

参 考 资 料

参考 1. 研究レポート 1

社会的価値行動の脳科学的分析

～神経倫理学研究の現状及び理論的展望～

社会的価値行動の脳科学的分析

～神経倫理学研究の現状及び理論的展望～

蟹池 陽一

1. 道徳的行動を中心とする社会的行動についての神経科学的研究の状況

この節では、道徳的行動についての神経科学的研究の現状を概観する。神経科学に於ける道徳行動についての研究は、当初は、疾病・けが等により脳に損傷・障害を生じた患者の症例研究によりなされていた。そのような症例研究は、どのような脳部位の損傷・障害があると、道徳的判断・行動が妨げられるかを示しはするが、損傷・障害がない場合に実際にどのような脳部位が働いているかは直接には示さない。それに対して、近年急速に発展した脳機能イメージング研究、とりわけ脳内の血流の変化を利用する fMRI（機能的（核）磁気共鳴画像法）による研究は、実際に人が道徳的判断・推論を行う際の脳の活動についての情報を与えてくれる。もちろん、fMRI によって、脳の活動状態が細部まで完全に「見える」わけではなく、この技術の限界も様々な点であるのだが、現状では、非侵襲的な検査手段としては、fMRI が実際上最適なものであることは否定し難いと思われる。fMRI を使うイメージング研究の発達により、人間の道徳的判断・推論についての研究は、ここ数年間に飛躍的な増大を見た。fMRI 研究が、損傷研究や動物実験と連携することで、人間の道徳性についての神経科学的理論が構築され始めている。

(1) 道徳的行動の神経相関物

腹内側前頭前野 (VMPFC [ventromedial prefrontal cortex])、とりわけその一部である眼窩前頭皮質 (OFC [orbitofrontal cortex])¹ の損傷を受けた患者には、知能等については変化はないにもかかわらず、行動上の著しい変化、とりわけ社会的行動上の異常性や日常的・社会的意思決定上の障害が見られることが報告されてきた (Damasio, Tranel, and Damasio 1990; Eslinger and Damasio 1985; Saver and Damasio 1991)。そのような損傷研究に基づき、ダマジオらは、VMPFC が、状況の認知と感情を含む身体状態との結び付きを記憶し、所与の状況に対応する（情動的）身体状態についてのそれが出す信号（ソーマティック・マーカー）が、合理的意思決定や社会行動に不可欠であるとする、ソーマティック・マーカー仮説を提案した (Damasio, Tranel, and Damasio 1991)。その後、ベチャラ、ダマジオらによる

¹ 厳密には、VMPFC に含まれるのは、内側 OFC である。

アイオワ・ギャンブリング課題²を使った研究により、VMPFC や OFC 等の損傷により、自分の行為の帰結を予感して、予感を適切に行動に反映させることができなくなり、正常な意思決定ができなくなること(Bechara et al. 1994; Bechara et al. 1996)が示された。このような障害もソーマティック・マーカーの欠如によるものとされ、(ソーマティック・マーカーを反映する) 感情の意思決定への影響を示唆するとされた(Bechara, Damasio, and Damasio 2000)。

他方、VMPFC を含む前頭前野に損傷のある精神病質患者に於ける、そのような損傷と反社会的・反道徳的行動との連関も示されてきた(Eslinger et al. 1992; Anderson et al. 1999)。そして、VMPFC の損傷患者が知性や社会的知識を保持しているにも関わらず、反道徳的行動をとる(Saver and Damasio 1991)ことから、道徳的行動に対する感情の必要性が指摘された。これらの損傷研究を背景として、2000 年代になって、道徳的判断についてのいくつかの fMRI 実験研究が行われた。

①単純な道徳的判断

道徳的判断についての fMRI 実験には、端的に特定の道徳的行為についての判断を被験者に求めたものと、道徳的なジレンマを記述したエピソードを読ませて、ジレンマの一方の選択肢をとることについての判断を求めたものとがある。先ず、前者のような、単純な³道徳的判断（道徳的評価と言ってもいいかもしれない）に関するいくつかの fMRI 研究に於いて、どのような脳部位の賦活が見られたかを見ていく。

そのような研究の最初のものの一つである、モルその他による 2001 年の fMRI 実験(Moll, Eslinger, and Oliveira-Souza 2001)では、道徳的内容を持つ文を被験者に聞かせて、それが「正しい」か「誤りである」かを無言で判断させたときの脳画像がとられた。道徳的内容の文としては、「彼らは無罪の者を絞首刑にした」といった道徳的違反を示す文や「あらゆる人間は生きる権利を持っている」といった道徳的普遍原理を示す文があった。道徳的内容を持たない、事実的な文の例としては、「石は水から成る。」「どのテキストにも語がある」といった文があった。

事実的な文についての判断と比較して、道徳的な判断をしている時に、賦活を示した脳領域の中で賦活が最も大きかったのは、両半球の前頭極皮質及び内側前頭回であり、STS [superior temporal sulcus]（上側頭溝）後部その他の右半球の前部側頭葉にも賦活が見られた⁴。

それに続く、モルらによる 2002 年の実験(Moll, de Oliveira-Souza, Bramati et

² 被験者に四つのカードのデッキからカードを引かせて、引いたカードに応じて、賞金を得る又は失う設定をしておき、合計獲得金額を最大化することを目指すゲームを行わせる課題

³ 「単純な」道徳的判断を厳密に定義するのは難しいが、ここでは、特定の行為のパターンについての道徳的判断を典型とするような、一つまたは二つの文で記述される行為についての道徳的判断としておこう。

⁴ 被験者が各文に対して下した判断による感情価の変動についての補正を施すと、前部側頭葉の賦活の程度は著しく減少したが、前頭極皮質及び内側前頭回の賦活は殆ど変わらなかった。

al. 2002)では、感情を喚起させるような文を使って、道徳的内容の有無による脳部位の賦活の差異が調べられた。被験者に、道徳的内容を持つ不快な文 (M 文)、(道徳的内容を持たず) 感情的に中立的な文 (NTR 文)、道徳的内容を持たず不快な文 (NM 文)、及び (無意味な) 亂文 (SCR 文) をゴーグル型液晶ディスプレー上で読ませて、それが「正しい」か、「誤りである」かを無言で判断させ、そのときの fMRI 画像が分析された。それぞれの文の例は、以下のようなである。

M 文：「彼は被害者を射殺した。」、「老人は役立たずだ。」、「犯罪者は監獄へ入るべきである。」

NTR 文：「彼は決してシートベルトを使わない。」、「老人は夜に昼より多く眠る。」

NM 文：「妊婦は吐くことが多い」、「裁判官は腐った食べ物を食べる事が多い。」

SCR 文⁵：“Sons push use eat work.”

(不快な) 道徳的内容の文を読んだときには、中立的な文を読んだ条件と比べて、左半球の内側 OFC [orbitofrontal cortex] (眼窩前頭皮質)、左半球の側頭極、及び STS が賦活された。不快なという点では同様だが、道徳的内容を持たない文を読んだときを基準にすると、道徳的内容の文を読んだときには、内側 OFC 及び STS の相対的賦活が見られた。逆に、道徳的内容を持たない不快な文を読んだ条件を、中立的な文を読んだ条件と比べると、左半球の扁桃体及び左半球の外側 OFC 等が賦活され、不快で道徳的内容のある文を読んだ条件と比べても、これらの賦活は見られた。2001 年の実験と比べると、STS の賦活は共通しているが、内側 OFC は、2001 年では賦活が見られなかった部位である⁶。

さて、今度はヘーケレンその他のによる実験を見てみる。ヘーケレンらは、モルらの研究その他を踏まえて、2003 年に、道徳的判断と意味についての判断とを比べた fMRI 実験を行った (Heekeren et al. 2003)。そして、2005 年には、2003 年と同様な条件下で、被験者が読む文に身体的被害・暴力の表現が含まれるとどうなるかを調べた (Heekeren et al. 2005)。

2003 年の実験では、以下の表のように、道徳的判断の条件の下では、導入の文に続いて、適切な又は不適切な道徳的行為を記述する文が、被験者に示された。意味についての判断の条件下では、導入の文に続いて、意味論的に正しいかもしくは意味論的な逸脱を含む、特に道徳的行為とは言われないような日常的行為を記述する文が示される。

⁵ これは低レベルの基準状態 [baseline] として設定された。この文の例は訳しようがないので、原文のまま示す。

⁶ とは言え、2001 年の実験で賦活が見られた前頭極皮質の領域は、OFC と DLPFC [dorsolateral prefrontal cortex] (背外側前頭皮質) との中間に位置しており、OFC に隣接している (Moll, Eslinger, and Oliveira-Souza 2001)。

例

導入文	道徳的判断	意味についての判断
A は車を買つた。	B はその車をほめている。 B はその車を盗む。	A は散歩をする。 A は散歩を待つ。

被験者は、意味論的条件の下では、示される文が、意味論的に正しいかどうかを判断し、道徳的判断条件の下では、示される文が、道徳的に適切な行為を記述しているかどうかを判断することを求められた。

この実験では、道徳的判断条件の下では、意味論的判断条件と比べると、左半球のSTS後部、中側頭回、両半球の側頭極、左半球の外側前頭前野及び両半球の中前頭回のVMPFC（腹内側前頭前野）部分の賦活が観察された(Heekeren et al. 2003)。これに類似の2005年の実験では、同様な比較で、両半球の側頭極、内側前頭回（これもVMPFCの一部になる）、後帯状皮質、STS後部の賦活が見られた(Heekeren et al. 2005)。ヘーケレンらは、2005年の実験に於いて、VMPFC、側頭部（STS後部、側頭極）、及び右半球の後帯状皮質から成るネットワークが、道徳的判断に対応するという見解を示している。

STS後部は、モルその他による二回の実験で賦活が見られており、VMPFCの一部としての内側前頭回は、モルの2001年の実験で賦活が見られている。しかし、VMPFCと重なる部分があるOFCの賦活は、ヘーケレンの実験では見られていない。上記をまとめると、STS後部/側頭極、内側前頭回の賦活が、単純な道徳的判断では、上記の諸実験にほぼ共通して見られ、実験条件によっては、OFCや後帯状皮質の賦活も見られるということになる。これは、VMPFCやOFCを、道徳的・社会的判断に不可欠の部分とする、損傷研究の知見に整合している。

②複雑な道徳的判断

今まで見てきたのは、単純な道徳的判断が関わるものだったが、グリーンその他は、道徳的ジレンマを判断の対象とする、より複雑な道徳的判断について、fMRI研究を行っている。グリーンらは、2001年のfMRI実験(Greene et al. 2001)で、英米系の道徳哲学で伝統的に問題にされてきた⁷、「路面電車のジレンマ」と「太った男のジレンマ」と呼ばれる、二つの道徳的ジレンマによってそれぞれ代表されるような、二種類のジレンマを取り上げた。

⁷ 最初に路面電車のジレンマを持ち出したのは、フィリッパ・フットである(Foot 1978)。

路面電車のジレンマは、次のようなものである。路面電車が暴走しておりこのままでは、線路上で作業をしている5人が死ぬ。あなたは、ポイントを切り替えて、路面電車を別の線路に向けることができるが、そうすると、その線路上にいる1人の作業員が犠牲になる。あなたはポイントを切り替えるべきか。太った男のジレンマでは、同じような状況で、線路上の歩道橋の上にいる1人の太った男を線路へ突き落として路面電車を止めることによりその5人を救うべきかということが問われる。

グリーンらは、これらに代表される二種類のジレンマを分ける鍵は、直接的な人体への危害にあると考え、「人身的な道徳的ジレンマ」と「非人身的な道徳的ジレンマ」とを定義した⁸。道徳的内容のジレンマが、非人身的な道徳的ジレンマと定義された。太った男のジレンマは、人身的ジレンマとなり、路面電車のジレンマは、非人身的なジレンマとなる。

人身的な道徳的ジレンマ、非人身的な道徳的ジレンマ、道徳外ジレンマ（道徳的内容を持たないジレンマ）からなる60のエピソードを被験者に読ませ、そのときの被験者の脳のfMRI画像が解析された。人身的な道徳的ジレンマを読んでいる条件下では、その他の条件下に比べて、内側前頭回、後帯状回、及び両半球の角回が、著しく賦活された。対照的に、右半球の中前頭回及び両半球の頭頂葉は、人身的な道徳的ジレンマ条件の下で、その他の条件下に比べて、著しく活性が下がった。

グリーンらの2004年のfMRI実験(Greene et al. 2004)では、人身的な道徳的ジレンマの一種として、処理時間が相対的に長い、「難しい」道徳的ジレンマ⁹が、新たに加えられた。そのようなジレンマの例としては、次のようなものがある。民間人であっても敵国人を見つけ次第殺そうとする侵略軍の兵士から逃れて、地下室に多数の人と共に隠れているという状況で、あなたの赤ちゃんが泣き出そうとする。赤ちゃんが死んでしまっても、その口を押さえ続けて、あなたは、他の人々を助けるべきかどうか¹⁰。

やはり、60のエピソードを使って、前回と同じような手順で実験が行われた¹¹。難しい人身的な道徳的ジレンマの下では、容易なものとの対比で、両半球のDLPFC

⁸ 次のような三つの規準を全て満たすものが人身的なジレンマとされた。

- 1.当該のジレンマで問題となっている行為が深刻な身体的被害を帰結すると妥当に予想され得る。
- 2.この被害が、特定の人物又は特定の集団の構成員に対するものである。
- 3.この被害が、既存の脅威を異なる当事者へ向けることの結果ではない。

それ以外の道徳的内容のジレンマが、非人身的な道徳的ジレンマと定義された。グリーンは、後に、(Greene 2008)に於いては、これらの定義は十分ではないとしており、それを改良するのが、現行の研究の目指すところであると言っている。

⁹ 個人別に標準化された反応時間によって、全ての課題は、難しい課題、中間課題、容易な課題に分類された。

¹⁰ これに対して「容易な」ジレンマの例としては、十代の母親が望まれざる新生児を殺してよいかどうかというものがあった。

¹¹ 因みに、前回の実験結果も再確認されたが、人身的な道徳的ジレンマと非人身的な道徳的ジレンマとの比較で、両半球のSTSの相対的賦活増も見られた。

(背外側前頭前野) 前部、頭頂葉下部、前帯状皮質の賦活増大が見られた。加えて、後帯状皮質の賦活増も見られた。

他にも、複雑な道徳的判断を扱ったものとして、ボルグその他による fMRI 実験がある (Borg et al. 2006)。作為の有無や意図的帰結／隨伴的帰結の区別をも考慮した¹²この実験では、全体として、道徳的判断を非道徳的判断と比べると、内側前頭回、左半球の前頭極、STS 後部/下頭頂葉、及び左半球の吻側 DLPFC が賦活されている。

以上のように、道徳的ジレンマを対象とする、複雑な道徳的判断でも、内側前頭回と STS 後部との賦活は共通して見られている。そして、ジレンマの内容その他の実験条件によっては、前帯状皮質、後帯状皮質や、DLPFC、前頭極等の賦活が見られている。

③道徳的判断・行動の無意識性・自動性

ところで、上記で見たような、道徳的判断時に賦活が見られる脳の部位の賦活は、道徳的な判断を行うときにはじめて生じるというよりも、判断の材料となる状況を見たり、判断対象の文を読んだりするだけで、いわば、無意識的、自動的、反射的に生じることが示されている。

モルその他は、そのような自動的反応を、道徳的感受性・道徳感情として捉え、それについての fMRI 実験を行った (Moll, de Oliveira-Souza, Eslinger et al. 2002)。この実験では、道徳的内容を持つ、感情を喚起する一連の画像、道徳的内容を持たない、快適なまたは不快な感情を喚起する一連の画像、感情の喚起度はより低いが興味をそそるような画像、中立的画像、及びスクランブルされた画像とが刺激として使用された。被験者には、何種類かの一連の画像を注意深く見ることのみが指示され、何らかの判断・反応をすることは求められなかった。そして、被験者が画像を見ているときの fMRI 画像が解析された。

この実験の結果として、道徳的内容を持つ感情喚起的画像の場合も、道徳的内容を伴わない不快な感情喚起的画像の場合でも、共通して、扁桃体、島、視床、及び中脳上部を含む脳領域ネットワークが賦活されることが示された。そして、道徳的内容を伴う刺激については、さらに、内側 OFC/内側前頭回及び STS 後部も賦活されることが示された。前節で、道徳的判断時に賦活が示された領域が、判断をしないときでも、道徳的感情を誘発するような場合には、自動的に賦活されているのであ

¹² ボルグらは、道徳的なジレンマを人を対象とする話に限定し、非道徳的なジレンマを物を対象とする話に限定した。さらに、数量と作為の有無に基づく行為のタイプについての区別 (x 人/ x 個の物を害するか、 y 人/ y 個の物を害するか。 x 人/ x 個の物を害するか、 x 人/ x 個の物が害されるに任せるか。 x 人/ x 個の物を害するか、 y 人/ y 個の物が害されるに任せるか。)、意図の有無に基づく行為の手段についての区別 (人/物を他人/他の物を救う手段として意図的に使うか、他人/他の物を救うために、非意図的だが予見される害を人/他の物に生じさせるか)、表現の派手さによる区別を設定した。

る。

さらに、モルらは、嫌悪と憤りという特定の感情に焦点を絞った fMRI 実験を 2005 年に行った(Moll, de Oliveira-Souza et al. 2005)。この実験では、純粋な嫌悪を喚起するような文と道徳的な憤りを喚起するような文と中立的な文を被験者に読ませたとき¹³の、fMRI 画像がとられた。刺激に使われた文は全て、「あなた」を主語とする被験者についての仮想的な状況を記述するものであった。嫌悪と憤りに共通して、内側及び外側 OFC、左半球の下前頭回、及び内側上前頭回の賦活が見られた。憤りを嫌悪と比較すると、左半球の上前頭回前部（前頭極に近い部分）及び両半球の OFC に賦活が見られた。嫌悪を憤りと比較した場合には、前帯状回及び右半球の下前頭回の賦活が示された。また、中立条件と比較した場合に、憤りについては、下側頭回前部の賦活も見られた（同様に、中立条件との比較で、嫌悪については、右半球の下側頭回の賦活が見られた。）

やはり文章を材料にした、道徳的感受性についての fMRI 実験が、ロバートソンその他によっても行なわれている(Robertson et al. 2007)。これは、ビジネススクール（経営学大学院）の学生である被験者に、現実にあり得るようなビジネスマンの日常的状況の話を読ませて、fMRI 画像を取得したものである。その文章は、多くの部分から成り、それぞれの部分が以下のように分類されていた。

- ✧ 正義：公正性・不偏性に関わる正義の観点からの道徳的争点を含む部分
- ✧ 配慮：慈愛・憐憫に関わる配慮の観点からの道徳的争点を含む部分
- ✧ 戦略：組織の業務上の戦略的決定に関わる部分
- ✧ 戦術：組織の業務上の戦術的決定に関わる部分
- ✧ 中立：以上のいずれにも属さない、主人公に関するお話の部分

ロバートソンらは、被験者が読んでいる部分に対応した fMRI 画像を比較して、各部分による賦活を探った。その結果として、中立的部分を読んでいる条件との対比で、道徳的（正義/配慮）部分を読んでいるときには、後帯状回、内側前頭皮質、STS 後部、島の賦活が見られた。戦術・戦略部分を読んでいる条件との対比では、さらに、OFC の賦活も見られた。ここでも、やはり、道徳的判断時に賦活が見られた領域の賦活が既に見られている。ロバートソンは、過去の道徳的葛藤に関わる感情的、認知的、身体的記憶へのアクセスへの依存を、後帯状皮質の賦活が示していると考えている(Robertson et al. 2007)。

このように、道徳的判断、そして恐らく道徳的行動も、何らかの自動的反応に大きく依存すると考えられるが、一つ留意すべきことは、自動的反応で賦活が見られ

¹³ 単に読ませただけで、何らの判断も求めてはいなかった。

た OFC や VMPFC は、意思決定に寄与する様々な他の脳の部位で自動的反応に関わるところと、強化学習上の計算モデルの点で異なるということである。意思決定に関わる脳の様々な部位の活動を説明する強化学習の計算モデルとしては、モデル・フリーなものとモデル・ベースなものとの二種類がある。前者は、報酬の予測と実際の報酬との誤差に基づいて条件刺激と報酬との連合が学習されていく TD 学習に代表され、環境についての内部モデルを使用せずに、報酬予測と報酬履歴との集積によってのみ学習が行われる。後者は、環境についての何らかの内部モデルを使って学習を行うもので、行動の連鎖を構成するそれぞれの行動の帰結の短期予測を連結して、報酬予測を行い、モデル・フリーな場合よりも短い試行での学習がなされる (Daw, Niv, and Dayan 2005)。

意思決定での無意識的な反応を構成すると考えられている、大脳基底核での報酬誤差による TD 学習は、モデル・フリーである。それに対して、OFC や VMPFC による強化学習は、モデル・ベースと考えられている (Hampton, Bossaerts, and O'Doherty 2006; Smith et al. 2006)。TD 学習等のモデル・フリーな強化学習は、行為の結果の報酬価値の変化を即座には反映しないが、モデル・ベースな強化学習では、モデルを使って予測がその場で行われる故に、状況の変化にすばやく対応できる (Daw, Niv, and Dayan 2005)。このことを考慮すると、OFC の強化学習がモデル・ベースであるという説は、OFC が逆転学習に於いて不可欠な役割を果たす（後述）ことを説明すると考えられる。

（2）道徳的判断の神経科学的機制

それでは、前節で見た、道徳的判断時に賦活が示された脳の諸部位は、どのような機能を持つことが神経科学的に明らかにされているのだろうか。そして、それは、道徳的判断のメカニズムについて何を示すのであろうか。

①社会的認知

STS 後部については、意図や行動目標の認知 (Gobbini et al. 2007) 等の社会的認知に関わるものとされており、又、側頭極は、他人に心的状態を帰属させる仕組みとしての「心の理論」に対応する部位とされている (Gallagher and Frith 2003)。前節で触れた fMRI 実験を行ったモルラも、STS や側頭極を含む側頭部の賦活については、他人の意図・感情等の心的状態を理解することを中心とする社会的認知のメカニズムに対応するという理解をもとっている。モルラは、実験についての論文とは別の論考 (Moll, de Oliveira-Souza et al. 2005) で、文脈独立的な表象としての社会的知覚特徴の表象が、STS 後部に記憶されるという解釈をしている。ここで、

社会的知覚特徴というのは、表情、視線、抑揚、姿勢、ジェスチャ等の知覚から抽出される、特徴・パターンで、社会的認知・理解を伴うものである。

このように、STS 後部等の側頭葉領域の機能が、他人の意図・感情等の心的状態の理解を中心とする社会的認知に深く関わることを考慮すると、諸実験での側頭葉領域のほぼ一貫した賦活は、われわれの社会的行動についての認知・理解が道徳的感覚の喚起や道徳的判断の前提となっていることを、示唆する。諸実験で使われた刺激は必ずしも、他人の行為を記述した文だけではなかったが、特定の人々についての価値判断や普遍的な社会規範についての判断も、他人（の行為）についての社会的理解が埋め込まれている／前提されているのだと考えられる。

②社会的・道徳的知識

モルその他による単純な道徳的判断についての最初の実験及びボルグらによる道徳的ジレンマを使った実験で賦活が見られた前頭極皮質は、一般に、計画、問題解決、推論、エピソード記憶等に関わると考えられている(Braver and Bongiolatti 2002)。とりわけ、前頭極皮質は、長期的な計画目標の維持(Koechlin and Hyafil 2007)や（行動上の）副次的な目標の監視と統合（つまり、行動中に副次的な目標を覚えておくようにし、それを高次の目標に統合すること）(Braver and Bongiolatti 2002)に関わるとされている¹⁴。また、類推的な推論についての研究では、類推に必要であるような、抽象的な関係の統合を前頭極皮質が媒介するのではないかとも考えられている(Green et al. 2006)。

前頭極皮質については、モルらは、それが、社会的知識の諸側面を表象することに中心的役割を果たすと述べている(Moll et al. 2008)。上記の諸結果、特に、類推的推論に必要な抽象的関係の統合の機能や長期目標の維持機能を前頭極皮質が持つことが示されていることを考慮すると、単純な道徳的判断時のこの部位の賦活は、道徳的規範についての知識の適用を反映している可能性がある。また、道徳的ジレンマについての判断を求めたボルグの実験では、ジレンマに関連する相異なる規範の考慮を反映している可能性がある。

また、モルの2001年の実験のように、前側頭葉が賦活された場合もある。最近のfMRI研究で、道徳的知識を含む抽象的な社会的知識は、前側頭葉上部に於いて表象されることが示唆されている(Zahn et al. 2007)。モルの2001年の実験での前側頭葉の賦活は、道徳的知識や社会規範についての知識等の抽象的な社会的知識への依拠を示唆すると考えられる。

③報酬・価値・感情

¹⁴ 将来の出来事を想定する際に、右半球の前頭極皮質の賦活が報告されてもいる(Addis, Wong, and Schacter 2007)。

内側前頭回は、絵と説明文を見ての感情の喚起に伴い賦活したという実験があり、その賦活は、記憶されている既存の情動的意味へのアクセスを反映していると考えられている(Teasdale et al. 1999)。さらに、最近の研究では、海馬・扁桃体を制御することによる感情的記憶の抑圧(Depue, Curran, and Banich 2007)、選好判断(Paulus and Frank 2003)、リスクの予測及びリスクの大きい選択(Fukui et al. 2005)、等にも関わることが知られている。2001年の実験では、モルラは、内側前頭回は認知的共感や主観的感情状態に対する注意に関わるとみなしている。これらのこと考慮すると、内側前頭回は、情動的な記憶へのアクセスや、(選考判断・リスク選択等の)何らかの報酬予測を伴う意思決定に関わっていると言つてよいだろう。

OFCには、前帯状皮質、DLPFC、視床下部等のその他の脳部位との間に双方向的な投射関係があり、海馬等からの投射も受けているが、とりわけ、感情を喚起する刺激の処理や感情の発現に主要な役割を果たす扁桃体と強い結合がある(Kringelbach and Rolls 2004)。OFCは、刺激と報酬との連合学習に関わるが、特に、(刺激と報酬との関係が変わったときにそれに対応して行動を修正する)逆転学習に不可欠な役割を果たすとされている(Rolls 2000)。モルその他の2002年の実験で賦活が見られた内側OFCは、強化学習での強化子の報酬価値を監視する役割を持つとされる(Kringelbach and Rolls 2004)。外側OFCは、現在の行動の変更につながり得るような罰の評価に関係しているとされる(Kringelbach and Rolls 2004)。社会的規範の違反についての話を読む際に、外側OFCの賦活が見られたという研究もある(Berthoz et al. 2002)。

サルを使った動物実験では、サルの脳のOFCのニューロンが、報酬の経済的価値を符号化し、且つ、それが、相対的選好を表すような仕方ではなく、選択肢とは独立に対象自体の経済的価値を表象するような仕方によるということが知られている(Padoa-Schioppa and Assad 2008)。また、別の研究によると、サルの脳では、OFCのニューロンは、予測される報酬の価値を符号化し、それに対して、DLPFCのニューロンが、やや遅れて、報酬価値とサルの次の反応についての情報を符号化することが判明している(Wallis 2007)。そして、OFCと内側前頭前野とのニューロンは、意思決定に必要な様々な変数を統合して、抽象的価値を示す信号を出すのではないかと示唆されている(Wallis 2007)。

人を被験者とするfMRI実験でも、OFCは、抽象的な報酬を表象することが示唆されている(O'Doherty et al. 2001)。また、メニューを見て、食べ物を選ぶときに内側OFCの賦活が見られたことが示されており、これは、目的選定に内側OFCが大きな役割を果たすことを示唆している(Arana et al. 2003)。この実験では、被験者にとって動機の高いメニューの品々からの選択時には、外側OFCが賦活されたが、最も好ましい品を選ぶ際に、他の品々への反応を外側OFCが抑制していたと考えられている。さらに、被験者には知らせずに条件付け操作を行った刺激に対して、隠れ

た報酬による条件付け操作時に反応したのと同様な OFC 領域が反応したという実験もあり (Cox, Andrade, and Johnsrude 2005)、この結果は、OFC が、報酬が伴う刺激と報酬価値を獲得した条件刺激との両方を表現する上で重要な役割を果たすことを示唆しているとされている。これらのことから、OFC は、人にとっての様々な対象の価値の表象に於いて中心的役割を果たしていると考えられる。

モルらの 2002 年の道徳的判断についての実験、2002 年の道徳的感情についての実験、及び 2005 年の嫌悪と憤りの感情についての実験では、OFC の賦活が見られた。感情の喚起についての特段の設定がなかったモルらの 2001 年の実験やヘーケレンの実験とは異なり、2002 年のモルらの実験では、不快な感情を喚起を伴うような道徳的判断時の脳の賦活部位が、不快な感情の喚起のみのときの脳の賦活部位とどう異なるかが探求され、2005 年の実験では、嫌悪の感情が生じる場合が、憤りの感情が生じる場合とどう異なるかが探求されたのであった。2002 年の判断についての実験では、道徳的判断時に内側 OFC が賦活しており、単に感情の喚起のみのときには、外側 OFC が賦活していた。道徳的感情についての実験でも、単なる不快な感情と比較すると、道徳的感情については、内側 OFC の賦活が見られた。しかし、2005 年の実験では、内側 OFC も外側 OFC も、嫌悪、憤りに共通して賦活された。

不快な感情を喚起させたときに、外側 OFC が賦活したのは、罰の評価に関わる機能をそれが果たしているという知見に整合している。それに対して、道徳的判断時の内側 OFC の賦活は、刺激の報酬価値の決定に関わっていると解釈できよう。そのように解釈するならば、認知された（道徳的判断の対象とされるような）状況ないしはそれについての判断が、何らかの条件付けにより報酬に結び付けられることになる。OFC の強化学習がモデル・ベースである可能性が高い以上、恐らく、認知された状況に応じて適切な報酬価値がその都度賦与されていると考えられる。

内側前頭回と OFC とは隣接しているが、道徳的判断に関して、どのような条件の下で、内側前頭回の賦活が生じ、どのような条件の下で OFC の賦活が生じるのかについては、今のところ、明らかではないし、それに特に焦点を絞った研究もない。ただ、OFC の賦活を伴った実験が、いずれも、道徳的規範の違反等の道徳的に望ましくない状態を示す刺激のみを使っており、2005 年のモルの実験で、憤りが生じたときには OFC の賦活が伴っていたことを考慮すると、道徳的に望ましくない状態についての道徳的判断では OFC の賦活が生じたとも考えられる。他方、それ以外の実験では、モルの実験のように、不快な感情を伴う道徳的判断のみが使われたわけではなく、OFC の目立った賦活は観察されなかつたのではないかと考えられる。

さて、後帯状皮質は、高次の感覚や感覚運動統合に関わるとされるが、三人称的視点との比較で一人称的視点に関わっているという研究 (Vogeley et al. 2004) もある。嫌悪の感情 (Benuzzi et al. 2008) や容赦の判断 (Farrow et al. 2001)、感情移

入(Vollm et al. 2006)に伴って賦活が見られることも報告されている。また、否定的感情を与えるような文脈で記憶された単語の想起に伴う後帯状皮質の賦活も報告されている(Maratos et al. 2001)。ヘーケレンは、後帯状皮質の言語的刺激の処理に於ける機能についての諸説には、食い違いがあることを認めつつ、後帯状皮質は、感覚刺激の感情的意味を処理するという説を支持しているようである(Heekeren et al. 2005)。そうすると、後帯状皮質の賦活は、感情移入やその他の情動的な理解を示唆するようである。

ロルズのように、感情を、「報酬又は罰により誘発される状態」として定義するならば(Rolls 1999)、OFC の賦活は、道徳的判断が、感情を伴い、道徳的なと言つてよいような特有の感情の喚起を前提とすることを示唆すると考えられる。また、内側前頭回の賦活も、感情を伴うとみなされることになろう。但し、このように定義された「感情」とわれわれが日常的に意味するところの「感情」とは、必ずしも一致していないと考えられる。ロルズ的な感情概念は、通常の感情概念よりも広く、「勘」や「直感」と言った言葉でわれわれが表現するような心的状態の一部をも含むようなものである可能性がある。

④比較衡量

ジレンマその他、行為の選択を強いる実験刺激を使った fMRI 実験では、DLPFC や前帯状皮質が賦活された。一般的に、DLPFC は、作業記憶管理、反応選択、抽象的な規則の適用その他の実行機能（行動管理機能）に関わるとされている(Badre and Wagner 2004) (Bunge et al. 2003)。前帯状皮質は、対立の監視等に関わるとされるが(Botvinick et al. 2001)、費用効果分析とりわけ努力費用の査定に不可欠な役割を果たすともされている(Rushworth et al. 2007)。両者が相関して、行動の選択肢の比較衡量に於いて、重要な役割を果たすと考えられている。上記のサルのニューロンの活動を調べた動物実験(Wallis 2007)に基づいて、ウォリスは、OFC が行為の帰結の価値を符号化し、前帯状皮質を中心とする内側前頭前野が努力費用を決定し、DLPFC がそれらからの情報を用いて、選択肢を作り出し、報酬結果の観点から比較するという提案をしている(Wallis 2007)。

(3) 道徳的判断・行動に神経科学的描像

今まで見た來たような、道徳的判断についての神経科学的研究から、道徳的判断・行動についてのどのような描像が得られるであろうか。これについては、現在のところ、二つの主な見方がある。一つはグリーンらによるもので、彼らは、情動と認知との二重過程説を唱えている。もう一つは、モルらによるもので、彼らは、情動

や認知を包括した総合的なネットワークによる処理を想定しており、情動と認知とを対立させることを批判している。

グリーンらは、2001年の実験で、人身的ジレンマに関する道徳的判断の場合には、内側前頭回、内側帯状回等の、感情処理に関するとみなされた領域の賦活が見られ、非人身的ジレンマについての道徳的判断では、中前頭回や頭頂葉といった、作業記憶に関連付けられる領域の賦活が見られたことから、非人身的道徳的ジレンマについての判断は、人身的な道徳的ジレンマよりもむしろ道徳外ジレンマに近いと考えた(Greene et al. 2001)。路面電車ジレンマのような非人身的な道徳的ジレンマでは、推論が重要な役割を果たす、功利主義的計算(救われる人数の計算)が働き、歩道橋ジレンマのような人身的な道徳的ジレンマでは、道徳的な感情がそのような認知的過程に拮抗したとグリーンらは考えた(Greene et al. 2004)。

そのような認知的な功利主義的計算と感情的反応との葛藤が、難しいジレンマでは、さらに顕著に見られると彼らは考えた。即ち、2004年の実験での、難しい人身的な道徳的ジレンマでの反応時間の増加は、遺伝的優位性のある強い反応(感情的な自動的反応)と、抽象的推論・認知的制御の適用による反応との競合による葛藤から来るとみなされたのである。人身的な道徳的ジレンマ条件下での、推論や実行機能(行動管理機能)に関連するDLPFCの賦活増は、抽象的推論・認知的制御を反映するとグリーンらは解釈した。そして、認知的葛藤と関連付けられる前帯状皮質の賦活増は、そのような競合を反映すると解釈された。このように、グリーンらは、道徳的判断に於いては、認知的過程と情動的過程とが競合するという、二重過程説を唱えた。

しかしながら、グリーンらの実験結果が、必ずしも、道徳的判断一般に於ける、認知的過程と情動的過程の「対立／競合」を意味するとは限らない。ジレンマについて判断させると言う実験設定からして、確かに、対立する選択肢の考慮に伴う様々な認知的過程は生じるであろう。しかしながら、それらが、個別の選択肢の評価に伴う情動的過程と対立するのではなく、並存しており、脳の資源配分上、賦活についての競合を思わせる状況があるに過ぎないという可能性もある¹⁵。つまり、STS、OFCや内側前頭回による自動的な反応により、各選択肢の道徳的評価は与えられるが、そのように評価された選択肢同士が、DLPFCでの認知過程で比較され、選択され、最終的判断が出てくるとも考えられる。

モルらの考えは、まさにそのような方向のものである(Moll, Zahn et al. 2005)。モルらは、道徳的判断・行動は、前頭皮質一側頭皮質一辺縁系・旁辺縁系のネットワークにより支えられていると考える。与えられた状況の文脈依存的な出来事の表

¹⁵ 実際、2001年の実験でも、内側前頭回等の感情と関わる部位は、非人身的ジレンマでは、人身的ジレンマに比べて、相対的に賦活が下がってはいるものの、道徳的でないジレンマと比べると、賦活が見られてはいる。

象は、前頭前皮質において生じる。そのような表象が、側頭皮質に記憶されている社会的知識と結び付いて社会的に理解され、辺縁系・旁辺縁系に於いて（いわば背景的に、常に存在する）感情へと関連付けられて、道徳的感情が生じ、道徳的判断、そして道徳的行動につながるというのである。そして、行動の選択肢が複数ある場合には、文脈に応じて感情価値を賦与した選択肢についての道徳計算を、文脈依存的にわれわれが行うとモルラは考える。彼らは、認知と感情とを対立させるグリーンらを批判し、道徳的感情は、道徳的判断に於いて合理的過程と競合するわけではなく、むしろ、行動選択肢への感情価値賦与により、道徳的判断を導くのに貢献すると主張している。

（4）個人的価値と社会的価値との乖離

さて、道徳的判断・行動に於いて、いわゆる個人的価値と社会的価値との乖離ということが言われることがあるが、これについては、何らかの神経科学的説明は可能であろうか。おおまかに言って、「個人的価値」とは、個人の道徳的判断・行動に於いて、個人が行為や対象に賦与する価値として考えてよいだろう。社会的価値は、それに対して、社会全体に於いて大まかな合意が得られている価値として考えよいだろう。端的にこの両者が食い違うというだけでならば、それはむしろない方がおかしいと言えるだろうから、乖離が問題になるのは、個人が社会的価値を共有しながら、個人的価値がそれと乖離する場合である。さらに、単に同じタイプの対象や行為に対して個人が賦与する価値と、それについての社会的に大まかに合意されている価値とが異なるだけでなく、個人の行動にそのような乖離が反映される場合が、特に問題となると考えられる。

そのような状況について、何らかの神経科学的な解明が可能であるとすれば、個人の意思決定と行動とに反映される限りに於いての社会的価値と個人的価値との関係の分析によるのが妥当であろう。個人の道徳的判断・行動についての上記のモル的な見方を前提にすると、社会的価値は、少なくとも、前側頭葉に於いて社会的知識として表象されるとは言えるであろう。そして、それについては、個人の道徳的判断に於いて依拠される場合がある。つまり、所与の状況の表象に対応して、当該の社会的価値を表す社会的知識が記憶から呼び出され、そのような社会的価値に沿った行為の表象が作業記憶中に行きの目的として入力され、前頭極皮質の働きによりそれが維持される、ということはあり得るだろう。

しかしながら、それだけでは、必ずしも道徳的判断・行動につながるとは限らないことは、上記の描像から示唆される。社会的価値を表す社会的知識と結び付けられた当該の状況の表象に関連する対象に対して、OFC（及び/又は内側前頭回？）による、何らかの価値の賦与が必要である。そこから辺縁系・旁辺縁系への情報出力

を通して、最終的に行行為が実行される。あるいは、その前に DLPFC で行動の選択肢が形成されて、最終的に、社会的価値に沿ったとわれわれが考えるような選択肢が選ばれる。この過程に於いて、いわゆる「個人的価値」を反映するのは、OFC により与えられる価値及び DLPFC での衡量の結果であろう。

いわゆる個人的価値と社会的価値との乖離は、OFC の自動的な反応による価値賦与を前提としての、DLPFC と前帯状回との協働による比較衡量の結果が、前頭極皮質によって作業記憶に維持されている当面の行為の目的に関連付けられた社会的価値に沿っていない場合に生じることになる。そうなると、鍵となるのは、OFC の自動的な反応による価値賦与であろう（場合によっては前帯状回による努力費用の計算も重要なこともあり得るが）。これがどのように行われるかについては、現状では明らかではない。OFC の強化連合学習をうまく説明する脳の計算モデルの研究や、細分化された道徳的感情についての fMRI 研究や、動物実験による OFC ニューロンの研究等の、さらなる探求が必要である。

2. 環境行動上の不一致に関する社会心理学的研究及び神経科学による説明可能性

(1) 社会心理学的研究概観

環境行動に於いては、認知・知識と行動との不一致がしばしば問題とされている。環境行動の望ましさや必要性について認識しているながら、現実の行動にはそれが反映されないことが問題であるとよく言われる。このような現象については、社会心理学の分野である程度研究がなされてきた。その主要なものとしては、フィッシャーとエイゼンによる合理的行動理論(Ajzen and Fishbein 1980)やその拡張としてのエイゼンの計画的行動理論(Ajzen 1991)があったが、いずれも、事実状況や行動目的の認知と合理的推論とに主として基づいて行動意図が形成されるとしており、行動上の逸脱としてしか認知と行動との不一致を捉えていない点に問題があるとされている。

合理的行動理論では、行動とその結果との関連性及び行動の重要性についての認知的評価に基づいて行動に対する態度が形成され、それと、当該行動についての社会的な評価についての認知に基づく主観的規範とが相俟って、行動意図が形成される想定される。しかしながら、そのように形成された行動意図通りに行動がなされるわけでは必らないわけであり、行動意図に基づく行動を阻害する要因としての、行動実行上の諸問題を考慮して、実行可能性評価をも取り入れた計画的行動理論が

提案された。

それでも、認知と行動との不一致は、逸脱として消極的に説明されることには変わらなかったが、不一致をより積極的に説明する試みとして、環境行動についての二段階モデル(と二重動機モデル(Ohtomo and Hirose 2007; 大友 2008)とが提案されている。二段階モデルは、環境行動に関する諸事実の認知から行動意図の形成を経て行動に至るまでの過程を、環境行動に対する態度としての目標意図が形成される段階と具体的な環境行動を実行するにあたっての行動意図が形成される段階とに分けて捉える。目標意図の形成に当たっては、環境リスクの認知、環境問題についての責任帰属の認知、及び環境問題への対処の有効性についての認知が関わる。行動意図の形成に当たっては、当該の環境配慮行動についての便益費用評価、社会規範評価、及び実行可能性評価が行われる。認知と行動との不一致は、目標意図と行動意図との乖離により生じる場合があるだろう。そして、目標意図に反して、行動意図が形成されない場合には、社会規範評価上で当該行動が支持されても、便益費用評価若しくは実行可能性評価により、当該行動をとることが却下されるという可能性が考えられる。

二段階モデルは、従来の理論よりも、認知と行動との不一致について、より納得できる説明を与えるものの、それでも、認知的評価に関わる限りでの説明に留まっており、行動意図を持っていても、現実には行動しないような場合の説明は与えない。このような場合についての説明を与えるのが、二重動機モデルである。

二重動機モデルでは、意思決定を二つのタイプに分けて考える。一つは、目標指向型の意思決定であり、環境行動の場合には、これは、環境に配慮しようとする目標に基づく意図的な動機的プロセスとして理解される。このプロセスは、目標意図、主観的規範、及び行動意図から構成される。目標意図は、行動意図の形成に際して、当該行動の理由・目的として、行動意図を規定する。主観的規範は、当該の行動をとることを求める社会的压力として働き、行動意図の形成に寄与する。目標指向型意思決定では、行動意図に基づいて、行動がとられることになる。

それに対して、状況依存型意思決定は、一時的な行動選択場面で、目標意図・行動意図に反した行動を許容してしまう、非意図的、反応的な動機的プロセスであり、環境行動の場合には、現実の状況で、環境配慮に手を抜いた行動を許容するプロセスとして理解される。このプロセスは、プロトタイプ・イメージ、記述的規範、行動受容から構成される。プロトタイプ・イメージは、社会的に望ましくない行動をとっている人々の心的イメージとして定義されている(Ohtomo and Hirose 2007)が、それ程否定的でないプロトタイプ・イメージを持っていると、それに対応する望ましくない行動をとりがちであるとされている。つまり、環境配慮に欠ける行動のプロトタイプ・イメージがそれ程否定的に捉えられていない場合には、非環境配慮的な行動を受容しやすくなるというのである。そして、特定の状況で他の人々がして

いることの認識に基づく記述的規範も、人々の行動を方向付けるとされる。記述的規範は、特定の状況での行動選択についての意思決定上のショートカットとして同定されている。非環境配慮的な行動を記述的規範として認識することで、人々は、そのような行動を、受け入れがちになると考えられている(Ohtomo and Hirose 2007)。プロトタイプ・イメージと記述的規範とを先行要因として、非環境配慮的な行動受容が生じ、環境配慮に手を抜いた行動を引き起こすとされる。

目標指向的なプロセスと状況依存型のプロセスとの最終的意思決定に対する影響力の違いにより、環境行動への認知／態度と行動との不一致が生じるとされる。この二重動機モデルは、リサイクルに関する調査(Ohtomo and Hirose 2007)によって、有効性が示唆されている。

(2) 神経科学による「不一致」のさらなる説明の可能性

前節で紹介した二段階モデルは、目標意図と異なる行動意図が生じることに対する説明を与え、二重動機モデルは、行動意図に反する行動が許容されてしまうことに対する説明を与えるものである。神経科学が、さらなる解明を与え得るとすれば、それは行動意図の形成過程及び目標指向型の意思決定と状況依存型の意思決定との相互連関についてであろう。

行動意図の形成過程に於ける、便益費用評価は、環境行動をとる場合ととらない場合とについての便益費用が比較されるわけであり、これは、個人の道徳的行動上の選択肢比較と極めて類似している。道徳行動での選択肢比較と同様に、ここでも、OFCないしVMPFCによる、選択肢に関連する諸要素への価値賦与（及び、場合によっては、前帯状皮質での努力費用計算）が、個人の便益費用評価の鍵となるはずであり、それについての神経科学的解明が進めば、個人の環境行動上の認知との不一致のありようが一層明らかになると考えられる。そして、その際には、二重動機モデルの諸要素についての分析も関わってくる。

二重動機モデルの状況依存型の意思決定については、プロトタイプ・イメージや記述的規範のさらなる解明に関して、模倣行動についての神経科学的研究の蓄積が大いに貢献可能であろうが、これについては、本章の扱う範囲を越えることもあり、ここでは立ち入らない。道徳的行動についての神経科学研究からのあり得る貢献としては、目標指向型意思決定と状況依存型意思決定との関連についての探求があり得るだろう。プロトタイプ・イメージや記述的規範といった状況依存型意思決定の要素が、個人の意思決定の過程にどのように組み込まれ、目標意図や主観的規範といった目標指向型意思決定の諸要素といかに関連して、具体的に個々の意思決定を形成するかについての神経科学的な解明を、道徳的判断・行動の神経科学的探究を

参照して行うことは可能であろう。その場合には、目標意図や主観的規範は、道徳的知識やそれに対応して生じる当面の目的に対応し、記述的規範やプロトタイプ・イメージは、社会的知識や知覚的な社会的特徴の認知に対応するだろう。目標意図、主観的規範、記述的規範、プロトタイプ・イメージと関連付けられた環境行動の選択肢を構成する諸要素について、OFC によりどのような価値が賦与されるか、そして、DLPFC や前帯状皮質での行動上の選択肢の比較がどのようになされるか。これらについての神経科学的探究は、環境行動の認知との不一致の解明を一層進めると考えられる。

3. 今後の理論的展望と政策的応用の可能性

道徳的判断・行動についての神経科学的研究は、まだ始まったばかりとも言え、今後、さらなる探求が望まれる。とりわけ、感情、報酬と道徳的判断との関係や、道徳的規範についてのさらなる探求が望まれる。前者については、OFC や VMPFC の強化連合学習をうまく説明する脳の計算モデルの研究や、動物実験による OFC, VMPFC のニューロンの研究や、細分化された道徳的感情や道徳的判断についての fMRI 研究等が必要である。後者については、道徳的規範・知識の神経科学的位置付けを、fMRI 研究、損傷研究、脳の計算理論研究等により、多面的に解明していく必要がある。

環境行動に応用可能な神経科学的研究は、残念ながら、まだ始まってすらもないと言わざるを得ない。とは言え、環境行動に関しては、社会心理学的研究の蓄積もあり、経済行動との類似性も、道徳行動よりは高いであろうから、道徳についての神経科学的研究よりも、格段の蓄積のある神経経済学の成果をも応用できる可能性は高い。よって、環境行動についての将来的な研究の展開は、急速なものとなり得る可能性は十分あるだろう。

現時点に於いて、道徳の神経科学研究の成果の、環境行動についての政策への応用の可能性があるとすれば、それは、環境行動について情動的記憶を伴わせるような環境行動政策の探求であろう。環境行動についての個人の便益費用計算に関して言えば、OFC ないし VMPFC によるさまざまな関連要素に対する価値賦与が、結果として、環境行動をより便益費用の高いものとするような方向へ仕向ける必要がある。価値賦与の詳細な仕組みについては、現時点ではそれほど明らかではないので、その結果として生じるロルズ的な意味での広義の感情しか、現時点で操作可能な手がかりはない。環境行動をとることが個人にとって有益であること、及び個人にとってそれ程負担ではないことを、誇り、恐怖、憐憫等々の道徳的・社会的感情を伴うような形で、改めて伝達し直すことが、例えば、考えられ得るであろう。

そういう方策は、環境行動の目標指向型意思決定に於ける目標意図や主観的規範を報酬に結び付けることとして捉えられるが、他方、状況依存型意思決定に於けるプロトタイプ・イメージや記述的規範を罰に結び付ける方策も考えられ得るであろう。環境行動をとらない人のイメージや非環境配慮的な行動の記述を、憤り、軽侮、恥ずかしさ、困惑等の道徳・社会感情に連合させるような方策は、一考に値するかもしれない。

最後に繰り返すが、このような方策の政策的応用を検討する前に、道徳行動・社会行動についての、さらなる神経科学的研究の蓄積が絶対的に必要であると考えられ、上記のような、現時点での非常におおまかな方向性の見通しも、あくまで暫定的なものでしかないことを、強調しておく。

参考文献

- Addis, D. R., A. T. Wong, and D. L. Schacter. 2007. Remembering the past and imagining the future: common and distinct neural substrates during event construction and elaboration. *Neuropsychologia* 45 (7):1363-77.
- Ajzen, Icek. 1991. The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50:179-211.
- Ajzen, Icek, and Martin Fishbein. 1980. *Understanding attitudes and predicting social behavior*. Paperback ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Anderson, S. W., A. Bechara, H. Damasio, D. Tranel, and A. R. Damasio. 1999. Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nat Neurosci* 2 (11):1032-7.
- Arana, F. S., J. A. Parkinson, E. Hinton, A. J. Holland, A. M. Owen, and A. C. Roberts. 2003. Dissociable contributions of the human amygdala and orbitofrontal cortex to incentive motivation and goal selection. *J Neurosci* 23 (29):9632-8.
- Badre, D., and A. D. Wagner. 2004. Selection, integration, and conflict monitoring; assessing the nature and generality of prefrontal cognitive control mechanisms. *Neuron* 41 (3):473-87.
- Bechara, A., A. R. Damasio, H. Damasio, and S. W. Anderson. 1994. Insensitivity to future consequences following damage to human prefrontal cortex. *Cognition* 50 (1-3):7-15.
- Bechara, A., H. Damasio, and A. R. Damasio. 2000. Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cereb Cortex* 10 (3):295-307.
- Bechara, A., D. Tranel, H. Damasio, and A. R. Damasio. 1996. Failure to respond autonomically to anticipated future outcomes following damage to prefrontal cortex. *Cereb Cortex* 6 (2):215-25.
- Benuzzi, F., F. Lui, D. Duzzi, P. F. Nichelli, and C. A. Porro. 2008. Does it look painful or disgusting? Ask your parietal and cingulate cortex. *J Neurosci* 28 (4):923-31.
- Berthoz, S., J. L. Armony, R. J. Blair, and R. J. Dolan. 2002. An fMRI study of intentional and unintentional (embarrassing) violations of social norms. *Brain* 125 (Pt 8):1696-708.
- Borg, J. S., C. Hynes, J. Van Horn, S. Grafton, and W. Sinnott-Armstrong. 2006. Consequences, action, and intention as factors in moral judgments: an fMRI investigation. *J Cogn Neurosci* 18 (5):803-17.
- Botvinick, M.M., T.S. Braver, D.M. Barch, C.S. Carter, and J.D. Cohen. 2001. Conflict monitoring and cognitive control. *Psychological Review* 108:624-652.
- Braver, T. S., and S. R. Bongiolatti. 2002. The role of frontopolar cortex in subgoal processing

- during working memory. *Neuroimage* 15 (3):523-36.
- Bunge, S. A., I. Kahn, J. D. Wallis, E. K. Miller, and A. D. Wagner. 2003. Neural circuits subserving the retrieval and maintenance of abstract rules. *J Neurophysiol* 90 (5):3419-28.
- Cox, S. M., A. Andrade, and I. S. Johnsrude. 2005. Learning to like: a role for human orbitofrontal cortex in conditioned reward. *J Neurosci* 25 (10):2733-40.
- Damasio, A. R., D. Tranel, and H. Damasio. 1990. Individuals with sociopathic behavior caused by frontal damage fail to respond autonomically to social stimuli. *Behav Brain Res* 41 (2):81-94.
- Damasio, A.R., D. Tranel, and H. Damasio. 1991. Somatic markers and the guidance of behaviour: theory and preliminary testing. In *Frontal lobe function and dysfunction*, edited by H. S. Levin, H. M. Eisenberg and A. L. Benton. New York: Oxford University Press.
- Daw, N. D., Y. Niv, and P. Dayan. 2005. Uncertainty-based competition between prefrontal and dorsolateral striatal systems for behavioral control. *Nat Neurosci* 8 (12):1704-11.
- Depue, B. E., T. Curran, and M. T. Banich. 2007. Prefrontal regions orchestrate suppression of emotional memories via a two-phase process. *Science* 317 (5835):215-9.
- Eslinger, P. J., and A. R. Damasio. 1985. Severe disturbance of higher cognition after bilateral frontal lobe ablation: patient EVR. *Neurology* 35 (12):1731-41.
- Eslinger, P. J., L. M. Grattan, H. Damasio, and A. R. Damasio. 1992. Developmental consequences of childhood frontal lobe damage. *Arch Neurol* 49 (7):764-9.
- Farrow, T. F., Y. Zheng, I. D. Wilkinson, S. A. Spence, J. F. Deakin, N. Tarrier, P. D. Griffiths, and P. W. Woodruff. 2001. Investigating the functional anatomy of empathy and forgiveness. *Neuroreport* 12 (11):2433-8.
- Foot, Philippa. 1978. The Problem of Abortion and the Doctrine of Double Effect. *Oxford Review* 5:5-15.
- Fukui, H., T. Murai, H. Fukuyama, T. Hayashi, and T. Hanakawa. 2005. Functional activity related to risk anticipation during performance of the Iowa Gambling Task. *Neuroimage* 24 (1):253-9.
- Gallagher, H. L., and C. D. Frith. 2003. Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends Cogn Sci* 7 (2):77-83.
- Gobbini, M. I., A. C. Koralek, R. E. Bryan, K. J. Montgomery, and J. V. Haxby. 2007. Two takes on the social brain: a comparison of theory of mind tasks. *J Cogn Neurosci* 19 (11):1803-14.
- Green, A. E., J. A. Fugelsang, D. J. Kraemer, N. A. Shamosh, and K. N. Dunbar. 2006.

- Frontopolar cortex mediates abstract integration in analogy. *Brain Res* 1096 (1):125-37.
- Greene, J. D., L. E. Nystrom, A. D. Engell, J. M. Darley, and J. D. Cohen. 2004. The neural bases of cognitive conflict and control in moral judgment. *Neuron* 44 (2):389-400.
- Greene, J. D., R.B. Sommerville, L. E. Nystrom, J. M. Darley, and J. D. Cohen. 2001. An fMRI Investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment. *Science* 293:2105-2108.
- Greene, Joshua D. 2008. The Secret Joke of Kant's Soul. In *Moral Psychology Volume 3: The Neuroscience of Morality: Emotion, Brain Disorder, and Development*, edited by W. Sinnott-Armstrong. Cambridge: MIT Press.
- Hampton, A. N., P. Bossaerts, and J. P. O'Doherty. 2006. The role of the ventromedial prefrontal cortex in abstract state-based inference during decision making in humans. *J Neurosci* 26 (32):8360-7.
- Heekeren, H. R., I. Wartenburger, H. Schmidt, K. Prehn, H. P. Schwintowski, and A. Villringer. 2005. Influence of bodily harm on neural correlates of semantic and moral decision-making. *Neuroimage* 24 (3):887-97.
- Heekeren, H. R., I. Wartenburger, H. Schmidt, H. P. Schwintowski, and A. Villringer. 2003. An fMRI study of simple ethical decision-making. *Neuroreport* 14 (9):1215-9.
- Koechlin, E., and A. Hyafil. 2007. Anterior prefrontal function and the limits of human decision-making. *Science* 318 (5850):594-8.
- Kringelbach, M. L., and E. T. Rolls. 2004. The functional neuroanatomy of the human orbitofrontal cortex: evidence from neuroimaging and neuropsychology. *Prog Neurobiol* 72 (5):341-72.
- Maratos, E. J., R. J. Dolan, J. S. Morris, R. N. Henson, and M. D. Rugg. 2001. Neural activity associated with episodic memory for emotional context. *Neuropsychologia* 39 (9):910-20.
- Moll, J., R. de Oliveira-Souza, I. E. Bramati, and J. Grafman. 2002. Functional networks in emotional moral and nonmoral social judgments. *Neuroimage* 16 (3 Pt 1):696-703.
- Moll, J., R. de Oliveira-Souza, P. J. Eslinger, I. E. Bramati, J. Mourao-Miranda, P. A. Andreiuolo, and L. Pessoa. 2002. The neural correlates of moral sensitivity: a functional magnetic resonance imaging investigation of basic and moral emotions. *J Neurosci* 22 (7):2730-6.
- Moll, J., R. de Oliveira-Souza, F. T. Moll, F. A. Ignacio, I. E. Bramati, E. M. Caparelli-Daquer, and P. J. Eslinger. 2005. The moral affiliations of disgust: a functional MRI study. *Cogn Behav Neurol* 18 (1):68-78.
- Moll, J., P. J. Eslinger, and R. Oliveira-Souza. 2001. Frontopolar and anterior temporal cortex activation in a moral judgment task: preliminary functional MRI results in

- normal subjects. *Arq Neuropsiquiatr* 59 (3-B):657-64.
- Moll, J., R. Zahn, R. de Oliveira-Souza, F. Krueger, and J. Grafman. 2005. Opinion: the neural basis of human moral cognition. *Nat Rev Neurosci* 6 (10):799-809.
- Moll, Jorge, Ricardo de Oliveira-Souza, Roland Zahn, and Jordan Grafman. 2008. The Cognitive Neuroscience of Moral Emotions. In *Moral Psychology Volume 3: The Neuroscience of Morality: Emotion, Brain Disorder, and Development*, edited by W. Sinnott-Armstrong. Cambridge: MIT Press.
- O'Doherty, J., M. L. Kringelbach, E. T. Rolls, J. Hornak, and C. Andrews. 2001. Abstract reward and punishment representations in the human orbitofrontal cortex. *Nat Neurosci* 4 (1):95-102.
- Ohtomo, Shoji, and Yukio Hirose. 2007. The dual-process of reactive and intentional decision-making involved in eco-friendly behavior. *Journal of Environmental Psychology* 27:117-125.
- Padoa-Schioppa, C., and J. A. Assad. 2008. The representation of economic value in the orbitofrontal cortex is invariant for changes of menu. *Nat Neurosci* 11 (1):95-102.
- Paulus, M. P., and L. R. Frank. 2003. Ventromedial prefrontal cortex activation is critical for preference judgments. *Neuroreport* 14 (10):1311-5.
- Robertson, D., J. Snarey, O. Ousley, K. Harenski, F. DuBois Bowman, R. Gilkey, and C. Kilts. 2007. The neural processing of moral sensitivity to issues of justice and care. *Neuropsychologia* 45 (4):755-66.
- Rolls, E. T. 1999. *The Brain and Emotion*. Oxford: Oxford University Press.
- _____. 2000. The orbitofrontal cortex and reward. *Cereb Cortex* 10 (3):284-94.
- Rushworth, M. F., T. E. Behrens, P. H. Rudebeck, and M. E. Walton. 2007. Contrasting roles for cingulate and orbitofrontal cortex in decisions and social behaviour. *Trends Cogn Sci* 11 (4):168-76.
- Saver, J. L., and A. R. Damasio. 1991. Preserved access and processing of social knowledge in a patient with acquired sociopathy due to ventromedial frontal damage. *Neuropsychologia* 29 (12):1241-9.
- Smith, A., M. Li, S. Becker, and S. Kapur. 2006. Dopamine, prediction error and associative learning: a model-based account. *Network* 17 (1):61-84.
- Teasdale, J. D., R. J. Howard, S. G. Cox, Y. Ha, M. J. Brammer, S. C. Williams, and S. A. Checkley. 1999. Functional MRI study of the cognitive generation of affect. *Am J Psychiatry* 156 (2):209-15.
- Vogeley, K., M. May, A. Ritzl, P. Falkai, K. Zilles, and G. R. Fink. 2004. Neural correlates of first-person perspective as one constituent of human self-consciousness. *J Cogn Neurosci* 16 (5):817-27.

- Vollm, B. A., A. N. Taylor, P. Richardson, R. Corcoran, J. Stirling, S. McKie, J. F. Deakin, and R. Elliott. 2006. Neuronal correlates of theory of mind and empathy: a functional magnetic resonance imaging study in a nonverbal task. *Neuroimage* 29 (1):90-8.
- Wallis, J. D. 2007. Neuronal mechanisms in prefrontal cortex underlying adaptive choice behavior. *Ann NY Acad Sci* 1121:447-60.
- _____. 2007. Orbitofrontal cortex and its contribution to decision-making. *Annu Rev Neurosci* 30:31-56.
- Zahn, R., J. Moll, F. Krueger, E. D. Huey, G. Garrido, and J. Grafman. 2007. Social concepts are represented in the superior anterior temporal cortex. *Proc Natl Acad Sci USA* 104 (15):6430-5.
- 大友章司. 2008. 環境配慮への態度と行動の不一致はなぜ起きるのか. 『環境行動の社会心理学：環境と向き合う人間のこころと行動』, 広瀬幸雄. 京都: 北大路書房
- 広瀬幸雄. 1994. 環境配慮行動の規定因について. 社会心理学研究 10:44-55.
- _____. 1995. 『環境と消費の社会心理学：共益と私益のジレンマ』. 名古屋: 名古屋大学出版会.

参考：先行的・関連研究の概要

① Neuroscience and Ethics: Intersections

Antonio Damasio a, a University of Southern California,

自らのこれまでの研究及び他の研究者による関連研究を総括して、ダマジオが、そこから引き出し得る、脳科学的知見の倫理学的含意をまとめたもの。道徳的行動を含む社会行動に必要な社会的感情にとって、腹内側前頭前野が不可欠の役割を果たすという見解をダマジオは強調している。

② An fMRI Investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment

Greene, J. D., R. B. Sommerville, L. E. Nystrom, J. M. Darley, and J. D. Cohen.

道徳的内容のジレンマを、特定の人に対する身体的被害の直接的に引き起こすもの（人身的ジレンマ）とそうでないものとに分け、それらのジレンマに関する判断時の脳の賦活部位を、fMRIにより調べた実験研究。人身的ジレンマでは、感情処理に関わる部位が賦活されるが、道徳的内容を持っていても、人身的でないジレンマでは、道徳的内容を持たないジレンマと同様な部位が賦活されることが示された。

③ The Neural Bases of Cognitive Conflictand Control in Moral Judgment

Joshua D. Greene, 1, 2, * Leigh E. Nystrom, 1, 2 Andrew D. Engell, 1, 2 John M. Darley, and Jonathan D. Cohen^{1, 2}

②を受けて、人身的ジレンマの中でも、反応時間が長く、判断が困難であると考えられるものに焦点をあてて、fMRI実験を行ったもの。グリーンは、そのような判断では、感情的な反応と認知的な反応との葛藤が生じているという前提で、前帯状皮質の賦活を予測した。又、最終的に認知的反応が上回ると想定されるような功利主義的判断が下される場合には、背外側前頭前野が賦活されると予測した。これらの予測は検証され、グリーンは、道徳的判断に於ける感情と合理的判断との二重メカニズムを提唱した。

④Functional Networks in Emotional Moral and Nonmoral Social Judgments

Jorge Moll, * Ricardo de Oliveira-Souza, * Ivanei E. Bramati, and Jordan Grafman

感情を喚起するような判断で、道徳的なものとそうでないものとで、脳の賦活

部位が異なるかどうかを調べたfMRI実験研究。道徳的な内容を持つ、感情を喚起させる判断では、左半球の内側眼窩前頭皮質、側頭極、及び上側頭溝が主として賦活され、それに対して、道徳的な内容を持たない、感情喚起敵判断では、左半球の扁桃体、舌状回、及び外側眼窩回が賦活された。

⑤The Neural Correlates of Moral Sensitivity: A Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Basic and Moral Emotions

Jorge Moll, Ricardo de Oliveira-Souza, Paul J. Eslinger, Ivanei E. Bramati, Jana. na Moura~ o-Miranda, Pedro Angelo Andreiuolo, and Luiz Pessoa

④を受けて、道徳的感情と眼窩前頭皮質との関連をさらに探求したfMRI実験で、ここでは、文章を読み上げる音声刺激を使った⑧とは異なり、映像を用いた視覚的刺激が使われた。結果としてモルらは、道徳的判断では、前頭前皮質の眼窩部・内側部及び上側頭溝が中心的役割を果たすことが示されたと結論した。そして、社会行動では、社会的な出来事に対する道徳的価値の自動的な賦与が重要ではないかと示唆している。

⑥The neural basis of human moral cognition

Jorge Moll, Roland Zahn, Ricardo de Oliveira-Souza, Frank Krueger and Jordan Grafman

モルらが自分たちのこれまでの研究及びその他の研究者による研究を考慮して考え出した、道徳についての認知神経科学的モデルを示した論文。ここでは、文化・文脈依存的な知識、意味論的な社会的知識、及び感情的な動機状態が、いかに統合されて、人間の道徳的認識に至るかについての認知神経科学説明が試みられている。