

MODIS 及び AVHRR データを用いた解氷日推定

—ハンカ湖の解氷日の経年変化—

日大生産工 ○野中 崇志 日大生産工 内田 裕貴
日大生産工 岩下 圭之

1 はじめに

中高緯度に広く分布する結氷する湖の解氷日は、グローバルな気候変動を把握するための指標の一つとして着目されている。これまで現地観測データがないユーラシア大陸の湖において、衛星熱赤外データを用いた手法を開発してきた。そして得られた解氷日と周辺域の冬季の気温に有意な相関があることを明らかにした。本研究では手法のレビューを行うとともに、中国とロシアの国境に位置するハンカ湖の解氷日の経年変化を評価する。

2 方法

冬季に結氷する湖の水温の時系列(水温トレンド)を2つの領域に分けて考える。第1領域は結氷状態、及び解氷中の湖で、雪、氷、水が混在している。このとき水温は0℃付近でばらばらしている。第2領域は解氷後に湖表面の水温が徐々に上昇していく期間である。本手法では春季から夏季にかけて現れる第2領域の水温トレンドを活用する。

図1に手法の概略図を示す。湖面の氷が完全に消滅したときの水温の閾値を解氷温度(T_{BR})とし、上昇する水温トレンドを2次回帰式(式(1))でフィッティングする。なお解析には、3月から6月の日々のデータで、晴天日のデータのみ使用する。

$$St = at^2 + bt + c \quad (1)$$

ここで St は湖の表面温度、 t は日付(Julian Day)、 a 、 b 、 c は対象とする湖や年により異なる係数である。そして2次回帰式と T_{BR} (T_{BR} は、水温と反射率を用いた解析により、2℃と推定されている)の交点を解氷日とする。また本手法の精度は、3日程度である。

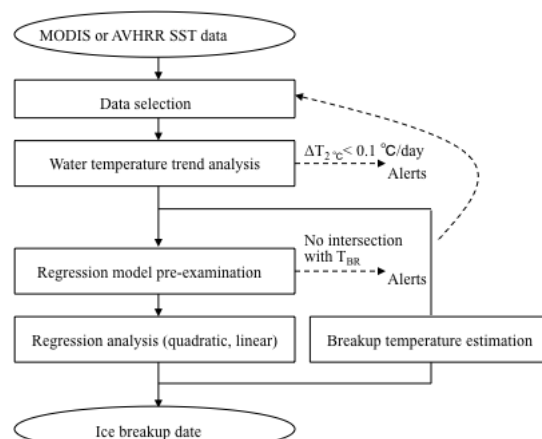


図1. 衛星データを用いた湖の解氷日推定手法。

3 使用データと解析対象サイト

3.1 使用データ

2000年に打ち上げられたTerra衛星に搭載されたMODISより取得されるLevel3 Mapped SST(海面温度, Sea Surface Temperature)プロダクト、及びNOAA衛星シリーズに搭載されたAVHRR(1978年以降、継続運用されている)で得られる水温データを用いる。MODIS Level3 Mapped SSTプロダクトの仕様を表1に示す。

表1 MODIS SSTプロダクトの主要仕様

項目	仕様値
データ取得	Terra (2000年11月~)
使用バンド	Band31 (10.780~11.280 μm) Band32 (11.770~12.270 μm)
グリッドサイズ	4.63km
グリッド数	4320×8640グリッド(全球)
温度範囲	-2℃~32℃
温度精度	0.4℃
ビット数	16ビット

Ice breakup date estimation utilizing MODIS and AVHRR data
— Time series analysis in Lake Khanka —

Takashi NONAKA, Yuki Uchida, Keishi IWASHITA

一方で, AVHRR の SST (°C) は AVHRR の 11 μm 及び 12 μm の観測輝度温度 T_{11} , T_{12} (K) と衛星天頂角 (θ)を用いて計算される。係数は各衛星で異なるが、一例として, NOAA-14 衛星の計算式を示す。なお AVHRR の SST 推定精度は 0.5°C程度である。

$$SST = 1.02(T_{11}) + 2.14(T_{11} - T_{12}) + 0.78(T_{11} - T_{12})(\sec \theta - 1) - 278.4 \quad (2)$$

3.2 解析対象サイト

ユーラシア大陸には, 2,000km²以上の結氷する 18 の湖がある。ハンカ湖 (図 2) はその一つで, 平均水深が 7m, 表面積が 4,190km²である。湖心 (44.5 N, 132.2 E) の SST データを取得した。

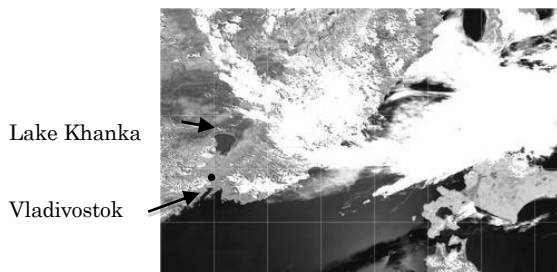


図 2. ハンカ湖, 及びウラジオストックの位置 (背景図は AVHRR データ)。

4 結果および考察

ハンカ湖の水温トレンドの一例として, 図3に1995年の水温度トレンドを示す。各年で同様の解析を行い, 得られた解氷日とウラジオストック (ハンカ湖の南約150 km) の解氷前月である3月の平均気温の関係を図4に示す。ハンカ湖は4月中旬から下旬に解氷する。5から10年周期の変動で, 最も早かった年と遅かった年の差は, 20日程度である。

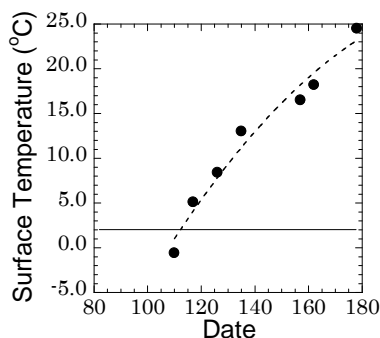


図 3. ハンカ湖の 1995 年の水温度トレンド。

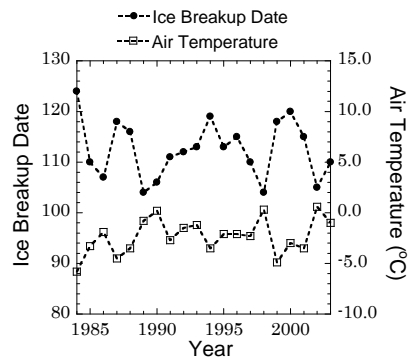


図 4. ハンカ湖の解氷日の経年変化とウラジオストックの3月の平均気温の関係²⁾。

また平均気温の極大となる年は, 解氷日の極小となる年と一致し, 平均気温は解氷日と同様に5から10年周期で最大5°C 程度の変動をしている。ハンカ湖の解氷日 I_B とウラジオストックの平均気温 T (°C) (Julian day 57-87) の関係を式3 ($r=0.86$) に示す。解氷日1日が解氷前月に相当する時期の気温約0.3°Cに相当することが分かる。

$$T = 27.18 - 0.26I_B \quad (3)$$

5 まとめ

衛星データを用いた解氷日推定手法を開発し, ハンカ湖を対象に1984年から2003年までの解氷日を推定した。その結果, 解氷日は5から10年周期で振動していることや前月の気温と有意な相関があることを明らかにした。今後は, MODIS, AVHRRともに継続的に運用されていることから, 現在までの解氷日を推定し, 気候との関係を評価していく予定である。

謝辞

本研究で使用したMODISデータはEOS DAACに, AVHRRデータは東京大学生産技術研究所に提供して頂いた。ここに感謝の意を表す。

「参考文献」

- 1) T. Nonaka, T. Matsunaga, and A. Hoyano, Estimating ice breakup dates on Eurasian lakes using water temperature trends and threshold surface temperatures derived from MODIS data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 28, No. 10, pp. 2163-2179, May, 2007.
- 2) 野中崇志, 松永恒雄, 梅干野晃, 衛星データによるバイカル湖内の解氷日分布とハンカ湖の解氷日の経年変化, 雪氷, 第66巻, 第5号, pp. 581-590, 2004年9月.