

「航空レーザデータを活用した牧草地のしゅう曲修正手法の検討」

公益財団法人北海道農業公社 常田 大輔
酪農学園大学 ○ 丸山 健次
由井 秀範

1. はじめに

北海道における牧草地面積は約 55 万 ha¹⁾ であり、そのほとんどが地形なりの山成工で造成された牧草地である。毎年牧草を収穫すると、収量および品質が低下してくることから、高位生産性の牧草地に整備することを目的に草地整備・更新が実施されている。このような状況の中で、公共事業における草地整備関連事業では毎年約 1 万 ha が新しい牧草地になっている¹⁾。

山成工の牧草地ではほとんどのほ場に凹凸があり、水みちと集水地での雑草侵入や部分的な急傾斜により牧草の収穫管理作業に影響を及ぼしていることから (図-1-1、1-2)、しゅう曲修正を行うことにより、営農作業の軽労化と植生改善が図られることになる。このため、草地整備事業では起伏修正などの障害物除去工程が行われている。

起伏修正の事業工種を実施する場合、調査には現在トータルステーションを使用した方法で実施されているが、最近ではトラクタに GPS と IMU を搭載して、牧草の収穫管理作業時にほ場を走行することによってほ場の地理空間情報を取得する方法が研究されている²⁾ が、何れも多大な時間と費用が掛かり、調査費の一部は農家負担となっている。近年の GIS の普及に伴い、広範囲に地理空間情報を取得する方法に航空レーザが使用されていることから、より簡便な方法として誤差の許容範囲内であれば起伏修正の計画設計の代替が可能であると考えられる。

そこで、航空レーザデータを活用した牧草地のしゅう曲修正方法について検討し (図-1-3)、低コスト化と既往のデジタルデータを活用することにより設計条件のための基礎資料に資することを目的とする。

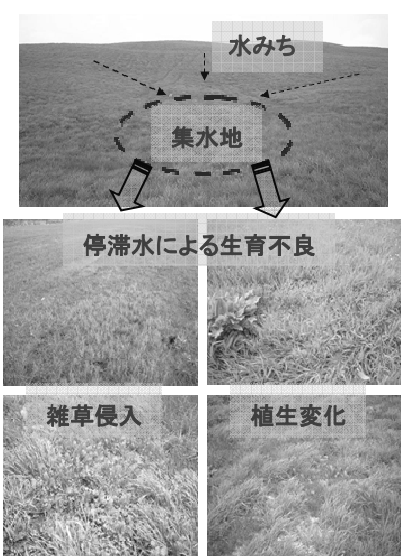


図-1-1 集水地と水みちでの雑草生育状態 (写真提供：北大野口教授)



図-1-2 部分的な急傾斜により作業性悪化
(写真提供：北大野口教授)

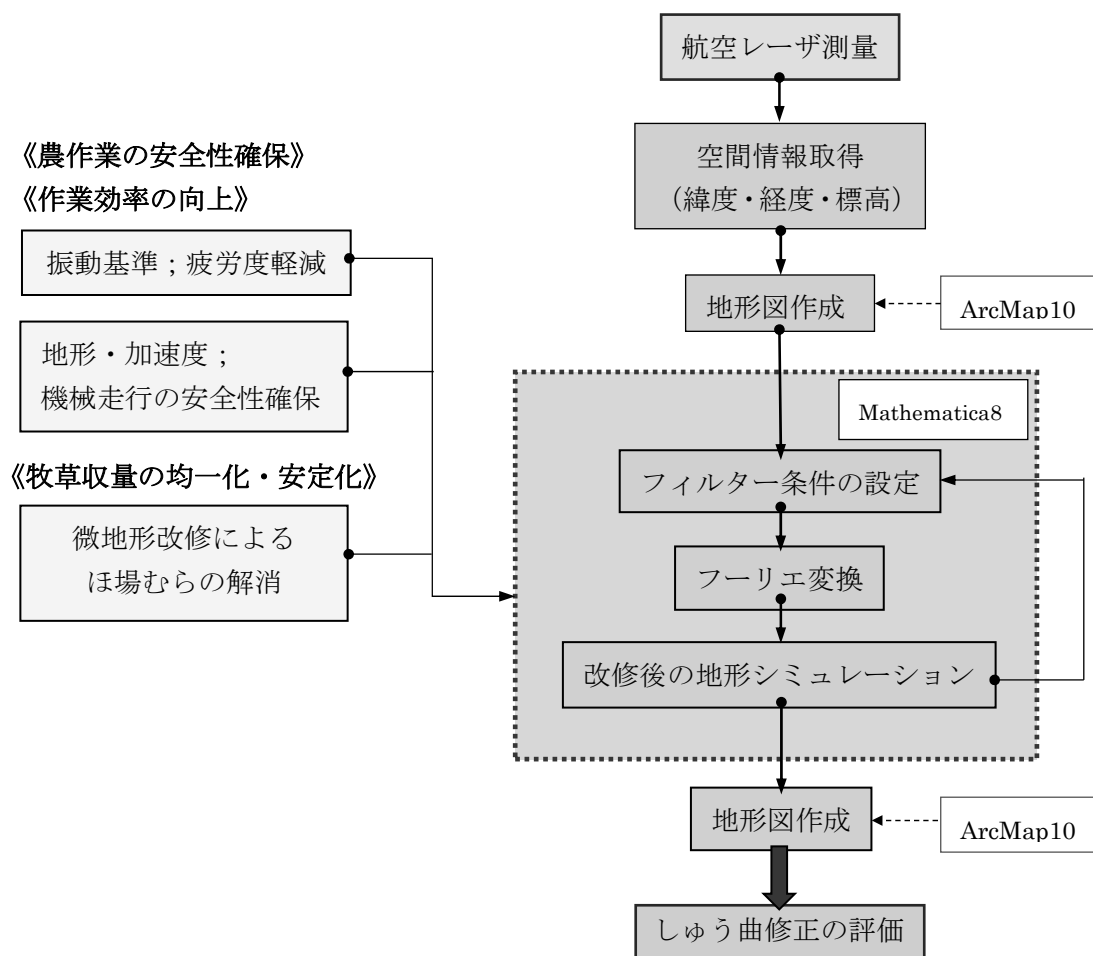


図-1-3 しゅう曲修正手法フロー

2. 調査項目・方法

2.1 対象ほ場の選定

稚内市（2006年）と標茶町（2010年）において航空レーザ測量を実施したデータを ESRI 社製「ArcGIS」の ArcMap10 ソフトを用いて、等高線および傾斜角から緩傾斜、しゅう曲および急傾斜の牧草地を PC 上で抽出し、稚内地区は 1 ほ場³⁾、標茶地区は 9 ほ場の内 4 ほ場⁴⁾を対象ほ場とする（図-2-1、2-2）。



図-2-1 稚内地区（S 牧場）

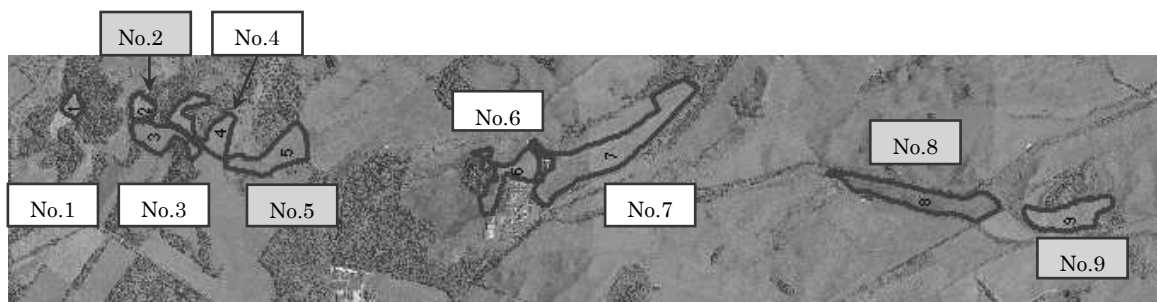
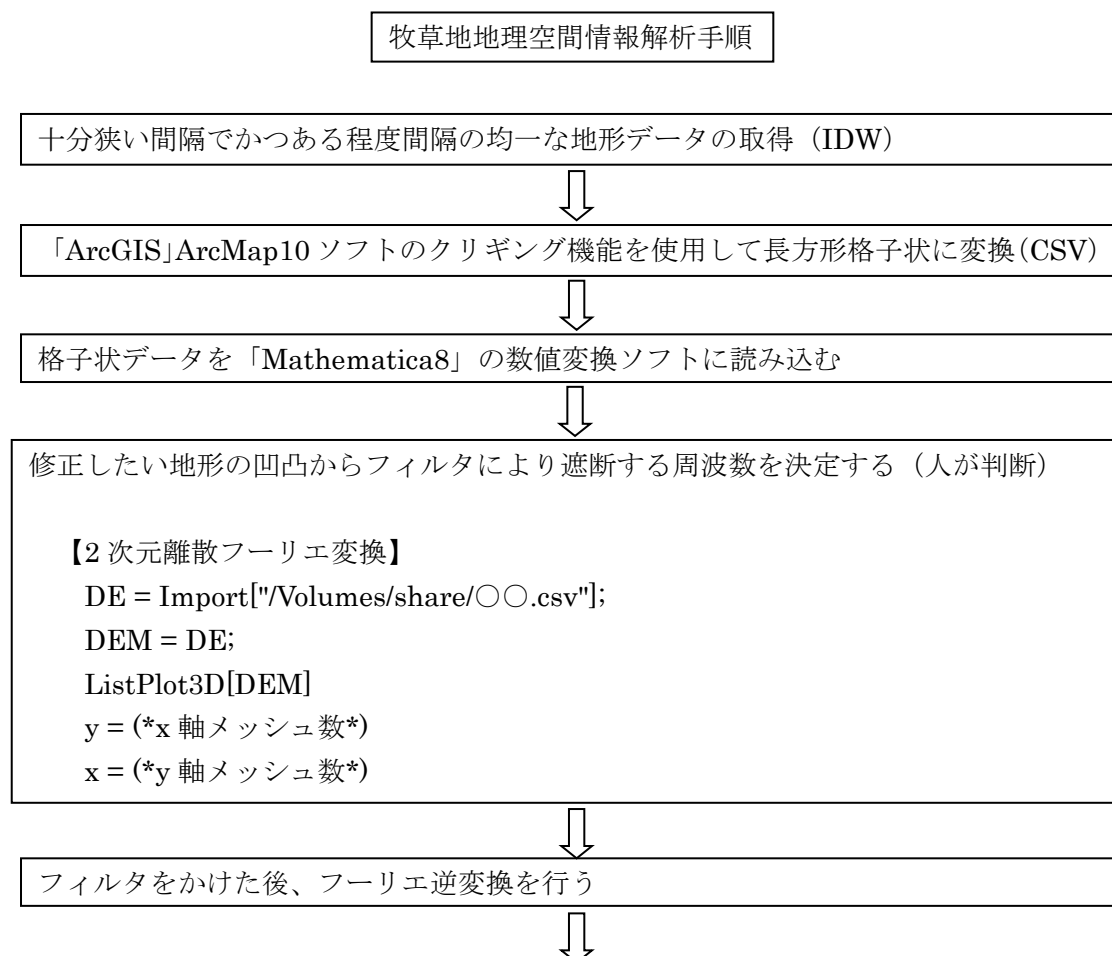


図-2-2 標茶地区対象ほ場位置

2.2 しゅう曲修正の最適化検討

航空レーザ測量から得られる地理空間情報を ESRI 社製「ArcGIS」の ArcMap10 ソフトを用いて、対象ほ場の傾斜角に対して、牧草の収穫管理作業が高速、標準、低速作業できる箇所とそれ以外箇所を 0～5、5～8、8～15、15 度以上に区分して割合を算出する⁵⁾。また Wolfram Research 社製「Mathematica8」の数値変換ソフトを用いて、フーリエ変換を行い、しゅう曲修正を行うための最適化計算を行う。その後、処理データを再び ArcMap10 ソフトで同様に傾斜角割合を算出し、しゅう曲修正の最適化を検討する。

牧草地地理空間情報解析手順を次に示す²⁾。



意図する地形となるようフィルタの遮断中心周波数と遮断域の広さを調節する



ArcGIS にフィルタ適用後の地形を読み込み、切盛土マップ等の作成を行う

3. 結果

3.1 しゅう曲修正の最適化評価

稚内地区S牧場のほ場を次のフーリエ変換手法を用いて、中心波長を 50m としてしゅう曲修正をシミュレーションしたところ (図-3-1、3-2)、現況では 12 度以上の傾斜が中央を斜めに横断するようになっていたために (図-3-3)、牧草収穫管理作業に支障をきたすほ場であったが、変換後 8 度以下となり、作業方向が制約されないほ場になった (図-3-4)。

同様に、標茶地区の代表的な No.2、No.5、No.9 のほ場についても中心波長 50m としてシミュレーションを行った (図-3-7~3-18)。また、傾斜度割合の変化を表-3-1~3-4 に示すと全てのほ場で作業性の向上が期待できることが考えられる。

【フーリエ変換】

```
DE = Import["/Volumes/share/sugawara.csv"];
```

```
DEM = DE;
```

```
ListPlot3D[DEM]
```

```
y = 401>(*x 軸メッシュ数*), x = 500>(*y 軸メッシュ数*)
```

```
u = 50(*中心波長*), v = 20(*標準偏差*), s = 1/u>(*遮断周波数*)
```

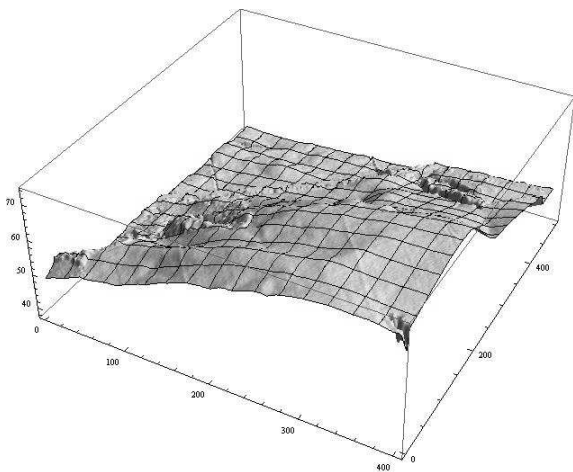


図-3-1 フーリエ変換前

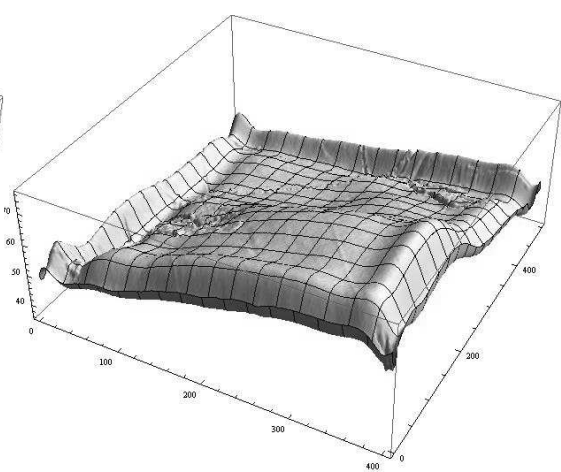


図-3-2 フーリエ変換後

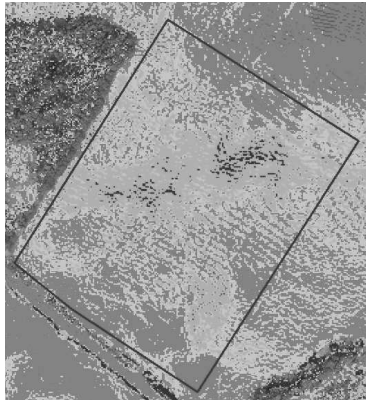


図-3-3 稚内S牧場現況

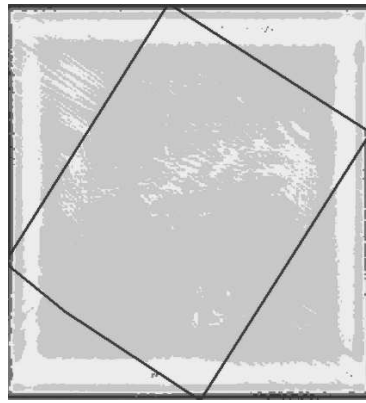


図-3-4 シミュレーション

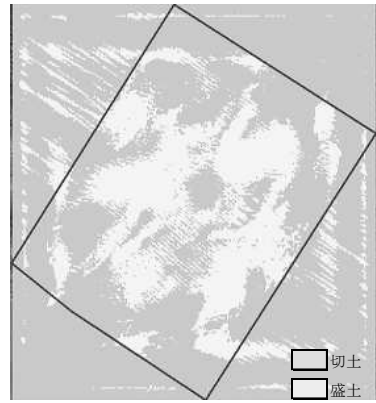


図-3-5 切盛図

表-3-1 傾斜度割合の変化

単位：%

傾斜度 区分	稚内S牧場		
	現況	シミュレーション	増減
0～5	7.4	85.7	78.4
5～8	36.0	14.0	-22.1
8～15	40.2	0.2	-40.0
15～	16.4	0.1	-16.3
合計	100.0	100.0	0.0

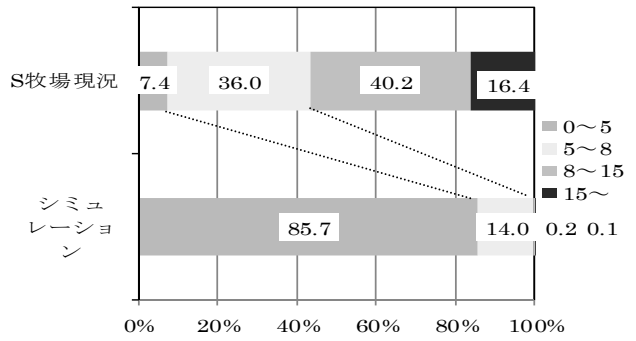


図-3-6 傾斜度の比較

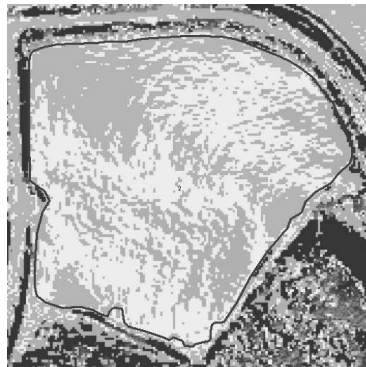


図-3-7 標茶 No.2 現況

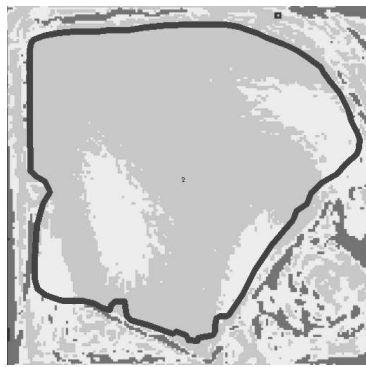


図-3-8 シミュレーション

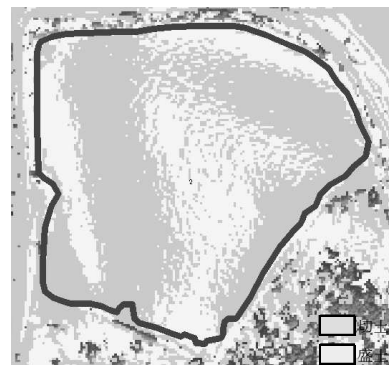


図-3-9 切盛図

表-3-2 傾斜度割合の変化

単位：%

傾斜度 区分	標茶 No.2		
	現況	シミュレーション	増減
0～5	27.6	77.7	50.1
5～8	53.3	22.3	-31.0
8～15	18.8	0.0	-18.8
15～	0.3	0.0	-0.3
合計	100.0	100.0	0.0

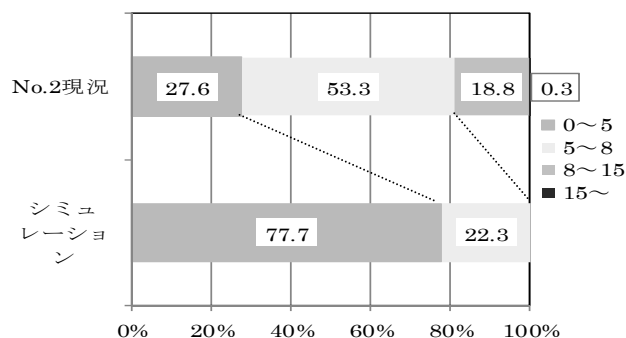


図-3-10 傾斜度の比較



図-3-11 標茶 No.5 現況



図-3-12 シミュレーション



図-3-13 切盛図

表-3-3 傾斜度割合の変化

単位：%

傾斜度 区分	標茶 No.5		
	現況	シミュレーション	増減
0～5	48.5	87.4	38.9
5～8	32.6	12.2	-20.4
8～15	18.4	0.4	-18.0
15～	0.5	0.0	-0.5
合計	100.0	100.0	0.0

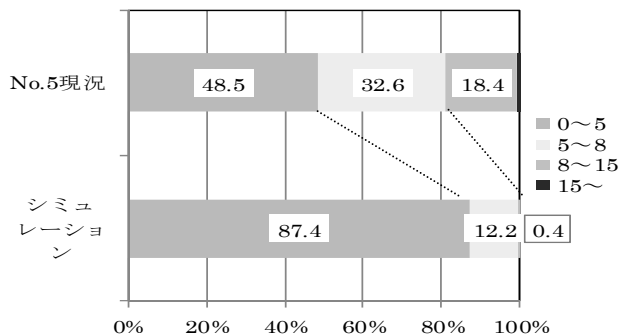


図-3-14 傾斜度の比較

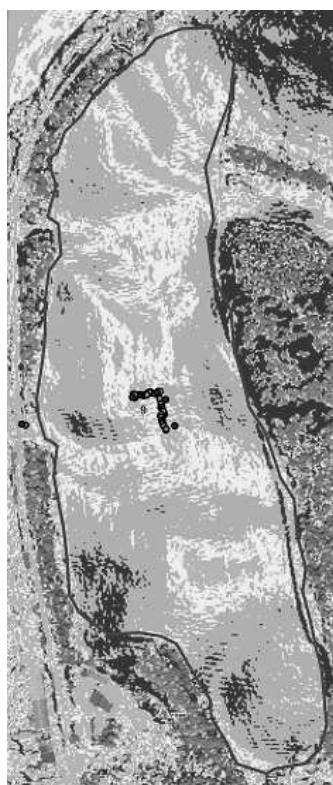


図-3-15 標茶 No.9 現況



図-3-16 シミュレーション

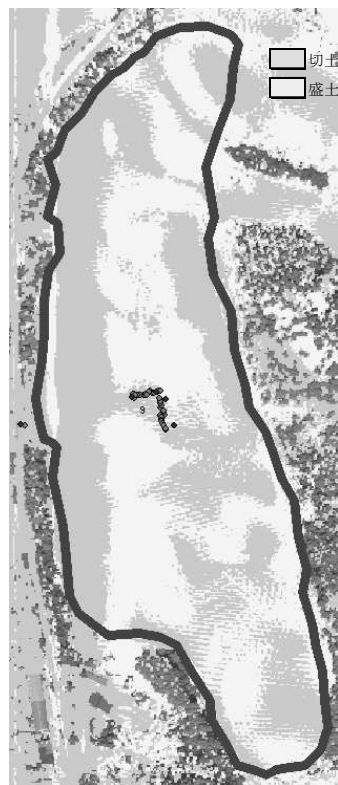


図-3-17 切盛図

表-3-4 傾斜度割合の変化

単位：％

傾斜度 区分	標茶 No.9		
	現況	シミュレーション	増減
0 ～ 5	10.8	78.4	67.6
5 ～ 8	26.6	20.5	- 6.1
8 ～15	57.2	1.1	-56.1
15～	5.4	0.0	- 5.4
合計	100.0	100.0	0.0

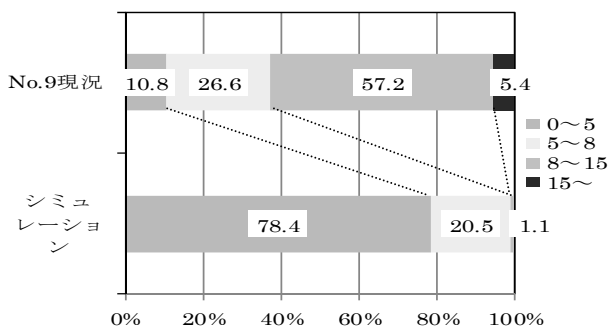


図-3-18 傾斜度の比較

3.2 作業性の評価

対象ほ場について傾斜度で作業速度を高速、普通、低速、超低速に区分して⁵⁾、時間当たり作業量を算出して、現況とシミュレーションで管理作業を行った場合を想定して、作業時間を試算したところ、稚内S牧場、標茶 No.2、No.5、No.9 のほ場において、現況に比べてシミュレーションは、31、79、78、48%の効果が期待できる(表-3-5)。特に、8度以上の傾斜度割合が多い稚内S牧場、標茶 No.9 のほ場ほど効果の大きいことがわかる(表-3-6)。

表-3-5 作業時間の比較

傾斜度 区分	作業速度 km/h	作業幅 m	作業量 m ² /h	稚内S牧場				標茶No.2				標茶No.5				標茶No.9			
				現況面積	作業時間	シミュレーション	作業時間	現況面積	作業時間	シミュレーション	作業時間	現況面積	作業時間	シミュレーション	作業時間	現況面積	作業時間	シミュレーション	作業時間
0~5	12.6	3.0	37,800	2,878	0.08	33,506	0.89	4,238	0.11	11,942	0.32	28,786	0.76	51,886	1.37	6,214	0.16	45,176	1.20
5~8	10.1	3.0	30,300	14,089	0.46	5,464	0.18	8,189	0.27	3,418	0.11	19,348	0.64	7,232	0.24	15,294	0.51	11,790	0.39
8~15	6.5	3.0	19,500	15,713	0.81	79	0.00	2,894	0.15	2	0.00	10,900	0.56	257	0.01	32,977	1.69	638	0.03
15~	1.0	3.0	3,000	6,405	2.13	36	0.01	41	0.01	0	0.00	341	0.11	0	0.00	3,119	1.04	0	0.00
合計			39,085	3.48	39,085	1.08	15,362	0.54	15,362	0.43	59,375	2.07	59,375	1.62	57,604	3.40	57,604	1.62	
作業効率(%)						31.0				78.7				78.4				47.6	

表-3-6 傾斜度割合

単位：%

傾斜度区分	稚内S牧場		標茶 No.2		標茶 No.5		標茶 No.9	
	現況	シミュレーション	現況	シミュレーション	現況	シミュレーション	現況	シミュレーション
0 ~ 5	7.4	85.7	27.6	77.7	48.5	87.4	10.8	78.4
5 ~ 8	36.0	14.0	53.3	22.3	32.6	12.2	26.6	20.5
小計	43.4	99.7	80.9	100.0	81.1	99.6	37.3	98.9
8 ~15	40.2	0.2	18.8	0.0	18.4	0.4	57.2	1.1
15~	16.4	0.1	0.3	0.0	0.6	0.0	5.4	0.0
小計	56.6	0.3	19.1	0.0	18.9	0.4	62.7	1.1

4. まとめ

4.1 しゅう曲修正の評価

しゅう曲修正手法について今まで明確な基準がなかった。今回のような最適化手法を行うことにより作業性の向上など客観的に評価ができ、作業時間短縮による環境保全が図られることになる。また、今まで受益者の説明に平面的な図面を使用しているが、計画を行う上で視覚的に判断することが可能である。

今回は既存の航空レーザデータがあったので、それを利活用することを前提にして、しゅう曲修正計画を行った場合を試算してみると、直接測量費で約60%に調査コストの軽減が図られることになる(表-4-1)。

表-4-1 草地整備しゅう曲修正調査費比較(参考：直接測量費)

単位：千円/10a、%

名称	一般(a)	航空レーザデータ 活用型(b)	
		比率(b/a)	
草地整備区域測量	358		
不陸均し起伏頻度	24		
しゅう曲修正測量		139	
フリーエ変換活用		85	
直接測量費計	382	224	59

4.2 レーザデータの利活用

標茶 No.8 のほ場は、ほとんどが平坦な地形であったので、1m 当たり 5cm（傾斜度約 3 度）以上の起伏が条件である起伏修正 I について出現率を検討したところ、起伏修正 I の採択基準である 20%以上の起伏が出現した（表-3-5、図-3-19）。このことから、起伏修正 I の出現率を算出する方法に「ArcGIS」の ArcMap10 ソフトを活用することは有効であると考えられる。

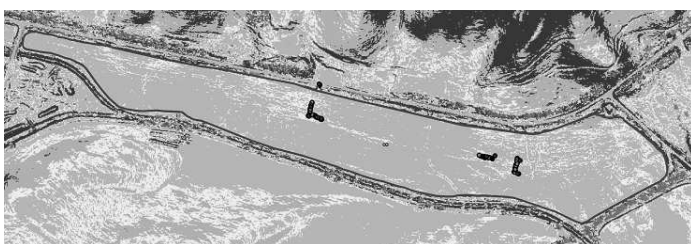


図-3-19 標茶 No.8 現況

表-3-5 傾斜度割合

傾斜度区分 (度)	標茶 No.8	
	面積(m ²)	割合(%)
0 ~ 3	62, 751	68.9
3 ~	28, 360	31.1
合計	91, 111	100.0

5. 今後の課題

5.1 レーザデータの取得

ほとんどの牧草地で凹凸やしゅう曲があり、停滞水による裸地化や雑草侵入、作業性の低下などが発生している。それを解決するため、今回は航空写真測量と並行して航空レーザ測量を実施し、そのデータを使用した。地形等のデータを取得するには有効なツールであるので、航空および地上レーザ測量などの普及が必要である。

ただし、牧草地では牧草の生育状況に影響を受けるため、レーザデータの精度を高めるにはレーザ測量の測定時期について検討が必要である。

5.2 最適な中心波長の検討

稚内地区 S 牧場でフーリエ変換の中心波長を変えた場合の傾斜度についてシミュレーションしたところ、中心波長 50m では傾斜度が 8 度以下の目的のほ場となったが（図-5-1）、中心波長 80m では 8 度以上が出現したため（図-5-2）、中心波長 50m を採用した。

今回は、フーリエ変換の中心波長を 50m で検討したが、作業性の評価から検討すると、最低限の変換で、最大限の効果を発揮する各ほ場の地形状況に合った最適な中心波長を検討する必要がある。

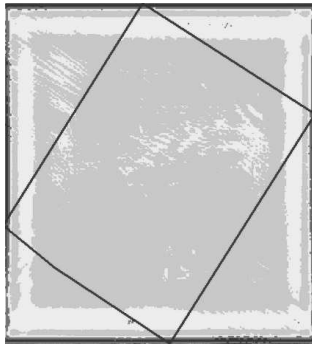


図-5-1 中心波長 50m

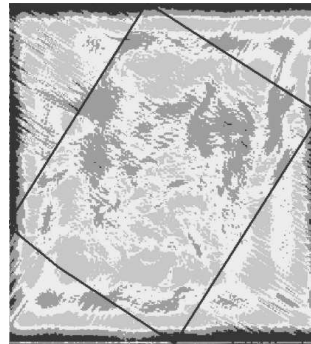


図-5-2 中心波長 80m

5.3 人材の育成

航空レーザデータ等を活用する場合、GISソフトと数値変換ソフトが使用できるだけでなく、現地の実態を把握するために現地踏査を十分に行い、解析結果を判断できる人材を養成する必要がある。

5.4 基盤整備資料のGIS化

要草地整備ほ場の抽出、施工方法および履歴などの資料をGIS化し、情報の集積を構築した場合、GISは生きたものなので管理が大変重要になることから、管理主体を予め検討する必要がある。

6. 参考文献

- 1) 北海道酪農・畜産関係資料 2009年版
- 2) 「周波数解析による牧草地空間の情報化と利用に関する研究」速水敦郎、2009
- 3) 「平成19年度草地整備豊別地区1工区工事設計書」北海道宗谷支庁農村振興課
- 4) 「標茶町航空レーザデータ」国際航業株式会社
- 5) 「平成21年度草地整備（公共牧場）上佐幌西地区草地整備効果検討業務調査報告書」
財団法人北海道農業近代化技術研究センター
- 6) 国土地理院 ホームページ