

平成 23 年度 成績概要書

研究課題コード： コード無し（公募型研究）

1. 研究成果

- 1) 研究成果名：航空機観測ハイパースペクトルデータを用いた採草地のマメ科率区分推定法
（予算課題名：次世代地球観測衛星利用基盤技術の開発「牧草の品質モニタリングに関する実利用化技術研究」(H19-20)）
- 2) キーワード：ハイパースペクトルデータ・マメ科率・波長選択型 PLS・採草地植生・リモートセンシング
- 3) 成果の要約：航空機観測で取得したハイパースペクトルデータを波長選択型 PLS 回帰分析で解析し、圃場内の 1m² 単位におけるマメ科牧草被度の推定値を平均することにより、北海道施肥標準における採草地のマメ科率区分を正答率約 80% で推定することができる。

2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：根釧農試・研究部・飼料環境 G・牧野司、畜試・基盤研究部・飼料環境 G
- 2) 共同研究機関（協力機関）：株式会社イメージワン、（国立大学法人・長崎大学、国立大学法人・広島大学、財団法人資源・環境観測解析センター）

3. 研究期間：平成 19～23 年度（2007～2011 年度）

4. 研究概要

- 1) 研究の背景 酪農業の規模拡大にともない草地管理者が管理する草地面積が拡大し、圃場ごとの状態把握が困難となってきた。広域的に草地の状態を把握する手法としてリモートセンシング技術が期待されているが、今まで検討されてきたマルチスペクトル（以下 MS）データではマメ科率の把握は困難である。
- 2) 研究の目的 近年、研究が進む新しいセンサであるハイパースペクトル（以下 HS）センサを用いて、広域的に圃場ごとのマメ科率を把握する技術を開発する。

5. 研究方法

1) ハイパースペクトルデータとマルチスペクトルデータを用いたマメ科率の推定精度

- ・ねらい MS データでは困難であったマメ科率の推定を HS データによって検討する。
- ・試験項目等 調査地：根釧農試、別海町および根室市農家圃場、調査期間：2007/8/15-10/15 および 2008/6/16-10/27、測定機器：FieldSpec Pro FR(米国 ASD 社)、測定項目：反射率(HS：350-2500nm・1nm 間隔・2151 波長、MS：HS データから疑似的に作成・4 波長帯)・植生データ(草丈・被度*・草量)、測定数：490 サンプル、解析手法：重回帰分析(以下 MLR)、全波長を用いた PLS 回帰分析(以下 FS-PLS)
※：コードラート内を俯瞰して視認された草種別面積割合。

2) 地上観測ハイパースペクトルデータを用いた波長選択型 PLS によるマメ科率の推定

- ・ねらい HS データの解析に波長選択型 PLS を導入し、マメ科率の推定精度向上を図る。
- ・試験項目等 調査地・調査期間・測定機器・測定項目・測定数は試験 1) と同じ、解析手法：反射率と反射率の 1 次微分値を解析、MLR・FS-PLS・波長選択型 PLS2 種類(以下 ISE-PLS・GA-PLS)

3) 航空機観測ハイパースペクトルデータを用いたマメ科率区分の推定

- ・ねらい 航空機観測 HS データを用いて広域的に圃場ごとのマメ科率区分を推定する。
- ・試験項目等 調査地：根釧農試、調査期間：2007/8/15・2008/8/18、観測機器：航空機搭載 HS センサ(CASI:410-1070nm・20nm 間隔・34 波長、1m 分解能)、測定項目：試験 1) 項目+植生データ取得ポイント位置情報、測定数：2007 年 52 サンプル・2008 年 61 サンプル、解析手法：MLR・FS-PLS・ISE-PLS・GA-PLS、圃場単位での精度検証：航空機観測による推定マメ科牧草被度と圃場別・目視踏査によるマメ科率区分(北海道施肥標準に準拠)とを比較

6. 研究の成果

- 1) HS データを用いた多変量線形回帰分析は、MS データでは推定困難であったマメ科牧草混生割合の推定に有効であると期待された。HS データによる FS-PLS 回帰分析による推定精度は、マメ科牧草被度で R²=0.70、RMSE=21.5、マメ科牧草乾物重量比で R²=0.62、RMSE=18.0 であった(図 1)。
- 2) HS データを用いた多変量線形回帰分析のうち、反射率を説明変数にした波長選択型 PLS 回帰分析を用いることで、マメ科牧草被度およびマメ科牧草乾物重量比推定精度のさらなる向上が確認された。このうち、遺伝的アルゴリズムを用いた GA-PLS 回帰分析による推定精度は、マメ科牧草被度で R²=0.75、RMSE=19.5 (図 2)、マメ科牧草乾物重量比で R²=0.67、RMSE=16.4 であった。
- 3)-(1) 航空機観測で取得した HS データに波長選択型 PLS を適用して、2007 年と 2008 年の根釧農試草地のマメ科牧草被度を推定した。地上の被度観測サンプル 52-61 点を用いて作成されたマメ科牧草被度推定モデルの精度は、2007 年で R²=0.67、RMSE=11(図 3)、2008 年で R²=0.57、RMSE=22 であった。
- 3)-(2) 作成されたモデルによって 1m² 単位でマメ科牧草被度を推定し、圃場ごとに平均した値を、地上踏査による北海道施肥標準のマメ科率区分判定結果と比較した。推定マメ科牧草被度が測定マメ科率区分の一致域・許容域から逸脱した採草地は、2007 年では 18 圃場中 4 圃場(正答率 78%)、2008 年では 17 圃場中 9 圃場(同 47%)であった。また、2007 年の推定値は一致域に近い範囲に分布したが(図 3)、2008 年ではバラツキが大きかった(データ省略)。放牧地では両年ともバラツキが大きかった(データ省略)。2008 年の航空機観測によるマメ科率区分の正答率が低い原因として、地上観測データと航空機観測データとの比較から画像自体の質、大気補正の失敗等が考えられた。

以上から、十分な精度のモデルを得るため図 4 のフロー図に従い、地上でマメ科牧草の被度を 50-60 点調査し、航空機観測の HS データに波長選択型 PLS 回帰分析を適用することにより、チモシーを基幹とする採草地の北海道施肥標準におけるマメ科率区分を約 80% の正答率で推定できると考えられた。

< 具体的なデータ >

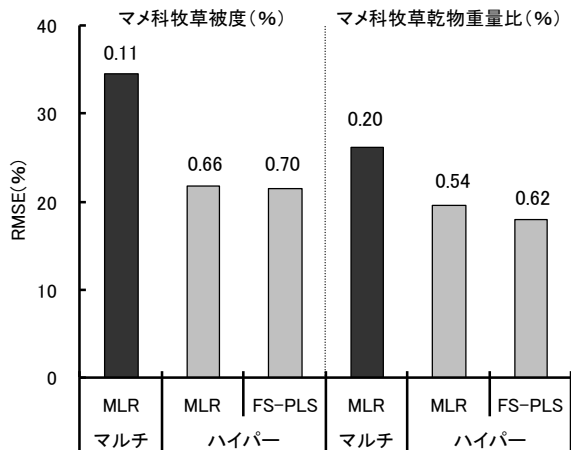


図1 ハイパースペクトルデータとマルチスペクトルデータによるマメ科率推定精度の比較

※棒グラフは推定モデルのRMSE、上部の数字は推定モデルのR²を示す。
 ※RMSE: 平均2乗誤差。

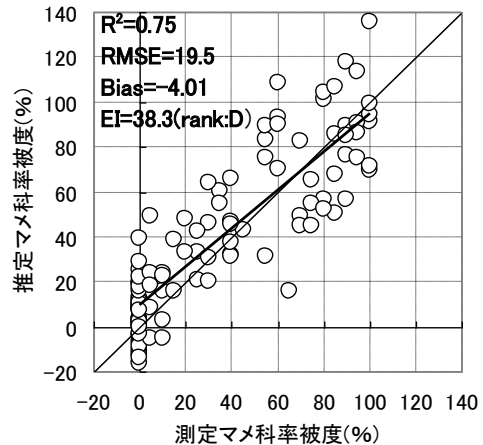


図2 検証用ハイパースペクトルデータによる推定マメ科牧草被度と測定マメ科牧草被度との関係

※RMSE: 平均2乗誤差, Bias: 誤差の平均値, EI: 実用性の判定基準。
 A: 0-12.5; 非常に高い, B: 12.6-25.0; 高い, C: 25.1-37.5; やや高い, D: 37.6-50.0; 低い, E: 50.1-; 非常に低い(水野ら1988)。

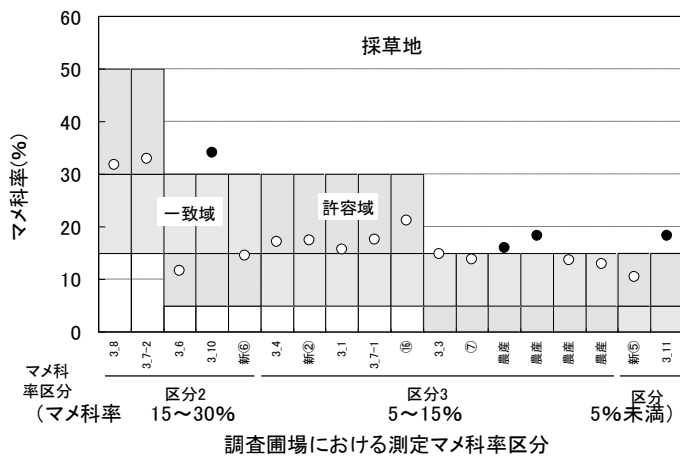


図3 2007年観測航空機ハイパースペクトルデータによる推定マメ科牧草被度(圃場平均)と測定マメ科率区分との関係

※調査圃場における測定マメ科率区分は、9~10月の目視踏査から1番草におけるマメ科率区分を推定した値である。
 ※棒グラフの一致域は圃場におけるマメ科率区分ごとのマメ科率の範囲を示す。許容域は草地の状況に応じて不一致の方向を加味して設定したマメ科率の範囲を示す。
 ※○、●ハイパースペクトルデータによる推定マメ科牧草被度(圃場平均)を示す。○は正答、●は誤答。
 ※推定マメ科牧草被度(圃場平均)は、航空機観測時(8月時点)の推定値である。
 ※推定に用いたモデルの精度は、R²=0.67、RMSE=11、EI=30.7(rank:C)、選択波長数21。

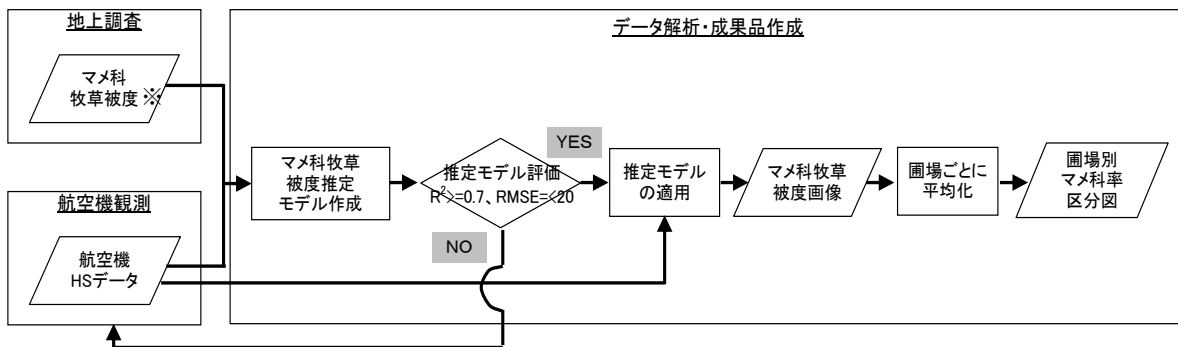


図4 航空機観測ハイパースペクトルデータを用いた圃場別マメ科率区分図作成のフロー

※1m²程度のマメ科牧草被度を観測エリア内全体から50-60点調査する。被度については0-100%までを偏りなく調査する。

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- (1) 本成績は、TMRセンター等が草地の施肥設計を行うため、リモートセンシング技術によるマメ科率区分図の作成を依頼する航測会社・GISコンサル会社などを直接の利用者として想定する。
- (2) チモシーを基幹とする採草地における圃場ごとのマメ科率区分を広域的に行うために活用する。
- (3) 解析に用いるモデルの精度はR²0.7以上、RMSE20%以下を目安とする。
- (4) モデルの作成に際しては、マメ科牧草の主体草種が推定対象地域の草地と異なるように配慮する。
- (5) 航空機観測は5月中下旬に行うことが望ましい。また、倒伏発生時、有機物施用時および草量が極端に少ない条件(生草収量500g/m²以下)など上空からの撮影に影響のある時期を避ける。
- (6) 本成果は、財団法人資源・環境観測解析センターが推進している「次世代地球観測衛星利用基盤技術の研究開発(平成20年度)」で取得されたデータの提供を受け、解析を行ったものである。

2) 残された問題とその対応

- (1) 草種ごとの被度推定方法の開発。(2) マメ科牧草被度推定モデルの精度向上。(3) 衛星観測HSデータへの適用。