

総務省九州総合通信局主催  
電波利活用促進セミナー2016  
リファレンス駅東ビル  
平成28年6月17日

## ドローンの動向と農業への活用

佐賀大学大学院工学系研究科  
特任教授 新井康平  
国際学術連合宇宙研究委員会副議長  
佐賀県警サイバー犯罪対策アドバイザー  
アリゾナ大学客員教授  
<http://teagis.ip.is.saga-u.ac.jp/>

## Content

- ドローンを取り巻く最近の話題
- ドローンの性能比較
- Grasshopper
- ドローン併用茶樹樹勢診断、茶葉品質・収量予測および茶業営農システム
- ドローン併用米品質・収量予測および米作営農システム

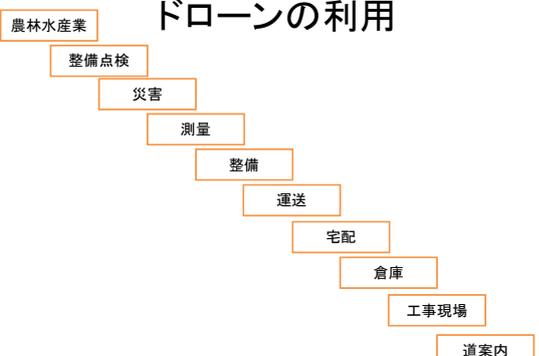
## ドローン利用の社会背景

- 2015日本商工会議所4000社→人手不足2635社
  - 介護: 72.2%
  - 運送: 60.9%
  - 建設: 60.2%
- 第4次産業革命(IoT)が必要→求人倍率5倍
- 国交省: 2020年までに100%ICT化
- 5年に1回(道路橋: 70万箇所、道路トンネル: 1万箇所)

## ドローンの仕事

- **輸送**: 物流
- **計測**: 災害、環境(生態系)、農林水産資源管理
- **作業**: 建築物保全
  - 800兆円の公共施設設備(全体の30%): 1600億円
  - ハイウェイ比率(日本: 24.6%、米国7%、英国: 4.4%、仏国: 2.6%)

## ドローンの利用



## ドローンの市場

- 2010年の世界の無人航空機の売上は約60億ドル(日本航空機産業全体の売上が大体1.2兆円) → 2020年に114億ドル(世界)、日本は180億円超(測量、倉庫、農業利用) **0.55%**
- 無人航空機が10年間で1.7倍、1.8倍の伸び(民間の航空機産業は年間5%ぐらいの成長)
- 無人航空機: 軍事用途が89%、民生用途が11%

## iRobot社のCEO・ヘレングライナー

- ・2014年までは「エンターテインメント」と「記録」の分野  
→おもちゃ・ホビーグッズ・航空写真
- ・2015年、2016年は「防衛」と「測定」の分野  
→軍事・公共の安全・野生動物・油田掘削装置・風力発電所・携帯基地局・農業・採鉱・架橋
- ・2017年、2018年は「評価」と「管理」の分野  
→状況認識・業務管理・資産管理・従業員管理・モデリング及びマッピング・環境モニタリング
- ・2019年からは「配達」と「輸送」の分野  
→Eコマース・地域の小売業・レストラン・法律書類・医療

## ドローンビジネス現状(輸送宅配)

- ・通販大手のAmazonは、2013年に、はやくもドローンの商業利用である「Amazon Prime Air」を発表
- ・Googleはドローンを使った配送システムの開発プロジェクト「Project Wing」を進めている
- ・DHL社は自社で開発した重量5kgの小型のドローンを利用して、薬品などの緊急の衣料品を輸送→ドローン「Paketkopter」は、薬局から高度約100mで1km強の距離を飛行してライン川を越え、DHL社のオフィスまで3kgの医薬品を運ぶ(人間のオペレーターによって遠隔制御)

## ドローンビジネス

2.93倍

- ・世界市場(2014年290億\$→2020年:850億\$)
- ・インプレス総合研究所:2015年度の日本国内のドローンビジネスの市場規模は104億円  
→2016年度には前年比191%の199億円に拡大し、2020年度には1,138億円(2015年度の約11倍) 5.72倍
- ・ドローンベンチャー(2014年125億円(35件)  
→2015年500億円(74件)) 4倍

## 売上(トップ2企業:トップ10は米国、中国が占める)

- ・米国(3D Robotics):99million\$→120億円
- ・中国DJI Innovations→75million\$→80億円

## 【第2回】国際ドローンシンポジウム

- ・①米国・アマゾン社におけるドローン宅配
- ・②米国交通インフラ実情とドローン活用によるインフラ点検
- ・③航空機及び宇宙機、無人航空機システム分野の国際標準化(2019年に国際法)
- ・④橋梁・トンネル用打音点検飛行ロボットの研究開発
- ・⑤NTT東日本における災害対策及び通信インフラの維持に向けたマルチヘリの活用
- ・⑥原子力発電所の調査業務におけるドローン運用事例

- ・⑦ドローンによる空撮測量の実施工への適用
- ・⑧ドローンを使った写真測量精度の比較検証
- ・⑨UAV画像を利用した点群の差分解析
- ・⑩UAVを用いた3次元計測精度検証
- ・⑪ドローンによる光波測距儀の気象補正の高度化
- ・⑫ドローンを活用した産業向けソリューションビジネス
- ・⑬ドローンを活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対策
- ・⑭交通事故捜査・災害・警備でのドローン活用事例

## ドローンの利用現状

- 2015/12/21~FAA登録スタート
- 2015年から日本ではドローン大会スタート
- 千葉市(ドローン特区): 宅配ドローン←アマゾン、楽天→2020年目標(高層マンション等への医療品、薬品等の宅配)
- 楽天ゴルフ場内宅配サービス千葉県御宿キャメルゴルフリゾート(飲み物、ゴルフボール等)
- 救急目的: 血清の搬送等

## 農業利用

- 農業分野では、センサー技術の向上によって、種類別の**農薬の散布**や、雨天でも**農作物の観察**が可能になるなど、新たな活用方法
- ドローンに人工知能を搭載することで、位置情報や風速なども自分で計算し、自動的に飛行してその日の農場の詳細なデータを記録→そのデータに基づいて、**肥料や水、農薬の種類などを最適化**
- 2009年に、アイダホ州の農家がドローンを自作し、市販のデジタルカメラを載せ、事業拡大に向けた**土壌パターンの収集**に使用

## 建設、セキュリティ

- コマツスマートコンストラクション: 計測しながら建設
- 米国Skychatch: クラウドステーション→スマートコンストラクション(2人で1週間→1人+ドローンで1時間)
- セコムドローンコンセプト: 2015年12月11日開始←導入コストが安い(工事料80万円、月額使用料5000円)

## 工事進捗管理 (Pasco)

- 切土・盛土のバランスを考慮した**迅速な運土計画の立案と、残土運搬の運行計画**や敷均・転圧等の重機手配の的確な計画実行
- UAVを用いた**現況測量**で、**土量管理**に必要な10cm以内の精度
- 地上レーザースキャナを使った従来手法とUAV撮影による作業工数を同条件で比較: 従来手法では、現地測量に1週間、データ処理等に1週間と、合計2週間にわたるところ、UAVを用いた手法では、撮影2時間以内、データ処理等に1日の合計2日間以内で完了

## UCLA

- カリフォルニア大学デービス校が、FAAの特別な離着陸許可と規制のおかげで、同校のOakville Station **ワイナリーに施肥**のため、ヤマハ発動機のRMAXをテスト



## Conservation Drones, Facebook

- 世界的な非営利グループConservation Dronesがドローンを使用して、インドネシア北スマトラの熱帯雨林でオランウータンの生活拠点を調査→ドローンによって撮られた画像は、油を取るヤシの木を栽培したい開発業者から国立公園の土地を守るため、地元組織が政府に申請を行う助け
- Facebook社は2014年3月にイギリスのドローンメーカーであるAscenta社を買収し、優秀な航空技術者たちを接続提供用の**航空機開発**のため、Facebook社のConnectivity Labに合流→その1か月後、Google社は、高高度を飛行し**太陽光を動力源とするドローン**を製造し、2012年設立の米国の新興企業、Titan Aerospace社も買収

## Qimarox、防災、生態環境

- オランダのハルデルウェイクに本拠を置く原材料取り扱い企業Qimarox社は、**倉庫内で、棚から品物を選び取り、パレットの積荷としてまとめる**ためにドローンを使用
- **災害地の全貌を把握**したり、生存者がいないかどうかをドローンで確認→山崩れや津波の被害にあったところにも、ドローンならば飛んでいくことができる
- **生物や動物の棲息**がわかる→人間が入ってしまえば邪魔になるような場所でも、ドローンならば気づかれず、生態系を乱すことなく観察

## Google(発電)

- ボストンのある会社は**電気供給と通信をまかなう細いフィラメントをつけたドローン**を開発。普通のドローンならば**いずれバッテリーが切れてしま**うが、このドローンは**いつまでも飛ばしておく**ことができるので、工場や倉庫などの上空から人の出入りをチェックするという**警備用**に利用が可能
- グーグルが買収したマカニ・パワーという会社は、ドローンを**風量の強い上空に飛ばして発電**をするというしくみを開発→ウインドタービンに比べてメンテナンスも簡単で、クリーンで効率のいい風力発電ができる

## Intel(安心安全)

- インテルのウェアラブル賞を受賞したドローンの構想は、**腕につけているウェアラブルがドローンになって空中から自分の写真を撮ってくれる**→自分を追うように仕組まれていて、崖上りをしたり、走ったりする自分の回りでドローンが飛び続けるという案→こういうドローンがあれば、**子供の登下校についていさせるなどして、安全のためにも役立つ**
- 他人の**プライバシーを侵害**するという問題や、飛行機との**ニアミス接触事件**などが相次いで、ドローンには解決すべき課題が多い

## ドローンの課題

- 規制
- 通信可能範囲、電波干渉
- ニアミス
- プライバシー
- ホバリング性能
- 飛行時間(20分程度)
- 電源供給(地上ロボットから、風力発電)
- ペイロード重量(全重量との比率向上)
- 位置推定精度(10m程度誤差を覚悟)
- GPS以外の位置計測(WiFiビーコン、耐風(8m/s程度)

## 改正航空法:ドローン規制法 (2015年12月10日)

- **東京23区、人口密度が1平方キロメートルあたり4千人以上**など国が人口密集地と定めた地域や空港周辺、それにイベント会場での飛行や**夜間飛行、150m以上の飛行などが原則として禁止**され、例外的に飛行させる場合、国の許可や承認が必要
- 申請は、国土交通省や各空港で受け付けていて、飛行の目的や飛行ルート、それに使用する無人機の製造番号などを届け出る必要
- 操縦する人には**10時間以上の操縦経験**
- 許可や承認なく飛行させた場合は**50万円以下の罰金**
- 200g以下は規制外

## NASAクラウドベースドローン航空管制システム

- NASA: Unmanned Aerial System Traffic Management(UTM)→LTEでリアルタイムでネットワーク接続→100以上の企業、大学が参加
- モバイル通信ネットワークを応用
- Verizonと協力して開発
- **個体認証**
- Build#1,2,3,4:2015/8,2016/10,2018/1,2019/3
- Build#1:空域設定、飛行計画提出、運行スケジュール管理等

## 今後の展開

- ドローンがビジネス利用されることによる経済効果は、商業利用開始から最初の10年で820億ドル以上、10万人を超える雇用
- アメリカでは2015年末までの規制撤廃が目指されているが、**現状では商業利用は基本的に禁止**→2015年末までの公開を目指して米連邦航空局 (FAA) が指針を作成
- 欧州航空安全機関からの認定を受けなければならない→また認定されるのは、**医療分野や災害時の救援**などに限定

## ドローンの利用している周波数

- ドローン制御および取得画像伝送: WiFi機器と同じ**2.4GHz, 5.8GHz**帯(5.8GHzは米国等で利用、日本ではNG: ETCとバッティング)
- 位置・時刻(**GPS: 1.2GHz**帯)
- Wi-Fi機器(特定無線局: 出力が小さくて、決められた周波数とか方式を使っていて、その技術基準適合証明があるもの): 免許が不必要
- 1億8,000万程度の無線局(免許が必要)

## ロボット等の利用可能周波数

周波数	電力	距離	免許	備考
73M	500m距離 100μV/m以下	1-5km	不要	微弱電波、ラジコン
350M	1W	2-10km	登録	簡易無線局
400M	10mW	0.5-3km	不要	特定小電力無線
920M	20mW	1-3km	不要	特定小電力無線
1.2G	10mW	0.5-2km	不要	特定小電力無線
<b>2.4G</b>	<b>10mW/MHz</b>	<b>0.5-3km</b>	<b>不要</b>	<b>小電力データ通信</b>
150M	50W	10km以上	要	携帯局
400M	50W	10km以上	要	携帯局

920MHz帯(電子タグ、スマートメーター等に使われている)

## 画像伝送用周波数

周波数	電力	距離	免許	備考
200M	5W以下	10km	要	地上移動局
1.2G	1W	1-3km	要	携帯局
<b>2.4G</b>	<b>10mW/MHz</b>	<b>300m以下</b>	<b>不要</b>	<b>小電力データ通信</b>
50G	30mW	1-5km	要	簡易無線局

- WiFi機器との干渉**→ドローンの制御が影響を受ける
- ITU(世界国際電気通信連合)の無線通信における総会(2012年): 広範囲に飛行するドローン等に**5GHz帯(Wi-Fiとは別のバンド)の電波を無人航空機用に割り当て**

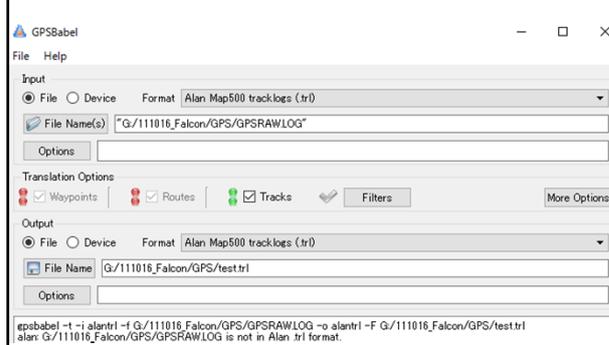
## ドローン検定協会

- 指令と制御に関する課題→通信が失われた場合に、目視しているパイロットがどのようにドローンを制御するか→**ハッキングやその他の種類の干渉から通信リンクを保護**することも重視
- スカイネットは2015年6月に福岡近郊のラジコン飛行場の協力のもと、ドローン専用飛行場をオープン→50社法人枠(社員1人当たり6万円/年)
- 福岡にあるドローン検定協会→ドローン検定では、無人航空従事者試験(ドローン検定)に合格された方に「無人航空機に関する飛行履歴・知識・能力を有することの証明書」を発行

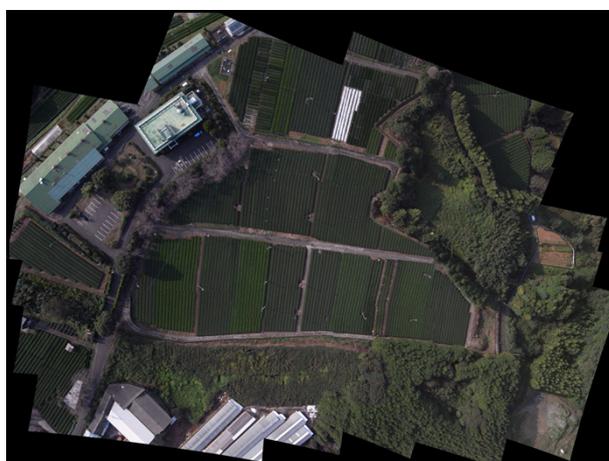
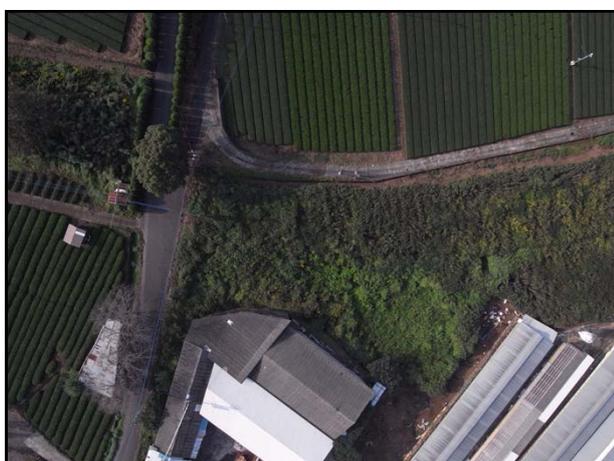
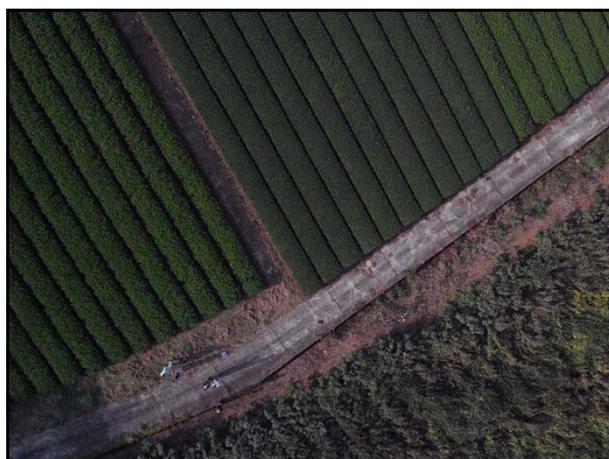
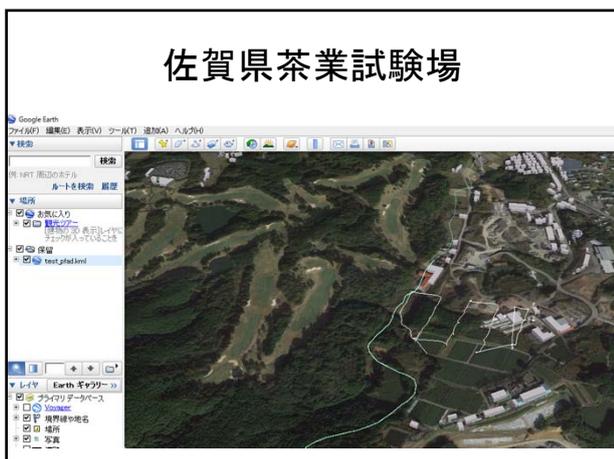
## 佐賀大学所有Grasshopper

重さ 約1850g + カメラ重量  
 大きさ 約80cm(プロペラの大きさ込み)  
 耐風速度 5~7mでも飛行可能  
 最大積載 最大500g(軽いものを乗せたほうが飛行時間は長い) 飛行時間 300g搭載時で10分弱  
 飛行距離 300m程度  
 緊急モード 通信が途絶えた場合は、離陸位置に自動帰還  
 カメラ方向 2軸ジャイロで自動でカメラを直下や斜めに向かせ続けられます  
 仕様 内蔵GPSにより、手を離しても一定位置・高度でホバリングし続けて撮影可能だが、(Falconのように)撮影ポイントを指定しての自動航行は不可能。よってマニュアル操作で上空を移動させ、都度ホバリングからの単写真撮影を繰り返すのみ。ただし、上記単写真に座標情報を付加可能。  
 撮影範囲 高度150mから撮影した場合、単写真で約150×200mを収める。これを繰り返して希望範囲全域を単写真複数枚でカバーする。

## GPS RawデータからKMZ



## 佐賀県茶業試験場



### 衛星、ドローン、地上カメラ 農作物、土壌、気象観測

Fan for frosty avoidance  
Wireless sensor network cameras mounted on



Wireless LAN access transmit  
Acquired weather and camera  
Data to Internet terminal  
Panasonic BL-BR30




Filtered network camera monitors  
NIR reflectance for estimation of  
Quality of new tealeaves  
Panasonic BB-HCM371  
Network card: au W05K  
Wireless sensor network



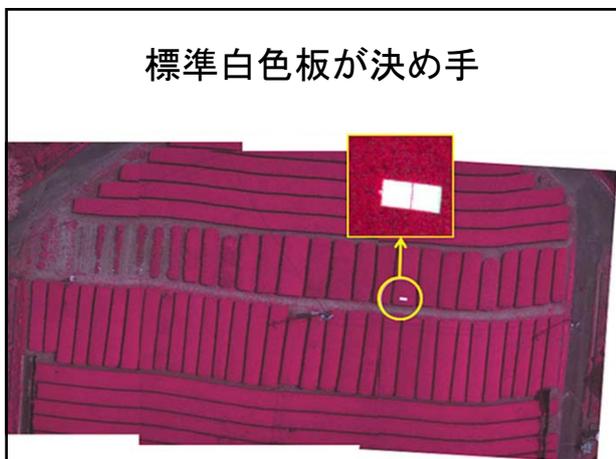
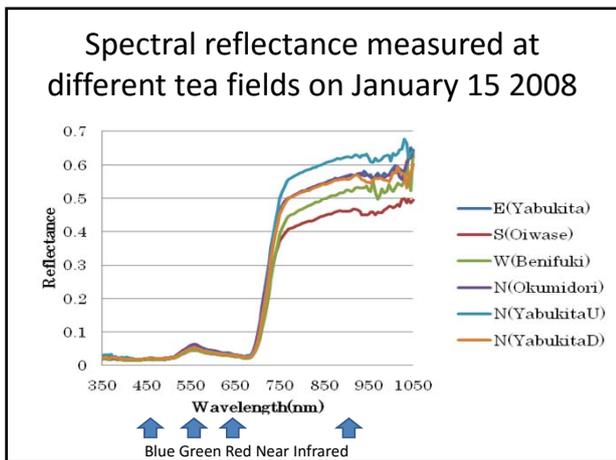

Weather robots measures soil moisture, leaf wetness, solar light, etc. at tea farm areas  
Vantage Pro-II



### ドローンの使用

Weight	2kg (Helicopter only)
Size	80cm × 80cm × 30m
Payload	600g

- Does not work when wind blow and rainy conditions
- 200m in maximum
- Battery can be used for 20 min.
- Ground based cameras or smart phone cameras

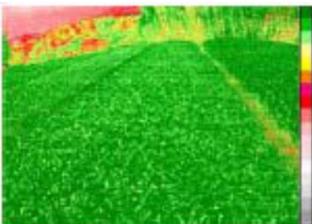



Visible and near infrared camera acquired images of tea field which is situated at Saga Prefectural Tea Research Institute in Ureshino-city, Saga, Japan which is taken on September 27 2007

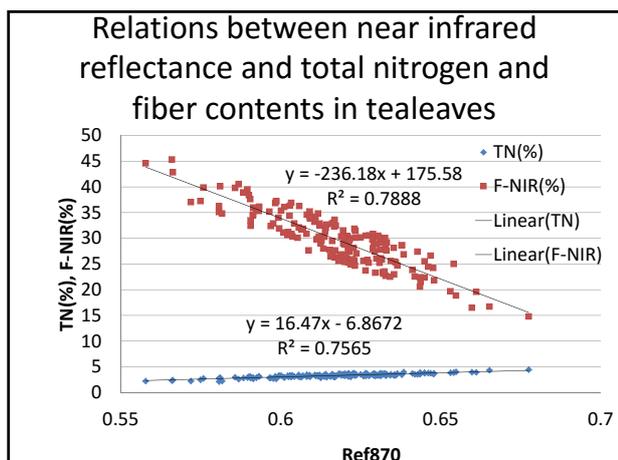
- Ground based Instruments (VIS&NIR Cameras)



(a)Visible



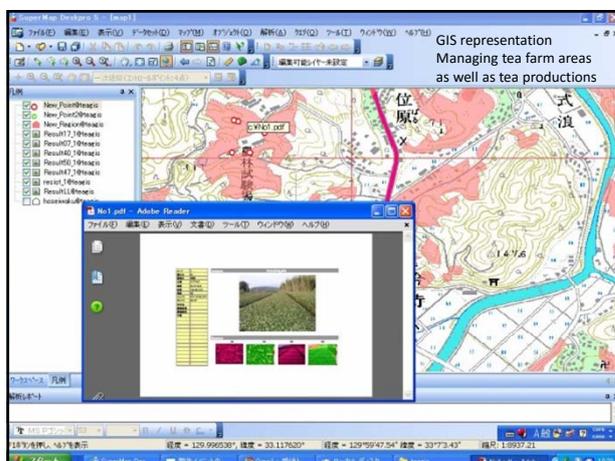
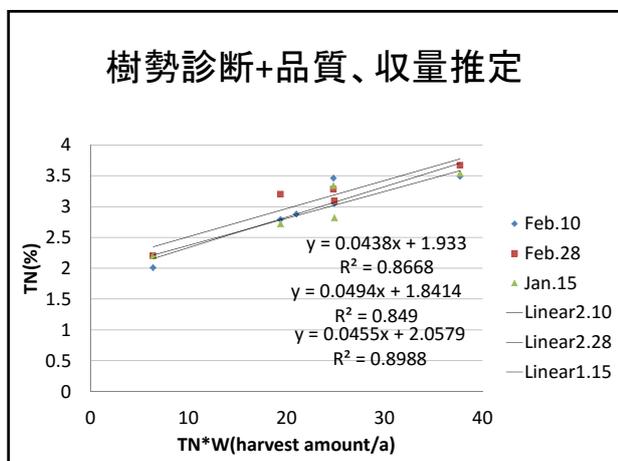
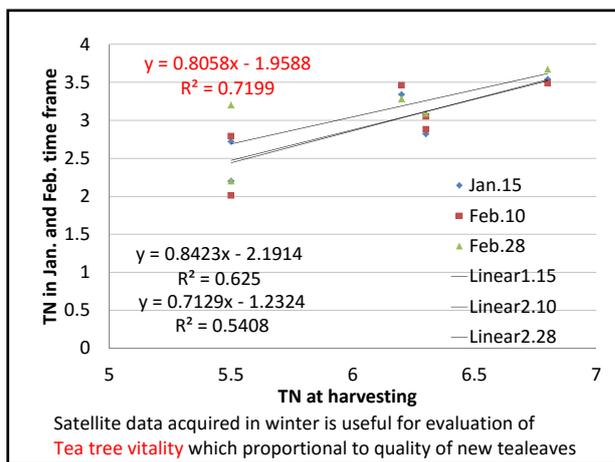
(b) Near infrared (870nm)

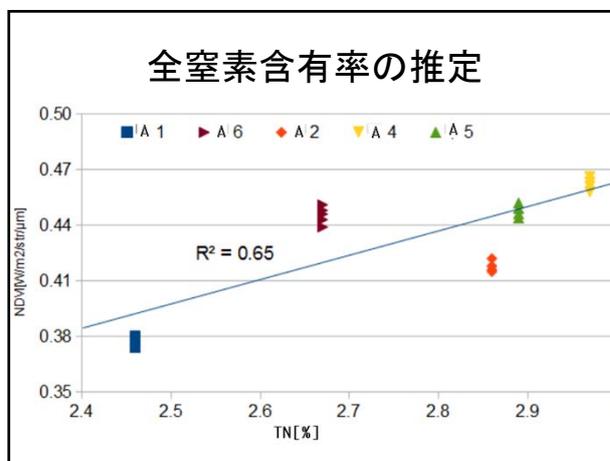
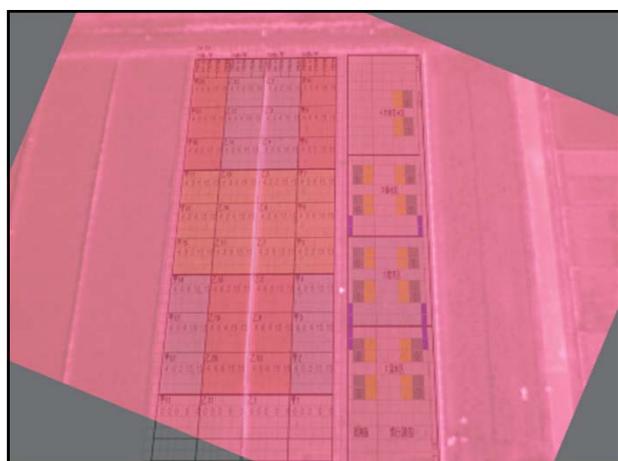
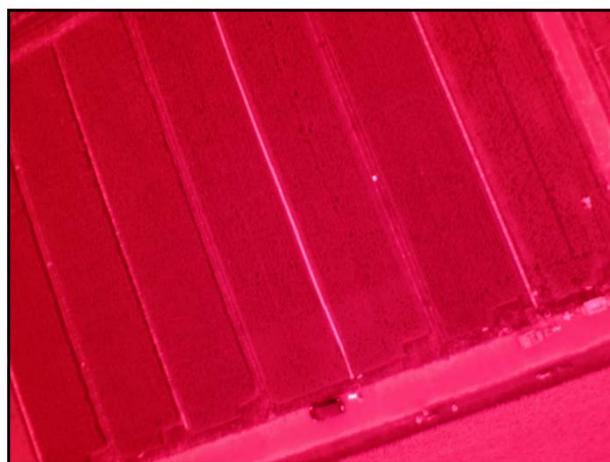
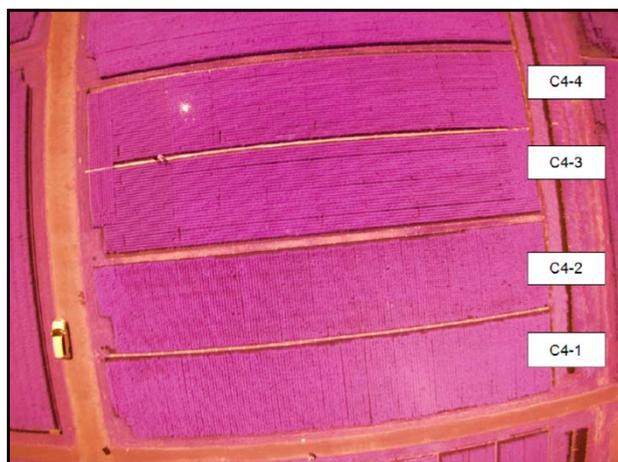
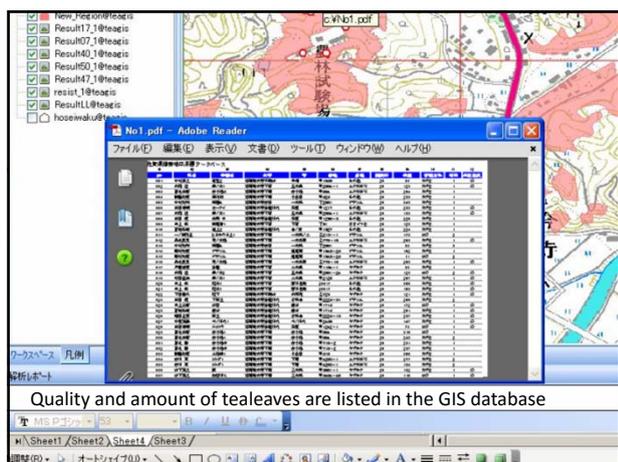


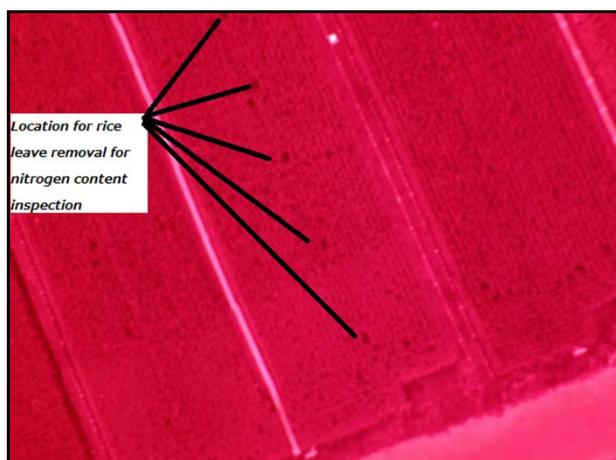
Example of ALOS/AVNIR-2&PRISM image and Terra/ASTER/VNIR data of Saga Prefectural Tea Research Institute: SPTRI in Ureshino-city, Saga, Japan which are acquired on February 2007.

- Satellite Remote Sensing
  - Observe the specific field not so frequently
  - Cannot observe when cloudy and rainy condition

(a) ASTER/VNIR (b) ALOS/AVNIR-2 image (c) Four tea fields situated in SPTRI

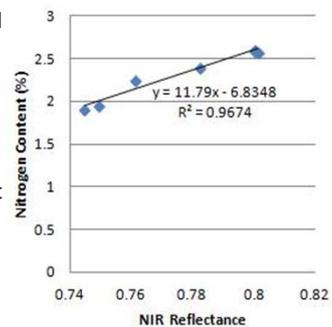




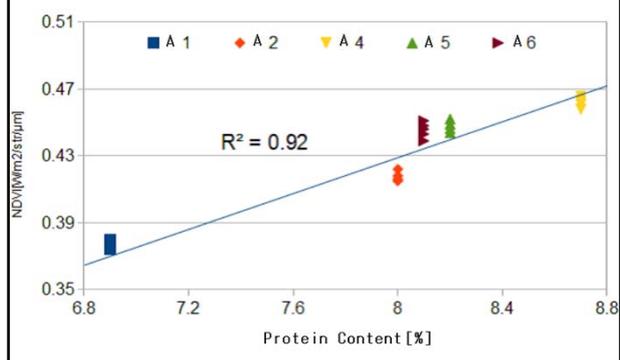


### 全窒素含有率の推定

- NIR camera mounted radio-control helicopter can be used for rice crop quality monitor together with estimation of harvest amount of rice



### 玄米タンパク含有量の推定



### まとめ

- 衛星・ドローン・地上カメラによる多層観測は圃場管理に有効
- 多層観測により、農作物の品質、収量(入札価格)予測が行え、施肥管理、防除対策、水管理、土壌管理等が適切に行えるようになり、営農の効率化(省力化)が可能
- 営農に特化した無人機最適システムの検討(病虫害対策無人ドローンの研究途上)