触覚に情報を提示するハプティック デバイスを活用するビジネスの展開 ～デジタルデバイドの克服とゲームの触覚リアリティ向上～

松村将太郎[†], (正会員)熊澤逸夫^{††}

1. ま え が き

筆者等は、JST独創的シーズ展開事業大学発ベンチャー創出推進事業、神奈川県大学発・大企業発ベンチャー創出促進モデルプロジェクト事業、神奈川県科学技術アカデミー知的財産活用促進コーディネート事業の支援を受けて触覚ユーザインタフェースを研究してきました。この研究成果に基づき、平成20年3月27日に東工大発ベンチャー、インピテクス(株)を設立し、その後、1年半ほどに渡り、技術開発を中心とした事業を展開して参りました。本稿では、起業に至るまでの経緯、研究開発の内容とインピテクス社の事業内容を中心に紹介させていただきます。

2. インピテクス社の事業 内容と事業計画の紹介

インピテクス社は、革新的なユーザインタフェース(UI)を研究開発するための開発環境、開発ツール、ソフトウェアライブラリー、組込みシステム、要素部品、要素ソフトウェア、要素技術等を企業や大学の研究者に提供しながら、その応用製品をコンソーシアムメンバとともに開発・販売し、ユニバ

図1 インピテクス株式会社の事業計画

ーサルデザインの普及とデジタルデバイドの克服を通じて社会に貢献することを理念としています。

具体的には、大学発の特色を生かした次の二つの事業を展開して行く予定です(図1)。

(1) 公益性のある事業(社会問題の軽減に貢献)。

機器の複雑化、利用者の高齢化が進むにつれてデジタルデバイドの問題が深刻化しています。この問題に対応するためUIの研究開発投資が増加しておりますが、インピテクス社は、上記課題で開発された独自技術に基づき、幅広いUI分野の研究者や技術者を支援できる開発キットパッケージ製品とコンサルティング業務を提供し、デジタルデバイドの克服を促進する事業を展開します。

(2) 大学の持つ資源を生かした事業

(大学活性化に貢献)。

学生達が興味を持ち、力を発揮できる技術分野として、まずはゲーム分野を手始めとしてハプティックユーザインタフェース(HUI)技術を製品化します。ゲームは、実は人間と機械のインタラクションの究極の場であり、そこでさまざまなHUI技術にチャレンジすることができます。このように新しい技術が受け入れられやすい土俵でHUI技術の有効性をアピールし、家電機器や自動車、携帯電話等、広範な分野へ普及して行く上での足掛かりとする予定です。

こうした事業を展開する上で、インピテクス社が保有する以下のオンリーワン技術が基盤となります。

(1) 人の神経系の運動制御メカニズム(図2)をヒントとして、センサ情報からモータや振動生成装置を直接駆動する「ローカル制御ループ」を組み込みシステムとして実装して、センサ情報に対して迅速に触覚刺激を生成するとともに、パソコンを介在したグローバルな制御ループによって、このローカル制御ループの機能をダイナミックに修正することを可能としました。このように制御を二重ループ構造にすることによって、応答の迅速性と多様なアプリケーションに対応する柔軟性を両立することができました(図3)。

(2) 近年、タッチパネルをUIとして利用する機器が爆発的に普及し

[†] インピテクス株式会社

^{††} インピテクス株式会社/東京工業大学

"Innovative Business Using Tactile Feedback Technologies; application to a haptic web browser for visually handicapped people and video games with realistic tactile feedback" by Shotaro Matsumura (Inputex Corporation, Yokohama) and Itsuo Kumazawa (Inputex Corporation, Yokohama/Tokyo Institute of Technology, Yokohama)

人の神経系の運動制御メカニズムをヒントにして、迅速性と柔軟性を両立した2重制御ループ

図2 神経系の運動制御メカニズム(多重制御ループ)

図3 応答の迅速性と柔軟性を両立した二重制御ループを実装した組み込みシステム基板

ていますが、タッチパネルは平坦で凹凸感がなく、また操作に対する反発力等の応答も欠けるため、触覚的に操作を確認しづらいことが難点となっています。この問題点に対しては、従来から振動により操作を確認する手法が開発されていましたが、当社は、人が機器に加える力を利用して触覚刺激を生成する独自のアイデアに基づき、小型、軽量、低コスト、省エネルギーを特徴とする触覚情報提示装置を実現しています。具体的には、人が操作中にタッチパネルに加える力を蓄積し、反発力を指に返すように構成したゴムの構造体を、指とタッチパネルの間に介在して、タッチパネルを操作中の指に豊富な触感を与えるデバイス(ハプティックアダプタ)として実現することができました

図4 ハプティックアダプタの動作原理

(図4～図9)。

インピュテクス(株)は、以上の事業内容、独自技術、および次の事業方針

タイプA

タイプB

タイプC

図5 押圧型ハプティックアダプタ3種

図6 ボール型ハプティックアダプタ2種

図7 ボール型ハプティックアダプタの持ち方

を通じて、事業化後5年で独自の研究開発体制を賄う上で必要な収益を上げることを目指しています。

(1) 設立後5年間は東京工業大学との共同研究を通じて技術開発を継続し、本開発課題の中で確立したオンリーワンの技術を洗練・発展させます。

(2) 支援頂いている神奈川県と横浜市を拠点として活動し、地場企

図8 ボール型ハプティックアダプタの操作方法

業との連携を深めて相互発展を図ります。

- (3) 量産、マーケティング、サポートをアウトソーシングして開発主体に効率的運営を行います。
- (4) ニッチマーケット向け製品とコンシューマ向け製品を並行して開発し、相補的な事業展開により、死の谷と呼ばれる資金欠乏状態を回避します。
- (5) 設立後5年以内に年間研究開発費1億円以上を自力調達可能とし、大学と独立した開発体制を確立することを目指します。

3. インピュテクス社の技術と製品の紹介

本章では、以上の事業内容の中に出てきた技術と製品の内容を紹介します。

インピュテクス社の触覚情報提示技術の最大の特徴は、従来の触覚情報提示技術（ハプティックデバイスと呼ばれる触覚情報提示装置がバーチャルリアリティ分野等で研究開発、製品化されています）を気軽に使える身近な技術とするために、その軽薄短小化、高信頼化、低消費電力化、そして低コスト化を目指している点にあります。また従来のハプティックデバイスの違和感の最大要因であった触覚フィードバックの遅延の問題を解決するために、生物の神経系の運動制御の仕組みをヒントとして、触覚刺激に用いるモータの制御を迅速・柔軟に実行することで、違和感のないわかり易い触覚情報提示技術を確立しています。

3.1 ハプティックアダプタ

上記の趣旨（軽薄短小化、高信頼化、

低消費電力化、そして低コスト化）に適うデバイスとしてモータを使用する方式も開発していますが、最初に製品化するデバイスは究極の単純さと低コストを追求したモータレス方式となりました。これは当社の限られた資金の中では、低コストのデバイスしか製品化できなかったためです。

開発の動機は近年のタッチパネルブームにUI研究者の一人として納得できない点を感じたことによります。任天堂DSやiPhoneがきっかけとなり、タッチパネルが爆発的に普及し、タッチパネル上で複数の指を「滑らせて」操作するマルチタッチジェスチャー入力が注目を集めています。ただしこの「滑らせる」という操作はくせ者であり、ジェスチャーといっても指の動きはタッチパネル上の2次元平面上の運動に制約されています。ジェスチャーという言葉を使う以上、本来であれば指の3次元の動きを識別して入力に反映したいものです。また滑らせる操作には触覚的な手掛かりが乏しく、滑らしたときに指を感じる触覚情報は画面を擦る摩擦くらいであり、滑りにくい湿った指をタッチパネル上で滑らせるのは不快なばかりで、その触感を有効な感覚情報として利用することができません。そのために視覚的な確認が常に必要であり、指先またはディスプレイ上に表示される反応を注視しながら操作する必要があります。

上記の問題点を鑑み、当社ではタッチパネルの操作量を反発力の大きさと

図9 ハプティックアダプタとタッチパネルの接触点移動パターン

して確認できるようにするハプティックアダプタや、タッチパネル面に対して垂直方向の指の運動を通常のタッチパネルでも検出できるようにして、3次元ジェスチャーを触覚的に確認しながら入力できるようにしたハプティックアダプタ（図4～図8）など、各種ハプティックアダプタを制作し、当社ホームページ上で技術者・研究者向けに提供しています。指で保持して操作するハプティックアダプタは、従来のスタイラスの代替となるもので、ユーザは操作量をハプティックアダプタが指に返す反発力から触覚的に確認しながら操作できます。ハプティックアダプタは、特にゲームの触覚リアリティを向上する目的に有効であることが期待できます。図9には図4のハプティックアダプタをタッチパネル面に対して垂直の方向に操作した時の入力座標系列を示します。この特徴的な座標変化パターンに対して限定的に反応するようにすれば、指の不意の接触により誤動作が生じることを防いで、ハプティックアダプタを押した時にだけ所定の反応が起こるようにすることが可能です。

3.2 応答の迅速性と柔軟性を両立した二重制御回路基板(2種)

神経系の多重制御の仕組みをヒントにして、「センサ入力に対するモータ応答の迅速性」と「状況に応じてプログラムを自在に変える柔軟性」を両立した制御基板を2種類開発して制御ソフトウェアと合わせて研究開発用パッケージとして製品化しています。図10

キットA

- 【入 力】xy座標検出レーザセンサ, ロータリエンコーダ (3チャンネル), タクトスイッチ (3チャンネル)
- 【出 力】アクチュエータ駆動信号 (パルス幅制御), 振動発生器 (アルプス電気社製 フォースリアクタ) 駆動信号 (合計3チャンネル)
- 【通 信】Bluetooth (COMポート), USB
- 【ファームウェア】多様なアプリケーションに対応し得る各種パラメータと関数を装備
- 【ドライバ】Windows XPとVista (Bluetooth) に対応
- 【ライブラリ関数】入出力ハンドリング, アクチュエータ制御, 振動発生機制御用の各種関数
- 【サンプルプログラム (ソース)】触覚情報提示用ユーザインタフェースのデザインツール, テストツール

触覚刺激生成基板 (キットA用)

キットAのシステム構成図

図10 ハプティックユーザインタフェース開発用キットAの内容

に示すキットAの基板はマウスの光学センサを備え、検出される位置に応じて3チャンネルのモータを制御できます。また図11に示すキットBの基板は加速度センサとタッチセンサを備え、タッチ位置と3次元の姿勢に基づき1チャンネルのモータを制御できます。いずれも基板内部の組込みシステムにより、センサ情報から直接モータを駆動して遅延なく迅速な応答を実現しています。このような組込みシステムを用いると処理が固定化してしまいがちで、状況の変化に臨機応変に対応できなくなってしまうことが問題ですが、当社の基板では神経系の多重制御の仕組みをヒントにして、基板内の組込みシステムで利用する関数やパラメータを、パソコンとの双方向通信によって100ms毎に随時更新し、状況の変化

に柔軟に対応できることが最大の特徴になっています。

3.3 二重制御基板のアプリケーション

上述した二重制御回路基板を用いて各種アプリケーションを開発しています。当技術の利点である迅速性を活用してマウスを素早く動かした場合でも遅延なく確実に触覚刺激を指に提示することのできるマウスを開発しました。当マウスの特徴は、パソコン側のディスプレイのカーソル位置やディスプレイに表示されているGUI要素をマウス内部のタイプA基板内部でエミュレートすることによって、パソコン側の判断を待たずにマウス内部の基板で触覚刺激を生成するか否かを判断して迅速にモータを駆動して指に触覚刺激を加えることのできる点にあります。

触覚刺激の方式としては、図12に示すように四つのピンを駆動して指を刺激する方式と図13に示すようにホイールをモータで回転させて指に刺激を加える方式を開発しています。いずれも刺激の程度を連続的に制御できる点に特徴があり、例えばホイールの回転量を小さくして弱い刺激を、また大きくして強い刺激を表すことができます。結果的には製造コストを低減させる必要があるため、図12の方式を断念し、図13の方式を採用することになりました。現在、このマウスを利用して視覚障害者が利用できるウェブブラウザを開発しています。図14に開発中のブラウザの画面例を示しますが、ニーズの強いグーグル検索について、検索したキーワードをカーソルで送りながら、キーワード周辺の関連情

キットB

- 【入力】xy座標検出タッチパネル、3軸加速度センサ、マトリックススイッチ(18×6)、タクトスイッチ(3チャンネル)。
- 【出力】アクチュエータ駆動信号(パルス幅制御)、振動発生器(アルプス電気社製フォースリアクタ)駆動信号(各1チャンネル)。
- 【通信】Bluetooth(COMポート)。
- 【ファームウェア】多様なアプリケーションに対応し得る各種パラメータと関数を装備。
- 【ドライバ】Windows XPとVista(Bluetooth)に対応。
- 【ライブラリ関数】入出力ハンドリング、アクチュエータ制御、振動発生機制御用の各種関数。
- 【サンプルプログラム(ソース)】触覚情報提示用ユーザインターフェイスのデザインツール、テストツール。

触覚刺激生成基板(キットB用)

キットBのシステム構成図

図11 ハプティックユーザインタフェース開発用キットBの内容

図12 4ピン方式触覚刺激機構付きマウス

モータでホイールが動いて指を刺激する

触覚フィードバックは高速・連続的に作用する

図13 ホイール方式触覚刺激機構付きマウス

図14 ホイール方式触覚刺激機構付きマウスを応用した視覚障害者用ウェブブラウザ

報を音声で読み上げます。従来にも音声読み上げ機能の付いた視覚障害者用のブラウザがありましたが、既存方式ではキーワードを含むパラグラフや文を最初から逐次読み上げる方式であったために、本来であれば2次元の画面の中でキーワード近傍に存在している関連情報を知りたいところを、離れた位置にある情報も読み上げることになり、ユーザは必要な情報を得るのに多大の時間を要しました。本マウスを使うと視覚障害者はカーソルとキーワードの位置関係をホイールの動きで触覚的に把握しながら探索し、キーワードの近傍の情報を位置関係を把握しながら音声読み上げによって知ることができます。

4. 今後の展開

インピュテクス社は、基本的には東京工業大学の所有している特許をベースとして、製品を企画、開発、製品化することを事業方針としています。ただし製品化は試作の段階までで、その後の量産は、第三者に委ねることを想定しています。この方針で事業を軌道

に乗せるためには、第三者が魅力的に感じる試作を完成させなければなりません。

おそらく東京工業大学に限らず、多くの大学で知財戦略は当初期待されたほどの成果を生んでいないのではないかと思います。その大きな原因の一つとして、机上で作られたアイデアや理想的条件下で行われた実験の結果に基づく特許と現実の製品の間のギャップが大きくなることが指摘されています。大学発ベンチャーの最大の役割は、このギャップを埋め、企業が手に取り素晴らしさを実感できる段階にまで、技術を育て上げて具体化することにあるのではないかと思います。大手の企業さえも先行きが見えない新しいことにチャレンジしにくくなっており、日本の社会では誰もリスクを取らなくなっています。このままでは日本から新しいものは生まれなくなってしまうのではないかと危惧されています。そうした環境の中で当社では、リスクを回避する傾向にある企業でも、これは素晴らしいと思って飛びついてくるような形にまで基礎研究の成果を具体化して行

きたいと思っています。そして、資金の調達に苦心しながら、そのような具現化のための開発を当面続けることになると思います。

大学にも従来の売り込み型の知財戦略を見直して頂き、大学所有の特許を具体的な形に育てて魅力を増大する大学発ベンチャーの活動を奨励して頂きたいと願っております。

最後に、インピュテクス社の設立に至るまでには、多くの方々から多大なるご支援、ご援助を頂きました。特にソフトウェアの開発と経営に関してご助言頂いた(株)ジェイエスピー代表取締役の稲田彰典様、横浜企業経営支援財団(IDEC)の池谷嘉一様には、本事業の初期の構想の段階から事業立ち上げに至るまで、かれこれ7年間の長期に渡り、励まし続けて頂いたことが精神的に大きな支えとなりました。またJST、神奈川県産業活性化課、神奈川科学技術アカデミー(KAST)、IDECには資金助成や支援制度を通じて多大なるご支援を頂きました。そしてフロンティアリンク(株)の佐藤啓氏には事業の立ち上げにあたり起業家として御尽力頂きました。この紙面を借りて関係諸氏、諸機関に心から感謝致します。

(2009年8月24日受付)

【文 献】

- 1) インピュテクス, <http://www.inputex.com/>

まつむら しょうたろう
松村 将太郎

2007年、東京工業大学大学院修士課程修了。現在、同大学院博士後期課程在学中。人の神経情報処理モデルと色情報を用いた画像認識技術の研究に従事。2008年、インピュテクス(株)代表取締役就任。本事業では、主に触覚情報提示機能を備える次世代ユーザインタフェースを用いたアプリケーションソフトウェアの開発に従事。

くまざわ いっふ
熊澤 逸夫

1981年、東京工業大学工学部電気電子工学科卒業。1986年、同大学院博士課程修了。同年、同大工学部助手。現在、同大情報理工学研究施設教授。パターン認識・画像処理、人工ニューラルネットワーク、認知知覚モデルの研究に従事。工学博士。正会員。