

JSTシンポジウム

CREST-12周年記念誌

CREST

Core Research for Evolutional Science and Technology

CREST

Core Research for Evolutional Science and Technology

CREST-12周年記念誌

科学技術イノベーションを目指すCRESTの挑戦

独立行政法人 科学技術振興機構

—科学技術イノベーションを目指すCRESTの挑戦—

 独立行政法人
科学技術振興機構
Japan Science and Technology Agency

CREST-12 周年記念誌刊行にあたって

独立行政法人科学技術振興機構
理事長 北澤 宏一

CRESTがはじまったのは1995年度、バブル崩壊で日本が元気を失っていた真ただ中でした。わが国は、日本復活の道をイノベーションに託し、科学技術基本法を制定し、科学技術振興予算の大幅な増加を図りました。CRESTは、国の政策目標に焦点を当てた目的基礎研究をトップダウン型で進める新しい試みとして始まったのです。研究総括のリーダーシップの下に世界をリードできる可能性の高い10数チームを公募で選拔し、研究者群団を構築するというやり方、さらには、1課題あたり年間1億円、研究期間5年というファンディングの仕組みは、当時の競争的資金の中では破格なものでした。「初めて海外の恵まれた研究室と対等な運営ができる」という自信を研究者たちは得ることができたといえるでしょう。しかも、事務局の運営は研究者寄りで、非常にフレキシブルでありました。

典型的な1つのチームは、研究代表者と、機関の異なる共同研究者もヘテロに含む集団からなり、その下で研究する大学院生までを含めると平均20－30人。1領域では数百名の研究集団を構成しています。湧きだした泉がいくつも集まり、しまいには河川・大河となって一つの方向に流れ出すように、CRESTは日本の科学技術研究の流れをこの12年間で50本以上新規構築して来しました。毎年研究戦略を見直しながら、常に20から30程度の領域がバーチャルな研究所として活動し、目的基礎研究の高い峰々を日本に創り出してきました。同じ戦略的創造研究推進事業の中のERATOが「富士山型」とされるのに対し、CRESTは「八ヶ岳型」の群団であるとされます。

ブレイクスルーのほとんどは世界をリードしている時に生れます。CRESTで研究を行ったチームはその研究期間が終わるまでには世界のトップに躍り出ることができます。それができるチームを選び出し、研究を効果的に運営していくのが各領域をまとめる研究総括の腕のみせどころです。

スタートから12年、CRESTは科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業における総予算の6割を占めるに至りました。先端的な科学技術の分野で国際会議が開かれると、この群団の科学者が招待講演者の常連になる状況が幅広く見受けられるようになってきています。世界における日本の研究者のプレゼンスを向上させてきました。CRESTの研究テーマは、ライフサイエンス系、マテリアル・デバイス・情報系、環境エネルギー系に大別されますが、その各々の分野において、イノベーションに結びつく大きな成果が生み出されていることが今回の調査で浮かび上がってきました。これは注目してよいと思います。CREST育ちのオンゴーイングな技術シーズとしては、最近話題のiPS細胞（万能細胞）のほか、ウィルスの人工合成、高温超伝導電力ケーブル、イチローを超える強打者ロボット、国際標準となったホログラフィック記録方式、秒の新しい国際標準、到達距離200kmを超えた量子暗号通信・・・など本誌で現在までの調査で挙げることでできたものを解説してもらいます。

このたび、CRESTが12周年を迎えるにあたり、記念のシンポジウムを開催するとともに、記念誌を刊行することといたしました。多くの技術開発は30年といった長い潜在期間を必要とするものであります。CRESTは生まれてまだ12年と歴史は浅いのですが、新たな科学技術研究の流れを生み出しただけでなく、社会や産業を大きく変革する重要なイノベーションに結びつこうとしているものが現在も多数存在することがおわかりいただけたと思います。

私たちは、このようにイノベーションを生み出しつつあるCREST制度を一層充実させるとともに、さらに時代の要請に応じた新たな展開を図っていきたいと考えております。

インタビュー CRESTが築いた日本の頭脳集団 (3)

甘利 俊一 先生 インタビュー

甘利先生は脳科学、特に学習理論、理論神経科学の研究者で、神経回路網の理論面からの研究では世界第一人者です。先生は東京大学工学部計数工学科教授を経て、今春まで日本の脳研究の中心的位置にある理化学研究所脳科学総合研究センターのセンター長をされており、現在は同センター研究ユニットのリーダーです。1995年に日本学士院賞を受賞され、1997年から「脳を創る」という日本発の概念でCRESTの研究総括をされました。脳科学の研究が進めば、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働きをするようになるでしょう。この実現のために、これからは数理脳科学の時代であると夢を語られました。



脳科学の研究として、CRESTでは4領域をとりあげ、並行して理研では、脳科学総合研究センターを中心に脳科学に取り組んできました。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、伺いたいのですが。

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

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、情報科学と立脚点がありますが、「脳は人間の心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会でも認められて、大きなうねりとなりました。

脳と情報をむすびつけたCRESTプロジェクトはユニークだった

その具体的な施策としてCRESTという仕組みを使おうということになり、1995年度に大塚正徳先生が「脳を知る」を始められました。その時に、脳をもっと幅広く観ようという雰囲気はありました。それで、1997年から、「脳を知る、守る、創る」という3領域が設定されました。3領域に広げたのは、当時学会の会長だった伊藤正男先生が中心だったと思います。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、脳科学総合研究センターなどが発足しました。

甘利領域の一番の成果というのは何ですか。

一番の成果は、「脳科学に理論が必要な時期が来た」という「考え方」

「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、個々のデータの上に立って、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。以前は、データを出すだけでよかったのです。計測技術が進んで、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則が分かれば、脳のすべてが分かるかというところはなっていませんが、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。

CRESTならではの成果を具体的に教えてください。

脳の情報伝達における化学物質の重要な働きを異分野融合により解明

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」というのは分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」という考えを唱えて、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た。CRESTでは、いろん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。

言語処理機能の解明は、CRESTならではの成果

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持っているということをf-MRIを中核ツールとして、それを実証しようとした。チンパンジーは単語を理解することができますが、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。酒井先生は、米国からの帰国直後にCRESTを開始し、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。

新しい学際的パラダイムを開かれたのですが、世界的にもユニークといえるのでしょうか。

ロボットと脳を結びつけたのは、日本人の着想

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進んでいますが、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。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。

脳科学の分かり易い成果があれば教えてください。

デジタルカメラのパターン情報処理も脳科学の成果

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。それを支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言って良いでしょう。

脳科学は出口が見えにくいという声もあります。具体的な目標をお教えください。

目標の1つは「心を持っているように見えるロボット」

ロボットも目標の1つです。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、心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。これからです。

最後にCRESTへの注文や提言があればお願いします。

伝統的な枠組みにとらわれず、若手が好き勝手にできないと、良いものが育ちません。いまは、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。CRESTには、若手を育てる仕組みが求められています。

脳から学ぶ情報処理

●直感力をもったコンピュータを目指して

脳は直感的に物事を判断できます。脳の神経細胞はネットワークを形成して情報処理と伝達を行います。この神経細胞による情報処理のアナログ性が脳の直感力創発のひとつの鍵ではないかと考えました。複雑な振る舞いの背後にある数学的な法則性を定式化するカオス理論を武器に、生物の神経細胞の様にアナログカオス的な振る舞いや動きをするアナログカオス集積回路を開発しました。カオスを用いた並列計算は膨大な組み合わせを対象とした計算問題などで直感力を有効に発揮する可能性があり、今後は既存のデジタル方式のコンピュータを補完していくことが期待されます¹⁾。

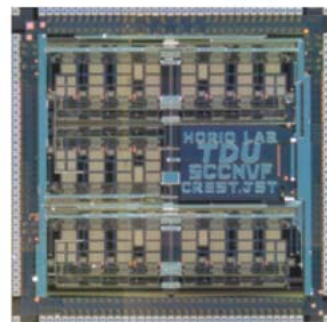


図1. アナログカオス集積回路
共同研究者の東京電機大・堀尾喜彦教授らにより開発されました



図2. カオスを用いた並列計算機のプロトタイプ
共同研究者の東京電機大・堀尾喜彦教授らにより開発されました

●人間の脳はなぜ言葉を操れるのか？

生物の中で人間だけが高度な思考を巡らせることが出来るのは、人間が言葉を操ることが出来るからです。人間の脳には生まれながらに言葉を生み出す仕組みがあるのではないかと——今なお論争されているこの仮説に脳科学から挑んでいます。例えば、fMRI（機能的磁気共鳴映像法）などの手法を用いて、文法処理を担う中枢が左脳の前頭葉にあることを突き止めました。人間だけに備わった言語能力。このメカニズムを解明していくことで、人間の心の深奥にある認知構造や創造性の謎に迫っていきます²⁾。

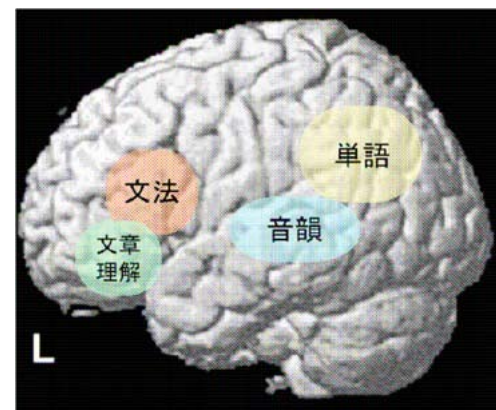


図3. 脳の言語マップ
fMRIによって脳の機能を計測した結果、文法、文章理解、単語、音韻に関係する部位が左脳にあることが分かりました。言葉を操る能力を生み出す脳を人間だけが持っています



図4. 脳機能を計測できるfMRI装置

●生存し進化するロボットで心の起源を探る

人の感情や心の働きは、脳の多数の神経細胞や分子、遺伝子のネットワークによるもので、その仕組みの解明に向け研究が盛んに進められています。しかし人間がなぜかように複雑な感情や心を持つようになったのかという問題には、進化の果てに現存する人の脳を調べるだけでは答えることができません。そこで生物にとって最も基本的な「自己保存」と「自己複製」という要請のもとで、個体や集団はどういう情報処理機構を持つべきかを明らかにするために、実際にロボットを作って検討しています³⁾。



図5. サイバーローデント
実際の生物と同じ自己保存と自己複製という条件のもとで、生存し交配するロボット「サイバーローデント」を開発しました。体長22センチ、重さ1.75 キログラムのロボットで全方位視覚システム、近接距離センサー、加速度センサー、ジャイロセンサーなど多様なセンサーを持っています

●聴覚に基づいた自然な音声の再現

人間の脳は外界の音声情報を聴覚によって処理しています。この処理で脳が用いている聴覚情報表現を数理的に理解し、その知見を基に音声・音響の処理システムを再構築することを目指しました。その結果、聴覚の本質的な理解に基づく「初期聴覚系の計算理論」と「高品質音声変換合成システムSTRAIGHT」が生み出されました。特に後者は、音声合成・音声変換の実用システムにそのまま活用することが出来るものです。実際に現在も数多くの研究開発の基盤技術として利用されています。今後も音声の声質やピッチを操作するためのツールとして、自然音声とほとんど変わらないほどの高品質な音声を実現するために進化を続けていきます⁴⁾。

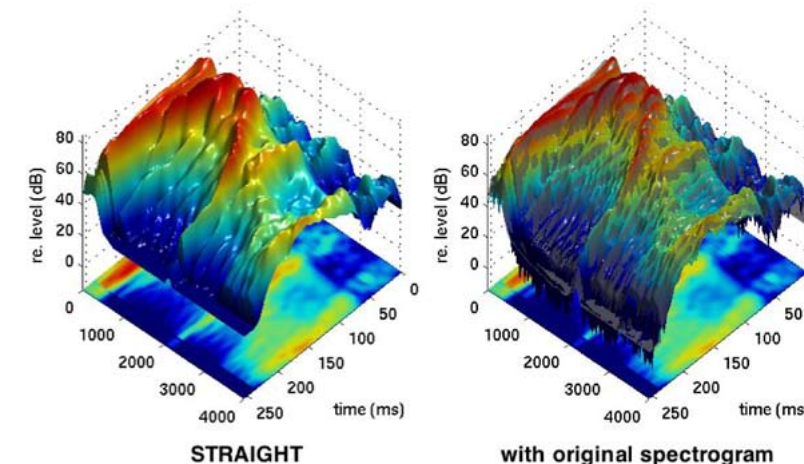


図6. STRAIGHTを用いた音声の分析結果（左）と従来の技術による結果（右）
従来技術では取り除けなかった不要な成分がSTRAIGHTの分析結果には存在していません。この精密な分析がSTRAIGHTによる音声加工の高い品質を可能にしています

CREST—12周年記念誌

2008年5月27日

初版発行

発 行 独立行政法人科学技術振興機構
戦略的創造事業本部

研 究 領 域 総 合 運 営 部

基礎研究制度評価タスクフォース

〒102-0075 東京都千代田区三番町5番地 三番町ビル

TEL.: 03-3512-3523

FAX.: 03-3222-2069

制 作 ・ 印 刷 株式会社 ザ・コンベンション
