

近年のJPCZに係る豪雪事例と JPCZの将来変化

川村隆一
九州大学大学院理学研究院

Hotspot2期間の私たちのグループの研究を紹介...

1. 短いレビューから
2. JPCZの抽出と長白山系の障壁効果
3. JPCZの将来変化の予測
4. JPCZと北陸不連続線がもたらす豪雪

① 短いレビューから（多くの関連論文は省略）

JPCZの研究として、

Ngata et al. (1986, 1987, 1991) の先駆的研究 がまず挙げられる

Nagata et al.(1991)より引用

収束雲帯の形成に対する3つの下面境界の強制力

■ 海陸の熱的対照（海岸線の形状も含む）

→ Watanabe et al. (2022)他

■ メソスケールの山によるブロッキング効果

→ 今回の研究紹介

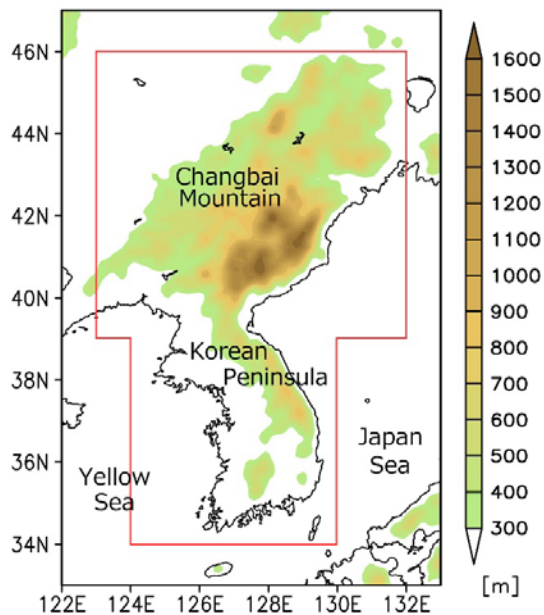
■ 特徴的な海面水温分布（亜寒帯フロントなど）

→ Hotspot2日本海集中観測（Tachibana et al. 2022他）

① 短いレビューから (多くの関連論文は省略)

なぜ山岳のブロッキング(障壁)効果に注目したのか?

Hotspot1の研究



山岳の障壁効果が日本海の爆弾低気圧活動を変調させているかもしれない。

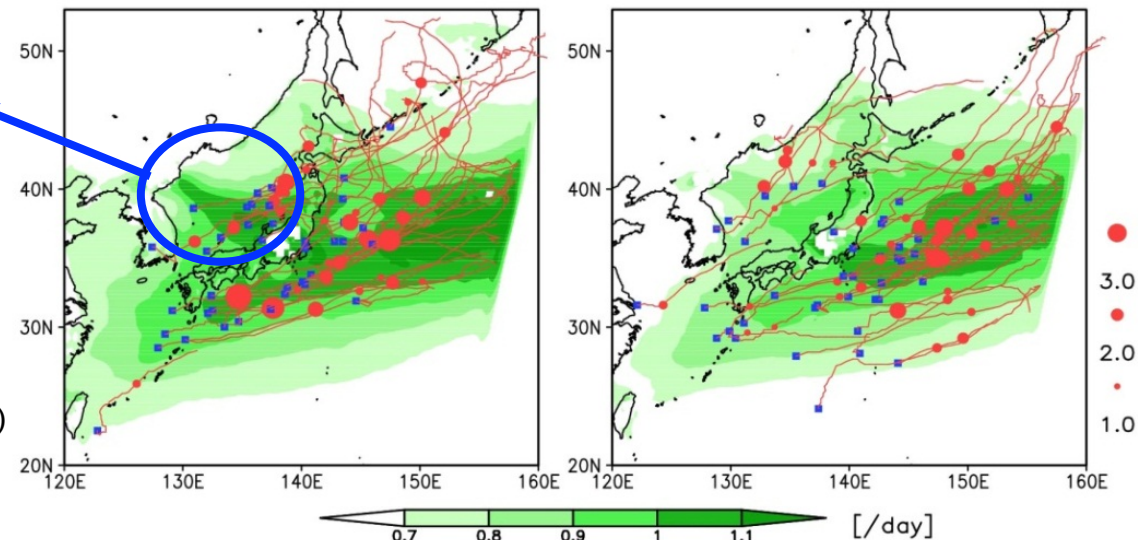
標高改変実験を実施

Shimizu et al. (2017)

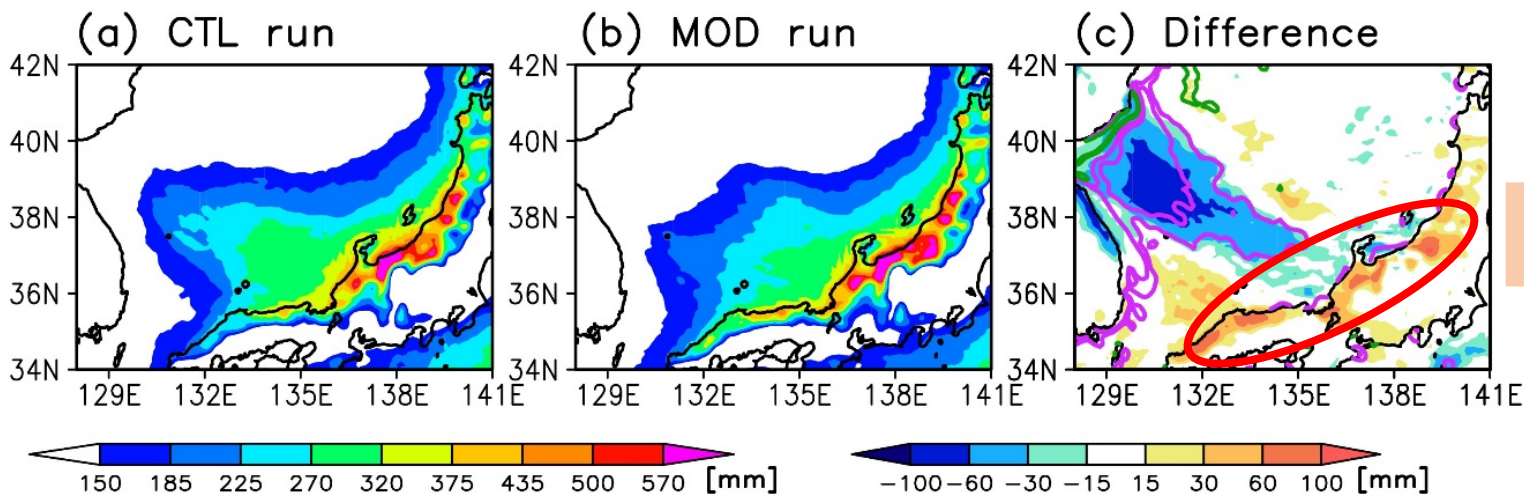
JPCZも弱化しているように見える。しかし、

(a) Strong monsoon

(b) Weak monsoon



モンスーン強弱に対する爆弾低気圧経路とEady擾乱最大成長率の分布 (Iizuka et al. 2013)



Question

JPCZが弱化しているはずなのに、日本海沿岸地域は月積算降水量が増加している
→ JPCZが大雪をもたらしているという常識と矛盾する?

問題解決のためには、実際にJPCZが出現している時に調べなければいけない。。

■JPCZの抽出条件を設定 (Shinoda et al. 2021)

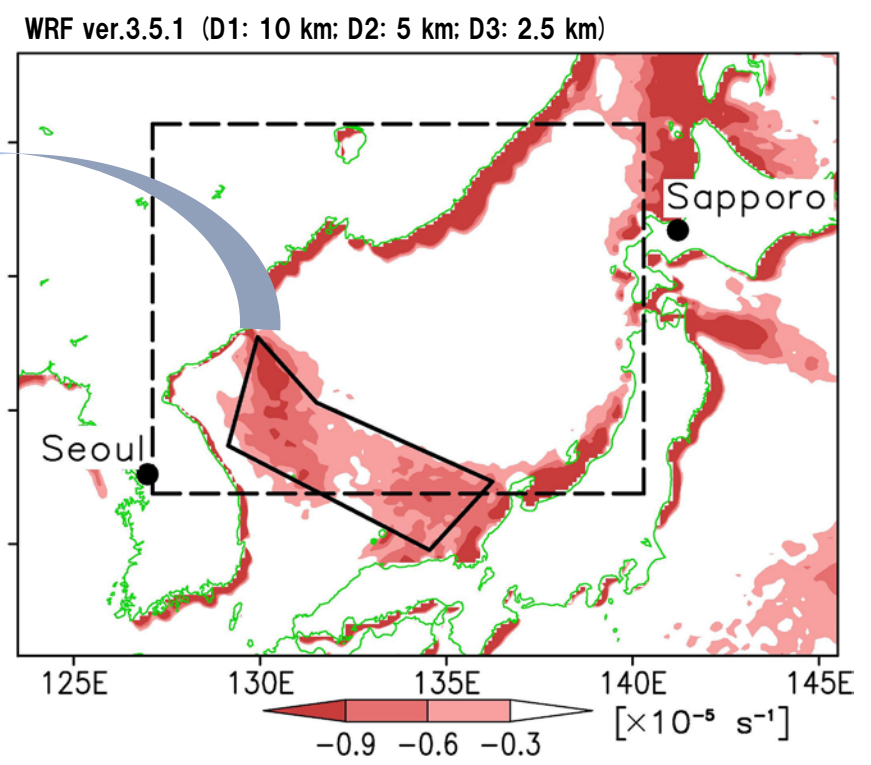
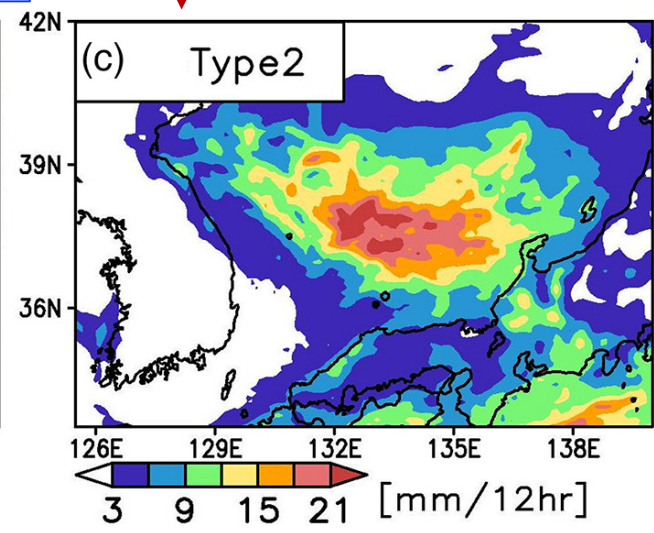
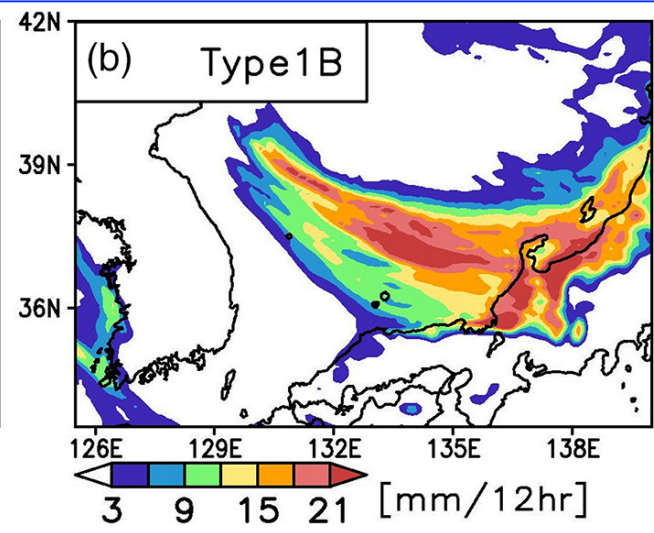
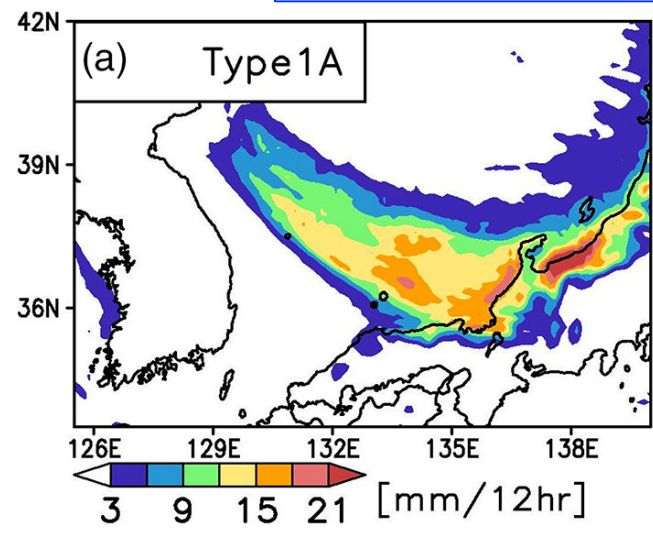
12時間平均の925hPa水平風発散Dから、 $D-2\sigma$ 以下の場合をJPCZとして抽出

冬季モンスーン指数（札幌とソウルのSLP差）の強弱

strong

Type1

細分類 日本海上の925hPa相対渦度 ζ から、 $\zeta+\sigma$ を超えるか否か

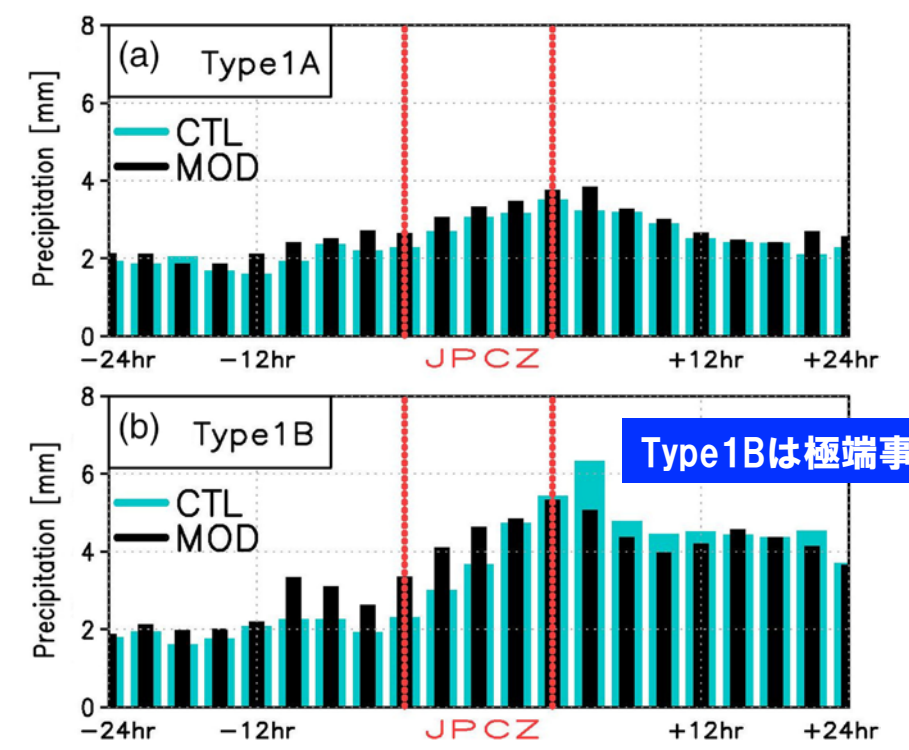
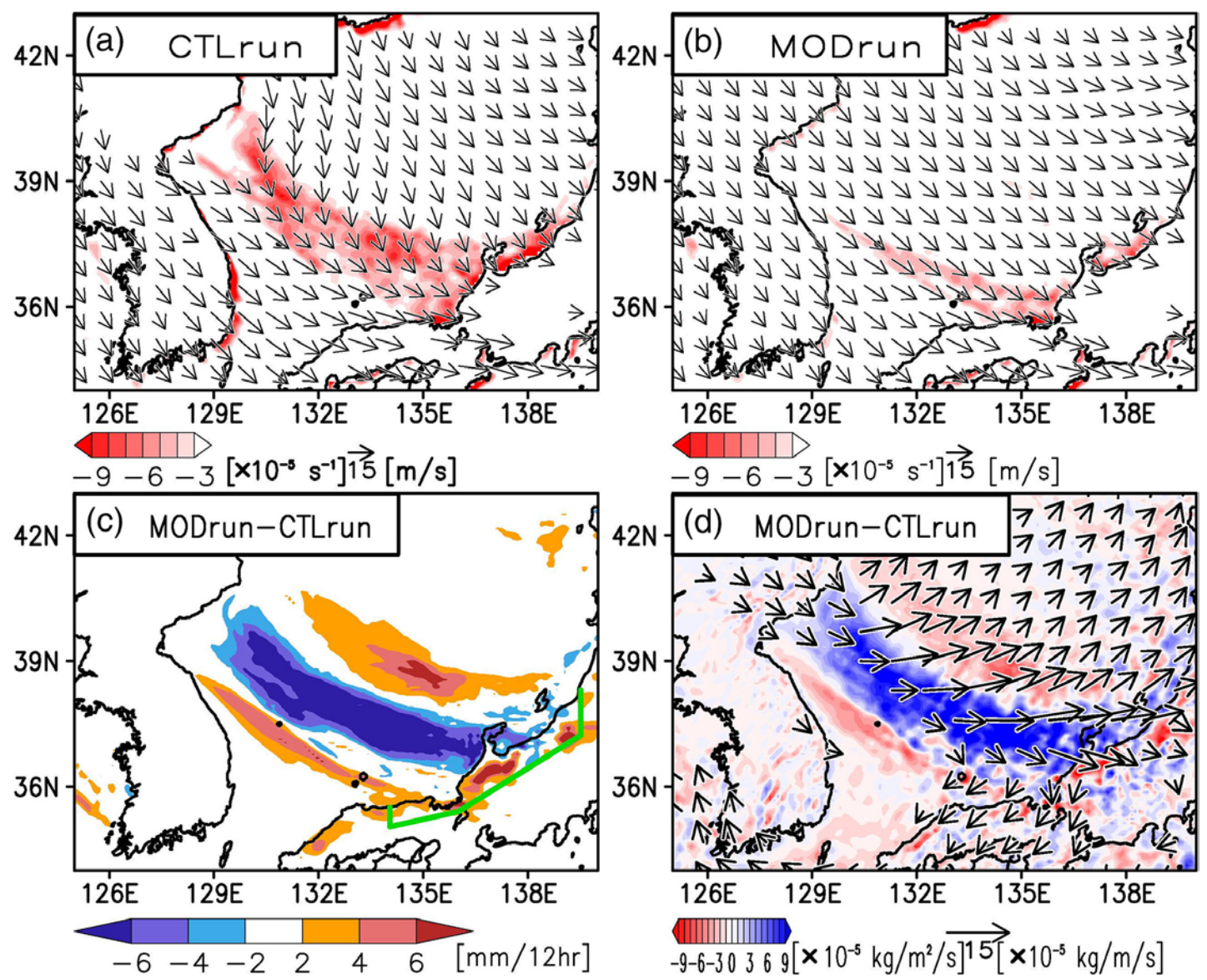


weak

Note

Type1が所謂JPCZ, Type2は低気圧中心近傍の収束場を抽出している

CTL実験と標高改變実験の比較：Type1



Point

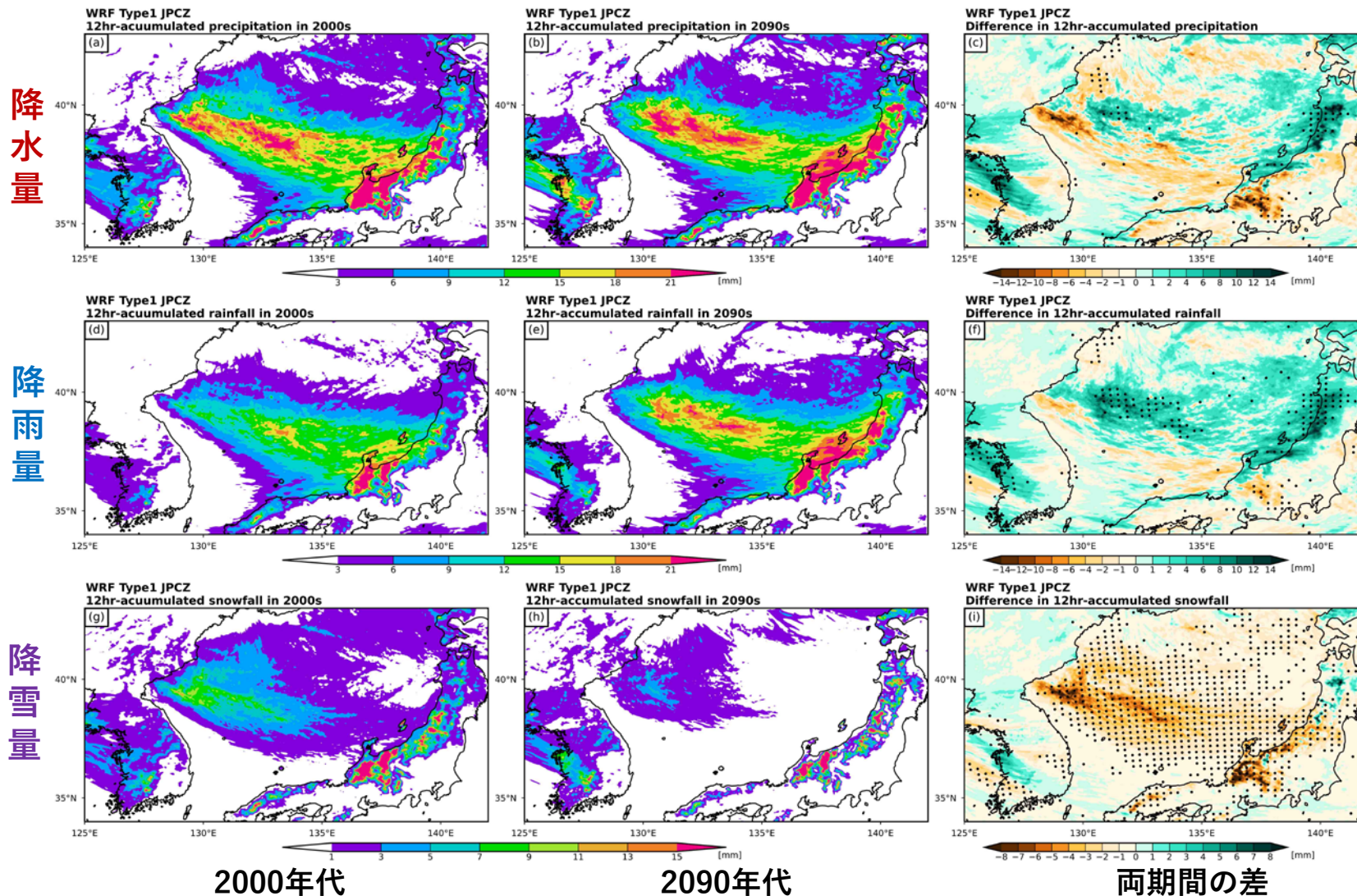
JPCZが出現する場合、統計的には沿岸地域の降水量を減少させる方向に働くので、山岳の障壁効果が無くなると日本海沿岸地域の月積算降水量はむしろ増加するというShimizu et al. (2017)と矛盾しない。

『JPCZの極端事例 (Type1Bに多い)』を普通私たちは眺めているので、JPCZが大雪をもたらすと常識的に考えている。

Shinoda et al. (2021) のJPCZ抽出方法を用いて、将来変化を調査

日本海寒帯気団収束帯(JPCZ)の将来予測(ダウンスケーリング実験)

ScenarioMIP ssp585



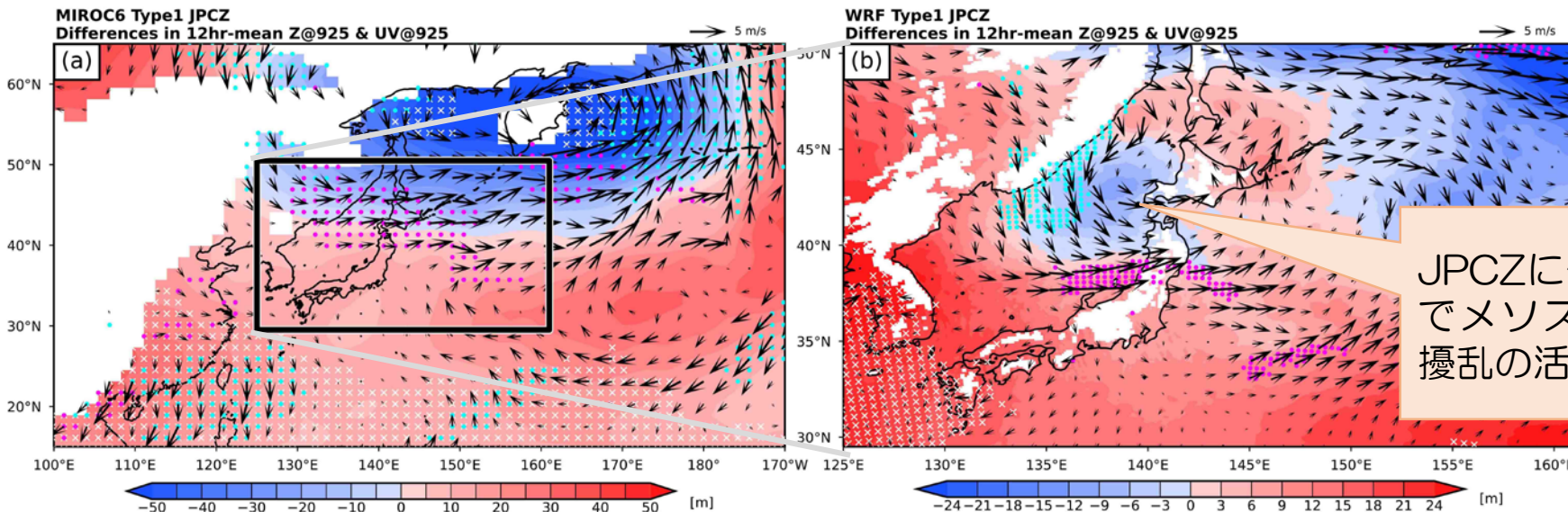
2000年代→
2090年代の変化

- 日本海および本州日本海沿岸部の降水量は増加
- 降水量はJPCZの南で減少, 北で増加
 - ・ JPCZの北へのシフトに関係
- 全体的に, 降雨量は増加, 降雪量は減少
 - ・ 昇温により雪→雨
- 東北地方の内陸山岳部では降雪量が増加
 - ・ Kawase et al. (2016)と整合的

MIROC6 ・Historical実験
 ・将来気候予測実験(ssp585)

WRF 力学的ダウンスケーリング実験

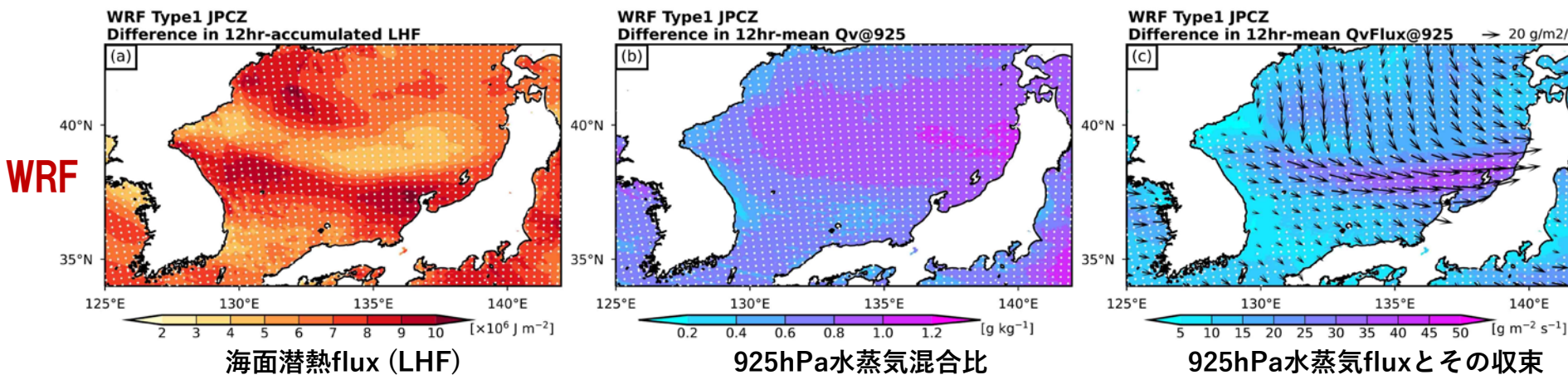
ver.3.9.1.1 (D1: 10 km; D2: 3.33 km)



JPCZに伴って、日本海北部でメソスケールの低気圧性擾乱の活発化が生じている

MIROC6: storm tackの北上しかわからない

WRF: 日本海上のJPCZに伴う循環が再現



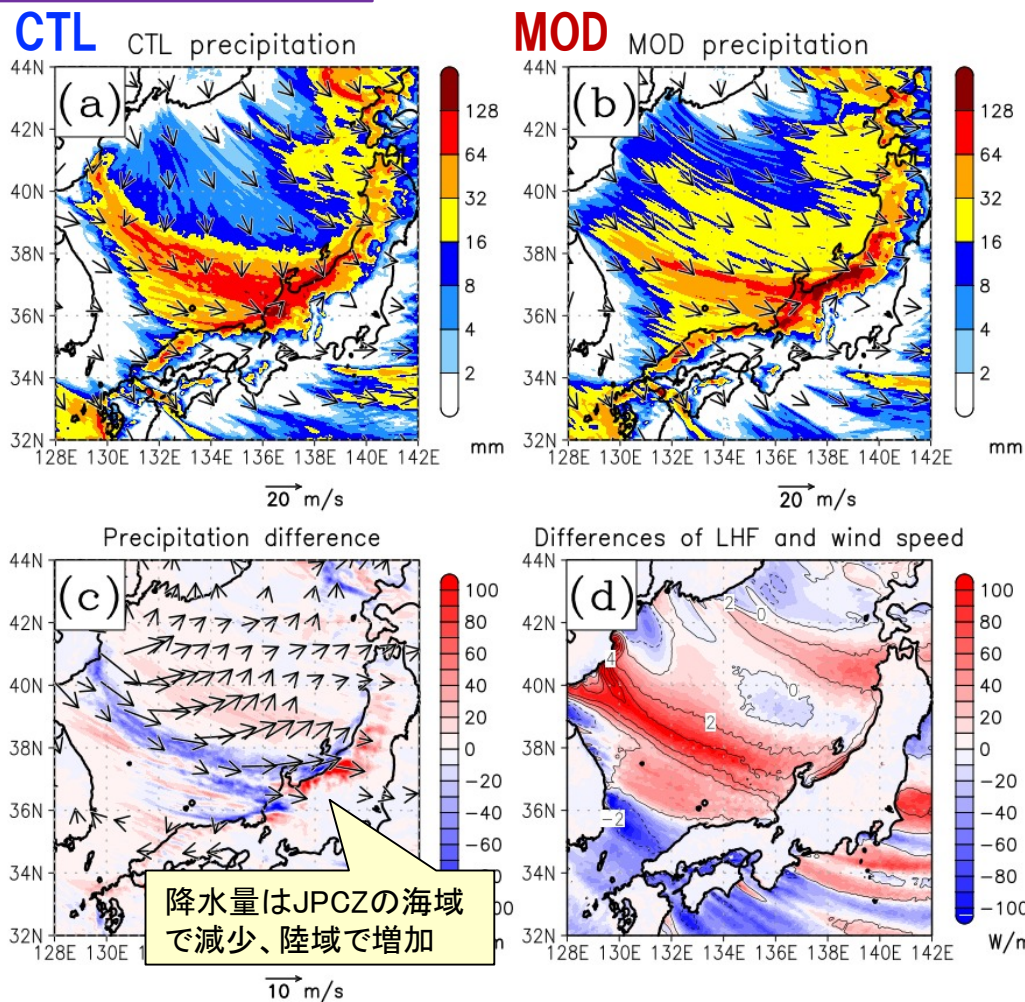
Problem

- ✓ 日本海SSTの将来変化はMIROC6の予測実験に基づいている
- ✓ (亜寒帯フロント等を解像する) 日本海の高解像度将来予測に基づく数値実験が必要

降水極大域が2つにsplitしている (Type 1A) のはなぜ？

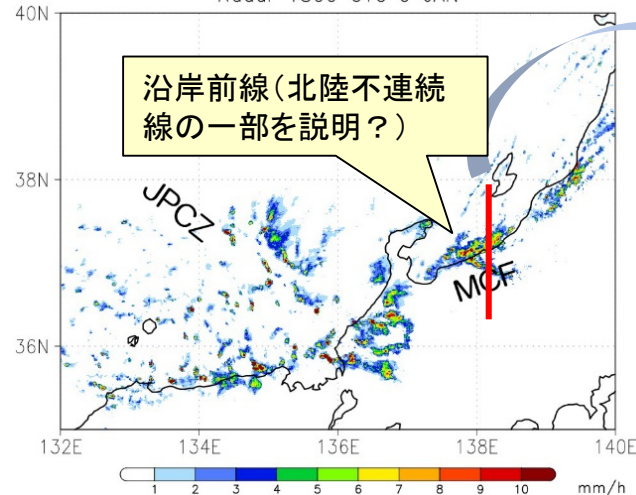
2021年1月豪雪

降水量、海上風、潜熱flux 分布の比較 (1月7日15時から11日9時まで)

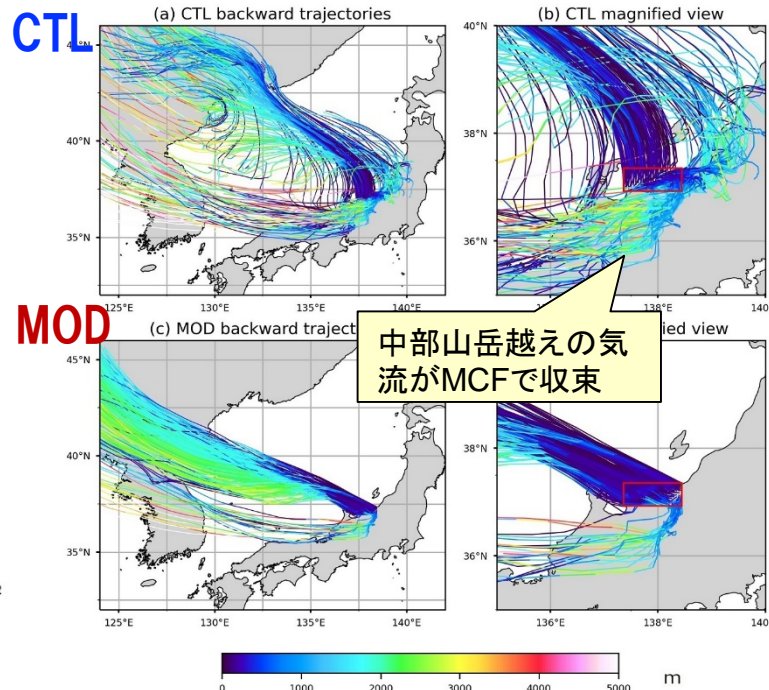


気象レーダー降水強度のsnapshot

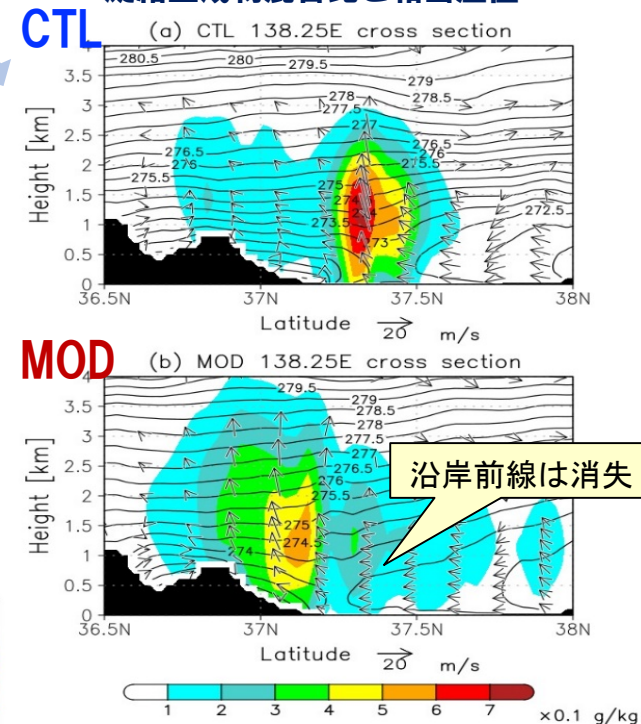
Radar 1800 UTC 9 JAN



後方流跡線解析 (上越市周辺地域)



凝結生成物混合比と相当温位



Point

- ✓ JPCZと同様に、沿岸前線(MCF)の形成にも長白山系の障壁効果は不可欠
- ✓ 陸風は長白山を迂回する気流によってもたらされている

■ JPCZの抽出と長白山系の障壁効果 (Shinoda et al. 2021)

- 12時間平均の925hPa水平風発散と冬季モンスーン強度指数からJPCZ type1を抽出
- 山岳の障壁効果が無ければ、日本海沿岸地域の降水量は少なくとも10%~15%程度増加する
- 極端に強い水平収束が生じてメソ擾乱が急速に発達した場合 (JPCZ type1B) には、メソ擾乱が付随する降水帯がゆっくり南下して沿岸地域に大雪をもたらす事がある

■ JPCZの将来変化の予測 (Kawano et al. 2023)

- 現在気候と将来気候におけるJPCZ type1の発生頻度に大きな変化はないが、将来気候ではJPCZの地理的位置が北偏する傾向にある
- JPCZの北偏に伴い、本州中部山岳域の冬季降水量は減少するものの、東北地方では日本海側を中心に降水量の顕著な増加が生じる可能性が高い
- 日本海北部でメソスケールの低気圧性擾乱の活発化が生じており、この擾乱活動に伴う低気圧性循環がJPCZの北偏の主因であることを示唆

■ JPCZと北陸不連続線がもたらす豪雪 (Suzuki et al. 2022; 藤原・川村 2023)

- 北陸不連続線は沿岸前線(mesoscale coastal front: MCF)の特徴をもち、形成には長白山系の障壁効果が不可欠である
- 豪雪事例によって、北陸不連続線 (又はMCF) の形成要因に多様性が見られる
- 亜寒帯テレコネクション型で、強いJPCZが形成されやすい
- ラージスケールからローカルスケールに至る特徴的な階層構造によって局地的豪雪がもたらされている (2022年12月新潟豪雪)