

# デジタル画像を用いた アオコ判定システムの 自動化に向けた基礎的検討

八千代エンジニアリング株式会社

総合事業本部 環境計画部

○岡本佳子、吉田拓司、平賀則幸、  
佐々木智行、村山拓也、中田泰輔

東京理科大学 理工学部 土木工学科

二瓶泰雄、片岡智哉

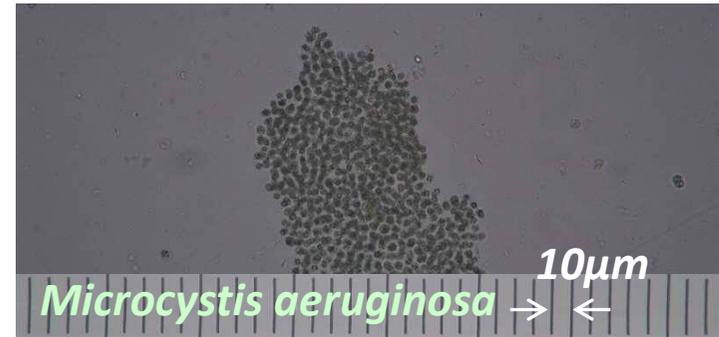
# 1. 研究の背景

## アオコとは...?

栄養塩（窒素やリン）が大量に水域に流入することなどにより、植物プランクトン（ラン藻類）が大量に発生し、水面が「緑の粉」をまいたようになる現象。



アオコ発生の様子



*Microcystis aeruginosa*

10μm

## アオコの発生要因

- ・栄養塩（窒素やリン）の流入による富栄養化
- ・高い温度
- ・長い滞留時間
- ・日成層の発生（浅めの水深）
- ・光

等

# 1. 研究の背景

## アオコによる被害

- ・悪臭の発生
- ・魚類の斃死
- ・ろ過障害
- ・景観の悪化

等

2007年 中国  
浄化処理効率の低下。大勢の市民が飲料水の確保に奔走。

1996年 ブラジル  
アオコが発生する水源を利用していた病院で多くの透析患者が死亡。

1991年  
オーストラリア  
アオコが発生した川の水を飲んだ2000頭近くの家畜が死亡。

## アオコ対策の手順

発生原因の把握

対策案の選定

効果の把握

アオコの発生・消滅のタイミングや移動状況の情報の取得  
広範囲かつ密な時間間隔のデータの取得

**モニタリング情報の不足**

# 1. 研究の背景

## アオコのモニタリング方法

### ①ダム等の管理者による日常巡視

日常巡視の際にアオコの発生状況を  
**目視**にて記録(アオコレベル等)

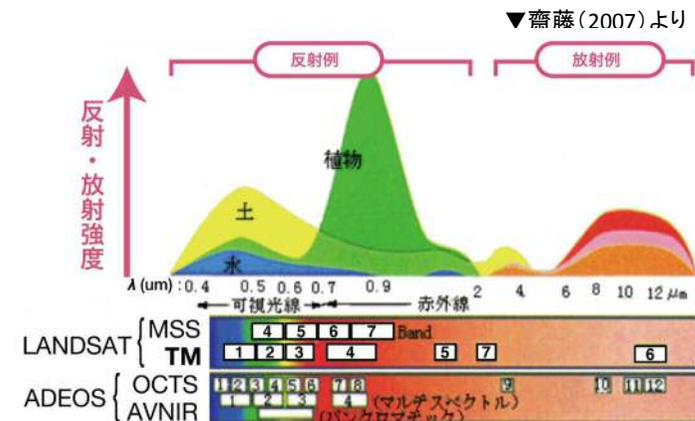
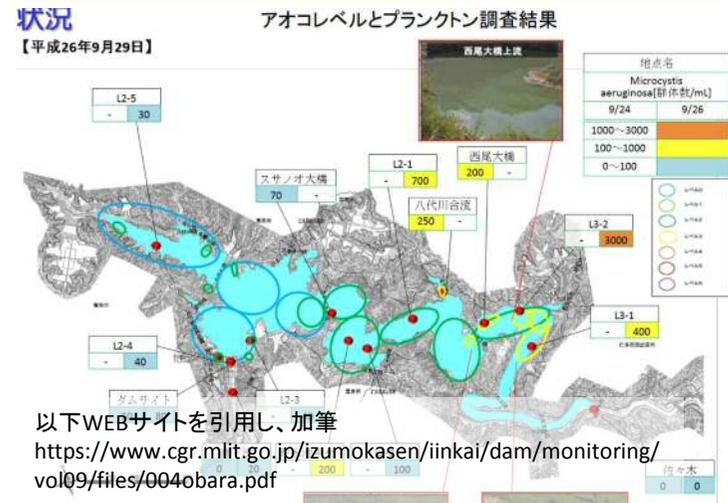
#### 例①:アオコ発生場所を着色して記録



### ②リモートセンシングの活用

レーダーや人工衛星を用いたリモート  
センシングによる、クロロフィルの推定

#### 例②:アオコレベルで記録



アオコレベル0	アオコレベル1	アオコレベル2	アオコレベル3
			
<p>アオコの発生は認められない</p>	<p>肉眼では確認できない (ネットで引く等)</p>	<p>うっすらと筋状に発生が認められる</p>	<p>水面全体に広がり、ところどころパッチ状になる</p>
アオコレベル4	アオコレベル5	アオコレベル6	<div data-bbox="1653 831 2042 989" style="background-color: #92d050; border-radius: 10px; padding: 10px; text-align: center;"> <p>見た目 アオコ指標</p> </div> <p data-bbox="1693 1062 2002 1145">以下WEBサイトを引用し、加筆 <a href="http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000042117.pdf">http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000042117.pdf</a></p>
			
<p>膜状に湖面を覆う</p>	<p>厚くマット状に湖面を覆う</p>	<p>スカム状に堆積し、白っぽくなり、腐敗臭がする</p>	

# 1. 研究の背景

## アオコのモニタリング方法の課題

①ダム等の管理者による日常巡視

- 人為的誤差の発生
- 確認範囲、確認頻度の限界
- 確認時間の差異
- 日常巡視の負担増加への懸念

②リモートセンシングの活用

- 密な間隔でのデータ把握は困難
- 採用事例が少ない



通常のデジタル画像のRGB情報を用いてアオコ有無の自動判定ができないか...？



## 2. 研究の目的

スマートフォン、CCTV、ドローン等による  
**通常デジタル画像を用いた  
アオコ判定システムの構築**



💡 連続撮影が可能



💡 広範囲撮影が可能

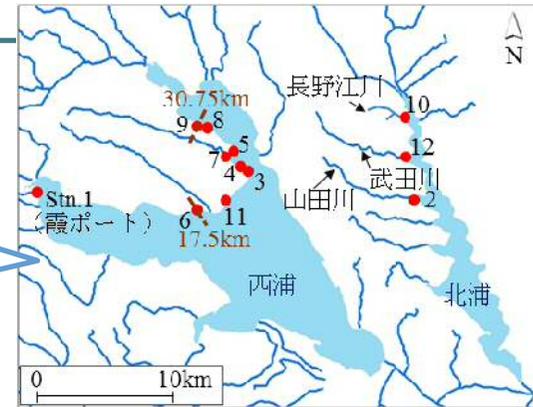
- 人為的誤差の発生
- 確認範囲、確認頻度の限界
- 確認時間の差異
- 日常巡視の負担増加への懸念



広範囲かつ密な時間間隔の  
データの取得が可能に

# 3. 解析方法について

霞ヶ浦で  
調査を実施



## アオコ**有無**の判定

アオコ**有**りについては、  
「見た目アオコ指標」を  
参考に判断



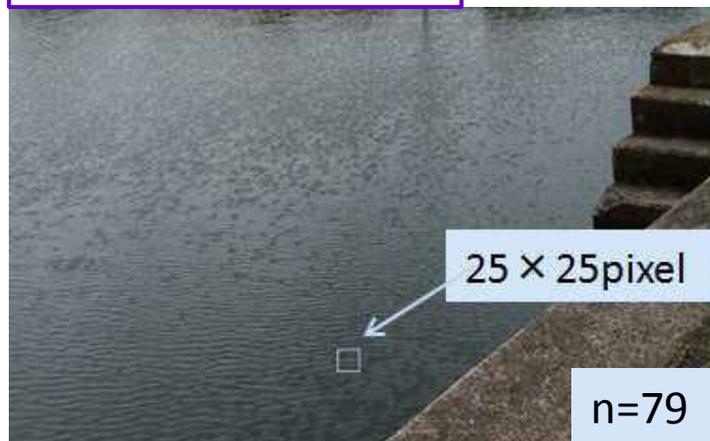
アオコ**無**しについては、  
現地にて、透明な容器に採水し、  
目視で判断



### 3. 解析方法について

アオコの有無の写真を収集し、 $25 \times 25$ pixel(計625pixel)のRGB情報を収集し、リモートセンシング解析で一般的に用いられる比演算等により、アオコの有無の判定を試みる。

アオコ無し画像例



アオコ有り画像例



※今回の解析では、構造物や植生等の影の影響がない範囲を対象

# 3. 解析方法について

## リモセン解析の例

214 7 植生特性の観測と画像分類のためのスペクトル情報の利用

**BOX 7.1 さまざまな植生指数**

式の  $N, R, G, B$  は  $\rho_{NIR}, \rho_{Red}, \rho_{Green}, \rho_{Blue}$  を意味する。VI は植生指数、 $L, a, b, \beta$  はそれぞれ定数を表す。以下に、特徴とともに植生指数をまとめる。より充実した説明はそれぞれの参考文献にあたってほしい（たとえば、Broge & Leblanc, 2001, Jensen, 2007, Lucas et al., 2008, Pontius et al., 2008）

	式	長所/短所	参考文献
<b>単純指数</b>			
DVI (差分 VI)	$N - R$	照射条件や斜面傾斜角などの影響を受けやすい。	Tucker, 1979
RVI (比 VI)	$\frac{N}{R}$	反射率や照射条件の変動を部分的に補正する。とくに、反射率を使用する場合に有効である。	Birth & McVey, 1968
$CI_{500}$ (クロロフィル 指数)	$\left(\frac{N_{800}}{VIS_{500}}\right) - 1$	見かけ上、NDVI よりも群落の窒素状態に対し感度が高い（現在は元々の $\rho_{800}$ よりも $\rho_{500}$ の使用が選好されている）。	Gitelson & Merzlyak, 1997
<b>正規化指数</b>			
NDVI (正規化差 VI)	$\frac{N - R}{N + R}$	LAI の推定に好適。雲、水域、雪の場合、負の値を示す傾向にある（ $R > N$ のとき）。	Rouse et al., 1974
GNDVI (緑色正規化差 VI)	$\frac{N - G}{N + G}$	場合に適す。から琥珀するが、範囲のク対応する。	Gitelson et al., 1996
SAVI (土壌調整 VI)	$\frac{(1 + L)(N - R)}{N + R + L}$	補正 AI が高い 1 となるれる）。	Huete, 1988. 改良版の例として Steven, 1998 による TSAVI/OSAVI
TSAVI (変換 SAVI)	$\frac{a(N - aR + b)}{aN + R - ab + X(1 + a^2)}$	LAI とよく一致する。	Baret et al., 1989
TVI (変換 VI)	$100 \times \left(\frac{N - R}{N + R} + 0.5\right)^{0.5}$	負の値をとらない。平方根がばらつきを安定化させる。	Deering et al., 1975
PVI (垂直 VI)	$(N - aR - b) / \sqrt{(a^2 + 1)}$	LAI が低い場合の土壌影響を除去するのにもっとも効果的である。	Richardson & Wiegand, 1977
ARVI (大気効果抑制 VI)	$\frac{N - RB}{N + RB}$ ここで、 $RB = R - \beta(B - R)$	大気の影響を受けにくい。大気適における変化を補正する（ $R$ と $B$ の差から $\beta$ が $R$ を補正する）。	Kaufmann & Tanré, 1992 (Huete et al., 1997 参照)
SARVI (土壌大気効果抑制 VI)	$\frac{(N - RB)(1 + L)}{N + RB + L}$ ここで、 $RB = R - \beta(B - R)$	ARVI に SAVI を結合させた指数である（定数は通常 1 であるが、エーロゾル補正のために変えらる。たとえば、サヘルの塵に対する 0.5 など）。	Kaufmann, Tanré, et al., 1992
EVI (強化型 VI)	$\frac{2.5(N - R)}{1 + N + 6R - 7.5/B}$	SARVI に基づき、MODIS プロダクトの運用上の指数として適用され、大気上面の反射率を大気補正する。	Huete et al., 1997
ARVI (エーロゾル補正 VI)	$\frac{N - 0.5_{a,1}}{N + 0.5_{a,1}}$	中間赤外域（たとえば、 $2.1 \mu m$ ）は塵以外のほとんどのエーロゾルを透過し、エーロゾルに対し無感応であるが、地表面では可視域と類似の反射特性を有する（係数	Karnieli et al., 1991

## 解析内容

R、G、B  
G-R、G-B、B-R  
G/R、G/B、B/R

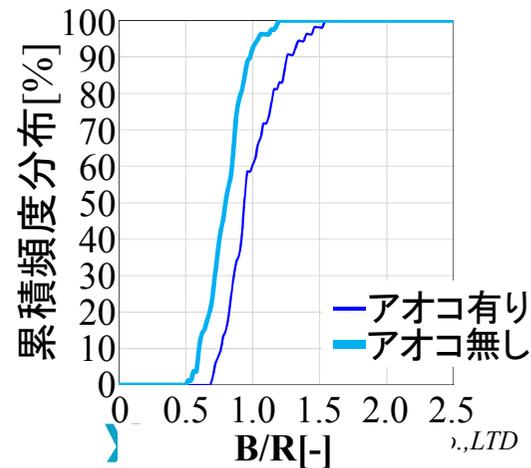
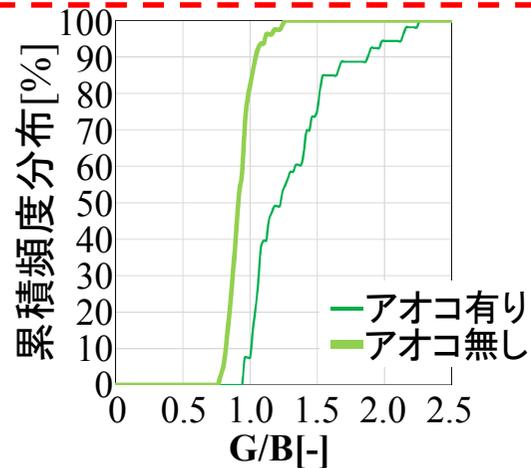
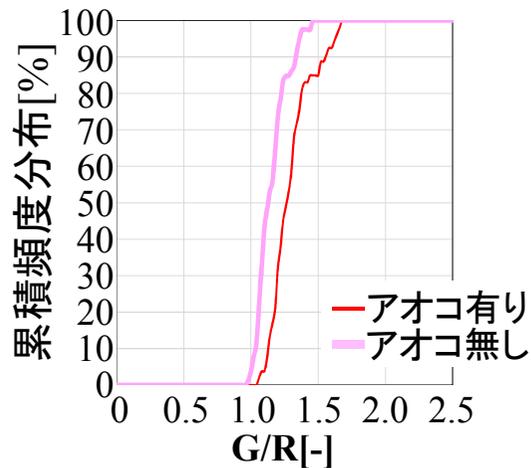
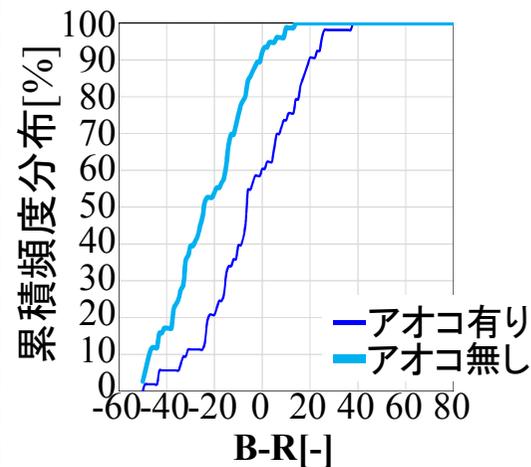
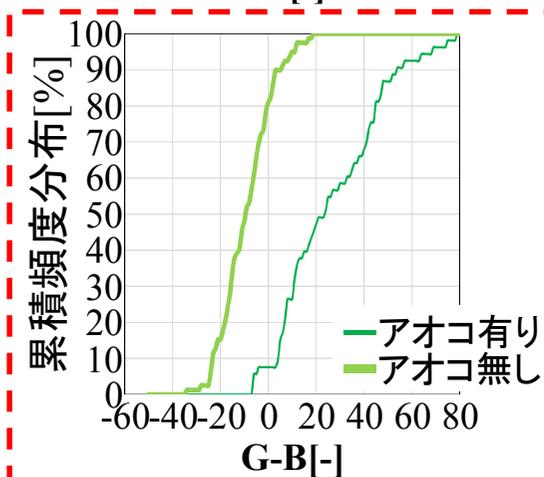
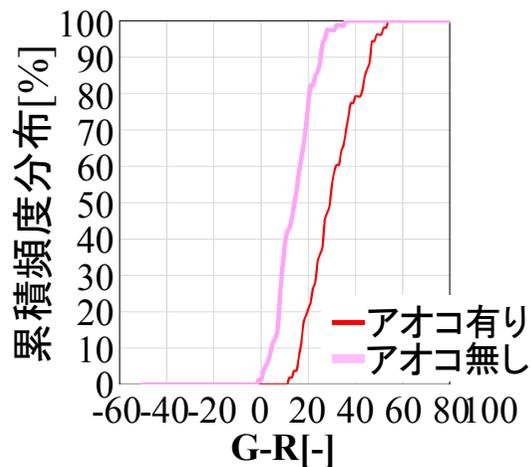
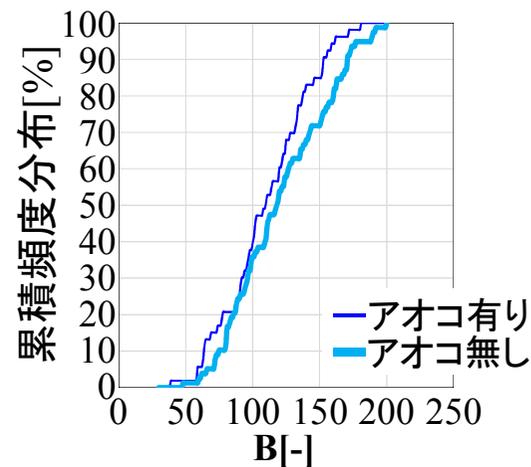
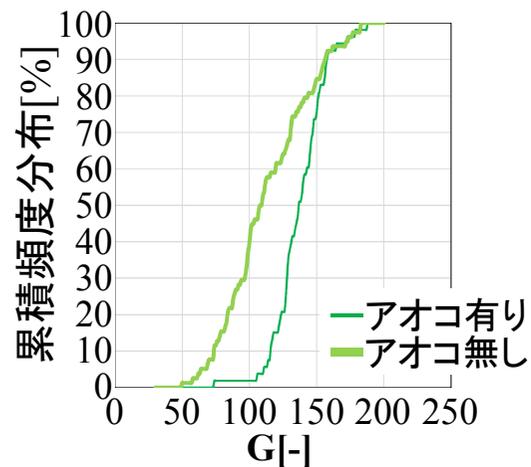
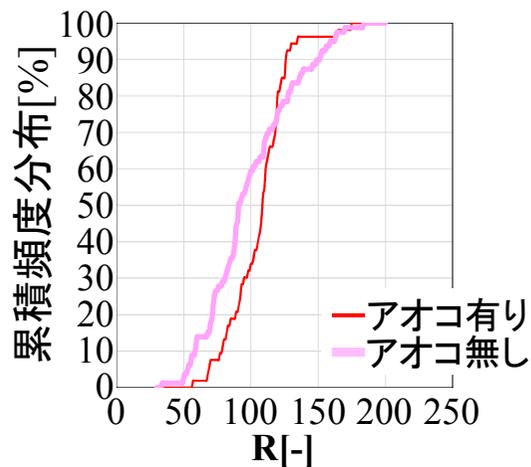
アオコの有無を最も精度よく判定できる組み合わせは…？

植生の  
リモートセンシング

Remote sensing of vegetation

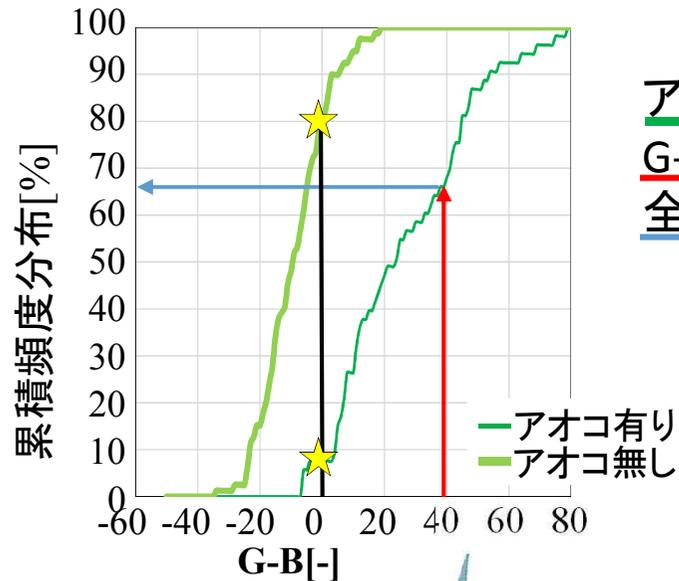
H.G.Jones · R.A.Vaughan 著  
久米 篤 · 大政 謙次 監訳

# 4. 解析結果



# 4. 解析結果

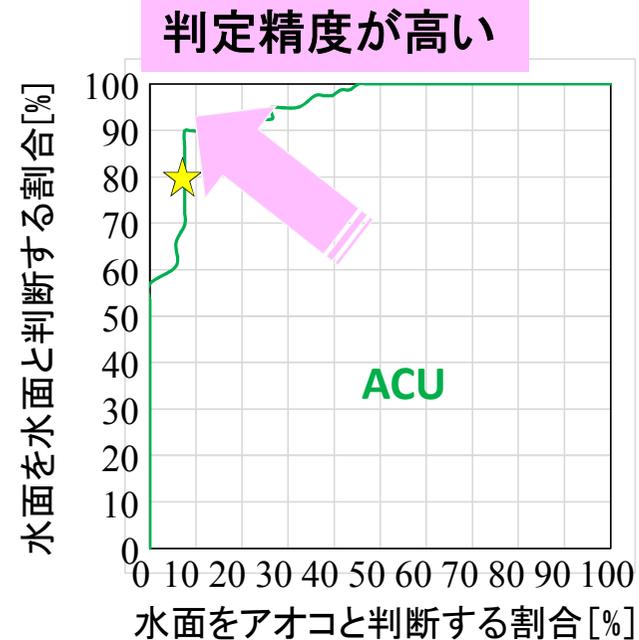
## 👉 累積頻度分布とROC曲線



アオコ有り画像(ピクセル)のうち  
G-Bの値が40以下の割合は  
全体の約67%

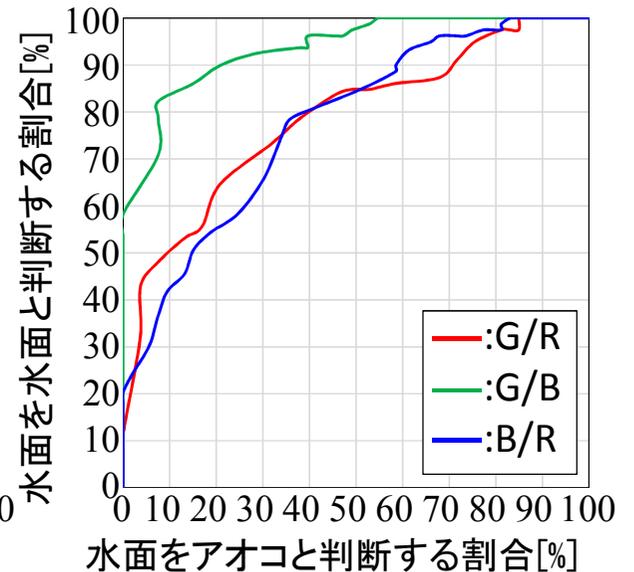
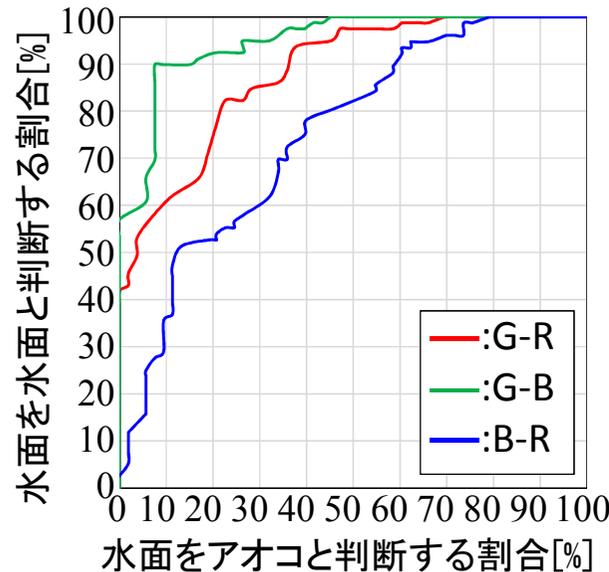
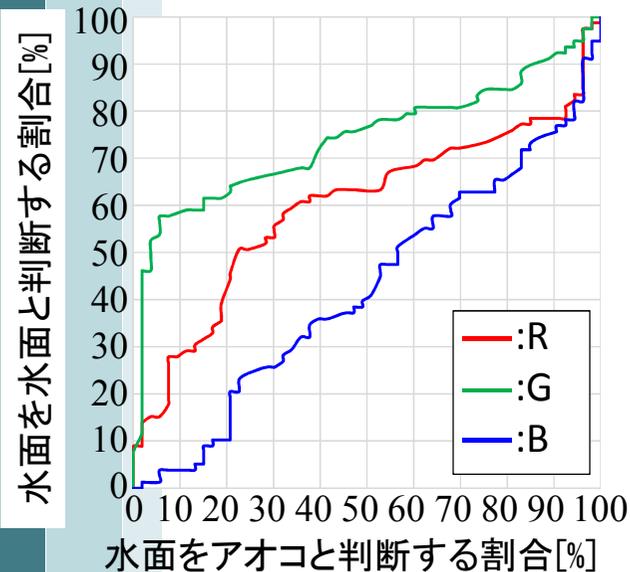
同じG-B値の時の頻度をプロット

G-B値が0の時  
アオコ無しと判定...約80%  
アオコ有りと判定...約8% ← 誤判定



# 4. 解析結果

## ★ROC曲線を用いた、アオコ有無判定精度の検討

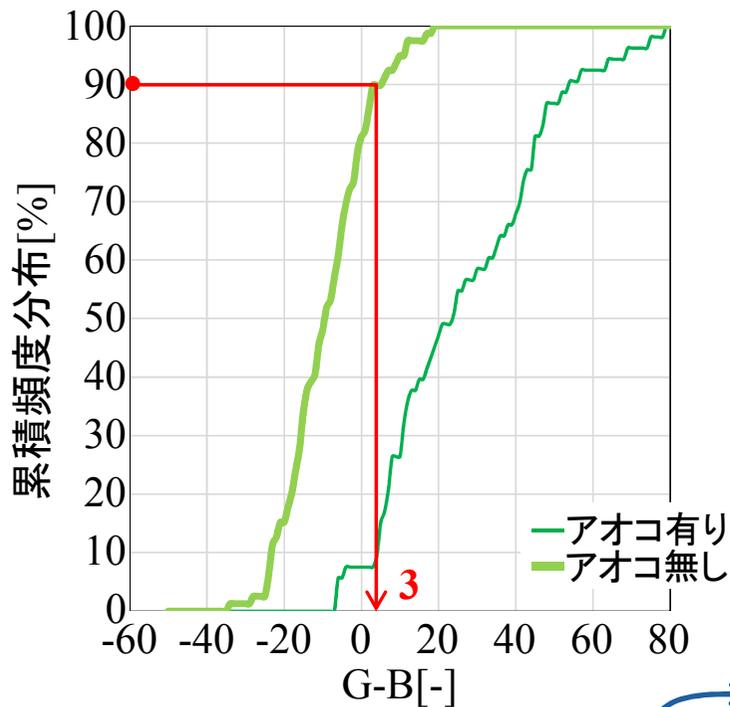


### ▼AUC

R	G	B	G-R	G-B	B-R	G/R	G/B	B/R
0.597	0.741	0.424	0.881	<b>0.945</b>	0.752	0.784	0.934	0.775

G-B値を用いた場合に、アオコの有無を最も精度よく判別できる事が示された。

# 4. 解析結果

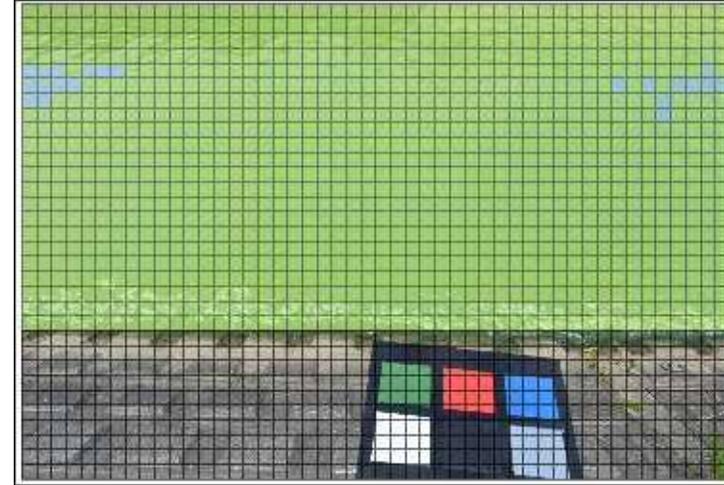
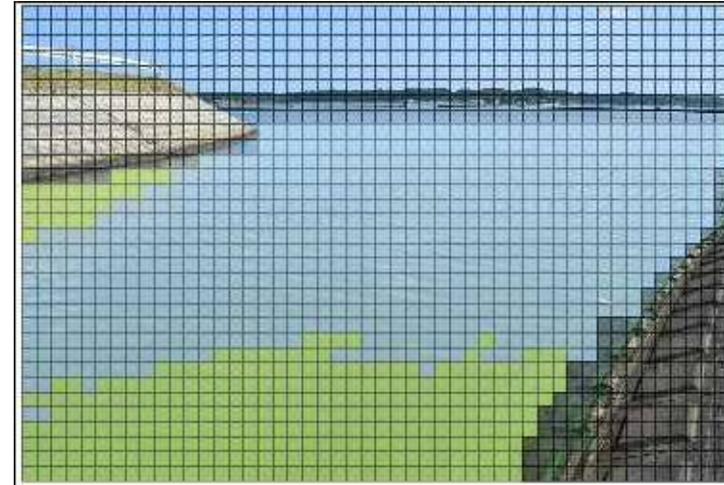


アオコ無しの累積頻度分布の90%値である3を境界条件として、アオコの自動判定を実施

$G-R \leq 3 \rightarrow$ アオコ無し  
 $G-R > 3 \rightarrow$ アオコ有り



# 4. 解析結果



## 4. 解析結果

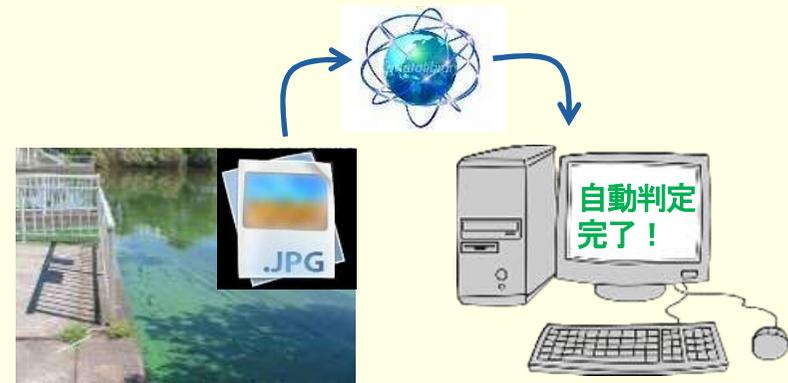
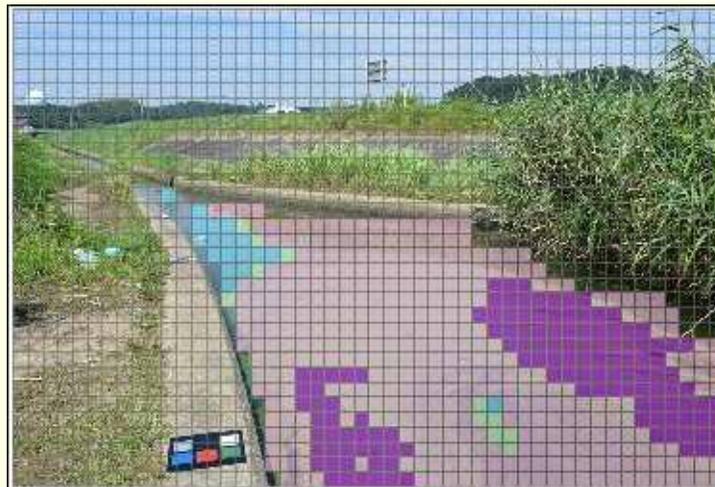
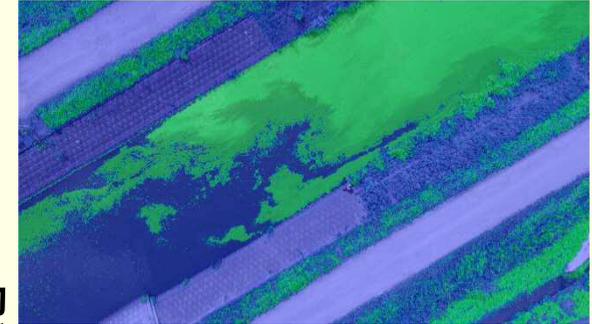


「G-B値 $>3$ →アオコ有」として自動判定を行った結果、  
目視で確認できるアオコは概ねとらえることが確認できた。

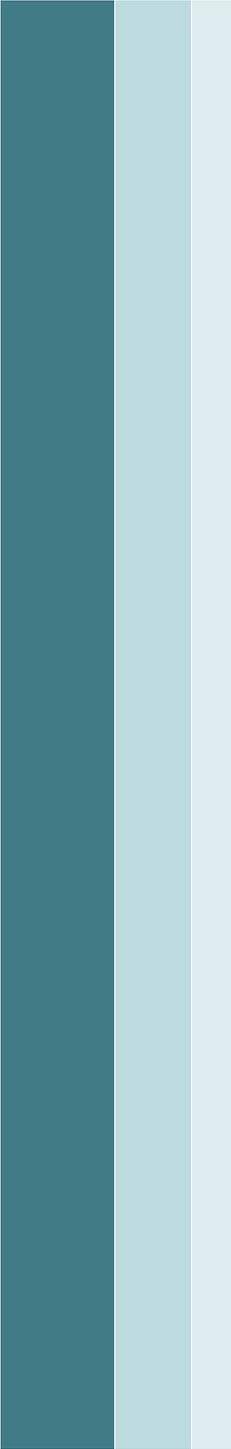
取水障害の判断を考慮すると、水際でのアオコ有無の判定が第一となり、  
本システムでは一定の有用性があること示された。

# 5. 今後の課題

- ・アオコ無しの判定精度の向上
- ・画像解析の適用範囲の確認
- ・ドローンを用いた広範囲の判定
- ・アオコレベルの自動判定  
(論文(査読付)投稿中)
- ・開発中アプリの現場適用性確認



アオコ発生メカニズムを検討するための基礎的資料に...



ご清聴ありがとうございました。