

「土と肥料」の講演会2024

# リモートセンシング技術を活用 した土壌情報の面的評価

(株)ズコーシャ 丹羽勝久



# 本日の内容

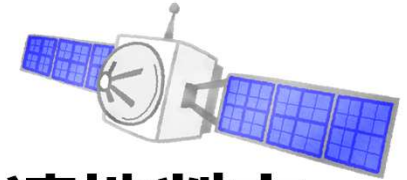
## ①はじめに

### ドローン画像による解析



## ②ドローン画像を活用した窒素肥沃度ベースの可変施肥システム

### 複数衛星画像による解析



## ③衛星画像を活用した黒ボク土における可変施肥の適地判定

## ④関連する道総研の成果

## ⑤おわりに

# ①はじめに

## 北海道十勝地域の農業概況

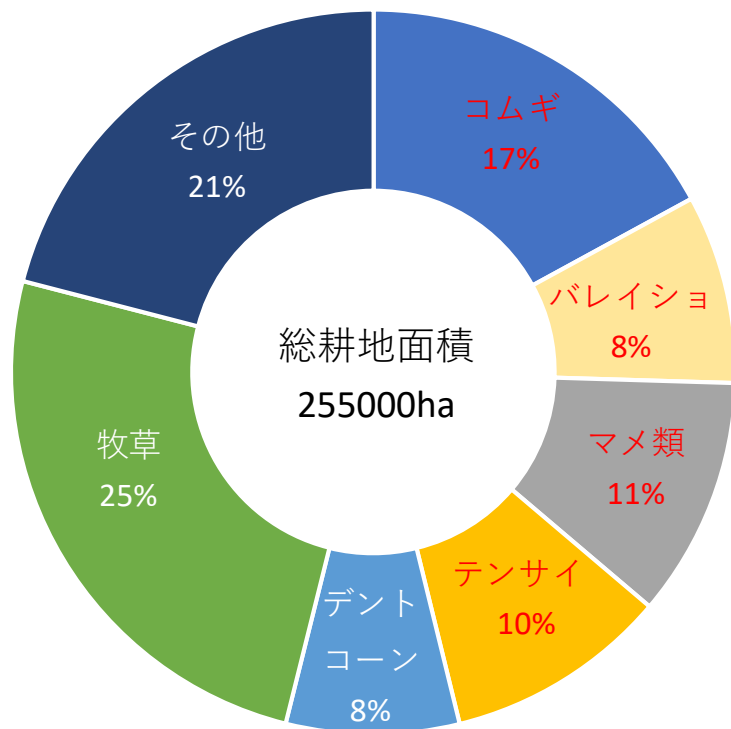


図 2021年の作付作物

## 十勝の農業2022より作成

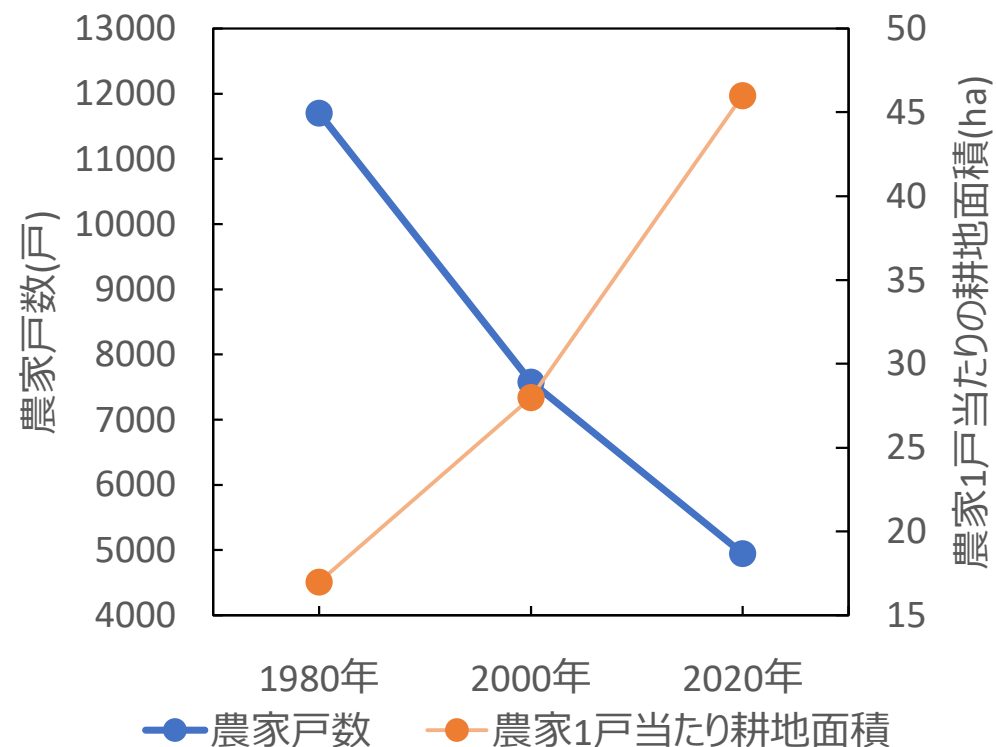


図 農家戸数と農家1戸当たりの耕地面積の推移

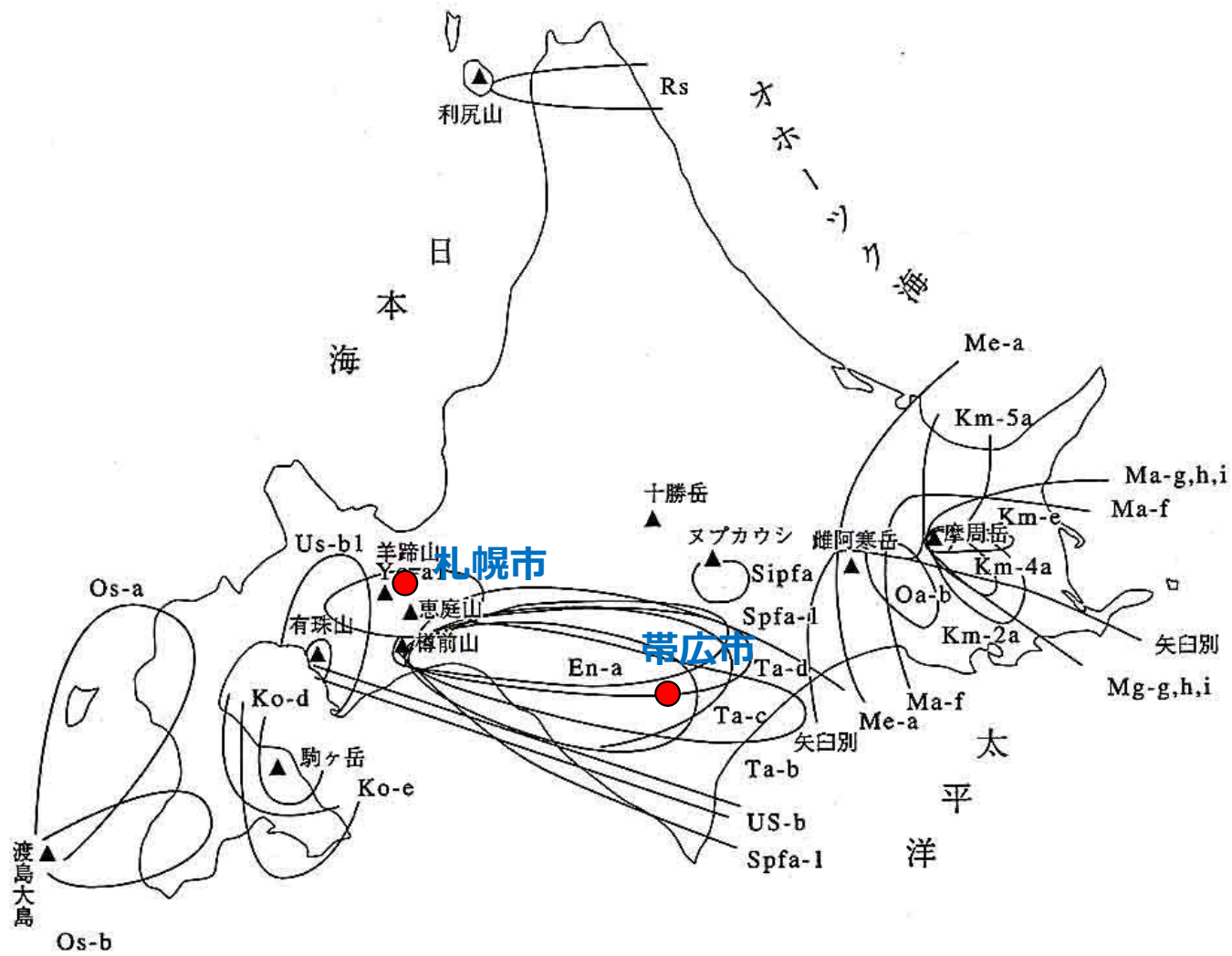


図 北海道の火山灰の分布図

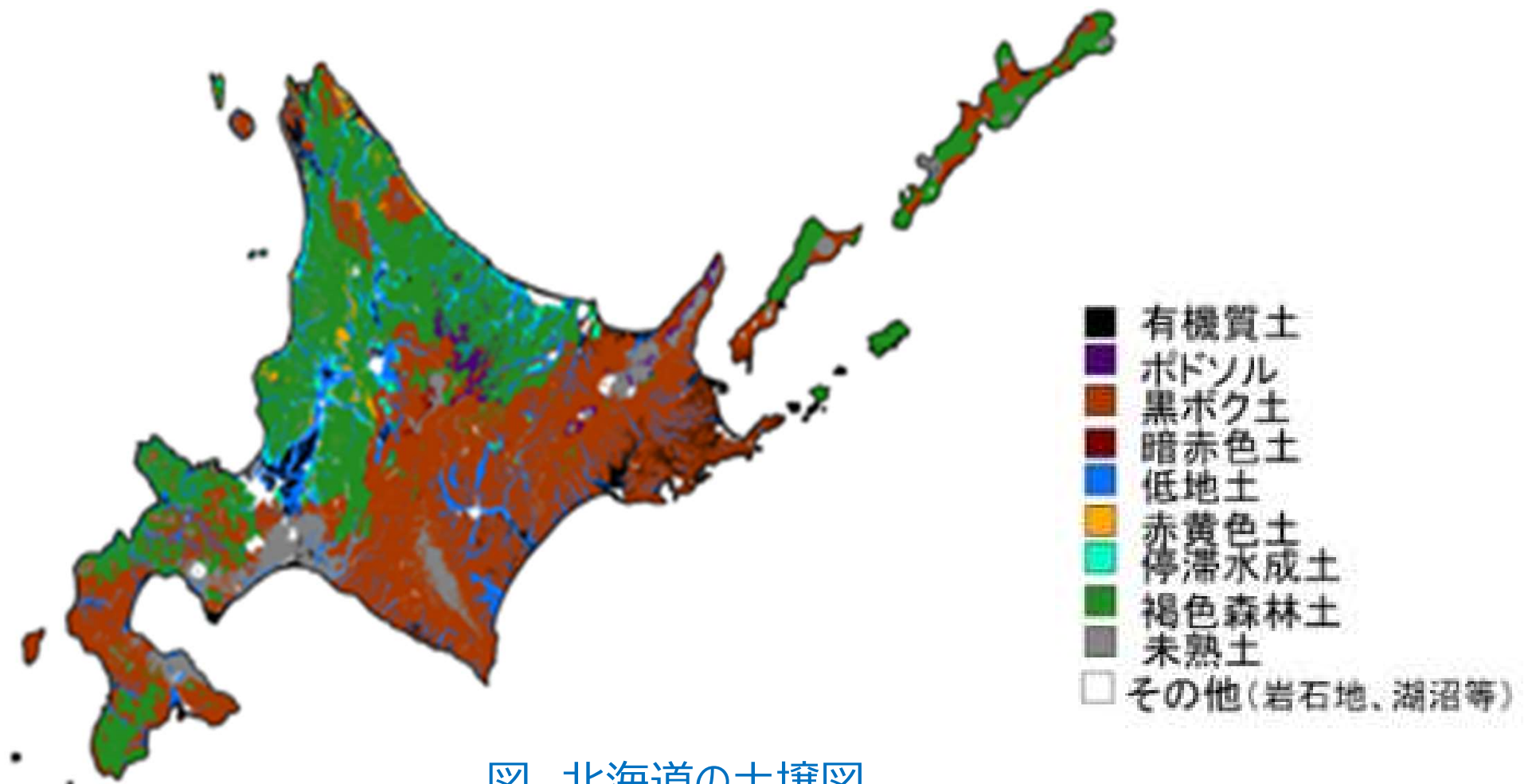


図 北海道の土壤図

[包括的土壤分類第1次試案に基づく20万分の1日本土壤図 \(農業環境技術研究所\) \(affrc.go.jp\)](http://affrc.go.jp)



写真 帯広市近郊の黒ボク土区域の表層土壌画像①

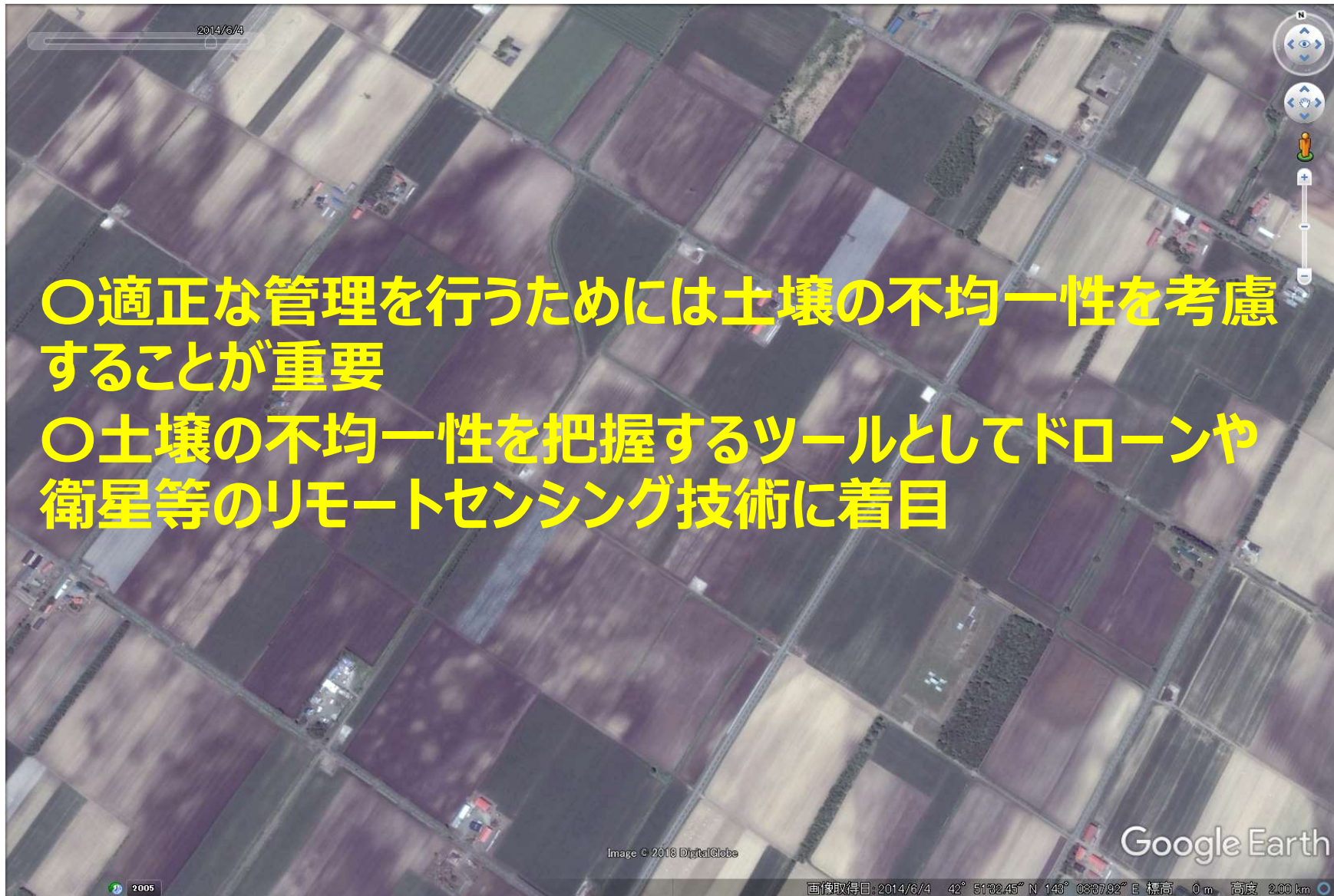


写真 帯広市近郊の黒ボク土区域の表層土壌画像②

## ② ドローン画像を活用した窒素肥沃度ベースの可変施肥システム (丹羽ら, 2016、2021)



表 熱水抽出性窒素に基づくテンサイの窒素施肥対応

熱水抽出性窒素(mg kg <sup>-1</sup> )	10, 20	30, 40	50, 60	70, 80	90以上
窒素施肥量(kg ha <sup>-1</sup> )	240	200	160	120	80



表 熱水抽出性窒素に基づくスイートコーンの窒素施肥対応

熱水抽出性窒素(mg kg <sup>-1</sup> )	30未満	30~50	50以上
基肥窒素施肥量(kg ha <sup>-1</sup> )	90	70	50
追肥窒素量(kg ha <sup>-1</sup> ; 4~5葉期に畦畔に)	60	50	40





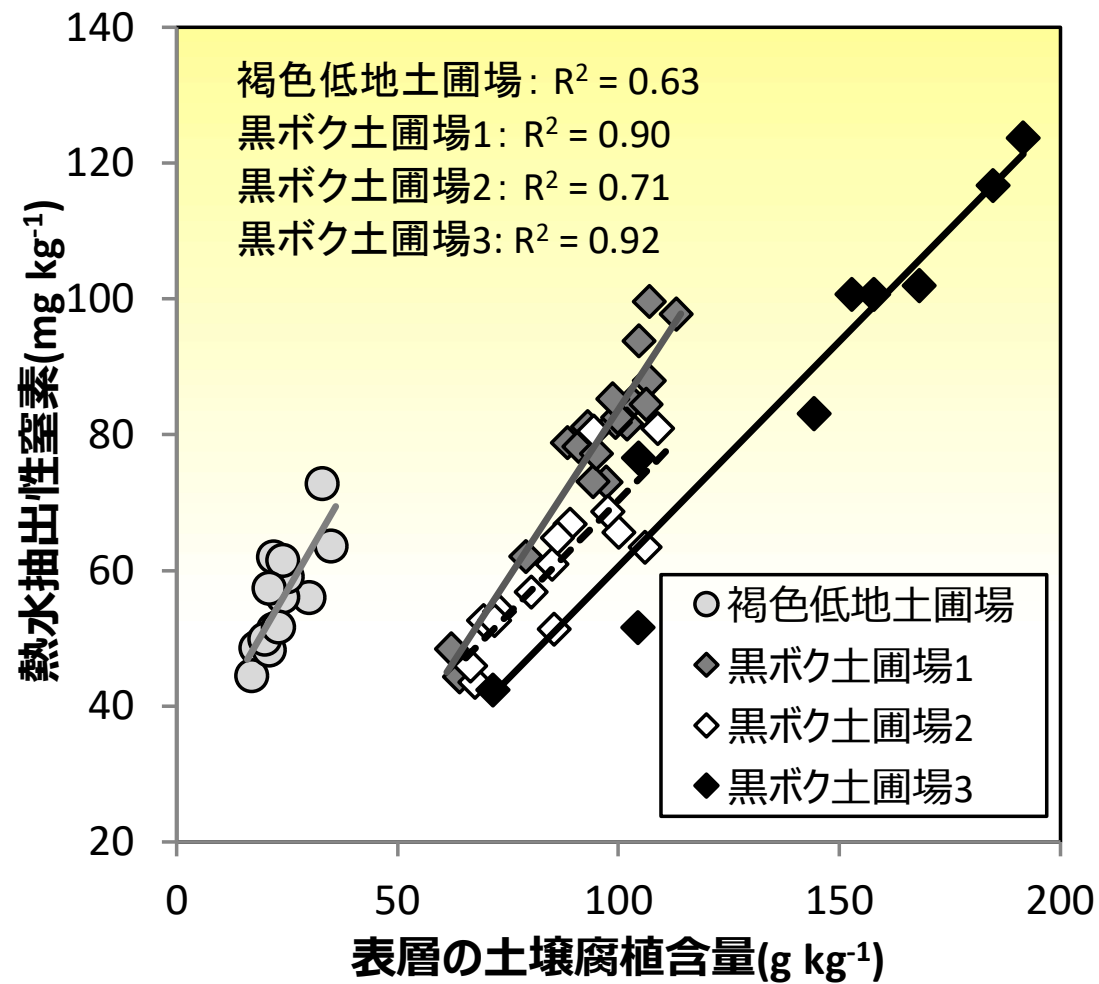
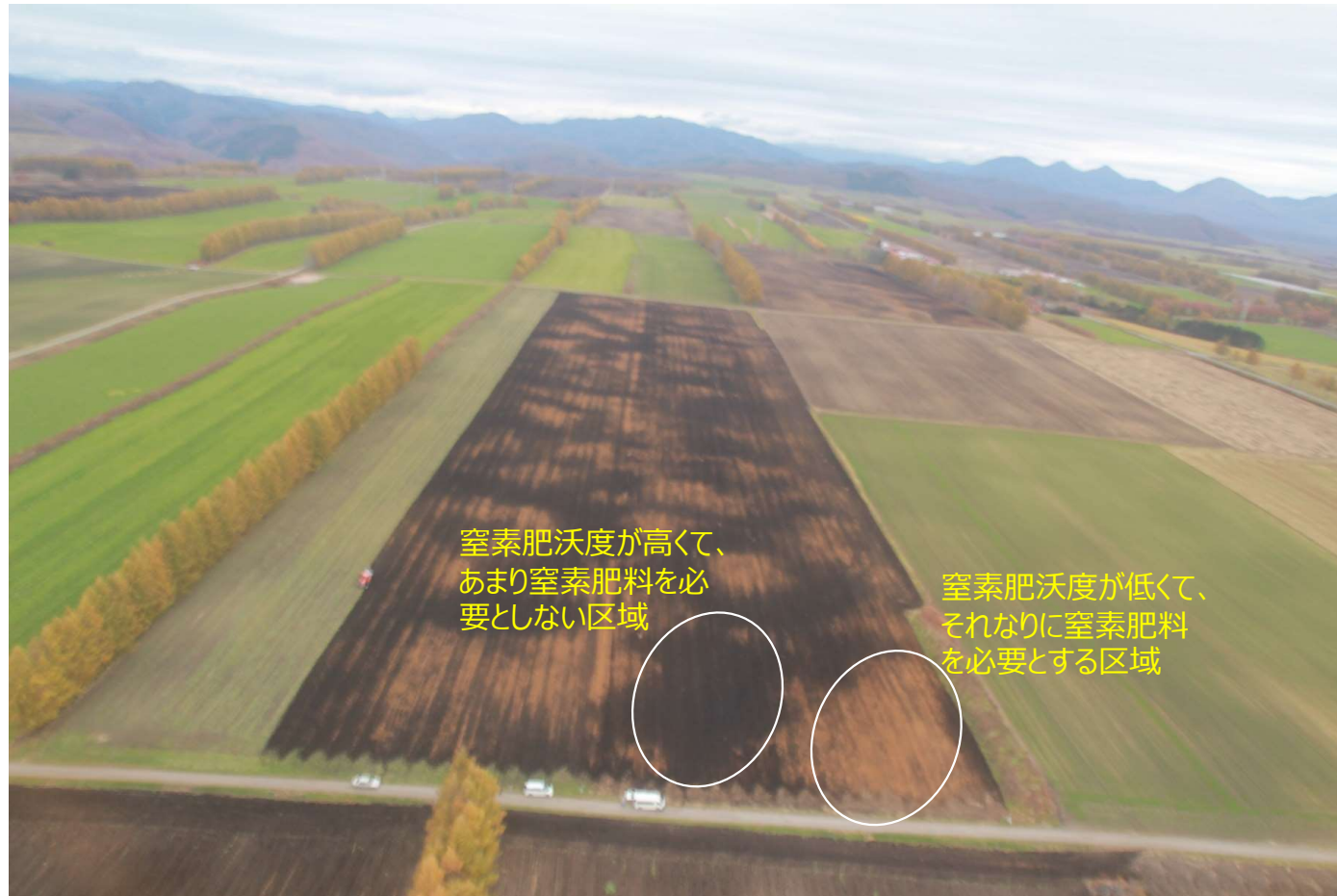


図 十勝地域の表層の土壤腐植含量と熱水抽出性窒素(窒素肥沃度)の関係(丹羽ら,2016)



窒素肥沃度が高く、  
あまり窒素肥料を必  
要としない区域

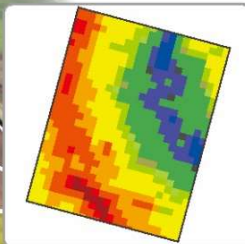
窒素肥沃度が低くて、  
それなりに窒素肥料  
を必要とする区域

写真 ドローンで撮影した黒ボク土圃場の表層土壌画像(十勝)

## ドローンによるリモートセンシング



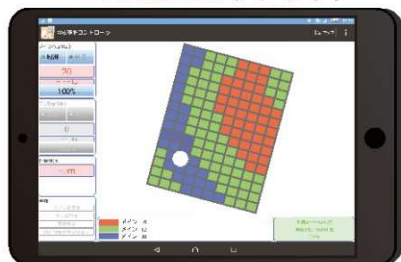
## 可変施肥マップ



窒素肥沃度の把握  
(熱水抽出性窒素)

解析

Android タブレット



可変施肥用コントロールアプリ  
Android対応



## 自動可変施肥の実施

施肥量制御機能が搭載された施肥機



全面施肥機



4畦施肥機



現在地の必要施肥量を  
リアルタイムで施肥機に送信

施肥量を各メーカーのデータ形式に変換・送信  
→導入されている多くの施肥機がISOBUS未対応

図 ドローン画像を活用した窒素肥沃度ベースの可変施肥システム

# 可変施肥システムの効果

表 テンサイの可変施肥試験結果(2015年)

圃場	窒素施肥量 (kgN ha <sup>-1</sup> )			糖量 (t ha <sup>-1</sup> )		
	可変施肥区	農家慣行区	減肥率 (%)	可変施肥区	農家慣行区	増収率 (%)
A	158	184	14.1	13.3±0.7	12.2±1.1	9.0
B	68	151	55.0	14.6	13.2	10.3
C	108	114	5.3	12.5±0.6	11.7±0.5	6.7
平均	111	150	24.8	13.5	12.4	8.7

※圃場A,Cは坪堀、圃場Bはハーベスターによる調査



表 バレイショの可変施肥試験結果(2017年)

圃場	窒素施肥量 (kgN ha <sup>-1</sup> )			規格内収量 (t ha <sup>-1</sup> )		
	可変施肥区	農家慣行区	減肥率 (%)	可変施肥区	農家慣行区	増収率 (%)
C	76	93	18.0	38.3±1.6	33.4±3.7	14.7

※圃場Cは坪堀による調査



農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センターが実施する「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）」「革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）」によって実施した。

# 可変施肥システムの効果

表 テンサイの可変施肥試験結果(2015年)

圃場	窒素施肥量 (kgN ha <sup>-1</sup> )			糖量 (t ha <sup>-1</sup> )		
	可変施肥区	農家慣行区	減肥率 (%)	可変施肥区	農家慣行区	増収率 (%)
A	158	184	14.1	13.3±0.7	12.2±1.1	9.0
B	68	151	55.0	14.6	13.2	10.3
C	108	114	5.3	12.5±0.6	11.7±0.5	6.7
平均	111	150	24.8	13.5	12.4	8.7



※圃場A,Cは坪堀、圃場Bはハーベスターによる調査

表 バレイショの可変施肥試験結果(2017年)

圃場	窒素施肥量 (kgN ha <sup>-1</sup> )			規格内収量 (t ha <sup>-1</sup> )		
	可変施肥区	農家慣行区	減肥率 (%)	可変施肥区	農家慣行区	増収率 (%)
C	76	93	18.0	38.3±1.6	33.4±3.7	14.7



※圃場Cは坪堀による調査

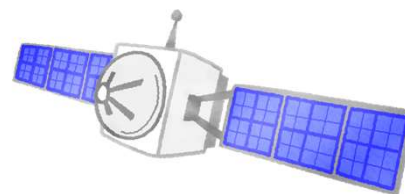
**本システムを導入した全ての圃場で効果的とは言えず……**  
**⇒可変施肥の適地判定が重要**

# 複数衛星画像の解析

近年、欧州宇宙機関のSentinel衛星等、衛星画像のオープンデータ化が進行

⇒衛星画像解析の低コスト化

⇒多時期衛星画像を用いた複合解析のチャンス



複合解析により詳細な農業情報の取得が期待

**③衛星画像を活用した黒ボク土における可変施肥の適地判定**

**④関連する道総研の成果**

### ③衛星画像を活用した黒ボク土における可変施肥の適地判定(丹羽ら, 2021)

#### 黒ボク土グループ



#### 多湿黒ボク土グループ

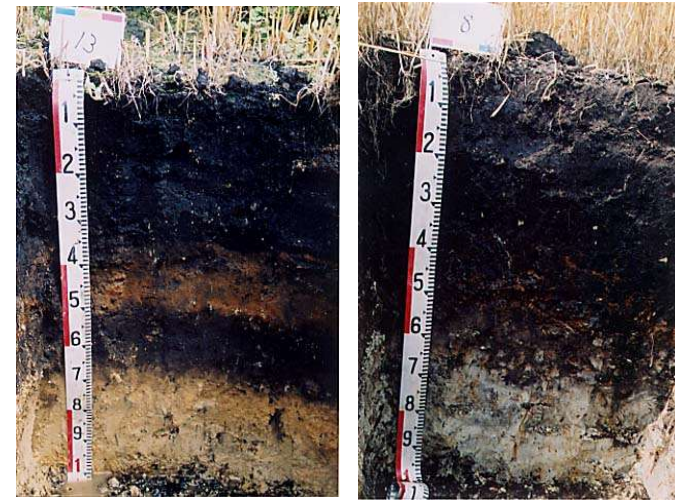
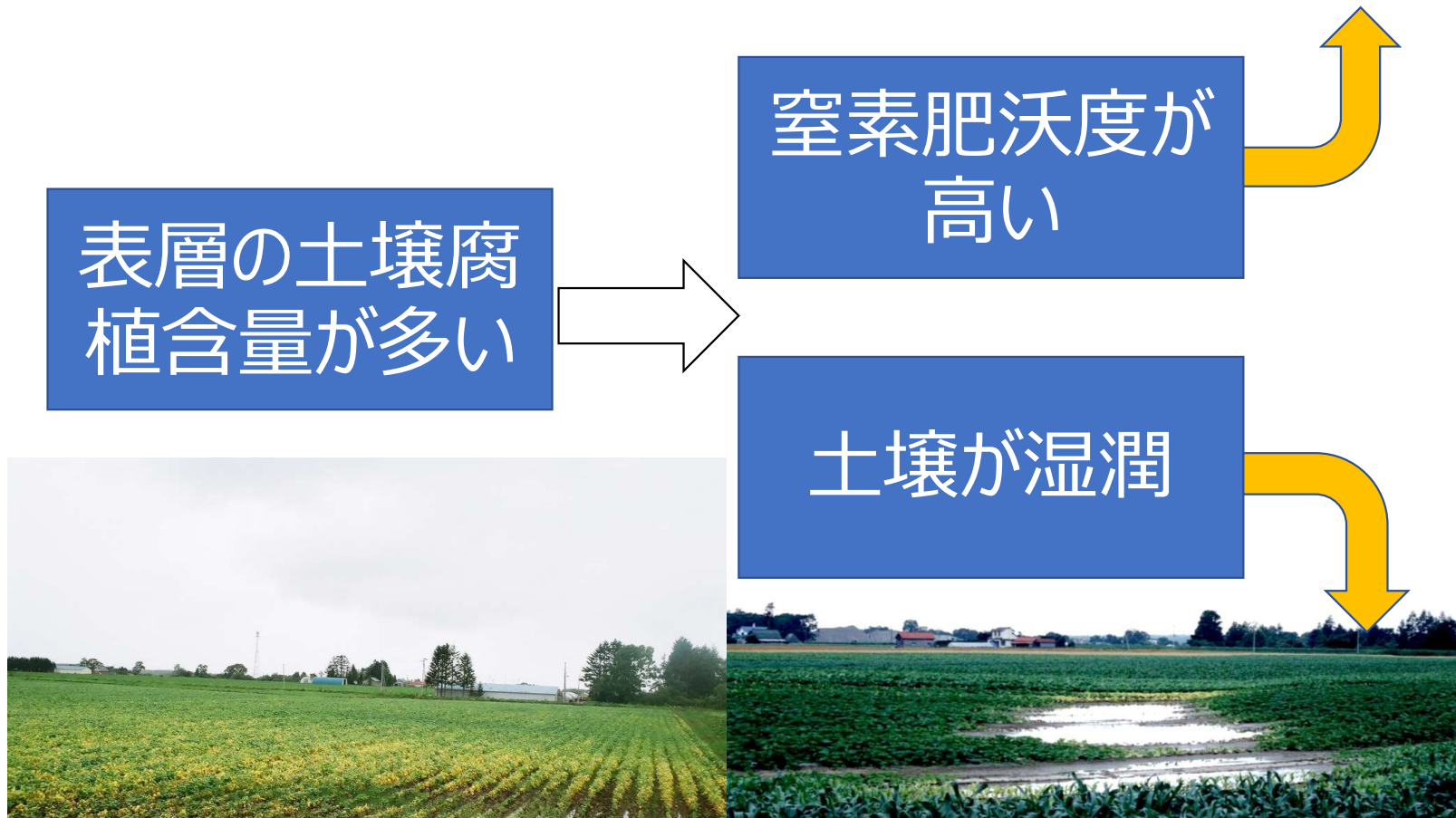


図 十勝地域の黒ボク土の表層土壌腐植含量と土壌断面形態の関係  
(丹羽ら, 2004)

# 黒ボク土の表層の土壤腐植含量が相対的に示す意味



作物生育に窒素肥沃度の影響が強い圃場では土壤腐植含量と作物生育は対応関係(正の相関関係)にあるはず！！



# 調査方法



表層の土壌腐植含量を推定  
(解像度10m)

\*NDVIは淵山ら(2011)に基づき圃場内変動値(CV値,  $CV=1$ が圃場平均値)に変換

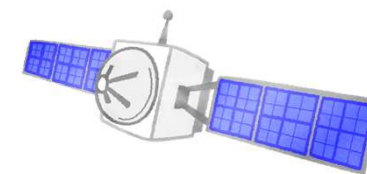
十勝地域の黒ボク土地帯  
を調査対象とし、123筆の  
圃場で両者の関係を検討



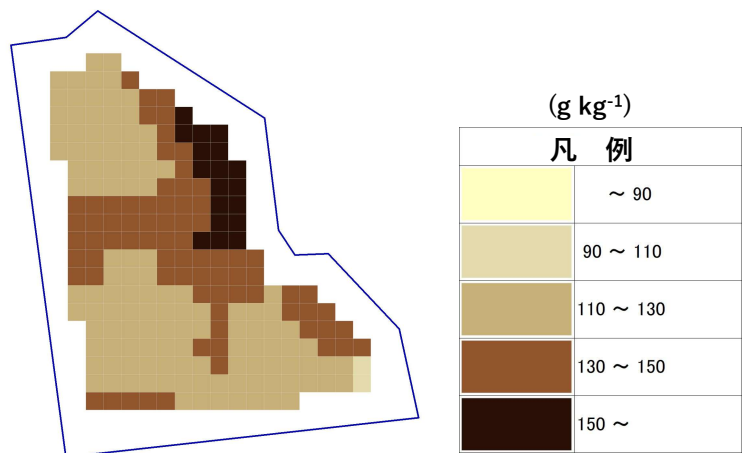
水分に敏感なテンサイ、バレイショ生  
育をNDVIにより評価(解像度10m)



# 調査結果



## 表層の土壌腐植含量



## 多雨年(2016年)の テンサイNDVI(CV値)

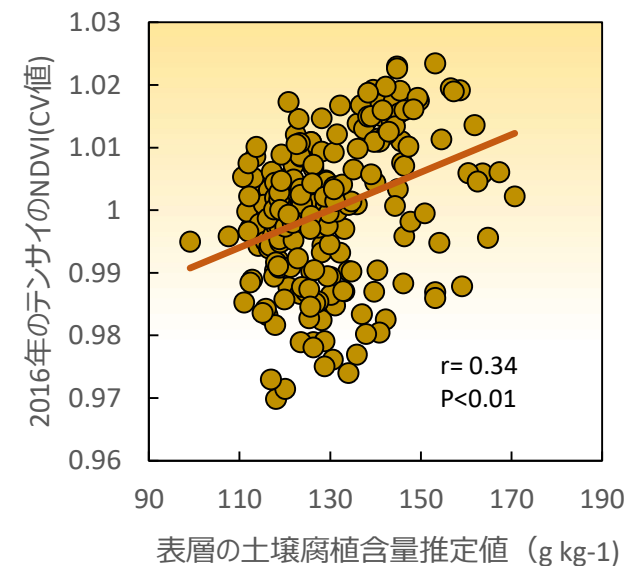
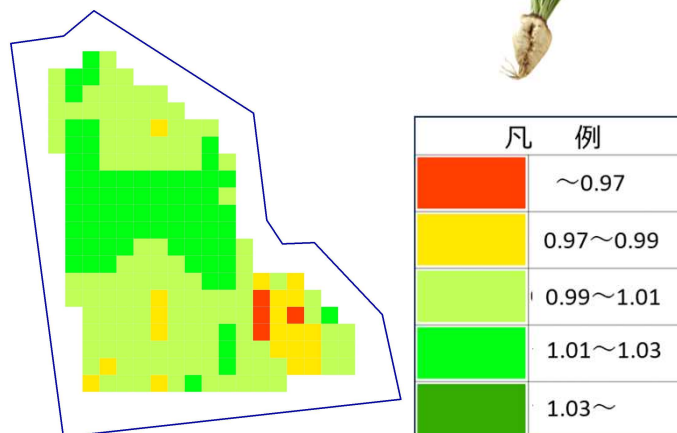
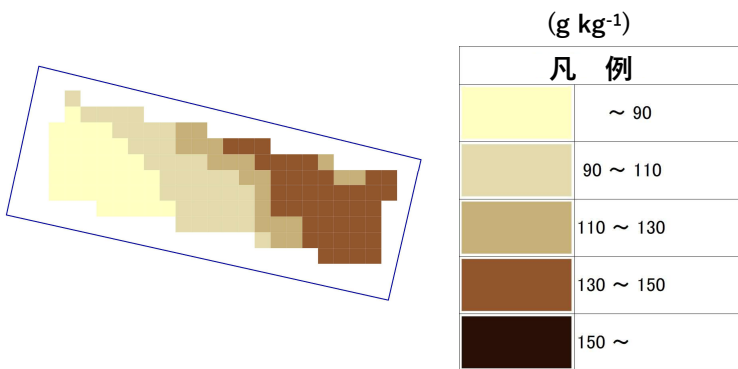


図 表層の土壌有機物含量と7月上旬のテンサイ生育(NDVI)との関係  
(1メッシュは10ms四方)

## 表層の土壤腐植含量



## 多雨年(2016年)の テンサイNDVI(CV値)

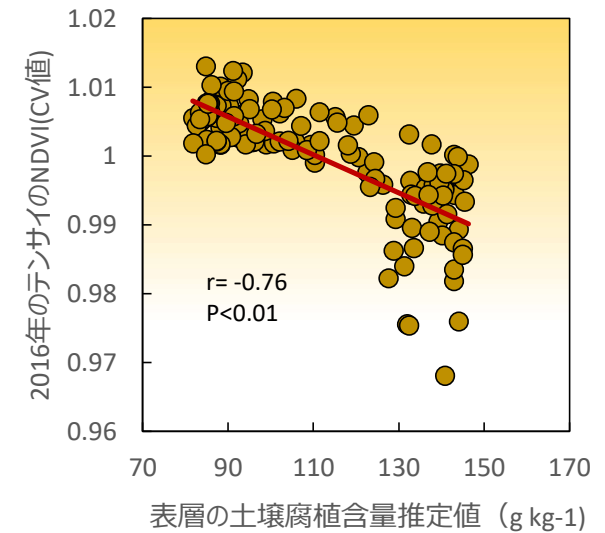
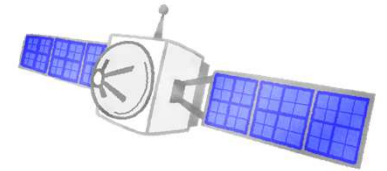
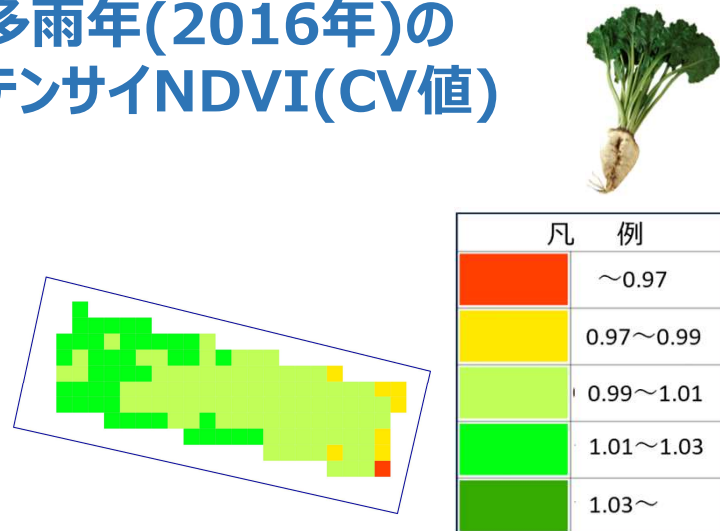


図 表層の土壤有機物含量と7月上旬のテンサイ生育(NDVI)との関係  
(1メッシュは10ms四方)

表 調査圃場の表層の土壌有機物含量とNDVIの線形回帰結果

作物	正の相関の圃場数*	負の相関の圃場数*	無相関の圃場数	正の相関を持つ圃場の割合(%)	負の相関を持つ圃場の割合(%)
テンサイ	20	14	24	<b>34.5</b>	<b>24.1</b>
バレイショ	31	10	24	<b>47.7</b>	<b>15.4</b>

\*p<0.01

○両作物とも約6割の圃場で土壌有機物含量と何らかの相関

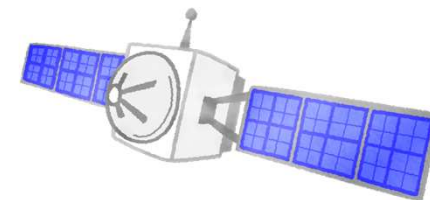
○正の相関を持つ圃場数が約4割

○負の相関を持つ圃場が約2割

→

現在、本手法を用いて可変施肥が有効か否かを事前スクリーニング

## ④ 関連する道総研の成果



衛星画像から評価したコムギ生育の時系列変化に基づく一筆圃場内の  
の土壌物理性評価



地方独立行政法人  
北海道立総合研究機構

先ほどの報告が**作物生育の年次間差**に着目した**生育阻害要因(排水性、有効土層不足)**の評価



北海道十勝地域を対象とし、  
2019～2020年における**コムギ圃場の生育\***の時系列変化(幼穂形成期、収穫前)を、DOVE衛星のNDVIから評価し、その特徴から圃場内の**相対的排水不良地、保水性不良地**を抽出

\*9月中旬播種、7月下旬～8月上旬収穫。起生期は融雪直後の4月  
⇒春は融雪に伴う排水不良の影響大



道総研十勝農業試験場 石倉 究氏提供

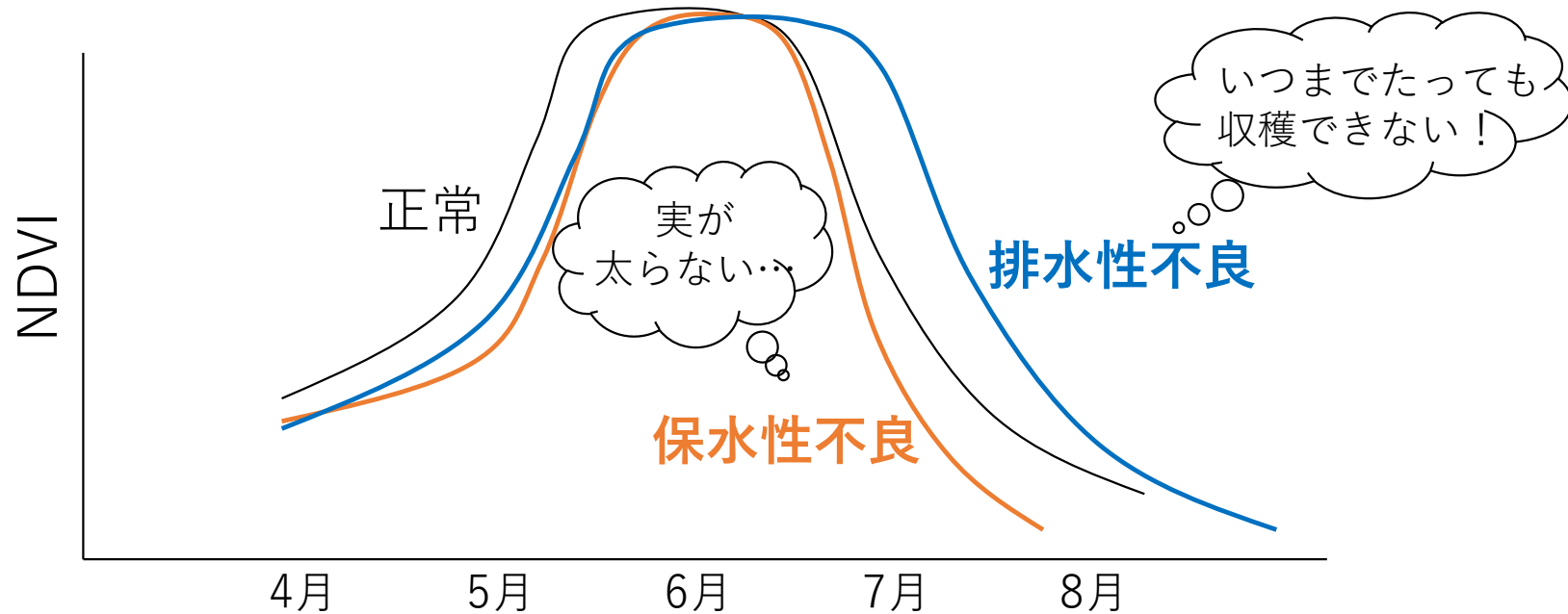
# 仮定

## 土壌物理性の不良とコムギのNDVI推移



土壌物理性の不良を「排水性」と「保水性」に区分したとき

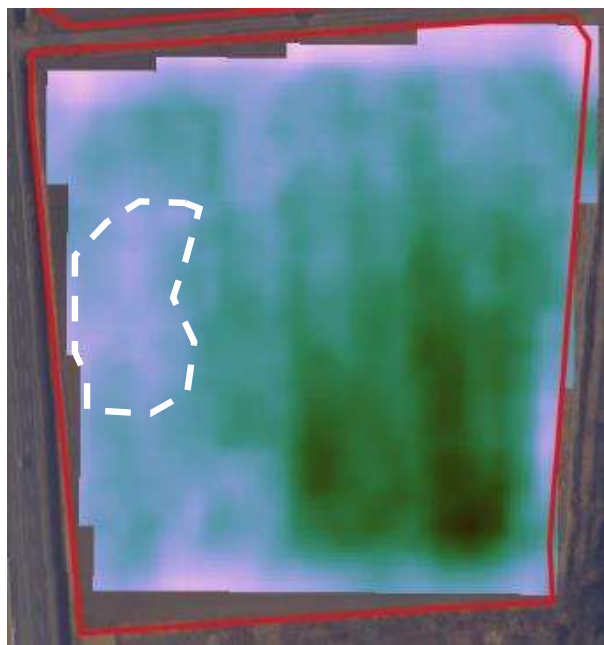
- ・排水性不良：NDVIは生育初期に低く、登熟期間は逆に高い。
- ・保水性不良：NDVIは “ ” 、登熟期間も低い。



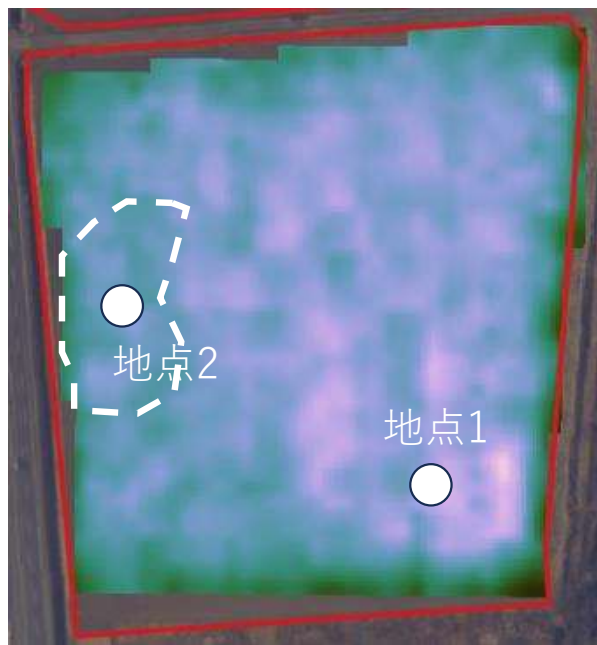
# 圃場1



5月13日



7月28日



透水係数 (cm/s)  
基準値:  $10^{-3} \sim 10^{-4}$

地点1



$1.4 \times 10^{-2}$

$1.2 \times 10^{-4}$   
← 斑紋

$2.2 \times 10^{-3}$

地点2



$2.6 \times 10^{-5}$

← 斑紋

$6.3 \times 10^{-4}$

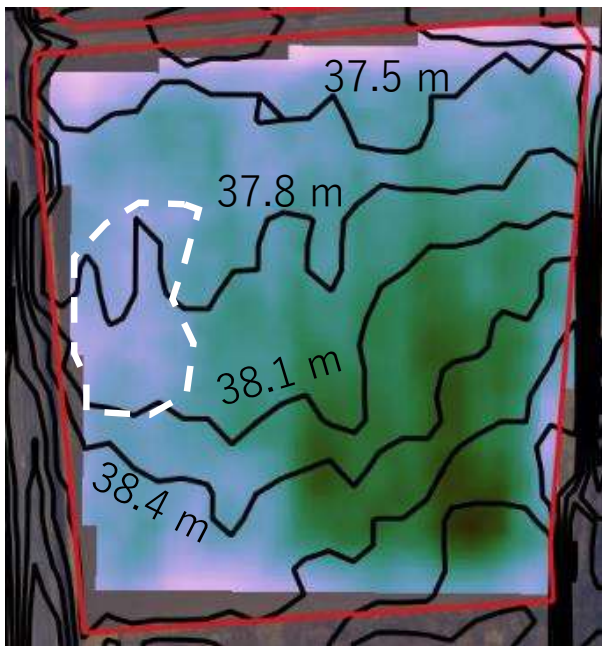
$1.2 \times 10^{-6}$

- 5月にNDVIが低いエリア(地点2周辺)は7月には**逆転**して高い
- 地点2の土壌断面は地点1より**斑紋が浅く**出現し、**透水係数が低い**

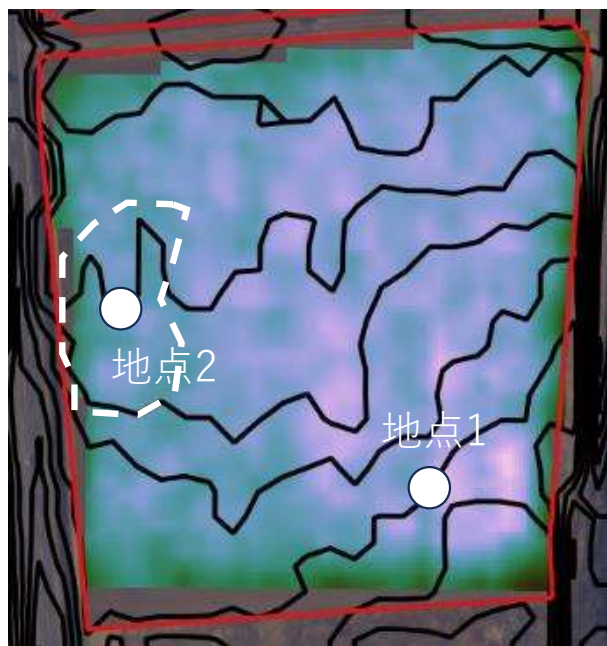




5月13日



7月28日



透水係数 (cm/s)  
基準値:  $10^{-3} \sim 10^{-4}$

地点1

地点2



$1.4 \times 10^{-2}$

$1.2 \times 10^{-4}$

$2.2 \times 10^{-3}$

← 斑紋



$2.6 \times 10^{-5}$

← 斑紋

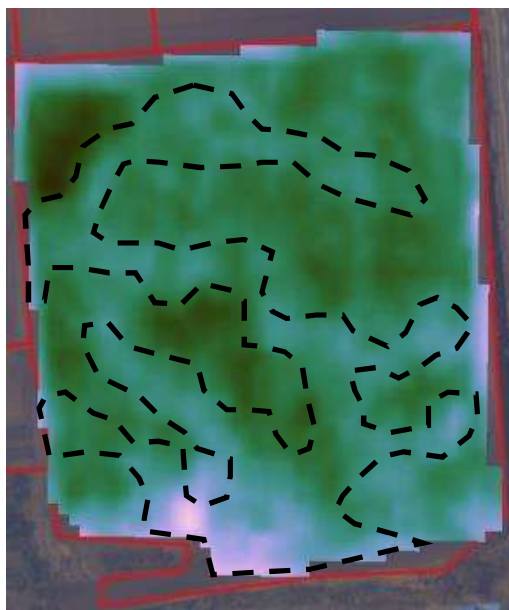
$6.3 \times 10^{-4}$

$1.2 \times 10^{-6}$

- さらに地点1より地点2で標高が低い → 排水性不良エリア

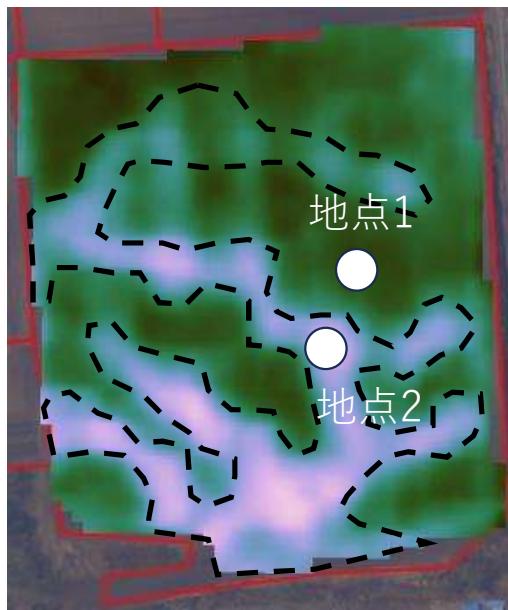
# 圃場2

5月22日



低 NDVI 高

7月13日



地点1



地点2



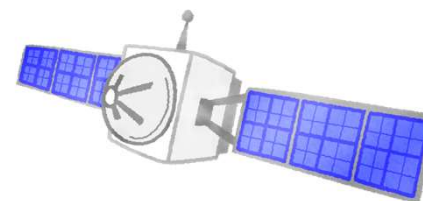
← 礫層

← 礫層

- ・ 5月にNDVIが低いエリア(地点2周辺)は7月にもNDVIは低い
- ・ 地点2の礫層は地点1よりも浅く出現 ⇒ **保水性不良エリア**

圃場内の下層土の物理性に大きな違いがなく、窒素肥沃度のバラツキが大きい圃場では、低窒素肥沃度区域の作物生育が保水性不良区域と同様の生育反応を示したので(図省略)、本解析を行う場合には要因の見極めが重要

## ⑤おわりに



**多時期の衛星画像を活用することで、得られる情報量が増加**

⇒ **特に土壌物理性**

⇒ **栽培管理だけでなく、基盤整備等にも活用が期待**

**「宇宙からの土壌診断技術」の高度化**