

土壌データベースを用いた農地土壌水分・温度状態の広域予測に関する研究 Predicting soil moisture and temperature of arable lands with soil databases

加藤千尋¹・西村拓²

¹弘前大学農学生命科学部・²東京大学大学院農学生命科学研究科

要旨(Abstract) ; 気候変動下の任意の地点における農地土壌水分・温度状態予測に向けて、富山市吉岡近辺を対象に土壌のデータベースの適用可能性を検討した。土壌水分状態は、土壌構造など圃場ごとの不均一性の影響が強く土壌物理性データベースの保水性データを基に水分移動特性関数を決定することが望ましい。また、本研究で用いた熱伝導率データは圃場の熱伝導率を大きく見積もった。土壌の熱伝導率の推定精度は、特に土壌乾燥時の地温予測結果に影響を及ぼした。

テーマ：土壌物理研究の最前線 Trend in Soil Physics

キーワード：土壌水分・温度予測，土壌データベース，気候変動

Key words: prediction of soil moisture and temperature, soil database, climate change

1. はじめに

土壌水分・温度状態は種子の発芽や植物の生育、また、土壌有機物の分解速度に影響を及ぼす。将来の気候変動に伴い、農地における土壌水分・温度状態は将来変化すると考えられ、気候変動の農業分野の適応策や農地土壌における炭素回収貯留(CCS)効果の検討には、土壌水分量及び地温予測が有用である。

土壌水分や地温予測に必要な土の基本的物性を測定するのは時間と労力がかかる。そこで加藤ら¹⁾は、デジタル土壌図²⁾と日本の農地土壌の物理的性質データベース SolphyJ³⁾を用いて土壌の水分移動特性関数を決定する手法を検討した。そして AMeDAS 気象データを境界条件とした任意の地点における土壌水分状態予測の実現可能性を示した。本研究ではさらに、地温予測の可能性と課題を検討した。

2. 方法

(1)研究対象地

本研究では、富山市吉岡の県農業研究所内の水田転換畑を対象とした。圃場には2010年10月から翌年6月までオオムギが栽培されていた。同時期に ECHO-5TE センサ(Decagon 社製)を埋設し、深さ40cmまで5深度の土壌水分量と地温を20分毎に記録した。圃場においては

土壌採取も行い、熱伝導プローブ KD2 (Decagon 社製)を用いて、圃場の乾燥密度を再現した土カラムの熱伝導率を測定した。

(2)土壌水分・温度予測

本研究では、土壌の不均一性が土壌水分、地温予測結果に及ぼす影響を検討するため、「吉岡」に隣接し、異なる土壌タイプに分類される「松野」と「合田」も数値計算の対象とした。

数値計算には、HYDRUS-1D⁴⁾を用いた。計算に必要な水分移動特性関数は、van Genuchten-Mualem モデルを仮定し、各パラメータは SolphyJ を用い、保水性データセット(WR)を RETC プログラム⁵⁾によってフィッティングした。ただし飽和透水係数 K_s は土性と乾燥密度のデータを用いてニューラルネットワーク Rosetta⁶⁾によって推定した値、間隙結合係数 l は推奨値 0.5 とした。この場合、モデルは圃場の土壌水分量を良く再現した¹⁾。

日本国内を包括する土壌の熱特性データベースは見当たらない。そこで本研究では、熱伝導率に、Chung and Horton⁷⁾が提案する体積含水率の関数として表すモデルを適用した。このモデルでは土性(Sand, Loam, Clay の3種類)毎に異なるパラメータが提案されている⁷⁾。また、体積熱容量は、鉱物、有機物、水、空気の体積

割合で重みづけした。鉱物と有機物の体積割合は、SolphyJ のデータを用いた。ただし、有機物の密度は 1.63g cm^{-3} と仮定した。また数値計算の地表面境界条件は 3 地点とも、AMeDAS 富山のデータに基づく値を与えた。

3. 結果と考察

(1) 土壌水分予測

SolphyJ によると、吉岡、松野、合田の深さ 40cm までの土性はそれぞれ Sandy Loam, Sandy Clay Loam, Clay Loam と大差がない。しかし、WR データをフィッティングした水分移動特性関数は 3 地点で大きく異なった。また、3 地点の体積含水率を計算、比較すると、松野は他の 2 地点と比べて無降雨時の土壌水分量の減少が著しかった(データ非表示)。圃場間の土壌水分状態は「土性」と比べて「圃場の不均一性」の程度が大きいといえる。

(2) 地温予測

図 1 に、実測および文献値⁷⁾の熱伝導率を比較する。圃場は砂質であったが、実測の熱伝導率は Clay の値よりもさらに小さく、熱伝導率の値は土性よりも乾燥密度など土壌構造の影響が大きいと考えられる。図 2 に、吉岡の深さ 5cm の地温の実測値と実測した熱伝導率を用いて計算した予測値の比較を示す。圃場の地温は数値計算によって良く再現された。図 3 は熱伝導率を Sand, Loam, Clay および実測値とした場合の吉岡の深さ 50cm までの地温鉛直分布(土壌湿潤及び乾燥時)の計算結果である。熱伝導率が Sand と実測値の場合を比べると、地温予測結果の差は土壌湿潤時に全層 $0.5\sim 1^\circ\text{C}$ 、乾燥時に約 3°C と、無降雨が続いた乾燥時に熱伝導率による予測結果の差が大きかった。また、図 3 には Sand の熱伝導率を適用した場合の他の 2 地点の地温鉛直分布予測結果も併せて示す。3 地点の地温はほぼ等しく、水分移動特性の違いが予測結果に与える影響は小さかった。

4. まとめ

任意の地点における農地土壌水分・温度予測

に向けて土壌データベースの適用可能性を検討した。土壌水分状態は、圃場間のばらつきが大きく、保水性データを基に水分移動特性関数を決定することによって、予測精度が向上する傾向にあった。また、本研究で用いた熱伝導率モデルは圃場の熱伝導率を過大に見積もった。土性の違いに伴う土壌の熱伝導率の違いが地温予測結果に及ぼす影響は、特に無降雨が続く土壌が乾燥するときが大きくなった。

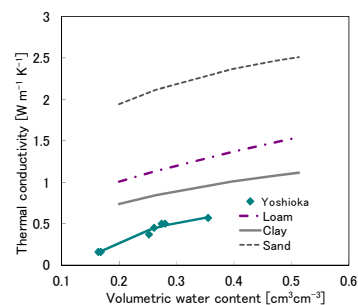


図 1 吉岡の土壌の熱伝導率実測値及び各土性の熱伝導率モデル値の比較

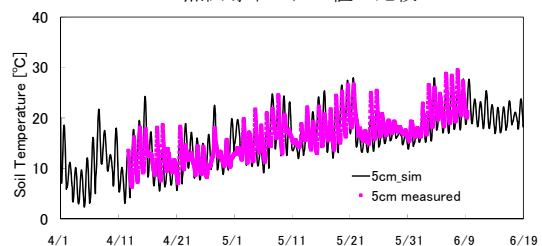


図 2 吉岡の地温の実測値と計算値の比較

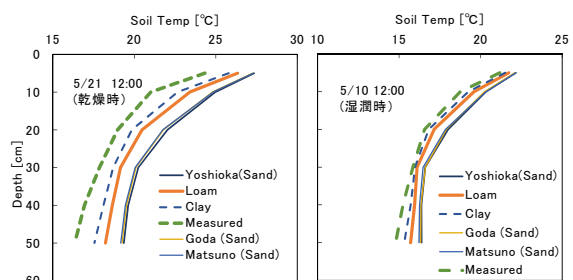


図 3 吉岡、合田、松野の地温鉛直分布計算値の比較

参考文献 1) 加藤ら(2010):土壌水分ワークショップ発表論文集, 2) 高田ら(2009): 土肥誌, 80, 502-505, 3) 江口ら(2011): 農業農村工学会大会講演要旨集, 302-303 4) Simunek et al. (2008): Vadose Zone J. 7, 587-600, 5) Schaap et al. (1998): Soil Sci. Soc. Am. J., 62, 847-855 6) Yates et al. (1992): Soil Sci. Soc. Am. J, 56, 347-354, 7) Chung & Horton (1987): Water Resour. Res. 23, 2175-2186

謝辞：本研究は文部科学省気候変動適応研究推進プログラム(RECCA)農林漁業研究領域(代表：二宮正士)の補助で実施されました。富山県農林水産総合技術センター農業研究所には、圃場の利用、土壌採取などご協力いただきました。ここに記し謝意を表します。