

PSIV-4 航空機MSSデータがとらえた琵琶湖の水温分布とその変化

東京理科大学土木工学科 正会員 ○高橋 康夫
 東京理科大学土木工学科 正会員 大林 成行
 東京理科大学土木工学科 学会員 小沢 洋

1. はじめに

”リモートセンシング”ということばが使われるようになって十数年になるが、ようやく一般に理解を深めるようになってきた。当初先人達は、リモートセンシングデータから何がわかるのか、またどのように使えば良いのかといった戸惑いを感じながらも、リモートセンシングデータを扱う上で最も基本となる画像処理、画像解析、画像判読といった基礎的要素の検討を行ない、我々に多くの知見を与えた。そして、今我々に与えられた義務は、先人達が残した貴重な成果を踏み台に、リモートセンシングデータのより有効な利用方法を検討し、それを広く一般に普及させることである。そこで、著者等は数年来、リモートセンシングデータの有効利用とその普及に努める一方、種々の問題から適用が難しいと考えられた淡水域の環境情報の抽出に、リモートセンシングデータを利用するための可能性について現場観測を含めて検討を進めてきた。具体的には、日本の代表的な湖である琵琶湖を対象に、1980年から18回に及ぶ現地観測を通して、航空機リモートセンシングと人工衛星リモートセンシングの両面から、集水域の土地被覆、湖内の水質環境、湖水の流れ、水温分布といった環境の把握を目的としたリモートセンシングデータの適用性について検討してきたものであり、これら研究成果の中から、本論文においては琵琶湖の水温分布について、航空機から観測された興味深い情報の一部を取りまとめ、報告するものである。

2. 航空機MSS観測と画像処理／解析

琵琶湖全域を対象とした航空機によるMSS観測は全13回に及び、その間、飛行高度、飛行コース、観測回数、観測時間、シートルースの内容と方法、画像処理／解析の内容と方法等について多くの検討が行なわれた。ここでは、本論文で扱った航空機MSSデータを中心に、①航空機MSS観測の方法、②シートルースの内容と方法、③画像処理の内容、④画像解析の内容について整理する。

1) 航空機MSS観測 : 航空機MSS観測の飛行高度、飛行コース、飛行方向、飛行回数、飛行時刻について整理すると表-1のとおりである。表中”NW-SE 4コース”とは北西から南東に向けて3つのコースで観測したことを表わしている。また、1984年5月19日から1985年5月27日の観測は日没後から夜明け前の夜間に行なわれたものである。

表-1 航空機MSS観測の諸元

観測年月日	飛行高度	飛行コース	飛行回数	飛行時刻
1984年 5月18日	3000m	NW-SE 4コース	1	8:55-10:2
1984年 5月19日	6000m	NE-SW 3コース	1	4:42- 5:37
1985年 5月26日	6000m	NE-SW 3コース	1	19: 3-20:15
1985年 5月27日	6000m	NE-SW 3コース	1	3:26- 4:24
1985年 5月27日	6000m	NE-SW 3コース	1	4:47- 6: 9

2) シートルース : シートルースは北湖全域を対象に、航空機MSS観測にほぼ同期するように、2～3隻の観測船を前もって定めた観測コースに沿って走行させ、一定の時間間隔毎に表面水温、垂直方向水温、温湿度、風向・風速を測定した。ただし、表面水温測定にはハンディタイプの放射温度計を使用した。また、シートルースに並行して琵琶湖の東側(彦根)においてグラントルースも行なっている。

3) 画像処理 : 航空機から観測されたMSSデータは多くの幾何歪と放射歪を含んでいるため、琵琶

湖の水温分布を知るには、先ずこれらの歪を補正しておかなければならない。また、数コースで観測されていることから、コース間輝度の統一も必要になる。そこで、著者等は幾何補正としてタンジェント補正、オーバースキャン補正、精密幾何補正、放射補正としてシェーディング補正、ラインノイズ補正、コース間輝度補正を実行したのち、デジタルモザイク画像を作成した。

4) 画像解析 : デジタルモザイクされた琵琶湖の航空機MSSデータ (CH11: 熱赤外データ) とシートルースおよびグランドトルースの表面温度データを用いて表面温度分布画像の作成を行なった。具体的には、熱赤外データの CCT値 (シートルースおよびグランドトルースの観測点に対応する位置における値) と湖上および地上で実測した表面温度との関係をステファンボルツマンの式 ($CCT_i = aT_i^4 + b$; $i=1, 2, \dots, n$) で回帰することによって、航空機から観測された熱赤外情報を温度情報に変換した。式中 T は表面温度の実測値を絶対温度に換算した値で、 a, b は最少二乗法で求まる回帰係数を表わしている。

3. 琵琶湖の水温分布とその変化

1) 1984年5月18日 : 5月19日の観測に先立ち北湖の北部水域を中心に観測された熱赤外画像で、塩津湾から姉川河口沖に竹生島を挟んで勇昇流と考えられる2つの冷水塊パターンが見られる。また、長浜から彦根にかけて湖岸に沿って右回りの渦上のパターンが見られ、興味深い現象である。

2) 1984年5月19日 : 我が国で初めて航空機MSSによって観測された夜間における琵琶湖全域の熱赤外画像である。これまでの昼間に観測されていた熱赤外画像では、太陽光の影響を強く受けることが多いのに対し、この画像では琵琶湖々々の水温分布状況を正確に反映している。また、特記すべきは、北湖中央部に見られる2つの渦状の水温分布パターンである。この渦状のパターンは、神戸海洋気象台によって発表された第2、第3 環流にほぼ一致していることから、極めて興味深いものといえる。

3) 1985年5月26, 27日 : 1985年5月26, 27日の両日に観測された3枚の熱赤外画像は、琵琶湖全域を対象に、日没後から日の出前における水温分布を時間の経過とともに追跡したもので、これまでの琵琶湖に関係したMSS観測データの中でも極めて興味深く、貴重な情報である。先ず、日没後に観測された画像では、北湖の水温分布が南湖に向かって、クサビ状に切り込んだパターンを示している。これは、琵琶湖北湖の表層湖水が全体として北から南に流れていることを物語っている。また、琵琶湖大橋付近では、北湖の湖水が南湖に流出していると考えられる水温分布パターンを確認できる。つぎに、27日3時26分から4時24分にかけて観測された真夜中の画像においては、つぎのような興味深い現象を捉えることができる。すなわち、放射・冷却により湖全体としては、日没後より水温が低下しているにもかかわらず、西側水域では日没後に18度前後の水温であったのに対し、真夜中の画像では西側水域の水温が20度前後にまで上昇していることである。このことから、西側水域では湖水が上下で循環したものと考えられる。また、南湖の温かい水が北湖の中層部、低層部に徐々に流出し、温度循環によって表層へ湧昇したとも考えられる。表層においては、依然と北から南に湖水が移動しているパターンが見られる。さらに、27日4時47分から6時9分にかけて観測された日の出前の画像においては、3つの画像を通して最も湖水の水温が低くなっていることに気づく。また、沖の島付近の水域では一度底に潜った彦根沖の低水温湖水が湧昇していると考えられることのできるパターンが見られる。さらに、塩津湾口付近の水域では、塩津湾内から北湖へ流出する水塊と北湖から塩津湾へ流入する水塊がぶつかり合っているようなクサビ状の水温パターンが見られる。この付近の水温パターンを3つの画像を通して見ると、塩津湾口では北湖の湖水と湾内の湖水が交互に流入・流出を繰り返しているように考えられる。

4. おわりに

本論文においては、琵琶湖の表面水温分布について興味深い特徴を示す画像を紹介するとどまったが、この他にもリモートセンシングデータからは推定が難しい垂直水温分布の推定画像の作成、透明度等の水質分布の推定画像の作成等を通して、リモートセンシングデータ利用に対する多くの指針が得られた。

参考文献：大林，高橋，小沢，宮本；熱赤外データを用いた琵琶湖潮流の抽出に関する研究，日本リモートセンシング学会，第6回学術講演会論文集，1986.12, PP. 7~10