

## 健康と福祉を支えるQOLテクノロジーの分野横断的な研究展開

大阪大学大学院工学研究科

機械工学専攻 人間支援工学領域 教授 井野 秀一

### 1. はじめに

2021年7月1日付で機械工学専攻に着任いたしました。この度、大阪大学工業会誌に寄稿する機会をいただき、厚く御礼申し上げます。私自身、大阪大学に初めて籍を置かせていただくこととなりますが、嘗て祖父母と幼少期の母が暮らした土地（箕面）に至近な吹田キャンパスにおいて教育と研究に携われることに不思議な縁を感じています。

さて、前任の国立研究開発法人産業技術総合研究所（産総研）では、ヒューマンライフテクノロジー研究部門・人間情報研究部門等に所属し、健康・福祉工学に関連する研究プロジェクトを牽引し、研究ユニットの企画運営等に携わってきました。そこでは、超高齢社会における人々の健康寿命の延伸を目的とする生活自立支援のための身体機能回復技術と食生活介護・ヘルスケアに関する研究開発に、第1種基礎研究（発見・解明）と第2種基礎研究（融合・適合）から製品化研究（実用化）までを連続展開する「本格研究」のシナリオと「異分野連携」で取り組みました。その間、産総研イノベーションスクールでは、ポスドクなどの若手研究人材の養成、筑波大学大学院システム情報工学研究科では、連携大学院の教員として、大学院生らの研究指導や学位審査などにあたってきました。

ここでは、駆け出し時代を過ごした北海道大学、文理融合の奥深さを知った東京大学、シナリオに基づく本格研究を意識した産総研、そして大阪大学での人々の可能性を拡張する研究への拡がりについて、これまでの研究の足跡（図1）を交えて紹介したいと思います。

### 2. 研究アプローチ

振り返ると工学と医学の境界領域での研究テーマに最初に触れたのは卒業研究でした。レーザー光を使った光音響変換により生体呼吸の二酸化炭素濃度を音響信号として測るシステムの開発です。その後、当時は珍しかった学部を持たない生体工学専攻の大学院に進学し、今日に至るまで「健康・福祉工学」（Quality of life (QOL) テクノロジー）とその周辺領域の研究と教育に従事することになりました。それは、北海道大学電子科学研究所



図1 QOLテクノロジーに関する研究開発の足跡

（1993-2003年）に始まり、東京大学先端科学技術研究センター（2003-2008年）から産総研（2008-2021年）を経て、今日の大阪大学に至るまで、大学院時代（学振特別研究員DC）を含め、足掛け30年ほどになります。

このような分野を専門とする研究者や研究室は駆け出しの当時から少なく、定石となる研究アプローチはありませんでした。そこで、案ずるより産むが易しで、一先ず、以下のようなアプローチで研究開発に取り掛かりました。まず、研究対象に応じて、ヒトの感覚・運動・行動のメカニズムの「基礎」を生理学や心理学に基づいて調べ、心身機能を補助・代行・拡張する支援システムを設計・試作します。次に、医工連携・文理融合で複眼的に機能評価などを行い、課題発見があると再び「基礎」に戻ることを繰り返します。また、これらの過程から得られた知見は人工現実感（VR）やロボットなどの人間-機械システムに「応用」するトランスレーショナルな仕組みの中で環流させ、研究開発の裾野を異なる視点を含めて柔軟に拡張します。そして、医療・福祉の「現場」と当事者（高齢者や障害をもつ人々）の主体性を重んじたコラボレーションは、人々の多様性と研究を紡ぐ「臨床の知」と人間中心の「ものづくり」の大切な源泉として位置付けています。

このように「基礎」「応用」「現場」が共創的に呼応する分野横断的な研究アプローチが、一先ずで終わらずに

続き、多くの共同研究パートナーが集い、様々なQOLテクノロジー研究を推進する原動力になりました。

### 3. 生体工学：「手」「足」編

駆け出し時代の北海道大学では、手足の運動リハや動作支援を目的として、「水素吸蔵合金アクチュエータ」の開発に産学連携で取り組みました。これは機能性材料である水素吸蔵合金のもつ莫大な水素貯蔵能力を工夫して動力源に活用したアクチュエータで、国内外に類似のものがない変わり種のソフトアクチュエータです。柔らかさ以外にも、無騒音・高出力重量比・自然エネルギー利用可能などのユニークな特徴を備えています。現在は、これを用いて「移乗介助」「関節リハ」「災害レスキュー」などの応用研究を手がけています。

また、手足の感覚系に関しては、把持動作や材質感認識に関わる触覚特性を調べ、遠隔臨場感制御や感覚代行のためのハプティクス研究を行いました。十数年の時を経て、この触覚研究は「生活習慣病」（糖尿病）の予兆発見のアイデアに結び付き、非侵襲的な末梢神経障害診断技術として、大阪の中小企業や医療機関を含めた医工連携（橋渡し研究）での研究開発の着手に至り、国内外での特許取得や薬事申請を進めています。

### 4. バリアフリー工学：「見る」「聞く」「話す」編

東京大学では、文理融合のバリアフリー研究に携わり、視覚障害のある社会人大学院生らと一緒に、目の不自由な人たちのパソコン操作（情報アクセシビリティ）の向上のために音声と触覚のマルチモーダルな統合環境による「触覚ジョグダイアル」のインタフェース開発を行いました。この過程で、視覚障害者の多くは早口音声を上手に聞き取れることが定量的に明らかになり、従来のスクリーンリーダー（テキスト読み上げソフト）の設計の在り方に一石を投じることになりました。

また、聴覚障害者の「情報保障」を目指した「リアルタイム音声字幕システム」を札幌のIT企業と共同開発しました。これは、人間（同時復唱）と機械（音声認識技術）の役割分担を図り、いつでも・どこでも・誰の声でも、すばやく字幕化する情報保障システムです。放送局のアナウンサーやパソコン要約筆記者の巧みなスキルを分析・活用しています。さらに、吃音研究の知見を参考にして、ヒトの同時復唱の能力アップのための遅延聴覚フィードバック効果を応用したトレーニング法も考案しました。障害者インターナショナル世界会議や大学講義などで運用実績を重ね、これらの成果はバリアフリー映画の製作や教育現場などでの情報保障として様々な形で引き継がれています。

さらに、喉頭摘出者の発声補助の「ウェアラブル電気式人工喉頭」の研究開発にも加わり、公設試に所属する社会人大学院生らと共に産学官連携で実用化に取り組みました。その後、企業等での地道な改良が続き、現在は上市に至っています。

### 5. 健康・福祉工学：「食べる」「歩く」編

産総研では、本格的な長寿社会を迎えた日本が抱える大きな課題のひとつであるフレイル予防に関する新たな研究テーマをスタートさせました。高齢の人たちが「口から食べる楽しみ」を失わない、すなわち日常生活に寄り添う支援技術として、在宅等での嚥下機能の簡易評価、高齢者のメンタルモデルに基づいた口腔機能トレーニング、食感向上のための感覚フィードバック技術などの研究開発を医歯看工の分野横断的な拡がりのなかで包括的に展開し、今日に至っています。柔らかい介護食に音の錯覚効果で食感を変化させる「筋電咀嚼音フィードバック」の聴覚AR（拡張現実感）技術は、国内外の食品業界でも関心を集めました。

さらに、視覚障害のある人たちの外出の楽しみをサポートする歩行訓練・行動支援に関する研究開発では、白杖を介したアンビエント情報処理の機序解明に加えて、コロナ禍での生活様式の在り方を問いながら、新たに「牽引力錯覚」を利用した触覚ARによる白杖操作トレーニング（遠隔対応可）の感覚代行研究を視覚障害教育の関係者らと共に進めています。

また、バーチャルリアリティの黎明期に人間拡張技術の先駆けとしての複合現実感（Mixed Reality）に関する国プロに参加し、三次元映像・VR酔いなどの生体影響評価や自動車運転支援システムの人間工学研究に産学協同で臨んだ経験は、QOLテクノロジーを安全に育むための土壌となっています。

### 6. おわりに

本学では、これまでの分野横断的な研究経験の数々を結晶化し、「よりよく生きる」長寿社会に向けて、多様な人々の暮らしに寄り添うQOLテクノロジーの発展に尽力し、健康と福祉に関わる未来の科学技術を担うエンジニアと研究者を育てていくことに貢献していきたいと考えています。最後に、本稿で紹介した研究成果は、多くの共同研究者および大学院生諸氏の協力の下で得られたものです。ここに記して感謝の意を表します。

（北海道大学 電子工学 昭和63年卒

生体工学 平成2年修士 平成5年博士）