

衛星データを用いた熱環境解析による農業気象情報の抽出

環境リモートセンシング研究室 長澤 剛太
指導教官 力丸 厚
向井 幸男

1. 概要

現在、全国の農業機関では高品質米の安定生産が求められている。高品質米の生産条件の一つに気象条件がある。特に気温や日照時間等は大きな影響を及ぼすことが知られている。農業機関では気象の影響を考慮した生育予測や収量予測を行っているため、地上の気象観測が不可欠なものとなっている。しかし、地上における気象観測は点のデータであるため広範囲にわたる農地の気象と必ずしも一致しない場合がある。一方衛星リモートセンシングは地表面温度を面で捉えることができるため、農地における気温の空間分布を推定することができる。そこで本研究では衛星の観測する地表面温度と AMeDAS 気温データの関係から回帰式を算出し最高・最低気温および平均気温の空間分布を推定した。さらに得られた最高・最低気温および平均気温の空間分布から、農業気象情報として最高・最低気温格差の空間分布推定、平均気温をもとに算出される有効積算気温の空間分布推定を行った。

2. 農業気象情報について

本研究では農業気象情報として、衛星データから空間分布を推定できると考えられる最高最低気温格差および有効積算気温に着目した。

2-1 最高・最低気温較差

一般的に昼夜温度差が大きい地域ほど高品質米の生産に適していると言われている。これは特に出穂期以降で、昼間光合成を行っているときに気温が高ければ、光合成が活発になり米の成熟が進む。一方夜間は日射がないために光合成が行われず、呼吸が行われているためにその分のエネルギーを消費することになる。気温が高いと呼吸が活発になるためにエネルギー消費が多くなる。この場合昼間蓄えた栄養を米に転流出来ずに消費してしまう。夜間は低温であればあるほどよい。こういったことから、昼夜の温度差が大きいほど高品質米の生産に適しているということになる。

2-2 有効積算気温

稲の生育段階を示す指標の一つに、有効積算気温がある。これは稲の生育と温度の関係によるもので、日平均気温を積算していき、ある積算温度に達したときに生育の段階が変化するというものである。生育にあまり影響しない低温を積算しないものが有効積算気温である。新潟県では出穂期から収穫期の目安としてコシヒカリで $950 \sim 1000^{\circ}\text{C}$ としている。

3. 対象領域および使用データ

対象領域は新潟県内の農地とした。平成 16 年の新潟県内における水稻作付面積は 119,900 ヘクタールである。農地内の気象は一様ではなく地域差があると考えられるため解析対象とした。地上気象観測データとしては AMeDAS の観測する気温データを用いた。衛星データとしては NASA の運用する衛星 Terra および Aqua に搭載されている MODIS センサの観測する熱赤外データから算出された LST (Land Surface Temperature) 地表面温度データを用いた。データの観測期間は 2004 年 8 月から 9 月の 2 ヶ月間のデータを使用した。また土地被覆分類データとして 2002 年 9 月 2 日観測の LANDSAT-ETM+ データを使用した。

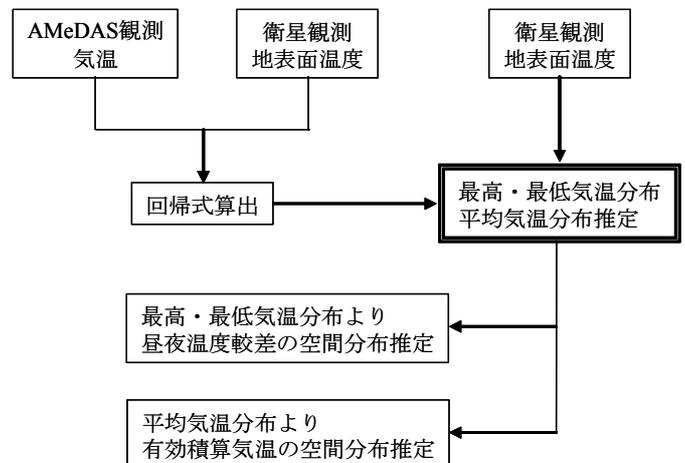


図 1 解析方法

4. 解析方法

本研究の解析方法を図1に示す。

AMeDAS の観測する気温データと衛星の観測する地表面温度データの関係から回帰式を算出する。算出した回帰式を衛星データに適用して最高・最低気温および平均気温の空間分布推定を行う。さらに最高・最低気温分布から昼夜地表面温度の空間分布推定、平均気温分布から有効積算気温の空間分布推定を行う。

5. MODIS-LST データを利用した最高・最低気温および平均気温の空間分布推定

昼夜温度格差、有効積算気温の算出の前段階として MODIS-LST データと AMeDAS 気温データとの関係から回帰式を算出し、最高気温 T_{max} 、最低気温 T_{min} および平均気温 T_{ave} の空間分布を推定した。AMeDAS 観測地点は以前の衛星データと AMeDAS データとの比較検討結果から相関の高くなるような地点を 10 地点選定した。選定した 10 地点を図 2 に示す。最高・最低気温の推定は観測時間帯から Aqua-MODIS の昼夜の LST データを用いた。平均気温は相関係数が最も高く、RMS が最も低かった Terra-MODIS の夜の LST データを用いた。最高・最低気温は 8 月のみ、平均気温は 8 月、9 月について推定した。空間分布推定に用いた回帰式を式 (1)、(2)、(3)、(4) に示す。回帰式の下にそれぞれの相関係数および RMS を示す。

最高・最低気温

$$T_{max} = 0.53 \times T_{LST} + 13.5 \quad \text{—(1)}$$

相関係数 = 0.71

RMS = 2.19

$$T_{min} = 0.75 \times T_{LST} + 5.61 \quad \text{—(2)}$$

相関係数 = 0.83

RMS = 1.47

平均気温_8月

$$T_{ave} = 0.93 \times T_{LST} + 6.3 \quad \text{—(3)}$$

相関係数 = 0.89

RMS = 1.11

平均気温_9月

$$T_{ave} = 0.61 \times T_{LST} + 10.9 \quad \text{—(4)}$$

相関係数 = 0.75

RMS = 1.01

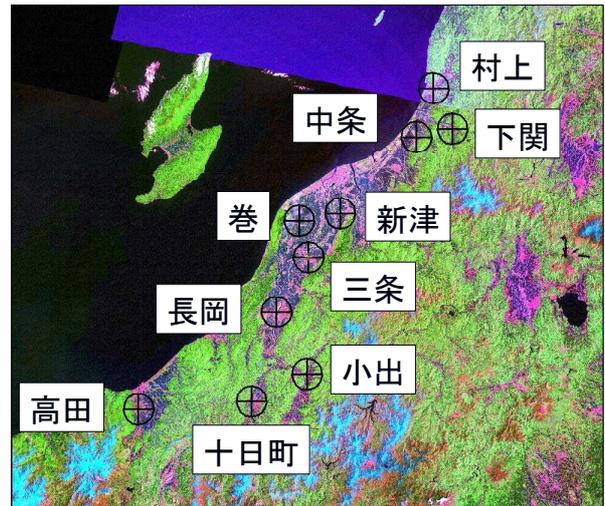


図 2 選定した AMeDAS 観測地点

6. 最高・最低気温較差の空間分布

8 月の 1 ヶ月間で捉えられた衛星データのうち、最高・最低気温が推定可能なデータを選定し、回帰式より推定した最高・最低気温から気温較差を算出した。較差の空間分布図を図 3 に示す。図 4 は最低気温の空間分布図である。最高・最低気温較差の分布画像と、最低気温の分布画像を用いることにより熱環境からみた高品質米の生産可能性のある地域の把握が可能になると考えられる。

図 3 に示すとおり、地域ごとに比較してみると下越地方、佐渡地方において最高・最低気温較差が大きくなっている結果が得られた。しかしこの結果は必ずしも実際の農地の熱環境を表していないと考えられる。すなわち全国でもブランド米の生産地として知られる魚沼地方の特徴が捉えられていないということである。本解析の結果は、魚沼地方は下越地方と比較すると気温較差分布においても最低気温分布においても同程度の熱環境であるという結果である。これは空間分布推定に使用した回帰式の RMS の大きさが影響しているものと考えられる。魚沼地方と下越地方の気温較差の違いが RMS よりも小さかった場合、実際の気温較差の違いが分布画像には表れない可能性があると考えられる。本解析では 2004 年 8 月の 1 ヶ月間のデータで解析を行ったが、さらに年をさかのぼって解析することにより、実際の熱環境に近い結果が得られるのではないかと考えられる。

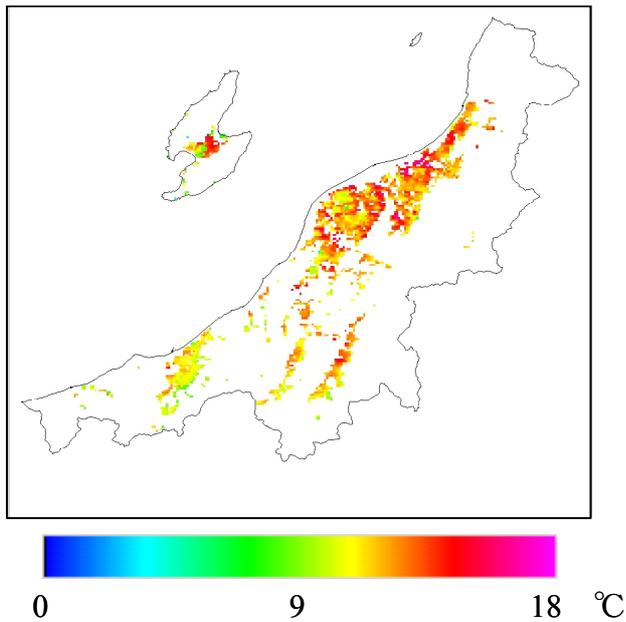


図3 最高・最低気温の空間分布

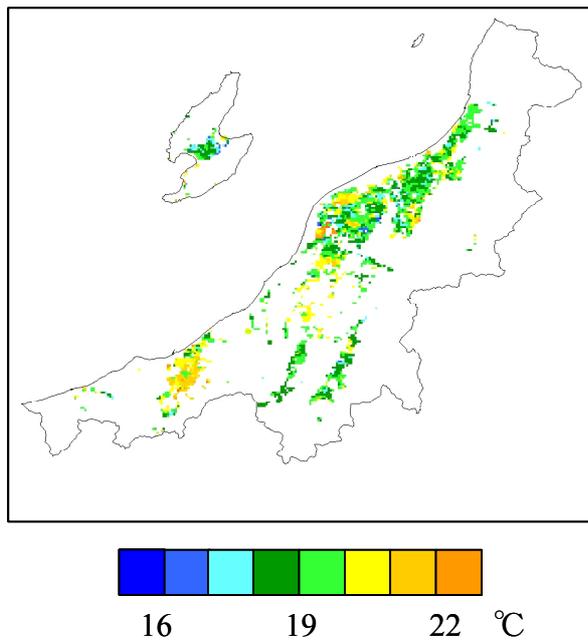


図4 最低気温の空間分布

7. 有効積算気温の空間分布

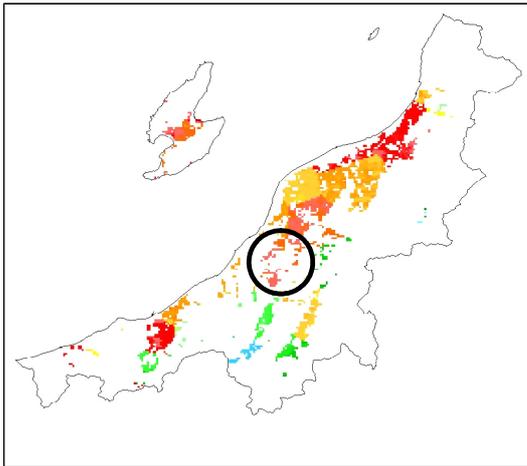
新潟県の長岡市にある農業総合研究所の試験圃場では出穂期が8月2日であった。また収穫期は9月13日であった。そこでの長岡市周辺の出穂期を8月2日として8月3日から回帰式より推定した平均気温の空間分布を積算していき収穫期の推定を行った。雲などの影響により衛星データが欠損して推定できない日は、AMeDASの平均気温を利用した。ティーセン分割により各AMeDAS地点の影響範囲を設定して欠損部分にAMeDASデータを補完した。出穂期から収穫期までの積算気温は1000°Cとした。比較

対象としてAMeDASの観測する平均気温データだけを用いて有効積算気温の算出を行った。さらにTerra-MODIS-LST夜間データのみでは空間分布を推定できる日数が全体の三分の一程度であり、残りをAMeDASデータで補完したが、ティーセン分割の不自然な境界線がでてしまった。そのため回帰式の相関係数が高くRMSが低かった順にTerra-MODIS-LST夜間データ、Aqua-MODIS-LST夜間データ、Terra-MODIS-LST昼間データ、Aqua-MODIS-LST昼間データのデータが取得できているものを選定してそのデータから空間分布推定を行い、可能な限り衛星データによる推定を試みた。全ての衛星データが欠損している場合はAMeDAS観測データにより補完した。その結果、積算する日数の半分程度まで空間分布推定が可能になった。算出結果を図5、6、7に示す。図中の丸印は長岡市周辺を示す。図5はTerra-MODIS-LST夜間データのみを使用し、欠損部分をAMeDASデータで補完したもの、図6は他の衛星データも使用し可能な限り衛星データによる空間分布推定を行ったもの、図7はAMeDAS観測データのみを使用して空間分布推定を行ったものを示している。

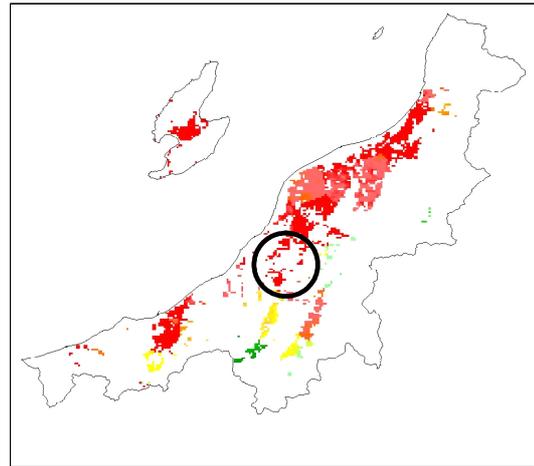
(a)は9月11日時点の有効積算気温の空間分布、(b)は9月12日時点の有効積算気温の空間分布を示している。推定平均気温を積算した結果、いずれの場合も9月12日には長岡市周辺で1000°Cを超えた。実際の収穫期と比較すると、推定積算気温でみた場合1日早く収穫期を迎える結果となった。これは衛星データにより推定した場合でも推定した日数の関係からAMeDAS観測データの影響が強く出ていたためにこのような結果になったものと考えられる。推定平均気温のRMSから考えると衛星データから推定した日数がもう少し多かった場合、本解析とは異なる結果が得られる可能性があると考えられる。

8. 総括

本研究では、衛星の観測する地表面温度から気温を推定し、さらに農業気象情報となり得る最高・最低気温較差および有効積算気温の空間分布の推定を行った。本研究では回帰式算出の際はAMeDASデータと衛星データを直接比較したが、地上においても地表面温度観測を行うことにより回帰式の精度があがるのではないかと考えられる。有効積算気温算出の際のAMeDASによるデータ補完の手法は本研究ではティーセン分割により観測データを拡張したが他の手法も検討する必要があると考えられる。

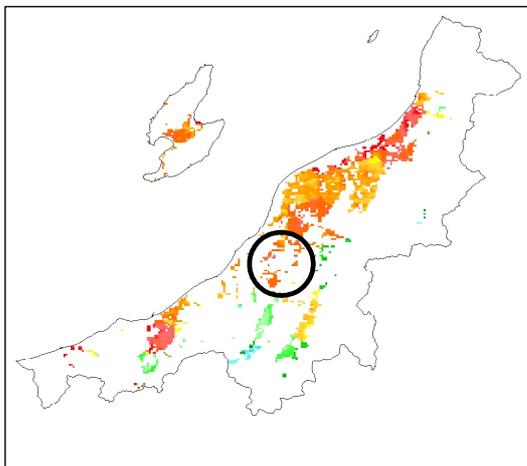


(a) 9月11日時点

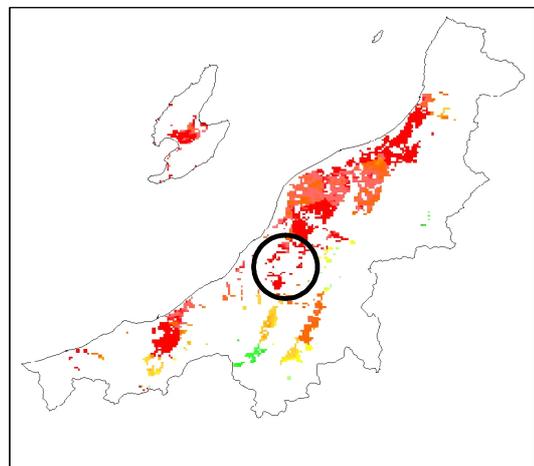


(b) 9月12日時点

図5 一種類の衛星データを用いた有効積算気温の空間分布推定

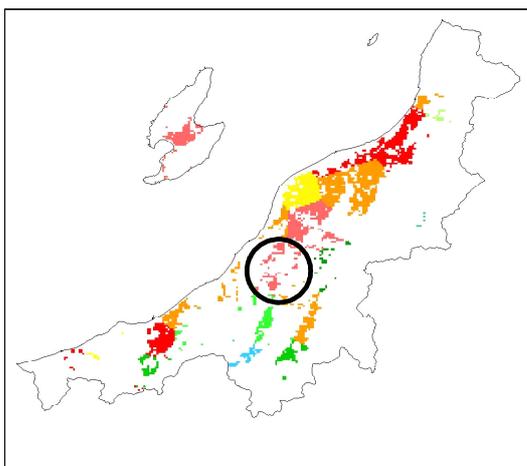


(a) 9月11日時点

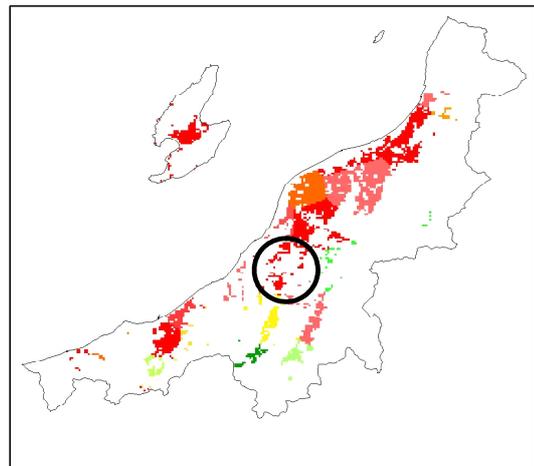


(b) 9月12日時点

図6 多種類の衛星データを用いた有効積算気温の空間分布推定



(a) 9月11日時点



(b) 9月12日時点

図7 AMeDAS観測の平均気温データのみを用いた有効積算気温の空間分布推定

