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2月27日(木) 9:30~10:47
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、小谷議員、小林議員、篠原議員、橋本議員、松尾議員、
山極議員
(事務局)
別府内閣府審議官、松尾統括官、佐藤審議官、十時審議官、高原審議官、
坂本参事官、須藤プログラム統括、河合参事官、大塚政策企画調査官、
原田PM、合田PM、伊藤PM
議題 IMPACT成果報告(1)について

議事概要

午前9時30分 開会

上山議員 皆様、おはようございます。まだ少し遅れてこられる有識者の方がおられるのですが、ここで始めようかということになりましたので、只今から総合科学技術・イノベーション会議有識者議員懇談会を始めます。

本日の議題は公開で行います。

議題は一つで、「IMPACT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。

本議題はこれから5回にわたり、実施させていただきます。本日はその第1回目でIMPACTプログラムのプログラムマネジャーのうち、伊藤PM、合田PM、原田PMにお越しをいただいております。三つのプログラムに関して御説明と質疑ということで、各20分ずつを予定しております。

それでは、早速ですが、伊藤PMの方から報告をお願いいたします。

伊藤PM それでは、伊藤です。御説明させていただきます。よろしくをお願いいたします。

私のタイトルは、超薄膜化・強靱化「しなやかなタフポリマー」の実現です。御説明させていただきます。

最初のスライドは、少し時間がないので、お読みいただければと思います。その次から説明させていただきます。

材料は大きく分けて、金属、セラミック、ポリマーと3種類ございます。ポリマーは、プラスチックやゴム、繊維、ジェルなど、我々の身の回りにたくさんあり、それらをポリマーと呼んでいます。

ポリマーの最大の特徴は軽いということなんです。例えばボーイング787の機体というのは、ジュラルミンに代わって複合材料が使われるようになってきました。複合材料というのは、強化繊維とポリマーのコンポジットです。このトレンドは車の方でも今どんどん進んでおります。

車の場合も、車重が軽くなるので、燃費が非常によくなるという特徴があります。技術的な課題としては高生産性とか低コストの問題があります。それ以外にも、性能面で色々なトレードオフがあるということが現在の問題となっています。

例えば、硬さとしなやかさというのは、これは中々ポリマーの世界では両立しないということが言われています。こうした両立しない技術が、イノベーションを阻んでいると考えられています。

この本プログラムでは、このようなトレードオフを打破しようということを考えました。

例えば、一言で言うと、薄くても破れない、硬くて脆くないようなポリマーを作りたいということです。例えば強靱性を向上させるとか、あるいは亀裂が入っても、これが進展しなければ壊れなくなる訳です。

それから、柔軟性とか形状回復性、あるいは自己修復性などがあれば、力を分散してかわしたり、劣化を食い止めて破壊を未然に防ぐということが期待できます。

これを実現するために、最先端のケミストリーと、放射光施設Spring-8と、それからスーパーコンピューター「京」など、日本が誇る大型施設を存分に使わせていただきまして、これまでにないようなポリマーを実現しようというのが本プログラムの目的でございました。

日本のポリマーの基盤技術は世界のトップレベルですが、これが実現すれば、産業応用として自動車だけではなくて、電子機器、ロボットなどへの波及効果も期待できます。

それを実現するために、まずキャストイングとして、高分子化学の我が国のトップクラス、ものをつくる方たちのスーパースターを集めました。たとえば、ゲン先生、相田先生、原田先生、大塚先生などに参加していただきました。

この方たちは『Nature』とか『Science』とかに論文をたくさん書いておりまして、基礎研究のスーパースターですが、そうした先生方たちに入っていました。

それから、高分子の物性の分野から、ものをはかる人、それからものを実際に解析する人、理論やシミュレーションのスーパースターにも入っていただきまして、日本のアカデミアのド

リームチームをつくり、この課題に挑戦してもらいました。

このプログラムのメインプレイヤーはむしろ企業の方で、この五つの企業、東レさん、住化さん、ブリヂストンさん、AGCさん、三菱ケミカルさんが中心となって、実際にそうしたタフなポリマーを開発するということをお願いしてまいりました。

このプログラムの特徴の1つとして、材料については車の部材に特化して、そこをタフ化しようということをお願いしました。

それから、もう一つの特徴としては、1テーマ1企業ということにしまして、それぞれの部材に対して一つの企業に責任を持ってもらうという形で行いました。

例えば、東レさんの場合だったら、車体の構造用ポリマーとか、住化さんだったら透明樹脂の部分をお願いしました。

タイヤに関しては、ブリヂストンさんです。タフなタイヤ、ゴムを造ることによって、タイヤの厚みを薄くしても大丈夫なようになります。それから、AGCさんと三菱ケミカルさんはそれぞれ燃料電池、電解質の電解質膜やセパレータなどを薄くするという事で取り組んでもらいました。

日産さんは何のために入ったかと言いますと、二つ理由があります。一つは目標の設定です。数値目標をどこに設定するかということで、ユーザーサイドから見た数値目標というのを提案してもらいました。だいたい、現在の性能の約10倍ぐらいの性能を上げるということで、目標を設定していただきました。もう一つの役割としては、開発された材料が本当に性能を満たしているのかどうかというのを第三者的な立場でもって、厳しく評価していただきました。このような二つの役割をお願いいたしました。

これはプログラムの推移です。これは割愛させていただきます。

このアカデミアと企業をどう組み合わせるかということで、マトリックス運営というのを考えて提案させていただきました。

本プログラムでは、一つ一つのプロジェクトに対して、一つの企業が責任を持つと申し上げましたが、アカデミアの技術は共通性がありますので、色々な企業に適用することができます。マトリックスを組んだことで、一つの企業が日本の違う大学にいる複数のスーパースターのアカデミアとがっつりと組んで、企業の研究開発を支援する、そうした体制で行いました。

こちらの企業プロジェクトは完全にクローズしていますが、こちらの方は横断的共通課題ということで、逆にオープンにやるということで考えました。こちらの方はむしろ亀裂がどうして進展するのかとか、亀裂のメカニズムとか、そこら辺を解明することになっており、アカデ

ミアが中心になって行いました。クローズしたプロジェクトとそれからオープンなプロジェクトの両方を並列させて推進してまいりました。

最初からこんなに企業とアカデミアが組み合ったかということ、そんなことはなくて、一番最初はこんな感じです。アカデミアと企業が独立に参画をお願いしたので、最初は全然かみ合わなかったのですが、プログラムの進行とともにだんだんかみ合ってきて、ああいうふうにマトリックスができたということです。

このやり方というのは、今まであまり例がないやり方だったと思っています。普通企業と大学はどちらかというと1対1の共同研究が多かったのですが、この場合は1対複数、合成、物性、構造解析、シミュレーションのアカデミアが組んで、チームになって一つの企業の課題に集中して取り組むと、そうした体制で行ってまいりました。

成果を幾つか御紹介したいと思います。

これはAGCさんの成果ですが、燃料電池電解質膜を25 μm から5 μm と薄くして、それでタフネスを上げることを目指しました。

色々なアカデミアに活躍していただいたのですが、一つだけ御紹介します。山形大学の伊藤先生との共同研究の成果です。燃料電池電解質膜の耐久性の評価は、サイクル耐久性試験で行います。これは普通、数万サイクル行いますので、2、3か月かかります。ところが、この耐久性と非常に相関性のある指標というのをプロジェクトの途中で見つけました。

この指標を使うことで、力学測定試験、つまり2、3日で終わるような力学測定試験を行うことによって、数か月の耐久性が予測できるということになります。これによって材料開発のスループットがとても上りました。色々な膜を合成して評価し、数日で結果が出るということで、材料開発のスピードがとても速くなりました。

その結果がこれです。横軸が乾湿サイクル耐久性試験の回数です。縦軸が水素ガスのリーク量で、これを超えると膜が破れたことを意味します。

25 μm の膜厚の電解質膜では、普通2万回ぐらいで破れるのですが、本プログラムで開発された5 μm の膜厚の電解質膜は、膜厚が5分の1でありながら耐久性が5倍以上高くなりました。こうした高耐久性の膜がたくさん開発され、実際に目標を達成することができました。

次が、三菱ケミカルさんの成果です。三菱ケミカルさんでは、こうした多孔膜のセパレーターを開発しており、多孔膜の膜厚を5分の1にして、耐久性とといいますか突き刺し強度を上げる、そうした課題に挑戦してもらいました。これにも色々なアカデミアの先生方に活躍していただいたのですが、一つ御紹介しますと、群馬大の河井先生との共同研究の成果です。S P r

ing - 8 を使いまして、実際にフィルムを引っ張ったときに、どうやってこの孔が空くのか、その挙動をリアルタイムで測定することができました。

その結果、どういうふうにすれば孔の揃った多孔膜ができるのかという材料設計の指針が明らかになりました。これは実際の結果ですが、従来の多孔膜は孔の大きさがバラバラで、しかも方向が揃っていません。これですと応力集中が起こりやすいのですぐ壊れるのですが、本プログラムで開発された多孔膜は、膜の孔の大きさが非常に揃っていて、しかも方向がバラバラになっています。なので、薄くしても突き刺し強度が上がるという、ある意味、逆の関係が得られて、目標が達成されました。

次が東レさんの成果です。ポリマーというのは、一般に、硬さと弾性率あるいは引張伸度がトレードオフの関係にあるのですが、この環動ポリマーの構造を入れることによって、硬い状態でも伸びるようになりました。通常は硬いと脆くなるのですが、この場合には、硬いのに伸びが出るという成果を達成いたしました。

アミド樹脂の場合、通常の破断伸びはは大体 10% ぐらいなのですが、本プログラムで開発されたアミド樹脂は 100% 伸びるということで、破断伸びが 10 倍になっています。屈曲試験を行います、通常のアミド樹脂は約 2,000 回で普通壊れるのですが、本プログラムで開発されたアミド樹脂は 9 万回でも壊れないということ、耐久性が 45 倍上がるという結果が得られています。

これで落錘試験を行いますと、通常のアミド樹脂はこうしたふうにバラバラになるのですが、本プログラムで開発されたアミド樹脂は全然壊れないということ、衝撃を吸収してエネルギーを散逸することができます。これはポリアミドだけではなくて、CFRP でも有効で、今使っている CFRP の約 3 倍ぐらい、サイクル耐久性が上がるという結果が得られています。

続きまして、ブリヂストさんの成果です。こちらでは、タイヤの膜厚を半分にするという課題に挑戦してもらいました。

そのためにゴムの引裂きエネルギーを約 4.3 倍上げることに成功いたしました。この成果には色々な先生方の貢献があります。たとえば理論の奥村先生は、亀裂転移のジャンプ現象をモデル化し、その厳密解が発見されました。さらに色々なシミュレーションも行い、最後は北大のゲン先生のダブルネットワーク構造を導入することによって、非常に耐久性が上りました。これが結果です。従来のゴムと開発された新しいゴムの比較です。両方引っ張ります。この引っ張った状態で、横にはさみを入れますと、通常の場合はこのように亀裂がすぐに進展します。開発されたゴムでは亀裂がまったく進展しません。不通はこんな形で亀裂が進展するのですが、

こちらはほとんど進展しない。

この2つのゴムでは、応力伸長特性はほとんど同じですが、亀裂の進展が全然違うということです。このように亀裂があまり進展しないゴムは非常に耐久性がありまして、これであれば膜厚を半分にしても、全然壊れないということになります。現在、そうした新しいゴム材料のタイヤへの展開なども進んでおります。

最後は、住友化学さんの成果です。透明樹脂をタフ化するという目的で、PMMAという、普通だったら壊れやすい、そうした透明樹脂のタフ化に挑戦しました。透明樹脂の場合も、トレードオフの関係が知られていますが、タフネスで約10倍、硬さで1.6倍という今までにないような新しいPMMA、透明樹脂をつくることに成功しました。

こうした会社での成果に加えて、アカデミアの方でも、共通課題の方で大きな進展がありました。高分子の破壊に関しては30年ぐらい、ほとんど進歩がなかったのですが、色々な先生方が協力して、高分子の破壊の機構解明に取り組みました。

機構の解明のために、Spring-8にタフポリマー専用実験ステーションを設けさせていただきました。283日×24時間このビームラインを使って、集中して破壊の解明に取り組みました。

これについては結果だけなのですが、結論から申し上げますと、今までよく分からなかった、高分子はどのように壊れるのかという原因が、本プログラムででかなり明らかになりました。また、亀裂がどのように進展するかということに関しましても色々な成果が得られました。

それらの成果は、基礎研究の成果として色々な論文に報告されました。約4年間の成果なのですが、『Nature』に1本、『Science』に2本、それから『Nature』関係の雑誌にも論文がたくさん出ております。

それから、特許出願も企業中心にして、今では約100件くらいになっていますし、テレビ関係でもたくさん報道されました。

最後にこの成果を使って、コンセプトカーをつくりました。お披露目は1年半前ですが、NHKのニュースでも紹介されました。またモーターショーなどでも展示しております。

本成果については、車で使われるというのはまだ10年先かと思うのですが、車以外の分野では色々な部分でもう実用化検討がかなり進んでいます。来年にはもう市場に出るようなものもあるというふうに聞いております。

このように実用化が進んでいるだけでなく、本プログラムは終わってしまったのですが、企業さんとアカデミアの共同研究はImAPCT終了後も個別に進んでおります。色々なアカデミアの

先生方が、企業の開発、実用化に向けた研究開発にもいまも取り組んでおられます。

これはまとめですが、緊密な産学連携とプロジェクト体制強化によって、各プロジェクトとも最終目標を達成いたしました。実際に目標値を達成したことが、日産さんの試験によって確認されております。

それから、高分子の破壊の分子的機構がかなり解明されました。去年7月に、そうした成果を集めた特集号が外国の雑誌から発表されております。

タフポリマーのプロトコルというのは、自動車ではなくて電子機器、ロボット、医療などにも波及しますし、例えば今問題となっている海洋プラスチックの問題などの解決などにも貢献できるのではないかと考えております。

以上です。

上山議員 どうもありがとうございました。只今のご説明につきまして、ご意見・ご質問がございましたらお願いします。

特に新しく来られた有識者の議員の方々。

橋本議員 さっき伊藤先生が言われたように、高分子分野のスーパースター、普段は絶対に一緒にやることのないような人たちを集めて、しかも派手なことをやっている人たちを非常に地味な分野にお金の力も使って。

伊藤PM いや、いや、いや。

橋本議員 間違いなくそうで、かつ産業界のそうしたテーマについてやったというので、画期的な、産学連携の、国などが設計する一つのモデルになると思うのですね。なので、そうした意味で大変よかったなと思っていますが、一方で、今見て、成果を見たときに、各社の成果に貢献した代表的なものでアカデミアの方の名前を挙げてくれたと思うのですが、ほとんどスーパースターの名前が出てこなくて、それ以外の方の名前が出ています。

伊藤PM いや、そんなことないです。

橋本議員 そうですよ。伊藤先生も私もよく分かっているから。だから、どういうことかと言うと、やはりこうした泥臭いといいますが地味な仕事のときにはそうしたスーパースターよりも少し地味だけど頑張っているような人の方が役に立ったということなのかなと、もしかして、見ていて思ったのですけども、そうであれば少し政策的にもこれは影響がある話なのですが、その辺は正直、実際どういうふうに感じておられますか。

伊藤PM 確かに、大体は先生のおっしゃるとおりなのですが、違う例もございます。例えば実例を挙げますと、ゴムなのですが、ゴムは最初色々な先生方が活躍したときは、このあた

りの成果だったのです。要するにタフネスは上がるんだけど燃費は下がらなかったのです。これは非常に困っていました。ところが最後に、実はこのグン先生。

橋本議員 グンさんはスーパースターに少し引っ掛かり……。

伊藤PM いや、いや、いや、スーパースターです、基礎研究の分野では。グン先生はこれまであまり応用研究をされたことなかったのですが、そのアイデアを使うことによって。

橋本議員 これはそうだと思います。グンさんだけがスーパースターで入っているなと思って見ていたのです。

伊藤PM もう一つ例があります。いくらでも出てくるのですが、確かに大体は先生のおっしゃるとおりだと思います。でも、本当に困ったときの最後のところでは、基礎研究のスーパースターが非常にいい仕事をしてくれました。例えば相田先生の例です。燃料電池の電解質膜のプロジェクトでは、耐久性を上げるということは達成できたのですが、実は薄くすると水素漏れが起こるのです。中にフィラーを入れて水素漏れを抑えないといけない。フィラーを入れて水素漏れを押さえるかということに関しては相田先生のアイデアで成功しました。

橋本議員 それはやはり考えられることで、中々できないときに、スーパースターの人たちはいいポイントをポンと出すということがある。だけど地道にやるときにはスーパースターは中々やはり、言うことを聞いてくれなくて、ということ。だから、その辺の組合せをどのようにPMなり何なりがやっていくかということがポイントだということだと思います。

小林議員 マトリックス運営体制や経過も含めて、素晴らしいパフォーマンスだったことは衆目の一致一致するところかと思うのですが、改めて感じたのは、まず、そもそもIMPACTとSIPという辺りの区分ははかなり難しいなということですか。

それから、企業サイドの何とも言えない綾といいますか、その辺りですね。例えば非常に具体的に言えば、当社がガリチウムイオン電池材料で実際に事業化しているのは負極材負極材と電解液で、特に後者が有力なのですね。ところがこのIMPACTでは、あえて一番実績が薄くて、恐らく事業化もしないだろうというセパレーターを選んで、手を挙げている訳です。東レさんも炭素繊維はどちらかというと飛行機の機体メインなのにな、あえて自動車をテーマに選ばれている。当社などはむしろ車メインなのですが。そこら辺の微妙な綾をどういうふうに設定され、企業に手を挙げさせたのですか。

伊藤PM 実は企業さんの方が集めてくるのが大変でして、アカデミアは断るのは誰もいないのですが、企業は結構断られました。それで、むしろタフネスを上げるということを目指して参画いただきました。

小林議員 そこは非常にうまくやったなと思います。

伊藤PM 逆に本当は、先生がおっしゃるように、違う組合せもあったと思うのですが、担当企業を探した結果、最終的にこうなったということかと思います。

松尾議員 これはIMPACTのプロジェクトの性格からして、素晴らしい成果が上がっていると思いますよ。これを社会的にもものとても大きなインパクトとなって展開してゆくるための課題と、それからこれをそれからこれを本当に大きなインパクトにつなげていくための先生方からの提言みたいなものがあれば少しお聞きしたいと思います。

伊藤PM 課題はコストだと思います。やはり一つ、車を造ったというのは一つよかったかなと思うのは、多分、車を造らなかったら多分目標の数値だけで終わっていたと思うのですね。あるいはテストピースのデモだけで終わっていた。車を造ることによって、大きな部材をつくらなきゃいけなくなったんで、プロセスの問題を解決しなければならない。そのときに、やはりプロセスが非常に大変だということも分かってきて、新しい課題が見えてきました。そこを今一生懸命解決しようとしています。

プロセスを考えるとコストについても見えてくるので、コストの問題をこれから会社の方でどうやって解決していくのかということが、多分一番大きな課題かなと思っています。

篠原議員 1点だけ質問です。まず非常に素晴らしいと思ったのですが、マトリックス運営体制を見たときに、仕事自身はこの縦軸、例えばそれぞれのプロジェクトリーダーが先生方と議論しながら進めていく訳ですね。そういったときに、例えば高原先生でも高田先生でもいいのですが、幾つかのプロジェクトに絡んでいらっしゃる先生方の知財の取扱い、要するにどうしても企業から見ると自分が見えている景色は小さいですけども、先生方から見ると景色は幾つも見えているではないですか。その中で知財の取扱いはどういうふうな約束事で進んでいるのですか。

伊藤PM 二つあって、まずは機密保持が重要で、アカデミアの先生方には機密保持を強くお願いしました。あるプロジェクトの情報が他に漏れないようにすることに注意しました。次に知財に関して言うと、最初はこの企業と複数の大学が共願で出そうと思ったのですが、そうすると1つの知財の中に違う大学がたくさん入ってきてしまいます。最初は、違う大学のTLOと協議しようとも考えたのですが、全然、話がかみ合わなくて、結局最後どうしたかと言うと、知財を企業の単願にしました。できるだけ単願にしました。逆に共通課題の方は汎用性があるので、企業の貢献があつとしても、アカデミアの単願にしてもらいました。少しもめたこともあったのですが、できるだけお願いして企業単願、アカデミア単願ということにしてもら

いました。そうしないと、交渉ではもうまとまらなかったです。

篠原議員 それはほかでもできるのですかね。

橋本議員 いや、だからそれはやはり大変な作業だと思いますね。

伊藤PM 一つ、言い忘れましたが、I m P A C T実施規約というのがあります。これにサインしないと全機関、参画できなかったのです。ここには、知財に関してはPMの意見に従うと書かれています。もちろん知財委員会も開くのですが、最後はPMが決めるという規約に、皆さんサインしていただいたので、T L Oもあまり反対できなかったのだと思います。

橋本議員 だからこそさっき小林会長が言われたように、本当にやっているところは中々参加しないのですよ。サインしづらいですよ。それはやはり中々、トレードオフになりますよね。

篠原議員 今回の場合、全部企業の単願ですから、まだ可能性はある訳ですよ。

伊藤PM それはそうですね。知財については、最終的にそのようになってので、最初からそう考えてはいなかったのです。最初は、大学も企業と一緒に入るつもりでいたのではないかと思うのです。でも、実際にやってみるともめたので、最後はそうしたという経緯があります。企業さんは、最初、このような実施規約にサインするのはやはり怖かったと思います。最初は嫌がっていました。まったく同じ一つの契約書なので。

上山議員 よろしいですか。

どうもありがとうございました。

続きまして、合田PMの方から御説明をお願いします。

合田PM 東京大学の合田です。今、話題の武漢でも教授をしております。

まず、I m P A C T、5年間、ありがとうございました、ということで、中間色々ありましたが、最終的には高く評価していただいて感謝しております。

私のテーマは細胞分析です。細胞というのは生物体の基本の単位でして、例えば人間の体は約60兆個の細胞で構成されています。細胞は多種多様でして、神経細胞、白血球、血小板、幹細胞、神経細胞、がん細胞ございます。それぞれの細胞で異なる機能がございます。

細胞をよりよく理解するには、様々な分析をしなければいけない。具体的にはこういったニーズがあるかということ、初めて見た細胞や機能が分からないものを見つけないとか、性質が異なる細胞だけ拾って調べたいとか、あとは血中のがん細胞を診断に活用したりとか、もう本当に生命化学、医学、医療、バイオ産業と幅広くニーズがございます。

しかしながら、細胞分析というのはチャレンジングであるということで、アナロジーとしては「ウォーリーをさがせ！」に近い。似たような人、若しくは細胞がたくさんいて、ウォーリ

一、特殊な細胞を発見することが困難である。ウォーリーライクな細胞をいかに速く正確に探し出すか。これがチャレンジングなところだ。

伝統的な手法としては、顕微鏡とセルピッカーです。多種多様な細胞集団内の細胞一つ一つを顕微鏡で見て、特定の細胞を同定分離して集中的に分析する。

しかしながら、いつ当たりを引くか誰も分からない。非常に時間と手間のかかる地道で非効率な作業であります。実際にこれができる人がノーベル賞を取れる。例えば大村先生などは静岡の土をずっと調べて、45年間続けて、これまでに480種を超える新規化合物を発見したと。

自動技術も一応あるのですが、非常に精度が低い。これはFACSという技術でして、Fluorescence-activated Cell Sortingという技術でして、これは蛍光抗体で標識した細胞集団を流して、レーザーで照射して特定の細胞を分取することを可能とするハイスループットな自動技術です。

1970年代に開発されてから、病院とか製薬企業、大学、研究所等で幅広く用いられています。京都賞も受賞した技術です。

しかしながら、FACSというのは空間分解能を持たない。いわゆる顕微鏡で得られるような情報を得ることができない。つまりこれらの技術の間にはトレードオフがある訳ですね。いわゆるハイコンテンツでロースループットかローコンテンツでハイスループットのどちらかになる。

これをよりサイエンティフィックにこの性能指数に当てはめると、横軸がスループット、1秒間に計測と分取が可能な細胞の数。縦軸が1細胞当たりの情報量です。精度に比例している。FACSがここ、顕微鏡とセルピッキングがここにあります。実際に市販されている装置のスペックを当てはめると大体こんな感じになります。

つまりここにトレードオフの壁がある。従来技術がアクセス可能なエリア、青いところになります。

しかしながら、ウォーリー、ウォーリーライクな細胞、未知な細胞、希少細胞、スマートセルというのはここにいる訳です。

こうした細胞を見つけるには、より見えなかったものを見える化するために、詳細な細胞情報による分取。あとは膨大な時間や手間を解消するための自動化、高スループット自動化が必要である。

このエリアを攻めるような技術を開発することがこのIMPACTの課題でした。いわゆ

る細胞を高精度、迅速に選抜する細胞検索エンジンのような技術です。これもつくり込みでデザインして、実際に達成いたしました。

少し専門的にはインテリジェント画像活性細胞選抜法といいます。英語で言うと、Intelligent Image-Activated Cell Sorting、もっと平たく言うと、人工細胞、人工知能を用いた細胞検索エンジンです。

概要ですが、多くの細胞を一つ一つ撮像して、深層学習、AIを使って、毎秒1,000個のスループットで、1個1個、撮影解析、分取できる。世界初の基盤技術である。非常に汎用性の高い発見マシンでして、これまでは膨大な時間や手間がかかっていた作業を究極的に効率化する。それによっていわゆるセレンディピティの計画的創出を可能とする。これがプログラムのテーマでもございます。

これがランドマークの論文でして、トップジャーナルの『Cell』にパブリッシュした論文です。内容は、著者の数と超異分野融合的研究。大多数が30代の若手ということで、伊藤先生の発表もございます。我々のプログラムはスーパースターがいなくて、ほとんどが若手で行いました。異分野融合、物理、化学、生物、情報科学、微生物、医学ということで、2018年にパブリッシュしてから、1.5年間たって、今、引用数が100を超える、バイオ分野では非常に成功した論文の一つとなっております。

この技術はどんなものかという動画があるのでお見せしたいと思います。

これが装置でして、ここに細胞をセットします。これが全体像でして、マイクロ流体チップ上に全ての機能を内蔵した形になります。細胞がこの黄色いチューブから入ってきて、最初ランダムに入ってくるのをハイドロダイナミックフォーカサーという技術を使って、整列化します。整列化した細胞を1個1個、非常に特殊な蛍光顕微鏡で1個1個の細胞の撮像を行ってきました。流し続けます。

撮った画像を今度は3色で蛍光で撮るのですが、それをデジタル化して、イメージプロセッサ上でそれぞれのカラーの画像を再構築する。それを今度マージして、合成して、今度AIを使って、それぞれの細胞から特徴量を抽出する。特徴量を抽出して、その特徴量をベースにこの多次元空間にマッピングします。多次元空間にマッピングすることでその細胞が欲しいものかそうでないのか瞬時に判断します。判断して、その情報をベースにセルソーターのところに送って、細胞が来たときに、右左、右左と分取を行う訳です。最終的に二つのチューブが取れると。全体像はこんな感じで、細胞が入ってきて、流して、二つに分ける。

人間の脳に当てはめると、ここがいわゆる認識の部分に当てはまります。ここが意思決定、

命令、作動になります。これはもう非常に速い、大体30ミリ秒で全て行われます。非常に超高速に動く、人間が顕微鏡を見て分取するようなイメージだと思っていただければいいです。

実際にはこんな装置です。少し暗くて分かりづらいですが、光学定盤上に設置して、複数のモニターで管理します。ここがマイクロ流体チップでして、細胞がこっちからこっちへ流れて、顕微鏡がここ、分取するところとなっております。

実際に運用している動画があるので、これをお見せしたいと思います。

こんな装置でして、まず午前中に大体4、5人でディスカッションしてどんな実験をするかと。細胞のサンプルを用意して、ここにセットします、チューブを入れて。ランボタンを押して、モニターで管理する。1個1個が細胞です。複数のモニターでそれぞれのサブシステムを管理する。大体2、30分待ちます。この間分取を行います。最終的に実験が終わったら分取したものと残りの細胞が入ったチューブを二つ回収する。

この実験では最終的にきちんと欲しいものが取れているかというのを確認するために、普通の顕微鏡で評価する。その後、取った細胞を例えばゲノム解析だったり、指向性進化とか様々な用途に使うというのを最終的に議論します。

スペック的にはどうかと言うと、先ほどお見せしたこの性能指数、スループットと精度ですが、2018年に『Cell』論文ではここの地点を達成しました。大体100セル/秒スループットです。顕微鏡と同じレベルの情報量を得る。これで従来と比較して、1000倍性能が向上した。最近、2020年、IMPACTが終わってからですけども、更に20倍向上して、従来と比較すると2万倍性能が向上したということです。

具体的にどんな応用に使えるかというのを少し幾つかお見せしたいと思います。

本技術で実際に行った実験では、こんなようなものがあるので、少し一つ一つを説明したいと思います。

まず肺がん細胞、白血球との凝集体、がんというのは原発腫瘍で死ぬ人はほとんどいなくて、ほとんどが転移で死ぬこと、9割がそうです。というのは、CTCという血中循環がん細胞というのが原発腫瘍から転移の地点まで移動して転移が行われますけど、この転移細胞を見つけてということが非常に診断、創薬にとって重要であります。しかし非常に難しい。白血球に非常に似ているから。

イメージングで取る、例えば核DNAだったり、細胞種、あとクラスター化しているものを見ることによって、より高い精度で同定、分取することができる。クラスターの方が実は転移

力が100倍強いというのが最近分かってきました。

あと白血球、好中球、ストレス、感染、薬物、そういったものに対して応答する、免疫がん、異常なバイオマーカーなのですが、こうした微妙な変化というのは中々人間の目では判別するのは難しいですが、深層学習を使うと検出可能であります。

今、コロナが問題になっていますが、コロナ、COVID-19の迅速診断法の開発に向けても武漢大学と一緒にやっています。

あとは心筋梗塞、脳梗塞、正確に言うとアテローム血栓性脳梗塞と言います。血小板凝集塊が詰まる。これを現在はMRIとかCTスを使って、起きてから診断するのですが、それを未然に防ぎたいということで、血中にどれだけ血小板凝集塊が含まれているかというのを血液から取って解析したいということで、実際我々の実験では、これは病院ではあまりにも時間がかかる。1、2時間かかる作業なので、実際にはやってないですが、我々の技術で1分間でこれができる、1400倍速くなった。

脳梗塞の予防医療につなげることができる。若しくは脳梗塞の創薬につなげることができる。

あとはsystemxと一緒にやっている共同研究ですが、病原体や花粉、ダニ、異物が体内に入ってきたときに、T細胞というリンパ球がリング状の構造、免疫シナプスをつくる。この免疫シナプスがどれだけ強く反応しているかというのを可視化して、それを取ってきたりすることが創薬につなげたり、薬の評価につなげたりとか、あとはCAR-T細胞療法とか、再生医療とか、そういったものに使える。

あとはこれは食品化学ですが、酵母です。パン、味噌、醤油、ビール、ワイン、清酒など日本人にとって非常に馴染みのあるものでして、発酵に使われている。ただ、酵母の種類というのは1,800万以上で非常に多いです。ワイン酵母、ビール酵母、清酒酵母を見て、非常に似ていますが、微妙に違う。これを人間の目で判断して、それだけ分取するのは難しい訳です。これは我々の技術だと、AIを使って瞬時に判別して分取することができます。

その他、国内外で非常に高く評価されて、新聞、『Nature』、高く評価されました。何十年も使用されているFACSをロックダウンしたと『Nature』誌も言っていますし、DARPAなら100ミリオンかかるのを30億でやったのはすごいとも言われました。

この論文が出てから、世界中で使いたい、使いたいと手を挙げてくれる人がたくさん出てきて、現在今は20件以上、それでも結構スクリーニングして、20件以上の共同研究を実施中です。ヨーロッパとかアメリカ、色々なところからトップの研究者が日本に行ったり来たりしております。

当然、アカデミックだけではなくて、I m P A C Tの成果、社会実装が重要ですので、C Y B O社という、細胞とサイバーとかけた名前のベンチャーを作って、世界初のA Iセルソーターを商品化しようと今正に開発して、ベータ版を今出しつつあります。もともとP M補佐だった2名がベンチャーの社長と部長になっています。

様々な学会等から本技術及び関連技術が受賞しました。

これは将来的な展望ですが、A Iを使って細胞を選抜するというのがこうなります。ただA Iといっても機械学習というのは、教師あり、教師なし、強化学習とあります。今回我々がやっているのはこちら、教師あり、つまりウォーリーが何であるかという特徴を事前に教えてあげて、その発見作業を超効率化した。

もっと面白いのはこっちの方です。これはムーンショットの北野先生、いわゆる自動的に何も教えないで、細胞だけあげたら、あとは自動的に新しい細胞なりを発見してくれる。つまりウォーリーの特徴を教えずにウォーリーを発見できる、若しくはウォーリー以外の貴重な細胞を発見することが可能であるということです。

最後所感と提言ということで、長いので割愛します。

I m P A C T、途中からN E D O化したのは少し私としては残念だなと思います。

D A R P Aの日本版ということで、最初スタートしたと思うので、D A R P Aは成功確率50%定義していますが、I m P A C Tでは中々定義されていないので、どの程度のリスクを負えばいいのかというのは中々人によって曖昧だったと。

最後は謝辞ということで、多くの若手によって支えられた研究開発でして、皆さんこのI m P A C Tの後に色々な大学で教授になったり、助教から教授になる人が今3名です。あとは色々な賞を取ったり、色々なところで活躍して、さきがけというJ S Tの若手の登竜門がありますが、ここから12人出たりして、非常に若手が活躍して今後のI m P A C Tが終わってからも活躍してくれるのではないかと考えております。

御清聴ありがとうございました。

上山議員 ありがとうございました。

では、御質問等。

橋本議員 大変素晴らしい成果になっているので大変よかったと思うのですが、少しわからなかったのは最初の計画で、形態、スペクトル、色々言って、全部つなげると言ったではないですか。どこまでそれはできたのですか。

合田P M 基本的には全てですね。

橋本議員 一応全部。最初に提案したものが全部いって、それでスループットのところにいったと。だから全部がその速度でつながったと。そうしたふうに思っていますか。

合田PM はい。

橋本議員 最初といたしますが、途中の提案だったか忘れちゃったけど、今、素晴らしい装置で、大変な装置ではないですか。そうではなくてもっとコンパクト化して、という話で、そのための予算をという話も色々あったけれど、それは結局どうなったのですか。

合田PM 結局はその予算はつけてもらわなかったということで。

橋本議員 だけど、その前に、2段階あったと思うんだけど、いずれにしても今のは実験室のラボ装置としては素晴らしいけど、あのままじゃ共同研究で使えるだけではないですか。その先の話というのは手がけてないのですか、今。

合田PM それがベンチャーを作って、CYBO社で、このサイズだと思っていただいて、実験室でつくったサイズをここに入れ込んで。

橋本議員 それが今、でも性能がどうか分からないんだけど、実験室のやつとどれぐらい、これはどれぐらいの性能になっているのですか。

合田PM 商品の、IMPACTと少し別なところになるので、あまり詳細は言えないのですが。

橋本議員 でも商品だから言えるのではないですか。

合田PM まだ出してないです。値段もついてないです。

橋本議員 それと関係して、この大矢さん、最初にこのIMPACTに入っていて、君のところにいた人だと、彼は今先端研で、彼もベンチャー、確か『Science』に去年か何か論文が出ていて、この流れの、読んだけど、この流れの仕事だと思うんだけど。だけど、これ、共同研究で入っているけど、それ以外の、例えば彼のやっているベンチャーはIMPACTの成果となっていますか。なってないのではないですか。

合田PM IMPACTで、この特許三つ使っているのですが、それはもともとJSTが持っていた特許です。IMPACTで開発して得た知財を元にこのベンチャーを作っています。

橋本議員 そうであればいいんだけど、きちんとそこは明確にIMPACTの成果だということを出してもらおうように、私が少し論文を読んだり、そうしたのを見たときには、さっと見たせいかどうか分からないけど、あまり感じなかったのですけどね。

合田PM 論文の所属がCYBO社が入っています。

橋本議員 僕、あれおかしいなおかしいなと思って、あれって思って調べたのですよ。あれ

っと思ってね。だから、もしそうであるんだったらね、関係ないんだったら関係ない、それは仕方がないんだけど、関係あるんだったらしっかりとそこは明記してもらう必要があると思います。

合田PM それは100%IMPACT、初ベンチャーです。

橋本議員 それがそうだとしたら、やはりまずいと思います、今のような出し方だと。

合田PM 大矢先生のベンチャーは全然関係ない。

橋本議員 大矢さんのベンチャーは関係ない。

合田PM 食品系のやつ、関係ないです。

小林議員 将来的な展望で、まだウォーリーではないものを見つけることのできるAI科学者、この辺の方向性はムーンショット型研究開発制度でもかなり議論されていると思いますが、せっくなのでなので展望を伺いたいと思います。また、文字どおりどおり細胞学から機械学習まで、非常に学際的な研究分野で成果を上げられた上げられたと思いますが当然多種多様な研究者を含めて、この辺を最もうまくマネージするにはどの辺がポイントであったのか、合田先生のお考えを教えてください。

合田PM 先ほど、DARPAだったら100億かかると、それを3分の1でやったとあるのですが、じゃあ何が100億かかるかと言うと人件費がかかる訳です。例えば優秀な研究者を集めれば、できなくはないですが、時間とお金がかかる。なので、今回は我々は若手中心に、30億で予算が限られている中でIMPACTを最大化しようと。

結果的にそれはうまくいきました。なぜかといいますと、若手というのは非常に柔軟性、新しいものをどんどん吸収して、特にフラットな関係性を築いて横のつながりがあるので、エスタブリッシュした人よりも、単に機械学習だけではなくて、機械学習と例えばOpticsとか細胞とか全然違ったものを組み合わせるといのは実は若手の方がうまく、結果的にうまく、有機的に協力し合うということです。それがマネジメントとししまうまくいったケースかなと思います。

小林議員 AIサイエンティストによる自動化についてはいかがですか。

合田PM 私は研究者として、研究そのものは非効率だと思っています。やはり試行錯誤というのは時間がかかる場所ですので、そこはやはり自動化してやりたいというのがそもそものアイデアがあったのですが、具体的にどうやって、HOWの部分が分からなかったのですが、こうしたAIというのがIMPACT期間中にどんどん伸びてきて、AlphaGoとかそういったものも出てきたので、どんどんそれを取り入れたら、うまくできた。

まだ、AI 科学者はやってないですが、今後この装置は変えずに、アルゴリズムを色々変えることでできるのではないかと正に今やっているところです。

松尾議員 この技術というのは既存の色々なものを組み合わせて、それに AI を掛け合わせて、いわば細胞を抽出してくる、そうしたシステムをつくられた。研究者はそれに対して自分の目的に沿うような、例えば細胞を標識したりとか、認識したりするようなもの、アイデアを持ち寄ってやる。これを共通にやるということで、素晴らしいと思うのですが、アカデミアの側から言うことではないかもしれませんが、そうしたシステムをつくったあと、例えばこれをビジネスの観点から見たときに、この機械を売るだけではなくて、このシステムをベースにしてその価値を更にどんどん生み出して、それがお金になって返ってきて、どんどん広がっていくみたいな、そうした展望というのは、これは合田先生に何うのが正しいのかどうか分かりませんが、その辺りの広がりといいますか、それはどうなんでしょうか。

合田PM ImPACTが始まったときに、実質4年間しかない、ImPACTの前に、私はDARPAのプロジェクトを三つやっていて、DARPAというのはフェーズ1、2、3とあって、フェーズ1が原理検証、フェーズ2で開発、フェーズ3で社会実装みたいになって、今回、10年間を4年間に狭めるのは現実的ではないので、フェーズ1と2にフォーカスしようということでやりました。フェーズ1で、実は4年間あったのですが、2、2に分けて、最初の2年間で要素技術というのをつくりました。それは高速化が必要なので、それぞれの技術を高速化して、フェーズ2でそれを統合するというを行いました。

この『Cell』論文に出したのは統合した装置の発表でして、これから正に社会実装で、ベンチャーを作って、今、色々な企業と一緒にやっています。特に、製薬企業が力を入れて、日本よりも実は欧米の方がすごい高い関心を示して、何とか使ってみたい、細胞が取れなかったということで取って、薬の評価につなげるというのをやっています。

ベンチャー、CYBO社を作って特許を持って、そこからはベンチャーの話なので、ImPACT独立の話なのですが、色々提携して商業化を進めています。AIでできることというのは、いわゆるこれまでのケミカルなやり方では見つけれなかった細胞、例えば血液も0.001%ぐらいはまだ未知だと言われて、そういったものをAIを使って発見、そういったものを……。

松尾議員 聞いたかったことは、これはプラットフォームビジネスみたいに、もっと広げられるのかということをお伺いしたかったのですが、それはこれからの検討すべきことかと思っています。。

合田PM IPネットワーク、今回は話さなかったですが、IPネットワークという技術を使って、高速化、IPというのはインターネットプロトコルで、色々なマシンを世界中に置いて、それをネットワークでつなげる。機械学習は基本的に事前に学習しなければいけないですが、学習をわざわざする必要はない。

例えばアメリカのスタンフォードで学習したものを世界中で共有するということができるので、そういったことが事業化ではできる。情報売る、情報ビジネス。

上山議員 時間もありますので、ここで終わらせていただきます。

どうもありがとうございました。

次の原田PMの御報告をお願いします。

原田PM 京都大学の原田です。

社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォームのプログラムの成果報告をさせていただきます。

このプログラムはSociety5.0の実現に向けたサイバー空間形成の基盤技術です。サイバー空間を形成するというのがポイントです。

AIをやっている訳ではありません。まずはAIをやる前のデータをきっちり集めて処理をするところをきっちり基盤として開発するというところなんです。

ポイントといたしましては、プラットフォームというのを構築いたしました。これはデータを収集する基盤、これを「ビッグデータ創出ドライバ」と呼んでいます。そして、そのデータに対して処理をする「エンジン」という部分からなります。実際にこのエンジンとデータを収集する基盤を使いまして、ものづくりにおきましてはセキュリティ関係、医療に関しても医療の実際の処理について行った部分がございます。

体制といたしましては、私はプログラムマネジャーをさせていただきます、主に通信系のところのPLもやらせていただきました。データベースは東京大学の喜連川先生、医療系は自治医科大学の永井先生、ものづくりは三菱電機様を中心に開発してきたものです。通信、データベース、あと医療とものづくりのスーパースターが参加したプロジェクトです。

あと横連携をきっちりやっておりまして、単純に研究開発それぞれ別々にやるのではなくて、それぞれパートに決めてきっちりとコーディネーションを行ってきたものです。

このプログラムは実は3年間のプログラムです。ほかのプログラムの方と約1年から2年程度少ないプログラムです。しかし、その期間中で研究開発、実際にもものづくり、国際標準、実用化、実証化、この五つを全部やりました。

まず、ヘルスセキュリティについての概要をお話しさせていただきます。今、国の中には多くのビッグデータがございます。例えば、全国のNDBデータ、DPCのデータ、色々あります。しかし、これらのビッグデータを一瞬で処理できるプラットフォームはございません。この辺りをきっちりとまず処理するシステムを研究開発する必要があります。そして、その結果、各患者の時系列のデータ、産まれてから死ぬまでどういう形で病状が推移していくのか、医療の提供体制の現状と課題等を可視化します。そして、その結果、背景にある病態の連鎖モデルを形成して、予後と医療費との予測モデルを形成できないかというところも考えました。

そして、国の政策にこうした医療ビッグデータに特化したシステムが使えないか、医療ビッグデータが一瞬で計算できるようなプラットフォームが形成できないかという観点で研究開発を進めてきました。

一方で、マクロなビッグデータだけではなく、ミクロ系のデータもきっちり集めようということで、リアルタイムの医療データを一瞬に集めることができるようなプラットフォーム「ビッグデータ創出ドライバ」を開発いたしました。最終的には大体数十キロから最大数百キロメートルのエリアにある約数千億のデータを一瞬に集めることができるような、そうしたビッグデータを収集、処理するプラットフォームを構築いたしました。

そしてこのマクロ系とミクロ系を合わせたプラットフォームを用いて最終的に実際にある病態になった方が何年後に次の病態に変動するということを予測するようなシステムというのを作りました。

まず、マクロ系のところの成果についてお話しさせていただきます。これは地方の医療ビッグデータと国のNDBのデータ、両方とも使ったものを作っております。なぜ地方のデータも使ったのかといいますと、国のビッグデータというものは、レセプトだとレセプト、と他のビッグデータと横連携がないところがあるためです。

一方、地方の場合は、もちろんレセプトのデータもありますし、DPCのデータもありますし、介護のデータもあります。そして、これらの医療ビッグデータは全て横連携しているので、この横連携しているデータを使って解析をしていこうと考えたところがございます。

しかし、実はこの研究開発を3年間やったのですが、1年目に何をしていたのかと言いますと、ほとんどがデータをエンジンで処理できるような形にするいわゆる「クリーニング」することに時間を使いました。実際にデータをデータベースに入れられたのは2年目からになります。

なぜ1年目にそれだけかかったのかと言いますと、医療の方がたくさんいらっしまったので

すけども、IT関係の人が十分医療関係者と共同せずに、また、医療のデータを十分理解せずにエンジンに入れてしまったために大きな問題がでてきたのです。

例えば、ある県の糖尿病の方の推移を計算した事例です。何年後に腎臓病になる、透析になるというのをビッグデータを用いて計算してたのですが、ITのみしか知らない人がビッグデータをエンジンに入れると3年後に全員死んでいるという結果が出てきてしまいます。

このような問題を解決するために、本プロジェクトでは臨床の先生に入ってくださいました。IT屋が入れたデータが臨床から見て本当にきちりとしたデータになっているのか。そういったところを少しずつ見ながら、本当の意味で、データベースにビッグデータを入力するところ、データの意味付けから始まったところからスタートしましたので、1年目はほとんど成果が出てなかった部分がございます。

しかし、一旦出るとデータベースは高速ですので、成果がいっぱい出てまいります。なので、結局は最終的には非常に多くの結果が出てきて、例えばその一計算結果の一部は経済産業省さんの報告書等に使われています。その辺りを今から御紹介していきます。

まず、どれくらいのパフォーマンスがあるのかというところの御説明です。

この例は、三重県のデータの後期高齢者、これは大体7億ぐらいのビッグデータです。この7億のビッグデータを実際にこのデータベースに入れ込んで、被保険者の方がある病気になったときどの病院に移っているのかということを示しています。例えば胃がん患者の場合、四日市の方は四日市のどの病院に行っているのかというのを出すというものです。これはリアルタイムのスピードです。7億のビッグデータです。普通にやると大体30分ぐらいかかってやっと出てくるようなものです。本当にリアルタイムです。

次は、糖尿病の事例です。四日市の方は、名古屋の方に行ったりするのですが、紀北町の方は近くに行かずにこの辺りの病院に行っています。この原因として考えられるのはここに高速道路が走っているようなので、どうしてもそこを通じて移っていることが推察されます。こうしたことが全てリアルタイムで分かってまいります。これが、30分ごとにデータが出てくるのではなくて、大体数秒で出てくるようなデータベースを開発したのです。

最終的には数百億のデータが1分から2分以内で計算できるようなデータベースをつくりました。実際に、どういったところで使えるのかといいますと、まず一つ目は将来推計です。

例えば、2014年にこうした既往症のある方が次の年にどのように変化をしていくのかということを経往症等の情報を入力し、統計データを用いて、一人ずつシミュレーションするを行いました。

そうすると、様々な推計が出てまいります。例えば脳卒中の罹患者の方が、今、2013年にはこうなっているのが2034年にこのように変わっていくとか、あとは動作可能な機能の数が年々少しずつ減っていく様子を推計することができます。

ちなみにこの緑のものは、既に静的なデータで、実際に計算されたものです。それに対して実際にシミュレーションしていくと、少しずつ出てくるということが分かってくることになります。また、高速なエンジンを利用することにより各種パラメータをすぐに変えて、いくらでも計算できるということがこのデータベースの素晴らしいところです。

次にこのデータベースエンジンが、どのくらい速いのかというところを少し御説明させていただきます。

通常、ハードディスクというのは大体ストレージアクセスが1分間に100回程度です。今回はサーバーを増やすのではなく、データベースのストレージのところに着目しています。サーバーをいくらでも増やすということはできるのですが、やはりストレージのところの通信部分のところをもう少し、高速道路で言うと車線幅を増やさないと、データをすぐに抜き出せないという考え方です。そこをうまく構築することによって、高速化が実現できるというものです。

実は、この開発はFIRSTで最初にやっけていまして、FIRSTではどこまでいったかと言いますと、1秒間に100回から1秒間に10万回まで高速化することができました。私はこのデータベースを見させていただいて、確かに1秒間に10万回は速いなと思ったのですが、どうしても実際のハードウェアを多く用いて実現するところが、少し不満なところがございまして、今どきAmazonとか色々な会社さんがパブリッククラウドを出しているの、そのクラウドの上で乗せたらエラスティックに進捗できていくらでも拡大できるのではないかと研究開発担当者とディスカッションしました。その結果、実はこの3年間で1秒間に1,000万回までストレージアクセスできるデータベースを設計することができました。実証は1秒間に600万回までできました。これはAmazonのクラウド上で実際に、このアルゴリズムを乗せて実証いたしました。

ちなみにそれがどれくらいすごいかと言いますと、1秒間に600万回の実証するときですが、まずアメリカのAmazonに電話をかけて、非常に多くのサーバーを使うことを予告してから動かし始めます。ピーク時は実は世界で2位の使用量を使いました。もう破壊的な量です。ただ、最終的に結論として思ったのは、本当にこんな高速なリソースを使うようなAIを実現する必要があるのか、もう少し頭を使って考えればもっと使用量を縮小できるのではない

かと思っているところもありますが、今あるリソースを使いまくればここまで何とかすることができるということを実際に実証しました。

これらのエンジンの計算結果は、先ほどお話ししたように、例えば将来推計の部分は経済産業省さんのレポートでも使われています。後は地域医療政策にもこうした高速処理データベースエンジンをうまく利用していただく話をもう既に進めている部分がございます。

最後に、広域でデータを集める部分の成果を紹介します。普通、携帯電話だと1キロから2キロの通信エリアなのですが、IMPACTでは、数十キロオーダーのエリアでもデータを集めてくることができる無線機、通信機を開発いたしました。この無線機自体ですが、後でお話ししますが、大体1ホップ、100キロ飛びます、それを更に数十段、30段連結できますので、最大3,000キロメートル飛ぶような通信機です。信じられないかと思うのですが事実です。

この無線機の素晴らしいところは、無線機同士勝手に探し出して、勝手にネットワークをつくることです。実際にこれがデモになります。京大に基地局を置きます。そして車に移動無線機を乗せて、勝手に好きなところに出ていってもらいます。結果としては比叡山の上とか、琵琶湖畔、最後に京田辺まで行ってしまったというところがございます。

ただこの時点では各無線機がどこにいるか私は全く分かりません。この中から京大に設置された基地局が各無線機を探索するシステムで無線機を探し出して、自動的につなぐというものです。何分間でつながるでしょうか。デモをスタートします。

まず、基地局から電波を探し始めます。これが基地局です。この基地局はかなり小さい無線機で、アンテナもホイップ型のアンテナです。移動無線機は比叡山のどこかにいるはずで、勝手に探します。では全ての無線機を一斉にオンします。何分でつながるでしょうか。

まず最初に探索が始まります。一台目が大体1分12秒で見つかります。多分比叡山の上だと思います。地図にその無線機の位置が表示されます。その後、一台目が二台目を探し始めます。1分27秒で、27.5キロの京田辺のところを見つけます。その後、また探索を更に続けて、合計時間は2分程度で全長70キロメートルの大規模なネットワークが出来上がります。各無線機間の伝送距離(1ホップ)は最大27.8キロメートルです。この1ホップ最大何キロメートルまで飛ぶのかということですが、実はこれは100キロメートルまで飛びます。実際に実証したのですが、実証試験では筑波山から稲城まで伝送できました。

さらにこのような無線機を開発するだけでなく、実際に西日本大豪雨のときにこれを支援活動に使わせていただきました。この事例では、京都市の福知山の方で、山で崖崩れが起き

て、自然のダム湖ができてしまって、そのダム湖を監視するシステムが必要になりまして、その監視するシステムが実際に必要ということで、この無線機を貸し出ししました。大体2時間ぐらいで自動的にネットワークができて、その後に衛星回線で国土交通省の近畿地方整備局まで災害現場の情報を監視するシステムが出来上がりました。

この事例では、本当は衛星全部を使いたかったのですが、衛星の回線が全部岡山と広島といった甚大な被害のある場所に使われてしまっていたので、代替回線がなかったので、我々の開発した無線機によるネットワークを利用しました。

また、広域にデータを収集する無線機だけでなく、比較的ローカルなエリアでビッグデータを集めるようなシステム、及び無線チップを開発しました。これはロームさんで開発されたものです。この無線システムも多段中継をしながらデータを集めていくことができます。この無線機を用いて、血圧計等の医療機器からのデータを収集したものを家中収集し、最終的に携帯電話の回線でクラウドにつなげ、すぐにデータが見えるというシステムを作っています。そして、実際に集めたデータを用いて、予見医療に関するデータの解析を行いました。この場合は血圧を解析したものです。

これらの無線機は最終的に3年間で約4件の国際標準化をさせていただきまして、16件の報道発表をさせていただきました。商用化は4件させていただきました。ということで、研究開発、実証、標準化、実用、全て終了した案件ということになっております。

以上です。

上山議員 どうもありがとうございました。

では、御質問等、どうぞ。

梶原議員 どうもありがとうございました。

先ほど、1年間はデータのクリーニングクリーニングに時間を要していたというお話だったのですが、実際に商用化に入っているという中で、今後はデータの扱いを含めて、もう普通に商用ベースでできるようになっているのかとか、データのクレンジングでのポイントとしてどこを押さなければいけないとか、持続性に対してのコメントが何かあればお伺いしたいと思うのですが。

原田PM 持続性に対してのコメントは非常にシンプルでして、これは自動翻訳と多分同じだと思うのですが、医療ビッグデータに関しても重要な開発項目は中間言語に相当する部分だと思っています。

今回も例えば糖尿病になったときに、原因が分からない、どれが原因の病気のスタートなの

か、どの薬がスタートなのか分からなかったところがございますので、その中間言語分をたくさん増やすことによって、良いデータがきっちりときれいに入るようになってきて、その入ったデータを用いて出された結果が臨床の先生から見てもきっちりしたものになってきたというところではあります。

梶原議員 そうすると、既に継続的に同じような形で使えるようになっているので、データのクレンジングに時間を要するということはなくなっているということではよろしいですか。

原田PM このプロジェクトで対象とした病気ではなくなっています。多分色々病気でそれに対応した中間言語に相当したものがあると思いますので、ある程度、標準化はされた方がいいのではないかというのが私の推奨です。

松尾議員 情報の専門家が入れると全員死亡になって。

原田PM 情報の方をどうこう言っている訳ではございません。医療と情報の方が協力できていないとそうした例もあったということです。

松尾議員 ですから、その臨床家がお手伝いしたところというのは、どの情報にどれくらい意味があるかということを中心にアドバイスした、そうした意味なのですか。

原田PM そうした意味です。その辺りのところをかなりディスカッションしたところがございます。

松尾議員 それを実データと合わせながら標準化していった、そうした意味なのですね。

原田PM そうした意味です。

橋本議員 素晴らしいあれで、このネットワークはどのように使うものなのですか。そうした実際の、例えば血圧モニターとか何とかなのというのは、それは分かるのですが、それだけのためではなくてもっと何か非常に今使われている大きな色々なネットワークがありますが、そうしたものにとって変わる、そうした可能性を持っているものなのですか。

原田PM 今回は、昨今5Gとか色々ございます。5Gと今回つくった無線システムの差は非常にシンプルです。今の携帯電話で唯一できないことがありまして、それは多段中継です。なぜ、多段中継ができないかというと、携帯電話のショップでホップ先の端末まで保証するというのはできない。また、保証の問題があるので、結局は1対N型の通信です。しかし、こうした無線機を都市部につけると、都市構造はどんどん変わってきます。メーターに取り付けると、メーターは1回つけると計量法で8年間つけるので、8年間ずっとつけっぱなしになります。そうすると都市構造が変わりますので、1対Nの通信だと切れてしまう可能性がある。

私の開発した無線機は現在、東京で2,100万台程度導入されているのですが、やはり一

番の問題は都市構造が変わることです。このような都市構造の変化に対応するために、実は1エリア500台で多段中継（メッシュ）通信をしてカバレッジを増やしています。

災害のときもそうなのですが、やはりどこに無線機があるか分からない。結局はメッシュ構造の通信をつくらないといけないのです。

橋本議員 そうすると例えば5Gなどと競合するのではなくて。

原田PM 共存です。併用です。

橋本議員 相補的相補なものになるということですね。

原田PM 本プロジェクトではあえて相補的になるものを選びました。5G時代が来ることは予測していましたので、私は通信の専門なので、その5G時代で足りない部分というところをここで、3年前に仕込んでいた部分がございます。

橋本議員 例えば、4Gや5Gを比べたときに、今のつくられたやつはどのくらいですか。

原田PM 通信速度はこちらの方で言いますと、1回線が10メガです。

橋本議員 どれくらいなのか。

原田PM 10メガというのは、イメージで言うと、動画を送るには全然問題ないくらいです。

橋本議員 4Gくらいということですか。

原田PM 4Gは100メガなので10分の1くらいです。

橋本議員 災害とかそうした、あるいは、私も血圧のモニターを実はやっているのですが、そうしたものに使うものなのですね。

原田PM そうです。ただ携帯電話は距離は2キロしか飛ばないです。

橋本議員 分かります。そうした意味では分かります。これのメリットよく分かりますが、使い方のイメージを。

原田PM なので、災害時にはこちらの方がよかったということになります。

篠原議員 今、先生聞かれていたのは、Wi-SUNの話で、災害時云々の話はこのWANの方ですね。

原田PM メッシュは両方ともですWi-SUNもメッシュでしています。

原田PM Wi-SUNは2キロ飛びます。

篠原議員 別のことを聞きます。今、無線LAN企画の802.11ahのような色々なコンペティターが世界中にあるではないですか。その中で勝ち抜いていくためには単に標準化

をするだけではなくて、いかに仲間を増やしていくか、グローバルレベルでということが大事だと思うのですが、それに関してはこのWi-SUNの動きというのはどうなのですか。

原田PM 私は、Wi-SUN Allianceというところをつくりまして、実は今全世界で250社います。私のつくったこのWi-SUNというシステムは今9,100万台世界中で出ています。もう既にアメリカの北米の部分でもこのシステム、ベースにしたものが既にスマートメーターの中で配列されています。おかげさまで来年1億台を超える予定です。

篠原議員 世界でこれは制覇できそうですか。

原田PM 制覇を今行おうと思っています。広がりと言う時間が少なかったので申し訳ないですが、全国の電力会社でもWi-SUN方式、採用されていますので、ちなみに東京電力管内は今後2,900万台、全部Wi-SUNになります。このようなメーターは携帯電話のように目に見えるものではなく、ユーザーから隠れて、皆さんには分からないですけど、数は実はかなり出ています。

今回、このWi-SUNを使った医療データ収集システムをお持ちした理由というのは、今、コロナウイルスの問題があると思いますが、これさえあれば、医療従事者がいなくても、患者さんにこの機材だけ持たせて自身でピットはかれば、勝手にクラウドに上がるというところを見ていただきたかったからです。

西日本豪雨のときは幸い国土交通省様の方はとてもブライトで、すぐに我々に連絡していただいて、我々が開発した長距離無線機を持っていくことができました。ありがとうございます。

しかし、今回、例えば千葉で台風があったときも、ここに通信キャリアの方は船を持っていかれて通信されていたのですが、実は横須賀まで普通の回線が来ているので、ここから私の無線機を使えば、館山まで送った実験をやっているの、館山まで回線を作って、そこから情報をまけば、2台無線機を足すだけで全部、インターネットにはつながったということがあります。ただ、どなたがしていただけるかというパスがないというのが問題です。

なぜこのように災害にこだわること、シンプルな多段中継を行う無線機の開発に至ったかというのは非常にシンプルで、私は神戸で被災しまして、私の祖母の家も全焼してしまって、半壊になって、結局ポイントは「あんた電気やっているが、結局何も使えなかったね」と母親に言われた、使える無線機を創るそこだけなのです。

もう一つ言い忘れました。この広域接続できる無線機は全国の国土交通省の地方整備局に入っています。あと最近ですと、海上保安庁にも入り始めているところがございます。

小林議員 医療データの件なのですが、三重県がビッグデータを大分きちんと提供されてい

るように見えます。同様に、弘前大学の岩木町研究とか九州大学の久山町研究とか、ある特定のところからは疫学的なデータを含めて結構取れるんですが、これを全国展開しようとする、医師会が協力的かどうかはともかくとして、データを提供することに対していまだに非常に抵抗感が強いとも聞いています。今後、三重県に限らず全国展開していくことは計画に入っているのでしょうか。

原田PM 今の時点ではプロジェクトがこれ以上ないので、進んでない部分がありますが、プロジェクト参加者の方に聞きますと、実は三重県のところから岐阜、その後福井の方まで広げていくような方向になっています。

最初、1年、クリーニングに実は1年かかったのではなくて、データを出していただくという交渉するのも含めて1年かかったというところです。

今回のプロジェクトに関しては、我々は若手だけではなくて、年齢の高い方から若手半々ぐらいで実は構成しています。皆さん気持ちは若手です。理由はやはりある程度の交渉にはある程度の方が絶対に必要だということです。今回はそうした形でさせていただいたものがございます。

上山議員 どうもありがとうございました。

もう15分以上過ぎてしまいました。

ここで、打ち切らせていただきます。

活発な議論、ありがとうございました。

伊藤PM、合田PM、原田PM、どうもありがとうございました。

これで、このセッションは終わりいたします。

午前10時47分 閉会