

講 演

# 自動走行農機と生産基盤との関わりについて ～現状と将来～

農研機構農村工学研究部門農地基盤工学研究領域長

原口暢朗

## 自動走行農機と生産基盤との関わりについて — 現状と将来 —

ロボット汎用コンバイン (前方の刈り取り高さ調整のマニュアル操作以外、全自動)



2018.10.18 横手市にて

ARICセミナー 2019.11.14

農研機構 農村工学研究部門 農地基盤工学研究領域長 原口 暢朗

### 話題提供の背景

#### ●スマート農業(ICT、ロボット、データ駆動)が今日的な話題

【2017年6月 ~ 2018年12月】

- 大手3農機メーカーより、ロボット農作業機(以下、「自動走行農機」)  
がモニター販売開始

#### ●スマート農業と生産基盤(ほ場整備)の関わり

【2019年2月5日】

「未来投資会議構造改革徹底推進会合(「地域経済・インフラ」会合)」

※資料の中で、以下が明記された

- 自動走行農機の導入・利用に向けた農地整備の手引き作成
- 自動走行農機等のスマート農業に対応した農地整備を展開

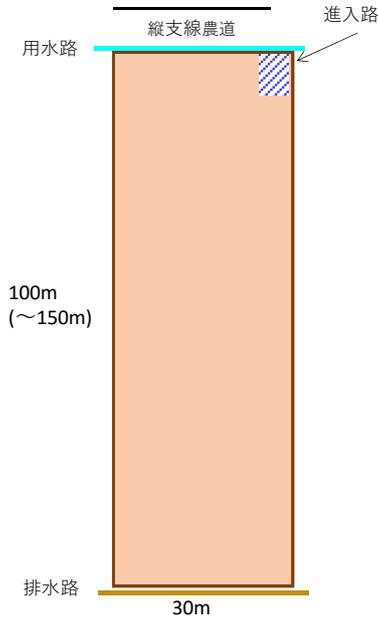


★自動走行農機に適した生産基盤整備について、早急な検討が求められている

## 技術の進歩とほ場整備

※(水田)ほ場整備計画 → 技術の進歩に適合

【30a区画】ほ場整備水田（1977）



<主な諸元の標準的数値とその要因>

- 長辺長 100~150m  
【要因】 田面排水
- 短辺長 30m  
【要因】 畦畔からの薬散距離（15-20m）
- 縦支線農道幅員 3~4m  
【要因】 コンバインの全幅（3.5m）
- 進入路 幅4m、勾配18度以下  
【要因】 幅4m（コンバインの全幅、トラクタ旋回半径）  
【要因】 勾配 約18度以下（トラクタの登坂限界値）
- 縦支線農道と田面の高低差 30cm以上  
【要因】 道路から耕地への機械の出入りを考慮（低め）

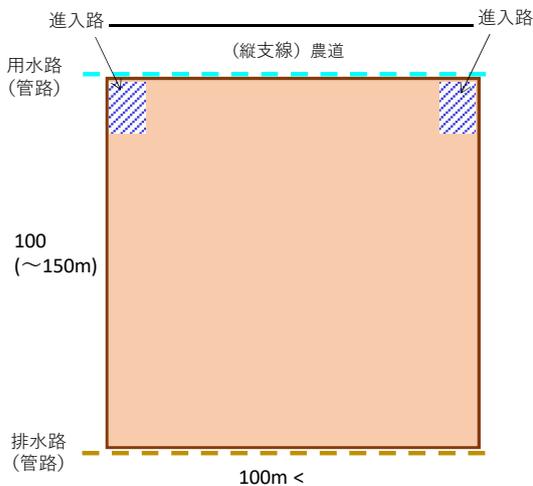
- ★トラクタ 40ps級（幅2m）
- ★コンバイン（全幅3.5m）
- ★乗用車（幅2m）
- ★5tトラック（幅2.4m）

## 技術の進歩とほ場整備

※(水田)ほ場整備計画 → 技術の進歩に適合

【1ha以上区画】ほ場整備水田（2013）

➡ 自動走行農機に適した諸元？



<主な諸元の標準的数値とその要因>

※赤字は1977基準からの変更点

- 長辺長 100~150m  
【要因】 田面排水
- 短辺長 100m以上  
※（立地条件の制約ない場合）自由に決定  
→ ラジコンヘリ、薬剤散布ビークルの開発
- 縦支線農道幅員 3~5m  
【要因】 コンバインの全幅（3.5m）  
大型機械導入
- 進入路 幅4m以上、勾配12度以下  
【要因（幅）】 コンバインの全幅、大型機械導入  
【要因（勾配）】 安全性を考慮
- 縦支線農道と田面の高低差 30cm以上  
【要因】 道路から耕地への機械の出入りを考慮

- ★トラクタ 50ps級以上（幅2.3m）
- ★コンバイン（全幅最大3.8m）
- ★乗用車（幅1.7m）
- ★大型トラック（幅2.4m）

## 話題提供の主旨および内容

### 【主旨】

- 「自動走行農機と生産基盤との関わり」について、一定の情報共有

### 【内容】 ※話題を、「自動走行農機」に限定。RTK-GNSSは前提条件と仮定。

- 自動走行農機等のレベルについて
- レベル2の自動走行農機に係る生産基盤(私見)
- レベル3の自動走行農機に係る生産基盤(検討中、私的整理)

自動走行農機等のレベルについて

# スマート農作業機の現状(全体像)

引用:「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」

**レベル1 使用者が搭乗した状態での自動化**

- 使用者は農機に搭乗
- 直進走行部分などハンドル操作の一部等を自動化
- 自動化されていない部分の操作は、全て使用者が実施

GPS等を利用して、設定した経路を走行するよう自動でハンドリング(市販化済み)

**レベル2 使用者の監視下での無人状態での自律走行**

- ロボット農機は、無人で自律走行(ハンドル操作、発進・停止、作業機制御を自動化)
- 使用者は、ロボット農機を常時監視し、危険の判断、非常時の操作を実施
- 基本的に、居住地域から離れた農地など、第三者の侵入可能性が著しく低い環境等で使用

安全性確保ガイドラインの対象

・写真は、使用者が別の農機に搭乗して無人機を監視する方法の例(有人-無人協調システム)  
 ・協調作業で、1人で2つの作業が可能(例:整地+播種)  
 ・他に、ほ場周囲から監視する方法もある  
 ・現在、農業現場での実証段階

**レベル3 無人状態での完全自律走行**

- ロボット農機は、無人状態で、常時全ての操作を実施
- 基本的にロボット農機が周囲を監視して、非常時の停止操作を実施(使用者はモニター等で遠隔監視)

・システムが全て操作(研究段階)

【レベル1】運転アシスト(普及)

- ガイダンス } 2次元(平面)
- 自動操舵 } (※GPSレベラー) 3次元(+高さ方向)

【レベル2】ほ場内自動(無人)走行

- ※自動走行農機
- ロボットトラクタ
- ロボットコンバイン

【レベル3】完全自動(完全無人)走行



## レベル2の自動走行農機に係る生産基盤

## 自動走行農機の可動範囲

安全性確保ガイドライン(レベル2)に沿った性能

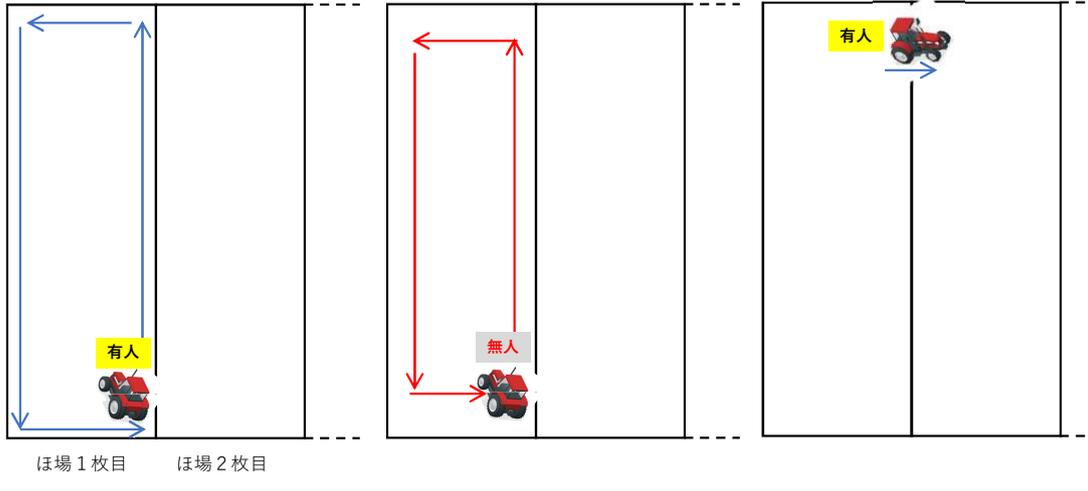


※ほ場周囲走行・ほ場間移動で有人作業が必要

<有人: 1枚目の形状を認識>

<無人: 認識した形状の内部を  
プログラム走行>

<有人: 認識した形状外への移動>



## 自動走行農機の監視条件(安全性)

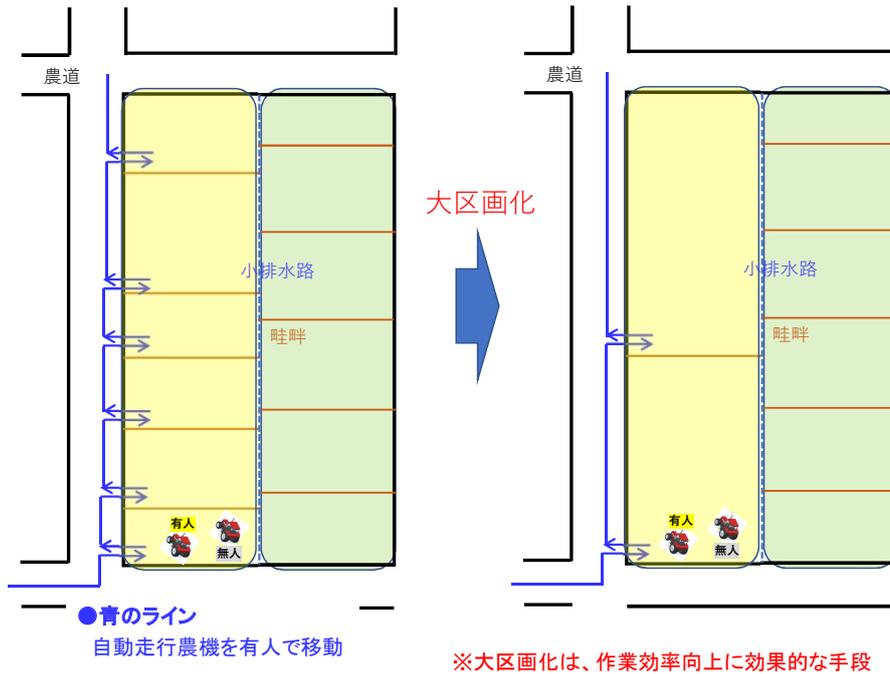
※近距離監視が必要(→ 有人・無人協調作業\_下の写真)



夜間作業 → 営農者が夜に出て近距離監視しなければならない



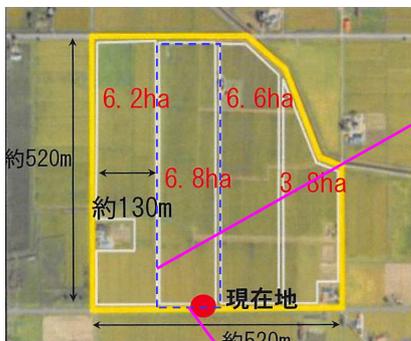
## レベル2の自動走行農機と生産基盤(イメージ)



## レベル2の農機に適した生産基盤と考えられる事例

— 大区画、農道ターン、用排水路管路化 —

某地区：6.8ha区画（ほ区 = 1 耕区）



農道脇(同じ側)に用排水管路



ほ区の短辺が  
「農道ターン方式」



## レベル2の自動走行農機に適した生産基盤について(私見)

レベル2の自動走行農機 → 自動走行はほ場内に限定



ほ場内の労働生産性向上に係る生産基盤の取り組み



- 大区画化
- 農道ターン
- 用排水路の管路化



(概ね) 現行の計画・設計基準の範囲内と考えられる

レベル3の自動走行農機に係る生産基盤  
(検討中、私的整理)

## レベル3とレベル2の違い

**レベル1** 使用者が搭乗した状態での自動化

- 使用者は農機に搭乗
- 直進走行部分などハンドル操作の一部等を自動化
- 自動化されていない部分の操作は、全て使用者が実施

GPS等を利用して、設定した経路を走行するよう自動でハンドリング(市販化済み)

**レベル2** 使用者の監視下での無人状態での自律走行

- ロボット農機は、無人で自律走行(ハンドル操作、発進・停止、作業機制御を自動化)
- 使用者は、ロボット農機を常時監視し、危険の判断、非常時の操作を実施
- 基本的に、居住地域から離れた農地など、第三者の侵入可能性が著しく低い環境等で使用

安全性確保ガイドラインの対象

・写真は、使用者が別の農機に搭乗して無人機を監視する方法の例(有人-無人協調システム)  
 ・協調作業で、1人で2つの作業が可能(例・整地+播種)  
 ・他に、ほ場周囲から監視する方法もある  
 ・現在、農業現場での実証段階

**レベル3** 無人状態での完全自律走行

- ロボット農機は、無人状態で、常時全ての操作を実施
- 基本的にロボット農機が周囲を監視して、非常時の停止操作を実施(使用者はモニター等で遠隔監視)

### <レベル2との違い>

- 農道、ほ場進入路を無人走行
  - 遠隔監視
- (※一般道は通れない)



→ 【レベル3】完全自動(完全無人)走行

## レベル3の自動走行農機の走行範囲

※(仮定)地区内幹線・横支線および縦支線農道を走行

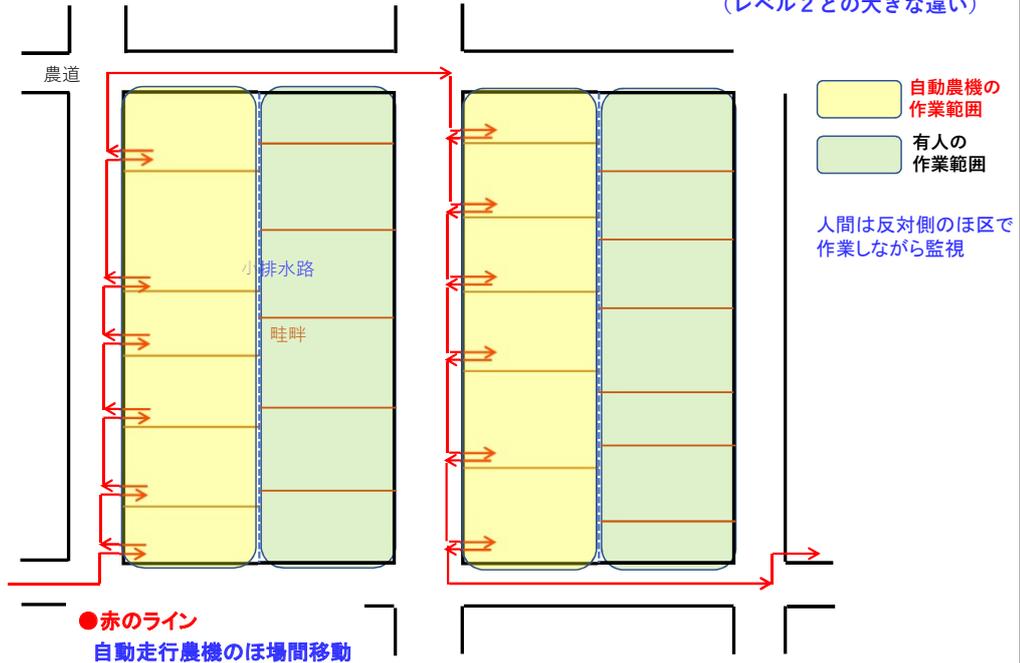
某ほ場整備地区(約240ha)



## 自動走行農機の農道・ほ場進入路走行+作業のイメージ

— ほ区の無人作業を想定 —

赤矢印：自動農機の走行経路  
(レベル2 との大きな違い)



## 自動走行農機の農道・ほ場進入路走行に係る検討事項

【計画・設計基準の既存の項目】

### ●農道路肩と障害物

○農道からの逸脱・障害物との衝突 → バリアフリー可能か？

### ●農道およびほ場進入路への安定走行

○道路表面の凹凸や水たまりへの対応、等

○ほ場進入路の認識

○ほ場進入路の形状・強度に応じた慎重な走行



ほ場間移動は、  
左の応用動作

【新たな検討項目】

### ●走行経路の指定

○自動走行農機に地区内の地図を搭載する必要

(普通自動車のライダーのような高速の周囲認識までは必要ない、と考える)

### ●安全性の確保

○例：無人作業中の進入防止

### ●その他

○衛星の電波が入りにくい地区での対応 → (例：マーカー)

(○遠隔監視の方法)

## 自動走行農機の走行経路中の障害物等(事例)

公道からほ場整備地区内へ(有人) → 支線農道からほ場進入路まで(無人)

※無人走行の経路図(地図)はあとと仮定



黄色：公道 ピンク：公道からほ場整備地区への入口 白：幹線・支線農道から耕作道

## 障害物(ほ場整備地区への入り口付近)

【近景】

【遠景】



## 農道沿いの障害物(例:用水管の空気弁)



## 進入路の障害物(例:管理札)



## 障害物に対する対応(私見)

※維持管理その他の事情で、地下埋設等(バリアフリー)  
できない施設が多いと思われる



生産基盤側での対応には限界があるのではないか

## (支線)農道とほ場進入路

現況の問題点

## 農道の凹凸と曖昧な路肩

降雨後には、砂利道で部分的に水たまり。雑草が繁茂し、路肩が曖昧



## 農道の交差点(形状認識が必要)



## 勾配の大きいほ場進入路

※無人走行は無理そう



## 軟弱なほ場進入路

※軟弱、かつ開水路を跨ぐ



## (支線) 農道とほ場進入路の検討要素

考え方の基本: ロボットは人間より不器用  
(切り返しや立て直しは人間の方が上)

## 生産基盤に係る当面の検討要素

— 農道 —

※ 有人(ピンク)では路肩走行、無人(黄色)では安全を見て中央側走行



自動走行農機は、人と違って農道幅一杯を使って走行できない

走行安定性や離合等を想定すると、**農道幅を広く取るのが一法**

次の3枚は講演にて

安全性

次の2枚は講演にて

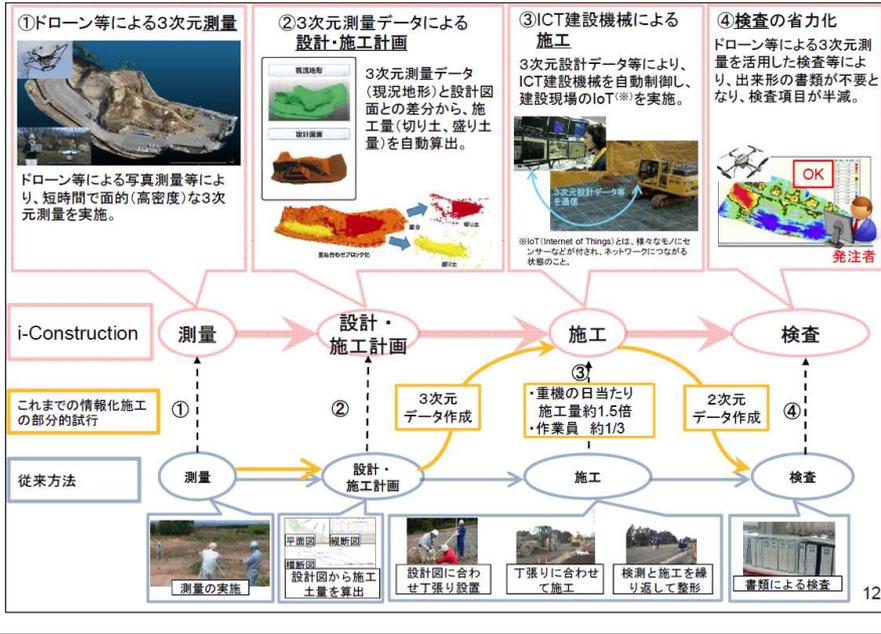
情報化施工と電子地図

# 情報化施工、i-construction と UAV測量

○情報化施工は、施工工程の自動化(電子化)

●i-constructionは、UAVによる出来形測量を含む、全工程の電子化 ⇒ 出来形座標の電子データ取得

↓  
ロボット農作業機用  
地図に使える可能性



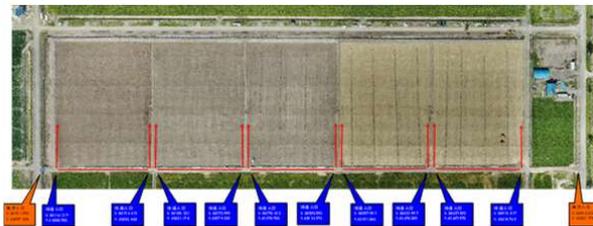
# 自動走行農機の走行経路に係る地図の問題

- UAV測量 → ほ場と周辺施設の出来形3次元点群(座標付の多点データ: 誤差±5cm以内)
- ここから必要な点を抽出 → 自動走行農機用の地図作成に寄与する可能性

UAV(ドローン)測量



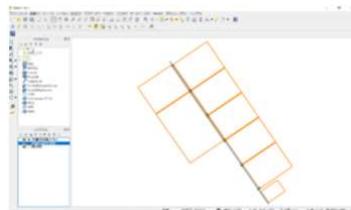
3次元点群(すべての点に座標値(x,y,z)が対応)



※情報化施工技術の活用ガイドライン(農水省)

○UAV出来形管理が追記(平成30年7月)

●出来形の電子データ取得に追い風



走行経路作成

## まとめ

### ●レベル2の自動走行農機と生産基盤(私見)

- レベル1及びレベル2の機械が市販化
- 稼働範囲は「ほ場内に限定」→ ほ場内での作業効率向上



#### <レベル2の自動走行農機に応じた生産基盤>

- 従前より進めてきた土地改良の枠内と考えられる  
(大区画化、汎用化、農地集約化など)

---

### ●レベル3の自動走行農機と生産基盤(私的整理)

- レベル3(完全無人化)について、現在検討中
- レベル3のロボット農作業機の稼働範囲→「ほ場外に拡張」  
(農道、ほ場進入路など)



#### <レベル3の自動走行農機に応じた生産基盤>

- 少なくとも「農道、ほ場進入路」については、  
生産基盤側でも検討が必要か

論点:どこまでを農機側が対応し、どこまでを生産基盤側で対応するか

ご静聴ありがとうございました