

Brutsaert-Stricker 法による広域蒸発散量推定の試み

山梨大学工学部 正 員 ○石平 博
山梨大学大学院 船田 晋
山梨大学大学院 岩淵 智世
山梨大学工学部 正 員 竹内 邦良

1. はじめに

蒸発散は、大気 - 陸域間での水・エネルギー循環における極めて重要な水文プロセスである。しかしながら、蒸発散は地表面状態や地形、気象状況などさまざまな因子の影響を受けるため、蒸発散量の時空間分布の把握は非常に困難である。さらに広域場を対象とする場合、乱流計測などの直接的な蒸発散量測定法は適用できないため、熱収支法、バルク法などの間接的な推定手法を用いなければならない。このような蒸発散量推定手法の一つとして、補完関係に基づく Brutsaert and Stricker(1979)の方法がある。この推定法は、土壌水分が減少した場合の蒸発散量減少効果をモデル内に含んでいる点が大きな特徴であり、少数の気象要素で実蒸発散量を推定できるモデルである。本研究では、Brutsaert and Stricker の手法(以下、B-S 法)と、衛星、地理情報を組み合わせることにより、広域蒸発散量の推定を試みるとともに、他の手法との比較を通じ、モデルの適用性を検証する。

2. B-S 法による蒸発散量推定の原理

Bouchet(1963)は、実蒸発量 E 、大気が要求する可能蒸発量 E_p 、土壌水分が十分あり $E_p=E$ である時の蒸発量 E_{p0} の間には、 $E+E_p=2E_{p0}$ のような補完関係が成り立つことを示した。この補完関係式において、 E_{p0} に Priestley and Taylor の平衡蒸発、 E_p に Penman 蒸発を用いることにより、実蒸発量 E は以下の式より求められる(Brutsaert and Stricker(1979))。

$$E = (2\alpha - 1) \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} (R_n - G) - \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(U_2)(e_s - e_a) \quad (1)$$

ここで、 R_n ：純放射量 G ：地中熱流量 Δ ：飽和水蒸気圧曲線の勾配 γ ：乾湿計定数 $f(U_2)$ ：風速関数 e_s ：飽和水蒸気圧 e_a ：水蒸気圧である。なお、 α の値は、Priestley and Taylor 式で用いられている 1.26 を採用した。図 - 1 は、筑波大学水理実験センター内圃場における E の実測値と(1)式による推定値とを比較したものである。この図より、(1)式による日単位程度での蒸発散量推定の妥当性が確認された。

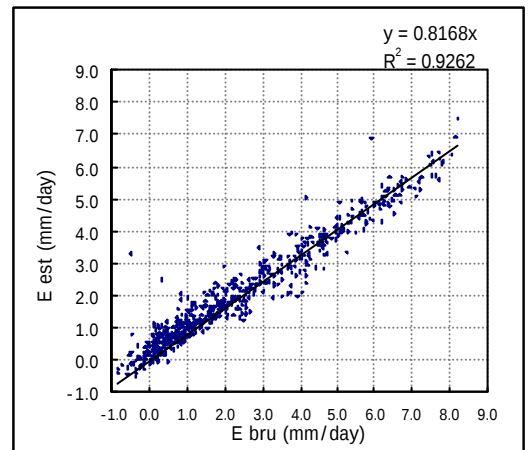


図 - 1 B-S 法による E の推定結果
(横軸：B-S 法、縦軸：実測値)

3. B-S 法による広域蒸発散量の推定

次に、B-S 法と衛星、地理情報を組み合わせることにより、広域蒸発散量の推定を試みる。ここで、B-S 法への入力気温、湿度、風速、純放射であるが、各要素の空間分布については以下のようにして与える。

- 1) 気温：数値標高データ(GTOPO30, 解像度約 $1\text{km} \times 1\text{km}$)を用い、各メッシュ点標高と気象観測所の標高差および気温減率からそのメッシュ点の値を求めた。
- 2) 純放射：1)と同じメッシュ点において、気温、日照率、アルベドなどから推定した。なお、気温については上記 1)を用い、日照率については、衛星画像(NOAA/AVHRR Ch2)より得られる反射率と気象官署で観測された日照率との相関関係から推定した。また、アルベドは土地被覆分類に応じて与えた。
- 3) 水蒸気圧、風速：今回は、気象観測所(河口湖)の観測値を一様に与えた。

キーワード 蒸発散 補完法

連絡先 (〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 電話 055-220-8602 FAX 055-253-4915)

以上の推定方法を用いて東経 138 ° ~ 140 °、北緯 35 ° ~ 36 ° の山梨県-東京都を中心とした領域を対象とし、1995、1996 年の 2 年間について蒸発散量の推定を行った。図 - 2 は、対象領域内の蒸発散量分布図である。この領域内において得られた平均年蒸発散量推定値は 880mm 強であり、これはやや大きめの値であるが、この原因として、海面からの蒸発量が領域内に含まれていること、今回用いた $\alpha=1.26$ が適切でない可能性があること(杉田(1997)の検討では $\alpha=1.15$)などが挙げられる。しかしながら、全体的には、ほぼ妥当な推定値が得られていると考えられる。

4. 推定結果の検証ならびに他の手法との比較

上記推定手法の妥当性を検証するために、流域水収支法から推定された蒸発散量との比較を行う。なお対象流域は相模川流域であり、月単位蒸発散量で比較を行った。図 - 3 は、水収支法によって得られた蒸発散量と本研究で提案された手法により推定された蒸発散量の 1995、1996 年における変化をあらわしている。水収支法による値はある程度ばらつきがあるものの、両者の値は良く対応しており、また季節的な変化のパターンも類似している。この結果より、面的な蒸発散量についても本手法による推定の妥当性が確認された。

また、図 - 3 には、B-S 法の比較対象として、衛星画像から得られる植生指標(NDVI)を用いた推定結果も示されている。一般に、植生指標と蒸発散量には良い相関関係があることが知られており、これを用いた広域蒸発散量推定手法も、いくつか提案されている(たとえば、多田ほか(1994))。今回は、NOAA/NCDC が作成した全球陸域の NDVI データセットより抽出した、対象流域における 1985 ~ 1997 年の月平均 NDVI と同期間において流域水収支から求めた月蒸発散量との回帰分析より得られた以下の式を用いた。

$$E=316.4 \text{ NDVI}+15.0 \quad (2)$$

(2)式を用いた場合にも、ほぼ妥当な推定結果が得られているが、冬期間(11 ~ 2 月)においてやや過大評価の傾向が見られ、この部分については B-S 法の方がより水収支に近く、より高い推定精度が得られている。

5. まとめ

- ・ B-S 法と衛星、地理情報を組み合わせることにより、広域蒸発散量の推定を行った。
- ・ 流域水収支から得られた蒸発散量により計算結果を検証した結果、本手法による推定値の妥当性が確認された。

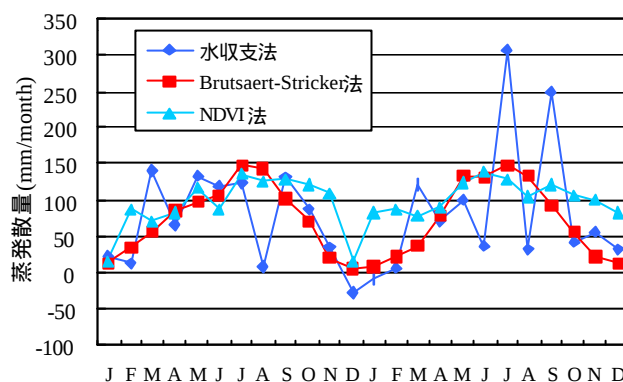
[謝辞] 本研究では、衛星画像として東北大学大型計算機センターの画像データベース JAIDAS のデータを使用し、蒸発散量の実測値などのデータについては、筑波大学水理センター提供のものを使用した。また、土地被覆データについては University of Maryland 作成のものを用いた。ここに記して謝意を表する。

[参考文献]

- Bouchet, R. J. (1963) : Publ. No.62, 134-142, Int. Ass. Sci. Hydrol.
 Brutsaert and Stricker(1979) : An Advection-Aridity Approach to Estimate Actual Regional Evapotranspiration, Water Resource Research, Vol15, pp.443-450
 杉田倫明(1997) : 補完関係法による蒸発量推定の可能性, 文部省重点領域研究、陸域班最終報告書, pp.108-111
 多田毅ほか(1994) : NDVI を用いた広葉樹林帯の蒸発散分布推定, 水文・水資源学会誌 Vol.7 No.2, pp114-119



図 - 2 蒸発散量分布図(1995-1996)
白い部分が蒸発量の多い所



図—3 相模川流域における蒸発散量の比較