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８年９月１０日（木）９：５９～１０：４８

○　場　所　　中央合同庁舎第８号館６階６２３会議室

○　出席者　　宮園議員、伊藤議員、梶原議員、佐藤議員、鈴木議員、
光石議員（Ｗｅｂ）、波多野議員（Ｗｅｂ）
（事務局）
井上事務局長、木村統括官、福永統括官、宇野総理補佐官（Ｗｅｂ）、
湯下審議官、工藤審議官、馬場審議官、小宮山事務局長補、嶋崎参事官、
木村内閣府審議官（Ｗｅｂ）、徳田専門員、
沖外務大臣科技顧問、小安文科大臣科技顧問
木村参事官、廣瀬室長、中島部長、中澤ＳＰＤ、三好ＰＤ（Ｗｅｂ）、
熊田参事官、小林補佐、松尾調査役、高玉技術主幹

○　議題　　（１）ムーンショット型研究開発制度ＣＳＴＩ５年目評価ヒアリング（目標８）

○　議事概要

午前９時５９分　開会

○嶋崎参事官　おはようございます。時間前ですが、木曜会合を開催いたします。

本日、光石議員はオンラインからの御出席、菅議員の方はもしかすると御欠席になるかもしれないと連絡を受けております。

まずは、木曜会合公開議題及び非公開議題です。宮園議員より進行をお願いいたします。

○宮園議員　それでは、議題１、ムーンショット型研究開発制度ＣＳＴＩ５年目評価ヒアリング（目標８）について、議題１を開始させていただきます。

７月２３日の木曜会合では、目標８及び目標９の進捗状況や達成の見通しについてヒアリングを行いまして、有識者議員及び科学技術顧問の皆様から様々な御意見を頂きました。その質疑、意見交換の内容はお手元の参考資料１にまとめております。このうち、目標８の気象制御について、台風の規模やカオス性、介入精度などを踏まえた実現可能性などについて御意見い

ただきましたが、詳細な御説明を頂く時間がございませんでした。そのため、本日はこれらの御意見を踏まえまして、台風制御の実現可能性について改めて御説明いただきます。

なお、目標８の三好プログラムディレクターは海外の通信環境の都合によりまして、オンラインの御説明は難しいということで、代わりまして、中澤サブＰＤから御説明いただきます。

それでは、中澤サブＰＤ、御説明をお願いします。説明時間は１０分です。よろしくお願いいたします。

○中澤ＳＰＤ　ありがとうございます。サブＰＤをしております中澤と申します。

７月の会合に引き続きまして、主に台風についての説明をさせていただきます。

２ページ目をお願いいたします。今日は、前回の木曜会合に出されたコメントを中心に、３点、台風制御のために解決すべき課題、その解決に向けたアプローチと検討状況、それから後半５年の見通し、この三つであります。

３ページ目をお願いいたします。まず、台風制御のための解決すべき課題は何でしょうかということでお話しさせていただきます。

４ページ目、お願いいたします。まず、台風制御の課題にいく前に、気象制御全体についての課題を考えてみたいと思っております。大きく研究としては三つの課題があると考えられています。そのうち最も大事なものが、研究開発サイクルの高速化の中で書いてあります、右下に書いてあります、デジタルツインという考え方、デジタルツインの実現というのが一番大きいと考えております。すなわち、コンピューター上で現実社会をきちんと再現できるかどうか、再現できたとしても、今回の気象制御の場合には介入を行いますので、介入を行った後の予測も現実世界と一致するかどうか、こういうかなりハードルの高い問題があるわけです。

ほかにも、国際連携の問題、先端技術の導入とかありますが、まずは研究開発サイクルの高速化の中でデジタルツインの実現というものが一番解決すべき課題としては大きいものかなというように考えております。

５ページ目、お願いいたします。では、現時点でどこまで台風について研究が進んでいるかを見てみたいと思います。これは多分前回も三好ＰＤの方から示した図かと思いますが、この図は、図の右下に黄色い領域がありますが、これはまだ台風が発生する以前にいた台風の位置になります。その場所で雲の核となる物質を台風の中心の周り９点で散布したときの台風の進路変化を示した図であります。散布量も何種類か変えておりますが、この図を見ますと、まだ端緒的なものではありますが、世界で初めて人為的介入をしたことで台風の進路や強度を大きく変化させることができる、そういう可能性を示したものであります。

今後望ましい状態へ誘導、要は気象制御になるわけですが、そういう制御が可能であるかどうか、そういう技術的な観点を中心に示していく必要があると考えております。

６ページ目、お願いいたします。それから、台風制御では解決すべき技術的課題は何かというと、これは前回の木曜会合のときにもコメントを頂いた内容ですが、先ほどデジタルツインの話をしました。コンピューターで再現できる世界と現実を一致させるというものです。しかし、介入するスケール、センチメートルから１０センチ、数メートル規模、そういうものと実際に起きている現象、台風になりますと数千キロのスケールになりますが、そういうものとの間には大きなスケールギャップがあります。現象を再現するコンピューターの一つの格子点、グリッドと呼びますが、格子点の大きさも介入するスケールに比べれば１０の４乗とか１０の５乗とか異なっているわけです。この点がボトルネックとなる可能性について言及されたのが前回の会合であったというように理解しております。

では、この大きな問題に対してどうアプローチしていくのか。７ページ目、お願いします。解決に向けてＭＳ８ではどのようなアプローチ、それから検討状況なのかということについて御説明させていただきます。

８ページ目を御覧ください。一般に気象予測を行うに当たって気象モデルの精緻化は最も重要なものの一つです。その中でも今回私たちがターゲットにしております台風や豪雨、そういう気象にとっては雨をきちんと取り扱わなければいけません。そういう意味では、雲物理過程の取扱い、モデル化が非常に重要です。

現在主流となっているのは、グリッドごとに特徴的な物理量を計算する手法ですが、この手法では、例えば数キログリッドで一つの雲物理量の値を決めるといったはなはだ気象を捉えるという点では不十分なモデルだと言わざるを得ません。そこで、現在私たちが最も注力しているのが、超水滴法と呼ばれる、より現実に近い形で計算する手法です。地球全体で計算するにはまだ計算コストが高すぎるのですが、エアロゾルの効果やシーディングの取扱い、作用、そういうものを陽に求めることができるということで、スケールギャップを埋めるものとしては私たちが非常に注目している技術でして、実際にＡＩの方が参画してこのモデルを全球モデルと整合させるような研究を今精力的に進めてもらっているところです。もちろん介入をグリッドスケールに近づけるための研究というか実験も大事だと思っています。

今後５年間のうちには、無人機を導入する予定ですが、複数無人機による散布を考えたり、散布手法の効率化を行ったり、シーディング以外の手法も検討するというようなことにも取り組んでいきたいというように考えております。

それでは、９ページ目、お願いいたします。スケールギャップの問題を取り扱う上で、もちろんモデルの精緻化も大事なんですが、もう一つは数理的な取扱い、小さなスケールでの介入がどのようにより大きなスケールに影響を与えるのかというような理論的な研究も進められております。最適擾乱理論と呼ばれている数理手法です。一番上段が成長するような摂動を与え、それがある程度大きくなった段階で、非線形性により更に加速的に成長するというような理論であります。こういうものを使うことによって、小さいスケールの介入でも大きなスケールに影響を与えることができるかどうかを検討しているところであります。

なお、気象学にとっては物理プロセスに注目した介入をどう特定するのかというのも大きな課題であります。これについては次のページで御説明したいと思います。

１０ページ目、お願いいたします。豪雨のケースですが、まず二つほどお示ししたいと思っております。一つは、ピンポイントシーディングと呼んでいますが、２０１４年の広島豪雨の例ですが、モデルの方で対流が立ちます。強い上昇流が起きているところにだけ注目して、そのポイントで、もぐらたたきじゃありませんが、そういう対流が立ってきたところをたたくというような方法でシーディングを行いました。すると、介入のないときにはもちろん集中豪雨が起きたわけですが、３０秒ごとに上昇流が非常に強いところを選んでシーディングを行った結果、最大の積算降水量、それから領域平均降水量ともに減少させることができたということであります。

それから、１１ページ、お願いいたします。１１ページはピンポイントシーディングとは異なって、面的なシーディング、風上側から対流が立っていくわけですが、そういう風上側にシーディングを小さい面積から広い面積、小さい量から大きい量行うことによって、どういうふうな変化が得られるかというものを示しております。

ちょっと見にくいかもしれませんが、右側に６種類、左上６×６、６キロの領域に０．２トンまいたケース、風上側の左下にちょっと小さいですが、四角が見えると思いますが、そこにシーディングを行ったケース。左上は小さい量、それから右側、右下は一番大きい量ですが、どのケースでもはっきりとした抑制効果が得られているということであります。

では、１２ページ。これは台風の例ですが、上側が台風が発生する前に介入した２日後の渦度なのですが、右が介入ありですが、左側の介入なしに比べて軸対称構造が乱れていること、壊れていることが分かります。一方で、発生後に介入しても、下の図ですが、あまり効果が得られていない。これは最初の方にお見せしたのと同じですが、軸対称構造を壊すようなそういう介入を１回だけではなく、何回も逐次的に実施することで台風が制御できるのではないかと

いうように考えております。

次、１３ページ。これは前回の木曜会合でも指摘された、ラージスケールが、大規模場が効いているので台風の制御というのは非常に難しいのではないかという御指摘があったと思いますが、これは左側が発生前の中心部に介入した場合、右側が台風の南東部に介入した場合で、これだけ台風の進路や強度に変化が生まれていることが分かります。これよく見ると、発生前の中心部への介入ですと、太平洋北西部の九州の南側辺りと言ったらいいですかね、そこら辺りに高圧部ができていて、その北東側を台風が北西に進んでいると。一方、右側はこの高圧部が張り出していまして、それによって台風の進路が逆に北東側にずれたようにも見えます。これはある意味大規模場が変わったとも見えますが、介入によって大規模場を変化させたというようにも考えられ、この点についてはまだ検討中、解析中ですが、そういう台風に介入することで進路や強度にも変化が起きた原因がどっちにあったのか、大規模場が変わったからなのか、それとも大規模場を変えるような台風の構造が変わったことでそれが大規模場を変えたかもしれないということで、これ現在解析中です。

次、１４ページ、今後５年間の見通しですが、１５ページを見ていただきたいと思います。これも前回お示ししていると思いますが、今回加えたのが、やはり台風制御というのはムーンショット目標になっているぐらいですから、非常に難しいターゲットではありますが、やはりある時期にきちんと判断しなければいけないということで。今年で５年目が終わりますが、あと３年猶予を頂いて、台風制御の実現可能性を実際にシミュレーションで示すことができるのかどうか、ステージゲートを８年目に設定しまして、この時点でその先に向けて研究を行っていってもいいかどうか判断したいというように考えております。

その判断基準を１６ページ、最後のページに示してあります。８年目には、数値シミュレーション上で実現可能な規模の介入でロバストな制御ができる台風事例を複数示すと。これは豪雨制御の方でいっている本年度達成させる成果目標に相当していますが、台風の方はそれをやや遅らせて実現するということで、一応はっきりけじめをつけるというか、判断をしたいというように思っております。

以上です。

○宮園議員　どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの御説明につきまして、皆様から御意見を頂ければと思います。いかがでしょうか。佐藤議員、お願いします。

○佐藤議員　御説明ありがとうございました。

介入の規模あるいはタイミングについてのこれからの研究という御説明だったんですが、もう一つの観点から、ドライアイス以外のどのような薬物というか薬品というか、あるいはコンビネーションというか、そちらの方を研究して、効果の大小を突き詰めていくというプロセスもあるんだと思うんですが、そちらは今現状どんなふうなんでしょう。

○中澤ＳＰＤ　実際、昨年度の実証実験でもドライアイスを使いましたが、３０キロという非常に小さい量でしたが、今年度は液化炭酸ガス、そういうものを使って、より広域に。昨年度使ったドライアイスですと、小さい棒状のものを使ったんですが、それですと昇華するものの、あまり広域に広がらない。液化炭酸ガスだと割と広域に広がるということで、今年はそちらも試そうと思っています。

それから、もちろん一番今まで使われているのはヨウ化銀なんですが、ヨウ化銀ももちろん検討には入っているんですが、できるだけ環境負荷を与えたくないということで、実際の実験にはまだ使っておりません。

そのほかにも、塩類ですかね、塩を使った研究もＵＡＥなど中東では使われていますし、日本でも今細菌を使って何とか氷晶特性がいいもの、そういうものがないかというものも実験としては進めておりますので、決してドライアイスだけに限った研究ではなくて、やはり幅広に研究は進めているところでございます。

○佐藤議員　これもムーンショットの中の研究対象として位置づけられているという。

○中澤ＳＰＤ　そうです。

○佐藤議員　ＡＩがそういったところでも機能するという可能性はありますよね。

○中澤ＳＰＤ　あると思いますね。ＡＩもいろいろなところで私たちモデル開発のところでも使って進めております。

○佐藤議員　そうですね。ＡＩ　ｆｏｒ　Ｓｃｉｅｎｃｅの典型みたいな話になりますが、そちらの分野でも検討を続けていただきたいと思います。

ありがとうございます。

○中澤ＳＰＤ　ありがとうございました。

○宮園議員　それでは、オンラインから光石議員、お願いいたします。

○光石議員　御説明ありがとうございました。

前回聞いていませんので多少間違った質問をするかもしれません。幾つかお伺いします。

まず、シミュレーションをされていますが、これが正しいのかどうかという検証はされていますでしょうか。気象の予想でも台風進路の予測は世界中のコンピューターでいろいろ進路が

変わってきます。正しいものと信じていますが、これのバリデーションをされていますでしょうか。

モデルでは、投入するものは小さいが、範囲が大きい、スケールが違うということですが、投入するものが小さくても、それが起こる現象として広がっていくのであれば、それなりに範囲は広くなっていくと予想されますので、それはそれでもいいのではないかと思います。これはどちらかというとコメントです。

昨今の状況を見ると、台風と豪雨は必ずしも別ものではなく、連続的なものではないかという気もしますので、その辺今後どうなるでしょうか。

量子技術で高速化は期待できると思いますが、本当に高精度にできるのでしょうか。４ページの辺りに書かれていたと思います。

国際的なルールメーキングとありますが、実験段階と社会実装段階で異なったものになるのか、同じようなものでいいのかどうか。

１５ページのところにＥＬＳＩ面としての準備とありますが、これは先ほどの国際的なルールメーキングと同じようなものになるのか、あるいはもう少し違うものになるのか。

質問事項がたくさんありますが、教えていただければと思います。

○中澤ＳＰＤ　ちょっと大分多岐にわたっていたので、全部把握できるかどうか分かりませんが。

最初モデルのことをおっしゃられましたかね。検証されているかどうかということですが、モデルが持っている不確実性、例えば物理過程をちゃんと表現できているかどうか、そういう問題が一つあります。

それから、御存じのように、モデルを走らせるためには初期値が必要です。初期値がちゃんと求まっていないと、時間とともに誤差が拡大してしまいます。ですから、そのモデルが持っている正確さと、それから初期値の正確さと、そういうものが相まって、結果、予測精度に関係してきます。

そういう意味でいうと、天気予報が正しいかどうかを確かめるやり方としては、もちろん予測してその結果がまた正しかったかどうか観測によって確かめ、またそれがずれていれば初期値を変えてまたモデルを走らせるというような、モデルの改良もやっていますが、初期値の分については観測を行うことで、それをデータ同化することで更にまた次のステップをやっていくと。

気象の場合はすぐに結果が出ますので、検証は割としやすいんですが、それがだからといっ

て今使っているモデルが正しいということにはならないんですね。たまたまそういうふうに見えている可能性があるかもしれない。いろいろなパラメーター一つ取ってみても、そのパラメータを変えると割と結果が大きく変わってしまっても、たまたまそのパラメータをチューニングすることによって合っているというように見えることもあるかもしれません。ですから、予報がうまくいったからといってモデルが完璧かというと、そうでもない可能性もあって、そのあたりが難しいところなのではないかなと私は思っております。

それから、スケールギャップについてお話あったと思うんですが、陽に扱えるモデルというのが今なかなかないんですね。例えばグリッドの中、先ほどもちょっと説明させていただきましたが、５キロ、５キロという空間内で一つの物理量を決めるというような形ですと、やはりそれより小さいスケールのいろいろな現象というものは本当は、水蒸気とか雨とかというものについていうと、非常に空間的に非一様性が高いわけですね。気圧とか気温とかというのは比較的スムーズな変化をしているんですが、やはり雨を取り扱うような場合にはそういう水蒸気や、それから雲粒、雨粒、そういうものは非常に非一様性が高い。そういう意味では、先ほども言いました超水滴法というような陽に扱えるようなそういうモデルが非常に有効ではないかなというように思っています。

台風と豪雨の話をされてましたが、確かにおっしゃるとおり、台風が中緯度に近づくと前線と相互作用するようなケースが増えてきます。ですから、台風の東側から水蒸気が供給されて、前線が活発になるというようなことは十分分かっているわけですが、難しいのは、そういう前線とかいう現象は数百キロ、下手すると数千キロぐらいのスケールを持っているわけですが、豪雨というのはやはりその１桁小さいスケール、数十キロから数百キロスケール、小さいスケールなわけで、不安定な大気があれば、どこでも豪雨が起こり得るわけですが、どこで本当に起きるのかというのはかなりストカスティックというか、統計的というか、どこで対流が立つかという。あるところで対流が立つと、その周りは抑制されるとか、そういう非常に難しい大気状況が存在するので、台風と豪雨というのは似たような面もありますが、台風それ自身、豪雨それ自身でやはり研究テーマとしては異なる点があるというように思っています。

計算の高速化、量子計算機のことだったと思いますが、確かに物理プロセスのところを踏んだ上での高速化、そういうものが必要だと思いますので、まだこれ研究始まったばかりですが、そういう点は注視して行っていけたらなと思います。

国際化のルールのところでは、ちょっとどういう御質問でしたでしょうか。ちょっと申し訳ない。

○光石議員　実験段階と、大規模な社会実装段階でルールメーキングは変わってくるのか、同じでいいのか、そのようなことをお伺いしたかったです。

○中澤ＳＰＤ　そうですね。これまだプログラム内で一致した意見ではないかもしれないんですが、国際化のルールとしては、やはりある形での国際的なボディというか、ＩＰＣＣのようなそういう政府間での合意みたいなものが台風制御の実験を行う前に合意を得られるような形というんですかね、その合意がいろいろ確かに委員がおっしゃるように、時間の経過に伴って変わっていくことはあるかとも思いますが、少なくとも国際的な合意の下で台風の制御実験を行っていくという、そのための組織もつくれたらいいのではないかというように思っています。

それから、ＥＬＳＩ面は、これ１５ページでしたかね。

○光石議員　はい、そうです。

○中澤ＳＰＤ　今年の１月にやった実験は非常に小規模な実験ではありましたが、それでも関係する地方自治体、それからステークホルダーの皆様に説明会を何回か行いまして、実際にはＥＬＳＩ的な観点をかなり入れまして、じっくりと進めてきたという点があります。

台風については、もっと国際的な話になりますので、難しい話が多くなってくることが非常に予想されます。先ほど進路と強度の話をしましたが、もちろん進路は非常に関係する国に近づいたようなときにはいろいろな問題が出てくるとは思いますし、強度についても必ずしも台風をなくせばいいとかいうことになると、いや、それは水源が確保されないと困るとか、そういう問題も出てくるかと思いますので、ＥＬＳＩ的な対応というのはかなり国際的な対応としては難しくなるかなと思っていますが。国内のいろいろな経験を踏まえながら、少しずつ国際的なところにも広げていってＥＬＳＩ対応を考えられればなというように思っています。

以上です。

○光石議員　どうもありがとうございます。

○宮園議員　それでは、伊藤議員、お願いいたします。

○伊藤議員　丁寧に御説明いただき、ありがとうございました。

気象庁も含めて、強みは、気象衛星や、それから各地の観測所も含めた非常に信頼できるデータがしっかりと集まるということで、この信頼できるデータに基づき、根本から気象を理解して、そして気象のある意味第一原理的な物理モデルに基づくシミュレーションをつくっていくというのは正にムーンショットの目標としてはふさわしいと私は思っているところです。

その上で、今海外でいろいろなスタートアップが出てきていて、例えば気象全般じゃなくて、風だけとか雷だけとか、いろいろなものもＡＩでひたすらシミュレーションし、しかも気象デ

ータ的にもいろいろな車のワイパーの動きとか、普通気象庁が使わないような、民間からの様々なデータを集めて、それは信頼できるのかできないのかということも含めて、統計的にかき集めて、そして相当地域の分解度を高めるような形で予想していくような、理解というよりも、ただＡＩでひたすらそれをシミュレーションしていって、精度を高めていくということをして、さらにはそれに合わせて塩をまくとか。これも環境への影響というのは私には全く分からないんですが、非常にスタートアップが急速にそういうことを進めているという印象を私は話を直接伺う立場でもあって感じています。

ですので、その第一原理的な目標をしっかりとしたデータに基づいてＥＬＳＩも考えて行うというこのムーンショットと、それからそのような世界で現象論的に全てを理解して、しかもデータもあまり信頼できるかどうか分からない、使いまくってつくっていくところとの関係を今回のムーンショットと、それから今の世界の動きの間、どういうふうにお考えになっているか教えていただけますか。

○中澤ＳＰＤ　もう御存じかと思いますが、世界の天気予報、それ自体もＡＩの方が現在の気象庁とか現用で使っているモデルを凌駕しています。

ちょっと不思議に思うんですよね。ＡＩというのは過去の事例から学んで予測をする。ですから、過去の事例以上のことは無理なんじゃないかと私最初思ってたんですが、じゃあなぜ過去の事例から学んだだけでよりいい予測ができるのか。それは一言で言うと、現在のモデルが不十分だからだと思っています。現在のモデルが不十分なものですから、例えば先ほど言った雨の予測、それから水蒸気の予測、そういうものが、観測が十分じゃないんです。気象庁も苦労している線状降水帯の予測ですが、まだなかなか技術的には難しい。その一つがやはり水蒸気、下層の水蒸気なんですね。モデルがそのあたりの取扱いが不十分なために、現用モデルの方がＡＩより負けている。

逆に言うと、ＡＩから学ぶことができれば、それは現在の現用モデルにもフィードバックがあるんじゃないかと私は思っています。ですから、車の両輪というか、ＡＩからも学び、それからモデルの方にもフィードバックし、そういうことをやることによって、どちらにも利益があるような、そういうことが可能なんじゃないかなと思っております。

以上です。

○伊藤議員　ありがとうございました。

○宮園議員　それでは、沖顧問、どうぞ。

○沖外務大臣科技顧問　ありがとうございます。

前回も申し上げましたので、時間もあれかもしれないので、端的に申し上げます。

例えば、本日御説明いただいたスライド５の台風の発生前のシーディングでこれだけ進路が変わるというお話ありましたが、普通にアンサンブル予測したスプレッドでもこのぐらいの分散はあるのであって、つまりシーディングをしたからではなくて、やはり初期値の不確実性によってこのぐらい変わるということを示しているにすぎないのではないでしょうか。

つまり、今これまでにお示しいただいたのは、シーディングでモデルの中で想定しているような過程が完璧に行えたとしたら、モデルではこんなことが起こりますよというのを見せていただいているのにすぎない。つまり、本当にシーディングをしたときに気象を改変できるということの証明は何一つできていないというところに留意する必要があると思います。

例えば、１０枚目のスライドと１１枚目のスライド、同じ２０１４年の広島豪雨のシミュレーションですが、これよく見ると、分布も強さも違うんですね。これが光石先生おっしゃった話で、モデルの中ではこういう仮定をするとこんなふうに結果が違いますよというのは示されているんだが、本当はどうだったんですかという点についての比較がないんですね。１０枚目と１１枚目の分布が違うということは、もしどちらかが現実にぴったり合ってるとすると、どちらかは違うということなので、うまくいかないんですね。

つまり、先ほど中澤ＳＰＤもおっしゃったとおり、予測が完璧でないということは、今後実験をしたときに、こんな結果になりました、それは本当はシーディングしなかったらもっと強かったのに弱くなったのか、いや、何もしなくても同じようだったのかというのが証明できないという問題が生じます。なので、モデルの予測可能性を上げないと、科学的に気象改変が可能であるという証明は難しいんですね。なので、過去８０年間世界はもがいて、いまだにちゃんと証明できていないのです。

このプロジェクトが始まる前の有識者ヒアリングに呼んでいただいて、私がシーディングは効果が限定的なのでいかがなものかと申し上げたら、ナカジマ部長が、いや、このプロジェクトはシーディングはしません、海面水温の変化とか水蒸気の流入を止めるとか、そういうエンジニアリングを開発するんですとおっしゃったわけですね。数年研究に取り組んでみて、それらをやはりちょっと難しそうなので、シーディングに戻すというのであれば、やはりＰＯＣから本来であればやり直すべきではないかと私は思います。

以上です。

○中澤ＳＰＤ　ありがとうございました。

台風のシミュレーションのこの結果は、確かにおっしゃられるように、アンサンブル予測を

やったケース、要は初期に小さい摂動を入れたケースでも、進路がばらつくことは多分あり得ると思っております。まだこのケースについて調べておりませんが、多分アンサンブルでも効果は出るのではないかと思っています。ですから、そこをシーディングの効果と、それから初期値の振れ具合、そういうものがどういうふうに関わっているか、両方でどういう差異があるのか、そういうものもまだ検討中なので、今ここで明確に御説明することは不可能なんですが、この１３の図で示しているように、ラージスケールの場でも確かに高圧部の張り出しが変わっています。ですから、これが確かにアンサンブルの少しの変化がこういうものをもたらしたのか、それともシーディングが関係しているのか、より詳細に調べていきたいというように思っております。

広島豪雨のお話がありましたが、確かにモデルの予測可能性、まだまだ不十分です。特に雨については不十分だと私たちも思っています。これからの３年でどこまで迫れるか、一応高い達成レベルを想定してます。デジタルツインをつくること一つ取ってみても、かなり高いハードルだと思っております。それは、先ほど沖先生も御指摘されましたように、介入した後の結果というのはもうモデルでしか再現できなくて、現実でどう起きたのか分からないわけですよね。ですから、そういう点でいうと、介入しない場合でもかなりの時間経過をモデルの方が現実大気に近い形で再現できないともう信頼性が全くないということになってしまいますので、そのためにも第一原理と先生おっしゃられましたが、やはり雲微物理的なスキームの原則的な取扱いというんですかね、そういうものをまずきちっと押さえることが私は大事かなというように思って、モデルの信頼性を上げるための、特に小さいスケールでの雨の取扱い、そういうものがキーになるのかなというように思っています。

以上です。

○徳田専門員　すみません、徳田と申します。外務省から参りました。

今ステージゲートの御質問を顧問がされていたと僕は理解しております。つまり今までは、台風が変わるかどうかというのが数値シミュレーションで示されたと御発表いただいたんですが、台風がどう変わるのかということまで予測できないと、その実現可能性、つまり例えば沖縄に近づく台風が東京に行くかもしれない、四国に行くかもしれない、そこまで予測できないと、実現可能性を示すというステージゲートにはならないのではないかということが顧問の御発言の意図だと僕は理解しております。

一方で、この１５ページ目のタイムラインを見てみますと、台風への実証実験、介入実験は２０３０年中頃まで行わないということですので、実験ないし実証をせずに数値シミュレーシ

ョン内で予測精度の検証を行うことが果たして原理的にできるのかどうか、そのような質問だったと僕は解釈いたしました。

原理的にこのステージゲートは妥当なのかという質問だと思います。

○宮園議員　ありがとうございます。よろしいですか。

では、小安顧問。

○小安文科大臣科技顧問　前回明確な回答をいただけなかったので簡潔に質問します。

データ同化を進めることはすごく大事だと理解していますが、そのために現在の観測体制で十分なのか教えてください。先ほど、例えば下層の水蒸気にふれられましたが、そのような対象を測定していく場合、さきほど伊藤議員がおっしゃったとおり、正確にデータを取得できる体制が整っているのか、改めて確認させてください。十分か、更にもう少し観測体制を整備する必要があるか、どうなのですか。

○中澤ＳＰＤ　難しい問題なんですね、それ。不十分だともちろん思います。水蒸気量は衛星からも測れます。ところが、測れるのは主には大気の全層、大気全体での水蒸気量は分かるんですが、一番多いのは下層なんですが、その下層にどれだけあるかというのが大気の不安定性を考える上で非常に重要で、それから、次の対流を立たせる上でも重要です。ところが、下層でどれだけたまっているかというのは、モデルの力を借りて推定するというのはやられていますが、観測では非常に不十分なんです。衛星でできないとなると、もう現地観測しかないんですが、これもそういう意味でいうと、飛行機を飛ばす、船を展開させる、そういう意味でもリソースは結構限られていると思います。

今唯一私たちがやろうとしているのは、そうはいっても衛星は無理ですが、レーダーを雨に感度が高い、それからエアロゾルに感度が高い、そういう周波数を選んで、データをある程度島嶼部に展開するとか、そういうことで地域は限られますし、領域もそれほど広くはないですが、しっかりある程度の広さの領域で場を押さえて初期値をちゃんとモデルの方に与えて、どうなるか時間発展を調べるとか、そういう局所的なといったらいいと思いますが、もちろん広域には無理なんですが、狭い領域に限られますが、そういうことをやっていこうかなというように考えているところです。

もう全然不十分です。気象庁も多分困っている課題かと思います。

○宮園議員　どうぞ、鈴木議員。

○鈴木議員　ありがとうございます。

特に日米協力に関するところは、詳しい説明が添付資料にありましたので、よく分かりまし

た。

素朴な質問ですが、豪雨のコントロールと台風のコントロールとでは、原理が違うのかなと思っています。豪雨の方は、何らかの人為的な介入によって、雨が降る場所をずらす作業をしている。つまり、豪雨の方は水蒸気の量が落ちないようにしたり早く落としたりする場所を変えることをコントロールすることをやっている。一方、台風は違って、台風が発生し発達する前に、水蒸気の量がどのぐらい流入するかどうか分からない中で、その発生や発達そのものをコントロールできないかということを模索しているように見えます。何かそんなふうに私には、全然やってることが違うような気がしているのですが、この点に関してご説明をお願いします。

○中澤ＳＰＤ　はい、分かりました。

最初から限定的にこれを目的とするというようなことは決めていないんですが、結果的にどこまでできるかを広くサーベイして、制御として何ができるかということを検討している。結果的に、豪雨については、一番強く降っているところの降水量を何しろ下げたい、そのことによって被害を軽減させたい。もちろんマックスのところが減ったことによって周辺域が多少増えることはあると思います。ですが、一番やりたいことは、やはり時間降水量１００ミリを超えるようなところを１０％でも減らすことができれば、それによって多くの人命、それから経済的な損失、そういうものが抑えられないだろうかということで取り組んでいます。

台風の方は、当初は成熟期にある台風をターゲットにしていろいろできないかとやってました。ところが、やはり成熟期の台風ですと、介入しても、少し時間がたつと強度がまたすぐに戻ってしまう。なかなか難しそうである。ただ、その場合でも逐次介入といって、少しずつではありますが、弱める方に弱める方にという介入を行えば、まだ可能性はあるんじゃないかと私は思っていますが、今は成熟期の台風を取り扱うよりも、発生期の台風に介入した方がいろいろ制御が容易なのではないかというところで、今ちょっとシフトさせて、成熟期の台風から発生期の台風にいろいろきちっと調べましょうということでやっています。それも、進路だけではなくて、強度の方も注力してやっているところです。

ですから、表向き豪雨と台風では違ったようには見えますが、いずれにしても雨を降らす積雲、雲一つ一つをどうやって潰すか、弱めるか、そういう点では先ほど来言ってます、雲微物理過程、そういうものと密接に関わっていて、スケールは違いますが、現象としてはそういう雲物理的なところをちゃんと物理プロセスに基づいて制御できるかどうかということですので、一番大本の原理としては似てる、同じことを使っているという理解です。

以上です。

○宮園議員　よろしいでしょうか。

大分時間も過ぎておりますが、もしよろしければ、この辺で公開議題を終了いたしたいと思います。大変活発な御議論いただきまして、ありがとうございました。

また、中澤サブＰＤにおかれましては御説明大変ありがとうございました。

それでは、中澤サブＰＤは御退席をお願いいたします。

以上で、本日の公開議題は終了とさせていただきます。

プレスの皆様におかれましてはここで御退席をお願いいたします。よろしくお願いいたします。

午前１０時４８分　閉会