

総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会

議事概要

- 日 時 令和2年3月19日(木) 10:01～11:12
- 場 所 中央合同庁舎第8号館 6階623会議室
- 出席者 上山議員、篠原議員、橋本議員、山極議員、
小谷議員(We b)、小林議員(We b)、松尾議員(We b)
(事務局)
松尾統括官、佐藤審議官、十時審議官、高原審議官、堀内審議官、
柿田審議官、坂本参事官、大塚政策企画調査官、河合参事官、
須藤プログラム統括、
佐橋PM、田所PM、山海PM
- 議題 I m P A C T 成果報告(2)について
- 議事概要

午前10時01分 開会

○上山議員 皆様、おはようございます。定刻になりましたので、只今より総合科学技術イノベーション会議有識者議員懇談会を始めます。本日は小谷議員、小林議員、松尾議員はWe b経由で御出席、梶原議員が御欠席でございます。

本日の議題は公開で行います。

本日の議題は一つで、I m P A C Tの成果報告について、意見交換をさせていただければと思います。本議題は2回目となります。前回は2月27日で行いました。

本日はI m P A C Tプログラム、プログラムマネージャーのうち、山海PM、田所PM、佐橋PMにお越し頂いております。三つのプログラムに関して、各PMから御説明を頂いたあと、意見交換をさせていただきます。

では最初に、山海PMからよろしくお願い致します。

○山海PM おはようございます。それでは、早速始めさせていただきたいと思います。

私のところでは「重介護ゼロ社会を実現する革新的サイバニックシステム」と題しまして、プログラムを推進いたしました。I m P A C Tの目的としましては、「イノベーションに最も適した国」「起業、創業の精神に満ちあふれた国の実現」ということが一つの最後の目標ということになっておりますので、社会実装につきましてはその点を積極的に進めさせていただき

ました。

ここで特長となるのは、このサイバニクスという技術でございまして、ロボット産業、IT産業に続く、『人』と『サイバー・フィジカル空間』をつないでいく、そういう技術として『サイバニクス技術』を駆使して、革新的サイバニックシステムを構築していくこととなります。さらにこれを進めていく際には、一つ一つのそのデバイスもそうですし、方法論もそうですが、それをちゃんと産業として仕上げていく為に、社会に投入できるような国際標準化等への取組も同時に進めてまいりました。

ここにありますように、フィジカル空間、そしてサイバー空間へとどんどん社会は変化してきておりますが、ここで人と、そしてサイバー・フィジカル空間を融合するサイバニクス空間として、本プログラムでは、重介護ゼロ、つまり、非常に厳しい介護のところを何とか支えていこうというのが一つの狙いとなります。

それを実現する為に、サイバニックインターフェイスと、そしてデバイス、そしてそれらによって構成されるサイバニックシステムを研究開発する訳ですが、一つ一つの要素技術を創り出していくこと、そして基礎研究としては、例えば、再生医療への展開を視野に入れた細胞培養システム、そして、脳神経系・生理系・身体系からスパコンやクラウドまでをつないでいけるところまで狙っていくということを、このCSTIの打合せの中で、最終的にそこまで、初期の計画をさらに拡充させて進めることができるようになってきました。一つのキーワードとしましては、ここにありますように、「I o H / I o T」と呼ばせていただく「ヒトとモノのインターネット」というものを新しい概念として投入しながら、全体システムを構成することになります。

初期の段階では、こういった取組を進めていくときに、技術的な取組のところと社会的な取組の両方を同時展開し、要素技術とか一つのデバイスをどう研究開発していくかという話になっておりましたが、CSTIをお願いして当初計画の研究開発を超えて出口戦略を拡充させてもらい、脳神経系からスパコンまでがこういった技術でつながっていき、そして最終的には早期発見、予防、そういったその分野のところまで手が伸びるようにシステム全体を構成し直し、さらに拡充させてきております。

ここにありますのは成果の一部を表示したのですが、分野としてはかなり多岐にまたがるものです。それぞれは一つのアイテムとして出来上がってきます。そして、人の内側情報を取り出していくインターフェイス部分、そしてそれを、それぞれの用途に合わせて形作っていくロボット技術とか、或いは装着するだけで人をサイボーグ化していく技術、或いは、日常の施

設内生活の中でトイレに行くことを支援する技術。そして、基礎研究として、今どういう気分になっているかということを経験認識で捉える技術、再生医療との組合せをする為の3次元細胞培養装置等、人の行動分析なども可能な画像認識技術、そういったこともやっていく。そういったことを一つの塊として仕上げていきました。成果の一部ではありますが、図の赤字の「社会実装開始」については、このようになっております。そしてプロトタイプの要素技術、社会や実環境での試験が始まっているもの、そしてプロトタイプとして実際の形になっているもの、そういったものがこのようにまとまってきております。医療分野、非医療分野の境界線は超高齢化によってグレーゾーンとして拡大しておりますが、このような分野に対して取組を実際に実現していくということになります。

こちらは細胞の膜でございまして、これが電解質に流れていくイオンチャンネルです。非常に微弱なイオン電流によって生じる生体電位の変化が、脳の活動、心臓の活動、筋の活動として捉えられることになるのですが、これを、その体の中にセンサーを入れるとか、皮膚にシールのようなものを貼っていくとか、そしてシールドルームで測るとか、そういうレベルではなく、布のようなセンサーとか、或いは隙間があってもこのような微弱な生体電位が捉えられるようにする、そして人の内側情報がちゃんと捉えられるような技術を創り上げていくということ、まず基礎としてはやっています。

また、それに関係する技術も横広がりをさせていきますが、これは一つの例でございますけれども、服の上から心電図を測る、或いは髪の毛の上から、頭皮に何かセンサーを付けるのではなくて、髪の毛の上からその脳の活動を捉えて、例えばロボットを動かす。ただ、こういうことをやっていきますと、そのたくさんの細胞から限られた数のセンサーへの写像関係になりますので、用途に限られます。そこで、脳から末梢へ伝達される情報を捉えていく技術を創り上げてきましたが、新規に開発してきた様々な技術をもとにそれを一つの形にし、進化させ続けているものが、こちらにありますような、装着型のサイボーグでございます。

ただ、こういったものを社会に実装する為には、許認可を取っていかなければいけないので、私たちはISOのエキスパートメンバーとなって、国際規格の策定に取り組ながら、工場の中でしか使えなかったロボットを医療、福祉、生活の分野の中で使えるように展開してまいりました。そしてこういったものが国際規格になったあと、さらにJISなども追いついてきて、国際規格がちゃんと経産省との足並みを揃えながら日本でも発行されるようになってきました。また、当該研究成果の性能評価技術については、JISが世界に先駆けて制定されました。やっとこういったものが展開できて、そして医療保険が適用できるという状況にまでやってまい

りました。

こちらは一つの事例ですが、薬も何も治療方法がないとされている進行性の神経・筋難病疾患、例えばALSとか筋ジストロフィーとか幾つかありますが、8疾患に関しまして、厚労省と一緒に進めてきたものの結果となります。医療保険適用も実現されました。

こちらの方は、進行速度が抑えられると思ってやっておりましたら、実際にはむしろ改善をしていくことも分かってきまして、ここの青いラインのところは入院のラインですが、入院に至るまでの期間を2年半ほど伸ばすことができた事例です。さらに上手にもっていくと、ほぼ維持ができていく事例があることも分かってきました。

ちょうどこれを行っているIMPACT期間中に、米国からスピンラザという薬も上陸してきました、これは、6分間歩いたときに、1年後には少しその距離が下がる程度のことができるという良い薬です。また最近ではゾルゲンスマという薬も登場しています。両社とも非常に高額な薬ですが、効果的とされています。私どもの技術を使って同じようなことをやっていると、やはり1年経っても機能維持、或いは機能が少し上昇した事例も確認できるようになりました。これは、使用成績調査でちゃんと調べているものでございますが、こういったことを見ますと、こういうテック系の技術が薬と伍するような可能性が見えてきました。

そして、昨年の11月には、こういった分野を統括する専門家が、筋ジストロフィーというのは筋肉の組織が壊れていく病気ではありますが、サイバニクス技術で機能改善をさせようと、体を動かしているにもかかわらず、筋肉は実は壊れにくくなっているということが分かってきております。こういったことも、だんだん技術評価の中では見えてまいりました。

そして世界展開ということで、IMPACT終了後も研究開発や社会実装を推進しながら、こういった国々で使われるようになってきました。米国では、メイヨークリニックとも非常によい連携を持っている組織での実施例としまして、これはギランバレー症候群という非常に難しい病気ですが、初期の段階ではこのような困難な歩行状態の方が、徐々に機能改善し、通常は健常者のボトムラインに来たところで家に戻る訳ですが、さらに治療を続けてもらいますと、とうとうジョギングができるような状況にまで改善してまいりました。この方はもう普通の生活水準に戻っていけるということになりました。

こうやって進めておりますと、メイヨークリニックのアンニュアルミーティングからも基調講演のお誘いがあり、再生医療との組み合わせとか脳卒中などの治験や臨床研究について連携できるかどうかという話なども頂戴しながら、今、調整をしている状況でございます。

こちらは完全脊損の患者さんで、2歳の時に交通事故に遭って以後、12年ほど、もう胸か

ら下は全く感覚がなく弛緩した状態の体になっており、排尿・排泄感覚もなくコントロールもできない状態となっています。非常に重度の少年ではありますが、当該研究開発成果を適用してみますと、3時間ほどすると足がこのように自分の意思で動きはじめました。その少年はわーっ！と叫びながら驚きと喜びの表情を見せていました。身体機能だけではなくメンタル部分もがらっと変わりまして、車いすテニスをもっと上手になりたいとリクエストされました。そこで、上半身を見ると、このようにぐにゃぐにゃ状態でありましたので、IMPACTの研究成果である上半身の機能改善を目的としたデバイスを準備いたしました。そうすると、当初は全く信号が出てこず、脳からの信号が末梢に伝わって来なかったのですが、4時間ほどするとパラパラと信号が出てきました。

実際、どうしてこういうことができるかということ、スパイキーなノイズとも思えるような信号であったとしても、このシステムはちゃんと反応して、随意的な運動意思の信号が発せられることと末梢での動作とをちゃんとつないでいく、つまり、人とデバイスの間で機能を改善するループを作っていくということになっていくのだと思います。このようなことをしばらく行うことで、上半身もある程度改善され、途中で別の研究開発成果である小児用デバイスに切り替えて続けると、この図のように、このデバイスは随意的な運動意思に反応し、次に上半身もかなり改善し、そして腿が少しですがこのように持ち上がっています。そして、この動いたところで、今度はデバイスを外してみました。これはとても感動的です。デバイスを外しても、本人は自分の意志で腿を上げたり下げたりしはじめています。これはお母様の叫び声です。御本人とご家族のご要望で顔は出していってくださいということでしたので、この報告会では顔は出しております。

しばらく続けていくと、とても素晴らしいことがおきました。何と、この子は、トイレに行きたいと言い始めたのです。排泄感覚を感じ始めたということです。そして、今ではトイレに行って、大も小もほとんど全て自分でコントロールできるようになり、今は99%ぐらい自分でできるようになってきたそうです。このような結果がさらに研究開発を加速させる原動力となり、小児用のものについては、ちゃんと社会実装できるようにするということで、さらに研究開発を推進し、PMDAやAMEDとも調整しながら、小児用デバイスについては、現在とうとう医師主導治験の段階に入っていける状況にまたなってきました。今度は脳性麻痺の世界のところにやり込んでいくということで、進めております。

そして、さらに関節ごととか、ハンドのものもありますが、そういった取組もあります。今日は時間も限られているということもありますので、一つの事例を。この方は、5年前の交通

事故で障害を持っている方で、２年半ほど入院と通院を繰り返しており、病院からはこれ以上治療しても改善が見込めないと言われた方です。この方に機能拡張した単関節ユニットを付けてもらいますと、自分の足首を動かすことができるんですね。機械が動かしているというのではなくて、自分の脳がこれを動かそうとする訳です。その結果、５年間動かなかった足首がその日のうちにちょっと動き始め、３か月程繰り返しますと、当初はこのようにクローヌスといって、体がぶるぶる震えてもう杖でしか歩けない状況の方が、３か月後にはジョギングをするような改善が実現されました。このあと縄跳びなどもしてくれるようになりました。担当の医療従事者も驚いています。これで、この方は普通の生活に戻りました。

腰タイプについてです。働く方々の高齢化がどんどん進んでいますが、腰痛を防ぐ為に研究開発したものがこちらです。幾つかの介護施設で検証してみましたが、介護離職ゼロを達成する事例なども得られております。

介護する方を支援する用途ではなく、介護される方に使ってみますと、こうなります。この方は８６歳の男性で、実はもうベッドから立てなくなって、寝たきり状態に入ろうとしている状況になります。実は腰タイプを使うと立ち座りができるんです。この方の場合、これがないと立てません。立ち座りの２０分コースを作りまして、これを１ヶ月やりますと、このようにスタスタと歩けるような状態になりました。これで、いわゆるベッドに寝させて寝たきりにするという、そういう状況ではなく、自立を高めていくということ、こういったことの取組に道が開けました。

この方は８４歳の女性で、歩行器を使って１０メートル歩くだけで２７秒かった方が、７回、８回のところではもう、歩行器なしで歩ける、或いは歩行器を使うと９秒台で歩けるといいう、もう、サニブラウンとは言いませんが、かなり早い速度で歩けるようになりました。

こういった結果を当局の方とか政府の方に戻すということをしていきますと、自立度を改善する取組に対して社会の制度を変えていこうという動きも見え始めてきました。また、患者さんとか、要介護の人に対しては幾つかの保険制度がありますが、今度は、それをサポートする側に対しても新しい保険制度を考えていこうという流れが出来上がってきたようで、こういう社会的な取組のところにもこのような革新的サイバニクス技術を届けています。

さらに、トイレに行きたいという時に、介助者がずっとついていくということのを避ける為に、新たな技術を研究開発しました。これはタイヤをロボットにしたとも言えるでしょう。中身は空っぽです。フレームだけで動いているように見えますが、知能化され、環境地図を自分で作り、そしてトイレを見つけ、トイレにこのようにドッキングしていく。そして座面には穴が空

いておりますので、あとはパジャマをずらしたら用が足せるという、そういうものになっておりまして、また戻る時は自分で戻っていく。こういう技術が出来上がってまいりました。こういう技術は見守りロボットなど、色々なものに使えるものになっております。こういう技術がもう少しすると社会の中で見えてくるでしょう。

さらにセンシング技術についてもどんどん特化しまして、9 g のもので実際に実験では4日半ですが、外に対して示す時は3日間連続で、脳の活動、心臓の活動、筋肉の活動、こういったものがぺたっと貼るだけで見えてしまう、こういったデバイスも準備いたしました。こちらの方はできれば今年の段階で医療機器認証等を取得して社会に展開していければと思っております。このサイズでこういう情報が取れるのです。

さらに、非常に重度で大変な状態の方の場合でも、自立度を高めるということで、毎回デバイスを貼るという技術も作りましたが、極めて重度な要介護の方を想定してさらに皮下に埋め込んでいく技術、半導体チップの試作も行いまして、特殊用途のデバイスがまとまってきました。ここにありますように、様々なサイバニクス技術がずらっとつながって、4 G、5 Gに対応できるようにしておりますが、こういったものを使ってデータをどんどん集める。今は先程の、ドイツ、ポーランド、イタリア、アメリカ、そしてアジアの幾つかの国々、そして日本全体から、つくばにこういった情報がどんどんと集まる状況になってきていまして、現在、それを解析できる環境が整ってきました。このような素晴らしい状況をさらに強化しながら、治療中の状況、日常の状況、食事の解析などもですが、様々なサイバニックデバイス／インターフェース／システムが一つの塊として機能し始める段階になってきております。

こうやって、人の脳神経系・生理系・身体系からスパコン、クラウドまでを一気に繋いでいく技術を研究開発し、システム化を行って、さらに次のチャレンジャーを支援する為のファンドの準備もいたしまして、新産業連携・創出の連携体を準備していくというところまでやりました。G7ではこういった取組について、日本として世界に発信する為に Society 5.0 の戦略とか、サイバニクス技術の説明などもして参りました。

さらに、IMPACT 期間中に、このような研究開発成果が「夢のロボットスーツ」ということで、これは安倍首相の施政方針演説ですが、しっかりと取り上げられるという状況となっております。さらに、当該 IMPACT プログラムの成果を中心に、各国との連携ということで、その後、欧州を回り、また G20 ではこういった取組について、デジタル産業の大臣、貿易大臣の方々がこのように訪問してくださって、当該 IMPACT プログラムの成果をしっかりと御説明させていただきました。その後、関係者間でどのように分野開拓・社会実装を進

めるかという打合せを進めております。

また経産省に関連した情報発信として、ここに示されるように、一つの産業分野を作っているということで、国際標準化への取組や、ロボット、ＩＴ産業に続くサイバニクス産業創出へ向けた取組についても取り上げられております。

学術分野においても、人間医工学研究(サイバニクス)としてもご評価いただき、先日このような紫綬褒章というご評価も頂戴いたしました。

以上のように、様々な取組を、研究開発の取組と社会実装の取組の両観点から推進し、様々な役割を果たしながら全体的な取組としてまとめ、更なる開拓に挑戦し続けているという状況でございます。

あとはＩｍＰＡＣＴの制度について、よかった点、改善点、或いは今後に向けた提言ということの一部記載させていただきました。以上でございます。ございました。

○上山議員 山海先生ありがとうございました。

続きまして、田所ＰＭから御発表をお願い致します。

○田所ＰＭ 田所でございます。タフ・ロボティクス・チャレンジにつきまして御説明をさせていただきますと思います。

これはターゲットとしているのは災害現場でございまして、災害に対してロボットが今、非常に期待されている中、技術的に足りないこと、つまり技術がタフでないという、この問題を解決しようというのがこの課題であります。例えば、今この地震災害を例に挙げますと、様々なミッションがあると。それに対して様々なソリューションがあるように見えるんですが、これは全く不足しておりまして、こういった問題を解決していくというのがここでの課題であります。

一つの例を挙げますと、これはＩｍＰＡＣＴで開発してきた飛行ロボットです。これを実際の九州北部豪雨災害に適応しました。このような現場で、初動で情報収集をするというのがこういう飛行ロボットの非常に大きな目的であります。そのミッションに対してこのような非常に高精細の映像を送り届けることができ、これがきっかけとなって総務省の方で全国に飛行ロボット、ドローンを配備するという計画に至ったというふうに伺っております。

しかしながら、ここで集めることができる情報というのは、単にその映像情報だけでございまして、それでは全く不足です。例えば、サーチアンドレスキューという、人を発見するという、人を救助するということを考えますと、例えば地上にいる人の声を聞いたりとか、そういったことは非常に重要で、プロペラの音にかき消されて地上の音が聞こえないというのでは困

ります。従いまして、このImPACTの中では、そういったマルチマイクロフォンの技術を使いまして、そのプロペラの音を消して、地上にいる人の声を聞く、或いは倒壊家屋の中にいる救助を求めている人の声を聞くといったことを可能にした訳です。

できればたくさんの方のことを御紹介したいんですが、時間も限られているので、非常に典型的な例だけを、イグザンプルとして成果として上げさせていただきたいと思います。これは索状ロボット、ヘビ型のロボットです。要するにこういう長いロボットが瓦礫の中に入って行って、救助を求める人を探し出す。或いはインフラとかそういったものの見えない場所、狭い場所を点検をするという、そういったようなことが目的になっております。

この目的の為に従来、こういう能動スコープカメラと呼ばれるような、そういうヘビ型のロボットが開発をされてきましたが、これらが実は非常に、例えばこのような瓦礫の中に入って、中を調べるというようなことが可能になっていました。しかしながら、実はこれが、こういった本物の現場で適応した時に大きな問題があります。それは何かといいますと、運動性能が足りないということがその一つです。つまり、ギャップがあったりとか、段差があったりすると、そこの中に入っていくことができない。或いは内部の状況をきちっと調べることが難しい、或いは操縦していくことが難しい。その為にはどうしても触覚、視覚、聴覚などのフィードバックが必要で、そういった機能が実現されていないというのが非常に大きな課題であった訳です。

これらの課題を解決する為に、様々な取組を行いました。例えば運動性能を上げる為に、このヘビ型ロボットの先端から空気を噴射することによって浮き上がるという技術を作り出しました。これはこういった長いものが飛ぶというのは世界にない技術でございまして、世界初の技術として、このようなギャップを乗り越えていくようなロボットを実現した訳です。

これはオペレーターの操縦ステーションですが、御覧いただいていますように、先頭のカメラの映像、或いは、そのロボットが入っていている地図の情報とかが、その手元のオペレーターの元に送り届けられています。しかしながら、カメラの映像は実はこの瓦礫の中は灰色の世界でよく分からないというのが、非常に大きな問題です。従いまして、機械学習のテクニックなどを使いまして、この瓦礫の素性は何であるのか、それを分かりやすく分類してやるという、それによってファーストレスポンスの方々が使いやすくしていくという、そういったことの技術を開発しました。

また、瓦礫の中で人を発見する為には声を聞くというのが非常に重要なんですが、声はどうしてもそのノイズにかき消されて聞こえません。従いまして、そのノイズを音響処理によって消してやって人の声だけを聞くという、そのような技術を開発しております。また、これは瓦

礫の中のマップを作るということですけれども、通常消防隊員等は瓦礫の中に潜り込んでいてマップの中に何があるのかということを書き留めて、他の隊員に伝えるということをやっておりますが、このロボットが自動的にマップを作るという技術です。

通常、このような技術というのはロボットでよくやられているんですが、狭いところになりますと、いろんな課題があってこれを解くことができません。これに対して様々な画像処理の技術、或いはマッチングの為にフレームを適応的に選ぶという、そのような技術を活用することによって、こういう狭い中でのマップを作るということを可能にした訳です。

これは音響技術を使って自分の姿勢を推定するという事で、その能動スコープ、ヘビ型ロボットが瓦礫の中に入っていった時にどこに入ったか分からないという問題がありますので、そういう問題を解決したものであります。これは触覚をこのロボットに実現したものであります。このロボットの運動原理から言って、きちっとそのどこがその障害、周囲に触れていて、今どうなっているんだということをオペレーターの方できちっと把握をしながら操縦をということが求められています。接触しますと振動が変わるという、そのような性質を使って、このように分布的にどのように接触しているかといことを検出することが可能になりました。このような技術というのは大きなロボットでは可能なんですけど、こういう非常に細い小さなロボットでは今まで実現されたことはありませんでした。

これらを、これは西日本豪雨災害の岡山の現場ですが、こうしたところに適応しております。これは倒壊した家屋の中の様子ですが、御覧いただけますように、そのギャップを乗り越えて中の様子を調べるということが可能であるということが立証されました。

このプロトタイプは福島原発にも活用されています。これは1号機で、屋根が崩落しているというところですが、この屋根のところにボアホールを空けまして、そこに能動スコープカメラを入れていくことによって内部を撮影するということが可能になりました。それまでは、中がどうなっているか分からないので、結局その構造の破壊というのはよく分かっていなかったんですけど、こういった映像を使うことによって、どうこの構造がずれているのか、破壊しているのかということ三次元のモデルにするということが可能になりました。また、内部の放射線量を計るということも可能になりまして、御提供しまして、結果的にこの廃炉に対して、少しだけですが貢献することができたというふうに考えております。

これはファーストレスポンス向けのバージョンでありまして、そのポータビリティを高めて、現場にこういう隊員2人で持って行けるようにしようという開発です。しまった、そのエアタンクに入った、非常に少量の空気でこれを浮かせて動かすということを実現しました。

これは神戸市の消防局のスーパーイーグルというハイパーレスキューの方々と実証試験を行いまして、彼らとしてはこれまでは不可能だったところがきちっと見るできるようになったということで、非常に高い評価を頂いております。

この空気で浮くという技術を水に替えたのがこれです。水に替えることによってホース自体が空を飛んで火を消すということを実現しようというものです。アスクルの火災等で、狭いところに、家屋の中に隊員が入っていけないような、そういう危険な現場でこういったロボットが投入をして、ピンポイントで火元を消火できると、これによって大きな消火の現場での革命を起こそうというのがここでの意図です。まだ、これはこういうプロトタイプができた、テクノロジーレディネスレベルで言うと4ぐらいの段階なので、これから実用化を図っていくということが求められております。

他に、そのヘビ型ロボットとして、様々なロボットの開発を行いました。例えば、このようなプラントの中、或いは構造物の中を調べていくというような、このようなロボットです。これまで無理だった、例えばはしごを上るとか、パイプの外を動き回るとか、そういったことを可能にしています。また、非常に高いところを上って向こう側を見るというようなことも可能になりました。こういう、このロボットの長さは1.7メートルですが、これで1メートルを上って向こうを見ることができるというのは、そういう技術はこれまで存在をしておりませんでした。

ハンドは非常にロボットにとって重要です。これは、いわゆるドラえもんハンドというやつで、物に押し当てるだけでつかむことができるというタイプの柔軟ハンドですが、従来のハンドですと非常に壊れやすいという問題点がありました。これに対して、IMPACTではこれをタフにするということで、このようなとがったものでも、ナイフでも持つことができるという技術を開発をしました。またこれは別のタイプですが、火の中のものをつかむという、こういったことも可能になっております。これらはファーストレスポnderの方々に見せますと、これ、非常に好評でして、いろんな形でこれを使っていきたいというような声を伺っております。

サイバー救助犬という研究を行いました。これは、救助犬をロボット化しようという、デジタル化することによって使いやすくしようという研究です。通常、この救助犬というのは、ハンドラーという人のそばで活動するというのが通常でして、そうでないと人が何をして欲しいということを犬に伝えることができなかった、或いは犬が何をしているかが分からないという問題がありました。これをデジタル化することによって解決しようというのがサイバー救助犬

です。

これは、オペレーターステーションでのその画像ですが、右側に犬が見ている映像が映っています。また左側に犬がどのように動いているかということが示されております。犬がスタート地点からずっとこういうふうに行って行ったと。で、赤が走っているところ、黄色が歩いているところ、また、紫がにおいをかいでいるところ、赤が吠えている場所です。こういったのが逐一こうリアルタイムにモニタリングできますので、非常に犬が使いやすくなったということです。

これというのは、例えば、九州で迷子の方が見つからないという、そんなような、迷子の子供が見つからないというような事例がありましたが、そういった時に、犬10匹にこういうふうなスーツを着せて、ぱっとこう放してやれば、あっという間に見つかるというふうに期待されます。そういったことで、適用が期待できます。

犬が搜索をするというのは実は、遊びの一環としてやります。つまり、やる気がないとなかなかできないんですね。これは一つの、救助隊の方々との共同での試験の様子ですが、最初犬が走り始めた時には全くやる気がありません。つまり、全人類の気配が見つからないんですね。しかしながら、ある時に急にやる気が上がっているというのが、この右側のグラフから見えます。つまり、その瞬間に実は犬はにおいをかいで、あ、人がいるに違いないということを認識した訳ですね。で、このような形でそれが救助に至るということでもあります。これらを使うことによって、犬を非常に有効に使うということが可能になります。

これは犬をナビゲーションしようというもので、犬が光を追う性質を使いまして、このような形で犬を誘導してやることができます。つまり、犬を例えば2キロ先に放った時にも、犬に対して右を見てくれとか、或いはこの中をちょっと入って行ってくれとか、そういうことを指示することが可能になりまして、救助犬が非常に使いやすくなるというふうなことが期待されます。

これはこのトムソン・ロイターのランキングですけれども、39位というのはあまりよい数字じゃないと思いますが、ここであれなのは、このトムソン・ロイターの観点から見て、このサイバー救助犬というものが非常に価値があるということで、この39位の理由として挙げさせていただいたというのは大変素晴らしいことだというふうに思っております。

我々、5種類のロボットの上面に様々なタフな技術を開発して搭載いたしました。その成果というのは、様々な世界初、世界一、世界有数の成果として生み出すことになりました。この世界一とか世界初というのは、世界初という証拠はどこにあるんだというふうに言われるんです

が、様々な国際会議のプレナリーとか、いろんなところで世界初だということを主張してきましたが、それに対してそうじゃないと言ったのは1件しかありません。1件は完全に勘違いの事例です。従いまして、恐らくはこれは世界初だろうというふうに思っております。

で、このような成果が出てきたということです。また、産業界からも注目を頂いております。これは、このIMPACTが終了する時点での成果であります。様々な企業からこれを使いたいと、或いはこれを、何らかの一緒にできないかというようなお問合せ等を頂いております。ベンチャー企業も二つでき上がりましたし、そのような形で技術が波及をしているということです。

これは災害に実際に使われた事例でありまして、九州北部豪雨災害を始めとしまして、福島原発とか様々なところで活用が進んでいます。これらを可能にしたのは、プロジェクトマネジメントというのは一つのことであって、実際一番重要だったのは、いかにして研究者の方々、或いはそのユーザーの方々のやる気を出していくかという、そのところだというふうに思っております。その為に、よくあるマネジメントとしては、出口をはっきりさせて、ユーザーが求める不可能は何なのか、で、何をしないといけないのかということを明確化する、出口戦略を明確化するという、或いはマイルストーンを作るということで、それに努めた訳ですが、実のところ、それよりも、本当にその研究者の人のマインドを出口志向に変えていくということが非常に重要でした。

つまり、ここでの研究者の多くの方々は大学の方で、どちらかというといい論文を書きたいと。それが出口にどうつながるかというのは、それは二義的であるというふうに考える方が多かった訳です。これに対して、フィールド評価会というものを開きました。で、フィールド評価会を使うことによって、非常に出口イメージをはっきりさせることができました。つまり、そこで多くの方々に公開をして、それでユーザーの方々からフィードバックをいただくと。また、ユーザーの方々に、我々はこれができるようになった、それはどういう意味があるのかというのを説明をして、御理解をいただくと。それによって、ユーザーがどのようにこれを調達して使うのかということを考える、また、企業の方がこれを活用していくということを一緒に考えていく。それが研究者への非常なポジティブなフィードバックとなったということが挙げられるというふうに思います。そのようなことで、様々な取組をしてまいりました。

災害というのは、そもそも、誰がお金を出すのかというと、企業は絶対に出せません。つまり国がお金を出さないといけないという、そういう分野です。つまり国がやる義務がある訳です。これに対して、例えばこの国連の報告書によりますと、2100年には海水面のレベルが

1. 1メートル上がると。それというのは、100年に1回の災害が毎年起きようになるということを意味している訳です。我々はこれに対して備えていかないと人類が滅びてしまうというのが事実だと思います。

そういう意味で、このようなテクノロジーをきっちりと育てていって、これをきっちと世の中に定着させていくということが非常に重要だというふうに考えております。その一つの、ワンステップを踏ませていただいたのは大変ありがたかったと思います。どうもありがとうございます。

○上山議員 どうもありがとうございました。それでは続きまして、佐橋PM、お願い致します。

○佐橋PM 佐橋です。よろしくお願い致します。目指したものと、革新的な技術成果のポイントを中心に、プログラムの成果について御報告をさせていただきます。

2ページ目ですが、まず、本プログラムの取組方針について、御説明致します。

御存知のように、新たな情報通信技術の進展により、大きな技術変革期にあるコンピュータエレクトロニクス今後の発展・展開と、エネルギー消費量の増大、地球環境との共存を注視して、昨今の我が国の半導体エレクトロニクス産業の状況を鑑み、エネルギー消費量を根本的原理から桁違いに削減可能で、かつ我が国のエレクトロニクス産業の再興に資する突破口、起爆剤となりうる圧倒的差別化技術を創生することを取組の方針といたしました。

その上で、革新的スピントロニクスシーズイノベーションの創出、具体的には、湯浅先端技術開発分科会の中での電圧駆動MRAMの開発と、もう一つが社会変革への応用展開に挑むもので、具体的には社会変革イノベーションの創出を目指した大野社会実装分科会の、いわゆるマイコンの基盤技術の開発に取組ました。

次のページに移ります。これは、まず本論に入る前に、最近の半導体エレクトロニクス産業の状況をお示ししたものでございます。上段が2019年度のトップ15半導体セールスリーダーです。これを見ていただくとお分かりのように、日本は9位に東芝/キオクシア、11位にソニーというところがランクインしているのみで、他は全部ランク外にあります。

私ども、IMPACTの時には、当初マイコンの領域で健闘していましたルネサスエレクトロニクスは、残念ながら現在かなり苦戦しており、ランク外になってしまっています。そしてもう一点は、ソニーの半導体の収入が、東芝/キオクシアに迫ってきているということです。おそらく、来年度以降トップ10入りするものと思われます。特筆すべきはCMOSイメージセンサのソニーの成長率が格段に際立っているということ。それからNANDフラッシュとか

の東芝、或いはNANDフラッシュとDRAMに力を入れているサムソン、SKハイニクス、マイクロンの成長率がいずれも大幅なマイナスであるという特長です。

次のページのところに、ここはオプト、センサーアクチュエーター及び個別半導体の中でどの部分が成長しているかを示したものです。上から2番目の、オプトのCMOSイメージセンサが際立って成長率が高い。これはパワートランジスタと大体同程度になっているところです。それから加えて、これは余分なことかも知れませんが、先程のトップ15ランキングにはファウンドリ専業メーカーである台湾のTSMCが含まれていますが、このTSMCを除くと、中国に本拠を置くファーウェイのファブレス子会社ハイシリコンが15位にランクインし、このハイシリコンの成長率も24%で、ソニーに迫る勢いで成長しているということが現状の半導体エレクトロニクス産業の状況でございます。

それでは、私どものプログラムの内容について御説明致します。

このような半導体産業の状況を踏まえての研究開発構想ですが、我が国が世界を先導する、もはや半導体そのものでは無理なので、スピントロニクス技術を用いた不揮発性の磁気メモリによって何とかコンピュータエレクトロニクスの要である半導体産業のこのような状況を挽回できないかということを試みたというのが一番大きなポイントです。それならメインメモリのみならず、LSIの演算処理までを不揮発性化して超低消費電力化が可能な究極のエコIT機器の実現に挑戦しましょうということで進めたのが私どものプログラムです。

主なチャレンジのうち、最初がスピントロニクス集積回路プロジェクトで、ここでは現在、世界的にも多くの人たちが、或いは企業が取り組んでいるスピントランスファートルクだけではなく、新方式のスピン起動トルク(SOT)素子によって屋内光等の微弱なエネルギーでも駆動し、高速演算可能な不揮発性マイコンの開発を実現するということであり、二つ目が、夢ではあるのですが、磁性体の磁化を電圧で駆動する、しかも高速でということに取り組んだのが電圧駆動MRAM開発プロジェクトです。これが可能となれば不揮発性のキャッシュメモリやメインメモリ等の、記憶装置への応用展開ができるということです。右側にこれらの図を示してございます。

次のページに移らせていただきます。ややビジーな図で申し訳ありませんが、主な成果をまとめたものでございます。

まず、スピントロニクス集積回路プロジェクト、大野社会実装分科会の方ですが、最初の大きな成果は、新方式のスピン軌道トルク(SOT)素子の開発に成功したことです。これは、世界で初めて、パルス幅依存性が450psでも、100%磁化が反転するということを実験で

示したものです。加えて、300mmのCMOSウエハとの集積化で、SOT-MRAMを実際に試作し、350psの高速動作を実証、世界最高峰の電子デバイス国際会議IEDM2019で発表させていただきました。

それからもう一つが、不揮発性マイコンの実現です。こちらは先程の屋内光レベル、100μW以下の消費電力で、しかも高性能な演算性能を実現するということで、200MHzでの演算動作を狙ったものなのですが、実際には50μWを切るところまで低消費電力化したうえで、200MHzの高速動作に成功したものです。こちらに関しては、世界最高峰の集積回路国際会議(ISSCC2019)にて発表させていただき、現在、SIP第2期にて、よりシステム側でのIoT/AIチップの開発へとステージを上げて、研究開発を加速推進しるところでございます。また少し次のページでも説明致しますが、併せて大学発ベンチャーも設立致しました。

それから、次の湯浅先端技術開発分科会、電圧駆動MRAM開発プロジェクトの成果なのですが、こちらは磁性体に電圧を加えただけで磁化を反転させるという非常に難しい課題に挑戦したものです。それで、従前は10とか20fJ/Vmという低い値だった電圧効果を、400fJ/Vm、これは実用レベルの範囲内と書いてございますが、実際にキャッシュメモリへの適用ですとこれぐらいのレベルで充分達成できるものです。

加えて、これには高度なパルス制御を行う必要がありますが、このパルス制御の過程等を工夫することによって、 10^{-6} の書き込みのエラー率を実現しています。これは1回のエラー補正で 10^{-12} までエラー率を低減することができますので、充分実用化に耐えうるものです。このほかにも、安定性を制御する方法を確立したりしております。この技術に関してはソニーの方に興味を持っていただいております。どのような製品形態に適用するかはこれからですが、ソニーとの共同研究で、現在NEDOの事業、実用化プロジェクトへと進展を図ろうとしているところです。

電圧駆動MRAM開発プロジェクトの3番目の成果としては、書き込み方式からのブレークスルーによって、新概念の、これは東芝の成果ですが、電圧制御のスピン트로ニクスメモリを開発しました。この書き込み原理の特徴は、電圧効果という物理と、スピンホール効果という物理の二つの物理効果を組み合わせた巧みな書き込み方式を導入した点にあります。特長は後ほど説明致しますが、高速の書き込みが1fJ/bitの超低消費電力で可能となることです。

これに関しましては、東芝グループの事業領域とは異なるところに大きな特長が現れてきましたので、IMPACT発ベンチャーを設立して推進を図るというところで進めております。

その辺の出口をまとめたものが次のページです。

先程もお話ししましたように、超省電力・高演算性能の不揮発性マイコンに関しては内閣府のS I P第2期で、よりシステム側での展開、及び東北大学発のベンチャーで、こちらの方は設計事業、試作事業、そして知財・ライセンス事業等の展開を図っていきます。ベンチャーは、もう既に設立済みでございますが。

二つ目の、湯浅先端技術開発分科会の電圧駆動M R A Mタスクフォースプロジェクトは、先程もお話ししましたように、純粋に電圧のみで磁化を反転させる方法に関しましては、まだ、若干弱い磁場を必要とするという大きな問題を抱えてはいるものの、ソニーとの間の共同研究開発で、実用化プロジェクトへと展開中でございます。

そして、電圧制御スピントロニクスメモリ(V o C S M)に関しましては、1 f J / b i tの超低消費電力での、2 n sの高速書き込みと、 10^{14} 回とか 10^{15} 回を超えるような高い書き換え耐性に成功致しましたので、是非この特長が活きる、いわゆるキャッシュメモリへの置き換え、不揮発性キャッシュ或いは新しい不揮発性ロジックの開発の推進を図るべく、ベンチャーを設立して今、動こうとしているところです。

次のページを御覧ください。今、私も、I m P A C Tの佐橋プロジェクトで取り組んだのは、いわゆる不揮発性メモリとか不揮発性ロジック等の先進不揮発性半導体デバイスの基盤技術です。この部分をよりシステム側へと押し上げて、システム応用展開、そしてS o c i e t y 5 . 0の実現へと持って行かなければならない訳ですが、わが国、日本の場合は、そのいわゆるS O C、システムオンチップの部分と、コンピュータサイエンスの部分、それからシステムの入り口の辺りがどうしても弱くて、社会変革コンセプト等がうまくつながって行かないことが問題です。ここに縦串的な取組を促す組織が必要ということで、現在、S I Pがその組織的な役割を果たして、よりシステムの研究開発へ展開できているということは非常に良かったと考えております。

そこで、次のページに、これは正にS I P第2期での取組でして、定めた応用分野へのシステム開発からのバックキャストिंगにより、革新的省エネルギー性能を実現するM T J / C M O S H y b r i d I o Tデバイスの基盤技術と社会実装を促進するシステム化技術を開発するというので、進められております。少し図がビジーですので、説明は避けます。

このような取組は何が大事かといいますと、サイバー空間と実生活との結合で生活及び社会的環境が大きく変化するのですが、それにつれてエッジ側で求められる問題解決が増えて参ります。従って、可能な限りメンテナンスフリーのエッジデバイスを開発するということは、社

会からも強く求められているものであるということがお分かりいただけるかと思います。

続きまして、I m P A C Tらしい非連続なイノベーションの成果の例としまして、磁性体の磁化の方向を電圧で制御するというこれまでにはない、物理を使った電圧制御M R A Mのお話を致します。

元々M R A Mというのは、最初は電流磁界、エルステッド磁界で動作するというところからスタートしています。その後も、これは電流、スピン流によって、電流のみで磁化を反転させるというところで、電流駆動、電流駆動と来ているのが今までの流れです。

今、開発、実用化の真っ只中にあるのがスピントランスファートクル(S T T)書き込みであり、電流駆動の磁化反転です。これを半導体のエレクトロニクスと対比すると真空管、バイポーラトランジスタまでは電流ですが、現在、正に主流なのが電界効果型トランジスタのC M O Sです。磁性体の制御も、電圧まで持って行ければまさに究極の目標を達成したことになります。この究極の目標に取り組んだのが、湯浅先端技術開発分科会、電圧駆動M R A M開発プロジェクトであります。

次のページ。この場合、単に静的な電圧で磁性体の磁化をプラスマイナスと反転させることは出来ません。そこで、パルス電圧を使い、磁化のダイナミクスを利用しながら磁化の反転を起こさせます。この時にパルス波形を工夫することによって、現在 2×10^{-6} の書き込みエラー率を達成致しました。これは先程申しましたように、エラー訂正1回で 10^{-12} までエラー率を低減できますので、充分実用化レベルのものになっております。

で、その次が、先程も口頭で申しました、東芝の行った、いわゆるスピンホール効果という物理と電圧効果という二つの物理を組み合わせた、非常に巧みな書き込み方式です。これで実際に2 n sの高速書き込みと、それから 10×10^{13} 、 $\times 10^{13}$ となっていますが $\times 10^{14}$ 、 $\times 10^{15}$ の、極めて優れた書き換え耐性を実現することに成功しています。かつ、合わせて次のページを見て貰うと分かるのですが、1 f J / b i tという、いわゆる揮発性のS R A MとかD R A Mに匹敵するような低消費電力での書き込みができ、かつ不揮発ですので待機時には電力がかからないという、理想的なメモリができるということが分かりました。

それをちょっと私がまとめたのだと異論があるかと思いますので、第三者がまとめたもので御説明致します。M R A Mの技術世代ということで第1世代、第2世代、第3世代、いずれも電流です。で、現在が正に第3世代です。この第3世代のM R A Mを、S R A M代替用に改良したものが、その下の図の左側です。それに対して、私どもI m P A C Tで開発したスピン軌道トルクM R A MとV o C S M、電圧制御スピントロニクスメモリは、いずれもかなり優位

な結果を示しています。特にV o C S Mの場合はメモリセルの大きさ、ビット書換え消費エネルギー、データ書き込み時間、データ書換えサイクルの寿命等を含めて、非常に特長あるものが開発できたということを自負しております。

で、それを図で、横軸に書き込みのレーテンシー、どれぐらいの時間がかかったかというのと、縦軸に書換え耐性を示したものです。左上に行けば行くほど、いわゆるL 3、L 2、L 1 キャッシュというところでキャッシュメモリ、S R A Mキャッシュメモリの中核を崩していくことができるということです。I m P A C Tでは幾つかの成果を出しましたが、正にそこに殴り込みをかけたような成果を作り出すことができたということです。

次のページでちょっとそれを簡単にまとめると、まずはエッジ側でのメモリ階層の変革。これはいわゆるその演算処理部をマイコンレベルではあるのですが、コア部を不揮発性化することに成功し、かつ先程のV o C S Mとか電圧制御M R A Mで示したような高速の不揮発性キャッシュメモリの実現にも成功しています。従って、エッジではまだ、エッジ側ではあるのですが、いわゆる揮発性であった部分がかなり不揮発性に置き換えられるということは分かってきたということです。これは正に非連続イノベーションです。

最後に、余談みたいなものかもしれませんが、最近のM R A Mのアプリケーションで、私どものI m P A C Tによって、エンベデットの用途のほぼ全域、いわゆるコード/データストレージ、これはマイコンとシステムオンチップです。それからワーキングメモリ、これはC M O Sイメージセンサのバッファメモリ等、それからS R A M、エンベデッドD R A M代替キャッシュメモリへの道が開けたということで、かなり大きな成果が得られたものと自負しております。

次にマーケットですが、最後に、どれぐらいの規模に今なっているかということ、予想では2023年度には下のエンベデットの方、いわゆる埋め込み型の方はほぼM R A Mが主流になって、そのマーケットサイズは1100億円。それから、残念ながらそのスタンドアローンの方は、これはインテルのフェーズチェンジ(相変化型)メモリが主流で、その大きさは6100億円。2029年には下のM R A Mが4000億、上のフェーズチェンジメモリが1兆6000億ということで、かなり大きなマーケットになる、成長するということが予想されています。

で、最後に、所感と提言ということをおっしゃったので、1枚にまとめてございます。説明は避けます。

どうもありがとうございました。以上です。

○上山議員 ありがとうございました。

時間がかかり押しておりますが、御意見、御質問ありましたら。最初に、橋本先生。

○橋本議員 橋本です。大変素晴らしい発表をいただいてありがとうございました。個々にも質問があるんですが、ちょっと時間がないので全体的な話で。

非常に出口を意識した研究をやっていたということ、それはもう我々がそういうことをお願いしていたこともあるので、そうやってやっていただいたと思うんですが、田所さんのお話の中にあったように、普通、研究者、大学、特にアカデミアの研究者は論文を書くことをメインに考えていますから、それをどちらかの方に引っ張るというのはなかなか大変だと、その通りだと思うんですね。

その時、一方で、国としてというか、よく言われているように、基礎研究力の時、論文がどうの、論文が下がったと上がったと、こういうのがたくさん出てくる訳です。そういうのが、政策的には、でも、このように出口を意識したもの、出口を意識すると当然、おっしゃったように論文としては書きづらくなる、出るのも遅くなるというのはそういうことになるんだと思うんですね。なので、これ我々ははっきりと、論文だけじゃなくてももう一つの別の指標を出さなければいけないと思い、言いながら、なかなかできていないんです。

なので、是非ちょっと3人にお伺いしたいんですが、論文はもちろん書いていただいているから、それは書いていただくのはいいとして、論文だけじゃなくて、やはり出口を意識したプロジェクトの場合には別の指標というのが明らかに必要なはずなんですね。それを今思った時に、このプロジェクトをやられた中で、どういうものがあると自分たちのアクティビティを正當に評価していただけたらと思っておられますか。簡単にお一人ずつ頂ければと思います。

○山海PM では簡単に。

論文の場合には通常インパクトファクターというものが一つ軸になりますが、それというのはたくさんの研究者がいる分野でたくさん引用された時に成り立つもので、新しい取組だとやりにくい訳です。そこで、ソーシャルインパクトファクターというような、今おっしゃってくださったような、社会に対してのインパクトを指標にするようなものを一つ作ってしまうのもありだと思っております。

以上です。

○田所PM 災害ということ来说うと、出口は政府が用意するものなんですね。ですから、きちっと政府が出口を用意をしていただいて、その出口の観点から御評価をいただくということが必要です。具体的にはファーストレスポnderの方であれば、そういった方々がきちっと評価ができるようなシステムを作る、で、それを彼らの義務としてきちっとやって貰うような、

そういうシステムが必要だというふうに思います。

○佐橋PM 私が思うのは、私の資料の中にも、いわゆるインパクトファクターの大きな論文と、それから併せて特許を示してあります。やはり、昔のIBMじゃないんですが、USPみたいな外国特許をどれだけ取れるかということがやはり技術の価値を決めていくことになりまので、是非特許みたいなところには力を入れていただければいいかなと。

その時に大事なのは、大学が特許を保有するという考え方を少し改める必要があると。大事なのは研究者が特許を書くことです。大学は知財を持つことじゃないです。そこをちょっと勘違いしないようにしていただいた上で、研究者のアクティビティを上げる為のパテントということをちょっと考えていただければありがたいと。

○上山議員 ソーシャルインパクトをどう測るかというのは各国でかなりやられていますので、そういう方向も含めて考えさせていただければと思います。名古屋大学、松尾先生の方から、手が上がっていますね。

○松尾議員 それでは簡単に、山海先生にお伺いしたいと思います。

私も数年前に、福島先生に言われて新潟病院を見学してきて大変感激したんですが、そこで、二つありまして、まず先生の研究、もう随分前からやられていて、様々な公的並びに民間資金が入っていると思うんですが、一つ目の質問は、このIMPACTというプロジェクトでしかできなかったことというのは何だったのでしょうか。これはIMPACTの存在価値にも関わるとは思うんですが、それが一点と、それから2点目は、これを見させていただいたし他の先生たちの評価もそうなんですが、先生の開発されたシステムというのは、そもそもこれは、脳細胞の再生とか、或いはリハビリの在り方をもう革命的に変える、そういうデバイスというか研究だったと思うんですね。

そうすると、例えば脳神経の再生とか、そういったことを逆に基礎研究のところへの提言というのは随分あると思うんですが、その辺りの研究のフィードバック、この辺りはどうなっているのでしょうか、この2点をお伺いしたい。

○山海PM はい、有難うございます。まず、IMPACTでしかできなかったというのは、IMPACTの特長を生かすことが重要だったので、私どもが取り組むものをさらに拡充させる為に、様々な機関選定に関して柔軟に選ぶことができまして、例えば通常ですと、スタートして終わるまで加わっていただくようなことをするところを、内容ごとに、半年から1年半とか、結果的には最後までとか、そういったレベルでぶつ切りにしながら一つ一つ評価することをやり抜いて、それで全体システムを構成していくというこれまでの取組とは違うやり方で行

うことができました。

そしてその結果、例えば、当該 I m P A C T プログラムの研究開発に関する幾つかには、研究開発型スタートアップにも加わってもらいました。研究開発を進める中で、期間中にその中の 2 社は上場しております。それから、50 億円以上の資金調達に成功した研究開発型スタートアップも一つあります。このほか、3 社の研究開発型スタートアップの資金調達もあります。そういったことは、「起業、創業の精神に満ち溢れた国の実現」を究極的な目的とする I m P A C T の特徴を引き出すという点で大きかったと思います。それと、もう一つは世界連携に関して、出口指向の革新的な取組であった為、かなり強化した動きをさせていただいたのも大きかったと思います。

あとは成果について、基礎と実際の間でのフィードバックというものは、実はとても大切で、実適用から基礎の発展というサイクル作りが今回の一番大きなポイントの一つでした。その為に、3 次元細胞培養のレベルから、サイバニクス治療やヒューマンビッグデータの統合などに至るまで、基礎と実際の関係者と一緒に展開できるようになりまして、例えば、再生医療をやっている先生方との連携とか、或いは、最近では薬を開発している製薬会社との連携とか、次の新たなイノベーションへの取組が今回スタートできたのだと思います。そういう意味で、基礎へのフィードバックがまた大きなサイクルを作ってくれるんじゃないかと思っております。

○松尾議員 有難うございました。

○上山議員 有難うございます。では、山極先生。

○山極議員 はい、とても素晴らしい研究でびっくりしたんですが、二つお聞きしたいんです。

一つは継続性ということで、三者三様にやっておられると思いますが、S I P につないだり、それが今うまくいっているのかどうかということと、もう一つは、特に田所先生がおっしゃったような、政府が非常に強く関与するような出口の場合は、例えばベンチャーを作ったりということでは間に合わないことが予算的にはあるし、それから、この技術の発展形を考えると、特に山海先生の場合はかなりインターナショナルになって、ドイツにも売り込んでいるということで、そういう、その世界展開ということが簡単にできるのかどうか、その辺りをちょっとお聞きしたいんですけど。

○田所 P M まず継続ということなんですが、継続する為には、例えば企業の場合ですと、お客さんがいないと継続できません。つまりお客さんがいかにしっかりしているか、マーケットがしっかりしているか、それが結局はできるかできないかを決めます。大学の場合には必ずしもそうではないんですが、大規模な、こういった研究をやろうとするとどうしても大きなお金

も要るし、ちゃんとそのチームを作る必要がある。チームを作る為には、やはり政府が継続的にこれをファンディングしていくということは必須だと思います。

世界展開ということなんですが、実はもうたくさんのところからいろんな引き合いは頂いています。特に、欧米もそうですけれども、ロシアとかいろんなところからそういった引き合いも頂いていますが、あまり真面目に対応はしておりません。すべきなのかどうなのかよく分からないという、まあそういう意味でもあるんですが。

やはり、これに対して、何といたしますか、例えばS I Pのインフラとかですと、国交省がしっかり付いている。L S Iですとメーカーさんがしっかりいて、そこが一生懸命進めようとしている。ですから、そういったユーザーベース或いは産業ベース、政府ベース、何でもいいんですが、そういったドライブをする、それがずっとこう長く続くような、そういうところが中心になって進めていただかないと、なかなかこの分野はつらいところがあるんだなあというふうに思っております。

しかしながら、各研究者というレベルで言いますと、これを契機としているような新しい取組が始まって、災害がターゲットじゃないかもしれませんが、産業かもしれませんが、それに対してテクノロジーをそこにアプライしていくというのは、もういろんなところでやっています、例えば学会とか行きまして、あ、これはI m P A C Tから発生したものだというのが随分あります。

企業さんに関して言いますと、今できた二つの企業というのは、コンポーネントテクノロジーの企業でして、決して災害ソリューションを提供する企業ではありません。コンポーネントは売れます。ですが、災害というシステムになるとなかなかちょっとそういう訳にはいかない、つまりユーザーがしっかりしていないからという、もうそういったことだと思います。

ですから、今、H o r i z o n 2 0 2 0の関係でドイツのT H Wとかそういったユーザーさんと随分、色々やっています。それで、彼らは私がこれを説明すると非常に高く評価してくれます。今やっているプロジェクトは全く別なところですが、そこはどうやっているかというと、要するにそもそもユーザーが、たくさんユーザーが、もう100人ぐらいのレベルで入ってきていて、その人たちがリクワイヤメントを一生懸命議論をして、そのリクワイヤメントを議論して、それを作ることが彼らにとってのプロジェクトの成果であるという、何かそんなふうなプロジェクトの一部としての組立てをしていて、それはテクノロジーを作る側から言うとな非常に大きなギャップがあるんですけれども、しかしながらそこで、共通性といいますか、ネゴシエイトできる部分というのは非常にたくさんあって、我々としてはそれが、つまりユー

ザーにとって何が本当に求められているのかというのは、初めて明らかになるということだと思う。

逆に言うと、ユーザー側からすると、夢ではなくて、つまりＳＦではなくて、本当にそれがテクノロジーとして何が実現しそうで何が難しいのか、そこら辺が明らかになるということだと思いますね。私のプログラムですとそれをやろうとしてフィールド評価会というのをやったということですが、いろんな形でそういう取組を進めていくことが非常に重要だというふうに思います。

○上山議員 山海先生の方からも。

○山海ＰＭ ちょっと田所先生と重なるんですが、やはり、社会にとって大切なことということ、実際に社会の中で広がっていくという話は、ちょっと軸が違う場合があって、こういう取組をする時は、かなり先を見据えた取組になるので、初期の取組がスピードアップしにくいことがあると思います。その為に、小さくてもいいので、これができたのかという突出した成果を積み上げていくのがかなり重要で、そうすると、色々なところからお声がかかってきます。

例えば、諸外国から、日本政府がこういった取組をやっているということで、その国では政府の予算で関連の取組が動き始めることもあるでしょう。例えば、イギリスのＮＨＳの予算で動くものもあり、突出した成果はその国でも支援されるという話があります。そういうふうにして突出した成果を一旦出しますと、そこにまつわるものがまた動くので、それで研究開発に関わる資金を外部からも持ってこられるということにつながります。例えば、今回のようなものも、実は公的なところは幾つかの各省庁の取組も重なる部分はある訳ですが、実際に試作品を見せた企業の方々がそういったところで関わってくださるということで動き始めると。それをやることによって、研究開発の推進と資金調達のサイクルをスパイラルアップしていくようなシナリオを、いつもそういうところに発信していきながら引き込んでいくということも視野に入れておくと思います。

政府が絡むことのメリット、素晴らしいところについては、制度設計のところちゃんとフィールドバックしやすいというところがあります。こういうプログラムの特長というのは、社会課題の解決を見据えた取組であり、これは社会変革への流れと連動することになります。その結果、世界共通の社会課題を解決する取組が、日本だけではなく国際的な取組へと繋がり、社会制度の再設計へと展開されやすいということになるのではないのでしょうか。諸外国の方々が共に歩みたいと関わってくれているのは、そのような社会全体の取組を重要視してくれている

からだと思います。

○上山議員 時間も迫っていますので、最後に篠原議員の方からどうぞ。

○篠原議員 今日はお三人から素晴らしい成果を伺って嬉しかったです。本当は時間があれば色々伺いたいことがありますが、時間もないので山海先生に一点だけ。

最後の教訓、提言のところに、育成されたPMをフル活用すると記載されており、大賛成です。間違っているかもしれませんが、その分野の専門家でなくても、プログラムマネジメントをある程度のことが分かっていればできると思っています。ただ、プログラムマネジメントの選定の時に、その分野の専門性を大事にしてくる部分があると思っています。

例えば山海先生が、やりたいかどうかは別にして、違う分野のPMも充分できると思いますが、PMとしての資質と専門性をどのようにお考えになっていますか。

○山海PM 実はこのぐらいの規模の取組になってきますと、かなり異分野が全部連動してしまいますので、気がついてみると今先生がおっしゃってくださったように、異なる分野が、自分とは違うなんて意識はもうなくなってしまいます。そうすると、このプログラムはどうマネージして、到達させていくかというところにフォーカスしますから、そういう意味で、先程のバックキャストもそうですが、ものの考え方とかストラテジーはかなり近いところがありますので、分野が違って同じようなことはできるんじゃないかと思っています。

こういった予算を使いながら、素晴らしい成果を社会に示したり社会実装したりできたことは、極めて激しい取組ではありましたが、とてもやりがいのあるものでした。気がついて見ると、IMPACTの取組を通して、PMである私自身が人間形成も含めまして、とても進化したと実感しております。私に限らず、このように進化・成長したPMをパーツとして、その組織や社会が使っていくというのは、充分にあり得ることだと思いますし、そうでなければいけないんじゃないかとも思っています。

○上山議員 では、時間が長くなって申し訳ありません。本日の公開の議題は以上となります。山海PM、田所PM、佐橋PMも有難うございます。会議は終了となりますので、関係府省及びプレスの方は御退出をお願い致します。

午前11時12分 閉会