

平成 30 年 5 月 6 日現在

機関番号：32615

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26450367

研究課題名(和文)コンパクトデジタルカメラ画像から推定の植生指標を高精度化する手法開発

研究課題名(英文)Development of method for acquiring estimated vegetation index with higher accuracy from photo images by commercial digital cameras

研究代表者

尾崎 敬二(OSAKI, Keiji)

国際基督教大学・教養学部・客員教授

研究者番号：60160834

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：デジタルカメラは近接距離上の物体の特徴を画像として取得可能なある種のセンサと言える。高価な分光計に比して、広範囲な対象を一度に画像として取得できる優位性を持つ。カメラレンズに赤外フィルターを当てて近赤外画像を取得し、可視光画像と組み合わせ、植物の活性度を表す「植生指標」を高精度に推定できた。この推定植生指標の2次元空間分布図を作成すると、画像の影領域に対応する領域で、植生指標値の異常に高い領域が出現した。この異常高領域の除去のためにカメラ画像の最低輝度の閾値を定め、閾値以下の輝度を持つ画素を植生指標の推定から除くことが、カメラ画像から推定する植生指標の高精度化に有効であった。

研究成果の概要(英文)：Digital cameras are indispensable devices for proximal remote sensing technology and show an excellent advantage that they can cover more extensive areas by one shot than a spectral radiometer can make a measurement of a target object in a limited scope. When we make a distribution map of "vegetation index (shows an activity of photosynthesis by chlorophyll)" estimated from the images captured by commercial digital cameras with an auto exposure function on, it is sometimes seen that the areas with anomalously high values of vegetation index appear corresponding to darkest shadow areas in visible light images.

To remove the anomalous areas, we set the minimum threshold luminance of the image and found it very effective to exclude the pixels with the luminance below this threshold value from the processing of estimation of the vegetation index. It was also revealed that the minimum threshold luminance has dependence on gamma values of the image.

研究分野：画像計測光学、近接リモートセンシング、農業情報

キーワード：植生指標 デジタルカメラ画像 近赤外領域 分光反射率 影領域 適正露光範囲

1. 研究開始当初の背景

(1) 農業、環境分野で植生指標分布の把握に、高価なマルチスペクトル機器をデジタルカメラで代用する試みは、国内外で取り込まれてきた。分光放射計測値から算出の植生指標値を基準にすると、デジタルカメラから取得の近赤外画像と可視赤色画像から推定した標準植生指標(NDVI)の精度はかなり低かった。

(2) 先行研究においては、仮説「商用デジタルカメラをマルチスペクトルセンサとして代用は可能か?」に対して、「取得画像放射輝度の精度が低すぎて定量的推定はできない。」との結論が挙げられていた。

(3) また、我々の行った屋内外のデジタルカメラ撮影画像において、可視光画像の影領域では、推定 NDVI 値が 0.9 を超える異常領域が見出され、画像からの植生指標推定の精度向上に対し大きな問題・障害となっていた。

2. 研究の目的

(1) 先行研究の結論に対し、我々の研究では、屋内で撮影のデジタルカメラ画像から推定の NDVI と、分光放射計による分光反射率から算出の NDVI 間の相関係数は 0.96 となっていた。このことから定量的推定と、精度向上は実現可能と推察した。ただし、研究開始当初の画像から推定の NDVI と、分光放射計測値から算出の NDVI との値の差は 20%以上もあった。

(2) 研究の目的は、影領域抽出とその対応を考慮したデジカメ画像から推定の植生指標の高精度化で、実用的には(1)の差を 10%程度とする目標を設定した。近赤外域での適正露光の画像を新たに取得する手法、可視光画像の影領域を抽出し適切な処理を施して、デジタルカメラ画像から推定する標準植生指標(NDVI)の高精度化を進展させる手法の開発などが、近接リモートセンシング分野にも大きく貢献することを目指した。

3. 研究の方法

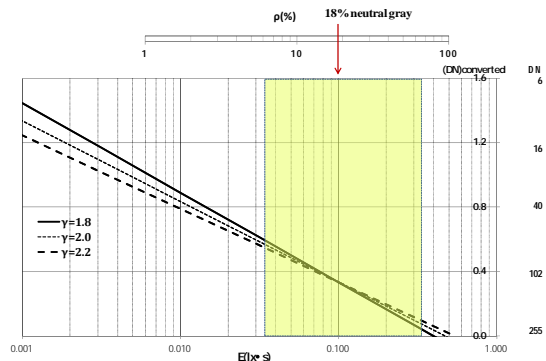
(1) 対象物への入射光からデジタルカメラ撮像素子までの光の伝達を考察し、撮像センサに入射する光量とセンサの出力画素値(Digital Number)の関係に注目した。デジタルカメラ工業規格に沿った自動露光機能により取得のデジタルカメラ画像の画素値と、対象物の反射率の間には一定の関係が示される。また、標準グレー反射板が可視光と近赤外の帯域で、ほぼ一定の反射率を示し、適正露光条件下では、その 8 ビット出力画素値が 118 であることを利用して、画像の適正なレベル補正を行い、適正露光画像を取得した。

(2) 影領域となるデジタルカメラ低画素値の閾値を算出するには、可視光画像から輝度

を求め、その輝度と分光放射率計測値の関連から閾値を算出した。

4. 研究成果

(1) 商用デジタルカメラ画像をひとつのセンサ(分光放射計)出力として活用する試みの中で、可視光領域の影領域に対応して、植生指標推定値が異常に高い領域が出現する問題の解決法を提案できた。カメラ画像の最低輝度閾値を定め、これ以下の輝度を持つ画素を植生指標推定の過程から外す方法により、非常に効果的に異常高領域を除去できた。カメラ受光素子面への露光条件から定めた適正露光範囲を適用して、より高精度な植生指標分布図を得ることができた。影領域のような暗い画素の範囲において、推定植生指標の異常高領域(NDVI >= 0.9)が出現する問題解決には、画像の輝度範囲を定めて植生指標推定の対象から除外する方法が有効であることを示した。具体的には、植生指標を推定する際に、適切な輝度範囲は、露光量では



0.03 (lux・sec)から 0.3 (lux・sec)の範囲で、それに対応する可視画像の画素値はおよそ 70 から 200 であることを明らかにした。

図 1 変換画素値(DN)converted と露光量 E [lx・sec]の関係

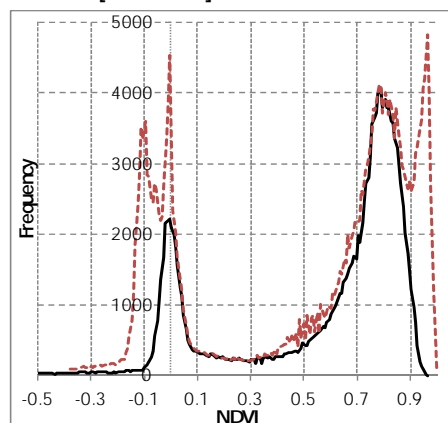


図 1, 図 2 を参照。

図 2 画像から推定の標準植生指標の頻度分布: 輝度範囲制限を施さない破線のヒストグラムには、標準植生指標値の大きなピークが 0.9 より大きい範囲に出現している。

(2)最低輝度閾値はカメラ出力画像のガンマ値に依存することを示し、また影領域が大部分の NDVI の異常高領域の割合は、画像のガンマ値に依存していることを見出した。デジタルカメラ画像のガンマ値は出力ディスプレイのガンマ値に合わせて2.2が一般的であるが、カメラ画像から植生指標を推定する場合には、それより小さい値が適することを見出した。このガンマ値は、分光放射計によるグレーパッチからの反射輝度の測定値から算出した。デジタルカメラ画像を植生指標推定のような画像計測に利用する場合に、ガンマ値を2.2より小さい1.8や1.9とすることは、今後の検討課題とした。

(3) デジタルカメラ画像のカメラ画像から推定の植生指標(ガンマ=1.8として)の精度が大幅に向上し当初の目標の達成に成功したと言えよう(研究当初の20%の差からおよ

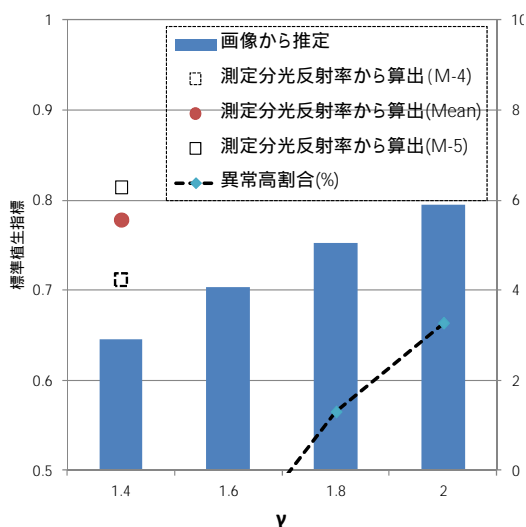


図3 カメラ画像から推定と、分光反射率測定値から算出の標準植生指標の比較。

そ7%の差にまで向上) 図3参照。

(4)商用デジタルカメラに可視光遮断の近赤外レンズフィルターを装着して近赤外画像を取得し、可視光画像と組み合わせて植生指標を推定作成する過程は、複雑でコストがかかり容易ではない。身近なモバイル機器により簡便に取得できる可視光画像のみから植生指標(植物の光合成活性度や植物葉の分布量)を算出し、植生域か非植生域かを判別できれば、環境状況のモニタリングにおいて、非常に有益である。しかし、可視光画像のみで得られる植生指標の緑赤植生指標では、小型無人航空機搭載のカメラ画像から作成した分布図において、影領域を植生領域と誤判別する問題が見出された。この誤判別の問題を、別の緑過剰指標による植生指標分布図により解消でき、植生/非植

生の判別が可能であることを見出した。

## 5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計11件)

尾崎 敬二、小型無人航空機搭載デジタルカメラによる単一空撮可視光画像から推定する植生指標、日本画像学会誌、査読有り、招待あり、57(3)、2018、1-6

尾崎 敬二、ドローン搭載カメラによる可視光画像の植生領域判別に有効な指標、情報処理学会全国大会講演論文集、80(4)、2018、9-10

尾崎 敬二、小型無人航空機搭載デジタルカメラによる単一空撮画像から推定する緑赤植生指標、Imaging Conference Japan 論文集、120、2017、65-68

尾崎 敬二、商用デジタルカメラ画像から緑赤植生指標を得る簡便方法の提案、情報処理学会全国大会講演論文集、79(4)、2017、529-530

尾崎 敬二、デジタルカメラ画像から推定の植生指標分布図の改善、査読有り、招待あり、日本画像学会誌、日本画像学会、55(2)、2016、135-142、<http://doi.org/10.11370/isj.55.135>

尾崎 敬二、デジタルカメラ画像による植生指標推定における画像輝度とガンマ値の関連、情報処理学会全国大会講演論文集、78(2)、2016、51-52

Keiji Osaki、Appropriate Luminance for Estimating Vegetation Index from Digital Camera Images、Bull. Soc. Photogr. Imag. Japan、査読有り、招待あり、Vol.25、2015、31-37

Keiji Osaki、Appropriate Light Exposure for Estimating Vegetation Index from Captured Images by Commercial Digital Cameras、International Conference on Advanced Imaging、査読有り、招待あり、2015、286-289

尾崎 敬二、デジタルカメラ出力画像の輝度範囲制限による推定植生指標の精度向上、情報処理学会全国大会講演論文集、77(2)、2015、33-34

尾崎 敬二、デジタルカメラ画像の影領域抽出による推定植生指標の精度向上、日本画像学会, Imaging Conference Japan fall meeting、2014、71-74

尾崎 敬二、屋外デジタルカメラ画像から推定の植生指標分布への影領域の影響、日本画像学会, Imaging Conference Japan 論文集、2014、71-74

〔学会発表〕(計 8 件)

尾崎 敬二、ドローン搭載カメラによる可視光画像の植生領域判別に有効な指標、情報処理学会第 80 回全国大会、2018/03/15

尾崎 敬二、小型無人航空機搭載デジタルカメラによる単一空撮画像から推定する緑赤植生指標、Imaging Conference Japan、2017/12/01

尾崎 敬二、商用デジタルカメラ画像から緑赤植生指標を得る簡便方法の提案、情報処理学会第 79 回全国大会、2017/03/10

尾崎 敬二、デジタルカメラ画像による植生指標推定における画像輝度とガンマ値の関連、情報処理学会第 78 回全国大会、2016/03/10

Keiji Oskai、Appropriate Light Exposure for Estimating Vegetation Index from Captured Images by Commercial Digital Cameras、The 1st International Conference on Advanced Imaging、2015/06/18

尾崎 敬二、デジタルカメラ出力画像の輝度範囲制限による推定植生指標の精度向上、情報処理学会第 77 回全国大会、2015/03/17

尾崎 敬二、デジタルカメラ画像の影領域抽出による推定植生指標の精度向上、日本画像学会第 114 回研究討論会、2014/11/21

尾崎 敬二、屋外デジタルカメラ画像から推定の植生指標分布への影領域の影響、日本画像学会年次大会、2014/06/11

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

尾崎 敬二(OSAKI, Keiji)

国際基督教大学・教養学部・アーツサ

イエンス学科・客員教授

研究者番号：60160834