



支部長就任あいさつ

日本気象学会東北支部長

加藤 孝志



6月の東北支部第1回理事会において第34期支部長に選出頂きました、仙台管区気象台長の加藤 孝志です。どうぞよろしくお願いいたします。

最初に、簡単に自己紹介させていただきます。私は気象庁に入り、今年で33年目になります。主に地震火山部署での勤務が多く、今回縁あって仙台管区気象台で勤務することになりました。私の東北への思いのひとつに、東日本大震災が挙げられます。2011年3月11日の発災当時、東京の地震火山部管理課で勤務しており、地震直後の地震火山オペレーションルームでただならぬことが起こったと感じた衝撃や、甚大な数のの方々がお亡くなりになり、津波警報などの運用に携わっていた者としての自責の念は今でも私の脳裏から消え去ることはありません。

近年、豪雨などによる自然災害が局地化、集中化、そして激甚化する傾向があります。昨年7月中旬には、秋田県で梅雨前線による大雨があり、今年7月下旬にも、秋田県・山形県で梅雨前線による大雨があり、山形県では大雨特別警報を発表する事態になりました。この大雨により、広い範囲で土砂災害や河川の氾濫、内水氾濫が発生し、人的被害、多数の床上・床下浸水などの住家被害が発生しています。

このようななかで、国民の安全・安心を守るために、気象庁では地方公共団体や防災関係機関と連携した地域防災への

支援を一層強化しているところです。この取組については、今年3月発行の支部だより第98号のTOPICで「気象台の地域防災支援への取り組み」として掲載しています。

また、安全・安心な社会を構築するためには、諸現象のさらなる究明と予測精度の向上が求められ、気象学会の役割はますます重要となっています。昨年10月23日～26日に仙台国際センターを会場として4日間にわたり開催された日本気象学会2023年秋季大会では、全国各地から多くの会員の方々が集い、総発表件数は508件ありました。このうち口頭発表が386件、ポスター発表が122件で、口頭発表は過去最多の件数となりました。参加者数は875名となり気象学への関心が高まっていることが伺えます。

今年度の主な活動として、昨年度は秋季大会が仙台で開催されたため開催しなかった支部気象研究会は、今年度は例年通り、仙台管区気象台東北地方調査研究会との合同発表会の形式で開催予定です。これを通じ、研究部門と現業部門双方の問題意識や調査・研究の方向性についての相互理解を深めたいと思います。また、気象講演会については山形県で、サイエンス・カフェについては仙台管区気象台で開催予定です。

微力ではありますが、皆様のご協力を頂きながら活動計画を進めていく所存ですので、どうぞよろしくお願いいたします。

一筋縄ではいかない？ 全球雲解像気候モデリングの現状と今後

高須賀 大輔（東北大学）

はじめに

雲・水蒸気の挙動と降水活動は、地球大気の放射収支やエネルギー輸送と密接に関連することで、気候形成に大きく関与しています。また、近年の世界各地での災害（大雨や熱波など）の顕著化に鑑みると、空間スケールの小さい極端気象がその上位スケールの変動とどう絡み合って発現し、その階層関係は今後どうなるのかを全球的に理解する視点は、理学的にも社会的にもますます重要になると考えられます。

気候変動・変化の物理を論じる上で、全球気候モデルを用いた気候実験は今や欠かせないアプローチの1つです。しかし、水平解像度が100km程度である従来の気候モデルでは個々の雲・降水システムを原理的に表現し得ないため、雲が放射を介して気候に与える影響の推定や、雲が創発する気象システムや大気大循環の再現性に大きな不確実性を残してきました。この問題の解決に向けた1つの戦略として、全球kmスケールの水平解像度で個々の積乱雲を陽に計算し、幅広い時空間スケールのシームレスな描像の把握を目指す「全球雲解像気候モデリング」が待望され、近年の計算機性能の向上も追い風となり、国際的に黎明期を迎えています。

こうした情勢を踏まえ、本稿では全球雲解像モデリングをリードしてきた日本のアクティビティの一例として、筆者が携わっている全球雲解像気候実験に至るまでの取り組みと現状、今後の展望についてご紹介します。

全球雲解像実験：気象から気候スケールへ

日本における全球雲解像モデリングの歴史は、全球非静力学モデルNICAM (Tomita and Satoh, 2004; Satoh et al., 2008) の開発に端を発して以来、20年以上にわたります。全球3.5kmメッシュでの世界初の水惑星実験 (Tomita et al., 2005) を皮切りに、2000年代には季節内～季節スケールの様々な全球雲解像実験が達成されました。とりわけ、熱帯域で最も顕著な季節内振動で、全球の気象・気候場を大きく変調させるマッデン・ジュリアン振動 (MJO) のハインドキャストに世界で初めて成功したこと (Miura et al., 2007) は、雲システムの複雑な階層構造の再現や、水蒸気が介在するスケール間相互作用の理解に対する全球雲解像モデリングの有用性を示す大きなマイルストーンでした。

格子スケールの水蒸気や積乱雲の動態に対する局所応答（降水やメソ循環）を次々に陽に解く雲解像モデリングは、上述のような「気象」スケールの再現・予測と相性が良いことは想像に難くありませんが、 $O(10)$ 年以上のスケールの「気候」相手にはどうでしょう。この問題に初めて挑戦したのがNICAMによるAMIP-typeの30年気候実験 (Kodama et al., 2015) です。当時の計算性能の制約から、個々の積乱雲を解像するには粗い水平解像度（14km）での実験でしたが、積雲システムが関わる現象（台風や上層雲など）の統計的性質や将来変化の議論に一石を投じる土台となりました。その後、雲物理・放射過程などの改良を経た新たな気候実験も、水平解像度14kmで実現されています (Kodama et al., 2021)。

見出された課題とさらなるモデル改良

一方で、気象スケールの実験では目立たなかった問題も顕在化しました。Kodama et al. (2021) の気候実験では、赤道を挟んだ2本の降水帯が気候場として熱帯太平洋に出現するバイアス（ダブルITCZ）や、MJOの活動を著しく過小評価する傾向が存在します。この問題は、水平14kmメッシュという解像度の粗さに起因すると思われるかもしれませんが、同一の物理過程の設定ではkmスケ

ールにまで解像度を細かくしても解決しないことがわかっています (Takasuka et al., 2024a)。

気候にとって重要な雲の側面は、個々の詳細な時間発展というよりは、集団的な対流の結果維持される雲／水蒸気-放射間の相互作用です。すなわち、初期値問題ではなく、熱力学的準平衡を満たすような境界値問題的な性質への対処を必要とします。もし雲の詳細の全て（ $O(1)$ mの乱流や雲粒の性質など）を表現できるならば、両者のシームレスな接続が理想として期待されますが、現状では無理な話と言わざるを得ません。また、格子スケールの局所強制と力学場が直接結合している雲解像モデルでは、雲物理・乱流過程の振る舞いがメソ循環の時空間スケールを左右し、連鎖的に大規模場に影響します。したがって、積雲対流パラメタリゼーションにおける準平衡仮定のようなマクロな制約がなく、ミクロな要素の積み重ねとして気候場を求める全球雲解像気候実験の再現性の向上には、不確実性が残る雲物理・乱流過程とメソスケールの熱力学的変動との関係をよく理解した上で、物理過程の改良を進めることが肝要と言えます。

以上の考えのもと、Takasuka et al. (2024a) では、特にメソスケールの水蒸気変動に着目しながら、NICAMの雲物理過程の調整・対流に伴う側方混合を部分的に表現する乱流スキームの導入を進め、気候場と大気変動成分の再現性の両立を達成しました。この物理過程の改良により、例えばKodama et al. (2021) の気候実験で見られていたダブルITCZバイアスは、同じ水平解像度（14km）であっても大幅に緩和しています（図1）。

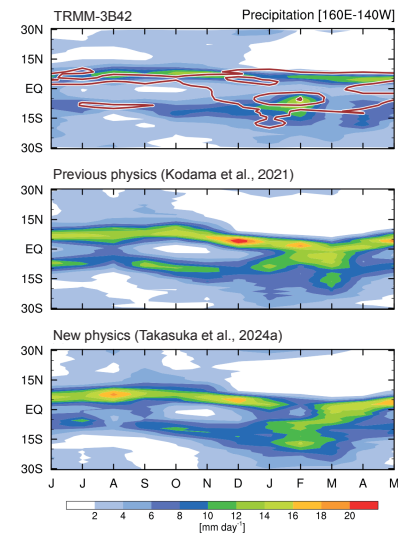


図1：中央太平洋における月平均降水量の緯度時間断面図

全球雲解像気候実験の現状

幅広い時空間スケールの再現性を担保する物理過程の確立を機に、水平3.5kmメッシュのNICAMで10年積分という全球雲解像気候実験に着手しました。計算規模は莫大で、スーパーコンピュータ「富岳」の約2%の計算ノードを通常利用して、ジョブ実行の待ち時間込みで約1年かかるものとなりました（出力データも苦渋の取捨選択でやっと1PB）。

これだけの大規模な気候計算のパフォーマンスはいかほどなのでしょう。まず、降水の統計的性質を確認しました（図2）。シミュレートされた平均降水分布は、ダブルITCZバイアスを有さず、熱帯の東西コントラストや中緯度のストームトラックに対応する降水帯

の位置など、現実の特徴をよく捉えています。また、日平均降水量（ $1^\circ \times 1^\circ$ 格子に粗視化）の頻度については、水平解像度14kmで見られていた極端降水の過大評価が抑えられ、衛星観測プロダクトの結果をほぼフォローしています。

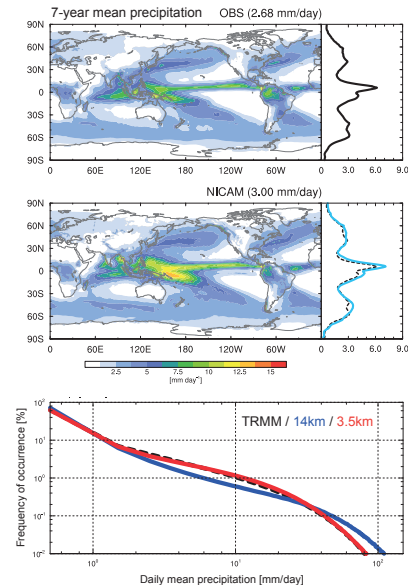


図2：年平均降水分布（上：GPCP、中：NICAM）と（下）熱帯域の日平均降水量の頻度分布

MJOや台風、梅雨といった季節内～季節スケールの現象の気候学的な性質を見ても、観測における重要な特徴が認められました。例えば、MJOの東進・適切な顕在化頻度・雲群の階層構造の再現は、従来の気候モデルが今でも苦しむ点ですが、NICAMの全球雲解像気候実験はこの問題を解決しています。また、熱帯低気圧の力学的再現性（例：最低中心気圧と最大風速との関係）も水平解像度14kmの実験と比較すると劇的に向上し、最大風速が64m/sを超えるスーパー台風や、それに伴う急発達も自然に表現できています（図3）。さらに、日本に極端降水をもたらす1つの要因である梅雨前線についても、その季節進行をよく再現しており、前線近傍での局所的に強い降水システムの組織化も自発的に見られました（図4）。このように、日スケールの変動から気候場に至る階層構造を可能な限りシームレスに表現した全球雲解像気候実験に成功した現状は、スケール間相互作用に関する研究を一層進展させていく好機にあると言えます。

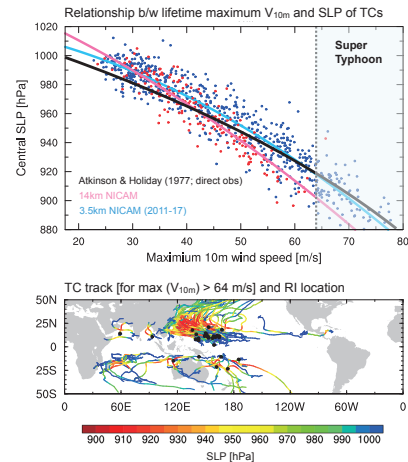


図3：（上）熱帯低気圧の最低中心気圧と最大風速との関係、（下）スーパー台風の経路と急発達位置（黒点）

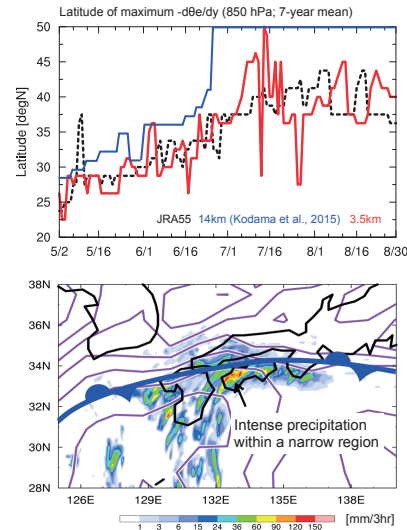


図4：（上）梅雨前線の緯度の時間変化、（下）梅雨期のある3時間における積算降水量

今後の展望

冒頭に述べたように本分野の進展はここ数年で目覚ましく、欧州や米国でも複数の大型プロジェクトのもとで全球kmスケールの気候モデル開発および実験が精力的に進められています。この流れを受けて、気候スケールを見据えた通年実験による全球雲解像モデル間比較 (DYAMOND3; Takasuka et al., 2024b) を計画中です。大循環やその季節進行といった大規模場の表現はどの程度ばらつき得るか、そのばらつきはメソスケールの表現の差異とどう関係し得るか、といった観点からの活発な議論を通じて、全球雲解像気候モデルに共通する問題の整理とモデル開発へのフィードバックが期待されます。また、現状では数少ない大気海洋結合kmスケール気候実験へ向けた動きも加速していくでしょう。実際、NICAMと海洋モデルCOCOを結合した全球雲解像・海洋渦解像気候実験もすでに開始しています。

一方で、様々な時空間スケールの現象・平衡状態を適切に表現するアプローチは、高解像度化を突き進めるだけが唯一ではないかもしれません。我々が熱力学のマクロ変数を知るのに、ミクロな分子運動を逐一計算する必要はないことと同じで、Miura et al. (2023) が指摘するように、離散的なスケールをうまく繋ぐ新たな表現方法を探る余地はまだありそうです。

謝辞

本稿の内容は、科研費の学術変革領域研究 (B) 「DNA気候学への挑戦」における計画班「全球雲解像気候モデリングへの挑戦」での取り組みに基づきます。特に、領域代表の三浦裕亮准教授（東京大学）と計画班代表の小玉知央副主任研究員（JAMSTEC）に謝意を表します。また本計算は、HPCIシステム利用研究課題（hp210085, hp210166, hp220132, hp230108, hp230278）を通じて、スーパーコンピュータ「富岳」の計算資源の提供を受け、実施しました。

参考文献

Kodama et al. (2015): <https://doi.org/10.2151/jmsj.2015-024>
Kodama et al. (2021): <https://doi.org/10.5194/gmd-14-795-2021>
Miura et al. (2007): <https://doi.org/10.1126/science.1148443>
Miura et al. (2023): <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-22-0128.1>
Satoh et al. (2008): <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2007.02.006>
Takasuka et al. (2024a): <https://doi.org/10.1029/2023MS003701>
Takasuka et al. (2024b): <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4458164/v1>
Tomita and Satoh (2004): <https://doi.org/10.1016/j.fluiddyn.2004.03.003>

2023年度
日本気象学会東北支部第2回理事会

日時：2024年2月26日（月）10時00分～11時30分
（Web開催）

- 議題1. 2023年度事業報告
- 3 東北支部気象講演会
- ・今年度は秋田県での開催となった。昨年度まではコロナの影響もあり、Web開催や、対面とWebのハイブリッド開催としていたが、今年度は対面開催とした。
- 5 気象サイエンスカフェ東北
- ・コロナ期間中、開催ができなかったが、今年度は対面開催できた。
- 議題4. 2024年度事業計画案
- 3 東北支部気象講演会
- ・来年度は山形県で開催予定となる。
- 5 気象サイエンスカフェ東北
- ・日時・会場等は今後検討していきたい。
- 議題7. 検討事項
- 議題6「支部長会議報告」中の議題③「今後の気象学会の大会のあり方について」に関して主に以下の意見が出た。
- ・気象台の業務は地域防災関係にシフトしてきており、学術的なほうに近い大学関係者の方などに応分の負担をお願いする形が望ましいと感じている。
 - ・大学側の人員も潤沢ではなく、地方での身の丈にあった状況でできるところを行うことを検討してほしい。
 - ・次の仙台大会では今回携わった気象台の職員はほぼいないと思われるので、ノウハウがない状態となることが課題。
 - ・大会の間隔が11年周期となると、地方にとってはノウハウの継承がほぼ無い可能性が高く、地方でしか行えないこと以外は、本部で行うのが良い。
 - ・本部で秋季大会のノウハウを蓄積もっとサポートしてほしい。
 - ・仙台固有のノウハウがあれば、どのように継承するかが課題。
 - ・昨年の仙台大会の規模では外部委託を考える必要がある。徐々に大学関係者が中心になっていくことが必要と感じる。

2024年度
日本気象学会東北支部第1回理事会

日時：2024年6月25日（火）15時00分～17時00分
（対面及びWeb開催）

- 議題2. 理事欠員のための補充
- 理事1名が欠員となったため、支部規則及び支部細則の規定に基づき、理事会の推薦によって、理事1名を補充することが承認された。
- （理事の補充）
- 日本気象予報士会 杉山 公利氏の後任として、日本気象予報士会 岡前 憲秀氏を補充する。
- 議題9. 2024年度事業計画案
- 3 東北支部気象講演会
- ・今年度は山形市で開催する方向で準備を進める。来年度は青森県での開催。
- 4 東北支部気象研究会
- ・今年度は気象台の東北地方調査研究会と合同開催で、12月2日～3日を予定している。
- 6 日本気象学会小倉奨励賞などへの推薦
- ・相応しい方がいれば推薦をお願いしたい。小倉奨励賞は2月が推薦メ切となる。
- 議題10. 2024年度予算案
- ・今年度の本部からの交付金は、気象学会全体の予算的な事情から、支部の前年度繰越金分が差し引かれた金額が送金される。
- 議題11. 検討事項
- 1 支部事務局の今後の運営と、支部として維持・発展させていくべき活動について（報告）
- ・昨年度第二回理事会での意見を報告。
- 2 支部事務局雑務の業者委託について
- ・今後、気象台の支部事務局の雑務に関して、一部業者委託する方向で了承した。
 - ・業者委託に際して、経費削減を検討する必要がある、支部だよりの印刷・発送を取りやめる方向で検討しており、会員の方々の意見を聞くこととする。

日本気象学会東北支部第34期役員選挙結果について
（投票結果の公示）

日本気象学会東北支部 選挙管理人 岩淵 弘信

このことについて、2024年5月20日に投票を締め切り5月24日に開票した結果、下記の通り当選者が決まりましたのでお知らせします。

1. 役員数		3. 得票数（五十音順）	
在仙理事	8名	在仙理事	加藤 孝志 74票
地方理事	2名		中野 裕 73票
会計監査	1名		森本 真司 72票
		地方理事	有賀 孝幸 74票
		会計監査	武田 新一 74票
2. 投票状況		4. 投票結果	
有権者数	139	日本気象学会東北支部細則第7項により、すべての候補者が有権者の10分の1以上の得票を得て当選されました。	
投票者数	74		
投票率	53%		

日本気象学会東北支部気象講演会のご案内

- 日時 令和6年11月2日（土）午後
- 会場 山形県生涯学習センター 遊学館 第1研修室（3階）
山形県山形市緑町1丁目2-36
※対面開催の予定です。
- 入場料 無料
事前申込による登録制とします。
問合せ先：山形地方気象台
TEL：023-622-0632
日本気象学会東北支部事務局（仙台管区気象台内）蒔苗
TEL 022-297-8162 E-mail：tohoku-admin@tohoku.metsoc.jp

※今回の気象講演会について、テーマ、講師、聴講申込方法、後援機関等が確定しましたら、気象学会東北支部ホームページ（https://www.metsoc.jp/tohoku/）および東北支部の個人会員登録電子メールアドレス宛メールによりお知らせします。

第12回気象サイエンスカフェ東北の開催について

日本気象学会東北支部では、今年度は、日本気象学会東北支部、日本気象予報士会東北支部、東北大学理学研究科気象学・大気力学分野の共催で、気象サイエンスカフェ東北を開催いたします。この催しは、一般の方とテーブルを囲み、専門の人を交え、ざっくばらんに議論したり、意見を交換したりします。

日本気象学会東北支部の皆様にも、ぜひご参加頂けますよう、お願いいたします。

- 日時 令和6年12月21日（土）午後（予定）
- 会場 仙台第3合同庁舎2階大会議室
仙台市宮城野区五輪一丁目3番15号
- テーマ 「線状降水帯を知る、再現計算をトライする」～気象モデルの実行環境Web AI CReSS SEを活用して～
- 話題提供者 東北大学理学研究科 伊藤純至准教授
- 入場料 無料（事前申込による登録制の予定です）
- 補足 サイエンスカフェ終了後には気象台見学会を予定しています。
- 共催 日本気象学会東北支部、日本気象予報士会東北支部、東北大学理学研究科気象学・大気力学分野
- 問い合わせ先 メール：tohoku-admin@tohoku.metsoc.jp
郵送先：〒983-0842 仙台市宮城野区五輪一丁目3番15号
仙台第3合同庁舎 仙台管区気象台地域防災推進課内 日本気象学会東北支部事務局宛

※今回の気象サイエンスカフェ東北について、詳細が決まりましたら、気象学会東北支部ホームページ（https://www.metsoc.jp/tohoku/）および東北支部の個人会員登録電子メールアドレス宛メールによりお知らせします。

東北支部「気象研究会」の開催案内と講演募集

日本気象学会東北支部は、2024年度東北支部気象研究会を、仙台管区気象台と共催で次のとおり開催する予定です。多数の参加をお願いいたします。

なお、例年同様に、優れた研究発表は、日本気象学会東北支部発表賞により表彰します。

- 開催日時** 2024年12月2日（月）13時00分～3日（火）12時00分（予定）
※発表題数が例年より増える場合は、時間帯が変更になる可能性があります。
- 会場** 仙台第3合同庁舎 2階大会議室 仙台市宮城野区五輪1-3-15
<https://www.data.jma.go.jp/sendai/about/map/map.html>
- 開催要領** 通常の研究発表の形式で行う予定。並行してオンライン配信も実施予定。発表時間は質疑応答を含み1題15分程度。
- 参加費** 無料
- 講演申し込み方法** 題目、発表者名（連名の場合は講演者に○印を付ける）、所属機関名、代表者の連絡先（住所、電話、FAX、E-mail）、200字以内の要旨をメールまたは郵送で送付願います（メールによるお申し込みに対しては1週間以内に返信メールを差し上げます）。
なお、発表者が日本気象学会東北支部発表賞の受賞対象となることを希望する場合は、お申し込みの際に事務局までお知らせください。
また、発表者には気象学会東北支部から交通費の一部を補助できる場合がありますので、希望者はお申し込みの際に事務局までご相談ください。学部生・院生の会員も補助対象とします。
- 講演申し込み期限** 2024年11月1日（金）
- 講演申し込み先** 日本気象学会東北支部事務局 〒983-0842 仙台市宮城野区五輪1-3-15
仙台第3合同庁舎 仙台管区気象台気象防災部地域防災推進課内 日本気象学会東北支部事務局 蒔苗
TEL：022-297-8162 E-mail：tohoku-admin@tohoku.metsoc.jp
- 講演資料の提出期限** 2024年11月15日（金）
講演資料は、用紙A4 2枚まで メールまたは郵送で送付願います。
その他、ご不明の点は事務局までお問い合わせください。

事務局からのお知らせ

- 支部だよりのペーパーレス化について（意見照会）**
これまで支部会員の皆様には支部だよりを郵送しておりましたが、来年度からは郵送を取り止め、電子ファイル版を支部ホームページへ掲載し、会員の皆様には、支部メーリングリストを使用してお知らせすることを考えております。このことについて、ご意見等ありましたら、支部事務局あてメールまたは郵送にて、12月末までにご連絡いただけますと幸いです。
- 支部だよりのホームページ掲載とメールでのお知らせについて**
気象学会東北支部では、支部だより発行の際に、各会員に発送するとともに支部ホームページ（<https://www.metsoc.jp/tohoku/letters/letter.html>）に掲載しております。
また、気象学会に登録いただいた電子メールアドレスにも支部メーリングリストを使用して、内容のタイトルを記した発行のお知らせをお送りしていますので、ご了解のほどお願いします。
- 個人会員の電子メールアドレス登録のお願い**
気象学会では、登録のあった電子メールアドレスを積極的に活用し、学会活動の推進を図っております。
東北支部では今後、支部だより発行、支部からのご案内を電子メールで配信してまいりますので、まだ登録されていない会員の方は、会員氏名・番号、電子メールアドレスをご登録いただくと幸いです。
登録は、住所変更届と同様に、気象学会本部ページの「入会案内・日本気象学会会員について」ページ（トップページ上のバナー「入会のご案内」をクリック）において「会員登録情報の変更」の画面に入り（<https://www.metsoc.jp/membership-2/update>）、必要事項を記入・確認の上、送信ボタンを押して完了です。
ご不明な点がございましたら事務局へお尋ねください。

日本気象学会東北支部事務局

〒983-0842 仙台市宮城野区五輪1-3-15 仙台第3合同庁舎（仙台管区気象台気象防災部地域防災推進課内） 蒔苗
（電話）022-297-8162 （メール）tohoku-admin@tohoku.metsoc.jp

編集後記

東北地方は今年も猛暑と大雨災害を経験し、さらに海水温も異常でした。

加藤支部長のご挨拶にもある通り、ますます気象学会の役割が重要になっています。（SM）