

シンポジウム「地理的情報システムの活用による草地の生産性向上の可能性」

フィールドインフォマティクスに基づいた新しい草地整備法

野口 伸

Grassland Amelioration based on Field Informatics

Noboru NOGUCHI

はじめに

北海道の酪農は一戸あたりの飼養頭数増加に伴って、効率のよい粗飼料生産が課題となっている。現在、しゅう曲の多い牧草地を改良山成工によって大型機械に適した高い生産性の草地に整備しているが、その計画立案には地形測量と技術者の高度な判断が必要とされる。また、改良山成工の傾斜緩和型は  $8^\circ$  以上の傾斜地を施工基準としているが、しゅう曲修正型に関しては明確な基準がないのが現状で、公共事業として実施される基盤整備においては数値化された公正な基準策定が望まれる。そこで、本研究では草地改良工事設計を支援する目的で、地形測量システムの開発、慣行法の改良山成工の解析、空間フィルタリングによる工事計画作成法の開発を行った（速水ら，2009）。地形測量システムはRTK-GPS(Real-time Kinematics Global Positioning System)と慣性航法装置(Inertial Measurement Unit: IMU)を農用トラクタに搭載して開発した。このシステムを用いて慣行の改良工事による地形変化を取得し、周波数領域での地形の特性変化を解析し、周波数分析法に基づいた空間フィルタリング法を開発して実際の草地に適用した。最後に工事計画作成法の適用条件、有用性について考察した（Nambu, et al., 2009）。

1. 実験装置および方法

1) 空間情報取得・解析システム

本研究は牧草地の空間情報を取得し、改良工事設計を支援することが目的である。ほ場の地形情報を取得する方法としてトータルステーションを用いた地形測量があるが、北海道における牧草地面積は広く、時間と手間のかかる作業である。そこで、農用トラクタに搭載し、農作業中の車体の位置、傾斜角、加速度を計測できる空間情報計測システムを構築した。図1にシステム概要を示す。位置計測には誤差2cm, 周期20HzのRTK-GPSを、トラクタのロール角、ピッチ角、ヨー角の姿勢計測には慣性航法装置(IMU)を使用した(姜ら, 2008)。IMUは3軸光ファイバジャイロスコープと3軸加速度計で構成されており、トラクタキャビン上に設置されたGPSアンテナ位置を地表面に投影する座標変換にも使用している。このシステムは牧草地を面的に走行する牧草刈り取り作業時に使用し、地形情報を取得した。取得した地形情報は離散的な点データであるので、ArcGISのクリギングによりメッシュ状の標高データに変換した。

2) 地形の周波数解析方法

得られた地形を解析する方法として、2次元離散フーリエ変換(2次元-DFT)を採用した。2次元-DFTを行うとき、データは矩形で正方格子に並んでいる必要が

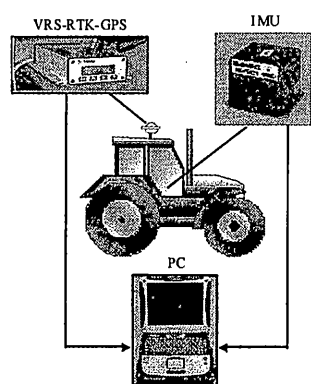


図1 システム概要

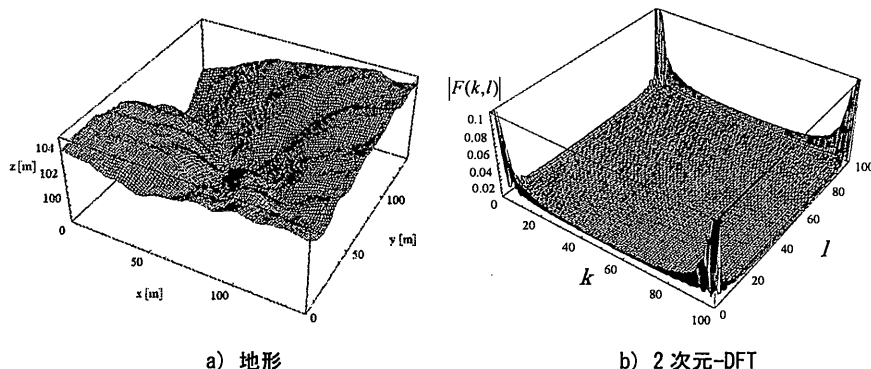


図2 地形とその2次元-DFT結果

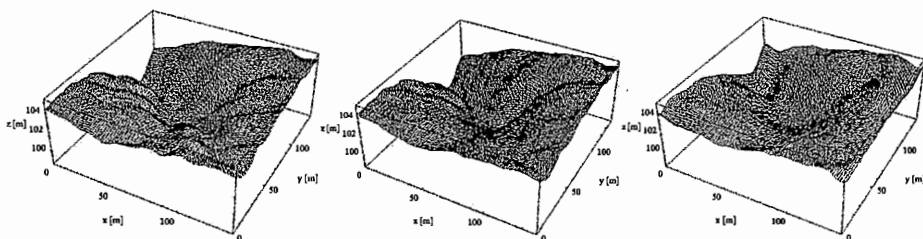


図3 空間フィルタを適用した草地地形  
(左から：工事前、実際の工事後、シミュレーション)

## 2. 結果と考察

### 1) フィルタリングによる工事設計法の開発

慣行の方法で土木技術者が行った改修工事を再現することを目的に、空間フィルタを用いた地形の平滑化を行った。空間フィルタは、実際の工事で減衰した周波数  $0.04[m^{-1}]$  を完全に遮断し、なだらかなゲインカーブを持つように設計した。空間周波数  $\nu$  におけるフィルタゲインは式(1)ようになる。遮断する波長を決定する中心波長  $\mu$ ，遮断する領域の幅を決定する標準偏差  $\sigma$  の正規分布を，1 から減算する形になっている。

$$gain(\nu) = 1 - \exp\left(-\frac{\left(\frac{1}{\nu} - \mu\right)^2}{2\sigma^2}\right), (\mu = 25, \sigma = 10) \quad (1)$$

空間フィルタを工事前地形に施し、そのあとフィルタリング後の地形に逆フーリエ変換を行ったものをシミュレーション地形とした。これを実際の工事後地形と比較して図3に示した。工事後地形は慣行の人間の経験則で設計・工事した地形である。工事後地形・シミュレーション地形共に  $6^\circ$  未満の傾斜になり、形状も似ていることがわかる。このことから特定の周波数帯域を除去する空間フィルタを適用することで、慣行の設計法と同様の効果が得られることがわかった。

### 2) 工事計画作成と施工

開発した設計法で工事計画を策定し、実際に施工を行った。工事計画図は図4に示したとおり現況地形とシミュレーション地形から算出した切盛土深さ，現況地形の等高線を記載した。工事後の地形測量は工事前と同様に，牧草刈り取り作業をするトラクタに地形測量システムを搭載して行った。図5に工事後の地形を示す。工事前最大  $12^\circ$  の傾斜があったが，工事後は  $6^\circ$  未満に緩和された。遮断波長の決定、外周部分の処理、切盛土の選択にはいまだ人間の判断が必要であるが、フィルタリングを用いた工事計画作成法の有用性が明らかになった。

## 3. まとめ

本研究では草地改良工事設計支援システムを開発した。まず、RTK-GPS と IMU を搭載したトラクタで圃場を走行することで、高密度な地形データを取得した。また、

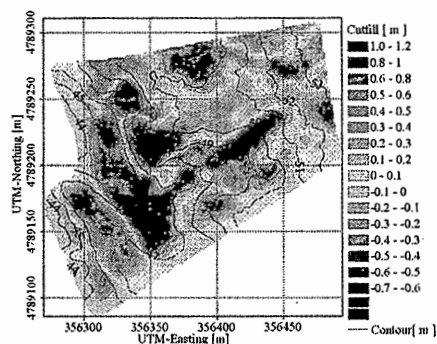


図4 切盛土図

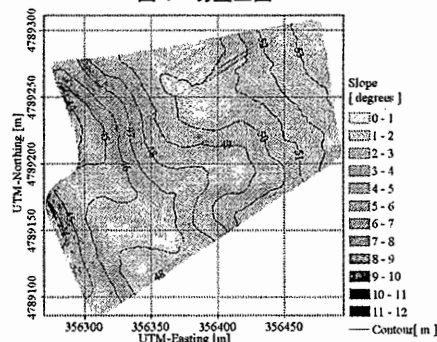


図5 工事後地形

慣行の方法で行った改良工事を2次元DFTにより解析して生成した空間フィルタを用いた設計法を考案した。新しい設計法を適用して実施した工事の結果、開発システムは基盤整備に対する数値基準の策定に資するとともに、草地改良工事に十分適用できると判断された。

## 引用文献

- 速水敦郎・姜 太煥・海津 裕・野口 伸(2009)衛星測位システムと地理情報システムを用いた牧草地の空間情報化と利用(第1報). 農業機械学会誌 71(5): 60-66  
 姜 太煥・横田雅彦・石井一暢・海津 裕・野口 伸(2008) ロボット車両を利用した草地空間情報化に関する研究(第2報). 農業機械学会誌 70(3): 65-73  
 Nambu, Y., A. Hayami, N. Noguchi(2009) Grassland Amelioration based on Spatial Frequency Analysis. Proceedings of 3<sup>rd</sup> Asian Conference on Precision Agriculture.