



INTERVIEW

上智大学 理工学部 情報理工学科 矢入 郁子教授 インタビュー



複雑系のデータを読み解いて、情報通信の未来を切り拓く

多数の要素が相互に影響し合い、全体として部分の単純な総和以上の独自の振る舞いを示す複雑系のデータ解析は、人間・自然・人工物の振る舞いを読み解くために重要な分野です。一方で、個人差・地域差が大きく、不確実性が高いため、大規模データの整備、モデル構築に創意工夫と柔軟な対応が求められます。脳波・メタゲノムなど幅広い複雑系の時系列データを統計的に分析・パターン化し、深層学習モデルを構築する、先端的な研究に取り組まれている矢入郁子教授にお話を伺いました。

時系列データとの出会い

■学生時代はどのような研究をされたのですか？

私は少し変わった経歴を歩んでおりまして、学部の卒業研究で

は、メカニカルなセンサーを自作する機械系の研究室に所属していました。設計図の作成からワイヤーカットによる金属加工、ひずみゲージの貼付、増幅回路の製作、そしてデータ取得に至るまで、文字通りゼロからハードウェアを組み上げる工程を自分の手で経験しました。この経験が、データが生成される物理的な背景を理解する基礎となっています。

その後、修士・博士課程では、当時非常に興味を惹かれた「ロボットの目」の研究に没頭しました。当時はテキサス・インスツルメンツ (TI) 社の画像処理デバイスが最高レベルでしたので、アセンブラを用いて低レイヤでのチューニングを重ねながら、人間の行動をモニタリングする手法を開発しました。これが、人間の行動観測をテーマとした現在まで続く研究の出発点です。

大学院修了後は、画像認識の分野で多くの先行成果が出始めていたこともあり、手法を模索する中で再び時系列データの持つ奥深さに着目するようになりました。学部時代に経験したセンサーの物理的特性と、大学院で培った高度な情報処理技術。この両者が結びつき、時間軸を持つデータのダイナミズムを解析する現在の時系列解析という専門領域へ進む大きな転機となりました。通信の国研に就職したため、機械系の研究から情報通信系に転向したというのも大きな理由かもしれません。

試行錯誤で生まれた視覚障害者の行動分析の成果

■SCATの研究費助成でパーソナルセンシング技術を用いて視覚障害者のモバイル生活密着型調査を進めました。

はい。当時は iPhone などのスマートフォンが急速に普及した時期でした。私は、スマホに内蔵された加速度センサー等を活用すれば、視覚障害者の歩行や生活をより深く理解できると考えました。それ以前は Sun SPOT などの専用センサーを体に装着して無線でデータを送る環境を整えていました (図 1) が、スマホの登場により、より日常に近い形で計測が可能になったのです。

SCAT の助成期間中 (2011~2013 年度) は、重度視覚障害者

の方々の屋外歩行データをスマホで収集し、点字ブロック上の歩行特性や、白杖が溝に挟まるといったハブニング時の挙動などを詳細に分析しました。

また、屋内の見守り技術として赤外線アレイセンサを用いたデバイスも開発し、モニタ領域内の人数と着座行動の推定だけであれば9割程度の精度で判別できることを確認しましたが、それが限界でした。

当時はまだ深層学習が一般的ではなく、時系列データからより複雑で抽象的な行動を抽出することには限界もありましたが、こうした基礎研究の積み重ねが現在の糧となっています。

現在は、実環境でのデータ収集を補完するためにシミュレータを構築し、そこから得られる膨大なデータに最新の深層学習を適用することで、人間行動をより精緻にサポートする研究に取り組んでいます。

修士課程の学生が継続してきたこの研究も、足掛け10年以上の知見を経て、今まさに大きな成果として結実しようとしています。



図1 視覚障害者の行動分析に用いた加速度センサー

■「研究は実際に進めてみないと見通しが立たない、成果が出るまで25年かかることも少なくない」と研究費助成をご利用いただいた先生方から伺っています。

時系列データの解析は、深層学習が登場する以前は非常に打率の低い、根気のいる領域だったと思います。画像認識の世界では共通のベンチマークとなる大規模データベースが古くから整備されていましたが、時系列データにはそれが存在しませんでした。対象となる物理現象やセンサーの特性ごとにデータの振る舞いが異なるため、知見を体系化しにくく、モデル開発は常にオーダーメイドを強いられてきたのではないのでしょうか。これが、この分野が重要でありながらも、参入障壁の高いニッチな領域に留まっていた大きな理由だと考えています。私自身、SCATの助成をいただいていた期間も、プライバシーを保護しつつかにかに良質なデータを取得するか、デバイス開発から試行錯誤を繰り返していました。

しかし近年、IoT技術の進歩で大規模な実データの収集が可能になり、ようやく深層学習がその真価を発揮できる環境が整ってきたように感じます。これまで一筋縄ではいかなかった時間軸に潜む複雑なパターンが、最新のアルゴリズムによって次々と解明され始めているのではないのでしょうか。四半世紀近い年月をかけてデータの背後にある物理現象と向き合ってきた経験が、今、深層学習という強力な武器を得て、確かな成果へと繋がっているのだと思います。

脳波・メタゲノム・宇宙光通信などの多様な分野に展開

■最近のご研究について教えてください。


研究室では、脳情報デコーディング、微生物叢ビッグデータ時空間解析、設計AIの研究に取り組んでいます。

1つ目の脳情報デコーディングでは、脳波から深層学習で感情や集中度などの情報を取り出そうとしています。喜怒哀楽、好悪、集中などの感性状態を、脳波データから高精度かつ定量的に推定する汎用的なアルゴリズムを開発しようとしています。

(図2)

Sub-1 汎用性の高いユーザ非依存な脳情報デコーディングアルゴリズムの開拓

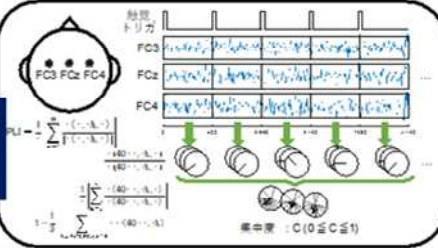
振動刺激を用いることで音声タスクの集中度を測定可能



2CH触覚刺激装置 (FB-22200LP) 指につける振動子

振動による触覚刺激をトリガーとした集中度測定手法の開発

PLIに代わる統計的アルゴリズム開発と深層学習モデル実装を現在検討中



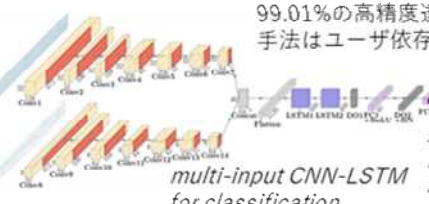
現在使用しているPLIはノイズに強い統計的処理アルゴリズム。刺激への脳反応の低下から集中度を推定。ASSRは音声刺激の手法

Sub-2 脳波データから高精度で感情を認識可能な深層学習モデルの開拓

ユーザ依存な手法(k-hold)で高精度をマークする深層学習モデルを実装済、ユーザ非依存な手法(LOSO)については現在検討中

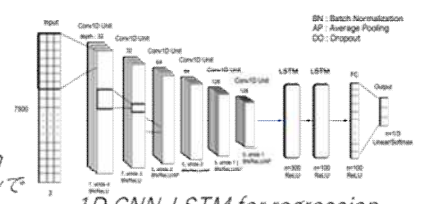
DEAPデータセットの恐怖感情の4クラス分類タスクで記録更新

脳波用CNNと脳波以外の生体信号用CNNの2つをLSTMで統合するモデルを提案。F1スコア：99.01%の高精度達成。手法はユーザ依存。



投稿論文は *Frontiers in Psychology* で公開中

脳波に特化した深層学習モデルの探索



投稿論文は *Frontiers in Psychology* で公開中

Sub-3 脳波計測実験・データ処理・ラベル付けなどの実践と手法の提案

工夫をこらした脳波計測実験の実施経験多数

ASSR

イヤホンから1秒間隔に40Hzの聴覚刺激

脳波計

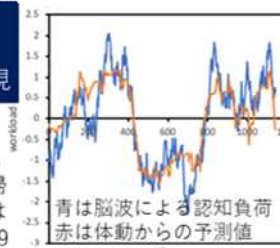
電極6箇所装着

Azure Kinect DK 正面と側面から撮影 (本研究は正面のみ使用)

PCでタスク作業

体動データ

LSTMによるユーザ依存の回帰モデルの精度は R2スコア:0.909



青は脳波による認知負荷 赤は体動からの予測値

ASSRを教師ラベルに体動から脳波と同等の認知負荷予測を実現

図2 脳情報デコーディングのための解析アプローチ

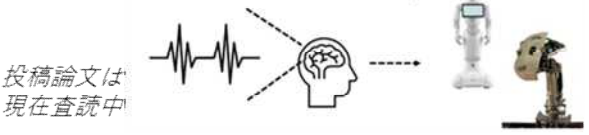
最新の脳波計測センサーは、500チャンネルを超えるほど多次元化が進み、まるで頭部全体を覆う仏様の頭の部分という感じの精密さを持っています。それでも、この装置で直接捉えられるのは主に脳の表面に近い大脳皮質の活動に限られていて、脳の深い部分の活動まではなかなか届きません。頭蓋骨などを通して伝わってくる微弱な電流を拾うというのは、本当に複雑な世

界でまさにノイズとの戦いです。統計処理でノイズをキャンセルして、提示された刺激に対して有意であるか有意でないかを判定します。ロボットと人間の画像を刺激として提示し、ヒューマノイドロボットが人間の姿に似ているときの感情的な反応である「不気味の谷」と呼ばれる現象を定量化しようとしています。(図3)

ロボットの不気味の谷の脳波計測による検証

22人の参加者にロボットと人間の画像259個を提示、右図はHuman Likeness Scoreと脳波成分N400のピークの関係の集計。不気味の谷をN400のピークで定量化できる可能性を世界で初めて示した。

投稿論文は現在査読中



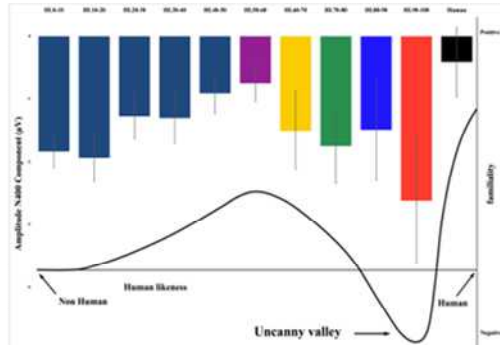


図3 ロボットの不気味の谷の脳波計測による検証

2 つ目の微生物叢ビッグデータ時空間解析では、河川・湖沼・湿地・土壌などの環境から得られる微生物叢 DNA の大規模データを対象に時空間的な変動パターンを解析するためのアルゴリズムの開発に取り組んでいます。各地でバクテリアを採取してメタゲノムデータの統計的解析をしています。フィールドワークですので、山奥の高層湿原で吹雪いてバクテリアを採取できないこともありました。生物学・数学の先生とのコラボで、解析とモデル化を進めています。

3 つ目の設計 AI については、無線通信と宇宙光通信への応用研究を進めています。いずれも私の前職である情報通信研究機構 (NICT) との共同研究という形で取り組ませていただいている

ものです。宇宙光通信は、一人の女子学生の強い熱意から形になったもので、私にとっても非常に印象深いです。彼女は光通信衛星から地上へレーザー光を照射する実験などにも参加しているのですが、本当に楽しそうです。その姿を見ていると、熱意が研究を動かすのだと改めて感じさせられます。現在は、地上と宇宙を結ぶ複雑なルーティングを深層学習で最適化したり、無線通信システムを強化学習で自動設計したりといった課題に取り組んでいます。将来的には、単にシステムを設計する段階に留まらず、実際の運用におけるリアルタイムな制御までを AI で統合的に担えるようにしたい、と考えているところです。

(図 4)

ICTシステム自動設計のための強化学習手法探索

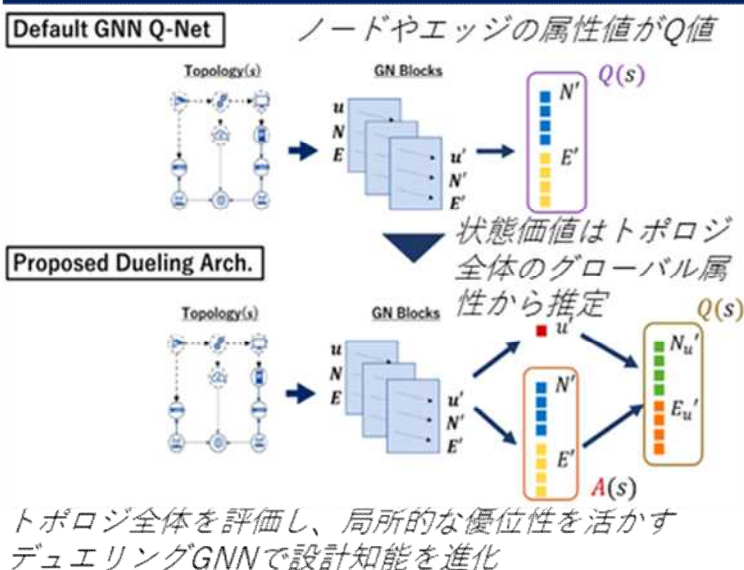


図4 ICTシステム自動設計のための強化学習手法探索

時系列データとグラフニューラルネットワーク

ークを中心に

■多様な分野に取り組まれています、それらに共通する要素は解析手法でしょうか。

設計 AI の強化学習も脳波の深層学習も、実はその根底で共通して用いている解析手法はグラフニューラルネットワークというものです。

宇宙光通信における衛星と地上のネットワーク構成も、脳に装着した多数のセンサー電極の配置も、抽象的な構造として捉えれば、点と線で結ばれたグラフ表現で記述できるのではないのでしょうか。

画像認識などでよく使われる通常の畳み込みニューラルネットワークは、整然と並んだ格子状のデータを扱うことを前提に設計されています。しかし、私たちの研究対象のように、より自由で複雑なネットワーク構造を持つデータの場合には、そのつながり方をそのまま扱えるグラフニューラルネットワークで処理するほうが、データの持つ本質的な特徴をより素直に、かつ精度よく引き出せるのではないかと考えています。

■研究テーマの選び方にも、分野を超えた共通点があるのでしょうか？

私の研究の軸は、学生時代から一貫して時系列データとグラフ表現にあります。

対象が自然界であれ人間であれ、周囲の環境を継続して観察し、そこから得られるデータの中にどのようなパターンを見出すかが、研究の本質ではないでしょうか。

研究テーマが大きく広がったきっかけを振り返ると、学生たちが研究室に持ち込んでくれた熱意が起点になっていることが多いように思います。

例えば、ある学生が新しいテーマを提案してくれたとき、私はその場で知人に連絡を取り、意見を伺ったり協力をお願いしたりしてきました。日頃から、この方とつながりたい、一緒に何か取り組んでみたいという思いを大切にしてきたからこそ、すぐに行動に移せたのかもかもしれません。

魅力的な研究テーマの数々に出会えたのは、研究室の中に留まらず、多様な方々と積極的に関わりを持ってきたおかげだと感じています。

研究の面白さを評価する助成制度への期待

■様々な助成団体から SCAT 助成を選ばれた理由をお聞かせください。

SCAT に応募したきっかけは、知人が応募していたことを耳にしていたからだと思います。

実際に応募するかどうかを判断する際には、助成団体のウェブサイトを確認し、どのような研究者が採択されているのかを拝見するようにしています。

採択者のリストが公開されていることは、その助成の方向性を知る上でとても重要ですし、応募を後押ししてくれる大きな要因になったのではないのでしょうか。

当時の私にとっても、そうした情報が安心感や挑戦する意欲に繋がったのだと感じています。

■どのような助成制度が使いやすいでしょうか。

必ずしも短期間に顕著な成果だけを求められるわけではなく、研究内容の面白さそのものを評価して採択していただけた点は、とても心強く感じています。

これは若手研究者にとって、本当に貴重でありがたい経験ではないのでしょうか。

場合によってはベテランの研究者であっても、面白いテーマを思いついたものの、公的助成では競争が激しいために挑戦を躊躇してしまうことがあるかもしれません。

そのようなとき、研究の面白さという純粋な視点で公平に評価していただける助成制度は、本当に心強い存在なのだと思います。

プロフィール

1994 年東京大学工学部産業機械工学科卒業。1996 年同大学院工学系研究科修士課程修了、1999 年同博士課程修了。博士 (工学)。同年、郵政省通信総合研究所 (現 : 国立研究開発法人情報通信研究機構) 研究官、2008 年 上智大学准教授。ユビキタス歩行者 ITS のための時空間情報処理や高齢者・障害者向けインタフェース、Future Internet、人間行動データ分析への深層学習応用、脳情報処理などの研究開発に従事、現在に至る。元人工知能学会理事、元ヒューマンインタフェース学会理事。