

第2部 今後の数値予報への期待¹

牛山朋来氏(土木研究所水災害・リスクマネジメント国際センター)

私たちは気象庁 GSM を境界条件として、アンサンブルカルマンフィルターを用いた領域アンサンブル予報を行い、数々の豪雨災害を対象に洪水予測実験を行ってきました。その結果、2012 年や 2017 年の九州北部豪雨、2014 年の広島豪雨災害などの水平スケールの小さな降水帯に関しては予測が困難ですが、2015 年の関東東北豪雨、平成 30 年 7 月豪雨、そして令和元年台風第 19 号等の台風や前線にともなう豪雨現象では、洪水到来の予測がおおよそ 24 時間前からある程度可能という感触を得ました。また、予測精度も年々改善しており、気象庁 GSM の改良が進んでいることを強く感じています。今後も GSM の予測精度が向上し、MEPS 等の領域アンサンブル予報と組み合わせることにより、将来は 48 時間前、72 時間前から大規模洪水の到来を予測可能になるものと期待されます。そうなれば、避難準備や避難行動を十分余裕をもって行うことができるようになり、洪水被害を大幅に減少できるものと期待されます。

一方、九州北部豪雨や広島の豪雨災害に代表される水平スケールの小さい線状降水帯については、当面予測は困難だと推測されます。しかし、十分な計算機資源を投入した高解像度実験が行われるなど、現象の理解は進んでいるものと思われ、今後さらに理解が進むことを期待しています。

大西晴夫氏(一般社団法人日本気象予報士会 代表理事)

「AI時代の数値予報と予報官の役割は？」

数値予報 60 周年、おめでとうございます。

私が数値予報課(電子計算室)に在籍したのは1970年代後半から80年代初めで、数値予報モデルはプリミティブ化した北半球モデルとアジアファインメッシュモデル(ファインメッシュと言っても格子間隔は152km)で、北半球モデルがスペクトル化される直前でした。毎日、数値予報班から予報課の会報に出向き、数値予報の結果についての解説を行っていましたが、トラフの遅れ進みについての見解を述べるのが精一杯で、会報を仕切る主任予報官からは、「はいご苦労様」の一言で終わり。後は予報官の「経験とカン」が幅を利かす時代でした。

当時の電計室で、ある同僚の方が「モデルの降雨予想の結果などを、もっとテレビ放送でも使ってもらったらいいいのでは」と発言されたところ、みんなから袋だたきにあっていたことを思い出します。当時のモデルの精度は、冬型気圧配置時の関東平野の晴天がどうにか出るかどうかという程度で、とてもモデルの結果をそのまま放送で使えるものではありませんでした。そのことを思うと、現在ではモデルの降水量予想の結果がそのまま放送されるなど隔世の感があります。モデル開発の地道な努力の結果だと数値予報課の方々に敬意を払わずにいられません。それでも、視聴者が1格子の降水予想を見て、その時刻にその場所で降るといふふうに理解されているのは、ちょっと違うだろうとは思いますが。

¹ 順不同で掲載させていただきました。所属は2019年度の所属です。職員の役職は令和2年3月1日現在のものです。

最近はAI技術が急速に進化しており、数値モデルの結果から天気や気温などの予報要素に変換することにかけては、「AIにお任せ」の時代に入りつつあると感じます。それでも、さすがのAIも精度の良いモデルの結果がなければ何もできません。モデル開発の戦略を立てるのは人間の仕事であることは、これからも変わらないでしょう。一方、予報官が「予報官」であり続けるためには何をやるのかについては、明確に答えることができません。私は現在、日本気象予報士会の会長も務めており、気象予報士資格のあり方についても思うところの多い毎日です。

佐藤正樹氏(東京大学大気海洋研究所)

気象庁が策定した「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」では全球モデルの水平格子間隔を10km以下へ高解像度化することを開発の方向性としている。水平解像度を高解像度化することにより、台風の進路・強度の予測精度の向上が期待される。そして2030年の時点では、その先の水平格子間隔5km以下の全球非静力学モデルが視野に入り始めると思われるが、実現するのはさらに5~10年以上先だろうか。そうなれば、積雲クラスターや季節内振動等の雲降水システムの再現性が向上し、また全球モデルと領域モデルの力学・物理過程が共通化されて、全球・領域モデルを統合的に開発することが可能になるだろう。我々は2005年頃より全球非静力学モデルNICAMを開発し、これを用いた研究を推進してきたが、このようなモデルが30年以上を経て現業へ展開が可能になることを考えると、まさに次世代モデルとしての役回りを意識せざるを得ない。その経験からいえば、数値モデルの高解像化とともに、モデルの最大の不確実性の要因である雲・降水過程の改善・改良を期待したい。人工衛星観測や地上リモセン観測等により高頻度・高解像度の多様な雲・降水の観測データが利用可能であり、例えば、全球モデルの計算結果は静止気象衛星ひまわりと同等な解像度での直接比較・検証が可能である。数値モデルの水蒸気・雲から雨までに至るプロセスを観測データによって検証し、数値モデルの中でのこれらの表現を現実的に向上させることによって、台風や集中豪雨の予測精度が向上していくと期待される。

立平良三氏(元気象庁長官)

一ユーザーとしての実感では、最近の天気予報の精度向上は顕著で、数値予報の進歩がその最大要因であろうことは疑いない。筆者は数値予報の精度向上に従事した経験がないので、ここではまず数値予報の利用促進について私見を述べる。

天気予報を意思決定に適正に利用する場合、その精度情報は必須と考えている。年平均的中率といった統計的な精度ではなく、天気予報の発表ごとにその精度が付加されていることが望ましい。アンサンブル予報はこの方向を目指すものの一つと考えられる。

確率予報は、精度表示のための実用的な形式と考えられ、すでにいくつかの確率形式の予報が発表されている。今後の数値予報の開発においては、確率形式の予報発表を支援する方向の開発を強化すべきと考える。ただし確率形式の予報が、十分に利活用されるためには、利用者側に「確率利用リテラシー」といったものが必要であろう。

数値予報の改善の一つの要因として、初期値の問題がある。各種のリモートセンシング技術による初期値改善が期待される一方で、直接測定の補強も検討の余地がある。例えば相対湿度のような水蒸気に関する要素をアメダスの観測要素に加えることは、短時間の大雨予警報の改善に大き

く寄与するものであり、コストパフォーマンス的にも優れた選択ではなかろうか。

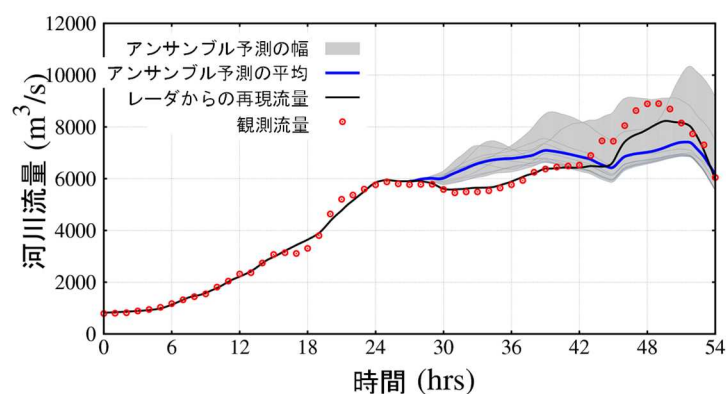
中北英一氏(京都大学防災研究所)

「河川管理からの期待」

河川の出水、内水氾濫・都市浸水、土石流・斜面崩壊の等の実時間でのリスク予測やそれによるリスク回避、避難のためには、豪雨(台風による豪雨、梅雨期の集中豪雨、ゲリラ豪雨)に関する気象予測に期待するところがとても大きい。それらの情報は、ダム貯水池の実時間運用を含めた河川の管理(電力ダムも含む)、排水ポンプの実時間運用を含む雨水排除、自治体による避難勧告・指示の発令や住民自らの避難の開始、鉄道・道路の安全運行管理に活用されるポテンシャルを有している。

しかし、必要となる予測リードタイムや空間スケールは目的によって大きく異なり、もちろん予測精度も異なる。たとえば、緊張する実時間河川管理の場合、対象とする河川流域やダム貯水池の規模、ならびに体制に入るかどうかの判断から始まる各ステージによって異なる。特に、昨今その頻度が増えているダム貯水池の異常洪水時防災操作の場合、レーダベースの短時間予測やLFMによる予測の時間安定性と幅の情報が必要となる。降雨予測量が増える減るとの毎時毎時交互に異なる不安定な予測は容量の小さなダム貯水池の下流を危険なものにする。最確値と幅はオペレータの決断を大きくサポートする。もちろん逆に、どこまでの予測精度が実現すればいかなる高度な実時間管理が可能となるかを河川管理側から明らかにすることも極めて重要である。そして、河川管理者自らがこれらの要求を満たすことを自らできる範囲で実現することも大切と考えている。

気候変動によるとも考えられる昨今の豪雨頻度と強度、総降雨量の増加は、実時間降雨予測とそれによるダム流入量等の流量予測、氾濫予測、土壌水分量予測の重要性を益々高めている。益々の数値予報の発展に期待したい。



図：Yu, Wansik, Eiichi Nakakita, Sunmin Kim, and Kosei Yamaguchi, Improvement of rainfall and rainfall forecasts by blending ensemble NWP rainfall with radar prediction considering orographic rainfall, Journal of Hydrology, Vol.531, pp.494-507, doi:10.1061/jhydrol.2015.04.055, 2015.

新野宏氏(東京大学大気海洋研究所)

1959年に始まった我が国の数値予報は、関係者の不断の努力と電子計算機の発展により、モデルの高度化・高解像度化やデータ同化手法の導入が進み、防災や国民生活に不可欠な予測情報を提供する基盤的ツールとなってきた。しかし、今後の高解像度化による予報精度の向上には2つの課題が見えてきている。1つは半導体の微細化が限界に近づき、電子計算機の性能向上が鈍化していること、もう1つは水平解像度が現行の局地モデルの2kmより小さくなると、積雲対流や大気境界層の乱流の一部が解像され、既存のパラメタリゼーションが使えなくなる「グレーゾーン」に足を踏み入れることである。今後は、局地モデルで局地的豪雨や竜巻の可能性が予想されたときには、「グレーゾーン」を飛び越える水平100m解像度のモデルを局所的にネストした予報を行うなどの柔軟な取り組みも検討の余地があろう。アンサンブル予報においては、長期・短期を問わずGPVデータを直接利用したいユーザーや防災・日常生活に使いやすい形の確率情報の提供を希望するユーザーなど、多様な要望を考慮した取り組みが期待される。

一方、高時間・空間解像度の「ひまわり」に加えて、今後は二重偏波機能を付加した現業レーダー、湿度計を付加したアメダスなどの新しい観測機器の導入が予定されており、これらの大量の観測データの同化、AIも利用した物理過程のパラメタリゼーションの開発、大気と海洋を結合した台風予報モデルの開発などによる予測精度の向上にも期待したい。

これらの多様な開発を通して世界の気象機関との予報精度の競争に肩を並べていくためには、大学等研究機関との積極的な連携にも期待したい。

新田尚氏(元気象庁長官)

気象庁では、昨年10月に「2030年に向けた数値予報技術重点計画」を公表し、この「重点計画」において、数値予報の高度化・精度向上についての目標を掲げています。そしてこれを次世代への道標とする期待と、大学等研究機関との一層の連携を進めることを明示しておられます。

私は、基本的にはこの「重点計画」すべての実現を最も期待しておりますが、中でもAI技術の活用に向けた本年1月の理化学研究所革新知能総合研究センター(理研AIPセンター)との共同研究契約において、数値予報技術が中心的な役割を果たすこと、気候予測においてより精度の高い結果を得るよう数値予報技術がより一層貢献することを願っています。

愚弟的なことは、現在の私には能力的に言えませんが、数値予報課のみなさまが他課や気象研究所をはじめとする多くの大学等研究機関との連携で中心的な役割を果たされることを期待しております。

二宮洸三氏(元気象庁長官)

「数値予報(NP)のさらなる発展を願って」

予報モデルは準平衡風モデル、プリミティブ・モデルを経て、非静力学モデルへと進化し、解析も修正法、最適内挿法から、四次元同化へと進化し、多様な観測データを取り込む時代になりました。その利用範囲も、局地的短期間予測から全球的季節予報にまでも広がってきました。今後どのような革新的進歩があるのか想像しかねますが、気象業務の中核技術としてNPの重要性はさらに高まるに違いありません。

現在でも NP は予測基礎技術としての役割にとどまらず、データ管理・保存、再解析、関連プロダクトの発信と多様な貢献を果たしております。しかし現在でも、NP の成果は気象業務の枠組み中で十分に活用されず、NP の成果は有効に社会に届けられず、従って社会的に十分に認知されていません。NP の発展のためには社会の理解・支持を深めることも大切です。そのためには、NP の成果報告を庁内に留めず、内外の学術集会・学会誌に報告することが大切です。また特異現象についての NP の能力(と問題点)を示す事例研究も大切です。

豊富な気象学的知見を身に着け、国際的経験も積まれた NP 担当者が、NP の枠を超えて、気象業務全体の管理・計画・立案・企画分野で先導的役割を果たされることが NP を包括する気象業務全体の発展に大切です。現役の皆様の広範囲の分野での御活躍を期待します。

廣岡俊彦氏(九州大学大学院理学研究院)

数値予報業務開始 60 周年おめでとうございます。

思い起こせば、21 世紀の冒頭、「成層圏プラットフォーム」という、高度 20km ほどの上空に滞留型の飛行船を浮遊させ、通信や放送の中継に使おうというミレニアムプロジェクトがあり、私はその委員として、日本の 20km ほどの上空で、どのような風が吹いているのかを調査していました。飛行船の動力源との関係から、あまり強風が吹くと滞留できないので、強風となる予報があれば、それを避けて、風の弱い高度や緯度に移動するというのを想定していましたが、日本付近で冬季に強風となるのは成層圏突然昇温と関係あるらしいということで、成層圏突然昇温の予測可能性というのを調べることにしました。その当時、現業モデルを用いた成層圏の予測可能性など調べている研究はなく、数値予報課のアンサンブル週間予報が、水曜と木曜のみ 1 か月間に延長されているのを利用し、当時の担当者に、その頃全て廃棄されていたアンサンブル予報メンバー全てのデータを残してもらうよう、無理を言うてお願いし、その予報データを用いて、2004 年頃から、京都大学の向川均さんと一緒に、成層圏の予測可能性の研究を開始しました。結果は驚くべきもので、対流圏の予報よりはるかに長く、事例によっては 1 か月ほど前から昇温を予測できており、引き続き、そのように長くなる要因や、予測可能性が悪くなるのはどんなときか、などと一連の研究を進めました。残念ながら成層圏プラットフォームそのものの計画は頓挫しましたが、そのようなニッチ産業的だった成層圏の予測可能性の研究も、今から 10 年前の 2009 年 1 月に生じた史上最大規模の突然昇温現象を契機に、世界中の研究者が同様の予測可能性の研究に乗り出し、今では、SNAP(成層圏予測可能評価ネットワーク)という国際的な枠組みのもとで、世界中の機関の数値予報モデルの予測可能性が大々的に調べられるようになってきました。その結果を見るたびに、気象庁のモデル頑張れと、密かに応援しているのですが、現状では ECMWF、UKMO が一歩先を進んでいるようです。この先は是非とも、これらのモデルを凌駕するべく、数値予報課のモデルの着実な発展を期待して止みません。

増田善信氏(元気象庁電子計算室)

「電子計算室発足のころと現代—ますます研鑽を積み、次世代への発展を—」

先日、ある小冊子に1文を頼まれ、台風15号、台風19号など一連の気象災害を取り上げたが、そこに「台風の進路予想はよくなった。早めに対処を」と書いたほど、台風の進路予報の精度の向上に目を見張っている。台風の数値予報はIBM704導入の最大の目的であったので、本当に素晴らしいと思う。

IBM704が導入され、テスト運用を開始したのは1959年2月末であった。4月1日運用開始までの時間はわずかだった。850, 500hPaを使った準地衡風2層モデルだったから、二つの天気図の読み取り、データのパンチ、読み取りとパンチ・ミス訂正など本当に大変だった。しかし、最も困ったのは予報精度が悪かったことだった。気象庁長官が大蔵省に行って了解を求め、アメリカの500hPaバロトロピック・モデルで5月1日からルーチンにはいった。

なぜ、ルーチンに耐えられないほど予報精度が悪かったのか。この2層モデルは岸保・鍋島両氏がアメリカで6か月もかけてテストしたものでプログラムは完ぺきだったが精度が悪かった。多くの意見が出されたが確たる回答はない。私はテストにもっていった2例とも、低気圧の急速発達、すなわち傾圧不安定の例だったからだと思った。傾圧不安定は2層モデルでもほぼ完ぺきに予報できる。アメリカでは準地衡風3層モデルでNovember stormの予報に成功し、これが数値予報のルーチン化に道を開いた。多くの数値予報の解説書も予報の成功例として低気圧の急速発達の例を載せている。ここに落とし穴があったのではないかと思っている。

計算機は大型化し、高速化している。素晴らしいことだが、ますますブラックボックス化する恐れがある。数値予報は物理学だということを忘れず、研鑽を積んで、ますます発展されることを期待している。

三好建正氏(理化学研究所)

「目指せ世界一！」

日本の現業数値予報60周年、おめでとうございます。私は2002年から2008年まで数値予報課に在籍し、データ同化システムの開発に携わりました。その間、2003年から2年間、メリーランド大学に留学する機会もいただきました。私は気象庁で大事なことを教わり、私の人生は気象庁で方向付けられました。気象庁でお世話になった方々には心より感謝の気持ちでいっぱいです。前回50周年の時は2009年でしたが、ちょうどメリーランド大学に移ったばかりの頃でした。その時も本稿と同じ「目指せ世界一！」というタイトルで寄稿し、日本の数値予報の精度が60周年の時には世界一になっていることへの期待を述べました。しかし、世界一にはまだ一歩、二歩、いやもっと、足りないのが現状です。

世界一を目指すことは大変重要です。まずモチベーションが違います。また世界一に挑んでいるという誇りも生まれます。世界一を目指すときに重要なのは、他よりも一歩先に行くことです。他と同じことをしては、常に二番煎じでしかありません。

私は現在、理化学研究所といういわば国策研究所で、科学研究を生業としています。世界一の研究を行い、世界をあつと言わせることを考えています。そして、日本人の誇りを生むように願っています。世界一の研究を行うには、誰も考えたことがないことを考え、誰もやったことがないことをや

ることです。私は、「ビッグデータ同化」という構想を打ち立て、100m メッシュのモデルで 30 秒毎に更新する 30 分後の積乱雲の予測という、世界の先端研究とは桁違いの計算を実行に移しました。これには、世界一の「京」コンピュータと、最新鋭のフェーズドアレイ気象レーダの幸運な組み合わせがありました。

科学研究と現業予報の間には、様々なギャップがあります。しかし、世界一を目指し、日本の誇りを世界に示すことには変わりありません。気象庁の技術開発においても、研究コミュニティと連携を取ったオール日本の取り組みが始まっています。歴史ある日本の現業数値予報が世界一になるよう願っています。私も科学研究を通じて少しでも貢献したいと思います。

向川均氏(京都大学大学院理学研究科)・榎本剛氏(京都大学防災研究所/JAMSTEC APL)

『「予測できる時代」の課題』

地震や火山とは異なり、気象災害は予測できるといってよい。このような認識が得られるようになったのは、数値天気予報の精度が向上し、信頼性が高まったからである。

数値予報の精度向上には、戦後相次いで渡米された小倉義光、大山勝道、荒川昭夫、笠原彰、都田菊郎、栗原宜夫、真鍋叔郎の諸先生方や、80年代に続いた金光正郎先生等日本人の貢献が大きい。限られた計算機資源の下で、現在の数値予報技術の基盤を築き上げた。お弟子さんたちには日本人は多くないので、意識的に知見を継承し発展させていくことが必要である。

現代は、計算機や通信が高速化され、入手可能な数値モデルやデータも充実しているが、ほとんど知識のないままモデルやデータを使うことが日常になりつつある。モデルの開発においても、原理や意図を理解せぬまま手法を実装したり、単に解像度やアンサンブル数を増やしたり、闇雲に複雑な物理過程を採用したり、アーキテクチャの都合で計算手法を選択したりしてしまう誘惑がある。

信頼性の高い数値予報であるが、台風予報の大外し事例の低減や、長期予報の精度向上など課題は山積している。課題の解決には、データ同化手法や数値モデルの仮定や近似を見直し、適切な数値手法を探したり、考案したりする不断の努力が必要とされる。先人に学び、気象庁と大学との連携をさらに密にして、数値予報技術の発展に寄与できるような研究開発に取り組みたい。また、恵まれた環境に甘んじることなく、自分で考えることができるような人材を育成していきたいと考えている。

松山洋氏(首都大学東京 地理情報学研究室)

「今後の数値予報への期待」

このたびは、気象庁の現業数値予報業務 60 周年、おめでとうございます。昔も今も、客観解析データを使って研究を進めてきた者としては、大変嬉しい限りです。

今後の数値予報への期待としてまず挙げられるのは、顕著な気象災害の発生予測だと思います。この点に関して、「平成 30 年 7 月西日本豪雨」にしても、「2019 年台風 19 号」にしても、気象庁は十分なりードタイムを持って記者会見を行ない、「命を守る行動を取って下さい」と国民に呼びかけています。この点、気象庁は大変よくやっているといます。

それにも関わらず、人命を含む甚大な被害が生じてしまうのはどうしてでしょうか？ 教科書的な

記述になってしまいますが、「自分だけは大丈夫」、「ここだけは大丈夫」といった正常性バイアスが働いてしまっているのでしょう。また、早め早めに行動を起こせばよいのですが、夜には避難するのが難しいことも挙げられます。ただし、この先、気象庁からの情報を受け取る側が、この重大さを真摯に受け止めて対応するならば、不動産はともかく人的被害は減らせると思います。

梅雨前線に伴う豪雨にしろ、台風に伴う災害にしろ、地球温暖化にともなうこれまでの経験知が役に立たない状況に突入しつつあります。こういった時代こそ、数値予報の役割は大きく、今後もタイムリーに正確な予報を出していただくことを希望しています。

北村利次氏(元気象庁電子計算室)

「初国産電子計算機導入のころ」

「キショウチョウヨホウブ デンシケイサンシツニサイヨウケツテイス」東京大手町の気象庁で面接を受けた翌日電報を受けた私は、1967年4月気象庁に入庁した。時を同じくして、国産初の大型汎用電子計算機 HITAC5020 E/F が導入され、本格的な数値予報の運用が始まった。初めて接する電子計算機に心が躍った。

数値予報課の前身、当時の電子計算室は毛利室長のもと、岸保数値予報班長、磯部データ処理班長ほか45人ほどの陣容であった。難解な理論をより難解に説明する人が多い中、岸保さんは談話会での説明が大変わかりやすく好評であった。磯部さんは国内ではまだ目新しい計算機言語を駆使し、私はアセンブリ言語の特訓を受けた。6年間の在籍中、客観解析を担当した。後に岸保さんは東大教授に、磯部さんは日立製作所に転出し、穏やかでいつも笑顔を決やさなかった毛利さんは長官に就任した。

今日の数値予報の礎を築いた初期の開発段階において、計算機のプログラマーやキーパンチャーの存在を忘れてはならない。これらの人々の献身的な活動なくして、計算機の機能は発揮出来なかった。

先年、私は南太平洋サモア独立国政府気象局でアドバイザーとして滞在した。予報官は巧みに NOAA の数値予報資料や衛星画像をリアルタイムに活用していた。HIMAWARI 受信可能エリアの発展途上国で衛星画像と補完して利用するため、日本の数値予報も一層情報を発信してほしいと願っている。

大滝俊夫氏(元気象庁電子計算室)

電子計算室として予算が通った時代は、いわゆるオペレーター、プログラマーはいない。もちろん数値予報関係のプログラマーは立派な体制を持っていた。ただし、予算の理由で、電子計算室の要素は十分でなく、いわゆるプログラマーはいなかった。従って、計算機の運用も電計室中心になり、他課の不平もあった。

その結果、オペレーター、プログラマーの導入を兼ねて、管区から一人ずつ集め、日立に依頼してオペレーター、プログラマーの養成に約1年をかけた(場所は日立製作所の研究所)。

オペレーターの養成後、計算機の運用は数値予報までで、あとはその開発と他課のプログラム開発、ルーチン及び数値予報の開発に時間がとられた。

計算機室として運用を始めたのは、HITAC502が導入された後で、先に召集された人たちがオ

ペレーター、プログラマー(FORTRAN 使用)として計算に携わった。

やがて、羽田から 50 名くらいのオペレーターの導入があり、今までのオペレータは、数値予報以外のプログラムの開発に従事する。この間、いろいろな問題が他課との間で起きたが、何とか乗り越えて次第に一般の計算機室の様相となっていた。

以上、簡単に計算室のなりはじめをまとめてみましたが、実際には大変なものがあったことも事実で、すべてではないが、前に刊行された電計室からの小雑誌二冊によく書かれています。

浅田正彦氏(元気象庁電子計算室)

「今後の数値予報への期待」

地球温暖化が進み、過去の気象データが使いなくなってきた。明日・今日・昨日の気象情報は地方自治体に任せて数値予報により明後日以降の予報の局地化、細時化をもっと進めてほしい。さらに 2045 年(AI 革命)に備え、大気の運動方程式に基盤を置く数値予報こそ、AI を導入し、高速高性能の電子計算機を駆使して発展させるべきと思います。

八木正允氏(元気象庁電子計算室)

私が電子計算室在籍中に、数値予報モデルはバランス・モデルから、アジア域は p 座標系プリミティブ・モデルに、北半球域は σ 座標系プリミティブ・モデルに変わった。その後の数値予報モデルの急速な発展には、びっくりしました。

退職後も、休日前にはよく気象庁ホームページで天気予測経過を見えています。

さて、私の「今後の数値予報への期待」は二つあります。一つ目は、気象災害に直結する台風、低気圧・前線、線状降水帯などを、「もっと精度よく予測できる短期予報モデル」を作ることです。

二つ目は、エルニーニョ現象・ラニーニャ現象をも含む「10 年程度の気候変動を予測する大気海洋結合モデルの開発」です。ただし、モデルの開発などには、人手と計算機資源が必要ですから、気象研究所の「気象予報研究部」、「台風・災害気象研究部」、「気象観測部」、「気候・環境研究部」、「全球大気海洋研空部」などの関係者にも、積極的に協力してもらえたらよいと思います。

一つ目と二つ目のモデルが開発・改良されれば、その中間に位置する季節予報も、おのずと改善されるのではないのでしょうか。

巽保夫氏(元気象研究所所長)

数値予報 60 周年おめでとうございます。

私が最後に数値予報課に在籍した 20 数年前に思い描いていた数値予報の将来の姿は、私の想定を超えてすでに実現されたと感じます。特に台風については、強度を含めここまで出来るようになったのかと感銘すら覚えます。

とはいえ、数十年～百年に一度といわれる異常気象の発生が常態化しており、防災・減災への更なる対応が求められる一方で、温暖化に代表される人間活動を起源とする気候変動の兆候が地球規模で顕在化しており、将来の地球環境への懸念が拡がりを見せています。

こうした中で、気象庁の数値予報部門には、災害をもたらす激しい現象のより詳細な予測が求められる一方、地球温暖化などに対処するためのより精密なモデル開発を担う国内の中核部隊の一つとしての役割が強く求められるものと思います。日本の数値予報の一層の発展を願っています。

安富裕二氏(元成田航空地方気象台長)

「今後の数値予報への期待」

私が勤め始めた時期は数値予報発足から10年足らずの頃でしたが、その将来の可能性には限らない魅力を感じていました。数値予報現業化にあたり、予測可能性の限界を考慮し1日二回運用を決断して、財政当局等の説得に尽力された窪田正八氏の実行力に学ぶこと多しと感じています。現在はネットでも利用できるメソモデルの予測成果を日々感謝を込めて享受しております。

今後目指すべきは、気象学会 2018 年度春季大会シンポジウムの「防災・減災のための観測・短時間予測技術の未来」で既に共有されている方向性に共感しております。モデルの細密化。それに耐える実況データの確保は、永遠の課題と言えましょう。人材確保・育成の観点では、メソ現象に係る再解析データの活用による、各種現象のメカニズムの理解促進が期待されます。様々なアプリケーションモデルも有効なツールとなるでしょう。

大規模な組織改編が計画されているとのことですが、如何なる組織形態であろうとも、予測技術の基盤が数値モデルとなっている現在、観測から、予測モデル出力、情報作成・発信までの一連の関連部署間の壁を極力薄くした連携強化を期待します。この一連の流れを見通すスーパーバイザーの必要性を感じますが、気象業務に携わる皆さまが、大局を見る鳥の眼と、自らの担当分野における課題を細部まで見据える虫の眼の両方を兼ね備えることを目標に励んで戴きたいと期待しております。

大野久雄氏(応用気象エンジニアリング)

「1km 分解能 LFM の早期現業化を期待します」

現在の 2km 分解能 LFM は、そのエキサイティングな表現力で我々を魅了し続けています。

豊かに表現される現象は、『マクロバースト、ガストフロント、スコールライン、MCC など、雷雨に関連するメソ気象』、『山岳波、山越え気流、フェーンとボラ、だし風などの局地風、境界層ジェット、山岳風下の水平渦など、山岳地形で生じるメソ気象』、『陸風、海風、陸上の水平ロール対流など、地表面加熱・冷却でドライブされるメソ気象』など、多岐にわたります。

そうしたメソ気象の複合として、(1)谷風循環→尾根筋での雷雨発生→斜面を下るガストフロント→平野に生じた海風前線との衝突→平野での新たな雷雨発生；(2)例えば鳥海山の日本海側がフェーンで昇温する際、同山の背後にできる正負の渦ペアが日本海の冷気を呼び込むため、秋田・山形県境付近は昇温しない；など「なるほどそうか！」という事例にも事欠きません。

『2km 分解能でこうなのだから、これが 1km 分解能になったらどんな世界が見えるのだろうか』、こう考えたときのワクワク感はたまりません。地面の湿り具合の取り扱い次第では更に深い世界が見えそうですし、航空気象サービスでは低層ウィンドシア情報の質が飛躍的に高まると思っています。1km 分解能 LFM の早期現業化を期待する次第です。

補足の一つ。『現在の 2km 分解能 LFM を、開発途上国領域(例えばマニラ FIR)でランさせ、その GPV を当該国が利用する』ことの実現も期待します。当該国の航空気象サービスの劇的な質の向上をとおして国際貢献ができるからです。

私の在籍当時、Very Fine Mesh Model の水平分解能は 63.5 km。本格的な放射伝達過程や境界層過程を取り入れた革新的なものでしたが、物理過程も含めて現在の LFM とは隔世の感があり

ます。数値予報モデルの高度化の凄さに感動しつつ、貴課の益々の発展を祈念いたします。

永田雅氏（元気象研究所所長）

台風進路予報の誤差の減少や不安定降水の予測の改善等により、数値予報 50 年からの 10 年間の着実な進歩を実感しています。この間の関係各位のご尽力に敬意を表します。今後も、優秀なスタッフの組織力を活かし、内外の関係機関との連携を深め、更なる発展を実現されると信じています。

60 年の節目に当たり、ここ数年、外から気象庁の業務を見ていて、今後の数値予報に最も期待することは、利用者目線の取り組みの強化です。最終利用者に至るまでの数値予報製品(情報)の流れと利活用の状況をモニターし、中間～最終の利用者とできる限り意思疎通を図って連携を深め、高度化・精緻化した製品(情報)を利用し尽くすと共に、利用しやすい応用製品(情報)の開発・改善が進むことを期待しています。

限られた具体例ですが、非常に高い時空間解像度の予測値であっても、その実現確率や分かり易い誤差の情報が伴わなければ有効活用は困難です。また、アンサンブル(台風)予測の結果が台風進路予報の予報円の半径(r)という一つのパラメタにしか反映されないとすれば大変「もったいない」ことです。T1919 の洪水災害を目の当たりにして、例えば、各河川の要所の水位が氾濫危険水位を超える確率の時系列予測のような、防災活動に直結する情報を数値予報に基づいて早い時間帯から提供できないだろうか、などと考えました。

国民共通の財産である数値予報の製品が、ユーザーフレンドリーな利用ツールと共に、身近に誰でも使えるものになれば素晴らしいと思います。

瀬上哲秀氏(元気象研究所所長)

「数値予報ワンチーム」

あれからもう 30 年たつんだ。この原稿の依頼を受けたとき、あまりの時の速さに正直驚いた。そして、当時のことがいろいろ思い出された。記念事業として、諸先輩をお招きして講堂で盛大な記念パーティを開き、NPD のロゴ入り T シャツを作り、記念冊子を発刊するなど、みんなで協力しアイデアを出しあい、手作りでいろいろやった。数値予報課にいられて幸せだった。当時の課員はもう誰も残っていないだろう。それが良かったのか、数値予報は当時では考えられないほど素晴らしく発展している。

あの頃学会で発表すると、数値予報はサイエンスではない、テクノロジーだ、などと陰口をたたかれた。当時、数値予報モデルで実データを用いたシミュレーションは大学ではほとんどできなかった。やっかみもあったのかもしれない。しかし、最近では数値予報モデルや客観解析の入手が容易になり、学会発表でも実データを使った数値シミュレーションが花盛りである。

そうした環境を生かし、大学等との連携、一般論ではなく具体的なテーマを決めての連携をぜひ進めていただきたい。データ同化を含めて数値予報システムの構築は、ビッグプロジェクトになってきている。ひとり数値予報課だけの力で更に発展させ、世界に伍していくのはますます厳しい時代になってきている。気象研究所はもとより、大学や他の研究機関とも力をあわせて、ワンチームとして開発を進めることが非常に重要である。

昨年の7月豪雨や今年の台風15号、19号による災害など、気象災害への国民の関心は極めて高くなっている。数値予報課がワンチームのキャプテンとして日本の気象界を引っ張り、数値予報を更に発展させ、国民の期待に応えられんことを切に希望する。

平隆介氏(気象業務支援センター)

「今後の数値予報への期待」

数値予報60周年、おめでとうございます。

私は、気象庁を退職した後、アジアの発展途上国(フィリピン)の気象局の技術能力向上のJICAプロジェクトに携わる機会がありましたが、その中で感じたことをお伝えします。

そのプロジェクトでは、先進国から提供される数値予報データ(GPV)を有効に活用して、予報業務の近代化を進めることが大きな柱になっており、私は、フィリピンの若手職員を指導して、気象庁の全球モデルGPVを用いた気温ガイダンスの作成に取り組み、業務利用を開始する、という成果を上げることが出来ました。この過程では、数値予報課の方々には、カルマンフィルター技術に関する助言など、大変お世話になりました。改めて、お礼申し上げます。

海外に行ってみると、WISサーバ上で提供している全球GPVは正に気象庁の顔というべきプロダクトで、これを頼りに、私の技術支援も進められましたし、その後の彼らの業務もこれに大きく依存して遂行されており、本当に頼りになる予測基盤として見えています。

同時に、これらの国では、欧米の数値予報センターから提供される数値予報資料も並行して活用されており、日々これらの精度は見比べられている、ということも是非知っておいていただきたいと思います。

高度化したデータ同化・予測モデル技術を世界に伍して発展させていくことは、生易しい課題ではないと思いますが、是非、国内の諸専門家とも協力して、各国の予報業務から頼りにされるプロダクトを送り出し続けてほしいと思います。

中山博義氏(日立製作所公共システム事業部)

「今後の数値予報に対する期待」

昭和62年数値予報に初めてスーパーコンピュータ(以下、「スパコン」という。)が導入された。HI TAC S-810/20Kというもので、気象庁本庁の3階の機械室内に設置された。その次のシステムからは、清瀬市のシステム運用室に設置され、現在のNAPS10でスパコンとしては6代目である。私は、何らかの形でほぼその6代の全てに係わることができた。スパコンは当初1系統だけだったが、その後正副の2系統となり、耐障害性や予測精度の向上とともに重要性が高まってきた。

数値予報プロダクトの主目的が天気予報であった頃から、今や防災目的に軸足を移し、各方面で認められるようになったことは、この60年間従事し、鋭意努力された職員各位の情熱と不断の努力の賜物であると思う。

さて、お題の今後の数値予報に対する期待であるが、昨今気象庁データの利用推進が求められ、一般的な事業における需要予測などのためのビッグデータのの一つとして注目されている。こういった方面からの要望を真摯に反映していくことが、更なる重要性の向上に繋がると考える。単に予報のためのデータだけでなく、広く一般的な生活に密接に結び付く形態を追加していくことで、

今後の予算確保や国民からの信頼が得られると思う。

今後とも新技術の継続的な採用と、気象庁外からの要望に広く目を向け、永続的な進化がなされていくことを願っている。

隈健一氏(東京大学先端科学技術研究センター)

「還暦を迎えた数値予報の新たな発展に向けて」

数値予報 60 周年おめでとうございます。数値予報の誕生と同じ年に生まれ、30 周年を若手職員として迎え、50 周年を数値予報課長として迎え、そして還暦を迎えて気象庁を退職した年に 60 周年となったこと、不思議な縁を感じています。その間、数値予報が予報の現場でなかなか信用されず、世の中からもほとんど認知されていなかった時代から、数値予報結果から社会が大きく動くようになった今の時代への発展に微力ながら貢献できたことを感謝しています。

還暦を迎えた数値予報、次の一回りではどう変わっていくのでしょうか。モデリングは、大気、陸面、海洋、そして時空間スケールを超越した大きな枠組みへの発展が期待されます。そのもとの、雲物理、対流、境界層、海洋、植生などの各プロセスについて観測や実験事実を通じて自然界をより正しく再現できるものに磨き上げていくことが重要です。さらにデータ同化により衛星観測など様々な観測に基づく3次元データを作成し、予報精度の向上を図ることはもとより、30 年前に佐藤信夫さんが提唱した「地球環境監視予測システム」がどのような形で具体化していくのか楽しみです。

より精度の高いデータ作成を目指すとともに、数値予報データを社会との共有インフラとして、水文、電力、交通など様々な分野で活用していくことで、さらに社会への貢献となりますし、数値予報という技術基盤への社会の理解も高まると思います。このためにはデータ提供に留まらず、社会各分野との様々なコミュニケーション、連携を進めていくことが有効と考えています。

2019 年 4 月に気象研究所が新しい組織体制となりましたが、前年度の気象研究所の所長として、これからの 30 年の数値予報を支える研究体制を頭に描きながら構築した体制でもあります。気象研究所のみならず大学等の研究機関とオールジャパンで開発を進めていただくことで、まだまだ日本は世界のトップに立つだけの力はあると信じています。今後のさらなる発展を祈念して数値予報還暦のお祝いの言葉とさせていただきます。

斉藤和雄氏(気象業務支援センター/東京大学大気海洋研究所)

2018 年、2019 年と続けて豪雨や台風で大きな気象災害が発生しました。近年の天気予報の精度向上には目覚ましいものがあり、2019 年台風第 19 号では上陸数日前の早い段階からかなり正確な進路予報が出て災害の軽減に大きく貢献したと思いますが、それでも実際の雨がどこでどれだけ降りそれにより何が起きるかを具体的な情報として事前に出すことに関しては、まだクリアすべき多くのステップがあるように感じています。水文モデルとの連携を強め具体的な災害発生リスクそのものの予測につながる高精度高解像度のアンサンブル予測の必要性を感じます。気象庁を離れて 2 年近く、ベトナムを中心とする東南アジアの方々と仕事する機会が多いのですが、日本がアジアでの技術的な地位を保持していくためにも全球予報の一段の精度向上にも頑張りたいと思います。

米国気象学会のモノグラフ AMS Monographs では 2018 年に A Century of Progress in Atmospheric and Related Sciences という米国気象学会百周年記念号を刊行しており、科学コミュニティのサポートから成層圏中間圏の理解に至る 27 の章で気象学の様々な分野の 100 Years of Progress をまとめています (<https://journals.ametsoc.org/toc/amsm/59>)。第 13 章が 100 Years of Progress in Forecasting and NWP Applications で、著者の一人として数値予報黎明期の気象庁の活動や日本の大学での研究について書かせてもらいました。

Benjamin, S., J. Brown, G. Brunet, P. Lynch, K. Saito, and T. Schlatter, 2019: 100 Years of Progress in Forecasting and NWP Applications. *Meteor. Monogr.*, **59**, 13.1–13.67.

高瀬邦夫氏(日本気象協会)

「夢は雲解像現業モデル、AIに負けるな」

定年後、第 1.5 の人生で数値予報資料と向き合うことが多くなりました。改めてここまで進化したのかと驚くばかりですし、予測結果を眺めながら、「フムフム、ここはあの仕組みの結果やな」と一人合点して悦に入っています。

入庁したのが 1979 年、数値予報 20 年の年。本庁予報課で天気図当番になった 1982 年頃は、アジア・プリミティブ・ファインメッシュモデル(FLM):129 km/10 層、北半球プリミティブモデル(NHM):381 km/8 層、台風3次元モデル(MNG):381・191・95 km/3 層(中心付近を 2 段階のネスティング)でした。モデル仕様は資料から引用したのですが、1982 年台風 5 号で、温帯低気圧化しつつあった台風の渦の追跡が難しく、漁船遭難につながった記憶は鮮明です。

さて、昔話の場所ではありませんね、依頼事項は、今後に期待する事でした。

「雲解像の現業予報モデルの実現」です。

バックビルディング、線状降水帯、スーパーセル……。40 年以上前の修士院生の頃、対流性降水系をテーマとしていました。集中豪雨をもたらす降水システムにおいて、すでに、これらはほぼ観測的事実でした。メカニズム解明と数値実験での再現も進みつつありました。

時おり思いだしつつも業務に追われていたところに、10 年ほど前に「ゲリラ豪雨」の用語が発掘され、今も「今後取り組むべき云々……」の課題です。若かりし頃に憧れた人が、まだ、独り身でおられる、のようなものです。アプローチしたい(≒解明したい)です。しかし、知力・気力・体力の順に衰えが進んでいます。衰えなくても無理だったと自覚しています。

解明が進み、詳細な観測データが揃い、現業予測が実現する日を夢見ています。その時まで、理詰めの数値予報が、力ずくのビッグデータ&ディープラーニングに打ち負かされないように。

田中省吾氏(気象業務支援センター)

「社会全体を数値予報メンバーに」

多くの先進的かつ粘り強い先人の方々のひた向きの努力により、今や数値予報技術(監視・分析・情報通信技術含め)は、社会活動における当たり前の基盤ツールになっている。

かつては、航空、海運、電力などごく一部の企業が利用者だったが、支援センターの配信利用者は、最近5年だと毎年のべ約 50 者(純増は約 30 者)、年率約 10%増となっており、国内にとどまらず世界各国の企業も加え、その総数はのべ 500 者以上に急増している。これは数値データの

直接利用者の話だが、その派生物を活用しているのは、携帯の普及を考えるとほぼ全世界の人々といってもよい状況ではないだろうか。こうした利用規模の増大は、裏を返せば数値予報の精度向上や内容充実が社会活動に与えるインパクトも膨大だということである。

これからの数値予報機能のさらなる発展に取り組む方々には、唯我独尊ではなく、常に現在そして10年、20年先の社会全体を俯瞰し、日本や世界中の方々に数値予報の重要性・ありがたさを「水や空気」と同じように当たり前と感じ、共に連携・協力してくれるメンバーにしてしまうことを目指してほしい。

天気予報を天気予定の様に感じて日々の生活に利用されている皆様に、目の前で展開される様々な地球変化をリアルタイムかつ高精度に再現する時が必ず来ると信じている、数値予報のいち応援者からの戯言でした。10年、20年そして50年後(生きてないな…)が楽しみです。気象庁のみならず関係者が一丸となって頑張ってください。

佐々木洋氏(気象業務支援センター)

「今後の数値予報への期待」～顕在的な需要に応える実用的な数値予報～

人間なら1959年生まれ(私と同じ年)ということだが、世代が変わる度にひと桁性能が向上する数値予報は、より一層の成長が期待され、世の中に無くてはならない「実用的な存在」となっている。数値予報へ寄せられる期待は、すなわち気象庁・気象行政への期待であり、「顕在的な需要」と言っても差し支えないだろう。

その数値予報、まずは安定的に稼働されることが第一だが、その上で、将来に向けて期待するところを述べてみる。素人目線(妄想を含む)であることを予めご容赦いただきたい。

- ・(何を)台風、集中豪雨、地球温暖化の予測を、
- ・(どうする)ナンバーワンの精度で、いつでもどこでも提供する。

日本という国において「自然災害を防ぐ」ということは極めて重要な命題であり、特に、台風の進路予報・強度予報の精度を上げることには、何よりも優先度を上げて、「台風予報なら日本の気象庁が世界一」と言われるくらいに取り組んでほしい。実現のための王道は、大気海洋の結合モデル(全球モデル)の発展ということなのであろうが、台風予報に特化した取り組みがあっても良いと思う。

一方、集中豪雨予測は全球モデルである必要はなく、メソモデルとして棲み分けるのであろうが、先端の観測予測技術・マンパワーを存分に注ぎ、牽引力のあるシステム・システム開発体制を期待したい。

そして、温暖化予測には世界中の願いが寄せられる。全球モデルをベースとする気候モデルに、海洋と大気圏の諸過程の精緻化、土壌・積雪・海氷モデル、温室効果ガスをも予報変数化するような、斬新な開発が加わり進展することを期待したい。

科学の世界では、実用的でなくとも、すぐに世の中の役に立たなくとも許容されるべきことがある。しかし、気象庁の数値予報は常に実用を目指さなければならない、と私は思う。そのためには、安定稼働と共に、いつでも、誰でも、どこでも、その恩恵に浴せることが理想だ。社会と連携して、是非そのような環境を整えていただければと思う。

最後に、そんな数値予報を支え、開発に取り組んでいる関係者各位に敬意を表するとともに、益々のご発展を祈念したい。

新美和造氏(元気象庁予報部数値予報課)

「今後の数値予報への期待」

数値予報技術については、私のような素人があれこれ言う立場にないので、益々の精度向上を願うのみですが、数値予報を利用する立場から期待することを一言述べさせていただきたいと思います。

気象庁内では、数値予報課の開発担当者と、利用する立場の全国の予報担当者の間での意見交換とそれを受けてのフィードバックは常々されていることと思いますが、民間の数値予報利用者との意見交換の場があれば良いのにと願っております。

この夏お手伝いさせていただいた株式会社ヤマテンの予報作業現場では、山の天気予報のために、GSM や MSM の予測結果を詳細に解析して予報に反映させておられました。山の天気予測には、一般的な地上の天気(晴れ、曇り、雨、雪)では不十分で、どの高さに雲ができて、降水があるのかということまで詳細に検討する必要があります。そのためには、相当詳しくモデルの予測を検討することになるのですが、なぜモデルの予測がそうなるのか疑問に思うことも多々あります。モデルの技術的なことを十分理解できていないための誤解も少なからずあると思います。こういった数値予報のヘビーユーザーと数値予報技術担当者との懇談は、利用者にとっての利益になるだけでなく、モデルの技術開発にも役に立つのではないのでしょうか。ぜひとも、こういったソフト面の取り組みも検討していただければと願うばかりです。

高野清治 (福岡管区気象台気象防災部地球環境・海洋課 元気象研究所所長)

「今後の数値予報への期待」

私自身は数値予報課 OB といっても併任を除けば在籍は 1 年だけで、むしろ週間予報や季節予報の担当者として数値予報のユーザーとしての経験が長いのでこの視点から述べてみたい。

この 30 年余りで思うのは数値予報の精度向上である。再任用として久しぶりに現場に復帰してみると 30 年前と比べると週間予報も 1 か月予報も精度が大きく向上したのが実感された。特に台風予報に関しては、2019 年台風第 19 号の予測に見られるように大きく向上した。夏になると北上バイアスのせいで週間予報用の数値予報では毎日のように日本付近に台風がうろうろし週間予報作成に悩まされた(そしてたまにだが実際に来る!)頃と比べるとまさに隔世の感である。

今後のモデル開発に望むことは気象の予測の精度向上に加え、相互作用して気象に影響を与える海洋、海氷、エアロゾルなど他の要素の予報も一体としてできる地球システムモデルを目指してほしいということである。予報現場で週間や 1 か月数値予報を見ていると海面水温偏差が固定されているため、海面水温偏差が高いところでいつまでも積雲対流が立ち続けているように思える。これらは特に夏場の太平洋高気圧の消長や台風等の予報に影響を与えているように見える。また、日本付近では周りの海水温や海氷も地上気温の予測などに影響を与えているようだ。難しいことは承知しているが、短期予報や週間予報の精度向上のためにもぜひ取り組んでいただければと思う。

長谷川直之 (気象庁予報部長)

「さらに社会に貢献する数値予報をめざして」

情報通信技術が飛躍的に向上し、普及し、大量のデータが流れ、使われるようになった。これを

人々のよりよい生活に結びつけようと、産官学が連携して取り組んでいる。その旗印が Society 5.0 だ。人口動態、地図、交通量、電力使用量や各種経済活動量など多様なデータを処理し、それを使って様々な意思決定や自動制御などを行うことで、社会的な問題を解決し、生活を豊かにしようとするものである。

その流れに、気象データが乗り遅れるようなことは避けたい。気象は、どんな分野とも関係するし、中でも、未来を表す数値予報データは、極めて有用だ。防災はもちろん、観光、交通、医療、製造、サービス、趣味・娯楽等あらゆる社会・経済活動で、直接に、間接に、他分野のデータとともに活用され、よりよい社会の実現に貢献することが期待される。

そのためには、数値予報データが誰にでも、どんなシステムからでも、手軽に、適切に使うことができる環境が構築されるよう、情報通信分野との連携や普及・啓発などの取り組みを進めたい。そして何よりも、更なる精度向上が欠かせない。精度の善し悪しは、データ活用の幅と直結する。それに、データやサービスは容易に国境を越えてくるため、外国の数値予報センターに遅れをとるわけにはいかない。庁外の多くの研究者、関係機関等と目標を共有して連携を進め、戦略的に、持続可能な形で技術開発に取り組みたい。諸先輩、関係各位のご支援をよろしくお願いします。

大林正典（気象庁地球環境・海洋部長）

「今後の数値予報への期待」

私は、昭和最後の年に数値予報課で現業を経験した後、平成の始まりに予報課に異動して降水短時間予報(降短)担当となりました。当時、降短はNAPSのメインフレームで実行されており、数値予報課の担当者と協力して開発していました。その頃は、数値予報結果が予報作業の中心となり、新 L-ADESS 端末で GPV の利用も始まる等、気象業務の根幹としての数値予報の地位が固まった時期でした。実況補外を基本とする降短は過渡期の技術であり、早晚数値予報にとって代わられるという見方が優勢だった数値予報課では、降短担当は若干肩身の狭い思いもされていたようでした。

それから 30 年。予報課イントラのツールで予測精度を調べてみると、FT3 では、降水の有無(10km 平均 1mm)では MSM の精度が 2007 年頃から実況補外型予測(EX6:盛衰予測を含む)を上回るようになって一方、強雨(同 20mm)では、まだ EX6 を下回っています。

近年、強雨域補外の改良や地形性降水予測に利用する数値予報予測値の精度向上等による EX6 の改善と、性能の上がった MSM・LFM とのマージ手法の改善等により、降短の予報精度は、格段に向上してきています。一方でスコアの改善幅が徐々に小さくなってきており、更なる改善が難しくなっているようです。

線状降水帯等の豪雨の短時間予測改善は防災上の最重要課題であり、降短のブレークスルーにつながるデータ同化技術、モデル技術の高度化を最も期待しています。

竹内義明（気象研究所所長）

「還暦の先の未来へ」

60周年お慶び申し上げます。私の出生が現業数値予報業務の開始と同じ年度なので感慨深いものがあります。

これまで主にリモートセンシングを通して数値予報に関わってきましたが、この分野はまだまだ発展の余地が大きいと考えます。

地上観測については、二重偏波フェーズドアレイドップラーレーダの全国展開という究極の目標を目指して進化するレーダーに加え、地上 GNSS(海陸とも)や放送電波を用いた大気データの即時同化利用が期待されます。

衛星観測については、可視・赤外の高頻度高解像度観測、GNSS 掩蔽観測等に加え、静止衛星ハイパースペクトルサウンダや衛星レーダ・ライダーによる全球高解像度三次元大気海洋データの短期から季節予報への利用が期待されます。近い将来、台風発生・急発達を含めた台風生涯予測も実現することでしょう。

数値予報結果の見せ方もずいぶん変わると思います。昨年度大阪管区気象台長として地方気象台を視察した際の若手職員とのダイレクトトークでは「受け取った住民が数日後に予想される天気や災害を仮想体験できるような仕組みができているだろう」と話しました。

結びに、長年にわたって数値予報業務やプロダクト利活用に携わってきた皆様、その基礎研究に取り組んできた皆様、予算・施設面から支援頂いた皆様、更には将来これらの役割を担う皆様に対して深く敬意を表します。

藤田司（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課海洋気象情報室長）

「今後の数値予報への期待」

入庁 6 年目、私は本庁予報課に在籍していましたが、メソ量的予報と仮称されていた 20km メッシュ予報を準備する時期にあって、主任予報官が「数値予報なんて昔は道楽でやらせていたようなものだ」と語っていたことを記憶しています。その言葉の前段は「今でこそ重要な技術になっているけれど」というものでした。およそ 25 年前、数値予報の精度向上が気象予報に人が不要な時代が来るとさえ思わせた時期のことですが、時代の変わり目の一つだったようです。

その後、モデリングだけでなく、関連する様々な技術が大いに進んで精度は飛躍的に向上しました。道楽は実用技術となり、基盤技術とまで呼ばれるようになって久しいところです。その道のりは平坦だったということではなくて、いつも足りない資源のやりくりや効率化の努力に加え、執念と言ってもよいほどの開発者の情熱に支えられてきたと思います。

数値予報の進歩に伴い、天気予報を含む防災や産業振興などにおける利用も大きく広がり、予報者の役割も変わってきています。同時に、より詳しく、より精度の高い情報が求められるようになっています。将来は、24 時間生活の隅々で活用されるのかもしれませんが。便利ですね、きっと。でも、実用だけでなく、自然の探求という気持ちで最高の気象シミュレータを開発できるとよいなど個人的には思います。それは必ず役に立ちますし。いかがでしょう。

大野木和敏（気象研究所研究調整官）

「系統誤差の小さなモデルへの期待」

長期再解析 JRA-25 と JRA-55 を担当した経験から述べたい。長期再解析は現業全球解析予報システムに準拠していることから、その性能は使用したシステムの性能を示していると言ってもよい。最初の JRA-25(2004 年 3 月のシステム準拠)は熱帯低気圧や降水量の解析精度は優れている

たが放射収支や気温の鉛直分布等には問題が多かった。当時、データ同化の開発で新しい衛星データを入れると予報スコアが悪化する問題があったが、モデルの系統誤差が大きいことによる観測データとの間の不整合が理由とみられる。次の JRA-55(2009 年 12 月のシステム準拠)では、放射過程等が改良されたモデルを用い、衛星を含む観測データの品質管理や利用法を丁寧に調整した結果、その品質は JRA-25 から大きく改善された。2010 年代には数値予報課での物理的整合性のとれたモデル開発の方針と、並行して開発管理サーバの利用、NAPEX や各種評価ツール類の整備が進み、現業モデルの物理過程が大きく改善された。それらの成果を導入した

新しい再解析 JRA-3Q(2018 年 12 月のシステム準拠)では JRA-55 からの品質改善が確認されている。系統誤差の小さなモデルであれば観測データとの整合性がよくなり新たな衛星データを導入しやすく、気候解析、季節予報や気候予測でも利用しやすい。気象庁モデルが系統誤差の小さな優れたモデルとして世界中から高く評価されることを期待したい。

石田純一（札幌管区気象台気象防災部長）

「今後の数値予報への期待」

この度は、「数値予報 60 周年誌」を発刊されるとのこと大変おめでとうございます。

平成 7 年に数値予報課に配属となった後、若干の出入りはあったものの、昨年度末までで、通算ではおよそ 20 年数値予報課で働かせていただきました。心に残っていることはいろいろとありますが、直近の出来事として、「2030 年に向けた数値予報技術開発重点計画」(以下、重点計画)策定と英国気象局・欧州中期予報センターへの出張調査を挙げます。

重点計画では、「豪雨防災」、「台風防災」、「社会経済活動への貢献」、「温暖化への適応策」といった 4 点を重点目標として掲げることができました。掲げている目標はチャレンジングではありますが、これらに対する社会のニーズが増加してきていることは現職でも痛感しているところです。

また、出張調査では英国の両機関における開発管理(開発体制、開発プロセス、開発計画、部外連携、人材育成など)について聞き取り調査をさせていただきました。多くの点で学ぶところがありましたが、総じて言えることとして、凡人では気づかないこれさえやれば大丈夫というような特効薬は数値予報開発には存在せず、当たり前のことを当たり前のこととして、継続してやり抜くことが大事ということです。

これまでの数値予報開発を地道にこつこつと継続してきたからこそ今があるものと思います。重点目標の達成に向けて、しっかりとした開発管理のもと、一步一步着実に開発を進めていけば、チャレンジングな目標であってもいずれは達成し、今後増加する社会ニーズにもいずれ応えられるものと信じております。数値予報 70 周年、80 周年…とさらに発展していくことを期待しています。

高田伸一（福岡航空地方気象台長）

「今後の数値予報への期待」

数値予報 60 年おめでとうございます。私も今年度で 60 歳となること、数値予報課には 3 回計 16 年間在籍したこともあり、感慨深いものがあります。

現在地方官署にいますが、数値予報課に在籍していた時より、数値予報の精度向上が非常に重要であると感じます。気象分科会提言「2030 年の科学技術を見据えた気象業務のあり

方」において、観測・予測精度向上のための技術開発を推進することが示され、また気象審議会では気象・気候予測の根幹である数値予報の技術開発を推進していくための「2030年に向けた数値予報技術開発重点計画」が策定されました。本庁組織改編に合わせ、数値予報業務は今までにない大きな変革の時でしょう。外との連携、人材育成・獲得、開発のマネジメント強化など改善すべき多くの課題があると思いますが、今後の変革に期待しています。

60年前にはたぶん天気予報はあまり当てにされていなかったと思います。20年前には天気予報で列車の計画運休や住民の事前避難が行われることなどありませんでした。今後も数値予報の精度向上及びその有効利用により社会活動は大きく変化してゆくでしょう。数年前、数値予報課に在籍していた時に、あるAIの関係者に数値予報データを渡したことがあります。その際、その方は上空の風と気温の予測精度が高いことに驚いておられ「これは日本の宝だ」とおっしゃっていました。今後も多くの困難があるでしょうが、「日本の宝」がさらに輝きを増し、その宝がもたらす社会変化を退職後も楽しみにしています。

永田眞一（甲府地方気象台長）

「今後の数値予報への期待」

数値予報課を卒業してから約2年、大阪府及び山梨県の各自治体の防災対応を支援する業務に携わってきました。首長訪問を行った際にも多くの首長から、気象庁が発表する各種予測情報の精度向上について（リップサービスもあると思いますが）お褒めの言葉をいただいております。その一方で、各自治体が効果的・効率的な防災対応を行う上で最も必要としている集中豪雨の予測精度（量・時間・場所）については各自治体防災担当者の満足いただくレベルに達していないのが実情で、大幅な精度向上の要望をいただくことも少なくありません。

気象現象のさらなる局地化・集中化・激甚化が見込まれる中、気象災害による人的被害を防ぐためには、各自治体それぞれの実情に即したきめ細かな高精度気象予測に基づく自治体支援が必要不可欠であり、それが気象庁・気象台へのさらなる信頼強化につながります。「2030年の科学技術を見据えた気象業務のあり方」では、集中豪雨や台風の予測について中期的かつ極めてチャレンジングな目標が設定されていますが、きめ細かな自治体支援という観点ではこの目標でも不十分な状況です。数値予報モデル開発に携わる皆様におかれましては、気象庁・気象台が地域防災支援に数値予報が極めて重要な位置づけとなっていることを今一度ご認識いただいた上で、「・・・あり方」で掲げた目標のさらに先を見据え、英知を結集させて開発を推進していただくことを期待いたします。

豊田英司（気象庁予報部情報通信課主任技術専門官）

「今後の数値予報への期待」

この60年で数値予報は、学者の夢から予報業務の基幹となるまで成長しました。それは高速化する計算機に支えられた力学的予測の勝利でありました。一方で通信網の発達により、グローバル化する海外機関と比較されることは避けられなくなりました。これまで築いたシステムを維持精緻化することも大切ですが、日本で国費を投じて数値予報する意義が理解されるためには、新たな価値創出に向けた挑戦が不可欠です。

個人的には、次の3つに期待します。

まず機械学習ダウンスケーリング。週間予報後半に総観場への地形応答を加味することにはメソ力学モデルより経費効率的で防災的にも評価されると予想します。

ついで時間軸方向での機械学習予想。いかにも素人ばい発想であるが故に予測可能性限界を実践把握していて欲しいところです。

三つ目はこのような挑戦(具体は違ってでもいいのです)を支援するために、庁内外問わずより多くの若い才能がより生のデータに触れられる環境を作ることです。IT 界では地方を超え、組織の垣根を越えて巨大データを共有することが夢ではなくなっているのですから、活用しない手はありません。

数値予報課は離れましたがこんなことを考えつつ時折無理を言うつもりです。よろしくおつきあいください。

木村陽一（気象庁観測部観測課観測システム運用室主任技術専門官）

未来を見通したいとの人類の欲求に沿って、将来の天気を予想する数値予報技術は発展してきた。

一方、たった一つの見通しだけを頼りにする決定論的手法の限界もわかり、確率予報、アンサンブル予報による、幅をもった未来予測表現技術も用いられているところである。

その結果、将来の予想として、Aの見通しもあればBの可能性もある、という状況が出現し、今度は逆に、「結局AなのかBなのかどっちなの？」との、素朴すぎて答えに窮する場面が出現している昨今である。このような状況に対して、皆さんは、どのように説明しているのであろうか。

Aが起きる可能性はX%程度、Bが起きる可能性はY%、よって適切な意思決定としては、、、と、コストモデルを用いて定量的に検討することもできるところではあるが、こうした議論は科学者グループ内では理解が進んでも、一般にはなかなか通じない。

そんな状況で使えるフレーズが気に入っていて、私は様々な場面で多用しているので、それをもって数値予報開始 60 年目の私の考え方としておきたい。

明治末から昭和初めにかけて、短い人生を駆け抜けた金子みすゞの詩からの引用で、「みんなちがって、みんないい」。

大和田浩美（気象庁観測部計画課気象技術開発室課長補佐）

今年は現業数値予報業務を開始して 60 周年の年とのことで、心よりお祝い申し上げます。その間の 13 年間で数値予報課で過ごさせていただいたことを懐かしく思い出すとともに、すばらしい方々とご一緒できたことを今でも誇りに思っています。

数値予報課で過ごした 13 年間で、一番思い出に残っている年は 2011 年度です。震災後の 2011 年 4 月に 2 度目の転入をしました。そのときの数値予報課は環境緊急対応の当番でみな疲れ切っていましたが、わたしが配置された観測データ処理グループは非常に雰囲気がよく、仲間に恵まれ、自分の気持ちはいつも前向きでした。そして「いつか GSM を世界一のモデルに」と強く願いながら、GNSS 掩蔽データ同化の開発に取り組み始めました。

観測データ処理グループでは、今でもそうだと思いますが、それぞれが個別の測器や衛星の主

担当となって開発を進めます。当時、周囲の仲間たちとは、自分の担当以外の測器や衛星についても広く情報共有することが日常になっていて、そのおかげで自分の担当している GNSS 掩蔽データ同化の改良が大きく進みました。世界一になるためには、自分の担当以外の分野についても知る努力が必要と、このときから確信するようになりました。わたしにとって 2011 年度は、今自分が持っている開発に対する考えの基本ができた年度でもあったと思います。

当時の仲間は、ほとんどがその後数値予報課を離れ、今はそれぞれの部署で大活躍しています。部署が変わってもみな、いつか GSM が世界一のモデルになることを願いながらそれぞれの業務を頑張っていると思い、それを励みに思いながら、自分も慣れない仕事を頑張っています。いつか GSM が世界一のモデルになりますように。

岡本幸三（気象研究所気象観測研究部第三研究室長）

「数値予報への期待:衛星利用の立場から」

私が数値予報課に入ったのは 1996 年ですが、それ以来衛星の利用、特に数値予報初期値作成のためのデータ同化に携わってきました。当時は 60km 分解能の全球モデル、最適内挿法による解析、衛星データは赤外サウンダによる鉛直気温分布データや静止衛星による大気追跡風などが運用・利用されていました。しかし、外国の数値予報機関では変分法を用いた輝度温度の同化という、その後の数値予報精度を大きく向上させる開発・現業化が進み、気象庁でもこの分野の強化が始まったところでした。数値予報課での最初の仕事は、1次元変分法を用いた赤外サウンダの処理という重要な課題を与えていただき、内外の専門家の方々から教を請いながら仕事を進め、現業化したことを思い出します。

その後今日に至るまで、衛星データの同化は、衛星観測やデータ同化システムの高度化と合わせて急激に発展し、今日の数値予報システムを支える重要な基盤となっています。数値予報モデルが様々なプロセスを取り込み高度化・精緻化しているように、衛星データ同化も様々な衛星を取り込み、また全天候・全地表面というあらゆる条件での利用に向けて高度化・精緻化が行われています。地球環境や自然災害の把握・予測をさらに正確・適切に行っていくためには、衛星観測システムを維持・発展させ、観測情報をこれまで以上に有効に活用できるよう数値予報システムを高度化させていく必要があります。これを今後の数値予報に期待するとともに、自らの課題として研究・開発を行います。

藤田匡（気象研究所気象観測研究部第四研究室主任研究官）

昨年度まで数値予報課に在籍させていただき、先輩がたの築き上げられた高度なシステムを直接拝見し、問題発見から開発、現業化、運用にわたる多くの開発者の皆様の継続的な取り組みによりさらなる高度化、精度向上が達成されていく過程に触れさせていただく機会が与えられましたのは貴重な体験でした。

同時に、システム全体がますます大規模になり、それぞれの分野に高い専門性が求められ、相互に及ぼす影響にも意識が求められるようになり、また、プロダクトとしての有効性も示すことが重要となるなど、課題が高度で広範囲になってきており、開発はもちろん、課題への取り組みの企画立案や運用管理、開発基盤の整備も重要性を増し、多くの力が注がれておりますことも拝見いたし

ました。

予報業務の基幹である数値予報技術に多くの方々のご尽力により高い成果が挙げられておりますことに敬意を表しまして、今後の数値予報のさらなる発展に期待いたします。

石橋俊之（気象研究所気象観測研究部第三研究室主任研究官）

「今後の数値予報への期待について」

今後の数値予報に期待することはさらなる高精度化である。過去 20 年のデータ同化の研究開発では、4次元変分法等への同化手法の高度化と衛星輝度温度等の直接同化が精度改善に大きく寄与した。筆者はこのような流れの中で静止衛星輝度温度の直接同化や変分法バイアス補正改良版の現業化、誤差統計情報の高度化等の研究開発に携わってきたが、今後 20 年では以下を期待する。データ同化の研究開発はベイズ推定の良い近似系を構築することとも言えるが、2 つの方向がある。1 つは計算機の演算性能の向上による精度改善である。同化ではより大規模な統計集団の実現、予報モデルではより精緻な物理過程の実装等による精度改善がある。計算機環境は今後大きく変化する可能性があり能動的な対応が必要である。もう 1 つは解析的な進展である。同化では物理法則等先験的知見を統計集団に付加して高精度な誤差統計情報を生成する方法や計算や記憶量自体を抑制した計算手法の研究の進展を期待する。大気と海洋等の他媒体との結合同化、化学過程や精緻な雲物理過程との結合等多くの課題で両者が必要である。これらにより、既存観測や他媒体の観測からより多くの情報が同化されるようになる。気象場の社会基盤への影響の評価（広義の観測量演算子）の発展も期待する。数値予報の研究開発環境については、現業機関と研究機関の相互理解や知見・技術の相互利用、広時空間帯での評価、多様な人材が研究開発に専念できる環境を期待する。

小林ちあき（気象研究所気候・環境研究部第一研究室主任研究官）

「今後の数値予報への期待」

数値予報 60 年おめでとうございます。私は数値予報課に平成の始めに在籍し、その後、長期予報課(当時)や気候情報課、気象研究所等の部署で、数値予報と関連の深い業務にかかわってきました。その間、感じていることは、当たり前なようですが、数値予報は気象庁の重要な基盤技術であることです。今後、地球システムモデルの開発が目指されているように、この技術は、大気だけではなく、地球の水圏、気圏の全体の再現や予測に使われていくことでしょう。私自身は、大気、海洋、微量気体の全球の状態が、地球システムモデルによる再解析により、過去から現在まで再現され、そのプロダクトがさまざまな現象の理解に利用されることに期待しています。おそらく、数値予報プロダクトは、私たちが今思うより多様な使われ方が行われていくと思います。開発に携わる方には、ぜひ幅広い視野を持ち、各種課題に取り組まれますよう、期待しています。

平井雅之（札幌管区气象台気象防災部地球環境・海洋課長）

現業数値予報開始 60 年、おめでとうございます。小職は 2014 年から季節予報に関わっており、数値予報の予測結果を利用させていただいている観点から投稿します。

季節予報分野では、今年(2019 年)「2 週間気温予報」を開始し、週間天気予報の対象より先にあたる 2 週間先にかけての予報を拡充しました。小職の勤務している北海道地方では、今年は 5

月末(国内の5月の最高気温記録の上位19地点を北海道の各地点が独占)、7月末から8月初め(札幌の電気店で扇風機の在庫切れが話題に)、10月初めと立て続けに記録的高温に見舞われましたが、いずれの事例も数値予報の予測結果をもとに顕著な高温となる可能性を早期に注意喚起することができました。また、1か月予報の分野でも、近年は非常に高い確率予報値を付けられることが多くなり、シグナルの大きい予報を発表できるようになってきました(例えば、毎週1回発表している全国4区分の向こう1か月の気温の3階級予報確率値で70%以上の大きい値を付けられた事例数は、約10年前の2006年~2010年の5年間で42回に対し、2016年~2019年8月の3年8か月間で118回)。さらに、長期予報の分野では、10年前は予報検討においてエルニーニョ/ラニーニャ現象の動向以外の数値予報の結果はあまり考慮されず、ENSOと日本の天候の統計が重視されてきましたが、近年では数値予報の大気循環場の予測結果が重視され、初期値変わりも小さくシグナルを適切に捉えてられるようになってきました。

このように、近年は季節予報の現場でも、数値予報の予測精度の向上を実感できるようになってきました。それでも、現状では季節予報にとっては予測精度の向上の余地は大きく、今後の進展が期待できます。

村井臣哉（網走地方気象台予報官）

「あれから10年、そして次の10年へ」

2002(H14)年から8年間、数値予報モデルの開発に携わらせていただく機会がありました。ちょうど「数値予報50年」の節目を迎えた前後です。それから約10年経ちますが、数値予報研修テキストや数値予報課報告等を拝見する度に、十年一昔どころか、五年、三年一昔の勢いで数値予報モデルが変化していることを実感します。

開発に関わった当初、水平60km相当のT213L40だった全球モデルが、在籍中に20km相当のTL959L60にまで高解像度化し、物理過程にも様々な改良が加えられました。そして、現在に至るまで、小職の開発の痕跡がないほどに更なる改良・開発が進められ、発展しています。

今から10年後も変わらず、数値予報モデルの予測精度が求められ続けるでしょう。しかし、これを利用する側の環境は大きく変化し、気象庁の予報の現場では、少ない人数で、より多量の情報を、もっと効率的に利用することが求められます。このため、数値予報結果の「見せ方」にも更なる工夫が必要になると想像します。各気圧面の予想図を頭の中で合成して時間変化させて考える時代から、低気圧等の予想が三次元的に可視化され、立体構造を瞬時に理解できる時代へ変わるかもしれません。AI技術との融合も計画されているようですし、次世代の数値予報に期待しています。

今野暁（気象庁予報部業務課技術開発計画係長）

今後の数値予報への期待として、私がとある空港出張所で勤務していた時に同僚と話した夢のようなお話を紹介しようと思います。当時の空港出張所では日中二人体制で勤務し、一人は観測当番としてMETARやSPECIを打つ担当、もう一人は解説当番として天気図の解析やパイロットへのブリーフィングなどを担当していました。その日の空港の天気は悪くなく、一通り仕事を終えて、ふと貼ってある天気図を二人で見たときだったかと思います。

「白黒の FAX 天気図の上にトラフをどう書くか」といった話から、「色つきの天気図の方が普通に見やすいだろう」という話にいたり、「こんなものよりも 3 次元で表示するとかそのうち出来るようになるだろ」、「近い未来では予報官がゴーグルをつけて数値予報の世界に入り込んで作業するようになって、粘土を捏ねるように初期値を捏ねて、即座に思った通りの数値予報を実行できたりするのでは無いか」と話が膨らんでいきました。

予報業務では実況と予想の比較が基本ですが、比較の手法やツールの開発も重要と思います。AR や VR といった数値予報の世界に入ったり、現実と重ねたりするシステムが出来れば、防災のみならずモデル開発にも一役買うのでは無いかと思っております。

佐野達哉（大阪管区気象台気象防災部通信課）

数値予報開始 60 周年、おめでとうございます。この 60 年の直近の 1 年半ほど、周辺に携わっただけの若輩で僭越ではございますが、期待のほどを申し上げたく存じます。

私が期待するのは、「数値予報データをより広汎に公開し、使ってもらおう」ことです。

数値予報に携わった折感じたのは、独自のデータの多さです。他に類を見ないデータを扱う故に無理からぬことと承知してはおりますが、その内容・形式とも極めて専門性が高く、とすれば排他的とさえいえる形式で(数値予報だけに限定した話ではないのですが)、オープンデータの潮流には不向きと考えています。また、利用に相応の識見が必要で、これも世に公開しづらいことに拍車をかけていると思います。

無論、数値予報の極めて膨大なデータ量を鑑みれば、ハードウェアが進歩したとはいえオープンデータ化には些か多くのハードルがありましょう。しかし、自宅に居ながらにして数値予報資料が見られれば大変魅力的ですし、世に広く公開したデータが有識者諸賢のアイデアを引き出すとも考えます。

60 周年を迎えた数値予報は、極めて専門的な知見の塊です。その貴重な財産を、幅広く公開するとともに使ってもらえるように普及啓発することができれば、これまで以上に数値予報の価値が世に認められると感じています。その専門性を維持したまま、門戸を広げデータと知見を広汎に提供する…両極とは存じますが、数値予報へ期待することでございます。

木南哲平（気象庁予報部数値予報課技術専門官・NOAA/NCEP 派遣中）

今後の数値予報にはまずシステムの共通化・簡易化を期待する。その上でこそシステムの更なる高度化が可能である。小職は数値予報課に 2018 年 10 月まで 8 年間在籍した後、NOAA/NCEP へ 2 年間の予定で派遣中である。NCEP/NOAA は大学や NASA、軍などとの連携が活発で、その開発コミュニティは JMA/NPD に比べて巨大である。各機関はそれぞれの目的・視点から開発を進め、その成果物は GitHubなどを介してマージされる。また、NCEP の予報モデルである WRF やデータ同化システムである GSI はコミュニティ版のパッケージが DTC を通じて公開されており、メンバー登録すれば誰でも利用可能である。GSI は全球・領域解析のいずれにも対応しており、アンサンブル同化も実行できる。用途が広く、利用のハードルが低いからこそ多くの研究者に利用してもらえ、さらに利用者から開発者側へと巻き込むこともできるだろう。さらに、次世代の統合データ同化システムとして開発が進められている JEDI では Docker や Singularity などのコンテナや AWS も利

用可能であり、自前のスパコンを持たない一個人でも開発に参加できる。参加者が増加する一方、コードの配置や文法、実行手順の標準化とそれらに対する自動チェック機能も整備されおり、システムの肥大化・複雑化を抑える努力もなされている。気象庁でも持続可能な開発のために部外連携はますます重要になると思われるが、残念ながら現在の気象庁システムは部外研究者にとっては使いづらい側面があるのではないかと思う。気象庁でもシステムの共通化と現代のネットワーク技術に適応した開発体制構築が進むことを期待している。