

懐かしい香りを用いた回想法の効果検証および脳メカニズム解明

東北大学加齢医学研究所

大場 健太郎

Recently, odor-evoked nostalgia gets a lot of attention from the field of both social psychology and psychological therapy, since it has positive psychological functions such as mood increment. Thus far, however, the precise neural mechanisms have not been demonstrated. We hypothesized that 1) retrieval of nostalgic memories have rewarding value and is associated with ventral striatum activity, 2) nostalgic odor has physiological effect and is associated with hypothalamus activity, and 3) the combination of nostalgic memory and odor has synergistic effect and is represented in the hippocampus as the interaction. In the current study, we addressed these hypotheses using functional magnetic resonance imaging (fMRI). Sixteen right-handed healthy older adults ($M = 68.8$, $SD = 3.95$) who have normal olfaction participated in this study. Before the fMRI experiment, participants selected two nostalgic and two familiar odors and were interviewed by the experimenter about the autobiographical memory relevant to each odor. There were two factors (memory and odor) with two levels (nostalgic and familiar) in the experimental task. During fMRI participants were asked to remember each memory cued by short "title" which was created based on the memory interview and rate the vividness and pleasantness of the memory remembered. In the behavioral level, there was significant memory*odor interaction in both vividness and pleasantness. In the neural level, as expected, we found significant 1) main effect of memory on the left ventral striatum, 2) main effect of odor on the hypothalamus, and 3) interaction on the left hippocampus. These results may suggest the neural mechanism relevant to the role of nostalgic odor on the reminiscence activities.

1. 緒言

近年、社会心理学の分野において懐かしい記憶の回想がもたらす心理的機能に関する研究が精力的に行われ、懐かしい記憶の回想は気分を改善させ、自尊心、社会的つながりの知覚、楽観性、人生への意味付けを高める等の適応的心理効果があることが明らかにされてきた¹⁾。実際懐かしさは、認知症の周辺症状(抑うつや不安)の低減、または認知症予防のためアクティビティとして医療機関や地域で広く行われている、回想法という心理療法の重要な要素とされている²⁾。回想法の現場では、多くの場合昔使っていた道具や写真、音楽等の視聴覚刺激を手がかりとして過去を想起する方法が用いられている³⁾。

一方、香りによって引き起こされる懐かしさ体験は特に“ブルースト効果”と呼ばれ、これまで文学や記憶心理学の分野では注目されてきたが、近年その関心は精神医学や健康科学にも広がりを見せている⁴⁾。香りは音楽やその他の方法よりも約2倍懐かしさ体験を引き起こすことも報告されている⁵⁾。これらの知見からも、回想法に懐かしい香りを取り入れることは相乗効果を生み出すと考えられるが、その効果および背景メカニズムを多角的に検証した研究はない。我々は先行研究において、視覚刺激(過去に関連す

る画像)を用いて懐かしい記憶回想の脳メカニズム研究を行い、記憶想起と報酬処理に関わる脳領域の協調的活動を明らかにした⁶⁾。そこで本研究では、嗅覚以外の感覚モダリティを用いた従来の回想に「懐かしい香り」を取り入れることが相乗効果を生み出すかどうか、心理学的・脳科学的に検証することを目的とした。

我々は回想と香りの組み合わせによる効果に関して、以下の仮説を立てた。1)懐かしい記憶の想起は報酬的価値を持つため⁶⁾、香りとの組み合わせによらず腹側線条体の活動が高まる、2)懐かしい香りは様々な保護的な生理作用を持つことが報告されていることから⁷⁾、記憶の想起意図に関わらず自律神経系や神経内分泌の中枢である視床下部の活動が高まる、3)想起時に懐かしい香りが伴うことにより記憶の検索⁸⁾が促進され(相乗効果)、これを反映した海馬の活動が認められる。本研究では、主観評価および機能的MRIを用いた脳活動計測の両側面からこれらの仮説の検証を行った。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は健康な地域在住の高齢者16名($M=68.8$, $SD=3.95$, 女性12名)であった。以下に該当する方はMRI撮像の安全面および実験課題への影響を考慮しリクルートから除外した(体内・体表の金属、開頭、開胸、開腹手術の経験、糖尿病、慢性鼻炎、呼吸器疾患、精神・神経疾患、閉所・暗所恐怖症、日常的にタバコを吸う、香りの専門家(アロマセラピスト、ソムリエ等))。嗅覚同定能力の測定(Open Essence; 富士フィルム 和光純薬株式会社)の結果、全員がカットオフ値(7/12点)以上であった($M=9.44$,



Investigation of the neural mechanism of reminiscence using nostalgic odor

Kentaro Oba

Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University

SD=0.81)。被験者には実験参加に先立ち書面および口頭で十分な説明を行い、書面で同意の確認を行った。本研究は、東北大学医学系研究科倫理委員会より承認を受けて実施した。

2.2. リクルート、香り試料の準備

香りによって自伝的記憶を思い出す人の割合は低い(16%ほど)という報告があることから⁹⁾、香りと記憶に関するアンケート送付、電話インタビューの2段階で被験者のスクリーニングと懐かしい香りの事前聴取を行った。これらの手続きの結果に基づき、被験者ごとに懐かしい香り試料(精油や香水)を購入した。また、比較対象となる日常的な香りとして、身近な環境にある果実や植物の精油を中心に事前に香り試料を準備した。

2.3. 記憶に関するインタビュー

機能的MRI実験に先立ち、懐かしい香り/日常的に身の回りにある香りの選別と思い出される記憶の詳細を把握するために個別にインタビューを行った。リクルートの手続きで事前に個別に選別した香り試料および実験者があらかじめ用意しておいた試料を嗅いでもらい、懐かしい香りを2種類選んでもらった。そして、思い出される記憶に関連する場所、人物、状況等について詳細を語ってもらい、その内容をもとにその出来事を表す「タイトル」を作成した(例、「祖父の木工所でおがくず遊び」)。このタイトルは、機能的MRI実験において記憶を回想する手がかりとして用いた。また、コントロール刺激として、懐かしくはないが馴染み深く直近1年の出来事と関連する香りを2種選別し、その出来事についても同様に詳細を伺い「タイトル」を作成した。

2.4. 香り提示

MRI対応の香り提示装置 Olfactometer (Neuro Device) を使用してMRI内の被験者に香りを提示した。Olfactometer は、コンプレッサーから送り出した空気を香り試料の入った試験管内に送り込むことにより、最大4種類の香りと空気(ウォッシュアウト用)を送ることができる装置である。本研究では、試験管に各香り試料を染み込ませたニオイ紙(第一薬品産業株式会社)を入れた。香りの強さはニオイ紙に染み込ませる試料の量を変えることで、楽に感知できる匂い(1無臭~4楽に感知できる匂い~7強烈な匂い、7段階評価)になるように調整した。4種の香りと空気を送るチューブは独立しており、計5本のチューブの先端を酸素マスク(株)メディカルセンス)につなぎ、被験者はそれを鼻と口が覆われるように装着した。苦しさや違和感がないことを事前に確認した。

2.5. 回想課題・機能的MRI

被験者は、MRIの中で事前インタビューの内容をもとに作成した出来事の「タイトル」を手がかりとして自伝的記憶を思い出す回想課題を行った。課題は、記憶(懐かしい、日常)×香り(懐かしい、日常)の二要因計画で、以下の4条件を設定した。

- ①懐かしい記憶×懐かしい香り
- ②懐かしい記憶×日常香り
- ③日常記憶×懐かしい香り
- ④日常記憶×日常香り

被験者は上記いずれかの条件でタイトルを手がかりとした回想を18秒間行い、その後思い出された記憶の鮮明度と思い出した現在の心地よさを4段階(1-4)で評価した(各4秒)。試行間には15秒間の休憩をはさみ、その間は空気を流してマスク内に残存する香りをウォッシュアウトした。回想課題はPsychoPy (University of Nottingham) で作成した。

脳活動の時系列データは3テスラMRI (Philips Achieva) を用いて取得した。側頭葉内側前部や眼窩前頭皮質等嗅覚関連領域周辺は磁化率アーチファクトの影響を受けやすいため、その影響を低減させるために dual echo シークエンスを用いて脳機能画像の撮像を行った (TR=2,000 ms, TE=13/35 ms)。

取得した脳画像データは、被験者ごとに時系列での脳の位置補正、スライスタイミング補正、MNI (Montreal Neurological Institute) 標準脳座標空間への変換、スムージング処理等の前処理を行った後、脳画像のボクセルごとに各条件の回想時間と血行動態関数(刺激に対する脳血流の応答)を畳み込み積分した関数を回帰子、前処理で算出した頭部の動きを共変量とした重回帰分析を行い、各回想条件における脳活動の推定値を算出した。その後、全被験者のデータを用いて1)懐かしい記憶の主効果、2)懐かしい香りの主効果、3)懐かしい記憶と香りの交互作用の検討を行った。本研究では、各条件における効果の仮説に基づき、関心領域を対象とした解析を行った。1)では先行研究⁶⁾で懐かしい記憶の回想で活動上昇が示されている腹側線条体¹⁰⁾、2)では懐かしい香りが持つ自律神経系への作用を検討するために視床下部(Talairach Atlas)、3)では香りによる回想の促進を検討するために海馬 (Automated Anatomical Labeling; AAL) を関心領域とした。以上の脳画像の分析にはSPM12 (Statistical Parametric Mapping; Wellcome Center for Human Neuroimaging, UCL)を用いた。

3. 結果

3.1. 自伝的記憶を回想させる香り

香りを嗅ぎながら過去を回想してもらった事前インタビューの結果、選別された懐かしい香り、日常の香りを表1に

示した。懐かしい香りとして上位に選ばれたのはリーフアルコール(青葉アルコール)やスギ(葉部、枝葉部)等の草や樹木の香りであり、関連する懐かしい記憶としては幼少期に草原で遊んだこと、刈った草を干して家畜の餌にしたこと、杉林から枝葉を集めてきて冬場に燃料にしたこと等が挙げられた。香水も懐かしい香りとして選ばれ、関連する記憶としてはその香水を使っていた人物との思い出が挙げられた。日常に結びついた香りとしては、ユズやグレープフルーツ等の柑橘系、ラベンダー等の植物等が選ばれ、関連する記憶としては日常の料理場面やガーデニング場面等が挙げられた。懐かしい香りと日常的な香りの印象評価(7段階)の結果、「好き」(懐かしい:M=5.25, SD=0.86, 日常:M=5.06, SD=1.15, $t(15)=0.49$, $p=0.32$)と「なじみ深さ」(懐かしい:M=5.47, SD=0.78, 日常:M=5.16, SD=0.99, $t(15)=0.37$, $p=0.36$)では有意差は認められなかったが、「懐かしさ」は懐かしい香りでは有意に高い評定であった(懐

かしい:M=6.19, SD=0.77, 日常:M=3.09, SD=0.71, $t(15)=13.5$; $p < 0.001$)。

3.2. 回想による心理効果

回想課題における「記憶の鮮明度」と「心地よさ」を条件間で比較した結果、どちらの評価においても記憶と香りそれぞれの主効果は認められなかったが、交互作用が有意であった($F(1, 15)=8.81$; $p < 0.01$, $F(1, 15)=12.1$; $p < 0.01$)。また、これらの心理指標においては、条件①と④に有意差は認められなかった(図1)。

3.3. 回想課題中の脳活動

本研究で関心領域とした各脳領域(腹側線条体、視床下部、海馬)を図2に示した。まず、懐かしい記憶の想起は香りとの組み合わせによらず報酬的価値を持つという仮説のもと、腹側線条体を関心領域として懐かしい記憶の主効

表1 使用した香り一覧

懐かしい			日常		
香り試料	学名等	選択人数	香り試料	学名等	選択人数
リーフアルコール	cis-3-Hexenol	5	ユズ(果皮)	<i>Citrus junos</i>	8
スギ(葉部)	<i>Cryptomeria japonica</i>	5	グレープフルーツ(果皮)	<i>Citrus paradisi</i>	5
スギ(枝葉部)	<i>Cryptomeria japonica</i>	4	サンショウ(果皮)	<i>Zanthoxylum piperitum</i>	4
ダイダイ(果皮)	<i>Citrus aurantium</i>	3	コーヒー(豆)	<i>Coffea arabica</i>	3
ヘイ(干し草)	<i>Hierochloe alpina</i>	3	シソ	<i>Perilla frutescens</i>	3
バニラ(鞘)	<i>Vanilla planifolia</i>	2	ラベンダー	<i>Lavandula angustifolia</i>	3
モア	資生堂	2	ミズメザクラ(枝葉部)	<i>Betula grossa</i>	2
アオモリトドマツ(枝葉部)	<i>Abies mariesii</i>	1	ユリ	<i>Lilium</i>	2
ニュービーズ	花王	1	ショウガ(根茎)	<i>Zingiber officinale</i>	1
レールデュタン	ニナリッチ	1	ダマスクローズ	<i>Rosa damascena</i>	1
No.5	シャネル	1			
ミツコ	ゲラン	1			
シナモンバーク(樹皮)	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	1			
ヒメコマツ(木部)	<i>Pinus parviflora</i>	1			
ヒノキ(木部)	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	1			

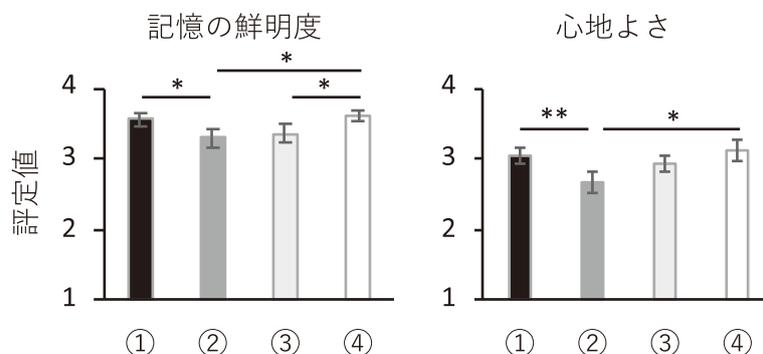


図1 回想課題の各条件における「記憶の鮮明度」と「心地よさ」の評定値
①懐かしい記憶×懐かしい香り, ②懐かしい記憶×日常香り, ③日常記憶×懐かしい香り, ④日常記憶×日常香り (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ Bonferroni corrected, エラーバーは標準誤差を示す)

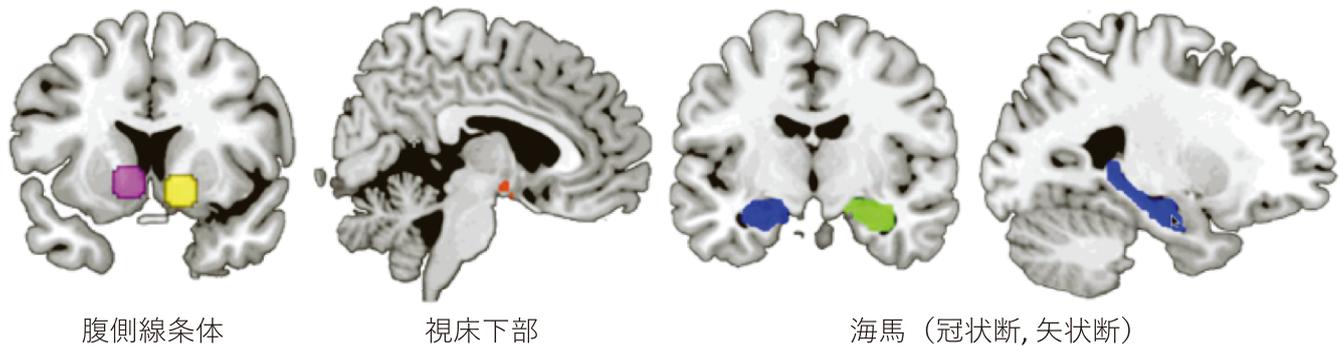


図2 脳の関心領域

左腹側線条体 (紫) で懐かしい記憶回想の主効果、視床下部 (赤) で懐かしい香りの主効果、左海馬 (青) で記憶と香りの交互作用が認められた (pFWE < 0.05, small volume correction)。右腹側線条体 (黄)、右海馬 (緑)

果 ((①+②)-(③+④)) を検討した結果、左腹側線条体に有意な関連性が認められた (pFWE < 0.05, small volume correction, peak MNI座標 [-12, 12, 2])。次に、懐かしい記憶の想起意図に関わらず懐かしい香りは生理作用を高めるといふ仮説のもと、視床下部で懐かしい香りの主効果 ((①+③)-(②+④)) を検討した結果、視床下部に有意な関連性が認められた (pFWE < 0.05, small volume correction, peak MNI座標 [4, -4, -10])。さらに、想起時に懐かしい香りが伴うことにより記憶の検索が促進されるとの仮説のもと、海馬を関心領域として記憶と香りの交互作用 ((①-②)-(③-④)) を検討した結果、左海馬に有意な交互作用が認められた (pFWE < 0.05, small volume correction, peak MNI座標 [-14, -2, -14])。

4. 考 察

本研究では、思い出す記憶と提示する香りの組み合わせを操作することにより、香りによる回想の促進効果を主観および脳活動から検討した。

回想による心理効果 (鮮明度, 心地よさ) に関しては、④ 日常記憶×日常香り条件でも評定値が高いという結果が得られ、予想していた①懐かしい記憶×懐かしい香り条件特異的な相乗効果による交互作用のパターンとは異なるものであった。自伝的記憶の想起自体に気分調整効果があることから¹¹⁾、本研究でも日常記憶の回想が促進されることでこのような気分調整機能が強く発揮された可能性が考えられる。一方、記憶と香りが不一致となる条件②③では一致条件に比べ評定値が有意に低いという結果が得られたため、これらの条件では相乗効果は認められなかったと考えられる。これらの結果は、回想を行う際に記憶と一致する香りを用いることの有効性を示唆しているが、懐かしい記憶の回想による心理効果は多岐にわたるため¹¹⁾ (自尊心、楽観性の向上など)、今回用いた二つの指標以外に関しては、さらな

る検討が必要である。

脳活動解析においては、予想通り腹側線条体で懐かしい記憶想起の主効果が認められた。これは、懐かしい記憶の想起は報酬的価値を持つという先行研究⁶⁾の結果を再現する結果である。視床下部における懐かしい香りの主効果は、先行研究⁷⁾で示されてきた懐かしい香りの生理作用を中枢神経レベルで裏付ける結果である。海馬における記憶と香りの交互作用は香りによって記憶の検索が促進している可能性を示唆している。しかしながら、海馬単独で記憶の想起プロセスが実現しているわけではないため、この知見を手がかりに今後海馬と他の領域との機能的な関連性等を検討していく必要がある。

事前インタビューにおいて被験者に選別された懐かしい香りは、集団を対象とした回想における香りの効果研究¹²⁾と同様の香り (みかん等) がある一方、本研究の被験者特異的と思われる香り (アオモリトドマツ; 学生時代の登山との関連、香水; かつて身近にいた特定の個人との関連) も認められた。このことは、回想に香りを取り入れる際、年代で共通して懐かしさを喚起させうる香りが確かに存在することを示唆する一方で、より特異的な思い出と結びついた香りを聴取することでより個別化した深い回想が可能になる可能性も示唆している。集団で回想を行う際は前者が、個別に回想 (ライフレビュー) を行う際には後者が適していると考えられる。

本研究では回想における懐かしい香りの効果の神経メカニズム解明に取り組み、懐かしい記憶の報酬的価値、懐かしい香りの生理的作用、香りによる記憶検索の促進効果の神経基盤の一端が解明された。今回得られた知見をベースに、香りと記憶想起の神経メカニズムをより詳細に明らかにすることで、香りを用いた回想法に対する科学的根拠の提供につなげていきたい。

(引用文献)

- 1) Sedikides C, Wildschut T. Past Forward: Nostalgia as a Motivational Force. *Trends Cogn Sci*. 2016 May; 20 (5): 319-321.
- 2) Yamagami T, Oosawa M, Ito S, Yamaguchi H. Effect of activity reminiscence therapy as brain-activating rehabilitation for elderly people with and without dementia. *Psychogeriatrics*. 2007, 7: 69-75.
- 3) Woods B, O'Philbin L, Farrell EM, Spector AE, Orrell M. Reminiscence therapy for dementia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Mar 1; 3: CD001120.
- 4) Herz RS. The Role of Odor-Evoked Memory in Psychological and Physiological Health. *Brain Sci*. 2016 Jul 19; 6(3): 22.
- 5) Reid CA, Green JD, Wildschut T, Sedikides C. Scent-evoked nostalgia. *Memory*. 2015; 23 (2) :157-66.
- 6) Oba K, Noriuchi M, Atomi T, Moriguchi Y, Kikuchi Y. Memory and reward systems coproduce 'nostalgic' experiences in the brain. *Soc Cogn Affect Neurosci*. 2016 Jul; 11(7): 1069-77.
- 7) Matsunaga M, Isowa T, Yamakawa K, et al. Psychological and physiological responses to odor-evoked autobiographic memory. *Neuro Endocrinol Lett*. 2011; 2(6): 774-780.
- 8) Svoboda E, McKinnon MC, Levine B. The functional neuroanatomy of autobiographical memory: a meta-analysis. *Neuropsychologia*. 2006; 44(12): 2189-208. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2006.05.023. Epub 2006 Jun 27. PMID: 16806314; PMCID: PMC1995661.
- 9) Willander J, Larsson M. Smell your way back to childhood: autobiographical odor memory. *Psychon Bull Rev*. 2006 ; 13(2): 240-244.
- 10) Diekhof EK, Kaps L, Falkai P, Gruber O. The role of the human ventral striatum and the medial orbitofrontal cortex in the representation of reward magnitude - an activation likelihood estimation meta-analysis of neuroimaging studies of passive reward expectancy and outcome processing. *Neuropsychologia*. 2012; 50(7): 1252-1266.
- 11) Josephson B. Mood Regulation and Memory: Repairing Sad Moods with Happy Memories, *Cognition and Emotion*, 1996, 10:4, 437-444
- 12) 有園博子, 佐藤親次, 森田展彰他(1998): 高齢者に対するニオイを用いた回想療法の試み. *臨床精神医学*, 27:63-75.