

## 甘利俊一先生インタビューメモ

日時：2008年4月2日(水) 10:30-12:00

場所：理化学研究所脳科学総合研究センター

面会者：篠原譲司、吉田秀紀、佐藤勝昭



**佐藤・篠原**：5月27日にCREST12のシンポジウムを企画していますが、この機会に記念誌を作ることになり、研究総括の先生方にインタビューをして、CRESTが果たした役割をクローズアップしようと考えています。脳科学の研究として、CRESTでは4領域をとりあげ、平行して理研では、甘利先生を中心に脳科学に取り組まれてきました。このように集中してやったことで、日本でのこの分野はどうなったのか、世界との連携はどうか、CRESTと理研の連携はどうか、この分野におけるCRESTの果たしてきた役割はどうかについて、お伺いしたいのですが。

**甘利**：脳は人間活動の基礎を担っています。10年以上前に、日本のサイエンスをどうするか議論がありました。特に脳科学は、米国で「脳の10年」という議会キャンペーンとして政策的に出てきたのに対し、日欧は遅れてしまいました。この分野だけでなく、サイエンス自体がまだまだで、CRESTもスタートしていないという状況でした。脳科学研究には、ゲノム→細胞→生命、物理・化学、情報科学といろいろの立場がありますが、「脳は人間のこころに関係してくるもの」として、物質的基盤（分子細胞→脳）とともに情報処理としての視点をもっていますから、理論・情報技術・医療という分野の違いを超えて、幅広い総合的研究としてスタートしなければならないと考えたのです。これに対し、当時の米国では、医学による取り組みが中心で、情報と脳を結びつけようとはしていませんでした。「脳の秘密を解き明かすことは、サイエンスの大ロマンである」として、脳と情報をむすびつけたプロジェクトを作ろうということが学術会議でも認められて、大きなうねりとなりました。その具体的な施策としてCRESTという仕組みをつかおうということになり、脳を知る、守る、創るという領域が設定されました。また、それまで、大学の医学部・工学部でポツポツと研究されてきましたが、総合的にすすめる機構を創ろうということになりました。

**篠原**：CRESTの脳分野創設のときに大きなデザインがあったのでしょうか。

**甘利**：大塚先生が重要だといって脳研究を始めて、そのときにも幅広く観ようという雰囲気はありました。CRESTで3領域に広げたのは、当時学術会議の会長だった伊藤正男先生が中心だったと思います。

**佐藤**：この分野における甘利先生一押しの成果というのは何ですか。

**甘利**：iPSのような大きなものであるかは別にして、「個々の成果」の他に「考え方の成果」の2つの成果の側面があると思います。特に、「考え方の成果」ですが、それまでの脳研究が、電気生理学、ゲノム、分子生物学など事実の積み上げしかなかったのに対し、(CRESTの研究成果である)個々の事実の上に立って、その仕組みを総合して行かねばならないという考え方がでてきた、つまり、脳科学に理論が必要な時期が来たという点が大切なのです。特に「脳を創る」というのは、日本発の概念です。理研においても、実験と理論の交流がすすんでいます。これは、CRESTのときから、3領域それぞれが個々にやるだけでなく、融合的なワークショップをやって、発表・議論したり、若手の勉強会をしたりしたことがここに来て、新しい潮流をもたらしているのです。

成果ということでは、たとえば、銅谷先生の研究が挙げられるでしょう。「脳は電気信号を媒介として情報を伝達している」というのはわかっていたのですが、「セロトニン、ドーパミン、アドレナリンなどの化学物質が電気発火に大きな役割をしている」という考えをひっさげてきて、これによって、強化学習、情動コミュニケーション機構を説明しようとしてきました。**CREST**では、**いろいろな共同研究者をチームに入れることができるので、神経科学、医学、電気生理学、ロボット・・・という異分野を融合してメカニズムを解明しました。これは、ロボットの学習メカニズム構築に大いに貢献しました。このような大きな融合はCRESTがなければできなかったでしょう。個別研究は米国でもやっていますが、銅谷CRESTが融合した形で研究成果を提示した意義は大きいと思います。**

また、酒井先生の「言語獲得装置」の研究も**CREST**ならではの大きな成果でしょう。彼は、**f-MRI**(機能的磁気共鳴映像法)を使って、前頭葉の言語野のどの部分で文法を処理し文を作るのか、どの部分で意味を理解するのかを明らかにしました。彼はチョムスキーの信奉者で、人間の言語処理能力は、個々の言語によらない共通の仕組みをもっていると考えていて、**f-MRI**を中核ツールとして、それを実証しようとしてきました。チンパンジーも単語は理解しますが、文法は理解できません。文法と単語が脳のどこで分担しているかを明らかにしたのです。米国からの帰国直後に**CREST**を開始したことで研究の主武器である**f-MRI**装置を導入できたということで、**CREST**が研究の立ち上げや拡張に貢献しました。酒井先生は、もともとは物理の出身で、医学部で博士号をとり、MITで言語学を学んだという異色の経歴を持っていたからこそ学際的なアプローチができたのです。**CREST**採択時は、30歳代前半で異例の抜擢でしたが、これに応え、今では脳科学研究のエースの1人に育ちました。

**佐藤**： 脳の活動を図る手段としては、ほかにも**SQUID**を用いた**MEG**とか、オプティカルとか、いろいろあると思うのですが、ファンクショナル**MRI**にはどのような特徴があるのですか。

**甘利**：**SQUID**の特徴は、時間分解能がミリ秒と優れているのですが、いかんせん脳を外部から計測しているので空間分解能が悪いのです。これに対し、**f-MRI**は、空間分解能は高くミリメートルのオーダーですが、時間分解能が10秒と悪い、従って計測の方法を工夫して克服しています。

**佐藤**： 脳科学は本質的に学際的な科学なのですね。**CREST**がそういう科学の研究の場を提供したのですね。

**甘利**： 脳科学は、専門性が深くあってもよいが広く総合した学問として展開するべきちょうどタイミングで**CREST**がはじまったのです。

狭くしたくないので、幅広いいろんな分野の方に入っていただきました。永雄先生は医学部の方で、小脳の機能の専門家です。酒井先生は、さきほども言ったように、言語の専門家、石川先生は、世界最高の機能をもつロボットの専門家です。このようななるべく広く面白いものを選んだのです。このことによって、個々の専門性を超えた学際分野の研究が可能になったのです。

**佐藤**： 新しい学際的パラダイムを開かれたのですが、これは世界的にもユニークとってよいのでしょうか。

**甘利**： 世界的に見ても、ロボットと脳を結びつけたのは、日本人の着想です。この点で川人先生の功績は大きかった。今になって、トヨタもホンダも脳研究をしなければと、真剣に考え始めています。実際トヨタは、理研にトヨタセンターを作って、脳研究に乗り出そうとしているのです。

**佐藤**： 新しい脳科学を対象とする学会ができたりしたのでしょうか。

**甘利**： 神経回路学会、神経科学会、神経化学会という3学会が3年ごとにジョイントの大会を開催して、学際的な脳科学を討議しています。

**佐藤**： 脳科学の成果として一般にわかりやすい話はありませんか。

甘利：目がやっているパターン認識機能を簡単な情報処理でやる技術（顔認識など）ができるようになったのも、脳科学の成果の一部を使っています。三菱電機の携帯電話画像処理にも使われました。

CREST は、脳科学のフィロソフィーを作って、それを検証したところに意味があります。それをささえるだけのお金がありました。大学で個々に少人数でやっていたことを、共同してやれるようになりました。CREST が接着剤になったとってよいでしょう。

佐藤：この分野の国際会議をやると必ず CREST の研究者が招待講演者に選ばれているといった例はあるでしょうか。

甘利：International Joint Conference on Neural Networks という国際会議が国際神経回路学会と IEEE の Neural Network Society のジョイントで開かれますが、これには、わたしや、銅谷、川人、山口などが招待講演に選ばれています。

佐藤：学際領域では、異分野間の垣根をどう越えるかが難しいと思うのですが。

甘利：以前は、データを出すだけでよかったのです。しかし、計測技術が進んで、大学から実験系のデータが大量に出るようになってきて、それをどう解析するかストーリーを作らねばならなくなりました。このためには普遍的な理論の構築が必要です。しかし、物理学のようなきれいな理論にはなりません。複雑な情報処理の基本原理がわかれば、脳のすべてがわかるかというところはなっていないが、コンピュータサイエンスにも、ロボットにも、脳医学にも波及効果があります。CREST はこういう流れのスタートを切ったのです。

佐藤：今のお話では、最近の脳科学は、すごく進展しているんですね。それにも関わらず、それが世の中にあまり見えていないですね。それを世間にアピールする点では JST も役割を担わねばいけないと認識していますが、先生のお考えをお聞かせください。

甘利：脳科学研究者のアピールがいまひとつ足りないでしょうね。ゲノムの研究者は、創薬につながると言って大声でアピールしました。しかし、まだゲノムから創薬は出ていません。ペタコンも創薬に役立つといっています。創薬につながるにはまだまだ時間がかかるでしょうが。

佐藤：日本はこの分野のリーダーシップをとっているのでしょうか。

甘利：脳科学全体で見れば、米国は研究者数、金額ともに日本の 10 倍です。しかし、脳を創るというピンポイントでは、日本はよい仕事をしています。これは、日本が伝統的にロボットが強いということとも関係しているかもしれません。

佐藤：ロボット分野における脳科学の役割は何でしょうか。

甘利：脳科学が進めば、家事ロボットにせよ介護ロボットにせよ、人間が命令したことにロボットが「心をもって」対応していると感じさせるというような働きするようになるでしょう。脳の働きを学ぶことにより、情報を分散処理してバックアップしたり、ノイズに強い仕組みを作ったりすることが可能になるでしょう。ここには、非線形のダイナミクスが関与していて、これから研究を進めるべき分野です。これからは、**数理脳科学の時代**であると思っています。

佐藤：学理はよくわかりませんが、もう少し、近い将来の出口が見えないのですが。

甘利：出口はいろいろありますよ。ロボットも 1 つです。目標としては難しいが、**心を持っているように見える**ロボットです。もう一つは、**脳科学を経済学、教育学、心理学などの物質的基盤として使えないか**というコンセプトです。これは、3 年、5 年でやれるとは思いません。これまでの経済学は、人間を平均的・合理的人間としてその経済行動を論じてきたのですが、脳の葛藤をシミュレートして経済行動の予測に使えるならば、経済学は進歩するはずですよ。これからです。

しかし、この研究は、やや躊躇するところがあります。たとえば、裁判の証人喚問で嘘発見器に使うと

かなると躊躇しますよね。人間に近づけば近づくほど、こういう社会的影響を考えないといけないでしょう。

**佐藤**：fMRI や超伝導 MEG における日本企業の力はどのなのでしょう。

**甘利**：力はあると思います。しかし、非常に残念なことに、日本の会社は、研究用の装置には、あまり関心を示さないのです。フィンランドの装置が世界中で使われています。日本は赤外線を使った装置を作っていますがこれは精度がそこそこあって価格が格安なのです。

**佐藤**：CREST は、研究を戦略目標のもとに進めています、それについてどうお考えですか。

**甘利**：最初は「基礎科学に戦略目標はなじまない」と抵抗しましたが、いまでは、「5年10年の目標を立てておいて研究を実施するのはよいではないか」と思うようになりました。研究は、目標通り行かないこともあれば、意外に大きく進むこともあるでしょう。達成度が何%というより、サイエンスのガイドとして常に目標を持つことはよいことだと考えています。

**篠原**：脳科学は初期に CREST があって、その後、理研が見つないで曲がりなりにも続いたけれど、CREST の後どう展開されたか教えてください。

**甘利**：その後、「統合脳」という領域特定の科研費が 25 億つき、特別推進を宮下先生と中西先生がとった。しかし、30-40 歳の若手がもらえる資金がない。ゲノムやタンパク 3000 のように巨額な資金を使った研究もありますが、お金だけでは人が育たないと思います。理研ではユニットリーダー制をとって若手を育てようとしています。

**篠原**：先生の「脳の夢」は何でしょうか。

**甘利**：それは、「数理脳科学」です。脳科学のバックになる理論の構築が重要です。

**吉田**：確認ですが「脳を創る」のコンセプトは 90 年代に甘利先生が主導して作られたのですね。

**甘利**：伊藤先生が主導され、工学系では私のほか、塚田先生、川人先生らが、生理系では外山先生などが加わって作ったものです。

**佐藤**：最後に CREST への注文や提言があればお願いします。

**甘利**：伝統的な枠組みにとらわれず、若手に好き勝手やれないと、よいものが育ちません。いま、中堅どころが「脳科学委員会」を作って、今後のプロジェクトの検討を進めています。若手を育てる仕組みが求められています。

**佐藤・篠原・吉田**：長時間にわたってお話しいただきありがとうございました。