

2015(平成27)年3月5日

平成26年度 新稲作研究会成績検討会・講演会

最近のロボット技術等の 研究開発の動向について



生物系特定産業技術研支援センター(農業機械化研究所)
基礎技術研究部 / 特別研究チーム(ロボット) 宮原佳彦

【目次】

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)

- ・ 農業就業人口の減少
- ・ 農業経営規模の拡大
- ・ 食糧自給率の低迷、世界人口・食糧問題

2. 農業用ロボットの開発・実用化の事例

- ・ 農業用ロボットの類型
- ・ これまでの開発・実用化の事例

3. 農業分野におけるロボット化の未来

- ・ 農業用ロボット開発の動向
- ・ 農業政策とロボット技術の方向性
- ・ 農業用ロボットに関するセンシング、通信・制御技術

4. まとめ

【目次】

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)

- ・ 農業就業人口の減少
- ・ 農業経営規模の拡大
- ・ 食糧自給率の低迷、世界人口・食糧問題

2. 農業用ロボットの開発・実用化の事例

- ・ 農業用ロボットの類型
- ・ これまでの開発・実用化の事例

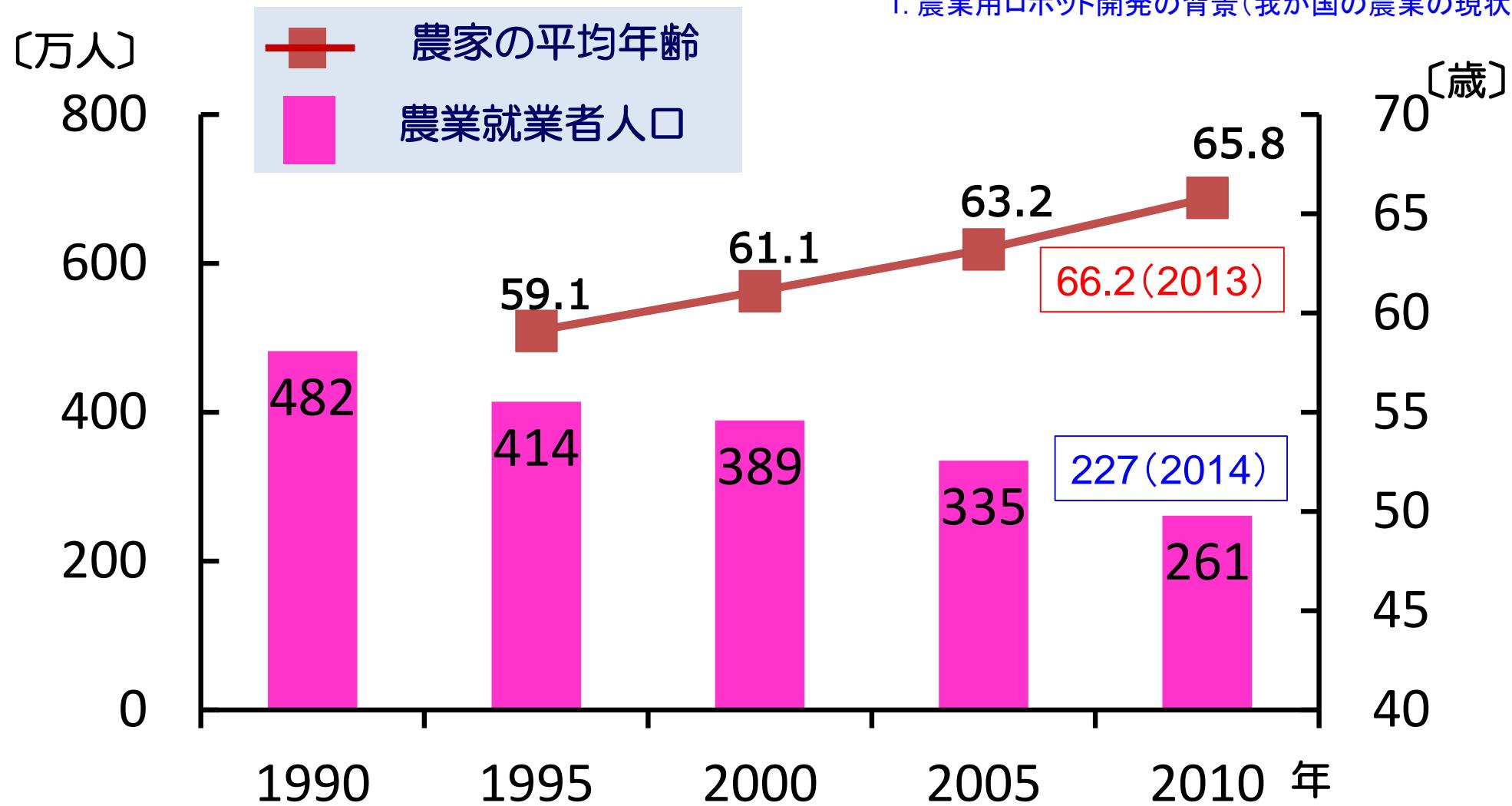
3. 農業分野におけるロボット化の未来

- ・ 農業用ロボット開発の動向
- ・ 農業政策とロボット技術の方向性
- ・ 農業用ロボットに関するセンシング、通信・制御技術

4. まとめ

農業就業人口と平均年齢の推移

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)



農業就業者人口: 227万人(国内就業者人口6,390万人の3.6%)

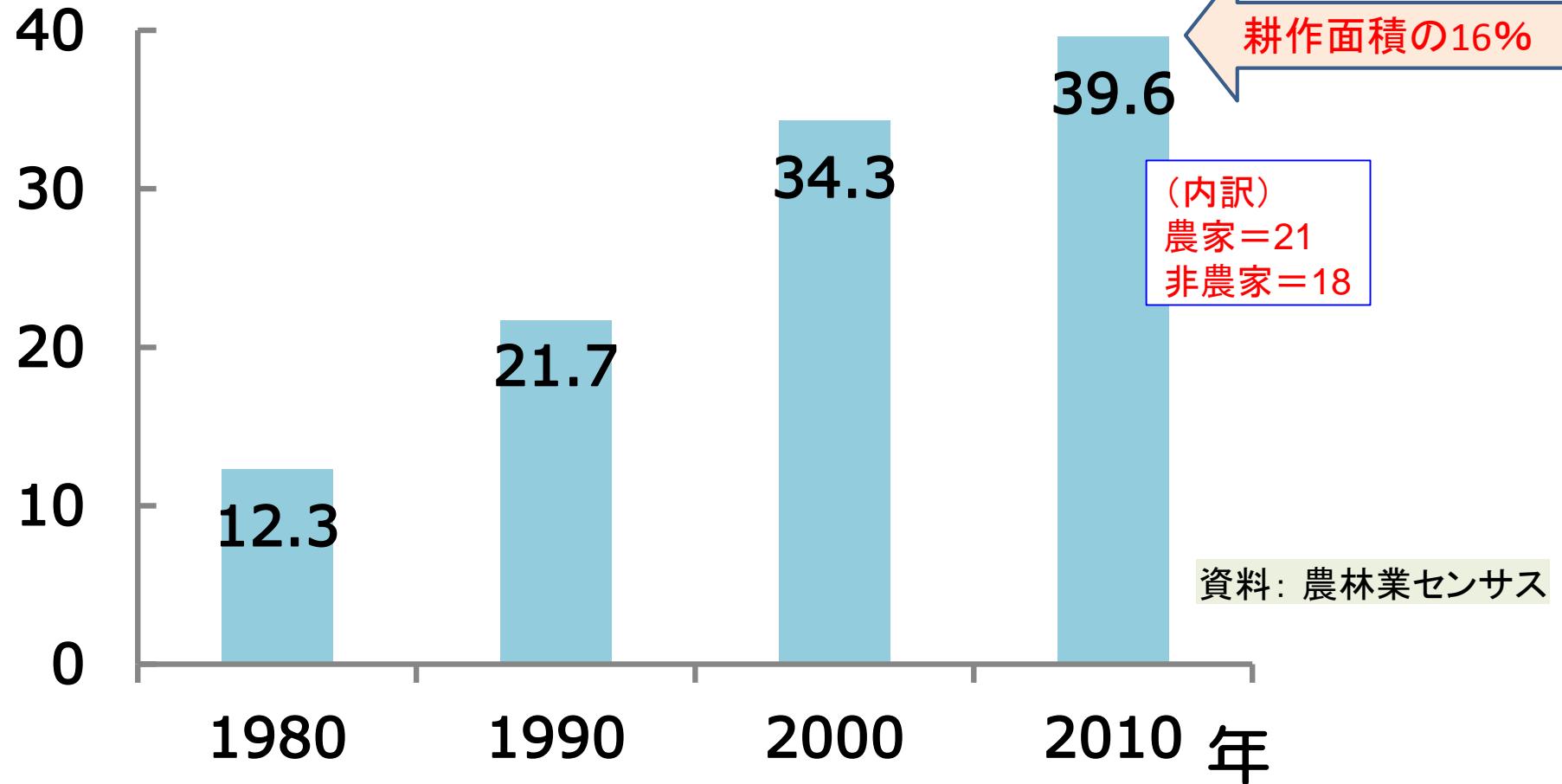
農業就業者の65歳以上の割合: 64%、同女性の割合: 50%

農水省、総務省統計
(2014年概数値等)より

耕作放棄農地の推移

〔万ha〕

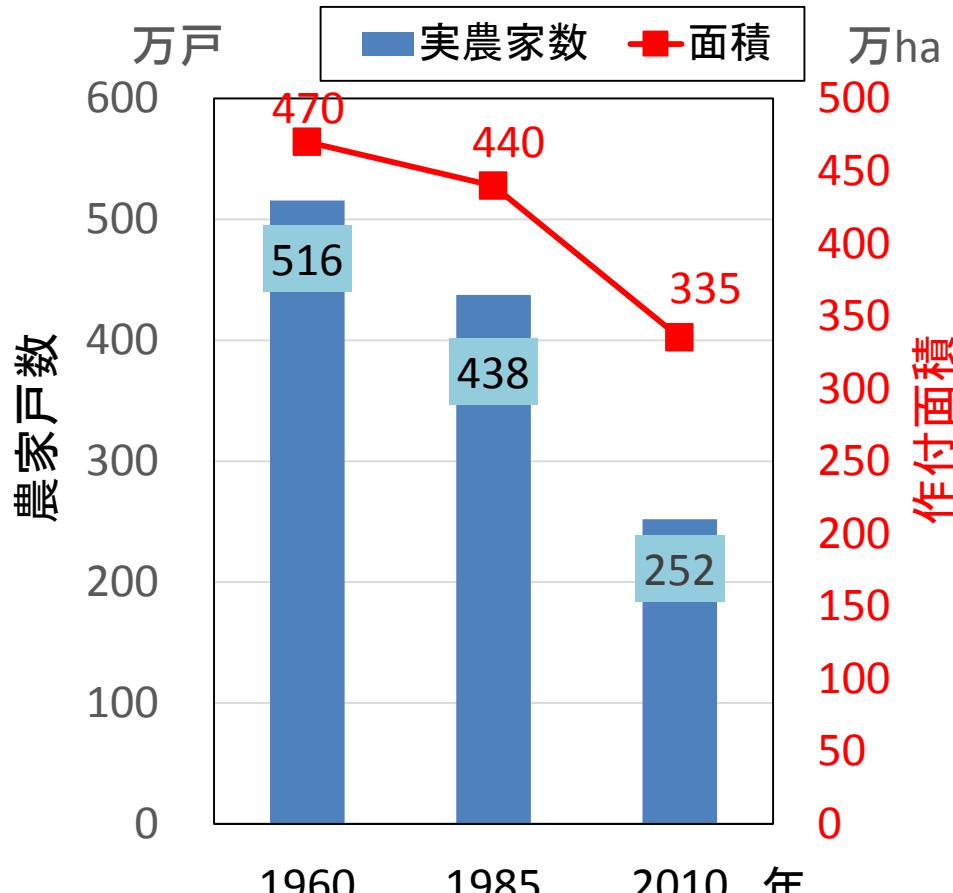
1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)



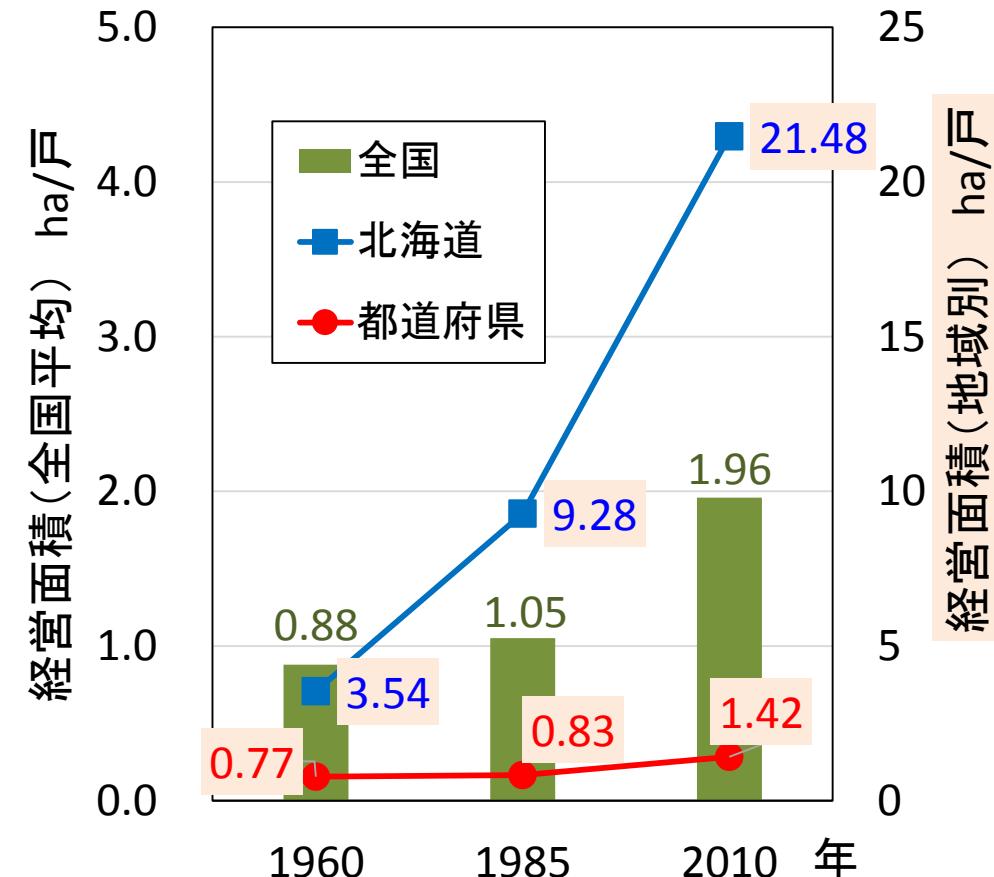
【参考】都道府県の面積：滋賀県=40.1万ha(38位)、埼玉県=38.0万ha(39位)、
北海道=834万ha(1位)、香川県=18万ha(47位)

農家数・経営面積の推移

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)



農家総数、作付面積



農家一戸当たりの
経営面積

米の作付規模別生産費

10a当たり生産費(農林水産統計:2011/平成23年度) 単位:円

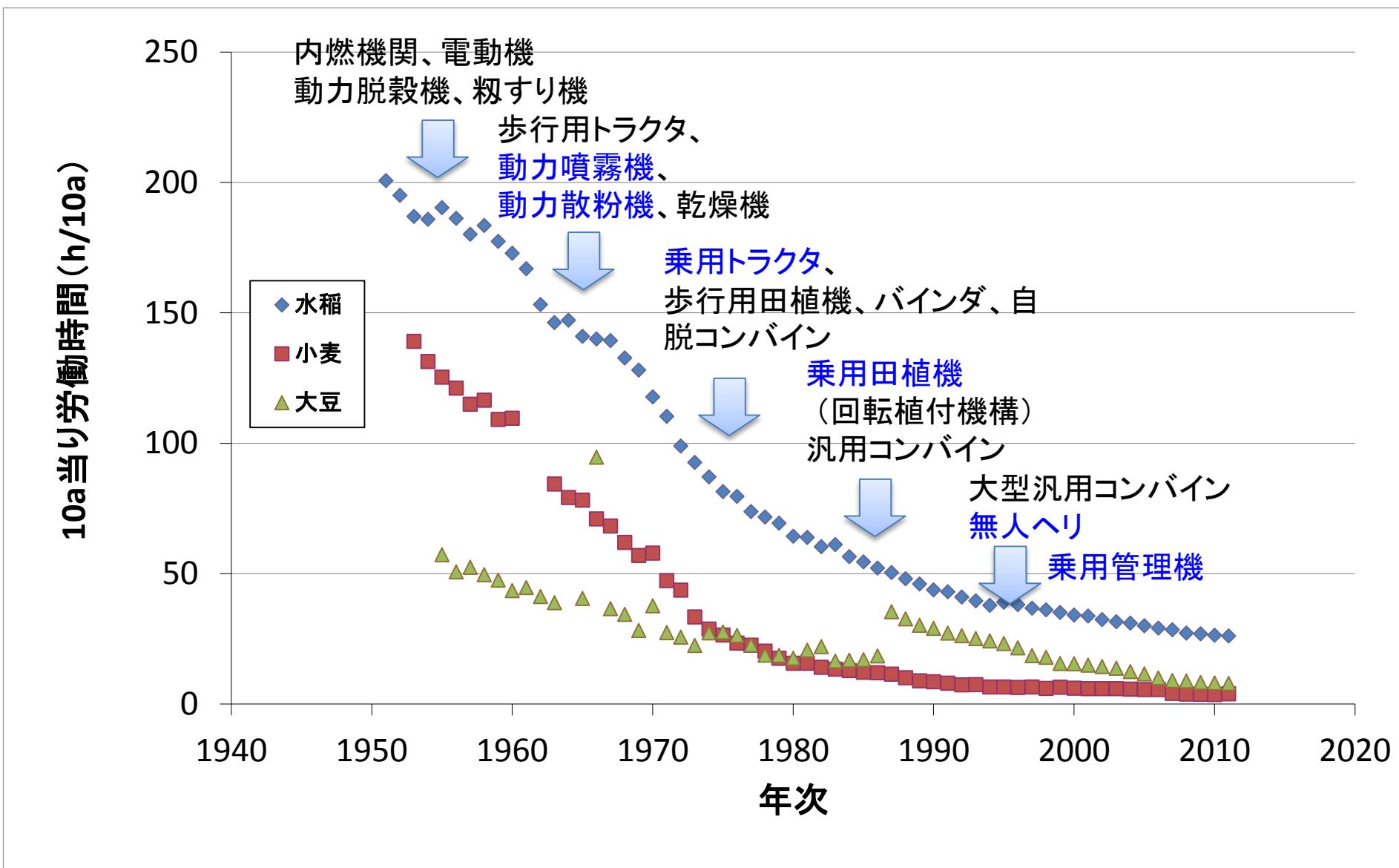
| 区分 | 平均* | 3~5ha | 5~10ha | 10~15ha | 15ha~ |
|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 物財費 | 82,753 | 66,610 | 64,435 | 60,523 | 55,793 |
| 種苗費 | 3,389 | 2,362 | 2,032 | 1,712 | 1,825 |
| 肥料費 | 8,895 | 8,218 | 8,475 | 7,799 | 7,075 |
| 農業薬剤費(購入) | 7,409 | 7,107 | 7,395 | 6,498 | 5,609 |
| 光熱動力費 | 4,453 | 4,407 | 4,485 | 4,298 | 3,819 |
| その他の諸材料費 | 1,919 | 1,891 | 1,854 | 2,136 | 1,662 |
| 土地改良及び水利費 | 4,684 | 4,392 | 5,422 | 6,250 | 5,160 |
| 賃借料及び料金 | 11,567 | 7,103 | 6,499 | 5,973 | 6,731 |
| 物件税及び公課諸負担 | 2,289 | 1,774 | 1,716 | 1,577 | 1,283 |
| 建物費 | 7,045 | 3,991 | 3,776 | 3,703 | 3,438 |
| 自動車費 | 4,009 | 2,441 | 2,177 | 1,875 | 1,671 |
| 農機具費 | 26,705 | 22,582 | 20,042 | 18,151 | 17,114 |
| 生産管理費 | 380 | 342 | 399 | 551 | 406 |
| 労働費 | 36,602 | 29,467 | 27,617 | 26,134 | 20,930 |
| 直接労働費 | 34,354 | 27,970 | 25,471 | 25,041 | 19,005 |
| 間接労働費 | 1,705 | 1,520 | 1,591 | 1,530 | 1,293 |
| 費用合計 | 119,355 | 96,077 | 92,052 | 86,657 | 76,723 |

* : 1経営体当たり作付け面積: 1.4ha

水田・畑作における労働時間の推移



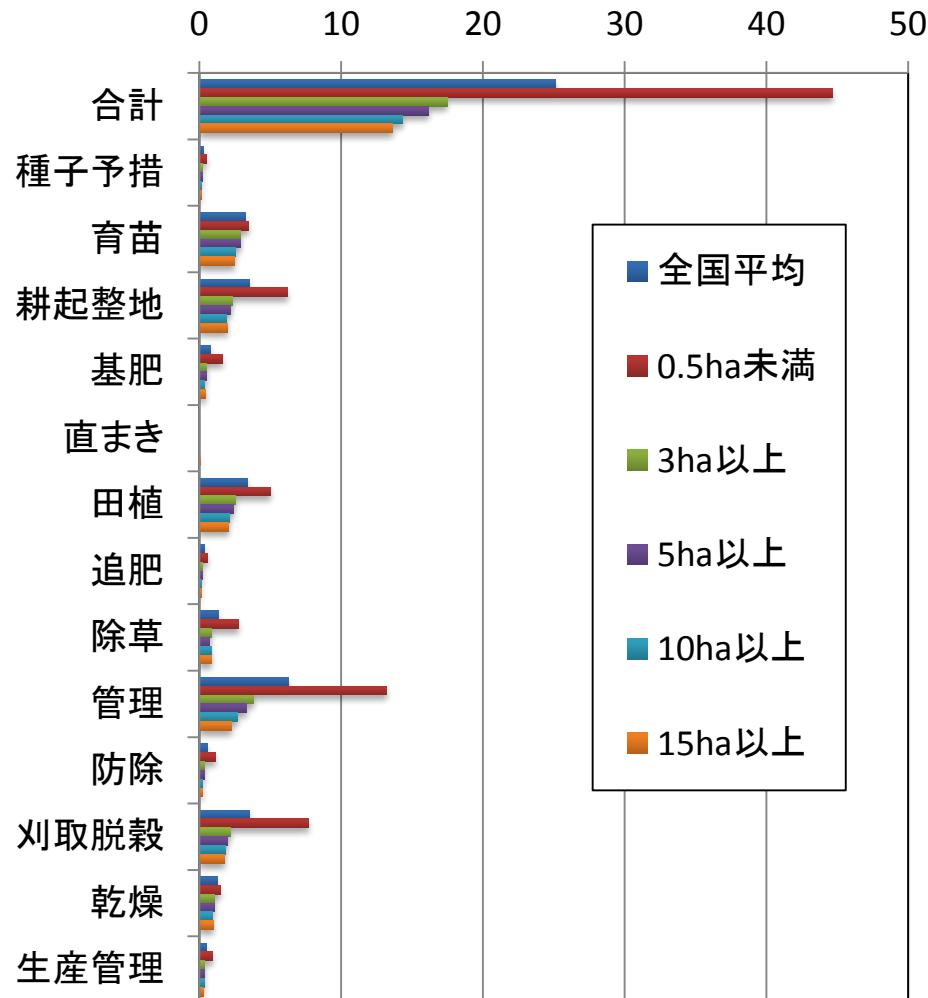
農研機構
NARO



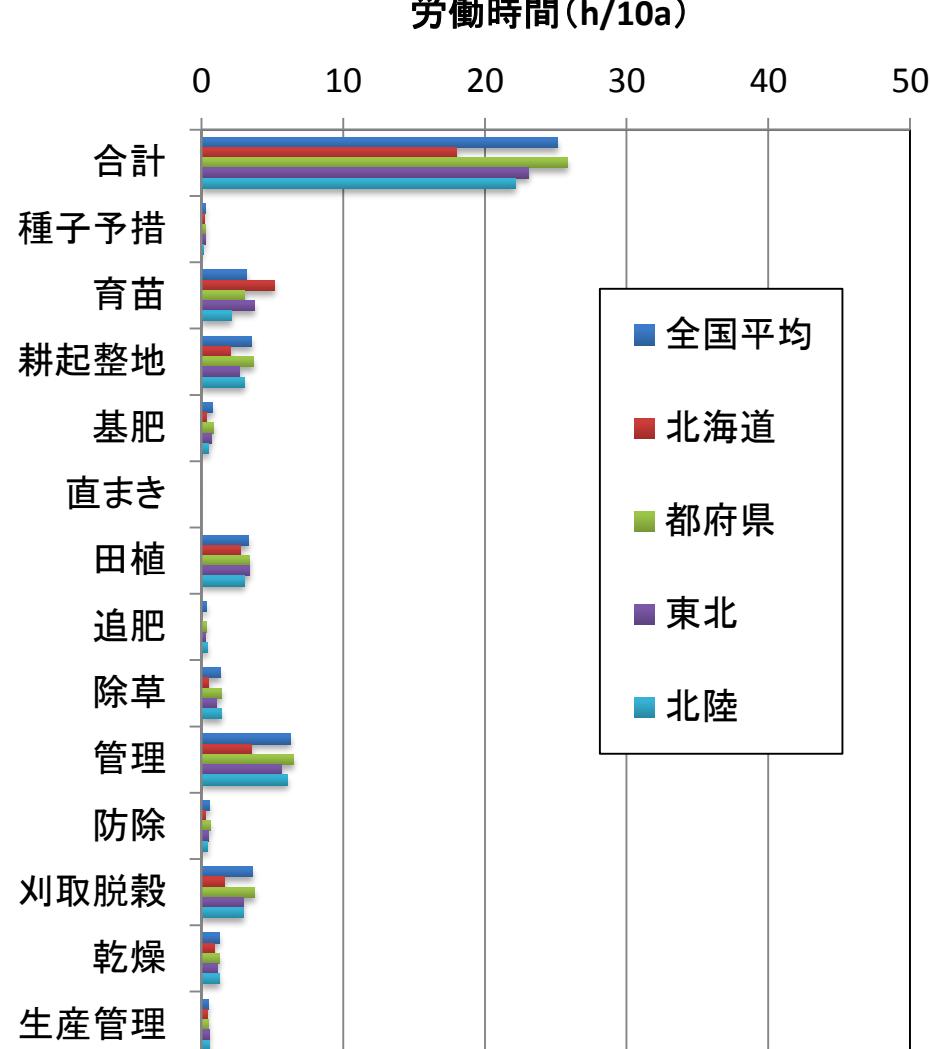
水田作における作業別労働時間

農林水産統計: 2010(平成22)年度

労働時間(h/10a)



労働時間(h/10a)



1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)

- 就農者の減少と高齢化が加速
- 耕作地の減少と耕作放棄地の増加
 - 食料自給率の低迷=>世界的な食糧不安
 - 農家経営への圧力=>グローバル経済、TPP
 - 化学肥料などの資材費高騰=>輸入に依存
 - 持続的農業の確立=>環境保全、環境負荷低減
 - 食の安心・安全へのニーズ=>消費者の指向
- 大規模化、経営合理化の促進=>少数精銳化
- 世界的「日本食」ブーム=>輸出への展開

【目次】

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)

- ・ 農業就業人口の減少
- ・ 農業経営規模の拡大
- ・ 食糧自給率の低迷、世界人口・食糧問題

2. 農業用ロボットの開発・実用化の事例

- ・ 農業用ロボットの類型
- ・ これまでの開発・実用化の事例

3. 農業分野におけるロボット化の未来

- ・ 農業用ロボット開発の動向
- ・ 農業政策とロボット技術の方向性
- ・ 農業用ロボットに関するセンシング、通信・制御技術

4. まとめ

1. 車両型ロボット

- ・ロボットトラクタ、同田植機、同コンバインなど



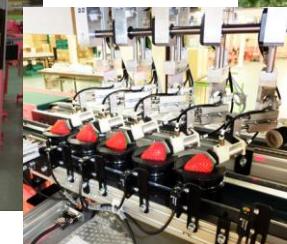
2. 設備型ロボット

- ・畜産施設(搾乳ロボット等)
- ・園芸施設(接ぎ木ロボット等)



3. マニピュレータ型ロボット

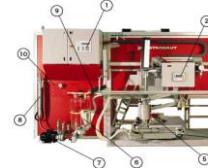
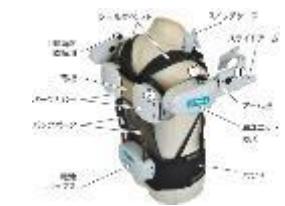
- ・イチゴ収穫ロボット
- ・イチゴパック詰めロボット



4. アシスト型ロボット

- ・パワーアシストスーツ等

農業用ロボットの類型と実用化例

| 類型 | Key Technology | 対象作業 | 実用化の状況 |
|----------|---------------------------------------|--------------------|--|
| 車両型 | 位置、姿勢、方位 経路誘導 機構制御 | 一斉 草刈、防除 |    |
| 設備型 | 物体・位置検出 シーケンス制御 生体ハンドリング | 一斉 搾乳 接ぎ木、選果 |    |
| マニピュレータ型 | 画像処理(物体特性・位置検出等) 機構制御、生体 ハンドリング | 選択 収穫、選別 調製 |    |
| アシスト型 | 人間・労働科学 モータ・機構制御 | 選択 収穫、管理 運搬 |   |

【実用化例1】イチゴ収穫ロボットの開発



農研機構
NARO

◆ <背景>主な果菜類の生産状況 => 「イチゴ」は収益性が高い作物

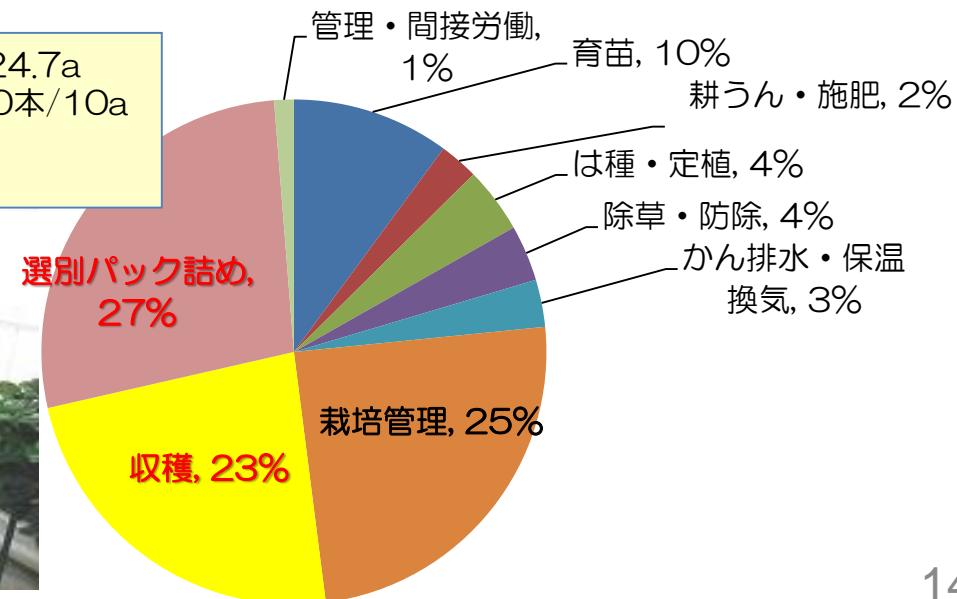
| 作物 | 作付面積(ha) | 収穫量(t) | 産出額(億円) | 施設面積(%) | 輸入量(t) * | 輸入量割合(%) * |
|-------|-----------|-----------|---------|---------|----------|------------|
| トマト | 12,400 | 717,600 | 1,987 | 60.8 | 2,971 | 0.41 |
| イチゴ | 6,360 | 184,700 | 1,570 | 72.8 | 3,259 | 1.76 |
| キュウリ | 12,400 | 620,200 | 1,318 | 33.3 | 23 | 0.004 |
| ナス | 10,400 | 349,100 | 776 | 12.3 | 78 | 0.02 |
| ピーマン | 3,400 | 142,700 | 427 | 32.6 | 587 | 0.41 |
| 温州ミカン | 46,100 | 786,000 | 1,292 | — | 10,908 | 1.39 |
| 水稻*** | 1,628,000 | 8,483,000 | 18,044 | — | 664,395 | 7.8 |

平成21年度産果菜類の統計データ

*平成22年度産生鮮野菜のみ



- 一戸あたりの栽培面積：24.7a
- 栽植本数：7000~8000本/10a
- 労働時間：2092h/10a
- 収量：3~5t/10a



Step 1 = 「移動型」イチゴ収穫ロボット



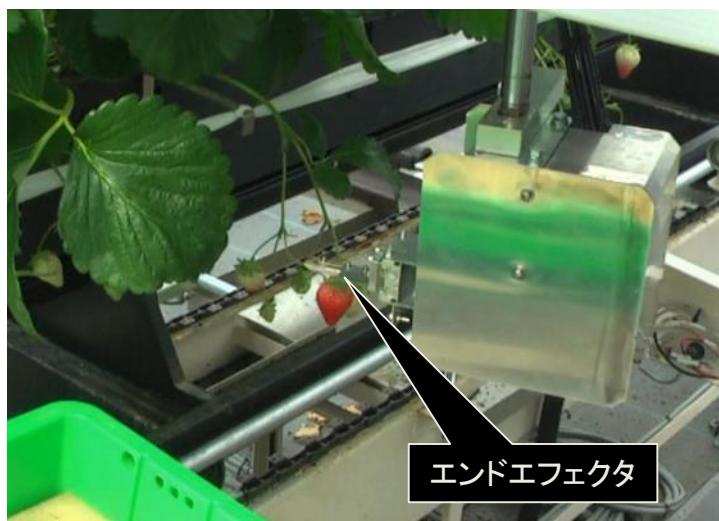
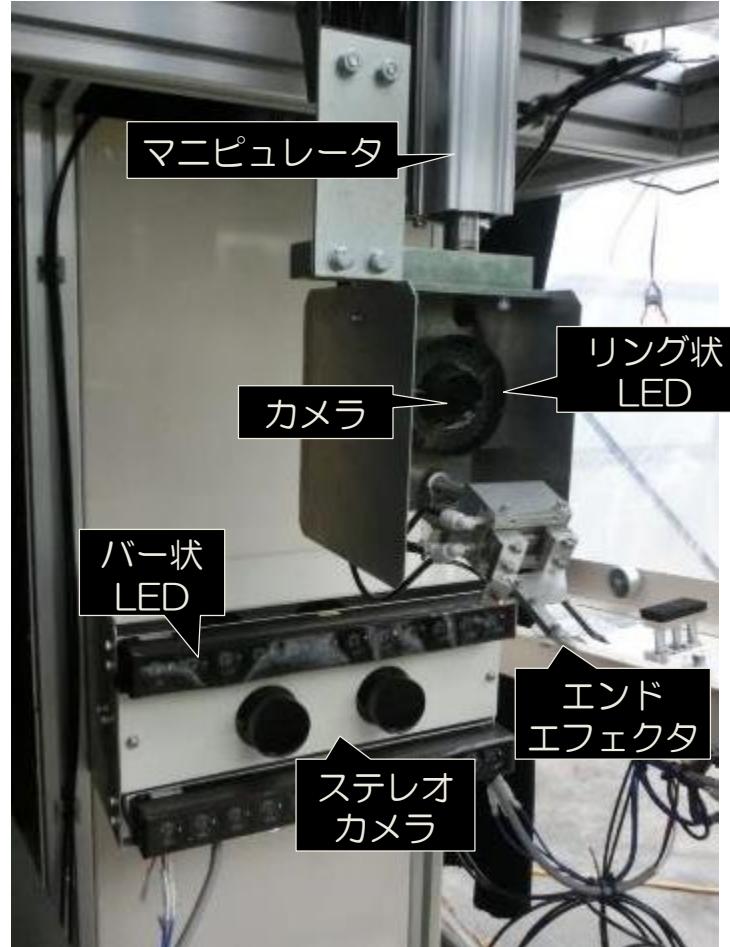
農研機構



Step 2=「定置型」イチゴ収穫ロボット



農研機構



Step 3=循環移動式栽培装置との組み合わせ



農研機構



定置型収穫ロボットと栽培装置(まとめ)

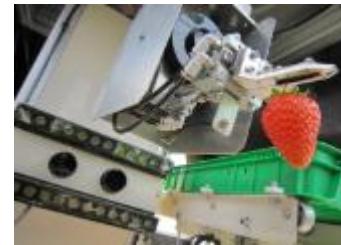


農研機構

● 収穫実行率（分母は収穫適期果実数）：

①夜間運転：42～79%

②昼間運転：44～71%

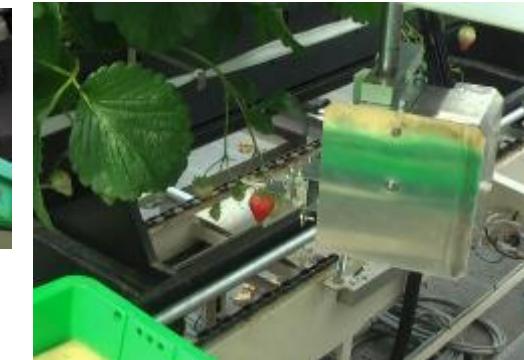


● 処理速度：

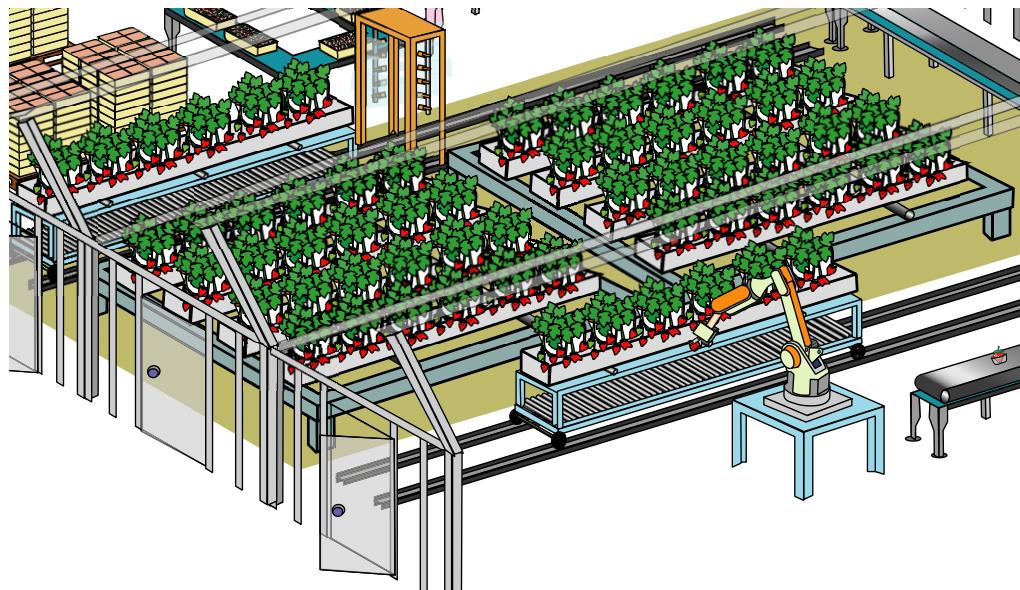
およそ350株/時（夜間運転）

22m²に対応（慣行栽培44m²/hに相当）

22時間運転×収穫間隔3日=1500m²に対応

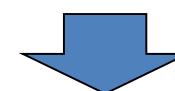


（シブヤ精機提供）



【循環移動式栽培装置と定置式ロボット】
のシステムにより、

- ・通路移動が不要
- ・果実への接触なし
- ・防除作業などの無人化も可能
- ・密植栽培（最大で約2倍）による増収



=> H26.4より市販化

【実用化例2】イチゴパック詰めロボットの開発

【背景】 パッケージセンターの状況



パック詰め作業

- ・イチゴ生産に必要な年間労働時間は約2000時間/10aと非常に長く、選別出荷作業が約3割を占める
- ・選別出荷作業の分業化が進み、農協が作業を請け負うパッケージセンターが増加傾向
- ・12月から6月頃までの期間雇用で熟練者の確保と人件費が問題

【開発目標】

高能率で各種平詰めソフトパックに適用可能なパック詰めロボット

- ・パッケージセンターでの人力によるパック詰め作業を代替(処理能力の増大)
- ・平詰めソフトパックを対象
- ・果実を損傷なくパック詰め
- ・果実姿勢の手直しは1割未満

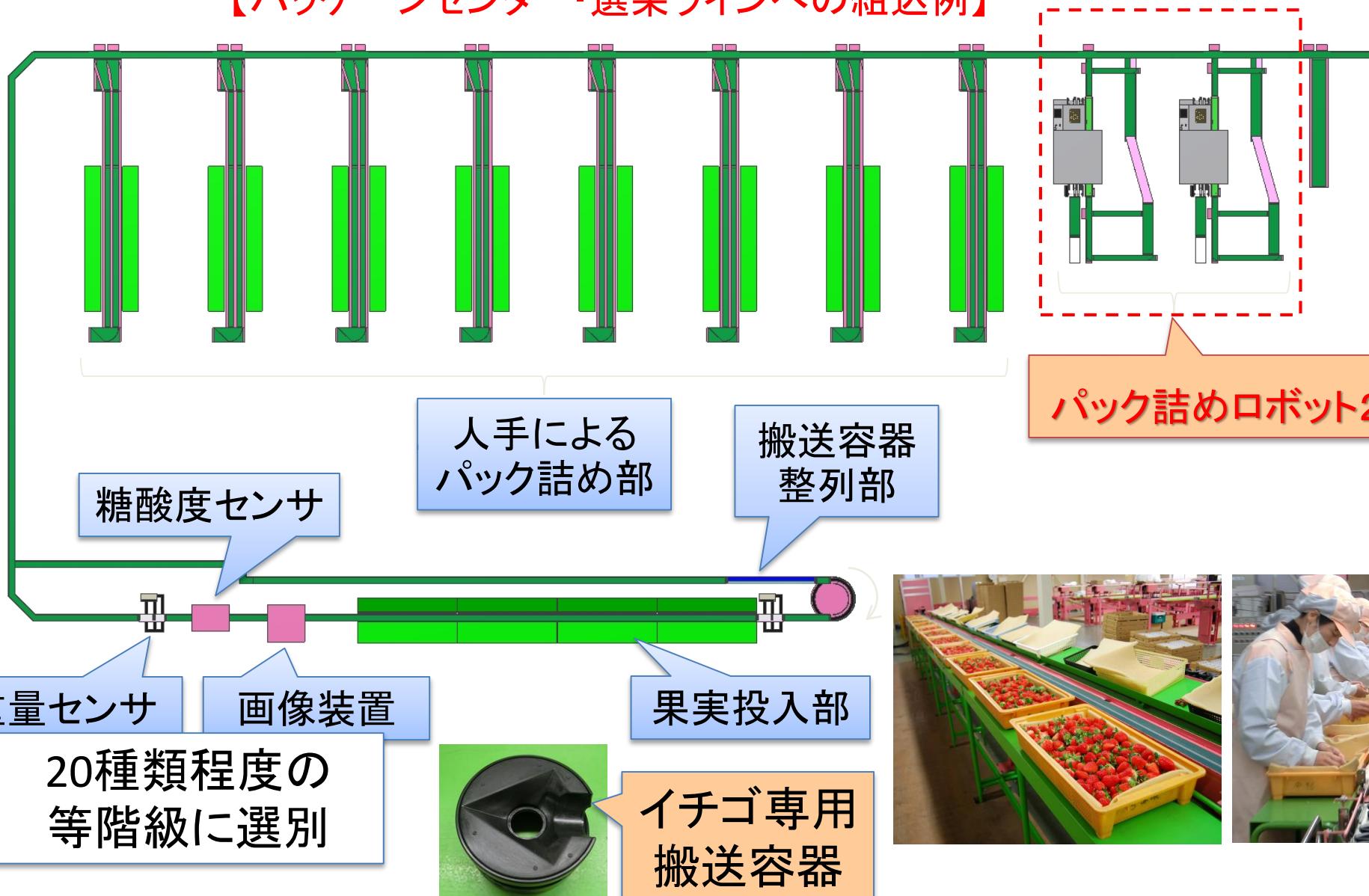
ロボット外観



ソフトパック



【パッケージセンター・選果ラインへの組込例】



イチゴパック詰めロボット(動画)



農研機構



果実投入部（左）と搬送容器整列部（右）

イチゴパック詰めロボット(まとめ)



農研機構

| 果実 サイズ (入数) | ロボット 処理時間 | 人力 処理時間 | ロボット /人力比 |
|-------------------|--------------|------------|--------------|
| | (s/トレイ) | (s/トレイ) | |
| L (24) | 45.3 | 76.6 | 0.59 |
| M (30) | 58.6 | 95.8 | 0.61 |

1. イチゴの選果ラインに組み込み、1回の動作で最大6果を同時に処理し、パック詰め動作1回の所要時間が約9秒、吸着割合が99%以上のパック詰めロボットを開発。
2. 2014年3月末まで現地で運用試験を実施。



現在、市販化準備中
=> H27.4より市販化予定

YANMAR

ヤンマー イチゴパック詰めロボット



平詰めソフトパックにより
消費者に高品質な果実を提供します。



第4次農業機械等緊急開発事業
開発商品

(ヤンマーグリーンシステム提供)

【目次】

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)

- ・ 農業就業人口の減少
- ・ 農業経営規模の拡大
- ・ 食糧自給率の低迷、世界人口・食糧問題

2. 農業用ロボットの開発・実用化の事例

- ・ 農業用ロボットの類型
- ・ これまでの開発・実用化の事例

3. 農業分野におけるロボット化の未来

- ・ 農業用ロボット開発の動向
- ・ 農業政策とロボット技術の方向性
- ・ 農業用ロボットに関するセンシング、通信・制御技術

4. まとめ



農水省委託プロ（アシストプロ） 2011～2014

農業用ロボットによる水稻・畑作の農作業体系の構築を目指して

耕耘・代かき (トラクタ)



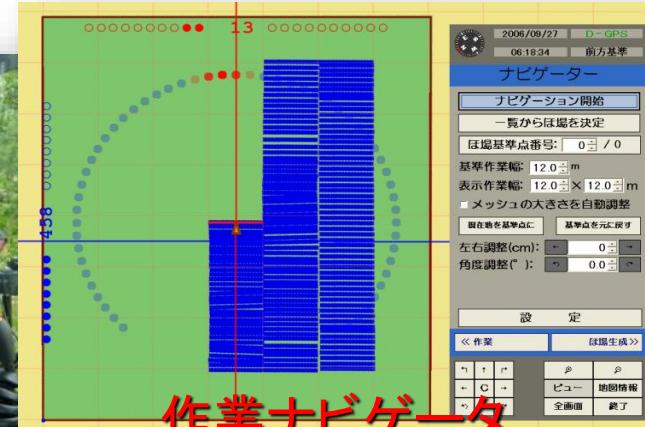
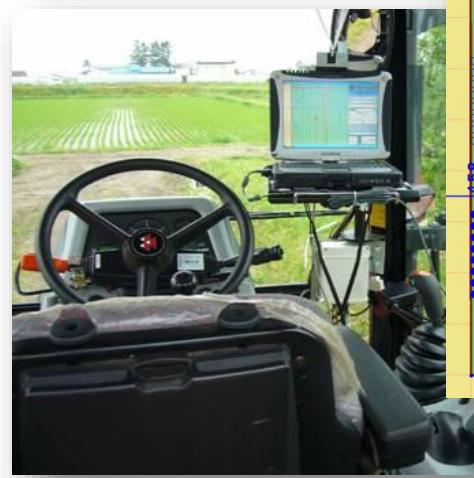
田植え (田植機)

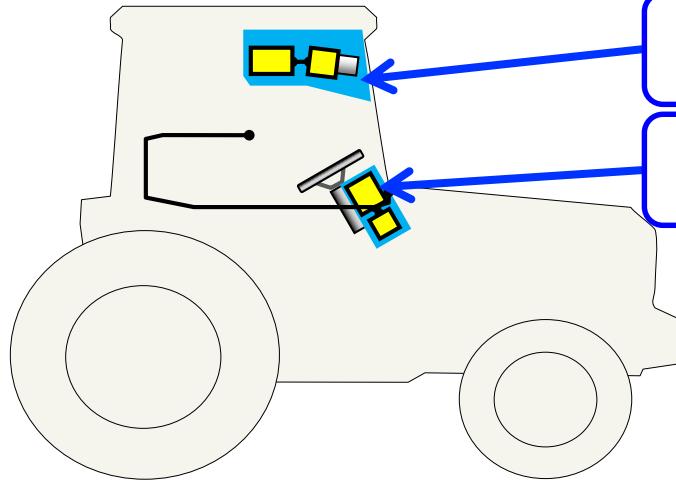


収穫 (コンバイン)



農用車両の運転アシスト装置の例



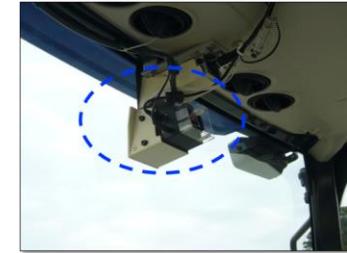


画像システム

[カメラ+画像処理装置]

操舵システム

[モータ+コントローラ]



1行程目…

①直進アシスト機能

圃場に設置したターゲットに向か直進走行する機能。

作業跡マーカ



ターゲット・ランプ

2行程目以降…

②追従アシスト機能

前行程の作業跡やマーク跡に追従走行する機能。

マーク跡



人体装着型作業アシスト装置の事例



農研機構

- 農作業では、肉体的負担の大きな人力作業が未だに多い。
- 介護や福祉などの分野では、人間を直接補助する装着型のアシスト装置の研究が進む。



スマート・スーツ(北大)



パワー・アシスト・スーツ
(農工大)



マッスル・スーツ
(東京理科大)

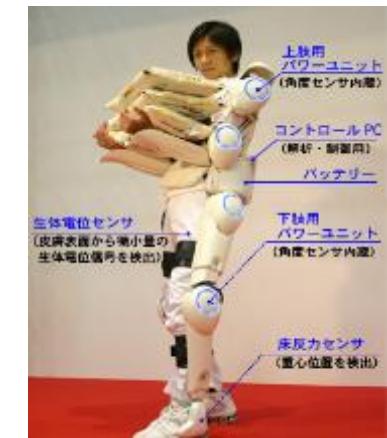


*1



農業用アシスト・スーツ
(クボタ)

http://www.jnouki.kubota.co.jp/jnouki/Specia/assist_suit/



*2

*1 :
http://robonable.typepad.jp/news/images/2009/01/13/photo_3.jpg

*2 :
http://sanlab.kz.tsukuba.ac.jp/pic/r_hal.png

開発の経緯

【生研センターのロボット・トラクタ開発】

- 農地除染のための遠隔操縦システム('11)

➤ ロボットと人間の「協調」作業の実現を目指して

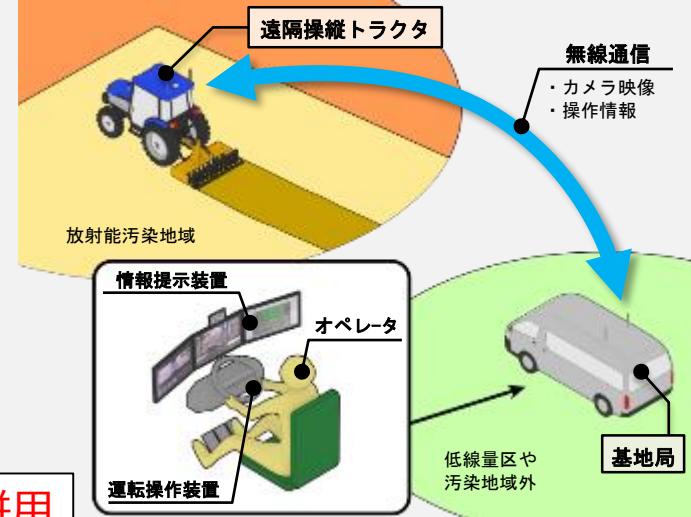


有人運転



無人化

「自律運転」と「遠隔操縦」を併用



- システムを拡張して一般農作業にも適用

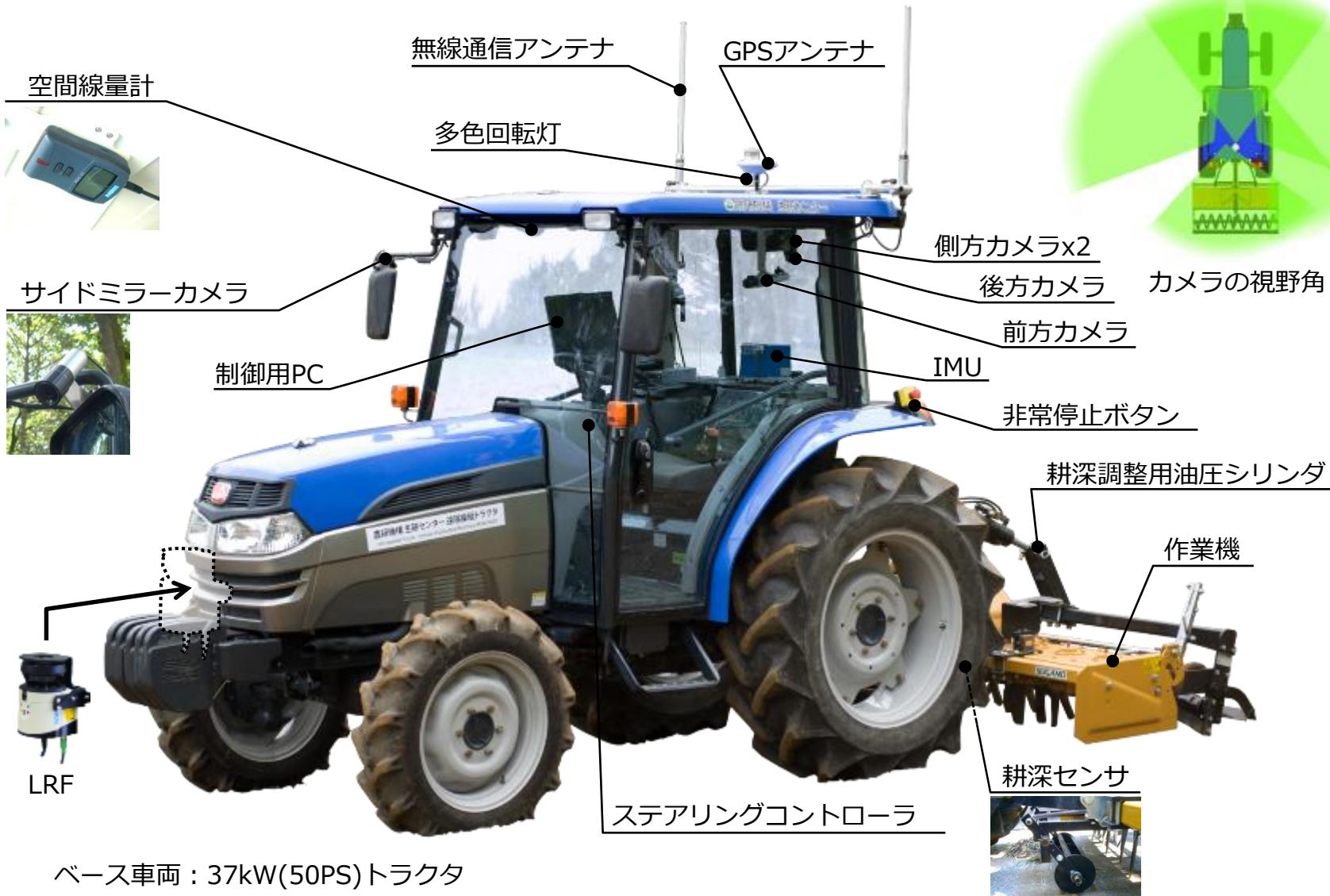
開発時の主要な要求項目

- オペレータが現場にいる時間を極力減らす（自動化と遠隔監視の充実）
- 作業現場への適応性を上げる（不定形ほ場や未測量ほ場への対応）

ロボット・トラクタ



農研機構
NARO

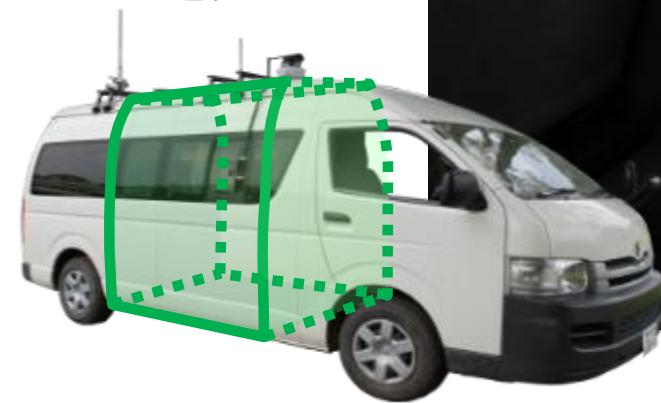


ロボット・トラクタ(遠隔操作関連装備:基地局)



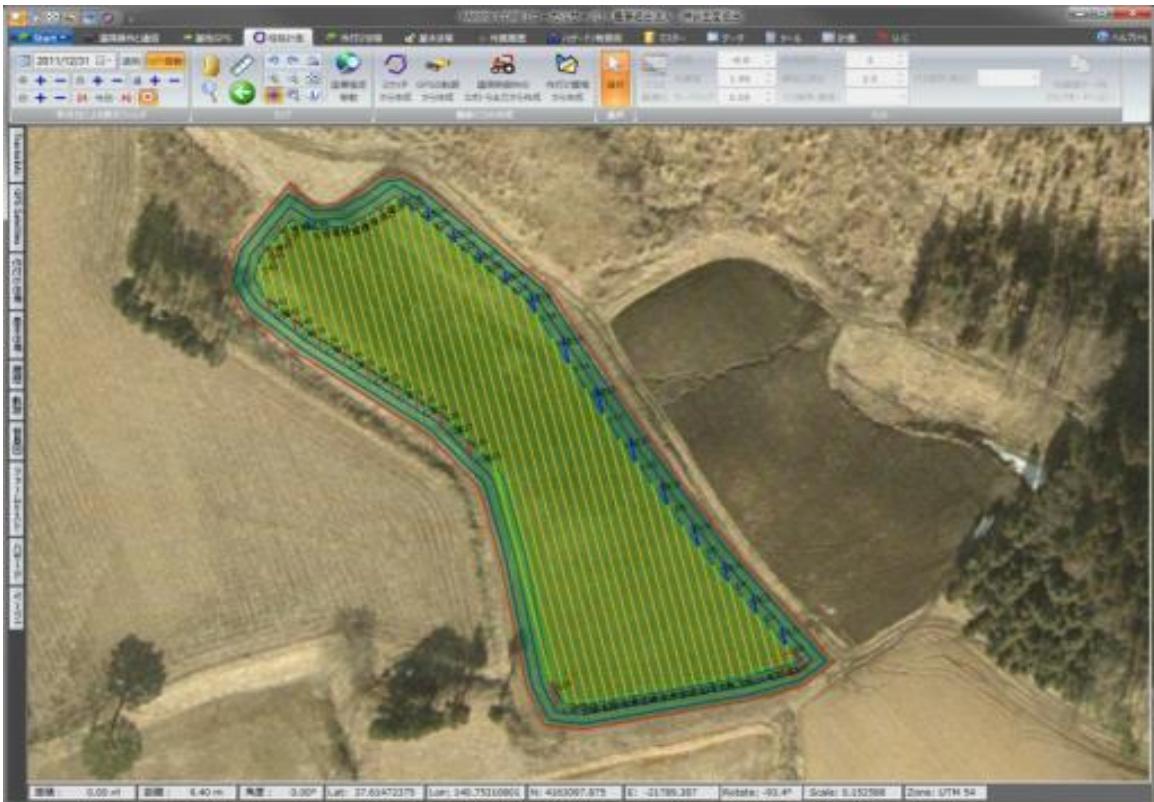
農研機構

- 市販のワゴン車の荷室内に、遠隔操作用の設備を設置。
- トラクタと無線通信を行い、遠隔操作と自律作業を実行



農作業履歴管理システム (FARMS = Farm Activity Record Management System)

- GIS、データベース等を利用し、自動または手動により、農作業の履歴情報や農業機械・装置の稼働状況に関する情報の蓄積とその活用を行うシステム



を用いて、

- 走行経路またはスケッチに基づくロボットトラクタの自律走行経路の算出
- 不定形ほ場へ適応
- ほ場外形等の編集に応じて生成する経路計画を随時更新
- 無線LAN経由で生成した経路を、ロボットトラクタへ送信

等を行うシステムを構築

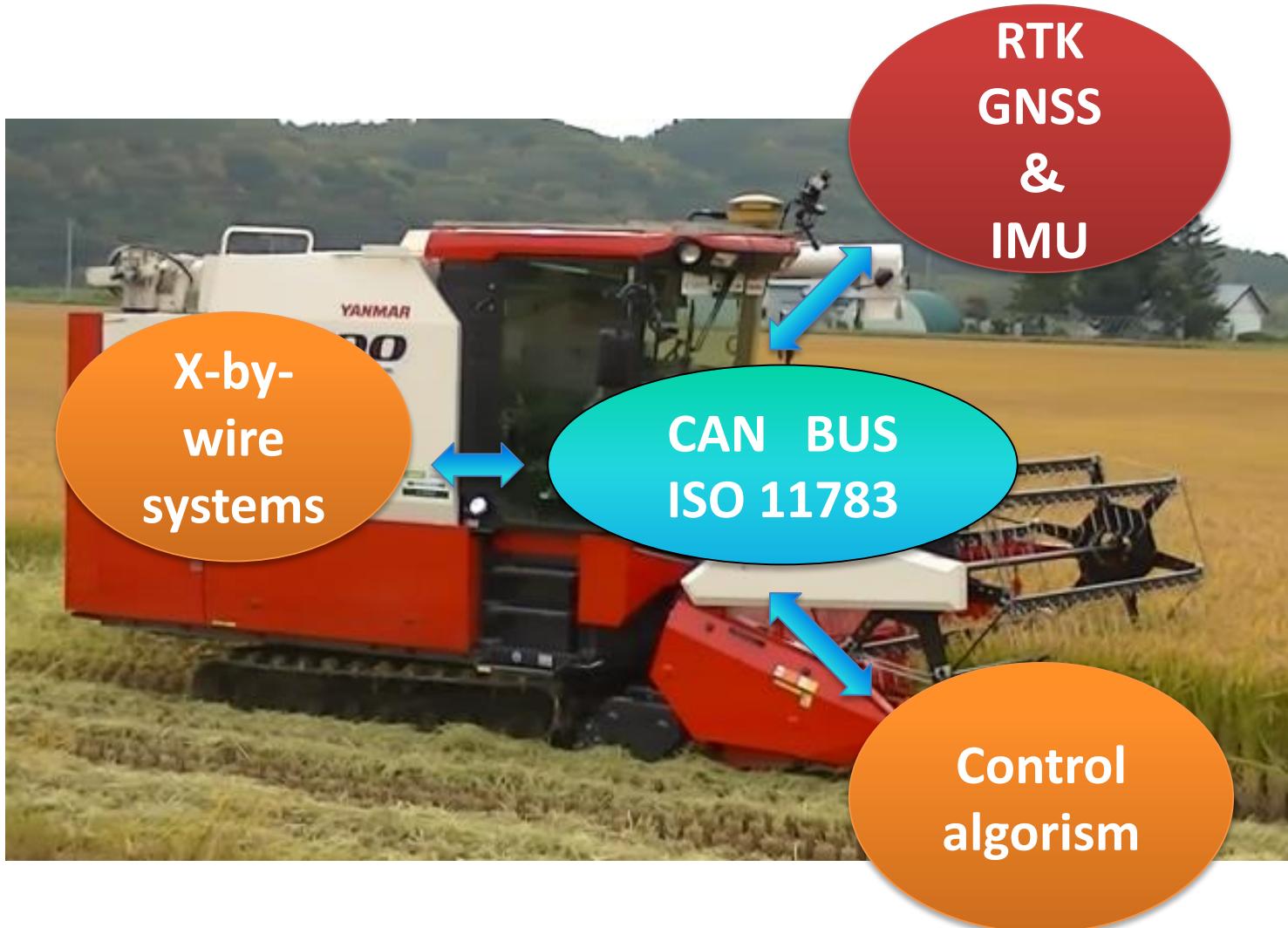
ロボット農用車両遠隔運用システム

Tele-operation System for Agricultural Robot Vehicles



農研機構 生研センター

Institute of Agricultural Machinery, BRAIN, NARO



◆ ヤンマー(株)提供資料(転載・複写には同社の許可が必要)



◆ ヤンマー(株)提供資料(転載・複写には同社の許可が必要)

＜我が国における農政の基本方針＞

農業生産現場（担い手・農地等）の強化

【具体的な施策】

- －法人経営・大規模家族経営の推進
- －青年就農の推進

- －農地集積の推進
- －耕作放棄地の解消
- －大区画化

他分野ではロボット技術やICT等の活用が進展し、これらの技術革新が競争力の強化につながっており、農業分野でもその活用が様々な課題の解決や農業の成長産業化に向けた強力な推進力となることが期待される。

「スマート農業の実現に向けた研究会」検討結果の中間とりまとめ(平成26年3月28日公表、農林水産省)
http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/



- 無人化・自動化による省力化・規模拡大
- 圃場状況に応じた精密管理による収量・品質の向上
- ノウハウの継承や作業の軽労化による誰（高齢者・新規就農者）でも取り組める農業の実現

➤ ロボットやICT技術の導入による、超省力、高品質化の実現（スマート農業）

「スマート農業」の将来像



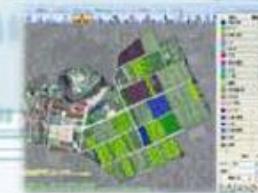
農研機構
NARO

1 超省力・大規模生産を実現



GPS自動走行システム等の導入による農業機械の夜間走行・複数走行・自動走行等で、作業能力の限界を打破

2 作物の能力を最大限に発揮



センシング技術や過去のデータに基づくきめ細やかな栽培により(精密農業)、作物のポテンシャルを最大限に引き出し多収・高品質を実現

スマート農業

ロボット技術、ICTを活用して、超省力・高品質生産を実現する新たな農業

3 きつい作業、危険な作業から解放



収穫物の積み下ろしなどの重労働をアシストスーツで軽労化するほか、除草ロボットなどにより作業を自動化

4 誰もが取り組みやすい農業を実現



農業機械のアシスト装置により経験の浅いオペレーターでも高精度の作業が可能となるほか、ノウハウをデータ化することで若者等が農業に継々とトライ

5 消費者・実需者に安心と信頼を提供



クラウドシステムにより、生産の詳しい情報を実需者や消費者にダイレクトにつなげ、安心と信頼を届ける

作物や作業の情報活用(精密農業)

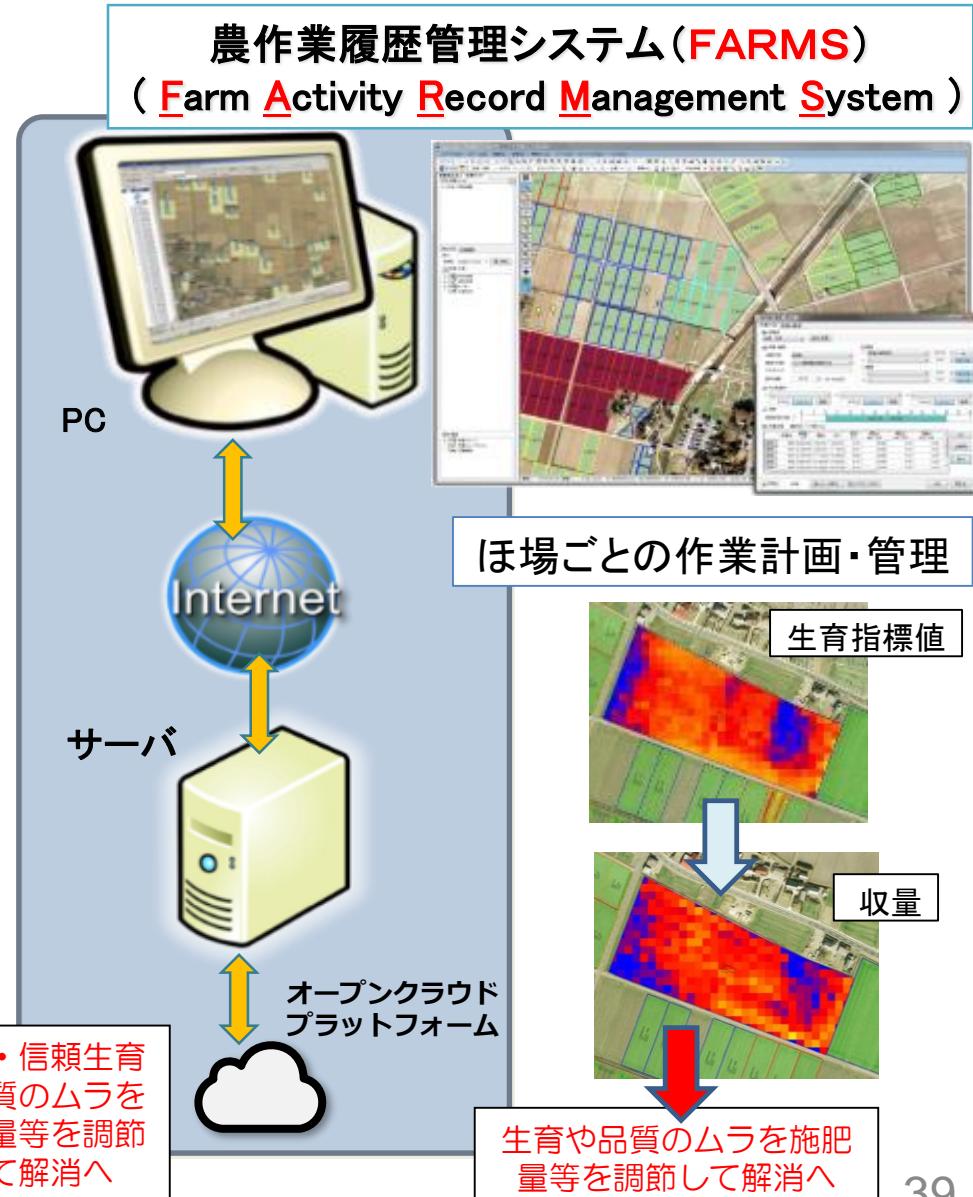


農研機構

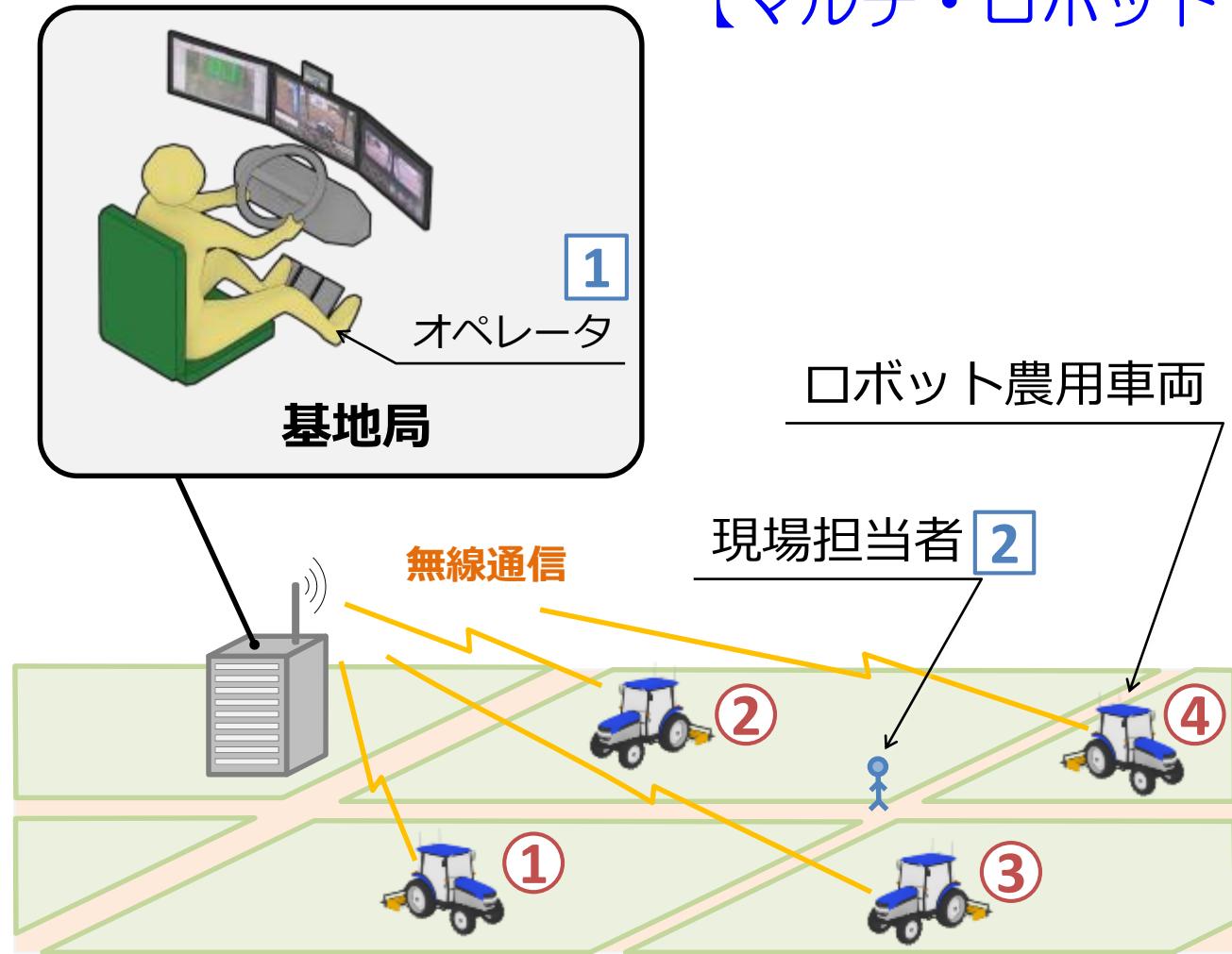


- 作業機自体から、作業から得られる各種の情報を自動的に記録

・安心・信頼生育
や品質のムラを
施肥量等を調節
して解消へ



【マルチ・ロボット・システム】



システムの運用イメージ（2人4台）

概要

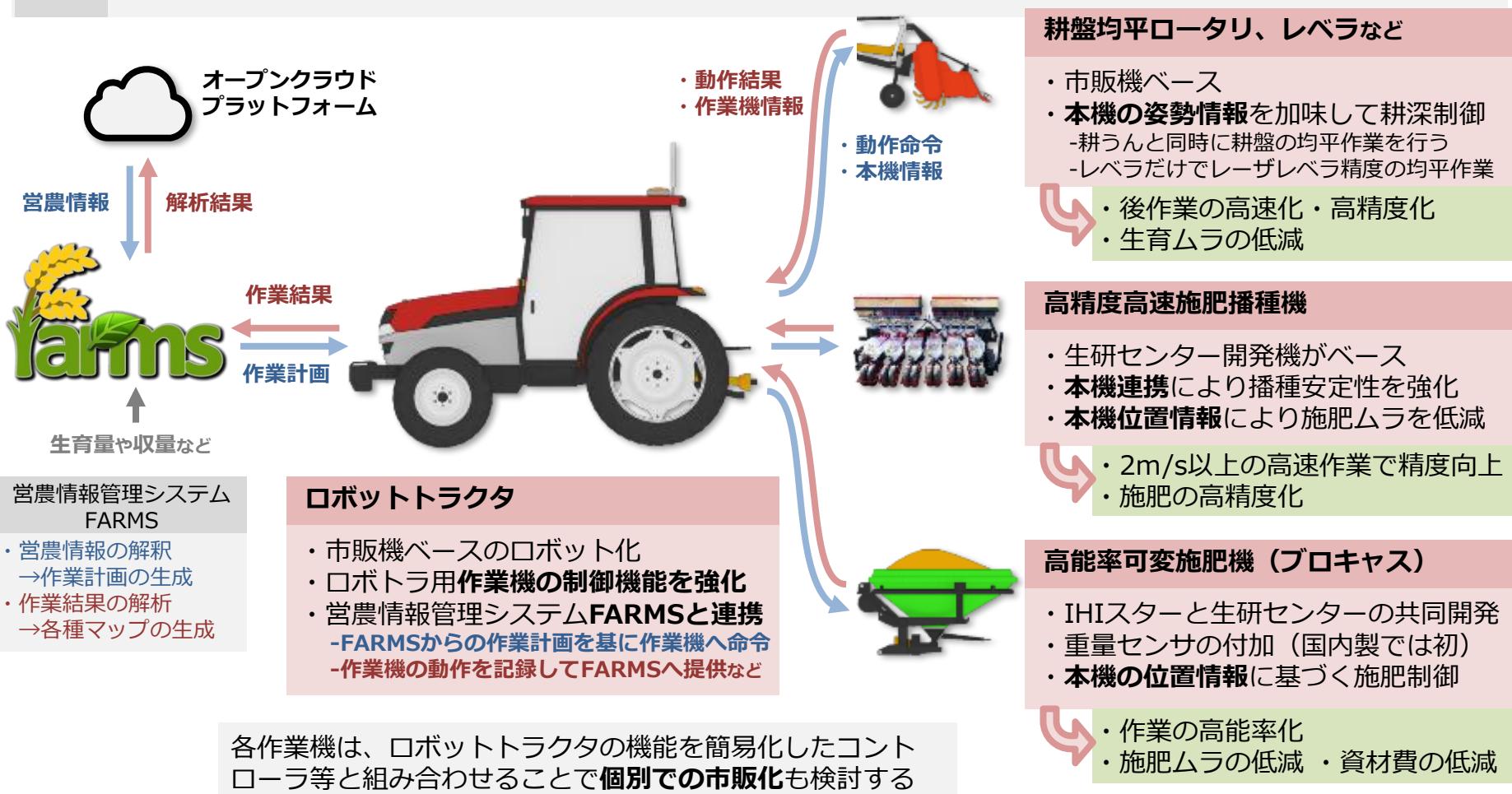
ロボット農用車両の基本技術（自律走行、単純作業）は確立



- ・ロボットの能力を生かせる作業機の開発
- ・ロボットと作業機の高度連携
- ・ITを用いた営農管理技術との連携



- ・圃場作業の高度化の実現
- ・営農管理作業の高度化・省力化の実現

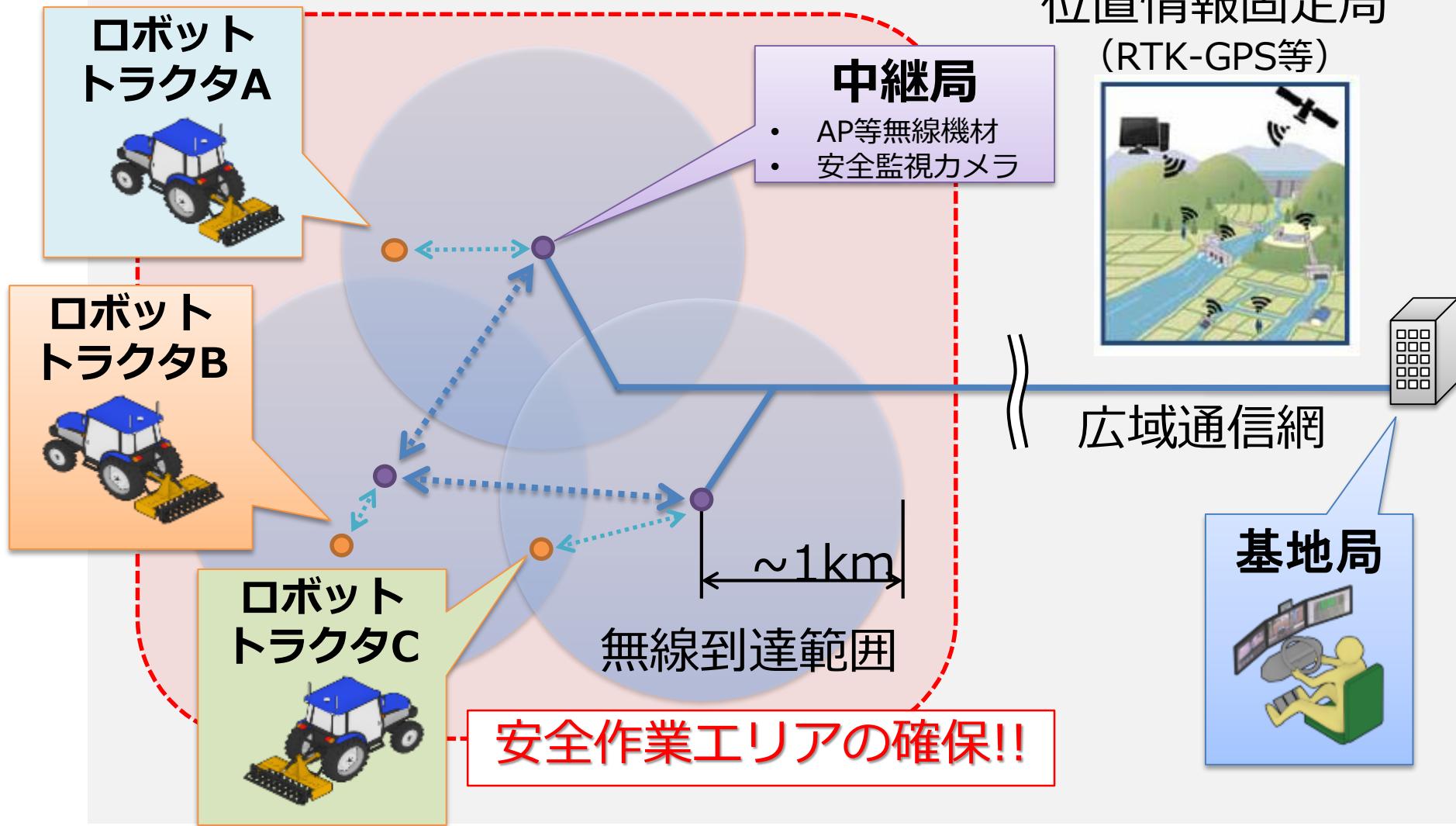


通信の標準化

- ISO-BUSにおける自動化・遠隔技術の実装方法の検討
- 国際規格に準拠した農機用XMLフォーマットの検討



通信距離の延長（中継方式、メッシュ方式への拡張）



【目次】

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)

- ・ 農業就業人口の減少
- ・ 農業経営規模の拡大
- ・ 食糧自給率の低迷、世界人口・食糧問題

2. 農業用ロボットの開発・実用化の事例

- ・ 農業用ロボットの類型
- ・ これまでの開発・実用化の事例

3. 農業分野におけるロボット化の未来

- ・ 農業用ロボット開発の動向
- ・ 農業政策とロボット技術の方向性
- ・ 農業用ロボットに関するセンシング、通信・制御技術

4. まとめ

| 類型 | 実用化 | 課題 | 対策 |
|----------|-----|----------|-------|
| 車両型 | △ | コスト・安全面 | 共通化 |
| 設備型 | ○ | コスト | 多機能化 |
| アシスト型 | △～○ | 自由度 | 軽量化 |
| マニピュレータ型 | △～○ | コスト・作業精度 | システム化 |

【課題】コスト低減、安全性・信頼性の確保

さらなる省力化=>作業速度・精度の飛躍的アップ

＜解決へのアプローチ＞

- 完全無人化の前段階として、ロボットと人間の「協働」・「協調」作業を実現する

【最近のロボット技術等の研究開発の動向について】

1. 農業用ロボット開発の背景(我が国の農業の現状)

- ・ 農業就業人口の減少 => 近い将来、深刻な人手不足が到来
- ・ 農業経営規模の拡大 => 経営の安定化、生産性の向上
- ・ 食糧自給率の低迷、世界人口・食糧問題 => 食糧確保必須

2. 農業用ロボットの開発・実用化の事例

- ・ 農業用ロボットの類型 => 車両、施設、マニピュレータ、アシスト
- ・ これまでの開発・実用化の事例 => イチゴ収穫、パック詰め
- ・ 課題は、コスト低減、安全性・信頼性の確保、とさらなる省力化

3. 農業分野におけるロボット化の未来

- ・ 農業用ロボット開発の方向性 => 日本農業の将来を担うもの
- ・ ロボット化の課題 => 作業機制御、通信技術、インフラ整備等