

平成26年度名古屋大学太陽地球
環境研究所研究集会、及び、
第263回生存圏シンポジウム
2015年2月20日

ポーカークラット及びトロムソ MFレーダーで観測された 中間圏重力波と潮汐を含む背景場 とのカップリングについて

木下武也¹, 村山泰啓¹, 川村誠治¹,
野澤悟徳², Chris Hall³

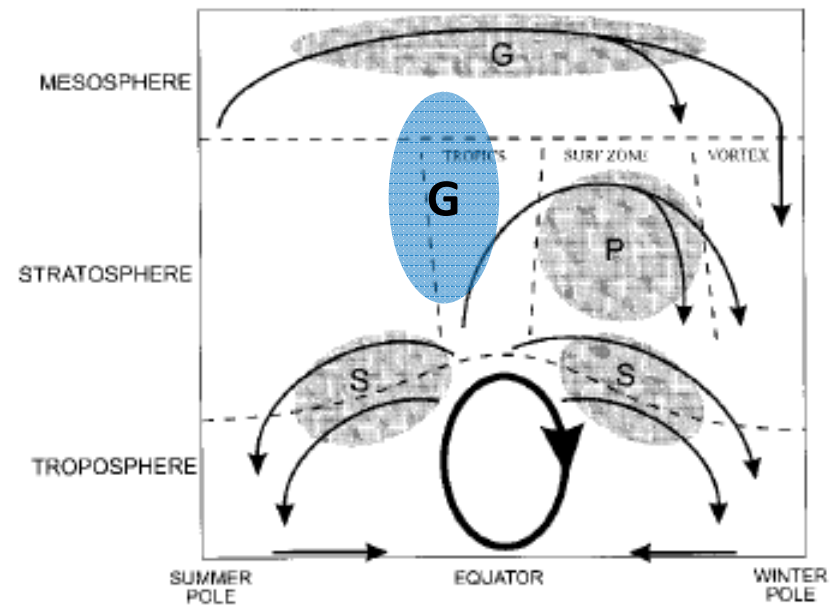
1:情報通信研究機構, 2:名古屋大学,
3:The Arctic University of Norway

研究背景

- 中間圏重力波は、南北循環の駆動に重要な役割を担う
- 中間圏重力波は、惑星波や潮汐波等様々な擾乱等により変調を受ける
- Poker FlatとTromsøのMF radar観測データを用いて、短周期重力波と潮汐波とのカップリングに焦点をあてた解析を行ってきた

中層大気の子午面循環

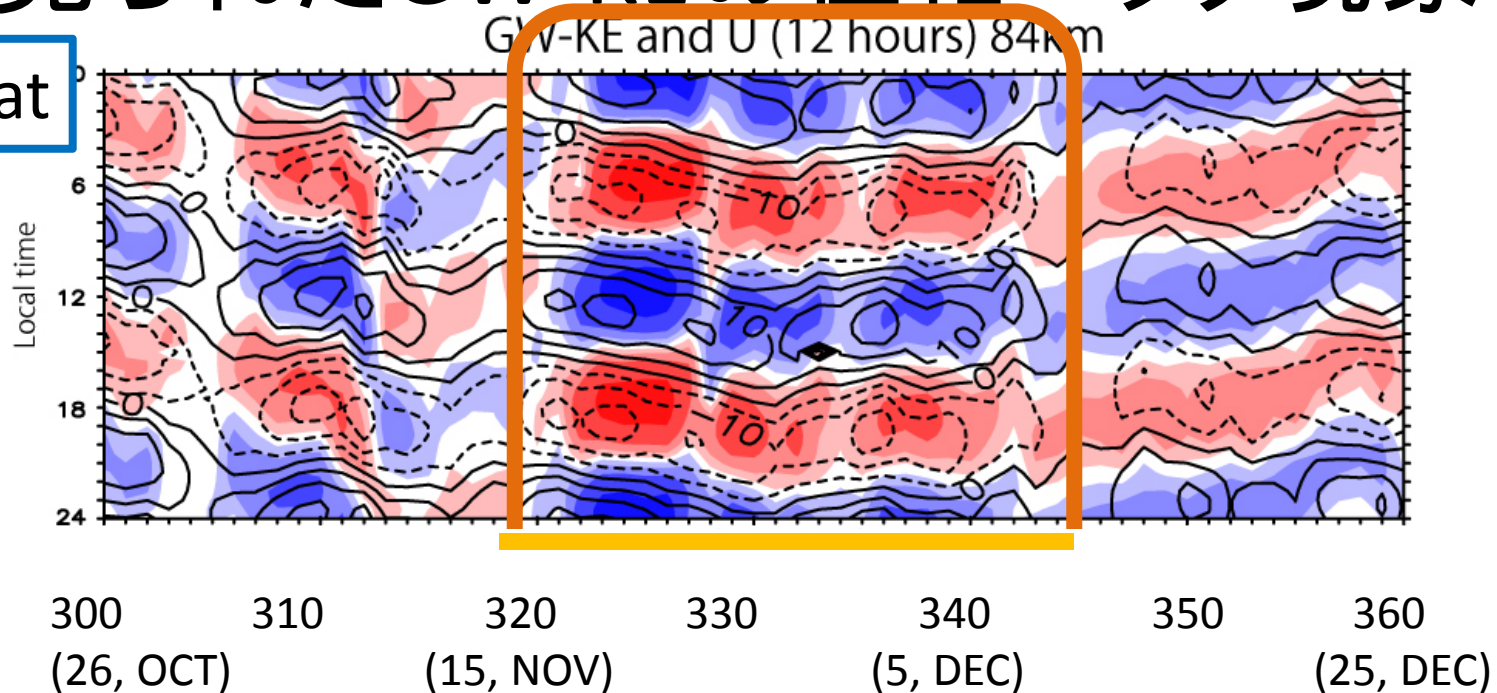
[Plumb, *J. Meteor. Soc. Japan*, 2002]



P: 惑星波 S: 総観規模波, G: 重力波

2000年冬季にPoker Flat, MF radar で見られたGW-KEの位相ロック現象

Poker Flat



MF radar観測から得られた

- 東西風速
- 短周期重力波 (1-4時間周期) の運動エネルギー (GW-KE)

調和フィッティング (8, 12, 24, 48hrs)



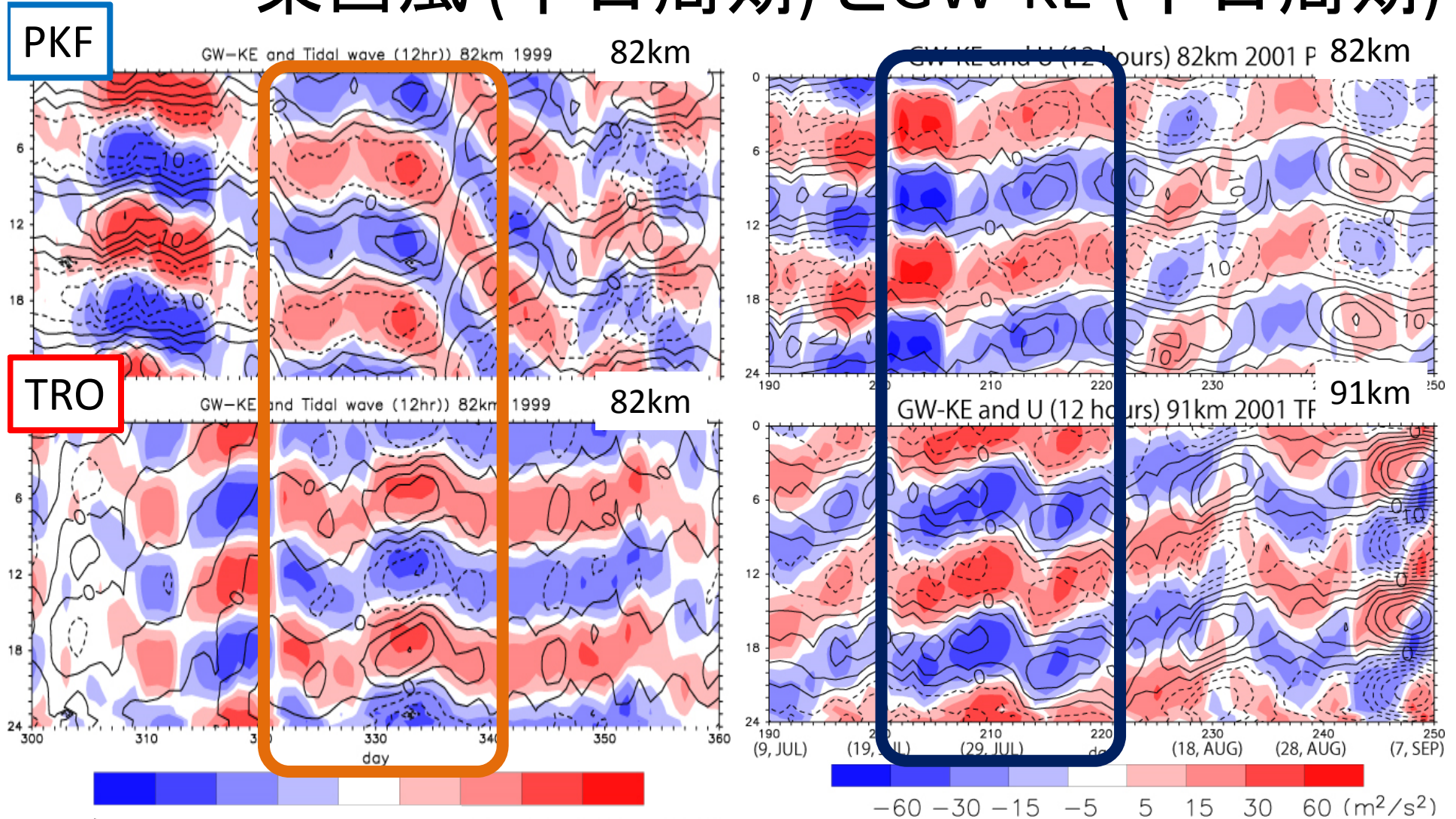
12hr周期成分を抽出

Day 320-340付近でGW-KEが12時間周期の東西風の位相に追従
(SGEPSS2013, Kinoshita et al. 2015 (Conditionally accepted))

研究目的

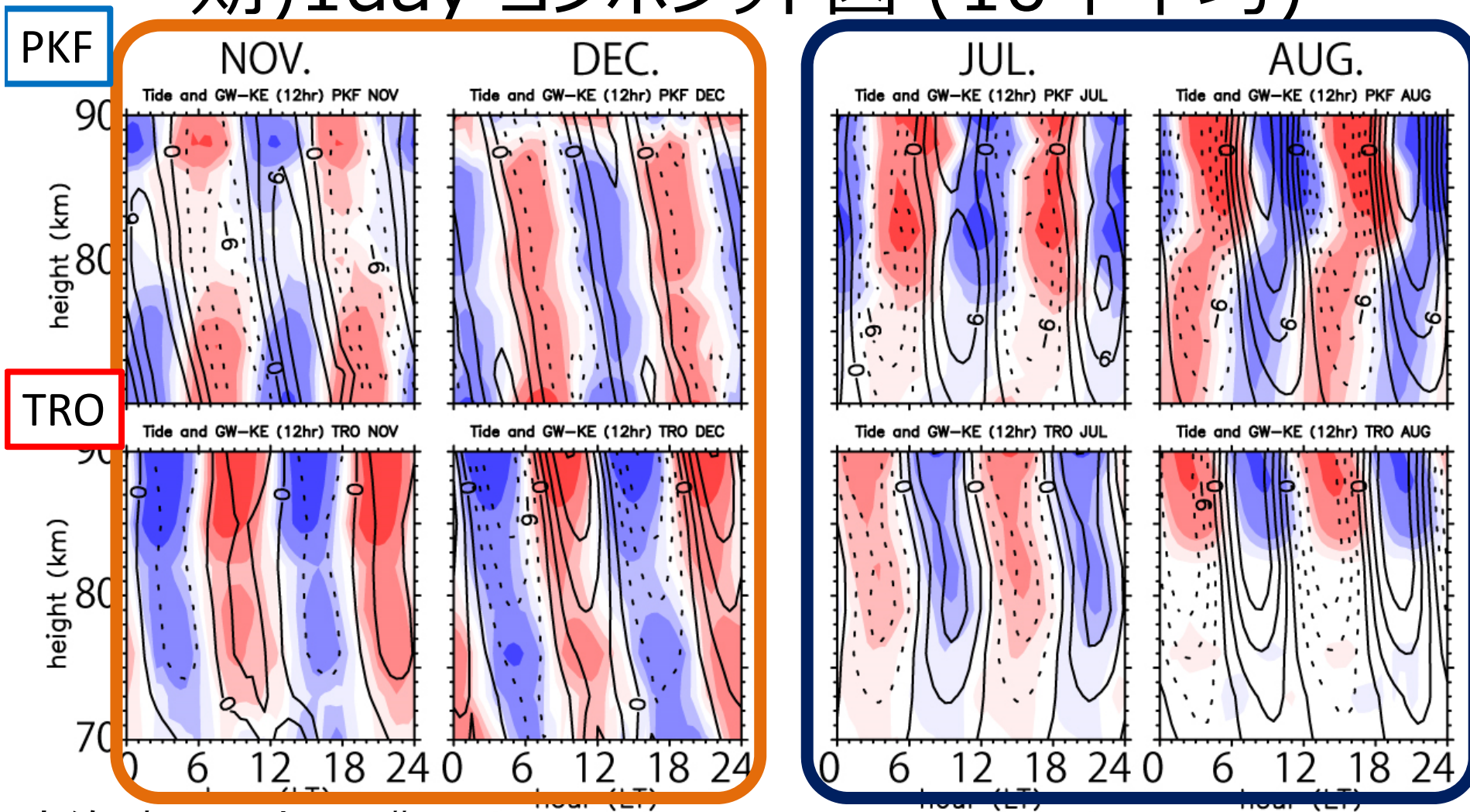
- Poker Flat 及び Tromsoで見られたGW-KEの位相ロック現象の物理メカニズムを解明するため10年間の観測データを使用してGWの特性を解析
- 観測データ
 - アラスカ Poker Flat (PKF) MF radar (65N, 147W)
 - 観測期間: 1998年10月～現在
 - 時間分解能: 30分平均値
 - 高度分解能: 4km (2km間隔でオーバーサンプル)
 - Tromso (TRO) MF radar (70N, 19E)
 - 観測期間: 1998年11月～現在
 - 時間分解能: 30分平均値
 - 高度分解能: 6km (3km間隔でオーバーサンプル)
- 潮汐波成分 (48, 24, 12, 8時間)
非線形調和フィッティングを用いて5日間データから抽出
- GW-KE (1～4時間周期成分)

1999 (左, 冬季) と2001(右, 夏季)の 東西風 (半日周期) とGW-KE (半日周期)



実線: 東西風 (半日周期) 15 30 60 (m^2/s^2)
 カラー: GW-KE

東西風 (半日周期) とGW-KE(半日周期) 1day コンポジット図 (10年平均)



実線: 東西風(半日周期)

カラー: GW-KE



議論 : Critical level filtering

- Critical levelによる重力波のfilteringに伴うGW-KEの振る舞い

① Critical levelより下層 : GW-KEの増加

② Critical levelより上層 : GW-KEの減少

重力波の分散関係式 $\hat{\omega}^2 = \frac{\mathbf{k}^2}{m^2 + \mathbf{k}^2} N^2$ より、critical level ($c=U$) で

鉛直波長は、 $m^2 = \mathbf{k}^2 \frac{N^2 - \hat{\omega}^2}{\hat{\omega}^2} = \mathbf{k}^2 \frac{N^2/\mathbf{k}^2 - (c-U)^2}{(c-U)^2} \rightarrow \infty$ となる。

この時、上向き伝播 ($m < 0$) する保存的な重力波 ($\overline{\mathbf{u}'w'} = \text{const}$) の運動エネルギーは連続の式 ($\mathbf{u}' = -\frac{m}{\mathbf{k}} w'$) より、

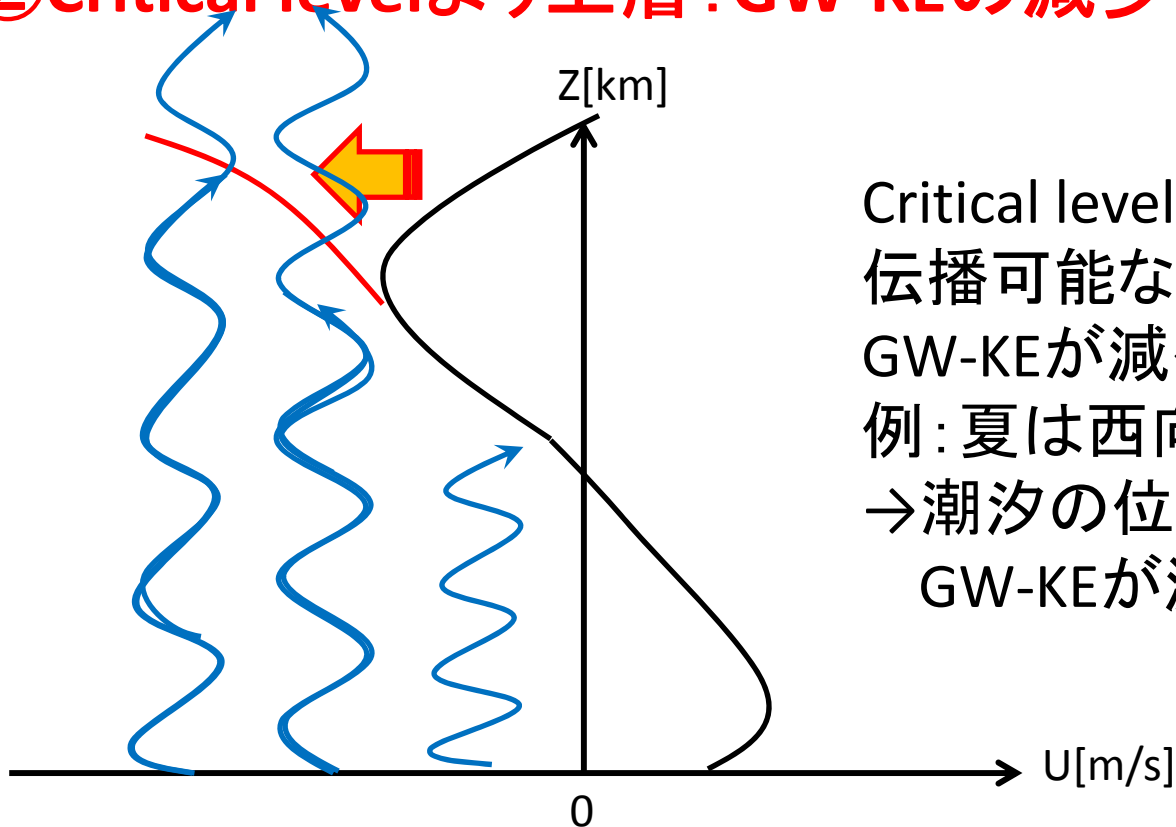
$\overline{\mathbf{u}'^2} = -\frac{m}{k} \overline{\mathbf{u}'w'} \rightarrow \infty$ となる。

→ Critical levelより下層でGW-KEは増加

$\hat{\omega}$: 固有振動数
 \mathbf{k} : 水平波数
 m : 鉛直波数
 c : 対地位相速度
 U : 背景水平風速
 N : 浮力振動数

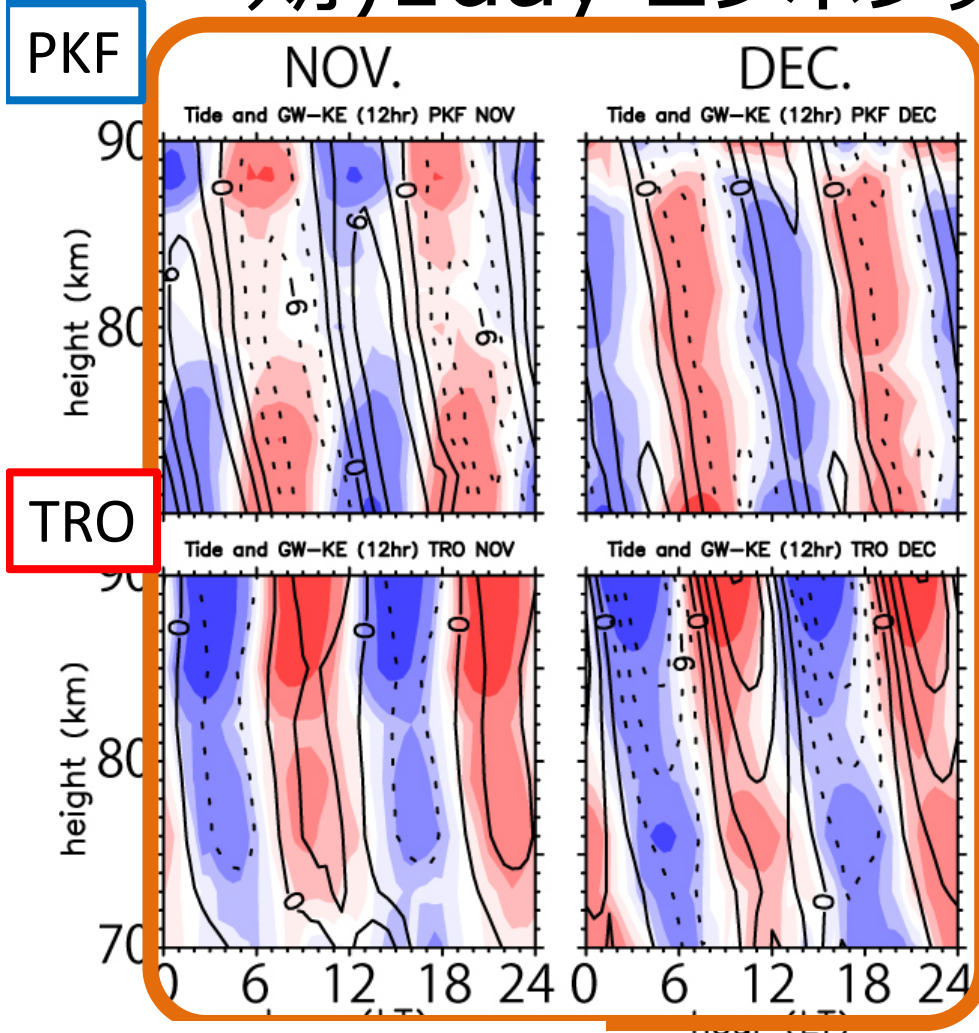
議論2: Critical level filtering

- Critical levelによる重力波のfilteringに伴うGW-KEの振る舞い
 - ① Critical levelより下層: GW-KEの増加
 - ② **Critical levelより上層: GW-KEの減少**



Critical levelより上層に
伝播可能な重力波が減り、
GW-KEが減少する
例: 夏は西向きの風が卓越
→ 潮汐の位相が西向きの時
GW-KEが減少

東西風 (半日周期) とGW-KE(半日周期) 1day コンポジット図 (10年平均)



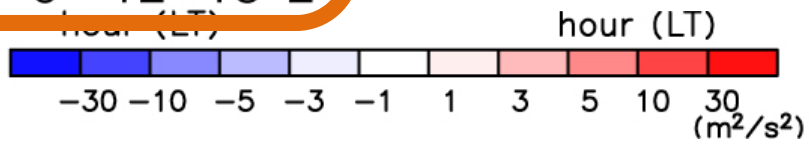
PKF

TRO

PKFの冬季 (東向きの方が卓越)
 半日潮汐の位相が西向きの際に
 GW-KEが大きい
 →位相速度が0 [m/s] 付近の
 重力波の①の効果を反映

TROの冬季
 半日潮汐の位相が東向きの際に
 GW-KEが大きい
 →位相速度が東向き
 の重力波の①の効果を反映

実線: 東西風 (半日周期)
 カラー: GW-KE



hour (LT)

東西風 (半日周期) とGW-KE(半日周期) 1day コンポジット図 (10年平均)

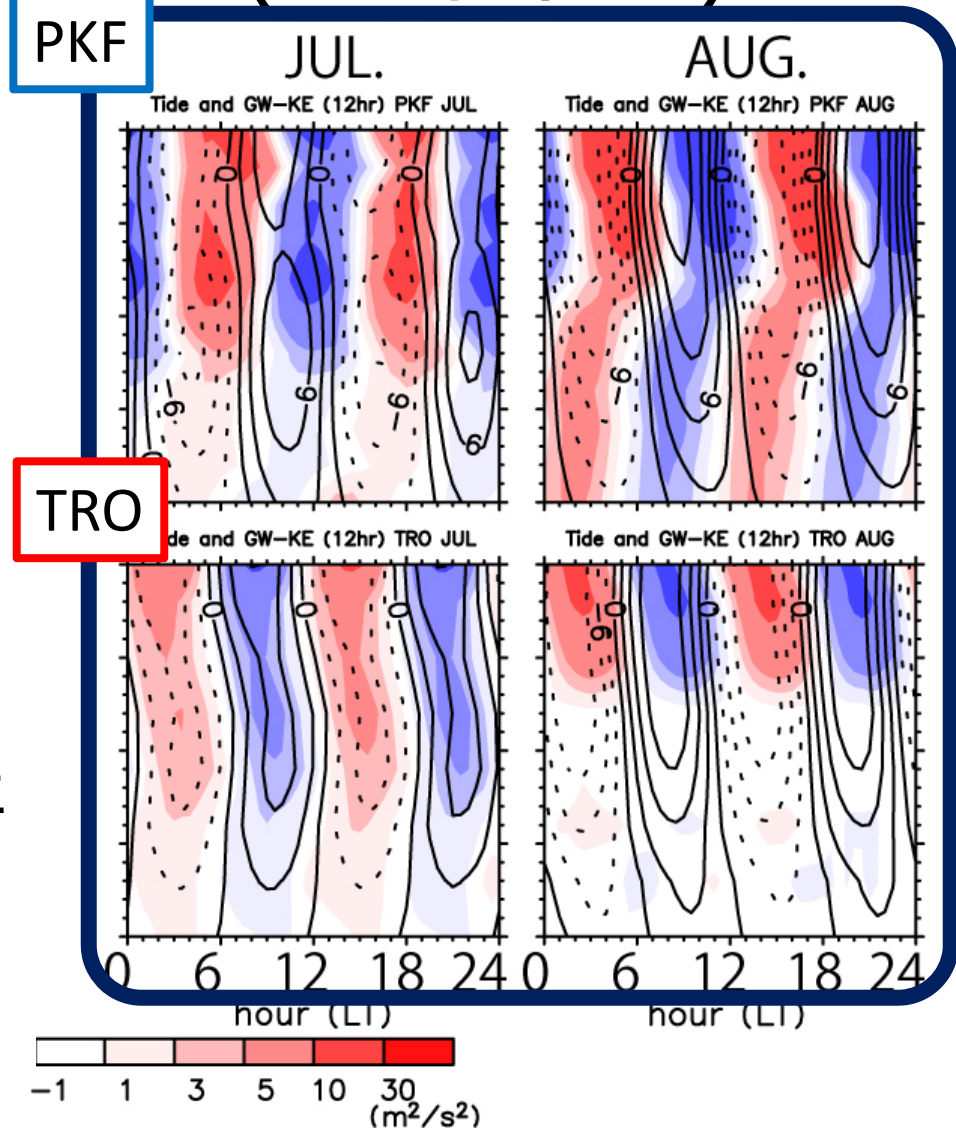
PKFの夏季 (西向きの風が卓越)

半日潮汐の位相が西→東向きに変わる時にGW-KEが大きい
 →背景南北風速と対応している可能性 (重力波の南北成分 > 東西成分であれば)

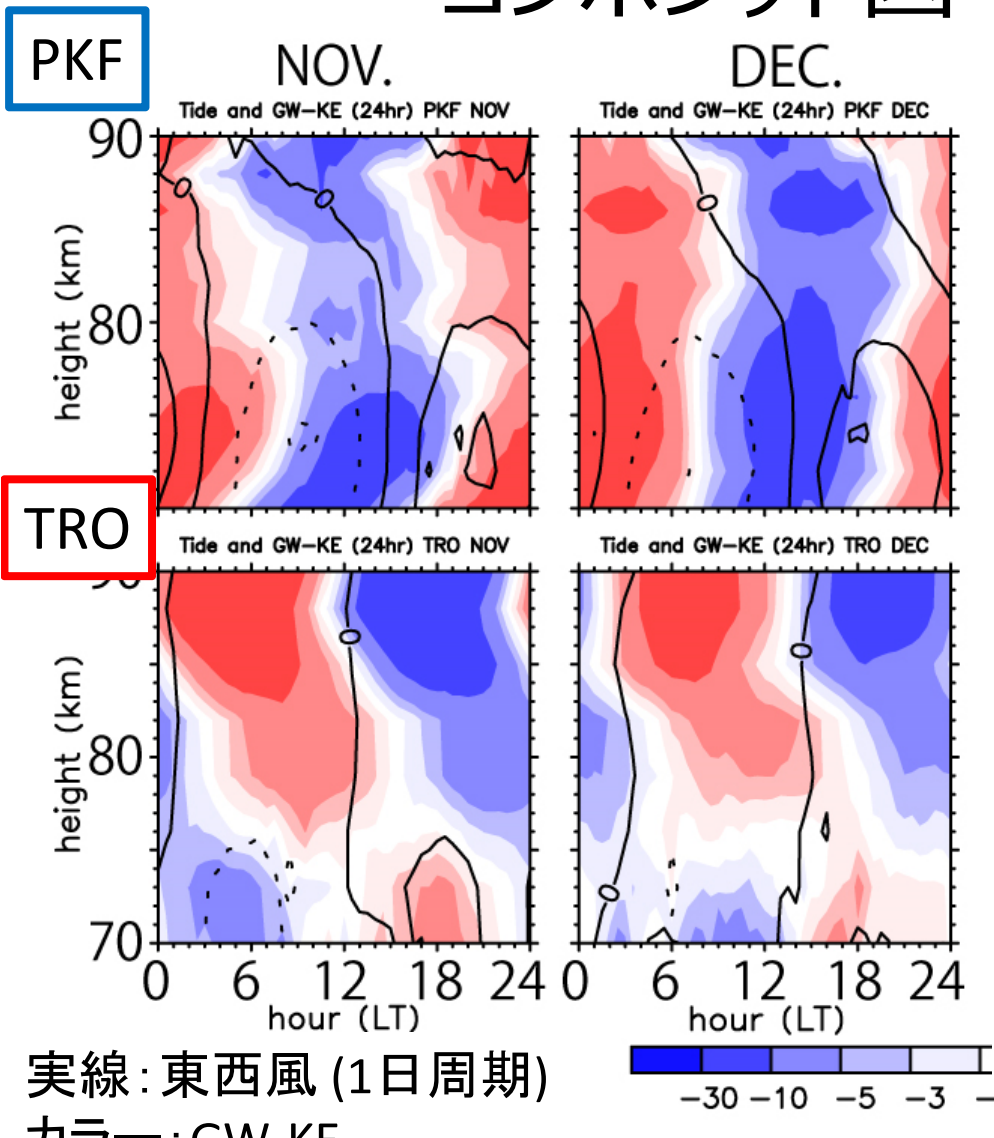
TROの夏季

半日潮汐の位相が西向きの時にGW-KEが大きい
 →位相速度が西向きの重力波の①の効果を反映

身
九



東西風 (日周期) とGW-KE(日周期)1day コンポジット図 (10年平均)



PKFの冬季 (東向きの風が卓越)
 日潮汐の位相が東→西向きの際にGW-KEが大きい
 →背景南北風速と対応している可能性 (重力波の南北成分 > 東西成分であれば)

TROの冬季
 下層 (上層) では、日潮汐の位相が東 (西) 向きの際にGW-KEが大きい
 →位相速度が東向きの重力波の①と②のメカニズムを反映

東西風 (日周期) とGW-KE(日周期)1day コンポジット図 (10年平均)

PKFの夏季 (西向きの風が卓越)

上層では日潮汐の位相が西向きの時にGW-KEが大きい

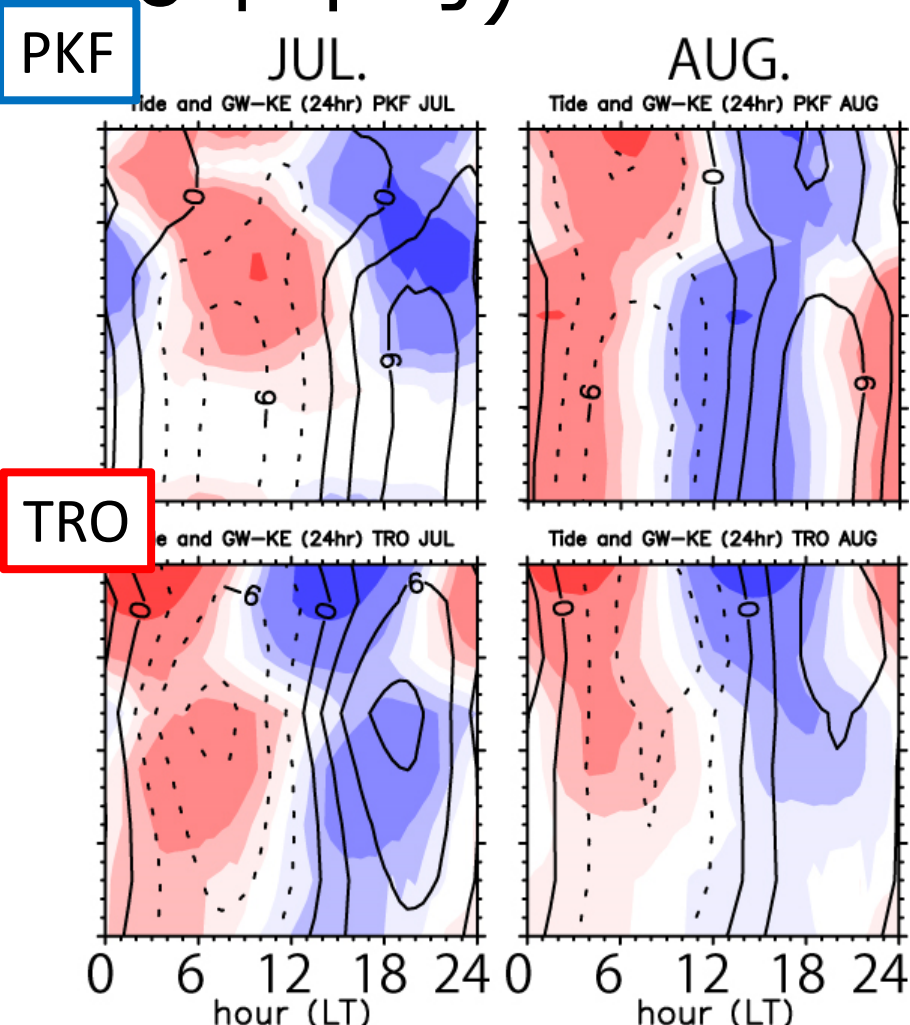
下層は日潮汐の位相が東→西向きの時にGW-KEが大きい

→上層は、位相速度が西向きの重力波の①の効果を反映

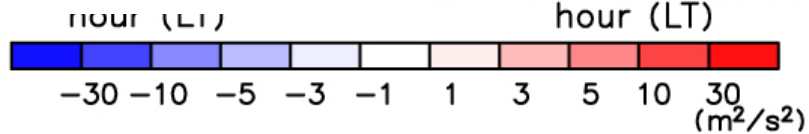
下層は背景南北風速と対応している可能性

TROの夏季

PKFと逆の構造が見られる



実線: 東西風(1日周期)
カラー: GW-KE



まとめと今度の課題

- Poker Flat 及び Tromso MF radarを用いて半日・日周期の東西風速と短周期重力波運動エネルギー (GW-KE) のカップリングについて解析した結果
 - ① Critical levelより下層: GW-KEの増加
 - ② Critical levelより上層: GW-KEの減少
 - ③ それ以外のメカニズムが卓越 (背景南北風速と関係する等)

	半日周期		日周期	
	冬季	夏季	冬季	夏季
Poker Flat	①	③	③	上①下③
Tromso	①	①	上②下①	上③下①

- 今後③のメカニズムを明らかにするため、重力波の東西分散と南北分散を比較