

総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会 [ 公開議題 ]

議事概要

- 日 時 令和5年12月21日(木) 10:00 ~ 11:25
- 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、梶原議員、篠原議員、菅議員(We b)、波多野議員(We b)、  
藤井議員、光石議員
- (事務局)
- 坂本事務局長補、藤吉審議官、川上審議官、徳増審議官、武田参事官、  
中川参事官、須藤政策参与、祖父江PD(We b)、福田PD(We b)、
- (文部科学省)
- 遠藤研究開発戦略課戦略研究推進室長
- (JST)
- 中島ムーンショット型研究開発事業部部長、  
生嶋ムーンショット型研究開発事業部調査役
- (オブザーバ)(外務省)松本外務大臣科学技術顧問、  
(文部科学省)小安文部科学大臣科学技術顧問、  
長野サイバーセキュリティ・政策立案総括審議官、
- 議題 ・ムーンショット型研究開発制度 PD報告(目標2)  
・ムーンショット型研究開発制度 PD報告(目標3)

議事概要

午前10時00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、菅議員、波多野議員はオンライン参加、佐藤議員は欠席となります。

議題はムーンショット型研究開発成果PD報告、目標2及び目標3です。目標2の祖父江PD及び目標3の福田PDにオンラインで御参加を頂いております。

まずは福田PDより目標3の取組状況について御説明を頂き、御議論をお願いいたします。

それでは、早速ですが、福田PDから御説明をお願いいたします。

事務局 すみません、JST事務局ですが、本日、順番は福田先生の方からとさせていただきますので、事務局から少し御確認をお願いいたします。

上山議員 祖父江先生の方になっていますが、分かりました。では、福田先生よろしく御願  
いいたします。

福田PD おはようございます。ムーンショット目標3、「2050年までにAIとロボットの共進化により自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現」について、プログラムディレクターの福田から報告させていただきます。

目次としては、目標3の概要から今後の方向性について御報告させていただきます。

それでは、背景としましては既に皆さん御存じのように、少子高齢化が進んでおり、また、科学技術の国際競争力の低下や深刻化する自然災害など、いろいろな社会的な課題が山積みになっています。2050年には日本の人口が2,000万人減少し、高齢化率が上がる。皆さん御存じのことで、実際の労働人口も少なくなっていくということで、何かいろいろ介護とかこうしたところあるいはいろいろ研究のところにも国際競争力の低下とか、自然災害も最近は多くなってきています。そうしたところにロボット技術を使って何とかしようということを、皆さんいろいろ考えておられるところであります。

目指す社会像として、2050年にどうなっているかということ、やはりそうした社会において、安全で安心で一人一人の多様な幸せができるような、そうしたことを実現すると。それで、Whatということでは今までのそうしたようなメガトレンドの社会問題がいろいろあります。それを解決できる能力のあるAIロボットが社会のあらゆる面で活躍するという。Howということでありまして、AIとロボットの共進化によって自ら学習・行動する、人と共生するAIロボットの開発、これだと中々分かりにくいのですが、どちらかという鉄腕アトムのようなロボットを作ることです。

人と共生するAIロボットということですが、人との共生とか人の知識によってAIロボットを賢くするだけでなく、AIロボットが学習した知識によって人を賢くする、クロスラーニングするような人とAIロボットが対等な存在となるようなものです。環境への適応ということでは、人とAIロボットが共生する環境を認識し、自らの行動を律することで環境に適応するということでもあります。そうしたことで、人と環境、AIロボットのこの三位一体がぐるぐる回ると、相互作用により知識構造を一つ上のレベルにアウフヘーベンできるといいな、そうしたふうに思っております。

そこで、この2050年までのマイルストーンに対してそれぞれバックキャストして、2040年、2030年、2025年、2023年として設定したマイルストーンに対して研究開発を進めてまいりました。そこで人間とAIロボットが相互作用しながら共進化するという一方で、こうした学習、行動、修復するロボットを2030年にはあるドメインの中で作りたいと思っております。

それから、2025年にはロボットがいろいろ生成しながら、これまで学習した情報からロボットの振る舞いを生成して、更に学習するAIロボットを実現すると。2023年には、それで高度な身体や自己発展型学習等の要素技術の開発、基盤技術を確立するということを目指してやってまいりました。

それで、少子高齢化、競争力低下、自然災害、このいわゆる社会課題に対する三つのターゲットを設定いたしました。ターゲット1は人生に寄り添うAIロボット、ターゲット2は科学探求を行うAIロボット、ターゲット3は難環境で活動するAIロボットということになります。

ターゲット1は、人が生活の様々なシーンにおいて、AIロボットが対象者とシーンに最適なサポートを提供するという一方で、人々の生活のクオリティ・オブ・ライフを向上させるということ。ターゲット2では、科学研究の場において、AIロボットが新たな仮説創出とか実験による検証を通して自律的に科学発見を行うことで科学探求の質、クオリティ・オブ・サイエンスを実現できる、向上させると。ターゲット3では、人が活動するには危険な災害現場や宇宙等の難環境において、AIロボットが人の代わりに活動することで難環境活動の質、クオリティ・オブ・フィールドワークを向上させるということを考えております。

それで、AIロボット実現のための技術課題としましては、1、共進化、Coevolutionということ、2は自己組織化、Self-organizationということが重要であろうということで、それはAIロボットの連携、自ら性能を向上させる技術とか、それから、自分自身の知識や機能を自己的に改変する技術ということで、こうしたことができるというのは中々分かりにくい、少しハードウェア的に言うと、いわゆる皆さんが想像しやすいものとして、鉄腕アトムのようなロボットができるといいなという先ほど言ったとおりなのですが、そうしたことでいろいろ開発したいと思っております。

AIの研究といいますと、ターゲット1、2、3に共通してあるのは、新たな気付きを生む仮説生成AIとその実現のための動作生成AIを構築するという一方であります。それで、そのためにドメインごとのロボットとしましては、利用シーンに応じたロボットを作るというこ

とで、ターゲット1、ターゲット2、ターゲット3を考えています。その間、ミドルウエアでこれを間に挟んでやるということで、ミドルウエアに関しましては目標1のサイバネティックアバターともいろいろつながることを目指しております。

プログラムの推進体制といたしましては、開始時点の2020年は、4PM体制でスタートしました。ここでは、そこに黄色にして示しておりますが、菅野PM、平田PM、原田PM、永谷PMがそれぞれ人間協調ロボット、適応自在ロボット、科学探求ロボット、動的協働ロボットということでやってまいりました。これの位置付けとしましては、創造性、確実性ということが縦軸、横軸は人に適応、環境に適応ということで研究開発を進めてまいりました。

それで、2022年にはAIの要素を強化して、更に研究を加速するために4PM、それから、難環境の場の拡張を目指すために3PMを追加採択しました。皆さん御存じのように、AIはいろいろすごい進歩しております。ここでAI強化と、更に加速するために既存のPMを補完するよう、連携相手を設定いたしました。それで、4PM足す4PMをそれぞれ一つ付けたと。今年度はステージゲート評価を行い、今後の推進体制を見直すということでありました。

この赤枠のところはそれぞれのAIでありまして、ブルーのところの三つが難環境と宇宙関係としました。これが先ほどのマッピングした位置付けであります。

それで、研究開発の革新的な成果ということで、菅野PMのことで少し説明させていただきますと、人生に寄り添う人間協調ロボットのプロトタイプを完成させるということでありましたが、自由度と可搬性に優れた、人との触れ合いが可能なロボット身体を作る。その性能的にはいろいろハンドの自由度とかありますが、ボストンダイナミクスのAtlasを上回るようなものとか、そうしたのをいろいろ考えてやっております。力覚とか触覚を備えることで、接触の状況に応じた力加減も実現するということでもあります。また、AIの方では形状や柔らかさ等の変化にも対応可能な動作生成AIということで、深層予測学習をしております。学習時と現実の差を許容することで、少量・短時間の学習で多様な動作を実現するというので、これは複数の学会のいろんなところでベストペーパーを既にたくさん受賞しております。

それから、プロトタイプロボットということでDry-AIRECとか、ここでは洗濯・掃除・調理・介護、いろいろできるような、そうしたふうな場面のいろいろデモを行ってまいりました。そうしたことをやってみまして、いろんなこの研究はサイエンス・オブ・ロボティクスの方にもいろいろ採択されております。

また、研究開発の革新的な成果の方で、平田PMの方はNimbusロボットということでやってまいりました。これは適応自在ロボットということで、人の個性に適応する世界初の口

ボット機構を作るということであります。Nimbus Holderということで柔剛調整可能な伸縮機構とか、それから、Nimbus Limbということで支持点を調整可能な転がり巻き取り機構を作っています。例えばNimbus Limbですと、介護の関係で例えばトイレとかに入れますと立ち上がったたりする、そうしたことをいろいろできる、狭い空間でもできる、そうしたふうな新しい機構のロボットを作っているということでもあります。

プログラムマネジメントの状況であります、ここでのプログラムは研究内容に応じてSPD、サブPDやアドバイザーを二、三名割り当てまして、オンライン会議等を通じてPMに対するメンタリング等をやっています。また、国際的な観点から国際アドバイザリーボードを設けました。それから、プロジェクト横断の横串活動としてAIとかミドルウェア、ELSIに関する分科会を設立してまいりました。特に国際連携ということが非常に重要でありますので、既にチューリッヒ工科大学とかいろいろなところとやっけていて、南洋理工大学、アランチュering研究所等のトップクラスの研究機関がそれぞれ含まれています。

それから、既に昨年はETH、スイス連邦工科大学ということで日欧ワークショップを行って、来年の1月には日本にて第2回を開催する予定であります。目標3では、ロボットに関する国際ワークショップを米国のNSFとJSTでいろいろ開催してまいりました。

それで、産業界との連携と橋渡しは特に重要でありますので、牛久PMは民間企業所属でありまして、プログラム全体でいろいろ7社が課題推進者として参画しております。社会実装に向けた産学連携共創体制やコンソーシアムの設立に向けましては、平田PMは川崎重工等、あるいは下田PMはイオン等の12社と協業中でありまして、原田PM、牛久PMはJST未来創造事業と連携しまして、科学研究プロセスを再定義するAIロボット駆動科学の確立に向けてやっております。

また、広報・アウトリーチ活動については、ロボット関係のICRAとかIROS、日本ロボット学会で毎年企画ワークショップを開催しております。

社会実装に向けた普及活動としては、平田PJは東北大学、長寿研とのオープンラボにて一般向けの体験とか、下田PJはイオンモールに設置した未来健康ラボにて定期的に講演会やイベントを開催しております。

ELSIとかデータマネジメント、これも非常に重要なところでありまして、菅野PJはISO 13482、平田PJはIEEE P7017において安全要求とか倫理的配慮に関する標準化活動を進めております。研究成果はソフトウェアやデータとかをGitHubで公開しております。

今後の方向性としては、プログラムの目指す社会像と各プロジェクトの位置付けを明確にすること、より具体的・定量的に示すということ、マイルストーン・技術目標の再検討とブラッシュアップを行うということ、既存4PMのいろいろステージゲートを介してプログラム全体の体制見直しと強化を行うということ、それから、めり張りのあるプログラム運営、人や予算配分をすること、を目指します。

それから、目標1はサイバネティックアバターであります、目標3のAIロボットが共存するユースシーンを具体化すること。ミドルウェアの国際標準の共同研究を一緒に行うということでもあります。

以上です。よろしくをお願いします。

上山議員 よろしいですか。ありがとうございます。

それでは、只今の御説明について御意見、御質問いただきたいと思います。どなたでも結構ですが、お手をお挙げください。

藤井議員 福田先生、御説明ありがとうございます。

私から二つお伺いしたく思います。一つはミドルウェアといているところが非常に重要な部分で、特に今生成AIが出てきている中で、ハードウェアとグラウンディングするところではできれば日本が世界をリードするような形になっていくべきだと思うのですが、世界的な動向の中でのその辺りの状況はいかがでしょうか。

二つ目は生成AIに関連して、世界ではELSI的なガバナンスをどうするかという議論が今ある訳ですが、ミドルウェア部分にも将来的にはAIとハードウェアをグラウンディングさせるときに、ELSIの観点から何に気をつけなければならないかという議論が必要になってくると思います。これについてはこのプロジェクトの中でどのようなアプローチをなさっているでしょうか。

福田PD ありがとうございます。

先生も御存じのようにミドルウェアというのは、2004年に日本でロボットロードマップを作りまして、これは世界で初めてロードマップを作って、ほかの国もみんなそれをまねできて、ロボットのロードマップを作りました。そのときにいろいろできたのがミドルウェアということでありまして、ミドルウェアは日本がもともと言い出した言い出しっぺでありまして、そことAIをくっつけるということで、先ほど菅野PMのところのAI担当のPIのところでも実際につなげることを今現在やっております。

これは、そうした意味では世界の中で日本のミドルウェアをいろいろ広めるということと、

それから、もう一つは標準化に持っていくということで今動いております。それで、ミドルウエア分科会というのはそうした意味でいろいろその標準化の経験のある方々に来ていただいております。

それから、2番目の御質問ですが、ガバナンスのことなのですが、確かにいろいろ世の中でAIが何か困るということで、いろいろ危惧される方もたくさんおられます。そこで、ここではELSI関係ということで先ほど述べましたようなELSIということで、IEEEの7000とか、そうしたところでいろいろ実はELSI分科会の中の特に平田PMの中で強力に取り組み、これをスタンダードのIEEE7000で委員会を作りまして、実際にやっているところでもあります。IEEEでは、そのところにスタンダードということで例えばエシカリ・アラインド・デザイン(EAD)ということで第1版、第2版というのを既に発表してきていますが、その中に入れて更にもっと生成AIとかガバナンスの観点からもこれを強力に進めたいと思っているところで、現在それをやっている最中でもあります。

藤井議員 ありがとうございます。

いずれも国際標準に持っていく動きになっているという理解でよろしいですか。

福田PD はい、そうです。

初めからこの位置付けとして国際的でないといけないと。国際スタンダード化ということをも初めから目標にしていたので、初年度からそれをやっております。よろしくをお願いします。

光石議員 おはようございます。

二つ伺います。海外の例えばETHと共同研究されているということについて、これは例えば11ページのスライドのどこかに位置付けられるのでしょうか、それともPMの中に入って活動されているのか、例えば、国際標準化のところに貢献していただいているのか、どのような位置付けになりますでしょうかというのが1点、一つずつの方がよいですね。

福田PD では、先生、これはETHの方は平田PMの方が具体的に実はやっております、そこはETHのロバート・リーナーが、例のロボットサイバーストロノームをやっているところですが、そここのところとリンクしてまして、そこといわゆるリハビリの関係でリンクしております。そこはETHでやっております、そここのところと一緒に、実はそこが何につながっているかということ、WHOにつながっているのです。そうした意味で国際的につながることもありまして、このETHと一緒にやっていると。特にそうした意味で、先ほどのETHというのはそうした意味で、平田PMが具体的にETHの方がPIに入っているということでもあります。

光石議員 ありがとうございます。

もう一つ。鉄腕アトムのようなものを作るといわれているようですが、分かりやすいといえば分かりやすいのですが、ある意味ではどういう機能かというのが、どの部分になりますでしょうか。考え方によっては提案されているものは、例えばA Iの部分ではそれを超えるのではないかという気がします。いかがでしょうか。

福田P D それは、実は鉄腕アトムという言葉は全然今まで使っていなかったのです。余り生々しいから言わない方がいいかと思っていましたら、この前の9月の国際的な有識者からなる技術外部評価委員会の方から君の言っている共生とか自己組織化は分かりにくい。これは性格を表しているもので分かりにくいから、もう少しムーンショット的な言葉で少し具体的なことはありませんかと。例えば鉄腕アトムだとかこうしたのを具体的に言った方が、もので言った方が分かりやすいのではないかと、そうした御指摘があって、例えばムーンショットでは、ムーンショットはやはり月に行くとか具体的なものがないと分かりにくいという御指摘を先生たちの技術評価の方から御指摘を受けましたので、早速それを使わせていただきますということで、鉄腕アトムという言葉はその頃から使い始めたものです。

共生とか自己組織化とか、そうした言葉でその中にいろいろA Iがたくさん入っている訳ですが、自己組織化、そのものは自己組織化であります、こうしたものが分かりにくいので、ハードウェアで何か皆さん分かりやすい言葉ということで鉄腕アトムという言葉になりました。もちろん先生のおっしゃるように今A Iがとにかくどんどん進んでおりますので、これを何とかするということが今やっています。皆さん既にC h a t G P Tとかを使っておられると思うのですが、そうしたふうな、更にそれをもっと上回る。特にあれは外部情報のセンサとかそうしたのはいえないものですから、それとリンクさせるようなことが必要であるというふうに思っています。

光石議員 ありがとうございます。

上山議員 どうぞ梶原議員。

梶原議員 御説明大変ありがとうございました。

9ページに仮説生成A Iと動作生成A Iという表現がある一方で、11ページでは仮説生成A Iに対して22年に新しいP Mを立てているという記載があります。動作生成A Iをこれから新しく立てようとしているのか、今のP Mが対応しようとしているのか、その辺りを教えていただきたいと思います。

それから、19ページの今後の方向性の記載で、プログラムの目指す社会像と各プロジェク

トの位置付けを明確にという表現や、メリハリのあるプログラム運営という表現がされているのですが、もう少し具体的なイメージ、例えばいつまでに進めるかなどの方向感をお持ちになっていらっしゃるのかを教えてください。また、若手の人材育成の視点の話が資料ではあまり読み取れなかったのですが、可能であれば、そういった視点のことがあれば教えていただければと思います。よろしく願いいたします。

福田 P D 分かりました。

仮説生成 A I、いいところを質問していただいて、どうもありがとうございます。既に動作生成 A I も現在研究を進めております。なぜかといいますと、例えばこの原田 P M のところでやっているバイオスティミュラントームというもの、例えばそうしたふうなものはどんなものかというベストを探し出すというところではありますが、そのときに仮説を生成するのですが、そのときにいろんな仮説空間を探してまいります。その中から出てきた仮説、これが実際にロボットで実験を行います。そのロボットで実験するためには、そのロボットがどう動くかというビヘイビア、動作を出す必要があります。そのロボットの動作を出すところが動作生成 A I ということであります。

要するに、仮説 A I がいろいろこうしなさいと。その実験結果についてロボットが動く。ロボットが動くと、そのための動作をどういうふうにするかと A I で作り出して、それで、この結果を得てから判断して、それから、この仮説はこうしようかということで少し変更して、またこの仮説をぐるぐる回す。仮説でそうしたことをぐるぐる回す、ループを回すためには仮説生成 A I とロボットの動作生成 A I がないとこのループが回らないという訳なのです。それで、実際に原田 P M の方で初めからグループを作って回していることを考えています。

新しい P M、この牛久 P M をそこにいわゆる研究の強化と加速ということで入れたのは、特に A I はとにかく大変いろんなところで研究が進んでいるものですから、そのところに更にもう一人助ける助太刀の P M を入れるということで、牛久 P M に入っていて、今現在そのところの研究を更に強化、加速するというところでやっております。これが一つ目の先生に対する御質問です。

二つ目の質問ですが、位置付けというので、メリ張りというのですが、実はこれをいつやるのかということではありますが、ステージゲートがこの前の既存の 4 P M に対しては 7 月に行い、それから、新たに採択した、追加募集したのは 11 月にそれぞれのステージゲートを行いました。そのステージゲートを行って、その結果について、それに基づいてどう組み合わせるかとか、これをこう合わせるといって新たに追加したものをそのままではなくて、組み合わせ

るためのものとしていろいろ採用させていただきまして、いいものはいい、悪いものは悪いということで、いろいろいいものを取り出しながら更にそれぞれの既存の4PMの研究を強化して加速するということを考えて、いつかといいますと、今年度中に行うつもりであります。

それともう一つ、若手なのですが、もともとこの研究で私が注力した点は、チャレンジする意識、それを皆さんに持ってもらうということがあって、それは一つ目、そのためにいろんなこと。二つ目には若手に意欲を持たせる。特に日本の若い人は少し縮こまらずにどんどん世界に行ってほしいということがありまして、若手に意欲を持たせるということ。それから、3番目には国際的感覚を持たせる、この三つがこのムーンショット3の初めからの目標としておりまして、先生の言われた2番の若手に意欲を持たせるということで、積極的に若手の先生方に入って、とにかく日本のロボット研究をナンバーワンにずっとするためにいろいろ頑張っているつもりです。

以上、大体そんなところでよろしいでしょうか。

上山議員 それでは、小安先生にいつから菅議員ですね。よろしくをお願いします。

小安科学技術顧問 ありがとうございます。

二点です。一点目はターゲット1の革新的な成果について御紹介いただきましたが、ターゲット2、ターゲット3では特に触れられていませんでした。もし、なにかありましたら簡単に紹介いただく方がよいと思います。

それから、二点目は少し先ほどの梶原議員の質問とも重複しますが、このターゲット2の、実験用ロボットというのはこれまでも随分多く開発されてきていると思います。そこで、未来創造ともタグを組んでいらっしゃるとおっしゃったのですが、先ほどのお話、仮説生成AIと動的なAIという組合せについてはよく分かったのですが、今後実験するロボット自体についてはどうなりますか？例えば生物実験については現在培養細胞などを対象に、また、化合物の組合せなどについてもさまざまな取組みが進められていると思うのですが、今後、例えば動物実験をロボットに任せるようなことまで考えていらっしゃるのかなど、対象をどこまで拡張することを考えていらっしゃるのかについて教えてください。

福田PD 分かりました。

ターゲット1のお話をして、ターゲット2とターゲット3も。ターゲット2は原田PMのサイエンスAIの方なのですが、ここの方は先生がおっしゃるように実験ロボットとしては産総研の「まほろ」とかいろいろあります、産総研の。例えばそれで言いますと、もともと研究開発を始めたところでは、「まほろ」の方はどちらかといいますと、いわゆるラボオートメーシ

ョンをするという形でやっておられたので、こちらは考える知識も含めてやるということはこのロボットを使うということでもやりました。いわゆる少し前のIBMのラボロボオートメーションとは違うと。そうしたものは違うということの一つを考えてやっております。そうした意味では考えて、それでAIで考えて、仮説を生成して、それで動作を生成AIとカップルして動くというのは世界的にもリードしているのではないかと、そうしたふうに思っております。先ほど申しましたように、何度も言いますが、ラボオートメーションとは違うということです。

実験の拡張といたしましては、現在はターゲット2ではそうしたバイオスティミュラントとか、それから、先ほど動物実験と言いましたが、東京医科歯科大学の方でいわゆる血栓がなぜできるのかという実験を行うためにマウスを使って、その頭のところにクラニアルウインドウを大体作りまして、そこに投与したときの血栓ができるかどうかを見ています。それを画像で見て、AI的に判断して、その効果を見ながらぐるぐる回すということを今現在やっている最中でありまして。

マイクロロボットの実際の拡張といたしますと、実際にはReconfigureリンクフィールドの構造にして、いろいろ手先がどんどん変わるとか、更に構造が変わるような、そうしたふうなReconfigureリンクフィールドなロボットストラクチャーとして拡張を行うということを考えています。たくさんロボットを並べる、あれはどちらかというとカーネギーメロン大学の研究はそうしたふうな形をずっとやっております。こちらはそうしたロボットの構造がどんどん変わっていくというふうなリンクストラクチャーで対応するというをやっている状態で、現在そうした研究をしております。

ターゲット3の方は、例えば普通は大きな建機で、20トンとか30トンの建機でいろいろやるのですが、こちらは2トンとか3トンの小型の建機研究をたくさん持ってきて、グループでやる。なぜそんなことをするかというと、そうした災害現場で重量物のあるものをそこに持っていくと、地盤自体が非常に耐えられない。そうしたときに小さい小型ロボットを持って行って、それでやる。それをたくさん持って行って、群として行うということをやっている、それで協調ロボットAIということをおっしゃる訳です。

実際作ったところでは、ここにありますが、協調AIのソフトウェア、もう一つハードウェア的に言いますと、全て電動のそうした3トンのロボットを作りました。それを一つ例として、いろんなところで発表させていただいているところであります。そんなところでしょうか。

上山議員 すみません、時間もありませんから。

菅議員、どうぞ。

菅議員 ありがとうございます。

二つ、一つ目はとても簡単です。日本には川崎重工や安川電機みたいなロボットをやっている会社なのですが、そうしたところとの連携があるかないかということが1点目のクエスチョンで、二つ目は私自身も実は「まほろ」を買って、安川電機のロボットですが、自分たちの研究を完全に自動化できないかとやったのですが、結局ギブアップしました。その理由の一つは、センサが余りにも乏し過ぎて、要は小さい例えばチューブに入ったものの液相を取り出すとかといった技術はほぼまねできなかったというのが現実でして、つまり生成AIを組み合わせるといっても、やはりセンサがどれくらいきちとしたもので、高いセンシティブィティを持って、それをAIの方にトランスファーして、それを学習して戻すということをしていないと思うのです。そのAIセンサのところはどのように取り組んでいらっしゃるのでしょうか。

福田PD どうもありがとうございます。

まず最初の川重、安川の件ですが、先ほどの私のプレゼンの方でターゲット1の平田PMの方で川重が入ってきていまして、そこで、あそこの足の方のロボットを実際にいろいろ使って協働でやっております。そうした意味で、パワーポイントに川重と書いてあったのはそうした意味です。入っております。すみません、川重の名前はパワポの中に入っております。

二つ目は先生も安川の「まほろ」を使っておられるということなのですが、確かに高橋さんがやっておられる「まほろ」の方は、僕から見るとどうもラボ実験にしか見えないのです。一木先生もそうなのです。そうした意味で、ここでの研究はサイエンスロボットを作っていくということをやっています。センサは何かというと、こっちはマイクロロボットのような小さなものをやっておりますので、センサとしては東大の新井サブPMがそれを作っておりまして、それは水晶センサを用いた高感度のファイブレンジのロボットセンサを作って、それから、更にマイクロピペットが出ますね。あれも実は既に使って、植物を分解して何かやる。そこにマイクロピペットのいろいろマイクロマニピュレーターシステムを使っております。現在いろいろ試行錯誤している段階なのですが、そうしたことで実際に進めております

菅議員 ありがとうございます。また是非実際のデータをお見せいただけたらよろしいかと思しますので、よろしく願います。

福田PD はい。あのマイクロについて小さいだけではなくて、実はマイクロロボットは大きくなっちゃうのです。是非東大の方に新井研で見た方がいいと思うので、マイクロだから小

さいから持ってこられるだろうと。そうしたところでのマイクロはでかいのです。先生は御存じだと思うので、そんなところで少し持ち運びできませんので、先生、是非東大の新井研の方で見ていただくと、センサを作って、あれは面白いセンサで特許もたくさん取っております。よろしくをお願いします。

菅議員 分かりました。ありがとうございます。

上山議員 篠原議員、どうぞ。

篠原議員 もう時間がございませんのでお答えは結構です。コメントだけなのですが、人と寄り添うという部分については結構加齢、年を取るということについては着目されているのですが、例えば難聴とか目が見えない方とか、いろんなディスアビリティがある訳でして、そのディスアビリティについても少し幅広に見ていただければなというふうに思います。それが1点目のコメントです。

2点目が難環境というところで、いわゆる災害現場などを含めたことを書かれているのですが、どうも後ろの方のPMさんの細かな活動を見ると、皆さん月面に行っていて、本当の意味での難環境というところに行っていないのではないかと。先ほど先生の方からいわゆる足場が悪いので、軽いロボットを作って群制御するとおっしゃいましたが、例えば本当に今大規模な災害が起こって、そこから人を助けなきゃいけないというふうにはいったときには、とてもではないですが、この技術では足りないと思っていますので、この難環境というところを月面だけではなくて、災害現場で本当に役に立つというところも視野に入れてお願いできればと思っています。

以上、2点です。

福田PD 若干2番目に関して言いますと、永谷PMの方が災害対応ということで、河川閉塞のことをやっております、これは土木の方ですが、これをいろいろ現在進めております。もちろん先生のおっしゃるように全ての災害に対応する、それは難しいですので、取りあえず今回は河川閉塞のことについて、小型ロボットがたくさんいてやるということをやっております。

月面の方はまた新たに始めたところでありまして、そこは移住してやるということで、そこでやっていることはインフラブルな住居モジュールを作っています。それがまた地上にも展開できる、そうした観点でやっております。大体そんなところなのですが、よろしくをお願いします。

上山議員 ありがとうございます。

少しもう時間がないので、僕は希望だけですが、この23ページにある国際アドバイザリーボードからのコメント、一番知りたいのは、このプロジェクトが全体の国際的な研究開発の動向の中でどういう位置を占めているかということに一番関心があります。こうしたメンバーはどうしてこの人たちがアドバイザリーボードとして適切だったのかとか、あるいはこのコメントの中には割と批判的な議論もあったと書かれていますが、このコメントの内容をもう少しできれば共有していただければ有り難いなとは思いますが、どこかで記録も残っているでしょうし、是非それは少しお願いをしておきたいというのが希望です。

これはまた別に事務局を通して御連絡差し上げますので、どうぞよろしくお願ひいたします。  
福田PD はい。どうもありがとうございました。

上山議員 では、時間を過ぎてしまいましたが、目標3のムーンショット型研究開発制度のPD報告をここで終えたいと思います。

次の目標2の方の祖父江先生の方に入りたいと思いますので、準備の方をよろしくお願ひいたします。

上山議員 祖父江先生、どうぞ目標2の方をよろしくお願ひいたします。

祖父江PD それでは、画面を共有させていただきます。

スライドショーにしますと、ディスコネクトを興しますので、これで御覧になれますでしょうか。これでもしできたらやりたいと思います。

上山議員 はい、大丈夫です。よろしくお願ひします。

祖父江PD よろしくお願ひします。

それでは、ムーンショット型目標2ですが、「2050年までに、超早期に疾患の予測・予防をすることができる社会を実現」ということです。よろしくお願ひします。

これは目次で、このとおり発表していきます。

まず、目指す社会像ですが、こちらは人生を通じていろんなところでデータを取っていくということです。それから、日々の暮らしを通じてということで、これをインテグレートして、そのデータから疾患発症の前に予測・予防ができる社会を作っていくということです。

ターゲットの疾患を一応決めてはおりまして、アンメットニーズが高い例えばがん、特に膵がんですね。これは非常に予後が悪いと。それから、糖尿病ですが、特に多臓器不全というのが死に結びつく訳ですね。それから、認知症は御存じのとおりですね。それから、コロナをはじめとするウイルス感染症というのを入れてございます。

これが漫画的に書いた模式図であります。上にがんの場合が少し書いてありまして、下が

それ以外の対象疾患ですが、健常ですと、こうしたふうにきれいにネットワークを持って、臓器、細胞あるいは分子が動いていると。これが少し黄色くなっているのが前がん状態ですね。ですから、これはいろんな表現がありますが、前駆期、超早期、未病とかということと呼ばれておりますが、まだこの時期は戻れる時期ですね。それから、がん化の早期ですと、少しネットワークが乱れてきていますね。この一つ赤いのがそれとだけ思っていたらいいです。

発症しますと、これはもう全体のネットワークが壊れてしまうということで、今までの医学は発症してから対応していくというのが今までの医学だったのですが、私どもはこれをずっと遡って、この超早期、未病の段階でインターベンションを行うことによって、この発症そのものを予防、抑えるということができないかということをもくろんでいる訳であります。これはほかの疾患でも長短はありますが、大体同じ経過を通るといふふうに我々は考えてやっているところであります。

それで、このアプローチは二つの大きな柱がございまして、一つは生物学的なアプローチと数理的なアプローチ、数学的なアプローチを統合していくと。これをやることによって新しいニューが出てくるというふうに今いろんなところでバイオの世界で行っておりまして、このことが。生物学的なアプローチ、これはコンベンショナルですね。それに数理的なアプローチを加えることによって、新たな包括的な解明に至ると。数理的なアプローチはまた後でお話ししますが、いろんな理論を作っております。これはDNB理論とか深層生成モデル理論とかということがございます。これはまた後で御説明します。

それから、もう一つのアプローチは先ほども出しましたが、臓器間・細胞間あるいは分子間も含めてネットワークの変化による疾患発症の検証アプローチということでありまして、例えばここにパーキンソン病の例を示しておりますが、パーキンソン病は胃潰瘍の治療として迷走神経を切断するということをやっていた時期があるのですね。そうしますと、切断した人からはパーキンソン病が非常に少なかったと、発症が。これは何でかということが分かってきておりまして、腸管の病的な基になる  $\alpha$ -synuclein というのが腸管にまずできる。それが脳に運ばれ、神経から脳に運ばれて発症するんだと。これは実験でも確かめられている。ですから、脳だけ見ておってはいかんで、腸も見ないといかんということです。

これはマイルストーンでありまして、2023年はこうしたものを検証していくための研究基盤が構築されていると。2025年は前触れのマーカー開発が行われていると。それから、30年はそれを正常に戻す技術が開発されているということで、25年を捉えてかなりいつているのではないかとこのように考えています。

それから、プログラムの推進体制ですが、先ほどの病気に対してそれぞれのPMが仕切っていただいておりますが、それぞれの中にPI、生物系のバイオのPIと、それから、数理のPIが共存しているという状態を作っている訳であります。それに対して、更にこれは合原先生、東大の教授でいらっしゃるんですが、数理的な基盤を横軸的に通して数理を監督していただいているということがございます。それから、後でまた説明しますが、全体のデータベースを統合システムとして作って、これの全体を目標に向けていくという形を取っております。

国内外の研究開発動向と比較してどういうところに特徴があるかということをお話ししますが、過去10年間の文献1,500万件を検索すると、病気の前段階というのは興味が非常に高くなってきているのですが、例えば我々のプロジェクトのキーワードを入れてみると非常に少ないと。ゼロか2とか1とか。ですから、注目は高いが、実際の未病研究に乗り出しているラボは現時点では極めて少ないのではないかと考えています。

それから、世界の全身細胞とか脳細胞のカタログ化、マップ化がいろんなところで行われていますが、これらは正常の個体についてのものでありまして、未病から発症という病気をターゲットにしていないということとかなり違っております。私どもの今の未病あるいは超早期段階というのは、中々世界的には少ないのですが、病気になって超早期、病気の早期というのですかね。病気になってからの早期の研究は非常にたくさんある。病気、ここから後の研究ですね。これはたくさんあります。

それで、もう一つ強いところは中核的な基盤技術というのがあるのですが、それは世界をリードする強い技術でありまして、代謝細胞増殖の神経制御ということ、それから、数理とバイオによる未病の同定と介入ですね。それから、オルガノイド技術とか細胞融合、こうした今世界でも使われつつあるものですが、これは日本のオリジンのもものが非常に多いです。それから、発明とか開発というのは日本で発展させたものが多くて、その多くが我々のグループに入っているということは非常に強い構造になっているというふうに考えます。

ここから少し具体的な事例を御説明しますが、一つは発症前に多臓器間のネットワークが経時的にいろんな臓器に遷延して全身が変化を起こしているということがだんだん見えてきたということでもあります。これは自然発症メタボマウスですが、例えば4週齢とか5週齢とか10週齢でいろんな臓器の遺伝子発現が大きく変わるのでね。ただ、発症前です。

それから、アルツハイマーモデルでもそうですね。これは同じようなことが発症前に起こっていると。ほかにもウイルス感染とか糖尿病の高脂質手術負荷などでも同じようなことがあり、全身の臓器がインボルブされているフェーズがずっとずれて起こっていると。これは今までに

ない発見でありまして、これは超早期のネットワークを取っていく非常に重要な予兆と考えています。

それを起こしてくるメカニズムは何かということなのですが、これは例えば心不全などで非常にできているのですが、ストレスの記憶する分化マクロファージというのが骨髄にありまして、これを正常マウスに移すと心不全が移ると。しかも、いろんな臓器の不全を起こしてくるということがございまして、これを私どもが見いだしておりますが、これも非常に大きな発見だと思っておりますが、これが一つの大きな要因になっているかもしれない。まだほかにもあると思います。

それから、これは合原グループのものですが、バイオで先ほどのような全臓器の遺伝子発現をずっと見て、それを数理モデルのDNB理論というので遺伝子の発現の揺らぎ、この場合は炎症性の腸疾患のモデルであります。27遺伝子が発症前に揺らぐということが分かっております。それを制御理論で絞り込んで、絞り込んだX遺伝子という一遺伝子ですが、それを介入してやることによって発症が抑えられたということでもあります。ですから、ほかにもメタボ症候群と肺がんとか血液腫瘍などでも同様のPOC、こうした一連のリンクができたときに一つのPOC的なものが取れたというふうに私どもは考えておまして、そうしたものがいろんな疾患で取れてきているという状態を作っております。

これは新型コロナウイルス感染症でありまして、これもバイオの所見をこの場合は深層生成モデル理論というDNA理論、先ほどのものとは少し違うもので解析して、ここでは四つぐらいそれを見いだして、ウイルスの場合は重症化するかないかというのを一つのメルクマールにしております。それで、それをインヒビットするものを入れてやりますと、非常にきれいに重症化が予防できたということで、これもPOC的なものではないかと考えております。

それから、これは片桐プロジェクトの遠心性の迷走神経による糖尿病発症の制御あるいは発症予防の開発ということで、動物モデルと人のモデルで、動物モデルでは直接遠心性の迷走神経を刺激してやることによって糖尿病の予防に成功しておりますが、てんかん患者さんでもこうしたことをやりますので、それを使うと糖尿病状態の抑制の確認ができております。

それからもう一つは、これは既に実用化されているアルツハイマーのA $\beta$ と匹敵すると思っておりますが、認知症の病因たんぱく質 - シヌクレイン、先ほども出てまいりましたパーキンソンのものですが、これの血清中とか脳画像の非常に微量な測定に成功しております。これは今後人へ持ってくる上で非常に重要な柱になると考えております。

それから、プログラムのマネジメントの状況ですが、我々は先ほど申し上げましたように統

合データベースというのを作っておりまして、そこにデータデポジットをしております。こうしたいろんな仕組みを作って、E L S I チームあるいは作業部会、協定書などを作ってみんな共通のベクトルでデポジットをしております、N I I の G a k u N i n R D M に保存しております。将来的にこれは国際的な未病あるいは超早期のデータバンクにしたいということで、現在非常にデポジットが進んできているところです。

それから、もう一つは先ほどの超早期、未病を挟んだデータを経時的・網羅的に取っていくという作業は非常に大事でありまして、これを加速するためのマネジメントをずっとやっているということでもあります。それから、ほかの国際連携ですね。国際連携は幾つか進んでおりまして、特にヒューマン・セル・アトラスという一番最初に出ました。これは正常のものでありますが、組んでそうしたものを使えるような環境に持っていきたいと思っておりますし、産業界との連携・橋渡しも盛んに製薬協などとも交流を作っているところでもあります。

それから、広報・アウトリーチ活動もここに書いたようなものを例として挙げておりますが、多方面について行っております。

それから、E L S I が非常に大事でありまして、E L S I については目標2の中に別の独立チームを作って取り組んでおりますし、数理とか横断的な取組ということをやっております。それから、プログラム間あるいはプログラム内のプロジェクト間の連携を高めているということです。

最後に今後の方向性ということを少しだけ触れておきますが、評価の中でいろんな課題を頂いております、ここで一番大事なのは人への展開をどう持っていくか。今でも人を使っているところもありますが、動物から人へというのが一つの流れになっておりますが、それがどういうふうになっていくのかということが非常に重要だということでもあります。これは七つぐらいの課題をまとめて私どもは立てて、その対応をここに書いたものとして考えていると。今日は少し人の場合だけを少しだけ御説明します。

これは先ほど来申し上げている動物モデルから出発したのですが、そこでバイオマーカー、未病を示すマーカーが取れてくることが数理的にもできてきているということをお話ししましたが、それを現在検証に使っている人コホート、これは既存のものでありますが、既存のコホート・レジストリ、バイオリソースを現在はこれぐらいのものを使いながら人で検証しているのです。特に大迫コホート、これは東北の糖尿病のコホートですが、それから、M A B B、それから、順天堂のP D レジストリ、東北メディカルメガバンクなどは非常に有効に活用させていただいております。

ただ、前向きに長期にやっっていこうとすると、こうした既存のコホートだけでは中々難しい場面もございます。既存のコホートの大規模なものに追加項目、これは今後の問題でまだ成功はしてありませんが、追加項目を入れさせていただいて前向きに見ていくとか、それから、更に企業などの健診コホートがございます。これは何万例という数でやっておられて毎年出ておりますが、これを10年単位ぐらいで長期フォローさせていただくということも、今これ実は始めているAIグループがございます。

それから、もう一つのアプローチは先ほどのようにバイオマーカーが動物で主に取れてきたものがあるとする、これを最近非常に普遍的になってまいりましたウェアラブルデバイスとかパーソナルヘルスレコードなどの経時的データベースにつなげる方法を数理AIでやれないかということです。これはまだこれからの問題であります。こうした落とし込みといたしますか経時的データにつなげるということができると、こちらから逆に今動物で見た未病のマーカーがそろそろ動き出していますよということが逆算できるということにつながってくると思います。これは中々間に動物でのウェアラブルデバイスなのかPHRなのか分かりませんが、そうしたものを間にインターフェースとして入れて人につなぐということがもう一つ必要になってくるかもしれませんが、そうしたことを今やろうということを考えているところです。

以上です。ちょうど時間だと思しますので。

上山議員 ありがとうございます。

それでは、これから質問あるいはコメントの時間に入りたいと思いますので、議員の先生方、どうぞよろしく願いいたします。

じゃあ、小安先生ですね。

小安科学技術顧問 祖父江先生、ありがとうございます。小安です。

二つ質問と一つコメント、お願いします。一点目は、現在ここにはトータルで幾つぐらいの研究室が参加しているか教えてください。二点目は、現在作られているGakuNin RDMのデータベースは既存の遺伝研のデータベースとどの程度互換性があるのか、それから、これがいつ頃公開されてみんなが使えるようになるのかご説明をお願いします。

三点目は、お願いします。ここでは完全にナイーブなところからスタートし、全く病気のない人をターゲットにしているのですが、これからは病気にかかり治った後の人たちを対象とすることがおそらくとても重要になると思います。その点で、病気が治癒した後はこのネットワークが元に戻るのかどうか、更にその後の追跡をどうするかを視点をさせていただくことを願います。

以上です。

祖父江PD ありがとうございます。大変お世話になっておりますが、幾つぐらいのラボがというのは中々難しいのですが、AIが一つのラボを代表しているというふうに考えますと、グループによってかなり差がありますが、100近いあるいは100を少し超えるぐらい、100前後だと思います。100前後のラボがぶら下がっていると。PMの下にAIがぶら下がっておりますので、大小いろんな目的でもって動いていると思いますが、全部合わせるとそれぐらいの数になるのではないかと予想します。

それから、2番目のGakuNinのデポジットがほかの研究から出たものとどれぐらい互換性があるかということですが、申し訳ございません。そのところは少しまだ、これはNIIの山地先生に少しお任せしております、そうしたほかのものとの互換性とかほかのものと一緒にして解析を行うということについても議論は出ています。ただ、それが互換性を持ってどのぐらいできているかということについては今後の問題だと思います。

それから、今は先生御指摘のように目標2の中でお互いに利用し合うというのが建前で今は動いています。ただ、山地先生ともいろいろ議論しておりますが、行く行くは国際的な場あるいは日本全体の場にこれを出して行って、未病のデータセットとして利用していただく。これは世界でもそうしたところはないので、非常に大きなコントリビューション、今後のインパクトがあると思っておりますが、少し時期は分かりませんが、できれば後半、5年でもしうまくいくなれば、前半の5年間は少しこの中にとどめたらどうかということを考えているところで、後半の5年間でどこかの時点でというふうに一応今頭の中ではございます。

それから、治った後はどうなのかと。これは例えば私、神経の方が専門ですので、病気が例えば脳卒中などで一つの回路が壊れた後どうなっているのかと申しますと、これは別の系が発達するのですね。その系がもともと生まれてから発達した系そのものが治った後で元とおりになるという場合もあるでしょうが、例えば脳卒中とか多分心筋梗塞などもそうかもしれません、別の経路、脳では回路ですが、それが発達して、それをコンペントするというのを見かけ上治った形になっているというものもありますので、そこはまた別に非常にバラエティーのある複雑な状況になると思います。

いわゆるプライマリーの予防とセカンダリー、なってから再発予防というのはセカンダリーの予防ということになっていますが、先生おっしゃるようにセカンダリーの予防がむしろ喫緊の課題ではあるのですが、これはどちらかというプライマリーの予防をターゲットにして今は進んでおります。ありがとうございます。そこも是非検討の範疇に入れていきたいというふ

うに思っております。ありがとうございました。

小安科学技術顧問 2番目の点ですが、先ほど触れられたヒューマン・セル・アトラスは最初から公開ですとやっているから、みんなはそこにデータを入れるようになっておりますので、先生のやっておられるものを早めに公開して、同じようなフォーマットで世界中から入れてもらった方が多分デファクトスタンダードを取れるのではないかと、そんなふうに感じていきますので、是非御検討いただければと思います。

祖父江PD ありがとうございます。是非そうしたいと思っております。ありがとうございました。

上山議員 ありがとうございます。

次の方、どなたでも結構ですが。

じゃあ、藤井議員にいつから松本先生。

藤井議員 御説明ありがとうございます。

現状、バイオマーカーについて幾つかの具体例を進めていただいている訳ですが、最終的に超早期での診断に結びつけていくということになると、25ページ目に出てきていますが、例えば理論上はトランスクリプトーム解析を見れば発現のパターンで超早期が分かるかもしれないが、それを具体的なモニタリングや診断のモダリティとして何に結びつけていくかということが最終的には課題になってくるのだらうと思います。このプロジェクトではそこまでスコープに入れて進めるという理解でよろしいでしょうか。

祖父江PD どこまでの期間を取るかということは中々難しいのですが、少なくとも前半、グループによっても非常に違います。例えば先ほど申し上げた糖尿病の片桐先生などのグループは、もう最初から人のコホートを使ってずっと動かしていますね。それからもう一つ、大野先生の膵がんのグループも今日は少し説明が十分できませんでしたが、一個一個の細胞を取ってオルガノイドにして、それをナチュラルヒストリーとしてずっと見ていくという作業をしておりますので、もともとヒューマンで出発しているところはヒューマンですと行って、バイオマーカーがどうなっているのかというのはヒューマンの上でつながってくると思うのですが、今先生おっしゃったように動物で始めてこれをヒューマンへ移行するというグループが結構たくさんプロジェクトでもあるのですが、それをどうやって余り障害がなく外から簡単に日常的に見つけ出せるかということが最後の一つのゴールでありまして、更にその先のゴールはインターベンションするということは残っているのですが、まずは先生おっしゃったようにここが一つの大きなゴールになっておりまして、次の5年間にもしつなぐることがございま

したら、つなげていただけるような方向で今評価を頂いておりますが、その中ではこれの一つの大きなゴールとして大転換、大発展をさせていきたいなというふうに思っております。

藤井議員 そのときにバイオメトリクスといいますか、例えば携帯電話のようなものを使って何をどこまで測れるかのようなことが勝負になってくるのだらうと思います。その辺りはこの研究の要素に入っているという理解でよろしいですか。

祖父江PD もう既にゴールとして入っています。

藤井議員 分かりました。ありがとうございます。

上山議員 では、松本先生に行ってから菅議員、後でよろしくお願いします。

松本科学技術顧問 学術的には非常にすばらしいことをやっておられると思いますし、方向としてもずっと昔にプレメディシンということで、病気になる前にどうディテクトしてコントロールするかという概念にも近づきますし、もう少し大きく考えると、プレジジョンヘルスケアという概念にもつながるので、世界の潮流を非常に受け取ってといいますか、それにのっとってやっておられるというふうに理解いたしました。

そこで一つ、患者が持っているPHRをどううまく使っていくかという非常に個人情報保護との関係などで、制度的に中々本来やればいいのにうまくいかないという社会的課題と云えばいいのでしょうか。それに対するインパクトをどう作っていくかが大きな課題になってくると思うのですが、その辺については是非考えていただきたいということと、最終的には社会実装して、これを我々にどう戻ってくるかですから、皆保険の今の状況の中で保険制度も考えながら、政策としてどう動かしていくかということを考えるのは本来この場なのかもしれませんが、それも是非一緒に考えていただけると有り難いなと思って聞いておりました。

祖父江PD ありがとうございます。

コメント的に受け取らせていただきましたが、正に先生おっしゃるとおりでありまして、例えば今お薬などは、これは製薬企業も病気になってから、非常に早期の場合と非常にアドバンスの場合がございますが、病気になってからお薬を開発して、それを治療薬として完成させていくという作業については、一つの大きなパラダイムが社会の中にできていまして、それは非常に価値の高いものであるというバリューもコンセンサスができていますね。

ところが、健常の人がどういう病気になるかを予測して、それを事前にキャッチして病気を何%か分かりません。五分五分なのか、天気予報みたいになっちゃいますが、8割押さえられるのか、そうしたものをやっていこうという形の社会実装といいますか、社会システム、社会基盤というのは先生おっしゃるようにならできていないのです。これをインターベンションま

で含めてやろうとすると、少しこの目標2のムーンショットの範囲を少し超えて、正にこの木曜会議のメンバーの先生方のお力を借りないと中々、あるいはもっと広い政治の力が必要かもしれないですが、ただ、そうした方向性といいますか、例えば先ほどは人での実証、そうした予兆的な、未病的なものがどういう形をしていて、それが人のそうしたウェアラブルデバイスとかPHRに落とし込むとこうした形で見えてくるよと。ですから、こうしたものが出てきたときにはそうした病気の予兆が始まっていますよという、そうしたところまで、これは人におけるPOCというふうに我々は呼んでいます、そうしたものが見つかってきてははっきりしてくると、これはもう企業とか、それから、国とかあるいは世界的にもいろんなものが参入してくる一つの大きな基盤になってくるのではないかと考えておりました、そこまでを取りあえずは走らないといかんというふうに私どもは考えています。

その先の倫理も含めて、社会システムも含めてバリューの共有化、社会での共有化あるいは例えばPMDAのようなものこちらの未病のバージョンをどうやって作るのかとか、そうしたことはもう少し2050年まで一応お時間はいただいておりますので、2050年になりますと、私も100歳になっちゃうので、これは少し次の世代でもちろんやることにはなりますが、少し少し時間がかかると思います。その本当の社会に広がる実装化というところまで行くにはというふうに思いますが、意外と早いかもしれません。少しそれは今後の展開によると思います。

少し答えになっておりませんが、よろしいでしょうか。

松本科学技術顧問 どうもありがとうございました。

上山議員 次は菅議員、どうぞ。

菅議員 御説明ありがとうございました。

私から少し二つ関連した質問をさせていただきます。最初の質問は、マウスとか動物でやっているのは大体似た系統のクローンではないですが、それに近いような状態で研究して、そこからバイオマーカーを見つけるということになります。一方で人間は絶対そんなことはないですね。物すごい多様性に富んでいる訳ですよ。これが本当に動物実験で取れたマーカーというのが人間に対応できるのかどうかというところの検証はできるだけ早くした方がいいかなと思っています。

二つ目は、これは逆に言うと、人間の健常人がどれぐらい理解してきているかによると思っています。その辺は先ほども少し言及されておりましたが、健常人たちの脳の何とかをマッピングしているというのとは違うんだとおっしゃっていましたが、結局健常人がはっきり

分からないと未病になった人たちのことも分からないという気がするのですが、その辺りはどのようにお考えなんでしょうか。

以上です。

祖父江PD どうもありがとうございます。

正に先生おっしゃるとおりでありまして、マウスは主に純系を使っている訳ですね。そうしますと、ジェネティックなバックグラウンドからいろんな展開がほとんどユニフォームに個体差がなく起こるといふふうに考えられておりますので、人に持っていったときにそうしたマウスで作られたものが本当に役立つのか、非常に多様性のバックグラウンドを持った場で発揮できるのかというところは非常に大きな問題です。ですから、それが人への転換の一つの大きな価値といえますか、そのオーバーカムをどうできるかということが価値になってくると思います。

それで、私どもは幾つかのオーバーカムの方法を考えておりまして、一つはマウスではN数が10とか、それは数理的に計算した数で今運転をして、そこで出たものをPOC化しているのですが、人ではこれを例えば100例で済むかどうか分かりません。ただ、100例単位あるいは場合によると1,000例単位、もっと大きな単位でマウスとして見ていくという作業がどうしても入ってこざるを得ないと思います。そのバリエーションを超越するようなそうしたふうなマーカーが動物と共通して取れるかどうかということを見ていきたい。そこには少しかなり数理的な力が必要だろうというふうに思っているところであります。

それからもう一つは、マウスの中でも例えば糖尿病を合併している場合あるいはアレルギーを合併している場合、あるいは老化が合併している場合、あるいは雄雌の性差がある場合とかいろんな外的な環境要件を変えることによって、動物のレベルでも取れてきたマーカーがバリッドかどうかということは今検証しておりまして、大体のものはいけるという非常にファンダメンタルなものがあります。ただ、動物でそうした条件を変えてやると中々少し難しくなるというものもございますので、そこはスクリーニングがもう一つ必要だというふうに思っておりまして、そこは今進めているところです。

それからもう一つ、健常を理解しないと病態は理解できないのではないかと、おっしゃるとおりです。ですから、私どもはヒューマン・セル・アトラスのアジア地区のいろんな方とコミュニケーションを取っておりまして、少なくともアジアで取れてきたようなヒューマン・セル・アトラスのデータあるいはサンプルというものを共有化させてもらうということは今少し話しているところであります。あるいは日本国内でもどこまでが健常で、どこまでが健常でないか

というのはヒューマン・セル・アトラスの方に聞いても中々やはり難しいんだそうでありますが、そうしたものを取れるコホートを動かしているところもありますので、そこでの協働ということコントロールというのは、特に東北メディカルメガバンクなどはコントロールを非常にたくさんお持ちのようですので、そこでの協働ということをむしろ今一部のグループは動き出して実際にやっているところです。少しそれをどういうふうにシステム化するかというのは、今後更に考えていきたいというふうに考えております。

以上です。

菅議員 ありがとうございます。

上山議員 よろしいですか。

私から最後に、簡単に。このプロジェクトといいますかムーンショットのプロジェクトそのものを最初に5年前に立ち上げたときから、研究データの話は中心の中心だったというふうに思います。先ほど小安先生からありましたが、データのマネジメントがかなり書かれていて、将来的には未病データセット等もかなり公開でなされるというふうには思っているのですが、その辺りの進捗がまだ少しよく分からないなということと、これ合原先生に前にお話を大分聞いてとても面白かったし、それから、今日聞いていると深層生成モデルとか最適輸送理論とか新しいタイプの数理的なアプローチも取り入れられていることも分かりました。合原先生の話聞いたときには面白かったのは、未病といいますかテゴリーの理論化が相当進む、しかも、それは日本初のものであるという話を大分聞いたのですが、4年たって実はそんなに海外でそれほどラボで同様の理論が発展していないという話も今日は出てきた訳で、それはこの研究データの公開の問題と関わっているのかという疑問を持ちます。

つまり海外のところでも同様の未病というテゴリーの研究が進捗していくきっかけになるとすると、日本初のムーンショット的な政策ターゲットが満たされるということになると思うので、そうしたところはどうなっているのかが最大の疑問ですね。既に4年ですから、どこかでそういったラボ形成の変化みたいなのは起こってもいいのではないかと思いますし、いや、それはそんな簡単な話ではないんだよということであれば、それはそれなりにお話を聞かせていただきたいなと思います。よろしくお願いします。

祖父江PD 先ほども小安先生から御質問いただいた問題ですが、いつどういう形でオープンにするんだということは、例えばヒューマン・セル・アトラスは最初から世界に幾つかのラボを配置してオープンにするが、これに参加しないかと。この指止まれという形で公募しているのですね。しかも、それはスタンバイした形のをかなりの時間をかけて作って、誰もが

利用できる形にした上でスタートしているというスタートのところが非常にいわゆるアメリカ型と申しますか、ゲノム計画とかたんぱく計画とかそうしたものと非常に近い、非常にいいスタートを切ってやっていると思います。

それに比べてこちらのものは、少しハイブリッド的なのですね。そうしたオープン型のものを今後作っていくので、データベースを作っているので集まれという部分と、それから、やはり研究をしてくださいという部分が少しハイブリッドになっていまして、そうしますと、バイオとか何かの研究の人たちはそうした自分のデータを大っぴらにぱーっとオープンにするというのは中々少し壁がございまして、今大体この合意書というのを全員から大分前に、スタートのときに取りましたので、皆さんベース、バックグラウンドとしてはそうしたものの合意はできていると思いますが、実際にこれがどんどんデータを作って、これはもう皆さんオープンにしてもいいよというところまで行くには少しもう少しプロセスがかかるかなというふうに私は思っています。

これは日本の余り得意ではないところの分野でありまして、特にバイオの方では。それを何とか打ち破りたいなというふうに考えておりますし、未病データセットバンクというのは世界にございませぬので、それをやっていきたいと。それで、世界の中で中国は例外的に未病ということをやっています。この合原先生のDNB理論も中国では非常に普遍化と申しますか、かなりの人が使って研究を既に始めています。ほかの国はほとんどやっていません。これはもともと2,000年前に中国で作られた未病というふうな言葉でして、東洋的な感覚なのですね。ですから、少し世界に発展させるためにはいろんな手だてが必要だというふうに思いまして、今御指摘いただいたように、この未病データセットをオープンにして世界に使ってくれというのも非常に大きなインパクトがあると思いますので、ありがとうございました。そうした方向も是非考えに入れながらやっていきたいと思っております。貴重な御指摘、本当にありがとうございます。よろしく申し上げます。

上山議員 ありがとうございます。

もともと最終的な評価としてデータの共有性があれば、その人の研究のポジティブな評価になるというコンセプトでやっているの、その辺は是非よろしく願いいたします。ありがとうございました。

それでは、祖父江先生からの御説明と質問討議をこれで終わりたいと思っております。祖父江先生、どうもありがとうございました。

祖父江PD ありがとうございました。今後ともよろしく願いいたします。

上山議員　活発な御議論をこれまでいただきまして、ありがとうございます。各目標の関係府省と研究推進法人は、本日の議論を踏まえて研究を進めていただくようお願いいたします。この議題についての本日の御報告と討議は以上とさせていただきます。ありがとうございました。

午前 11 時 25 分 閉会