

大気海洋結合モデルに対する海洋短波吸収スキームのインパクト

○山中吾郎・石崎廣（気象研）

1. はじめに

従来の海洋モデルでは、海洋中の短波吸収のパラメタリゼーションとして、Paulson and Simpson (1977) (以後、PS77 と略) に基づく定式化が広く用いられてきた。PS77 では、短波は海面に鉛直に入射すると仮定されており (すべて散乱光)、短波の海洋への入射角の影響を考慮していない。しかしながら厳密には、太陽高度は日変化するとともに季節変化をしている。短波の直達日射成分の入射角を考慮すると、海洋内部の一定深度幅内の透過距離が増大するため、浅い層で多く吸収され、鉛直方向の熱の分配が変化し、その結果、海洋の成層構造に影響を与えるので、表層での鉛直分解能を高めた海洋モデルにおいてはこのような効果を無視できない場合もあると考えられる。本研究では、海面での入射角および透過角を考慮した海洋短波吸収スキーム (Ishizaki and Yamanaka, 2009 ; 以下「新海洋短波スキーム」と呼ぶ) を大気海洋結合モデルに導入し、その気候状態に対するインパクトを調べた。

2. 実験の概要

2-1. 海洋短波吸収スキームの概要

短波放射が入射角 (A) で海洋内部に入り、海洋内部では透過角 (A') で伝わる状況を考える (図 1)。直達光の場合、入射角 A と A' の関係は、海水の屈折率を γ とすると、スネルの関係式より以下のようなになる。

$$\cos A / \cos A' = \gamma \quad (=1.34) \quad (1)$$

$$\sin A' = ((\gamma^2 - 1) + \sin^2 A)^{1/2} / \gamma \quad (2)$$

直達光における海洋中の短波吸収は、透過距離について PS77 で表現されると考えて、改めて海面からの深度で表現する。一方、散乱光の場合は、入射角を考慮せず、鉛直上方から海洋中に入射するものとして扱う。なお、PS77 における全短波入射量に対する近赤外光の割合は、直達光と散乱光それぞれに対して、モデル内で毎ステップ計算される。

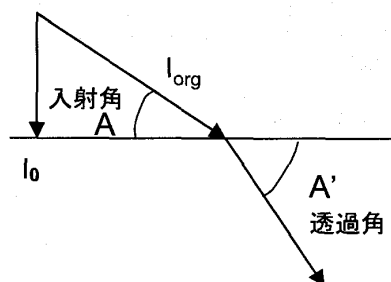


図1 入射角 (A)、透過角 (A') で海洋中に入射する放射強度 (Iorg) をもつ短波放射の模式図。海面に垂直な成分を I₀ とする。

2-2. モデルと実験

このスキームを気象研究所大気海洋結合モデル (MRI-CGCM3) へ導入した。本研究では、計算機負荷の小さい低解像度の気候モデルを用いた。大気モデルの解像度は T42L40 (バージョン: gsmuv-061222_sy2)、海洋モデルの解像度は東西 2.5 度、南北 2 度、鉛直 21 層 (バージョン: MRICOM-2_4-20070213) である。結合間隔は 3 時間で、フラックス修正は行っていない。新海洋短波スキームを導入しない場合 (CNTL ラン) と新海洋短波スキームを導入した場合 (SLR ラン) の二通りの実験を行なった。いずれの場合についても、2002 年 7 月 9 日の初期値から出発して 8 年間積分し、最後の 3 年間の平均値を解析した。

3. 結果

図 2 上に海面水温に対する海洋短波吸収スキームのインパクト (SLR ラン—CNTL ラン) を示す。CNTL ランと比較すると、SLR ランでは中高緯度を除いて、西部太平洋から熱帯インド洋を中心に海面水温が 3°C から 4°C 程度増大していることがわかる。SLR ランに見られる水温の増大は、海面のみならず海洋表層 (100m 深) においても認められる (図略)。短波放射の海洋中での吸収は表層 30m 程度に限られるので、この差は単純に両実験における短波入射量の違いからは説明できない。この海面水温の増大は、降水量の分布と関連している。図 2 下は降水量に対するインパクトを示す。SLR ランにおける海面水温の増大に対応して、海洋大陸付近や SPCZ 付近では降水量が増大している。一方、太平洋赤道上では降水量の減少が認められる。

SLR ランで見られる海洋大陸付近における降水量の増大は、活発な対流活動を通じて赤道域での Walker 循環を強化している。図 3 は赤道に沿った水温の経度深度断面図を示す。CNTL ランに比べて SLR ランでは、例えば 20°C の等深線が 100m 以上深くなり、暖水ブルがより明瞭に表現されている。また、インド洋においても水温の増大と水温躍層の深化が見られる。この変化は、Walker 循環の強化を反映して、赤道太平洋域で東風、赤道インド洋域で西風が強まったことに対する海洋の力学的な応答の結果であると解釈される。以上の結果は、新海洋短波スキームを導入することによって、大気海洋結合モデルの気候場がより現実に近づいたことを示している。

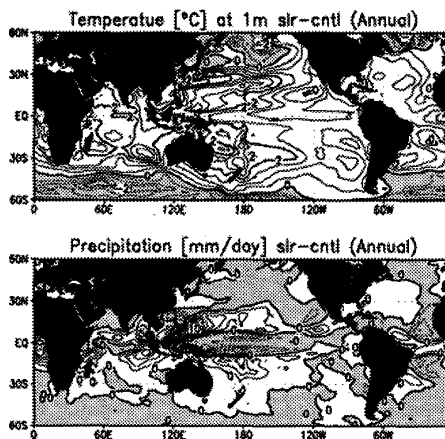


図2 短波吸収スキームのインパクト (SLR ラン—CNTL ラン)。上) 海面水温 [°C]、(下) 降水量 [mm/day]。陰影部は負の領域。

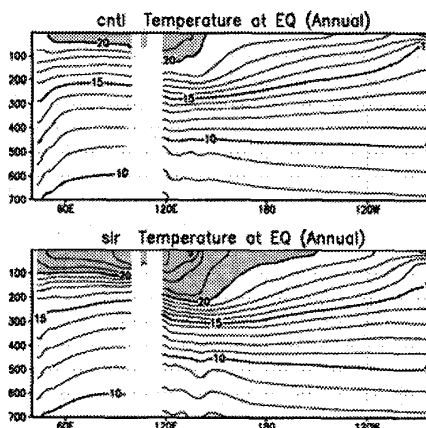


図3 赤道に沿った水温 [°C] の経度深度断面図。(上) CNTL ラン、(下) SLR ラン。陰影部は 20°C 以上の領域。