



TITLE:

Large-Scale Variability in Marine Low Stratiform Cloud Amount and Its Relationship to Lower-Tropospheric Static Stability in Terms of Cloud Types(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Koshiro, Tsuyoshi

CITATION:

Koshiro, Tsuyoshi. Large-Scale Variability in Marine Low Stratiform Cloud Amount and Its Relationship to Lower-Tropospheric Static Stability in Terms of Cloud Types. 京都大学, 2018, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2018-07-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.r13202>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

| | | | |
|--|---|----|------|
| 京都大学 | 博士 (理学) | 氏名 | 神代 剛 |
| 論文題目 | Large-Scale Variability in Marine Low Stratiform Cloud Amount and Its Relationship to Lower-Tropospheric Static Stability in Terms of Cloud Types | | |
| <p>(論文内容の要旨)</p> <p>下層雲はおもに海洋上に広く分布しており，太陽光を反射して地球を冷やす短波放射効果が大きいいため放射収支を変化させて地球の気候に大きな影響を与えている．気候学的には，この海洋下層雲量は下部対流圏の静的安定度とよい相関があり，特に700hPaと地表の温位差にもとづいた推定逆転強度(EIS)と呼ばれる指標と海洋下層雲量との間に強い線形関係があることが観測的に知られている．一方，近年の全球気候モデルを用いた研究から，地球温暖化予測における将来気温変化の不確定性は温暖化時の海洋下層雲量の変化の不確定性が主因であると指摘されている．本論文では，下層雲を層積雲(Sc)・層雲(St)・霧(FOG)の3つの雲タイプに分類することで，海洋下層雲量とEISとの関係の時空間変動特性を観測的により詳細に明らかにした．さらに，最新の全球気候モデル群における海洋下層雲量とEISとの関係の再現性を雲タイプの観点から検証して新たな知見を得た．</p> <p>まず，目視による雲タイプの情報が得られる長期船舶観測データを用いて，3つの雲タイプそれぞれの下層雲量とEISの季節変動を全球海洋上で調べた．両者の関係は海面水温約16°Cを境に2つに分かれ，暖水域ではEISの増加とともにSc雲量のみが増加するが，冷水域ではStやFOGの雲量が増加することがわかった．暖水域と冷水域でEISに寄与する逆転層の高度が異なることが示唆されるため，層別EISを新たに考案してその変動を調べた．その結果，EISの増加に対応するのは，暖水域では850-925hPa間の逆転強度，冷水域では925hPa-海面間の逆転強度であり，暖水域では寒気移流が全般的に生じていることが，冷水域では寒気移流場から暖気移流場への遷移が，それぞれの雲量・逆転強度の変化に適した場をもたらしていることがわかった．</p> <p>次に，これまで未解明であった下層雲量とEISの関係の経年変動について，夏季北太平洋域に注目した解析をおこなった．下層雲量とEISとの関係には地域性があり，北太平洋南東部で相関が高く，北太平洋北西部で低い．タイプ別雲量の解析から，その原因は，南東部でSc雲量の変動が卓越すること，北西部ではFOGとScの雲量変動が相殺するためであることがわかった．層別EISで見ると，南東部では700-925hPa間の逆転強度が，北西部では925hPa-海面間の逆転強度が，EISの変動に寄与していることに対応している．前者には先行する冬季のエルニーニョが，後者には夏季アジアジェットに沿った波列テレコネクションパターンが影響していることが示唆された．</p> <p>こういった観測事実を踏まえつつ，第5期結合モデル相互比較計画(CMIP5)に参加した12の全球気候モデルにおける下層雲量とEISの気候学的な関係を調べた．衛星観測から得られる下層雲量と各モデルで実装された衛星シミュレータから出力される下層雲量を比較することによって，定量的に信頼性の高い検証結果を得ることに初めて成功した．半数以上のモデルで，両者の正相関はみられるものの，回帰直線の傾きが観測よりも小さく，負の傾きを示すモデルもいくつか見られる．国際衛星雲気候計画(ISCCP)の定義にもとづいて導出された下層雲量と衛星搭載ライダー観測による雲量の鉛直分布とともに，層別EISを用いた解析から，亜熱帯海洋下層雲量とEISの線形関係が再現できていないモデルでは逆転層の高度が観測よりも低く，亜熱帯海洋上で卓越するScの特徴的な鉛直構造が正しく再現されていないことが明らかとなった．</p> | | | |

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

この論文では、放射収支を通して地球の気候に大きな影響を与えていると考えられている海洋下層雲に注目し、その雲量と下部対流圏の静的安定度の関係を観測的に明らかにした。また、水平・鉛直解像度の粗い全球気候モデルでは海洋下層雲を現実的に再現することは非常に難しいことが認識されているが、最新の全球気候モデル群における海洋下層雲量と安定度の関係の再現性を検証することで新たな知見を得た。このような成果を得ることができた要因として特筆すべきことは、これまで下層雲として一括りにされていた層積雲(Sc)・層雲(St)・霧(FOG)を3つの雲タイプに分けて調べたこと、さらに下部対流圏の静的安定度として用いられる700hPaと地表の温位差にもとづいた推定逆転強度(EIS)を3層に分けて雲タイプとの関連を明らかにした点であって、その独創性は高く評価できる。

本論文は大きく分けて次の3つのテーマから構成されている。海洋上での下層雲の季節変動；夏季北太平洋域における下層雲の年々変動；全球気候モデル群における海洋下層雲量と安定度の関係。

最初のテーマ(海洋上での下層雲の季節変動)においては、これまで特に注目されてきた亜熱帯の暖水海洋上を広く覆う層積雲(Sc)だけでなく、解析範囲を高緯度域まで広げて層雲(St)あるいは霧(FOG)も視野に入れることで、暖水域から冷水域にかけての下層雲タイプの遷移を明らかにした。その際に、暖水域と冷水域でEISに寄与する逆転層の高度が異なることが示唆されるため、これを考慮した層別EISを新たに考案してその変動を調べることによって、それぞれの雲量と逆転強度の関係を明らかにした点は高く評価できる。

2番目のテーマ(夏季北太平洋域における下層雲の年々変動)では、上記の成果を踏まえ、これまで未解明であった下層雲量とEISの関係の経年変動について、特に観測の豊富な夏季北太平洋域に注目し、その地域性や卓越する年々変動と他の気候要素(エルニーニョ現象など)との関連を明らかにした。ここでの成果においても3つのタイプの雲量と層別EISを用いることによって、たとえば一見下層雲量の変動が小さい北西太平洋では、FOGとScの雲量変動が相殺していることを層別EISの情報をもとに明らかにした。またこのように雲タイプと層別EISを関連付けて考えることで変動要因についてのより深い考察が可能となったことは評価できる。

3番目のテーマ(全球気候モデル群における海洋下層雲量と安定度の関係)では、衛星観測から導出した下層雲量と近年利用が可能となった衛星シミュレータ出力を駆使し、最新の全球気候モデル群における海洋下層雲量とEISの関係について、初めて定量的に信頼性の高い検証をおこなった。その際、層別EISを通して雲タイプを診断することによりその問題点を明らかにしたことは、モデル内での境界層プロセスについて取り扱いを改良すべき有益な示唆を与えたものとして高く評価できる。

本論文で新しく提唱した層別EISは、下部対流圏の温度逆転層の高さと強度を適切に表現しており、再解析データだけでなくモデル結果を相互に比較する際にも、タイプ毎の下層雲量と関連する温度逆転強度を把握するのに非常に有用であることがわかった。このように本論文は、海洋下層雲量の時空間変動メカニズムの理解を大きく進展させるとともに、全球気候モデルにおける海洋下層雲量の再現性改善に向けて有益な情報をもたらすものであり、海洋下層雲を中心とした大気科学の発展に寄与するものと高く評価できる。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年5月25日、論文内容とそれに関連した事項について試問をおこなった結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降