

速報

基盤地図情報数値標高モデルから算出した地形指数と褐色森林土 土壌（亜）型との関係^{*1}

稲垣昌宏^{*2}・酒井佳美^{*2}

稲垣昌宏・酒井佳美：基盤地図情報数値標高モデルから算出した地形指数と褐色森林土土壌（亜）型との関係 九州森林研究 70：105 - 107, 2017 国産材利用が進むことにより、伐採跡地の再造林をどのように計画するかが課題であり、林地生産力は重要な要因の一つである。林野土壌分類での褐色森林土等の土壌型は、主としてスギの生産力を推定するために、斜面位置の違いによる土壌の乾湿を表現する目的で定義されている。本研究は、近年整備が進んでいる高精度のDEMから算出される地形的な湿潤指数（TWI）と実際の土壌調査の結果に基づく褐色森林土の土壌型（BA~BF）との関係から、地形データからどの程度土壌型および土壌亜型を推定できるかを調べた。国土地理院基盤地図情報10mメッシュから算出されたTWI値はB_D型でB_{D(d)}型より有意に大きかった。一方、5mメッシュから算出されたTWI値は土壌型間で有意差がなかったが、局所地形が影響する乾性土壌の特徴を表現している可能性があった。今後、各種データベースの整備状況の拡充と適切な要因選択によって、土壌の乾湿とそれによってもたらされる生産力の予想がより高精度になることが期待できる。

キーワード：DEM, 土壌型, 乾湿条件

I. はじめに

近年、国産材利用が進むことにより、伐採跡地の再造林をどのように計画するかが課題となっている。すなわち、対象地の生産性や路網の整備などの状態に応じて、どのような再造林が好ましいかを判断する基準が求められている。

過去の拡大再造林時代には生産力推定のために土壌情報が用いられてきた(3)。林野土壌分類での褐色森林土等の土壌型は、主としてスギの生産力を推定することを目的に、斜面位置の違いによる土壌の乾湿を表現する目的で定義されている。しかし、土壌型から生産力を推定する際に地形、標高などの他の指標と独立した因子として扱うことが難しいことや、土壌型の判定には熟練を要することが課題であった(6)。

このような推定を詳細な土壌情報なしに広域で行うためには、数値標高モデル(Digital Elevation Model, DEM)の利用が期待され(6)、先行研究では50mメッシュのDEMから算出した数値指標が活用されている(4, 9)。

高精度DEMの整備状況も近年めざましく発達し、現在では地形図から作成された10mメッシュの標高データは全国規模で整備されている。また、写真測量や航空レーザー測量から作成された5mメッシュ標高データも、九州では広範囲で国土地理院から提供されている。

水文モデルから考案された地形的な湿潤指標(Topographic Wetness Index, TWI)は、地形情報のみから算出される指標であり、その地点の地形情報のみでなく斜面情報の集水範囲も考慮された指標である(1, 7)。過去の生産力推定研究においても本指標が用いられているが(9)、メッシュのサイズによって算出される数値に影響を受けることが指摘されている(7)。近年整

備された高精度DEMから推定されたTWI値と土壌の乾湿を表す土壌型との関係を調べることによって、詳細なメッシュ毎の高精度な生産力推定につながることを期待できる。

そこで、本研究では、国土地理院から提供されている基盤地図情報数値標高モデルを用いて、高精度のDEMから算出される地形的な湿潤指数と実際の土壌調査の結果に基づく褐色森林土の土壌型および土壌亜型(BA~BF)との関係から、地形データからどの程度土壌型を推定できるかを調べた。

II. 方法

国土地理院基盤地図情報(2)の10mおよび5mメッシュのDEMを解析に用いた。10mメッシュDEMは1:25000地形図から、5mDEMは航空レーザー測量および写真測量から作成されている。2016年10月現在、10mDEMは日本全域で提供され、5mDEMは九州地域では概算で6~7割の範囲で提供されている。本研究での解析は、九州本島のみを対象とした。

TWI値は、 $\ln(a/\tan\beta)$ で算出される水文モデルのパラメータで、 a は単位標高における集水域セルの面積、 $\tan\beta$ はセルの傾斜を表している(1, 7)。対象地点の傾斜と斜面上の位置関係の両方が表現されたパラメータであり、セルの大きさ(メッシュサイズ)によって結果が異なることが指摘されている(7)。本研究では、2つのメッシュサイズが異なるDEMを比較した

TWI値を算出するため、DEMを緯度経度測地系から、ユニバーサルメルカトル測地系(JGD 2000/UTM zone 52N, EPSG:3098)に変換した。変換時のメッシュサイズは5mDEMで上下左右方向とも6m、10mDEMで上下左右方向とも11.8mとした。これは、変換時に緯度経度測地系のピクセル情

^{*1} Inagaki, M. and Sakai, Y.: Relationship between soil and sub-soil groups of brown forest soils in Kyushu area and the topographic wetness index, being calculated using public digital elevation model.

^{*2} 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan.

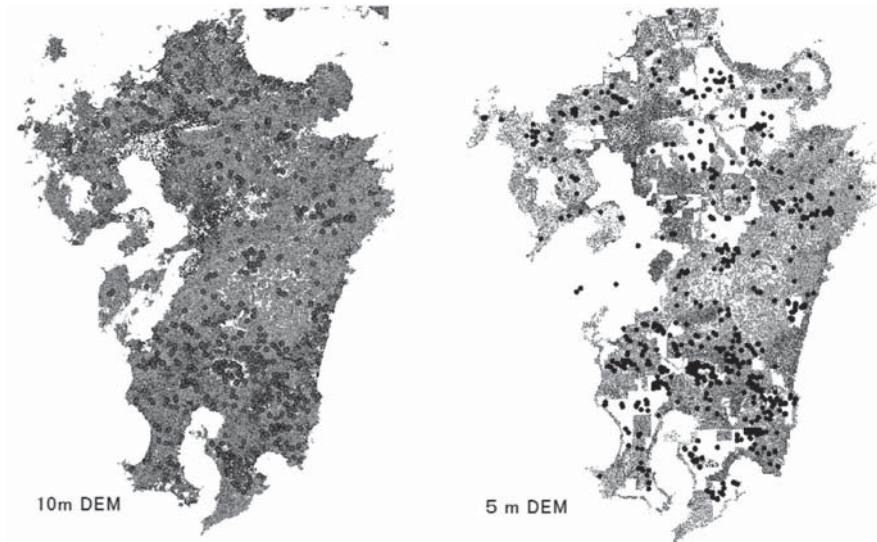


図-1. 10 m DEM (左) および 5 m DEM (右) から算出した TWI 値の分布
濃淡が濃いほど TWI 値が高い。点は土壤調査地点を表す。国土地理院の基盤地図情報数
値標高モデルから算出した。

表-1. 褐色森林土土壤(亜)型毎の土壤調査地点の TWI 値のメッシュサイズによる違い

土壤型	10m DEM (n = 483)				5m DEM (n = 268)		
	地点数	TWI 平均値	標準誤差		地点数	TWI 平均値	標準誤差
B (分類なし)	6	5.15	0.63	ab	4	3.89	0.82
BA	53	4.96	0.21	ab	33	4.05	0.29
BB	41	4.62	0.24	ab	20	3.93	0.37
Bc	93	4.82	0.16	ab	52	4.35	0.23
B _{D(d)}	79	4.62	0.17	a	46	4.49	0.24
B _D	179	5.31	0.12	b	95	4.70	0.17
BE	32	4.91	0.27	ab	19	4.36	0.38

異なるアルファベットは Tukey-Kramer の HSD 検定による有意差を表す。

報の損失を最小限に抑えるためである。

土壤断面データは過去の土壤調査事業メタデータ(5)および森林土壤インベントリ調査第1期(8)の九州分のデータを用いた。断面位置の当該メッシュの TWI 値を抽出し土壤型および土壤亜型と比較した。対象範囲のすべての土壤型を含んだ土壤断面データ数は過去の土壤調査事業で 609 点、土壤インベントリ調査で 119 点であった。サンプル数が十分な褐色森林土を分析対象とし、赤色系および黄色系褐色森林土も対象に含めた。TWI 値は 0 およびマイナス値を除外した。

TWI 値の算出は Grass 7.0 (r.topidx ツール)、それ以外の DEM の操作は QGIS 2.14 (基盤地図情報 DEM インポートおよび Point sampling tool プラグインを含む)を用いて解析した。

TWI 値は各土壤(亜)型間で一元配置の分散分析(ANOVA)を用いて比較し、有意である場合 Tukey-Kramer の HSD 検定を行った(JMP 11, SAS Institute)。

Ⅲ. 結果と考察

断面調査地点の土壤型とその地点の TWI 値との関係では、10 mDEM から算出した TWI の平均値は土壤(亜)型間で有意

に異なった($P = 0.0152$)。一方、5 mDEM から算出した TWI の平均値は土壤型間で有意な違いはなかった($P > 0.05$)。

5 mDEM は全域で整備されておらず、地図上で見ると空白地域がモザイク状に存在している(図-1)。そのため、地図の境界付近では集水域の情報に誤差が現れやすいと考えられる。さらに、場所によってレーザー測量から作成された部分と、写真測量から作成した部分がモザイク状に分布している。これらの要因から、5 mDEM から算出した TWI 値は標準誤差が大きく(表-1)、一元配置の分散分析で有意でなかったものと考えられた。

Tukey-Kramer の HSD 検定の結果、10 mDEM を用いた TWI 値は B_{D(d)} と B_D 型がそれぞれ 4.62 と 5.31 で、有意に異なった($P < 0.05$, 表-1)。また、B_B と B_D 型との間では有意でなかったものの乾湿の違いが平均値から表現されていた。このことから、10 mDEM を用いて斜面位置で規定される乾性土壤(B_B型、B_{D(d)}型)と湿性土壤(B_D型)との違いがある程度予想できる可能性が示された。一方、B_A型土壤の TWI 値が 4.96 とやや高かったり、B_E型土壤が 4.91 とやや低かったりするなど、予想される土壤の乾湿条件が表現されていない土壤型もあった。B_A型土壤はやせた尾根に出現するなど、局所地形に大きく影響される。5 mDEM から算出した TWI 値では B_A型が 4.05 と、B_B型の

表-2. 褐色森林土土壤（亜）型毎の土壤調査地点の TWI 値の土壤データソースによる違い

土壤型	土壤調査事業 (n = 392)			土壤インベントリ事業 (n = 91)		
	地点数	TWI 平均値	標準誤差	地点数	TWI 平均値	標準誤差
B (分類なし)	1	4.45	1.50	5	5.29	0.79
BA	53	4.96	0.21			
BB	35	4.49	0.25	6	5.35	0.72
Bc	87	4.85	0.16	6	4.34	0.72
B _D (d)	57	4.56	0.20	22	4.80	0.38
B _D	127	5.34	0.13	52	5.22	0.24
BE	32	4.91	0.27			

異なるアルファベットは Tukey-Kramer の HSD 検定による有意差を表す。

TWI 値 (3.93) と大きく異ならない値が算出されており、5 mDEM では局所地形の特徴がとらえられている可能性が示された。

過去の土壤調査事業と土壤炭素インベントリ事業での土壤型と 10 mDEM から算出した TWI 値との関係を比較すると、過去の土壤調査事業では TWI 値が土壤型間で有意に異なったが ($P = 0.0136$)、土壤インベントリ事業では土壤型間で TWI 値に有意な違いはなかった ($P > 0.05$, 表-2)。土壤インベントリ事業では土壤（亜）型の大半が B_D 型と B_D(d) 型に分類され、その他の土壤型の出現が 10 点以下と少なかった。また、平均値の標準誤差も大きかった。対照的に過去の土壤調査事業では、各土壤（亜）型で隔たりなく 30 点以上の調査地点データの TWI 値が得られた。

土壤インベントリ事業では、全国を機械的にメッシュで調査地点を割り振り、調査可能な地点で調査が行われている。一方過去の土壤調査事業では、特定の土壤型が典型的に出現しやすい場所を集中的に調査していた。そのような調査法の違いにより、過去土壤調査地点では、各土壤（亜）型のサンプル数が確保され、かつ TWI の差が現れやすかったと考えられた。

以上の結果から、現在整備されている 10 mDEM からある程度の土壤の乾湿条件を表現できる可能性が示された。今後、5 mDEM 情報の整備が拡充するにつれ、5 mDEM を用いた土壤の乾湿条件の予想精度が上がる可能性がある。また、今回 TWI という単一パラメータのみを対象としたが、あくまで地形条件のみであり、実際の降水や蒸発散量は九州内でも大きく異なる。DEM および気象条件に関するデータベースの整備状況の拡充と適切な要因選択によって、土壤の乾湿とそれによってもたらされ

る生産力の予測がより高精度になることが期待できる。

IV. 謝辞

本研究では、森林総合研究所旧立地環境科時代に集約された過去の土壤調査データを参照した。また、森林土壤インベントリ事業第 1 期の断面データを参照した。両事業の調査およびデータの集約に携われた皆様に御礼申し上げます。

引用文献

- (1) Beven KJ and Kirkby MJ (1979) Hydrol Sci Bull 24 : 43-69.
- (2) 国土地理院 (2016) 基盤地図情報 URL: <http://www.gsi.go.jp/kiban/> (2016 年 10 月 17 日利用)。
- (3) 真下育久 (1983) 新版スギのすべて, 全林協, 東京, 99-123.
- (4) Mitsuda Y *et al.* (2007) J For Res 12 : 177-186.
- (5) Morisada *et al.* (2004) Geoderma 119 : 21-32.
- (6) 森貞和仁 (2016) 九州森林研究 69 : 189-190.
- (7) Quinn PF *et al.* (1995) Hydrol Process 9 : 161-182.
- (8) 森林総合研究所 (2016) 森林土壤の炭素蓄積量調査 URL: <https://www.ffpri.affrc.go.jp/labs/fsinvent/> (2016 年 10 月 17 日利用)。
- (9) 関子光太郎 (2010) 富山県農林水産総合技術センター森林研究所研報 別冊, 62 pp, 富山県農総セ, 富山.
(2016 年 11 月 30 日受付; 2017 年 1 月 12 日受理)