

[利用相談室便り]

研究室紹介、および私とスパコン

沢田 雅洋

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻 産学官連携研究員

昨年度からサイバーサイエンスセンター本館 1 階で、水曜日の 14~16 時の利用相談を担当しております。スーパーコンピュータ（以下、スパコン）の使い方や Fortran, シェルなどについてサポートできたら、と考えております。

私は流体地球物理学講座に所属しており、本講座にはスタッフ 5 名、院生 13 名、学部生 3 名います。しばしば気象学講座と言われるので、こちらの方が馴染みのある方がいるかもしれません。メンバーの研究内容に関して簡単に触れますと、大気やそれに関わる様々なスケールの現象、地球温暖化やモンスーン、水循環、台風、局地的な豪雨や強風などについて観測データのみならず、数値シミュレーションを用いて研究を進めています。私見ですが、数値シミュレーションが気象分野において有効になるのは、観測データが不十分な場合や、何らかのメカニズムに対する仮説を検証するのに、複雑な（勿論簡単な場合も含めて）力学や物理的な条件を満たしたモデルによって調べる場合、などと考えています。SX-9 で計算された例を以下に 2 つ挙げます。図 1 はヤマセの数値シミュレーション結果で、東北地方を 5km 格子で覆い、数ヶ月分の積分を行っています。北東からの冷涼・湿潤な気流によって、下層雲が形成されている様子が分かります。図 2 は 500m 格子で再現された蔵王おろしのシミュレーション結果で、蔵王風下には卓越した山岳波が見られ、それに伴い、乱流エネルギーの大きい領域が形成されます[1]。

私がスパコンを使い始めたのは学部 4 年生の頃で、当時は SX-4（二世代前のスパコン、8GHz）でした。その頃、自作した Pentium 4 (1.9GHz) のパソコン (PC) で海風前線の数値シミュレーションを行っていたのですが、10 日以上かかる計算をスパコンではわずかな時間で実行できてしまったので、すっかり虜にされてしまいました。研究を進める上で、スパコンは数値シミュレーションの計算時間を大幅に削減できるのも有り難かったのですが、そもそも研究室のワークステーションでは計算が出来ない大規模な計算をこなせる、という点が重要でした。その頃、私がターゲットとしていたのは、台風を形成する 1 つ 1 つの雲でしたので、少なくとも雲を表現できる解像度（数 km）で、かつ台風全体をカバーする計算領域（~1000km）が必要でした。そのため、膨大な格子数を必要とし、50GByte 以上（経験上、約 200GByte まで使用しました）の物理メモリが要求されました。このような計算は研究室で所有している PC クラスタでは扱える規模ではありませんでした。ただ、当時研究を行っている間はメモリサイズに関してあまり意識していませんでした。振り返ると、自分は恵まれた環境にあったのだな、と感じました。もしスパコンがなかったら、数値実験データすら取れない、ということになっていましたので。

簡単に私の研究について紹介しますと、雲の生成・消滅の過程（凝結や蒸発など）で生じる加熱や冷却が台風にどのような影響を及ぼすのか、というものです。図 3 は数値シミュレーションの 1 例で、レインバンドの形成過程を示しています。1 つ 1 つの積雲の中では降水に伴う蒸発冷却が下層に下降流、そして冷氣プールを作ります。これがレインバンドの形成・伝播・維持に本質的であることが分かりました[2,3]。

本センターの特徴の 1 つであり、魅力でもあるのはベクトル型のスパコンが使用できることだと思います。最近ではスカラー型の PC を膨大な数をつなげることで大規模な計算を行うことが多くなっており、研究室単位でも PC クラスタなどを導入することも見られるようになってきました。しかし、実際にそれらのシステムを導入・運営するにはそれなりの知識や労力が必要です。さらに、分散型（PC クラスタなど）のシステムで並列計算を行うには、ほとんどの場合、プログラム自体の修正、並列化プログラミングが不可欠で、膨大な労力をかけることもありえます。それに対して、ベクトル型のスパコンでは、プログラムの改変をほとんど行わなくても、かなりのパフォーマンスが発揮されます。プログラムのチューニングは非常に骨の折れる作業のため、可能な限り避けて、その分の労力を研究に費やしたい、と思うのがユーザの気持ちではないでしょうか。利用相談員をやっている身ですが、僕は間違いなくその 1 人です。スパコン、というと敷居が高いように聞こえる方もいらっしゃるかもしれませんが、実際に使ってみると、研究室にある PC とそれほど変わらない感覚で使っても（コンパイルして実行という作業は特に変わらない！）、処理が圧倒的に速い、ということが実感できるはずです。

もちろん、ある程度のチューニング、高速化や並列化などのためのプログラムの改変が必要となることもあります。あるいは、チューニングした方が、今まで以上に速く計算できる場合も多々ありますので、気になることがありましたら、相談していただければと思います。また、センターには並列コンピュータ（Express5800）もありますので、並列処理向きのプログラムでも十分利用できると思います。

私がスパコンを使い始めた頃のように、皆さんにも出来る限り気軽に使っていただけるようサポートしていきたいと考えておりますので、どうぞ宜しくお願い致します。

[1] 蔵王おろしに伴った非定常風の数値実験, 沢田雅洋, 岩崎俊樹, SENAC, Vol.42, No.4, pp.1-8, 2009.

[2] Sawada, M., T. Iwasaki, Impacts of Evaporation from Raindrop on Tropical Cyclone. Part II: Features of Rainband and Asymmetric Structure. J. Atmos. Sci., 67, 84-96, 2010, DOI: 10.1175/2009JAS3195.1

[3] 台風に伴うスパイラルレインバンドの数値実験, 沢田雅洋, 岩崎俊樹, SENAC, Vol.41, No.4, pp.1-7, 2008.

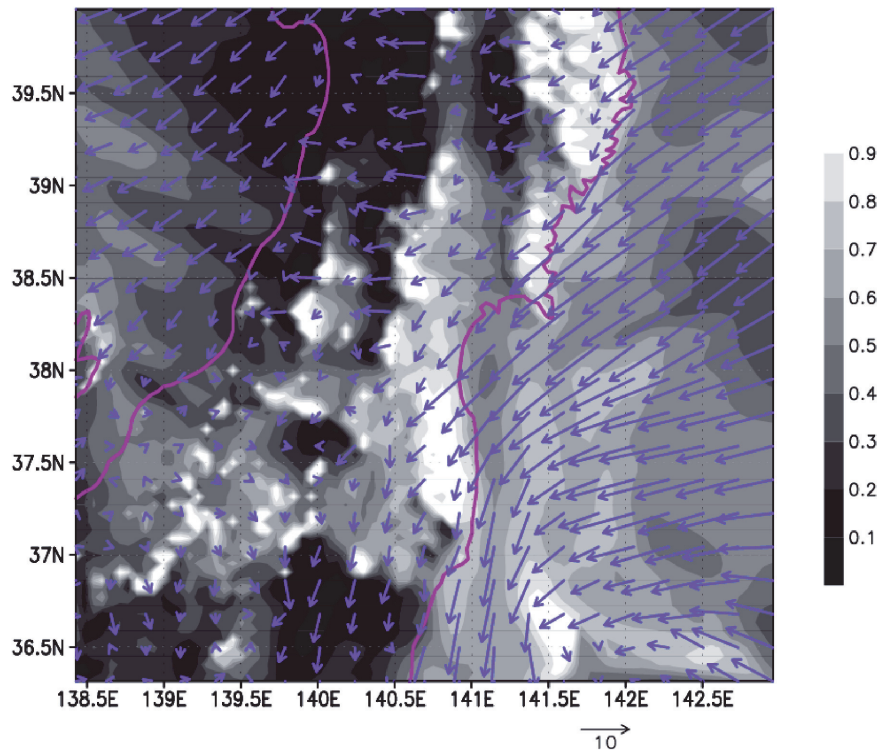


図1：ヤマセのシミュレーション結果. 灰色で下層雲量を示す. 白い部分ほど雲量が多いことを示す. 矢印は高度10mの風を表す. オホーツク海高気圧から吹き出した冷たい湿った風がヤマセと下層雲（ヤマセ雲）をもたらす様子が見られる.

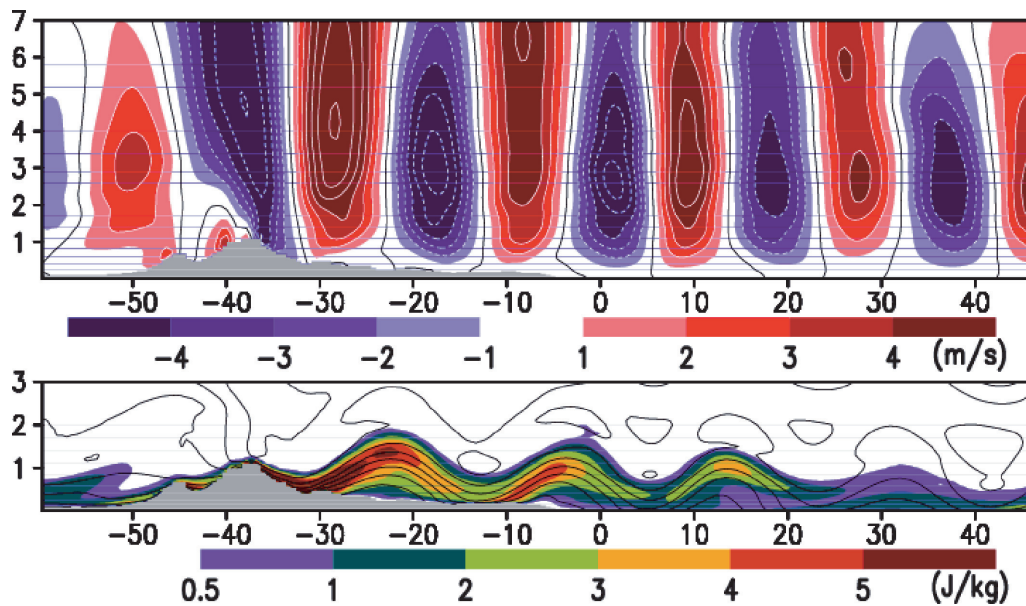


図2：蔵王おろしのシミュレーション結果. 上図は鉛直相関を、下図は乱流エネルギーを表す. 灰色の部分には地形（蔵王）を示す. 西北西（左側）から季節風が吹いており、蔵王の風下で上昇流・下降流の波状構造が見られる.

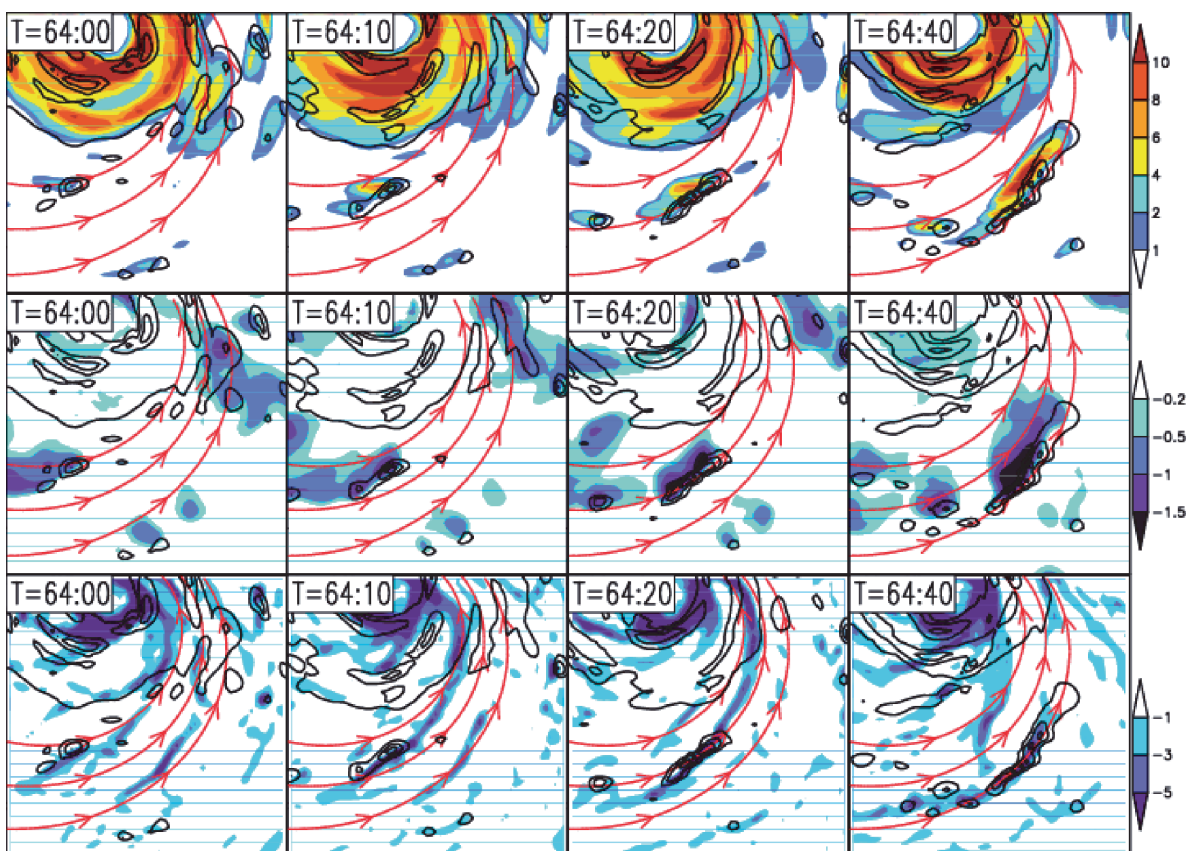


図 3：数値モデルによって再現されたレインバンドの形成過程．上段：降水量，中段：温度偏差，下段：水平収束をカラーで示しており，コンターでレインバンド（雨水量）を示す．左から右に向かって，徐々に時間が経過している．時間の経過とともに，レインバンドが成長していく様子を示す．

表：自分が使ってきた・いる計算機

計算機の世代	CPU	メモリ	コメント
初代	K6-2 500MHz	192MB	出来合い品
二代目	Pentium 4 1.9GHz	1GB	初自作
三代目	Celeron 2.4GHz	1GB	ケチって失敗
四代目	Pentium-D 3.0GHz	2GB	初 dual core まだ現役
五代目	Core2duo 3.2GHz	2GB	Windows で使うんじゃないかった
六代目	Core i7 2.93GHz	12GB	SX-4 は超えている？
六.五代目？	Core2due 2.0GHz	2GB	Mac mini お遊び用（自宅）