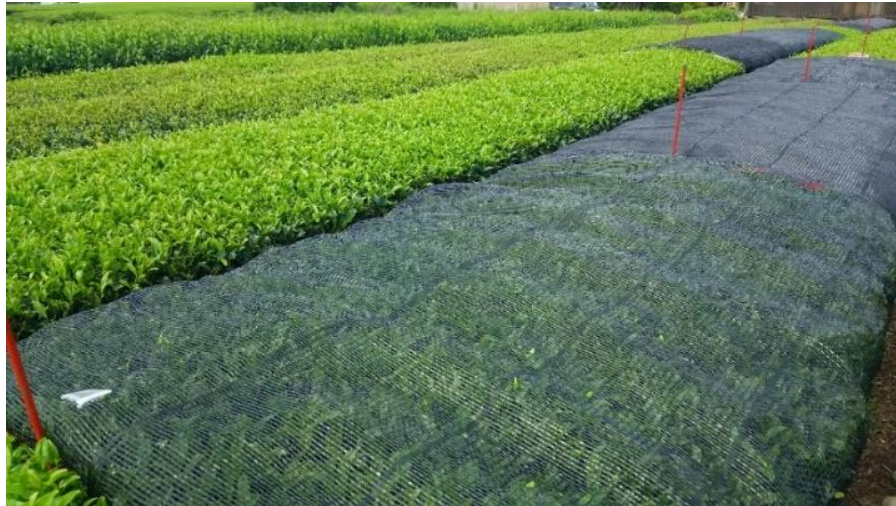
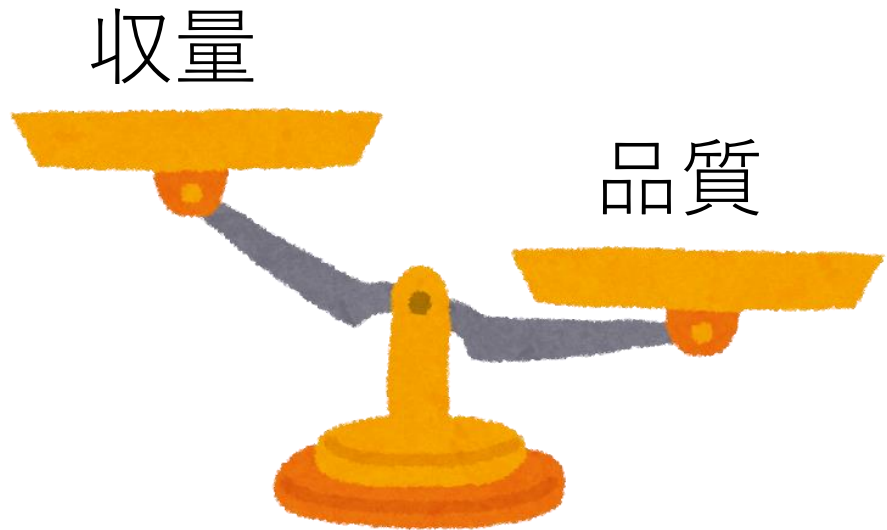


ハイパースペクトルデータによる農作物 の品質とストレスの同時評価

静岡大学
農学部生物資源科学科
菌部 礼

プロの経験を伝えていくことは難しい・・・

- ストレスを加えることは高付加価値化につなげることができる一方、収量の低下あるいは枯死につながることもある（**バランスを保つ必要がある**）。
- 経験を積んだ農家さんは、見た目でも、作物の状態を判断できる。しかし、その技術を**明文化することは非常に難しい**。



客観的なデータ（光合成色素含量のバランス）

- 光合成を行う色素としてクロロフィル a ，クロロフィル b ，カロテノイドが存在する。
- カロテノイドには捕光作用があるが，余分な光エネルギーを熱として捨てる能力も有している。
- 全クロロフィルとカロテノイドの比は，光環境ストレスを評価する上で有効である (Hendry and Price, 1993)。



- SPAD-502 Leaf Chlorophyll Meter は厚い葉には不向きであることが報告されている (Yamamoto et al., 2002)。
- 常緑樹， 陽葉を対象に用いるには問題点が多い。
- 分光反射データの活用で問題点の克服を検討した。

分光反射特性の計測

- 携帯型分光放射計（右図，静岡大学保有）
 - リーフクリップを用いることによって，葉のみの分光反射特性を計測。
 - リーフクリップにはハロゲンランプが内蔵されている。
- 人工衛星，UAV，航空機搭載型のセンサも開発されており，面的に評価することも可能である。
 - 将来，気象衛星ひまわりの解析結果のように，分光反射特性の解析結果を日常的に触れるようになるかもしれない。



解析に用いたデータ

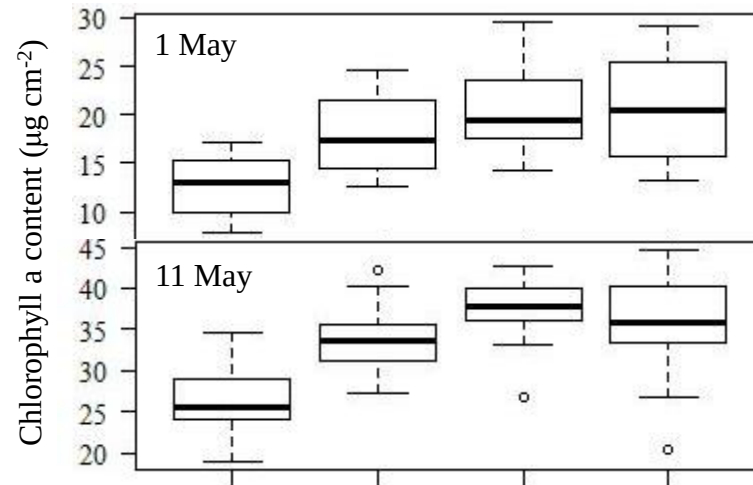
- 農研機構金谷茶業研究拠点（静岡県島田市）にて定植された茶樹 (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) を用いた。
- 遮光にはダイオ化成のダイオネット410（遮光率35%），ダイオネット1210（遮光率75%）及びダイオネット1220（遮光率90%）を用いた。
- 露地（遮光率0%）を加えた4パターンの遮光率で栽培を行った。



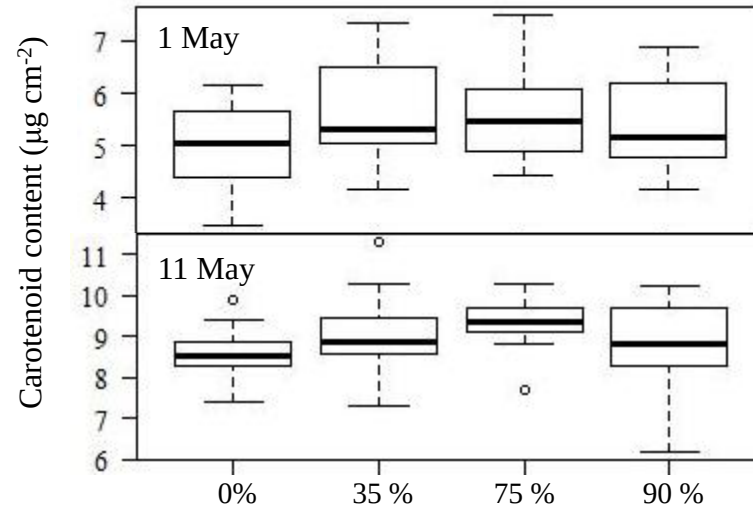
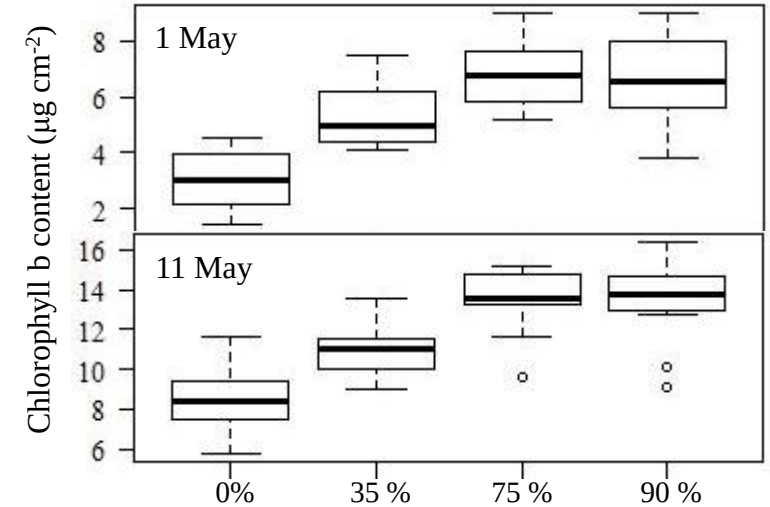
実測結果

- クロロフィルaおよびb含量に関しては、35%-90%および75%-90%を除く組み合わせにおいて、遮光率とともに増加する傾向を確認することができたが、カロテノイド含量に関しては遮光率間において有意な差を確認することはできなかった($p < 0.05$, based on the Tukey-Kramer test)。

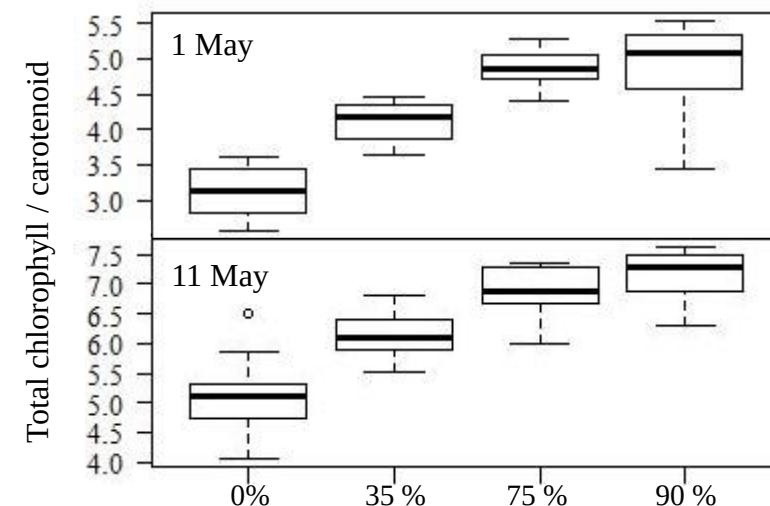
(a) クロロフィル a

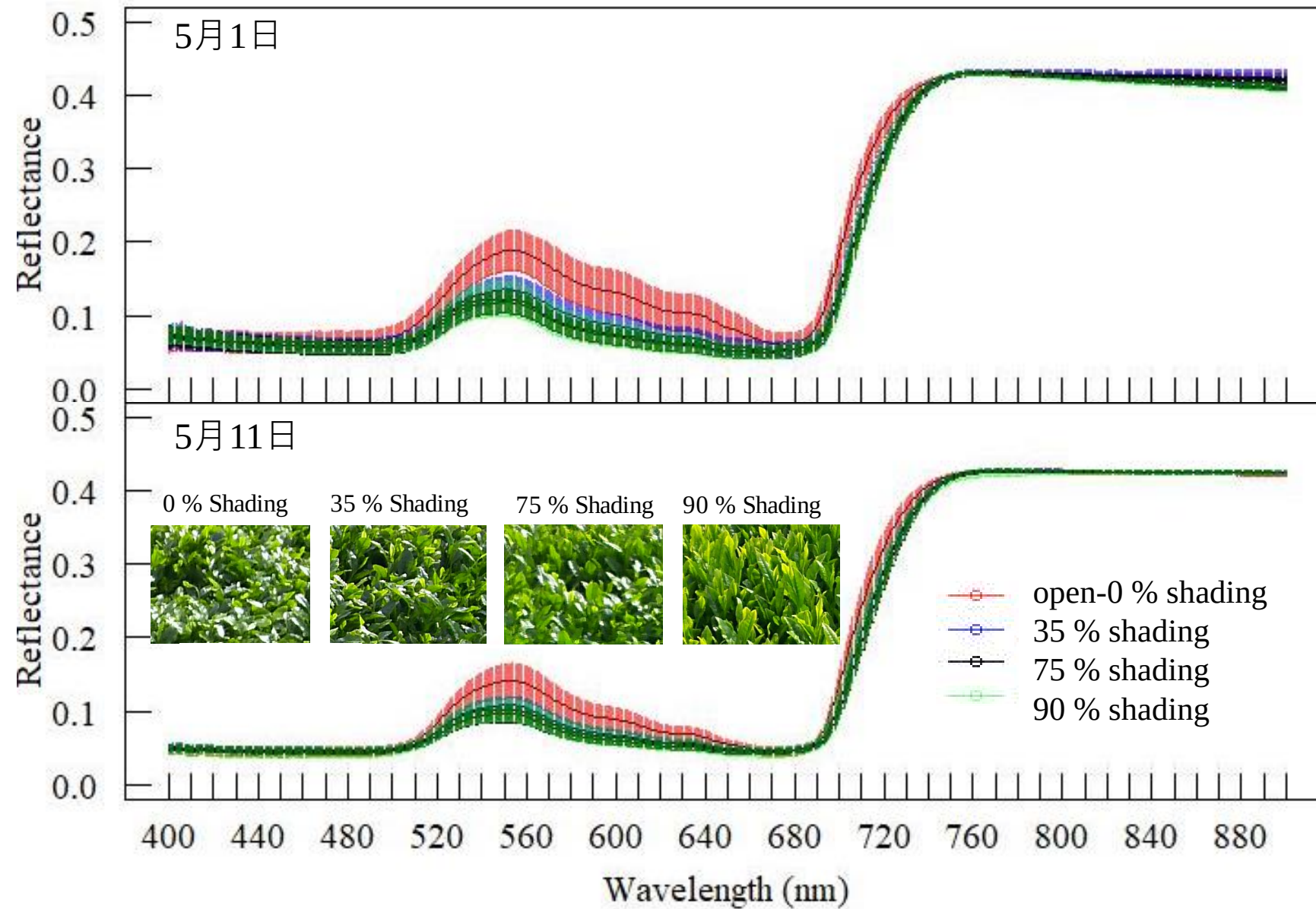


(b) クロロフィル b



(d) クロロフィル・カロテノイド比





分光反射特性からの光合成色素含量推定

- 分光反射率（400-900nm）と機械学習アルゴリズムを活用した光合成色素含量推定モデルを作成した。
- 4種類の機械学習アルゴリズムを比較した。
 - Deep Belief Network (DBN)
 - Random forests (RF)
 - Support vector machine (SVM)
 - kernel-based extreme learning machine (KELM)

DBN

```
Darch.obj <- darch(Chl ~ ., data = Training,
  preProc.params = list(method = c("center", "scale")),
  preProc.targets = T,
  layers = c(1,Darch.BestParameters[1,1],Darch.BestParameters[2,1],Darch.BestParameters[3,1],Darch.BestParameters[4,1],
    Darch.BestParameters[5,1],1),
  darch.batchSize = Darch.BestParameters[6,1],
  bp.learnRate = Darch.BestParameters[7,1],
  darch.isClass = F,
  darch.numEpochs = Darch.BestParameters[8,1],
  darch.unitFunction = linearUnit,
  darch.dropout = Darch.BestParameters[9,1],
  darch.finalMomentum = 0.9,
  darch.initialMomentum = 0.5,
  darch.fineTuneFunction = backpropagation,
  darch.weightDecay = Darch.BestParameters[10,1])
```

RF

```
rf_nn<-randomForest(Chl~., Training, ntree=BestParameters[1,1], mtry=BestParameters[2,1])
```

SVM

```
SVM.obj <- svm(Chl ~., kernel="radial", data=Training,
  gamma=2^(SVM.BestParameters[1,1]), cost=2^(SVM.BestParameters[2,1]))
```

KELM

```
Model.kelm <- elmTrain(X = X, Y = Y, kernel_par = 2^BestParameters[1,1], C = 2^BestParameters[2,1])
```

光合成色素ごとの機械学習アルゴリズムによる含有量推定精度 (RMS誤差)

											単位： $\mu\text{g}/\text{cm}^2$			
	クロロフィルa含量					クロロフィルb含量					カロテノイド含量			
	RF	KELM	SVM	DBN		RF	KELM	SVM	DBN		RF	KELM	SVM	DBN
Round01	2.94	1.15	5.49	2.65		1.34	0.96	1.25	1.19		0.74	0.53	0.67	0.75
Round02	3.81	2.38	2.02	2.58		1.07	1.15	1.15	2.21		0.68	0.56	0.61	0.95
Round03	3.38	2.26	4.06	4.65		1.53	1.23	1.55	1.70		0.81	0.82	1.19	0.94
Round04	3.71	1.96	3.32	4.38		1.63	1.11	1.46	1.35		1.10	0.78	0.99	0.83
Round05	4.52	1.69	1.89	3.98		1.68	0.98	1.25	1.30		0.70	0.77	0.58	0.59
Round06	4.36	2.41	3.49	2.64		1.56	1.30	1.34	1.61		0.89	0.73	0.79	0.95
Round07	4.61	2.04	2.87	2.74		1.31	1.00	1.23	1.20		0.97	0.54	1.80	0.84
Round08	3.55	1.77	3.18	3.63		1.40	0.97	1.88	1.30		0.70	0.64	0.61	0.81
Round09	4.06	1.70	2.93	3.78		1.42	1.07	2.78	1.54		0.86	0.73	0.56	1.03
Round10	3.71	2.09	2.74	3.11		1.56	1.01	1.50	1.45		0.78	0.67	1.24	0.72
平均	3.87	1.95	3.20	3.41		1.45	1.08	1.54	1.48		0.82	0.68	0.90	0.84
標準偏差	0.50	0.36	0.98	0.73		0.17	0.11	0.46	0.29		0.13	0.10	0.38	0.12

クロロフィル・カロテノイドの含量比

	test dataの実測値			RMS誤差			
	最大値	最小値	標準偏差	RF	KELM	SVM	DBN
Round01	5.83	2.95	0.79	0.62	0.27	0.67	0.35
Round02	5.99	2.67	0.81	0.52	0.36	0.50	0.42
Round03	5.93	2.67	0.86	0.53	0.29	0.87	0.79
Round04	5.99	2.67	0.78	0.73	0.40	0.57	0.86
Round05	5.99	2.95	0.86	0.66	0.55	0.35	0.60
Round06	5.89	2.96	0.80	0.57	0.35	0.56	0.70
Round07	5.83	2.95	0.78	0.66	0.35	0.58	0.61
Round08	5.83	3.30	0.73	0.55	0.27	0.79	0.46
Round09	5.93	2.96	0.74	0.61	0.39	0.52	0.49
Round10	5.89	2.56	0.90	0.70	0.40	0.68	0.70
平均	5.91	2.86	0.80	0.61	0.36	0.61	0.60
標準偏差	0.06	0.21	0.05	0.07	0.08	0.14	0.16

安価な分光センサの開発

- 海外メーカーが販売している分光器は高価であり、社会実装には不向きである。
- ミニ分光器を活用すれば連続観測にも活用することができる。



ドローンを用いた観測

- ドローンに搭載可能なハイパースペクトルセンサを開発している。

