

# 地形に沿った水蒸気の流入過程と大気の安定度の関係

COBRA研究会 Jan 5<sup>th</sup>

京都大学中北研究室M1  
神谷太雅

## Outline

- 研究背景と目的
- 感度実験における解析
- 今後の方針
- 現在行っている解析

## 研究背景

梅雨豪雨にとって水蒸気の流入は必須

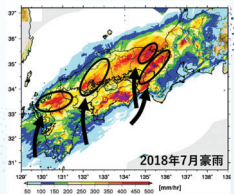
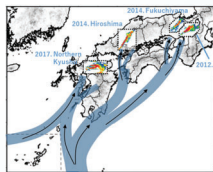
水蒸気の流入経路が存在



未解明な部分が多い

✓ 地形に沿う水蒸気流入経路に着目

地球温暖化によって梅雨豪雨は強靱化、頻発化



## 目的

地球温暖化によって水蒸気流入経路はどのように変わるか

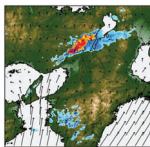
- ▶ 豪雨発生域は地球温暖化によってどう変わるか
- ▶ 防災に繋がる

🔍 新しい水蒸気流入経路! ?



▶ 大気の安定度と水蒸気の流入経路はどのように関係しているのか

## 亀岡豪雨の感度実験



□ 亀岡豪雨 (2012/07/15)

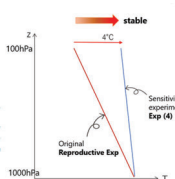
線状対流系

水蒸気が流入する様子が明確に確認できた事例

□ 安定度を変えた感度実験

感度実験: 温位の傾きを変えて安定度を変える

RCP8.5に類似するような設定 (4-degree rise)

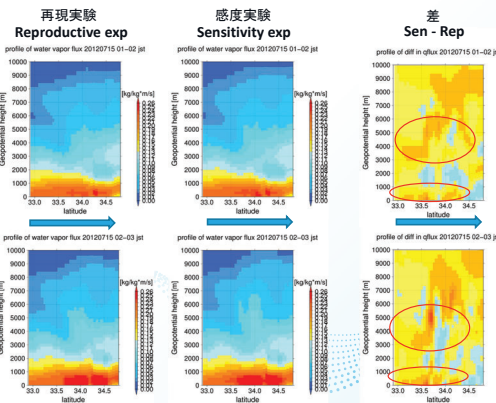


## 解析

南北鉛直断面における水蒸気フラックス

$$q_v \sqrt{u^2 + v^2} \frac{v}{|v|}$$

Selected range



## 解析

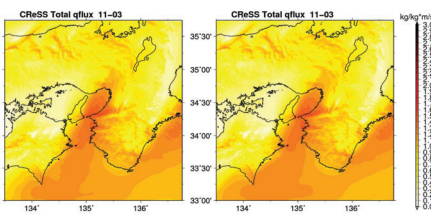
□ 亀岡豪雨 (2012/07/15)

□ 11pm~3amにおける1000m以下の水蒸気フラックスの平均

$$\sum_{0^h}^h q_v \sqrt{u^2 + v^2} \frac{v}{|v|}$$

Reproductive exp

Sensitivity exp



より安定な条件下のほうが地形にそってより大きく入り込んでいる

安定度による影響のみ?

unstable → stable

## 今後の方針

安定度のみが地形に沿う流れに与える影響を見たい  
(複雑な環境場や複雑な地形では考えない)

▶ ■ 単純化した理想実験

- 単純な地形
- 一樣な流れ
- 安定度のみを変える
- 境界も簡単に

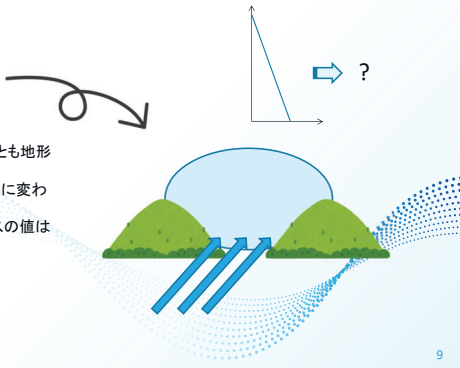
▶ 安定度と地形により起こる流れの違いを明らかに



## 今後の方針

地形の向こう側で、...

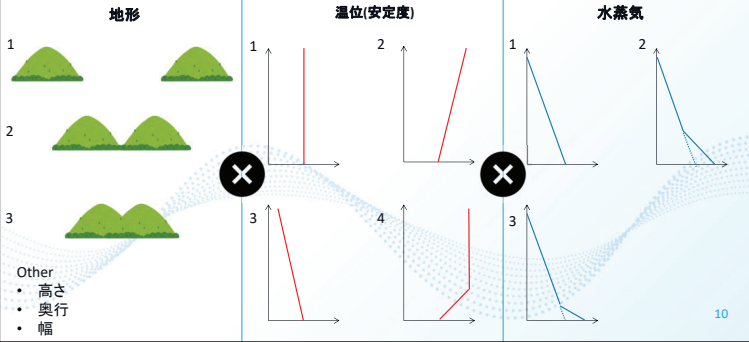
- ◆ どの条件において水蒸気をもっとも地形に入り込みやすいか
- ◆ 水蒸気のプロファイルがどのように変わるか
- ◆ 地形の間を通る水蒸気フラックスの値はどうか変わるか
- ◆ 水蒸気がどう増えるか/減るか



9

## 今後の方針

■ 理想実験において変える変数

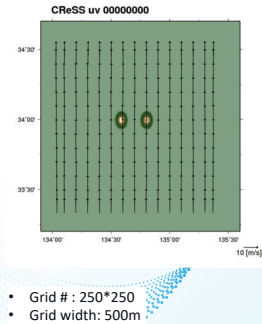


10

## Method

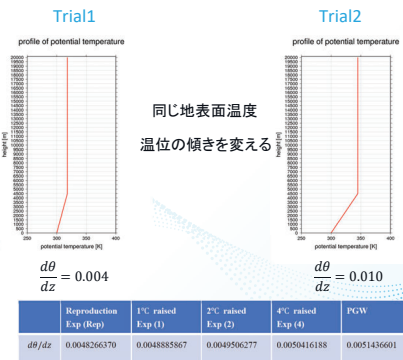
- CReSS (ver2)
- 雲微物理/地表面過程なし
- 南風10m/sをすべての高度に
- 水蒸気なし(乾燥大気)
- 領域に一律に温度を与える
- コリオリカ/地球の曲率影響項なし
- 放射境界

- 地形
- ベル型の二つの山(正規分布で与える)
  - 他のエリアは海
  - Height : 2000m
  - Width : 10000m
  - Distance : 20000m



11

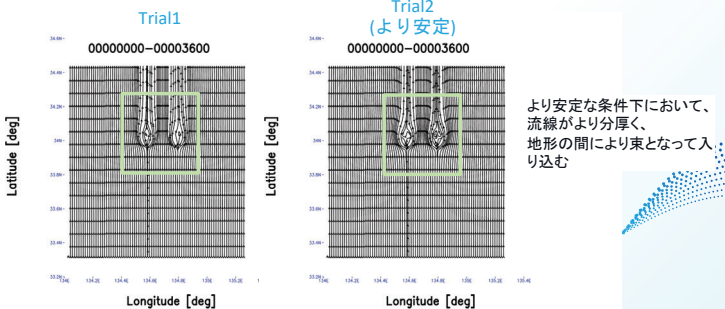
## Method



12

## 解析 (trial 1 & 2)

■ 第一層における流れ

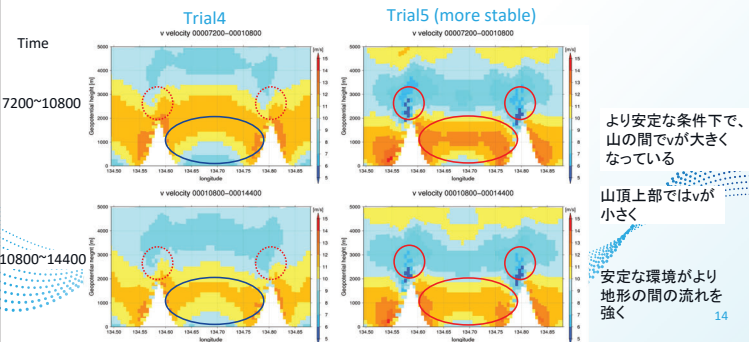


より安定な条件下において、  
流れがより分厚く、  
地形の間により束となって入り込む

13

## 解析 (trial 1 & 2)

■ 山を横切る鉛直断面における速度V



より安定な条件下で、  
山の間でVが大きくなっている

山頂上部ではVが小さく

安定な環境がより地形の間の流れを強く

14

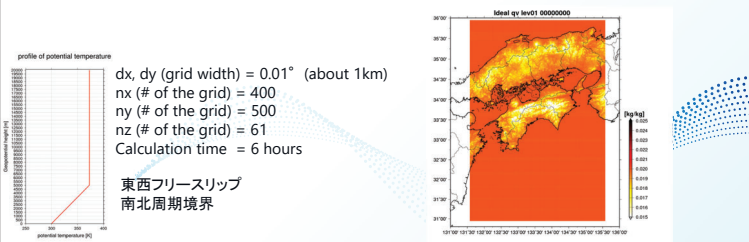
## Future work

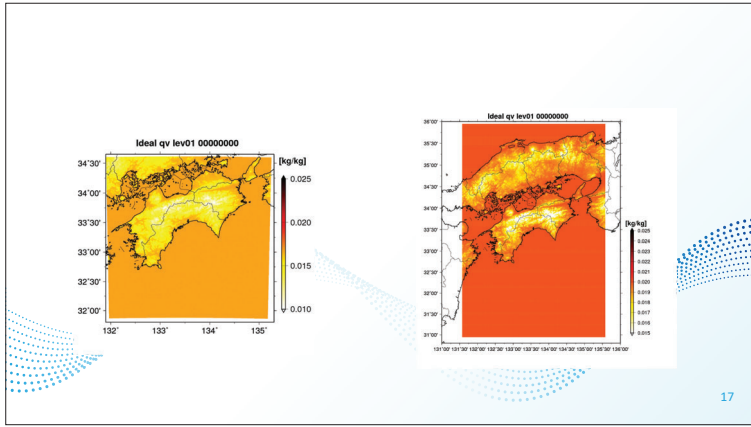
- ◆ どの条件において水蒸気をもっとも地形に入り込みやすいか
- ◆ 水蒸気のプロファイルがどのように変わるか
- ◆ 地形の間を通る水蒸気フラックスの値はどうか変わるか
- ◆ 水蒸気がどう増えるか/減るか

➢ 地形 × 安定度 × 水蒸気の変数を変えて

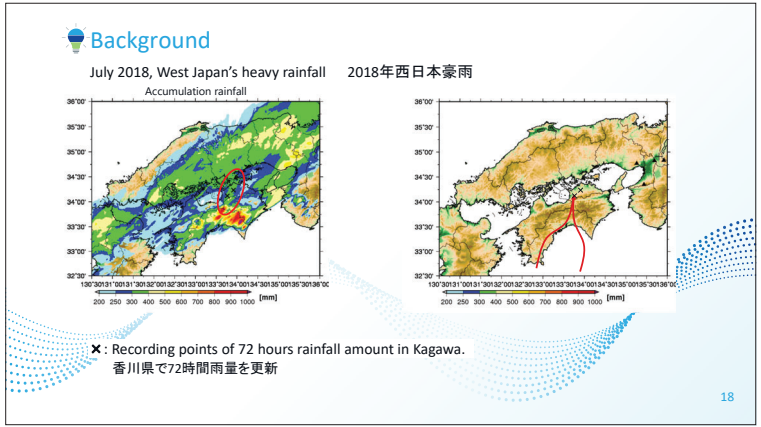
## Future work

- 水蒸気を含める方法の検討
- 不自然な挙動を抑えたい





17



18

### Objectives

Atmospheric stability increases as Global Warming proceeds. 地球温暖化によって大気の安定度は変化  
Stability affects the flow of fluid in terms of fluid dynamics.

unstable                      stable

➤ How much stable atmospheric stability contributes to defining the water vapor inflow path?

➤ How the heavy rainfall area will be changed due to Global Warming?

19

### Thesis METHOD

Does Atmospheric stability have an influence on the water vapor inflow path???

To investigate how atmospheric stability influences the water vapor inflow and to verify the hypothesis, some sensitivity experiments were conducted.

- Kameoka rainfall (2012.07.15) is focused.
- Reproductive experiment and 2 sensitivity experiments by CReSS (Cloud Resolving Storm Simulator).

Setting	
Resolution	Horizontal: 500m, Vertical: 250m
Numbers of grid	Horizontal: 600x600, Vertical: 61 levels
Initial time	2012.07.14 21:00JST
Calculation time	9 hours (including 3 hours spin-up calculation)
Initial & boundary data	The MSM analysis value
Sub-grid turbulence process	The 1.5 order closure with TKE
Cloud microphysics process	The bulk cold rain parameterization with solving tendency equation of number densities of ice phase hydrometeors

Area of simulation in CReSS

### Analysis

Is the inflow amount along the terrain increased by stable conditions?  
安定下では地形に沿って流入量が増えている?  
Accumulation of water vapor flux up to 6000m in red range  
赤枠内(紀伊水道の入り口付近)でのlev28(6000m)までの水蒸気フラックスの総量

Time 時	Rep exp	Sens exp
11~12	90746.8	90600.1
00~01	97361.0	97859.1
01~02	103046.6	104685.3
02~03	109264.7	110603.8

Tends to increase in stable conditions. 安定下ではより地形に沿って集まる  
Gathered more along terrain in stable conditions.

$$div = \sum_{height} \sum_y \frac{u2 - u1}{X}$$

Time 時	Rep exp	Sens exp
11~12	0.001884	0.001588
00~01	0.001730	0.001776
01~02	0.001783	0.001664
02~03	0.001250	0.000788

21

### Redo Experiments

Atmospheric stability is changed by tilting the lapse rate  
Same condition in water vapor mixing ratio

Reproductive exp                      Sensitivity exp (4)

➤ Investigate if water vapor flux becomes bigger along Kii channel in stable conditions.

22

### Additional Analysis

Average of total amount of water vapor flux up to about 1000m until 11pm-3am

unstable                      stable

Reproductive exp                      Sensitivity exp (4)

Sensitivity exp (4) - Rep exp

➤ Around the inlet of the channel, it gets larger in stable condition.

23

### Analysis

Another trial on Shikoku

Try to figure out the water vapor bypath along the valley between the mountains.  
四国で見えた抜け道は安定度と関係するのか

North & south b.c.: periodic  
East & west b.c.: free slip

Complex topography  
Difficult to determine the relationship between inflow and topography.

➤ Should try more easily. もっと簡略化して解析

24

