

## 研究室訪問

上智大学 理工学部 情報理工学科

矢入郁子 准教授 訪問記  
(2011 年度受領者)

京都は土砂降りの夕立に見舞われて七夕の逢瀬もままならぬ頃、東京は好天に恵まれたものの、我々は汗を拭いながら上智大学の四ツ谷キャンパスに向かいました。折しもキャンパスでは“浴衣デー”というイベントが開催されており、四ツ谷の駅を出ると多くの浴衣姿の若者とすれ違い、キャンパス内は浴衣姿で溢れかえっていて、大都会という砂漠にオアシスを発見したような清涼感を覚えました。



今回は、当財団の難波啓一選考委員（大阪大学大学院生命機能研究科教授）と勅使川原正樹選考委員（オムロン株式会社技術・知財本部企画室長）にご同行いただき、当財団常務理事の菅原洋二と理事の田中敏文（筆者）が 2011 年度研究助成を受領された矢入郁子准教授の研究室を訪問し、お話を伺ってきました。

## ○ まずは先生の研究室と研究の目的についてご紹介をお願いします。

当研究室は、私が大学教員として上智大学に赴任した 2008 年 4 月に誕生しました。乳幼児を抱えた教育経験のない元国研職員の新米教師による研究室立上げから足掛け 10 年、2017 年 3 月末までに 50 人を超える学生が社会に巣立ちました。

おこがましくも、情報通信の未来を切り拓く研究開発と人材育成を目標に、講座名を「情報メディアコミュニケーション学」とさせていただきました。情報とメディアと通信が重なった領域に学問としての未来があると考えたからです。

工学的観点だけでなく、政治経済、社会福祉、教育、地域研究などの社会科学的な観点も取り入れた学際的な立場から、社会のニーズ・シーズを捉え、新しい情報通信サービスやシステムを提案しようと努力しています。学生達がこのような取り組みを通じて、人間と機械、機械と機械、さらには人間と人間のインタラクションについて学んでくれればと思っています。



## ○ 当財団の趣意である「人間と機械の調和」を含む広い視野で、研究だけでなく人材育成までも眺望されていて素晴らしいですね。特に、現在とはどんな課題に取り組んでおられますか？

現在は、マーケティングの対象外に置かれてしまいがちな高齢者・障がい者などの社会的弱者に焦点を当て、ユーザ側の重要ファクターである「技術受容行動の解明」と、設計者側の重要なファクターである情報システムやサービスの「人間中心設計指針の確立」とを目指す研究に取り組んでいます。これまでの研究を通して学生や協力者たちとともに積み重ねてきた、IoT や機械学習を使った人間行動データの収集・分析・可視化研究の一つの形です。技術受容と人間中心設計は歴史的にはそれぞれ文系・理系分野の研究テーマですが、ユーザが製品を受入れるメカニズムと受入れられやすい製品設計のメカニズムの解明を目指す点で非常に親和性が高いと言えます。

本研究では技術受容調査の従来の手法である標準化された調査票によるアンケート調査，社会的弱者を包括するインクルーシブデザインに加えて，高プライバシーかつアンビエントなデバイスによって特殊なニーズを持つ社会的弱者と調査者/設計者とをネットワークを介してつないだり，人間行動センシングデータを機械学習によって可視化・分析したり，脳活動を直接計測し評価するなどの調査・設計方法を実証しようと考えています。

○ その前にはどのようなことに取り組んでいらっしゃいましたか？

過去には視覚障がい者や車いす利用者の移動支援システム，歩行者支援地理情報システム，視覚障がい者の利用にも配慮したユニバーサルデザインのインタラクティブ地図コンテンツの開発などを行っていました。また，触覚を用いた図形・空間情報提示，高齢者・障がい者・子供向けの各種インタラクティブインタフェース，空間情報を発信するコミュニティに関する基礎研究なども行ってきました。

○ 当財団が助成させていただいた研究課題（助成課題）も車いすに関するものでした。

当時も，そして実は今でも，車いす利用者をはじめとする交通弱者への歩道アクセシビリティの配慮は不十分なままです。車いすの交通事故は国内で年間約 300 件が発生すると言われており，多くが転倒・転落によるもので，そのうち約 10 件が死亡事故となってしまうのだそうです。日々歩道の整備が進んでも，車いす利用者にとってはまだまだ安心して歩行できる空間にはなっていないのです。それを補う一つの手段として，センシングによる歩道のバリアの可視化を考えました。そこで，助成課題のタイトルを「快適な車いす利用に向けた乗心地指標化のためのパーソナルセンシング・動的測量技術」とし，車いす利用者に取り付けたセンサで路面環境やユーザ状態を推定・評価することを目指しました。

○ 正に先生の研究目的にもマッチし，ご経歴や専門分野を生かせるテーマですね。当時のエピソードや苦労話を交えて研究課題を振り返って下さい。



左より，難波選考委員，勅使川原選考委員，田中理事

2011 年 4 月にスタートしたのですが，その直前の 3 月 11 日に発生した東日本大震災で研究の立ち上げが遅れ，計画では 1 年の研究が 2 年かかりました。実を申しますと，震災当日に車いす走行実験をしていたのですが，運良くその日の被験者は私の研究室の学生でした。しかしその前日までは全盲の方に他の研究テーマの実験協力をさせていただいていたこともあり，学生でさえ自宅に帰れず大変な思いをしたことを考えると，もし震災当日に車いすの方に協力させていただいていたらと，協力者の方々の安全をどのように確保したらよいかかわらず，余震が

心配されていた数ヶ月間は全く動くことができませんでした。

最終的には送り迎えや実験中の事故・災害などの保険も含めてお任せできる業者さんを通して，助成期間内に，13 名の車いす利用者の方にお越しいただき，そのうち 11 名の方に，大学近くの迎賓館の周囲 2 つの経路をそれぞれ 33 周と 11 周，13 時間ぐらいかけて車いすで回っていただき，データを収集させていただくことができました。電動車いすご利用の方が 3 名，手動車いすご利用の方が 9 名，年齢は 20 代から 60 代に分布し，特に 60 代の方が 6 名と高齢者中心でした。





また、準天頂衛星システムみちびき（QZSS, GPS を補完する測位システム）からの位置情報を、実証実験に参加してお借りした専用アンテナで受信し、車いすの座面や車輪、シャーシに付けたスマートフォンで加速度データを取得しました。その後、取り付け位置は座面の下だけで十分だということが分かり、

現在は座面の下に 2 台つけて実験データを確実に取得するようにしています。

助成期間の前半は、振動レベル（VAL）という指標によってデータを色分けし、地図上に可視化して評価する手法を検討しました。このアルゴリズムであれば走行しながらでも路面のバリアの可視化が可能であるからです。しかし VAL は、走行時に車いす利用者が体感する振動の大きさを表すものであり、速度を緩めたり突然停止したりといった行動に大きく影響されるため、何度も同じ道を同じユーザが通ったり、同じ道を沢山の車いす利用者が走ったりと、統計的に十分なデータを集めないと、可視化の信頼性が不十分です。

そこで、助成期間の後半は、たった一人のユーザが通っただけの道でも路面の障害を可視化できるように、機械学習を用いた手法を検討しました。当時はまだ、深層学習による AI ブームが始まる前だったので、Support Vector Machine（SVM）を用いていました。成果報告書には、取得したデータに対して機械学習用にビデオから教師データをつける作業が 4 人分間に合いましたので、移動/静止を 99.8%、段差・点字ブロックの有無を 89.6% の精度で認識、点字ブロックを 39 個中 24 個、縁石を 36 個 35 個推定、と記載させていただきました。しかし最適なウィンドウサイズさえも探索できていない時点での結果で、今読むと当時の必死さが伝わってきてひやっといたします。

#### ○ 助成課題の成果を端的に言うとは何ですか？

実は、助成課題のプロジェクトは、その後今に至るまでの 5 年間の三大プロジェクトの一つでした。この助成課題による最大の成果は、取得したデータでした。特に 60 代の方のデータが取れたことが大きな成果です。

現在は個人情報保護法の観点から大学の倫理委員会の規定などが厳しく、知り合い以外に声をかけるのが難しくなってしまう、近隣にお住まいの高齢者に研究協力いただくことは非常にハードルが高くなっています。まして車いす利用者の方で 60 代の方となると今後もデータをご提供いただく自信はないです。車いす利用者の研究には車いすの機種、個人の漕ぎ方の違いなどたくさんの情報が必要で、今後も意義のあるデータとして仮説の検証などで威力を発揮していくと思います。私たちにとっては宝物のようなデータです。大事にしていきたいと思っています。



#### ○ 当財団の助成がそこまでお役に立っているとは嬉しい限りです。その後の発展についても大変興味があります。お聞かせ下さい。

その後まもなくして、ディープラーニングが注目され、代表的な手法である DCNN（Deep Convolutional Neural Network, 深層畳み込みニューラルネットワーク）を使って、加速度データから段差、坂、点字ブロック、その他の 4 つの路面状態に分類した結果、SVM よりも格段に分類精度が向上することを確認しました。ただご存知のように、ディープラーニングではなぜそう判断した

かがブラックボックスになっているので、学習済みの DCNN が車いす走行データから路面の特徴をどのように獲得しているかを検証することを次の目標としました。

この作業では、11 人分のデータ中 10 人分で学習した DCNN に、残り 1 人分のデータを評価用に入力して、全結合層の反応パターンをクラスタリングするという作業を繰り返し、クラスがどのような路面特徴に対応しているのかをビデオ画像と対応させて調べたところ、①傾斜や段差を走行している向き（上り、下り）、②傾斜や段差の度合い、③傾斜面の長さ、など当初我々（人間）がラベル付けした 4 つの路面状態よりも詳細な路面状態をとらえていることが確認できました。

同じく全結合層の反応パターンが類似の路面を検索して画像で比較してみる作業も行なってみました。例えば、「歩道から車道に変わる地点で傾斜・点字ブロック・段差・横断歩道が連続的に含まれる」といったかなり複雑な条件の路面を検索キーにして全結合層が同じように反応する路面がどこかを調べ、画像でその路面の状態を確認してみると、確かに段差と傾斜があり、点字ブロックや横断歩道も含まれているのです。学習済みの DCNN の全結合層反応パターンは、路面の特徴を精緻に定量化する手段として有効であると考えています。ちょうど今から 1 年前の成果です。

○ そのほかには、どんな取り組みをされていますか？

DCNN の研究と同時並行でやっていた研究になりますが、加速度（振動）以外のデータを利用して、路面上のバリアや車いす利用者の移動時の肉体的・心理的負担を計測、推定することにも取り組んでいます。手動車いすの方の場合は肉体的・心理的負担が漕ぎ方に現れ、電動車いすの場合は心拍計を用いれば心理的負担が計測できると考えられますので、それに関するデータ取得と解析も試みました。手動車いすの方に加速度計と筋電計、心拍計を同時に装着していただきデータをとって見たところ、筋電計と心拍計のデータの相関値が非常に高く、心拍計だけで車いす利用者の移動の負担を推定・可視化することが可能と今は考えています。

また、手動車いすの漕ぎのパターンと心拍計から読み取れる負担との関係の解明も進んできました。以前取らせていただいた 11 名のデータのうち手動車いすの方のデータからも負担が可視化できるのでは、と考えており、近いうちに分析に使わせていただく予定です。本当にいいデータを持つことができたこと、貴財団には感謝しています。

○ この研究の出口、つまり事業化についてはどのようにお考えでしょうか？

はい、実は世の中の役に立ちそうならすぐに事業化しなさいと言われて、過去にもいくつかお話をいただいたことがありました。しかし、前職で産学官連携に関わり研究成果を実用化したのですが上手いかなかった経験もあることから、非常に慎重になっておりまして、まだ手元で温めております。またオリンピック/パラリンピックに向けてのデモなどのお話もありますが、それだけで終わらせたくないとも思っています。

今はただ、誰でもすぐ使えるようなよい技術に育てることが大切かと思っています。特に、アクセシビリティやバリアフリーのサービスは儲けるといった類の話ではなく、ボランティアに作り、





みんなで更新していくべきと考えています。そのようなことも含めて、いいお話、いいご縁を待ちたいと思います。

○ 研究室の学生構成と教育方針についてお聞かせ下さい。

研究室には毎年4年生が5名程度配属され、ほぼ全員が修士に進学します。本研究に携わった学生には東大の博士課程に進学して学位を取得した学生が1名、負担の可視化で論文博士に挑戦したいという今年修士を卒業した学生が1名、博士課程進学を検討している現役の学生が1名います。他の研究テーマでは論文博士に挑戦しようかな、という学生が1名ですので、この研究は学生受けが非常に良いと言えます。

教育方針といいますか学生にはいつも、「好きが才能だから、好きなことをやって、得意なことを伸ばそうね」と言っています。4月に配属された学部生は、7月末に原稿の締め切りのある9月発表の学会に全員で参加するのですが、そこでも本人の納得のいく好きなテーマを選んでもらえるように努力しています。卒業生の研究テーマのうち気に入ったものを引き継いで追加実験をしたりデータをまとめたりすることが多いですが、場合によっては自分の好きを優先してちょっとした研究を立ち上げる強者もいます。

6月くらいになると辛くなって自分の選択が間違いだった、と気づく学生も毎年出ますが、「気づけてよかったね」と教師と子どもポジティブに捉えて学会発表で一定の成功を収めて次につなげるように指導しています。そのおかげで、卒論でのテーマのミスマッチや大失敗は防げているように思います。修士から研究室にきてくれた学生たちにも同じことをやって、修論のミスマッチを防ぐようにしています。

○ 当財団に望まれることはありますか？

企業の研究開発部門との情報交換の場を設定していただければと思います。と申しますのは、助成期間中に貴財団の事務局の方が研究現場を訪問下さった際に、たまたまその方の前職が電子部品の営業だったこともあり、どんな電子部品が必要かニーズをお聞き下さり、その後、情報をお送り下さったことを覚えています。その際は既に商品化されたもののみが紹介の対象だったのですが、ニーズがあるかどうかかわからないもの、お蔵入りしたものなども紹介していただけたときっと面白いのだろうなあ、と当時強く思いました。研究者という特殊なユーザの心に何が刺さるかわかりませんし、もしかしたら面白い展開があったりするのかも、と。

○ 当財団としては、博士課程の若い研究者を対象とした助成もありますので、是非ご活用下さい。

はい、ありがとうございます。若手にとって外部資金を獲得することは、いい経験になります。是非活用させていただきたいと思います。



左より、田中理事、早野様（上智大学産官学連携コーディネーター）、矢入准教授、難波選考委員、勅使川原選考委員、菅原常務理事

## 研究室訪問あとがき

矢入様は柔らかい物腰の中にも毅然とした姿勢で、車いすによる歩道アクセシビリティの向上・持続と、そのためのユーザ側の技術受容と設計者側の人間中心設計との融合に関する研究を推進されています。ライフワークだからこそ、安易な出口は求めないということなのでしょう。従って、出口が見つかった時には、ボランティア活動と営利活動とが融合した新しいビジネスモデルが構築されているのではないかと期待を抱きました。

その一方で、学生には「好きなこと」をやらせて、つまづいても「気づけてよかったね」という、一見遠回りのようで実は効果的・効率的な指導方法には、教員としてだけではなく母の広い愛を垣間見ました。

矢入様にはお忙しい中、今回の訪問を受け入れていただき、丁寧なプレゼンテーションも用意していただき、本稿執筆に当っては私の理解不足による拙い原文を細部にわたり添削していただき、ありがとうございました。矢入様のご研究および研究室のご発展を心よりお祈りします。

(リポータ：理事 田中敏文)