

Short Report

大規模水田作地帯における GNSS 直進アシスト技術の導入条件

大潟村における GNSS 自動操舵田植え機実証農家を対象に

赤堀弘和¹, 保坂君夏¹, 佐藤未奈¹, 長沢咲希¹, 佐藤祐太¹, 中村紫¹, 又村大勢¹,
岡田直樹¹

¹ 秋田県立大学生物資源科学部アグリビジネス学科

大規模な水田作地帯となっている秋田県南秋田郡大潟村では、特に田植え時期に代かき後の落水によって八郎湖へ大量の濁水が流出し、アオコの発生などの問題が生じている。この問題の解決策として期待されているのが、GNSS 直進アシスト技術による自動操舵田植え機を用いた無落水移植体系の普及である。本研究では、大潟村の GNSS 自動操舵田植え機実証農家 12 戸を対象として、聞き取り調査により GNSS 直進アシスト技術の導入条件の解明を試みた。分析の結果、GNSS 導入は直ちに規模拡大のインセンティブとはならず、GNSS 導入は既に規模拡大を進めた大規模経営中心に進展すると考えられる点、GNSS 導入と無落水移植導入が必ずしも連動しない点が明らかとなった。このため、八郎湖の環境改善に向けた GNSS 導入推進の条件として、いかに中小規模経営での GNSS 導入を促進し、かつ GNSS 導入と無落水移植導入を連動させるかが課題となることが示唆された。

キーワード：GNSS, 自動操舵田植え機, 技術導入条件, 大潟村, 無落水移植

従来のも稲移植栽培の作業体系では、田植え時に直進の目安とするためのマーカーが見えるようにすることなどを目的として、代かき後に落水が行われる。しかし、このとき落水される水は大量の汚濁成分を含んでおり、特に閉鎖性水域では流出した汚濁物質による富栄養化等が問題となっている。

大規模な水田作地帯となっている秋田県南秋田郡大潟村では、八郎湖から農業用水を取水し、村内の圃場の灌漑に利用した後、排水機場のポンプで再び八郎湖へ排水する水利用が行われている。このため、特に田植え時期は八郎湖へ大量の濁水が流出し、アオコの発生などの問題が生じている（近藤，2016）。

この問題の解決策として期待されているのが、GNSS（Global Navigation Satellite System）による直進アシスト技術を利用した自動操舵田植え機の普及である（矢治ら，2019）。GNSS 自動操舵田植え機では、圃場内での直進は GNSS による位置情報を利用して自動で行われるため、直進の目安とするマーカー

が不要となる。したがって深水状態での田植え（無落水移植）が可能となり、代かき後の落水を実施しないことによる汚濁負荷の大幅な削減が期待されている（近藤ら，2018）。

しかしながら、水田からの汚濁物質の流出は面源負荷であり、少数の農家だけが無落水移植を実施しても、削減できる汚濁負荷量は限られる。つまり GNSS 自動操舵田植え機の導入を汚濁負荷流出抑制のための効果的な対策とするためには、大部分の農家がこれを導入して無落水移植へ移行する必要がある。したがって、GNSS 直進アシスト技術の導入条件を明らかにすることは、この技術の普及を促進し、八郎湖の環境対策として効果的なものにしていくことに資すると考えられる。

自動操舵田植え機に関する既存研究は、農作業学分野や農業機械分野ではいくつか存在する。しかしながら、これらの分野における研究は作業精度や作業効率の分析にとどまっており、導入条件等は分析さ

れていない。一方、農業経済学分野では、北海道において自動操舵機能付き田植機と従来の田植機で米の生産費を比較したもの（北海道立総合研究機構，2019），線形計画法を用いて自動操舵装置導入の費用対効果の解明を試みたもの（塩谷ら，2019）があるが，そのほかにはほとんど既存研究はみられず，導入条件は明らかになっていない。

そこで，本研究では大規模水田作地帯である大潟村を対象に，水田作経営において GNSS 直進アシスト技術の導入条件を明らかにすることを目的とする。

分析方法

本研究では，大潟村の GNSS 自動操舵田植機実証農家 12 戸を対象として，2019 年度における GNSS の利用状況や使用した感想，導入意向とその理由，導入の際の許容価格，他作物への汎用利用意向などについて聞き取り調査を行った。そのうえで水稲作付面積を基準として，小規模水稲，中規模水稲，中規模複合，大規模水稲，大規模複合の 5 つに累計分類を行った（表 1）。以下ではこの分類をもとに分析を行う。

表1 累計分類の基準

類型	水稲作付面積	水稲割合	農家
①小規模水稲	15ha以下	90%以上	A-1, A-2, A-3
②中規模水稲	15ha~25ha	90%以上	B-1, B-2
③中規模複合		90%未満	C-1, C-2, C-3
④大規模水稲	25ha以上	90%以上	D-1, D-2
⑤大規模複合		90%未満	E-1, E-2

分析にあたって，まず本研究で対象とした GNSS 直進アシスト技術の特徴について整理する。本研究で対象としたのは，大潟村で実証研究が行われた RTKGNSS による直進アシスト技術である。村内に設置された RTK 基準局から無線で送信された補正信号を，田植機に設置した受信機で受信し，衛星からの信号と合わせて利用することで高精度の測位が可能となるシステムである。また，もう 1 つの特徴として，汎用利用が可能である点がある。システムはすべて取り外しが可能となっており，田植機から

受信機や制御器本体，モーター内蔵ステアリング等を取り外し，トラクター等に装着して田植え以外の作業にも利用することが可能となっている。導入コストは，田植え機 1 台に一式装着する場合は 250 万円，それに加えてトラクター 1 台で汎用利用する場合，汎用利用のための追加コストが 50 万円と想定されている。この技術は，直進に関する人間の判断・操作を代行する制御系技術である。ただし，田植機のすべての操作が自動になるわけではなく，直進以外の作業は手動で行う必要があるため，オペレータは田植機に搭乗している必要がある。また，この技術を利用した無落水移植栽培では，収量などの作物の生育状況は慣行と比較して大きな差はないことがわかっている（加藤ら，2018）。

表2 作付状況

類型	農家	作付面積 (ha)			水稲割合 (%)
		合計	水稲	大豆 小麦	
①小規模水稲	A-1	15.0	14.5		96.7
	A-2	15.0	15.0		100.0
	A-3	15.9	15.0	0.1	94.3
②中規模水稲	B-1	18.0	17.3		96.1
	B-2	20.0	20.0		100.0
③中規模複合	C-1	24.0	18.4	4.6	76.7
	C-2	30.0	21.0	4.0 5.0	70.0
	C-3	32.0	22.8	9.2	71.3
④大規模水稲	D-1	25.0	25.0		100.0
	D-2	31.0	30.0	1.0	96.8
⑤大規模複合	E-1	40.0	27.0	13.0	67.5
	E-2	35.0	29.6	4.8 4.8	84.6

まず，調査対象の経営の概要について整理する。表 2 は各経営の作付状況について整理したものである。なお小規模複合経営に該当する経営はなかった。作付面積合計は，15ha~40ha の範囲であった。また水稲割合について中規模複合と大規模複合を比較すると，中規模複合の方が水稲依存度は低い傾向にあることがわかる。水稲以外の品目の作付状況についてみると，大豆は 12 戸中 7 戸が作付けている一方で，小麦を作付けするのは 12 戸中 2 戸のみである。

表 3 は，田植え時の労働力の状況を整理したものである。田植作業全体に従事している人数は，家族

労働力と雇用労働力を合わせて、3～10 人となっている。小規模経営の一部は、家族労働力数が1名と少なく、雇用に依存している。また、中・大規模経営でも、雇用への依存割合が高い経営が多くなっている。ほぼすべての経営で、田植え時の労働力は雇用によって賄われている状況にあることがわかる。

表3 田植え時の労働力数

類型	農家	労働力 (人)			雇用の占める割合 (%)
		家族	雇用	合計	
①小規模水稲	A-1	1	3	4	75.0
	A-2	1	5	6	83.3
	A-3	3	1	4	25.0
②中規模水稲	B-1	3	2	5	40.0
	B-2	4	4	8	50.0
③中規模複合	C-1	4	3	7	42.9
	C-2	2	1	3	33.3
	C-3	2	2	4	50.0
④大規模水稲	D-1	3	7	10	70.0
	D-2	3	1	4	25.0
⑤大規模複合	E-1	4	2	6	33.3
	E-2	3	3	6	50.0

結果と考察

表4は、田植えにおけるGNSSの利用状況について整理したものである。基本的には規模によらず田植えの全面積でGNSSを利用する傾向にあることがわかった。一方、GNSSを利用しなかった部分の理由としては、有機栽培などで条間を変えている場合や、電波状態が悪かったこと等が挙げられた。

次に、代かき後に落水を行わずに田植えをする、無落水移植の実施状況について整理した(表5)。基本的には無落水移植を実施した経営が多い一方で、部分的にだけ無落水移植を行った経営や、すべて落水して田植えを行った経営が存在し、結果にはばらつきがみられた。落水を行った理由としては、小・中規模では、これまでの慣例や作業上の不安が挙げられ、大規模では、苗の植え付け精度に対する不安が挙げられた。また、八郎湖の環境のことを明確な理由に挙げた農家は1戸のみであった。

表4 田植えにおけるGNSSの利用状況

類型	農家	水稲作付面積 (ha)	GNSS利用面積 (ha)	GNSSを利用しなかった (ha)	GNSS利用面積割合 (%)	GNSSを利用しなかった理由
①小規模水稲	A-1	14.5	14.5	0.0	100.0	
	A-2	15.0	15.0	0.0	100.0	
	A-3	15.0	15.0	0.0	100.0	
②中規模水稲	B-1	17.3	17.3	0.0	100.0	
	B-2	20.0	12.9	7.1	65.0	条間が合わない場所がある
③中規模複合	C-1	18.4	18.4	0.0	100.0	
	C-2	21.0	21.0	0.0	100.0	
	C-3	22.8	22.8	0.0	100.0	
④大規模水稲	D-1	25.0	25.0	0.0	100.0	
	D-2	30.0	13~15	17~25	47.0	電波の悪いところがある
⑤大規模複合	E-1	27.0	27.0	0.0	100.0	
	E-2	29.6	10.0	25.0	34.0	手違いで機械が来なかった

表5 無落水移植の実施状況

類型	番号	落水・無落水	落水(無落水)の理由
①小規模水稲	A-1	部分的無落水	方向転換時の位置合わせのため
	A-2	無落水	
	A-3	無落水	
②中規模水稲	B-1	無落水	
	B-2	無落水	(八郎湖の汚染を危惧して)
③中規模複合	C-1	部分的無落水	
	C-2	落水	
	C-3	無落水	(GNSSを利用しているから)
④大規模水稲	D-1	無落水	(マーカーがなくてもできる)
	D-2	3~5cm張っていた	強風時の浮き苗が心配なため
⑤大規模複合	E-1	無落水	
	E-2	1カ所だけ試験で無落水	強風時の浮き苗が心配なため

1日の平均田植え作業面積とその決定理由について聞いたところ、規模による違いはあまり見られず、2.5ha～3.5haと固定される傾向にあることがわかった(表6)。またその決定理由は、雇用者の勤務時間による制約などで、田植機の作業スピードとの関連は小さいことが指摘された。

表6 1日の田植え作業面積と決定理由

類型	農家	1日の平均作業面積 (ha)	決定理由
①小規模水稲	A-1	2.5~3.0	雇用者の勤務時間
	A-2	3.3	雇用者の勤務時間
	A-3	3.5	雇用者の勤務時間
②中規模水稲	B-1	約2.5	時間、品種の多さ
	B-2	約2.5	
③中規模複合	C-1	約3.3	
	C-2	2.4か3.6	雇用者の勤務時間
	C-3	約2.2	
④大規模水稲	D-1	4.5	
	D-2	2.0	午前と午後で1.0haずつ
⑤大規模複合	E-1	1.5~3.0	時間と体力の問題
	E-2	3.0	1日(10時間)くらいでできる面積

田植え機のオペレータにGNSS自動操舵田植え機導入の主観的メリットを聞いたところ、12戸中9戸

が労働負担軽減を挙げた(表7)。この労働負担軽減とは、田植え機オペレータ作業における肉体的および精神的なストレスが軽減されたという意味である。また小中規模層では作業時間の短縮が挙げられた。しかしながら、表6で見た通り1日の田植え作業面積は主に雇用者の勤務時間などによって決定されており、現状GNSSの利用によって作業時間が短縮されても、1日の作業面積の拡大にはつながっていないようである。また、圃場枚数の多くなる中大規模層では、GNSSを利用した無落水移植導入によって田植え前の落水管理の手間が削減されることがメリットとして挙げられた。さらに、大潟村特有の点として、家族経営が主体であること、主に経営主が田植機のオペレータを担っていることから、作業時間が短縮されても労賃の低減に結びつかないため、金銭面での経営的メリットは表れづらいことが指摘された。

表7 GNSS導入の主観的メリット

類型	農家	作業時間短縮	労働負担軽減	移植後の外観	植付(後方)確認できる	落水不要	悪天候作業可
①小規模 水稲	A-1	○	○	○			
	A-2		○		○		
	A-3						
②中規模 水稲	B-1				○	○	
	B-2	○	○			○	○
③中規模 複合	C-1	○	○				
	C-2	○	○	○			
	C-3		○				○
④大規模 水稲	D-1					○	
	D-2		○				
⑤大規模 複合	E-1		○			○	
	E-2		○				
計		4	9	2	2	4	2

図1は各農家にGNSSの導入許容価格を聞き、経営規模を横軸にしてプロットしたものである。GNSS導入許容価格は規模が大きくなるにつれ上昇する傾向がある。また、複合経営ではより許容価格が上昇する傾向があり、特に大規模経営では汎用性を重視する回答がみられた。

GNSS導入と経営規模拡大について聞いたところ、規模によらずGNSS導入と面積拡大は連動しない傾向がみられた。その理由としては、近場での農地確保の問題、新たな労働力の確保の問題あるいは新たな施設投資が必要になることなどがあげられた。現

状大潟村でのGNSS導入は、すぐには規模拡大につながらないことが示唆された。

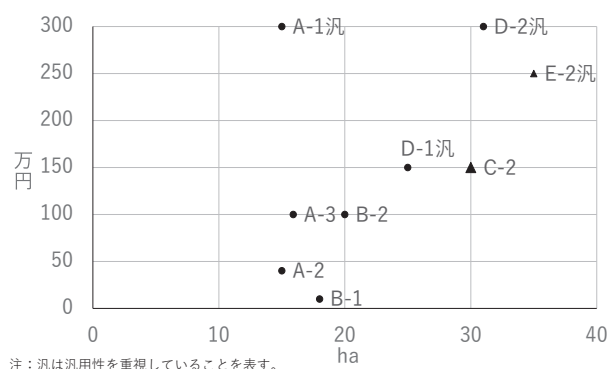


図1 経営規模とGNSS導入許容価格水準

GNSS汎用利用の意向について聞いたところ、小規模は汎用利用に否定的である一方、中大規模では肯定的であることがわかった。水稲以外の作物での汎用利用については、大豆の播種が多くあげられた。

以上の調査結果から示唆される点を表8にまとめた。

まずGNSSは規模によらず全面積で利用されており、1日の作業面積は規模による差はなく、雇用者の勤務時間などから決定されていた。これらのことから、田植機OP作業以外の雇用労働力に依存している作業が律速段階となっていることが示唆される。

落水の実施状況は経営によってばらつきがあり、GNSS導入と無落水移植導入は必ずしも連動しないことが示唆される。

GNSS導入と面積拡大は連動しない傾向があり、GNSS導入許容価格は大規模経営ほど高い傾向があった。これらの結果から、主に大規模経営でGNSS導入が進むものの、GNSS導入による規模拡大は起こらない可能性が高いことが予想される。

GNSS導入許容価格は複合経営でより高い傾向がある点と、汎用利用意向の結果から、大豆を中心とした複合経営で導入が進むことが示唆される。

以上より、GNSS導入のメカニズムについて考察すると、GNSSの導入需要は規模拡大に関する逡増性を有する点が指摘できる。また、GNSS導入許容価格水準は大規模経営で高い傾向にあり、大規模経営ではGNSSを導入する動きにある。よって需要は

必ずしも規模拡大に向けて出現せず、すでに規模拡大した経営で、事後的に強まる傾向にあると考えられる。

表8 結果から示唆される点

分析項目	結果	示唆される点
GNSSの利用	規模によらず全面積で利用	田植機OP作業以外の苗取り・運搬、苗積み・箱洗いなどの雇用労働力依存作業が律速段階
1日の作業面積	規模による差はなし 決定要因は雇用者の勤務時間など	
落水実施状況	ばらつきあり	GNSS導入と無落水移植導入は必ずしも連動しない
GNSS導入と面積拡大	連動しない傾向	大規模経営で導入が進む ただしGNSS導入による規模拡大は起こらない
GNSS導入許容価格	大規模ほど高い傾向 複合でより高い傾向	
汎用利用の意向	中・大規模を中心に汎用利用意向が存在 水稲以外では大豆播種で利用意向	大豆を中心とした複合経営で導入が進む

この規模に関する需要逡増性の要因に関しては次の2つが理由として考えられる。第1に、本調査で対象としたGNSS直進アシスト技術は、同一製品ですべての規模に対応することから、大規模化に伴い単位面積当たりの導入コストが低下する点である。第2に、大規模化に伴い、田植機の制御に関してオペレータは直進と植付確保の同時管理や、連日・連続した作業による疲労蓄積という負担が増大すると考えられる点である。このため、これらの作業負担を軽減するためにGNSSの導入に至ると考えられる。

結論

本研究では、大規模水田作地帯である大潟村を対象に、水田作経営においてGNSS直進アシスト技術の導入条件を明らかにすることを目的として分析を行った。分析の結果、以下の2点が明らかとなった。

第1に、GNSS導入は直ちに規模拡大のインセンティブとはならず、GNSS導入は既に規模拡大を進めた大規模経営中心に進展すると考えられる点である。GNSS導入に際する規模拡大の制約要因は、農地供給不足や雇用労働力の確保困難といった外部条件と、田植機オペレータの労働負担や新たな苗場や施設等への投資負担といった内部制約が指摘された。

第2に、GNSS導入と無落水移植導入が必ずしも連動しないため、八郎湖の環境改善に自動的に

ならないと考えられる点である。GNSSを導入しても、慣行作業体系の継続や、苗の植え付け精度に対する不安等の理由により無落水移植に移行しない経営が出現し、大潟村全域での田植機汚濁負荷削減効果は限定されることが予想される。

以上より、八郎湖の環境改善に向けたGNSS導入推進の条件として、①中小規模経営での導入促進、②GNSS導入を無落水移植導入と連動させること、の2点が必要であると考えられる。①中小規模経営での導入促進のための対策としては、学習機会設定による導入の必要性の理解を得ることや、導入への資本支援を行うことで、中小規模経営に対するGNSS導入インセンティブを付与することが考えられる。②GNSS導入を無落水移植導入と連動させるための対策としては、資本支援とのクロスコンプライアンス実施や、基盤形成技術や浮き苗回避技術の普及を行うことで、無落水技術導入に対するインセンティブを付与することが考えられる。

謝辞

この研究は、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業（うち地域戦略プロジェクト）」の支援を受けて実施した。

文献

- 北海道立総合研究機構（2019）。「自動操舵機能付き田植機の直進性と経済性」。
<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyu-seika/gaiyosho/31a/f2/27.pdf>
- 加藤雅也，進藤勇人，齋藤雅憲，長坂善禎，近藤正，藤原行毅，矢治幸夫（2018）。「移植時の湛水の有無が水稲の生育および収量に及ぼす影響」『第246回日本作物学会講演会要旨集』93。
- 近藤正（2016）。「八郎湖の水質と水質汚濁機構の解析—八郎湖の水循環と汚濁負荷特性—」『八郎湖流域管理研究』4，11-20。
- 近藤正，長坂善禎，進藤勇人，加藤雅也，齋藤雅憲，藤原行毅，矢治幸夫（2018）。「大潟村におけるGNSS直進アシスト田植機を活用した水稲無落

水移植による八郎湖の環境改善 ②無落水移植による水田排出負荷削減効果」17th World Lake Conference Proceedings, 514-516.

塩谷幸治, 関正裕, 加藤仁 (2019). 「水田作経営における後付型自動運転補助装置の導入条件解明の試み—線形計画法利用による ICT 導入の費用対効果解明へのアプローチ—」『関東東海北陸農業経営研究』109, 23-32.

矢治幸夫, 長坂善貞, 山本聡史, 西村洋, 佐山玲, 高橋裕則, 加藤雅也, 進藤勇人, 近藤正, 岡田直樹, 赤堀弘和, 加藤敦史, 岩原知宏, 藤原弘毅 (2019). 「GNSS 自動操舵田植機を利用した水稲無落水移植栽培による環境保全技術」秋田 ICT フェア 2019.

〔 令和 2 年 6 月 30 日受付 〕
〔 令和 2 年 7 月 16 日受理 〕

Conditions for the Introduction of GNSS Straight-ahead Assist Technology in Large-scale Paddy-field Farms

Case of Demonstration Farm in Ogata Village

Hirokazu Akahori¹, Kimika Hosaka¹, Mina Sato¹, Saki Nagasawa¹, Yuta Sato¹, Yukari Nakamura¹,
Taisei Matamura¹, Naoki Okada¹

¹ Department of Agribusiness, Faculty of Bioresource Sciences, Akita Prefectural University

In Ogata village, a large area of rice paddy field experienced a serious environmental problem when water released after soil puddling caused the eutrophication of Lake Hachiro. Non-release ponding water transplanting using a GNSS straight-ahead rice planting transplanter is expected to be a solution to this problem. Our study attempts to clarify the conditions for introducing GNSS straight-ahead rice planting assistance technology by interviewing and surveying 12 demonstration farms using GNSS auto-rice transplanters in Ogata village. The results suggest that GNSS will mainly be introduced at large-scale farms, and that it does not serve as an incentive for expanding the scale of farms. Moreover, our results show that the introduction of GNSS does not always lead to the introduction of non-release ponding water transplanting. Thus, promoting the introduction of GNSS at small and medium scale farms and tying the introduction of GNSS on the introduction of non-release ponding water transplanting is suggested to be important for the environmental improvement of Lake Hachiro.

Keywords: GNSS, auto-rice transplanter, technology introduction condition, Ogata village, non-release ponding water transplanting