

北海道から発信する農業イノベーション －ロボット農業の幕開け－

北海道大学大学院農学研究院
野 口 伸
内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」
プログラムディレクター

スマート農業を実現する プラットフォーム

- Unmanned Ground Vehicle
(無人車両)
- Unmanned Surface Vehicle
(無人ボート)
- Unmanned Aerial Vehicle
(無人飛行体)
- Satellite Vehicle (人工衛星)



トピック

- 北海道大学ビークルロボティクス研究室
- 日本農業の現状と課題
- 内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」
- ロボット普及に向けたロードマップ
- スマート農業普及に向けた自治体の役割

VeBotsのロボット(その1)



1号機 (5PS), 1991 2号 (32PS), 1994



3号 (240PS) 1997
at U.S.A.



4号 (77PS), 1999 5号 (80PS), 2000



6号 (Electric), 2002

VeBotsのロボット(その2)



7号機(100PS)2011



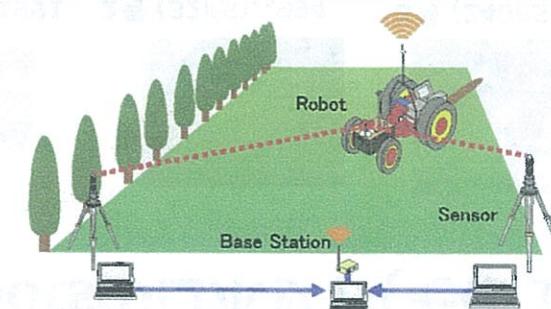
8号機 (83PS) 2011 9号機 (105PS) 2014



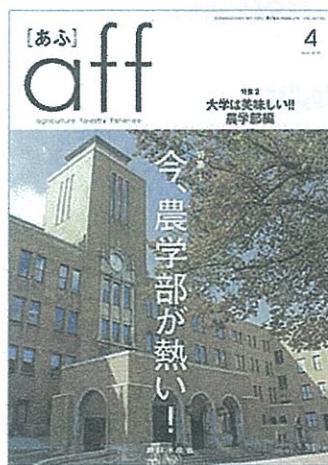
10号機 (17PS) 2014

11 & 12号機
(53PS) 201413 & 14号機
(53PS) 2015

ロボット1号機 (1992)



農林水産省広報誌aff(あふ)での紹介－1



特集1 今、農学部が熱い!

ICTで省力化を実現！
北海道大学大学院 農学研究院
ビーカルロボティクス研究室



2016年4月号

農林水産省広報誌aff(あふ)での紹介－2

特集1 スマート農業

**農業機械のロボット化
とシステム開発**
北海道大学大学院 農学研究院
ビーカルロボティクス研究室



2017年6月号



トピック

- 北海道大学ビークルロボティクス研究室
- 日本農業の現状と課題
- 内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」
- ロボット普及に向けたロードマップ
- スマート農業普及に向けた自治体の役割

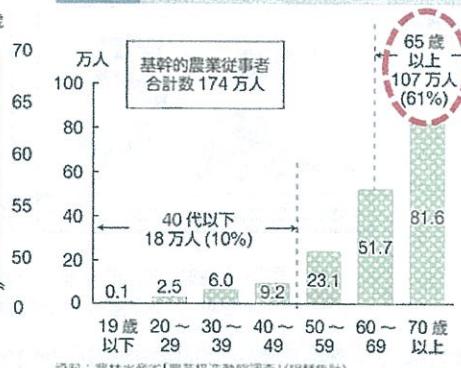
日本の農家の平均年齢は？

66.5歳

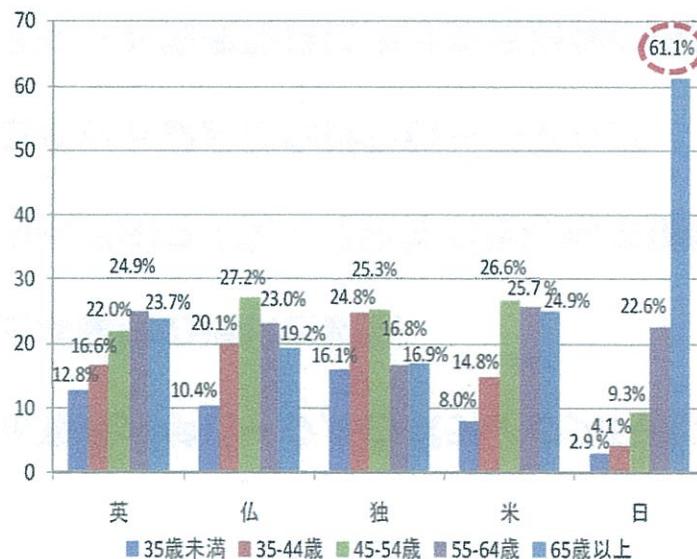
図2-1-20 基幹的農業従事者数等の推移



図2-1-21 年齢階層別基幹的農業従事者数
(平成25(2013)年)



日本の農家年齢の海外との比較



農業におけるスマート化の必要性

日本農業の現状

- 基幹的農業従事者（仕事として自営農業に主として従事した者）は174万人で、3年前に比べて31万人（15%）減少
- 基幹的農業従事者の平均年齢は66.5歳となり、65歳以上が占める割合は61%

日本農業の目指す姿（日本再興戦略2016）

- コメの生産コストを全国平均比4割削減
- 2023年までに法人経営体数を2010年比約4倍の5万法人
- 6次産業化の市場規模を2020年に10兆円
- 2020年の農林水産物・食品の輸出額1兆円目標を前倒しで達成

労働力不足が深刻な日本農業を“儲かる”産業へ

スマート農業技術によって期待される効果

- 労働力不足の解消
- プロ農家の技術の継承 ⇒ 新規就農者の早期育成
- 生産の低コスト化
- 農産物の品質向上・収量増
- 「プロダクトアウト」型から「マーケットイン」型農業への転換
- 農業の魅力アップ ⇒ 青年層の新規就農促進

トピック

- 北海道大学ビーカルロボティクス研究室
- 日本農業の現状と課題
- 内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」
- ロボット普及に向けたロードマップ
- スマート農業普及に向けた自治体の役割

SIPが目指す我が国農林水産業の将来像

日本の農林水産業の現状

- 基幹的農業従事者の減少
(5年前から15%減の175万人)
- 基幹的農業従事者の高齢化
(65歳以上が65%)
- 大規模経営体が急増
(100ha以上が5年間で30%増加)



- 農業のスマート化、育種等の技術が急速に進展
- 健康機能性等の食市場が拡大
(農業・食料関連産業生産額：約100兆円)

SIPが目指す科学技術イノベーション（2つの重点目標）

- ① ロボット技術、ICT、ゲノム等の先端技術を活用し、超省力・高生産のスマート農業モデルを実現 <農業におけるSociety5.0を実現>
- ② 国産の持つおいしさや機能性等の強みを活かした食品や、未利用資源から新素材等を産出するなど、高付加価値戦略を推進

日本の農林水産業の将来像

- 担い手を中心とした、グローバル競争に勝てる強い農業
- 高付加価値化による農林水産業及び関連産業の市場規模拡大と地域の発展

SIP 戰略的イノベーション創造プログラム
Strategic Innovation Creation Program

重点目標① 日本型の超省力・高生産なスマート農業モデル

ロボット技術、ICT、ゲノム等の先端技術を活用し、超省力・高生産のスマート農業モデルを実現 <農業におけるSociety5.0を実現>



SIP 戰略的イノベーション創造プログラム
Strategic Innovation Creation Program

重点目標② 新素材開発等による農林水産物の高付加価値化

国産の持つおいしさや機能性等の強みを活かした食品や、未利用資源から新素材等を産出するなど、高付加価値戦略を推進



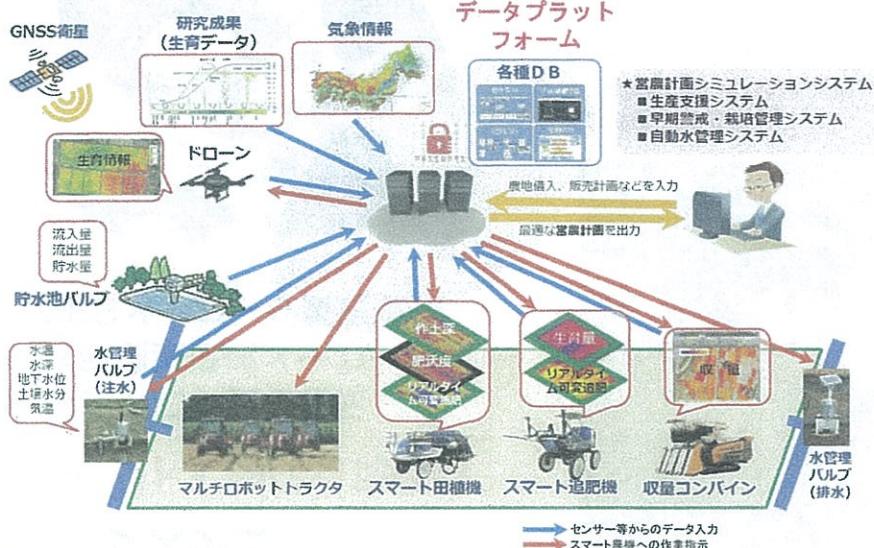
SIP 戰略的イノベーション創造プログラム
Strategic Innovation Creation Program

4つの重点課題のアウトプット目標

重点課題	アウトプット	
	主な要素技術	製品
スマート農業	<ul style="list-style-type: none"> 人工衛星や各種センシングからの情報を解析・利用して、各種農作業を自動化・知能化 自動水管理で労力50%減 精密施肥で施肥量30%減 気象災害の5%削減 	多面場管理システムとIT農機群で生産コスト50%削減
施設園芸	<ul style="list-style-type: none"> オミクス解析成果から生産性を50%向上させる栽培プログラムを開発 特定波長光などの防除技術により農薬使用量を30~50%減 	左記プログラムを実装したシステムの開発
機能性	<ul style="list-style-type: none"> γオリザノールなどの科学的エビデンスの取得 	15個以上の製品を商品化
リグニン	<ul style="list-style-type: none"> 改質リグニンの収率改善 改質リグニンの機能性を活かした製品の開発 	改質リグニン製造プラント、各種製品

18

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Strategic Innovation Creation Program



17

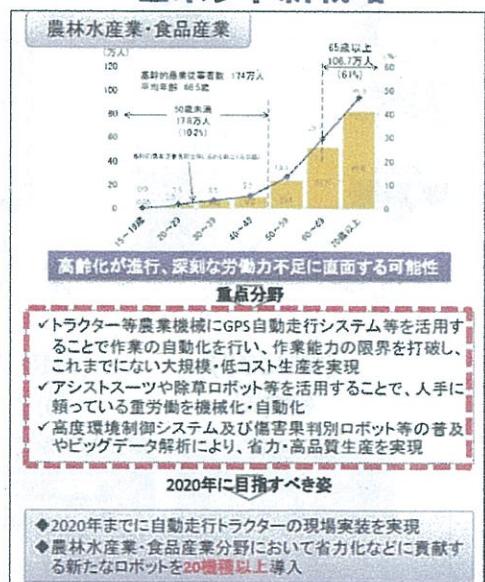
SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Strategic Innovation Creation Program

トピック

- 北海道大学ピークリボティクス研究室
- 日本農業の現状と課題
- 内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」
- ロボット普及に向けたロードマップ
- スマート農業普及に向けた自治体の役割

19 / 60

ロボット革命実現会議(2015年1月23日) ～ロボット新戦略～

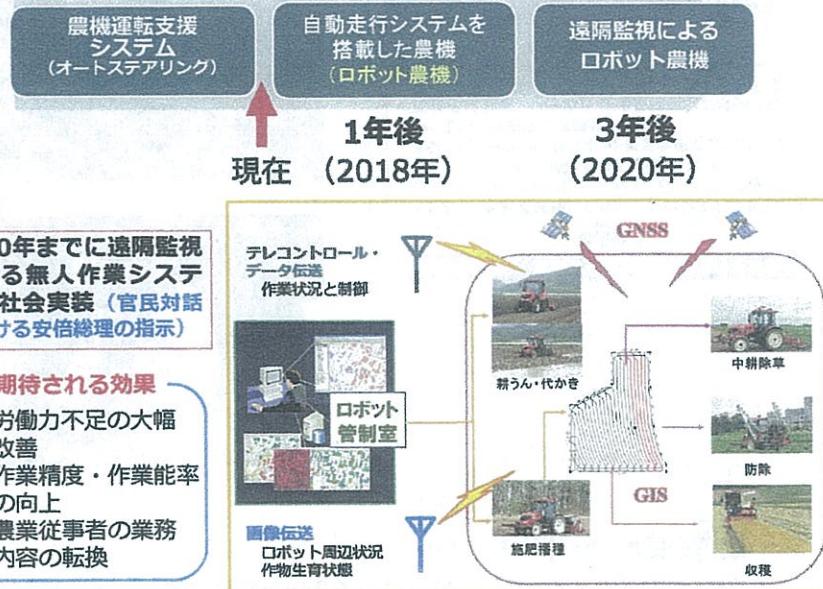


19

17 / 60

スマート農業による「Society5.0」の実現

農作業のロボット化



重点的に取り組むべき分野の候補

「ロボット革命実現会議」提出資料

- ◇ 労働力の確保を図るとともに飛躍的な生産性の向上を図るため、農林水産業・食品産業においてロボット開発・導入を加速化すべき分野を整理。
- ◇ これらの分野の課題を解決する革新的技術の開発・普及に向けた取組を重点的に推進。

1 GPS自動走行システム等を活用した作業の自動化

- トランクー等農業機械の夜間・複数台同時走行・自動走行・集材作業を行なうオーバードの自動走行等により、**作業能力の限界を打破し**、これまでにない大規模・低成本生産を実現



2 人手に頼っている重労働の機械化・自動化

- 収穫物の積み下ろしなどの重労働をアシストスツールで**軽労化する**ほか、除草ロボット、畜舎洗浄ロボット、養殖網・船底洗浄ロボット、弁当盛付ロボット等によりきつい作業、危険な作業、繰り返し作業から解放する。



3 ロボットと高度なセンシング技術の連動による省力・高品質生産

- センシング技術や過去のデータに基づく決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。



21

オートステアリングシステム

《ポイント》 労働負荷低減

- 作業中に手放し運転
- 大手農業機械メーカーとGPSメーカーが製造販売



- RTK-GPS使用。
- 補強信号の受信が必要。
- 歐米で広く普及。米国では約40%の農家が使用している。

23 / 60

24 / 60

オートステアリングシステム



モーター
後付け
オートステアリング

耕うん作業



田植え作業



1人乗車でも直進中に苗補給が可能

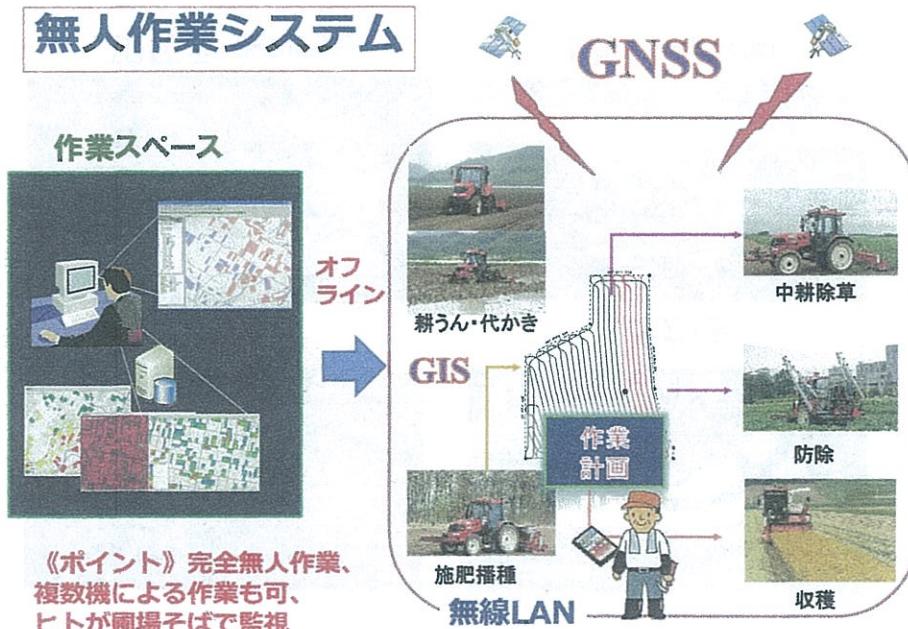
有人一無人協調 作業システム

《ポイント》
ヒトの監視による安全性確保



農林水産省 委託プロジェクト研究『低コスト・省力化、軽労化技術等の開発』の成果

無人作業システム



協調作業システムへの期待



日本テレビ「news every.」(2014年10月7日)

ロボットトラクタの作業計画マップ



ロボット農機の作業風景（稲作）

29 / 60



耕耘



代かき



田植え（農研機構）



収穫（京都大学）

ロボット農機の作業風景（畑作）

30 / 60



施肥・播種



除草



農薬散布



収穫

ロボットトラクタの作業軌跡

31 / 60



Google earth

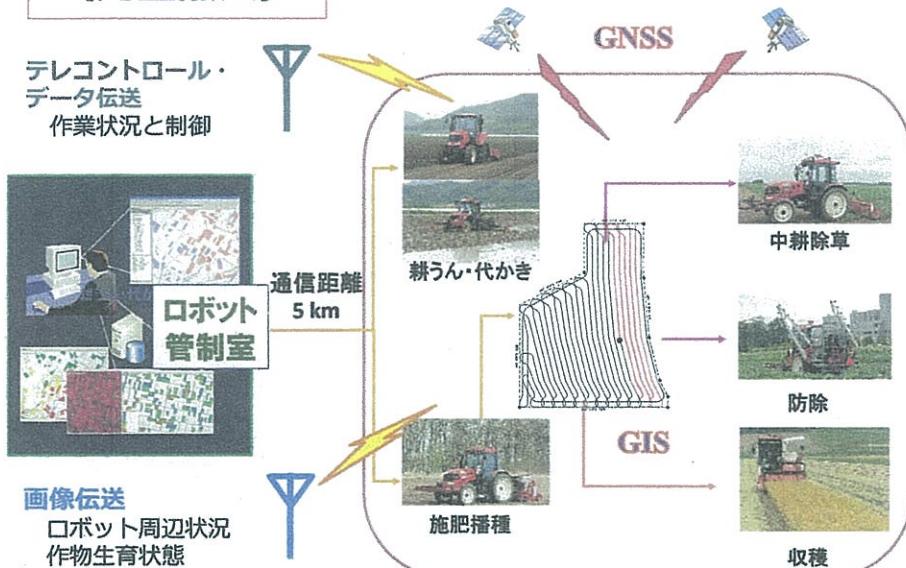
レーザーセンサによる 障害物の検出と衝突回避

32 / 60



ロボット農業 (完全無人)

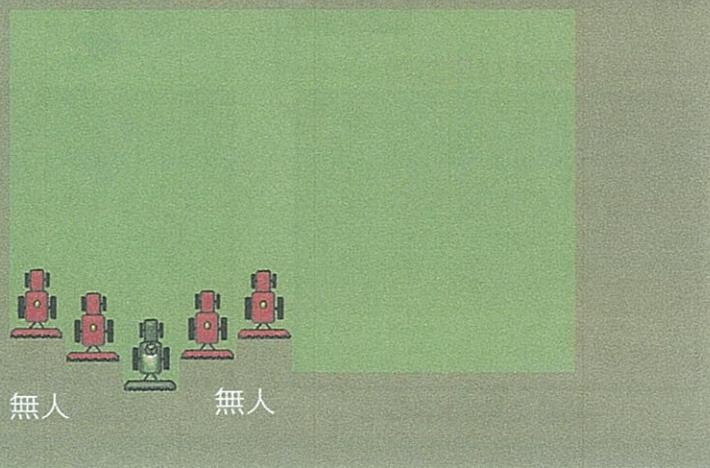
《ポイント》無線通信による遠隔監視
ロボットによる作業能率が格段に向上



ロボット農機の完全無人作業 農道移動～農作業



マルチロボットによる 協調作業システム

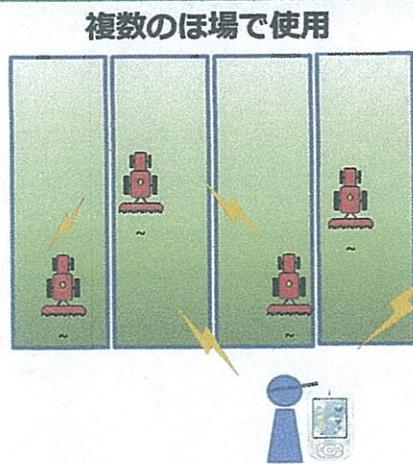


ロボットトラクタ2台とオペレータ1名 による協調作業システム



オペレータは作業監視役
(高齢者・女性・未経験者でも安全に高精度作業が可能)

マルチロボットシステム



複数のほ場で使用

1つのほ場で使用

世界初

期待される効果

大規模経営

規模拡大に対してトラクタなど機械の大型化によらず、今使っている機械台数を増やす。

集落営農

各農家所有の小型ロボットトラクタを貸し借りして柔軟な作業体系を組む。

- 小型軽量 ⇒ ● 高い安全性
- 良好な土壌環境

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

無人トラクター、3台同時に作業 本別で実演会 北大など主催



無人の自動走行式トラクター3台によるスマート農業技術の実演会

【本別】農業現場でロボットやIT技術を活用する「スマート農業技術」の実演会が12日、十勝管内本別町の道立農業大学校の農場で行われ、衛星利用測位システム（GPS）を活用した無人トラクター3台による農作業が公開された。主催した北大によると、人が乗っていないトラクター3台が同時に農作業する協調システムは世界初という。

実演会は北大のほか、道やホクレン、十勝農協連が主催し、農業関係者ら約500人が参加した。無人トラクターは、北大大学院農学研究院と農機大手のヤンマー（大阪市）が、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラムを活用して共同開発した。畑の大きさや作業内容、経路、速度をタブレット端末などで入力すれば、人が乗って操作しなくとも

自動で作業する。GPSの位置情報を車体のアンテナでとらえながら誤差5センチ以内で自律走行できる。3台で作業する場合、トラクター同士の相互通信で衝突回避を図っている。

同大学院の野口伸（のぶる）教授（54）によると、同じ規模の農作業を1台と3台で比べた場合、3台では作業効率が2・6倍になるという。「生産コスト削減や担い手不足の解消にもつながる」と期待する。2020年をめどに実用化を目指している。

実演会には高橋はるみ知事も出席。無人トラクターに試乗した後、「世界最先端の技術で道内農業をレベルアップさせたい」と述べた。

北海道新聞(2016.7.13)

マルチロボットの作業風景



特長：N台の協調作業ができる。

複数のほ場で使用

1つのほ場で使用

小区画ほ場から大区画ほ場まで使える
マルチロボット

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム
Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

GPSのナビゲーションセンサとしての課題

高精度GPSはいつでもどこでも
使用できない

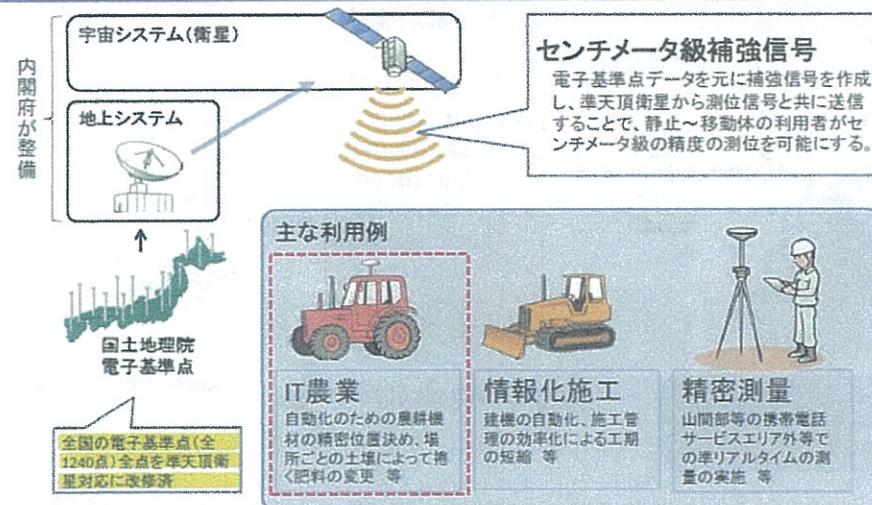
日本版GPS
準天頂衛星システム

GPSの補完機能と補強機能を有する準天頂衛星システムに対する期待は大きい



準天頂衛星システムの利用

センチメート級補強(民生利用の例)



(西本淳哉：我が国宇宙政策の現状と課題、宇宙政策セミナー第4回（東京），2013年10月10日)

準天頂衛星システムを利用したロボットコンバインによる収穫作業



NHK world (2013年10月23日)

準天頂衛星による国際貢献

- アジア・オセアニア地域の主幹産業は農業。
- 農作業の自動化のみならずG空間情報に基づく精密農業技術導入の要望は大きい。
- 高精度測位に地上インフラを必要としない準天頂衛星システムに対して各国の期待は大きい。



【各国における準天頂衛星システムがもたらす経済拡大効果(2020年予測)】

	韓国	台湾	インドネシア	シンガポール	タイ	フィリピン	マレーシア	ベトナム	ミャンマー	オーストラリア	ニュージーランド	合計
①地図・高精度測位	6	2	9	1	2	2	2	1	0	6	1	33
②IT農業	451	95	1,707	2	446	491	416	466	425	421	114	5,032
③IT施工・土木/礦山	342	133	64	62	71	27	53	23	30	509	79	1,404
④海洋利用・船舶	15	3	26	14	4	10	7	8	1	3	20	112
⑤安心・安全/犯罪防止	153	68	183	8	52	19	133	17	9	129	29	801
⑥自動車・高密度都市	761	329	389	36	135	38	288	35	13	614	132	2,769
⑦位置情報サービス	138	59	69	40	50	20	26	9	2	150	15	579
⑧携帯端末市場	1,283	796	4,529	212	2,404	2,223	1,168	1,487	16	713	150	14,980
合計	3,150	1,485	6,975	375	3,164	2,830	2,104	2,046	496	2,545	539	25,710

(平成24年3月13日 経済産業省準天頂衛星を利用した新産業創出研究会)

準天頂衛星によるロボット走行 @オーストラリア

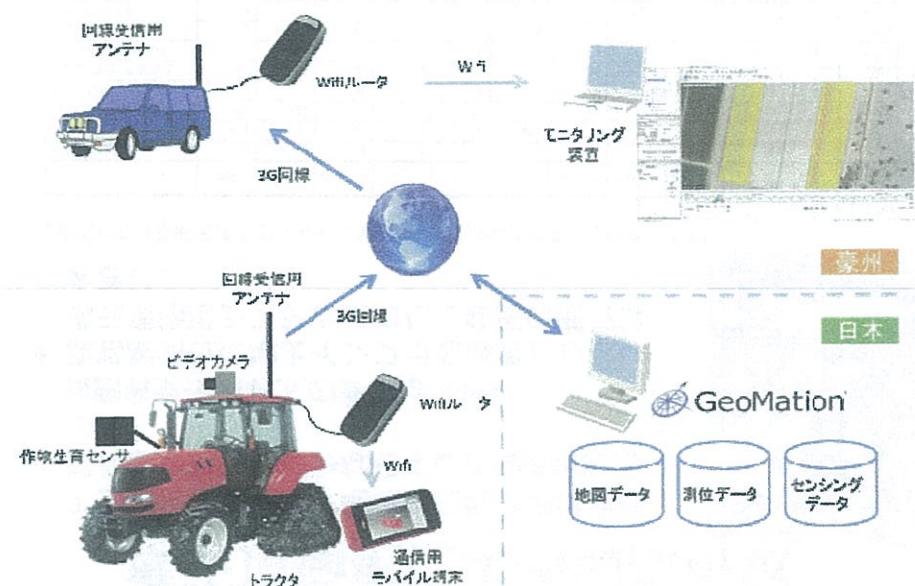
- オーストラリアは
- 電子基準点が沿岸部のみで数が少ない
 - 準天頂衛星の信号が受信可能である。

- 準天頂衛星の信号が受信可能である。
- 特に技術のあるトラクタオペレータが少ない。
- ネットワーク型RTK-GPSによるオートガイダンスはニーズが高い。

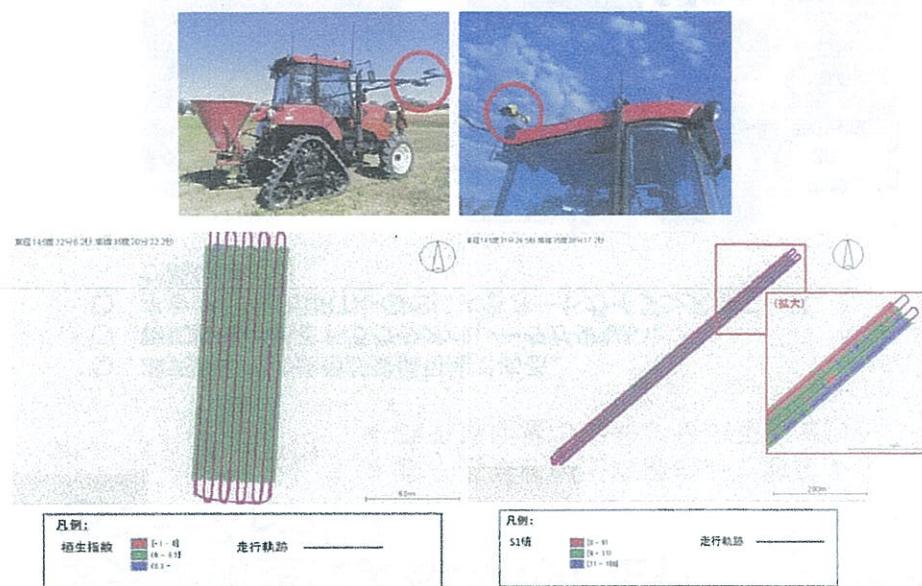
Experiment Field



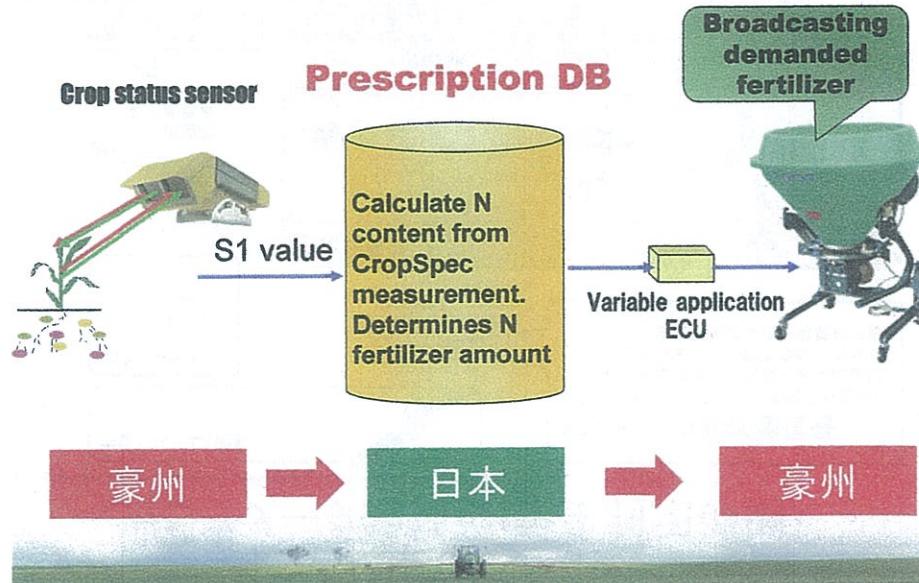
ネットワークロボットトラクタ



ロボットによる生育情報モニタリング



Variable Rate Control



ロボット農機の中山間地域への普及を目指して

- 2018年度に4機体制となる準天頂衛星システム(QZSS)に対応した低価格な受信機
目標価格：現在の1/5程度、数十万円
SIP「次世代農林水産業創造技術」で開発中
- 中山間地で使用される小型トラクタの装備シンプル化による低価格ロボットトラクタ



ロボットトラクタ
人がトラクタを畠まで運搬する
上で必要最小限の機能

現在のトラクタ

エアコン・オーディオ・低振動座席・
低騒音キャビンなどを装備した優れた居住性



岩見沢市のICT農業普及に向けた事業展開



農林水産業におけるロボット技術導入実証事業 (H27-農水省)

岩見沢地区ロボット技術実証コンソーシアム

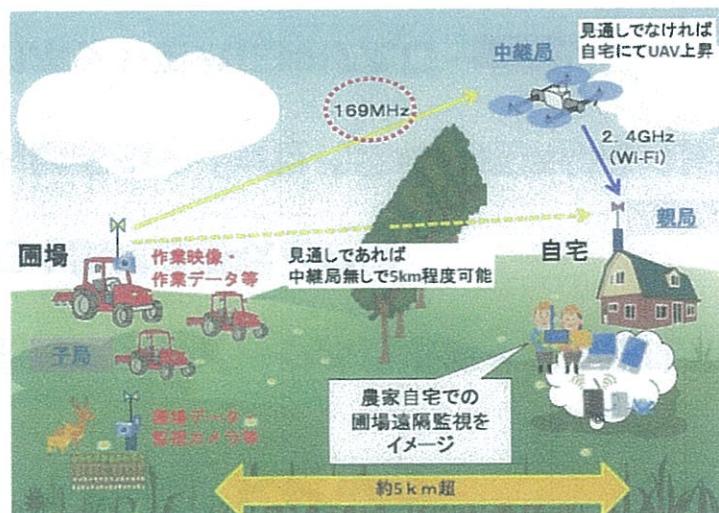
- 岩見沢市と連携して地域農業の発展のために推進
- ロボットの最適な利用体系を農家とともに創出

130名の農家集団「いわみざわ地域IT農業利活用研究会」
参加のもと大規模実証試験を実施



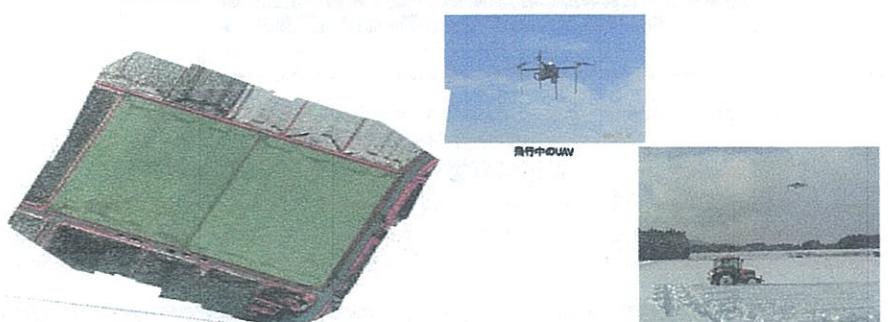
代かき作業		夜間作業			
プロ農家	ロボット作業	プロ農家	ロボット作業		
走行誤差 [cm]	15.4	3.5	走行誤差 [cm]	11.5	2.9

総務省北海道総合通信局 平成27年10月27日 岩見沢市 公開実証試験



平成26年度 総務省/G空間シティ構築事業 岩見沢市

ネットワークロボット (UAV、ロボットトラクタ) とのビッグデータ連携により、基幹産業である農業の振興のみならず、災害時等における市民の安心安全の確保に資する。



トピック

- 北海道大学ビークルロボティクス研究室
- 日本農業の現状と課題
- 内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」
- ロボット普及に向けたロードマップ
- スマート農業普及に向けた自治体の役割

岩見沢市の地域戦略

地域の農業生産基盤・技術等の整備・普及、生産効率性の向上

- ICT農業普及促進事業：営農者のオートパイロット等への導入支援
- 革新的技術開発・緊急展開事業（農水省指定）

スマートロボットによる低成本精密農業
高精度生育予測に基づく農作業意思決定支援機能の構築 等



地域農業及び農業関連産業の活性化による雇用増加等の経済効果

- 地域産業等協働促進事業：農を中心としたバリューチェーン促進
- ICT活用型総合戦略推進事業（地方創生加速化交付金事業）
ICT特性を活かし産学官連携による地域課題解決・企業誘致・雇用創出の運動

農業所得の向上、及び農産物の品目別生産量の増大

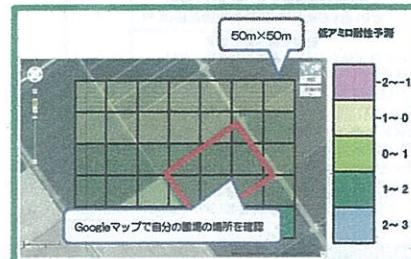
- 地産地消等向上対策事業：国内外における販売促進など知名度向上等



健康経営都市戦略との連動へ

岩見沢市の取り組み(1) 農業気象システム

市内13か所に設置の「気象観測装置」にて取得する各種データ（ビッグデータ）等を基に解析する各種予測値を50mメッシュ単位で情報提供

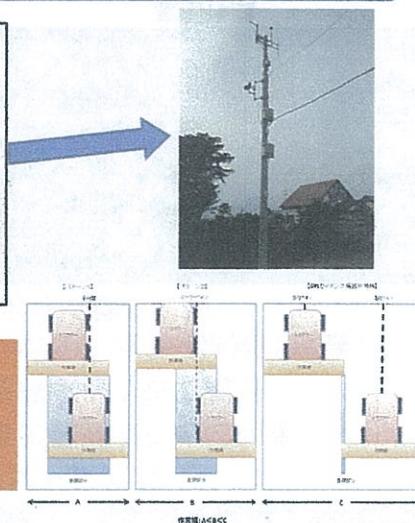
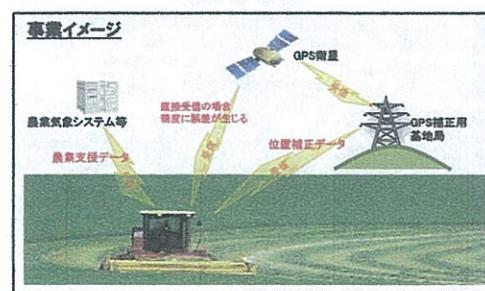


- 提供するサービス
- ・小麦の霜害（低アミロ耐性）予測
 - ・小麦の出穂期、成熟期予測
 - ・小麦の収量予測
 - ・水稻の黒いもじ病発生予測
 - ・水稻のカメムシ成虫最盛期予測
 - ・水稻の幼穗形成期、出穂期、成熟期予測
 - ・水稻の収量予測
 - ・玉ねぎの霜害予測
 - ・玉ねぎの軟腐病予測
 - ・乾田直播用地表面温度、土壌水分量

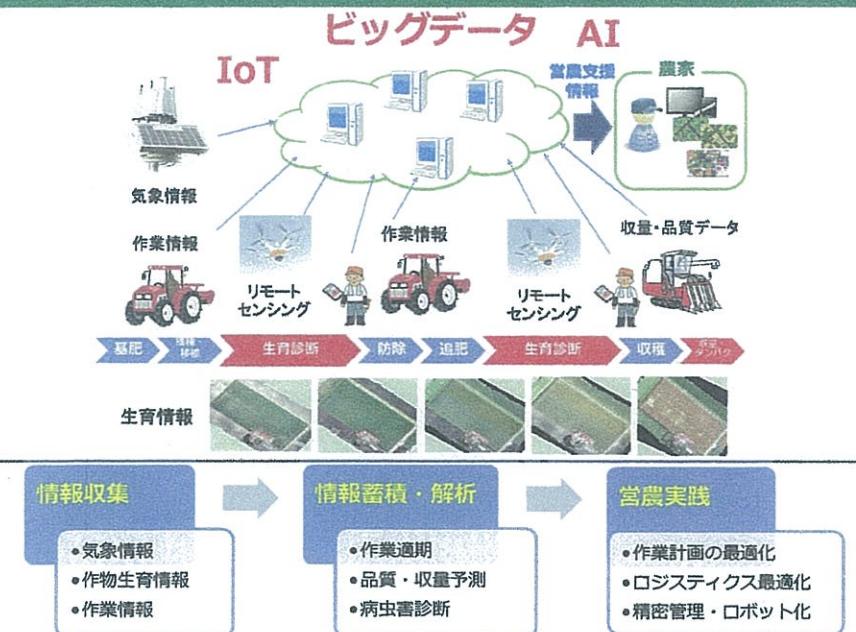
岩見沢市の取り組み(2) RTK-GPS

市内3か所に「RTK-GPS基地局」を設置

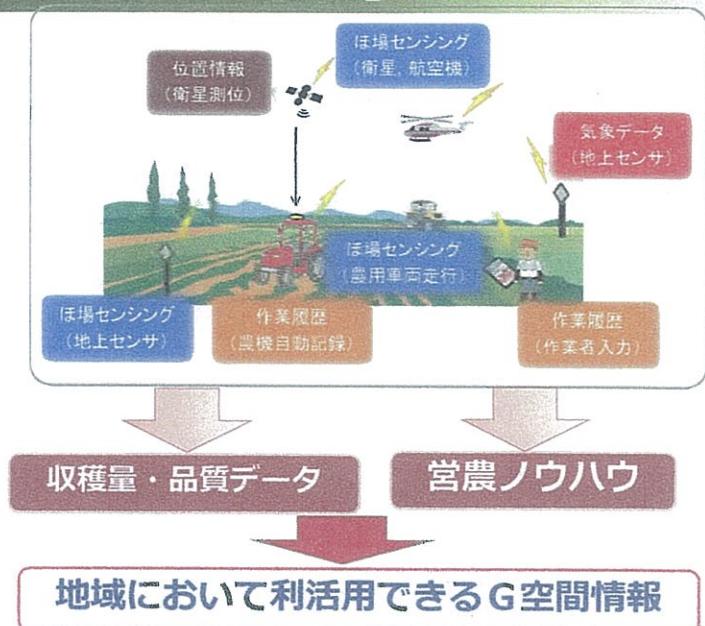
→ 営農者が求める誤差3～5cm程度の高精度測位情報環境を提供



スマート農業モデル（農水省 革新的技術開発・緊急展開事業）



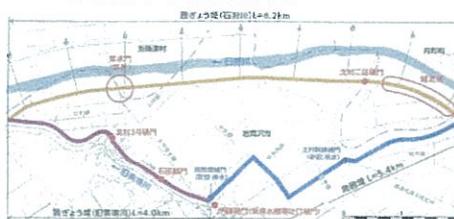
次世代農業は「地域」で育てる



北村遊水地(内閣府SIP「次世代農林水産業創造技術」)



- 950haの遊水地（閉鎖空間）を利用した圃場間移動を含む自動走行試験について、北海道開発局、自治体、生産者の協力体制を構築済
- 北海道庁ではサンドボックス型国家戦略特区を申請検討中
- SIP自動走行と連携しトラクター等の自動走行に必要な3Dマップを作成し、実証を予定



ICT・ロボット農業推進に重要な施策

拠点形成

ICT・ロボット農業実践モデル地域を全国に複数設置

規制・制度

ロボットに適した作業環境の整備
○道路交通法の緩和
○ロボット農業向け基盤整備

栽培技術などノウハウの知的財産化のルール整備

農地デジタル地図の整備・公開

農村地域における電波利用法の確立

スマート農業技術の国際標準化

基盤技術

農業ICT専門家育成
農村地域の農業ICTリテラシー育成

人材育成

