

パネルディスカッション

「科学が見いだす日本の進路」

ゲストパネリスト：津田 一郎（北海道大学数学連携研究センター長・電子科学研究所教授）

常松 健一（読売新聞大阪本社編集局科学部長）

パネリスト：田中 貴浩（京都大学基礎物理学研究所教授）

高井 正成（京都大学霊長類研究所教授）

影山龍一郎（京都大学ウイルス研究所教授）

小野 公二（京都大学原子炉実験所 粒子線腫瘍学研究センター長・教授）

コーディネーター：九後 太一（京都大学基礎物理学研究所長・教授）



パネルディスカッション
「科学が見いだす日本の進路」

九後 基礎物理学研究所の九後でございます。朝の10時から、午前と午後の密度の濃い、多岐にわたる講演をお聞きになって大分お疲れになっていることと思います。パネルディスカッションに予定されております時間は70分の短い時間ですが、出来るだけ会場の皆様のご質問にお答えし、その後で、本日のテーマであります「科学が見いだす日本の進路」というディスカッションをやりたいと思います。

会場の皆様からは多数のご質問の質問用紙をいただきました。ありがとうございます。全てにお答えするのは時間的に難しいので、あらかじめ各講演の先生方に質問用紙をお渡ししてあります。まとめて、あるいは選んで簡潔にお答えいただくようお願いしております。ただ、午後の講演の質問用紙は、今さっき渡したばかりで、今読んでいただいているという状況ですが、影山先生、小野先生には、大変ですがよろしく願います。

それでは、まず最初の「宇宙のはじまり」について講演いただきました田中先生からお願いしたいと思います。

田中 それでは、まずは答えやすそうな質問からということで、藤井サトミさんからいただきました。45歳です。

膨張し続ける宇宙のその先はどうなっているかと娘に質問されたことがあります。その空間、つまり宇宙の始まりの空間とも言えると思いますが、どのような空間だと思われますかということなんですが、我々はその宇宙をどういうふう考えているかというと、今日の話でも前提となっていたのは、我々の宇宙は、どこも至るところ同じであると。我々は特に特殊な場所にいるわけではないという、コペルニクス的な宇宙像という、そういうのに立って宇宙は、もちろん、そうである必然性はないんですが、それが一番単純な仮定であろうというふうに思って、それが、これまでの宇宙の観測をうまく説明しているということで確かめられてきていると。

もちろん、それを疑うような研究もなされているんですけども、これまでのところ、それを否定するような観測的な事実はないということで、それを推し進めていくと、我々の見ていないようなその先の、もちろん、宇宙はそのまま存在していて、ずっと続いているんだろうと、そういうふうに考えているわけです。

でも、ずっと行っても、どこかには実は果てはあるわけですが、その話をし出すとまた長くなるので、今回はこころ辺で……。

続きまして、名前はないのですが、ビッグバン以前のインフレーション時にエネルギー密度が一定となるというスライドがあったと思いますが、膨張の際のエネルギーは、どこから供給されているのでしょうかという、これはよく受ける質問なんですが、膨張

すると普通、何かエネルギーはどんどん減っていくのに、どうしてこの真空のエネルギーというのは膨張していても減らない、ずっとあるのかと、これはなかなか答えるのは難しいんですが、1つの答え方は、これは真空のエネルギーなので、膨張しても、その真空という状態が変わらなければ、そのエネルギーはずっと保たれると。何かあまり答えたのか答えてないのかわからないような答え方なんですが、もう1つの答え方は、この真空のエネルギーというのは、実は圧力が負の状態なんですね。圧力は、普通は物が膨張すると、実は普通の物質というのは圧力は正なんです。外向きに物を押しているわけです。そうすると、膨張したときに外側に向かって、その物質は仕事をしているんですね。仕事をした結果、エネルギーは減っていくと、そういうふうな見方もできるんですが、真空のエネルギーの場合は、そこが負なので、膨張するときに実は外から仕事をされていると、そういう言い方をして、それによってエネルギーが逐次、宇宙の時空の膨張によって供給されていると、そういう見方ができるということです。それもなかなか答えたことになっているかわからないんですが。

最後に、アンバイタカシさんですか、男性の方、49歳。

宇宙好きの私には興味深いお話でした。ありがとうございました。今回のシンポジウムのテーマである日本の進路に対して宇宙の始まりの研究は、どのように貢献できるとお考えですかという、痛いところを突かれて、ですが、基本的には、やはり鈴木先生のお話にもあったように、日本が進むべき道というのは、やっぱり技術によって世界をリードしていくという、それが基本にあると思うんですけれども、例えば、日本の大学に、こういう宇宙物理の教室で宇宙をやっている人、あるいは素粒子をやっている人、それが直接に、直接にというか、そのやっている人たちの中でも技術として何らかの社会に還元しているような、そういう研究をされている方も、もちろんおられるわけですが、我々のようなこの理論で宇宙の始まりを夢想しているような、そういう研究者が直接に役に立つということはなかなか難しいとは思うんですけれども、ただ例えば、そこで想像していただきたいのは、じゃ、京都大学に、その物理の教室に、そういう研究がなかったとしたら、そうするとその京都大学の物理というものに対して魅力というのは、もう非常に半減するだろうと、手前みそながら、あまり自分でも言うのも恥ずかしいですが。

ということなので、我々は、ある意味、だから、そういう科学の夢を売る商売であるというふうに思っているんで、これからも新しい研究をやって、こういう場で皆さんを驚かせるような話をして、若い新しい人を引きつけていくことができれば貢献になるんじゃないかと思っています。

九後 どうもありがとうございました。それでは引き続き、今のは宇宙の始まりのお話でしたが、今度は霊長類、人間の始まりのお話をされた高井先生、お願いします。

高井 幾つか質問があったんですが、単純なものからお答えしていきます。お名前が、カトウヒロオさん、男性、22 歳の方。

哺乳類は、現存するものは全て単系統なのでしょうか、全て同じ起源かという質問ですけれども、これは現存しているものは全て単系統です。ただし、哺乳類というのは、きょうの話でもしましたけれども、有胎盤類と有袋類と、それから単孔類という、カモノハシとかハリモグラというのがいますね、そういう3つの系統が残っています。それは大分、根本的に違いますけれども、単系統です。それから、化石でも絶滅したものが幾つかありまして、その系統については、まだわからないことがあります。

それから、2つ目は、タカギノブヨシさん、男性の方で71 歳の方です。

霊長類と分類した基準というのは、現生のものは全てもうDNAで、分子遺伝学で、分子生物学で解明されていますので、霊長類とわかります。

化石のものは、お話ししたように、6500 万年前とか、すごく古くなってきますと、起源のころになってくると、ほかの動物と区別ができません。それで、その眼窩が、目が入るところが前のほうを向いている傾向があるか、それと手足に把握能力があるかというところで区別しています。それがわからないと、わかりませんとしか言いようがないですね。だから、形態学には起源というのは厳密にはわからないんですけれども、分子生物学的なところで、このくらいに起源しただろうということがわかっていることです。

それから、次は面白い質問で、名前は書いておられない女性の方、50 歳。シャーロック・ホームズに出てくるアンダマン島の小人は実存したと思いますかと、面白い質問ですけれども、シャーロック・ホームズは一通り全部読んだんですけども、私はよく覚えてないんですが、アンダマン島というのはインド洋にある島の名前です。そこに小人がいたという話でしょうけれども、このこと自体、よく答えようがないんですが、インドネシアのフローレス島というところから最近非常に小型の人類化石が出まして、その分類についてはホモ・フローレシエンシス、原人の段階であるというような答えが出ています。それで、その系統については現生人類とちょっと違うのではないかという、その辺になると、もっと専門的な方に答えていただかなければいけないんですけれども、そういう非常に原始的な人類が孤島に残っていた可能性は十分にあります。

次に、霊長類とは、なぜそう呼ばれるのですか、これは「万物の霊長」というところから来ていまして、霊長類というのは「Primates (プリマーテス、プライメイツ)」というふうに英語学名では言うんですが、1 番目に書いたので「Primates」という名前になりました。「主な」とか「1 番目」という意味です。最初に分類を提起したリンネという人が、そうしたので、それを訳したのを「霊長類」とつけたということです。

あとは、人間が進化したらどうなりますかとか、人類の今後はどうなりますかというような質問なんですが、これはわかりません。そんなことがわかるのであれば私は予言者になりますので、今後の選択圧が、淘汰圧と呼ばれるものですね、どういう障壁と障

害というのが出てくるかによって違ってくると思います。

それから、大型恐竜が隕石が落ちてこなかったら生き延びたかどうかというのは、きょうお昼のときに読売新聞の方に質問されたんですけども、これは、地球全体の気温が下がってくると大型の動物は生き残れなかったので、隕石が落ちなかったとしても恐竜はかなり衰退して、小さい恐竜みたいなのが生き残ることになったと思います。だけど、せいぜい今の象か、もっと小さい動物ぐらいではないかなと思います。だけど、その辺の仮定の話というのは、とても私には答えられませんので、ご勘弁ください。以上です。

九後 どうもありがとうございました。

それでは次に、人間の大人でも賢くなれるというお話をされた影山先生、お願いします。

影山 たくさん質問をいただきまして、ありがとうございます。ちょっと全てには、お答えできないんですけど、まとめてお答えさせていただきます。

まず、きょうお話ししたのは2カ所でニューロン新生が起こるという話でしたけども、ほかにもそのような脳の部分があるかどうかなんですけど、少なくともマウスでは、ほかの部分は見つかっていません。ただ、人ではなかなか調べられないんですけど、猿では調べられていて、大脳皮質とか、ほかの部分でも起こっているという報告はあります。ただ、本当にどれぐらい起こっているのかというのはよくわかってないところで、まだ議論が分かれているところです。

自閉症、認知症との関係に関するご質問も幾つかありましたけども、自閉症に関しては、これはいろんな原因があるんですが、ニューロン新生を早期、子どものころから阻害すると自閉症のような症状も出てきます。ただ、マウスで、これは自閉症か鬱かとか、なかなか区別するのは非常に難しく、かなりオーバーラップしています。厳密に言うことはできないんですけども、ニューロン新生の低下と自閉症とは、ある程度関係し得るということは、マウスの実験からは、ある程度言えます。

認知症に関するご質問ですけども、これはニューロン新生の低下というよりは、むしろもう既に、本来ずっと一生残るべきニューロンが、病気やいろんな原因で早くに変性、脱落してニューロンの数が少しずつ減っていくと、そういうのが大きな原因です。

ですから、現時点では根本的な治療法というのはなかなか難しいんですけども、ニューロンが死んでいくのを出来るだけ防ぐというのが一番大きな方法です。

今後、注目されているのは、いったん脱落した後、それをまだ少し残っている神経幹細胞を何とか活性化して復活させるか、あるいは神経幹細胞を移植して治療につなげるというのは、将来的には考えられていますけども、それが、いつ実現するかというのは非常に難しい問題かと思っています。

それから、高齢者の方の認知症等、そういうのがニューロン新生を活性化することで

防げるかどうかなんですけども、これは、ある程度いろいろな経験を積ませることによって可能ではないかと思います。やはり隔離した状態だと、そういう認知症等のいろいろな疾患を促進する可能性があります。ですから、出来るだけ、いろんな刺激を与えるということが重要だと思います。これは、ニューロン新生を活性化することにもつながり得ますし、あと残っているニューロンの活動を活性化することにもつながりますので、出来るだけ多くのいろんな経験をしていただくというのがいいかと思います。

方向音痴の方が運動をすれば治りますかという質問があるんですけど、これは方向音痴というのは、いろいろな原因が考えられまして、ニューロン新生だけによるわけではありません。もちろん、人にとって走ることがいいのかどうかというのは、よくわからないんですが、いろいろな運動をする、体を動かす、自然の中に出ていくとか、そういう、部屋に閉じこもらずに、いろんなところに出ていくというのはニューロン新生を活性化することによって非常にいいので、それで方向音痴が、どこまで治るかというのはよくわからないんですが、頭を活性化するという意味では非常にいいことだと思います。

九後 影山先生、どうもありがとうございました。

先ほども鈴木先生が小野先生に質問されていましたが、鈴木カップリングで使われるホウ素化合物ですね、それと同じものを使って中性子捕捉療法というお話をいただいた小野先生に次はお願いします。質問用紙を読んでいただく時間がほとんどなかったんで、恐縮ですが、よろしくお願いします。

小野 幾つか質問が来ておりますので、お答えします。「なぜ浸潤した細胞のみが影響を受け、その周辺の細胞集団、細胞層は影響を受けないのか？」がんは増殖が活発で従って、ホウ素を取り込みさえすれば、浸潤した細胞であっても、浸潤細胞の源になっている主病巣の細胞と同じように壊れます。

ただ、そのがん細胞のそばにホウ素を取り込まない正常な細胞があったときに、その正常細胞がどうなるかと考えますと、中性子とホウ素の核反応ががんの細胞の核の中で起こるのか、細胞膜の付近で起こるのかによって、隣り合っている正常細胞への影響が異なってくると思います。膜の近くで起こったら、ホウ素原子核の分裂で放出された粒子が隣のホウ素を持っていない正常細胞の核のDNAをヒットして切断し、細胞を死に至らしめることはあり得ます。しかし、例えば、2細胞分くらい離れていたら、まずその影響はないと思います。

それから、「ホウ素中性子捕捉反応後のホウ素化合物の挙動はどの様か？」との質問についてです。中性子捕獲反応でホウ素原子核は壊れ、ホウ素でなくなります。ただ、

その数は微々たるものです。ほとんどのホウ素原子は核反応しませんから、これらは尿中に排出されます。

次の質問は、「病巣以外の身体他の部分への影響は如何なのか？」です。他の臓器に影響はしないのか如何か。これは全身的な被曝線量がどの程度なのかということで、これは大切な問題なので、私も調べたことがあります。染色体の損傷を指標にして、通常のエクス線治療を受けた、例えば、子宮頸がんとか頭頸部がんとか脳腫瘍で通常のエクス線治療を受けた患者さんから取った血液の細胞に現れる染色体の損傷と同じ疾患でBNCTを受けた患者さんのそれとを比べると、結果はBNCのほうが少なかったのです。少なかったので安心しました。ということが1つです。

それから、適用の問題です。どういう疾患が適用になるかということで、前立腺がんが適用になるかどうかという質問が1つあります。前立腺のがんは、まだトライアルしたことはありません。というのは、ホウ素化合物、特にBPAが、どの程度が集まるかのデータが実はないのです。PETとか、そういう検査をやればわかってくるかもしれませんが、まだ、やられておりません。ただ、前立腺がんは増殖が緩やかですから、恐らく十分に取り込まないのではないかと予想しております。

それから、胆管がんで肝臓に転移したようなときにどうなのかという質問も来ております。胆管がん自身は、場所によりますけども、腸管の近いところだと、今のところ、BNCTはなかなか難しいと思っています。というのは、腸管の上皮はセルサイクルが短くて、激しく増殖していますので、ホウ素化合物を取り込んで腸管の障害が出ないとも限らないということで、難しいと思います。

ただ、肝臓の中に限局した、特に転移のような場合は、これには工夫、その病巣部にホウ素化合物をうまく閉じ込める医療技術がないではないので、それを使って試験的な治療を行った経験があります。ですから、病状によっては適用になるということですね。

それから、経費の問題とか、どのぐらい患者さんが待っておられるのかという話が来ております。まず、現在、原子炉を使って臨床研究をやっているものについては、臨床研究なので、京都大学の原子炉実験所に入ってから出てくるまでの治療にはお金はかかりません。例えば、ホウ素化合物の費用とかは全て我々の研究費で賄っています。これがなかなか大変でしてね、一人数十万円かかりますので、実には大変なのです。ですから、その意味でも十分に症例を吟味してやらせていただいております。

それから、治療自身は、原子炉の場合は長くて1時間、加速器だとその半分以下で済むと思いますけども、照射時間はその程度です。それから、前後合わせても1日で終わるということです。

それから、「いつになったら医療として採用されますか」ということですが、これは現在、加速器中性子のほうで薬事治験というのをやっております。しかし、原子炉のほうは、

現状のルールでは、承認された医療にすることはなかなか難しいと思います。加速器の中性子源のほうは、薬事治験をやって、現在、第Ⅰ相なのですが、それで安全性が確認され、次の第Ⅱ相で効果が確認されれば、再発の悪性神経膠腫については承認が得られることになります。数年先になると思いますけども。

ただ、それは再発の悪性神経膠腫に対しての承認であって、肺がんはまた別だ、頭頸部がんはまた別だということになります。これは、普通の陽子線治療や炭素線治療が一括して固形腫瘍ということで適用が取れるのに対して、ホウ素中性子捕捉療法は、ホウ素化合物が関与しているために、それが集まるものと、集まらないものでは変わってきますから、一括して適用を取るということとはできない。そういう意味ではちょっと時間がかかります。

それから、患者さんの待ちの程度についての質問ですが、そんなに待っているわけではありません。まだ、どんな患者さんでもやれるというわけではございませんので、もちろん時期的には随分患者さんが押し寄せる時、原子炉の場合は週に1日チャンスがあるのですが、その日に集中して、多いときは4件ぐらい治療しないといけないときがあって、もう私たちスタッフはくたくたになることがありますけども、そうでなければ大体3件までは一応対応できるので、それほど押し合いへし合い、何年も待つって、と云うようなことではございません。そんなに待っていたら、とてもとても患者さんの病気を治すことはできませんので、そんな状態ではございません。以上です。

九後 どうもありがとうございました。全てのご質問にお答えしたいのですが、時間の制限もありますので、それぐらいにしまして、次に、きょうのテーマであります「科学の見いだす日本の進路」というテーマについてのディスカッションに移りたいと思います。

お招きしました2人のゲストパネリストの方からお話を伺いたと思います。

まず、北海道大学数学連携研究センター長・電子科学研究所教授の津田一郎先生にお願いします。

津田 津田です。よろしくお願いします。ちょっと大層なテーマなのでなかなか難しいんですけども、まず私の友人で京大の数学で学位を取った人が、あるときパリに留学しまして、下宿のおばさんから、あんた何を研究してはんと、こう言われた。まあ、パリですから京都弁はしゃべらないわけですけども、一応パリ語だと思って聞いていただきたと思います。

いや、数学ですと答えたら、あんた、あほやなあ、まだそんなことやってんのと、数学なんて、もう終わった学問でしょう、そなん、今ごろまだやることあるのと言われて、それで、あんた、よっぽど頭が悪いんやなという、もうすごい長いこと勉強せなマスターでけへんのやなと、こう言われたという。で、返す言葉がなかったということなんで

すけども。

きょうの私の、皆さんの議論のとっかかりにしたいお話は、数学はまだ生きていまして、進化をし続けていると、数学はいろんな分野をさらに活性化させるような働きもあるということをおの立場から少しコメントしてみたいと思います。応用数学の立場ということなんです。

最初に、ちょっと自分の仕事で恐縮なんですけど、数学概念が脳の高次機能を捉えたということで、ちょっと幾つかの例を持ちてきました。まず最初に、これは先ほど影山先生のお話にありましたように、においを識別する脳の中の場所で嗅球という場所がありますけども、その脳内の神経活動のダイナミクスを観測した先生がおられまして、これはアメリカの人なんですけども、その人はネズミとかウサギとかに、においをかがせて、この動物たちが、これは何のにおいだろうと、バナナなんだろうと、おがくずなんだろうと、ニンジンなんだろうかと、こう悩んでいて、ああ、そうか、これはバナナだと、こういうふう知覚する過程の脳内の神経活動を追っかけました。

そうしますと、詳しい説明はできませんけども、私たちが数学の概念として提案してましたカオスの遍歴というもので説明ができるということがわかりました。これが第1の例です。

同じように、カオスの遍歴という数学概念は人の知覚にも関係しているということが、これは日本の研究者なんですけども、実験をされまして、これはネッカキューブというんですが、こういう立方体があります。で、後ろが見えているんですね。これ、じっと見てみると、こっちのようにも見えるし、こっちのようにも見えます。ちょっと薄いからわかりにくいかもしれませんが、2つの見え方があります。その見え方は、ランダムに変化するよう見えるわけです。その機構を追っかけていくと数学的な概念にぶち当たって、それがカオスの遍歴というもので説明できそうだという、これが第2の例です。

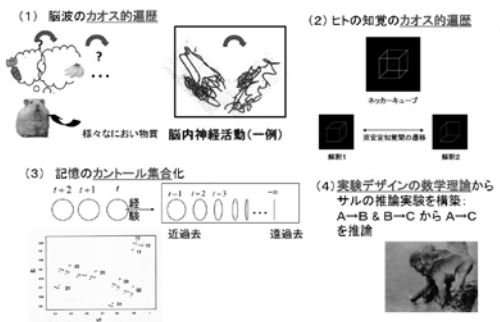
それから第3は、これは記憶、これは先ほど影山先生のお話でも出てきましたけども、海馬という場所がありまして、そこは記憶に関係しているんですが、記憶と数学的概念が実は密接に関係しているということがわかってきました。

これは、カントール集合というて、ちょっと難しいんですけども、数学のある集合なんですけど、実はその海馬の中で記憶を、短期記憶から長期記憶に移行していくプロセス

数学連携が生み出す日本の新たな道

澤田一郎
北海道大学電子科学研究所
北海道大学数学連携研究センター

数学概念が脳の高次機能をとらえた



で、近過去から遠過去に至るまで、こういう形で、まあ近過去は比較的大きな集合ですね、遠過去はかなり細かい集合になって、階層的に構造化されるということがわかってきました。

ここに書いてあるような、点集合なんですけど、これを集合と言いまして、こういうものが記憶を表現するのに脳の中で使われていそうだと。これはまだ生きている動物とか人間について、こういうことがわかったわけじゃなくて、今、ラットですね、先ほどはマウスのお話でしたけど、もう1つのネズミのラットというネズミがいますけども、そのラットの海馬のスライス実験で、こういうことが実証されました。

4番目は、数学というのは実は実験をデザインするということが出来まして、これは、あるカテゴリー論に近いものを使うんですけども、実験を数学の理論でデザインしまして、猿の推論実験を行ったことがあります。

これは京大の幸島の芋を洗う猿ですが、これで実験したわけではないんですけども、これで実験すると京大の先生に怒られるので、別のニホンザルを使って実験をしました。実験のデザインは数学理論を使ってデザインして、そうすると猿にAならBというのを教えて、BならCを教えて、AならCというのは直接教えないということにしておきますと、猿は実はこの2つの事象からAならCということを推論するということがわかりまして、結構猿も推論能力があるなということがわかってきました。

ここで言いたいことは何かといいますと、この個別事象ではなくて、こういったことは実は脳内の物理現象でもあるし、化学反応も伴っておりますので化学現象でもありますし、生物現象でもあるし、それから情報処理をしていますから情報でもあるんですが、そういった個別事象と捉えるのではなく、そういったものを抽象化して、数学の概念として捉えるということは可能だということがわかってきたということがポイントであります。

次に、歴史的なことをちょっと申したいわけですが、数学と社会変革の関係というのをちょっと調べてみたんですが、これは古い話ですけども、計量革命と言ったらいいいんでしょうか、物を測るということを人類が発明した。測量という、物を測りたいということから幾何学が生まれ、幾何学によって物をちゃんと測ることができるようになったという歴史があります。

次に、予測革命とでも言ったらいいのかもしれませんが、ニュートン力学のときに実際、微分積分学をつくって、その微分積分学によって力学が書けるようになった。それによっていろんな予測ができるようになったというわけです。

それから、産業革命はよく言われています

数学と社会変革の関係(例)	
1. 計量革命 測量 — 幾何学	2. 予測革命 ニュートン力学 — 解析学(微分積分学、変分法)
3. 産業革命 蒸気機関 — 熱力学、熱伝導 — 解析学、偏微分方程式	
4. 情報革命 コンピューター — 2進数、プログラム、アルゴリズム、帰納関数、代数学	
5. 計測革命 CTスキャン — ラドン変換	6. データ革命 時系列解析 — ウェーブレット変換 (カオス力学系、フラクタル幾何学)
... → モノづくり革命、医療革命 etc.	

けども、蒸気機関によって、その影響を受けて熱力学という学問が、これは物理ですけども、出てきまして、熱伝導という概念も出てきました。これらは解析学とか偏微分方程式といった数学と密接に関係しています。

第4に、情報革命、これはコンピューターですけども、コンピューターがあらわれたときも実は数学が使われていまして、もちろん2進数ですけども、一般にp進数の理論とか、それからプログラム、アルゴリズム、あるいは帰納関数という数学的概念。それから、最近だともっといろんな代数系の話が、この新しいコンピューターをつくる時に使われたりしています。

第5に、計測革命とでもいうべきかもしれませんが、これは脳研究とか、いろいろ医学で使われていますが、CTスキャン、この原理は、実はラドン変換という数学の積分変換です。ですから、これに気づいた物理学者がCTスキャンを発明してノーベル賞をもらった。数学者のほうはもらっていないのは残念です。数学は損な役割なんですね。

6番目がデータ革命、これは現在起こっていることだと思いますが、大量データをどう解析したらいいか、従来の統計学を超えたものが求められていると思います。具体的には時系列解析からウェーブレット変換という、カオス力学系とかフラクタル幾何学をベースにした新しい変換が発明されて、新たな時系列解析というものが今行われています。将来的には、モノづくり革命とか医療革命とか、そういったことに数学が多分絡んでくるんじゃないかなというふうに思っています。

これは、アメリカ数学会が発行する『Mathematical Reviews』による数学分野の分類です。これは北大の数学教室がアメリカ数学会とかけ合いまして、これはもともと英語ですけども、日本語に翻訳することを許していただきました。ここの赤字は私がきょうのこの発表のためにつけたもので、もともとは全部黒です。黒いところは、これはいわゆる普通の純粋数学と言われているもので、皆さん、数学というと、代数、幾何、解析と、こういうふうに言うかもしれませんが、それはものすごくたくさんの分野があります。

アメリカ数学会発行のMathematical Reviews (数学評論)による数学分野の分類		
00 一般	32 複素変数関数と解析空間	69 確率論と確率過程
01 歴史と伝記	33 有界性	70 統計学
02 数理論理及び数学基礎論	34 算術方程式	71 数論
03 組合せ論	35 算術方程式	72 組合せ論
04 群論、環、順序代数構造	36 算術方程式	73 組合せ論と幾何学
05 一般代数	37 算術方程式	74 算術方程式と幾何学
06 一般代数	38 算術方程式	75 算術方程式
07 一般代数	39 算術方程式	76 算術方程式
08 一般代数	40 算術方程式	77 算術方程式
09 一般代数	41 算術方程式	78 算術方程式
10 一般代数	42 算術方程式	79 算術方程式
11 一般代数	43 算術方程式	80 算術方程式
12 一般代数	44 算術方程式	81 算術方程式
13 一般代数	45 算術方程式	82 算術方程式
14 一般代数	46 算術方程式	83 算術方程式
15 一般代数	47 算術方程式	84 算術方程式
16 一般代数	48 算術方程式	85 算術方程式
17 一般代数	49 算術方程式	86 算術方程式
18 一般代数	50 算術方程式	87 算術方程式
19 一般代数	51 算術方程式	88 算術方程式
20 一般代数	52 算術方程式	89 算術方程式
21 一般代数	53 算術方程式	90 算術方程式
22 一般代数	54 算術方程式	91 算術方程式
23 一般代数	55 算術方程式	92 算術方程式
24 一般代数	56 算術方程式	93 算術方程式
25 一般代数	57 算術方程式	94 算術方程式
26 一般代数	58 算術方程式	95 算術方程式
27 一般代数	59 算術方程式	96 算術方程式
28 一般代数	60 算術方程式	97 算術方程式
29 一般代数	61 算術方程式	98 算術方程式
30 一般代数	62 算術方程式	99 算術方程式
31 一般代数	63 算術方程式	100 算術方程式

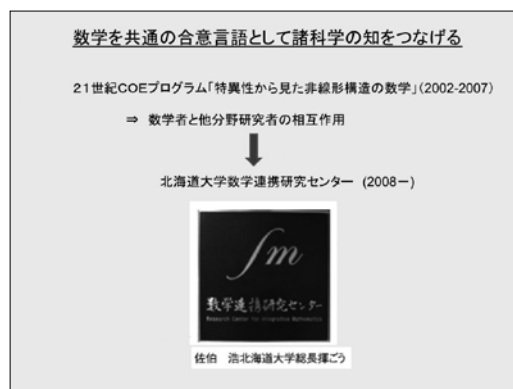
こちら、赤のところを見ていただきたいんですが、赤のところは非常に不思議で、アメリカ数学会は、こういうものも数学だと認めているということなんですが、計算幾何学とか、質点系の力学とか、変形可能な固体力学とか流体力学、それから光学とか電磁気学、これは全部物理なんですよね。古典的熱力学、量子論、統計力学、相対論、重力理論、きょうお話のあった天文学とか宇宙物理学も実は数学だと、こう言っているわけです。地球物理学も数学だと。何でも数学だと。OR理論、数理計画法、ゲーム理論、経済学、社会科学及び行動科学、これ、要するに文系の学問も数学だと。生物学及び

その他の自然科学って、これ全部ですよ。システム理論とか制御ですから、これ、工学も実は数学だと、情報通信とか回路、これは全部数学だと。

だから、これはどういう意味かといいますと、こういう、いわゆる物理とか工学とか社会科学だとか生物学だとか、そういった数学とは違う学問だと言われていた分野も、実は数学者が研究をして、新しい数学のテーマというのを発掘していく場所だという、そういう認識です。これがまず第1点。

第2点目は、これ、番号が、ちょっと見えないかもしれませんが、実は所々抜けているんですね。例えば、1と3の間が抜けています。3と5の間が抜けています。数理論理及び数学基礎論と組合わせ論の間は、実は抜けております。3番と5番で、4番は抜けています。もちろん、ずっとつながっているところもあります。しかし、抜けているところも結構あります。こちらの赤いところもそうで、70番と74番の間が抜けています。これはどういう意味かという、この抜けているところは将来開拓されるべきものだと、つまり、ここは空白なんだけども、実はそこを埋めなさいというわけです。こういう分野を研究していると、きっとこの間に新しい領域が開拓されるだろうと、こういうことを考えてアメリカ数学会では、こういう分類表をつくっているわけです。これは非常に面白いといいますか、我々も大変感銘を受けたわけです。

感銘を受けているばかりじゃどうしようもないので、北大の数学としてはいろんなこと、今のようなことをベースにして、いろんな試みをしてきました。数学を共通の合意言語として諸科学の知をつなげるということを合い言葉にして、文科省のプロジェクトの21世紀COEプログラム、これは「特異性から見た非線形構造の数学」というやつなんです。2002年から2007年までやりまして、ここで数学自身の深化と、それから数学が他分野に影響を与えることが可能だということが具体的にわかってきました。



数学者と他分野研究者の相互作用というのがここで始まりまして、それのご褒美として佐伯総長が北大数学連携研究センターというのをつくってくださいました。この題字は、実は佐伯先生にお願いして書いていただいたんですが、ポプラ並木、平成ポプラ並木じゃなくて昔のポプラ並木の少し手前ですね、博物館からポプラ並木に行くところに、右手に3号館というのがあります。理学部3号館。その玄関のところに、これ、張りつけてありますので、もし来られたら見ていただきたいと思います。

この連携センターで数学といろんな分野との連携ということを今やっているところです。これまでの日本の数学のイメージというのは、もしかしたら1つのサブジェクトといいますか、1つの分野だというふうに捉えられていたかもしれませんが、我々のイメ

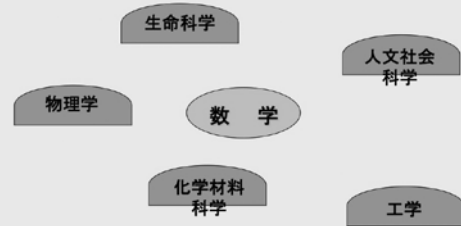
ーは違ってしまっていて、数学は海だということで、いろんな島、すなわち個別分野はいっぱいあるわけですが、それらをその数学の海によって取り巻いている、数学自身がここで随分栄養補給をしないとイケないわけですが、それによっていろんな島に栄養をまた与えることもできると、そういう存在だというふうに考えてプロジェクトをやってきたわけです。

最近の国の試みを簡単に述べさせてもらいますと、文科省の研究振興局というところに数学イノベーションユニットというのができまして、これは人がついています。お役人の世界では人がつくと継続して支援する体制ができるわけで、数学を継続的に支援するという命題を文科省のほうは背負ったということです。

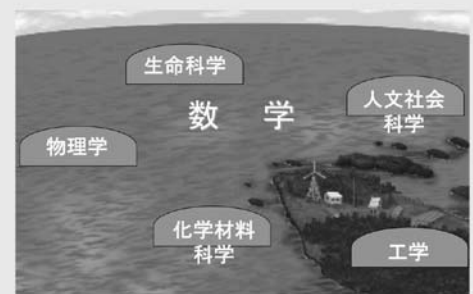
そこで、「数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム」という委託事業が始まっています。これは、統計数理研究所が中心になってやっているんですが、北大、東北大、東大、明治大、名古屋大、京大、九大が協力機関になっています。北大は我々の数学連携研究センター、京大は数理解析研究所が協力機関になっています。

JSTという組織が別にあるんですけども、科学技術振興機構といいますが、そこに、実は北大におられて、今は東北大に移られた西浦廉政教授が領域総括をしています数学領域のプログラムができて、数学と諸科学の連携研究が進んでいます。これは非常に画期的でして、ここから実は、「さきがけ」と「CREST（クレスト）」というプロジェクトを通じて、若い数学者がいろんな分野の研究をやって、共同研究をやったり、いろんな分野に出かけて行って、他分野の問題を解決しながら数学も深化させていくというようなことをやる。そういう人が、これは人材が出てきたと。「CREST」というのは数学者が中心になって、いろんな分野の人たちを集めて共同研究をするという、そういうプログラムで、これは非常に今成功しているわけです。

これまでの日本の数学のイメージ



数学の海



最近の国の試み(例)

・文部科学省研究振興局・基礎基盤研究課・
数学イノベーションユニットの創設。

科学技術試験研究委託事業「数学・数理科学と諸科学・産業との協働によるイノベーション創出のための研究促進プログラム」

(統計数理研究所)

北大・数学連携研究センター、東北大・理学研究科、

東大・数理科学研究科、明治大・現象数学科、

名古屋大・多元数理研究科、

京大・数理解析研究所、九大・マス・フォア・インダストリ研究所)

・JST 西浦数学領域：さきがけ、CREST・・・“越境する数学”

・第4期科学技術基本計画(平成23年8月19日閣議決定)に
「数理科学」が領域横断的な科学技術の一つとして明記された。

少し前ですけども、第4期科学技術基本計画というのがありまして、これは平成23年8月19日の閣議決定ですけども、ここで「数理科学」という言葉が入りました。これも画期的なことで、今まで数学とか数理科学というのは、先ほども言いましたように、世の中の多くの方たちは、デッドと言ったら悪いかもしれませんが、もう終わったというふうに思っている人が多くて、どうも国も、そういうふうに思っていたらしいんですが、実はそうではないということがだんだんわかってきて、「数理科学」という文言が入りまして、これが領域横断的な科学技術の1つとして明記されたということで、今いろんなところで数学の振興というのが行われているところです。

最後にちょっとまとめますと、いろんな科学技術、産業の先端研究に、どの数学分野も関連する可能性があるのも、どこかだけ特化してプロモートすればいいというものでもない。しかし、その一方、新しい数学も必要とされているので、何か新しい、さっきの『Mathematical Reviews』の分類表じゃないですけど、あの隙間のところに新しい分野をつくるというようなこともやっていくことが必要だと思います。

さまざまな科学、技術、産業の最先端研究にどの数学分野も関連する可能性があり、新しい数学を必要としている。

数学は正しく考える(正しく心を動かす)道筋を典型的に教えてくれる。
物理学は自然現象をどのように理解するかを典型的に教えてくれる。
国語は自分の考えを言葉で表現する方法を典型的に教えてくれる。

↓
哲学:言葉を使って考える
科学:式や実験によって考える
技術:ものをつくって考える } 数学を合意言語とした新しい知の創造

数学というのは正しく考える道筋を典型的に教えてくれますし、物理学というのは自然現象をどう理解したらいいかということを典型的に教えてくれる。国語は自分の考えを言葉で表現する方法を典型的に教えてくれます。

しかし、我々の考え方でいうと、こういう個別的なことではなくて、次のように言い直したいと思います。哲学は言葉を使って考えるわけですね。化学は式や実験によって考えます。技術はモノをつくって考えます。これらに通底したものが数学だと。つまり、諸科学の合意言語として数学というのを考えて、その数学によって新しい知の創造をやっていけば少し違った方向性が見えてくるんじゃないかということを主張したいと思います。私の話は以上です。

九後 どうもありがとうございました。数学は、我々物理をやっている者にとっては、もう物理学における基礎言語だという認識はあったんですけど、これほど非常に広い範囲において基礎言語であると、あるいは新しい科学をつくり出す力も持っているという趣旨のご発言で、非常に目を覚まさせられたような感じがします。

時間の関係で、さらにお聞きできなかったのが残念ですが、それでは次に、読売新聞の科学部長でいらっしゃる常松健一さんにお話をお願いします。どうぞよろしくお願い致します。

常松 常松です。よろしくお願いいたします。今し方、津田先生からCTスキャンに絡んでノーベル賞というお話がありました。まず私は、少し時間が経過したんですけれども、京都大学ですから、山中伸弥先生のノーベル生理学・医学賞の受賞を祝福させていただきたいと思います。

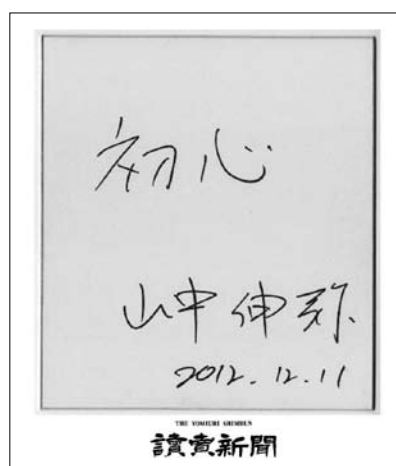
山中先生が所長を務めていらっしゃるiPS細胞研究所も、このシンポジウムの構成メンバーであります。先生自身も2008年に横浜で開かれました第3回のシンポジウムで講演されております。そういった意味でも喜ばしいことではないかと思えます。

ノーベル賞の発表は昨年10月8日にありました。インターネットで、その発表の様子は中継されておりました。体育の日、祝日でしたけれども、私ども科学部の部員は全員出勤いたしまして、パソコンの前にかじりついておりました。最初に共同受賞者のジョン・ガードン博士の名前がアナウンスされたんですけれども、その瞬間に部員の間でどよめきが起こりました。続いて山中先生の名前が呼ばれることが我々には明らかだったからです。実際に山中先生の名前が呼ばれますと、編集局のあちこちで拍手と歓声が起きたと、そういう状況でありました。

私どもの仕事というのは、そこからが始まりでした。まず、号外を発行いたしました。これは号外ですけれども、翌日の新聞は1面、2面、3面から社会面まで、大量の原稿を出稿いたしました。まさに「山中新聞」という形がありました。さあ、そこから1週間から10日ぐらいは連日、山中先生に関する記事を掲載しました。とても忙しい、忙しいけれども、やりがいがある楽しい日々でありました。

ストックホルムでの授賞式が12月10日、記者を1人、スウェーデンに同行させました。授賞式から一夜明けた11日の朝に、その記者が山中先生に心境を色紙にしたためるようお願いいたしました。「初心」と書いていただきました。これがその現物であります。この色紙、科学部の書棚に飾っております。2012年12月11日付、この日付の色紙は世界に1枚しかございません。恐らく、京都大学の方々も持っていないと思います。我が科学部の宝物でございます。

さて、山中先生が初心に返って挑むのは何か、ここからが本題でありますけれども、それはiPS細胞の実用化、医学への応用です。iPS細胞の作成というのは医学の基礎研究の成果であります。一方、医学へ



の応用といいますと、病気に苦しんでいる患者さんを実際に救うこと、具体的には細胞を移植して失われた機能をよみがえらせる再生医療や難病の研究、あるいは新しい薬をつくるということです。

ノーベル賞の効果というのはすごいですね、発表の直後、政府はiPS研究に今後10年間で1100億円の予算を出すということを決めました。オールジャパン体制で実用化に向けて進んでいこうということでもあります。再生医療でいいますと、網膜治療の臨床研究が現在、厚生労働省に申請中です。早ければ半年後にはゴーサインが出ます。

傷んだ網膜をiPS細胞から作成した網膜と取り換えるという治療です。脊髄損傷やパーキンソン病などの研究も進んでおります。10年後、我が国というのはiPS技術の先進国、大国になっている、科学技術立国を目指しておりますけれども、この分野が柱の1つになるかもしれないということで、今から楽しみであります。

ただ、こういった形で、ここまでの支援を受けるケースというのは実は希少な例であります。科学や医学の世界には「死の谷」という言葉があります。基礎研究の成果を実用化できずに持ち腐れにしてしまうこと。実は、日本の基礎研究というのは実用化に至るよりも、この「死の谷」に落ち込むもののほうが圧倒的に多い、そういう現状があります。

読売新聞では先月、2月の21日付からですが、「医療革新」という連載に取り組みました。これは「医療を経済成長のエンジンに」という言葉、そういう言葉が言われて久しいわけですが、一体現実はどうなのか、国内の研究水準は高く技術力もあるのに、例えば、医療現場には外国の医薬品や医療機器があふれていると、一体なぜなのか、そういう課題を探った企画でありました。

第1回目に医療ロボットのことを書いておりました。「da Vinci」というアメリカ製の手術ロボット、これを導入する病院が最近増えております。モニターを見ながらロボットアームを操作して手術を行うんですが、実はこのアイデアは日本人が30年以上前に提唱していました。しかし、構想段階で埋もれてしまった。しかも、「da Vinci」には日本製の部品が多数使われているんですけれども、こういったものを実現、実用化したというのが海外であったということで、優れた知的



財産、技術力があるのに十分生かせていないわけであります。

統計を見ますと、医療機器と医薬品を合わせた貿易額では輸入が輸出を大きく上回っております。厚生労働省によると、貿易赤字が約3兆円。日本が科学技術立国を目指す上では、こうした状態は何とかしなければいけないと思います。

今回の連載では実用化に向けた課題を洗い出したわけですが、さらに取材を深めて、どうすれば課題を克服できるか、その道筋も考えていきたいと取材班では考えております。なるべく早い段階でお示しする方針ですので、楽しみにしていただければと思います。

課題

- ・日本には優れた基礎研究の成果や技術力がある
- ・それを宝の持ち腐れにしてはいけない。
- ・実用化に向けた支援をもっと手厚くしなければ

読売新聞

科学者の方々に、私が言うのもおかしいのかもしれませんが、研究を進める理由というのはさまざまあるんでしょうけれども、純粋な部分を突き詰めれば2つに集約できるのではないかと考えております。1つが知的好奇心、自分の関心があること、疑問に思ったことを突き詰めると、純粋な学問の喜びがあるのではないかとと思います。

もう1つは、社会的使命感ではないかという気がしております。山中先生の話に戻しますと、iPS細胞の作成というのは基礎研究の成果です。いったん、成熟した細胞が初期化できるだろうか、そうした疑問は知的好奇心が占めるウエートが大きかったのではないかとと思います。研究に取り組んで実際に成果が出た、しかし、そこで満足するのではなくて、患者を治したいと、実用化に向けて初心に戻るといえるのは社会的使命感のなせるわざではないかとと思います。実用化によって社会に貢献する、日本社会を前に推し進めるということになると思います。

本日、私が申し上げたいのは2点ありまして、1つは基礎から臨床応用、あるいは実用化への支援をもっともっと充実させるべきではないかということであります。

ここに簡単に書いていますけれども、いわゆる優れた技術、基礎研究の成果や技術力は日本にはある。それを持ち腐れにしてはいけないと、実用化に向けた支援をもっと手厚くしなければということであります。

もう1つは、先ほど科学者が研究を進める理由というのは知的好奇心と社会的使命感、2つの要素ではないかと申し上げましたけども、科学者の方々にはこの2つの要素をバランスよく持っていただければいいのではないかなという気がしております。

連載「医療革新」では、こうした記事も掲載しました。基礎研究に携わる研究者、応用の意識という



のが低いのではないか、これは論文数から論じた記事ではありましたが、そういった指摘も出ております。

社会的使命感という大げさかもしれませんが、個人の知的好奇心に基づいて得られた成果を社会に還元する、こういった意識が必要ではないかと思います。その意味では、こうしたシンポジウムも、そういったことの還元のまさに実践であります。成果を社会に向けて積極的に発信する、そうした姿勢が現代の科学者には求められているのではないかという点を指摘させていただいて、私からの話を終わらせていただきたいと思います。

九後 どうもありがとうございました。ただいまゲストパネリストの常松さんがおっしゃったことと、それから、その前にお話になった津田先生のご意見は、ある意味、非常に総合的なことをおっしゃったのだと思います。常松さんは、基礎科学者が、そういう自分の研究成果を応用する意識をもっと持つべきであると、日本は非常に技術力があって、そういうものをちゃんと実用化に向けて手厚くやる必要があると言われた。

それで、もう1つ津田先生は、非常に基礎的な数学という、一見応用と何の関係もない基礎的な考え方というものが、むしろ非常に、そういう広範囲な応用等の基礎に横たわっている学問であるというようなことを言われた。これについては昨今、非常に日本の経済も大分不況のせいではありますが、大学の予算も、それから人員もどんどん削られるという状況にありまして、非常に厳しい状況です。その中で、どういう分野に国民の皆さんの税金をどう使うかというような観点からいろいろ議論されているところです。

それで、IPSの山中先生に対しては、日本政府はいち早く、先ほど言われましたように1100億円の予算をつけるということをしましたけれども、それは必ずしも全ての分野に対してではないわけですね。それについて割合分野に近い小野先生なんかはどういうご意見をお持ちでしょうか。

小野 先ほどの常松さんがおっしゃった基礎研究者の視点の問題ですが、私は基礎研究をやっている方は、応用は当然意識されたいと思うけども、ファンダメンタルな研究というのは、それ自身が非常に大切ですから、大いにやっていただきたいと思っています。むしろ、そういう研究を全体で見ながらまとめていく、そういう視点を持ったリーダーというのがやはりいろんな研究機関にあるべきではないかと思います。こういう研究がある、これは非常に基礎研究で優れている、こういう研究もある、これとこれを糾合すれば、また新しい技術になるし、新しい世界が拓ける可能性がある、そういうのを見抜く、そして、それをオーガナイズしていく、そういう立場の人がやはり必要ではないかと思っています。

例えば、我々の医学というのは、そもそもが応用の学だし、例えば山中先生の研究の

視点自身、山中先生自身が「M.D.」ですから、「Ph.D」の先生があの研究をやったのだったら、先生の様な言葉が出たかなという気はしないでもありません。ただ、ES細胞という、前段階の研究があって、そのES細胞の研究の時点から当然、医学応用というのは、視点に入っていたので、iPS研究の場合は、誰がやっても医学応用ということには必ず出てくるのは間違いないと思います。それから私の研究も、いろんな要素が絡まっています。ホウ素化学の研究も必要だし、加速器科学の研究、ニュートロンの研究も必要だという、そういうものをうまく統合的にオーガナイズする、財政的にもいろんな支援を大学としても、あるいは組織としても行われるといいのではないかなと思っています。

九後 どうもありがとうございました。そういう応用の対極にあるような研究をなさっている高井先生なんかはどうでしょうか。(笑)

高井 まさに対極なんですけれども、先ほど常松さんが知的好奇心と社会的使命感と言って、我々の場合は知的好奇心ばかりで社会的使命感があまりないんですけれども、社会的使命感というのは、我々の場合は得た知識を積み重ねて、それを皆さんに発信していくと、それが実際に、あしたの日本の経済をよくするために役に立つわけでもないんですけれども、それとは別に文化的なレベルといいますか、きょうは湯川先生が「莊子」をお好きだったという話がありますけれども、例えば「莊子」の中に「無用の用」という話がありまして、大きな大きな曲がりくねってウルチという名前の木があって、その木を指して、ある人が、こんなでこぼこだらけで曲がりくねって、何にも役に立たないじゃないかと、こんな木は要らないじゃないかという話をしたら、ある人が、いや、この木の下に来て、みんな木陰で休んでいるじゃないか、役に立たないということが役に立っているんだよという、そういう話をするところが出てくるんですけれども、そういうふうな学問になればいいかなと、つまり、それを知ることによって皆さんの余裕が生まれてくれれば。

例えば、我々は進化のことをやって、霊長類の進化を見て、これだけ長い何千万年という歴史があって、それからずっと見ていけば、今の例えば、1年、2年、10年というのは、ごくごく短いスパンでしかない、非常に短い期間でしかないということをもっとわかっていただければ、もう少し心に余裕が生まれてくるんじゃないかなと、ほんで皆さんのお役に立てればいいんじゃないかなと、こんなふうに思っております。

九後 どうもありがとうございました。同じぐらい役に立たないというか、対極に立っておられる田中先生は、どうでしょうか。

田中　そうですね、そうなんですけれども、我々の研究も研究の中から、最初からことわっていたように、直接には役に立つと全く思っていないでやっているんだけど、役に立っているようなこともないことはない。そうなんですけれども、だからといって、じゃ、それを狙って、そういうことを使命感を持って、じゃ、そういう何か役に立つことにつながるような研究をやらなければいけないとかというふうに言われると、逆に我々の研究というのは、すごく狭められてしまって、がんじがらめになって、何も新しいものが生まれてこないということが、どうしても起こってくるのではないかということは思われます。

応用の意識を持つというのは、すごく大事だと思うんですけど、逆にそういった役に立つものというのは、やっぱりいろいろな人が群らがってきて、それに向かってやっていこうという力が、もちろん働くわけで、そういうことを考えたときには、大学というところは、そういうところからちょっと離れた、逆に対極的な、何かに重点を置いて、そこを一生懸命やるというのではなくて、いろんな学問を非常にバランスよく配置して、あらゆる先端をカバーしていると、そういうことがやっぱり要求されているのではないかというふうに思います。

九後　コーディネーターがあまりしゃべってはいけないんですけど、私も基礎物理学研究所、田中さんと同じ分野で、大体役に立たないんですけども、そういうところは、この科学研究費補助金だとか、研究費に関しては、理論に関してはほとんどお金は要らないんですけども、最低限の非常に少ないお金だけでも、恒常的にあるほうがいいわけです。

それに対して山中先生がやっておられるようなところは集中投資というのが非常に重要で、そこでガアッと、その研究を進めることが重要であるという、そういう分野もあります。しかし、基礎研究の部分は、どこが重要になるかわからないと、そういうところには広く薄くお金を配るということが必要じゃないかと思います。

文科省だとか、政府のお金を配る人にとっては、そういう広く薄く配るというのは、あまりそこで成果が、どこかで出ても自分の手柄にならないといえますか、そういうことで嫌われるんです。けれども、基礎科学にとっては、そういうことが必要ではないかというふうに思います。

影山先生は臨床応用に近い、人間の大人でも賢くなれるとか、そういう役に立つ部分もあるようですが、一方は非常に基礎研究ということで、そこら辺については、どうお考えでしょうか。

影山　私自身は、もう純粋に基礎の研究で、知的好奇心で動いているほうです。もちろん社会的使命というのも片隅には常に持っているんですけども。私自身は基礎研究は本当に重要だと思いますが、先ほど九後先生が言われたように、何が重要なのかというのがよ

くわからない面があると思うんです。

ただ、山中先生のiPS細胞も初め提案されたときは、ほとんどの先生は、こんな荒唐無稽なことが、うまくいくはずがないというので採用されなかったと聞いていますが、岸本先生が、これは面白いというので採用されて花開いたということがあります。

本当にほとんどの人が見ても、うまくいくかどうかわからない研究というのがいっぱいあります。下村先生がオワンクラゲから光る物質を生成されましたけど、あれは60年代の研究ですけど、その当時、そんな研究が将来重要になるかなんて誰も思わなくて、ほとんど日本では、少なくとも予算がつかなかったのでアメリカへ行かれて研究を続けられたんだと聞いています。

だから本当にうまくいく重要な研究というのは、なかなか見きわめが難しくて。だから今、九後先生が言われたように、出来るだけ広く浅く投資する必要がある何が当たるかわからないので、当たれば、そこにドンと投資する。今のiPS研究がそうですけども。

ドンと投資をして、そのときに応用をしっかり考えればいいと思うんですけど、日本は当たっても、なかなか応用に結びつかないというのが今まで多くあって、それが大きな問題だったと思うんです。今回iPSでこれだけ重点投資されていますから、それが応用に結びつくということを期待しています。

でも、そこに至るまでの応用をされるかどうかわからない研究というのは、やはりたくさんあって、それが、ある確率でやっぱり当たることがあるので、だから、そういうところにお金を投資するということが重要です。

あと人材も出来るだけ広い分野で育成するというのは非常に重要だと思います。当たっている分野だけに、どうしても人は群がりやすいんですけども、それだとそれ以外の分野で、いざ必要になるというのが後でわかったときに人材不足ということがあって、全体の足腰を強くするには、やはり幅広い分野の人材育成と、それからお金を投資するというのが、重要だろうというふうに思います。

九後 どうもありがとうございました。もっともっと議論したいんですけど、何かあっという間に時間が過ぎました。本当にほとんど役に立たないという数学が、実は重要であると津田先生がおっしゃいましたけれども、そのとおりだと思います。だけど、津田先生のように数学が役に立つと表立っておっしゃる数学者は非常に珍しいとは思いますが。

だけど、常松さんもおっしゃるように、基礎科学者がその応用ということも、もっと意識を持って発言すべきであるというのは本当にそのとおりだと思います。

もっともっと皆さんのディスカッションを聞きたいんですけども、時間の制限もありますので、ここら辺で終わりたいと思います。少し付け加えておきますと、私の居ります基礎物理学研究所は湯川秀樹博士のノーベル賞受賞を記念してつくられた研究所ですが、湯川先生の有名な言葉に、「未知の世界を探求する人々は、地図を持たない旅人で

ある。」という有名な言葉があります。

これは未知の分野を探求する研究者のことを述べたものですが、我々大学人というのは広く未知の世界を探求して、よりよく先を見通せる地図をつくる努力をする義務を持っているわけです。京大の我々研究所・センターの人間としても、そういうふうに、これからも努める覚悟でおります。

しかし、地図はあくまでも地図でありまして、その地図の中で、どの道をこれから先、行くべきかということは、地図をつくるということとは別のもう一段進んだ問題です。科学者は地図をつくるんですけれども、その地図を見ながら、「科学が見いだす日本の進路」、次の進路に関する判断をするのは、結局のところ、国民の皆さんではないかと思います。

科学者は、もちろんそういう地図をつくった当人ですから、そういう問題について一日の長があるかもしれませんが、必ずしも一般の方々よりも正しい判断をするとは限らないと思うんですね。そのため、我々は研究によって得られた地図を皆様方に常に示すということをして、皆さんにその判断の材料を提供することだと思っています。

これからは毎年1回シンポジウムを続けていく覚悟です。来年は、震災を受けました仙台のほうで開催する予定にしております。

震災といいますと、原子力発電所の事故もありまして、そういう問題については、我々研究者がもっと意見を述べ、問題を整理して意見を述べる必要があると思うんですが、そういう問題についても、次回は直接的に触れることができるのではないかと思います。

本当に、もうちょっと意見を聞きたいんですが、本日は時間がもうありませんので、ここでお開きにしたいと思います。皆様方には、本日はたくさんの方においでいただきましてありがとうございました。今後とも京大の研究所及びセンターの研究にご注目いただき、ご支援いただければありがたいと思います。

それでは、きょうの講演者及びゲストパネリストの皆様方にいま一度、拍手をお願いいたします。

きょうは、どうもありがとうございました。