

## 2015年度秋季大会シンポジウム 「スーパーコンピューティングと気象学」の報告

### はじめに

三 好 建 正\*

このシンポジウムは、「スーパーコンピューティングと気象学」がテーマである。現在の気象学は、スーパーコンピューティングなしには考えられないだろう。日々の天気予報は、気象庁のスーパーコンピュータによる数値天気予報が基となっている。天気予報の向上には、スーパーコンピュータを使った気象学研究が必須である。

計算機によるシミュレーションは、理論、実験に次ぐ第3の科学的手法とも言われ、気象学の発展に重要な役割を果たしている。Charney *et al.* (1950) は、黎明期のコンピュータとして有名なENIACを使って、解像度736 km程度で北米を対象とした大気のシミュレーションを行った。ENIACの演算速度は300フロップス（1秒間に浮動小数点演算300回）程度と言われている。その後コンピュータは急速に性能を向上し、多くの気象学研究が数値計算によってなされてきた。高性能なコンピュータを使うことで、精緻なシミュレーションが可能となり、新たな科学的発見につながる。

我が国は大型計算機環境に恵まれ、2002年に完成した地球シミュレータをはじめ、世界最高性能のスーパーコンピュータが気象学の研究に生かされてきた。Tomita *et al.* (2005) は、地球シミュレータを使っ

て、世界に先駆けて解像度約3.5 kmの全球雲解像シミュレーションを実行した。また多くの主要な大学にもスーパーコンピュータが導入され、気象学研究に生かされている。このように気象学の研究者が比較的容易にスーパーコンピュータを利用できる環境は、世界的に見ても大変恵まれていると言えるだろう。

1秒間に1京回（10ペタフロップス（PF））の演算速度を世界に先駆けて実現したスーパーコンピュータ「京」も、気象学の最先端研究に役立てられている。これにより、実際の竜巻を再現する超高解像度気象シミュレーション（Seko *et al.* 2015）や、全球を1 km以下に区切った高精細の全球大気シミュレーション（Miyamoto *et al.* 2013）、従来より二桁大きい1万メンバーのアンサンブルシミュレーション（Miyoshi *et al.* 2014, 2015）など、世界をあっという間に驚かせるような研究成果が出てきている。

また近年、第4の科学的手法とも言われるデータ集約型サイエンスが台頭し、「ビッグデータ」を活用した新たな知の探求も始まっている。「ビッグデータ」が急激に注目を集めている背景には、高速ネットワークの普及や、計算性能の向上があるだろう。「ビッグデータ」の処理や解析にも、スーパーコンピューティングが重要な役割を果たす。我が国の戦略的創造研究推進事業CRESTでは、2012年に、ビッグデータに関する研究領域2つ（領域総括：喜連川 優教授・田中 譲教授）が始まった。これらの研究領域で採択された研究課題の中には、スーパーコンピューティングに関係するものが複数ある。気象学に関するものでは、筆者（三好）が研究代表者を務める研究課題

\* 理化学研究所計算科学研究機構。  
takemasa.miyoshi@riken.jp

—2016年4月19日受領—

—2017年2月27日受理—

『「ビッグデータ同化」の技術革新の創出によるゲリラ豪雨予測の実証』があり、高精細シミュレーションと次世代センサの双方による「ビッグデータ」を生かすための「ビッグデータ同化」の技術革新に取り組んでいる。2015年7月7日より観測を開始した静止気象衛星ひまわり8号や、2012年夏より大阪大学で運用されているフェーズドアレイ気象レーダー (Yoshikawa *et al.* 2013) は、従来のひまわり7号やパラボラ型の気象レーダーと比べて50倍、100倍という桁違いの「ビッグデータ」を生み出す。また、「京」で可能となる高精細シミュレーションでは、そのデータ量が1時刻あたりテラバイト (TB) のオーダーとなり、さらに膨大となる。これらの「ビッグデータ」を扱い、科学的成果を創出するには、その情報通信のあり方や情報処理のクラウド化など、新しいアプローチが有効かもしれない。

さらに、2020年には「京」の後継機であるポスト「京」スーパーコンピュータを稼働させるべく開発が進められている。スーパーコンピュータの性能は、まだ止まるところを知らず、さらに向上を続けるだろう。将来どのような計算ができるようになるのか、それによってどのような科学的発見、ブレークスルーがもたらされるのか、夢は広がる。しかしそのためには、メモリーコア、階層型構造など、アーキテクチャが複雑化するスーパーコンピュータを使いこなすことが重要だ。このような高度な人材育成や、計算機科学者との連携も重要になるだろう。

今回のシンポジウムでは、スーパーコンピュータを用いた気象学の最先端研究、及び、将来展望について議論した。まず、ポスト「京」開発のプロジェクトリーダーである石川 裕博士に、将来のスパコンと、気象学＝計算機科学連携に関してご講演いただいた。次に、「京」を使った研究の最前線について、全球規模及びメソスケールの気象学研究をリードする佐藤正樹教授、斉藤和雄博士にご講演いただいた。その後、将来のスーパーコンピューティングで扱うべき「ビッグデータ」の情報通信のあり方、データ共有形態、情

報処理のクラウド化などについて、豊田英司博士よりご講演いただき、最後に、富田浩文博士より、ポスト「京」に向けたモデリング、高度な人材育成に関するご講演をいただいた。これらのご講演に基づき、木本昌秀教授よりご講評をいただき、さらに当日会場で参加いただく皆様とともに、これからの気象学の発展のためのスーパーコンピューティングについて考え、議論を深めた。

#### 参 考 文 献

- Charney, J. G., R. Fjörtoft and J. von Neumann, 1950: Numerical integration of the barotropic vorticity equation. *Tellus*, **2**, 237–254.
- Miyamoto, Y., Y. Kajikawa, R. Yoshida, T. Yamaura, H. Yashiro and H. Tomita, 2013: Deep moist atmospheric convection in a subkilometer global simulation. *Geophys. Res. Lett.*, **40**, 4922–4926.
- Miyoshi, T., K. Kondo and T. Imamura, 2014: The 10240-member ensemble Kalman filtering with an intermediate AGCM. *Geophys. Res. Lett.*, **41**, 5264–5271.
- Miyoshi, T., K. Kondo and K. Terasaki, 2015: Big ensemble data assimilation in numerical weather prediction. *Computer*, **48**(11), 15–21.
- Seko, H., M. Kunii, S. Yokota, T. Tsuyuki and T. Miyoshi, 2015: Ensemble experiments using a nested LETKF system to reproduce intense vortices associated with tornadoes of 6 May 2012 in Japan. *Prog. Earth Planet. Sci.*, **2**, 42, doi:10.1186/s40645-015-0072-3.
- Tomita, H., H. Miura, S. Iga, T. Nasuno and M. Satoh, 2005: A global cloud-resolving simulation: Preliminary results from an aqua planet experiment. *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L08805, doi:10.1029/2005GL022459.
- Yoshikawa, E., T. Ushio, Z. Kawasaki, S. Yoshida, T. Morimoto, F. Mizutani and M. Wada, 2013: MMSE beam forming on fast-scanning phased array weather radar. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, **51**, 3077–3088.

Goals of the Symposium: the K Computer, Big Data,  
and the Post-K  
(A Report on the Symposium of the 2015 Fall  
Assembly of the Meteorological Society of Japan)

Takemasa MIYOSHI\*

\* *RIKEN Advanced Institute for Computational Science, 7-1-26 Minatojima-minami-machi, Chuo-ku, Kobe 650-0047, Japan.*

*E-mail: takemasa.miyoshi@riken.jp*

(Received 19 April 2016; Accepted 27 February 2017)

Contents

1. Yutaka ISHIKAWA: Future Supercomputer, Cooperation in Meteorology and Computer Science.
  2. Masaki SATOH, Yoshiaki MIYAMOTO, Chihiro KODAMA, Tomoki MIYAKAWA, Masuo NAKANO and Yohei YAMADA: Frontier of the Global Atmospheric Simulations Using the K Computer.
  3. Kazuo SAITO: Mesoscale Weather Prediction Researches Using the K-Computer.
  4. Eizi TOYODA: How can We Best Utilize Big Data and Supercomputers.
  5. Hirofumi TOMITA: Direction of Development of Climate/Meteorological Modeling and Human Resource toward the Post K Era.
-