

2019年度

日本気象学会東北支部気象研究会

・

仙台管区気象台東北地方調査研究会

合同発表会質疑応答集

2019年12月2日(月)

仙台第3合同庁舎 2階大会議室

共 催

(公社)日本気象学会東北支部

仙台管区気象台

No. 1

「全球赤道域における Dry Intrusion の自動検出および大気循環場との関係

(柳澤彩紀)」

(質問) Dry Intrusion の出現は、北半球で季節変化が大きいのに対し、南半球では季節変化が小さいが、どんな理由が考えられるか。

(回答) 北半球にはユーラシア大陸があり、海陸のコントラストやモンスーンの影響を受けて季節変化が大きくなる。検出する際、空気塊の南端が北緯 10°以南に到達することを一つの条件にしているため、北緯 10°付近まで大陸が分布していると Dry intrusion が検出され易くなる。

(質問) MJO の位相と Dry Intrusion 発生 の時間・場所などは関係があるのか。もし未実施であれば Composite 解析や Lag 相関による解析などされては如何か。

(回答) MJO の位相と Dry intrusion 発生には関係があると考えており、現在解析中である。後日、別途詳細を示したい。

(質問) MJO の場合、Dry intrusion の持続性が長くなるのか、持続性が短い場合としてどのような気象現象が原因と考えられるか。また、インド洋と太平洋での主な違いは何か。

(回答) MJO と Dry intrusion の持続性の関係については解析中であり、後日、別途詳細を示したい。

(質問) Dry Intrusion の出現は、北半球で季節変化が大きいとのことだが、温暖化との関係や気温との関連はあるか（日本では特に春の相対湿度が下がっている）。

(回答) 温暖化影響については本研究で対象外である。湿った領域に乾燥空気が侵入する現象を捉えているので、気温等の季節変化に伴い収束帯が移動することで Dry intrusion の出現場所も移動する。

(質問) 持続判定において Dry Intrusion が分割・合併する場合はあるのか。ある場合はどのように判定するのか。

(回答) 持続判定前に空気塊を構成するグリッド数に上限を設けているので、Dry intrusion が分割・合併することはほぼない。しかしながら、分割・合併が起きた際には、一番東側に位置している空気塊のみ持続しているとして採用している。

(質問) 40年平均を使っているが年々変動は考慮しなくていいのか(ENSO等の影響の観点から)。

(回答) 今後の検討課題としたい。

(質問) Dry Intrusion は何故発生するのか。

(回答) Yoneyama and Parsons (1999) などの先行研究で、中緯度の対流圏中層から強い西風に伴って熱帯に侵入すること、中緯度の波動の影響を受けて発生することが報告されている。

No. 2

**「東シベリアの河氷融解に伴う急激な流量増加へ影響を及ぼすオホーツク海高気圧
(大島和裕)」**

(質問) 下流の方が融解に伴う流量増加が遅いのは何故か。

(回答) レナ川は、河口及び下流側が北、上流側が南に位置するため、季節進行として下流の方が春の気温の立ち上がりは遅く、河氷融解に伴う流量増加も上流に比べて遅くなる。

(質問) 増水は、上流から増水した水が流れてきたことによるものか、下流の融解によるものか。

(回答) 河氷と積雪の融解が流量の急激な増加に影響するので、両方の影響が合わさっていると考えられる。

(質問) 下流の方が気温との相関が高いようだがその理由は何か。

(回答) 気温はヤクーツク(レナ川中流)のデータを使用しており、これは大まかに言って流域全体を代表する気温変化と見なせる。下流の河口に近い地点で流量が増加するタイミングは、流域全体での河氷・積雪融解を反映するので、下流では両者の相関が高くなると考えられる。一方で中流の流量増加は、上流域の気温と比較した方が良いと考えられるので、今後検討したい。

(コメント) 背の高いH(オホーツクH)の影響を受けるということであれば、上空の場も含めて解析をすると良い。

(回答) 対流圏下層の結果を紹介したが、中上層についても今後確認したい。ただ、本研究の対象は河氷融解であるため、下層の循環場とそれに伴う気温変化が重要になる。

No. 3

「地球および日本列島の温暖化の要因（今清水雄二）」

（質問）CO₂の吸収は海洋と陸地どちらが大きいのか。

（回答）IPCC 第5次報告書によれば、人為起源の累積二酸化炭素排出量は555 [470～640] GtC、このうち240 [230～250] GtC が大気中に蓄積し、モデルによる値と観測に基づく値の組み合わせによる海洋に取り込まれる累積吸収量は155 [125～185 GtC]、また残差から求められる自然の生態系に蓄積する陸域の累積吸収量は160 [70～250] GtCである(1a.)。1750年から2011年にかけての人為起源CO₂の年間排出量とその大気、陸域、海洋への分配を表した図TS.4 2a.)でも同様に見積られるが、陸域の炭素吸収の変化については不確実であり、確信度は低く{6.4.3; 図6.24} 2b.)、一方、海面付近の海水のpHは工業化時代の始まり以降低下し、海面付近の海水のCO₂（二酸化炭素）分圧と海水のpHの観測値の関係が示すように海洋のCO₂吸収の確信度は高い(1a.)。したがってCO₂の吸収は陸地と海洋のどちらが大きいか判定は難しいが、大気中に排出されたCO₂は大気と接する海洋海面を介しておよび雨水に溶けて海面に降り海水に吸収される効果を想定した場合、地表面積、降水量の大きい3) 海洋に吸収されるCO₂の割合は大きい(少なくとも小さくない)と推測される。

参考資料・註

- 1) ipcc_ar5_wg1_spm_jpn a. p.10
- 2) ipcc_ar5_wg1_ts_jpn、 a. p.51, ibid b.pp.107,115
- 3) 国立天文台編：理科年表（丸善、2010） p.951
 海洋の面積（70.8%）：361 [106 km²]、陸地の面積（29.2%）：149 [106 km²]
 降水量 海洋 385 [103 km³/年]、陸地：111 [103 km³/年]、大気：496 [103 km³/年]
 単位面積当たりの降水量、海洋：1.066 m/年、陸地：0.745 m/年

No. 4

**「従来型観測のみを同化した日本域高解像度領域再解析の
夏季における降水の再現性（曾我大輝）」**

（質問）今回発表した領域再解析の結果とJRA-55をダウンスケーリングしたものとの違いはどのようになっていたのか。その違いは、データ同化のあり・なしが影響していると考えて良いのか。

（回答）今回の研究では領域再解析とダウンスケールの比較を行っていないが、先行研究(Fukui et al.,2018)では2014年8月を対象に領域再解析を、長期間連続的に時間積分を行う力学的ダウンスケール(長期DS)及び、DSJRA-55(Kayaba et al.,2016)に倣い定期的に再初期値化した力学的ダウンスケール(短期DS)と比較し、二種類のダウンスケールに対する優位性を以下のように報告している。長期DSでは領域モデル内部の物理法則による拘束と側面境界からの強制だけではモデル内部の場を正しく決められないことにより総観場を再現できず降水分布がずれてしまう。領域再解析では従来型観測を同化したことで誤差の拡大が抑制され、総観場や降水パターンの再現性が向上する。また、短期DSではスピニアップの問題により降水量を過小評価する傾向があるが、領域再解析では、一貫した予報解析サイクルを回しておりスピニアップの影響が軽減する。

また、長期DSにおける差はデータ同化をしたことによるものであり、短期DSにおける差は一貫した予報解析サイクルを回していることによるものである。

（質問）ダウンスケーリングだと初期値からの予測時間が長くなるので、そこで差が生じているということはないか。

（回答）ご指摘の通りと考える。ダウンスケールでは予報時間が長くなるにつれ誤差が拡大していくが、領域再解析では、6時間ごとに観測データによる修正を行う。この修正の積み重ねが領域再解析とダウンスケールとの差となっている。

No. 5

「2016年1月寒波における海上寒気流出の寒気質量解析手法による解析（山口純平）」

（質問）東シナ海を対象として調査されているが、日本海を対象としなかった理由は何か。

（回答）東シナ海の寒気流出の方が日本海のそれと比較し解析が容易であるからである。

本解析手法において閾値とする等温位面は混合層より上層に位置し、なおかつ寒気をとらえるためなるべく低いものが望ましい。東シナ海の海上寒気流出は混合層が800hPa程度に限られるのが典型例である一方、日本海ではメソサイクロン等が発生する影響で混合層が対流圏下層には限られない場合があり、それに応じて閾値も高く設定しなければならない（この問題の解決は本研究の今後の課題でもある）。

（質問）図6では潜熱の上昇が東側（130-135E）で対流圏上層まで広がっているようだが、その理由は何か。

（回答）寒冷前線前面での凝結域に対応する。混合層より上層でなおかつ暖域内であるので、今回対象とする「寒気流出の消滅」には関与しないものと考えている。

（質問）この手法の解析に必要なモデルの解像度はどの程度か。

（回答）基本的にはモデル解像度に依存しない。本解析で領域気象モデルを用いたのは凝結量を直接計算するためである。

No. 6

「夏季黒潮域における降水システムの日周期（山下堯也）」

（質問）本調査は（降水の特性ではなく）GSMaPの特性を見ている可能性はないか。

（回答）気象庁の解析雨量と比較したところ、降水ピークの時刻や相対的な降水振幅（降水ピークとなる時刻の降水強度を1として正規化）に、顕著な違いは見られなかった。ただし、GSMaPの特性（1-4ミリ程度の降水強度を過大評価している）に伴い、過剰な降水振幅となっている様子は確認され、またその降水が梅雨前線の外縁にある薄雲で顕著となっている可能性が否定できないため、GSMaPの降水が日周期として妥当であるかについては現在議論中である。ひまわり8号のプロダクトが容易に手に入る環境なので、光学的な厚さによる降水分布の違いを見ることで検討したいと考えている。

（質問）対流パラメタリゼーションなしの2km解像度MSMでは対流の発生が遅いと傾向があると聞いたことがあるが、そのような影響はなかったか。

（回答）その影響はほとんど無いと考えている。その根拠として、1時間解像度で観測ベース（GSMaP）とMSMの領域平均降水量で相互相関関数を計算したところ、ラグ無しの部分で最大値（0.87）を取ったことが挙げられる。

（質問）対流雲発達日周期のメカニズム解明に向けて、数値予報モデルを活用した研究が進められていく事と思うが、最も着目すべきものは何か。

（回答）雲の上層における放射加熱である。熱帯海上で見られる対流雲の日周期メカニズムは、放射を主体とする要因にあることが、多くの先行研究で言われている。南西諸島付近の対流ピークは、熱帯海上と異なっており、熱帯海上でよく言われるメカニズムが本当に南西諸島で作用していないかに関して調べるため、まずは放射加熱に着目して考察しようという考えである。

（質問）今後の課題として、ひまわり8号から雲を追跡するとのことだが、どのような手法を考え

ているか。

(回答) 弊研究室で開発された、ひまわり 8 号の雲物理量を推定するプロダクトを使って、雲光学的厚さが大きくかつ雲頂高度の高い部分を、雲の核として目印を付け前後の時刻と比較し、その重なりを見て雲を追跡する手法を考えている。

No. 7

「暖候期の降水時における解析雨量の特性調査（小野寺 晃一）」

（質問）解析雨量の速報版と正規版の違いは何か。また、正規版はどのくらい後に公開されるのか。

（回答）正規版解析雨量は、前 1 時間のレーダーと雨量計データを組み合わせて作成されており、雨量計データの入電を待って、約 15 分後に完成する。速報版解析雨量は、正規版よりも速報性を重視するため、直近 10 分間の解析雨量はそれよりも 10 分前のレーダーと雨量計データの換算係数を用いており、正規版よりも早く算出することができる。ただし、速報版解析雨量は、短時間で急速に発達する積乱雲がもたらす強雨などの場合は精度が低下する場合もある。

（質問）調査では気象庁レーダー、降水ナウキャストを用いているが、高解像度降水ナウキャスト（Xバンドレーダー利用）による検討は実施したか。

（回答）今回は、迅速な警報発表に向けた XRAIN の利活用について調査したため、警報判定に用いられる降水ナウキャストに焦点を絞った。高解像度降水ナウキャストによる検討は今後の調査対象としたい。

No. 8

「宮城県における雷発生時の環境場の統計調査（田ノ下潤一）」

（質問）どのようなメカニズムにより、宮城県の発雷が他県に比べて少ないのか。

（回答）付近の海面水温との関係性が高いと考えている。下記に示したのは一つの例として北西太平洋高解像度日別海面水温解析(HIMSST)における 2019 年 8 月 1 日から 10 日までの 10 日平均で、日本海側は対馬暖流により相対的に海面水温が高いが、太平洋側は親潮により海面水温が低くなっており、発雷頻度分布との対応が比較的良好なことが分かる。太平洋側では付近の海面水温が低いために、陸上での熱的低気圧によって海風が流入しても陸面で対流が発達するまでの気温に上昇することができないことから、発雷頻度が少なくなっていると考えられる。

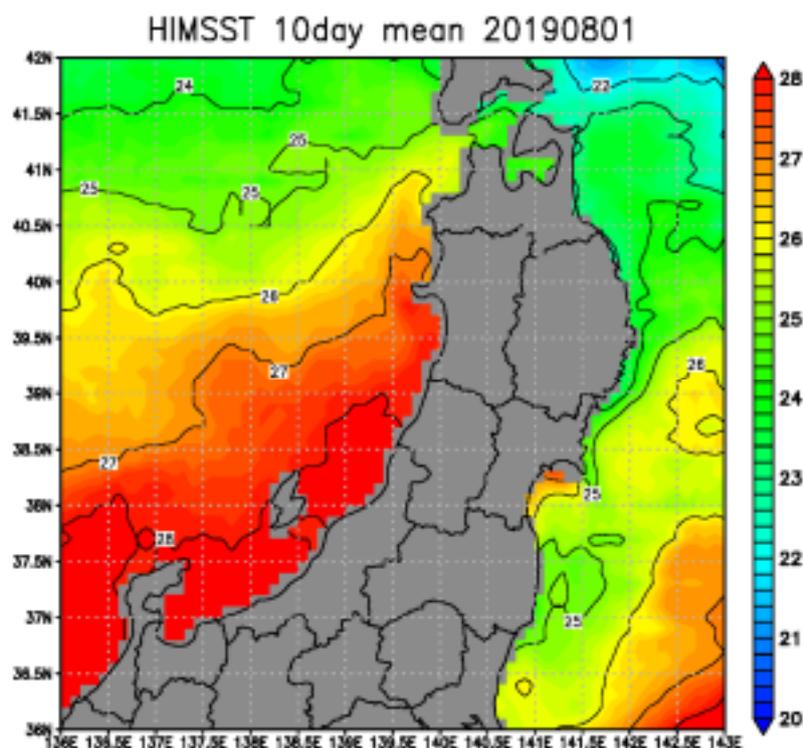


図 A1: 北西太平洋高解像度日別海面水温解析の 2019 年 8 月 1 日からの 10 日平均値

（質問）高層のコンポジットは調査したか。

（回答）今回は時間やデータ量の問題から行っていない。今後 500hPa の高度によるトラフとの関係や、700hPa の水蒸気分布等について調査を継続したいと考えている。

(質問) 東北地方の夏期は奥羽山脈を挟んで雷の発生分布が異なり、そのメカニズムとして黒潮の暖流の到達域が、対馬海流の到達域より南にあるとのことだが、実際に潜熱・顕熱の鉛直分布は発雷・非発雷で有意な差があるのか。中層の湿舌の有意差に対応する結果が出てくるのではないか。

(回答) 潜熱・顕熱に関わるプロダクトを容易に取得できる環境にないので、差があるかどうかを回答することはできないが、潜熱・顕熱の影響は大きいと考えられるので、今後の課題としたいと思う。

No. 9

「東北地方における雷注意報にひょうを付加する目安の検討（和田雅幸）」

（質問）（雷注意報における）雹と雷の因果関係は何か。降雹時は必ず雷が発生しているものか。

（回答）雹は激しい上昇気流を伴う積乱雲内で発生することが多く、雷とともに発生するケースが多いが、必ず雷が発生しているわけではない。

（質問）雹のサイズと被害との関係はどのようになっているのか。

（回答）個別に調査を行ったわけではないが、一般的には雹のサイズが大きい方が落下速度も速くなり、被害が大きくなると考えられる。

（質問）「雹を付加しない条件」を今後の検討課題としているが、本調査では雹の付加条件を示しており、この逆であれば条件を満たすという単純なものでは無いということか。

（回答）雹付加の前提として、雹害の報告があったものを取り扱ったが、実際には報告のない小規模な雹害もあった可能性がある。そう考えると、実際には絞り込みすぎている可能性もあるため、「こういった環境場では雹は付加しない」といった条件設定の検討も考えられるのではないかと思いい、記載した。今後は検証結果などを分析しながら対応を考えたい。

（コメント）雹害を対象とした調査であるが、発達した積乱雲により雹害をもたらされる夏季に、積乱雲が発達しやすい山岳部においては降雹はあっても被害として報告されにくい場合があると推測される。顕著な降雹が発生している可能性はあり、雷注意報への雹付加の有無の検討は、積乱雲の構造等、雹の発達機構にも着目して調査を継続して欲しい。

No. 10

「福島県の暴風について（木村マリ子）」

（質問）おろし風が山岳波であれば既存の研究が参考なると思う。また、対流圏内での安定度や風のシアー ($\partial U/\partial z$) などにも着目するとワークシートの改善に繋がるかもしれない。

（回答）現在のワークシートは「おろし風」について改善する要素が少ないため、大気中層の安定層の確認や、風のシアー等の予測因子の追加を検討したいと思う。

（質問）西よりの暴風は寒冷前線通過後や冬型の気圧配置の場合に発生している。特に冬型の気圧配置の場合、暴風や強風の継続時間の特徴を分析することで、強風場におけるより強い風（暴風）の特徴の抽出ができるのではないか。そのうえで、暴風予想のための着目点を整理して欲しい。

（回答）ご指摘の通り、今回の暴風の事例では、寒冷前線通過時に中通り・浜通りの広範囲で風が強まった後、白河付近で再び暴風となったことから、この要因についてはおろし風によるものであったと考えている。それぞれの要因をさらに調査し、着眼点まとめたいと考えている。

No. 11

「秋田県における東よりの風による強風害について（天城正人、高野一生）」

（質問）2019年5月20日の事例では、地上天気図を見ると南成分が大きい一般風になると思われるが、実況の最大風速や最大瞬間風速はどの風向で観測されたのか。

（回答）実況値がしっかりと掲載されていない発表スライドとなっており、お詫びする。例えば、発表スライドでアメダス実況を示していた、秋田、横手の日最大風向・風速（日最大瞬間風向・風速）は、

・秋田：SE 12.9 m/s（SE 20.4 m/s） ・横手：SSE 7.9 m/s（SSE 16.9 m/s）

秋田の次に風速の大きかった大湯、内陸でも東よりの強風の吹きやすい湯沢は、

・大湯 SE 12.6 m/s（SE 19.7 m/s） ・湯沢：ESE 10.8 m/s（ESE 17.5 m/s）

と、ご指摘のとおり南分の入った東風となっていた。また、能代や阿仁合では、

・能代 S 9.2 m/s（S 15.8 m/s） ・阿仁合：S 8.3 m/s（S 14.4 m/s）

と、南風で最大風が観測されている地点もあった。今回、東よりの風（NE～SE）が要因と考えられる事例を調査していたので、横手で被害のあった本事例はSSEで（定義としては）南より（SE～SW）では？との指摘もあろうかと思うが、被害のあった時間帯（11時頃）はSEを観測していたので対象事例としている。

（質問）経験則から秋田県では北東～東の風での強風は殆どなく、上記事例も含め、南東を中心とした強風事例（東から南の事例）を調査すると効率的にサンプルを増やせると思われ、違った結果が得られると思う。

（回答）貴重な経験則を共有いただき、感謝する。「東より」がNE～SEを指す、というのを原稿~~め~~切1週間前に気づき、「東より」の集計に入れていたNNEやSSEを慌てて削ったりしたが、アドバイスいただいた通り、あまり言葉の定義にこだわらず調査をしてもよかったかも知れない。

改めて北成分をもった東風を確認したところ、NEはおっしゃる通り、強風（10 m/s以上）のデータ数は6しかなく、地点も八森（移設後）と大湯に限られた。ENEの強風はそれなりに観測される（東

よりの風のデータ数約 1700 の内、約 300) ようで、今回抽出した東よりの風の災害事例でも ENE となっている事例が 1 つ (2008 年 4 月 19 日 : 南岸低) あった。(あくまで想像だが) あまり吹かない風向だからこそ被害につながりやすい、ということもあるのかも知れない。

(コメント) 秋田県の東よりの強風害事例を整理しているが、総観場をみても複数に分類できそうだ。秋田県の東よりの強風として“生保内 (おぼない) だし”もあるし、その他にもあると思う。ただし、これらはアメダスの設置環境等により必ずしも観測されるわけではない。(メカニズムの違いの観点から) 総観場等整理し、数値シミュレーションやその結果の検証により、強風発生機構の特徴等整理することに期待する。

(回答) コメントいただき感謝する。県内気象庁 OB の方からも、生保内だし以外にも真昼岳の麓でもだし風が強く吹くことがある、といったような話を聞いており、アメダスでは捉えられていない現象にも興味がある。今回抽出できた事例を調査し、共鳴重力波以外でもどのような現象で強風が発生するのか整理できればと考えている。

No. 12

「2019年3月31日の秋田における凍雨事例の解析（岩場遊）」

（質問）凍雨は観測ではどのようにあられと区別するのか。

（回答）氷の粒の見た目、目視による雲の様子（層状性か対流性か）により判断する。本事例では、観測者によれば「音も違った」とのことである。

（質問）レーダーのボリュームスキャンではブライトバンドは見えていたのか。

（回答）レーダーでは高度 1km 付近に強いエコーが観測されていた。高層観測や NHM の計算結果などと対応させると、ブライトバンドと考えられる。

（コメント）雲物理過程を分けてみて、それぞれ検討することにより成因を示すのも有効かもしれない。

（回答）NHM 内部の計算まで見るのは大変そうなので、今後の課題としたい。

No. 13

「関東平野に発生する沿岸前線の MSM 予報バイアスに関する解析（鈴木健斗）」

（質問）降水の改善はどの程度か。また、東より風向時の事例も調査すると興味深いと思われる。

（回答）沿岸前線に伴って降水が強化される事例（2013 年の伊豆大島、2019 年 10 月 25 日の千葉県における記録的豪雨など）では、沿岸前線位置の MSM 予報エラーが改善すると降水分布も改善することを計算結果から確認した。今後は降水の改善の定量的な解析（フラクシヨンスキルスコアなど）を進めていく予定である。今回の発表では海からの風が南寄り風向時（日本海低気圧型）を調査したが、東寄りの場合（南岸低気圧型）でも予報エラーが解消することは 2014 年の 2 月大雪など数事例で確認している。

（質問）CTL と感度実験との比較で、温度傾度や風速に違いがあったか。

（回答）詳細な評価はしていないが、解析した範囲では沿岸前線の温度傾度や風速に違いは見られず、前線の位置だけがシフトしていた。

（質問）本件は、モデル依存性はなく力学によって決まる事項と考えて良いか。

（回答）力学で決まる事項と考えている。2017 年 2 月から気象庁の現業モデルは数値実験で使用した JMA-NHM から asuca に変更されたが、統計的な解析の結果、予報エラーは asuca に変更された後も発生していることが分かっている。

（質問）Envelope Orography により、沿岸前線（シアライン）の位置の予想が改善されているとのことだが、シアラインの走向については予想の特徴はあるか。

（回答）シアラインの走向については多くの場合で NE-SW 方向になるが、Envelope Orography に地形を変更した際も走向に変化の特徴は見られない。

No. 14

「科学教育用数値実験ソフトの開発

-中学校理科 Web-CReSS SE の活用に向けて- (佐々木恒)」

(質問) DVD-NHM ではシステムがブラックボックスとの話があったが、(本調査でも) 状況としては変わらないのではないかと。

(回答) 本研究室の先行研究において、DVD-NHM での実践で、「生徒の学習意欲があまり高まらない」という課題が得られた。これに対して、現在では生徒が計算の一部に触れられるように、授業の1時間分を使って計算の中身(微分方程式を数値的に手計算で解くという理科的手法)を学習し、数値実験を行うことで、生徒の学習意欲を高めている。

(質問) 基本的に計算が難しい部分を隠してインターフェースを改良しているというという理解で良いか。

(回答) その通りである。

(質問) Web-CReSS SE を実際に授業で使用した時に生徒はどのようなことに興味を持つか。

(回答) 数値計算を行うコンピュータの有用性や、条件によって気象現象がどのように変化するかなどに興味を持つと考えられる。

(質問) 岩手大学など研究機関で Web-CReSS SE を利用する計画とのことだが、インターネットで一般的に利用・試用できると更に面白く発展すると思うのだが、計画等あるか。

(回答) 計画はあるが、予算次第である。

(質問) 今回のような雲解像モデルを使った授業は教員側の負担も大きいのではとの印象を持った。その辺りのフォローアップは何か計画等あるか。

(回答) 操作のマニュアルは作成済みである。今後、取扱説明書を文章でまとめる予定である。

No. 15

「盆地霧の数値シミュレーション-岩手雫石の事例- (菱満貴)」

(質問) 盆地北側で発生した霧が、北風に流されて南へ拡大しているとの説明だが、霧の移動によって風向変化をしているとは考えられないか。

(回答) 霧が北風に流されているか、霧の移動により風向が変化しているか、判断することは難しいと考えている。ただし、冷気は斜面で冷やされ、重力流的振る舞いをする。しかし、霧と連動しているかは、まだ検証できていないため、今後の課題である。

(質問) 霧の元となる水蒸気は御所湖や雫石川、葛根田川が主と考えて良いか。

(回答) 今回、霧が発生している岩手山の南の斜面から、御所湖や雫石川は遠くに位置している。盆地の北斜面で発生していることから、地中の水が日射により暖められることで、水蒸気が発生するのではないかと考えている。

(質問) 数値予報モデルの地表面の状態は(水平格子間隔 500m では全て陸面ではないかと思われ)どの様になっているのか？

(回答) 地表面は、水平格子間隔 500m のため、全て陸面になっていると思われる。

(質問) 北よりの風の強まりと霧が同時的に発生しているようだが、北風の発達要因、気圧場などはどうなっているのか。

(回答) 気圧場の影響ではなく、重力流の影響であると考えている。

No. 16

「レーザー分光法による大気中 N₂O および CO 濃度連続観測システムの開発と南極・昭和基地における大気観測への応用（赤井章吾）」

（質問）CO と N₂O 濃度にはどのような季節変化があるのか。

（回答）南極昭和基地において、CO 濃度は 2-3 月に極小値となり 9-10 月に極大となる。N₂O 濃度は 5-6 月に極小となり、11-12 月に極大となる。これらの季節変動は昭和基地で長期的に行われてきた従来の観測結果からわかるが、本観測でも同様の季節変化が見えつつある。季節変動成分の振幅は N₂O で±0.3~0.5ppb(parts per billion : 1/10 のモル分率)ほどで CO は±10~15ppb ほどである。

（質問）高度 CO 濃度になった要因をバイオマス燃焼としている根拠をもう少し詳しく教えて欲しい。

（回答）根拠として以下が挙げられる。

- ・ 10 日ほどのスケールの大きな CO 濃度上昇であったこと
- ・ 流跡線解析の結果、当時森林火災が活発であった南米由来の大気塊が輸送されてきていたこと
- ・ バイオマス燃焼で発生する CH₄ の大気中濃度が、共に上昇していたこと
- ・ 風速・風向などのデータから、この時観測した大気試料に、基地活動による汚染大気が混ざった可能性は低いと考えられること

（質問）（CO₂ は NH 冬季増えて夏季に減る季節変化をする。）それに対して CO と N₂O 濃度にはどのような季節変化をするのか。その原因メカニズムは何か。また、高濃度の起源を流跡線解析ではなく、(極軌道)衛星 (のプロファイル) 観測から確認することは可能か。

（回答）南極昭和基地において、CO 濃度は 2-3 月に極小値となり 9-10 月に極大となる。N₂O 濃度は 5-6 月に極小となり、11-12 月に極大となる。

CO 季節変動のメカニズムは CO の消失源である OH ラジカルの濃度変動と大きく関わる。OH ラジカルは紫外線とオゾンの反応により生成するため夏に増える。したがって晩夏の CO 極小値は OH ラジカルの増加によって起きていると考えている。同じく OH を消滅源とする CH₄ 濃度も同じような季節変動をする。濃度の極大については、南半球高緯度での森林火災の増加が CO 濃度の増加に寄与しているという研究もある。

N₂O の昭和基地での季節変動については、まだわかっていない点が多く、結論までは出せない。しかし Nevison et al.(2005 / Tellus B)で報告されるように、南半球高緯度では成層圏由来の空気(N₂O が少ない)と海洋由来の空気(N₂O が多い)が季節変動に寄与している可能性が高く、今後、これらの濃度変動への影響を評価していきたいと思う。

CO の 10 月の数日スケールの濃度増大について、衛星観測から CO 高濃度の空気塊の輸送を追跡することは可能である。

NOAA/World view Earth Data (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>)は南米で森林火災が発生した後、そこから高濃度 CO を含む空気塊が東南東に進み南アフリカ南端付近まで輸送される様子を示している。しかし、高濃度 CO を含む空気塊が昭和基地周辺に流れ込む様子を捉えるには衛星センサの観測精度が不足していると考えられる。

本研究の CO 地上観測精度は 0.1ppb 以下だが、10 月の濃度上昇は 2~3ppb 程度であったため、地上観測でのみ捉えられる現象だと思われる。

No. 17

「海大陸周辺で発生する対流雲に対するエアロゾルの影響の定量的解析（大芦宏彰）」

（質問）エアロゾルの成分は何か。バイオマス燃焼が起きた時に顕著な変動があると考えて良いか。

（回答）エアロゾルの成分は主に黒色炭素と有機エアロゾルである。長規模の変動を取り除いた時の残りの変動はバイオマス燃焼が主なので、バイオマス燃焼があった時に顕著な変動があるとみてよいと考えている。

No. 18

「ノイズの正規分布を仮定しない独自ガイダンスの作成（寺内俊平）」

（質問）カルマンフィルタに比べて計算機負荷が大きいのではないかと思うが如何か。

（回答）ご指摘の通り、粒子フィルタの方が計算機負荷は大きい。今回の実験では、カルマンフィルタで 15 秒程度かかった計算に対して、粒子フィルタは同計算について 60 秒程度必要としていた。フィルタによる逐次推定の問題を考えると、係数の個数 M と推定を実行する回数 N の積となる MN 次元のパラメータ推定問題に帰着する。今回の実験では、最大風ガイダンスの係数 3 個の逐次推定を 2 年間分行っていたため、 $MN \sim 10^3$ と考えてよく、フィルタの時間計算量は 10^3 のオーダーであったと考えられる。ただし、粒子フィルタについては、 M 次元のメンバーを粒子数 K だけ用意するため、空間計算量はその分だけ増大する。なお、本実験では $K=10000$ としている。

したがって、カルマンフィルタと粒子フィルタの時間計算量は同じく $O(10^3)$ であるのに対し、空間計算量についてはカルマンフィルタが高々 $O(10^1)$ である一方で粒子フィルタは $O(10^4)$ となっているため、その分計算機負荷は増大すると考えられる。

しかしながら、粒子フィルタのリサンプリングの箇所を工夫することで効率的な並列処理が可能であることがわかっており、今後は並列化効率の高い粒子フィルタのアルゴリズムを導入し、計算機負荷の軽減を目指したいと考えている。

（質問）降水量の方が正規分布とならないことが明白かと思われるが、なぜ調査対象を風ガイダンスとしたのか。

（回答）今回の実験では、カルマンフィルタを採用かつ頻度バイアス補正を行っている現業のガイダンスとの比較を行いたかったため、降水量ガイダンスも候補の 1 つではあったが、データ収集の手間等を鑑み、より説明変数が単純な最大風ガイダンスに今回は焦点をあてた。

ただし、指摘の通り、降水量の誤差ノイズの方が非正規分布に従うことは明白であるため、降水量ガイダンスについても調査したいと考えている。

No. 19

「X-MP レーダで捉えられた雷雲内の微細構造について(福島県北部 2019 年 6 月 5 日の事例)
(酒井貴紘)」

(質問) 仙台レーダーと X-MP レーダーでは見ている高度が違うのではないか。

(回答) 指摘の通り、仙台レーダと今回解析で使用した田村局の X-MP レーダでは見ている高度が異なる。また、田村局 X-MP レーダのほうが、仙台レーダよりも今回解析した積乱雲に近く、時空間分解能が高いため、より詳細な反射強度場、ドップラー速度場を確認することができたと考えている。

(質問) 鉛直断面 (RHI) の解析などは実施したのか。

(回答) X-MP レーダの RHI 観測は実施していない。また、今回は X-MP レーダの CAPPI を作成していないので、鉛直断面は確認できていないが、仙台レーダの反射強度の鉛直断面では、ヴォールト構造 (丸天井のような形状) が不明瞭ながら確認できている。