

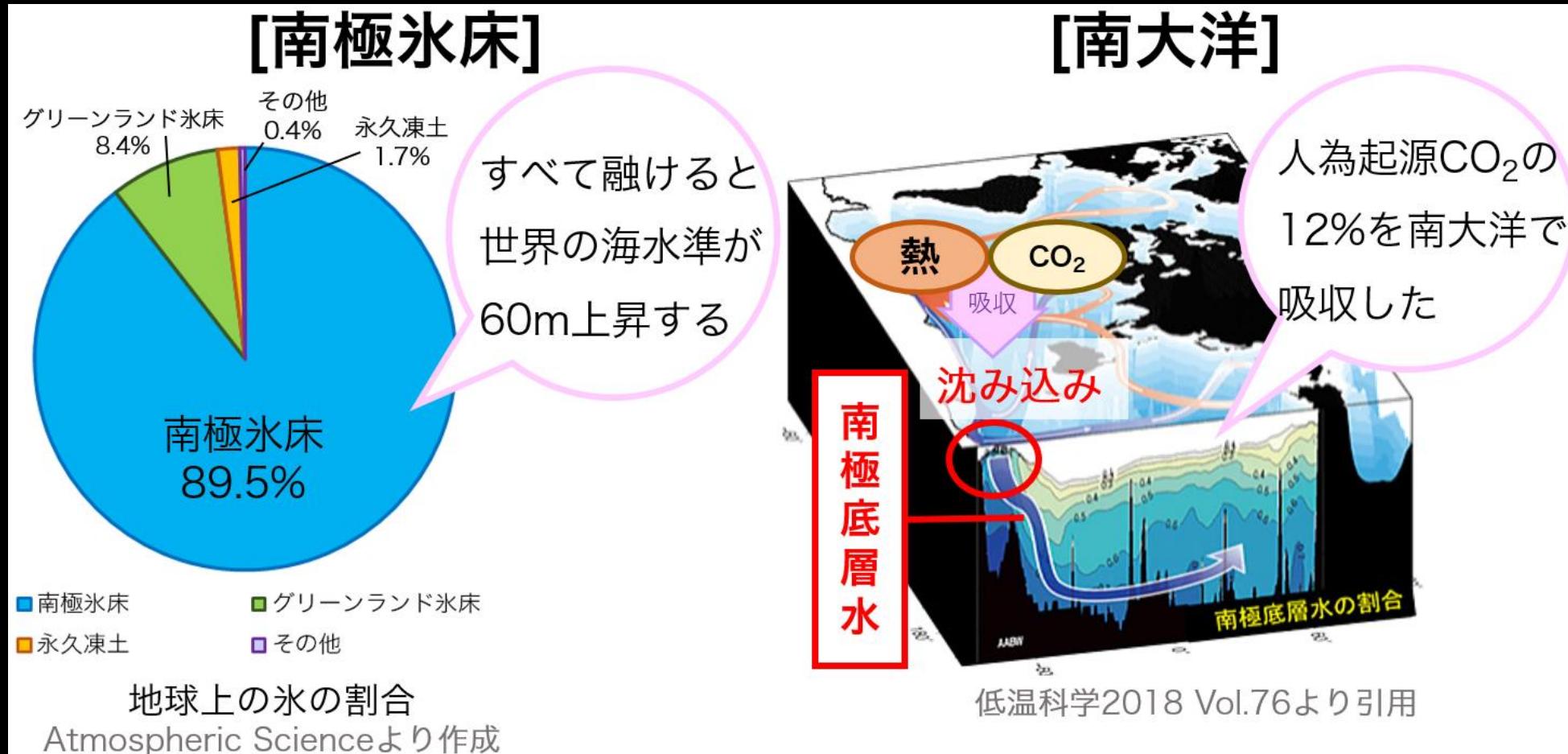
全球温暖化に対する南極域の 応答感度についての 海氷の影響を減らした検証

気象・気候ダイナミクス研究室

517370 山中晴名

指導教員：立花義裕 教授

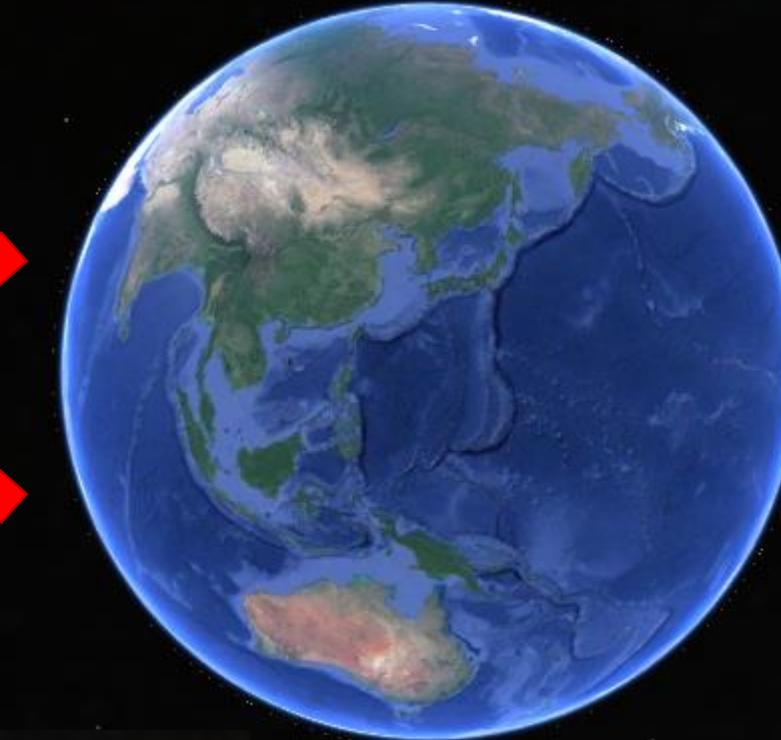
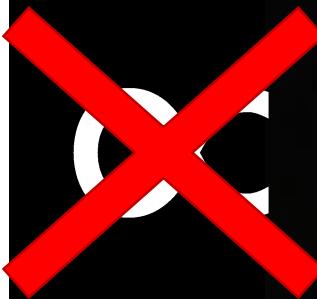
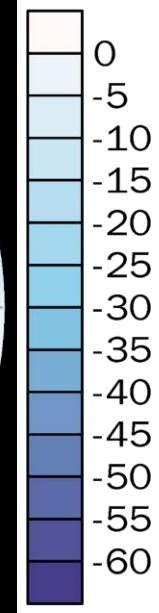
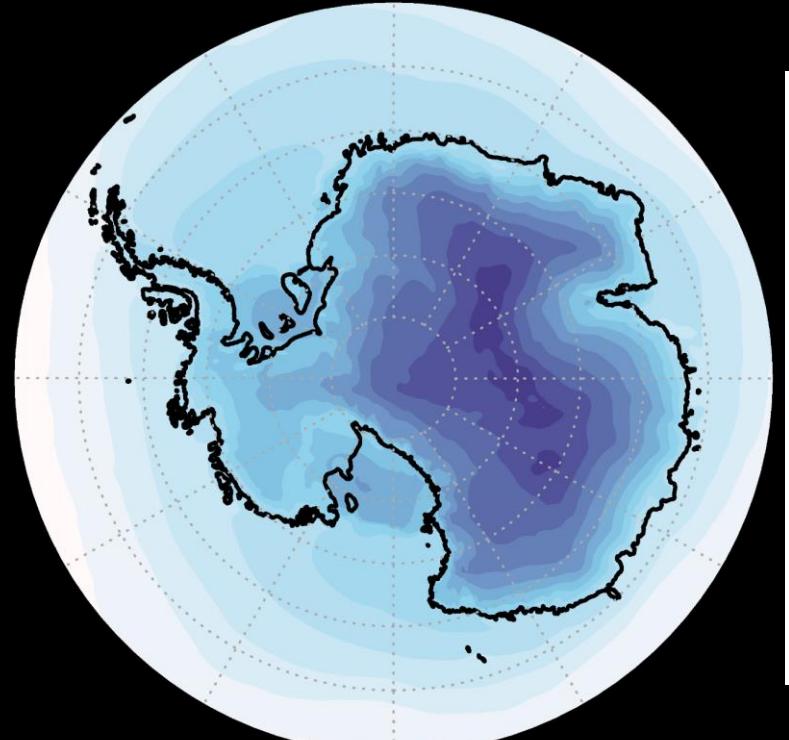
南極氷床・南大洋：淡水・熱・CO₂の巨大貯蔵庫 ⇒その変動は全球気候を左右する



Tipping Point(臨界点)はどこにある?
⇒南極域温暖化のメカニズムを解明したい

南極域の温暖化

全球の温暖化



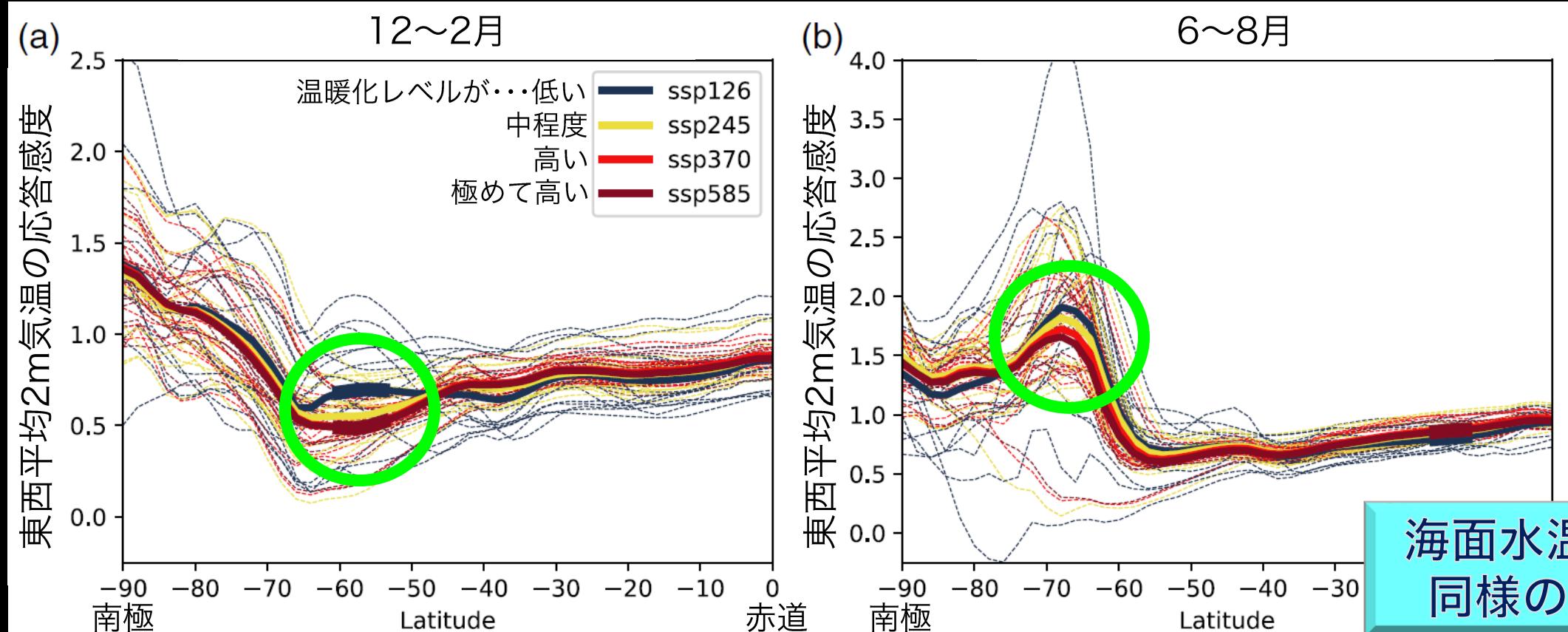
Google Earth

単純な比例関係ではない
Bracegirdle et al., (2020)

温暖化レベルの低い将来のほうが南極は敏感に応答する？

～先行研究 Bracegirdle et al., (2020) の紹介～

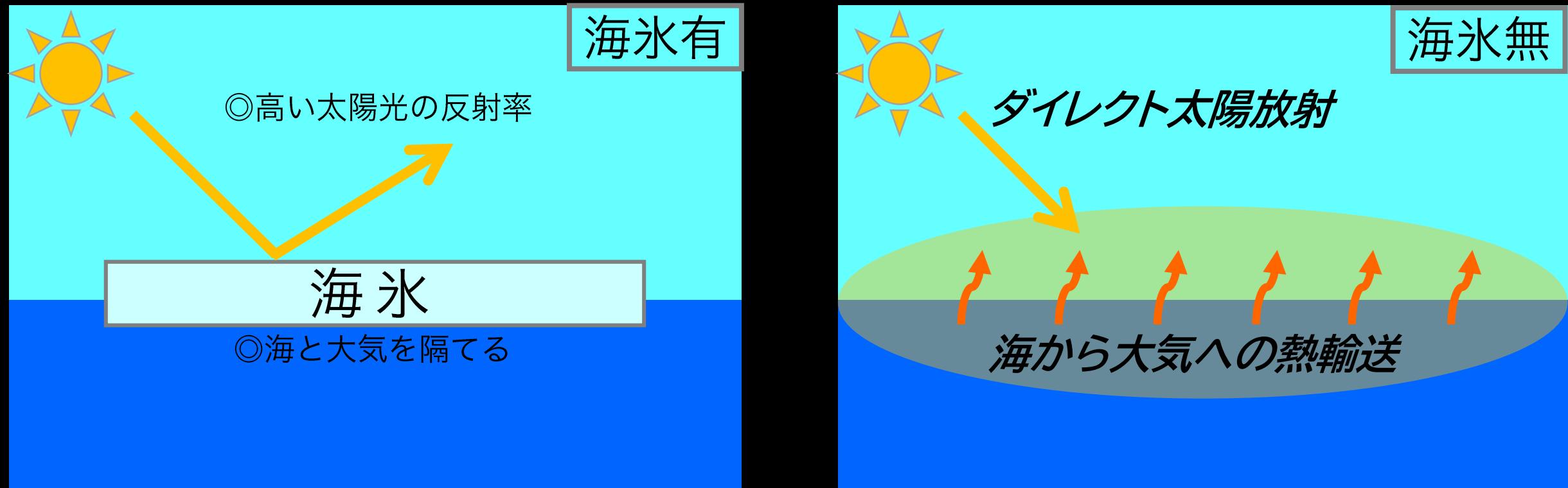
$$\text{応答感度} \left[\frac{K}{K} \right] \equiv \frac{\text{東西平均2m気温の 将来} - \text{過去}}{\text{全球2m気温の 将来} - \text{過去}}$$



温暖化レベルの低い実験のほうが高い実験よりもグラフが上にきている
⇒温暖化レベルの低いほうが南極域は全球の温暖化に対して敏感に応答する

気になる点：結合モデルにおける海氷の再現性
～先行研究 Bracegirdle et al., (2020) の問題点～

2m気温、海面水温は海氷の有無に大きな影響を受ける



結合モデルは過去の南大洋海氷の長期変化を再現できていない Shu et al., (2020)
⇒先行研究の結果(前スライド)は海氷予測の不確実性に影響を受けている

研究目的

海氷と接していない大気温度と
全球の温暖化との関係を調査する

～手法～

海氷と接していない気温の応答感度を求める

$$\text{応答感度} \left[\frac{\text{K}}{\text{K}} \right] \equiv \frac{\text{気温の(2081~2100年平均値)} - (\text{1995~2014年平均値})}{\text{全球2m気温の(2081~2100年平均値)} - (\text{1995~2014年平均値})}$$

～使用データ～

大気海洋結合モデル (CMIP6)

使用変数・・・気温・地表面気温, $1^\circ \times 1^\circ$ に統一変換, 鉛直19層, 月平均値
20世紀再現実験, 温暖化実験×2種類 (温暖化レベル: 低い, 極めて高い)

応答感度の定義・期間は先行研究Bracegirdle et al., (2020)を模倣

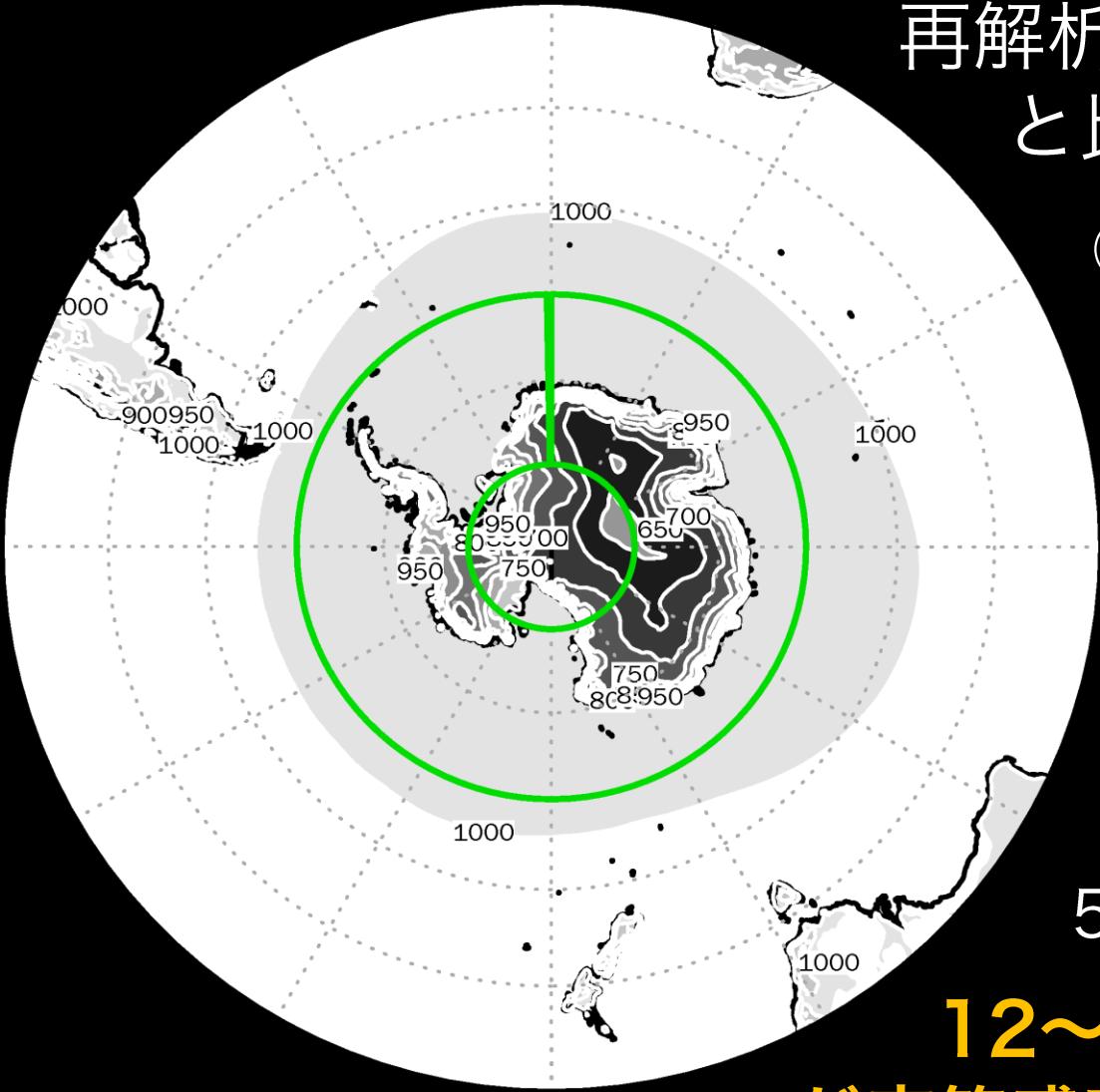
再現性の良いモデルを選ぶ

◎500hPa面気温の南緯60度～南緯80度の領域平均値について

再解析データ (ERA5) : $0.25^\circ \times 0.25^\circ$, 月平均値
と比較して

- ①1995～2014年における
各月の気候値の誤差が $\pm 1K$ 以下
- ②1981～2014年における
年平均値の誤差が各年 $\pm 1K$ 以下

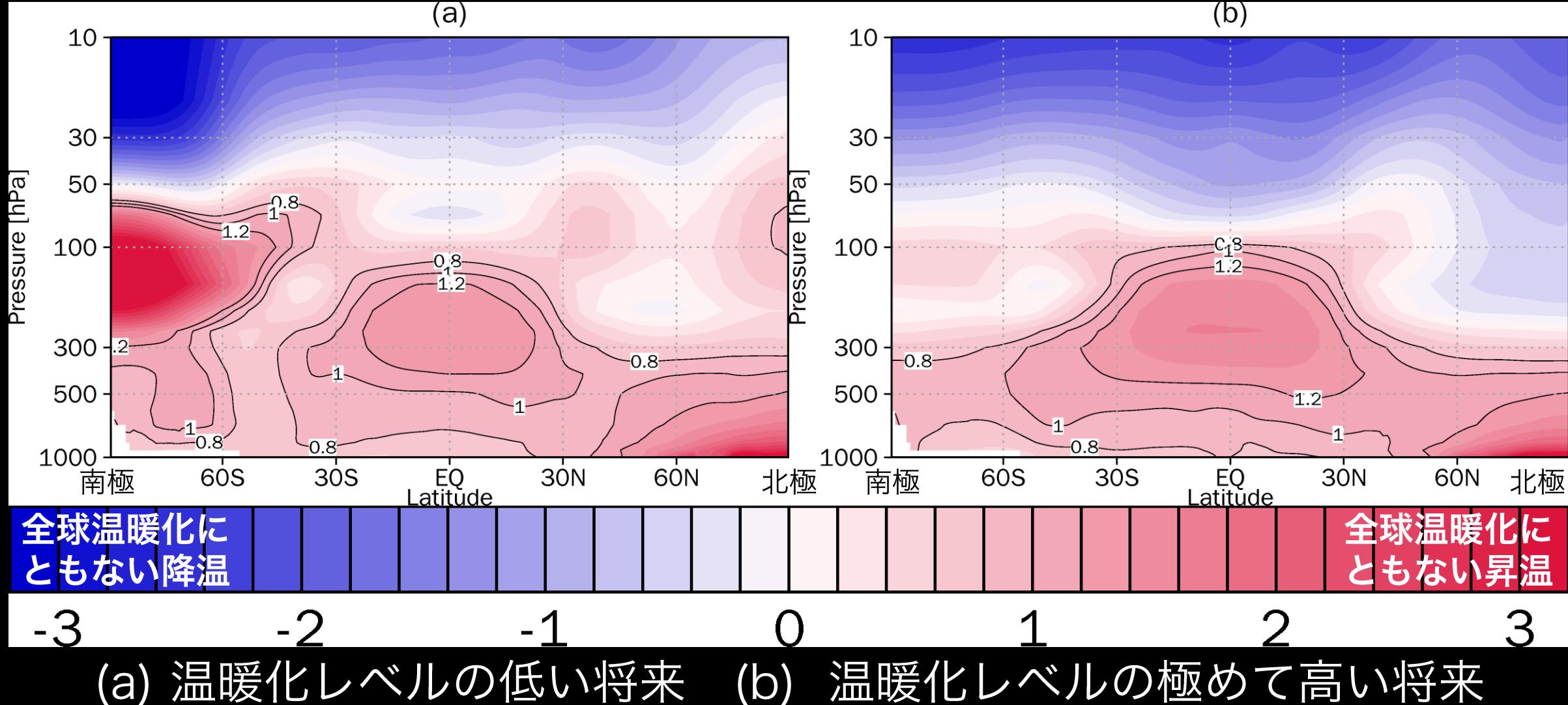
**①②をともに満たした
のは6個のモデル**



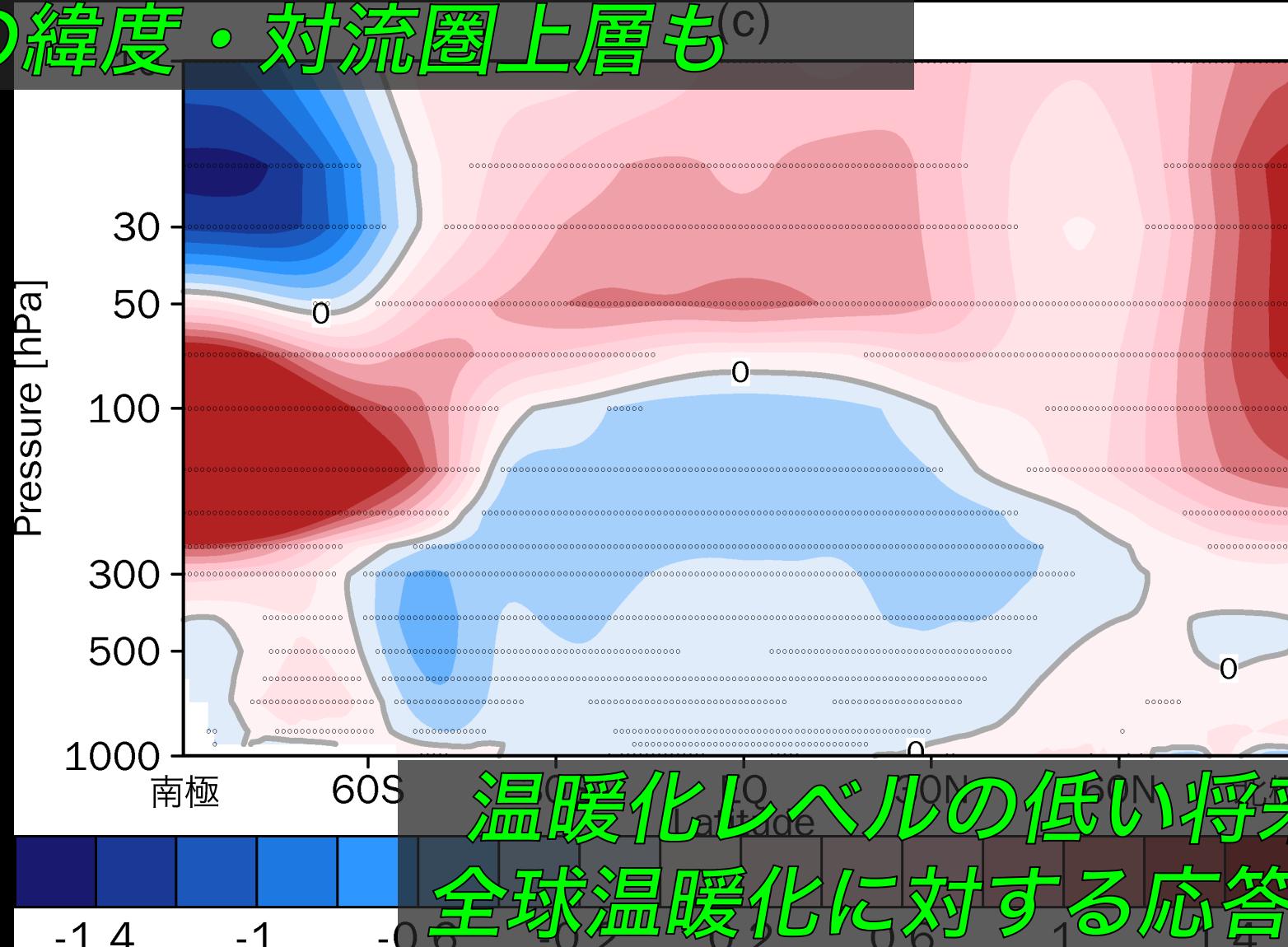
500hPa面気温で応答感度を求めたところ…
**12～2月(南半球の夏)で温暖化レベル低の方
が応答感度が良い緯度帯が存在 ⇒ 12～2月に注目**

結果 ~気温~

$$\text{応答感度 } \left[\frac{K}{K} \right] = \frac{\text{気温の(2081~2100年平均値)} - \text{(1995~2014年平均値)}}{\text{全球2m気温の(2081~2100年平均値)} - \text{(1995~2014年平均値)}}$$

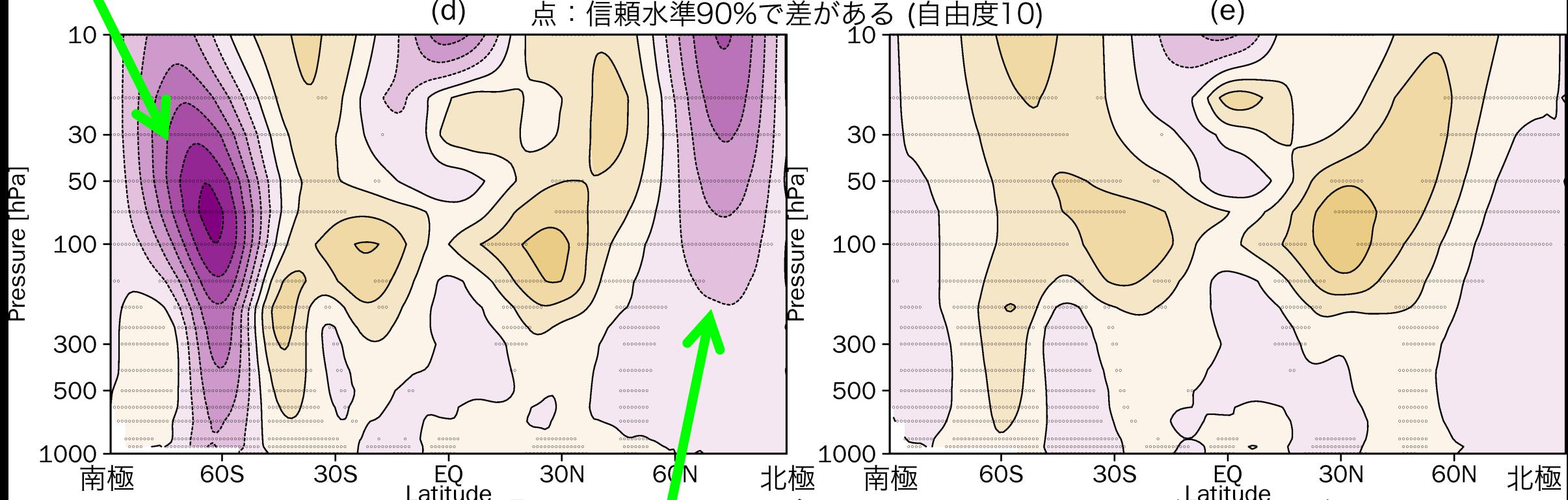


ほかの緯度・対流圏上層も



対流圏上層も
東西風速の(2081~2100年平均値) - (1995~2014年平均値)

対流圏上層も
東西風速の(2081~2100年平均値) - (1995~2014年平均値)



西風減速 西風加速

両半球で偏西風が弱化

-3 -2.5 -2 -1.5 -1 -0.5 0 0.5 1 1.5 2 2.5 3

(d) 温暖化レベルの低い将来 (e) 温暖化レベルの極めて高い将来

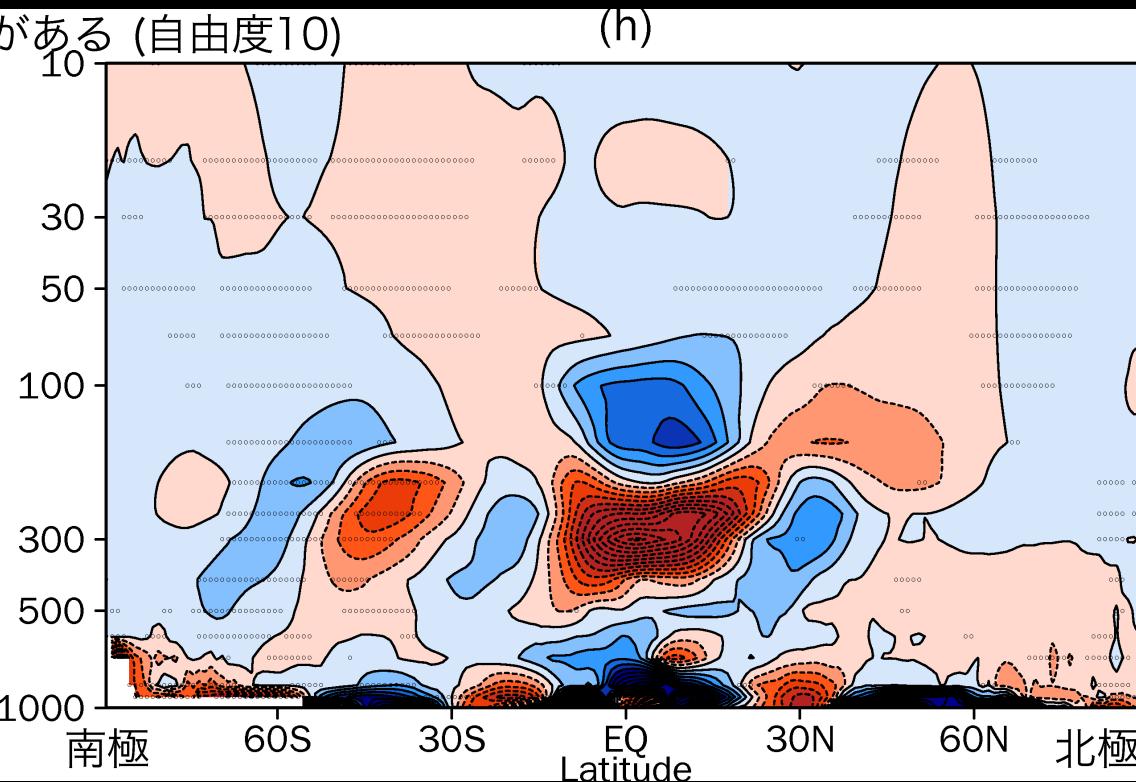
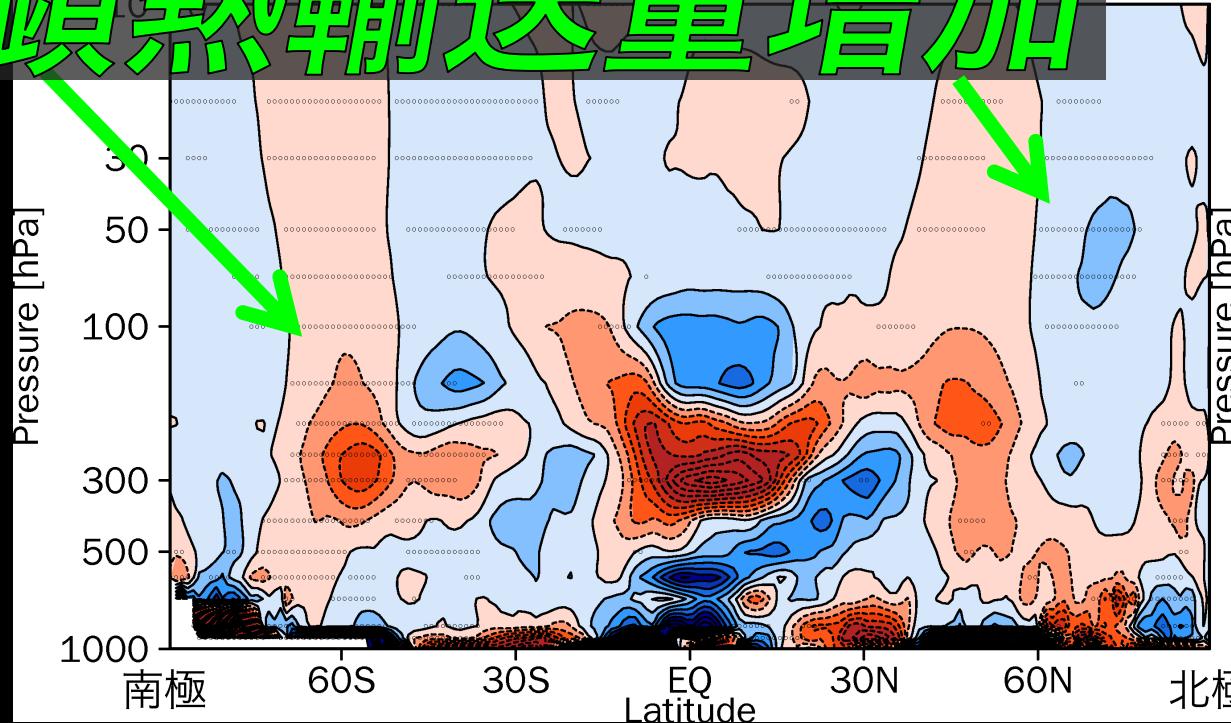
考察 ~顕熱輸送量~

$$HT(y, z, t) = \rho Cp \int_{45^{\circ}\text{E}}^{45^{\circ}\text{W}} v\theta \, dx$$

ρ : 密度 [kg m^{-3}], v : 月平均の南北風速 [m s^{-1}] (北向き正) 10/11
 θ : 月平均の温位 [K], Cp : 定圧比熱 ; 1004 [$\text{J K}^{-1} \text{kg}^{-1}$]

応答感度 $\left[\frac{\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{K}} \right] \equiv \frac{\text{顕熱輸送量の(2081~2100年平均値)} - \text{(1995~2014年平均値)}}{\text{全球2m気温の(2081~2100年平均値)} - \text{(1995~2014年平均値)}}$

顕熱輸送量増加



南向き

-1×10^4

-0.6×10^4

偏西風弱化の影響か

(g) 温暖化レベルの低い将来

(h) 温暖化レベルの極めて高い将来

まとめ

～研究目的～

海氷と接していない大気温度と全球の温暖化との関係を調査する

～手法～

海氷と接していない大気温度の応答感度を求めた

(応答感度に差がある=全球温暖化に対して、より敏感に応答する)

～結果～

温暖化レベルの低い実験では

南極域の対流圏下層だけでなく南極域対流圏上層やほかの緯度でも
温暖化レベルの高い実験より応答感度の良い領域がみられた

New !

New !

～考察～

温暖化レベルの低い将来には全球規模での特別な機構が存在する

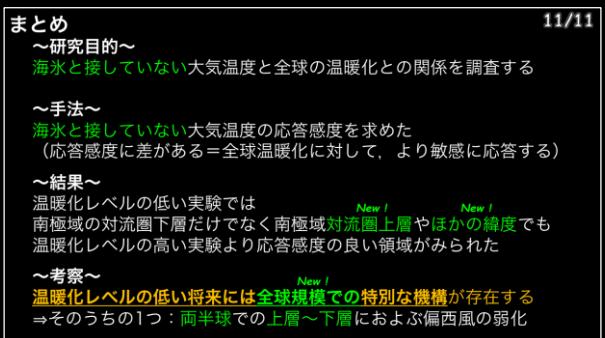
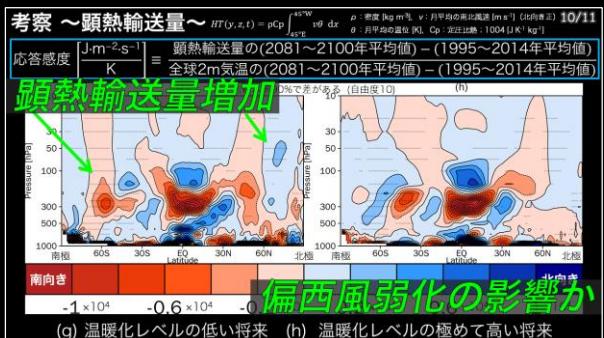
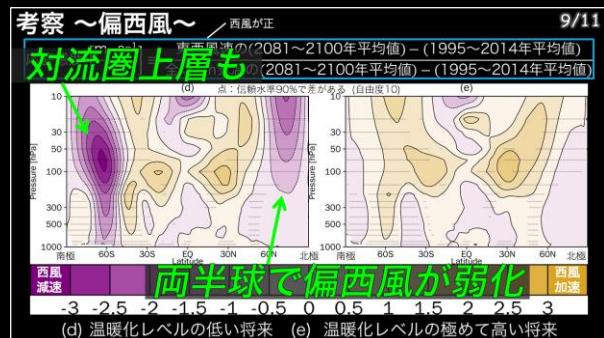
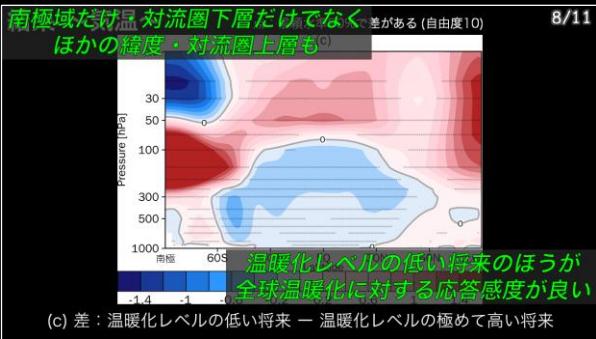
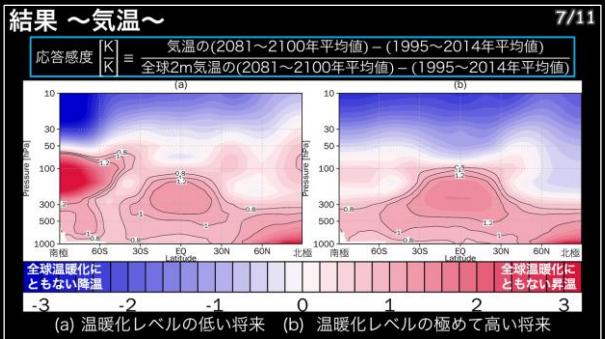
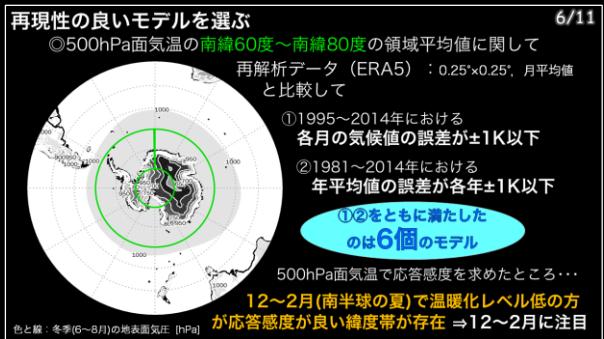
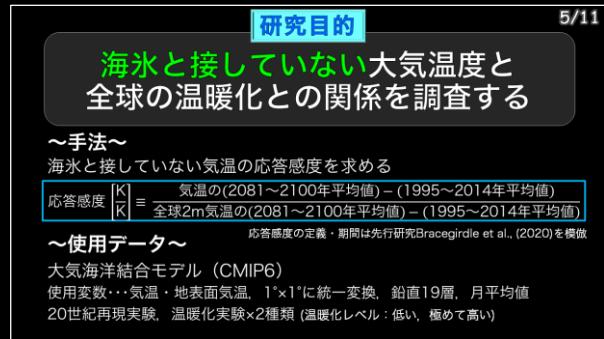
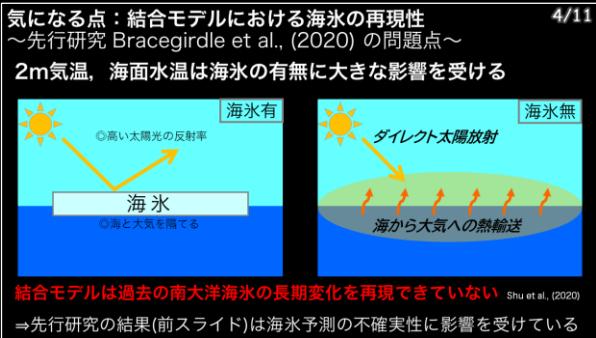
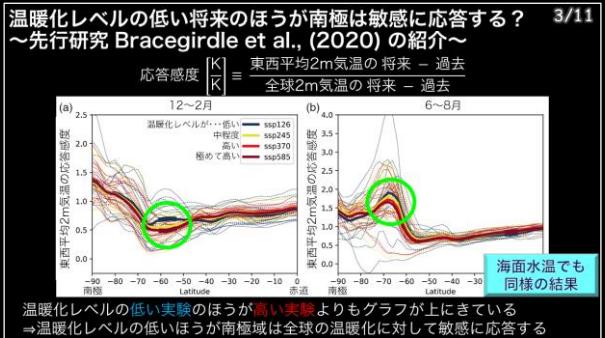
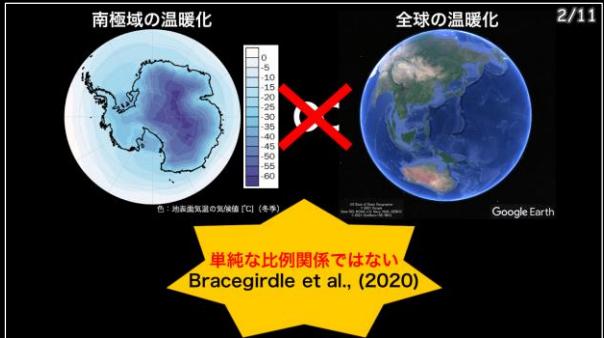
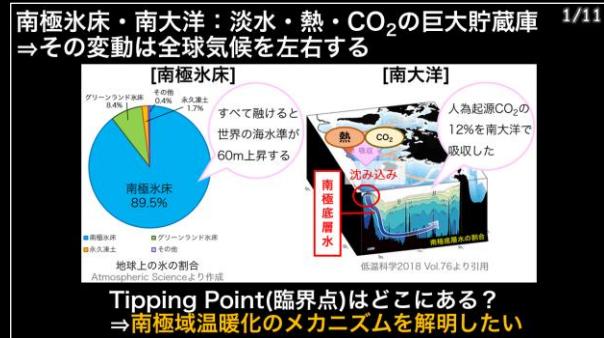
⇒そのうちの1つ：両半球での上層～下層におよぶ偏西風の弱化

New !

参考引用文献

- [1] 大島慶一郎, 須藤斎, 北川暁子ほか, 2018: 巨大リザーバ: 南大洋・南極氷床. 低温科学, 76, 1-12,13-23, 50-70, 145-152.
- [2] Steig, E. J., et al., 2009: Warming of the Antarctic ice-sheet surface since the 1957 International Geophysical Year. *Nature*, 457, 459-462.
- [3] M. Meredith et al., 2019: Polar Regions : Special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. *Water Policy*, 3,203-320.
- [4] Purkey, S. G. and G. C. Johnson, 2010: Warming of Global Abyssal and Deep Southern Ocean Waters between the 1990s and 2000s: Contributions to Global Heat and Sea Level Rise Budgets. *Journal of Climate*, 23, 6336-6351.
- [5] 海水域面積の長期変化傾向(全球), 気象庁, https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/a_1/series_global/series_global.html, 最終閲覧日 : 令和3年2月3日
- [6] T. Bracegirdle et al., 2020: Twenty first century changes in Antarctic and Southern Ocean surface climate in CMIP6. *Atmospheric Science Letters*, 21, 1-14.
- [7] Q. Shu et al. 2020: Assessment of Sea Ice Extent in CMIP6 With Comparison to Observations and CMIP5. *Geophysical Research Letters*, 47, 1-9.
- [8] V. Eyring et al., 2015: Overview of the Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) experimental design and organization. *Geoscientific Model Development Discussions*, 8, 10539-10583.
- [9] B. O'Neill et al., 2016: The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6. *Geoscientific Model Development*, 9, 3461-3482.
- [10] H. Hersbach et al., 2020: The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146, 1999-2049.

スライド一覧



Thank you
for
listening ♪

