

Ⅲ スマート農業（水田作）の現地活用について

1. ほ場管理システム
2. ロボットトラクタ（協調作業）
3. GPSアシスト操舵トラクタ・自動操舵装置
4. アシスト田植機
5. リモートセンシング
6. 農薬散布用ドローン
7. 水田センサ
8. 自動水管理システム（自動給水装置）
9. ラジコン草刈機
10. 収量・食味コンバイン①（収量データ）
11. 収量・食味コンバイン②（自動走行）
12. スマート農業技術の留意点（共通）

1. ほ場管理システム

(1) 技術概要

- ・クラウド上において、農作業記録の入力、保管、整理、活用をほ場一筆毎に効率的に行うためのシステムである。
- ・事前にはほ場や作付品目、作業内容、作業機械、資材等を登録しておけば、それぞれを選択するだけで、その日の作業を詳細に記録することができる。多少の慣れは必要であるが、多数のほ場を管理する上では、帳票類と比べ、記録の管理や保管、記録の経年比較が容易である。
- ・ほ場管理室システムの種類は多く、付属する機能もシステムにより様々であり、農機具メーカーのほ場管理システムには自社製農業機械の作業内容・時間等が機械の稼働により自動記録される機能もある。

(2) 導入メリット

- ・クラウドを介して、事務所のパソコンや屋外で作業中の作業員のモバイル端末により、全ての作業員がどこからでも同一の作業情報を共有できる。また、事務所のパソコンやサーバーに支障があっても、記録がクラウド上に保存されていることから、データの復旧が簡単である。
- ・作業終了時や作付終了時には、データの集計なども比較的容易にできるメリットもあり、データは表計算ソフトの形式で出力可能であり、簡易な図表等を自動で出力できる機能の備わったシステムも提供されている
- ・作業進捗や作業効率の確認、ほ場ごとの収量などのデータを基に経営上の課題が「見える化」され作業改善やほ場管理、人材育成等、様々な活用が可能となる。

(3) 留意点

- ・記録手段としてメリットの多いほ場管理システムでだが、あくまで記録用の道具の一つであり、単に導入するだけでは経営上の効果は得られない。
- ・ほ場管理システムは、様々な活用が可能であるが全て実施するには、各種膨大なデータを記録する必要がある、多大な労力を必要とする。作業計画の見直し、一筆毎のコスト試算、人材育成など、導入目的を明確にし、必要なデータの入力から開始するのが得策である。
- ・導入に当たっての前提条件として、導入目的の明確化とデータ入力体制の整備が必要である。また導入目的に適したシステムを選択することが重要である。
- ・データ入力にあたっては、農作業同様の重要な作業と位置づけて取り組む必要があり、入力に必要なパソコンやモバイル端末の費用負担の検討、モバイル端末の操作に不慣れな作業員へのサポートも必要である。また、これまでの作業日誌を併用し、システム担当者が入力代行するなどの工夫が必要となる。
- ・システム導入後、記録を蓄積することで、データを基にした様々な分析、検討が可能となり、経営改善することで、ほ場管理システムの導入効果が初めて現れる。ほ場

管理システムを活用しながらP D C Aサイクルを実践することが各経営体の目標達成につながっていく。

(4) 実証結果等

イ A法人（仙台市）

・ほ場管理システムを農薬適正使用の確認や記録に役立てており、取引先に安全な農産物生産に向けた取り組みを説明する際には、ほ場管理システムの記録画面（図1）を提示することで理解につながっている。

・また、ほ場管理システムに蓄積されたほ場ごとの作業日及び内容、使用した農薬、資材等の記録を基にねぎ部門におけるG l o b a l G . A . P 認証も取得した。



図1 ほ場管理システムによる一筆単位での生産履歴管理確認画面

ロ B法人（東松島市）

・ほ場管理システムを639筆に及ぶほ場の転作状況や作業履歴の確認に使用。各ほ場の作付状況や作業履歴、農薬や肥料の使用履歴等を記録・確認し（図2、図3）、作業の効率化の検討や農薬・肥料の適正使用管理に活用している。

・またほ場マップで各地区の収量や品質などを把握することにより、地区に応じた肥培管理等の検討がしやすくなり、生産物の品質向上や収量の安定化が期待でき、安定した品質をもとに有利販売も見込むことができる。



図2 ほ場管理システムにおける作業進捗の確認画面

注) 作業完了のほ場と未完了のほ場が、色分けして表示され、作業進捗が可視化される。



図3 ほ場管理システムにおける作業日誌の確認画面

注) 作業終了後のほ場の様子が写真登録できる機能が備わっている。

ハ C法人（名取市）

- ・所有する収量・食味コンバインの収量データがほ場管理システムに自動的に記録される（図4）。
- ・収量や収穫作業時間等の収穫関連データに絞ってはほ場管理システムで管理。単収が低いほ場をリストアップし、反収が低い要因を分析し、その改善策を次作の栽培計画に反映させている。



図4 ほ場管理システムへの収量・食味コンバイン（右）の収穫データの自動記録
注）収量，籾水分，玄米タンパク含量等，作業時間が自動で記録される。

ニ D法人（栗原市）

- ・水稻の生育診断にリモートセンシングを実施し，センシング結果の確認をほ場管理システム上でやっている（図5）。
- ・また，センシング結果を基にしたほ場の基肥設計の改善や追肥の実施などほ場管理システムによりほ場1筆ごとに作業計画の進捗を管理している。

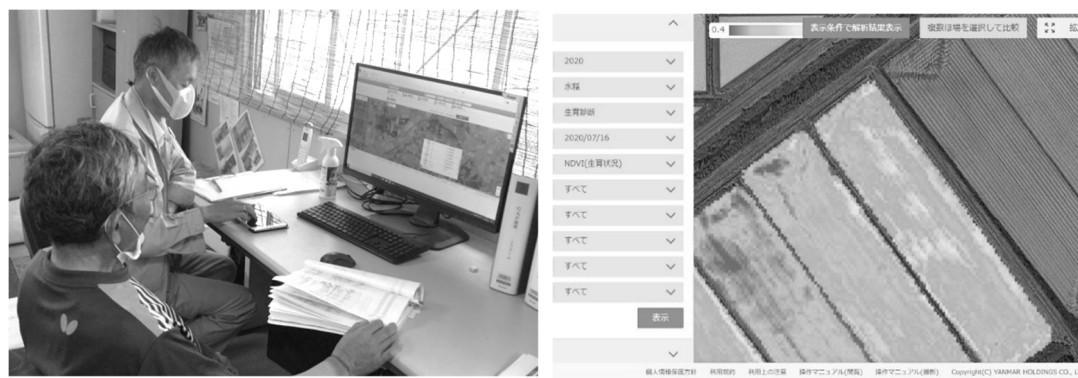
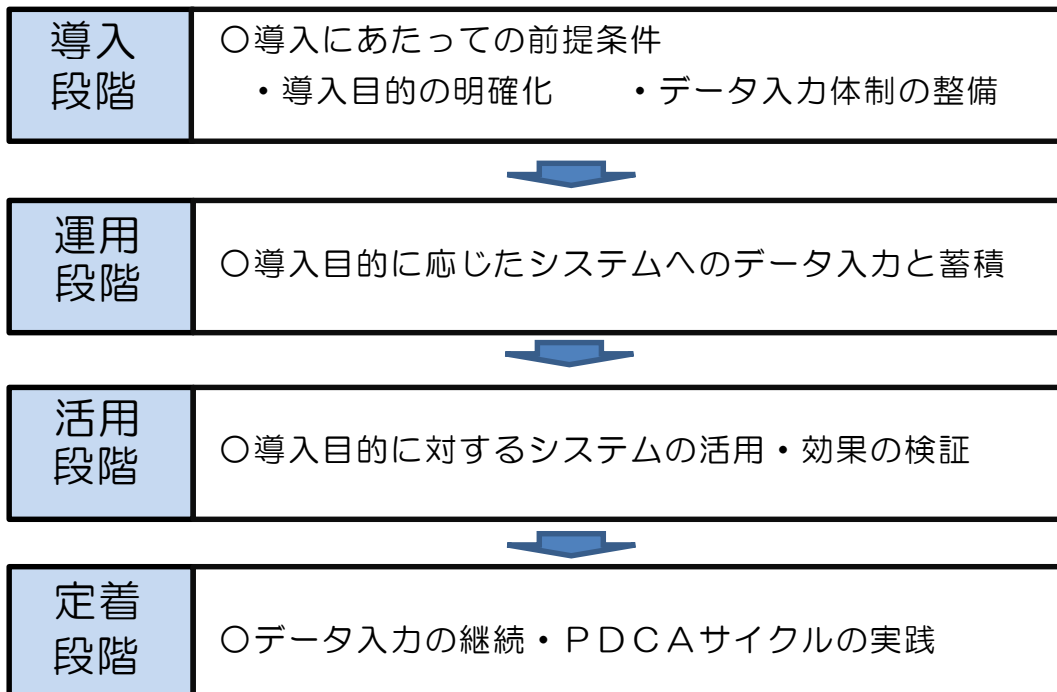


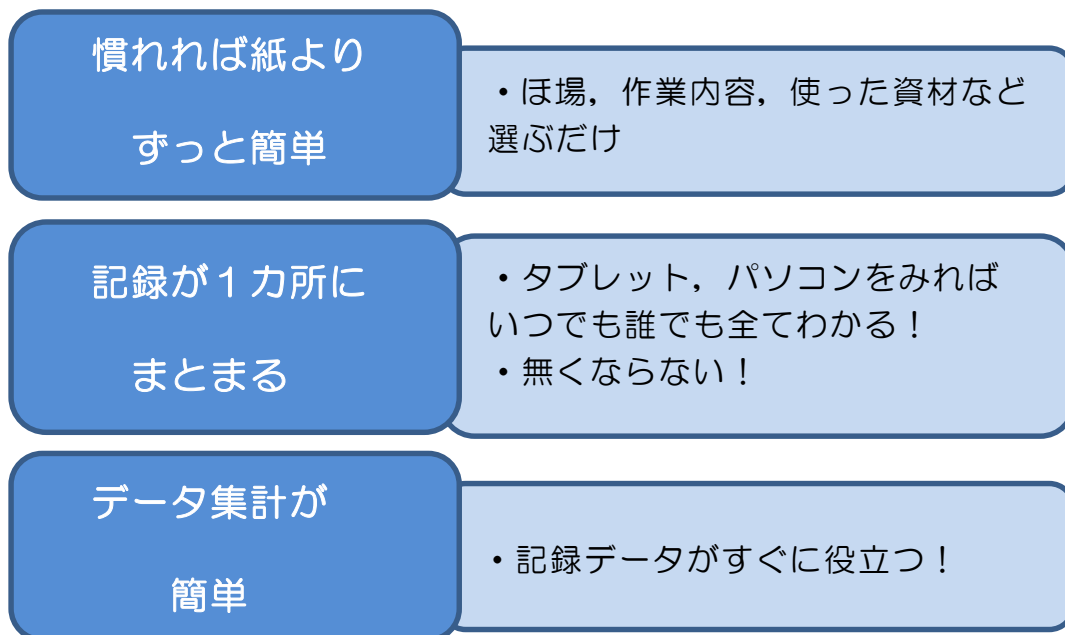
図5 ほ場管理システムによる水稻センシング結果の確認
注）センシング結果がほ場管理システム上で確認できる。

(参考)

ほ場管理システム導入・活用の各段階



ほ場管理システム活用のメリット



※ I C T ほ場管理システム導入の手引き（平成 30 年 3 月宮城県農業振興課作成）より抜粋

2. ロボットトラクタ（協調作業）

(1) 技術概要

- ・有人トラクタの監視のもと、ロボットトラクタの無人自動走行を行い、オペレーター1名でトラクタ2台による同時作業を行うことで、作業を効率化、省力化する技術である。
- ・作業の流れとしては、まずオペレーターはロボットトラクタではほ場の外周を1周し、それを基にほ場の測位情報、形などの登録（マッピング）を行う。その後、走行ルートの種類を選択すると、システムで最適な自動走行のルートが作成される。オペレーターは下車し、機体周囲の安全を確認後、無人走行を開始する。オペレーターはもう一台を手動運転して、追隨して作業を行う。有人機と無人機の協調作業の走行ルートには、いくつかの種類があるが、基本的にはほ場の外周（2，3周）は安全性の観点から有人機で行う必要がある。
- ・協調作業の間は、無人機の周辺状況をオペレーターの持つ端末でモニタリングできる。ロボットトラクタの機体には、安全性確保のため障害物検知システムが搭載されており、異常を検知すると、自動走行は緊急停止する。作業再開には安全を確保したのち、端末での遠隔操作、または手動での解除が必要である。

(2) 導入メリット

- ・オペレーター1名でトラクタ2台による同時作業を行うことで、作業に必要な人員を1名減らし、作業を効率化できる。
- ・連続した大区画整形ほ場での活用が適している。

(3) 留意点

- ・位置情報の精度確保のためには、RTK-GNSSの精度が必須である。
- ・障害物検知システムのソナー検知により、土埃や野鳥などでも無人機が停止する場合がある。
- ・代かき作業の協調作業は、湛水により、無人機が代かきをした部分を目視で分かりづらいことから、追隨はせず、無人機の作業は、内周のみの作業が適している（図2）。
なお、緊急停止時に、代かき作業中のほ場を歩いて、無人機まで行くのが難しいなど、代かき作業での活用は、現場レベルでは実用的ではない。
- ・リモコンの通信可能距離に制限があることから、隣接ほ場での作業の際には注意が必要であり、効率的な作業工程を検討する必要がある。
- ・使用するほ場までの運搬は、有人で行う必要がある。
- ・接続できる作業機が限定的である。

(4) 実証結果等

- ・令和2年に、スマート農業実証事業ほ場（東松島市）においてロボットトラクタ（60ps）と有人機の既存トラクタ（95ps）による現地実証を実施した。

イ 耕起作業

- ・無人ロボットトラクタにより1列とばしで耕起し、空いている列を有人トラクタで追尾して耕起する作業工程として行った(図1)。
- ・実証では、無人走行中のエラーによる作業停止はなかった。
- ・実証の結果、1haほ場を約1時間50分で耕起することができた(表1)。

ロ 代かき作業

- ・代かき作業は、外周を有人トラクタで作業し、内側をロボットトラクタで作業する行う工程で実施した(図2)。実証の結果、50aほ場を約1時間で代かきできた(表2)。
- ・無人走行中の停止は何度があったが、すべてリモコン端末で遠隔で解除できた。
- ・安全性の観点から、ほ場外周の作業を有人トラクタで行う必要があり、50aほ場では、有人トラクタとロボットトラクタの作業面積はほぼ同等であった。

ハ 耕起・大豆播種作業

- ・大豆播種作業においてロボットトラクター(無人)と有人トラクタで協調耕起し(図3)、続いてアップカッターロータリを接続した有人播種機で播種する作業工程(図2)で実施した結果、播種作業人員3名→2名へ削減できることを実証した。

(5) 参考データ

表1 ロボットトラクタの作業能率(耕起)

作業	試験区	作業幅 m	作業面積 a	作業人数 人	作業時間	作業能率	
						a/h	h/ha
小麦耕起	ロボットトラクター	2.2	45.6	0	1時間37分03秒	28.2	3.6
	有人トラクター	2.4	53.9	1	1時間13分37秒	43.9	2.3
	1圃場分		99.5	1	1時間52分10秒	53.2	1.9

表2 ロボットトラクタの作業能率(代かき)

作業	事前準備 (圃場登録等)	作業面積 a	作業人数 人	作業時間	作業能率	
					a/h	h/ha
水稻代かき	ロボットトラクター(内側) (作業幅:2.2m)		1	26分		
	自動走行	25.2	0	21分40秒	69.8	1.4
	合計	25.2	1	47分40秒	31.7	3.2
	有人トラクター(外周3周) (作業幅:2.4m)	23.72	1	34分	41.9	2.4
	1圃場分	48.92	1	58分32秒	35.9	2.8

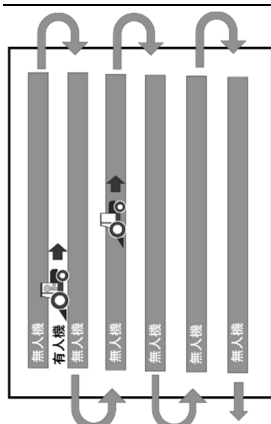


図1 協調作業工程の模式図(耕起)

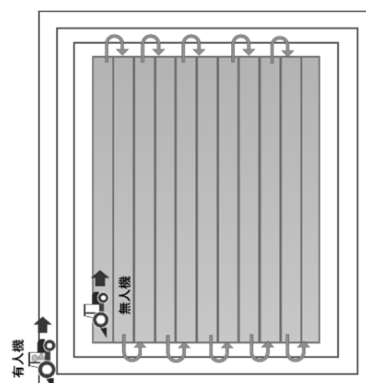


図2 協調作業工程の模式図(代かき)



図3 協調作業の様子

3. GPSアシスト操舵トラクタ・自動操舵装置

(1) 技術概要

・GPSアシスト操舵トラクタ（図1）等の自動操舵装置は、衛星からの信号を受信するためのアンテナ、受信機、表示器、姿勢センサ、操舵コントローラ、操舵モータで構成されている。トラクタや作業機の諸元を自動操舵装置の端末に記憶させ、最初に基準となる直線を引くと、自動操舵装置に入力した作業機の幅ごとに目標経路が自動で設定される。

・各作業行程の走行開始時はマニュアル操作で運転し、目標経路に十分近づいたと判断したら自動操舵に切り替える。作業中のハンドル操作を機械に任せられるので、オペレーターは作業機の制御に集中でき、マーカー跡を注視しながら運転する必要もないので負担軽減に繋がる。マーカー跡が十分に見えない状況でも作業が可能である。

・また、近年、既存のトラクタに後付けで設置する自動操舵装置も販売されている（図2）

(2) 導入メリット

・新規就農者等の経験の浅い農業者もベテランオペレーター並の作業速度と作業精度が実現できるため、新規就農者等の即戦力化により、経営全体での作業効率が高まることが期待される。

・オペレーターの作業疲労が軽減されることで、より精密な作業の徹底、農作業事故防止に資する。

・既存農機に後付けで設置する自動操舵装置（図2）はトラクタ以外の田植機や乗用管理機にも設置できる。

(3) 留意点

・位置情報の精度確保のためには、RTK-GNSSの精度が必須である。

・ベテランオペレーターが操作する場合、作業効率は高まらないケースもある。

(4) 実証結果等

・令和2年に、スマート農業実証事業ほ場（東松島市）において自動走行トラクタの現地実証を実施した。

イ 耕起作業

・就農2年目のオペレーターがGPSアシスト操舵トラクタ（125ps）に搭乗し、耕起作業を実施、作業能率はベテランオペレーターが搭乗する既存トラクター（95ps）を上回った（表1）。

・トラクタの馬力が異なるため、単純な比較はできないが、ベテラン農業者と同等の作業精度と作業速度が確保できると考えられる。

ロ 播種作業

・GPSアシスト操舵トラクタ（125ps）に高速汎用播種機を併用した播種作業を実施，慣行（既存トラクタ（95ps）+既存播種機）と比較して作業能率は著しく向上し，47%の効率化を達成した（図3）。

ハ その他

・GPSアシスト操舵トラクタに搭乗したオペレーターからは「作業の心理的負担が減り，疲労が軽減される」，「農機の扱いに不慣れな新規就農者にとってありがたい機械である」等の感想が聞かれた。

(5) 参考データ



図1 GPSアシスト操舵トラクタ



図2 自動操舵装置（後付）とRTK基地局「農水省HPより」

表1 GPSアシスト操舵トラクタの
耕起作業能率

作業項目	作業能率 (h/10a)	
	GPSアシスト 操舵トラクタ (125ps)	既存トラクター (95ps)
粗起こし	0.24	0.24
耕耘	0.23	0.26

注) 水稻，大豆，子実トモコシ，麦等の全品目で実施した耕起作業を集計

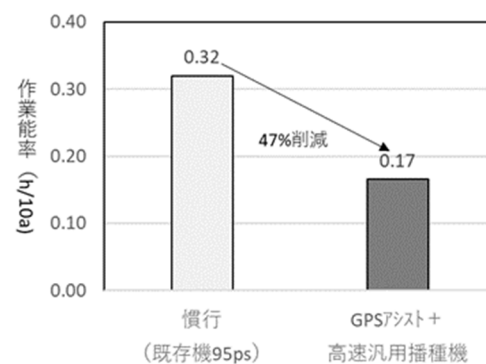


図3 播種における作業能率

注) GPSアシスト操舵トラクター+高速汎用播種機による播種作業（水稻直播（13ha），大豆（1ha），子実トモコシ（9ha），麦（22ha））を集計

4. アシスト田植機

(1) 技術概要

・GNSSを利用した、直進中のハンドル操作のアシスト（自動操舵）機能をもつ田植機である（図1）。経験の浅い農業者でも、簡便にまっすぐ植え付けることができることを目標に開発された。オペレーターは最初の工程で基準点として始点A、終点Bを登録し、直進自動操舵の基準となる直線を登録する。以降は、この基準の直線に沿って自動操舵が実施される。より高精度な測位システムであるRTK-GNSSを用いて、直進だけでなく旋回のアシスト機能をもつ製品も開発され、販売されている。

(2) 導入メリット

・ハンドル操作を気にせずまっすぐに植え付けることができるため、操縦者の心理的負担を低減でき、作業の軽労化になる。また、直進時のハンドル操作が不要なため、後方の植え付け状況を確認しやすい。

・移植マーカーに頼ることなく、経験の浅い農業者でも曲がらず直線的に移植できる。

(3) 留意点

・RTK-GNSSを使用しない場合、直進アシストにやや誤差が生じるため、走行中に手動で調整することもある。

・アシスト機能を圃場の形や場面によって使い分けることが効率化に重要である。

(4) 実証結果等

・令和2年に、スマート農業実証事業ほ場（東松島市）において、直進走行アシスト田植機の作業能率調査を行った。

・実証機は直進アシスト田植機8条と従来機8条を比較検証した。アシスト機能は直進のみである。

・なお、従来機にはベテランオペレーターが乗車し、実証機には田植え経験2年目のオペレーターが乗車した。

・従来機を使用したほ場は、やや不正形のほ場で作業能率はやや低かったものの、直進走行アシスト機能付田植機では、8条田植機の想定作業能率である70a/h程度であった（表1）。また、移植精度は従来機と同等以上であった（図2）。

・令和2年に、古川農業試験場内で直進アシスト機能による移植作業の直進精度について調査を行った（図3）。各試験区の異なる2条において、始点と終点を結ぶ基準線に対する移植位置の横変位（ずれ）を計測したところ、アシスト機能なしで移植した手動区では、片方向に湾曲して最大0.4m以上の変位が認められた。これに対し、アシスト機能ありのオート区の変位は両方向とも0.1m未満であり、手動区に比べ高い直進性が確認された。

(5) 参考データ

表 1 直進アシスト田植機と従来機の作業能率の比較

作業	試験区	作業面積 a	作業時間	作業能率	
				a/h	h/10a
水稻移植	直進アシスト田植機 (8条)	97.51	1時間18分4秒	74.9	1.3
	従来機対比 従来田植機 (8条)	94.96	1時間30分46秒	119%	81%



図 1 直進アシスト田植機



図 2 直進アシストでの移植状況

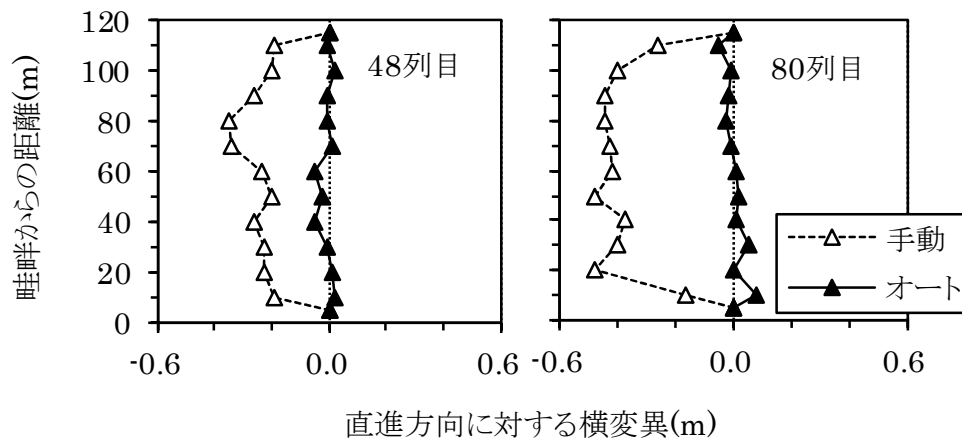


図 3 田植機の直進精度の測定結果

注) 移植 6 日後に各試験区 2 列において計測した。列の両端点を結ぶ直線から横方向にずれた距離をトータルステーションの望遠レンズで計測した。