F(1,15) = 13.28, MSe = 10,467.12, p = .002, partial \eta^2 = .47$)。

加えて, プローブの種類と一致リストサイズ, 不一致リストサイズの 2 次の交互作用 ($F(1,15) = 3.94, MSe = 5,494.33, p = .07, partial \eta^2 = .21$), CSI と一致リストサイズ, 不一致リストサイズの 2 次の交互作用が有意傾向であった ($F(1,15) = 4.08, MSe = 3,309.63, p = .06, partial \eta^2 = .21$)。

プローブの種類と一致リストサイズの交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ, プローブの種類 of 単純主効果は一致リストサイズが 1 の場合にも, 3 の場合にも有意であった (1 の場合: $F(1,15) =$

45.00, $MSe = 5,486.74$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .77$; 3 の場合: $F(1,15) = 101.36$, $MSe = 12,035.48$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .87$)。同様に、一致リストサイズの単純主効果も、Negative プローブに対しても、Intrusion プローブに対しても有意であった (Negative プローブ: $F(1,15) = 53.33$, $MSe = 5,410.41$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .78$; Intrusion プローブ; $F(1,15) = 126.58$, $MSe = 9,873.03$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .89$)。

CSI と一致リストサイズの交互作用についても単純主効果の検定をおこなったところ、一致リストサイズの単純主効果は、CSI にかかわらず有意であった (CSI が 100 ms: $F(1,15) = 18.84$, $MSe = 13,676.90$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .56$; CSI が 2,000 ms: $F(1,15) = 161.73$, $MSe = 8,140.98$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .91$)。一方、CSI の単純主効果は、一致リストサイズが 1 の場合に有意であったが ($F(1,15) = 41.16$, $MSe = 13,247.76$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .73$)、一致リストが 3 の場合には認められなかった ($F(1,15) = 0.51$, $MSe = 19,048.95$, $p = .49$, $partial \eta^2 = .03$)。

プローブの種類と CSI、一致リストサイズの 2 次の交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ、プローブの種類による単純主効果は、CSI が 2,000 ms の時点の一致リストサイズが 1 の場合には認められなかった ($F(1,15) = 1.79$, $MSe = 9,723.73$, $p = .19$)。

プローブの種類と一致リストサイズ、不一致リストサイズの 2 次の交互作用について、単純主効果の検定をおこなったところ、プローブの種類による主効果は、一致リストサイズ、不一致リストサイズの全ての組み合わせにおいて認められた。

以上より、実験 A の結果、リジェクト反応の侵入効果は CSI が 2,000 ms の一致リストサイズが 1 の場合を除き認められた。

Table 3

Mean rate of recognition, Standard Deviations, and 95% CIs as a function of relevant and irrelevant set size and CSIs for each probes in Experiment B.

Probe	CSI (ms)	relevant size = 1						relevant size = 3					
		irrelevant size = 1			irrelevant size = 3			irrelevant size = 1			irrelevant size = 3		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>									
positive	100	92.6	8.9	87.0-98.3	86.8	14.3	81.2-92.4	88.2	14.3	82.6-93.8	89.7	11.9	84.1-95.3
	2,000	96.3	7.3	90.7-100	92.6	15.3	87.0-98.3	91.9	7.6	86.3-97.5	87.5	14.7	81.9-93.1
negative	100	97.1	8.3	90.8-100	100	0.0	93.7-100	95.6	9.8	89.3-100	98.5	6.1	92.3-100
	2,000	98.5	6.1	92.3-100	98.5	6.1	92.3-100	98.5	6.1	92.3-100	95.6	13.2	89.3-100
intrusion	100	85.3	17.8	79.0-91.6	92.6	14.7	86.4-98.9	80.9	18.8	74.6-87.1	70.6	28.3	64.3-76.8
	2,000	98.5	6.1	92.3-100	94.1	10.9	87.9-100	75.0	26.5	68.7-81.3	85.3	17.8	79.0-91.6

Note. *SD* = Standard Deviation, 95%*CI* = 95% Confidence Interval
CSI = cue-stimulus intervals

正答率

反応時間と同様に正答率について反応ごとに平均正答率を算出した (Table 3)。ヒット反応では、CSIが 100 ms の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 92.6 % (*SD* = 8.6), 1: 3 のとき 86.8 % (*SD* = 14.3), 3: 1 のとき 88.2 % (*SD* = 14.3), 3: 3 のとき 89.7 % (*SD* = 11.9) であった。CSIが 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 96.3 % (*SD* = 7.3), 1: 3 のとき 92.6 % (*SD* = 15.3), 3: 1 のとき 91.9 % (*SD* = 7.6), 3: 3 のとき 87.5 % (*SD* = 14.7) であった。分散分析の結果、全ての主効果と交互作用が有意ではなく、正答率について条件間の差は検出されなかった。

リジェクト反応を求める Negative プローブでは、CSIが 100 ms の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 93.0 % (*SD* = 7.5), 1: 3 のとき 70.4 % (*SD* = 20.1), 3: 1 のとき 85.5 % (*SD* = 11.7), 3: 3 のとき 79.4 % (*SD* = 15.8) であった。CSIが 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 97.4 % (*SD* = 4.9), 1: 3 のとき 48.9 % (*SD* = 9.4), 3: 1 のとき 93.4 % (*SD* = 8.1), 3: 3 のとき 89.5 %

($SD = 10.7$) であった。

Intrusion プローブでは, CSI が 2,000 ms の場合, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 85.3 % ($SD = 17.8$), 1: 3 のとき 92.6 % ($SD = 14.7$), 3: 1 のとき 80.9 % ($SD = 18.8$), 3: 3 のとき 28.3 % ($SD = 15.8$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 98.5 % ($SD = 6.1$), 1: 3 のとき 94.1 % ($SD = 10.9$), 3: 1 のとき 75.0 % ($SD = 26.5$), 3: 3 のとき 85.3 % ($SD = 17.8$) であった。

分散分析の結果, プローブの主効果 ($F(1,16) = 34.00, MSe = 312.50, p < .001, partial \eta^2 = .68$), CSI の主効果 ($F(1,16) = 4.92, MSe = 119.49, p = .04, partial \eta^2 = .24$), 一致リストサイズの主効果 ($F(1,16) = 11.82, MSe = 376.26, p = .003, partial \eta^2 = .42$), プローブの種類と一致リストサイズの交互作用が有意であった ($F(1,16) = 12.74, MSe = 233.80, p = .003, partial \eta^2 = .44$)。また, プローブの種類と一致リストサイズ, 不一致リストサイズの 2 次の交互作用 ($F(1,16) = 4.92, MSe = 67.21, p = .04, partial \eta^2 = .24$), CSI と一致リストサイズ, 不一致リストサイズの 2 次の交互作用 ($F(1,16) = 7.77, MSe = 118.34, p = .01, partial \eta^2 = .33$), プローブの種類と CSI, 一致リストサイズ, 不一致リストサイズの 3 次の交互作用が有意であった ($F(1,16) = 11.76, MSe = 112.59, p < .001, partial \eta^2 = .42$)。

プローブの種類と一致リストサイズ, 不一致リストサイズの 2 次の交互作用について単純単純主効果の検定をおこなった。その結果, プローブの種類単純主効果は, 一致リストサイズと不一致リストサイズの全ての組み合わせにおいて認められた。よって, 正答率において侵入効果は一貫して認められたといえる。

考 察

ヒット反応の再認反応時間から、一致リストのセットサイズ効果は CSIにかかわらず認められることが示された。これは、Oberauer (2001)の結果と同様であり、課題に関連する一致リストは、プローブの提示まで Central Component 内に維持されていることを示唆している。ヒット反応の再認正答率が 90%前後で条件間の差が認められていないことも、この考えを支持するものと考えられる。

一方、不一致リストのセットサイズ効果は、一致リストサイズが 3 の場合にのみ、CSI が 100 ms の時点で認められたが、CSI が 2,000 ms の時点では消失していた。一致リストサイズが 3 の場合の不一致リストのセットサイズ効果の傾向も Oberauer (2001) と同様であり、不一致リストサイズは CSI が 100 ms の時点では Central Component 内に維持されているが、CSI が 2,000 ms の時点では Central Component 外に排除されていることを反映していると解釈することができる。

リジェクト反応の再認反応時間では、CSI が 2,000 ms の一致リストサイズが 1 の場合を除き侵入効果を示している。つまり、一致リストサイズが 3 の場合には CSIにかかわらず侵入効果が認められている。よって、排除された情報も誤ったヒット反応を誘発するほど活性化を保っていると考えられる。Intrusion プローブの虚再認率が Negative プローブに比べ高いことは、ヒット反応が誘発されてしまっていることを示唆している。これを選択反応のモデルから考えると、排除された情報も、ヒット反応に証拠を蓄積するほどに親近性シグナルを発していると考えられる。

これらの結果から、一致リストサイズが 3 の場合は、概ね Oberauer (2001) の結果と一致していた。しかし、一致リストサイズが 1 の場合、不一致リストのセットサイズ効果と侵入効果のどちらも効果が認められ

ず、これは、一致リストのセットサイズにより効果が大きく調整されることを示唆している。

Oberauer (2001) の実験においても、一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用が認められたことが報告されていた。しかし、彼の実験では加齢効果を比較する目的から、主要な分析には対数変換後のデータが用いられており、対数変換後のデータでは一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用が認められていない。そのため、本研究の結果と直接比較することはできない。

ただし、一致リストサイズが1の場合に効果が非常に小さくなる可能性が生じることは Oberauer (2001) においても言及されている。

Three-Embedded-Components model では Central Component 内の情報量によって検索競合が変動することを踏まえると (Oberauer, 2009)、一致リストサイズが1の場合には検索競合が非常に小さく、必要な情報の選択が即座に完了する可能性が考えられる。そうであれば、手がかりの提示後即座に排除が始まり、CSI が 100 ms の時点でも、統計的に検出されないほどに排除が進行している可能性が挙げられる。

音節文字が音素文字に比べ表象間競合も小さいのであれば、検索競合が小さい一致リストサイズが1の条件では、日本語ではより検索が容易であると考えられる。ドイツ語に比べ、日本語は文字と音の対応が1対1で規定される。そのため、アイテムを表現するための複雑性、もしくは文字から音韻情報へアクセスするまでの過程においてドイツ語に比べ速い可能性がある。そのように考えると、一致リストサイズが1の場合には、特に早い段階で一致リストのアイテムを選択することができ、全般的なタイムコースが一致リスト3の場合に比べ速い可能性がある。そして、タイムコースの変動はドイツ語により実施された Oberauer (2001)

の実験より顕著に表れると考えられる。ただし、本実験は言語の特徴が再認に与える影響について言及できるものではなく、これを検討したものであるのではない。

実験 A の目的は課題の再現性を確認することであり、その結果、一致リストサイズが 1 の場合の結果の解釈には留意する必要があるが、Modified Sternberg task は情報の選択と排除を検討するための実験手続として有用であると考えられる。

4.2.2. 実験 B

目的

実験 A の結果から，日本語を刺激とした場合，排除を反映すると考えられる不一致リストのセットサイズ効果が消失する現象は，一致リストサイズが 3 の場合にのみ観察された。この結果が，音節文字である日本語と音素文字である英語・ドイツ語の違いによる表象間競合の影響であるとする，一致リストサイズが 3 の場合も先行研究に比べ各処理が早い段階で完了する可能性がある。すなわち，早い段階で必要な情報の選択と排除が完了している可能性がある。

第 5 章以降で問題とする仮説検証のためには，排除されるかどうかを検討する必要がある，これには排除される前の状態を示すセットサイズ効果が認められることが前提となる，そのため，Central Component 内に不一致リストが含まれている CSI を設定しなければならない。そこで，実験 B では，CSI を 300 ms と 2,000 ms に設定し実験を実施した。

方法

参加者

11 名の参加者が実験に参加した。実施前に実験の目的と内容，途中退出が可能であること，個人情報取り扱い，謝礼及び不利益について説明を受けたのちに同意書に署名をおこなった。参加者は謝礼として金券 500 円分を受け取った。実験の実施時間は約 30 分であった。

実験計画

ヒット反応については，2（一致リストサイズ: 1, 3）×2（不一致リストサイズ: 1, 3）の 2 要因参加者内計画，リジェクト反応については，2（プローブの種類: Negative, Intrusion）×2（一致リストサイズ: 1, 3）

×2 (不一致リストサイズ: 1, 3) の3要因参加者内計画とした。

実験装置

反応の取得はラップトップ PC (lenovo T510) を用いた。刺激はラップトップ PC のディスプレイに提示し刺激提示ソフト E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) によって制御した。ディスプレイの解像度は 1,024×768 ピクセルに設定した。

実験刺激

実験 A と同様の選択基準により 424 単語を選定した。使用した単語の語彙特性は、平均頻度 580.58 ($SD = 1332.62$), 平均文字音声単語親密度 5.99 ($SD = 0.37$), 文字単語親密度 6.01 ($SD = 0.39$), 文字単語心像性 5.17 ($SD = 0.67$), 音声単語心像性 5.05 ($SD = 0.69$) であった。ブロック内で単語の重複はなかった。

手続き

参加者は、練習思考を 16 試行おこなった後に本実験をおこなった。本実験は 3 ブロックで構成し、2 ブロックが Modified Sternberg task, 1 ブロックがスタンバーグ課題 (Sternberg, 1969) であった。Modified Sternberg task では、まずグレー背景に 2×3 のマトリックスになるようアイテムを提示した。アイテムは赤か青のいずれかで表記されており、一方の色をマトリックスの上行に、他方の色を下行になるように配置した。アイテムの提示画面は 1 単語あたり 1,300 ms で、最大 7,800 ms であった。1 試行において提示するアイテム数は、一致リストのアイテム数 (1 単語, 3 単語) と不一致リストのアイテム数 (1 単語, 3 単語) の組み合わせで決まるため、2 単語, 4 単語, 6 単語のいずれかであった。アイテムの提示後、グレー画面を 700 ms 提示し、一致リストを指示するフレームを提示した。フレームの提示時間は CSI に基づき、ブロック間で変動した。実

験 B では CSI として、300 ms と 2,000 ms を設定した。その後、フレーム内にプローブを提示し再認判断を求めた。各ブロック内で一致リストサイズと不一致リストサイズの組み合わせが同数提示されるように直交させた。また、プローブの種類は Positive プローブ: Negative プローブ: Intrusion プローブが 2: 1: 1 の比で直交させた。そのほかに、一致リストが提示される画面位置（上行，下行），一致リストになる色（赤，青），画面位置における単語数が全て同数出現するよう直交させた。

スタンバーク課題では、白色のフレームを 100 ms 提示した後、プローブを提示した。スタンバーク課題のリジェクト反応は Negative プローブのみであり、Positive プローブとの比が 1: 1 となるよう直交させた。

結 果

各条件の平均反応時間を算出した結果、Positive プローブに対するヒット反応については、CSI が 300 ms の場合、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 620 ms ($SD = 182$), 1: 3 のとき 670 ms ($SD = 155$), 3: 1 のとき 703 ms ($SD = 141$), 3: 3 のとき 754 ms ($SD = 160$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 496 ms ($SD = 135$), 1: 3 のとき 522 ms ($SD = 129$), 3: 1 のとき 670 ms ($SD = 114$), 3: 3 のとき 649 ms ($SD = 96$) であった。

ヒット反応についての分散分析の結果、CSI の主効果 ($F(1,10) = 5.30$, $MSe = 198,847$, $p = .04$, $partial \eta^2 = .35$), 一致リストの主効果が有意であった ($F(1,10) = 19.88$, $MSe = 263,512$, $p < .01$, $partial \eta^2 = .67$)。

この結果は、反応時間が CSI が長い場合全般的に速くなるが、CSI にかかわらず一致リストサイズが大きい方が反応に時間を要することを示している。よって、CSI にかかわらず一致リストのセットサイズ効果が

認められたといえる。

一方、不一致リストサイズの主効果は有意ではなかった ($F(1,10) = 3.16, MSe = 25,534, p = .11, partial \eta^2 = .24$)。また、CSI と一致リストの交互作用 ($F(1,10) = 2.14, MSe = 14,533, p = .18, partial \eta^2 = .18$)、CSI と不一致リストサイズの交互作用 ($F(1,10) = 0.92, MSe = 6,020, p = .36, partial \eta^2 = .01$)、一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用 ($F(1,10) = 1.26, MSe = 8,047, p = .29, partial \eta^2 = .11$)、CSI と一致リストサイズ、不一致リストサイズの 2 次の交互作用は有意ではなかった ($F(1,10) = 1.12, MSe = 8,221, p = .03, partial \eta^2 = .10$)。

これらのことから、実験 B のヒット反応では、一致リストのセットサイズ効果のみが認められた。

リジェクト反応についても同様の分析をおこなった。Negative プローブに対するリジェクト反応の平均反応時間は、CSI が 300 ms の場合、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 646 ms ($SD = 128$), 1:3 のとき 630 ms ($SD = 111$), 3:1 のとき 673 ms ($SD = 179$), 3:3 のとき 701 ms ($SD = 165$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 555 ms ($SD = 75$), 1:3 のとき 573 ms ($SD = 110$), 3:1 のとき 573 ms ($SD = 110$), 3:3 のとき 620 ms ($SD = 125$) であった。

一方、Intrusion プローブに対するリジェクト反応は CSI が 300 ms の場合、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 719 ms ($SD = 151$), 1:3 のとき 713 ms ($SD = 125$), 3:1 のとき 839 ms ($SD = 218$), 3:3 のとき 853 ms ($SD = 210$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ; 不一致リストサイズが 1:1 のとき 657 ms ($SD = 162$), 1:3 のとき 587 ms ($SD = 167$), 3:1 のとき 734 ms ($SD = 186$), 3:3 のとき

718 ms ($SD = 208$) であった。

リジェクト反応に対する分散分析の結果、プローブの種類の主効果 ($F(1,10) = 22.1$, $MSe = 424,617$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .69$), CSIの主効果 ($F(1,10) = 8.87$, $MSe = 330,178$, $p = .01$, $partial \eta^2 = .47$), 一致リストサイズの主効果が有意であった ($F(1,10) = 11.4$, $MSe = 331,277$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .53$)。

全般的な反応時間は CSI が長い方が速くなるが、Negative プローブに比べ Intrusion プローブに対するリジェクト反応に時間を要する傾向は一貫していた。これは、侵入効果が CSI にかかわらず認められたことを示している。

考 察

実験の結果、実験 A と同様に、一致リストのセットサイズ効果は CSI にかかわらず認められた。よって、実験 B においても必要な情報はプローブの提示までは Central Component に維持されていると考えることができる。一方、実験 B では、不一致リストのセットサイズ効果は認められなかった。この結果は、300 ms の時点においてすでに Central Component から不一致リストが排除されていることを示唆している。

したがって、日本語を刺激とした場合には、一致リストの選択と不一致リストの Central Component 外への排除が、ドイツ語・英語に比べ早い段階で完了していると考えられる。音素文字が音節文字に比べ、単語が視覚提示された後に音韻処理を必要とするならば（篠田・石井・鈴木, 2013), 日本語においては Central Component 内に必要な情報を維持するまでに要する時間が速い可能性が考えられる。

総 合 考 察

実験 A・実験 B から、日本語を刺激とする Modified Sternberg task における傾向が示された。一つは、不一致リストサイズのセットサイズ効果は、100 ms で認められるが、300 ms, 2,000 ms では認められないことである。そして、100 ms における不一致リストサイズの効果も一致リストのセットサイズによって調整され、一致リストサイズが小さい場合には効果が認められなかった。この結果は、日本語を刺激とした場合先行研究により示された 600 ms よりも早い段階で排除されていることを示唆していると考えられる。

二つめに、侵入効果の取り扱いについてである。実験 A と実験 B の侵入効果は異なる結果を示していた。実験 A では、CSI が 2,000 ms で一致リストサイズが 1 の場合にのみ効果が認められず、この時点では排除された情報の活性化あるいは親近性シグナルが、反応時間に影響しないほどに低下していた可能性が示唆される。ただし、Intrusion プローブのエラーが Negative プローブに比べ高いことも示されており、親近性シグナルを全く発していないわけではないと考えられる。しかし、実験 B では CSI が 2,000 ms の時点で一致リストサイズにかかわらず侵入効果が認められている。つまり、実験 B では反応時間に影響を与えるほどに親近性シグナルを発するほど活性化を維持していることを示唆している。このため、排除された情報の活性化が反応時間に与える影響は、同じ CSI の時点で異なる結果が示されたことになる。

このような結果が得られた理由として二つの原因が考えられる。一つは、CSI が 2,000 ms の時点が、日本語を刺激とした場合には、低下した活性化が反応時間に影響を与えるかどうかの境界時点である可能性である。Oberauer (2009) や、その基盤となる Cowan (1995) のモデルに基

づけば、不一致リストは活性化された長期記憶に排除されるため、活性化された長期記憶の特徴である活性化の時間的減衰がおこる。そのため、活性化の反応時間への影響も排除後の時間経過に応じて低下していく。よって、排除後の特定の時点で活性化は反応時間に影響しなくなることが予測され、その時点は CSI が 2,000 ms 付近であったと考えられる。

もう一つは、個人差の要因である。Oberauer (2001) は、高齢者と若年者の比較から、Central Component からの排除では加齢効果が認められないが、侵入効果では加齢効果が認められることを報告している。このようなグループ差が認められる働きについては、その処理に個人差が存在することが考えられる。そのため、実験 A と B の侵入効果に実験間の結果が一致しなかった可能性が挙げられる。

ただし、侵入効果の個人差が必ずしも抑制の働きの個人差を反映するものではないと考えられる。Modified Sternberg task には、多くの処理が関与しており (Oberauer, 2001)、抑制以外の処理の個人差が侵入効果の個人差として観察される可能性があるためである。本論文の仮説では抑制の働きそのものに個人差を想定していないことに加え、CSI が 2,000 ms の時点での排除の結果は実験 A と実験 B で共通している。一方、本論文では抑制の働きは選択に付随する作用であると推測しているため、抑制の働きの個人差として現れるものは、抑制の個人差ではなく、抑制を伴う処理の個人差が直接の原因と考えられる。例えば、必要な情報を選択し続けることでワーキングメモリ内容の再結合をおこなう処理に個人差があるとすれば、排除では個人差が認められない一方で、侵入効果に個人差が認められることが説明できると考えられる。

しかし、活性化の時間的な減衰と個人差のいずれが原因であるかは本研究から言及できるものではない。実験 A と実験 B の侵入効果を解釈す

るためには、減衰と個人差のより詳細な検討が必要と考えられる。

研究1の目的は、日本語を刺激としても **Modified Sternberg task** の結果が再現されるかを確認することであった。実験Aと実験Bから、一致リストのセットサイズ効果がCSIの影響を受けないことが追認された。一方、不一致リストのセットサイズ効果は、一致リストサイズが3の場合には認められ、同様に侵入効果についても一致リストサイズが1の場合のCSIが2,000 ms 時点を除き認められた。これらのことから、日本語を刺激とした場合、セットサイズ効果に排除が反映されるのは、一致リストサイズが3のときであると考えられる。したがって、**Modified Sternberg task** に操作を加える第5章の研究は、一致リストサイズが1の場合には排除が検出できないことを踏まえて解釈する必要があることを指摘できる。

4.2. 研究 2¹¹

目 的

研究 1 では日本語を刺激として用いた場合にも Modified Sternberg task の結果が確認できることが示された。よって、Oberauer (2001) が主張するように、Modified Sternberg task を用いることで Central Component から不要な記憶を排除する過程を検討することができると考えられる。しかし、この Oberauer (2001) 及び研究 1 の結果には、排除を想定しない代替説明の余地が残されていることが Oberauer 自身によって言及されている。

そこで、研究 2 では二つの問題から実験を実施する。第一の問題は、Modified Sternberg task の実験結果に対する代替説明の可能性であり、これを検討する。この問題は同時に、Central Component 内の記憶状態及び排除される記憶の状態について示唆を与えるものであると考えられる。

Modified Sternberg task の手続きは、学習課題、一致リスト(文脈情報)の指示、再認課題の 3 段階で一試行が構成されている。学習課題では、記憶項目が 1 つもしくは 3 つから構成されるリストを 2 つ提示する。各リストは異なる色(赤、青など)で表記され、2 行×3 列のマトリックスに行ごとに配置される。例えば、“Q-W-R”と“S-D-F”からなる 2 つのリストは、“Q-W-R”が青色で上の行に配置され、“S-D-F”が赤色で下の行に提示される。次に、赤色もしくは青色の四角形のフレームを提示し、その一定時間後(CSI)、フレーム内にプローブを提示する。参加者は、

¹¹この研究は、日本大学心理学研究に掲載されたものを加筆・修正したものである。

玉木賢太郎・内藤佳津雄 (2016). 修正版スタンバーク課題を用いたワーキングメモリの検索過程に関する研究, 日本大学心理学研究, 37, 14-19.

一致リストに、プローブが含まれていたかどうかを判断する。

研究1で示したように、この手続きでは文脈情報の指示フレームの提示からプローブの提示までの時間間隔（CSI）によって不一致リストのセットサイズ効果の変化が観察できる。CSIが100msの場合は、不一致リストのセットサイズに比例して反応時間が長くなるが、1,000 ms以上になると、この不一致リストの効果は消失する（Oberauer, 2001, 2005）。これに対して、一致リストのセットサイズ効果はCSIにかかわらず認められる。

この課題の処理過程を Oberauer (2001) は以下のように説明している。学習段階では、各記憶項目が **Central Component** に維持され、それぞれが色情報と結合される。フレームが提示されると、**Central Component** 内の検索がおこなわれ一致リストを選択しようと処理が働く。このとき一致リストが選択されると同時に、不一致リストが **Central Component** から徐々に排除されていく。CSIが100 msの時点では、排除が不完全であり、不一致リストに含まれる記憶項目が **Central Component** に維持されている。このため、両リストのセットサイズ効果が認められる。一方、CSIが長いと不一致リストの排除が完了し、一致リストのみが維持されているために、不一致リストのセットサイズ効果は消失する。

この説明のうち、本研究に関連する重要な点は、**Central Component** から一致リストのみを選択することを想定していることである。一致リストの選択は、個々のアイテムとその文脈情報が照合する **Central Component** 内を検索することでおこなわれることが想定されているが、詳細な処理過程まで言及されていない。

そこで、ワーキングメモリ内容に着目してみると、一致リストを選択することとは、**Central Component** 内では二つのリストが維持されている

状態から、一つのリストが維持されている状態に変遷する過程と捉えられる。まず、リストの提示からフレームが提示されるまでは、一致リストも不一致リストも **Central Component** 内に維持されている。これは **Sternberg task** において想定される学習後の状態と同じである。ただし、**Three-Embedded-Components model** では、**Central Component** として維持された情報間はそれぞれ結合され、課題目標に適した記憶構造へと組み替えられるため、個々の情報は独立した状態ではないと考えている。よって、**Central Component** 内に維持された情報間は、個々の情報の弁別が困難になる (Oberauer, 2003)。したがって、学習が完了した時点では、二つのリスト間の区分が曖昧な状態でワーキングメモリ内に維持されていると考えられる。

このようなワーキングメモリ内容から、最終的に文脈情報に一致するリストのみが維持される。一致リストのみを維持している状態とは、**Three-Embedded-Components model** に基づくと、一致リストの刺激がワーキングメモリ内でそれぞれ共通の文脈情報と結合されている状態を指す。例えば、**tree**, **cat**, **sun** のアイテムがそれぞれ赤色と結合されることでリストが形成される。これにより、それまでに獲得された長期記憶としての **tree** と区別することができ、実験時に提示された学習文脈を伴うリストとして利用可能となる。

これらのことから、一致リストを選択するためには、リスト区分が曖昧なワーキングメモリ内容に対して、文脈情報をもとにリストを明確にすることが必要と考えられる。そして、このような処理が成立するためには、その前提として各アイテムがそれぞれ個別に色（文脈情報）と結合されている必要がある。

しかし、この前提が必ずしも成立しているとは言い切れない。その理

由として Oberauer (2001) やそれを踏襲した研究 1 の手続きでは、アイテムと色情報が直接結合していない可能性が挙げられる。これらの手続きではリストがマトリックス上の行ごとに提示される。例えば、赤のアイテムはすべて上の行に位置し、青のリストが下の行（またはその逆）に配置される。そのため、各アイテムとマトリックスの上下という位置情報を結合してリストを形成することができる。位置情報が利用されているとすると、各アイテムは、まず位置情報と結合された後に上のリストが赤色といったように、位置情報とリストが結合されている可能性もある。色情報は、例えば、赤のアイテムはマトリックスの上に提示される場合も下に提示される場合も起こりうるように、色の情報は試行間で上下に変動する。これに対して位置情報は、試行間で変動することがなく安定してリストを区分するための手がかりとして利用できる。したがって、アイテムを二つのリストに区分するためには、位置情報を利用することが可能であり、アイテムと色情報が直接結合していない可能性がある。

アイテムが位置情報と結合することでリストを形成しているとする、色情報はすでに形成されたリストと結合しているに過ぎないと考えられる。そうであれば、フレームの提示時には単にリストの手がかりとしてのみ機能している可能性が指摘できる。色情報はアイテムと直接結合していなくとも、位置情報とさえ対応していれば一致リストを選択する手がかりとなることができる。すなわち、**Central Component** 内を検索し色情報と各アイテムを照合する必要がない。

したがって、**Modified Sternberg task** の結果は、単に色を手がかりに一致リストの選択が完了するまでの過程を反映していると解釈され、排除過程を想定することなく説明することができる。すなわち、**CSI** が短い

場合、一致リストの検索が不完全であり、不一致リストが **Central Component** に混入するため、両リストのセットサイズ効果が認められる。一方、CSI が長くなるとリストの検索が完了し、一致リストのセットサイズ効果のみが認められる。この説明において、不一致リストは、単に検索されていないだけであり、排除されているわけではないと捉えられる。この代替説明は、**Modified Sternberg task** が排除のタイムコースを反映しているかどうかという課題の妥当性にかかわる問題であり、無視することはできないと考えられる。

さらに言えば、代替説明に従うと、フレームによって与えられる色情報さえ **Central Component** 内に維持できれば、一致リストを検索することも可能であると考えられる。これは必ずしも学習完了時に全てのアイテムをワーキングメモリ内に維持している必要がないことを意味している。アイテムが文脈情報と直接結合していないのであれば、一致リストは各アイテムと色情報の照合無しに選択される。そのため、仮にアイテムの一部が、**Central Component** 外の活性化された長期記憶部分に移ってしまっていたとしても、一致リストを選択することができる。

ただし、代替説明は、アイテムが色情報なしにリストとして結合することができる場合にのみ、結果を説明できるものである。アイテムをリストとして識別するためには文脈情報が必須であるため、代替説明は、色情報の他にリストを形成するために利用できる文脈情報が存在する場合に限られる。一方、リストの形成に際して位置情報がリストを分けるための手がかりにならない場合、リストを識別するためにアイテムと色情報の直接的な結合が不可欠となる。よって、アイテムと文脈情報が同時に **Central Component** 内に存在することでリストとして認識されるため、両者を個別の情報として扱うことはできない。よって、一致リスト

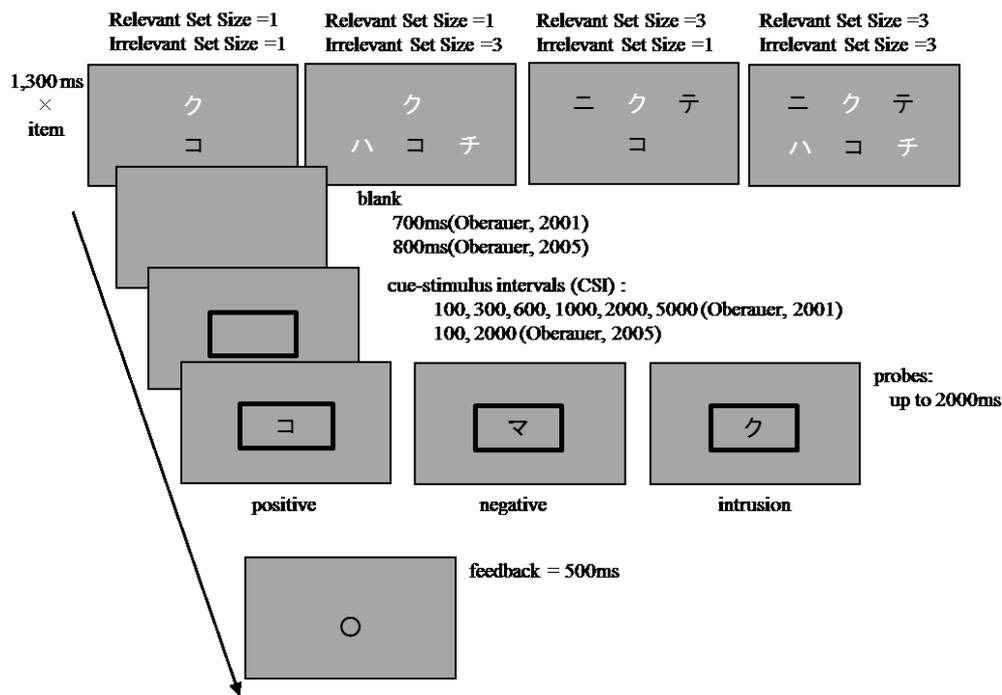


Figure 3

The procedure of the modified Sternberg task from Research 2.

の検索時に色情報のみが検索手がかりとして Central Component に維持され、リストは Central Component 外にあったとしても検索が可能であるという説明は成り立たない。色情報が個々の記憶項目と結合されている場合、一致リストが検索される時には、Oberauer (2001) が想定するように、リストを識別するために全ての記憶項目が一度ワーキングメモリに維持されると考えられる。そこで、研究2では、位置に対して色をランダムに配置することで、アイテムをリストとして結合するために色情報が必須となる環境を設定し Modified Sternberg task を実施する (Figure 3)

リストの識別に色情報が必須となる場合、色情報とアイテムは直接結合されると考えられる。これにより、リストが Central Component 外にあり、色情報のみが手がかりとして維持されているという代替説明が想定

する **Central Component** の状態が成立しない。位置情報が利用できない本研究においても、Oberauer (2001) と同様の結果が認められれば、**Central Component** に必要な情報を維持するために、不要な情報が排除されるという説明は支持されると考えられる。

代替仮説の可能性を検討することは、同時に、手がかり提示時に **Central Component** 内外の記憶の状態をどのように仮定するのかにつながる。Modified Sternberg task が排除を反映していると考えれば、**Central Component** 内の記憶はアイテムと色情報が結合されていると考えることになる。よって、Three-Embedded-Components model の観点から課題の処理過程を考えることができる。Three-Embedded-Components model に従えば、**Central Component** 内の記憶は個々の記憶の境界が曖昧になるため (Oberauer, 2003)、フレームが提示される時まで両リストに明確な区分は存在しない。それゆえ、排除される情報は必ずしもリストとして排除されるのではなく、一つずつ排除されていると考えられる。

一方、代替説明に従うと、位置情報とアイテムの結合により形成されたリストに色情報が結合している。その場合、一致リストに該当する記憶も不一致リストに該当する記憶も、選択する時点ですでにリスト化された状態にある。つまり、この場合、検索される記憶はリスト単位であり、同様に検索されない記憶もリスト化されていると考えられる。

以上をまとめると、Modified Sternberg task の問題として、Oberauer (2001) の説明と代替説明の異なる説明が可能であることが挙げられる。そして、どちらの説明に基づくのかによって、一致リスト及び不一致リストに含まれる情報の、検索前後の状態が異なると考えられる。すなわち、Oberauer (2001) のように色情報とアイテムを照合することで一致リストを選択しているのであれば、学習完了段階で各アイテムはリスト

に分かれている必要はなく、不一致リストに含まれる情報は一つずつ徐々に排除されていくと考えられる。これに対して、代替説明のように、単に色情報がリストを検索するための手がかりとして機能しているのみであれば、各アイテムは学習が完了した時点で、明確に二つのリストに区分されていると考えられる。

方法

参加者

書面により実験参加への同意を確認した大学生 19 名が実験に参加した。

実験計画

研究 1 と同じく、ヒット反応については、2 (一致リストサイズ: 1, 3) × 2 (不一致リストサイズ: 1, 3) × 2 (CSI: 100 ms, 2,00 ms) の 3 要因参加者内計画、リジェクト反応については、2 (プローブの種類: Negative, Intrusion) × 2 (一致リストサイズ: 1, 3) × 2 (不一致リストサイズ: 1, 3) × 2 (CSI: 100 ms, 2,000 ms) の 4 要因参加者内計画とした。

実験装置

刺激提示ソフト E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) によって提示画面を制御し、lenovo 社のラップトップ PC T510 を用い反応を取得した。ディスプレイの解像度は 1,024×768 ピクセルであった。

実験刺激と手続き

実験では、Modified Sternberg task を、練習試行 16 試行と本試行 2 ブロックを実施した。実験刺激にはア行およびワ行は除外したカタカナを用いた。練習試行のうちの 6 試行は本試行よりも長い CSI を設定した。本試行の 1 ブロックは 96 試行で構成した。ブロック内で、一致リストサ

イズの2条件(1文字, 3文字)と不一致リストサイズの2条件(1文字, 3文字)の組み合わせを同じ回数提示できるよう直交させた。さらに, Positive プローブ, Negative プローブ, Intrusion プローブを2:1:1の比となるように直交させた。

1 試行は, 学習課題, リストの指示, 再認課題の順に進行した。学習課題では, グレー背景の画面上にカタカナを同時に提示し, 各文字を赤か青のどちらかの色で表記した。提示した文字数は, 各リストの文字数の合計により, 最大で6文字であった。刺激は, 両リストの合計文字数が2文字のときは上下に並べ, 4文字のときは2行×2列に, 6文字のときは2行×3列に配置した。いずれの文字数の場合も表記色をランダムに割り当てた。刺激の提示時間は1文字につき1,000 ms 与え, 最大6,000ms であった。次に, グレー画面を700 ms 提示した後, 長方形のフレームを画面中央に提示した。フレームは赤色か青色で表記された。フレームの提示時間はブロックごとに変化させ, 100 ms ブロックと2,000 ms ブロックを設けた。ブロックの実施順序は参加者間でカウンターバランスをとった。フレーム提示後, プローブとしてカタカナ1文字を提示した。プローブはフレームと同色でフレーム内に配置した。参加者には, フレームの色と一致するリストにプローブが含まれていたかどうかを2,000 ms 以内に判断することを求めた。プローブが含まれていたと判断した場合キーボードのLのキーを, 含まれていないと判断した場合Sのキーを押すよう教示した。反応の直後に判断の正誤を500 ms 提示した。

結果

一致リストサイズが1, 不一致リストサイズが3の条件のPositive プローブにおいて, 提示の不備が存在したため, 各参加者のデータからこれ

Table 4

Mean reaction times in ms, Standard Deviations, and 95% CIs as a function of relevant and irrelevant set size and CSIs for each probes in Research 2.

Probe	CSI (ms)	relevant size = 1						relevant size = 3					
		irrelevant size = 1			irrelevant size = 3			irrelevant size = 1			irrelevant size = 3		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>									
positive	100	698	84	658-737	737	140	698-777	805	110	765-844	854	114	815-894
	2,000	486	80	447-526	476	90	436-515	662	94	622-701	675	119	635-714
negative	100	668	72	624-711	690	117	646-733	759	110	716-803	783	122	739-826
	2,000	558	102	515-602	530	96	486-573	728	119	684-771	659	86	615-702
intrusion	100	840	164	797-884	832	137	789-876	878	124	834-921	982	193	939-1026
	2,000	596	108	553-640	528	110	485-572	801	165	758-845	743	132	700-786

Note. *SD* = Standard Deviation, 95%*CI* = 95% Confidence Interval
CSI = cue-stimulus intervals

らの試行を除外した。また、参加者ごとの全正答試行の反応時間から $3SD$ 離れたデータを外れ値として分析対象外とした。補正後のデータから各参加者の条件ごとの平均値を求めたものを各個人の反応時間とし、条件ごとの平均を算出した (Table 4)。

ヒット反応 Positive プローブに対するヒット反応の平均反応時間は、CSI が 100 ms の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 698 ms ($SD = 84$), 1:3 のとき 737 ms ($SD = 140$), 3:1 のとき 805 ms ($SD = 110$), 3:3 のとき 854 ms ($SD = 114$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 486 ms ($SD = 80$), 1:3 のとき 476 ms ($SD = 90$), 3:1 のとき 662 ms ($SD = 94$), 3:3 のとき 675 ms ($SD = 119$) であった。

一致リストサイズ, 不一致リストサイズ, CSI を要因とする分散分析をおこなった。その結果, 一致リストサイズの主効果 ($F(1,18) = 74.07$, $MSe = 11,467.80$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .80$), CSI の主効果が有意であり ($F(1,18) = 86.94$, $MSe = 17,291.03$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .83$), 不一致リストサイズの主効果が有意傾向であった ($F(1,18) = 3.51$, $MSe = 5,651.70$, $p = .08$, $\eta_p^2 = .16$)。

しかし、一致リストサイズと不一致リストサイズの効果は CSI との交互作用が認められたことから、限定された効果であった。一致リストサイズと CSI の交互作用について ($F(1,18) = 7.07, MSe = 7,578.30, p < .01, \eta_p^2 = .28$)、単純主効果の検定をおこなったところ、一致リストのセットサイズ効果は CSI が 100 ms の時点でも ($F(1,18) = 18.56, MSe = 23,830.42, p < .01, \eta_p^2 = .51$)、CSI が 2,000 ms の時点でも認められた ($F(1,18) = 106.97, MSe = 6,215.68, p < .01, \eta_p^2 = .86$)。また、CSI の単純主効果も一致リストサイズが 1 の場合 ($F(1,18) = 107.45, MSe = 9,885.87, p < .01, \eta_p^2 = .86$)、及び一致リストのセットサイズが 3 の場合において有意であった ($F(1,18) = 33.01, MSe = 14,983.46, p > .01, \eta_p^2 = .65$)。

一方、不一致リストサイズと CSI の交互作用も有意傾向であったため ($F(1,18) = 3.54, MSe = 4,978.02, p = .08, \eta_p^2 = .16$)、単純主効果の検定をおこなった。その結果、CSI の単純主効果は不一致リストサイズにかかわらず認められたが (不一致リストサイズが 1 のとき、 $F(1,18) = 84.29, MSe = 7,090.24, p < .01, \eta_p^2 = .82$; 3 のとき、 $F(1,18) = 60.83, MSe = 15,178.81, p < .01, \eta_p^2 = .77$)、不一致リストサイズの単純主効果が認められたのは CSI が 2,000 ms の時のみであった ($F(1,18) = 4.78, MSe = 7,828.83, p = .04, \eta_p^2 = .21$)。

これらの結果をセットサイズ効果に焦点を当てると、一致リストのセットサイズ効果は CSI にかかわらず認められるが、不一致リストサイズのセットサイズ効果は CSI が 2,000 ms で消失していることを示している。

リジェクト反応 Negative プローブと Intrusion プローブに対するリジェクト反応について、条件ごとの平均反応時間を算出した。Negative プローブの平均反応時間は、CSI が 100 ms の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 668 ms ($SD = 72$)、1:3 のとき 690 ms (SD

= 117), 3:1 のとき 759 ms ($SD = 110$), 3:3 のとき 783 ms ($SD = 122$) であつた。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 558 ms ($SD = 102$), 1:3 のとき 530 ms ($SD = 96$), 3:1 のとき 728 ms ($SD = 119$), 3:3 のとき 659 ms ($SD = 86$) であつた。

Intrusion プローブの平均反応時間は、CSI が 100 ms の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 840 ms ($SD = 164$), 1:3 のとき 832ms ($SD = 137$), 3:1 のとき 878 ms ($SD = 124$), 3:3 のとき 982 ms ($SD = 193$) であつた。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 596 ms ($SD = 108$), 1:3 のとき 528 ms ($SD = 110$), 3:1 のとき 801 ms ($SD = 165$), 3:3 のとき 742 ms ($SD = 132$) であつた。

分散分析の結果、プローブの主効果 ($F(1,18) = 89.86, MSe = 9,045.91, p < .01, \eta_p^2 = .83$), 及び一致リストサイズの主効果 ($F(1,18) = 161.94, MSe = 8,713.33, p < .01, \eta_p^2 = .90$), CSI の主効果が認められた ($F(1,18) = 62.43, MSe = 31,590.96, p < .01, \eta_p^2 = .78$)。

また、プローブの種類と CSI との交互作用が認められた ($F(1,18) = 51.78, MSe = 4,395.55, p < .01, \eta_p^2 = .74$)。単純主効果の検定の結果、CSI にかかわらずプローブの種類単純主効果は有意であり (CSI が 100 ms のとき, $F(1,18) = 109.55, MSe = 8,674.69, p < .01, \eta_p^2 = .86$; CSI が 2,000 ms のとき, $F(1,18) = 18.90, MSe = 4,766.77, p < .01, \eta_p^2 = .51$), CSI の単純主効果も Negative プローブ ($F(1,18) = 33.73, MSe = 12,744.53, p < .01, \eta_p^2 = .65$), Intrusion プローブともに認められた ($F(1,18) = 76.15, MSe = 23,241.98, p < .01, \eta_p^2 = .81$)。

同様に、プローブの種類と一致リストサイズの交互作用も認められた ($F(1,18) = 6.69, MSe = 2,770.89, p = .02, \eta_p^2 = .27$)。単純主効果の検定の

結果、プローブの種類の効果は一致リストサイズが1の場合も ($F(1,18) = 46.14, MSe = 6,348.39, p < .01, \eta_p^2 = .72$), 3の場合においても有意であった ($F(1,18) = 98.47, MSe = 5,468.41, p < .01, \eta_p^2 = .85$)。一致リストサイズの単純主効果も Negative プローブ ($F(1,18) = 166.49, MSe = 3,321.70, p < .01, \eta_p^2 = .90$), Intrusion プローブとともに認められた ($F(1,18) = 107.39, MSe = 8,162.52, p < .01, \eta_p^2 = .86$)。これらのことから、CSIにかかわらず Negative プローブに比べ Intrusion プローブへのリジェクト反応に時間を要することが示された。

リジェクト反応におけるセットサイズ効果は、一致リスト ($F(1,18) = 21.77, MSe = 6,522.02, p < .01, \eta_p^2 = .55$), 不一致リストともに ($F(1,18) = 30.12, MSe = 5,292.48, p < .01, \eta_p^2 = .63$), CSI との交互作用が認められた。CSI と一致リストサイズの交互作用について単純主効果の検定をおこなった結果、一致リストサイズの単純主効果は CSIにかかわらず有意であった (CSI が 100 ms のとき, $F(1,18) = 41.74, MSe = 7,880.34, p < .01, \eta_p^2 = .70$; CSI が 2,000 ms のとき, $F(1,18) = 206.74, MSe = 5,920.70, p < .01, \eta_p^2 = .92$)。また、CSI の単純主効果も一致リストサイズが1の条件と ($F(1,18) = 110.68, MSe = 14,331.65, p < .01, \eta_p^2 = .86$), 3の条件とともに認められた ($F(1,18) = 23.63, MSe = 22,347.03, p < .01, \eta_p^2 = .57$)。これは Positive プローブの結果と同じく、一致リストサイズに伴い反応が長くなることを示している。

不一致リストサイズと CSI の交互作用について、単純主効果の検定をおこなったところ、CSI の単純主効果は不一致リストサイズにかかわらず認められた (不一致リストサイズが1のとき, $F(1,18) = 28.40, MSe = 17,788.55, p < .01, \eta_p^2 = .61$; 3のとき, $F(1,18) = 85.18, MSe = 19,094.89, p < .01, \eta_p^2 = .83$)。また、不一致リストサイズの単純主効果は CSI が

100ms のとき有意傾向であり ($F(1,18) = 4.38, MSe = 10,997.38, p = .05, \eta_p^2 = .20$), CSI が 2,000 ms のとき有意であった ($F(1,18) = 19.93, MSe = 5,977.79, p < .01, \eta_p^2 = .53$)。しかし、実験の結果、CSI が 2,000 ms の時には、不一致リストサイズが 3 の場合の方が、サイズが 1 の場合に比べ反応時間が速かった。これは、セットサイズの増加に比例して反応時間が長くなるというセットサイズ効果と逆の影響を示すものである。したがって、リジェクト反応における不一致リストのセットサイズ効果は CSI が 100 ms のときのみ認められたと捉えられる。

考察

研究 2 では色情報を刺激の提示位置に対してランダムとなるように割り当てて刺激を提示し Modified Sternberg task を実施した。Three-Embedded-Components model ではリストはアイテムと文脈情報の結合により形成される (Oberauer, 2009)。しかし、Oberauer (2001) の手続きでは色情報が提示位置と対応していたために、リストの形成に位置情報を利用することができる提示方法であった。そのため、位置情報がアイテムと結合している文脈情報であり、色情報はリストの手がかりとして結合されている可能性があった。色情報がリストの手がかりとなる場合、Oberauer (2001) の結果は一致リストの検索が完了しているのかを反映していると考えることができた。これに対し、リストの形成に位置情報が利用されにくい本研究の提示方法では、リストの形成に色情報が必須であり、各アイテムと色情報は直接結合されることが考えられる。これにより、色情報を手がかりにリスト単位の検索がおこなわれる過程が反映されているという代替説明を排除することができると考えられる。

実験の結果、Positive プローブでは、一致リストのセットサイズ効果は

CSIにかかわらず認められた。一方、不一致リストのセットサイズ効果は手がかり提示から 2,000 ms の時点では観察されなかった。この結果は、Oberauer (2001) と一致するものであり、研究 2 においても再現されたといえる。

先に述べたように、本実験では、一致リストを形成するために色の情報が必須となる。そのため、代替説明が前提とする、リストと色情報が独立した情報で存在するという考えが成立しない。よって、実験の結果は、アイテムが色情報と直接結合されている場合においても、不一致リストのセットサイズ効果が消失していることを示唆している。そのため、本実験の結果は、CSI が長くなると不一致リストのセットサイズ効果が消失する原因は、学習時に維持した情報から不要な情報が排除されるためであるという Oberauer (2001) の説明を支持するものと考えられる。

したがって、Modified Sternberg task における学習完了時の記憶の状態は、各アイテムが文脈情報と結合されていると考えることができる。そのため各アイテムは明確に区分されておらず (Oberauer, 2003)、フレームが提示されるとアイテムと文脈情報の照合がおこなわれると考えられる。それゆえ、情報の排除は、不一致リストを排除するというようなリスト単位におこなわれるのではなく、アイテムごとに排除がおこなわれている可能性がある。

また、リジェクト反応では、CSIにかかわらず Negative プローブに比べ Intrusion プローブに対する反応が遅いことが示され、侵入効果が観察された。この結果も Oberauer (2001, 2005) の結果を再現していた。侵入効果は、Intrusion プローブがヒット反応を誘発していることを反映していると解釈される。侵入効果が CSI の調整を受けないことは、Intrusion プローブが Central Component 外へ排除されたとしても活性化を維持し

ていることを示唆している。Positive プローブの結果は、不一致リストの排除がおこなわれているという Oberauer (2001) の説明を支持するものであり、侵入効果についても、排除された情報が依然活性化していると解釈できる。

ただし、本研究のリジェクト反応のセットサイズ効果は異なる傾向を示していた。リジェクト反応における不一致リストサイズの効果は全ての条件において有意であったが、CSI が 2,000 ms では不一致リストサイズが大きいほど反応が速かった。これは、セットサイズの増大に伴い反応時間が伸長するというセットサイズ効果とは反対の傾向を示しており、Sternberg task におけるセットサイズ効果と区別されるものである。手続き上、参加者はプローブが提示されるまでヒット反応をおこなうのかりリジェクト反応をおこなうのかを予測することはできない。そのため、プローブが提示されるより前の時点で、Positive プローブに判断をおこなう場合には不一致リストが排除されているが、Negative プローブと Intrusion プローブの場合には排除されていないという説明は成り立たない。よって、セットサイズと反応時間の比例関係を示すセットサイズ効果については、リジェクト反応においても消失したと考えられる。この限りにおいては、Positive プローブの結果と一致しているといえるだろう。

一方、CSI が 2,000 ms 時点の不一致リストのセットサイズの効果が逆の傾向となった理由としては、リジェクト反応に特有の過程が原因と考えられる。Modified Sternberg task において、ヒット反応は Central Component 内の検索のみによって反応が算出されると考えられている。一方、リジェクト反応は Central Component 内の情報検索によって反応が決定できない場合、プローブを手がかりとして色情報を検索する過程が判断の証拠として蓄積されることが指摘されている (Oberauer, 2008)。

Negative プローブの場合、プローブから文脈情報が検索できないことが証拠となり、Intrusion プローブの場合プローブから検索される文脈情報がリジェクト反応の証拠を蓄積する。

よって、不一致リストのセットサイズ効果が真逆の方向を示したことは、プローブを手がかりに排除された不一致リストの色情報を検索する過程に起因している可能性が指摘できる。不要な情報の排除が、刺激ごとにおこなわれるという知見に基づくと (Ecker, Lewandowsky, & Oberauer, 2014), 不一致リストのセットサイズが1の場合の方が、3の場合よりも早く排除が完了していると考えられる。Central Component 外の記憶は活性化が時間経過に伴い減衰していくと考えられているため (Oberauer, 2009), リストが早く排除されるほど、CSI が 2,000 ms の時点での活性化は低いはずである。このため、プローブを手がかりに不一致リストを検索する時には、セットサイズが1の条件の方が活性化が低く、検索に時間を要した可能性がある。ただし、本実験は不一致リストが排除されるまでを捉えたものであり、排除された情報がどのような状態であるのかについて言及することはできない。今後は、排除された情報の時間的経過について詳細な検討をおこなう必要があると考えられる。

研究2と研究1の結果を比較すると、研究2では研究1で認められなかった一致リストサイズが1の場合においても不一致リストのセットサイズ効果及びその消失が観察された。手続き上、研究2では刺激として文字を使用しており、単語を使用した研究1に比べ、Central Component に維持する刺激の複雑性に比例する表象間競合は小さいものと考えられる。しかし、研究2では、色と位置の対応を回避したことで、文脈情報の複雑性は増していると考えられる。文脈情報が複雑となることも刺激の複雑性と同様に表象間競合を拡大する (Oberauer, 2009)。したがって、

文脈情報の複雑性に比例する表象間競合の増大が、刺激の複雑性が低下したことによる表象間競合の減少を上回り、両者により規定される表象間競合の程度は研究 1 に比べ高い可能性がある。そのため、一致リストサイズが 1 の場合であっても選択と排除が完了しておらず、不一致リストのセットサイズ効果が認められたと考えられる。

したがって、研究 2 の結果からも、**Modified Sternberg task** では不一致リストのセットサイズ効果の消失という現象が安定して観察されることが確認された。

4.3. 総合考察

第4章の研究1, 研究2では Modified Sternberg task の妥当性を検討する目的の下, 3つの実験をおこなった。研究1では, 先行研究と同じ現象が観察されるのかというデータの再現性に主眼を置いた。次いで, 研究2ではこのデータに対する Oberauer (2001) の説明の妥当性を検討した。

まず, 研究1における実験A・実験Bから日本語を刺激とした Modified Sternberg task の特徴が明らかとなった。一つは, 不一致リストのセットサイズ効果は, CSIが100msでは認められるが, 300ms, 2,000msでは認められなかった。さらに, 一致リストサイズが1の場合, CSIが100msでも認められないことが示された。これは, 日本語を刺激とした Modified Sternberg task では, Oberauer (2001) のドイツ語を刺激とした場合に比べ速い段階で排除が完了していた可能性がある。

二つめは, 侵入効果はCSIが100ms, 300ms, 2,000msで認められたが, 実験Aにおける一致リストサイズが1の場合CSIが2,000msの時点で認められなかった。これは, 排除されたリストの活性化状態がCSIが300msでは保たれているが, 2,000msの時点では, ベースラインに低下している場合があることを示唆していると考えられる。

研究2では, セットサイズ効果が単にリスト検索の完了を反映しているという代替説明について検討をおこなった。実験では, 代替説明が困難な環境を設定し, Oberauer (2001) 及び, 研究1の実験Aと同様の結果が示された。したがって, 研究2の結果から, Modified Sternberg task の解釈として, 情報の選択と排除を想定する Oberauer (2001) の説明が妥当であると考えられる。また, Oberauer (2001) の説明が妥当であるとする, 研究2の結果は, Modified Sternberg task では, ワーキングメ

メモリ内で各アイテムと文脈情報を照合し、手がかりに合致するアイテムを選択することでリストとして維持していると考えられる。すなわち、学習後は手がかりに合致する情報も合致しない情報もワーキングメモリ内で区分されることなく維持されていると考えることができる。よって、排除される情報はリスト単位で排除されるのではなく、各アイテムと文脈情報が結合した一つの刺激の記憶として排除されていると考えられる。

研究2と研究1の結果を比較すると、研究2では研究1で認められなかった一致リストサイズが1の場合においても不一致リストのセットサイズ効果及びその消失が観察された。手続き上、研究2では刺激として文字を使用しており、単語を使用した研究1に比べ、**Central Component**に維持する刺激の複雑性に比例する表象間競合は小さいものと考えられる。しかし、研究2では、色と位置の対応を回避したことで、文脈情報の複雑性は増していると考えられる。文脈情報が複雑となることも刺激の複雑性と同様に表象間競合を拡大する (Oberauer, 2009)。したがって、文脈情報の複雑性に比例する表象間競合の増大が、刺激の複雑性が低下したことによる表象間競合の減少を上回り、両者により規定される表象間競合の程度は研究1に比べ高い可能性がある。そのため、一致リストサイズが1の場合であっても選択と排除が完了しておらず、不一致リストのセットサイズ効果が認められたと考えられる。

以上、第4章の結果は、**Modified Sternberg task**で観察される不一致リストのセットサイズ効果の消失という現象の再現性が確認された。また、この現象を **Three-Embedded-Components model** (Oberauer, 2009) に基づき解釈することの妥当性を支持するものであった。よって、第5章、第6章の結果は、**Three-Embedded-Components model** に基づく解釈をおこなう。

第5章 排除の作動メカニズム¹²

これまでの抑制理論では (Anderson, 2003; Hasher & Zacks, 2006), 抑制は実行機能の一つと考えられてきた。実行機能は前頭葉に直接支持される目標志向的な処理を指すことから, 抑制は能動的な機能の一つに位置づけられていた。これは, 不要な情報を抑える, という目標が設定されることを条件に働くことを仮定するものである。しかし, 近年の研究では, 競合を低減する働きは, 目標に応じた処理をおこなう実行機能に付随して作用する働きとして位置付けられており (Miyake & Friedman, 2012; Munakata et al., 2011), 不要な情報を抑える, というような目標志向的な機能として考えられていない。そのため, 抑制がどのような条件で作動するのかという問題は今一度検討する必要がある。

抑制の作動条件を推定するための手がかりとなると考えられるものが, ワーキングメモリの更新と排除の知見である。ワーキングメモリの更新は, 実行機能の一つに数えられる働きであり, 目標の変更に応じてワーキングメモリに維持する記憶を適切なものに変更する過程である。一方, 排除は, 抑制の結果もたらされる作用であり, ワーキングメモリ内の不要となった記憶が脱活性化されると, 活性化を失ったことでワーキングメモリとして維持されなくなることを指す (Friedman & Miyake, 2004; Hasher & Zacks, 2001; Oberauer, 2001)。Ecker et al. (2010) の研究によると, 排除がワーキングメモリの更新に特有の働きであることが指摘され

¹²本研究は, 心理学研究に掲載予定の論文を改変したものである。また, 本研究のデータの一部は日本心理学会第79回大会と認知心理学会第14回大会にて発表された。

玉木賢太郎・内藤佳津雄 (印刷中). ワーキングメモリ内の課題関連情報の選択による非選択情報の排除, 心理学研究, 87.

ている。

Three-Embedded-Components model の観点からワーキングメモリの更新は次のように捉えられる。まず、**Central Component** は、提示されるアイテムといった記憶が文脈情報（例えば、位置や時系列など）と一時的に結合されることで維持・形成される。すなわち、ワーキングメモリ内容は結合された記憶の集合である。したがって、ワーキングメモリ内容の更新は、新たな目標に一致するように、情報の集合を結合し形成しなおす過程として捉えられる。このときに **Central Component** から不要な情報が排除される。

Modified Sternberg task に反映される不要な情報の排除は、多くの情報により形成されている情報の集合を、課題目標に一致する情報のみを用いて結合しなおす更新の過程としても捉えられる。すなわち、不要な情報を排除する際には、目標に一致する情報に対しても結合するという処理がおこなわれていると考えられる。例えば、ワーキングメモリの更新課題では、維持している情報の一部を新しい情報に変更することが求められる (Ecker et al. 2010)。このとき、更新する必要のない情報は引き続き維持されていなければならない。更新する必要のない情報を維持し続けるためには、必要な情報の選択がおこなわれていると考えられる。

加えて、必要な情報を選択することは、選択されなかった情報を不要な情報として位置づけることができる。したがって、不要な情報は、必要な情報を選択することによって明確となり、排除が可能となると考えられる。このように考えると、必要な情報の選択が完了すると排除が始まるという仮説が立てられる。これは、促進処理が競合の低減を伴うという点で Munakata et al. (2011) の実行機能フレームワークと一致する。

この仮説を検討するために、研究 2 の提示方法を用いた **Modified**

Sternberg task (Oberauer, 2001) にさらに実験操作を加える。Modified Sternberg task では、表記色の異なる 2 つのリストが同時に提示され、参加者は各アイテムと表記色の組み合わせを覚える。学習後に四角形のフレームが提示され、その一定時間後 (CSI) に再認対象のプロープを提示する。参加者は、プロープが一致リストに含まれていたかどうかの判断をおこなう。その結果、CSI が 100 ms の時点では一致リストのセットサイズ効果と不一致リストのセットサイズ効果がともに認められることから、この時点では両リストがワーキングメモリ内に維持されている。CSI が長くなるにつれて不一致リストのセットサイズ効果のみ徐々に小さくなり、CSI が 1,000 ms 以上では消失する。セットサイズ効果が消失するのは、Central Component から不一致リストが徐々に排除され、最終的に Central Component 内に存在しないことを反映している。ただし、Oberauer (2001) の実験はどの時点で不一致リストの排除が開始されるのかを問題としたものではなく、よって排除の作動条件については言及されていない。

必要な記憶の選択が完了することで、その他の記憶に対して抑制が働くという本論文の仮説に基づけば、抑制の作用の一つである排除に関しても必要な記憶の選択が完了することで不要な情報の排除が始まると考えられる。Modified Sternberg task においては、一致リストの選択が完了することで、不一致リストの排除が開始されると想定される。よって、仮説に基づくと、一致リストの選択に時間を要する場合、排除が始まる時間は遅延し、その分だけ排除が完了する時間も遅くなるはずである。したがって、Oberauer (2001) よりも一致リストの選択に時間を要する環境を設定することで、仮説を検証できると考えられる (Figure 4)

そこで、選択に時間を要する環境において CSI が 1,000 ms 以上の場合

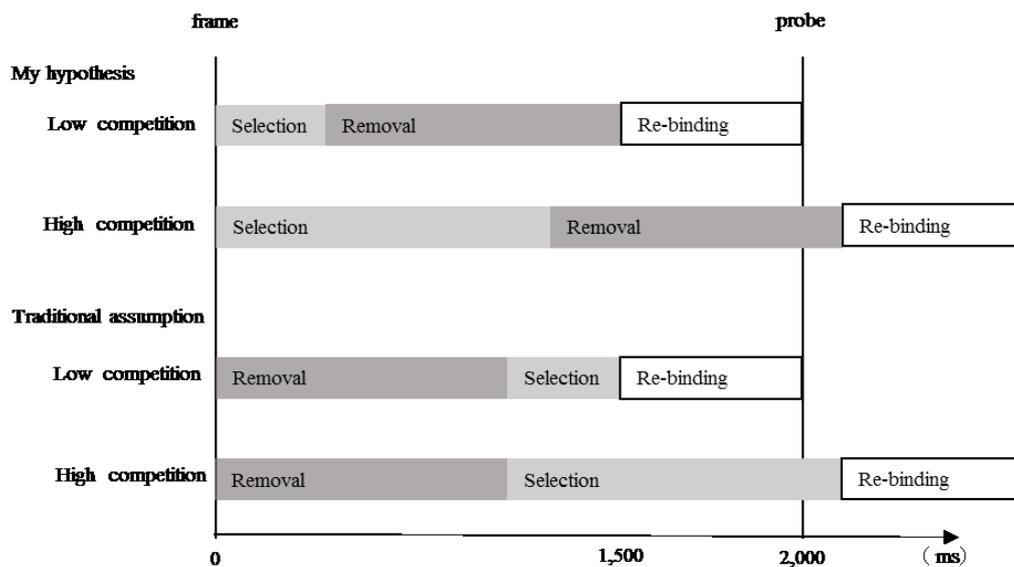


Figure 4

Time course of the modified Sternberg task.

でも不一致リストのセットサイズ効果が観察されるかを検討する。実験では一致リストの選択に要する時間を伸長させるため、学習完了時の Central Component 内の競合を増大させた。競合はリストに含まれるアイテムの数や、アイテムと文脈情報の組み合わせの数が増えることによって増大する (Oberauer, 2013; Oberauer, Souza, Druey, & Gade, 2013)。文脈情報に一致する項目を選択するためには、Central Component 内の全ての情報について悉皆的な検索がおこなわれ、個々の情報を文脈情報と照合することで、文脈情報に一致する情報が選択される。そのため、競合が増大すると、選択の候補が増えるとともに、個々の情報の区別が困難となり、選択により時間がかかると考えられている (Oberauer, 2009)。

このことから、実験では、色情報に加え位置に基づいて一致リストを指示することで、覚えなければならない文脈情報を増やした (Figure 5)。研究 2 において問題に上げたように Oberauer (2001) は、マトリックス

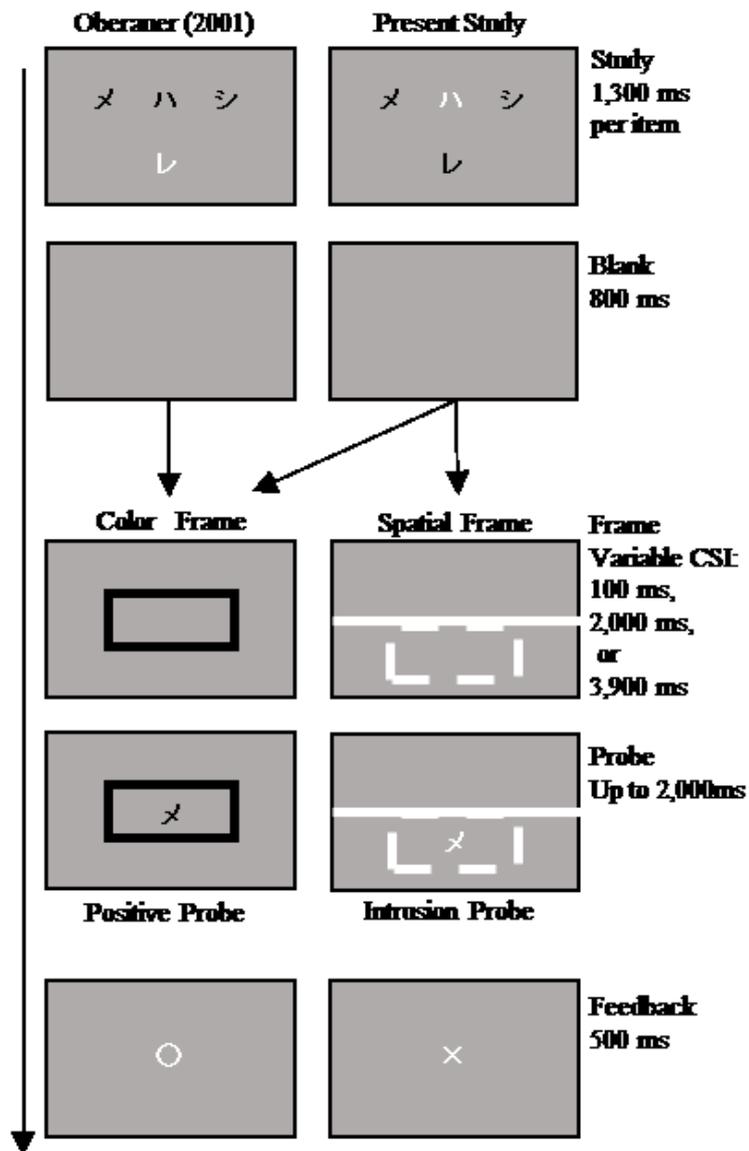


Figure 5

Examples of procedures in the modified Sternberg task. The left column is described in Oberauer's (2001) procedure. The right column of the top row is the presentation method used in the present study. The rectangle with concrete lines is the color cue. The rectangle with broken line is the spatial cue.

上に、上の行のリストが赤、下の行のリストが青のように色と位置を対応させて提示しているため、位置情報によっても一致リストを指示することができると考えられる。これを利用して、本研究では、色フレーム（赤、青）に加えて位置フレーム（上、下）によって一致リストを指示した。また、刺激提示時には一方の行に同じ色がまとまらないように提示した。このため、参加者は、各アイテムについて色と位置の情報を覚えなければならず、学習完了時の競合が増大すると考えられる。

リストの項目数を増やすことで競合を増大させることも可能であると考えられるが、本研究では競合の増大が排除過程の開始から完了までの時間に影響しないようにするため、項目数を増やす方法は採用しなかった。排除は個々の情報ごとにおこなわれると考えられており、各刺激あたり 500 ms 程度で完全に排除されると推定されている (Ecker, Oberauer et al., 2014)。Ecker, Oberauer et al. (2014) による排除の所要時間についての推定は、Modified Sternberg task における不一致リストのセットサイズ効果が消失するまでの時間間隔 (Oberauer, 2001) に基づくものであるため、Oberauer (2001) と同じくリストに含まれる刺激数が最大 3 つであれば、1,500ms ほどで排除が完了すると考えられる。これに関連して、Souza, Rerko, & Oberauer (2014) は、図形の色情報と空間情報を覚えさせ、位置を指示した後に、プローブの色情報が空間情報と一致するかを判断させる実験をおこなっている。その結果、セットサイズが 6 つの条件においても、位置情報の指示から 2,000 ms 後にプローブを提示した場合にセットサイズの影響がなくなることを示している。この実験では、課題関連情報はリストではなく、単一の刺激であるため、必要な情報の選択過程は異なる可能性があるが、色情報と位置情報を結合して覚えなければならない場合においても指示後 2,000 ms ほどで不要な情報がワー

キングメモリから排除されている。このため、刺激と文脈情報の組み合わせを増やす方法の場合、排除過程にかかると想定される時間間隔は Oberauer (2001) の実験と同等であると考えられる。

一方、刺激数を増やすことで競合を増大させた場合、1 リストのセットサイズが4つ以上となり、排除に要する時間は2,000 ms を超えると考えられる。この場合、競合を増大させたことによって一致リストの選択に要する時間と排除に要する時間がともに長くなると推測され、不一致リストのセットサイズ効果はCSIが1,000 ms以上の時点で認められたとしても、選択と排除のどちらの遅延によるものなのかを結論付けることが困難となる。

以上から、文脈情報の組み合わせを増やすと、Modified Sternberg task では一致リストの選択に時間を要する一方、不一致リストの排除は開始から1,000 ms から1,500 ms の間で完了すると考えられる。課題関連情報の選択の完了により排除が開始するのであれば、本研究においては選択に長い時間を要する分だけ排除過程が先送りにされるため、CSIが1,500 ms 以上においても不一致リストが Central Component に維持されており、セットサイズ効果が認められるはずである。

5.1. 研究 3

目 的

研究 3 では、Oberauer (2001) や第 4 章の手続きに比べ、競合が大きい環境下で Modified Sternberg task を実施する。競合が大きい環境は、覚えなければならないアイテムと文脈情報の組み合わせを増やすことで設定した。必要な情報の選択により抑制が作動するのであれば、必要な情報の選択に時間を要する本研究の手続きでは、排除の作動が遅れ、その分だけ Central Component 内に不一致リストが維持されている時間が長くなると考えられる。

これを示すため、CSI を 100 ms と 2,000 ms に設定した。Oberauer (2001) の実験では、CSI が 100 ms の時点では Central Component として維持されていた不一致リストが、CSI が 1,000 ms の時点では排除されることが示されている。それゆえ、Oberauer (2001) と同様の手続きであれば CSI が 1,000 ms の時点では、不一致リストのセットサイズ効果は認められないことが予測される。さらに、研究 1 の結果は、表象間競合の小さいと考えられる日本語を刺激とした場合には、CSI が 300 ms の時点ですでに不一致リストのセットサイズ効果は認められず、Oberauer (2001) よりも早い時点で処理が完了することを示唆するものであった。したがって、先行研究の手続きでは、CSI が 2,000 ms 以上で不一致リストのセットサイズ効果が持続することは予測されない。

仮に、Anderson (2003) の抑制理論のように、ターゲットへのアクセスに先行して抑制がおこなわれるのであれば、排除は先行研究と同じく 1,000 ms から 1,500 ms の間には完了すると考えられる。ただし、抑制対象を選択する過程が競合により遅延すると考えれば、本論文の仮説を同

じく排除の遅れが予測されると考えられる。しかし、この説明は、第 2 章にて挙げた、二つの理論的問題がどちらも解消されていない。すなわち、抑制対象を選択するということとアクセス対象を選択するということと同時に想定できないという問題と（月元, 2007）、能動的な実行機能ではない抑制が（Miyake & Friedman, 2012; Munakata et al., 2011）、対象を選択するということとはどのような過程を想定するのかという問題が残る。

方 法

参加者

大学生 20 名に実験を実施した。参加者は口頭と書面で実験内容の説明を受け、同意書に署名した。参加者は謝礼として 500 円分の金券を受け取った。実験の所要時間は約 40 分であった。

実験計画

ヒット反応は、2 (CSI: 100 ms, 2,000 ms) × 2 (一致リストサイズ: 1, 3) × 2 (不一致リストサイズ: 1, 3) の 3 要因参加者内計画とした。

リジェクト反応については、プローブの種類を要因を加え、2 (プローブの種類: Negative プローブ, Intrusion プローブ) × 2 (CSI: 100 ms, 2,000 ms) × 2 (一致リストサイズ: 1, 3) × 2 (不一致リストサイズ: 1, 3) の 4 要因参加者内計画とした。

実験装置

反応の取得はラップトップ PC (lenovo T510) を用いた。刺激はラップトップ PC のディスプレイに提示し刺激提示ソフト E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) によって制御した。ディスプレイの解像度は 1,024 × 768 ピクセルに設定した。

実験刺激

実験刺激にはカタカナを使用した。カタカナのうちア行及びワ行を除いたため、使用した文字は 38 文字であった。文字の大きさは 24.67 ピクセル (8 mm) とした。先行研究では刺激として単語が用いられていたが (Oberauer, 2001, 2005), 本研究では各刺激に対し色と提示位置の 2 種類の文脈情報の組み合わせを覚えさせることから、記憶負荷を低減させるため、文字を刺激とした。

手続き

参加者は Modified Sternberg task を 16 試行練習し、その後本試行を 2 ブロックおこなった。1 ブロックは 64 試行で構成され、ブロック間には休憩を設けた。課題では、はじめにグレー背景の画面上にカタカナ文字を提示した。提示する刺激数は、一致リストの刺激数 (1, 3) と不一致リストの刺激数 (1, 3) の組み合わせによって決まるため、2 文字、4 文字、6 文字のいずれかであった。刺激の提示時間は 1 文字あたり 1,300 ms とし、全ての文字を同時に提示した。刺激は 2 行×3 列のマトリックス上に配置した。提示する刺激数が 2 文字の場合、刺激を中央列に上下に配置した。4 文字の場合は 3 文字を上下のどちらかの行に一列に並べ、1 文字を残りの行の中央列に配置した。刺激は赤か青で表記した。提示する刺激数が 2 文字の場合、1 文字を赤、残りの 1 文字を青とした。同様に、6 文字の場合は 3 文字を赤、残りの 3 文字を青とした。刺激数が 4 文字の時は、3 文字を赤とした場合は残りの 1 文字を青、3 文字を青とした場合は残りの 1 文字を赤とした。文字数が 4 文字、6 文字の場合は、同じ行に同色がまとまらないよう設定した。この提示方法により、赤リスト、青リスト、上リスト、下リストのいずれを指示する際も刺激提示画面は共通となった。

刺激の提示後、グレーの画面を 800 ms 間挿入し、一致リストを指示す

る長方形のフレームを提示した。フレームは4種類設定した。赤リスト、青リストを指示する場合は、画面の中央に赤か青の長方形を提示した。上リスト、下リストを指示する場合は、上リストが提示されていた位置と同じ位置に白色の長方形を提示した。フレームの提示時間はCSIに従い、100 ms か 2,000 ms であった。CSIはブロックごとに変化させ、100 ms ブロックと 2,000 ms ブロックの実施順序は参加者間でカウンターバランスをとった。その後、フレーム内にプローブとしてカタカナ1文字を提示した。プローブの色は、指示されたリストが赤リストと青リストの場合はフレームと同色で、上リストと下リストの場合は黒で表記した。参加者にはプローブが一致リストに含まれるかを2,000 ms以内に判断することを求め、ヒット反応はLのキーを、リジェクト反応はSのキーを押すよう教示した。最後に、キーを押した直後に反応の正誤を500 ms提示した。

各ブロック内で、一致リストサイズ(1, 3)と不一致リストサイズ(1, 3)の組み合わせが同数提示されるようにした。また、4種類のリスト(赤, 青, 上, 下)が一致リストとなる回数が等しくなるように設定した。プローブの提示回数は、Positive プローブ, Negative プローブ, Intrusion プローブが2:1:1の比となるよう直交させた。

結 果

反応時間

全正答試行を対象に平均再認反応時間を算出し、3SD以内の範囲の試行を分析に用いた。このため、全正答試行から1.88%のデータを除外した。除外後のデータを用い、条件ごとの平均を算出した (Table 5)。

Table 5

Mean reaction times in ms, standard deviations, and CIs as a function of relevant and irrelevant set size and CSIs for each probe in Research 3.

Probe	CSI (ms)	relevant size = 1						relevant size = 3					
		irrelevant size = 1			irrelevant size = 3			irrelevant size = 1			irrelevant size = 3		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>									
positive	100	682	132	653-712	722	107	693-752	795	108	765-824	898	103	869-927
	2,000	438	62	409-467	418	59	388-447	619	80	589-648	698	113	668-727
negative	100	756	132	716-796	841	142	802-881	919	119	879-959	939	152	899-978
	2,000	511	60	472-551	514	83	474-554	762	128	722-802	732	135	692-772
intrusion	100	654	99	614-694	702	116	662-742	701	76	661-740	779	111	739-819
	2,000	503	64	463-543	478	63	438-517	609	86	569-649	656	96	616-695

Note. *SD* = Standard Deviation, 95%*CI* = 95% Confidence Interval
CSI = cue-stimulus intervals

ヒット反応 Positive プローブに対するヒット反応の平均反応時間は、CSIが100 msの場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが1:1のとき682 ms ($SD = 128$), 1:3のとき722 ms ($SD = 104$), 3:1のとき795 ms ($SD = 105$), 3:3のとき898 ms ($SD = 100$)であった。CSIが2,000 msの場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが1:1のとき438 ms ($SD = 60$), 1:3のとき418 ms ($SD = 57$), 3:1のとき619 ms ($SD = 77$), 3:3のとき698 ms ($SD = 110$)であった。

Positive プローブに対する反応時間について、不一致リストサイズ、CSI、一致リストサイズを要因とする分散分析をおこなったところ、不一致リストサイズの主効果 ($F(1, 19) = 64.76, MSe = 1,574.69, p < .01, \eta_p^2 = .77$), 一致リストサイズの主効果 ($F(1, 19) = 237.55, MSe = 5,896.94, p < .01, \eta_p^2 = .93$), そしてCSIの主効果が有意であった ($F(1, 19) = 209.83, MSe = 10,204.45, p < .01, \eta_p^2 = .92$)。

また、不一致リストのセットサイズ効果は、CSIとの交互作用が有意傾向であった ($F(1, 19) = 4.1, MSe = 4,349.61, p = .057, \eta_p^2 = .18$)。しかし、単純主効果の検定の結果、不一致リストサイズの単純主効果はCSIが100

ms の時点においても ($F(1, 19) = 24.93, MSe = 4,113.13, p < .01, \eta_p^2 = .57$), 2,000 ms においても有意であり ($F(1, 19) = 9.54, MSe = 1,811.17, p < .01, \eta_p^2 = .33$), CSI の単純主効果も認められた (不一致リストサイズが 1 のとき, $F(1, 19) = 138.00, MSe = 6,407.03, p < .01, \eta_p^2 = .88$; 不一致リストサイズが 3 のとき, $F(1, 19) = 156.48, MSe = 8,147.03, p < .01, \eta_p^2 = .89$)。この結果は, 不一致リストのセットサイズ効果は, 全般的な反応時間は CSI が 2,000 ms の方が速いが, CSI に関わらず認められたといえる。

同様に, 一致リストサイズと CSI の交互作用が有意であったため ($F(1, 19) = 22.22, MSe = 3,347.02, p < .01, \eta_p^2 = .54$), 単純主効果の検定をおこなった。その結果, CSI にかかわらず一致リストサイズの単純主効果は有意であった (CSI = 100 ms のとき, $F(1, 19) = 79.93, MSe = 5,190.07, p < .01, \eta_p^2 = .80$; CSI = 2,000 ms のとき, $F(1, 19) = 261.56, MSe = 4,053.90, p < .01, \eta_p^2 = .93$)。また, CSI の単純主効果は一致リストサイズが 1 の場合 ($F(1, 19) = 170.47, MSe = 8,838.88, p < .01, \eta_p^2 = .90$) と 3 の場合ともに有意であった ($F(1, 19) = 150.40, MSe = 4,712.58, p < .01, \eta_p^2 = .89$)。これは, CSI が 2,000 ms のときは 100 ms の時に比べ反応時間が速く, かつ, 一致リストサイズが大きいと反応に時間を要することを示しており, 一致リストサイズのセットサイズ効果は一貫して認められた。

加えて, 不一致リストサイズと一致リストサイズの交互作用も認められた ($F(1, 19) = 23.42, MSe = 2,800.74, p < .01, \eta_p^2 = .55$)。単純主効果の検定の結果, 一致リストサイズの単純主効果は不一致リストサイズの全ての条件で認められた (不一致リストサイズが 1 のとき, $F(1, 19) = 137.00, MSe = 3,139.39, p < .01, \eta_p^2 = .88$; 不一致リストサイズが 3 のとき, $F(1, 19) = 186.44, MSe = 5,558.29, p < .01, \eta_p^2 = .91$)。一方, 不一致リストサイズの単純主効果が認められたのは一致リストのセットサイズが 3 の

ときのみであり ($F(1,19) = 101.96, MSe = 1,623.81, p < .01, \eta_p^2 = .84$), 一致リストサイズが 1 の時には認められなかった ($F(1,19) = 0.73, MSe = 2,751.62, p = .40, \eta_p^2 = .04$).

そこで、一致リストサイズ、CSI 別に、不一致リストサイズ 3 条件の反応時間から 1 条件の反応時間を減算し、不一致リストのセットサイズ効果の指標として算出した。その結果、不一致リストのセットサイズ効果は、一致リストサイズが 1 のとき、CSI が 100 ms で 40 ms ($SD = 96$) であり、0 ms よりも大きかった ($t(19) = 1.88, p = .07, d = .04$)。しかし、CSI が 2,000 ms の時点では -20 ms ($SD = 50$) へ変化していた ($t(19) = 2.42, p = .03, d = .79$)。CSI が 2,000 ms ではセットサイズ効果が 0 を下回っていることから、CSI が 2,000 ms では不一致リストのセットサイズ効果が消失していると考えられる。一方、一致リストサイズが 3 の時、不一致リストのセットサイズ効果は、CSI が 100 ms と 2,000 ms で、それぞれ 103 ms ($SD = 79$) と 79ms ($SD = 69$) であった ($t(19) = 0.87, p = .40, d = .33$)。以上の結果から、不一致リストのセットサイズ効果は、一致リストサイズが 1 の場合には非常に小さく、CSI が 2,000 ms で消失していると考えられる。

リジェクト反応 Negative プローブに対するリジェクト反応の平均反応時間は、CSI が 100 ms の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 654 ms ($SD = 96$), 1:3 のとき 702 ms ($SD = 113$), 3:1 のとき 701 ms ($SD = 74$), 3:3 のとき 779 ms ($SD = 108$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 503 ms ($SD = 62$), 1:3 のとき 478 ms ($SD = 61$), 3:1 のとき 609 ms ($SD = 84$), 3:3 のとき 656 ms ($SD = 93$) であった。

Intrusion プローブに対するリジェクト反応の平均反応時間は、CSI が

100 ms の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 756 ms ($SD = 128$, 1: 3 のとき 841 ms ($SD = 138$), 3: 1 のとき 919 ms ($SD = 116$), 3: 3 のとき 939 ms ($SD = 148$) であった。CSI が 2,000 ms の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 511 ms ($SD = 58$), 1: 3 のとき 514 ms ($SD = 80$), 3: 1 のとき 762 ms ($SD = 124$), 3: 3 のとき 732 ms ($SD = 132$) であった。

リジェクト反応についてプローブの種類, CSI, 一致リストサイズ, 不一致リストサイズを要因とする参加者内分散分析をおこなった。分析の結果, プローブの種類 ($F(1,19) = 80.35, MSe = 12,439.49, p < .01, \eta_p^2 = .81$), CSI ($F(1,19) = 128.17, MSe = 22,684.39, p < .01, \eta_p^2 = .87$), 一致リストサイズ ($F(1,19) = 162.94, MSe = 9,910.04, p < .01, \eta_p^2 = .90$), 不一致リストサイズ ($F(1,19) = 14.10, MSe = 4,486.45, p < .01, \eta_p^2 = .43$) の主効果は全て有意であった。また, プローブの種類と CSI の交互作用 ($F(1,19) = 28.22, MSe = 5,295.28, p < .01, \eta_p^2 = .60$), プローブの種類と一致リストサイズの交互作用 ($F(1,19) = 26.95, MSe = 4,794.70, p < .01, \eta_p^2 = .59$), 一致リストサイズと CSI の交互作用 ($F(1,19) = 25.92, MSe = 6,589.60, p < .01, \eta_p^2 = .58$), 不一致リストサイズと CSI の交互作用が認められた ($F(1, 19) = 10.84, MSe = 6,521.19, p < .01, \eta_p^2 = .36$)。加えて, プローブの種類, 一致リストサイズ, 不一致リストサイズの二次の交互作用が認められた ($F(1, 19) = 11.11, MSe = 4,496.91, p < .01, \eta_p^2 = .37$)。

侵入効果は Negative プローブに比べ Intrusion プローブへの反応が遅延することによって確認されるため, プローブの種類の効果として反応時間に反映される。このため, プローブの種類と CSI との交互作用について, 単純主効果の検定をおこなった。その結果, プローブの種類の単純主効果は CSI にかかわらず認められ (CSI = 100 ms のとき, $F(1, 19) =$

104.36, $MSe = 9,208.07$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .85$; $CSI = 2,000$ ms のとき, $F(1,19) = 22.05$, $MSe = 8,526.70$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .54$), CSI の単純主効果も Negative プローブ ($F(1,19) = 69.22$, $MSe = 12,556.74$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .78$), Intrusion プローブ ($F(1,19) = 141.84$, $MSe = 15,422.93$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .88$) とともに認められた。よって, CSI が長くなるとプローブに対する反応時間は短くなるが, Negative プローブに比べ Intrusion プローブの判断に時間を要することが示された。つまり侵入効果が認められた。

また, プローブの種類と一致リストサイズ, 不一致リストサイズの二次の交互作用について, 単純・単純主効果の検定をおこなった。その結果, プローブの種類, 一致リスト, 不一致リストのサイズに関わらず認められた (一致リスト = 1, 不一致リスト = 1 のとき, $F(1,76) = 8.65$, $MSe = 61,230.95$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .24$; 一致リスト = 1 かつ不一致リスト = 3 のとき, $F(1,76) = 21.79$, $MSe = 154,301.20$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .44$; 一致リスト = 3 かつ不一致リスト = 1 のとき, $F(1,76) = 97.41$, $MSe = 689,643.36$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .78$; 一致リスト = 3 かつ不一致リスト = 3 のとき, $F(1,76) = 39.49$, $MSe = 279,572.56$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .58$)。以上より, 侵入効果は CSI , 一致リストサイズ, 不一致リストサイズに関わらず観察された。

正答率

反応時間と同様に, 各条件について平均再認率を算出した (Table 6)。

ヒット反応 Positive プローブに対するヒット反応は, CSI が 100 ms の場合, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 95.0% ($SD = 6.3$), 1:3 のとき 93.8% ($SD = 6.4$), 3:1 のとき 93.1% ($SD = 6.4$), 3:3 のとき 81.3% ($SD = 14.3$) であった。 CSI が 2,000 ms の場合は, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 98.1% ($SD = 6.1$), 1:3

Table 6

Mean rates for recognition, standard deviations, and CIs as a function of relevant and irrelevant set size and CSI for each probe in Research 3.

Probe	CSI (ms)	relevant size = 1						relevant size = 3					
		irrelevant size = 1			irrelevant size = 3			irrelevant size = 1			irrelevant size = 3		
		<i>M</i>	<i>SD</i>	95% <i>CI</i>									
positive	100	93.0	7.5	88.5-97.5	70.4	20.1	65.9-74.9	85.5	11.7	81.0-90.0	79.4	15.8	74.9-83.9
	2,000	97.4	4.9	92.9-100	78.9	9.4	74.4-83.5	94.4	8.1	88.9-97.9	89.5	10.7	85.0-94.0
negative	100	98.2	5.3	93.0-100	95.6	12.2	93.0-100	90.4	11.5	85.1-95.6	93.0	10.1	88.0-98.2
	2,000	98.2	5.3	93.0-100	96.5	7.0	90.3-100	93.9	10.0	88.6-99.1	94.7	9.7	89.5-100
intrusion	100	86.8	17.2	81.6-92.1	88.6	13.7	83.3-93.9	79.8	19.7	74.5-85.1	80.7	23.1	75.4-86.0
	2,000	96.5	7.0	91.2-100	97.4	6.2	92.1-100	86.8	16.3	81.6-92.1	83.3	14.7	78.1-88.6

のとき 99.4 % ($SD = 2.8$), 3: 1 のとき 93.8 % ($SD = 7.6$), 3: 3 のとき 90.6 % ($SD = 11.4$) であった。

分散分析の結果, CSIの主効果 ($F(1,19) = 6.95, MSe = 126.44, p = .02, partial \eta^2 = .27$), 一致リストサイズ ($F(1,19) = 42.57, MSe = 44.41, p < .001, partial \eta^2 = .69$), 不一致リストサイズの主効果 ($F(1,19) = 9.24, MSe = 60.86, p < .001, partial \eta^2 = .33$), CSIと不一致リストサイズの交互作用 ($F(1,19) = 4.54, MSe = 63.70, p = .05, partial \eta^2 = .19$), 一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用が有意であった ($F(1,19) = 8.14, MSe = 69.08, p = .01, partial \eta^2 = .30$)。

CSIと不一致リストサイズの交互作用についての単純主効果の検定の結果, CSIの主効果は不一致リストサイズが3の場合認められたが ($F(1,19) = 7.91, MSe = 142.27, p = .01, partial \eta^2 = .29$), 不一致リストサイズが1の場合認められなかった ($F(1,19) = 1.31, MSe = 53.87, p = .27, partial \eta^2 = .06$)。一方, 不一致リストサイズの単純主効果は, CSIが100 msの時点では認められたが ($F(1,19) = 9.75, MSe = 88.30, p = .006, partial \eta^2 = .34$), CSIが2,000 msの時点では認められなかった ($F(1,19) = 0.42, MSe = 42.25, p = .53, partial \eta^2 = .02$)。

同様に、一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用について単純主効果の検定をおこなった。その結果、一致リストサイズの単純主効果は不一致リストサイズにかかわらず有意であった(1の場合: $F(1,19) = 8.64$, $MSe = 22.62$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .31$; 3の場合: $F(1,19) = 24.85$, $MSe = 90.87$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .57$)。しかし、不一致リストサイズの単純主効果は、一致リストサイズが3の場合にのみ認められ ($F(1,19) = 15.55$, $MSe = 72.37$, $p = .45$, $partial \eta^2 = .45$)、一致リストサイズが1の場合は認められなかった ($F(1,19) = 0.00$, $MSe = 57.57$, $p = .00$, $partial \eta^2 = .00$)。これらのことから、Positive プローブへの再認の正答率においては、一致リストサイズが3のCSIが100 msの時点で、不一致リストサイズが大きいほど正答率が下がっていることが示された。

リジェクト反応 リジェクト反応についても、同様の分析をおこなった。Negative プローブに対するリジェクト反応は、CSIが100 msの場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが1:1のとき100.0% ($SD = 0.0$)、1:3のとき96.3% ($SD = 12.2$)、3:1のとき98.8% ($SD = 5.6$)、3:3のとき98.8% ($SD = 5.6$)であった。CSIが2,000 msの場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが1:1のとき98.8% ($SD = 5.6$)、1:3のとき100.0% ($SD = 0.0$)、3:1のとき97.5% ($SD = 7.7$)、3:3のとき97.5% ($SD = 7.7$)であった。

一方、Intrusion プローブに対するリジェクト反応は、CSIが100 msの場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが1:1のとき93.8% ($SD = 11.1$)、1:3のとき88.8% ($SD = 17.2$)、3:1のとき85.0% ($SD = 18.8$)、3:3のとき80.0% ($SD = 20.8$)であった。CSIが2,000 msの場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが1:1のとき97.5% ($SD = 7.7$)、1:3のとき90.0% ($SD = 15.0$)、3:1のとき92.5% ($SD = 16.4$)、3:3の

とき 87.5 % ($SD = 15.2$) であった。

分散分析の結果、プローブの種類の主効果 ($F(1,19) = 38.14, MSe = 172.29, p < .001, partial \eta^2 = .67$), 一致リストサイズの主効果 ($F(1,19) = 9.92, MSe = 98.27, p = .006, partial \eta^2 = .34$), 不一致リストサイズの主効果が有意であった ($F(1,19) = 4.75, MSe = 164.47, p = .14, partial \eta^2 = .20$)。また、プローブの種類を一致リストサイズの交互作用が有意であり ($F(1,19) = 7.03, MSe = 90.05, p = .02, partial \eta^2 = .27$), プローブの種類と CSI の交互作用が有意傾向であった ($F(1,19) = 3.23, MSe = 154.61, p = .09, partial \eta^2 = .15$)。

プローブの種類と CSI の交互作用について単純主効果の検定をおこなった結果、プローブの種類単純主効果は CSI が 100 ms の場合も ($F(1,19) = 22.21, MSe = 240.75, p < .001, partial \eta^2 = .54$), CSI が 2,000 ms の場合も有意であった ($F(1,19) = 20.00, MSe = 86.14, p < .001, partial \eta^2 = .51$)。一方、CSI の単純主効果は、Intrusion プローブに対しては有意傾向であったが ($F(1,19) = 3.23, MSe = 309.21, p = .09, partial \eta^2 = .15$), Negative プローブに対しては認められなかった ($F(1,19) = 0.00, MSe = 57.57, p = 1.00, partial \eta^2 = 0.00$)。

同様に、プローブの種類と不一致リストサイズの交互作用について単純主効果の分析をおこなった。その結果、プローブの種類単純主効果は、不一致リストサイズにかかわらず有意であった (1 の場合: $F(1,19) = 23.75, MSe = 65.79, p < .001, partial \eta^2 = .56$; 3 の場合: $F(1,19) = 28.70, MSe = 196.54, p < .001, partial \eta^2 = .60$)。一方、不一致リストサイズの単純主効果は、Intrusion プローブに対しては有意であったが ($F(1,19) = 10.56, MSe = 148.23, p = .004, partial \eta^2 = .36$), Negative プローブに対しては認められなかった ($F(1,19) = 0.39, MSe = 41.00, p = .54, partial \eta^2 = .01$)。

= .02)。

考 察

研究3の結果、一致リストサイズが3の場合、CSIが2,000 msの時点においても不一致リストサイズの効果が有意であった。これは、不一致リストサイズの効果が、CSIが1,000 ms以上で消失するというOberauer (2001)の結果と一致しないものであった。セットサイズ効果が認められるリストは、Central Component内に維持されていると考えられるため、先行研究ではCSIが1,000 msで不一致リストは排除されている。これに対して、研究3では、一致リストが3の場合、CSIが2,000 msの時点でも不一致リストがCentral Component内に維持されていると考えられる。この結果は、一致リストの選択に時間を要すると不要な情報の排除の開始が遅くなり、CSIが1,000 ms以上でも不一致リストサイズの効果が認められるという予測と一致するものであった。さらに、再認率では、CSIが2,000 msの時点で不一致リストサイズのセットサイズ効果が認められることから、一致リストは選択されているものと考えられる。

一方、一致リストサイズが1の場合では、CSIが2,000 msの時点で不一致リスト3条件と1条件の差は-20 msであり、不一致リストのセットサイズ効果は認められなかった。これは、先行研究と同様であり、一致リストサイズが1の場合、CSIが2,000 msでは不一致リストがワーキングメモリに維持されていないことを示している。

これらの結果から、CSIに伴う不一致リストのセットサイズ効果は一致リストサイズによって異なると考えられる。Oberauer (2001)によると、CSIに伴う不一致リストのセットサイズ効果の変化は、不一致リストが徐々にワーキングメモリから排除されていく過程を反映している。

研究3では、不一致リストサイズのセットサイズ効果量は、一致リストサイズが3の場合、CSIが100 msと2,000 msの間で有意差が認められなかった。これは、CSIが2,000 msの時点でもCSIが100 msの時点と同程度に不一致リストが維持されていることを反映していると考えられる。つまり、一致リストサイズが3ではCSIが2,000 msの時点で排除が始まっていない可能性が指摘できる。一方、一致リストサイズが1の場合、不一致リストサイズのセットサイズ効果は100 msの方が大きく、2,000 msでは0を下回っていた。よって、一致リストが1の条件では排除が始まっていると考えられる。この傾向は、第4章の実験Aと同じである。

一致リストサイズによって排除のタイムコースが異なる原因としては、一致リストサイズ1の場合、一致リストの選択に要する時間が早いことが考えられる。一致リストサイズが1の場合、一致リストの選択が容易であるため、一致リストサイズが3の場合よりも早く選択が完了する。このため、不一致リストの排除も早い時間で開始、かつ完了し、CSIが2,000 msの時点で不一致リストのセットサイズ効果が消失したと考えられる。

また、研究3ではCSIが100 msにおいても2,000 msにおいても侵入効果が認められた。これは、フレームの提示からの時間経過にかかわらずIntrusionプローブの活性化がNegativeプローブよりも高いことを意味している。しかし、研究Aでは、一致リストが3の条件では、CSIが2,000 msにおいても不一致リストがCentral Componentに維持されていると考えられる。このため、Oberauer (2001) と異なり、研究3の侵入効果は排除されたリストの活性化状態の指標としては機能しないと考えられる。

以上をまとめると、研究3では、アイテムと文脈情報の組み合わせを増やすことによってCentral Component内の競合を増大させ、一致リスト

の選択に時間を要する時間を伸長させた。その結果、一致リストサイズが3の場合に排除の開始が遅れ、一致リストの指示後 2,000 ms の時点でも不一致リストのセットサイズ効果が認められたと考えられる。したがって、実験1の結果は、排除が課題関連情報の選択によって開始されるという本研究の仮説を支持するものであると考えられる。

5.2. 研究 4

目 的

研究 3 で検討した仮説は、必要な記憶の選択により、抑制が開始されるというものであった。そこで、Modified Sternberg task によって排除の経過を通じてこの仮説を検証した。抑制が必要な記憶の選択により開始されるとすると、必要な記憶の選択に時間がかかればその分だけ排除が遅れ、長い時間 Central Component に不要な記憶が維持されると考えられる。研究 3 から、検索に時間を要する競合が高い環境では CSI が 2,000 ms の時点にも不一致リストのセットサイズ効果が認められることが示され、相対的に競合の小さい Oberauer (2001, 2005) や研究 1, 研究 2 に比べて不要な記憶が長い時間 Central Component に維持されていることが示唆された。よって、研究 3 の結果は仮説を支持するものであったといえる。

研究 4 の手続きでは、正しく再認をおこなうためにはアイテムを色と位置の二つの文脈情報と結合する必要がある、それによって競合を増大させた。しかし、位置情報と色情報の質的な違いを考慮しておらず、文脈情報の種類によって結果が調整される可能性が考えられる。研究 1 で述べたように、アイテムをリストに分けるという点においては、位置情報は、試行間で常に一定の情報を提供する。これに対して、色情報は試行間でランダムに割り当てられる。そのため、アイテムと位置情報の結合に比べ、アイテムと色情報間の結合が弱いと考えられる。そうであれば、色情報は競合の影響を受けやすく、より検索に時間を要していると考えられる。一方、相対的に競合の影響が小さいと考えられる位置情報では、排除の遅れが観察されない可能性がある。そこで、研究 4 では、研究 3 の結果を調整している可能性のある文脈情報の種類について検討をおこなうとともに再現性を確認する。

方 法

参加者

20名の参加者が実験に参加した。実施前に実験の目的と内容，途中退出が可能であること，個人情報の取り扱い，謝礼及び不利益について説明を受けたのちに同意書に署名をおこなった。参加者は謝礼として金券500円分を受け取った。実験の実施時間は約30分であった。

実験計画

ヒット反応は，2（指示する文脈情報：位置情報，色情報）×2（一致リストサイズ：1，3）×2（不一致リストサイズ：1，3）の3要因参加者内計画とした。リジェクト反応については，プローブの種類をに加え，2（プローブの種類：Negative プローブ，Intrusion プローブ）×2（指示する文脈情報：位置情報，色情報）×2（一致リストサイズ：1，3）×2（不一致リストサイズ：1，3）の4要因参加者内計画とした。研究4ではCSIは2,000msのみとした。

実験装置

反応の取得はラップトップ PC (lenovo T510) を用いた。刺激はラップトップ PC のディスプレイに提示し刺激提示ソフト E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) によって制御した。ディスプレイの解像度は1,024×768ピクセルに設定した。

実験刺激

実験刺激にはカタカナのうちア行及びワランを除外した8文字を用いた。

手続き

参加者は Modified Sternberg task を16試行練習し，その後本試行を64試行おこなった。課題の進行は研究3と同様であった。はじめにグレー

背景の画面上にカタカナ文字を提示した。刺激は2文字、4文字、6文字のいずれかを同時に提示し、提示時間は1文字あたり1,300 ms加算した。刺激は2行×3列のマトリックス上に配置し、2文字の場合、刺激を中央列に上下に配置した。4文字の場合は3文字を上下のどちらかの行に1列に並べ、1文字を残りの行の中央列に配置した。刺激は赤か青で表記した。提示する刺激数が2文字の場合、1文字を赤、残りの1文字を青とした。同様に、6文字の場合は3文字を赤、残りの3文字を青とした。刺激数が4文字の時は、3文字を赤とした場合は残りの1文字を青、3文字を青とした場合は残りの1文字を赤とした。

刺激の提示後、グレーの画面を800 ms間挿入し、長方形のフレームを提示した。フレームの提示時間は2,000 msであった。その後、フレーム内にプローブを提示した。参加者にはプローブが一致リストに含まれるかを2,000 ms以内に判断することを求め、ヒット反応はLのキーを、リジェクト反応はSのキーを押すよう教示した。キーを押した直後に反応の正誤を500 ms提示した。各ブロック内で、一致リストサイズ(1, 3)と不一致リストサイズ(1, 3)の組み合わせが同数提示されるようにした。また、4種類のリスト(赤, 青, 上, 下)が一致リストとなる回数が等しくなるように設定した。プローブの提示回数は、Positive プローブ、Negative プローブ、Intrusion プローブが2: 1: 1の比となるよう直交させた。

結 果

全試行の平均反応時間から3SDを越えたデータを除外し、各条件の平均反応時間を算出した。

Positive プローブに対するヒット反応の平均反応時間は、指示する文脈

情報が色の場合、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 423 ms ($SD = 57$), 1: 3 のとき 427 ms ($SD = 65$), 3: 1 のとき 580 ms ($SD = 116$), 3: 3 のとき 660 ms ($SD = 112$) であった。位置情報の場合は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 445 ms ($SD = 79$), 1: 3 のとき 430 ms ($SD = 59$), 3: 1 のとき 621 ms ($SD = 94$), 3: 3 のとき 671 ms ($SD = 112$) であった。

分散分析をおこなったところ、一致リストサイズの主効果 ($F(1,19) = 269.15, MSe = 6,052.01, p < .01, partial \eta^2 = .93$), 不一致リストサイズの主効果 ($F(1,19) = 14.68, MSe = 2,412.22, p < .01, partial \eta^2 = .44$) 不一致リストサイズと一致リストサイズの交互作用が有意であった ($F(1,19) = 13.18, MSe = 3, 818.08, p < .01, partial \eta^2 = .41$)。一方、指示する文脈情報の主効果は認められなかった ($F(1,19) = 2.98, MSe = 4,904.58, p = .10, partial \eta^2 = .14$)。

一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用について単純主効果の検定をおこなった結果、一致リストサイズの単純主効果は不一致リストサイズが 1 の場合にも ($F(1,19) = 121.78, MSe = 4, 543.52, p < .001, partial \eta^2 = .87$), 3 の場合にも有意であった ($F(1,19) = 211.38, MSe = 5, 326.58, p < .001, partial \eta^2 = .92$)。一方、不一致リストサイズの単純主効果は、一致リストサイズが 3 の場合に有意であったが ($F(1,19) = 17.12, MSe = 4,968.72, p < .001, partial \eta^2 = .47$), 一致リストサイズが 1 の場合には認められなかった ($F(1,19) = 0.52, MSe = 1,261.58, p = .48, partial \eta^2 = .03$)。

この結果から、一致リストのセットサイズ効果が認められた。また、不一致リストサイズのセットサイズ効果は、一致リストサイズが 3 の場合に認められた。

一方, 指示する文脈情報の効果は, 交互作用も含め認められなかった。

また, リジェクト反応についても同様に条件ごとの平均反応時間を算出した。Negative プローブに対するリジェクト反応の平均反応時間は, 指示する文脈情報が色の場合, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 488 ms ($SD = 67$), 1:3 のとき 475 ms ($SD = 64$), 3:1 のとき 571 ms ($SD = 74$), 3:3 のとき 623 ms ($SD = 85$) であった。位置情報の場合は, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 477 ms ($SD = 73$), 1:3 のとき 462 ms ($SD = 38$), 3:1 のとき 592 ms ($SD = 76$), 3:3 のとき 612 ms ($SD = 103$) であった。

Intrusion プローブの平均反応時間は, 指示する文脈情報が色の場合, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 506 ms ($SD = 80$), 1:3 のとき 462 ms ($SD = 68$), 3:1 のとき 710 ms ($SD = 119$), 3:3 のとき 759 ms ($SD = 134$) であった。位置情報の場合は, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 495 ms ($SD = 77$), 1:3 のとき 464 ms ($SD = 52$), 3:1 のとき 705 ms ($SD = 139$), 3:3 のとき 693 ms ($SD = 120$) であった。

リジェクト反応についての分散分析の結果, プローブの種類の主効果 ($F(1,17) = 60.60, MSe = 4,530.84, p < .001$), 一致リストサイズの主効果が有意であった ($F(1,17) = 208.48, MSe = 11,108.30, p < .001$)。

また, プローブの種類と一致リストサイズの交互作用 ($F(1,17) = 55.00, MSe = 4,045.49, p < .001$), 一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用が有意であり ($F(1,17) = 13.35, MSe = 3,839.27, p = .002$), プローブの種類と不一致リストサイズの交互作用が有意傾向であった ($F(1,17) = 4.12, MSe = 1,894.80, p = .061$)。

プローブの種類と一致リストサイズの交互作用について単純主効果の

検定をおこなったところ、一致リストサイズの主効果は Negative プローブに対しても ($F(1,17) = 111.37, MSe = 4,951.32, p < .001$), Intrusion プローブに対しても有意であった ($F(1,17) = 194.74, MSe = 10,203.08, p < .001$)。一方、プローブの種類単純主効果は、一致リストサイズが 3 の場合に有意であったが ($F(1,17) = 71.81, MSe = 6,902.12, p < .001$), 一致リストサイズが 1 の場合には認められなかった ($F(1,17) = 0.82, MSe = 1,674.21, p = .38$)。

同様に、プローブの種類と不一致リストサイズの交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ、プローブの種類単純主効果は不一致リストサイズが 1 の場合 ($F(1,17) = 40.18, MSe = 4,666.57, p < .001$), 3 の場合ともに有意であった ($F(1,17) = 38.18, MSe = 2,484.99, p < .001$)。一方、不一致リストサイズのセットサイズ効果は Negative プローブに対しても ($F(1,17) = 1.82, MSe = 2,443.89, p = .20$), Intrusion プローブに対しても有意ではなかった ($F(1,17) = 1.04, MSe = 3,257.75, p = .32$)。

また、一致リストサイズと不一致リストサイズの交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ、一致リストの単純主効果は不一致リストが 1 の場合も ($F(1,17) = 113.14, MSe = 7,416.53, p < .001$), 3 の場合も有意であった ($F(1,17) = 202.90, MSe = 7,531.65, p < .001$)。不一致リストのセットサイズ効果も一致リストサイズ 1 の場合も ($F(1,17) = 13.30, MSe = 1,826.33, p < .001$), 3 の場合にも有意であった ($F(1,17) = 5.30, MSe = 5,093.85, p = .03$)。

以上の結果から、プローブの種類効果は、一致リストサイズが 1 の場合を除き認められた。これは、一致リストサイズが 1 の場合を除き Intrusion プローブに比べ Negative プローブの反応時間が早いことが示された。また、リジェクト反応においても指示する文脈情報の種類の効果

は認められなかった。

考 察

研究 4 の結果, まず, 不一致リストのセットサイズ効果が認められた。研究 4 では CSI を 2,000 ms に設定しているため, 研究 3 の CSI が 2,000 ms の時点の条件と同一の条件である。よって, CSI が 2,000 ms の時点で不一致リストのセットサイズ効果が認められたことは, 研究 3 の結果が再現された。よって, 研究 4 の結果も, 必要な情報が選択されることで排除が開始されるという第 5 章の研究仮説を支持するデータとして解釈できる。

また, ヒット反応, リジェクト反応ともに指示する文脈情報の効果は認められなかった。研究 3 の問題点として, 色情報と位置情報という二つの異なる文脈情報を質的な区別なく扱っていることを指摘したが, 研究 3, 研究 4 及び, 後述の研究 5 における競合増大の手続きには影響しないと考えられる。

5.3. 研究 5

目 的

研究 3, 研究 4 では, 競合を増大させた結果, CSI が 2,000 ms の時点においても不一致リストのセットサイズ効果が消失しなかった。これらの結果は, 排除が課題関連情報の選択によって開始されるという仮説を支持するものであった。

しかし, 研究 3 と研究 4 において示されたことは, CSI が 2,000 ms の時点で不一致リストが排除されないことに限られる。このため, これらの結果は競合を増大させたことで, 排除が遅延しているのではなく, 単に参加者が全ての情報を維持しようとしているという方略の違いからも説明できる。研究 5 ではこの代替説明について検討をおこなう。

研究 3 及び研究 4 において CSI が 2,000 ms の時点でも不一致リストが維持されている理由は, 参加者の方略の観点からも説明することができる。研究 3・4 では CSI が 2,000 ms の時に不一致リストがワーキングメモリ内に維持されているということのみを示すものであり, 抑制が働かないために排除されないと解釈することもできる。研究 3・4 では覚えなければならない情報が増え, 競合が増大したことで, 一致リストの選択が困難になる。リストの選択が困難になると, 刺激をリストとして区分できず, 参加者は再認判断をプローブから文脈情報を検索することでおこなっていた可能性がある。

この場合, 一致リストが 3 の条件では, フレームの提示時に一致リストの選択がおこなわれず, 提示された情報の全てが課題に必要な情報となり抑制は働かず, よって排除されないと考えられる。一方, 一致リストが 1 の条件では, 一致リストの選択が容易であったため, 排除が働き不一致リストのセットサイズ効果が消失したと考えられる。

研究 5 では、この可能性を検討するために、手がかり提示からプローブ提示までの時間間隔を長くし、検討をおこなう。研究 3・4 において観察された 2,000 ms 時点での不一致リストのセットサイズ効果が、参加者の方略の変化であるとする、CSI が長くなったとしても一貫してセットサイズ効果が観察されるはずである。一方、排除が遅延したのであれば、十分な時間間隔を設けることで不要な情報は Central Component から排除されると考えられる。

方 法

参加者

大学生 20 名が実験に参加した。実験前に書面にて同意を得た。参加者は実験終了時に 500 円分の金券を受け取った。

実験計画

ヒット反応については、2（一致リストサイズ: 1, 3）×2（不一致リストサイズ: 1, 3）の 2 要因参加者内計画、リジェクト反応については、2（プローブの種類: Negative, Intrusion）×2（一致リストサイズ: 1, 3）×2（不一致リストサイズ: 1, 3）の 3 要因参加者内計画とした。

実験装置

反応の取得はラップトップ PC（lenovo T510）を用いた。刺激はラップトップ PC のディスプレイに提示し刺激提示ソフト E-Prime 2.0（Psychology Software Tools, Inc.）によって制御した。ディスプレイの解像度は 1,024×768 ピクセルに設定した。

実験刺激

実験刺激はカタカナ 38 文字であった。

手続き

参加者は Modified Sternberg task を 16 試行練習し、その後本試行を 64 試行おこなった。1 試行の進行は研究 3, 研究 4 と同様であった。はじめにグレー背景の画面上に 2 文字, 4 文字, 6 文字のいずれかのカタカナ文字を同時に提示した。刺激の提示後, グレーの画面を 800 ms 間挿入し, 長方形のフレームを提示した。フレームの提示時間は, 研究 3 の CSI に従い 2,000 ms から一定時間遅延させた。CSI は研究 3 では 100 ms ブロックと 2,000 ms ブロックであったことから, 差分の 1,900 ms を加え 3,900 ms とした。その後, フレーム内にプローブとしてカタカナ 1 文字を提示した。参加者にはプローブが一致リストに含まれるかを 2,000 ms 以内に判断することを求め, ヒット反応は L のキーを, リジェクト反応は S のキーを押すよう教示した。最後に, キーを押した直後に反応の正誤を 500 ms 提示した。

結果

反応時間

正答試行の平均再認反応時間から $\pm 3SD$ の範囲を超えた試行を外れ値として除外した。除外後のデータから条件ごとの平均を算出した。

ヒット反応 Positive プローブに対するヒット反応の平均反応時間は, 一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 461 ms ($SD = 83$), 1:3 のとき 447 ms ($SD = 80$), 3:1 のとき 641 ms ($SD = 88$), 3:3 のとき 635 ms ($SD = 112$) であった。

Positive プローブの正答試行を対象に一致リストのセットサイズと不一致リストのセットサイズを要因とする 2 要因分散分析をおこなった結果, 一致リストの主効果が有意であった ($F(1,19) = 248.92$, $MSe = 2,720.67$,

$p < .001$, $\eta_p^2 = .93$)。一方、不一致リストの主効果及び交互作用は有意ではなかった (それぞれ, $F(1,19) = 0.67$, $MSe = 2,936.05$, $p = .42$, $\eta_p^2 = .03$; $F(1,19) = 0.15$, $MSe = 2,439.22$, $p = .70$, $\eta_p^2 < .01$)。よって、手がかりの提示から 3,900 ms 経過した時点では、一致リストのセットサイズ効果のみが反応時間に影響を与えていることが示された。CSI を 100 ms と 2,000 ms に設定した研究 3 では、どちらの CSI においても不一致リストのセットサイズ効果が認められたが、CSI を 3,900 ms とより長くした研究 5 では不一致リストのセットサイズ効果が消失した。

リジェクト反応 Negative プローブに対するヒット反応の平均反応時間は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 523 ms ($SD = 91$), 1:3 のとき 520 ms ($SD = 85$), 3:1 のとき 610 ms ($SD = 86$), 3:3 のとき 621 ms ($SD = 89$) であった。

Intrusion プローブに対するヒット反応の平均反応時間は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1:1 のとき 531 ms ($SD = 113$), 1:3 のとき 533 ms ($SD = 104$), 3:1 のとき 697 ms ($SD = 124$), 3:3 のとき 705 ms ($SD = 128$) であった。

Negative プローブと Intrusion プローブの正答反応を対象に分散分析をおこなった結果、プローブの種類の主効果 ($F(1,19) = 14.53$, $MSe = 6,383.68$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .43$), 一致リストの主効果 ($F(1,19) = 125.35$, $MSe = 5,545.31$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .87$), 及びプローブの種類と一致リストの交互作用が有意であった ($F(1,19) = 10.23$, $MSe = 5,418.23$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .35$)。プローブの種類と一致リストの交互作用についての単純主効果の検定の結果、プローブの種類が認められたのは、一致リストサイズが 3 のときのみであり ($F(1,19) = 30.93$, $MSe = 4,712.53$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .62$), 一致リストサイズが 1 のときには認められなかった ($F(1,19) = 0.34$, $MSe =$

7,089.38, $p = .057$, $\eta_p^2 = .02$)。また、一致リストサイズの単純主効果は Negative プローブ ($F(1,19) = 69.70$, $MSe = 2,567.90$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .79$) と Intrusion プローブ ($F(1,19) = 68.07$, $MSe = 8,395.65$, $p < .01$, $\eta_p^2 = .78$) ともに認められた。

正答率

正答率について、条件ごとに平均正答率を算出した。Positive プローブに対するヒット反応の平均正答率は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 96.9 % ($SD = 6.9$), 1: 3 のとき 98.8 % ($SD = 3.8$), 3: 1 のとき 90.0 % ($SD = 9.6$), 3: 3 のとき 86.9% ($SD = 11.8$) であった。

分散分析の結果、一致リストサイズの主効果のみが有意であった ($F(1,19) = 19.00$, $MSe = 92.52$, $p < .001$, $partial \eta^2 = .50$)。これは、一致リストサイズが大きいほど正答率が低いことを示している。

Negative プローブに対するリジェクト反応の平均正答率は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 98.8 % ($SD = 5.6$), 1: 3 のとき 97.5 % ($SD = 7.7$), 3: 1 のとき 98.8 % ($SD = 5.6$), 3: 3 のとき 98.8% ($SD = 5.6$) であった。また、Intrusion プローブに対するリジェクト反応の平均正答率は、一致リストサイズ: 不一致リストサイズが 1: 1 のとき 95.0 % ($SD = 10.3$), 1: 3 のとき 95.0 % ($SD = 10.3$), 3: 1 のとき 91.3 % ($SD = 16.8$), 3: 3 のとき 88.8% ($SD = 20.6$) であった。

リジェクト反応に対する分散分析の結果、プローブの種類の主効果のみ有意であった ($F(1,19) = 5.63$, $MSe = 250.62$, $p = .03$, $partial \eta^2 = .23$)。これは、Negative プローブに比べ Intrusion プローブの方が正答率が低いことを示している。

考 察

CSI を 3,900 ms に設定した研究 5 では、不一致リストのセットサイズ効果は認められず、一致リストのセットサイズ効果のみ有意であった。これは再認率においても同様であり、このことから、不一致リストは **Central Component** から排除され、一致リストのみが **Central Component** 内に維持されていると考えられる。

この結果から、課題の難易度が上がったことにより参加者がリストの分類ができず、全ての情報を維持しようとしていたため、研究 3・4 では不一致リストのセットサイズ効果が認められたという説明は困難と考えられる。よって、CSI が 2,000 ms の時点で不一致リストのセットサイズ効果が認められた理由として、競合の増大により一致リストの選択に時間がかかり、排除の完了が遅延したという説明を支持している。

また、侵入効果は研究 5 においても観察された。これは、排除された情報も活性化状態を維持しているという **Oberauer (2001)** の知見と一致するものであった。ただし、一致リストが 1 のときには侵入効果が認められず、不一致リストの活性化がベースラインまで低下していることを示唆している。しかし、活性化の低下の原因が、排除の作用そのものに起因するのか、それとも排除されたことにより活性化が減衰していったのかについては研究 5 の結果から言及できるものではなかった。

5.4. 総 合 考 察

第5章では、必要な情報の選択により抑制が作動するという仮説を検証した。抑制の働きにより脱活性化された情報が Central Component から排除されると考えると (Hasher & Zacks, 1988; Oberauer, 2001), 必要な情報を選択することで Central Component からの不要な情報の排除が開始されるという作業仮説が立てられる。

この仮説に基づけば、必要な情報の選択に時間を要するほど、排除の開始が遅くなり、その分だけ不要な情報が長い時間 Central Component に残ると考えられる。各研究では、Modified Sternberg task を用い、Central Component 内の競合を増大させ、一致リストの選択に要する時間を延ばした。相対的に競合の小さい Oberauer (2001) の実験では、不一致リストは CSI が 1,000 ms で消失することが示されている。これに対し、研究 3・4 では、一致リストサイズが 3 の場合に、CSI が 2,000 ms の時点でも不一致リストサイズは強い効果を示していた。加えて、CSI が 100 ms と 2,000 ms の不一致リストのセットサイズの効果の大きさに有意差は認められなかった。一方、CSI を 3,900 ms とした研究 5 では、不一致リストのセットサイズ効果は認められなかった。この結果は、必要な情報の選択に時間を要する場合、不一致リストは、CSI が 2,000 ms の時点ではほぼ排除されておらず、2,000 ms から 3,900 ms の間に排除されていることを示している (Figure 6)。よって、不要な情報の排除が必要な情報の選択によって開始されるという仮説を支持する結果であると考えられる。

一方、一致リストサイズが 1 の場合は、CSI が 2,000 ms では不一致リストのセットサイズ効果が消失していた。これは、研究 1 から示唆されるように、一致リストサイズが小さい方がリスト選択に要する時間が早

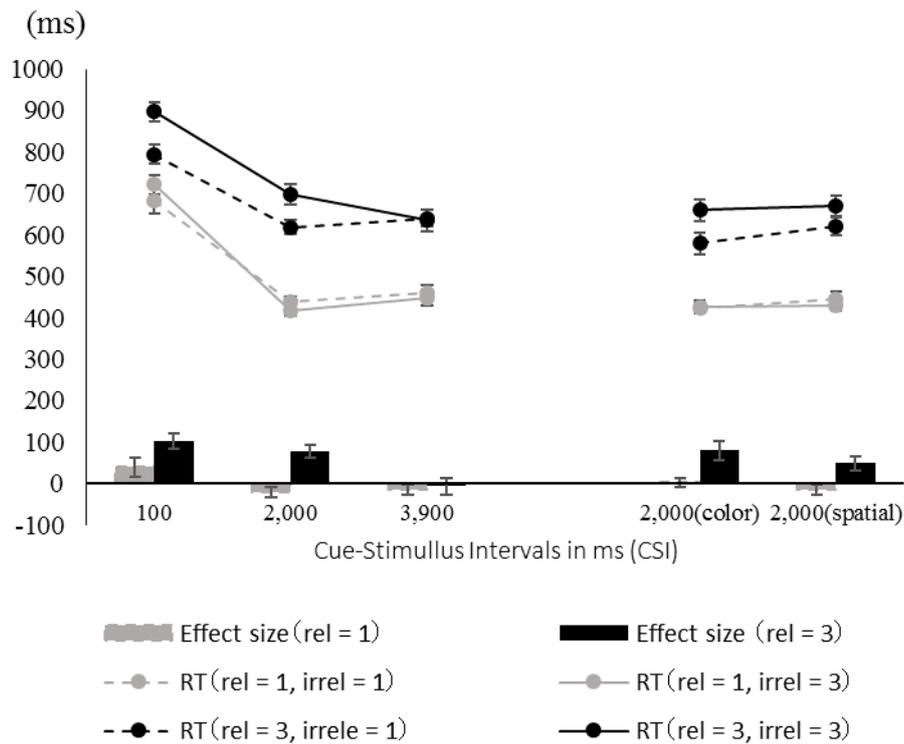


Figure 6

Summary of results from chapter 5. Lines represents mean reaction times and bars represents effect size of irrelevant list.

Note. rel = relevant set size, irrel = irrelevant set size

く、その分排除が早く始まったためと考えられる。

以上より、本研究の実験結果は、必要な情報の選択に時間を要すると、その時間の分だけ排除の開始が先送りされたことを示唆している。よって、必要な情報の選択の完了によって不要な情報の排除が開始されるという仮説は支持されたと考えられる。これは、Three-Embedded-Components model に基づくと、文脈情報と記憶項目の結合によって構成される集合から、課題に必要な情報が選択されることで、不要な情報がワーキングメモリ内から排除されると解釈できる。

第5章の結果から、Central Component 内から不要な情報を排除する働きは必要な情報を選択することで受動的に非選択情報へ作用する副作用として位置付けられる可能性が指摘できる。不要な情報の排除を必要な情報の選択の副作用として捉えることは、必要な情報を維持しようとする働きによって競合が低減されるという枠組み (Munakata et al., 2011) と一致するものである。加えて、不要な情報を排除する働きが、加齢による処理効率の低下を示さないことや (Oberauer, 2001, 2005)、ワーキングメモリ容量の個人差を予測しないという結果とも一致する (Ecker et al., 2010)。これらは、必要な情報の選択・検索など課題目標に一致する情報への促進的処理が、ワーキングメモリの容量と正の相関があること (Unsworth, 2007)、加齢と負の相関を示すこと (Ikier, Yang, & Hasher, 2008)、と対照的であり、情報の排除が能動的な過程ではないという考えと整合すると考えられる。したがって、抑制の働きをアクセスに対する副作用として捉える本論文の仮説とも一致するものである。

最後に本研究の課題を3点挙げる。第一に、一致リストと不一致リストを併せた項目数 (総セットサイズ) による競合を考慮しなければならない。本実験手続きは、覚える文脈情報を増やし競合を増大させたが、競合の大きさは、総セットサイズにも比例する (Oberauer et al., 2013)。例えば、一致リストと不一致リストがそれぞれ 1/1 より 3/3 の条件の方が競合は大きい。

総セットサイズに注目すると、本実験の結果はCSIが 100 ms 及び 2,000 ms の時点において、反応時間は一致リストサイズと不一致リストサイズが 1/1 と 1/3 が同等であり、次いで 3/1, 3/3 の順に長くなり概ね総セットサイズに比例する傾向を示している。総セットサイズと同じ 1/3 と 3/1 の条件間の差は一致リストサイズの効果とみなすことができる。すなわ

ち、本実験結果は、総セットサイズが4つ以内の場合一致リストの選択と不一致リストの排除が完了しているが、総セットサイズが6つの場合、これらの処理が未完了であると考えることができる。したがって、本研究の結果は選択と排除の時間的順序関係を考慮しなくとも説明が可能である。

一方、このように解釈した場合においても、Oberauer (2001) の結果と異なり CSI が 2,000 ms で 3/1 に比べ 3/3 の反応時間が長いことは、競合を増大させた場合に総セットサイズが6のときは排除が完了していないことを示唆していると考えられる。そのため、本研究では Oberauer (2001, 2009) の理論に基づき、不一致リストのセットサイズ効果に焦点を当て、選択と排除の時間的順序関係を想定し実験結果を解釈した。但し、本実験結果は総セットサイズの効果は反映しているという代替説明を否定できるものではない。この問題については、Oberauer (2001) と本研究の手続きともに、総セットサイズを固定した上で、一致リストと不一致リストの比を操作した実験が必要であると考えられる。

第二に、本研究は、排除がどのようにおこなわれているのかについて明確に言及できない。排除のメカニズムについては二つの立場があり、伝統的には、不要な情報が脱活性化されることと考えられてきた (Hasher et al., 2007)。本論文では、Hasher & Zacks (1988) による抑制の定義に基づいているため、抑制の作用として排除の働きを捉えている。一方、Oberauer et al. (2012) は、Central Component 内に維持された情報の集合から不要な情報の結合を消去 (unlearning) することで排除が達成されると主張している。Oberauer の考えに基づけば、必ずしも抑制を想定せずとも、排除をおこなうようなシステムを仮定することで排除を説明できる。しかし、本研究では排除が完了しているかどうかのみを測定してお

り、実験の結果はどちらの立場からも説明が可能である。これに関連して、排除が完了した後に、ワーキングメモリ内の一致リストとワーキングメモリ外の不一致リストが結合している文脈情報を特定することができない。これらの問題に言及するためには、これまでの抑制課題と同じく排除後の記憶にアクセスを求めることで、排除の事後効果を測定することやリジェクト反応の詳細な検討をおこなうことが有用な手段の一つであると考えられる。Modified Sternberg task を用いた研究は多くなく、今後はセットサイズ効果だけではなく、記憶する情報の性質やリジェクト反応を検討することで、排除についてより詳細な過程が明らかになるであろう。

第6章 抑制の事後効果

本論文では、抑制メカニズムについて、記憶と文脈情報が相互に結語されて形成されるワーキングメモリ内容が更新される際に、必要な情報が選択されることによってその他の記憶が抑制されると考えている。

仮説のとおり抑制がおこなわれるとすると、その結果、次のような状態が想定される。Central Component 内にある必要な記憶は、引き続き維持するためにアクセスされ活性化が高められる。一方、一時的に Central Component 内にあったために必要な記憶と結合を形成していたが、選択されなかった記憶は抑制される。同様に、必要な記憶が活性化された長期記憶にある場合、その記憶に対してアクセスがおこなわれ Central Component に維持される。このとき、検索経験パラダイムにおける Rp- といった選択されない記憶には抑制がおこなわれるため、アクセスされた記憶と連合しているがアクセスされなかった記憶は抑制される。これにより Central Component 内の記憶は全て課題に関連する記憶に更新され、再結合されることで新たなワーキングメモリ内容を形成する。したがって、結合・連合を形成する一対の記憶で、一方が選択されると他方が抑制される。

この対となる記憶の処理の違いについて、第3章で述べた検索誘導性忘却に対する意味記憶の抵抗の強さとエピソード記憶の脆弱性から示唆されることは、処理が異なる場合にその記憶間の結合が低下するというものであった。例えば、“動物ーネコ”、“動物ーイヌ”を対連合学習する場合、“ネコ”と“イヌ”は“動物”と学習文脈とともに結合される。学習文脈が付与されることで、エピソードとして後に利用することができる。ただし、ネコー動物、イヌー動物間にはすでに連合が形成されてい

ると考えられることは考慮しなければならない。手がかり再生などで“動物”手がかりが与えられることで“ネコ”を思い出す時には，“動物ーネコー学習文脈”が **Central Component** に維持され，“イヌ”が抑制される。そのため，一時的にイヌはアクセス可能性が低下するが，後に動物ーイヌ間の連想ができなくなるわけではない。しかし，動物ーイヌを実験で学習したことは利用できなくなる。つまり，抑制の結果，文脈情報との結合が消去されていると考えられる。

6.1. 研究 6¹³

目的

選択された記憶と抑制された記憶間の結合が低下しているという仮説を検討するため、研究 6 では Modified Sternberg task を改変し、連続して 2 回の再認を求める課題を作成した。各試行では、まず、6 文字のカタカナが 2 行×3 列のマトリックス上に提示する。文字は半数が赤、もう半数が青で表記され、各行に同色がまとまらないように配置する。参加者は各アイテムを提示された行と表記色とともに覚える。つまり、第 5 章の手続きと同じく、文字を色と位置の 2 種類の文脈情報と結合する。次に、四角形のフレームが提示される。フレームは、上の行、下、赤、青のいずれかの文脈情報と対応している。最後にフレーム内に提示されるプローブが、フレームの文脈情報と一致するかどうかについて判断を求める。第 6 章では、一度再認をおこなった後に、再びフレームを提示しプローブの再認を求める。

二度目の再認によって最初の再認での各記憶への処理の事後効果を検討することができる。一度目の再認時に指示された文脈情報に一致するアイテムは選択され Central Component 内に維持される。一方、選択されなかった記憶は、抑制され Central Component 外に排除される。そのため、二度目の再認のフレームが一度目の再認と同じ場合は、Central Component 内に維持された記憶に対してアクセスを求めることになる。よって、これを反復 (repetition) 条件と呼ぶ。これに対して、二度目の再認のフレームが一度目の再認と異なる場合は、Central Component 外の抑制された記憶に対してアクセスを求めている。この条件を転換 (switch) 条件と呼ぶこととする。この二つの条件を比較することで、Central

¹³ 本研究は 31th International Congress on Psychology で発表された。

Component 内で維持され続けている記憶と、抑制された記憶の状態を比較することができる。

さらに、文脈情報の種類によって、転換条件は2つの条件に分けられる。Three-Embedded-Components model に基づくと、Central Component 内のアイテムを選択するには、一度アイテムと文脈情報の照合がおこなわれる (Oberauer, 2001)。これが再認における回想過程に対応する。例えば、フレームが赤であった場合、Central Component 内の記憶が赤と結合しているかどうかを照合する。ここで重要なことは、Three-Embedded-Components model では、文脈情報は全てのアイテムと結合されているということである。そのため全てのアイテムは赤と結合しており、赤がアイテムと結合しているかどうかではどのアイテムが実際に赤と結合しているかは判断できない。Three-Embedded-Components model では、現実文脈情報を伴って提示されたアイテムは、その文脈情報との結合が高く、伴わない場合に低いという結合の強度の勾配を想定している (Oberauer, 2003, 2009; Oberauer et al. 2013)。

このことから、Three-Embedded-Components model に基づけば、赤かどうかを判断するには、赤ではない場合、すなわち青との結合の強度に比べ赤との結合の強度が高いことが手がかりとなると考えられる。このように考えると、照合する段階では、青の情報が一時的に過程適合的な情報となる。一方、アイテムが赤の情報を伴っていたかであるかを照合する際に、位置情報を用いる必要はない。よって、照合をおこなうために色情報とアイテムが選択されると、その時点で位置情報は抑制され排除されると考えられる。そして、色情報とアイテムの照合によって赤情報とそれに一致するアイテムが選択されると、青情報と選択されなかったアイテムが同時に抑制され排除される可能性がある。

したがって、転換条件は次の二つの場合に分けられる。一方は、一度目の再認と二度目のフレームが異なるものであるが、文脈情報の種類が同じである条件である。例えば、一度目が赤フレームで二度目が青フレームの場合や一度目が上フレームで二度目がしたフレームの場合がこの条件に該当する。この条件をリスト転換 (list switch) 条件と呼ぶ。他方は、一度目の再認と二度目の再認で、フレームが指示する文脈情報の種類が異なる条件である。例えば、一度目が赤フレームで二度目が下フレームの場合や、一度目が下フレームで二度目が青フレームの場合である。この条件は、一度目のリスト区分と二度目のリスト区分が異なることから区分転換 (discrimination switch) 条件と呼ぶ。

これらの条件における第二再認課題は次のような処理によっておこなわれると考えられる。Three-Embedded-Components model に基づけば、Central Component内の各記憶は文脈情報も含め区分が曖昧となっており、一致リストを選択するには、全てのアイテムと文脈の照合がおこなわれる。よって、第4章で示したように、Central Component内では二つのリストに区分されて維持されているわけではない。リストとして結合するためには、リストに必要な情報のみをCentral Component内に維持しなければならないため、排除される記憶はリストとして結合されていないと考えられる。したがって、第二再認課題と第一再認課題のフレームが異なるリスト転換条件と区分転換条件では、リストを形成するために第二再認課題のフレームに一致する記憶の再選択がおこなわれる。再選択がおこなわれる際には、フレームを手がかりにアイテムにアクセスする。アイテムの活性化は結合の強度に依存するため、結合の強度の差が生じているのであれば、それが反応時間に影響すると考えられる。

本論文の仮説に従えば、結合の強度の低下は、結合を形成する記憶と

文脈情報の処理が異なる場合に生じる。リスト転換条件で必要な情報は、第一再認課題では不要となったアイテムである。加えて、第一再認課題において不要なアイテムと必要なアイテムの照合に用いられたが、不要なアイテムとともに抑制された文脈情報も必要となる。そのため、転換条件で必要となるアイテムと文脈情報間には異なる処理が加えられていないと考えられる。よって、リスト転換条件は反復条件よりは再選択のために時間を要するが、結合の強度の低下は示されないと考えられる。

これに対して、区分転換条件で必要とされるアイテムと文脈情報は処理が異なる。区分転換条件で必要とされるアイテムは、第一再認課題で抑制されたものと **Central Component** 内に維持されていたものの双方が含まれる。しかし、区分転換条件で必要とされる文脈情報は、第一再認課題におけるアイテムとフレームの照合がおこなわれる時点ですでに不要となった文脈情報である。つまり、区分転換条件では、アイテムが一時的に **Central Component** 内に選択されているときに、文脈情報は抑制されている。したがって、区分転換条件において、結合を形成する記憶間の処理の違いが生じている。そのため、区分転換条件では、結合が低下し、第二再認課題に最も時間を要することが予測される。

以上のように、三つの条件を比較することで、結合を形成する記憶間で処理が異なる場合に結合が低下するかどうかを検討することができる。予測される反応時間は、**Central Component** に維持されている記憶である反復条件が最も速く、次いでリスト転換条件が速く、最後に区分転換条件という傾向が考えられる。

方 法

参加者

大学生 16 名が参加した。文書と口頭で実験内容の説明をおこない同意が得られた場合に実験の参加を求めた。同意書への署名をもって、参加の同意と判断した。実験の所要時間は休憩を含めておよそ一時間であった。参加者は謝礼として 1,000 円分の金券を受け取った。

実験計画

3 (プローブ: Positive, Negative, Intrusion) × 2 (文脈情報: 色, 提示位置) × 3 (リスト区分: repetition, switch, discrimination) の 3 要因参加者内計画とした。No 反応が求められるプローブは、学習時に提示されていない Negative と、学習したが指示されたリストではない Intrusion に分けた。

実験装置

反応の取得はラップトップ PC (lenovo T510) を用いた。刺激はラップトップ PC のディスプレイに提示し刺激提示ソフト E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) によって制御した。ディスプレイの解像度は 1,024×768 ピクセルに設定した。

実験刺激

実験刺激にはカタカナを使用した。カタカナのうちア行及びワ行を除いたため、使用した文字は 38 文字であった。文字の大きさは 24.67 ピクセル (8 mm) とした。

手続き

参加者はまず、2 行×3 列に配列されるカタカナ 6 文字を表記色(赤, 青)と提示位置 (上の行, 下の行) とともに覚えた。文字を 7,800 ms 提示した後に、グレー画面を 800 ms 挟んで、一度目の四角形のフレームを提示した。フレームは、色が赤または青で画面中央に出現する場合と、白色で画面の上側または下側に出現する場合の 4 種類を設定した。第一再

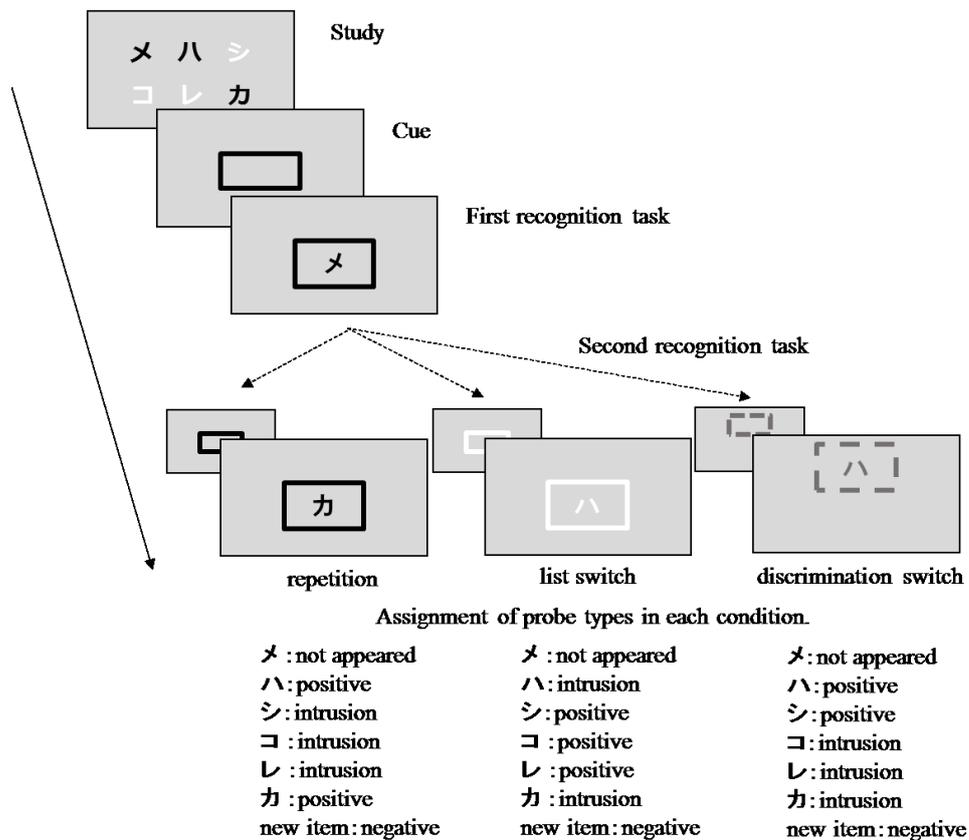


Figure 7

The procedure of experiment in Research 6. A list written on the lower side of the figure indicated correspondence between item and probe in each condition.

認課題のフレームの提示時間は 3,900 ms とし、その後フレーム内にフレームと同色で表記された第一再認課題のプローブを提示した。参加者は、提示されるプローブが、フレームの示す文脈情報を伴っていたかどうかの判断をおこなった。判断の直後に、反応の正誤を 500 ms 間示した後、第二再認課題のフレームを 2,000 ms 間提示した。その後、フレーム内に第二再認課題のプローブを提示し、再認判断を求めた。第二再認課題のプローブは、第一再認課題のプローブと重複しないよう設定した。最後

に、判断後に判断の正誤を 500 ms 提示した (Figure 7)。

実験を通じて全ての条件が等しく提示されるように、フレームの種類とリスト区分を直交させた。また、各条件では Positive プローブ, Negative プローブ, Intrusion プローブが 2: 1: 1 の比で出現する設定した。

結 果

データの欠損が生じた 2 名を除く参加者の全試行を対象とした平均反応時間から $3SD$ を超えたデータを除外し、各参加者の条件ごとの平均反応時間を算出した (Table 7)。

各条件の平均反応時間は、Positive プローブに対して色情報を指示した場合、反復条件では 806 ms ($SD = 167$)、リスト転換条件では 809 ms ($SD = 145$)、区分転換条件では 824 ms ($SD = 153$) であった。位置情報を指示した場合、反復条件では 732 ms ($SD = 154$)、リスト転換条件では 712 ms ($SD = 133$)、区分転換条件では 771 ms ($SD = 122$) であった。

Negative プローブに対して色情報を指示した場合、反復条件では 726 ms ($SD = 131$)、リスト転換条件では 764 ms ($SD = 82$)、区分転換条件では 864 ms ($SD = 135$) であった。位置情報を指示した場合、反復条件では 691 ms ($SD = 72$)、リスト転換条件では 722 ms ($SD = 131$)、区分転換条件では 733 ms ($SD = 106$) であった。

Intrusion プローブに対して色情報を指示した場合、反復条件では 936 ms ($SD = 190$)、リスト転換条件では 1,071 ms ($SD = 188$)、区分転換条件では 1,057 ms ($SD = 186$) であった。位置情報を指示した場合、反復条件では 832 ms ($SD = 239$)、リスト転換条件では 872 ms ($SD = 158$)、区分転換条件では 916 ms ($SD = 214$) であった。

Table 7

Mean reaction times in ms, standard deviation, and CIs as a function of contexts, probe types, and experimental conditions in Research 6.

	Intra list	repetition	switch	discrimination
Positive probe				
Context	<i>M</i>	806	809	824
color	<i>SD</i>	167	145	153
	<i>95%CI</i>	735 - 878	738 - 881	753 - 896
	<i>M</i>	732	712	771
space	<i>SD</i>	154	133	122
	<i>95%CI</i>	660 - 804	640 - 784	699 - 843
Negative probe				
Context	<i>M</i>	726	764	864
color	<i>SD</i>	131	82	135
	<i>95%CI</i>	655 - 798	692 - 836	793 - 936
	<i>M</i>	691	722	733
space	<i>SD</i>	72	131	106
	<i>95%CI</i>	619 - 763	650 - 793	662 - 805
Intrusion probe				
Context	<i>M</i>	936	1071	1057
color	<i>SD</i>	190	188	186
	<i>95%CI</i>	864 - 1008	1000 - 1143	985 - 1129
	<i>M</i>	832	872	916
space	<i>SD</i>	239	158	214
	<i>95%CI</i>	760 - 903	800 - 944	845 - 988

分散分析をおこなったところ、指示する文脈情報の主効果 ($F(1,13) = 6.50, MSe = 92,310.34, p = .02, partial \eta^2 = .33$), プローブの種類的主効果 ($F(2,26) = 46.42, MSe = 20,806.67, p < .001, partial \eta^2 = .78$), リスト区分の主効果 ($F(2,26) = 7.88, MSe = 14,555.59, p = .002, partial \eta^2 = .38$), 指示する文脈情報とプローブの種類の交互作用が有意であった ($F(2,26) = 4.35, MSe = 9,309.58, p = .02, partial \eta^2 = .25$)。

リスト区分の主効果は、他の要因との交互作用が認められなかったため、多重比較をおこなった。その結果、反応時間は、反復条件と区分転換条件の差が有意であり ($p < .05$), 反復条件の方が区分転換条件よりも

速かった。また、リスト転換条件と区分転換条件の差が有意傾向であり ($p < .065$)、リスト転換条件の方が区分転換条件に比べ速かった。同様に、反復条件とリスト転換条件の差が有意傾向であり ($p < .067$)、反復条件の方が速かった。

また、指示する文脈情報とプローブの種類 of 交互作用について単純主効果の検定をおこなったところ、指示する文脈情報の単純主効果は Positive プローブに対しては認められなかったが ($F(1,13) = 2.95, MSe = 39,990.27, p = .11, partial \eta^2 = .19$)、Negative プローブと Intrusion プローブに対しては有意であった (Negative プローブ: $F(1,13) = 7.85, MSe = 12,954.20, p = .02, partial \eta^2 = .38$; Intrusion プローブ: $F(1,13) = 7.95, MSe = 57,984.59, p = .01, partial \eta^2 = .38$)。一方、プローブの種類 of 単純主効果は指示する文脈情報が色情報の場合にも ($F(2,26) = 69.98, MSe = 10,009.58, p < .001, partial \eta^2 = .84$)、位置情報の場合にも有意であった ($F(2,26) = 15.21, MSe = 20,106.68, p < .001, partial \eta^2 = .54$)。この結果から、リジェクト反応に対しては色情報を指示した場合より、位置情報を指示した場合の方が反応時間が速いことが示された。

指示する文脈情報が色情報の場合のプローブの種類 of 効果について多重比較をおこなったところ、Intrusion プローブが Positive プローブ、Negative プローブより反応が遅いことが示された ($p < .05$)。また、指示する文脈情報が位置情報の場合にも、プローブの種類 of 効果について多重比較をおこなったところ、Intrusion プローブが Positive プローブ、Negative プローブより反応が遅いことが示された ($p < .05$)。よって、どちらの文脈情報を指示するかにかかわらず、Positive プローブ、Negative プローブに比べ Intrusion プローブに対する反応時間が遅いことが示された。

考 察

研究 6 の結果，第二再認課題の反応時間は，反復条件，リスト転換条件，区分転換条件の順に速かった。反復条件は，一度目の再認課題で課題目標に適合する情報としてワーキングメモリに維持されていた情報に再度アクセスを求めているため，最も反応が速かったと考えられる。

一方，リスト転換条件は一回目の再認時に指示された文脈情報と同じ種類であるが，一回目では指示されなかった文脈情報のアイテムに対して再認を求めている。このため，文脈情報とアイテムが同時に抑制された情報と考えられる。これに対し，区分転換条件は，1 回目の再認時にアイテムを分類する際に不要であった文脈情報に対して再認を求めている。つまり，文脈情報のみが選択的に抑制されており，文脈情報とアイテム間の結合が低下されると考えられる条件であった。

実験の結果，リスト転換条件よりも区分転換条件の反応時間が遅いことが示された。つまり，アイテムと同時に抑制された文脈情報を必要とする再認よりも，アイテムに先行して選択的に抑制された文脈情報に対しての再認により時間を要していた。これは，アイテムと文脈情報の結合が，リスト転換条件の方が区分転換条件よりも強いことを反映していると考えられる。

したがって，研究 6 の結果は，アイテムと文脈情報間の結合は，アイテムと文脈情報が同時に抑制され排除された場合は結合の強度が低下しないが，アイテムと文脈情報が異なる時点で抑制され排除された場合に結合の強度が低下する，という仮説を支持するものと考えられる。

しかし，この実験では，どの段階でアイテムと文脈情報の間の結合が低下しているのかについて言及することができない。本研究の仮説とし

ては、選択によって競合記憶が抑制され排除が開始されると考えるが、これは抑制と排除のタイミングについてのみであり、情報間の結合が消失されるタイムコースに関して言及できるものではない。

6.2. 研究 7

目 的

研究 7 では二つの目的から実験を実施した。研究 6 の結果は、一つの結合を形成する二つの記憶が異なる処理を受けた場合に結合の強度が低下するという本論文の仮説を支持するものであった。目的の一つはこの結果を異なる実験手続きによって確認することである。ワーキングメモリからの排除に関する近年の研究では、Retro-Cue パラダイム（後手がかりパラダイム: Griffin & Nobre, 2003）が用いられ始めている（Souza et al., 2014）。そのため、Retro-Cue パラダイムにおいても抑制が働いていると考えられ、研究 6 と同様に対になる記憶に異なる処理が働いた場合には結合の強度が低下することが予測される。

Retro-Cue パラダイムは、保持された記憶に対する注意の働きを検討するための課題で、学習とプローブ提示の間に手がかりを提示する際に課題であるという点で Modified Sternberg task と共通している。Retro-Cue パラダイムは、最初に色と位置の組み合わせを複数覚え、その後、位置が一か所手がかりとして示される。参加者は、手がかりとして示された位置に提示されるプローブの色が、学習したものと一致しているかの判断をおこなう。Rerko et al. (2014) は、Retro-Cue パラダイムでも、Modified Sternberg task と同様に、手がかりの提示により不要な記憶が排除されることが考えられている（Rerko et al, 2014）。実際、Rerko et al. (2014) の実験では、プローブの提示までの間隔を遅延させることでセットサイズ効果が消失することを示している。したがって、この手続きにおいても、Modified Sternberg task と同じ処理がおこなわれていると考えられている。そのため、Retro-Cue パラダイムを用いた場合にも、二度目の再認課題に結合の強度の低下が反映されると考えられる。そこで、再認課題を二度

実施する Retro-Cue パラダイムによって、研究 6 の結果を確認する。

ただし、Retro-Cue パラダイムは、手がかり無し条件 (no-cue condition) が設定されるという点において、Modified Sternberg task と異なっている。Modified Sternberg task では常に手がかりが提示されるのに対し、Retro-Cue パラダイムでは試行の半数は手がかり無し試行である。この条件の意義は、手がかり無し条件の再認反応時間をベースラインとして手がかり有り条件 (retro-cue condition) の注意の効果を検討できることである (Griffin & Nobre, 2003)。再認反応時間は、手がかり有り条件の方が手がかり無し条件よりも速く、注意の効果を示していると考えられている (Griffin & Nobre, 2003)。Rerko et al. (2014) は、この注意の効果とは、手がかりに一致する記憶のみが Central Component 内に維持されていることであると主張している。すなわち、不要な記憶は排除されおり、手がかり無し条件では排除されていないと考えている。すなわち、手がかり無し条件では排除が完了していないと考えられる。

この手がかり無し条件を利用して、研究 7 の二つめの目的として、排除が完了しない場合であっても結合の強度の低下が起こるのかどうかを検討する。本論文の仮説では、排除は Central Component 内の記憶が抑制された場合に生じる結果であり、結合の強度の低下は記憶間の処理が異なるかどうかによって規定される。つまり、排除が結合の強度の低下を引き起こしているわけではない。そのため、抑制される記憶がもともと Central Component 内にない場合であっても、つまり排除されえない場合であっても、連合している記憶が選択されればその強度は低下されると予測される。同様に、Central Component 内からの排除が完了しない場合であってもプローブへの反応のために特定の記憶が選択されているのであれば、その他の記憶は抑制され結合の強度は低下すると考えられる。

したがって、一回目の再認課題が手がかり無し条件であった場合にも、リスト転換条件¹⁴に比べ区分転換条件において再認反応時間が遅くなることが予測される。

方 法

参加者

23名の大学生が実験に参加した。参加者は、実験内容について口頭及び書面で説明を受け、同意できる場合に同意書に署名をおこなった。実験の所要時間は約40分であった。参加者は謝礼として500円分の金券を受け取った。

実験計画

二度目の再認課題について、2（指示される文脈情報：色，位置）×2（一度目の再認課題の手がかりの有無：手がかり有り，手がかり無し）×2（二度目の再認課題の手がかりの有無：手がかり有り，手がかり無し）×2（実験条件：リスト転換，区分転換）の4要因参加者内計画とした。

研究7では、結合の強度の低下を検討するためにリスト転換条件と区分転換条件の比較をおこなう。研究6のModified Sternberg taskは文脈情報が複数の記憶と対応しており、リストが形成されていた。一方、研究7で用いるRetro-Cueパラダイムでは手がかりが指示する文脈情報は、一つのアイテムのみと対応している。そのため、反復条件は同じプローブについて再認を求めることになるため反応時間の促進は、Central Component内に存在するための効果であるのか、反応を算出したことに

¹⁴研究6のリスト転換条件に対応する条件は、一回目の再認課題と二回目の再認課題で文脈情報の種類が同じ場合であるが、Retro-Cueパラダイムではリストが存在しないため、アイテムのみを転換をしている。そのため厳密にはアイテム転換条件となるが、研究6との対応を強調するため、リスト転換条件と呼称した。

よる効果であるのかが区別できない。したがって、研究7では反復条件は除外した。また、研究6において実験条件の効果とプローブの種類効果が認められなかったことから、研究7ではプローブの種類を要因計画から除外した。

実験装置

反応の取得はラップトップ PC (lenovo T510) を用いた。刺激はラップトップ PC のディスプレイに提示し刺激提示ソフト E-Prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.) によって制御した。ディスプレイの解像度は 1,024×768 ピクセルに設定した。

実験刺激

Retro-Cue パラダイムでは刺激の視覚的特徴に対する注意の効果を検討する目的のため、刺激には色と位置の組み合わせが用いられる (Griffin & Nobre, 2003)。一方、結合の強度の低下を観察するためには、研究6で述べたように、少なくとも三つの情報を結合して覚える課題でなければならない。そのため刺激には、研究6と同様にカタカナ一文字を追加し、文字を色と位置の文脈情報とともに覚えるよう求めた。また、プローブも文字とし、参加者は文字と文脈情報の組み合わせが一致しているかどうかの判断をおこなった。プローブを求めるアイテムにはカタカナを使用した。カタカナのうちア行及びワ行を除外したため、使用した文字は 38 文字であった。

手続き

参加者は練習試行 16 試行をおこなった後に本実験に参加した。練習試行のうち 6 試行は本実験よりも画面の進行が遅く設定されていた。

各試行のはじめに、アイテムと文脈の学習をおこなった (Figure 8)。本実験では、4 つの円が画面上に提示され、円上の文字を円の色と位置

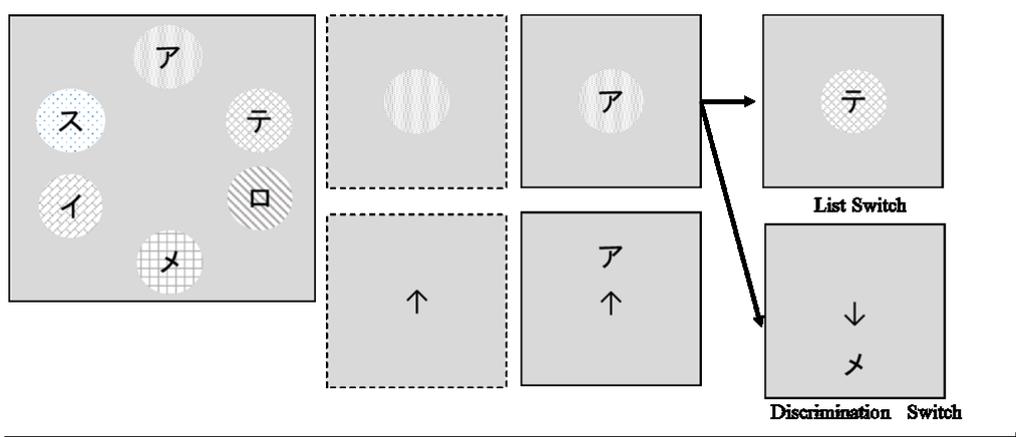


Figure 8

Examples of procedures in Research 7. The rectangle with broken line was not displayed in no-cue conditions.

とともに覚える。円の位置が、画面の中心からの距離が等しくなるように、画面の中心を重心とする正六角形の頂点上に配置した。配置を決めるために想定した正六角形は 0° の傾きと 90° の傾きの 2 種類であり、各試行はどちらかの正六角形の頂点上に円を提示した。よって、円が提示されうる位置は、6 つの頂点を持つ正六角形が 2 種類であるため、12 か所であった。円の色は、8 色のうち試行ごとにランダムに 4 色を選択した。学習画面の時間は 5,200 ms でグレー画面に切り替わる。グレー画面を 800 ms 提示した後に、文脈情報の指示をおこなった。これは Modified Sternberg task におけるフレームと同じく、後に再認を求めるアイテムの手がかりとなる。手がかりは矢印か色のついた円のいずれかであった。矢印の手がかりは位置を示しており、色のついた円は色を示している。これらはともに画面の中央に提示した。手がかりの提示から 2,000 ms 後、矢印の示す方向もしくは円上にプローブを提示し、プローブが手がかりと一致するかどうかの判断を求めた。判断の制限時間は

2,000 ms であり、判断がおこなわれるとその正誤を 500 ms 間フィードバックした。その後、2,000 ms 間のグレー背景を挿入した後に、再び手がかりを提示し、参加者は二回目の再認課題をおこなった。二回目の再認課題の提示方法は一回目の再認課題の提示方法と同様であった。手がかり無し条件の場合には、一回目の再認課題では学習後 2,800 ms 間のグレー画面を挿入し、二回目の再認課題ではフィードバック後に 2,800 ms 間のグレー画面の後に、手がかりとプローブを同時に提示した。

参加者には、提示されるアイテムと色、またはアイテムと位置の組み合わせが覚えたものと一致しているかどうかを判断するよう教示をおこなった。そのため、手がかりが有り条件でも手がかり無し条件でも参加者がおこなう判断は共通のものとなった。アイテムと文脈情報の組み合わせが正しい場合には“1”のキーを、誤っている場合には“s”のキーを押すよう求めた。

結 果

分析には、欠損の生じなかった 19 名のデータを用いた。リスト転換条件の再認反応時間は、一度目の再認課題が手がかり有りで、二度目の再認課題も手がかり有りのとき、色情報では 501 ms ($SD = 133$)、位置情報では 585 ms ($SD = 134$) であった。一度目の再認課題が手がかり有り度二度目の再認課題が手がかり無しの場合には、色情報で 1012 ms ($SD = 195$)、位置情報で 1028 ms ($SD = 307$) であった。両再認課題で手がかりが提示されない場合は、色情報で 967 ms ($SD = 190$)、位置情報で 951 ms ($SD = 147$) であった。一度目の再認課題で手がかり無しで、二度目の再認課題で手がかり有りの場合には、色情報で 518 ms ($SD = 79$)、位置情報で 508 ms ($SD = 71$) であった。

一方、区分転換条件の再認反応時間は、一度目の再認課題が手がかり有りかつ二度目の再認課題も手がかり有りのとき、色情報を指示した場合に 624 ms ($SD = 151$)、位置情報では 587 ms ($SD = 162$) であった。二度目の再認課題が手がかり無しの場合は、色情報が 1054 ms ($SD = 208$)、位置情報で 1058 ms ($SD = 213$) であった。両再認課題とも手がかりが提示されない場合には、色情報で 977 ms ($SD = 158$)、位置情報で 956 ms ($SD = 204$) であった。一度目の再認課題で手がかり無しで、二度目の再認課題で手がかり有りの場合には、色情報で 552 ms ($SD = 149$)、位置情報で 512 ms ($SD = 101$) であった。

指示する文脈情報の種類と、一度目の再認での手がかりの有無、二度目の再認での手がかりの有無、そして実験条件を要因とする分散分析おこなった。分析の結果、一度目の再認課題における手がかりの有無の主効果が有意であり ($F(1, 18) = 44376.87, MSe = 6.95, p = .02, partial \eta^2 = .28$)、同じく二度目の再認課題における手がかりの有無の主効果も有意であった ($F(1, 18) = 372.73, MSe = 41628.66, p < .001, partial \eta^2 = .95$)。また、実験条件の主効果も認められた ($F(1, 18) = 6.54, MSe = 11559.09, p = .02, partial \eta^2 = .27$)。一方、指示する文脈情報の主効果 ($F(1, 18) = 0.03, MSe = 14957.26, p = .87, partial \eta^2 < .01$) やその他の交互作用は認められなかった。

これらの結果は、まず、二度目の再認課題の反応時間は、二度目の再認課題で手がかりが提示される場合に速くなることを示している。一方で、一度目の再認課題の手がかりの効果は逆の方向を示しており、手がかりが提示されない方が二度目の再認課題の反応時間は速い。そして、リスト転換条件に比べ区分転換条件では時間を要することが示された。

考 察

研究7では、研究6の結果を確認する目的で、Modified Sternberg taskと同じく排除の研究に用いられる Retro-Cue パラダイムにより結合の強度の低下を検討した。その結果、リスト転換条件に比べ区分転換条件の再認反応時間が遅くなることが示された。この結果は、研究6と一致するものであり、結合を形成する二つの記憶のうち一方が選択され、他方が抑制される場合に結合の強度が低下するという仮説を支持するものであった。

二回目の再認課題に対する、一回目の再認課題の手がかりの有無の効果は、手がかり有りの場合に手がかり無し条件に比べ再認反応時間が長い傾向を示している。これは、二回目の再認課題における手がかりの有無の効果と真逆のものであった。二回目の再認課題では、手がかり有り条件の方が手がかり無し条件に比べ再認反応時間が速いことを示しており、Retro-Cue パラダイムにおいて認められる結果と一致するものであった (Griffin & Nobre, 2003; Rerko et al., 2013)。

一回目の再認課題と二回目の再認課題の手がかりの有無が、二回目の再認反応時間に真逆の影響を与える理由として、以下の過程が考えられる。一回目の再認課題では、手がかりが提示された場合に必要な記憶が選択されそれ以外が Central Component から排除される (Rerko et al., 2014)。一方、手がかりが提示されない場合、プローブが提示されたときに抑制が始まるが排除の完了にまで至らず、必要な記憶以外も Central Component に維持されている。これらの状態において、二回目の再認課題が実施されると、先行する処理で排除されている手がかり有り条件の場合、それらを Central Component に維持しなおさなければならない。一方、排除されていない場合、その中から一致する記憶を選択すればよい。

一回目の再認課題での手がかり有り条件では、二回目の再認課題で、排除された記憶を **Central Component** に維持しなおす必要を生じさせるため、すでに **Central Component** 内に維持されている手がかり無し条件に比べ再認反応時間が遅くなると考えられる。

これらの効果と実験条件の交互作用が認められなかったことは、排除が完了しているかにかかわらず、結合の強度の低下が生じることを意味していると考えられる。本論文の仮説は、結合を形成する記憶にそれぞれ異なる処理がおこなわれた場合に結合の強度の低下を予測するものであり、研究7の結果は仮説を支持するものであると考えられる。

6.3. 総 合 考 察

記憶の抑制に関する研究の多くは、抑制の事後効果からその働きを推測してきた。しかし、なぜ一時的な活性化の低下が事後効果として現れるほど長期的に持続しているのかについて説明されてこなかった。本論文では、この問題について、一時的な抑制が記憶構造の変化を引き起こす条件について仮説を立てた。すなわち、結合を形成する一対の記憶のうち一方が選択され他方が選択されない場合に、結合の強度が低下するというものであった。このような仕組みは、検索誘導性忘却の神経回路網モデル (Norman et al., 2008) ではすでに実装されているものである。

第6章ではこれを実験的に検討するために、Modified Sternberg task と Retro-Cue パラダイムを改変した手続きを用いた。どちらの手続きにおいても再認課題を二度実施することで、抑制の事後効果として結合の強度の低下が観察されるかどうかを確認した。これにあたり、結合を形成する記憶がともに選択される反復条件と、ともに抑制されるリスト転換条件、そして結合を形成する各記憶に対し処理が異なる区分転換条件を設定し、これらを比較した。

研究6の結果、再認課題において利用されない文脈情報は、アイテムとの結合が低下していることが示された。この結果は、研究7においても確認され、結合の強度の低下が実験手続きに依存することなく観察できることが示された。これらの結果から、対となる記憶に異なる処理が働いた場合に結合の強度が低下するという仮説は支持された。したがって、なぜ一時的な抑制が長期的に効果を示すのかという問題については、Anderson (2003) が指摘するように、一時的な脱活性化が記憶構造の長期的な変化を引き起こすためであると考えられる。

Three-Embedded-Components model によると, Central Component 内に維持された記憶との結合の強度の変化は長期記憶に符号化され, 長期記憶の連合強度を更新していく (Oberauer, 2009; Oberauer et al., 2013)。そのため, 結合の強度の低下は長期記憶の連合強度を低める方向に更新するものと考えられる。このように考えると, 繰り返し学習される“動物ーネコ”の繋がりには連合強度の更新の影響を受けにくい, “学習時に提示された”というエピソードを提供する文脈情報と“動物ーネコ”間の結合は一時的な学習であるために更新の影響を受けやすいと考えられる。そうであれば, 抑制は選択的にエピソード記憶に影響しやすいものと考えられる。

さらに研究7の結果は, 排除が完了しているかにかかわらず結合の強度の低下が認められるというものであった。この結果は, 結合の強度を低下させる原因は排除されるかどうかではなく, 抑制されるかどうかであることを示唆している。したがって, 対になる記憶のうち一方が選択され他方が抑制される場合に結合の強度が低下するという本研究の仮説を支持していると考えられる。

この結果は, 排除が抑制の作用によって起こっているという前提を裏付けるために重要な結果であると考えられる。理論上, 伝統的にワーキングメモリからの不要な情報の排除は, 抑制の働きによると考えられてきた (Friedman & Miyake, 2004; Hasher et al., 2006; Hasher & Zacks, 1988; Miyake et al., 2000)。そのため, ワーキングメモリからの不要な記憶の排除は抑制の働きであり, 排除やその事後効果を観察することで抑制の働きが検討されてきた (Oberauer, 2001, 2005)。本論文における実証研究もこの考えを踏襲したものである。

しかし、それゆえ、排除の背後に抑制処理を想定せずとも、ワーキングメモリから排除するという機能が想定されることで、これらの研究結果を説明することも可能である。実際、近年の Oberauer は排除の背景に抑制を想定することに慎重な立場を取っており、“Active Removal” という処理を仮定して Rerko et al. (2013) の示した Retro-Cue パラダイムにおけるセットサイズ効果の消失を捉えている (Ecker et al., 2014)。つまり、排除が起こっているというところまでを議論している。加えて、Three-Embedded-Components model の神経回路網モデルにおいても (Oberauer et al., 2013)、排除は Δ ルールによって実装されている。Central Component に維持されている記憶と手がかりに基づき Central Component に維持される記憶が異なる場合、すなわち不要な記憶が存在する場合、不要な記憶を排除することでワーキングメモリを更新する。 Δ ルールはこの更新時の結合の変化に関するルールであり、不要な記憶は結合が低下することで排除される。すなわち、研究 6 の結果は抑制を想定せずとも説明することが可能である。

排除の背景に抑制を想定する場合と抑制を想定しない場合の違いは、結合の強度の低下に排除が必須であるかどうかであると考えられる。本論文の仮説では、排除は Central Component 内の記憶が抑制された場合に生じる作用であり、結合の強度の低下は記憶間の処理が異なるかどうかによって規定される。そのため、仮に抑制される記憶がもともと Central Component 内にない場合であっても、つまり排除されえない場合であっても、連合している記憶が選択されればその強度は低下されると予測される。一方、抑制を想定しない場合、結合の強度の低下は排除の事後効果と考えられる。すなわち、排除されなければ結合の強度は低下しないことが予測される。研究 7 の結果を見る限りは、先行する再認課題で排

除が完了しない手がかり無し条件であった場合にも，結合の強度の低下が認められていたため，排除の背景に抑制を想定することに一定の証拠を提供するものであると考えられる。

ただし，この問題については慎重な議論が必要であると考えられる。ワーキングメモリからの不要な情報の排除を，抑制を想定せずに説明する考えは非常に新しく，Ecker et al. (2014) も **Active Removal** がどのようなものであるのかは明確に述べられていない。それゆえ対立する考えであるかについても明らかではない。したがって，第6章の結論が，その他の仮説を反証しているわけではないことに留意する必要がある。

第 Ⅲ 部

結 論

第7章 全体的考察

7.1. 要約

序論において、不要な記憶を脱活性化するという抑制の定義を踏襲したうえで、近年の議論を参考に記憶検索時の抑制処理のメカニズムに関する仮説を提示し、これを検証した。これまでは記憶検索と抑制は長期記憶とワーキングメモリの領域それぞれ扱われてきたが、本論文では **Three-Embedded-Components model** に基づくことで共通の枠組みから論じた。すなわち、長期記憶検索はワーキングメモリに記憶を維持することであり、ワーキングメモリ及び短期記憶検索はワーキングメモリ内の情報に選択的にアクセスすることと捉えた。このように考えると、ワーキングメモリの抑制も長期記憶の抑制も、ワーキングメモリに記憶を維持するときに必要な働きと考えることができる。

この枠組みから、抑制メカニズムの仮説を構築するにあたりこれまでの抑制の理論が扱ってこなかった二つの理論的問題の解消を試みた。一つは、どのように抑制の対象となる記憶を同定しているのかという問題である。本論文では、不要な記憶が選択されて抑制されるのではなく、必要な記憶を選択した結果その他の記憶に対して抑制処理が働くと考えこの問題を解消した。すなわち、記憶検索には必要な記憶を選択することで達成されており、抑制は選択の副作用として捉えた。この仮説について第5章で実証研究をおこなった。

二つめの問題は、実験手続きが仮定している抑制の効果が持続するという定義との矛盾の問題である。記憶の脱活性化という定義には、その効果が持続することは含まれていない。しかし実験手続きの多くは持続

を仮定しており、実際に効果は持続していると考えられる。よって、抑制メカニズムは、一時的な記憶の脱活性化が長期的な効果をもたらすのかを説明する必要がある。この問題について、検索誘導性忘却の先行研究を手がかりに、持続性を記憶構造の変化として説明できることを論じた。そして、記憶構造が生じる条件が、結合している記憶の一方が選択され他方が抑制されることであるという仮説を立てた。この仮説について第6章にて実験的に検討をおこなった。

序論の最後には、これらのメカニズムを備えるためには抑制を機能的なものではなく、記憶構造の性質と捉える必要があることを論じた。記憶は、選択されると他の記憶を抑制する性質を持つものとして考える必要がある。このような考えは側抑制と呼ばれるものであり、記憶に関する認知神経科学の研究 (Munakata et al., 2011) や計算論モデル (Norman et al., 2007) の枠組みと一致するものである。

本論では仮説を実験的に検証するために、一連の実験をおこなった。実験的検証にあたっては、抑制の効果をワーキングメモリから不要な記憶が排除されていく過程を通じて検討することができる **Modified Sternberg task** を用いた。第4章では、**Modified Sternberg task** の再現性を確認するとともに、仮説検証に有効なタイムコースを推定した。加えて説明仮説の妥当性を検証した。研究の結果、抑制の検討に有用であることが示された。また、仮説の基盤となる **Three-Embedded-Components model** ではワーキングメモリ内容が記憶間の結合と捉えるが、この考えを支持する結果が得られた。

これ以降の実証研究では仮説の根幹となる、抑制の作動条件と事後効果の原因について検討した。序論において提案した抑制の作動条件は、必要な記憶の選択であった。この仮説は、抑制に選択して必要な記憶の

選択がおこなわれると考えることを意味している。第5章の研究の結果、必要な記憶を選択する過程が遅延すると損分だけ排除が完了するまでに時間を要することが示され、仮説は支持された。続く第6章では、記憶構造の変化は、選択された記憶と抑制された記憶の結合の強度の低下によっておこるといふ仮説を検証した。研究の結果、記憶間の結合の強度の低下を観察することに成功した。加えて、結合の強度の低下は、排除の完了にかかわらず生じることから、結合を形成する一対の記憶間で処理が異なることこそが結合の強度の低下の原因であることが推察された。

7.2. 学術的意義

本論文から、抑制の作動条件が明らかとなった。抑制の作動条件は必要な記憶を選択することであり、必要な記憶の選択に先行して抑制が働くというこれまでの仮定を覆すものであった。必要な記憶の選択に先行して抑制が働くという仮定はどのように抑制対象を決定しているのかが説明できないという問題を解消できると考えられる。

また、抑制の事後効果がなぜ生じるのかが明らかとなった。これまでの研究では、抑制を活性化を低下する働きと定義しながら、抑制された記憶は後に活性化されづらいという仮定のもと、長期的な効果から抑制のメカニズムを推測してきた。しかし、研究6と研究7の結果は、抑制が働くことによって記憶構造が変化したことを示している。よって、持続する抑制の効果というのは、抑制の定義に一致する活性化の低下ではなく、その結果もたらされる記憶構造の変化である可能性を指摘できる。

これらの知見をまとめると、抑制は選択によって作動し、一方が選択されることで他方が抑制され、その結果記憶間の結合が低下することになる。これは検索誘導性忘却のニューラルネットワークモデルと同じ図

式であり (Norman et al., 2006), 同時に認知神経科学における抑制のフレームワーク (Munakata et al., 2011) とも一致するものである。したがって, 本論文は, 行動的に観察される記憶の働きが, 神経系における抑制や記憶の計算モデルの一つである競合学習と共通の振る舞いを見せることを実験的に示したものと考えられる。

また, この知見は伝統的な長期記憶の検索理論と対立するものではない。長期記憶の検索理論では, 再生確率は手がかりと記憶間の連合強度によって規定される。この連合強度はレシオ・ルールと呼ばれる比によって表される。すなわち, 手がかりとターゲットの記憶の連合強度は, 手がかりと連合する全ての競合記憶の連合強度の総和に対する比によって規定される。つまり, 手がかりとターゲットの連合強度が強まれば, 相対的に手がかりと競合記憶の連合強度は低下する。このように, 伝統的な連合理論においても選択される記憶間の強化と選択されなかった記憶と選択された記憶間の相対的な連合強度の低下を想定している。本論文における結合の強度の低下は, 長期記憶理論における相対的な連合強度の低下を, 抑制を想定することで絶対的な強度の低下として表現しているに過ぎない。よって, 長期記憶の検索理論とも多くの部分において共通すると考えられる。ただし, 絶対的な強度の低下を想定することで, 忘却の原因を干渉だけではなく, 記憶の消失という観点も含め多面的に検討できるようになると考えられる。

7.3. 展 望

最後に今後の課題を挙げる。第一に, 本論文で示した抑制のメカニズムを, 刺激が提示され続けている場合にも適用できるのかを検討する必要がある。本論文で扱った抑制メカニズムは記憶に関するものであった。

しかし、ワーキングメモリにおける抑制研究では、記憶だけでなく、注意課題の説明にも共通のメカニズムを想定している。この意味で、本研究で扱った範囲は抑制研究のごく一部である。記憶検索と注意は異なる処理として扱われているが、どちらも情報を表現するという点においては共通している。記憶検索を貯蔵された情報を心的に展開する働きと捉えれば、注意は外界に存在する情報を心的に表現する働きと考えることができる。そのため、これまでの抑制研究で扱われてきたように、記憶と注意の抑制メカニズムは共通する部分を持っている可能性がある。

第二に、応用の可能性について述べる。強迫性障害や不安障害など思考に関する症状を呈する人では、健常者に比べ思考の抑制の働きの低下を示すことが報告されている (for a review, Nigg, 2000)。抑制が実行機能であるという従来の枠組みに従えば、望ましくない記憶や強迫的な思考を抑制することができないために症状が現れてしまうと考えられる。しかし、本論文の結論から、抑制される情報は目標に一致しないために選択されない情報であり、抑制は特定の情報（望ましくない思考など）を選択して働くものではないことが示唆される。特定の情報を抑制する機能が想定されないならば、症状を抑制機能の低下を原因と考えるのではなく、望ましくない思考や強迫的な思考が持続することは、目標に一致する情報として捉えているためであるという可能性が推察される。

認知的レベルにおける抑制は理論的にも手続き的にも非常に議論が複雑であり、その取り扱いは厳密でなければならない (McLeod, 2003)。本論文において検討した問題も、膨大な研究のごく一部であり、検討すべき課題が多く残されていると考えられる。

引用文献

- 天野成昭・近藤公久 (2003a). NTT データベースシリーズ. 日本語の語彙特性 第1期. 三省堂.
- 天野成昭・近藤公久 (2003b). 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.
- Anderson, J.R. & Reder, L.M. (1999). The size of the fan effect: Process not representation. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 207-210.
- Anderson, J.R. & Lebiere, C. (1998). *The atomic components of thought*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Anderson, J.R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261-295.
- Anderson, M.C. & Neely, J.H. (1996). Interference and inhibition in memory retrieval. E.L. Bjork & R.A. Bjork (Eds.), *Memory. Handbook of Perception and Cognition* (2nd ed.), pp. 237-313. San Diego, CA: Academic Press.
- Anderson, M.C. & Neely, J.H. (1996). Interference and inhibition in memory retrieval. E.L. Bjork & R.A. Bjork (Eds.), *Memory. Handbook of Perception and Cognition* (2nd ed.), pp. 237-313. San Diego, CA: Academic Press.
- Anderson, M.C. (2003). Rethinking interference theory: Executive control and the mechanisms of forgetting. *Journal of Memory and Language*, 49, 415-445.
- Anderson, M.C., & Bjork, R.A. (1994). Mechanisms of inhibition in long-term memory: A new taxonomy. D. Dagenbach & T. Carr (Eds.), *Inhibitory Processes in Attention, Memory and Language*, pp. 265-326. Academic Press.
- Anderson, M.C., & Spellman, B.A. (1995). On the status of inhibitory mechanisms in cognition: Memory retrieval as a model case. *Psychological Review*, 102, 68-100.
- Anderson, M.C., Bjork, E.L., & Bjork, R.A. (2000). Retrieval-induced forgetting:

- Evidence for a recall-specific mechanism. *Psychonomic Bulletin and Review*, 7, 522-530.
- Anderson, M.C., Bjork, R.A., & Bjork, E.L. (1994). Remembering can cause forgetting: Retrieval dynamics in long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 20, 1063-1087.
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. W. Spence & J. T. Spence (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 2. New York: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A.D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (8, pp. 47–89). New York: Academic Press.
- Baddeley, A.D., Thomson, N., & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of short term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575-589.
- Brown, S.D. & Heathcote, A. (2008). The simplest complete model of choice response time: linear ballistic accumulation. *Cognitive Psychology*, 57, 153-178.
- Coane, J.H., & Balota, D.A. (2010). Repetition priming across distinct contexts: Effects of lexical status, word frequency, and retrieval test. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 63, 2376-2398.
- Collins, A. M., & Loftus, E.F. (1975). A spreading-activation theory of semantic memory. *Psychological Review*, 82, 407-728.
- Collins, A.M., & Quillian, M.R. (1969). Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8, 240-247.
- Conway, A.R.A., & Engle, R.W. (1994). Working memory and retrieval: A resource-dependent inhibition model. *Journal of Psychology: General*, 123, No. 4,

354-373.

- Conway, A.R.A., Kane, M.J., Bunting, M.F., Manbrick, D.Z., & Engle, R.W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin and Review*, 12, 769-786.
- Cowan, N. (1988). Evolving conceptions of memory storage, selective attention, and their mutual constraints within the human information processing system. *Psychological Bulletin*, 104, 163-191.
- Cowan, N. (1995). *Attention and Memory: An Integrated Framework*, Oxford University Press, New York.
- Cowan, N. (1999). An embedded-processes model of working memory. In: A. Miyake & P. Shah. *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*. (pp. 62-101). Cambridge: Cambridge University Press.
- Daneman, M., & Carpenter, P.A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Behavior*, 19, 450-466.
- Daneman, M., & Merikle, P.M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychological Bulletin & Review*, 3, 422-433.
- Ebbinghaus, H. (1964). *Memory: A contribution to experimental psychology* (H. A. Ruger, C. E. Bussenius Trans.). New York: Dover. (Original work published 1885)
- Ecker, U.K., Lewandowsky, S., Oberauer, K., & Chee, A.E. (2010). The Components of Working Memory Updating: An Experimental Decomposition and Individual Differences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36, 170–189.
- Ecker, U. K. H., Lewandowsky, S., & Oberauer, K. (2014). Removal of information from working memory: A specific updating process. *Journal of Memory and Language*, 74, 77-90.

- Ecker, U. K. H., Oberauer, K., & Lewandowsky, S. (2014). Working memory updating involves item-specific removal. *Journal of Memory and Language*, 74, 1-15.
- Engle, R. W., & Kane, M. J. (2004). Executive attention, working memory capacity, and a two-factor theory of cognitive control. In B. Ross (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (44, pp. 145-199). NY: Elsevier.
- Engle, R.W., Kane, M.J., & Tuholski, S.W. (1999). Individual differences in working memory capacity and what they tell us about controlled attention, general fluid intelligence and functions of the prefrontal cortex. In Miyake, A. & Shah, P. (Eds.), *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control* (pp.102-134). London: Cambridge Press.
- Eriksen, B.A, & Eriksen, C.W. (1974). Effects of noise letters upon identification of a target letter in a non-search task. *Perception & Psychophysics*, 16, 143-149.
- Friedman, N. P., & Miyake, A. (2004). The relations among inhibition and interference control functions: A latent-variable analysis. *Journal of Experimental Psychology: General*, 133, 101-135.
- Griffin, I. C. & Nobre, A. C. Orienting attention to locations in internal representations. *Journal of cognitive neuroscience* 15, 1176–1194.
- Hasher, L., & Zacks, R. T. (1988). Working memory, comprehension, and aging: A review and a new view. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation*, 22 (pp. 193-225). New York, NY: Academic Press.
- Hasher, L., Lustig, C., & Zacks, R. T. (2007). Inhibitory mechanisms and the control of attention. In A. Conway, C. Jarrold, M. Kane, A. Miyake, A., & J. Towse (Eds.), *Variation in working memory*. (pp. 227-249). New York: Oxford University Press.
- Hasher, L., Quig, M. B., & May, C. P. (1997). Inhibitory control over no- longer-relevant information: Adult age differences. *Memory & Cognition*, 25, 286-295.

- Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T., & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 163-169.
- Hasher, L., Stoltzfus, E. R., Zacks, R. T., & Rypma, B. (1991). Age and inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 163-169.
- Hasher, L., Zacks, R. T., & May, C. P. (1999). Inhibitory control, circadian arousal, and age. In D. Gopher & A. Koriat (Eds.), *Attention & Performance, XVII, Cognitive Regulation of Performance: Interaction of Theory and Application* (pp. 653-675). Cambridge, MA: MIT Press
- Hazy, T.E., Frank, M.J. & O'Reilly, R.C. (2006). Banishing the Homunculus: Making Working Memory Work. *Neuroscience*, 139, 105-118.
- Heitz, R.P., & Engle, R.W. (2007). Focusing the spotlight: Individual differences in visual attention control. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136, 217-240.
- Ikier, S., Yang, L., & Hasher, L. (2008). Implicit proactive interference, age, and automatic versus controlled retrieval strategies. *Psychological Science*, 19, 456-461.
- James, W. (1890). *The principles of psychology*, volume I. New York.
- Jonker, T. R., Seli, P., & MacLeod, C. M. (2013). Putting retrieval-induced forgetting in context: An inhibition-free, context-based account. *Psychological Review*, 120, 852-872.
- Jurado, M.B., & Rosselli, M. (2007). The elusive nature of executive functions: A review of our current understanding. *Neuropsychological review*, 17,213-233.
- Just, M.A., & Carpenter, P.A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99, 122-149.
- Kane, M.J., Poole, B.J., Tuholski, S.W., & Engle, R.W. (2006). Working memory capacity and the top-down control of visual search: Exploring the boundaries of "executive attention", *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and*

Cognition, 32, 749 - 777.

Kyllonen, P., & Christal, R. (1990). Reasoning ability is (little more than) working memory capacity? , *Intelligence*, 14, 389-433.

LaRocque, J.J., Lewis-Peacock, J.A., Drysdale, A.T., Oberauer, K., and Postle, B.R. (2013). Decoding attended information in short-term memory: An EEG study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25, 127-142.

Luria, A.R. (1961). *The role of speech in the regulation of normal and abnormal behavior*. New York: Pergamon Press.

Luria, A.R. (1973). *The working brain*. London: Penguin.

Lustig, C., May, C. P., & Hasher, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology: General*, 130, 199-207.

Lustig, C., Hasher, L., & Zacks, R.T. (2007). Inhibitory deficit theory: Recent developments in a "new view". In D. S. Gorfein & C. M. MacLeod (Eds.), *The place of inhibition in cognition*. (pp. 145-162). Washington, DC: American Psychological Association.

MacLeod, C. M. (2007). The concept of inhibition in cognition. In D. S. Gorfein and C. M. MacLeod (Eds.), *Inhibition in cognition* (pp. 3-23). Washington, DC: American Psychological Association.

McCabe, D.P., Roediger, III, H.L., McDaniel, M.A., Balota, D.A., & Hambrick, D.Z. (2010). The relationship between working memory capacity and executive functioning: Evidence for a common executive attention construct. *Neuropsychology*, 24, 222-243.

McGeoch, J.A. (1932). Forgetting and the law of disuse. *Psychological Review*, 39, 352-370.

Mensink, G., & Raaijmakers, J.G. (1988). A model for interference and forgetting.

- Psychological Review, 95, No. 4, 434-455.
- Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, No. 2, 81-97.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “Frontal Lobe” tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100
- Miyake, A., & Friedman, N.P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions: Four general conclusions. *Current Directions in Psychological Science*, 21, 8-14.
- Miyake, A., & Shah, P. (Eds.) (1999). *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. New York: Cambridge University Press.
- Munakata, Y., Herd, S. A., Chatham, C. H., Depue, B.E., Banich, M. T., & O'Reilly, R. C. (2011). A unified framework for inhibitory control. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 453-459.
- 村山航 (2006). 再認記憶の二重過程モデルとその測定法：“多層的な枠組み”の提案 *心理学評論*, 49, 569-591.
- 村山伸樹・伊賀崎伴彦・河本雅樹・梶原靖祐・米積友邦 (2002). 文字認知と視覚事象関連電位：ひらがな・漢字・英単語について, *電子情報通信学会技術研究報告*. MBE, ME とバイオサイバネティクス, 101, No.612, pp.37-42.
- Neely, J.H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106, 226-254.
- Nigg, J. T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental psychopathology: Views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy.

Psychological Bulletin, 126, 220-246.

Norman, A., & Shallice, T. (1986). Attention to action: Willed & automatic control of behavior. In Davidson, R.J., Schwartz, G.E., & Shapiro, D. (Eds.). *Consciousness & Self-Regulation: Advances in Research & theory*. New York: Plenum Press. pp. 1-18.

Oberauer, K. (2001). Removing irrelevant information from working memory. A cognitive aging study with the modified Sternberg task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 948-957.

Oberauer, K. (2003). Understanding serial position curves in short-term recognition and recall. *Journal of Memory and Language*, 49, 469-483.

Oberauer, K. (2005). Binding and inhibition in working memory - individual and age differences in short-term recognition. *Journal of Experimental Psychology: General*, 134, 368-387.

Oberauer, K. (2008). How to say no: Single- and dual-process theories of short-term recognition tested on negative probes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 34, 439-459.

Oberauer, K. (2009). Design for a Working Memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 51, 45-100.

Oberauer, K., Souza, A. S., Druery, M. D., & Gade M., (2013). Analogous mechanisms of selection and updating in declarative and procedural working memory: experiments and a computational model. *Cognitive Psychology*, 66, 157-211.

Perfect, T.J., Stark, L.J., Tree, J.J., Moulin, C.J.A., Ahmed, L., & Hutter, R. (2004). Transfer appropriate forgetting: The cue-dependent nature of retrieval-induced forgetting. *Journal of Memory and Language*, 51, 91-99.

Peterson, L.R., & Peterson, M.J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58, 193-198.

- Raaijmakers, J.G.W., & Jakab, E. (2013). Rethinking inhibition theory: On the problematic status of the inhibition theory for forgetting. *Journal of Memory and Language*, 68, 98-122.
- Racsmány, M. & Conway, M.A. (2006). Episodic inhibition. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 32, 44-57.
- Ratcliff, R., & McKoon, G. (1981). Does activation really spread? *Psychological Review*, 88, 454-462.
- Rerko, L., Souza, A.S., & Oberauer, K. (2014). Retro-cue benefits in working memory without sustained focal attention. *Memory & Cognition*, 42, 712-728.
- Roman, P., Soriano, M. F., Gomez-Ariza, C.J., & Bajo, M.T. (2009). Retrieval-induced forgetting and executive control. *Psychological Science*, 20, No. 9, 1053-1058.
- Sahakyan, L., & Hendricks, H. E. (2012). Context change and retrieval difficulty in the list-before-last paradigm. *Memory & Cognition*, 40, 844 – 860.
- 佐久間尚子・伊集院睦雄・伏見貴夫・辰巳 格・田中正之・天野成昭・近藤公久 (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.
- 篠田晴男・石井正博・鈴木浩太 (2013). アルファベット単語の短期学習に関する事象関連電位による検討. 立正大学心理学研究所紀要 11, 1-4.
- Souza, A.S., Rerko, L., & Oberauer, K. (2014). Unloading and reloading working memory: Attending to one item frees capacity. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40, 1237-1256.
- Stenberg, S. (1969). Memory-scanning: Mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, 57, 421-457.
- Storm, B. C., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2012). On the durability of retrieval-induced forgetting. *Journal of Cognitive Psychology*, 24, 617-629.
- 玉木賢太郎・内藤佳津雄 (2012). 検索経験パラダイムにおける抑制処理への遅延時

間の影響. 日本基礎心理学会第32回大会

丹藤克也・仲真紀子 (2007). 検索誘導性忘却の持続性. 心理学研究, 78, 310-315.

Tipper, S. P. (1985). The negative priming effect: Inhibitory priming by ignored objects.

Quarterly Journal of Experimental Psychology, 37(A), 571-590.

月元敬 (2007). 抑制に基づく記憶検索理論の構成. 風間書房

月元敬・川口潤 (2004). 検索誘導性忘却における抑制の所在一顕在・潜在記憶パラ

ダイムによる検討一, 心理学研究, 75, 125-133.

Tsukimoto, T., & Kawaguchi, J. (2006). The contribution of category-based and contextual

suppression towards retrieval-induced forgetting. Japanese Psychological Research,

48, 40-45.

土田宜明. (1998). 老年期の抑制機能に関する研究の意義と現状. 心理学評論, 47,

73-95.

土田宜明. (2007). 抑制機能の分類に関する研究. 立命館文学, 599, 100-109.

Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.),

Organization of Memory (pp. 381-402). New York, NY: Academic Press.

Tulving, E., & Pearlstone, Z. (1966). Availability versus accessibility of information in

memory for words. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 5, 381-391.

Turner, M. L., & Engle, R. W. (1989). Is working memory capacity task dependent?

Journal of Memory and Language, 28, 127-154.

上田卓司・椎名乾平・浅川伸一 (2003). 反応時間の確率モデル. 心理学評論, 46,

249-273.

Unsworth, N., Redick, T.S., Heitz, R.P., Broadway, J.M., & Engle, R.W. (2009). Complex

working memory span tasks and higher-order cognition: A latent-variable analysis of

the relationship between processing and storage. Memory, 17, 635-654.

Veiling, H. & van Knippenberg, A. (2004). Remembering can cause inhibition: retrieval -

induced inhibition as cue independent processes. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 315-318.

Verde, M. F. (2012). Retrieval-induced forgetting and inhibition: a critical review. In *The psychology of learning and motivation* (56, pp. 47–80). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.

William, C.C., & Zacks, R.T. (2001). Is retrieval-induced forgetting an inhibitory process? *The American Journal of Psychology*, 114, 329-354.

Yonelinas, A.P. (2002). The nature of recollection and familiarity: A review of 30 years of research. *Journal of Memory and Language*, 46, 441-517.

Zacks, R. T., & Hasher, L. (1994). Directed ignoring: Inhibitory regulation of working memory. In D. Dagenbach & T. H. Carr (Eds.), *Inhibitory mechanisms in attention, memory, and language* (pp. 241-264). New York, NY: Academic Press.

謝 辞

本論文は筆者が日本大学大学院文学研究科心理学専攻博士後期課程においておこなった研究をまとめたものである。

論文の作成にあたり本学教授 内藤 佳津雄 先生には指導教官として貴重なご指導を賜りました。本研究の機会をくださり、また、研究の考え方について様々な視点をいただきました。ここに深謝の意を表します。副査として親身にご指導いただきました、本学教授 巖島 行雄 先生、並びに、依田 麻子 先生に心より感謝いたします。

研究の道を開いていただいた本学名誉教授 長嶋 紀一 先生に深謝いたします。また、亜細亜大学教授 板垣 文彦 先生にはテーマの選択について貴重なご助言を賜りました。心より感謝しております。

研究室の先輩である本学研究員 相澤 裕紀 氏、並びに本学助教 望月 正哉 先生には多くのご相談させていただきました。ここに感謝の意を表します。

最後になりますが、数多くの実験にご協力くださった本学学部の後輩の皆さまに深謝いたします。ありがとうございました。