

エピソード的未来思考におけるイメージ構築のメカニズム

(The mechanism of constructing future event representations in episodic future thinking)

伊藤 友一

(ITO, Yuichi)

名古屋大学大学院環境学研究科 博士 (心理学)

2016 年

本論は以下の出版図書及び、学術論文をまとめたものである。

## 第 1 章, 第 2 章

伊藤友一 (2014) 未来の出来事 of 思考ーエピソード的 future 思考 『ふと浮かぶ記憶と思考の心理学: 無意図的な心的活動の基礎と臨床』第 8 章, 北大路書房, 95-108.

## 第 3 章

伊藤 友一・服部 陽介・川口 潤 (2015). エピソード記憶の想起による未来の時間的概念活性化 心理学研究, 86, 340-346.

伊藤 友一・服部 陽介・川口 潤 (2012). 未来のイメージの詳細さを規定するメカニズム 人間環境学研究, 10, 41-47.

## 第 4 章

Yuichi Ito, Taiji Ueno, Shinji Kitagami, & Jun Kawaguchi (2013). A computational exploration on the role of semantic memory in episodic future thinking. Proceedings (Full-length paper) of the 35th Annual Conference of the Cognitive Science Society. pp. 2626-2631.

Yuichi Ito, Taiji Ueno, Shinji Kitagami, & Jun Kawaguchi (2014). Emergence of Semantic Memory through Sequential Event Prediction and Its Role in Episodic Future Thinking: A Computational Exploration. Proceedings (Full-length paper) of the 36th Annual Conference of the Cognitive Science Society. pp. 660-665.

## 要旨

人間は、自分が将来経験する出来事について、今まさに経験しているかのように頭のなかでシミュレートすることができる。そのような人間の能力は、エピソード的未来思考と呼ばれている。この能力によって、人間は将来起こりうる事態に備えることが可能になる。例えば、災害に遭遇した場面を予め想像することによって、日頃どのような備えが必要なのかを考えることができるだろう。一方、曖昧なイメージしか出来なければ、必要な備えを怠るといった事態に繋がりがかねない。したがって、エピソード的未来思考という認知能力は、人間の生存にとって、非常に重要なものである。本論では、記憶研究の観点から、人間がいかにして未来の事象についてのイメージを構築しているのか、そのメカニズムについて検討を行った。

第1章では、エピソード的未来思考研究の現状について概観し、エピソード記憶や意味記憶研究との関連、及びイメージの詳細さに影響する要因について議論した。第2章では、先行研究から明らかになっている、エピソード的未来思考におけるイメージ構築のプロセスの統合を試みた。まず、未来の事象の大まかなイメージ構築プロセスとして、構築的エピソードシミュレーション仮説を紹介した。この仮説によると、過去の経験の記憶であるエピソード記憶から記憶情報の断片を検索し、それらを統合するという処理によって、将来経験する出来事のイメージが構築される。これはイメージを精緻化する際に、特に重要となる処理であると考えられており、それらの処理についてはエピソード記憶の重要性が強調されている。その一方で、未来事象のイメージの枠組みを構築する段階とイメージを精緻化する段階とを区別して捉えた研究も存在する。このとき、イメージの枠組みを提供するものとして、一般的な知識である意味記憶やスキーマ的な記憶表象の役割が考慮されている。このように、エピソード的未来思考におけるイメージ構築の過程には、エピソード記憶と意味記憶双方の寄与が存在すると考えられている。しかしながら、そのような記憶情報がいかにして利用されているのか、という背景については未だ十分な検討がなされていない。

そこで、第3章では、構築的エピソードシミュレーション仮説に基づき、エピソード記憶の検索と統合という観点から、詳細なイメージがいかにして構築されているのかを検討した。まず、詳細なエピソード記憶想起と詳細なイメージ構築が時間的に近い距離概念と結びついていることを、潜在的な行動指標によって明らかにした。そして、その指標を用いることで、詳細なイメージ構築にとって情報統合の処理が重要であることを確認し、統合処理が中央実行系によって支えられていることを明らかにした。

第4章では、意味記憶がどのようにしてエピソード的未来思考を支えているのかを、意味認知症患者のシミュレーションモデルを構築することによって明らかにした。モデルはまず、イベント系列予測課題のトレーニングを行った。その課題を通して、モデルは様々な知識表象（すなわち、エピソード記憶、意味記憶、文脈のスキーマ）を獲得した。そのよ

うなモデルは自らの予測に基づいて、その次のイベント予測を行うという系列予測の自己生成を行うことで、未来のイベント系列の生成（すなわちエピソード的未来思考のシミュレーション）が可能となった。この最終的なモデルのネットワークに対してノイズを与え、模倣的に意味認知症状態のモデルを作成し、イベント系列の自己生成を実行させた。その結果、実際の意味認知症患者のエピソード的未来思考と一致するモデルの振る舞いが確認された。その際のモデルの内部表象の変化を解析することで、意味記憶によって未来思考中の文脈情報が維持されているということを明らかにした。

第5章では、自発的な情報の活性化という認知処理が、エピソード的未来思考時に生じている可能性について検討した。実際に起こりうる未来の状況を適切にイメージするには、タイミング良く必要な情報を想起する必要がある。そのためには、展望記憶で見られるように、想起すべき対象に関連する情報が想起すべきタイミングの接近に伴って自発的に活性化する可能性が考えられる。そこで、展望記憶パラダイムを援用した手続きによって、エピソード的未来思考においても自発的な活性化が生じていることを確認した。

ここまでの基礎的な知見に加え、第6章ではより現実的な場面において、エピソード的未来思考が、人間の認知活動にどのような影響を及ぼしているのかを検討した。その際、テスト場面を想定した調査研究、及び実験を行うことで、未来志向研究の実践的な応用可能性を示すことを試みた。

第7章では、本論において得られた知見を総括し、総合的な考察を行った。本論で行われた一連の研究から、エピソード記憶、意味記憶、自発的想起機能の未来思考への寄与について、それぞれを関連付けながら整理した。さらに、本論における限界、及び今後の展望について議論した。

## 目次

第1章	エピソード的未来思考研究の概観	1
1.1	エピソード的未来思考とは	2
1.2	エピソード的未来思考の操作的定義	3
1.3	日常生活における未来関連の思考	3
1.4	エピソード記憶に焦点を当てた研究	4
1.5	エピソード的未来思考と意味的未来思考	6
1.6	エピソード的未来思考における意味記憶	6
1.7	イメージの詳細さに影響する要因	6
1.7.1	時間的距離の要因	6
1.7.2	その他の要因	7
1.8	第1章のまとめ	8
第2章	想定される未来思考のプロセス	9
2.1	構築的エピソードシミュレーション仮説	9
2.2	イメージ表象を構築する段階と精緻化する段階	11
2.3	第2章まとめ	12
第3章	未来思考におけるエピソード記憶システム	14
3.1	エピソード記憶情報の検索と未来の時間的概念の活性化（実験1）	14
方法		17
結果		20
考察		21
3.2	詳細なイメージの構築における検索・統合過程の役割（実験2）	24
方法		29
結果		32
考察		33
3.3	詳細なイメージの構築における中央実行系の役割（実験3）	35
方法		37

結果 .....	40
考察 .....	46
<b>3.4 第3章まとめ .....</b>	<b>47</b>
3.4.1 未来思考における中央実行系の役割.....	49
3.4.2 統合処理能力低下に伴う意味的情報の利用.....	49
3.4.3 問題点 .....	49
3.4.4 結論.....	50
<b>第4章 未来思考における意味記憶システム .....</b>	<b>52</b>
4.1 未来思考における意味記憶 .....	52
4.2 未来思考の系列予測的側面 .....	53
4.3 系列予測の計算機モデルと未来思考のシミュレーション.....	54
4.3.1 シミュレーション1.....	55
方法 .....	55
結果 .....	60
考察 .....	62
4.3.2 シミュレーション2.....	64
方法 .....	65
結果と考察 .....	68
シミュレーション2のまとめ .....	75
4.4 第4章まとめ .....	75
<b>第5章 未来思考における記憶情報の自発的活性化 .....</b>	<b>77</b>
5.1 未来思考を支える認知処理の下位過程 .....	77
5.2 展望記憶にみられる自発的な記憶情報の活性化.....	78
5.3 未来事象のイメージに反映される記憶情報.....	78
5.4 未来思考における予定関連情報の自発的活性化.....	79
5.4.1 実験4.....	79
方法 .....	80
結果 .....	83
考察 .....	85
5.4.2 実験5.....	85

方法 .....	86
結果 .....	86
考察 .....	89
5.5 第5章まとめ.....	90
<b>第6章 現実的場面における未来思考 .....</b>	<b>92</b>
6.1 目標の重要性と時間的距離感がイメージの詳細さに及ぼす影響 (実験6) .....	92
方法 .....	93
結果 .....	95
考察 .....	97
6.2 未来思考がその後の記憶に及ぼす影響 (実験7).....	98
方法 .....	99
結果 .....	100
考察 .....	103
6.1 第6章まとめ .....	105
<b>第7章 総合考察.....</b>	<b>107</b>
7.1 本論で得られた知見のまとめ.....	107
7.1.1 エピソード記憶システムにおける中央実行系の貢献 .....	107
7.1.2 意味記憶システムの貢献.....	108
7.1.3 自発的想起機能の貢献.....	109
7.1.4 未来思考プロセスのまとめ .....	111
7.1.5 現実場面における未来思考 .....	112
7.2 本論の意義.....	114
7.2.1 未来思考研究への理論的・方法論的貢献 .....	114
7.2.2 関連領域への示唆 .....	116
7.2.3 未来思考研究の応用可能性 .....	117
7.3 本論の限界と今後の展望 .....	119
7.3.1 本論の限界.....	119
7.3.2 検索と統合の下位過程に関する更なる検討の必要性 .....	120
7.4 終わりに.....	121
引用文献 .....	122

謝辭.....	133
---------	-----



## 第1章 エピソード的未来思考研究の概観

人間は、自分の身に起こり得る未来の事象を、今まさに経験しているかのように頭の中でシミュレーションすることができる。例えば、大事な発表が翌日に控えている夜には、発表の導入にどんな挨拶をして、どんなふうに内容を話して、どんなふうに締めくくるかを考えるだろう。そして、それらの場面について考えているとき、緊張で口の中が乾き、心臓が脈打つ感覚までがありありと頭に浮かぶかも知れない。さらに思考を進めて、聴衆や面接官からどのような質問が来て、自分がどのように返答をするかというところまで考えることもあるだろう。このように、わたしたち人間は、ときに、自分が将来経験する出来事について思考を巡らせ、その出来事を今まさに経験しているかのようにありありと頭のなかでシミュレートすることができる。そのような人間の能力は、エピソード的未来思考 (episodic future thinking; EFT: Atance & O'Neill, 2001) と呼ばれ、近年研究が盛んに行われている (レビューとして, Schacter, Addis, & Buckner, 2007, 2008; Szpunar, 2010)。このように、未来の事象について詳細にイメージすることは、将来起こりうる事態に備えることを可能にしてくれる。例えば、旅行先で経験しそうなことを予めイメージすることで、旅行に何を持っていくべきかを判断したり、災害に遭遇した場面をイメージすることで、日頃どのような備えをしておくべきかを考えたりすることができる。一方、そこで曖昧なイメージしか出来なければ、必要な備えを怠るといった事態に繋がりがかねないだろう。したがって、エピソード的未来思考という認知能力は、人間の生存にとっても非常に重要なものと言える。

現在、このエピソード的未来思考の背景にあるプロセスについて、エピソード記憶と同様の構築的記憶システム (constructive memory system) に依拠した認知機能であるという仮説が提唱されている (Schacter et al., 2007)。その仮説では、エピソード記憶に蓄えられた詳細情報を検索し、柔軟に統合することによって未来の出来事のイメージを構築すると考えられており、構築的エピソードシミュレーション仮説 (constructive episodic simulation hypothesis) と呼ばれている。エピソード的未来思考の基礎的な側面に着目した先行研究の多くは、この仮説に立脚した議論を展開するものである。しかしながら、未来の事象のイメージを構築するために、記憶情報の検索や統合がどのようにして行われているのか、その背景にあるプロセスについてはほとんどわかっていないのが現状である。また、この仮説ではエピソード記憶システムについてしか言及しておらず、意味記憶が未来思考においてどのような役割を担っているのか、という背景メカニズムについて、実証的な研究はほとんどなされていない。

そこで本論では、まず、構築的エピソードシミュレーション仮説における統合プロセスと中央実行系との関係を明らかにすることによって、既存の理論の精緻化を図る。次に、エピソード記憶以外の記憶、特に意味記憶が未来思考においてどのような役割を果たしているのかを明らかにすることで、エピソード的未来思考という認知能力が複合的な記憶システムによって成立していることを示す。更に、自発的な記憶想起のプロセスが未来思考を支える記憶処理として存在していることを提唱し、これまでほとんど手の及んでいなかった未来思考における記憶検索の下位過程について、新たな視点を提供する。最後に、エピソード的未来思考がより現実的な場面において、どのような影響を及ぼすのかという点についても言及することによって、理論的観点のみならず、応用的観点から捉えたエピソード的未来思考についても議論する。

## 1.1 エピソード的未来思考とは

人間は、かつて経験した出来事を思い出すとき、その出来事をあたかも再体験 (re-experience) するかのように思い出すことができる。それと同様に、かつて経験したことのない出来事を先行して経験する (pre-experience) かのように思い描くことができる。Atance and O'Neill (2001) は、そのような意識状態のことを エピソード的未来思考 (episodic future thinking) と名付けた。その名称からも明らかなように、彼らは episodic な未来思考 (エピソード的未来思考) と semantic な未来思考 (意味的未来思考) とを区別している。どちらの未来思考も、未だ経験していない新奇な事象について思考することではあるが、その大きな違いは、自己の投影の有無にある。例えば、政治状況が 10 年後にどのようなになっているかを考えるとき、それは個人的なイベントではなく、自己を投影して何かを先行して経験するわけではない。そのとき重要になってくるのは、政治情勢などに関する知識に基づいた将来の見通しや推論であり、それらは意味的未来思考と言える。すなわち、エピソード的未来思考は、時間や場所を超えて、特定の状況へと自己を投影する認知能力の一種であると位置づけられる。近年のエピソード記憶に関する議論では、エピソード記憶が過去に経験した出来事の単なる記憶情報ではなく、再体験的な記憶想起を可能にする記憶システムとして言及されることが多く、自己を投影するメンタルタイムトラベル (mental time travel) の側面が強調されているが (Buckner & Carroll, 2007; Tulving, 2002), エピソード的未来思考はまさに、未来方向のメンタルタイムトラベルであると言える。

Tulving (2002) は、メンタルタイムトラベルの要素として主観的時間感覚、想起意識、自己の 3 つを挙げている。すなわち、過去や未来の出来事について、主観的な時間的距離

感やエピソード内での時間経過の感覚, 想起あるいはイメージをしているという意識状態, その想起やイメージの中で出来事を自分自身が経験しているような感覚, それらを伴うことがメンタルタイムトラベルの要件と考えられている。

## 1.2 エピソード的未来思考の操作的定義

エピソード的未来思考は, 過去方向のメンタルタイムトラベルであるエピソード記憶想起と対応する, 未来方向のメンタルタイムトラベルであると捉えられているため, 操作的な定義もエピソード記憶研究に従うものになっている。すなわち, 個人的な出来事 (personal event) についてのイメージであること, 時間的・空間的に特定されるような出来事 (specific event) についてのイメージであること, 実際に将来起こりうる出来事 (plausible event) についてのイメージであることが操作的定義として採用されている。従って, 典型的な未来思考の教示では, “ある特定の一日のうちに経験すると思える個人的出来事” を出来るだけ詳細にイメージすることを参加者に求める。本論においても, 特に言及することの無い限りは, このような定義に従って実験を行った。

## 1.3 日常生活における未来関連の思考

D'Argembeau et al. (2011) は, 特別なイベントのない普段通りのある 1 日のうちに, どの程度 “未来に関する思考 (future-oriented thoughts)” が経験されるかについて, 日誌法を用いた調査研究を行っている (この研究では, 時間的・空間的に特定できるような出来事, すなわちスペシフィック (specific) な出来事についての思考に限らず, あらゆる未来時制の思考を報告の対象としているため, “エピソード的未来思考” ではなく “未来に関する思考” と表現する)。それによると, 参加者たちは 1 日に平均 59 個の未来に関する思考を行っており, 起きている時間を 16 時間とすれば, およそ 16 分に 1 回という頻度で未来のことについて考えていた計算になる。考えていた内容は, 仕事 (学業), 人間関係, 余暇, あるいはちょっとした用事についてなど, 実に多様であった。さらに, それらの思考の目的は主に, 行動のプランニング (action planning : 52.5%), 意思決定や目標設定 (decision making or setting a goal : 17.5%), 感情制御 (emotion regulation : 10%) であった。このような様々な機能と関連している未来に関する思考は, 人にとって重要な心的活動であると考えられる。

これらの未来に関する思考の機能は, いずれも環境への適応や生存にとって非常に重要

なものと言える。たとえば、最悪の事態を想定せずに何らかの行為を開始してしまうというような不十分なプランニングは時に重大なヒューマンエラーにも繋がるだろう。また、状況に応じて適切な意志決定を行えない場合、本来なら得られたはずの利益を取り逃がしてしまうことになる。それらの失敗を避けるためには、未来の状況を実際に体験しているかのように、より詳細にシミュレートしておくことが望ましい。すなわち、より詳細な未来の出来事について考える能力であるエピソード的未来思考が重要となってくるのである。実際に、エピソード的未来思考に関する研究では、詳細に未来の状況をシミュレートすることのポジティブな効果が、意思決定 (Peters & Büchel, 2010) や展望的記憶の成績 (Chasteen, Park, & Schwarz, 2001; Neroni, Gamboz, & Brandimonte, 2014) について確認されている。さらに、未来に関する思考には、ネガティブなものよりもポジティブなものが多いことや、過去の出来事を想起したときよりもポジティブな出来事が頭に浮かびやすいというポジティビティ・バイアスの存在が多くの先行研究によって報告されており (Berntsen & Jacobsen, 2008; D'Argembeau et al., 2011; D'Argembeau & Van der Linden, 2004; Finnbogadóttir & Berntsen, 2013), 未来に関する思考が感情制御に対しても、有効な手段であることを示唆している。

#### 1.4 エピソード記憶に焦点を当てた研究

それでは、こうしたエピソード的未来思考の背景にはどのようなプロセスが存在しているのだろうか。これまでのエピソード的未来思考研究では、神経心理学的研究、認知心理学的な行動研究、脳機能画像研究など様々なアプローチによって、過去の出来事に関する記憶であるエピソード記憶の重要性が主張されてきた。

その根拠となる研究は、Tulving (1985) による健忘症患者の症例報告にまで遡ることができるだろう。そこでは、次のような健忘症患者とのやり取りが紹介されている。

実験者：「未来のことについての質問です。あなたは明日どんなことをするつもりですか？」

(15 秒間の沈黙)

患者：微かに笑って、「わかりません。」

実験者：「質問を覚えていますか？」

患者：「私が明日することについてですよね？」

実験者：「そうです。では、それについて考えようとしているときの頭の中の状態

はどのようなものでしたか？」

(5 秒間の沈黙)

患者：「まっしろ(blank)。そのような感じです。」

この患者は、会話が出来ることから、意味概念の理解は問題なくできている。すなわち、意味記憶は正常である。その一方で、エピソード記憶を想起できないこの患者は、自分が経験すると思えるような未来の出来事についてイメージすることが出来ないのである。このような症例は、エピソード的未来思考がエピソード記憶システムに依拠したものであることの根拠の一つとされる。その他にも、Klein, Loftus, & Kihlstrom (2002) は、心不全による酸素欠乏で脳に損傷を負った結果、エピソード記憶を想起することが出来なくなった健忘症患者 B.D.を対象とした研究を行なっている。彼らは、患者 B.D.に対して、“今後 10 年間で最も重要な環境問題とは” などのような、一般的な未来に関する知識と、“今夜は誰に会う予定か” などの、個人的な未来の出来事について尋ねた。その結果、B.D.は未来に関する知識を問う質問には答えられるが、個人的な未来の出来事を問う質問には答えられなかった。このことは、未来思考を行うには、エピソード記憶を想起する能力が必要とされることを示している。

過去想起と未来思考能力の対称性は、脳機能画像研究においても確認されており、意味記憶想起時と比較して、エピソード記憶想起時と未来思考時には共通して、前頭前野内側、海馬を含む側頭葉内側、脳梁膨大後部皮質などの活動が見られることがわかっている (Addis, Wong, & Schacter, 2007; Okuda et al., 2003)。さらに、エピソード記憶想起と未来思考にみられる神経活動のオーバーラップは、よく知っている他者が何らかの出来事を経験している場面をイメージした際には見られず、自分自身が個人的に経験する出来事をイメージした場合に限って見られることが示されている (Szpunar, Watson, & McDermott, 2007)。このような知見は、両者が共通の神経基盤に基づく認知的活動であるとする根拠となっている。Schacter (2012) は、エピソード記憶想起と未来思考の共通性と、エピソード記憶の再構成的側面に着目し、再構成的処理をする能力こそがエピソード的未来思考を可能にしているものだとして主張している。また、それによって、実際の行動を起こすことなく、想定可能な将来のシナリオを先行して経験出来るということから、エピソード的未来思考自体が、エピソード記憶システムの適応的な側面であると主張している。

## 1.5 エピソード的未来思考と意味的未来思考

勿論、未来のことを考える際に必ずしも自己を投影する感覚を伴う、メンタルタイムトラベルの状態にあるわけではない。より単純な未来の予測や推論を行う場合には、感覚はないだろう。例えば、Klein et al. (2002) が患者 B.D.に尋ねた一般的な未来に関する知識のように、10年後の政治や経済、科学技術の発達を考える場合がそうである。そのような未来思考は意味的未来思考とされ、操作的定義においてもエピソード的未来思考と分けて扱われる。また、エピソード記憶の障害を示す患者 B.D.が、環境問題などについて意味的未来思考が可能であったということなどから、意味的未来思考はエピソード的未来思考とその認知的な背景も異なるものであると考えられる。本論で扱うのは、メンタルタイムトラベルの一種であるエピソード的未来思考であり、意味的未来思考は扱わない。従って、これ以降の文章において、“未来思考”と表現した場合はエピソード的未来思考を指すものとする。

## 1.6 エピソード的未来思考における意味記憶

上述のように、エピソード的未来思考と意味的未来思考は異なる。しかしながら、このことは、エピソード的未来思考において意味記憶が利用されていないということを意味しているわけではない。例えば、Szpunar (2010) では、未来の事象についてイメージさせる前に考えた内容がイメージの内容に影響するという、プライミング効果が見られることを報告している。このことは活性化している概念に一致する情報が未来思考において利用されやすいということを示しており、意味記憶も利用されている可能性を示唆している。さらに、近年の研究では、エピソード記憶がある程度保たれている意味認知症患者においても未来思考能力の低下が確認されている (Irish, Addis, Hodges, & Piguet, 2012a, 2012b)。

## 1.7 イメージの詳細さに影響する要因

### 1.7.1 時間的距離の要因

エピソード的未来思考の代表的な特徴として、時間的距離との関係が挙げられる。すなわち、時間的に近い未来の出来事ほど詳細、具体的なイメージになり、時間的に遠い未来の出来事ほど曖昧なイメージになるというものである (Addis, Wong, & Schacter, 2008; D'Argembeau & Van der Linden, 2004)。このような現象は直感的にも理解しやすいだろう。

たとえば、明日の昼食のことをイメージする場合、おそらく誰と何処で何をどんなふうに使っているのかというところまでありありと思い描くことができるはずである。それに対して、1年後のある日の昼食となると、無理やりメニューなどを決めることはできても、誰と何処で使っているかなど、現実的な出来事として具体的なイメージをふくらませることは難しい。

時間的距離とイメージの詳細さの関係は、神経活動においても確認されている。たとえば、未来の出来事のイメージに伴う海馬の活動は、時間的距離が遠くなるほど強くなる (Addis & Schacter, 2008)。このような活動パターンが見られるのは、時間的距離が遠いことによって、全く異なる詳細情報を利用する余地が増え、それらの情報を一貫性のある出来事の表象へと統合するのが困難になるためだと考えられている。

### 1.7.2 その他の要因

イメージの詳細さに影響するのは、時間的距離だけではない。文脈の熟知性もまた、詳細さに強く関与していることがわかっている。イメージする未来の事象が熟知性の高い空間的文脈（たとえば、自宅）で起こるものか、熟知性の低い空間的文脈（たとえば、ジャングル）で起こるものかもまた、イメージの詳細さに影響を及ぼす。すなわち、馴染みのある場所で起こる未来の出来事の方が、よく知らない場所で起こる未来の出来事に比べ、より詳細にイメージされやすいのである (Arnold, McDermott, & Szpunar, 2011)。

エピソード的未来思考は基本的に、プランニング、意思決定、感情制御などといった、何らかの目的や目標のもとに行われるものである (D'Argembeau et al., 2011)。そして、目標に関連する手がかり（例：好きな職業に就く）が与えられたとき、人はより流暢に未来の出来事のイメージを生成できることが行動データによって示されている。また、D'Argembeau et al. (2010)は、個人的目標とは関係のない手がかりよりも、個人的目標に関連した手がかりをもとにして未来思考を行った場合の方が、前頭前野腹内側部と後帯状皮質の活動が強く見られることを明らかにしている。そして彼らは、自己に関する知識を問う課題（自分自身の性格特性の判断）に取り組んでいるときにも、個人的目標を手がかりとした未来思考と同様の領域（前頭前野腹内側部と後帯状皮質）が活動することを確認し、これらの領域の活動が、自己参照的処理を反映するものであると主張している。

この自己参照処理は、先述の熟知性による未来思考の促進にも関与していると考えられる。なぜならば、熟知性の高い文脈とは、自己に関する情報を参照しやすい文脈であるからだ。たとえば、Szpunar, Chan, & McDermott (2009) が使用していた熟知性の高い文脈手がかりは、アパートや（大学の）キャンパスなどであった。これらの手がかりが与えら

れた場合、おそらく参加者は自分の住んでいるアパートや通っている大学をイメージしただろう。そうであれば、自分の所属する学部、その学部のある建物、選択している科目、参加しているサークル活動などといった自己関連情報の参照が行われやすいはずである。つまり、個人的な目標や熟知性の高い文脈を手がかりとするような、自己参照処理のしやすい状況が設定されたとき、未来思考がより促進されるという可能性が考えられるだろう。このことは、未来思考において、自己の未来に関する知識が影響を与えることを示唆している。

## **1.8 第1章のまとめ**

エピソード的未来思考は、行動研究、神経心理学的研究、脳機能画像研究など様々なアプローチによって研究がなされおり(レビューとして、Schacter et al., 2007; Szpunar, 2010), その多くはエピソード記憶との対称性や差異を発見するものであった。それらは、おおまかな仮説の生成を可能にはしているものの、未来思考の背景にある認知プロセスを具体的に説明出来ているものではない。より精緻な議論を行うために、第2章では、先行研究から想定される未来思考のプロセスについて整理し、エピソード的未来思考研究に残されている問題点について議論する。



## 第2章 想定される未来思考のプロセス

### 2.1 構築的エピソードシミュレーション仮説

エピソード記憶の構築的 (constructive) な側面については、Bartlett (1932) をはじめ、多くの研究によって指摘されてきた (太田 & 多鹿, 2000)。Addis et al. (2007) は、そのような構築的な記憶システムがエピソード的未来思考を可能にしていると考え、構築的エピソードシミュレーション仮説 (constructive episodic simulation hypothesis) を提唱した。この仮説によると、未来の出来事のシミュレーションをするためには、エピソード記憶に蓄えられた情報を柔軟に検索し、一貫性のある (coherent; 時間的, 空間的, 文脈的な連続性の保たれた) 未来の出来事のイメージへと統合するシステムが必要であると考えられている。たとえば、未来の自分の結婚式の様子を思い描く場合には、これまでに行ったことのある結婚式場や見たことのある衣装, 出席者やその様子などの情報をエピソード記憶から持ってきた上で、自分が経験すると思えるような未来の状況のイメージへとまとめ上げているということである。実際に、記憶だけでなく、様々な情報の統合に重要な海馬 (Baddeley, Allen, & Hitch, 2011; Ranganath, 2010) を損傷した患者は、過去に経験したことのない新奇な出来事についてイメージすることを求められても、断片的で、詳細さに欠けたイメージしかできないということがわかっている (Hassabis, Kumaran, Vann, & Maguire, 2007)。

さらに、Addis, Musicaro, Pan, & Schacter (2010) は実験的再結合課題 (experimental recombination task) という、情報を統合して一貫性のある出来事のイメージを生成する課題の難易度を操作し、この仮説を支持するより直接的な証拠を示している。実験の手続きは次のようなものである (Figure 2-1 参照)。まず、実験室実験の前に参加者に、過去に経験した複数のエピソードを想起してもらい、その報告を基に、自分以外に登場した「人」、エピソードのあった「場所」、エピソードを象徴する「物」という3つの詳細情報のリストを作成した (Figure 2-1A)。これらの情報は、実験のために「人、場所、物」の3つの情報で1セットの刺激になるように、実験者によって部分的に組み替えられた (Figure 2-1B)。その結果として、「人、場所、物」の組み合わせが、過去に経験した1つのエピソードと結びついた刺激セット (つまり、どの情報も入れ替わっていない : Figure 2-1B 左), 2つのエピソードと結びついた刺激セット (たとえば、「人と場所」はテレビを買った話、「物」は卒業式の話と結びついている : Figure 2-1B 中央), 3つのエピソードと結びついた刺激セット (たとえば、「人」はテレビを買った話、「場所」はケンカした話、「物」はクリスマス話と結びついている : Figure 2-1B 右) という3パターンの刺激セットが作成された。参加者

は後日、それら 3 パターンの刺激セットのいずれかを手がかりとして呈示され、そこに書かれた「人、場所、物」を含む未来の出来事をイメージするよう求められた。その際、詳細情報は対応する表題と合わせて呈示されており、参加者はそれがどのエピソードに由来する情報なのか特定できるようになっていた。もし未来思考に、様々な詳細情報を統合するプロセスが含まれているのであれば、統合すべき情報の中に本来関連していなかった情報が多く含まれている場合には、それだけ情報を統合する処理に労力が必要となるだろう。その結果として、詳細なイメージ構築も困難になると予測される。したがって、3 つの詳細情報から未来の出来事をイメージするとき、1 つのエピソードから得られた情報で構成された刺激セットを手がかりとしたイメージが最も容易で、3 つのエピソードから得られた情報で構成された刺激セットを手がかりとしたイメージが最も困難であると考えられる。結果は予測通り、後者の条件下のイメージにおいて、その詳細さが低下していた。これらの研究から、この構築的エピソードシミュレーション仮説は、未来思考のプロセスについての非常に有力な仮説と考えられている。しかしながら、この仮説が捉えているのは未来の出来事の表象を精緻化していく過程であり、それを行うための前提として、詳細情報を統合するための枠組みや土台のようなものが存在すると考えられている。

(A)

<b>Title: Affray</b> <b>Person: Friend A</b> <b>Location: Café in a station</b> <b>Object: Handkerchief</b>	<b>Title: Buying TV</b> <b>Person: Friend B</b> <b>Location: Electronics center</b> <b>Object: liquid crystal TV</b>
<b>Title: graduation ceremony</b> <b>Person: Mother</b> <b>Location: Campus</b> <b>Object: Tie</b>	<b>Title: Xmas</b> <b>Person: Friend B</b> <b>Location: Restaurant</b> <b>Object: Ring</b>

(B)

derived from a single event	derived from two events	derived from three events
<b>IMAGINE FUTURE EVENT</b> <b>that involves:</b>  <b>Kate: Affray</b> <b>Café in a station: Affray</b> <b>Handkerchief: Affray</b>	<b>IMAGINE FUTURE EVENT</b> <b>that involves:</b>  <b>John: Buying a TV</b> <b>Electronics center: Buying a TV</b> <b>Tie: graduation ceremony</b>	<b>IMAGINE FUTURE EVENT</b> <b>that involves:</b>  <b>John: Buying a TV</b> <b>Café in a station: Affray</b> <b>Ring: Xmas</b>

Figure 2-1. Examples of Stimulus of Experimental Recombination Task. (A) titles and details collected before experiment. (B) Examples of cues for future thinking (from Ito, 2014; see also, Addis, Pan, Vu, Laiser, & Schacter, 2009)

## 2.2 イメージ表象を構築する段階と精緻化する段階

未来の出来事の表象を構築するための枠組みとなるものとは、意味的な情報、特に、エピソード記憶に蓄えられた詳細情報を検索し、統合し、解釈するための文脈や枠組みを提供するような、個人的未来に関連した包括的・意味的な知識 (general or semantic knowledge) であると考えられている。すなわち、未来の出来事の表象を構築する際には、はじめに意味的な情報が出来事の枠組みとして利用され、そこに具体的な情報が徐々に付け加えられることで出来事の表象がより精緻なものになっていく。たとえば、翌日行われる入社試験に向かう場面をイメージする場合、「家の最寄り駅から試験会場の最寄り駅までは A 駅で乗り換えて〇分かかる。試験開始時刻は 10 時半なので…」というように、自宅から試験会場までの道のりや時間などの知識に基づいて出来事の展開の大まかな枠組みをまず構成する。そして、その上で、「自分は何時頃に起床して、どの服を着て、何時頃に家を出て、最も人が並んでいない券売機で乗車券を買って、階段を降りてすぐの車両に乗って、会場に近づくに連れて周囲にリクルートスーツの人が増えてきて…」というような、その文脈において詳細な情報が組み合わされていくのである。

このような、未来の出来事の表象形成における段階的なプロセスの存在については、いくつかの脳機能画像研究が示唆している (Addis et al., 2007; Conway, Pleydell-Pearce, Whitecross, & Sharpe, 2003; Weiler, Suchan, & Daum, 2010)。それらの研究では、未来の出来事の表象が構築される初期にあたる構築段階 (construction phase) と、それに続いて表象が精緻化される段階 (elaboration phase) を操作的に定義し、両段階における脳活動を調べている。手続きは、過去や未来の出来事が思い出された、あるいはイメージされた時点でボタンを押すよう参加者に求め、ボタン押し以前を初期の構築段階、ボタン押し以降を精緻化段階として操作的に定義するという単純なものである。その結果、各段階において異なる脳活動が報告されている。

Weiler et al. (2010) によると、初期の構築段階においては、左側頭葉外側部の下側頭回の活動がエピソード記憶想起時よりも未来思考時に高まっていた。側頭葉外側部 (特に側頭極など前部の領域) は意味的な情報の処理に重要な領域として知られており (Svoboda, McKinnon, & Levine, 2006; Visser, Jefferies, & Ralph, 2010)、未来思考の初期の構築段階では、意味記憶に関連する処理が行われていた可能性を示唆している。一方、精緻化段階においては、エピソード記憶想起時より未来思考時に海馬の顕著な活動が見られることなどが明らかにされている。また、Addis & Schacter (2008) は、精緻化段階について更なる検討を行い、海馬の活動が強いほど未来の出来事のイメージが詳細であったと報告しており、海

馬によって情報が統合され,まとまりのある未来の表象が形成されていると主張している。

これらのことから,構築的エピソードシミュレーション仮説で想定されるようなエピソード記憶情報の検索や統合は,精緻化段階に行われているものと解釈可能かもしれない。すなわち,意味的な情報を利用しながらイメージの枠組みを構築し,そこにエピソード記憶から検索してきた詳細情報を統合することでより精緻な未来の出来事のイメージを形成していると推測される (Figure 2-2)。

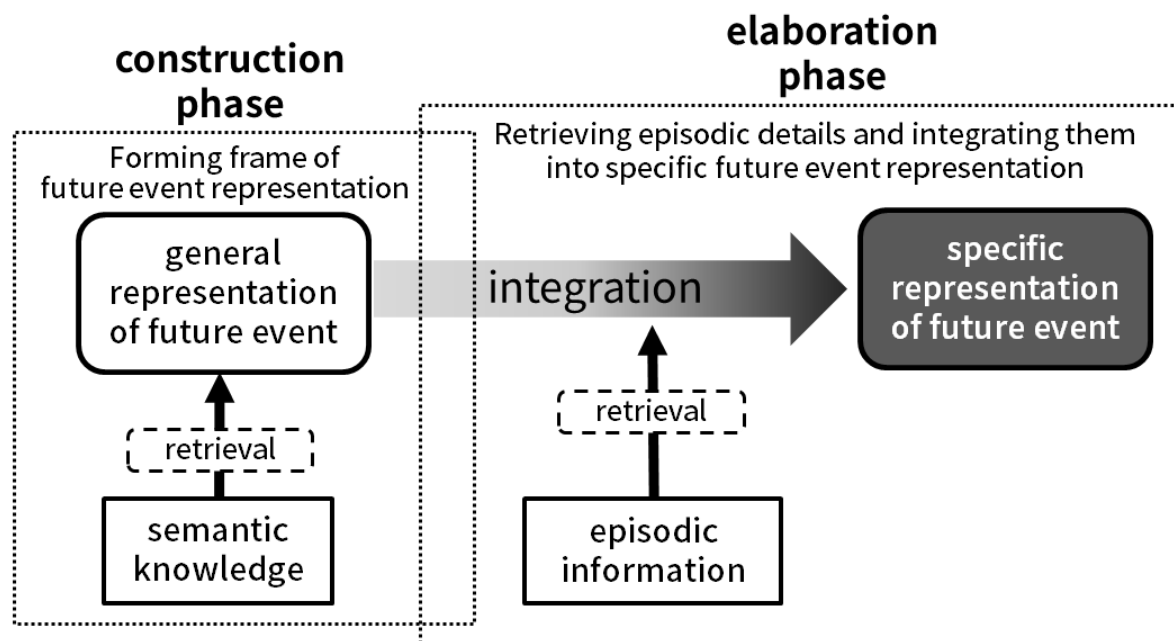


Figure 2-2. The model of possible process of constructing specific future event representation (from Ito, 2014).

## 2.3 第2章まとめ

ここまでの話をまとめると,エピソード的未来思考には,意味的知識に基づいて未来の出来事のおおまかな枠組みを構築する段階と,枠組みに具体的な情報を付与することで出来事の表象を精緻化していく段階があるということが知られている。また,このうち精緻化段階においては,エピソード記憶から得た詳細情報を検索し,統合するというプロセスが存在している可能性が先行研究によって示唆されてきたと言える。しかしながら,未来思考のプロセスに関して,検討されるべき問題はまだまだ多く残されている。たとえば,記憶検索で見られる現象(例:検索誘導性忘却; retrieval induced forgetting)が未来思考時には

生じなかったという研究結果が報告されているが (Storm & Jobe, 2012), このような研究結果を考慮すると, 未来思考における記憶情報の検索は, エピソード記憶想起における検索とは異なるプロセスによって実行されているという可能性も考える必要があるのかもしれない。このように, 検索がどのようにして行われているのか, その具体的な過程についてはほとんどわかっていないのである。また, 未来思考時の情報統合の処理を中央実行系 (central executive) が制御しているという仮説も提案されているものの (Addis et al., 2009), 関連する研究はワーキングメモリ容量と未来思考能力の相関研究のみであり (Hill & Emery, 2013), それを実験的操作によって実証する研究は行われていないのが現状である。さらに, 近年では未来思考における意味記憶や自伝的知識の役割についても注目が集まっており (D'Argembeau & Mathy, 2011; Szpunar, 2010), 意味認知症患者 (semantic dementia; エピソード記憶は比較的保たれているが, 意味記憶に障害が見られる) は未来思考能力が低下するという報告もされている (Irish et al., 2012a, 2012b)。しかしながら, どのようにして意味記憶が未来思考を支えているのか, その背景メカニズムは明らかにされていない。したがって, エピソード的未来思考の背景メカニズムの解明には, 検索や統合のさらに下位のプロセス, 意味記憶の役割などについて, さらなる検討が必要である。そこで, 本論においては, それらのプロセスについて検討を行った。

### 第3章 未来思考におけるエピソード記憶システム

#### 3.1 エピソード記憶情報の検索と未来の時間的概念の活性化 (実験 1)

メンタルタイムトラベルという概念を提唱した Tulving は、主観的時間の感覚がメンタルタイムトラベルの重要な要素であると主張している (Tulving, 2002)。実際、人間は近い過去・未来、遠い過去・未来、様々な時点へと自己を投影することが可能だが、その際には、過去や未来の特定のある時点に自己が投影されているという感覚が伴う。さらには、“まるでつい先日のことのように思える”あるいは“ずっと昔のことのように思える”と表現されるように、実際の時間よりも時間的に近い、あるいは遠い出来事のような感覚を伴うこともある。このようなメンタルタイムトラベルにおける時間的距離の感覚と、人間の様々な認知活動は互いに影響しあっていることがわかってきている (Epstude & Peetz, 2012)。例えば、時間的距離の遠い出来事について考えた後には、近い出来事について考えた後に比べ、ものごと (例えば、詩の内容や物体の特徴) をより抽象的な言葉で説明するようになる (Förster & Becker, 2012)。また、将来の成功体験をイメージするとき、その体験についての主観的な時間的距離感を操作されると、現在の自己評価まで変化するという現象も確認されている (Wilson, Buehler, Lawford, Schmidt, & Yong, 2012)。これらのことから、主観的な時間感覚、特に時間的距離の感覚は、単に“時間”というカテゴリに関わる問題ではなく、他の様々な心理機能に影響を持つと言える。しかしながら、メンタルタイムトラベルに伴う主観的な時間的距離感覚がどのような認知処理によって生じているのかは、これまで検討されて来なかった。そこでこの実験では、時間的距離感の規定因について、メンタルタイムトラベルによる心的表象形成の過程やその際に利用される記憶情報に着目し、検討する。

メンタルタイムトラベルによる心的表象の形成は、過去方向・未来方向にかかわらず、いずれも構築的 (constructive) な記憶過程によって支えられていることが、神経科学的知見 (例えば, Addis et al., 2007; Hassabis, Kumaran, Vann, & Maguire, 2007) や行動研究 (Addis et al., 2008) に基づいて主張されている (Schacter et al., 2007, 2008)。すなわち、意味的知識を枠組みとし (Conway, 2009; D'Argembeau & Mathy, 2011), エピソード記憶に蓄えられた詳細情報を検索、再構成するのが過去へのメンタルタイムトラベル (エピソード記憶想起) であり、エピソード記憶に蓄えられた様々な情報を検索し、これまでに経験していない未来の出来事として統合するのが未来へのメンタルタイムトラベル、すなわちエピソード的

未来思考だと考えられている（構築的エピソードシミュレーション仮説; Schacter et al., 2007, 2008）。

この仮説に基づいて、メンタルタイムトラベルによって形成された心的表象には、エピソード記憶を反映する情報と意味記憶を反映する情報の両者が含まれており、それらの記憶情報の量は、想起・イメージする時点までの現在からの時間的距離に応じて変化することが実験的に確認されている。例えば Addis et al. (2008)は、時間的に近い過去（数週間以内）と遠い過去（数年前）のエピソード記憶想起、近い未来（数週間後）と遠い未来（数年後）の出来事のイメージ生成を参加者に行わせ、その内容を口頭報告させた。報告された出来事の内容は、エピソード記憶に基づく情報であるエピソード的詳細情報（episodic details/internal details）、意味記憶情報を中心とした意味の詳細情報（semantic details/external details）にコーディングされた（Levine, Svoboda, Hay, Winocur, & Moscovitch, 2002）。このとき、エピソード的詳細情報とは、メンタルタイムトラベルによって過去や未来の出来事を再体験、あるいは先行して体験するような感覚を反映すると考えられる情報である。すなわち、想起やイメージされたエピソードの中心的な出来事に付随する、時間や場所に関して特定の情報である。それに対し、意味の詳細情報は意味情報（事実情報や、特定の時間や場所の想起を伴わない概括化した情報）を中心としている。例えば、“田中という友人がいるのですが、1週間前の昼食時に彼がコーヒーを白いシャツにこぼして、そのあとシミにならないように大変な思いをした”というエピソードにおいて、“1週間前の昼食時”や“コーヒーを白いシャツにこぼした”という記述はエピソード的詳細情報であり、一方、文脈に依存しない“田中という友人がいる”という個人的知識や“（コーヒーを白いシャツにこぼすと）シミになる”という一般的見解は意味の詳細情報である。分析の結果、彼女らはエピソード的詳細情報と意味の詳細情報の量と時間的距離との関係について次のような知見を報告している。すなわち、エピソード的詳細情報の量は時間的距離の遠い出来事に比べて時間的距離の近い出来事の方が多く含まれるが、意味の詳細情報の量は時間的距離の変化とは無関係というものである。これは、時間的距離が近いメンタルタイムトラベルほど、よりエピソード的に詳細な表象が多く含まれることを意味している。

時間的距離と詳細さの関係については、主観評定を用いた先行研究でも同様の結果が確認されている(D'Argembeau & Van der Linden, 2004, 2012; Szpunar & McDermott, 2008)。D'Argembeau and Van der Linden (2004, 2012) は、時間的に近い出来事ほど、過去についてはより詳細に想起、未来についてはより詳細にイメージされることを確認した。このときの詳細さとは、時間や場所を特定するような情報（具体的な日時などの時間的情報, 場所, 物や人の配置など空間的情報), あるいはそのときの思考内容や知覚感覚がどれだけ鮮明に

意識にのぼったかという観点から参加者が主観的に判断したものであるが、これは先行研究で扱われているエピソード的詳細情報の定義および参加者の記述した記憶内容の分析による研究結果 (Levine et al., 2002) と一致する。

このような時間的距離と様々な認知処理との関係を考えるにあたり、解釈水準理論 (construal level theory; Trope & Liberman, 2010) が重要な示唆を与えてくれる。解釈水準理論によると、物事を具体的に捉えるか抽象的に捉えるかといった認知処理様式と、時間的距離の遠近は双方向的に結びついているとされる (Trope & Liberman, 2010)。これは例えば、鮮明に覚えている出来事に対してしばしば抱く“まるでつい先日のことのように思える”という感覚を説明できる理論である。このことから、メンタルタイムトラベルにおいても、時間的距離の感覚が、具体的・詳細な記憶情報へのアクセスによって生じている可能性が考えられる。加えて、Addis et al. (2008) の知見から、時間的距離と関連を持つ記憶情報は、一般的な出来事に関する意味的詳細情報ではなく、ある特定の出来事に関わるエピソード的詳細情報である。これらのことを踏まえると、エピソード記憶情報に十分にアクセスできた場合に、時間的近接性が知覚されるという可能性が考えられる。

これまで、エピソード的未來思考研究においては、主として想起あるいはイメージした出来事の自由記述がデータとして用いられていた。しかし、自由記述のみの分析では、背後にある過程を明らかにするには必ずしも十分ではなく、例えば反応時間 (reaction time; 以下 RT とする) など他の測定指標を用いることも重要である。上述の解釈水準理論に基づく研究では、時間的距離概念と具体性や詳細さとの連合関係を、単語への RT を指標とした課題を用いた概念活性の測定によって捉えることに成功している (Bar-Anan, Liberman, & Trope, 2006; Bar-Anan, Liberman, Trope, & Algom, 2007)。また、約 1 年先の未來の出来事を参加者にイメージさせた後、語彙決定課題を用いて時間的距離概念の活性化を測定した実験 (伊藤・服部・川口, 2012) では、イメージが鮮明だったと主観報告した参加者は、遠い未來の時間的距離概念に比べて近い未來の時間的距離概念が活性化し、イメージが曖昧だったと報告した参加者は、近い未來の時間的距離概念に比べて遠い未來の時間的距離概念が活性化することが示されている。すなわち、この結果はメンタルタイムトラベルによって形成される表象の詳細さの程度が、近い・遠いという時間的距離概念の一時的な活性化の程度に影響するということであり、メンタルタイムトラベルによって形成された心的表象の詳細さの指標として、未來方向の時間的距離概念の活性化パターンが利用可能であることを意味している。

しかしながら、伊藤他 (2012) では、過去のエピソードに含まれる意味記憶情報ではなくエピソード記憶情報へのアクセスが、時間的距離概念の活性化パターンの違いを生じさ



せるということは確認出来ていない。先述のように、メンタルタイムトラベルにおける詳細さが、意味記憶情報ではなくエピソード記憶情報に基づくものとするならば、エピソード記憶を詳細に想起することで、時間的に遠い距離概念よりも近い距離概念が活性化しますが、意味記憶の想起では、近い・遠いという時間的距離概念間の活性化の違いは生じないと予測される。本研究では、エピソード記憶想起、意味記憶想起を行った直後の時間的距離概念の活性化を、解釈水準理論研究で一般的な RT を指標とした課題（すなわち、語彙決定課題）を用いて測定する。これにより、時間的接近性に関わる記憶情報がエピソード記憶に由来するものなのかどうかを検討する。

## 方法

### 参加者

参加者は、大学生 60 名 ( $M = 18.97$ ,  $SD = 0.88$ ) であった。ただし、教示に従っていなかった 1 名を除外し、59 名が分析対象となった。

### デザイン

実験は、記憶想起条件 3 水準（参加者間要因：統制条件・意味記憶条件・エピソード記憶条件）と時間的方向 2 水準（参加者内要因：過去・未来）と時間的距離 2 水準（参加者内要因：近い・遠い）による 3 要因混合計画であった。

### 材料

本実験では、有意味語 24 単語、無意味語 18 単語が使用された。有意味語 24 単語のうち、半分の 12 単語は時間を表す単語であった。さらに、時間を表す 12 単語は 3 単語ずつ、時間的方向（過去／未来）と時間的距離（近い／遠い）により、近い過去、遠い過去、近い未来、遠い未来という 4 カテゴリに分けられた。これらの時間的距離を表す単語刺激は先行研究を参考に作成された（Bar-Anan et al., 2006; Bar-Anan et al., 2007）。残り 12 単語は時間と関係しない単語であった。無意味語は、漢字二文字の組み合わせで構成されていた。

記憶想起の特徴について調べるため、質問紙が使用された。質問紙は先行研究に従い、詳細さ（1 = 曖昧, 5 = 鮮明）、情動性（想起時に感じた情動の強さの程度；1 = 情動的でない, 5 = 情動的）、個人的重要性（人生に影響を与える程度；1 = 重要でない, 5 = 人生を変えるほど重要）の 3 項目（Addis et al., 2008）、さらに、一般性（一般的知識に基づいて構成された内容がどの程度含まれていたか；1 = 一般的でない, 5 = 一般的）、エピソード性（個人的な経験や感覚に基づいて構成された内容がどの程度含まれていたか；1 = エピソード

ト的でない、5 = エピソード的) を問う 2 項目の合計 5 項目で構成されていた。一般性とエピソード性は、条件間の操作チェックのために設けられた。そのため、一般性については、“どれだけ一般的な知識に基づく内容であったかを表し、あなた独自の考えや経験に基づく部分が多ければ低い数値となる”，エピソード性については、“どれだけあなた自身の個人的経験に基づく内容であったかを表し、一般的な知識に基づいた部分が多ければ低い数値となる”という説明が付記されていた。

### 手続き

実験は、記憶想起セッション、語彙決定課題セッション、想起内容の評定セッションで構成されていた。参加者は統制条件、エピソード記憶想起条件、意味記憶条件にランダムに振り分けられた。

全ての参加者は、本課題の前に、語彙決定課題の練習 12 試行（本課題では使用されていない有意味語 7 試行と無意味語 5 試行）に取り組んだ。参加者は、有意味語が呈示されたときにスペースキーを押し、無意味語が呈示されたときはキーを押さないよう教示された。また、キー押しは、利き手の人差し指で行い、できるだけ速く、かつ正確に反応するよう求められた。各試行では、画面中央に注視点が 500 ms 表示され、500 ms のブランクの後、有意味語あるいは無意味語が画面中央に呈示された。刺激呈示画面は、参加者がキー押しをした時点で終了し、500 ms のインターバルの後、次の試行に移った。ただし、刺激呈示画面は 2000 ms で終了するよう設定されていた。刺激の呈示には、パーソナルコンピュータ(DELL 社製 Optiplex960DT) と 17 型の CRT ディスプレイ (EIZO 社製 FlexScan E55D) が使用された。プログラムの作成と実行には、心理学実験用ソフトウェア E-prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.社製)が使用された。

練習試行が終了すると、速やかに記憶想起セッションが開始された。記憶想起の際は、参加者に負担の少ない自然な想起が行われるようにするため、手がかり語として“携帯電話”が使用された。これは、携帯電話が多くの人にとって馴染みのあるデバイスであり、関連する個人的な経験と一般的な知識が豊富に存在すると考えられたためである。このセッション中には、より詳細な想起を促すため、携帯電話以外のヒントの印刷された用紙が配布された。エピソード記憶条件のヒントは、Levine, Svoboda, Hay, Winocur, and Moscovitch (2002) を参考に考案された。エピソード記憶条件で使用された想起を促すためのヒントは、時間（つまり、年、月、季節、日、曜日、時刻）、場所（つまり、都市、通り、住所、建物、建物内の部屋の場所、室内での場所）、感覚情報（つまり、色、味、匂い、音、触感）、情動／思考（つまり、出来事が起こったときに感じたことや考えたこと）、イベント（つまり、

ハプニング、天気、他者とその行動、衣服)であった。エピソード記憶想起条件の参加者は、携帯電話が関係する過去の出来事を一つ想起し、その内容を口頭で報告するよう求められた。それに対し、意味記憶条件では、一般的な知識と関連するヒントが考案された。意味記憶条件で使用された想起を促すためのヒントは、使用目的 (つまり、仕事での連絡、子どもとの連絡)、社会的影響 (つまり、公共の場におけるマナー、社会問題、情報伝達機器としての役割)、機械的特徴 (つまり、素材、内部構造)、商品市場 (つまり、販売場所、料金システム) であった。意味記憶想起条件の参加者は、携帯電話についての一般的な知識を想起し、その内容を口頭で報告するよう求められた。どちらの条件でも、ヒントが書かれた用紙は、参加者が記憶想起を行っている間、常に見える場所に置かれていた。口頭報告の制限時間は3分であった。

記憶想起セッション終了後は、速やかに語彙決定課題が開始された。語彙決定課題は有意味語 24 語と無意味語 18 語の合計 42 語が各 3 回呈示され、合計 126 試行であった。その際、刺激はランダムに呈示された。統制条件の参加者は記憶想起を行わないため、語彙決定課題の練習 12 試行と本試行にのみ取り組んだ。エピソード記憶想起条件と意味記憶想起条件の参加者は、語彙決定課題の後、想起した内容に関する質問紙に回答するよう求められた (想起内容の評定セッション)。

Table 3-1. Means and standard deviations of rating for phenomenological characteristics of recalling semantic and episodic memory in experiment 1.

	semantic		episodic	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
details	2.68	0.95	3.10	1.07
emotionality	1.53	0.91	2.80	1.15
significance	1.84	0.77	2.00	1.26
general aspects	3.95	0.91	2.50	1.05
episodic aspects	2.53	1.26	3.80	0.95

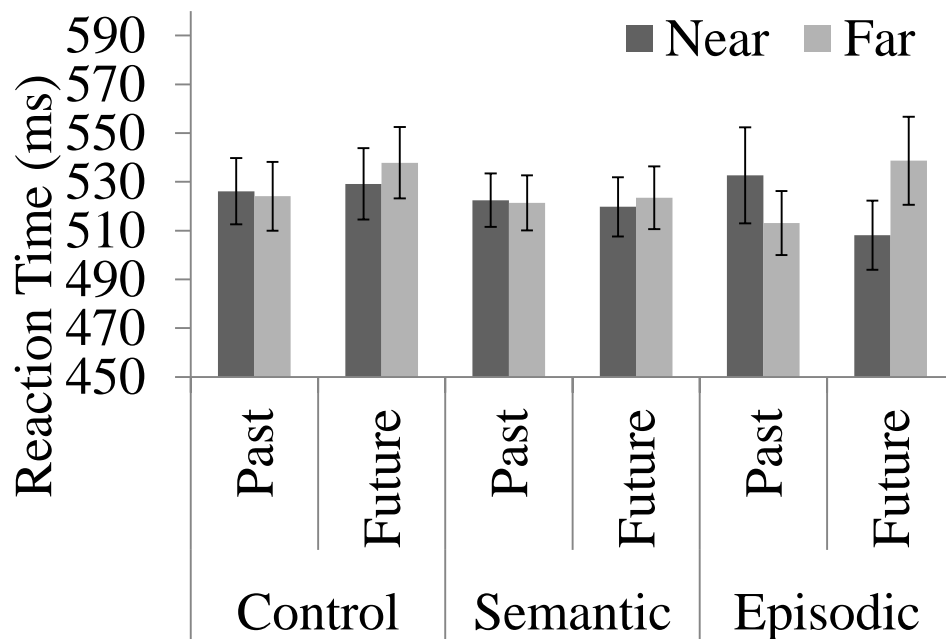


Figure 3-1. Mean reaction times for the words referring temporal distances in experiment 1. Error bars represent standard errors.

## 結果

各項目の平均評定値は Table 3-1 に示す。エピソード記憶条件と意味記憶条件で、操作が適切に行われていたかどうかを確認するため、操作チェック項目である一般性とエピソード性について  $t$  検定を実施した (統制条件は記憶想起を行っていないため、主観評定データは存在しない)。その結果、一般性は、エピソード記憶条件よりも意味記憶条件で高く評定されていた ( $t(37) = 4.58, p < .001$ )。エピソード性は、意味記憶条件よりもエピソード記憶条件で高く評定されていた ( $t(37) = 3.57, p = .001$ )。よって、実験操作は適切であった。その他の評定項目についても  $t$  検定を行った結果、エピソード記憶条件では、意味記憶条件よりも情動性が高かったが ( $t(37) = 3.83, p < .001$ )、想起した内容の詳細さと重要性については統計的有意差はなかった ( $ps > .21$ )。

記憶想起による時間的距離概念の活性化を確認するため、語彙決定課題の RT を分析した。Figure 3-1 は各平均 RT を示している。分析に際して、参加者毎に次の処理を行った。まず、正反応試行の平均 RT を算出し、平均から 2 標準偏差以上遅い、あるいは速い反応は分析から除外した。残った試行から各単語カテゴリの平均 RT と標準偏差を算出した。平均 RT について、3 (記憶想起条件)  $\times$  2 (時間的方向)  $\times$  2 (時間的距離) の 3 要因分散分析

を実施した結果、いかなる主効果も認められなかった ( $ps > .31$ )。また、時間的方向と時間的距離の交互作用は認められたが ( $F(1, 56) = 8.55, p = .005$ )、記憶想起条件と時間的方向、記憶想起条件と時間的距離の交互作用はいずれも認められなかった ( $ps > .46$ )。さらに、記憶想起条件、時間的方向、時間的距離の3要因の交互作用が認められた ( $F(2, 56) = 3.60, p = .034$ )。記憶想起条件による時間的距離概念活性化パターンの違いを検討するため、下位検定を実施した結果、統制条件と意味記憶条件では、統計的に有意な主効果、交互作用は認められなかった ( $ps > .16$ )。エピソード記憶条件でも主効果は認められなかったが ( $ps > .34$ )、時間的方向と時間的距離の交互作用が認められた ( $F(1, 59) = 31.93, p < .001$ )。ボンフェローニ法による多重比較の結果、エピソード記憶条件において、過去方向の時間的距離間に有意な差はなかったが ( $t(19) = 1.80, p = .089$ )、未来方向においては、遠い未来語よりも近い未来語への反応が速くなっていた ( $t(19) = 3.74, p = .001$ )。

### 考察

本研究では、過去あるいは未来に心的に移動する能力を指すメンタルタイムトラベルにおける時間感覚と記憶情報との関係を検討するため、エピソード記憶情報あるいは意味記憶情報想起を行った直後の時間的距離概念活性化を語彙決定課題によって測定した。その結果、エピソード記憶想起と、近い未来の時間的距離概念の間の連合が明らかになった。先行研究では、メンタルタイムトラベルにおいて、エピソード記憶の利用が時間的な近接性の知覚に関わっている可能性が示されていたが (Addis et al., 2008; D'Argembeau & Van der Linden, 2004, 2012)、本研究の結果は、特に未来方向のメンタルタイムトラベルにおいて、エピソード記憶が主観的な時間感覚を提供する役割を担っている可能性を示唆するものである。

本研究の語彙決定課題の結果は、エピソード記憶想起によって、遠い未来の時間的距離概念よりも近い未来の時間的距離概念が活性化することが示された。一方、統制条件と意味記憶条件の参加者においては、時間的距離概念の活性化の程度に違いはなかった。これは、エピソード記憶想起が未来方向の時間的距離概念と関連していることを示唆している。また、予測に反し、過去方向の時間的距離概念の活性化の程度に有意な差は見られなかった。その理由として、過去のエピソード記憶想起は、実際に体験した出来事であるため、その出来事へのアクセスによる特定の時間概念的活性化が生じやすかった可能性が考えられる。つまり、約1年前の出来事を想起した場合には“去年”のような時間的に遠い概念が強く活性化され、近い過去語よりも RT が速くなったということである。一般に、過去の出来事は実際に経験しているため、未来の出来事のイメージより容易である (Schacter et

al., 2012)。これは過去の出来事の場合は時間情報も特定のであり、構築的处理が相対的に少なく済むためとされている。すなわち本研究では、遠い過去の出来事の想起であってもその時期（例えば 1 年前）が明確なため、それと対応した時間情報が活性化したと考えられる。

今回、過去のエピソード記憶の詳細な想起により、近い未来の時間的距離概念の相対的な活性化が生じた点は重要な結果である。先行研究では、時間的に近い出来事を想起・イメージした際に、報告されるエピソードの詳細情報の増加することは示されていたが (Addis et al., 2008)、未来のイメージに含まれるエピソードの詳細情報がエピソード記憶由来のものである保証はなかった。また、未来の出来事のイメージが詳細なとき、近い未来の時間的距離概念が相対的に活性化することも示されていたが (伊藤他, 2012)、その詳細さがエピソード記憶情報を反映したものかどうかは確認されていなかった。本研究は、実験操作としてエピソード記憶想起を実施し、エピソード記憶が近い未来に関する概念と結びついていることを明らかにした。この結果は、未来の出来事をイメージするとき、そこに含まれる時間的距離表象の形成にあたって、エピソード記憶情報の豊富さが手がかりとして利用されている可能性を示唆している。

想起内容の評定については、主観的な重要性や詳細さに記憶想起条件間の差は見られず、情動性の評定はエピソード記憶条件の方が意味記憶条件よりも高かった。そこで、未来方向の遠近に見られた差が、情動性の影響によるものかどうかを確認するため、RT の差分 (すなわち、(遠い未来語への RT) - (近い未来語への RT)) と情動性の相関を事後的に分析した。その結果、有意な相関は見られなかった ( $r = .002, p = .993$ )。つまり、未来方向の遠近による RT への影響に、情動性は関係がなかった。それに対し、同様の RT の差分と、操作チェック項目であった一般性・エピソード性との相関分析を行った結果、一般性とは有意な負の相関が ( $r = -.407, p = .010$ )、エピソード性とは有意な正の相関が見られた ( $r = .366, p = .022$ )。すなわち、個人的な経験や感覚を含んだエピソード記憶想起をしていた人ほど、RT の差分 (遠い未来と比較したときの近い未来概念の活性化を反映する) が大きく、一般的な知識に基づく意味的な想起をしていた人ほど RT の差分が小さかった。これは、条件間の RT 差が、想起した記憶の種類の違いによって生じたことを強く支持するものである。

詳細なエピソード記憶の想起によって、遠い未来よりも近い未来の時間的距離概念が活性化するという本研究の結果は、詳細な情報の処理によって、時間的近接性が知覚されるとする解釈水準理論と一致する。また、本研究では過去方向の時間的距離概念の活性化に差が見られなかったが、解釈水準理論研究でも過去方向で予測通りの結果が得られなか

ったという報告がある (Pennington & Roese, 2003)。特に、懐かしさを伴う記憶想起の際には、遠い過去のことでも具体的表現が多く含まれていたり、現在と関連付けて言及され易いなど、時間的距離の遠近の混在が確認されている (Stephan, Sedikides, & Wildschut, 2012)。本研究では、印象に残っている過去の出来事の想起を求めた。参加者の中には数年前の出来事を想起した者もあり、過去方向で差がみられなかったのは、上述のような時間的距離の混在のためと考えられる。この点については、今後実験操作を改善し検討する必要がある。また、本研究では、想起する記憶の種類による主観的な詳細さの違いもみられなかった。したがって、解釈水準理論で扱われている具体性とメンタルタイムトラベルにおける詳細さは単純に対応しているとは言えないだろう。しかし、エピソード記憶想起により時間的距離概念の活性化が変化したという結果から、エピソード記憶情報へのアクセスによってもたらされる心的変化は、解釈水準理論で具体性として定義されているものと関連していると考えられる。この点についても今後更なる検討が必要である。

エピソード記憶の想起によって近い未来の時間的距離概念が活性化したという本研究の結果は、エピソード的未來思考研究において想定されている未來思考のプロセスにも示唆を与えるものである。例えば Schacter et al. (2008) の提唱する構築的エピソードシミュレーション仮説は、エピソード記憶に蓄えられた情報を検索、統合することによって未來の出来事のイメージ表象を構築していると主張している。すなわち、未來の出来事をイメージする際、エピソード記憶から必要な情報を検索する処理が行われると考えられているが、本研究で得られた結果は、そのようなエピソード記憶の主に検索処理の影響を反映していると考えられるだろう。エピソード記憶の検索・想起によって近い未來の時間的距離概念が活性化したということは、未來の出来事をイメージする過程において、エピソード記憶情報へのアクセスと時間的距離感覚が密接に関係していることを示している。もちろん、本研究で用いた RT という指標は、概念活性を反映するものであり、直接的に主観的な時間的距離感を測定できているわけではない。また、相対的に近い未來概念の方がアクセスしやすい状態になるということは確認されたものの、そのような活性化の程度の差が、近未來概念の活性化によるものなのか、遠未來概念の脱活性化によるものなのかは明らかにできていない。しかしながら本研究の結果は、主観的な時間的距離感というメンタルタイムトラベルに欠かせない要素に対して、エピソード記憶の検索が重要な役割を果たしていることを示すものである。

本研究で実験参加者は、詳細に思い出すことのできる印象に残ったエピソード記憶の想起を行った。そこでは詳細さの程度を操作していない。そのため、エピソード記憶情報へのアクセスの程度によって異なると考えられる想起の詳細さが、時間的近接性の程度を

予測するものであるかどうかは明らかでない。ただし、伊藤他 (2012) では、未来の出来事のイメージ表象の詳細さの程度によって時間的距離概念の活性化パターンが変化することが示されており、エピソード記憶情報へのアクセスの程度が時間的近接性の程度を予測するという可能性は考えられる。この点については、今後検証していく必要がある。

本研究は、エピソード記憶想起が、近い未来の時間的距離概念の活性化と結びついていることを明らかにした。この知見は、エピソード記憶情報へのアクセスが、エピソード的未来思考における主観的な時間感覚を規定する役割を担っている可能性を示唆している。

### 3.2 詳細なイメージの構築における検索・統合過程の役割 (実験 2)

未来思考のように、これまでに経験したことのない出来事についてイメージする際には、上述のような、エピソード記憶を想起する能力だけでなく、詳細情報を一貫したイメージへと統合する処理も重要であると考えられている。Hassabis et al. (2007) は、海馬損傷による健忘症患者と対照健常者に、新奇な出来事についてイメージをするよう求めた。参加者がイメージした内容のプロトコルが分析された結果、対照健常者と比較して、海馬損傷による健忘症患者は、詳細なイメージが構築できていないということが示された。特に、空間的に一貫した場面のイメージにおいて障害がみられた。すなわち、イメージに登場する場面が、断片的で、詳細さに欠ける内容となっていた。このことは、海馬における情報の統合が新奇なイメージの構築において重要な役割を担っている可能性を示唆している。

また、Addis et al. (2008) は、高齢者にエピソード記憶想起と未来思考を行わせ、その内容について、エピソードの詳細情報（つまり、内的詳細情報：出来事の中心的情報、時間や場所を特定するような情報、文脈において特定の情報）とそれ以外の詳細情報（つまり、外的詳細：出来事の周辺的情報、意味記憶情報や繰り返し出てくる情報、脱文脈的情報）に分けて分析を行なった。そして、臨床場面において記憶能力検査に使用される Wechsler Memory Scale-Third Edition の下位尺度である、言語対連合学習課題の成績と、イメージした内容の詳細情報の量の相関を分析した。この対連合学習課題とは、項目同士を関連付ける課題であり、側頭葉内側の機能を敏感に反映するとされている (Glisky, Polster, & Routhiaux, 1995)。そして、対連合学習課題成績が高い人ほど、エピソードの詳細情報の豊富な未来のイメージが出来るということが示された。それに対して、対連合学習成績とエピソード的でない詳細情報の量との相関は見られなかった。この結果は、情報の関連付けや統合の処理がエピソード記憶想起や未来思考においても行われていることを示唆している。



現在、未来思考によるイメージ構築については、段階的な過程が提案されている。D'Argembeau, & Mathy (2011) は、未来思考によってイメージされた出来事の詳細さの程度が、時系列的にどのような変化をするのかについて、イメージ中の思考内容を口頭報告させることで検証した。その結果、未来思考におけるイメージの構築には、まず脱文脈化した個人的知識にアクセスされ、時間をかけて一般的な出来事から徐々に詳細な特定の表象になるという、段階的な過程があることが示された。このような段階的なイメージ構築の過程の存在は、脳波や脳機能画像を用いた研究からも、示唆されている (Weiler et al., 2010)。たとえば Weiler et al. (2010) は、未来の出来事のイメージと過去の出来事の想起をする課題を行った際、頭に思い浮かんだ時点でボタンを押すよう参加者に教示した。それにより、イメージ構築の初期段階（つまり、ボタン押し以前）とそれ以降とを分離し、脳活動を比較した。その結果、ボタン押し以前では、意味処理と関連する脳領域の活動が、ボタン押し以降では、自伝的記憶の検索に関わる多くの領域の活動が確認された。この実験の結果は、イメージ構築の初期には、イメージする出来事に関連する一般的なアイデアや枠組みが構成される段階があり、その後の段階として、エピソード記憶の詳細情報を利用して出来事の枠組みを補完していくという、精緻化段階が存在することを意味している。

さらに、この精緻化段階については、エピソード記憶の詳細情報を検索した後、検索された情報を再構築していく過程が想定されている (Schacter & Addis, 2009; Schacter et al., 2007, 2008)。また、先述のように、未来思考には、エピソード記憶想起と同様のシステムが関与しているとされている (Addis et al., 2009; Addis & Schacter, 2008; Okuda et al., 2003; Szpunar et al., 2007)。Addis et al. (2007) は、海馬などの領域で、エピソード記憶想起よりも、未来思考の際に強い活動が見られることを示した。このことは、経験したことのある過去の想起よりも、新奇な未来のイメージ構築の際に、情報を統合する必要性が高いことを反映していると考えられている。同様の結果は他の脳画像研究からも得られており (D'Argembeau, Xue, Lu, Van der Linden, & Bechara, 2008; Okuda et al., 2003; Szpunar et al., 2007)、未来思考における、エピソード記憶の詳細情報の検索と統合という過程の存在が支持されている。

また、未来思考と過去のエピソード記憶想起の内容の質的特徴に関する研究においては、未来のイメージと過去の想起の両方の質的特徴の類似が多く示されている。特に、時間的距離が近い出来事の方が、遠い出来事よりも詳細な想起、あるいはイメージが構築されるということ、時間的距離の近い出来事やポジティブな出来事については、再体験するかのような感覚、あるいは先行して体験するかのような感覚がより強いことなどの共通した特徴が示されている (D'Argembeau & Van der Linden, 2004, 2006)。このような研究もまた、未

来思考とエピソード記憶が共通のシステムに基づいていることを示唆している。これらの行動研究や脳機能画像研究を合わせて考えると、未来思考はエピソード記憶と共通の神経基盤に基づき、エピソード記憶検索や詳細情報の統合という処理過程を含んだ、エピソード記憶と共通のシステムに依存していることが考えられるだろう。

ここまでに紹介した研究をまとめると、未来のイメージを構築するプロセスとして、まず意味的情報を基にした大まかなイメージ構築後、詳細情報を検索し、統合してゆくというプロセスが想定される。すなわち、初めに自分自身に関する知識やイメージする未来の出来事に関する一般的な知識が活性化して出来事に対する枠組みが構築され、その枠組みに沿って、エピソード記憶から検索された詳細情報が統合されること、未来の出来事のイメージが精緻化されていくということである (D'Argembeau & Mathy, 2011)。

これまでに述べたように、未来の出来事のイメージが構築されていく際の大まかなプロセスは明らかにされつつある。しかしながら、未来思考において、構築されるイメージの詳細さがどのようなプロセスによって規定されているのかは明らかとなっていない。冒頭で述べたように、未来思考は日常生活において様々な機能を持っている (D'Argembeau et al., 2011)。例えば、詳細なイメージ構築によって、将来の予定の実行などに関わる展望的記憶課題の成績が向上することも示されている (Chasteen et al., 2001)。また、将来取り組むべき課題に対して、成功するイメージを明確に思い浮かべることによって、目標を達成する動機付けが高まることもわかっている (Vasquez & Buehler, 2007)。これらの先行研究から、将来起こりうる出来事について詳細にイメージすることによって、たとえば、必要なものを準備し忘れるという事態を避けられるであろうし、物事に対してより速やかに対応することができるだろう。逆に、詳細なイメージが出来ないということは、将来起こりうる事態への準備や対処に失敗することに繋がりがかねない。したがって、詳細なイメージ構築ができるかどうかは、人間が生きていく上で非常に重要であると考えられる。未来思考におけるイメージの詳細さが規定されるプロセスを明らかにすることは、人間が生きる上で重要となる、基本的能力を解明することに繋がるだろう。

本研究は、未来のイメージの詳細さを規定するプロセスについて検討することを目的とする。そのために、特に詳細さを規定していると考えられる精緻化段階に焦点を当てる。先述のように、未来思考によってイメージされる出来事においては不可欠な、エピソード的詳細情報 (つまり、出来事の時間、場所、文脈において特定のな情報) は、自己に関する知識や一般的な知識、スキーマを利用して出来事の枠組みが構成された後に付加される情報である。このことから、エピソード的詳細情報が利用されているのは精緻化段階であると考えられる。そこで、意味的情報に基づいて出来事の枠組みを作り上げる構成段階では

なく、精緻化段階において、イメージの詳細さを規定しているプロセスについて、本研究では検討することとした。

精緻化段階においてイメージの詳細さを規定するプロセスとしては、以下の2つの可能性があるだろう。ひとつは、そもそも詳細なイメージの構築の際に利用するエピソード記憶の詳細情報を検索できるか否かによって、詳細さが規定されているという可能性である。もうひとつは、詳細情報の検索は常に行われており、その後、検索されたエピソード記憶情報を適切に統合できるか否かによって詳細さが規定されているという可能性である。実験2では、エピソード記憶を詳細に検索できているか否かに着目し、検索過程と統合過程のどちらが詳細さを規定しているのかを検討する。

精緻化段階の検索過程において詳細さが規定されているのであれば、その検索が失敗した場合に、未来の出来事の詳細なイメージが構築されていないという現象が確認できるであろう。それに対して、統合過程において詳細さが規定されているのならば、詳細なエピソード記憶の検索は行われていたとしても、詳細情報を統合することができないために、詳細なイメージが構築されないという現象が確認できるであろう。ここで、精緻化段階におけるエピソード記憶の検索が十分に行われているか否かを検討するために、構成段階の影響を排除する操作を行う。具体的には、イメージするテーマとして、一般的なライフイベントである卒業式を用いる。さらに、未来のイメージする際にある一定の枠組みを提供し、いずれの参加者にも同程度の枠組みを形成させる。この操作によって、構成段階の枠組みが構成されるかどうかによる詳細さへの影響を統制する。

本実験においては、エピソード記憶の検索状態やイメージの詳細さの指標として、未来の時間的距離概念、過去の時間的距離概念へのアクセス可能性を用いる。具体的には、未来と過去に関する単語を含んだ語彙判断課題における反応時間 (Reaction Time : 以下, RT) を詳細さの指標とした。その理由は、先行研究で用いられてきたような詳細さの指標 (つまり、自由記述や主観的評定など) では、イメージしていたときの状態を正確に捉えることが困難であると考えられたからである。例えば、自由記述や口頭報告では、イメージはできていた場合でも、それをありのままに表現することは困難であれば、詳細なイメージが出来ていないかのように見えてしまう。主観的評定においては、詳細であるという判断基準が曖昧であり、それだけ個人差も大きいと考えられる。そこで、本研究においては、時間的距離を表す単語を含む語彙判断課題のRTを指標とすることで、それらの影響を排除する。語彙判断課題は概念の活性化を測定出来る。このことから、イメージ構築直後に課題を実施することで、イメージ構築によってどのような概念が活性化しているのかを捉えることができる。

また、具体的な情報を呈示すると近い時間的距離概念が活性化し、抽象的な情報を呈示すると遠い時間的距離概念が活性化するという連合関係が、それぞれの距離概念を表す単語を刺激とし、RTを指標とした実験によって証明されている (Bar-Anan et al., 2006; Trope & Liberman, 2003, 2010)。これらのことから、詳細さの程度 (つまり、曖昧－鮮明) を反映する時間的距離概念の活性化は、RTを指標として測定することが可能である。すなわち、未来の詳細なイメージが構築されていれば、あるいはエピソード記憶を詳細に検索されていれば、それぞれ近い時間的距離概念が活性化する。また、未来の曖昧なイメージが構築されれば、遠い時間的距離概念が活性化するだろう。そして、エピソード記憶を詳細に検索できていなければ、過去の時間的距離概念において、検索の影響は表われないと考えられる。このとき、単語の表す時間的距離の遠近は、「来年」に対して「明日」のように、相対的に設定される。そのため、時間的距離の遠近の概念には、ほとんど個人差はないと考えられる。このような刺激を用いることで、構築されたイメージの詳細さの程度を捉える。

もし未来思考によって、詳細な未来のイメージが構築されていたならば、近い未来の時間的距離概念が活性化していると考えられる。それに対して、曖昧な未来のイメージが構築されていたならば、遠い未来の時間適距離概念が活性化していると考えられる。したがって、詳細なイメージ構築が出来た場合 (つまり、詳細さ高群)、遠い未来よりも近い未来を表す単語へのRTが速くなることが予測される。詳細なイメージ構築が出来なかった場合 (つまり、詳細さ低群)、近い未来よりも遠い未来を表す単語へのRTが速くなることが予測される。

また、過去のエピソード記憶の検索によって、エピソードの詳細情報へのアクセスが行われているならば、過去の時間適距離に関する単語において、検索の影響が表れるはずである。すなわち、エピソード記憶の詳細な検索が行われていれば、近い過去の時間的距離概念が活性化すると考えられる。それに対して、詳細情報の検索が行われていないのならば、過去の時間的距離概念の活性化は生じないはずである。そのため、エピソード記憶の検索がイメージの詳細さを規定しているのであれば、詳細さ高群においてのみ、近い過去概念が活性化すると考えられる。その結果、遠い過去よりも近い過去を表す単語へのRTが速くなることが予測される。それに対し、エピソード記憶検索後の統合過程がイメージの詳細さを規定しているのであれば、詳細さの程度に関わらず、エピソードの詳細情報の検索によって近い過去概念活性化が生じると考えられる。その結果、詳細さ高群と低群のいずれにおいても、遠い過去よりも近い過去を表す単語へのRTの方が速くなることが予測される。

## 方法

### 予備実験

語彙判断課題に使用する単語について、いかなる操作もされていない条件下では、時間的距離に関する単語への RT が統制されているということを確認するために予備実験を行った。

### 予備実験参加者

参加者は大学生および大学院生 13 名 ( $M = 21.69$ ,  $SD = 3.75$ ) であった。

### 予備実験の実験計画

実験計画は、単語の表す時間的方向 (未来／過去) × 時間的距離 (近い／遠い) の 2 要因参加者内計画であった。

### 予備実験材料

語彙判断課題の刺激として、NTT データベースシリーズ『日本語の語彙特性』(天野・近藤, 1999) より漢字親密度 5000 から 6625 の二字熟語を選出した。そのうち、時間的距離を表す単語は、近い未来 (つまり、明日、翌日、後日)、遠い未来 (つまり、来年、翌年、晩年)、近い過去 (つまり、昨日、先日、先程)、遠い過去を表す単語 (つまり、昨年、去年、古来) が各 3 語ずつの計 12 語であった。時間的距離に関係の無い単語 12 語 (例えば、入力、出力、収入、支出など) と合わせて、合計 24 語が反応語として使用された。そして、漢字二文字の意味を成さない組み合わせである非単語 12 語 (例えば、曲日、対年、去力など) が用いられた。

### 予備実験手続き

本試行で使用するものとは異なる単語、非単語を用いて練習 12 試行が最初に実施された、その後すぐに語彙判断課題の本施行を実施した。刺激の呈示にはパーソナルコンピュータ (DELL 社製 Optiplex960DT) と 17 型の CRT ディスプレイ (EIZO 社製 FlexScan E55D) が使用された。プログラムの作成と実行には、心理学実験用ソフトウェア E-prime 2.0 (Psychology Software Tools, Inc.社製) が使用された。練習試行、本試行ともに、刺激はランダムな順序で呈示された。参加者は、呈示される単語が日本語として存在する単語 (二字熟語) であれば、反応ボックス (Psychology Software Tools, Inc.社製 Serial Response Box) の

右端のキーをできるだけ速く押し、存在しない単語（非単語）であればキーを押さずに画面が切り替わるのを待つように教示された。また、参加者はキーを押す際に利き手の人さし指を使用するよう求められた。1 試行は注視点「+」が 500 ms、次にブランクがランダムに 250 ms／500 ms／750 ms、最後に単語あるいは非単語が最長で 2000 ms 呈示された。試行間のインターバルは 500 ms で、刺激呈示中にキーを押すとその瞬間に刺激が消え、500 ms のブランクを挟んで次の試行に移るようプログラムされていた。

### 予備実験の結果

参加者 13 人のうち 1 人はエラー率が 10%を超えていたため、分析から除外し、12 人を対象に分析を行った。2 要因参加者内分散分析の結果、主効果、交互作用ともに認められなかった ( $p > .16$ )。単語種類別の RT の平均値は近い未来が 580.42 ms ( $SD = 98.93$ )、遠い未来が 599.90 ms ( $SD = 101.88$ )、近い過去が 571.83 ms ( $SD = 79.06$ )、遠い過去が 590.56 ms ( $SD = 107.10$ ) であった。これによって、操作をしていない条件下では、単語の種類による RT は統制されていることが確認された。したがって、同一の単語群が本実験においても用いることができると考えられた。

## 本実験

### 本実験参加者

名古屋大学の大学生、及び大学院生 22 人 ( $M = 21.41$ ,  $SD = 0.80$ ) が実験に参加した。実験は 2011 年 12 月から 2011 年 5 月の 6 ヶ月間に実施され、参加者は全員、実験実施の約 1 年後である 2012 年 3 月に卒業、または修了予定であった。

### 本実験の実験計画

実験計画は、イメージの詳細さ（低群／高群）× の単語の表す時間的方向（未来／過去）× 時間的距離（近い／遠い）の 3 要因参加者内計画であった。

### 本実験材料

予備実験において使用した 24 単語、12 非単語を語彙判断課題において使用した。

### 本実験手続き

予備実験と同様に語彙判断課題の練習を 12 試行実施した。練習課題終了後は言語表現の課題という名目で未来の出来事をイメージする課題が実施された。未来の出来事のテー

マは参加者自身の卒業式であった。卒業式は誰もが経験したことのあるライフイベントであるため、イメージする未来の出来事の枠組みを提供する上でも適切な手掛りであると考えられた。また、参加者を 2012 年 3 月卒業予定者に限ることで、現在からイメージする出来事までの時間的距離を約 1 年後に統制した。

参加者は自身の卒業式の日 (2012 年 3 月 25 日) について、できるだけ詳細にイメージしながら、思いついたままに口頭でイメージの内容を報告するよう求められた。課題前には、「そのとき、その場所にあたかもタイムスリップしているかのように鮮明にイメージ、シミュレーションする」ということが強調して教示された。さらに、出来事の枠組みを提供し、よりエピソード的なイメージを促すため、一日の大まかな流れ (午前中に起床し、卒業式に参加し、全ての用が済んだら帰宅する)、卒業式の日時 (2012 年 3 月 25 日 12 時から 13 時頃にかけて式が行われ、各自 20 分前に入場するようアナウンスされている)、卒業式の場所 (名古屋大学の豊田講堂のホール、父兄の席はホールの外) といった状況設定が配布された。また、時間 (年、月、日時、季節、時系列)、場所 (市、通り、住所、建物、建物や部屋の中での位置、乗り物)、感覚情報 (物の色、味、におい、音、触感)、感情／思考 (そのとき感じたこと、考えたこと)、イベント (ハプニング、天気、他の人物とその行動、衣服) など、イメージする際のヒントも配布された。参加者はそれらを適宜参照しながら口頭報告を行った。口頭報告の制限時間は 3 分間であり、参加者はその間できるだけ多くイメージを報告するよう求められ、制限時間になると、きりの良いところで報告を終了するよう教示された。

未来のイメージをする課題が終了すると、参加者はすぐに語彙判断の本試行に取り組んだ。予備実験で使用した単語 24 語と非単語 12 語の計 36 語がそれぞれ 3 回呈示され、本試行は合計 108 試行で構成されていた。

語彙判断課題終了後、参加者は自身が生成した未来のイメージに関する質問に回答した。質問は、生成した未来のイメージの詳細さ (1: 曖昧 ~ 5: 鮮明)、一般性 (1: 一般的でない ~ 5: 一般的)、エピソード性 (1: エピソード的でない ~ 5: エピソード的) についてそれぞれ 5 件法でたずねるものであった。このとき、詳細さについては、どれだけ鮮明な内容であったか、一般性については、どれだけ一般的に共有された知識に基づく内容であったか、エピソード性については、どれだけ個人的な感覚や過去の経験に基づく内容であったかを表すということがそれぞれ説明された。

## 結果

まず、詳細なイメージが構築されたかどうかによって、参加者を詳細さ低群と高群に分けた。そして、詳細さの高低による語彙判断課題の RT の違いを分析した。また、操作チェックとして詳細さとその他の質問項目について、分析を行った。

### 詳細さによる群分け

詳細さの評定において中央値 3 未満の値であった参加者を詳細さ低群 ( $N = 7$ ,  $M = 1.86$ ,  $SD = 0.38$ ), 3 以上の値であった参加者を詳細さ高群 ( $N = 14$ ,  $M = 3.93$ ,  $SD = 0.73$ ) とした。

### 語彙判断課題

全参加者 22 名のうち、語彙判断課題におけるエラー率が 10%を超えていた参加者 1 名は分析から除外した。以下の語彙判断課題の分析では、残りの 21 名を対象とした。各参加者において、正しい反応の得られた各試行の RT を対数変換し、その平均値から  $\pm 2SD$  以上離れた値をとった試行を外れ値として除外した。詳細さ (高群/低群)  $\times$  時間的方向 (未来/過去)  $\times$  時間的距離 (近い/遠い) の 3 要因分散分析が実施された。Figure 3-2 は各平均 RT を示している。分析の結果、距離の主効果 ( $F(1, 19) = 10.01$ ,  $p < .01$ ), 詳細さと距離の交互作用 ( $F(1, 19) = 5.55$ ,  $p < .05$ ), そして 3 要因の交互作用 ( $F(1, 19) = 4.89$ ,  $p < .05$ ) が確認された。これに対して、詳細さの主効果、方向の主効果、および詳細さと方向の交互作用、距離と方向の交互作用は見られなかった ( $ps > .17$ )。3 要因の交互作用についての下位検定の結果、未来方向において詳細さと距離の単純交互作用 ( $F(1, 38) = 10.26$ ,  $p < .01$ ), 詳細さ低群において方向と距離の単純交互作用がみられた ( $F(1, 19) = 6.63$ ,  $p < .05$ )。詳細さ低群の近距離において、近い未来単語 ( $M = 539.25$ ,  $SD = 61.69$ ) よりも近い過去単語 ( $M = 507.07$  ms,  $SD = 78.75$ ) への RT が速いという方向の単純・単純主効果 ( $F(1, 38) = 4.12$ ,  $p < .05$ ) がみられた。詳細さ低群の過去方向において、遠い過去単語 ( $M = 541.12$  ms,  $SD = 72.16$ ) よりも近い過去単語への RT が速いという距離の単純・単純主効果が見られた ( $F(1, 38) = 5.57$ ,  $p < .05$ )。詳細さ高群の過去方向について、遠い過去単語 ( $M = 542.35$  ms,  $SD = 49.66$ ) よりも近い過去単語 ( $M = 513.03$  ms,  $SD = 36.52$ ) への RT が速いという方向の単純・単純主効果がみられた ( $F(1, 38) = 4.13$ ,  $p < .05$ )。詳細さ高群の未来方向について、遠い未来単語 ( $M = 558.49$  ms,  $SD = 57.06$ ) よりも近い未来単語 ( $M = 516.78$ ,  $SD = 45.16$ ) への RT が速いという距離の単純・単純主効果が見られた ( $F(1, 38) = 8.35$ ,  $p < .01$ )。それ以外の単純交互作用 ( $ps > .07$ ), 単純・単純主効果は見られなかった ( $ps > .11$ )。



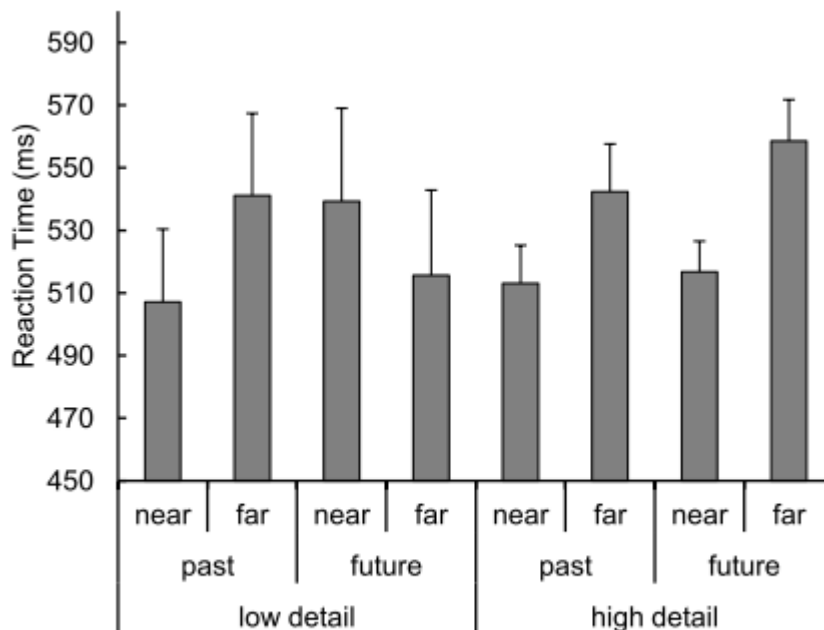


Figure 3-2. Reaction time of each temporal distance by low detail and high detail participants in experiment 2. Error bars represent the standard errors of means.

### 未来の出来事のイメージに関する主観評定

参加者 21 名分のイメージした内容に関する詳細さ ( $M = 3.24$ ,  $SD = 1.18$ ) と一般性 ( $M = 3.19$ ,  $SD = 1.08$ ), エピソード性 ( $M = 3.76$ ,  $SD = 1.04$ ) との関連を調べるために相関分析を行った。その結果, 詳細さが高いとき, 一般性は低くなっていた ( $r = -.51$ ,  $p < .05$ )。詳細さが高いとき, エピソード性は高くなっていた ( $r = .45$ ,  $p < .05$ )。一般性が高いとき, エピソード性は低くなっていた ( $r = -.76$ ,  $p < .01$ )。

### 考察

本研究では, 未来思考によって構築されるイメージの詳細さを規定するプロセスについて検討を行った。実験の結果, 未来方向については, 詳細なイメージを構築できた詳細さ高群において, 近い未来の時間的距離概念の活性化が示された。それに対して, 詳細に未来のイメージを構築出来なかった詳細さ低群においては, 未来方向の遠近に関する時間的距離概念の活性化の程度に差が見られなかった。詳細さ低群においては, 予測していたような, 曖昧なイメージにより遠い距離概念が活性化しているという結果ではなかった。しかしながら, 近い距離概念の活性化が生じていなかったことから, 詳細なイメージは構築

できていなかったと考えられる。すなわち、時間的距離概念の活性化パターンは詳細さに応じて変化していたと言える。この結果は、イメージの詳細情報と時間的距離概念の連合と一致する結果であり (Addis et al., 2008; D'Argembeau & Van der Linden, 2004, 2006; Trope & Liberman, 2003, 2010), 本研究で用いた指標の妥当性を示している。

さらに、過去方向については、詳細さ高群、低群ともに近い過去単語への RT が、遠い過去単語への RT よりも速くなっていた。これは、未来のイメージの詳細さの程度に関わらず、近い過去概念が活性化していたということである。すなわち、詳細なイメージが構築出来なかった場合でも、過去のエピソード記憶の詳細情報は、検索されていたことを示している。この実験においては、未来思考におけるイメージの詳細さを規定するのが検索過程ならば、詳細なイメージが出来なかった場合には、検索過程も行われていないという結果を予測していた。それに対して、イメージの詳細さを規定するのが統合過程ならば、詳細なイメージが出来なかった場合でも、検索過程が行われているという結果を予測していた。したがって、本実験の結果は、後者を支持するものである。つまり、未来のイメージの詳細さを規定しているのは、検索過程におけるエピソード記憶の検索よりも、むしろ検索したエピソード記憶情報を一貫性のある表象へと統合していく過程であると考えられる。

また、質問紙評定の結果においては、詳細さの増加に伴って一般性が減少し、詳細さの増加に伴ってエピソード性が増加することが示された。これらの結果は、詳細なイメージはより個人的な体験や感覚に基づいて構築されていたことを反映していると考えられ、本研究で扱おうとしていた詳細さに一致する。このことから、エピソード的な詳細情報や主観的感覚を含んだ詳細なイメージを構築する際には、構築段階で形成された枠組みに、エピソード記憶の詳細情報を統合していく過程が重要であることが支持された。

### 3.3 詳細なイメージの構築における中央実行系の役割 (実験 3)

実験 2 によって、構築される未来のイメージの詳細さに対して、統合過程が重要な役割を担っていることが示唆された。そこで、実験 3 では、統合過程に負荷をかけることによって統合過程の処理を阻害し、詳細なイメージ構築が妨げられるかどうかを検討する。また、検索過程の処理について統制するため、未来の出来事のイメージをする前に、全ての参加者に対して、イメージする未来の出来事と関連する過去の出来事について想起するように求める。具体的には、夏休みから連想される過去のエピソードについて事前に調査を行い、エピソードのタイトルと、参加者以外に出来事に登場する人、出来事の起こった場所、出来事において特徴的な物というエピソード的な詳細情報について回答を求める。実験の際には、参加者は自身が回答したエピソードについて、タイトルと 3 つのキーワードを基に想起を行う。その後、参加者は、翌年の夏休みに経験すると思えるような出来事についてイメージする課題に取り組む。ただし、参加者が未来のイメージをする際には、二重課題にも取り組ませることによって、統合過程への負荷をかける。その後、実験 1 と同様に語彙判断課題を用いて、詳細なイメージ構築が出来たか否かを検討する。なお、本実験においては、未来の出来事のイメージを行う前に、イメージする未来の出来事と関連する過去のエピソード記憶を想起させる。これにより、過去のエピソード記憶の詳細情報が利用可能であることを確認し、検索過程が既に行われた状態に統制する。この操作により、中央実行系を介した統合過程への負荷の影響に焦点を当てて検討することが可能となる。

本実験においては、統合過程に負荷をかける方法として、ランダム生成課題を用いる。ランダム生成課題は、統合処理を制御している中央実行系に負荷をかける課題である (Baddeley, 2000; Baddeley, Emslie, Kolodny, & Duncan, 1998)。したがって、参加者が未来の出来事をイメージする際に、二重課題としてランダム生成課題にも取り組むことで、統合過程の処理が妨害されることが考えられる。

先行研究においては、視空間情報、音韻的情報、エピソード記憶などの長期記憶から得た情報といった、様々なシステムから得られた情報の統合処理は、エピソードバッファと呼ばれるシステムによってサポートされていることが指摘されている (Addis et al., 2009; Addis & Schacter, 2008; Baddeley, 2000)。エピソードバッファとは、Baddeley (2000) がワーキングメモリの新たな構成要素として提唱したシステムである。それによると、エピソードバッファは様々な次元 (視覚、聴覚などの知覚情報や長期記憶からの情報) で情報を一時的に蓄え、従属的なシステム (音や言語などの処理に関わる 音韻ループや、視覚や空間情報に関わる視空間スケッチパッド) と長期記憶との一時的な橋渡しの役割を

していると考えられている。さらに、このシステムは中央実行系の制御によって、多くの情報源から得た情報を、一貫したエピソード的表象へと統合する役割も担っていることが主張されている。

エピソードックバッファによる多感覚情報の統合と、未来思考における情報の統合処理の関連は、神経科学的知見からも支持されている。まず、多感覚情報を統合する際には、前頭葉の内側が活動することが知られている (Prabhakaran, Narayanan, Zhao, & Gabrieli, 2000)。Prabhakaran et al. (2000) は、空間的情報と言語的情報を使い、種類の異なる情報を保持するというワーキングメモリ課題の実験を行った。その結果、種類の異なる情報を別々に保持しておく課題よりも、組み合わせて保持しておく必要のある課題に取り組むときの方が、前頭葉内側の活動と強く関連しているということを示した。これは、種類の異なる情報を統合する処理を含むような記憶保持には、前頭葉内側の機能が必要であることを意味している。情報の統合処理を行う必要性が高いとき、より前頭葉内側の活動が高まることは、未来思考においても確認されている (Abraham, Schubotz, & von Cramon, 2008; Addis et al., 2009; D'Argembeau et al., 2008; Szpunar et al., 2007)。例えば、Addis et al. (2009) は、過去の経験を想起する課題、未来の出来事についてイメージする課題、過去に経験していない出来事を過去に経験したかのようにイメージする課題という4つの課題に取り組むよう、参加者に求めた。そして、それぞれの課題に取り組んでいる最中の、脳活動を比較した。経験していない出来事をイメージするという課題は、実際に経験した出来事を想起する場合に比べて、詳細情報を統合する必要性が高いと考えられる。実験の結果として、過去／未来という時間的方向とは関係なく、経験していない出来事のイメージをする場合により強く前頭葉内側が活動することが示された。上述のような実験的証拠から、詳細情報を単一のイメージへと統合するという認知処理には、前頭葉内側が関係しているということが主張されている。これらの知見に基づき、ワーキングメモリの構成要素であるエピソードックバッファに、一時的に貯蔵された多次元的な情報が、中央実行系の制御によって単一のエピソード的表象へと統合されることによって、未来思考におけるイメージ構築が支えられていると考えられている (Addis et al., 2009)。

本実験においては、中央実行系に負荷をかける課題として、キー押しによってランダムなインターバルを生成するランダムタイムインターバル生成課題 (Random time Interval Generation task : 以下, RIG) を用いることとした。RIG は、音韻ループや視空間スケッチパッドといった、中央実行系以外のワーキングメモリの構成要素にはほとんど干渉することなく、中央実行系に負荷をかけることが可能であるとされている (Vandierendonck, De Vooght, & Van der Gooten, 1998a, 1998b)。未来思考によって構築されるイメージには、音や視

覚的イメージといった情報が伴う。そのため、他のランダム生成課題（つまり、乱数生成課題やランダム文字生成課題）では、音韻ループや視空間スケッチパッドにまで干渉してしまう。また、参加者はイメージの内容を口頭で報告する必要があるため、二重課題として発話を必要とするランダム生成課題の実施することは不可能であった。キーボード押しによる乱数生成等は可能であったが、その場合もキーの配置を考慮する必要があるため、視空間スケッチパッドへの干渉が予測された。これらの問題を解決するランダム生成課題として、RIG が採用された。この課題を用いることによって、中央実行系を阻害したことの影響に限定した議論が可能となる。統制には、一定のリズムでキー押しをする固定時間間隔生成課題（Fixed time Interval Generation task：以下、FIG）を用いることとした。

これまでの議論から、情報の統合が中央実行系によって制御されているならば、中央実行系に負荷をかけることで、情報の統合過程が阻害されると考えられる。実験 2 において、参加者は未来のイメージと同時に RIG にも取り組む。その結果、中央実行系に負荷がかかり、統合過程が阻害されるため、詳細な未来のイメージ構築ができなくなることが予測される。本実験においては、実験 2 と同様に語彙判断課題の反応時間が詳細さの主な指標となる。また、本実験では、未来のイメージの直前に過去のエピソードを想起させておくことで、エピソードの詳細情報へのアクセスがしやすい状態となり（Szpunar, 2010）、近い過去概念の活性化が生じると考えられる。その結果、二重課題による負荷の高低にかかわらず、語彙判断課題において、遠い過去よりも近い過去を表す単語への RT が速くなると予測される。未来方向の単語は、イメージの詳細さを反映する。統合過程への負荷が低い群では、情報の統合処理がほとんど阻害されないため、詳細な未来のイメージ構築が可能となり、近い未来概念の活性化が生じると考えられる。したがって、遠い未来よりも近い未来を表す単語への RT が速くなると予測される。一方、統合過程への負荷が高い群では、情報の統合処理が阻害され、詳細なイメージ構築ができなくなる。そのため、曖昧なイメージが構築され、遠い未来概念の活性化が生じると考えられる。その結果、近い未来よりも遠い未来を表す単語への RT が速くなると予測される。

## 方法

### 参加者

大学生 31 名 ( $M = 19.90$ ,  $SD = 1.51$ ) が実験に参加した。

### 実験計画

実験は、未来をイメージする際の負荷（参加者間要因：低負荷群／高負荷群）× 単語の表

す時間方向 (参加者内要因：過去／未来) × 時間的距離 (参加者内要因：近い／遠い) の 3 要因参加者内計画で実施された。

## 材料

### 語彙判断課題における刺激

実験 2 で使用したのと同じ単語 24 語，非単語 12 語を使用した。

### 質問紙

主観的に感じられる未来のイメージの現象的特徴が高負荷群と低負荷群とで変化するかどうかを検討するために，D'Argembeau, & Van der Linden (2006) と Rubin, Schrauf, & Greenberg (2003) を参考に，20 項目から成る質問紙を作成した。実験 1 と共通して，詳細さ，一般性，エピソード性，について尋ねる項目を設けた。次に想起意識に関する項目として，先行して経験している感覚とメンタルタイムトラベルの感覚について尋ねる項目を設けた。さらに，詳細さについてより詳しく検討するために，視覚的詳細さとその他の知覚的詳細さ (音，匂い／味)，空間的文脈 (場所の明瞭さ，物の位置関係，人の位置関係)，時間情報について尋ねる項目を設けた。イメージの際に感じた感情について，感情喚起，感情価，感情強度 (情動性) を尋ねる項目を設けた。これらの他に，重要性，一貫性，視点，距離感について尋ねる項目を設けた。これらの項目については，全て 7 件法で回答するよう参加者に求めた。また，具体的にどの程度先の出来事に感じるかを日数で回答するよう求めた。

### 過去の出来事の詳細情報

参加者に，実験実施の前日までに，過去 5 年以内に自身が経験した，夏休みのある 1 日に起こった出来事を 3 つ報告するように求めた。その際，それぞれの出来事のタイトルと「自分以外の人物」，「出来事の起こった場所」，「出来事において特徴的な物」を 1 つずつ，詳細情報として挙げさせ，それらを実験実施時に想起の手掛りとして使用した。

## 装置

装置は，実験 2 と同様のパーソナルコンピュータ，ディスプレイ，ソフトウェア，反応ボックスが使用された。

## 手続き

実験は、言語表現と単語の処理の関係を調べるというカバーストーリーのもとで実施された。はじめに、低負荷群の参加者は、一定の時間間隔で反応ボックスの右端のキーを押す練習課題に取り組んだ。その際、低負荷群の参加者は、およそ1秒間に2回、一定のリズムで右端のキーを押すように教示された。高負荷群の参加者は、ランダムなリズムで反応ボックスの右端のキーを押す練習課題に取り組んだ。その際、高負荷群の参加者は、平均して1秒間に2回程度になるよう、予測不可能なランダムなリズムで右端のキーを押すように教示された。このとき、どちらの群においても、音韻ループへの干渉を避けるため、メトロノームなど、リズムの手がかりとなるものは使用されていなかった。

次に、どちらの群の参加者も、実験1で使用したのと同じ語彙判断課題の練習課題に取り組んだ。練習課題終了後、参加者は、言語表現の課題という名目で、事前に回答した過去5年以内に経験した夏休みの出来事3つについて、それぞれ約1分間、タイトルと各3つの詳細情報（人物、場所、物）を基に出来事の記憶を想起し、頭に浮かんだ内容を口頭で報告するよう求められた。参加者は、各出来事の想起後、記憶の詳細さについて7件法（1：非常に曖昧，3：やや曖昧，5：やや鮮明，7：非常に鮮明）で評定を行った。記憶想起の際には、実験1の未来イメージの際に使用したヒントを配布し、報告をサポートした。参加者による報告が滞った際には、ヒントの用紙を基にして、実験者が参加者の発言を促した（Levine et al., 2002）。口頭報告はICレコーダーで録音された。

夏休みに経験した出来事の記憶想起課題終了後、低負荷群の参加者はFIGを、高負荷群の参加者はRIGを行いながら、未来の出来事についてイメージし、口頭報告するよう求められた。制限時間は約3分間であった。その際、参加者は、先の課題で想起した過去の出来事の記憶を参照して、未来の出来事をイメージするよう教示された。イメージする出来事は、次の年の夏休みに経験すると思える出来事であり、特定の日時（1日以内）に特定の場所で起きる出来事でなければならなかった。未来の出来事をイメージする際には、イメージ課題前に想起した3つの出来事それぞれのタイトルと、3つの詳細情報（人物、場所、物）、想起時に用いたものと同様のヒントが配布された。参加者はそれらを適宜参照し、口頭報告を行った。参加者による報告が滞った際には、ヒントの用紙を基にして、実験者が参加者の発言を促した（Levine et al., 2002）。口頭報告はICレコーダーで録音された。

キー押しを続けながら未来のイメージをする課題終了後、全ての参加者は、速やかに語彙判断課題の本課題に取り組んだ。本課題は、実験1と同じ単語24語と非単語12語が各3回呈示され、合計108試行で構成されていた。語彙判断課題終了後、参加者は自身が生成した未来の出来事のイメージに関する質問紙に回答した。

## 結果

詳細さの評定によって、高負荷群でも低負荷群でも、同程度に過去エピソード記憶の検索が行われていたことを確認する。次に、低負荷群と高負荷群において生成された未来のイメージの現象的特徴を示す。そして、低負荷群で行われた FIG よって生成されたインターバルと、高負荷群で行われた RIG によって生成されたインターバルのランダム性を比較し、操作が適切に行われたことを確認する。最後に、主な指標である語彙判断課題の結果について述べる。なお、語彙判断課題の平均 RT が外れ値であった参加者 1 名と、エラー率が 10%を超えた参加者 1 名を除いた、高負荷群 13 名、低負荷群 16 名が分析対象となった。

エピソード記憶想起 夏休みに関連するエピソード記憶が検索されたかどうかを確認するために、3 つのエピソードの詳細さを参加者毎に平均した値について、低負荷群 ( $M = 4.97, SD = 0.77$ ) と高負荷群 ( $M = 4.77, SD = 0.59$ ) とで  $t$  検定を行った。その結果、群間の有意差は認められなかった ( $t(27) = 0.67, p = .51$ )。また、イメージをする際に参照したエピソードのみの詳細さの値 (複数のエピソードを参照していた場合はその平均値) についても同様に、低負荷群 ( $M = 5.06, SD = 2.06$ ) と高負荷群 ( $M = 5.04, SD = 2.19$ ) とで  $t$  検定を行った。その結果、群間の有意差は認められなかった ( $t(27) = 0.04, p = .96$ )。これら結果から、夏休みに関連する過去のエピソード記憶はどちらの群でも同程度詳細に想起されていたことが確認された。したがって、エピソード記憶の検索段階は、どちらの群でも同程度に行われていたと考えられる。

## 未来の出来事のイメージの現象的特徴

生成された未来のイメージの特徴に関する各項目について、群間で  $t$  検定を行った。その結果、時間帯に関する情報 ( $t(27) = 2.00, p = .056$ ) に群間で傾向差がみられたものの、その他の項目について統計的な有意差は認められなかった ( $ps > .10$ )。

また、過去のエピソード記憶検索の程度と未来のイメージの現象的特徴との関係について検討するため、未来のイメージをする際に参照した過去のエピソードの想起の詳細さと、未来のイメージに関する各質問項目との相関を分析した。その結果、低負荷群では、過去の出来事を詳細に想起出来ていた人ほど、未来のイメージの詳細さ ( $r = .51, p < .05$ )、時間帯に関する情報 ( $r = .60, p < .05$ )、感情喚起の程度 ( $r = .65, p < .01$ )、感情の強さ ( $r = .62, p < .05$ )、出来事の個人的重要性 ( $r = .51, p < .05$ )、イメージの一貫性 ( $r = .64, p < .01$ ) が高くなるという、統計的に有意な正の相関がみられた。また、先行経験の感覚についても有意傾向ではあるが、正の相関がみられた ( $r = .48, p = .06$ )。これら以外の項目について、有意



な相関は見られなかった ( $ps > .25$ )。それに対して、高負荷群においては、人の位置関係の明瞭さとの統計的に有意な正の相関が ( $r = .57, p = .04$ )、一貫性との間に有意傾向ではあるが正の相関が見られた ( $r = .54, p = .06$ )。その他の項目については、統計的に有意な相関は見られなかった ( $ps > .16$ )。

さらに、出来事における場面間の統合の程度を示す項目である一貫性について、他の項目との相関を分析した。その結果、低負荷群では、一貫性の高い人ほど、未来のイメージの全体的な詳細さ ( $r = .59, p < .05$ )、視覚的詳細さ ( $r = .53, p < .05$ )、感情喚起 ( $r = .60, p < .05$ )、個人的重要性 ( $r = .73, p < .01$ ) が高くなるという、統計的に有意な正の相関がみられた。また、時間情報に関しては有意傾向ではあるが、正の相関がみられた ( $r = .48, p = .06$ )。それ以外の項目とは統計的に有意な相関は見られなかった ( $ps > .10$ )。高負荷群では、一般性 ( $r = .59, p < .05$ )、視覚的詳細さ ( $r = .56, p < .05$ ) が高くなるという、統計的に有意な正の相関がみられた。場所の明瞭さ ( $r = .55, p = .051$ ) については、有意傾向ではあるが、正の相関がみられた。それ以外の項目とは統計的に有意な相関は見られなかった ( $ps > .12$ )。

### ランダム性

高負荷群の RIG において生成されたキー押し間のインターバルがランダムであること、低負荷群の FIG において生成されたインターバルがほぼ一定であったことを確認するために、それぞれの群のランダム性について分析を行った。ランダム性の比較に際して、一連のキー押し反応を 2 進数列へと変換する処理が行われた (Vandierendonck et al., 1998a, 1998b)。RIG および FIG においては、キー押しから次のキー押しまでの時間が記録されていた。各インターバルは時系列順に並べられ、基準となるインターバルとして設定した間隔毎に時間を区切っていったとき、反応がある区間を「1」、ない場合を「0」として、2 進数列へと変換された。この実験では、1 秒間に 2 回程度という頻度でキー押しをするよう教示した。したがって、1 区間を 250 ms で区切った場合に、正確に一定のリズムでキー押しが行われていれば、「0, 1, 0, 1, …」という「0, 1」の繰り返しから成る 2 進数列が得られるはずである。それに対して、キー押しが「100 ms, 300 ms, 800 ms, 1600 ms, …」というランダムなリズムで行われていたならば、「1, 1, 0, 1, 0, 0, 1, …」というように、「0」と「1」がランダムに出現する 2 進数列が得られるはずである。全ての参加者の反応について、上述の変換処理を行うことで得られた 2 進数列のランダム性を、低負荷群 (FIG 課題) と高負荷群 (RIG 課題) とで比較した。ランダム性を評価するにあたっては、数列や文字列などのランダム性の程度を複数の指標で算出するプログラムである RGCcalc (<http://www.lancs.ac.uk/staff/towse/rgcpage.html>) が用いられた (Towse & Neil, 1998)。

Table 3-1. Mean RNG score and RNG2 score in low load and high load condition.

measure	low load (FIG)		high load (RIG)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
RNG	0.94	0.01	0.90	0.01
RNG2	0.90	0.01	0.89	0.01

### RNG 得点

RNG (Random Number Generation : 以下, RNG) 得点は, ランダム性の一般的な指標であり, 隣接する反応のペアの組み合わせの分布を示すものである。RNG 得点は 0 から 1 の値をとる。RNG 得点が 0 であれば, 全ての隣接する反応の組み合わせの頻度が等しいことを意味している。それに対して, RNG 得点が 1 であれば, 同じペアの組み合わせによって反応が完全に予測できることを意味している。つまり, 値が低いほどランダムであることになる。低負荷群と高負荷群の平均 RNG 得点について, *t* 検定を実施した。その結果, 低負荷群よりも高負荷群の方が, RNG 得点が低いことが確認された ( $t(27) = 8.74, p < .01$ , Table 3-1)。この結果は, 低負荷群よりも高負荷群において, ランダムなインターバルが生成されていたことを意味している。

### RNG2 得点

RNG2 得点は, RNG 得点のように隣接する反応ではなく, 1 つ間を空けた反応をペアとした組み合わせの分布を示すものである。RNG2 得点のとり得る範囲と数値の表す意味は RNG 得点と同様であり, 値が低いほどランダム性が高いことを意味している。低負荷群と高負荷群の平均 RNG2 得点について, *t* 検定を実施した。その結果, 低負荷群よりも高負荷群の方が, RNG 得点が低いことが確認された ( $t(27) = 2.98, p < .01$ , Table 3-1)。これは, 低負荷群よりも高負荷群において, ランダムなインターバルが生成されていたことを意味している。

### 反復距離

反復距離 (Repetition Distance) は, 同じ反応が繰り返されるまでの距離の分布である。例えば, 「1, 0, 0, 0, 1, 0, 1」という数列であれば, 「1」という反応が 4 つ後に 1 回繰

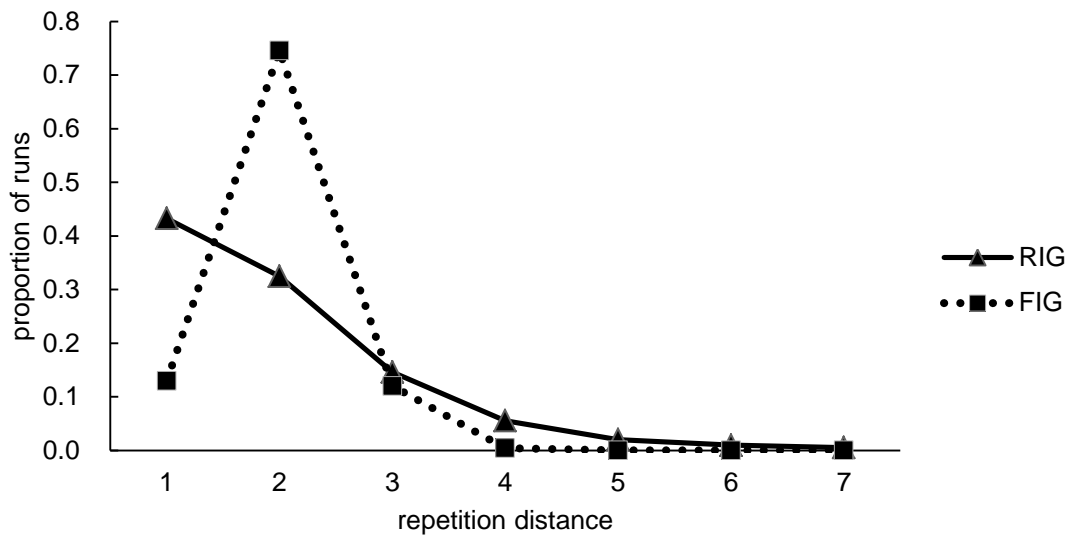


Figure 3-3. Mean proportions of repetition distance 1 -7 in RIG and FIG task.

り返され、さらにその2つ後に1回繰り返して出現している。「0」という反応については、1つ後に2回、2つ後に1回出現している。「1, 0」という反応については、3つ後に1回出現している。このように、反応の数列全体から全ての反復距離とその出現回数 (runs) が算出される。1秒間におよそ2回という一定のリズムでキー押しがされていれば、「0, 1」という数列が多く繰り返されるため、低負荷群においては、反復距離2の出現率が他の反復距離よりも高くなることが予測される。それに対して、高負荷群では「0, 1」の繰り返しが減るため、「0」の連続や「1」の連続が多くなり、反復距離1の出現率が最も高くなると予測される。そこで、1から7の反復距離の出現率について、負荷の程度 (参加者間：低負荷群／高負荷群) × 反復距離 (参加者内：1-7) の2要因混合分散分析を実施した。その結果、負荷の程度による主効果が確認された ( $F(1, 27) = 9.38, p < .01$ )。反復距離の主効果が確認された ( $F(6, 162) = 177.69, p < .001$ )。Figure 3-3は各反復距離の出現率を示している。結果として、2要因の交互作用が確認された ( $F(6, 162) = 39.25, p < .001$ )。そこで、2要因の交互作用における単純主効果検定を行った。その結果、反復距離1については、低負荷群よりも高負荷群の方が、出現率が高いことが確認された ( $F(1, 189) = 96.84, p < .001$ )。反復距離2については高負荷群より低負荷群の方が、出現率が高いことが確認された ( $F(1, 189) = 174.67, p < .001$ )。また、高負荷群 ( $F(6, 162) = 70.88, p < .001$ )、低負荷群 ( $F(6, 162) = 146.06, p < .001$ ) それぞれで、反復距離の主効果が確認された。高負荷群について、ライアン法による多重比較を行ったところ、反復距離1とそれ以上の反復距離の出現率との間に

有意差が確認された ( $ts(162) > 3.58, ps < .01$ )。反復距離 2 とそれ以上の反復距離の出現率との間に有意差が確認された ( $ts(162) > 5.90, ps < .01$ )。反復距離 3 とそれ以上の反復距離の出現率との間に有意差が確認された ( $ts(162) > 3.00, ps < .01$ )。それら以外の反復距離の出現率間には有意差は認められなかった ( $ts(162) < 1.66, ps > .098$ )。低負荷群についても、ライアン法による多重比較を行ったところ、反復距離 1 と 2, 1 と 4, 1 と 5, 1 と 6, 1 と 7 の出現率に有意差が認められたが ( $ts(162) > 5.74, ps < .01$ )、反復距離 1 と 3 の出現率に有意差は認められなかった ( $t(162) = 1.22, p = .23$ )。反復距離 2 とそれ以外の反復距離の出現率との間に有意差が確認された ( $ts(162) > 18.58, ps < .01$ )。反復距離 3 とそれ以上の反復距離の出現率との間に有意差が確認された ( $ts(162) > 4.52, ps < .01$ )。それら以外の反復距離の出現率間には有意差は認められなかった ( $ts(162) < 0.51, ps > .61$ )。低負荷群では、1 秒間に 2 回というほぼ一定のインターバルが最も多く生成されていたことが確認された。高負荷群では、反復距離 1 が最も多く、ランダムなインターバルが生成されていたということが示された。したがって、低負荷群、後負荷群ともに、操作が適切に行われていたことが確かめられた。

### 語彙判断課題

まず、語彙判断課題の RT について、外れ値を除外する処理を行った。各参加者において、正しい反応の得られた各試行 RT を対数変換し、その平均値から  $\pm 2SD$  離れた値をとった試行を外れ値として除外した。そして、外れ値を除外した後の平均 RT と単語の種類別 (近い未来, 遠い未来, 近い過去, 遠い過去) の平均 RT を算出した。次に、各群内の平均 RT から  $\pm 2SD$  以上平均 RT が離れた参加者を外れ値として分析から除外したところ、高負荷群の参加者 1 名が外れ値となった。また、エラー率が 10% 以上であった高負荷群の参加者 1 名が分析から除外された。低負荷群においては、外れ値となる参加者も、エラー率が 10% を超える参加者もいなかった。最終的に、高負荷群 13 名、低負荷群 16 名を対象として分析は実施された。語彙判断課題の RT について、負荷 (低負荷群/高負荷群)  $\times$  時間的方向 (未来/過去)  $\times$  時間的距離 (近い/遠い) の 3 要因混合分散分析を実施した。Figure 3-4 は各平均 RT を示している。の結果、遠い距離よりも近い距離を表す単語への RT が速いという時間的距離の主効果が確認された ( $F(1, 27) = 16.85, p < .01$ )。また、時間的方向と距離の交互作用が確認された ( $F(1, 27) = 9.00, p < .01$ )。そして、3 要因の交互作用が確認された ( $F(1, 27) = 11.58, p < .01$ )。これら以外の主効果、交互作用は 見られなかった ( $ps > .14$ )。

下位検定として、時間的方向と距離の交互作用における単純主効果検定を行ったところ、時間的に遠い未来と遠い過去を表す単語への RT に有意な差は見られなかったが ( $F(1, 54)$

$= 1.34, p = .25$ ), 近い未来を表す単語への RT よりも近い過去を表す単語への RT が有意に速いことが確認された ( $F(1, 54) = 4.78, p < .05$ )。また, 近い未来を表す単語への RT が遠い未来を表す単語への RT よりも速い傾向が見られた ( $F(1, 54) = 3.32, p = .07$ )。近い過去を表す単語への RT が遠い過去を表す単語への RT よりも速いことが確認された ( $F(1, 54) = 25.77, p < .01$ )。さらに, 3 要因の交互作用における単純効果検定を行ったところ, 単純交互作用として, 次のような結果が得られた。時間的に遠い距離を表す単語への RT において, 負荷と時間的 方向の交互作用が確認された ( $F(1, 54) = 7.46, p < .01$ )。未来を表す単語への RT においては, 負荷と時間的距離の交互作用が有意傾向であった ( $F(1, 54) = 3.38, p = .07$ )。過去を表す単語 への RT においては, 負荷と時間的距離の交互作用が有意傾向であった ( $F(1, 54) = 3.42, p < .07$ )。高負荷群における RT については, 時間的方向と距離の交互作用が確認された ( $F(1, 27) = 20.51, p < .01$ )。しかし, 低負荷群における RT については, 時間的方向と距離の交互作用は確認されなかった ( $F(1, 27) = 0.08, p = .78$ )。また, 単純主効果として, 高負荷群の遠い過去を表す単語への RT ( $M = 575.16, SD = 54.73$ ) よりも, 低負荷群の遠い過去を表す単語への RT ( $M = 524.59, SD = 60.83$ ) が速いことが確認された ( $F(1, 108) = 5.71, p < .05$ )。高負荷 群の近い未来を表す単語への RT ( $M = 541.32, SD = 39.82$ ) よりも, 低負荷群の近い未来を表す単語への RT ( $M = 505.30, SD = 56.97$ ) が速い傾向が見られた ( $F(1, 108) = 2.90, p = .09$ )。高 負荷群においては, 近い未来を表す単語への RT よりも近い過去を表す単語への RT ( $M = 512.87, SD = 40.24$ ) が速いこと ( $F(1, 54) = 5.27, p < .05$ ), 遠い過去を表す単語への RT よりも遠い未来を表す単語への RT ( $M = 541.08, SD = 46.50$ ) が速いことが確認された ( $F(1, 54) = 7.56, p < .01$ )。また, 高負荷群においては, 近い未来を表す単語への RT と遠い未来を表す 単語への RT には有意な差は見られなかったが ( $F(1, 54) < 0.01, p = .98$ ), 近い過去を表す単語への RT よりも遠い過去を表す単語への RT が速いことが確認された ( $F(1, 54) = 23.92, p < .01$ )。低負荷群においては, 遠い未来を表す単語への RT ( $M = 538.37, SD = 70.15$ ) よりも近い未来を表す単語への RT が速いこと ( $F(1, 54) = 5.24, p < .05$ ), 遠い過去を表す単語への RT ( $M = 495.45, SD = 54.84$ ) よりも近い過去を表す単語への RT が速いことが確認された ( $F(1, 54) = 6.75, p < .05$ )。これら以外に統計的な有意差は認められなかった ( $ps > .27$ )。

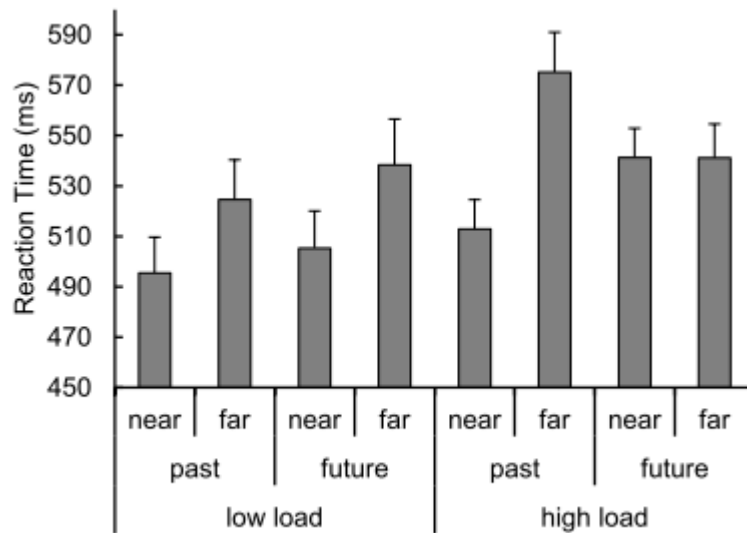


Figure 3-4. Reaction time of each temporal distance by low cognitive load and high cognitive load conditions in experiment 3. Error bars represent the standard errors of means.

### 考察

実験3は、統合過程に直接負荷をかけることによって統合過程の処理を阻害し、詳細な未来のイメージ構築が妨げられることを確認する目的で実施された。そのため、参加者が未来の出来事のイメージをする際に、二重課題としてFIGかRIGに取り組ませた。それによって、情報の統合を制御している中央実行系への負荷の程度を操作し、未来思考において詳細情報を統合する過程を阻害した。その結果、主観的に判断される未来のイメージの詳細さについては、低負荷群と高負荷群で差が見られず、予測に反する結果であった。しかしながら、エピソード記憶想起の詳細さと未来のイメージの現象的特徴の相関分析の結果、低負荷群では、過去のエピソード記憶を詳細に想起できていた人ほど、詳細で、一貫性のある未来の出来事のイメージを構築するという比較的強い相関が確認された。このことから、中央実行系への負荷があまりない条件下では、統合処理がほとんど阻害されていなかったため、検索したエピソードの詳細情報を統合することが可能であり、詳細で一貫性のあるイメージを構築できていたと考えられる。それに対して、高負荷群では、過去のエピソード記憶の詳細さと一貫性との間に有意傾向の正の相関がみられたものの、未来のイメージの詳細さと間の相関は、中程度の強さに留まるものであった ( $r = .25, p = .41$ )。このことから、中央実行系に高い負荷がかかっている条件下では、統合する能力が阻害されていたため、エピソード記憶想起によってエピソードの詳細情報が豊富に検索されていても、それらを統合することができず、詳細なイメージを構築できなくなっていたと考えら

れる。さらに、低負荷群では、一貫した未来の出来事のイメージを構築できた人ほど、全体的に詳細なイメージを構築できていた。それに対して、高負荷群では、一貫した未来の出来事のイメージを構築出来た人ほど、視覚的詳細さは増加していたものの、それと同時に一般性の高いイメージが構築されていた。このことは、中央実行系への負荷が高く、統合処理が困難な条件下では、エピソード的な詳細情報よりも一般的知識を利用してイメージを構築していた可能性を示している。すなわち、一般的な知識やスキーマを用いて未来思考をすることで、イメージの一貫性を保つことが出来たという可能性が考えられるだろう。このように、低負荷群の参加者が、個人的経験に基づかない一般的知識を利用して、未来の出来事の視覚的イメージをしていたことは、未来のイメージの詳細さの主観評定において、低負荷群と高負荷群で差が見られなかったことの原因であると考えられる。

主たる指標である語彙判断課題においては、過去方向の時間的距離を表す単語への RT に関して、予測通りの結果が得られた。すなわち、過去方向の時間的距離を表す単語への RT は、遠い過去より近い過去を表す単語への RT が速くなっていた。これは、過去のエピソード記憶の詳細情報の検索が出来ていたことにより、近い過去概念が活性化していたことを意味している。したがって、中央実行系への負荷の高低にかかわらず、エピソードの詳細情報の検索過程は十分に行われた状態であったと言える。未来方向の時間的距離を表す単語への RT については、低負荷群において、遠い未来よりも近い未来を表す単語への RT が速くなっていた。この結果は、詳細な未来のイメージが構築できていたことを反映していると考えられる。それに対して、高負荷群においては、近い未来を表す単語と遠い未来を表す単語への RT には差が見られなかった。この結果は、遠い未来概念が活性化するという予測には反していた。そのような結果が得られた原因として、RIG 課題による負荷が不十分であったことが考えられる。ただし、詳細なイメージ構築が行われたことによる近い未来概念の活性化は生じていなかったことから、高負荷群では、低負荷群のような詳細なイメージ構築は出来ていなかったと言える。すなわち、中央実行系に負荷をかけ、情報の統合に干渉することによって、未来の詳細なイメージ構築は妨げられていた。したがって、本実験結果から、未来思考において構築されるイメージの詳細さは、統合過程によって規定されていることが確認された。

### 3.4 第3章まとめ

近年、未来思考は、認知心理学や神経科学、動物心理学など様々な領域から高い関心を集めている (Atance & O'Neill, 2001; Schacter et al., 2008; Suddendorf, Addis, & Corballis,

2009; Szpunar, 2010; Tulving, 2002)。そして、イメージ構築に至るプロセスについても多くの提案がなされ、知見が蓄積されてきている (Addis et al., 2007; D'Argembeau & Mathy, 2011; Schacter et al., 2008)。しかしながら、詳細さのような、構築されるイメージの特徴がいかんして規定されているのかという点については、未だ検討されていなかった。そこで本研究においては、未来の出来事のイメージの詳細さを規定するプロセスを解明するために3つの実験を行った。そして、未来思考におけるイメージの詳細さを規定する上で、過去のエピソード記憶の詳細情報を検索する過程よりもむしろ、それらの情報を統合する過程が重要な役割を担っていることを示した。

実験1では、時間的距離概念の活性化に結びついているのが意味記憶ではなくエピソード記憶情報の利用であることを確認した。実験2では、先行研究から得られたモデルに基づき、未来思考におけるイメージの詳細さを規定しているのが、エピソード記憶の詳細情報の検索過程と、統合過程のどちらであるのかを検討した。結果として、詳細なイメージが出来る場合も出来ない場合も、エピソード記憶の詳細情報の検索は行われていることが示された。したがって、詳細さを規定しているのは、エピソード記憶の詳細情報の検索過程よりも後の、詳細情報を統合する過程であることが示唆された。また、近い未来の時間的距離概念の活性化が未来思考によって構築されるイメージの詳細さと結びついていることを明らかにした。このことから、時間的距離概念をターゲットとした語彙決定課題の反応時間がイメージの詳細さの潜在的な指標となることが示された。実験3においては、統合過程を制御していると考えられる中央実行系への負荷を操作することで、情報を統合する能力に干渉し、詳細なイメージ構築が妨げられるかどうかを、実験2で開発した指標を用いて検討した。その結果、中央実行系への負荷が低い場合には、詳細な未来のイメージ構築がされていた。しかし、負荷が高い場合、詳細情報の検索はできていたにも関わらず、情報の統合処理を十分に行うことができず、未来のイメージを詳細に構築できなくなることが確認された。一連の実験を通して、本章では、過去のエピソード記憶から検索された詳細情報を、中央実行系の働きによって、統合できるかどうかで、構築される未来のイメージの詳細さが規定されていることを示した。

本研究は、先行研究において主張されてきた、エピソード記憶の詳細情報の検索と統合によって未来のイメージが構築されるという説 (Schacter et al., 2007, 2008) を支持する更なる証拠である。それに加え、構築されるイメージの現象的特徴を規定している背景プロセスという、重要でありながらもこれまで着目されていなかったプロセスを明らかにしたという点は、未来思考研究に新たな視点を与えている。



#### 3.4.1 未来思考における中央実行系の役割

実験3において得られた結果は、中央実行系の働きを妨害することで、未来思考における詳細情報の統合処理が、正常に行われなくなったことを意味している。これは、精神病理研究の知見とも一致する。例えば、統合失調症患者や自殺企図のうつ病患者については、前頭葉に基づくプランニングの能力や実行機能の低下が知られているが (Marzuk, Hartwell, Leon, & Portera, 2005; Morice & Delahunty, 1996)、そのような患者は、詳細な未来のイメージをすることも困難であるということが示されている (D'Argembeau, Raffard, & Van der Linden, 2008; Williams et al., 1996)。つまり、詳細な未来のイメージの能力を支えている背景の一つとして、中央実行系があると考えられる。

先行研究においては、中央実行系によって制御されるエピソードックバッファというシステムが、未来思考においても利用されている可能性が指摘されていた (Addis et al., 2009; Suddendorf & Corballis, 2007)。本研究結果は、そのような、詳細情報の統合処理システムの存在を示す一つの根拠と言えるだろう。

#### 3.4.2 統合処理能力低下に伴う意味的情報の利用

また、興味深いことに、実験3の高負荷群においては、一般的な知識を使って一貫性のあるイメージ構築をしている可能性が示された。すなわち、統合処理を十分に行えない条件下では、一貫したイメージを構築するために、一般的な知識を利用してしまうということが考えられるだろう。

高齢者においては、実行機能と記憶に関する能力の低下が知られている (Buckner, 2004)。Addis et al. (2008) は、若年者と高齢者に過去の想起と未来のイメージを求め、その内容を報告させるという実験を行った。その結果、高齢者は若者と比較して、エピソード的な詳細情報の量が減少し、意味記憶などの一般的知識に基づく情報を多く報告するということが示されている。勿論、高齢者においては、記憶能力に深く関わる側頭葉内側の機能低下も報告されていることから、実行機能の低下のみに、この現象を結びつけることは出来ない。しかしながら、本実験結果は、統合する能力の低下によって、より一般的な知識を利用する傾向が表れるという可能性を示すものである。これは、未来思考においてどのように記憶情報が利用されているのかという問題について考える上で、重要な示唆を提供していると言える。

#### 3.4.3 問題点

本研究においては、いくつかの問題点も考えられる。まず、実験1の詳細さ低群及び、実

実験2の高負荷群において、近い未来よりも遠い未来へのRTが速いという、予測していた結果が得られなかったということである。実験2においては、イメージ課題終了後に語彙判断課題を挟んだ上で、事後的な主観評定によって詳細さ低群と高群とを分類した。そのため、語彙判断課題実施時の状態を正確に反映出来ていなかった可能性が考えられる。実験2の高負荷群に関しては、RIGによる負荷が不十分であった可能性が考えられる。また、実験2においては、主観評定による詳細さに関して、群間で差が得られなかった。この結果も、実験1と同様に、語彙判断課題を挟んだ上での事後的評定であったため、未来のイメージ構築時の状態を正確に評価出来ていなかったことによる可能性が考えられるだろう。これらの点については、今後検討すべき課題である。

さらに、出来事の枠組みを構成する構成段階の処理が、詳細さに影響を及ぼしている可能性を、完全に排除できているわけではない。本研究では、場所の熟知性について、統制をしていなかった。Arnold, McDermott, & Szpunar (2011) は、未来の出来事の起こる場所に関する熟知性を操作する実験を行っている。その結果、熟知性の高い場所（つまり、自宅など、よく知っている場所）における未来の出来事のイメージは、熟知性の低い場所（つまり、行ったことのない場所）におけるイメージよりも鮮明であることが示された。熟知性の高い場所の情報は、脱文脈化した個人的な知識であるため、イメージ構築の初期である構成段階にアクセスされる情報である (D'Argembeau & Mathy, 2011)。したがって、未来のイメージに関する枠組みの構成もまた、詳細さに影響し得ると考えられる。このような点についても、今後検討する必要がある。

#### 3.4.4 結論

本研究においては、未来思考におけるイメージの詳細さを規定するメカニズムが明らかとなった。すなわち、エピソード記憶の詳細情報の検索は行われているが、その詳細情報の統合過程の成否によって、未来のイメージの詳細さが規定されているということが示された。これまでの未来思考研究では、エピソード記憶システムの未来思考への貢献及び、その神経基盤の解明 (Addis et al., 2007; Klein et al., 2002)、現象的特徴の検証 (D'Argembeau & Van der Linden, 2004, 2006, 2012) がなされてきた。それらの研究では、イメージの詳細さという特徴をイメージ構築がなされたかどうかの指標として扱っているものの、どのようにしてその詳細さが規定されているのかは検討していなかった。イメージの詳細さは、未来思考の様々な機能（例えば、プランニング、意思決定、展望的記憶など）にとって直接的な影響を持つ、極めて重要な特徴である (Buckner & Carroll, 2007; Chasteen et al., 2001; D'Argembeau et al., 2011)。本研究は、中央実行系による情報の統合処理が、イメージの詳細

細さを規定することを明らかにした。このことは、上記のような未来思考が関与する認知機能に対して中央実行系の働きや個人差が影響を及ぼす背景について、示唆を与えるものと言えるだろう。

## 第4章 未来思考における意味記憶システム

### 4.1 未来思考における意味記憶

第3章までは、エピソード的未来思考におけるエピソード記憶の役割に焦点を当ててきた。しかしながら、近年の研究においては、意味記憶もまた未来思考において重要であることが確認されている。D'Argembeau and Mathy (2011) は、未来思考によるイメージの形成が、一般的な内容 (general or semantic knowledge) から徐々に詳細な (specific) 内容になるということを示している。すなわち、意味記憶が未来の事象について、一貫性のあるイメージ表象を形成するための枠組みや土台を提供していると考えられている。Irish et al. (2012a, 2012b) は、意味認知症患者を被験者とした神経心理学的研究によって、このようなアイデアを支持する結果を得ている。意味認知症 (SD; semantic dementia) 患者は、物事や単語の意味に関する概念的な知識が失われるが、その一方でエピソード記憶は比較的保たれているという進行性の神経変性疾患である。Irish et al. (2012b) の研究によると、SD 患者による未来思考は、エピソード記憶を反映する内的詳細情報量が健常者と比較して欠如していた。より具体的には、SD 患者によって生成された未来事象のイメージには、本来話すべき内容とは異なる内容の事象 (外的詳細情報) により多く言及するという、話題の逸脱が多く観察された。先述したように、エピソード記憶の障害を示す健忘症患者の場合は、詳細な未来の状況を想像すること自体が困難であり、単純に内的詳細情報が減少し、外的詳細情報の増加などは見られない。また、アルツハイマー型認知症 (AD; Alzheimer's disease) 患者の未来思考では、内的詳細情報も外的詳細情報も健常者より減少する。従って、SD 患者でみられる話題の逸脱の増加という減少は、課題の難しさに依存したのではなく、SD という障害に特有の現象である。このことから、エピソード記憶がある程度保たれた状態であっても、意味記憶の障害が未来思考能力にとって決定的な影響を及ぼしていると考えられる。しかしながら、具体的に意味記憶がどのような形で未来思考に寄与しているのかは未だ明らかになっていなかった。

先述の通り、人を対象とした行動実験は多くの重要な示唆を提供してくれる。しかしながら、それらの実験においてはエピソード記憶と意味記憶の寄与を分離して捉えることは極めて困難である。脳損傷患者を使った研究は、それを可能にする有用な方法の一つであるが、SD が重度になると言語的な課題も困難になってしまう。そのため、口頭での内容報告が必要な未来思考課題は、SD 患者の未来思考中の認知処理を測定する正確な指標にはなりにくいだろう。このような場合、計算機モデルを用いた検討が有用である。計算機

モデルは、その内部表象を解析することが可能であり、意味記憶が他の認知処理をどうやって支えているのかについてさらなる洞察を得ることを可能にしてくれる（例えば、Woollams, Joannis, & Patterson, 2009）。そこで、並列分散処理モデル（PDP: parallel-distributed processing）を用いた計算機モデルによって未来思考を再現し、さらにそのモデルの意味認知機能に損傷を与えることで、SD 患者の未来思考を再現する。それによって、未来思考における意味記憶の役割について検討する。

## 4.2 未来思考の系列予測的側面

典型的な未来思考の実験において、参加者は単語や時間、場所などの手掛かりをもとにして将来経験し得る詳細な出来事のイメージ生成を求められる（例えば、来年の誕生日をイメージ）。その際、参加者は手掛かりに応じた予測を連続的に生成すると考えられる。例えば、「ダイニングで、誕生日ケーキがお皿に盛られ、私がろうそくの火を吹き消し、友達がろうそくを抜いて、その友達がケーキを切ってくれる」というように、連続的なイベントの生成によってイメージを紡いでいくだろう。そのように、未来思考は少なくとも2つの重要な処理を含んでいる。一つは手掛かりに応じた情報の検索（連想）、もう一つは、前の予測にもとづいて次の予測をするという、言わば予測の連続生成である。もちろん、エピソード的未来思考は複雑な認知処理を含んだものであり、これら2つの処理がその全てではないが、これら2つは顕著な特徴である。未来思考の典型的な実験では、参加者に時間や場所、物などの手掛かりを与え、その手掛かりを基にして将来経験し得る出来事をイメージさせている（例：来年の誕生日、10年後の誕生日など）。そして、参加者は手掛かりに応じた未来の出来事を予測する。それは、いくらかの連続性を持ったものである。例えば、「ダイニングで誕生日ケーキが皿にのせられてある場面→自分がろうそくを吹き消す→友人がろうそくを抜く→友人がケーキを切る→友人がケーキを皿に取り分ける」というように。そうやって生成される予測は、決してランダムなものではない。先の例で言えば、ろうそくを吹き消す前にケーキを切り分けるなどということは（可能であったとしても）おそらく予測しないだろう。すなわち、実際に経験し得る未来の状況についてイメージするというエピソード的未来思考には、先に生じた事象に基づいてその次に生じる事象を系列的に予測していくという側面が明らかに含まれているといえる。

### 4.3 系列予測の計算機モデルと未来思考のシミュレーション

未来思考を計算機モデルで再現するにあたって、本研究では先述のような未来思考の系列予測的な側面に着目した。系列予測を行う計算機モデルは、文脈に依存した情報の学習が可能であることが知られている（レビューとして、乾, 1997）。たとえば、Elman (1993) の言語理解のモデルは、ある単語の次にどのような単語が来るのかを、逐次的に予測するようトレーニングされた。その結果として、名詞の次には動詞が来やすいといった文法構造が正しく学習されたのである。さらに、系列予測能力を計算機モデルに獲得させることによって、メンタルシミュレーションを再現できる可能性について、Rumelhart et al. (1986) は下記のように言及している。

*Now, suppose that the world events did not happen. It would be possible to take the output of the mental model and replace the stimulus inputs from the world with inputs from our model of the world. In this case, we could expect that we could "run a mental simulation" and imagine the events that would take place in the world when we performed a particular action.*

(外的な事象が未だ起こっていないとする。そのようなとき、メンタルモデルの出力で以って、外的な刺激入力を置き換えることが可能である。この場合において、メンタルシミュレーションをモデルに実行させ、特定の行動をとったときに外界で生じる事象をイメージするということが可能になると思われる。)

これはすなわち、生成したイベント予測を基にして、次のイベント予測を生成させ、その予測を基にさらにその次…というように、予測を連続的に生成させる“系列予測の自己生成”をモデルに実行させることで、未だ起こっていない事象をイメージするというメンタルシミュレーションが可能になるというアイデアである。このアイデアはまさに、先述したような未来思考の系列予測的側面を捉えているものと言える。本研究においては、このアイデアに倣い、系列予測の自己生成を以って、エピソード的未来思考のシミュレーションとし、意味記憶の役割について検討を行う。尚、本研究の2つのシミュレーションには、PDPモデルのシミュレータである Light Efficient Neural Simulator (LENS) が使用された (Rohde, 1999)。

#### 4.3.1 シミュレーション 1

実世界において生じる事象の系列 (すなわち、エピソード) には、何らかの統計的な構造が存在している。たとえば、ロウソクに火の点いた誕生日ケーキが食卓に出てきたら、まずはそのロウソクの火を吹き消すだろうことが予測される。さらには、そのケーキは1人でまるごと食べるわけではなく、おそらく誰かが切り分けてくれることも分かっているだろう。すなわち、実世界におけるイベント系列には、ある事象の後にはある事象が生じる可能性が高いというような、統計的な構造が存在するのである。したがって、モデルがシミュレートする未来思考のパターンもまた、ある程度、実世界の統計的な構造による制約を受けたものとなるだろう。そこで、統計的な構造を持ったイベント系列を使ってモデルをトレーニングし、その後にイベント系列予測の自己生成 (モデルによるエピソード的未来思考)、モデルの部分破壊による SD 患者モデル作成とその内部表象の解析を行い、意味記憶がエピソード的未来思考の際に果たす役割について検討する。

#### 方法

##### モデルの構造、課題、入出力の表現方法

Figure 4-1 はモデルの構造を示している。モデルには、入力層、出力層、意味層、再認反応層という 4 つの周辺層が設けられ、それぞれが単一の隠れ層と双方向的に繋がられた。隠れ層と出力層は、それぞれ自身へと回帰するように繋がられた。

入力層は、5 つの下位層に分割されており、現在入力されているイベントの情報を 5 つの構成要素で表現するようにした。具体的には、最初の下位層は 6 units で文脈を表現するものであった。この文脈層が [1 0 0 0 0 0] というベクトルパターンであったならば、それは文脈 1 (仮に学校とする) を表すものとした。残りの 4 つの下位層は、入力されるイベントの主体 (3 units)、行為 (3 units)、客体 (3 units)、道具 (3 units) をそれぞれが表現するものであった。したがって、もし各下位層のベクトルパターンが、[(文脈) 0 1 0 0 0 0 (主体) 1 0 0 (行為) 0 0 1 (客体) 1 0 0 (道具) 0 0 1] であったとするならば、そのとき入力されているイベントは“文脈 2 (例：家) で、主体 1 (例：太郎) が客体 1 (例：ケーキ) を道具 3 (例：ナイフ) で行為 3 (例：切る) する”ということになる。出力層も入力層と同様の下位層を持った構造になっており、18 bit で現在の入力パターン (現在のイベント) が与えられたとき、モデルは次に入力パターンとして与えられる 18 bit のベクトルパターン (次のイベントの予測) を出力するようトレーニングされた。すなわち、入力層にはモデルが現在経験しているイベントが表現され、出力層にはモデルが現在の経験しているイベントから予測した

次のイベントが表現されるということになる。入力されたイベント系列の構造については後述する。

次に、入力されたイベントの概念的な意味を 15 units で表現する意味層を設けた。その際、意味層の出力は、“行為”、“道具”、“客体”、そして“文脈”の情報によって規定されるようになっていた。これは、イベントの意味が主として、それらの情報によって決まり、“主体”はあまりイベントの意味に影響しないだろうという前提に基づいている。例えば、“ナイフでりんごを切る”ということの意味は、誰がその行為をしようとも変わることはない。それに対して、文脈はイベントの意味にとって重要である。なぜなら、ある種のイベントは特定の文脈でしか起こらない、あるいは、特定の文脈ではまず起こり得ないからである。例えば、レストランでボールを投げるようなことはしないだろう。もちろん、“主体”の情報がイベントの意味を規定することもあるだろう（絶対にりんごを食べない人も居るかもしれない）。しかし、先に挙げた“文脈”、“行為”、“道具”、“客体”という情報に比べれば、“客体”が意味に影響する場合は少ないだろう。これらの前提に基づいて、入力層の“文脈”、“行為”、“道具”、“客体”のベクトルパターンと意味層の出力パターンとがシステマティックに関連付けられるよう、意味層のターゲットベクトルパターンを作成した。そして、イベント入力がなされた場合、モデルは次のイベントを予測する課題のみではなく、同時に入力されたイベントの意味を意味層に出力するようトレーニングされた。最終的に、この意味層にダメージを与えることで、意味認知症患者の振る舞いをシミュレートすることとした。

再認課題の試行は、イベント予測課題トレーニングの中に 9 回に 1 回の頻度で挿入された。再認課題試行の際、モデルは入力されたイベントが、それ以前に入力されたものかどうかを判断するようトレーニングされた。再認課題の出力は 1 つの出力ユニットに表現されるようにした。したがって、もし入力されたイベントのベクトルパターンが、それ以前のイベント予測課題時に出現していたものであれば、再認出力ユニットに 1 を出力し、それ以前に出現していなかったものであれば、再認出力ユニットに 0 を出力するようトレーニングされた。



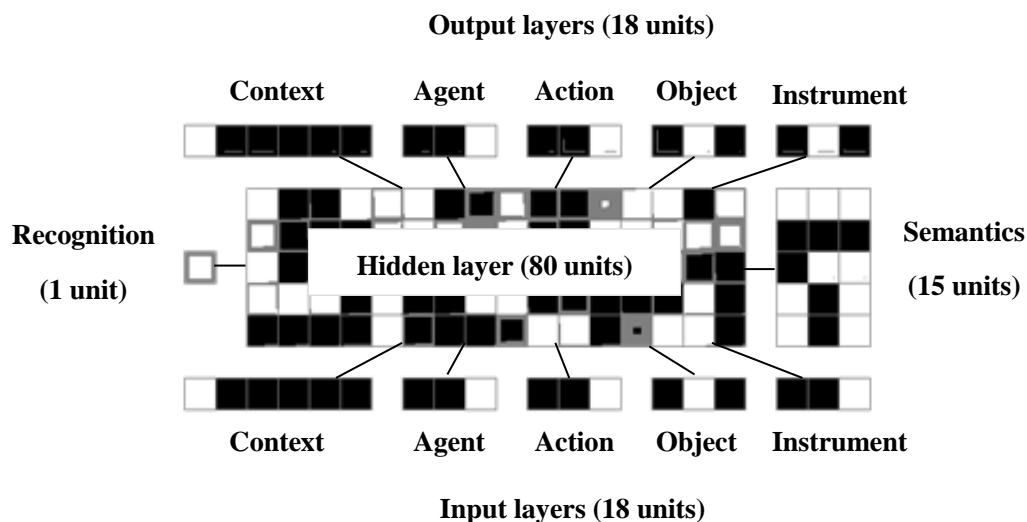


Figure 4-1: The architecture of the model (Hinton diagram).

Table 4-1: Sequence structure of the training set.

sequence	context			other information					
	context t label	pattern	predictability	pattern				predictability	
				agent	action	object	instrument	with context	without context
event (1)	1	1 0 0 0 0 0	constant	0 1 0	1 0 0	0 1 0	1 0 0	17, 83, or 100%	
event (2)				1 0 0	0 1 0	0 0 1	1 0 0		
⋮						⋮			
event (i)				0 1 0	0 0 1	0 1 0	0 1 0		
event (i + 1)	6	0 0 0 0 0 1	constant	0 0 1	0 1 0	0 0 1	0 1 0	33, 50, or 100%	6 ~ 45%
⋮						⋮			
event (j)				1 0 0	1 0 0	1 0 0	0 1 0		
event (j + 1)	3	0 0 1 0 0 0	constant	0 0 1	0 0 1	0 0 1	0 0 1	100%	
event (j + 2)				0 1 0	0 1 0	1 0 0	1 0 0		
⋮						⋮			

## トレーニングセットの統計的構造

### 文脈情報の連続性構造

イベント予測課題のトレーニングセットの構造は、Table 4-1 に示した通りである。

入力層は 18 bit の入力ベクトルで構成されていた。表 1 の左半分は文脈情報を示しており、文脈情報は 6 bit で構成されていた。そして、文脈情報は数試行の間、連続して同じものが維持されるようになっていた。これは、現実世界においても、文脈はある一定期間続くものである、という前提に基づく構成である。したがって、文脈の入れ替わりの試行以外では、100%の確率で次の試行の文脈情報が予測可能であった。数試行同じ文脈が続いた後、33 から 50%の予測可能性でセミランダムに文脈情報は他の文脈に変化するという統計的構造を持ったトレーニングセットが作成された。

### 主体／行為／客体／道具情報の連続性構造

文脈以外の情報についての統計的構造もまたセミランダムに設定された。入力される情報には、3 (主体) × 3 (行為) × 3 (客体) × 3 (道具) の 81 通りがあった。文脈情報を考慮しなければ、次の試行の予測可能性 (つまり、次のイベントの主体／行為／客体／道具情報) は、4 - 45%の間でばらついていて、このとき、文脈情報を考慮すれば、試行によって、予測可能性は 33%から 100%にまで上がった。これはすなわち、文脈情報によって生じるイベントが制限されていたということであり、現実世界を反映したイベント系列の制約である。例えば、もしレストランでボールが跳ねまわっている場面を目撃したなら、次に何が起こるのかは予測しにくい、それが公園であれば、その先を考えるのは容易である。

### 再認試行

イベント予測を 9 試行実施した後には、毎回 6 試行のイベント再認試行が挿入された。その際、モデルのネットワークは、18bit の入力を受け、その入力パターンがそれ以前のイベント予測試行で入力されたものかどうかを再認ユニットに出力するようトレーニングされた。ネットワークが均等にトレーニングされるよう、再認試行 6 試行のうち、既にイベント予測試行で登場した旧イベントと、未だ登場していない新イベントは、それぞれ 3 回ずつとした。旧イベントは、それ以前のイベント予測試行で登場したものの中からランダムに抽出された。新イベントのセットは以下の方法で作成された。前提として、各文脈において、主体・行為・客体・道具の組み合わせによる 81 パターンのイベントが作成可能である。まず、その 81 パターンのうち、20 から 27 パターンをランダムに選択し、トレーニングセットから除外した。つまり、除外されたイベントは、イベント予測試行中、ある文脈では登場しないイベントということになる (他の文脈では登場する)。例えば、モデルは [1 0 0 0 0 0, 1 0 0, 1 0 0, 1 0 0, 1 0 0 (コンマは入力情報の境界)] というパターンの入力を受

け取ることにはあるが, [0 1 0 0 0, 1 0 0, 1 0 0, 1 0 0, 1 0 0] というパターンを入力を受け取ることはないということである。そして, モデルは, 再認試行時に前者のパターンが入力されたなら再認ユニットを活性化させ, 後者のパターンが入力されたなら再認ユニットを非活性化させるようトレーニングされた。従って, モデルは, ある特定のパターンを含むある特定のイベントとして, イベントの再認を行うようにトレーニングされた。また, 全ての旧イベントと新イベントが必ずしも登場しないようにトレーニングセットを作成した。このように, トレーニングセットに含まれていない再認用のイベントを用意することによって, モデルの再認能力が汎化しているかどうかを後に検証することが可能となる。

### トレーニングパラメータ

各イベント系列予測試行において, 入力層の 18 個のユニットは, 毎回それぞれの入力値で固定され, ネットワークは 10 回 (サイクル) に分けて活性値を伝達するように設定された。その結果, サイクル毎に, 結合強度の値に応じて, 活性化が隣接する層に徐々に拡散し, ネットワークは安定した状態 (アトラクターと呼ばれる) に落ち着く。10 回の更新の後, そのときのネットワークによって得られた出力層 (イベント予測層と意味層) の活性化パターンと, ターゲットとなる正しい活性化パターンとの誤差が計算され, その誤差が小さくなるように結合強度が修正される (back propagation と呼ばれる)。再認試行においては, 再認ユニットのターゲットとの相違のみが考慮され, 結合強度の修正が行われた。学習率 (Learning Rate) の初期値は 0.01 に設定された。イベント予測 54,000 試行, 再認 36,000 試行を 1 エポックとして, 10 エポック毎に学習率は 0.001 ずつ下げられた。荷重減衰 (Weight Decay) のパラメータの初期値は 0.00000001 に設定され, 学習率と共に 0.00000001 ずつ徐々に下げられた。トレーニング中, 及びトレーニング後のモデルのパフォーマンスの評価に際しては, 10 サイクル経過した後の出力層の全てのユニットで, 誤差が 0.5 以内であれば正しい出力が得られたとするという明確な基準を用いた。つまり, ターゲットとなる出力値が 0 であれば, 活性値が 0.5 以下のときに正解, ターゲットとなる出力値が 1 であれば, 活性値が 0.5 以上のときに正解として扱われた。

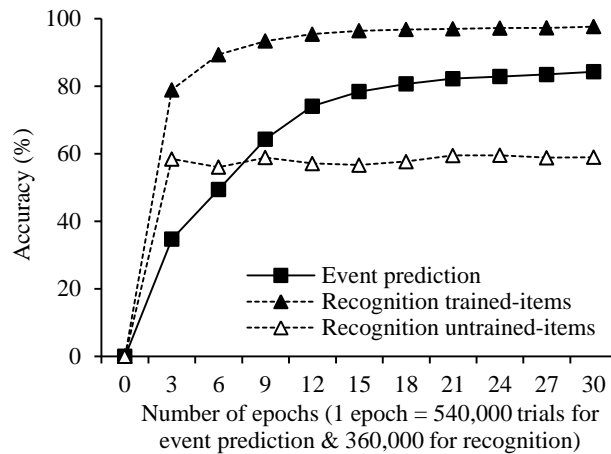


Figure 4-2: Learning curves for event prediction, recognition of trained-items, and recognition of untrained-items.

## 結果

### イベント系列予測課題の成績

Figure 4-2 は、10 個の異なるシミュレーションとして実施したイベント系列予測課題、再認課題の平均正答率の推移を示した学習曲線である（各シミュレーションは、初期値がランダムに決められている）。ネットワークは、イベント予測の学習に成功した。したがって、イベント系列に存在する統計的な構造を獲得した。また、トレーニングセットに登場したイベント入力パターンの再認にも成功し、トレーニング中に再認課題の刺激として登場しなかったイベントについても、チャンスレベル以上の精度で新旧の判断ができていた（汎化の成功）。意味層の正答率は、学習開始後すぐに 100% になった。従って、モデルは全ての課題の学習に成功した。

### エピソード的未来思考課題

本章の導入で述べたように、今回のモデルは、手掛かりに応じた詳細なイベントを生成するという、エピソード的未来思考の核となる能力に焦点を絞っている。そこで、次のようにして未来思考のシミュレーションを実施した。まず、手掛かりとしてイベント情報を入力した（例えば、文脈：家、主体：ジョン、行為：切る、客体：ケーキ、道具：ナイフ、というようなイメージ）。すると、モデルは、次に来ると予測されるイベントを出力する。この出力値のベクトルパターンを抽出し、次の試行の入力値として使用した。すると、前の試行の出力値を基にして、次の出力が得られる（see Botvinick & Plaut, 2004）。このサイクルを 1000 回繰り返し、連続的なイベント予測の生成（系列予測の自己生成）をエピソード

的未来思考のシミュレーションとして、モデルに実行させた。その結果、モデルは最初に手掛かりとして与えられた文脈 (Context 1) を維持しながら連続して平均 829 イベントの生成に成功した (10 このシミュレーションの平均)。

### 意味認知症のシミュレーション

意味認知モデルの先行研究に従って、隠れ層と意味層の結合を取り除く (損傷する) ことによって意味認知症患者モデルを作成し (Woollams et al., 2009), エピソード的未来思考のシミュレーションを実行させた。Figure 4-3 は、最初に手掛かりとして与えられた文脈を維持しながらイベントを連続して生成できた数の、取り除かれた結合の割合 (5%刻み) による変化を示している。この損傷のシミュレーションは、偶然に影響の強い結合を取り除いてしまう可能性を除外するために 50 回繰り返され、その度に取り除かれる結合はランダムに選択された。図にプロットされた点は 50 回の平均値である。結果として、取り除かれた結合の割合と、手掛かりとして与えられた文脈を維持出来たイベント数の間には負の相関が認められた ( $r(17) = -.75, p < .01$ )。すなわち、意味認知症患者モデルでは、エピソード的未来思考において文脈を維持することが困難になっていた。このとき、再認課題については、損傷後のモデルにおいても 95%以上の精度が維持されていた。

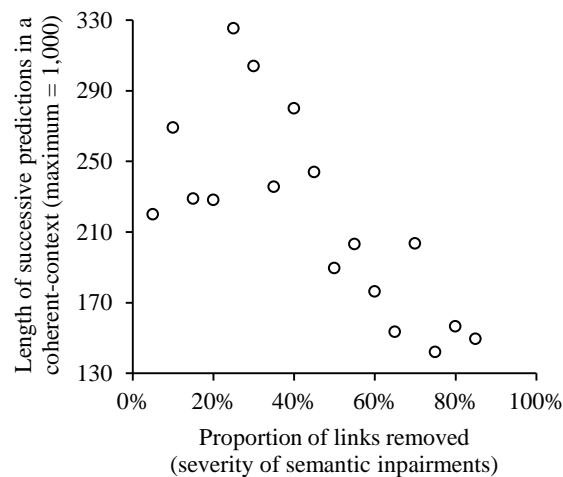


Figure 4-3: Numbers of successive events in which the network maintained the cued-context information as a function of disease severity.

## 考察

このモデルはトレーニングセットに存在する統計的な構造を獲得することに成功した。そして、その獲得した知識を使って、文脈的一貫性のあるイベント系列を生成することに成功した (すなわち、エピソード的未来思考)。さらに、モデルの獲得した意味的知識の計算に障害を与えると、イベントパターンの再認能力は維持されるにもかかわらず、文脈の一貫したイベント系列の生成が出来なくなっていた。重要な点として、一貫した文脈で生成されたイベントの数は、損傷の程度と負の相関を示した。このことは、エピソード的未来思考において、文脈の維持に貢献するという意味記憶の役割を示唆している。これは、未来のイベントのイメージ構築において、意味的な知識が枠組みを提供しているという先行研究のアイデアとも概念的に一致するだろう (D'Argembeau & Mathy, 2011)。

それでは、意味記憶は、いかにして、文脈の一貫した未来の事象のイメージ構築を支えているのだろうか。これについては、PDP モデルの一般的な特徴から説明が可能である。トレーニングの間に、PDP モデルのネットワークは、入力される情報に対応した、ユニークな状態 (アトラクター) に落ち着く。すなわち、ある入力値がモデルに与えられると、ユニットの活性値が徐々に拡散し、隠れ層の活性化パターン (モデルの内部表現) が特定の状態となる。この、隠れ層の活性化パターンは、入力に対してユニークなものであるが、類似した入力に対しては類似した活性化パターンになる。従って、今回のモデルでも、同じ文脈情報を共有したイベント同士は、ある程度類似した隠れ層の活性化パターンによって表現されると考えられる。しかしながら、モデルの内部表現が部分的なリンクの損傷によって変わってしまった場合、出力もその影響を受け、損傷前とは異なる誤った出力をする可能性がある。今回のモデルでそのような現象が起こっているかどうかを確かめるため、異なる3つの文脈を手掛かりに自己生成されたイベント系列の活性化パターンについて、主成分分析を実施した。その結果、Figure 4-4 に示したように、損傷を受けることによって、3つの異なる文脈で生成されたイベントの表現パターンがそれぞれ崩壊 (degrade) していた。そのために、文脈の区別が困難となり、本来とは異なる文脈を出力してしまうということが起こっていたと考えられる。このことから、意味記憶は、未来思考中に時間的に変化していくイベントを結びつけ、文脈の逸脱を防ぐ役割を担っていると考えられる。興味深いことに、Schapiro et al. (2013) は、一貫したイベントを形成する時間的に近接した刺激同士が、意味認知症の責任病巣でもある上・下側頭回前部と下前頭回において、類似した神経活動パターンで表象されることを明らかにしている。それらの領域の損傷は、類似した神経活動パターンの計算を狂わせると考えられており、本研究の知見を指示するものと言える。

また、意味認知症患者の症例 (Duval et al., 2012) や今回のモデルで示されたように、意味記憶の崩壊が、エピソード記憶の成績にはほとんど影響を及ぼさない理由についても考察する必要がある。この理由として考えられるのは、特定のイベントの再認というのは、文脈情報についても、主体／行為／客体／道具という情報についても詳細なものだからである。すなわち、たとえ新規なイベントに含まれる情報の一部が意味的にはファミリーアリティが高いものだったとしても (例えば、別の文脈で同じ道具を使ったことがあったり、同じ行動を同じ主体がとった場面をみていたりしたとしても)、新規なイベントと既に経験したイベントとが区別できなくなるほど、類似したものとして表象されるわけではないということである。従って、イベント再認は意味記憶の崩壊による影響をほとんど受けなかったと考えられる。

ここまでの議論より、本研究は、エピソード的未来思考に対して意味記憶がいかにして貢献しているのか、そのメカニズムに示唆を与えるものと言える。しかしながら、幾つか改善すべき点がある。まず、実際の意味認知症患者のエピソード的未来思考は、文脈が逸脱してはもとの文脈に戻るといったパターンを示すが、今回のモデルでそのような振る舞いは見られなかった。次に、今回のシミュレーションでは、イベントの意味を出力させるために、最初から入力の意味をモデルに与えている (実世界において、物事の意味は経験的に学習されるものである)。更に、意味認知症患者においても、比較的軽度とは言えエピソード記憶能力の低下が知られているが、今回のモデルでは再認成績が全く低下しない。次節のシミュレーション2では、これらの問題点を修正し、エピソード的未来思考における意味記憶の役割について、より詳細な検討を行った。

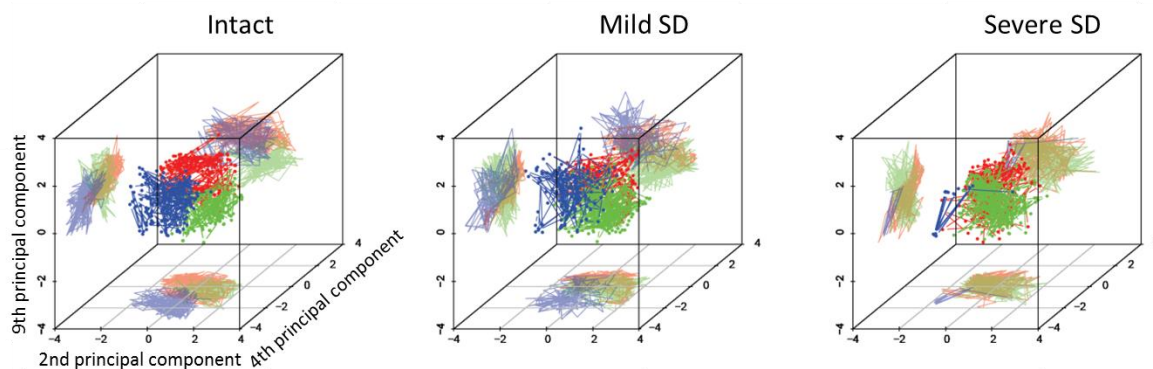


Figure 4-4: The similarity structure in the activation patterns of the hidden layer as a function of the input context information and of with/without semantics.

#### 4.3.2 シミュレーション 2

まず、先に挙げた問題点のうち、意味が最初から与えられているという問題を解決するために、モデルの修正を行った。PDP モデルの枠組みでは、場所や文脈に関する知識、すなわちスキーマやスクリプトについての一般的な知識は、イベント系列の連続的な予測を行う中で創発的に獲得されることが確認されている (Botvinick & Plaut, 2004; Rumelhart et al., 1986; Schapiro et al., 2013)。従って、モデルが外的世界を解釈し、次に起こる事象を予測するために、場所や文脈に関する知識のデータベースなどを予め用意しておく必要はない。PDP モデルを始めとするニューラルネットワークモデルでは、そのようなスキーマ様の予測能力は、神経系を模した処理ユニット間の結合強度の調整によって創発的に生じるため、イベント系列の統計的な構造に合ったネットワークが自ずと形成される。すなわち、そのような創発的知識 (すなわち、次に何が起こるのかについての知識) は、現在進行しているイベント系列についての意味的知識の一部であると言えるだろう。そのため、未来思考をモデルで再現するに当たっても、個別の知識構造を事前に組み込む必要は無いと考えられる。そこで、2 つ目のモデルでは、シミュレーション 1 のモデルにあった意味層を無くし、次のような手続きでエピソード的未来思考における意味記憶の役割について検討する (モデルの構造の詳細は後述)。まず、シミュレーション 1 のモデルと同様に、入力されたイベントの次に起こるイベントを予測するようにモデルをトレーニングする。つまり、モデルがあるイベント入力を外的に受け取ったならば、次に入力されてくるであろうイベントを予測し、出力するということである。次に、トレーニング後のモデルに、トレーニングで獲得した知識を使いながら予測されるイベントの自己生成を行わせることでエピソード的未来思考のシミュレーションを行う。すなわち、モデルはイベントの予測に基づいて、さらにその次のイベントを予測する。このモデルに関して、次のようなことが予測される。まず、トレーニング後には、外的なイベント予測に関する知識が獲得され、エピソード記憶や、スキーマ的表象・意味記憶の特徴がモデルにおいて観察されるだろう。結果として、モデルは、(A) 初期に学習したイベントよりも、最近学習したイベントに対してより高いファミリーリティを示すと予測される。これはエピソード記憶の特徴を反映するものである。(B) イベント系列の学習を通して、現在経験しているイベントの文脈を解釈する能力を獲得すると予測される。その結果として、(C) 意味的に類似したイベントは、隠れ層において類似したパターンで表現されると予測される。これらは、スキーマの獲得と言える。これらの能力の獲得が確認されたならば、モデルに系列予測の自己生成を行わせる。その際、(D) トレーニングされたモデルは、最初に手掛かりとして与えられた文脈で主にイベント系列を生成すると予測される。更に、そのモデルの隠れ層にノイズを与え、



模擬的な脳損傷状態を作った場合 (損傷モデル) には, (E) 意味的に類似したアイテムの弁別が困難となると予測される。それはすなわち, 意味認知症患者で見られるような意味概念の崩壊を再現するものである。また, (F) 損傷モデルは, 実際の意味認知症患者と同様に, 系列予測の自己生成の際に, 文脈を維持するのが困難となることが予測される。重要な点として, (G) 損傷モデルにおいても, 最近学習したイベントへのファミリーアリティは依然として高いままであるという新近性効果が確認されると予測される。

## 方法

### モデルの構造, 課題, イベント入出力表現

Figure 4-5 は, シミュレーション 2 のモデルの構造を示している。今回のモデルは, 入力層と出力層の 2 つの周辺層と, 一つの隠れ層で構成されていた。入力層は, 時間 (3 units), 場所 (5 units), 文脈 (6 units), 主体 (3 units), 道具 (3 units), 行為 (3 units) という 6 つの下位層に分けられていた。出力層は, 入力層から時間情報のユニットを除外した 5 つの下位層に分けられていた。入力層の各ユニットは, 隠れ層の全てのユニットと結び付けられていた。その隠れ層のユニットは, 2 つの結合を備えていた。一つは, 出力層のユニットに活性化を伝える結合を備え, もう一方は全ての隠れ層の全てのユニットの活性値を次の試行の隠れ層に伝えるという再帰的な結合を備えていた。

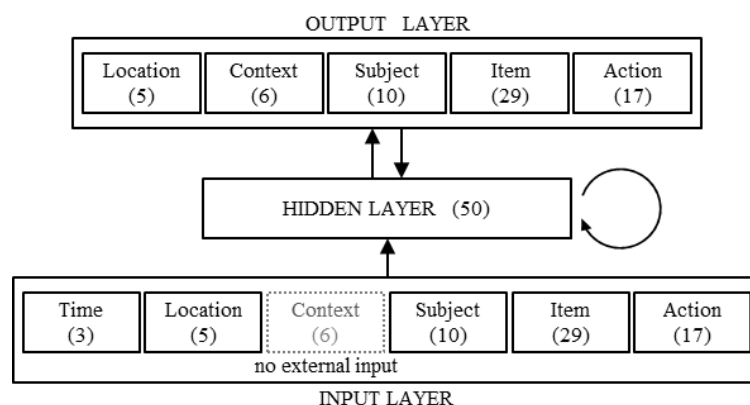


Figure 4-5: Architecture of the model. Arrows mean that all units in sending layer connect to all units in the receiving layer. The number of units representing each information is noted in parentheses.

Table 4-2: Examples of the training sequences generated by cellular automata.

Event no.	Input (target of the previous trial) localist patterns						Events in English
	Time	Location	Context*	Subject	Item	Action	
1		school	dining	I	fork	take	I take a fork during dining at school.
2		school	dining	I	fork	stick	I stick a fork during dining at school.
3		school	dining	I	fork	bring to mouth	I bring a fork to my mouth during dining at school.
4		school	dining	I	fork	place**	I place a fork during dining at school.
5		school	dining	friend A	glass	take	A takes a glass during dining at school.
6		school	dining	friend A	glass	bring to mouth	A brings a glass to his mouth during dining at school.
7		school	dining	friend A	glass	place**	A places a glass during dining at school.
8	childhood (Time1)	school	cleaning	I	cup	wash	I wash a glass during cleaning at school.
9		school	cleaning	I	cup	place**	I place a glass during cleaning at school.
10		school	cleaning	friend B	towel	wipe	B wipes with a towel during cleaning at school.
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i		school	cleaning	I	cup	place**	I place a pen during studying at school.
i + 1		home	cooking	I	oil	open	I open oil during cooking at home.
i + 2		home	cooking	I	oil	pour	I pour oil during cooking at home.
i + 3		home	cooking	I	oil	place**	I place oil during cooking at home.
i + 4		home	cooking	I	knife	cut	I cut with a knife during cooking at home.
⋮		⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
50,000,001	adolescence (Time2)	college	studying	classmate F	pen	write	F writes with a pen during studying at college.
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
100,000,001	adulthood (Time3)	office	working	colleague H	PC	type	H types texts into the PC at the office
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Note . \* Context input was not given to the network, but the output layer was required to 'on' the correct Context unit.

Note . \*\* Once all the action lists were used up for each item, then Action 'place' was taken. Then, from the next trial, Item information changed, and simultaneously, Location/Context/Subject information changed/unchanged probabilistically (see main text).

出力層もまた、隠れ層への再帰的結合を備えており、直近の入力によって生じた出力パターンが、次の試行の隠れ層の状態に影響するように設定された。このような再帰的な結合は、モデルが系列予測能力を獲得することを可能にするものである (Botvinick & Plaut, 2006; Elman, 1991)。入出力層の下位層における情報は、局所表現 (localist form) となるように設定された。具体的には、入力層の下位層である時間層が  $[1, 0, 0]$  という2進数ベクトルパターンによって表されていたならば子供時代 (Time 1),  $[0, 1, 0]$  であれば青年時代のイベントというように表現されていた。このとき、入力層の下位にある文脈層は、いかなる入力も受けないようになっていた (したがって、1 イベントの入力は、64 bit のベクトルで表現されていた)。その一方で、出力層の下位にある文脈層は、適切な文脈情報を出力するように、隠れ層からの入力を受けていた (したがって、1 イベントの出力は、67 bit のベクトルで表現されていた)。これは、現在経験しているイベントの属する文脈情報は、顕在的に与えられる情報ではなく、他の様々な情報を基に解釈されるものであるということを反映している。モデルは、時間情報を除いて、次の入力ベクトルパターンに一致するように、出力層のユニットを活性化させるように系列予測課題を学習した。加えて、入力ユニットには、ランダムなノイズ (noise range = 0.2) が与えられた。これは、同じ対象であっても時と場合によって違って感じられるという実際の人間の知覚を反映したものである。

Table 4-3: Possible Context &amp; Subject lists in each Location

Location	Context lists	Subject lists (and Time each Subject appears)
home	cleaning, studying, dining, watching films, cooking	I
school	cleaning, studying, dining	I, friend A (Time 1), friend B (Time 1), friend C* (Time 1)
college	cleaning, studying, dining	I, friend A (Time 2), classmate D (Time 2), classmate E (Time2), classmate F* (Time2)
office	cleaning, working, dining	I, classmate D (Time 3), colleague G (Time3), colleague H* (Time3)
town	dining, watching films	I, friend A (Time 1, 2, & 3), friend B (Time 1), classmate D (Time 2 & 3), classmate E (Time 2), colleague G (Time 3)

*Note.* \* Friend C (Time 1), classmate F (Time 2), & colleague H (Time 3) are both time- and location-specific Subjects. Thus, any event with these Subjects were time-specific, which were used to probe the episodic memory (see main text).

### イベント系列の構造

イベント系列の生成にあたっては、確率論的かつ現実的な制約を設けた。Table4-2 はイベント系列の例を示している。確率論的制約は以下のように設定した。アイテムが変化した場合、主体も 70% の確率で変化した。また、主体が変化した場合、文脈も 30% の確率で変化した。さらに、文脈が変化した場合は、場所も 30% の確率で変化した。ただし、アイテム変化の際には、同じアイテムが 3 回続けて出現しないように設定されていた。より実世界を反映したイベント系列を作るため、イベント系列に登場する場所情報は、各時間情報による制約を受けた。具体的には、「学校」は Time1 (すなわち、子供時代), 「大学」は Time2 (青年時代), 「職場」は Time3 (大人時代) に限って登場し、「家」や「街」はどの時間情報においても登場するように設定した。同様に、文脈と主体の情報は、場所による制約を受けた。例えば、「学校」がイベントの場所情報であった場合、「掃除／勉強／食事」が登場し得る文脈情報であり、「私／友人 B／友人 C」が登場し得る主体情報であった (Table 4-3)。アイテム情報は文脈情報による制約を受けており、各アイテムについて取りうる行為も現実的なものが設定された (Table 4-4)。これらの制約によって、Table 4-2 に示したような、より現実的なイベント系列が作成された。系列の最終的なイベント数は、各時間情報 (子供時代／青年時代／大人時代) につき 100,000 イベントであった。

## トレーニング

モデルに現実的なイベント系列の記憶表象を獲得させるため、次のようなトレーニングを行った。モデルはまず、Time1 のイベント系列について、系列予測課題トレーニングを行った。これは、モデルは子供時代のイベントをまず経験したということを意味している。Time1 のイベント系列は 50 回繰り返され、合計 50,000,000 イベントの系列であった。その後、Time2 (青年時代) のトレーニングを Time1 と同様に 50,000,000 イベント行い、最後に Time3 (大人時代) のトレーニングを繰り返し 200 回 (合計 200,000,000 イベント) 行った。

## 結果と考察

### 系列予測課題

課題に用いられたイベント系列は、先述のように確率論的に生成されたものであり、モデルは統計的な確率に基づいて、次に起こりうるイベントを予測することになる。従って、イベントに含まれる各情報の生起確率が出力のターゲットベクトルとして生成された。トレーニングされた課題の成績は、ターゲットベクトルと実際の出力ベクトルの内角の cosine を算出することで評価した。cosine の値が 1 に近ければ近いほど 2 つのベクトル方向が近いことを意味している。結果として、cosine の平均値は 0.95 ( $SD = 0.01$ ) であった。このような cosine の値は、モデルが高い精度で、次にどのようなイベントが入力されるのかを予測できていたことを示しており、モデルは系列予測課題の学習に成功したと言える。

### エピソード記憶

Time1, Time2, Time3 の全イベント系列の学習の後、モデルはそれらのイベントについてのエピソード記憶を獲得しているはずである。特に、最後に経験したイベント系列である Time3 についての記憶表象がより強く残っていると予測される (新近性効果)。新近性効果を確認し、エピソード記憶の獲得について評価するため、出力層の極性 (polarity) を取得した。その際、各時代にしか登場しないイベント (time-specific event; 以下、時間特異イベント) を入力イベントとして使用することで、取得される極性がモデルの獲得したエピソード記憶痕跡の強度 (熟知性) を反映するものとした。出力層のユニットは出力のターゲットが明確に学習されているとき、より明確な活性-不活性 (0 あるいは 1 に近い値) を示す。Figure 4-6a は時間特異イベント入力から得られた出力その極性の Time 毎のヒストグラムである。図のように、最後にトレーニングされた Time3 のイベントに対する極性は Time1, Time2 のものよりも高い値となっていた。すなわち新近性効果が確認された。このことから、モデルはエピソード記憶を獲得していたことが確認された。

Table 4-4. Examples of the possible Item lists in each context. (and their Action lists in each Item)

Context	Item lists (and Action lists in each Item)
cleaning	glass (take/grasp, wash*, place), frying-pan (take/grasp, wash*, place), handkerchief (take/grasp, wash*, place), etc.
dining	glass (take/grasp, bring to a mouth*, place), handkerchief (take/grasp, wipe a mouth*, place), etc.
cooking	frying-pan (take/grasp, shake/toss*, place), knife (take/grasp, cut, place) etc.
studying	pen (take/grasp, write, place), note (take/grasp, write, flip, look, place), etc.
working	handout/document (take/grasp, write, flip, read, place), PC (type, read) etc.
watching films	TV (watch), cinema screen (watch), popcorn (take/grasp, bring to a mouth, place), etc.
<i>Note .</i> Full lists of Items and associated Actions in each Context/Location are available from authors upon request.	
<i>Note . *</i> These actions are the examples of Context-specific actions (i.e., one does not wash handkerchief during dining).	

### 文脈情報のスキーマ的表象

本研究のモデルは、トレーニングの段階において、文脈情報の入力を受けていない。しかしながら、モデルが学習したイベント系列は、ある程度文脈に従って生成されたものであり、モデルはその文脈を解釈するようにトレーニングされた。そのため、もしモデルがイベント系列の統計的構造や連なっているイベントの関係性を正しく学習しているのであれば、モデルは創発的に各文脈のスキーマ的表象を獲得しているはずである。すなわち、モデルが系列予測を実行した場合、モデルが解釈している文脈が何なのかという情報はモデルの隠れ層の活性化パターンとして表れるはずである。そこで、全イベント入力時の隠れ層の活性化パターンについて主成分分析を実施した。Figure 4-7 は第 1 主成分、第 3 主成分、第 6 主成分の主成分得点をプロットして視覚化したものである。この 3 次元空間において、異なる文脈に属するイベントの得点は、Study と Working の文脈を除いて、それぞれ異なる場所でクラスターを形成している。特に、Dining, Studying/Working, Cleaning, Cooking に関連するイベントは異なって表象されていることが見て取れる。これは、系列予測課題を通して、文脈というスキーマ的な知識表象を獲得出来たということを意味している。また、そのような意味的表象が創発したということは、モデルが時間的に広がりを持ったイベントの系列を文脈として解釈したことを示しており、系列予測という認知処理

がスキーマ的な表象の形成の背景に存在しているということを支持している (Schapiro et al., 2013)。

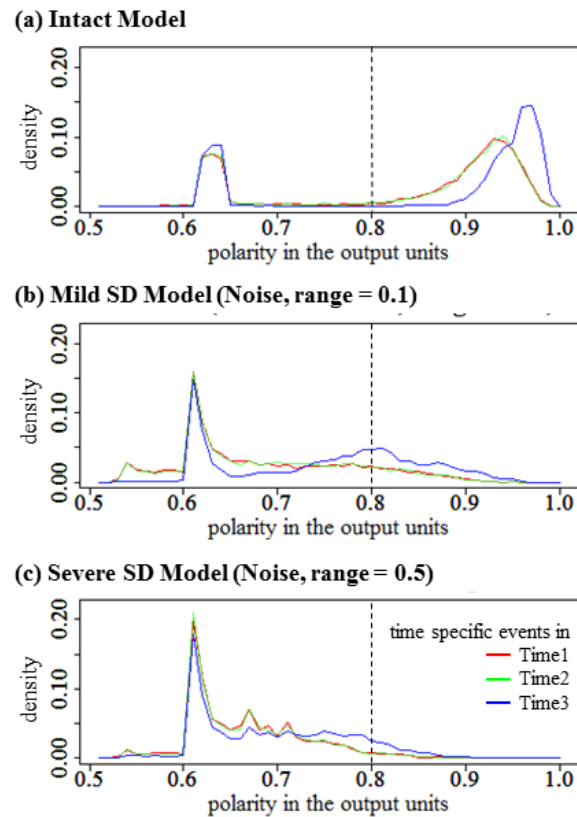


Figure 4-6: The polarity of output units in each Time. (a) Intact model was given no noise. (b) Mild SD model was given small range noise, and (c) severe SD model was given wide range noise in recurrent connections.

## 意味記憶

イベント系列の学習において、モデルは道具の情報を入力として明示的に与えられている。したがって、モデルはそれらの情報について、文脈情報と同じように、意味的表象を獲得しているはずである。そして、意味的に類似した道具は、隠れ層においても類似した活性化パターンによって表現されると考えられる。道具情報の隠れ層における表象が意味的類似性に基づいてクラスターを形成するかどうかを検証するため、各道具が道具情報として入力された際の隠れ層の活性化パターンについてクラスター分析を実施した。その結

果，Figure4-8 に示した通り，赤い破線以下，4つのクラスター (dining, studying/working, cleaning, cooking) が形成されていた。具体的には，「フライパン」，「ナイフ」，「シーズニング」，「料理油」などが含まれているクラスターは料理クラスターと名付けられた。その他のクラスターも，それぞれ意味的に関連した道具によって形成されており，モデルが適切に道具に対する意味記憶を獲得していたことが示された。

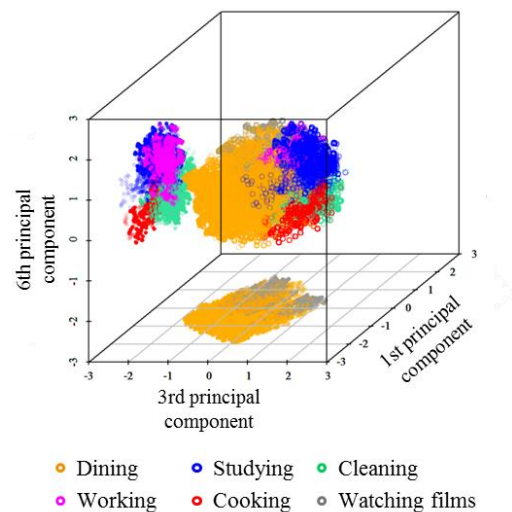


Figure 4-7: 3D plot of principal components score of each events. Scores of ‘Dining’ and ‘Watching films’ were projected on x-y plane, those of ‘Studying’, ‘Cleaning’, ‘Working’ and ‘Cooking’ were projected on y-z plane.

## エピソード的未来思考

トレーニング後のモデルは，先述のように，エピソード的未来思考の主たる特徴である系列予測の能力を獲得した。そこで，モデルが人間のエピソード的未来思考と同様に，系列予測の自己生成を行う事ができるかどうかを検討した。そのためにまず，モデルはイベントの情報を手掛かりとして与えられた。モデルが手掛かりのイベント入力を基にしたイベントを出力（つまり次のイベント予測）したならば，その出力のベクトルパターンをバイナリデータに変換した上で入力層に次のイベント入力として送られた。その際，同じ下位層の中で最も高い値を取ったユニットを 1.0，その他を 0.0 として，次のイベント入力の

値とした。例えば、道具出力層のうち「グラス」を示すユニットが最高値であったならば、次の入力の道具層では、「グラス」には 1.0、その他には 0.0 という値が与えられた。このようにして、予測されたイベントを基にその次の予測が生成され、それを繰り返すことで、モデルはイベント系列を生成した。このサイクルは 300 回繰り返された。Figure 4-9a は場所情報が「職場」、文脈情報が「食事」、主体情報が「友人 D」、道具情報が「カップ」、行為情報が「口に運ぶ」というイベント情報を最初の手掛かりとして与えられた場合の未来思考シミュレーションの結果である。モデルは、最初に与えられた手がかりと同じ文脈で予測されるイベント系列を生成することが出来た。すなわち、モデルによる未来思考が、関係のない文脈で生じるイベントへと逸脱することはなかった (Figure 4-9a の場合、生成された全てのイベントの場所情報は「職場」であり、working は関連性の強い文脈と考えられる)。

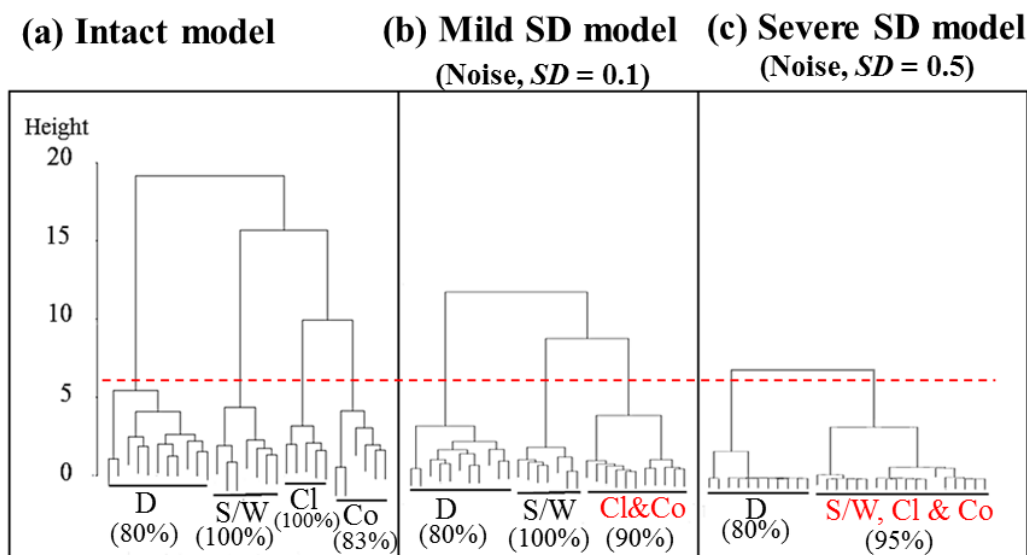


Figure 4-8: Cluster analysis of Item. D = dining, S/W = studying/working, Cl = cleaning, Co = Cooking. Percentages in parentheses indicate the ratio of the number of Items preliminarily-defined meanings consisted with the belonging cluster divided by the number of cluster containing Items.



### 意味認知症のシミュレーション

モデルの隠れ層における再帰的結合は、イベント系列の統計的構造の学習やイベント系列からオブジェクトの意味の学習を可能にする(Cleereman & McLelland, 1991)。そのため、再帰的結合に対して損傷やノイズを与えることは、イベント系列の統計的構造やオブジェクトの意味表象の崩壊を引き起こし得る (Botvinick & Plaut, 2004)。そこで、本研究においても、モデルの再帰的結合に対してノイズを加えることで、意味記憶、エピソード記憶、エピソード的未来思考の能力という観点から、意味認知症の再現を試みた。そして、重症度の異なる意味認知症モデルの振る舞いや隠れ層における情報の表象を分析することで、どのような認知的メカニズムがエピソード的未来思考という認知機能を支えているのかを検証した。軽度の意味認知症モデルは標準偏差 0.01、中程度の意味認知症モデルは標準偏差 0.1、重度の意味認知症モデルは標準偏差 0.5 のガウスノイズを隠れ層の再帰的結合に対して与えたものとした (Botvinick & Plaut, 2004 を参照)。

### 意味記憶の崩壊

意味認知症患者は病状の進行に伴って意味記憶の崩壊を示す (Hodges & Patterson, 2007)。そこで、健常モデルと同様に、損傷後のモデルに対してもクラスター分析を実施した (Figure 4-8b, 4-8c)。健常モデルでは 4 つのカテゴリに分かれていたが、損傷後のモデルでは、損傷の程度に伴って、そのようなカテゴリはより曖昧なものとなっていた。加えて、クラスター分析における道具間の距離も短くなっていた。このことは、意味的に類似した道具が、互いに弁別が困難になっていることを示している。したがって、損傷後のモデルの意味記憶表象は、実際の意味認知症患者のように崩壊した状態になっていたと言える (Hodges & Patterson, 2007)。

### エピソード的未来思考における文脈の逸脱

次に、損傷後のモデルを用いて、エピソード的未来思考のシミュレーションを実施した。損傷の程度の異なる 3 つのモデルを用いた結果、損傷が重度になるにつれて、生成されたイベント系列の文脈情報が、最初に手がかりとして与えられた文脈情報 (Figure 4-9 の場合は dining) とは異なるものへと変化してしまう振る舞いが確認された。したがって、実際の意味認知症患者のように、損傷モデルは文脈の一貫した内的なイベント予測生成が困難になっていたことが示された。また、シミュレーション 1 では確認されなかった「逸脱しては元の文脈に戻る」という振る舞いも確認され、より正確な意味認知症患者のエピソード的未来思考の再現に成功した。

### 比較的に保たれたエピソード記憶

Figure 4-6b と 4-6c は、時間特異イベント入力の前性に対する損傷の影響を示している。ここでも、実際の意味認知症患者と同様に、最後に学習した Time3 のイベント入力に対する前性が他の Time のイベント入力に対する前性よりも高くなっており、中程度の損傷モデルまではそのような新近性効果が維持されていた (Figure 4-6b)。その一方で、重度の意味認知症モデルでは、新近性効果は消失していた (Figure 4-6c)。意味認知症患者は、意味記憶が崩壊し、エピソード記憶は保たれているとされているものの、実際には、遠い過去の出来事についてのエピソード記憶能力は低下する (Irish, Hornberger, Lah, Miller, Pengas, Nestor, Hodges, & Piguet 2011)。したがって、今回のモデルは意味認知症患者に見られる意味記憶とエピソード記憶の乖離を、シミュレーション 1 よりも適切に再現していると言える。

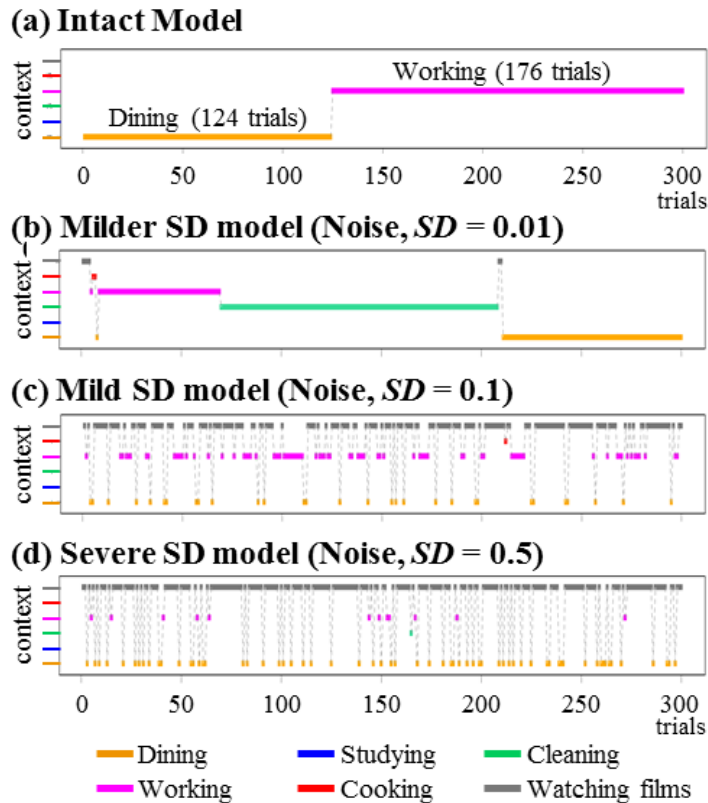


Figure 4-9: Survival plots of the Context output during internal predictions against the number of predictions by (a) Intact, (b) milder, (c) mild, & (d) severe SD models.

## シミュレーション2のまとめ

エピソード的未来思考には内的なイベント予測の連続生成という処理が含まれている。本研究のモデルはまず、外的に与えられるイベント系列の予測を行うという課題のトレーニングを通して系列予測能力を獲得し、それに伴って、エピソード記憶、スキーマ的記憶表象（文脈に関する知識）、意味記憶を獲得した。モデルは獲得したそれらの能力と知識を用いることで、イベント予測の内的な連続生成が可能となった。そうして生成されたイベント系列は健常者のエピソード的未来思考の特徴を捉えたものであった。すなわち、ある程度一貫した文脈でイベント系列は生成されていた。それに対して、損傷を与えたモデルでは、エピソード的未来思考に見られる振る舞いの再現に成功した。すなわち、損傷モデルは内的なイベント予測の連続生成を一定の文脈で行うことが困難となっていた。これらの発見は、将来経験し得るイベントについてイメージする際、手掛かりとして与えられた情報に関連付けながら、一貫性のあるイメージを形成するという点について意味記憶が貢献していることを示唆している。

## 4.4 第4章まとめ

シミュレーション1、シミュレーション2ともに、意味認知症患者のエピソード的未来思考を再現することによって、エピソード的未来思考における意味記憶の役割について検討した。そして、意味記憶が、エピソード的未来思考の際の文脈情報の維持という役割を担っていることを明らかにした。加えて、どのような認知機能がエピソード的未来思考の背景に存在しているのかという問題と、エピソード的未来思考と様々なタイプの知識（エピソード記憶、自伝的記憶、スキーマ的知識、意味記憶など）との関係についても示唆を与えている。まず、本研究で用いた課題によって、健常者及び意味認知症患者の未来思考を再現出来たということは、その課題に必要な能力が未来思考の背景として存在している可能性を示唆している。すなわち、イベント系列の予測を随時生成するという認知機能によって、エピソード的未来思考が可能になっていると考えられる。そして、このような能力は、日々の活動を通して獲得され得るということも重要な点である。我々は外的世界から絶えず情報を受け取り、外的世界において事象は絶えず展開している。そして、それらの経験は、一連の事象に関する記憶として留められ、エピソード記憶となっているはずである。そうして記憶された一連の事象から、事象の連続性に関する構造や、事象とアイテムの結びつきなどが学習され、更には文脈やアイテム等に関する意味的な知識が獲得され

るだろう (Botvinick & Plaut, 2004; Schapiro et al., 2013)。すなわち，系列予測のトレーニングには，エピソード記憶や自伝的記憶の形成，スキーマや意味の学習が含まれているのである。このことから，エピソード記憶として日常の経験を保持する能力や，それらの経験から意味記憶を学習する能力自体がエピソード的未来思考を可能にする認知的能力の前提として存在していると考えられるだろう。

## 第5章 未来思考における記憶情報の自発的活性化

### 5.1 未来思考を支える認知処理の下位過程

構築的エピソードシミュレーション仮説に見られるように、未来思考を支える認知処理として、記憶の検索や統合といったものが想定されている (Schacter et al., 2007)。しかしながら、情報がいかにして検索されているのか、また統合される情報はいかにして取捨選択されているのか、などといった、いわば検索や統合の下位過程についてはほとんど検討がなされていない。この点に関して、本論で得た知見は、第3章で検討した、統合処理に中央実行系の働きが関与しているというものである。この知見は、統合処理がより統制的（意識的）に行われていることを示すものであるが、それ以上の具体的な処理について言及できるものではない。また、未来思考における検索の段階に焦点を絞った議論は、未来思考研究の中でも少ない。実際、先行研究による検索の下位過程についての知見は、活性値の高い記憶情報が潜在的に利用されやすいということ (Szpunar, 2010) や、未来思考時に記憶情報を抑制する処理が行われることがある (Giebl, Storm, Buchli, Bjork, & Bjork, 2015) という程度である。まず、前者は、未来思考の前にプライミングをすることで、イメージする未来思考内容が操作可能かどうかを検討したものである。その結果、プライミングなしの条件に比べて、プライミングされた条件ではそれに従った内容が増加したこと、また、実験参加者がプライム刺激と未来思考内容の関連に気がついていないことから、非意図的なプライミングの影響を確認している。次に、後者では、検索誘導性忘却という現象が未来思考によって引き起こされることを示している。検索誘導性忘却とは、事前に特定の記憶を思い出すことによって、それ以外の記憶が一時的に抑制され、後に思い出しにくくなるという忘却現象であり (Anderson, Bjork, & Bjork, 1994)、忘却しようという意図無しに自動的に生じるものと言われている (Román, Soriano, Gómez-Ariza, & Bajo, 2009)。したがって、この両知見は、いずれも非意図的な処理が未来思考における検索の段階で生じていることを示唆するものである。しかしながら、プライミングを受けながらも、それに一致しない内容が多く報告されていたり、類似の実験において忘却が生じなかったという知見もあるため (Storm & Jobe, 2012)、検索の下位過程については未だ検討すべき点が多く残されている。本章では、そのような非意図的に行われる検索の下位過程に焦点を当てる。そして、展望記憶で見られるような自発的な記憶情報の活性化という処理が、未来思考においても生じている可能性を示す。

## 5.2 展望記憶にみられる自発的な記憶情報の活性化

エピソード的未来思考も展望記憶も共に未来への志向性を持った認知処理である。しかし、エピソード的未来思考が、未来方向へのメンタルタイムトラベルであり、将来経験し得る状況をシミュレートする（イメージを構築する）ことについて言及しているのに対し、展望記憶はあくまで記憶想起に焦点を当てている点で、両者は大きく異なる。展望記憶とは、過去のある時点において決定した、将来実行すべき行為に関する記憶、またはその想起のことを指す (McDaniel & Einstein, 2007)。例えば、出勤するときに、「仕事からの帰り道でポストに手紙を投函しよう」と意図していたのに、仕事から帰るときにはそのことを思い出せずにそのまま帰宅してしまった、などというのは展望記憶の失敗と言われる。それに対して、仕事から帰っている途中で手紙を投函することを思い出せば、展望記憶の成功となる。すなわち、展望記憶の本質的かつ重要な特徴の一つは、意図した行為をタイミングよく、自発的に想起するという点である (梅田 & 小谷津, 1998)。本研究では、展望記憶のこの特徴に着目し、未来思考の際にも同様の処理が行われている可能性について検討する。

## 5.3 未来事象のイメージに反映される記憶情報

エピソード的未来思考の課題では、“将来経験すると思える”事象をイメージすることが求められる。したがって、実際に決まっている予定など、過去の一時点において決定した事実に関する情報が適切に検索・想起され、未来のイメージに反映される必要があるだろう。もし、未来思考の際にそのような情報を利用できなければ、人と会う約束をしている時間に、別の予定を新たに入れてしまうなどのように、実現可能性の低い計画を立ててしまうという問題にも繋がる。そうならないためには、未来思考の際には、直接イメージの対象となっている事象だけでなく、それと時間的に連なる事象に関連する情報も適切なタイミングで想起されている必要がある。すなわち、展望記憶で見られるような自発的な情報の活性化が、未来思考における検索の下位過程として存在している可能性が考えられる。このような可能性は先行研究の結果からも伺える。例えば、Szpunar (2010) の実験では、未来の事象（来週中の出来事）をイメージする前に、アカデミックな場面や社交場面に関する文完成課題を実施することでプライミングを行い、プライミングに一致するイメージ内容がプライミングをしない統制条件と比較して増加することが示されている。このとき、操作に使われたアカデミックな文脈やソーシャルな文脈は、いずれも近い将来に

経験し得るものであった。しかしながら、アカデミックなプライミングをした条件においては、プライミングの影響を受けた上で、半数の参加者が他の内容をイメージしていた。具体的には、30人中15人がアカデミックな内容、13人がソーシャルな内容、残り2人がいずれにも関係のない内容であった。このような結果は、プライミングによって活性値の高まっている情報が単純に利用されるわけではなく、実際の予定や願望をより適切に反映したイメージが常に行われているために得られたものと思われる。そして、イメージに実際の予定を反映させるには、時間的文脈と結びついた特定の予定に関連する情報がアクセスしやすい状態、すなわち活性化した状態になっている必要があるだろう

## 5.4 未来思考における予定関連情報の自発的活性化

### 5.4.1 実験4

上述の仮説について検討するため、本研究では展望記憶の実験パラダイムを援用する。Schult & Steffens (2013) は、予定された行為に関連する情報が、実行すべきタイミング(実行機会)の接近時にのみ活性化することを、再認反応時間を指標として示している。Schult & Steffens (2013) の実験において、参加者は複数の認知課題に取り組むということで実験に参加し、まず記憶課題のために、コーヒーを入れる一連の行為リストとサンドイッチを作る一連の行為リストという2つのリストを学習するよう求められた。その後、いずれか一方のリストの一連の行為を実演する課題があることを告げられ、半分の参加者は“再認課題の後に実演課題を行う”，もう半分の参加者は“(異なる課題の) プレテストの後に実演課題を行う”と教示された。このような教示によって、前者については再認課題の時点で予定の想起・実行をするタイミングが迫っている状態(近検索機会条件)、後者については再認課題の時点ではまだ予定の想起・実行までに猶予がある状態(遠検索機会条件)が作られた。そして、正再認反応時間を両条件で比較したところ、近検索機会条件でベースライン(実演しないリストに出てきた単語の再認反応時間)よりも正再認反応が早くなっていた。この結果から、Schult & Steffens (2013) は検索すべきタイミングの接近によって、検索対象となる情報が活性化してくることも明らかにした。通常、将来の事象は、現在から時間的に離れたものであり、検索機会の遠い状態である。しかしながら、未来思考は、未来の特定の事象へのメンタルタイムトラベルであり、その状況を先行して経験するという心的状態を伴う(Schacter et al., 2007)。そうであるならば、イメージの中で、次に生じる事象へと時間的に接近していく状況までもが、心的にシミュレートされているはずである。

すなわち、未来思考を行うことで、次にイメージすべき事象に関連した記憶情報の自発的な活性化が生じていても不思議ではないだろう。

本実験では、参加者に対して、事前に将来の予定（実験への参加）を与えておき、その予定に接近する状況をイメージさせることで、予定に関連した情報が活性化するかどうかを検討する。活性化の程度は、先行研究に倣い、再認反応時間を主な指標とする。もし予定に関連した情報の活性化が生じていたならば、その情報への再認反応時間は、他の情報よりも短くなること、及び再認成績が高くなることが予測される。

## 方法

### 参加者

大学生 26 名 ( $M = 18.692$ ,  $SD = 0.679$ ) が実験に参加した。

### 刺激

#### 行為文

記憶課題で使用するリストとして、Schult and Steffens (2013) , 及び Goschke and Kuhl (1993) を参考に、コーヒーに関する行為文リストとサンドイッチに関する行為文のリストが用意された。コーヒーリストは、“フィルターをはめる”、“湯を注ぐ”、“コーヒーを分ける”、“砂糖を溶かす”、“ミルクを加える”の 5 文で構成されていた。サンドイッチリストは、“ベーコンを焼く”、“レタスをちぎる”、“トーストを作る”、“マヨネーズを塗る”、“具をはさむ”の 5 文で構成されていた。これら 10 個の行為文はいずれも、名詞と動詞 1 語ずつを含むように作られたものであった。

#### 単語刺激

再認課題では、上述のように作成した行為文で用いられた名詞 10 語、動詞 10 語がターゲットとして使用された。また、ディストラクタとして、10 語の名詞と 10 語の動詞が選定された。このとき、リスト間、およびターゲットとディストラクタ間の単語頻度と文字数は統制されていた。

### 手続き

実験は、実際には 1 回で完了するものであったが、2 週に分けて実施するという名目のもとに参加者を募集した。参加者は第 1 週目として実験室に来た際、第 2 週目の日程を実



験者と調整し、決定した。その際、第2週目の実験が可能な日時は、第1週目の翌週の平日の午前8時45分から午後8時の間とした。その後、参加者は以下の手続きで、課題に取り組んだ。

まず、参加者は2つのリスト(コーヒーとサンドイッチ)を学習した。学習の際には、コーヒーリストを“●リスト”，サンドイッチリストを“▲リスト”として、参加者が事前に何のリストであるかが分からないようにした。行為文は、リスト名と共にディスプレイ中央に1文ずつ呈示された。行為文呈示の前には、注視点250 ms とブランク画面250 ms が挿入され、その後、リスト名と行為文が5000 ms の間呈示された。行為文呈示間には500 ms のブランク画面がインターバルとして挿入されていた。また、リスト内の5つの行為文は一定の順番で連続して呈示された。たとえば、コーヒーリストであれば、“フィルターをはめる”，“湯を注ぐ”，“コーヒーを分ける”，“砂糖を溶かす”，“ミルクを加える”という順番通りに1文ずつ呈示され、行為文の上には“●リスト”と常に呈示されていた。これによって、現在学習している一連の行為文がどちらのリストのものであるのかを参加者が明確に理解出来るようになっていた。一方のリストの行為文が5つ全て呈示されると、次はもう一方のリストの行為文が5つ続けて呈示された。最終的に、リストは交互に3回ずつ学習された。学習するリストの順番は参加者ごとにカンターバランスされた。

リスト学習終了後、参加者は、“来週(第2週目に)実験室に到着したら、すぐに隣の部屋に移動して、学習した2つのリストのうち一方を実演してもらおう。その後、実験室に戻り、様々な認知課題に取り組んでもらおう”というように、第2週目の実験の流れについて虚偽の教示を受けた(この時点で、どちらが実演教示リストかは未定)。この教示によって、参加者は“来週実験室に来て実演課題を行う”という予定を与えられた。尚、参加者は翌週の実験予定日までの間にリストについて想起する必要はないと教示された。

続いて参加者は、“今日これから、数字パズル課題・記憶課題・イメージ課題という3つの課題にランダムな順番で取り組んでもらおう”と教示され、それぞれの課題について簡単な説明を受けた。ただし、実際には課題の順番は固定されていた。3つの課題の説明の後、半数の参加者はコーヒーリスト、残りの半数の参加者はサンドイッチリストを翌週実演するよう教示された。このとき、実演するよう指示されたリストを実演教示リスト、実演しないリストを非実演教示リストとした。教示終了後すぐに、参加者は、数字パズル課題として数独に1分間取り組んだ。これは、Schult & Steffens (2013) の手続きに倣って、実演教示をされたリストのリハーサルなどを妨害し、短期記憶に留められないようにするための干渉課題として実施された。

次に参加者は、イメージ課題として、“来週の実験実施日、実験室に到着するまでに経験すると思える一連の出来事”についてイメージするよう求められた。また、イメージ開始から2分以上が経過し、イメージの中で実験室に到着した時点で反応ボックスの右端のキーを押して課題を終了するよう教示された。イメージの制限時間は2分以上3分間程度とした。また、参加者がイメージしている間は口頭でその内容を報告するよう求めた。参加者がイメージする出来事は、自分が実際に経験すると思える出来事、実験日の朝から実験室に到着するまでの間に起こる日をまたがない出来事、出来事の起こっている時間や場所がある程度特定出来る出来事であるように注意が促された。さらに参加者は、実際にその出来事を経験しているかのように、目をつぶって頭のなかでできるだけ詳細にその状況をシミュレートし、イメージをふくらませるよう教示された。

イメージ課題終了後すぐに、記憶課題として、最初に学習した2つのリストに含まれていた単語（行為文内の名詞と動詞）の再認課題が実施された。その際、参加者は、呈示された単語が最初に学習した2つのリストに登場した単語であれば、反応ボックスの左端のキーを、そうでなければ右端のキーを押すように教示された。このとき、参加者は出来るだけ正確かつ素早く反応することを求められた。刺激は次のように呈示された。まず、250 msの注視点、250 msのブランク画面が呈示され、その後で単語が画面中央に1語ずつ呈示された。参加者が単語に対して反応すると画面が切り替わり500 msのブランク画面の後、次の試行が開始された。この課題における反応時間を主な従属変数とした。これらの刺激呈示とデータ収集には、実験2と同様のパーソナルコンピュータ、ディスプレイ、ソフトウェア、反応ボックスが使用された。

再認課題の後、参加者はイメージ課題に関する11項目の質問への回答を求められた。質問項目いずれも5件法で、イメージ内容の実現可能性（1 = 確実に起こり得ない ~ 5 = 確実に起こる）、実際の予定を考慮した程度（1 = まったく考慮しなかった ~ 5 = 非常に考慮していた）、視覚的な詳細さ（1 = まったく詳細でなかった ~ 5 = 非常に詳細だった）、視覚以外の情報も含む全体的な詳細さ（1 = まったく詳細でなかった ~ 5 = 非常に詳細だった）、詳細にイメージしようとした努力（1 = まったく努力しなかった ~ 5 = 非常に努力した）、イメージするための労力（1 = まったく労力は必要なかった ~ 5 = 非常に労力を必要とした）、先行して体験している感覚（1 = まったくそのような感覚はなかった ~ 5 = 非常に強くそのような感覚があった）、イメージした一連の出来事の重要さ（1 = まったく重要でない ~ 5 = 非常に重要である）、翌週実験に参加することの重要さ（1 = まったく重要でない ~ 5 = 非常に重要である）、イメージ内容の感情価（1 = ネガティブ ~ 5 = ポジティブ）、イメージ内容の感情強度（1 = 非常に弱い ~ 5 = 非常に強い）について尋ねるものであった。

また、参加者が教示を理解し、それに従っていたかどうかを確認するために、実演課題をやっている場면을イメージしていたか否かについて2択 (1= イメージしていた, 2=イメージしていなかった), 実演するリストがどのリストだったかを2択 (1= リスト●, 2= リスト▲) で回答を求めた。全ての質問への回答が終了した後、リストの行為文の自由再生を行った。

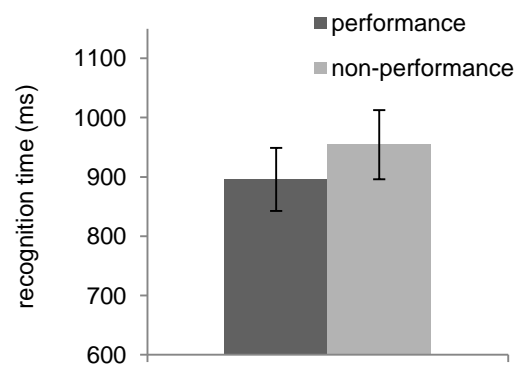


Figure 5-1. Mean reaction times of hit response in experiment 4. Error bars indicate standard errors.

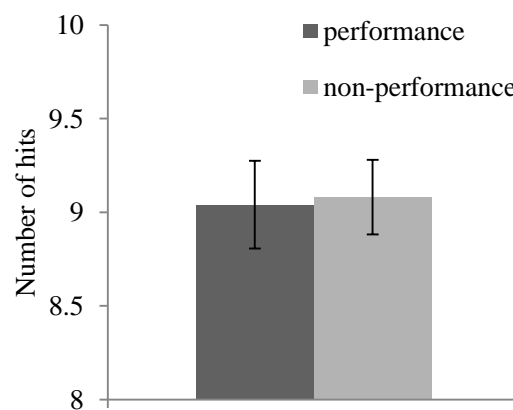


Figure 5-2. Mean number of hit responses in experiment 4. Error bars indicate standard errors.

## 結果

結果の分析に際して、コーヒーリストを実演するよう教示された参加者のうち、コーヒーの淹れ方がまったく分からないと報告した参加者 1 名を除外した。

### 正再認反応時間

リストの種類（実演リスト・非実演リスト）による単語の平均正再認反応時間の差について、 $t$ 検定を実施した。その結果、実演教示リストの単語への再認反応時間は、非実演教示リストの単語への正再認反応時間よりも有意に早くなっていた ( $t(24) = 2.652, p = .014$ ; Figure 5-1)。

Table 5-1. Means and standard deviations of rating for characteristics of imaging future events in experiment 4.

	<i>M</i>	<i>SD</i>
feasibility	6.160	0.473
consideration	5.640	1.680
vividness	4.920	1.077
detail	4.880	1.054
effort	5.720	0.891
workload	4.040	1.594
pre-experience	4.880	1.236
valence	4.200	0.957
emotional intensity	3.520	0.963
significance of imagined contents	3.960	1.338
significance of participating next experiment	4.840	1.248

### 再認成績

記憶情報の活性値が高まっていれば、再認成績も向上すると考えられる。そこで、ターゲットの平均正再認数について、 $t$ 検定を実施した。その結果、実演教示リストと非実演リスト間に有意な差は認められなかった ( $t(24) = 0.137, p = .892$ ; Figure 5-2)。

### 質問紙評定

各質問項目の平均評定値と標準偏差を Table 5-1 に示す。各質問項目について、7 件法の中間の評定値である 4 からの一標本  $t$  検定を実施したところ、実現可能性 (feasibility)、実

際の予定を考慮したかどうか (consideration), 先行して経験する感覚 (pre-experience), 詳細にイメージをする努力の程度 (effort), 感情の強さ (intensity), 鮮明さ (vividness) 全体的な詳細さ (detail), 翌週行われると教示されていた実験への参加の主観的重要性 (significance of participating the next experiment) の平均評定値は, 評定値 4 よりも有意に高くなっていた ( $t(24) > 2.493, p < .020$ )。尚, イメージにかかった労力 (workload), 感情価 (valence), イメージした内容の主観的重要性 (significance of imagined contents) の平均評定値については, 評定値 4 からの有意な差は認められなかった ( $t(24) < 1.044, p > .307$ )。

### 考察

まず, 質問紙評定の結果, 参加者は実現可能性の比較的高い将来の事象についてイメージしていたことが示された。このことから, 参加者は, 実際に経験すると思える出来事をイメージしていたと言える。また, イメージに要する労力は大きくは無かったものの, 詳細にイメージを構築する努力はしており, 参加者は教示に従って適切に課題に取り組んでいたと考えられる。

正再認反応時間の結果から, 実演する場面のイメージは行っていなかったにもかかわらず, 実演課題に関連する情報の活性化が生じていたことが確認された。Schult & Steffens (2013) の実験では, 現在から離れた実演リスト関連情報の活性化が見られていないことから, 本実験の結果は, 未来思考を行った結果生じたものと考えられる。したがって, 未来思考において, 記憶情報を自発的に活性化させるという, 展望記憶課題遂行時と同様の処理が行われている可能性が示唆された。しかしながら, 今回の実験デザインでは, 実演するという意図による効果 (意図優位性効果) である可能性を否定出来ない。そこで, 未来思考の有無を要因として加えた実験を行う必要があると考えられる。また, 再認成績については, 仮説を支持する結果が得られなかった。このような結果が得られた原因として, 参加者が正確さよりも素早く判断することを優先していた可能性が考えられる。

#### 5.4.2 実験 5

実験 4 の問題である意図優位性効果を否定するため, 実験室に到着するまでのイメージを行う条件 (実験前イメージ群) の他に, 意図形成までは行うが, 実験日のイメージを行わない条件を設定し, 追加実験を行った。

## 方法

### 参加者

大学生 23 名 ( $M = 18.870$ ,  $SD = 0.626$ ) が実験に参加した。

### 手続き

数字パズル課題までは、実験 4 と同様の手順で実験を実施した。続く未来思考課題において参加者は、イメージする内容によって、実験室に到着するまでの出来事をイメージする条件（実験前イメージ群）と、実験実施日以外のある日の下校するまでに経験すると思える出来事をイメージする条件（実験日以外イメージ群）に分けられた。前者は実験 1 と同様の教示を受けた。後者は、来週中の実験実施日以外のある一日の出来事についてイメージし、イメージの中で大学の敷地を出た時点でイメージを終了するよう教示された。課題の時間制限については、実験 4 と同様であった。未来思考課題終了後、参加者は実験 4 と同様の単語再認課題に取り組んだ。このとき、参加者は、間違わないことを優先し、その上で素早く反応するよう求められた。これは、正確さを重視させることで、記憶の活性化状態をより適切に測定することを目的とした教示であった。再認課題の後、参加者は実験 4 と同じ、イメージ課題に関する 11 項目の質問への回答を求められた。また、これらの刺激呈示とデータ収集には、実験 2 と同様のパーソナルコンピュータ、ディスプレイ、ソフトウェア、反応ボックスが使用された。

## 結果

結果の分析に際して、2 週目に実演課題を実施することをまったく信じていなかった参加者 1 名、リストを間違って記憶していた 2 名を分析から除外した。その結果、実験実施日以外のイメージをする条件の参加者は 9 名、実験室に来るまでのイメージをする参加者が 11 名となった。

### 正再認反応時間

正再認反応時間について、リストの種類（参加者内：実演／非実演）とイメージ内容（参加者間：実験実施日以外／実験前）の 2 要因混合分散分析を実施した。その結果、いかなる有意な主効果も交互作用も認められなかった ( $ps > .215$ ; Figure 5-3)。

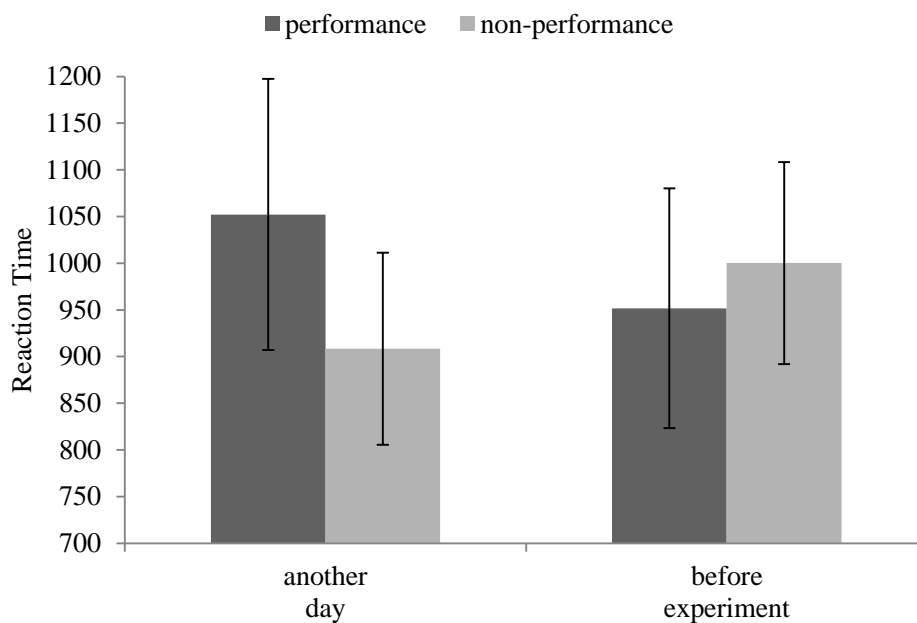


Figure 5-3. Mean reaction times of hit response in experiment 5. Error bars indicate standard errors.

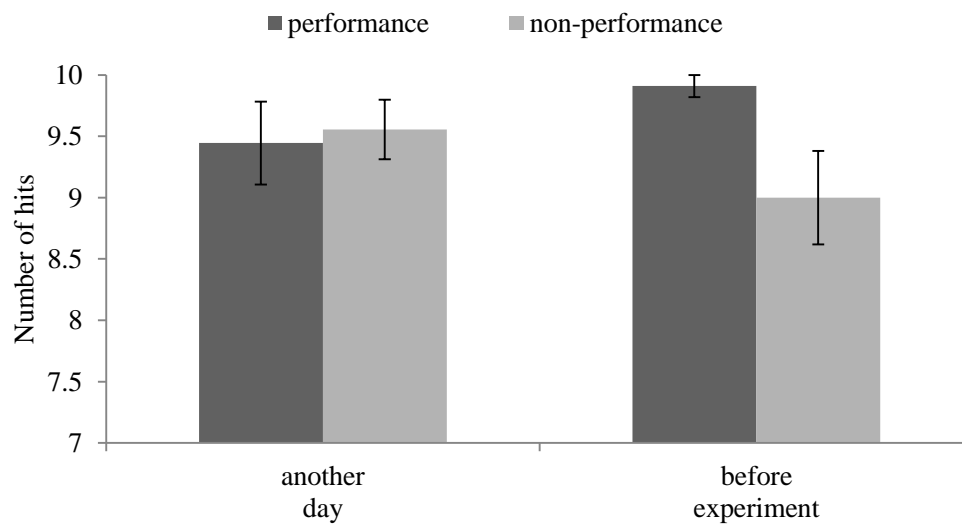


Figure 5-4. Mean number of hit responses in experiment 5. Error bars indicate standard errors.

### 再認成績

正再認数について、リストの種類（参加者内：実演／非実演）とイメージ内容（参加者間：実験実施日以外／実験前）の 2 要因混合分散分析を実施した。その結果、イメージ内容の有意な主効果は認められず ( $F(1, 18) = 0.018, p = .895$ ), リストの種類の主効果が有

意傾向であった ( $F(1, 18) = 3.188, p = .091$ ; Figure 5-4)。さらに、2 要因の交互作用が認められていた ( $F(1, 18) = 5.210, p = .035$ )。そこで、下位検定を実施したところ、実験室に到着する前のイメージをした条件において、実演教示リスト語の正再認数が、非実演教示リスト語の正再認数よりも有意に多いことが確認された ( $t(10) = 2.469, p = .033$ )。それに対して、実験実施日以外のイメージをした条件においては、リストの違いによる正再認数の有意な差は見られなかった ( $t(8) = 0.555, p = .594$ )。

Table 5-2. Means and standard deviations of rating for characteristics of imaging future events in “another day image condition” and “before experiment image condition” in experiment 5.

	Another day ( <i>N</i> = 9)		Before Experiment ( <i>N</i> = 11)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
feasibility	6.11	0.60	6.18	0.60
consideration	5.78	1.09	5.27	2.24
vividness	2.89	1.05	4.73	1.68
detail	3.89	1.27	4.45	1.13
effort	5.00	1.00	5.45	1.29
workload	4.89	1.27	4.18	1.66
pre-experience	4.33	1.12	3.91	1.30
valence	4.78	1.30	4.45	1.13
emotional intensity	3.78	1.20	3.55	1.51
significance of imagined contents	4.11	0.93	3.82	0.98
significance of participating next experiment	4.67	1.32	5.09	0.83

#### 質問紙評定

実験前イメージ条件と実験日以外イメージ条件における、各質問項目の平均評定値と標準偏差は、Table 5-2 に示す。実現可能性と、詳細にイメージしようと努力した程度の平均



評定値は、どちらの条件でも4よりも高くなっていた ( $t_s > 10.539, p < .001$ )。実際の予定を考慮していたかどうかと、鮮明さの評定は、実験日以外イメージ条件においては4よりも高かったが ( $t(8) = 4.880, p = .001$ )、実験前イメージ条件では有意傾向であった ( $t(10) = 1.884, p = .089$ )。イメージに要した労力の程度については、実験前イメージ条件で4よりも高い傾向があったが ( $t(8) = 2.101, p = .069$ )、実験前イメージ条件では有意差は認められなかった ( $t(10) = 0.363, p = .724$ )。翌週の実験に参加することの重要性は、実験前イメージ条件では有意に評定値4よりも高かったが ( $t(10) = 1.512, p = .169$ )、実験日以外イメージ条件では有意差は認められなかった ( $t(8) = 1.512, p = .169$ )。その他の項目は、いずれの条件でも評定値4からの有意差は認められなかった ( $ps > .111$ )。

また、イメージの特徴について、違いがあるかどうか確認するため、各質問項目について、イメージ条件間の差の検定を実施した。その結果、鮮明さについて有意差が認められ ( $t(18) = 2.85, p = .011$ )、他の項目については有意差は認められなかった ( $ps > .305$ )。

## 考察

質問紙評定の結果、参加者は実現可能性の比較的高い将来の事象についてイメージしていたことが示された。このことから、参加者は、実際に経験すると思える出来事をイメージしていたと言える。また、詳細にイメージを構築する努力はしており、参加者は教示に従って適切に課題に取り組んでいたと考えられる。ただし、実験前イメージ条件の方が、実験日以外イメージ条件の参加者よりも鮮明なイメージをしていたという点は、両条件のイメージの特徴が同等ではなかったということであり、問題である。多くの参加者は起床する場面からイメージを開始しており、実験実施日以外イメージ条件の参加者は“大学を出るまで”のイメージ、実験前イメージ条件の参加者は“実験室に来るまで”のイメージであった。そのため、イメージ課題の制限時間は3分程度であったが、実験実施日以外イメージ条件の方が、イメージの中で経過する時間（例えば、8時に起床して16時に下校するまでのイメージ）が長かったと考えられる。それにより、実験前イメージ条件の参加者に比べ、細部までイメージする余裕がなかったため、鮮明さの差が生じた可能性がある。この鮮明さの違いが再認成績に影響するとは考えにくい、今後、より精度の高い実験のためには、この点についても考慮する必要があるだろう。

本実験では、再認反応時間について、実験室に到着するまでのイメージを行なった場合に限り、実演教示リスト語への反応が速くなると予測していたが、有意差は認められなかった。この点については仮説に反する結果であった。しかしながら、正再認数については、実験室に到着するまでのイメージを行なった場合、非実演教示リスト語の正再認数よりも

実演教示リスト語への正再認数が多くなるという仮説を支持する結果が得られた。このような結果が得られた原因として、次のようなことが考えられる。実験 5 では正確さを重視するよう参加者に求めていた。したがって、参加者は、再認課題において、再認判断の際に確信が持てるまで時間をかけていたはずである。そのため、確信度の影響を受けた反応時間ではなく、検索の成否を純粋に反映する正再認数において、仮説を支持する結果が得られたと考えられる。これらの結果から、イメージを行う際には、自発的に次にイメージすべき事象に関連する情報が活性化し、利用し易くなる現象を確認することができた。また、実験実施日以外のイメージの際にはリスト間の差が見られなかったことから、実演するという意図が形成されていることによる効果、すなわち意図優位性効果によって実験前条件で再認成績が向上した可能性は否定された。

## 5.5 第 5 章まとめ

実験 4 では再認反応時間、実験 5 では再認成績を指標として、エピソード的未来思考の際に記憶情報の自発的活性化が生じていることを示す結果が得られた。すなわち、将来経験し得る事象についてイメージする際、予定に関連した情報など、イメージに必要となる記憶情報が適切なタイミングで活性化し、想起しやすい状態になっていることが明らかになった。

ただし、一部予測と一致しない結果が得られたことから、課題を修正したうえでのさらなる検討が必要である。今回の実験においては、先行研究 (Schult & Steffens, 2013) に倣って、記憶情報の活性化の指標として、再認課題を用い、その反応時間と記憶成績を活性化の指標としていた。しかしながら、再認は、単純に情報の活性化を反映するものとは言えない。特に本実験の刺激には、ディストラクタ語としてターゲットと関連性の高い単語も用いられていた。そのため、情報の活性化の程度のみならず、確信度なども判断に大きく影響する課題となっていた。このような問題を解決するため、語彙判断課題など、より端的に概念活性を測定できる課題を用いた検証も行う必要がある。また、本章の実験では時間的距離の影響について扱っていない点も問題と言える。イメージする事象までの時間的距離によって、検索の下位過程も影響を受ける可能性も考えられる。先行研究では、時間的距離の近い事象の方が、時間的距離の遠い事象よりも文脈に特定の (詳細) 情報が多く利用されることが確認されている。今回の実験では、“来週” という時間的距離が用いられていたが、先行研究において、それは近い未来として扱われている (遠い未来は数ヶ月先や 1 年後、数年後などである)。すなわち、詳細な情報を利用しやすいイメージであっ

たと考えられる。それに対して、もし“3 ヶ月後”など、ある程度遠い将来の予定としてイメージさせた場合には、詳細な情報が利用しにくいために、今回の実験で見られたような概念活性は生じない可能性があるだろう。将来的に時間的距離を操作した実験を行うことで、エピソード的未来思考におけるイメージ構築プロセスの更なる解明が可能となるだろう。

重要な点として、本実験で示したような記憶情報の自発的な活性化という現象は、展望記憶にも見られるものである。このことから、展望記憶と共通する認知処理が、エピソード的未来思考の背景プロセスとして存在していると言えるだろう。このアイデアは、多くのエピソード的未来思考のイメージング研究の知見とも一致するものである。展望記憶課題遂行時には前頭極（ブロードマンエリア 10 野；BA 10）の賦活が見られることが知られているが、未来思考時にも同様の脳領域の賦活が先行研究で示されている。ただし、未来思考研究においては、当該領域の活動は、未来方向性の認知を反映したものとしか言及されておらず、どのような認知処理を反映しているのかについて、具体的な解釈はなされていなかった。本研究が示唆するような、展望記憶と同様の処理がエピソード的未来思考時にも行われていると考えれば、未来思考時になぜ BA 10 が賦活するのも説明が可能となる。この点については、将来的に、脳研究へと展開することで明らかにしていく必要がある。

## 第6章 現実的場面における未来思考

自己の未来に関係する思考は、日常的に行われている認知活動であるとされている (D'Argembeau et al., 2011)。では、その内容や特徴は、日常生活のどのようなものから影響を受けているのだろうか。更には、未来思考が日常生活における他の認知活動にどのような影響を与えているのだろうか。基礎的な研究の知見を実生活に還元するためには、このような観点からの研究が必要である。本論では、特に未来思考との関わりが深いと考えられる“目標”という観点から、日常生活における未来思考について議論する。

### 6.1 目標の重要性と時間的距離感がイメージの詳細さに及ぼす影響 (実験 6)

個人的な目標と未来思考に関する D'Argembeau & Mathy (2011) の研究によると、未来の出来事のイメージは、個人的な目標に関する知識を中心として構築されやすく、目標を手がかりとして未来の事象についてイメージをするとき、より流暢に、より詳細な情報を利用しやすいことがわかっている。しかしながら、目標となりうるものであれば、どのようなものでも詳細にイメージされるというわけではないだろう。例えば、目標があまり重要ではないと認識されていれば、目標に関する知識や情報をそもそも収集していない (詳細な情報を持っていない) 可能性もある。そうなれば、イメージの枠組み自体が曖昧なものとなり、詳細なイメージは構築できないと考えられる。

また、時間的に遠い出来事よりも近い出来事について考えるとき、具体的、現実的な判断をすることが知られている (Trope & Liberman, 2003, 2010)。このような認知処理の特徴については、防衛焦点、促進焦点という観点から解釈することができる。Pennington and Roese (2003) によると、人は目標までの時間を資源のように捉えており、時間的に近い事象について考える際には、資源が少ないために現状より悪くなる可能性に重点を置く (防衛焦点)。その結果、目標達成の妨げになり得るような個々の文脈特定的情報や可能性に注意を払うようになるとされている。一方、時間的に遠い事象について考える際には、時間という資源が豊富であるために、現状よりも良くなる可能性に重点を置く (促進焦点) ようになる。その結果、細かいことにとらわれずに行動が可能になる (すなわち、楽観的になる) とされている。さらに、Pennington and Roese (2003) は、そのような認知処理様式の違いが、実際の時間的距離だけでなく、主観的な“時間的距離感”によっても生じること示している。また、Liberman & Trope (1998) は、時間的に遠い未来の事象については、望ましが優先され、実現可能性が軽視されることを示している。具体的には、遊びと勉

強にどれだけ時間を費やすかを実験参加者に尋ねたところ、近い未来のことだと考えた場合は、遊びの時間が多ければ勉強時間が少ないというようなトレードオフの関係が見られた。それに対し、遠い未来のことだと考えた場合は遊びもするし勉強もするという実現可能性の低い行動計画を立てていた (Liberian & Trope, 1998)。このような結果は、近い将来であれば、遊びと勉強の個人的重要性の認識 (すなわち優先順位) に基づいた時間配分を行うが、遠い将来ではそれがおよそ考慮されないと言い換えられるだろう。したがって、近いと感じられている場合は重要性による影響を受け、重要なもののほどより多くの情報が利用され、詳細なイメージが構築されると予測される。それに対して、遠いと感じられている場合は、重要性の影響が見られないと予測される。

これまでの未来思考研究において主として採用されていたのは、実際の時間的距離の操作であり、主観的な“時間的距離感”がイメージの詳細さにどのような影響を与えるかについては検討が不十分である。そこで本実験では、イメージの前後で時間的距離感がどのように変化するのかを検討する。また、先述のように、未来思考において目標は重要な要因である。未来思考におけるイメージの詳細さと時間的距離感との関係が、出来事に対する個人的重要性の認識によって調整されている可能性が考えられる。時間的に近いと感じる出来事のイメージについては、重要性が低いときよりも高いときに詳細になり、時間的に遠いと感じる出来事のイメージの詳細さについては、重要性の高低による違いはないと予想される。

## 方法

### 参加者

大学生 88 名が実験に参加した。

### 材料

課題と質問項目をまとめた冊子を作成した。質問項目は、D'Argambeau et al. (2006)、伊藤他 (2015) を参考に作成した。具体的には、詳細さ (1 = 非常に曖昧～7 = 非常に鮮明)、一般性 (1 = 全く一般的でない～7 = 非常に一般的)、個人的感覚や思考・経験に基づく内容であったか (1 = 全く個人的でない、～7 = 非常に個人的である)、メンタルタイムトラベルしている意識状態 (下位項目として、実際に経験しているような感覚があったか (1 = 全く当てはまらない、～7 = 完全に当てはまる)、その未来の時間にいるかのような感覚があったか (1 = 全く当てはまらない、～7 = 完全に当てはまる))、視覚情報量 (1 = 全くなかった、～7 = 非常に多かった)、その他の知覚感覚情報量 (下位項目として、聴覚情報量 (1 = 全くなか

った, ~7=非常に多かった), 嗅覚・味覚情報量 (1=全くなかった, ~7=非常に多かった)), 空間的情報の明瞭さ (下位項目として, 場所に関するイメージの明瞭さ (1=全く明瞭でなかった, ~7=非常に明瞭だった), 物の空間的な位置関係の明瞭さ (1=全く明瞭でなかった, ~7=非常に明瞭だった), 人物の空間的な位置関係の明瞭さ (1=全く明瞭でなかった, ~7=非常に明瞭だった)), 時間情報の明瞭さ (1=全く明瞭でなかった, ~7=非常に明瞭だった), 感情的経験 (1=全く当てはまらない, ~7=完全に当てはまる), 感情価 (-3=非常にネガティブ, ~3=非常にポジティブ), 感情強度 (1=強くない, ~7=非常に強い), 個人的重要性 (1=全く重要でない~7=非常に重要), イメージの一貫性 (1=全く当てはまらない, ~7=完全に当てはまる), 1人称視点と3人称視点の程度 (-3=1人称視点のみ, ~3=3人称視点のみ) について尋ねた。最後に, イメージしているときの主観的な距離感 (1=非常に近い, ~7=非常に遠い) について尋ねた。

### 手続き

実験は, 期末テストの3週間前の授業時に集団で実施された。授業のはじめに冊子が配布され, 実験者の指示に従って, 参加者はまず, 3週間後の期末テストに対する主観的な時間的距離感 (1=非常に近く感じる ~ 7=非常に遠く感じる), テストに対する自信 (1=まったく自信がない~ 7=非常に自信がある) を7件法で回答した。次に参加者は, 質問紙回答時点から1週間, その次の1週間, 最後の1週間で, それぞれテスト勉強に何時間費やすつもりがあるか回答した。続いて, 期末テストを受けるときのことについて, 頭に浮かんだ通りにその様子を, 制限時間3分間の内に回答欄に書き出すよう求められた。その際, 1) イメージするのは, 3週間後のこの時間にこの教室で行われるテストであること, 2) イメージするのは, テストを受けるために教室に入ってから, テストを受けて, 退室するまでに起きると思える出来事であること, 3) イメージするのは, 実際に起きる可能性があり, 経験すると思えるような出来事であること, 4) イメージの際には, 今まさに3週間後のテストを受けているかのように, 頭の中でシミュレーションすること, 5) イメージの途中で時間切れになっても構わないので, できるだけ詳細にイメージすること, という5点について注意するよう教示された。その後, 参加者は, 一斉に3分間のイメージ課題を行った。イメージ課題終了後には, イメージに関する19項目の質問に回答を求められた。

Table 6-1. Mean rating and standard deviation for each question in experiment 6.

question items	<i>M</i>	<i>SD</i>
pre subjective distance	3.709	1.502
confidence	2.500	1.281
detail	3.779	1.575
post subjective distance	3.512	1.215
personal importance	3.919	1.497
autonoetic consciousness	8.128	2.769
coherent story	4.477	1.395
estimation of hours	6.506	7.869
1st week	1.227	2.408
2nd week	1.669	2.431
final week	3.610	3.881
visual detail	3.953	1.446
other sensory detail	4.884	2.378
spatial detail	12.872	3.928
temporal information	4.023	1.564
feeling emotions	4.570	1.410
valence	-0.826	1.399
intensity	3.930	1.404
visual perspective	-1.337	1.554

## 結果

欠損値のあった 2 名を分析から除外し、86 名に対して分析を実施した。各項目の平均値と標準偏差は Table 6-1 に示す。まず、イメージをしたことによって主観的な時間的距離感に変化があったかどうかを調べるため、イメージ課題前の主観的距離感評定の平均値と課題後の主観的距離感評定の平均値の差について *t* 検定を行なった。その結果、平均値の有意な差は認められなかった ( $t(85) = 1.179, p = .24$ )。また、主観的な時間的距離感と詳細さとの相関は、イメージ課題前も ( $r = .007, p = .946$ )、イメージ課題後も ( $r = .072, p$

= .510) 有意ではなかった。

次に、主観的な時間的距離感と重要性が詳細さに及ぼす影響を検討するため、ステップ 1 として、詳細さを目的変数、時間的距離感と重要性を説明変数、ステップ 2 として交互作用項を投入する階層的重回帰分析を実施した。その結果、ステップ 1 におけるモデルの適合度は有意傾向であった ( $R^2 = .067$ ,  $p = .055$ )。このとき、重要性の有意な影響が確認された ( $\beta = .261$ ,  $p = .016$ )。ステップ 2 では、モデル適合度の有意な向上が認められた ( $\Delta R^2 = .054$ ,  $p = .028$ )。また、重要性 ( $\beta = .240$ ,  $p = .025$ ) と交互作用項 ( $\beta = -.247$ ,  $p = .028$ ) がイメージの詳細さについて有意な影響を及ぼしていることが確認された。そこで、時間的距離感と重要性について、単純傾斜の検定を行った。結果として、イメージ前の時点でテストの日までの時間的距離を近く感じていた参加者のうち、テストの重要性が低いと感じているほど、曖昧なイメージをしていたことが示された ( $\beta = .459$ ,  $t(82) = 3.359$ ,  $p = .001$ )。その一方で、時間的距離を遠く感じていた参加者においては、重要性によるイメージの詳細さの変化は見られなかった ( $\beta = .021$ ,  $t(82) = 0.138$ ,  $p = .890$ ) (Figure 6-1)。

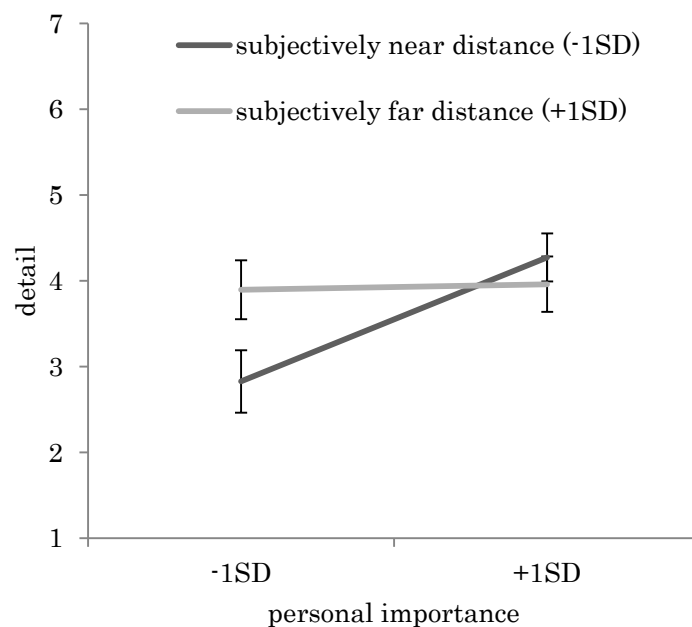


Figure 6-1. Simple slope test for level of detail that is modulated by pre subjective distance and personal importance. Error bars indicate standard errors.



## 考察

本実験では、未来の事象を出来るだけ詳細にイメージすることによる主観的な距離感の変化と、主観的時間的距離と個人的重要性がイメージの詳細さに与える影響について検討した。

まず、実際の客観的な時間的距離を用いた先行研究では、時間的距離と詳細さの相関は、頑健に見られるものであるが、本実験においては主観的な時間的距離感と詳細さとの相関もみられなかった。このことは、主観的な時間的距離感は、客観的な時間的距離に比べてイメージ構築に対する影響が少ない可能性を示唆している。また、詳細なイメージをすることによる主観的な時間的距離の変化は確認されず、予測に反する結果となった。

重回帰分析の結果からは、イメージの詳細さと重要性の関係が、主観的な距離感によって異なることが示された。すなわち、時間的距離が近いと感じているときには重要だと思う事象についてより詳細なイメージを構築するが、時間的距離が遠い場合には重要性の影響はないことが明らかになった。このようなパターンは、近いと感じる未来の出来事についてはその重要性に応じてイメージの詳細さが変化するという我々の仮説を支持している。すなわち、未来思考においては、時間的距離だけでなく、出来事に対する個人的重要性の認識も重要な要素と考えられる。ただし、今回はどれだけ詳細なイメージをする努力をしたかという評価項目を用意していなかった。そのため、時間的距離と重要さの程度が、なぜイメージの詳細さの程度を予測するのか、その背景については説明できていない。この点は本研究の限界であり、今後の検討課題と言える。

時間的に近いと感じているときにだけ、重要性の程度がイメージの詳細さに影響するという、本実験が示した未来思考の特徴は、人が自ずと行っている認知的節約の方略の一つと言えるだろう（詳細なイメージ構築には高い認知的負荷がかかる）。しかしながら、実際には重要であるにも関わらず、軽視されているような目標も存在するかもしれない。また、遠い将来に起きると思われているような事象に関して、重要であろうがなかろうが詳細に考える程度は変化しないという結果は、地震などの災害への備えを怠る原因の一端を説明出来る可能性がある。つまり、災害に対応することが重要だと思っけていても、その状況をより詳細に、経験しているかのように想像できていないため、危機感が感じられず、備えを怠ってしまうのかもしれない。これについては、未来思考研究の現実場面への適用のためにも、今後更なる検討が必要である。

## 6.2 未来思考がその後の記憶に及ぼす影響 (実験 7)

これまでの研究では、未来思考をすることの利点が主に強調されてきた。例えば、未来思考をすることによって、実際その未来の状況に遭遇したとき、予定した行動を正確に実行できるようになるということや（展望記憶成績の向上：Chasteen et al., 2001; Neroni et al., 2014）、報酬の受け取りを遅延させればそれだけ大きな報酬がもらえるという遅延報酬選択課題において、将来的に報酬をもらった場合について未来思考をしておくことで、より遅延を許容できるようになるなどの現象が確認されている（Palombo, Keane, & Verfaellie, 2014; Peters & Büchel, 2010）。より現実的な状況を設定したものでは、目標（例えば、“痩せるために週 3 回ジムに通う”など）と関連付けた未来思考をすることによって、フードコートでの実際の食行動を抑制できたという実験結果も報告されている（Daniel, Stanton, & Epstein, 2013; O'Neill, Daniel, & Epstein, 2016）。これらはまさに、実際の行動を起こすことなく、想定可能な将来のシナリオを先行して経験出来ることによって得られるポジティブな効果である。しかしながら、適応的な仕組みは、その結果としてエラーを引き起こすことがある（Schacter, 2012）。実験 7 においては、実践的な状況として学習場面を想定し、未来思考が引き起こす記憶のエラーについて検討する。

多くの場合、学習の目標は、学習した事柄を後で正しく思い出すことにあるが、日常場面において学習した事柄を思い出すのは必ずしも学習直後というわけではない。例えば、学習の直後にテストが行われる場合もあれば、学習の数ヶ月後にテストが行われる場合もある。このような時間的距離の違いが、認知処理様式に影響することが知られている（Trope & Liberman, 2010）。それにも関わらず、時間的距離の認識と記憶の関係についてこれまでの研究ではほとんど注意が向けられてこなかった。

解釈水準理論によれば、時間的距離が近いイベント（つまり、低次解釈）に関しては具体的・項目特定の認知処理が行われやすく、時間的距離の遠いイベント（つまり、高次解釈）に関しては抽象的・項目関連な認知処理が行われやすいことが示されている（Smith & Trope, 2006; Trope & Liberman, 2010）。このような時間的距離の認識による認知処理様式の違いは符号化の際にも影響すると考えられるが、両者の関係について直接的な証拠は未だ得られていない。そこで、本研究では時間的距離の違いが記憶の符号化過程に及ぼす影響について、虚記憶の観点から検討する。虚記憶は、項目特定の処理によって減少し、関連性処理によって増加することが知られている（McCabe, Presmanes, Robertson, & Smith, 2004）。したがって、時間的距離の近いテストを想定した場合に比べて、遠いテストを想定した場合には虚記憶が増加することが予測される。また、その際のイメージの影

響についても検討する。将来実行すべき行為についてイメージをしておくと、その行為をより実行しやすくなることが知られている (Neroni et al., 2014)。したがって、学習場면을事前にイメージすることによって、項目特定の処理や関連付け処理が促進される可能性があるだろう。また、その際に重要性の認識が未来思考に影響する可能性が実験 6 でも示唆されている。そこで、イメージの有無と重要性の認識がテスト成績にどのように影響するのかについても探索的に検討する。

## 方法

### 参加者

大学生 161名 (イメージあり条件66名, イメージなし条件54名) が参加した。

### 刺激

先行研究 (高橋, 2002; 星野, 2002; 宮地・山, 2002; Kobayashi & Tanno, 2013) から、18リストを選定した。各リストは1語のCritical Lure (CL) 語と、CL語と関連するリスト語10語から構成された。リスト語はCL語に対する逆方向連合強度の上位10単語とした。18リストのうち、半数の9リストを学習リスト、残りの9リストを妨害リストとした。再認テスト用に、学習リストのCL語及びの既学習の3語 (逆方向連合強度順位の3, 5, 7位), 妨害リストのCL語の未学習の3語 (逆方向連合強度順位3, 5, 7位) から成る計72単語のテストセットを作成した。

### 手続き

実験は実験冊子を使って、認知科学の授業時に受講生を対象として集団で実施された。1クラス目はイメージ有り条件であり、冊子に書かれた指示によって、「学習の1分後に実施する」と指示される直後群と、「今学期最後の授業時 (約3ヶ月後) に実施する」と指示される学期末群の2群に無作為に分けられた。2クラス目はイメージ無し条件であり、1クラス目と同様に、無作為に直後群と学期末群にわけられた。したがって、冊子は、イメージ無し・直後テスト条件、イメージ無し・3ヶ月後テスト条件、イメージ有り・直後テスト条件、イメージ有り3ヶ月後テスト条件の4種類が用意された。いずれの条件の参加者もまず、実験の手順と単語学習課題の形式 (1単語1.5秒間呈示, 1リスト10単語, 全9リスト) について、冊子を通して指示された。イメージ有り条件の参加者は、単語学習場면을イメージした後、実際に単語学習を行い、その後1分間の干渉課題を行うと指示された。イメージ無し条件の参加者は、単語学習の後、干渉課題を行うと指示された。その後、各条件に応じたテスト

の時期 (約1分後／約3ヶ月後) が教示された。教示文を全員が読み終わったことを確認した後、イメージあり条件の参加者には、テストに向けてどのような学習を行うかということをも2分間イメージし、そのイメージを冊子の記入欄に記述するよう求めた。イメージ課題後、参加者は単語の学習に取り組んだ。単語は教室前方のスクリーンに1語ずつリスト毎に区切って呈示された。イメージ無し条件の参加者は、イメージ課題をせず、単語学習を行った。単語学習後、1分間の干渉課題を行った。干渉課題としては、0から9までの整数の列から3と8を出来るだけ多く削除するという、数字末梢課題が用いられた。次に、すべての参加者に対してこれから記憶テストを実施することを伝え、Remember/Know (R/K) 判断による再認テストに取り組むよう求めた。最後に、テストの重要性 (1 = まったく重要でない～7 = 非常に重要)、関連性処理方略 (「単語同士を関連付けたり、単語の意味などから連想したりしながら覚えようとしていましたか?」、1 = まったくそうしなかった～7 = 常にそうしていた) と項目特定性処理方略 (「2.3.1 単語を一つ一つ個別に覚えようとしていましたか?」、1 = まったくそうしなかった～7 = 常にそうしていた)、単語を覚えるよう努力したか (1 = まったく努力しなかった～7 = 非常に努力した) などに関する質問紙に回答を求めた。イメージなし条件は、学習場面のイメージ課題を除き、イメージあり条件と同様の手続きで行われた。

## 結果

最後まで課題を行っていなかった参加者、再認しなかった項目にも RK 判断をしているなど手続きに不備がある参加者、自分のデータは正確性に欠くため除外すべきと自己申告した参加者、合計 41 名を分析から除外した。最終的にイメージ無し条件 66 名、イメージ有り条件 54 名の合計 120 名が分析の対象となった。

虚記憶の発生率について検討するために、False Remember 反応率に対するイメージの有無と時間的距離の遠近の 2 要因参加者間分散分析を実施した。その結果、時間的距離の主効果が確認されたが ( $F(1, 116) = 3.974, p = .049$ )、イメージの主効果 ( $F(1, 116) = 3.134, p = .079$ )、両要因の交互作用は認められなかった ( $F(1, 116) = 0.009, p = .924$ ) (Figure 6-2)。正 Remember 反応率についても同様に分散分析を実施したところ、時間的距離の主効果が確認されたが ( $F(1, 116) = 4.523, p = .036$ )、イメージの主効果 ( $F(1, 116) = 0.223, p = .637$ )、両要因の交互作用は認められなかった ( $F(1, 116) = 0.055, p = .815$ ) (Figure 6-3)。

イメージの有無が学習時に採った方略に与えた影響について検討するため、イメージの有無による関連性処理方略の評定値の差について  $t$  検定を実施したところ、イメージ有り条件の方が有意に関連性処理方略をとっていたことが示された ( $t(118) = 3.077, p = .003$ )。

項目特定性処理方略の評定値の差についても  $t$  検定を実施したところ、イメージの有無による差は認められなかった ( $t(118) = 0.974, p = .332$ )。各項目の平均値は Table 6-2 に示す。

また、イメージの有無と重要性が虚記憶の生起とどのような関係にあるのかを検討するため、重要性の評定が欠損していた 1 名を除外した 119 名に対して、ステップ 1 として、False Remember 反応率を目的変数、イメージの有無と重要性を説明変数、ステップ 2 として交互作用項を投入する階層的重回帰分析を実施した。その結果、ステップ 1 におけるモデルの適合度が有意であった ( $R^2 = .051, p = .049$ )。このとき、イメージの有無 ( $\beta = .147, p = .112$ ) と重要性 ( $\beta = .151, p = .102$ ) の係数は非有意であった。ステップ 2 で交互作用項を投入した結果、モデルの適合度の上昇が有意傾向であった ( $\Delta R^2 = .27, p = .071$ )。このとき、重要性の係数 ( $\beta = -.198, p = .038$ ) と交互作用項が有意傾向であったため ( $\beta = .169, p = .071$ )、単純傾斜の検定を行った。その結果、テストの重要性が高いと認識していた場合、学習場面を事前にイメージをした参加者よりも、イメージしなかった参加者の方が False Remember 反応率が有意に低かった ( $t(115) = 2.430, p = .017$ )。それに対し、重要性が低いと認識していた場合には、イメージの有無による False Remember 反応率の差は認められなかった ( $t(115) = 0.253, p = .801$ ) (Figure 6-4)。

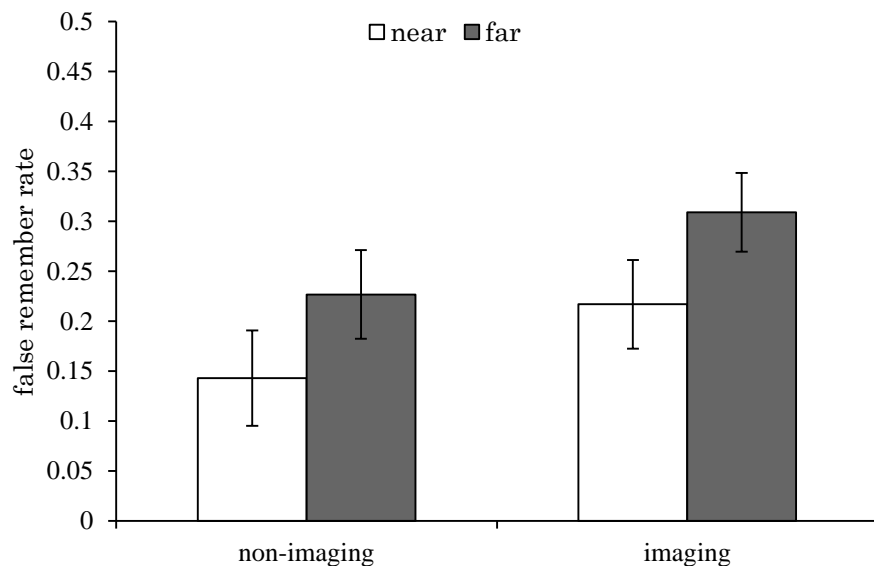


Figure 6-2. Mean false remember rate in imaging and distance condition. Error bars indicate standard errors.

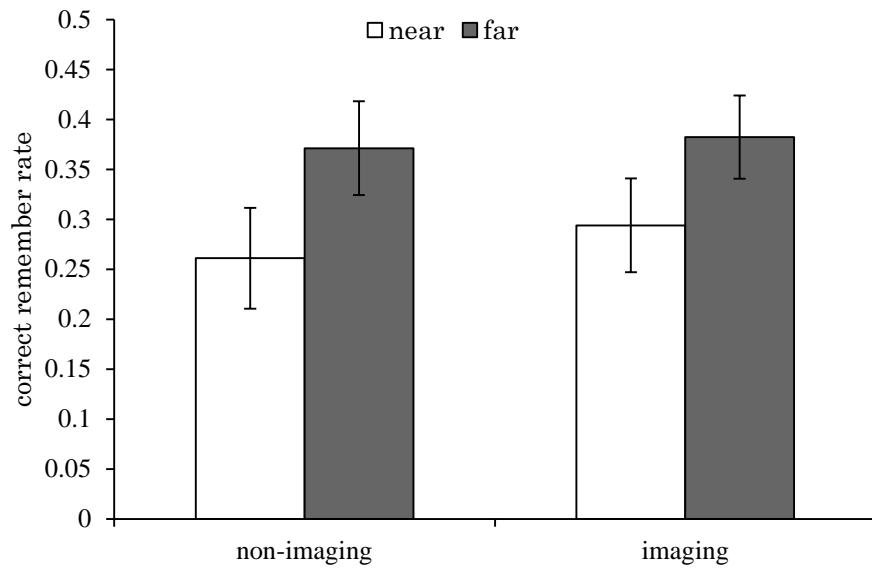


Figure 6-3. Mean correct remember rate in imaging and distance condition. Error bars indicate standard errors.

Table 6-2. Mean ratings and standard deviations for question items in experiment 7.

question items	non-imaging ( $N = 66$ )		imaging ( $N = 54$ )	
	$M$	$SD$	$M$	$SD$
relational	6.061	1.021	5.333	1.554
item-specific	2.697	1.478	2.981	1.721
importance	3.785	1.463	4.185	1.214
effort	5.277	1.068	5.000	1.064

1. There are missing values in both importance and effort in non-imaging condition. Thus, the means and standard deviations of importance and effort calculated from 65 participants.

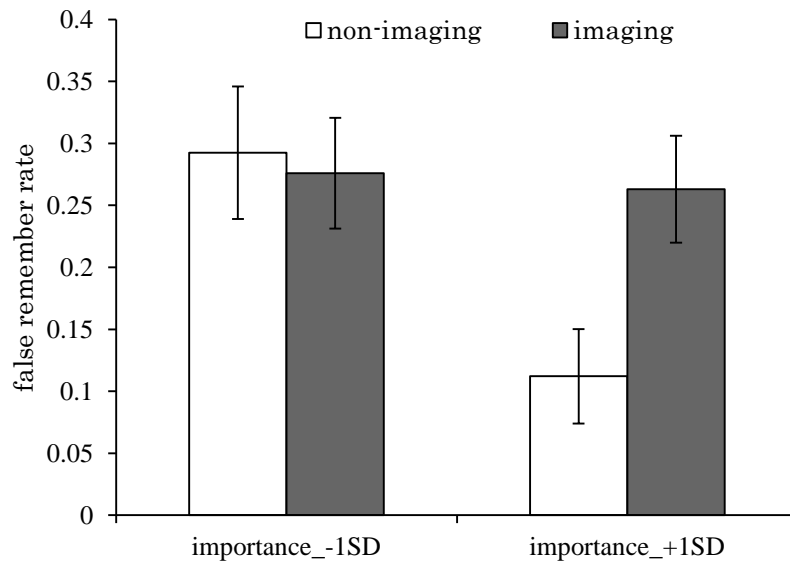


Figure 6-4. Simple slope test of false remember rate and importance in non-imaging and imaging condition.

## 考察

本研究では、時間的距離の認識の違いが記憶に及ぼす影響について、虚記憶の観点から検討を行なった。その結果、テストまでの時間的距離が遠いと認識していた場合、近いと認識していた場合よりも虚記憶が多く生じることが示された。また、イメージを行うことによって、関連性処理方略がより多く採られる様になることが明らかになった。それに対して、項目特定性処理方略についてはイメージの有無による違いはなかった。

虚記憶は、項目特定の処理によって減少し、関連性処理によって増加するという先行研究の知見 (McCabe et al., 2004) を踏まえると、イメージをすることによって関連性処理が促され、虚記憶が生じやすい状態になっている可能性が考えられるだろう。関連性処理方略の評定が欠損していた 1 名を除外した 119 名に対して、イメージの有無と False Remember 反応率の相関分析を行ったところ、正の相関が有意傾向であった ( $r = .165$ ,  $p = .071$ )。そこで、イメージの有無が、関連性処理方略を媒介して虚記憶の生起に関与している可能性について検証するため、事後的に媒介分析を実施した。その結果、有意傾向であったイメージから False Remember 反応率へパスが ( $\beta = .165$ ,  $t(118) = 1.820$ ,  $p = .071$ )、関連性処理方略の評定値を媒介変数として投入することで非有意となった ( $\beta = .111$ ,  $t(117) = 1.194$ ,  $p = .235$ )。そのとき、イメージから関連性処理方略 ( $\beta = .273$ ,  $t(117) =$

3.103,  $p = .002$ ), 関連性処理方略から False Remember 反応率 ( $\beta = .199$ ,  $t(117) = 2.140$ ,  $p = .034$ ) への影響はいずれも有意であった。媒介分析のパス図を Figure 6-5 に示す。ブートストラップ法による関節効果の検定を行った結果、媒介関係は有意傾向であることが示された ( $Z = 1.915$ ,  $p = .055$ )。したがって、イメージは関連性処理を促すことで、虚記憶を増加させる可能性が示唆された。もちろん、本研究における媒介分析結果は予備的な分析であり、間接効果も傾向差であったことから、イメージをすることによるデメリットがあることを強調出来るものではない。加えて、本研究における関連性処理方略や項目特定性処理方略の評定は、あくまで回想的な主観判断であり、正確に処理方略を測定出来ているとは言い難い。イメージがときにエラーを生じさせる可能性については、今後、より客観的な指標を用いた検討が求められる。

さらに、イメージの有無と重要性の False Remember 反応率に対する影響については、テストが重要だと感じている場合には、イメージをすることで False Remember 反応率が高くなってしまうことが示された。これもまた、未来思考によって生じるエラーであると考えられる。このような結果が生じた理由としては、重要性の認識によって本来は関連付け処理が抑えられるところ、イメージをすることによって関連付け処理をし易い心的状態になっていたという可能性が考えられるだろう。実際、解釈水準理論研究では、未来の状況について時間的距離の異なるイメージを行わせることによって解釈水準の操作が頻繁に行われる(レビューとして, Trope & Liberman, 2003, 2010; Trope, Liberman, & Wakslak, 2007)。したがって、本実験においても、イメージによって高次解釈と結びついた心的状態が作り出されていたという可能性は十分に考えられるだろう。このようなイメージの影響は、本実験の課題において、虚記憶を多く生じさせてしまった。しかし、虚記憶は構築的記憶システムという、適応的な認知機能の結果として生じるものと考えられている (Schacter, 2012)。そして、より多くのものごとを関連付けて捉えるという処理は、未来思考の際に、より多くの情報を柔軟に取り入れることを可能にするだろう。すなわち、未来思考の適応的な側面を反映した結果と言えるだろう。

本実験は、虚記憶という観点から、未来思考が学習状況においてネガティブな影響を持ち得る可能性を示した。従来、ポジティブな効果が強調されてきた未来思考において、このような知見は新たな視座を与えるものになるだろう。つまり、ただ詳細にイメージを構築するのではなく、どのように未来思考をすれば、ネガティブな効果を抑え、ポジティブな効果を得ることができるのか、という研究へと今後展開していく必要がある。また、テストまでの時間的距離の認識を変える教示のみで、記憶の処理に変化が生じることを示した本実験の結果は、記憶の理論的示唆はもちろん、教育場面对しても重要な示唆を与える



ものであると考えられる。例えば，期末試験に向けた学習という認識ではなく，学習後すぐに行う小テストに向けた学習であるという認識で学習を行った場合の方が，虚記憶を抑制出来る可能性があるだろう。このように，本研究の知見は，実際の教育場面への応用可能性の高いものであると言える。

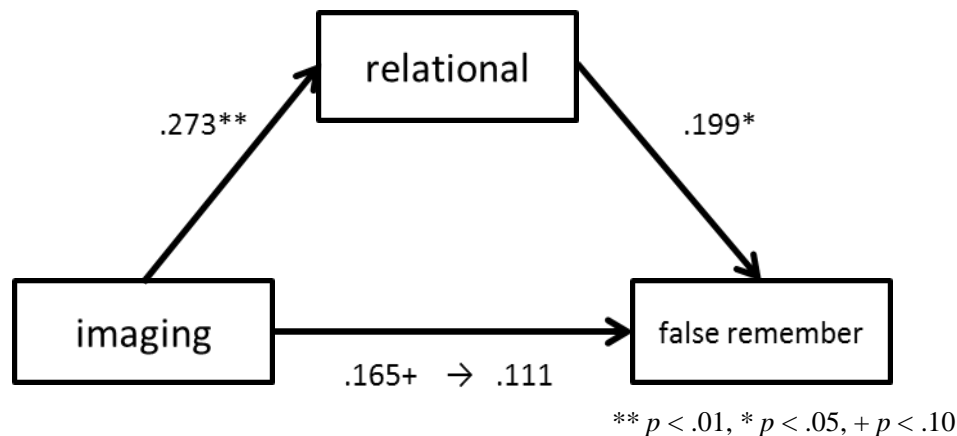


Figure 6-5. Mediation Analysis about false remember rate, relational processing, and imaging condition.

## 6.1 第6章まとめ

本章では，より現実的な状況における未来思考の影響についての知見を得た。実験6では，実際の期末試験のことをイメージさせる課題を実施した。結果として，実験6では，主観的な時間的距離が近いと感じている事象に関しては，目標に対する個人的重要性の認識が，構築されるイメージの詳細さに影響するものの，主観的な時間的距離が遠いと感じている事象に関しては，重要性の認識によって構築されるイメージの詳細さに変化は見られないことが確認された。実験7では記憶テストを想定し，学習場面をイメージさせる実験を実施した。結果として，時間的距離の認識が記憶の処理に影響を与えることを示した。また，事後的分析によって，将来の学習場面についてイメージをすることで，関連性処理方略が促進され，虚記憶が増加する可能性が示唆された。加えて，学習場面をイメージした場合には，重要性の認識と虚記憶の相関が見られなくなるという結果から，重要だと認

識していても未来思考をすることで虚記憶が生じてしまう可能性が示された。これらは、未来思考をすることによるデメリットの存在を示唆している。

これらの知見は、未来思考研究の応用的な展開に欠かせない視点を提供している。まず、重要な遠い将来の出来事について、どのようにすれば具体的に考えられるようになるのかを検討することで、個人が行う災害対策や防災意識を向上させるといった展開が可能になるだろう。また、学習場面のイメージをすることで関連性処理方略が促進されたという結果から、未来思考がポジティブに作用する認知課題やネガティブに作用する認知課題が存在すると考えられる。例えば、より拡散的思考が要求される問題解決や創造性課題などであれば、未来思考がポジティブな影響を与えることが予測出来るだろう。このように、本研究の知見は、未来思考研究の幅広い展開の可能性を提供するものである。

## 第7章 総合考察

本論では、エピソード的未来思考によるイメージ構築において、エピソード記憶、意味記憶がどのように貢献しているのかを検討し、またそれらの記憶情報を利用する背景に自発的に必要な記憶情報を活性化させる仕組み存在する可能性を示した。さらに第6章では、未来思考研究のより実践的な展開を想定した研究を行った。第7章では、ここまでの本論の知見を総括し、より包括的な議論を展開する。最後に、本論における限界と、エピソード的未来思考におけるイメージ構築メカニズムの更なる解明に向けた今後の展望について議論する。

### 7.1 本論で得られた知見のまとめ

#### 7.1.1 エピソード記憶システムにおける中央実行系の貢献

第3章では、構築的エピソードシミュレーション仮説に基づき、未来思考におけるイメージ構築プロセスについて理論的精緻化を試みた。まず、実験1,2において、時間的に近い距離概念と詳細なエピソード記憶の想起、構築されるイメージの詳細さが連動して変化することを確認し、詳細さの潜在的指標を開発した。また、実験2の結果は、イメージ構築が曖昧な状態であって、その前段階である過去の記憶情報の検索は充分に行われていることを示すものであった。すなわち、詳細なイメージ構築にとって、統合の処理がより重要であることを示す結果である。そして実験3では、未来思考中の参加者に二重課題を行わせることで、中央実行系への負荷の程度を操作する実験を行った。その際、エピソード記憶検索過程を終えた後に、課題を行わせることで、統合処理により選択的な負荷を与えた。そして、実験1,2で開発した潜在指標を用いて、構築されたイメージの詳細さを測定し、情報を統合する過程における中央実行系の重要性について検討した。結果として、中央実行系への負荷が高い場合には、統合処理が充分に行えず、詳細なイメージ構築ができなくなるということが確認された。このことから、構築的エピソードシミュレーション仮説でいうところの統合過程が、イメージの詳細さを規定する重要な処理であることが示された。

このような、未来思考における中央実行系の貢献は、アイデアとしては先行研究においても指摘されていた (Addis et al., 2009; Suddendorf & Corballis, 2007)。また、実験的として行われていたのは、個別に測定された未来思考能力と作業記憶容量の回帰分析による検討であった (Hill & Emery, 2013)。それに対して、本論の第3章で行なった研究は、未来思

考中に、中央実行系への負荷をかけることで、未来思考における中央実行系の役割を直接的に検証するものであった。したがって、本研究によって、中央実行系の働きが未来思考という認知機能の特に統合過程を支えているという、因果関係が実証されたと言えるものであり、未来思考の背景プロセスに対する理論的貢献と言える。

### 7.1.2 意味記憶システムの貢献

未来思考における意味記憶システムの役割については、第4章において、PDPモデルを用いることで、その背景メカニズムを明らかにした。その際、Rumelhart (1986) のメンタルシミュレーションに対する洞察にしたがって、未来思考のモデルを作成した。すなわち、生成されたイベント出力を、次のイベント入力としてモデルに与えることを繰り返すことによって、内的な予測の自己生成を連続して行わせるという方法である。これは、人間の認知活動においては、自らの予測を元に次の出来事を予測するということと同じである。例えば、朝起きたらまず布団から出ることを予測し、布団から出たならば、洗面所に向かい、洗面所に着いたなら顔を洗い…、というように。これが、未来思考という認知機能の一側面を捉えているものと想定し、未来思考のシミュレーションを行なった。

モデルはまず、イベント系列予測課題のトレーニングを行った。その課題を通して、モデルは様々な知識表象（すなわち、エピソード記憶、意味記憶、文脈のスキーマ）を獲得した。系列予測能力とそれらの知識表象を獲得したモデルは、自ら生成した予測に基づいて、その次のイベントを予測するという“イベント系列予測の自己生成”を繰り返し行うことによって、未来のイベント系列の生成（すなわちエピソード的未来思考のシミュレーション）が可能となった。このようなモデルのネットワークに対してノイズを与え、模擬的に意味認知症状態のモデルを作成し、イベント系列予測の自己生成を実行させた。その結果、実際の意味認知症患者のエピソード的未来思考と一致するモデルの振る舞い（文脈の逸脱）が確認された。その際のモデルの内部表象の変化を解析することで、意味記憶によって未来思考中の文脈情報が維持されていることを明らかにした。より具体的には、意味記憶の障害をモデルで再現することによって、自己生成したイベントの隠れ層での表象が崩れ、他の文脈で生成されたイベントとの区別がつきにくくなっていたために、単一の文脈に留まりながらイメージを生成することが困難になっていたという、現象の背景が確認された。すなわち、未来思考における意味記憶役割とは、イメージしている事象がどのような文脈に属するのかを適切に表象することを可能にし、次に生じると事象をより尤もらしく予測することを可能にする、というものと言える。第4章の研究は、未来思考の精緻化段階、すなわち先行研究の流れとして、エピソード記憶システムがより重視されてき

た部分において、意味記憶システムがどのような役割を担っているのかを明らかにしたものである。

先行研究においては、意味記憶の働きを、本研究のように具体的に説明したものはなかった。例えば、未来思考における意味記憶の働きに言及した行動研究では、“枠組みを提供する”などのように、抽象的にしか説明されていなかった (D'Argembeau & Demblon, 2012)。意味認知症患者を対象とした未来思考研究では、現象の報告に留まっており、未来思考中に文脈の逸脱といった意味認知症患者の未来思考において観察される現象が、どのような背景プロセスによって生じているのかを実証出来ているわけではなかった (Irish et al., 2012a, 2012b)。それに対して、本研究では、未来思考における意味記憶の働きを計算論的に明示することが出来たと言える。Schacter (2008) は、構築的エピソードシミュレーション仮説において意味記憶に関する議論が欠けていることを指摘し、そのために仮説が不完全なものであると述べている。その後、Szpunar (2010) は、意味記憶情報がエピソード記憶情報とともに未来思考に利用されることでイメージが構成されていると主張しているが、それはあくまで意味記憶“情報”であって、意味記憶“システム”がどのように未来思考に貢献しているのか、という問題について議論できていなかった。本研究は、意味記憶システムが文脈の維持を支えるという、機能を明らかにしたものであり、未来思考に対する意味記憶の役割とは何かという問題に対する一つの回答を提供するものである。

### 7.1.3 自発的想起機能の貢献

第5章では、未来思考における検索の下位過程として、展望記憶課題遂行時と同様の認知処理が行われている可能性を提案した。すなわち、自発的な情報の活性化という認知処理が、エピソード的未来思考時に生じているということである。このことを検証するため、実験実施者側から、実験参加者に事前に予定を与え、その予定の事象が生じる直前の事象をイメージさせた（予定として与えられた事象そのものはイメージしていない）。そして、その直後に、予定関連情報の概念活性の程度を測定した。結果として、予定関連情報のイメージは、課題として要求されておらず、実際にイメージもしていなかったにも関わらず、予定関連情報の活性化が確認された。したがって、予定関連情報を検索しようという意図無くして、情報の活性化が生じていたということである。これは、次にイメージの中で展開される事象に関連した情報をスムーズな利用を可能にする認知処理であり、意図的な検索の前処理であると考えられる。すなわち、未来思考における自発的想起機能の役割とは、イメージの中でエピソードを展開していくに当たって、イメージすべき事象が予め決ま

っている（予定が決まっている）場合に、関連した情報を逐次活性化させ、適切に予定を考慮したイメージを可能にするということであると考えられる。

先行研究では、エピソード的未来思考によってイメージを構築する際に、どのようにして記憶情報が検索され、イメージに反映させる情報が取捨選択されいるのかなどといった、検索や統合の背景に存在する認知過程についての検討が不十分であった。意図的な検索を行う前に自発的にイメージに必要な記憶情報が活性化してくるという仕組みは、展望記憶課題遂行の際に見られるものである。この発見から、未来思考という認知活動が、展望記憶の仕組みを援用することで、より詳細（specific）で実現可能性の高い未来思考が可能になっていると考えられるだろう。

また、未来思考における自発的想起プロセスを新たに想定することによって、これまで説明されていなかった現象についての説明も可能となるだろう。D'Argembeau & Math (2011) は、未来思考によって構築されるイメージが、意味的・一般的な内容から徐々に詳細な（specific）内容へと変化していくと主張しているが、その一方で、初期段階から詳細な情報に言及しながらイメージがなされる場合もあることが示されている。すなわち、例外的なパターンの存在である。ここで、自発的想起という処理を想定すると、この例外的パターンについても説明が可能となる。すなわち、時間的な手がかりによって、予定関連情報が自発的に活性化し、イメージ構築の際の利用可能性が高まるため、イメージ構築初期から詳細な情報を利用するという現象が起こり得るという説明である。展望記憶は、時間やイベントを手がかりとして、タイミング良く自発的に実行すべき行動の存在、及び行動の内容を想起するというものであるため、展望記憶課題遂行に必要な情報は、時間やイベントといった情報とともに体制化されていると考えられる。実際、時間情報やイベントに関連した情報が自発的想起の手がかりとなるのである（レビューとして、梅田 & 小谷津, 1998）。このことを踏まえて、未来思考の手がかりとして“来週 – レストラン”などの手がかりが与えられた場合のことを考えてみよう。もし、手がかりと一致する予定がなかったならば、通常通り一般的な知識からイメージを構築しようとするだろう。例えば、“レストランといえば、前から気になっていた店がある（個人的な意味知識）ので、来週末に行く（イメージの概要）ようにしよう”というようなイメージの仕方である。それに対して、“来週水曜の夜は恋人とレストランに行く予定がある”というような、手がかりに一致する予定が存在した場合はどうだろうか。おそらく、“来週の水曜の仕事終わりに、駅の改札で恋人と待ち合わせをして…”というように、日時や登場人物が特定されるような詳細な（specific）情報を初期段階から利用したイメージが構築されるという、例外的パターンでのイメージ構築が起こり得るだろう。つまり、時間情報などの手がかりによって、予

定に関連した情報が自発的に活性化し、イメージ構築の際に利用されやすくなることによって、初期段階から詳細 (specific) なイメージが構築されるというアイデアである。このアイデアに関しては、更なる検討が必要であるが、もしこれが正しければ、未来思考における自発的想起機能は、詳細 (specific) な情報へのアクセスのしやすさに貢献していると言えるだろう。

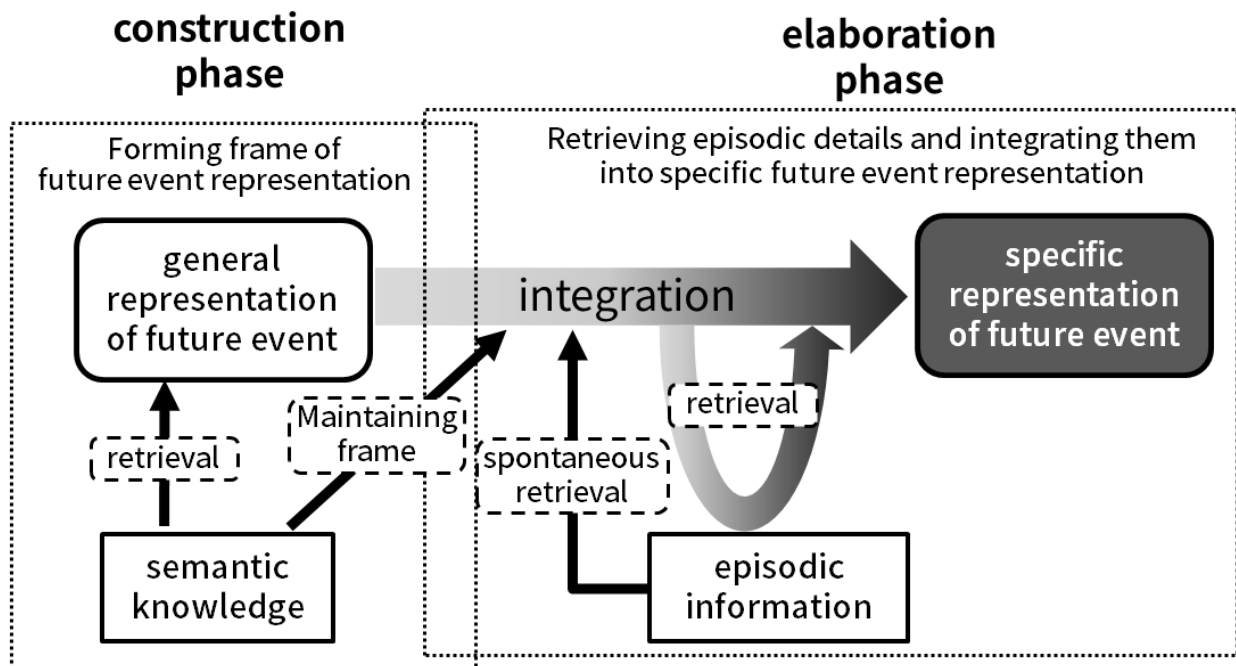


Figure 7-1. The revised model of possible process of constructing specific future event representation.

#### 7.1.4 未来思考プロセスのまとめ

上述のように、本論では、エピソード記憶に蓄えられた情報を柔軟に検索し、統合することで未来思考が可能になっているとする仮説、すなわち構築的エピソードシミュレーション仮説をもとに、未来思考によるイメージ構築プロセスの理論的精緻化を図ってきた。先行研究の知見、及び本研究で得られた知見をまとめると、未来思考が以下のようなプロセスによって行われていると言える (Figure 7-1)。まず、イメージの概要を定める構築段階において (Addis et al., 2007; Conway, Pleydell-Pearce, Whitecross, & Sharpe, 2003; Weiler, Suchan, & Daum, 2010), 意味的知識 (一般的知識や個人的な未来に関する知識を含む) を用

いて未来の事象の大まかなイメージが形成され (D'Argembeau & Mathy, 2011; D'Argembeau & Demblon, 2012), そこに, エピソード記憶情報を統合することで, 詳細な未来事象のイメージが形成される (Addis et al., 2007; Schacter et al., 2008)。

検索過程においては, イメージに必要な情報の戦略的な検索 (strategic retrieval: Weiler, Suchan, Koch, Schwarz, & Daum, 2011) や, プライミングのような潜在的な影響が存在することが先行研究から分かっていた (Szpunar, 2010)。本論の第 5 章では, そのような先行研究の知見に加え, イメージ構築に必要な情報を自発的に活性化させる処理が行われている可能性を示した。このような自発的な処理は, 展望記憶課題遂行時にも確認されるもので (例えば, Schult & Steffens, 2013), 適切なタイミングで必要な記憶情報の想起を可能にしてくれる。そのような機能が, 未来思考においては, “将来経験し得る” 未来の状況のイメージ構築を補助していると考えられる。すなわち, 未来思考中に自発的な記憶情報の活性化が生じることによって, 過去に定まった将来の予定に関連する情報が適切なタイミングで活性化し, イメージの内容に反映されるということである。もし, 自発的な記憶情報の活性化がなければ, 未来思考に予定を適切に反映出来ないという事態が起こるだろう。そうなれば, 起こり得ない未来の状況, あるいは予定されたことを実行し忘れた未来の状況のイメージとなり, 不適切な未来思考となってしまうだろう。したがって, 自発的な記憶情報の活性化は, 未来思考における検索過程に欠かせない処理と言える。

また, 統合処理においては, 中央実行系の働きが重要であり, 統合処理に十分な処理資源を配分することで, より詳細な未来事象のイメージ構築が可能になっていることを第 3 章で実証した。さらに, 意味記憶は, イメージ構築の初期段階で, イメージの枠組みを提供する (D'Argembeau & Mathy, 2011; D'Argembeau & Demblon, 2012) というだけでなく, イメージを精緻化していく段階においても, 的確なイメージ表象の形成を可能にすることによって, 枠組みの維持という役割を担っていることを第 4 章で明らかにした。このように, 本論では, 未来思考によるイメージ構築のプロセスの理解をより精緻なものとした。

#### 7.1.5 現実場面における未来思考

第 5 章までは, 未来思考プロセスについての理論的貢献を主とした研究であり, 未来思考がどのように実世界で役立ち得るのか, といった応用的な側面について直接言及できるものではなかった。そこで, 第 6 章においては, 現実場面を想定した 2 つの実験を実施し, 応用的展開への示唆を得た。



実験 6 では期末試験を受ける場面イメージさせ、その詳細さと主観的な時間的距離、及びテストという目標に対する重要性の認識との関連について検証した。その結果、時間的に近いと思っている場合には、重要だと思っているほど詳細に考えることが示された。その一方で、時間的に遠いと主観的に感じている場合には、重要だと思っていなくても、イメージの詳細さに違いは生じないということが明らかになった。この結果は、差し迫った状況でないと、しっかりとしたシミュレーションは行わないという態度を反映したものであり、いわゆる認知的節約の一つと考えられる。このような特徴は、非常に適応的であると考えられるが、その一方で、ヒューマンエラーなどの原因とも繋がり得る。例えば、意図して行った行為が、望まない結果を生じさせるようなヒューマンエラーは、ミステイクと呼ばれるが、それはプランニングの失敗、すなわち見通しの甘さによって生じるものである (Reason, 1990)。もし、時間的に遠いけれども重要なものについて、詳細なイメージができていなければ、重大な事態にも繋がる。近年の日本では、大地震が数十年以内には来ると言われている。しかし、備えとして防災グッズを用意してあるという人は多く居るかもしれないが、それらの道具を速やかに取り出して、状況に対応するところまで具体的にイメージしている人は少ないだろう。そして、実際に災害にみまわれたとき、棚の倒壊などで防災グッズが取り出せなかったとしたら、それはまさしくプランニングの失敗によるヒューマンエラー (ミステイク) である。このようなヒューマンエラーを避けるためにも、たとえ時間的に遠い事象や、いつ生じるか不確定な事象についても、必要であれば、より詳細に未来思考を行っておくことが必要である。実験 6 の結果は、今後現実的場面で未来思考を生かす方法を考案するために、時間的距離感と重要性の認知という観点からのアプローチが必要であることを示している。

実験 7 では、学習時からテストまでの時間的距離によって虚記憶が増加することを示した。そして、未来思考をすることによって関連性処理が促進され、虚記憶が増える可能性を示した。この実験で使用された DRM 課題は、そもそも関連性処理をすることで虚記憶が増加することが知られており (McCabe et al., 2004)、未来思考による虚記憶の増加という現象は、この課題だからこそ観測されたものであろう。そのため、この一つの現象を取り上げて、未来思考そのものをネガティブなものとして扱う必要は無い。実際、虚記憶をはじめとする記憶の歪みは、未来思考を可能とするような、適応的記憶システムによって生じてしまうエラーであると捉えられている (Schacter, 2012)。しかしながら、実験 7 において虚記憶が生じてしまったことも事実である。安易な未来思考がときにネガティブな現象を引き起こす可能性があるということを示している。したがって、教育場面などへの応用を考える際には、未来思考によって促進される処理様式 (たとえば、関連付け処理) と

課題との相性を意識しておく必要があるだろう。第 6 章で得られたこれらの知見は、現実場面において未来思考を行う際に、どのような点に注意する必要があるのかを示すものである。

## 7.2 本論の意義

本章のここまででは、本論によって得られた知見をまとめてきた。本節では、それらの知見にどのような意義があるのかを整理する。

### 7.2.1 未来思考研究への理論的・方法論的貢献

第 3 章で扱った、未来思考における中央実行系の関与は、先行研究でも指摘されていたことであった (Addis et al., 2009)。しかしながら、中央実行系と未来思考能力に関する先行研究は、未来思考能力の評価に主観的な指標を用いており、その主観的指標とワーキングメモリ容量との相関、及び回帰分析によって関連性を検証したものであった (Hill & Emery, 2013)。それに対して、本論では二重課題によって中央実行系への負荷量を操作することで、未来思考における中央実行系の役割を検証したものである。つまり、実験 3 は、中央実行系の働きと統合処理との相関関係ではなく、直接的な因果関係を検討し、それを実証することができた。この点は理論的貢献と言える。二重課題下で生成されたイメージ表象の詳細さについての検証を可能にしたのは、反応時間を詳細さの潜在指標とする方法である。これまでの未来思考研究では、詳細さの指標をイメージ後の主観評定に頼っていた (Berntsen & Bohn, 2010; D'Argembeau & Van der Linden, 2004, 2006, 2012)。その場合、正確な評定値を得るには、イメージ内容を符号化・保持しておく必要があるが (Addis & Schacter, 2011)、二重課題下ではそれらの処理が困難であるため (Borst, Niven, & Logie, 2012)、評定値は信頼性に欠けるものになってしまう。反応時間を用いることで、このような問題を解消した第 3 章の実験は、未来思考研究における新たな実験手法を提案するものであり、方法論的な貢献も果たしている。

第 4 章で行なった、並列分散処理モデルによる未来思考メカニズムの検証も、未来思考研究では初めて導入された手法であり、Rumelhart (1986) の洞察 (メンタルシミュレーションは、系列予測の自己生成と捉えることができるというアイデア) を実際にシミュレートできたという点で、方法論的貢献は大きい。今後、本論で構築した PDP モデルを元にして、未来思考の多様な側面がシミュレートされ、発展することも考えられるだろう。また、第 4 章で得られた“意味記憶が文脈を維持する働きを担っている”という知見は、

未来思考の初期段階だけでなく、イメージを精緻化していく段階においても意味記憶が貢献していることを示している。これは、構築的エピソードシミュレーション仮説に欠けていた議論である (Schacter et al., 2008)。なぜなら、この仮説は、エピソード記憶にみられる構築的な記憶システムを使って、“エピソード記憶に蓄えられた情報を検索、統合することで未来事象のイメージを構築する” というものであり、その主眼をエピソード記憶システムに置いたものであった。実際、Schacter et al. (2008) は、この仮説が、意味記憶の未来思考への寄与について言及していないがために、不完全なものであることを認めている。そして、その議論の中で次のようなことを述べている。すなわち、意味記憶が未来事象の一般的な特性を提供するものであり、既知の事象の特性に沿ったイメージ構築を支えているだろうということである。そして、エピソード記憶と意味記憶の未来思考への寄与を直接比較するような実験が必要であると主張している。本論第 4 章の研究は、まさに意味記憶の寄与を直接検討するものであり、意味記憶の働きによってイメージされる未来事象を適切に表象することで、文脈の逸脱が防がれていることを明らかにした。これは、“意味記憶が既知の事象の特性に沿ったイメージ構築を支えている” という Schacter et al. (2008) のアイデアを、より具体的なかたちで実証したと言えるだろう。したがって、本論は、構築的エピソードシミュレーション仮説の完成度を高めたものであり、その理論的貢献は大きい。

これらに加えて、第 5 章では、未来思考において、展望記憶課題遂行時と同様の自発的想起という認知処理が行われている可能性を示した。未来思考をしている際には、展望記憶課題の遂行にとって重要な脳部位である、BA 10 の活動が見られることは、多くの先行研究でも確認されていた (Addis et al., 2007; Okuda et al., 2003; Szpunar et al., 2007)。加えて、未来思考能力と展望記憶成績との間に、関連があることも知られている (Chasteen et al., 2001; Neroni et al., 2014; Nigro, Brandimonte, Cicogna, & Cosenza, 2014; Terrett, Rose, & Henry, 2015)。しかしながら、それらの先行経験では、未来思考中の BA 10 の活動を、単純に未来に関連した処理を反映したものとしか捉えておらず、未来思考中の BA 10 の活動が、自発的想起という具体的な処理を反映したものであるという発想は無かった。その理由は、未来思考と展望記憶との関係は、行動実験におけるパフォーマンスの相関 (Nigro et al., 2014; Terrett et al., 2015)、或いは、未来思考が展望記憶成績を向上させるもの (未来思考の応用的な使い方: Chasteen et al., 2001; Neroni et al., 2014) として捉えられてきたからであろう。つまり、未来思考中に展望記憶と同様の認知処理が行われているという行動研究の知見や発想が無かったことが、未来思考における BA 10 の機能について具体的な考察がなされていなかった一つの原因であると思われる。

本論第 5 章の研究は、このように先行研究が見落としてきた点に対して、光を当てるものであり、神経科学的知見についても、これまでよりも踏み込んだ議論を可能にするものである。

展望記憶と同様の認知処理が未来思考時にも行われている発想は、展望記憶研究から得られた知見を、未来思考研究に適用することを可能にするだろう。展望記憶研究では主として、事象ベースの課題（特定の事象が生じたら、予め決められた行為を実行する）と時間ベースの課題（特定の時刻がきたら、あるいは特定の時間が経過したら、予め決められた行為を実行する）という 2 種類の展望記憶事態が想定されている。そして、事象ベースの課題は加齢によって成績が低下しないが、時間ベースの課題は加齢によって成績が低下することが知られている（Einstein McDaniel Richardson, Guynn, & Confer, 1995）。このような現象の一因として、加齢による時間知覚能力の低下が指摘されている（Craik & Hei, 1994）。未来思考の典型的な実験では、“明日の出来事”のように、時間情報と何らかの名詞が、イメージ構築の手がかりとして用いられている。これは、時間ベースの実験事態とも捉えられるだろう。すると、高齢者にとっては、自発的想起が生じにくい事態であるかも知れない。したがって、加齢に伴う未来思考能力の低下にも、時間知覚能力とそれに伴う自発的想起機能の低下が関与している可能性が想定される。このように、本論が未来思考における自発的想起という処理を提案することで、展望記憶研究で蓄積された知見を未来思考研究に対して適用し、新たな仮説が生成されることが期待される。

本論は、エピソード記憶と意味記憶という複数の記憶システム、及び記憶に関わる認知処理（つまりは、自発的想起）という観点から、未来思考によるイメージ構築のメカニズムを複合的に捉えることで、理論的にも大きく貢献していると言える。

### 7.2.2 関連領域への示唆

本論で得られた知見は、関連領域にどのような示唆を与えるだろうか。まず、未来思考と関連の深い研究領域として、マインドワンダリング（MW; Mind Wandering）研究が挙げられるだろう。マインドワンダリングとは、現在取り組んでいる課題とは無関連に生じる思考である。そして、その思考内容には将来の事象に関するものが多いことが知られている。本論で得られた知見は、そのようなマインドワンダリングのプロセスについても示唆を与えるものであろう。マインドワンダリングの先行研究では、その生起頻度とワーキングメモリ（WM; Working Memory）容量が関与していることが指摘されている。しかし、WM 容量の多い方が認知的処理の余裕があるため MW が生じやすいと主張する研究と（Levinson, Smallwood, & Davidson, 2012）、WM 容量が少ないと注意の制御が上手くでき

ないため MW が生じやすいと主張する研究が存在する(Kane et al., 2007)。本論で示したような、将来の事象に関わる情報の自発的活性化を考慮すれば、そのような主張の違いを説明出来るかも知れない。たとえば、自発的活性化が生じやすいような未来の事象（次の展開が予測し易い日常のルーティーン）についての思考であれば、WM の容量をほとんど必要としないだろう。それに対して、スペシフィックな事象についての思考であれば、注意資源を割いて、情報を統合するような処理が要求されるだろう。すなわち、思考の特徴によって WM も必要量が異なってくることが予測できる。したがって、マインドワンダリングと WM 容量との関連について検討するためには、マインドワンダリングによって生じる未来思考の特徴に着目することで、より正確な理論の確立が可能となるだろう。

また、マインドワンダリングという現象は、授業中や勉強中といった学習場面(Lindquist & McLean, 2011; Risko, Anderson, Sarwal, Engelhardt, & Kingstone, 2012)や運転をしているとき(He, Becic, Lee, & McCarley, 2011)など、日常における様々な状況で生じていることが知られている(レビューとして、関口他 2014)。したがって、マインドワンダリングという現象の理解を深めることができれば、そのような日常場面における人間の心的活動の理解も深まると言えるだろう。

### 7.2.3 未来思考研究の応用可能性

未来思考もまた、人間の日常的な認知活動の一つである。したがって、その応用可能性は様々である。本論で扱ったのは、期末試験や記憶テストといった、概念の学習に関わる課題・目標であった。この他、展望記憶成績の向上にエピソード的未来思考が寄与するという先行研究は既に行われている。また、スポーツなどのスキルの獲得を必要とする分野では、イメージトレーニングという手法が採用されている(例えば、Hird, Landers, Thomas, & Horan, 1991)。そのような領域と未来思考は、メンタルシミュレーションという枠組みを共有するものである。したがって、未来思考研究で得られた知見の適用も可能であろう。

さらには、認知症患者に対する治療方への応用も期待されるだろう。既存の認知症治療法の一つとして、回想法が用いられることがあるが、その目的の一つは記憶を含む認知機能の改善である。すなわち、記憶の再構築的処理の練習を行うことで、認知機能の改善が期待されていると言える。未来思考における構築的処理は過去のエピソード記憶想起よりも認知的負荷が高いと考えられる(Addis et al., 2010; Addis et al., 2009)。加えて、Addis et al. (2009)が行っているように、統合する情報の数やイメージする事象の時間的距離を操作することで、認知的負荷の調整も可能である。したがって、回想法に代わる、より患者に合わせたコントロールが可能な治療法として、エピソード的未来思考の応用が可能か

もしれない。Levine et al. (2002) は、高齢者を対象とした、エピソード記憶想起の実験において、参加者が未来の事象をイメージしている最中に、実験者がマニュアルにそってスペシフィックな情報について聞き出す (スペシフィックプローブ; specific probe) ことで、具体的な想起を促すことができると報告している。エピソード記憶想起と未来思考が、共通した記憶システムや神経基盤を持っているということからも (Addis et al., 2007; Schacter et al., 2007, 2008; Szpunar, 2010; Szpunar & McDermott, 2009), 未来思考においても、同様の手法によって詳細 (specific) なイメージ構築を促すことが出来ると期待される。先述の認知的負荷の操作とスペシフィックプローブを組み合わせることによって、未来思考能力低下、及び関連する認知機能低下の予防プログラムの開発にも繋がる可能性があるだろう。

スペシフィックプローブを与えるという方法は、防災にも有効である可能性がある。本論の実験 6 では、時間的距離が近いと感じている場合、イメージする対象が主観的に重要であるほど詳細なイメージをするようになるが、時間的距離が遠いと感じている場合には、対象の主観的重要さによってイメージの詳細さは変化しないことが明らかになった。すなわち、まだ差し迫っていない事象については、詳細にイメージ出来ない (あるいは、イメージしない) ということである。そのような未来思考の特徴は、見通しの甘さによるヒューマンエラーを引き起こし得るだろう。特に、時期が確定しない地震などの突発的な災害や犯罪・事故に巻き込まれるような事態については、時間的距離感がいつになっても縮まらず、具体的に災害に対処する場面をイメージ出来ないと予測される。そうすると、防災や防犯のための備えを怠り、いざというときに上手く対処出来なかったり、防げたはずの事態に巻き込まれたりする可能性は高くなる。このようなヒューマンエラーを避けるためにも、たとえ時間的に遠い事象や、いつ生じるか不確定な事象についても、必要であれば、より詳細に未来思考を行うことは重要であろう。そこで、防災や防犯、いざというときの対応などをイメージする際に、スペシフィックプローブを使うことで、詳細なイメージを促すことが可能になると思われる。

当然ながら、これらのアイデアはそれぞれ実験による検証が必要である。実験 7 で示されたように、イメージすることが結果的に悪影響を及ぼす可能性もある。防犯や防災といった場面を想定した場合には、詳細なイメージをすることが、必要以上に不安感などを増大させることもあり得るだろう。したがって、今後、未来思考の応用を考える際には、メリットのみを強調するのではなく、デメリットについても十分に考慮していく必要があると言える。

### 7.3 本論の限界と今後の展望

本論で得られた知見は、未来思考研究に対して一定の理論的・実践的示唆を提供するものであるが、十分に検討出来なかった点も残されている。そこで、本節においては、エピソード的未来思考のプロセスについて残された問題点、及び今後の展望について議論する。

#### 7.3.1 本論の限界

本論の一連の実験から、エピソード的未来思考が、エピソード記憶、意味記憶、さらにそれらの背景に存在する中央実行系、自発的な記憶情報の活性化といった仕組みによって支えられていることが想定される。しかしながら、本論では、未来の事象のイメージを構築する過程において、上述の記憶システムや関連する認知処理が、どのように関連しあっているのかについて、十分な検討ができていない。本論では、未来思考プロセスの中に、記憶情報の自発的活性化という処理が存在していることを主張しているものの、それが具体的にどのような形で未来思考内容に反映されるのかは定かではない。例えば、時間や場所などの情報を手がかりとして自発的な記憶情報の活性化が生じ、その後に意味的知識に基づく枠組みやイメージの精緻化が意図的に実行されるといった段階的な処理過程も想定出来るであろう。今後の研究では、自発的想起機能と他の記憶システムとの相互作用についても検討を行う必要があると考えられる。

そのような問題を解決するために、様々な記憶の仕組みを同時に検証できるシミュレーションモデルによる検討は有効であると考えられる。しかし、第4章のシミュレーションでは、時間的距離の概念や、自己－他者の概念が実装していなかった。これらの概念は、未来思考の特徴を決定する要因の一つである (Duval et al., 2012; Schacter et al., 2008; Szpunar et al., 2007; Trope & Liberman, 2003)。したがって、より正確な未来思考のシミュレーションのためには、それらの要因を組み込む必要があるだろう。

また、未来思考を含む、メンタルタイムトラベル研究の大きな問題として、人間特有の認知機能かどうか (human uniqueness) についての議論が行われている (Suddendorf et al., 2009; Suddendorf & Corballis, 2007)。人間以外の動物においても、エサの隠し場所や順番を記憶しているというエピソード様の記憶や (Clayton & Dickinson, 1998)、将来に備える行動、将来の事象を予期しているかのような行動が確認されている (Mulcahy & Call, 2006; Osvath & Osvath, 2008; Raby, Alexis, Dickinson, & Clayton, 2007; Raby & Clayton, 2009)。それに対して、Tulving (2002) は、動物のそのような行動には、過去や未来の出来事に自己を投影し、それを主観的に経験しているかのような意識状態は伴わな

いと考え、メンタルタイムトラベルは人間に特有であると主張している。すなわち、メンタルタイムトラベルが人間に特有かどうかという問題は、“意識”がいかにして生じるかという問題とも絡むものであり、人間の本質に迫る重要な問題であろう。本論においても、エピソード記憶想起や未来の事象のイメージという実験操作の中でメンタルタイムトラベルという意識状態が生じることを、ある程度前提として扱っており、そのような意識状態が生じる背景についての検討は行えていない。これもまた、本研究の限界として述べておく必要があるだろう。このような問題への取り組みには、動物研究の知見は勿論、知覚研究など低次認知研究から、未来思考を含む高次認知研究まで、様々な領域の知見の蓄積と統合が必要となるだろう。

### 7.3.2 検索と統合の下位過程に関する更なる検討の必要性

これまでのエピソード的未来思考研究では、主としてエピソード記憶システムに焦点が当てられてきた。そのため、エピソード記憶システムの機能である構築的な処理が注目されていた (Addis et al., 2010; Addis & Schacter, 2008; Schacter et al., 2007, 2008)。しかしながら、その構築的な処理で利用される記憶情報は、貯蔵されているエピソード記憶情報や意味記憶情報であり、それらの記憶情報の検索という過程が前提として存在している。したがって、そもそも、どのようにして情報が検索されているのかを理解しなければ、エピソード的未来思考におけるエピソード記憶と意味記憶という記憶システム間の関連を含めた統合的理解は不可能である。

第5章の研究では、意図的な記憶検索に先駆けて、自発的な記憶情報の活性化が生じている可能性が示唆された。このことから、その活性化した情報を手掛かりとして利用し、意図的な検索の過程が駆動されているという可能性も想定出来るだろう。すなわち、BA10を中心とするような自発的な記憶情報の活性化処理がまず駆動し、それに続いて意味記憶情報の検索やエピソード記憶情報の意図的な検索が行われるというような時系列的関係も存在する可能性がある。この仮説については、今後、行動実験だけでなく、神経科学的研究によって脳領域間の機能的結合などを調べることで検証される必要があるだろう。また、そうして得られた神経科学的知見に基づいて、解剖学的な制約を取り入れたシミュレーションモデルを構築し、構成論的に仮説の検証をするという方法も有効な手段となり得ると考えられる。

また、統合過程についても未だ検討の余地は残されている。本論では、中央実行系の働きについて検討を行ったが、実行機能にはシフト、更新、抑制といった多用な側面がある (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, & Howerter, 2000)。ワーキングメモリ容量と未来



思考能力の関係についての研究は存在するが (Hill & Emery, 2013), 実行機能のどのような側面が, 未来思考における情報統合のどのような側面に寄与しているのかといった研究は未だなされていない。この点についても, 今後明らかにしていく必要がある。

#### 7.4 終わりに

本論では, エピソード的未来思考における詳細なイメージ構築のプロセスについて, 記憶研究の観点から検討を行ってきた。未来思考は, 非常に高次の認知活動であり, 単純に記憶研究のみから, その背景メカニズムを解明することには限界がある。実際, エピソード的未来思考については, 自閉症を対象とした臨床心理学的研究 (Crane, Lind, & Bowler, 2013; D'Argembeau et al., 2008; Raffard, Esposito, Boulenger, & Van der Linden, 2013), 発達心理学的研究 (Coughlin, Lyons, & Ghetti, 2014; Naito & Suzuki, 2011), 虚偽の意図形成に関する応用心理学的研究 (Granhag & Knieps, 2011; Granhag & Mac Giolla, 2014) など様々な心理学的研究が行われている。さらには, 先述の通り, 未来について考えることが人間に特有の能力なのかどうかといった観点から, 動物を使った比較認知科学的な研究も多数行われており (レビューとして, Suddendorf et al., 2009; Suddendorf & Corballis, 2007), 多種多様な分野からの感心を集める研究領域となっている。したがって, 未来思考のプロセス, およびそれを成立させる背景メカニズムの解明は, 記憶研究のみならず, 人間の認知活動に関わる様々な研究領域に対して強いインパクトを持つものと期待される。また, 本論によって得られた, 未来の事象のイメージを構築する際の認知プロセスに関する基礎的知見, 及び未来のイメージをすることによって生じるエラーといった, 応用的研究への示唆をもたらす知見が, より効果的な学習方略や認知症の予防法などを考案するための一助となれば幸いである。

## 引用文献

- Abraham, A., Schubotz, R. I., & von Cramon, D. Y. (2008). Thinking about the future versus the past in personal and non-personal contexts. *Brain Research, 1233*, 106-119.
- Addis, D. R., Musicaro, R., Pan, L., & Schacter, D. L. (2010). Episodic simulation of past and future events in older adults: Evidence from an experimental recombination task. *Psychology and Aging, 25*(2), 369-376.
- Addis, D. R., Pan, L., Vu, M.-A., Laiser, N., & Schacter, D. L. (2009). Constructive episodic simulation of the future and the past: Distinct subsystems of a core brain network mediate imagining and remembering. *Neuropsychologia, 47*(11), 2222-2238.
- Addis, D. R., & Schacter, D. L. (2008). Constructive episodic simulation: temporal distance and detail of past and future events modulate hippocampal engagement. *Hippocampus, 18*(2), 227-237.
- Addis, D. R., Wong, A. T., & Schacter, D. L. (2007). Remembering the past and imagining the future: common and distinct neural substrates during event construction and elaboration. *Neuropsychologia, 45*(7), 1363-1377.
- Addis, D. R., Wong, A. T., & Schacter, D. L. (2008). Age-related changes in the episodic simulation of future events. *Psychological Science, 19*(1), 33-41.
- 天野 成昭・近藤 公久. (1999). NTT データベースシリーズ日本語の語彙特性: 三省堂.
- 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*(5), 1063-1087.
- Arnold, K. M., McDermott, K. B., & Szpunar, K. K. (2011). Imagining the near and far future: The role of location familiarity. *Memory & Cognition, 39*(6), 954-967.
- Atance, C. M., & O'Neill, D. K. (2001). Episodic future thinking. *Trends in Cognitive Science, 5*(12), 533-539.
- Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423.
- Baddeley, A., Emslie, H., Kolodny, J., & Duncan, J. (1998). Random generation and the executive control of working memory. *The Quarterly journal of experimental psychology. A, Human experimental psychology, 51*(4), 819-852.
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The

- role of the episodic buffer. *Neuropsychologia*, 49(6), 1393-1400.
- Bar-Anan, Y., Liberman, N., & Trope, Y. (2006). The association between psychological distance and construal level: evidence from an implicit association test. *Journal of Experimental Psychology: General*, 135(4), 609-622.
- Bar-Anan, Y., Liberman, N., Trope, Y., & Algom, D. (2007). Automatic processing of psychological distance: evidence from a Stroop task. *Journal of Experimental Psychology: General*, 136(4), 610-622.
- Bartlett, F. C. (1932). Remembering: An experimental and social study. *Cambridge: Cambridge University*.
- Berntsen, D., & Bohn, A. (2010). Remembering and forecasting: The relation between autobiographical memory and episodic future thinking. *Memory & Cognition*, 38(3), 265-278.
- Berntsen, D., & Jacobsen, A. S. (2008). Involuntary (spontaneous) mental time travel into the past and future. *Consciousness and Cognition*, 17(4), 1093-1104.
- Borst, G., Niven, E., & Logie, R. H. (2012). Visual mental image generation does not overlap with visual short-term memory: A dual-task interference study. *Memory & Cognition*, 40(3), 360-372.
- Botvinick, M. M., & Plaut, D. C. (2004). Doing without schema hierarchies: a recurrent connectionist approach to normal and impaired routine sequential action. *Psychological Review*, 111(2), 395-429.
- Buckner, R. L. (2004). Memory and executive function in aging and AD: multiple factors that cause decline and reserve factors that compensate. *Neuron*, 44(1), 195-208.
- Buckner, R. L., & Carroll, D. C. (2007). Self-projection and the brain. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(2), 49-57.
- Chasteen, A. L., Park, D. C., & Schwarz, N. (2001). Implementation intentions and facilitation of prospective memory. *Psychological Science*, 12(6), 457-461.
- Clayton, N. S., & Dickinson, A. (1998). Episodic-like memory during cache recovery by scrub jays. *Nature*, 395(6699), 272-274.
- Cleeremans, A., & McClelland, J. L. (1991). Learning the structure of event sequences. *Journal of Experimental Psychology: General*, 120(3), 235-53.
- Conway, M. A. (2009). Episodic memories. *Neuropsychologia*, 47(11), 2305-2313.
- Conway, M. A., Pleydell-Pearce, C. W., Whitecross, S. E., & Sharpe, H. (2003).

- Neurophysiological correlates of memory for experienced and imagined events. *Neuropsychologia*, 41(3), 334-340.
- Coughlin, C., Lyons, K. E., & Ghetti, S. (2014). Remembering the past to envision the future in middle childhood: Developmental linkages between prospection and episodic memory. *Cognitive Development*, 30(0), 96-110.
- Crane, L., Lind, S. E., & Bowler, D. M. (2013). Remembering the past and imagining the future in autism spectrum disorder. *Memory*, 21(2), 157-166.
- D'Argembeau, A., & Mathy, A. (2011). Tracking the construction of episodic future thoughts. *Journal of Experimental Psychology: General*, 140(2), 258-271.
- D'Argembeau, A., Raffard, S., & Van der Linden, M. (2008). Remembering the past and imagining the future in schizophrenia. *Journal of abnormal psychology*, 117(1), 247-251.
- D'Argembeau, A., Renaud, O., & Van der Linden, M. (2011). Frequency, characteristics and functions of future - oriented thoughts in daily life. *Applied Cognitive Psychology*, 25(1), 96-103.
- D'Argembeau, A., Stawarczyk, D., Majerus, S., Collette, F., Van der Linden, M., Feyers, D., Feyers, Maquet, P., & Salmon, E. (2010). The neural basis of personal goal processing when envisioning future events. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(8), 1701-1713.
- D'Argembeau, A., & Demblon, J. (2012). On the representational systems underlying prospection: Evidence from the event-cueing paradigm. *Cognition*, 125(2), 160-167.
- D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2004). Phenomenal characteristics associated with projecting oneself back into the past and forward into the future: Influence of valence and temporal distance. *Consciousness and Cognition*, 13(4), 844-858.
- D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2006). Individual differences in the phenomenology of mental time travel: The effect of vivid visual imagery and emotion regulation strategies. *Consciousness and Cognition*, 15(2), 342-350.
- D'Argembeau, A., & Van der Linden, M. (2012). Predicting the phenomenology of episodic future thoughts. *Consciousness and Cognition*, 21(3), 1198-1206.
- D'Argembeau, A., Xue, G., Lu, Z., Van der Linden, M., & Bechara, A. (2008). Neural correlates of envisioning emotional events in the near and far future. *Neuroimage*, 40(1), 398-407.

- Daniel, T. O., Stanton, C. M., & Epstein, L. H. (2013). The future is now reducing impulsivity and energy intake using episodic future thinking. *Psychological science*, 24, 2339–2342.
- Duval, C., Desgranges, B., de La Sayette, V., Belliard, S., Eustache, F., & Piolino, P. (2012). What happens to personal identity when semantic knowledge degrades? A study of the self and autobiographical memory in semantic dementia. *Neuropsychologia*, 50(2), 254-265.
- Einstein, G. O., Holland, L. J., McDaniel, M. A., & Guynn, M. J. (1992) Age-related deficits in prospective memory: The influence of task complexity. *Psychology and Aging*, 7(3), 471-478.
- Elman, J. L. (1993). Learning and development in neural networks: the importance of starting small. *Cognition*, 48(1), 71-99.
- Epstude, K., & Peetz, J. (2012). Mental time travel: A conceptual overview of social psychological perspectives on a fundamental human capacity. *European Journal of Social Psychology*, 42(3), 269-275.
- Finnbogadóttir, H., & Berntsen, D. (2013). Involuntary future projections are as frequent as involuntary memories, but more positive. *Consciousness and Cognition*, 22(1), 272-280.
- Förster, J., & Becker, D. (2012). When curiosity kills no cat—but mediates the relation between distant future thoughts and global processing across sensory modalities. *European Journal of Social Psychology*, 42(3), 334-341.
- Giebl, S., Storm, B. C., Buchli, D. R., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2015). Retrieval-induced Forgetting is Associated with Increased Positivity When Imagining the Future. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1-26.
- Glisky, E. L., Polster, M. R., & Routhieaux, B. C. (1995). Double dissociation between item and source memory. *Neuropsychology*, 9(2), 229.
- Goschke, T., & Kuhl, J. (1993). Representation of intentions: Persisting activation in memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19(5), 1211-1226.
- Granhag, P. A., & Knieps, M. (2011). Episodic future thought: Illuminating the trademarks of forming true and false intentions. *Applied Cognitive Psychology*, 25(2), 274-280.
- Granhag, P. A., & Mac Giolla, E. (2014). Preventing future crimes: Identifying markers of

- true and false intent. *European Psychologist*, 19(3), 195-206.
- Hassabis, D., Kumaran, D., Vann, S. D., & Maguire, E. A. (2007). Patients with hippocampal amnesia cannot imagine new experiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(5), 1726-1731.
- He, J., Becic, E., Lee, Y.-C., & McCarley, J. S. (2011). Mind wandering behind the wheel performance and oculomotor correlates. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 53(1), 13-21.
- Hill, P. F., & Emery, L. J. (2013). Episodic future thought: Contributions from working memory. *Consciousness and Cognition*, 22(3), 677-683.
- Hird, J. S., Landers, D. M., Thomas, J. R., & Horan, J. J. (1991). Physical practice is superior to mental practice in enhancing cognitive and motor task performance: *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 8, 281-293.
- Hodges, J. R., & Patterson, K. (2007). Semantic dementia: a unique clinicopathological syndrome. *The Lancet Neurology*, 6(11), 1004-1014.
- Irish, M., Addis, D. R., Hodges, J. R., & Piguet, O. (2012a). Considering the role of semantic memory in episodic future thinking: evidence from semantic dementia. *Brain*, 135(Pt 7), 2178-2191.
- Irish, M., Addis, D. R., Hodges, J. R., & Piguet, O. (2012b). Exploring the content and quality of episodic future simulations in semantic dementia. *Neuropsychologia*, 50(14), 3488-3495.
- Irish, M., Hornberger, M., Lah, S., Miller, L., Pengas, G., Nestor, P. J., Hodges, J. R., & Piguet, O. (2011). Profiles of recent autobiographical memory retrieval in semantic dementia, behavioural-variant frontotemporal dementia, and Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 49(9), 2694-2702.
- 伊藤 友一・服部 陽介・川口 潤. (2012). 未来のイメージの詳細さを規定するメカニズム. 人間環境学研究, 10(1), 41-47.
- 伊藤 友一・服部 陽介・川口 潤. (2015). エピソード記憶の想起による未来の時間的概念活性化. 心理学研究, 86(4), 340-346.
- 伊藤友一 (2014) 未来の出来事の思考ーエピソード的未来思考 『ふと浮かぶ記憶と思考の心理学: 無意図的な心的活動の基礎と臨床』 第 8 章, 北大路書房, 95-108.
- (Ito, Y., (2014) Thinnking future events: episodic future thinking. In Sekiguchi H., Morita, T., Amemiya, Y. (Eds.), *Psychology of memory and thought that*

- inadvertently surface to the conscious mind: basic and clinical research*. (Chapter 8, pp. 95-108), Kitaohji-syobou.
- Kane, M. J., Brown, L. H., McVay, J. C., Silvia, P. J., Myin-Germeys, I., & Kwapil, T. R. (2007). For whom the mind wanders, and when an experience-sampling study of working memory and executive control in daily life. *Psychological science*, 18(7), 614-621.
- Klein, S. B., Loftus, J., & Kihlstrom, J. F. (2002). Memory and temporal experience: the effects of episodic memory loss on an amnesic patient's ability to remember the past and imagine the future. *Social Cognition*, 20(5), 353-379.
- Levine, B., Svoboda, E., Hay, J. F., Winocur, G., & Moscovitch, M. (2002). Aging and autobiographical memory: dissociating episodic from semantic retrieval. *Psychology and Aging*, 17(4), 677-689.
- Levinson, D. B., Smallwood, J., & Davidson, R. J. (2012). The persistence of thought evidence for a role of working memory in the maintenance of task-unrelated thinking. *Psychological Science*, 23(4), 375-380.
- Liberman, N., & Trope, Y. (1998). The role of feasibility and desirability considerations in near and distant future decisions: a test of temporal construal theory. *Journal of personality and social psychology*, 75(1), 5-18.
- Lindquist, S. I., & McLean, J. P. (2011). Daydreaming and its correlates in an educational environment. *Learning and Individual Differences*, 21(2), 158-167.
- Marzuk, P. M., Hartwell, N., Leon, A. C., & Portera, L. (2005). Executive functioning in depressed patients with suicidal ideation. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 112(4), 294-301.
- McCabe, D. P., Presmanes, A. G., Robertson, C. L., & Smith, A. D. (2004). Item-specific processing reduces false memories. *Psychonomic Bulletin & Review*, 11(6), 1074-1079.
- McDaniel, M. A., & Einstein, G. O. (2007). Spontaneous retrieval in prospective memory. *The foundations of remembering: Essays in honor of Henry L. Roediger III*, (pp. 227-242). New York: Psychology Press.
- 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(1), 49–100.

- Morice, R., & Delahunty, A. (1996). Frontal/executive impairments in schizophrenia. *Schizophrenia bulletin*, 22(1), 125-137.
- Mulcahy, N. J., & Call, J. (2006). Apes save tools for future use. *Science*, 312(5776), 1038-1040.
- Naito, M., & Suzuki, T. (2011). "When did I learn and when shall I act?": The developmental relationship between episodic future thinking and memory. *Journal of Experimental Child Psychology*, 109(4), 397-411.
- Neroni, M. A., Gamboz, N., & Brandimonte, M. A. (2014). Does episodic future thinking improve prospective remembering? *Conscious and Cognition*, 23, 53-62.
- O'Neill, J., Daniel, T. O., & Epstein, L. H. (2016). Episodic future thinking reduces eating in a food court. *Eating behaviors*, 20, 9-13.
- Okuda, J., Fujii, T., Ohtake, H., Tsukiura, T., Tanji, K., Suzuki, K., Kawashima, R., Fukuda, H., Itoh M., & Yamadori, A. (2003). Thinking of the future and past: The roles of the frontal pole and the medial temporal lobes. *Neuroimage*, 19(4), 1369-1380.
- 太田 信夫・多鹿 秀継. (2000). 記憶研究の最前線: 北大路書房.
- Osvath, M., & Osvath, H. (2008). Chimpanzee (*Pan troglodytes*) and orangutan (*Pongo abelii*) forethought: self-control and pre-experience in the face of future tool use. *Animal cognition*, 11(4), 661-674.
- Palombo, D. J., Keane, M. M., & Verfaellie, M. (2014). The medial temporal lobes are critical for reward-based decision making under conditions that promote episodic future thinking. *Hippocampus*, 25(4), 407-408.
- Pennington, G. L., & Roese, N. J. (2003). Regulatory focus and temporal distance. *Journal of Experimental Social Psychology*, 39(6), 563-576.
- Peters, J., & Büchel, C. (2010). Episodic future thinking reduces reward delay discounting through an enhancement of prefrontal-mediocortical interactions. *Neuron*, 66(1), 138-148.
- Prabhakaran, V., Narayanan, K., Zhao, Z., & Gabrieli, J. D. E. (2000). Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nature neuroscience*, 3(1), 85-90.
- Raby, C. R., Alexis, D. M., Dickinson, A., & Clayton, N. S. (2007). Planning for the future by western scrub-jays. *Nature*, 445(7130), 919-921.



- Raby, C. R., & Clayton, N. S. (2009). Prospective cognition in animals. *Behavioural Processes*, 80(3), 314-324.
- Raffard, S., Esposito, F., Boulenger, J. P., & Van der Linden, M. (2013). Impaired ability to imagine future pleasant events is associated with apathy in schizophrenia. *Psychiatry Research*, 209(3), 393-400.
- Ranganath, C. (2010). A unified framework for the functional organization of the medial temporal lobes and the phenomenology of episodic memory. *Hippocampus*, 20(11), 1263-1290.
- Reason, J. (1990). *Human error*. Cambridge university press.
- Rohde, D. L. T. (1999). *LENS: The light, efficient network simulator*. School of Computer Science, Carnegie Mellon University.
- Román, P., Soriano, M. F., Gómez-Ariza, C. J., & Bajo, M. T. (2009). Retrieval-induced forgetting and executive control. *Psychological Science*, 20(9), 1053-1058.
- Rubin, D. C., Schrauf, R. W., & Greenberg, D. L. (2003). Belief and recollection of autobiographical memories. *Memory & Cognition*, 31(6), 887-901.
- Rumelhart, D. E., McClelland, J. L., & University of California San Diego. PDP Research Group. (1986). *Parallel distributed processing : explorations in the microstructure of cognition*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Schacter, D. L. (2012). Constructive memory: past and future. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 14(1), 7-18.
- Schacter, D. L., & Addis, D. R. (2009). On the nature of medial temporal lobe contributions to the constructive simulation of future events. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1521), 1245-1253.
- Schacter, D. L., Addis, D. R., & Buckner, R. L. (2007). Remembering the past to imagine the future: the prospective brain. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(9), 657-661.
- Schacter, D. L., Addis, D. R., & Buckner, R. L. (2008). Episodic simulation of future events: concepts, data, and applications. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124, 39-60.
- Schacter, D. L., Addis, D. R., Hassabis, D., Martin, V. C., Spreng, R. N., & Szpunar, K. K. (2012). The future of memory: remembering, imagining, and the brain. *Neuron*, 76(4), 677-694.
- Schapiro, A. C., Rogers, T. T., Cordova, N. I., Turk-Browne, N. B., & Botvinick, M. M. (2013).

- Neural representations of events arise from temporal community structure. *Nature Neuroscience*, 16(4), 486-492.
- Schult, J. C., & Steffens, M. C. (2013). Tuned for the future: Intentions are only accessible when a retrieval opportunity is near. *Memory & Cognition*, 41(8), 1252-1260.
- 関口貴裕・森田泰介・雨宮有里. (2014). ふと浮かぶ記憶と思考の心理学：無意図的な心的活動の基礎と臨床 北大路書房.
- Smith, P. K., & Trope, Y. (2006). You focus on the forest when you're in charge of the trees: power priming and abstract information processing. *Journal of personality and social psychology*, 90(4), 578-596.
- Stephan, E., Sedikides, C., & Wildschut, T. (2012). Mental travel into the past: Differentiating recollections of nostalgic, ordinary, and positive events. *European Journal of Social Psychology*, 42(3), 290-298.
- Storm, B. C., & Jobe, T. A. (2012). Remembering the past and imagining the future: Examining the consequences of mental time travel on memory. *Memory*, 20(3), 224-235.
- Suddendorf, T., Addis, D. R., & Corballis, M. C. (2009). Mental time travel and the shaping of the human mind. *Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*, 364(1521), 1317-1324.
- Suddendorf, T., & Corballis, M. C. (2007). The evolution of foresight: What is mental time travel, and is it unique to humans? *Behavioral and Brain Sciences*, 30(03), 299-313.
- Svoboda, E., McKinnon, M. C., & Levine, B. (2006). The functional neuroanatomy of autobiographical memory: a meta-analysis. *Neuropsychologia*, 44(12), 2189-2208.
- Szpunar, K. K. (2010). Episodic future thought an emerging concept. *Perspectives on Psychological Science*, 5(2), 142-162.
- Szpunar, K. K. (2010). Evidence for an implicit influence of memory on future thinking. *Memory & Cognition*, 38(5), 531-540.
- Szpunar, K. K., Chan, J. C. K., & McDermott, K. B. (2009). Contextual processing in episodic future thought. *Cerebral Cortex*, 19(7), 1539-1548.
- Szpunar, K. K., & McDermott, K. B. (2008). Episodic future thought and its relation to remembering: Evidence from ratings of subjective experience. *Consciousness and Cognition*, 17(1), 330-334.
- Szpunar, K. K., & McDermott, K. B. (2009). Episodic future thought: Remembering the

- past to imagine the future. *Handbook of imagination and mental simulation*, 119-130.
- Szpunar, K. K., Watson, J. M., & McDermott, K. B. (2007). Neural substrates of envisioning the future. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(2), 642-647.
- Towse, J. N., & Neil, D. (1998). Analyzing human random generation behavior: A review of methods used and a computer program for describing performance. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 30(4), 583-591.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2003). Temporal construal. *Psychological Review*, 110(3), 403-421.
- Trope, Y., & Liberman, N. (2010). Construal-level theory of psychological distance. *Psychologica Review*, 117(2), 440-463.
- Trope, Y., Liberman, N., & Wakslak, C. (2007). Construal Levels and Psychological Distance: Effects on Representation, Prediction, Evaluation, and Behavior. *Journal of Consumer Psychology*, 17(2), 83-95.
- Tulving, E. (1985). *Elements of Episodic Memory*. London: Oxford University Press.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual review of psychology*, 53(1), 1-25.
- 梅田 聡・小谷津 孝明 (1998). 展望的記憶研究の理論的考察. 心理学研究, 69(4), 317-333.
- Vandierendonck, A., De Vooght, G., & Van der Goten, K. (1998a). Does random time interval generation interfere with working memory executive functions? *European Journal of Cognitive Psychology*, 10(4), 413-442.
- Vandierendonck, A., De Vooght, G., & Van der Goten, K. (1998b). Interfering with the central executive by means of a random interval repetition task. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology A: Human Experimental Psychology*, 51(1), 197-218.
- Vasquez, N. A., & Buehler, R. (2007). Seeing future success: Does imagery perspective influence achievement motivation? *Personality and Social Psychology Bulletin*, 33(10), 1392-1405.
- Visser, M., Jefferies, E., & Ralph, M. A. L. (2010). Semantic processing in the anterior temporal lobes: a meta-analysis of the functional neuroimaging literature. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(6), 1083-1094.
- Weiler, J., Suchan, B., Koch, B., Schwarz, M., & Daum, I. (2011). Differential impairment of

- remembering the past and imagining novel events after thalamic lesions. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(10), 3037-3051.
- Weiler, J., Suchan, B., & Daum, I. (2010). When the future becomes the past: Differences in brain activation patterns for episodic memory and episodic future thinking. *Behavioral Brain Research*, 212(2), 196-203.
- Williams, J. M. G., Ellis, N. C., Tyers, C., Healy, H., Rose, G., & MacLeod, A. K. (1996). The specificity of autobiographical memory and imageability of the future. *Memory & cognition*, 24(1), 116-125.
- Wilson, A. E., Buehler, R., Lawford, H., Schmidt, C., & Yong, A. G. (2012). Basking in projected glory: The role of subjective temporal distance in future self-appraisal. *European Journal of Social Psychology*, 42(3), 342-353.
- Woollams, A. M., Joanisse, M., & Patterson, K. (2009). Past-tense generation from form versus meaning: Behavioural data and simulation evidence. *Journal of Memory and Language*, 61(1), 55-76.

## 謝辞

本論文は、筆者が名古屋大学大学院環境学研究科社会環境学専攻博士前期課程、及び博士後期課程に在学していた間に行った研究をまとめたものです。多くの方々のご支援によって、これまでの研究をこのような形にまとめることが出来ました。以下に記して、御礼申し上げます。

指導教員であった名古屋大学大学院環境学研究科の川口潤先生には、筆者が名古屋大学情報文化学部在籍していた頃から、手厚いご指導を賜りました。そもそも、学部4年次に卒業研究のテーマとして、エピソード的未来思考を選んだのも川口先生のお話がきっかけでした。当時、“メンタルタイムトラベルという認知機能は人間に特有なものであり、中でもエピソード的未来思考が新しい研究の方向性として注目されている”という主旨のお話を、個別のゼミや授業を通して川口先生から伺う機会があり、そこから関心を深めていったことを覚えております。大学院進学後は、未来思考研究へのご助言は勿論ですが、他の様々な研究に関わる機会を与えてくださったことにも大変感謝しております。修士1年次に、懐かしさの神経機序研究に加えていただけたことは、とても刺激的でした。それ以外にも、卒論指導のティーチング・アシスタントを何度か経験させていただき、その都度異なる研究に触れる機会をいただきました。エピソード的未来思考という自分の研究テーマだけでなく、他の研究にも深く関わったことは、多様な実験手法や解析手法を身につける上で、大変為になりました。この度、本論文をまとめる事ができたのも、学部時代から今日までの川口先生のご指導の賜物であると思っております。

名古屋大学大学院環境学研究科心理学講座の伊藤義美先生、唐沢穰先生、北神慎司先生、鈴木敦命先生には、著者の研究について、院演習などを通じ、様々なご意見を頂戴しました。伊藤義美先生からは、臨床心理学という私の専門とは異なる視点での捉え方を教えていただき、自身の研究を専門外の人とどのように共有していけるのか考える機会を度々いただきました。唐沢穰先生からは、特に解釈水準理論という、社会心理学的研究から発展した理論を参考にしている部分や実験手法に関して、学部の頃から大変有意義な議論をしていただきました。北神慎司先生と鈴木敦命先生からは、院演習以外にも、Memory Lab Meeting (MLM) で、私の研究に対する意見はもちろんのこと、プレゼンテーションの仕方など、細部に渡るご指導をいただきました。北神先生からのご指摘は、著者には考えの及んでいなかったような研究の意義や、結果の解釈について、気づきを与えてくださることが多く、大変勉強になりました。質疑の中で私が答えに窮するような場面では、サポート的なコメントで、しばしば助け舟を出してくださったことを記憶しております。鈴木先

生は、私の研究の論理展開の甘い部分を鋭く見ぬき、その上で代替案や解決策へと導くように、いつもコメントをしてくださいました。更に鈴木先生は、信頼性判断の神経機序研究に加えてくださり、実際に実験実施者として fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) 装置を操作する機会をくださいました。また、あの共同研究を通して、長寿医療研究センターの中井敏晴先生、國見充展さん、木山幸子さんをはじめ、たくさんの神経科学研究者の方々と知り合い、お話を伺う機会を得られたことも、今後の糧となる大変貴重な経験でした。このような、諸先生方のご支援から得たものなくして、本論文をまとめることはできませんでした。先生方には、いくら感謝しても足りない思いです。

また、学会では、関心領域が近いことから、東京学芸大学の関口貴裕先生や東京理科大学の森田泰介先生としばしば議論をさせていただきました。議論を通して、自分では気づいていなかった観点や異なる結果の解釈を見出していただき、非常に有意義な場でした。また、縁あって関口先生、森田先生、雨宮有里先生が編者をお務めになった書籍『ふと浮かぶ記憶と思考の心理学』の第8章を執筆させていただく機会を下さったことにも大変感謝しております。そのお陰で、自分の中でも未来思考研究を整理することができ、本論の第1章、第2章を書き上げる事ができました。心より感謝申し上げます。

そして、現在研究室に席を置かせていただいている梅田先生、及び梅田研究室のメンバーの方々には、大変過ごしやすい環境を提供していただき、博士学位論文執筆に支障が出ないように、いろいろとご配慮いただきました。それだけでなく、ゼミを通して、私の研究について様々なご意見も頂戴しました。皆さまが迎え入れてくださったおかげ、ご協力下さったおかげで、博士学位論文の執筆進めることができました。誠にありがとうございました。

名古屋大学大学院環境学研究科心理学講座の院生室で共に過ごした先輩方、研究員の方々にも感謝の言葉を述べなければなりません。特に、大塚幸生さん、津田恭充さん、山田陽平さん、高沢佳司さん、金田宗久さん、服部陽介さん、池田賢司さんとは、食事をしているときや院生室などいろんな場面で、様々な研究に関する議論に加えていただきました。ときには、議論が深夜や朝方に及ぶこともありましたが、そこで得られたコメントや発想が今日の私の研究へとつながっていることは言うまでもありません。そこで熱く議論できたことは、研究へのモチベーションを維持するためにも、大変よい習慣であったと思っています。また、研究員の小林正法さんには、研究の面でもプライベートでもいろいろと気にかけていただいて、とてもありがたく感じております。そして、私に PDP モデルによる研究手法を教えてください、研究員の上野泰治さんにも大変感謝しております。上野さんが名古屋大学にいらっしゃることがなければ、PDP モデルを使った研究をやろう

などとはおそらく考えもしなかったのではないかと思います。新しい技術の習得はとても骨の折れる作業で、大変だなと感じたこともありましたが、教えていただいたモデリングの技術、膨大なデータを解析する技術は、私にとって非常に大きな財産となっています。こうして、大変な部分もありながらも、研究を続けられたのは、モデリングと一緒に教わりはじめた波多野文さんや、博士課程前期から同期として進学してきた仙田恵さんと切磋琢磨することが出来たからだと思っています。私よりも年上の人が多い研究室の中で、友人のように付き合うことを許してくださっていたお二人は、とても得難い存在でした。改めて、院生室で一緒に過ごした方々に、感謝申し上げます。

本論の実験には、名古屋大学をはじめ、多くの大学生、大学院生の皆さまがご参加下さいました。このように、博士学位論文をまとめることができたのも、皆さまが真摯に課題に取り組んで下さったからに他なりません。最後となりましたが、実験にご協力下さった皆さまにも、御礼申し上げます。誠にありがとうございました。

2016年3月 伊藤友一