

中山間地域における日射量分布推定とその活用

富山県林業技術センター
林業試験場

主任研究員 中 井 正 樹

(前, 富山県農業技術センター・山村特産指導所)

1. はじめに

中山間地域における農業においては、市場からの距離が遠いこと等による販売上の不利な点もさることながら、急傾斜、低日照条件等の生産環境上の不利な点が産地形成を抑制する要因となっている。このため、品目によっては、収量性が低くなるばかりでなく、圃場条件が急傾斜かつ小区画であるため、大型機械の搬入が困難で、規模拡大も容易ではない。

しかし、複雑地形地であるために多様な気象環境が存在し、多様な日射量・温度分布を活かした品目の導入により有利な生産が展開されている産地もみられる。

このように当該地域における多様な自然環境を活用し栽培に応用するため、日射量の分布をメッシュ毎に推定し、適する品目を選定することは、中山間地域の産地形成において重要な方法の1つである。そこで250mメッシュの日射量の分布推定を行うとともに、山菜類を中心とした栽培適地の判定を試みた。

図1 富山県上平村での日射量推定値と実測値との比較

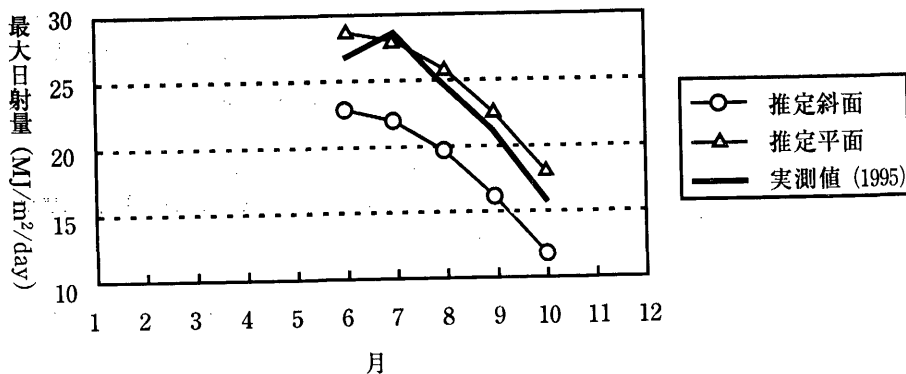
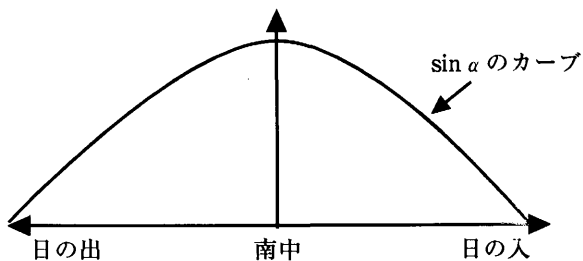


図2 1日の太陽の位置の変化



○太陽のある時刻における方位 (時角)

・ x時y分の時角 = ω
 $\omega = 15^\circ \times \{x + (y/6) - 12\}$

◎太陽の高さを求める公式

・ $\sin \alpha = \sin \delta \cdot \sin \phi + \cos \delta \cdot \cos \phi \cdot \cos \omega$
 緯度 ϕ , 赤緯 δ 地点の x時 y分の時角 ω の太陽高度 α

2. 250mメッシュ日射量推定モデル

1) 本モデルの特徴

国土数値情報等を活用した250mメッシュの日射量分布の推定方法の基礎は、黒瀬ら(1991)により確立されており、筆者も実測値との比較を行いその精度の高さを検証した(図1)。

本モデルの特徴は、①国土数値情報を利用することから全国に適用できる、②メッシュサイズが250mであるため地形が複雑な地域に適している、③周囲の地形が直達日射を遮蔽する効果及び散乱日射が天空率に依存する現象を考慮して日射量を推定する点にある。

2) 日射量推定手法の概要

ある1地点から、太陽を観測する場合、観測日時、経度、緯度がわかれば、太陽の位置を算出することが可能である(図2)。

また、観測地点から、その日時の太陽の方向に遮蔽物(山等)が存在するかどうかわかれば、太陽から直射日光があるかどうか分かる。

このように、太陽の位置とそれを遮蔽する地形の効果を250mメッシュで囲まれたメッシュ面ごとに計算し、各メッシュの全天日射量を推定しようというのが、本手法の概要である。

(1) 250mメッシュ日射量推定手法の概要

(ア) 全天日射量の計算モデル

全天日射量 (R_s) は、次①式により3つの成分に分解できる。

$$\text{全天日射量 } (R_s) = \text{直達日射量 } (Q) + \text{散乱日射量 } (q) + \text{反射日射量} \dots\dots\dots \text{①}$$

- ・直達日射量：太陽光線そのものの日射量（測定は難しい）*。
- ・散乱日射量：主に雲による直射日光の散乱によって地表面に入射する日射量。
- ・反射日射量：植物、地表面、雪などにより反射されるもの。通常、雪以外は無視できるほど小さい。

* 遮蔽バンドを付けた日射計を用い、散乱日射量のみを測定し、全天日射計の測定値から散乱日射を引いて求める方法が一般的である。

全天日射量の推定モデルでは、10分刻みの地形と太陽との相対的關係を基にして、地形の陰が生じているか否かを判定し、直達成分を求めた。また、天空面積（周辺地形によって遮蔽されない空の部分の面積）を関数とした経験式を用いて散乱成分を求めた。

このように、地形による遮蔽により変動する直達成分 (Q) と散乱成分 (q) の各数値がわかれば、全天日射量が推定可能となる。

(イ) 日射観測のための地形の3要素

日射観測地点が、ある山により直達日射を遮蔽されている時は、観測地点から、山の稜線を見た際の仰角が、太陽との仰角よりも大きくなっている。稜線に対する仰角は、標高と距離により計算

できる。また、観測地点が斜面の場合は、傾斜方位（傾斜角度が最大となる方位、北斜面や南斜面と表現する）と傾斜角度も斜面に入射する日射量の観測には必要である。そこで、この①標高、②傾斜方位、③傾斜角度の3つを地形の3要素と呼ぶ。

250mメッシュの地形の標高に関する情報は、国土数値情報により得ることが可能であり、この国土数値情報はCD-ROMにより市販されているほか、インターネットによっても入手可能である。この国土数値情報から、標高データを必要なメッシュ分切り出して入手すれば、傾斜方位と傾斜角度は、計算で求めることができる。

以上、(ア)と(イ)の情報が揃えば、前述したように全天日射量の広域分布が推定可能となる。

(2) 全天日射量 (R_s) の推定

地形の影響のない地点における全天日射量 (R_s) と直達日射量 (Q) の間には地域の気象特性に依存した固有の關係がある。この關係を利用して、解析対象地域を代表する(地形の遮蔽効果が無い) R_s を Q と q に分離することが可能となる。これは、太陽の動きに合わせて毎年同じサイクルで R_s の値と Q の値がサインカーブを描くからである。このように繰り返される波形のパラメータの決定には、調和解析(フーリエ解析)が適している。

富山県内では、全天日射量は観測されているが、各成分別に測定された記録がないため、「グリーンエネルギー計画(農林水産省が1978年以降10年計画で実施した大型別枠研究)」の際の新潟県上越市高田のデータを調和解析し、得られたパラメータを日射量推定手法に適用した。高田の調和解析後の各成分の値は、表1に示した。

また、全てのメッシュ面について稜線の最大仰角が5°以内になるように十分広い範囲を日射遮蔽要因の計算対象領域として決定する必要がある

表1 高田の調和解析後の各日射量の数値

(単位: MJ/m²/day)

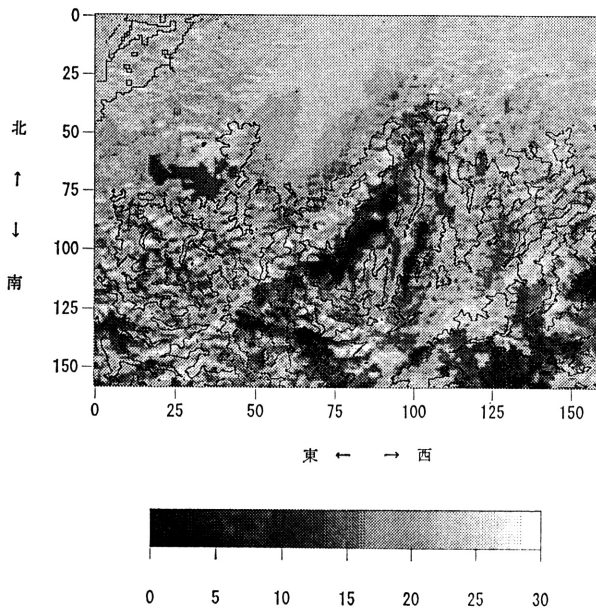
月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
推定 R_s	13.15	17.80	23.53	27.94	29.92	29.87	28.64	26.49	23.09	18.50	14.01	11.74
推定 Q	9.79	13.59	18.63	22.66	24.52	24.48	23.42	21.73	19.10	15.34	11.36	9.01
散乱日射	3.36	4.21	4.90	5.28	5.40	5.39	5.22	4.76	3.99	3.16	2.65	2.73

・ $R_s - Q =$ 散乱日射量とした。

る。今回取り扱う地域について予備的な解析を行った結果、地形考慮半径を周囲20メッシュ(5km)とした。

この手法により富山県の代表的な山間地である五箇山地域の季節別250mメッシュ日積算日射量分布推定図(1辺約50km)を作成した(図3~6)。

図 3 3月の日積算日射量の分布



- 図中の数値はメッシュ数, 凡例の単位は, MJ/m²/day
- 富山県五箇山地域 (図4~6も同じ)

図 5 9月の日積算日射量の分布

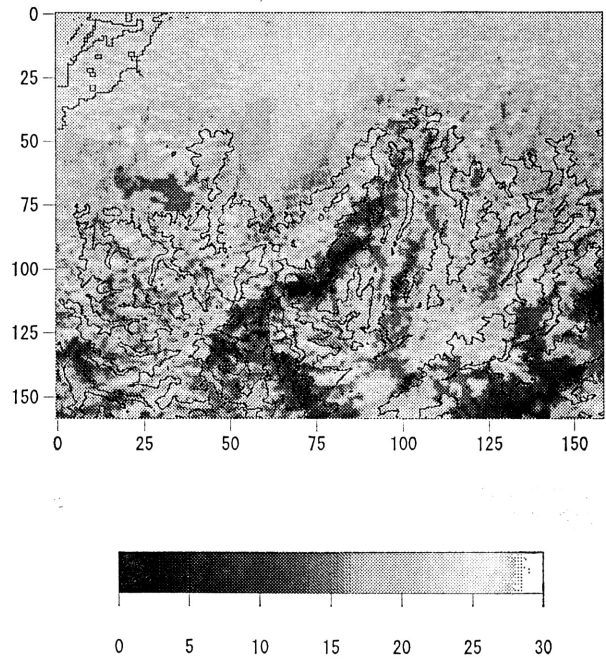


図 4 6月の日積算日射量の分布

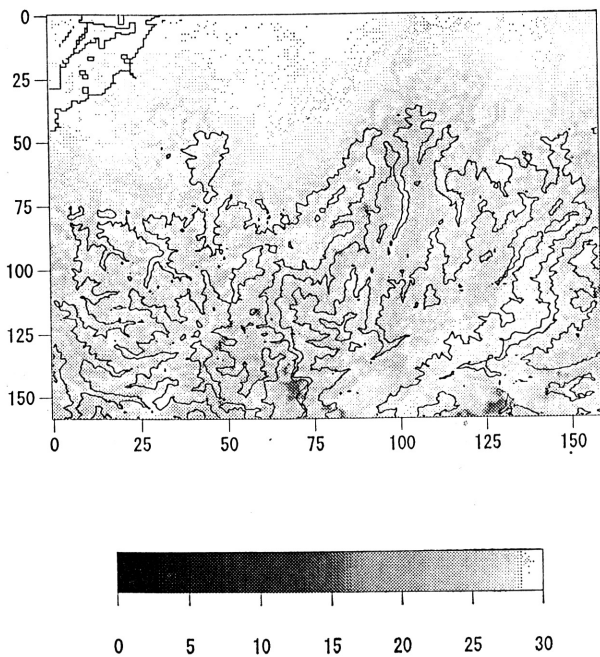
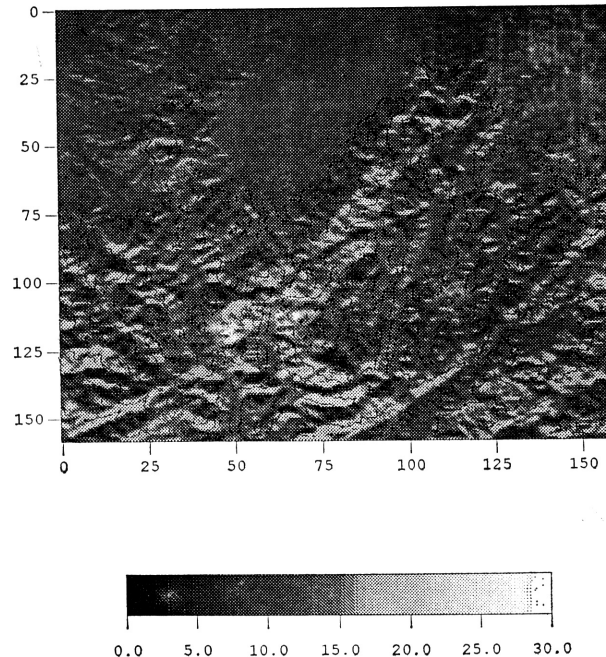


図 6 12月の日積算日射量の分布



3. 富山県五箇山地域の日射量分布の特徴

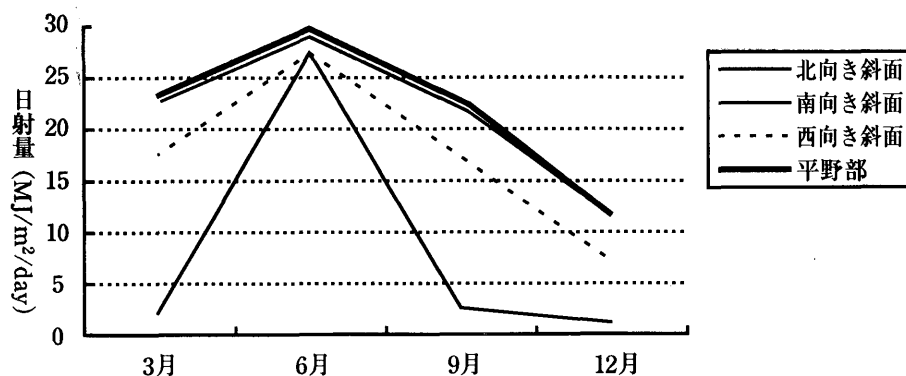
図3～6に示した五箇山地域周辺は、最大標高差が約1,500mあり、南北方向に4つの大きな河川が流れているため、非常に起伏に富んだ複雑な地形を有する。

この地域の日射量を推定した結果、次のような特徴が認められた。

①春季や秋季には、日射量格差が大きくなるが、夏季や冬季には、地域一帯が一樣の日射分布を示す(図3～6)。

②斜面の傾斜方位により、平野部以上に日射量の多くなるメッシュ面や極端に少なくなるメッシュ面が現れる(図7)。

図7 傾斜方位別 250m メッシュ斜面の日射量の推移



このように、中山間地の複雑地形地では、非常に特徴的な日射量分布がある。日射量の多い斜面では、単位面積当りみて平野部以上に日射エネルギー量が入射し、太陽光による十分な温度上昇が期待され促成栽培等が有利と考えられる。一方、日射量の少ない斜面では、山菜等の日射を嫌う品目の産地形成が有利となる。

また、南北方向に谷が走る東西向き斜面では、中間的な日射量ではあるが、日の出が遅い、日の入りが早いという特徴があり、シェード栽培等日長調節が必要な作型に有利であるというメリットも考えられる。

以下、この日射量分布推定法を活用する1つの例として山菜類の栽培への応用について述べてい。

4. 山菜自生地の日射環境

山菜類とひと口にいても、必要な日射量は品目により千差万別である。ウドやタラノメといっ

表2 山菜自生地の全天日射量の格差 (1998)

	実測値		推定値	
	6月	9月	6月	9月
日射を好む山菜	28	21	29	22
日射を嫌う山菜	21	19	23	17
日射を嫌う山菜(林間地)	3	2	-	-

・表中の数値の単位は、終日晴天日の全天日射量(MJ/m²/day)

た大きく生長する品目は、日射を好む。一方、モミジガサやウワバミソウといった小型の日陰に自生する品目は、日射を嫌う。そこで、各山菜自生地の日射量を1994年から1998年までの5カ年観測し、その結果を表2に示した。

日射を好む山菜の自生地では、日射を嫌う自生地の日射量よりも実測値で7～3MJ/m²/day、推定値で6～5MJ/m²/day多く推移し、実測値と推定値に大きな違いはみられない。また、林間地では、日射を好む山菜の約1/10の日射量しかないことが観測された。

表2の実測値は、5カ年の最大極値を示しており、実際の平均的な日射量の格差はさらに大きいと考えられる。また、日射を嫌う山菜は、林間地のような自然の遮光状態にある所に自生しており、高日射量と推定された場所でも自生している場合も考えられる。

しかし、本推定法のように地形要素で十分日射量が低い場合は、日射を嫌う山菜も問題なく栽培が可能である。このように、本推定法により日射を好む山菜と嫌う山菜の適地判定に活用が可能である。

5. 山菜栽培適地の判定

前記したように、夏季や冬季は平野部を含め、地域全体がほぼ一樣な日射量分布となるため、適地判定は難しい。そこで、明確な日射量格差が現れる春季と秋季の推定結果を活用する。

この際に、自生地の日射量調査の結果と合わせて、判断基準を以下のように設定した。

○図3または、図6の推定図で、

①日射を好む山菜の適地は、 $20\text{MJ}/\text{m}^2/\text{日}$ 以上。

②日射を嫌う山菜の適地は、 $15\text{MJ}/\text{m}^2/\text{日}$ 以下。

ただし、日射を嫌う山菜の場合は、夏季の太陽高度が高くなる時期において、日射遮蔽要因が少ないため、裸地圃場では人為的な遮光が必要となる場合もある。

6. おわりに

今回紹介した日射量分布推定法は、 250m メッシュであり、集落単位の適地判定に活用できる。国土数値情報には、さらに細かい 50m メッシュも公開されており、圃場単位の推定も可能性がある。しかし、本推定法は標高データを活用し日射遮蔽要因を考慮するため、 5m の立木も10%の誤差を起こす要因となり、 250m メッシュでは問題とならなかった植生や構造物の考慮が必要となる。このため、 50m メッシュで日射量分布を推定するには、さらに検討が必要である。

近年、地形に関与する複数のパラメータを考慮し、データベース化する GIS (地理情報システム) が注目され、新しいシステムが各地で開発、導入されている。将来、この日射量分布も GIS の1パラメータとして活用できるようになればと期待している。GIS により、標高、日射量、植生、構造物が考慮された地図が作製できれば、前記した 50m メッシュの問題も解決され、より活

用しやすい日射量分布図が作成できるであろう。

最後に、 250m メッシュ日射量分布推定モデルの詳細な手法およびプログラムについて御指導、御提供いただいた農林水産省農業環境技術研究所の気候資源研究室林室長に感謝いたします。

引用文献

- ・黒瀬義孝, 1991: 複雑地形地域における 250m メッシュ日射分布推定モデルについて, 農業気象 47: 95~99
- ・自然エネルギーの分布に関する研究グループ, 1980—1983: 日射エネルギー観測資料 No. 1~4
- ・柴田和雄・内嶋善兵衛, 1987: 太陽エネルギーの分布と測定, 学会出版センター
- ・黒瀬義孝・林陽生・真木太一, 1991: 複雑地形地域における日射環境の把握, 四国農試報告第54号
- ・林陽生・黒瀬義孝・山内豊・河野靖, 1996: 250m メッシュ日射分布推定モデルの久万高原への適用, 四国農試報告第60号
- ・岩田幸良・小田正人・喜多幸一, 1998: 構造化問い合わせ言語 (SQL) を用いた地理情報システムアプリケーションの開発, 農業情報研究会一般講演要旨