立石賞特別賞の受賞記念講演概要

人間中心ヒューマンインタフェース技術開発の先駆的貢献
—— ゴールはユーザの微笑み ——

情報通信研究機構 監事／東北大学 理事
奈良先端科学技術大学院大学 理事　土　井　美和子

プログラムせずに使えるコンピュータに微笑んだ

1979 年入社て出会ったコンピュータの中に日本語ワードプロセッサがありました。「プログラムせずに使えるコンピュータがある。これからのコンピュータは日常使いになる。ユーザが微笑みながら使うコンピュータの研究をするんだ」と決めました。その時，生涯の目的を見つけたと直感した筆者の口元は微笑んでいました。それがユーザの微笑みをゴールとする人間中心のヒューマンインタフェース（HI: Human Interface）技術を開始した日です。

本稿では筆者がどのようなユーザの微笑みを目指したかを明らかにしつつ，㈱東芝での HI 技術を紹介します。

そして最後に，今後の研究方向として，サブ PD（プログラム・ディレクター）として携わっているムーンショット目標 1 を紹介します。

オフィスの微笑み

図 1 は筆者が携わった HI 技術はおおよそ①オフィスの微笑み，②現場の微笑み，③街角の微笑みの 3 つに分けられます。最初に求めた微笑みは文書処理を中心に行っているオフィスワーカーのものです。

今では若い世代はメールも SNS も写真も動画もスマホ 1 台でこなしているので，想像もつかないでしょうが，筆者の入社当時は手紙も学会発表原稿もすべて手書きでした。写真もフィルムカメラなので，フィルム 1 本撮影して写真店に現像してもらいそれを貼り付けていました。

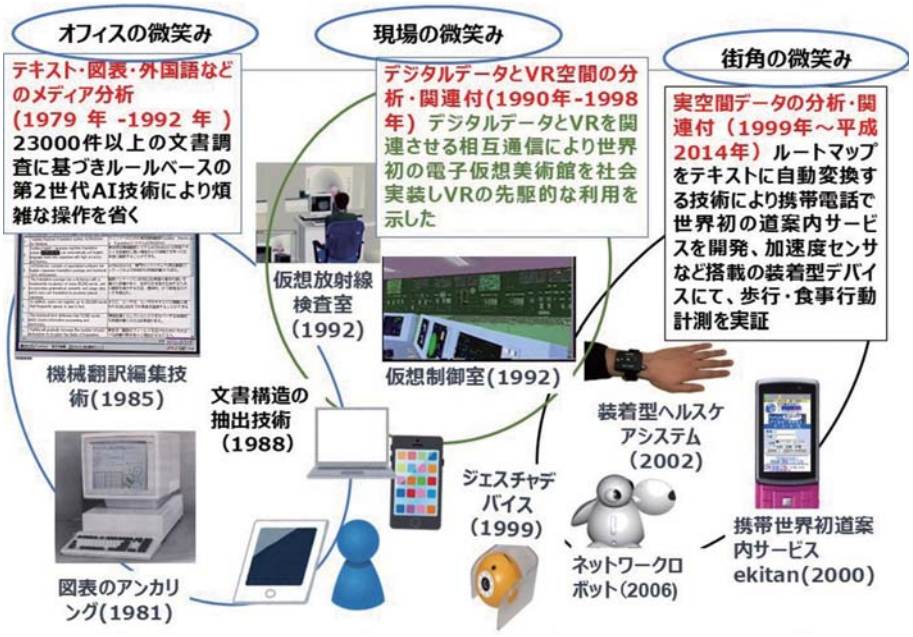

図 1　人間中心のヒューマンインタフェース技術の開発

日本語ワープロはありましたが，1台560万円もするので，和文タイプライタと同様に専用のオペレータが訓練を経たうえで，手書き原稿の清書をしていました。高価な日本語ワードプロセッサも扱えるのは文字のみで，図表を貼るための余白を残して印刷し，そこに手書き図表や，専門家に清書してもらった図表を貼りこんでいました。この煩雑な作業をディスプレイ上で全部できたら楽なはず，自分を含めオフィスのユーザは喜んでくれるはずと研究を始めました。会社の図書館にあったいろいろな学会の手書き原稿23,000件以上を調査し，文字と図表とのレイアウトのもととなる文書構造のモデル化[1]を行いました。

ディスプレイ上で文字を編集するのに伴い図表が移動する図表のアンカリング技術（1981年）は，文字図形ワークステーションに編集ソフトウェアとして実装され，さらにソフトウェア技術として初めて発明表彰[2]を受賞しました。オフィスで微笑んでほしいのはもちろんオフィスワーカーですが，設計時にはワークステーションのハードウェア屋と編集ソフトウェア屋がいます。複数の構造化案が出るたびに，この3種のマルチステークホルダーそれぞれのメリットとデメリットの○×表を作って，オフィスワーカーに最もメリットがあるものを選択するようにしました。オフィスワーカーの微笑みのために，ハードウェア屋とソフトウェア屋が協力して頑張ったのです。ユーザの微笑みにはかかわる関係者（マルチステークホルダー）の微笑みも大事なことに気づきました。

英日機械翻訳編集技術（1985年）[3]は，ディスプレイの左側に原文の英語，右側に訳文の日本語を表示し，それぞれ別の編集ソフトウェアを稼働させるものでした。これも当時の翻訳者の編集方法をディスプレイ上に再現するものでした。が，当時のディスプレイは現在のような描画単位で描画できるビットマップディスプレイではなく，1行単位での描画しかできないCRTディスプレイであったので，ソフトウェア屋には負担を強いました。が，このインタフェースで10年以上東芝製品で採用されました。これは，ハードウェアに依存せず，人間中心で考えた成果です。

現場の微笑み

現在はキャノンメディカルになりましたが，当時東芝メディカルではCTやMRIを製作して，病院の放射線検査室に設置します。仮想試作システムにより，仮想の放射線検査室を作るために，当時の東芝病院にインタビューに行きました。すると検査技師さんたちから「機器操作をしない放射線部長の意見ばかり聞いて，私たちの意見は聞いてくれないのはどうしてか」「私たちの意見が反映されないからこんなに使い勝手が悪いのだ」といろいろお小言をいただきました。

この放射線検査室の様に，現場には，施設や設備などの購買を決定するスポンサーユーザと，実際に操作を行うエンドユーザがいます。メーカの技術者としては，スポンサーユーザとエンドユーザの双方に満足してもらう必要があります。が，メーカの営業員が対話するのはスポンサーユーザであるので，エンドユーザの声を，メーカの技術者が聞くことはなかなかできません（図2）。

これを解決するために，1990年ごろからCG（Computer Graphics）やVR（Virtual Reality）を使って，実際に現場に納入する前に，スポンサーユーザとのデザインレビューなどで，エン

図2　マルチステークホルダーの存在

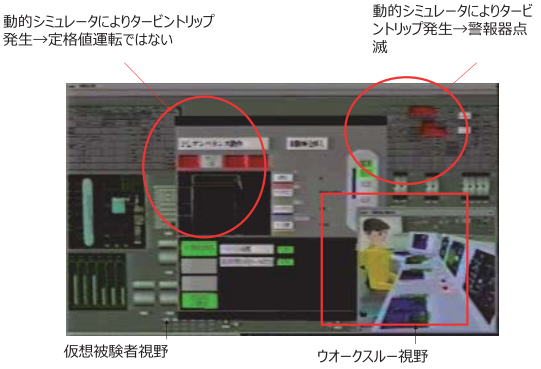

図３　タービントリップ時の仮想被験者視野とウオークスルー視野

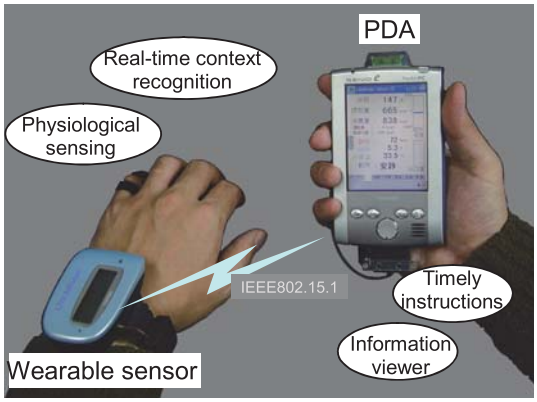

図４　ウェアラブル健康管理システム 2002

ドユーザの操作行動や視野を確認できる仮想試作システムの研究開発を行いました。いわゆるデジタルツインの走りです。

種々の現場の仮想試作を行えるプラットフォームを作り，それぞれの現場に応じて，仮想の環境を作りました[4]。例えば，原子力発電所や火力発電所の中央制御室であれば，制御盤などを現場に合わせて仮想環境内に設置します。仮想環境内の操作パネルを，仮想の操作員が操作すると，その入力を，原子力発電所や火力発電所のシミュレーションに入力し，その結果を，仮想環境内のデジタルパネルに表示するようにします。仮想操作員が操作する様子と，その視野の両方を視覚化し，警報パネルの点滅が仮想操作員の視野内にあることが確認できます（図3）。

このデジタルツインは原子力発電所制御室のリニューアル提案に活用されました。発電所毎にシミュレータが異なり，数百点の操作パネルとシミュレータの変数の対応を書き換えないとならないのが大変でした。また，動画でみばえがするということで顧客向けあるいは一般の展示会など多数対応しました。

このデジタルツインのプラットフォームを使い，発電所だけでなく，放射線検査室やエレベータの籠などの仮想環境を実現しました。

街角の微笑み

現場の次に向かったのが街角です。街角でユーザを微笑ませるものは何かと考え，街角を歩くために必要な道案内と，その結果得られるダイエットをサービスとして選定しました。技術の多くが，技術に基づくフォアキャスティングであるのに対し，ユーザの微笑みを得るサービスから振返って必要な技術を考えるのがバックキャスティングです。道案内とダイエットのためには，歩行や走行などの行動認識をする必要があります。そこで，加速度センサ，温度センサ，脈波センサなどを搭載した腕時計型のウェアラブルヘルスケアデバイスを製作し，歩行や走行，電車利用などの行動認識技術を開発しました（図 4）。ウェアラブルデバイスが取得したセンサ情報を Bluetooth で PDA に送り，PDA で行動認識を行い，それに基づく消費カロリーなどを PDA に表示し，健康管理ができるようにしました[5]。

今ではスマートフォンやスマートウオッチにより実現されている歩行・健康アプリの先がけです。

しかし，当時は携帯電話を小さく軽くすることがすべてであったので，現在のようにスマートフォンやスマートウオッチを付けてジョギングするなどとんでもないと事業部からの猛反対に会い，製品化は実現できなかったのは残念です。しかし，ユーザの微笑みのバックキャスティングとしては正しかったので，今ではスマートフォンやスマートウオッチの歩行・健康アプリは多くの方を使っています。

道案内のためには，現在地を知るためのGPSもウェアラブルデバイスに搭載したかったのですが，当時はマンナビに使える精度ではなかったのと，高消費電力であったのであきらめました。当時，東芝でサービスをしていたPC上で利用されていた駅探（ekitan.com）のルートマップを，当時のテキスト表示しかできない携帯電話でも使えるようにテキスト変換しました。幸いなことに，チームに加わった図面認識技術者ら彼らの技術により，ルートマップのテキスト化に成功しました[6]。また，複雑な交差点のわかりやすい説明については，Webアンケートによる比較調査を行いました。この結果，わずか，6か月間でiモードの公式サイトに乗り換え案内と合わせて公開されました。これが世界最初のモバイルデバイスでの道案内システムです。現在ではGPSに基づいて目的地を入力するだけで乗り換え案内と融合した道案内が可能となり，スマートフォンの必須アプリとなっており，技術者冥利に尽きます。

2050年からのバックキャスティング

筆者の研究開発手法は，ユーザの笑顔というゴールからのバックキャスティングです。現在進行しているムーンショットもそうです。ムーンショットには10個の目標があり，筆者がサブプログラムディレクターを務める目標1のゴールは「2050年までに，人が身体，脳，空間，時間の制約から解放された社会を実現」[7]です。ムーンショット目標1では，この目標を達成するために，仮想空間にある自分の分身（アバター）を動かすことで，現実の世界に価値を創り出す技術（CA：サイバネティックアバター）を用います。今後の人間中心のヒューマンインタフェース技術の方向として，ムーンショット目標1について紹介します。

ムーンショット目標1は2020年に始まり，現在は図5にあるように7つのプロジェクトが走っています。図5の横軸はムーンショット目標1の3つの目標（時間・空間の制約からの解放，身体の制約からの解放，脳の制約からの解放）と社会受容性，縦軸は3つの社会課題（生産性向上，強靭な生産性維持，安全安心とゆとり）に沿って，7つのプロジェクトが配置されています。7つのうち，3つ（石黒PM，南澤PM，金井PM）が個人や集団に向けてサービス提供するソシオCAを，2つ（新井PM，山西PM）が生体や細胞を見守るCAを研究開発

図5　ムーンショット目標1 7つのプロジェクト（Oct., 2022～）

します。そして，新保 PM は安心安全基盤を，松村 PM は信頼性基盤を研究開発します。ここでは 2020 年から開始しているソシオ CA の成果について紹介します。

ホスピタリティ豊かでモラルある対話行動のできるソシオ CA を用いて誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現を目指すのが大阪大学石黒教授のプロジェクト[8]です。コロナ禍でもソシオ CA を用いて遠隔からシニアなどが保育園児や小学生とコミュニケーションしたり，デジタル大臣や石黒教授そっくりのアンドロイドが本人より鮮やかなジェスチャで，本人に代わってプレゼンテーションを行うなどの種々の実証実験を行ってきました。現在では，ドバイのモール店舗のソシオ CA を用いて，日本から遠隔操作者が，ドバイモール店舗の訪問者に説明を行ったりしています。

慶応大学南澤教授のプロジェクトは「身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発」するために「もう 1 つの身体」としてのサイバネティック・アバターをデザイン[9]します。分身ロボットカフェ DAWN にて重い障害を抱える人が 5 体のソシオ CA を操作して注文とりから配膳までこなし，あるいは 2 人で 1 体のソシオ CA を操作し注文に応じたパンケーキ作りができることを実証で証明しています。

㈱アラヤの金井 CEO は「身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放」をめざし，頭に思い浮かべた言葉や行動のイメージだけで多数の CA を連携させて，創造的な社会活動に参加できる世界を実現させます。開頭手術不要で脳のあらゆる部位の脳活動計測を可能にする極低侵襲 BMI 技術を世界に先駆けて着手しています。また，UNESCO など BMI 技術のルール作りを開始しています。

体内 CA など他のプロジェクトからの成果も含めて，今後の進展に注目していただければ幸いです。

［参考文献］

1） 土井美和子，福井美佳，山口浩司，竹林洋一，岩井勇，文書構造抽出技法の開発，電子情報通信学会論文誌 D-II，Vol. J76-D-II，No. 9，pp. 2042-2052（1993）.

2） 土井美和子他，平成 10 年度　全国発明表彰　発明賞「図表のアンカリングに関する発明」（2008）.

3） Doi, M., Design Issues of Bilingual Editor, Human-computer Interaction Software and Hardware Interfaces, Elsevier, pp. 921-926（1993）.

4） Doi, M., Kato, N., Umeki, N., Harashima, T., and Matsuda, K., Visual Engineering System — *VIGOR:* Virtual environment for visual engineering and operation, Symbiosis of Human and Artifact, Elsevier, pp. 435-440（1995）.

5） Ouchi, K., Suzuki, T., and Doi, M., *LifeMinder*: A Wearable Healthcare Support System with Timely Instruction Based on the User's context, IEICE Trans. of Information and Systems, Vol. E87-D, No. 6, pp. 1361-1369（2004. 6）.

6） 杉山博史，土井美和子，交差点形状が歩行者に与える心理的影響を考慮した道案内システム，電子情報通信学会論文誌 A，Vol. J87-A，No. 1，pp. 59-67（2004. 1）.

7） 内閣府ムーンショット目標
https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/target.html

8） 石黒 PM「誰もが自在に活躍できるアバター共生社会の実現」
https://avatar-ss.org/

9） 南澤 PM「身体的共創を生み出すサイバネティック・アバター技術と社会基盤の開発」
https://cybernetic-being.org/

10） 金井 PM「身体的能力と知覚能力の拡張による身体の制約からの解放」
https://brains.link/