

先端農業技術・機械導入推進セミナー
2020年2月6日

土地利用型農業における GNSSの利用の現状と展望

農研機構東北農業研究センター
長坂 善禎

自己紹介とこれまでの研究

氏名：長坂善禎（ながさか よしただ）

1968年 愛知県生まれ

1994年農林水産省東北農業試験場
研究員

この間 農業研究センター、
農林水産省農林水産技術会議事務局
農研機構中央農業研究センター
など経由して

2016年 農研機構
東北農業研究センター生産基盤研究領
作業技術グループ長

永らく農作業の自動化、省力化の研究
に従事。



↑ 2007年頃



↑ 2014年頃

本日の講演内容



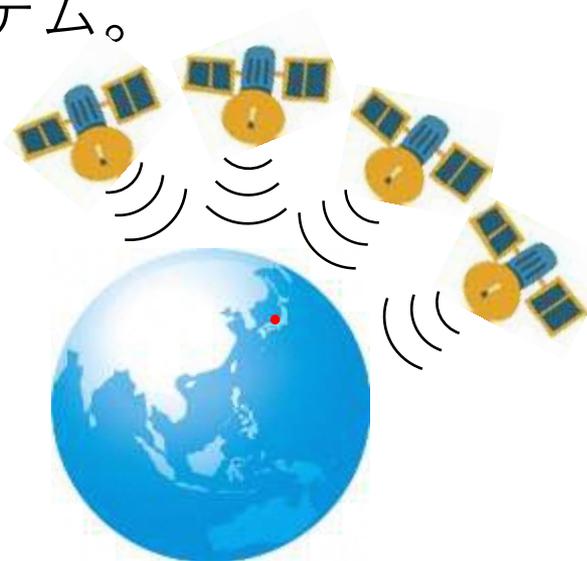
- GNSSとは
- GNSSを利用することで何ができるのか
- GNSS利用含めロボット技術やICTが推進される理由
- 測位の種類と精度
- 研究や導入の事例
- 現段階での問題点
- まとめ

GNSSとは

GNSS : Global Navigation Satellite System 全地球衛星測位システム

GPS、GLONASS、Galileo等の衛星測位システムの総称

GPS (Global Positioning System) は、アメリカ合衆国によって、航空機・船舶等の航法支援用として開発されたシステム。



人工衛星との距離 =
電波伝播時間 × 電波の速度
により、三角測量の原理で地上
の位置が計測される

測位衛星の種類

- GPS (米国)
 - GLONASS (ロシア)
 - GALILEO (EU)
 - Beidu (中国)
 - QZSS (日本) 「みちびき」
 - IRNSS (インド)
- GNSS
- RNSS

GNSS : Global Navigation Satellite System
全地球衛星測位システム

RNSS : Regional Navigation Satellite System
地域衛星測位システム

GNSSを利用することで何ができるのか



地上に目印がなくても正確な位置がわかる
農業機械の作業軌跡の記録
ほ場の管理
作業経路の表示（ナビゲータ）
均平（高さ方向の情報を利用）
場所ごとの施肥量の制御（施肥機との連動）
自動操舵→自動作業（ロボット農業機械）

スリップに関係なく正確な速度がわかる
速度センサとしての利用（播種や施肥などと連動）

- 屋外での位置計測を、範囲を限定しないで行うことができる
- ほ場の周辺に機器を設置する必要がない
- 計測精度が天候に左右されない

作業によって必要な精度が異なる

- 肥料、農薬散布 (0.5m~1m程度)



- 耕うん、代かき (15cm~30cm程度)



- 播種、移植 (2~5cm程度)



1 超省力・大規模生産を実現

2 作物の能力を最大限に発揮



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



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

4 誰もが取り組みやすい農業を実現

5 消費者・実需者に安心と信頼を提供



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



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
農業に続々とトライ



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

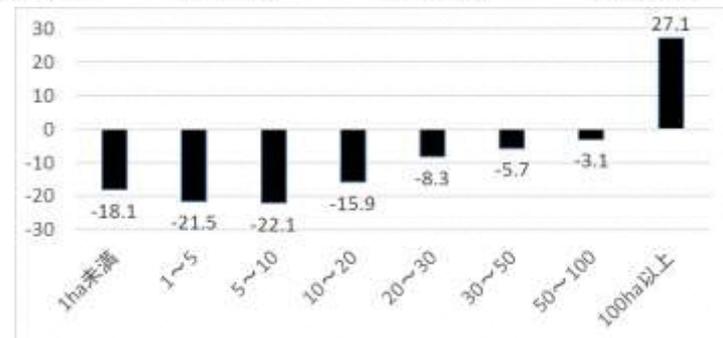
ロボット・ICT注目の理由 1

• 農業就業人口の減少



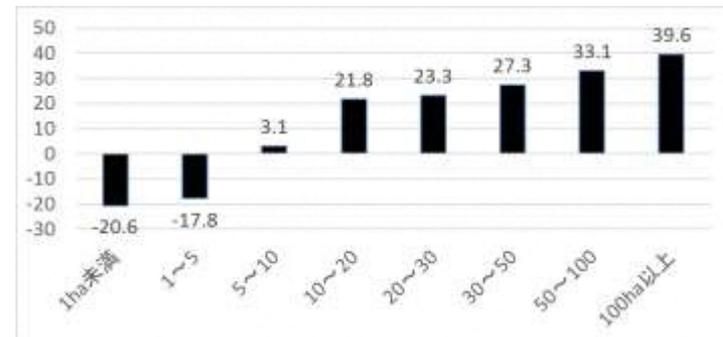
• 経営規模の大型化

北海道



H22→H27の
5年間の変化

都府県

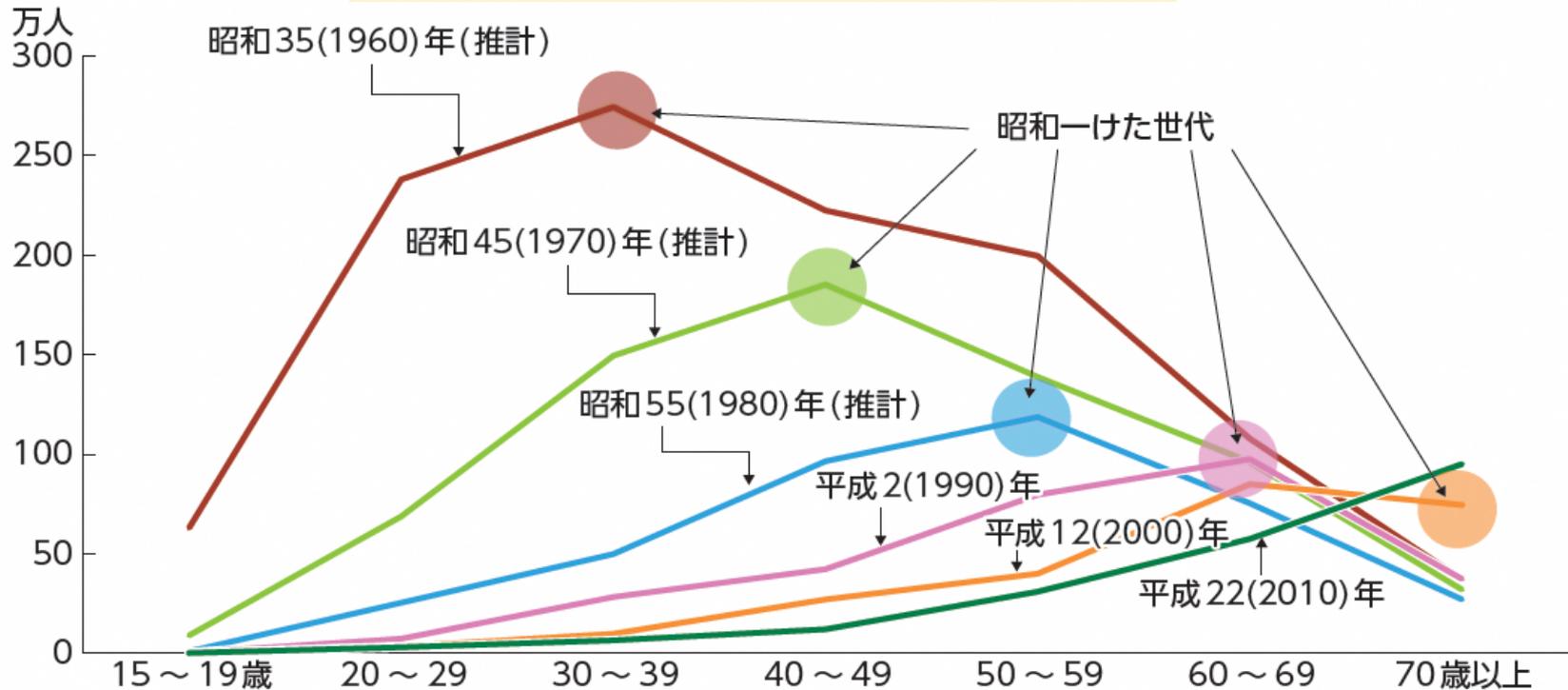


ロボット・ICT注目の理由2

現在は前の世代（技術や知識を持つ世代）がすごい勢いで業界を去っている時期

短期間でひとりあたりの生産性を何倍にも上げ、それを維持する必要がある

年齢階層別基幹的農業従事者数の推移



資料：農林水産省「農業経営構造の変化」

注：1) 農林水産省「農林業センサス」、総務省「国勢調査」により作成。

2) 昭和35(1960)年は農業就業者数(国勢調査)の年齢構成から推計。また、昭和55(1980)以前は、平成2(1990)年の総農家と販売農家の比率(年齢階層別)から推計。

3) 15~19歳については、平成2(1990)年までは16歳以上、平成12(2000)年以降は15歳以上。

単独測位（数メートル）

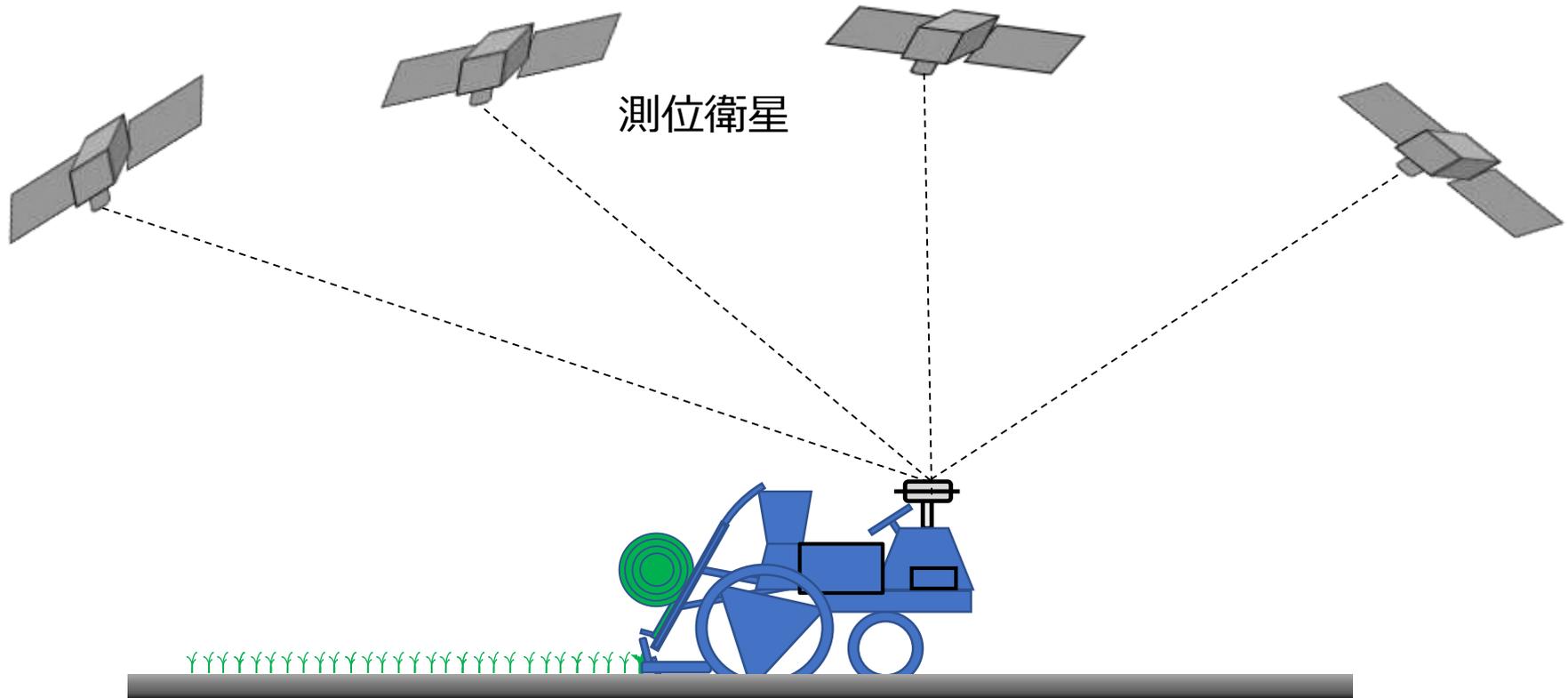
ディファレンシャル測位（1メートル程度）

RTK測位（2センチメートル程度）

準天頂衛星からの補正信号による測位

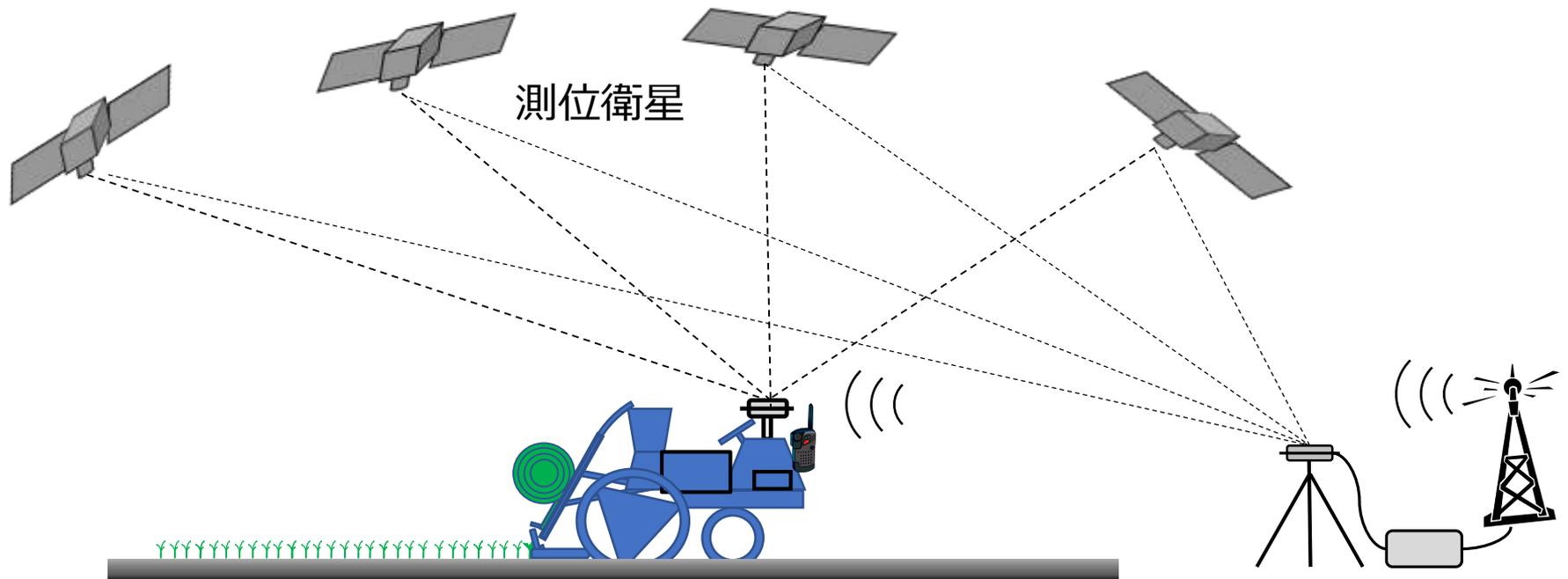
単独測位（精度数メートル）

衛星からの距離、衛星の軌道情報、受信機の時計の誤差を計算して測位



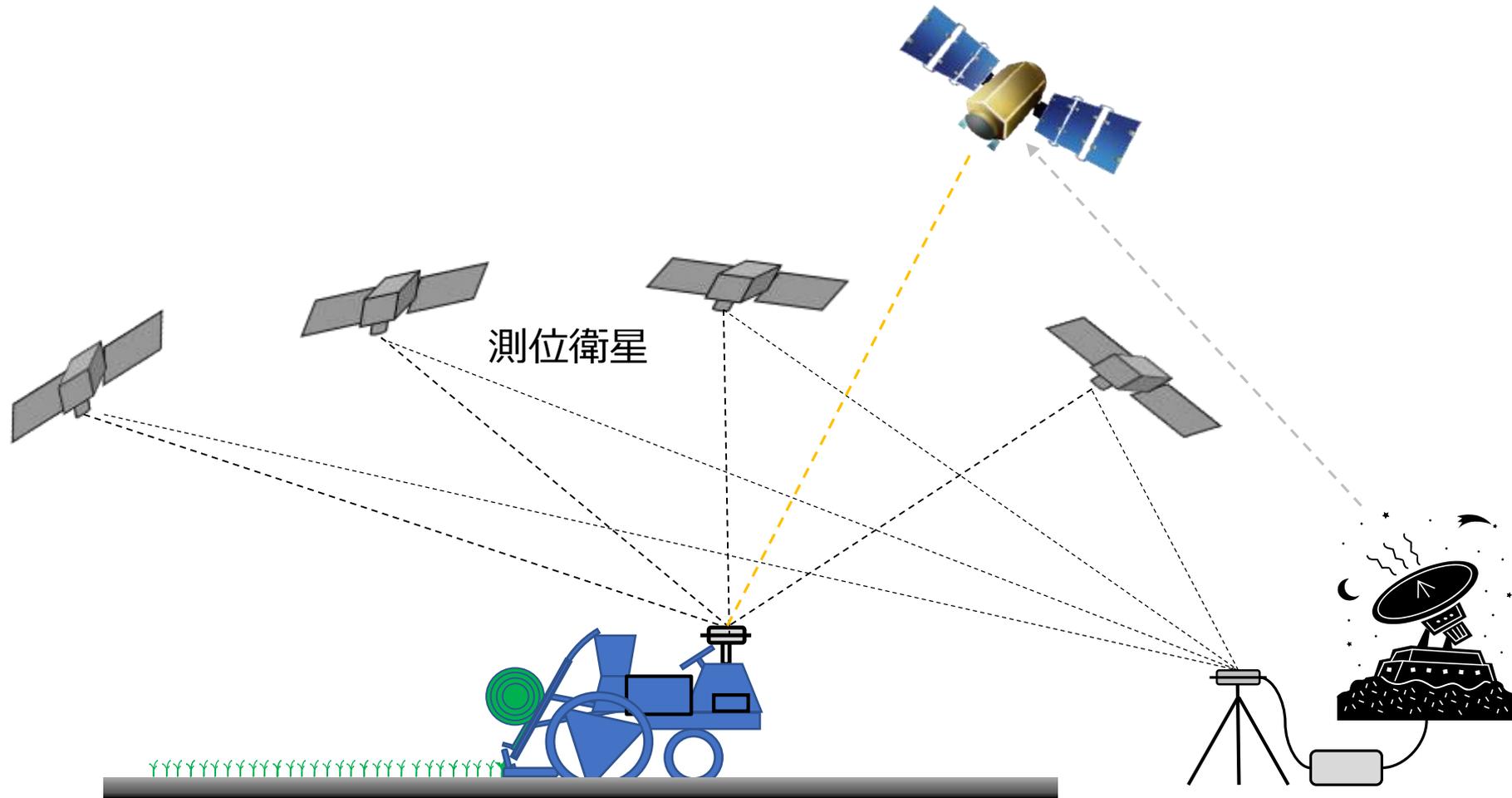
ディファレンシャル測位（精度 1 メートル）程度

位置のわかっている基地局でも電波を受信し、補正情報を移動局側に送信



ディファレンシャル測位 (MSAS)

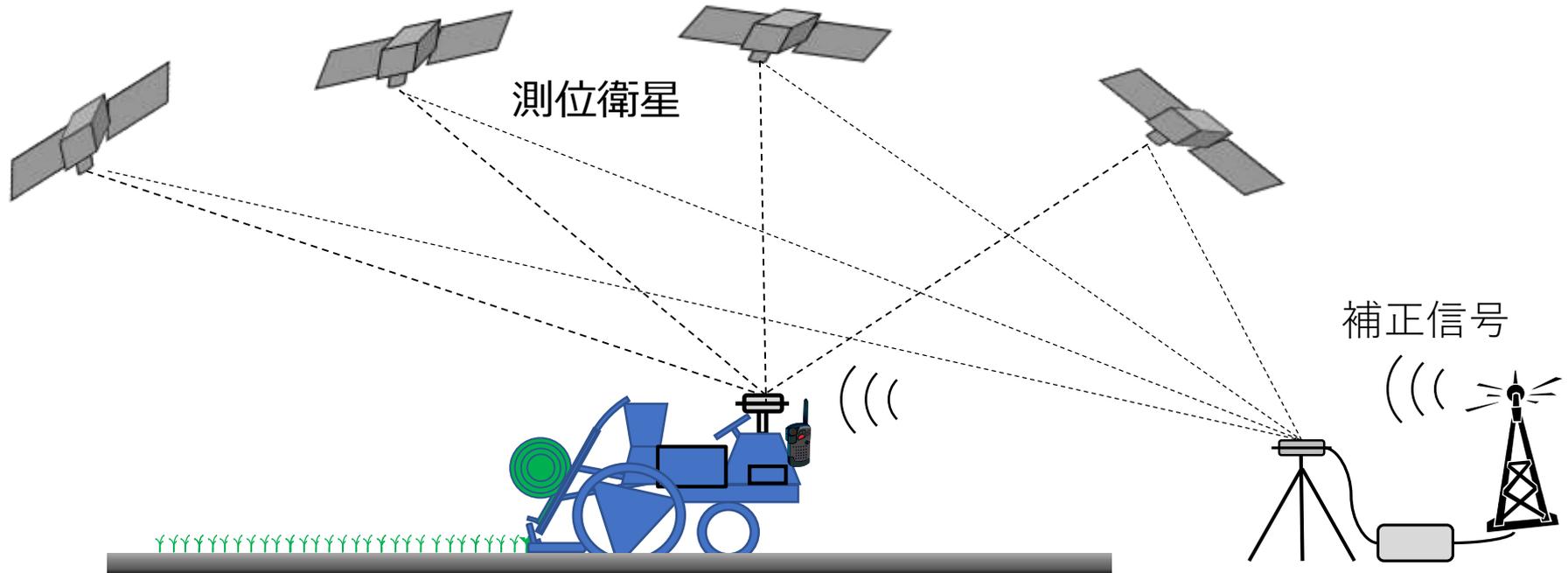
補正情報をMTSAT (運輸多目的衛星) から配信



自動直進の田植機などはこの方式が多い

RTK測位（精度 2 センチメートル）

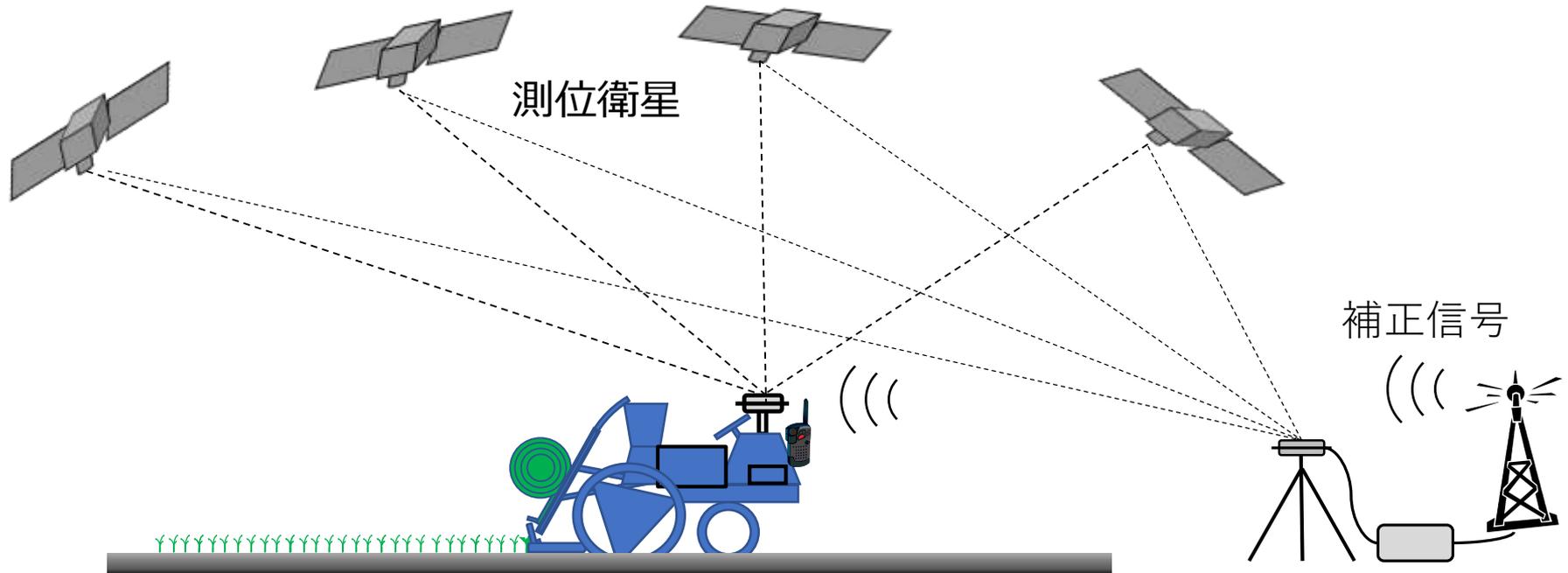
受信機から衛星までの距離を、搬送波の波数と位相差から求める。



高精度が必要な場合はこの方式。基準局と移動局、無線機の相性など問題あり。

RTK測位（精度 2 センチメートル）

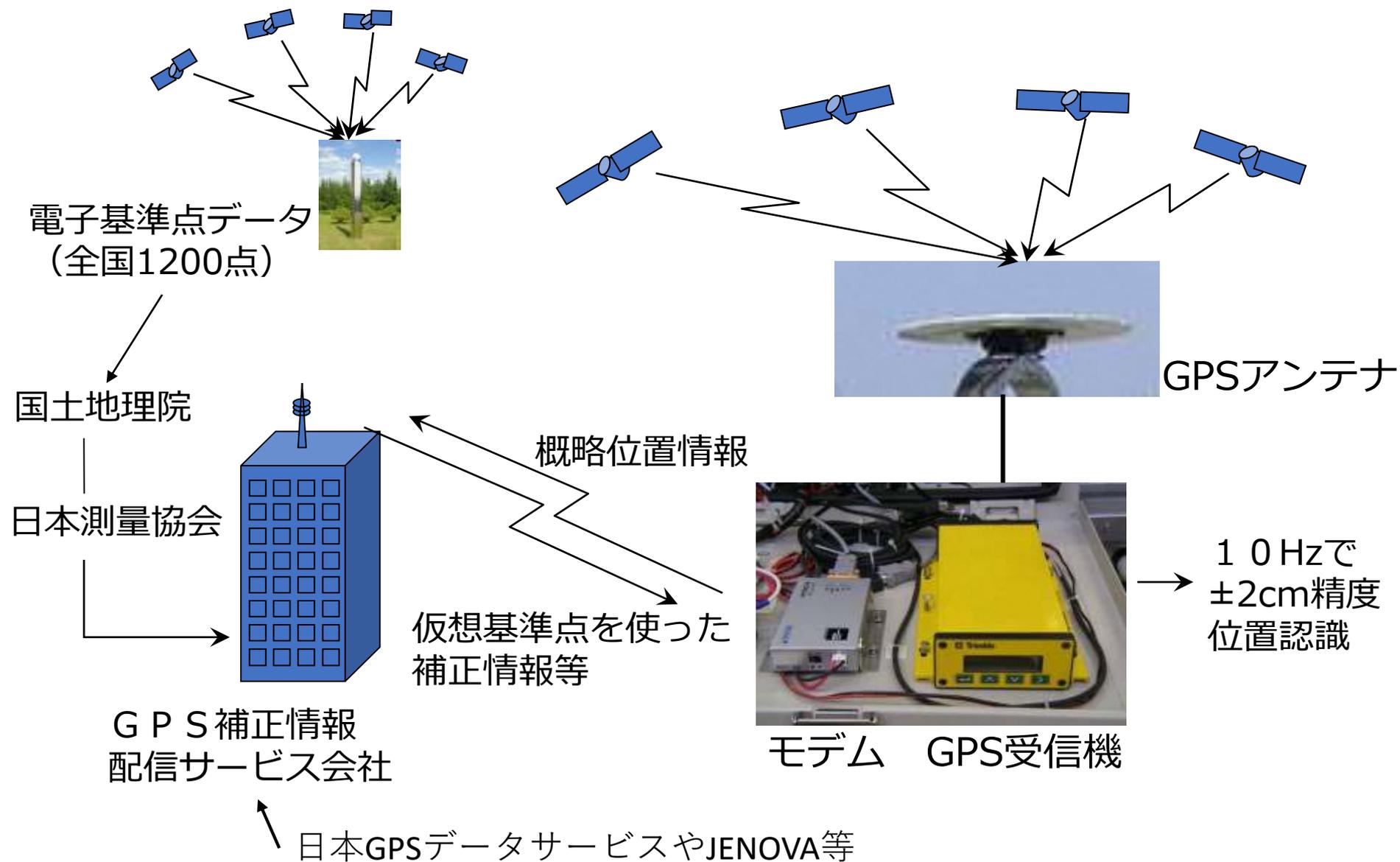
受信機から衛星までの距離を、搬送波の波数と位相差から求める。



高精度が必要な場合はこの方式。基準局と移動局、無線機の相性など問題あり。

VRS方式のRTK-GPS

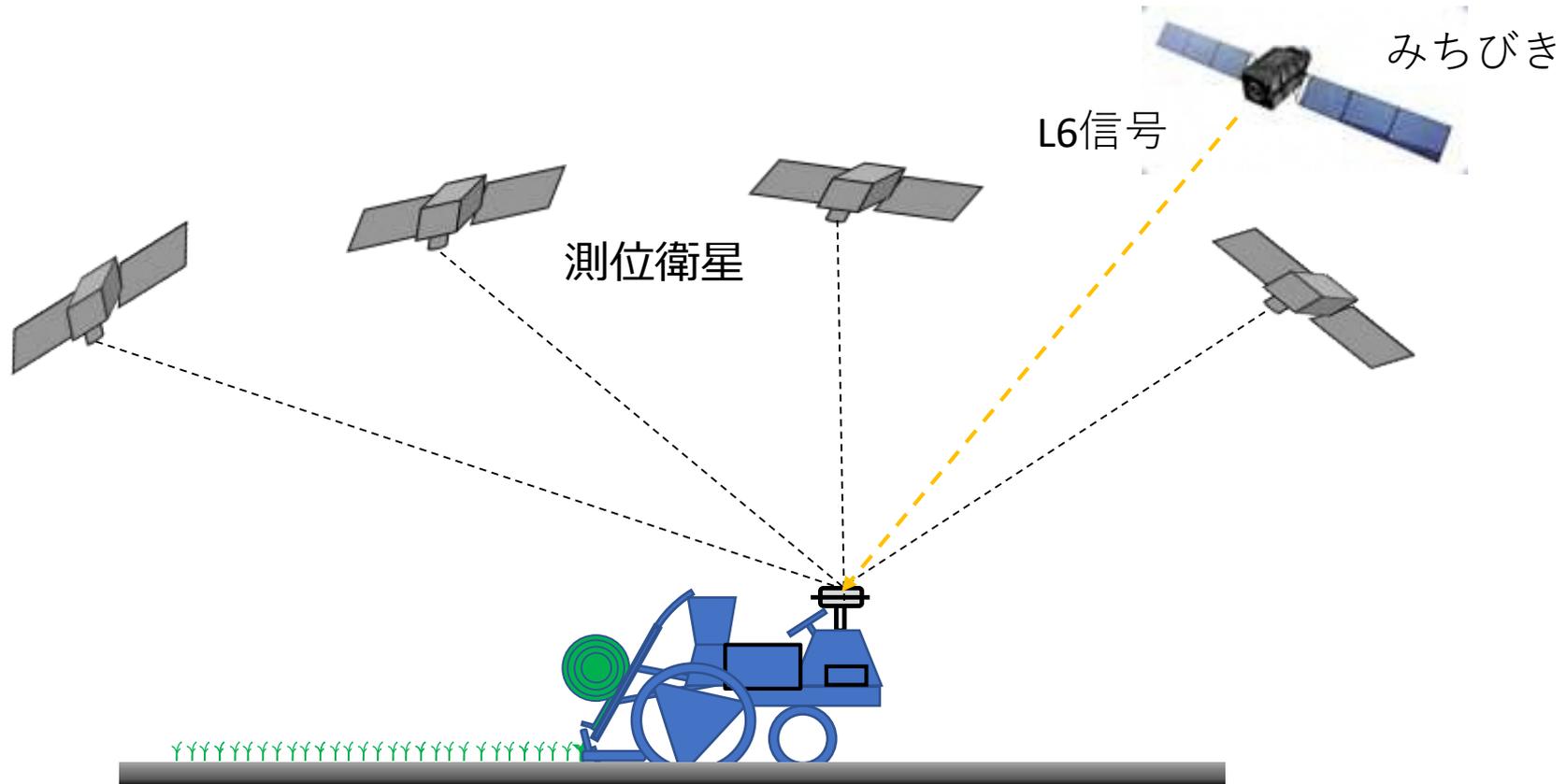
VRS : 仮想基準点Virtual Reference Station



準天頂衛星からの補正信号による測位 1

Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis (MADOCA)
方式

衛星からの距離、衛星の軌道情報、受信機の時計の誤差を計算して測位
←精密な衛星の軌道とクロック情報をみちびきから送信



ガイダンス

自動操舵装置

ロボット

ドローン

- イメージは後付けのカーナビ。
- メーカー販売のものはそれなりの価格。
- 受信機、タブレット、ブルートゥースインターフェースがあればフリーソフト（Agribus-Navi）で比較的安価に構成できる。
- 精度はGNSS受信機の性能による。
- 画面を参考にしながら運転するもののため、扱いは比較的容易。

- 出芽前にラウンドアップ等を散布する際、作物列などの目印となるものがない
- ガイダンスを使わない場合、ポールなど目印を立てるか、目視のみで実施する必要がある



岩沼市5.8ha区画での除草剤散布(プラウ耕乾田直播)

22 正確な散布のために

目印をほ場端に立てる



赤白ポール＋肥料袋



赤白ポール

目印設置のための人員と時間を割ける？

ガイダンスの利用



作業幅15mのスプレーヤ
どこまで散布したかを把握するのは困難

- 非熟練者も熟練者の精度に近づけることができる



さまざまな使い方

- 投げ込み剤（パック剤）の投入に使用
- 運転手はガイダンスに従って走行し、補助者が一定間隔で投げ込み
- 茎葉処理剤散布にも使用



市販品の組み合わせによるガイダンス装置の構成

GNSS受信機

デュアルレシタル : Ublox 7P



一周波RTK : Skytraq S2525F-BD-RTK



タブレットコンピュータ
+
ガイダンスソフト

ASUS Zenpad
農業情報設計社 Agribus-Navi



GNSSガイダンス装置について



- 各社から発売されているシステムはそれなりの価格。
- スマートフォンやタブレットを利用するソフトウェアが出ており、手軽に手に入る。
- 現状はDGNSSで使用することが前提のものが多い。
- 水田農家からは代かきで使いたいという要望が多い。DGNSSのシステムではオペレータから不満も。
- 自動操舵へのアップグレードが可能な機種もある。

ガイダンス利用時の精度

横方向の 偏差	初心者				熟練者			
	NON	POLE	2D	SFRTK	NON	POLE	2D	SFRTK
最大値	3.07	0.18	1.36	1.21	0.92	0.29	1.23	0.58
最小値	-4.12	-0.59	-2.14	-1.01	-0.36	-0.28	-1.06	-0.71
差	7.19	0.77	3.50	2.22	1.28	0.57	2.29	1.29
平均値	-0.45	-0.11	-0.34	0.06	0.16	-0.05	-0.03	0.03
RMS	2.22	0.13	0.47	0.27	0.30	0.13	0.41	0.26

NON:目視 (目標なし)

POLE : 目標あり

2D : DGNSS受信機利用

SFRTK : 一周波RTK受信機利用

ガイダンスの試験結果の概要

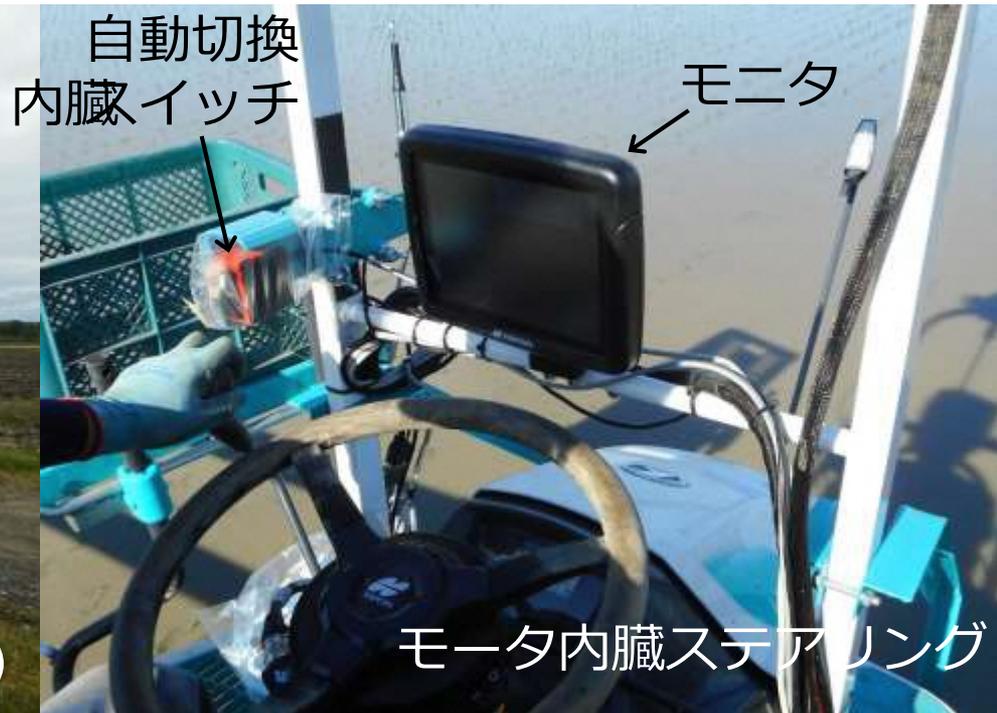


- ガイダンス装置の利用により、初心者は劇的に作業精度が高まる。
- DGNSS利用、RTK利用とも初心者とベテランの作業精度の差は目印なしの場合と比較して小さくなる
- ただし、画像を見ながらの操舵ではベテランであってもセンチメートル精度の制御は困難。

- 後付けではニコントリンブルとトプコンが二大巨頭。
ニューホーランドは多くのものが米トリンブルのOEM。
- 最近になって、日立造船、農業情報設計社など新しいものも登場している。
- 後付けタイプでは設定するところが（ものすごく）多い。
- 設定は土の状態や装着している作業機によって異なるため、実際に作業しながら設定する。
- メーカー販売の田植機やロボットトラクタは設定するところが少なく、扱いは比較的容易。

自動操舵システムの構成

基本的な構成は下の通り。



モータ内臓ステアリングは、既存のステアリングと置き換え（スプライン加工した金具を介して取り付け）

各種パラメータの入力

- 作業開始前に、ホイールベース、アンテナ高さ、後車軸からアンテナまでの距離、ハンドル1回転あたりの操舵角、目標経路に追従させるためのパラメータを入力する必要がある。
- パラメータは実際に走行させて確定（作業する速度で設定）する必要がある。



操舵パラメータは

- オンライン追従性（目標経路に戻る強さ）
- アプローチ追従性（目標とする方位に戻る強さ）
- 操舵の感度（ハンドルを切る量）
- 予測時間（設定できない機種もあり）
- 最大操舵角

を設定する。

実際に走行させながら決定する必要があるので、設定にはある程度広い場所が必要。

操舵パラメータ設定の例（トプコン社）

オンライン追従性
アプローチ追従性
最大操舵角

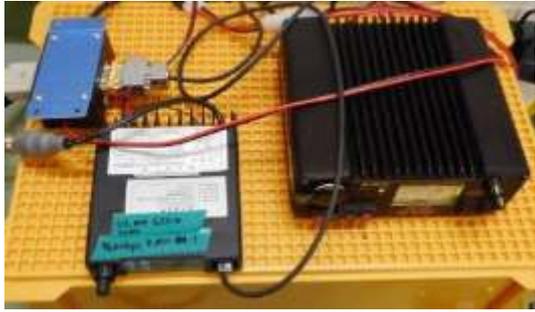
操舵の感度
操舵の遊び

予測時間



大湯村内に設置した基準局

秋田県立大の学生寮「清新寮」の屋上、北部排水機場、南部排水機場近傍



大潟村でのGNSS利用

背景：代かき後の落水による八郎湖の水質汚濁



代かき作業



移植作業



落水



この線(マーカ線をつけるために)落水する



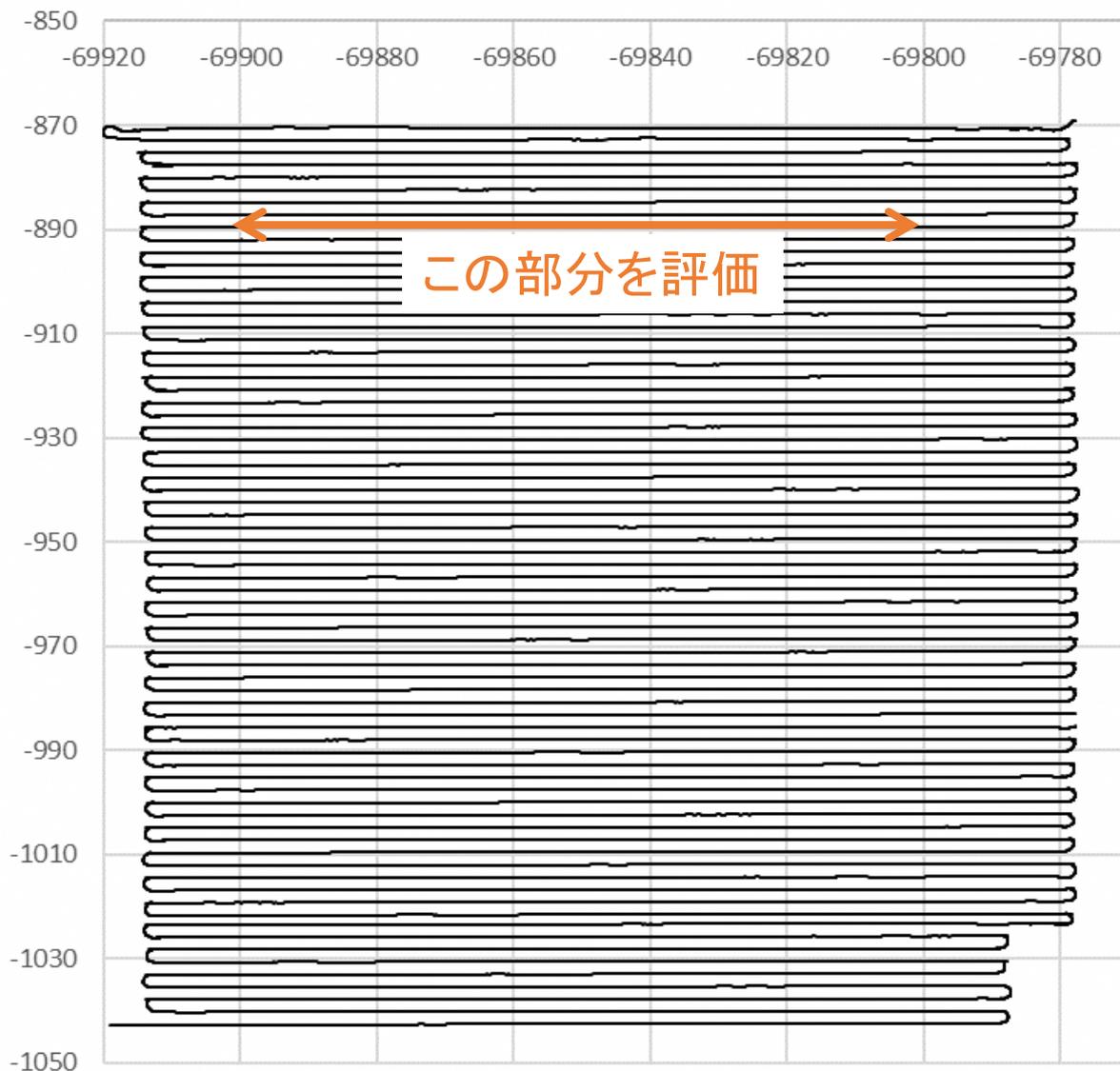
代かき後の落水による汚濁物質の流入

レーザーの混信

大潟村では村全体が平坦なため、春先のレーザー発光機を利用した均平作業や代かき作業では、数百メートル離れて作業を行っていても異なるレーザー発光機からの光が交錯して作業の妨げになり、計画的な作業が阻害される問題が生じている。



移植作業の軌跡 (2.5ha)



無落水、落水移植の生育差

代かき水田では無落水、落水とも作業精度や生育の差はほとんどなかった。

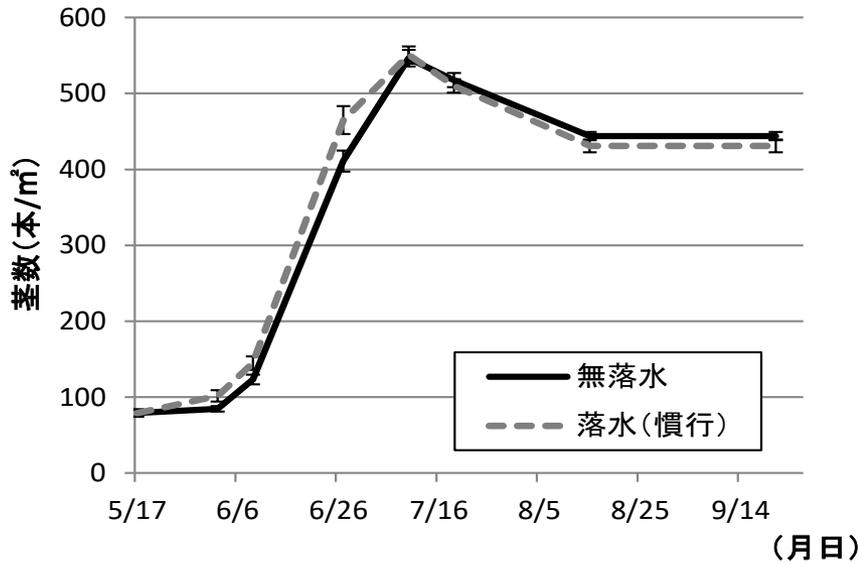


図. B-1- (5) -1 現地Aの茎数の推移

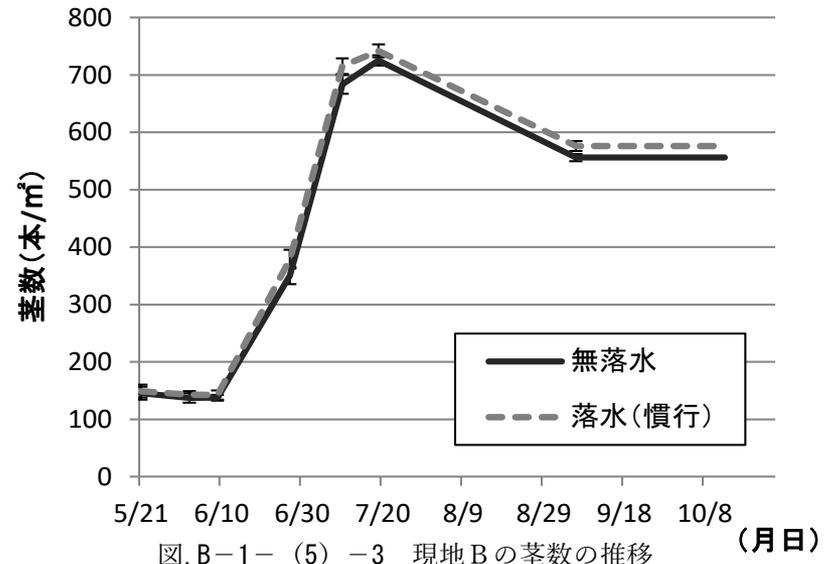


図. B-1- (5) -3 現地Bの茎数の推移

植え付け精度

表.B-1-(5)-1 現地Aにおける移植時の苗と植え付け精度（「あきたこまち」）

	移植時の苗			移植時水深		植込本数		植え付け深		欠株率	
	苗丈 (cm)	葉齢 (葉)	充実度 (mg/cm)	cm	SD	本/株	SD	cm	SD	%	SD
無落水	11.2	3.8	1.55	4.3	(0.76)	5.4	(0.84)	3.3	(0.34)	0.7	(0.21)
落水(慣行)	-	-	-	-	-	4.7	(0.55)	2.9	(0.55)	0.6	(0.28)

1) 移植時の植込本数・植え付け深、移植時水深は6地点の平均値。欠株率は1000株×6地点の平均値。

表.B-1-(5)-5 現地Aにおける収量および収量構成要素、玄米外観品質

	倒伏程度	1穂粒数	㎡当たり 粒数	千粒重	登熟歩合	坪刈			全刈	
						収量	玄米外観品質	玄米タンパク質含有率	収量	等級
	0(無)-5(甚)	(粒/穂)	(千粒/㎡)	(g)	(%)	(kg/a)	10(等上)-9(等下)	(%)	(kg/a)	(等)
無落水	1.0	83.9	37.2	23.3	85.5	63.3			66.9	2
落水(慣行)	1.2	76.1	32.8	23.3	90.2	61.8			64.6	2

1) 収量、千粒重および玄米タンパク質は水分15%換算値。坪刈り収量はふるい目1.9mm、全刈収量はふるい目1.85mm。

- 欠株率は1%未満で、慣行とほぼ変わらない
- 収量についても差はない

- 省力効果については、聞き取り調査をすると高い評価が得られるが、作業精度や能率以外に判断する指標がなく、定量化が難しい。
- コストは後付けタイプはこれまでは250万-300万円程度だったが、100万円程度のシステムも登場している。
- メーカー販売のあらかじめ直進を組み込んである田植機やトラクタでは、設定するところがほとんどなく、扱いは比較的容易。また後付けの自動操舵装置より価格上昇分は少ない。ただし、乗せかえなどの汎用利用には向かない。

- ロボットはオペレータが乗車する必要がなく、省力化の切り札として期待されている。
- 現状は人の監視下での自動作業を行うトラクタが市販されている（現行のトラクタのおおむね300万円高）。
- 近い将来、遠隔監視下での自動作業が可能になる。

- ドローンは薬剤散布の道具としての役割と、情報収集の道具としての役割がある。
- 薬剤散布ドローンは規制緩和が急速に進むとともに、毎年のように新たな機能を持った新型が発表、発売されている。
- マニュアル操作→自動直進および高度維持→半自動（離着陸と作業行程決定）→全自動、とさまざまな段階のものが混在している。
- 即応性、省人化が期待されており、急速に普及が進んでいる。

ドローンの利用

薬剤散布



情報取得



- 「楽になる」「高精度」だけでは現在の価格では、自動操舵はじめ自動化の機械は導入の動機としては弱い。
- 無人運転での公道走行が規制されているため、ロボットを離れた圃場に移動する場合は何らかの手段で移動させる必要がある。
- RTKGNSSを利用する場合、トラクタ、田植機、ドローン間で、無線の方式や相性等のため、基準局が共有できないことがある。

- GNSSを利用したガイダンス、自動操舵、ロボット、ドローンについて現状や問題点について紹介した。
- 普及や実証事業に伴い、自動操舵やロボットではさまざまな問題も出てきているものの、今後は低価格化、標準化が進んでさらに利用しやすくなり、利用場面も増えるものと予想している。
- ドローンはワンマンオペレーションが基本となり、対応する薬剤の開発も進んで防除作業での利用がさらに進むと考えられる。