

衛星データを活用した山地斜面水文状態把握の試み

国土交通省 国土技術政策総合研究所 中谷 洋明, 金澤 瑛, 三浦 俊介
株式会社パスコ ○吉田 巧, 橋本 裕紀, 平田 育士, 柴山 卓史

1. はじめに

土砂災害の危険性の把握や避難情報の発令などにおいて、山地斜面の水文状態を把握することは重要である。しかし、広く面的に山地斜面の水文状態を把握することは困難である。地表の水文状態に応じて地表面温度が変化することが指摘されており（玉川ら, 1988）、また人工衛星によって観測した赤外線強度から地表面温度の把握が可能であることから、人工衛星を活用することによって広く面的に山地斜面の水文状態が把握可能になることが期待される。そこで本稿では、人工衛星の観測データを活用して山地斜面の水文状態の把握を試みた結果を報告する。

2. 方法

既往研究によると、地表が湿潤した状態では地表面温度（land surface temperature; 以下、LST という）の上昇が抑制されることが指摘されていることから、地表が湿潤した状態ではLSTは相対的に低く、乾燥するにつれて上昇する傾向が見られることが予想される。そこで、人工衛星によるLSTの観測結果と地表の水文状態を表す指標を比較し、予想される傾向が見られるか確認した。

2.1. 対象地域と分析に用いたデータ

対象範囲はアメダス観測結果との比較ができるよう、アメダス観測所近傍に位置する滝川（タキガワ）流域、小椋川（コトチガワ）流域、芳野川（ハウノガワ）流域とした（図-1）。LSTは、Yamamoto et al., (2018)で提案された手法に基づき、静止気象衛星ひまわり8号で観測された熱赤外バンド（空間分解能：2km）より計算した結果を用いた。また、地表の水文状態を表す指標として土壌雨量指数を用いた。土壌雨量指数は、気象庁が示すタンクモデルを用い、30分ごとの解析雨量をもとに計算した。

2.2 LST に影響を及ぼす要因の分析

LSTをもとに地表の水文状態を把握するためには、LSTに影響を及ぼす要因を明らかにし、影響が大きい要因についてはその影響を取り除く必要がある。そこで、比較的大きい降

雨が複数あった2018年7月から8月を対象に、対象流域における毎時のLSTの流域平均とアメダス観測結果等を比較し、LSTに大きく影響する要因を確認した。また、LSTから要因の影響を取り除く方法を検討した。

2.3 LST と土壌雨量指数等との関係分析

比較的大きい降雨が複数あった2018年7月から8月を対象に、LSTと土壌雨量指数を時系列で比較した。

3. 結果

3.1. LST に影響を及ぼす要因の分析結果

LSTに影響を及ぼす要因は多岐にわたるが、特に気温の影響が大きいと予想されたため、LSTと気温の関係について分析した。

まず、対象期間におけるLSTとアメダスによる気温の観測結果を時系列に比較した。あわせて、両データの変化傾向を確認するため、24時間移動平均線を比較した（図-2）。その結果、両データの変化傾向が類似しており、気温の影響が大きいことが分かった。また、両データを散布図（図-3）に示すと、流域によらず、LSTと気温の決定係数は0.6以上であり強い相関が認められた。

次に、LSTから気温の影響を取り除く方法を検討した。図-3より両データには強い相関が認められることから、両データの関係式をもとに気温に応じたLSTを推定（LST推定値と呼ぶ）し、実際のLSTの観測結果からLST推定値を引くことで影響を取り除くこととした。このようにして得られるLSTの残差（LST残差と呼ぶ）を指標として比較に用いた。

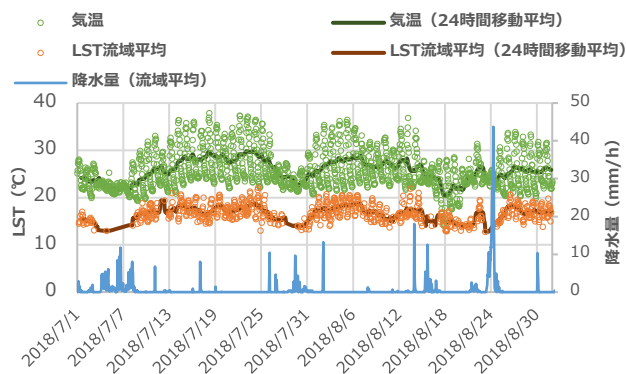


図-2 気温とLSTの時系列比較

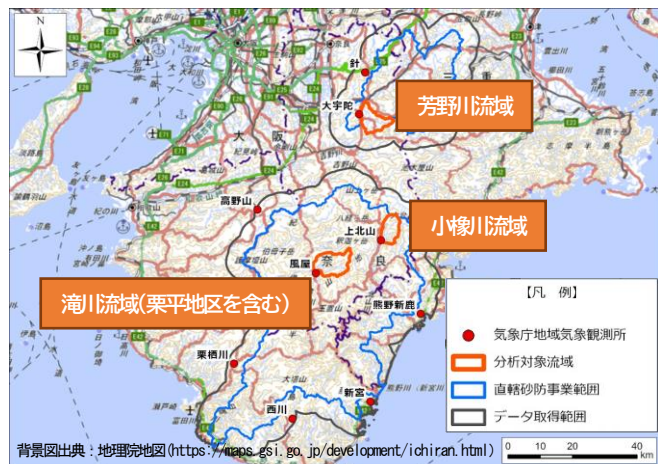


図-1 分析の対象流域

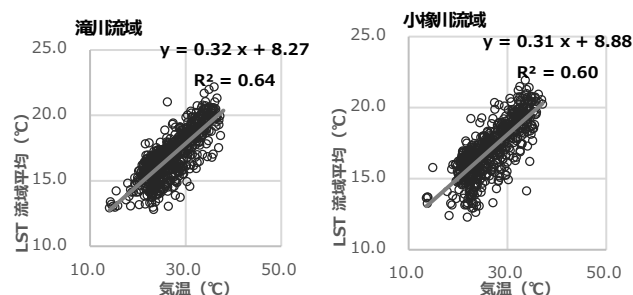


図-3 気温とLSTの関係

3.2 LST 残差と土壌雨量指数の時系列比較

図-4 から図-6 に、各流域における LST 残差と土壌雨量指数の時系列比較結果を示す。滝川流域では 8/24 前後、小椋川流域や芳野川流域では 7/31 前後や 8/24 前後に、土壌雨量指数が大きい間は LST 残差が負の小さい値をとり、その後、土壌雨量指数が低下するにつれて LST 残差が上昇するような、予想した傾向が見られた。一方で、いずれの流域においても 8/12 前後では土壌雨量指数が低い状態が続いているにも関わらず LST 残差が負の値になっているなどの傾向も見られた。また、土壌雨量指数の変化が小さい場合には、LST 残差のばらつきの影響によって変化の傾向が明瞭には見られなかった。

4. 考察

いくつかの降雨後において、土壌雨量指数が大きい値から減少していく過程で LST 残差が上昇するような、予想した傾向がみられたことから、LST 残差の推移が地表の乾燥過程を表している可能性が考えられる。また、土壌雨量指数が大きい場合には LST 残差が負の小さい値を示し、土壌雨量指数が小さい場合には LST 残差が正の大きい値を示す確率が高いことが予想され、その場合には LST 残差から土壌雨量指数の大小を推定できる可能性がある。そこで、LST 残差と土壌雨量指数の関係を散布図に整理した。あわせて、LST 残差は土壌雨量指数ではなく雨量によって一定の変化傾向を示している可能性も考えられることから、LST 残差と解析雨量の関係についても散布図に整理した。なお、解析雨量は対数軸で表現し、解析雨量が 0mm のデータが多数あるものの対数軸では表現できないため、便宜的に解析雨量が 0.001mm 以下のデータは 0.001mm として表示した。ここでは、滝川流域における結果を図-7 に示す。

全体的に土壌雨量指数が小さいデータが多く LST 残差のばらつきが大きい一方、土壌雨量指数が一定以上に大きいデータは LST 残差が負の範囲に多く分布する傾向が見られた。LST 残差が正の範囲には土壌雨量指数が小さいデータが多く、LST 残差が負の範囲では土壌雨量指数が一定以上に大きいデータを含めてばらつきが大きいことから、LST 残差が一定以下に小さい場合には相対的に土壌雨量指数が大きい値をとる確率が高いと言える。一方、LST 残差と解析雨量の関係からはこのような傾向が見られなかったため、LST 残差は降雨では無く、降雨後に遅れて変化する土壌雨量指数によく対応しているものと考えられる。

5. まとめ

本検討では、ひまわり 8 号の観測データを活用し山地流域の水文状態の把握を試みた。LST 残差と土壌雨量指数を時系列に比較した結果より、土壌雨量指数が一定以上に大きい降雨の際に土壌雨量指数が大きい間は LST 残差が負の小さい値をとり、その後、土壌雨量指数が低下するにつれて LST 残差が上昇するような傾向が見られた。また、LST 残差は土壌雨量指数のように降雨から遅れて変化する物理量との間に一定の対応関係が見られた。土壌雨量指数が地表の水文状態を適切に現しているかどうかは不明ではあるが、衛星データによって山地斜面の水文状態を把握できる可能性が見出された。

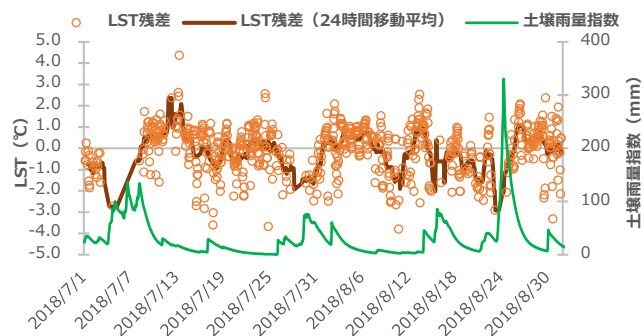


図-4 LST 残差と土壌雨量指数の時系列比較(滝川流域)

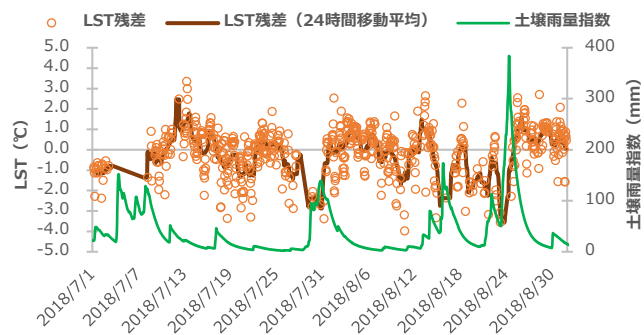


図-5 LST 残差と土壌雨量指数の時系列比較(小椋川流域)

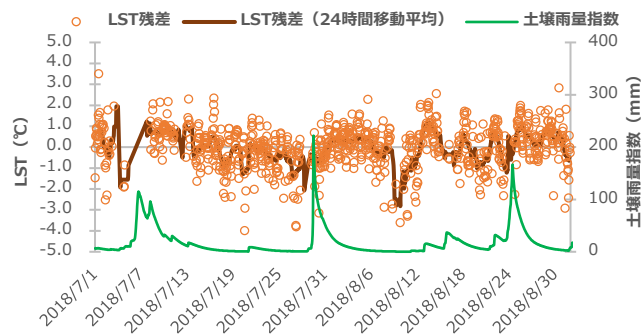


図-6 LST 残差と土壌雨量指数の時系列比較(芳野川流域)

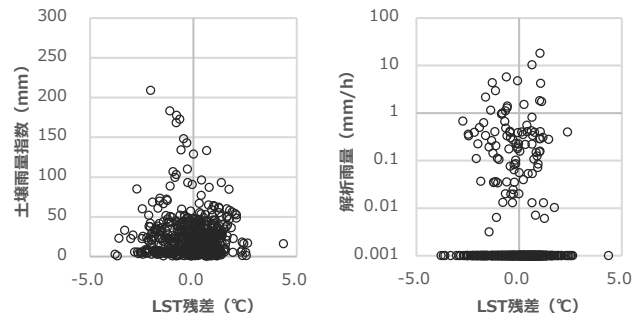


図-7 LST 残差と土壌雨量指数及び雨量の関係 (滝川流域)

【参考文献】

- 1) 玉川一郎, 山田道夫, 池淵周一, 光田寧 (1988) : 地表面水分量と地表面温度の変化との関係について, 京都大学防災研究所年報, 第 31 号 B-1
- 2) Yuhei YAMAMOTO, Hirohiko ISHIKAWA, Yuichiro OKU, Zeyong HU, An Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval Using Three Thermal Infrared Bands of Himawari-8, Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, 2018, Volume 96B, Pages 59-76, Released on J-STAGE March 16, 2018