

6 【特別寄稿】11年の活動を振り返って

6 *Special Contribution: Looking Back on 11 Years at CiNet*

柳田 敏雄

YANAGIDA Toshio

CiNet は昨年 10 周年を迎え、現在 12 年目を迎えています。私は、CiNet 立ち上げから関わらせていただき、今年 4 月に北澤茂センター長にバトンタッチするまで 11 年間 CiNet のセンター長をさせていただきました。多くの方に本当にお世話になり、感謝の気持ちでいっぱいです。

私は CiNet 発足の 10 年以上前の 1990 年代後半に、NICT の前身である通信総合研究所 (CRL) の生体物性研究室長 中山治人さんと生物分子モータに関して議論するために西明石の研究所に時々通っていました。そんな中、当時私たちが筋肉分子モータで発見していた“生物ゆらぎ”のしくみは、階層を超えて脳でも働いているはずだ！と主張していると、じゃあ CRL で研究を始めてみたらとお誘いを受けました。まさかと思っていたら、1998 年本当に柳田結集型プロジェクトとして、それまで脳の研究などやったことのない私にチャンスが与えられたのです。大学ではこんな大胆なことは起こらなかったでしょう。NICT の肝っ玉の大きさに感動しました。成果、評価と世知辛い今とは違って、その分野での業績が無くても研究計画が面白ければ通すというおおらかな良き時代だったとも思います。

私は筋肉分子モータの研究をしていましたが、脳研究について全くの門外漢であったわけではありません。1980-90 年代に所属していた大阪大学基礎工学部生物工学科には日本のシナプス可塑性研究の創始者のひとりである塚原伸晃教授 (1985 年日航機事故で逝去) がおられ、研究室の川人光男さん (現 ATR (株式会社 国際電気通信基礎技術研究所) 脳情報通信総合研究所長) らと交流 (主に遊びでしたが) があってので脳研究にある程度の親しみはありました。また、近年の深層学習をベースにした AI の飛躍的進展の基盤となっているネオコグニトロン (Neocognitron) の発明者である福島邦彦教授もおられ、毎年学部、大学院の卒業研究発表を聞いていたので (昔は学生の発表に他研究室も含め学科の教員全員参加していました)、AI にも少しは親しみがありました。今から思えば、生物物理の大沢文夫先生、脳科学の塚原伸晃先生、AI の福島邦彦先生、そして数理生物の鈴木良次先生と各分野の世界的な教授がいる異分野

融合的環境で研究できたことは、私のその後の研究方向に大きく影響したと思います。そして、CiNet の脳と情報の融合という新しい研究にも影響していると思います。

さて、話を「ゆらぎと脳」のプロジェクトにもどして、メンバーはまず物理の素養があって脳研究をしてくれそうな人から探しました。一人は、東京大学理学部物理学科の学生時代に筋肉分子モータの研究をされていた時に交流のあった茂木健一郎さんです。大学院を出てケンブリッジ大でクオリアに関する脳研究をされている時に彼を訪ね、プロジェクトに誘いました。とても関心をもっていただいたのですが、すでにソニーに誘われていて実現はしませんでした。もう一人は、生物物理分野で複雑系のダイナミクスを研究されていた東京大学の清水博先生の研究室出身の村田勉さん (当時金沢工業大学) をお願いして参加してもらいました。その他、田邊宏樹さん (現名古屋大学教授) らも参加してくれて、数人のプロジェクトがスタートしました。メンバーの多くが脳研究をやったことのない素人集団で、CRL で脳研究をされていた宮内哲さんや藤巻則夫さんたちには本当にお世話になりました。

一方、私が所属していた大阪大学 (阪大) でも、生物ゆらぎのアルゴリズムを情報やロボットに展開するゆらぎプロジェクトが 2006 年にスタートしました (文科省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」プログラム)。総括責任者は宮原秀夫総長 (後に NICT の理事長) で、西尾章治郎情報科学研究科長 (後に、阪大総長)、村田正幸教授、石黒浩教授、そして私らがメンバーでした。宮原総長が退任され、続いて総長になられた鷲田清一先生も阪大の責任者として参加されました。文科省所管の阪大のキャンパスに総務省所管の NICT が研究員 200 人規模の研究センターを設立するというエポックメイキングな事が実現したのは、一つにはこのメンバーが阪大側の受け皿になったからだと思います。もちろん、NICT そして総務省のチャレンジングな構想があつてのことですが。当時の宮原秀夫 NICT 理事長、加藤邦紘顧問、そして現場で実働いただいた益子信郎理事、大岩和弘未来

ICT 研究センター長ら NICT のメンバーと阪大の絶妙なチームプレイが CiNet の設立には重要なポイントだったと思います。また一般にはお堅いと思われている総務省がよくぞこのような変革と言っても過言でない計画を受け実行してくれたものだと感心しました。加藤顧問がしばしば総務省の事務次官、局長レベルの幹部職員と直接折衝して下さっていたようです。総務省の方々にも感謝の念でいっぱいです。CiNet は研究だけでなく、その研究成果を社会に還元することも重要なミッションでしたから産官学の協同組織にしました。産業界からは NICT と長年関係の深かった ATR が参加していただきました。ATR の川人光男さんにはプロの脳研究者として研究構想に大きく貢献いただき、ご自身のヒューマンネットワークを使って総務省にも掛け合っていました。こうして、2011 年に CiNet が発足し、2013 年には阪大吹田キャンパスに地下 2 階、地上 4 階、延べ面積 10,000 平米の研究棟が建ち、本格的に研究がスタートしました。

CiNet の大きな特徴の一つは、研究棟を大学のキャンパスに建て、国研(国立研究開発法人)と大学の本格的かつ実質的融合研究センターということ。国研は比較的大きな研究資金を使って規模の大きな目標を設定して研究者が一丸となって、いわゆるミッションオリエンタな研究ができます。欠点は、学生、院生がないので人材育成ができないこと、そしてフレッシュな雰囲気が欠けがちになることです。一方、大学は個人の自由な発想で毎年入ってくる学生、院生とともにキュリオシティオリエンティッドな研究ができます。しかし、小規模の研究室に分かれ、規模の大きな融合研究は難しい。CiNet はこの国研と大学を融合させてそれぞれの利点をもつ研究センターを目指しました。実際、阪大から 3～4 講座の先生方が CiNet 棟の中で本格的な連携研究を進め、12 人の教員が兼任 PI (Principal Investigator) として、そして 40 名ほどの教員が招へい研究員として参加しています。一方、CiNet の研究員は阪大の招へい教員となって学生の研究指導、人材育成に参加しています(現在、CiNet 棟を利用する学生院生の数は約 100 名ほど)。CiNet のもう一つの特長は、7T MRI を含む 2 台の MRI (現在は 4 台)、MEG、脳波計など、ヒト脳の活動を測定する装置を大規模に導入したことでした。これはセンター長がプロの神経科学者であったら難しかったかもしれないと想像します。というのは、10 年前は脳を MRI (機能的 MRI) で大まかに脳活動を測っても脳の仕組みが解る訳がない、神経細胞レベルで調べないとダメだと考える研究者が多くいたからです。遺伝子工学を駆使してマウスの脳で神経細胞の役割、ネットワークを解明し世界的な成果を上げておられる MIT の利根川進さんは、神経細

胞レベルの分解能がない MRI で脳活動を測っても何もわからないと言っておられたそうです。私が理研(国立研究開発法人理化学研究所)の生命システム研究センター所長をしていた時、当時理研の脳科学総合研究センターのセンター長だった利根川さんとは、理研センター長会議で隣の席でした。その時、「私たちが知りたいのはヒトの脳ですよ、いくら神経細胞レベルの研究ができるからと言って、マウスの脳では面白くないのでは？」と怒鳴られることを覚悟で大胆不敵な質問をすると、意外にも、「そうなんだよ！これからは膨大な知見が蓄積されているマウスのボトムアップ研究とヒトの脳のトップダウン研究を融合させることが大事だ」という返事が返ってきました。MRI 何台も並べてバカかと言われるかと内心ドキドキしていましたので、ホットしたのを覚えています。私自身はたんぱく質分子 1 つを見て、そして触れてその動きや化学反応を直接実時間で調べる 1 分子ナノイメージング法を開発し、まさに究極のボトムアップ研究を長年やってきました。しかし、分子の世界そのものに興味があったわけではなく、細胞や脳といった柔軟で桁違いの省エネ生物システムを構成する素子(分子)は、人工機械の素子と何が違うのかに興味があったのです。私は、筋肉分子モーターが熱ゆらぎ(ノイズ)を利用して働いているという、人工素子とは根本的に異なるメカニズムで働いていることを発見しました。私は大学院修士課程まで、電気工学科でノイズを遮断し正確に高速に働くのを信条とするデジタル素子の元となる半導体の研究をしていましたので、生物が熱ノイズを使って働いているというのは驚愕すべきことでした。コンピュータが多くのエネルギーを消費する一つの要因は、ノイズを遮断して正確に働く仕組みになっているからなので、生物が桁違いの省エネで働ける要因はここにあるのではと思ったのです。この生物の特徴である“ゆらぎ(ノイズ)”を利用する仕組みをベースにすれば、細胞や脳など複雑な生物システムをトップダウン的アプローチでもその仕組みに迫れるのではないかと考えた(妄想した)のです。

話題は CiNet から少し離れますが、私は CiNet の立ち上げと同時期に理研の新たな研究センター(生命システム研究センター)の立ち上げにも参加しました。十数年前のことなので、分子生物学全盛期の時代でした。遺伝子や細胞構成分子をしらみつぶしに調べれば細胞は解るという雰囲気の時代でした。センター長として迎えた私に、分子生物学で得られた知見を基に、細胞内で同定した分子がどのように働いているか 1 分子イメージング法で調べることを期待されたのだと思います。しかし、その期待を裏切って、私は理研の全体会議で、「新センターでは、トップダウン的に細胞を

見るだけで、細胞の状態を知り、その運命を予測したり操作したりするデータ駆動型研究 (DECODE プロジェクトと命名しました) をやります」と宣言しました。会場は大げさに言うとブーイングの嵐で、発表後幾人かに落胆したと言われました。当時はまだメカニズムを知ることがサイエンスであり、中身をろくに調べないで結果だけを知ろうとするデータ駆動型研究なんてサイエンスでないと多くの人が考えていたのです。私は、数千種類はあるであろうたんぱく質分子が複雑に絡み合っている細胞を分子レベルからボトムアップ的に調べるだけでは、細胞をダイナミックシステムとして捉えるのは無理だと考えたのです。十数年経過して、現在 AI の進展も相まって DECODE プロジェクトは認知され理研の一つの柱として精力的に進められています。

さて、CiNet は立派な研究棟を建ててもらってスタートしましたが、当初は研究者の数は少なく研究棟

には MRI や MEG が鎮座するばかりでガラガラでした。内心こんなことで今後やっていけるのだろうか心配しました。副センター長をお願いした ATR の川人さんとも相談し、国内外の若手で活発な研究者をリストアップして CiNet に誘いました。幸運なことに、多くの研究者が国内外から参加してくれました。神経科学の研究者には、「CiNet は根こそぎ若くて元気な研究者を持っていく」と冗談交じりに言われました。改めて、日本にはヒトの脳を研究している人材が圧倒的に不足していることを痛感しました。現場の運営面でも、益子さん(前出)、産総研(国立研究開発法人産業技術総合研究所)の研究センター長を1年残して副センター長として参加して下さった田口隆久さん、そして NICT 主管研究員の大岩さんらの強力なサポートがあり順調に船出しました。研究者のバックグラウンドは、脳科学、情報、物理、工学、心理と広範囲にわたっており、脳と情報の融合という新しい異分野融合研究を目指す CiNet にとっては最高の研究者集団となりました。現在は、学生院生約 100 名を含め 250 人以上の研究者を有する、日本だけでなく世界でも有数の人間の脳活動計測・解析研究拠点となっています。

CiNet では、多様な情報を入力したときの脳活動を fMRI、MEG、EEG、ECoG などで大規模に測定し、入力情報が脳活動にどのように符号化されるのかを解析し、その特徴をモデル化しそれを使って脳活動から脳が様々な入力情報をどのように捉え、感じ、そして外界に働きかけるのか、すなわち脳情報を主にデータ駆動型アプローチで読み解く研究を進めています(図1、2)。人間の脳をのぞき込むわけなので阪大の ELSI センターと連携して倫理的問題を慎重に検討しながら

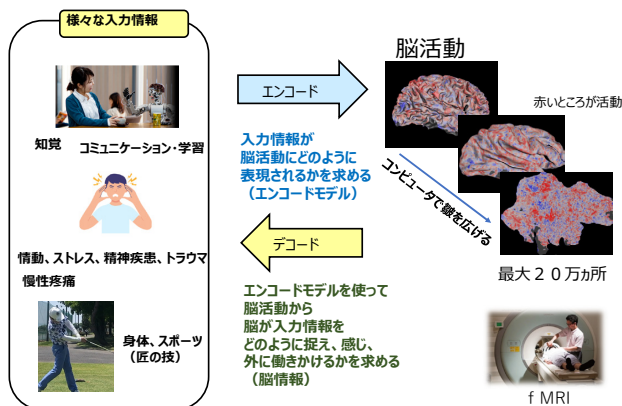


図1 脳活動から脳情報を読み解く

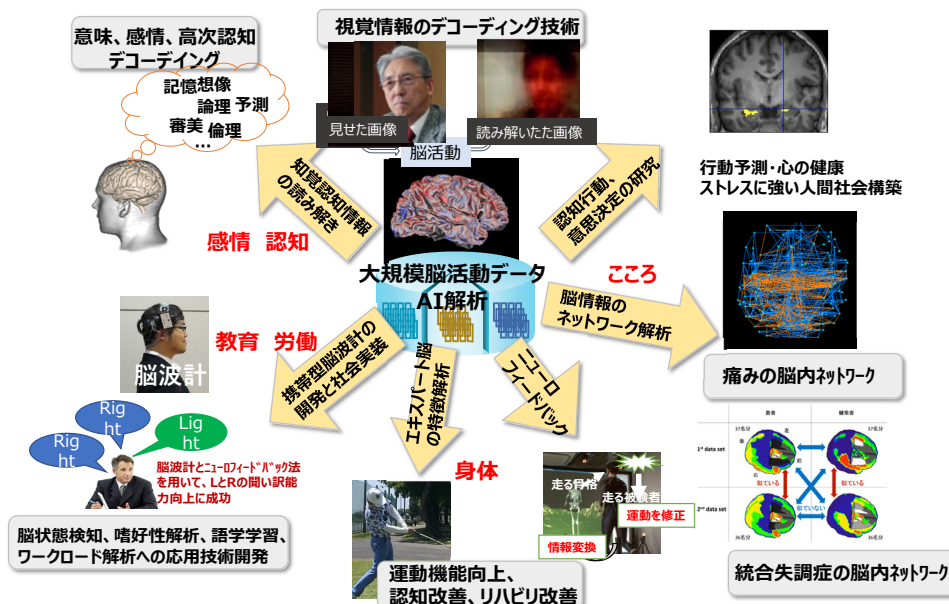


図2 脳活動から様々な脳情報を読み解く

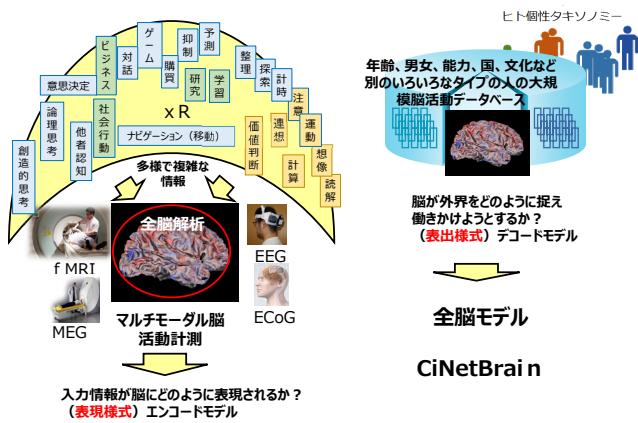


図3 CiNetBrainの構築

あります。CiNet Brainは、脳が真に知りたい、知らせたい情報の授受を可能にし、情報の量から質への転換を図りこの課題解決に貢献すると期待しています。また、私がこの分野に入る発端となった、生物ゆらぎのしくみで超複雑なのに省エネの脳のしくみにアプローチし、桁違いの省エネICTを開発する夢も追いかけていきたいと思っています。最後に、CiNetは今後更に大きく発展し脳とICTとの融合を実現し、人間や環境に心地よい情報社会の構築に大きく貢献すると確信します。皆様のご支援ご鞭撻をよろしくお願いたします。

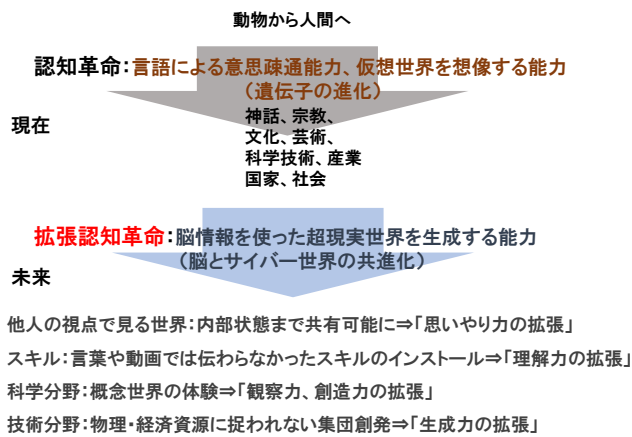


図4 CiNetBrainとサイバー技術の融合による脳・身体機能の拡張

研究を進めています。CiNetの最終ゴールは、様々な人間の脳活動や行動データを大規模に取得し、没個性にならない脳情報を読み出せる人工脳“CiNet Brain”の構築です(図3)。CiNet Brainをサイバー技術やロボット技術に組み合わせれば、以心伝心のコミュニケーションや頭で考えただけでロボットやコンピュータの端末を操作などができるBMI(ブレインマシンインタフェース)技術も可能になるでしょう。さらには、図4に示したように脳身体機能の拡張をもたらすと期待されます。現在世界を混乱に落とし込んでいるCOVID-19感染拡大が終息した後は、近年目覚ましく発展しているAI、5G、XR、アバターなどICTをベースに物理的制限のないサイバー世界が期待されています。しかし、これらの情報技術は大量の情報を高速にやり取りすることに偏りがちです。これでは、情報氾濫が起こって脳への負担が増え、また深刻なエネルギー問題(このまま情報量が増えると10年後に消費エネルギーは十数倍に増加し、今の総発電力量をITだけで消費すると予想されています。2020年JST低酸素社会戦略センター資料による)を引き起こす可能性が



柳田 敏雄 (やなぎだ としお)

NICTフェロー／
 未来ICT研究所
 脳情報通信融合研究センター
 R&Dアドバイザー／
 前脳情報通信融合研究センター 研究センター長
 工学博士
 生物物理・脳機能解析
 【受賞歴等】
 2022年 令和4年度「情報通信月間」総務大臣表彰(個人)
 2013年 文化功労者
 1999年 1998年度 朝日賞
 1998年 第88回 恩賜賞 日本学士院賞