

II-29

AMeDAS日照時間データによる総合的な実時間日射量算定手法に関する検討

長岡技術科学大学大学院 学生会員 島崎彦人
 長岡技術科学大学 正会員 陸 旻皎
 長岡技術科学大学 正会員 小池俊雄

1 はじめに

近年の地球環境問題への関心の高まりの中で、蒸発散や融雪などの熱交換を伴う地表面水文循環プロセスの把握が重要視されるようになってきた。しかし、これらのプロセスの主たるエネルギー源である、日射についてのルーチ的な観測は、観測密度の低い全国67地点の気象官署において行われているにすぎず、日本全国にわたる詳細な日射量分布を把握するためには、データ量が不十分である。そのため、より高密度に全国展開されているAMeDAS（地域気象観測システム）の日照時間データから日射量を算定する手法が、多くの研究者によって提案されてきた。

これまでに提案されてきた算定手法のほとんどは、日単位の日射量を算出し、あらためて時間配分を行い、時間日射量を求めるものであった。この方法では、実時間で蒸発散や融雪などの日周変動を表現することは困難である。これを可能にするためには、実時間の日射量データが必要不可欠である。

以上のような背景のもとで、本研究では、陸ら（1994）¹⁾により提案された実時間日射量算定式を発展させ、全国展開可能な実時間日射量算定手法の開発を目指すものである。

2 実時間日射量算定式

算定式の導出にあたっては、1991年、全国12箇所のサンプル地点（札幌、根室、輪島、松本、土浦、米子、清水、潮岬、福岡、鹿児島、那覇、石垣島）の気象官署で観測された、全天日射量、直達日射量および散乱日射量のデータとその近傍の気象庁AMeDASの日照時間データを使用した。ここで、AMeDAS日照時間データとは1時間内に直達日射量が $0.432 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上となる割合を0～10の指標で表したものである。

(1) 直達日射量の算定

本研究では、雲の無い綺麗な大気を通過した後の直達日射量 $DR_{\max}$ を以下の式を用いて求め、これを直達日射の入射量の指標とした。

$$DR_{\max} = I_{00} \cdot \left(\frac{d_0}{d}\right)^2 \cdot \exp(-n \cdot a_1 \cdot m) \quad \dots (1)$$

$$\left(\frac{d}{d_0}\right) = 1.0 + 0.017 \cdot \cos \left[\frac{2\pi}{365} (186 - D) \right]$$

$$a_1 = 0.128 - 0.054 \cdot \log_{10} m$$

$$m = \frac{1}{\sin \alpha + 0.015(\alpha + 3.885)^{-1.253}}$$

$$\sin \alpha = \sin \phi \cdot \sin \delta + \cos \phi \cdot \cos \delta \cdot \cos \tau$$

ここで、 I_{00} は太陽定数 ($4.921 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}/\text{hour}$) である。 d 、 d_0 は地球・太陽間距離とその平均値である。 D はユリウス日 ($1 \leq D \leq 365$ or 366) である。 n は大気の汚濁度を表す指標で時間と場所によって変化する値であり、ここではサンプル地点の平均値 $n=2.23$ を用いる。 a_1 は分子散乱係数である。 m は大気路程である。 α は太陽高度であり、 ϕ は緯度（+は北緯、-は南緯）、 δ は太陽の赤緯、 τ は太陽の南中からの時角である。

図1は直達日射の観測値を地球・太陽間距離の変化に応じて補正した値 $DR \cdot (d/d_0)^2$ と大気路程 m の関係を示している。図中の曲線は式(1)に $(d/d_0)^2$ を乗じたものであり、この曲線が直達日射量の上限值となっていることから、式(1)が指標として妥当であることが分かる。

なお、大気の汚濁度 n の値を変化させ、曲線が観測値の上限值と一致するときの n の値を、その観測地点固有の大気の汚濁度と考える。

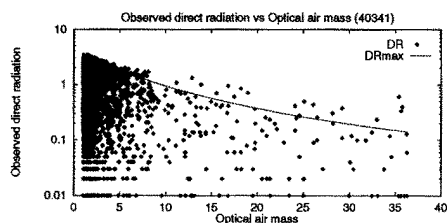


図1 Relation between optical air mass and direct radiation

さらに、直達日射量と日照時間との関係を調べるために、直達日射比 $DR/DR_{\max}$ と現在の日照時間 N_c と1時間前の日照時間 N_p をプロットした（図2）。

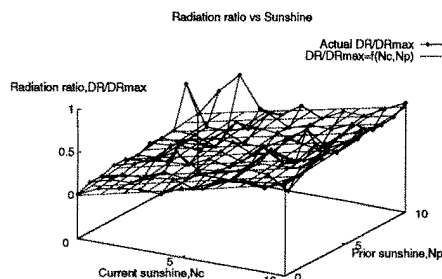


図2 Relation between sunshine duration and radiation ratio

ここで、1時間前の日照時間 N_p を使用したのは、直達日射量が日照時間の前後の変化に強く影響を受けることを考慮したためである。図2より、次式を得る。

$$\frac{DR}{DR_{max}} = 0.0205N_p + 0.0560N_c - 0.0005N_c \cdot N_p \quad \dots (2)$$

(2) 散乱日射量の算定

散乱日射量に対しても直達日射量の算定と同様なアプローチを行い、散乱日射の観測値 DF と大気路程 m の関係をプロットし（図3）、散乱日射量の上限值を表す次式を得る。なお、土浦地点以外は、式(5)に全天日射量 GL と直達日射量 DR の観測値を代入し、散乱日射 DF を求め、これを観測値とした。

$$DF_{max} = 2.4327 \cdot \left(\frac{do}{d}\right)^2 \cdot m^{-1.0784} \quad \dots (3)$$

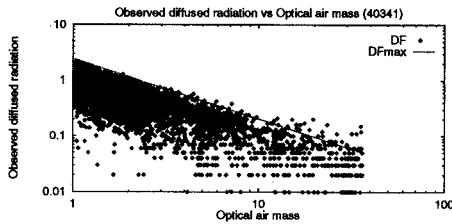


図3 Relation between optical air mass and diffused radiation
さらに、全国において平均的な散乱日射比 DF/DF_{max} と日照時間 N_c との関係をプロットし（図4）、次式を得る。なお、回帰曲線を求める際に、日照時間 $N=0$ および10のデータは性質が異なるため除外した。

$$\frac{DF}{DF_{max}} = 0.6081 + 0.0531N_c - 0.0063N_c^2 \quad \dots (4)$$

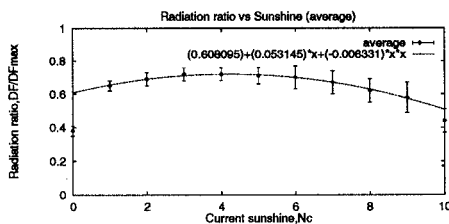


図4 Relation between sunshine duration and radiation ratio
(3) 全天日射量の算定

全天日射量 GL は、受光係数 $\sin \alpha$ を用いて水平面に入射する直達日射量 $DR \cdot \sin \alpha$ を求め、これと散乱日射量 DF との和をとることにより、次式のように求める。

$$GL = DF + DR \cdot \sin \alpha \quad \dots (5)$$

3 適合性の検討と考察

上記の式(1)～(5)を用いて、1991年の全国12地点のAMeDAS日照時間データ N （ $N=0$ および10のデー

タは除いた）から各地の直達日射量 DR 、散乱日射量 DF および全天日射量 GL を求めた。この計算結果を用いて、本算定式の適合性をMSEQの観点から検討する。MSEQは本来、計算ハイドログラフと観測ハイドログラフの一致度の評価指標の1つであり、菅原ら（1986）²⁾によって次式で示されている。

$$MSEQ = \frac{\left\{ \sum (QE(J) - Q(J))^2 / n \right\}^{1/2}}{\left\{ \sum Q(J) / n \right\}}$$

ここで、 $QE(J)$ 、 $Q(J)$ にはそれぞれ1時間当たりの日射量の計算値、観測値を代入した。参考例として、札幌、土浦および那覇についての計算結果を図5に示す。

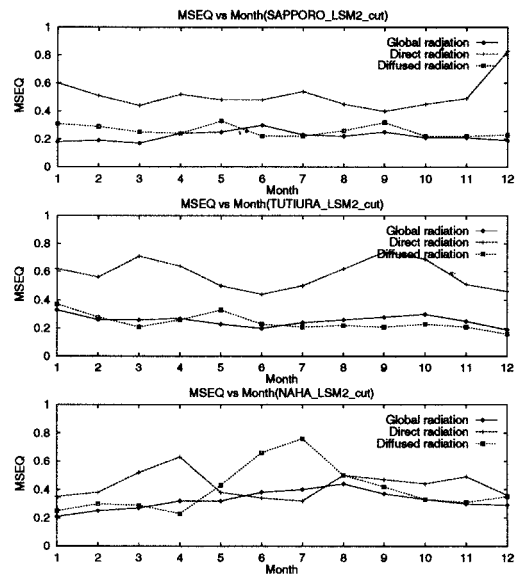


図5 MSEQ

MSEQの計算結果から、日照時間データ $N=0$ および10のデータを除外した場合、本算定手法は日本全国にわたって平均的に妥当な適合性を有することが明らかになった。また、過去の研究成果と比較しても、同程度の精度が得られることも示された。さらに、式(1)に対して各地に固有の大気の汚濁度 n の値をそれぞれ採用することにより、適合性をさらに高められることも確認できている。今後は、 n の値をモデル化し、より適合性の高い実時間日射量算定手法の開発を目指す。

<参考文献>

- 1) 陸ら：AMeDASデータによる実時間日射量算定について、土木学会第49回年次講演会概要集、pp246-247、1994。
- 2) 菅原ら：パーソナルコンピュータのためのタンクモデルプログラムとその使い方（第2報）、防災科学技術研究資料第113号、1986。