

スマート農業を支える基盤整備指針

Ver 1.10

令和5年3月

秋田県 農林水産部

(令和5年8月改訂)

目 次

1. はじめに	1
(1) 背景	1
(2) スマート農業について	1
(3) 整備指針の対象	6
(4) 整備指針作成までの流れ	6
【ほ場整備編】	
2. 区画規模及び作業体系	7
(1) 区画規模の現状	7
(2) 区画規模等を決定する際の留意事項	9
(参考) 区画規模及び作業体系の実証結果	12
3. ターン農道	16
(1) ターン農道の概要	16
(2) ターン農道を導入する際の留意事項	17
(参考) ターン農道の実証結果	18
4. 畦畔・溝畔（草刈り作業）	20
(1) 草刈り機種及び性能	20
(2) 草刈り作業の省力化に向けた畦畔・溝畔に係る留意事項	21
(参考) 草刈り作業の実証結果	22
【水管理編】	
5. ICT水管理システム（遠隔操作型給水栓を利用したシステム）	24
(1) ICT水管理システムの整備	24
(2) ICT水管理システムを導入する際の留意事項	26
(参考) ICT水管理の実証結果	33
6. コラム	40
7. 今後の実証課題	41
8. あとがき	42
【モデル地区実証概要】	43
(1) 農地中間管理機構関連ほ場整備事業「高野尻」地区（北秋田市綴子）	44
(2) 農地集積加速化基盤整備事業「松ヶ崎」地区（由利本荘市松ヶ崎）	50
(3) 農地集積加速化基盤整備事業「横手」地区（横手市赤川）	56

1. はじめに

(1) 背景

秋田県では、ほ場の区画整理や暗渠排水等の水田利活用・自給力向上の基礎となる生産基盤を整備するとともに、地域農業を牽引する農地所有適格法人等の担い手へ農地を集積し、農業生産性の向上と経営規模の拡大による効率的かつ安定的な農業を確立するため、ほ場整備事業と併せて、園芸メガ団地等の園芸振興施策や農地中間管理事業による農地集積を三位一体で行う「あきた型ほ場整備」を計画的に推進している。

こうした取組を進めている一方、本県の農業は、農業従事者の高齢化や人口減少を背景とした労働力不足が顕在化し、今後も農業者の大幅な減少が見込まれる中にあり、ロボットやAI、IoTなどのデジタル技術を活用した「スマート農業」に対する取り組みは、作業効率の向上や生産コストの削減等、様々な効果が期待されている。

そこで、「スマート農業」の更なる普及・拡大を見据え、ロボットトラクター等の自動走行農機の作業に適した農地の大区画化や農道の整備、またICT水管理システムによる遠隔制御・監視等のスマート技術の導入を各地域における営農形態や地形、取水方式等の各種条件に応じて適正に実施するため、本指針を策定したものである。

本指針については、農業農村整備事業の計画・実施に携わる実務担当者を対象としているが、広く農業関係者の方々にも参考としてもらいたい。

(2) スマート農業について

① スマート農業の概要

「スマート農業」とは、ロボット技術や情報通信技術（ICT）を活用して、省力化や精密化、高品質生産を実現する等を推進している新たな農業である。

日本の農業の現場では、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、省力化、人手の確保、負担の軽減が重要な課題となっている。



②農業分野におけるICT、ロボット技術の活用

スマート農業は、作業の自動化、情報共有の簡易化、データの活用など様々な技術があるが、ここでは基盤整備に関連した技術について抜粋し記載している。

a. ロボットトラクター（自動走行トラクター）を用いた作業

ロボットトラクター（以下、ロボトラ）は、GNSS衛星からの位置情報と地上の固定基地局からの位置補正情報をもとに、精密な位置情報を取得して、オペレーターが乗車しなくても耕起や代掻き作業ができるトラクターである。現在の技術レベルでは、ロボトラの自動運転での作業実施に当たっては、安全性確保のため、目視による監視者を置く必要があり、また圃場の枕地を含む外周部2～3周は有人による操作が必要となる。

また、有人運転においては、ハンドル操作をしなくても直進走行を可能とする直進アシスト機能や自動旋回機能も有している。

ア. 無人-有人協調作業

ロボトラの自動運転では、目視による監視者を置く必要があり、監視者がロボトラとは別のトラクター（以下、有人トラクター）で作業しながら、ロボトラを監視することで1人のオペレーターが2台のトラクターで作業する「協調作業」を行う事ができる。

イ. ロボトラの直進アシスト機能を用いた作業

直進アシスト機能は、直進作業の始点と終点を設定し、その始終点の直線と平行して、作業幅に応じた走行ラインを決定し、その走行ライン上に沿って走行するようアシストする機能である。オペレーターは、運転席のモニター表示に従い、その走行ラインに合わせて作業することで、直進走行が可能となる。

また、直進アシスト機能を用いた作業では、一方向からの隣り合わせた作業だけでなく、1作業幅飛ばしの作業も可能であり、旋回時の半径を大きくすることで、枕地を痛めることなく、スピーディーに旋回することができる。

自動走行トラクター

北海道大学、ヤンマーなど（北海道岩見沢市）

取組概要

- 耕うん整地を無人で、施肥播種を有人で行う
有人-無人協調作業を実施(2018年市販化)
- 慣行作業と比較した省力化効果や作業精度等
について検証するとともに、リスクアセスメントに
基づく安全性の評価を行う



システムの導入メリット

- 限られた作期の中で1人当たりの作業可能な
面積が拡大し、大規模化が可能に

ヤンマー（株）
機械名：ロボットトラクター[88～113馬力]
価格：1,403～1,760万円（税込）
2018年10月 販売開始

出典：ヤンマー（株）Webサイトより

内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「次世代農林水産業創造技術」において開発

スマート農業の展開について（令和5年1月更新）農林水産省より

ほ場間での移動を含む遠隔監視による無人自動走行システム

農研機構、農機メーカー、北海道大学など

概要

- 目視できない条件下で、無人のロボット農機がほ場間を移動しながら、連続的かつ安全に作業できる技術を開発
- 関係者以外の進入を制限したブロック内で、農道等を跨いだ「ほ場間移動」を行う

政府目標

【日本再興戦略2016】

(平成28年6月2日 閣議決定(抜粋))

- ほ場間での移動を含む遠隔監視による無人自動走行システムを2020年までに実現

レベル1 (自動操舵)



使用者が搭乗した状態での自動走行

自動操舵装置

市販化済

レベル2 (有人監視下での無人走行)



ロボットトラクター

ほ場内やほ場周囲からの監視の下で、ほ場内の作業を行う無人状態での自動走行

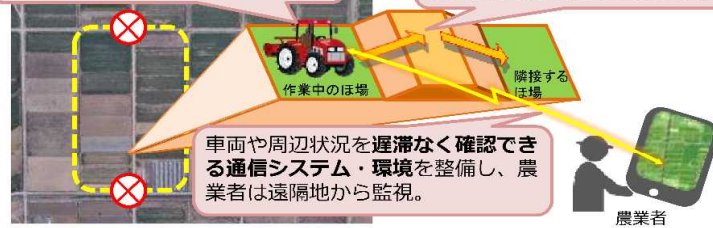
市販化済

レベル3 (ほ場間での移動を含む遠隔監視下での無人走行)

開発中

ロボット農機は農道の幅員や障害物等を認識。危険を検知した際には緊急停止し、監視者に通知する。

ロボット農機の自動走行に適した形状・強度の進入退出路や農道を整備し、走行の安全性を確保する。



車両や周辺状況を遅滞なく確認できる通信システム・環境を整備し、農業者は遠隔地から監視。

農業者

内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「スマートバイオ産業・農業基盤技術」において開発中

スマート農業の展開について(令和5年1月更新) 農林水産省より

b. 直進アシスト田植機による作業

直進アシスト田植機は、トラクターの直進アシスト機能と同様に、直進作業の始点と終点を設定し、その始終点の直線に平行な作業ラインに沿って田植えを行うことができる田植機であり、経験の浅いオペレーターでもベテランオペレーターと同様な田植えが可能となる。

近年では、旋回も自動で行う自動走行田植機も開発されており、より自動化が進んでいるが、外周部の田植えについては、オペレーターによる操作が必要となる。

直線キープ機能付田植機

(株)クボタ

- 直進キープ機能により操作が不慣れでもまっすぐな田植えが可能に
- 熟練者においても労力が軽減されることで作業効率が向上

(株)クボタ

機械名: NW6S-GS 6条植
価格: 301万円(税込)~
2016年9月 販売開始



出典: (株)クボタWebサイトより

自動運転アシスト機能付コンバイン

(株)クボタ

- オペレータが搭乗した状態での自動運転による稲・麦の収穫が可能に
- 収量センサでタンクが満タンになることを予測し、最適なタイミングで事前に登録しておいた排出ポイント(運搬用トラック)付近まで自動で移動

(株)クボタ

機械名: WRH1200A2
価格: 1,760万円(税込)~
※1 別途、GPSユニット(基地局)が必要
※2 GPSユニット(基地局)は既存のもので代用可
2021年4月 販売開始



出典: (株)クボタWebサイトより

スマート農業の展開について(令和5年1月更新) 農林水産省より

自動運転田植機

(株)クボタ

システム概要

- 監視者がほ場周辺にいる状態で、旋回も含めて自動で田植えを実施
- ほ場の最外周を有人で走行してほ場マップを生成し、その後、田植機が走行経路を自動で計算

システムの導入メリット

- オペレーターが不要になり、**作業人数の省人化**が可能に

<省人化の例>



- 通常機と無人機を同時に作業させ、補助者が無人機の監視者を兼ねることで**作業時間を短縮**

<作業効率向上の例>



(株)クボタ
機械名：アグリロボ田植機NW8SA-PF-A
価格：632万円(税込)～
2020年10月 販売開始

出典：(株)クボタWebサイトより

スマート農業の展開について(令和5年1月更新) 農林水産省より

c. リモコン式自走草刈機

遠隔で操作する草刈り機は、人力での草刈りに比べ労働負担が少ないことや傾斜などの危険な場所での除草作業が可能なことから安全性が高い。

近年では、多数のメーカーで取り扱っており、性能や価格も幅広いことから、除草を対象とする場所に見合った性能を検討する必要がある。

リモコン式自走草刈機

三陽機器(株)

システム概要

- アーム式草刈機の技術と油圧・マイコン制御の技術を組み合わせ、リモコン操作可能な草刈機を開発

システムの導入メリット

- 人が入れない場所や急傾斜(最大傾斜40°)のような危険な場所での除草作業もリモコン操作で安全に実施可能に
- 軽量コンパクトで、軽四輪トラックでの移動が可能
- 作業効率は慣行作業の約2倍(3a/hr→6a/hr)



三陽機器(株)
価格：160万円(税込)
2018年4月 販売開始

出典：三陽機器(株)Webサイトより

革新的技術創造促進事業(事業化促進)にて農研機構生研支援センターの支援のもと研究開発

スマート農業の展開について(令和5年1月更新) 農林水産省より

d. ほ場の水管理システム

スマートフォンで操作する水田の水管理システムなど、先端技術による作業の自動化により規模拡大が可能となる。また、熟練農家の匠の技の農業技術を、ICT技術により、若手農家に技術継承することが可能となる。

近年では、センシングデータ等の活用・解析により、農作物の生育や病害を正確に予測し、高度な農業経営が可能となっている。

水田の水管理を遠隔・自動制御化するほ場水管理システムの開発

(農研機構など)

システム概要

- 水田水位などのセンシングデータをクラウドに送り、ユーザーがモバイル端末等で給水バルブ・落水口を遠隔または自動で制御するシステムを開発

システムの導入メリット

- センシングデータや気象予測データなどをサーバーに集約し、アプリケーションソフトを活用して、水管理の最適化及び省力化をすることにより、**水管理労力を80%削減、気象条件に応じた最適水管理で減収を抑制**



出典：農研機構Webサイトより

(株)クボタケミックス (製品名: WATARAS)
 価格: 自動給水口・落水口兼用 13.2万円 (税込)
 水位水温計 3.3万円 (税込)
 基地局 33万円 (税込)
 年間使用料 8,800円 (税込)
 (基地局1台あたり自動給水バルブ*1-40台接続時)
 2019年4月販売開始

内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム (S I P) 「次世代農林水産業創造技術」において開発

スマート農業の展開について (令和5年1月更新) 農林水産省より

(3) 整備指針の対象

本指針において対象とするスマート技術は、県内でも導入が進んでいる自動走行農機（ロボットトラクター、直進アシスト機能付田植機）のほか、営農の効率化に資する遠隔操作型給水栓、自走式草刈機を対象とし、主に「ほ場整備」と「水管理」について整備指針を取りまとめたものである。

(4) 整備指針作成までの流れ

基盤整備事業実施中の県内3箇所のモデル地区において、実装されたスマート技術の運用データを収集・分析及びスマート農機等の使用者である農業法人等へ聞き取りを行い、その結果を反映したものである。

また、学識経験者や農業法人、土地改良区等で構成される検討会を開催し、同検討会委員からの提言を反映させて整備指針を作成したものである。

なお、本指針は国資料「自動走行農機等に対応した農地整備の手引き」R2.2.27を引用・追記したもので、今後の技術進展や現場の声などに応じて適宜改訂を行うものとする。

※参 考

【実証事業】

「スマート農業を支える基盤整備実証事業」
(実施期間：令和2年度～令和4年度)

【実証モデル地区】

- 農地中間管理機構関連ほ場整備事業 「高野尻」地区
- 農地集積加速化基盤整備事業 「松ヶ崎」地区
- 農地集積加速化基盤整備事業 「横手」地区

地区位置図



総合実証モデル



高野尻地区(北秋田市)

ターン農道の有効性や、水管理労力の削減及び用水節減効果など、スマート農業技術を総合的に実証。



ターン農道



自動給水栓
(パイプライン用)

中山間モデル



松ヶ崎地区(由利本荘市)

中山間地における草刈りや水管理に係る労力削減に向け、アーム式モアによる草刈りやICT水管理を実証。



急傾斜地での
アーム式モアによる
草刈り



自動給水栓
(開水路用)

スーパー大区画モデル



横手地区(横手市)

3.6ha区画と1ha区画及び40a区画のほ場において、自動走行農機の導入に向けた作業時間等の比較による区画規模の実証。



自動操舵田植機



自動操舵トラクター

【ほ場整備編】

2. 区画規模及び作業体系

(1) 区画規模の現状

秋田県における標準区画は、長辺165m～215m、短辺48m～62mの1.0ha区画が主流となっている。区画規模の決定に当たっては、現況区画の長辺3枚～4枚を1枚にした区画を目安（下記標準配置図参照）にしており、施工性や経済性を重視した区画となっている。

ただし、市町村道路や河川等の影響を受ける地域は、地形条件に合わせた区画となり、大区画化が難しい場合もある。

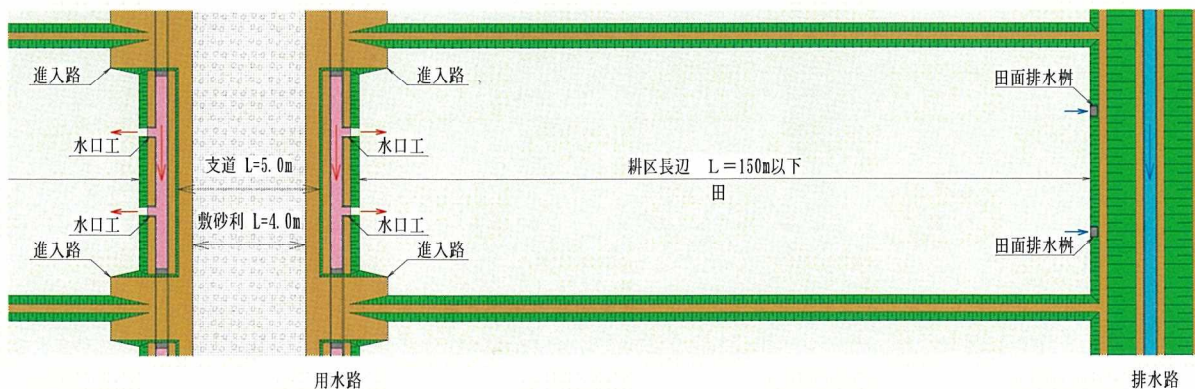
①秋田県の区画例

年代別区画規模の推移

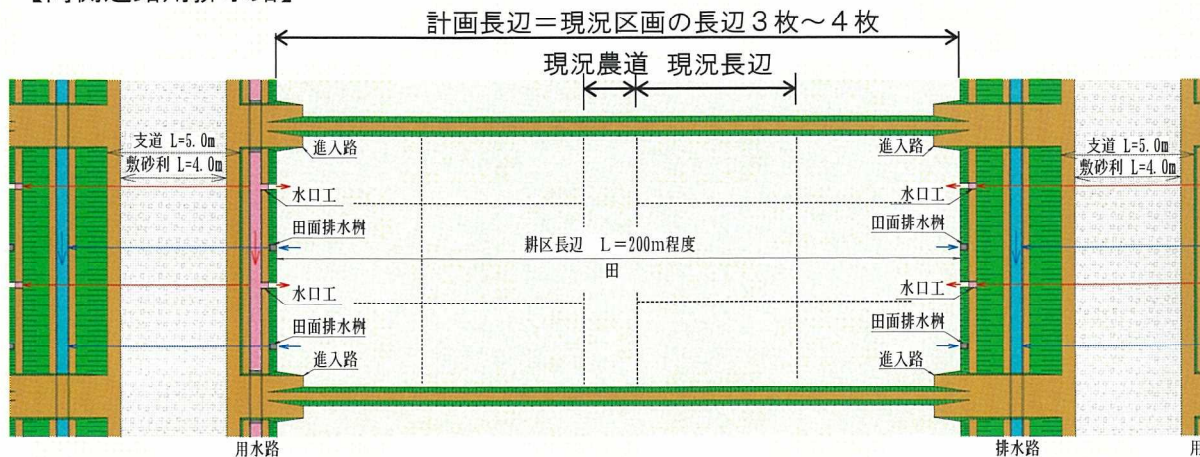
年代	長辺長×短辺長	区画規模	道路・用排水路配置
昭和39年～	100m×30m	30a	片側配置
平成元年～	100m×50m	50a	片側配置
平成5年～	150m×68m	1 ha	片側配置
平成15年～	165m×62m	1 ha	両側配置
	200m×51m	1 ha	両側配置
	215m×48m	1 ha	両側配置

標準配置図

【片側道路用排水路】



【両側道路用排水路】



②ほ場区画の種類

a. 耕区

道路、用排水路、畦畔で区切られた区域で、通常「区画」とはこれをいう。

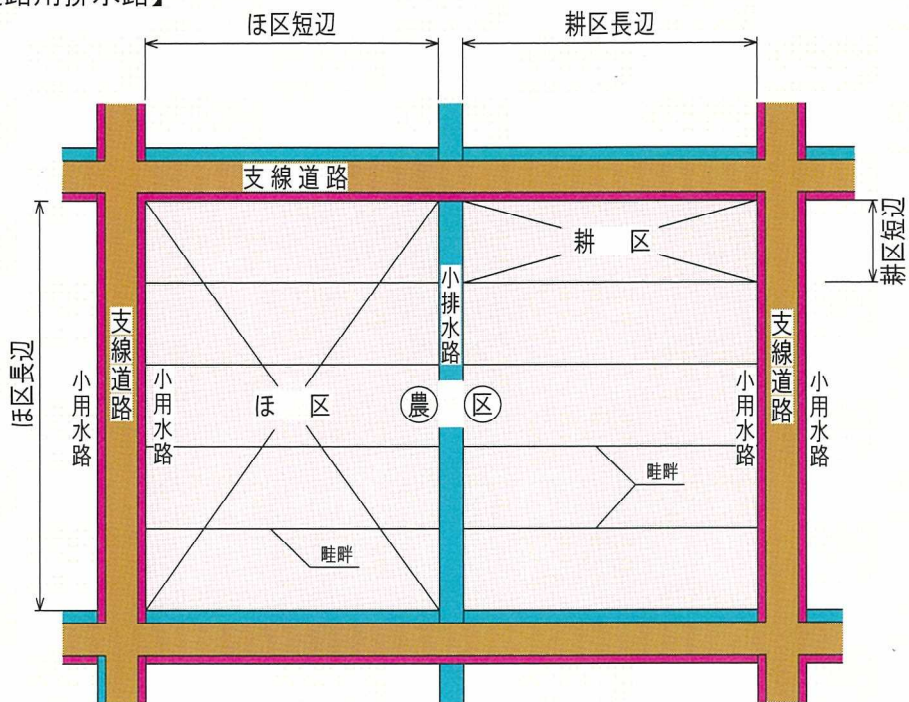
b. ほ区

耕区が数枚集まり、道路、用排水路で区切られた区画。

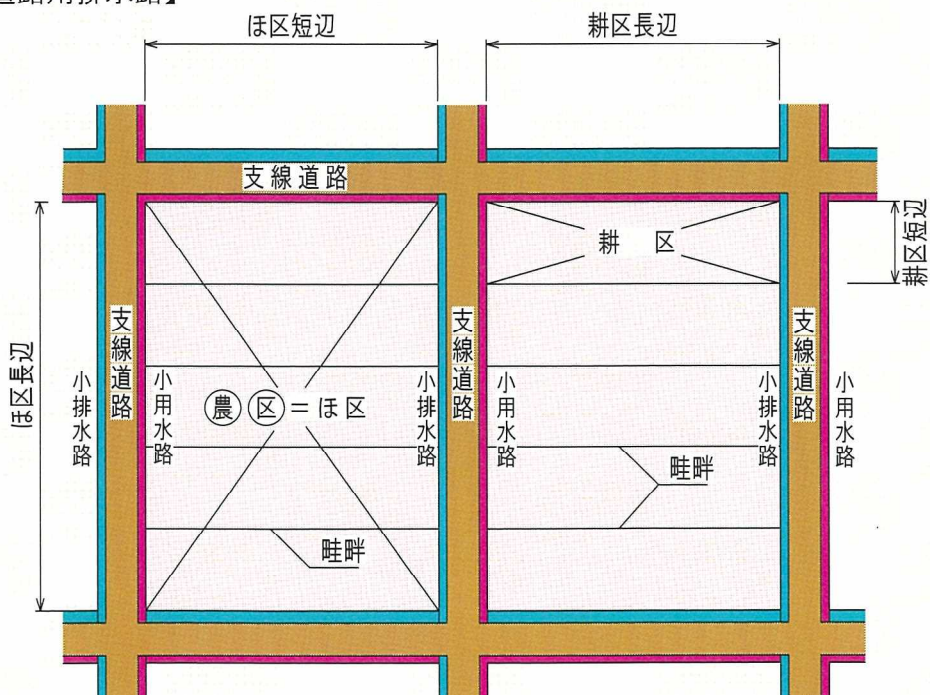
c. 農区

周辺を道路等で区切られた最大規模の区画。

【片側道路用排水路】



【両側道路用排水路】



(2) 区画規模等を決定する際の留意事項

参考とした資料：「自動走行農機等に対応した農地整備の手引き」 令和2年2月27日
農林水産省農村振興局整備部農地資源課 出典 (一部引用)
青字：本県の実施例及び実証事例等からの知見による追記

①区画規模

a. 作業時間の考慮

区画規模を決定するにあたっては、農業機械1台当たりの利用面積の拡大や農業機械の使用に要する時間の削減等が図れるよう考慮する必要がある。農業機械の使用時間には、ほ場内における実作業時間（農業機械の稼働時間）、農業機械格納庫からほ場、又はほ場間の移動時間等があり、基盤整備の際は、これらを低減できるように区画規模を検討する必要がある。

道路の直線化、区画形状の直線化（なめらかなカーブ）、端田区の鋭角部や凹凸部の解消などに考慮する必要がある。

b. 適正な長辺・短辺の設定

農業機械格納庫からほ場、又はほ場間の移動は、自走もしくはトレーラーによる運搬移動となることから、区画規模を大きくし、ほ場間の移動回数を減らすことや耕区の集団化を図ることで、ほ場間の移動時間を軽減させることが必要となる。ほ場内における実作業時間を削減するには、トラクター等の作業方向となる耕区長辺長をできるだけ長くすることが望ましい。

実証においても、長辺長が長いほど作業時間が少なくなる傾向にはあるものの、極端な省力化には繋がらない結果となっている。

また、長短辺長が違う1ha区画の場合であっても、機械の作業幅が短辺長に適合していないと、逆に効率が悪くなることもあり、スマート農業に対応した基盤整備とするためには、地区の地形条件を考慮しつつ、導入する農業機械の能力や作業幅等を勘案し、適正な短辺長を設定することが必要である。

※詳細については、②長辺長・短辺長で述べる。

c. 大区画化の周辺条件・整備内容

自動走行農機による効率的な営農を行うためには、耕区長辺長をできるだけ長く取れるよう区画を大きくする必要があるが、大区画化について、現行の計画基準では、おおむね1ha又はそれ以上の規模を目安とすることとしている。また、地域の立地条件、農業機械の作業効率、水利条件、社会経済条件、均平度^(※1)を十分考慮する必要がある。1haを大きく超える大区画水田では、代掻き用水等の初期用水を多く必要とする場合があり、確実にほ場内に配水ができるよう水路の配置や縦断勾配等を検討する必要がある。

(※1) 大区画化を進める上での留意事項・・・次項参照

d. 大区画での用排水路の敷高

平坦地では将来の畦畔除去等による大区画化が可能となるよう、均平化を考慮した区画配置が必要である。その際は、用水路が田面より高い浮き水路になることや排水路が深くなることに留意する必要がある、場合によっては、水路の管路化の検討も必要である。

e. 傾斜地での区画配置

傾斜地で大区画化する場合には、つぶれ地や工事費用など増大しないよう、現況の畦畔位置に計画畦畔を合わせたり、短辺長を短くした50a区画にするなど、等高線区画を考慮した区画配置により農作業機械が効率的に作業できるように留意する必要がある。

大区画を進める上での留意事項

①地域の立地条件

- ・風による浮き苗の問題が生じないか。地域によって東西、南北方向の確認が必要。
- ・既存の道路や用排水路等を有効活用することで経済的な整備内容となっているか。また、支線用・排水路の既設利用等が可能か検討が必要。
- ・土工量が増加し整備の増大を招かないか。

②農業機械の作業効率

- ・農業機械による適時の資材の積み込み（防除作業に使用する動力散布機のタンクへの薬剤投入、田植機への苗の積み込みなど）や収穫物の積み下ろし（コンバインのグレーンタンクから運搬トラックへの積み下ろしなど）が効率的に行えるか。長辺長が150m程度以上の場合、両側に道路を配置するなどの検討が必要。

③水利条件

- ・所要の用水を供給し、排水を流下させる能力が確保されているか。水口や田面排水口の設置箇所を、3000㎡程度に1か所を目安とする。

④社会経済条件

- ・区画拡大するため換地による所有権の移転や共有地化が地権者に受け入れられるか（依然として農地を資産として所有する傾向が強い等の要因から所有権の移転等が進みにくい場合がある。）

ただし、ほ場整備の際は、地域の担い手に農地の集積・集約化を進める計画とし、利用権設定等を考慮し換地配分を行っていることから、特に問題とはなっていない。なお、集積・集約化に当たっては、農地中間管理事業を活用している。

⑤均平度

- ・作物の収穫や品質を安定させるためには、ほ場面の均平化が必要であり、農家によるトラクターを利用した効率的なほ場均平作業が可能か（重粘土など土質条件が悪い場合は、田面の不均平となりやすく、区画が大きいとブルドーザーによる相応の作業が必要となる。）なお、秋田県においては、整地仕上げの際、均平度を±5cmで施工管理している。

②長辺長・短辺長（設計基準等における基本的な考え方）

a. 計画設計基準等における基本的な考え方

現行の土地改良計画設計基準では、ほ区の長辺長については、ほ区の長辺に沿う小用水路の許容延長を基に300～600m、ほ区の短辺長（耕区の長辺長）については田面の用排水操作や農業機械の許容延長を基に100～150mが適正範囲とされている。

秋田県においては、耕区の長辺長が150m程度以上の場合、両側に道路、進入路等を設置した区画としているが、今後、田植えの密苗移植、直播、防除技術等の進展により、さらに長辺長を長くした区画の検討が必要となる可能性がある。

b. 田面の用排水と農業機械の作業効率

耕区の長辺長を決定する要因は、田面の用排水と農業機械の作業効率となる。農業機械については、耕区の長辺長が長ければ長いほど農業機械のターン回数が少なくなることから効率的な作業が可能となる一方、適時の資材の積み込みや収穫物の積み下ろしが難しくなることを考慮したうえで決定する必要がある。

特に防除作業に使用する動力散布機のタンク容量、田植機に一度に積載できる苗箱枚数、コンバインのグレーンタンクの積載量は作業に与える影響が大きいが、長辺長を決めるうえで用排水操作上の利便を主たる要因として考えた方が妥当である。

- ・用排水操作では、耕区の長辺長が長くなると用水よりも排水の迅速な排出が難しくなるため、耕区の長辺長の決定は主として田面排水の難易度によって決まると考えてよく、大区画水田の調査結果等から勘案すると、耕区の長辺は100～150mとするのが適当と考えられる。

なお、秋田県においては、耕区の長辺長が150m程度を超える場合、耕区の両側に排水路を設置し、排水距離を150m以内とすることで排水性を確保しており、耕区の長辺が約220mの事例がある。

- ・耕区の長辺長を長くすることは、農業機械の作業効率を高めるだけでなく、用排水路の密度を減少させることで、整備費の節減だけでなく、水位調整等の水管理に掛かる費用、整備後の点検操作や補修にかかる維持管理費、草刈り等の労力の低減にも資するところである。また、状況に応じ、給水口1箇所での可能取水量を増加させ、給水口設置数の削減も考えられる。

c. ロボットトラクターの導入と長辺長

現状の自動化レベル2（本指針P3参照）で市販化されているロボットトラクターでは、目視による監視が基本となるが、必要に応じ、モニター情報などによる確認で目視を補うこととしているため、目視での監視が可能な距離に留意したうえで、適正な長辺長を検討することが望ましい。また、監視者が万が一の際にロボットトラクターを停止できるよう監視者が持つ非常停止装置とロボットトラクターの間は常に通信を行っており、これらの通信可能距離にも留意したうえで、適正な長辺長を検討することが望ましい。

d. トラクターの協調作業

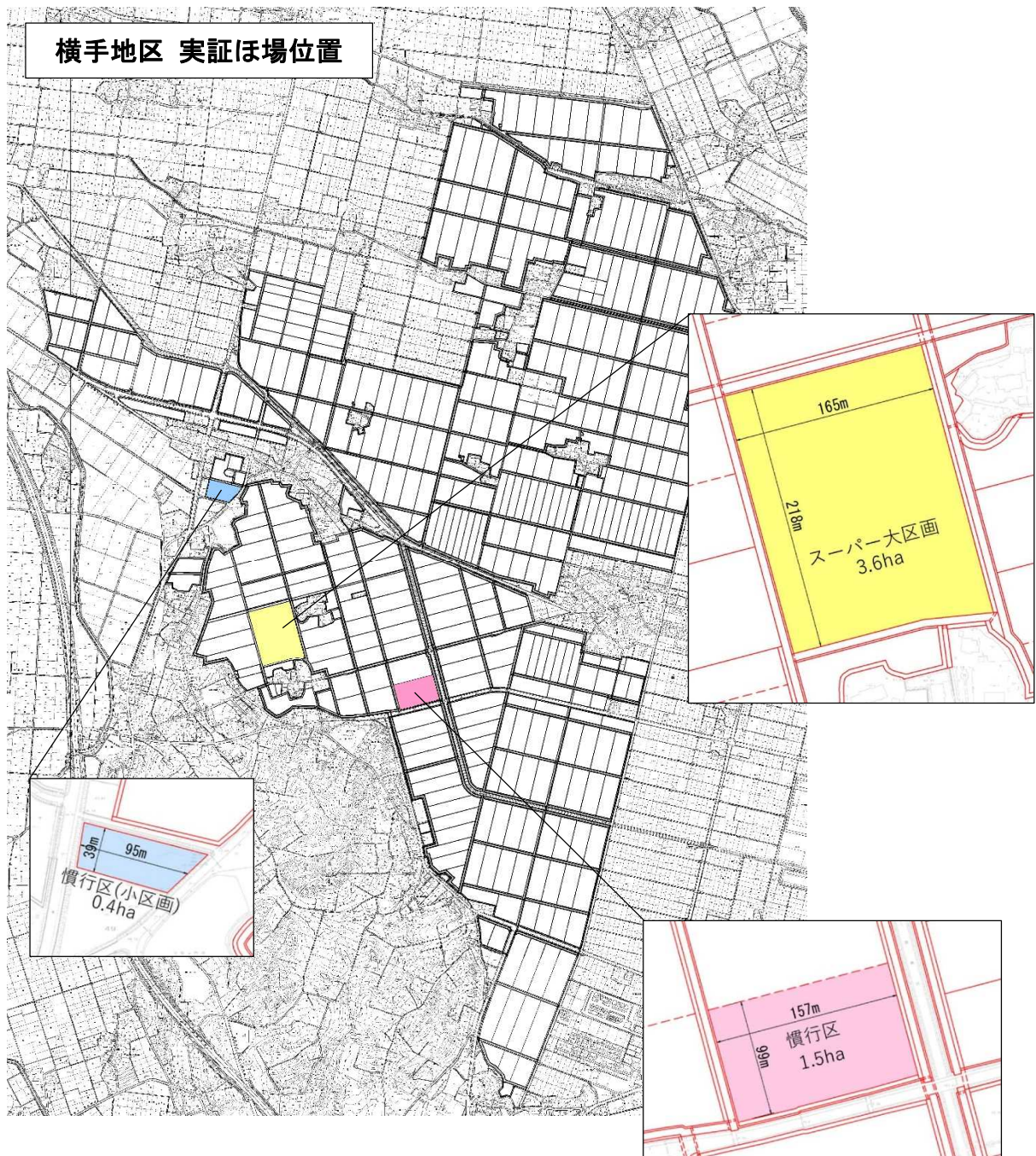
協調作業は、有人トラクター、ロボットトラクターの2台とも同じほ場に入って作業する方法と隣接するほ場でそれぞれ作業する方法があるが、2台のトラクターが接近し過ぎると危険である一方、離れ過ぎると電波が途切れ(約150m以上)ロボトラが停止してしまう。また、50a程度以上の耕区では、ロボトラが先行して1作業幅とばしに作業し、有人トラクターがロボトラの作業しなかった部分を作業することで、接近し過ぎや離れ過ぎを回避できる作業体系となる。

この場合、2台のトラクターの作業幅や作業速度を揃えることで効率的な作業が行われることに留意する必要がある。

(参考) 区画規模及び作業体系の実証結果

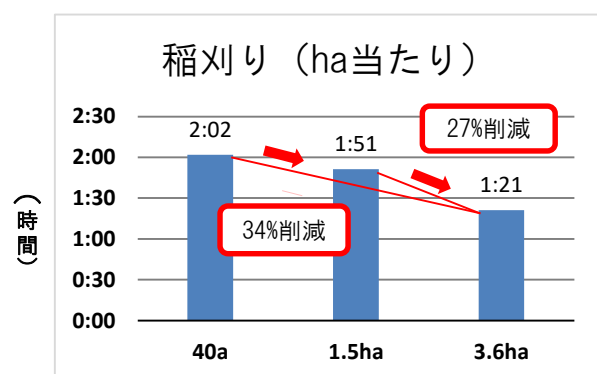
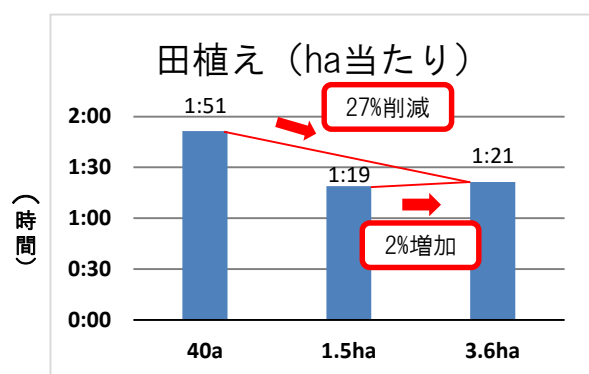
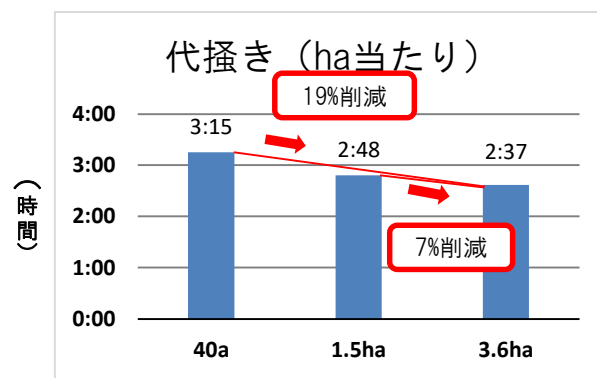
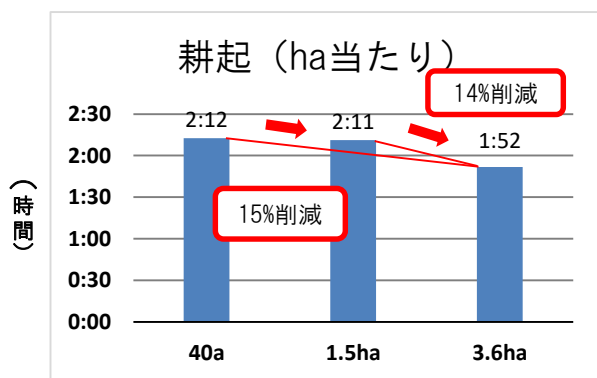
①区画規模による作業時間

今回の実証では、実証モデル地区である横手地区において、小区画（40a）、大区画（1.5ha）、スーパー大区画（3.6ha）の3つの区画で耕起、代掻き、田植え、稲刈り作業のデータ収集を行い、作業時間や作業効率等の実証を行ったものである。



(実証結果①：1台作業による区画別作業時間の比較)

	耕起	代掻き	田植え	稲刈り
作業時間	<ul style="list-style-type: none"> 全ての区画において、トラクター（88ps）1台による作業 3.6ha区画は、1.5ha区画より14%、40a区画より15%作業時間が削減 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての区画において、トラクター（88ps）1台による作業 3.6ha区画は、1.5ha区画より7%、40a区画より19%作業時間が削減 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての区画において、自動操舵田植機で作業 3.6ha区画は、40a区画より27%作業時間が削減 	<ul style="list-style-type: none"> 3.6ha区画は、1.5ha区画より27%、40a区画より34%作業時間が削減



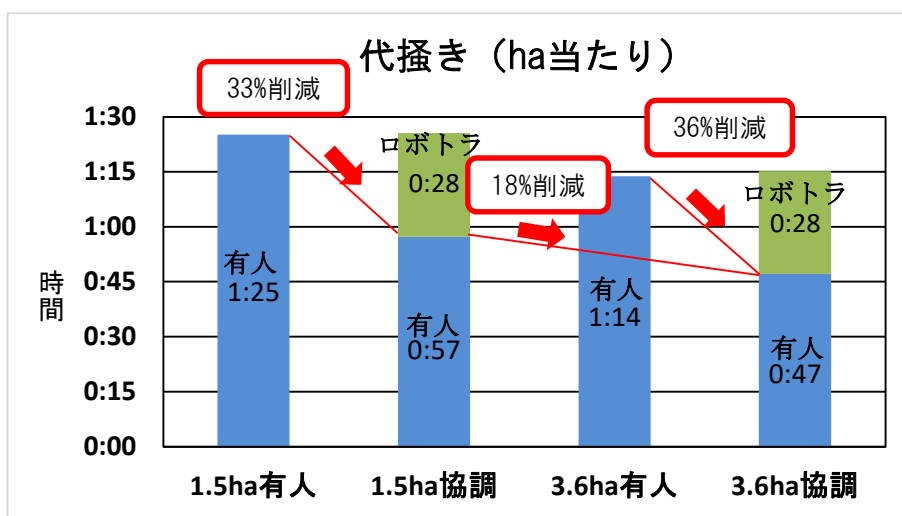
- ※1 作業時間には、走行時間のみ計上し、停止時間（田植えの苗積み、稲刈りの籾排出等）は含まない
- ※2 機械性能、作業速度、天候などの条件の違いにより、多少の誤差が発生する。
- ※3 耕起及び代掻きの使用機械は、トラクター（ヤンマー YT488A(88ps)）1台による作業。
- ※4 田植えの使用機械は、田植機（ヤンマーYR8D(8条植え)、直進アシスト付き）による作業。
- ※5 稲刈りの使用機械は、コンバイン（ヤンマー YH6115(6条刈)）による作業。

②作業体系別の作業時間比較

横手地区の実測データを基に作業時間を算定すると、代掻きにおける体系別（協調作業、単独作業）の作業時間として、以下の結果が得られた。

（実証結果②：2台協調作業と1台単独作業の体系別作業時間の比較）

作業体系	1.5ha区画	3.6ha区画	備考
1台単独(有人)	1:25	1:14	
2台協調(有人+ロボトラ)	0:57	0:47	3.6ha区画の方が1.5ha区画より18%作業時間が削減
単独作業と協調作業の比較	協調作業の方が単独作業より33%作業時間が削減	協調作業の方が単独作業より36%作業時間が削減	



- ※1 2台協調とは、有人+無人トラクターによる2台作業で、作業時間の比較は、有人トラクタによる作業時間とする。
- ※2 代掻き作業は、1回目の作業（荒掻きのみ）を対象とした。
- ※3 使用機械は、トラクター（ヤンマー〔YT488A(88ps)-無人〕、〔YT457A(57ps)-有人〕）



代掻き協調作業
（前方：無人口ボトラ、後方：有人トラクター）

GPSロガーによる走行軌跡



- 上図は、スーパー大区画3.6haの代掻き作業をロボットトラクター（無人）と有人トラクターの2台で協調作業した走行軌跡である。
赤線がロボットトラクターの軌跡、黄緑線が有人トラクターの軌跡であり直線作業を1作業幅とばしで交互に走行してしている。また、外周の2～3周は溝畔に設置された付帯物に接触しないように、有人トラクターでの作業となる。