

AMED 共催：研究倫理委員会企画・研究倫理ランチョンセミナー

「研究不正を考える－私たちが何をすべきか？」全文記録

日時：2025 年 12 月 4 日（木）12:50～14:05

会場：パシフィコ横浜 会議センター3 階 301（第 2 会場）

（参加者：190 名）

○司会：石黒 啓一郎（研究倫理委員） 時間になりましたので、これからランチョンセミナーセッションを始めたいと思います。本日は日本分子生物学会研究倫理委員会企画のランチョンセミナー「研究不正を考える－私たちが何をすべきか？」にご参加いただきましてありがとうございます。司会を務めます研究倫理委員会の石黒と申します。

研究の公正は科学者が社会から信頼を得るための根幹です。しかしながら不正が一度起きるとその調査は大きな労力を要し、研究コミュニティ全体にも深刻な影響が及びます。それにもかかわらず、不正行為は依然として後を絶ちません。本日はまず AMED の松室寛治先生をお招きいたしまして、これまでの研究不正の事案とその背景についてお話しいただきます。続いて、慶應義塾大学の塚田祐基先生から最近増加している画像データの不適切な取り扱いとその正しい対処法についてご紹介いただきます。

恐らく研究をされている先生方、皆さん非常に関心の高いテーマだと思いますので、ぜひこの機会に研究不正について考える機会を持っていただければと思います。さらに講演の後半では、講演者のお二人に加えまして研究倫理委員会の委員にもご参加いただきまして研究現場での課題や未然防止に向けた取り組みについてパネルディスカッションをしていきたいと思っています。本日のセミナーがいま一度改めて研究倫理について考える機会の一助となれば幸いです。

それでは、最初の AMED の松室先生、講演の準備ができましたらよろしくお願いいたします。

【講演：「AMED 事業における不正行為の事案と措置」】

講師：松室 寛治（国立研究開発法人 日本医療研究開発機構（AMED））

ただいま紹介にあずかりました AMED で研究公正・業務推進部長をしている松室と申します。本日はこのような発表の機会をいただきまして、どうもありがとうございます。

今日は研究の不正行為についてという話ですが、まず最初に AMED について少し紹介をさせていただければと思います。AMED ですが、ちょうど 10 年ぐらい前になりますけれども、日本版の NIH

をつくるということで文部科学省、厚生労働省、経済産業省などのライフサイエンス系の事業を集めて、2015 年 4 月に発足した法人です。内閣総理大臣を筆頭本部長とする健康医療戦略推進本部の定める方針に基づきまして、この文部科学省、厚生労働省、経済産業省などからいただいた補助金を原資として大学、病院、企業等の研究者の方々に研究資金を提供しているという、いわゆるファンディングエージェンシーという役割を果たしております。

今ちょうど設立 10 年目ですと申し上げましたけれども、現時点で研究資金が年間 1,400 億円ぐらいで事業数が約 60、年間で研究課題として走っているのが約 2,600 課題ぐらいございまして、資金規模としては比較的大きい法人となっているかと思えます。

ちょうど今年の 4 月から第 3 期中期計画期間に入りまして、国立がん研究センターの中釜先生を理事長としてお迎えをして、今ちょうど事業が始まったところでございます。中釜先生の下で今期は現場中心主義ということをもットーといたしまして、研究開発と環境整備、人材育成などを進めていて、最終的には我が国の研究開発活動を活性化する。最近研究力が下がっているという話もありますけれども、しっかりと研究活動の底上げを図っていく。ひいては研究共創社会をつくっていくことを目標としています。

特に第 3 期で力を入れているのがこの 5 項目です。特に今、事業が 60 ぐらいあると申し上げましたけれども、基礎研究から臨床、社会実装など、さまざまなフェーズの事業がありますので、それをしっかりと連携させていく。1 つの研究シードを基礎研究で育ったものをちゃんと臨床、それから社会実装というふうにしっかりとつなげていって育てていく。そういうことをしっかりやっていきたい。あと、社会実装ということでは、やはり企業の役割が大事ですので企業との連携をしっかりとやっていって、企業を通じて成果を導出していくことをしています。その際、企業といっても大企業だけではなくてスタートアップとかベンチャーとか、そういうところにもしっかりと支援をしてやっていく。そういうことを特に強調して今期は進めていくことにしています。

あとは当然、基になるシーズがないとしょうがありませんので、ちゃんと基礎研究を充実させていくとか、国際展開、日本は最近創薬などでも研究開発拠点が海外に行ってしまうとか製造自身が海外に行ってしまうという話がありますけれども、しっかりと国際展開をやっていく。今の DX、AI といった近年の動向についてもしっかりとフォローしていく。そういうことをモットーに活動していくということになります。

これは今の AMED の組織図ですが、17 の部と 1 つのセンターでそうした事業を展開しています。私がいますのは、この研究公正・業務推進部というところで 3 つの課で構成されております。その中の 1 つが研究公正課で、ちょうど今日のテーマとなります研究不正への対応とか、それに伴うい

ろいろな研修、訓練を担当しておりますので、本日はそういう話をさせていただきますが、まずは、冒頭に自己紹介を兼ねて AMED の紹介をさせていただきました。

本題に入ります。まず不正行為にどのようなものがあるのかという話です。大きく分けると 3 つございます。いわゆる不正行為と言っているのが論文の不正です。投稿した、公表された論文などに不正があるケース。あとは、不正受給と言って、例えば虚偽の内容を含む申請をして競争的資金を不正にもらってしまうケース。あとは、不正使用ということで、獲得した研究費を不適切な使い方をする。目的外で使うとか、ひどい場合は私的に流用してしまうというようなケース。この 3 つを合わせて不正行為等と言って、これが広義の研究不正となります。一方、こちら（論文の不正）が狭い意味での研究不正行為と言っています。

（狭義の）研究不正行為（論文の不正）の中にはまた 3 つあって、1 つは捏造。これは存在しないデータをつくってしまう。要はでっち上げてしまうという話で、実験を実際にやっていないのにやったふりをして、データを出してしまうという話。改ざん、データ自身を少し改ざんする。いろいろと書き替えてしまうということもありますし、都合の悪いデータを隠してしまう、出さないというのも改ざんになります。あとは盗用、人のアイデアを盗んでしまうみたいな話。この 3 つがいわゆる論文の不正（特定不正行為）と言われています。

また、その不正以外にも好ましくない研究行為があって、最近では不適切なオーサiership。研究に実際に貢献していないのに論文の著者に入れてしまうとか、あとは貢献しているのに共著者から省いてしまうという話。あとは、多重投稿、分散投稿。あとは、査読不正。これはちょっと前に報道がありましたが、査読者と論文投稿者がつるんでしまう。そういうことをひっくるめて不正行為等と言っております。

特に特定不正行為に当たるこの部分に該当するような行為が発覚した場合はペナルティを科されるということになっています。どんなペナルティかというと、論文不正の場合ですと 2～7 年の幅のある期間で競争的資金の申請ができなくなるというペナルティがございます。幅がありますけれども、悪質性とか研究の進展への影響、社会的影響を加味して、この幅で決めていくということになります。

ただ、特に悪質なもの、ここに書いてあるようなそもそも研究のスタート時点から捏造しようとしていたとか、再犯、2 回目にやったとか、あとは非常に立場の高い方が不正をした場合は特にたちが悪いということで 10 年間となります。また、注意しないといけないのは不正に関与していなくてもペナルティを受ける場合があって、論文の責任を負う著者、平たく言うと例えば講師とか助教の方が論文不正をしたときに、その研究室を主宰しているボス、教授とか准教授が連座してしまうケースもあるということになってございます。

では、そういう不正がどのくらいあるのかということですが、日本全体でどのくらいの不正が起きているかをまとめた公表資料がないので、文部科学省のデータをお借りしました。文部科学省は科研費を持っているので一番代表的ということで使わせていただきました。この特定不正行為がいわゆる論文不正です。デコボコはありますけれども、だいたい均すと年間 10 件前後くらいになるかと思います。だいたいこのくらい起きている。不正行為全体で見て、これは非常にデコボコがあるのですが、平均すると年間 20 件くらいかなという感じですので、不正行為のうち半分くらいが論文の不正になっているという状況になっているかと思います。

これは文部科学省のデータですが、AMED ではどうかというと、AMED 発足 10 年強で全体で 12 件の不正行為を認定しました。この不正行為のうち論文に係るものは、この網掛けをしている 3 件で、だいたい 4 分の 1 が論文に関する不正ということで、先ほどの文部科学省と比較すると論文不正の比率は低いかなということですが、ここで特に注目していただきたいのは、ここに「捏造、改ざん」とありますが、みんな画像というのが入っています。やはり論文不正の中でも特に画像というのは不正が起こりやすい部分となっていると AMED としては考えております。

ここで実際どういう不正があったのかということをご紹介したいと思っています。2 件紹介させていただきます。1 件目は AMED に告発のあった案件で、捏造、改ざんがありましたということで大学教授の方が訴えられました。これについては AMED から実際に研究機関、所属機関に連絡をいたしまして調査をしていただきました。調査をすると、どうも購入したマウスの数と論文を見たときに実験に必要なマウスの数にだいぶ開きがある。買ったのは数十匹で、論文に必要な研究をしようと思うと数百匹くらい要るのではないかということだったそうです。それで、調べてみるとだいたい 113 箇所くらい不正箇所が見つかった。ただ、この先生自身は地震で実験データがなくなったということで、元データがなかったの、大学のシステム上に残っている情報だけをベースに調査をしましたので、実際はもっと多かったのかもしれない。非常に多い不正箇所でしたし、この論文自体は 2019 年に公表して数年だったのですが、引用回数も 100 回を超えているような結構インパクトになった論文だったようなので、そういう意味で非常に悪質性もあったし、社会的にもインパクトがあったということで 7 年間の参加資格制限が科されました。

先ほどの説明で言い忘れましたが、この参加資格制限ですが、AMED の資金で不正をしたら AMED の資金に応募できないということだけではなくて、日本全体の資金に応募できなくなります。当然 AMED の資金で不正をしても、JST も JSPS も NEDO も、どの機関の資金にも応募できなくなるということがございます。

あとは、論文の投稿に必要な資金が、20 万円ほどあったようですが、それも返還いただいたという事案がございました。実際にどういう不正があったのかということをおいくつかご紹介します。

まず、この実験自身はマウスの乳腺にがん細胞を移植するという実験だったらしいのですが、この 0 日目の写真と、移植後 60 日目の写真が似ていると思いますけれども、実は画像の制作日時が一緒だという事案でございました。

もう 1 個、これとこれは別の実験の写真ですが、この赤い写真はほぼ同時刻、2 分差で同一個体で撮った写真であることがわかりました。他にもこれは組織染色したときのデータらしいのですが、上がラットで、下がマウスの実験ですが、同じ画像を使っていたことがわかりました。こんなことが起きていたようです。この先生自身は画像の取り違えだったという主張もされているようですが、これはやはり、そもそもたとえ取り違えだとしても重大な過失があるということで不正として認定されたという事案でございます。研究機関で分析した要因としましては、そもそも本人の意識の問題を要因として挙げていて、あと再発防止策としては今回マウスの数量の話もありましたので、しっかり確認するようなチェックの体制、教育訓練の検証を実施する必要があるとありました。この事案の教訓としては、倫理教育とか意識の徹底がちゃんとされているのか。チェック体制、複数名で管理をしてチェックが働くようになっているのか。こういう点が教訓としてこの事案にあるかと思っております。

もう 1 つの事案です。これはやはり大学ですが、大学講師の方が、比較的具体的に、画像の不正があったということで（不正の）内容まで含めて告発があった案件でございます。論文は 3 件が対象でした。これを調査したところ、プロットिंगのバンド画像を消去したり貼り付けをしたり加工しているとか、実際実験ノートと違うようなデータを使って計算していたということがわかりました。こちらの案件も実はパソコンが壊れたというような主張をしていて、一部生データの提供がなかったのですけれども、画像も論文に載っている画像を解析して不正があると認定されたという事案で、これもやはり 7 年間の参加資格制限となりました。

こちらについては論文投稿にはお金を使っていなかったということで資金の返還はございませんでした。これはどんな不正かというのを簡単にまとめさせていただきました。プロットिंगの話は実は公開されている資料の中には実際の資料がなかったので、これは参考までに手持ちのものを張り付けさせてもらいました。ちょうどこの辺にずっと画像のノイズを強調していくと、こういうところに明確な線があったり、この辺に張り付けた跡があることが明確に見えるようになってきた。これはやはり画像をいじっているということで不正に認定された事案です。

あとは、この辺で実験ノートと違うようなものを使ったり、その偽造というか改変したグラフを別の論文にも流用したとか、そういうことがあって不正と認定されました。ただ、研究者自身は、特に画像の部分ですが、許容される範囲だと考えてやっていたということで、恐らくは自分としては捏造したわけではなくて、研究成果をわかりやすくしたいという趣旨でやったということを書いて

いると思いますが、そういうこともやはり不正であるということで不正として認定されております。ただ、そういう状況で論文自体はまだ撤回されていないようでございます。

本件についても、やはり研究者としてのコンプライアンス規範意識の欠如を要因として研究機関は挙げていて、再発防止策としてちゃんとデータをチェックするような、共著者間でちゃんとデータを保管しておくとか、実験ノートとか、研究データ、この事例ではコンピューターが壊れてデータがなくなりましたと言っているのです、研究データをしっかり保管していく。あとは、教育をちゃんとやっていくことが必要だと思っております。

ここで教訓としては、研究者は許される範囲と言っていましたが、やはりどこまでが許されないかを研究者に理解してもらっているかどうか。研究のバックアップのデータがちゃんと保存されているとか、倫理教育をしているか。あとは、この研究者の属していた研究室、ちょっとコミュニケーションに問題があるところもあるらしいので、相談したり支えられる環境がありますかみたいなことがこの事案の教訓になるかと思っております。

ここまで挙げると、やはり画像ばかりですが、たまたまなのではないかという御疑問もあるかと思しますので、不正ではないですが、別の視点から資料を作ってみました。これは最近、論文の撤回が増えているという話があるかと思えます。撤回理由の上位 10 を挙げたものです。生物学・生命科学、それ以外ということで並べてみました。そうすると、ライフサイエンス以外ではあまり画像は出ていなくて、このぐらいですが、ライフサイエンスでは上のほうに画像が撤回の理由として挙がっている。やはりライフサイエンス分野では特に画像が重要なポイントかという気がします。

これは同じ資料を別の視点で整理しているものです。これは撤回論文全体がどういう分野なのかを見ますと、ここにビジネステクノロジーとありますが、コンピューターサイエンスとかそういうものを含むものだと思っていただければいいかと思えます。あとはライフサイエンスで、この 2 つが二大巨頭という感じで論文撤回の上位になっています。画像を理由に撤回した論文ということで見ていくと、実は 2/3 がライフサイエンスです。ということで、やはり画像というのはライフサイエンス分野で一番注意すべきものだというのがこの部分から見て取れるかと思っております。

あと、これは別の話になりますが、最近 AI が非常に使われるようになってきたのですが、AI を理由に撤回した論文がどのぐらいあるのかを参考までに拾ってみました。これは 2023 年に急増していて、やはりコンピューターサイエンスが多いのですが、ライフサイエンスも 8% ぐらいあって、分野別では 5 番目ぐらいですが、だんだん増えてきている。今後も AI を使った不正の中にも画像の問題は内包されていると思いますので、そういう意味でも AI と画像というものも今後重要な問題になってくるのかと考えております。

ここまでが不正の話ですけれども、では不正を防ぐためにどうしたらいいのかについても簡単に触れさせていただきます。これは半分 AMED の宣伝だと思っていただければいいと思います。やはり先ほど紹介した 2 件にもありますように、本人の意識が大事だということで、情報発信をしっかり我々もやっております。AMED もそうですし、JST、JSPS、NEDO もそうですが、不正のサイトを作っているいろいろな教材やイベントの紹介をさせていただいています。メールマガジンも配信しております。いつもとは言いませんけれども、そういうものも時たま見ていただいて、新しい情報、イベントなどの情報を参照して、ご自身で意識していく、身を守っていくことも必要だと思っています。

では、どのような教材がというと、これはお手元にもお配りしたかと思いますが、AMED でもこのようなものを作っています。ケースブックというのは不正のいろいろな事案を集めた事例集です。このヒヤリ・ハット集は、1 個の事故の背景には 29 の軽微な事象があったり、ヒヤリ・ハットが 300 ぐらいあるということで、不正を未然に防ぐ観点からはヒヤリ・ハットをしっかり潰していく。いろいろなヒヤリ・ハットの事例を集めて、どういうところでヒヤリとして、どうやって防げたかみたいなことを整理した資料を作っています。こういうものを教育、訓練に現場で使ってもらえるとありがたいと思って公開しているものでございます。

先ほどの 2 つ目の事例でもありましたけれど、研究環境が非常に重要という気がしていて、これは AMED ではなくて JST の RISTEX さんの事例です。やはりライフサイエンスの分野はいろいろ不正が多いという説もあるらしいですが、それを防ぐためには研究室の雰囲気とか研究環境を良くしていく、いい成果を出したい、ちゃんと医療とかに貢献したいという研究者のモチベーションをしっかりと生かした研究ができる雰囲気のいい研究室をつくる必要がありますねということをインタビューなどして整理した資料です。どのような要因が風通しのいい研究室をつくっていく上で必要かということをまとめております。今回の関係で言うと実験データをちゃんと取っておくとか、対等な立場でしっかり議論をしていくとか、あとは都合のいい結果というのはやっぱり注意してやったほうがいいよねということを挙げております。これも参考になるといいかなと思ってご紹介させていただきました。

今日は画像の話が中心ですけれども、その背景にはデータをしっかり保存しておく。今回ご紹介した 2 つの案件のいずれもデータが提供されなかったという話がありますので、そのデータをしっかり取っておく。これは学術会議の資料ですが、研究者個人について研究主宰者、研究機関の長がしっかり保存してくださいという報告書もございます。

ちょっと延びてしまって恐縮ですが、不正を防ぐという意味では今日ご紹介したようにデータと、あと何と言っても画像が大事ということで、データ管理のワークショップをやっています。これは今月と来月とあります。参加募集中なので、ご興味があったらぜひご参加ください。

あと、研究画像についても昨年資料を作成いたしました。これは本日もお配りしてまして、このあと塚田先生から詳しく説明していただきますので、ぜひ聞いていただければと思います。長くなってしまうかもしれませんが、私の話は以上とさせていただきます。

○**司会** 松室先生、どうもありがとうございました。今のお話にありましたように再発防止の観点とか研究室の環境づくり、データ管理などについては後ほどまたパネリストとともに議論していきたいと思います。先ほども出ましたが、画像の不正が最近 AI などが新しく入ってきているということで問題になっているというご指摘がございました。続きましては、画像の専門の慶應義塾大学の塚田祐基先生から、最近増加している画像データの不適切な取り扱いについてご紹介いただきます。では、よろしくお願いいたします。

【講演：「適正な画像処理方法」】

講師：塚田 祐基（慶應義塾大学理工学部生命情報学科）

それでは、慶應義塾大学の塚田です。私から、適正な画像処理方法についてお話しいたします。先ほど松室さんからもお話がありましたけれども、AMED で発行されているこの冊子『適正な画像処理方法』に基づいてお話をさせていただきます。この冊子には QR コードがついており、読み取っていただくとアクセスできますし、AMED のページで「AMED について」をクリックすると、プルダウンメニューが出てきます。そこから「研究公正」がありますので、ここをクリックしていただくと研究公正のページに行きまして、研究倫理教育教材が掲載されています。ラボや研究室に帰られましたら、ぜひこのサイトを見ていただき、冊子を入手して、研究室の皆さんと一緒に見ていただければと思います。

お前、誰なのかと言われそうな気もしたので、1 枚だけ自分の紹介です。2005 年ごろから生物画像解析をやっているしまして、だいたい 20 年ぐらい画像解析をやっている人です。奈良先端科学技術大学院大学の情報研究科、情報生命科学専攻の 1 期生として博士の学位を取得し、その後、名古屋大学大学院理学研究科で分子遺伝学をやっていました。現在は慶應義塾大学理工学部にしまして、研究としては顕微鏡をかなり使った定量画像解析を行い、それを数理モデルと組み合わせて、ダイナミックな生命現象を理解することを目指しています。特に、線虫 *C.エレガンス* を用いた神経科学をやっている研究者です。その過程で画像解析をかなりやってきましたので、この書籍はたぶん学会

会場でも手に入るとおもいますが、こうした本を書いたりして、コミュニティに画像解析の方法を浸透させようとしています。また、顕微鏡のコースでも講師をしったりしています。

こうした流れは世界的にも同時多発的に起きていまして、先日、神戸の理研で GloBIAS（グローバルバイオイメーシングソサエティ）の会合がありました。これは日本で開催された学会ですが、参加者の 2/3 以上が外国の方でした。画像解析が生命科学に占める重要性が非常に高まっていること、またコミュニティのつながりを背景に、こうした分野をプロモートする活動もしています。

では、適正な画像処理方法についてお話しします。まず初めに、基本的な考え方を共有しておきたいのですが、それは「画像処理は毒にも薬にもなる」ということです。つまり、ある処理、例えばフィルターをかけるといった操作は、それ単体では良いか悪いかは判断できません。全ての物質には致死量があると言われまして、例えば食塩も、適量であれば身体に必須な栄養素ですが、取り過ぎると病気になり、場合によっては死に至ることもあります。同様に、適切な方法で使うことが重要です。適切な方法とは何かというと、研究上・手順上の文脈が大事なので、これを把握することが大事です。そのために何をすべきかということ、画像処理の目的を明確にすることが非常に重要です。繰り返しになりますが、この方法が良い・悪いではなくて、「この文脈でこれを使う」という理解と、「どの程度使うか」を理解することが非常に重要です。

そのためのコツとしては、できる限りシンプルな処理を行うことが大事になります。処理が複雑になると、どこが悪いかが判断しにくくなりますので、必要のない処理は極力含めないことが大事になります。そもそも画像処理自体をやるべきか、やらないべきかということも考える必要があり、なるべくだったらやらないほうがいい。生の素材を使ったほうがいい、というのが基本的な考え方として持っておくといいかと思います。

これを踏まえて、この冊子の内容をご紹介します。初めに各論文誌、Nature、Cell、Science などでは、論文誌ごとに当然ルールが明記されていまして、それを守ってねということが書いてあります。各論文誌のサイトを見ていただければと思います。一方で、先ほどもお話ししたように、画一的なルールの制定は難しいです。その点を念頭にポリシーを見ていただければと思います。

この AMED の冊子には日本語訳された各雑誌、ここでは Nature Portfolio という Nature 系列の雑誌のポリシーを例にしますが、その一部を抜粋するとこのようになっています。例えば、顕微鏡画像については「画質の調整は画像全体に適用する」「しきい値の操作、輝度の範囲の拡大・縮小、高輝度域の調整は避ける」といった記載があります。ただ、ここまで読むと、読むのに大変だな、明日読もうかな、と思われるかもしれませんので、ポイントだけをお話しします。

まずは、画像処理自体の理解がないとポイントはつかめないと思います。画像処理の知識は広範にわたるので、この限られた時間では網羅できませんが、最低限として、画像データ自体の構造と、画像表示の問題、画像フォーマットの3点だけ簡単に触れようと思います。

これはほとんどの皆さんがわかっていると思いますが、画像というのは、ここでは神経の軸索でシナプスがちょっと出ている画像の例を示していますが、これを拡大するとピクセルになります。皆さんご存知だと思いますが、このピクセルの中身には数値が入ってまして、0であれば黒、255であれば白、みたいな感じで対応した値に色が付いているものが画像です。なので、計算機とかスマートフォンから見たら、画像の本質は二次元の数値の配列ということになります。

これは白黒画像の例ですが、世の中は色付きの画像が自然ではありまして、それはRGB、すなわち赤チャンネル、緑チャンネル、青チャンネルの三原色の足し合わせで表現されています。この点も皆さんご存知だと思います。もう一つの色を使った表現方法として、インデックスカラー、別名でルックアップテーブルがあります。これは、0ならば赤、9ならば青といったように各数値に色を割り当ててカラー画像を作る方法です。RGB形式は研究用途ではあまり使われないと思いますが、インデックスカラーや白黒、グレーカラーが研究ではよく使われると思います。

ここで把握すべき点は、まずデータの本質は数値であるということです。ただし、この数値を論文に載せたり、モニターで見たりするときには、必ずこの変換があります。単に「普通の画像があってそれを見る」ということではなくて、測定値があって、それを表現するためには色が付いている、という考え方のほうがいいかと思います。

ここで問題になってくるのが、数値を表示する際の機器依存の問題です。同じ画像、同じ数値であっても、モニターによって色が異なります。例えば、ここはプロジェクターで表示していますが、皆さんの手元のパソコンとは色が違うはずです。もちろん、紙面に印刷すれば色は変わりますし、部屋の暗さや明るさによっても見え方が変わってきますし、画像の見た目は変わってくるという点が本質的な問題です。そのため、コントラストを調整する必要がありますが、その調整は画一的には決まらない、ということが重要というか、問題になってきます。

もう一つ別の問題として、画像フォーマットがあります。先ほど数値が本質だと言ったのですが、その数値をパソコンに保存するときには、必ず機種依存のフォーマットの違いが出てきます。一番大きいのはビット数で、例えば8ビット16ビットとか聞かれることがあると思います。8ビットで0から255の間で数値を表現しますが、16ビットになると約65,000まで階調が増えるわけです。これらは機器やソフトウェアごとに決まっているということが一つの制限になります。また、圧縮方法や保存される情報もソフトウェア依存で変わってきますし、画像情報だけではなく、日付や使

用した対物レンズの倍率といったメタ情報も保存されます。こうした点が機器依存で変わってくるということも、押さえておくべきポイントかと思います。

これらを踏まえて規定を見ると、例えば「画像の調整は画像全体に適用する」は数値自体の値を変えるかどうかだけでなく、数値を変えなくても表示するときのコントラスト調整が含まれます。こちら辺が画像全体に適用するべきで、一部の拡大したところだけちょっと際立たせたいから、「このコントラストだけ上げてしまおう」「数値は触らないけれどもコントラストを上げてしまおう」、逆に、「この背景のところのごみは写したくないので、ここは暗くなるようにしよう」、みたいなことはダメですよということです。あくまで画像全体に対して調整をしなければいけない、ということになります。

ここは飛ばしますが、使用した機器の種類、顕微鏡や対物レンズ、画像処理ソフトウェアなど、こうした情報を記載する必要があります。なぜなら、同じ数値でも、こうした要因によって見え方が違ってしまったり、情報が消えてしまったりするということがあるということです。

たくさんあるので、個々の項目については冊子を見ていただければと思います。共通項目としては、情報を公開すること、つまり透明性です。先ほども出ましたが、元データを保持すること、また Methods において方法や設定を公開することについての記載、中立的な表示の仕方も重要です。これは画像処理だけでなく、図の配置やグルーピングも含まれます。例えば、コントロールと対照群でフィルターをかけた・かけない場合に、グルーピングが変わる・変わらないを注釈で示す、といったことです。また、選択的な処理の防止についても明文化されています。先ほどお話したように、拡大した部分だけに何か処理をするとか、コントロールだけに何かをするといった選択的な処理はダメですよということが書かれています。

みんながどうしているかという点では、画像処理だけに限らず、研究分野ごとに定石がありますので、ご自分の分野のみんながやっていることをなぞらえるということが一番いいかと思います。ただし、これは技術の進歩によって変わっていきますので、常に自分の定石をアップデートすることが重要かと思います。

参考になるものとしては、Nature Methods に 2023 年に Community-developed checklist といった形の論文が出ています。これを参考にするとみんながどうやっているのかが結構詳細に書いてありますので、参考にさせていただくといいかと思います。

そこに書いている内容ですが、どの分野でも必ず行うべきこととして、先ほどの松室さんのお話にも出てきましたが、元画像の保存や公開があります。これは非常に重要で、その重要性がどんどん上がっています。特に論文誌でもデータベースの利用を推奨していきまして、この Nature Methods の論文でも、いろいろなデータベースとその特性が紹介されています。画像に特化したもの、特化

していないものがそれぞれあります。論文には載っていないのですが、国内では理研の SSBD という画像のデータベースがありますので、それを利用するのもいいかと思います。あと、処理内容の明記も重要です。つまり公開された元データを用い、Methods のとおりに処理すれば論文のとおり
の結果が得られる、そうした再現性が確保できるルールで記述することが大事かと思います。

逆に、どういうふうにしたら問題になるのかというと、求められていることの逆をするとももちろんダメなので、求められていることについて先ほど 3 つほどにまとめましたが、これをしないということが良くない。例えば、情報が見つけない、元データが見つからない、ということになると問題になってくる。また、偏った情報表示、コントロールと対照群で Methods から得られる情報が違ったりすると問題になってくる。また、選択的な処理をするとダメです。

ここまでは、うっかりや知らなかったという形で起こりうるものですが、さらに悪意がある場合には研究不正になります。つまり、積極的に情報を隠蔽したり捏造したり、偏った表示を意図的に行う、希望する結果に見せるために選択的な処理をするといった場合です。ここに来ると一線を越えることになり、罪の大きさも変わってきます。逆に言えば、これをやろうと思う人はなかなか探すのが難しいというか、これは悪意を持った人として対応せざるを得ないものだと思います。

最近の話題としては、AI の利用があります。論文誌では生成 AI の利用は必ず明記するよう求められています。捏造ではないのかと思うかもしれませんが、利用自体は増えていて、ポンチ絵やアートワーク、アイデアを漫画で図示するときによく使われているようです。そういうときにも注意して使ってねということが書いてありまして、そういうアートワークで使うときには論文誌が気を付けていることは権利の問題です。生成 AI が学習に用いた元データの著作権に抵触しないかどうかです。実際、生成 AI で裁判沙汰になっていますので、その点に気を付ける必要があります。恐らく状況はどんどん変化していくので、常に気を付ける必要があります。

冊子にはない話題ですが、顕微鏡のソフトウェアで自動的にセグメンテーションする機能もどんどんできてくると思います。これを使う場合には、検証は必ずすること、また 100%の精度を前提にしないことが重要です。つまり 80%の精度でセグメンテーションができる場合、その精度を超えてもコントロールと対照群に差があるかどうかを議論する、といった論理構成によってうまく使えると思いますので、こういうことに気を付けるのが重要だと思います。

時間の関係でこれが最後だと思いますが、冊子にはツールの紹介もあります。研究不正を検知するソフトウェアとして、ImaChek（イマチェック）があります。冊子には名前が出ていませんが、検索すると出てきます。こういうツールは、例えば画像の反転や回転、先ほどの松室さんの話にも出てきましたが、使い回しといったものを簡単に検出してくれるソフトウェアです。研究者自身というよりは、査読者や研究所の所長など研究を審査、管理する側が使うと便利なものだと思います。

例に示されている画像も、目で見ただけでわかりませんが、こうしたツールを使うことで不正が明確に検出できるというツールです。

駆け足になりましたが、AMED 発行の解説冊子について概説しました。基本的には、研究の文脈に沿った処理を選択し、それを明記すること、そして情報を公開することが非常に重要です。最近の話題としては AI の利用がありますが、ルールに注意しつつ、便利なツールもあるので利用しましょう。冒頭で「毒にも薬にもなる」と言いましたが、薬としての効果は非常に高く、有用なツールだと思いますので、適正に使って研究に役立てていただければと思います。私からは以上です。

【パネルディスカッション】

**石黒 啓一郎（司会）、桑 昭苑（委員長）、原 英二、東山 哲也、山本 卓（以上委員）、
松室 寛治、塚田 祐基**

○**司会** 塚田先生、どうもありがとうございました。画像処理の本質についてわかりやすい説明だったと思います。それでは、これからはパネリストの先生方を迎えましてパネルディスカッションを行いたいと思います。パネリストの先生方、前のほうの前段の席にご着席ください。

まず、パネルディスカッションに入る前に、先ほどの 2 つの講演にありました内容からちょっと振り返りましてディスカッションを始めたいと思います。最初にご講演いただきました AMED の松室先生にお伺いしたいのですが、研究不正といっても若手あるいは PI のレベルで起きやすい不正の事例の違いですとか、あるいは不正の背景にあるシステムというか構造的な問題とか、いろいろな要素があると思います。一つお伺いしたいのは最近の不正事案の傾向で、特に顕著な変化というのは何が考えられますか。

○**松室** 今の時点ではそれほど顕著に大きく変わっているという印象はないのですが、プレゼンでも触れさせていただきましたし、塚田先生からも話がありましたが、最近 AI がやはり非常に重要な要素かと思っております。画像とかも絡んでいて、AI を使うと「見やすくして」と言うだけで、ある意味画像を加工してしまうという部分もあって、それが不正と密接不可分というか、不正につながりかねないということがあります。変化というよりは、今後も変化がありそうな課題として AI というのは注目をしているところでございます。

○**司会** わかりました。続きまして画像の専門家である塚田先生にお伺いしますが、AI などを使って簡単に不正が見つかる時代なのになぜ画像不正が減らないのか。それは、もしかすると悪意によ

るものなのか、研究者あるいは学生さんなど若手の知識不足によるものなのか。あるいは、研究現場でよく起きる誤解といいますか、ここまではいいのではないかという、そういう背景と複雑に絡んでくるのではないかと思います。なぜ画像不正が減らないのかということについて、どのようなご意見がありますか。

○塚田 例えるなら車の運転みたいな感じだと思います。制限速度を超えてはいけなくて、でもちょっとアクセルを踏んでしまうと制限速度を超してしまうみたいな感じで、1 つは簡単に不正になってしまう。また、そのぎりぎりまでは大丈夫なのだけれども、そこを見誤ると不正の領域に行ってしまうということだと思います。もう 1 つは、アクセルを踏めばいいだけみたいな感じで危険な速度を出してしまうみたいな感じで、画像不正をやろうと思ったら、それが簡単にできてしまう状況にあることだと思います。

○司会 今、車の運転の例でおっしゃられたとおり、悪意による不正というか、知識不足のほうが大きいのではないかと聞いていて思ったのですが、教育訓練の不足とか、そういうものも各研究室レベルでもあるかと思っています。そういうことが何となく曖昧な感じできていて、ついというか、結果的には不正の事案になってしまうようなこともあるのではないかと思います。

そこで、これからパネリストの先生方のご意見をお伺いしたいのですが、特に生命系は画像に関連する不正が多いという話が先ほどありました。このような事案が起きる例について、どうしてこういうことが起きてしまうのか。これについてもう少し深掘りしていきたいと思います。

例えば、不正が起きる典型的な、研究者の心理とかプレッシャーみたいなものがあれば、あるいは逆に研究室の雰囲気といいますか PI の考え方とか、そういうものも絡んでくる事例も結構あるかと思っています。それについて具体的な、あるいは先生方のご意見がございましたら挙手をお願いしたいと思います。いかがでしょうか。もしなければ、原先生からお願いいたします。

○原 英二 恐らく画像をおかしいほどいじるというのは、やはり PI がここまでだったらいいだろうとか、論文を例えば Cell、Nature、Science に通すためだったら何でもしていいとか、そういうような間違った認識、間違った思いを下の何も知らない学生さんとか若い研究者に伝えてしまうというのが一つあると思います。もう一つは、やっている本人が学位を欲しいからやってしまうということもあるのですけれども、根本的にあるのは研究室の中で「ここまではいいけど、これはダメだ」ということをきちんと PI が日頃から教育しているかどうか。ラボミーティング等で口酸っぱく

なるほどに、ネガコンはどうした、ポジコンはどうした、ネガコンと比べてこれはどうなんだということをはきちんと言っているかどうか大きいのではないかと私は個人的には思っています。

○**司会** ありがとうございます。今おっしゃったように、若手のみならず指導する側の教員あるいは PI の側にも不正に関する考え方への意識の違いというのがあるのではないかとということだと思います。これに関しまして、関連するご意見、あるいはそれ以外でも構いませんが、どうすれば研究不正を減らすことができるのかについて、他にご意見はございますか。東山先生、お願いいたします。

○**東山 哲也** 松室先生の発表でもありましたけれども、風通しの良い環境、雰囲気研究室にあることはかなり重要だと思っています。うちの研究室はかなり顕微鏡を使う研究室なので、最初は顕微鏡から入るという研究室です。塚田先生のお話にもありました、生成 AI まで出てきて本気で画像をいじり始めたら、とても普段画像に慣れている私でも全くわからないという状況になってしまうと思うので、やはり PI が元データを見る機会というのはすごく貴重だと思っています。そのときに学生が「先生はこういうのを期待しているのに違いない」と言って、いいデータばかりを見せがちな雰囲気になりがちですが、ネガティブな結果を出したときにもこちらが非常に興味を持ってちゃんと対応する。全て見せるという雰囲気をつくっていくことも大事ですし、あと画像処理についてはセミナー等で、それも風通し良く自由に誰からでもその処理の良し悪しとか、統計処理のあり方に関して気楽に発言できるような雰囲気とか、こういうデータでなければおかしいのではないかと結論ありきみたいなことにならないような雰囲気というのは大事なかなと思います。総じて言うと、風通しの良い雰囲気、自由に発言できる雰囲気が大事なかなと思っています。

○**司会** ありがとうございます。確かにそうですね。研究室内で、研究室でプロGRESSレポートとかを皆さんやっていらっしゃると思うのですが、そういう風通しの良い、意見を言いやすいような環境づくりを PI、研究室の主宰者が準備することが非常に大事なことだと思います。

この時代こういう研究不正がなかなか減らないということを見ていくと、やはり研究室の雰囲気というのはとても大事なファクターではないかと僕は思います。ありがとうございました。

次に、私から別の観点から質問をいたします。先ほどの講演でもありましたとおり、これからでもできる研究不正の未然防止の具体策について、何か先生方、具体的なアイデアがございましたらご発言いただけますと幸いです。

○**原** 私の研究室では大学院生だろうがポスドクだろうが、教員であろうが、面接するときに、「私の研究室では主だったデータに関してはおもしろいデータが出て論文にする前には必ず他の人に、場合によっては、外部の似ているような研究をしているラボに頼んで再現を取ってもらう。再現が取れたときに論文にするようにしますけれども、そんな面倒臭いラボですけど、いいですか」と言って、同意した人しか入れないということにしています。そうすると、かなり皆さん、変なことはしないなという感じを受けています。これがいいかどうかは別にして、私のラボではそうしています。

○**司会** ありがとうございます。他にありますか。山本先生、お願いいたします。

○**山本 卓** たぶん各大学や研究機関でいろいろな不正の講習をやられていると思いますが、恐らくそれぞれの大学でも温度感がかなり違うということもあるように思います。今日の AMED の資料等をきちんと使った教育は、恐らく若手の方はきちんと聞きに行かれている一方で、年配の PI が聞いているかが不安なところですね。PI が新しい技術に追い付けているのか、私もそうだと思いますが、今日の塚田先生の話は非常にわかりやすく、PI に対する教育という点はかなり重要になってくるのではないかと思います。PI の個性がいろいろある中で、基準になるところがだいぶ違っているところを補正していくという意味では、PI に対する再教育が重要であると、いろいろ議論させていただく中で強く感じております。

○**司会** 山本先生、どうもありがとうございます。確かに、今 PI をされている、50 代後半ぐらいの世代の PI が昔学生だった頃、あるいはポスドクだった頃を思い出すと、1990 年代ですね。まだ写真を撮って、それを切って、Figure を作ってきたという時代を経験された先生もいらっしゃるかと思います。僕もぎりぎり学生だった頃なので、昔はそうしていたことを知っています。その後デジタル化されたデータから Figure を作ってイラストレーターとかパワーポイントに貼っていく。それが主流になっていったと思います。そうすると、シニアな PI の先生方でそういうデジタルデータに関する教育を全く受けないまま、我流で取り込んで今に至るという方も結構いらっしゃるのではないかと思います。ここで PI に対する画像処理に関する教育を改めて各研究機関でやっていく機会を持つというのは、僕はいいいことではないかと思うのです。それに関しまして、他にご意見はありますか。聴衆の中から、フロアからもご意見がございましたら。水島先生、どうぞお願いいたします。

○**フロア（水島昇）** いろいろどうもありがとうございます。私が思っている中で最も効果のある予防策はブラインド化することですね。大事な実験は全部ブラインド化して、記号とかにし

て何を見ているかわからないようにすれば、教育も必要ないし、何も必要ないのですよ。最後、データが出てからオープンにすればいいのであって、私のところでも基本的に大事な実験は可能な限りブラインド化しています。臨床試験はこれだけブラインド化していますので、基礎も当然やはりやったほうがいいと思います。

○**司会** ありがとうございます。臨床ではもちろんそういうことがあります。基礎の研究でもこういうブラインド化を採用していくことは一つの方法ではないかというご指摘でございました。他にご意見ありますか。桑先生、どうぞお願いいたします。

○**桑 昭苑** はい、今の水島先生に大賛成です。私たちは見たいものをつい見て、見たくないものを見ないということが無意識のうちにやってしまうことがあるかと思います。そういう先入観なく考えることがとても大事です。教育として、サイエンスに対して真摯であるべきだというメッセージを次世代の学生さんに伝えることがとても大事です。メイキングして不正を働かせて得られたものはどこかで綻びが出てきてしまうので、結局何をやったのかが問われるときに絶対に来ます。そういうところは口酸っぱく説いていくことが大事かと思います。

○**司会** ありがとうございます。先ほどの議論でも少し出たのですが、日常のデータ管理、例えば生データとか、あるいはノートのようなものですが、ああいうものの管理が基本ではないか。これがしっかりしていることがまずサイエンスをやる上での基本だというご指摘があったのですが、これも、これは研究者として、若手だろうがシニアだろうが誰でもできることだと思うのですが、これに関して各研究機関、あるいは研究室で工夫というか、こういうことをやっていますというような、共有できるような情報がありましたら挙手していただいてご発言いただきたいのですが、ございませんか。

過去に幾つか大きな研究不正があったときに、先ほどの例でもありましたが、生データを見せてと言っても「ない」ということがあったのですね。不思議だと思うのですよ。ノートを作らずになぜ実験ができるのかと僕は思うのですが。そういうノートとか生データなしで論文にできてしまうということは、本当にこれは悪意を持ってやらないとなかなかないのではないかと僕は思うのです。ですので、この辺、データ管理に関して、先生方の中でこういうふうにやっていますみたいなことがありましたら、ご意見をいただけますか。

○**条** 私も学部時代から結構うるさく言われる研究室出身ですが、自分のラボでは1つサーバーを置いて、学生のフォルダーを作ってそれぞれの全てのデータをそこに置くようにしています。例えば、顕微鏡にもそれぞれのフォルダーを作り、そこから持ってきたものは絶対加工はしない原本のファイルを必ず置いておく。加工したものはまた別のファイル名として保存するかたちになっています。あとは、実験の条件ですが、必ず年月日と時間をちゃんと書くようになど、昔から教育を受けたとおり、学生にもそのようにやってもらうようにしています。

○**司会** ありがとうございます。次に、質問内容を変えまして、先ほど「相談しやすい研究室の雰囲気」が大事だ、あと研究室の文化みたいなものも結構大事ではないかと僕は思ったのですが、例えば研究室で何かしらの疑義が生じたときに各先生方、指導する側の先生方で、あるいは研究室として取るべき危機対応ですね、そういうものを考えていらっしゃる先生はいらっしゃいますか。これは起きてみないと何ともぴんと来ないところはあるのかもしれませんが、いかがでしょうか。あるいは、周りの所属機関の研究室の例でも構いません。

質問を変えます。何か、あれっと思うことがあったときに相談しやすい空間というのか、それをつくっているというのはPIとしては大きな責任だと思います。それに関して意識して何か積極的にやられている対策とか、そういうことはありますか。

○**フロア** PIではないのでPIとしてはではないのですが、やはり教員側としてはまずは観察することが大事なかなと思っていて、研究室のメンバーとか学生さんが毎日来ているかとか、何をやっているのかを見ているだけで不正をしそうな人はわかると思うのです。なので、まずは見ているかどうか。ただ、皆さん忙しいと思うので、なかなか張り付いて見ることはできないと思うのですが、やはり危なくなってきた人はまず観察することが大事ではないかなと思います。その上で声をかけるなり、「ちょっとノートを見せて」とか声をかけるなりが一番即効性のあることかなと思います。

○**フロア** 私のやっていることが有効かどうかわからないのですが、ラボミーティング、常日頃から自分の関連の論文が出ますよね。そのときに皆さんもそうだと思いますが、「こんなデータ、絶対出ないだろう」みたいなことがトップジャーナルに載ったりして、再現を取ると取れないということがかなりありますので、それに対してきちんと常日頃から学生、スタッフに、「絶対再現が取れるようなデータを論文にしなければいけない。だからそれは人間がやることだからミスはあるかもしれないけれども、極力、少なくとも自分のラボで再現が取れるようなデータを出さなければいけないんだ」というようなことを、こいつ、おかしいんじゃないかとたまに思われているかもしれませ

んけれども、熱く語るしかないのではないのではないかと思って、熱く語っています。それと、そんなこと、ちょっと得して論文になったとしても、先ほど桑先生もおっしゃったように、あとでバレますから。そんなことをやるより、きちんとやって積み重ねたほうがいいということを熱く語っているという状況です。すいません、参考にならないかもしれませんが。

○**司会** ありがとうございます。例えば最初に少し出ましたが、不正とまで言わなくても、リバイスがかかって非常に微妙なデータが出たときに、これがないと通るか通らないかみたいなときに、研究者としてどういう良心を持てるかというのが非常に大きなところだと思うのですね。決して本人は不正のつもりでやっているわけではないと思うのですが、甘いデータも採用してしまうとか。そういうところもたぶん一つ、研究不正に行かせないようにするための雰囲気づくりではないかと思います。中山先生、どうぞお願いいたします。

○**フロア（中山敬一）** 今話が出たように、結局非常に再現性が低いということ。バイオロジースが特にそうですが、低いということが大きな問題だと私は思っています。自分たちは結構昔から、この分子生物学会は研究不正に対しては意識が高い学会で、かなり昔から取り組んできていて、いろいろやってきたのですが、最後は 10 年前に STAP 細胞の問題が起こって、あのときに私は日本の信頼は地に落ちたと思っているのですね。それから、今日グラフを見せてもらったら、あまり変化がないじゃないですか、発生件数に。僕はガクンと落ちたのかなと思ったら、毎年これだけ起こっているのだなと非常に暗澹たる気持ちになりました。話を戻しますけれど、結局いかに再現性を上げるかというところに僕は突き詰めて考えると、今私たちの東京科学大学では、完全に実験をロボット化しようと言っているのですよ。

○**司会** ロボット化とはどういうことですか？

○**フロア（中山）** 全ての実験をロボットがやるということです。それを今 10 台ロボットを入れてやっているのですが、それができると、再現性というのはロボットのログになるわけであって、おまけに全工程をビデオで録画していますので、そういう時代がもうすぐ来ると僕は思っていて、僕の大学のところはそれを取り入れ始めているのですね。だから、どこの大学でも恐らく、今皆さん笑っていらっしゃるけど、でも 5 年後、10 年後は僕はきっとそうなると思います。そうすると、捏造ということ自体が全部消え失せて非常に再現性の高い気持ちのいいバイオロジースができると僕は信じていて、それを日本で成し遂げることが僕の役割だと思ってやっているのですけれど。それ

に賛同くださる方がいたら、ぜひとも実験のロボット化に対して非常に興味を持っていただいて、推進して応援してくれる立場になってくれるとうれしいなと思います。

○**司会** なるほど、ありがとうございます。未来のサイエンスに向けた一つの問題提起、興味深いと思いました。他にございますか。では原先生、どうぞ。

○**原** 私だけ、いっぱいしゃべって申し訳ないのですが、先ほど水島先生がおっしゃったブラインド化（盲検化）は非常に重要で、特に私がやっている特に個体レベルの老化研究では、マウスは年を取ってくるとどんどんどんどん多様性（個体差）が出てきます。同じ週齢のマウスでも若くて元気に見えるマウスもいれば、年を取っているように見えるマウスもあります。そういうマウスを使っているとバラバラなデータが出てきます。そうしたときに、これ、どちらにどの薬剤を投与したかわかっていたら、都合よくマウスを選んでいいデータにしたいなと思う人がいるかもしれません。そういうときに都合の悪いデータを消したりすることが起こる可能性が十分あると思いますので、私たちは他のラボと組んだりして盲検化して、どのマウスにどの薬を投与したかわからない状態でやって、最後にどのマウスに何が投与されたかを明らかにして結果を出すというかたちのことを今やり始めている。老化研究以外でもそうした個体差が出てくるものがあると思います。そもそもマウスを使った研究に関しては、そういうことも一つの参考にしていただければと思います。

○**司会** ありがとうございます。時間も押していますので、まとめに入りたいと思います。先ほど議論に出ましたが、例えばトップジャーナルと言われるところに出すために功名心で不正を働いてしまうというケースも過去あったと思います。あるいは、そうでもなくて、あまり知られてない小さな雑誌でもそういうことは散見されております。不正が起きる対応というのはそれぞれで、非常に根の深いものがあると思います。若手あるいは学生側の心理によるものや、あるいは学生を指導する教育者の側、PIの側の問題かもしれません。いろいろ問題があって対応はさまざまだと思います。これらについてはやはり今後も、この分子生物学会は年に1回ですが、このような機会を設けて再度議論を深めていきたいというふうに思います。

少し時間を超過いたしましたので、これでお開きにしたいと思います。本日は皆様ご参加いただきましてありがとうございました。最後にパネリストの先生方、講演者の先生方、どうもありがとうございました。（拍手）

[了]