

称号及び氏名	博士（緑地環境科学） 植山 秀紀
学位授与の日付	平成19年2月20日
論文名	「中山間地域農業におけるメッシュ気象図の利用に関する研究」
論文審査委員	主査 清田 信 副査 小山 修平 副査 北宅 善昭

論文要旨

第1章 緒言

国土の約7割を占める中山間地域の農業振興策として、中山間地域の複雑な気象環境を有益な資源として利用することが期待されている。このため、メッシュ気象図を用いた中山間地域農業に関する研究が実施されてきた。しかし、中山間地域の複雑な気象環境が、メッシュ気象図により、農業現場において有効活用された事例はほとんどみられない。その理由として、現在もっともよく利用されている、解像度1km以上のメッシュ気象図は、現実の気温や日射量を描画していないため、中山間地域の気象の実相が不明瞭なこと、また、メッシュ図に描画される気象値と実際の気象との関係が不明瞭なことが考えられる。さらに、中山間地域農業におけるメッシュ気象図の利用指針が、ほとんど示されていない事も理由の一つと考えられる。

本研究では、中山間地域農業におけるメッシュ気象図の有効利用の促進を目的に、農地レベルでの気象評価が可能な、50mメッシュ気象図を作成して、中山間地域における気温と日射量の実相を明らかにした。さらに、中山間地域に適用可能なメッシュ気象図を明らかにするため、異なる解像度のメッシュ気象図における気象値の定量的な比較を行った。また、新しい直達・散乱日射量の推定法を開発し、メッシュ日射量図作成の簡便化を図った。そしてそれらに基づき、中山間地域農業におけるメッシュ気象図の利用指針を示すとともに、メッシュ気象図の利用に関する提言を行った。

第2章 メッシュ気象図による中山間地域の気温評価

2.1 中山間地域の気温分布の実相

中山間地域の気温分布の実相を明らかにするため、旧岡山県御津郡加茂川町、島根県大田市、旧島根県邑智郡邑智町において50mメッシュ気温図を作成した。

本研究の結果、中山間地域の気温分布の実相として、以下のことが明らかとなった。

1. 気象条件に関係なく、最高気温分布を決定する最大の要因は平均標高で、平均標高の高い地域ほど最高気温は低くなる。
2. 夏期のように放射冷却の弱い時期の最低気温は、最高気温と同様の分布を示す。しかし、放射冷却が強まる時期は、局地気象を生じさせる開放度や標高差などの地形の複雑さが最低気温分布を決定するため、最低気温分布と最高気温分布は全く異なる。
3. 大きな河川を有する谷底域の最低気温は、放射冷却の強い時期であっても高い。これは、水系と谷地形の複合的な影響によると考えられる。
4. 平均気温は、最低気温と同様の分布を示す。しかし、逆転層の発達により最低気温が高い、高標高域の平均気温は、放射冷却の強い時期でも最低気温ほど高くない。

2.2 1km メッシュ気温図と 50m メッシュ気温図の比較

現在もっともよく用いられている 1km メッシュ気温図と、本研究で作成した 50m メッシュ気温図とを比較し、中山間地域における 1km メッシュ気温図の実用性を検証した。

本研究の結果、最高気温分布、および放射冷却の強度が弱い時期における平均気温分布と最低気温分布の概要は、数十km²の範囲であれば、1kmメッシュ図でも十分把握可能な事が明らかとなった。しかし中山間地域では、1kmメッシュ内に大きな標高差と気温差が存在するため、1kmメッシュ図の気温を農地に直接適用するには難点がある。

また、放射冷却の強度が強い時期に発生する斜面温暖帯等の局地気象は、1kmメッシュ気温図には描かれなため、数十km²の範囲であっても、最低気温の概要を把握することは、1kmメッシュ図では不可能なことが明らかとなった。

第 3 章 メッシュ気象図による中山間地域の日射量評価

3.1 中山間地域の日射量分布の実相

加茂川町における 5～11 月の直達・散乱日射量の観測値と 50m メッシュの数値地形情報を用いて、50m メッシュ日射量図を作成し、中山間地域の日射量分布の実相を明らかにした。

本研究の結果、地形による直達日射の遮断状況が変化するだけでなく、直達日射の傾斜面への入射量が増加するため、太陽高度の低下にともない、日射量の地点間差は増大することが明らかになった。さらに、散乱日射量は天候による変化が小さいため、谷底のように散乱日射割合の大きい地点は、天候の変化による日射量の増減が小さいことが明らかとなった。

3.2 5m メッシュ日射量図と 50m メッシュ日射量図の比較

中山間地域における、50m メッシュ日射量図の実用性を検証するため、5m メッシュと 50m メッシュの数値地形情報による日射量推定値を比較した。

本研究の結果、50m 四方の範囲における日積算日射量の場合、50m メッシュ図は、5m メッシュ図とほぼ同様の日射量推定値を示すことが明らかとなった。この結果から、斜面際などごく限られた地点の日射量を評価する場合以外、1日の総日射量の評価には、50m メッシュの評価で十分であると判断される。しかし、太陽の日出没時刻に、数時間の差が生じることから、太陽高度の低い朝夕の日射量推定が必要な場合に限り、5m メッシュの地形情

報による推定は有効と考えられる。

3.3 アメダスによる直達・散乱日射量推定法の開発

メッシュ日射量図については、直達・散乱日射量の取得の困難さが、その利用を妨げている要因の一つと考えられる。そこで、日射量の推定に必要な直達・散乱日射量の特別値を、アメダス観測値から簡便に推定する手法を開発した。

開発した推定モデルは、日照率、水平面大気圏外日射量、降水量を説明変数とする、重回帰式で推定した大気透過率を用いて、直達日射量の特別値を推定する。そして、散乱日射量の特別値は、推定した直達日射量の無次元指標を用いて推定する。本推定モデルは、月、旬、半旬平均の直達、散乱日射量の特別値を、約 0.1~0.2MJ/m²の平方自乗平均誤差で推定可能とした。

第4章 メッシュ気象図の農業利用への提言

4.1 メッシュ気温図の利用指針

メッシュ気温図の利用法として、気温分布に則した作物立地配置の最適化が考えられる。そこで、その実証例として、メッシュ気温図と現地の聞き取り調査とから、ハクサイの作型分類を試みた。その結果、中山間地域では、夏どりハクサイの定植期は、20日程度の差を生じさせる事が可能であり、秋冬どりハクサイは、約4ヶ月間継続して出荷可能なことが示唆された。

また、加温ハウスにおけるメッシュ気温図の利用指針を示すため、メッシュ気温図と栽培農家への聞き取り調査とから、バラ栽培ハウスの設置地点における気温と暖房燃料消費量との関係を調査した。調査の結果、気温と暖房燃料消費量との関係を考慮した場合、最低気温の比較的高い地域に設置されるハウスでは、他のハウスと同量の暖房燃料を使用しても、ハウスの設定温度の幅は広く、多様な品種を栽培することが可能であることが示唆された。さらに、最低気温の高い地域にあるハウスは、適温での栽培が容易なため、栽培管理等に要する労力が少ない上に、燃料費が品種の選定に及ぼす影響が小さく、市場ニーズに柔軟に対応した品種選定が容易となる可能性が示唆された。

本研究の結果、中山間地域の多様な気温分布に則した作物立地配置および作型設定、そして栽培法の選択による、生産性の高い農業の実践が、中山間地域農業においてメッシュ気温図を利用する際に目指すべき方向であると考えられる。ただし、気温の概要把握を目的とする場合は1kmメッシュ図の利用が可能であるが、実際の計画段階においては、50mメッシュ図が必要である。とくに、農業生産において重要な気象資源になることが期待される、斜面温暖帯などの局地気象の把握には、50mメッシュ図が不可欠であり、中山間地域農業の利用では、50mメッシュ気温図が最適である。

4.2 メッシュ日射量図の利用指針

メッシュ日射量図による環境評価の指針を示すため、8種類の土壌において、日射量と地気温差(地温と気温との差)との関係を調査した。

本研究の結果、同じ日射環境下であっても、黒ボク土や赤色土は、アルベドが小さく入射エネルギーが大きいため地気温差は高く、黄色土や灰色台地土は、アルベドが大きく地気温差は低いことが明らかとなった。また、灰色低地土は、エネルギー配分に占める潜熱の

割合が大きいため、アルベドが小さいにも関わらず、地気温差が低いことも明らかとなった。これらのことから、ハウス内のように閉じられた空間においては、同じ日射条件であっても、土壌の種類により気温が大きく異なる事が示唆された。

さらに、メッシュ日射量図による病害対策として、5mメッシュ日射量推定値といもち病被害との関係を調査した。調査の結果、午前 9 時までの積算日射量が、葉いもちについては $1.5\text{MJ}/\text{m}^2$ 、穂いもちについては $0.9\text{MJ}/\text{m}^2$ 以上の場合、いもち病の発生被害程度が低いことが明らかとなった。このことから、病害被害程度による農地分類へのメッシュ日射量図の利用可能性が示唆された。

本研究から、高温に弱く、遮光などによりハウス内温度を低下させることが必要な、夏どりハウレンソウなどの作目の栽培促進が、中山間地域農業においてメッシュ日射量図を利用する際に目指すべき方向であると考えられる。このとき、水田からの転作を図る場合は、日射量が少なく、いもち病の発生被害が大きい可能性のある水田を選定する事が適当である。ただしハウス栽培では、土壌の種類により、地温だけでなく気温も大きく異なることを考慮する必要がある。

また、中山間地域農業に利用する最適なメッシュ日射量図は、気温同様 50m メッシュ図であると思われるが、太陽高度が低い時間帯に限定した日射量の把握には、より高解像度のメッシュ図を利用することが適当である。

4.3 中山間地域農業におけるメッシュ気象図利用への提言

メッシュ気象図の利用による、中山間地域農業の振興には、個々の農地を対象とした生産性向上策を図るのではなく、地域全体を一つの農用地と考え、従来よりも収益性の劣る農地があったとしても、地域全体で最も生産性の高い土地利用計画を策定し実践することである。そして、地域全体を一つの農用地として、メッシュ気象図による効率的で生産性の高い農業を実践するには、集落営農や営農組合等の組織的営農が適している。

審査結果の要旨

日本の国土の約 7 割を占める中山間地域の農業振興には、複雑地形による多様な気象資源を有効に利用することが望まれる。メッシュ気象図は、気象資源を示す有用な情報源であるが、現状では中山間地域での利用性に乏しい。メッシュ気象図を有効に利用するためには、中山間地域に特徴的な気象の実態を表す解像度の検討が必要であり、さらに中山間地域農業における気象図の具体的な利用指針を示すことが重要である。

本研究では、中山間地域農業におけるメッシュ気象図の実用的な利用を可能とするため、農地レベルでの気象環境評価が可能な 50 m メッシュ気象図を作成して、中山間地域の気温および日射量の実態を明らかにした。また、異なる解像度のメッシュ気象図における気象値（気温・日射量）の定量的な比較を行うとともに、平野部とは大きく異なる日射量について高精度の推定をするため新しい直達・散乱日射量の推定法を開発し、メッシュ日射量作成の簡便化を図った。そして、中山間地域農業におけるメッシュ気象図の具体的な利用指針を示すとともに、その利用に関する提言を行っている。研究成果は次のとおりである。

1. 中山間地域の気温分布の実相を示すため、標高差、開放度の他に水域度、傾斜の通過頻度といった地理的特性を考慮した 50 m メッシュ気温図を作成した。放射冷却の強まる時期には、局地気象を生じさせる標高差や開放度などが最低気温分布に大きく影響し、斜面温暖帯が生じることや、大きな河川を有する谷底域の場合には、放射冷却の強い時期であっても、最低気温が上昇するといった地形の複合的な影響が、このメッシュ気温図から得られることを示した。

さらに、一般的に用いられる 1 km メッシュでは解像度が粗であり、大きな標高差や気温差を内包する場合、地域内農地の気温分布を把握することができないことや、斜面温暖帯などの局地気象や最低気温を、精度よく把握することが困難であることを明らかにした。

2. 直達・散乱日射量の観測値と 50 m メッシュの数値地形情報を用いて、50 m メッシュ日射量図を作成し、中山間地域の日射量分布図の実相を明らかにした。

メッシュ日射量図は、直達・散乱日射量の取得の困難さが、その利用を妨げている要因の一つと考え、日射量の推定では、特に大気透過率の推定手法を開発し、それによるアメダス観測値から簡便に直達・散乱日射量の特別値を推定する手法を開発した。本推定モデルは、月、旬、半旬平均の直達・散乱日射量の特別値を、 $0.1\sim 0.2 \text{ MJ m}^{-2}$ の誤差で推定可能とした。

50 m メッシュ日射量図の中山間地域における実用性を検証した結果、1 日の総日射量の評価に用いるには妥当であるが、太陽高度の低い朝夕の日射量推定に用いるには、さらに解像度の高いメッシュ図が望ましいことを明らかにした。

3. メッシュ気象図の農業への利用指針については事例研究を通して次のことを明らかにしている。

①メッシュ気温図と中山間地域の聞き取り調査を対照し、ハクサイの作型分類を試みた結果、定植期および出荷期は、それぞれ 20 日および 4 ヶ月間の延長が可能となり、作物立地配置および作型設定などに、メッシュ気温図を利用することが有効であることを示した。また、地域に分散するバラ栽培ハウスの設置場所から、気温と暖房燃料消費量との検討を通して、50 m メッシュ気温図の利用によって農業生産の効率化、最適化が図れることを示した。

②メッシュ日射量図は、積算日射量評価における利用だけでなく、地温への影響や病害防除の視点から研究を行った結果、ハウス内のように閉じられた空間においては同じ日射量であっても、土壌の種類により、地温だけでなく気温が大きく変化することを示した。また、メッシュ日射量図による病害対策として、午前 9 時までの積算日射量が、葉いもちでは 1.5 MJ m^{-2} 、穂いもちでは 0.9 MJ m^{-2} 以上の場合、いもち病発生被害率が低くなることを明らかにし、病害被害危険地域の予測へのメッシュ日射量図の利用可能性を示した。

これらの研究成果をもとに本研究では、メッシュ気象図の利用による中山間地域農業の振興には、多様な気象特性をもつ地域を統合的に考え、その地域に適した解像度のメッシュ気象図を用いて、効率的で生産性の高い土地利用計画を策定し、組織的営農による農業の実践を提言している。

本研究で得られた知見は、環境緑地として重要な中山間地域において有用な気象資源の

ポテンシャルやその活用法を提示するだけでなく、生物環境・環境情報・農業気象領域の発展に寄与するものであり、本論文の審査ならびに学力確認の結果をあわせて、博士（緑地環境科学）の学位を授与することを適当と認める。