

## 2 ICTの特徴と使用事例

### (1) GNSSガイダンスシステム・自動操舵補助装置

#### ア 管内の導入状況

オホーツク管内は、RTK基地局の整備を機にガイダンスシステム・自動操舵補助装置の導入が進み、道内でも先進的地域となっている。熟練者並の精密な作業が可能となったことにより、トラクター作業全般に利用されつつある。

(ア) 既存ユーザーの使用状況と効果（各導入事例の詳細は、19～30ページに記載）

#### ① 導入事例の概要と使用方法

ここ数年で導入が進んだこと、複数台を使用する例が多いことが認められる。作物によって向き・不向きはあるが、耕起・整地からは種、中耕・培土、薬剤散布、収穫まで幅広い用途に使用されている。操作者は男性中心で、女性の使用は一部に止まっている。

事例No.	市町村	経営形態 経営面積	自動操舵補助装置		使用作業	主な操作者
			取得初年	使用台数		
1	北見市 留辺蘂町	野菜・畑作20ha	H26	2台	整地、は種、カルチ、防除、施肥	経営主 (整地は妻も)
2	北見市 上常呂	畑作76ha	—	4台	耕起・整地、は種、施肥 中耕・培土、防除、収穫	経営主
3	訓子府町	畑作20ha	H29	1台	耕起・整地、は種、薬剤散布 収穫、緑肥鋤き込み	—
5	斜里町	畑作・野菜38ha	H28	3台	耕起～収穫（防除以外）	経営主、妻、父
6	網走市	営農集団217ha	H24	4台	耕起・整地、は種・移植・植付 施肥、中耕・培土、収穫、など	構成員多数
7	美幌町	畑作52ha	H22	3台	耕起・整地、は種・移植・植付 肥料全面散布、薬剤散布、など	経営主 (整地は妻も)
8	美幌町	野菜・畑作25ha	H27	2台	碎土・整地、施肥、は種	経営主・後継者
9	佐呂間町	法人556ha	H28	3台	耕起、は種、施肥、薬剤散布、収穫	複数の社員

#### ② ガイダンスシステム・自動操舵補助装置を導入したことによる効果

事例No.	最も効果のあった点	経営に与えた変化 (○良くなった、×悪くなった)
1	・身体的な負担が少なくなった ・より正確な管理作業により作業効率が向上した	○作業時間、○資材費、○身体的・精神的負担 ○非熟練者の経営参画、×価格
2	・身体的、精神的な負担が少なくなった	○作業時間、○身体的・精神的負担、×価格
3	・整地作業の後進が不要となった（1割ほど時間短縮） ・ほ場の途中からでもは種作業ができた	○作業時間、○身体的・精神的負担 ○夜間作業も可能
5	・耕地、整地作業の効率が上がった	○身体的・精神的負担、○非熟練者の経営参画
6	・労働軽減効果が絶大。労働軽減効果はねらい以上 ・作業効率10%以上向上	○収量・品質、○作業時間、○資材費 ○身体的・精神的負担、○非熟練者の経営参画
7	・畦が一直線なので、その後の作業にトラブル、無駄がない ・精神的な疲労、ストレスが激減した	○作業効率、○作業精度、○周辺作業手間 ○負担軽減・分散、○夜間作業

8	・身体が楽になった ・作業時、集中するポイントを絞れるようになった	○作業時間、○資材費、○身体的・精神的負担
9	・作業精度向上	○非熟練者の経営参画

最も効果のあった点として、負担軽減と作業効率向上を挙げる事例が多かった。装置による作業進入位置の誘導と直進作業の自動化により、一定の姿勢で高い集中力を長時間要求される春耕期のトラクター作業が様変わりする様子が推察される。また、作業精度が高いことから、その後の管理作業の効率化にもつながっている。

経営に与えた変化についても同様に、作業時間の短縮、作業精度の向上、身体的・精神的負担の軽減を挙げている。一方で、取得価格は高額であるとの声が聞かれた。

#### イ 作業効率向上効果の検証

作業の掛け合わせ（作業重複、オーバーラップ）とトラクター旋回に要する時間の測定から、自動操舵補助装置による作業効率の向上を検討した。

#### (ア) 作業掛け合わせからみた作業効率向上



ガイダンスシステム・自動操舵補助装置を用いた場合、作業軌跡の蛇行なく、掛け合わせはごくわずか



手動操作のロータリハロー施工跡。緩やかなカーブ、修正の跡がみられる

	《自動操舵》		《手動操作》	
	碎土・整地 (8事例)	耕起 (2事例)	碎土・整地 (7事例)	耕起 (2事例)
作業機	ロータリハロー パワーハロー	フェルプラー	ロータリハロー パワーハロー	フェルプラー
掛け合わせ	7.7cm	4.5cm	41.5cm	47.7cm
作業重複率	2.4%	1.8%	13.3%	18.6%

ガイダンスシステム・自動操舵補助装置の使用により、掛け合わせや作業重複率は減少し、作業ロスは大いに抑えられている。

ロータリハロー（作業幅3.0m）で10往復分の作業量を試算したところ、1往復分の差が生じた。

#### 自動操舵補助装置による作業効率の向上

（作業幅3.0mのロータリハローを使用）

■自動操舵：10往復の作業幅 58.6m

■手動操作： " 52.0m



作業能率の差は、  
10往復で1往復分（6m）に相当

(イ) 作業時間からみた作業効率向上

① 旋回方法と所要時間

ガイダンスシステム・自動操舵補助装置を使用した場合、ガイダンスの誘導に従って複数の作業ラインを飛ばして任意のラインに進入することができる。トラクター旋回に前後進を繰り返す必要がなく、手動操作では1分近くかかるロータリハローの旋回時間は大幅に短縮される。そのことにより、総体の作業時間も圧縮される。



4本飛ばしての碎土・整地作業。正確に作業ラインに進出し、旋回にかかる時間は24秒

② 旋回方法での比較

耕起作業に関して、手動操作と同じ旋回方法（連続）と複数作業ラインを飛ばす旋回方法で、旋回に要する時間、作業総体の時間を測定した。旋回時間は短くなり、全体の作業時間も1割程度短縮されることが確認された。

旋回方法	《耕起事例1》		《耕起事例2》		注意点
	連続	4本飛ばし	連続	5本飛ばし	
前後進	2回	無	5回	無	畦を飛ばして旋回する際に ・ 枕地に旋回スペースが必要 ・ 旋回に伴う移動で枕地を何度も踏圧する
旋回時間	17秒	10秒	33秒	22秒	
作業時間	10a当たり 2分51秒	2分38秒	5往復 16分37秒	19分52秒	
時間短縮効果	—	8%減	—	16%減	

ただし、使用する作業機によって旋回スペースが必要であること、作業ラインをまたいで移動する際、頻繁に枕地を踏圧することに留意する。



注意) 十分な旋回スペースが必要



注意) 旋回の際に枕地を踏圧するおそれ

(ウ) 操作者からみた作業効率向上

① 同一操作者による作業効率、作業精度

旋回時間は、ガイダンスシステム・自動操舵補助装置での1本飛ばしが最も短かったが、枕地に十分な旋回スペースをとっているため、手動旋回との差は数秒しかなかった。しかし、掛け合わせ幅は狭く、作業重複率が低いことから、ガイダンスシステム・自動操舵補助装置を使用した場合の10a当たりの作業時間は短く、作業効率の向上が確認された。

耕起作業 (パワーハロー)	手動 連続旋回	自動 連続旋回	自動 1本飛ばし
旋回時間	19秒	26秒	15秒
10a作業時間	2分59秒	2分46秒	2分43秒
時間短縮効果	—	7%減	9%減
実測掛け合わせ幅 (設定幅)	60cm (30cm)	20cm (15cm)	23cm (15cm)
作業重複率	13%	4%	5%

② 熟練度の異なる操作者による作業精度

ガイダンスシステム・自動操舵補助装置を用いて熟練者・非熟練者の作業を比較すると、旋回時間、掛け合わせ幅の差はわずかであった。装置を用いることにより、非熟練者であっても熟練者並の高精度な作業が可能となることがわかった。

てんさい 作条施肥	熟練者 (就農20年以上)	非熟練者 (就農5年)
旋回時間	57秒	52秒
実測掛け合わせ幅	2cm	1cm

※設定掛け合わせ幅は0cm



てんさいの移植作業にもガイダンスシステム・自動操舵補助装置が用いられ、2台同時の作業が可能。作業精度は高く、施肥位置との誤差は3cm以内

ガイダンスシステム・自動操舵補助装置は、トラクター作業の効率・精度の向上に貢献し、トラクター運転に不慣れた非熟練者を強力にサポートする。また、昼夜を問わず高精度な作業が可能となるが、労働安全や農作業事故防止の観点から、夜間作業を前提した作業計画は避けるべきである。



ガイダンスシステム・自動操舵補助装置を利用したばれいしょの植付作業。一直線な畦で植付後の管理作業も容易に



ガイダンスシステム・自動操舵補助装置を用いて移植したてんさいほ場。収穫ロスなく高速での作業が可能となる(車速は13~14km/hr)

## (2) 携帯型NDVIセンサ (GreenSeeker)

製品名「グリーンシーカー」(トリンブル社製)として商品化されている。ハンドヘルドを使ってNDVI値をリアルタイムで測定することができ、測定値から茎数の推定値を算出して窒素施肥量の参考にする。



出典：(株)ニコン・トリンブル  
カタログ

小麦の上方からトリガーを引 秋まき小麦の起生期に測定し、推  
き、表示の測定値を読み取る 定茎数から窒素施肥量を判断する

### ア 使用方法

#### (ア) 秋まき小麦への使用

秋まき小麦「きたほなみ」の茎数推定値の算出については、研究機関によって立証され(平成27年指導参考)、越冬前および起生期の茎数とNDVI値との相関が高く、茎数推定値として置き換えることが可能である。管内使用者(網走市)は、「測定値と茎数の換算表は精度が高いので現場で十分に使用できる」と機器の実用性を評価している。

【参考】「携帯型NDVIセンサによる秋まき小麦『きたほなみ』の生育診断に向けた茎数推定法」  
(平成27年指導参考)

#### (イ) 機器のメリット、デメリット

持ち運びが容易で比較的安価な測定機器であるため、実用性が高い反面、生育状態やほ場条件によっては測定値が安定しないため、留意が必要となる。

メリット	デメリット・課題
<ul style="list-style-type: none"> <li>・価格は8万円と生育診断測定器としては安価</li> <li>・ハンディタイプで軽量。携帯性が良い</li> <li>・測定時間は短く(5秒程度)、実測より多くの調査が可能(測定値のふれを点数でカバー)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・雪腐病等による損耗、生育不良や冠水ほ場での測定値は安定しない</li> <li>・被植率が低いほ場や畦間が広いと使用できないことがある</li> <li>・起生期以降の期節には対応していない</li> </ul>

### イ 実用性の検討

#### (ア) 調査方法

測定精度の確認および、現場で使用する上での注意点を整理するため、管内の複数地域で起生期および幼穂形成期に調査を実施した。推定茎数は、「携帯型NDVIセンサによる秋まき小麦『きたほなみ』の生育診断に向けた茎数推定法(平成27年指導参考事項)」より作成した「グリーンシーカー測定値による茎数

普及センター	調査市町村	調査年次	ほ場数
本所	北見市、常呂町	H29	29
網走支所	網走市	H29	10
清里支所	清里町、斜里町	H27~29	62
美幌支所	美幌町、大空町女満別	H29	21

より作成した「グリーンシーカー測定値による茎数

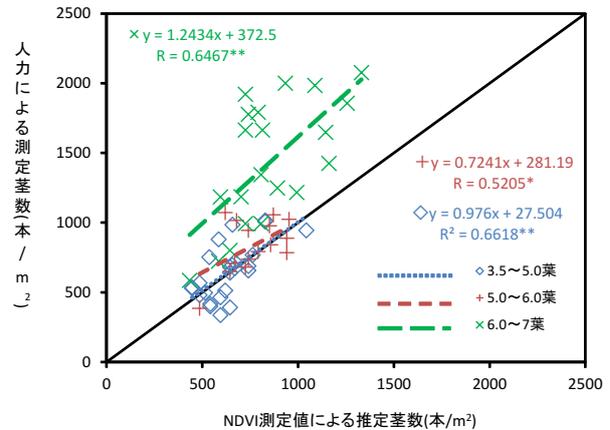
換算表」に基づき算出した。

また、極端な晩期は種ほ場や調査日が起生期から大きく外れたほ場はデータから除外した。

(イ) 起生期推定茎数の精度

① 複数年次、複数地域での検討

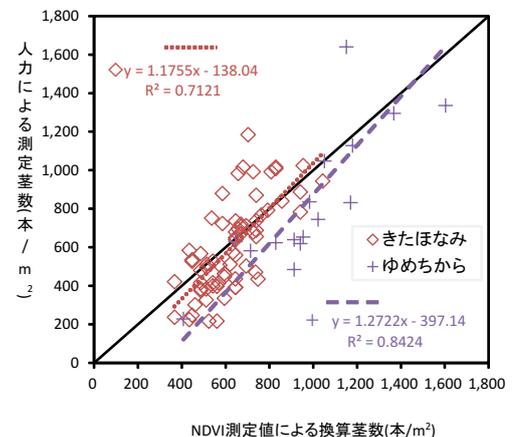
平成27～29年産の3ヵ年で調査を実施した結果から、葉数6.0葉未満では推定茎数は実測茎数に近い値を示したが、葉数6.0葉以上では、推定茎数は実測茎数を大きく下回った。葉数が進み微細な分けつが増えると、センサで正しく茎数を評価できないためと考えられた。



起生期葉数別の茎数推定精度

② 「ゆめちから」への適応性

平成29年産の「きたほなみ」と「ゆめちから」について、推定茎数と実測茎数の関係を調査したところ、「ゆめちから」は「きたほなみ」と概ね類似する傾向を示したことから、「ゆめちから」に対しても茎数の推定は可能であると考えられた。



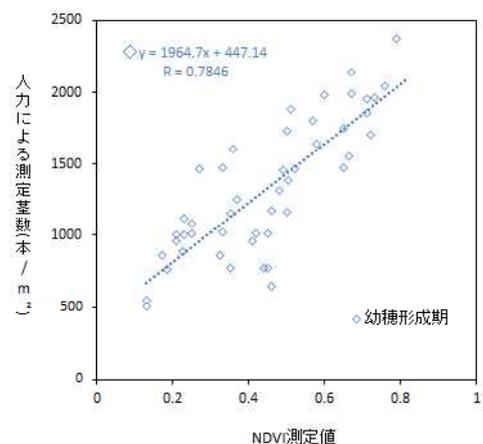
「きたほなみ」と「ゆめちから」の違い

(ウ) 起生期の使用上の注意事項

- ・ 起生期で使用する場合、裸地のNDVI値を測定し、補正することが必要である
- ・ 葉数が多い場合に実測茎数と推定茎数の乖離が認められたことから、測定時の葉数は6葉未満とすることが望ましい
- ・ 「ゆめちから」の茎数推定については、今後も検証を重ねる必要がある

(エ) 幼穂形成期に対する適応性

- ・ 幼穂形成期での実用性を検討したところ、NDVI値と実測茎数に相関関係がみられた
- ・ 事例数は限られるが、グリーンシーカーを用いた幼穂形成期の茎数推定の適応性が示唆された(既往の研究では、幼穂形成期前後のNDVI値と葉緑素計(SPAD)測定値の相関関係が指摘されている)



幼穂形成期のNDVIと実測茎数

### (3) ドローン

遠隔操作または自動操縦により飛行させることができる無人航空機のこと。様々な形状のものがあるが、一般的には、3つ以上の回転翼を持つマルチコプター型が主流である。

ドローンを安全に飛行させるためには、①操縦技術の習得、②関係法規等の理解と遵守、③アクシデントに対する準備が必要である。

#### ア 用途

ドローンに搭載したカメラやセンサにより、これまでに見られなかった角度や位置からリアルタイムに情報を得ることができる。また、平成27年の航空法改正により、ドローンによる農薬散布が可能となった。

オホーツク管内では、小麦や飼料用とうもろこしのほ場調査（倒伏、雑草発生程度）や災害状況の確認に使用される事例が多い。

#### イ 製品例

(ア) マルチコプター型ドローン（主な販売企業：エンルート、D J I、ヤマハ発動機等）

農作物の生育状況や病害虫の発生状況等をリアルタイムに視認できる。また、マルチスペクトルカメラによりNDVIを算出して農作物の生育状況を確認したり、温度センサにより農作物やほ場の温度の違いを把握して作物のストレス度合いを確認できる。

ただし、撮影画像の解析に高額な解析ソフトが必要となるほか、撮影したほ場画像をつなぎ合わせる等データの加工には、使用ソフトの習熟が求められる。また、各種センサにより収集したデータは、データの解析、検証を行うとともに、活用方法等の検討が必要である。

(イ) 農薬散布用ドローン（主な販売企業：エンルート、D J I、ヤマハ発動機(H30販売予定)等）

不整形や狭い農地、中山間地帯では、広範囲に農薬を散布する産業用ヘリよりも小回りの利くドローンが適している。現在、空中散布可能なドローンは11機種ある。散布できる農薬は、無人ヘリ散布の登録を持つ薬剤に限られる。

ドローンを利用して農薬等を散布する場合には、航空法で定められたルールに則り、事前に国土交通大臣の許可・承認を受ける必要がある。また、これまでの無人ヘリ散布と同様に、農薬取締法等の関係法令、「空中散布等における無人航空機利用技術指導指針」の遵守が求められる。

#### ドローンにより収集できるデータ

収集可能なデータ	
・農作物の草丈	・農作物の数
・栄養素の有無	
・病気の有無	・雑草の存在
・3次元データ、容量データ	
(農地の区画、盛り土、陥没穴など)	
農業への応用	
・農作物の定期的な監視	
・農作物の成長、健康状態の管理	
・害虫や病気の確認	
・土壌や地形の分析	
・栄養素(窒素)の確認	
・収穫の進行具合の確認	
・農作物のストレスの確認	
・水の不足具合の確認	
・農作物の密集具合の確認	

出典：BestDroneforTheJob.com



マルチコプター型ドローン(D J I)



農薬散布用ドローン

## ウ 関係法規

### (ア) 改正航空法

平成27年9月に航空法の一部が改正され、ドローンやラジコン機等の無人航空機の飛行ルールが新たに導入された。対象は、バッテリーを含む機体重量200g以上の無人航空機。改正航空法に定めるルールに違反した場合、50万円以下の罰金が科せられる。

国土交通省HP内「無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール」  
[http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)を参照

#### ① 無人航空機の飛行にあたり許可を必要とする空域

次の空域で無人航空機を飛行させようとする場合は、国土交通省の許可を受ける必要がある（飛行10日前（土日祝日等を除く）までに、地方航空局または各空港事務所に申請書を提出）。

- ・ 空港等の周辺（進入表面等）の上空の空域（A）
- ・ 150m以上の高さの空域（B）
- ・ 人口集中地区の上空（C：総務省「平成27年国勢調査人口集中地区全国図」参照）



飛行可否の区分（出典：無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全飛行のためのガイドライン）

#### ② 無人航空機の飛行の方法

飛行させる場所に関わらず、無人航空機を飛行させる場合には次のルールを守ること。

- ・ 日中（日出から日没まで）に飛行させること
- ・ 目視（直接肉眼による）範囲内で無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させること
- ・ 人または建物、車両などの物件との間に距離（30m）を保持して飛行させること
- ・ 祭礼、縁日など多数の人が集まる催し場所の上空で飛行させないこと
- ・ 爆発物など危険物を輸送しないこと
- ・ 無人航空機からものを投下しないこと



(夜間飛行) (目視外飛行) (30m未満の飛行) (イベント上空飛行) (危険物輸送) (物件投下)

承認が必要となる飛行の方法（出典：無人航空機（ドローン、ラジコン機等）の安全飛行のためのガイドライン）

(イ) 関係法規の遵守等

- ・道路上の飛行には、基本的に警察署長の許可が必要である（道路交通法）
- ・国立公園や自治体が管理する公園、神社仏閣等、土地の所有者等がその土地の上空での無人航空機の飛行を禁止、規制している場合がある（民法：民間土地所有権は上下の範囲におよび、上空では航空法の安全高度（建物の高さ+300m））
- ・河川上（ダムやその貯水池を含む）の飛行には、許可申請が必要な場合や河川管理者等が河川利用ルールを定めている場合がある
- ・電波を利用して無人航空機を飛行させる場合には、電波法を遵守する

(ウ) その他の注意すべき事項

- ・定期的に機体の点検・整備を実施する
- ・飛行前には、安全に飛行できる気象状態であるか、機体に損傷や故障はないか、バッテリーの充電は十分か等、安全な飛行ができる状態であることを確認する
- ・操縦技術の習得と技量保持に努め、必要に応じて補助者に周囲の監視等をしてもらいながら飛行させる
- ・不慮の事故に備え、最低でも損害保険（対人・対物）に加入する。DJI製品を購入した場合、1年間無償付帯される賠償責任保険がある（登録必要）
- ・ドローンで撮影した映像をインターネット上で公開する場合は、第三者のプライバシー等に注意する（総務省「『ドローン』による撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン」）

エ オホーツク管内の導入事例

事例	市町村	機器名	取得年次・価格	使用作物・用途	ユーザーコメント
1	網走市	メーカー：DJI 製品名：Phantom3	平成27年 20万円	秋まき小麦 5月上旬に空撮	・空中画像で葉色を見ながら可変施肥につなげる方法を模索中
2	小清水町 斜里町	メーカー：DJI 製品名：Phantom3 など	平成27年 約20万円 （本体、バッテリー含む）	生育状況の確認や病害虫の早期発見 （複数の生産者が所持、活用）	・ほ場巡回時間の短縮に大きく貢献 ・小麦ではほ場全体の登熟状況を把握できるので効率的な収穫に役立っている
3	湧別町 （3戸）	メーカー：DJI 製品名：Phantom3	平成27年 約20万円	各作物生育状況の確認	・追肥時の施用量調整に役立った
4	美幌町	メーカー：DJI 製品名：Phantom3 Professional	平成27年 本体17万円（予備バッテリー、ケース、マイクロSDを含めると20万円）	①秋まき小麦、春まき小麦の倒伏場所や割合、成熟期前後の登熟ムラをコバイン集団で共有。収穫順決定の判断材料に使用 ②台風後、小河川の増水、氾濫を撮影。河川改修の要求に証拠資料として利用	・炎天下の中、小麦ほ場内を歩き回ることなく、コンバイン運行を決定できる。判断に要する時間を大幅に削減 ・上空からの画像は、証拠能力、客観性が高い
5	美幌町	メーカー：DJI 製品名：Mavic Pro	平成29年 16万円（本体、バッテリーなどのセット）	ばれいしょの欠株、萌芽不揃いがよく分かる。原因の絞込み（種いも品質、土壌条件）につながった	・安定性、操縦性で機種を選定 ・生育が進んでも、作物を傷めることなく病害発生等を把握できる
6	斜里町 （JA）	○ドローン メーカー：3DR 製品名：SOLO ○カメラ メーカー：GoPro 製品名：HERO3 ○近赤外線カメラ メーカー：Parrot 製品名：Sequoia	平成29年 ○ドローンとカメラ（GoPro）のセット 30万円 ○近赤外線カメラ 60万円 ○付属品【タブレット（リース）、予備バッテリー6本等】 約15万円	台風後、小河川の増水、氾濫を撮影。河川改修の要求のための証拠資料として利用	・多くのほ場データを蓄積し、今後の技術利用の基礎データとして活用方法を検討中 ・Sequoiaはオルソ画像が撮影できる点は良いが、解析に時間と費用がかかる ・SequoiaとHERO3は基板ごと付け替えなければならぬため、Sequoia専用のドローンがあった方がよい
7	北見市 （JA）	メーカー：DJI 製品名：Phantom4 Pro	平成29年 約20万円	①技術指導（秋まき小麦の収穫判断、飼料用とうもろこしの倒伏状況確認など） ②災害対応	・秋まき小麦の倒伏面積は判断できるが、倒伏程度までは把握できない ・その他の活用方法を検討中である

## オ 空撮画像の合成方法【資料提供：北見農試技術普及室】

### (ア) ドローンでの撮影

「一定の高さ」

「ある程度の重複」

「特徴のあるものと一緒に」

これらを意識して撮影するとうまくつなぎ合わせられる。



ドローンで空撮した写真（例）

### (イ) 画像の合成

使用ソフト：Image Composite Editor（フリーソフト）

ダウンロードサイト：Image Composite Editor - Microsoft Research

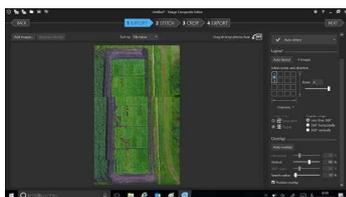
※Visual C++ 2013 Redistributable Packageを先にダウンロードする必要がある。

#### <画像合成の手順>



#### ① 空撮画像の取り込み

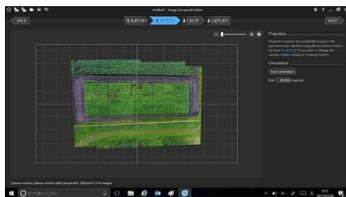
ソフトの起動後、上段左のNew Panoramaをクリックし、空撮画像を取り込む。2枚目以降は、画面（【IMPORT】）左上のAdd imagesをクリックし画像を取り込む。



#### ② 画像結合の調整

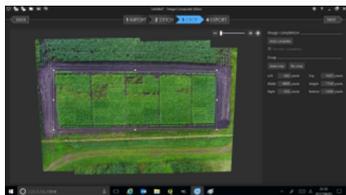
【IMPORT】画面で右側のStructured Panoramaをクリックする。画像を縦方向につなげる場合は、LayoutのRowsのバーを動かして、取り込んだ枚数分の数字に（自動的にColumnsが1になる）する。画像を横方向につなげる場合は、Rowsのバーを動かしてを1に（自動的にColumnsが枚数分になる）する。

Preview overlapにチェックを入れ、縦方向の場合Verticalのバーを、横方向の場合Horizontalのバーを動かして、目印になるものが重なるように調整する。（Search radiusは10%にする）



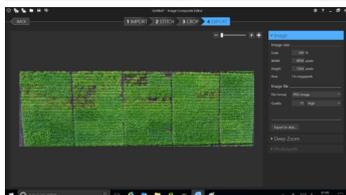
#### ③ 結合状況の確認

【STITCH】をクリックすると、結合された画像が表示される。調整が必要な場合は、IMPORTに戻り調整する。



#### ④ トリミング【CROP】

CROPをクリックすると、結合された画像の外側に枠線が表示される。必要に応じて枠線を動かし、画像をトリミングする。（不要な部分をトリミングした方が画像解析しやすい）



#### ⑤ 画像の保存【EXPORT】

Image fileのFile formatで画像の形式を選択し、Export to diskをクリックし保存する。

#### (4) 可変施肥

収量や品質の平準化を図るため、土壌や生育のばらつきに対応した施肥を行う技術。センサで測定すると同時に施肥を行う「生育センサベース」と、センサの測定値から作成した施肥マップを基に施肥を行う「マップセンサベース」の2種類がある。

##### ア 生育センサを用いた窒素可変施肥

レーザー光の照射と反射を検知するセンサにより作物の窒素含有量を推定するとともに、生育量に応じた施肥を制御するシステム。同一ほ場内の生育が不均一な場合も、推定値から導き出した最適な窒素施肥により生育や品質の平準化が図られる。

オホーツク管内の秋まき小麦に対する現地試験では、窒素可変施肥により製品収量で5%の増収効果が認められた（平成24年、網走農業改良普及センター調べ）。



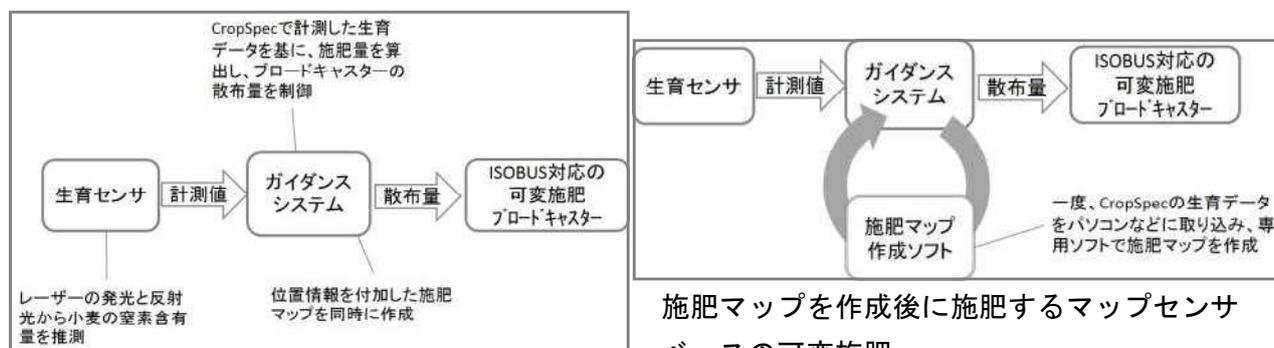
キャビン上部に取付けられた生育センサ

##### (ア) 生育センサベース

生育センサのセンシングと同時に施肥する体系は、施肥作業の効率化と肥培管理技術に未熟な作業業者であっても、高品質安定生産に対応した窒素施肥が可能となる。

##### (イ) マップセンサベース

センシング結果に基づいたマップ作成後に施肥する体系は、センシングと施肥作業が分離され、施肥マップを作成する時間が必要となるが、目標収量やほ場の特性、諸条件を反映した施肥が可能となる。



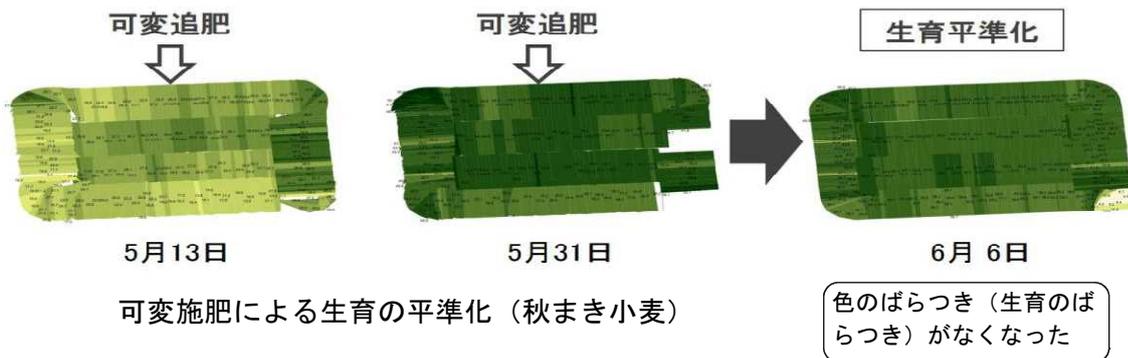
施肥マップを作成後に施肥するマップセンサベースの可変施肥

#### センシングと同時にリアルタイムで施肥する生育センサベースの可変施肥



生育センサベース可変施肥の事例。走行しながらセンサが生育を判定。同時に生育に応じた窒素量を自動で追肥する。追肥に用いたセンサ測定値と位置情報は、生育マップの作成にも活用できる

可変施肥の作業風景



可変施肥による生育の平準化（秋まき小麦）

(ウ) 可変施肥の導入条件

センサおよび施肥機+センサを購入した場合の固定費は右表のようになる。

戸別所得補償制度を前提に、10a当たり収量600kgから5%の増収効果を見込んだ技術導入下限面積は、秋まき小麦13.7haと試算された（生育センサのみ導入の場合。施肥機を加えた場合の導入下限面積は23.3haとなる（平成24年、網走農業改良普及センター調べ））。

	センサのみ	施肥機+センサ
購入価格(円)	3,360,000	5,726,000
耐用年数(年)	7	7
修理係数(%)	5	5
減価償却費	480,000	818,000
修理費用	168,000	286,300
合計	648,000	1,104,300

センサには生育センサ、コンソール、GPS、ケーブルを含む



可変施肥を制御するトラクターキャビン内の機器

【参考】

- 秋まき小麦「きたほなみ」に対する生育センサを活用した可変追肥技術（北海道施肥ガイド2015）
- 「レーザー式生育センサを活用した秋まき小麦に対する可変施肥技術」（平成24年普及推進事項）
- 「レーザー式生育センサを活用した秋まき小麦に対する可変施肥技術の地域適応性」

（平成24年網走農業改良普及センター）

## イ 土壤センサを用いた可変施肥

### (ア) 装置の特長

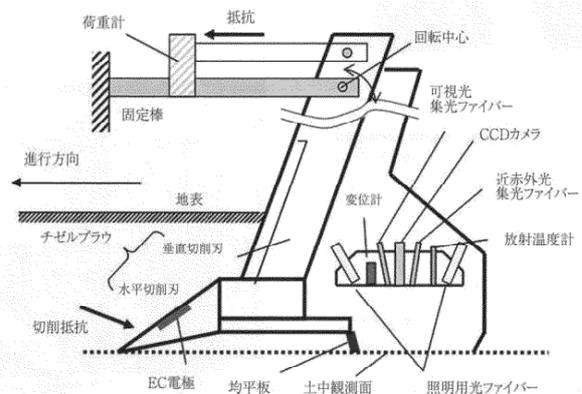
「トラクター搭載型土壤分析システム」は、チゼルプラウの切削と同時に、深さ10～40cmの土壤肥沃成分を連続的に観測することで、水田・畑地を問わずセンシングできる。測定機器として「可視近赤外分光センサ」、「電気伝導度センサ」、「土壤切削抵抗センサ」、「深度計」、「DGPS」（位置情報）、「CCDカラーカメラ」を搭載する。測定できる項目は土壤水分、pH、EC、全炭素、全窒素あるいは銅などの微量元素、土壤の硬さも計測可能である。観測間隔は1m、観測速度は毎時1km、位置情報と組み合わせて土壤マップを作成できる。

従来の土壤サンプリング調査では、1ほ場当たり3～5点の土壤サンプルを採集・分析し、その平均値で土壤診断および施肥設計を実施していた。

連続的な土壤養分の測定により、緻密な土壤マップを作成することで局所的な施肥管理が可能となる。



トラクター搭載型土壤分析システム  
(SAS2500 シブヤ精機株式会社HPより)



リアルタイム土壤センシング装置

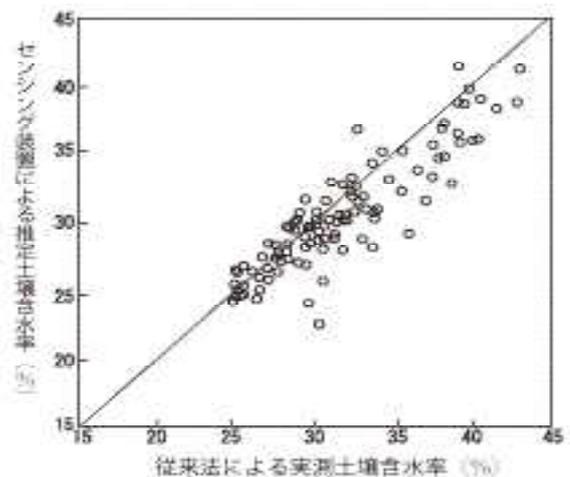
### (イ) 可変施肥の方法

土壤センサを搭載したトラクターではほ場内を走行することで、位置情報とセンサ値が記録される。記録されたデータはイメージ化（バラツキマップ）され、バラツキマップに基づいて施肥マップを作成し、可変施肥に利用する。

### (ウ) 導入にあたっての検討事項

土壤成分は地域によって異なるため、土壤のサンプリングを人力で行い、検量線を作成する必要がある。

現在、「SAS2500」よりも150kg軽量化し、オペレーティング機能をトラクター運転席に集約して1名で操作が可能な自走型軽量土壤分析システム「SAS3000」が試作されている。



リアルタイムセンシングによる土壌含水率の測定値と実測値（リアルタイムで連続した測定を実現）

【管内事例】

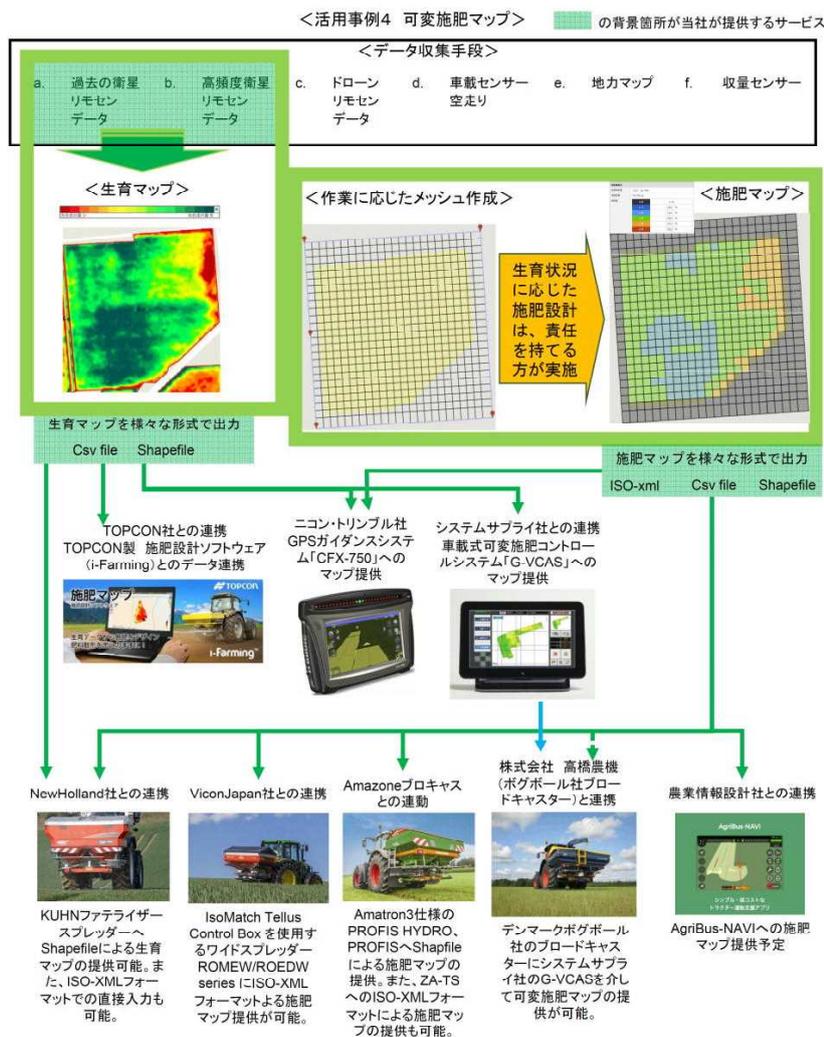
事例	市町村	機器名	取得年次・価格	使用作物・用途	ユーザーコメント
1	大空町	SAS2500（シブヤ精機株式会社）	H19年（試作機）	土壌マップから窒素施肥マップを作成	計測値は光の反射値のため、絶対値に換算するが、地域や土壌でセンサのデータが異なるため、土壌サンプリングを人力で行い、検量線を作成する必要がある。

ウ 上空からのセンシングを用いた可変施肥

(ア) 衛星リモートセンシング

最新の衛星リモートセンシングでは、地球上に100機以上配置された人工衛星を使用し、生育量を表した生育マップや施肥マップの作成、可変施肥への利用が可能である。センシングデータを取得した翌日にWeb配信され、スマートフォンやタブレットで手軽にデータを確認することができる。

そのほか、空撮用無人ヘリコプタやドローンの撮影画像から窒素肥沃度をマップ化し、可変施肥する技術も実用化されている。



衛星センシングから施肥マップを作成（スペースアグリ(株)）