衛星画像を用いた秋まき小麦「きたほなみ」の茎数推定・起生期無追肥判定の実施マニュアル

令和 5 年 3 月

（2023. 3）

地方独立行政法人 北海道立総合研究機構　農業研究本部

十勝農業試験場 研究部 農業システムグループ

生産技術グループ

目次

Ⅰ　はじめに 1
Ⅱ　本マニュアルについて 2
Ⅲ　茎数推定・起生期無追肥判定 3
　１．事前確認事項 3
　２．実施手順 6
　（１）衛星画像選定・出力 7
　（２）標準化 9
　（３）調査圃場選定 11
　（４）茎数調査 11
　（５）圃場毎に茎数推定 13
　（６）起生期の無追肥判定 15
　３．手順の留意点 16
Ⅳ　利用許諾条件 17
　1．免責事項 17
　2．著作権その他の権利 17
　3．利用条件 17

Ⅰ　はじめに

みどりの食料システム戦略では化学肥料低減を目指す姿に掲げており、スマート農林水産業の推進に関する具体的な取り組みとして土壌や生育診断等データに基づく施肥マネジメント技術の開発が望まれています。

北海道内の主力品種「きたほなみ」の安定生産に有効な施肥対応は整理されています（北海道施肥ガイド 2020 他）。道央・道東地域では起生期の茎数が 1000 本/m^2 以上の場合で無追肥とし、1000 本/m^2 未満の場合で起生期に追肥できます。しかし、茎数調査は時間を要するため、期間内に調査できる圃場数に限界があります。

衛星画像は広範囲を一度に撮影して地点毎にデータを取得できるため、衛星画像と定点の茎数調査を併用することで、各圃場の茎数を広域的に把握して追肥等の意思決定に活用できます。

道総研では、『衛星画像を用いた秋まき小麦「きたほなみ」の起生期茎数と止葉期窒素吸収量の推定技術』を開発しました（令和 5 年指導参考）。

URL：

https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/r5/f2/04.pdf

Ⅱ　本マニュアルについて

本マニュアルは、『衛星画像を用いた秋まき小麦「きたほなみ」の起生期茎数と止葉期窒素吸収量の推定技術』（令和 5 年指導参考）のうち、茎数推定および起生期無追肥判定の実施手順を示しています。

具体的には、衛星情報配信サービスで NDVI を出力してから無追肥判定を実施するまでの手順を記載しています。NDVI を出力するまでの詳細な手順は各サービス事業者より公開されている各種マニュアル等に従ってください。

Ⅲ　茎数推定・起生期無追肥判定

１．事前確認事項

（１）利用可能な衛星情報配信サービス

以下の２つの条件を満たしているサービスに限ります。

①　Sentinel-2 衛星もしくは PlanetDove 衛星群で撮影された NDVI 画像を配信していること。

②　Excel で開けるファイル形式（csv など）で NDVI を出力できること。

（２）利用者

広域的な営農指導を行う農業協同組合や農業改良普及センターの職員、衛星利活用に積極的な生産者集団などが本技術を利用できます。地域の衛星利用状況や生育調査実施状況に応じて役割分担を決めてください。

（３）対象地域の範囲

以下の２つの条件を満たしている必要があります。

①　20 km×20 km 程度であること

②　１枚の衛星画像に含まれていること

②は、配信された衛星画像で確認してください。

（４）利用場面

本技術は、まず越冬前に茎数を推定して無追肥判定をします（図１）。越冬前に無追肥と判定されなかった（追肥要否を判断できなかった）圃場が対象地域内に含まれる場合、起生期に再び茎数を推定して無追肥判定をします。起生期でも無追肥と判定されなかった圃場は、本技術で追肥要否を判断できないため、慣行に従って追肥判断をしてください。越冬前もしくは起生期に無追肥と判定された圃場については、起生期に障害などがみられないことを目視で確認して最終的な無追肥の判断を行います。

本技術により、対象地域内で優先的に無追肥とすべき圃場を特定できます。

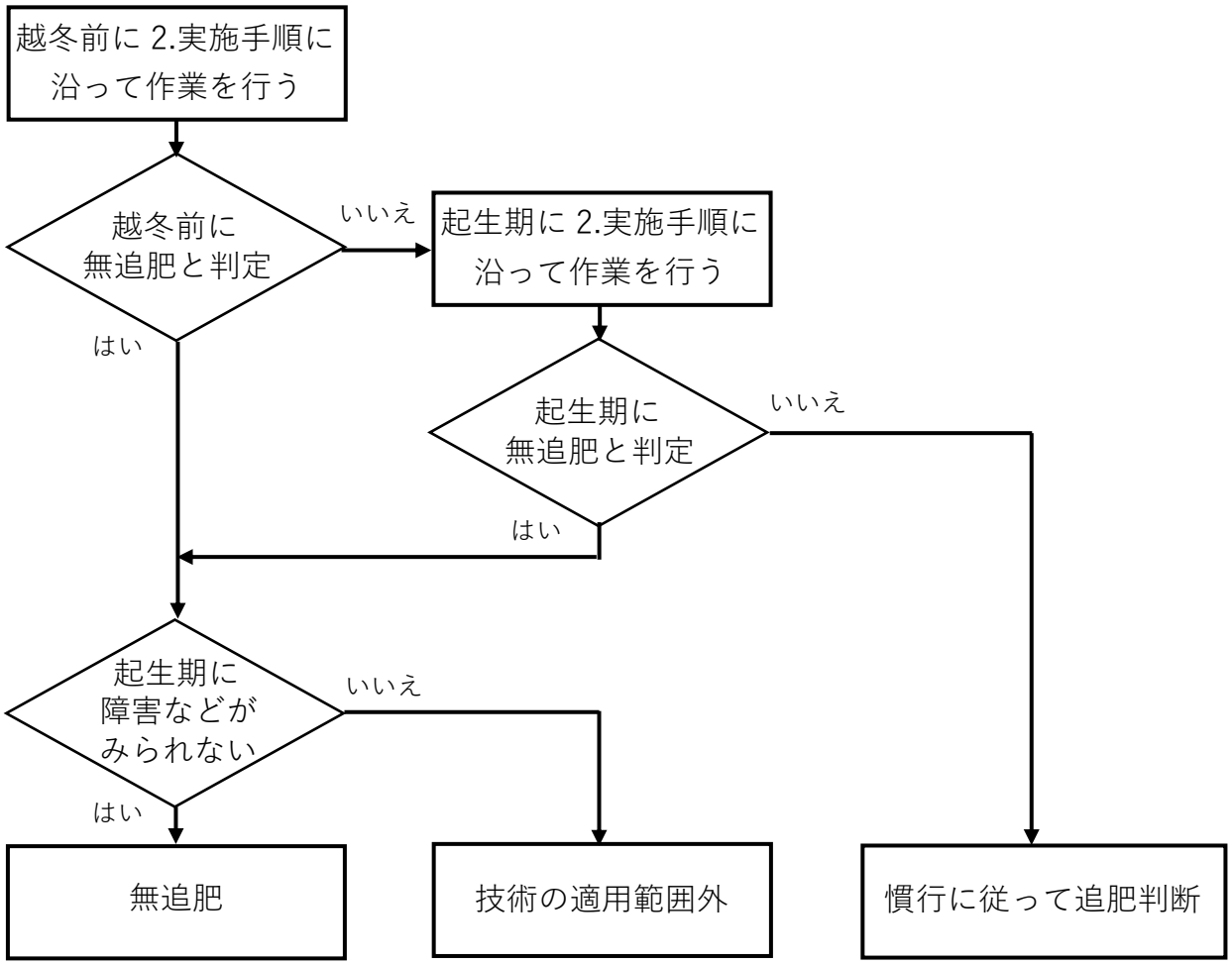

越冬前に 2.実施手順に
沿って作業を行う
越冬前に
無追肥と判定
いいえ
起生期に 2.実施手順に
沿って作業を行う
はい
起生期に
無追肥と判定
いいえ
はい
起生期に
障害などが
みられない
いいえ
はい
無追肥
技術の適用範囲外
慣行に従って追肥判断

図１　判定の流れ

２．実施手順

まず、越冬前に以下の手順を実施します。越冬前に無追肥と判定されなかった圃場が対象地域内に含まれる場合、起生期にも以下の手順を実施します。次頁以降は、スペースアグリ株式会社から配信されている衛星画像を例に詳細な手順を記載しました。

（１）衛星画像選定・出力

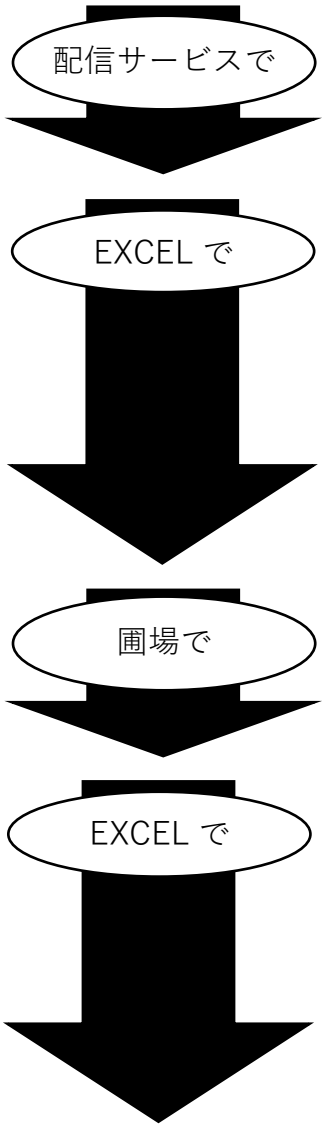
（２）標準化

（３）調査圃場選定

（４）茎数調査

（５）圃場毎に茎数推定

（６）起生期の無追肥判定



（1）衛星画像選定・出力

はじめに、解析対象とする衛星画像を選びます。越冬前は 11 月、起生期は 3 月下旬（融雪後）から 4 月中下旬（追肥前）までに撮影した画像を利用できます。ただし、圃場に雲や雪の被った画像は利用できません（図 2①)。また、日当たりによって小麦の凍結度合いに差がみられるため（図 3）、最低気温 0 度以下となる時期の早朝に撮影した画像は利用できません。対象地域内で配信されている圃場数の多い画像を選んでください（図 2②)。画像を選び終えたら対象地域内で小麦圃場の NDVI を出力（ダウンロード）します（図 2③)。

図 2　衛星 NDVI 画像の選定・出力

図３　調査点の可視画像

（２）標準化

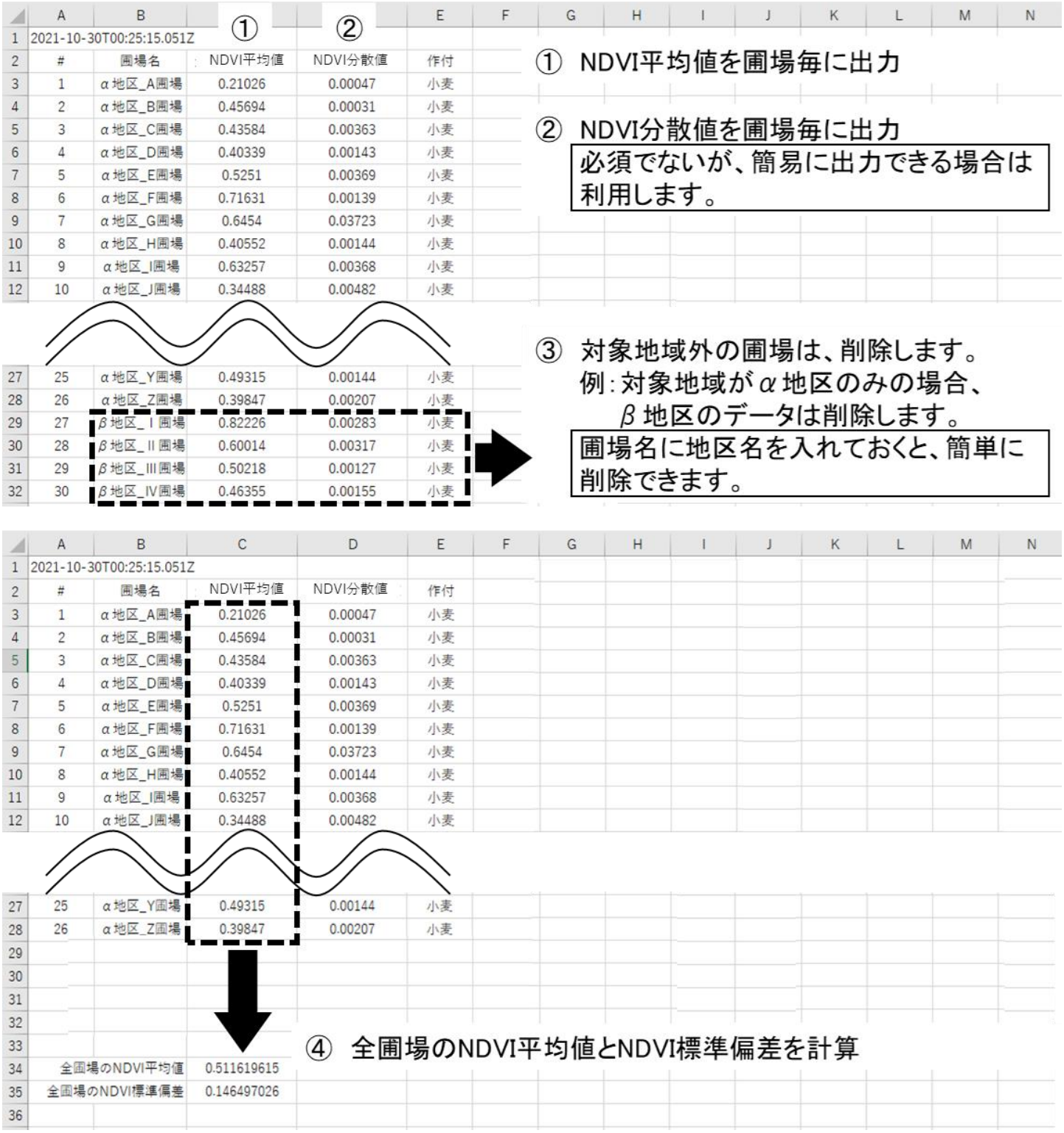

2021-10-30T00:25:15.051Z
①
②
圃場名 NDVI平均値 NDVI分散値 作付
1 α地区_A圃場 0.21026 0.00047 小麦
2 α地区_B圃場 0.45694 0.00031 小麦
3 α地区_C圃場 0.43584 0.00363 小麦
4 α地区_D圃場 0.40339 0.00143 小麦
5 α地区_E圃場 0.5251 0.00369 小麦
6 α地区_F圃場 0.71631 0.00139 小麦
7 α地区_G圃場 0.6454 0.03723 小麦
8 α地区_H圃場 0.40552 0.00144 小麦
9 α地区_I圃場 0.63257 0.00368 小麦
10 α地区_J圃場 0.34488 0.00482 小麦
25 α地区_Y圃場 0.49315 0.00144 小麦
26 α地区_Z圃場 0.39847 0.00207 小麦
27 β地区_Ⅰ圃場 0.82226 0.00283 小麦
28 β地区_Ⅱ圃場 0.60014 0.00317 小麦
29 β地区_Ⅲ圃場 0.50218 0.00127 小麦
30 β地区_Ⅳ圃場 0.46355 0.00155 小麦
① NDVI平均値を圃場毎に出力
② NDVI分散値を圃場毎に出力
必須でないが、簡易に出力できる場合は利用します。
③ 対象地域外の圃場は、削除します。
例：対象地域がα地区のみの場合、
β地区のデータは削除します。
圃場名に地区名を入れておくと、簡単に削除できます。
全圃場のNDVI平均値 0.511619615
全圃場のNDVI標準偏差 0.146497026
④ 全圃場のNDVI平均値とNDVI標準偏差を計算

図４　標準化

	A	B	C	D	E	F	G
1	2021-10-30T00:25:15.051Z						
2	#	圃場名	NDVI平均値	NDVI分散値	作付		sNDVI
3	1	α地区_A圃場	0.21026	0.00047	小麦		-2.057
4	2	α地区_B圃場	0.45694	0.00031	小麦		-0.373
5	3	α地区_C圃場	0.43584	0.00363	小麦		-0.517
6	4	α地区_D圃場	0.40339	0.00143	小麦		-0.739
7	5	α地区_E圃場	0.5251	0.00369	小麦		0.092
8	6	α地区_F圃場	0.71631	0.00139	小麦		1.397
9	7	α地区_G圃場	0.6454	0.03723	小麦		0.913
10	8	α地区_H圃場	0.40552	0.00144	小麦		-0.724
11	9	α地区_I圃場	0.63257	0.00368	小麦		0.826
12	10	α地区_J圃場	0.34488	0.00482	小麦		-1.138
27	25	α地区_Y圃場	0.49315	0.00144	小麦		-0.126
28	26	α地区_Z圃場	0.39847	0.00207	小麦		-0.772
29							
30							
31							
32							
33							
34	全圃場のNDVI平均値		0.511619615				
35	全圃場のNDVI標準偏差		0.146497026				
36							

⑤ sNDVI の計算

$$\mathrm{sNDVI} = \frac{\text{各圃場のNDVI} - \text{全圃場のNDVI平均値}}{\text{全圃場のNDVI標準偏差}}$$

図 5　標準化

出力されたファイルには圃場毎の NDVI 平均値の一覧が載っています（図 4①)。分散値は必須ではありませんが簡易に出力される場合には利用します（図 4②)。対象地域外の NDVI 平均値も同時に出力される場合は削除します（図 4 ③)。対象地域内の NDVI 平均値から、全圃場の NDVI 平均値と NDVI 標準偏差を計算します（図 4 ④)。

各圃場の NDVI 平均値、全圃場の NDVI 平均値、全圃場の NDVI 標準偏差から圃場毎に標準化 NDVI（sNDVI）を計算します（図 5⑤)。

（３）調査圃場選定

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	2021-10-30T00:25:15.051Z							
2	#	圃場名	NDVI平均値	NDVI分散値	作付		sNDVI	調査圃場
3	1	α地区_A圃場	0.21026	0.00047	小麦		-2.057	
4	2	α地区_B圃場	0.45694	0.00031	小麦		-0.373	
5	3	α地区_C圃場	0.43584	0.00363	小麦		-0.517	
6	4	α地区_D圃場	0.40339	0.00143	小麦		-0.739	
7	5	α地区_E圃場	0.5251	0.00369	小麦		0.092	
8	6	α地区_F圃場	0.71631	0.00139	小麦		1.397	
9	7	α地区_G圃場	0.6454	0.03723	小麦		0.913	H1
10	8	α地区_H圃場	0.40552	0.00144	小麦		-0.724	
11	9	α地区_I圃場	0.63257	0.00368	小麦		0.826	H2
12	10	α地区_J圃場	0.34488	0.00482	小麦		-1.138	L1
27	25	α地区_Y圃場	0.49315	0.00144	小麦		-0.126	
28	26	α地区_Z圃場	0.39847	0.00207	小麦		-0.772	L2
29								
30								
31								
32								
33								
34	全圃場のNDVI平均値		0.511619615					
35	全圃場のNDVI標準偏差		0.146497026					

⑥ 調査圃場の選定
sNDVI ≒ 1 および sNDVI ≒ −1
となる圃場（H1,H2およびL1,L2）
を2筆ずつ選びます。
複数の候補が存在する場合、
NDVI分散値の小さい圃場を
選びます。

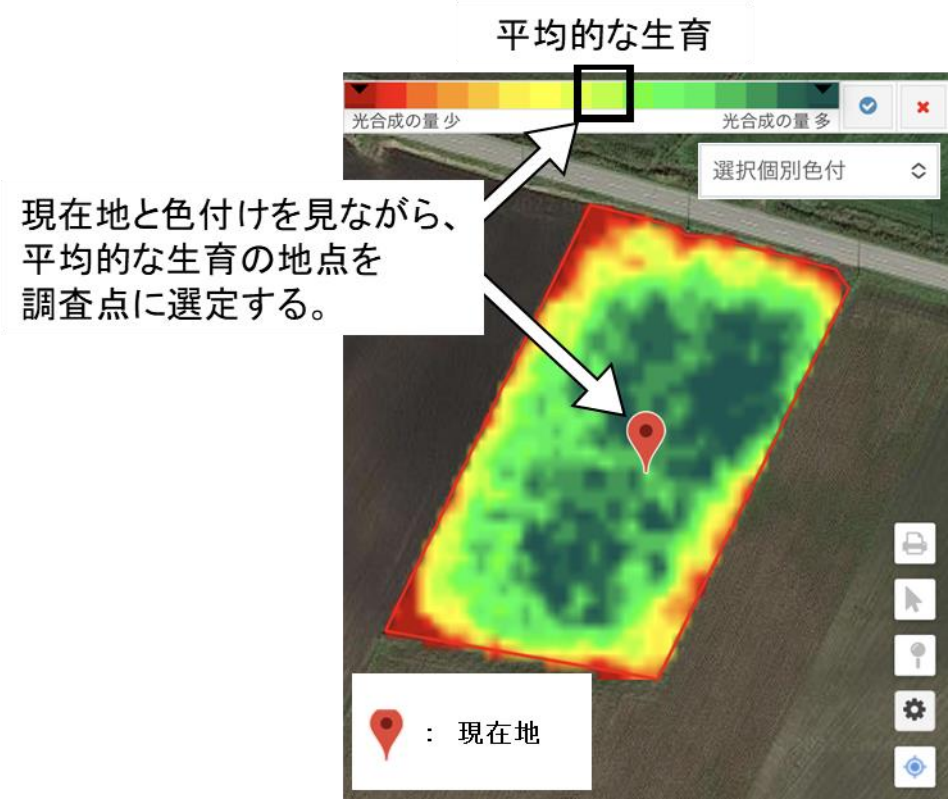
図 6　調査圃場選定

sNDVI ≒ 1 および -1 となる圃場（H1,H2 および L1,L2）を 2 筆ずつ調査圃場に選びます（図 6⑥）。

（４）茎数調査

各調査圃場で、NDVI が圃場平均値と同程度の地点を調査点に選んでください（図 7）。なお、葉色の薄い（葉の枯れている）地点、鹿の食害による欠株発生地点などの局所的な生育不良地点（図 8）は調査点に選ばないでください。

選んだ調査点で茎数を実測してください(例：1m×2 畦の範囲で 2 反復)。



※　スマートフォンでスペースアグリの衛星画像を表示した画面

図 7　調査点の選定

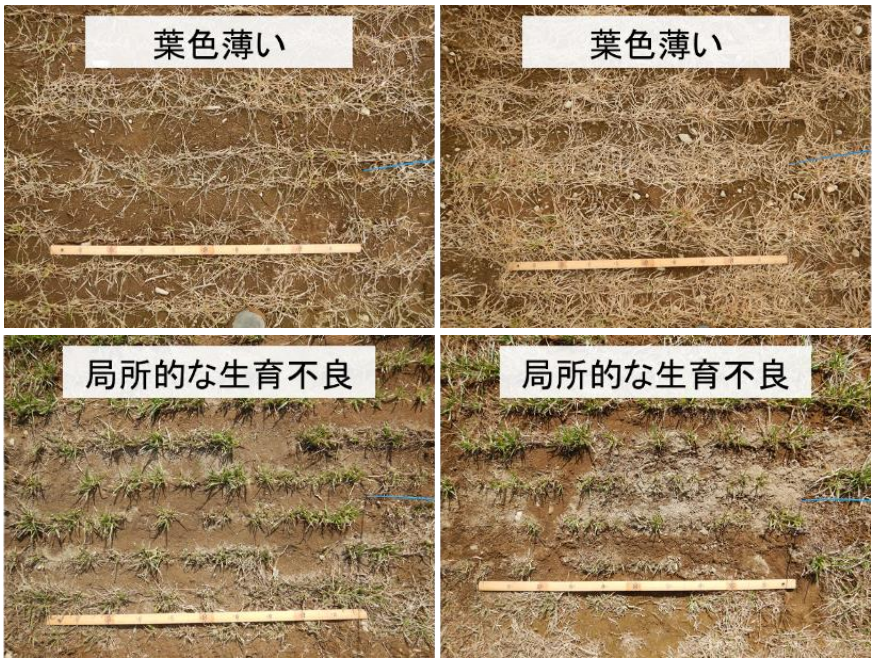
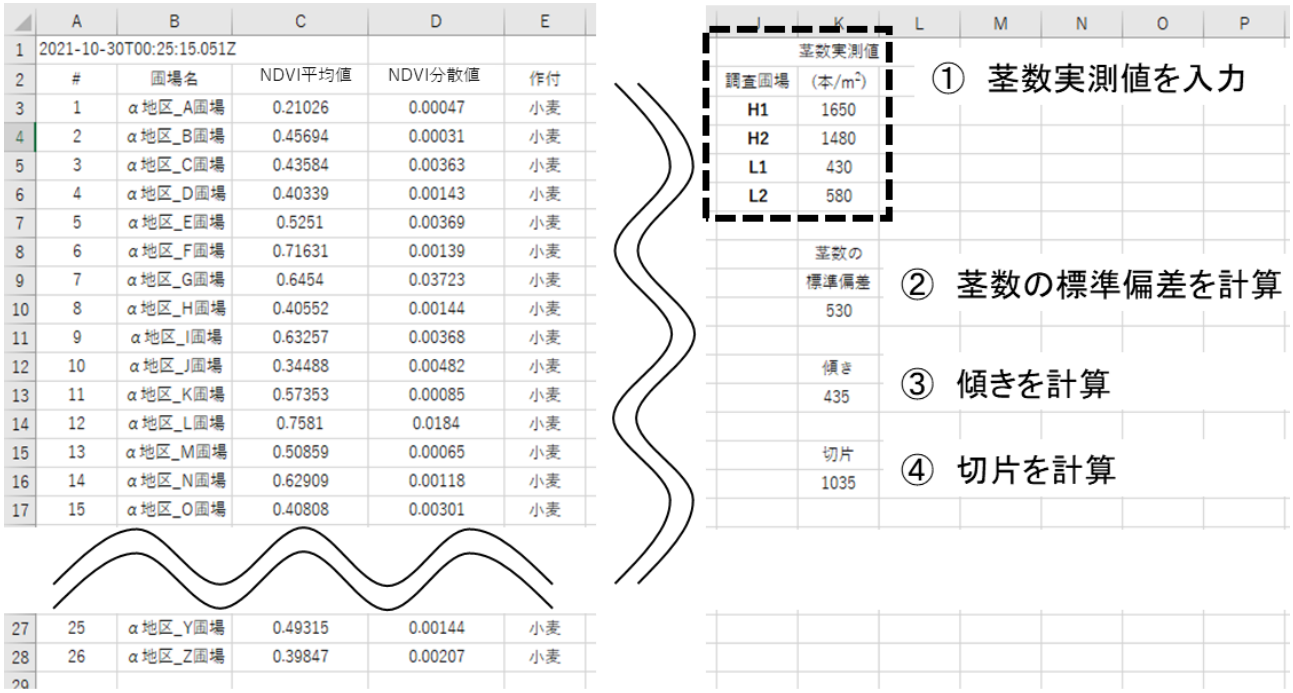


図 8　生育不良地点の可視画像

（５）圃場毎に茎数推定

茎数実測値を用いて、茎数の標準偏差、傾き、切片を計算します（図 9①～④)。



② $$茎数の標準偏差 = \frac{1}{2} \times \left(\frac{H1の茎数 + H2の茎数}{2} - \frac{L1の茎数 + L2の茎数}{2} \right)$$

③ $$傾き = 0.8279 \times 茎数の標準偏差 - 3.3189$$

④ $$切片 = \frac{H1の茎数 + H2の茎数 + L1の茎数 + L2の茎数}{4}$$

図 9　茎数の標準偏差、傾き、切片の計算

圃場毎に茎数を推定します（図 10①）。

	A	B	G	H	①	②
1	2021-10-30T00:25:15.051Z					
2	#	圃場名	sNDVI	調査圃場	茎数推定値	無追肥判定
3	1	α地区_A圃場	-2.057		139	
4	2	α地区_B圃場	-0.373		872	
5	3	α地区_C圃場	-0.517		810	
6	4	α地区_D圃場	-0.739		713	
7	5	α地区_E圃場	0.092		1075	
8	6	α地区_F圃場	1.397		1643	**無追肥**
9	7	α地区_G圃場	0.913	**H1**	–	
10	8	α地区_H圃場	-0.724		720	
11	9	α地区_I圃場	0.826	**H2**	–	
12	10	α地区_J圃場	-1.138	**L1**	–	
13	11	α地区_K圃場	0.423		1219	
14	12	α地区_L圃場	1.682		1768	**無追肥**
15	13	α地区_M圃場	-0.021		1026	
16	14	α地区_N圃場	0.802		1384	**無追肥**

① 圃場毎に茎数推定

茎数推定値 = 傾き × sNDVI + 切片

② 無追肥判定

茎数推定値 ≥ 1000 + 300　を無追肥と判定

注）許容する誤差：300 本/m^2

図 10　茎数推定・無追肥判定

越冬前に茎数を推定する場合、雲や雪で画像を取得できなかった圃場（図 2①）は他の撮影日の画像から茎数を推定できます。（1）、（2）と同様の手順で、新たに画像を選定して sNDVI を計算します（図 2①～③、図 4①～④、図 5⑤）。なお、（3）調査圃場選定、（4）茎数調査を改めて行う必要はありません。（5）で計算した茎数推定式（図 10①）へ新たに計算した sNDVI を入力して茎数を推定します。

起生期に茎数を推定する場合、撮影日毎に茎数推定式を計算して推定する必要があります。そのため、雲や雪で画像を取得できなかった圃場は、他の撮影日の画像から（１)、(２)、(３)、(４)、(５）の手順を改めて実施し直すことで茎数を推定できます。

（６）起生期の無追肥判定

茎数 1000 本/m^2 以上の圃場で起生期は無追肥とする場合、300 本/m^2 の誤差を許容して茎数推定値が 1300 本/m^2 以上の圃場を無追肥と判定します（図 10 ②)。

３．手順の留意点

（４）で茎数調査した際に、H 平均（H1、H2 の茎数平均値）よりも L 平均（L1、L2 の茎数平均値）が大きい場合、茎数を正確に推定できません。この場合、調査圃場を変更する必要があります。変更する圃場は H1 と H2 のうち茎数実測値の小さい方の圃場と L1 と L2 のうち茎数実測値の大きい方の圃場とし、この 2 筆を他の圃場に変更して茎数を実測してください。

以上のことから、（３）で調査圃場を選ぶ際は、H1、H2、L1、L2 の他に、sNDVI ≒ 1 および -1 となる圃場を予備で各 2 筆程度選んでおくことをお勧めします。

Ⅳ　利用許諾条件

1. 免責事項

(1) 地方独立行政法人北海道立総合研究機構（以下「道総研」という。）は、本マニュアルに関して不具合や障害が生じないことを一切保証しません。

(2) 道総研は、本マニュアルに起因して使用者に直接又は間接的損害が生じても、いかなる責任を負わず、一切の損害賠償を行わないものとします。

(3) 道総研は、本マニュアルに不具合、不備等があっても、程度の如何にかかわらず訂正、修補する義務を負わないものとします。

2. 著作権その他の権利

(1) 本マニュアルの著作権その他一切の権利は、道総研に帰属します。

(2) 本マニュアルを無断で複製、転載、改変などに類する行為を禁止します。

(3) 本マニュアルを販売、貸与、再使用許諾、営業使用することなどはいずれもできないものとします。

(4) 事前の告知なしに本マニュアルの変更又は配布を中止する場合があります。

3. 利用条件

(1) 衛星画像の利用にあたっては、お使いの衛星情報配信サービスの利用許諾条件に従ってください。

問い合わせ先

地方独立行政法人　北海道立総合研究機構　農業研究本部　十勝農業試験場

〒082-0081　北海道河西郡芽室町新生南 9 線 2 番地

電話 0155-62-2431

電子メール tokachi-agri@hro.or.jp

https://www.hro.or.jp/list/agricultural/research/tokachi/index.html