

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4年9月15日(木) 9:15～10:57
- 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、梶田議員(W e b)、梶原議員、篠原議員、菅議員、
波多野議員、藤井議員(W e b)
(事務局)
森総理補佐官、奈須野統括官、松尾事務局長、渡邊事務局長補、
坂本事務局長補、井上審議官、覺道審議官、高原審議官、赤池参事官、
生田参事官、次田参事官
(文部科学省)
柿田恭良科学技術・学術政策局長、森晃憲研究振興局長、
池田貴城高等局局長
(東北大学)
大野英男総長(W e b)
(東京大学)
合原一幸特別教授
(オブザーバ)
橋本内閣官房科学技術顧問、(文部科学省)井上諭一総括審議官
- 議題
 - ・ 地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージの改定の方向性
 - ・ 先端研究等に関する報告：複雑系数理モデル学の基礎理論と応用

○ 議事概要

午前9時15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。

今日は、地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージの改定の方向性について、公開議題で取り上げます。

本日は文部科学省の大学研究力強化委員会で座長を務めておられます東北大学大野総長に御参画いただいております。冒頭、事務方からの説明について、当委員会での議論の様子を大学現場から見た総長御自身のお考えなどを御発表していただきまして、パッケージの改定に向けた議論を深めていきたいと思っております。

本日は文部科学省から池田高等局長、柿田科政局長、森研究振興局長にもお越しいただいております。どうもありがとうございます。

それでは、早速、事務局の生田参事官から、地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージの改定の方向性について、説明をお願いします。

○生田参事官 資料は地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージの改定の方向性に基づきまして、簡単に説明させていただきます。

こちらのパッケージ、公開の会議でやるのは久しぶりですので、少しおさらいですが、最後のページに、研究大学に対する支援全体像、これはパッケージ本体にも付けておりますが、改めて掲載しております。

このパッケージを作る背景といたしまして、世界と伍する研究大学、こちらの大学ファンドの検討が進む中において、当然日本全体の研究力を向上させるためにはファンドによる一部の研究大学への支援だけではなくて、全体として大学の多様性を伸ばしながら日本の研究大学を引っ張っていかねばならないということで、こちらの図の中にございますように、大学によってはそれぞれの研究拠点を持っていたりとか、競争の場の機能、若しくは地方創生へのハブ、こうした機能を持っている大学に対する支援を政府全体で盛り上げていこうということで、パッケージとしてこのブルーの枠、ここを作ろうとしたものでございました。

1枚目に戻っていただきまして、このパッケージ自体は今年2月のCSTIの本会議において決定しております。

本日はそれをまた今回概算要求も現在しておりますし、年度内の改定ということ念頭に置いておりますので、その改定の方向性について御説明したいと思います。

1ページ目、左下に書いてございますが、量的拡大、右下が質的拡充と分けております。量的拡大はいわずもがなですが、概算要求の金額を載せておりまして、数字がたくさん載っておりますが、658億円、これが大学にほぼほぼ流れる予算。大体、文部科学省の予算がここに掲載されておりますが、この内訳は次の2ページ目を見ていただきまして、①のところは大学自身の取組の強化ということで、ずらっと施策名が並んでおります。

<文>と書いてあるのが文部科学省予算、一部経済産業省、それから内閣府の予算も含まれ

ておりますが、特にここの赤字部分、二つございまして、こちらが文部科学省としても強力に今回概算要求で打ち出している施策になってございまして。

先にこの話から申し上げますと、こちらについては3ページ目、この図は以前こちらの木曜会合で1回御提示したことがあると思っておりますが、日本全体の研究力発展を牽引する研究大学群をどう形成していくか。それにおいて、縦軸と横軸、大学自身の強みを伸ばす、赤い、エンジのようなところ。一方で、大学の組織を超えた連携、横軸、ブルーのところ。このそれぞれに対応しているのが、先ほどの2ページ目で、赤字で書かせていただいている二つの施策に該当している部分です。

1ページ目に戻っていただきまして、この658億円とは別に、このほか関連予算として1,074億円とございまして。二つ合わせて約1,700ということが言えると思っておりますが、1,074億円、これは何かと申し上げますと、2ページ目の③に相当する部分です。このパッケージの骨格といたしまして、大学自身の取組を強化するのみならず、やはりそのCSTIがこのパッケージを作るという意味におきましては、文部科学省の施策だけを取りまとめることではなくて、各府省の施策にそれをどうつないでいくのか、そして社会に大学の知をどう貢献としてつなげていくのか。

そういったところが重要ですので、③として地域社会における大学の活躍促進、いわゆる出口官庁、国土交通省、環境省、総務省、経済産業省、そういったところの政策課題に対応したそれぞれの官庁の事業、そういった施策がこの1,074億円の中に含まれております。

もちろんそういった施策については、必ずしも大学を主眼としているものではございませんが、大学もある意味使うことが可能といったものですので、このパッケージの目的としては、①の施策でいい成果が出てきたものをしっかり②の仕組みを使いながら③の事業につなげていきたいというふうに考えているものです。

1ページ目に戻っていただきまして、パッケージとしては左半分、今申し上げましたように予算の向上、概算要求の姿になっておりますが、予算だけ増やせばいいというものではございませんので、質という観点でどういう改正が必要かというのが右側です。

右側、1点目がこちらについては、本日は大野総長に御参画していただいている意味合いとしまして、文部科学省の中で科学技術・学術審議会、大学研究力強化委員会、現在8回までこの会議が進んでおりますが、そちらの議論をきちんと踏まえていく、これが我々のパッケージを作ったときに宿題事項と課しておりますので、その観点の質的拡充を考えてございまして。

2点目の質的拡充が、こちらは正にCSTIがやる部分ですが、各府省の事業間の連携を強

化したり、各府省の事業を大学の皆様方から見たときに、分かりやすく可視化する関連事業マップ、これを更に充実していくということを考えてございます。

こちらについては、6ページ目を見ていただきますと、関連事業の整理という形で書かせていただいておりますが、現状、左からM a a S自動運転、スマート農業、資源循環、地域脱炭素、防災・減災、ここまではこの2月に策定いたしましたパッケージの中にございましたが、今回新たにヘルスケア・健康づくり、この領域を増やしております。

この意図するところはやはり地域社会において大学の知を活用しながら、特に高齢化社会が進む中において、健康な体づくりをどうしていくのか、そういったところに大学が貢献し得る余地が大きいのではないかと。そういった思いからこの領域を新たに追加しようとしたものです。

ですので、当然これに関連する予算、現在、この中に含もうと考えてございますのは、経済産業省ですとか、農林水産省は多分、食べ物という観点ですが、あとはスポ庁、そういった予算が入ってございますが、これが令和5年度概算要求の金額にも乗ります。当然令和4年の予算の方にも乗せて計算しております。

最後の7ページ、これが質的拡充の3本目の論点ですが、こちらは本日の議論でも多分様々出るかと思いますが、木曜会合でこのパッケージの議論とは別で、研究者が研究に専念できる時間の確保の議論を精力的に行っていたかと思っております。その話とこの大学振興パッケージ、しっかり連動しなければいけないというふうに考えてございまして、この絵は概念しか少し整理してはおりませんが、いわゆるイメージとしまして、右下大学の絵がございまして、大学がこのパッケージを通じて自身の強み、特色、これを伸ばして戦略的経営を展開する。それによって大学の機能を拡張していく。これがオレンジで、少し膨張しているような、イメージを書いております。

そのプロセスの中において、大学の戦略的経営をしっかりとこのパッケージを通じて後押しすることによって、結果として当然大学の現場でマネジメントが向上し、研究に専念できる時間の確保にもつなげていかなければいけない。研究時間確保の方で御議論いただいているようなDX設備の共用、人材の確保等々ございますが、特に地方の大学といえ、人材の取得、人材をどう確保していくのか、育成していくのか、そういったところが問題になるのではないかと考えてございます。

最後、8ページ目を御覧いただけますでしょうか。

こちらが本日、改めて論点を出すまでもないと思いつつ、少し事務局の方で整理させていただいたものです。

三つに分かれてございまして、1点目がこれは中々解がすぐに出るものではございませんが、しっかり議論も必要であること。多様な研究大学群を作る、その理念は多分皆さん共通理解だと思いますが、その具体化、特に大学ファンドとパッケージの効果的な連動、言葉は色々などころで言われておりますが、これの全体ビジョンの具体化がやはりまだまだ必要ではないか。

それに当たってはしっかりと大学が自分自身の持っている特色、強み、これを失うことなくまずそれを自身が理解し、それを外に発信していく。そして、強化していく、伸長していく、そういったことが必要なのではない。

2点目が、地域の中核大学に特に期待されている機能・役割、これを発揮するに当たっての課題ですとか、その支援の在り方です。その観点としては、研究時間の確保といたしまして、大学には教育、研究、社会貢献、全て使命としております。その中において大学の現場でどのようにマネジメントしていくべきなのか。

それから、もう1点は、連携というものが多分キーワードとなってくると思っておりまして、大学の中は当然ながら大学を超えた連携、それから産学官のセクターを超える。そして、大学をキーとして地域を超えていく。当然国境も越える。様々な輻輳的な連携があるかと思いますが、そのようなものをどういうふうに進捗していくのか。

最後ですが、その連携と表裏一体だと思いますが、自治体、これがやはり地方の大学にとっては重要ではないかと思っております。自治体側をどう本気にさせるか。逆に言えば大学のポテンシャルをどのように理解してもらって、自治体とうまく連携していくのか。その仕掛けがどのようなものが必要なのかということをお議論していただければと思っております。

本日は、これに続いて大野総長の方から先ほど少し申し上げました文部科学省における審議会での状況、そして更に総長御自身のお考えなどをインプットしていただきまして、御議論していただければと思っております。

○上山議員 ありがとうございます。

それでは、続きまして、文部科学省大学研究力強化委員会の座長の東北大学の総長の大野から説明をお願いいたします。

○大野総長 皆様、おはようございます。今、御紹介がありました東北大学の総長の大野です。

スライドを共有させていただきたいと思っております。御覧になれますでしょうか。

それでは、これを使って10分少しと考えておりますが、研究力強化委員会の御報告と、それから知見について発言させていただければと思っております。

設置趣旨はよろしいと思っております。委員一覧がそこにはございますが、C S T Iの議員の梶原議

員にもこの大学研究力強化委員会に参画していただいています。先ほどのお話にもありましたが8回開催し、公式チャンネルでライブ配信をして、毎回300から400名の方に御視聴していただいているということで、かなり関心が高いと聞いております。

これは第3回の1例ですが、高知大学の受田先生、金沢大学の福間先生から事例を伺った要旨がここにあります。

続いて、主な意見をここに集約してありますが、先ほどございました個々の大学が持つ強みの最大化というところとここがつながっているところでもあります。一つずつ今日はお話しませんが、上の半分では支援人材の充実が必要だということ。あるいは真ん中の黄色い部分は大学の知的アセットを適切に価値化する必要がある。

そして、その下はコアファシリティやオープンラボなど共用システムが整備されることが重要だという御発言がございました。

これは個々の大学の持つ強みの最大化、ここもつながっていますが、中規模、小規模の大学での拠点の在り方、あるいは連携の在り方ということが議論されていて、一つの大学だけではできないのであれば連携して例えばWTIのような拠点ができるとよろしいということが書いてございます。

また、先ほどと同じところになるかと思いますが、黄色の2番目のところでは、産業界や自治体とのコーディネーター的な役割を担う人材が必要。これは先ほど御説明がありました地域社会における大学の活用の、大学の活躍の促進の前提条件になるところです。

こちらは特に組織間連携、分野融合による研究力の底上げについて皆さんに御意見をいただいたところで、他大学との連携を強化することで大学の層を厚くできるだろうということ。あるいは一番下ですと、地域社会の大学の活躍の促進につながりますが、地域の産業界や自治体といった地域全体との連携が大事だという御意見をいただいています。

これは先ほど出てきた図そのものですが、全体像があったり、国際卓越研究大学が右にあって、左側に地域中核・特色ある研究大学の相対の力をいかに上げていくかということが重要であります。それぞれミッションがはっきりありますので、それぞれのミッションが実現できるように、win-winとなるような取組の設計が必要だと考えています。

これは私見になりますが、私自身も総合支援パッケージに大変大きな期待を寄せているもので、先ほどの議論の論点ポイントの最初にもございましたが全体ビジョンが重要だということで、大学を活用するとともに、大学を豊かにする。つまり持続可能でないこの仕組みとしてはいけない。

皆様に改めて申し上げることではないと思いますが、省庁のプロジェクトなど、パッケージ化したときに、これは大変オーバーヘッドが大きいと思いますし、プロジェクトの申請をしよう、評価、あるいは採択された後の中間評価、あるいは毎年ある大きなプロジェクトとして現場に皆様が見られるということを含めると、研究者の時間はかなり奪われます。それが1,000、2,000のオーダーでプロジェクトが、大学が取るとその分オーバーヘッドが大きくなっていることを留意する必要があるというのが一番上の落とし穴と書いてあるところです。

研究時間の確保に関しては、こちらで非常に議論が進んでいると思いますが、こうしたプロジェクト群、あるいはパッケージの中に増大した負荷を減らし、Full-Time Equivalent、研究者が研究できる時間を増やす、改革を促す仕組みが背景にあるというのが適切であります。

専門職員、支援人材の一層の充実は当然のことといたしまして、先ほどの説明にもありましたが、知的貢献の価値化が重要だと思います。これは研究者も大学も同時に豊かにと書いてあるのは、研究者と大学との利益が必ずしも一いたしない場合がある。つまりある決まった研究費があったときに、大学の環境をよくするという部分ととりますと、研究者が研究できる部分が減る訳です。ですので、こうしたパッケージとしてきちんと定義付けてやらないと、研究費を出すだけでは大学の研究はよくなるというところも念頭に置くべきだと思っています。

次に、フルエコノミックコストのお話ですが、これは例えば今30%の間接経費が措置されている訳ですが、私立の大きな大学の塾長さんと言うと、どなたが発言したか分かってしましますが、30%では、エンジニアリングのプロジェクトは大変難しいという発言をされています。これはやはり大学を維持するのに、建物を建て、環境を整え、様々な付加的な投資が必要な訳です。そこをきちんと見てその中からこのプロジェクトに使うコストは幾らかということを出していかないと大学は豊かにならない。

それは実は国立大学法人も同じで、施設整備は国が措置するということになっていますが、我々も本来必要な額に対してその3分の1が措置されるかどうかというところですので、そこを運営費交付金で穴埋めしているという、エコシステムと言えない状態で、ここをどうするのかということは極めて重要な問題かと思っています。

そして、研究者に研究以外で時間的負荷を掛けるプロジェクトの在り方を改革するべきだろうと思っています。

研究独法用のフォーマットと書きましたが、文化があって、これは研究独法はやはり大きな予算を取り慣れているので、そこと同じような形で小さな、あるいは中規模の大学に出します

と全部研究者がやって、それ専用の部門というのは未発達で、そうすると研究者がどんどん研究できなくなるという、パッケージの中ではきちんと理解された上で設計することが必要かなと思っています。

あと環境整備であります。これは学術情報に関して、アクセスできない大学が結構あるということで、つまり論文を、出版社から講読する費用が非常に高いので諦めるということがあります。ですので、例えば国立大学法人の中であっても、あの大学では読めるけど、こちらの大学では読めないという論文がたくさんあります。

そもそも研究環境としてオープンな環境ではないということも理解しておく必要がありますし、今、被引用が注目を浴びていますが、10%論文というのは大事だと、インパクトをそれで測ろうということになってはいますが、その被引用に関して言えば、オープンアクセスの論文、ただで読めますから、出すにはお金が掛かるということです。

例えば、**【★00:21:26】** コミュニケーションのような では、円安ですので1本当たり130万円ぐらい掛かる。そうすると普通の小さな研究費ではとてもそこには出せませんし、研究費の期間が終わった後に、研究をまとめてさあ出そうという、もう資金がない。そうした環境に置かれていることを念頭に置くべきだと思いますし、そもそも税金で遂行された研究は原則全部を通すべきとは思いませんが、原則、納税者が読めるような形にするというのも、オープンにアクセスできるようにするというのも一つの重要な指針ではないかと思っています。

下の方に書いてありますが、国際頭脳循環に積極的に参加する仕掛けがこの総合振興パッケージには、5年後ぐらいを見るととても違った世界になるのではないかと思います。ただし、これは長期にわたって、例えば海外に1年留学するような構造が、中々若手を出してあげられないという大学の中のジレンマがあります。また、これらを可能にするには、大学自身が成長できる環境の整理が必要で、その一つとしては先ほどここにも出てきましたが、知的貢献の価値化が必要だと思います。

つまり我々の研究者がエフォート、これは何時間割くんだということを考えたときに、それがその研究者の年収を200日で割って、8時間で割って、時給がこのぐらいだからという値付けの仕方自身が知的な価値を無視した形になっています。

ですので、こうしたところ、大学自身交渉して、値付けという言い方が適切ではないかもしれませんが、値付けをすることによって、研究者も大学自身もプロジェクトを取ることが豊かになるということ、そうしたバックグラウンドを作っていっていただければと思っています。

ます。

最後、社会課題解決・地域貢献というのが一つの大きな柱になっていて、これは極めて重要です。一方で、これは狭義の研究のインパクトと必ずしも連動しないおそれがあります。つまり論文数であったり、引用数であったりということと、この地域貢献、課題解決は一いたしない面も多々ある。

国立大学協会での学長の議論の中で、【★00:24:27～00:24:52】の方が言っておられたのは、県内には研究ができる大学は私のところしかない。極端な言い方で、ほかのところも研究をやっておられると思いますが、研究をかなり本格的にできるところは自分のところしかないという意味だと思いますが、それでも例えば沿岸部と と、それから林業、その他様々なところに手を打とうとすると、そちらに人が割かれて論文を増やすということは考えにくいということになります。ですので、ここをどういう形で考えるのか、そしてどのように強化するのかということは極めて重要なポイントかと思っています。

最後ですが、これは皆様にお見せする必要はないと思いますが、社会的な理解、学術に対する、あるいは科学技術に対する興味、憧れ、統計などの 【★00:25:28～00:25:33】 あって優秀な人材が 。

今、例えば課題になっていますが、人材獲得マーケットでこの業界とあえて言いますが、負けているのでどこかの学生が 【★00:25:44】。そこをプラグマティックにもう少しゼロベースで考えるべきだと思っています。

もう時間になりましたので、私からの発言は以上とさせていただきます。どうもありがとうございました。

○上山議員 大野先生、ありがとうございました。

これまでの事務方の説明や大野総長からの御説明を踏まえまして、議員の皆様方からの御意見をお願いしたいと思います。

どなたでも結構ですが、お手をお挙げくださいますようお願いいたします。

梶田議員、どうぞ。

○梶田議員 まず、大野先生、御説明、どうもありがとうございました。

大野先生の資料の7ページの最初の、大学を活用するとともに、「大学を豊かにする」という言葉、これに感銘を受けました。今までの議論では大学の機能強化という言葉は聞いてきましたが、「大学を豊かにする」という視点は、私がないだけかもしれませんが、聞いたことがなく、両者は似てはいるかと思いますが、違うなという感覚で、「豊かにする」という視点は

極めて大切だと思いました。

また、このページで、先生がお示ししていただいたそれぞれのポイント、全て強く納得するものです。ありがとうございました。

資料1の総合振興パッケージの改定の方向性についてですが、全体としていい方向に進んでいるように思います。今回の資料を拝見して、連携という言葉が多く見受けられるかと思いません。

これは今まで議論してきた結果ですが、今までも産学官連携とか府省連携のような言葉をたくさん聞いてきましたが、今回の資料では大学を超えた連携、あるいは分野領域を超えた連携のような言葉が多く出ています。日本の研究が活性化するために、非常に重要なことかと思えます。是非この考えを大切にしていきたいと思えます。

その上で、少し気になったのは、資料1の5ページの、共同利用・共同研究システム形成事業の背景課題のところの2項目、他方で各大学単位の成長や競争が重視される中、大学の枠にとどまらない研究組織の連携が進みにくい状況にある、という記述です。この記述は納得しませんが、実際に世界と競争しなければいけないのに大学単位の言わば不要な競争などに気を取られていて連携が進まず、したがって研究が進まないというのは本末転倒かと思えます。

実際のところ、ここで述べられているような考え方はここ20年くらいかなり大学に染みついてしまっているのではないかと想像します。この染みついた考え方を払拭して、今後大学間、分野間の連携を促進していくためには、例えばですが、各種の大学評価などで大学間の連携をしたことが評価される仕組みなどを含めまして、連携をキーワードとして見える化をしていくことが大切ではないかと思えます。

それから、同じページの一番下の枠の中に、アカデミア先導型の学際研究領域の形成、開拓という言葉があり、当たり前なのですが非常に嬉しく思いました。

少なくとも、基礎的な学術の発展を考えるなら、やはり研究者のボトムアップ的な発想が不可欠であり、今回はそれを素直に書いていただいていることを大変嬉しく思えます。

最後、もう1点、資料1の4ページの地域中核・特色ある研究大学強化推進事業のスライドで、大切な点と思ったのは、これが国公私立大学が支援対象となっている点です。例えば我々が今、色々と議論しています総合知の観点からは人文・社会科学の振興が重要と思えますが、日本の人文・社会科学の研究者は私学に多いですし、また先ほど述べた連携の考え方を忘れずに、地域中核・特色ある研究大学強化促進事業が日本全体の研究力を上げる取組としていいものになるように期待しています。以上です。

○上山議員 梶田議員、どうもありがとうございました。

様々な論点、コメントと、それから御評価いただきまして感謝いたします。

続きまして、藤井議員、どうぞよろしくをお願いします。

○藤井議員 大野先生、御説明ありがとうございました。

御説明していただいた内容は、日頃から私も議論に参加しながら、色々申し上げているところもあるのですが、この件については私から三つほど申し上げたく思います。一つは振興パッケージについて、今回658億円に加えて、1,000億円ということで、文部科学省やCST Iに直接関係する形での予算に加えて、ここでも議論してきましたように、地域で色々な省庁によって行われている事業において大学が役割を担うということがある訳ですが、その事業を引き受けるときに、落とし穴のようなことが起こり得る。

つまり、事業を引き受ければ引き受けるほど、大学側がその間接的な部分で持ち出しが増えていって、だんだんにしんどくなってしまふ。今、梶田議員のコメントにもありましたが、大学がそうした事業を地域でどんどん引き受けていくほど豊かになっていく、つまり大学が自ら成長できる仕組みにしていかななくてはいけないということです。CST Iとしては、いわゆる科学技術関連のプロジェクトにおいて、大学側が間接的に必要となるコストを負担するという話だけではなくて、この地域の様々な事業についても間接的な部分のコストがしっかり見込まれる形で事業が実施される形を作っていくべきだということを、省庁をまたがって、CST Iから言っていくことが必要だろうと思っております。

もう一つは申請疲れ、評価疲れについてです。科学技術関係のプロジェクトだけでもそうしたことが起こる訳ですが、いつも申し上げていますように、例えば様々な申請に係る実績データの提出などについては、一括してデータベースをきちんと整備して、そこに見に行けば実績が分かるという形を作る。

あるいは申請書類等々もフォーマットを全部統一して、どこへその申請を出すにしても同じような形でのフォーマットで対応できるようにしていく、こうした辺りもCST Iの場で、省庁をまたぐ形でしっかりと整えていっていただくことが重要なと思います。

最後ですが、地域中核・特色ある研究大学という形になっていますので、地域のニーズ、特に自治体との連携ということが先ほど御説明でありましたが、やはり地方の自治体が大学に何を求めているかということを通じて直接聞けるようなチャンネルを作っていくことが大事ではないかと思っております。

地方自治体が大学をうまく活用できているようなベストプラクティスがあれば集

めてきて、ここで見てみるということもあり得ると思います。例えば、東京大学の事例で恐縮ですが、地域未来社会連携研究機構というのがございまして、サテライトを幾つか設けています。例えば石川県の白山にサテライトがありまして、地域で自然と調和したまちづくりをやりたいということで、東京大学からの専門性としては河川の管理や自然共生といったようなところで、例えば学生のフィールドワーク含めて、地域の住民の皆様とも対話しながら自治体とも近い関係で一緒にやらせていただいているという事例もございます。

いわゆるCOIクラスの大きな案件で、プロジェクトとして進めていくということもあるのですが、むしろ今申し上げたような、個々の案件で、自治体が大学に何を求めているかというのをしっかりと聞きしていく。その際に、何か隘路になっていることがあれば、CSTIの側からそれを取り除いていくといったような対応も重要なと思います。

○上山議員 藤井議員、どうもありがとうございました。御指摘ももっともだと思います。我々としても同じような方向を考えて議論してきましたので、この方向で更に進めていきたいと思えます。

ほかの先生方、いかがですか。

篠原議員にいつてから、波多野議員、お願いします。

○篠原議員 今日、御説明していただいた内容、大野先生の色々な御意見含めて全く異論はないのですが、少しお話を聞いていて、あれっと思うのが、ここ全般的に研究力を強化するというのがメインになっているのですが、研究力を強化するということは一体何なのかと。

間違いなく国際卓越研究大学の場合は世界トップレベルの研究でして、それで世界中から人を集めて、いわゆるリファァされるような論文をどんどん出していくということが、国際卓越研究大学における研究力を強化することになると思いますが、地域中核・大学に求められる研究力は一体何なのだろうか。

要するに、さっき大野先生からも社会課題解決と地域貢献みたいなものと、狭義の研究力というのは研究力の評価の仕方によっては非常に両立しづらいという話がありました。

そうやって考えると、例えばイノベーションが起こるときには、そこには研究力は非常に大事になってくるのですが、全てのイノベーションが全てトップレベルの研究から生まれているかというところではなくて、意外と少し下の研究などからも生まれてくる訳ですよ。

そうやって考えていくと、やはり産業とかイノベーションとか地域課題の解決に結びつくような研究力を上げてもらいたい地域中核大学と、世界トップレベルの研究をどんどん引き上げてもらいたい国際卓越研究大学とは違うはずなので、この研究力の強化の意味合いをそれぞれ

でどう捉えるか、特にこの地域中核大学と特色ある研究大学は、いつも真ん中のポツで結びつけて書いてあるのですが、そうではなくて地域中核もちろん両方の性格を持っている大学があることは理解しますが、地域中核大学というのは何を我々理想として求めているか。特色ある研究大学というのは何を求めているのか、この二つをはっきり分けて、文部科学省の中では随分色々議論が進んでいて、お考えがあると思うのですが、そうしたものが表に出てくる資料、我々余り拝見したことがないので、是非そうしたビジョンというのですか、国際卓越研究大学のときにはこんなことを求めている、こんなことを期待しているということを結構きちんと書いてあるのですが、地域中核大学と特色ある研究大学についてもそれぞれビジョンといいますか目的といいますか狙いといいますか、そうしたものがこうした紙の最初の1ページ、2ページにしっかり書いていただくとともに皆さんの理解が進むのかなと思いました。

そのときに是非、先ほどお話ししたとおり研究力と一言で言わずに、どんな研究力なのというの少し付け加えていただくと有り難いと思いました。以上です。

○上山議員 今の御指摘は、地域中核・特色ある研究大学促進事業そのものの対象が極めて広い範囲であるということで、ある意味でクラシフィケーションが今後更に必要だと思いますが、生田さんの方から何かありますか。

○生田参事官 正に、篠原議員がおっしゃるとおりでして、これは中々産みの苦しみといえますか、そのとおりの部分がございますが、確かにこのパッケージ自身が大学側から見たときに、何のためにこれがあるのか、単に予算のまとめただけのものというのではなくて、何で政府がこうしたものを作っているのかというのが確かに少し分かりにくいという部分があると思いますので、その辺少し今後、せつかく改定を年度内にしようとしていますので、本日色々な御意見もいただいていますから、そうしたことも踏まえながら検討したいと思います。

○上山議員 波多野議員、どうぞ。

○波多野議員 大野先生、非常に重要な御指摘をいただきまして、ありがとうございます。

私はいただいたメッセージと最初の資料の御説明から、人事制度、さらに連携というキーワードがございましたので、それをつなぐ人材はこれから内閣府で考えていくべきと思いました。

大野先生の資料でも国際頭脳循環に積極的な参加の仕掛け、長期にわたってできないというのやはり人事制度も関係してきますし、さらに国際的な人事の流動性、また特に地域の振興パッケージでは大学間の人事の流動性というのが非常に重要になってくると思います。一つの大学で制度を整えるのは難しいですので、国がしっかりリードして整理をした上で、制度改革が重要であるかなというふうに感じています。

二つ目の生田さんが最後にお示しになった論点、分野・領域、大学組織間、セクター間、地域間の多様な連携の促進は本当に重要だと思っています。梶田議員も先ほどおっしゃったように、それは「大学を豊かにする」ためにも重要だと思っています。それをつなぐ人材は？という能力が必要か、大学職員というのは一つですが、中々そこにリソースを掛けるというのは現状の予算的にも無理があるというふうに考えます。産官学の連携、協働、文部科学省さんが進めている研究基盤の協創の場など、スタートアップエコシステム、それを越えた連携というのが益々重要になると思いますので、仕組みや推進する人材について、議論を更に深める必要があると思いました。以上です。

○上山議員 大野先生の御指摘にあったようなつなぐ人材という重要性という御指摘がございましたので、これはまた改めて。

○橋本内閣官房科学技術顧問 オブザーバですけど、せっかくだから2点、せっかく文部科学省から3局長に来ていただいているのだし。お願いを、付け足しをしないと駄目だと思うので、私の方から2点申し上げたいと思います。それから、C S T I 議員と文部科学省に付け足しをするべきだと思うので、2点あります。

1点目は、この話は結局予算をしっかりと獲得しないと全て動かない訳ですよ。そのためには何かと言うと、議員の先生方に理解していただき、かつそのためには一般の人に理解して応援していただかなければ、今回だけではなくて今後のこともあるので、そうした観点からいって、一つは実はここまでやってきた大学改革でかなり成果が出ている大学、先ほど大野先生も少し言われたが、私も色々な審査をやっていて、こんなに進んでいるのだと思う点があるのです。

それを是非、池田局長にお願いするのかな。各大学からそうした良い点の資料を出してもらって、それをみんなで共有して、あとは自分たちでその資料から説明しやすい資料を作って、同じ資料ではなくて、皆さんが各人で作って、あっちこっちの場で、発表できる場で、それをこんなに進んでいますという話を、どんどんやるべきだと思います。

なので、是非お願いしたいのは、池田局長の方から、私も審査をやった経験から、この大学とこの大学がとても面白いという情報を持っています。例えば、そうしたことを申し上げるので、それとか大学から情報を得ていただいて、大学に余り時間を掛けては申し訳ないので、プレゼンした資料だけをいただければオッケーで、あと編集は自分たちがやって、各人が、文部科学省もそうだし、内閣府もそうだし、一番重要なのはC S T I 議員が色々な場で発言する場があると思うので、そうしたときにこんなに進んでいますということをどんどん言う、とい

うのが1点目の提案です。

2点目は、地域貢献とか、これは大野先生が言われたが、地域貢献とかそれから他省庁の予算が色々入ってくるので、それをやる訳ですから、これは論文を書くことがメインの仕事ではないので、当然これをどんどんやったから論文が増えるということには、もちろん一部は論文になりますが、しかし論文を増やすためにこれをやるのではないです。かつ時間がどんどん削がれていくということになります。

例えば、URAとかそうしたサポートする人たちを増やさなければいけないとか、ということもあるのですが、それよりもこれは論文で評価すべきことではないということをしかりと理解する必要があります。これも同じで、我々の中で理解しても仕方がなくて、世の中に理解していただかないといけません。

なので、そのことをやはり文部科学省、内閣府、それからCSTI議員はしっかりと世の中に伝えていく。その中で、とても重要なのは実はマスコミの方に理解していただくということです。今日も来ておられるけど。

そのマスコミの方に一番影響力があるのが、実はNISTEPの報告書です。NISTEPの報告書というのは大変きちんとした報告書だが、あれは論文の部分しか出てないです。あれはかなり片手落ちです。こうしたふうに政策を進めているのだから、論文ともう一つこうした地域貢献なり、他省庁との、これがどういうふうに増えていっているのかということもきちんと併せて出すということが極めて重要で、これは柿田局長の責任だと思います。柿田局長がどういうふうにやるか分からないけど、NISTEPの方にしっかりとそれを出していただいて、そうしたことを我々が共有して外に向かっていくということをやるとするのが大変重要なことだと思います。

僭越ですが、オブザーバですが、コメントです。

○上山議員 あとで3局長、必ずお話をお伺いしますので、お願いします。

梶原議員、どうぞ。

○梶原議員 皆さんがおっしゃっていることとほとんど同じになってしまいますが、2点ほどコメントいたします。予算についてですが、関連予算では文部科学省以外の省庁の取り組みが大きく見えている中で、その予算が大学で生かせる場合もあるということだと思いますが、どのようにそうした事業をつないでいくのか、誰が主体的に動いていくのかという点に対して手当をしていく必要があると思っています。自治体との連携のところで、自治体の中にコーディネートする人材がいたというケースもあれば、大学の中にそうした人がいるというケースもあ

るということを伺っていました。自治体との連携という形で大学を生かしていく人たちの力が非常に重要になると思いますので、コーディネート人材の育成や手当を含めて、自治体をどう巻き込むかという観点はやはり重要だと思います。

もう1点、先ほど、人事制度の話がありました。国際卓越研究大学については構造改革特区制度を活用して自治体との連携がしやすいようにするとありますが、地域中核・特色ある研究大学において、制度的な見直しや手当についてはどのように考えていらっしゃるのか、教えてくださいませんか。

○上山議員 菅議員。

○菅議員 遅れてきまして、申し訳ございません。

2ページ、地域中核・特色ある研究大学の01の方です。2ページのところに、予算が色々並べられていますが、この中で本当に地域だけというのをクリアに私はもっと出した方がいいと思います。

特に、例えば地方大学・地域産業創生交付金とか、その辺の事業というのは本当に地方の大学、地域の大学が自治体と一緒に組んでやっている。本当に素晴らしい試みだと思いますし、そうしたところをあと地域活性化、人材育成事業とか、こうしたところをもう少し前面に出した形にして、ごちゃごちゃとしておくとか一体どこが地域用で、地域ではないほかの大学も取っけていける予算と一緒になくなってしまっていて、若干地域の人たち、地域中核の大学の人たちに分かりにくい、こんなふうなところがあって、ここに出せばきちんとお金を獲得できるのだというのが分かるようにしていただいた方が、このパッケージの意味が本当に出てくるのではないかと思いますので、そこら辺、少し整理していただけるとよろしいかなと思います。以上です。

○上山議員 何度か議論になりましたが、この地域中核とか特色ある研究大学とがパッケージになっているので、それぞれの政策目標に合わせたような予算の区分の見方も中々見えにくいという御指摘があったと思いますが、もともとはそうしたカテゴライズされた中かなというふうに考えていたのですが、全体としてパッケージに予算額を早く確定しないと、中々大学ファンも含めて難しいというところで、生田さんが随分御苦労されてきたと思います。それはでも予算が確定した段階では文部科学省も含めて各省庁の中で対応していけるというふうに思っています。

それも踏まえまして、3局長が今、来ておられますので、今の御議論をお聞きになった上で、強化委員会の方でやられた議論を踏まえて、何かそれぞれコメントをいただければと思います。

まずは、池田局長から。

○池田局長 高等教育局長の池田です。色々御意見、ありがとうございました。

特に、橋本先生がおっしゃった大学の色々出てきている成果をしっかりと世の中に伝えていくこと、非常に重要だと思っております。大学の使命として教育と研究と、これらを通じた社会貢献という、特にこの3番目の社会貢献をかなり大学の方々の意識も変わってきて、今取り組んでおります。

その中で、例えば大学の認証評価ですとか、国立大学の場合は法人評価があったり、あと個々の事業でも色々評価をやっていますので、こうした題材は私どももかなり把握しておりますので、これは分かりやすいものをきちんとまとめた上で、外に向かって説明していきたいと思っておりますので、引き続きよろしく願いいたします。

○上山議員 柿田局長。

○柿田局長 科学技術・学術政策局長の柿田です。本日はありがとうございました。

少し時間の関係もありますので、今日の議論聞いておまして、あるいは少ししばらく離れておまして、この部屋の空気を吸うのは久しぶりで、この地域中核・特色ある研究大学振興パッケージ、これについては篠原議員が正におっしゃっていただいたとおりでありまして、その中に入ってくる、あるいはそこでしっかり目指して頑張るぞという大学がどういったところなのかというところをもう少しシャープにしていく必要があるのかなと思っております。

極度な限定を掛けるものではないというように思いますが、国際卓越、10兆円ファンドの方とそれからこちらの方、合わせて研究力の強化のための施策であるというところは共通した部分が非常に大きいところがありますので、国際卓越研究大学だけがいわゆる世界と戦う研究力強化のための大学ということではなくて、それに続く第2レイヤーというのでしょうか、そういったところも当然分厚くしていく必要がある訳でありまして、そういったところで地域中核・特色ある研究大学というネーミングのカテゴリーズの中に、どのように世の中、あるいは大学の当事者の方々にも分かっていたいただけるような、そうした施策にして、メッセージとして出していく必要があるかなというように感じておまして、そのところは私ども、概算要求でも出しておりますので、しっかり更に中身を詰めて、CSTIの御意見もいただきながら進めていきたいと思っております。よろしく願いいたします。

○上山議員 森局長、どうぞ。

○森局長 研究振興局長の森です。

梶田議員から、共同利用・共同研究システムの形成事業についての励ましの御意見をいただき、ありがとうございます。このシステムはそれぞれの、当該分野において一つの大学が置か

れている知見と研究センターである訳であります、全国の大学の研究者との間で共同して運営しながら共同研究を進める、そうしたシステムとして置かれているもので、国立大学では78ぐらいあって、公私立で20以上あるかというふうに思っております。そういったものについて、今回の来年度概算要求では、分野を超えて更に共同利用・拠点投資が連携しながら、そうしたもので事業を展開していくことについて、新たに予算要求をしていくものです。

御議論のありました地域中核・特色ある研究大学ということですが、世界のトップレベルの研究拠点を大学の中に持っている。あるいはその競争の場で、地域創生、それぞれそういった機能が期待されるものを持っている。ただ、ある大学が複数持っていることもありますし、ある研究拠点がそれぞれ複数の機能を持っているということも当然あるかというふうに思っておりますが、政策を進める上で一つのターゲットとしてある部分の機能に着目しながら進めていく。それが総合的にはそれぞれのその大学の特色の強みを更に発揮できるようにしていくということになっていくのかなと思っております。その辺の整備というのは非常に重要なことと思っております。

○上山議員 この話をやっていくと、地域に関しては特に自治体の話がときどきどうしても出てくるので、今、梶原議員からもありましたが、自治体との関与に関するある種の評価みたいなことは、生田参事官、我々PRISMのところでも随分それがフォーカスされてきつつある、ただそれを制度として、予算としてというのはまだ行ってないですが、その視点は結構ありますよね。

○生田参事官 正に、PRISMを活用した新しい事業、今年度から開始しておりますが、その中で自治体との連携の在り方といっても、色々なレイヤーがあるのではないかと。すごい古いやり方と言えば、自治体を作る産業振興計画、ああいったところに書かれている内容に大学が何となくお助けする、みたいなのが一番ベーシックなものですが、それだけではなくて要するに大学が新しい知を提供することで、地域社会を変えていくみたいな、違うフェーズの地域連携というところに今移ってきているのではないかと思っております、そういった形でどうやって自治体が大学を活用するといいますか、それによって先ほどの大野総長の大学自身も元気になる。そうした仕組みがPRISMの中でもできていければいいなと思っております。

○上山議員 そうした事例、面白い事例みたいなこともこうしたところで御紹介しながらこの議論を進めていきたいと思っております。

本日は地域中核・特色ある研究大学総合振興パッケージの改定の方角について、様々な御意見をいただきました。これは年度内のパッケージの改定に向けて引き続き検討を継続していき

たいと考えております。

大野先生、今日はどうもありがとうございました。

このセッションを終わらせていただきます。

それでは、続いて行います。

公開議題として、先端研究等に関する報告を行います。先端研究に係る有識者から研究テーマを幅広く御紹介していただくとともに、政策課題に関する見解、問題意識について意見交換を行うことで、幅広く科学技術分野の最新動向の把握、専門的知見を獲得し、今後の議論に活用していきたいと考えております。

今回は、東京大学の合原一幸特別教授にお越しいただきまして、複雑系数理モデル学の基礎理論と応用、という題目にてお話ししていただきたいと思っております。

では、最初に赤池さんから、どうぞ。

○赤池参事官 統合グループ参事官の赤池です。

本日は東京大学の特別教授の合原先生にお見えいただきました。合原先生は、これまで東京電機大学や東京大学で教鞭を執られて、教育研究活動をやっておられます。また、私ども大変お世話になっておりまして、ムーンショット研究開発推進制度の目標、「2050年までに超早期に疾患の予測・予防することができる社会の実現」の、「複雑臓器制御系の数理的包括理解と超早期精密医療への挑戦」のプロジェクトマネージャーに御就任していただいて、研究活動を推進していただいております。

研究の中身の方は先生からお話ししていただきますが、ムーンショット型研究開発制度の特徴としまして、研究データ基盤を活用した包括的なデータベースの構築や、ELSIなど制度の横断的な特徴にも御配慮していただきながら研究を推進していただいていると承知しております。

本日は、内容的には非常に難しい面もございますが、やさしく分かりやすくお話ししていただけると聞いておりますので、是非よろしく願いいたします。

○上山議員 それでは、合原先生よろしく申し上げます。

○合原特別教授 東京大学の合原です。今日はこのような機会をいただき、どうもありがとうございます。赤池さんからやさしく話せと言われたので、2週間ぐらい前に、予備校で高1、高2向けに話したのですが、そのパワーポイントを主に使いたいと思っております。

詳細を知りたい方向けに、付録みたいに終わりの方にきちんと数学的な定義とか書いてありますので、数学的な興味がある方はそちらを是非御覧ください。

我々がやっている研究は、複雑系数理モデル学という研究です。我々の分野は数理工学という学問分野で、これは余り知られていないです。この分野を世の中に知っていただくために書いた本がこれです。

友人の小谷元子先生、当時C S T Iの議員をされていたと思いますが、彼女が巻頭言を書いてくれて、内容にも自信があったので、この本は絶対に売れるなど僕も出版社も思っていたのですが、全然売れなくて、「暮らしを変える驚きの数理工学」という本のタイトルですが、むしろ我々の方が驚いたという話です。ただし、数理工学を説明した本はあまりないので、興味がある方は是非御覧になってください。

どういう学問かと言うと、数学の研究をします。しかし、我々は現実の諸問題に興味があって、そこからスタートして数学の研究をします。そこがいわゆる純粋数学の研究と違うところでは。そのためにまず数理モデルというものを作って、現実の問題を数理の世界に移します。そうすると現実の問題を数学的に研究できるので、その研究によってたとえば現実のシステムの最適化、制御、予測をする。そうした学問です。

僕自身は、数理工学の中で、特に複雑系に興味を持っています。複雑系というのは範囲が広くて、一番専門にやっているのは脳ですが、あとは健康とか病気、それから新型コロナウイルスみたいな感染症が社会でどういうふうに広がっていくか。環境、エネルギー、情報通信、交通、経済、地震。こうした21世紀に残された重要課題というのは広い意味で、複雑系の問題として捉えることができます。そこでこうした色々な複雑系を研究するための数学的なプラットフォームを作ってきたというのが僕の仕事です。

この図はムーンショットの前のI m P A C Tのまたその前のF I R S Tというプロジェクトがあったのですが、そのときに我々がやった研究をまとめたものです。

複雑系解析のための数理的な理論を作りながら、当時は溶鉱炉みたいな複雑な工学系とか、集積回路、電力網とか交通網のようなインフラ、脳、がんなどに応用しました。それから、F I R S Tをやっていた頃は、新しいタイプの新型インフルエンザが発生して、それが社会に広がることを心配していたので、そのための理論を作りましたが、ここは数学のいいところで、その理論がそのまま新型コロナウイルスの解析に使えます。数学というのはある程度抽象化して理論を作りますので、簡単に水平展開ができます。分野の壁を越えることができます。

そうした研究で理論的なプラットフォームを作ってきて、一応これで僕自身の研究は完成したと思っています。ちょうど定年になったので、研究以外のことをしたいなと思っていたのですが、色々な人にもう少し頑張れと言われて、結局ムーンショットをやらせていただくことに

なりました。

我々がやっているムーンショットは、JSTの目標2です。祖父江先生がPD、若山先生がSPDで、病気を未然に防ぐという研究です。今日は主にこの話をしたいと思います。

目標2の中に五つプロジェクトが走っていますが、その中で我々は数学的に未病を検出する方法を作って、それを検証して超早期に治療するという、そうした研究をしています。

最近色々な方が未病とおっしゃっていますが、多くの場合健康と病気の状態の間みみたいな定義をされるので、どこか分からない訳です。そうすると中々サイエンスになりにくいです。そこで我々がやったのは、まず出発点として数学的に厳密に定義できる未病状態、これを数理的に定義して、それを実際にPOCとして、実験で見つけました。これで全ての未病がカバーできる訳ではないですが、後で実例をお見せしますが、かなりの未病をこれで発見することができます。つまり今が未病ですということを言えるというのが我々の目指しているところです。

ムーンショット研究として、2050年までに、未然に病気を、要するに病気になる前に未病状態で治療する、そうしたことを目指しています。

それから、こうした未病という発想は東洋の発想なので、きちんとデータベースを作って、世界中の人に使っていただきたいと思っていて、包括的な未病データベースを作るというのも我々のプロジェクトの目的の一つになっています。

基本的な考え方は、状態遷移という考え方です。これは少し分かりにくい図かもしれませんが、横軸が時間とともに変化していくパラメータです。上が望ましい状態で、下が望ましくない状態です。あるところでティッピングポイントといいますが、状態が遷移します。この研究は主にエコロジーの人が最初に始めたのですが、エコロジーでいうと、上が望ましい安定状態。下が望ましくない安定状態です。

例えば、サンゴ礁でいうと、上がきれいなサンゴ礁の状態。ところが、だんだん環境が悪化していくと状態遷移が起きて、サンゴ礁が白化する現象が起きてしまいます。

それから、例えば交通では、上がスムーズに流れている状態。下が交通渋滞の状態です。いったん望ましくない状態に遷移してしまうと、そこから戻すのは大変な訳です。特にエコロジーなどではとても大変なことになります。

そこで、もうすぐ遷移が起きる予兆信号、アーリー・ワーニング・シグナル、早期警戒信号といいますが、それを検出してその時点で対処しましょうという、そうした研究が10年ぐらい前からかなり広く行われています。我々はそれを病気に使おうとしています。

つまり上が健康な状態で、下が病気の状態。状態遷移点が発病点。発病する前に、発病の早

期警戒信号を見つけて、そこで治してしまおうという発想です。原理は今からお話しします。

原理はそれほど難しくなくて、まず未病状態を見つけるための新しいバイオマーカーの概念を作りました。これは動的ネットワークバイオマーカーといいます。英語でも動的はD y n a m i c a lなので、ネットワーク、バイオマーカーの頭文字を並べて、DNBと呼ばれています。DNAは皆さんよく御存じだと思いますが、AをBに変えたらこのバイオマーカーの略称になります。

どういうものかという、バイオマーカーの研究は世の中にたくさんありますが、多くの場合、平均値に着目した静的な物差しです。目的は、健康状態と病気の状態を識別する。従来型のバイオマーカーで最も敏感なものの中の典型例は、前立腺がんのPSAです。PSAは値が4 ng/ml以下だと健康であると。10を超えるとがんの確率がかなり高いので精密に検査しましょうということになります。

それに対して我々のDNBは健康状態と未病状態を識別します。未病状態を見つけないということ。そのために従来のバイオマーカーは平均値に着目しているのですが、DNBはゆらぎに着目します。

この図が分かりやすいと思います。横軸が体の状態です。高次元なのですが、今は一次元で表しています。

皆さん、健康状態でいらっしゃると思いますが、通常健康状態は安定なのです。例えば働き過ぎて過労になったりとか、寝不足になると、体調が崩れかけますが、一晩ぐっすり寝ると治るではないですか。つまり摂動に対して安定である。つまりずらしても戻ってくる。そうした性質があります。それをわかりやすくするためにポテンシャルで表していて、ボールが体の状態で、通常はポテンシャルの底にいて、ずらしても戻ってくる。次にこの状態では、少し安定性が弱くなりましたが、まだ安定です。このぎりぎりの状態を未病状態と定義します。ここで発見して早めに治してしまおうという、そうした研究です。

この発見に失敗してしまうと発病してしまうので、そうすると今度は安定な疾病状態から健康状態に戻さなければいけない。したがって大変になる訳です。したがって、この未病状態を検出する必要があります。

ところが、横軸に射影していただくと分かるのですが、未病状態と健康状態は体の状態としてはほとんど同じ状態です。つまりここで病院に行く人はほとんどいない。本人も健康と思っているはず。したがって、それを見つけるための何らかのバイオマーカーが必要になります。

この未病状態が見つかるかという、見つけられます。なぜかというゆらぎの特性が全然違います。健康状態は安定性が強いので揺さぶられても余りゆらぎません。ところが未病状態になると、同じ力で押されても大きくゆらぎます。つまりゆらぎが大きくなります。

この現象自体は1変数の問題としては昔からよく知られていて、クリティカルスローイングダウンという名前が付いています。

つまり安定性が弱くなって臨界状態になると、大きくゆっくりゆらぐ。また、自己相関係数が強くなって、それから摂動したときに戻るのがだんだん遅くなる。したがってスローイングダウンと呼ばれています。このように1変数の問題としてはよく分かっていたのですが、体は非常に高次元の複雑系なので、この理論を高次元に拡張する必要があります。それを我々が最初にやったので、特許も確保できました。

つまりやりたいことは、健康状態から病気の状態に遷移する前に、特有のゆらぎが生じるので、それを検出してもうすぐ発病することを発病する前に見つけましょうという研究です。

詳細は割愛しますが、未病状態では複雑系のネットワークの部分ネットワークがゆらぎます。ネットワークとしてゆらぐようになります。それを数学的に証明することができます。例えば、臓器のネットワークとか、遺伝子のネットワークをイメージしていただくと思います。未病状態ではその部分ネットワークがゆらぐ。この図の例の場合、DNB要素はZ1とZ2とZ3ですが、各々は時間とともに揺らいでいます。各変数自体では先ほどのクリティカルスローイングダウンが起きている。

それから、ネットワークとして揺らいでいるので、もう一つの重要な性質があって、ゆらぎの相関がプラス1かマイナス1になることが証明できます。

プラス1というのは二つのDNBの要素が同相で揺らいでいるということです。それから、マイナス1というのは逆相で揺らいでいます。例えば、Z1とZ3は大きいときはどちらも大きいし、小さいときはどちらも小さい。こうしたふうに同相でゆらぐのが相関1です。

逆相というのは、Z1とZ2がそうできて、Z1が大きいとZ2が小さい。Z2が大きいとZ1が小さい。このように逆向きに変動します。こうしたことが証明できます。

そこで、これらを検出するためのインデックスを作ることができて、それを使うとゆらぎの大きさを定量的に測ることが出来ます。

まず、5個の遺伝子からなる遺伝子ネットワークの数理モデルでやってみたのですが、この場合、DNBはZ1とZ2です。健康状態では全ての遺伝子のゆらぎが小さい。未病状態ではDNBの要素のゆらぎが大きくなって、この場合、相関係数がマイナス1に近くなって、逆相

でゆらいでいます。

先ほどのインデックスを取ると、健康状態ではインデックスが小さい値になります。

発病点に近づくにつれてインデックスが急激に大きくなっていくので、このインデックスを見ていれば、発病する前に発病することが分かります。

この話をあるシンポジウムでしていたら、富山大学の和漢医薬学研究所とあって、漢方に関しては日本で一番大きな研究所があるのですが、そこの先生方が聞いておられて、終わってから僕の言っていることは正しい、ただ漢方の世界ではそんなことは2000年以上前から分かっていたと言われて、とてもびっくりして、中国人の友達に調べてもらったら、確かにあって、『黄帝内経』という本が紀元前221年に出版されています。そこに上医、一流の医者は未病の治療をする。下医、三流のお医者さんは病気を治療すると書いてありました。これで未病の概念を僕らも知りました。

確かにコンセプトは黄帝内経にあるのですが、定性的な話です。我々は定量的なインデックスを作って未病を定量的に検出できるようにしたわけです。

まず、POCをやったのですが、これはマウスを使った実験です。メタボリックシンドロームになるマウスモデルがあって、この図は横軸が週ですが、生後8週でメタボリックシンドロームになります。ところが、遺伝子の発現を調べると、第5週でゆらぐというのが分かりました。つまり先ほどのゆらぎが大きくなるのが第5週で、未病状態が第5週。実際に症状が重く出るのが8週です。

これはさきほどの富山大学和漢研の先生たちと一緒にやったのですが、2000年前から知っているなら治す薬ぐらいあるでしょうと言ったら、きちんと見つけてくれました。防風通聖散という薬があります。これをこのマウスの餌に混ぜると、発症が押されられます。そのときに第5週のゆらぎが小さくなります。したがって、この薬は未病状態から病気の状態へと状態遷移を抑えることによって、病気を抑えているということが分かりました。

それから、ヒトのデータも解析してみたのですが、これはオープンになっているデータで、アメリカの研究者たちが取ったデータです。これはすごいデータでして、17人のボランティアに、H3N2型インフルエンザのワクチンではなくてウイルスを投与しました。時刻0で。その後、経時的に血液を採って遺伝子の発現量を調べています。8人の方は幸いにして発病しなかったのですが、その人たちに関しては我々のインデックスも立ち上がりません。9人の方は発病しました。赤いところが臨床のお医者さんが診て、インフルエンザと診断できたところ

この図のように我々のインデックスはその前に立ち上がるので、要するに発病前にもうすぐ発病することがこうした形で分かるということになります。

今、これをムーンショット目標2の我々のプロジェクトで理論を拡張をするとともに、色々な病気に関してDNBを調べています。

それから、もう一つ重要なのは、今の話は健康状態から病気の状態に遷移する、発病前に発病の予兆を検出する話だったのですが、実はこれは治る方にも多分使えるのです。

つまり、治る前にもうすぐ治ることが分かる。これはお医者さんにとってはとても重要らしくて、お医者さんが悩むのはある治療をしているときに、その治療が効果がないように見える。そうしたときに一番悩む。

これは東大の医学部の水島先生といって、オートファジーを哺乳動物で最初にやられた先生ですが、この先生にDNBの話をしたときに、彼が教えてくれました。確かに最近とても高くても、でも数割しか効かないけど、きわめて重要な薬とかがある訳です。そうしたときにその薬が効かないと、お医者さんは悩むはずです。つまりその治療法を続けるのか、変えるのかということなのです。

でも治る予兆が検出できればその治療法をずっと続けた方がいいので、治る前に、もうすぐ治ることが分かるのも意味があることなのです。

このDNB理論も数理的な理論なので、水平展開が可能で、例えば電力システムとか溶鉱炉とかの不安定性予兆信号、交通渋滞、経済も割と大きな変動を起こすことがあるので、経済データに使えるのではないかと興味を持つ人が結構増えていて、今年4月に東大の生産技術研究所に複雑系社会システム研究センターという新しいセンターが作られました。そこではこの理論を使って、経済データの解析を行う予定になっています。

それから、新型コロナウイルスに関してもやってみたのですが、新型コロナウイルスが社会で流行するというのは、実効再生産数が1より小さい状態から1より大きい状態への一種の状態遷移です。したがって、その予兆が見えるかなと思ってやってみたら、確かに見えるのです。少し図が見にくいですけど、去年の夏の波です。

これが関東全体で、あと東京とか、神奈川とか。各都道府県で毎日新規感染者の数が発表されますね。あのデータのみを使って、予兆信号を解析すると、それがピンクのところです。つまり波が起きる前に、予兆信号が検出できます。これは外国でもやってみて、これがアメリカ、西ヨーロッパ、これが韓国です。

こうした形で、流行の波が起きる前に、もうすぐ流行が起きるということを検出することが

できます。

複雑系をデータ解析するときに重要なのは、複雑系というのは非常に次元が高いので、高次元のデータが得られます。高次元のデータをどううまく使うかというのがポイントです。今、お話ししたのは早期警戒信号ですが、例えば予測に使ったり、それから現在のAIの主流のDeep Neural Networkというのは入力から出力へ、一方向へ情報が伝わるのです。Feedforward Neural Networkと言います。ところが実際の脳は、もっと動的でして、フィードバック結合があったり、トップダウンといって出力から入力の方に戻ってくる結合、実はそっちの結合の方がたくさんあります。これらの結合をAIとしてどう活用するかが重要な課題で、その辺の数理モデル化というのが大きなテーマになっています。

一つだけ、研究例を御紹介すると、最近、センサーとかIoT技術が進歩したので、非常にたくさんのデータを同時に測れるようになっていきます。遺伝子もそうで、1回測ると2万ぐらいの遺伝子の発現量がデータとして出てきます。そうしたたくさんの変数の情報を、知りたいターゲット変数の予測に使うという数理手法を作りました。

これは結構うまくいって、例えばこれは洪水予測に使いましたが、24時間前の予測です。赤が予測で、黒が実際の値です。これまで洪水予測というのは一級河川の物理モデルを作って、それをベースに予測をしていましたが、川にはたくさん支流があります。最近はその支流が先に洪水を起こしたりする訳です。そこでデータドリブンにやれないかと思ってやってみたのがこれです。要するに、川のあっちこっちの水位とか、それから色々な場所の降水量などは簡単に今測ることができます。それらの情報を使ってピンポイントである場所の水位をどう予測するかという問題にすると、非常に精度よく予測できて、これは既にある企業が実用化していて、全国数十か所で実際に使われていると聞いています。

こうした形で、センサー技術、IoTによってたくさんの変数のデータが取れるので、それをうまく数理的に処理すると非常に精度の高い予測ができるような時代になってきています。

取りあえずここまでにしたいと思います。どうも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。

もう時間も余りありませんが、是非ここで御意見、あるいは御質問をいただきたいと思えます。どなたでも結構ですが、お手をお挙げください。

菅議員、どうぞ。

○菅議員 非常に興味深いお話をありがとうございました。

さっきの未病のところ、マーカーは恐らく、ネズミでやってらっしゃると思いますが、マウスのマーカーをそのまま人間に展開して、人間でもう検討を始めているということはされていらっしゃるのですか。

○合原特別教授 はい、しています。ムーンショットの一環として、実は富山大学の齋藤学長が我々のプロジェクトの課題推薦者になって下さっておりまして、富山大学が全学的に未病研究センターというのを学内に作って、そこに医学部の先生たちもたくさん入って、POCとしてはマウスでよかったと思うのですが、実際には人間に関してやっていかなければいけないので、今そこを研究しています。

○菅議員 マーカーは同じマーカーで見えるのですか。それともヒトはヒトでまた少し広げるとか。

○合原特別教授 基本的には同じマーカーでできると思いますが、マーカー自身は、ゆらぎの特徴をどう捉えるかという話なので、数学的にはもっと色々な工夫ができると思います。実際、理論的には色々な新しいマーカーを今考えていて、それで様々な疾病を試す予定です。

最終的にはウェアラブルにしたいのです。ウェアラブルで常にチェックして、危なそうだったらコーションを出すという形にすれば広く世の中に使われるようになるかなと思っています。

○上山議員 藤井議員、お願いします。

○藤井議員 ここでこれまでやっていらっしゃったカッティングエッジの色々な数理の応用がかなり広がってきていると思いますが、これを広く使おうとしたときに、理解してしっかり実証ができるような人材を育てていく必要があると思います。実際に人材が足りているのか、あるいはより広く使ってもらうようにするために、どういう形で人を育てていくのがいいかということについて、先生のお考えをお聞かせいただければと思いました。よろしく願いいたします。

○合原特別教授 人材育成はとても重要で、特にこうした話になると、医学と数理と両方分かっている人が欲しいです。そのときに数理の人に医学を勉強してもらうよりは、日本の受験を突破しているので、お医者さんは高校までは数学がとてもできた訳ですね。実際に医学部を卒業して、大学院に入り直して、医学とは全く関係ない分野で教授になっている教え子とかもいまして、我々のムーンショットではお医者さんたちに数理をきちんと理解してもらう。その試みをやっていて、例えば夏の学校みたいなものを開いて、そこに医学系の人たちを集めて、初歩的な解析を実際にパソコンを使ってやってもらうとか。

そうしたことをうちのメンバーの岡田随象さんが、毎年やっていて、かなりの人たちが参加

しています。こうした人材育成は時間を掛けてじっくりやっていかなければいけないので、それを毎年繰り返すことによって、だんだん数理が分かるお医者さんたちが増えてくる。そうしたことを目指してやっています。

○藤井議員 これは産業界も同様なのでしょうか。同じような感触ですか。

○合原特別教授 我々、基本特許を持っているので、JSTがライセンスを色々進めてくださっていて、企業からのコンタクトも結構あります。ムーンショットは最終的には社会実装するということを目指していますので、そこはかなり我々も時間を割いて、企業の人たちと色々な相談を今、オンゴーイングで進めています。

○藤井議員 丁寧に浸透させるような取組はある程度やっていかななくてはいけないという印象でしょうか。そのような理解でよろしいですか。

○合原特別教授 はい。詳しい解説も含めて、かなりそこにエフォートを割かないと簡単にはできないかと思っています。

○上山議員 先生、この数学モデルを経済のところとやり始めている、僕も大昔に経済のところ、株式のデータを使って予測のことを知りました。ほとんど間違っていたことがあるのですけど。これは今やっていて、そうした方向性で、今ここでは割と人文・社会科学も含めて融合研究みたいなことがしばしば議論の対象になりますが、東大の方でやられ始めているとおっしゃっていましたが、このモデルそのまま入って使われて始めているのですか。

○合原特別教授 そうです。昔、失敗したのは、無理もないと思うのは、経済のデータは点過程で、売手と買手の折り合いがついたその瞬間に価格とアマウントが発生します。つまり普通の連続的に変化する時系列と違って、スパイク状のマーク付き点過程と呼ばれる時系列データが観測されます。高頻度データといわれているデータがそうなのですが、そうしたマーク付き点過程データをどう解析するかという理論が昔はまだ十分には整備されてなかった。それを我々は20年くらい掛けて整備してきました。

今ではマーク付き点過程も普通の連続的な時間過程と同じように扱えるようになっているので、データさえ手に入ればできると思います。ただ、株価のデータとか大学だと中々手に入りにくいので、そこをどうするのかというのが多分一番のネックになると思います。

○上山議員 一橋などは証券会社の膨大なデータをもらって、20年前かやり始めたのですが、証券会社との共同研究みたいなものは走っている、証券会社の方からデータを提供してやってほしいという、そうしたのがあったと思いますが。

○合原特別教授 僕らは1990年くらいに、僕はカオス理論が専門なので、不規則な変動を

予測するという理論をその頃から作っていて、全ての証券会社の方が来られました。その当時できる手法をお教えしたのですが、やはりさっきの問題で、点過程をどう扱うかというその深い理論がないと、中々難しいのですよ。その進歩がこの20年ぐらいであった、したがって、違うフェーズに入っていると思います。

○上山議員 ほかの先生方、いかがですか。

波多野議員。

○波多野議員 私は合原先生の講演を拝聴し、御著書を拝読していますが、今回リバース側、治療の予兆の検証は重要だと思いました。例えば政策に関しても、どれぐらい効果があるというのが分かるというところにもつながる、これは数理的にはリバース側は難しいですか。

○合原特別教授 リバース側は治る方向？

○波多野議員 はい。予兆の。

○合原特別教授 もちろんDNBの要素は違うのですが、状態遷移でリバースするのであれば、同じように見えると考えています。

○上山議員 それでは、顧問。

○橋本内閣官房科学技術顧問 要するに、多元数でその間の相関係数が全部違う訳ですが、そうしたものはビッグデータがあればそこで合わせるような数式に変えることによって、基本的には複雑系で多元数のものについては全てできると、原理的には、そうしたふうに思っていますか。

○合原特別教授 まず、あのインデックスは標準偏差と相関係数が計算できれば誰でも使えるようになるべく単純な形で作りました。そうした意味で、データサイエンティストがいればすぐ実装できる解析方法になっています。

○橋本内閣官房科学技術顧問 そうすると、実に実用的な話にもなっていて、特許を取っておられるということで、その特許でどの程度カバーしているのかということなのですが、この前少しお伺いした未病の話はとても面白いのだけど、世界で、先生だけがある程度やっているという話だったのですが、実は中国で先生の理論を使って始めているということも聞いたのですが、それは特許で押さえられている話を勝手に使っている。

○合原特別教授 それは、一番初めの論文は中国の科学院の共同研究者が、生研の客員教授になっていて、彼と二人で書きました。特許はJSTが持っています。

○橋本内閣官房科学技術顧問 両方で持っているのですか。

○合原特別教授 日本で持っています。

○橋本内閣官房科学技術顧問　それが基本特許になって、その基本特許で、今例えば株の話であつたり、交通渋滞の話であつたり、色々なことがあります、それが全て変わりますよね。それは特許性がある話なのですか。

○合原特別教授　あると思います。

○橋本内閣官房科学技術顧問　あると思いますということは、そこは特許はとっていないのですか。

○合原特別教授　未病に関してはJ S Tの方がサポートして下さって、そこは特許をどんどん広げていっているのですが、それ以外のところは余り特許は取ってないです。

○橋本内閣官房科学技術顧問　これは先生と中国の方の基本特許で、今、世界的に見たときの状況、研究力といいますか、レベルはどうなのですか。

○合原特別教授　この手法を使った論文が増えてきていて、使ってもらふこと自体はいいかなと思っています。つまりDNBの要素というのは病気ごとに違います。したがって、病気ごとに調べるしかない。調べた上で、例えば最終的な実装をしやすいような要素を選んで、ウェアラブルにできるのだったらそれをウェアラブルするという。そうした流れになるので、病気ごとに研究するしかない、やはり世界中の人たちが使ってくれるのは、僕は有り難いと思っています。そこは余り欲がないので。

○上山議員　梶田議員、手が挙がりましたか。

○梶田議員　合原先生、どうもありがとうございました。

こうしたようなお話、数理工学の話というのは、今日の未病の話もそうですが、恐らく今後色々なところで使われていくのだと思うのですが、これはやはり日本だけではなくて、世界を見ながら日本としてどういうふうに進めるかということが重要かと思います。世界を見たときに、今後、日本の数理工学の分野はどういうふうに進めればいいのかに関して先生のお考えをお聞きできればと思います。よろしくお願いします。

○合原特別教授　日本固有の問題というのがあって、もともと数十年前までは日本の大学の数学科というのは全て純粋数学科でした。我々みたいな数理工学者というのは、東大と京大には数理工学科というのがあるので、それでまとまって研究者がいるのですが、それ以外は色々な学科でポジションを得られたところに分散しているという、そうした形です。

それがここ数十年で変わってきたのは、数学科の人たちも応用の重要性に気付いて、かつ彼らの力が応用に大きく貢献できるということに気付いて、全ての数学者ではないですが、一部の数学者が数学科で応用研究をやるようになってきています。これは非常にいい傾向で、これ

はどんどん進めていきたいのですが、他方で、数理の応用研究というのはそれなりの色々な勘どころがあって、我々の数理工学はもう70年の応用研究の歴史があるので、70年、先輩の先生方がやってきた上に、我々の研究があります。だからその歴史があるので、我々の応用というのは結構うまくいくのですよ。

数学科の方にもぜひ頑張っていたきたいのですが、応用の仕方のコツをこれから学ぶ必要があって、そこは協力できるところはどんどん協力しようと思っていますが、他方で、こうした応用数学の学科みたいなものがもっと日本に増えるといいかなと思います。

○上山議員 少し大幅に時間も過ぎておりますので、この辺りで、このセッションを終わりたいと思います。

合原先生、どうもありがとうございました。

○合原特別教授 どうもありがとうございました。

○上山議員 それでは、これで公開のセッションを終わります。

午前10時57分 閉会