

スマートフォン撮影画像を用いた簡易濁度計測技術の検討

高知高専 特別会員 ○田中匠 高知高専 正会員 岡田将治 ハイドロシステム開発 正会員 武田龍弥

1. はじめに

河川流域の土砂動態を把握するために行われる河川水の濁度計測は、洪水中にバケツ等で濁水を直接採取する手法が用いられており、多大な労力と時間がかかっている。一方、人工衛星の特定の波長の画像等から濁度と相関の高い水面反射率を算定し、濁度を求める Nechad ら¹⁾の手法があり、特に 100FTU 以下の低濁度時の水面反射率の算定には、赤波長画像を使用することが推奨されている。一方、当研究室と共同研究グループ²⁾では、UAV に搭載できる携帯型マルチスペクトルカメラおよび照度計の計測データを用いて水面反射率を算定し、Nechad ら¹⁾の式から濁度を求める手法を提案している。しかし、この計測器が一台約 70 万円と高価である点が課題であった。そこで、本研究では、前述のマルチスペクトルカメラを用いた手法を参考に、より安価なスマートフォンで撮影した RGB 画像から濁度を求める手法を試案し、有効性を検証した。

2. 研究方法

マルチスペクトルカメラを用いる手法では、照度計で計測されるパネルおよび水面を撮影した際の、輝度と照度の比の情報が得られるが、提案する手法では計測されないため、赤(R)の値、露光時間、雲量に加え、彩度を用いて機械学習モデルを構築する。

赤の値を説明変数とした理由は、濁度 100FTU 以下の濁水と赤波長の水面輝度に正の相関があることから、赤の値も同様に創刊が高いと考えたためである。露光時間は、物体から光を集める時間の長さであり、光の強さを把握できることから照度の代用とした。さらに、目視で把握した雲量に加えて、前らの研究³⁾で濁度と相関があるとされる HSV 空間の色情報の彩度を説明変数として採用した。

モデルを構築するためのデータセットは、**図-1**に示すように、物部川永瀬ダム湖内の堆積土砂を用いて、大型のタライ(直径 110cm、深さ 50cm)で最大 100FTU までの 5 種類の濁度の試料を作成して、iPhone12mini(1,200 万画素)で RGB 画像を取得した。

日射の違いを検討するために、晴天時(雲量 0)と曇天時(雲量 10)

の 2 日間で合計 45 個のデータセットを取得した。機械学習モデルにはランダムフォレストを採用し、7 割のデータを学習データとしてモデルを構築した後、残りの 3 割のデータで精度検証を行った。

3. 研究成果・考察

図-1、**図-2**の結果から、晴天時は濁水面が茶色に見えているのに対し、曇天時は薄い灰色に見えていることがわかる。原因として、茶色のカラーコード(R:G:B)は 128:128:128 であるのに対し、薄い灰色のカラーコードは 192:192:192 と、上限値の 255 までの差が影響したと考えられる。

実験で得られた赤の値と濁度の関係を**図-3**に示す。晴天時の赤の値に着目すると、大まかに正の相関があるものの、32.1FTU より 23.2FTU の赤の値が大きいなど、部分的に正の相関があるとはいえない。曇天時にも同様の結果となった。そして、60FTU 以下の濁度では、同じ濁度に対して、晴天時より曇天時の赤の値が大きくなる傾向がみられた。これは、晴天時は明るく水面が茶色に近い色にみえるのに対し、曇天時は暗く水面が灰色に近い色にみえる影響であると考えられる。

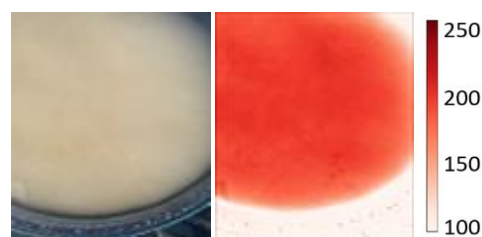


図-1 晴天時に撮影した 104FTU の濁水試料の RGB 画像(左)と赤(R)の値の分布図(右)

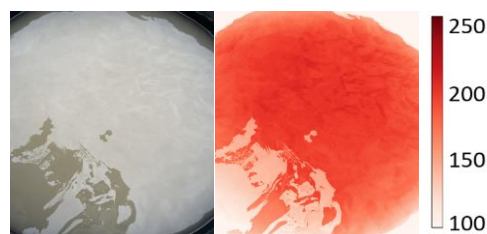


図-2 曇天時に撮影した 93.3FTU の濁水試料の RGB 画像(左)と赤(R)の値の分布図(右)

露光時間と濁度の関係を図-4に示す。晴天時と曇天時の露光時間を比べると、曇天時の方が長くなっている。これから、曇天時に赤の値が大きくなる影響を、露光時間にて考慮できる可能性を示した。また、先述した部分的に正の相関が得られない箇所では、23.2FTUの露光時間の方が長いことから撮影状況が暗かったことが考えられる。

実験で得られた彩度と濁度の関係を図-5に示す。晴天時では、濁度が増加するにつれて彩度が増加している。これは、濁度が小さいと、水面が無彩色の灰色に見えていたものが、濁度が増加すると中彩色の茶色に見えるようになったことが考えられる。曇天時は、晴天時と比べて、濁度の増加に対する彩度の増加がみられない。この要因として、曇天時には、濁度が高いと濁水面が茶色ではなく灰色に見えることが考えられる。

これらと雲量を説明変数として、任意に抽出した7割のデータでモデルを構築し、残りの3割のデータで精度を検証した。その結果、図-6のように、実測濁度と推定濁度の1対1の直線上に概ね分布したものの、93FTUの濁度が小さく推定されてしまい、実測濁度に対する推定濁度の決定係数は0.63となった。この要因として、曇天時の赤の値では、37FTUと61FTUと93FTUの値で、正の相関がみえにくいことや、曇天時の彩度に濁度と正の相関がみえないことが挙げられる。

説明変数の重要度を算出した結果、露光時間が0.41、赤の値が0.34、彩度が0.25、雲量が0となった。露光時間が最も大きくなっているが、赤の値と彩度の2つで重要度の半数を占めている。このことから、濁度と概ね正の相関がみられる赤の値および彩度で、補足情報として、集光情報が必要とされていると考えられる。今後は、集光情報の計測精度を向上し、予測精度を向上するか検討する。

4. おわりに

RGB画像から濁度を求める手法の開発のための基礎的な検討を行った。赤の値および彩度は、おおまかに濁度と正の相関がみられたが、部分的には正の相関がみられなかった。これを補う変数として、露光時間などの集光情報が必要であることが明らかになった。

また、曇天時には、赤の値および彩度は、濁度と正の相関が部分的にみられなかった。今後は、照度計を用いることによる集光状況の計測精度向上に加え、曇天時に正の相関がみられるようにするための前処理等について検討していく。

参考文献

- 1) Nechad, et al., Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of turbidity in coastal waters, SPIE 9998, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XVIII, pp.1-11, 2009.
- 2) Micasense Inc.:Radiometric Calibration Model for MicaSense Sensors, 2023/2/8, 閲覧日 2023/2/10, <https://support.micasense.com/hc/enus/articles/115000351194-Rededge-Camera-Radiometric-Calibration-Model,2022>.
- 3) 前稔文ら, スマートフォンにより撮影された沖縄県における赤土を含む懸濁液の画像を用いた濃度変化の把握と濃度基準の設定の試み, 大分工業高等専門学校紀要, Vol.57, pp.22-27, 2020.

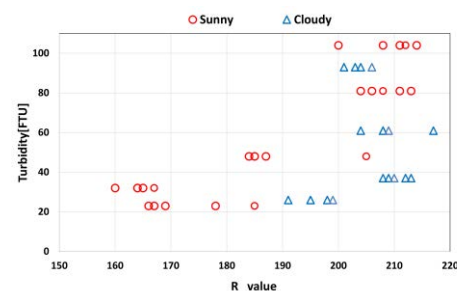


図-3 実験で得られた赤(R)の値と濁度の関係

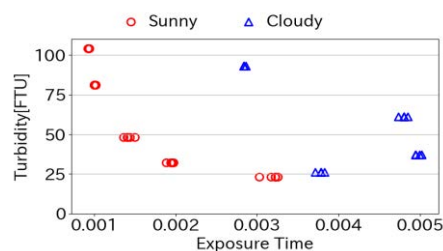


図-4 実験で得られた露光時間と濁度の関係

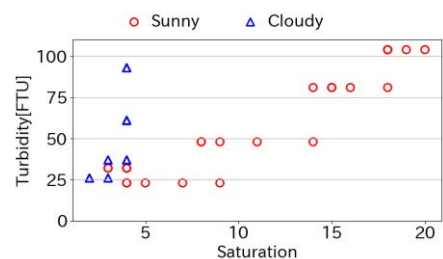


図-5 実験で得られた彩度と濁度の関係

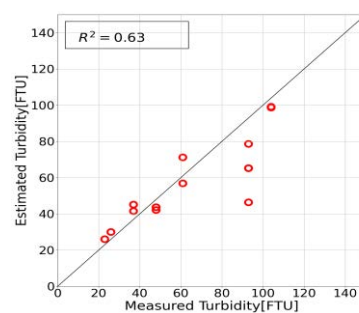


図-6 実験データから任意に抽出した7割のデータから構築したモデルの精度