

# 第 59 回 応用物理学会北海道支部 第 20 回 日本光学会北海道支部 合同学術講演会予稿

## A 会場 (B12 講義室)

A - 2      1 月 6 日 (土)      15:30 ~ 17:15      座長 : 酒井 大輔 (北見工大)

- A-2-1 光渦レーザー誘起前方転写におけるドナー飛翔現象のモニター装置の開発  
○佐藤 光太郎<sup>1</sup>, 爲本 龍汰<sup>1</sup>, 山根 啓作<sup>1</sup>, 戸田 泰則<sup>1</sup>, 尾松 孝茂<sup>2,3</sup>, 森田隆二<sup>1</sup>  
(北大院工<sup>1</sup>, 千葉大融合理工<sup>2</sup>, 千葉大分子キラリティー<sup>3</sup>)
- A-2-2\* 二次元半導体材料の円偏光分光解析に向けた低温蛍光分光イメージング装置の構築 ★  
○篠原 僚太, 笹木 敬司, 田口 敦清  
(北大電子研)
- A-2-3\* 二値化スペックル照明を用いたデジタルホログラフィック顕微鏡の空間分解能特性  
○星野 隆哉\*, 船水 英希\*, 魚住 純\*\*  
(室蘭工業大学大学院 生産システム工学系専攻\*・北海学園大学 電子情報工学科\*\*)
- A-2-4\* デジタルホログラフィック・フローサイトメトリーにおける  
赤血球の形態パラメータの拡張および時間変動特性の計算機シミュレーション  
○細川 竜宏, 船水 英希  
(室蘭工業大学大学院 生産システム工学系専攻)
- A-2-5\* 機械学習を用いたヒト皮膚分光反射率予測 手法の検討  
○橋本 温人, 湯浅 友典  
(室蘭工業大学大学院 生産システム工学系専攻)
- A-2-6\* ヒートマップを用いた新たな皮膚組織パラメータ推定手法の検討  
○西村玲偉<sup>1</sup>, 田村光<sup>1</sup>, 宮津集<sup>1</sup>, 菊池久美子<sup>2</sup>, 湯浅友典<sup>1</sup>, 相津佳永<sup>1</sup>  
(室蘭工業大学大学院生産システム工学系専攻<sup>1</sup>, 株式会社 資生堂 みらい開発研究所<sup>2</sup>)
- A-2-7\* UAV 空撮画像を用いた海藻植生の解析手法の構築  
～深層学習を用いた解析精度向上の検討～  
○山田 賢次朗<sup>1</sup>, 高橋 育登<sup>1</sup>, 竹田 海渡<sup>1</sup>, 宮崎 義弘<sup>2</sup>, 湯浅 友典<sup>1</sup>, 相津 佳永<sup>1</sup>  
(室蘭工業大学大学院<sup>1</sup>, 渡島地区水産技術普及指導所<sup>2</sup>)

# 光渦レーザー誘起前方転写における ドナー飛翔現象のモニター装置の開発

## Development of a snapshot imaging device for monitoring jet formation process in OV-LIFT

北大院工<sup>1</sup>, 千葉大融合理工<sup>2</sup>, 千葉大分子キラリティ<sup>3</sup>

○佐藤 光太郎<sup>1</sup>, 爲本 龍汰<sup>1</sup>, 山根 啓作<sup>1\*</sup>, 戸田 泰則<sup>1</sup>, 尾松 孝茂<sup>2,3</sup>, 森田隆二<sup>1</sup>

Hokkaido Univ.<sup>1</sup>, Chiba Univ.<sup>2</sup>, MCRC, Chiba Univ.<sup>3</sup>

○Kotaro Sato<sup>1</sup>, Ryota Tamemoto<sup>1</sup>, Keisaku Yamane<sup>1\*</sup>, Yasunori Toda<sup>1</sup>, Takashige Omatsu<sup>2,3</sup>,  
Ryuji Morita<sup>1</sup>

E-mail: k-yamane@eng.hokudai.ac.jp

ドナー物質に光渦パルスの軌道角運動量を転写することで高速な自転を伴う液体のジェット（スピ  
ンジェット）を誘起して高精細なパターンニングを行う光渦レーザー誘起前方転写法（OV-LIFT）[1]と  
呼ばれる技術が報告されている。OV-LIFT の物理過程解明あるいはパターンニングの最適化のためには、  
ドナー物質の飛翔過程を観測することが不可欠である。OV-LIFT ではドナーの飛翔がマイクロ秒のス  
ケールで時間発展するため、サブマイクロ秒の露光時間でイメージングを行う技術が必要となる。ま  
た、実際に OV-LIFT を産業応用に繋げていくためには、なるべく費用対効果の高い観測手法が求めら  
れる。

マイクロ秒域をイメージングする装置としてハイスピードカメラが挙げられるが、フレーム数を多  
く確保できるものの一般的には非常に高価である。しかし、ジェット形成の大まかな振る舞いをモニ  
ターするためであれば数フレーム以下のスナップショット計測で十分である。

本研究では、半導体レーザー（LD）の直接電流変調を利用して発生させた光パルスを用いたドナー  
飛翔のモニター装置開発を行う。本装置では汎用的な LD および LIDAR 用の安価な LD ドライバーを  
用いて発生させたナノ秒パルスを観測光として用いており、高速スナップショット計測を非常に安価  
に実現できる。図 1 に、グリセリンで 10 倍に希釈した市販のインク(セーラー万年筆 極黒)に対して、  
LIFT レーザーを照射後 5 マイクロ秒の時刻に取得されたスナップショット像を示す。(a)では光渦を、  
(b)ではガウスビームを LIFT 光に使用しており、共にパルスエネルギーは 55 $\mu$ J であった。図 1 より明  
らかなように、わずか 1 フレームの計測ではあるがガウスビームと光渦の間には飛翔の過程において  
明確な違いを可視化できており、本手法の有用性が示された。

今後、異波長の複数 LD から発生された光パルスを用いた波長分割多重技術によりマルチフレーム計  
測へ発展させていく予定である。講演ではこれらの詳細について発表する。

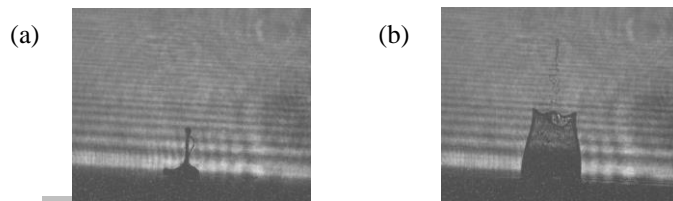


図 1 : 各励起光として (a)光渦 (b)ガウスビーム用いたドナーの飛翔過程のスナップショット計測

## 二次元半導体材料の円偏光分光解析に向けた低温蛍光分光イメージング装置の構築

北大電子研 篠原 僚太, 笹木 敬司, 田口 敦清

### 背景と目的

物質の空間的な均一性や欠陥、不純物の有無を解析するために、低温でのフォトルミネッセンス(PL)マッピングが有効である[1]。また、円偏光 PL による材料解析は、二次元半導体材料のバレー分極による円二色性や物質のキラリティ構造に由来する円二色性などを調べる上で重要である[2]。そこで本研究では、低温での円偏光分光が可能な顕微分光イメージング装置の構築を目的とした。

### 低温円偏光分光イメージング装置

図1に示すような光学系を構築した。レーザーは波長が 473 nm を使い、図1で入射光は青で表した。直線偏光素子により、偏光を直線偏光にした後、対物レンズの直前に 1/4 波長板を用いて円偏光にした。対物レンズは開口数 NA が 0.95 で倍率が 60 倍のものを用いた。クライオスタットにより 14 K に冷却し、ピエゾステージによりサンプルを動かした。物質から観測される PL は赤で表した。PL の左回り円偏光(LCP)成分と右回り円偏光(RCP)成分は、1/4 波長板を通過することで互いに直交する直線偏光となり、1/2 波長板を用いることで直線偏光の向きを変え、直線偏光素子により蛍光の LCP 成分と RCP 成分のうち、片方の成分のみを分光器に入れた。サンプルは剥離法で得た単層 WSe<sub>2</sub> を用いた。

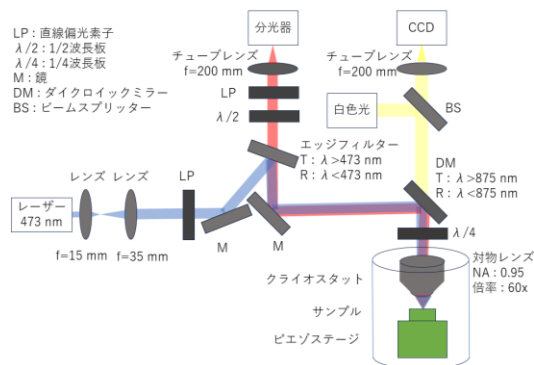


図1 実験に用いた光学系

### 単層 WSe<sub>2</sub> の PL イメージングと円偏光分光

単層 WSe<sub>2</sub> の反射顕微画像および室温と 14 K における PL 強度分布を図2に示す。単層 WSe<sub>2</sub> の PL 強度から試料の分布を画像化することができた(図2b)。また、LCP と RCP の円偏光を入射光として、PL スペクトルの LCP 成分と RCP 成分を図3に示す。図3での単層 WSe<sub>2</sub> の PL スペクトルにおける 1.72 eV 付近に現れるピーク X<sup>0</sup> は A 励起子、1.69 eV 付近に現れるピーク T はトリオンとして帰属できた[3]。グラフから LCP を入射した際には PL の LCP 成分の方が強く、RCP を入射した場合は PL の RCP 成分の方が強くなることがわかった。このことから WSe<sub>2</sub> の円二色性を確認することができた。以上から目的としていた光学系を構築できたと考えられる。

(a)



(b)

室温

14 K

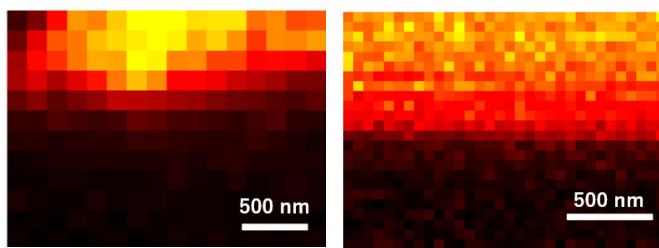
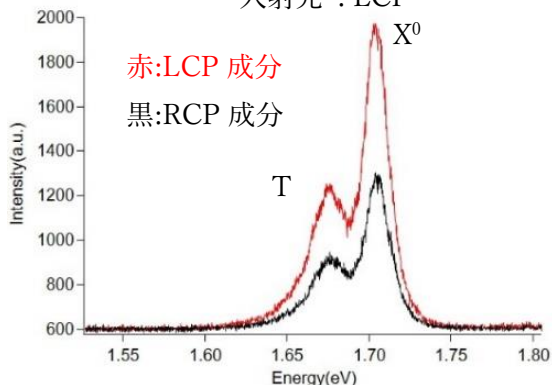


図2 (a)単層 WSe<sub>2</sub> の反射顕微画像 (b)単層 WSe<sub>2</sub> の PL 強度分布

(a)

入射光 : LCP



(b)

入射光 : RCP

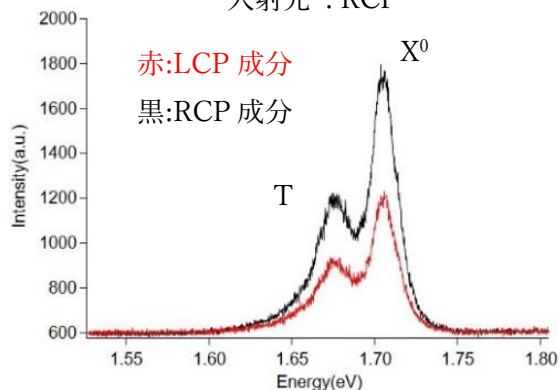


図3 単層 WSe<sub>2</sub> の PL スペクトル (a)LCP を入射 (b)RCP を入射

### 参考文献

[1] Utpal N.Roy, et al. Scientific Reports, **9**, 7303, (2019). [2] Hsiang Ting Lin, et al. ACS Applied Materials and Interfaces, **10**, 15996, (2018). [3] Tengfei Yan, et al. Scientific Reports, **5**, 15625, (2015).

# 二値化スペックル照明を用いた デジタルホログラフィック顕微鏡の空間分解能特性

室蘭工業大学大学院 生産システム工学系専攻\*・北海学園大学 電子情報工学科\*\*

○星野 隆哉\*, 船水 英希\*, 魚住 純\*\*

## 1. はじめに

デジタルホログラフィック顕微鏡(DHM)は無染色細胞を動的かつ三次元的に観察可能な定量位相顕微鏡としてバイオイメージング分野において応用研究が進んでいる<sup>1)</sup>。近年, DHM 技術に構造化照明を適用して, 高空間分解能化を実現する研究が行われており, スペックルパターンを構造化照明として用いた DHM(SDHM)が提案されている<sup>2)</sup>。この方法では, DHM の開口数が物体に照射するスペックルの平均径に依存することを利用して高空間分解能化を実現し, スペックルパターンを変化させて複数のホログラムの平均化処理による高画質化が可能である。当研究室では, SDHM において使用するスペックル照明とその変化方法として, 移動ステージを用いた拡散板の並進移動による単散乱スペックルおよび二重散乱スペックルや, スペックルリデューサを用いた拡散板の回転運動による二重散乱スペックルを使用した結果を報告してきた。本研究では, SDHM のスペックル照明として二値化スペックルを用いた場合の空間分解能特性の評価を目的とする。

## 2. 実験系と二値化スペックルパターンの作成法

Fig.1 に本研究で用いた二値化スペックルパターンを用いたオフアキス型の DHM の光学系を示す。光源には He-Ne レーザ (632.8nm, 21mW) を用いる。計算機シミュレーションにより作成した二値化スペックルパターンを, 振幅変調型に調整した空間光変調器 (HOLOEYE, LC-R2500, 768×768pixels, 19×19μm<sup>2</sup>) に表示し, L<sub>3</sub> と OB<sub>3</sub> により 0.10 倍に縮小結像後に被検物体に照射して物体光を生成する。また, 参照光には平面波を用いる。これらの光波によるホログラムを CCD カメラ (1024×1024pixels, 3.45×3.45μm<sup>2</sup>) で記録し, 空間フィルタ法および二重回折法により再生する。被検物体には振幅変調型のスターターゲット(Edmund, #37-538)を用いた。

二値化スペックルパターンは, 計算機シミュレーションにより作成したスペックル強度分布を, その平均値によるしきい値処理で二値化して作成する。ホログラムの記録は, 統計的に独立な 20 枚の二値化スペックルパターンを用いて, 物体が無い状態で二値化スペックルのみのホログラムを記録した後に, これらのスペックルで照明した物体のホログラムを記録する。それぞれのホログラムの再生像を平均後に除算し, スペックル照明による空間的な複素振幅変調を除去する。

## 3. 結果

Fig.2(a)と(b)はガウス照明および二値化スペックル照明により得られた再生像の強度分布である。Fig.2(b)において, 二値化スペックルパターンを生成するのに用いたスペックル強度の平均径は 83.50μm である。また, 図中の水色の点線は, ガウス照明を用いた場合の解像領域を示すガイドラインである。これらの結果から, 二値化スペックルを用いた場合に, ガイド線の内側まで線が見えており, 空間分解能が向上していることが視覚的に確認できる。

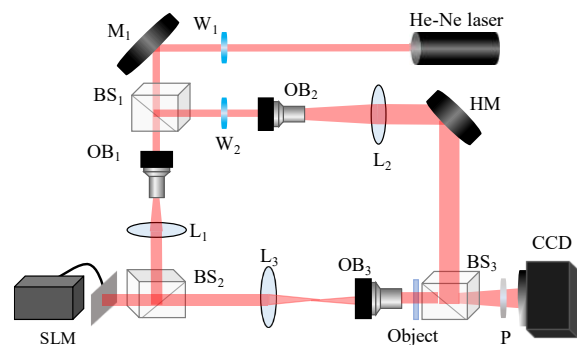


Fig.1 Experimental setup. W: Half waveplate, BS: Beam splitter; OB: Objective lens; L: Lens; SLM: Spatial light modulator, HM: Half mirror; P: Polarizer.

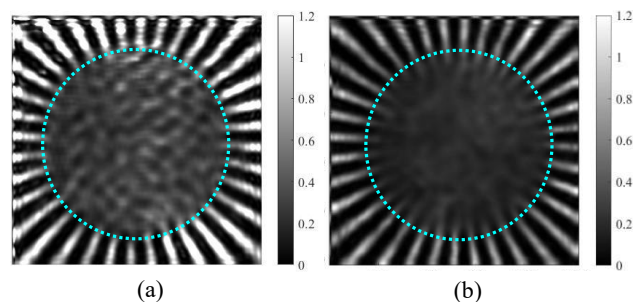


Fig.2 Intensity distributions in (a) the Gaussian illumination and (b) binary speckle illuminations.

1) M. K. Kim : Digital holographic microscopy, (Springer, 2011).  
2) Y. K. Park *et al.* : Opt. Express 17 (2009) 12285.

# ディジタルホログラフィック・フローサイトメトリーにおける赤血球の形態パラメータの拡張および時間変動特性の計算機シミュレーション

室蘭工業大学大学院 生産システム工学系専攻

○細川 竜宏, 船水 英希

## 1. はじめに

ディジタルホログラフィック顕微鏡(DHM)は, 無染色で動的に細胞観察が可能な定量位相顕微鏡である<sup>1)</sup>. 近年, DHM で取得される位相情報に基づく赤血球の形態パラメータによる特徴検出法が提案されている<sup>2)</sup>. 当研究室では DHM を用いたフローサイトメトリー法により, 流路内で回転しつつ流れる赤血球をリアルタイムに観察し, 位相情報に基づく 8 種の形態パラメータの時間変動特性を報告してきた. 本研究では, 新たに追加した形態パラメータの時間変動特性を計算機シミュレーションにより作成した赤血球を用いて取得したので報告する.

## 2. 赤血球の位相分布の計算機シミュレーションおよび形態パラメータの取得法

計算機シミュレーションによって各回転角における赤血球の 2 次元位相分布を取得するために, 赤血球の 3 次元形状を次式により作成する.

$$r(\xi) = 3\cos^4\xi + 0.75 \quad (1)$$

ここで,  $\xi$  は球形座標系の仰角を表す. Fig.1 は式(1)によって作成された赤血球の 3 次元形状の外形である. このデータを Y 軸周りに回転させた後に(X,Y)平面上に投影することで, 各回転角における 2 次元位相分布 $\varphi(m, n, \theta)$ を次式により取得する.

$$\varphi(m, n, \theta) = 2\pi(n_{RBC} - n_s) \frac{h(m, n, \theta)}{\lambda} \quad (2)$$

ここで,  $\lambda$  は光源として用いる波長,  $\theta$  は回転角であり  $0^\circ$  から  $180^\circ$  の範囲を  $1^\circ$  の間隔で作成した. また,  $(m, n)$  は画像のピクセルインデックス,  $h(m, n, \theta)$  は血球の厚み,  $n_{RBC}$  と  $n_s$  は赤血球および生理食塩水の屈折率である.

このように作成した各回転角における赤血球の 2 次元位相分布から形態パラメータの時間変動特性を計算する. 赤血球の形態パラメータは, 「体積」, 「合計位相値」, 「コントラスト」, 「エントロピー」, 「中心位相値」, 「球形係数」, 「D 値」, 「位相分散」, 「位相歪度」, 「位相尖度」, 「最大厚み」, 「MCH」, 「投影面積」, 「伸び」, 「周長」, 「円形度」, 「細胞偏心」, 「最小幅」 の計 18 種を取得する.

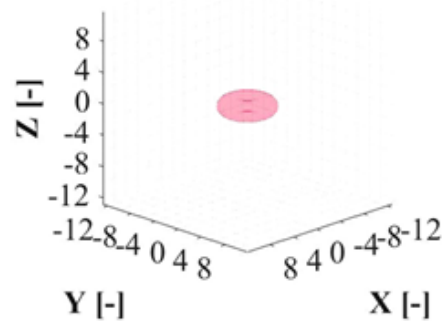


Fig.1 3D shape of the red blood cell.

## 3. 解析結果

Fig.2 は計算機シミュレーションにより作成した各回転角における赤血球の位相分布である. また, Fig.3 は Fig.2 の位相分布に対して, 形態パラメータのエントロピーと細胞偏心の時間変動特性をシミュレーションした結果である. その他の形態パラメータの結果は当日報告する.

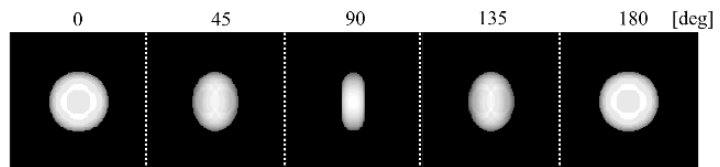


Fig.2 Phase distributions of rotating red blood cells in simulation.

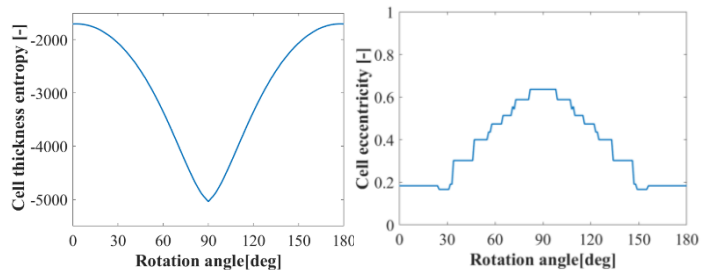


Fig.3. Temporal variations of morphological parameters of rotating red blood cells.

- 1) M. K. Kim, *Digital holographic microscopy*, (Springer, 2011).
- 2) F. Yi *et al*, *Journal of Biomedical Optics* Vol.20 No.1 (2015) 016005.

# 機械学習を用いたヒト皮膚分光反射率予測手法の検討

室蘭工業大学大学院 生産システム工学系専攻

○橋本 温人, 湯浅 友典

## 1. はじめに

当研究室では、ヒト皮膚の組織学知見に基づき考察した9層構造皮膚モデルにおける光伝搬モンテカルロシミュレーション(MCS)を用いて分光反射率を算出し、それを元にヒト皮膚組織の内部状態を表す各種パラメータの推定を行っている。また、MCSを用いて算出した分光反射率と実際設定した各種パラメータをデータベース(DB)に蓄積し、推定の高速化と推定結果の一致を図ってきた。

分光反射率の計測方法として測色計を用いることが一般的であるが、専用の機器をそろえなければならないというハードルがある。そこで、直接分光反射率を計測するのではなく、RGB値から分光反射率を算出できれば、カメラで撮影した画像から分光反射率を測定することが可能となるため、ヒト皮膚組織の内部状態の推定が容易になると考える。従来、Wiener推定法などを用いて推定を行っていたが、推定精度が不十分であることや、一度に推定できるデータ数が少ないことなどを考慮し、本研究では機械学習のアルゴリズムの一つであるランダムフォレストを用いてRGB値から分光反射率の予測を行うことを目的とする。

## 2. ランダムフォレストを用いた予測と誤差補正, 評価方法

通常の予測方法として、まずランダムフォレストのモデル構築、及び学習を行い、あらかじめ用意したテスト用データのRGB値を、構築したモデルに未知データとして入力し、分光反射率を予測値として出力する手法を構築した。ただし、通常予測結果には誤差が生じるため、より正確な予測を実現する手法の確立が必要であると考えた。そこで今回は通常の予測値と真値に生じた誤差を学習させ、以降の予測結果に対する誤差も同時に予測することで、通常の予測結果を補正する手法を構築し、通常の予測方法との結果比較を行った。

今回用いたデータは、顔皮膚から取得した400[nm]から700[nm]の波長範囲(10[nm]刻み)における分光反射率の実測値で、SOCS<sup>1)</sup>データ459件を含む877件とした。データを使用する際、全データを学習データとテストデータに分割するが、本研究では学習データを600件、テストデータを77件、誤差学習用テストデータを200件とした。ここで、誤差学習用テストデータとは、予測値と真値に生じる誤差をデータとして取得するため、予測対象として用いるテストデータのことである。

予測精度の評価方法として、予測値と実測値の平均二乗誤差(RMSE)を用いた。本研究室の基準に倣い、 $RMSE \leq 1$ を基準に予測結果の評価を行った。

## 3. 結果と考察

予測結果の評価を行うため、予測結果RMSEと補正後予測結果RMSEの関係を図.1に示す。通常の予測結果に対するRMSEを横軸に、補正後の予測結果に対するRMSEを縦軸に設定する。また、図.1中の黒線は等値線、赤線内領域(右下)は予測結果 $RMSE > 1$ かつ補正後予測結果 $RMSE \leq 1$ 、青線内領域(左上)は予測結果 $RMSE \leq 1$ かつ補正後予測結果 $RMSE > 1$ を示す。

誤差学習による補正を行った結果、予測結果77件に対して、RMSEが改善したデータは54件、悪化したデータは23件であった。また、補正前後を比較すると、 $RMSE > 1$ のデータ数は7件から4件、RMSEの全体平均は0.53から0.41と、ともに減少する結果となった。

以上の結果より、今回構築した予測手法の有用性を確認することができた。しかし、補正によってRMSEが悪化したデータも存在するため、今後はRMSEが改善する場合のみ補正を適用させるなど予測手法の検討を行い、予測精度の向上を図る。

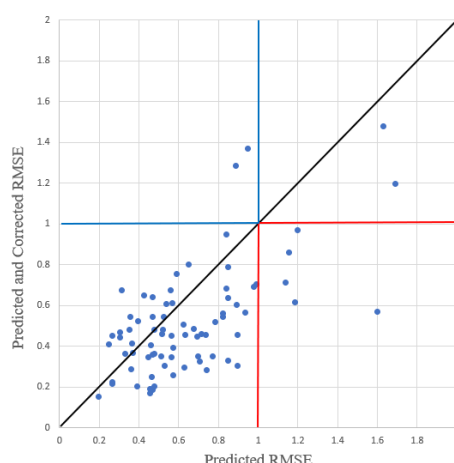


Fig.1 Prediction Evaluation.

<sup>1)</sup>SOCS:色再現評価用標準物体色分光データベース(JIS TR X 0012)

# ヒートマップを用いた新たな皮膚組織パラメータ推定手法の検討

1. 室蘭工業大学大学院生産システム工学系専攻 2. 株式会社 資生堂 みらい開発研究所

○<sup>1</sup>西村玲偉, <sup>1</sup>田村光, <sup>1</sup>宮津集, <sup>2</sup>菊池久美子, <sup>1</sup>湯浅友典, <sup>1</sup>相津佳永

## 1. はじめに

ヒト皮膚は内部の光伝搬条件の差異によって、表面の分光反射率が変化する。この性質を利用して医療や化粧品開発などに利用されている。そこで、光伝搬現象の詳細なメカニズムを把握することが重要であり、我々はモンテカルロ法による皮膚の光伝搬シミュレーションを用いてDB(データベース)を構築し、DM(データマイニング)を行うことで各種皮膚組織パラメータの推定を行ってきた<sup>1)</sup>。従来のDM手法では、実測分光反射率とDB内の分光反射率間のRMSEが最小となるデータを抽出していた。しかし、RMSEが最小に近いDB内の分光反射率に紐付けされた皮膚組織パラメータを詳細に確認すると、吸収係数と散乱係数の値が大きく異なるデータが存在した。このことから、従来のDM手法では、正しい皮膚組織パラメータを推定できない可能性が考えられる。そこで、本研究ではRMSEだけではなく皮膚組織パラメータ間の関係性に着目した新たなDM手法について検討を行い、従来のDM手法との比較検討を行った。

## 2. 新たなDM手法とその検討

まず、実測分光反射率とDB内の分光反射率間のRMSEが1以下となるデータをDBから抽出する。次に、1~3層、4~9層ごとに吸収係数と散乱係数の関係をヒートマップに明示する。先に抽出されたデータから、同一の吸収係数と散乱係数の値を持つデータをカウントし、その頻度をヒートマップとしてFig.1(4~9層の例)に示す。Fig.1から吸収係数と散乱係数の組み合わせの頻度が確認できる。次にこの結果から、頻度が上位1割の組み合わせを抽出し、その平均値と偏差の二乗を計算する。この処理は1~3層、4~9層の両方について行う。この偏差の二乗を合計することで、各皮膚組織パラメータごとに平均からのずれを表す値が得られる。最後に偏差の二乗を比較し、最小となるデータを抽出する。さらに、酸素飽和度については、4層は同一の値となるデータをグループ分けし、平均RMSEが最小となる値を、5層と6層については、RMSEが最小となる値をもつデータを抽出する。これですべての皮膚組織パラメータの推定が完了する。

従来のDM手法と新たなDM手法の比較検討方法として、計算機実験を行った。任意に設定した皮膚組織パラメータを用いてMCSから得られた分光反射率を実測の分光反射率と仮定し、2つのDM手法を用いて推定された皮膚組織パラメータと設定皮膚組織パラメータとの比較を行った。計算機実験には、30代と60代の実測分光反射率から推定された2種類の皮膚組織パラメータを用いた。1~3層と4~9層の吸収係数の推定結果を、それぞれFig.2とFig.3に示す。それ以外の結果については紙面の都合上発表時に報告する。Fig.2と3の結果から、新たなDM手法の方が従来のDM手法と比較して、設定皮膚組織パラメータに近い結果が得られていることから新たなDM手法の有効性が確認できた。

## 参考文献

- 1) 八木沼優, 他, Optics & Photonics Japan (2021.11) G048-29pE4.
- 2) Takaaki Maeda, *et al*, Opt. Rev., Vol. 17, No. 3 (2010) 223-229.

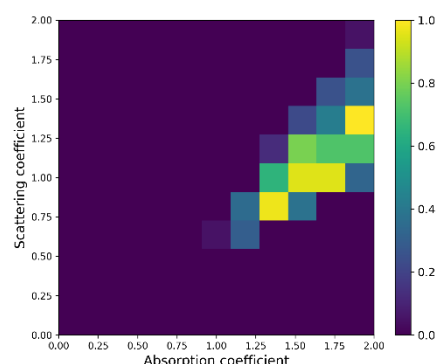


Fig.1 Heat-map showing the frequency of combinations of absorption and scattering coefficient of 4~9 layers.

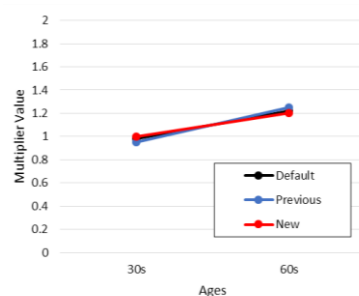


Fig.2 Comparison of 1~3 layers absorption with the results obtained.

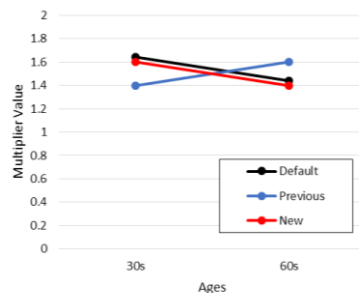


Fig.3 Comparison of 4~9 layers absorption with the results obtained.

# UAV空撮画像を用いた海藻植生の解析手法の構築 ～深層学習を用いた解析精度向上の検討

室蘭工業大学大学院<sup>1</sup>, 渡島地区水産技術普及指導所<sup>2</sup>

○山田 賢次朗<sup>1</sup>, 高橋 育登<sup>1</sup>, 竹田 海渡<sup>1</sup>, 宮崎 義弘<sup>2</sup>, 湯浅 友典<sup>1</sup>, 相津 佳永<sup>1</sup>

## 1. はじめに

近年コンブの生産数量は減少傾向にあり, この要因の1つとして, コンブ操業者の高齢化や後継者不足による操業者の減少が挙げられる. 以上のことより, より効率的な収穫方法の確立が必要である. そこで我々は UAV 空撮画像を用いた解析手法の構築に取り組んでいるが, 従来の解析手法では海藻の色彩に似た画像の誤検出や, 分割撮影された画像が撮影時の天候や太陽の位置が異なることで色調がずれ, 判定基準の設定が拡大して誤判定領域が拡大することがあった. そこで本研究では, 解析精度の向上と誤判定の減少を目的とした解析手法の構築を行ったので報告する. なお, 海藻生育域の調査を水産技術普及指導所が, UAV 空撮による画像の取得およびオルソモザイク画像(連結画像)の生成を工業試験場が担当した.

## 2. 解析手法の検討

解析手法の検討において, 我々は機械学習(深層学習)を導入し, 画像解析の精度向上を図った. 具体的には, Convolutional Neural Network (CNN) モデルを構築し, 解析を三段階で構成した. Fig.1 に解析のフローを示す. 最初のステップでは, 50pix × 50pix に分割された画像を陸と海に分類するためのモデルを導入しました. 次に, 海と判断された領域において, それが海藻有, 海洋, 浅瀬を判定するモデルを適用しました. 最終的なステップでは, 海藻が存在すると判断された領域において, 具体的な海藻の種類を特定するためのモデルを構成した.

これらのモデルを学習させるために, 提供された画像から各ラベルに関するデータを収集し, 切り取りおよびリサイズを施した. 機械学習モデルによる学習回数を増やすことで, 解析の正確性や信頼性が向上した.

この機械学習を活用した手法は, 従来の手法が色彩情報を基にした判定基準に依存していたのに対し, データから特徴量を学習させることで色彩以外の情報を参考に判定することが可能になった. これにより, 繁茂傾向に応じた判定条件を自動的に抽出し, 誤判定を軽減することが可能となった. また, 各海藻の個別の色を画像上で視覚的に表現することで, 解析結果の可視化も試みた.

## 3. 解析結果と考察

機械学習を活用した手法による解析結果を Fig.2 に示す. 紙面の都合上他の解析結果については発表時に報告する. 特定のモデルで判別精度が70%以上であることが確認できる. 学習回数を増やすことにより画像の特徴を抽出するため, 高い精度で3ステップの判定を行える. また, Fig.3 に示すように個々の画像を解析する際に, それぞれのラベルにおける可能性の確率を表示できるようにした. この機能により, 画像解析結果の解釈が向上し, より正確な結果の解釈が可能になると考える. これにより, 画像に映る海藻の種類が可能になり, コンブ漁の作業効率を向上させる見込みがある.

今後はより画像データの有用性の検討を行い, 解析精度の検討と向上を図ることで, 収穫効率の改善に寄与できると考えられる.

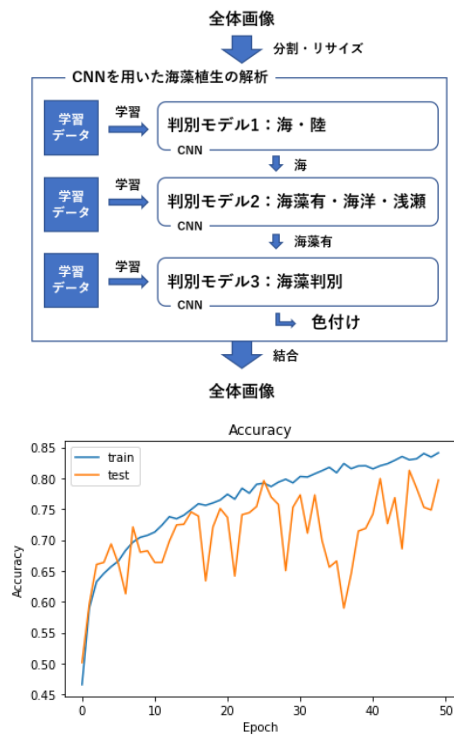


Fig.2 Accuracy of Sea and Land Discrimination.

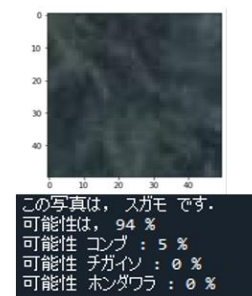


Fig.3 Accuracy of Sea and Land Discrimination.