

京都大学工学部 正員
 京都大学工学部 正員
 京都大学大学院 学生員 ○

高埴琢馬 京都大学工学部 正員 推葉充晴
 立川康人 京都大学大学院 学生員 原井真一
 片岡武

1 はじめに リモートセンシング (RS) データの分解能は人工衛星によって異なり、RSデータを用いて推定した各物理量はRSデータの分解能が影響している。そこで本研究では、広域陸面での熱収支を推定するための基礎的研究として、RSデータの分解能が純放射量 R_n 、顕熱フラックス H 、潜熱フラックス LE 、地中熱フラックス G の推定値に及ぼす影響を調査し、その結果について考察する。利用したデータは、航空機MSSのRSデータ(空間分解能6.25m)である。対象領域は、愛知県瀬戸市南部から長久手町北部にかけて、森林、裸地、市街地、田が混在する長軸6,750m、短軸3,375mの長方形領域で、データの取得日時は、1992年10月18日午前11時40分頃である。なお、この日は航空機MSSによるRSデータの取得時刻と同期して、地上で放射温度計を用いて地表面温度観測を行なった。

2 地表面の熱収支 地表面における熱収支は、

$$R_n = LE + H + G \quad (1)$$

ただし

$$R_n = (1 - \alpha)S_1 + L_1 - \varepsilon\sigma T_s^4 \quad (2)$$

で、 α はアルベド、 S_1 は日射量、 L_1 は大気放射量、 $\varepsilon\sigma T_s^4$ は地表面からの熱放射量であり、 ε は射出率、 σ はステファン・ボルツマン定数、 T_s は地表面温度[K]である。

2.1 純放射量の推定 日射量 S_1 はRSデータ取得日時の観測値を用い、大気放射量 L_1 はオングストローム・リンクが示した次の関係式を用いて求めた。

$$L_1 = (0.806 - 0.236 \times 10^{-0.052e})\sigma T_a^4 \quad (3)$$

ここで、 T_a 、 e は、地上1.5mの気温[K]、蒸気圧[m]である。アルベド α は、土地被覆分類項目ごとに与えた。上向き長波放射量 $L_1 (= \varepsilon\sigma T_s^4)$ は、グランドトゥールズによるデータをもとに

case1: CCT値と上向き長波放射量 L_1 との間に線形

関係を仮定した場合

case2: CCT値と地表面温度 T_s との間に線形関係を

仮定した場合

の2通りの方法で回帰式を求め、算定した。

2.2 顕熱フラックスの推定 対象領域の顕熱フラックスは、次式により推定した。

$$H = \rho c_p C_H(Z_1, Z_2) \{T_s - T(Z_1)\} U(Z_2) \quad (4)$$

$$C_H(Z_1, Z_2) = \frac{\kappa^2}{\log \frac{Z_1}{Z_0} \log \frac{Z_2}{Z_0}} \quad (5)$$

ここで、 c_p は空気の定圧比熱[J/KgK]、 ρ は空気の密度[Kg/m³]、 $C_H(Z_1, Z_2)$ はバルク係数、 $T(Z_1)$ は高度 Z_1 [m]の気温[K]、 $U(Z_2)$ は高度 Z_2 [m]の風速[m/s]、 Z_0 は地表面粗度[m]、 κ はカルマン定数である。

2.3 地中熱フラックスの推定 地中熱フラックスは、次式により求めた。

$$G = a_r \times R_n \quad (6)$$

a_r は地表面の状態によって異なる比例定数である。

2.4 潜熱フラックスの推定 上記の推定値をもとに式(1)を使って潜熱フラックスを求めた。

$$LE = R_n - H - G \quad (7)$$

なお、土地被覆分類ごとに与えた各パラメーターを表1に示す。

表1 土地被覆分類項目ごとの各定数の値

	アルベド α	射出率 ε	粗度 z_0 [m]	$a_r = \frac{G}{R_n}$
森林	0.11	0.986	$1.0 \times 10^{\pm 0}$	0.04
裸地	0.30	0.980	1.0×10^{-2}	0.30
集落	0.30	0.975	3.0×10^{-1}	0.40
田	0.15	0.930	1.0×10^{-2}	0.15
果樹園	0.16	0.986	2.0×10^{-2}	0.12
水面	0.08	0.993	1.0×10^{-5}	0.20

3 分解能の異なるRSデータの作成 航空機MSSのRSデータをもとに、以下のような手順で作成したデータを分解能の異なるデータとして代用した。

分解能を落して1画素の大きさを n 倍にする場合、

1. 航空機MSSのRSデータによる画像全域に渡り、

$n \times n$ 個の画素の大きさを新たなデータの1つの画素の大きさとする。

2. $n \times n$ 個の画素の値の平均値を求める。

3. 2で求めた平均値を1で作成した新たなデータの画素の値とする。

以上のような操作を $n = 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 12, 15, 18, 20$ の場合について行った。

4 土地被覆分類図の作成 本研究では、対象領域の航空写真を取得しており、詳細な情報が得られていたので、土地被覆分類図を作成するにあたって、最尤法を用いた教師付分類を行った。土地被覆分類項目の数は分解能により異なり、航空機 MSS の RS データの画素の大きさと比較して画素の大きさが 1.2 倍では 6 種類、3、4、5、6、9、12 倍では 5 種類、10、15、18、20 倍では 4 種類とした。

5 推定結果とその考察 RS データの分解能が変わると、純放射量、各熱フラックスの対象領域全域での推定値がどのように変化するかを以下に示す。

5.1 純放射量と分解能の関係 どの分解能のときでも case1 の場合と case2 の場合との純放射量の差は、推定値の 3% 未満であり、case1 と case2 のどちらの関係を使っても、純放射量を求めるためには大差はなかった。また、平均化を行わない場合と行った場合との純放射量の差は case1 で最大 3.2%、case2 で最大 2.5% であり、これらの差は無視できる範囲である。よって、各推定値の差の推定値全体に対する割合から考えると、本研究で取り扱った分解能では、分解能が土地被覆分類結果に影響し、土地被覆分類結果が純放射量に影響しているにもかかわらず、純放射量は分解能にほとんど依存しないと言える。

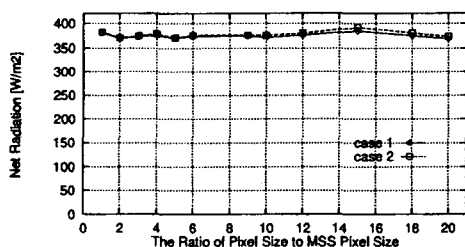


図1 画素の拡大率に伴う純放射量の変化

5.2 顕熱フラックスと分解能との関係 図2のように推定結果はばらつく。これは分解能が異なると土

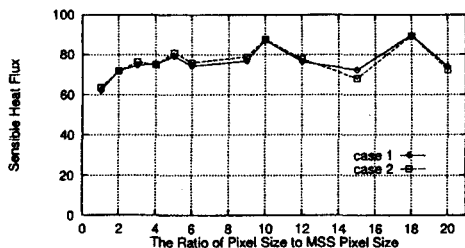


図2 画素の拡大率に伴う顕熱フラックスの変化 土地被覆分類結果が変わり、地表面粗度が変化するためである。

5.3 地中熱フラックスと分解能との関係 case1 と case2 の地中熱フラックスがほとんど変わらなかったのは、case1 と case2 の純放射量の差は少なく、さらに α_r をかけて地中熱フラックスを求めたためである。

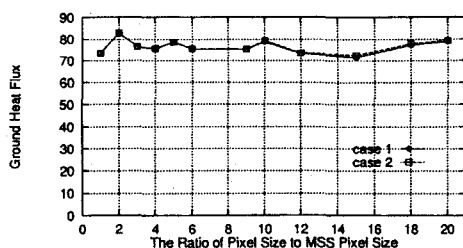


図3 画素の拡大率に伴う地中熱フラックスの変化

5.4 潜熱フラックスと分解能との関係 潜熱フラックスは、式(7)のようにして求めたので、純放射量、顕熱フラックス、地中熱フラックスの推定結果が直接影響している。

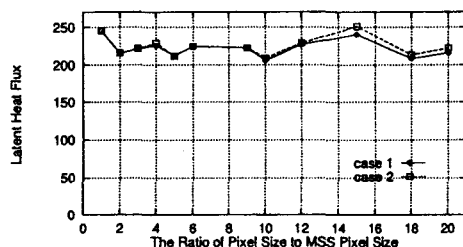


図4 画素の拡大率に伴う潜熱フラックスの変化

6 結論

1. RS データを使って地表面の熱収支を推定する場合、各推定結果は土地被覆分類結果つまり分解能に大きく影響を受けるが、純放射量は分解能が変化してもほとんど変わらない。
2. RS の熱バンドのデータを地表面からの上向き長波放射量と地表面温度との 2 つの物理量に対応させた結果、この対応の違いが地表面の熱収支の推定値に及ぼす影響はほとんどない。

参考文献

- [1] 宝 馨・立川 康人他：矢田川航空機実験及び同期地上観測実験について、水文・水資源学会誌, Vol 6, No. 1, pp. 71—75, 1993.
- [2] 竹内清秀・近藤純正：大気科学講座 1 地表に近い大気, 東京大学出版会, 1981.
- [3] 川島茂人：航空機 MSS データによる地表面熱収支分布の評価, 天気, Vol.33, pp. 47—58, 1986.