

図 2.22 PALSAR-2 後方散乱強度のヒストグラム（旧小淵沢町）

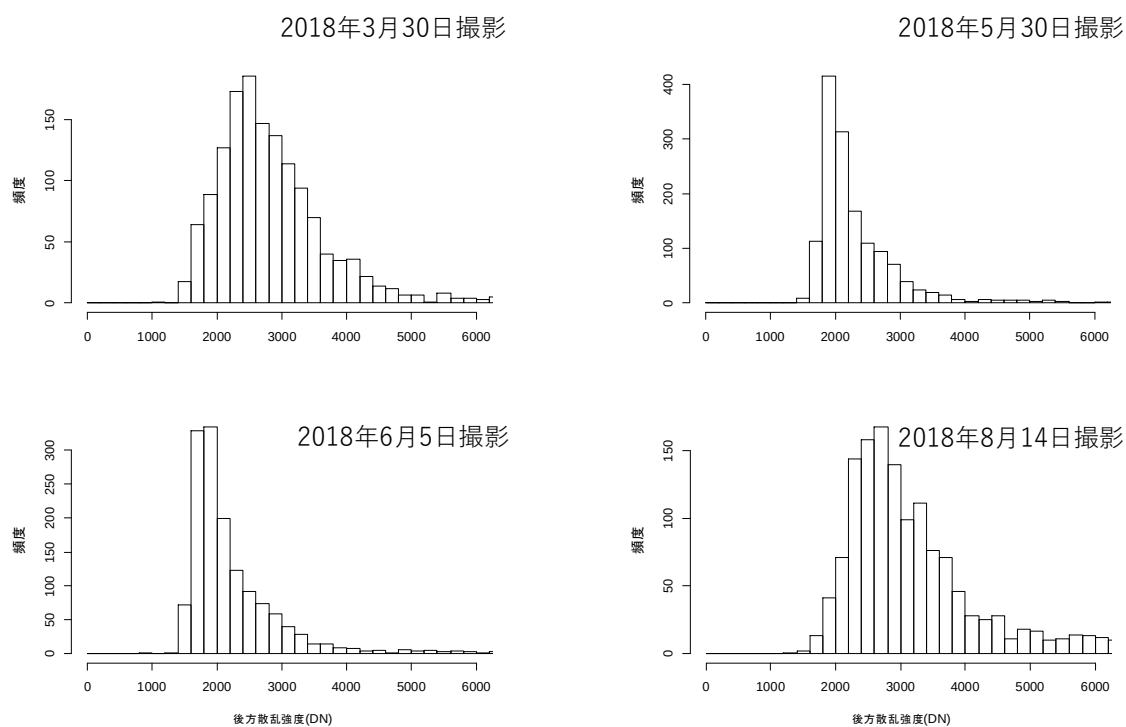
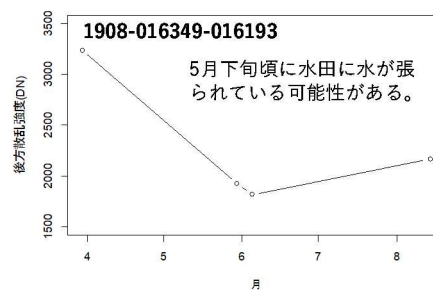
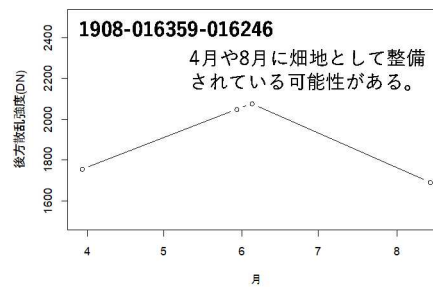
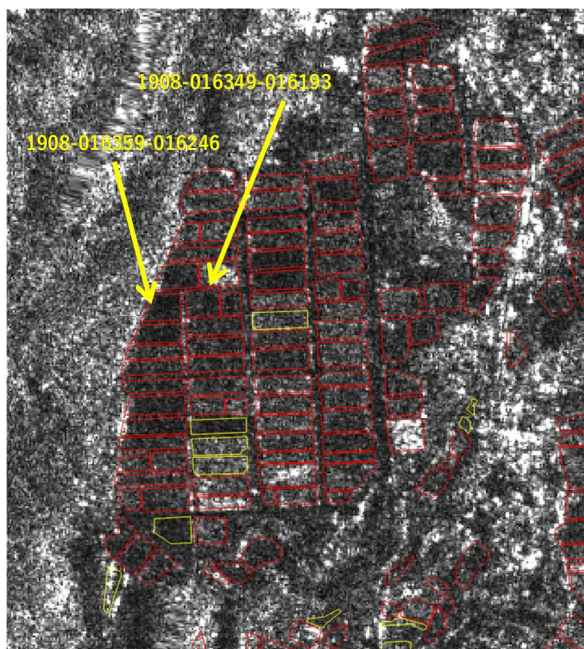


図 2.23 PALSAR-2 後方散乱強度の季節変化（旧小淵沢町）

2018年8月14日撮影



次に、どの程度の後方散乱強度であれば、耕作されているもしくは維持管理されている協定農用地を推定することができるかを考察した。

目視確認によって水稻作と推察できた協定農用地における PALSAR-2 の後方散乱強度のヒストグラムを図 2.24 に示す。この図からは、後方散乱強度が 2800DN 以下（図中矢印）であれば農用地が湛水状態であると推察できる。このことから、畑作地であっても後方散乱強度が 2800DN 以下であれば、湛水状態と同等に均一化された地表面とみなすことができ、「耕作」もしくは「維持管理」であると推察できる。この検証のため、2800DN を閾値とした解析によって「耕作」もしくは「維持管理」でない可能性がある協定農用地を抽出した(図 2.25)。インターネット上で公開されている高空間分解能の航空写真(Google Map)を活用して目視確認した結果、抽出された協定農用地は、航空写真では見かけ上、「耕作」や「維持管理」がなされていない可能性があることが分かった。

以上により、PALSAR-2 の後方散乱強度の閾値法によって、「耕作」もしくは「維持管理」の可能性が高い（もしくは可能性が低い）協定農用地を抽出することができた。圃場が小さい場合や、田畑が複雑に混在している場合など、誤差要因はいくつか想定できるが、一定閾値以下の後方散乱強度を持つ農用地を対象に現地確認調査を重点的に行えば、現地作業を効率化できると考えられる。

図 2.24 水稻作と推定された協定農用地の後方散乱強度のヒストグラム

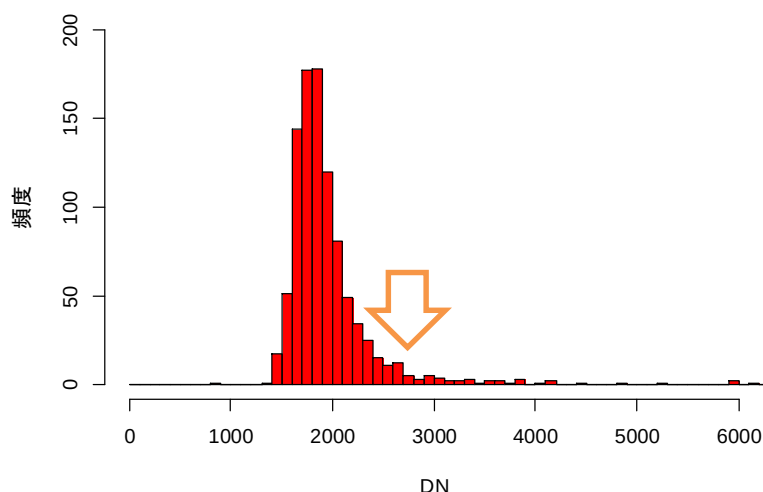
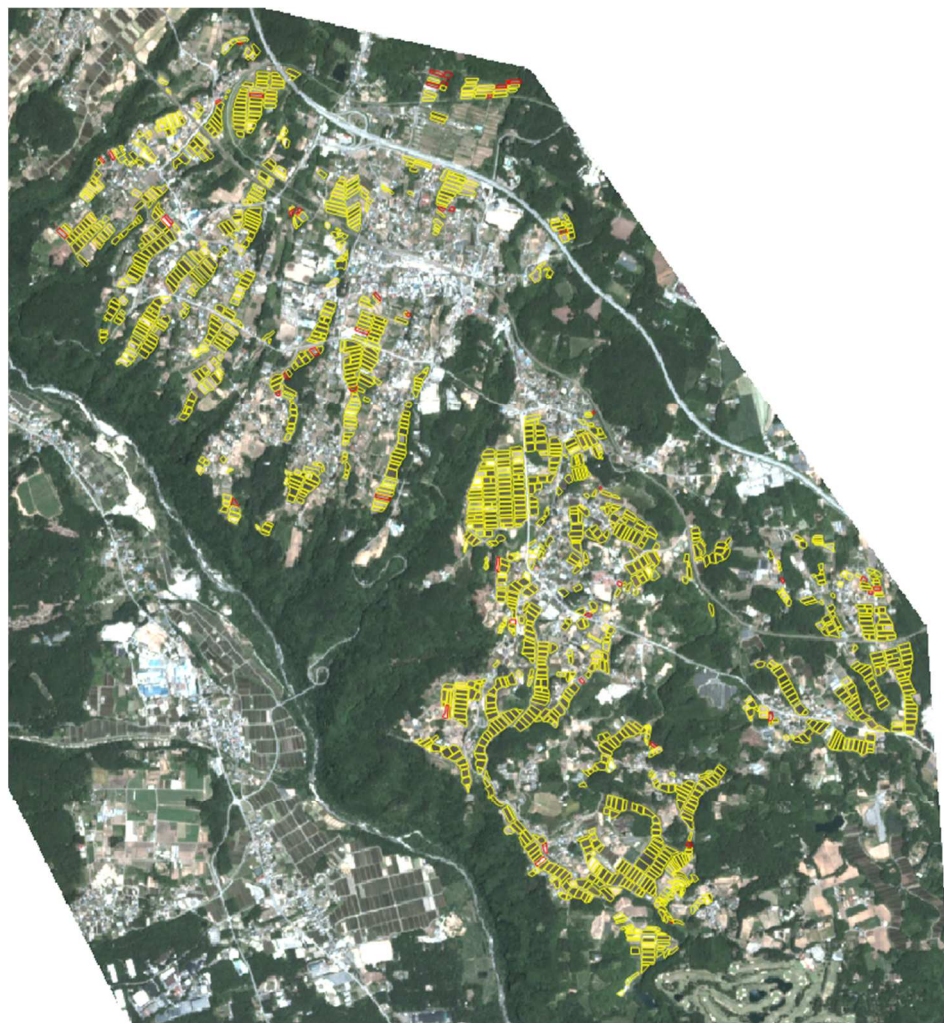


図 2.25 PALSAR-2 後方散乱強度の閾値法による耕地・維持管理以外の圃場の推定



筆ポリゴンデータを加工して使用

-  2800DN以上（耕地等ではない可能性あり）
-  2800DN以下（耕地等である可能性あり）

2. 3. 4 成果のまとめ

中山間地域等直接支払制度における協定農用地の土地利用が、牧草が主体の別海町と稲作が主体の北杜市において、限定的な現地情報のみであっても、衛星データの解析により、一定の確度を持って、管理状況が「耕作の適」や「維持管理の適」の農用地を抽出する手法を、土地利用状況に合わせて開発した。これらの手法を現地確認調査に適用すれば、衛星データの解析により耕作又は維持管理されていることについて、一定の確度を持つ農用地の調査は必要なく、確度が曖昧な農用地のみを対象とすることができる。

また、中山間地域等直接支払制度の対象地域において、大きな割合を占める水稻作を衛星データから判別することができれば、現地確認調査を効率化できる。

これらをまとめると以下の様になる。

- (1) 土地利用が牧草主体である場合、光学衛星データの時系列解析によって、牧草は刈り取りによって急激に近赤外バンドの反射率が低下する特性があることが判明。現地確認調査は、低下レベルが低い協定農用地を優先的に対象とすることが可能。【反射率差分最小値法】
- (2) 土地利用が水稻主体である場合、光学衛星データの時系列解析によって、管理状況が「耕作の適」であっても、「維持管理の適」と同様の特徴を持つ農用地を類似度で抽出する技術を開発。「耕作の適」であってもグレーゾーンにある農用地として優先的に現地調査の対象として抽出することが可能。【反射率類似度法】
- (3) 5月下旬～6月上旬の光学衛星による近赤外バンド反射率の閾値解析によって、水稻作である圃場を抽出する技術を開発。水稻作であれば「耕作の適」であることから、その農用地の調査を省略することが可能。【反射率閾値法】
- (4) レーダ衛星のセンサである PALSAR-2 の後方散乱強度の閾値解析によって、「耕作」もしくは「維持管理」されている農用地を抽出する技術を開発。現地確認調査は、一定の確度以下のグレーゾーンの農用地のみとすることが可能。【後方散乱強度閾値法】

2. 3. 5 確度の向上に向けた課題、対応方策等

前述2. 3. 4で記述したそれぞれの手法の確度を向上させるためには、以下の技術的な課題に対処する必要がある。

(1) 土地利用が牧草主体である場合

草地に森林が入り込んでいる場合があるが、反射率の低下レベルが見かけ上、小さくなる。予め森林を協定農用地から除外して解析すれば誤判別を極力低減できるが、一方、森林は複雑に入り込んでおり、その判読や分類は多大な労力がかかる。このため、市町村から入手した地番を基に作成されているポリゴンではなく、現況の農用地をポリゴン化した筆ポリゴンを活用すべきである。

また、光学センサだけでなく SAR のデータも用いることにより、牧草の刈り取りに伴い減少すると予想される体積散乱の減少による後方散乱強度の低下を用いた手法の開発も検討すべきである。この場合、実際の牧草の体積散乱の増減が、SAR でとらえられるか確認するとともに、牧草の変化は急激に起こることから可能な限り短い観測周期の SAR のデータを用いる必要がある。

(2) 土地利用が水稲主体である場合

各手法を実務に適用するためには、精度検証のための調査を実施する必要がある。なお、精度検証により各手法における現地確認調査の対象となる農用地の絞り込みが可能となる。

2. 3. 6 衛星データを活用した場合の経費及び所要労力の節減効果

実装化にあたっては、現行の手法に衛星データを加えた場合の時間と費用の検討をする必要がある。そこで別海町と北杜市の聞き取りを基に、費用と作業効率（スケジュール）を比較した。聞き取りにおける費用と作業効率に関するまとめを表 2.5 に示す。なお、本制度では、自治体は 9 月末までに現地調査を終了し、10 月末までに都道府県に現地調査を含め、協定農用地に関する書類を提出する必要がある。

別海町ではセスナ機を利用した上空からの見回り調査によって、他の自治体とは比較にならないほど効率化が既になされている。これは、広大な面積と、協定農用地へのアクセスの困難さから、仮に車両による目視確認をした場合、2000 時間以上かかるという試算もあり、実行不可能であるからである。そのため、農用地の GIS 化も含め、先進的な業務を実施している。

一方、北杜市は従来の紙ベースの資料を用い、なおかつ支所ごとにまとめていることから、表 2.5 に示した作業は支所ごとの結果となり、北杜市全体ではこの 8 倍が費用と作業日数になる。そのため、両自治体から、衛星データの活用にあたり表 2.6 に示す期待が寄せられた。

現行調査を衛星によって効率化した場合の費用と作業効率の比較を表 2.7 及び表 2.8 および図 2.26 に示す。表 2.7 では、別海町と北杜市それぞれの現状における費用を、表 2.8 には人工衛星を活用した場合の費用を示す。なお、表 2.8 では今回の検討を基に試算した費用と、将来の効率化を見込んだ費用の試算の両方を記載した。将来の効率化では、人工衛星の利用が当然となり、費用と人員が大幅に削減もしくは省略されている状況を想定している。その結果、現時点で非常に効率化されている別海町では、衛星データ代により全費用は取りまとめ等の実働日数を 10 日間から 8 日間へと抑えられるが、経費は 2 倍となる。但し、衛星データを活用した場合、セスナ機調査に比べ、農用地のポリゴン・GIS データと衛星データによって現況を正確に把握することが可能となり、見落とし等の誤差を生じない利点がある。

一方、一般的な自治体の現状を表していると考えられる北杜市では、1 旧市町村あたり実働日数は 31 日間から 10 日間と 3 分の 1 に短縮でき、経費は衛星データ代を含めても半分となる。また、現在は市職員が自動車による見回りの際、証拠写真を地図等に撮影箇所を記録しながら撮影しているところ、衛星画像の活用によりその代替が可能となり、現地確認調査後の整理においては、想定以上の貢献が期待できる。人工衛星の利用が必然かつ簡易になれば、当初は必要となる衛星データ解析の外部委託費も大幅に削減できるか無くすことができると考えられる。

別海町および北杜市において、現状の対応と人工衛星の活用した対応における作業フロ

一の対比図を図 2.27 に示す。現状では現地調査ととりまとめに多大な時間と人員がかかっている。一方、人工衛星の活用では、人工衛星データを自動で取得されているため、自治体の負担はない。衛星画像の解析においても、解析対象や時期を自治体に合わせて絞り込めば、費用と時間は大幅に圧縮できると考えられる。それに加えて現地調査と取りまとめの人員と費用は大きく抑えられることから、人工衛星の活用によって、総合的な人員と費用は現状より抑えられると考えられる。

衛星画像の購入費用は、対象となる自治体の広さによって変動すると考えられる。仮に北杜市（旧小淵沢町と旧白州町）において PALSAR-2 も活用して「耕作」や「維持管理」を抽出する手法を採用した場合、民間企業からの購入を想定すると PALSAR-2 の 1 シーンの国内向け購入費用は 8 万円となる（ただし、新規撮影注文ではなくアーカイブ画像の購入を想定、観測要求をしたうえでの撮影では 3 万 7 千円別途発生する）。本業務の検討により、複数時期のシーンが必要となることから、年間 4 シーンを想定すると、32 万円となる。また、北杜市や別海町において PlanetScope を半年間利用無制限で購入した場合、150 万円かかるが、これは最大の見積となる。各自治体において解析対象や時期を絞り込めば、PlanetScope の購入費用はこれ以下に抑制できる。衛星画像代は新たな手法において大きな割合を占めるが、従来の手法における人件費の様に削減できない項目ではなく、解析対象や時期の絞り込みによって、大きく減少させることができる。また、将来的には空間解像度 3.2 m のマルチスペクトルセンサを搭載した ALOS-3（2020 年度打ち上げ予定）や、観測頻度が 2 週間に 1 回となる Lバンド合成開口レーダ PALSAR-3 を搭載した ALOS-4（2021 年度打ち上げ予定）を活用することにより、より頑健性や汎用性のある利用技術を開発できると考えられる。

また、衛星を活用した手法では衛星画像の解析費用が発生する。当初においては外部委託の費用が生じるが、各自治体において解析対象や時期を絞り込めば、解析手法自体をルーチン化やコモディティ化することが可能と考えられる。外部委託費用の試算を表 2.9 に示す。なお、本試算は委託先の業務経験によって大きく上下する可能性がある。本業務において検討した手法も、すべてフリーのソフトウェアで開発していることから、将来的には、自治体職員がルーチンとして解析することにより、外部委託費も大きく減少もしくは無くすることが可能であると考えられる。なお、解析手法のコモディティ化によっては、地元企業が全て対応することも十分に可能であると想定している。

以上、別海町は特殊な事例と考えれば、衛星画像を活用した手法は、労力及び経費の削減に有効であると考えられる。

表 2.5 別海町と北杜市における現行の現地調査の整理

	別海町	北杜市（各支所）
準備作業	1～数日以下	1～数日以下
現地調査期間	9月中旬 （実働1日）	水稲刈取後の8月末～9月 （実働7～10日）
現地調査資料	地番図・図面	地籍図・住宅地図・前年度調査図面
現地調査方法	セスナから全圃場をカメラ撮影	車両巡回による全圃場目視確認。調査結果を図面に記載。定点写真撮影（複数圃場が映る遠景）。
現地確認内容	画像から放棄されていないか確認。仮に放棄されている圃場は機上から目視でも容易に判別可能。	水田機能の維持（畦・土手機能や樹木の有無）を目視確認。
整理期間	1か月（実働約7日）	1か月（実働約10日）

表 2.6 衛星データ活用に対する期待

別海町	北杜市
一次解析（教師なし分類）におけるクラスター1が削減できると効率化できる。→差分最小値法によって実現したため、効率化できると考えられる。	耕作圃場だけでも区別できれば非常に有用。
衛星画像を見るだけでも、牧草の生育の状況が場所と合わせて推定できる（泥炭地に近い圃場ほど生育が悪く見える等）	教師なし分類の結果だけでも、作付が推定できるので有用。
	衛星画像は現地調査の証拠として残るので、事務処理の簡素化に有用。

表 2.7 現状における費用

別海町

1. 準備作業実働					備考
技師B	技師C	実働日数	小計		
40,600		1	40,600		職員実施と仮定
2. 現地調査					
技師B	技師C	実働日数			
40,600	32,700	1	73,300		セスナ搭乗
セスナチャーター代	実働日数				
450,000	1		450,000		別海町負担分
3. とりまとめ・整理					
技師B	技師C	実働日数			
36,600		10	366,000		職員実施と仮定
総額			929,900		

北杜市

1. 準備作業実働					備考
技師B	技師C	実働日数	小計		
40,600		1	40,600		職員実施と仮定
2. 現地調査					
技師B	技師C	実働日数			
40,600	32,700	10	733,000		職員実施と仮定
車両費（ガソリン代込み）	実働日数				
5,000	10		50,000		リースを想定
3. とりまとめ・整理					
技師B	技師C	実働日数			
40,600		10	406,000		職員実施と仮定
小計（支所あたり）			1,229,600		
支所数			8		
総額			9,836,800		

表 2.8(1) 人工衛星を活用した費用（別海町）

今回の検討を基にした試算				将来の効率化を見込んだ試算				備考	
1. 準備作業実働									
技師B	技師C	実働日数	小計	技師B	技師C	実働日数	小計		
40,600		1	40,600	40,600		1	40,600	職員実施と仮定	
2. 現地調査									
技師B	技師C	実働日数		技師B	技師C	実働日数			
40,600	32,700	3	219,900	40,600	32,700	1	73,300	確認が必要な圃場のみ	
衛星画像代		数量		衛星画像代		数量		PlanetScope想定	
3,000,000		1	3,000,000	3,000,000		1	3,000,000	別海町全域1,320km ²	
衛星解析外部委託費				衛星解析外部委託費					
2,000,000		1	2,000,000	2,000,000		0	0	詳細別表参照 将来的には職員による自動解析を想定	
3. とりまとめ・整理									
技師B	技師C	実働日数		技師B	技師C	実働日数			
40,600		3	121,800	40,600		1	40,600	職員実施と仮定	
総額			5,382,300	総額			3,154,500	光学衛星のみ	

表 2.8(2) 人工衛星を活用した費用（北杜市）

今回の検討を基にした試算				将来の効率化を見込んだ試算				備考	
1. 準備作業実働									
技師B	技師C	実働日数	小計	技師B	技師C	実働日数	小計	職員実施と仮定	
40,600		1	40,600	40,600		1	40,600		
2. 現地調査									
技師B	技師C	実働日数		技師B	技師C	実働日数		職員実施と仮定	
40,600	32,700	3	219,900	40,600	32,700	1	73,300		
車両費（ガソリン代込み）		実働日数		車両費（ガソリン代込み）		実働日数		リースを想定	
5,000		3	15,000	5,000		1	5,000		
3. とりまとめ・整理									
技師B	技師C	実働日数		技師B	技師C	実働日数		職員実施と仮定	
40,600		3	121,800	40,600		1	40,600		
小計（支所あたり）			397,300	小計（支所あたり）			159,500		
支所数			8	支所数			8		
衛星画像代PlanetScope			1,500,000	衛星画像代PlanetScope			1,500,000	北杜市全域603km ²	
衛星画像代PALSAR-2			320,000	衛星画像代PALSAR-2			320,000	8万円×4シーン	
衛星解析外部委託費			2,000,000	衛星解析外部委託費			0	詳細別表参照 将来的には職員による自動 解析を想定	
総額			6,998,400	総額			3,096,000	光学衛星とSAR衛星両方	
総額			6,678,400	総額			2,776,000	光学衛星のみ	
総額			5,498,400	総額			1,596,000	SAR衛星のみ	

表 2.9 衛星解析外部委託費の試算

大項目	中項目	小項目			計	備考
直接費					1,174,900	
	直接人件費				1,164,900	
			技師B	技師C		備考
		単価	40,600	32,700		農林水産省技術者基準日額（令和2年度）
			人日	人日		
		計画・準備	1	2	106,000	衛星画像選定含む
		衛星画像前処理	3	3	219,900	
		解析	5	5	366,500	
		GIS処理	3	3	219,900	
		報告書作成	1	2	106,000	
		打合せ	2	2	146,600	初回及び納品
	直接経費				10,000	
			単価	数量		
		車両費(含燃料費)	5,000	2	10,000	リースを想定
技術経費					232,980	直接人件費×20%
一般管理費等					422,364	(直接費＋技術経費)×30%
消費税					183,024	税率10%
合計					2,013,268	

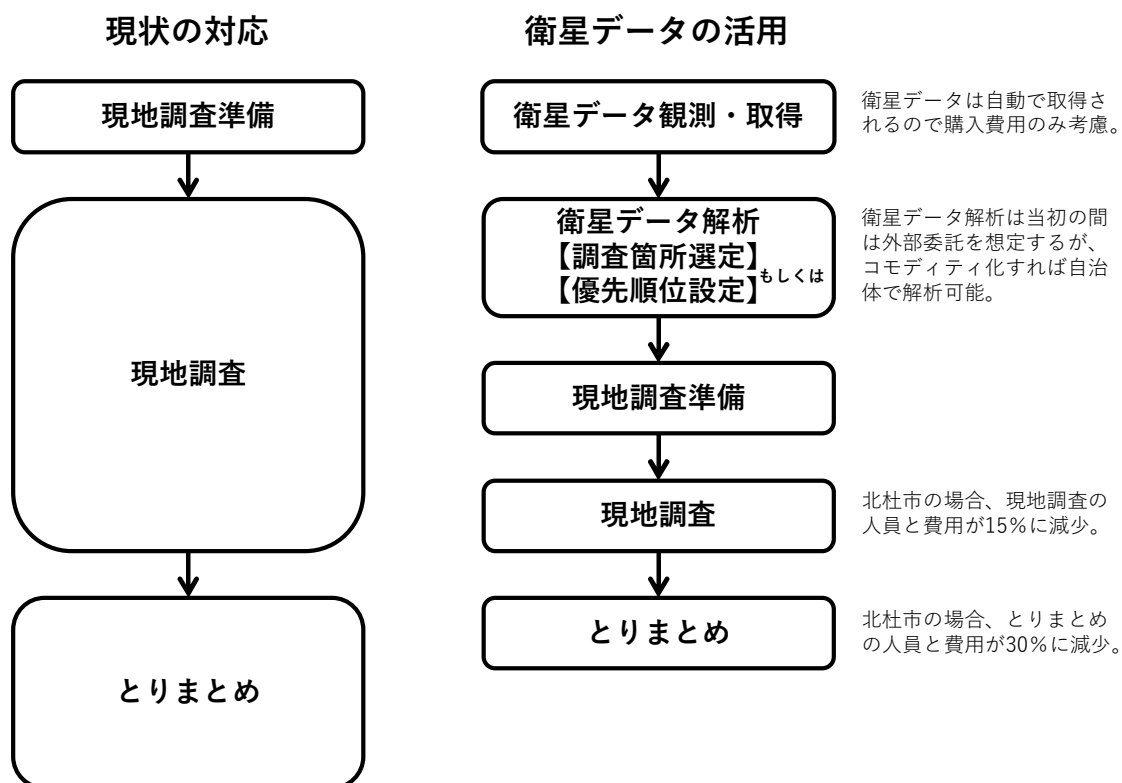
図 2.26(1) 作業効率の比較（別海町）

別海町	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下				
牧草栽培期							施肥					一帯草刈り取り						二帯草刈り取り							
中山間地域直接支払制度 （現在の制度上の工程の目安）																9月末 現地調査終了			10月末 県への結果提出						
現状の対応																									
現地調査準備																※1：準備期間はごく僅か									地帯図の出力
現地調査による確認作業																撮影									セナから写真撮影。実働：2名×1日
現地調査結果とりまとめ																			約1ヶ月間						職員でとりまとめ。実働：2週間程度
個別農家への確認等																									なし
人工衛星の活用																									
衛星データ観測																									
衛星データ解析・データ提供																									
自治体での対応																									
現地調査準備																									
現地調査による確認作業																			実働数日						衛星データから判別困難な圃場のみを対象
現地調査結果とりまとめ																			約1ヶ月間						現地調査対象圃場のみ整理と想定
個別農家への確認等																									なし

図 2.26(2) 作業効率の比較（北杜市）

北杜市	4月			5月			6月			7月			8月			9月			10月	11月	12月	1月	2月	3月	備考
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下				
水稲栽培期 2018年 前期-最盛期-終期 【参考】							田植え						出穂期			刈取期									農林水産省平成30年度水稲統計情報参照
牧草地（経営牧草地）							5/13-5/28-6/18						7/30-8/6-8/29			9/11-10/4-/**									
水稲早生品種（五百万川）							秋蒔まで4月末頃～10月末頃までに複数回刈取																		
中山間地域直接支払制度 （現在の制度上の工程の目安）																9月末 現地調査終了			10月末 県への結果提出						
現状の自治体での対応																									
現地調査準備																※1：準備期間はごく僅か									地帯図・住宅地図・前年調査結果図
現地調査による確認作業																実働10日間程度									全数調査
現地調査結果とりまとめ																			約1ヶ月間						実働：2名×10日（支所によっては10～20日） 専員：1台
個別農家への確認等																									職員でとりまとめ（臨時職員応援の場合あり） 実働：2週間程度
人工衛星の活用																									
衛星データ観測																									
衛星データ解析・データ提供																									
自治体での対応																									
現地調査準備																									
現地調査による確認作業																			実働数日程度						衛星データから判別困難な圃場のみを対象
現地調査結果とりまとめ																			約1ヶ月間						現地調査対象圃場のみ整理と想定
個別農家への確認等																									なし

図 2.27 現状の対応と人工衛星の活用を想定した対応における作業フローの対比



2. 3. 7 全国展開に向けた課題整理

今回、本事業で開発した手法の全国展開を念頭に、事業全体を鑑みると、今後、以下のような課題への対処が必要である。

- 今回は、牧草地と水稲作が中心となる作付けが単純な地域を対象とした。このような地域では、現地情報が限られていても、一定の解析技術の開発を行うことができた。しかし、今後、全国展開を考慮した場合、多様な作付作物にも対応する必要があるが、中山間地域等直接支払制度における確認調査野帳の記載内容には作付情報はないことから、作付が多様な地域では、「耕地」や「維持管理」の絞り込みは難しくなると考えられる。このため、別途、農林水産省統計部で研究されている作付判読の成果の導入を図るべきである。
- 自治体によっては協定農用地の地図や確認野帳の結果がデジタル化されておらず、紙ベースでのみ整理されている場合がある。衛星データによる現地作業の効率化手法の全国展開にあたっては、全国の農用地が統一された基準でポリゴン化され、地番情報と紐付けられた GIS データが必要となる。本件は、現在、別途、農林水産省のデジタルトランスフォーメーションの一環としてデジタル地図の統一化の検討が進められているが、その進展が期待される。
- 今回、光学衛星として利用した PlanetScope は、ほぼ毎日連続して観測データを入手できる同一メーカーの複数衛星で成り立っているが、判別精度向上のためには衛星同士のデータの補正方法を確立する必要がある。これは、同じメーカーの衛星センサであっても、個別機器ごとにセンサの感度が微妙に異なることから、例え同じ対象物を同じ条件で撮影したとしても全く同じ観測結果とはならず、判別の誤差要因となるからである。今後、具体的な課題解決方法を検討すべきである。