

氏名	こんだまさのり 根田昌典
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第1668号
学位授与の日付	平成7年11月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科地球物理学専攻
学位論文題目	衛星データから評価した全球の海面温度と大気海洋間熱フラックスの年々変動の関係に関する研究
論文調査委員	(主査) 教授 今里哲久 教授 奥西一夫 教授 廣田 勇

### 論文内容の要旨

海面温度の年々変動は、ローカルな大気海洋間の熱交換と海洋内部における移流や拡散によって支配されていて、海洋の貯熱量の変化や海洋における熱輸送がどの程度であるかという海洋物理学の問題だけではなく、気候変動の問題とも密接に関係している。申請者は、全球海洋における海面温度の年々変動のメカニズムを解明する第一ステップとして、海面温度とバルク法で評価した大気海洋間の熱フラックスの年々変動の関係を調べた。

申請者は、まず、海面温度の推定精度を向上させるために、赤外域の海面放射率の値を観測的に評価した。田辺湾に設置されている防災研究所の海洋観測塔を利用して、1年間にわたって海洋・気象観測を連続して行い、海面放射率の値として $0.984 \pm 0.004$ を得た。この結果を用いると、バケツ温度と海面を完全黒体と考えた放射温度との温度差の約半分程度を解消させることができることを明らかにした。次いで、従来は衛星観測からは得られなかった海上気温を、人工衛星から得られるデータだけを用いて推定する新しい手法を開発した。この方法は、バルク法と空気力学的な方程式から、海面温度、風速、水蒸気量、気温の間に成立する関係式を導き、海面温度、風速、水蒸気量を人工衛星観測によって与えて、気温に関する方程式として解くことによって海上気温を推定するというものである。

この方法の精度を調べるために、まず、気象庁とTOGA-TAOのブイで得られているデータの月平均値を与えて気温を推定し、ブイでの実測月平均気温と比較したところ、推定誤差の平均値は $0.0 \pm 1.2^\circ\text{C}$ となり、この気温を用いて得られた顕熱フラックスについては $0.1 \pm 8.7\text{W}/\text{m}^2$ となった。海洋中の熱の南北輸送量を評価するためには、海面熱フラックスを $10\text{W}/\text{m}^2$ の精度で評価する必要があるといわれているが、申請者が得た値は良好な値である。さらに、人工衛星データを用いた場合にどのような精度になるのかを検討するために、1987年7月から1991年6月までの4年間にわたってAVHRRとSSM/Iから得られている衛星データの月平均値を、 $2^\circ \times 2^\circ$ 格子に割り振って用いた。衛星データからの推定値と気象庁とTOGA-TAOのブイでの現場観測値との差は、気温では $-0.3 \pm 3.1^\circ\text{C}$ 、顕熱フラックスでは $10.0 \pm$

37.6W/m<sup>2</sup>となり、誤差が大きくなることを示した。この原因としては、各物理量の衛星観測による推定誤差、とりわけ水蒸気量の推定誤差が大きく関与していることを指摘している。一方、衛星データが得られている4年間の各月毎の4年平均値からの偏差として定義した年々変動成分の推定誤差は、気温では0.0±0.6°C、顕熱フラックスでは0.0±5.4W/m<sup>2</sup>となったが、現在のところ頼るべき判断基準は見出されていない。また、顕熱と潜熱のバルク係数は、それぞれSmith (1980)とLarge & Pond (1982)のものが最適であることを確かめている。

以上の検討結果を受けて、4年間の人工衛星データの月平均値を用いて、全球海洋における海面温度と大気海洋間の熱フラックスの年々変動の相関係数と位相差の分布の状況を調べ、海面温度の年々変動に対して支配的に働く要因を検討した。

大気海洋間の熱フラックスが海面温度の年々変動に対して支配的に働いて、海洋内部の熱輸送が海面温度の年々変動に対して重要でない時には、海面温度と大気海洋間の熱フラックスの年々変動の位相差は、従来から知られているように、 $\pi/2$ になる。このような海域は、主に太平洋の北東部と南部、暖水域を除く西部太平洋、南東インド洋、大西洋南部とカリブ海にみられた。海面温度の年々変動が海洋内部の熱輸送によって引き起こされる場合には、海面温度と大気海洋間の熱フラックスの位相差は0か $\pi$ になるが、位相差が $\pi$ になる場合についてはこれまで十分な理解が得られていなかった。海面温度の年々変動が気温の年々変動よりも大きいときには、海面温度と大気海洋の熱フラックスのアノマリーの位相差は0になり、逆に小さい場合には、大気海洋間の熱フラックスと海面温度のアノマリーは逆符号になり、位相差は $\pi$ になることを明らかにした。前者は、東部インド洋、東部熱帯太平洋、暖水域の周辺部、北太平洋、大西洋の北東部と赤道域などに現れ、後者は太平洋の赤道域中部から南東方向に伸びる海域、大西洋の熱帯収束帯(ITCZ)の北の海域、大西洋南部、インド洋中央部、アラビア海北東域などに見られた。

熱帯大西洋では、太平洋とは対照的に赤道域全域で位相差は0である。この海域では、ITCZを支点にした2極構造が海面温度の年々変動に特徴的だと言われているが、南大西洋の水温変動が熱フラックスの変動によって起こされているという前提条件そのものが成り立っていないことを示した。さらに、海面温度の年々変動の解析結果からは、大西洋熱帯域にはITCZを挟んだシーソー状の水温変動パターンは見られず、熱帯大西洋の海面温度の年々変動の2極構造は見かけのものであると結論している。熱帯太平洋での水温アノマリーは東部から中央域の160°W付近までは傾圧ロスビー長波によって西方に伝播するが、130°W付近で大気海洋間の熱フラックスのアノマリーの符号が変わるために、位相差は0から $\pi$ に変わる。これに対して、160°Wから160°Eにかけての西部太平洋では、中部太平洋から運ばれる大気気温や水蒸気量の年々変動成分によってそこでの大気海洋間の熱フラックスが変動するために、西部熱帯太平洋の海面温度の年々変動成分は大気を通じて中央域と相関を持つことを指摘している。東部インド洋の海面温度の年々変動はインドネシア通過流によって、西部熱帯太平洋の海面温度の年々変動が伝播したものであることを示した。

#### 論文審査の結果の要旨

申請者は、全球海洋における海面温度の年々変動のメカニズムを解明する第一ステップとして、海面温

度とバルク法で評価した大気海洋間の熱フラックスの年々変動の関係を4年間にわたって得られた人工衛星データを用いて調べた。

申請者は、まず、人工衛星データから海面温度と海面熱フラックスの推定アルゴリズムを改良することを試みた。田辺湾で1年間にわたる連続観測の結果、赤外域の海面放射率として $0.984 \pm 0.004$ という値を確定した。湖などで水面放射率を推定した報告はいくつもあるが、1年という長期にわたる現場での連続観測によって赤外域での海面放射率を確定したことは貴重な成果である。また、この結果を用いると、従来のアルゴリズムを用いて人工衛星データから推定した海面温度の誤差を50%解消することに成功したことも重要な成果である。次いで、従来は衛星観測からは得られなかった海上気温を、人工衛星から得られるデータだけを用いて推定する新しいアルゴリズムを提案した。この方法の精度を調べるために、気象庁とTOGA-TAOのブイで得られているデータとの比較検討を行い、与えたデータの精度がよければ、良好な結果が得られることを確認した。この方法の利点は、相対湿度などをあらかじめ仮定せずに人工衛星データから海上気温を推定できることであり、今後水蒸気量の測定精度が向上すれば非常に有効な方法として注目される。また、このアルゴリズムには、顕熱と潜熱のバルク係数が入ってくるが、これらの係数はこれまでも数多くの報告があり、その評価は様々であるが、申請者の丹念な比較によれば、それぞれSmith (1980) と Large & Pond (1982) のものが最適であることを明らかにしたことも今後の研究に1つの指針を与えたものである。

この新しいアルゴリズムに人工衛星データを用いると海上気温の推定精度が落ちるが、年々変動成分については良好な結果が得られることを示した上で、4年間の人工衛星データの月平均値を用いて、全球海洋における海面温度と大気海洋間の熱フラックスの年々変動の相関係数と位相差の分布の状況を調べ、海面温度の年々変動に対して働く要因を検討している。海面温度と大気海洋間の熱フラックスの年々変動の位相差が0と $\pi/2$ になる場合についてはよく知られているが、 $\pi$ になる場合については十分な理解が得られていなかったけれども、申請者は、これは気温の年々変動の方が海面温度の年々変動よりも大きな場合に生じることを初めて明らかにしたもので、評価すべき成果の1つである。ENSOに関連して注目されている熱帯海域の海面水温と熱フラックスの変動パターンについて詳しく検討し、大西洋と太平洋では変動パターンに大きな違いがあることを示した。特に、熱帯大西洋では、熱帯収束帯(ITCZ)を支点にした2極構造が大西洋熱帯域の海面温度の年々変動に特徴的だと言われているが、南大西洋の水温変動が熱フラックスの変動によって起こされているという前提条件そのものが成り立っていないことや、熱帯大西洋の海面温度の年々変動の2極構造は見かけのものであるという重要な指摘を行っている。

海洋・大気を中心としたグローバルな地球環境の変動機構の解明は、現在における最も重要な研究課題の1つであるが、これを定量的研究として推進するには、人工衛星データを如何にうまく利用できるかが1つのポイントである。本論文は、人工衛星データから海面水温・海上気温を推定する新しいアルゴリズムを提案し、それを用いて海面水温と海面熱フラックスの年々変動のメカニズムについて、丹念なデータ解析を行うことによって検討したもので、この方面の研究を前進させたものとして評価できる。

公表論文3編はいずれも共著論文であるが、研究は申請者が中心となって遂行したものであり、その貢献度が大きいことを確認している。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た。