

# 学位論文の要約

論文題目 他者との競争的關係に由来する報酬が記憶に与える影響とその脳内機構

申請者 杉本 光

## 学位論文の要約

ヒトは他者との相互作用を通して多くの事象を学習する。個人の生活史において経験される出来事の記憶はエピソード記憶と呼ばれており、その神経基盤として海馬を含む側頭葉内側面領域が重要な役割を果たすとされている。エピソード記憶に促進的な効果を与える要因の一つとして、「報酬」の重要性が指摘されてきている。報酬には様々な種類が存在し、食物などの生存と密接な関わりをもつ一次報酬、それと交換可能な金銭などの二次報酬、社会的文脈において価値をもつ笑顔や魅力的な顔、美術品などの社会的報酬が含まれる。先行する脳機能画像研究は、これらの異なる種類の刺激に由来する報酬の処理が共通の神経基盤によって担われていることを一貫して報告している。加えて、刺激に由来する報酬の処理に関与する脳領域は、自己と他者との間で形成される競争的關係や協力的關係のような社会的關係に由来する報酬の処理においても重要な役割を果たすことが報告されている。報酬によるエピソード記憶への影響について検証した従来の脳機能画像研究では、金銭や笑顔、魅力的な顔のような刺激由来の報酬のアウトカムや期待によって記憶が促進されることが示されており、その記憶の促進効果を媒介する脳内機構として、報酬のアウトカムによる記憶の促進には眼窩前頭皮質（OFC）と海馬の相互作用メカニズム、報酬への期待による記憶の促進には腹側線条体や中脳と海馬の相互作用メカニズムが同定されてきた。しかしながら、自己と他者との間の社会的關係に由来する報酬のアウトカムや期待によって記憶がどのような影響を受け、またそれがどのような神経基盤によって担われているかについては明らかにはなっていない。本論文では、他者との社会的關係の中でも特に競争的關係に焦点を当て、それに由来する報酬のアウトカムや期待が記憶に与える影響とその脳内機構を明らかにすることを目的として、機能的磁気共鳴画像法（fMRI）を用いた2つの研究を、健常若年成人を対象として実施した。

第2章の研究では、社会的關係に由来する報酬としての他者との競争における勝利のアウトカムが記憶に与える影響とその脳内機構について検証した。この研究における実験参加者は、ジャンケンゲームによる競争課題を行う群と統制課題を行う群に割り振られた。競争課題の実験参加者は、fMRIスキャナー内において顔写真で提示される未知の人物とジャンケンをすることで、他者との競争における勝利や敗北の出来事を体験した。競争課題における記録では、実験参加者は未知の他者とのジャンケンによる競争の結果を相手の表情から予測することが求められた。対戦相手の表情には怒り顔、無表情、笑顔の3種類があり、対戦相手にとっての負けを意味する怒り顔が提示された場合には、競争の結果は参加者自身の「勝ち」と見なされ、対戦相手にとっての勝ちを意味する笑顔が提示された場合には、競争の結果は参加者自身の「負け」と判断された。対戦相手の表情が無表情であれば、競争の結果は「あいこ」に分類された。統制課題の実験参加者は、fMRIスキャナー内において単に未知の人物の表情を判断することが求められた。統制課題による記録は、競争課題による記録における表情判断の効果を相殺するために実施された。競争課題と統制課題による顔の記録の直後に、両課題の参加者はfMRIスキャナーの外で顔の再認課題を行った。この課題は競争課題と統制課題の間で共通であった。実験の結果、行動データでは、勝利のアウトカムとして

の他者の怒り顔は、引き分けや敗北のアウトカムとしての無表情の顔や笑顔よりも正確に再認され、勝利時には引き分け時や敗北時と比べてよりポジティブな感情が生起されることが示された。fMRIデータでは、勝利のアウトカムとしての他者の怒り顔を記録する際に、引き分けや敗北のアウトカムとしての無表情の顔や笑顔を記録する際と比較して、報酬関連領域である腹側線条体の賦活が有意に増加することが示された。しかしながら、統制課題において他者の怒り顔が提示された際には、報酬関連領域の有意な賦活は認められなかった。さらに、報酬関連領域である内側OFCと記録の成功を反映する海馬の機能的結合が、勝利のアウトカムの後の記憶成績と有意に相関することが示された。これらの領域間の機能的結合は、競争課題における引き分けと敗北のアウトカムの記憶成績や統制課題におけるいずれの表情の顔の記憶成績とも有意な相関を示さなかった。これらの結果から、他者との競争における勝利のような社会的関係に由来する報酬のアウトカムによって記憶は促進され、その脳内機構として報酬のアウトカムに関連する内側OFCと記憶関連領域である海馬の相互作用メカニズムが重要であることが示唆された。

第3章の研究では、社会的関係に由来する報酬としての他者との競争における勝利への期待が記憶に与える影響とその脳内機構について検証した。この研究における実験参加者は、同性の友人と二人一組で実験に参加した。fMRIを伴う記録課題では、実験参加者は一緒に実験に参加した友人と競争して単語を記録する条件、実験参加者にとって未知の他人と競争して単語を記録する条件、他者との競争を行わずに単語を記録する条件の3つの条件で課題を行った。その直後、fMRIスキャナーの外で単語の再認課題が行われた。実験の結果、行動データでは、友人との競争時に記録された単語の記憶は、未知の他人との競争時に記録された単語の記憶よりも正確に再認されることが示された。fMRIデータでは、右側頭頭頂接合部（TPJ）の賦活が友人との競争時に未知の他人との競争時や他者との競争を行わないときと比べて有意に増加し、かつこの領域の賦活の程度は友人と競争して課題を実行する際に増加する課題実行に関する動機づけの主観的評価値と有意な正の相関を示した。未知の他人との競争時と比較して友人との競争時に増加する線条体と扁桃体の賦活の程度は、友人に勝利した場合に得られると期待される快感情の主観的評価値の増加と有意な正の相関を示した。加えて、右TPJと報酬関連領域である線条体および中脳との間の機能的結合が、友人との競争時に未知の他人との競争時や他者との競争を行わないときと比較して有意に強まることが示された。これらの結果から、社会的報酬としての勝利の価値が高まると期待される親密な他者との競争によって記憶は促進され、その脳内機構として社会的動機づけに関連する右TPJと報酬への期待と関連する線条体および中脳の相互作用メカニズムが重要な役割を果たすことが示唆された。

第2章と第3章の研究で得られた知見から、競争的關係に由来する報酬のアウトカムや期待によってエピソード記憶は促進され、その脳内機構として社会的認知に関連する右TPJ、報酬関連領域である線条体、中脳、OFC、扁桃体、記憶関連領域である海馬を構成要素とする機能的ネットワークが重要であることが示唆された。先行研究の知見と合わせて考えると、他者への勝利を期待する過程では、他者との社会的関係の認知に関連する右TPJと報酬関連領域である線条体および中脳の相互作用メカニズムによって勝利の出来事をもつ報酬的価値の期待値が計算され、他者への勝利の出来事を実際に体験する際には、右TPJと報酬関連領域であるOFCの相互作用メカニズムによって勝利の出来事をもつ実際の報酬的価値が計算される可能性がある。そして、この実際の報酬の価値と報酬への期待値の誤差が線条体によって計算され、扁桃体は他者との競争や勝利の出来事によって誘発される感情の強さと関連している。したがって、勝利の出来事を期待し、それを実際に経験するという一連の社会的相互作用場面の中で生起する出来事の記憶は、勝利の期待値の計算に関わる線条体や中脳、勝利の実際の価値の計算に関わるOFCと記憶関連領域である海馬との間の相互作用メカニズムによって促進される可能性が考えられた。