

# 水道から伸びる筋状雲の発生メカニズム

\*川瀬 宏明・木村富士男 (生命環境科学研究科)

## 1 はじめに

冬の季節風吹き出し時に日本近傍には多くの筋状雲が現れる。筋状雲は日本海と太平洋の両海洋上に出現するが、その形状は異なる。日本海では、細い筋状雲が高密度で分布することが多いが、太平洋では長く伸びる太い筋状雲が比較的高頻度で発生する。このような太平洋の太い筋状雲の発生には、風上に位置する日本の複雑な地形が影響していると考えられている。太い筋状雲が出現する場所としては、山岳の風下や、水道、湾が挙げられる。

山岳の風下に見られる太い筋状雲については、Kang and Kimura(1997)が数値実験を行い、このような太い筋状雲の生成には、海上の不安定成層と地形性の力学的擾乱の両方が必要であると述べている。

一方、太い筋状雲は山岳の風下だけではなく、紀伊水道や、豊後水道、伊勢湾からも発生する。このような水道や湾で出現する太い筋状雲は、山岳の風下で発生する太い筋状雲とは異なったメカニズムで発生していると考えられる。Sikora et al.(2001)はNOAAの衛星データを用いて、アメリカのChesapeake湾とDelaware湾に発生する雲バンドを解析し、雲バンドの発生要因として次のような仮説を立てた。湾に入った冷気は海面で暖められ、陸上の空気よりも暖かくなり、陸上と海上との間で陸風循環が生じる。その陸風循環により湾の中で風が収束し雲バンドが発生する。ただしSikora et al.(2001)では仮説の検証までは行っていない。

そこで本研究では、数値モデルを用いることで、水道から伸びる太い筋状雲の発生メカニズムを調べる。さらに衛星の観測データを用いてモデルの結果を検証する。なお、これ以降「太い筋状雲」を「筋状雲」と表記する。

## 2 モデルの概要

数値モデルとしてTERC-RAMSを用いる。ネスティングを行い、最も内側の格子間隔は3km、計算領域は紀伊水道沖を中心とした約400km × 500kmの領域とした(図1)。解析対象とした事例は、紀伊水道沖に筋状雲が確認された2000年2月17日である(図2)。初期境界値は6時間毎のNCEP/NCAR再解析データで与え、海面水温は月平均Reynolds SSTを用いた。

本研究では、以下の4種類の数値実験を行った。(1)現実の地形を用いた実験(REAL)、(2)山のない地形を用いた実験(NO-MT)、(3)NO-MTで地表面温度を海面温度と同程度に加熱し固定した実験実験、(4)NO-MTで境界値が時間変化しないと仮定した実験。

## 3 数値実験の結果

REAL実験で再現された鉛直積算雲水量を見ると、雲水量の多い場所が衛星画像で見られた筋状雲とよく対応しており、モデルの再現性はよいと言える。また、紀伊水道や剣山風下の筋状雲は、地上付近の収束線と一対一に対応する(図3a)。

最初に、筋状雲の発生に与える山岳の効果を調べるために、REAL実験から山を全て取り除いた実験(NO-MT)を行った。NO-MT実験の結果が図3bである。図3bを見ると、剣山の風下の収束線は現れなくなったが、紀伊水道から伸びる収束線はREALと同様に出現している。つまり、紀伊水道から伸びる筋状雲は海陸のコントラストが原因で発生することが分かる。

次に、海陸の表面温度差が与える影響を調べるために、NO-MTにおいて地表面温度を上げ固定し、海陸の表面温度差を無くした実験を行った。その結果、紀伊水道から伸びていた収束線も現れなかった(図3c)。つまり、紀伊水道から伸びる収束線は海陸の温度コントラストがきっかけで発生すると言える。

現実的には、地表面温度が変わる昼と夜とで海陸の温度コントラストは異なる。そこで、筋状雲の日変化を見るために境界値を固定した実験を行った。2日間積分した結果、紀伊水道から伸びる筋状雲は、昼間は形が崩れ、夜間に明瞭に現れた。

## 4 衛星解析

モデルで得られた結果を検証するために、衛星データを用いて実際の観測データから筋状雲の日変化が見られるかどうかを調べた。使用したデータはGMS赤外画像、解析期間は1997年1月から2001年12月までの冬季(1月、2月、12月)である。

上空850hPaの風をもとに事例を絞り、昼夜別に雲の出現頻度を求めた。ここで、TBBが265K以下のグリッドではやや発達した雲が存在すると仮定する(海上のみ)。図4は夜間の出現頻度から昼間の出現頻度を引いた図である。紀伊水道では昼間よりも夜間に出現頻度の高い領域が太い線状に見られ、水道から伸びる筋状雲を表していると考えられる。また豊後水道でも同様の傾向が見られる。

## 5 まとめ

数値実験により、紀伊水道に出現する筋状雲は地形による力学的な効果よりも、海陸の温度コントラスト、つまり熱的な効果がきっかけで発生することが分かった。また衛星データからも海陸の温度コントラストが

小さい昼間よりも、大きい夜間の方が紀伊水道の筋状雲が出現しやすいことが示された。すなわち、四国・淡路島・紀伊半島の冷たい空気と、紀伊水道の暖かい空気との間の温度差により陸風循環が生じる。一般風に陸風循環が加わることで、紀伊水道・鳴門海峡付近で収束が起こり雲が発達すると考えられる。一旦対流構造が作られると、海面からの顕熱が対流構造を維持する (Kang and Kimura,1997) ため、筋状雲は風下へ伸びていくと考えられる。

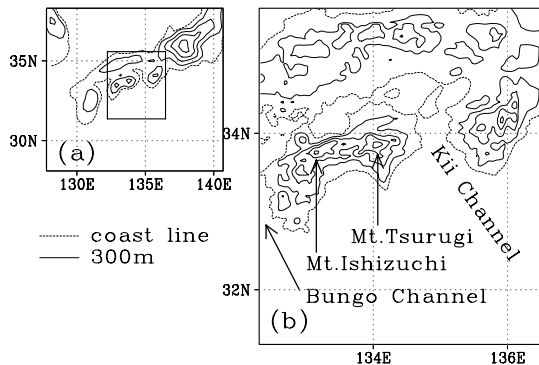


図 1: モデルの解析領域。  
(a) 最も外側の領域 (b) 最も内側の領域。

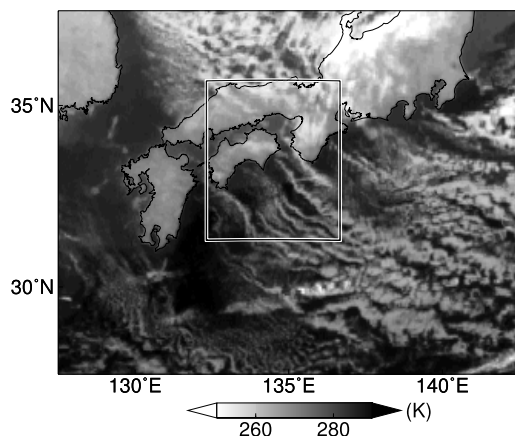


図 2: GMS 赤外画像 (2000年2月17日21UTC)

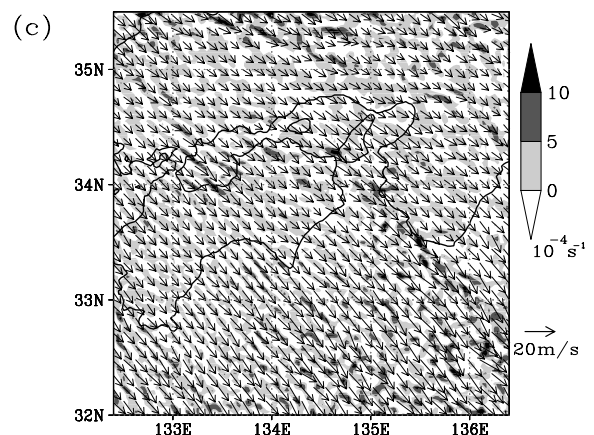
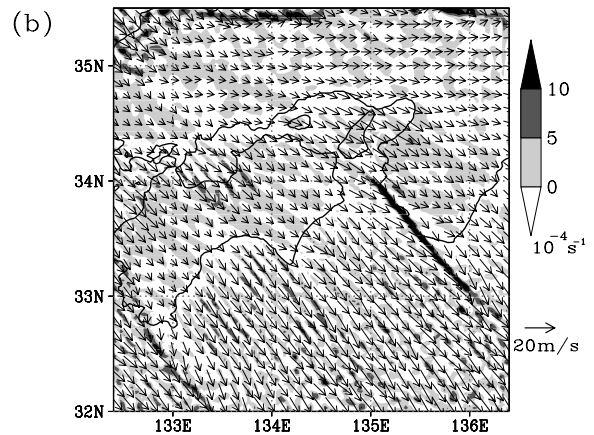
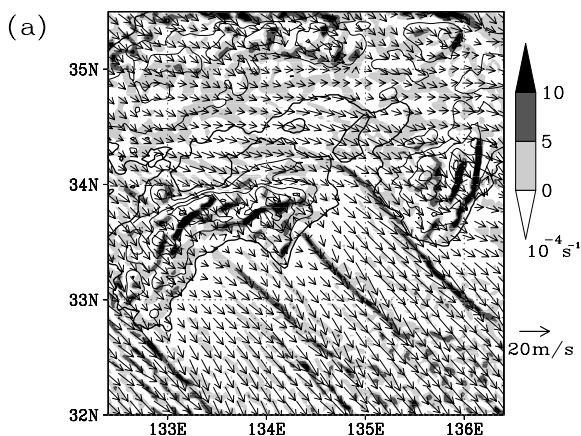


図 3: 地上の収束 (シェイド) と風 (ベクトル) 数値計算を初めて9時間後の結果 (2000年2月17日21UTC)。(a) 実際の地形を用いた実験 (REAL)。(b) 山のない地形を用いた実験 (NO-MT)。(c) NO-MT で地表面温度を海面温度と同程度に加熱し固定した実験

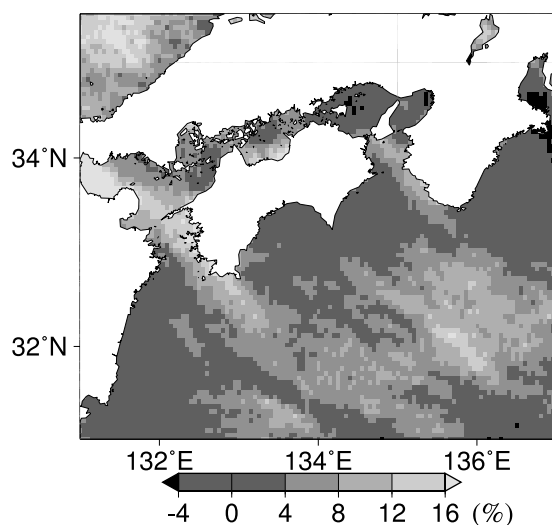


図 4: 夜間と昼間の雲の出現頻度差  
夜間の雲の出現頻度から昼間の雲の出現頻度を引いたもの。薄い色の場所では夜間に雲が発生しやすい。