

東北地域のヤマセと冬季モンスーンの 先進的ダウンスケール研究

1. 気候研究 地球温暖化時代の東北の気候
2. 予測研究 短中期予測の農業気象情報への活用

東北大学大学院理学研究科
弘前大学大学院理工学研究科
(独)農研機構東北農業研究センター
岩手県立大学ソフトウェア情報学部
気象庁気候情報課(協力機関)
気象研究所(協力機関)
仙台管区气象台(協力機関)
岩手大学農学部(協力機関)

気候研究（再解析、現在気候、将来気候）のダウンスケール

再解析JRA25のダウンスケールを利用したヤマセ研究（地上観測の再現性）

過去の気温トレンド（温暖化）

年々変動： ヤマセと異常高温

ヤマセインデックス、過去のヤマセの特徴の整理

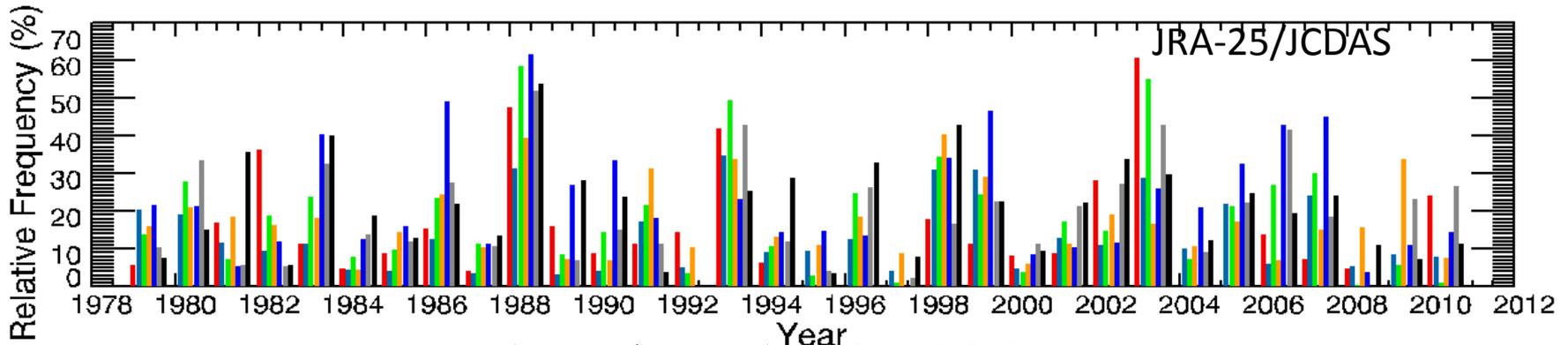
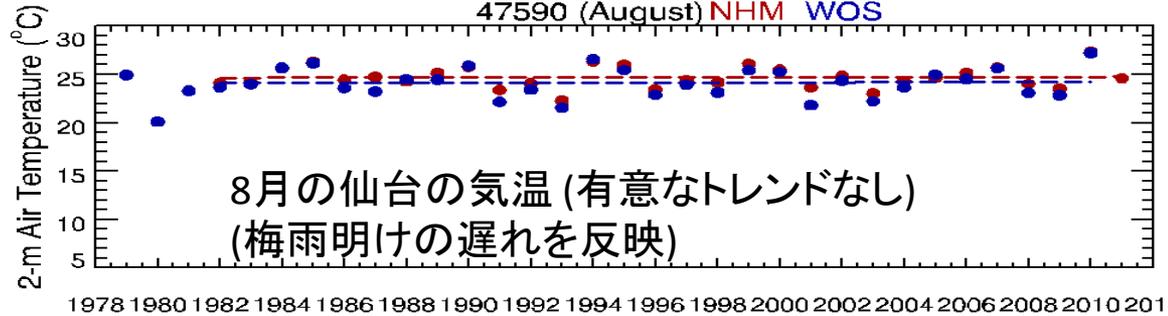
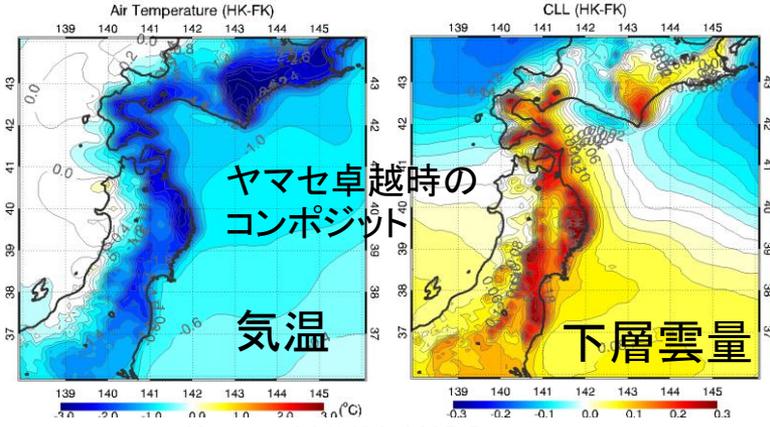
ヤマセ年と暑夏年（2003年と2004年）の比較の地域特性（解像度依存性）

10kmダウンスケーリングによる地域特性と長期変動

- 地域特性を解析できる長期データを作成
- 気温トレンドの観測との一致、再現性を確認
- 7つのヤマセインデックスを新しく提案し、過去30年(1982-2011)のヤマセの長期変動を再評価。



- 局地気候の解析へ
- 温暖化実験の系統的評価へ

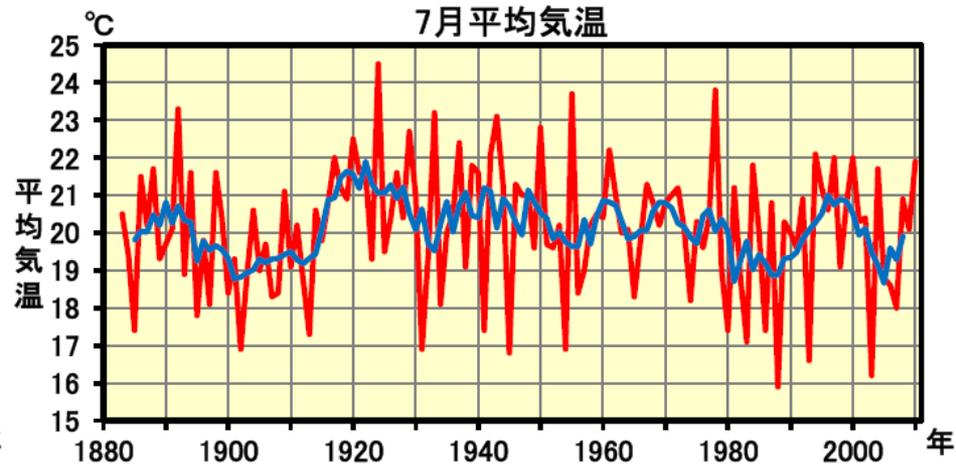
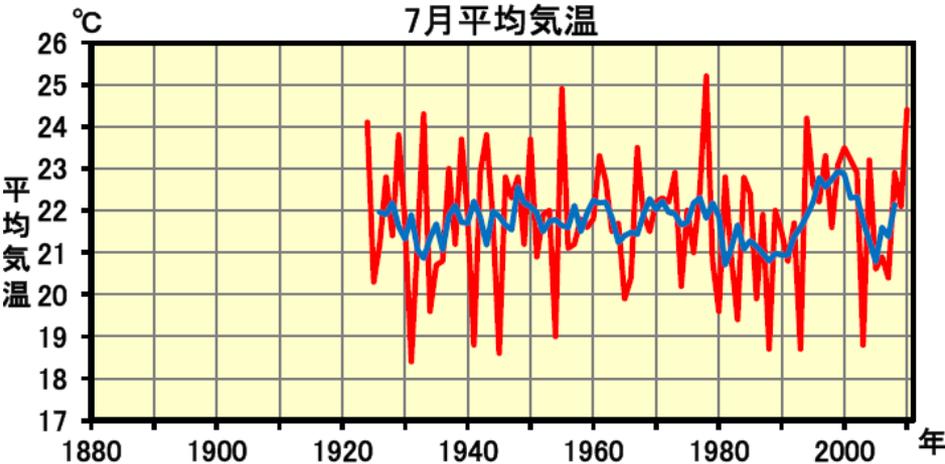
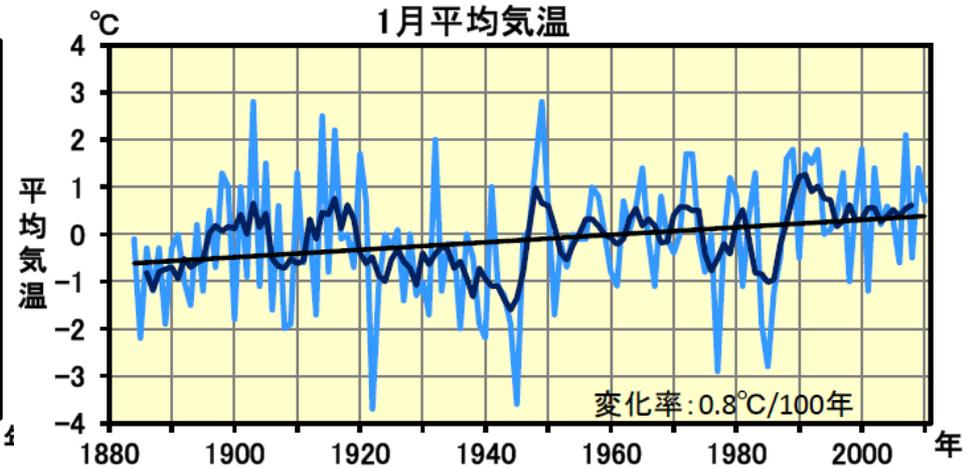
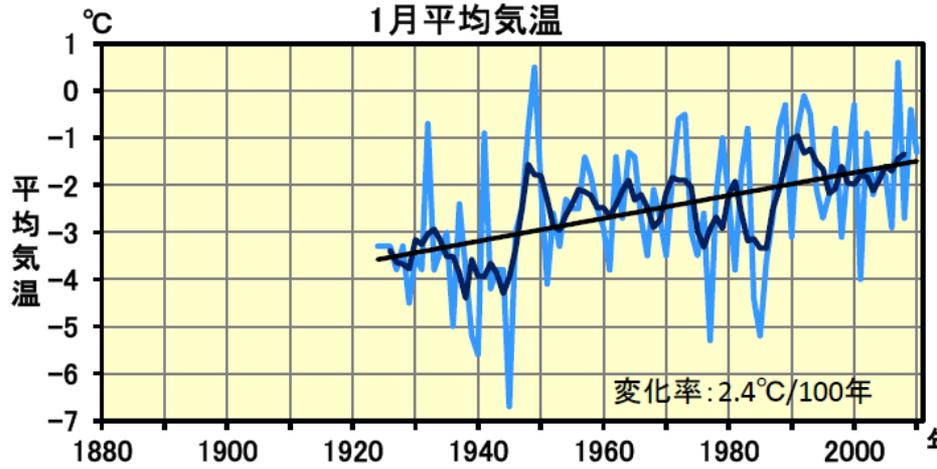


各インデックスが1 σ を越える頻度。

オホーツク海高気圧インデックス 南北気圧差インデックス 津軽海峡気圧差インデックス
 宗谷海峡気圧差インデックス 気温インデックス 日変化インデックス 東西モードインデックス

3. ヤマセに対する温暖化影響

盛岡・宮古の日平均気温の経年変化



盛岡

宮古

池田氏(仙台管区气象台)より

気候研究（再解析、現在気候、将来気候）のダウンスケール

再解析JRA25のダウンスケールを利用した過去のヤマセに関する研究

過去の気温トレンド(温暖化)

年々変動、ヤマセと異常高温(エルニーニョ他との関係?)

ヤマセインデックス、過去のヤマセの特徴の整理

ヤマセ年と暑夏年(2003年と2004年の比較)の地域特性(解像度依存性)

気候モデルの現在気候の検証

ヤマセの背景場(大規模循環場)の検証、海面水温の検証

ダウンスケール結果の検証

東北太平洋沿岸の現在気候の気温トレンドを再現したか?

東北太平洋沿岸の年々変動の現在気候を再現しているか?

気候モデルの現在気候の検証

東北太平洋沿岸の気温トレンドは将来どのように変化するか

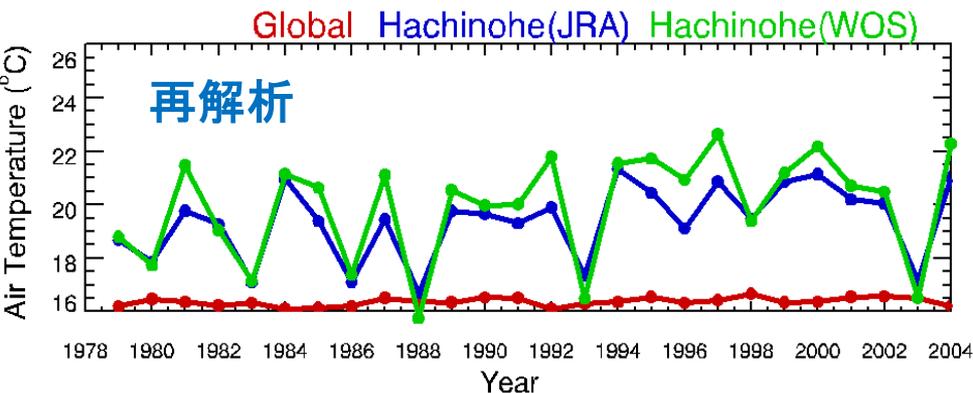
東北太平洋沿岸の気温の年々変動は将来どのように変化するか

予測の信頼性の評価 マルチ気候モデル解析

2つの気候モデル(MRIとAORI)のダウンスケール比較

温暖化した将来のヤマセへの適応に関する研究

7月の月平均気温の経年変動(八戸 v.s. 全球)

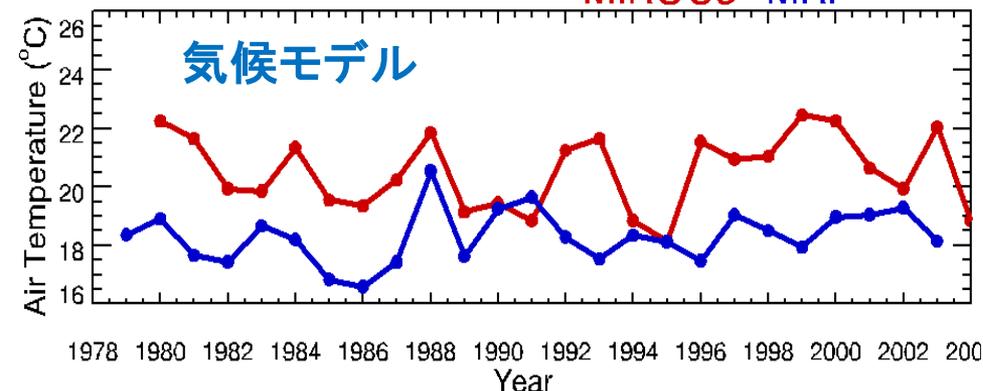


全球平均気温の年々変動は 0.1°C 程度。
地域の月平均気温の変動はその数10倍。

八戸の月平均気温の年々変動は数 $^{\circ}\text{C}$ 。
100年間の温暖化と同程度。

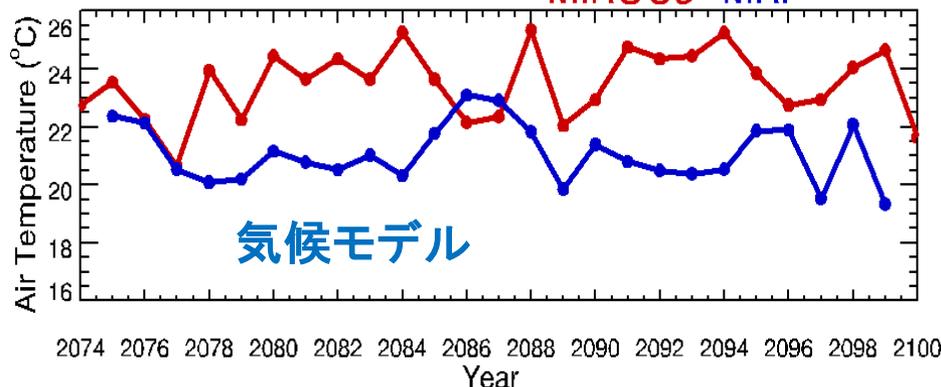
八戸の月平均気温 (現在気候実験)

MIROC5 MRI



八戸の月平均気温 (将来気候実験)

MIROC5 MRI



地域にとって地球温暖化(経年変化)同様に、年々変動に対処することが大切。

「温暖化への適応」では、「安全安心な社会の実現」と両立を図るべき。

気候研究（再解析、現在気候、将来気候）のダウンスケール

再解析JRA25のダウンスケールを利用した過去のヤマセに関する研究

過去の気温トレンド(温暖化)

年々変動、ヤマセと異常高温(エルニーニョ他との関係?)

ヤマセインデックス、過去のヤマセの特徴の整理

ヤマセ年と暑夏年(2003年と2004年の比較)の地域特性(解像度依存性)

気候モデルの現在気候の検証

ヤマセの背景場(大規模循環場)の検証、海面水温の検証

ダウンスケール結果の検証

東北太平洋沿岸の現在気候の気温トレンドを再現したか?

東北太平洋沿岸の年々変動の現在気候を再現しているか?

気候モデルの現在気候の検証

東北太平洋沿岸の気温トレンドは将来どのように変化するか

東北太平洋沿岸の気温の年々変動は将来どのように変化するか

予測の信頼性の評価 マルチ気候モデル解析

2つの気候モデル(MRIとAORI)のダウンスケール比較

気候変化に対する農業の適応策

トレンドへの適応、品種改良、適地適作

年々変動への適応、いもち病、冷夏、高温障害 → 短中期予測の高度利用

気候研究： ダウンスケールシステム検証と物理過程の改良

雲物理過程と雲放射過程および浅い対流

雲水量や雲粒の有効半径等と日射量の関係

雲量(部分雲についての確率密度関数と積層構造)の気候学的評価

* 赤外放射冷却による雲放射 — 雲形成フィードバック

ヤマセ雲にTwomey effects は重要か？ 海陸の差・経年変化

大気境界層

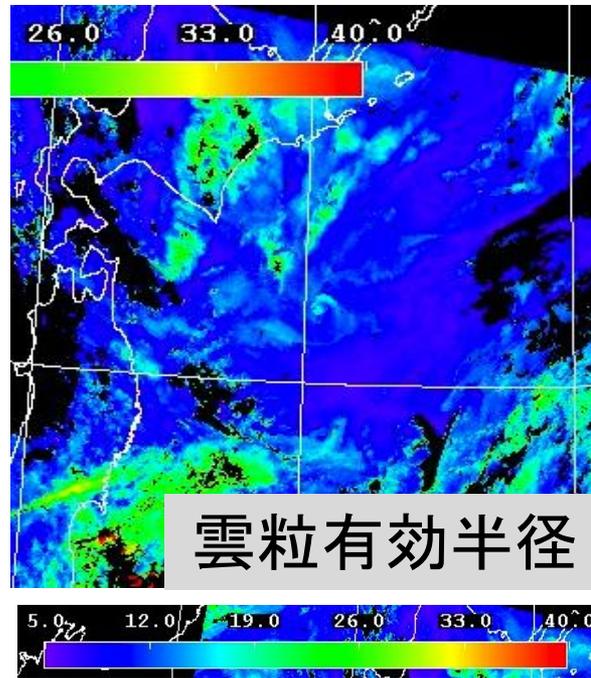
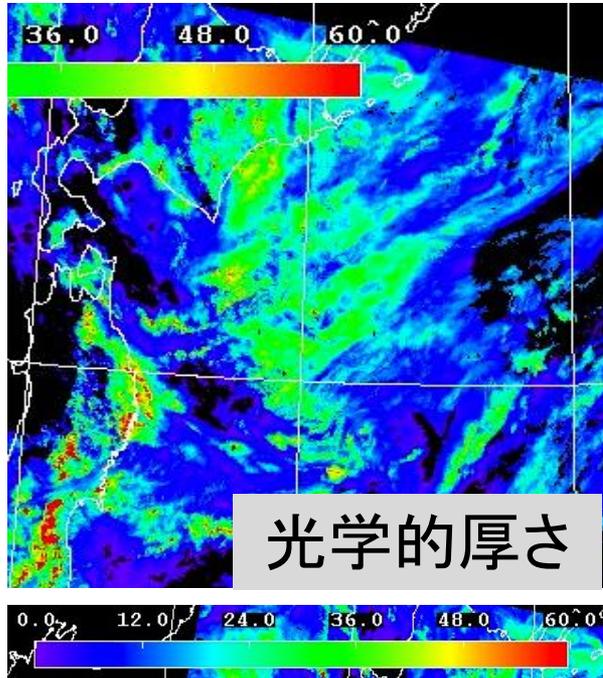
湿潤境界層

(雲のサイズ→格子点内の非一様性→雲量の確率密度関数)

陸面水文過程

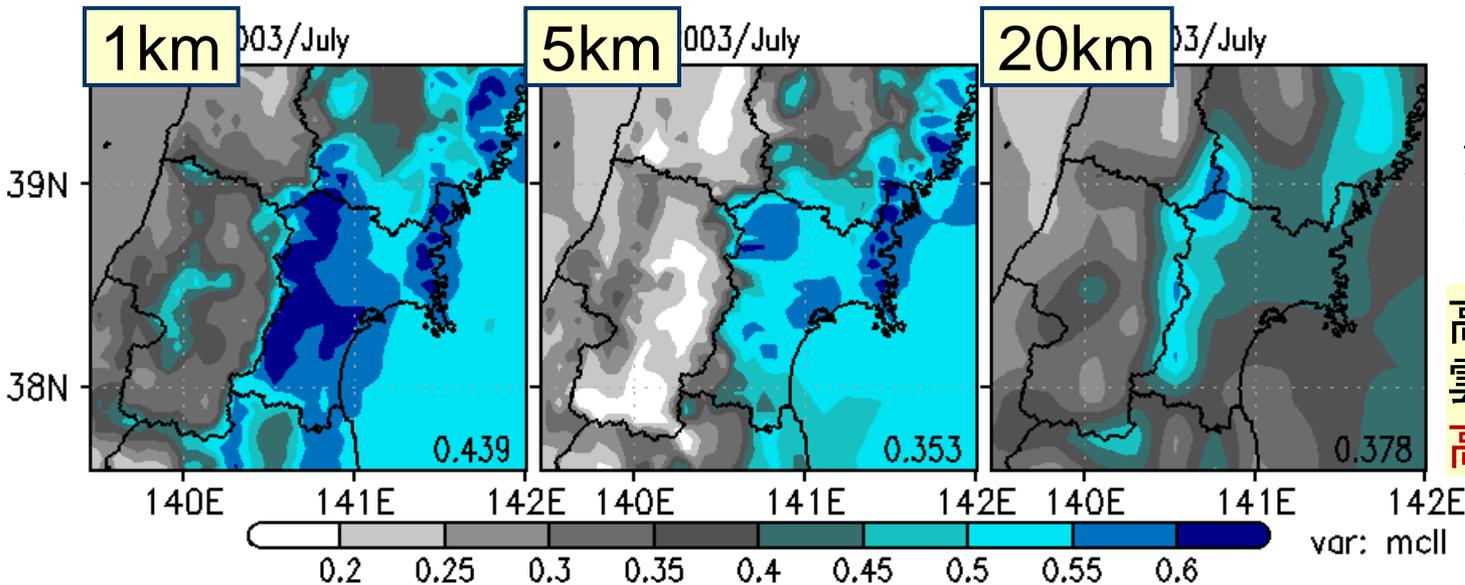
地上気温と水蒸気 農業気象情報への直接入力

1-3. 海上下層雲(7月における雲の構造)



ヤマセ雲の光学的厚さと雲粒有効半径 (MODIS 2011年7月31日 01UTCの例)

(μm)



下層雲量の解像度依存性 (2003年7月)

高解像度化により雲量増加=> 高温バイアスを低減

ヤマセの気象予測研究

実況監視と短期予報の改善
中期予報の改善

データ同化手法の高度化
アンサンブルダウンスケール予報

データ同化

アンサンブルカルマンフィルターを利用した側面境界の最適化
下層風、下層水蒸気量、下層雲の同化

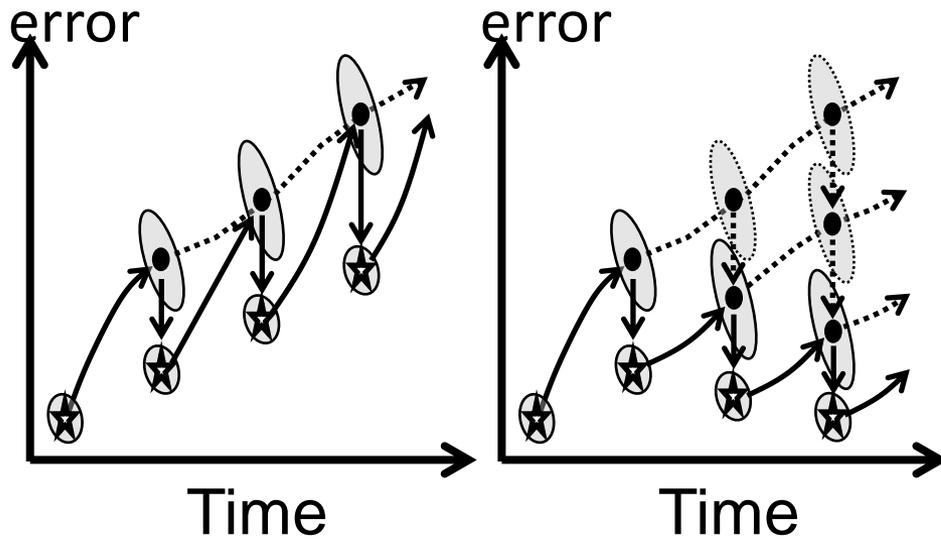
* GPS掩蔽観測、ドップラーライダー、雲のイメージ画像

2-1. データ同化手法の開発 (側面境界の最適化)

- ・LETKFを用いた側面境界の最適化手法のプロトタイプを開発・評価した。
- ⇒狭領域におけるダウンスケールの延長予報に貢献

側面最適化なし

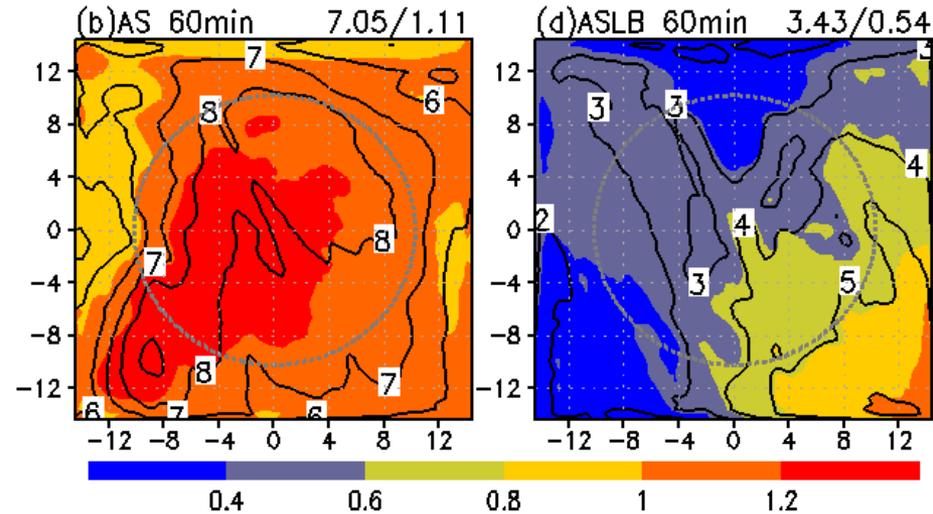
側面最適化あり



側面境界の最適化手法の模式図

側面最適化なし

側面最適化あり

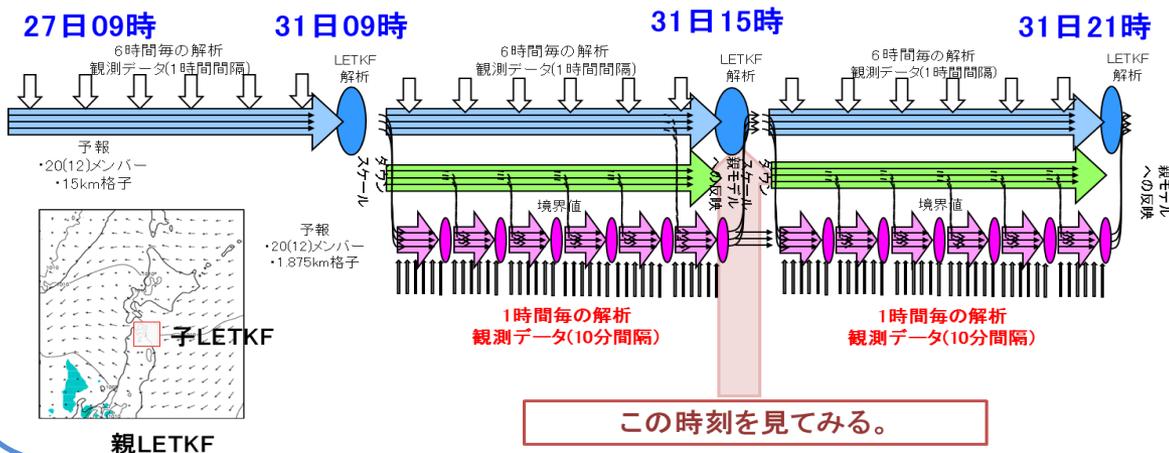


$$\text{Ratio} = \frac{\text{側面最適化なし/ありの誤差}}{\text{同化なしの誤差}}$$

- スプレッド
- ☆ 解析値
- 予測値

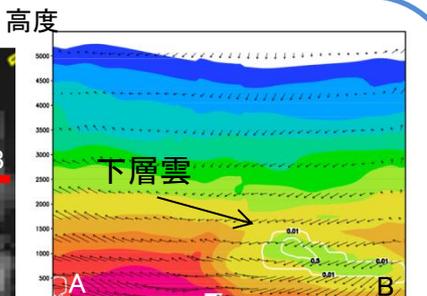
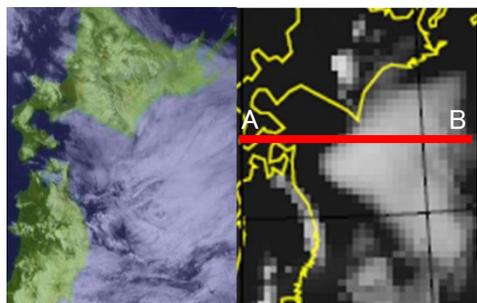
- ・現在の観測情報を予測値(未来)まで有効利用
- ・側面最適化により、誤差成長を抑制

2-1. データ同化手法の開発 (LETKFネストシステムの利用)



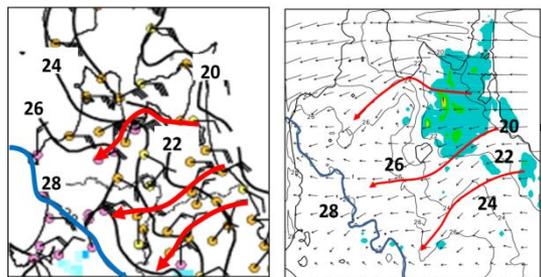
- ・LETKFネストシステムを用いて、7月30-31日に発生したヤマセの雲域や気温分布の再現を目指す。
- ・親LETKF(格子間隔15km)に子LETKF(1.875km)を入れ、気象庁現業データを同化した。
- ・子LETKFの境界値は親LETKFから作成、6時間毎に子LETKFの結果を親LETKFに反映させる。

再現結果

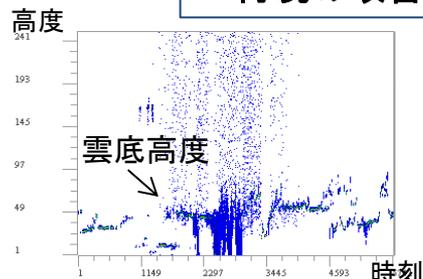


(右) 赤線に沿う気温の断面図

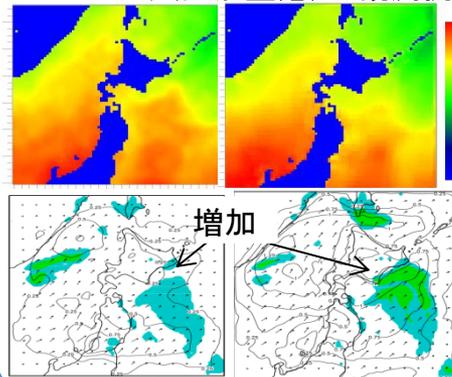
- ・親LETKFは、東北地方の東に広がる下層雲を再現(上図)。
- ・地形の表現の良い子LETKFは、気温や水平風分布を再現(下図)。



再現の改善を目指して



シーロメータ(山形空港)の観測例



- ・同化データとしてシーロメータの雲底高度を利用(上図)。雲底は湿度90%程。
- ・スプレッドの改善のために、気象庁解析値(下図左上)と外洋域新世代海面水温データ(川村研)の海面温度(下図右上)を利用。両者を利用すると、**小さすぎたスプレッドが増加**。(下図右下)。

ヤマセの気象予測研究

実況監視と短期予報の改善
中期予報の改善

データ同化手法の高度化
アンサンブルダウンスケール予報

データ同化

アンサンブルカルマンフィルターを利用した側面境界の最適化
下層風、下層水蒸気量、下層雲の同化

* GPS掩蔽観測、ドップラーライダー、雲のイメージ画像

アンサンブルダウンスケール予報

気温・湿度の確率予報、予測信頼度の予測

局地循環や下層雲を考慮したアンサンブルスプレッド

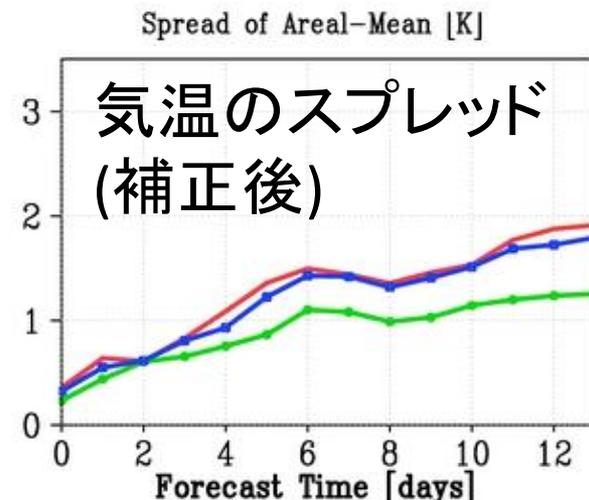
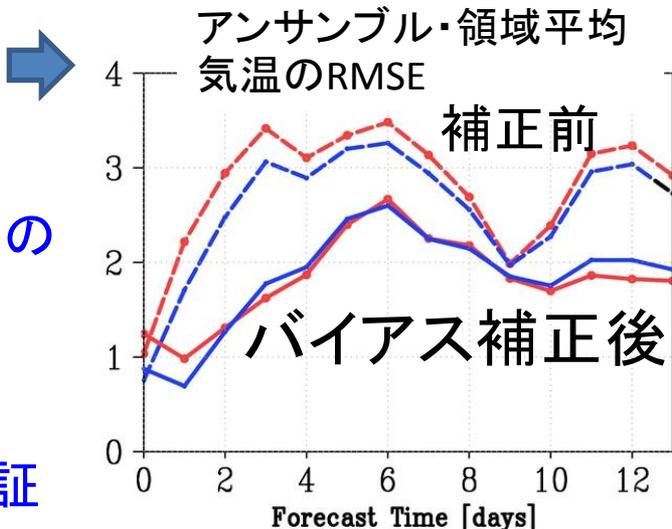
EOFによる地域に有効な予測情報の抽出(ノイズフィルターとバイアスの除去)

2-2. アンサンブルダウンスケールシステムの構築

2003年、2004年の8事例

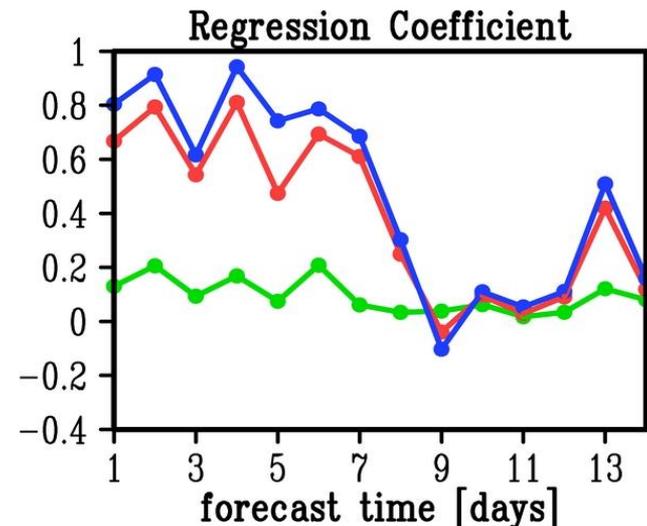
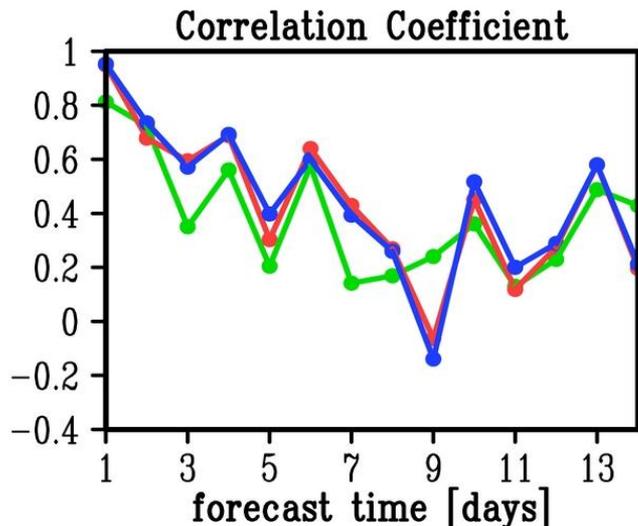
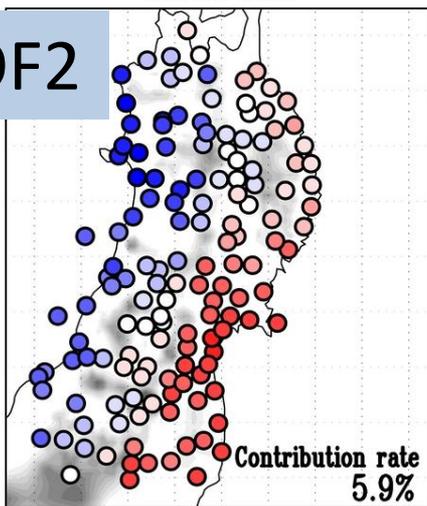
—●— $dx=1.25^\circ$
 —●— $dx=25km$
 —●— $dx=5km$

1. アンサンブルダウンスケール手法
 2. ダウンスケールの結果のバイアス補正
 3. EOF低次モードをフィルターとして利用
- モードごとに再現精度を検証



2nd EOF Mode

EOF2



ヤマセの気象予測研究

実況監視と短期予報の改善
中期予報の改善

データ同化手法の高度化
アンサンブルダウンスケール予報

データ同化

アンサンブルカルマンフィルターを利用した側面境界の最適化
下層風、下層水蒸気量、下層雲の同化

* GPS掩蔽観測、ドップラーライダー、雲のイメージ画像

アンサンブルダウンスケール予報

気温・湿度の確率予報、予測信頼度の予測

局地循環や下層雲を考慮したアンサンブルスプレッド

EOFによる地域に有効な予測情報の抽出(ノイズフィルターとバイアスの除去)

高度農業気象情報の作成

農業気象数値モデルの作成と検証(いもち病発生予測、生育モデル、etc.)

アンサンブルダウンスケール予報を利用した農業気象確率情報の作成

農業支援システムの開発

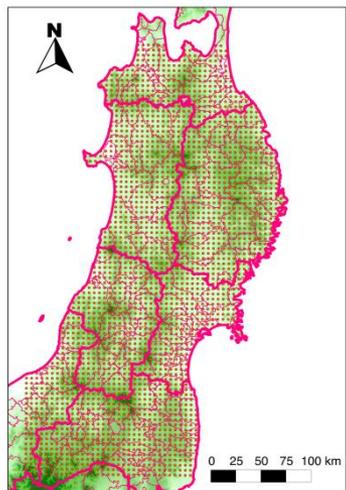
農業支援システムを利用した情報の提供試験

利用者アンケートの実施とシステムの改良

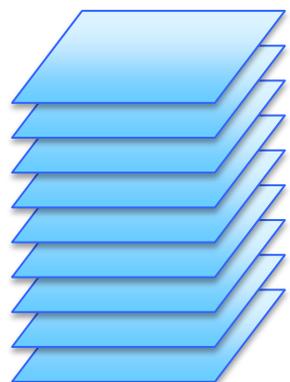
2-3. 農業気象モデルの改善と農業気象情報の高度化

アンサンブル予測計算

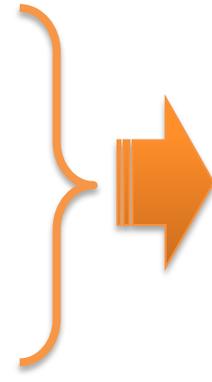
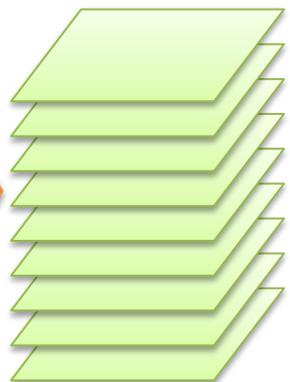
(気象庁+東北大学作成)



アンサンブル予測
9メンバー



各メンバーで
葉いもち予察モデル
BLASTAM
を計算

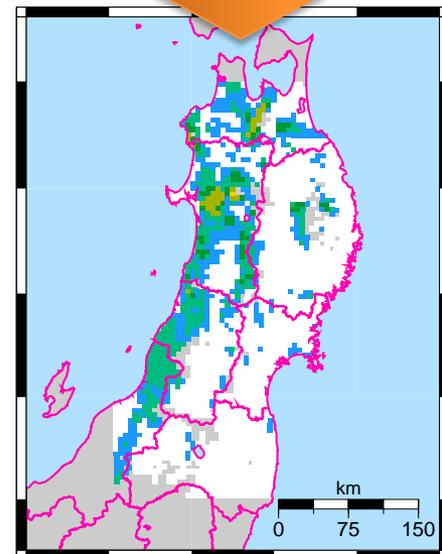


確率予報として
編集



右図:

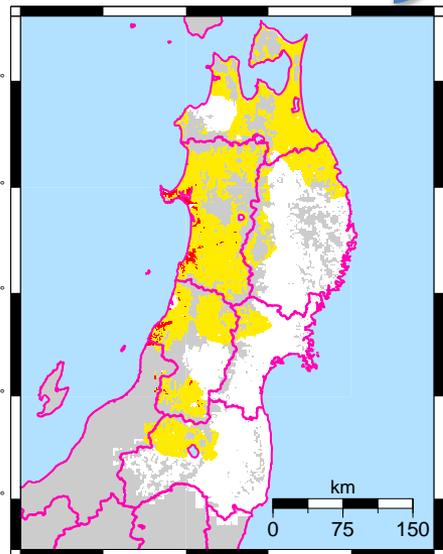
アンサンブル予測計算値使用の
BLASTAMの感染好適確率



左図:

AMeDAS観測値使用の
BLASTAMの感染好適条件

アンサンブルメンバーから算出した
感染危険あり/なしは
観測値ベースの予測と同程度の精度



BLASTAM

BLASTAM probability (%)

農業気象情報の確率予報システム

JMA Global Ensemble Forecast (51メンバー)

~60km

Mem-1

Mem-2

Mem...

Mem-51

~1km

1km予報-1

1km予報-2

1km予報...

1km予報-51

農業モデル
予測結果1

農業モデル
予測結果2

農業モデル
予測結果...

農業モデル
予測結果51

downscaling

application

e.x. BLASTAM

確率的高解像度農業気象情報の
作成・提供

(ダウンスケールのためのデータ同化システムは
まだ発展途上だが...)

予定した道具はほぼ出そろった。
しかし、まだ、性能は十分とは言えない。

後半2年で
道具を磨いて
次期への課題を整理する

みのり豊かな After RECCA に向けて

東北の夏

温暖化予測の整理。ヤマセと異常高温。豪雨。予測の不確実性。
気候変動への適応策のまとめ。
農業気象情報の充実。エネルギー問題。防災。
将来に向けての課題。

東北の冬

冬季気象災害(豪雪と強風)。
水資源。

JRA-25 → JRA55

過去の地域気象の再現
メソ気象現象の解明
環境アセスメント

ダウンスケール研究は温暖化だけではない。
ダウンスケール研究はますます盛んになる。予測、アセス。現象の多様性。

ダウンスケールの性能は親次第
ダウンスケールモデルの課題も多い(物理過程、データ同化)

成果報告書

ヤマセ本

次回開催

ご苦勞様でした