

CAI衛星解析と モデルシミュレーションの 統合システムの構築

中島映至・Nick Schutgens・向井真木子・五藤大輔
東京大学気候システム研究センター

研究の目的

GOSAT ミッション（2008年、環境省）：

フーリエ分光放射計 (FTS) データから
二酸化炭素の気柱量を導出

衛星受信分光放射輝度データ：

混在する様々な影響（ex. エアロゾル、雲）除去
⇒二酸化炭素量導出精度の向上

GOSAT衛星に同時搭載される雲・エアロゾルイメージャー(CAI)によって行われる衛星観測を支援するために、SPRINTARSエアロゾルモデルを使用して、エアロゾルパラメータを運用システムに供給するシステムを構築する。

本日の発表内容

SPRINTARSで得られるエアロゾルフォーシングを調べる。
特に人為起源エアロゾル排出量の多い東アジア域に注目。



モデル説明

■ CCSR/NIES/FRCGC AGCM5.7. と結合

■ 分解能: T42 and 20 levels

■ エアロゾルの種類

- 硫酸エアロゾル: SO_2 (fossil fuel, biomass burning, volcano), DMS (Calculated by surface downward short wave radiation flux and surface skin temperature and land vegetation)
- 炭素性エアロゾル: BC and OC (fossil fuel, biofuel, agricultural activity, biomass burning), OC (terpene)
- ダストエアロゾル: Calculated by wind speed at 10m, soil water, snow amount and land vegetation.
- 海塩エアロゾル: Calculated by wind speed at 10m.

■ Aerosol transport processes: emission, advection, diffusion, chemical reaction and deposition.



エアロゾルの影響

直接効果

太陽放射を散乱・吸収することで地表面への太陽放射の到達量を変化させる。

間接効果

<第一種間接効果>

水溶性のエアロゾルが雲粒生成の核となるため、エアロゾル数の増加が雲粒数を増加させ雲の日反射率を増加させる。

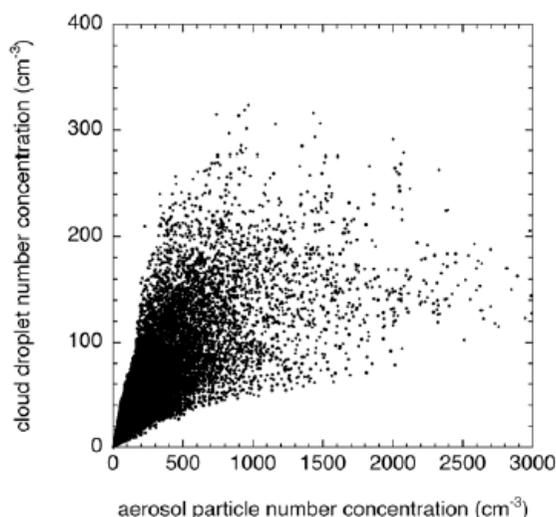
<第二種間接効果>

エアロゾル数の増加によって降水が抑制され雲の寿命が長くなる。

モデル中でのエアロゾルの雲への影響

■ エアロゾルから雲粒へ

Ghan and Abdul-Razzak scheme [Ghan et al. (1997)] [Takemura et al. (2005)]



$$N_n = N_a \left[1 + \left\{ f_1(\sigma_a) \left(\frac{AN_a\beta}{3\alpha\omega} \right)^2 + f_2(\sigma_a) \frac{2A^3N_a\beta\sqrt{G}}{27Br_m^3(\alpha\omega)^{3/2}} \right\}^{b(\sigma_a)} \right]^{-1}$$

Physical variable

ω : updraft velocity

Aerosol properties

A : Curvature effect

B : Solute effect

r_m : aerosol mode radius

f_1, f_2 : aerosol size distribution function

■ 雲粒有効半径 r_{eff}

$$r_{eff} = k \left(\frac{3}{4\pi\rho_w} \frac{\rho l}{N_c} \right)^{\frac{1}{3}} \quad \langle \text{第一種間接効果} \rangle$$

ρ : air density

ρ_w : cloud water density

l : cloud water mixing ratio

k : constant(= 1.1) [Martin et al. 1994]

α, β, γ : constant

■ 降水効率 P [Berry, 1967]

$$P = -\frac{dl}{dt} = \frac{\alpha\rho l^2}{\beta + \gamma\frac{N_f}{\rho l}} \quad \langle \text{第二種間接効果} \rangle$$

実験設定

燃料燃焼起源エアロゾルの排出量を変化させた感度実験を行い、日射量変化や雲場の変化への感度を調べる。

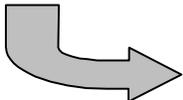
使用モデル:

SPRINTARS coupled with the mixed layer ocean model

実験条件:

各平衡実験(表)は各50年分計算を行い最後の30年分を解析に用いる。

	燃料燃焼起源エアロゾル排出量
実験1	現在 (2000年)
実験2	産業革命前 (1850年)

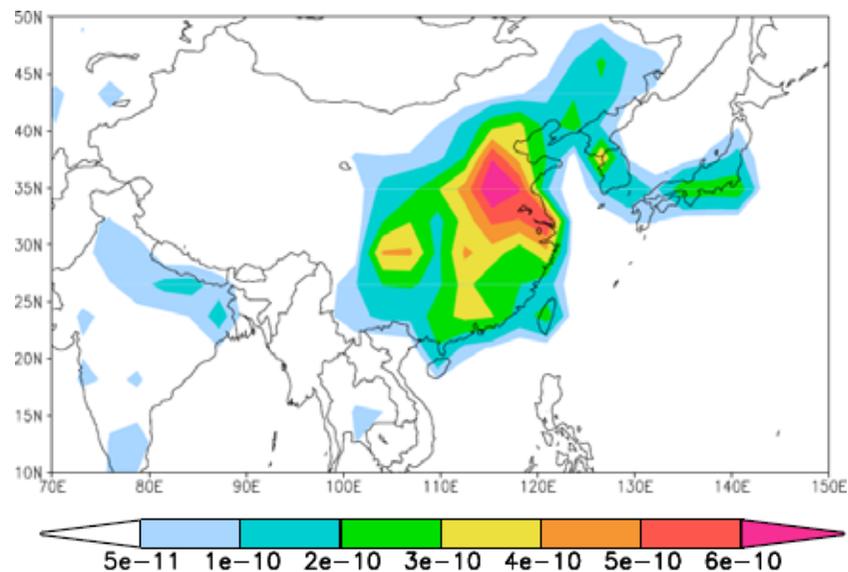


(実験1) - (実験2) 燃料燃焼起源エアロゾルの影響感度

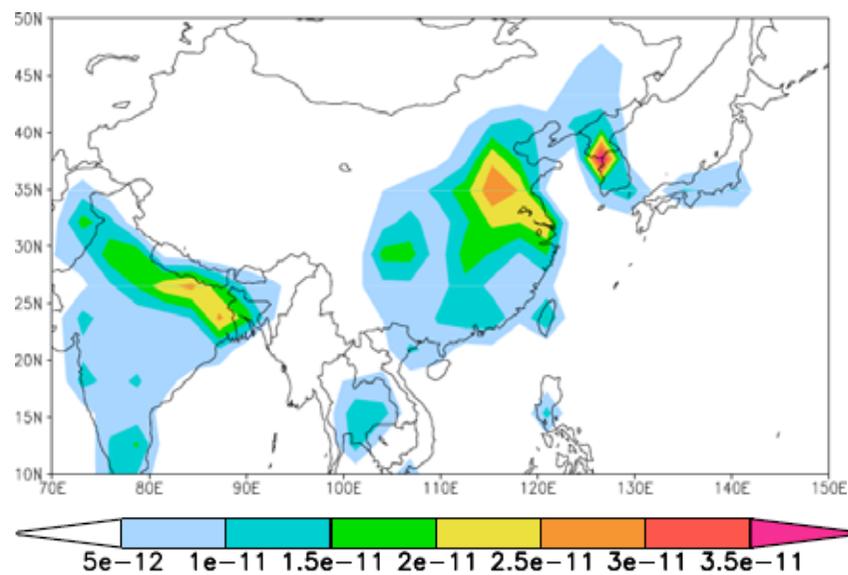
モデルに与えた排出量データ

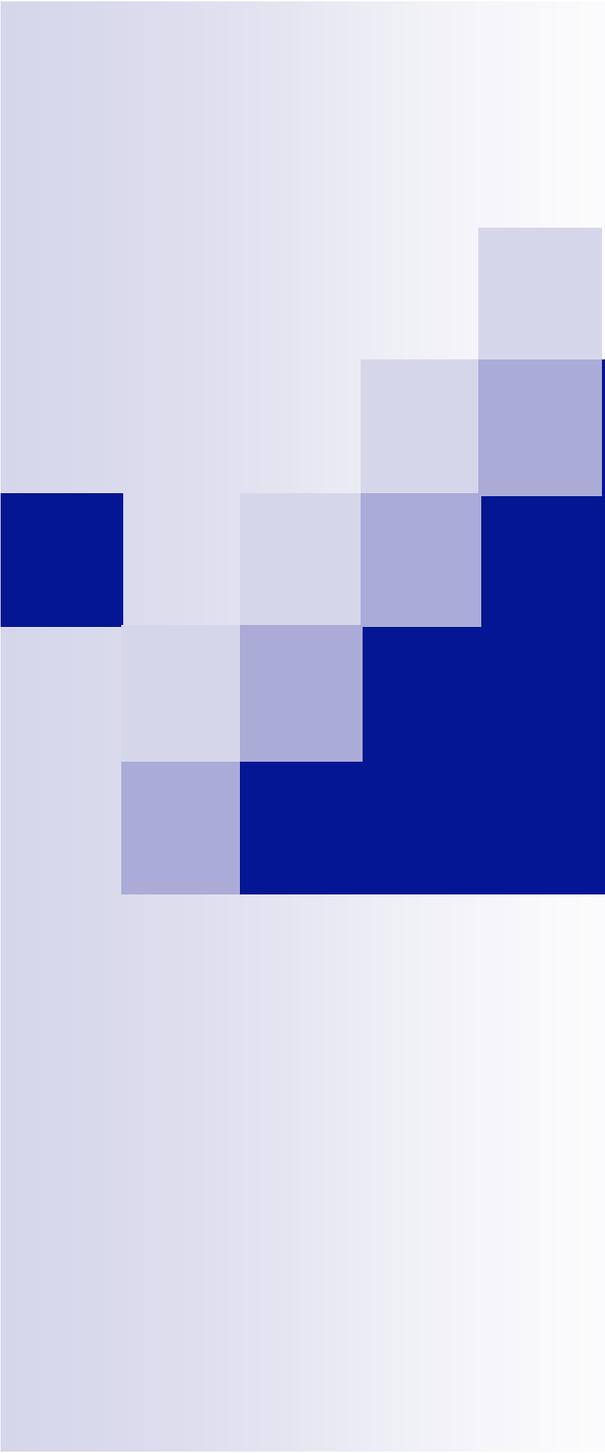
エアロゾル前駆物質の
排出量 [$\text{kg}/\text{m}^2/\text{s}$]

SO_2 (硫酸エアロゾルの前駆物質)



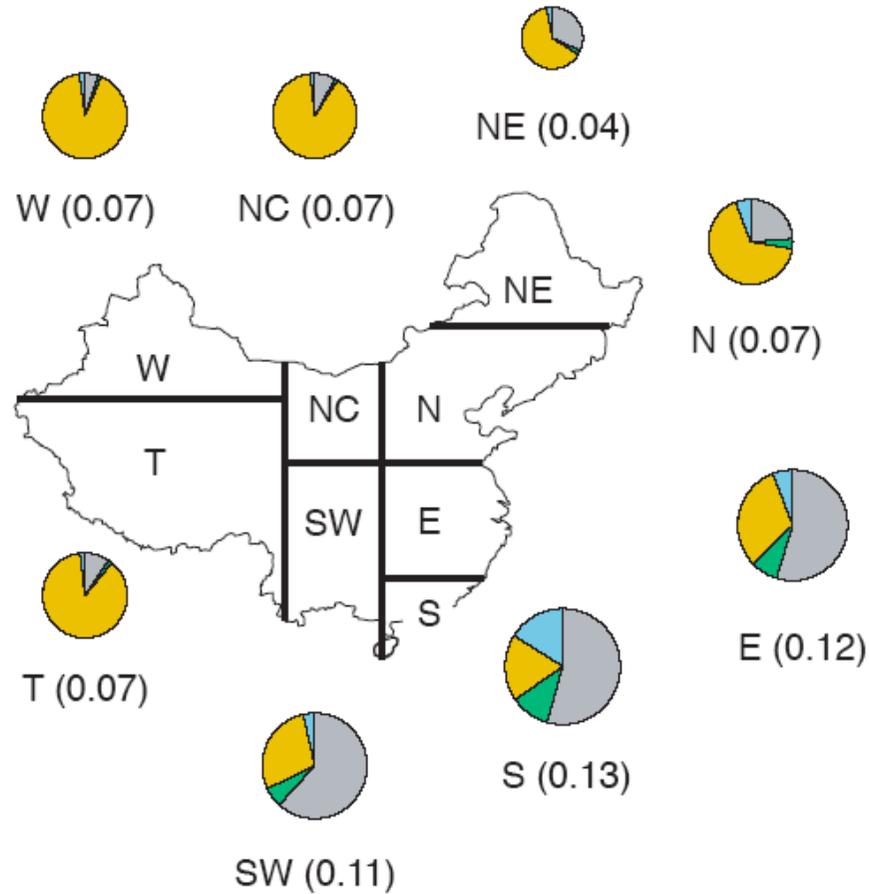
BC (炭素性エアロゾルの前駆物質)



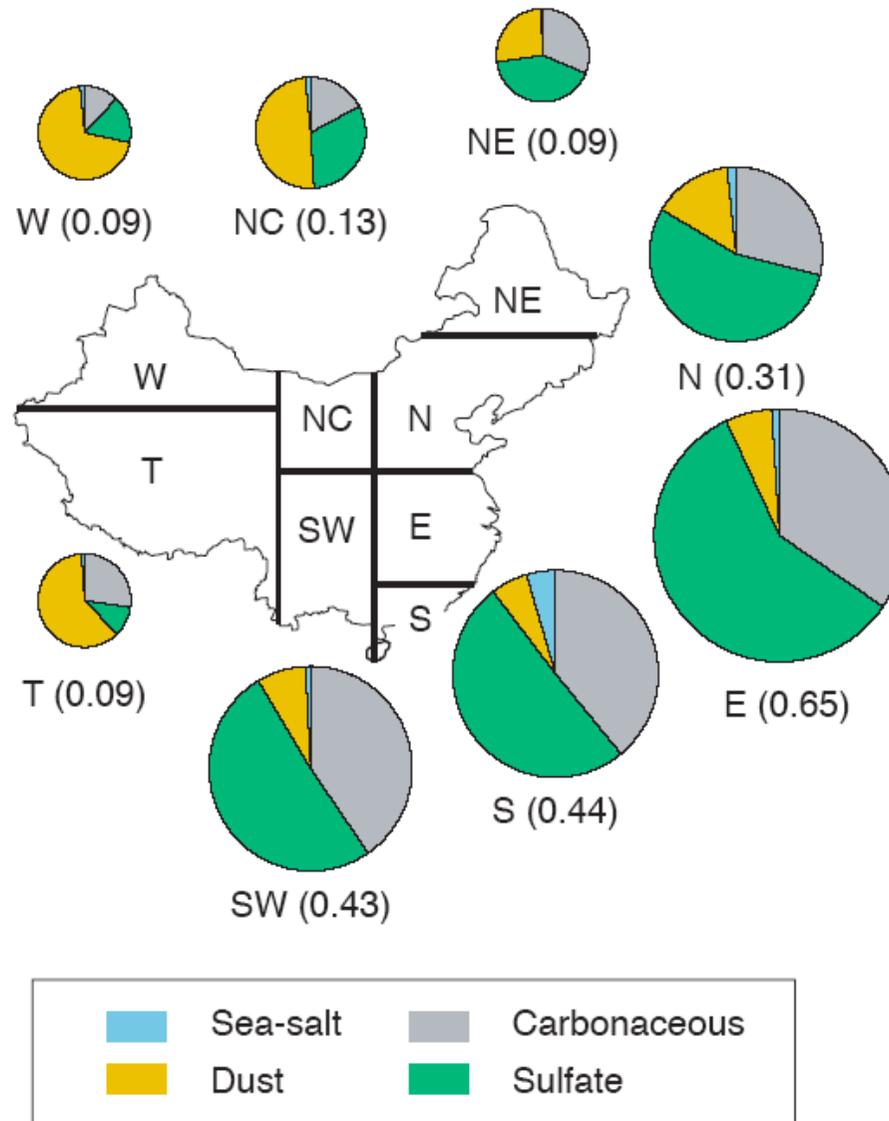


結果

中国の成分別エアロゾル光学的厚さ (産業革命前)

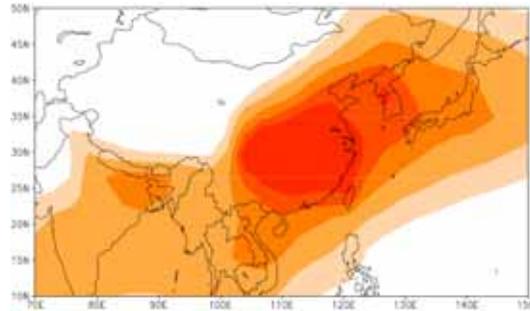


中国の成分別エアロゾル光学的厚さ (現在)

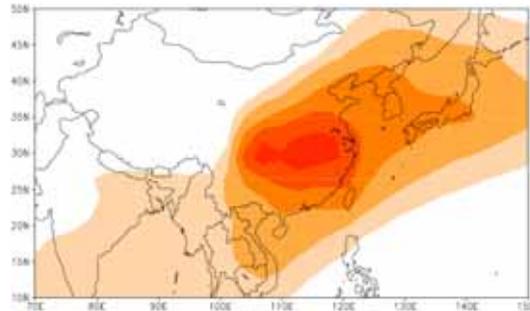


燃料燃焼起源エアロゾル増加時の 年平均エアロゾル光学的厚さの変化

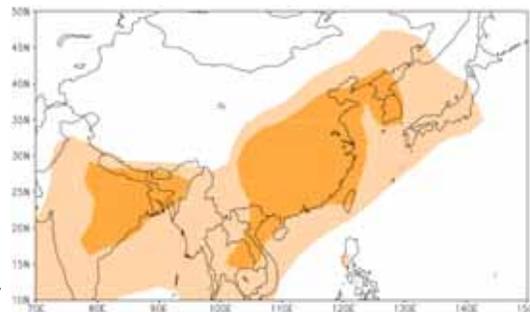
合計



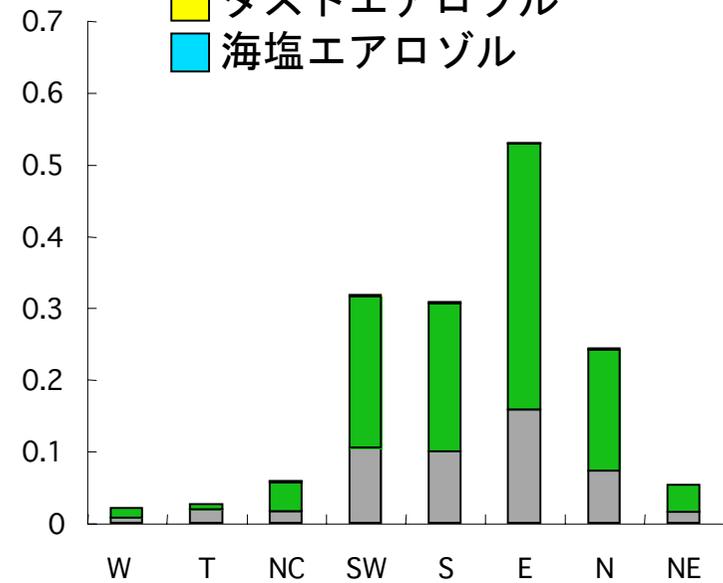
硫酸エアロゾル



炭素性エアロゾル



- 炭素性エアロゾル
- 硫酸エアロゾル
- ダストエアロゾル
- 海塩エアロゾル



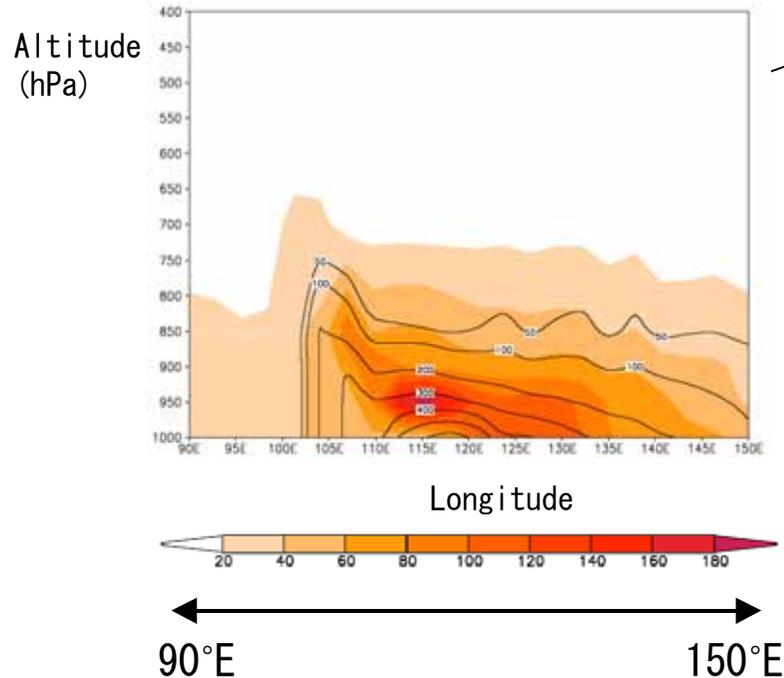
地域別の
エアロゾル光学的厚さの変化

燃料燃烧起源エアロゾル増加時の 雲の変化

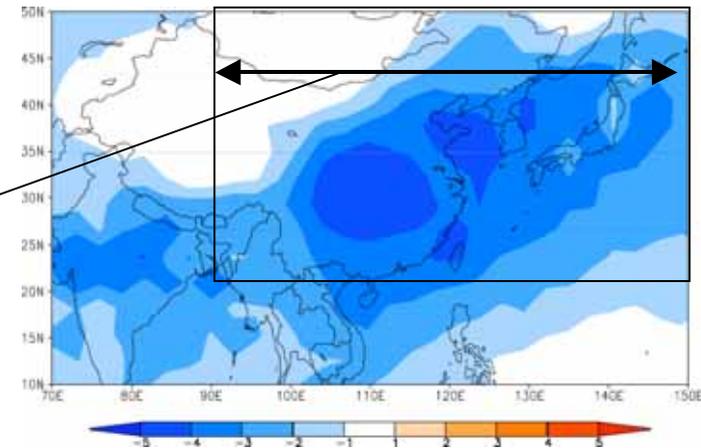
エアロゾル数と雲粒数の変化の鉛直分布
20°N-50°N領域平均

contour : エアロゾル数密度 [$/\text{cm}^3$]

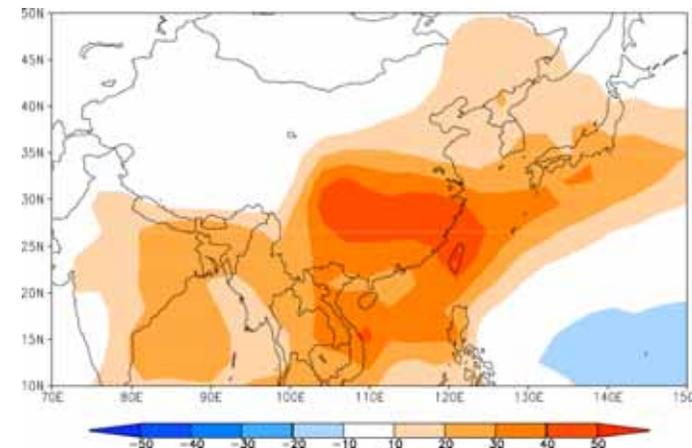
shadow : 雲粒数密度 [$/\text{cm}^3$]



雲粒有効半径変化 [μm]
(at sigma-level 0.75)

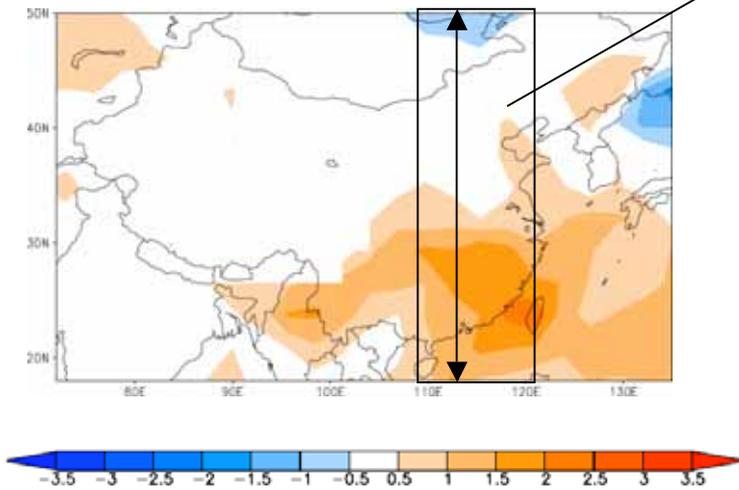


雲の光学的厚さ変化



燃料燃焼起源エアロゾル増加時の 雲の変化

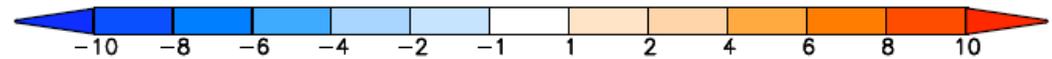
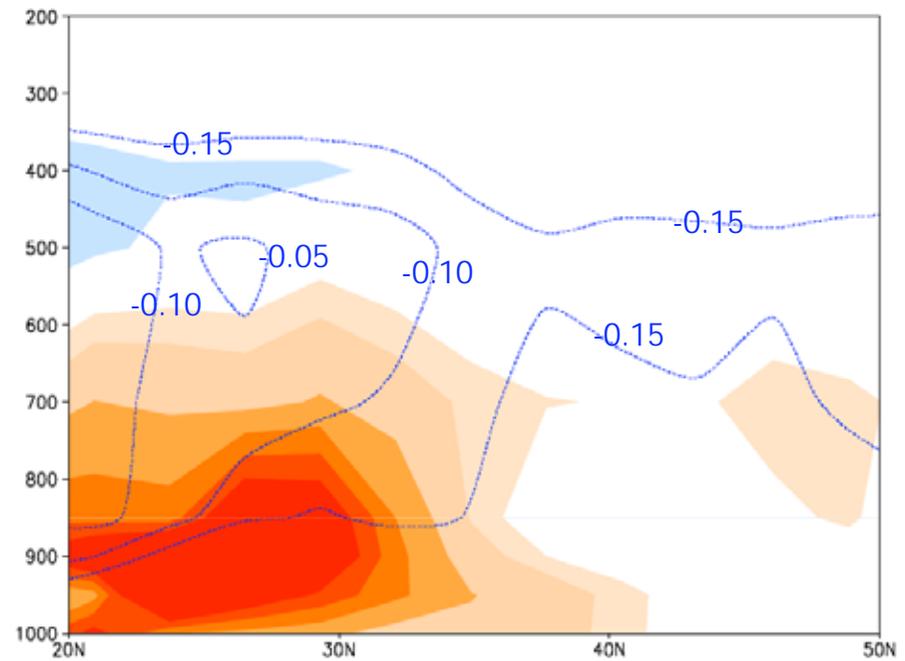
低層雲量の変化 [%]



雲別の雲水量変化の南北断面
(110°E-120°E領域平均)

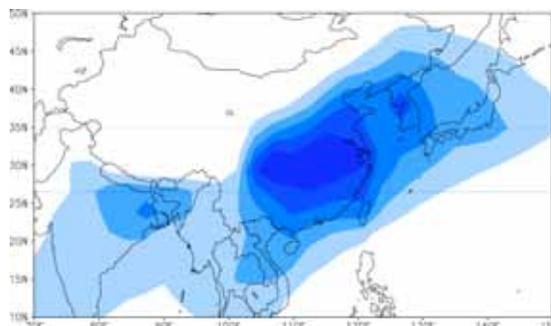
contour : 積雲の雲水量 [mg/kg]

shadow : 大規模凝結雲の雲水量 [mg/kg]

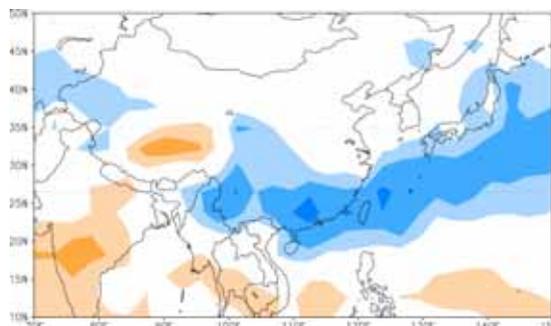


燃料燃烧起源エアロゾル増加時の 年平均地表下向き短波放射 [W/m²] の変化

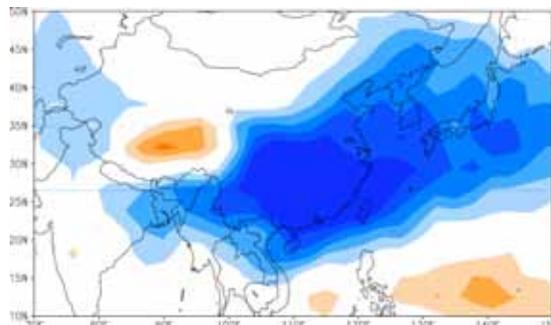
(晴天)



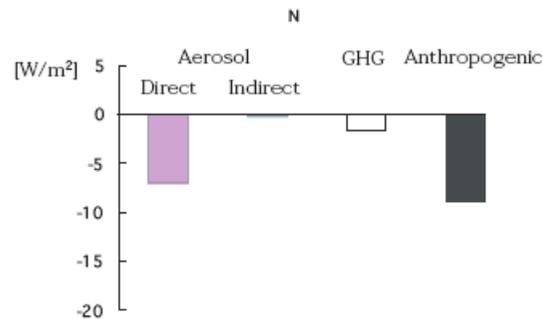
(全天一晴天)



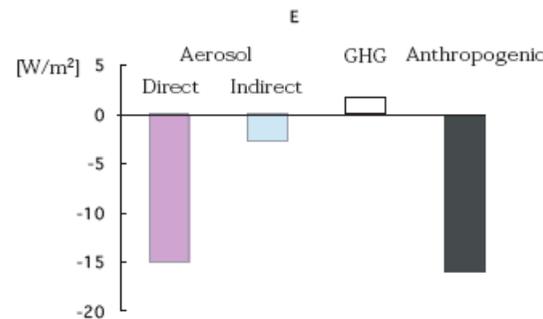
(全天)



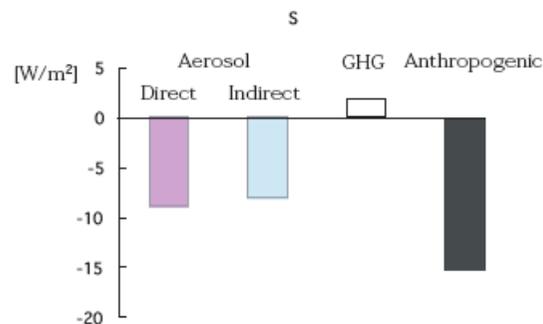
日射量に影響する 要因とその大きさ



北部 (N)

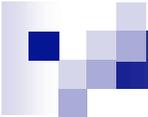


東部 (E)



南部 (S)

エアロゾル
直接効果
 +
 エアロゾル
間接効果
 +
 GHG増加
による効果
 =
 人為起源汚染物質
増加による効果



燃料燃焼起源エアロゾル増加時の変化に関するまとめ

エアロゾル増加と日射量変化

- ・ 中国東部域を中心とした燃料燃焼起源エアロゾル排出量の多い地域での日射量減少が顕著。

エアロゾル増加と雲場変化

- ・ 雲の光学的厚さ： エアロゾル増加に伴って増加。
- ・ 雲量：
 - ✓エアロゾル第二種間接効果を考慮している大規模凝結雲には雲量の増加がみられた。
 - ⇒ 低層雲の雲量には増加傾向がみられる。
 - ✓対流雲の雲量には減少がみられた。

エアロゾルの直接効果、間接効果

- ・ 直接効果： エアロゾル増加量に比例
- ・ 間接効果： 大きさは地域や季節によって異なる。