

配付先：文部科学記者会、科学記者会、大阪科学・大学記者クラブ、
兵庫県政記者クラブ、神戸市政記者クラブ、神戸民間放送記者クラ
ブ、

お知らせ



東京大学
大気海洋研究所

2013年9月20日

独立行政法人理化学研究所

独立行政法人海洋研究開発機構

国立大学法人東京大学大気海洋研究所

「京」を利用した世界初の超高解像度全球大気シミュレーションで積乱雲をリアルに表現
～台風や集中豪雨などの発生メカニズムの解明に寄与～

理化学研究所計算科学研究機構、海洋研究開発機構、東京大学大気海洋研究所の共同研究チームは、スーパーコンピュータ「京」を使って水平格子間隔 1 km 未満の超高解像度の全球大気シミュレーションを行うことに世界で初めて成功し、この結果から水平格子 2 km 未満の解像度にするまでにはこれまでには詳細に表現することが難しかった積乱雲を非常に良く表現できることを明らかにしました。本研究により、一つ一つの積乱雲から全球規模の積乱雲群との相互の関係をより正確に調べることが可能となり、甚大な被害をもたらす積乱雲群である台風や、集中豪雨などの発生メカニズムの解明、雲の気候への影響の研究などに寄与することが期待できます。

天気予報は現在、地球全体を細かな水平格子に切り分け、その格子ごとの大気の状態（風速・風向・気温、気圧、湿度など）を予測する方法が取られており、各格子を小さく、数多くすることで予報精度を上げてきました。しかしながら、これまでの全球大気シミュレーションでは水平格子間隔 3.5km が最高解像度であり、より高い解像度で正確に大気の状態を分析できる手法の開発が待たれていました。理化学研究所計算科学研究機構、海洋研究開発機構、東京大学大気海洋研究所の共同研究チームは、全球雲解像モデル NICAM^[1]と呼ばれるシミュレーションプログラムをスーパーコンピュータ「京」^[2]上で実行し、世界で初めて水平格子間隔 1 km 未満の大気シミュレーションに成功しました。この研究は、文部科学省の補助金事業「HPCI 戦略プログラム分野 3 防災・減災に資する地球変動予測」のひとつである「地球規模の気候・環境変動予測に関する研究」（課題番号 hp130010、課題代表者：東京大学大気海洋研究所 教授 木本昌秀）に参加している海洋研究開発機構、東京大学大気海洋研究所が、重点課題追加配分枠で配分された計算資源を利用して、理化学研究所計算科学研究機構と共同で実施したものです。

水平格子間隔 1km 未満の超高解像度でシミュレートした 2012 年 8 月 25 日 12 時(世界標準時)の全球の雲分布では、日本付近の台風(2012 年台風 15 号)や、中緯度の温帯低気圧、赤道上的雲システムなど大きなスケールの現象(水平スケール 1000 km 以上)から個々の積乱雲(水平スケール数 km)まで非常に精緻に表現できています(図 1)。

さらに今回の研究では、スーパーコンピュータ「京」の能力を生かして、これまでの地球シミュレータ³⁾での最高解像度である水平格子間隔 3.5km を含む、複数の解像度でのシミュレーションを行いました。その結果、水平格子間隔 2km を境に、モデルの中で表現できる積乱雲がより現実のものに近づくことを明らかにしました。全球での積乱雲の個数と複数のモデルの解像度の関係性に着目すると、水平格子間隔 3.5 km から 1.7 km において収束する傾向を見せ始めています(図 2)。また、全球でシミュレートされた積乱雲を一つ一つ取り出し、全て平均した上昇流の強さを表してみると、格子間隔 2km 以上の解像度では、積乱雲中心の上昇流の強い領域が中心の一格子上で表されているのに対し、格子間隔 2 km 未満の解像度では、積乱雲の個数に呼応して、積乱雲中心の上昇流の強い領域が複数個の格子で表現され始めていることを表しています(図 3)。これらは、この解像度(格子間隔 2 km)を境に全球での積乱雲の表現がより正確になったことを示しています。また、シミュレートした日本付近の台風を拡大して従来と比較すると、今回行った 1km 未満格子間隔でのシミュレーションでは、一つ一つの積乱雲の表現が格段に精細になることが分かりました(図 4)。

共同研究チームの研究者らは、2005 年の地球シミュレータ上で行われた世界初の全球雲解像実験以降、さらなる精度向上を目指して台風や集中豪雨のもととなる積乱雲に着目し、本格的な熱帯雲擾乱の研究⁴⁾を世界に先駆けて行ってきました。スーパーコンピュータ「京」上での本シミュレーション結果は、全球において水平格子間隔 1 km 未満というかつてない領域に到達したという意味で、気象気候科学の未来を切り開くものです。これまでは詳細に表現することが難しかった積乱雲が劇的に良く表現されたことによって、今後の当該研究分野の進展に大きく寄与することが期待できます。さらに今後、計算手法の改良や、シミュレーション時間の延長、事例の積み重ねによって、一つ一つの積乱雲と全球規模の組織的な積乱雲群との相互関係を精密に調べることが可能になります。また、積乱雲が現実に近い状態でシミュレートできることで、甚大な被害をもたらす積乱雲群である台風や集中豪雨などの発生・発達過程の解明や、雲の気候への影響を詳細に調べる研究に大きな進歩が期待できます。

この結果は、気象・気候に関する最先端の研究成果として、共同研究チームの研究者により 9 月 2 日から実施されたヨーロッパ中期予報センターでのアニュアルセミナーで紹介されました。詳細な内容については、近々、米国地球物理学専門誌 *Geophysical Research Letter* においてオンライン掲載される予定です。

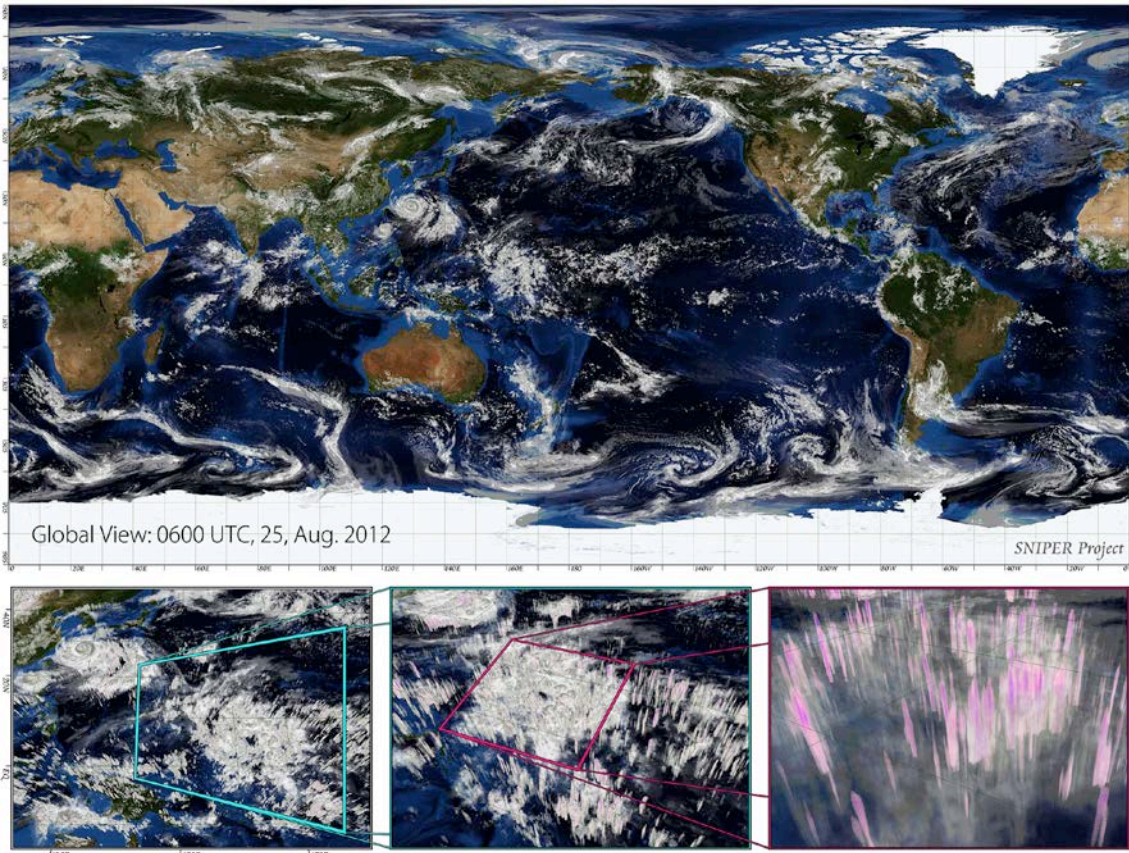


図 1：本実験でシミュレートされた雲分布図。

上図) 2012年8月25日12時(世界標準時)の全球の雲分布。

下図) 日本付近の活発な雲域を拡大したもの。台風などの組織的な雲システムから個々の積乱雲(下右端)まで、1度のシミュレーションで幅広いスケールの現象の再現に成功した。

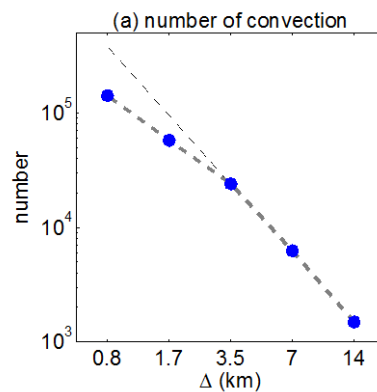


図 2：地球上に存在する積乱雲の個数の水平解像度依存性

横軸は解像度、縦軸は個数を示す。3.5 km より粗い解像度では、解像度が半分になれば積乱雲の個数が4倍になっているが、1.7 km より細かい解像度では傾向が変わっている。

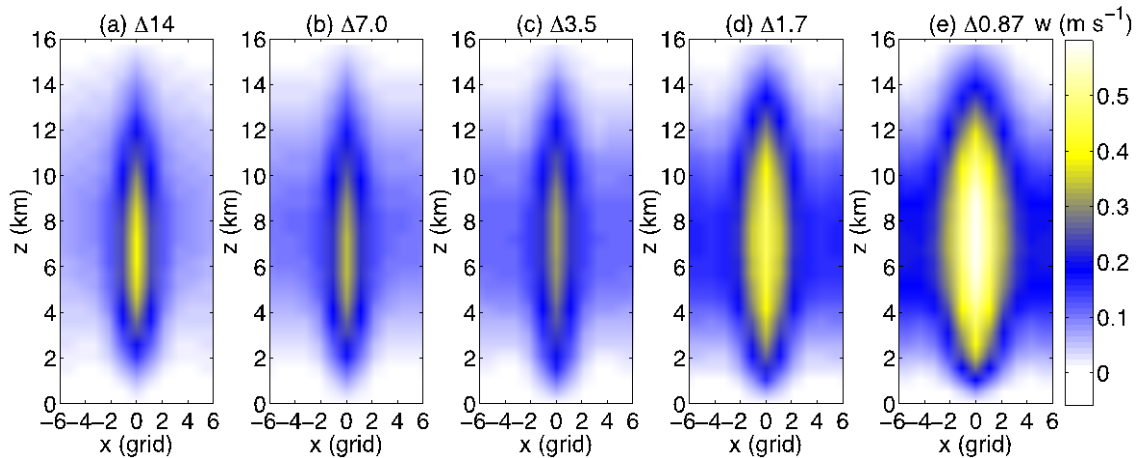


図3：各解像度のシミュレーション毎に、全球に存在する積乱雲をすべて平均した鉛直速度

横軸は格子数、縦軸は高さを示す。実際の横軸の長さは格子数に格子間隔を乗じた値になる。格子間隔2km以上の解像度では、積乱雲中心の上昇流の強い領域（図中黄色）が中心の一格で表されているのに対し、格子間隔2km以下の解像度では、積乱雲の個数（図2）に呼応して、積乱雲中心の上昇流の強い領域が複数個の格子で表現され始めていることを表している。



図4：従来と今回行ったシミュレートと比較

従来の最高解像度（水平格子3.5km）での台風（左）。今回行った1km未満の格子間隔のシミュレートされた台風（右）。

<補足説明>

[1] 全球雲解像モデル NICAM

全球での大気現象をコンピュータでシミュレーションするプログラムを大気大循環モデル (Atmospheric General Circulation Model : AGCM) と呼ぶ。従来の AGCM の格子間隔は、長期の気候計算で 100km 程度、短期の天気予報でも数 10km だが、実際には一つ一つの雲の水平サイズは約 10km、細かい雲では数 100m 程度です。そのためモデル内で何らかの形で雲の効果を取り入れる工夫がされている。しかし、この雲の扱いが気候変動予測に不確実性をもたらす源であることが指摘されてきた。より信頼できる気候変動予測を行うためには、モデル内の雲の表現方法を見直す必要がある。

このような背景から、本研究チームの研究者は、全球で一つ一つの積乱雲を直接表現できるような超高解像度の AGCM の開発に取り組んできた。開発当初から並列計算機での使用を念頭に従来の計算手法を見直し、2005 年、世界で初めて全球で雲を露わに表現するモデル (モデル名称 : NICAM) の開発に成功した。このモデルはスーパーコンピュータ「京」のような超並列計算機の特性を生かした大規模なシミュレーションを可能にする。

[2] スーパーコンピュータ「京」での計算

このシミュレーションでは、最大で地球の大気を 630 億個の格子 (水平 870m メッシュ、鉛直 94 層) で表現し、スーパーコンピュータ「京」システム全体のおよそ 1/4 である 20,480 ノード (16 万 3840 コア) を使って、1 秒間におよそ 230 兆回の浮動小数点計算を行った。このとき使用したメモリ量はトータルで約 250 テラバイト (テラバイトは 2 の 40 乗バイト)、ある時刻のデータをファイルに出力する際には 1 回に 6~7 テラバイトが必要だった。

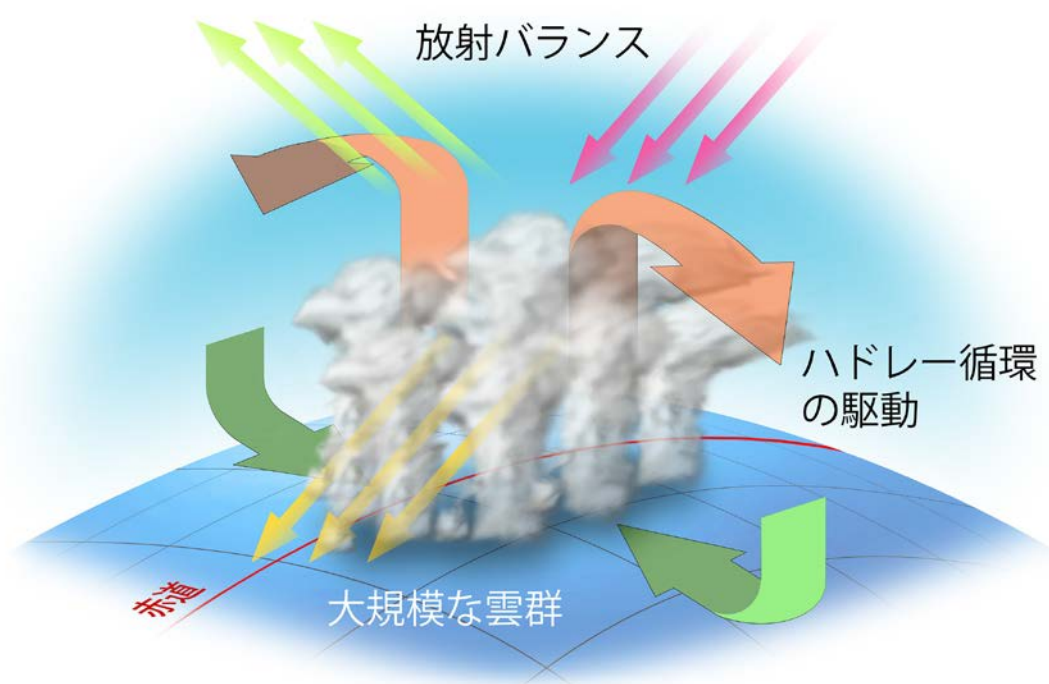
[3] 地球シミュレータ

2002 年に運用が開始されたスーパーコンピュータ。海洋研究開発機構横浜研究所に設置されている。

[4] 熱帯気象の研究

熱帯地域は地球上の全面積のおよそ半分を占め、大気大循環を駆動する熱源の役割を果たしている。特に熱帯で発生する雲の活動は、日本を含む中緯度の天気にも大きな影響を与える。また、深い (背の高い) 雲の発達には太陽の光を反射するとともに雲頂の低い温度から赤外線を放出するため、気候学的な放射・エネルギーバランスを考える

上で、重要な要素となる。経験的なパラメータを用いずに、雲(積雲対流)一つ一つを現実に近いかたちで再現できるモデルの登場で、台風や季節内変動に代表される熱帯の雲擾乱の発生・発達するプロセスをシミュレーションする際の不確実性を減らすことが可能となり、災害対策を含めた天気予報の精度向上に大きな影響を与えると期待されている。



<報道担当・問い合わせ先>

(問い合わせ先)

独立行政法人理化学研究所

計算科学研究機構 広報国際室

担当 岡田 昭彦

TEL : 078-940-5625 FAX : 078-304-4964

E-mail : aics-koho@riken.jp

(報道責任者)

独立行政法人理化学研究所計算科学研究機構

複合系気候科学研究チーム

チームリーダー 富田浩文

TEL : [078-940-5690](tel:078-940-5690)

E-mail : htomita@riken.jp

独立行政法人海洋研究開発機構

地球環境変動領域地球温暖化予測研究プログラム

気候モデリング研究チーム

チームリーダー 時岡達志

TEL : 045-778-5560

E-mail : tokioka@jamstec.go.jp

国立大学法人東京大学大気海洋研究所

附属地球表層圏変動研究センター

教授 佐藤正樹

TEL:04-7136-4399

E-mail : satoh@aori.u-tokyo.ac.jp