

# 論文審査の結果の要旨

氏名 宮本 歩

下層雲は太陽からの短波放射の反射(日傘効果)により、正味で地球を冷却する効果(負の雲放射効果)を持つ。そのため、例えば地球温暖化に対する下層雲の応答は気候感度の不確実性の主要因のひとつとなるなど、下層雲は地球の放射収支において重要な役目を担っている。本論文は南インド洋の下層雲について、海面水温(SST)を介した亜熱帯高気圧との局所的な相互作用のメカニズムと、それらの相互作用系に対するストームトラック活動の影響やアジアモンスーンからの遠隔影響などを明らかにしたものである。

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションであり、下層雲、亜熱帯高気圧、およびそれらの相互作用について先行研究を総括するとともに、本研究の位置づけが述べられている。

第2章は、衛星観測データと大気再解析データの解析により、南インド洋における下層雲量の季節変動を明らかにした研究について述べられている。夏季は、下層雲量がオーストラリア大陸西岸沖で極大を持つ一方、冬季は海盆全体で大きな下層雲量がみられることがわかった。夏季の下層雲量の極大は、海盆の東側に中心を持つ亜熱帯高気圧がその東側で局所的に高い対流圏下層安定度をもたらすことが要因である。一方で、冬季は、亜熱帯高気圧の伸長により、海盆全体で対流圏下層安定度が高まることに加え、亜熱帯高気圧と活発なストームトラック活動が海盆全体に海上寒気移流をもたらし、海面顕熱フラックスを増大させることで下層雲量を大きくしていることがわかった。また、中緯度・亜寒帯域の下層雲量や南太平洋・大西洋との比較も行い、南インド洋との相違点・共通点を示した。

第3章は、大気再解析データと線形傾圧モデル、大気大循環モデルを用いて、下層雲の季節変動に影響を与える亜熱帯高気圧の惑星波成分について、その維持力学の季節性を明らかにした研究について述べられている。夏季は、主に南東インド洋亜熱帯域で降水が抑制されていることに伴う非断熱冷却偏差が亜熱帯高気圧を維持していることが分かった。冬季は、亜熱帯域で降水が抑制されていることと放射冷却が強化されていることに伴う非断熱冷却偏差が亜熱帯高気圧の赤道側部分を維持していることが分かった。アジアモンスーン域や赤道インド洋・西太平洋域の対流活動からの遠隔影響は、直接的に亜熱帯高気圧を西方シフトさせるほか、この冬季の非断熱冷却偏差の形成に寄与することを示した。また冬季亜熱帯高気圧の極側部分は、ストームトラック活動が擾乱の熱・運動量フラックスを介して維持していることも分かった。

第4章は、大気海洋結合モデルCM2.1を用いて、放射過程において下層雲を除去する感度実験を行い、下層雲による亜熱帯高気圧の強化を実証するとともに、その季節性のメカニズムを明らかにした研究について述べられている。下層雲による夏季亜熱帯高気圧の強化は、下層雲による雲放射効果のない実験において、惑星波としての亜熱帯高気圧がほぼ消失するほど顕著であり、夏季亜熱帯高気圧の形成に下層雲が本質的なことが分かった。その主要メカニズムとして、日傘効果によるSSTの低温化が、深い対流による凝結加熱と対流性上層雲の温室効果を減少させることで、地表の亜熱帯高気圧を強化していることが、線形傾圧モデルによる診断から分かった。一方、冬季も下層雲による亜熱帯高気圧強化が実証されたが、その振幅は夏季に比べて小

さかった。この季節性は、冬季では下層雲の放射効果を無くしても深い対流に変化が見られないためである。一方、海盆全体に広がる下層雲からの雲頂長波放射冷却は、亜熱帯高気圧を強化しており、冬季はこれが下層雲による高気圧強化の主要因であることが分かった。

第5章には結論が述べられている。

以上のように本研究は、南インド洋上の下層雲と亜熱帯高気圧との間に、自己維持的な結合があることを実証し、そのメカニズムの季節性を初めて明らかにした。さらに他の海盆との比較、気候変動・変化における下層雲と亜熱帯高気圧の結合系の役割、気候モデルにおける下層雲と亜熱帯高気圧の再現性への示唆などを議論した。これらの一連の研究は、地球の放射収支に重要な役割を果たす下層雲の動態理解に対し、重要な貢献があったと認められる。

論文提出者は学位論文の内容全体にわたり、解析・数値実験の立案、実行、結果の解釈に主体的に取り組んでいる。本論文の内容に関連した内容の一部は、学術論文誌 *Journal of Climate* の論文として発表済みであるが、この論文も論文提出者が第一著者であり、主体となって解析・解釈を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のことから、本研究の結果は地球惑星科学、特に大気物理学に大きく貢献する成果であると判断され、審査委員全員一致で合格と判定した。従って、博士(理学)の学位を授与できると認める。