

要旨

雲は、太陽からの短波放射の反射・散乱したり、地球からの赤外放射を吸収したりする効果を持ち、地球の気候システムにおいて重要な役割を担っている。深い積雲対流から広がる「アンビル」とよばれる対流圏上層の巻雲の温室効果（雲の放射フィードバック）は、（外部の放射強制力に対する気温変動の比で表される）地球の気候感度に大きな影響を与えるため、この雲の放射フィードバックを明らかにすることが、地球の気候を理解する上で重要である。先行研究では、

雲の放射フィードバック $= \alpha(\text{放射フィードバックパラメータ}) \times P(\text{降水量}) + \beta$ という形で、降水に関係した放射フィードバックパラメータ α の値について、観測データを用いて調べたり、取り得る値について理論的な枠組みで議論したりしている。ここでは α や β が時・空間的に一定であるということが暗に仮定されているが、これがどの程度正しいのかは分かっていない。

以上から本研究では、雲の放射フィードバックに関連したパラメータ α と β の値の空間的変動について、北半球の冬季の 12 月を対象に調べた。ただし熱帯では、下面からの赤外放射に大きな変動は無いため、降水に伴う雲の放射フィードバックは大気上端での長波放射量で近似できる。このことから、「雲の放射フィードバック $\approx$ 長波放射量の偏差」と考えて、「長波放射量の偏差 $= \alpha \times P + \beta$ 」の α と β の値の空間的変動について調べた。解析期間は 1998 年～2018 年の 20 年間とし、長波放射量（OLR）として NOAA の衛星観測データ、降水として衛星搭載のマイクロ波の観測値から推定された降水強度のデータ（GPCP）、様々な気象変数のデータとしてヨーロッパ中期予報センター（ECMWF）による客観解析値

（ERA-Interim）、赤道降雨観測衛星（TRMM）によって観測された雲システム毎に降水特性や雲特性をまとめた TRMM_PF を使用した。解析対象領域は、熱帯のインド洋から西太平洋とした。

まずフィードバックパラメータ α の地域差を調べるために、OLR を被説明変数とした OLR と降水の回帰係数の計算を行った。その結果、一般的に海洋上では α が小さく（絶対値では大きく）、陸上では大きい（絶対値では小さい）ことが分かった。これは、降水が増加した時の外向きの赤外放射量の減少幅（即ち温室効果）は、陸上で小さく、海上で大きいことを意味する。海洋上について更に詳しく見ると、インド洋に比べて西太平洋の方で α が小さく（温室効果が大きく）、インド洋上でも赤道上で α が大きい（温室効果が小さい）ことが分かった。

次に、この α の値の空間的変動の理由を明らかにするために、個別の雲システムにおける雲の広がり（対流性）降水の強さの関係を、TRMM_PF を用いて調べた。赤道直上ではその南北よりも、単位降水で考えたときの雲システムの面積は大きいこと、すなわち赤道上では単位降水に対してアンビルが広がりやすいことが分かった。しかし、こうした特徴と α の空間分布の関係については、未解明である。

最後に、長波放射量の変動に関して降水で説明されない部分（ β ）の地域差を、上層の温度成層との関係性に着目して調べた。具体的には、

$$\text{長波放射量の偏差} = \alpha \times P + \beta \times \left(-\frac{dT}{dz} \right) + \gamma$$

という重回帰式に基づき、降水との線形的な関係の影響を除いた上層の温度成層と長波放射の関係（偏相関係数）について、その空間分布を調べた。その結果、対流圏界面付近では、インド洋では β が正の値、西太平洋では負の値であることが分かった。これは、上層の温度成層が悪い時に、赤外放射量は、インド洋では増加し（長波放射量の偏差が正。すなわち、温室効果への寄与が小さい）、西太平洋では減少する（長波放射量の偏差が負。すなわち、温室効果への寄与が大きい）ことを意味する。