

CPEAキャンペーン時の積雲対流と 大気重力波のシミュレーション

堀之内武 (京大RISH)

目的

- 熱帯対流圏の積雲対流(日変化etc)のメカニズム
- 積雲対流による重力波励起のメカニズムと定量化
- 積雲対流により励起された重力波の中層大気、熱圏電離圏への影響を調べる。
 - 対流圏の季節内振動(MJO)による重力波励起特性の変動とそれに伴う上層の変動を調べる。

ただし、今のところ対流圏について模索中でもあり、上端は低く取っている。

MJO活発期(OLR小) vs 不活発期(OLR大)

- 降水量は活発期のほうが大
- 最近の知見: 不活発期のほうが積雲対流の背が高い、雷活動が比較的盛ん(Takayabuらなど)

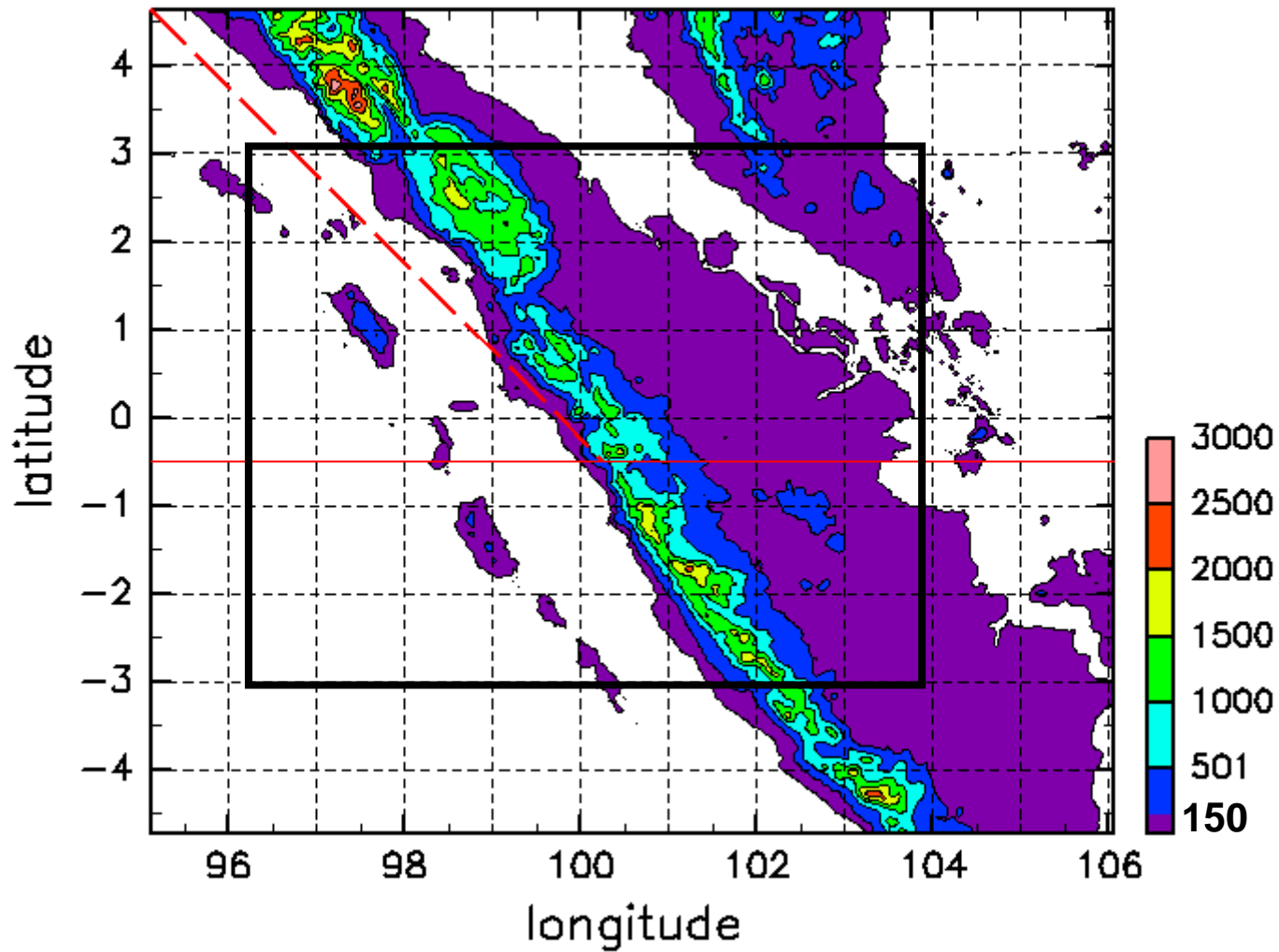
両期間で波動励起特性が違う? 活発期のほうが励起される波動のエネルギーや運動量が大きいと単純には言いがたいと予想される。

数値実験概要

- **モデル**: 雲分解領域気象モデルCReSS (Cloud Resolving Storm Simulator) by 坪木和久、榊原篤志
- **主な設定**
 - 領域: 95-106E, 4.7S-4.7N の1200km × 1000kmの領域、鉛直は32kmまで (但しスポンジ24kmより徐々に)
 - 分解能 $dx=dy=3\text{km}$, $dz=500\text{m}$ ($dz_{\text{min}}=100\text{m}$)
 - 初期値 & 境界値: ECMWF客観解析、モデルレベルデータ (水平格子間隔0.35度)。物理過程: warm rain雲微物理、地表面過程 (陸面の粗度等とSSTは水平一様)
 - 期間: 2004/04/17-18及び2004/05/05-06 (後述)
- **計算機**: 名古屋大学情報基盤センタースパコン (STE共同利用)
- **より高高度までの実験**
 - 領域: 800km × 700km × 55km、スポンジ: $z=38\text{km}$ より

計算対象領域

内側の四角は $z=55\text{km}$ までのラン



計算対象期間

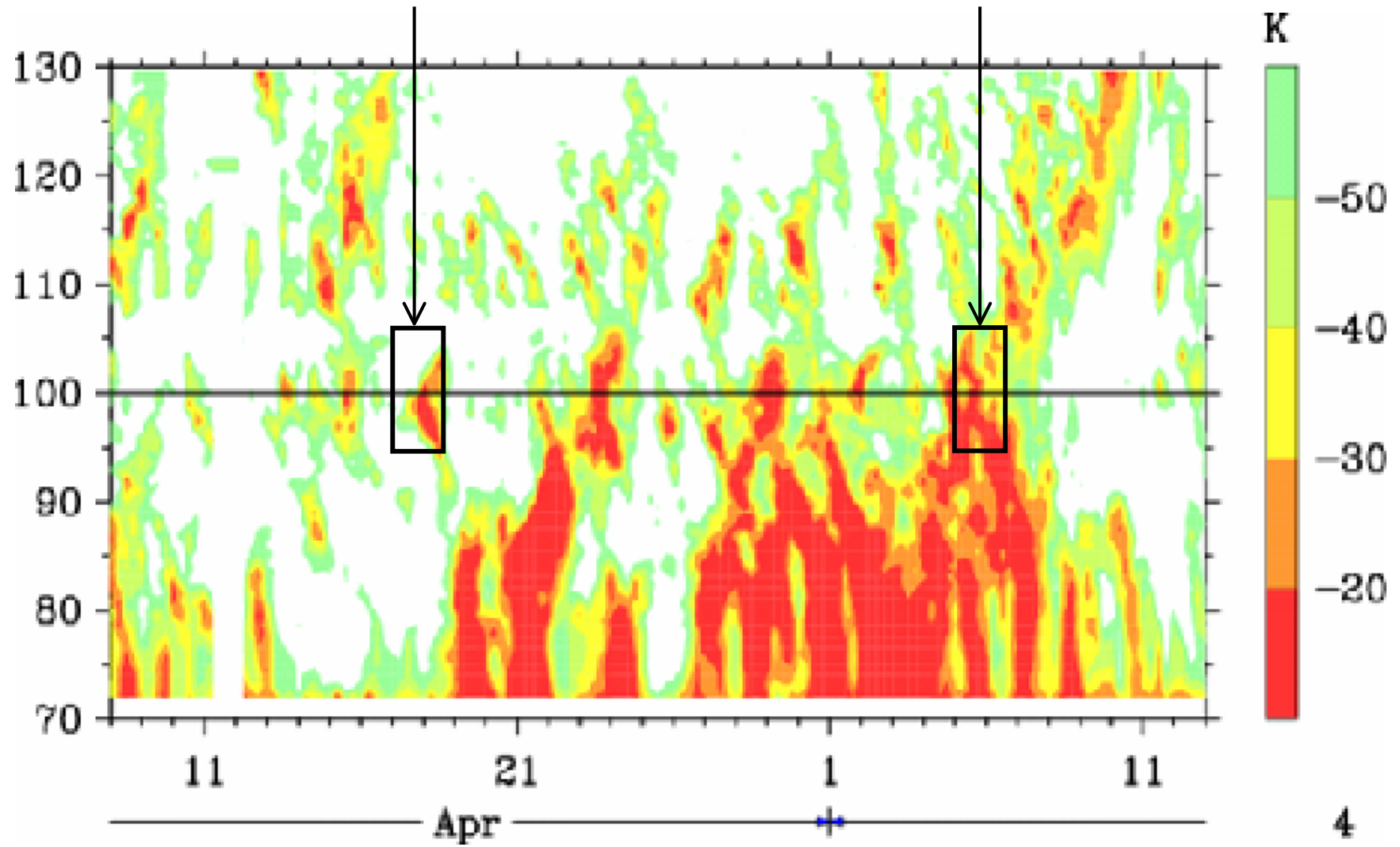
- 2004/4/17-18: MJO不活発期。スマトラで大きな対流発生。CAPE大。大規模収束なし。
 - 数値実験: 4/17 01LTより36時間 他に10LT, 13LT 開始のものもあり
- 2004/5/5-6: MJO活発期。CAPE小。下層大規模収束強。上部対流圏の東風強。
 - 数値実験: 5/5 01LTより36時間

CAPE: Convective Available Potential Energy – 湿潤対流により利用可能なポテンシャルエネルギー。大ならより強い対流が起きうる。

2N-2Sの静止衛星(GOES) Tbb (by柴垣佳明)

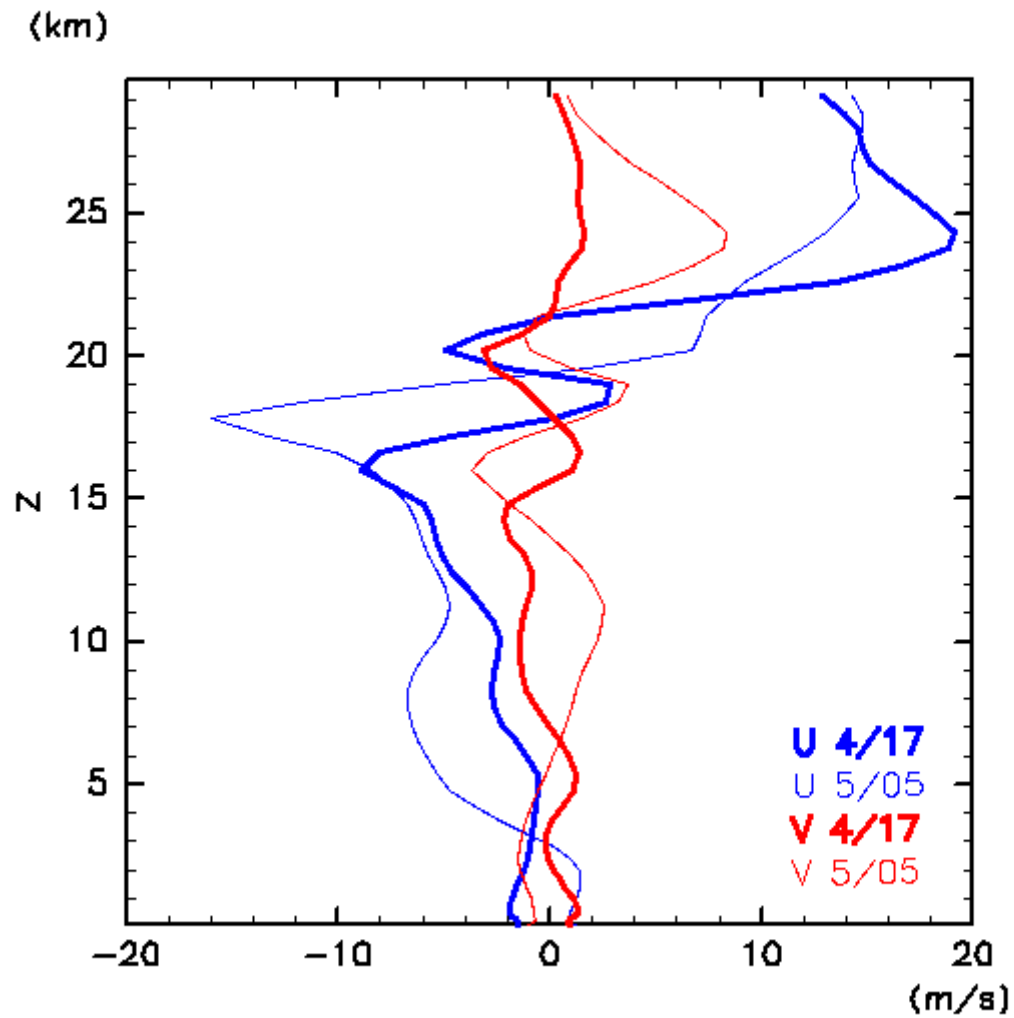
4/17-18のランの時間経度範囲

5/5-6のランの時間経度範囲



初期の領域平均風速

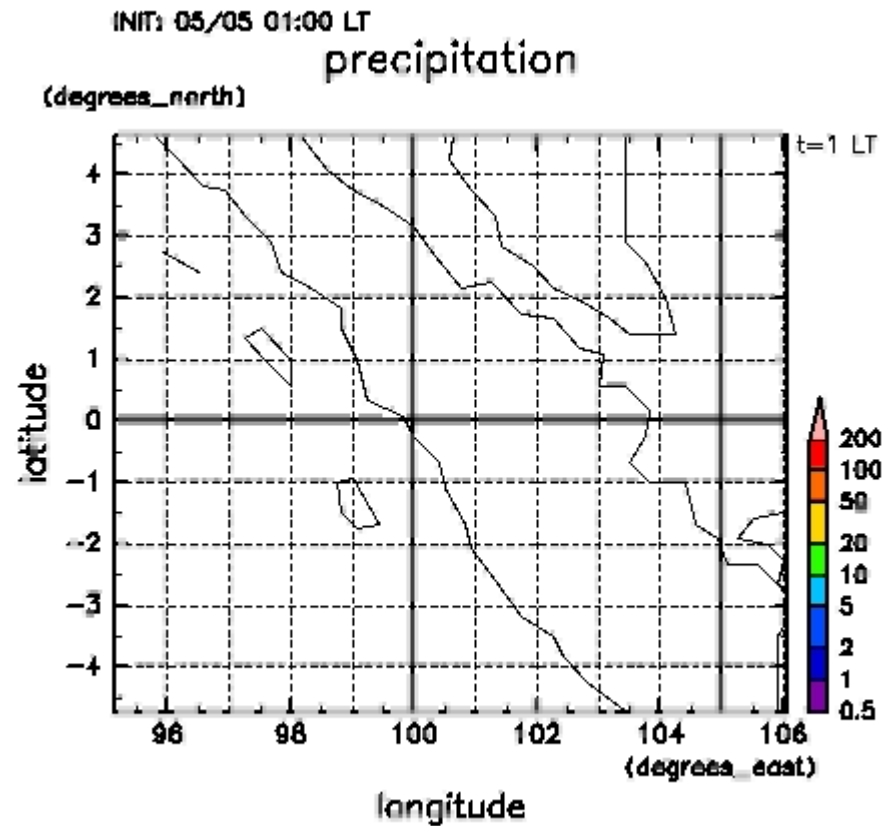
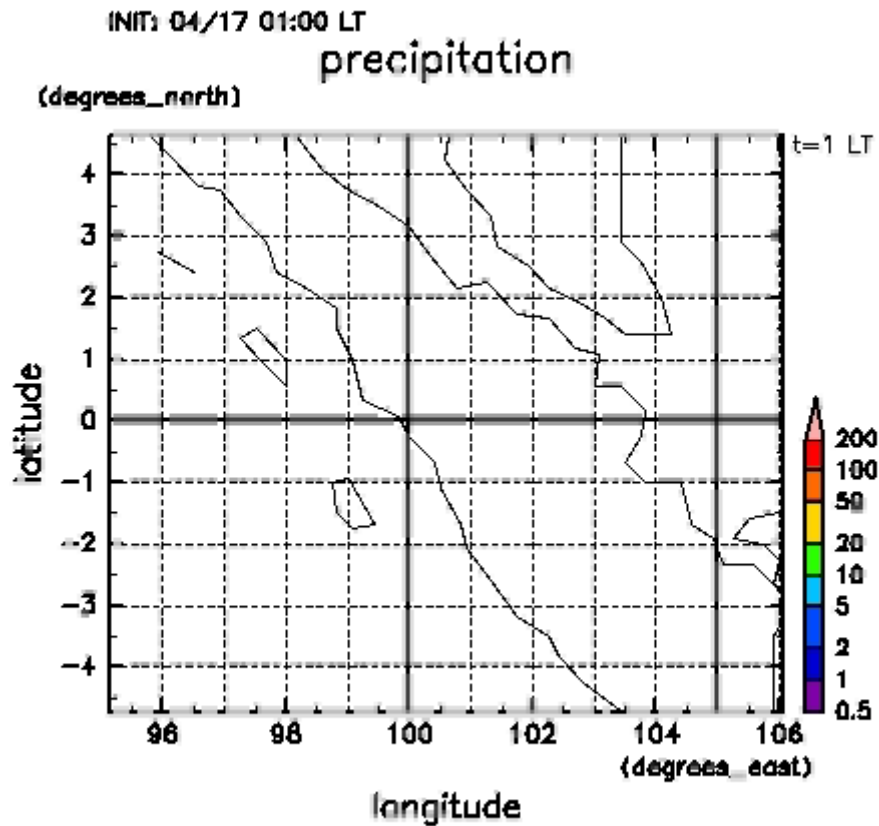
initial mean winds



降水量の時間発展

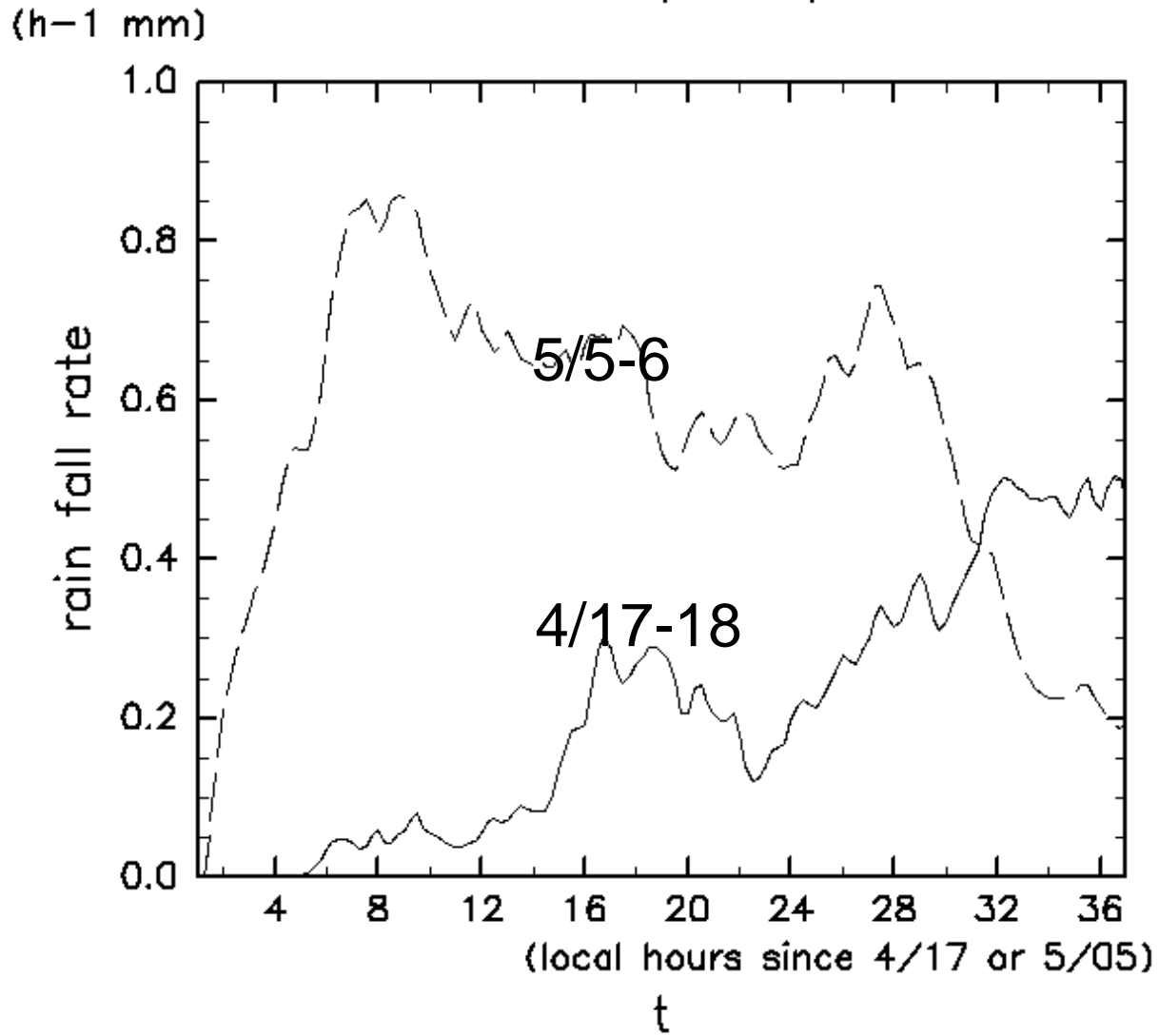
MJO不活発期
4/17 01LT開始

MJO活発期
5/5 1LT開始



領域平均降水量

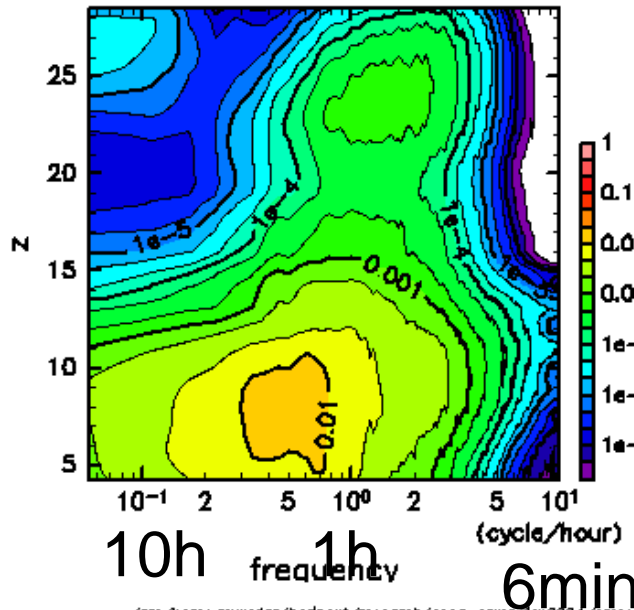
area mean precipitation



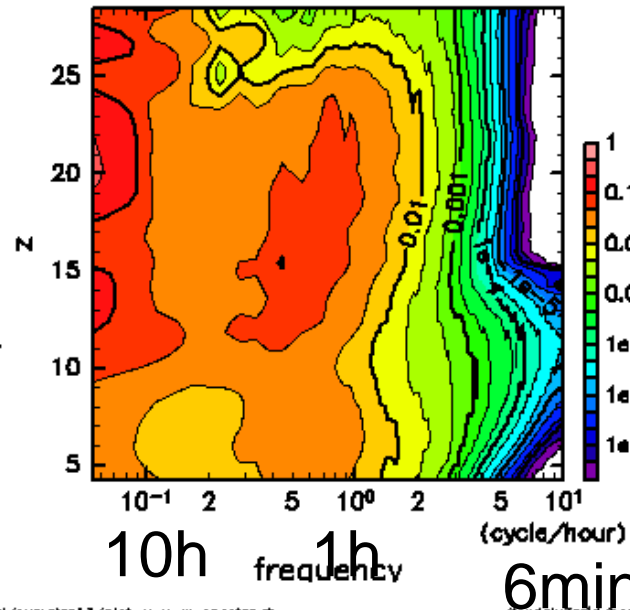
風速の周波数スペクトル

4/17-18 (MJO不活発期)のt=6hからの18時間分より求めたスペクトル

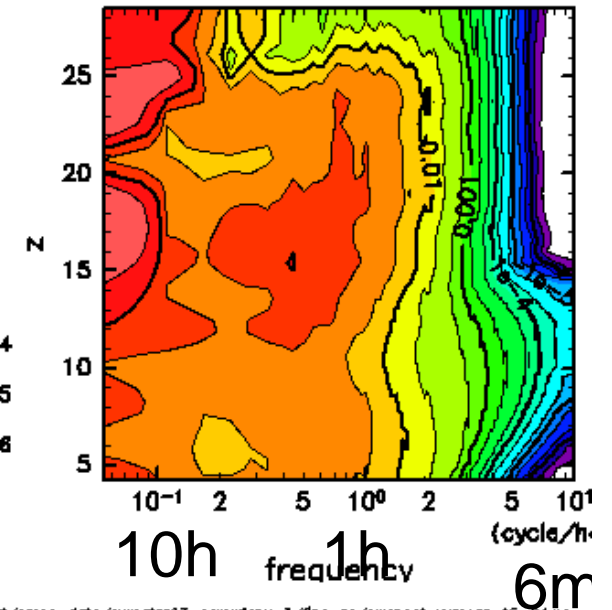
w freq spect eng-content
(km)



u freq spect eng-content
(km)



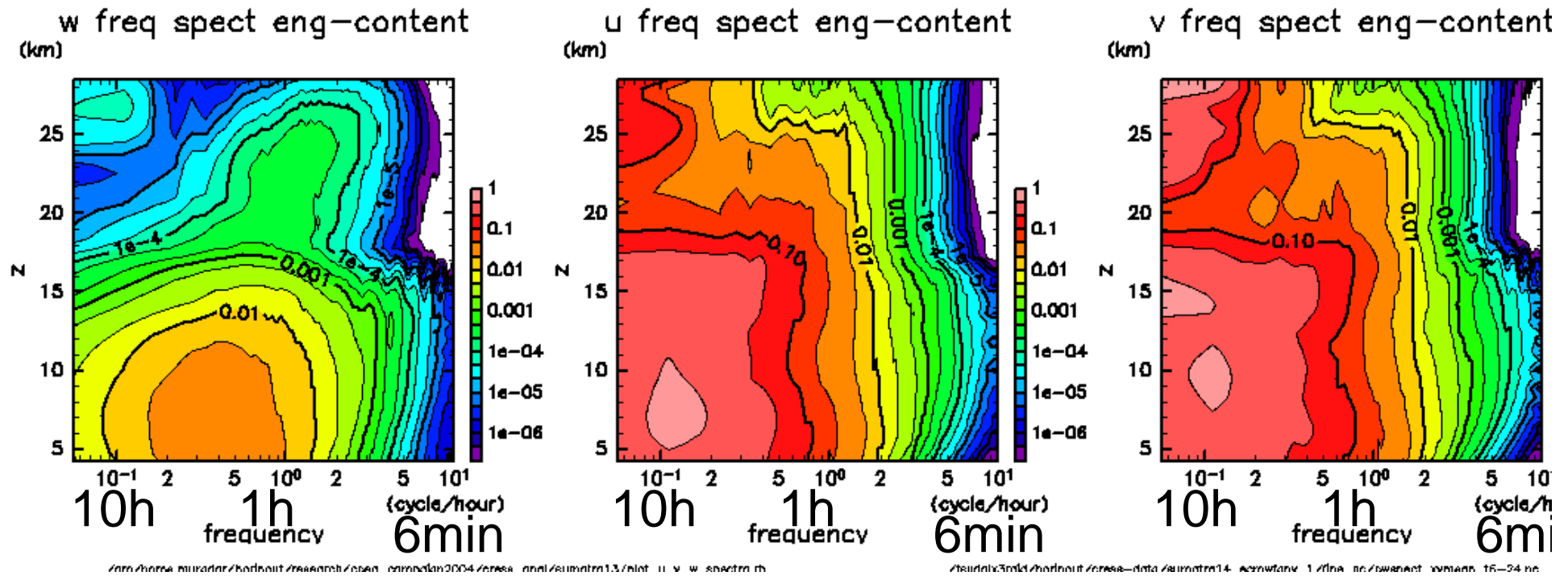
v freq spect eng-content
(km)



- u,vは周期2時間前後にwは周期30分-1時間にピーク。上ほど短周期卓越。
- 低周波は客観解析に含まれる擾乱が主だろう。

風速の周波数スペクトル

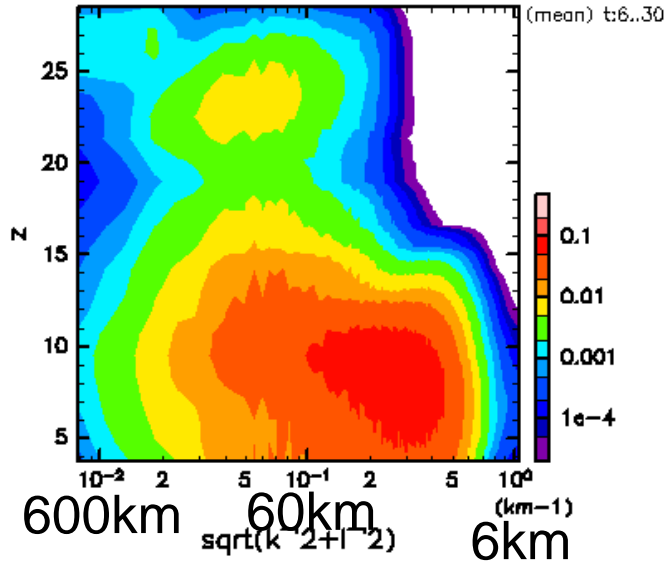
5/5-6 (MJO活発期) のt=6hからの18時間分より求めたスペクトル



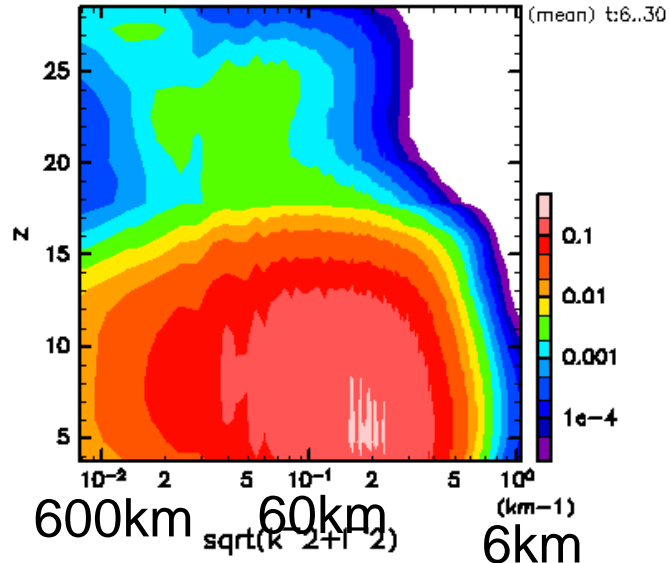
- 多い降水量を反映してこちらのほうが対流圏の擾乱は大
- ところが対流圏界面より上ではむしろこちらのほうが弱い。つまり、対流圏の擾乱のエネルギーが成層圏に抜ける率が小さい。

風速の水平波数スペクトル

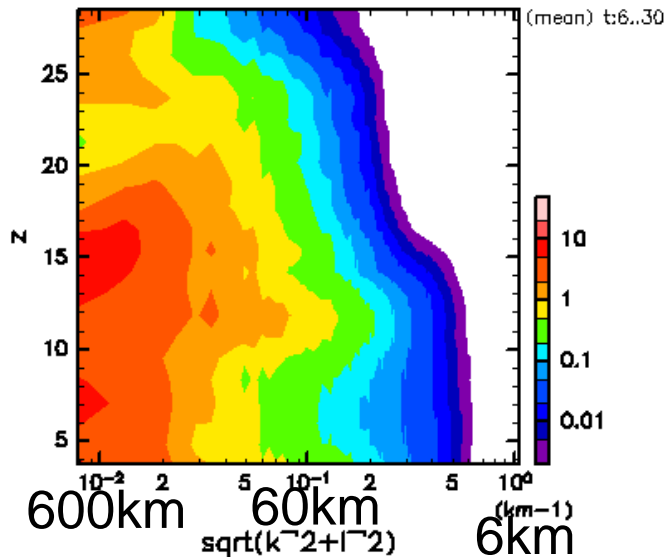
W (K-spectrum) 4/17-18
(km)



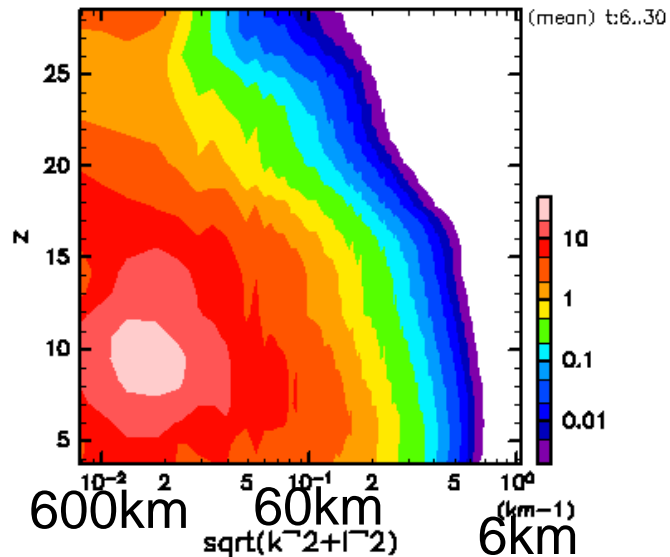
W (K-spectrum) 5/5-6
(km)



V (K-spectrum) 4/17-18
(km)



V (K-spectrum) 5/5-6
(km)



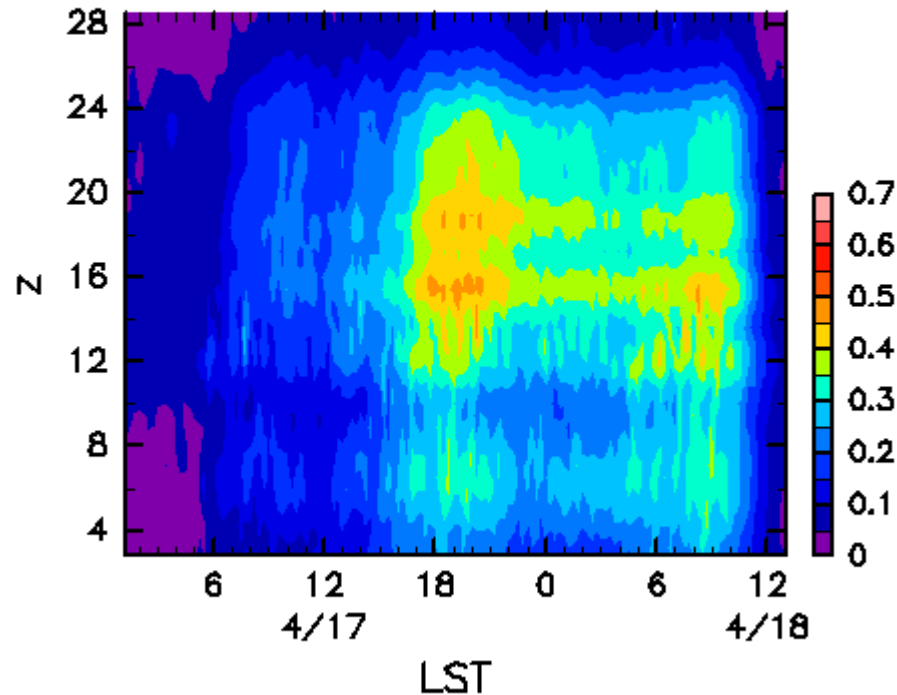
水平の全波数
 $K = (k^2 + l^2)^{1/2}$ に
 ついてのスペク
 トル

同じ波長でも
 MJO不活発期
 のほうが成層圏
 に抜ける割合大

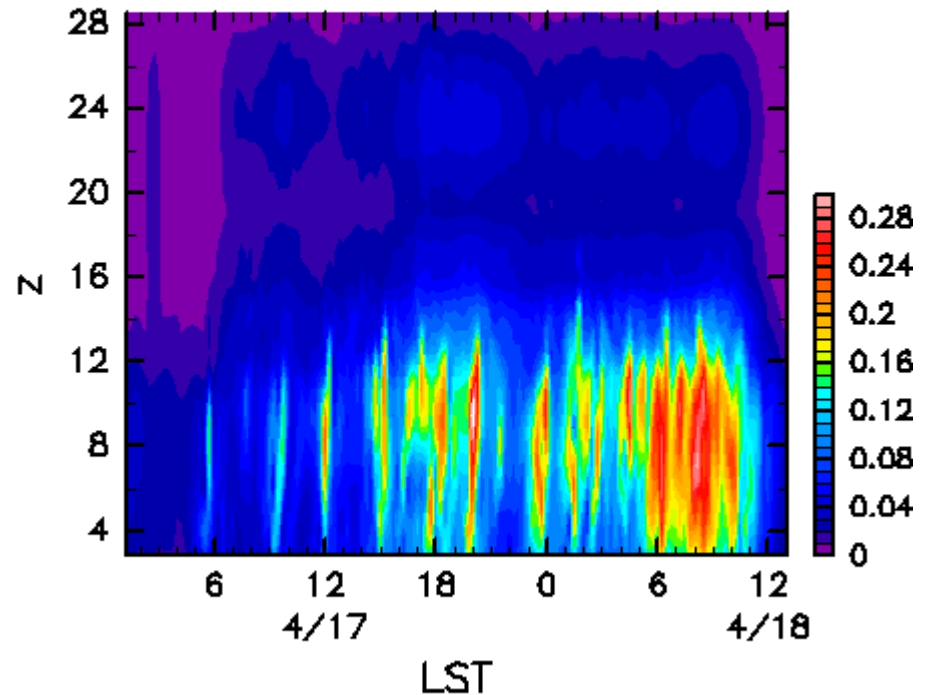
3時間以下周期成分の平均振幅 (2乗の平均の平方根)

4/17-18: MJO不活発期

u hipas T<3h sqrt(variance)
(km)



w hipas T<3h sqrt(variance)
(km)



/home/murador/horinout/research/coea_campaign2004/coea_anal/sumatra13/alot_hifra_z-t-prosaa.rb

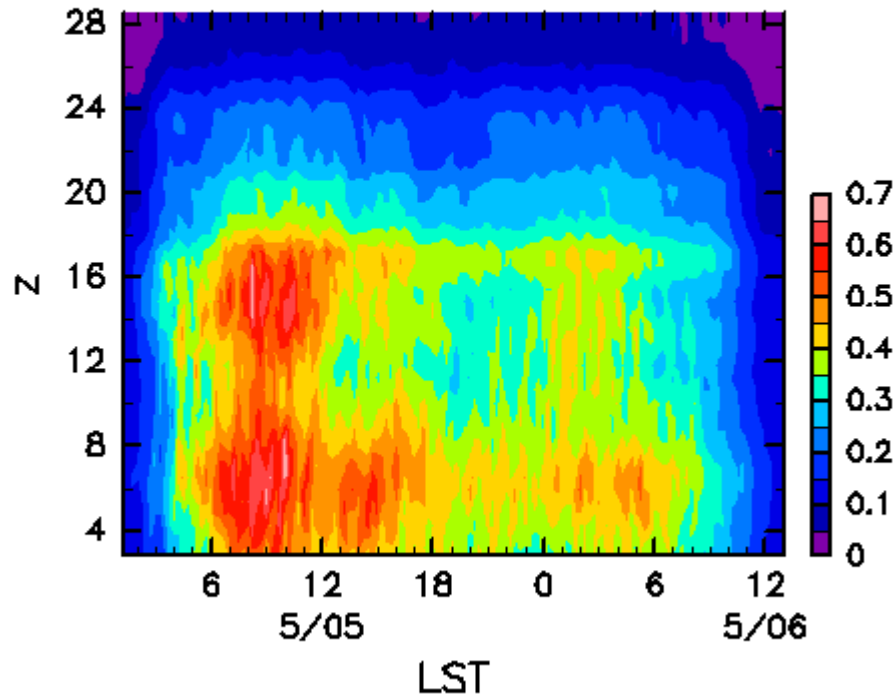
/tsudalx3raid/horinout/coea-data/sumatra13_samwfeav_3

- 最後が弱いのはフィルター時のtaperingによる

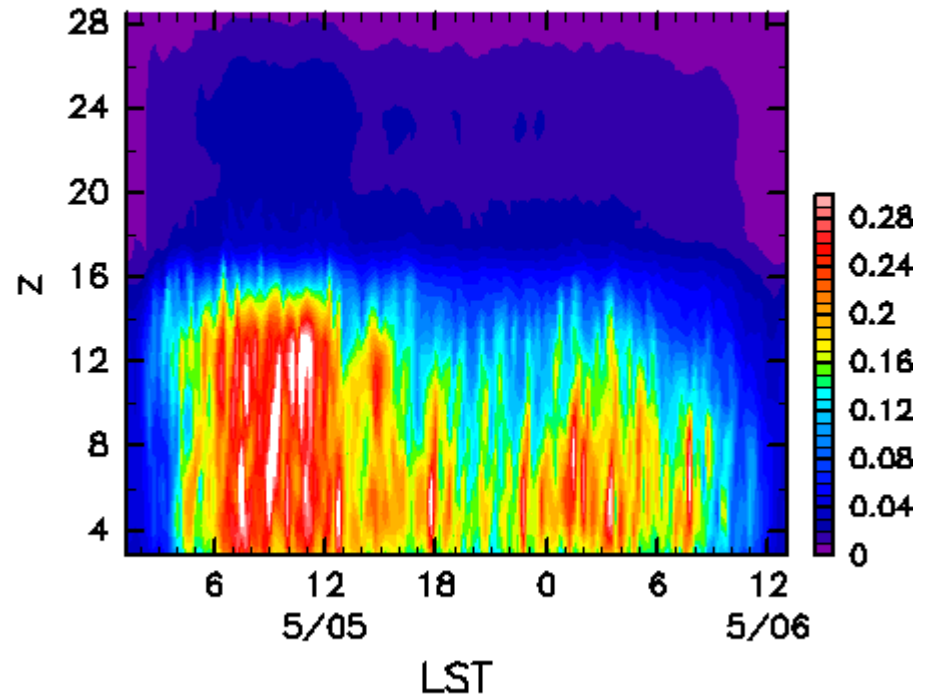
3時間以下周期成分の平均振幅 (2乗の平均の平方根)

5/5-6: MJO活発期

u hipas T<3h sqrt(variance)
(km)



w hipas T<3h sqrt(variance)
(km)



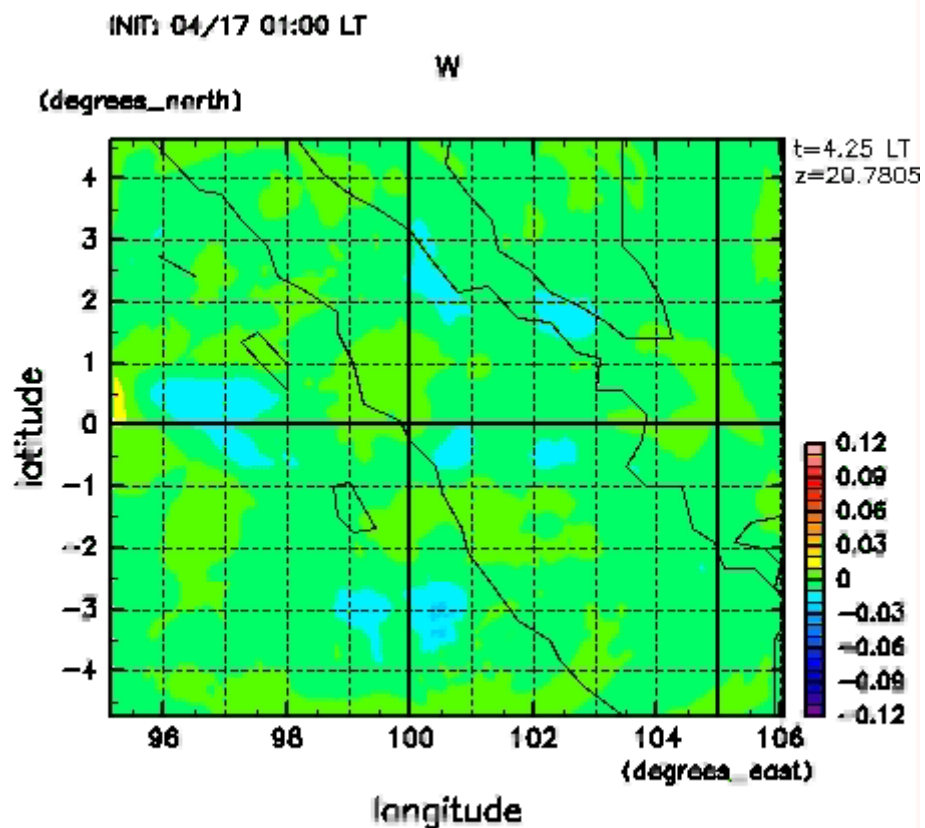
/home/murador/horinout/research/cees_campaign2004/cees_anal/sumatra13/alot_hifra_z-t-prosa.rb

/tsudalx3raid/horinout/cees-data/sumatra14_samwfeav 1

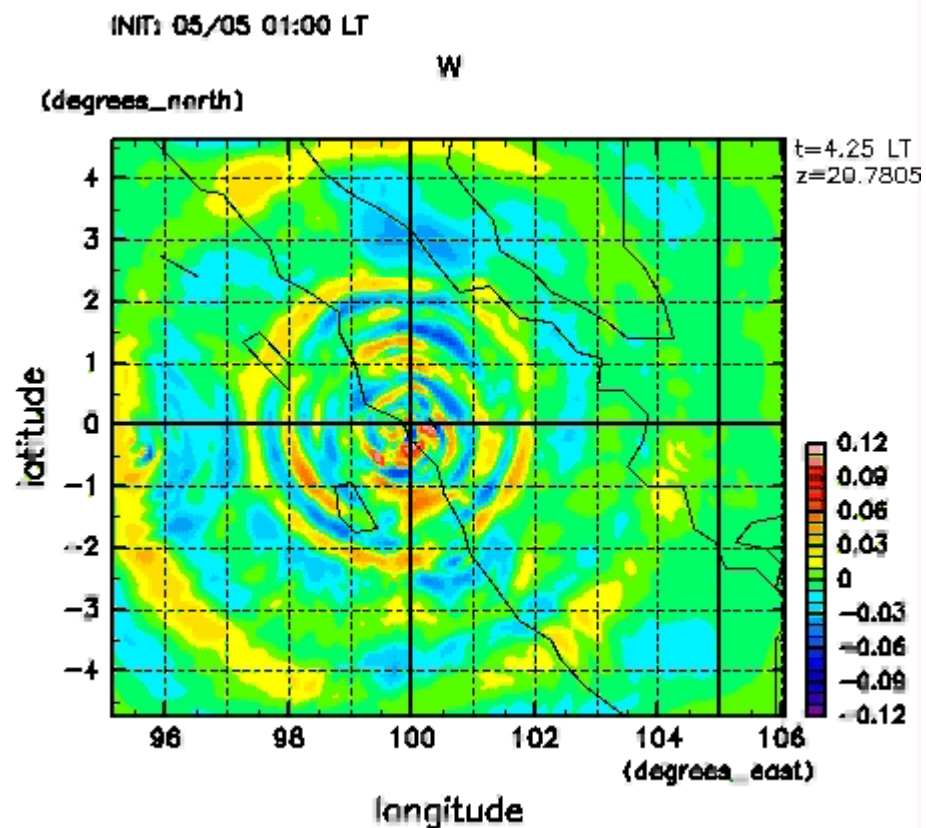
- 最後が弱いのはフィルター時のtaperingによる

アニメで比べてみる

4/17-18: MJO不活発期



5/5-6: MJO活発期



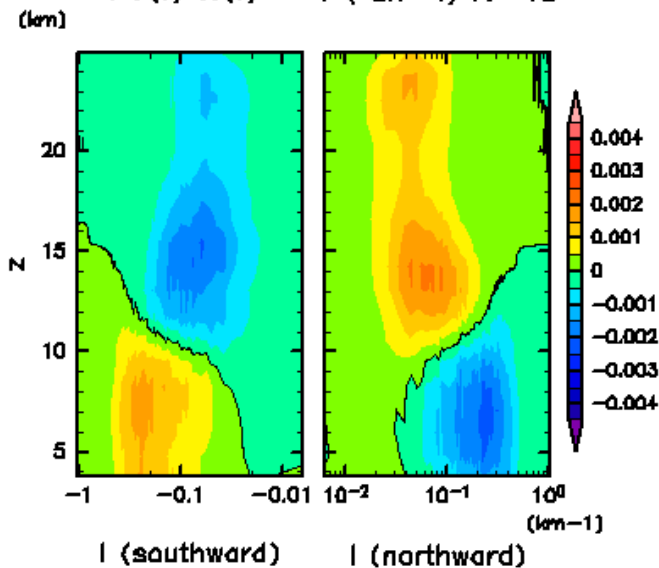
z=20kmの鉛直風。3時間周期以下のハイパスフィルター適用。アニメで見せるのは 積分開始4時間目から。

運動量フラックスの波数分布 (周期3h以下)

南北波数の関数として
南北運動量

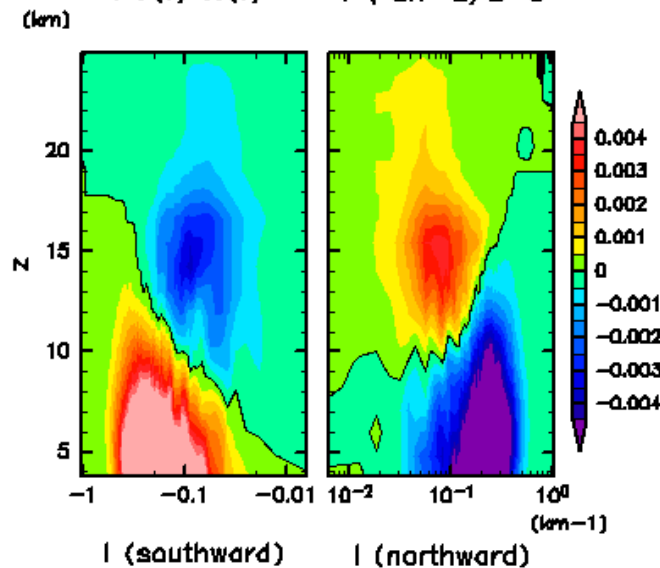
MJO不活発期

$I \cdot V(l) \cdot W(l)^*$ $T < 3h$ 4/17-18



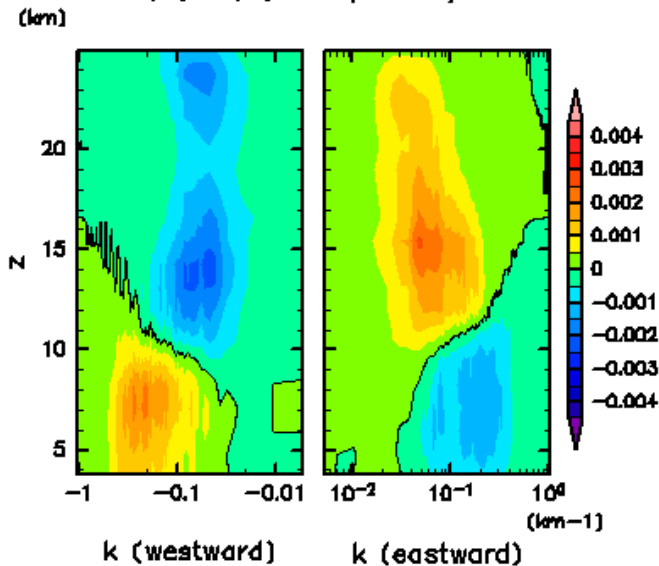
MJO活発期

$I \cdot V(l) \cdot W(l)^*$ $T < 3h$ 5/5-6

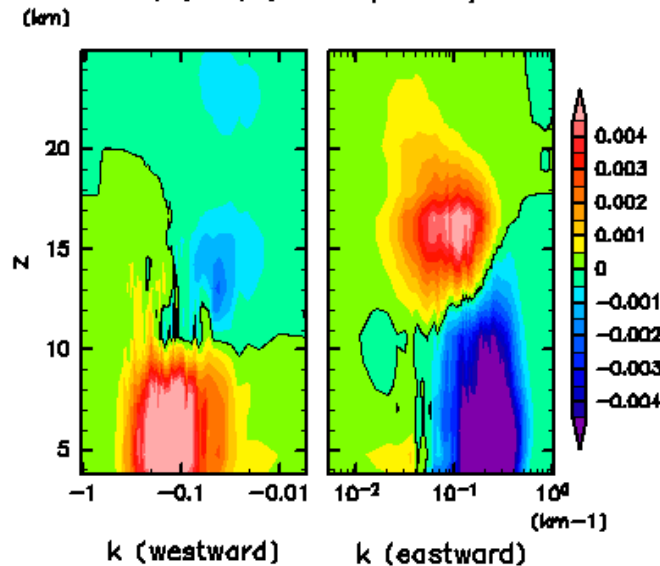


東西波数の関数として
東西運動量

$k \cdot U(k) \cdot W(k)^*$ $T < 3h$ 4/17-18

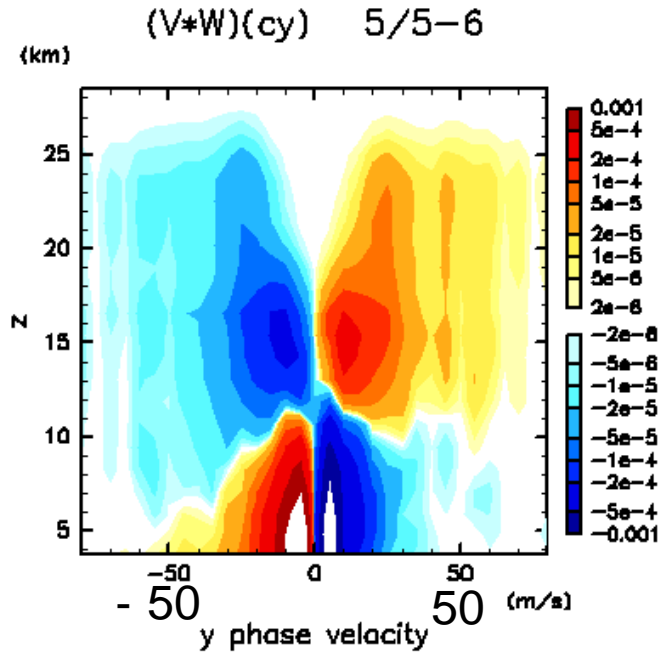
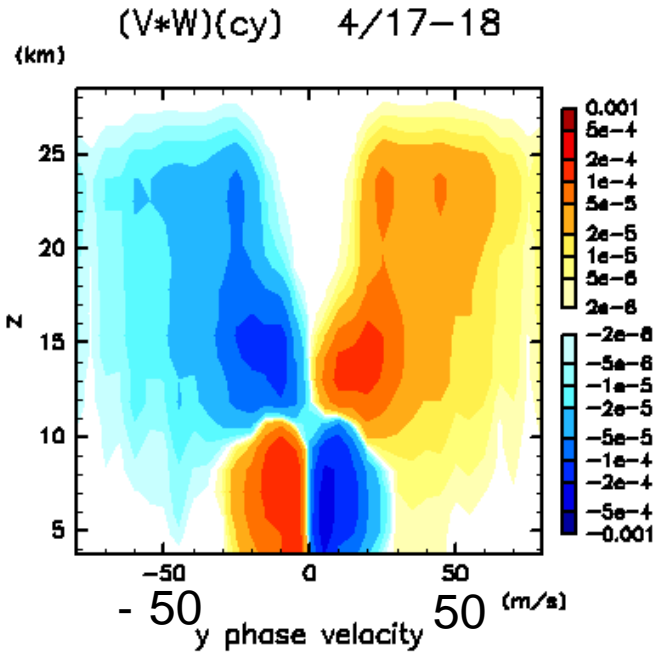


$k \cdot U(k) \cdot W(k)^*$ $T < 3h$ 5/5-6

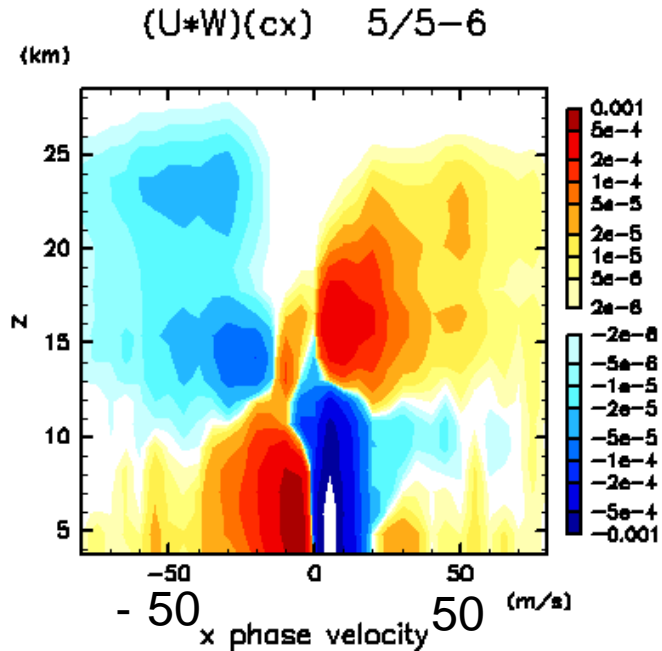
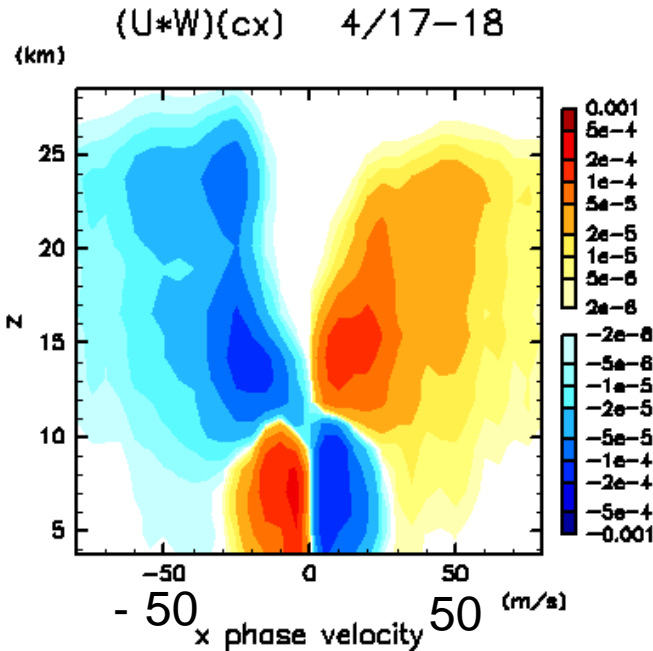


運動量フラックスの(南北/東西)位相速度分布 (周期3h以下)

南北運動量

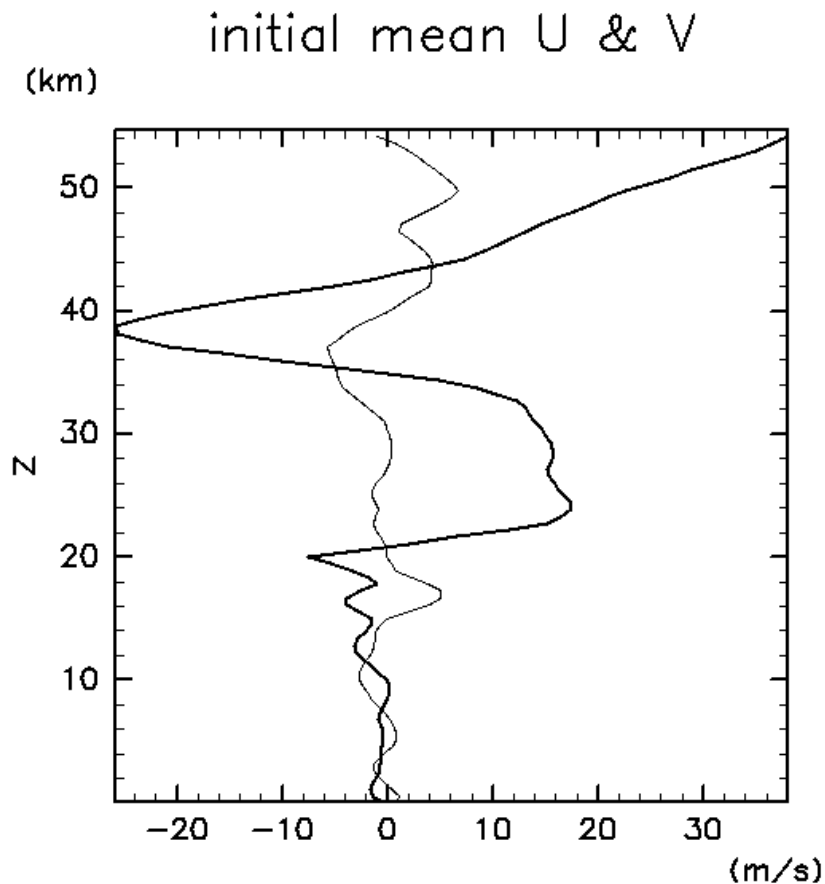


東西運動量



MJO不活発
期のほうがや
や速いものが
強い。

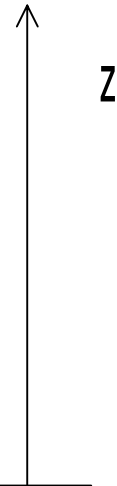
より高高度までの予備実験 (4/17のケース)



- z=35kmでの鉛直風
 - 特に励起源から離れたところで、高位相速度・長波長の波が目立つ。
 - MLTまでカバーすると？
- z=10kmでの鉛直風

$c \sim 60\text{m/s}$ 程度
(鉛直半波長20km程度)

$c \sim 30\text{m/s}$ 程度
(鉛直半波長10km程度)



まとめ

- 両ケースに共通する特徴
 - 30分から2-3時間ぐらいの周期の波動擾乱が卓越。水平波長は100km前後が大。
 - レーダーで観測されるプラントバイサラ振動数付近の卓越は全く見られなかった。
 - MLTに抜けやすい位相速度が速い(50-100m/s)の波動も発生。(波数・振動数に上限があるwhiteな強制への応答的)
- MJO活発期(で比較的降水が強かったとき)とMJO不活発期の違い
 - MJO不活発期と活発期の対流高度の違いははっきりでなかった。
 - MJO不活発期のほうがより水平位相速度の速い波が多かった。原因は未解明。
 - MJO不活発期のほうが対流圏の擾乱のエネルギーが成層圏に抜ける割合が大きい - 水平位相速度分布の違いとコンシステント

今後の課題

- ケースを増やす
- MLTへ
 - モデル上端をのばし、様々な条件設定で