

社会神経科学と精神医学

高橋 英彦

Hidehiko Takahashi : Social Neuroscience and Psychiatry

情動、意思決定、意識といったこれまで心理学、経済学、哲学などの人文社会の学問で扱ってきた領域が、fMRIを中心とした非侵襲的脳イメージングや認知・心理パラダイムの進歩により、脳神経科学の重要なテーマになり、社会的行動の神経基盤を理解しようとする社会脳研究、社会神経科学 (social neuroscience) として急速に興隆してきている。そこで、まず社会神経科学の発展の歴史を著者なりの視点で概観した。社会神経科学の初期のメインテーマは情動や社会認知であったが、これらの知見をもとに意思決定を扱う神経経済学に発展し、最近では意識という最も困難なテーマも重要なテーマになっている。次いで、社会神経科学が発展途上にあった時期の我々の初期の社会的情動に関するfMRI研究を紹介した。社会神経科学が興隆し、精神神経疾患を対象としたfMRIによる社会神経科学も精力的に行われ、病態理解に寄与している。後半では精神神経疾患の意思決定障害の分子神経基盤の理解、新たな薬物療法の開発に向け、我々が分子イメージング (PET) を用いて心理学、経済学などの研究者と学際的に研究を進めてきた成果の一例を紹介した。既存の概念や方法にとらわれず、異分野との学際的交流や研究を進めていくことが、困難である精神神経疾患の克服のためにも重要と考えられる。

<索引用語：社会神経科学、情動、意思決定、fMRI、PET>

はじめに

人間が社会的存在である以上、神経科学の究極の目的が人間の理解だとすれば、人間を対象にした神経科学はもちろん、人間を対象にしない脳神経科学も程度の差はあれ、すべて“社会”神経科学であり、わざわざ、“社会”とか“social”とか頭につける必要はないようにも思える。ましてや、精神医学は、定義上、社会生活に支障をきたす状態を疾患あるいは病的状態として加療の対象としているわけであり、すべての疾患や病態が社会認知や社会的行動の障害を伴っているといつて

も過言ではない。また、人間の精神活動は、知・情・意とも呼ばれる。知とは読み・書き・そろばんのような伝統的にはどちらかという臨床神経学や神経心理学が扱ってきたテーマである。一方、情 (情動・感情) や意 (意志、意思決定、意識) といった主観的体験を扱うのが主として精神医学といえるが、まさに情動・感情、意志、意思決定、意識といったテーマが神経科学研究の中心的なテーマともいえる。このため、精神医学に関連する神経科学研究は、それ自体が社会神経科学 (social neuroscience) や“社会”脳研究であると

著者所属：京都大学大学院医学研究科脳病態生理学講座精神医学教室，Department of Psychiatry, Kyoto University Graduate School of Medicine

編 注：編集委員会からの依頼による総説論文である。

もいえる。とはいえ、社会的行動の神経基盤を理解しようとする社会神経科学、社会脳研究として急速に興隆してきたのには、非侵襲的脳情報計測技術や認知・心理パラダイムの進歩により、情動、意思決定、意識といった心理学、経済学、哲学などの人文社会の学問で扱ってきた領域が、脳神経科学と融合してきた背景があるように思われる。

I. 社会脳とは

前述したように、社会神経科学や社会脳研究を広義にとらえるなら、その対象は特定の部位やシステム、方法論に限定されるものではない。とはいえ、現在の広義の社会脳研究に至るまでの転機となるポイントを紹介していく。

社会脳という言葉が浸透したのは、1990年にアメリカの生理学者 Brothers が social brain という言葉を使用し、社会認知能力に特に重要な部位として扁桃体と眼窩前頭野と側頭葉を挙げた⁷⁾のが1つの転機と考えられる。人間においては、脳は体重の約2%にすぎないのに身体全体で使われるエネルギーの約20%も消費する。このような高コストの器官が進化するには、それだけの理由が必要であると考えられ、イギリスの Dunbar¹³⁾は全脳に対する新皮質の割合を霊長類の種間で比較した。その結果、新皮質の割合と相関があったのは生態的要因ではなく、集団のグループサイズという社会的要因であることを見出し、霊長類の新皮質は集団生活、社会的環境に適応するために進化したという社会脳仮説を1998年に発表した。この実証的な報告以前から、イギリスの Humphrey ら²⁶⁾によって大型の霊長類の知能は社会的な状況に適応するために進化したのではないかと提唱され、Byrne と Whiten⁸⁾により、マキャベリの知性仮説という用語も使用された。Machiavelli はルネッサンス時代のイタリア・フィレンツェの外交官で君主論を書き、政治的目的のためには、非道徳的な手段も正当化されると説いた。そのため、マキャベリの知性は社会的知性とも呼ばれる。このような霊長類を対象にした研究を背景に、

その後、1990年代中ごろから2000年前後にかけて、人間を対象にした脳損傷研究やPETやfMRIなどの非侵襲的脳機能画像研究が精力的に行われるようになった。その結果、Brothers が social brain として挙げた扁桃体は、情動の認知に重要な部位であることが、Adolphs らの両側扁桃体損傷の患者を用いた研究で明らかになった²⁾。また、Bechara ら⁶⁾は眼窩前頭野損傷患者に Iowa Gambling Task を施行し、損傷患者が不利な選択をする意思決定の障害を示すことを明らかにした。また、主に非侵襲的脳機能画像研究により、biological motion の認知には上側頭溝 (superior temporal sulcus: STS)³⁾、相貌認知には側頭葉下面の紡錘状回²⁸⁾、身体認知には側頭葉後下部¹²⁾など、側頭葉の social brain における位置づけも次第に明らかになってきた。その後 Frith と Frith¹⁷⁾が中心となり、PETやfMRIを用いて他人の心を読み取るのに重要な能力である心の理論に関する研究が進み、内側前頭前野や側頭頭頂移行部(後側上側頭溝)も社会脳の重要な一部であることがわかってきた。さらに1996年にイタリアの Rizzolatti ら³⁹⁾によって、サルにおいてミラーニューロンが発見され、その後、ヒトでも前頭葉から頭頂葉にかけてミラーニューロンシステムが確認された。ミラーニューロンシステムも他者の意図の理解などにかかわるとされ、社会脳研究で精力的に研究されているテーマである。Brothers が social brain と呼んだ部位に加え、現在ではこれに前頭前野の内側面や側頭頭頂移行部(後側上側頭溝)も含めて社会脳と呼ばれることが多いが、これは他人の心を読み取る心の理論の研究やミラーニューロンシステムの研究による知見の蓄積によるためと思われる。

II. 社会神経科学の発展

2000年代前半頃より、fMRIの流布により、心理学者、哲学者、経済学者などいわゆる人文社会系の研究者も脳研究に参加し、急速に社会神経科学研究の裾野が広がり、興隆するに至ったと考えられる。その中でも、epoch making な研究を紹介

介する。

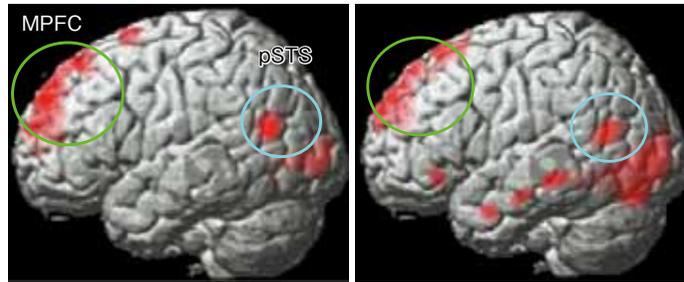
2001年にはGreeneら²¹⁾がモラルジレンマの課題を用いて、道徳的な判断をする際の脳活動を計測し、道徳的判断には情動に重要な部位である(内側前頭前野や側頭頭頂移行部)がかかわることを示した。道徳的な判断は理性的、合理的な判断であるとする伝統的なモラル哲学に反して、道徳的判断における情動の重要性を示した画期的な研究といえる。2003年には、Sanfeyら⁴⁰⁾が最後通牒ゲームという経済ゲームを用いて、不公平性に対する判断にかかわる脳活動を検討した。最後通牒ゲームとは、提案者と受領者の2人で行う経済ゲームで、提案者は与えられた金額を受領者とどのように分配するか一方的に提案することができる。受領者が提案された分配額を受け入れると取引は成立し、提案者の提案通りに金額が2人に分配される。しかし、受領者が提案された分配額を拒否した場合はその取引は成立せず、お互いに1円も得られない。伝統的な経済理論では受領者はどんなに不公平な提案をされてもそれを受け入れて、1円でも利得を増やすべきと想定するが、実際には提案額が総額の3割程度以下になると拒否をする行動が認められる。道徳的な損得勘定を度外視して、不公平な提案を拒否する行動に、島皮質という負の感情にかかわるとされる部位の活動が関連していることを示し、伝統的な経済理論では合理的判断を想定する経済的意思決定においても情動の重要性を示した研究といえる。2002年に行動経済学、実験経済学への貢献で、KahnemanとSmithがノーベル経済学賞を受賞したこともあり、神経経済学が以降、急速に発展した。2004年にはSingerら⁴¹⁾は、カップルの片方がカップルの他方が痛み刺激を与えられている様子を観察しているときの脳活動を計測した。その結果、自身の痛みを感じるときと他人の痛みを共感して感ずるときと前部帯状回と島皮質がオーバーラップして活動することを示した。物質的な痛みと心理(社会)的痛みには、脳内処理過程において共通する面が多いことを示した研究であり、その後の共感研究や、心理(社会)的痛み研究に大きな影響を

与えた。

このような流れを受けて、2006年にSocial NeuroscienceとSocial Cognitive and Affective Neuroscienceという2誌も刊行され、Society for Social NeuroscienceとSocial and Affective Neuroscience Societyというそれぞれの関連学会も設立された。これらの雑誌の編集委員もヒトを対象とした脳科学者だけでなく、動物を用いる研究者、心理学者、経済学者、哲学者、臨床医など多岐にわたり、掲載される論文も多岐にわたっている。2012年にSocial Cognitive and Affective Neuroscienceの編集長のLieberman³⁴⁾がA geographical history of social cognitive neuroscienceという社会神経科学の歴史を振り返った総説を書いている。やや私見も入った偏った面があるという感を禁じ得ず、イタリアにおけるRizzolattiらのミラーニューロンの発見以外はすべて、アメリカとイギリスの研究しか紹介されていない。他の学問領域でも同じような傾向はあるのかもしれないが、社会神経科学は文字通り社会や文化にも影響されるため、この分野の発展のためには、我が日本を含めてアメリカとイギリス以外の国からの情報発信を行っていく必要がある。

Ⅲ. 社会的情動のfMRI研究

1990年代後半より情動における扁桃体の役割に関する研究¹⁾や、喜怒哀楽といった基本的情動に関する表情認知の研究が盛んになされた。精神神経疾患においては喜怒哀楽といった基本情動の障害も広く知られるところであり、これらの研究を受けて、2000年代前半は精神神経疾患へ応用した臨床研究も報告されるようになった^{23,30,51)}。しかし、精神神経疾患の中には、これらの基本的情動もさることながら、より社会的で複雑な情動の障害と考えられる病態も少なくない。例えば、罪責感や羞恥心を適切に認知、理解できないと、社会のルール、モラル、エチケットを無視した反社会的な行動につながる。反対に、これらの情動が不適切に過剰な状態はうつ状態に認められる(罪責妄想・微小妄想)。自尊心やプライドが正しく機



罪責感

羞恥心

図1 罪責感と羞恥心に関連する脳活動

ニュートラル文章に比べて罪責感と羞恥心の文章を読んでいるときにより強く賦活された脳部位。罪責感と羞恥心に共通して、MPFCとpSTSの賦活を認めた。羞恥心条件では加えてSTSの前方やtemporal poleやorbitofrontal cortexの賦活を認めた。

能しないと、誇大的になったり、自己愛傾向が強まり、逆に過度に自尊心が低い状態はうつ状態とも考えられる。このように日常の精神科臨床でしばしば遭遇する症状や病態に関連するいくつかの社会的情動の脳内過程を本稿の前半で概説することとする。

IV. 罪責感と羞恥心に関する脳活動

罪責感や羞恥心はモラル情動とも呼ばれる²⁴⁾。社会のルール・規範や社会通念から逸脱した際に生じる情動であり、モラルや対人的なマナー・エチケット、身だしなみなどを維持し、さらに促進・向上させる働きがある。したがってこれらの情動の障害は精神神経疾患に認められる反社会的な行動やモラルを欠いた行動につながる。また、心理学ではこれらの情動はself-conscious emotionsとも呼ばれる。適切な訳語が存在しないので、英語の表記を使用した。self-conscious emotionsとは、他人の自己に対する評価や意見を意識し、それを気にしたり、心配するとき生じる情動である^{14,24)}。他人が自己のことを怒っているのではないか、迷惑に思っているのではないか、馬鹿馬鹿しく思っているのではないかといった自己に対する否定的な評価を伴うのが恥や罪の意識であり、罪責感 (guilt) や羞恥心 (embarrassment) はnegative self-conscious emotionsと呼

ばれる。一方、他人が自分のことをほめてくれているのではないかと、尊敬してくれているのではないかと、高評価をしてくれているのではないかとという自己に対する肯定的な意見を意識するのが自尊心やプライド (pride) であり、positive self-conscious emotionである。言い換えれば、これらの情動を適切に抱くには、相手の立場に立って相手の気持ちを推察したり、理解する能力、つまり心の理論の能力が不可欠であるといえる。

我々は、健常者を対象にfMRIを用いて、罪責感や羞恥心を感じる文章を読んでいる際の脳活動を測定した。その結果が図1である⁵¹⁾。ニュートラルな文章に比べて罪責感や羞恥心の文章を読んでいる際に共通してmedial prefrontal cortex (MPFC) と posterior STS (pSTS) により強い賦活を認めた。羞恥心の文章では加えてtemporal poleやorbitofrontal cortexの賦活を認めた。MPFCとpSTSそれにtemporal poleはいわゆる心の理論の能力に重要な役割を担う脳部位である¹⁹⁾。特にpSTSは他人の意図を読み取るのに重要な部位であり、MPFCはそれらの情報をもとに自己を省みる能力に関与している^{4,18)}。さらにこれらの脳部位はモラル認知にも深くかかわっている^{20,36)}。我々の結果は罪責感や羞恥心はself-conscious emotionsであるという心理学の概念を世界で初めて脳レベルで示したものである。罪責

感は良心の呵責という言葉があるように、周りに誰もおらず1人である場合でも感じることはある。しかし、羞恥心は穴があいたら入りたいという言葉があるように常に他人の前で生じ、より対人関係や状況に依存する複雑な情動といえる。そのためより多くの情報を処理し統合するために罪責感と比べて広範な脳賦活が認められたと考えられる。前頭側頭型認知症⁴³⁾、反社会性パーソナリティ障害³²⁾、アスペルガー症候群¹⁰⁾など多くの精神神経疾患で、MPFCやSTSの器質的あるいは機能的障害が繰り返し報告され、心の理論の障害やモラルや社会通念に反した行動異常との関連が指摘されている。最近では前頭側頭型認知症や前頭葉損傷においてself-conscious emotionsの障害が報告されてきており^{31,46)}、我々の結果を間接的に支持している。

V. プライドに関する脳活動

前述したようにプライドは他人が自己を高く評価していると意識することから生じる情動であるためpositive self-conscious emotionsと呼ばれる⁵⁷⁾。プライドは通常、何か好ましいことを達成したときに生じると同時に、社会や個人の向上につながる努力、人助けなどの社会的な行動を促すため、やはりモラル情動の1つと呼ばれることもある⁵⁷⁾。他人からの評価に値する達成を伴わず、ひとりよがりな傲慢な形のプライドは自己愛性パーソナリティ障害に認められ、肥大化した自尊心やプライドは躁状態に認められる。また、反対に過度に自尊心が低いのはうつ状態に認められ、通常精神科診療で日常的に遭遇する病態ともプライドは関係する。そこで我々は、positive self-conscious emotionsであるプライドとpositive basic emotionである喜び(joy)に関連する脳活動を比較するため健常者を対象にfMRIを用いて、これらの情動を感じる文章を読んでいる際の脳活動を測定した⁵⁾。ニュートラルな文章に比べてjoy文章では、ドーパミン投射が豊富で報酬系の一部である腹側線条体により強い賦活を認めた。これはjoy文章がお金や食べ物、異性といつ

た報酬や快樂に関する内容であったためと思われる。一方、プライドの文章を読んでいる際はニュートラルな文章に比べてpSTSとtemporal poleにより強い賦活を認めた。pSTSとtemporal poleは心の理論に関係が強い場所であり、プライドもself-conscious emotionsであるという概念を支持する所見と考えられた。心の理論に関係が深いもう1つの部位であるMPFCの賦活も予想されたが、fMRIの結果は群解析でも個人の解析でも同部位の賦活は認められなかった。このMPFCが賦活されなかった結果の解釈としてはいくつか考えられるが、1つには人間は通常、好ましい結果の責任は自己に帰属させようとし、望ましくない悪い結果の責任は外部に求めようとするself-positivity biasが挙げられる²²⁾。このバイアスは無意識のうちに働くことが多くの研究で報告されている^{55,60)}。MPFCは意識的に自己を省みる際に活動することが知られている²⁷⁾。悪い結果が起こった際に生じるnegative self-conscious emotionsの罪責感や羞恥心の場合は、自己を省みてやはり望ましくない結果の責任は自分の不適切な行為にあると認識することで生じるが、プライドの場合は自己を十分に意識的に省みなくても、好ましい結果の責任は自分にあると自動的にとらえてしまうためMPFCの活動は不可欠ではないと考えられた。

VI. 妬みと嫉妬

はじめに本稿で使用する妬み(envy)と嫉妬(jalousy)という用語の定義をしておきたい。両者は日常的には区別なく使用されているが、これは英語圏でも同様である。しかし、心理学の分野では両者は異なる情動として扱われることがある。両方の日本語の単語が英語の単語と対応しているわけではないが、本稿では便宜上、妬みはenvyに相当し、嫉妬はjealousyに相当するものとする。Klein²⁹⁾も指摘しているように両者の違いを簡潔に説明すれば、妬みは登場人物が2人ないしは2つの集団で成立するのに対し、嫉妬は3人の人物を要するということになる。嫉妬には男

女間の嫉妬や兄弟間の嫉妬がある。男女間の嫉妬は説明するまでもなく、男女のカップルと恋敵の別の男性(女性)が必要となる。兄弟間の嫉妬とは、発達心理学で扱われるテーマである。母親に2人目の子供が生まれたとき、母親はより手のかかる下の子に注意が向く。上の子は下の子に母親を独り占めされたと感じ、母親の気を引こうと赤ちゃんがえりしたりする。この場合も3人の人物が登場する。本稿では妬みに関する脳画像研究を紹介し、嫉妬⁵³⁾に関しては紙面の都合上割愛する。

Ⅶ. 妬みに関する脳活動

妬みは洋の東西を問わず、悪い情動で慎むべきものとされる。妬みは他人が自己より優れた物や特性を有している場合に、苦痛、劣等感、敵対心を伴う感情である。ただ、他人が自己より優れたものを有しているだけでは不十分であり、その比較の対象の物や特性が自己と関連性が高いか否かが妬みの強さを決定する⁴²⁾。例えば、自分が西洋のブランド好きで、知人が高級ブランドのバッグやドレスを何着も持っていたら知人のことを妬ましく思うかもしれないが、ブランドに関心のない人間にとっては、それほど強い妬みは生じない。

この点を踏まえて、私たちは、妬みの脳内基盤を検討するために大学生を対象に次のような実験を行った⁵⁰⁾。被験者にははじめに被験者本人が主人公であるシナリオを読んでもらった。主人公は大学生4年生で就職を考えている。本稿の中では説明のために、被験者と主人公は男性とする(女性の被験者には主人公が女性で性別を入れ替えたシナリオを用意した)。就職には学業成績やクラブ活動の成績が重視されるが、主人公はいずれも平均的である。その他に経済状況や異性からの人気など平均的な物や特性を有している。シナリオには被験者本人以外に、3人の登場人物が登場する。男子学生Aは被験者より優れた物や特性(学業成績、所有する自動車、異性からの人気など)を多く所有している。かつ自己との関連性が高く、被験者と同性で、進路や人生の目標や趣味が



図2 妬みに関連する脳活動
妬ましくない学生Cに比べて妬ましい学生Aのプロフィールを見た際に、背側前部帯状回の活動を認めた。

共通である。女子学生Bも被験者より優れた物や特性を所有しているが、学生Aと異なり自己との関連性が低く、被験者と異性で、進路や人生の目標や趣味は全く異なる。女子学生Cは被験者と同様に平均的な物や特性を所有していて、かつ異性で自己との関連性はやはり低い。実験1では3人の学生のプロフィールを提示したときの脳活動を機能的MRI(fMRI)で検討した。私たちの予想通り、被験者の妬みの強さは学生Aに対して最も高く、学生Bがその次に続き、学生Cに対してはほとんど妬みの感情は抱かなかった。それに対応するように、学生Cと比べて、学生A、Bに対して背側前部帯状回がより強く賦活し(図2)、かつ学生Aに対する背側前部帯状回の活動は学生Bに対するものより強かった。個人内で妬みを強く感じたときに背側前部帯状回の活動が高いことを意味する。また、個人間の検討では妬みの強い被験者ほど、背側前部帯状回の活動が高いという相関関係も観察された。

Ⅷ. 他人の不幸は蜜の味

他人に不幸が起こると通常、私たちは同情したり、心配したりする。しかし、妬みの対象の他人に不幸が起こると、その不幸を喜ぶといった非道徳な感情を抱くことがある。そこで、実験1に引き続き、被験者は実験2に参加し、その中で、実験1で最も妬ましい学生Aと最も妬ましくない学

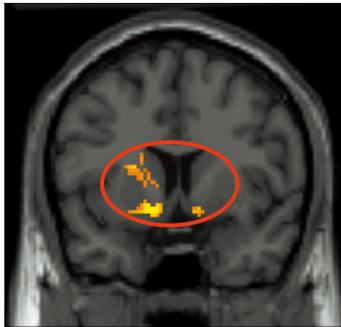


図3 他人の不幸を喜ぶ気持ちに関連する脳活動
妬ましい学生Aに不幸が起きたときの脳活動。報酬系と呼ばれる線条体の賦活を認めた。

生Cに不幸（自動車にトラブルが発生する、おいしい物を食べたが食中毒になったなど）が起こったときの脳活動をfMRIにて計測した⁵⁰⁾。その結果、学生Aに起こった不幸に関しては、うれしい気持ちが報告されたのに対して、学生Cに起こった不幸にはうれしい気持ちは報告されなかった。それに対応するように学生Aに起こった不幸に対して線条体の活動（図3）を認めたが、学生Cに起こった不幸に対してはそのような活動は認めなかった。また、不幸に対するうれしさの強い被験者ほど、線条体の活動が高いという相関関係も見出された。さらに実験1で妬みに関連した背側前部帯状回の活動が高い人ほど、他人の不幸が起きたときの腹側線条体の活動が高いという相関関係も認められた。

妬みは心の痛みを伴う感情であるが、身体の痛みに関係する背側前部帯状回が心の痛みの妬みにも関与していることは興味深い。妬みの対象の人物に不幸が起こると、その人物の優位性が失われ、自己の相対的な劣等感が軽減され、心の痛みが緩和され、心地よい気持ちももたらされる。線条体は報酬系の一部であり、物質的な報酬を期待したり、得たときに反応することはわかっていたが、妬んだ他人に不幸が起こると他人の不幸は蜜の味といわれるように、あたかも蜜の味を楽しんでいるような反応が確認され、物質的な喜びと社

会的な喜びの脳内過程も共通する面が多いことがわかってきている³³⁾。

IX. 妬みの構造

妬みは洋の東西を問わず悪い情動で憤むべきものとされるが、それは妬みが他人の不幸を望んだり、喜んだり、さらには実際に悪意を持って他人に不幸をもたらそうとする動機となり、迷惑行為、犯罪行為といった非道徳で非生産的な行動に結びつくためとも考えられる。しかし、本当に人間にとって害ばかりで、不必要な情動や脳機能であれば、人間の長い進化の中で淘汰されてきても不思議ではない。こうした情動は人間にとって何か有益な機能だからこそ備わっているのではないかと考えられないだろうか。妬みという心の痛みを軽減するには妬みの対象となる他人の自分に対する優位性が失われればよかつたわけで、そのために質の高い物や特性を得ようと自分が向上するための努力をすることに結び付く。同時に、妬みの構造を考えると、たとえ相手が優れた物を有していても、それが自分に関連しなければ強い妬みは抱かない。狭い視野や目先の事象にとらわれ、相手の優れた面と同じ土俵や分野で比較するのではなく、広い視野でその妬みの対象の人物にはない良さを自分に見出そうとして、自分の新たな可能性を模索することにつながる。前者の痛みの解消法は垂直方向に建設的で、後者の解消法は水平方向に建設的といえる。破壊的な方法を採用せず、垂直的にあるいは水平的に建設的な解消法に導くのが、精神療法における言葉による働きかけともいえる。

児童期、思春期に、健全なこれらの社会的な情動が芽生え、経験していくことは心身の発達において不可欠である。FreudやKleinも明示的に妬みや嫉妬を考察している。我々の心理発達や精神病理にこうした情動が深くかかわっていると考えるのは、精神分析に造詣が深い専門家でなくても、モダンな精神療法家や生物学的研究に携わる読者の間でも受け入れ難いものではないと推察する。嫉妬に関しては、嫉妬妄想、病的嫉妬(Othello

syndrome)といった病態と直接的にかかわるのに対して、妬みに関しては、特異的な障害を挙げることは難しいかもしれない。しかし、例えば、摂食障害では自分と他人との体型の比較を行い、それに対する劣等感を抱くことが認められる。脳画像研究で、若い女性に自身の体型スリムな女性の体型を比較したときに感じるネガティブな感情には背側前部帯状回がかかわっているという研究¹⁶⁾もあり、妬みの構造を理解しておくことは、精神科臨床の上でヒントになるかもしれない。

X. 情動的（社会的）意思決定の 分子イメージング研究

知・情・意のうち、前半は情（情動）に関するfMRI研究を紹介した。世界的に見ると1990年代後半から2000年代前半までは情動に関する脳画像研究が興隆した。2002年に行動経済学への貢献で、KahnemanとSmithがノーベル経済学賞を受賞し、Sanfeyら⁴⁰⁾の2003年の研究以降、意（意思決定）の神経科学的研究が進み、いわゆる神経経済学が急速に発展し、社会的な意思決定の研究も含めて社会神経科学の大きな柱に躍り出た観がある。

伝統的な経済学では数式や公理に基づき、意思決定者は個人の利得を最大限になるように“合理的”にふるまうと想定してきた。しかし、実際の人間の行動は、必ずしも“合理的”ではなく、時に期待値を計算すると不利な宝くじを購入したり、寄付や協力的行為を行ったりする。このように血の通った人間においては時に“非合理”あるいは“限定的に合理的”な意思決定を行い、情動・同情・モラル・使命感なども意思決定に重要な役割を担っているということが行動経済学・実験経済学で実証的に示されている。2000年代前半に解明されてきた情動に関する知見をもとに、情動の意思決定に与える影響を神経科学的に検討するような神経経済学的研究が2000年代の後半に広く行われた^{15,38)}。つまり、それまでのfMRIを用いた神経経済学は“非合理”あるいは“情動的”な意思決定の認知神経学的なメカニズムを明らかに

してきたものといえる。2008年に発表された神経経済学者らによる総説においても、2008年からの次の5年間はそれまでのfMRIによる神経経済学が神経伝達物質の研究や臨床精神医学と融合していくのではないかと示している。ちょうど、折しもその総説の著者らとそのような方向性を議論していただけに勇気づけられた覚えがある。後半は情動的意思決定における神経伝達物質の役割を検討した最近の著者らの分子イメージングによるアプローチの研究の成果を中心紹介したい。

XI. 確率の非線型重み付けの分子イメージング

TverskyとKahnemanは行動経済学、実験経済学の研究を進め、リスク下の意思決定理論をプロスペクト理論としてまとめるに至った⁵⁸⁾。それまでの期待効用理論に代表される伝統的な経済理論では説明できない“非合理”あるいは“情動的”な意思決定の多くをこの理論で説明できるとき、最も成功している意思決定理論の1つといえよう。その詳細を紙面に費やすのは本稿の目的と離れるため、割愛するが、プロスペクト理論の中で、確率の非線型重み付けという重要なパーツがある。例えば、宝くじを想定していただきたい。年末ジャンボ宝くじは1枚300円で売り出されている。しかし、年末ジャンボ宝くじの期待値は約半分の150円程度といわれている。この不利な商品を私たちは時に並んでまで購入しようとする。宝くじの一等が当たる客観的な確率は極めて低いが、主観的には客観的な確率より高く見積もる傾向にあることを意味している。反対に、99%の確率で10,000円当たるくじ（外れると0円）と確実に9,500円を現金でもらうのとどちらが望ましいかと尋ねると、多くの人は後者を選ぶことが実証的に示されている。99%の確率で10,000円当たるくじの期待値は9,900円であるため、9,500円より有利と考えられるが、実際は逆の選択が多いわけである。これは高確率を低く見積もる傾向があることを示している。

伝統的な経済理論では客観的な確率 ($0 < p < 1$) とその確率の重み付けとの間は線形の関係である

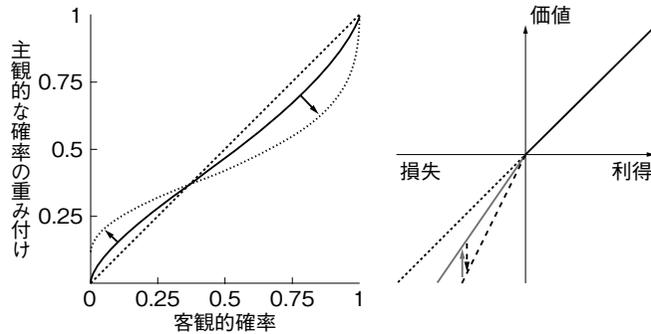


図4 確率加重関数と価値関数

確率加重関数：客観的確率 p ($0 < p < 1$) のうち 0.35 付近を境に低確率は過大評価（上に凸）され、中から高確率は過小評価（下に凸）される。我々の知見からドパミン神経伝達（……………）が確率加重関数の曲率を変化させることが示唆される（左）。価値関数：典型的には利得では上の凸、損失では下に凸の関数を想定するが、簡略化のため、両者とも一次関数で示している。我々の知見や他のグループの報告からノルアドレナリン神経伝達（-----）が負の価値関数の傾きを強め、セロトニン神経伝達（——）は反対に傾きを緩めることが示唆される（右）。

ことを想定してきたが、プロスペクト理論では横軸に客観的な確率、縦軸にその確率の重み付けを考えたときに、通常は、図4左のような非線形な逆S字の確率加重関数を想定する。この関数はいくつか提唱されているが、ここでは、1つのパラメータで記述が可能な Prelec³⁷⁾ のモデルを使用する。

$$w(p) = \exp\{-(\ln(1/p))^\alpha\} \quad (0 < \alpha < 1)$$

(α が1に近いと線形で曲線は直線に近くなり、0に近いと逆S字の歪みがきつくなる。)

高く見積もられる低確率と低く見積もられる中から高確率との境界は経験的に 0.3~0.4 の間くらいであることがわかっている。また、この逆S字の形には個人差があり、つまり低確率を高く、高確率を低く見積もる度合いに個人差があり、Prelecのモデルではそれを1つのパラメータで規定できるので、生物学的な研究との組み合わせにも向いているためである。

こうした確率を歪んで認知するバイアスは、言い換えれば、低い確率のくじはもしかしたら当たるかもしれないという希望やワクワク感、高い確率のくじの場合はもしかしたらほぼ確実なものを

失ってしまうかもしれないという不安、ハラハラ感が客観的な確率の認知を歪めているともいうことができるかもしれない。こういう意味で、情動的意思決定とも呼ばれる。また確率を歪んで認知する傾向が強いと、不利なギャンブルや意思決定に何度も手を出してしまうといったことにつながり、ギャンブル依存、薬物依存に発展する可能性が考えられる。一方、常に冷静に確率や期待値を計算して、それに基づいて意思決定することは、必ずしも社会的に望ましく適応的でもないと考えられる。宝くじを購入するのは愚かな行為だということもできるが、時には外れるとわかっていても夢を買うことで人生が楽しくなったりするものである。反対に事故を起こす可能性は極めて低いと自動車保険に入らないでいることも適応的とはいえないであろう。極端に合理的過ぎるのは、自分さえよければよい、不必要な人づきあいをしてない、融通がきかないといったモラルや社会性・柔軟性の低下にもつながる。

確率の非線形重み付けに関しても Hsu ら²⁵⁾ の fMRI の報告がある。それによると、確率の非線形な重み付けはリスク下の意思決定課題遂行中の

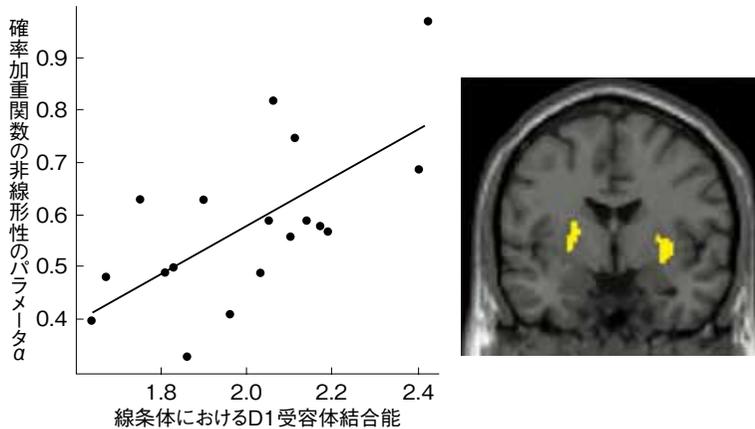


図5 確率加重関数の非線形性と線条体の D1 受容体結合能との関係
ROI 法による非線形性のパラメータ α と線条体の D1 受容体結合能との間の正の相関。線条体のドパミン D1 受容体結合能が低い人ほど、 α が小さい (非線形性が高い) (左)。SPM 解析による同様な正の相関を示した脳部位 (線条体) (右)。

線条体の活動と関連があるとしている。そこで著者らは positron emission tomography (PET) を用いて確率が非線形に歪んで認知されるバイアスの分子神経基盤を探ることにした⁵²⁾。Hsu らの研究から関心領域 (ROI) は線条体として、ターゲットの神経伝達物質はドパミンとした。対象は、若年健常男性で、PET を用いて脳内のドパミン D1 受容体および D2 受容体を測定した。線条体の D1 受容体および D2 受容体を調べるために、それぞれ [11C] SCH23390 と [11C] raclopride というリガンドを使用した。

それと並行して、確率の非線形な重み付けの程度を推定するために、リスク下の意思決定課題を行った。課題の基本的な考え方はある当選確率と当選金額の宝くじを買うならいくらなら買ってもよいかということを知っていくことである。これを様々な当選確率と当選金額の組み合わせの宝くじで繰り返した。確率加重関数を規定する α を求めるとその平均は 0.5~0.6 程度であり、過去の報告ともよく一致した。しかし、同時に個人差もあることが認められた。そこで、PET で測定した線条体の D1 受容体および D2 受容体結合能との関連を調べたところ、線条体の D1 受容体結合能と確率加重関数を規定する α との間に正の相関が認

められた (図 5)。[11C] SCH23390 による線条体の D1 受容体結合能はほぼ、D1 受容体密度を反映していると考えられるため、この結果を言い換えると、線条体の D1 受容体密度が低い人ほど確率加重関数の非線形性が高く、低確率を高く、高確率を低く見積もる傾向が強いことを意味する。

過去には、ニコチン依存の患者では非喫煙者と比べて線条体の D1 受容体密度が低く、禁煙すると D1 受容体密度が非喫煙者と同レベルに回復するということが PET で報告されている⁶¹⁾。また、別の PET 研究では線条体の D1 受容体密度が低いコカイン依存の患者は再び薬物を使用しやすいということも報告されている³⁵⁾。遺伝的あるいは発達期の早期に規定された線条体の D1 受容体の低さが、確率を歪んで認知してしまうことにつながるのか、ギャンブルや薬物などやある程度、発達してから後天的な生活スタイルが線条体の D1 受容体の低さにつながっているのか本研究からは結論は導き出されない。今後、病的あるいは極端な意思決定を示す精神神経疾患患者における確率の認知のゆがみを評価することは病理理解や新規の治療へのヒントを与えることにもつながる⁵⁴⁾。

Ⅶ. 損失忌避の分子イメージング

プロスペクト理論のもう1つ重要なパーツとして、損失忌避というパーツがある。次の例を考えてみていただきたい。コイントスをして表が出れば10,000円もらえて、裏が出れば10,000円失うくじがあったとする。多くの人はこのくじには参加しないはずである。伝統的な理論では利益、損失が同額でその確率も50%-50%であれば、このくじ(期待値0)に参加してもよいと思う人は2人に1人程度いても不思議ではないと予想し、ほとんどの人が上に挙げたくじには参加しないことをうまく説明できなかった。ここで、表だと20,000円もらえて、裏だと10,000円失うくじを想定した場合、参加してもよいと思う人が増えてくる。これは同額の利益と損失がある場合、損失が利益に対して少なくとも2倍の心理的な影響を与え、慎重な判断をするのが典型的であることを示しており、この現象を損失忌避と呼ぶ⁹⁾。プロスペクト理論の価値関数から説明すると損失の価値関数の傾きは利得の価値関数の傾きより急であることを意味する(図4右)。

損失忌避の神経基盤を検討したいくつかのfMRIや脳損傷例を用いた神経経済学的報告もされている^{11,44,56)}。また心理生理学的研究で利得と損失の可能性のあるギャンブル時の皮膚伝導速度が損失忌避の程度と相関があるとする報告がある⁴⁵⁾。皮膚伝導速度という自律神経反応との関係から今回はノルアドレナリン神経伝達に着目した。末梢の自律神経反応と中枢のノルアドレナリン神経伝達との間に直接の関係はないが、前者は後者を反映していることを示唆する傍証は多い。そこで健常者を対象にノルアドレナリントランスポーターの結合能を検討できる(S, S)-[¹⁸F]FMeNER-D2というリガンドを用いてPETを行った⁵⁾。関心領域としては、大脳内で本リガンドでの結合能が最も高い視床を選んだ。PETの外で損失忌避の程度を評価する行動経済学的実験を行った。簡単に説明すると、上記に挙げたような50%-50%のコイントスに参加するかしないか判断をしてもらう。ただし、表が出たときに得られ

る金額と、裏が出たときに失う金額は必ずしも同額ではなく、いろいろな当選金額と損失金額の組み合わせのコイントスが次々と出てきて、それに対して参加するかしないか決めてもらう。その結果から、各個人が利益と損失の双方の可能性があるリスクのある判断をするときに、損失に比重を置いて判断する損失忌避(慎重さ)の度合いを推定した。その結果、多くの被験者は、理論通り、同額の利益と損失の可能性がある場合、損失に比重を高く置き、ギャンブルには参加せず、典型的にはある損失金額に対して少なくともその約3倍の利益が見込まれないとギャンブルに参加しないことが示された。また、利益の金額が少なくとも損失の何倍以上ならギャンブルに参加してもよいと思う金額(倍数)、つまり損失忌避(慎重さ)の度合いには個人差があった。

損失に比重を置いて判断する損失忌避(慎重さ)の度合いを表す変数と視床のノルアドレナリントランスポーターの密度との関係を調べたところ、視床のノルアドレナリントランスポーターの密度が低い人ほど、損失に比重を置いて判断する損失忌避の度合いが強いという相関関係が見出された(図6)⁴⁹⁾。つまり、視床のノルアドレナリントランスポーターの密度が低い人は予測される損失の金額よりはるかに高い利益が見込まれないと上記のコイントスに参加しない慎重な傾向があることが示された。本研究の結果にはいくつかの解釈が可能と思われるが、利得と損失のあるギャンブル時に放出されるノルアドレナリンの再取り込みの効率の悪い人ほど、特に損失への情動や注意が高まり、慎重な判断になるものと考えられる。今回、紹介した研究は健常者を対象としたものであり、病的な意思決定を示す精神神経疾患にも適応可能か今後、さらに検討していく必要はある。今回の我々の結果より、ドパミン神経伝達は確率認知の歪みに、ノルアドレナリン神経伝達は損失忌避を強め、セロトニン神経伝達は損失忌避を弱める効果が示唆されたが、実際にこれらの神経伝達を制御することにより行動が変化するか確認する必要がある。例えばノルアドレナリントランスポー

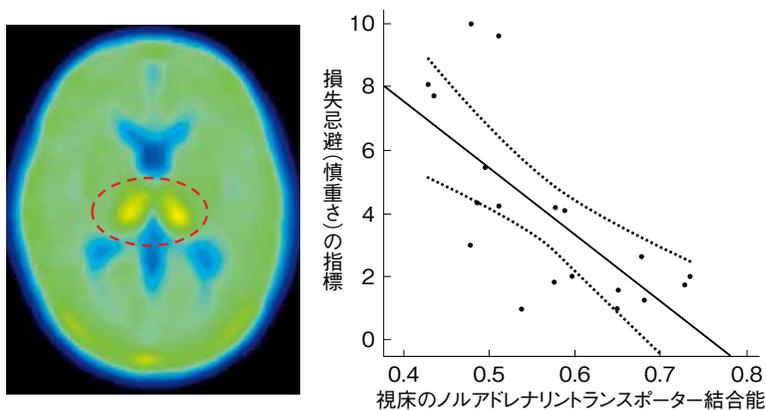


図6 損失忌避と脳内ノルアドレナリントランスポーター結合能との関係
(S, S)-[^{18}F] FMeNER-D2 PETの加算画像。視床においてノルアドレナリントランスポーター結合能が高い(左)。損失忌避の程度の行動パラメータと視床ノルアドレナリントランスポーター結合能との間の負の相関(右)。

ター阻害薬を薬物治療に用いる ADHD においては損失への感受性が低下しているなどの報告もあり⁵⁹⁾、実際にノルアドレナリントランスポーター阻害薬の損失忌避への効果を検討していきたい。

おわりに

本稿では、日常の精神科の診療で遭遇する病態に関係すると考えられる社会的情動や意思決定に関連する脳機能画像研究の発展の歴史を我々の研究例を紹介しつつ概説した。脳科学や脳画像技術や解析の進歩は目覚ましい。今後、これらの知見が精神疾患や精神症候のより良い診断・病態理解に加えて、薬物やニューロモジュレーションによる脳活動の制御を通して治療に結びついて行くことが期待される^{47,48)}。同時に、情動や意思決定に関する脳内の個人情報を読み解いたり、制御することへの倫理的視点からの議論の重要性も増して行くであろう。

なお、本論文に関連して開示すべき利益相反はない。

文 献

1) Adolphs, R.: Neural systems for recognizing emotion. *Curr Opin Neurobiol*, 12 ; 169-177, 2002

2) Adolphs, R., Tranel, D., Damasio, H., et al.: Impaired recognition of emotion in facial expressions following bilateral damage to the human amygdala. *Nature*, 372 ; 669-672, 1994

3) Allison, T., Puce A., McCarthy, G.: Social perception from visual cues : role of the STS region. *Trends Cogn Sci*, 4 ; 267-278, 2000

4) Amodio, D. M., Frith, C. D.: Meeting of minds : the medial frontal cortex and social cognition. *Nat Rev Neurosci*, 7 ; 268-277, 2006

5) Arakawa, R., Ito, H., Takano, A., et al.: Dose-finding study of paliperidone ER based on striatal and extrastriatal dopamine D2 receptor occupancy in patients with schizophrenia. *Psychopharmacology (Berl)*, 197 ; 229-235, 2008

6) Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R.: Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cereb Cortex*, 10 ; 295-307, 2000

7) Brothers, L.: The social brain: A project for integrating primate behavior and neurophysiology in a new domain. *Concepts in Neuroscience*, 1 ; 27-51 1990

8) Byrne, R., Whiten, A.: Machiavellian Intelligence. Social Expertise and the Evolution of Intellect in Monkeys, Apes, and Humans. Oxford Science Publication, Oxford, 1989

9) Camerer, C., Loewenstein, G.: Behavioral Eco-

- nomics : Past, Present, Future. *Advance in Behavioral Economics* (ed. by Camerer C., Loewenstein G., Rabin M.). Princeton University Press, Princeton, p.3-51, 2004
- 10) Castelli, F., Frith, C., Happe, F., et al.: Autism, Asperger syndrome and brain mechanisms for the attribution of mental states to animated shapes. *Brain*, 125 ; 1839-1849, 1839
 - 11) De Martino, B., Camerer, C. F., Adolphs, R.: Amygdala damage eliminates monetary loss aversion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 107 ; 3788-3792, 2010
 - 12) Downing, P. E., Jiang, Y., Shuman, M., et al.: A cortical area selective for visual processing of the human body. *Science*, 293 ; 2470-2473, 2001
 - 13) Dunbar, R. I.: The social brain hypothesis. *Evol Anthropol*, 6 ; 178-190, 1998
 - 14) Eisenberg, N.: Emotion, regulation, and moral development. *Annu Rev Psychol*, 51 ; 665-697, 2000
 - 15) Fehr, E., Camerer, C.: Social neuroeconomics : the neural circuitry of social preferences. *Trends Cogn Sci*, 11 ; 419-427, 2007
 - 16) Friederich, H. C., Uher, R., Brooks S., et al.: I'm not as slim as that girl : neural bases of body shape self-comparison to media images. *Neuroimage*, 37 ; 674-681, 2007
 - 17) Frith, C. D., Frith, U.: Interacting minds—a biological basis. *Science*, 286 ; 1692-1695, 1999
 - 18) Frith, U., Frith, C. D.: Development and neurophysiology of mentalizing. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 358 ; 459-473, 2003
 - 19) Gallagher, H. L., Frith, C. D.: Functional imaging of 'theory of mind'. *Trends Cogn Sci*, 7 ; 77-83, 2003
 - 20) Greene, J., Haidt, J.: How (and where) does moral judgment work? *Trends Cogn Sci*, 6 ; 517-523, 2002
 - 21) Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., et al.: An fMRI investigation of emotional engagement in moral judgment. *Science*, 293 ; 2105-2108, 2001
 - 22) Greenwald, A. G., Banaji, M. R.: Implicit social cognition : attitudes, self-esteem, and stereotypes. *Psychol Rev*, 102 ; 4-27, 1995
 - 23) Gur, R. E., McGrath, C., Chan, R. M., et al.: An fMRI study of facial emotion processing in patients with schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 159 ; 1992-1999, 2002
 - 24) Haidt, J.: The moral emotions. *Handbook of Affective Sciences* (ed. by Davidson, R. J., Scherer, K. R., Goldsmith, H. H.). Oxford University Press, Oxford, p.852-870, 2003
 - 25) Hsu, M., Krajbich, I., Zhao, C., et al.: Neural response to reward anticipation under risk is nonlinear in probabilities. *J Neurosci*, 29 ; 2231, 2009
 - 26) Humphrey, N. K.: The social function of intellect. *Growing Points in Ethology* (ed. by Bateson, P. P. G., Hinde, R. A.). Cambridge University Press, Cambridge, p.303-317, 1976
 - 27) Johnson, S. C., Baxter, L. C., Wilder, L. S., et al.: Neural correlates of self-reflection. *Brain*, 125 ; 1808-1814, 2002
 - 28) Kanwisher, N., McDermott, J., Chun, M. M.: The fusiform face area : a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *J Neurosci*, 17 ; 4302-4311, 1997
 - 29) Klein, M.: *Envy and Gratitude and Other Works 1946-1963*. The Fire Press, New York, 1975
 - 30) Kosaka, H., Omori, M., Murata, T., et al.: Differential amygdala response during facial recognition in patients with schizophrenia : an fMRI study. *Schizophr Res*, 57 ; 87-95, 2002
 - 31) Krajbich, I., Adolphs, R., Tranel, D., et al.: Economic games quantify diminished sense of guilt in patients with damage to the prefrontal cortex. *J Neurosci*, 29 ; 2188-2192, 2009
 - 32) Lewis, J. W., Van Essen, D. C.: Corticocortical connections of visual, sensorimotor, and multimodal processing areas in the parietal lobe of the macaque monkey. *J Comp Neurol*, 428 ; 112-137, 2000
 - 33) Lieberman, M., Eisenberger, N.: Neuroscience : Pains and pleasures of social life. *Science*, 323 ; 890-891, 2009
 - 34) Lieberman, M. D.: A geographical history of social cognitive neuroscience. *Neuroimage*, 61 ; 432-436, 2012
 - 35) Martinez, D., Slifstein, M., Narendran, R., et al.: Dopamine D1 receptors in cocaine dependence measured with PET and the choice to self-administer cocaine. *Neuropsychopharmacology*, 34 ; 1774-1782, 2009
 - 36) Moll, J., Zahn, R., de Oliveira-Souza, R., et al.: The neural basis of human moral cognition. *Nat Rev Neurosci*, 6 ; 799-809, 2005
 - 37) Prelec, D.: The probability weighting function.

Econometrica, 66 ; 497-527, 1998

- 38) Rangel, A., Camerer, C., Montague, P.R.: A framework for studying the neurobiology of value-based decision making. *Nat Rev Neurosci*, 9 ; 545-556, 2008
- 39) Rizzolatti, G., Craighero, L.: The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci*, 27 ; 169-192, 2004
- 40) Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A., et al.: The neural basis of economic decision-making in the Ultimatum Game. *Science*, 300 ; 1755-1758, 2003
- 41) Singer, T., Seymour, B., O'Doherty, J., et al.: Empathy for pain involves the affective but not sensory components of pain. *Science*, 303 ; 1157-1162, 2004
- 42) Smith, R., Kim, S.: Comprehending envy. *Psychol Bull*, 133 ; 46-64, 2007
- 43) Snowden, J. S., Neary, D., Mann, D. M.: Frontotemporal dementia. *Br J Psychiatry*, 180 ; 140-143, 2002
- 44) Sokol-Hessner, P., Camerer, C. F., Phelps, E. A.: Emotion regulation reduces loss aversion and decreases amygdala responses to losses. *Soc Cogn Affect Neurosci*, 8 ; 341-350, 2013
- 45) Sokol-Hessner, P., Hsu, M., Curley, N. G., et al.: Thinking like a trader selectively reduces individuals' loss aversion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106 ; 5035-5040, 2009
- 46) Sturm, V. E., Rosen, H. J., Allison, S., et al.: Self-conscious emotion deficits in frontotemporal lobar degeneration. *Brain*, 129 ; 2508-2516, 2006
- 47) Takahashi, H.: Monoamines and assessment of risks. *Curr Opin Neurobiol*, 22 ; 1062-1067, 2012
- 48) Takahashi, H.: Molecular neuroimaging of emotional decision-making. *Neurosci Res*, 75 ; 269-274, 2013
- 49) Takahashi, H., Fujie, S., Camerer, C., et al.: Nor-epinephrine in the brain is associated with aversion to financial loss. *Mol Psychiatry*, 18 ; 3-4, 2013
- 50) Takahashi, H., Kato, M., Matsuura, M., et al.: When your gain is my pain and your pain is my gain : neural correlates of envy and schadenfreude. *Science*, 323 ; 937-939, 2009
- 51) Takahashi, H., Koeda, M., Oda, K., et al.: An fMRI study of differential neural response to affective pictures in schizophrenia. *Neuroimage*, 22 ; 1247-1254, 2004
- 52) Takahashi, H., Matsui, H., Camerer, C., et al.: Dopamine D receptors and nonlinear probability weighting in risky choice. *J Neurosci*, 30 ; 16567-16572, 2010
- 53) Takahashi, H., Matsuura, M., Yahata, N., et al.: Men and women show distinct brain activations during imagery of sexual and emotional infidelity. *Neuroimage*, 32 ; 1299-1307, 2006
- 54) Takahashi, H., Yamada, M., Suhara, T.: Functional significance of central D1 receptors in cognition : beyond working memory. *J Cereb Blood Flow Metab*, 32 ; 1248-1258, 2012
- 55) Takahata, K., Takahashi, H., Maeda, T., et al.: It's not my fault : postdictive modulation of intentional binding by monetary gains and losses. *PloS one*, 7 ; e53421, 2012
- 56) Tom, S., Fox, C., Trepel, C., et al.: The neural basis of loss aversion in decision-making under risk. *Science*, 315 ; 515-518, 2007
- 57) Tracy, J. L., Robins, R. W.: Putting the self into self-conscious emotions : A theoretical model. *Psychol Inq*, 15 ; 103-125, 2004
- 58) Tversky, A., Kahneman, D.: Advances in prospect theory : Cumulative representation of uncertainty. *J Risk Uncertain*, 5 ; 297-323, 1992
- 59) Van Holst, R. J., Van Den Brink, W., Veltman, D. J., et al.: Why gamblers fail to win : A review of cognitive and neuroimaging findings in pathological gambling. *Neurosci Biobehav Rev*, 34 ; 87-107, 2010
- 60) Yamada, M., Uddin, L. Q., Takahashi, H., et al.: Superiority illusion arises from resting-state brain networks modulated by dopamine. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 110 ; 4363-4367, 2013
- 61) Yasuno, F., Ota, M., Ando, K., et al.: Role of ventral striatal dopamine D1 receptor in cigarette craving. *Biol Psychiatry*, 61 ; 1252-1259, 2007

Social Neuroscience and Psychiatry

Hidehiko TAKAHASHI

Department of Psychiatry, Kyoto University Graduate School of Medicine

The topics of emotion, decision-making, and consciousness have been traditionally dealt with in the humanities and social sciences. With the dissemination of noninvasive human neuroimaging techniques such as fMRI and the advancement of cognitive science, neuroimaging studies focusing on emotions, social cognition, and decision-making have become established. I overviewed the history of social neurosciences. The emerging field of social brain research or social neuroscience will greatly contribute to clinical psychiatry. In the first part, I introduced our early fMRI studies on social emotions such as guilt, embarrassment, pride, and envy. Dysfunction of social emotions can be observed in various forms of psychiatric disorder, and the findings should contribute to a better understanding of the pathophysiology of psychiatric conditions. In the second part, I introduced our recent interdisciplinary neuroscience approach combining molecular neuroimaging techniques (positron emission tomography : PET), cognitive sciences, and economics to understand the neural as well as molecular basis of altered decision-making in neuropsychiatric disorders. An interdisciplinary approach combining molecular imaging techniques and cognitive neuroscience and clinical psychiatry will provide new perspectives for understanding the neurobiology of impaired decision-making in neuropsychiatric disorders and drug development.

< Author's abstract >

< **Keywords** : social neuroscience, emotion, decision-making, fMRI, PET >
