

デジタルカメラを活用した作物生育モニタリング

生態系計測研究領域 坂本 利弘

他人の子供の成長は早い？

遠くに住む親戚の子供と久しぶりに会うと、あっという間に成長したような錯覚に陥ります。一年生作物の生育変化はそれ以上にあっという間に終わってしまいます。作物の生育を「アメダス」のように自動で観測・記録する装置は普及していませんし、定期的に草丈・葉面積・乾物重などを調査するのは大変です。ならば、「子供の成長記録のように、作物の生長もデジカメで記録を残せばいいじゃないか？」という発想で研究を始めました。

デジカメを使わない手はない！

リモートセンシング研究で一般的に使われている分光放射計(光の強さを波長ごとに測定する装置)は、1台あたり100万円以上する高価なものが多く、よほど大きな研究予算がなければ、おいそれと野外に置きっぱなしにすることはできません。一方、デジタルカメラは2~3万円も出せば最新モデルを買うことができ、オートフォーカス、インターバル撮影、フラッシュ撮影、リモコン撮影といった便利な機能が当たり前のようについています。普段何げなく使っているデジタルカメラは、「世界で最も進んだ先端光学技術が詰め込まれ、コストパフォーマンスで右に出る物がないリモートセンシング装置」でもあります。この世界に誇るニッポンの技術を研究に使わない手はないでしょう。

研究的に何が新しいのか？

「デジカメによる植物の生育調査って、研究じゃなくて趣味じゃない？」と思うかも知れませんが、世界中で広く行われている研究アプローチなのです。ハーバード大学の研究グループは、CO₂フラックス観測サイト周辺の植生をカメラで記録し、光合成量と植生の季節変化に関する多くの論文を発表していま

す。日本でも農研機構中央農業研究センターや筑波大学が、デジタルカメラによる植生の観測を長く続けています。私たちの研究の新しいところは、1. 露出(F値、シャッター速度)やISO感度を考慮したデジタルカメラ用の植生指数(植物の繁茂状態や活性を示す値)を考案したこと、2. 夜間フラッシュ撮影画像を利用した能動的な測定方法であることの2点です。これまで使われている植生指数の多くは、デジタル画像上の赤・緑・青の画素値(0~255の数値、値が大きいほど明るい)を組み合わせて計算されています。私たちは、画素値を撮影時のF値・シャッター速度・ISO感度によって変換し、相対的な入射光量の変化を考慮した2種類のデジカメ植生指数(ev-CI_{green}とNRBI_{NIR})を考案しました。ev-CI_{green}は昼間の撮影による近赤外画像とカラー画像(緑バンド)から、NRBI_{NIR}は夜間のフラッシュ撮影による近赤外画像から計算します。

作物生育モニタリング装置と野外観測

生育モニタリング装置(図1)は、2台のコンパクトデジタルカメラから構成され、うち1台は近赤外光で撮影するためにバンドパスフィルタが装着されています。この装置を使い2007~2010年、水稲(つくば市・富山市)、トウモロコシ・大豆(米国ネブラスカ州)の野外観測試験を行い

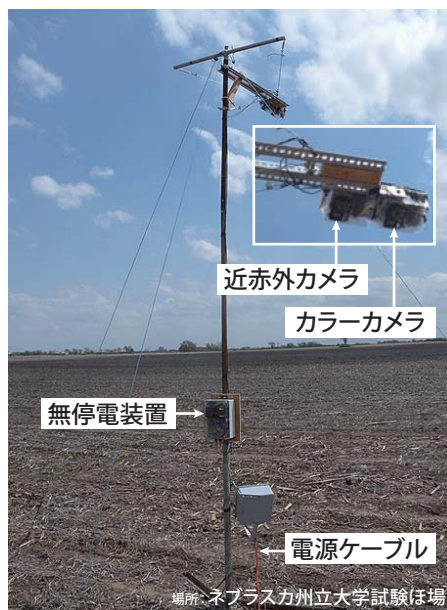


図1 生育モニタリング装置

カラーカメラ・近赤外カメラ・無停電装置から構成され、1時間ごとに自動で撮影します。

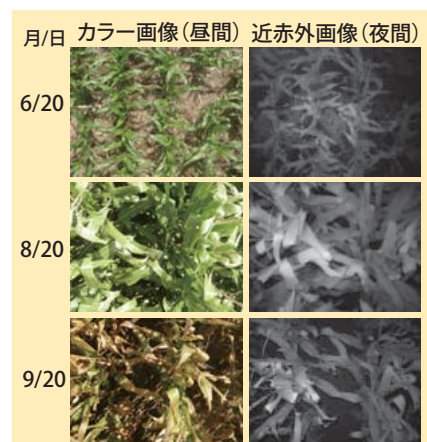


図2 トウモロコシ撮影画像(2009年)
夜間画像(右側)は、フラッシュ光を使って撮影します。

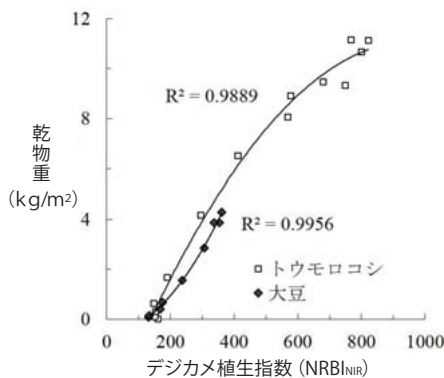


図3 地上部乾物重とNRBI_{NIR}の比較

NRBI_{NIR}は、地上部乾物重(子実を除く)との相関関係が高い。

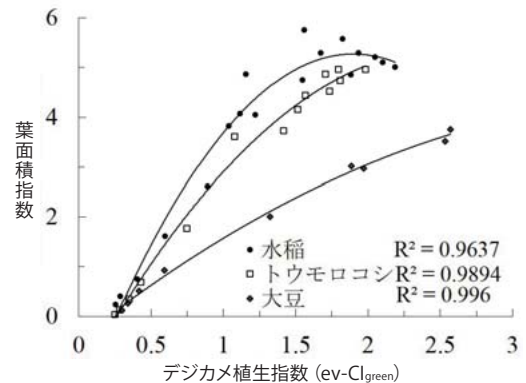


図4 葉面積指数とev-Cl_{green}の比較

ev-Cl_{green}は、葉面積指数との相関関係が高い。

ました。図2は、3.6mの高さから真下に向けて撮影したトウモロコシの画像です。夜間フラッシュ撮影による近赤外画像(右側)は、葉色の変化をとらえることはできませんが、トウモロコシの形態的な特徴をよく写していることが分かります。

デジカメ植生指数は何をとらえているのか？

デジカメ植生指数を 同時に行なった生育調査と比較した結果、NRBI_{NIR}はトウモロコシ・大豆の地上部乾物重(子実を除く)、ev-Cl_{green}はトウモロコシ・大豆・水稲の葉面積指数(土地面積あたりの全葉面積、葉が茂るほど値が高くなる)と高い相関関係を示しました(図3、4)。NRBI_{NIR}が地上部乾物重に強い相関関係を示したのは次のような理屈があります。作物は生育するにつれ、水平方向に葉を広げ垂直方向に草丈を伸ばします。NRBI_{NIR}は、常に一定の強さで照射されるフラッシュを光源として、葉や茎からカメラまで跳ね返ってくる反射光の相対的な強さをとらえています。近赤外光は、土壌表面よりも植物体表面でよく反射されるので、植生被覆率(葉が地面を覆う比率)が大きくなるほど反射光が強くなります。さらに、カメラと植生の距離が縮まる(草丈が伸びる)につれても強くなります。つまり、NRBI_{NIR}は、植生被覆率のような2次元水平方向の情報だけでなく、草丈の変化も加味した3次元情報の変化をとらえているので、地上部乾物重との相関が高くなったというわけです。一方、昼間撮影によるev-Cl_{green}は、近赤外と可視光域の反射率の違いに着目する従来の考え方で理解できます。

時空を超えて作物の生育を記録する

衛星データを使えば、世界中の農作物の生育を観察できますが、地上で取った作物生育データと比較しなければ、解釈を大きく間違えてしまうことがあります。かといって遠く離れた場所に毎日行くわけにもいかないので、作物の生育記録にデジタルカメラの活用が期待されます。

また、デジカメ植生指数のデータ(図5)を蓄積すれば、干ばつや洪水等の気象災害年と平常年の作物生育状況の違いを客観的に比較できます。「異常気象や気候変動による農作物の被害・影響を、昔と今で比べる」には、さらに長期間の作物生育情報が必要です。デジタルカメラによる定点モニタリングならば、少ない労力で作物の変化を詳細に記録できるため、データの蓄積が簡単になるでしょう。デジタルカメラを利用するこの方法が、世代を超えた農業環境情報の蓄積・継承に役立てることができればと期待しています。

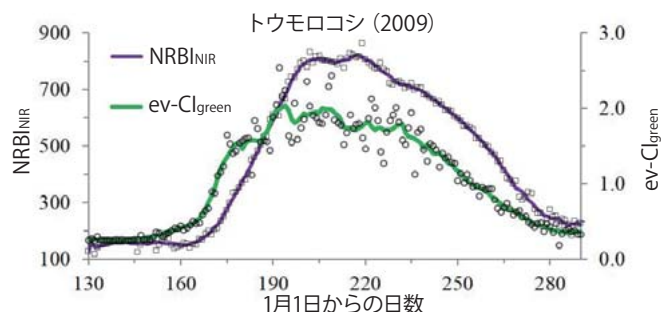


図5 生物生育に伴うデジカメ植生指数の季節変化

NRBI_{NIR}、ev-Cl_{green}は、それぞれ、植生率・地上部乾物重の季節パターンを反映しています。図中の○、□は、日平均値、実線は7日間移動平均値を表します。

発表論文: Sakamoto et al., Agric. For. Meteorol., 154-155: 113-126(2012)