

衛星リモートセンシングを利用した畑地土壌炭素蓄積量の推定

丹羽勝久¹・本郷千春²

¹株式会社ゾーシャ・²千葉大学環境リモートセンシング研究センター

研究の背景・目的

農業分野における地球温暖化緩和策の一つとして、農耕地土壌の炭素貯留が注目されている。土壌は炭素を有機物として固定しており、地球上で3番目に大きいカーボンプールである。その土壌炭素は微生物の分解により二酸化炭素として大気中へ放出されるため、土壌炭素の動態が地球温暖化に与える影響も小さいものではない。そこで、土壌に炭素を貯留させ、土壌炭素貯留量を平衡状態にするか貯留量を増加させるような農地管理が求められている。

我が国の土壌は1959年から1978年にかけて行われた地力保全基本調査による約2兆トンの炭素貯留量を有していることが判明している。

しかし、地域によっては調査以来半世紀近くが経過し、農地管理などによって土壌中の炭素貯留量が増加していると考えられる。その大まかな変動は土壌環境基礎調査や都道府県による調査により明らかになっているが、調査地点の設定密度には限界があり、複雑な日本の地形条件では空間的に細かなデータの取得が困難である。

そこで、本研究では日本の主要な農業生産地帯である北海道十勝地方を対象とし、2枚の異なる年次の衛星画像を用いて土壌炭素貯留量の変化を解析した。

使用データ

Landsat 画像

撮影日	センサ名	パス/ロウ
1985年5月24日	Landsat TM	106/30
2002年5月22日	Landsat ETM+	107/30

○1985年の画像に対応する実測データ

地力保全基本調査成績書

全国の土壌の物理性、化学性を把握するために行われた調査

・全炭素率 土壌に含まれる炭素の割合(%)
 ・容積重 土壌の体積100cc当りの重量(g)

土壌図

土壌区分図(縮尺1/50000)。地力保全基本調査に基づいて土壌の成因、特徴に基づき土壌区を設定。代表的な土壌調査地点を1土壌区につき1点を図上に記載。

○2002年の画像に対応する実測データ

土壌の化学性実測調査(2006年)

対象地域内において土壌炭素率を計測した。

※データの取り扱い

- 2002年の画像に対応する土壌容積重のデータが無い場合、土壌容積重の経年変化がないものと仮定して地力保全基本調査成績書の値を用いた。
- 土壌炭素率は真行寺(1990)の式(1)を用いてチュールン法に統一して扱った。
 (チュールン法による土壌炭素率計測値) × 0.708 × (CHコーグ法による土壌炭素率計測値) × 0.240
 $r = 0.985$ (1)

解析手順

1. 衛星画像を反射率に変換し、幾何補正を行う。

2. Landsatデータの反射率を説明変数、表層土壌炭素量(深度0~30cm)を目的変数として回帰分析を行う。

3. 裸地圏場を抽出した画像に対し、2の回帰分析から求めた式を適用して土壌炭素量を推定する。

4. 3によって得られた1985年と2002年の土壌炭素量推定値から土壌炭素貯留量の変化を求める。



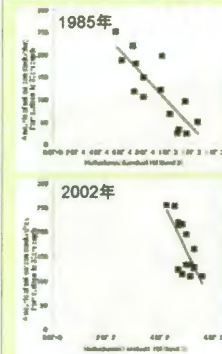
対象地域

北海道
十勝総合振興局管内
1市2町



結果・考察

○表層土壌炭素量の推定



各バンドの反射率と土壌炭素量の関係

バンド名	1	2	3	4	5	7
1985年	-0.7735**	-0.8302**	-0.8310**	-0.8045**	-0.2528	0.7461
2002年	-0.4368	-0.5525	-0.7364**	-0.4368	0.4605	0.3955

**1%水準で有意

可視～近赤外域のバンドと土壌炭素量の間には有意な相関が見られる。

○回帰式

1985年の土壌炭素量
 $C(\text{t/ha})_{1985} = -274459 \times \text{Reflectance}_{\text{Band3}} - 368.83$
 $(r = -0.8310)$

2002年の土壌炭素量
 $C(\text{t/ha})_{2002} = -11435 \times \text{Reflectance}_{\text{Band3}} + 731$
 $(r = -0.7362)$

回帰式に可視域のバンドが選択されたのは、土壌炭素の多少が色に現れているためと思われる。

また、赤外域のバンドが説明変数に選択されなかったのは、対象地域内において赤外域のバンドが応答する土壌水分の状態様々であり、土壌炭素量との間に関係がなかったためと考えられる。

両年のデータとも、推定値と実測値の間に1%水準で有意な差がないことを確認した。

Fig.1 Landsatデータと土壌炭素量の関係

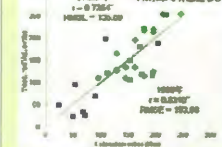


Fig.2 実測値と推定値の関係

○土壌炭素量の分布

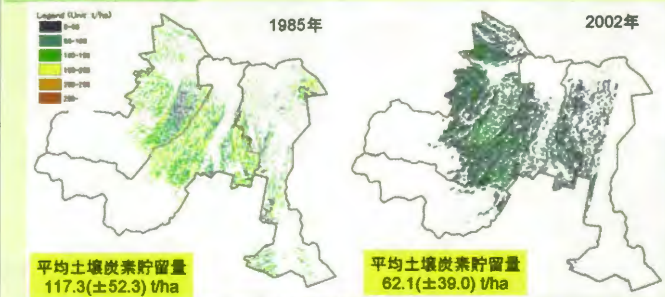


Fig.3 土壌炭素貯留量推定結果

○土壌炭素の変化量

1985年の土壌炭素貯留量と2002年の土壌炭素貯留量の双方のデータが重なり合う地域を切り出し、土壌炭素貯留量の変化を求めた。

- 対象地域内において、土壌炭素貯留量は平均で56.2 t/ha減少した
- 土壌炭素貯留量は14.6%の地域で増加、85.4%で減少した

土壌炭素貯留量は元々土壌炭素に乏しかった地域で増加、土壌炭素に富んでいた地域で減少している傾向が認められた。

本地域では土壌炭素貯留量の減少が土壌改良事業によって促進された可能性がある

土壌有機物の分解速度に寄与する因子には、土壌水分、有機物量、地温などがある。関谷ら(2010)は土壌改良事業により湿性土壌が乾燥化し土壌水分の状態が乾性土壌と同程度になっていると指摘した。そのため、土壌有機物量の減少が土壌有機物分解速度に影響を与え、土壌有機物に富んだ多量黒ボク土ほど二酸化炭素発生速度が大きいことを明らかにしている。



Fig.5 土壌水分率の変化

Landsatデータと畑土壌水分率の関係式(福原ら1990)を用いて求めた1985年の土壌水分率と、2003年に実測した土壌水分率の値を比較したところ、関谷らの報告と同様に土壌の乾燥化が進んでいることが判明した(Fig.5)。

その他、対象地域内ではTable 1で示したような現象によって衛星データから土壌炭素貯留量の変化が捉えられたものと推察される。

Table 1 衛星データから得た土壌炭素貯留量の変化に寄与したと推察される現象の例

	変化要因となる現象	発生地域
土壌の耕起	対象地域内では耕起深が30cmを超える地域が多く、下層土壌が表層土壌と混合している(丹羽2004)。そのため、下層の土壌有機物含量に応じて表層土壌炭素量の増減が生じる。	MNRF台地など
物理的侵食	台地が波状性窪地を持つ傾斜地の傾地圏場では風呂、水食作用などによって表層土壌が侵食されていることが知られている(柏木2008)。	波状性窪地を有する台地

○温室効果ガスの発生量

減少した土壌炭素が全て二酸化炭素の放出に用いられたと仮定した場合、1985年から2002年にかけて土壌から発生した二酸化炭素は202.3 t/haと求められた。

Table 2 衛星データより示された土壌から発生したと考えられる二酸化炭素量と実測値(Koga et al.2006)の比較

	減少した土壌炭素量 (t/ha)	発生二酸化炭素量 (t/ha)
本解析	55.2	202.3
Koga et al.(2006)	22.78	83.47

土壌炭素貯留量の減少量は対象地域内の試験圃場で行われたKoga et al.(2006)の計測結果より大きい。Koga et al.(2006)で供用された圃場は比較的に土壌炭素貯留量に乏しい乾性土壌であったため、土壌炭素の分解速度が他の地域に比べて遅かった可能性がある。

まとめ

Landsat TMデータ(1985年5月)、Landsat ETMデータ(2002年5月)、地力保全基本調査成績書(1972年)及び実測土壌調査データ(2006年)を使用して土壌炭素貯留量の変動を求めた。

LandsatのBand3と表層土壌炭素量の間には $r = -0.831$ (1985年)、 $r = -0.736$ (2002年)の有意な相関が認められた。この関係を利用して土壌炭素貯留量を算出し、関谷ら(2010)の手法による値と一致することを確認した。1985年と2002年のLandsatデータから得られた土壌炭素貯留量の差より、17年間の単位面積当たり土壌炭素貯留量の変化を二酸化炭素量に換算して求めた。

今後は侵食作用、耕耘が土壌炭素貯留量の変化に与える影響について解析する予定である。