

第18回革新的研究開発推進プログラム有識者会議 議事概要

- 日 時 平成28年9月8日(木) 10:10～11:00
- 場 所 中央合同庁舎8号館 6階623会議室
- 出席者 石原副大臣、久間議員、原山議員、上山議員、橋本議員
- 事務局 武川内閣府審議官、山脇統括官、生川審議官、進藤審議官、
松本審議官、柳審議官、佐藤参事官、福嶋参事官
- P M 野地PM、原田香奈子PM

○ 議事概要

午前10時10分 開会

- 久間議員 次の議題は革新的研究開発推進プログラム有識者会議になります。

この会議は公開で行いますので、プレスの方を入れてください。

(プレス入室)

- 久間議員 それでは、第18回革新的研究開発推進プログラム有識者会議を開催させていただきます。

内山田議員、小谷議員、十倉議員、大西議員が御欠席です。

本日は、石原副大臣が御出席されることになりました。どうぞよろしくお願いいたします。

本日の議題は、「I m P A C T研究開発プログラムの進捗報告について」及び、「PMによる研究開発機関の追加に関する確認について」です。

I m P A C Tの研究開発プログラムにつきましては、革新的研究開発推進プログラム運用基本方針に基づきまして、概ね半年ごとに、PMから進捗状況について報告することになっています。

本日は、16名のPMのうち、野地PM、原田香奈子PMの2名より研究開発プログラムの進捗状況について報告をしてもらいます。説明時間15分、その後の質疑応答3分の合計18分で、時間厳守でお願いします。説明の終了2分前と、説明終了及び質疑終了時間にそれぞれ鈴を鳴らします。

まず、お手元の資料1-1を御参照ください。

それでは、野地PMよりよろしくお願いいたします。

○野地PM ありがとうございます。

そうしましたら、我々のプログラム、「豊かで安全な社会と新しいバイオものづくりを実現する人工細胞リアクタ」プロジェクトについて、進捗状況を御説明させていただきます。

まず最初に基本的な構想なんですけれども、こちらは今現在我々が直面している、豊かで安全な社会を実現するためのバイオ技術イノベーションに非常に強いニーズがあるわけですが、特に、例えば、健康な長寿社会の実現、低価格バイオ燃料や食の安全、そして自由度の高い細胞工学の技術の実現というのが強く望まれています。

しかし、現況は、例えば、バイオセンシングにおきましては、診断・検査における感度不足。若しくは、新しいバイオテクノロジーには常に新しい分子をつくる必要があります。ここでは、たくさんの分子をつくってその中からベスト・オブ・ベストを選ぶ必要があるんですが、そのスループット性の低さがボトルネックとなっています。さらに、バイオ産業全体においては、現在のバイオテクノロジーが実質的に天然の細胞に依存していることに起因する技術的ボトルネックが多数存在します。

こういった技術的なチャレンジを打破することができたら、例えば、手軽で超高感度な診断技術による健康な長寿社会が実現するものと期待されます。

また、高いスループット性を持って、たくさんの優れたバイオ分子をつくることができたら、そのバイオものづくり革新ということが期待されます。

更に、人工的に我々が生物を、細胞をデザインすることができたら、それはもう、もはや人工細胞と呼べるわけなんですけれども、それを用いた全く新しいバイオ産業というのが出現してくるというふうに考えております。

我々は、それを実現するための一つのキーテクノロジーとして、日本が誇る世界トップのマイクロデバイス技術と生体分子を組み合わせ、細胞の機能を再構成する人工細胞技術との融合をしまして、これを「人工細胞デバイス技術」と我々は呼んでいるんですけれども、この組合せによって先ほどのような問題が打破されて、新しい産業が生まれてくるというふうに考えております。

成功へのシナリオとしましては、例えば、センシングバイオ診断におきましては、もう非常に革新的な感度の上昇に伴って、それによって臨床診断市場のゲームチェンジが実現するというふうに考えております。今日はこの後、実際にそれが起きそうだという話をさせていただきます。

また、この人工細胞リアクター、たくさんありますので、それを使ってベスト・オブ・ベストの酵素をとってくるという技術を確立することで、多角的に酵素の新産業を創出したというふうに考えております。

3番目に、我々は試験管の中で、もうゲノムと呼べるぐらいのサイズの非常に長いDNAを作成する技術と、それを起動する——ゲノムを細胞に入れて、人工細胞として動かす起動技術というのを組み合わせることによって、人工細胞を用いて21世紀のバイオ産業を牽引したいというふうに考えております。

こちらの方がプロジェクトの体制図でして、先ほどのドメインに合わせまして、「はかる」、センシングの技術。そして次に、様々な酵素を改変し、スーパー酵素をつくる、「つくる」技術プロジェクト。更に、人工ゲノムを合成し、更にそれを起動させるという技術にチャレンジする「ふえる」プロジェクト。この三つのプロジェクトを支えるグループとして基盤開発グループを設置し、参画メンバーに人工細胞リアクターを提供します。これら4つのグループのマネージングのために、私を初め補佐4人、支援グループ2人、そのほか外部のアドバイザリーボードの方々をいれたのがプログラムマネージャーグループです。こちらが我々のプロジェクト体制図です。

今回公募いたしましたして、プロジェクト1「はかる」に関しては、遺伝子をセンシングする全く新しい技術の研究者を採択しております。

また、「ふえる」プロジェクトにおいては、今本当に人工ゲノムを試験管の中でつくる技術が実現しつつあるのですけれども、それを今度は、長いDNAは単なる物質ですので、これを用いて生きている分子システムとしての人工細胞をつくるための技術開発に携わる公募研究三つを選びました。長いDNAを、まず小さくまとめて、それを人工リポソームと呼ばれているカプセルの中に入れて、これを今度は細胞と融合させる、その三つの技術に携わるメンバー3人を選んでおります。

次に、この構成で行う目標とマイルストーン、そして出口戦略について簡単に御説明いたします。

まず、最終的な目標ですけれども、センシングにおいては、今我々が健康診断で受けているような、様々な臨床診断、こちらの反応をデジタル化します。デジタル化するというのは、非常にたくさんの試験管、これは人工細胞デバイスを使うわけですけれども、試験管に分けて、ターゲット、センシングしたいものを「01」でセンシングするという、そう

いう意味で我々はデジタルというふうに呼んでいるんですが、デジタルELISAと呼ばれている反応。

そして、デジタル遺伝子検出というのを実現し、感度を100倍、若しくは反応速度を10倍向上させ、更にそのセンシング技術を自動化させます。

次に、スーパー酵素の創出をします。診断用、バイオマス処理用、創薬ターゲットのためのスーパー酵素を作成し、活性が10倍、若しくは非常に安定性の高いものをつくり、それを実際に社会に実装化いたします。

次に、人工細胞を実際につくるプロジェクトでは、まずゲノムを合成する技術というのに今取り組んでおります。更に、それを用いて、実際の人工細胞と呼べるものをつくるために、人工ゲノムを起動させる技術の開発を行います。これによって、ゲノムサイズのDNAを完全試験管内合成いたします。

更に、それで起動した人工細胞を創出し、人工ゲノム技術の事業化というのを目指します。これが我々の目標であります。

これが、それぞれの項目における出口戦略とマイルストーンになります。ビジーで恐縮ですけれども、「はかる」に関しては、我々は3年間しかないわけですが、最初の2年で基本的な開発は終了し、最後の3年目には、医療機関へ配布してテストしてもらうことを目標としております。

これは、最終的に臨床診断に用いますので、開発はこの後少し時間がかかるわけですが、終了後数年後に診断薬として販売したいというふうに考えております。そのためのマイルストーンがこちらに挙がっております。

次に、「つくる」なんですけれども、これは様々な酵素がありますので、個別に御説明する時間はないのですが、基本的には、やはり最初の2年間で酵素をつくり上げて、最後の3年目、最終年度にはパートナー企業——申しおきましたが、「つくる」のメンバーは基本的にアカデミアが多いですので、アカデミアから、実際に事業主体としての企業、若しくはベンチャー化する必要があるわけですが、そちらへの移転に3年目は集中したいと考えております。

例えば、マイルストーン例では、これは私自身の研究でもあるのですが、酵素を最終的に10倍活性化したものを必ずつくりたいというふうに考えております。

その実際の販売の期間に関しては、それぞれの酵素によって異なりますが、例えば、バ

イオ燃料の処理酵素に関しては30年度の途中からパイロット実験をする予定でありまして、確認後すぐに利用したいというふうに考えております。

また、「ふえる」に関しては、ゲノムをつくってゲノムを起動させるわけですが、このつくる技術に関しては、非常に速い進歩で今進んでおりまして、それに関しては、できれば3年前後で、キットとして販売したいというふうに考えております。

基本的には、基本技術を2年間でつくり、やはり3年目にパートナー企業と緊密に事業化に向けて、事業化の具体的なプランを進めていきたいというふうに考えております。

4番目の基盤技術に関しては、デバイスをどんどん供給しますし、あともう一つ大事なのは、測定装置やスクリーニング装置というのを自動化しまして、そのプロトタイプを開発終了、そして関係者に配付、そして終了後に販売という形で進めていきたいというふうに考えております。

ここまでの研究成果。これは非常に多岐にわたりますので抜粋ですが、まず一つ大きな進展は、このプロジェクトに関わっているAbbott Japan社の吉村グループなんですけれども、皆さんが健康診断で、若しくは腫瘍マーカーのセンシングで使われているELISAという方法があるんですけれども、これは、実は様々な局面で使われております。非常に簡易性の高い、しかし感度の低いものから、大学病院等で使われている、簡易性は低いんですけれども非常に検出感度が高い種類があります。

特に、非常に感度の高い方法としてこの二つが挙げられまして、マーケットサイズは国内だけでもこれだけの規模がありますが、検出限界はこのように設定します。ここに携わっているのは、このマーケットにおける世界的な、ナンバー1の会社なんですけれども、この会社で用いられている従来のシステムを使ったデータ、ちょっと見にくくて恐縮ですが、あるターゲット、中身は今日公開できませんので、ターゲットと言わせていただきますが、あるターゲット濃度を、このように10分の1ずつ希釈して、実際の信号をとりますと、ほぼ何も見えないような条件でも、今回のデジタル化、このIMPACTのプロジェクトによって、もう実に300倍の感度が既に達成されております。これによって、現在の検出限界点が300倍も上昇しております。

最終的には、今ある様々なELISAを用いたマーケットを吸収した新しいマーケット市場をつくりたいというふうに考えています。

これは実際の実データでして、試験管が無数に並んでいまして、その中で白く見えるのが

光っている、つまりターゲットがいるリアクターです。この白い点を数えていくというわけでありませう。

ということで、既に大幅な、非連続的なイノベーションが実現されつつあるというふうな考えております。

また、これは別の例なんですけれども、スーパー酵素をつくる技術に関してなんです、先ほどの説明では、たくさんつくって、その中からベスト・オブ・ベストを選ぶというふうな話をしましたが、まずどういうふうにつくるのかというところが非常に重要でして、基本的には、理論的にある程度計算して分子を改変します。そこから更に改変を加えてスクリーニングをするわけですが、まず最初に理論的な計算が非常に重要です。

ここでターゲットとしているのは、実は創薬ターゲットとして非常にこの業界では有名な、膜タンパク質GPCRというものがあるわけなんですけれども、これをターゲットとした創薬の一つのボトルネックは、そのタンパク質が非常に安定性が悪い。言い方を変えると、構造がいろんな構造、★(L/0:28:50)経巡★っているという、そういった特徴のあるタンパク質であります。それがゆえに、きちんとした構造を決定することができず、その構造に合わせた化合物の設計が難しいという現状があります。

これに対して、千葉大学の村田グループは、日本独自の★(L/0:29:09)溶液★理論を用いて、タンパク質の構造を非常に簡単なプログラムで計算、予測するというところに成功しており、実際に、この創薬ターゲットのGPCRを用いて、このシミュレーションをして、その結果に基づいて実験をしたところ、実は30%という非常に高いヒット率で当たりをとることに成功しています。これは、アミノ酸の配列の組合せが莫大な数があるということを考えますと、極めて特筆するべき値であるというふうな考えております。

これによって、非常に今まで創薬のターゲットとして難しかったタンパク質の形をかちつと決めることができ、もし構造を決めることができますと、理論的に化合物の設計ができるというわけでありませう。

最後に、「ふえる」プロジェクトに関しては、もしかすると御存じの方もいらっしゃるかもしれませんが、アメリカのクレイグ・ベンターというところが、今このリーディング・リサーチャーなんですけれども、世界を牽引している研究者なんです、実際にゲノムと呼ばれるぐらい長いDNAをコンピューターで設計して、試験管の中で合成し、それを実際に生きた細胞に導入することに成功したと発表をしております。

ただし、このときに行うDNAの合成技術というのは、短いDNAの断片をたくさん集めて、それを何度も細胞の中に入れて、繰り返しちょっとずつ伸ばしていくというプロセスを行っております。最初のトライアルは、何と14年間もかけて、40億円もかかったというような、そういう技術でありまして、ここの技術そのものに関しては、見るべきものはありません。

我々のImPACTでは、このプロセス、細胞を用いて何度も短いDNAからちょっとずつ伸ばしていくというプロセスを、一遍に、試験管の中で一晩で伸ばすということにトライしてありまして、キーテクノロジーである試験管の中でゲノムサイズのDNAを指数増幅させるという技術に成功しております。

こちらが実際に合成された、複製されたDNAの電気泳動と呼ばれている解析結果なんですけれども、ここにしっかりとふえたものが見えております。これは合成の途中の副産物、途中産物であります。

ということで、ゲノム合成に関しては、革新的な高速化というのが、今実現されつつありまして、人工ゲノムの事業化に関して、今我々は強力に進めております。特に、これは本当に21世紀のバイオテクノロジーの基盤的な知財になるというふうに我々は考えてありまして、ImPACTのプログラスマネージャーグループで、この技術に関してもう10回以上特許戦略会議を行い、世界標準の技術を守るための知財戦略というのを、今行っております。

進捗状況ですけれども、3年間あるわけですから、今、真ん中よりもちょっと早いぐらいかと思うわけですが、それぞれの実際の項目によって、でこぼこが実際にはあるんですけれども、おおよそ予定どおり、若しくは予定よりも早く進展しております。

マネジメントに関してなんです、これも非常に個別性が高いので、一つ一つお話しする時間はないかと思うんですけれども、研究に合わせて、今回アカデミアのメンバーが多いです。事業化の戦略というのが重要になってくると我々は考えてありまして、そこで弱点が見つかった場合には、それを、後ほど御説明しますプログラスマネージャープロジェクトとして実際にスタートさせて、集中的に対応しております。

その具体的な四つのPMグループ内プロジェクト1、2、3、4、簡単に御説明しますと、まず1は、これは人工細胞をつくるプロジェクトを最終的に言っておりますので、その倫理、バイオセーフティー、バイオセキュリティに関する懸念に関して調査、リサーチし

ております。

また、先ほどの膜タンパク質に関する事業化の戦略、あと、バイオフィルムに関する戦略、あと、先ほど最後に御説明した人工ゲノムをつくる特許戦略に関して特別なチームをつくっております。ということで、そのレポートに関しては、また次回お話しさせていただければと思います。

最後にまとめますと、各プロジェクト、それぞれ順調に成果が進んでおります。

公募プロジェクトも決定いたしました。ほぼ全部のメンバーのサイトビジットも終了しております。プログラムマネージャーグループのプロジェクトを進行中であります。

今後、運営会議、若しくはそれぞれの研究に関するワークショップ等々の企画をしております。

すみません、ちょっと時間を超過してしまいましたけれども以上です。よろしくお願ひします。

○久間議員 ありがとうございます。

それでは、野地PMの研究開発プログラムの進捗状況に関して御意見をいただければと思います。

橋本議員、どうぞ。

○橋本議員 個々について説明いただいて、みんな大変すばらしくいっているということですが私もそんなによく分かりませんが、極めて難しいことにチャレンジしているはずだと思います。この話は全部すごく基盤的なものであるだけに、すぐ市場に出てうまくいくという話と違ってだいぶ出口が遠い話のはずなのに、今日の発表を聞いていると、全部が予定どおりと言っていて、すごく出口が近いように聞こえました。あと3年間で本当にどこまで行けるのかということについて、もう少し正確に説明した方がいいのではないのでしょうか。それとも、野地さんが言っているレベルを我々はそのまを受け入れて良いのでしょうか。

○野地PM ありがとうございます。おっしゃるとおりでして、この研究の最終的な目標はものすごく、学術的にも非常にチャレンジなものを含んでおりますので、それがすぐさま、その成果が事業化するわけではありません。

ただ、我々としては、その過程における様々な技術革新、それもまめに、一つ一つ拾って事業化しようというふうを考えておまして、例えば、今御指摘があったのは、恐らくこ

この人工細胞の部分かと思えます。これは、人工細胞をつくるだけでもすさまじいブレイクスルーになるわけですがけれども、その過程で、今日御説明したように、人工ゲノムをつくるという技術ができます。これは実際に、市場は必ずしも大きくはないのですけれども、研究者コミュニティーにもものものすごく強いニーズがありまして、それはすぐに事業化できると考えております。我々は、そこに関しても、一つ一つ事業化しようというふうに考えております。

ただ、おっしゃるとおり、最終的な目標である、人工細胞を用いた産業の創成というのは、非常に時間のかかるものと我々も考えております。御指摘ありがとうございます。

○久間議員 よろしいですか。ほかに御意見はございますか。

原山議員、どうぞ。

○原山議員 そういう意味で、やはりこのインプリケーションというのは、産業化と同時にリサーチツール、リサーチの仕方そのものも変革させるという、その辺の柱もちゃんとしっかりと位置づけていただきたいのが一つです。

それから、先ほどPMグループ内のプロジェクトとあって、これは多分これまで話がなくて、新しいやり方で、やはりこういう仕掛けの仕方も、新しいものをしながら、できればほかのPMの方たちとも、こういうやり方というものをシェアしていただければなと思います。

○野地PM ありがとうございます。

○久間議員 他に御意見ございますか。 上山議員は、よろしいですか。

○上山議員 ご報告はすごくインプレッシブなんですけれども、要するに、出口の市場化のところまで、本当にこんなに速くできるのかということですね。僕らのような研究者にしてみれば、マーケットまで持っていくのははものすごい難しいところがあるのに、3年終わったら、すぐにもうベンチャーに行ってみたいな話がばんばん出てくるというのは、僕の感覚からは、とても速いな、速すぎるなという感じを持ちました。もう一つ、例えば、クレイグ・ベンターみたいなスーパースターの研究を完全に凌駕しているみたいな形で書いてあって、これは、相当アカデミックにも、とても注目されたりしているのでしょうか。

もちろん専門家じゃないから分からないけれども、この分野のスーパースターの基礎研究を追い抜くようなスピードというのは、とてもインプレッシブに感じました。そういうアカデミックなところと、出口のマーケットがこんなに近いというのは、もう少し注目して

見ていたいというのが正直な印象です。

○野地PM ありがとうございます。全力で取り組んでいきたいと思っております。

○久間議員 アグレッシブな計画を立ててそれを進めながら、目標スペックやスケジュールをフレキシブルに変えていくのがいいと思います。最初から10年や20年といった長期の計画を立てて進めたら、達成できません。だから、このようなスピーディな計画を進めていただいて、スケジュール的に難しければ変更する。しかし、この分野では常に世界のトップを走るという気持ちで、積極的に推進していただきたいと思います。

○野地PM ありがとうございます。今まで久間議員、原山議員を初めとするIMPACT議員の皆様方に大変な指導をいただいて、事業化については強化しております。3年間でできる範囲、全力でやらせていただきたいと思います。

○久間議員 準備期間が長かったのですが、スタートは遅れましたが、結果は一番早く出すという意気込みでよろしくをお願いします。

○野地PM はい、ありがとうございます。

○久間議員 どうもありがとうございました。

続きまして、お手元の資料1-2を御参照ください。原田PMよろしくをお願いします。

○原田PM 御紹介ありがとうございます。原田と申します。「バイオニックヒューマノイドが拓く新産業革命」の進捗状況について御報告させていただきます。

まず、現在の課題について、具体例を用いて説明させていただきます。

例えば、現在の手術支援ですと、医師が、「この臓器は豆腐みたい」というふうにおっしゃるんですが、「豆腐みたい」とは何だろうと思いつつ、技術者が豆腐に似たような人工モデルをつくる。あるいは、医師がヒト臓器に似ているような動物を見つけてくる、そういうことが行われています。

また、「ちゃんと縫える機器が欲しい」というようなことを言われるわけですが、「ちゃんと」とは何だろうと思いつつ、技術者が機器を開発していく。これらを用いて、このように教育訓練、評価ということが行われているわけですが、その結果、例えば、「もっとちゃんと縫えた方がいい」ということをおっしゃったりするんですが、「もっとちゃんと」とは何だろう。それが分からないまま、終わりのない練習、終わりのない機器改良ということが行われております。「そもそも、そのモデルでいいの」ということもございます。

このような状況で患者に実践するわけですが、それが本当に安心、安全なのかということは、疑問に思うことだと思います。

ここで、このような「豆腐みたい」ですとか、「もっとちゃんと」といったような感覚的な表現を定量的に理解することができれば、試行錯誤のない、倫理的なプロセスを実現できるのではないかと。それが私の取組でございます。

このプログラムで何をやるかということなんですが、まず、ヒトを徹底的にはかります。形状と、その物性について、薄い膜まで計測していきます。

それらのデータを用いてバイオニックヒューマノイドをつくります。これは、センサーを搭載した超精巧なヒトモデルで、「豆腐みたい」というものを定量化したようなモデルです。このバイオニックヒューマノイドに対して、医師が操作を行います。

これによって、医師が今何をされていて、何をしたらうれしいのか、そういうようなことが分かります、数値として出てきますので、技術者の方でも、革新的な技術シーズを用いて機器を開発することができますし、その試作を、このバイオニックヒューマノイドで評価するということができます。

このような仕組みによって、例えば、若手のお医者さんはこのぐらいお上手で、熟練医はこのぐらい、熟練医が機器を使うとこれぐらい、さらに機器を使う訓練をすることでこれぐらいといったように、パフォーマンスをちゃんと定量的に見ることができる。「ちゃんと縫える」ということを定量化することができます。

これにより、効率的な教育訓練、効率的な機器開発が可能となりまして、安全・安心の医療が実現できます。

これは医療の例ですが、このような感覚的な表現が多用されている分野に、このような考え方を展開することで、技術シーズの社会実装を加速し、安心・安全の社会を実現していきたいというふうに思っております。

このプログラムでは、先ほど申し上げましたように、教育訓練からニーズ抽出、研究開発、そして市場の展開、産業普及までの、このプロセスを定量的、倫理的にするための医療用プラットフォームとしまして、動物やヒトのかわりに使えるようなヒトのにせ物、バイオニックヒューマノイドを開発いたします。

これによりまして、技術シーズが加速的に研究開発され、社会実装が進むわけですが、これを具現化した例としまして、匠のロボット、スマートアームを開発いたします。

これを全部まとめまして、安心・安全な医療を実現してまいります。

これを、それぞれプロジェクト1、2、3ということで行っておるわけですが、今回、これの医療以外への展開ということで、サービスロボット用プラットフォームを追加したいと思っております。後で御説明申し上げます。

プロジェクト1、2、3につきましては、2月に既にスタートしておりますが、目標値につきまして、更に議論を進めてまいりました。

プロジェクト1のモデルをつくるころでは、人体の精密計測データに基づいて、その解剖学的構造と物理特性、その両方を忠実に再現し、高精度センサーを搭載したモデルをつくります。「本当にそのモデルでいいの」といったところの妥当性を評価する手法を開発してまいります。

プロジェクト2の具現化のところでは、日本が得意とする産業ロボットをベースに、センサーの多自由度ツールを搭載した、人が直接操作できる安全なロボットをつくりまして、それにスキルを搭載いたします。

プロジェクト3では、これは医師のグループですが、医療画像や生体サンプルの提供、試作の評価、学会展示などを実施していただくわけですが、特に、この専門医認定制度へのモデルの採用を推進していただきます。これは、このモデルで、「ある程度上手ではないと専門医とは言えませんよ」というような、そういうような仕組みを制度化することです。そちらを推進していただきます。

この出口目標の図は、こちらかなりビジーで申しわけないんですが、まず、バイオニックヒューマノイドのモデルについては、全身をつくるのですが、特に頭部について詳細なものをつくってまいります。来月、第1回の全体統合を目指して要素開発を進めておりまして、来年、再来年とバージョンアップをしていきます。

この全身のモデルは、こういう未来があったらいいねというコンセプト・プラットフォームとしまして、トレーニング施設などでの採用、展示を目標としております。

個々の単体モデルとしては、既存の製品にラインナップを追加するような形で実用化していきたいというふうに思っております。

スマートアーム、ロボットの方につきましては、こちら来月第1回の統合を目指しておりまして、片手をつくります。来年は改良した上で両腕、3年目に匠の制御を実装して、賢くしていくということを行います。

これも、もちろん事業化を判断するわけですが、その一部として、手術用のセンサーつきツールとしてだけでも、若しくはその制御の部分だけでも産業ロボットに応用できないかということで、こちらの方の事業化についても議論を進めているところでございます。

プロジェクト3につきましては、随時サンプルの提供をいただいたり、手術見学させていただいたり、試作を評価するというを進めておりまして、最終的には、先ほど申し上げました専門医認定制度への展開を目指しております。

プロジェクト4は、サービスロボット用の高度ダミーをつくりまして、その評価サービスとしての実用化を目指していきたいというふうに思っております。

幾つかのターゲットとなる手術を設定して研究を進めておるわけですが、まず、最も高度な技術を要する脳外科と眼科を対象につくりまして、他科に展開するという形にしていきたいと思っております。

幾つか手術がございますが、これは、例えば、鼻から術具を挿入して、ここの腫瘍を取るといった手術において、そのとった後の、この硬膜を縫うという、こういう手技を対象としております。あとは動脈瘤ですとか、眼底、目の底にある血管や膜に対する手術、あとは緑内障、白内障などの手術を対象としております。

眼科は局所麻酔なので、術中に患者さんの意識があるということで、手術をしながら熟練医の方が若手を指導するということが大変難しいということで、こういうモデルのニーズが非常に高い分野でございます。

現在のバイオニックヒューマノイドに関する既存の技術なんですが、このようなものがございまして、医師の感応評価を頼りにつくった「臓器に似ている」モデルで、若しくは動物でやみくもに練習している、若しくは機器評価をしているというような状況です。

これに対して、センサー付きの精巧なヒトモデル「バイオニックヒューマノイド」を開発していこうとしております。

私どものプロジェクトでは、みんなで一つのものをつくるということで、工学部同士の連携を強化するために、このような形でモジュールに分けて分担して研究開発を行っております。

こちらは統合プラットフォーム、こういう未来があったらいいねということでつくっているモデルでございます。まだCGではあるんですが、来月、第1回の統合を目指して進めて

おります。見た目もヒトに似せることは可能なのですが、今回は内部の臓器をつくっているということで、まずは、透明なものということで試作を進めております。

それぞれの要素技術においてもチャレンジをしております。

まず、その解剖学的構造の計測につきましては、例えば、こういうMRIで撮ったような画像をデジタル処理で高解像度にするですとか、こういう臓器の境界線を自動で抽出するよというような技術も開発しております。

こちらは御検体をスライスして、写真で撮ったデータから3次元に構築したもので、実際の臓器と同じ色、構造の3Dデータというものの作成も進めております。

物性につきましては、既に文献値などもあるわけですが、今回はヒトの膜や微少組織までも計測したいということで、そのようなセンサーはございませんので、はかれないものは、まずセンサーからつくるということで、こういうようなものを開発しております。

このようなセンサー技術を使って、感覚的表現、例えば、「豆腐みたい」とおっしゃるようなことを定量的な数値として、指標として開発していくことをやっております。

具体的には、血管モデルや眼球モデルをつくっているわけですが、血管モデルにつきましては、若者から老人までの血管の特性を再現したようなモデルをつくってございまして、そのそばに、このような非常に小さいセンサーを配置して、血管の内圧がはかれるようにしております。

こちらは眼球のモデルなのですが、これは意図的に出血させているんですが、この血が流れるような眼球のモデルをつくっていたり、これは実際の手術の動画ですが、着色した膜を剥がしています。

これを練習するためのモデルとしまして、こういう青いモデルをつくっているんですけども、これは今ちぎれやすくて、そのちぎれやすさというのは何だろうということを、今研究しております。

眼底にかかる力のセンサーについても開発をしておるところでございます。まだ試作の第1段階なのですが、ぶちぶちちぎれたり、「ねちよっとはがれる」というふうな御指摘を受けるんですが、「ねちよっ」とは何だろうというところを、一生懸命学問しているところです。

脳についても開発を進めてございまして、こういう脳モデルですとか、脳を包んでいる硬膜という膜があるんですが、その繊維質なところを再現したり、医師による評価をしてもら

ったりしております。頭蓋骨のモデルについても、削れやすさというのを実際の骨に近づけるというようなことを研究しております。

「本当にそのモデルでいいの」というのは、しっかり学問としてやらなければならないと思っております、そのモデルもいろいろな用途がございます。その機器の評価ですとか、お医者さんの手技がお上手、下手、そういうような評価、トレーニング、いろいろあるんですが、このモデルの、ここまで評価できれば、それで用途に使っていいという、そういうところを方法自体として開発してパッケージ化し、最終的には国際標準に持っていきたいというふうに思っております。

スマートアームの方なんで、これは具現化の方なんですが、バイオニックヒューマノイドを活用した技術シーズ、産業用ロボットの社会実装を具現化するというところでやっております。皆様はダ・ヴィンチとか御存じだと思いますが、これは特殊用途で、数億円するものです。非常によくできているんですが、医師の動作を忠実に再現しますので、逆に「衝突する」という指令がありましたら、本当に衝突するような動作を行います。

一方、産業用ロボットは日本のお家芸と呼ばれているところで、汎用ですし、手術ロボットなどに比べると、はるかにお安いというものです。こちら軌道計画を実行するようなものになっております。

私は、この日本が得意とするところ、日本のお家芸を何とか医療に生かしたいということで、産業用ロボットをベースに、人の近くで使用することができる、安全かつ知的な匠ロボット「スマートアーム」も開発しております。こちら、みんなで一つというのが私のマネジメントのやり方で、こういうような分担で一つのものをつくっております。

医師の操作をそのまま再現するのではなく、スキルを搭載するというで、具体的には、医師の操作を自動で修正してあげる、若しくは自動で衝突を回避する、自動で高精度化する、自動でスピードを調整して高効率化する、そういうようなことで安全性を向上していきたいというふうに思っております。

このようなシミュレーションの中にもバイオニックヒューマノイドを入れて、視野を確認したり、角度、デザイン、大きさとか角度を設定したりしながら設計を進めております。現在、こういう3.5ミリの細いツールの試作が出来上がってきておりますし、これはモデルの試作品です。試作品の中でどれくらい曲がっていると、実際どういうふうな視野で見えるんだろう、こういうことをモデルとシミュレーション両方で確認しながら設計を行

っております。

あとは、直感的インターフェースですとか、センサーを搭載するというようなことも行っております。

プロジェクト3は、医療応用ということなんで、術中にとった生体のサンプルを御提供いただいたり、手術見学させていただいたり、試作を評価させていただいたりということをやっておりますが、脳外科の方では撮像できないような細部を1ミリの精度のCGモデルで再現するというをやっております。余りにも小さい組織は、そもそもCTやMRIで映らないので、それをお医者さんの知識で、こういうような形状をCGとして作り込んでいくということをやっております。

眼科につきましては、ブタの眼球、豚眼をこういうふうな解剖をしていただいて、工学部の方に知識を伝達させていただいたりですとか、術中に生体サンプルをとって提供させていただく、医師のトレーニングを見学させていただく、若しくは私どもの試作を評価させていただくということをやっております。

先ほど申し上げましたけれども、学会展示やハンズオンということで、複数の医師によって評価していただく機会を設ける予定でおります。

また、「このモデルである程度できないと専門医とは呼べませんよ」というような、そういう形にできるように活動を推進していきたいというふうに思っております。

このような実施体制でやっておりますして、こちらがプロジェクト1、プロジェクト2、プロジェクト3ということで、それぞれの内部で連携をしながら進めているところでございますが、今回、プロジェクト4として産業応用、パナソニックを追加したいと思っております。

サービスロボットというのは日本が得意なところで、このように町なかを動き回るようなサービスロボットが近々出てくるというふうに考えられますが、やはりぶつかってしまうと痛いので、それを事前に評価したい。しかし、既存のダミーは、もう生きるか死ぬか、怪我するか、しないかしか評価できないものですので、それに対して痛みを分かるような、P a i n - S e n s i n g ダミーというものを開発しようとしております。

指名するのは、パナソニックのプロダクト解析センターで、このような基盤技術をもっているところでございます。この場で御確認いただいて、腕の部分、片腕だけをつくりまして、パナソニックで開発中のサービスロボットを実際評価するというところまでを、プロジェクト終了までにやっていきたいというふうに思っております。

まとめさせていただきます。PMの主導によりまして、多施設連携、産学連携、医工連携を実施しております。みんなで一つというような、共同研究を必須とするようなプログラムとして設計しておりまして、お互いの強みを生かした研究開発が順調に進んでいるというふうに思っております。

進捗としましても順調に進んでおりまして、10月中に各プロジェクトのモデルを統合すべく推進中でございます。各技術を更に深化させるとともに、医療以外の展開も積極的に行って行きたいと思っております。

アウトリーチは、日経新聞などにも掲載いただいておりますが、11月に日本科学未来館ということで、JSTのサイエンスアゴラというのがございます。そちらで統合モデルを展示したいと思っておりますので、もしお時間がございましたら、お立ち寄りいただければ幸いです。

以上で終わります。

○久間議員 ありがとうございます。

それでは御意見、アドバイス等ありましたらお願いします。

橋本議員、どうぞ。

○橋本議員 2点あります。1点目は、前回も同じことを聞きましたが、お医者さんに使ってもらうためには、今からかなりお医者さんの世界とかなりつきあっていかなければならないと言いましたが、その後どうなっているのか教えていただきたい。2点目は、最後に出てきたパナソニックの例について、話としては分かるんですが、どういう位置づけになるのでしょうか。パナソニックにとってはやっていただいたらうれしいと思うのですが、それを将来パナソニックとして事業化するという話でもなさそうですし、このプロジェクトの中でどういう位置づけになるのでしょうか。

○原田PM 一つ、最初の医師との連携につきましては、少なくとも月1回は、ある程度人数を集めてやっていますし、月1回以上、東大病院の方に試作品を持ち込んだり、日本医科大学の方に試作品を持ち込んだり、あるいは来ていただいたりして、お医者さんに触ってもらいながらやらせていただいております。それですと、やっぱり関係、1人の医師ではないんですが、複数の医師とはいえ、身内ですので、医学系の学会にこういうものを持ち込むということで、今その学会の展示用のブースをどう設けていただくかという交渉を進めているところです。

○橋本議員　そういう地道な努力は必要だと思いますけれども、それだけでは動かないと思います。それこそ戦略があって、その戦略に沿って一つ一つ埋めていくということをやらな
いといけないと思うのです。非常に保守的なかつ権威的な人たちが相手なので。そういう
青写真というか、どういうマイルストーンを持って、戦略を書いているのかを聞いている
のですが。

○原田PM　制度化については、もちろん、そういうところに強い先生というのに入っていた
だいていて、そういう専門医セミナーというの、そこに携わっている先生が入ってくだ
さっているのです、いいものができれば、必ずそういうふうな制度には持っていくとい
うことと進めていただいています。

ただ、そこも、お医者さんとしても、やっぱり物を見ないのに、そういう話を具体的に進
めるわけにはいかないというジレンマがございまして、物が出てくるにつれて、お医者さ
んも徐々に本気になって、そういうところを進めていただけるのではないかというふう
には期待しております。

もう一つのパナソニックさんの件なんですけれども、こちらは本当に事業化するつもりで
おりまして、まだ入っていないんですけれども、国際標準のところまで押さえて、サー
ビスロボットの解析サービスとして、事業としてやっているとこのことを御検討いただ
います。

○橋本議員　解析サービスという事業をパナソニックが行うということですか。

○原田PM　はい。国際標準ができるまではコンサルサービスのような形で、国際標準がで
き次第、様々なサービスロボットを評価するサービスとして提供するというお話をして
いただいております。

○久間議員　上山議員、どうぞ。

○上山議員　さっき橋本さんがおっしゃったのと、基本的に僕は同じことが知りたいなと思
っているのですが、こういうものが市場化して、普及化していくプロセスというのは、日本
はいつも遅れて、不得意なんです。こういう試みが日本の専門医のところでアクセプトさ
れるだけじゃなくて、むしろ海外のところでどういう反応があるかみたいなことは、そ
ちらの方が、日本のマーケットに入ってくるのに信任の力が強いような気がするんです。
そういうような、海外普及活動みたいなことをやっておられるんですか。

○原田PM　国際標準の場に出ていますので、そういう意味で海外はちゃんと見てはいます、

海外の方が、むしろ動物実験を避けるという意味で、こういうモデルを使うのですとか、バーチャルで評価するということは、FDAが中心となってセミナーを開いたりしていますので、そこは、きちんとウオッチしながら。

○上山議員　むしろ、そちらに積極的に乗り出していく方が、マーケットを切り開くには早いんじゃないかなと思ったりはするんですけども。

○原田PM　そうですね、まずは物をつくることからやっているのです、その状況と合わせて、そういうところにも積極的に連携していきたいと思っております。ありがとうございます。

○久間議員　海外でのバイオニックヒューmanoイドの開発はどのような状況ですか。

○原田PM　先ほど御覧いただいたようなもので、ヒトに似ているようなものというものは出ているんですけども、センサーが埋め込まれているというものはほとんどなくて、やはり、そういうのだったらやみくもに評価せざるを得ないので、そこで日本の強みとして、こういうセンサーを埋め込んだものをやることで、優位に立てるというふうに思っております。

○久間議員　世界的に、こういったヒューmanoイドの開発は進められているということですね。

○原田PM　各モデルは進んでおります。

○久間議員　原山議員、どうぞ。

○原山議員　多分、来月の統合というのが一番の、これまでやってきた積み重ねなんですけれども、このプログラムそのものの今後がどうなるかというところの、展開のマイルストーンになると思うので、その辺のところを慎重にやると同時に、それを、一発でうまくいかないことが多分に想定できるので、どういうふうに乗り越えていくかという、その辺のリスクヘッジというんですか、その辺もよっぽど考えていただいた上で、更に進めていくというプロセスかなと思っています。

今日の御発表の中では、個々のものに対しては相当進展しているんですけども、しかも、これまでもかなり、統合に向けたすり合わせというのは密にやっているのです、そういう意味で皆さん同じ方向に向かっていると思うんですけども、実際にやると相当ギャップがあるので、その辺の、PMの力量が試される場所なので、その経過についても、またシェアしていただければと思います。

○原田PM　次回のレビュー会で見ていただけるように準備を進めておりますので、そのときに御意見をいただきたいと思っております。

○久間議員　私から最後にお願いが三つあります。

一つは、実用化して世界で普及させるには、認証を得ることが大切です。特に医療分野の認証は時間がかかりますので、研究開発と一緒にすすめて、早急に認証をとる、世界の中でリードするという、そういった活動をしてもらいたいと思います。二つ目は、スマートアームは、原田PMのターゲットが眼球モデルと脳モデル、頭蓋骨のモデルですが、多分、応用分野によって必要なスペックが大分違うと思います。そういったところまでスペックを詰めて研究開発を進めないと、バイオニックヒューマノイドとスマートアームがうまく融合しないことになります。その点はしっかりと進めてください。

それから、パナソニックのサービスロボットはいいのですが、本課題の主戦場は医療用であることを忘れずにお願いします。

以上です。どうもありがとうございました。

それでは、事務局から、今後のPMの報告予定について説明してもらいます。

○福嶋参事官 次回のPMからの進捗報告につきましては、9月29日に合田PM、白坂PM、原田博司PMの3名からの報告を予定しておりますので、今回と同様御活発な御議論をお願いいたします。

以上です。

○久間議員 ありがとうございます。

続きまして、議題2の「PMによる研究開発機関の追加に関する確認について」です。

16名のPMに関しましては、研究開発プログラムの進捗に応じて、研究開発機関の追加が随時生じております。研究機関の追加につきましては革新的研究開発推進プログラム運用基本方針取扱要領に基づき、PMに係る機関がない場合は有識者会議に報告をし、確認を求めることになっております。

事務局より、研究開発機関の追加について説明してもらいます。

○福嶋参事官 ImPACT担当参事官の福嶋でございます。

本議題の関係資料といたしましては、お手元に配付してございます資料2、あと、参考といたしまして、参考1、参考2、あと、メインテーブルの皆様の机上のみに配付させていただいております机上配付資料1と2がございますが、資料2「PMによる研究開発機関の追加について」に沿って御説明申し上げます。資料2を御覧願います。

資料2の1ページ目の冒頭に記載のとおり、ImPACTでは、PMの研究開発プログラムに参画する研究機関の選定につきましては、一義的にはPMの権限で行えることになっ

ておりますが、PMと利害関係があるなど、PMに関係する機関を選定する場合は推進会議による承認が必要となっており、PMと関係ない機関の選定につきましては、この有識者会議において御確認をいただくことになっています。

今回、資料2の1ページ目の上の表にございますが、3名のPMが6件の研究機関の追加を計画しておりまして、PM関係機関には該当しませんので、有識者会議での確認をお諮りするものでございます。

野地PMが追加を計画している4機関につきましては、先ほどの進捗報告において説明のありました、下の表にございますプロジェクト1に1機関、プロジェクト2に3機関を、公募により選定を行ったものでございます。

資料2の2ページ目を御覧いただきたいのですが、原田香奈子PMにつきましては、先ほどの進捗報告において説明のありましたプロジェクト4、サービスロボット産業用に、パナソニックを指名により選定を行い、追加を計画しているものでございます。

あと、3人目の藤田PMにつきましては、前回の推進会議で進捗報告がございましたが、核変換による高レベル放射性廃棄物の大幅な低減、資源化に取り組んでおられますが、プロジェクト4、核変換システム評価と要素技術開発で取り組んでいる核変換候補技術の一つであります、ミュオン触媒プラズマ核融合反応により発生する中性子を利用した核変換技術の理論的可能性を評価する目的で、今回東北大学を指名により追加する計画となっているものでございまして、いずれも問題はないと考えているものでございます。

説明は以上でございます。よろしく御確認のほどお願いいたします。

○久間議員 よろしいでしょうか。

どうもありがとうございます。

それでは、以上をもちまして第18回革新的研究開発推進プログラム有識者会議を終了させていただきます。

午前11時00分 閉会