

第4章 地表面-大気相互作用

陽炎から地表面による大気加熱を計る

はじめに

顕熱フラックスは、重要な地表面熱収支のコンポーネントであり、日中は大気を加熱して地表面付近の気温を上昇させ、地上付近の気温の日変化を形成する。顕熱フラックスは通常、地上に設置したタワーの上にセンサーを固定し計測するが、これによって風上の1haから1km²の領域の大気加熱が可能である。例えば10km²よりも広い領域の顕熱フラックスを計測する手法が存在する。ここで紹介するシンチロメータは、このような広域の顕熱フラックスを計測する光学器械である。

陽炎

光は真空中では直進するが、大気中ではジグザグに進んでいる。最もわかりやすい例として、遠くの物体が大きく見えたり、小さく見えたり、あるいは歪んで見えたりする蜃気楼が挙げられる。これは暖かい空気と冷たい空気の境界で光が屈折されることによって起こる現象である。

陽炎は、蜃気楼と似ており、大気中の空気の屈折によって引き起こされるが、少し異なる原因によって起こる現象である。陽炎は、日中の舗装道路やバーベキューの鉄板など、強く暖められた表面の上の大気でよく見られ、陽炎を通すと物体がぼやけて見えたり、発光物体が瞬きして見えたりする。陽炎は、下からの強い加熱によって暖められた空気と周囲の冷たい空気が乱流によって強く混合されることによって引き起こされ、大気による光の連続的な屈折が原因である。

シンチロメータ

シンチロメータは、発信器から発した赤外線を受光強度の変動を、受信器で計測する。受光強度の変動は「陽炎の強さ」と考えられ、ここから顕熱フラックスを計算することが出来る。発信器と受信器の間の光のパスの長さは、通常100メートル以上であり、400個以上のLEDを持つディスクからなる発信器を持つ大口径シンチロメータの場合、5kmまでパス長さを伸ばすことも可能である。

具体的には、シンチロメータは受信器で計測した受光強度の変動から温度の空間変動の分散値を計算し、そこから顕熱フラックスを計算する。図1と図2はそれぞれ、大口径シンチロメータの発信器と受信器である。



図1 大口径シンチロメータの発信器



図2 大口径シンチロメータの受信器

参考文献：

- (1) Asanuma and Iemoto, 2007, J. Hydrol., doi:10.1016/j.jhydrol.2006.07.031

航空機データを用いて推定した地表面から大気への熱輸送量

地表面に到達した太陽エネルギーは蒸発散に用いられたり、地中へ伝達したり、大気を暖めることになる。これらの熱分配は地表面付近の環境を決定する要因の一つである。地表面から大気に輸送される熱エネルギーを推定するために、ここでは航空機で測定した気温データを用いた解析を行った。

航空機観測

2003年6, 7, 8, 10月に合計11の航空機観測を実施した。UBを出発し、KBUなどヘルレン川流域を周回しながら、気象測定などが行われた(図1)。本研究で使用した気温データは、KBU周辺地域において地上200, 500, 1000mをそれぞれ水平飛行し、機外に設置した温湿度センサにより0.1秒間隔で測定された(図2)。

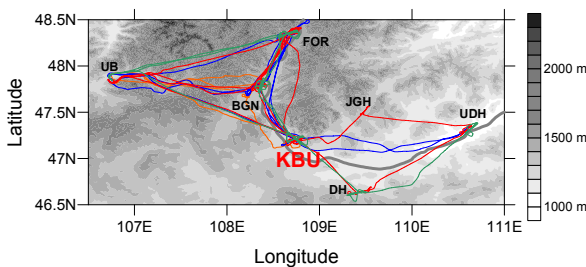


図1 RAISE 航空機観測の飛行経路



図2 航空機に設置した温湿度センサ

熱輸送量の推定

日射により加熱された地表面からは、上向きに熱が輸送されて大気を暖めるが、この上向きの熱輸送により大気中の温度の鉛直分布が決まる。熱輸送の強さに関する温度の分散(変動)の鉛直分布もまた、地表面からの熱輸送量の影響を受けたものである。この関係は、様々な形の関数で表されているが、温度分散が既知の場合には逆に地表面からの輸送量を知ることができる。

そこで、航空機搭載センサにより測定された気温データから地表面からの熱輸送量を計算したところ、地上で観測した値と比較して10-20%の誤差となった。これにより、温度の計測値だけから熱輸送量の推定が可能となり、ほかの地域でも簡単に実施されることが期待される。

この方法を航空機のパス上の地域に適用した。夏季においては、河川近傍、草原、森林の順に輸送量が大きくなるというヘルレン川流域での特徴を見ることができる(図3)。

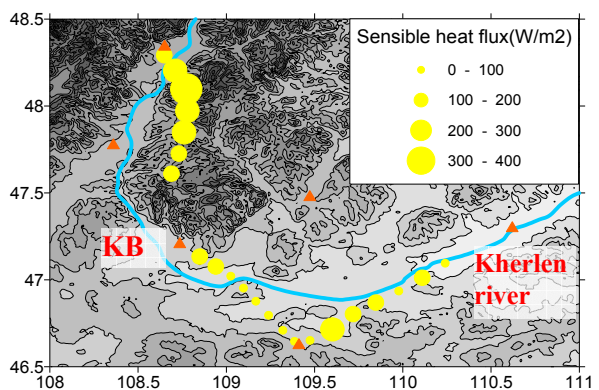


図3 ヘルレン川周辺の飛行経路上の推定熱輸送量(2003年8月22日)

参考文献:

- (1) Kotani and Sugita, 2006: Journal of Hydrology, doi:10.1016/j.jhydrol.2006.07.029.

衛星データとシミュレーションによる土壌水分の推定

はじめに

地球観測衛星は地球表面からのさまざまな状態を検出できる。その中で、多くの研究者が土壌水分の検出に取り組んできた。特にモンゴルでは、植物の成長と地下水涵養のために土壌水分は重要である。モンゴルでは土壌水分の定常観測が行われているが、詳細な土壌水分分布を得るのは困難である。そこで、私たちはコンピュータ・シミュレーションと衛星データを組み合わせて表層土壌水分量の空間分布推定法を開発する研究を行った。

衛星データとシミュレーション

地球観測衛星の MODIS(米国)と GOES-9(米国)のデータによって、地表面温度の空間分布が把握できる。これは地表面の熱収支を計算するコンピュータ・シミュレーションモデルに組み入れられて計算され、蒸発散や土の熱特性(熱慣性)などが出力される。この熱慣性が土壌水分と密接に関連している。こうして、私たちは空間分解能が数キロメートル程度の詳細な土壌水分の空間分布を把握することができる。

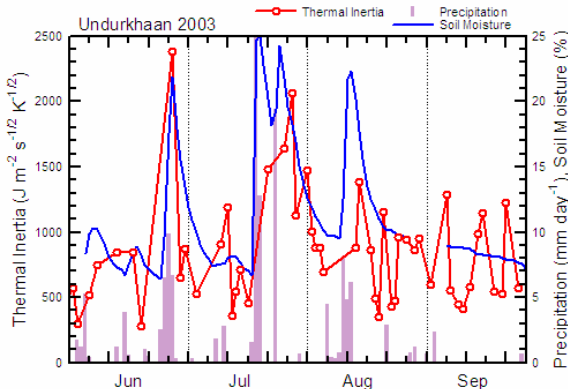


図1 2003年夏のヘンティ県ウンドルハーン市における土壌熱慣性推定値、表層土壌水分観測値、降水量の時系列。

土壌水分の季節変化と空間分布

図1では熱慣性推定値の時間変化が土壌水分量と相関が高いことが示されている。図2は熱慣性の空間分布で、まとまった降雨量があった2日後の分布である⁽¹⁾。

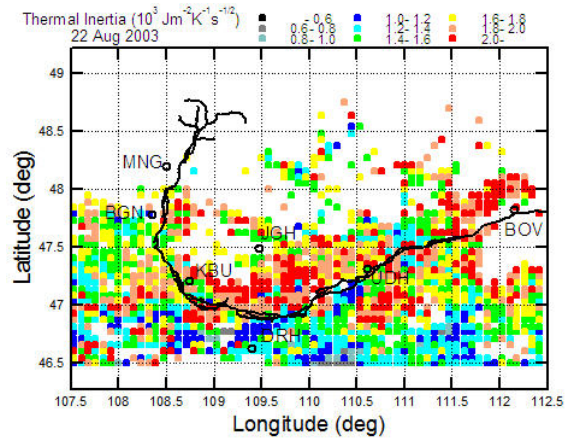


図2 ヘンティ県のヘルレン川流域における土壌熱慣性の空間分布。

このようにして得られた熱慣性は地球観測衛星 AMSR-E によって検出された 10km スケール土壌水分量推定値と月平均ベースで一致していることが示された(図3)。

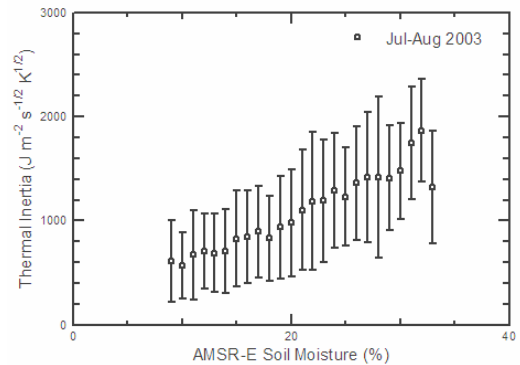


図3 土壌熱慣性推定値と AMSR-E による土壌水分量推定との比較。

参考文献：

- (1) Matsushima, 2007: J. Hydrol, 333 86-99.