

Topic

## 気象学会賞を受賞して

岩崎 俊樹 (東北大学大学院理学研究科)

### 1. はじめに

2008年度の日本気象学会賞を受賞いたしました。これまで研究を続けることができたのは多くの皆様のご指導とご協力によるものであり、感謝の気持ちをこめて、受賞内容のエッセンスを簡単にご紹介いたします。なお、より詳しい内容は「天気」誌に解説として、寄稿する予定です。ご興味のある方は、そちらもご覧ください。

タイトルは「温位面上での質量重み付き帯状平均に基づく大気大循環の解析」です。これまでの大気大循環(平均子午面循環)は、等圧面上で東西平均(帯状平均)に基づいて調べられてきました。これはオイラー平均と呼ばれています。しかし、オイラー平均は波動の伝播の効果や大気微量成分輸送を表すのに、適当ではないことが明らかになってきました。

本研究では、これらの欠点が等圧面上での帯状平均にその原因があると考え、等温位面上で質量加重付きの帯状平均(Mass-weighted isentropic mean, MIM)に基づいて、大気大循環を再考することにしました。具体的な目標は以下のとおりです。

- ①質量、熱、角運動量および大気微量成分の子午面輸送を統一的に理解する。
- ②波と平均流の相互作用を正確に表現し、平均流から波動エネルギーへの変換効率を定式化する。

MIMの定式化に基づいて大気大循環の診断プログラ

ムを作成し、その形成維持と変動機構に関する端緒的な解析を行いました。本稿では、平均子午面循環とエネルギー変換の2点について簡単にまとめます。

### 2. 平均子午面循環

図1は、オイラー法(上)とMIM法(下)による12-2月の平均子午面循環の比較です。オイラー法の場合、

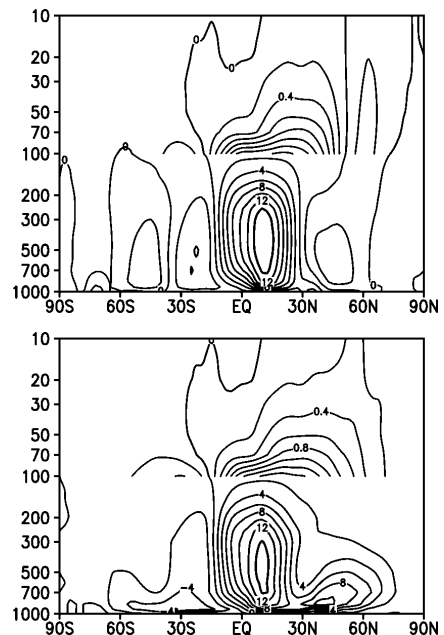


図1 NCEP/NCAR再解析より解析された平均子午面循環(質量流線関数)12-2月平均 上:オイラー法、下:等温位面上での質量加重平均(MIM)等値線間隔100hPaより上層で $0.2 \cdot 10^{10} \text{kg} \cdot \text{sec}^{-1}$ 、下層で $2 \cdot 10^{10} \text{kg} \cdot \text{sec}^{-1}$

熱帯から亜熱帯にかけて2つのハドレー循環（北半球が冬のため南半球のハドレーセルは小さい）が、その外側の中緯度に間接循環（フェレル循環）があり、さらにその極側に直接循環が見えます。これらは、いわゆる対流圏の(半球)3細胞セルで、多くの教科書に記述される、馴染み深い子午面循環像です。他方、MIM法の場合は、低緯度にはオイラー法と同様にハドレー循環が見られますが、中高緯度対流圏には間接循環はなく、背は低い強い直接循環が存在します。ハドレー循環の駆動力は熱帯収束帯の非断熱過熱ですが、中高緯度の強い直接循環の駆動力は傾圧不安定波動（温帯低気圧）や停滞性超長波です。また、成層圏には、低緯度で上昇し中高緯度で下降する、単一セル型の、いわゆる Brewer-Dobson 循環がみられます。このように、中高緯度の循環は2つの解析法で大きく異なっています。違って見えるのは、帯状平均の手法（定義）が異なるためで、どちらかが、間違っているわけではありません。とくに、MIMは大気微量成分輸送や波動平均流相互作用の表現に最適な解析手法です。

### 3. 大気大循環のエネルギー変換スキーム

1955年、Lorenz は大気大循環のエネルギーに関する大変有名な4 Boxモデルを発表しました。即ち、帯状平均有効位置エネルギー  $A_z$ 、帯状平均運動エネルギー  $K_z$ 、渦有効位置エネルギー  $A_E$  と渦運動エネルギー  $K_E$  の4つのBoxに分け、各Box間のエネルギー変換効率をオイラー平均に基づく運動方程式と熱力学方程式から導きました（図2 a）。しかし、帯状平均の定義が変われば、変換効率の表現も変化します。MIMに基づく4 Boxモデルは図2 b のようになります。従来の4 Boxと比較すると、 $A_z$  と  $A_E$  間のエネルギー変換がなくなり、代わりに、対角線の  $K_z$  と  $A_E$  の変換が新たに現れています。さらに、 $A_E$  と  $K_E$  の和を波動エネルギー  $W$  と定義すれば、極めて簡潔な  $A_z \rightarrow K_z \rightarrow W$  という直列型のエネルギー変換スキームが得られます（図2 c）。大循環を特徴付ける力学的な変換項はたった2つに集約され、かつ、極めて直感的に利く形に書き下すことができます。

新しい診断スキームを用いて、実際の大気大循環を解析すると、地球大気のエネルギーの流れは以下のように理解されます。降り注ぐ太陽エネルギーが大気に南北の温

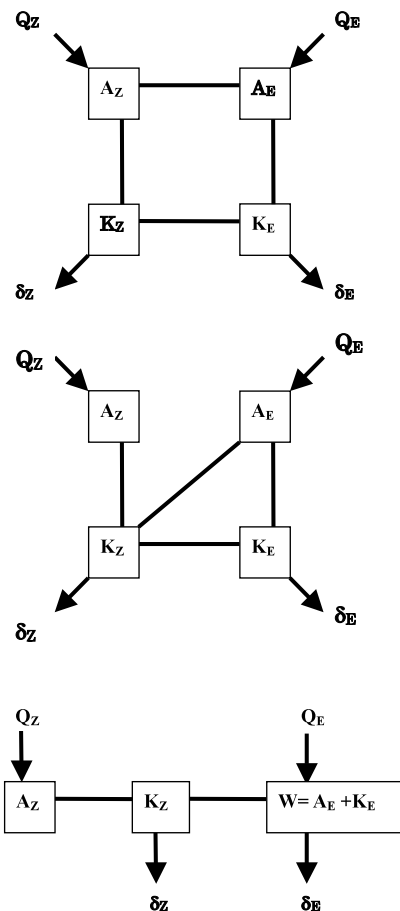


図2 大気大循環のエネルギー変換

上：オイラー平均法                      中：MIM法 4 Box  
 下：MIM法(直列)                       $A_z$ ：帯状平均有効位置エネルギー  
 $A_E$ ：渦有効位置エネルギー       $K_z$ ：帯状平均運動エネルギー  
 $K_E$ ：渦運動エネルギー               $W$ ：波動エネルギー

度差を生じ、帯状平均有効位置エネルギー  $A_z$  を発生します。 $A_z$  は平均子午面循環によって帯状平均運動エネルギー  $K_z$  に変換されます。 $K_z$  のうち6割は波動平均流相互作用により波動エネルギー  $W$  へ変換され、残り4割は摩擦により散逸します。波動エネルギー  $W$  は、帯状平均運動エネルギー  $K_z$  からの力学的生成に加えて、東西方向に不均一な非断熱加熱によっても生成されます。最終的に、波動エネルギー  $W$  は、摩擦により急速に散逸します。

実は、中高緯度では、2つのエネルギー変換項の間には、温帯低気圧の発達（傾圧不安定）に関わる重要な関係が導かれます。それは、準地衡風近似の下では、 $A_z \rightarrow K_z$  の変換効率は  $K_z \rightarrow W$  の変換効率に等しい、というものです。図1では、中高緯度対流圏に強い直接循

環が見られました。この場合、直接循環によって開放された有効位置エネルギーは、帯状平均運動エネルギーを経由して、波動エネルギーへと変換されます。とくに、傾圧不安定の場合、上端で西風減速が、下端で西風加速が起り、平均東西風の持つ運動エネルギーが減少し、それが波動エネルギーへと変換されます。平均東西風の運動エネルギーの欠損は地衡風調節に伴う平均子午面循環のコリオリ加速によって補償されます。

#### 4. これから

以上のように、帯状平均の定義を変えただけで、大変異なった世界が見えてきます。新しい大気大循環像の構築を目指して基礎的な研究を続けています。一方で、広

用研究に乗り出す時期に来ています。そもそも、この研究は全球数値予報モデルの角運動量収支を正確に理解するという動機の下に始められました。気候変動の理解や大気大循環モデルの評価にも応用したいと考えています。すでに、気候情報課では気候系診断に利用するようになりました。また、大気微量成分の子午面輸送も大変重要な研究分野で、オゾンや二酸化炭素のグローバルな輸送解析に利用されるようになりました。我々自身だけでなく、多くの研究者に利用してもらえるように、プログラムソースコードをウェブ公開する準備を進めています。

本研究で、実際にプログラムコードを開発し、解析を行ったのは学生諸君です。本受賞の大半は学生諸君の努力に帰せられることを付記します。

## 日本気象学会東北支部選挙管理委員会報告

### 日本気象学会東北支部第26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会員 各位

日本気象学会東北支部

選挙管理人 岡本 創

このことについて、東北支部細則第11条の規定により、6月2日開票した結果を次のとおり報告します。

東北支部細則第7条により全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た事を報告します。

有権者数 201名 投票者数 115名 投票率 57.2%

#### 各候補者の得票数

在仙理事 青木 周司 113票	岩崎 俊樹 113票	地方理事 菅原 光夫 111票	渡邊 明 113票
大島 隆 112票	境田 清隆 113票		
鈴木 和明 113票	関田 康雄 112票	会計監査 中村 謙 111票	
森田 務 111票			

## =事務局からのお知らせ=

- ① 2008年度第1回理事会議事録にも掲載されていますが、今年度は11月19日から21日まで仙台国際センターで全国大会が開催されるため、東北支部の気象研究会は開催しないことになりました。是非、全国大会にご参加くださいますようお願いいたします。
- ② メソ気象研究会はいつも全国大会に先駆けて実施しているものですが、今回は11月18日13時30分～17時30分「局地風と突風災害」ということで福島コラッ

セ多目的ホール(4F)で開催いたします。全国大会に先駆け、こちらの研究会にも奮ってご参加ください。

- ③ 支部気象講演会「突風災害などと立ち向かう気象情報の進化」は10月30日13時30分～16時に福島市子どもの夢を育む施設「こむこむ」で開催致します。福島駅すぐ近くの会場です。奮ってご参加ください。



## 季節予報の予測手法 2 (使用する予想図)

安田 宏明 (仙台管区気象台)

東北支部だより第54号では、「季節予報の予測手法と利用の仕方」と題して、季節予報で用いているアンサンブル手法等について説明しました。今回は、その続編として、季節予報、特に1か月予報で用いている予想図について説明します。アンサンブル手法では、複数(現在、1か月予報は50例、3か月予報と暖・寒候期予報は51例)の数値予報の結果(以下、メンバーと略記)を統計的に処理して予想図等を作成します。予想図には、いくつか種類がありますが、ここでは「アンサンブル平均図」「スプレッドの空間分布図」の2つについて説明します。

### 1. アンサンブル平均図

アンサンブル平均図は、各アンサンブルメンバーの予報結果を平均して作成します。各メンバーの平均をとることで、平均的な大気の状態の予測精度を上げることができ、最も実現する可能性の高い推定図として利用します。図1にアンサンブル平均図の一つである「500hPa 高度と年平均偏差図」を示します。なお、図1は各メンバーの平均を取るだけでなく、さらに予想対象の28日間で時間平均しています。季節予報では、このように、ある期間(通常5日以上)で時間平均した天気図を多く用います。1週間先までの予報では、日々の天気を予報対象としており、総観規模やメソスケールの現象に着目します。一方、季節予報では、日々の天気ではなく、「天気がぐずつき気味」であるとか、「晴れの日が多い」といった、より長い期間の平均的な天候の状態や、気温等の傾向を予報対象としています。このため、総観規模現象は直接の予報対象ではなく、それより空間スケールの大きい超長波、偏西風帯の変動、亜熱帯高気圧の動向などが予報対象となります。4~5日以上の時間平均をとることにより総観規模の現象は除去され、それより大きなスケールの現象のみを見ることができるようになります。また、季節予報で使用する天気図には、ほぼ必ず年平均偏差が付加されます。これは、長期間の時間平均をとった天気図

では、季節変化の振幅の方が大きくなり、天気図を見ても大気の変動がわかりにくいことが多いため、年平均偏差も見ることにより、平年との相違を把握することができるようになります。図1は28日平均図ですが、1か月予報では、7日平均図や14日平均図も利用しています。

1か月予報で主に用いるのは、500hPa高度と年平均偏差図で、超長波や偏西風帯の位置、亜熱帯高気圧の動向などを把握しますが、より直接的には気温の動向を把握しています。地上気圧の差を無視すれば、静水圧平衡の近似から500hPa高度場とそれより下層の平均気温は比例すると考えることができます。従って、500hPa高度が負偏差のところは中下層の気温が平年より低く、正偏差のところは高いということができま

28( 2-29)DAY MEAN ( 3/ 8- 4/ 4)  
500hPa HEIGHT AND ANOMALY



図1 アンサンブル平均図

500hPa 高度[実線: 60m 毎]と年平均偏差[破線: 30m 毎。陰影は負偏差]の28日平均予想図。平年値の期間は1971~2000年。

す。もっとも、地上気圧の平年との差が無視できない場合など、必ずしも地上気温と一致しないこともあるので注意が必要です。また、日本付近の500hPa高度の平年偏差が、日本の西側で低ければ西谷の流れ、東側で低ければ東谷の流れと判断できます。西谷の流れの場合、地衡風の関係から平年より南西からの湿った暖かい空気が流入しやすく、平年より曇りや雨の日が多くなります。一方、東谷の流れの場合は、平年より北西の風が流入しやすいため低温傾向で、また、低気圧が発達しにくく、寒候期の日本海側を除いて平年より晴れの日が多くなります。

図1では、北海道の東に中心をもつ強い正偏差域が北日本や東日本を覆っており、北日本を中心に高温傾向であることが予想されます。

## 2. スプレッドの空間分布図

スプレッドの空間分布図は、500hPa 高度場のスプレッド<sup>\*1</sup>の分布に、500hPa高度の等値線を重ねて表示しています。

スプレッドは、各メンバー間のばらつきの程度を表しており、スプレッドが大きい領域ほど、予報の信頼度が低いと判断できます。予報精度を把握するための資料のひとつとして利用します。

また、スプレッド分布に500hPa高度場を重ねて見ることで、スプレッドの大きさがジェット軸の予想の違いによるものか、あるいは、ブロッキング高気圧の予想の違いによるものかなどの判断を行います。

図2は、図1の期間（3/8～4/4）の内、8日目から14日目まで（2週目）の7日平均のスプレッド空間分布図です。中国東北区からベーリング海にかけてスプレッドの大きな領域が広がっています。500hPa高度場を見ると、沿海州付近の気圧の谷やカムチャツカ半島付近の気圧の尾根の予想のバラツキが大きいと考えられ、この週については、日本付近の予想値の信頼度がやや低いと判断できます。

季節予報では予報対象期間が長いことから、それに合った天気図を使用することで、予報精度が上がるよう工夫しています。

7( 9-15)DAY MEAN ( 3/15- 3/21)  
500hPa SPREAD AND HEIGHT

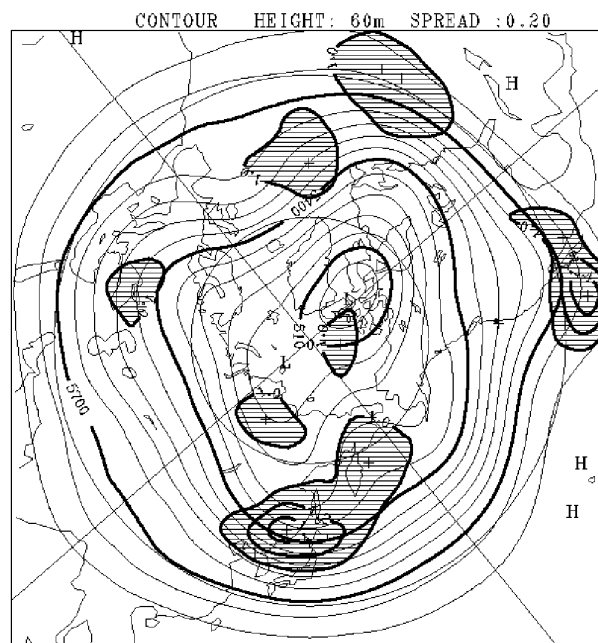


図2 スプレッドの空間分布図

500hPa高度場のスプレッド[太実線：0.2毎。但し1.0以上のみを表示]と、アンサンブル平均500hPa 高度[実線：60m 毎]。7日平均。

<sup>\*1</sup>各予報メンバーの値とアンサンブル平均との差の二乗平均の平方根を気候値の標準偏差で規格化した値。スプレッドが1より大きな領域は、自然の変動よりも予報値のばらつきの方が大きいことになる。



# 2008年度 日本気象学会東北支部 第1回理事会議事録

日 時：2008年7月18日(金) 14時00分～15時15分

場 所：仙台管区気象台大会議室（4階）

出席者：青木、岩崎、大島、境田、鈴木、関田、森田、菅原  
（以上理事：敬称略）

中村（以上会計監査：敬称略） 須田、安田（以上  
幹事）

支部長の挨拶の後、次第に従い議事が進められた。

## 【議 事】

### 議題1 日本気象学会東北支部第26期役員選挙の結果

岡本幹事を選挙管理人とし、4月10日公示、4月30日～5月17日投票、6月2日開票を行った結果、次の通り役員が決定した旨、事務局から報告があった。

在仙理事	青木周司	東北大学大学院理学研究科教授
	岩崎俊樹	東北大学大学院理学研究科教授
	大島 隆	仙台管区気象台長
	境田清隆	東北大学大学院環境科学研究科教授
	鈴木和明	仙台管区気象台技術部予報課長
	関田康雄	仙台管区気象台技術部長
	森田 務	日本気象協会東北支局長
地方理事	菅原光夫	福島地方気象台技術課長
	渡邊 明	福島大学理工学群共生システム理工学類教授
会計監査	中村 謙	仙台管区気象台技術部次長

### 議題2 新支部長及び新常任理事の互選

大島 隆 仙台管区気象台長が新支部長に互選された。

また、常任理事に次の6名が互選された。

常任理事	青木周司	東北大学大学院理学研究科教授
	岩崎俊樹	東北大学大学院理学研究科教授
	境田清隆	東北大学大学院環境科学研究科教授
	鈴木和明	仙台管区気象台技術部予報課長
	関田康雄	仙台管区気象台技術部長
	森田 務	日本気象協会東北支局長

### 議題3 事業等の担当理事の選任

事業等の担当は、それぞれ以下の通り確認された。

- ① 支部気象講演会 境田理事、菅原理事（今年度：福島開催）、（来年度の宮城開催は、在仙理事で対応）
- ② 支部気象研究会 鈴木理事
- ③ 東北支部だより 渡邊理事
- ④ 支部事務局 鈴木理事
- ⑤ 秋季大会 （秋季大会実行委員会で対応）
- ⑥ 会計監査 中村会計監査

### 議題4 2008年度事業計画及び予算

#### (1) 事業計画

##### 1) 支部気象講演会

開催地：福島市

概 要：テーマ「突風災害等と

立ち向かう気象情報の進化」

日 時：平成20年10月30日(木)13時30分～16時00分

会 場：福島市子どもの夢を育む施設「こむこむ」

講 演：「突風と強風災害」(仮題)

講師：渡邊 明氏

(福島大学理工学群共生システム理工学類教授)

「平成10年8月末豪雨（栃木・福島）から

10年—新たな豪雨災害に備えて—」(仮題)

講師：大久保忠之氏

(福島地方気象台予報官)

来年度は、宮城県で開催予定。

##### 2) 支部気象研究会

例年、仙台管区気象台の東北地方調査研究会と共催しているが、今年度は秋季大会と重なるため開催しない。東北支部は秋季大会の成功に全力を尽くす。支部会員の秋季大会への積極的な参加を期待する。

##### 3) 東北支部だより

今年度も、年3回発行の予定。原稿集めに協力してほしい。

##### 4) 支部理事会

今年度、今日を含めて2回開催する予定。

##### 5) 日本気象学会奨励賞などへの推薦

理事会と事務局で検討、選考していく。今年度は応募を増やしたいので、積極的な推薦をお願いしたい。

##### 6) 2008年度秋季大会

原案に対し、いくつか質問や提案が出され、事務局で確認・修正の上、承認された。

2008年度事業計画は、以上のとおり承認された。

#### (2) 2008年度予算

予算に秋季大会に関する支出項目を含めることが提案され、提案どおり修正し承認された。

### 議題5 その他

#### (1) 全国理事会報告

6月16日に開催。公益法人化に集中的に取り組む。また、会計の透明性及び、社会にオープンな気象学会を目指す。岩崎理事が学術委員会の委員長を務めることになった。

#### (2) 支部総会について

現在の体制を継続することで了承された。

#### (3) 支部幹事の指名

岡本氏、須田氏、安田氏の3名が指名された。