

データ同化による 気象衛星ひまわり8号風速推定データの 台風強度予報へのインパクト

辻野智紀^{1,2}

堀之内武^{1,3}・柳原脩臣³

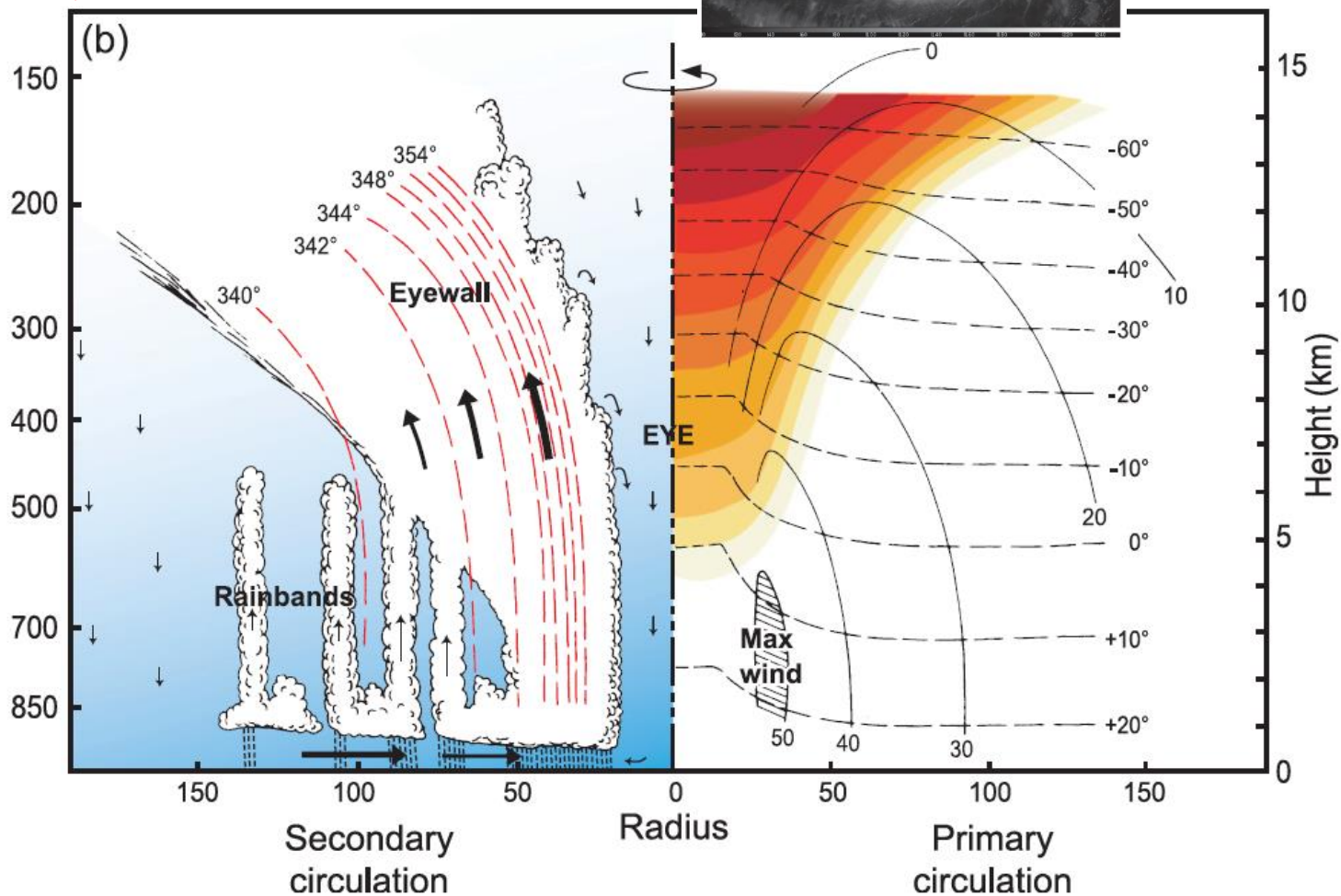
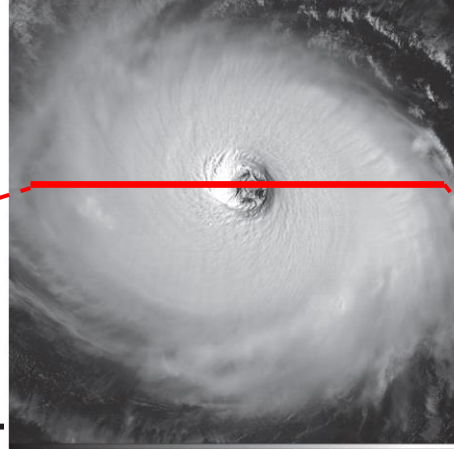
1: 北海道大学 地球環境科学研究所

2: 気象庁 気象研究所

3: 北海道大学 大学院環境科学院

はじめに

静止気象衛星からみた台風
(Kossin and Schubert 2004)



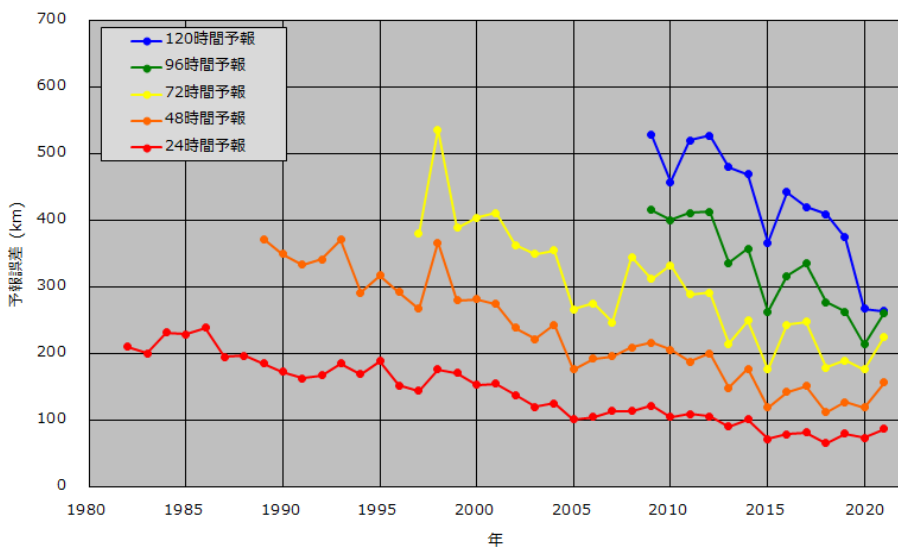
一般的な熱帯低気圧の鉛直断面 (Houze 2010)

はじめに

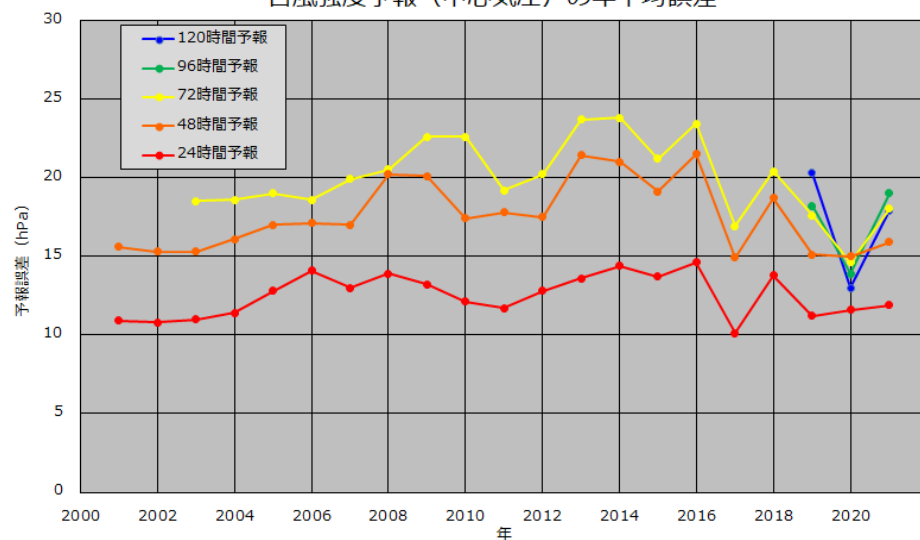
世界の主要機関における数値大気モデルにもとづく台風予報

- 進路：誤差は漸減傾向
- 強度：誤差の改善はほとんど見られない

台風進路予報（中心位置の予報）の年平均誤差



台風強度予報（中心気圧）の年平均誤差



気象庁台風予報成績の経年変化 (左) 進路誤差 (km), (右) 強度誤差 (中心気圧, hPa).

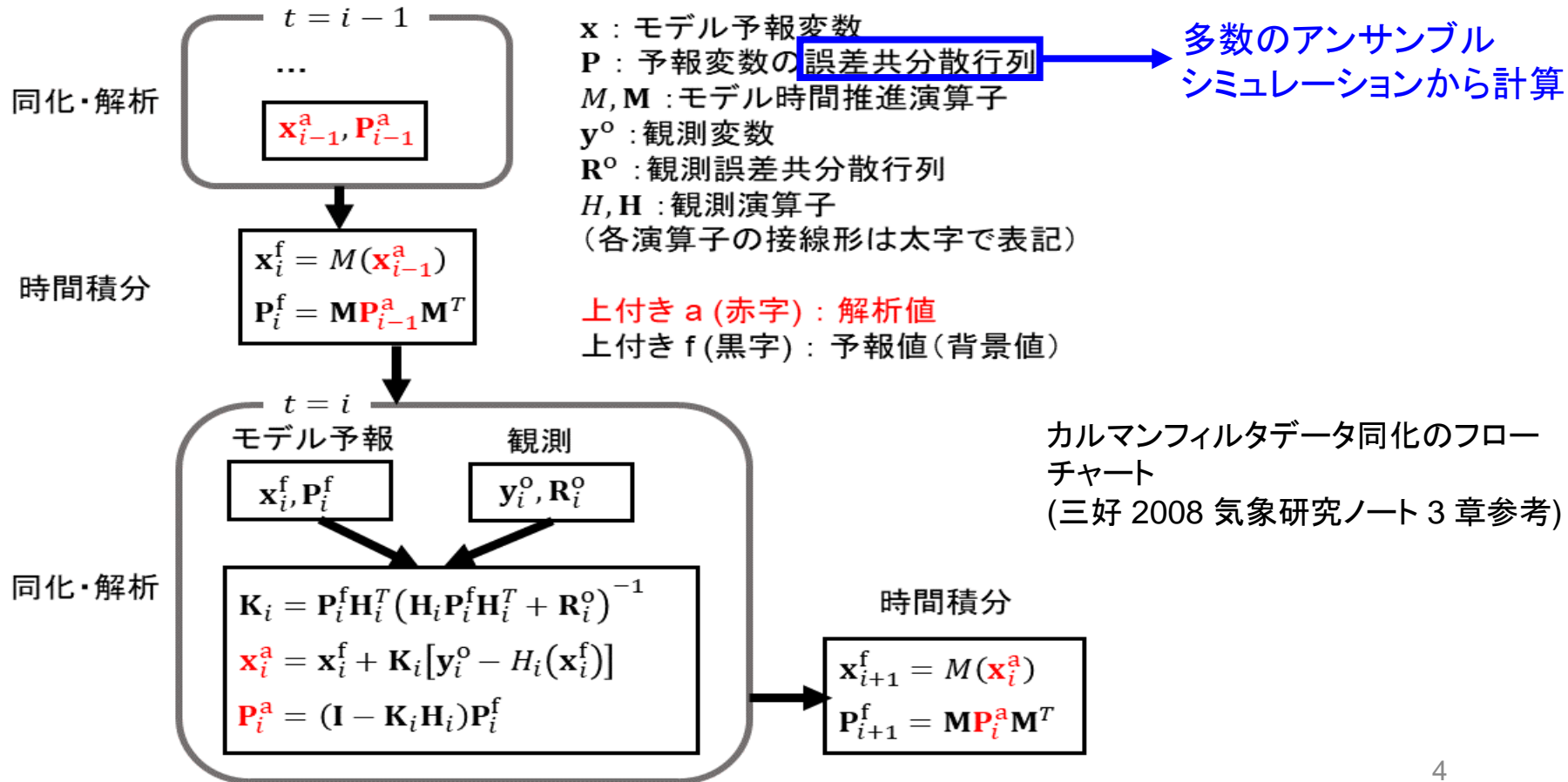
気象庁ウェブページ:

https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typ_kensho/typ_hyoka_top.html

データ同化・解析

あるシステムの状態を観測データと数値モデルに基づき高精度に推定する手法

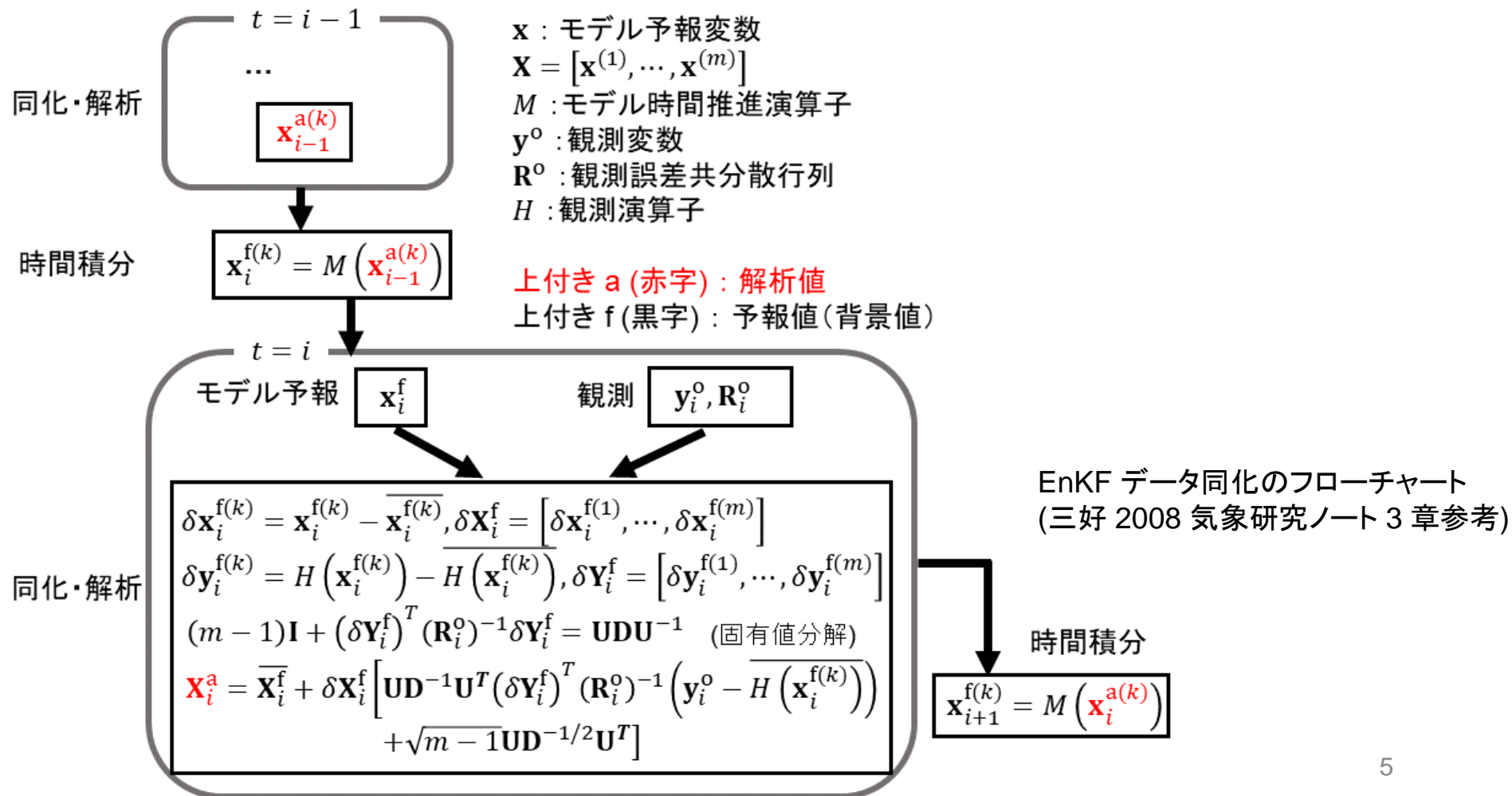
- アンサンブルカルマンフィルタ (EnKF) データ同化
- 変分法データ同化



データ同化・解析

あるシステムの状態を観測データと数値モデルに基づき高精度に推定する手法

- アンサンブルカルマンフィルタ (EnKF) データ同化

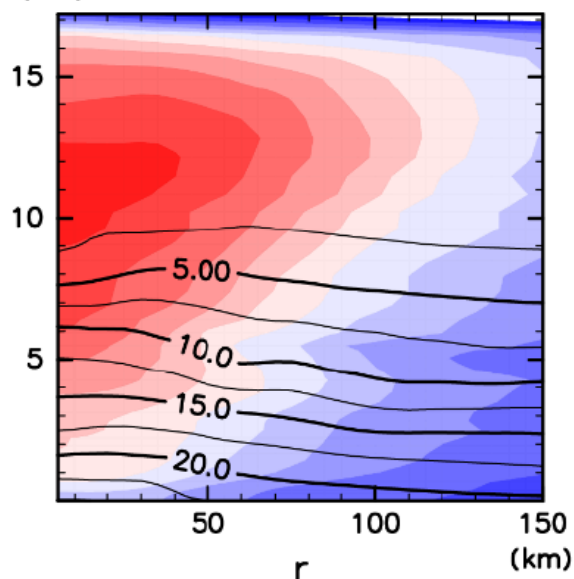


先行研究

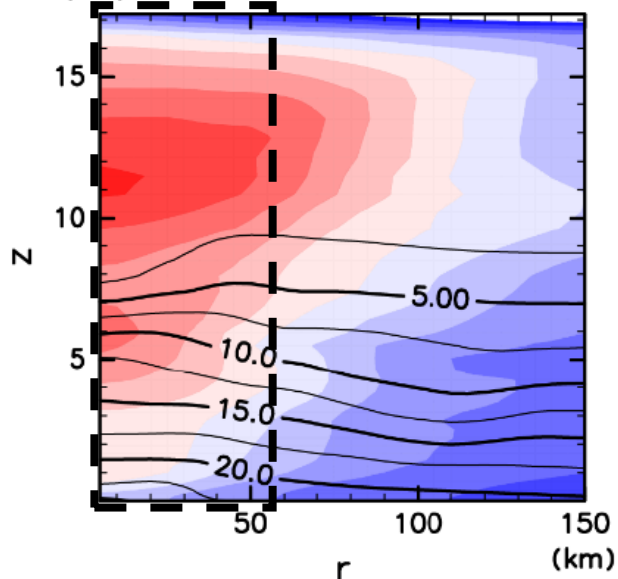
海上で発達する台風中心付近は観測が少ない

- 航空機による特別観測 (e.g., Wu et al. 2012; Ito et al. 2018)
 - 風速データの同化により予報が改善 (Wu et al. 2006)
- 気象衛星による定常的な輝度温度観測 (e.g., Honda et al. 2018; Minamide & Zhang 2017)

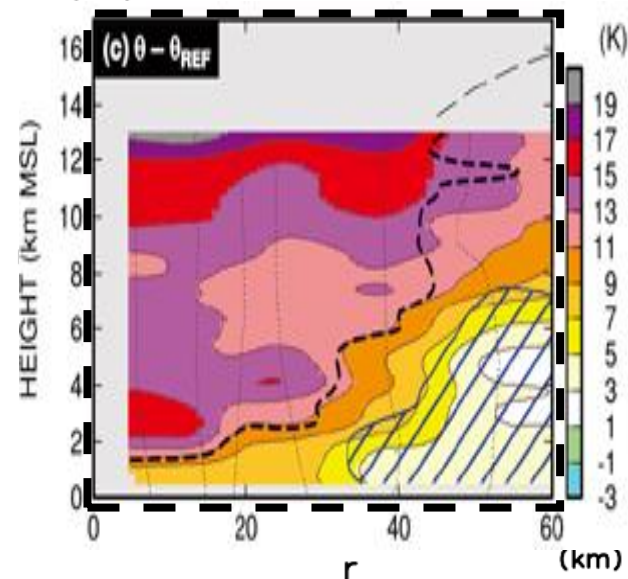
(km) ドロップゾンデ同化なし



(km) ドロップゾンデ同化あり



(km) 実際の観測結果



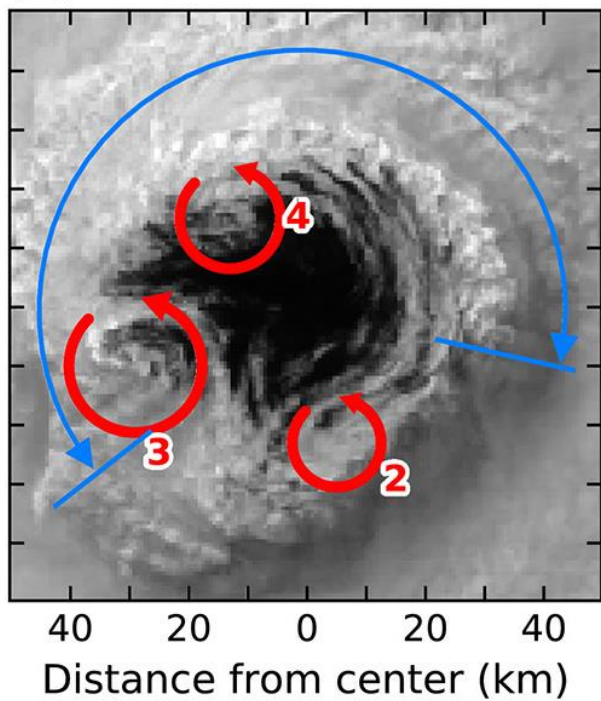
実際の航空機観測での温度差 (カラー)
(Yamada et al. 2021)

航空機観測データを (左) 同化しなかった場合と (中) 同化した場合の台風周囲との温度の差 (カラー) (Ito et al. 2018)

ひまわり8号台風雲追跡風

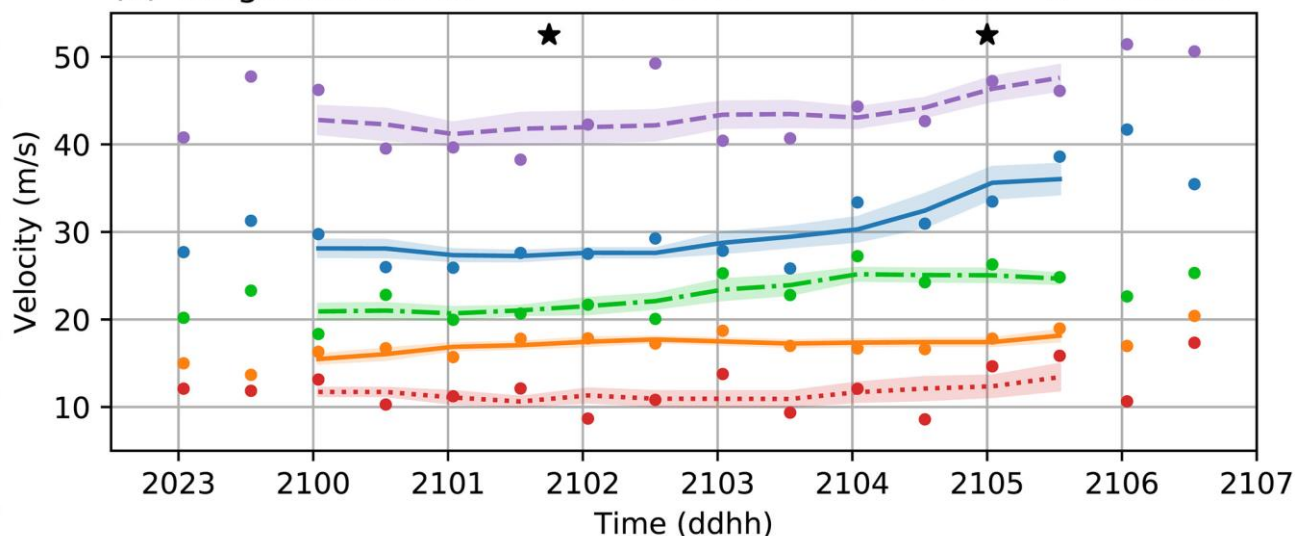
気象衛星ひまわり8号の高頻度 (2.5 分) 画像から
雲追跡による風速推定 (Tsukada & Horinouchi 2020)

(b) 01:47:30 UTC 21st



(a) Tangential winds

Legend:
r = 10 km (red dotted line)
r = 15 km (orange solid line)
r = 20 km (green dash-dot line)
r = 25 km (blue solid line)
r = 30 km (purple dashed line)
★ striations



↑ひまわり画像から雲追跡により推定された台風の接線風
←台風の反時計回りの流れに埋め込まれるメソスケール渦
(Tsukada & Horinouchi 2020)

本研究の目的

台風中心付近の衛星雲追跡風を想定した観測データの台風強度解析・予報への寄与を調査

- EnKF データ同化解析システム
 - 新しい雲追跡風観測演算子の実装
- 完全モデル実験
 - 数値シミュレーション (真値) による擬似観測を同化
 - データ同化・解析時の最適な経験的パラメータ調査
 - 同化頻度
 - 局所化距離 (観測の影響範囲)
 - アンサンブルメンバー数 など

対象事例・実験設定

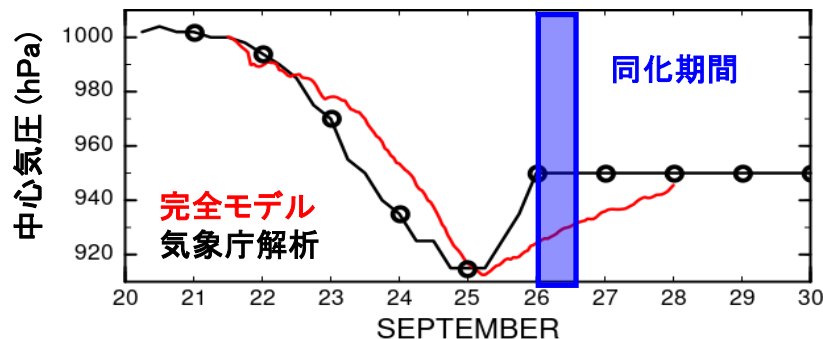
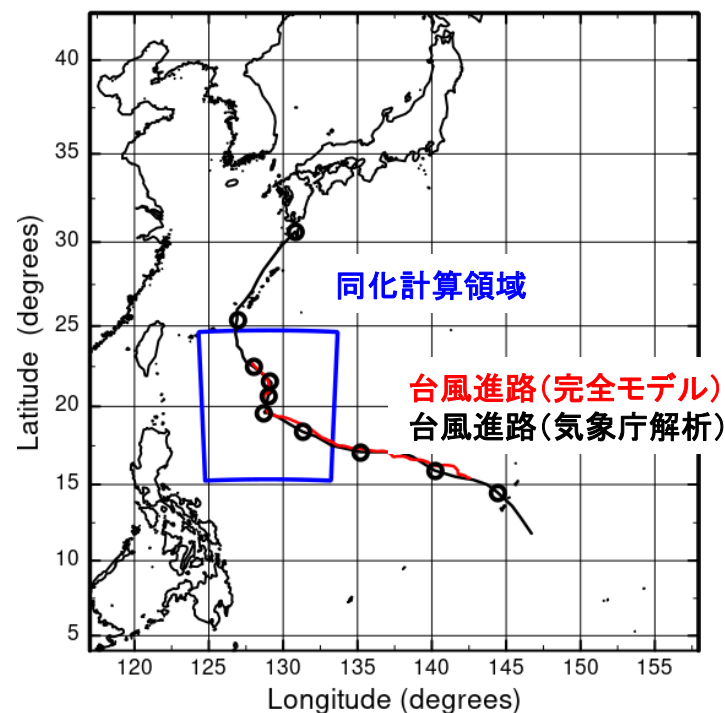
予報・同化・解析: SCALE-LETKF (Lien et al. 2017)
(水平解像度 3 km, 雲・乱流・放射過程)

格子点数	320 x 360 x 36
初期時刻	2018/09/26 00Z
計算時間 Δt	12 時間 9.0 sec
アンサンブル数	5 - 30 (最大)
並列数(MPI thread)	496 6
システム ノード	Type-1 62

完全モデル実験: CReSS (Tsuboki & Sakakibara 2002)
(水平解像度 2 km, 雲・乱流・放射過程)

格子点数	2048 x 1920 x 70
初期時刻	2018/09/21 12Z
計算時間 Δt	6.5 日 1.0 sec
並列数(MPI thread)	256 6
システム ノード	Type-1 32

2018 年台風 24 号 Trami



対象事例・実験設定

アンサンブルメンバー作成

時間ずらし法 (e.g., Maejima et al. 2019)

NCEP (アメリカ)
全球大気解析

SCALE 時間積分
→ 2018/09/26 00Z

2018/09/24 18Z

2018/09/25 19Z

2018/09/25 00Z

2018/09/25 20Z

2018/09/25 06Z

2018/09/25 21Z

2018/09/25 12Z

2018/09/25 22Z

2018/09/25 18Z

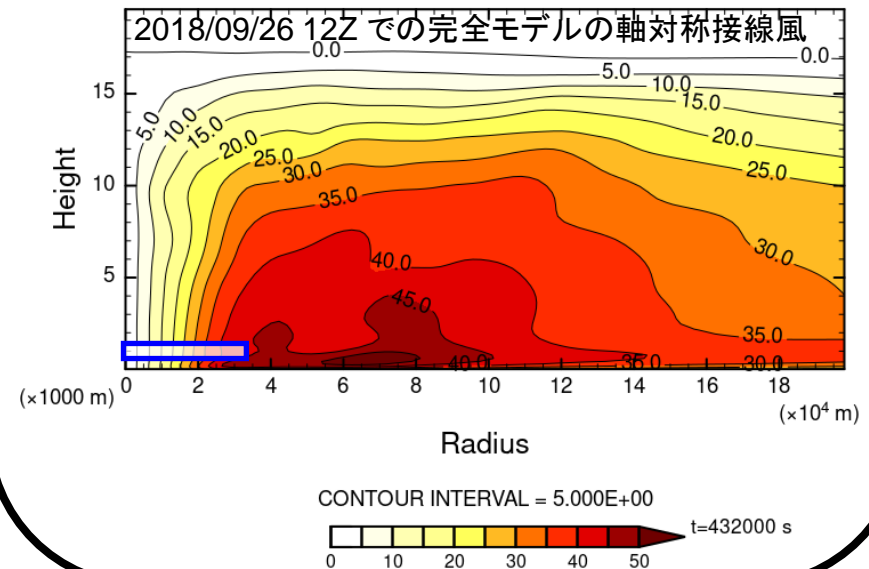
2018/09/25 23Z

2018/09/26 00Z

上記時刻を
2018/09/26 00Z
初期値として利用

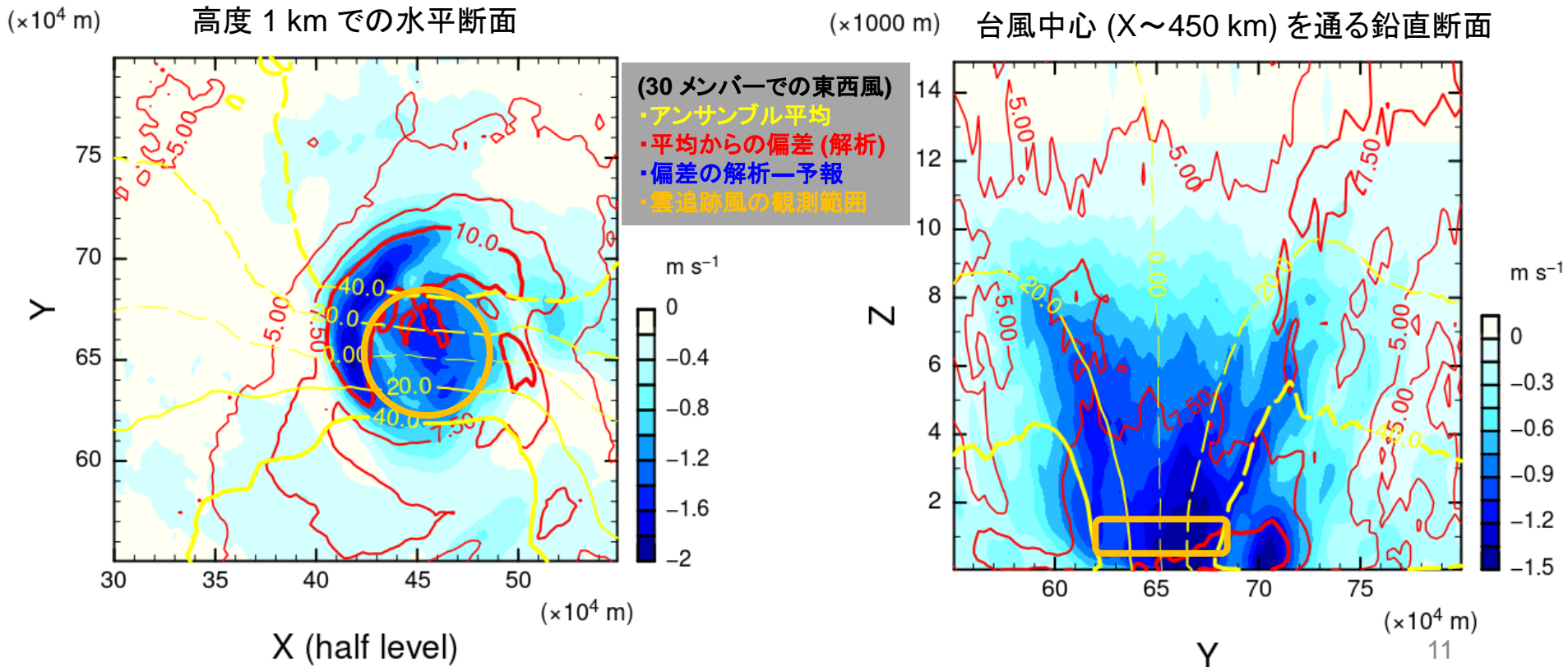
擬似観測作成

- 完全モデル実験から作成
- 実際の雲追跡風を想定
 - 最大風速半径内側の下層
($R \leq 32 \text{ km}$, $0.5 \text{ km} \leq Z \leq 1.5 \text{ km}$)
- 標準偏差を 2 m/s として正規分布する観測誤差を追加
- 観測変数は軸対称接線風
- 半径方向には 4 km 間隔



結果

- 同化・解析により, **観測範囲を越えた**広い領域でアンサンブルメンバー間の東西風のばらつきが減少
- 観測の影響が壁雲上昇流に伴い**上空にも伝播**



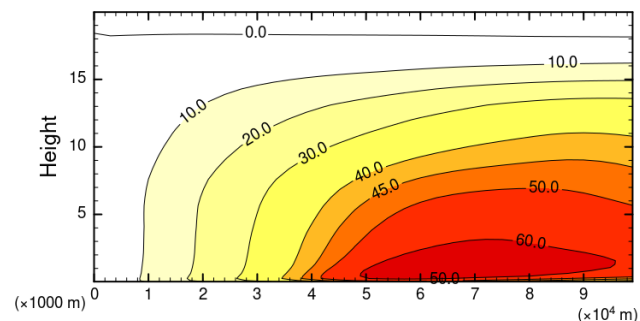
30 メンバー, 同化頻度 1 時間毎, 局所化半径 400 km, 局所化高度 3 km での積分開始 12 時間後の分布.

結果

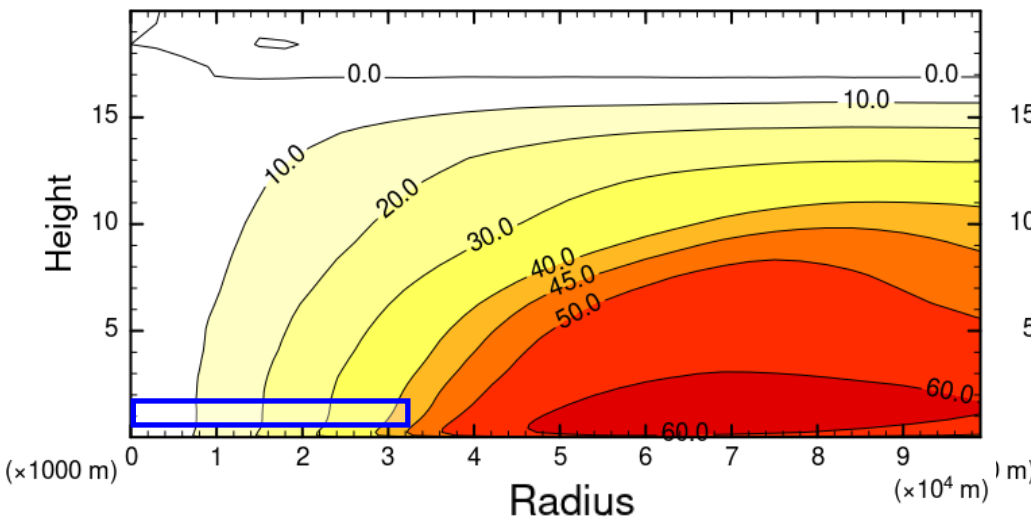
同化・解析の効果を同化あり/なし実験で比較

- 同化なし
 - 初期から最大風速半径での加速 (渦の発達)
- 同化あり
 - 最大風速半径で減速
 - 最大風速半径の内側 (観測のある半径) で加速
 - 観測に近づくように風速場が修正

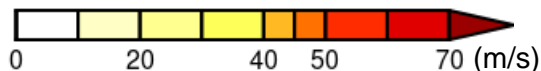
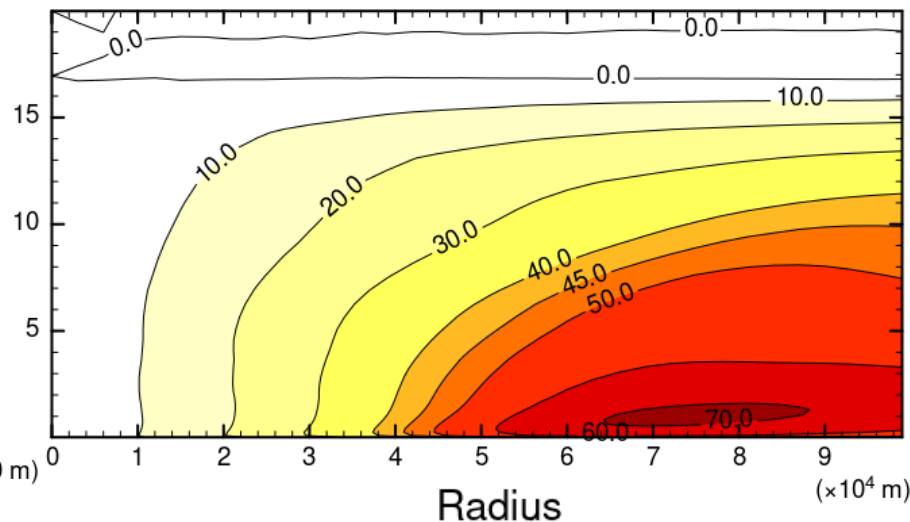
接線風 (初期)



同化あり接線風 (2018/09/26 12Z)



同化なし接線風 (2018/09/26 12Z)



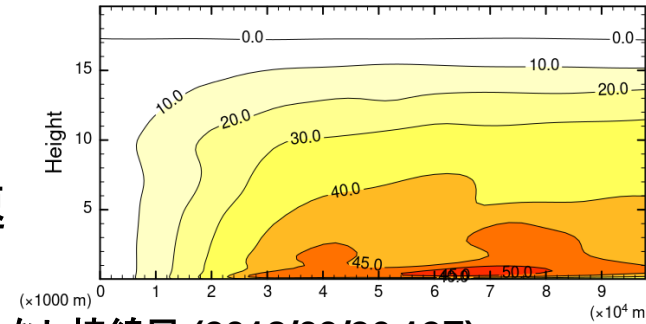
同化・解析を**実施した** (実施しない) 場合のアンサンブル平均した軸対称接線風
(30 メンバー, 同化頻度 1 時間毎, 局所化半径 400 km, 局所化高度 3 km での実験)

結果

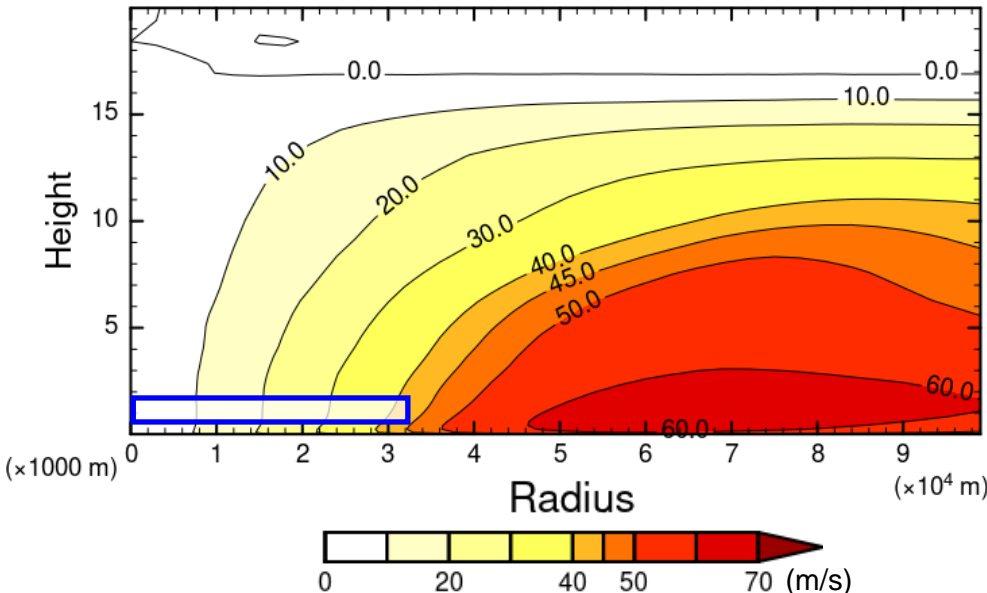
同化・解析の効果を同化あり/なし実験で比較

- 同化なし
 - 初期から最大風速半径での加速 (渦の発達)
- 同化あり
 - 最大風速半径で減速
 - 最大風速半径の内側 (観測のある半径) で加速
 - 観測に近づくように風速場が修正

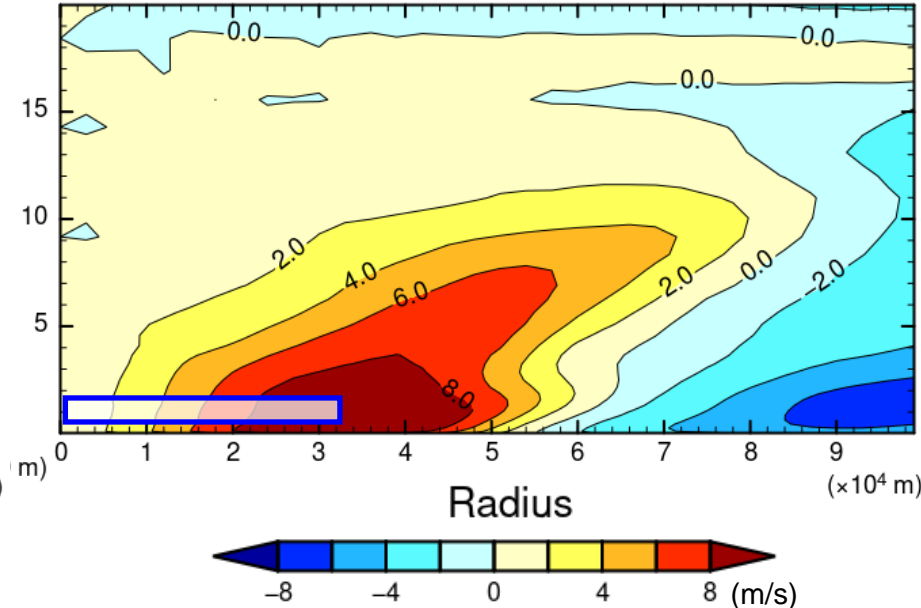
完全モデルの接線風 (09/26 12Z)



同化あり接線風 (2018/09/26 12Z)



同化ありー同化なし接線風 (2018/09/26 12Z)



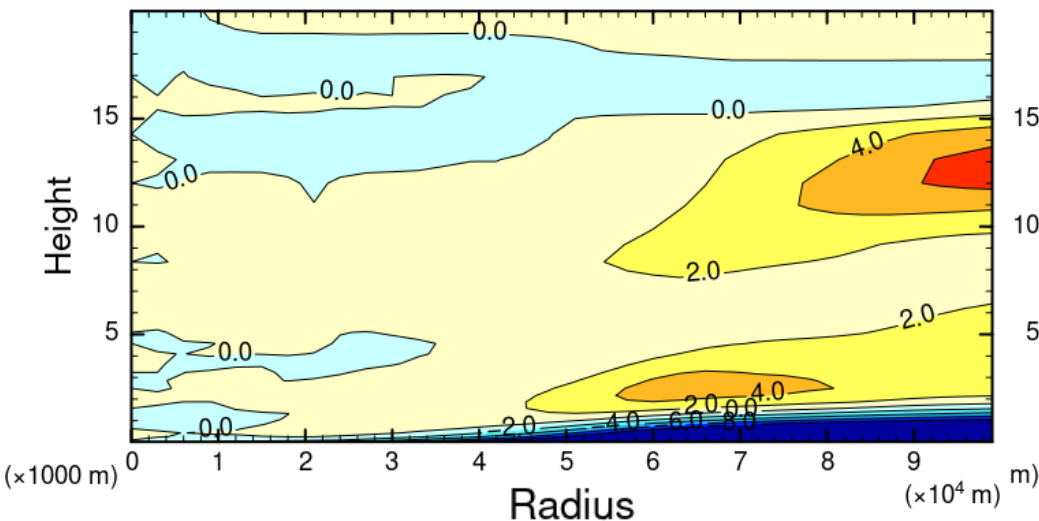
同化・解析を**実施した** (実施しない) 場合のアンサンブル平均した軸対称接線風
(30 メンバー, 同化頻度 1 時間毎, 局所化半径 400 km, 局所化高度 3 km での実験)

結果

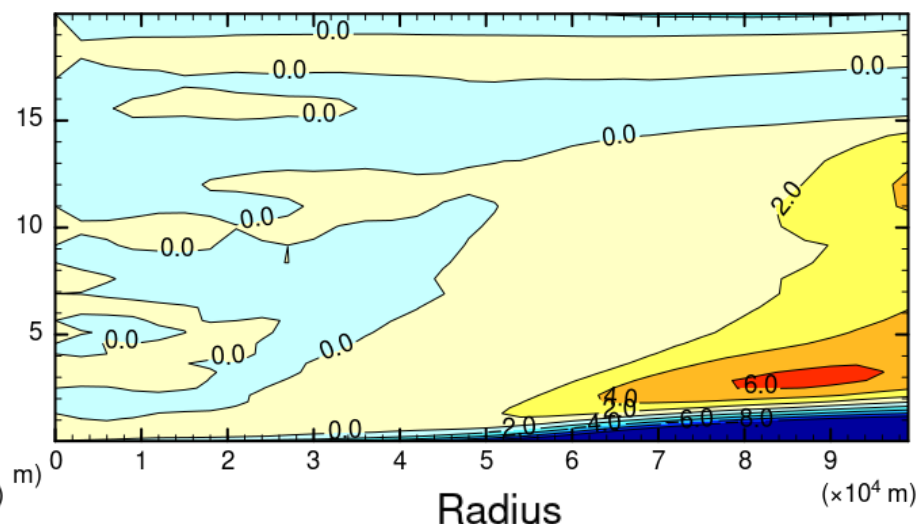
同化・解析の効果を同化あり/なし実験で比較

- 同化なし
 - 最大風速半径付近で強い下層収束
- 同化あり
 - 同化なしより内側で強い収束

同化あり動径風 (2018/09/26 12Z)



同化なし動径風 (2018/09/26 12Z)



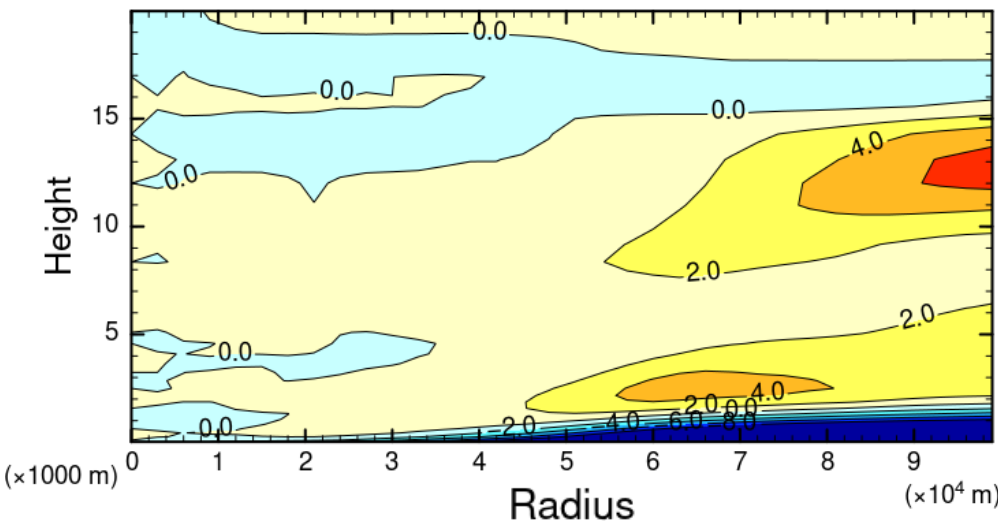
同化・解析を**実施した** (実施しない) 場合のアンサンブル平均した軸対称動径風
(30 メンバー, 同化頻度 1 時間毎, 局所化半径 400 km, 局所化高度 3 km での実験)

結果

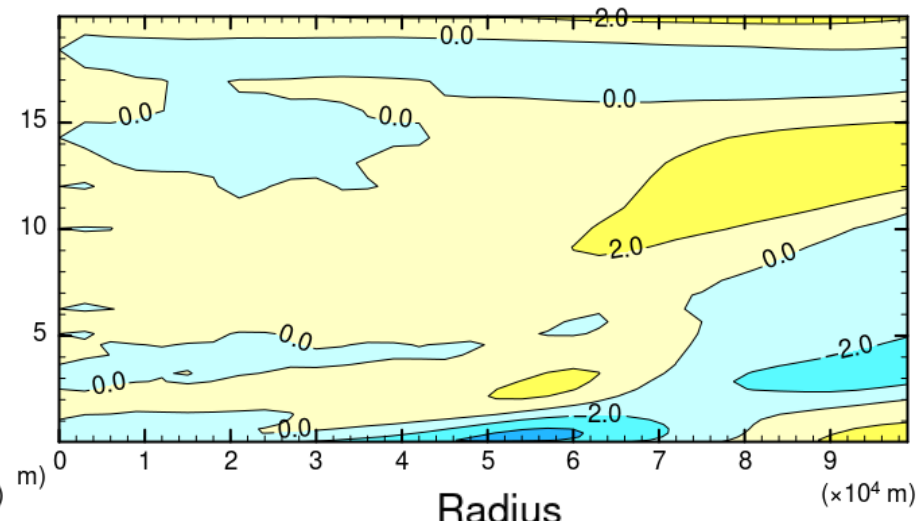
同化・解析の効果を同化あり/なし実験で比較

- 同化なし
 - 最大風速半径付近で強い下層収束
- 同化あり
 - 同化なしより内側で強い収束

同化あり動径風 (2018/09/26 12Z)



同化ありー同化なし動径風 (2018/09/26 12Z)



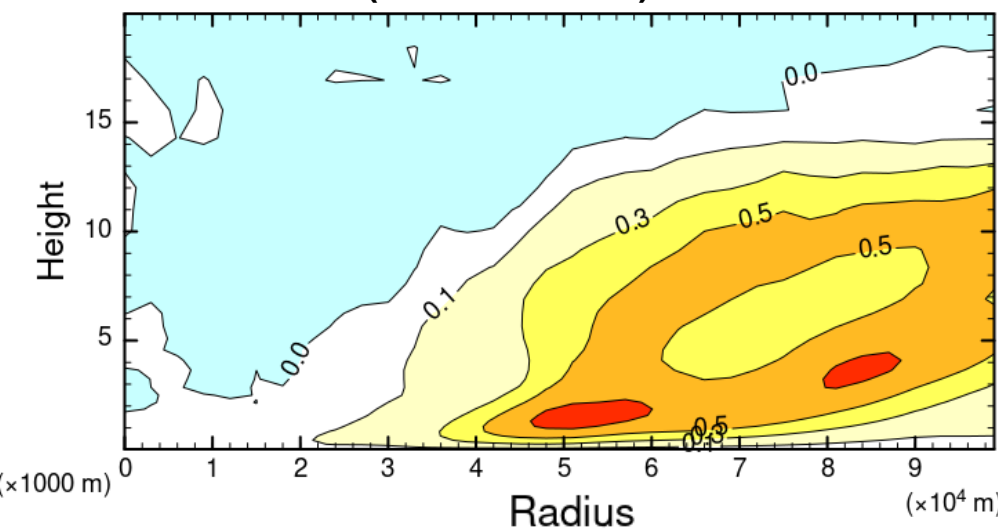
(左) 同化・解析を**実施した**場合のアンサンブル平均した軸対称動径風, (右) 同化ありー同化なしの差 (30 メンバ, 同化頻度 1 時間毎, 局所化半径 400 km, 局所化高度 3 km での実験)

結果

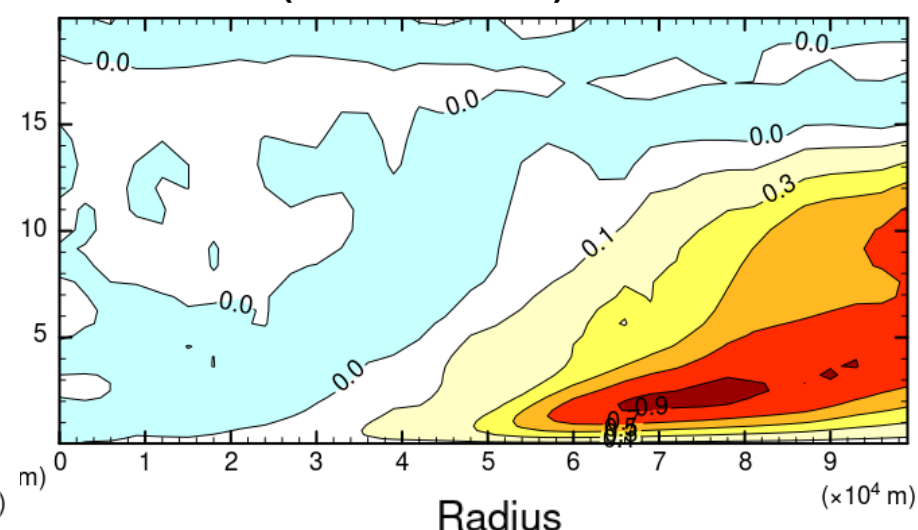
同化・解析の効果を同化あり/なし実験で比較

- 同化なし
 - 最大風速半径付近で強い下層収束
- 同化あり
 - 同化なしより内側で強い収束

同化あり鉛直風 (2018/09/26 12Z)



同化なし鉛直風 (2018/09/26 12Z)



同化・解析を**実施した** (実施しない) 場合のアンサンブル平均した軸対称鉛直風
(30 メンバー, 同化頻度 1 時間毎, 局所化半径 400 km, 局所化高度 3 km での実験)

まとめ

気象衛星による台風中心付近の新しい高頻度雲追跡風を想定した
データ同化・解析のインパクト調査

- SCALE-LETKF システムに新しい雲追跡風観測演算子の実装
- 完全モデル実験
 - 観測が台風中心付近に限られる場合でも, 最大風速半径周辺の第一推定値を観測に近づけるように修正
 - 経験的パラメータ
 - 観測頻度: 1 時間毎
 - アンサンブルメンバー: 30 以上
 - 局所化スケール (あまり感度はない): 水平 400 km, 鉛直 3 km

今後

- 論文としてまとめる
- 実際のひまわり画像からの雲追跡風 (Tsuji et al. 2021) を用いた同化・解析実験