

第 部門

地球観測衛星センサ MODIS による湖面温度の測定精度 - 琵琶湖測定データによる検証 -

京都大学 学生員 ○古跡 晃久
京都大学 正会員 田村 正行

1 はじめに 温暖化や砂漠化、異常気象などの環境問題の究明と解決のため、NASA が地球観測プロジェクトとして衛星センサ MODIS により全地球の地表面温度・海面温度・土地被覆・大気中の水蒸気量などを継続的に観測している。得られた観測データに基づいて定量的な解析を行うためには、最初にデータ自体の信頼性を検証する必要がある。本研究では MODIS による湖面温度の測定精度について検証し、どのような条件のときに良好な精度が得られるかを調べた。湖はその地域の気候の変化を反映しやすく地域ごとの温暖化の影響を考える上で湖の温度を知ることは重要である。将来的には大陸レベルで湖の温度をモニタリングし温暖化等の環境変化の検出を試みたいと考えている。

2. 検証データ 衛星センサ MODIS による計測データは NASA の HP(<http://modis.gsfc.nasa.gov/>)からダウンロードし、現地データは滋賀県立衛生環境研究センターから、琵琶湖内の 3 点(南局・北 s 局・北 n 局)における水温データの提供を受けた(図 1 と図 2)。衛星観測データセット表面温度・QC(品質フラグ)・観測角が含まれている。QC は衛星による計測温度の信頼性を表すフラグであり、品質は主に雲や大気中の水蒸気によって左右される。観測角 θ は図 3 のように定義される。MODIS データは AM・PM ともにほぼ 10:30 観測値である。現地データは一時間毎の測定値であるので、10 時と 11 時のデータの平均値を取り MODIS データと比較した。

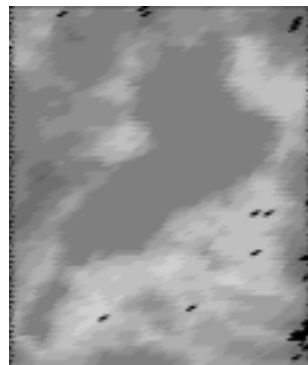


図 1 MODIS による計測温(上から北 n 局, 北 s 局, 南局)度の画像データ

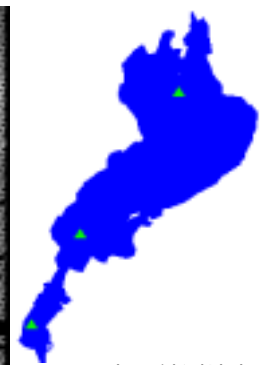


図 2 琵琶湖の計測地点

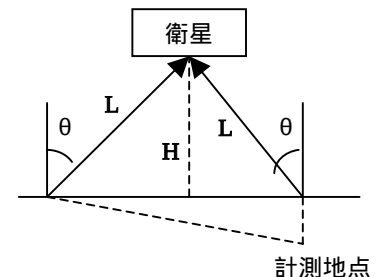


図 3 観測角の取り方

3. 衛星センサによる温度計測の原理 物体は熱により電磁波を放射しており、その電磁波を衛星センサが受信することで物体の温度がわかる。電磁波は、地表面から衛星センサに到達する間に大気中を通過し、水蒸気やエアロゾル等により散乱・吸収といった影響を受ける。MODIS による温度データは、波長帯の異なる 2 つの観測バンドを用いることにより大気の影響について補正した値である[1]。

4. 解析(1) QC と誤差の関係 衛星での地表の温度計測の際、大気の状態により影響の度合いは異なり、計測精度も異なってくる。大気の影響を考慮した温度データの信頼性を表す値 QC がどの程度正確にデータの品質を表しているかを検証した。図 4 は横軸に実際の湖面温度、縦軸に MODIS による計測温度をとり、QC により品質が良いとされるデータ Q0(○)と悪いとされるデータ Q1(▲)に分け、プロットしたものである。明らかに Q0 の精度は Q1 に比べて良好であり、QC の値の信頼性が高いことがわかる。従って、以下の解析は Q0 のデータのみでおこなった。

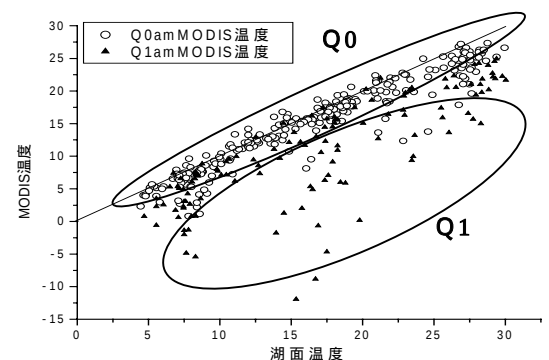


図 4 QC の比較

5. 解析(2) AM・PM の計測精度の違い 横軸に実際の湖面温度、縦軸に MODIS による計測温度をとり AM のデータ(○)、PM のデータ(▲)をプロットしたものが図 5 である。図 5 から AM のデータは精度が良く、PM のデータは精度が低いことがわかる。MODIS は雲被覆についても計測しており、その結果から地表面

温度計測の QC を決定し、温度データが雲の影響を受けているか否かを推定している。AM のデータの場合雲被覆の判定に熱赤外バンドに加えて可視・近赤外バンドを使用できるのに対し、PM のデータでは可視・近赤外バンドが使えないため、雲被覆の判定精度が落ちることが知られている。そのため夜間では雲がうまく認識できず、雲の影響を受けた温度を地表面の温度として計測しており、MODIS の計測温度が実際の湖面温度より低くなっていると考えられる。従って、以下の解析は AM10:30 のデータのみでおこなった。

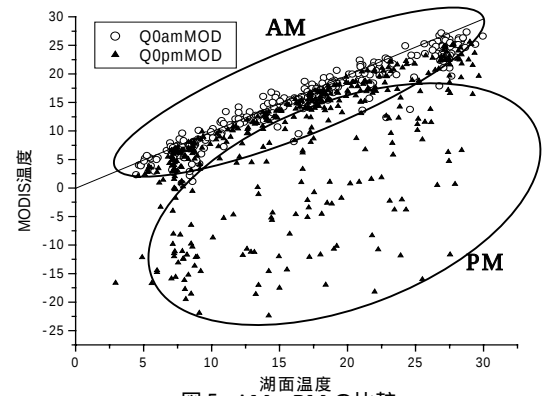


図5 AM・PMの比較

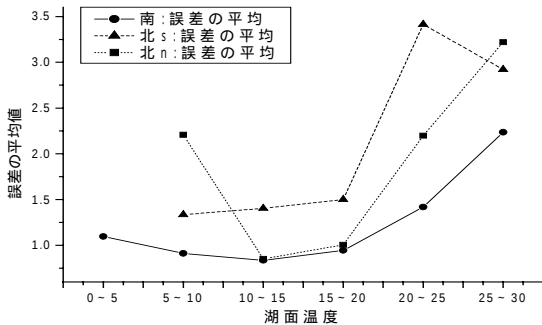


図6 温度による影響

6.解析(3) 実際の湖面温度による影響 MODIS が観測データは水の表面の温度であるのに対し、湖面測定局では約 50cm の深さの温度を測定している。このため湖面近くの温度勾配の影響により、両者に差が生じる可能性がある。そこで、実際の湖面温度の高さにより計測精度が異なるかどうか検討した。図 6 は横軸に温度 5 ごとに分けた階級をとり、縦軸に階級ごとの誤差の平均値を南局(●)・北 s 局(▲)・北 n 局(■)それぞれとったもの。図 6 からわかるように温度が高くなるにつれて誤差が大きくなっている。これ

は湖面の温度が高い場合に温度勾配の影響が大きくなっていることを示しているが、温度勾配は風速によっても変化すると考えられるので、MODIS による計測温度から実際の湖面温度を推定するには、温度と風速の両要因を考慮する必要がある。

7.解析(4) 観測角の影響 観測角は 0 ~ 65 ° の値をとるが、観測角が大きくなると衛星と観測地点との距離が長くなり、通過する大気距離も長くなるため大気の影響が大きくなる。また、衛星は大気自体の熱放射も受信するが、観測角が大きくなると計測地点からの放射が通過する大気とは異なる位置にある大気からの熱放射の影響を受ける。このため大気影響の補正も複雑になり測定精度が低下する可能性がある。そこで、観測角の影響について検討した。図 7 は横軸に観測角を 13 ° ごとの階級に分けた階級を、縦軸に階級ごとの誤差の平均値を南局(●)・北 s 局(▲)・北 n 局(■)それぞれとったものである。図 7 から分かるように、グラフはほぼフラットであり観測角の大きさによって誤差の違いは現れなかった。これは大気の影響を補正するアルゴリズムがうまく機能していることを示している。

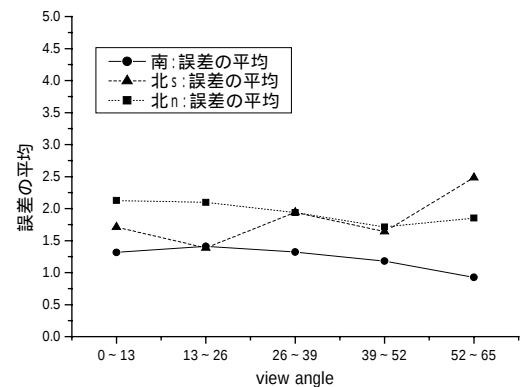


図7 観測角による影響

8.結論 衛星センサ MODIS による湖面温度の測定について、まず QC の値は信頼性があり QC で分けられた Q0 と Q1 の間には明らかな精度の差が見られた。計測精度について AM のデータは比較的良く信頼性もあるが、PM に関しては雲判定アルゴリズムの精度が低下するため信頼性が低い。また、MODIS による温度計測は湖面の温度の影響を受け、温度が高くなると精度が低下した。観測角による影響は大気補正のアルゴリズムがうまく機能していると考えられ、計測精度に対して観測角の影響は小さいと考えられた。

引用文献 [1] Z. Wan, MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD), April 1999.

謝辞 琵琶湖測定局のデータの測定方法などについて御教示くださった滋賀県立衛生環境研究センターの矢田稔様に厚く感謝申し上げます。