



っており、当時、京都看病婦学校と同志社病院を造っております。現在我々は新島の遺志を継ぎ、京都府立医科大学や学研都市病院と交流協定を結ばせていただき、医学の方面にも踏み出そうとしております。医学研究センター、アンチ・エイジングリサーチセンター、心臓バイオメカニクス研究センター、再生医療研究センターなどの医学関連の研究センターを次々と建てており、外部からお医者様を教授陣に迎えてそれぞれ研究に励んでいるところでございます。

これらが実を結びまして来年、2008年4月、生命医科学部を京田辺に開校させていただきます。今、多くの生命医科学の分野が作られておりますが、主たるものは化学分野を中心として進められております。同志社大学では工学、機械工学、電子・電気工学、または情報工学と医学を融和させることを目標にして学部を組み立てております。

本学部は3学科体制であります。医工学科は工学と医学を結び付けたものです。介護ロボット、生体材料などを中心に据えてやっていく予定です。

もう一つは医情報学科。耳慣れない学科名ですが、電気・電子、情報と医学を結び付けていく学科です。人体の中にある情報をうまく外へ取り出し、それを元に、病態と結び付けて診断に生かすことが一つの目的です。または地域医療、つまり遠隔的な医療に寄与したいということで、データベースとそれらの電送システムを中心に掲げております。

今一つは医生命システム学科です。今、日本で医学部というのは医療技術を中心に教育をする、お医者様をつくるのが中心ですが、我々の学科では、学間である医学を中心に据えて勉強しているということでございます。

これらの学科を融合させる学部が生命医科学部です。本日ここに挙げましたテーマも新学部の大きな柱の一つでございます。本日のシンポジウムは新学部設置を記念したものと大学では位置付けており、朝日新聞社様のご協力を得まして、現在、本テーマについて論じていただける最高のメンバーに来ていただいたと自負しております。では、どうぞよろしくお願いたします。

特集

同志社大学・朝日新聞社共催シンポジウム

「脳力」の未来を探る —ヒトの脳の勝負どころは？

第一部 基調講演① 講師 羽生 善治 氏 (将棋棋士)

基調講演② 講師 池谷 裕二 氏 (東京大学大学院講師)

第二部 パネルディスカッション

【パネリスト】羽生 善治 氏

池谷 裕二 氏

小泉 英明 氏 (株式会社日立製作所役員待遇フェロー)

川人 光男 氏 (ATR脳情報研究所長)

井原 康夫 (同志社大学教授)

渡辺 好章 (同志社大学教授生命医科学部長予定)

2007年7月1日(日)、同志社大学今出川校地明徳館21番教室にて

はじめに

同志社大学副学長
生命医科学部設置準備室長

片山 傳生

本日はこのように多くの皆様方が本シンポジウムにご参加いただきまして、誠にありがとうございます。同志社大学は1875年にこの地、京都の今出川校地で新島襄によりまして開校された大学でございます。スタート時は8名の学生でしたが、132年を数えた今、約2万5000名の多くの学生が勉学に励んでいるところでございます。

同志社大学につきましては、皆様方の感覚では英学校としてスタートし、そういう分野が主体であろうとお考えになっていると思います。校祖新島襄はアメリカの学士を取った人物でしたが、その学位は理学士でして、英語ではございません。新島は英語教育を日本でやろうと考えたことも当然のことでございますが、一方では医学教育に非常に熱い思いを持

決断力を磨く

将棋棋士 ● 羽生 善治氏

「読み」と「大局観」で考える

今日は実際、私がどういうことを考えて将棋を指しているのか、自分自身がプロとしてやってきて、どういうところが変わったのか。今日のテーマが「脳力」ということなので、それからどういふものが浮かび上がるのかなどをお話ししたいと思います。

インタビュアーを受けたときに「何手くらい読むんですか？」と、よく聞かれます。これが非常に素朴な質問なんですけど、かなり奥が深い。真面目に答えようとすると簡単には答えられない問いなん

です。実際「考えている」というのは、ただただ駒を動かして、歩を一個動かして、飛車が三つ左に行くとかだけを考えているわけではありません。いろんなアプローチや方法を組み合わせて考えて、最後に決断しているということなので。例えば、手はたくさん読めたら強いのか。千手読めたら、一万手読めたら、十萬手読めたら将棋が強いかというと、必ずしもそうではない。たくさん読める、たくさん手を覚えて記憶しているのも大事な要素ですが、それが一番大事かという、意外とそうでもないのです。

実際、どんなふうにして考えているか

を説明すると、最初に「直感」というものを使うんですね。将棋は一つの局面で80通りくらいの可能性がありまますから、80通りを80手全部考えていると、あつという間に日が暮れてしまう。だから最初の段階で二つ、三つくらいに候補を絞ってしまう。残りの77とか78という可能性は、初めて見たときに捨ててしまっているんですね。これが直感です。

直感とはどういうものか。たとえば写真を撮るときにカメラでフォーカスする。ピントを絞りますね。そういう作業だと思ってください。最初見たときに「だいたい、このへんに中心があるんじ

やないかな」と目星をつけて決めるということなんです。

例えば2手、3手を考える。相手の人も同じように考えるわけです。今度は自分の立場ではなく、相手の立場に立って、その手に対してどういう手が返ってくるかを考える。ただ、最初は3手でも、どんどん自乗、自乗で増えていきますから、10手先というと3の10乗、20手先はすこい数になってしまう。とてもじゃないですが、「読み」ということだけで言えば、将棋を考えるときのほんの小さい一部分しか分からなくて、しかもそれだけではとても判断がつかないことが非常に多いんです。ですから読みというのがあつて、それだけでいちおう、いくつかの道筋、大筋は探しますが、それに対して、今度

はちよつと違った観点から考えたりします。それが「大局観」です。大局を見るということですね。逆の言葉だと「木を見て森を見ず」。つまり今の局面で攻めたいのか、守つたらいいのか、あるいはじつとしていれたいのか、休戦にすればいいのか。そういう方向性を、大局観を使って考えるんです。

これを見つけると、かなり選択肢が狭まり、一つの局面に対する理解度も広がり、流れが分かってきます。大きく分けると「読み」と「大局観」の二本柱で私たちは考えているんですね。

ただ、それだけでも全然分らないところがあります。最後に一番大事になってくるのが、最後に決断するところで、ここが一番迷うところ。そのときにどう

するかというのが、これが不思議と世代によつて変わってくるというのが私の実感です。例えば10代のときは経験がまったくありませんから、大局観は無いに等しい。ただただ、ひたすら読み続けていく。たくさん読めるんだけれども、方向性が合っているかは分からないという形でやっていました。一步一步進んでいくので、そういう考え方は、方向性さえ間違えなければ非常に大きな確実性があると考えることもできます。



【プロフィール】

はぶ よしはる
1970年、埼玉県生まれ。小学6年生のときに二上達也九段に師事し、中学3年で四段に昇段、プロ棋士となる。89年、19歳で初タイトルとなる「竜王」を獲得。93年、史上最年少で初の五冠。96年、「王将・名人・竜王・棋聖・王位・王座・棋王」の七冠を独占。永世棋聖、永世王位、名誉王座、永世棋王。2006年、第54期「王座戦」を防衛し、15連覇達成。タイトル戦連覇記録は歴代1位。2007年、史上2人目の「永世王将」の資格を得る。著書に『決断力』『先を読む頭脳』『挑戦する勇気』『羽生の頭脳』シリーズ他多数。

ません。判断がはつきりつかないまま決断をして、また次に相手の手が返ってきた、そこでどうしたらいいか分からない、形勢がはつきりしないという状態の中で、もう一手指す。その繰り返しの中で一局が進行していくことなんですね。

プロはどこで決断するか

ただ正解やベストが分からない状況で、常に決断を続けて暗中模索で進めているというのなら、ではアマチュアとプロとは何が違うのか。しかもプロもミスをするのだから、実際は何の違いがあるのかというと、「羅針盤の正確さ」の違いだと思っんです。一つひとつの決断、決定は間違っているかもしれないけれど、羅針盤は間違っていない。実際、一局指す中で「ここはちよつと失敗したな、ここは悪い手を指したな」というケースはよくあります。程度や方向性の問題というか、同じミスでも非常に大きな失点になってしまいうミスもあれば、次善手で、ベストではないが、そこそこの線を突いていることもある。そういう正確度の差、密度の差なのではないかと。大局観などに裏打ちされたものから「だいたい、

このへんじゃないかな」という見切りをつけてやっているというのが実情です。

もう一つよくあるのは、例えば長考。一つの場面で1時間、2時間とか考えたりするんですね。これが、2時間考えたら1時間考えたより思考が進むかというと、意外とそうではない。30分経ち、1時間くらい経つと、考えられる読みや大局観はある程度尽きてしまうことがあります。「こうなつて10手先にはこういう場面になるのではないか」「こつちの手でいくと、こういう場面になるんじゃないかな」「最後はどうするか」というときに迷っているケースが多い。

長考というのは長く考えているのではなく、言葉を変えると、長く迷っているというケースが非常に多いんですね。逆に言うと、それが一つの調子のパロメーターになることがある。非常に調子がいいときは、たくさんの手が読めるということではなく、早く見切りがつけられる、早く決断できる。これがベストだということ確認が持てなかつたにしても、見切りがつけられるということの方が大事な要素としてあるのではないかと思います。

迷つてしまうと、迷つて迷つて、最後に分からなくなつてしまい、とんでもな

いミスをしてしまうことも実際よくあります。経験を積む難しさには、そういう

「迷う材料」が増えていくこともあるのではないかと私はいつも思っています。例えば10代のときだとピンチに陥つたら、そこからどう抜け出すかという方法論もあまり浮かばないし、選択も浮かばないから「一つのことをとりあえずやってみるしかない」という感じになると思っんです。これがだんだん経験を積んでくると「こういう逃げ道もある」「こういう方法もある」と、いろんな選択肢が増える。

ただ逆に、迷う材料も増える。最後に「では、その中でどれがベストなんだ」ということが分からなくなつてしまうことは結構よくあります。それは逆に言うと、経験を積み始めれば、迷う材料を克服していくことが大事になるということです。平常心を保ち、いつも同じような状態で、客観的的確な判断ができるかどうか求められてくるのではないかと思っています。

「知恵」とは、「理解する」(understanding)とは

今は情報化時代ということで、巷には

どんな分野でも情報があふれていますね。将棋の世界もそういう時代の流れに重なつて、データみたいなものが重視される部分が大きくなつてきています。基礎的な知識、将棋で言うと「定石」を覚えるために多くの時間を費やさないとけない。これを覚えて初めてスタートラインに立てるわけですが、本当に大事な部分は、そこから出発した後、次に何を創造するかということだと思っんです

ね。ここが非常に難しい。基礎的なことを知識として溜め込んでいくこと、記憶することが、斬新なものを生み出すときに先入観になつてしまうこともよくあるんです。もう一つは時間の侵食。定石を覚えることなどに大変多くの時間を費やさないとけないので、なかなか本来の一番すべきこと、発想すること、創造することに時間を割けないこともあるのではないと思っています。

それだけたくさんの情報を、ただ記憶や知識として溜めているだけでは、それほど大きな意味はないのかもしれない。しかしそれをうまく組み合わせることによって、そこからヒントを得る、刺激を受けることによって何か違うものを生み出すという方法論がある。情報の、

そういう使い方はあるのではないかととも思います。

私が10代のときに覚えた定石があります。ファッションみたいに流行りすたりがあるものですが、それが15年くらいたつた今は知識としては全然役に立たないんです。その情報が実践に現れて、その通りになつて、それを使いこなすということが別なもの、真新しいものに出合い、新しいことをマスターするときには、かつて覚えた定石は知識としては役に立たないかもしれないけれども、定石を得たプロセスみたいなものが、知恵として役に立っているのではないかと思っいます。

知識としてはまったく使えなくても、その中の栄養分が残つていて、それがどうしてプラスになるのか。例えば何か違うものをマスターしようとするとき、ちやんとそこまで到達できるかどうか不安になることがあります。そういう経験を積んでいけば、「これくらい努力すれば対応できる」「前はこういうやり方でめだつたから今回はこういうアプローチで理解しよう」と努めますね。不安になつた中でも、そういうことを吸収していく要素がかなりあります。そういう意味

では、昔得た知識は「知恵」として役立つのではないかと思っています。ただし、そういう知恵を自分の意思で行使したいと思うかが、すごく大事です。異質なものが出てきたときに「ちよつとこれは受け入れられない」「これは理解できない」という気持ちがあると、たとえ知恵があつても、それをうまく組み合わせる理解するところまではなかなか到達できないのではと思っいます。

「コンピュータは「五感」と「大局観」を超えられるか

これは本当に面白いんですが、棋譜を記憶するというのも、もちろん一通り一回見れば覚えられると言えれば覚えられますね。しかし不思議なことに、ちゃんと

その形や戦法がどういうものであるかを理解していると、結構きちんと記憶として残るといふこともある。それは例えば3年、5年、10年経っても、自分の中できちんと消化・吸収されていけば、ちゃんと後々まで残っていることはあります。

今はスピード時代ですね。棋譜のデータベースをパソコンで見えていくと、私は一局1分くらいで見られます。それで覚えてはいるんですが、すぐ忘れてしまうことがある。本当に覚えたいときには、パソコンの画面を見るだけではなく、ちゃんと駒盤を使って一手ずつゆつくり並べて、ちよつと立ち止まってみたり考えてみたりという方が、明らかにきちつと残る。ちゃんと自分の中に蓄積されるという実感があります。

もう一つ大事だと思っているのは、視覚に頼っている部分は大きいので、できるだけたくさん五感を使うこと。それが、きちんと記憶に残り、蓄積されることにとって大事な要素なのではないか。今の例で言うと、ただ目でパソコンの画面を見て覚えるのではなく、手を動かし駒を動かして、そこで咳いたりノートに書き留めたり、いろんな器官を使うこと

によって、きちんと残っていくことになるのではないか。後々まで残すものに対しては、どんなに急がされているときでも、時間をかける必要はあるのではないかと、合わせて思ったりしています。

最近、将棋の世界だと強いコンピュータソフトも大分出てきましたね。今年3月、渡辺明竜王と「ボナンザ」というソフトが対戦しましたが、コンピュータソフトはアマチュアのトップクラスくらいです。そういう意味ではかなり手強いレベルになってきています。コンピュータのどういふところが強いかというと、卓越した計算処理能力ですね。確か1秒間に400万局面が考えられる。人間はどう頑張っても1秒に一手くらいなので、これで勝負するのは大変なこと。しかし将棋には莫大な数の可能性があるので、計算処理のところではコンピュータに追いつけないんですけど、大局観というところではまだ人間の優位性が残っている。そういうところにまだ力の差があると思っています。これもいろんな面白い傾向がありますが、そのソフトを作った人はあまり将棋のことは知らないですね。知らないけれども、そういうものを作れるというのが今の時代のすごいと

ころ、素晴らしいところですよ。

いわゆる終盤戦で、詰むとか詰まないとか、ただただ、たくさん手が読めるかどうかが大変な場面のとき。対局のときはもちろん使えませんが、対局が終わった後にソフトを使って調べてみると、もう5分、10分くらいでいたい答えを出してくれる。結論を出してくれる。そういう意味で便利というか、すごいものが出てきたなと感じるときもあります。

人間の思考には死角があるんですよ。「どうしてもこういうのは生理的に受け付けられない」「こういうのは形としてあまりよくないから指したくない」とか、そういうものがあつて、盲点とか意外なところ、生理的に受け付けられないという意外性のところを指摘される、あるいは突かれるということがあるのかなと思っています。ただもう一つの観点から言うと、ずっとコンピュータを使っているとき、だんだんそういうコンピュータ的な感覚が人間にも伝染していくところも、合わせてあるのではないかと感じます。

数値化できないものに面白さがある

か、そういう真新しいものに出合ったとき、受け入れられる柔軟性があるのかどうか、生理的なものとはどういふことなのか。あるいは「こういうのが美しいのだ」「こういうものがセンスがいいんだ」といふような価値のところが変わっていくのか、そういうところが最終的には結び付くのではないかと思っています。それは数値化したり証明できたりするものではないんですが、だからこそ面白い、興味深いところがあるのでないかと思っています。

「決断力を磨く」ということですが、そういうときには、データを分析することでも大事だと思いますが、例えば能率化、効率化、勝敗だけではない要素が大切になるのではないかと思います。チャレンジしてみる、失敗してみる、ちよつと変わったことをやってみる。そういうことの方が、全体的な背景を見たときには重きをおくべきことになるのではないのでしょうか。

これから専門の先生方がいろいろとお話をされると思いますので、私もそれを聴いて勉強していきたいと思っています。ご清聴、どうもありがとうございます。

そうは言っても「じゃあ進化を止めていいのかわ」というと、必ずそういう方向に進んでいくので、それとどういふふうにつき合っていくかという問題になる。どういふ使い方があるか、どういふアプローチが必要なのか、非常に大事な、これから先の課題というのでしょうか、テーマというか、それは必ずあると思っています。逆に言うと私はこのテーマは面白いと思っているんですね。

最初にお話ししたように、将棋が強くなるには、たくさん手が読めればいというわけではないということなんです。局面を絵として見たときにどう感じるか、手順のリズムはどうなのかという、感覚的なものこのあたりが強くなければならぬ、深くなければならぬ、実力が上がっていくという感じなんです。これはどんどん引き算していくことだと思っているんです。削って、削って、小さくしていくことよつて強くなっていく。コンピュータの方は、ハードの進歩はすごく速いですよね。1年経てば前より格段の処理能力を持つものが現れてくるという、ひたすらプラスで処理能力を足していくやり方です。ある意味、正反対の方向に向かって走っているような感じですよ。

例えば将棋を指すとき、正反対に走っている人間とコンピュータがあつたとき、それが将来、どこかで感覚的に出合ふものがあるのかどうか、これはまだ分からない。でもどうなるのか、すごく興味深いテーマだと思っています。もちろん勝敗は大事な要素ではあると思いますが、一手一手を指していく手が、両者ともに感覚的にまつたく違和感のない、共通したものになっていく。そこで一つの場面をパッと見せられたとき、考えるプロセスは違つても両者が同じ手を選ぶようになるとかどうか。そういうところは、まだこれからでないと分かりません。ただ何となく、まつたく違うものそのままにはならないんじゃないかなという気も私自身はしています。そういう意味では、5年、10年経つた後、どんなふうになるのかなと興味深く思っているんですね。

そういう意味では、使い方と言つて変ですが、コンピュータとの付き合い方というもののへのアプローチ、方法論を伸ばしていかば、人間が本来持っている能力とか潜在的な力を引き出させる要素も潜んでいるのではないかと思っています。そのとき一番鍵になるのは、何かそういうものに対する恐怖感や不安があるの

理系の直感、文系の直感

東京大学大学院講師 ● 池谷 裕二氏

「理系／文系」は右手で分かる？ 「因果関係」と「相関関係」との違い

私の専門は大脳生理学、専門の脳の部署は海馬。ここは記憶を司っている部位ですが、そこを専門に研究しています。ただ今日は海馬の話はせず、せっかく羽生先生の後に貴重な機会をいただいていますので、直感の話に挑戦してみます。

まず皆さん、何となく自分は文系だな、理系だなどと思っておられると思いますが、実は右手を見ると理系か文系か分かるんです。本当らしいですよ。イギリスの雑誌に今月発表されます。どこを見れば分かるか。これは人指し指の長さが違うんです。人指し指が薬指に比べて短い

人は理系なんです。ほとんど変わらない、人指し指の方が長い人は文系であるという論文ですね。

でも私は、この意見にあまり賛成ではないんです。と言いますのは、10年ほど前に「ネイチャー」という科学雑誌に、理系か文系かだけではなく、単に男性だと人指し指が短いということが発表されているんです。ここにデータがあります。女性だと人指し指が長い。女性の方が文系の率が高いと。確かに統計を採ると理系の方が人指し指が短いけど、それはそういう意味ではないんじゃないかと。論文を読むと、男性ホルモンであるテストステロンが胎児のときに晒されて男性になっていくわけですが、そうすると人指

し指の細胞が「アポトーシス」といって死ぬですよ。それで短くなるという。実は「男と女で指の長さが違うということが本当のところではないか」ということを言っているんです。さらにこの論文では、女性でも、ホモセクシュアリティのある方は短いということで、女性の右手の人指し指は要チェック。そういうことを言っているセンセーショナルな論文だったわけですよ。

二つめの例をお話しします。「天然パーマはIQが低い」。世界中で統計を採ると、天然パーマの方が知能指数が低いというデータが出るんですね。これも世界中の人を見ると、特定の地域、アフリカ系に天然パーマが多いという事

実がある。それとはまったく別に大変残念なことに、まだ教育のシステムが発達してなくて、教育の機会に恵まれない方がアフリカに多いという事実があるわけです。そうしたものを無視して、天然パーマかどうかを分けてIQを調べると、低いと出てしまう。公開されたデータだけを見ると人によっては解釈を間違えてしまって、天然パーマは頭が悪いんだとなってしまおうというでもない誤解が起こる。このように科学的なデータは使い方を間違えると大変怖いことになるといって話を、最初にしておきたいと思っています。

原因か結果かという因果関係と、相関関係というのは似ているんですけど、非

常に深い溝があるということになります。デヴィッド・フィッシャーという歴史学者も「クム ホク、エルゴ プロテル ホク」と言っています。これは相関関係が強いと人間は因果関係がそこにあるんじゃないかと勝手に思い込んでしまう、変な癖があるということですよ。解釈は気をつけましょうということ、サイエンスも同じでして、エンターテインメント性があってもいいんですが、謙虚な姿勢を忘れずに楽しませようという形で言い訳をさせていただいて、本題に入りたいと思います。

「直感」を司る「線条体」

まず最初にお話をしたいのは「無意識

の力」について。これは5月11日「サイエンス」に発表されたものです。ゲームをやつてもらう簡単な試験を皆さんに行うわけです。点数に応じて報酬、お金をお渡ししましょうと。そうすると皆さん、結構、お金がかかると頑張るんですね。毎回ゲームを始める前に、あるパネルを見せる。100円玉と1円玉のどちらかを見せます。100円だった場合はゲームで獲得した点数に100円を掛けたものが賞金になる。1円だったら、その点数がそのまま賞金になる。なので、やってみると分かるんですけど、100円と表示されると皆さん、ゲームに気合が入るんですね。

そんなときに脳のどんなところが活動しているかを調べると、「淡着球（たんそうきゅう）」という場所です（図1）。前々からモチベーション、やる気、気合に関係する部位だと言われています。ここでは別に新しい発見じゃない。100円か1円かをサブリミナル効果で見せるわけです。テレビの画像でほんの一瞬、映像を見せると、本人は見たかどうか気づかないけれど、ある商品が買いたくなってしまったという効果です。

映像を見せます。100円か1円かどちら



【プロフィール】

いけがや ゆうじ
1970年、静岡県生まれ。薬学博士。専門は神経薬理学、光生理学。98年、東京大学大学院薬学系研究科にて海馬の研究により薬学博士号を取得。2002年から05年、コロンビア大学生物科学講座客員研究員。06年、科学技術振興機構さきがけ研究員に就任。同年、日本薬理学会学術奨励賞と日本神経科学学会奨励賞をダブル受賞。著書に『海馬—脳は疲れにくい』『進化した脳』『脳はなにかと云い訳する』他多数。

図2 (『Nature 427 : 352-355, 2004.』)

□に入る数字を推測せよ

4	4	9	4	9	4	
1	9	1	4	4	1	□

解答猶予: 8時間

直感とひらめき。この数列の、空欄に入る数字を推測してください(図2)。

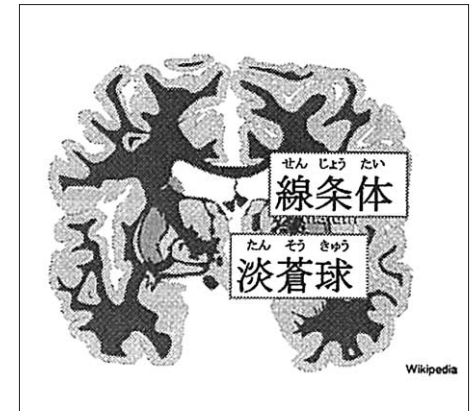
これはひらめきなんです。ちゃんと法則性がある、皆さんもある法則に気付くと、ここを埋められるんです。思い付く理由は分かりませんが、ただ思い付いた後に理めた理由が言える。これ、ひらめきです。まずこれを見ると、1と4と9の3種類しかないですね。隣り合った数字が1と4だったら、3種類の中でそれ以外の数字、9が入る。次は4と9なので、それ以外の数字は1。これは1と9なので4が入る。もしこれ、同じだった場合は4を入れる。というわけで最後の空欄は9です。思い付きさえすれば答えが入る。そしてその理由もちゃんと説明できる。これはひらめきなんです。直感ではありません。

ひらめきはどうして思い付いたらいいか。一つのポイントですが、「寝て待て」という論文を3年前、ボーンというドイツの研究者が出しています。なぜ分かったか。こういう難しめの推測、推理を、たくさん問題を出しておく。8時間考えたいから8時間後に答えてください。ただしシミュレーションを三つに分け

る。一つは朝、問題を見せて夕方、答えをもらう。一日中考えていいですよというタイプ。次のグループは寝る前に見せて8時間寝てもらい、起きたら答えでもらう。三つめのグループは寝る前に見せますが、徹夜で考えて8時間後に答えてもらう。「昼間見せて、昼間考えた人」「徹夜で考えた人」は20%くらいしか分からない。でも「睡眠して起きてから考えた人」は60%くらい分かるというデータが出ていました。「あ、なるほど、寝て待てばいいなら楽だな」と、私はこれを見た瞬間に思っただけです。これがひらめきです。

では、直感とは何か。ケラーという人が70年前に考えた「プーバ・キキ試験」というのがあります。曲線の図形(○)と、とがった図形(☆)があつて、「謎の宇宙人文字を発見!」と書いてある。宇宙人文字としましょう。これがまだ私たちが知らない文字であるということは分かった。ただ意味は分からない、読み方も分からない。でも宇宙人の会話を聞いていたら、どちらかがプーバ、どちらかがキキと発音するらしいことまでは分かった。

図1 (『Wikipedia.』)



かが出ます。サブリミナル効果を出すわけです。実際にこれを見せてゲームをやってみる。本人は「今回、掛け金が分からないよ」と言うんです。でも「まあいいから」とやってみると、そのときの脳の活動を見ると100円を見せたときにはちゃんと淡蒼球がグーツと活動しているんです。1円ときには活動していません(笑)。実際にゲームにどれくらい力が入っているか、筋肉の力とかを見ると分かりませんが、100円ときにはグリップの力がグーンと高くなっている。本人は

直感とひらめきとの違い

直感というものを真面目にサイエンスで取り上げたい。オカルトチックだ、畑違いじゃないかと感じられるかもしれないが、最近では直感というのを科学の対象として真面目に取り上げる研究者が増えていきます。ちゃんとサイエンスの対象になっています。直感の研究者で最も有名なのはハーバード大学のリバーマンです。こんな有名な論文があります。直感とは何なのか、どこから生まれるのか

意識の上ではどちらを見せられたか分からないにもかかわらず、脳の反応はそれをちゃんとキャッチしている。見えざる情報をしっかりと捉えていることがあります。これが無意識の力だろうということになるわけです。

淡蒼球が活動するのは分かりましたが、なぜ活動するのか。淡蒼球のさらに上流にあるのが「線條体(図1)」です。線條体から淡蒼球に情報が送られてくることは分かっています。となると、線條体は真犯人として怪しいなという気がするじゃないですか。というわけで今日の話は線條体がメインになります。

を真面目に考えている。最初の段落です。すでに「直感には線條体から生まれる」と書いてあるんです。

直感の話をする前に、直感以外にも似たような言葉がありますね。ひらめき。普段の生活では別に混同して使ってもいいんですが、直感とひらめきとは、サイエンスの現場では全然違うものです。英語でも直感には'intuition、ひらめきには'inspiration'と言いつけられています。これは全然違うものなので、直感の話をするときには、しっかりと区別して考えないといけません。

何がどう違うか。あるとき、ふと思いつく、そこはかとなく答えが出てくるという感じでは一緒なんです。「出てきた後」が違います。ひらめきは、ふっと思いついたら「ああ、なるほど、これこれこうなつて、ああなつたんだ、なんであのとき思いつかなかつたんだろ」と、後から理由が分かる。一方、直感、そこはかとなくそう思うだけであつて、理由が自分に分からない。使われている脳の部位も違うだろうと言われている。直感には線條体から、ひらめきは脳皮質から生まれると考えられているようです。

どちらがブーバで、どちらがキキでしょう。答えは何となく分かります。宇宙人文字ですから、本来なら当たる確率は五分五分です。でも私たちには何となく直感というものがある。曲線図形がブーバっぽくて、とがった図形がキキ。なぜと言われても理由は分からない。でもそう思うから、しょうがない。これが直感なんです。お分かりいただけましたか。

「直感」の正体

直感というのはリバーマンの論文にもあつたように線条体から生まれる。実は私はこれを聞いたときにびっくりした。線条体というのは私たち脳の研究者からすると、直感というよりは「手続き記憶」の脳部位なんです。手続き記憶は何かというと、方法の記憶です。HOWの記憶です。自転車の乗り方、スキートの滑り方、ものつかみ方、勉強の仕方、つまり、やり方の記憶を蓄える場所だろうと言われていきます。つまり身体をスムーズに動かすようなシステムなんです。自転車の乗るのは最初はぎこちなかったけど、だんだん練習しているうちにスムーズになつていく。例えば線条体のある一部の

神経線維がやられたりしてしまうと、パーキンソン病のように身体がうまくいかない病気になる。滑らかに身体を動かすように使われている場所が、なぜ直感を生み出すのでしょうか。

手続き記憶の特徴は何か。一つは無意識であること。自転車に乗るのも、いろんな筋肉をたくさん動かしている。いちいち大腿筋や上腕二頭筋をどうしようと考えないわけですよ。無意識に動く。もう一つの特徴はオートマチックです。覚えようと努力するけど、何度もやっているうちに自然に覚えていくという特徴があります。

もう一つは、自転車を一回練習しただけでは絶対覚えられません。繰り返しの訓練によつて身につくという特徴がある。直感というのも、ある種の「学習」だと思えます。努力の賜物です。そういう意味では手続き記憶に近いんじゃないかと思つたんです。先ほど羽生先生も直感という話をされていましたが、歳をとるほどにだんだん上達してくるとこの話もありました。訓練によつて直感自身につくんですよ。

羽生先生に関する本を読んだことがあ

かに長けていると、たくさんの状況を挙げています。

確かにそうなんです。私も妻と街を歩いていると、妻が「あ、このレストランおいしそう」と言うんですね。「理由を言ってみる」「分かんない」。でも入ってみると確かにおいしい。ああいうの、直感なんですね。女性の直感って、なかなかすごいなと思つているんです。ドラマなんか見ていると、浮気を見破るのは必ず女性側ですね。しかも見破られちゃつた男の方はたいてい逆上して「そんな言い方がりを言うんじゃない。理由を言ってみろ、理由を」。直感だから言えるはずないんですね。しかも案外、直感というのは正しかったりする。女の直感、恐るべしです。

「脳はウソをつかない」

「脳力の未来を探る」ということなので「これからこんなことができるかもしれない、今までできなかったけど、こんなことが分かってきた」という話を、ちょっとしたいと思えます。脳には、動きを感じするMTニューロンという神経細胞があります。ボールが転がっている、

りますが、そのときに、ある局面を将棋において迎えると、理由は本人にもよく分からないけど「最良の手はこれだろう」ということが分かる。これはまさに直感です。それは羽生先生が小さい頃から訓練されているから出てくるものであつて、私がおの場において、羽生先生と同じ盤面を見て直感が生まれるかというのと、生まれません。何か置けと言われたら置きますけど、それは直感というか、でたためですね。あてずっぽう。訓練のないところ直感はないというのが、一つ私の思うところです。ただし直感には磨こうと思つて訓練しているわけじゃない。繰り返すことで自然に線条体が活動して身につくわけです。カントが『純粹理性批判』の中でこういうことを言っています。「概念のない直感は無目的である」と。今、私が盤面を見て適当にポツと置く。訓練されていない直感です。これは概念がないので直感ではない、とカントは言う。なるほど、直感というのは訓練によつて身につくものだといいことです。

ちょっと面白い話があります。普通、子どもの脳は小さいです。大人になつていく過程でだんだん大きくなつていく

車が走っているのを見たときに活動するニューロンです。ところが「目の錯覚」というのがありますね。動いていないものを見たときでも、動いているように感じることもある。これは、MTニューロンが活動してしまつたら、見た本人にとつてはそれが「動いている」という事実であつて、「外の事実」ではないということです。本人の事実にとつて、それが正しいのではないかということになります。つまり、脳の活動こそが世界のすべてで、外の世界がどうなっているかは一切関係ないということなんです。

その例をお見せします。赤い斑点を円形に並べて1カ所が消えています。赤い斑点がグルグル回っている。赤い斑点が皆さんに見えていることは、おそらく赤い斑点の存在を検知するニューロンが皆さんの脳の中にあつて、それが活動しているからピンク色の斑点が見えているということなんです。

この黒い点をごらんください。何か緑色が見えませんか。消えているところがグルグル回っている。消えているところが緑色が見えてきませんか。緑色が見えるというのは不思議だなと思うんです

ですが、だいたい高校生くらいまでの間に大きさが固まつてしまつて、それ以上成長しないというのが一般的な考え方だと思えます。エリザベス・ソーウェルという研究者は、その人が中学生の頃の脳と、それ以降とでは形が変わっているんじゃないかと調べました。そしたら実際にまだまだ成長している脳部位があると。それが前頭葉と線条体なんです。線条体は大人になつてもまだ大きくなり続ける部位であるということが、わりと最近分かってきました。直感は大になつても鍛えられるという可能性を予感させる論文です。

もう一つは、リバーマンがはつきり言っているんです。女の直感について書いています。「女の直感について語らずしてこの論文を終わるわけにはいけません」と気合いが入っています（笑）。女の直感というのは「ありえないもの」と片づけられてしまう傾向が一般にもあるかもしれない。しかし科学的な証拠によつて、女性の方がノンバーバルコミュニケーション、つまり言葉以外のコミュニケーション、しぐさ、雰囲気を感じたり、それに情報を込めたりすることに、はる

が、結論だけ言うと緑色の存在を検知するニューロンが皆さんの脳の中にあつて見えてしまっていることは、それが活動してしまっているから、存在しないものまで見えてしまっているということです。存在するかしないかは関係ないんですね。緑色を検知するニューロンが活動すれば見えてしまう。もつと面白いことが起こります。このところをジーツと見つめてください。ピンク色が消えてしまつて緑色だけがグルグル回転していませんか。これは裏を返せば、皆さんの脳の中にあるピンク色に反応するニューロンが活動を止めてしまつたからです。外にピンク色が存在するかどうか、そんなの、どうでもいいんです。私たちの脳がそう反応するかどうかということが、私たちにどうも真実なんです。ピンク色が見えていなかったら、私たちにどうも存在しないと同じなんです。これは脳の真理として心に留めていただいてから、以降の話についてきていただきたいのです。

「脳はウソをつかない」と、ロンドン大学のターナー先生は言っています。脳の中を見れば、皆さんが赤い色が見えているか見えていないかが分かるという二

ュアンズです。脳はウソをつかないわけですから、ウソ発見器に使えるんじゃないかと考えている人もいるんですね。いくつかそういう例があります。一番うまくいっている例はマーク・ジョージだと思えます。ウソをついているときに活動する脳部位を全部スキャンする。彼は一般人から「もし俺のウソ発見装置をうまくだますことができたら賞金をやろう」と募つてやつたんですが、全員破れたらしいです。ウソをついていることが、ばれてしまつたそうです。

こんなことが分かつてきたという軟らかい話を二つほどしましょう。まず最初に「ヴィパッサナー瞑想」の話です。ヴィパッサナー瞑想はブツダが再発見して広めた瞑想法で、日本人にはなじみが深い仏教にある瞑想です。あれをやると透視力がアップするという論文が出たんですね。何をやつたか。これをこらなくください。前に十字が切つてあります。行きますよ。はい、動きましたね。あの中に文字が一杯あつたと思うけど、数字がありましたね。数字は何か分かりますか。3ですよ。実際に数字は二つありましたが。これをやると一つしか見えない人と

二つ見える人がいるんですが、一つしか見えない人が多いんですよ。もう一度お見せします。二つあることを意識してみてください。3と9ですね。実はこれを見せて数字を言つてもらつたことをやると、一つめを見た後に、それにどうも意識が集中してしまうようで、二つめを見落としてしまう傾向が私たちにあります。実際にはもつと速く見せます。スピードをゆつくりして見せたんですけれど。それはどうしてか。一つめに気を取られてしまつて脳のリソースがそこに使われてしまい、二つめのアテンション、注意力が落ちてしまうからではないかという説明がされています。瞑想するようになるか。脳のリソースが一つのところ集中しないような脳の使い方になるといいんです。これを「分散化」という。

瞑想中に起こるのではなく、瞑想を普段からやっている人はそういう脳の使い方になつていっているんです。別に文字を見る訓練をするわけではない。ただ座禅を組んだりして瞑想するわけです。この実験台になつた方は3カ月間、1日8時間の訓練をしただけです。それくらいやつただけで脳の使い方が変わつて、先ほどの数

字を当てる正当率がグンと上がることが分かつてきた。今まで瞑想することに關しては、確かに心が落ち着いたりという効果があることは私たちも気付いているかもしれないですけど、動体視力までよくなつていくわけですね。ただし、そういうことがあると聞いても、なんだか怪しいという感じがありませんか。特に理系の方々からすると。何となくは言われているけど、どうも検証しづらいということが、脳の中を見ることでだんだんと科学の対象になつてきて説明がついてきたというのが一点、あるんです。

もう一点、その流れで最後にお話したいのはウイスコンシン大学のコアンという先生が出した論文です。タイトルは「手を貸す」。まず無作為にご家庭に電話をします。女性が出たら「最近、だんなさんとうまくいっていますか」と聞く。そういう話を「実験に協力してください」と1週間、10日後に研究室に來てもらおう。何をするか。いすに座つてもらつて手首に電気ショックを与える。あれ痛いですよ。例えば赤いランプをつけて「電気ショックが行くよ」と覚えてもらつて、イテテテとなる。赤いラン

プがつくと痛いから嫌な思いをする。

そのときの脳の活動を計りました。嫌悪を感じるような部位が活動します。それで何をやつたか。だんなさんと一緒に実験室に來てもらつて、横で手を握つていってもらう。そしたら脳の反応がどうなるか。だんなさんが手を握ると、特に嫌悪を感じる部位がグーンと減るんです。すごい発見ですよ。実際に「どうでしたか?」「さつきほど嫌じゃなかった」と女性も答える。見知らぬ人、初めて会つた人に手を握つてもらつても、あまり変わらないということが分かつています。横で手を握つてもらつただけで痛みが消えるなんてことも「気のせいだよ」と笑つて済まされてしまふような昔の話が、今では脳の中を見て「ほら、効果があるじゃないか、心が通じるというのが、たぶんこういうことなんだ」というのが手に取るように分かるようになってきたという話です。

この研究の面白いのは、この図の横軸です。夫婦がどれだけうまくいっているかという指標なんです(笑)。奥さんから見た、だんなさんの評価です。それが高ければ高いほど、嫌悪を感じる部位の

活動が落ちていっている。やっばり夫婦仲つて大切なんだなと思うと同時に、逆に言うくと、夫婦仲がどれだけうまくいっているかを計ることができるといふことですね。だんなさんは自信満々で手を握つただけど、全然落ちていなくなつたらショックですね(笑)。

結局、脳の中を見るときいろんなことが分かるんですが、よくよく考えてみるとちよつと危ないなという気も一方です。わけです。脳の中はその人の考えや感じ方とかが詰まつているわけで、それは一種の個人情報です。それを計つちゃうと見えてしまうという話で、私たちも生命倫理学(バイオエシックス)とか、神経倫理学(ニューロエシックス)とか、こういう分野を並列して作つていて、脳研究、生命科学の成果というものが悪用されないように、予期されないような事故が起こらないように常にケアしながらやつているということは、最後に申し添えたいと思います。後半のパネルディスプレイでもメインのテーマの一つになつてくるかもしれません。

どうもありがとうございます。

パネルディスカッション 「脳力」の未来を探る

パネリスト
羽生 善治氏 (将棋棋士)
池谷 裕二氏 (東京大学大学院講師)
小泉 英明氏 (株式会社日立製作所役員待遇フェロー)
川人 光男氏 (ATR脳情報研究所長)
井原 康夫 (同志社大学教授)
コーディネーター
渡辺 好章 (同志社大学教授)

「物理」から「生理」の時代へと 展開する最新の脳科学とは

渡辺 ● 第二部のようなセッションを企画しましたのは、来春、本学において設置予定の生命医科学部の誕生を記念してということが一つ。さらに、脳というものを考えるこの時代に、我々はみな運命共同体として「宇宙船地球号」に乗っているという状況をじっくりと思ひ直してもいいのではないかと思うからです。

思い起こせば1765年に、ジェームス・ワットが蒸気機関を発明しました。彼は昔から分かっていたさまざまな物理現象をとりまとめて、エンジンの原型となるものを造りました。そして産業革命が起った。産業革命のターゲットは物理でした。物理の時代が数百年続き、い

ま我々はまさに、次は生理の時代に移りつつあるのではないかと実感しています。

私の基本的な見方としまして、生理・心理という三つの理があるかと思えます。その順番に時代の流れがあり、人類はそこにメスを入れていくのではないだろうかと思っています。したがって今、時代は物理から生理へと展開しつつあるフェーズを迎えているのではないか。その象徴的なものが今日の一つのテーマでありますブレインサイエンス、脳科学になるのではないかと思っています。今日のシンポジウムを25世紀、30世紀から振り返ったとき、この時代にこういうブレイクスルーが始まった、脳科学の進展が始まってきたのだと記録されるのではないかと気がしています。

このような視点から今日のディスカッ

統合がこれから必要です。それを「俯瞰統合」と言っています。俯瞰は鳥瞰とも言いますが、大空から鳥が大地を見下ろすように全体像を把握し、それぞれ分かれてしまった分野を統合していくプロセスがこれから必要になってくるだろうと思います。

その中で現在、具体的に進めているのが「脳科学とXYZ」(Brain-Science & XYZ)。ブレインサイエンス、「脳科学と教育」「脳科学と倫理」「脳科学と芸術」という研究です。こういうことは簡単なようで結構難しいのですが、そういう統合の流れが世界中に今、潮流としてあるんですね。私は2005年のリンダウ会議に出席しましたが、このときは47名のノーベル賞受賞者が出席して、個別討議だけではなく、皆で力を合わせて世界全体にプラスになるようなことができなにかという討議をしました。しかし現実には、分野間を越える議論は極めて難しいものでした。皆さんご専門のことばかりを熱心に話されて、それで終わってしまっただけというのが実態でした。

実際にある程度うまく行っているのは、パチカンにあるローマ法王庁の科学アカデミーです。ここはかなり進んだ議

論をしており、人文学と自然科学の架橋融合が一部成功しつつあります。昨年の会議の題は「WHAT IS OUR KNOWLEDGE ABOUT THE HUMAN BEING?」という大変大きなものでした。「我々が人間について知っている本当の知識とは何なのか?」というテーマで数日間、徹底した議論をやりました。

私自身は「New Science of Humanity」というコンセプトを提示しました。これは、あるようで世界にまだない言葉あるいは概念だそうです。哲学者も含めて、まさに自然科学者と人文科学者との徹底した議論でした。羽生先生の講演に「美」のお話も出ましたが、美というのは本質的に何なのか。人間の脳からいうと、美とはどういう存在なのか。こういう議論が今回、かなり活発に行われました。

こういうことを自然科学の方から実証基調で研究するために、この20年くらい研究をしています。一つはMRI、病院では使ってくださいるところもたくさんあると思います。最近では脳機能にも転用しています。光を使って脳の機能を調べる方法です。例えば私たちが言葉を話すときに働く場所を、実際に描画できるようになっています。その一つ

セッションを始めていきたいと思っています。それではパネリストの方々が今どのようなことをお考えになっただけで、それが今、脳科学の中ではどういうことなのかを簡単に公表いただきましょう。

脳の働きを「俯瞰」する

小泉 ● こういう題目を用意しました。「要素還元論から俯瞰統合論の時代へ」。要素還元は、物事を理解するときにごんごん分けていく方法です。分かるというのは分けるという字を書くことに通じますが、デカルトが言い出した要素還元論を用いて、20世紀に科学技術は非常に進歩しました。しかしこれからは、どうもそれだけではだめだ、縦割りだけではだめだし蝸壺でもだめだと思えます。まさに羽生先生がおっしゃった大局観を持つ

が「光トポグラフィによる幼児の脳機能描画」という研究です。生まれたての赤ちゃんの脳の機能はどうなっているかを共同研究しながら進めてきました。生後1〜5日以内の新生児が実は母国語と、そうでない言語をちゃんと区別することが分かり、アメリカのナショナル・アカデミーから発表しています。それから、最初はまだまだあまり脳の機能は分かれていないと思われがちですが、結構分かれていることも分かってきました。羽生先生の言われたワーキングメモリが重要な働きをしていると考えられますが、それが4〜6歳、幼稚園児の時代に具体的にかなり発達することも実証的に捉えられました。

最近では、脳の機能をどこでも計れる装置も試作として完成しました。例えばこれは「ウェアラブル光トポグラフィ」。電池駆動で全部の重量が1キログラム、22チャンネルで前頭前野の様子を描画するものです。いろいろ医療福祉関係に適用しようと思っています。さらに「オプティカルBMI」は医療装置を使って行った実験ですが、考えただけで鉄道模型を動かす、考えただけで出発進行・停止・速度の制御ができるというもので



株式会社日立製作所
役員待遇フェロー
小泉 英明氏
【こいずみ・ひであき】

1971年、東京大学教養学部基礎科学科卒業後、日立製作所入社。同社基礎研究所所長、研究開発本部技師長などを歴任。「脳科学と教育」という新概念を提唱して世界最先端の研究を進め、国内外から注目されている。現在、生存科学研究所理事、OECD「学習科学と脳研究」国際諮問委員、日本神経科学学会および国際脳・心・教育学会理事など多数の要職を兼任。著書に『幼児期に育つ「科学する心」』『脳は出会いで育つ「脳科学と教育入門」』他多数。

す。「ウェアラブル光トポグラフィによる同時脳機能描画」は1人だけではなく、24人を同時計測します。これにより、脳が持っている一つの社会性を調べてみたい。まだ世界中、誰も試みていないことです。

「脳科学と教育」というのも、新しい概念で始めようと考えてまいりました。そこで「学習」と「教育」を完全に見直し、それぞれの定義から始めました。つまり「学習」とは「環境からの外部刺激によって中枢神経回路を構築する過程」。「環境」は、環境科学の中では「自分以外のすべて」という定義があります。そして「教育」とは「外部刺激を制御・補完し、学習を鼓舞する過程」と定義しました。こういう自然科学からの定義をもう一度やってみますと、学習・教育を生から死への一生を通じた包括的な概念

として捉えることができるわけです。そうしますと誕生から死までの脳の発達と学習・教育を見た場合、最初のところで重要なのは、自然環境からの学習であることがだんだんとはつきりしてきました。空間の認知や視覚も自然環境からの学習ですし、最近分かつてきましたが、睡眠のリズムも学習によって我々は獲得します。いかに環境からの刺激が重要かということが見えてまいりました。

異文化の架橋・融合によって進化する脳科学と、倫理との関係にも注目

2001年、国のプログラムとしてJST（現在の独立行政法人科学技術振興機構）が「脳科学と教育」というプログラムを始めました。「脳科学と教育」は公募型で12テーマ。これは世界で最初の公的な脳科学と教育のプログラムになり

いうことで、現在、JSTで一部やらせていただいています。脳にはいろいろな視覚処理があります。今日のお話に関係が深いのは、私たちの脳は「並列分散処理」をしているということなんです。目から入った信号は、形と色と動きをまったく別々のところでもう一つ重要なのは、目から情報が入っていくようなボトムアップの経路の他に、逆のトップダウンの神経経路があることです。ですから外部世界や内部世界を見ることのできるわけです。並列分散処理、これが一つのポイントになります。

我々が意識として感じているのは氷山でいえば海面上の部分で、もつと下の部分は、同時に並列分散処理をやっているから我々の意識に上りません。この水面の方が、はるかにたくさんさんの神経回路

ました。けっして海外の真似ではなく、完全に日本から発信したものです。2004年からは文部科学省がさらに力を入れて、かなり大きなプログラムになっています。「心身や言葉の健やかな発達と脳の成長」は社会応用研究に近いもの、2003年に公募が開始された「脳の発達と学習」は基礎研究に近いものです。基礎研究のところは理化学研究所も「脳を育む」を柱にして大変力を入れていらっしゃると思います。私が直接責任者をやっているプログラムや、アドバイザーを務めているものもあります。

こういうことをやってみると、異文化の架橋・融合は本当に難しいですね。異文化の架橋・融合は、実はフランス革命のときに、すでに始まっていることなんです。コンドルセという学者が、まさに学問の共和国を創ろうとした。人文学、自然科学も全部合同で、人間に役立つことをやりたいと唱えました。素晴らしい考えだったけれども、それ以降、失敗の歴史が現在に至るまで続いているわけです。いわゆる「無益な連鎖」に終わったコンドルセの試みを第1フェーズとするなら、第2フェーズは「意見のすれ違いによる激論」でした。そして第3フェー

が処理を行っています。実体験すると、この水面下にとんどん情報が蓄積されていきます。でも表面のところの意識は、頭だけで勉強しても上澄みしか残っていない。突き抜けたような判断は、当然意識下の部分が重要になってくるわけです。

八木重吉は素晴らしい詩を書きました。「秋の瞳」という詩集にこんな詩が入っているのは、たぶん多くの方はご存じないと思います。

人を殺さば
ぐさり！と
やって みたし
人を ころさば
ころよからん

大変奥度なクリスチャンだった八木重吉がこの詩を書いていきます。もちろん実行するはずがない。しかし、今パーチャルな、実体験のない時代に入ってくると、途端に手が動いてしまうんですね。それを防ぐには実体験が必要だということですね。

そして倫理ですが、10年前から「脳科



同志社大学教授
渡辺 好章
【わたなべ・よしあき】

1949年、静岡県生まれ。同志社大学工学部、同大学大学院工学研究科修了。工学博士。専門は超音波エレクトロニクス、特に非線形音響工学、コウモリの生物ソナー、海洋音響など。熱音響を用いた新しい冷却システム、骨導超音波を用いたヘッドフォンシステムなどの研究開発に従事。03-07年文部科学省知的クラスター「ヒューマンエルキュール」研究統括。著書に『超音波便覧』（編・著）、『電気回路学』（共著）など。



ATR脳情報研究所長
川人 光男 氏
【かわと・みつお】

1953年、富山県生まれ。72年、東京大学理学部物理学科卒業。81年、大阪大学大学院基礎工学研究科物理系専攻博士課程修了。工学博士。大阪大学助手、同講師。88年、(株)ATRに移る。92年よりATR人間情報通信研究所第3研究室室長、2003年度よりATR脳情報研究所所長・ATRフェロー、04年より科学技術振興機構計算脳プロジェクト研究総括兼任。専門は、計算論的神経科学。著書に『認知科学』『脳の仕組み』『脳の計算理論』他多数。

学と倫理」というのをやっています。朝日新聞社が早い時期に重要性に気付いてくださいましたが、これには、脳科学によって倫理自体の根源を探究する「倫理の脳科学」と、「脳科学の倫理」という、脳科学自体の倫理を探究するという反対の関係があります。「脳科学と倫理」は両方を含んだ概念です。私が朝日新聞の2005年7月11日夕刊に「『心を見る』者、自ら倫理問う」という記事を書かせていただきましたら、大学入試で2校がこれを採用しました。受験生は下手な文章にびっくりしたと思います。

そして「科学技術は善悪に対して中立か?」という疑問を、もう一度考える必要がある。キュリー夫妻はノーベル賞の受賞講演の最後に「科学技術は中立であり、善悪に関する価値は、すべて使用する者の人間性にかかっている」と言いま

した。ただ、人間がそこまで成熟しているかどうか。「私は成熟していることを期待したい」というのが、最後の言葉でした。

狭い地球の中で、たくさんの方が生きたいと思っています。そして我々が生き残るためには有限資源を消費しなくてはならない。どんどん私たちの選択肢は減ってくる。どうすれば減ってきた選択肢を元の状態に戻せるか。これは科学技術しかないと考えていますし、科学技術は選択自由度と予測精度の向上によって、我々の有限資源の消費に対して保障をしてくれる可能性がある。ですから科学技術はどうしても捨てられない。そうするとその前にまず、人間の心を健やかに育てることが第一に重要だと考えています。渡辺●非常に重要な示唆に富んだご発表でした。脳というのは結局、科学だけの

ものではなく、すべて人間、我々に共通に考えねばならないもの。それは地球、すべてのものに波及していくというところが重要かと思っています。続きましては川人先生にご講演いただきました。川人先生はATR研究所でロボットを作っておられますが、その理由が「物事というのはつくってみたら分かるだろう」ということだそう。周りから考えるよりも、まず創ってみることから始めることをベースにしておられるということでした。

脳を創ることによって脳を知る

川人●私はロボットを作っておりますのでロボット研究者のように思われますが、私自身の興味は「脳を知る」ことにあります。ちょっと変わり種で、「脳を創ることによって脳を知る」ことを目指しています。

ロボットもコンピュータもすごく進歩しましたが、将棋の世界でも相変わらずトップクラスの方たちには負けるわけです。まして歩く、しゃべる、情景を理解するなど、私たちが簡単にできてしまうことが相変わらずロボットやコンピュータはずっと劣っています。それはこま

での脳研究が、場所の理解、物質の理解、池谷先生がおっしゃったように、変数と脳の間に相関があるという研究は進むんですが、本当に脳の中でどういう仕組みで情報が処理されているかという研究はなかなか進まないのです。

そこで、これまでのやり方と少し違う方法として、脳を創ってみて初めて脳の働きが分かるだろうと考えました。ただ脳だけ創って試験管の中に浮かべておいても、脳が持っている機能は調べられませんが、どうしても身体と環境が必要。そのときに人型のロボットは我々の研究の題材としては有用性があります。

池谷先生のお話にも出てきましたが、淡蒼球とか線条体という脳の一部がありますが、それは大脳基底核の中にある、大脳基底核は報酬とか罰に伴ってドーパミンを出して、それで学習することが知られています。エアホッケーをする人型ロボットDB（ダイナミック・ブレイン）も、自分が打ったバックが相手のゴールに入りますと報酬がもらえて、相手が打ったバックが自分のゴールに入ると罰がある。報酬と罰に依存して、だんだん自分のスキルを磨いていきますので、プロシードュアルメモリ、非陳述型

の記憶を学習で獲得することによって、当時あまり有名ではなかったですが、山本モナさんくらいには勝てるというわけです。

私たちは「脳を活かす」研究会を去年3月、立ち上げました。この研究には三つの分科会があります。まず「脳を読む」。これは人間の精神・社会活動を生物学的な基盤から理解し、応用するというもの。ニューロエコノミクス、ニューロマーケティング、ニューロゲノミクス、ニューロポリティクスという、いろんな新興分野も立ち上がっています。「脳を繋ぐ」研究は、ブレイン・マシン・インタフェース、ブレイン・コンピュータ・インタフェース、ブレイン・ネットワーク・インタフェースという、脳とコンピュータ、ロボット、ネットワークを直接つなげる、まったく新しいコミュニケーション技術です。これらは私たちの生活に非常に大きな影響を与える可能性があります。したがって、それに伴う脳科学の応用を倫理から考える、倫理そのものを脳科学から考えるという、小泉先生もおっしゃった問題を「脳と社会」という分科会で議論していきます。

これも「NHKスペシャル」等で頻繁に取り上げられましたからご存じの方も多いと思いますが、脊椎損傷で首から下がまったく動かなくなった患者さんの大脳皮質の運動野という場所に100本くらいの電極を埋め込み、そこから電気的な活動を取ってきますと、この患者さんの意思でコンピュータ画面のカーソルを自由に動かしてテレビのチャンネルを変えたり、義手を動かしたりということが可能になってまいりました。去年は「ネイチャー」誌の表紙を、この記事が飾りました。こういうことができるようになってきます。私たちが研究者としては、脳に針を刺さずに同じことができないだろうか考えるわけです。

1000分の1秒単位で脳活動を追いかける最前線

私どもが本田技研と一緒にMRIという大型の脳活動の計測装置を使って、被験者が普通にグーチョキパーをしているときの脳活動を工学的な方法でパターン認識し、ロボットに同じ動作をさせることに昨年成功しました。面白いのはfMRI（ファンクショナルエムアルファイ）核磁気共鳴計測、fNIRS（フ

アンクシヨナルニルスII機能的近赤外分光分析法)などの方法では脳活動に伴う血流を計りますので、必ず人間が考えたり動いたりするより血流計測が遅れるんです。

例えば実験では、6秒遅れでロボットが人間の脳活動を追っかけている。6秒くらい遅れがあっても役に立つ応用はいろいろあるのですが、私たちとしてはもっと速く、1秒の1000分の1くらい時間で同じことができないだろうかと考えています。そのためにはfMRIという空間的に精度のいい計測をする装置と、MEG(脳磁図)という時間的に非常にいい計測をする装置を組み合わせる。もうちょっと小型でいくとすると、fNIRS、近赤外光計測と脳波を組み合わせて時空間精度のよい計測をすればいろんなことがうまくできるんじゃないかと考えて、そういう研究を数年にわたって行っています。

MEGとfMRIを組み合わせるという方法で、これでどんなことができていくか。被験者に手首の先だけを8方向に動かしてもらって、手首の動きを実時間で脳活動から推定することをしています。人間の動きをリアルタイム、1秒の

1000分の1の時間で推定できるようになっています。これはfMRIとMEGという高価な、1億円以上する重厚長大な機械を二つ組み合わせを行ったものですが、こういうものをもっと軽く携帯できるものでやりたい。小泉先生がお示しになったものに比べれば、とてつもなく重くて、被験者はつれるのを嫌がるんですが、fNIRSとEEG(脳波計)がそれぞれ64チャンネルずつというシステムを、京都に基盤があります島津製作所と一緒に開発しています。こういうものを使うと1秒の1000分の1という精度で人の脳活動をミリメートル、ミリ秒の精度で推定できるようになるのでないかと思っています。

私もいま開発している人間型のロボット「ヒューマノイドロボットCB」は人間に非常に近い、柔らかなロボットです。これも計画だけですが、人間に近いような脳や脊髄の中にある振動子を使ったものを用いまして、ホンダとかソニーのロボットとはちょっと違う、より人間らしい歩行を実現すると同時に、デューク大学のミゲル・ニコレリスというブレイン・インターフェースのバイオニアの先生が、サルの上二足歩行中にサルの脳

の300個くらいのニューロンから活動を取ってきますと、足の動きを推定することができるようになります。こういうものを組み合わせると、サルが自分の本来の体の代わりに我々のロボットを第二の体として使うことが、アメリカと日本、太平洋を越えてインターネットでつう今年、来年に実験を報道発表しようかなと思っています。

今日申し上げたかったことは、同志社大学が生命医科学部という先見の明を持たれた学部、大学院を始められ、まさに生命科学、医学、生物学というバイオサイエンスと工学、物理、計算論という、数学、物理のハードサイエンスの分野が結び付くということです。すると、脳の中にあるいろんな情報をうまく使って、体が動かない人が動かせるようにするか、言葉がしゃべれなくなった人の意図を取り出すとか、そういうことが可能になるわけです。

しかしそれは脳の中の情報という、私たちにとって最も個人的な情報を外に出すわけですから、皆さんの賛成、同意がなければ、とても研究は行えません。そういうことを広く知っていただいて、か

つ「こういう研究をしていいかどうか」を評価していただくことは非常に大切になると思っています。私たちの「脳を活かす研究会」の中で「脳と社会」という分科会は、脳科学の現状をなるべく正確に皆さんに知っていただいて、恐怖感を抱かずにこういう現状を見ていただき、私たちの研究をサポートしていただけるようにという希望を持っています。

渡辺●ありがとうございます。実際にロボットに脳を使ってここまで来ているという最新線を見せていただきました。脳の中からたくさん電極が出ているというのは、実は我々の生体の中で自動的に行われているもので、それが今の技術でやると、こういうことになるということですね。今お話にありましたように、この先どのようなことになるのか、バイオサイエンスや医工連携が重要になるという、大きな一つの示唆をいただいたかと思えます。

続きまして次のパネリスト、同志社大学の井原から発表をいただきます。この3月まで東京大学でアルツハイマー病の研究をされています、また本学に来て、このような研究を続けていただくことになっています。

認知症の仕組みと治療研究最前線

井原●今日、私はできるだけ「柔らかな話」ということで、その前に池谷先生の「天然パーマはIQが低い」というスライドを見ましたので、二つほど最近ちょっと話題になった「柔らかな話」します。

これは東京都の統計で、認知症の出現率です。65歳頃から徐々に増えてきますが、急が増えるのは80歳からですね。80〜84歳では100人のうち10人が認知症で、85歳を過ぎるとそれが20人以上になります。さらに90歳以上になると100人に60人、100歳以上になると100人で95人以上になる。認知症の約7割がアルツハイマー病と分かっていますので、これはアルツハイマー病の有病率、疾患の頻度と考えてくださって結構です。

アルツハイマー病は、脳に二つ病変があります。一つはシミみたに見える部分、老人斑です。手にシミがある方、そのシミと同じです。ここにはAβ(アミロイドペータ)というタンパクが溶けずに溜まってきています。もう一つは神経原繊維変化といって、神経の中に繊維状のものが溜まってきます。その繊維はタウというタンパクでできています。アル

ツハイマー病の脳を生化学的に翻訳しますと、「アミロイドペータ」というタンパクが細胞の外に溜まってきていて、タウというタンパクが細胞の中に溜まってきている」という状態であることが分かります。この二つの病変ですが、どっちが先に起こるかが重要でして、どっちが重要かということにもつながるわけです。

92年、ジョン・ハーディというイギリス人研究者が「アミロイドカスケード仮説」を出しました。今はこの仮説にそって全部、研究も創薬も動いています。まずアミロイドペータが溜まってから10年、20年して神経細胞の中にタウが溜まって神経細胞が脱落して、認知症になってくると考えられています。アミロイドペータの蓄積はその後のすべての事象を引き起こす。タウが細胞の中で溜まることと神経細胞がなくなっていくこと、および臨床的に認知症になるすべてを引き起こす。このように、一つの原因に結果が加わりながら、最終的に細胞の死につながる現象がカスケードです。アミロイドペータの蓄積が阻止できれば、その後事象は起こらずに認知症の発症は阻止できる。これが今の製薬会社の立場で、アミロイドペータの沈着を阻止しようと



同志社大学教授
井原 康夫
【いはら・やすお】

1945年生まれ。71年、東京大学医学部医学科卒業。ハーバード大学リサーチフェロー、東京都老人総合研究所生理学部臨床第2生理研究室長、東京大学大学院医学系研究科神経病理学教授などを経て現職。専門分野はアルツハイマー病。文部科学省特定領域研究「先端脳」代表。日本認知症学会理事長。編著書に『脳はどこまでわかったか』『アルツハイマー病の新しい展開』『ボケを防ぐ本』『アルツハイマー病はどこまでわかった』他。

いうところに多くの人の努力が注がれています。ここを何とかすれば何となるのではないかと、いろんな方策が分かってくる。患者さんの根本的な治療ができるようになるのではと思っています。

さてアルツハイマー病の時間経過ですが、普通の病気と違って、ほとんどの人がこの病変を持っています。がんは、がんを持っている人と持っていない人がありますが、この病変は多かれ少なかれ、ほとんどの人が持つようになります。どのへんから持つようになるかという点、50歳くらいからです。この例は80歳でアルツハイマー病を発症した場合、実はもう病変は50歳くらいから始まっていて徐々に老人斑が溜まりつつあって、60歳半ば過ぎから神経原繊維変化が溜まってきて神経細胞がなくなってくる。80歳に

独立して生活することがない。だから認知症がないと。

ところがその統計が最近、大幅に見直されました。アメリカとインドの各都市で調べて直接比べましたら、どうもアメリカの4分の1から5分の1、インドではアルツハイマー病の患者さんが少ないことが分かってきました。そしてUCLAのグレッグ・コールという人が、「認知症がインドで少ないのは、もしかしたらカレーではないか」と考えたわけですね。

カレーのクルクミンをマウスに試して、効果を判定しました。びっくりするほど効くわけです。クルクミンを与えるると老人斑の数が抑制される。もしかしたらインドで認知症の頻度が低い、アルツハイマー病の頻度が低いのはクルクミンのせいかもしれないとグレッグ・コールは考えていました。彼は毎日研究室でカレーを食っているそうです(笑)。

これはもつと話題になったもので、2年ほど前「セル」というハードルの高いジャーナルに発表されましたが、シカゴ大学のサム・シソディアという人がやった実験です。マウスを飼います。aは豊かな環境。広いところで、いろんな遊び

なつて認知症になる。認知症になったときには脳の中の病変はひどいもので、とても取り返しがつかないわけです。違つた言葉で言いますと、臨床的に正常なところで死ぬとしますと、認知機能はまったく正常です。老人斑だけあります。大方の評価は「非常に惜しい人をしくした」ということになるかと思えます。軽度認知障害のあるところで死ぬとします。そうすると神経原繊維変化が少し溜まってきています。グレイゾーンがありまして物忘れを始めますので、「もしかしたらいいときに死んだのかもしれない」という評価になります。認知症になつてから死ぬとすると「ようやく逝つてくれたか」という評価になる。どこで死ぬかによつて違う評価になります。

日本人になぜこんなにアルツハイマー病が多くなつたかという点、何といつて道具があつて回し車もある。その中に10匹以上飼つてソーシャル・インタラクシオンを高める飼いやをする。bも豊かな環境の一つです。そんなに広くはないが回し車が付いていて、エクササイズができます。cは通常のケージで、小さいところに3〜5匹入れる。餌と水くらいしか与えない、普通の飼いやです。

なぜそんなことをやつたか。実は90年代終わりにカリフォルニア大学のフレッド・ゲイジが、豊かな環境で飼うとマウスの海馬の神経細胞の再生が非常に盛んになることを見つけたんです。これは非常に大きな反響を呼びました。多くの人が追試をして、ほぼ確からしいということを見つけた。シカゴ大学のサム・シソディアは「もしかしたランスジェニック(遺伝子導入)マウスをこういうところで飼えば、あまり症状的な変化は起らないのではないか」と思つたわけです。海馬の神経細胞が盛んに再生してきますので。そして彼は実験の後、マウスを殺してみました。なんと老人斑がでなくなることが分かった。豊かな環境で飼うと老人斑が抑制される。びっくり仰天したわけです。

なぜそんなことが起こるのか。豊かな

も平均寿命が伸びてきたからです。女性が85歳、男性も81歳になりましたから。今日は実験的にどんなことがされているかを参考までにお話ししたいと思います。

カレーを食べると認知症になりにくい？

治療方法、予防法を開発しようという動きがこの5、6年前から盛んになりました。これはマウスを使つた実験で、まだ人ではやつていません。先ほどの病変、老人斑をつくるようなマウスができています。

これはカレーですよ。黄色い色素はクルクミンと言います。日本ではウコンの根から採れるものですが、ターメリック。ハイドロフォビック(水や油をはじく性質)なものです。特に肝臓の保護作用、抗酸化作用があるので、以前からインド、中国で使われてきました。2000年くらいの歴史があります。

インドでは認知症の頻度が非常に低いんですね。認知症の定義はいい加減な定義で「一人で社会的な生活を営まなくなった状態」を言います。ところがインドで認知症が少ない理由は、多くの人が20年ほど前に結論に至つたのは、インドは大家族主義ですので生活できている。

環境で飼うと脳の中の遺伝子発現が変化して、神経細胞の保護作用のあるものが出ている。それと同時にアミロイドを壊すようなプロテアーゼというタンパク質分解酵素がどんどん誘導されてくる。それが原因で病変ができなくなるらしいということが分かりました。翻つて、これも20年ほど前、アルツハイマー病の疫学で笑い話がありまして、男性の方の発症率です。奥様がガミガミタイプだとアルツハイマー病になりやすいと(笑)。皆、笑つたわけですが、実は本当かもしれないという話です。

ロボットの現状と未来への希望

渡辺●ありがとうございます。シリコン部分もございましたけども、身に付まされた部分もあったかと思えます。お聴きいただきましたように、脳科学のそれぞれの分野で最先端を研究しておられる先生方でございます。したがってそれぞれ一つひとつが十二分に意味がある、面白いところなんです。あえて一つのテーブルについてディスカッションしていくということで、たぶん皆様方がどのようにお考えになつていらっしゃるかと平均値が必要かと思えます。羽生さんを



将棋棋士 善治 氏
羽生 善治 氏
【はぶ よしはる】

除いて全員が工学技術、サイエンス研究者の分野です。あえて挙げるならば羽生先生が今、脳科学のことを聴いてどのようにお考えになるかは会場の平均値に近いのかなという感覚を持っています。羽生先生のお話で、勝負というときに決断力が必要である、鳥瞰するなど、今のお話の中にも似たような言葉がありました。そういう点も踏まえて、脳の研究者がやっていることにつきまして、どのようにお考えになりましたか。

羽生 ● 私が一番驚いたのは生まれたての赤ちゃんの脳が、かなり機能が分かれているということでした。そういうことが分かるのは驚きでした。それは人間だけの大きな特徴なんですか。他の動物全般とも重なることなんですか。

小泉 ● 大変本質的な質問を頂戴しました。これには、かなり人間的な特徴があ

学習のトピックスをご紹介しましたが、小脳の中では教師がやるような教師有り学習がある程度分かっています。

一番分からないのは大脳皮質の中の学習でして、教師なし学習、統計的学習、ヘビアンとか、いろんな言い方をされませんが、その部分をロボットにきちんと再構成してやることはなかなかできていません。ムービーをお見せすると「あ、こんなこともできる、あんなこともできる」と、一般の方はロボットも人間に近いとすぐ誤解していただけて、嬉しいんですが、実態はそうではありません。できることの方が圧倒的に限られています。脳の仕組みについて私たちがごく一部しか分かっていないので、ごく一部しか分かっていないことを既存の工学技術とくまなくミックスして派手なように組み合わせると、エアホッケーとかできますけれど、まだまだ分かっていないことの方が多く思っています。結構です。

ただ将棋の話と少し関連づけてお話しすると、将棋の序盤、中盤、終盤の部分を人工知能的に実現しようとする、序盤は対局のデータベースをたくさん持っている。終盤はコンピュータの力任せですべての手を読んで探索する方法でうま

ります。なぜかと申しますと、進化の人間は頭が急速に大きくなってきたんですね。そうすると産道を通らなくなってきた。それでまだ未熟なうちに一度外に産んで、大切に育てるという方法になっている。他の動物たちは神経回路がかなり成熟して生まれてきます。馬の場合ですと産み落とされると同時にパツと立てるわけですが、人間の子どもの場合、だんだんとハイハイして、最後は二足歩行に移るまでにずいぶん時間がかかる。そういうことで庇護しないとけないという問題はあるんですが、それだけ脳を柔らかく、学習できるいろいろな可能性を人間は秘めているので、学習・教育というものが乳幼児期にもとても大切になってくるわけです。

そういう認識が実は、今まであまりなかったんですね。ご存じのように保育園という「預かる」という概念が強く、今でも厚生労働省の管轄です。幼稚園から初めて「教育」という概念になって、3歳以降、幼稚園の場合は保育士ではなく教諭ということと文部科学省の管轄になる。一般の認識にも、ある意味でズレがあるわけです。脳科学から、人間とは本当はどういうものかということか少し

くいくと思うんですが、一番難しいのは中盤ですね。手はたくさんありますから全部読むわけにいかないので、大局観というか、この局面はいい局面なのか悪い局面なのかを推定することは大切だと思います。そういうことはまさに強化学習で、この局面の報酬予測値を推定して、報酬が、より高くなるような手を選ぶ。そこは必ずしも明示的に手を読まなくても、局面を見るだけで、いい手か悪い手かが分かる。さっきのエアホッケーもそういう手段を使っておきまして、単なる手の動きと見えるようなところも、経済的な決断や将棋のような高度なゲームと深く係わってきていることが、だんだん分かってきています。

羽生 ● 今の言葉を聞いて「最適化」ということが一つ浮かびました。あと例えばですよ、ロボットが人間をしていることを完全に理解できるようになって、いろんなことができるようになるのか。いま進んでいる工学のテクノロジの進歩だけでもそれに匹敵できるのでしょうか。

川人 ● これも素晴らしい質問で、ありがとうございます。ロボットやコンピュータは50年の研究の歴史があつて着実な進歩がありますが、50年前に私たちが期待

ずつつ分かってくるのではないかと考えています。

羽生 ● ロボットには人間とまったく同じということではなく、エアホッケーのようなことができるということはいろんなニューズで見たいんですけど、その中で私がすごいなと思った部分は「学習ができる」ということだと思っております。私は将棋の棋士をやっていて、「学習する」というのは、言葉を代えたら反省する、悪かったところは排除するとか、言葉は簡単なんですが、かなり難度の高いものがあると思います。学習ができるロボットがすでに生まれていることを考えると、人間が日常行えることをロボットもかなりできるようになってくるのか、ロボットでやるのはかなり難しいことが依然としてあるのか、いかがでしょうか。

川人 ● これもなかなか本質的な質問で、包括的にお答えするのはすごく難しいですね。脳科学にはいろんな進歩がありました。今日、いろんな先生がお話しされたと思いますが、学習とシナプス可塑性ということが、学習に関しては進歩がありました。今日は池谷先生の話でも私の話でも大脳基底核のドーパミンニューロンが係わるような強化学習、報酬と罰の

したほど人間の言語を理解するコンピュータソフトはありませんし、ロボットの動きは相変わらず不器用です。ロボットやコンピュータに私たちと同じことをさせたい、しかし脳の中身を知らずに、工学的に純粹に発見して行えばいいじゃないかと楽天的に思っていたのは50年前なんです。計算機は速くなりましたが、50年間研究しても、あまり本質的な進歩はないんです。

ところが脳科学の方は着実な勢いで進んでいます。脳の中で何が起こっているか、きちつと理解して、それをロボットに戻しましょうという機運になりつつあるんです。強化学習はまさによい例で、動物の学習のモデルとして出てきて、それがサルの実験で証明されて、我も我もとロボットや電話のネットワークの最適化とか、いろんなことに使われるようになっていく。そういう意味でも同志社の医工連携、医学部と工学部が行ったり来たりという時代が、80年代から起こりつつあると考えています。

羽生 ● カレーの話、環境の話聞いて思ったのは、カレーが効くんだったらキムチはどうか、カランはどうか。(笑)。食べ物刺激みたいなものと、いわゆる広

い空間とかマウスの滑車のようなもの、外的な空間というものと病気は、何となく因果関係はあるのではないかと感じます。実際に専門的に研究されている井原先生はどのようにお感じになられているのでしょうか。

井原●非常に難しい質問ですが、おそらくキムチはだめだと思えます(笑)。クルクミンは歴史があつて、炎症作用に効くことは昔から知られている強い薬です。抗炎症作用のある薬がアルツハイマー病にいいというデータが70年代から出ています。今は売られているイブプロフェン、生理痛の薬の主成分ですが、ある程度以上効くという事が出ています。私は話を面白くするためにカレーを先に出しましたが、抗炎症作用が強いことでクルクミンが試されて、実は効くらしいということになってきました。

もう一つ環境の話ですが、これは我々が注意しなければいけない一つのことを訴えた論文です。今まで環境というのは必ずしも直接、脳の病理には結びつかなかったし、そこまで考えが及ぶ人はいなかったんですね。我々の快・不快が脳の病変に影響を及ぼすということは医師の類の人は考えもつかなかった。介護の現

場では優しくすると対応がよくなる。押しつけると、どうも後の反応が悪いという事で、環境が脳の遺伝子の発現をかなり大きく変えるというところが、大きなポイントです。いい環境にあると神経の可塑性を高める遺伝子が非常によく発現されるらしいということと、悪者のアミロイドを壊すプロテアーゼが出てくるということが分かっていきます。環境が脳の遺伝子発現を介して脳の病変に影響を及ぼしていることが一つの大きなポイントだと思えます。

運動に関しては、これはどの疫学でも非常に効果があると言われています。今、疫学は前向きコホートと言つて、だいたい数千人を相手に5〜10年間フォローして、その人たちの生活のレベルと発症率を比較します。アソシエーション・スタディと言いますが、運動量の多い人は認知症になりにくい。アルツハイマー病になりにくいことが分かっています。もし今、我々が何をすべきかと言うなら、できたら運動、散歩です。どのくらいいればいいか。ハワイのホルルルの日系人のスタディですが、1日3・2キロ以上歩くくと大分違う。これはなかなかできるものではないですが、参考までに。

赤ちゃんは胎内で 母親の言葉を聞いている

渡辺●ありがとうございます。今の羽生先生のご質問の中で出てきていますのが、脳の発達、脳が単純に知能だけではなく、身体全体を司っているということでした。したがって川人先生のロボットにも出てくるだろうし、小泉先生のところの赤ちゃんの話、井原先生の環境にも関係します。環境と脳の成長について共通の話題がまとまってきたと思います。池谷先生から、そのへんの視点からごらんになって、ご質問などございましたらお願いいたします。

池谷●環境の話で、小泉先生にぜひご質問したいことがあります。生まれたばかりの赤ちゃんが母国語を聞き分けるといふ話がありました。生後1〜5日、新生児ですよ。それで母国語を脳が判断できているという話は、羽生先生のご質問だと、生まれた後に暴露されている日本語であるか、英語であるかを判断しているんですが、胎教とか、胎児の中で言葉を聞いているのか、どのくらい影響があるのかについて興味があります。

小泉●実は赤ちゃんというのは大人の計

測と違って言うことを聞いてくれませんか「じつとしていないさ」と言つてもじつとできないわけです。それで今まで計れなかったんです。動きながら計れるということができて、初めて分かってきたということがあります。

今の池谷先生のご質問ですが、実際の計測は、フランス語とイタリア語で、両方行われました。仏伊日の共同研究です。そのときに二つ仮説を検証しないといけないことがありました。そのうちの一つは今の指摘のように、胎児の間に母親の声を骨や横隔膜の伝導で聞いていること。つまり、母語をそのまま胎児の段階で学習していた、これが一つの可能性で、現在こちらの方を主として考えています。もう一つは、ノーム・チョムスキー先生の生成変形文法理論です。人間というのは言語を器官として備えているとい



東京大学大学院講師
池谷 裕二 氏
【いげがや ゆうじ】

うのがチョムスキー先生の考え方で、自然言語に対して、そこへの志向性を示すという側面があるんですね。そここのころの切り分けをきちつとやらないといけないので、ロシア語対日本語など、日本で聞く可能性の少ないものとの差を調べることが必要です。結論としてはその影響も捨てきれないんですが、現在かなり明確なのは生まれる前に母語を聞いているだろうということ。実際にマイク・ロフオンを胎内に入れてる研究もあります。羊水の中ですら高周波成分がカットされたモゴモゴした音ですが、結構聞こえることが分かっています。外の音も入ってきているし、胎内音も入ってきている。現在はそういうふうと考えています。

池谷●赤ちゃんが生まれる前にモーツァルトを聴かせるのは、まったく効果がないというわけには言い切れないわけですね。

小泉●超音波の4次元のものが出てきていて、胎児の段階がムービーで観察できます。そうすると双子がお互いに抱きついたりしているのが分かっています。予想している以上に笑ったり、悲しい顔をしたり、欠伸をしたりしているのが見えてきます。そういうことが分かっています。

いますから、胎児の間にもかなり聞いていると。モーツァルトがいいかどうかは、話がまた別でございませう(笑)。

「環境」やる気が脳に与える影響

池谷●私は記憶が専門でして、アルツハイマー病の話を書くと思わずビビッと反応してしまいます。実はたまたま井原先生が去年、私の所属している東大の薬学部に講義に来られたとき、クルクミンの話を読んだんです。あれから1週間に2回くらいカレーを食べていました(笑)。2、3カ月くらいして、アルツハイマー病とカレーについて文章を書かないといけない局面になりました。ちゃんと調べようと思ひまして、先ほど井原先生が見せられた論文も読んで、インド人とカレーの関係について真面目に調べたら、ちゃんとあつたんですね。アルツハイマー病ではないんですが、高齢の方の記憶テストで、カレーを食べる頻度によって記憶力がどんな感じかを調べたら、カレーを食べている方の記憶力が、歳をとってから低下する率が少ないというデータが出ています。どのくらいの頻度で食べればいいのかも書いてありまして、年に数回以上ということ、そんなに食

べなくてもよかつたらしいんです。

環境の話ですが、環境から受ける影響は大切だなと思います。純粹に環境からの刺激だけではなく、井原先生のお話でも臨床の現場だと科学で説明できないような、何かフィードバックの問題とかを明らかにする必要が出てくるということでした。私の友人の医者のお話ですが、彼は入院棟で仕事をしていますが、2000年12月31日、20世紀の最後の日、あの年か前の年は病院で亡くなった方が少なかったという話を聞いたんです。その代わり何か起こったか。2001年1月1日、21世紀が始まった途端にたくさん亡くなった(笑)。その病院だけの数値なので、どこまで本当か調べてみないといけないのですが、もしそれがそうだとすると、おそらく21世紀まで生きたいと強く願ったわけですね。本人ではないから分からないですけど。もしそうだとすると、感情というか、やる気、気分というものが寿命までも伸ばしてしまうくらい非常に強いファクターなんだと感じたりもしました。

同時に、私たち研究者はアルツハイマー病が少ないような印象があるんですが、いかがでしょうか。棋士はいかがですか。

「同時に、私たち研究者はアルツハイマー病が少ないような印象があるんですが、いかがでしょうか。棋士はいかがですか。」

「同時に、私たち研究者はアルツハイマー病が少ないような印象があるんですが、いかがでしょうか。棋士はいかがですか。」

すか。研究していれば役得ということはないわけですね。

美しさという点で、芸術的な美しさに興味があります。羽生先生が将棋を指していて「ただ勝つだけではなく美しく勝ちたい」という話があったと思います。でも美しさって、何なのかな。小泉先生の言葉の中にも一瞬、美という言葉が出てきましたけど、私の中では美しさというのは生まれ持って感じるリファレンス、志向があると思います。それとは別に学習していく美しさもあると思います。ピートルズの音楽が初めて世の中に出了たときには多くの人は雑音だと拒絶しましたが、今は名曲中の名曲だと言って安らぎすら覚える。私たちの適応とかも学習の上に成り立っているような気がして、美しさというの、将棋を長くやっていく上で確立していくものなのか。10代の頃に感じた美しさ、いま感じている美しさは違うんでしょうか。

羽生●それこそ言葉で説明するのは難しいのですが、例えばそれは秩序みたいなものであったり、調和みたいなものであったり、自然な流れであったり、あるいは発見されていないけれど、言われれば「ああ、そうか」みたいなものとか。ど

すぎなのかもしれません。ジュースを飲んだりエサを食べたり、お金が出たりするときにドーパミンニューロンが活動することが分かっています。もうちょっと「今日は天気もいいし、元気もいいし、いろんなことをやってみようかな」というのは私たち、実感としてあるわけですね。そういうものが報酬の予測、強化学習の世界で、どう理解できるかということについても、だんだん外堀が埋まってきたと思います。

ドーパミンニューロンが脳の奥深くにあります。そこに一番強力なコリナージック、アセチルコリンの入力を送っているものに、PP2Nという橋被蓋網核(きょうひがいもうようかく)、という神経核があります。そのニューロンの特性は比較的サルのやる気と関係しています。やる気とか気合とかは、ひとことと言うと、あまり根拠のない報酬予測でしょう。ただし根拠がないだけで、そういうものがないと人間、元気がいろいろな活動は行えないわけです。そういうものがまったく低下してしまうと鬱的な状態になる、頑張れない。あまり根拠のないことだけど、やる気とか動機づけは

こか自分自身が納得できることとか確信できること、非常に関連しているということはあると思います。でもそのときに大事になるのは刺激だと思いませんか。刺激を受けなければ、そういう美しさは感じないでしょうし。

池谷●となると微妙な言い方になるかもしれないけど、負けても「美しく負けた」というのはあるんですかね(笑)。「こういう負け方だったら美しいからいいかな」みたいな。

羽生●それは将棋の世界だと「形づくり」という言葉があるんですよ。負けるときに、詰まされるのは分かっている、勝敗はついてるのだけれども、どこの場面で投了するのがいいのかを考えることはあります。それこそ文章を書く時に、どこでピリオドを打てばいいのかわかると、ちょっと似ているかもしれない。

渡辺●池谷先生の直感とひらめき、これは羽生先生がおっしゃった決断力とまさに密接にリンクするもので、その中身が、池谷先生のお話では線条体ということ、ある程度解明されつつある。羽生先生のお話では大局観、今のお話では美ですね、美しさ。美しい局面になると、その勝負は勝つということがあろうかと思

とても大切だということも分かってつづありますので、そういうふうな学問は進歩していると思います。

でも、だからどうしたらやる気の出ない私をやる気が出るようにできるのか、どうしたら子どもが、より受験勉強をするのかということを出すとエセ科学になってしまいますので、脳科学にたくさん予算をつけていただき、私たちに研究させていただく、そういうことも将来厳密に分かるかもしれません。

脳科学は「憎しみ」を解き明かせるか

渡辺●いろいろとお話を聞いていますと、結局、人間が生きているということと脳というものが密接に関連していることは実験として分かることですが、人類何千年、営々とやってきた哲学という問題、小泉さんのお話にありました宗教、こういふ問題が絡んでくると思います。スピノザという哲学者は人間の行動を決める要素として、欲望、喜び、悲しみの三つを挙げました。この三つですべてが表現できるかと言っています。ただ、今の時代に脳科学の中で、それが本当に正しいのかということを実証されつつある。昔か

ら言われている感覚的なものがサイエンスの場に引きずり出されて、一個ずつチエックを受けている。こういうフェーズになっているようなイメージを抱きます。小泉先生のご専門の教育と大きなつながりがあるかと思えます。

小泉 ●先ほどからお話がございますように不快とか不快というようなものも、人間が生存する上で有利な方向性を導くための一つの指標のような働きをしているわけですね。食べ物がおいしければ体のためになりますし、毒物の場合ですと吐き出したくなる。そういう形で広いところまで働きが及んでいる。哲学者や美学者の方と美について議論いたしましたも、現在計測できている場所ですと、どちらかと言うと報酬系に関係するような場所が動くんですね。前頭眼窩野とか。ということは、美というものはもしかしたら、生存に対して有利な方向、自分たちが行動するための一つの指標を直感的に意識下から引き出す指標かもしれないという議論も起こっています。

それから今まで心理学の中で洞察問題、ひらめきというものが扱われなかったのは、ひらめいたものと同じことを二度、正確に再現することは難しいからで

す。一度ひらめいて分かってしまったことを、もう一度やってもひらめきにならない。同じことを再現できないとサイエンスにならない。この問題を今、我々としても難しい問題として抱えています。

心理学の学会ではいろんな研究発表がされていますが、憎しみの研究ってほとんどないですね。憎しみのという言葉は心理学大辞典で引いてみただけです。3、4冊引いてみると「嫌悪」は出てきますが、「憎悪」「憎しみ」というのは全然ない。項目だけではなく細かい索引にも出てこない。憎しみというのは、身内を殺されたりすると、最初は悲しいけれどもやがて憎しみが募ってくる。そして憎しみの連鎖が始まる。時間を伴っている中で、たぶん前頭前野が関係していると考えていますが、そのところは心理学でもまったく白紙か、脳科学でも白紙であります。

今、宗教の方で重要になっていきますし、世界の紛争でも問題になっているのは、「憎しみの連鎖をどう断ち切るか」ということ。これを多くの方々が述べていますが、具体的な方法論はまだ見つからない。むなしく繰り返されるだけです。「相手の人の立場を考えなさい」と言わ

れたって、できるものではない。憎しみというものが今まで研究されていなかったというようなエアポケットがいくつかありますが、そういうものをきっちりサイエンスで解明していく。そこから何かヒントが出てくるのではないかと。そういうことが、これから必要ではないかと考えています。

科学の進歩が内包する危険性を脳科学はどう乗り越えるか

渡辺 ●今、光トポグラフィを用いると、脳のどの部分が活性化しているか、血流が多くなっているかということは計れるんですが、これがもともとと進んでいくと本当の意味での因果関係が科学的にはどうなっているか、だからどうなんだということまで我々が解明しないと、どこかエセ科学、ニセ科学と言われざるをえないところも含んでいるという問題が多数あるかと思えます。

計測機能開発の立場から見ると、今の光トポグラフィの分解能などを見て、技術的にはどこまでいくものなのか。川人先生の研究分野と関係してくると思えますが、井原先生の研究は化学反応ですから物質の分かっている部分に全部つながりません。計測機能開発の立場から見ると、今の光トポグラフィの分解能などを見て、技術的にはどこまでいくものなのか。川人先生の研究分野と関係してくると思えますが、井原先生の研究は化学反応ですから物質の分かっている部分に全部つながりません。

つていくと、きつちりラインが見えてくる。池谷先生がおっしゃる因果関係もクリアになる。それはまったくのサイエンスであるというところに行き着くのではないかと思えます。

井原 ●いろんな立場があります。脳科学がこれだけ進歩してきたのは、一つは古典的な神経生理学分野が、遺伝子が入ってきて大きく進歩して、同時にfMRIが入ってきて、これがさらに大きく進歩してきているのだらうと思います。その中で川人先生など、私もそうですが、部分、部分を担っている。外から見るとそれがものすごく大きなサイエンスで、怒濤の勢いで行っているということではないかと思えます。

私はサイエントリストですので、サイエントリストにとつては、ものを知りたいということが最優先します。したがって倫理はあまり思いつかないのですが、ふと考えるとかなり大きな問題です。これだけいろんな機器が発達してくると、その人がどういう行動に出るかという予測が、かなりつくようになる。必ずしも因果関係はそこには必要ないですね。ある相関が強ければ、この所見があれば、こういう行動をするということですが、

そういう倫理問題は先ほどのニューロエシックス(脳神経倫理)に関係してきて、本当に大きな問題になってくるのではないかと思えます。その点、冷静に言うならば、日本は倫理学の構築がずいぶん遅れていると思えます。生命倫理はほんのりだけなんです。ニューロエシックスはこれから出てくるものですが、これに関して相対、前もって理論構築をしておかないと非常にまずいことになるんじゃないか。ずいぶん大きな問題をはらんでいるのではないかと最近感じています。

渡辺 ●井原先生からもご指摘いただきましたように、すべてが読めるようになる。そうすると人間って何だらうということに返ってまいります。何かそれを止めるべきものが必要になってくる。これは実は井原先生の言葉ですが、「科学者は子どもだよ。知りたいことをどんどん知りたがる。それを止めるべきものの科学が発展しないとだめだ」と。それが我々のシンポジウムであったり、異分野を越えたディスカッションであると思えます。倫理という概念も含めまして、科学技術がどんどん進み、すべてが分かるときにおける脳科学、我々の存在につきまし

て川人先生からお願いいたします。**川人** ●私は小泉先生と同じく学部は物理でした。システム神経科学は専門分野なのですが、これは比較的他の分野の先生からは怪しい分野だと思われています。エセ科学とか神経神話を最も生じやすい学問であると分子細胞生物学の先生方に批判されて、結構ムツとしたりします。では、システム神経科学の究極の目標は何か。「川人さんは何が分かったら幸せなんでしょうか。何を本当に知りたいんですか」という質問を2年前にされて、それで真剣に考えたんです。それは「人の脳の中にあるすべてのニューロンの活動の状態が計測でき、すべてのニューロンの活動を制御でき、同時にニューロンたちが担っている情報を制御できて、その結果、人が喜んだり悲しんだり、見えたり動いたりすることが、私たちが構築した理論の通りに動く。それが究極のシステム神経科学だ」と申し上げているわけです。

これは途方もない話です。そもそも今、fMRIや私たちが開発したfMRIとMEGの統合でも、ただか1秒の1000の1、ミリメートルのオーダーで観測ができるだけです。ニューロン一つひ

とつの活動をきちつと調べたいと思つたら、ミクロンのオーダーで見なければいけません。ましてやニューロンの状態を制御するのは、最近、遺伝子工学の発達でチェーンロードブシンをニューロンに入れたりして、でき始めていますが、これは夢のまた夢で、ましてや理論がそれほど精密になるのは私が生きている間には実現しそうなない途方もない目的だと思います。

ただしお分かりいただきたいのは、研究者が物事を厳密に因果関係を伴った状態で理解しようと思うと、神経系の操作、制御は必ずやるわけです。マウスやサルでやっている限りは動物倫理委員会を通せば済むかもしれないけど、私たちが本当に興味を持つているのは人の心。私たちはどうして悲しんだり憎んだりするかを知りたいわけです。そういうふうになつていくと、サイエンティストは人の脳の情報を、こう制御したい、こう操作したいという気持ちが出てくるわけです。そういうものが世の中に役に立つかもしれないし、鬱で悩んでいる方をそういう方法で救えるかもしれない。学習困難児を助けられるかもしれない。科学者は自分の研究の結果が世の中にプラス

川人先生のコメントの中に「モチベーションはドーパミンだ」という話がありました。人間の脳には、なぜか分からないだけでも、分かる気持ちいい、「へえ、なるほど、そうだったのか」という「へえボタン」がありますよね。分かるということが、そもそも快感なんだと私たちは知っている。で、私は最近「では、そもそも“分かる”というのは何なのか」ということを考えています。私たちは脳が生理的に何をもつて「分かた」と感じるのかということから始めていかないと、結局分からないということになると思うんです。

もう一点は、人によって違うということですね。倫理観も当然、人によって違う。小泉先生は「温かい心だ」とおっしゃいましたが、その温かい心は人によって定義が違います。そういった個人差、個体差を、まず考慮に入れることが大切だと思います。

今日は直感の話でしたが、何か分からないものに触れると、大抵人間の直感は「怖い」と感じます。新しいものが出てくると怖い、電子レンジが出てきたら怖い。テレビが初めて出てきたときは「そんなものは人間をバカにしてしまう」と

に働くのかマイナスに働くのか、とことん突き詰めては考えません。一つだけ言えることは、いろんな機会に皆さんに科学の現状をちゃんとお伝えして、倫理学、宗教、一般の方たち、マスコミも含めて、こういうシンポジウムや会議、委員会を開き、マツドサイエンティストが、どこかでそこそ隠れて危ないことをしていると言われぬようにしていきたいと思っています。

科学を扱う「温かい心」を育む

小泉●今の倫理の問題というのは大変重要だと思つていますので、JSTの組織の中でも一つの研究組織として脳神経科学研究グループを数年前に作りまして、鋭意研究していただいています。先日ニューヨークでありました会議の後、倫理について3人で公開討議をする機会がありました。脳科学は南カリフォルニア大学のアントニオ・ダマジオ先生で、教育哲学は多重知性を言い出されたハーバード大学のハワード・ガードナー先生、そして私で討論しました。私は宗教家の方々からいろいろ伺つている中で、これではないかと感じていたものをお話ししました。倫理とは何かをひとこと言う

いうことで怖がりました。でも直感は学習もできます。「直感の羅針盤」という言葉を羽生先生は使われましたが、しっかり理解すれば羅針盤がだんだん楽しい方向に向いていくので、そういう意味で科学を正しく伝えていくことが少なくとも私の役目なのかなと。それと同時に科学の進歩に貢献したいので、基本的には慎重に、ときには大胆に進捗させていければいいかなと、今は考えています。

渡辺●ありがとうございます。羽生先生、最後に全体を受けて、どのようにお感じになられましたでしょうか。会場の皆様方の代表ということでは。

羽生●まず倫理の話ですが、医療の世界を見てみると、少なくとも日本はそういう意味での倫理の高さというのは伝統的に長く強く持っているところがあった、いろんな研究やテクノロジーが進むことがあつても、かなり変わらない部分としてあるんじゃないかと思つています。

あと脳科学というのは非常に面白いなと感じたところは、他の科学の進歩というのは確かに人間の生活を劇的に変えるとか習慣的に変えることはあつても、全部それは人間の外の出来事なんですよね。鉄道ができようが、印刷技術ができ

と“warm heartedness”つまり「温かい心、思いやりだ」という考え方に、私は以前から強く賛同しています。科学者自身がそういう心を持たなければいけない。温かい心を持たなければいけない。これはもう大人になつてから倫理規定とか倫理要綱として示しても、ほとんどナンセンスだと思つています。そうではなくて小さいときに、そういう温かい心を育む。これをやらないで科学技術だけを発展させては、私はまずいと考えています。

池谷●倫理の問題はなかなか難しいのは確かですが、日本では遅れているとは言いますが、最近ではガザニガというアメリカの神経倫理委員会の学者が書いた一般向けの本が日本に翻訳されるということ、おそらく一般の方の中にもそういう意識が芽生えてきています。そういうことが根底にある限り、そんな変な方向に行かないのではないかと私は思っています。ただ先ほど、科学者は子どもだという話がありました。確かにワクワクしながら「こんなことも分かった、こんなこともできるんじゃないか」とやってしまいがちなのは、確かに私たち科学者なんです。分かることが気持ちいいわけです。

ようが。でも脳の話は何か直接自分たちに関するものに、ものすごい大きな影響が起きる。直接、当事者として自分のこととして直結するところが、すごく親近感を感じるといふか。距離が近くなつたという印象を受けました。

渡辺●ありがとうございます。会場の皆様方の中には、脳科学という言葉は聞いているけれども、何のことか分からないよという方が多数いらっしゃるかと思いますが、このように科学者というのはそれなりに倫理観も持ちつつ、脳科学を進めていく予定でございます。

このシンポジウムは、生命医学部という新しい学部を作るための呼び水にもなればと思つて企画しました。我々はできれば、10年後にもシンポジウムを開催したいと考えています。今日のパネラーの先生方は、羽生先生を除きましたが、10年後大学のご出身でございましたが、10年後は同志社大学生命医学部の卒業生が全員パネラーになるような学部を育て上げたいと思つています。これからも脳科学と同志社大学生命医学部にご注目いただきまして、皆様のご支援を賜りますようお願いいたします。本日はどうもありがとうございました。