

リモートセンシングの商用化について (考察)

2014年1月31日

富士通株式会社

吉岡 英行 平山 慎作

澤根 慎児 吉田 正巳

安田 小百合

FUJITSU CONFIDENTIAL

Copyright 2013 FUJITSU LIMITED

今回のご報告事項

(1) 取り組みメンバー

富士通株式会社)鹿児島支店	吉岡 英行
富士通株式会社)ソーシャルクラウド	澤根 慎児
富士通株式会社)九州BIC	安田 小百合
富士通鹿児島インフォネット	平山 慎作
富士通EAST	吉田 正巳

その他 大勢の方々のご支援をいただいております。

(2) 平成23年4月～約2.5年にわたりICTと農業現場の普及施策について取り組みをおこなった。

(3) その結果見えてきたものをご報告させていただきたい。

「お茶」について

- 鹿児島はお茶の生産量第2位
 - 1位: 静岡 生茶: 18,040t 面積: 38,400ha
 - 2位: 鹿児島 生茶: 12,750t 面積: 26,700ha
- お茶の収穫は年4回
 - ・1番茶、2番茶、3番茶、番茶。
 - 最も単価が高価なのは1番茶
- お茶の種類は大きく分けて2種類
 - ・リーフ茶→ 急須で入れて飲むお茶
 - ・ドリンク茶→ ペットボトル・パック等で提供されるお茶
- A農業法人の管理する圃場数
 - 533圃場、14,466a (東京ドーム約31個分の面積)



圃場の様子

茶畑の1年の作業サイクル



4月が最も高額で取引され、作業量のピーク

お客様のニーズ

JA様

営農指導業務にあたり

- ・生産者様の圃場の状況が詳しくわからない (積算気温や土壌の状況など)
- ・生産者様に適期摘採を指導したい (収量の最大化・茶工場の稼働)
- ・生産者様の活動が適切か管理したい (防除・施肥・防霜のタイミングなど)
- ・産地全体の品質や収量を向上させたい

指導力の向上

生産者様

生産活動にあたり

- ・圃場の状況を知りたい (害虫の発生など)
- ・適期摘採をしたい (収量の品質の最大化)
- ・自身の活動を適切に行いたい (防除・施肥・防霜のタイミングなど)
- ・防霜ファンの見回りの省力化など

省力化・コスト削減

富士通⇒ICTを活用してお手伝い出来ないか？

お茶を取り巻くトライアルシステム・技術など

防除予測(知見+フィールドサーバ)

ナレッジ連携(知見+農業DB)

地図連携 圃場管理

圃場管理 生産履歴

リモセン・UAV

乗用のICT化

防霜ファン連携 M2M

茶工場連携

活用イメージ

フィールドサーバ「かも」

無線機
SS1: 温度湿度センサー
ソーラ電源システム
データロガー
バッテリー

40cm
20cm

5TE: 土壌センサー
5TE: 土壌センサー

肥培状況
気象条件
品種
病虫害情報
品質/収量情報
農薬散布
生産現場
生産管理
ノウハウ

クラウドセンター

営農指導員

農家

今年は例年より5日早いですよ

そろそろクワシロが湧くから防除すっか

ほ場監視システム ver1.00 (SARTI 10)

2011/03/25 17:25:42 (ほ場データ取得状況 データクリア)

実験場所 圃場A

スケジュール管理

積算温度データ

日付	積算温	栽培/観測実績(気づき)
4月11日	650	新芽萌芽を確認
5月5日	800	1番茶摘載
7月15日	1010	病虫害(XXX)の発生を確認

データダウンロード
画像閲覧

フィールドサーバが定期撮影もしくはユーザ指示で撮影した画像を表示

- ①植物の発育段階モニタリング
- ②生長モニタリング
- ③水分欠乏・活性モニタリング
- ④栄養欠乏モニタリング
- ⑤植物の病気モニタリング

画像・気温・湿度・土中温度などから
各種センシングが出来ないか？

センシングに大きな期待

- ⑩土壌水分モニタリング
- ⑪雑草発生モニタリング
- ⑫昆虫発生モニタリング
- ⑬防霜ファンなどの稼働モニタリング
- ・
- ・
- ・
- ・
- etc

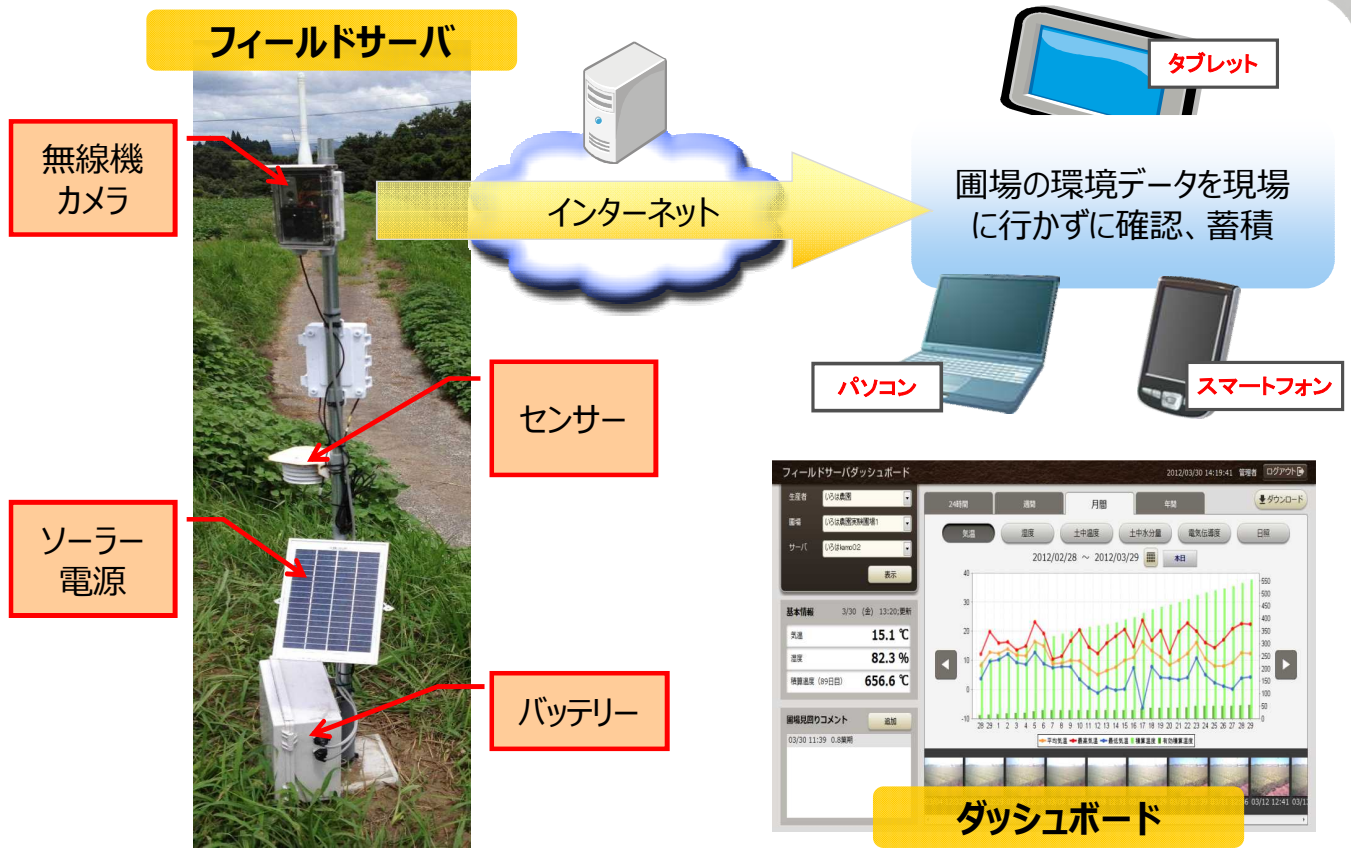
見回りなどの労力削減
適切な灌水管理
病害虫の早期発見
凍霜害対策 などなど……

画像



時系列的变化や病害虫の発見など

フィールドサーバの設置



データビューワについて

フィールドセンサーのビューワ「ダッシュボード」 FUJITSU

生産者、圃場選択

グラフ表示切替

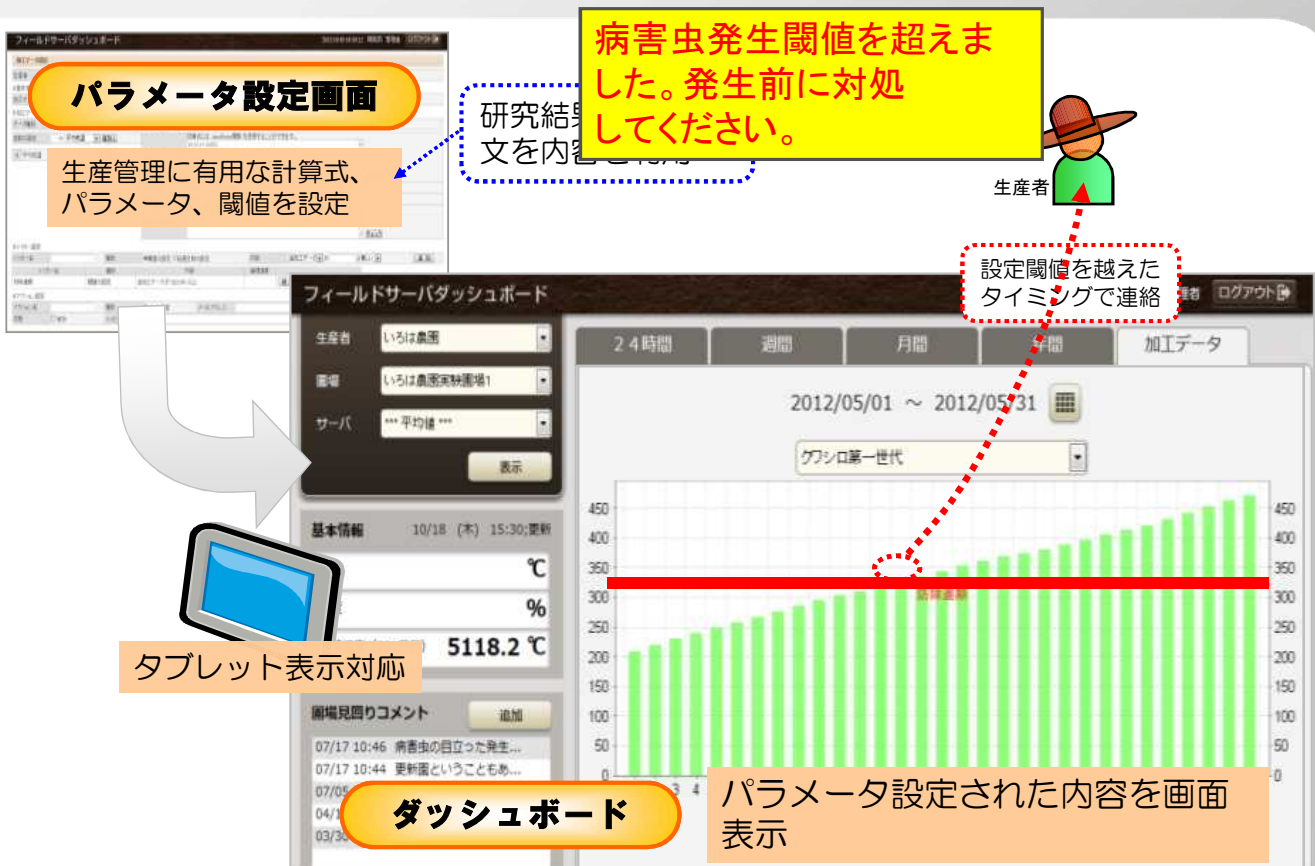


グラフ表示

圃場見回りコメント入力

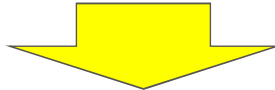
撮影画像

データ分析結果の反映 FUJITSU



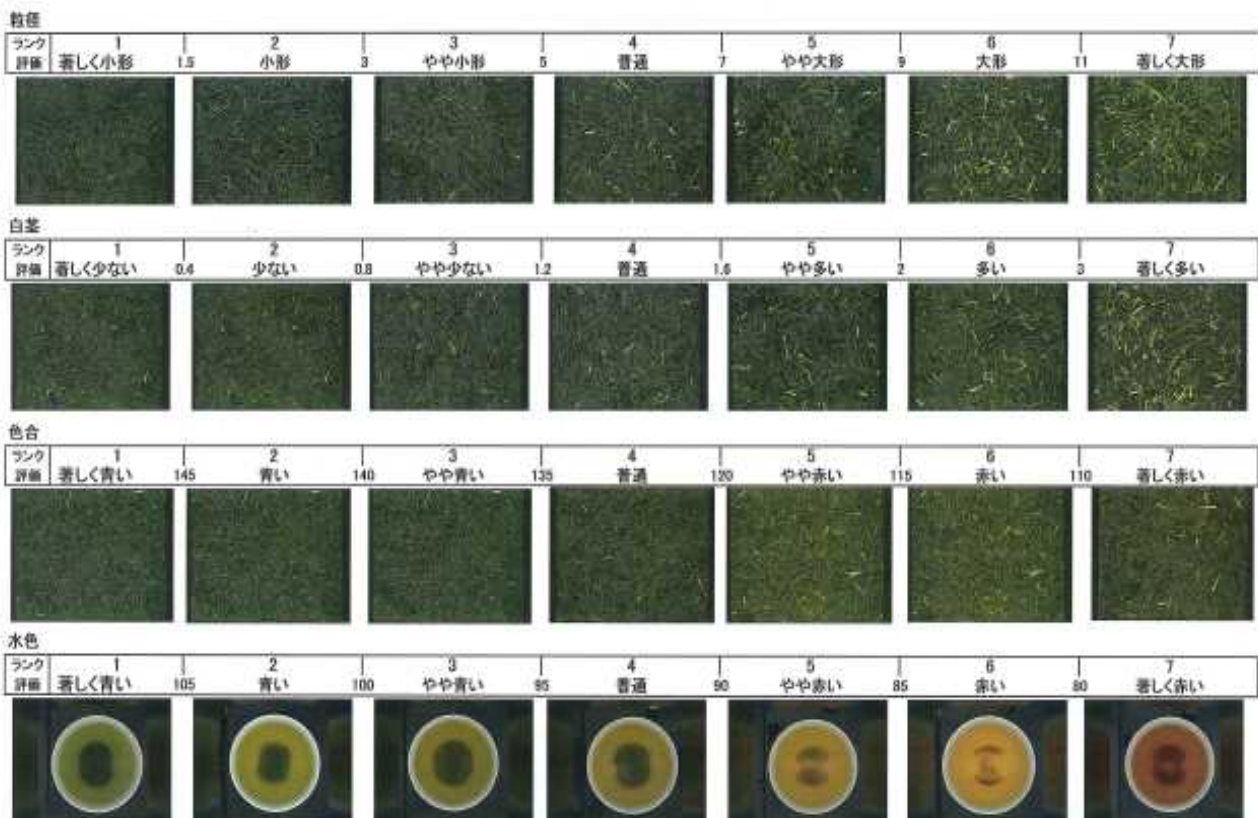
画像リモセンへの思い

この毎日撮る時系列な写真からなにかをガイドできないか？



人間がみてもつまらない・何もわからないが
 コンピュータが例えば3年分(1000枚)の写真を見比べて、
 瞬時になにかを教えてくれれば役に立つのでは？
 また、他の圃場と見比べて何か教えてくれないか？
 (生育が遅いだとか、病気がでそうだとか)

お茶の品質(鹿児島経済連)



サンプルのお茶

左から1Kg 5000円・4000円・3000円。



5000円

4000円

3000円

なんか画像つながりがあるな.....FUJITSU

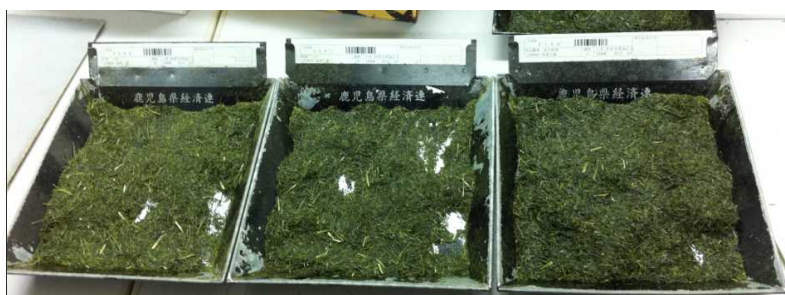
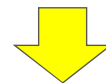


精製	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
形状	細く短い	細い	中細	やや中細	普通	やや太い	太い	太く短い	太く短い	太く短い	太く短い	太く短い
白濁	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
評価	ほとんどない	少ない	やや少ない	普通	やや多い	多い	多い	多い	多い	多い	多い	多い
発色	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
評価	ほとんど良い	良い	やや良い	普通	やや悪い	悪い	悪い	悪い	悪い	悪い	悪い	悪い
茶色	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
評価	ほとんど無い	無い	やや多い	普通	やや多い	多い	多い	多い	多い	多い	多い	多い

このお茶が




この基準に照らして



どうすれば、最高品質に近づくかをガイドできれば画像解析に価値が生まれるのでは？

ということで、生葉の現場へ

とにかく広大な鹿児島島の茶畑



普通のスマホの写真

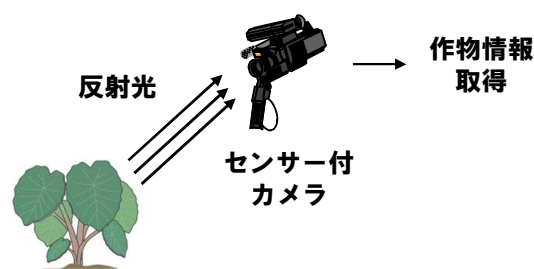
なんかセンシングできないか?

リモートセンシングに期待が……

リモートセンシング概要

1. リモートセンシングとは？

農作物に直接触れることなく、農作物からの光の反射光を観測することで、農作物の生育状態等を把握する技術



2. リモートセンシングによる効果

リモートセンシングを活用することで、

- ◇非破壊により、農作物の内部成分や活性度合を推測できる
- ◇生育モデルを構築することで、収量を予測できる

などが可能となる

非破壊により、生育状態を把握することで、生育状況に応じ、施肥量調整等の対応をすることが可能となる

リモートセンシングへの取り組み

富士通鹿児島インフォネットが鹿児島大学様と共同研究していた

1. 研究機関との連携

鹿児島大学農学部殿と連携し、リモートセンシング技術へ取組だことがある

2. 農学部殿研究内容紹介

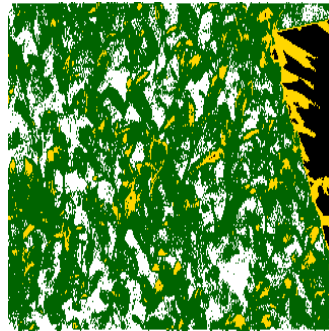
茶葉を特殊なフィルタを取り付けたデジタルビデオカメラで撮影し、その画像を解析することで、茶葉内部の含有成分、活性度を推定するというもの他に、いもの収量予測を行ったことがある。



フィルタ無し画像

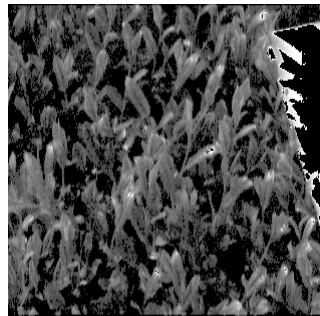


フィルタあり画像

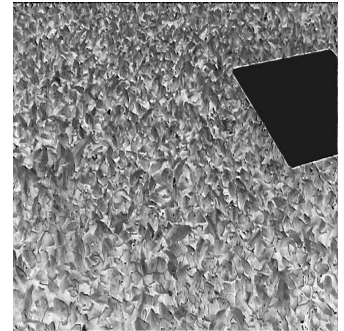


輝度値分割画像
内部成分値を推定

解析結果

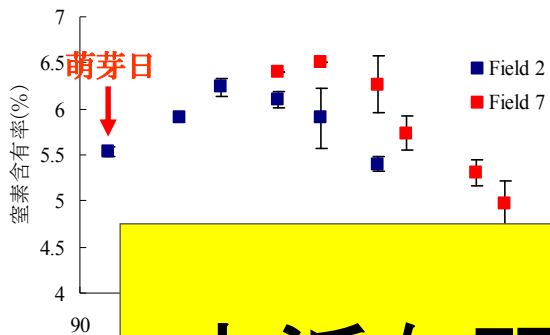


新芽抽出画像
白い部分が新芽である



活性度推定画像
白い部分が活性が高い

近接リモートセンシングの研究結果例



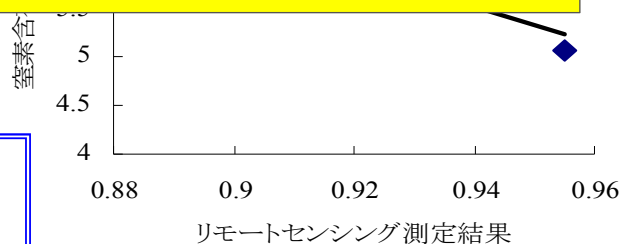
左図・新芽の窒素含有率の経時変化

茶場の品質指標であるAF値と窒素含有率は非常に高い相関関係がある。
左図は、萌芽日からの新芽の窒素含有率の経時変化を示す。

立派な研究成果がある

右図・窒素含有率とAF値の相関関係

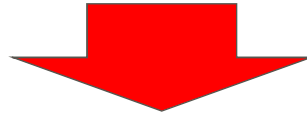
リモートセンシングによる測定結果と窒素含有率は高い相関関係がある。
これよりリモートセンシングを利用して茶の品質推定が可能。



- ・ 窒素含有率は、肥培状態にも相関があると言われており、リモセン活用で施肥管理への応用も考えられる。
- ・ 目では判断しにくい、茶葉の内部状況や生育状況を定量的に表現する事が可能となる。
- ・ リモセンデータも気象データと同じく、ナレッジの1データとして取り扱う。



こんな立派な成果があるのなら……

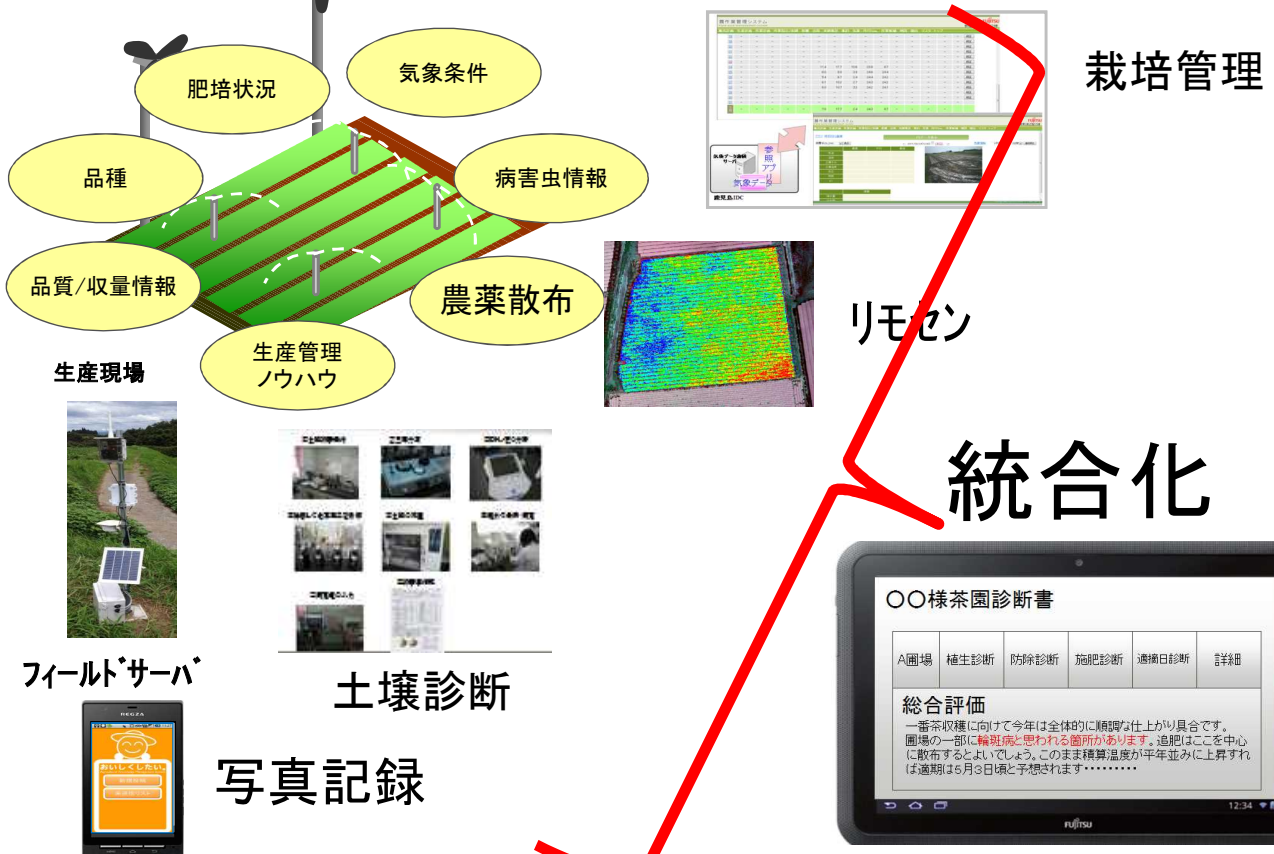


これは商用サービスになるに違いない

商用サービスのイメージ ～統合診断書の作成～



圃場のICTを一元化



診断書詳細イメージ(統合診断)

←植生分布解析
植生分布凡例
植生が高い
↑ ↓
植生が低い

芽数サンプル分析→
芽数分布凡例
70以上
↑ ↓
40以下

芽数マップや植生指数

【植生分布色区分について】
圃場の面積全体を100%とし、赤、黄、緑、シアン、青がそれぞれおよそ、20%となる5つのゾーンに区分して表現しています。撮影実施日ににおける「相対表現」であり、色が品質の良し悪しを表現するものではありません。

【芽数分布について】
植生診断結果と、現地採取のサンプル芽数をもとに、分布を想定して作成した分析結果です。サンプル数が9点であること、サンプル採取の精度検証が未実施であること、植生分布の精度検証が未実施であることなど、精度検証を行っていない状況での参考結果となります。

土壌診断処方箋

J A 全農 肥料農薬部

項目	測定値	11月11日 植生分布図(植生分布図)
pH	6.50	6.50
陽イオン交換容量	14.00	14.00
有機質	1.00	1.00
窒素	0.00	0.00
リン	0.00	0.00
カリ	0.00	0.00
カルシウム	0.00	0.00
マグネシウム	0.00	0.00
鉄	0.00	0.00
マンガン	0.00	0.00
亜鉛	0.00	0.00
銅	0.00	0.00
モリブデン	0.00	0.00
塩素	0.00	0.00
硫酸根	0.00	0.00
硝酸根	0.00	0.00
アンモニウム	0.00	0.00
全窒素	0.00	0.00
全リン	0.00	0.00
全カリ	0.00	0.00
全カルシウム	0.00	0.00
全マグネシウム	0.00	0.00

土壌分析/追施肥設計

〇〇様茶園診断書

A圃場 植生診断 防除診断 施肥診断 適期日診断 言詳細

総合評価
一番茶収穫に向けて今年は全体的に順調な仕上がりに見えます。圃場の一部に**輪斑病と思われる箇所**があります。追肥はここを中心に散布するとよいでしょう。このまま稈葉温度が平年並みに上昇すれば、適期日は5月3日頃と予想されます……………

フィールドサーバタッチボード

2012/03/14 14:18:41 管理者 ログアウト

基本情報
圃場ID: 200 (建): 13.20 葉茶
圃場名: 〇〇茶園
圃場面積: 15.1 ㎡
圃場高さ: 82.3 ㎡
圃場傾斜: 656.6 ㎡

圃場履歴コメント
03/08 11:39 〇〇茶園

積算温度/防除指針

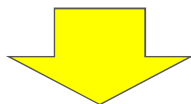
リモセンの商用化イメージ

←植生分布解析
植生分布凡例
植生が高い
↑ ↓
植生が低い

芽数サンプル分析→
芽数分布凡例
70以上
↑ ↓
40以下

【植生分布色区分について】
圃場の面積全体を100%とし、赤、黄、緑、シアン、青がそれぞれおよそ、20%となる5つのゾーンに区分して表現しています。撮影実施日ににおける「相対表現」であり、色が品質の良し悪しを表現するものではありません。

【芽数分布について】
植生診断結果と、現地採取のサンプル芽数をもとに、分布を想定して作成した分析結果です。サンプル数が9点であること、サンプル採取の精度検証が未実施であること、植生分布の精度検証が未実施であることなど、精度検証を行っていない状況での参考結果となります。



こうした植生診断書に意味があって、年4回くらいの診断に1回500円くらいの価値があれば使ってもらえないか、ビジネスにならないか検討を開始した。

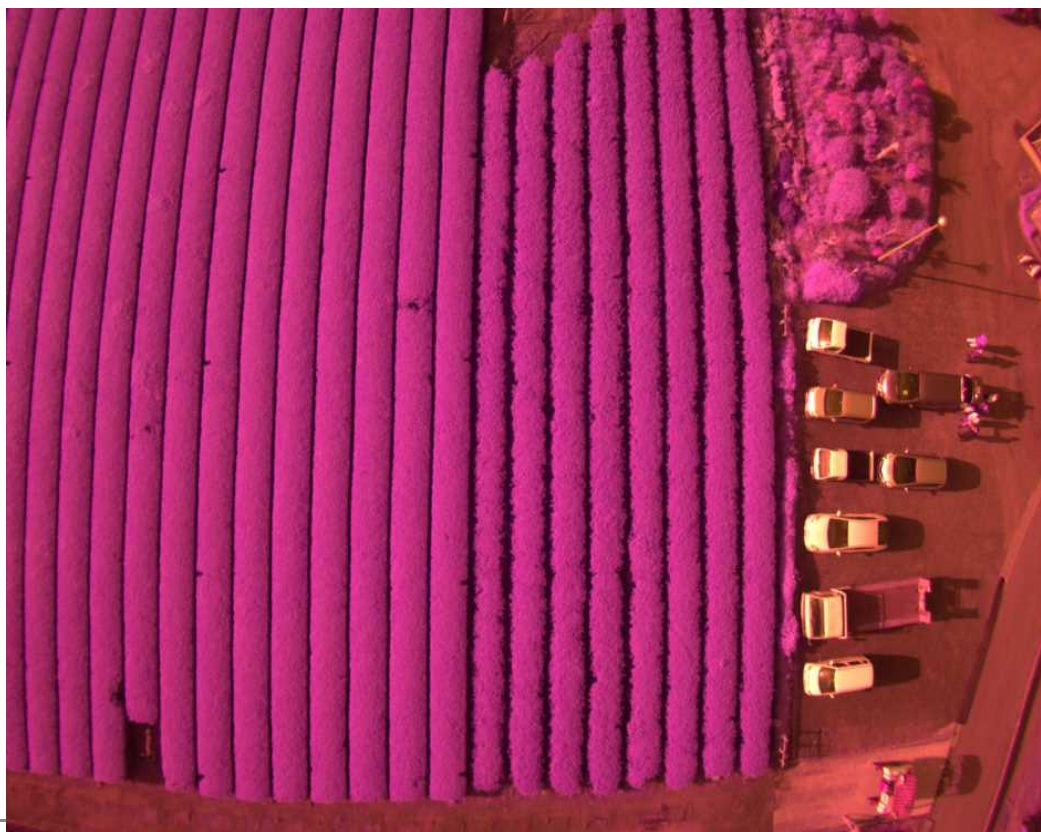
ということでリモセンにチャレンジ

UAVを活用した営農支援の取り組み

使用機材概要

UAV撮影画像。可視光RGBのB(青)を省いている。Bの代わりに近赤外を撮影。

強風のため上空20Mからの撮影。風速5M以上では撮影が厳しい。





- : 新芽数サンプル採取地点
数字: 新芽数サンプル値
- ↔ : 5mの距離、畔3番目(5.4m)の地点を計測

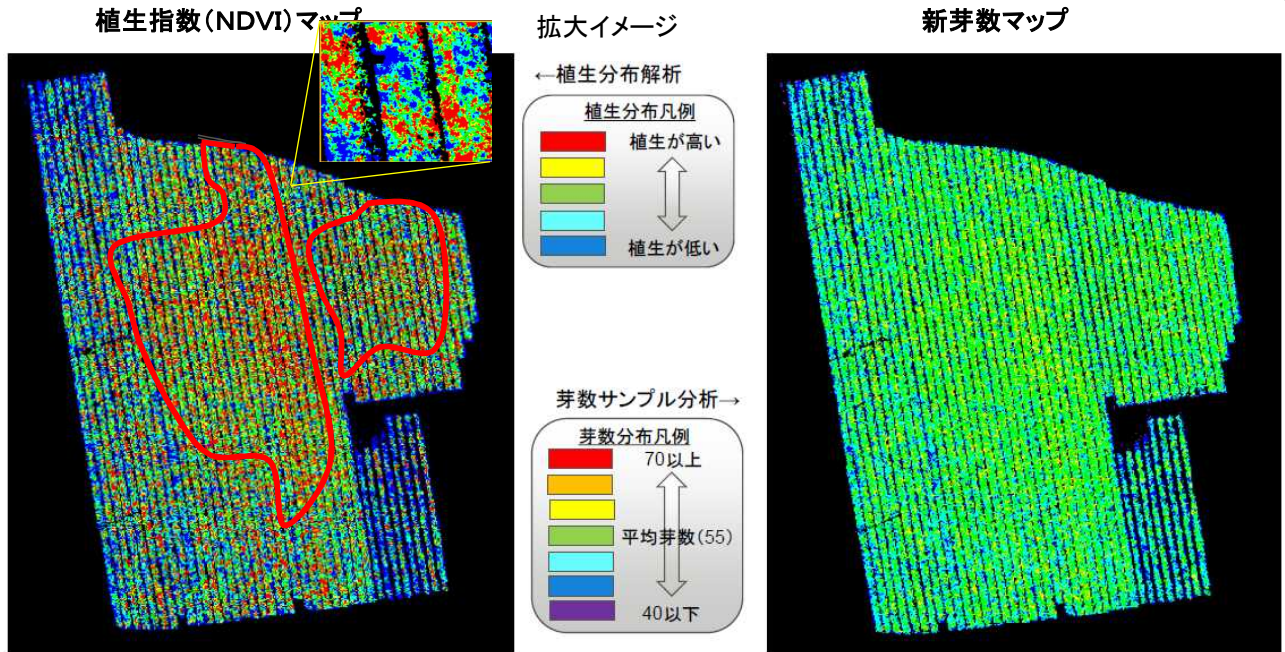
圃場新芽数調査結果

枠(20cm × 20cm)内の芽数を計測



圃場	サンプル	北緯	東経	芽数
A	46	31.30.637	130.59.884	45
A	47	31.30.612	130.59.871	44
A	48	31.30.610	130.59.844	53
A	49	31.30.666	130.59.838	59
A	50	31.30.653	130.59.886	60
B	51	31.30.615	130.59.904	40
B	52	31.30.626	130.59.931	51
B	53	31.30.584	130.59.934	47
B	54	31.30.581	130.59.893	39
C	55	31.30.545	130.59.924	52
C	56	31.30.512	130.59.919	46
C	57	31.30.517	130.59.958	53
C	58	31.30.547	130.59.952	55
D	59	31.30.503	130.59.892	45
D	60	31.30.500	130.59.859	54
D	61	31.30.467	130.59.864	51
D	62	31.30.468	130.59.898	47
D	63	31.30.484	130.59.879	53

A圃場の解析結果(中間報告)



【植生分布色区分について】
圃場の面積全体を100%とし、赤、黄、緑、シアン、青がそれぞれおよそ、20%となるように5ランクに区分して表現しています。
撮影実施日における「相対表現」であり、色が品質の良し悪しを表現するものではありません。

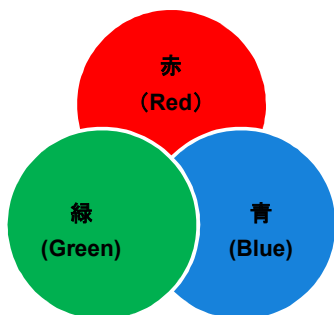
【芽数分布について】
植生解析結果と、現地採取のサンプル芽数をもとに、分布を想定して作成した分析結果です。
サンプル数が5点であること、サンプル採取の精度検証が未実施であること、植生分布の精度検証が未実施であることなど、精度検証を行っていない状況での参考結果となります。

○ 植生指数が比較的高く、葉色が濃い部分になります。

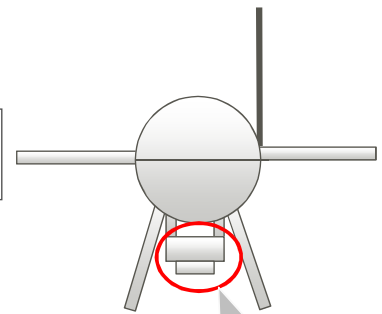
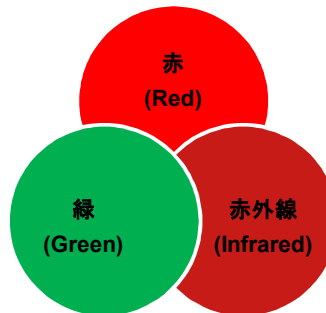
植生指数(NDVI)

植生指数とは

一般的な
カメラのフィルター



UAVに取り付けている
カメラフィルター



カメラは、取り外しができるようになっている。

植物の緑葉は青領域(Blue)と赤領域(Red)の波長を吸収し、
近赤外線領域(Infrared)の波長を強く反射します。
この赤領域と近赤外線領域の波長を利用して、
NDVI(正規化植生指標)を求め、お茶の葉の植生を判断する。

・デフォルトの NDVI 計算式

$$\text{NDVI} = ((\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R}))$$

IR = 赤外バンドのピクセル値

R = 赤色のバンドのピクセル値

この指標は $-1.0 \sim 1.0$ の間の値を出力し、主に緑を表す。負の値は主に雲、水、雪から生成され、ゼロに近い値は主に岩や地表から生成される。NDVI の値が非常に低い(0.1 以下)場合、岩、砂、または雪に覆われた不毛地帯を表す。中程度の値(0.2 ~ 0.3)は低木や草原を表し、高い値(0.6 ~ 0.8)は温帯林および熱帯雨林を示しています。

今回のUAV解析画像は、ArcGISを使用している。

・ArcGIS で使用しているNDVIの計算式。

$$\text{NDVI} = ((\text{IR} - \text{R}) / (\text{IR} + \text{R})) * 100 + 100$$

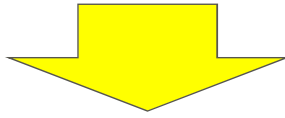
この式の結果は $0 \sim 200$ の範囲の値になり、符号なし 8 ビットデータの構造に適合している。

参考URL:

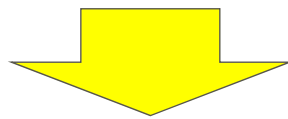
<http://help.arcgis.com/ja/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#//009t00000052000000>

実際 圃場でたくさん撮影

- ① 1年半で500圃場を3回(1500回)UAVで撮影・DB化
- ② フィールドサーバの積算気温などのデータも取得

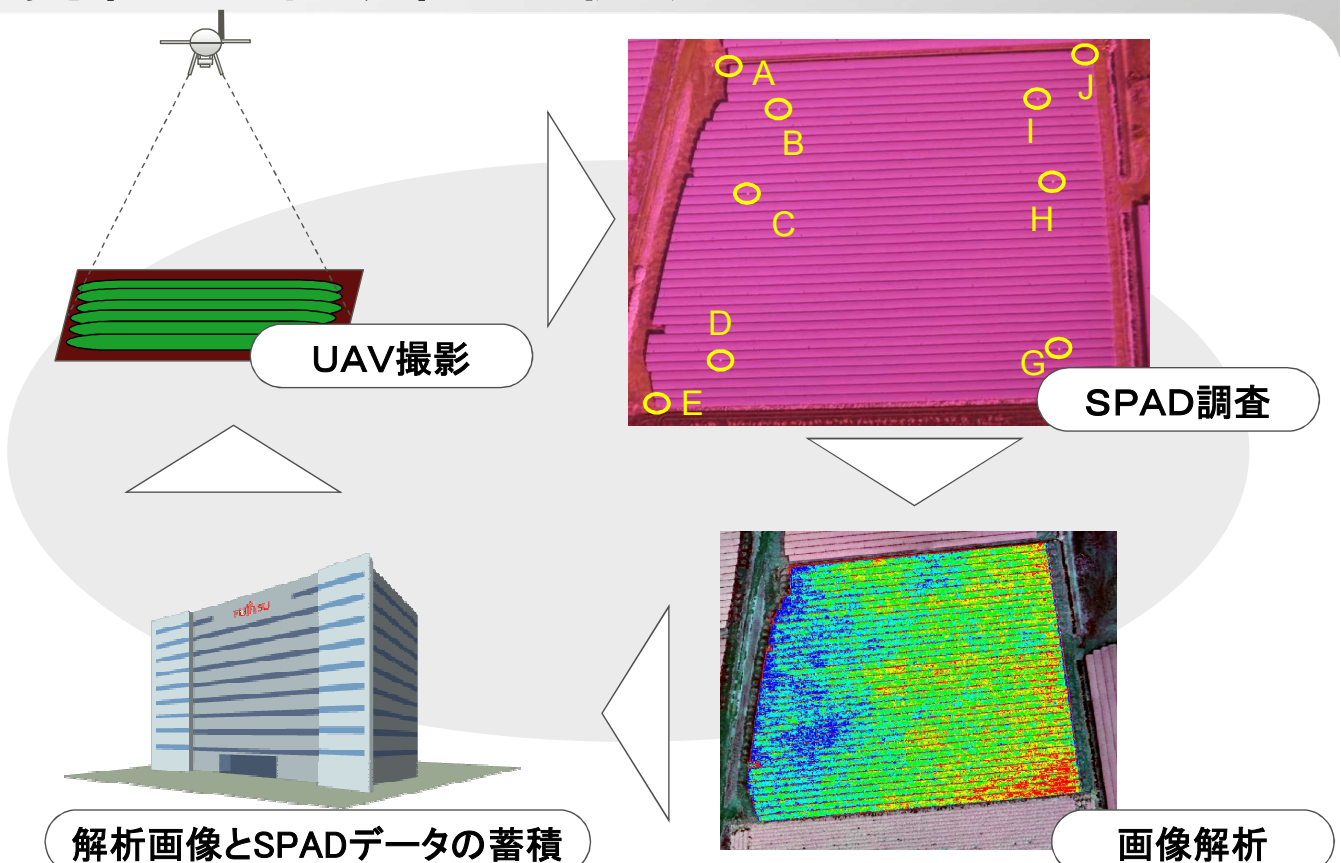


圃場DBの作成・UAV操作スキルの習得・データ解析スキルの習得・商用化の道筋への目処
などを目的に実験事業をおこなった(まだ10ヶ月)



課題が見えてきた

現在の取り組み状況

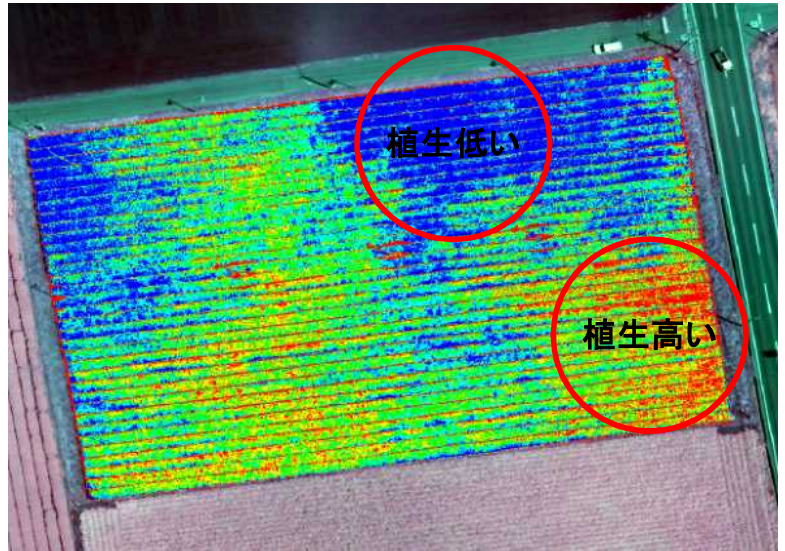
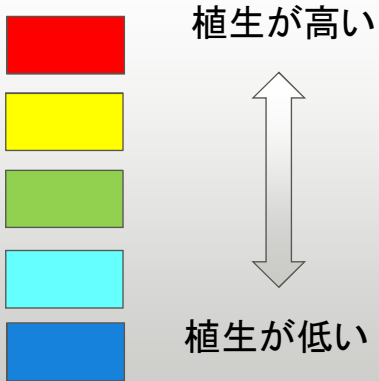


植生マップについて

植生のパラメータ

UAV解析画像(〇〇圃場)

植生分布凡例



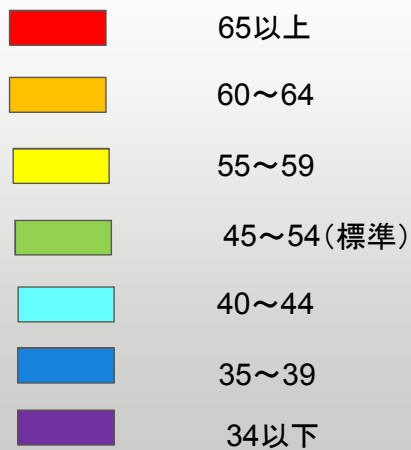
植生を色分けして表示しているのので、容易に植生を判断することができる。

偏差値マップ

偏差値のパラメータ

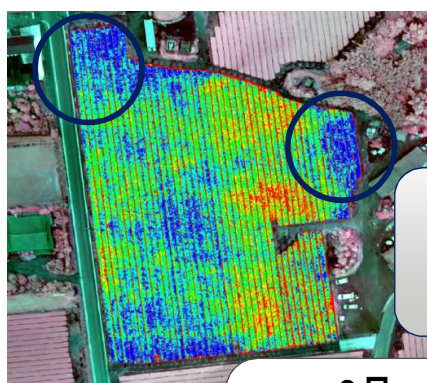
〇〇圃場(偏差値)

偏差値分布凡例



植生のばらつきを判断することができる。

4. ○○様圃場①の植生画像(8月~11月)

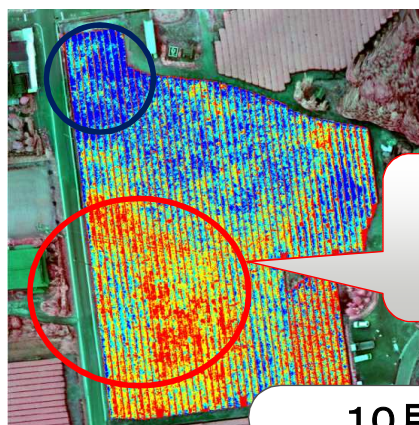


8月



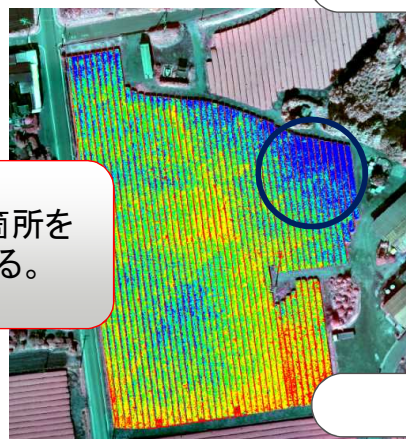
9月

植生が低い箇所は
青丸している。



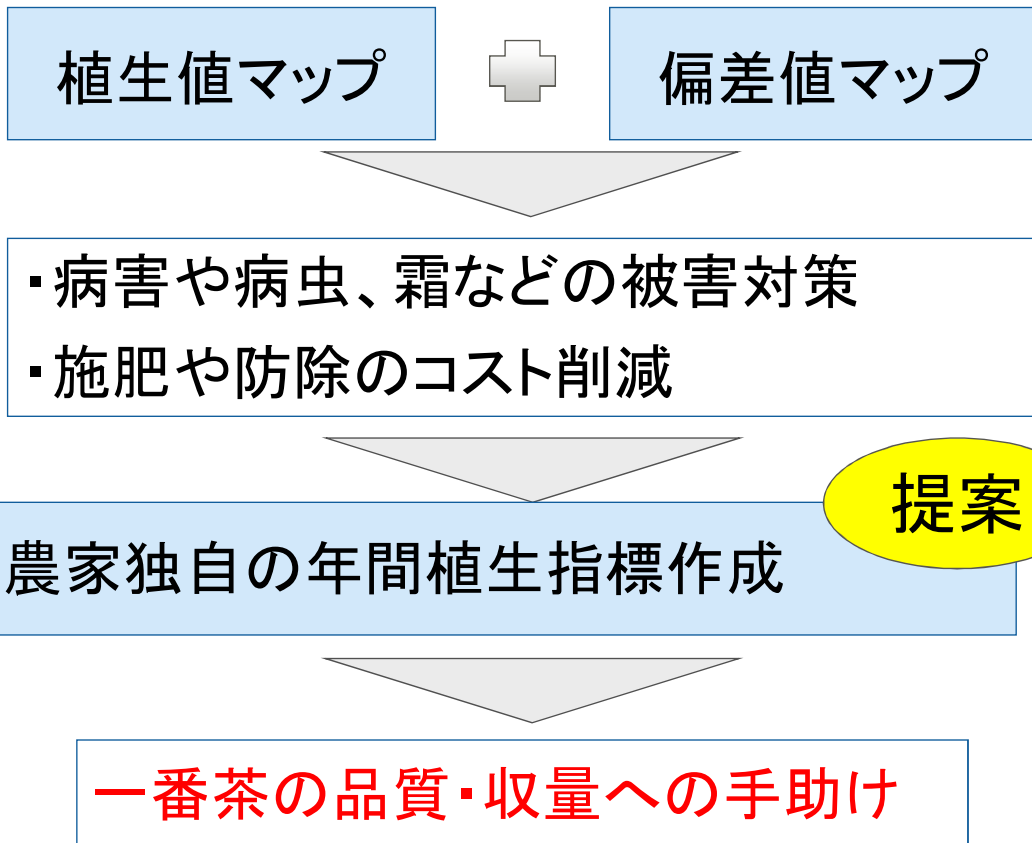
10月

植生が高い箇所を
赤丸している。



11月

活用シナリオ(想定)



農家独自の年間植生指標作成(提案)

品種: ゆたかみどり

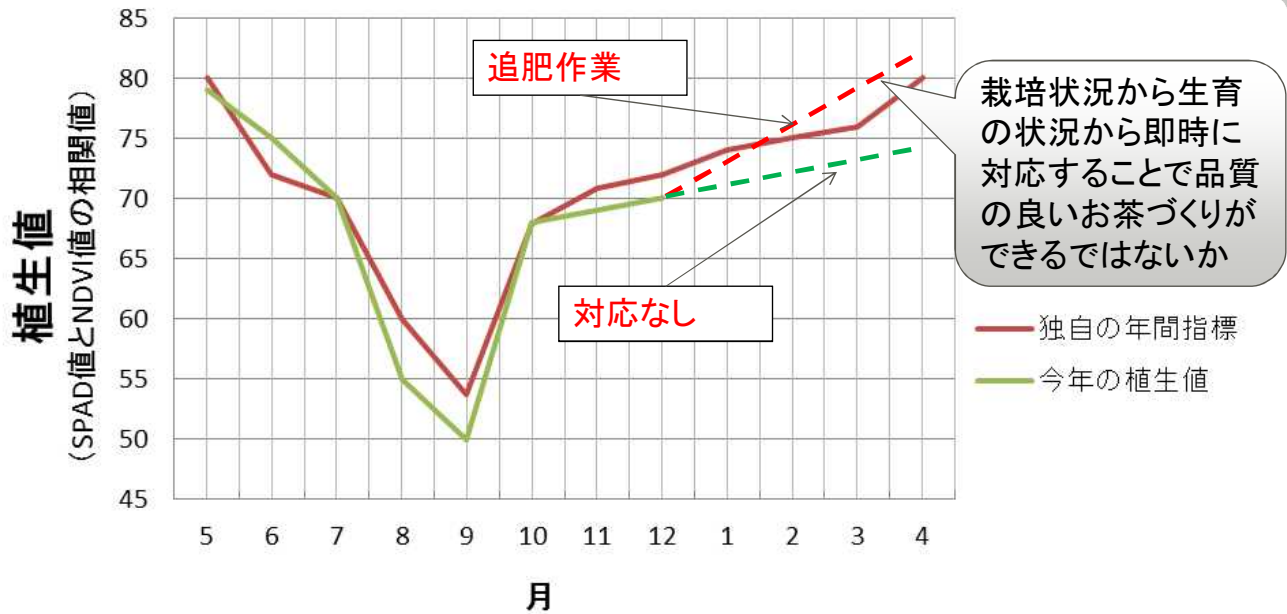
植生値/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
植生値(1年目)	74	75	76	80	80	72	70	60	54	68	71	72
植生値(2年目)	73	80	82	85	79	75	70	55	50	68	69	70
植生値(3年目)	70	69	75	82	78	71	69	61	52	69	68	69
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
年間植生指標	72	75	78	82	79	73	70	59	52	68	69	70

※黄色で塗りつぶされた値はSPADの計測値であり、それ以外は予想値。

上記のような独自の年間植生指標データが得られる。

◎年間植生指標データのメリット

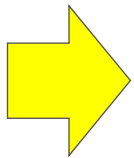
- ・病虫害や病害、霜被害の早期発見。
- ・追肥・施肥の散布時期の目安。
- ・お茶の品質改善の糸口。
- ・栽培状況の判断基準。



栽培状況を独自の年間指標の基準と比較しながら栽培することで、栽培の補正が可能になる。

商用化の課題

- (1) 解析ソフト購入やUAV購入で約1000万円の投資。
- (2) 1回の撮影に2人必要
(SEなら1人日8万円なので16万円/日)
- (3) 解析に約1週間がかかる
(撮影データの圃場紐付けが目視のため)
など30圃場の撮影・解析に大きなコストが発生
- (4) 当初1年半で500圃場×3回の1500圃場撮影
できる見込みであった(10ヶ月で30圃場)
- (5) 今の、解析データを見ただけでは何も得られない
(普通の人には意味わからない)

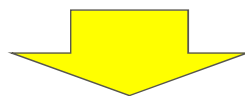


1圃場あたり1回約20万円～30万円のコストになる

何か抜本的な対策が必要

- (1) 安くて、使い勝手のいい国産UAVが必要
⇒md200は小型。風に弱くて、飛行が難しい。
バッテリーが毎年交換(35万円/年)
修理費用が高い(2回壊した)
- (2) そもそも、全部の圃場をUAVで撮影するのは無理
(20分くらいしか飛ばない)
- (3) SEのスキルアップを図る(解析スピード上げる)
- (4) 目視による手作業をなくす

などなど……



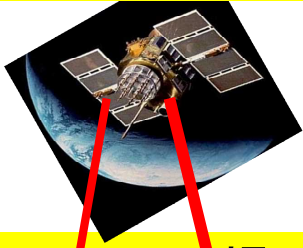
決め手にかける(500円は無理そう)

ひらめき 1

UAVで撮影した圃場は1ヶ所のみであった…… FUJITSU

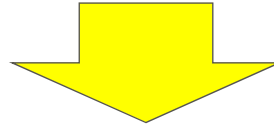
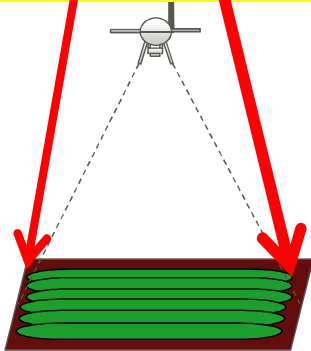


人口衛星による撮影



同じタイミングで同じ場所の UAVのデータと人口衛星のデータがあれば、それを元に他の場所の人工衛星のデータを補正しているのでは？

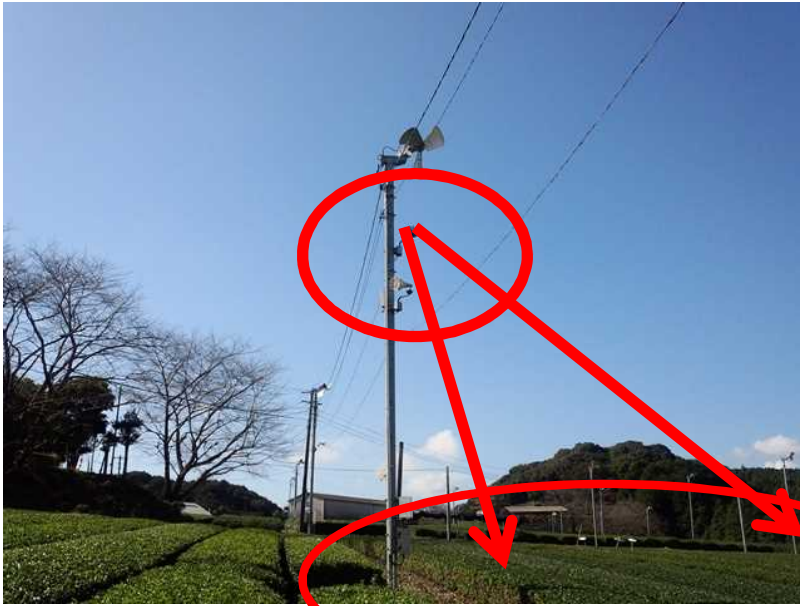
UAVによる撮影



鹿児島でもUAVで撮影したのとほぼ同じ精度で衛星データを補正できるのではないかと？

ひらめき 2

試験場の防霜ファンにはカメラがあったな・FUJITSU



圃場を常時センシングしているのでは…

この通年のリモセンデータと収穫実績(1葉期や茶芽長など)などのデータがデータベースになっているのでは

12ヶ月の基準DBが作成できれば…

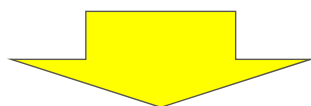
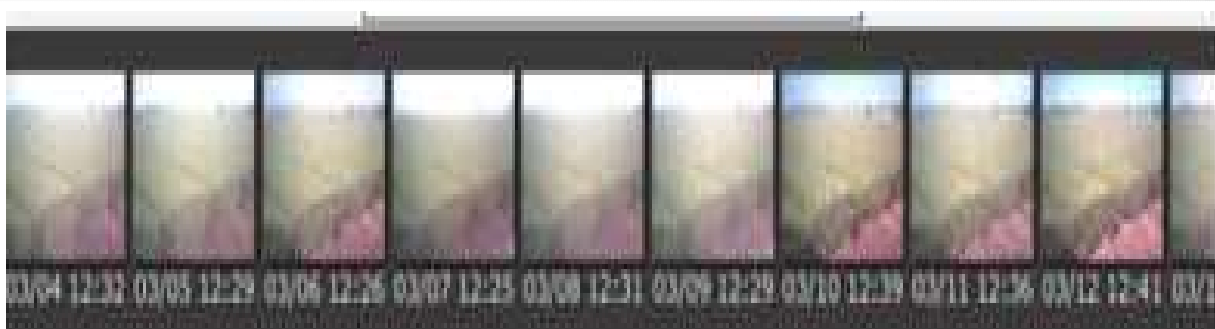
植生値/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
植生値(1年目)	74	75	76	80	80	72	70	60	54	68	71	72
植生値(2年目)	73	80	82	85	79	75	70	55	50	68	69	70
植生値(3年目)	70	69	75	82	78	71	69	61	52	69	68	69
:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
年間植生指標	72	75	78		79	73	70	59	52	68	69	70



DBつくりのためのサンプルデータは茶畑の固定したカメラで撮ればいい。

ひらめき 3

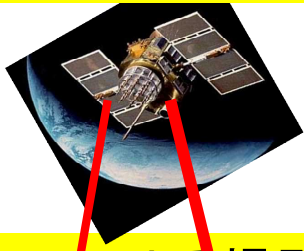
フィールドサーバには時系列な圃場写真があるな…… FUJITSU



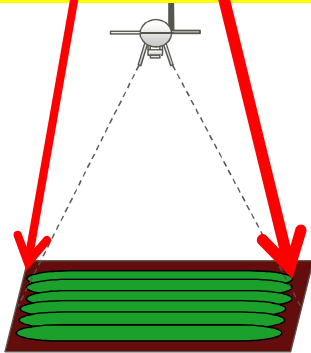
この普通の写真とUAVのリモセンデータを結びつけて……

この3つを結びつけると.....

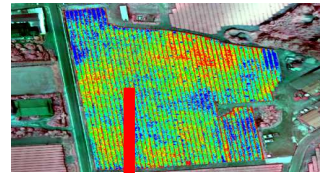
人口衛星による撮影



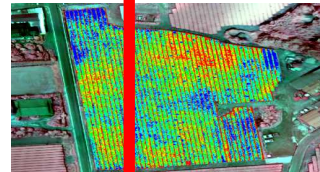
UAVによる撮影



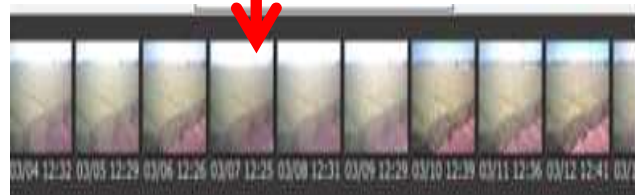
関連付け



C



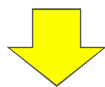
B



A

こんな式が出来ないか？

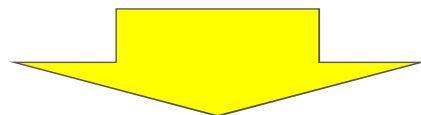
$$A \times \text{何か} = B = C \times \text{何か}$$



補正パラメータ α




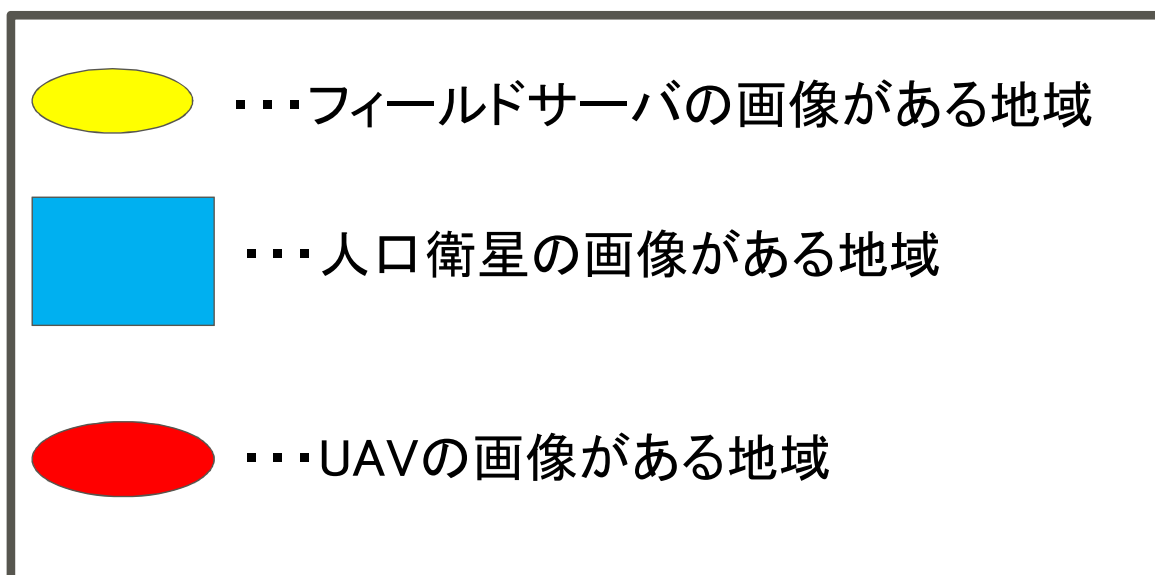
補正パラメータ β



という事は、AかBかCの何かのデータがあれば
その圃場の植生指数などが推定できないか？

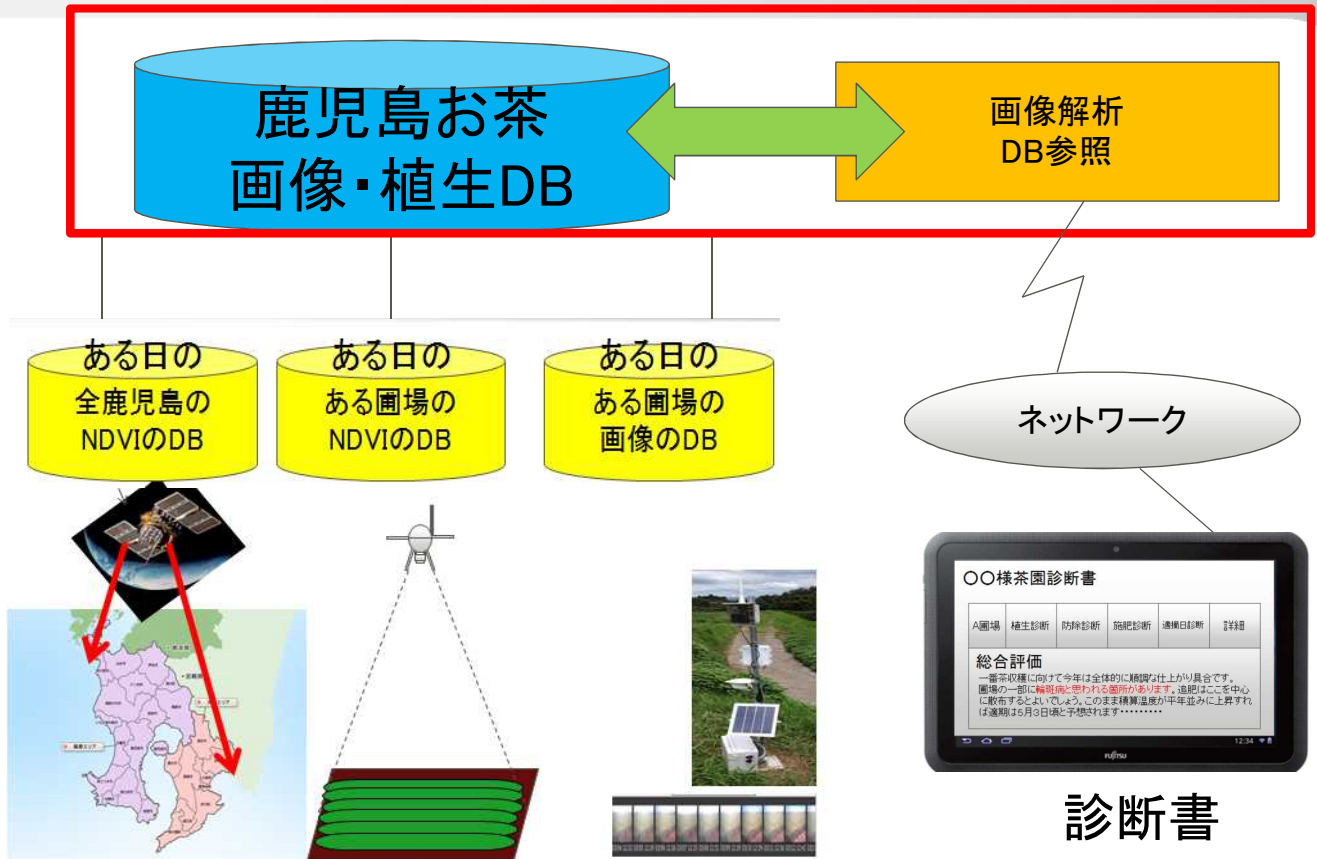
ひらめき1・2・3 をあわせると

お互いのデータ相関から植生指数が割り出せないか？ 

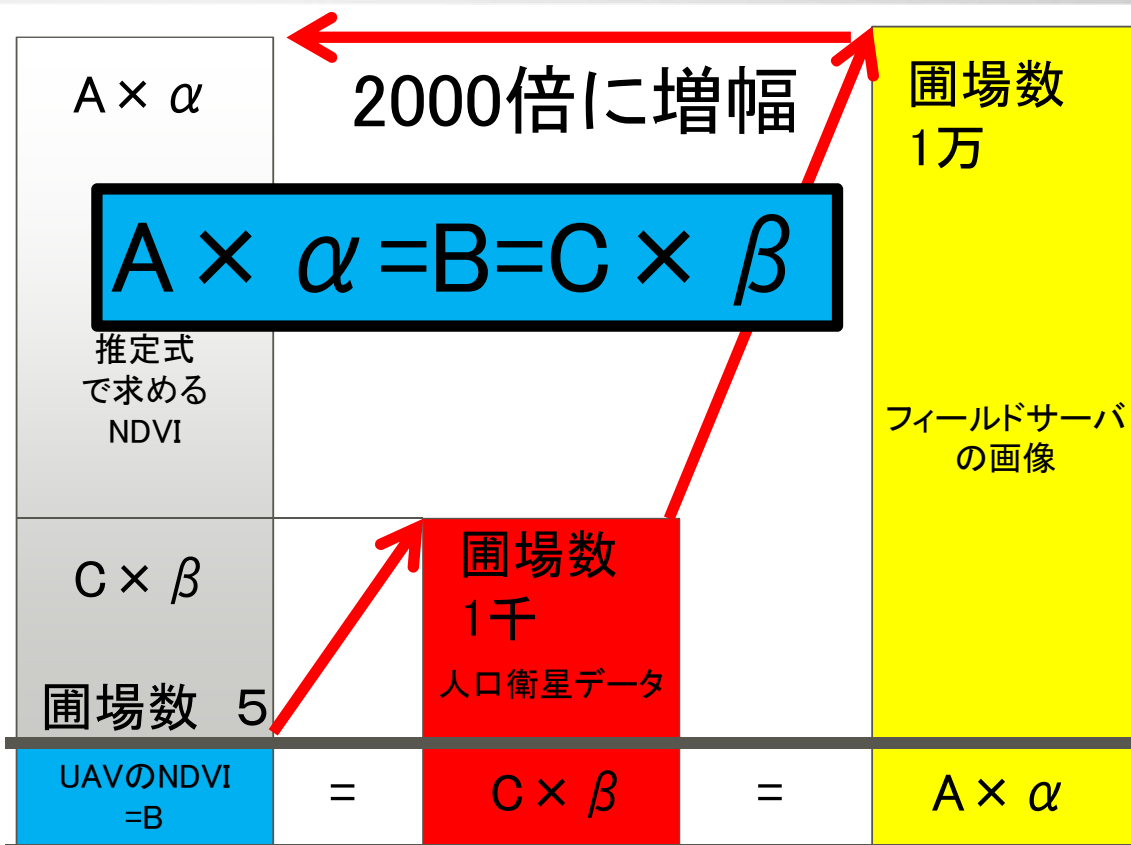


さらに、積算気温や土壌データ
施肥データや整枝日など

全部揃っている圃場を作る



計算によるNDVIの増幅



ひらめき 4

～生産者様に画像を取得してもらえば～

たとえば、生産者が写真を撮ってこれをクラウドで解析すれば・・・FUJITSU

調査



写真



写真にはGIFタグと日時が自動的に付与されるので
誰が(スマホID)・いつ・どこで撮った写真か自動的に
集計・解析できないか……

クラウドに集積

簡易センシングができないか.....



Axvalue HD高画質
デザイン眼鏡型 ハイビジョンビデオカメラ
microSD/SDHC対応
高解像度1280×720
新型720Pレンズ搭載
2012最新モデル
Axvalue
★★★★☆ (1件のカスタマーレビュー)
参考価格 ¥92,880
価格 ¥7,280
セール品 ¥7,280 通常配

NTT西日本は災害現場の
作業知識豊富な者の案内の
に、遠隔地(通信)の案内の
カメラ内蔵のメガネを開発し
た。カメラが現場の状態を撮
影し、その映像情報をスマー
トフォン(高機能携帯電話)・
スマホからインターネット
を通じて遠隔地のハンディ
リット端末に送信する。監
視者や現場作業員が安全に
かつ正確に現場の様子を
共有し、単独作業の効率
向上も期待できる。また、
交換も容易で作業の安全・
安全性も向上させる。201
2年夏から実用化する。

NTT西

災害現場・遠隔地結ぶ

視覚障害者の作業内にも使える
NTT西のカメラ内蔵メガネの利用イメージ

裏にマイク内蔵
骨伝導で遠隔地から
の音声を聞く
小型カメラ内蔵

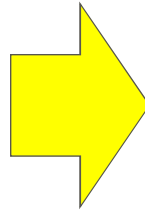
映像、音声情報を
やりとり
遠隔地にいるBさん
(番号のボタンを
押して下さい)

Aさん
メガネ
ケーブル
スマホ

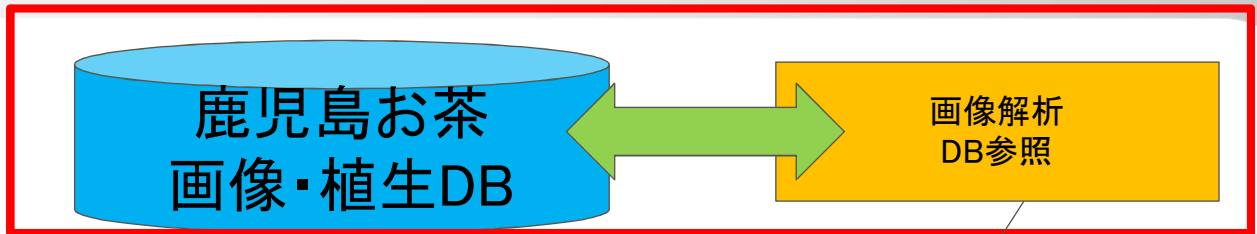
右でAさんの世界映像を見なが
ら操作
左は地図でAさんの位置を確認

骨伝導でイヤホン不要

メガネで視界共有・交信



ウェアラブルな視界共有メガネで圃場を見るだけで診断できないか?



ある日の
全鹿児島
のNDVIのDB

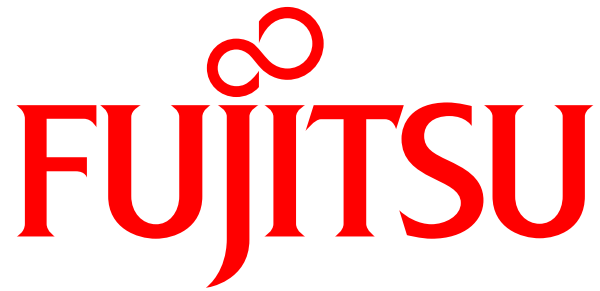
ある日の
ある圃場の
NDVIのDB

ある日の
ある圃場の
画像のDB

ネットワーク

植生指数〇〇です。
平年より3日生育早い

見るだけでリアル解析



shaping tomorrow with you
