

社会的ワーキングメモリ研究：これまでの10年間とこれからの展望

石 黒 翔・齊 藤 智(京都大学)

Social working memory: The past decade and future perspectives

Sho ISHIGURO and Satoru SAITO (*Kyoto University*)

Working memory facilitates cognitive activities. Of the important cognitive activities within our daily lives, social activity has recently attracted attention in terms of the specific type of working memory; namely, social working memory. This paper reviews various findings from prior studies that emphasize both the neurological and behavioral differences between social and cognitive (canonical) working memory; findings that underscore the significance of the social working-memory construct. However, it is also evident that there has been a dearth of comprehensive perspectives to account for the findings from previous studies. More specifically, the review identifies four topics that have not been sufficiently addressed: (a) correlations among social working memory tasks; (b) theories concerning the relationship between social working memory and social cognition; (c) distinctions and/or similarities between affective versus social working memory; and (d) the nature of the representations within social working memory. Accordingly, this paper recommends tackling these issues as directions for future research. In focusing on these aspects, it is possible that future studies might elaborate the concept of social working memory and provide a perspective capable of integrating the diverse findings.

Key words: social working memory, working memory, social cognition, biological motion, default mode network

ワーキングメモリは認知的活動の遂行を支える。私たちの生活における重要な認知的活動に社会的活動があり、社会的活動で用いられるワーキングメモリとして社会的ワーキングメモリが近年注目を集めている。本論文はこれまでの社会的ワーキングメモリ研究をレビューした。先行研究の知見は、社会的ワーキングメモリと（一般的）認知的ワーキングメモリの神経科学的・行動的観点からの差異を示唆し、社会的ワーキングメモリという構成概念の重要性を示す。一方で、先行研究には多様な知見を統合的に説明する視点が欠けていることも明らかになった。また、(a)課題間の相関、(b)社会認知との関係に関する理論、(c)感情的ワーキングメモリとの同異点、(d)社会的ワーキングメモリが保持する情報の性質に関して十分検討されていないことも明らかになった。本論文は、これからの研究の方向性として、上記4つの問題に取り組むことを推奨する。これらの問題に取り組むことを通じて、社会的ワーキングメモリ概念が精緻化され、多様な知見を統合する視座を与えることが期待される。

キーワード：社会的ワーキングメモリ，ワーキングメモリ，社会認知，バイオリジカルモーション，デフォルトモードネットワーク

ワーキングメモリ (working memory) は認知活動の遂行中に情報を保持しておくための記憶機能であり、認知活動の遂行を支える (Baddeley & Hitch, 1974; Jarrold & Towse, 2006; 三宅・齊藤, 2001)。個人差研究は、ワーキングメモリ課題の成績が言語理解 (Daneman & Merikle, 1996; Peng et al., 2018)、数学 (Raghubar et al., 2010) や流動性知能 (Engle et al., 1999) などの多様な認知課題の成績と正の相関が見られることを示している。さらに、ワーキングメモリは日常生活におけるマインドワンダリングや注意の失敗等の注意の制御

との関連も示されており (Kane et al., 2007; Unsworth et al., 2012)¹⁾，“an ability that we use every waking moment of our lives” といわれる (Logie et al., 2020, p. 1)。このように、ワーキングメモリは日常生活のあらゆる認知活動と密接に関わっていると概念化されている

1) Kane et al. (2007) は、経験サンプリング法を用い、日常生活においてマンドワンダリングが生じているかを測定した。ワーキングメモリ容量の大きい個人は、ワーキングメモリ容量の小さい個人に比べ、認知負荷が高い活動中にマンドワンダリングをする頻度が少ないことが示された。

(Logie, 1993, 2011; Maehara, 2017; 湯澤・湯澤, 2014).

認知活動の1つに社会的活動が挙げられ (Dunbar, 1998; Herrmann et al., 2007), 私たちは日常生活において社会的活動に多くの時間を割くことが知られている (Kahneman et al., 2004). したがって, 社会的活動において必要とされるワーキングメモリ——社会的ワーキングメモリ (social working memory) (Meyer & Lieberman, 2012)——を検討することは, ワーキングメモリ研究上の応用的・理論的意義がある²⁾.

社会的ワーキングメモリ研究は, MeyerらのfMRI研究 (Meyer et al., 2012) とレビュー研究 (Meyer & Lieberman, 2012) を嚆矢に広がりを見せ, 実験心理学的検討 (Liu et al., 2021), 発達心理学的検討 (He et al., 2019), 社会認知との関連の検討 (Meyer & Lieberman, 2016), 遺伝子多型との関連の検討 (Dumontheil et al., 2014, 2020) から情報学分野における計算論モデルの提案 (Li et al., 2018) までなされている. このように, Meyerらの研究以降の10年間で, 多くの社会的ワーキングメモリ研究がなされており, 現在は社会的ワーキングメモリ研究を俯瞰するのに適した時期であると考えられる. 本論文では, 初めに, これまでの研究史および方法論をまとめつつ, 先行研究の包括的な概要を行う. 続いて, 先行研究で十分検討されていない研究上の問題を明らかにし, これからの社会的ワーキングメモリ研究の方向性を示す.

これまでの社会的ワーキングメモリ研究

動物実験の研究では, 2012年以前にも社会的ワーキングメモリの語を用いた論文は知られる (e.g., Brown et al., 2008; Lim et al., 2007). 2012年以前のヒトを対象とした研究では, Noland et al. (2010) は社会的刺激と非社会的刺激をワーキングメモリ課題において用いており, 論文中でも社会的ワーキングメモリの語を用いている³⁾. しかし, Nolandらの実験結果は, 非社会的刺激に関する課題成績の群間差 (i.e., 自閉症スペクトラム障害のある兄弟を持つ幼児群 vs. 定型発達児の兄弟を持つ幼児群) を示した一方で, 社会的刺激に関しては群間差が認められなかった. このため, Noland et al. (2010)

の議論の中心はあくまで非社会的 (認知的) ワーキングメモリに留まっていた.

ヒトを対象にした研究において, 社会的ワーキングメモリを議論の中心に据え, これを構成概念として提案した研究はMeyerらの2012年の研究 (Meyer et al., 2012; Meyer & Lieberman, 2012) が初めてであると考えられる. Meyer & Lieberman (2012) は, それまでのワーキングメモリ研究がもっぱら認知的・知覚的情報の保持や操作にのみ焦点を当てていたことを指摘し, 社会的情報の保持や操作を伴うワーキングメモリを検討することの意義を論じた. Meyerらはこの社会的情報を保持し操作する能力を社会的ワーキングメモリと定義し, 社会的ワーキングメモリ研究に先鞭をつけた⁴⁾.

なお, Meyerらの社会的ワーキングメモリへの着想の源泉の一つは, 2012年以前のメンタライジング (mentalizing) 研究にあると考えられる. 例えば, Meyerらは “[a]rguably, complex mentalizing depends on some form of working memory” (Meyer & Lieberman, 2012, p. 1) と推測している. また, メンタライジングにおいてワーキングメモリ機能が用いられることの傍証として, Meyerらは「社会的認知負荷を増やすとメンタライジング課題での成績が低下する」という知見 (e.g., Apperly et al., 2008) に言及している. なお, Meyerらの研究以前にも, メンタライジングに関与する脳領域の特定自体は進んでいた (e.g., Van Overwalle, 2009)⁵⁾. Meyerらの実験 (Meyer et al., 2012) の新規性は, メンタライジングの最中に保持・操作される社会的情報の量 (i.e., 社会的ワーキングメモリ負荷) に応じて賦活する脳領域を特定したことにある (Meyer & Lieberman, 2012).

Meyer & Lieberman (2012) は機能的観点からも社会的ワーキングメモリを論じている. Meyerらは, 具体的な社会的活動として「会議中に多くの同僚たちの意見を頭の中に入れておくこと」や「初めて会った人物の政治的信念を頭の中に入れておくこと」などを挙げており, そのような社会的活動においては社会的情報を保持しないし操作する能力 (i.e., 社会的ワーキングメモリ)

- 2) 非社会的 (認知的) ワーキングメモリについては数多くの優れたレビューが存在する. 認知的ワーキングメモリの定義とモデルのレビューとしては, Cowan (2017), Logie et al. (2020) や齊藤・三宅 (2014) が挙げられる. また, 認知的ワーキングメモリに関連する効果をまとめたレビューとして, Oberauer et al. (2018) も参考になる.
- 3) 社会的刺激は実験者であり, 非社会的刺激はおもちゃであった. 課題では, 3つの空間のいずれかの場所に実際の実験者やおもちゃが出現・消失した. 刺激が消えた後で, 以前に刺激が現れた場所を注視するかがワーキングメモリの指標とされた.

- 4) ただし, バイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題では, 社会的情報の操作と保持の両者ではなく, 保持に焦点が当てられていると考えられる.
- 5) Meyer & Lieberman (2012) ではメンタライジング課題として心の理論 (Theory of Mind, ToM) 課題にも言及している. 2012年以前に, 心の理論とワーキングメモリの関連について論じたレビューとして, 荻阪 (2006) が挙げられる.
- 6) 本論文の対象範囲を超えるが, Meyerらの挙げている例が日常的な場面であることから, 社会的ワーキングメモリを日常記憶 (everyday memory) (Cohen & Conway, 2007) の枠組みから捉えることも可能であろう.

が必要であると述べている⁶⁾。そして、社会的ワーキングメモリを“[n]avigating the social world” (Meyer & Lieberman, 2012, p. 1) のための能力として特徴づけた。

以降では、2012年から2023年現在に至るヒトを対象にした社会的ワーキングメモリ研究を概説する。社会的ワーキングメモリは比較的新しい構成概念であり、1つのスタンダードな課題が存在するわけではなく、研究グループごとに様々な課題が用いられている。このため、(a)Meyerらの社会的ワーキングメモリ課題、(b)バイオロジカルモーション刺激を用いた課題、(c)その他の課題にわけ、課題ごとに課題の詳細と課題から得られた知見を整理する。

Meyerらの社会的ワーキングメモリ課題

課題の詳細

Meyerらの社会的ワーキングメモリ課題 (Meyer et al., 2012) では、参加者の友人の名前が実験刺激として用いられる。そのため、実験の2週間前に参加者から参加者自身の友人に関する情報が収集される。参加者は親密な友人の名前を答え、さらに100ポイントのスケール上で各友人についての性格特性の評価値を答える。例えば、“funny”という性格特性について、参加者の友人“Claire, Rebecca, Kristin”に対し“85, 67, 75”などの評定値を答える。Meyer et al. (2012) は、参加者ごとに、10名の友人の名前と各友人についての96の性格特性の評定値を事前に収集した。

社会的ワーキングメモリ課題の1試行の流れは以下の通りである。初めに2名から4名の友人の名前が同時に呈示され、参加者は名前を保持する (e.g., “Claire, Rebecca, Kristin”)。画面から名前が消えた後、性格特性が呈示される。その後、性格特性が画面から消え、ブランク画面の遅延がおかれる。性格特性の呈示後 (及び遅延中に)、参加者は心の中で名前の並べ替えを行う。例えば、性格特性として“funny”が教示された場合は、参加者は“funny”を基準として友人の名前を並べ替える操作を心で行う。試行の最後に“Second Funniest? Rebecca”などのプロンプトが呈示され、並べ替えた友人の順番について問われる。参加者はキー押しによりプロンプトに関する正誤判断を行う。正誤判断の成績は反応時間と正答率から検討される。反応時間はプロンプトに対するキー押しの時間が用いられる。正答率は、事前に得られている性格特性の評定値に照らし合わせ、算出される。例えば、上記の例では“Rebecca”は3番目に“funny”であるため、“Second Funniest? Rebecca”は誤りと判断することが正答となる。なお、1試行で呈示される名前の数に応じて、正答率が低下し反応時間が長くなることが確認されている (Meyer et al., 2012)。以降では、Meyer et al. (2012) にない、試行で呈示される名

前の数をワーキングメモリ負荷 (の操作) と呼ぶ。

Meyer et al. (2012) の社会的ワーキングメモリ課題では、社会的ワーキングメモリを測定することが目的とされ、ベースラインとなるワーキングメモリ (i.e., 認知的ワーキングメモリ) の測定は行われていなかった。これに対し、Meyer et al. (2015) では、社会的ワーキングメモリと認知的ワーキングメモリを直接比較するために、認知的ワーキングメモリ課題も導入された (Figure 1)。

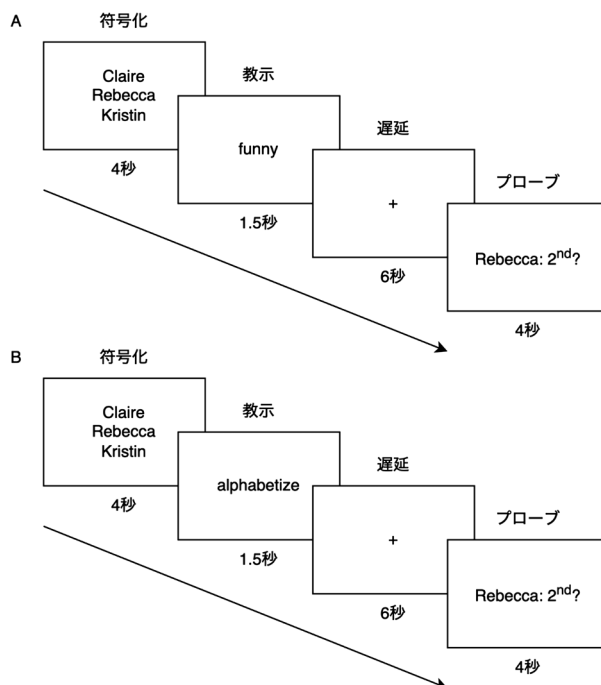
Meyer et al. (2015) の認知的ワーキングメモリ課題では、性格特性の代わりに“alphabetize”という教示が与えられる。参加者は、保持している友人の名前をアルファベット順に並べ替えることが求められる。例えば、“Claire, Rebecca, Kristin”という順番で提示された名前を、アルファベット順に“Claire, Kristin, Rebecca”と心の中で並べ替える。試行の最後には、“Rebecca: 2nd?”などのプロンプトが呈示され、並べ替えた友人の名前の順番に関する正誤判断が求められる。正誤判断の成績は、社会的ワーキングメモリ課題同様に、反応時間と正答率から検討される。言語刺激を保持しアルファベット順に並べ替えるという課題は、社会的ワーキングメモリ研究外の一般的なワーキングメモリ研究でも用いられており (e.g., Fougny & Marois, 2007), Meyer et al. (2015) の認知的ワーキングメモリ課題はそれら一般的なワーキングメモリ課題と対応があるものである。なお、Meyer et al. (2015) の社会的ワーキングメモリ課題はMeyer et al. (2012) の課題と基本的に同じであるが、プロンプトが認知的ワーキングメモリ課題と同じ形式のものに変更されている。例えば、“Second Funniest? Rebecca”というプロンプトは“Rebecca: 2nd?”へ変更される。

2015年以降の社会的ワーキングメモリ研究では、Meyer et al. (2015) の社会的ワーキングメモリ課題と認知的ワーキングメモリ課題を併用する方法が他の研究でも利用されている (Krol et al., 2018; Meyer & Lieberman, 2016; Tabak et al., 2016)。

Meyerらの課題の特徴として2点が挙げられる。第一に、Meyer et al. (2015) の社会的ワーキングメモリ課題と認知的ワーキングメモリ課題に関しては、刺激として呈示される名前とプロンプトは課題間で等価になっている点である。例えば、“Rebecca”という同一の刺激が異なる2つの課題間で用いられる。このため、課題の種類による違いは、社会的刺激への知覚処理ではなく、ワーキングメモリ内の社会的情報の保持や操作を反映していると考えられる。第二に、呈示される名前の数を操作することで、ワーキングメモリ負荷をパラメトリックに操作できる点がある。社会的ワーキングメモリ課題と認知的ワーキングメモリ課題では課題要求が異なるため、課題成績の違いや課題遂行中の脳活動の違いは、課題間の「課題の容易さ」の違いを反映している可能性もある。

Figure 1

Meyerらの社会的ワーキングメモリ課題(A)と認知的ワーキングメモリ課題(B)の1試行の流れの概念図



Meyer et al. (2015) を元に作成.

そのような可能性を検討するためにも、ワーキングメモリ負荷から実験的に「課題の容易さ」を操作する手続きは有効である。また、それぞれの課題においてパラメトリックなワーキングメモリ負荷の操作を行うことにより、「社会的ワーキングメモリ負荷」や「認知的ワーキングメモリ負荷」に対応する成分の抽出が行われる。

得られた知見

Meyerらの課題を用いた研究から得られた重要な神経科学的知見として、社会的ワーキングメモリ負荷に応じたデフォルトモードネットワーク (default mode network) の活動が知られる。デフォルトモードネットワークは、主として前頭前野内側皮質 (Medial Prefrontal Cortex: MPFC)、そして楔前部/後部帯状回 (PreCuneus/Posterior Cingulate Cortex: PC/PCC) を含むとされる大規模ネットワークである (越野他, 2013a; Raichle, 2015)。古典的には、デフォルトモードネットワークは、安静時と課題遂行時の比較において、安静時に活動があり、課題遂行時に活動が低下する脳領域を指す (Raichle et al., 2001)⁷⁾。一般的な認知的ワーキングメモリ課題の遂行中においても、ワーキングメモリ負荷に応じてデフォルトモードネットワークに属する MPFC

の活動が低下することが報告されている (McKiernan et al., 2003)。一方で、Meyerらの社会的ワーキングメモリ課題においては、社会的ワーキングメモリ負荷に応じてデフォルトモードネットワークに属する領域の活動が上昇する (Meyer et al., 2012, 2015)。社会的ワーキングメモリ課題と認知的ワーキングメモリ課題を併せて用いた Meyer et al. (2015) は、MPFC と PC/PCC が社会的ワーキングメモリ負荷に応じて活動が上昇し、認知的ワーキングメモリ負荷に応じて活動が低下することを報告している。このようなデフォルトモードネットワークの活動のパターンは、社会的ワーキングメモリが認知的ワーキングメモリと異なる脳内ネットワークにより支え

7) 古典的には、デフォルトモードネットワークは、安静時などのベースライン活動を示すネットワークであるとされた。近年は、社会認知が求められる課題遂行時にもデフォルトモードネットワークの活動が高まると認識されている (越野他, 2013a, 2013b; Smallwood et al., 2021; Spreng & Andrews-Hanna, 2015)。Andrews-Hanna らや越野らのレビューでも Meyer et al. (2012) が引用されており、社会的ワーキングメモリ研究の知見は近年のデフォルトモードネットワークの概念化に直接的に影響を与えていると考えられる。

られていることを示すものである（ただし、社会的ワーキングメモリと認知的ワーキングメモリのオーバーラップについて、Meyer et al. 2012, 2015 も参照）。

デフォルトモードネットワークは社会認知との関連も指摘されており（Spreng & Andrews-Hanna, 2015）、社会的ワーキングメモリ課題におけるデフォルトモードネットワークの活動も社会認知と関連する可能性が考えられる。実際に、社会的ワーキングメモリ負荷によるデフォルトモードネットワークの活動レベルの上昇の個人差は、自己報告の視点取得成績と正の相関を持ち、ディレクター課題（Director task）を用いた視点取得成績を予測することが確かめられている（Meyer et al., 2012, 2015）。また、認知的ワーキングメモリ課題の影響を統制した上でも、社会的ワーキングメモリ課題遂行中のデフォルトモードネットワークの活動レベルの個人差が社会的ネットワークサイズ（e.g., 友人の数）と関連することも示されている（Krol et al., 2018）。これらの結果は、社会的ワーキングメモリ課題の遂行が社会的な認知活動であるという考えを神経科学的に支持するものである。

Meyerらの課題を用いた研究は神経科学的知見の報告が中心になっているが、課題成績と他の社会的変数の関連などの行動的知見も一部報告されている。例えば、社会的ワーキングメモリ課題の正答率の個人差と社会的ネットワークサイズは正の相関を持つ（Krol et al., 2018）⁸⁾。また、社会的ワーキングメモリ課題を用いたトレーニングは、視点取得課題の成績を向上させる（Meyer & Lieberman, 2016; ただしワーキングメモリトレーニング研究への批判的検討として以下も参照 坪見他, 2019）。

Meyerらの研究グループが社会的ワーキングメモリ研究を先導していることから、社会的ワーキングメモリ研究においてMeyer et al. (2012, 2015) の課題はよく利用されてきた課題である。このため、この課題から得られた神経科学的・行動的知見の積み重ねがあることは特筆すべきことである。

バイオリジカルモーション刺激を用いた変化検出課題

課題の詳細

社会認知研究において、バイオリジカルモーションは社会的刺激として広く用いられている（Pavlova, 2012; Thornton, 2018）。社会的ワーキングメモリ研究において、バイオリジカルモーション刺激を記憶項目とした変

化検出課題（change detection task）は社会的ワーキングメモリ課題の1つであると考えられている（He et al., 2019; Liu et al., 2021）。バイオリジカルモーション刺激を用いた課題を使った研究の多くは、記憶項目の呈示方法や二重課題の操作など課題自体のパラメータ操作が行われ、これらのパラメータが課題成績に与える影響を検討してきた。以下では、典型例としてShen et al. (2014) の課題とDing et al. (2017) の課題を説明するが、研究間で課題自体のパラメータが異なることに注意が必要である。

Shen et al. (2014) の課題の試行の流れは以下の通りである（Figure 2）。初めに画面に2つの数字が呈示される（e.g., “6 7”）。参加者は呈示された2つの数字を声に出して言い続ける構音抑制が求められる（e.g., ろく, なな, ろく, なな）⁹⁾。構音抑制は、試行を通して求められた¹⁰⁾。注視点とブランク画面の呈示後、バイオリジカルモーション刺激が1つから5つ同時に呈示される。参加者は呈示されたバイオリジカルモーション刺激の保持を行う。その後、ブランク画面を置いて、バイオリジカルモーションのグローブ刺激が呈示される。参加者はグローブ刺激が試行で呈示された刺激かの判断をキー押しにより行う。キー押し後、ブランク画面があり、1つ数字グローブの呈示がある（e.g., “2”）。この数字が試行の最初に呈示された数字のうち1つと同じかの判断をキー押しで行う。

Shen et al. (2014) の課題では、バイオリジカルモーション刺激はpoint-light displays (Johansson, 1973) により呈示され、12の光点が画面上を動くことでバイオリジカルモーション刺激が構成された。具体的には、Vanrie & Verfaillie (2004) のデータベースにある「自転車をこぐ、ジャンプする、絵を描く、鋤で掘る、歩く、手を振る、たたき切る」の7つの動きが用いられた。なお、構音抑制は、バイオリジカルモーション刺激に対して言語的なラベル付けを行う方略を阻害するために用い

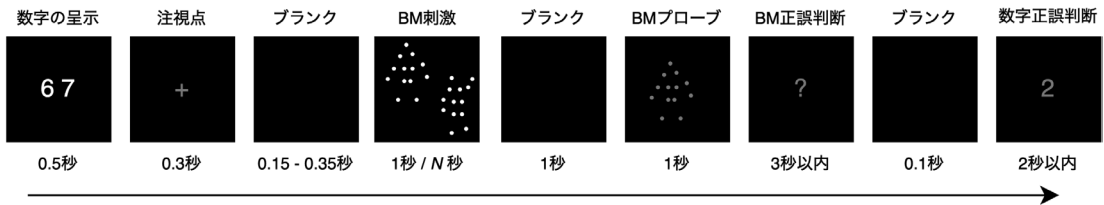
9) Shen et al. (2014) の参加者は浙江大学の学生であり、この研究では中国語による発話が用いられたと考えられる。ここでは日本語を用いて説明している。

10) Shen et al. (2014) とDing et al. (2017) では、構音抑制が試行を通して求められた（数字グローブへの判断フェーズ中も含む）。一方で、Gao et al. (2016) では、バイオリジカルモーションのグローブ刺激が呈示された段階で、参加者は構音抑制を止めることができた。著者に確認したところ、構音抑制を止めるタイミングは研究間で異なることと構音抑制の目的はバイオリジカルモーション刺激の符号化と保持における言語ラベルの使用を阻害することであるとの回答を得た（Gao, Z., personal communication, September 13, 2022）。このため、Gaoらの研究では構音抑制を止めるタイミングは、バイオリジカルモーション刺激の符号化と保持中ではない限り、そこまで重視されていないと考えられる。

8) 論文中には課題成績に関して“performance”と書かれているのみであり、反応時間か正答率のどちらを指すかは不明である。著者に確認したところ、これは正答率を指すとの回答を得た（Krol, S., personal communication, September 29, 2022）。

Figure 2

バイオリジカルモーション刺激を用いた変化検出課題の概念図



図中のBMはバイオリジカルモーションの略。注視点、BM プローブ、BM 正誤判断、数字正誤判断の刺激は赤字で呈示された。BM刺激の呈示時間は、1秒間または刺激数×1秒であった。Shen et al. (2014) を元に作成。

られた。

Shen et al. (2014) の課題で用いられたバイオリジカルモーション刺激はそれぞれが独立したものであり、動きの間に社会的インタラクションはない。例えば、「鋤で掘る」と「歩く」という2つの動きの間に社会的インタラクションはない。一方で、「口論をする」など2名の人間の社会的インタラクションがあるバイオリジカルモーションも考えうる。以下では、社会的インタラクションを含むバイオリジカルモーション刺激を用いた研究の例として、Ding et al. (2017) の実験1の課題を概説する。

この課題には、Interactive-Two条件、Noninteractive-Two条件、Individual-Two条件、Individual-Four条件が含まれ、条件ごとに呈示される刺激の種類が異なる (Figure 3)。Interactive-Two条件では、インタラクティブのあるバイオリジカルモーションのペアが2つ呈示される。実際に用いられたインタラクティブのあるバイオリジカルモーションのペアは、「殴りかかる、会話する、突進する、ダンスする、口論する、飲み物を飲む、話す」であった¹¹⁾。これらの刺激は2つの (人物の) 動きが空間的に近接するペアになっており、動きの数に着目すると、合計で4つの動きが呈示される。

インタラクティブのあるバイオリジカルモーションのペアの片方の動きを用いることで Individual-Two条件と Individual-Four条件のための刺激が作成される。これらの条件では、2つまたは4つの動きがランダムな位置で画面に同時に呈示される。

Noninteractive-Two条件では、Interactive-Two条件で用いられたペア間の動きを入れ替えることで、インタラクティブのないペアが作成される (e.g., ABとCDというインタラクティブのある動きのペアに対し、ADとCBというインタラクティブのないペアを作成)。このように、Noninteractive-Two条件では、合計で4つの動きが呈示

される。Noninteractive-Two条件と Individual-Four条件のどちらでも動きの数は4つであるが、Noninteractive-Two条件はインタラクティブのない2つの動きがペアとして空間的に近接する位置に呈示される点が Individual-Four条件とは異なる。

Ding et al. (2017) の課題も、先述のShen et al. (2014) 同様に、(1)2つの数字の呈示 (構音抑制の開始)、(2)注視点とブランク画面の呈示、(3)バイオリジカルモーション刺激の呈示、(4)ブランク画面の呈示、(5)バイオリジカルモーションのプローブ刺激の呈示と正誤判断、(6)ブランク画面の呈示、(7)数字プローブの呈示と正誤判断という流れである。なお、この課題でも、バイオリジカルモーションのプローブ刺激は1つの動きであり、ペアでの呈示は行われていない。

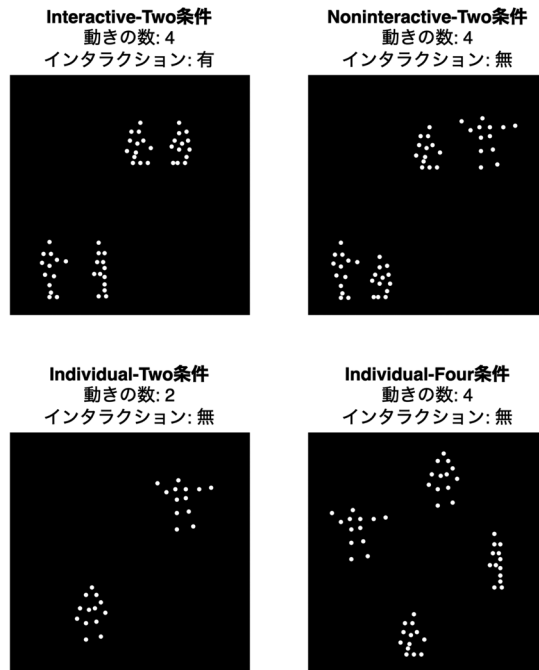
バイオリジカルモーション刺激を記憶項目に用いた変化検出課題の特徴として、他の変化検出課題との対応づけが容易であることが挙げられる。このため、課題の構造や教示は変化させずに、記憶項目の種類を変えることで比較的容易に統制条件が設定できる。例えば、変化検出課題の記憶項目を倒立させたバイオリジカルモーション刺激、幾何的な動きのある光点、色パッチにすることで、統制条件が設定できる (e.g., Ding et al., 2017; Gao et al., 2016; Shen et al., 2014)。実験条件と統制条件の比較においては、統制条件の設定も分析結果や結果の解釈に影響を与えうる。統制条件の設定の容易さとそれに基づく統制条件の種類の豊富さは、実験条件におけるプロセス (i.e., 社会的ワーキングメモリ) を検討する上で重要な知見を与えうると考えられる (例えば、統制刺激を実験間で変化させた Gao et al., 2015)。

さらに、変化検出課題を用いたデータに対して用いられる分析手法も適応可能である。例えば、変化検出課題のデータに対しては、Cowanの式 (Rouder et al., 2011): $K値 = \text{刺激のセットサイズ} \times (\text{ヒット率} - \text{フォールスアラーム率})$ によるワーキングメモリ容量の推定が広く行われている。K値はバイオリジカルモーション刺激を記憶項目に用いた変化検出課題から得られるデータに対し

11) 実際の刺激をDing et al. (2017) の supplementary materials で確認したところ、論文で会話する (conversation) と話す (talking) と書かれている刺激は、前者が立って話しており、後者は座って話している刺激であった。

Figure 3

バイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題において、インタクションの有無の操作の概念図



Ding et al. (2017) 及び Lu et al. (2022) を元に作成.

でも算出可能である。K値を用いることで、ワーキングメモリ容量の推定やワーキングメモリ容量の個人差が推定できる (Luck & Vogel, 2013)。

得られた知見

バイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題から得られた神経科学的知見として、Gao et al. (2015) と Lu et al. (2016) の知見が知られる。EEGを用いた Gao et al. (2015) は、バイオロジカルモーションの記憶負荷 (i.e., 呈示される刺激の数) に応じて μ 抑制 (mu suppression) が強まることを示した。Gaoらは μ 抑制をミラーニューロンシステムの活動の指標と捉え、バイオロジカルモーションの保持がミラーニューロンシステムに支えられていると解釈した。また、fMRIを用いた Lu et al. (2016) は、バイオロジカルモーション刺激の符号化と保持中に、ミラーニューロンシステムに関わる脳部位の活動が高まることを報告している。これらの神経科学研究は、Gao et al. (2015) がミラーニューロン活動の間接的な指標 (μ 抑制) を用いていることや Lu et al. (2016) が安静時をベースラインとしており統制刺激への反応との比較ではないことに注意が必要である。

バイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題から得られた神経科学的知見はあまり報告されてい

ない一方で、行動的知見は数多く報告されている。例えば、Shen et al. (2014) は呈示する刺激のセットサイズを1から5まで変え、K値の見積もりを行った。参加者によってK値の最大値がどのセットサイズで生じるかは個人差があるが、参加者ごとにセットサイズ間で最大のK値 (K-max値) を求めたところ、K-max値の平均は3.02であった¹²⁾。この結果から、バイオロジカルモーション刺激に対するワーキングメモリ容量は、他の視覚刺激同様に、3から4程度であると考えられた (e.g., 色や形など Fukuda et al., 2010; 言語刺激に関しても4チャンクの容量を示すものとして Cowan, 2010)。また、Shen et al. (2014) は1試行で同時に異なる種類の刺激を呈示することで、干渉の有無を検討した (e.g., バイオロジカルモーションを2つと図形を2つの合計4つの刺激を同時に呈示する)。干渉のパターンは、色、形と場所の保持はバイオロジカルモーションの保持にあまり干渉しな

12) K値とK-max値は呈示時間の影響も受ける。Shen et al. (2014) は呈示時間を1秒に固定した場合はK-max値が2.06、セットサイズ(N)に応じた呈示時間(N秒)にした場合はK-max値が3.02であったと報告している。Shenらは、参加者に十分な処理時間が与えられた場合にワーキングメモリ容量は3から4程度であると解釈している。

い一方で、非バイオロジカルモーションの動きの保持はバイオロジカルモーションの保持に干渉することを示唆した。Shen et al. (2014) は、上記の干渉効果からバイオロジカルモーションと非バイオロジカルモーションの動きの保持が共通のメカニズムにより保持されることを示唆している。なお、視覚的ワーキングメモリ研究でも、人物の動き刺激を社会的刺激としてではなく一般的な動き刺激の一種として扱っている研究も存在する (e.g., Wood, 2011)。

バイオロジカルモーションの保持を一般的な視空間情報の保持の一種として捉える見方に対して、バイオロジカルモーションの保持が何らかの社会的情報の保持であるという見方を支持する知見も存在する。例えば、Gao et al. (2016) は、バイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題における K -max 値の個人差が、質問紙による他者の感情や思考に対する共感のスコア (Baron-Cohen & Wheelwright, 2004; Mehrabian & Epstein, 1972) と正の相関を持つことを示している。さらに、He et al. (2019) は3歳から5歳の誤信念課題の成績とバイオロジカルモーション刺激に対する K -max 値が正の相関を持つことを示している。一方で、この相関は倒立させたバイオロジカルモーション刺激に対する K -max 値では消失した。なお、倒立させたバイオロジカルモーション刺激は、通常の (正立の) バイオロジカルモーション刺激に対する統制刺激である。正立と倒立のバイオロジカルモーション刺激の保持成績と誤信念課題の成績との相関のパターンは、バイオロジカルモーションの保持が単なる動きの保持にとどまらない何らかの社会的情報の保持をおこなっていることを示唆する。さらに、He et al. (2019) は、3歳から6歳におけるワーキングメモリ容量を K -max 値から見積もっており、特に4歳と5歳の間に急激な K -max 値の上昇が見られることを示している。これは、一般的に4歳から5歳が誤信念課題を通過できるようになる時期であること (Callaghan et al., 2005; Wellman et al., 2001) と一致する。このように、He et al. (2019) の結果は、個人差と発達の変化の観点から、バイオロジカルモーションの保持と社会認知の関連を示すものである。

社会的情報の保持を調べる方法としては、刺激間に社会的インタラクションを持たせた刺激ペアを呈示することも考えられる (Vestner et al., 2019)。先行研究では、社会的インタラクションのあるバイオロジカルモーション刺激を呈示することで変化検出課題の成績が向上する効果が報告されている (Ding et al., 2017; Lu et al., 2022; 人形を用いた発達心理学研究として以下も参照 Stahl & Feigenson, 2014)¹³⁾。Ding et al. (2017) の実験1 (Figure 3) は、社会的インタラクションを含む Interactive-Two 条件での d' 値が、社会的

インタラクションを含まない Noninteractive-Two 条件と Individual-Four 条件よりも優れることを示した。これらの3つの条件では4つの動きの刺激が呈示されている点は同一であったため、条件差は社会的インタラクションの効果による記憶成績の向上であると考えられる。一方で、Interactive-Two 条件と Individual-Two 条件の間には d' 値の違いは確認されなかった (前者では動き刺激が合計4個呈示され後者では2個呈示されたため、条件間で記憶負荷が異なることに注意)。 K 値の見積からは、Interactive-Two 条件で3.24個の動き、Noninteractive-Two 条件で1.88個の動き、Individual-Two 条件で1.67個の動き、Individual-Four 条件で1.99個の動きが保持できると示唆された。つまり、記憶成績の指標である d' 値からは動き刺激の個数が異なる Interactive-Two 条件と Individual-Two 条件で記憶成績が同程度であることが示され、記憶容量の指標である K 値からは Interactive-Two 条件で Individual-Two 条件のおよそ2倍の動きを保持できることが示された (i.e., $3.24/1.67=1.94$)¹⁴⁾。Ding et al. (2017) は、この結果を、社会的インタラクションを含む2つの動きが1つのユニットとしてまとめられるというチャンキング (chunking) によるアドバンテージが見られたと解釈した。

一方で、このチャンキングによるアドバンテージは倒立したバイオロジカルモーション刺激を用いた際には消失した。Ding et al. (2017) の実験3は、倒立したバイオロジカルモーション刺激を使用し実験1同様の実験を行った。実験3では、実験1で見られた Interactive-Two 条件での d' 値が Noninteractive-Two 条件と Individual-Four 条件より優れるという結果は生じなかった。さらに、 K 値の見積からは、Interactive-Two 条件で1.36個の動き、Noninteractive-Two 条件で1.16個の動き、Individual-Two 条件で1.15個の動き、Individual-Four 条件で1.19個の動きが保持できると示唆され、条件間で同程度の個数の動き刺激が保持されることが示された。

社会的インタラクションによるチャンキングのメカニズムを調べた研究として Lu et al. (2022) がある。チャ

13) ここでいう社会的インタラクションは2者の相互作用を含む動きを指し、社会的情報であると想定できる。このため、社会的インタラクションによる成績向上は、社会的情報の保持に関する現象であるといえるだろう。ただし、この現象はチャンキングから説明されており、過去の経験に基づく学習といった認知的メカニズムから説明されるかもしれない。

14) ただし、理論的に K 値の上限はセットサイズになるため、Interactive-Two 条件 (セットサイズ4) と Individual-Two 条件 (セットサイズ2) の K 値の比較のみではなく、先述の d' 値も合わせて考慮する必要がある。また、社会的情報の保持の直接的検討としては、後述の倒立させたバイオロジカルモーション刺激を用いた実験3の結果を参照。

ンキングが注意を必要とするのであれば、注意を奪う二重課題を行うことで、チャンキングの効果は影響を受けるはずである。Luらは、バイオロジカルモーションの保持中に注意を必要とする課題を挿入した。実験1では一般的な注意を必要とする課題として減算課題 (backward counting task) が、実験2では物体ベースの注意を必要とする課題としてDuncan (1984) の課題が用いられた。Duncanの課題では、複数の特徴 (e.g., 大きさ, 形, 傾きやパターン) を持つ幾何図形が刺激として呈示されており、複数の特徴を図形全体で統合するための注意 (i.e., 物体ベースの注意) が必要と考えられた。実験1と2の両実験において、注意を必要とする課題の遂行を行ってもチャンキングによる記憶のアドバンテージは保たれた。さらに、チャンキングのアドバンテージは注意を必要とする課題の遂行の有無と交互作用を持たず、チャンキングの効果は注意と独立して起こることが示唆された。Luらは、チャンキングが注意とは独立して自動的に起こるという解釈をおこなっている (社会的情報の自動性については以下も参照Liu et al., 2021; Vestner et al., 2019; Zhou et al., 2021)。

変化検出課題は視覚的ワーキングメモリ研究でこれまで多く用いられてきた。このため、視覚的ワーキングメモリ研究で用いられてきた分析手法や実験手法などがバイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題を使った実験にも取り入れられてきた。この課題から干渉の効果や二重課題の効果などの多くの行動的知見が報告されていることは特徴的である。

その他の課題

友人の名前やバイオロジカルモーションを刺激とした課題以外にも、社会的ワーキングメモリを測定する課題はいくつか知られる。例えば、*n*-back課題に顔刺激を用いた課題 (Thornton & Conway, 2013; Xin & Lei, 2014)、人物名をattribute amnesia paradigmで用いた課題 (Liu et al., 2021)、SNSのプロフィール風の刺激を用いた課題 (Zhou et al., 2021)、認知的ワーキングメモリの代表的な課題であるリーディングスパン課題 (reading span task) の刺激に職業名を用いた課題 (Ishiguro & Saito, 2019) やドラマの登場人物の人間関係をういたMeyerらの新しい課題 (Meyer & Collier, 2020) がある。以降では、Ishiguro & Saito (2019) とMeyer & Collier (2020) について概説する。

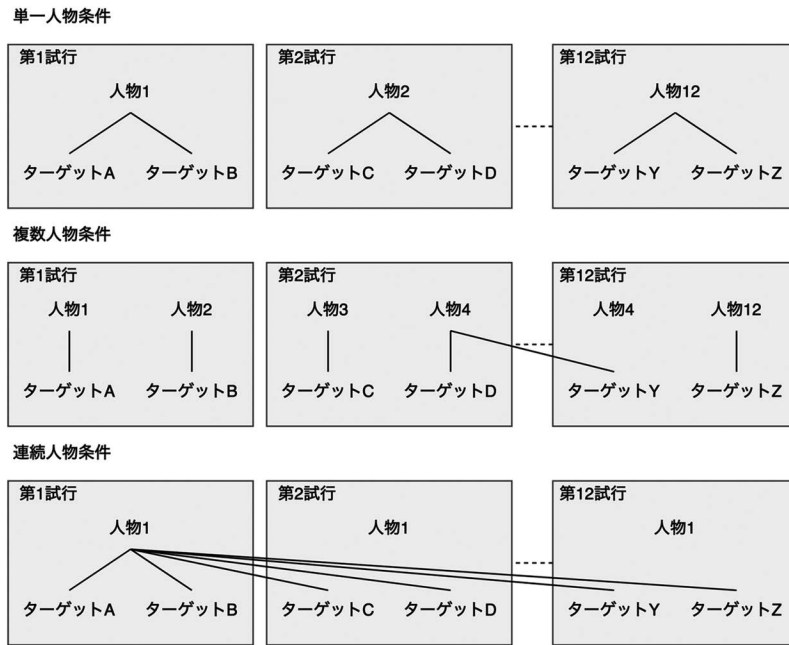
Ishiguro & Saito (2019)

Daneman & Carpenter (1980) によって開発されたリーディングスパン課題は認知的ワーキングメモリ研究において頻繁に使用されてきた課題の一つである (Conway et al., 2005)。リーディングスパン課題を用いて社会的ワーキングメモリを検討した研究

としてIshiguro & Saito (2019) がある。Ishiguroらは、長期記憶研究で知られていた人物ベースの体制化 (person-based organization) の効果をリーディングスパン課題で確認した。人物ベースの体制化は、人物を中心に情報をまとめるという記憶の体制化を指す。例えば、人物の行動に関する記述文を個別の文として教示し文を記憶することを求める条件よりも、同一の人物に関する記述文として教示し文から人物の印象形成を求める条件で再生成績が優れることが知られている (Bless et al., 1992; Hamilton et al., 1980)。また、再認における干渉効果であるファン効果 (fan effect) が同一の人物に関する記述文を使用した際に消失することも報告されている (Radvansky, 1998; Radvansky et al., 1993)。このように、人物を中心に情報をまとめることが可能な状況において、再生成績の向上や再認における干渉効果への抵抗が人物ベースの体制化を示す証拠である。

Ishiguro & Saito (2019) は、「○○はテーブルの上を拭いて、おやつクッキーを食べた」「○○は本棚を整理していると、ホコリがまっげにかかった」というような日常生活での行動に関する記述文をリーディングスパン課題の刺激文として用いた。実験1では2条件が設定され、職業名を変えることで○○にあたる人物が操作された。単一人物条件では、試行内で同一の職業名が用いられた。例えば、「先生」が職業名の場合は、「先生はテーブルの上を拭いて、おやつクッキーを食べた」「先生は本棚を整理していると、ホコリがまっげにかかった」と呈示された。これに対し、複数人物条件では、試行内で複数の職業名が用いられた。例えば、「先生、職人」が職業名の場合は、「先生はテーブルの上を拭いて、おやつクッキーを食べた」「職人は本棚を整理していると、ホコリがまっげにかかった」と呈示された。なお、ターゲット語は職業名ではない、文中に下線が引かれた単語であった (上記の例では「クッキー、まっげ」)。課題は一般的な日本語リーディングスパン課題同様に、参加者が刺激文を音読し、試行の最後にターゲット語を口頭報告するものであった (荻阪, 2002; Tanaka et al., 2014)。実験1の結果は、単一人物条件で複数人物条件よりも課題成績が優れることを示した。これは、単一人物条件において、一人の人物を中心に情報をまとめる人物ベースの体制化が起きたためと解釈された (Figure 4)。しかし、試行内で呈示される職業名の数に条件差があり、それが読みの負荷の量や干渉する情報の量の違いとなり条件差を生じさせたという代替説明が可能であった。そこで実験3では、課題を通して同一の職業名が用いられる連続人物条件が新たに設定された。連続人物条件では、同じ職業名が全ての試行で呈示されるため、読みの負荷の量や干渉する情報の量は、単一人物条件よりも小さいか同程度であると考えら

Figure 4
人物ベースの体制化の概念図



枠線は試行の違いを示す。なお、複数人物条件では、職業名が試行ごとにランダムに選ばれたため、試行間で同一の職業名が複数回呈示された (e.g., 第2試行と第12試行の人物4)。

れる (cf. 単一人物条件は、試行内では同一の職業名が用いられ、試行間では異なる職業名が用いられた)。実験3の結果は、単一人物条件で連続人物条件よりも課題成績が優れることを示した。つまり、単一人物条件の優れた成績は読みの負荷の量や干渉する情報の量からは完全には説明されなかった。単一人物条件においては試行ごとに職業名が変化したため、課題遂行に適した人物ベースの体制化が起こったと解釈された。一方で、連続人物条件では、試行間で同じ職業名が呈示されたため、試行を越えた体制化が起こり、結果として順向干渉が生じたと考えられた (順向干渉については Lustig et al., 2001; Unsworth & Engle, 2007 も参照)。なお、いずれの条件においても職業名はターゲット語ではなく、周辺情報として呈示された職業名が課題成績に影響を与えた点は、社会的情報が自動的に処理されること示す近年の知見 (Liu et al., 2021; Lu et al., 2022; Vestner et al., 2019; Zhou et al., 2021) と一致する。

一般的なリーディングスパン課題では試行内の文は意味的関連がないように作成されるため、登場人物は文ごとに変わり、人物への言及がない文も含まれる (e.g., 芋阪, 2002)。つまり、一般的なリーディングスパン課題は人物ベースの体制化を阻害する実験手続きであるとも

考えられる。これに対し、日常生活において特定の人物の情報をワーキングメモリに保持する場面を想定すると、人物ベースの体制化を許容する手続きは生態学的妥当性を高める可能性がある。

Meyer & Collier (2020)

参加者の友人の名前を刺激とする Meyer らの社会的ワーキングメモリ課題 (Meyer et al., 2012, 2015) では、参加者から得られた友人の性格特性の評定値に照らし合わせて正誤判断の成績が算出される。実験者はこの評定値自体が正確かを確かめることができず、正誤判断の成績化を客観的に行うことができないという問題がある。Meyer & Collier (2020) はこの問題を解決する課題として、ドラマの登場人物の人間関係をを用いた新しい課題を作成した。課題に先立って、参加者は5名の人物が登場する短い動画を視聴した。この動画で、参加者は5名の人物間の関係 (友人関係、敵対関係、恋愛関係と競合関係) を学習した。この動画から人物間の関係が適切に学習できることはパイロット実験で確かめられていた。なお、参加者ごとに異なる友人名を刺激として用いた Meyer et al. (2012, 2015) とは異なり、Meyer & Collier (2020) は全ての参加者に対し同一の5名の人物 (ドラマの登場人物) を刺激として用いた。

課題では、学習した人間関係に基づきターゲット人物の感情を評定することが求められた。例えば、ターゲット人物の友人がネガティブ感情を持っている際には、ターゲット人物も影響を受けネガティブ感情になるという教示があった。これに対し、ターゲット人物の敵がネガティブ感情を持っている際には、ターゲット人物はポジティブ感情を持つという教示があった。つまり、他の人物の感情とその人物との人間関係（e.g., 友人関係vs. 敵対関係）に基づきターゲット人物の感情の評定を行うことが求められた。

具体的な課題の1試行の流れは以下の通りであった。初めに、名前付きの写真で2名か4名の人物が呈示された。2名か4名の人物のうち1名の写真はピンク色の枠線で囲われて呈示された。この人物がターゲット人物であった。ターゲット人物以外の人物の写真の下には、「上向きの親指」または「下向きの親指」のアイコンが表示され、当該の人物がポジティブ感情またはネガティブ感情を持つことが示された。続いて、ブランク画面の呈示があった。試行の最後に、ターゲット人物の写真が呈示され、参加者は1（とてもネガティブ）から4（とてもポジティブ）の4段階のスケールでターゲット人物の感情の評定値を回答した。

2名の人物が呈示される場合は、ターゲット以外の人物が1名であるため、その人物の感情と人間関係に基づきターゲット人物の感情評定が行われた。4名の人物が呈示される場合は、ターゲット以外の3名の人物の感情と人間関係を考慮する形でターゲット人物の感情評定が行われた（具体的には画面左の人物から右の人物に向かっての逐次的な計算を行い、最終的にターゲット人物の感情の評定値を報告する）。

なお、Meyer & Collier (2020) の社会的ワーキングメモリ課題にも、非社会的ワーキングメモリ試行と呼ばれる統制試行があった。この試行では、感情評定の代わりに、画面に呈示される人物をアルファベット順に並び替えることが求められており、認知的ワーキングメモリを測定する試行であると考えられる。

Meyer & Collier (2020) は社会的ワーキングメモリ課題の遂行に関して、脳イメージングを用いた神経科学的検討（実験1）と質問紙を用いた社会的ネットワークサイズとの関連の検討（実験2）を行った。実験1の結果は、非社会的ワーキングメモリ試行（i.e., アルファベット順の並び替え）との比較において、社会的ワーキングメモリ課題の遂行中（i.e., 感情評定）にデフォルトモードネットワークの活動が高まることを示した。さらに、社会的ワーキングメモリ負荷に応じたデフォルトモードネットワークの活動の上昇も確認された。社会的ワーキングメモリがデフォルトモードネットワークに支えられていることを示すこれらの知見は、別の課題を用いた

Meyer et al. (2012; 2015) と一致する。実験2では、社会的ワーキングメモリ課題の成績が社会的ネットワークサイズと正の相関を持つこと示した。一方で、非社会的ワーキングメモリ試行の成績と社会的ネットワークサイズとの相関は確認されなかった。なお、非社会的ワーキングメモリ試行の成績を共変量として投入した回帰分析において、社会的ワーキングメモリ課題の成績は有意に社会的ネットワークサイズを説明した。社会的ネットワークサイズと社会的ワーキングメモリの関連を示すこれらの知見は、Meyer et al. (2015) の課題を用いた Krol et al. (2018) と一致するものである。

Meyer & Collier (2020) の新しい課題は、課題成績の客観的な得点化ができる点や全ての参加者に同一の刺激を呈示できる点（e.g., 参加者と刺激の交絡を防ぐ）から、Meyerらの以前の課題の問題点を克服していると考えられる。その上で、Meyerらの以前の課題を用いて示されていた(a)社会的ワーキングメモリとデフォルトモードネットワークとの関係（神経学的知見）と(b)社会的ワーキングメモリと社会的ネットワークサイズとの関係（行動的知見）が確かめられた。

これからの社会的ワーキングメモリ研究

前節では、これまでの社会的ワーキングメモリ研究をレビューした。これまでの研究においては、「社会的ワーキングメモリ」は一種のアンプレラタームとして用いられており、研究の流れごとに異なる研究関心があり、異なる実験課題が用いられてきた。社会的ワーキングメモリが比較的新しい概念であることを考えると、先行研究から得られた多様な知見は、社会的ワーキングメモリを概念化する上では欠かせない知見である。しかし、先行研究のレビューを通じて、多様な知見を統合する観点が提案されていないという問題が明らかになったと考えられる。

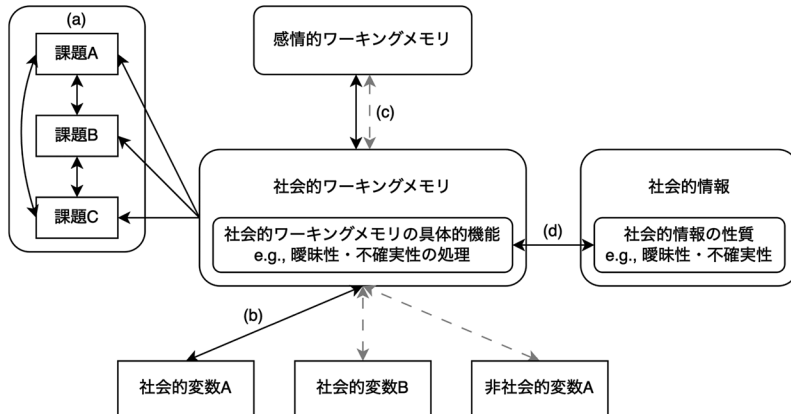
これからの研究においては、社会的ワーキングメモリを「多様な知見を統合的に説明する観点」を与える構成概念として精緻化することが欠かせないと考えられる。構成概念の精緻化を目指すためには、(a)課題間の関連、(b)他の社会的変数との関連、(c)社会的であることと感情的であることの同異、(d)社会的情報の性質を理論的・実証的に検討する必要があると考えられる（Figure 5）。

課題間の関連

課題Aと課題Bが同一の構成概念を測定している場合は、たとえ課題間に方法論的・手続的の違いがあったとしても、課題Aと課題Bは関連するはずである。実際に認知的ワーキングメモリ研究では、方法論的・手続的の違いが存在すると考えられる2つの課題——コン

Figure 5

構成概念の精緻化に向けて、本レビューが提案する「これからの社会的ワーキングメモリ研究の枠組み」



図中の小文字のアルファベットは、本文中の各セクションに対応する：(a)課題間の関連，(b)他の社会的変数との関連，(c)社会的であることと感情的であることの同異，(d)社会的情報の性質。実線は関連や影響を表し、破線は非関連を表す。

プレックススパン課題 (Conway et al., 2005) と n -back 課題 (Owen et al., 2005)——の間に弱いものの正の相関を持つことを示すメタ分析も知られる (Redick & Lindsey, 2013)¹⁵⁾。

関連して、認知的ワーキングメモリ研究では、課題不純問題 (task impurity problem) も認識されている。課題成績は課題が測定すべき成分だけでなく、課題に固有の成分も反映していると考えられる。この課題固有の成分が影響することで結果の解釈が困難になることが課題不純問題と呼ばれる。例えば、言語性ワーキングメモリを測定するための課題は、リーディングスパン課題、演算スパン課題 (operation span task)、計数スパン課題 (counting span task) など複数の課題が考えられ、課題ごとに読み能力 (リーディングスパン課題)、計算能力 (演算スパン課題)、数え上げ能力 (計数スパン課題) といった固有の成分も含むと考えられる。このため、リーディングスパン課題のみによって測定された成分は、読み能力の成分も影響し、純粋な言語性ワーキングメモリ成分と見なすことはできない。課題不純問題に対しては、共分散構造方程式モデルを使ったアプローチが知られ、課題が測定すべき成分 (i.e., 課題間の共通成分) を潜在変数として取り出す試みがなされている。上記の例では、リーディングスパン課題、演算スパン課題、計数スパン課題の共通成分を取り出すことで、言語性ワー

キングメモリに対応する潜在変数が得られる。

認知的ワーキングメモリ研究の重要な知見として、潜在変数レベルにおいて、言語性短期記憶と視空間性短期記憶間の相関よりも、言語性ワーキングメモリと視空間性ワーキングメモリ間の相関が有意に強いことが知られている (Kane et al., 2004)。Kaneらの研究では、処理課題と保持課題からなるコンプレックススパン課題をワーキングメモリ課題として、保持課題のみからなるシンプルスパン課題を短期記憶課題として用いていた。このため、短期記憶課題間の方が方法論的・手続きの類似度はより高いと考えられた¹⁶⁾。それにもかかわらず、言語性ワーキングメモリと視空間性ワーキングメモリ間でより強い相関が確認されたのである¹⁷⁾。このように、課題間の方法論的・手続きの違いは必ずしも課題間の相関の制約になるとは限らないことが認識されている。

社会的ワーキングメモリ研究においては、社会的ワーキングメモリ課題間の相関を検討した研究はないと考えられる。例えば、Meyer & Collier (2020) の研究は、Meyerらの以前の課題 (Meyer et al., 2012; 2015) の問題点を解消するために新たな課題を使用した、以前の課

16) シンプルスパン課題では、保持課題の部分の違いが課題間の非類似度を生む。これに対し、コンプレックススパン課題では、保持課題に加え処理課題の部分での違いもあるため、より課題間での非類似度が大きいと考えられる。

17) 言語性ワーキングメモリと視空間性ワーキングメモリ間の共通性と差異は、領域普遍性 (domain generality) と領域固有性 (domain specificity) の問題として知られる。領域普遍性と領域固有性については、齊藤・三宅 (2014) の議論を参照。

15) ただし、相関の弱さから、Redick & Lindsey (2013) は、これらの課題を同じ意味 (“interchangeably”) では使用できないと述べている。

題と新たな課題の両者を用いてはいなかった。以前の課題と新たな課題の成績がそれぞれ社会的ネットワークサイズと正の相関を持つことは確かめられているものの (Krol et al., 2018; Meyer & Collier, 2020), 課題間の成績の相関を直接検討した研究は知られない。以前の課題と新しい課題のどちらもが社会的ワーキングメモリを測定する課題であると考えられるため、これらの課題間に相関が見られるかを実証的に検証する必要がある。

さらに、バイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題と Meyer らの課題のどちらもが社会的ワーキングメモリを測定する課題であるのならば、これらの課題間に相関を持つことが予想される。一方で、課題不純問題を考えると、単一の課題はその課題に固有の成分の影響を多分に受けることも考える (e.g., point-light displays の動きと人物の写真などの実験刺激の違い)。

これまでの社会的ワーキングメモリ研究では多様な課題が提案されてきた。これからの研究においては、これまで提案されてきた社会的ワーキングメモリ課題を複数利用し、課題間の相関を実証的に確認することが欠かせないだろう。さらに、課題固有の成分と課題普遍の成分の影響を定量的に推定するためにも、共分散構造方程式モデルを用いた分析を行うことが望ましいと考えられる。そのような分析を通じて、社会的ワーキングメモリ課題が何を共通して測定しているのかが明らかになり、社会的ワーキングメモリ概念が明確化されることが考えられる。

他の社会的変数との関連

社会的ワーキングメモリは社会認知と関連することが想定され、多様な社会的変数との関連が示されてきた。レビューで触れたように、視点取得 (Meyer et al., 2012, 2015; Meyer & Lieberman, 2016), 社会的ネットワークサイズ (Krol et al., 2018; Meyer & Collier, 2020), 共感 (Gao et al., 2016), 心の理論 (He et al., 2019) など社会的ワーキングメモリの関連が示されてきた。一方で、同一の社会的変数が異なる課題の成績と相関を持つかは十分検討されていない。例えば、我々が知る限り、バイオロジカルモーションの保持が社会的ネットワークサイズと関連するかを調べた研究は存在しない。

ある社会的ワーキングメモリ課題とある社会的変数の関連が検討されていないことは、理論的な議論の不足にも起因していると考えられる。社会的ワーキングメモリは社会的活動を支える能力であると考えられているが (Meyer & Lieberman, 2012), 社会的ワーキングメモリが社会的活動において「何をおこなっているのか」という具体的な心的プロセスについて十分な議論はなされていない (後述の「社会的情報の性質」セクションも参照)。これからの研究においては、(a) 社会的ワーキングメモリの具体的なプロセスを説明し、(b) 社会的ワー

キングメモリと社会認知の関連を予測する理論を構築する必要があるだろう。そのような理論は実証研究に対し「どの社会的変数を選択すべきなのか」という問いに指針を与えると考えられる。

また、上記の問いは「どのような非社会的変数を選択すべきか」という問いにも関係する。これまでの社会的ワーキングメモリ研究は、社会的ワーキングメモリがある社会的変数と関連し、認知的ワーキングメモリがその社会的変数と関連しないことを示してきた (e.g., Gao et al., 2016; He et al., 2019; Meyer & Collier, 2020)。認知的ワーキングメモリが言語理解などの認知課題の成績と相関を持つことは繰り返し示されているものの (Daneman & Merikle, 1996; Peng et al., 2018), 社会的ワーキングメモリが認知課題の成績 (i.e., 非社会的変数) と相関を持たないことや、認知的ワーキングメモリに比べ、相関が弱いことは確認されていないと考えられる。社会的ワーキングメモリと認知的ワーキングメモリの共通性と差異を体系づけるためにも、社会的ワーキングメモリ・認知的ワーキングメモリと社会的変数・非社会的変数間の選択的関連——すなわち2つのワーキングメモリ概念の収束的妥当性 (convergent validity) と弁別的妥当性 (discriminant validity)——を検証する必要があるだろう。

社会的であることと感情的であることの同異

これまで取り上げた社会的ワーキングメモリ課題では、社会的情報と感情的情報の区別が明確にされていないものも多い。例えば、Meyer et al. (2012, 2015) の社会的ワーキングメモリ課題では友人の性格特性に関する処理が求められたが、“funny”などの性格特性が何らかの感情的反応を参加者に引き起こす可能性がある。実際に、Meyer et al. (2012) が用いた性格特性は Dumas et al. (2002) の人物記述語データベースから選出されており、このデータベースには感情的なニュアンスのある語 (emotionally-toned words) が含まれていた。さらに、Meyer & Collier (2020) では、感情評定を行うことを参加者に直接的に求めており、刺激呈示段階でもポジティブないしネガティブ感情を表すアイコンを呈示していた。また、バイオロジカルモーションの知覚に関しては、point-light displays による光点からであっても参加者は人物の感情を読み取ることができることが知られており (Clarke et al., 2005; Dittrich et al., 1996), バイオロジカルモーション刺激を用いた変化検出課題遂行中にも参加者は何らかの感情的処理を行う可能性がある。

ワーキングメモリ研究において、社会的であることと感情的であることが同じであるのか・異なるのかを検討することは意義があると考えられる。なぜなら、感情的ワーキングメモリ (affective working memory) という概

念が認知的ワーキングメモリとは独立した概念として提案されているからである (Mikels et al., 2008; Mikels & Reuter-Lorenz, 2019). Mikels et al. (2008) は、感情制御 (i.e., 感情の二重課題) は刺激の感情強度の保持 (i.e., 感情の情報保持) に干渉し、視覚探索と構音抑制 (i.e., 認知的二重課題) は刺激の明度の保持 (i.e., 認知的情報の保持) に干渉するという選択的干渉の効果を示した。選択的干渉の効果に基づき、Mikels et al. (2008) は認知的ワーキングメモリとは独立した概念として感情的ワーキングメモリを提案している。

社会的ワーキングメモリ研究は、認知的ワーキングメモリとの対比において、社会的ワーキングメモリを概念化してきた (e.g., Meyer & Lieberman, 2012). 実験手続きとしても、認知的ワーキングメモリとの対比から社会的ワーキングメモリは検討されてきた (e.g., 認知的 vs. 社会的ワーキングメモリ課題の比較). 一方で、感情的ワーキングメモリも、認知的ワーキングメモリとの対比において、提案されている概念である。「認知的ワーキングメモリではないもの」という意味からは、社会的ワーキングメモリと感情的ワーキングメモリは同一視される。

社会的ワーキングメモリと感情的ワーキングメモリの同異点を明らかにするためには、まずは、実験手続きを再考し、感情の影響を最小限に抑えた社会的ワーキングメモリ課題を利用する必要があると考えられる。その上で、これまで述べたような (a) 課題間の関連や (b) 他の社会的変数との関連を検討することが考えられる (個人差に着目する方法). さらに、両者を実験手続きにより切り分けることも考えられる (実験的方法; 以下も参照, Logie, 2011). 例えば、認知的ワーキングメモリ研究においては、視覚的または空間的二重課題が、視覚的または空間的情報の保持に対し選択的干渉を引き起こすことが知られている (Klauer & Zhao, 2004). このような選択的干渉の結果は、視空間性ワーキングメモリ (e.g., visuo-spatial sketchpad) を視覚的ワーキングメモリと空間的ワーキングメモリへ概念的に区別する必要性を示すものである。社会的ワーキングメモリ研究においても、社会的情報の保持と感情的情報の保持を実験的に切り分ける試みが必要であると考えられる。そのような試みを通じて、社会的ワーキングメモリと感情的ワーキングメモリの同異点が明らかになるとともに、社会的ワーキングメモリ概念が明確化されるだろう。

社会的情報の性質：

社会的ワーキングメモリが保持する情報は何か？

社会的ワーキングメモリ概念を明確にするためには、社会的であることと感情的であることを区別するだけでなく、社会的ワーキングメモリが保持・操作す

る対象である「社会的情報」を直接的に定義・説明する必要があるだろう。しかしながら、これまでの社会的ワーキングメモリ研究では、ターゲットとなる社会的情報はアプリオリに決定されており、社会的情報の性質はあまり論じられてこなかった。例えば、友人の性格特性 (e.g., Meyer et al., 2015), バイオロジカルモーション (e.g., He et al., 2019), 顔刺激 (e.g., Thornton & Conway, 2013) や人物名 (e.g., Liu et al., 2021) の持つ情報は社会的であると仮定されているが、「なぜそれらは社会的情報であると考えられるのか？」や「それらの社会的情報に共通する特徴は何なのか？」といった社会的情報の性質に関する直接的な議論はあまりない。これは、社会的ワーキングメモリ研究に固有の問題というわけではなく、より一般的な問題である「社会的であること (socialness) の定義・説明の困難さ」を反映しているためであると考えられる (cf. Diveica et al., 2022; Pexman et al., 2023).

本レビューは曖昧性 (ambiguity)・不確実性 (uncertainty) が社会的情報を検討する上で有効な観点となる可能性を指摘したい¹⁸⁾。近年、社会認知研究において、社会的曖昧性・不確実性は重要なトピックになっている (Berkay & Jenkins, 2023; FeldmanHall & Shenhav, 2019; Jenkins & Mitchell, 2010; Vives & FeldmanHall, 2018; 心の理論課題で曖昧性を要因として操作した以下の実験も参照, Brodsky et al., 2023; Hayward et al., 2018). これは、社会的情報がしばしば複数の解釈を生じさせる曖昧・不確実な情報であるためである。例えば、「不安に見える人物」の映像情報は「その人が不安を感じやすい性格特性を持っている」とも「不安を感じるような状況に置かれている」とも受け取るのできる情報である (傾性 vs. 状況への帰属, Gilbert et al., 1988; Trope & Gaunt, 2000). 顔情報についても、極端にポジティブな顔表情と極端にネガティブな顔表情はそれ自体では区別が難しいことも知られている (e.g., テニスの試合で得点した際と失点した際の顔表情, Aviezer et al., 2012).

Berkay & Jenkins (2023) は、社会認知と曖昧性・不確実性の関係を検討するため、先行研究で用いられた社会認知課題および非社会認知課題に対して、曖昧性・不確実性の評定を参加者に求めた。評定の結果、社会

18) Berkay & Jenkins (2023) は、不確実性を2つの下位区分 (i.e., 曖昧性とリスク) に分けて説明している。この用語の使い分けにしたがえば、曖昧性は情報の追加により不確実性が減るタイプのものであり、リスクは情報の追加によっても不確実性が減らないタイプのものである。一方で、“ambiguity/uncertainty” (Karmarkar & Jenkins, 2020, p. 201) のように曖昧性と不確実性がまとめて議論されることもある。本レビューでは、これらの構成概念の区別は主題ではないため、「曖昧性・不確実性」の表記を用いる。

認知課題の方が、非社会認知課題に比べ、曖昧性・不確実性が高く評定されることが示された。さらに、課題の曖昧性・不確実性の評定値と前頭前野背内側皮質(DorsoMedial Prefrontal Cortex; DMPFC)の活動レベルが関連することも明らかになった。DMPFCはMPFCの背側領域を指し、デフォルトモードネットワークに属する(Spreng & Andrews-Hanna, 2015; 「Meyerらの社会的ワーキングメモリ課題」セクションも参照)。これまで、社会認知課題の遂行中にDMPFCの活動レベルが高まることが繰り返し報告されており、DMPFCは社会認知に関わる主要な脳領域であると認識されている(Lieberman, 2007; Rilling & Sanfey, 2011; Saxe, 2006; Van Overwalle, 2009; Wade et al., 2018)。Berkay & Jenkins (2023) は、課題と評定値の関連およびDMPFCの活動レベルと評定値の関連に基づき、社会認知におけるDMPFCの具体的な働きは「曖昧性・不確実性に対する処理と解消」であるという見方を提案している(Jenkins & Mitchell, 2010も参照)。

曖昧性・不確実性は認知的ワーキングメモリ研究においても検討されてきた。特に言語理解との関連から、ワーキングメモリが統語的曖昧性(syntactic ambiguity, Just & Carpenter, 1992)や語彙的曖昧性(lexical ambiguity, Miyake et al., 1994)の解消に果たす役割が明らかにされている。例えば、“mint”という単語は一時的に「造幣局」とも「ハッカ」とも解釈される曖昧・不確実な情報を含む(i.e., 語彙的曖昧性)。このような曖昧・不確実な情報から生じる複数の解釈を一時的に保持し、最終的にどちらかの解釈に収束させるために、ワーキングメモリが用いられるとされる(視覚的な曖昧情報の保持についてはLogie, 2003の議論を参照)。

統語的曖昧性や語彙的曖昧性と社会的な曖昧性・不確実性は異なる研究領域で検討されてきた概念であるため、これらの間には相違点も多いだろう。しかし、「曖昧性・不確実性が複数の解釈を生じさせる」という点からは、これらの概念の間に共通点もあると考えられる。社会的情報は、曖昧性・不確実性を含むため、複数の解釈を生じさせる性質があると仮定すれば、そのような複数の解釈を一時的に保持するための記憶機能として社会的ワーキングメモリを捉えることができるかもしれない。

本レビューは「社会的ワーキングメモリは曖昧性・不確実性を含む社会的情報の処理において特に用いられる」という作業仮説を提案する。曖昧性・不確実性の高い社会的情報は社会的ワーキングメモリへの負荷が高く、曖昧性・不確実性の低い社会的情報は社会的ワーキングメモリへの負荷が小さいと想定する。実験的な仮説検証として、例えば、社会認知課題において社会的曖昧性を要因操作し(e.g., Hayward et al., 2018)、その要

因が社会的ワーキングメモリに関する要因(e.g., 社会的ワーキングメモリ成績の高群vs.低群)と交互作用を示すかを検討することなどが考えられる。社会的情報の性質に関する仮説の検証・反証を通じて、社会的ワーキングメモリ概念の明確化が進むとともに、「そもそも、“社会的”は何を指すのか」という問いに対する答えが得られることが期待される。

結 語

Meyerらの研究から10年が経ち、社会的ワーキングメモリ研究は多様な知見を示してきた。例えば、社会的ワーキングメモリと認知的ワーキングメモリを支える脳内ネットワークの違い(e.g., Meyer & Collier, 2020; Meyer et al., 2015)や社会認知や社会的ネットワークなどの社会的変数と社会的ワーキングメモリ成績の関連(e.g., He et al., 2019; Krol et al., 2018)などが知られている。これらの知見に基づき、認知的ワーキングメモリとは異なるユニークな記憶機能として社会的ワーキングメモリは概念化されている。

一方で、多様な知見を統合的に論じる視点が先行研究には欠けていることが明らかになった。これは、社会的ワーキングメモリという構成概念が十分に精緻化されていないことに起因すると考えられる。

構成概念の精緻化を視野に入れ、本レビューはこれからの研究に対し4つの方向性を提案した：(a)異なる社会的ワーキングメモリ課題の間の関連を検討すること、(b)他の社会的変数との関連を理論的に検討すること、(c)感情的ワーキングメモリと社会的ワーキングメモリの切り分けを行うこと、(d)社会的情報の性質を考慮すること。これら4点について理論的・実証的検討を行うことにより、社会的ワーキングメモリに対する我々の理解が深まることが期待される。

謝 辞

本研究はJSPS科研費21K13692(若手研究)と18H03666(基盤研究A)の助成を受けたものです。

引用文献

- Apperly, I. A., Back, E., Samson, D., & France, L. (2008). The cost of thinking about false beliefs: Evidence from adults' performance on a non-inferential theory of mind task. *Cognition*, 106(3), 1093–1108. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2007.05.005>
- Aviezer, H., Trope, Y., & Todorov, A. (2012). Body cues, not facial expressions, discriminate between intense positive and negative emotions. *Science*, 338 (6111), 1225–1229. <https://doi.org/10.1126/science.1218518>

- doi.org/10.1126/science.1224313
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47–89). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(08)60452-1)
- Baron-Cohen, S., & Wheelwright, S. (2004). The empathy quotient: An investigation of adults with asperger syndrome or high functioning autism, and normal sex differences. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 34(2), 163–175. <https://doi.org/10.1023/B:JADD.0000022607.19833.00>
- Berkay, D., & Jenkins, A. C. (2023). A role for uncertainty in the neural distinction between social and nonsocial thought. *Perspectives on Psychological Science*, 18(2), 491–502. <https://doi.org/10.1177/17456916221112077>
- Bless, H., Hamilton, D. L., & Mackie, D. M. (1992). Mood effects on the organization of person information. *European Journal of Social Psychology*, 22(5), 497–509. <https://doi.org/10.1002/ejsp.2420220507>
- Brodsky, J. E., Bergson, Z., Chen, M., Hayward, E. O., Plass, J. L., & Homer, B. D. (2023). Language, ambiguity, and executive functions in adolescents' theory of mind. *Child Development*, 94(1), 202–218. <https://doi.org/10.1111/cdev.13852>
- Brown, M. F., Knight-Green, M. B., Lorek, E. J. Jr., Packard, C., Shallcross, W. L., Wifall, T., Price, T., & Schumann, E. (2008). Social working memory: Memory for another rat's spatial choices can increase or decrease choice tendencies. *Learning & Behavior*, 36(4), 327–340. <https://doi.org/10.3758/LB.36.4.327>
- Callaghan, T., Rochat, P., Lillard, A., Claux, M. L., Odden, H., Itakura, S., Tapanya, S., & Singh, S. (2005). Synchrony in the onset of mental-state reasoning: Evidence from five cultures. *Psychological Science*, 16(5), 378–384. <https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2005.01544.x>
- Clarke, T. J., Bradshaw, M. F., Field, D. T., Hampson, S. E., & Rose, D. (2005). The perception of emotion from body movement in point-light displays of interpersonal dialogue. *Perception*, 34(10), 1171–1180. <https://doi.org/10.1068/p5203>
- Cohen, G., & Conway, M. A. (2007). *Memory in the real world* (3rd ed.). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203934852>
- Conway, A. R. A., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(5), 769–786. <https://doi.org/10.3758/BF03196772>
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four: How is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51–57. <https://doi.org/10.1177/0963721409359277>
- Cowan, N. (2017). The many faces of working memory and short-term storage. *Psychonomic Bulletin & Review*, 24(4), 1158–1170. <https://doi.org/10.3758/s13423-016-1191-6>
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual differences in working memory and reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19(4), 450–466. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(80\)90312-6](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(80)90312-6)
- Daneman, M., & Merikle, P. M. (1996). Working memory and language comprehension: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(4), 422–433. <https://doi.org/10.3758/BF03214546>
- Ding, X., Gao, Z., & Shen, M. (2017). Two equals one: Two human actions during social interaction are grouped as one unit in working memory. *Psychological Science*, 28(9), 1311–1320. <https://doi.org/10.1177/0956797617707318>
- Dittrich, W. H., Troscianko, T., Lea, S. E. G., & Morgan, D. (1996). Perception of emotion from dynamic point-light displays represented in dance. *Perception*, 25(6), 727–738. <https://doi.org/10.1068/p250727>
- Diveica, V., Pexman, P. M., & Binney, R. J. (2022). Quantifying social semantics: An inclusive definition of socialness and ratings for 8388 English words. *Behavior Research Methods*, 55(2), 461–473. <https://doi.org/10.3758/s13428-022-01810-x>
- Dumas, J. E., Johnson, M., & Lynch, A. M. (2002). Likableness, familiarity, and frequency of 844 person-descriptive words. *Personality and Individual Differences*, 32(3), 523–531. [https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(01\)00054-X](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(01)00054-X)
- Dumontheil, I., Jensen, S. K. G., Wood, N. W., Meyer, M. L., Lieberman, M. D., & Blakemore, S.-J. (2014). Preliminary investigation of the influence of dopamine regulating genes on social working memory. *Social Neuroscience*, 9(5), 437–451. <https://doi.org/10.1080/17470919.2014.925503>

- Dumontheil, I., Kilford, E. J., & Blakemore, S.-J. (2020). Development of dopaminergic genetic associations with visuospatial, verbal and social working memory. *Developmental Science*, 23(2), 1–12. <https://doi.org/10.1111/desc.12889>
- Dunbar, R. I. M. (1998). The social brain hypothesis. *Evolutionary Anthropology*, 6(5), 178–190. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6505\(1998\)6:5<178::AID-EVAN5>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6505(1998)6:5<178::AID-EVAN5>3.0.CO;2-8)
- Duncan, J. (1984). Selective attention and the organization of visual information. *Journal of Experimental Psychology. General*, 113(4), 501–517. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.113.4.501>
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory, and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology. General*, 128(3), 309–331. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.128.3.309>
- FeldmanHall, O., & Shenhav, A.; FeldmanHall (2019). Resolving uncertainty in a social world. *Nature Human Behaviour*, 3(5), 426–435. <https://doi.org/10.1038/s41562-019-0590-x>
- Fougnie, D., & Marois, R. (2007). Executive working memory load induces inattention blindness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(1), 142–147. <https://doi.org/10.3758/BF03194041>
- Fukuda, K., Awh, E., & Vogel, E. K. (2010). Discrete capacity limits in visual working memory. *Current Opinion in Neurobiology*, 20(2), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2010.03.005>
- Gao, Z., Bentin, S., & Shen, M. (2015). Rehearsing biological motion in working memory: An EEG study. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(1), 198–209. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00687
- Gao, Z., Ye, T., Shen, M., & Perry, A. (2016). Working memory capacity of biological movements predicts empathy traits. *Psychonomic Bulletin & Review*, 23(2), 468–475. <https://doi.org/10.3758/s13423-015-0896-2>
- Gilbert, D. T., Pelham, B. W., & Krull, D. S. (1988). On cognitive busyness: When person perceivers meet persons perceived. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(5), 733–740. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.5.733>
- Hamilton, D. L., Katz, L. B., & Leirer, V. O. (1980). Cognitive representation of personality impressions: Organizational processes in first impression formation. *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1050–1063. <https://doi.org/10.1037/h0077711>
- Hayward, E. O., Homer, B. D., & Sprung, M. (2018). Developmental trends in flexibility and automaticity of social cognition. *Child Development*, 89(3), 914–928. <https://doi.org/10.1111/cdev.12705>
- He, J., Guo, D., Zhai, S., Shen, M., & Gao, Z. (2019). Development of social working memory in preschoolers and its relation to theory of mind. *Child Development*, 90(4), 1319–1332. <https://doi.org/10.1111/cdev.13025>
- Herrmann, E., Call, J., Hernández-Lloreda, M. V., Hare, B., & Tomasello, M. (2007). Humans have evolved specialized skills of social cognition: The cultural intelligence hypothesis. *Science*, 317 (5843), 1360–1366. <https://doi.org/10.1126/science.1146282>
- Ishiguro, S., & Saito, S. (2019). Person-based organisation in working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 72(6), 1439–1452. <https://doi.org/10.1177/1747021818794541>
- Jarrold, C., & Towse, J. N. (2006). Individual differences in working memory. *Neuroscience*, 139(1), 39–50. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2005.07.002>
- Jenkins, A. C., & Mitchell, J. P. (2010). Mentalizing under uncertainty: Dissociated neural responses to ambiguous and unambiguous mental state inferences. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.)*, 20(2), 404–410. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhp109>
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14(2), 201–211. <https://doi.org/10.3758/BF03212378>
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1992). A capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychological Review*, 99(1), 122–149. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.99.1.122>
- Kahneman, D., Krueger, A. B., Schkade, D. A., Schwarz, N., & Stone, A. A. (2004). A survey method for characterizing daily life experience: The day reconstruction method.

- Science*, 306 (5702), 1776–1780. <https://doi.org/10.1126/science.1103572>
- 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. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01948.x>
- Kane, M. J., Hambrick, D. Z., Tuholski, S. W., Wilhelm, O., Payne, T. W., & Engle, R. W. (2004). The generality of working memory capacity: A latent-variable approach to verbal and visuospatial memory span and reasoning. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133(2), 189–217. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.2.189>
- Karmarkar, U. R., & Jenkins, A. C. (2020). Neural and behavioral insights into online trust and uncertainty. In J. T. Martineau & E. Racine (Eds.) *Organizational Neuroethics: Reflections on the Contributions of Neuroscience to Management Theories and Business Practices* (pp. 191–207). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27177-0>
- Klauer, K. C., & Zhao, Z. (2004). Double dissociations in visual and spatial short-term memory. *Journal of Experimental Psychology. General*, 133(3), 355–381. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.133.3.355>
- 越野 英哉・苧阪 満里子・苧阪 直行 (2013a). 脳内ネットワークの競合と協調——デフォルトモードネットワークとワーキングメモリネットワークの相互作用——心理学評論, 56, 376–391. https://doi.org/10.24602/sjpr.56.3_376
- 越野 英哉・苧阪 満里子・苧阪 直行 (2013b). デフォルトモードネットワークの機能的異質性 生理心理学と精神生理学, 31, 27–40. <https://doi.org/10.5674/jjppp.1304si>
- Krol, S. A., Meyer, M. L., Lieberman, M. D., & Bartz, J. A. (2018). Social working memory predicts social network size in humans. *Adaptive Human Behavior and Physiology*, 4(4), 387–399. <https://doi.org/10.1007/s40750-018-0100-9>
- Li, L., Xu, Q., Gan, T., Tan, C., & Lim, J. H. (2018). A probabilistic model of social working memory for information retrieval in social interactions. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 48(5), 1540–1552. <https://doi.org/10.1109/TCYB.2017.2706027>
- Lieberman, M. D. (2007). Social cognitive neuroscience: A review of core processes. *Annual Review of Psychology*, 58(1), 259–289. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.58.110405.085654>
- Lim, C. E., Turner, L. H., & Heinrichs, S. C. (2007). Short-term social recognition memory deficit and atypical social and physiological stressor reactivity in seizure-susceptible El mice. *Seizure*, 16(1), 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2006.10.006>
- Liu, Y., Huang, C., Huang, X., Chen, H., & Qin, P. (2021). Using the attribute amnesia paradigm to test the automatic memory advantage of person names. *Psychonomic Bulletin & Review*, 28(6), 2019–2026. <https://doi.org/10.3758/s13423-021-01975-0>
- Logie, R. H. (1993). Working memory in everyday cognition. In G. M. Davies & R. H. Logie (Eds.) *Memory in everyday life* (pp. 173–218). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)61102-4](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)61102-4)
- Logie, R. H. (2003). Spatial and visual working memory: A mental workspace. In D. Irwin & B. Ross (Eds.) *Psychology of Learning and Motivation—Advances in Research and Theory* (Vol. 42, pp. 37–78). [https://doi.org/10.1016/S0079-7421\(03\)01002-8](https://doi.org/10.1016/S0079-7421(03)01002-8)
- Logie, R. H. (2011). The functional organization and capacity limits of working memory. *Current Directions in Psychological Science*, 20(4), 240–245. <https://doi.org/10.1177/0963721411415340>
- Logie, R. H., Camos, V., & Cowan, N. (2020). The State of the Science of Working Memory. In R. H. Logie, V. Camos, & N. Cowan (Eds.) *Working Memory* (pp. 1–9). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198842286.003.0001>
- Lu, X., Dai, A., Guo, Y., Shen, M., & Gao, Z. (2022). Is the social chunking of agent actions in working memory resource-demanding? *Cognition*, 229, 105249. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2022.105249>
- Lu, X., Huang, J., Yi, Y., Shen, M., Weng, X., & Gao, Z. (2016). Holding biological motion in working memory: An fMRI study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10 (June), 251. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00251>
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (2013). Visual working memory capacity: From psychophysics and neurobiology to individual differences. *Trends in Cognitive Sciences*, 17(8), 391–400. <https://doi.org/10.1126/science.1103572>

- doi.org/10.1016/j.tics.2013.06.006
- Lustig, C., May, C. P., & Hasher, L. (2001). Working memory span and the role of proactive interference. *Journal of Experimental Psychology. General*, 130(2), 199–207. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.130.2.199>
- Maehara, Y. (2017). Psychological and neural functions of working memory in social contexts. In T. Tsukiura & S. Umeda (Eds.) *Memory in a Social Context: Brain, Mind, and Society* (pp. 27–42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-4-431-56591-8_3
- McKiernan, K. A., Kaufman, J. N., Kucera-Thompson, J., & Binder, J. R. (2003). A parametric manipulation of factors affecting task-induced deactivation in functional neuroimaging. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15(3), 394–408. <https://doi.org/10.1162/089892903321593117>
- Mehrabian, A., & Epstein, N. (1972). A measure of emotional empathy. *Journal of Personality*, 40(4), 525–543. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6494.1972.tb00078.x>
- Meyer, M. L., & Collier, E. (2020). Theory of minds: Managing mental state inferences in working memory is associated with the dorsomedial subsystem of the default network and social integration. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 15(1), 63–73. <https://doi.org/10.1093/scan/nsaa022>
- Meyer, M. L., & Lieberman, M. D. (2012). Social working memory: Neurocognitive networks and directions for future research. *Frontiers in Psychology*, 3, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00571>
- Meyer, M. L., & Lieberman, M. D. (2016). Social working memory training improves perspective-taking accuracy. *Social Psychological & Personality Science*, 7(4), 381–389. <https://doi.org/10.1177/1948550615624143>
- Meyer, M. L., Spunt, R. P., Berkman, E. T., Taylor, S. E., & Lieberman, M. D. (2012). Evidence for social working memory from a parametric functional MRI study. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(6), 1883–1888. <https://doi.org/10.1073/pnas.1121077109>
- Meyer, M. L., Taylor, S. E., & Lieberman, M. D. (2015). Social working memory and its distinctive link to social cognitive ability: An fMRI study. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(10), 1338–1347. <https://doi.org/10.1093/scan/nsv065>
- Mikels, J. A., & Reuter-Lorenz, P. A. (2019). Affective working memory: An integrative psychological construct. *Perspectives on Psychological Science*, 14(4), 543–559. <https://doi.org/10.1177/1745691619837597>
- Mikels, J. A., Reuter-Lorenz, P. A., Beyer, J. A., & Fredrickson, B. L. (2008). Emotion and working memory: Evidence for domain-specific processes for affective maintenance. *Emotion (Washington, D.C.)*, 8(2), 256–266. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.8.2.256>
- 三宅 晶・齊藤 智 (2001). 作動記憶研究の現状と展開 心理学研究, 72, 336–350. <https://doi.org/10.4992/jjpsy.72.336>
- Miyake, A., Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1994). Working memory constraints on the resolution of lexical ambiguity: Maintaining multiple interpretations in neutral contexts. *Journal of Memory and Language*, 33(2), 175–202. <https://doi.org/10.1006/jmla.1994.1009>
- Noland, J. S., Steven Reznick, J., Stone, W. L., Walden, T., & Sheridan, E. H. (2010). Better working memory for non-social targets in infant siblings of children with autism spectrum disorder. *Developmental Science*, 13(1), 244–251. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2009.00882.x>
- Oberauer, K., Lewandowsky, S., Awh, E., Brown, G. D. A., Conway, A., Cowan, N., Donkin, C., Farrell, S., Hitch, G. J., Hurlstone, M. J., Ma, W. J., Morey, C. C., Nee, D. E., Schweppe, J., Vergauwe, E., & Ward, G. (2018). Benchmarks for models of short-term and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(9), 885–958. <https://doi.org/10.1037/bul0000153>
- 荻阪 満里子 (2002). 脳のメモ帳 ワーキングメモリ 新曜社
- 荻阪 直行 (2006). 心の理論の脳内表現——ワーキングメモリからのアプローチ——心理学評論, 49(2), 358–374. https://doi.org/10.24602/sjpr.49.2_358
- Owen, A. M., McMillan, K. M., Laird, A. R., & Bullmore, E. (2005). N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies. *Human Brain Mapping*, 25(1), 46–59. <https://doi.org/10.1002/hbm.20131>
- Pavlova, M. A. (2012). Biological motion processing as a hallmark of social cognition. *Cerebral Cortex (New York, N.Y.)*, 22(5), 981–

995. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr156>
- Peng, P., Barnes, M., Wang, C., Wang, W., Li, S., Swanson, H. L., Dardick, W., & Tao, S. (2018). A meta-analysis on the relation between reading and working memory. *Psychological Bulletin*, 144(1), 48–76. <https://doi.org/10.1037/bul0000124>
- Pexman, P. M., Diveica, V., & Binney, R. J. (2023). Social semantics: The organization and grounding of abstract concepts. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 378 (1870), 20210363. <https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0363>
- Radvansky, G. A. (1998). The organization of information retrieved from situation models. *Psychonomic Bulletin & Review*, 5(2), 283–289. <https://doi.org/10.3758/BF03212952>
- Radvansky, G. A., Spieler, D. H., & Zacks, R. T. (1993). Mental model organization. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory, and Cognition*, 19(1), 95–114. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.19.1.95>
- Raghubar, K. P., Barnes, M. A., & Hecht, S. A. (2010). Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 110–122. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>
- Raichle, M. E. (2015). The brain's default mode network. *Annual Review of Neuroscience*, 38(1), 433–447. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030>
- Raichle, M. E., MacLeod, A. M., Snyder, A. Z., Powers, W. J., Gusnard, D. A., & Shulman, G. L. (2001). A default mode of brain function. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 98(2), 676–682. <https://doi.org/10.1073/pnas.98.2.676>
- Redick, T. S., & Lindsey, D. R. B. (2013). Complex span and n-back measures of working memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 20(6), 1102–1113. <https://doi.org/10.3758/s13423-013-0453-9>
- Rilling, J. K., & Sanfey, A. G. (2011). The neuroscience of social decision-making. *Annual Review of Psychology*, 62(1), 23–48. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.121208.131647>
- Rouder, J. N., Morey, R. D., Morey, C. C., & Cowan, N. (2011). How to measure working memory capacity in the change detection paradigm. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18(2), 324–330. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0055-3>
- 齊藤 智・三宅 晶 (2014). ワーキングメモリ理論とその教育的応用 湯澤 正通・湯澤 美紀 (編) ワーキングメモリと教育 (pp. 3–25) 北大路書房
- Saxe, R. (2006). Uniquely human social cognition. *Current Opinion in Neurobiology*, 16(2), 235–239. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2006.03.001>
- Shen, M., Gao, Z., Ding, X., Zhou, B., & Huang, X. (2014). Holding biological motion information in working memory. *Journal of Experimental Psychology. Human Perception and Performance*, 40(4), 1332–1345. <https://doi.org/10.1037/a0036839>
- Smallwood, J., Bernhardt, B. C., Leech, R., Bzdok, D., Jefferies, E., & Margulies, D. S. (2021). The default mode network in cognition: A topographical perspective. *Nature Reviews. Neuroscience*, 22(8), 503–513. <https://doi.org/10.1038/s41583-021-00474-4>
- Spreng, R. N., & Andrews-Hanna, J. R. (2015). The default network and social cognition. In A. W. Toga (Ed.) *Brain Mapping: An Encyclopedic Reference* (pp. 165–169). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-397025-1.00173-1>
- Stahl, A. E., & Feigenson, L. (2014). Social knowledge facilitates chunking in infancy. *Child Development*, 85(4), 1477–1490. <https://doi.org/10.1111/cdev.12217>
- Tabak, B. A., Meyer, M. L., Dutcher, J. M., Castle, E., Irwin, M. R., Lieberman, M. D., & Eisenberger, N. I. (2016). Oxytocin, but not vasopressin, impairs social cognitive ability among individuals with higher levels of social anxiety: A randomized controlled trial. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(8), 1272–1279. <https://doi.org/10.1093/scan/nsw041>
- Tanaka, T., Saito, S., & Kikuchi, S. (2014). The role of sentence information in reading span performance: An examination of the recall reconstruction hypothesis. *Psychologia*, 57(3), 164–176. <https://doi.org/10.2117/psysoc.2014.164>
- Thornton, I. M. (2018). Stepping into the genetics of biological motion processing. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(8), 1687–1689. <https://doi.org/10.1073/pnas.1722625115>

- Thornton, M. A., & Conway, A. R. A. (2013). Working memory for social information: Chunking or domain-specific buffer? *NeuroImage*, 70, 233–239. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.12.063>
- Trope, Y., & Gaunt, R. (2000). Processing alternative explanations of behavior: Correction or integration? *Journal of Personality and Social Psychology*, 79(3), 344–354. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.79.3.344>
- 坪見 博之・齊藤 智・苅阪 満里子・苅阪 直行 (2019). ワーキングメモリトレーニングと流動性知能——展開と制約——心理学研究, 90, 308–326. <https://doi.org/10.4992/jjpsy.90.18402>
- Unsworth, N., & Engle, R. W. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: Active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological Review*, 114(1), 104–132. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.114.1.104>
- Unsworth, N., McMillan, B. D., Brewer, G. A., & Spillers, G. J. (2012). Everyday attention failures: An individual differences investigation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 38(6), 1765–1772. <https://doi.org/10.1037/a0028075>
- Van Overwalle, F. (2009). Social cognition and the brain: A meta-analysis. *Human Brain Mapping*, 30(3), 829–858. <https://doi.org/10.1002/hbm.20547>
- Vanrie, J., & Verfaillie, K. (2004). Perception of biological motion: A stimulus set of human point-light actions. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 36(4), 625–629. <https://doi.org/10.3758/BF03206542>
- Vestner, T., Tipper, S. P., Hartley, T., Over, H., & Rueschemeyer, S. (2019). Bound together: Social binding leads to faster processing, spatial distortion, and enhanced memory of interacting partners. *Journal of Experimental Psychology: General*, 148(7), 1251–1268. <https://doi.org/10.1037/xge0000545>
- Vives, M. L., & Feldmanhall, O. (2018). Tolerance to ambiguous uncertainty predicts prosocial behavior. *Nature Communications*, 9(1), 25–27. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04631-9>
- Wade, M., Prime, H., Jenkins, J. M., Yeates, K. O., Williams, T., & Lee, K. (2018). On the relation between theory of mind and executive functioning: A developmental cognitive neuroscience perspective. *Psychonomic Bulletin & Review*, 25(6), 2119–2140. <https://doi.org/10.3758/s13423-018-1459-0>
- Wellman, H. M., Cross, D., & Watson, J. (2001). Meta-analysis of theory-of-mind development: The truth about false belief. *Child Development*, 72(3), 655–684. <https://doi.org/10.1111/1467-8624.00304>
- Wood, J. N. (2011). A core knowledge architecture of visual working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(2), 357–381. <https://doi.org/10.1037/a0021935>
- Xin, F., & Lei, X. (2014). Competition between frontoparietal control and default networks supports social working memory and empathy. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10(8), 1144–1152. <https://doi.org/10.1093/scan/nsu160>
- 湯澤 正通・湯澤 美紀 (2014). ワーキングメモリと教育 北大路書房
- Zhou, J., Xu, T., Zhao, X., Chen, J., Zhao, Y., Dong, H., & Zhang, M. (2021). The automatic processing of social information in working memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 150(11), 2321–2345. <https://doi.org/10.1037/xge0001046>

(2023年3月15日受稿, 2023年8月1日受理)