
脳神経倫理学の議論の動向 (2008年度)

脳科学研究戦略推進プログラム

平成 21 年 3 月

佐倉 統 東京大学大学院 情報学環

赤林 朗 東京大学大学院 医学系研究科

本資料集は、文部科学省「脳科学研究戦略推進プログラム」委託事業による委託業務として、平成20年度に、国立大学法人東京大学が実施した研究成果の一部を取りまとめたものです。

脳神経倫理学の議論の動向 (2008 年度)

脳科学研究戦略推進プログラム

平成 21 年 3 月

佐倉 統 東京大学大学院 情報学環

赤林 朗 東京大学大学院 医学系研究科

目次

| | |
|--|----|
| はしがき | 1 |
| 研究組織・執筆者 | 2 |
| 第一章 | |
| 薬物によるニューロエンハンスメント（伊吹友秀） | 4 |
| 第二章 | |
| fMRIに関する倫理学研究の動向（小口峰樹／筒井晴香） | 30 |
| 第三章 | |
| 神経画像は意識障害をどのように解明するのか—議論の最近年の動向 （戸田聡一郎） | 52 |
| 第四章 | |
| BMIに関する脳神経倫理的問題の2008年度動向（礒部太一） | 70 |
| 第五章 | |
| 脳神経倫理学の社会的含意—科学技術社会論的アプローチによる概観 （水島 希） | 80 |

はしがき

脳科学・神経科学やその応用技術の発展に伴って生じる倫理的・法的・社会的問題を考察する、いわゆる「脳神経倫理学」(neuroethics)がその産声を上げたのは、公式には 2002 年に米国で開かれた国際会議 “Neuroethics: Mapping the Field” であると言われている。それから 5 年の歳月を経て、脳神経倫理学は、脳科学・神経科学やその応用技術の進展と歩調を合わせるかのように、急速な発展を遂げてきた。特に、2008 年は、脳神経倫理学がその黎明期を超えて成熟を迎えるにあたり、ひとつの画期的な年として後々まで銘記されることになろう。例えば、2008 年 4 月には、*American Journal of Bioethics: Neuroscience* に次ぐ第二の脳神経倫理学専門誌、*Neuroethics* が新たに創刊され、現在に至るまで順調に巻を重ねている。また、同年 11 月には、脳神経倫理学国際専門学会 *Neuroethics Society* の第 1 回大会が米国ワシントン DC で開催されるなど、いまや脳神経倫理学は名実ともに、ひとつの確固たる学問分野としての様相を呈しつつある。

この脳神経倫理学を取り巻く活況は、我が国においても決して例外ではない。事実、2008 年度には、学術雑誌にとどまらない複数の雑誌の中で脳神経倫理特集が編まれたほか、日本人研究者の手に成る脳神経倫理学概説書や、海外関連書の邦訳が相次いで出版されるなど、脳神経倫理学に対する関心の高まりは、目下のところ、決して衰えを見せるところがない。だが、脳神経倫理学を取り巻くこの活況は、同時に斯学の研究環境を急速に変化させつつあるとも言えよう。つまり、脳神経倫理学関連文献の急速な増加に伴い、個々の研究者がそれらの文献を渉猟して当該分野の議論の現状を俯瞰的に把握することすら困難な状況が、徐々に招来しつつある。

そこで、本資料集は、脳神経倫理学のさまざまな問題の中でも、(1)薬物を用いたニューロエンハンスメントの是非、(2) fMRI の解釈問題とその社会的影響、(3)意識障害に対する脳画像技術の応用の可能性、(4)BMI 開発を規制する際の留意点、(5)脳神経倫理学の社会的含意に焦点を合わせ、当該問題に関して現在斯学で繰り広げられている議論の動向を明らかにす

るとともに、今後の議論の展望を示すべく、その最近年の議論のレビューをおこなった。無論、上に挙げた諸問題は、脳神経倫理学の名のもとで議論されている広範な主題を必ずしも網羅するわけではないが、これらはいずれも喫緊の取り組みが要請されている、脳神経倫理学の重要課題と位置付けられよう。その他、本資料集の中で取り扱われなかった問題に関しては、当該問題をめぐる議論の進捗具合などを勘案しつつ、以後の機会に適宜紹介したく思う。また、本資料集の執筆陣は、脳科学研究に知悉しているとは言い難い人文・社会科学系の若手研究者によって占められている。各章の執筆に際しては相互チェック等を実施し、大過なきよう尽力したつもりであるが、依然至らぬ点は多々あるかと思われる。読者諸賢の叱正を乞いたい。

最後に、本資料集は、文部科学省委託事業「脳科学研究戦略推進プログラム」委託業務「日本の特長を活かした BMI の統合的研究開発（BMI のための入出力系デバイス技術開発と脳神経倫理的検討）」のうち「BMI の脳神経倫理的および法律的枠組みに関する研究」（分担研究者：佐倉統）、並びに、同委託業務「BMI を中心とする脳科学研究に対する倫理審査手法の開発」（代表研究者：赤林朗）の連携に基づいて作成された、両委託業務の成果の一部である。本資料集が、我が国における脳神経倫理学の議論の益々の活性化を促すとともに、今後の脳科学・神経科学やその応用技術開発の、社会と調和した発展に資するところがあれば、幸甚である。

2009年3月

東京大学大学院 医学系研究科 赤林 朗

研究組織・執筆者

【課題 A】

「日本の特長を活かした BMI の統合的研究開発」東大横井グループ
BMI の脳神経倫理的および法律的枠組みに関する研究：分担研究者
佐倉 統 東京大学大学院 情報学環

(執筆者)

礒部太一 (第四章担当) 東京大学大学院 情報学環
水島 希 (第五章担当) 東京大学大学院 情報学環

【課題 B】

「BMI を中心とする脳科学研究に対する倫理審査手法の開発」
赤林 朗 東京大学大学院 医学系研究科

(執筆者)

伊吹友秀 (第一章担当) 東京大学大学院 医学系研究科／
日本学術振興会特別研究員
小口峰樹 (第二章担当) 東京大学大学院 総合文化研究科／
日本学術振興会特別研究員
筒井晴香 (第二章担当) 東京大学大学院 総合文化研究科／
日本学術振興会特別研究員
戸田聡一郎 (第三章担当) 東京大学大学院 医学系研究科／
山梨大学大学院 医学工学総合研究部

(編集協力者)

林 芳紀 東京大学大学院 医学系研究科
藤田みさお 東京大学大学院 医学系研究科

第一章 薬物によるニューロエンハンスメント

伊吹友秀

1. はじめに

賢くなりたい、記憶力を強化したい、嫌な記憶を消去したい、不安を和らげたいといった希望は非常にありふれたものである。近年の脳神経科学の発展に伴い、これらの普遍的ともいえる希望を叶えるような薬物が急速に発達し、そして、社会に浸透しつつある。

例えば、Maher 2008 では、メチルフェニデート¹、モダフィニル²、βブロッカー³といった薬物の“非医療的、認知能力の強化を目的(non-medical, cognition-enhancing purposes)”とした使用の有無について Nature の読者に調査が行われ、驚愕の結果が示された。実に、回答者の 5 人に 1 人が、そのような薬物使用の経験が「ある」と回答したのである⁴。我が国においても、2007 年 9 月、リタリン⁵を不適切に処方したとして、都内の二つのクリニックが警察の立ち入り検査を受けるという事件報道が相次いだ⁶。リタリンには、抑うつ気分⁷の解消や多幸感の達成、集中力の上昇などの効果があるとも言われ、さらには、覚せい剤の代用物としての側面も指摘されている(風祭 2008)。リタリン以外にも睡眠薬や、抗うつ薬、医療用の覚せい剤、医療用の麻薬などを不正に入手し、インターネ

¹ ADHD やナルコレプシーの治療に用いる中枢神経刺激薬。集中力の強化や眠気の抑制に効果がある。

² ナルコレプシーの治療などに用いる薬。覚醒状態を継続させる効果がある。

³ 交感神経のアドレナリン受容体のうちβ受容体の遮断薬で、通常は降圧薬などとしても用いられる。PTSD の治療のためなどに記憶を操作、消去するのにも利用可能と考えられている。

⁴ 記事によると、調査は非公式なものであるが、Nature 誌の読者にインターネット上での投票を呼びかけ、世界 60 カ国、1400 名からの回答を得たとしている。

⁵ メチルフェニデートを含有する薬品の商品名の一つ。

⁶ 2007 年 9 月 18 日毎日新聞朝刊。

⁷ ただし、我が国では事件当時、うつ病の治療に対しても適応が認められていた。

ット上で転売するという事態も後を絶たない(高松、加藤 2004)。

上記のような通常の知能を有する人の知能強化や集中力の強化などは、一般的には治療とは呼びがたい。このような非治療的な目的での医科学技術の利用、あるいは、「医療の目的にあまり強く合致しない改善目的の介入」(伊吹、児玉 2007)は、今日ではエンハンスメントと呼ばれており、生命倫理学上の一つの重要なトピックとなっている。とりわけ、上記のような脳や神経系に働きかけるエンハンスメントは、ニューロエンハンスメントと呼ばれることがある(Nicholas 2006)。具体的には、認知能力や記憶能力の向上、記憶の選択的な消去や改変、気分や感情の制御、睡眠の深度や時間の調整などがニューロエンハンスメントとして、生命倫理学・脳神経倫理学において議論されている。

ニューロエンハンスメントは、脳神経倫理学の学問領域の中でも一つの重要な問題群を形成している。というのも、脳にまつわる研究は、常に、治療以上のことが目指されてきたという歴史を持っており、いつの時代も脳科学とエンハンスメントには深いつながりがあったと言えるからである(Wolpe 2002)。さらに、ニューロエンハンスメントの中でも、薬物によるニューロエンハンスメントは、既に現実社会で問題となり始めており、どのように対処していくのか、何を規制していくのか、何を許容していくのか、早急に議論を進める必要がある。その上、薬物によるニューロエンハンスメントの技術は進展著しい領域であり、一年前には空想の産物だった薬物が、今年には臨床研究に、数年後には実用化されるといった事態も生じうる。従って、その倫理的な問題について最善の検討を行うためには、可能な限り最新の科学的知見とそれを取り巻く社会的な環境の変化を同時に見据えて、今後の議論を展開していく必要がある。そこで、本稿では、薬物によるニューロエンハンスメントの最新の議論の動向を概観することで、近年のこの分野の議論に見いだされる傾向性を描出し、今後の議論の展望に関する示唆を得る。具体的には、現在までの議論の動向についての概略を述べ(2節)、最近年の議論の具体的な内容を概観し(3節)、そこに見いだされる一定の傾向性についての指摘を行う(4節)。

2. 薬物によるニューロエンハンスメントに対する従来の議論の概略

ここまで述べてきた通り、薬物を用いてのニューロエンハンスメントは我が国でも海外でも非常に身近な問題となっており、2000年代以降の生命倫理学・脳神経倫理学の文脈において、多くの批判的な言説が展開されてきた。例えば、米国大統領生命倫理評議会によって提出された『治療を超えて(Beyond Therapy)』という報告書では、子供の振る舞いの改善、記憶や気分の改変といったニューロエンハンスメント的な介入に対して強い懸念が示されている(President's Council on Bioethics 2003)。この『治療を超えて』に代表されるニューロエンハンスメントに対する批判について、Nicholoas 2006では、1)安全性の問題、2)利用の強制の問題、3)自己同一性や自己の真正さにかかわる問題、4)社会的な活動や規範の変容の問題などの論点が指摘されている。一方で、ここ数年では、ニューロエンハンスメントを擁護、容認する論客も現れており、反対派と容認派との間で真っ向から議論が対立している状況にあると言われている(植原 2007)。例えば、3)の論点について、批判者らの見解では、落ち込んだ気分を改善するのに薬物を用いてしまうと、気分の落ち込みから回復するのに必要な心的過程や経験を欠くこととなり、結果として、自己の気分の現状と自己の経験とが分離されてしまう。だが、このような状態は自己や世界に対する真正さ(authenticity)を欠いた状態であり、倫理的に許容しがたいと言われている。これに対して、擁護者らは、たとえ薬物を用いようとも、自己の望み通りの自己を創造していくことこそが、真正な自己の実現であると反論する。さらに、4)の論点についても見てみると、薬物によるニューロエンハンスメントによって認知能力などを高めるようになると、猛勉強や努力をして自己研鑽する必要がなくなってしまう、自己研鑽という社会的に価値のある行為を蔑ろにしてしまうという批判がある。これに対して、擁護者らは、薬物によって瞬時に賢くなることは不可能であり、依然として人間の努力、自己研鑽の余地は残されているのだから、批判者らは薬物の効果を過大に評価していると反論する。

薬物によるニューロエンハンスメントに関する生命倫理学・脳神経倫理学上の議論においては、上記のようにその賛否が直接的に問われるだけでなく、より概念的な側面にも考察が及んでいる。その一例として挙げら

れるのが、エンハンスメントと治療の線引き問題である。つまり、ニューロエンハンスメントの議論においても、他のエンハンスメントと同様に、どこまでが適切な治療の範囲であり、どこからが治療の範囲を逸脱したエンハンスメントなのかという論点が、概念的、および、実践的な側面から議論されてきた。しかし、一般にエンハンスメントと治療の線引きは、概念的にも実践的にも非常に困難であることが指摘されている(Parens 1998, Juengst 2004、松田 2008)。ニューロエンハンスメントの場合も、精神科領域の疾病概念の弾力性や、診断から主観性を排除することの困難さなどから、線引きは困難と考えられる。この線引きの困難さは、特にエンハンスメント批判者にとっては、実践的にも一つの大きな問題となりうる。なぜならば、この線引きが明確に行われないと、「治療は許容されるが、エンハンスメントは許容しがたい」という一般的な直観に基づくエンハンスメント反対論を展開できなくなるからである。ニューロエンハンスメントを例に見てみると、うつ病患者に対する抗うつ薬の投与であれ、うつ病一步手前の人が抗うつ薬を服用することであれ、ともに抑うつ気分の解消という点では同じである。では、うつ病一步手前の人と単に仕事で失敗して落ち込んでいる人ではどうだろうか。これらの人に対する抗うつ薬の投与は治療であろうか、それとも、エンハンスメントであろうか。これらの間に明確な線引きを行うことは、存外に容易ではない。

また、線引きが問題となるのは、何も治療とエンハンスメントとの間だけではない。例えば、筋力トレーニング後に牛乳を飲むことと、プロテインを摂取すること、タンパク同化型ステロイドを服用することは、どれも筋力増強を目的として用いられる手段であるが、一般に、前二者は倫理的に許容、もしくは、賞賛すらされるのに対して、後者はドーピングとして非難される。しかし、これらの間に倫理的に重要な違いがあるのかどうかは、必ずしも明白ではなく、常に確定困難な領域を残す。すなわち、従来一般に許容、賞賛されてきた非医科学的な自己改善の手段と、倫理的に非難されるべきエンハンスメントの手段との間にも、また別の線引き問題が発生するのである。本稿の対象であるニューロエンハンスメントを例にとれば、集中力の強化という目的を達成するのに、瞑想を用いることと、リタリンなどの薬物を利用することの間に境界線を引くことはできるのか、

引けるとすれば、どのような仕方ですそれを引けばよいのかは、治療とエンハンスメントとの線引き問題と同様に困難な課題であると言える。表1は、エンハンスメントとその周辺概念の関係をごく簡単に例示したものである。これらの区別は一見したところ自明にも思われるが、病人と健康な人との線引きや、医科学的な手段と非医科学的な手段との線引きなどを具体的な事例に即して一つ一つ精査していくと、境界線は非常に曖昧にならざるをえない。

表1、エンハンスメントとその周辺概念

| | 利用者 介入対象者 | 介入目的 | 介入手段 |
|----------|--------------|------------|---------|
| 治療 | 病人 | 病気や障害からの回復 | 医科学技術 |
| エンハンスメント | 健康な人 | 通常以上の能力の獲得 | 医科学技術 |
| 従来の自己改善 | 健康な人 | 通常以上の能力の獲得 | 非医科学的手段 |

3. 最近年の議論の動向

本節では、薬物によるニューロエンハンスメントの倫理的諸問題に関する最近年の議論を概観する。前節で説明した使用の是非の問題と概念的な問題の区分で言えば、最近年の議論の多くでは、概念的な問題よりも、実際の使用の是非の議論が焦点となっている。この背景には、薬物によるニューロエンハンスメントが実社会の中で急速に浸透し、概念的な議論よりも、実際の利用の是非に関する議論を優先することが社会的に希求されている事情がうかがわれる。

また、最近年のニューロエンハンスメントの議論では、さまざまな目的のもと、さまざまな人によって、さまざまな手段を用いて達成されるニューロエンハンスメントを全てまとめた形で是非を問う議論よりも、ニューロエンハンスメントが用いられる文脈の個別性に照らして、どのような利用が許容され、どのような利用が禁止されるべきかを精査しようと試みる議論が目立ち始めている。つまり、ニューロエンハンスメントの是非を検

討するにあたって、誰が(利用者、介入対象者)、どのような効果を期待して(介入目的)、どのような手段を用いて(介入手段)、ニューロエンハンスメントを行うのかという個別の文脈へのより一層の注意が向けられるようになってきたと言える⁸。さらには、利用者だけではなく、ニューロエンハンスメントの提供者側に注目した議論も展開されている。

そこで次節以降では、ニューロエンハンスメントの是非に関する最近年の文献を、(1)特定の人々(外科医、仏教徒)による利用の是非に関する議論、(2)ニューロエンハンスメントの提供者側(医療従事者)に関する議論、(3)特定の目的(記憶の操作、愛情の多寡の操作)での技術利用の是非に関する議論の三つに大別し、各文脈においてどのような議論が展開されているのかを確認する。

3.1 特定の人々による利用の是非

まずは、薬物によるニューロエンハンスメントが特定の人々によって利用される際の倫理的問題を論じている文献を確認する。具体的には、(1)外科医と(2)仏教徒による薬物利用の是非について論じている二つの文献を取り上げる。

(1)外科医による薬物利用

Warren et al. (in press)では、外科医が薬物によるニューロエンハンスメントを利用する際の倫理的な問題が検討される⁹。ワレンらによれば、外科手術においては長時間の手術のあいだ高度の集中力を要求されるので、集中力の強化や疲労感の除去を目的としたエンハンスメントには相当の

⁸ ただし、手段については、本稿では基本的に薬物的なものに限定した。その理由の一つは、他の手段と比較した場合の実現可能性の高さである。他のニューロエンハンスメントの手段としては、BMI や DBS を用いたニューロエンハンスメントの可能性もありうるが、これらのエンハンスメント目的での利用可能性はまだまだ低いと言わざるを得ない状況である(BMA 2007)。また、筋電位などを利用したロボットスーツの利用なども、エンハンスメントの議論としては十分に検討すべき課題であるが、実用化までの障害もまだまだ多く、介入目的も一般的なニューロエンハンスメントとは異なるため、本稿では取り扱わない。

⁹ 筆頭著者のワレン自身も外科医である。

需要が見込まれる。薬物によるニューロエンハンスメントには、様々な倫理的問題が伴うが、さらに、外科医がこれらを利用する場合には、通常とは異なるような倫理的な考察が必要となる。なぜならば、外科医は、その職業の特性上、他者(患者)の安全と福利に対して重大な責務を負うからである。つまり、外科医による薬物の利用に際しては、本人に対する影響に留まらない、患者への影響も考慮されなくてはならない。

上記のような外科医に特有の考慮は、安全性の考察において、もっとも明確に表れてくる。同論文では、薬物の利用者である外科医自身にとっての薬物使用のリスクーベネフィットと同時に、患者のリスクーベネフィットも考慮に入れた上で、その薬物の使用の是非が論じられている。例えば、疲労感の除去を目的とした中枢神経刺激薬の利用は、自己に対する過信を生むという報告があり、このことは、手術を受ける患者にとってのリスクにもなりかねない。しかも、たとえ外科医の薬物使用が患者にとっては概して有益であるとしても、薬による副作用のリスクが医師個人にとっての効用を上回る可能性もあることが、ここでのリスクーベネフィット計算をより一層複雑にしている。

また、手術成果を向上させるために、患者や社会の側から、外科医に対する薬物使用の圧力が生じる可能性もある。実際、研修医の疲労感の除去のために仮眠とコーヒーの導入が病院に対して求められている米国の現状を鑑みると、薬物によるニューロエンハンスメントの導入も十分に想定される事柄である。さらに、外科医に対する薬物使用の強制は外(患者・社会)からだけではなく内(外科医コミュニティ)からも生じうる。外科医の仲間内での出世競争・技術競争が、薬物使用を医師に強いるという事態は現実には生じている。しかしながら、現段階では、これらの薬物使用の問題に対して外科医ら自身の意向が反映されたガイドラインや規制は整備されていない。これらの問題に対しては、外科医ら自身の自発的な取り組みを通じて倫理的な枠組みや方向性を示す必要がある、というのがワレンらの結論である。

(2) 仏教徒による薬物利用

次に、薬物によるニューロエンハンスメントについて、仏教徒による利

用という異色の視点からの考察を試みる Fenton (in press)の議論を見る。同論文においてフェントンは、薬物によるニューロエンハンスメントと仏教における瞑想を比較している。フェントンによれば、瞑想には、集中力を高めるシャマタ瞑想(止行)¹⁰と、現象的経験の本性に潜む見識を陶冶することを目的とするヴィパシュヤナー瞑想(観行)¹¹、自分自身や他者に対する態度の変容を目指す慈悲の瞑想¹²などがある。これらは、いずれも、瞑想実践者に対して集中力の向上やストレスマネジメントなどの点で精神的な好影響をもたらさう。

同論文においてフェントンは、認知エンハンスメントを、健康な個人の認知機能や認知メカニズムの機能性・効率性に対して望ましい変化を加えることと定義している¹³。この定義に基づけば、健康な個人の集中力や精神的な安定に好影響を及ぼすという点において、仏教における瞑想はエンハンスメントの一種と考えられる。従って、瞑想の目的との一貫性を考えると、薬物によるニューロエンハンスメントの目的のみを批判することは、仏教徒にとっては論理的整合性を欠く。そこで問題として残るのは、1)同一の目的の背後に潜む意図の違いと、2)その目的を達成するのに用いられるのが薬物なのか瞑想なのかという手段の違いだけである。

まず、1)について、瞑想と目的を同じくする薬物の利用が、仏教徒の視点から見て避けられるべきなのは、その利用の意図が危害を引き起こすと予想される場合や、そういった意図が誤った自我や執着を強化するような

¹⁰ シャマタ(止)とは、「あらゆる想念を止めて^{おもんぼか}慮^やりを息めて心が寂靜になった状態。」(多屋ら 1995)

¹¹ ヴィパシュヤナー(観)とは、「智慧によって対境を照見すること。」(多屋ら 1995)

また、シャマタとヴィパシュヤナーを合わせて止観とも言う。止観とは、「もろもろのおもいを止めて心を一つの対象にそそぎ(止)、それによって正しい智慧を起こして対象を観る(観)ことをいう。」(多屋ら 1995)

¹² 慈悲の瞑想とは、まずは自分一身に対して慈・悲・喜・捨を念じ、徐々にその対象をひろげていき、最終的には「生きとし生けるもの」への慈・悲・喜・捨を念ずるという瞑想法。

¹³ フェントンの定義は、医学的な手段の利用の有無を度外視している点において、本稿におけるエンハンスメントの定義よりも広めに概念設定されている定義を用いている。

場合である。ただし、ここで言う危害とは、欧米の生命倫理における支配的な見方では捉えきれないものである。その一例として挙げられるのは、「苦」という仏教的な概念である¹⁴。例えば、社会的地位の向上や快樂のために薬物を用いることは、物質的、身体的利益のみを追求することにはかならず、結果として、さらなる「苦」を生み出すことになる。そのようなさらなる「苦」を生みかねない意図に基づいて薬物を利用することは、仏教徒の視点からは許容しがたいと言える。

また、2)に関して言えば、薬物によるニューロエンハンスメントは、瞑想とは異なり自己鍛錬を欠いているとの批判が考えられる。これは、手段の違いの問題であり、自己改善とエンハンスメントの区別の問題でも指摘されることである。だが、フェントンによれば、そもそも仏教の瞑想においては、絵画や音楽、公案¹⁵などのさまざまな技術が利用されてきた歴史がある。その上、密教においては、自我や執着を捨て去る鍛錬のために(通常は不道徳な行為とされている)アルコールの摂取という方法が採られることもあった。このような仏教の歴史的経緯を鑑みると、重要なのは手段よりも目的であり、思慮深さを増す、執着や嫌悪を減らすなどの目的は、薬物によるニューロエンハンスメントの利用を正当化しようとフェントンは結論付けている。

3.2 ニューロエンハンスメントの提供側の問題

現在のように、薬物によるニューロエンハンスメントが社会に普及しつつある段階では、単に利用者の問題だけではなく提供者の問題も、それと同程度に重要となってくる。なぜならば、これらの薬物の流通の規制を考える場合、利用者による薬物利用を直接的に規制するよりも、薬物の出所を規制するほうが効果的だからである。そのような薬物の提供者として現時点で最も可能性が高いのは、医療従事者である。このことは、本稿冒頭

¹⁴ 苦とは、「身(狭義)または身心(広義)に迫って(逼迫)、これをなやます(損悩)状態。」(多屋ら 1995)この場合は、とりわけ、求めても得られないという苦、求不得苦くふとつくが問題となっているものと思われる。

¹⁵ 禅宗において、修行者が悟りを開くための課題として与えられる問題のこと。いわゆる禅問答。

で述べた我が国での薬物の不正処方例からも推察されるだろう。たとえ、インターネットを通じての入手であっても、元々の入手先が医療従事者というケースもありうる。そこで、以下では、薬物によるニューロエンハンスメントの処方と医療従事者の関わり方を検討している二つの文献について見ていく。

(1)ニューロエンハンスメントの規制に対する医師の関与

2007年に英国医師会のまとめた『脳力の高揚(Boosting Your Brainpower)』という報告書では、認知能力のニューロエンハンスメントに関して、非常に多岐にわたる倫理的検討が行われている(BMA 2007)。その類書にない特徴として、ニューロエンハンスメントの実施や規制に際して医師が果たすべき役割についての実践的・多角的な検討が行われている点が挙げられる。

同報告書では、まず、認知能力のニューロエンハンスメントが個人・社会の両側面にもたらすリスクとベネフィットが徹底的に検証される。次いで、認知能力のニューロエンハンスメントに対するさまざまな批判的な論点¹⁶が紹介された後に、従来我々が社会的に許容してきた自己改善や美容外科とニューロエンハンスメントとの比較が行われる。そもそもニューロエンハンスメントの倫理的地位は、一方でその介入目的に着目すれば、特別な教育など(従来の自己改善)と類比的であり、他方でその介入手段に着目すれば、美容外科などと類比的であると言える。つまり、もし、ニューロエンハンスメントによる認知能力の向上という目的自体が悪いと主張するのであれば、特別な教育を子供に与えることも同様に非難されなければならない。他方で、そのような効果を医科学的な手段を用いて追求することが問題だと主張するのであれば、個人の美的な満足追求のために医科学的な手段を用いる美容外科的な処置までも、同様に非難されなければならない。しかし、同報告書によれば、個人の自由や自律的な判断を尊重する民主的な社会においては、特別な教育や美容外科を利用するか否かの決

¹⁶ 本稿では省略するが、同報告書では、1) 公平性、強制、圧力、2) 目標の追求、努力、真正さ、3) 人間性、個人の同一性、4) 手段の相違は倫理的問題の相違をもたらすか等の論点について、詳細な検討が行われている。

定は、各人の価値観に委ねられるべき問題である。そして、これと同様の図式が認知能力のニューロエンハンスメントにも成り立つかもしれない。

このように同報告書は、基本的にはニューロエンハンスメントに対して寛容な立場を示している。しかし、そのような立場を示しながらも、その潜在的なリスクや乱用の可能性を鑑みて、何らかの規制を設ける可能性についても検討の余地を残している。その規制の在り方を考察する際に同報告書が特に重視しているのが、医師の果たすべき責務である。

ニューロエンハンスメントに対する可能的な規制の在り方として、同報告書が挙げているのは、1) 全面禁止、2) 許可制、3) 自由市場に委ねるという 3 通りの方法である。しかし、1) の全面禁止については、エンハンスメントと治療の区別の困難さや、禁止の実効性の確保の困難さ、非合法化に伴うデメリット(ex.不適切な管理によるリスクの増大など)等の問題があるとして、消極的な見解を示している。

2) の許可制の場合、その管理のあり方として、医師によるニューロエンハンスメントの管理と、新たな規制団体の設立による管理という、二つの選択肢が考えられる。だが、後者は費用や労力を考慮すれば実現は困難と予測されるため、医師による管理の方が有望である。ただし、その場合でもいくつかの問題が生じることは避けられない。まず、医師は治療の専門家であるが、従来の医療の目的(=治療)とエンハンスメントの目的は相容れるものではない。また、医師の仕事の増加も容易に予想される。さらには、一般に医療従事者は患者に処方を頼まれると拒否しづらいことから、医師による管理は本当に適切に機能しうるのかという問題も考えられる。

とはいえ、認知エンハンスメントのリスクを利用者に説明する役としては、医師がもっとも適切であることには変わりがない。したがって、3) の自由市場に委ねるという場合でも、薬事法との兼ね合いや副作用の管理・説明という点から見れば、医師が全く関知しない形での提供は想定しがたい。だが、医師がどのような形でニューロエンハンスメントに関わるにせよ、そこには職業上の統一性の保持の困難さという問題がつきまとう。というのも、いったん医師がこのような薬物の処方に関与するようになると、医師は従来の医療の目的(治療)に沿った仕事だけでなく、その目的から逸脱した仕事(ニューロエンハンスメント)にも従事することになり、治

療への専心という職業上の統一性が保持しにくくなるからである。しかし、現状の美容外科の専門医などと同様に、認知能力のニューロエンハンスメントの提供を専門とする医師を作ることにより、この職業上の統一性の問題は克服可能である。しかも、この方法には、ニューロエンハンスメントの質が担保されるというメリットも予測される。

(2)ニューロエンハンスメントと医師—患者関係の変容

以上のように、英国医師会の報告書では、認知能力のニューロエンハンスメントの社会的普及やそこでの医師の関与は早晚避けられないという見通しのもと、医師を介在するニューロエンハンスメントの現実的な規制のあり方が検討されている。これとおよそ同様の観点からニューロエンハンスメントの是非を考察しているのが、グラノンの論文である(Glannon 2008)。特に同論文では、仮に医師によるニューロエンハンスメント薬物の処方を実施されるとすれば、それによって従来の医師—患者関係がどのような変質を被るかという問題が論じられている。

同論文でグラノンが検討の対象としているのは、注意力・集中力の向上や記憶力の向上と操作、不安の抑制などを目的とした、薬物によるニューロエンハンスメントである。一般にこれらの薬物によるニューロエンハンスメントに対しては、前節で見たように、自己や世界に対しての真正さが損なわれるという趣旨の批判がなされてきた。それに対してグラノンは、この批判を無根拠なものとして一蹴し、薬物によるニューロエンハンスメントの安全性や潜在的なリスク—ベネフィットの考慮こそが、より一層重大な倫理的問題であると主張する。だが、たとえ安全性が確保されたとしても、依然として社会的な問題が残るかもしれない。そのような社会的な問題としてグラノンが指摘するのが、そうした薬物に対するアクセスの公平さの問題である。グラノンによれば、この問題の最善の解決策は全ての人に対する薬物の提供であるが、各人の薬物への反応性や知的能力への関心の度合いには個人差があることなどから、たとえアクセスの平等を保証しても結果の平等が実現されるとは限らない。従って、仮にニューロエンハンスメントが普及したとしても、知的能力の不平等は残存し続けるか、

増大する可能性のほうが高いと思われる¹⁷。

このような一般的な検討を経た上で、最後にグラノンが考察の対象としているのが、これらの薬物の利用が医師—患者関係に与える影響という問題である。グラノンによれば、仮にこれらの薬物が、安全かつ有効で、しかも医師の処方が必要ならば入手できない(インターネットや薬屋では購入できない)という事態が到来した場合には、従来の治療的な医師—患者関係が変容する可能性がある。そもそも、現行の医療実践における医師—患者関係は、医学的介入を正当化する治療や予防といった目的なしには成立しえない。だが、ニューロエンハンスメント目的の薬物処方治療や予防とは呼びがたいので、このような目的で薬物を処方することは、現行の医療実践の中に成立しているような治療的関係に基づく医師—患者関係にも、変容をもたらす可能性がある。そして、このような医師—患者関係の変容は、医師の患者に対する責務の再定義という新たな問題を招来する。つまり、グラノンによれば、認知能力のニューロエンハンスメントの問題は、「患者との治療的な関係を持つということは何を意味するのか」「患者の最善の利益の為に行動するとは何を意味するのか」などについて、医師に再考を迫ることになるかもしれないのである。

3.3 特定の目的を達成するためのニューロエンハンスメント利用の是非

これまで見てきたように、薬物によるニューロエンハンスメントの是非をめぐる最近年の議論の中では、様々な薬物が様々な目的のもとで利用されたり提供されたりする個別の文脈の、その特殊性に着目した議論が展開されていることが分かる。他方、利用者や提供者の文脈に着目するのではなく、技術そのものに着目して倫理的探求を行っている文献も見受けられる。一般に、新しい技術の開発によって新しいことができるようになると、その技術利用に対する倫理的考察の必要性が生じることが多いが(加藤

¹⁷ ただし、グラノンによれば、そもそも薬物へのアクセスの不平等が、不公平と呼ばれるほどの利益を利用者へともたらすことになるかどうかは、現段階では必ずしも定かではない。そのため、場合によっては、アクセスを閉ざされている貧しい人々の方が心身の健康面で有利になるという、ここで想定されているのとは逆の事態も起こりうる。

2001)、この事情は薬物によるニューロエンハンスメントの場合でも、決して変わるところはない。つまり、ある特定の目的を達成するための新たなニューロエンハンスメント技術が生み出されたり、その可能性が示唆されたりするたびに、その新たな技術の利用の是非についての議論が提起される。そこで、以下では、特定の目的を達成するためのニューロエンハンスメントの是非を論じている二つの文献を見ていく。

(1)記憶操作のためのニューロエンハンスメント

Liao and Sandberg 2008 では、記憶の消去や改変、記憶力の増強などの記憶操作技術が社会にもたらす影響が、倫理的な観点から検討されている。リャオらによれば、記憶操作技術には、安全性やアクセスの公平さ、研究倫理上の問題(インフォームド・コンセントなど)や悪用の可能性などの問題がある。また、そもそも技術的な制約や人間の生物学的制約を鑑みれば、多大な利便性を有するような記憶操作技術が本当に実現されるかどうかさえ、疑いの余地は残る。そこで、同論文では、仮にこれらの問題が解決され、個人が自由に記憶操作技術を利用できるようになったとすれば、そこにはどのような「規範的問題」が生じるかという問題意識から、記憶操作技術の倫理的問題が検討されている。リャオらは、そのような規範的問題として以下の五つの問題を提示している。

● 真正さの問題

この問題はすでに本稿の第2節でも言及されているので、その詳細な説明については割愛してリャオらの基本的な見解のみを示す。リャオらによれば、確かに記憶操作技術の利用は、「虚偽の世界に生きる」ことにほかならないかもしれない。だが、たとえそうだとすると、それが他人に対して危害を及ぼすものでない限り、そうした技術の利用が悪いことだとは言いきれない。逆に、人生に多大な悪影響を与えるほどのトラウマ記憶に苛まれている人のように、記憶操作術を利用して故意に虚偽の世界に生きるほうが望ましいと考えられる場合もある¹⁸。

¹⁸ その例としてリャオらが挙げているのが小説・映画「ソフィーの選択」に

- 適切な道徳的反応の問題

我々は、一般に他人の裏切りや犯罪などに接したとき、怒りや憤りなどの一定の感情的反応を伴うのが常であり、そのような感情的反応は、われわれの道徳的関係における重要な構成要素である。だが、記憶操作が行われるようになると、そうした他人の行動に対する適切な道徳的反応は起こらなくなるかもしれない。さらには、自分自身が罪を犯した場合にも、記憶操作を行うことで、後悔や自責の念に駆られるなど、自らの行為に対する適切な道徳的反応が起こらなくなる可能性もある。

このような懸念に対してリャオらは、たとえその可能性を認めるとしても、だからといって記憶操作や感情的反応の喪失が一概に悪いとは言い切れない、と反論する。例えば、レイプ事件などのトラウマ的な記憶の消去は被害者本人にとって決して悪いことではなく、また被害者本人が適切な道徳的反応を示す機会があろうとなかろうと、犯人が罰せられている限りではそれは問題にならない。さらに、自分自身が罪を犯した際の記憶操作技術の利用についても、当人に犯罪の記憶を保持させ罪の意識を自覚させることは、一見すれば再犯防止の観点から重要に思われるものの、過去の犯罪の経験は当人の再犯への障壁を下げるとも考えられることから、逆に記憶の消去が再犯防止に役立つ可能性もある。

- 自己の知識の問題

リャオらが次に検討するのは、記憶操作が将来の問題状況に対応するための学習機会を損なうという懸念である。我々は、記憶を積み重ねることによってさまざまなことを学習し、将来同様の問題に直面した際の解決方法を学んでいる。となれば、記憶操作は、人々からそのような貴重な学習機会を剥奪しているとも考えられる。

この懸念に対しても、リャオらは、だからといって記憶操作それ自体が必ずしも悪いとは言い切れない、と反論する。例えば、出来事の経験を通じて獲得される習慣に関する記憶を保持しつつ、当該の出来事に関する記

出てくるホロコースト時代のトラウマ的な記憶に苛まれた結果、自殺してしまうソフィーの例である。

憶だけを消去するような操作が、可能になるとしよう。その場合、なぜ自分が交通事故を避けるようになったのかをたとえ思い出せなくなったとしても、事故を避けるという習慣が維持されている限り、交通事故に遭遇した記憶そのものを消去することには特に問題はないだろう。また、物質依存の人などの場合には、習慣に関する記憶までも消去し、形成された習慣を取り除くこと自体、行為主体としての本人の欲求にかなっているとも考えられるのであり¹⁹、記憶操作技術の利用が逆により望ましい習慣の形成に役立つ可能性もある。

● 行為主体性の問題

第四にリャオらが考察するのは、行為主体性(agency)の問題である。この問題は、ある出来事の記憶に対して記憶操作技術を利用すると、その出来事に関して自分自身で考えをめぐらす機会は失われてしまい、その結果として自らを行為主体として考えられなくなるという懸念である²⁰。

この懸念に対してリャオらは、以下のように反論する。例えば、日常生活にも支障を来すほど深刻な PTSD に苛まれている人は、その原因となっている記憶を操作することで PTSD から解放され、初めて行為主体として振る舞うことができるようになるかもしれない。この場合、その人は、たとえ自らの記憶が操作されているとしても、逆にそれによって自らの行為主体性を回復・保持していると言えるだろう。したがって、行為主体性という側面から見ても、記憶操作技術の利用は一概に悪とは言い切れない。

● 道徳的責務の問題

最後に検討されるのは、記憶の操作は我々の記憶保持の責務に影響を及

¹⁹ この場合、第二階の欲求とは、たばこや麻薬などを摂取したいという欲求(＝第一階の欲求)を捨て去りたいと欲する欲求のことである。

²⁰ リャオらは、この「行為者性」という概念の類比的な説明として、計算問題を解くという例を挙げている。ある人が計算問題を自分の頭で考えて解いた場合、その人は自分自身のことを、その解答に対して責任がある人、その計算の行為主体と考えることができる。それに対して、ある人が最初から解答を見て書き写した場合には、その人は自分自身のことを、その解答に対して責任がある人、その計算の行為主体などとは考えられない。

ぼすという懸念である。例えば、N・アームストロング本人の月面着陸の記憶やホロコースト被害者本人の記憶のように、ある出来事に関する個人の記憶が他の人間にとっても重要性を持つ場合には、当人にはその記憶を保持する義務があるとも考えられる。となれば、1)こうした重要な記憶を操作するような技術利用は、許容されない可能性がある(「記憶義務問題」(Duty to Remember Problem))。また、2)たとえ現時点では記憶保持の責務が個人に課されることはないとしても、記憶力の強化技術が将来的に開発された場合には、逆にそうした技術の利用が個人の道徳的責務とされてしまう可能性もある(「べしはできるを含意する問題」(Ought Implies Can Problem))。

だが、リャオらによれば、1)たとえ重要な出来事の記録を残す必要性が認められるとしても、雑誌に記録が残される等の代替手段があればそれでよいはずであり、トラウマ記憶に苛まれている人の記憶を抹消することが必ずしも悪いとは言えない。また、そもそも記憶保持のように、当人に過度の負担を強いる事柄が道徳的責務として個人に課されることは、通常ありえない。他方、2)確かに新たな記憶力強化技術の開発は、個人の記憶保持の義務を生み出す可能性がある。だが、それは必ずしも新たに開発された技術の利用を個人に強制するものではない(ノートや日記に書き留める等の代替手段が利用可能である)。

以上の検討を通じて、リャオらは、上記五つの規範的問題は記憶操作技術の利用を完全に禁止するほどの強い主張にはなりえない、という結論を導き出す。これらの規範はせいぜいのところ、他の事情が等しい限りで順守されるべき「一応の」義務にとどまるものであり、例えば記憶保持が当人にとって多大な苦痛である場合などには、これらの義務の順守よりも危害の除去のほうが優先されうる。リャオらによれば、結局のところ記憶操作技術が利用可能とされるかどうかは、究極的にはそれらの技術が我々の福利の増大に貢献するかどうかにかかっている。例えば、これらの技術を利用した結果として他者に危害が及ぶような場合や、個人のすべての記憶が消去されるなど記憶操作技術が自己に対して深刻な危害を及ぼす場合には、確かに記憶操作技術が規制対象となる余地も残されている。だが、

特定の記憶を保持し続ける何らかの一応の義務が生じるのでない限り、記憶操作技術の使用は個人の自己選択に委ねられなければならない。

(2)愛情強化のニューロエンハンスメント

これまでは、記憶の操作を目的としたエンハンスメント技術利用の是非に関する議論を取り上げ、そこにどのような規範的問題が生じ、それらの規範的問題が記憶操作技術の利用に対する規制根拠としてどの程度通用しうるのかを見た。もっとも、先述の通り、現実問題として人間の記憶操作には技術的制約と生物学的制約が付きまとうことから、この種のエンハンスメント技術の利用に関して提起されている倫理的な懸念もまた、多かれ少なかれ杞憂に終わる可能性もある。これと同様に、現時点ではいくぶん空想めいているとはいえ、それでもなお現段階から倫理的な検討が開始されている別の事例として、愛情の強化を目的としたエンハンスメント技術が挙げられる。Savulescu and Sandberg 2008 によれば、神経科学や薬理学の発達により、将来的にはこのような技術が現実化する可能性がある。確かに、愛情の多寡の調節に関して、現段階で我々が利用できる技術は、いわゆる伝統的な「媚薬」やセラピーなど、非常に未熟なものでしかない²¹。だが、人間の愛の根底には基本的な脳システムがあり、愛情に関連するいくつかのシステムは、フェロモンやホルモンなどの化学的刺激によって調節される。となれば、近い将来、脳神経科学の発達により、情欲や魅力や愛着といった愛情の関連要因を調節することが可能になるかもしれない。

この愛情のニューロエンハンスメントの是非を考察するに際して、サバレスキューらは、まずこの技術利用に肯定的な議論を検討するところから出発する。サバレスキューらによれば、そもそもカップルを結びつけて愛情を深めさせるための技術や介入は、太古の昔より存在する。そして、これらの技術や介入の作用機序を生物学的レベルから見れば、オキシトシンやドーパミンといった物質を放出しやすくしているだけであり、その点で

²¹ カリフォルニアでは、有罪宣告を受けた小児性欲者（ペドファイル）に対し、収監のかわりに性衝動を低減させるホルモン治療「ホルモンによる去勢」が提示される。

は愛情のニューロエンハンスメントと特に変わるところはない。従って、従来の媚薬などの利用目的と、愛情のニューロエンハンスメントの利用目的は、倫理的に見てさほど大きな違いはない。また、愛情のニューロエンハンスメントは、QOLの向上という観点からも正当化可能であるうえに、とりわけ一夫一婦制を採用する文化や宗教的な文脈においては、愛情のニューロエンハンスメントによる夫婦間の結びつきの増強は、望ましい事柄となる。

このような愛情のニューロエンハンスメントに対する反論として想定されるのは、依存の問題や、不適切な相手との愛着が強化される等の問題である。そして、サバレスキューらも、確かに前者の問題については注意の必要性を認めているものの、後者の問題に関しては、明確な許容範囲の確定は困難かもしれないとしている。例えば、家庭内暴力の被害者である妻に対してこうした薬物を使用することが望ましくないのは明白であるが、一般にどのような関係のもとでの愛情のニューロエンハンスメントの使用が不適切とされるのかは、決して容易に確定されるものではない。サバレスキューらは、ここで重要となるのは自律的な決定の有無と、その関係継続のリスクーベネフィット評価であると主張している。

その他の批判的な議論としては、愛情の真正さの問題や、強制の問題、姑息さの問題などがあるとしているが、サバレスキューらはこれらの論点はいずれも決定的な反論にはなりえないとして、排斥している。この他にも、愛情を高めるための手段として、薬物による介入よりも心理・社会的な介入(カウンセリング等)の方が望ましいという反論もある。だが、安全性や有効性を比較して、薬物による介入の方が社会的な介入よりも優れている場合には、一概に薬物による介入だけを禁止することもできない。むしろ、サバレスキューらは、安定した関係性の維持のために愛情を薬物によって強化すべき場合もありうるかもしれないと結論付けている。

4. おわりに：最近年の議論に見いだされる傾向と今後の議論への示唆

ここまで、薬物によるニューロエンハンスメントに関する最近年の生命倫理学・脳神経倫理学上の六編の論文を概観してきた。これらは、それぞれ利用者や利用目的の異なる文脈について論じられたものであり、その文

脈の個別性や特殊性が強調されていた。しかし、そのような文脈特有の論点や価値観の違いはあるものの、これらの文献が用いている議論の構造には、いくつかの共通の特徴が見いだされる。本稿の締めくくりに、最近年の議論の傾向としてこれらの共通の特徴について簡単に指摘したいと思う。

● 義務論的な論点の批判

ここまで見てきた文献の多くでは、「薬物によるニューロエンハンスメントはどのような利益があろうとも、許容されるべきではない」とするような義務論的な論点を批判しているものが多く見られた。例えば、Glannon 2008 では、薬物によるニューロエンハンスメントが、自己を真正な自己や真正な世界から乖離させてしまうという批判を一蹴している。Liao and Sandberg 2008 では、記憶操作技術が、われわれの行為者性を損なうという論点などに対する反論が展開されている。これらの論点は、かつて、米国大統領生命倫理評議会やエリオットなどのエンハンスメント批判者が頻繁に用いていた論点である (President's Council on Bioethics 2003, Elliot 2003)。

このような義務論的な論点に対する批判の中核には、ニューロエンハンスメントと現在社会的に許容されている行為(薬物による心の病等の治療や、医科学技術を用いない集中力の強化等の自己改善)との区別の困難さや不可能性の問題があると考えられる。というのも、第2節でも述べた通り、エンハンスメントと治療や従来の自己改善といった周辺概念との線引きが明確に行われないと、エンハンスメントのみを批判の対象とするのが困難となるからである。そのことが最も顕在化していたのは、Fenton (in press)である。Fenton (in press)では、薬物によるニューロエンハンスメントには、仏教の瞑想と類似の目的を持つものがあることが指摘されていた。さらには、仏教の歴史においては、飲酒のような通常は不道德とされる手段が、目的によって正当化される場合もありうる。従って、フェントンによれば、薬物によるニューロエンハンスメントを全面的に禁止することは、仏教徒の考えとは矛盾することとなる。また、Savulescu and Sandberg 2008 において比較されるのは、愛情を増すための薬物の使用と、

従来社会的に許容されてきた媚薬やアルコールなどの愛情を増すための工夫である。サバレスキューらによれば、これらの従来許容されてきた手段も、薬物によるニューロエンハンスメントも、生物学的な視点からは体内で同種の反応を引き起こしていることになる。従って、薬物によるニューロエンハンスメントの利用だけを制限する根拠はない。

このように、ニューロエンハンスメントと現在社会的に許容されている行為とが厳然と区別されない場合には、ニューロエンハンスメントのみを一括的に非難することは、論理的に困難となる。このような見解を受け入れるとすると、今後ニューロエンハンスメントの批判を試みる者は、1)ニューロエンハンスメントとその周辺概念との新たな線引きの議論を提示するか、2)少なくとも一部の薬物によるニューロエンハンスメントは道徳的に許容可能であることを認め、許容可能なものと不可能なものとの篩い分けの手順を明示するか、の二者択一を迫られることになると考えられる。私見を述べるならば、英国医師会の報告書やグラノンが考察していたように、ニューロエンハンスメントの利用・提供に際して医療実践が多少なりとも関与するような場合には、治療とニューロエンハンスメントの間には、段階的な違いはありと認められる(伊吹、児玉 2007)。一般に、治療とニューロエンハンスメントは、たとえ両者の間に厳密な境界線を引けなくとも、その両極端には倫理的な違いがあることは十分に認められる²²。従って、これらの間には、段階的な違いがあり、その段階的な違いの蓄積が、2)のような倫理的な許容可能性の篩い分けの手順を考えるにあたっての鍵になると考えられる。

● 最小限の制限の必要性

最近年の議論の動向からすると、薬物によるニューロエンハンスメントの包括的な非難や禁止は困難であるというのが趨勢である。しかし、だからと言ってすべてのニューロエンハンスメントが、なし崩し的に許容されることも考えられてはいない。あらゆるニューロエンハンスメントを許容す

²²例えば、重度の認知症患者が治療のために記憶力を増強する薬を利用することと、大学入試に合格するために記憶力を増強する薬を利用することの間に何らかの倫理的な違いがあることを認める者は多いと思われる。

ることは、社会や個人に対して脅威となりうる場合がある。そういった脅威を防ぐための最小限の制約が必要であるという見解が、共通認識として存在する。例えば、Warren et al. (in press)では、外科医によるニューロエンハンスメントの利用に際しては、外科医コミュニティ内部や社会一般から外科医に対して何らかの強制が働く可能性があり、そのような強制が外科医の自律的な決定を損なう可能性があることが指摘されていた。また、ニューロエンハンスメントが社会に与える可能性のある脅威として、Glannon 2008 においては、社会的な不平等の拡大という脅威が懸念されていた。従って、今後は、このような薬物によるニューロエンハンスメントの利用が、1)社会や個人にとっての脅威となりうるのはどのような場合か、そして、2)そのような脅威が何らかの制約を正当化するのはどのような場合かという点について、具体的な文脈に照らした上でのさらなる検討が必要とされるであろう。

- 功利主義的計算の留意

また、上で述べたような利用の制約の一種として、リスクーベネフィット評価が非常に重要視されていたのも最近年に顕著な傾向とあってよいだろう。英国医師会の報告書でも、個人、および、社会の双方の観点からのリスクーベネフィット評価が徹底されていた。その上で、十分なベネフィットが見込まれる場合には、その利用可能性について医療従事者が真剣に検討すべきという予測が示されていた。Fenton (in press)、Liao and Sandberg 2008 などでも、リスクよりもベネフィットが優越すると予想されるケースが想定され、そのような場合には薬物によるニューロエンハンスメントの利用が許容されうるとしていた。Savulescu and Sandberg 2008 に至っては、ベネフィットの大きさを考慮すれば、愛情を高めるためのニューロエンハンスメントの利用が奨励される場合すらありうると述べていた。今後の議論においては、このようなニューロエンハンスメントの利用を積極的に奨励すべきとするような論点についても検討が必要になると考えられる。

以上、簡単ではあるが、薬物によるニューロエンハンスメントに関する

最近年の議論に共通して見いだされる、構造的な特徴をまとめた。最近年の文献では個別の文脈に特化している議論が多いという傾向が見られたため、本稿では個別の文脈の議論に特に焦点を当てたが、他方で、薬物によるニューロエンハンスメント全般に、このような特徴を持った議論を拡張させている文献も存在していた。その代表例となるのが、Nature 誌に掲載された Greely et al. 2008 である。グリーリーらは、上で挙げたような議論と同種の構造を用いて、薬物によるニューロエンハンスメント全般の合法化を積極的に主張している。同論文の共著者の中には、英国医師会の報告書の作成にも携わった有名な生命倫理学者のハリスや、我が国に脳神経倫理学の議論を導入するのに一役買ったガザニガ、脳神経倫理学の第一人者であるファラーなども名を連ねている。このような生命倫理学・脳神経倫理学のオールスター的なメンバーが揃って、Nature という科学者コミュニティや一般社会に大きな影響力を及ぼす雑誌に、薬物によるニューロエンハンスメントを積極的に推進するような議論を展開したのである。今後、我々がニューロエンハンスメントの生命倫理学・脳神経倫理学上の検討をしていく際にも、この点には十分な注意を払う必要があるかもしれない。なぜならば、このような論文が提示されたことによって、科学者や一般社会におけるニューロエンハンスメントを取り巻く言説に一つの潮流が出来上がってしまう可能性があるからである。従って、同論文の議論を是認するにせよ、批判するにせよ、同論文の採っている議論の構造について、さらには、それが他の多くの文献でも共有されているという現状についても、より一層分析を深化させる必要があると考えられる。その詳細な検討が待たれるところである。

参考文献

- 伊吹友秀、児玉聡、2007、エンハンスメント概念の分析とその含意、『生命倫理』18(1)、pp47-55。
- 植原亮、2007、スマートドラッグがもたらす倫理問題、『UTCP 研究論集』8、pp37-54。
- 風祭元、2008、リタリン(塩酸メチルフェニデート)依存症と対策、『日本医

- 事新報』(4386)、pp62-67。
- 加藤尚武、2001、『価値観と科学/技術』、岩波書店、東京。
- 高松康治、加藤秀明、2004、Methylphenidate(リタリン(R))を静注乱用し、窃盗を繰り返した気分変調症の1症例、『臨床精神医学』33(8)、pp 1041-1045。
- 多屋頼俊、横超慧日、船橋一哉編、1995『新版仏教学辞典』、法藏館、京都。
- 松田純、2008、エンハンスメントと〈人間の弱さ〉の価値、上田昌文、渡部麻衣子編、『エンハンスメント論争』、社会評論社、東京、pp185-199。
- BMA, 2007, “Boosting your brainpower: Ethical aspects of cognitive enhancements”, [Online].
http://www.bma.org.uk/images/Boosting_brainpower_tcm41-147266.pdf (2009.3.16 確認)
- Elliot, C., 2003, *Better Than Well. American Medicine Meets the American Dream*, New York : W. N. Norton & Company.
- Fenton, A., (in press), “Buddhism and Neuroethics : The Ethics of Pharmaceutical Cognitive Enhancement”, *Developing World Bioethics*.
- Glannon, W., 2008, “Psychopharmacological Enhancement”, *Neuroethics* 1(1), pp45-54.
- Greely, H., et al., 2008, “Towards responsible use of cognitive-enhancing drugs by the healthy”, *Nature* 456, pp702-705.
- Juengst, E., 2004, “Enhancement uses of medical technology”, In: Post, S. G., ed. *Encyclopedia of Bioethics*. 3rd ed. New York: Macmillan Reference USA: Thomson/Gale; pp 753-757.
- Liao, M. and Alpert, S., 2008, “The Normativity of Memory Modification”, *Neuroethics* 1(2), pp85-99.
- Maher, B. , 2008, “Poll results: look who's doping”, *Nature* 452, pp674-675.
- Nicholas, B., 2006, “Neuroethics: A literature review prepared for Toi te

- Taiac: the Bioethics Council Christchurch”, [Online].
<http://www.bioethics.org.nz/publications/neuroethics-review-jul06/neuroethics-review-jul06.pdf> (2009.3.16 確認)
- Warren, O. J. et al., (in press), “The Neurocognitive Enhancement of Surgeon: An Ethical Perspective”, *Journal of Surgical Research*.
- Parens, E., 1998, “Is Better Always Good? The Enhancement Project [Project on the Prospect of Technologies Aimed at the Enhancement of Human Capacities and Traits]”, *Hastings Center Report* 28(1), S1-S17.
- President’s Council on Bioethics, 2003, *Beyond Therapy: Biotechnology and The Pursuit of Happiness*, New York: Dana Press.
- Savulescu, J. and Sandberg, A., 2008, “Neuroenhancement of Love and Marriage: The Chemicals Between Us”, *Neuroethics* 1(1), pp31-44.
- Wolpe, R. P., 2002, “Treatment, enhancement, and the ethics of neurotherapeutics”, *Brain and Cognition* 50, pp.387-395.

第二章 fMRI に関する脳神経倫理学研究の動向

小口峰樹・筒井晴香

1. はじめに

機能的核磁気共鳴画像 (functional magnetic resonance imaging; fMRI) は、1990 年代初期に導入が行われて以来、脳科学研究を推進する強力な道具として研究現場で使用され、認知神経科学をはじめとする様々な専門分野において膨大な数の論文を生み出している。それと同時に、fMRI は脳機能の測定に基づいた新たな診断技術として臨床現場においても普及が進んでいる。また、臨床を越えたさまざまな現場 (たとえば教育や司法) においても、その技術的な応用を図ろうとする動向が見られ、こうした動向の是非に対しては専門研究者の枠組みに留まらない活発な議論が交わされている。こうした状況を背景として、脳神経倫理学においても fMRI をめぐって多様な論点から分析が行われてきた。

特に、fMRI に関する解釈の問題は中心的な論点を構成してきたと言ってよい。たとえば、ベクテル (Bechtel in press) は、脳機能不全および脳損傷に関する研究と神経細胞の電位測定に関する研究とともに、fMRI や陽電子断層放射撮影 (positron emission tomography; PET) などの画像技術による脳機能研究についての知識構成を批判的に検討している。ベクテルによれば、脳画像技術によって得られた情報と認知活動との関連づけが適切なものとして認められるためには、生み出されたパターンの再現性、他の技術による知見との整合性、および認知に関する理論モデルとの整合性という三つの観点から評価が行われなければならない。もっとも、ベクテルがこうした脳画像技術をめぐる解釈の問題を指摘するのは、それを倫理的な議論へと結びつけるためではなく、むしろ実りある脳画像研究の在り方を模索するためであり、この点でベクテルの関心は脳画像研究に対する内在的な評価による改善点の指摘にあると言える。

これに対し、ラシーンら (Racine et al. 2005) は大衆やメディアの脳画像理解という観点から解釈の問題を論じている。ラシーンらはアメリカ合衆国における 1991 年から 2004 年までに出版された fMRI に関する大手新

聞や大衆雑誌の記事を分析し、そのなかに三つの傾向を見出している¹。すなわち、「神経リアリズム (neuro-realism)」、「神経本質主義

(neuro-essentialism)」、「神経政策 (neuro-policy)」である。第一の神経リアリズムは、fMRI 実験のデータ取得や画像処理、実験手続きの複雑さを無視して、あたかも fMRI 画像が脳の活動を視覚的に「証明」しているかのごとく伝えるという傾向を指す。第二の神経本質主義は、脳を主語にした見出しや記事を量産することにより、脳があたかも主体や人格と同一であるかのように思わせ、fMRI が心を直接的に精査する技術であるかのようなイメージを抱かせる傾向を指す。第三の神経政策は、fMRI の結果を政策上の問題や個人の人格改造に利用できるかのように思わせる傾向を指す。こうした分析を踏まえて、ラシーンらは脳神経科学研究の知識受容をめぐる理解モデルとして多方向的なコミュニケーションモデルを提示している。こうした研究は脳科学に関する適切なリテラシーをどのように構築してゆくのかという問いに関して一定の有益な示唆を与えるものと評価できる。

また、解釈の問題と関連して、fMRI によって得られた脳画像情報の扱いに関するプライバシー（あるいは情報機密）の問題も論じられてきた。たとえば、アルパート (Alpert 2007) は 2003 年にアメリカで施行された HIPAA 法 (Health Insurance Portability and Accountability Act; 医療保険の相互運用性と説明責任に関する法律) に伴うプライバシーールールに触れ、当該規則のもとでは、保護された医療情報へ合法的にアクセス可能な人数が専門家以外にも相当数に上ることを指摘する。その上で、脳画像に関する解釈の問題を鑑みるならば、脳画像情報に関する誤用や濫用を避けるために、その種の情報に対して特別な法的保護が必要であると主張する。こうした指摘は解釈の問題を倫理的・法的問題と関連づけるだけでなく、さらに具体的な政策提言へと踏み込んだものと言える。

fMRI に関する脳神経倫理学研究としてはこれまで、以上のような解釈

¹ ラシーンらは fMRI を最先端の脳科学技術の典型的なモデルと位置付けている。ラシーンらが fMRI に見出す傾向は多かれ少なかれ他の技術にも見出すことができると推察されるが、とりわけ fMRI のような脳画像技術はその視覚的なインパクトによって本文の以下で述べる三つの傾向をより強く助長する。

の問題とそれに関連する法の問題が中心に扱われてきた。本論では、最近年における fMRI 研究の新たな動向や論点を、「解釈の問題」、「法の問題」、「インフォームド・チョイスの問題」の三つの側面から紹介し検討したい。解釈の問題については、脳画像研究の実際の過程に対する詳細な分析を下地として、専門知と大衆知の違いを具体的に浮き彫りにすることを試みたロスキーズの論文を取りあげる。ロスキーズの論文は、大衆による脳科学的知見の受容がどのような点で誤用や濫用につながりうるのかという問いの解明に資するものであり、前述のラシーンらの理解モデルに対して具体的なコミュニケーション回路の設計指針を与えるものと評価できる。また、法の問題については、健康保険法・障害者法・給付金法に対する脳科学的知見の影響を取り上げたトヴィノの論文を中心に取りあげる。これまで法の問題では、前述のアルパートの論文のように、脳情報に対する法的規制をどのようにかけるべきかという議論や、刑事裁判において脳情報をどのように取り扱うべきかという議論などが中心を占めていた。トヴィノの論文は、これまで看過されがちであった他の重要な法的問題に目を向けさせるものであると評価できる。トヴィノの論文に対する分析からは、法廷での脳科学的証拠の地位がどのようなものとなるかは脳科学をめぐる大衆知がどのようなものであるかに強く左右される可能性があるということが明らかとなる。ここでもわれわれは解釈の問題と法の問題との間にある密接な関連性を見出すことになるだろう。インフォームド・チョイスの問題については、小児に対する fMRI の非臨床的応用に焦点をあてたフェントンらの論文を取りあげて検討を行う。フェントンらは小児に対する fMRI の使用において生じるインフォームド・チョイスの問題を意思決定能力・情報開示・自発性の三つの論点から考察している。小児に対してどのように十分なインフォームド・チョイスを保証しうるかという問題は、小児を解釈者としてどのように評価するかという問題と結びついており、ここでも fMRI をめぐる解釈の問題は切り離すことのできない論点として横たわっているのが確認できる。以下、それぞれの問題を一節ごとに論じてゆこう²。

² 第 2 節（解釈の問題）および第 4 節（インフォームド・チョイスの問題）は

2. 解釈の問題

前節でも指摘したように、fMRI をめぐる脳神経倫理学研究において解釈の問題はその中心をなしてきたと言ってよい。この問題に対し、近年において注目に値する分析を行っているものとしては Roskies 2008 が挙げられる。ロスキーズは fMRI を材料として、人々は脳画像を通じて何をどのように認識しているのか、すなわち、脳画像の認識プロセスに明示的な焦点を当てた考察を行っている。ロスキーズは、脳画像と写真に関して、それらが読み解かれる際のプロセスを比較することにより、両者が主要な諸特徴に関して大きく異なっていることを指摘する。そのうえで、脳画像を一種の写真のように捉える非専門家の傾向に対して警鐘を鳴らしている。

ロスキーズは当該論文において、脳画像における「実際の推論的距離」と「見かけの推論的距離」との差異を記述し、その不一致を説明することを試みる。「実際の推論的距離」は専門家である科学者の推論に、「見かけの推論的距離」は一般の人々の推論に言及するものである。一方で、脳画像研究が探究する現象とその研究によって生み出された画像との間には、実際には数多くの推論のステップが介在している。ロスキーズはこれを「推論的に遠く隔たっている」と表現する。他方で、画像というフォーマットは一般の人々に対して親しみやすく近づきやすいという印象を与え、こうした印象は写真が与えるそれと類似したものであると受け止められる傾向がある。こうした着眼点に基づいて、ロスキーズは脳画像の認識プロセスを写真のそれとの比較において論じるという独自の分析戦略をとる。

ロスキーズによれば、一般の人々は脳画像をあたかも脳活動の「写真」であるかのように理解する傾向がある。写真を通じて、私たちは空間的・時間的に居合わせていない対象を見ることができる。写真は私たちがそこにいたとしたら目にすることになるはずのものを見せてくれるという点で、長い間、証拠として特別なものとみなされてきた。この点で、写真は外界に存在する事物の在り方を告げ知らせる上で視覚と同等の地位を占めるものと考えられている。ロスキーズは写真が証拠としてなぜ特別であるのかを説明するために次の四つの性質をとりあげている。すなわち、模倣性

小口が、第3節（法の問題）は筒井が主に執筆を担当した。

(mimesis)、反事実的依存性 (counterfactual dependence)、理論独立性 (theory-independence)、暴露性 (revelatory) である。

- 1) 【模倣性】ある表象が模倣的であるのは、それが表象する性質 p を同じその性質 p を使って表すときである。写真は、対象がもつ色、形態、視覚的肌理などの視覚的性質の多くをそれらと同じ性質を使って表象するため、視覚的に模倣的である。
- 2) 【反事実的依存性³】写真の内容はそれが写している光景に体系的に依存している。もし光景が異なっていたら、写真もまた異なっていたら（たとえば、人物Aがカメラの前になかったとしたら、写真に人物Aは映っていなかったら）。この反事実的依存性は写真が撮られる際の機械的過程によって保証されている。写真の証拠としての高い地位は、この反事実的依存性とそれに関連する私たちの背景知識に関わっている。
- 3) 【理論独立性】写真の理解に関して要請される背景知識はごくわずかであるため、写真からその内容を推論するためにはほとんど理論は必要とされない。
- 4) 【暴露性】写真はその内容を露にしており、私たちはそれを直ちに読み取れる。

写真に対して視覚と同等の地位を与えているのは以上の四つの性質である。写真はそれが表象している対象に対して推論的に近位的 (proximate) であり、視覚と同様、最小限の推論的なステップを踏むだけで（あるいはまったく踏むことなく）われわれはその対象を理解することができる。

ロスキーズは次に、fMRI によって得られる脳画像に関して、それが上記の四つの性質についてどのように評価されるかを問う。この問いに答えるために、ロスキーズは fMRI が解釈される過程を分解し、それぞれの要素的な過程が有する推論的なステップをさらに詳細に検討している。

脳画像技術を用いた認知研究は、諸々の認知／行動タスクの基礎にある

³ ある出来事 a と別の出来事 b との間に反事実的依存関係が成立しているとは、「事実に反して a が生じなかったとしたら、 b も別様に生じなかつたらう」という条件文が真であるということである。

神経活動を脳画像のなかに特定してゆくことによって行われる。こうした研究における観察対象は、被験者の行動の計測値（ボタン操作、反応時間、誤差、等々）およびタスク遂行の間に収集された fMR データである。脳科学者はこれらのデータから、一方では、認知・行動に関連する要素的過程を、他方では、MR 信号を引き起こす脳活動のパターンを推論しようとする。ここから、ロスキーズは脳画像研究の過程を二つの流れに分離する。一方は脳活動と fMR 画像を関係項とする「因果の流れ (causal stream)」であり、他方は行動的／認知的要素と fMR 画像を関係項とする「機能の流れ (functional stream)」である。因果の流れはさらに二つの下位の関係に分解できる。すなわち、脳活動と生のデータの関係、および生のデータと画像の関係、である。因果の流れにおける脳画像の推論的距離はこれら二つの関係における推論的距離の和として考えられる。このように脳画像に関わる推論過程を分析した上で、ロスキーズはそれぞれの要素的過程に対して詳細な記述を行ってゆく。

因果の流れ (1) 脳活動から生のデータへ

MR 信号は神経活動と直接結びついている訳ではなく、両者は非常に複雑な関係にある。機能的脳画像研究において最も広く用いられているのは血中酸素濃度依存 (blood oxygen level-dependent; BOLD) 信号である。その名が示す通り、BOLD 信号は血中酸素濃度に依存している。これは血流内の水分子のスピンが示す位相散逸の直接的な指標であり、その位相散逸は磁場の安定性の局所的な変化によって引き起こされる。具体的には、脳内の神経活動は以下のような仕方で磁場安定性の変化と結びついている。神経活動は局所的な代謝要求を増大させ、その要求は局所的な血流の増加によって充足される。活動するニューロンは酸素を消費し、それゆえ血流における脱酸素化ヘモグロビンを増加させるのだが、酸素化された血流の供給は酸素の消費を上回り、結果として酸素化ヘモグロビンの純増加を引き起こす。水の磁場安定性は酸素化ヘモグロビンの局所的な増加によって影響を受けるため、これによって BOLD 信号は増加させられる。

ロスキーズの指摘によれば、画像データから脳活動に関する帰結を引き出すステップを検討してみると、数多くの神経状態が同じ信号を引き起こ

しうる上に、それらの可能性を排除する手段を現在の私たちは持ち合わせていないということが分かる。たとえば、同じ磁気安定性の変化は、血液の流量、体積、酸素抽出における変化の異なる様々な組み合わせによって生じさせることができる。また、画像データはそれが興奮性であるか抑制性であるかとは無関係に局所的なシナプスの活動を反映する。これらの相違は機能的にはまったく異なるのだが、MR 信号はこの相違を区別する手だてを与えてはくれない。さらに、MR 信号は離れた領域における閾値下の神経活動を反映している可能性もある。

以上の記述は、MR 信号とそこから私たちが導き出す科学的帰結との間にかなりの推論的距離があるということを示している。こうしたギャップを埋めるためには、私たちは血流と神経活動との空間的・時間的關係に関して様々な仮定を設けなければならない。こうした仮定がいくつかの実験パラダイムにおいて裏付けられたとしても、今度は、その仮定が実験のものとは異なる脳領域において当該のタスクとは独立に成立すると仮定しなければならないだろう。fMRI は神経活動を直接計測するものではなく、神経活動の結果に対して複雑な関係をもつ他の生理学的な諸因子に関わる過程の最終結果を反映するものでしかないのである。

ロスキーズは以上の分析をもとに、脳活動から生のデータへ向かう過程の推論的距離を、上述の四つの基準のうち二つ（すなわち、反事実的依存性と理論独立性）に照らして考察する。生のデータは研究結果としてわれわれが直接眼にする脳画像よりも手前の段階にあり、この段階では模倣性や暴露性に関して語るのは無意味である。だが、反事実的依存性と理論独立性に関してはこの段階で評価を行うことができる。まず反事実的依存性に関しては、確かに脳画像は脳の血流酸素特性に反事実的に依存しているが、正確に言って信号と神経活動との間にどのような依存関係が成立しているのかに関しては、私たちには現在のところ明瞭な理解が欠けていると言わざるを得ない。なぜなら、上述のように、信号と神経パターンとの関係は一对多関係だからである。写真の場合、これとは異なり反事実的關係は相対的に透明で直観的に理解可能である。また、MR 信号と神経活動の關係は理論独立的であると言うにはほど遠く、高度に理論依存的である。

因果の流れ (2) 生のデータからイメージへ

次に、ロスキーズは因果の流れに含まれる第二の関係である生のデータとイメージの関係の検討へと移る。

神経活動を分析する際に使用されるのは、個々人から得られた生のデータそのものではなく、多数の被験者に対する多数の試行を通じて得られた生のデータの集合を統合処理したデータである。こうした統合は平均化によって個々のデータに含まれるノイズを除去するために必要とされる。データは画像として表象されるが、その過程ではいくつもの規約的な選択がなされており、そうした選択は画像の視覚的外観に大きな影響を与える。

ネガとそれをもとに現像された写真とは、被写体の二次元投射に関して同形的である。だが、脳画像の場合、当初のデータは画像的なフォーマットをなしてはいない。それはある種の抽象的なデータ構造として獲得されるが、これをフーリエ変換して空間的なシグナル強度の値へと変形して得られた画像は脳に類似した外観をもつ。以上の変換過程は画像の消費者からは不可視であり、それゆえ脳画像は暴露的ではないと言えよう。

脳画像研究の分野では、現在でも、何が正しい統計的・分析的な手法であるかに関して論争が続いている。こうした不一致からは、異なる実験者間では異なる背景的知識が働いているということが推測できる。また、実験者によって異なる手法が選択された場合、それは脳画像の推論的距離に関して異なる帰結をもたらす。それゆえ、データと画像の関係はここでも一対一対応ではないと言える。

平均化の過程では、個々の脳に関するデータは共通空間へと転送され、個々の脳がもつ構造的な差異は除去される。さらに、平均化した場合でも、個々の脳がもつ機能的な差異は問題であり続けるかもしれない。機能的に賦活した領域の散らばりは、データの統計的な意義を減少させるかもしれない、あるいは、機能的に区切られた実際の領域とは相関しない賦活領域を示すかもしれない。さらに、写真とは異なり、脳画像は一般化された脳の画像であり、個別的な脳の画像ではない。

最後に、脳画像を作成するにあたって、研究者らはいくつもの規約的な選択を行っている。たとえば、閾値下の領域を捨象する、グレースケールの上に赤色（青色）のしみで賦活領域を示す、等々である。こうした選択

は情報内容に影響を与えたり、画像の消費者に対して心理的な効果を及ぼしたりしかねない。また、神経活動の位置やレベルはそもそも視覚的性質ではないため、脳画像は模倣的ではないという点が指摘できる。

以上よりロスキーズは、因果の流れにおいて、模倣性、反事実的依存性、理論独立性、暴露性のいずれの点においても脳画像は写真とは異なると結論する。

機能の流れ

次にロスキーズによる機能の流れに関する分析を見てみよう。

fMRI によって得られる未分析の情報は脳全体にわたる賦活状況を示すものである。その大部分はタスクとは無関係な脳機能に従事しており、タスクに関連するのはごくわずかな領域だけである。こうした情報から認知の機能メカニズムに関する情報を得るには、差分法 (subtractive technique) や事象関連デザイン (event-related design) といった手法が用いられている。ロスキーズは、いずれの場合でも、タスクに含まれる構成要素に対して機能分割 (functional decomposition) を行うことが、解釈にとってと同様に優れた実験デザインにとって不可欠である、と指摘する。

差分においては、ひとつ (ないしは複数) の構成要素を拾い出すために、その構成要素を含むテスト条件と、その構成要素に関してだけ異なるコントロール条件をデザインし、前者から後者を引き算する。この実験デザインの構築において、当該タスクをどのように機能分割するかは実験者がどのような理論のもとにそれを分析するかに依存する。それゆえ、実験デザインと実験結果は、双方とも機能メカニズムに対する実験者の理論的コミットメントに依存していると結論できる。もしタスクの構成要素に関する理論が誤っていたならば、差分の結果として目的とする賦活領域を見誤ることになるだろう。この点は、事象関連デザインに関しても同様である。

また、コントロールタスクの役割は、画像作成の結果として見えなくなるものに対して働いている。実際には、実験の結果得られる画像はテスト条件とコントロール条件の双方に依存しているにもかかわらず、一般の脳画像の消費者の目にはコントロール条件のタスクは無関係なものとして見

過ぎされてしまう傾向にある。

このように、画像は解釈にあたって関連するタスクが何であるかに関する情報を明示的に伝えるわけではないため、それらは暴露的ではない。さらに、タスクの選択と解釈は実験者の仮定した機能分割に依存しており、理論負荷的である。また、画像のなかには認知機能それ自体は表象されていないため、それはトリヴィアルに模倣的ではないと言える。以上より、機能の流れに関しても因果の流れと同様に、脳画像は解釈のステップに関して写真とは大きく異なると結論できる。

以上のロスキーズの分析が示しているように、因果の流れと機能の流れのいずれにおいても、脳画像は写真とは異なり、模倣性、反事実に依存性、理論独立性、暴露性といった性質を有しているとは認められない。にもかかわらず、脳画像は見かけ上これらの性質を有しているように解釈され、推論的距離に関する近位性の錯覚が生み出される。脳画像は脳活動から推論的に遠く隔たっているが、それはそのようには見えないのである。ここからロスキーズは、脳画像を解釈する際には注意が必要であり、とりわけ、大衆に対するその使用は危険なものとなりうると警告を発する。

3. 法の問題

本節では、fMRI 技術がもたらしうる社会的影響について、fMRI と法との関係という側面から検討を加えている議論を紹介しよう。

fMRI 技術が法的問題に関わってくる事例として、まず思い出されるのは、刑事責任能力の有無を裏付ける証拠としての fMRI の利用であろう。フェントンらが指摘しているように、成人の責任能力の欠如を立証する材料としての神経画像化技術の使用はすでに行われている (Fenton et al 2008: 6)。また、fMRI 技術と法に関する諸研究の動向についてまとめられた Tovino 2007 においても、刑法と法的証拠は、fMRI 技術の進歩が持つ法的含意の研究において、最も関心を集めているテーマとされている (Tovino 2007: 52)。

だが、前述のトヴィノ論文においては、fMRI が刑法のみならず実に様々な法律に絡んでくることが示されている。トヴィノはこの論文で米国の状

況のみを取り上げているが、それでも具体的に挙げられる法律・権利は(知的)所有権・消費者保護法・雇用法・黙秘権・プライバシーの権利など多岐にわたる。問題の例としては、以下のようなものが挙げられている。

(MRI 機器それ自体に対してではなく) fMRI 技術のある特定の利用法に対し、特許権は生じうるのか。私企業による fMRI うそ発見サービスの商品化はすでに始まっているが、「客観的手法」などという売り文句をつけることは広告法規に抵触しないのだろうか。雇用者が就職希望者や被雇用者の fMRI データを取り、それに基づいて雇用するかしないかを決定することは法的に許されるのだろうか。政府による、個人の脳を調べる目的での fMRI 使用は、米国憲法修正第一条(表現、宗教の自由)や第四条(不法な捜索、押収の禁止)、第五条(黙秘権)などによってどのように制限されるのだろうか。

そして、トヴィノは *Tovino 2008* において、脳科学的知見が持ちうる法的含意に関し、これまで注目されてこなかった話題——即ち、健康保険法・障害者法・給付金法に対する脳科学的知見の影響を取り上げている。

トヴィノは米国における、精神障害に対する健康保険や社会保障制度の適用をめぐる様々な訴訟の中で、脳画像研究がどのように用いられてきたかを、具体的事例を通して紹介する。脳画像研究と健康保険・社会保障の関わりを知る上で重要となるのが、これらの制度において、精神障害が身体障害に比べ不当に低い扱いを受けてきたという歴史的事実である。この背後には、「精神障害は教育や本人の性格に問題があるために起こる」といった誤解と、それに基づく患者への軽蔑や恐れといった悪いイメージがあると考えられる。このような現状を受けて、20年ほど前から、健康保険法・政策、とりわけ私的・公的健康保険の給付対象の範囲に影響を与える目的で、精神障害に関する脳画像研究が引き合いに出されるようになっていく。注目すべきは、原告側が「自分の障害は精神的ではなく身体的なものであり、それゆえ保険適用においても身体障害と同等の扱いに値する」という主張を裏付ける証拠として、脳画像研究を用いていることである。

トヴィノは、精神障害に対する健康保険適用の変化と、それに関して注目すべき判例を以下のようにまとめている。1970年代初頭より、精神障害に対する給付金を減らす雇用者が増加し、続いて民間保険も同様に、精神

障害を身体障害に比べてあまり深刻でないものとして扱うようになった。これにより、精神障害の患者の生活に深刻な被害が生じた。このため、1980年代後半から90年代初頭にかけて、精神障害に対する付加給付を認められなかったために保険会社を訴える患者たちが出てくる。彼らの主張は、自分たちの症状が精神的というより身体的なものであるというものだった。訴訟では、原告側の専門家が行動科学・脳科学の進歩に言及するのが常であった。例えば、1987年のアーカンソーでの判例では、双極性障害の診断を受けた娘を持つ父親が Blue Cross Blue Shield (BCBS) 社を提訴し、3人の精神科医と二人の臨床心理士の証言により娘の障害が BCBS 社における身体障害の条件に該当することを認めさせた。だがその後、BCBS 社はすぐに保険約款を改定してしまった。1989年カリフォルニアでの判例、1990年第八巡回裁判所での判例では、精神障害の原因が身体的か精神的かではなく、症状が身体的か精神的かという点が判断基準にされた。1990年の判例では、一般の人々は原因でなく症状によって判断するだろうということが根拠として挙げられている。後に他の裁判所もこの基準に倣っている。2006年から2007年にかけてのコロンビア地裁での判例では、原告側は双極性障害が神経生物学的障害であることを主張し、保険会社は DSM-IV の分類を元に、この障害が精神障害であると主張した。地裁は原告側の主張を受け入れ、翌年には、原告が実際に双極性障害を患っているといえるかどうか争点となった。保険会社は初め、脳スキャンによって変化が検出できなかったため、原告は双極性障害ではないと主張したが、その後、脳スキャンによる診断はまだ不可能であることを認め、主張を取り下げた。結局、判決は原告側に有利なものとなった。

これらの判例の後、連邦議会や多くの地方議会が、一部の保険プランに対し身体障害と精神障害の取り扱いの同等化を求める法律を可決した。この法律の規制外にあるプランに関する訴訟の結果は、そのプランでの精神障害の定義とそれに対する裁判所の解釈に依存することとなった。

以上のような流れを受け、トヴィノは、MRI・fMRI 技術を含む脳科学の進歩が保険の適用範囲をめぐる論争に対して今後もたらず影響を、次のように予測している。

- 1) 原告は今後も、精神障害が本質的に生物学的であって、それゆえ身体障害と同等の給付に値すると主張するために、行動科学・脳科学の知見を利用し続けるだろう。
- 2) 1)のような原告の主張は、障害の原因に焦点が当てられるような司法管轄区ではそれなりに成功を収めるだろう。とりわけ、DSM-IV の分類 1 : 臨床的障害 (統合失調症、双極性障害など) や、分類 3 : 1, 2 分類の障害の発達、持続、悪化に関わる一般的身体障害 (脳損傷や、精神障害の症状を引き起こしうるエイズなど) の障害に関して成功するだろう。
- 3) その他の精神障害に関して、訴訟の結果は障害の原因、治療、症状のどれに焦点が当てられるかに依存するだろう。第一印象となる症状が身体的か行動的かにもよるが、もし行動的なものであれば、原告側の専門家が陪審に、その行動が脳の異常に基づいていると思わせることができるか否かが関わってくる。
- 4) 脳の様々な部位の BOLD 活動が、感情や注意、運動能力、知覚、作業記憶などと相関していることを示す脳画像研究を受けて、このような心の働きに関わる兆候や症状が脳の異常に基づくものだと主張する原告も出てくるだろう。
- 5) 保険会社側は、精神障害を脳スキャンによって診断することはまだ不可能であるとか、原告は精神障害の客観的証拠を提供するような脳スキャンを提出できていないといった反論をするだろう。
- 6) fMRI を用いたうそ発見に関する主張の、法的証拠としての関連性・信頼性を評価する基本的原則はすでに専門家によって提案されている。fMRI 画像が証拠として用いられる保険適用範囲の訴訟においても、同様の関連性・信頼性評価が問題となるだろう。
- 7) 行動科学・脳科学に関する理解が一般大衆に広まっていけば、一般の人々の知識の程度に訴える基準が、精神障害を身体障害として見る原告側に有利なものとなるだろう。

トヴィノはまた、1990 年代より、精神障害の医療保険適用を身体障害と同等にすることを求める動きが連邦レベル・州レベルにおいて成功を収めてきた過程や、精神障害に対する障害年金・社会保障制度の適用に関する

論争においても脳画像研究が障害の立証材料として用いられるようになってきた過程も紹介している。総じて、保険適用に関する精神障害と身体障害の同等化の要求は認められるようになってきており、その動きの中でfMRIなどの脳科学的知見に訴える主張は看過できない役割を果たしているといえよう。だが、注意すべきは、脳科学的証拠だけでは必ずしも十分でない場合が生じうるということである。障害の条件として、単に脳の器質的な異常のみならず、実際に仕事や生活に支障をきたしているという、医学的・社会的証拠が要求されるケースもある。

結論としてトヴィノは次のように主張している。脳科学的知見は、精神障害と身体障害の同等化を求める人々にとって一つの有効な立証材料となりうる。だが、今後の健康保険法・政策をどうしていくべきかという問いに対し、脳科学によって答えが与えられるわけではない。例えば、ある脳の構造・機能上の違いを脳の特徴として捉えるべきか障害として捉えるべきか、様々な身体・精神障害に対して健康保険金をどのように分配すべきか、給付金の適用範囲を広げることの利益とコストをどう評価すべきかといったもろもろの問いに対して、脳科学によって答えることはできないのである。また、脳科学は医療の必要性をどう定義すべきかという問いにも答えてはくれない。この問いは結局、国が健康保険に関してどのようなモデルを採用するかという問題につながる。例えば医学的に定義された逸脱を臨床の対象とし、疾病・障害の影響を減らすことを医療の目的とする「正常機能モデル」、または本人が選んだのではないような個人の能力の制約を臨床の対象とし、個人の能力を高めることを医療の目的とする「能力モデル」、あるいは本人が選んだのではないような個人の幸福の可能性の制約を臨床の対象とし、個人の幸福の可能性を高めることを医療の目的とする「福祉モデル」などが考えられる (Sabin & Daniels 1994, note 10, at 10-11)。

精神障害への健康保険適用をめぐる訴訟に関して脳科学的知見がもたらす問題には、もちろん前節で見たfMRIの解釈の問題が関わっている。前節で見た通り、fMRI画像は必ずしも脳活動のあり方を忠実に示したものではない。従って、fMRI画像がどのような事実の証拠たりうるかについて評価する際には慎重な検討が求められる。

だが、ここにおいて生じてくる問いは、単に解釈の問題だけにはとどま

らないといえよう。上で見た様々な判例において、原告側は「精神障害は、実は脳の器質的異常という身体障害に他ならず、従って身体障害と同等の扱いを受けるべきである」という主張を裏付けるために、脳科学的知見に訴えている。だが、このような主張に対し、脳の器質的異常のみならず、障害によって実際に社会生活上の困難が出ていることを示す証拠がなければ、適切な保障の対象として認められないというケースも出てきている。結局のところ問題となっているのは、精神障害とはどのように特徴づけられる障害であり、その特徴付けに基づけば、どの程度までの保障が提供されるべきなのかということである。

ここでは、「保険・保障制度による保護の範囲となるような障害とはそもそもどのようなものか」という、健康保険・障害者法・給付金法に関する根本的な問いが生じていると言える。法的問題において脳科学的知見が持ち出される際には、そもそも法による保護・規制が及ぶ範囲をどのようなものとするかという問いが関わってくるのである。この点は、Eisenberg 2008 や Fins et al. 2008 によって示された、患者の同意能力や意識の有無を判定する新たな基準として fMRI データをどう評価するかという問いにも共通しているといえよう⁴。法廷において脳科学的証拠の使用が一般的になるにつれ、この証拠を従来の行動科学的・医療的・社会的証拠とどう関連づけるのかという問いは看過できないものとなるだろう。脳科学的証拠はいずれかの証拠と同一視されるべきなのか、それとも異なる法的証拠としての位置づけが検討されるべきなのであろうか。

この点に関して、注目すべきはトヴィノの論文で言及されていた "layperson standard"、即ち一般の人々が精神障害の有無をどのように判断しているのかに倣うという基準である。トヴィノも述べているように、今日のマスメディアは、脳画像研究をはじめとする脳科学技術の進歩に関する一般大衆向けの情報で溢れており、それによって一般の人々の脳科学に対するイメージも大きく変化してきているといえる。このような脳科学のパブリックイメージの変化は、直接的・間接的な形で、脳科学的知見の

⁴ この問題について、詳しくは本資料集に掲載の「神経画像は意識障害をどのように解明するのか—議論の最近年の動向」（戸田総一郎）を参照されたい。

法的位置づけにも関わってくるといえよう。

4. インフォームド・チョイスの問題

最後に、小児に対する fMRI の使用にともなうインフォームド・チョイスの問題を扱ったフェントンらの論文を取りあげよう。フェントンは Fenton et al. 2008 において、小児に対して将来的に行われると予想される fMRI の非臨床的応用を、教室と法廷という二つの場面に的を絞って分析し、それがもたらすと懸念される倫理的問題、特に fMRI を受ける際に誰がどのように意思決定を行うのかという問題を論じている。臨床的応用においては、それが小児の健康の回復や福祉の向上を目指すものである限り、非臨床的応用に比べてよりパターンナリスティックな意思決定が許容される傾向がある。しかし、治療という目的をもたない非臨床的応用においては、意思決定の比重が fMRI を受ける側により大きくかかってくるため、その際の意思決定に関しては、臨床的応用とは若干異なる視点からの分析が求められてくる。

フェントンは fMRI の教育現場における応用を次の三つの場面で進行するものと予想する。

- (1) 学習・記憶・推論などに関する発達研究に基づいた新しいカリキュラムの開発
- (2) 学習障害の分類および診断による、生徒に応じた適切な学習プログラムの提供
- (3) 暴力的傾向など潜在的な反社会的特性の同定

また、司法システムにおける応用としては次の三つの場面を予想している。

- (1) 裁判を受ける能力の有無の選定
- (2) 刑事責任能力の有無の選定
- (3) うそ発見

これらの応用は現在のところいずれも本格的な実現には至っていないが、実現されれば小児の学習能力や訴訟能力の判定に関して現在の判定方法に比べてより客観的な証拠を提供すると考えられているため、現場の関係者からの期待は非常に大きい。

フェントンらは、こうした非臨床的応用に伴うと考えられる倫理的問題としてインフォームド・チョイスの問題を取りあげている。インフォームド・チョイスには一般に意思決定能力・情報開示・自発性などの諸要素が含まれている。以下、小児に対する fMRI の応用に即して、それらの諸要素に関連して生じる問題を順番に論じてゆきたい。

まずは意思決定能力に関わる問題を考察しよう。医療関係者は、子どもが治療上の決定を自ら行うことができるか、あるいは、そうした決定に関して保護者の権威に従うべきかを決定するという選択肢の前にしばしば立たされる。fMRI の非臨床的応用に関しても、その意思決定における子どもの役割は考察すべき中心的な問題であり、当該の子どもが fMRI の使用を自ら決定する能力を有しているとみなしうるかは慎重に判断されなければならない。また、フェントンらは論じていないが、子どもの健康や福祉を目的としているがゆえに比較的正当化されやすい臨床的応用の場合とは異なり、非臨床的応用においては、その目的が子どもの将来のためのものとして正当化されうるかどうか改めて問われるべきであろう。

さらに情報開示に関わる問題も挙げられる。実際の応用の場面では、fMRI の使用を許諾するか拒否するかを決定する前に、子ども（あるいは保護者）は fMRI の性質と目的を理解していなければならない。こうした情報の開示は、たんに潜在的な利益に関してだけでなく潜在的な害悪に関しても行われる必要がある。fMRI に横たわることは恐れや不安、ストレスを誘発する可能性があり、とくに精神障害を抱えた子どもの場合こうした害悪の可能性は大きくなる。こうした子どもには時に鎮静剤の投与も必要になるかもしれず、その場合にはアレルギーや呼吸困難、発作、吐き気、睡眠障害などの副作用の危険性が伴う。子ども（あるいは保護者）はこうした潜在的な害悪の度合いと見込みを理解した上で選択をなさなければならない。

また、自発性に関わる問題も看過してはならない。もし教育上や法廷上における fMRI の使用が常態化したとしたら、それは暗黙的な強制力をもつことになり、自発的に拒否することは難しくなるかもしれない。こうした点は、fMRI に関する政策決定の場面で慎重に考慮されるべきである。特に子どもは進学に関して教育上の熾烈な競争にさらされているため、も

し fMRI が教育機会を選定する過程に組み込まれるとすれば、その使用を拒否することは享受可能な教育資源の質を自ら低下させる結果を招くことになりかねない。こうした場合、子どもやその保護者に対する強制力は看過できないものになるだろう。それゆえ、もし fMRI の非臨床的使用を行おうとするならば、子どもであれ保護者であれ、当該の判断主体が fMRI の使用において自発的に意思決定を行いうる環境を整える必要がある。

5. 今後の展望

以上、fMRI に関する最近年の脳神経倫理学研究を、解釈、法、インフォームド・チョイスの三つの側面から紹介してきた。最後に、以上の研究動向を踏まえてそれぞれの問題に関して今後の展望を述べ、その上で合わせて総括を行いたい。

まず解釈の問題に関しては次のような課題が挙げられる。先にロスキーズの研究に即して確認したように、脳画像に対して非専門家が認める推論的距離は、実際の推論的距離に比べて相当程度近く見積もられる傾向にある。こうした推論的距離の誤認は、冒頭で紹介した神経リアリズム、神経本質主義、神経政策などの傾向と組み合わせられた場合、脳画像情報に関する誤用や乱用を招いてしまう危険性がある。したがって、脳画像化技術の臨床的・非臨床的な応用可能性に対する期待の高まりを背景として考えるならば、今後は、脳画像化技術の実際の運用状況をにらみつつ、その誤用や乱用をいかにして防ぐかが早急な研究対象とされるべきであろう。こうした研究は制度に関する側面とリテラシーに関する側面という二つの側面からのアプローチを必要とする。一方で、法やガイドラインの策定によって情報の利用目的や流通範囲に関して規制をかけると同時に、他方で、そうした規制の必要性を最小限に留めるためにリテラシーの向上が図られなければならない。

次に、法の問題に関しては今後の課題として以下のことが挙げられる。脳画像を法的証拠としてどのように評価すべきかという問題には、これからの脳科学の動向のみならず、社会において脳科学的知見がどのように紹介され、評価され、浸透していくかということも大きく関わってくるだろう。この点に関して、日本の司法制度における脳科学的証拠の取り扱いに

は、より関心が向けられるべきである。上で紹介した論文は全てアメリカ合衆国の状況を示したものであるため、同じ議論が日本の司法制度においてそのまま適用されるとは限らない。日本の司法制度においては昨年、一部の刑事裁判への裁判員制度の導入という大きな変化があった。すると、裁判員となる一般の人々が脳科学に対してどのようなイメージを持っているかということは、刑事裁判における脳科学的証拠の用いられ方、評価のされ方に、今後少なからず影響を与えていくと予測される。日本の裁判における脳科学的証拠の利用に関する現状や、脳科学的証拠の適切な利用・評価のための基準設定について、早急に調査・研究が進められるべきであろう。その際に、解釈の問題をめぐる議論が十分に踏まえられるべきであることは言うまでもない。

最後にインフォームド・チョイスに関しては次の課題が挙げられる。前節のなかで紹介したフェントンらの論文は、fMRI の非臨床的応用が行われる場面として教室と法廷の二つの場面を想定していた。しかし、子どもに対して fMRI が使用される場面としては、さらに「実験」という場面を考慮に入れる必要があるだろう。教室や法廷での使用はいったん実験室での使用を通過してきた上でのものである。実験現場は人々が新しく誕生してきた脳画像技術とはじめて接する場となりうるため、教室や法廷において生じるものとは別の倫理的課題が考慮の対象となることが予想される。特に、コホート研究などの実験課題に参加する場合には、関連する測定技術がもたらす長期的な影響に関する評価も必要とされるだろう。こうした問題については研究倫理と脳神経倫理との協働を通じて検討が行われるべきである。

さらに言えば、法の問題とインフォームド・チョイスの問題においては、裁判員となる一般の人々や fMRI を受ける小児といった、脳画像を認識し理解する主体が当該の脳科学技術に関してどの程度の解釈能力を有しているのかを適切に評価する必要がある。また、フェントンらが法廷における小児に対する fMRI の使用を分析対象としていたのを見ても明らかなように、法の問題と解釈の問題、インフォームド・チョイスと解釈の問題だけではなく、法の問題とインフォームド・チョイスの問題も互いに連関させつつ論ずる必要がある。こうした点を鑑みるならば、本論で取りあげた三

つの問題については、われわれはそれらを相互参照しつつ探求を進めてゆくべきであると言えよう。そのためにも、fMRI をめぐる今後の脳神経倫理学研究は、総合的な視点からの論点整備を繰り返し行いつつ、関連する知見を各領域の間で互いに取り入れながら現実の諸問題に対処してゆかなければならないだろう。

参考文献

- Alpert, S., 2007, "Brain Privacy: How Can We Protect It?", *The American Journal of Bioethics*, Vol. 7, No. 9, 70-73.
- Bechtel, W., in press, "The Epistemology of Evidence in Cognitive Neuroscience", in Skipper, Jr., R., et al (eds.), *Philosophy and the Life Sciences: A Reader*, Cambridge, MA: MIT Press.
(<http://mechanism.ucsd.edu/~bill/epist.evidence.bechtel.july2004.pdf>にて閲覧可能)
- Eisenberg, J. B., 2008, "Schiavo on the Cutting Edge: Functional Brain Imaging and its Impact on Surrogate End-of-Life Decision-Making", *Neuroethics*, Vol. 1, 75-83.
- Fins, J. J., et al., 2008, "Neuroimaging and Disorders of Consciousness: Envisioning an Ethical Research Agenda", *The American Journal of Bioethics*, Vol. 8, No. 9, 3-12.
- Fenton, A., Meynell, L., Baylis, F., 2008, "Ethical Challenges and Interpretive Difficulties with Non-Clinical Applications of Pediatric fMRI", *The American Journal of Bioethics*, Vol. 9, No. 1, 3-13.
- Racine, E., Bar-Ilan, O., and Illes, J., 2005, "fMRI in the Public Eye", *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 6, 159-164.
- Roskies, A. L., 2008, "Neuroimaging and Inferential Distance", *Neuroethics*, Vol. 1, 19-30.
- Sabin, J. E. and Daniels, N., 1994, "Determining "Medical Necessity" in Mental Health Practice", *The Hastings Center Report*, Vol. 24,

No. 6, 5-13.

Tovino, S. A., 2007, "Functional Neuroimaging and the Law: Trends and Directions for Future Scholarship", *The American Journal of Bioethics*, Vol. 7, No. 9, 44-56.

Tovino, S. A., 2008, "The Impact of Neuroscience on Health Law", *Neuroethics*, Vol. 1, 101-107.

第三章 神経画像は意識障害をどのように解明するのか — 議論の最近年の動向

戸田聡一郎

1. イントロダクション

われわれは普段、「意識的な」生活を送っている。ここでいう「意識」という用語は、われわれが日常で何気なく使っている、馴染み深い単語である。しかし実際に「意識」について定義付けを行おうとすると、この単語が持つ曖昧さと多様性が原因となって、その定義は混乱してしまう。その曖昧さのために、「意識」は近年まで科学の研究対象とならなかった。しかし、クリックが「意識」を科学的に扱う端緒を開いて以来 (Crick 1994)、意識研究は神経科学の大きなテーマとなり、いまや多くの科学者が積極的に「意識」を研究対象にしつつある。意思決定を基礎にした健常者の意識研究の知見が数多く蓄積されているなかで、一般に意識障害 (disorders of consciousness, DOC) と呼ばれる医学的病態にも、科学的な分析が加えられるようになってきた。DOC は脳損傷に起因する病態であり、睡眠—覚醒サイクルは保存されているにもかかわらず、自己もしくは周囲の環境に対して「意識」がない、あるいは著しく減弱している状態であると定義される。遷延性意識障害、いわゆる植物状態 (persistent vegetative state, PVS) や、最小意識状態 (minimally conscious state, MCS) がこれに含まれる。しかし、覚醒していても「意識がない」という状態は、脳科学的にどのように記述されうるのか。もっと端的にいうなら、DOC であるということとはどのようなことなのか¹。ここにおいて再度「意識」の定義づけの問題が現れることとなる。しかし、同じ問いを立てていながら、DOC の意識研究は健常者における意識研究とは異なる観点を提供している。すなわち、DOC の研究は、損傷した脳部位を同定し、損傷に起因する機能不全を研究することで、意識的な認知機能の神経基盤を探るという、意識へ

¹ Laureys らは文字通り "What is it like to be vegetative or minimally conscious state?" というタイトルの総説を發表している (Laureys & Boly 2007)。

の神経心理学的なアプローチを可能にしている²。このアプローチ方法は有力であり、ここ十数年間で DOC にかんする脳科学的知見は急速に蓄積されてきた。その一方で、意識を扱う研究に特有の問題も重要視され始めている。

もともと DOC は、純粋に神経学的な病態として研究され始めた³。この神経学的研究手法が変化したのは、「意識」を科学的に扱おうとする強力な動機づけがあったためである。意識研究の潮流のなかで、DOC は最新の脳科学技術を用いて精査されるようになった。それら技術の代表例が、機能的核磁気共鳴画像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)をはじめとした神経画像技術や、脳深部刺激療法(deep brain stimulation, DBS)であった。これらを用いた研究には画期的な報告が数多く存在する(たとえば Owen et al. 2006; Schiff et al. 2007)。

このような状況下で指摘され始めた DOC にまつわる第一の問題は、それら画像技術が生み出す、解釈の問題である。運動機能を失った DOC 患者の神経画像を解釈することは、患者に残存する「意識」についての解釈を行うことと同義であるといつてよいだろう。もしここで解釈を誤れば、診断・予後の判断に混乱をきたすことになる。

DOC をめぐる第二の問題は、神経画像の結果と、従来の行動学的指標をもとにした診断基準との齟齬にかんするものである。もし DOC 患者を目の前にしたとき、われわれは患者の行動学的指標を信じればよいのか、それとも神経画像から得られる示唆を信用すればよいのか。

これら二つの問題は、それぞれが、臨床上解決すべき課題を抱えている。

第一の問題においては、解釈の仕方に依存して、意識を持つ患者を誤って意識がないと判断してしまう可能性をはらんでいることが指摘できる。または逆に、意識を持たない患者に対して、意識があると判断を下してしまう可能性もある。意識がないと解釈された「意識ある」患者は、本人の事前意思に関係なく、死への手続きへと導かれるかもしれない。また、意

² 「神経心理学 (Neuropsychology)」は、脳損傷を扱う神経科学であり、損傷部位と患者の認知機能を対応付けることで、通常脳における当該部位の機能的役割を探求する学問である。

³ 「神経学 (Neurology)」は脳神経系を扱う内科学である。

識があると解釈された「意識がない」患者は、無益な治療を受け続けることになるだろう。加えて、画像の解釈を誤り、誤診がなされると、家族や看護者に大きな負担をかけることになる。もしもこの問題を解決できるのであれば、DOC 患者に対する態度決定は容易なものになるだろう。しかし解釈の多様性は、画像技術の臨床応用にとって不可避的な問題である。現状では、画像の適用範囲はぼやけており、診断・予後の判断においてどのような利用のされ方が適切なのかは、不明確なままである。

第二の問題においては、家族・医療者が、それぞれ異なる患者の代弁者として、どのような期待を持ち、どのような証拠を採用すればよいかという重要な問題が含まれている。より正確に意識を反映するような診断基準の確立は、患者の同意能力の確保にもつながるだろう。

これらの臨床上の問題群は、最終的には DOC 患者のケアの在り方はどうのようなものであるべきかという、DOC が認知され始めた当初から存在する倫理的問題の解決に向けての、重要な手がかりとなる。医療者または家族が、患者に対してどのように接すればよいかという問題の解決は、意識研究を標榜する DOC 研究が最終的に目指すべき目標であろう。最新の脳科学技術をめぐる問題群に覆い隠されているが、DOC 患者に対するケアのあるべき姿という旧来の大きな問題は、いまだ解決されずに残っている。このケアの問題を常に見据えつつ、本稿ではこれら 2 つの問題、および、神経画像がケアの現場に及ぼす役割についての最近年の議論の動向を概観する。

2. DOC 患者における画像解釈の問題

2008 年の *American Journal of Bioethics* の DOC の特集号は神経画像の解釈について、綿密な考察を行っている。本節ではその論文群のなかから Farah の論文を基礎にして議論を行う (Farah 2008)。

個別症例から、DOC 患者については、各患者が固有の脳損傷パターンを見せることが分かっている。その意味で、DOC は症候群的である。したがって、将来、病歴調査、あるいは長期的な神経学的検査から有益な情報を得るためには、患者の脳損傷パターンを個別化する必要がある (Fins et al. 2008)。画像研究は、脳損傷パターンの解剖学的・生理学的な差異を

明らかにするだろう。それと同時に、機能的な差異をも詳細にする役割を担う可能性がある。前者の解剖学的・生理学的な差異は、これまでよく研究されてきた（たとえば Adams et al. 2000; Levy et al. 1987）。この種の差異は客観的指標が設定しやすいために（部位別の体積変化、脳全体のグルコース消費量など）、画像による類型化は行いやすい。対して、DOC 患者の脳の機能的な差異を類型化することには、より多くの困難が伴う。なぜなら、神経画像以外に、患者の心的機能を推定できる判断材料がないからである。DOC における診断基準には、外界からの刺激に対して有意な反応ができないことが含まれている⁴。その無反応である患者を被験者として、課題を行わせ、そのときの脳活動を撮像するとき、神経画像のみから、患者の心的機能を推定することができるだろうか。

心の哲学の一般的な見解では、ある心的状態に対応する脳状態は、その心的状態なしには起こりえない⁵。意識を物理的対象とみなし、デカルトのいう「精神」のような非物理的対象を否定するのであれば、この見解は妥当なものである。したがって神経画像は、行動とは違う仕方で、患者の意識的な思考プロセスを直接提供するものだとも考えられる。以下では、意

⁴ たとえば、植物状態(PVS)の米国における診断基準は以下のようまとめることができる(Multi-Society Task Force on PVS 1994)。

- ①自己または周囲の環境を認識しているという証拠を全く示さない。他者と相互交流ができない。
- ②視覚的、聴覚的、触覚的、あるいは不快刺激に対して持続的に、再現性を持って、意図的あるいは自発的に行動しているという証拠を全く示さない。
- ③言語を理解したり表現しているという証拠を全く示さない。
- ④睡眠-覚醒サイクルははっきりしている。
- ⑤視床下部および脳幹の自律的神経機能が十分に残っている。
- ⑥し尿失禁状態にある。
- ⑦ある程度の反射行動（瞳孔反射・嘔吐反射など）は残っている。

これらの特徴が1か月以上継続するとき、PVSの診断が下される。

⁵ この主張は付随説と呼ばれ、心の哲学における有力な立場の一つである物理主義を特徴づけるものである（cf. 美濃 2004）。

識的な「表現」を行わない DOC 患者から得られた神経画像から、患者の心的機能を解釈するための方法についてまとめる。Farah によれば、DOC 患者の意識を推測する画像研究には、質的に異なる 3 つの研究（アプローチ）方法が使われてきた（Farah 2008）。それぞれの方法によって、解釈の仕方は異なってくる。

第 1 のアプローチ方法では、通常では意識を伴う高次の認知機能が、患者に残存しているかどうかを調べる。Schiff らの 2005 年の実験を例にとろう。2 人の最小意識状態（MCS）患者⁶を被験者として、意味のある文章を聞かせたときと、その文章の逆向き再生音（意味のない音）を聞かせたときの脳活動の違いを fMRI で調べた。そのときの脳活動は健常者と似通っており、重度脳損傷患者でもある程度の言語理解の機能がネットワークとして保存されていることが示唆された（Schiff et al. 2005）。ここでの神経画像の解釈に付随する潜在的な仮定は、「言語理解のような高次の認知プロセスは、意識なしでは遂行されない」というものである。しかし、高次の認知プロセスにおいても、無意識的に処理されている機能が多数ある⁷。また、行動が意識されない症候群が存在する。自動症においては、自動車を運転する、ピアノを弾くといった洗練された行動でさえ、意識されないようである（Levy 2008）。脳損傷患者では、そのような意識と認知の乖離が起こっている可能性がある。この可能性については、Schiff らの実験結果を解釈する際にも、注意を払っておく必要がある。たとえば、この実験中、健常者は逆向き再生音に対しても、通常再生と同様の有意な脳活動変化を見せたのに対し、MCS 患者は逆向き再生音に対して反応を見せなかった。この結果は、通常再生音を刺激音として得られた患者の神経画像に

⁶ MCS は、DOC を代表する病態の一つであり、持続的な追視、物体へのリーチング、質問に対するジェスチャーでの反応、適切な感情表現、意味のある発話などを、一貫性はないが意味のある形で示すような状態である。患者がここに挙げた特徴の 1 つ以上の証拠を示せば、MCS であると診断される（Giaccio et al. 2002）。

⁷ その例としてプライミング効果が挙げられる（Dehaene et al. 1998）。被験者に“sheet”という単語を 50 ミリ秒間見せた後、その単語を別の刺激でマスクすると、“sheet”という単語は被験者に意識されない。しかしそのあと、被験者に“she-“で始まる単語を挙げてもらおうと、他の単語よりも高い確率で“sheet”と答えてしまう。

ついて、その解釈に変更を迫るものかもしれない。なぜ逆向き再生音には反応しなかったか、その理由を患者に尋ねる方法は存在しないため、通常再生音に対しても、健常者と同じ仕方で意味認知を行っていたか、そしてそれを処理しているという自己意識があったかどうか、不明確となる。

第2のアプローチ方法では、意識の相関物にかんする認知神経科学の知見を利用する。先述した心の哲学の見解を採用すると、もし2つの同じ脳状態が得られたならば、2つの脳は同じ心的状態を経験している。1つめの方法は、「同じ脳状態」だと結論するための構成要素が不明確であるために、解釈に混乱が生じた。そこで2つめの方法では、既に報告されている無意識と意識を切り分ける神経活動パターンが、脳損傷患者で保存されているかどうかを調べる。ここでは単にある領域の活動の増減だけを調べるにとどまらない「活動パターン」という新たな要素を取り入れることで、詳細な分析が可能になっている。ここでは Boly らの実験を例にとろう。彼女らは PVS 患者、MCS 患者にクリック音を聞かせてそのときの脳活動を調べ、活性化している部位同士が相関関係にあるかどうかを調べた (Boly et al. 2004)。Boly らは他の実験を分析して、意識的な健常者が聴覚処理をするときの意識相関パターンを見出した。そしてそのパターンが、MCS 患者では保存されている一方で、VS 患者では保持されていないことを示した⁸。この研究手法で得られた画像の解釈における潜在的な仮定は、「意識はある脳活動パターンによって生起する」というものである。意識の神経相関を調べるうえで、この仮定は妥当なものである。現段階ではこの研究手法を用いた実験数が少ないことが、さしあたっての課題である。異なる病態の患者を被験者として、異なる刺激を用いた実験を多数行う必要がある。また、パターン解析における時間解像度の問題も解決すべき大きな問題となってくるだろう。

第3のアプローチ方法では、患者の脳活動を、明示的な行動の代理として解釈する。Owen らはこの手法を用いて、PVS の診断基準を満たしてい

⁸ このネットワークは上側頭回(ブロードマン 42 野)と、対側の前頭前野(ブロードマン 9 野)との活動相関である。両者の血流変化は、MCS 患者では健常者と同様に正の相関がみられたが、VS 患者では正・負どちらの相関もみられなかった。

る患者に心的想像を課す指示を与え、健常者と同様の脳活動を得た(Owen et al. 2006)。この患者は、テニスの想像をするよう指示したときには運動の想像に関連した脳領域の活動を見せた。また、家の中を歩く想像をするよう指示すると、記憶を頼りに進んでいく想像に関連した脳領域の活動が観察された。驚くべきことに、そこで得られた神経画像は健常者のそれと変わらなかった。ここでの潜在的な仮定は「意識的な気づきなしには命令に従うことはできない」というものである。この仮定に対しては批判もある。患者における脳活動は自動的・無意識的に引き起こされたものであり、得られた画像は、心的想像という認知的な意識を反映しているものではない可能性がある(Nachev & Husain 2007)。また彼らは、同じ脳画像が得られても、得られた脳画像が当該の心的状態のときにのみ得られるという証拠がなければ、患者と健常者が同じ認知課題をこなしているとは結論できないといった批判も行っている。この批判には再反論がなされており(Owen et al. 2007; Boly et al. 2007)、健常者での脳活動のデータベースを患者に適用する基盤ができつつある。

Farah は第1のアプローチ方法は意識と認知との間の関係について誤った仮定を行っていたと結論する。その一方で残り2つのアプローチ方法は将来性があるとしている。第2の方法については、かなりの専門的知識を要するが、第3の方法である行動の代理反応としての脳活動は、DOC 患者を見守る家族等の当事者には理解しやすいものだろう。Fins らが指摘するように、根拠のない過剰な期待や、性急な希望は抱くべきではないが、解釈しやすい新たな実験パラダイムがこれから必要とされている。

3. 神経画像か、行動学的指標か

意識障害においては、神経画像がすべての臨床上的問題を解決できるわけではない。本節では、PVS における神経画像の役割を論じた Owen と Coleman の最近年の論文(Owen & Coleman 2008)をたたき台として、行動学的指標と神経画像とがどのような相違を持ち、将来的にどのように補いあうことができるかについて概観したい。

臨床においては、PVS や MCS は、行動学的指標を用いて診断がなされる。PVS の臨床での診断基準については、前述の脚注4に示したとおりで

ある。PVS 患者に限って言うならば、彼らは睡眠と覚醒の周期を見せ、瞬きをし、目を動かし、嚙下し、声を出し、顔をしかめ、手足を動かすことができる(バーナット 2007)。しかし、その反射行動(と思われる行動)のなかから有意な反応を取り出すための方法は標準化されていない。その標準化されていない行動学的指標によって、診断を下すことには、当然のように問題がある。DOC での誤診の問題はこれまで多く指摘されてきた。とりわけ、PVS における高い誤診率を指摘する論文(Andrews et al. 1996)は、後の研究に大きな影響を与えた。彼らの調査によれば、PVS と診断された患者群のうち、43%が誤診を受けていた。しかも誤診を受けていた患者は、かなり高次の認知機能を保持していることが判明したのである。コミュニケーションできないが、周囲に対して気づきがある患者に対して誤診が起こる要因としては、次の2つが考えられる(Owen & Coleman 2008)。

- ①動けない、もしくは発話できないのは、慢性脳損傷の影響であり、周囲への気づきの欠如に由来するものではないかもしれない(患者自身の運動能力の欠如)。
- ②行動学的査定は主観的な要素が入ることが避けられない。たとえば、刺激がないときに泣いたり笑ったりすることは、査定者にとっては無意味な行動に捉えられる。しかしそれは患者の唯一のコミュニケーション手段かもしれない(査定者の主観性の混入)。

近年の行動学的査定は、②の危険性を補うかたちで発展してきた。査定者の主観を排除すれば、ベッドサイドでの誤診発見が可能となる。上述したように、普遍的な指標は存在しないが、現在最も普及している査定方法はグラスゴー・コーマ・スケール(Glasgow Coma Scale, GCS)である。GCS は、DOC が記述され始めた当初に Teasdale と Jennett により開発された(Teasdale & Jennett 1974)。眼球運動、発話能力、運動反応の3つの軸でそれぞれを点数化し、その合計点によって意識レベルを査定する。このスケールリングは脳損傷の急性期には役立つが、回復期・安定期の微妙な患者の行動変化を記述できないことが指摘されていた。その指摘を受け、CRS-R、WHIM、SMART などの新しい指標がこの10年間のうちに次々と提唱されてきた。本稿では、近年、誤診の発見に大きな貢献をしている

SMART について触れておく。SMART (Sensory Modality Assessment and Rehabilitation Technique)は作業療法士が発展させたものである (Gill-Thwaites 1997)。査定では、視覚・聴覚などの五感を刺激し、刺激を行っていないときの反射運動との差をみることで、ある刺激に特化した、意味のある行動学的反応を取り出す。さらに家族などのケアを行う者からの情報も勘案しながら、4 か月にもわたって毎日繰り返し査定が行われる。SMART を使った最近の報告では、PVS とされた患者 60 名のうち、45% に意識的な反応があることが示された (Gill-Thwaites & Munday 2004)。ここでは Andrews らの報告と異なり、患者に提示する刺激は限定され、患者の豊かな認知機能は類推されえない。しかしながら患者が特定の刺激に能動的に行動出力したことは、PVS の誤診を指摘するものである。SMART の開発によって、行動学的な査定の信頼度が高まった。

さらに最近年では、問題①への挑戦も行われている。DOC 患者は指示に従って筋肉を動かそうとしているかもしれない。その意思を探知するために、Bekinschtein らは、PVS 患者、MCS 患者を対象に、指の筋肉の筋電図を記録した (Bekinschtein et al. 2008)。その結果、患者のうち幾人かが、手を動かすように指示したときに、筋肉を動かすための「閾値下の」電位を見せることを発見した (8 人の PVS 患者のうち 1 人と、2 人の MCS 患者のうち 2 人)。さらに、手を動かさないように指示したときと、指示文ではない文章を聞かせたときには、閾値下の電位は観察されなかった。この実験中で反応を見せた患者たちは、実験手法が「未公認」であるとはいえ、結果を踏まえれば誤診を受けていた可能性が高いとあってよいだろう。この手法は、簡便であり、将来有効な行動学的指標 (あるいは診断基準) となる可能性を持っている。

このように行動学的手法が発展を見せているなかで、神経画像は医療現場においてどのような役割を持ちうるのだろうか。神経画像が役に立つのはさしあたって問題①に対してであろう。前節において紹介した Owen らの研究は、「非行動的な MCS 患者、もしくは非行動的で完全に意識的な状態の患者」 (Owen & Coleman 2008)を画像技術により救い出したという点で、重要な報告であった。Bekinschtein らの実験においても、閾値下の筋電位すら生成不可能な「非行動的で完全に意識的な状態の患者」がいた

可能性がある。その場合、患者の脳から直接、行動の代理となる脳活動を記録する方法が、論理的には妥当だといえるだろう。最終的には、臨床上の患者への適切な処遇という倫理的問題を看過するわけにはいかないが、臨床的・科学的含意が十分に大きければ、DOC 患者へ神経画像を利用するための研究の努力は、正当化されるべきである。神経画像が持つ、最も有望な臨床的含意は、予後への影響だろう。脳損傷後から間もない時期での神経画像による意識の検出は、PVS からの脱出、または MCS からの脱出への指標となりうる。また、同じ神経画像技術においても、患者に課した課題によって、予後の正確さが異なることが分かってきた (Di et al. 2008)。たとえば、すでに述べた Owen らの実験において報告された患者は、のちに MCS に移行した。Di らは患者自身の名前を聞かせて、PVS 患者の脳活動を記録したが、高次の脳領域に活動を見せた患者は、のちに PVS を脱した (Di et al. 2007)。つまり、前節で挙げた第 3 のアプローチ方法である、明示的な行動の代理としての脳活動を検出するパラダイムのほうが、受動的な課題をこなしているときの脳活動を検出するパラダイムと比べて、より正確な回復率を予測できる可能性がある。将来の臨床応用に向けて、長期的なコホート研究により、この仮説の妥当性を検証すべきである。

予後判断への適用に比べて、診断基準への神経画像の適用には困難な問題が伴う。予後調査のような長期的な脳活動変化の追跡は、研究を通して有効な指標を作り上げることが目的であり、いまのところ標準化は必要とされていない。対して、神経画像を診断基準に組み込むためには、標準化された指標を用い、神経画像から患者に意識があることを示さなければならない。そのためには前節で論じた神経画像の解釈の問題を前もって解決しておく必要がある。したがって、順序としては、予後を予測するような指標の開発が先になされるべきであり、その結果を受けたのちに、患者の治療にとって有益となるようなかたちで神経画像を取り入れた診断基準を作り上げる必要があるだろう。

このような現状のもとでは、診断においては神経画像が行動学的査定にとって代わるべきではないことがわかる。しかし、患者の情報を得るためには、適切な理解のもとに、神経画像の適用範囲内で使えるところはどこ

でも使うべきである(Owen & Coleman 2008)。将来的には、神経画像での予後指標の構築を通して現在の高い誤診率が下がることが期待される。

4. ケアへの含意

これまでみてきたように、DOC における神経画像は、現在のところ、診断基準には組み込むことができない。予後判断にかんする神経画像の利用に向けた研究が、ようやく始まったばかりである。では、神経画像は実際の臨床ケアの現場でなんらかの影響を与えうるのだろうか。

Fins は、新たな意識障害患者へのアプローチ法として「緩和的脳神経倫理学(palliative neuroethics)」を提唱している(Fins 2005)。Fins によれば、脳損傷によって苦しめられるのは患者自身だけではない。患者の代理決定者となる家族もまた、ケアを受けるべき対象であり、彼らにも緩和的アプローチが必要である。彼は、患者—医療者関係を、家族にまで拡張し、「家族へのケア」という視点を取り入れている。

最近まで、DOC における病態や診断、予後の情報の蓄積は、他の医学分野と比べて大きな遅れをとっていた。そのため医学的事実は、家族に対して十分に供給されてこなかった。情報の不正確さゆえに代理決定を下せないことは、家族にとって大きな負担である。加えて、家族は社会的な理解を得られず、世間から孤立することが多い。たとえば、意識障害においては、患者の意識の喪失期間が長期化したり、回復しても性格が変貌してしまう事例が存在する。このときの家族の精神的負担は大きい。実際、多くの家族が損傷前の患者の人格と損傷後の眼前にいる患者の人格を結び付けられずに苦しんでいる。このような家族の苦しみを、一般社会が認知できていない現状がある。したがって患者の代理決定者である家族に対してケアを行うことは、患者本人へ適切なケアを行うための基盤となる。

ここで指摘した家族へのケアに際して、神経画像が持つ役割は未知数である。神経画像を医療者と家族との話し合いに用いる場合、当然のことであるが、医療関係者は推測をもとにして家族に情報提供してはいけない(Lanoix 2008)。とくに神経画像の解釈には専門的な知識が必要であり、1枚の神経画像から抽出できる情報の質・量は、一般人である家族と専門家とで大きな隔りがある。したがって家族が適切な決定を下すためには、

家族と医療者が持つ情報の質・量の不均衡が是正されなければならない。また、家族へのケアにおいては、神経画像などの客観的な情報のほかに、意味の問題についても対話を行わなくてはならない。家族と患者が何に對して苦しんでいるのか、感情や記憶機能の回復が患者にとって本当に大切なのか、といった根本的な問題を議論するためには、家族と多くの情報を共有することが必要である。意味の問題にまつわる論理的に不明瞭になりがちな部分については、プラグマティックな決定を下せるように医療者が家族を支援していかなくてはならない。この支援は患者が長期にわたるケアを必要とするとき、特に重要となる。家族は患者の代理決定者として、医療者から心理的サポートを受けつつ、より正確に情報提供されるべきである。そのような正確な情報提供がなされ、意味のある対話を経たのちに、家族は代弁者としての分かりやすい意見を医療者側に伝えることができる。

将来、神経画像は、家族へのケアを見据えつつ、医療関係者と家族とのギャップを埋め、双方のコミュニケーションを仲介する重要な役割を持つ可能性がある(Lanoix 2008)ものの、具体的な使用方法についてはまだ確立されていないのが現状である。このように近年までの議論では、「具体的にケアを促進する方法」としての神経画像の使い方については検討されていない。また、DOCのケアにおいて中心問題となるのは、神経画像から示唆される科学的事実というより、むしろ人格などの意味の問題であるようにも思われる。診断・予後の判断にさいして神経画像が持ちうる役割が未知数である現状を考えると、この技術の可能性が限定されてしまうのは当然のことであるといえる。現段階では、神経画像から抽出される科学的事実を正確に家族に提供し、医療者と家族との適切なコミュニケーションを図ることこそが、家族へのケア、そして患者へのケアへの実践の基礎になることを強調すべきであろう。

5. 結びにかえて：終末期の議論への神経画像の適用

これまで概観してきた議論は、法的な含意をも持つ。DOC、とりわけPVSにある患者には、尊厳死や、死の代理決定、治療停止といった大きな問題がつかまとう。神経画像はこれらの法的問題にかんして、何らかの役割を持ちうるのだろうか。第3節で紹介したOwenとColemanも、この

法的含意を見据えている。死の決定はケアの最終形だともいえるという意味で、第4節とも関係を持つであろう。ここでは、本稿での議論を総合するかたちで彼らの議論を追っていきたい。

PVSの病因が外傷であったならば、その患者が脳損傷後12か月経過しても意識の徴候を見せない場合、「永続性植物状態」の診断が下される。永続性の診断が下されると、生命維持のための処置（水と栄養の供給）の差し控えが検討される。永続性植物状態患者の処遇については、アメリカにおいては医師と家族との話し合いで死への手続きの決定がなされる。また、英国のイングランドとウェールズにおいては死の決定について司法の判断を仰がなくてはならない。このとき尊重されるのは、自律の原則に基づいた、患者本人の病前の意思である。基本的に医師は患者に行動学的な意識がないことを家族に伝えるのだが、もしこのとき神経画像によって意識の証拠が得られたならば、意思決定プロセスに大きな影響を与えるだろう。

しかしながら、画像の解釈には細心の注意が必要であり、現在まで永続性植物状態患者からそのような証拠が発見された報告は存在しないことには留意すべきである。また、偽陰性の問題には注意しなければならない。神経画像において意識の証拠が得られなかったとしても、患者は画像の撮像時に寝ていたかもしれない。あるいは、課題の指示をよく聞いておらず、理解しなかったかもしれない。神経画像のネガティブな結果は、必ずしも意識の欠如の示唆にはつながらない。したがって永続性植物状態における神経画像の使用は、偽陰性の問題のために、混乱をもたらす可能性が大きい。極端な立場を取れば、偽陰性の可能性に言及できるために、撮像すること自体が患者の意識を前提してしまうともいえる。すなわち、認知機能Aが得られなかったのも偽陰性、認知機能Bが得られなかったのも偽陰性で、本来患者は意識を保持しているはずであると主張することが、論理的には可能である。したがって神経画像は、意識の存在について記述できる可能性を持っているが、意識の欠如の証明には有効ではない。

神経画像がその解釈において多様性を持つことから、患者は病前の自己決定によって、神経画像についての記述を事前指示に組み込んでよいという議論もある(Eisenberg 2008)。たしかに神経画像には特有の不確定要素

があり、患者はその要素を取捨選択して指示しておくことが可能だろう。しかしその不確定さゆえに、患者が望む神経画像の結果には不測の事態が起こりうる。たとえばある患者が、神経画像によって自分の言語能力が失われたと判明した場合には死への手続きを取ってほしいと事前指示したとしよう。DOC の病態の特性を考えると、この事前指示は妥当であるといえる。運動機能が失われると同時に、言語機能が失われ、周囲からの情報が理解できないという状況は、患者にとって絶望的であるといえよう。だがもしこの患者において、単語は理解しているが文章は理解できていないという証拠が得られた場合を考えると、患者の指示内容の同定は困難となる。たとえ事前指示において単語と文章を切り分けておくとしても、そこでは細かい脳の認知機能について言及しなければならなくなり、指示内容は結局のところ意識／無意識の問題に遡源されることになるだろう。したがって、意識の神経関連物が不明である限りは、事前指示における条件は意識・無意識についての一般的な合意が得られる行動学的指標に頼るべきであると思われる。

現在の技術では、神経画像は患者の生を終わらせるための証拠にはなりえない。さしあたって見込みのある神経画像の使用方法は、繰り返すように、予後にかんする予測指標としての役割である。その目標達成のために解決すべき問題は多い。新たな実験パラダイムの開発とともに、長期的なコホート研究を行う必要がある。近い将来もし有効な結果が得られれば、本稿で議論した画像解釈の精緻化、そして患者の意識状態の査定方法の標準化が可能になるだろう。しかしながら DOC にまつわる問題のすべてが神経画像技術の発達によって解決できるわけではない。患者個人、そして彼らをとりにく家族にはそれぞれの物語があり、神経画像のみでは解決できない問題を含んでいる。物言わぬ患者をどのように扱うべきかという問題は、最終的には患者・家族・医療者の連携によってのみ解決できるように思われる。医療者がどのような態度を取るべきか、実践的な教育も必要であろう。このように神経画像が医療実践において占める割合は決して大きくはないものの、ここに挙げた問題を解決する手掛かりを与えてくれるのもまた、神経画像であることは指摘しておくべきであろう。本稿で議論したように、患者・家族・医療者の情報共有のツールとして神経画像の

使用が見込まれ、そこには画像の解釈能力の向上が必要であった。ケアの実践面での問題・法的な問題を包摂した神経画像の使用法を議論するためには、神経科学と生命倫理学、法学の統合的な議論が必要となる。議論すべき領域の対象は今後さらに増えていくだろう。DOC にかんする脳神経倫理学においてこれから必要とされているのは、このような総合的議論であり、各領域の論点を結びつける統合力である。

参考文献

- Adams, J. H., Graham, D. I., and Jennett, B., 2000, "The neuropathology of the vegetative state after acute brain insult", *Brain*, Vol.123, 1327-1338.
- Andrews, K. *et al.*, 1996, "Misdiagnosis of the vegetative state: retrospective study in a rehabilitation unit", *British Medical Journal* Vol.313, 13-16.
- Bekinschtein, T. A. *et al.*, 2008, "Can electromyography objectively detect voluntary movement in disorders of consciousness?", *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*, Vol.79, 826-828.
- Boly, M. *et al.*, 2004, "Auditory processing in brain injured patients: Differences between the minimally conscious state and persistent vegetative state", *Archives of Neurology*, Vol.61, 233-238.
- Boly, M. *et al.*, 2007, "When thoughts become action: An fMRI paradigm to study volitional brain activity in non-communicative brain injured patients", *Neuroimage*, Vol.36, 979-992.
- Crick, F., 1994, *The Astonishing Hypothesis: The Scientific Search for the Soul*, Touchstone. (邦訳 F.クリック(著)、1995、『DNAに魂はあるか—驚異の仮説』講談社)
- Deheane, S. *et al.*, 1998, "Imaging unconscious semantic priming", *Nature*, Vol.395, 597-600.

- Di, HB. *et al.*, 2007, "Cerebral response to patient's own name in the vegetative and minimally conscious states", *Neurology*, Vol.68, 895-899.
- Di, HB. *et al.*, 2008, "Neuroimaging activation studies in the vegetative state: Predictors of recovery?", *Clinical Medicine*, Vol.8, No.5, 502-507.
- Eisenberg, J. B., 2008, "*Shiavo* on the cutting edge: Functional brain imaging and its impact on surrogate end-of-life decision-making", *Neuroethics*, Vol.1, No.2, 75-83.
- Farah, M., 2008, "That little matter of consciousness", *The American Journal of Bioethics*, Vol.8, No.9, 17-19.
- Fins, J. J., 2005, "Clinical pragmatism and the care of brain damaged patients: Toward a palliative neuroethics for disorders of consciousness", *Progress in Brain Research*, Vol.150, 565-582.
- Fins, J. J. *et al.*, 2008, "Neuroimaging and disorders of consciousness: Envisioning an ethical research agenda", *The American Journal of Bioethics*, Vol.8, No.9, 3-12.
- Giacino, J. T. *et al.*, 2002, "The minimally conscious state: Definition and diagnostic criteria", *Neurology*, Vol.58, 349-353.
- Gill-Thwaites, H., 1997, "The sensory modality assessment rehabilitation technique—A tool for assessment and treatment of patients with severe brain injury in a vegetative state", *Brain Injury*, Vol.11, 723-734.
- Gill-Thwaites, H. and Munday, R., 2004, "The sensory modality assessment and rehabilitation technique (SMART): a valid and reliable assessment for vegetative and minimally conscious state patients", *Brain Injury*, Vol.18, 1255-1269.
- Lanoix, M., 2008, "The implications of caring for the injured brain", *The American Journal of Bioethics*, Vol.8, No.9, 35-36.
- Laureys, S. and Boly, M., 2007, "What is it like to be vegetative or minimally conscious?" *Current Opinion in Neurology*, Vol.20,

609-613.

- Levy, D. E. *et al.*, 1987, “Differences in cerebral blood flow and glucose utilization in vegetative versus locked-in patients”, *Annals of Neurology*, Vol.22, 673-682.
- Levy, N., 2008, “Going beyond the evidence”, *The American Journal of Bioethics*, Vol.8, No.9, 19-21.
- Multi-Society Task Force on PVS., 1994, “Medical aspects of the persistent vegetative state”, *New England Journal of Medicine* Vol.330, 1449-1508, 1572-1579.
- Nachev, P. and Husain, M., 2007, “Comment on “Detecting awareness in the vegetative state””, *Science*, Vol.315, 1221a.
- Owen, A. M. *et al.*, 2006, “Detecting awareness in the vegetative state” *Science*, Vol.313, 1402.
- Owen, A. M. *et al.*, 2007, “Response to comments on “Detecting awareness in the vegetative state””, *Science*, Vol.315, 1221c.
- Owen, A. M. and Coleman, M. R., 2008, “Functional neuroimaging of the vegetative state”, *Nature Reviews Neuroscience*, Vol.9, 235-243.
- Schiff, N. D. *et al.*, 2005, “fMRI reveals large-scale network activation in minimally conscious patients”, *Neurology*, Vol.64, 514-523.
- Schiff, N. D. *et al.*, 2007, “Behavioural improvements with thalamic stimulation after severe traumatic brain injury”, *Nature*, Vol.448, 600-604.
- Teasdale, G. and Jennet, B., 1974, “Assessment of coma and impaired consciousness: A practical scale”, *Lancet*, Vol.2, 81-84.
- バーナット, JL.(著)、2007、中村裕子(監訳)、『臨床家のための生命倫理学—倫理的問題解決のための実践的アプローチ』協同医書出版社
- 美濃正、2004、「心的因果と物理主義」、信原幸弘（編）『シリーズ心の哲学 I 人間編』勁草書房、pp.25-84.

第四章 BMI に関する脳神経倫理的問題の動向

磯部太一

1. はじめに

脳神経科学の中でも現在注目をあびている新技術として BMI (Brain-Machine Interface)¹ と呼ばれる技術が研究・開発されつつある。BMI 技術を用いることで、脊椎損傷などにより身体の動きが極度に制限されている患者が再び周囲とコミュニケーションを取ることができるようになったり、四肢麻痺患者のリハビリテーションに用いられるというように、臨床応用への可能性も期待される。BMI とは、「脳内情報を解読・制御することにより、脳機能を理解するとともに脳機能や身体機能の回復・補完を可能とする」ものである（文部科学省脳科学研究戦略推進プログラム）。また狭義には、脳と機械、あるいはコンピュータを接続し、「実験用、臨床用ともに、生体の神経信号を運動司令に変換し、人工の作動装置を用いて腕伸ばし（リーチング）運動や掌握運動を再現できる技術」とも定義できる（Lebedev & Nicolelis 2006: 536）。日本においても、2008 年度から「文部科学省脳科学研究戦略推進プログラム」として、BMI を中心とした大規模な研究プロジェクトが開始され、重点的な研究開発が推進されている。

このように BMI の研究開発は、脳機能の理解の促進や、リハビリテーションや身体機能の補完等の臨床応用の可能性を開くものであり、今後脳科学の中でもますますの発展が期待される領域である。それとともに、BMI 研究・応用に関する倫理的問題への対応の必要性を指摘する論文が近年発表されつつある。例えば、長谷川（2008）は、BMI の手法・臨床応用に関する倫理的問題を挙げている。一般的に、BMI 技術は、電極を直接脳

1 BMI に類似するものとして、BCI (Brain-Computer Interface) がある。BMI は機械一般を使用した技術であるのに対して、BCI はコンピュータという特定の技術を使用したものであることから、BMI は BCI よりも広い概念として用いられることもある(cf. 櫻井他 2007: 9)、ただし、両者は技術そのものとしてはほぼ同じであるため、以下では BMI という用語を統一して使用することにする。

に刺すことで脳波を読み取る手法を用いた「侵襲的」BMI²と、EEG、fMRIなどを用いた「非侵襲的」BMIに大別される。侵襲的BMIは脳に直接電極を埋め込むことにより、脳内情報の解読や制御を目指すものである。そのため、特定の脳部位から脳波を安定して読み取ることができるという利点がある一方で、脳に器質的変化を生じさせるため脳の可塑性に影響を与えるおそれがあることや、電極を埋め込むことにより生じる感染症などの安全性の問題が指摘されている。他方、非侵襲的BMIは、脳に直接電極を刺すわけではなく頭皮の外側から脳波を読み取る。そのため被験者への負担は少ないが、一般に非侵襲的BMIを装着し、思い通りの脳波を出すためには数ヶ月のトレーニングが必要とされる。そのため、実際の臨床応用においては、どのような患者にBMIを使用することが本人の利益になるのかという患者選定の問題が生じる。例えば、BMIを操作するのに要する訓練時間の長さには個人差があり、誰もがBMIを首尾よく操作できるようになるとは限らない。また、たとえ操作できるようになったとしても、それによって可能になる作業や動作の種類は限られているため、こうした問題が患者選定の問題をさらに複雑なものにしている。

BMIに関しては、これらの問題以外にも、いわゆるエンハンスメント³、マインドリーディング⁴など多様な問題が指摘されつつある(神谷2008, 富士・佐倉2007, 美馬2008)。だが、BMIの研究や応用にまつわる倫理的問題は数多く指摘され始めてはいるものの、問題が俯瞰的に整理されておらず、そのために総論的な指摘から具体的な規制や、被験者への適用における倫理的問題等に橋渡しするまでには至っていないのが現状である。

そこで、本論では、BMIの倫理的問題をめぐる近年の脳神経倫理学上の議論を参照するところから、具体的な規制や、被験者への適応における倫理的問題への展望を考察する。具体的には、次のような手順で考察を進める。まず、BMIを既存の医療器具規制の枠組みの中に位置付けたときに、

² 広義には、DBS (Deep Brain Stimulation) : 脳深部刺激術も侵襲的BMIの範疇に含まれる。

³ エンハンスメントに関しては、本資料集の伊吹担当章を参照。

⁴ マインドリーディングとは、脳波を解析することで、被験者が考えていることを読み取る技術である。(cf. 神谷2008)

どのような規制が可能となるかという問題を考える。その際に問題になるのは、通常の医療機器とは異なり、BMI が他の器官や臓器ではなく脳を取り扱うという点である。これが、問題を複雑化させていると考えられる。この点について考察するためには、患者における「心」の問題と BMI の関係を検討する必要がある。そこで「LIS (Locked-in syndrome) 患者への BMI の適用可能性」という具体的な問題に着目するところから、この点について検討する。以上の考察を通じて、今後 BMI の倫理的・社会的な問題を考えていくうえで、どのような視点が必要となるのかについての示唆を述べたい。

2. BMI に関する規制（レギュレーション）の問題

本節では、侵襲的 BMI（埋め込み式 BMI）を医療器具として使用する場合の規制（レギュレーション）についての概観を述べる。医療器具の規制とは、器具の構造と製造原理を通じて安全性と効用の市販前検証と市販後調査を行い、リスク評価とリスク管理を試みていくことである。そのようなリスク評価・管理のもと、医療器具は、危険度のクラス分けに準じた検証過程を経ることで、安全性等を担保することが義務付けられている。BMI についての規制の問題については、Alpert (2008) が詳細に論じている。このアルパート論文の主眼は、侵襲的 BMI をカナダでの医療器具規制の枠組みの中に位置づけることで、どのようなことが問題となり、今後どのように対応すべきかを明らかにすることにある。

アルパートは、侵襲的 BMI 器具はアメリカ合衆国において臨床研究の段階にあり、カナダにおいても今後数年のうちに BMI 技術が臨床研究として使用されることが考えられると指摘する。そのような前提のもと、BMI についての研究開発状況を概観した上で、カナダの医療器具規制の枠組みを紹介する。規制の枠組みは、主にリスク評価とリスク管理によって構成されている。アルパートはこのような規制の枠組みの中で、リスク評価に関する危険度に応じた器具のクラス分けという観点から、埋め込み式 BMI 器具の位置付けを明らかにしようとする。カナダの規制に関する規則においては、医療器具について危険度に応じて 4 つの異なるクラス分けがなされている (Alpert 2008: 71)。それらのクラスは以下のように、危険

度の低い順序にクラスⅠークラスⅣまでがある。

- ・ クラスⅠ：リスクが最小のもの（傷の治療に使用する物品、外科的に非侵襲的な器具）
- ・ クラスⅡ：リスクが低次から中程度のもの（コンタクトレンズ、外科的に侵襲的な器具）
- ・ クラスⅢ：リスクが中から高次なもの（グルコースモニター、外科的に侵襲的な器具で体内に残るもの）
- ・ クラスⅣ：リスクが高いもの（ペースメーカー、外科的に侵襲的な用具で心臓血管組織を制御する器具）

特にクラスⅣには、患者の健康にとって重篤な被害を及ぼすか、患者が死亡するという結果を引き起こす可能性があるものが位置付けられる。中枢神経システムを制御する外科的な侵襲性のある用具はすべてクラスⅣである。この定義から導かれるのは、埋め込み式 BMI は医療器具の中で最も危険な部類であるクラスⅣの器具であるということである。クラスⅣに位置付けられる器具は、他のクラスの器具と比較して、より詳細なリスク評価の調査が必要とされている。

このようにアルパートはカナダの規制の枠組みの中で、医療器具の危険度によるクラス分けの観点から BMI 器具の位置付けを述べた後に、BMI が抱えているリスク等についての概観を提供している。具体的な BMI についてのリスクとしては、以下のようなことが挙げられている（Alpert 2008: 80）。

- ・ 脳へ侵襲的に埋め込むことの影響
- ・ 長期使用に関する安全性
- ・ 脳に対する長期電気刺激の影響
- ・ BMI を制御するコンピュータソフトウェアの問題
- ・ ワイヤレスで BMI を制御する場合の電波混線の問題

最終的には、カナダにおける規制の仕組みに立脚し、上記のようなリス

クを評価すると、そのようなリスクが技術的・倫理的に解消され、十分な安全性が確保されるまでは、カナダにおいて BMI の臨床研究は認められるべきではないという結論がアルパートによって提示されることになる。

確かにアルパートの主張するように、BMI 器具を他の医療器具と同様の枠組みの中に位置付けることで、BMI に関する一定の倫理的問題に対処できるであろう。だが、このアルパートの枠組みの中では技術と社会の関係性の問題が十分には捉え切れていないと思われる。アルパートはもっぱら規制という法的な側面から BMI を論じているが、先端科学技術とそれを使用する社会との円滑な関係性の構築を考えた場合、BMI を実際に使用する患者の意見や、現状では使用する可能性がなくとも BMI などの科学技術の恩恵が還元される社会の側からの反応を理解する必要性がある。そのような円滑な関係性を構築する方法として、例えば STS (Science, Technology and Society : 科学技術社会論) の学問領域では、市民参加型のテクノロジーアセスメント⁵ 等の有効な手法が提案されている。このような手法を用いることで、アルパートの議論の視野をさらに広げる必要性があろう。

また、さらに別の観点から BMI を捉えてみると、医療器具規制の枠組みや STS 的観点の手法だけでは対応できない重大な問題が生じてくるのではないかと思われる。その問題とは、BMI が医療器具として身体的な補完への利用という側面だけでなく、被験者の心の様態や自律性にまで影響を与える可能性があるという側面に関わる問題である。この問題については次節で検討することにする。

3. LIS 患者への BMI の適用可能性

前節においては、医療器具規制の観点から、侵襲的 BMI 技術の安全性や倫理的問題を十分に検討し解消してから臨床研究を行うべきであるという議論について考察した。本節においては、BMI 器具が規制の過程を経て、

⁵ 近年では、BMI についてではないが、先端科学技術であるナノテクノロジーや遺伝子組み換え作物 (GMO) についての市民参加型テクノロジーアセスメントや、コンセンサス会議のような試みも行われている (小林 2007, 八木 2007)。

実際に臨床応用される場合に生じる問題について考察する。今後臨床応用の期待が高まるものとしては、LIS (Locked-in syndrome)⁶ 患者への BMI 適用がある。以下で詳細に論じるが、LIS 患者に BMI 適用を考えた場合には、身体機能を物理的に補完するだけでなく、患者の心の様態や自律性にまで影響を与える恐れがあることが指摘されている (美馬 2008)。

Fenton & Alpert (2008) は、LIS の患者に対して、BMI は身体的・社会的に LIS 患者の機能を回復させることが可能であると論じている。LIS は一般的に、3 つの兆候 (1、四肢麻痺 2、発語不能 3、意識保持) によって定義される。この 3 つの兆候から考えると、多くの LIS 患者は身体運動や発語などが困難なため外界から観察することは難しいが、高度な認知機能を保持している。このような状況で、どのように認知機能を補完できるのかと考えたときに、BMI のような技術がその役目を担うとフェントンらは提案する。

BMI を使用することで、LIS 患者は、BMI 非装着時と比較して高い自律性を獲得するとフェントンらは考える。自律性とは、「価値や利益を自由に獲得したり発達させたりし、最大限強制のない状況下で、それらに基づいて行動する個人の能力である」(Fenton & Alpert 2008: 128) と定義付けられる。LIS 患者が自律性を増すことで可能になるのは、患者自身が自分の身の回りのことを自分で出来るようになったり、家族や周囲の人とコミュニケーションをとったり出来るようになるなどのことである。具体的には、e-mail を読むことや、ロボットの手や車椅子を遠隔操作できることが想定できる。自分で行えることが増えれば、家族など周囲の人々の手を煩わせることが減少することで、LIS 患者の周囲の人々への精神的負担が軽減されるであろう。また、同様に家族の物理的な負担も減ることが期待される。このようなことを鑑みれば、LIS 患者が BMI などの助けをかり

⁶ LIS については 2007 年に公開された映画『潜水服は蝶の夢を見る』において中心テーマとして扱われている。この映画は実話に基づいたものであり、フランスのファッション誌「ELLE」の編集長ジャン＝ドミニク・ボビーは、42 歳で脳梗塞により意識は鮮明であるが、左目のまばたき以外身体を動かせないという LIS になる。その後、左目のまばたきだけで文章を書くことを習得したボビーが 20 万回のまばたきで執筆した自伝に基づいた映画である。

ることで、自律性を高めることの有効性が理解できるであろう。

確かに BMI によって LIS 患者の自律性が增大することは、LIS 患者にとってもその家族にとっても望ましいものであろう。しかし、フェントンらは、BMI 適用が LIS 患者へ与える影響について、「拡張された心の理論」の視点から新たな問題を提示する。「拡張された心の理論」とは、身体や周辺環境なども心を構成する要素の一部であるとする理論である。日常生活においてわたしたちが認識する、素朴心理学に基づくような「心」とは、自分の身体の内側、具体的には脳内に存在するものである。そういった日常の「心」概念とは異なり、「拡張された心の理論」は身体の外にまで、心の構成要素を広げる。この理論に基づけば、例えば、何かを記憶する場合に脳だけが記憶の貯蔵庫というわけではなく、身体の外にあるノートや PDA は単なる道具ではなく、記憶に関する認知的メカニズムの一部として捉えられる。このような場合、ノートや PDA という道具が自己の記憶に関する認知的メカニズムに影響を与え、それを変容させることが考えられる。同様に、この理論に立脚すれば BMI は人間の活動を補完する物体であると同時に、自己を構成する要素ともなりうる。このように考えると、LIS 患者が BMI を使用することは、単に道具として BMI を装着することで物理的に自律性を増すだけでなく、BMI が自己の構成要素の一部になることで、患者の心の様態や自己の本性にまで影響を与える可能性がある。BMI 適用において、「拡張された心の理論」から得られる予想としては以下のことが考えられる(Fenton & Alpert 2008: 126)。

- ・ BMI は LIS 患者が何者であるかということを変える
- ・ BMI は LIS 患者の認知的な表現を促進するのと同様に、それを
変える
- ・ BMI は LIS 患者の行動、欲求などの仕方に影響を与える

フェントンらは、「拡張された心の理論」から導き出される視点を用いて、BMI 適用が LIS 患者の心の様態や自己の本性に与える影響を論じている。このように、BMI が他の医療器具と大きく異なっている点である、心の座である脳へ直接働きかける器具であるということを鑑みると、前節におい

てアルパートが示したような医療器具としてだけではない側面を BMI が有していることが理解できる。

また、フェントンらは別の角度から、LIS 患者への BMI 適用の問題を指摘する。現状では、LIS 患者の多くは人工呼吸器やその他の侵襲的、あるいは痛みを伴う医療的措置によって生き延びることを選ばない傾向にある。LIS 患者は将来的に症状が悪化することがあるので、結果的に BMI によって一時的に獲得した能力を失うことになる可能性もありうる。すわなち、LIS 患者は BMI を使用することで、一定期間は高い自律性を確保できるかもしれないが、将来的な症状の悪化を考慮すれば長期的にみて高い QOL (Quality of Life) を享受できない恐れがある。この場合、結局、LIS 患者に対して心理的な苦痛を与えただけということになるかもしれない。以上のことを鑑みれば、LIS 患者への BMI 使用を考えた場合に、単純に健常者の観点からの価値観から使用の是非を考えることは避けるべきであり、LIS 患者本人の立場からの希望を優先すべきであろうとフェントンらは結論づけている。

これまでみてきたようなフェントンらが指摘している問題は、医療器具規制の枠組みからは取りこぼされていると思われる。被験者と BMI の関係性を考えた場合に、規制の枠組みで捉えられる「医療器具である BMI を装着した被験者」という側面だけでなく、それによっては捉えられない「自己の一部である BMI を獲得した被験者」という側面からも倫理的問題は考察されるべきであろう。このような問題には、実践的な規制ではなく、「心の哲学」等が蓄積してきた基礎的な哲学的観点からの議論の必要性も生じてくるであろう。

4. まとめと今後の展望

本論においては、最初に BMI が身体を物理的に補完する医療技術であると捉えた上で、医療器具規制の議論を考察した。次に、医療器具規制の枠組みでは補足仕切れない問題について、LIS 患者への適用という具体的事例をみることで、BMI がそれを使用する被験者の心や自律性にまで影響を与える側面について論じてきた。BMI に関する倫理的問題は、本論の冒頭でも述べたように多様な広がりを見せている。「倫理」は、BMI のよう

な萌芽的技術の芽を摘むような方向で議論されるべきものではなく、BMI 研究者や社会にとって、研究が望ましい方向に円滑に進むために重要な役割を果たすべきものであると筆者は考える。BMI の倫理を考える上での方法論としては、法的な医療規制の観点から問題を捉えるだけでは不十分であり、先にも述べたように、科学と社会の関係性を考察する STS 的観点も必要不可欠である。そしてそのような実践的アプローチからもなお取りこぼされる問題については、基礎的な哲学的観点からのアプローチによる対応が望まれる。BMI に関する倫理的問題は今後、技術の進展とともに増大していくことは想像に難くない。これまでみてきたように BMI に関する倫理的問題が多様な側面を持っていることを鑑みると、この問題を包括的に考えるには、規制や STS 等の実践的アプローチと、基礎的な哲学的アプローチが相互補完的な役割を果たす必要があるだろう。

参考文献

- Fenton, A. and Alpert, S., 2008, Extending our view on using BCIs for Locked-in Syndrome. *Neuroethics*, 1 (2): 119-132.
- Lebedev, M.A. and Nicolelis, M.A.L., 2006, Brain-machine interfaces: past, present and future. *Trends in Neurosciences*, 29(9): 536-546.
- Alpert, S., 2008, Brain-computer interface devices: risks and Canadian regulations. *Accountability in Research*, 15: 63-86.
- 神谷之康、2008、「マインドリーディングの原理と倫理」、『脳 21』11(2): 28-32.
- 小林傳司、2007、『トランス・サイエンスの時代』NTT 出版。
- 櫻井芳雄他、2007、『ブレインマシン・インターフェイス最前線』工業調査会。
- 長谷川良平、2008、「侵襲型ブレイン・マシン・インターフェイスと動物実験モデル」、『脳 21』11(2):38-48.
- 福士珠美、佐倉統、2007、「Brain-Machine Interface (BMI) 研究開発のための倫理とガバナンス：日米における取り組みの現状と将来展

- 望」、『電子情報通信学会技術研究報告』107(263): 59-62.
- 美馬達哉、2008、「ブレイン・マシン・インターフェースの倫理」、『脳21』11(2): 49-54.
- 八木絵香、2007、「ロボット技術開発への市民参加型テクノロジーアセスメント (Participatory Technology Assessment : pTA) 手法の応用」、『ロボット分野に関するアカデミック・ロードマップ報告書』93-100.
- 文部科学省脳科学研究戦略推進プログラムホームページ
<http://brainprogram.mext.go.jp/outline/>

第五章 脳神経倫理学の社会的含意 —科学技術社会論的アプローチによる概観

水島 希

1. 序

脳神経倫理学という学問領域において、社会的な諸問題はどのような枠組みで論じられているだろうか。近年、急速に発展している脳神経倫理（ニューロエシックス）という学問領域では、脳神経科学による知見が現実の社会に与えている影響の大きさを懸念する見解が多くみられる。2008年に新設された *Neuroethics* 誌の巻頭言で、エディターのレヴィは、「脳神経倫理では、精神薬はわれわれの自己理解を変容させるか、脳画像は法廷の中で証拠として採用されるべきか、サイコパスには責任能力が認められるかなど、神経科学（および、その他の心の科学）が生み出す新たな技術や技法に対する倫理的考察が取り扱われている」と具体事例をあげ、こうした問題は「従来の生命倫理学上の問題とは性質を異にしている」と述べる（Levy, 2008）。例えば、性的虐待の回復記憶(recovered memory)に関し、過去に、臨床医の誘導的技法によって虚偽記憶が生み出されたという事例から、「ニューロエシックスによって取り扱われる問題がいかに実際問題として重要であるか」を指摘している。

本稿では、こうした独特の課題群を含み、社会に重大な影響を与えると議論されている脳神経科学をめぐる諸問題に関して、脳神経倫理、特に、哲学系の学術論文で取り上げられている課題を概観する。fMRI、BMI といった具体的な技術や、エンハンスメント、植物状態の患者の意識といった個別のテーマに関しては、詳細を別稿にゆずり、ここでは社会的含意として指摘される諸課題を整理してみたい。特に本稿後半では、社会と科学技術との関連を吟味する学際領域である STS（科学技術社会論）的アプローチを用い、今後の展望を議論する。

2. 社会に与える影響予測——規範、価値観、差別、格差

脳神経科学と社会との関係において、生命倫理学的あるいは応用倫理学

的アプローチがもっとも本領を発揮する領域は、社会における規範や価値観をめぐる分析であろう。多くの文献で、脳神経科学の諸技術や知見がどのように社会的規範や価値観を変えうるか検討がなされている（信原、他、2008）。本資料集でも紹介されている脳機能イメージングという技法がもたらす社会的変化や、ニューロエンハンスメントと呼ばれる神経科学を用いた能力増強が人々の規範概念や価値観にどのような変化をもたらしているのかといったテーマはよく取り上げられている事例であり、議論内容も深化している。

こうした変化は必ずしもすべてが排除すべきものという訳ではない。ここでなされている議論は、どのような変化があるかを見極めた上でその是非や方向性を吟味していくための基礎的材料となるものであり、許容可能な変化の質や範囲を見極めるためのものでもある。一方で、検討されているテーマの中には、確実に歓迎すべきでない変化もある。最近年の文献では、脳神経科学が社会における不平等や差別構造を支え、促進しているのではないか、という指摘が散見される。

たとえばアルパートは、科学技術をめぐる倫理的問題群の分類をする中で、哲学的問題の一カテゴリーとして「新出の技術が持てるものと持たざるものに与える影響、社会的格差の問題」をあげる(Alpert, 2008)。またグラノン は、注意力や記憶力などの認知能力を薬剤等を用いて増強する（認知エンハンスメント）という、治療を超えた使用に焦点をあて、「注意力や記憶力などの認知能力は知能の一部であり、知能が他人よりも高いことは、就職や収入などに影響を与えうる」とし、「(認知能力を増強する) こうした薬物は社会における不平等を是正するよりは、維持、悪化させると考えられるし、アクセスの平等を保証したとしても、(薬剤への反応は個人により異なることから) よい帰結を各人に平等にもたらすとは限らない」と指摘している(Glannon, 2008)。

社会における不平等の問題以上に大きく取り上げられ議論されているのが差別に関する問題である。ここでは「ニューロ性差別 (Neurosexism)」を一例として取り上げたい(Fine, 2008)。この警告的な用語を用いてファインが議論しているのは、脳神経科学によって、現在の性差別構造を肯定し維持させるような協調的「科学」言説が創出されているという指摘であ

る。この論文でファインは、脳神経科学が支持する「生得的な性差」言説は、人々の現在の生活に反するものではなく協調的であると分析する。男女の性差、特に社会的性役割が、どこまで生物学的（あるいは文化的）に決定されているのかについては長い議論の歴史がある。例えばフェミニズム科学批評といった学問領域においては、性差は普遍的かつ自然なものであり、不可避であるという生物学的本質論が、現在の性差別的な社会構造を肯定し維持させる源となっていると、批判されてきている（Schiebinger, 1993., Schiebinger, 1999）。ファインは、脳神経科学的知見を用いて性差を脳に起因させることは、安易な現状肯定になりがちであると批判する。さらには、生物学に基づく性差の説明が、人々の行動をステレオタイプに基づく型に寄り添うよう方向付けるという報告もある。ファインは、心的傾向はその人物を取り巻く社会文化的な背景を抜きには決定できないとする主張に賛同し、生得的な性差について主張する大衆的な説明を批判している（Fine, 2008）。

こうした脳神経科学のジェンダー分析とでも言うべき議論の背景には、近年、脳神経科学を用いて性差を説明する「ポップサイエンス」的な書籍が急増していることへの危惧がある。たとえば、英語文献では、『女は人生で三度、生まれ変わる——脳の変化でみる女の一生（原題：The Female Brain）』（ブリゼンディーン・ローアン著、吉田利子訳、草思社、2006=2008）がよく議論の俎上に載せられているが、日本でも2000年に出版された『話を聞かない男、地図が読めない女——男脳・女脳が「謎」を解く』（アラン・ピーズ、バーバラ・ピーズ著、藤井留美訳、主婦の友社、1999=2000）以降、類書が数多く出版され人気をあつめている。つまり「ニューロ性差別」は英語圏だけの問題ではなく、日本でも現在進行中の課題であるといえる。さらにこの問題を拡大すれば、メディアによって脳神経科学の成果が実際以上に喧伝されたり、疑似科学的な様相を帯びたりするという問題にたどり着く。次節ではこうしたメディアによる報道をめぐる倫理的議論を取り上げる。

3. 科学コミュニケーションの問題——誰が科学言説に責任を持つのか

脳神経科学が社会に与える影響を議論する際、問題を複雑にしている要

素として、メディアでの報道が指摘される場合がある。たとえば、「ニューロ性差別」を論じたファインは、脳科学的知見の誤解や拡大解釈に基づく性差の誇張を防ぐには、メディア側の責任も大きいとしている(Fine, 2008)。そこでは、一般の人々は、間違っただ脳科学による性差の強調に感化されやすく、それに基づく信念や自己同一性や能力を形成しやすいため、報道者は責任を持って裏づけを取った上で、これらを報じるべきであるとする。他にも、科学者自身が科学的言説に責任を持つべきという議論もある。こうした議論が含意しているのは、科学言説の成立や流通は、科学者(専門家)から一般大衆へ、あるいはメディア(報道者)から一般大衆へという二者間かつ一方向のコミュニケーションを取っているという前提である。

ここで、科学と社会の関係を論じる STS (Science, Technology and Society: 科学技術社会論、あるいは Science and Technology Studies: 科学・技術の社会学) という学問領域の分析枠組みを導入したい。STS では、科学者、一般市民、メディア、という三者だけでなく、産業や研究開発の歴史、文化的諸状況など、他のさまざまなアクターを考慮にいれ、科学的言説の流通について検討する。専門家を含む科学コミュニティと社会一般との関わりは「科学コミュニケーション」という領域で、理論的基盤から具体的手法まで、さまざまに議論されている。こうした視点からメディアや研究者側の科学的言説に対する責任を問うという倫理的議論を検討すると、情報発信側である研究者、あるいはメディア側のみが、単独で科学言説に責任を持つということは、現実の社会において困難な状況にあると言わざるを得ない。第二節で概観したように、脳神経科学が社会に与える影響が大きいことが示されている現状にあっては、その科学的言説をだれがどのように構成しているのか、「科学的に正しい」報道というのはどのような基準で確認できるのか、といった基本的な調査研究がまず必要である。逆に言えば、この領域は、倫理的アプローチのみではなく、STS 的アプローチ、特に「科学コミュニケーション」に関するこれまでの蓄積を最大限利用した分析や現実的対処が効力を発揮すると期待される領域でもある。

4. 社会的規制の是非

脳神経科学が社会に対し多大な影響力を持ちうるならば、その範囲や度合いをコントロールするために社会的規制を行うべき（あるいは逆にそういった規制をもうけるべきではない）といった論点が次の課題となる。

脳神経科学の成果が、医療機器や治療用の薬剤として使用される場合、通常は既存の規制法（日本では薬事法など）の制限を受けることになる。人体への負荷はどの程度あるか（安全性の基準）、薬効や機器の効果はリスク以上に十分か（有効性の基準）といった評価軸による規制は、すでに多くの国で行われている。しかしながら、仮に従来の基準で安全性や有効性が確保されたとしても、脳神経科学の最新知見を用いた薬剤やデバイス等は、社会的影響の大きさから、使用になんらかの規制を設けるべきではないか、という議論もある。特に、予測される社会的影響が、差別や格差の助長といった負の側面を持つ場合は特に、社会的規制の必要性が議論される。

一方で、そうした批判や慎重論に対し、規制をする根拠はないとする議論もある。たとえば、先にあげたグラノン¹は、エンハンスメントの長期使用が危険であるかどうか不明である現在、使用禁止という政策をとる根拠もないと論じ、同意能力のある成人が、認知エンハンスメントがもたらす影響について十分に責任が持てるのであれば、リスクを十分警告した上でならば、利用が許可されるべきであろうと論じている(Glannon, 2008)。

同様に、サヴァレスキューらは、結婚関係や親子関係をはじめとする二者間の人間関係を改善するニューロエンハンスメントを題材にした論考をおこなっているが、こうした人間関係の改善に向けては「(投薬などによって) 人間を変えるのではなく、人間の間社会関係を変えるべき」という強力な反対論があると論じた上で、セラピーなどの心理学的介入や、変革のための社会運動といった社会的介入よりも、薬剤投与などの生物学的介入が好ましい理由があるかもしれないと指摘する(Savulescu and Sandberg, 2008)。例えば、心理学的手法や社会的手法よりもより安全で成功率が高いなどの場合には、エンハンスメントが許容されるのではないかと論じている。サヴァレスキューらは、さらに生物学的差異や遺伝的制限などによって生じている生物学的不平等を是正するために「正義の視点

から採用が必要」という議論もありうると論じている(Savulescu and Sandberg, 2008)。

またレヴィは別の視点から、脳神経科学の知見を社会制度策定に利用する可能性について論じている(Levy, 2008)。脳神経科学は、人間がしばしば理性的行動、自律的行動をとることに失敗する理由についての説明を提供する。こうした知見を生かせば、健康を悪化させるほどの肥満や、生活苦を招くほどの金銭消費といった問題に個人的に取り組む手がかりが得られるというのだ。さらにレヴィは「これらの個人的戦略よりも効果的な戦略として、社会制度を用いて自律を増加させるという戦略も考えられる」とし、例えば、非常に誘惑の大きい商品の販売に対する禁止、制限、課税といった措置をあげる(Levy, 2008)。こうした措置はパターナリスティックだとして斥けられてしまうことも多いが、少なくとも冷静な時であれば当人が受け入れられるような仕方で行為するよう行為者に強いるという点からみれば、「こうした措置はパターナリスティックというよりも、個人の自由の促進とみなされる可能性もある」と論じる(Levy, 2008)。

このように、社会的規制については、各論考で取り上げている知見や技術ごとに、その是非がさまざまに提示されている。こうした議論は、従来の医療機器とは異なり、安全性や有効性といった基準だけでなく、社会に対する影響という視点、正義や不平等といった視点などからも議論されていることがわかる。一方で、現在、さまざまな社会で構築されている社会的規制は、歴史的、文化的背景抜きに論じることが難しいという問題点もある。たとえばマリファナやアルコールといったものを考えてみるとよい。これらは法的、文化的に禁止されている地域もあれば、法律上も文化の中でも許容されている地域もある。また安全性の高低が社会的受容と直結していない事例も散見される。アメリカでは安全基準を満たしているとして使用されている薬剤が、日本では認可されないという事例が多くみられるが安全性の基準や安全性以外の諸要素によって受容が左右される具体例といえる。また逆に、自動車という技術は、事故による死亡率の高さや排気ガスによる環境負荷が高いことを多くの人が理解しているにもかかわらず、世界中で受容されている。つまり、倫理的アプローチによって社会的規制をするべきかどうかを検討する場合、演繹的に結論を導き出すこ

とは困難な場合があり、最終的な判断や決定、現実社会でどのような方向性が受容されるのかについては、その国／地域の歴史、文化といった別の要素を取り入れて考える必要があるのである。

それでは、社会的規制について倫理的アプローチによって多様な立場が示される中、現実的にはどのようにして、規制の是非を決めていくべきなのだろうか。この問題範囲を拡大すると、そもそも脳神経科学のある領域に関しての研究開発をおこなうべきか否か、どのような方向で研究をおこなうべきか、研究資金や資材といった社会的資源をどのような研究に投入すべきか、あるいは臨床応用を実施してよい場合はどのような場合か、といった基準の策定にも共通したテーマがみえてくる。こうした諸問題は、だれが、どのように決定していくべきなのだろうか。最後の節ではこの問題を取り上げ、STS 的アプローチの有効性を示唆したい。

5. 誰が科学技術の方向性を決めるのか——規制、研究開発、臨床応用

アルパートは脳神経倫理とナノエシックス（ナノ科学、ナノ技術における倫理）の共通性を論じた論文で、科学技術をめぐる倫理的問いを「技術的側面にかかわる問題」と、「(人間の条件や科学の目的をめぐり) 哲学的問いに根差した問題」に大きく二分した(Alpert, 2008: 62)。前者は、技術は何を可能にするかといった技術的側面に焦点が当てられており、後者は社会的な諸問題に言及されている。たとえば後者の哲学的問いには、「科学・技術の研究、応用の目的は何か」「人間とは何かということに関して、我々はどのような理解を持っているのか」「技術が我々と（広義の）環境との関係に及ぼす影響」といった課題があげられるが、こうした課題をめぐり見解は、前節でも触れたように、専門家、一般社会の人々、患者等の利害関係がある集団、企業、政策立案者といった立場の違いによっても結論が異なりうるし、歴史的、文化的背景によっても解釈は異なりうる。

このような多角的な視座による分析を行うには、多様な学問領域からの研究者が参加することや、多元的視座から社会と科学・技術との関わりを分析する STS (Science, Technology and Society: 科学技術社会論、あるいは Science and Technology Studies: 科学・技術の社会学) などの学際的な分析枠組みが有効であると考えられる。アルパートは前出の論文で、

どのような研究者が脳神経倫理とナノエシックスそれぞれを研究しているかを分析し、ナノエシックス領域の研究者は工学や自然科学、STS、社会科学（政治学、社会学、人類学、経済学）などを背景としている傾向があるのに対し、脳神経倫理学の研究者は人文科学、脳神経科学、医学などを背景に持つ傾向がある、と指摘する(Alpert, 2008: 61)。日本における同様の動向分析を行った研究はないが、管見ながら脳神経倫理、ナノエシックス双方ともに人文科学系の研究が中心となっている感がある。

科学・技術を社会的にどのように運用すべきかという課題は、STS では例えば「科学ガバナンス」(Scientific governance) あるいは「科学・技術ガバナンス」(Governance of Science and Technology) と呼ばれる分析枠組みで議論される (Fuller, 1999、福士・佐倉、2007 など)。「科学ガバナンス」という視点は、誰が科学技術の方向性を決めるべきなのか、社会的規制の目的や内容は誰がどのように決定すべきなのかについて、専門家や政策決定者のみが権力を占有するのではなく、一般社会を構成する人々がその決定に加わることができるような民主的な枠組みの提示を行う。あるいはそもそも脳神経科学を構成している諸要素はなにかという基礎的な分析が必要かもしれない。科学が持つ社会的要素に焦点をあてた「ストロング・プログラム」や、技術や人、社会制度などを同等なアクターであると位置づけ、その連関を分析する「アクター・ネットワーク理論」など、他の STS の分析枠組みも、脳神経科学の社会的在り様を考える上で役に立つ。ここでは具体的な分析は行わないが、こうした STS 的アプローチを用いた科学技術の検討は今後、より必要となってくると考えられる。

6. まとめ

先端科学技術の発展に際して、倫理的、法律的、社会的課題 (Ethical, Legal and Social Implications: ELSI) を取り上げ、科学研究の進展に並行して調査していくことが重要であるという認識は広く認知されてきている。脳神経倫理という領域でも ELSI 課題群の重要性は早くから指摘されているが、本稿で見て来たように、生命倫理的、哲学的アプローチによる研究は、特に科学コミュニケーションや社会的運用 (規制など) といった領域においては現実社会への応用という点で利用しにくい部分がある。

脳神経倫理学という領域における議論を、実社会への適用や各国／地域での実践ということを視野に入れ考慮するならば、より多角的なアプローチが必要といえる。本稿では、その中でも特に STS という学際的視点の導入が有効であることを示してきた。

英語圏においては、「現在の脳神経倫理学の動向には、民主主義的な手法による一般社会の人々の参加 (Public Inclusion) という視点が不足している」といった STS 的アプローチによる指摘もなされはじめている (Connors, 2008)。日本においても、メディアにおける通俗脳科学がはらむ問題性が指摘されるなど、脳科学と社会との関連をよりよい方向に促進する必要性が論じられている (佐倉・福士、2007)。脳神経倫理がより実践的な側面を持つためには、倫理的アプローチによる研究と STS 的アプローチによる研究との連携が必要であると考えられる。こうした連携により、脳神経倫理はさらに実践的、応用的な方向に議論が進むことが期待される。脳神経科学における先端的研究が急進展し、社会への応用が始まろうとしている今こそ、そうした実践が必要とされているのである。

参考文献

- Alpert, Sheri, 2008, 'Neuroethics and Nanoethics: Do We Risk Ethical Myopia?', *Neuroethics* Vol. 1, No. 1, 55-68.
- Connors, C, 2008, "Publics, Ethics and Experts in the Neuroethics Movement", presentation in Society for Social Studies of Science (4S) / EASST, Rotterdam, Aug. 2008.
- Fine, Cordelia, 2008, 'Will Working Mothers' Brains Explode? The Popular New Genre of Neurosexism', *Neuroethics* Vol. 1, No. 1, 69-72.
- Fuller, S., 1999, *The Governance of Science: Ideology and the Future of the Open Society*, Open University Press: Buckingham.
- Glannon, Walter, 2008, 'Psychopharmacological Enhancement', *Neuroethics* Vol. 1, No. 1, 45-54.
- Levy, Neil, 2008, 'Introducing Neuroethics', *Neuroethics* Vol. 1, No. 1,

1-8.

Savulescu, Julian, and Anders Sandberg, 2008, 'Neuroenhancement of Love and Marriage: The Chemicals between Us', *Neuroethics* Vol. 1, No. 1, 31-44.

Schiebinger, L, 1993, *Nature's Body: Gender In The Making Of Modern Science*, Beacon Press: Boston. (= 『女性を弄ぶ博物学—リンネはなぜ乳房にこだわったのか?』小川眞里子、財部香枝訳、工作舎、1996)

Schiebinger, L, 1999, *Has Feminism Changed Science?*, Harvard Univ. Press. (= 『ジェンダーは科学を変える!?!—医学・霊長類学から物理学・数学まで』小川眞里子、他訳、工作舎、2002)

佐倉統、福士珠美、2007、「脳神経倫理——脳科学と社会の健全な関係をめざして」、『生命倫理』 Vol. 17, No.1, pp18-27.

信原幸弘、原塑（編）、2008、『脳神経倫理学の展望』勁草書房.

福士珠美、佐倉統、2007、「Brain-Machine Interface (BMI) 研究開発のための倫理とガバナンス——日米における取り組みの現状と将来展望」『信学技報』 (IEICE Technical Report)、 Vol.107, No.263(20071011), pp. 59-62.