



私のお薦めの Web サイト

宮本輝仁¹・岩田幸良¹・亀山幸司¹・中野恵子²・朝田景³

1. はじめに

日頃の調査・研究活動において使わない日はないくらい、インターネットが情報収集のツールとして活用されている。インターネット上には様々な情報が公開されているが、近年、情報のデジタル化が推進され、気象情報や地理情報等がデジタル情報として入手しやすい環境になってきた。土壌物理学の研究者にとっても、特にシミュレーションを行うときにデータが入手しやすくなり、歓迎すべき状況になってきているのではないだろうか。

また、個人や研究室の Web サイトで自分たち自身のことや研究成果等を積極的に公表する研究者も増えてきている。自分はどのような研究者で、どんな研究成果を創出しているのかを多くの人に知ってもらうことが第一義のようであるが、他人にとって有意義な情報も発信しようとしている Web サイトも数多くある。

土壌の物理性の編集委員会では、土壌物理学を専門とする研究者や学生にとって有益な情報を提供している Web サイトの紹介を企画した。土壌物理学学会の会員の Web サイトであったり、気象庁や国土地理院等の Web サイトであったりと管理主体の規模は大きく異なるが、土壌物理学に関する有益な情報を提供している点は一致していると思う。既にご存知の Web サイトがあるかもしれないが、会員の皆さんの調査・研究活動のお役に立てば幸いである。

なお、紹介する Web サイトのいくつかについては、作成者や管理者にお願いしていただいたコメントを紹介記事の後に掲載した。

2. お薦めの Web サイト (国内編)

2.1 関勝寿さん (東洋大) の Web サイト

(http://www2.toyo.ac.jp/~seki_k/)

¹Institute for Rural Engineering, NARO, 2-1-6 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8609, Japan. Corresponding author: 宮本輝仁, 農研機構農村工学研究部門

²Kyushu Okinawa Agricultural Research Center, NARO, Izumi 496, Chikugo, Fukuoka 833-0041, Japan.

³Institute for Agro-Environmental Sciences, NARO, 3-1-3 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8604, Japan.

2021年6月23日受稿 2021年6月23日受理

東洋大学の関さんの Web サイトにアクセスすると、講義や著書、研究などの目次の中に「自作プログラム」という項目を見つけることができる。自作プログラムには、土壌物理学でもお馴染みの土壌水分特性曲線の非線形回帰のためのプログラム (SWRC Fit) や Rhoades モデルのパラメータを推定するプログラム (EC Fit)、ディスクパーミアメーターのパラメータを推定するプログラム (Discfit) が公開されている。SWRC Fit と EC Fit は Web 上でデータを入力するだけで、フィッティングとパラメータの取得ができる。van Genuchten や Durner, 小杉モデルといった定番のモデルの他、比較的新しい Fredlund and Xing, 関モデルでもフィッティングが可能であり、かつこれらのモデルを全てワンクリックで適用し、得られた結果の精度を比較することができる。

EC Fit は関さんと岩田さん、私の三人で共同開発したものである。Rhoades モデルは非線形方程式であるため、土壌水分特性曲線の非線形回帰を行ったことのある関さんに話を持ち掛けたのがきっかけである。しかし、非線形方程式は初期値への依存性が高く、限られた測定値から初期値をどのように与えるかなど、土壌物理以外にも解決しなくてはならない課題が出てきた。それらを克服して出来たのが EC Fit である。

土壌水分量と EC の同時測定が可能なセンサーが普及してきている。センサー付近でポーラスカップを用いた採水を行い、数点の土壌溶液 EC 値が得られたら、EC Fit で Rhoades モデルのパラメータを推定してみたいかがだろう。(宮本)

関勝寿さんより

SWRC Fit は、土壌水分特性のデータをいくつかのモデルによって近似し、パラメータを決定することができます。その場で決定されたパラメータによる近似曲線が表示され、比較できます。Web から簡単に実行できるという利便性の高さから多くの研究で使われ、プログラムを解説した論文の被引用件数は 200 件を超えています。EC Fit などのプログラムとともに、皆様の研究・教育にお役立ていただければ光栄です。

2.2 藤巻晴行さん (鳥取大) の Web サイト

(<http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/fujimaki/>)

土壌の物理性で畑地灌漑が行われている農業現場への数値解析の応用をテーマに畑地灌漑特集を企画したとき、鳥取大学乾燥地研究センターの藤巻さんには、灌漑スケジューリングへの植物成長の数値モデルと天気予

報を利用した数値解析の応用について議論していただいた。論文中の土壌水分動態解析で使用した WASH_2D は藤巻さんの自作プログラムであり、自身の Web サイトで公開されている。

藤巻さんは自分でプログラムを作るのが得意なようで、藤巻さんの Web サイトには WASH_2D の他、散布図や等値線図を作成するプログラム (XYGrapher 3.0) やスキャナにより取り込まれたグラフ (散布図) 上のデータを数値化するプログラム (SimpleDigitizer 3.2) など、便利なプログラムが公開されている。土壌物理関連のプログラムでは、WASH_1D (WASH_2D の 1 次元版) の他、Feddes の吸水モデルのストレス応答関数のパラメータを決定するプログラム (PERF0.8) が入手できる。藤巻さんの Web サイトには、土壌物理以外でも役立つようなプログラムが公開されているので、一度アクセスしてみたい。

個人的には Feddes の吸水モデルのストレス応答関数のパラメータを決定するプログラムが興味深い。HYDRUS 等に組み込まれている Feddes モデルのパラメータは 1990 年代までに取得されたデータを基にしているが、最新の計測手法を用いてパラメータを特定すると、どのくらい違うのだろうか? (宮本)

藤巻晴行さんより

掲載されているソフトウェアは、なるべくヘルプファイルは作るように務めているものの、まだマニュアルが整備されておらず、わかりにくい点が多々あるかと思いますが、気軽にお試し頂き、わからない点やお気づきの点、機能の追加要望などがありましたらお気軽にお寄せ頂ければ幸いです。

2.3 三重大土壌圏循環学 / 土壌圏システム学の Web サイト (<https://soilphys.bio.mie-u.ac.jp/>)

皆さんご存知の通り、今や日本の土壌物理学をリードしている 3 名 (取出伸夫さん、渡辺晋生さん、坂井勝さん) が一緒になって開いている Web サイトである。この Web サイトには、教育・研究に HYDRUS を普及するため、取出さんが中心になって行ってきた活動の成果が数多く掲載されている。

まず、農業土木学会土壌物理研究部会 HYDRUS グループが翻訳した「HYDRUS-2D による土中の不飽和流れの計算」という本が公開されている。HYDRUS のマニュアルは英語なので、国内で HYDRUS を初めて使うほとんどの人が、まず手にするのがこの本である。農水省の計画基礎諸元調査で土壌水分動態解析について検討した時、当時の担当者も、この本を参考に HYDRUS の計算を行っていたそうである。

他には、学生たちが卒論や修論等をまとめる過程で習得した HYDRUS の使い方のノウハウも紹介している。学生目線で HYDRUS-1D や HYDRUS (2D/3D) の使い方が解説されているため、通常のマニュアル等で分かりにくい部分がある方には参考になる。

さらに、土壌の物理性の特集「水分・溶質移動モデル」

で取り上げた全ての論文・解説とその中で使用したプロジェクトがダウンロードできるようになっている。これも HYDRUS を教育・研究に活用しようとする者にとっては大変ありがたい。(宮本)

渡辺晋生さんより

HYDRUS についての情報は本稿後述の PC-Progress の HP に集約されていますが、ここではちょっとした Tips や計算例、講義等への活用例を掲載しています。準備中で未掲載の計算例もありますので、ご要望や質問をお寄せいただければと思います。また、Jury and Horton の Soil Physics 6ed の訳本「土壌物理学 (築地書館)」のサポートページでは、追加資料や正誤表も掲載しています。ご活用いただければ幸いです。

2.4 MHK_工場の Web サイト

(<http://www.mhk-koubou.com/>)

土壌物理分野の三羽鳥と呼ばれていた宮崎 毅先生、長谷川周一先生、粕淵辰昭先生が、退職後に立ち上げた Web サイトである。2015 年に刊行された土壌の物理性 129 号にも粕淵先生による紹介記事が掲載されているが、Web サイトの立ち上げ時に比べて、最近はコンテンツ数も大幅に増え、内容もますます充実してきている。特に測定器具を自作する上でのノウハウや、測定ノウハウについてのコンテンツが充実している。どのコンテンツも、ご自身の豊富な経験に基づく記述であるため、勘所を押さえており参考になる。また、書評やブログのコーナーで語られる研究に対する姿勢等の意見は、特定の組織に所属していない自由な立場で本質を突くような記述も多い。若手研究者はもちろん、今後の土壌物理学をリードしていくべき中堅以上の研究者にとっても考えさせられる材料を提供してくれる Web サイトである。

Web サイトを管理されている粕淵先生から、最近の年間の訪問者数がおおよそ 1 万人にもなっていると教えていただいた。このサイトが有益な情報を発信していることはもちろんだが、近年土壌物理に関心が高まっていることがこの数字に反映されていると考えられる。(岩田)

粕淵辰昭さんより

紹介していただきありがとうございます。3 人合わせて 200 歳を超えましたが、元気なうちはできるだけ、続けていきたいと思っています。

2.5 土壌・作物栄養診断のための分析法 2012

(北海道総合研究機構) (<https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/bunseki2012/>)

北海道は農業が基幹産業であることから、試験研究にもとても力を入れている。北海道の研究機関の集合体である北海道総合研究機構は道内各地に農業試験場を配置し、日本の食料生産を支える道内の生産者に役立つ多くの研究成果を輩出している。この機構の土壌肥料関係の研究者がまとめた実験書「土壌・作物栄養診断のための分析法 2012」が Web サイトで公開されている。土壌肥料に関する幅広い実験項目をカバーするとともに、土壌物理についても、透水係数や水分特性曲線を求めるため

の試験、粒度分析等、室内で実施する土壌物理の基本的な試験はもちろんのこと、インテークレート試験や水田の減水深の測定方法、酸化還元電位、土壌水分量、地下水水位や砕土率の測定等、野外での測定法についても詳しく記載されている。

私は特に、粒度分析の際にこの実験書をよく利用している。分散剤としてヘキサメタリン酸ナトリウムを使用しているが、私の持っている実験書には 0.4 規定としか濃度指定がなく、困っていた。Mol 濃度はさすがにわかるが、化学の知識に乏しい私には、0.4 N と言われても、何のことかよくわからず、濃度が薄すぎて良く分散しないという失敗をしてしまった。そこで、検索をかけたところ、この Web サイトがヒットし、ヘキサメタリン酸ナトリウム 40.8 g を水 1 L に溶解すれば良いことがわかり、助かった。また、砕土性の評価についての問い合わせがあったときにも、現場で簡単に測定可能な篩を使った方法として、この資料を紹介した。(岩田)

2.6 日本土壌インベントリー

(<https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/>)

日本土壌インベントリーは、永年にわたり積み上げてきたわが国の土壌の情報を公開する Web サイトである。本サイトでは以下のような情報を提供する。1) 縮尺の異なる 2 種類の全国デジタル土壌図およびその 2 次利用可能なオープンデータ、2) 包括的土壌分類第 1 次試案による土壌分類法の解説、3) 全国約 200 地点における深さごと (1, 5, 10, 20 cm) の土壌温度と土壌水分の平年推定値 (裸地面を想定)、4) 全国約 3,500 地点の土壌断面データベース、5) 全国約 2 万地点の土壌環境基礎調査による土壌理化学性のデータベース、それに基づいた土壌の透水性や保水性 (pF = 0.0, 1.5, 2.7, 4.2) の全国マップ、など。特に、トップページから「土壌図」の 2 画面表示機能を選ぶと、全国デジタル土壌図と WEB-GIS の仕組みを活用した様々な情報、例えば、国土地理院空中写真や産総研シームレス地質図 V2 を同時に閲覧できる。スマートフォンやタブレットのブラウザー上で、専用の閲覧ソフトウェアなしに並列に表示できて便利である。地形や地質の広がりとその成り立ちに要した時間を参考にしながら土壌図を眺めても面白い。これらの情報は、都道府県や JA 組織において土壌分類を考慮した土づくりや営農指導に役立てられているほか、農業データ連携基盤 WAGRI や民間企業等へのデータ提供が進み、システム開発等に利用されている。私たちの足元にある「土」への素朴な疑問から農業の担い手への営農支援まで様々なニーズに応えるため、日本土壌インベントリーは今後も情報・機能の充実を図っていくという。本サイト利用の詳細は、「デジタル土壌図標準作業手順書 (土壌図 SOP)」をご覧ください。(朝田)

2.7 国土地理院地図 (<https://www.gsi.go.jp/>)

国土地理院のサービスコンテンツの一つである。同院が整備した地図や主題図、年代別の空中写真など、様々な情報を Web 画面上でシームレスに閲覧できる。Web サ

イトの「地理院地図を見る」をクリックすると標準地図が表示される。興味のあるあたりを拡大して、左側にある「地図」をクリックし、「年代別の写真」「標高・土地の凹凸」「土地の成り立ち・土地利用」等のメニューを選択すると、その地域の情報が (あれば) 表示される。ユーザー登録の必要もない。

近ごろ現地調査では、圃場来歴が古い記憶の中に沈んでしまっている、あるいは、圃場管理者も詳しくは知らないケースがある。この Web サイトで得た情報 (主として年代別写真) を共有することで、情報収集がうまくいったり、圃場管理者にも喜んでもらえたりすることがよくある。現場関係者とのコミュニケーションに非常に役立つと感じている。

コミュニケーションに限らず、地域の土地利用履歴などは土壌の物理性を考える上で重要な要因となるため、参考になるのではないだろうか。(中野)

2.8 気象庁の Web サイト

(<https://www.jma.go.jp/jma/>)

気象庁が行っている地上気象観測、地域気象観測 (アメダス) によって観測された気象データを地点や時期を選んで閲覧・ダウンロードするための Web サイト。紹介する必要がないほど有名なサイトである。検索・閲覧するサイトとダウンロードするサイトから構成される。

現地圃場において土壌水分収支や土壌水分動態を解析する際には Penman 法や Thornthwaite 法などの推定式を用いて可能蒸発散量を推定する場合がある。これら推定式の利用においては気温や日射量などの気象データが不可欠であり、気象観測データを自身で測定できなかった場合に非常に役立っている。できる限り近傍の観測地点を見つけて、その地点の気象データを利用することが最も一般的な使い方と考えられる。なお、地上気象観測地点と地域気象観測地点では観測項目が異なることに留意する必要がある。例えば、日射に関しては、地上気象観測地点では全天日射量と日照時間が観測されており、地域気象観測地点では日照時間のみが観測されている。

だいぶ前の話になるが、カナダのカルガリー大学の水文学の林正貴教授がこのサイトを見て、日本はこれほどのデータを無料で公開しているのか、と驚いていた。その後、気象研究所を含む気象庁の職員の方と知り合いになったが、どなたもとても真面目であり、気象データを役立てようと、常に努力をしていると感じた。このウェブサイトはその姿勢が良く表れており、とても使いやすいものとなっている。(亀山, 岩田)

3. お勧めの Web サイト (海外編)

3.1 Dr. Marco Bittelli's Website

(<http://marcobittelli.com/>)

バイオ炭を混ぜた土壌で TDR を使って土壌水分を測定するときの炭の伝導性の影響を亀山さんと一緒に論文化していた時に Bittelli さんを知った。Bittelli さんらは

Topp らが提案した TDR で土壌水分を測定するときの電気伝導度と誘電緩和の影響を別々に評価する方法を改良していた。その方法を参考に私たちもバイオ炭の混合土壌の電気伝導度と誘電緩和の影響を評価した。

Bittelli さんは、最近出版された *Soil Physics with Python* (今号の書評でも紹介) の筆頭著者である。彼の個人の Web サイトでは、この本の中で紹介されたプログラムコードがダウンロードできる。*Soil Physics with Python* を使って土壌物理や Python を学習しようとする者にとってありがたい Web サイトである。*Soil Physics with Python* が書かれた当初は、Python 2.7 と Visual Python 6 が使われていた。そのため、本の中でも Python 2.7 と Visual Python 6 によるプログラムコードが紹介されている。現在、Python 3.7 と Visual Python 7 が主流となったため、順次プログラムコードを Python 3.7 と Visual Python 7 用書き換えしている。まだ全てのプログラムコードの書き換えが終了していない。ダウンロードする時、フォルダー名に 'New' が付いているものが Python 3.7 と Visual Python 7 用書き換えが完了しているもののようなので気をつけていただきたい。

ご自身の研究紹介のページでは、時期別に携わった研究プロジェクトが紹介されており、かなり幅広い土壌物理学のテーマで研究を行っていることもわかる。興味を持たれた方はご覧いただきたい。(宮本)

From Dr. Marco Bittelli

The interactions between soil, plant and atmosphere are a key element for the existence of life on earth. Its understanding through measurements and modelling is of utmost importance both for scientific inquiry and for sustainability. In a contest of increasing world population and climate change, this system must be fully understood and quantified, to be able to provide food to global population in the future, in a sustainable way.

3.2 Dr. Wolfgang Durner's Website

(http://www.soil.tu-bs.de/mitarbeiter/detail_neue_seite.php?lang=en&id=4)

黒ボク土は団粒構造が発達しているため、団粒間隙と団粒内間隙で水分保持特性が異なり階段状の水分特性曲線を示すことがよく知られている。このような水分特性曲線を複数の van Genuchten モデルで表現するモデルとして Durner モデルがある。Wolfgang Durner 教授こそがこのモデルの発案者である。私は 2002 年に団粒土の誘電特性についての論文を取りまとめた時、筑紫先生から Durner モデルを教わり、Durner さんにも土壌水分特性データをフィッティングするためのプログラムを直接問合せたことがある。そのプログラムが SHYPFIT1.0 である。今でも Durner さんの Web サイトに掲載され、ダウンロードできるようになっており、懐かしくもあり、嬉しくもある。

近年、蒸発法による土壌水分特性パラメータの取得が普及してきている。土壌物理の専門家にとっては昔から

行われてきた測定手法の一つである。しかし、いろいろなノウハウがあって、精度良くデータが取れるまでにはある程度の経験を要する。この方法を民間会社と一緒にになって製品化したのも Durner さんである。蒸発法によるデータから土壌水分特性パラメータを取得するために用いるプログラム (HYPROP-FIT) も公開されており、Meter 社の Web サイトから無料で入手できるようになっている。(宮本)

3.3 PC-Progress

(<https://www.pc-progress.com/en/Default.aspx>)

チェコに本拠地を置く、Windows 版の数値解析用グラフィカルユーザインタフェース (GUI) を提供する会社の URL。土壌物理学関係の方々には HYDRUS のダウンロードサイトとして既に広く知られているため、紹介するまでもないかもしれない。数値流体力学 (CFD) ソフトもいくつか取り扱っているが、2012 年からは HYDRUS の開発に特化している。

2.3 次元の水・溶質移動解析ソフトである HYDRUS2D/3D は有償のソフトであるが、HYDRUS 1D (1 次元の水・溶質移動解析ソフト)、STANMOD (移流分散方程式の解析解により溶質移動を評価するソフト; 2.3 で紹介した取出さんも開発者の一人)、RETC (不飽和土の水分特性曲線パラメータを取得するソフト) や関連するモジュールは有り難いことに無償で提供されており、気軽にダウンロードして活用することができる。無償提供されているものだけでも、かなり高度な解析を行うことができる。いくつかのソフトは私も日頃から使わせていただいております。開発者の方々にはただただ頭が下がる思いである。

サポート体制も充実しており、特に HYDRUS では、Tutorial (手順書)、Frequently Asked Questions (よくある質問) の他、マニュアルを熟読しても解決しない問題があれば、Discussion forum で質問できるようになっている。フォーラムを覗くと、質問に対して開発者の Jirka Šimůnek 教授が回答をしている様子が良く見受けられる。(亀山)

From Dr. Jirka Šimůnek and Dr. Miroslav Šejna

Dear members of the Japanese Society of Soil Physics,

We would like to invite you to visit the HYDRUS website (<https://www.pc-progress.com/en/Default.aspx>) that we maintain to support the HYDRUS users. HYDRUS is a collection of very widely used software packages for simulating water, heat, and solute movement in one-, two- and three-dimensional variably saturated porous media and consisting of computational computer programs and sophisticated interactive graphics-based user interfaces. A brief description of HYDRUS is given in the "Introduction" and "Program Description".

We would like to encourage you to use various resources that we have developed and posted over the years supporting HYDRUS users at the HYDRUS website. This sophis-

ticated web site provides, for example, a) the latest news about various HYDRUS developments (including information about upcoming short courses), b) a large number of solved problems and tutorials, c) a list of several thousand references in which HYDRUS programs have been used, and c) several discussion forums where users can submit questions about the different HYDRUS software packages. You can also download several additional nonstandard HYDRUS modules (with many examples demonstrating their use and brief descriptions of the theories behind them) that significantly expand the capabilities of the HYDRUS software.

We very much welcome the wide use of our software by members of your community. Please note that we are planning an online HYDRUS short course for your time

zone in the Fall (in the week of September 13), and that could provide us an opportunity to meet.

Happy Hydrusing.

4. おわりに

土壌物理学会の会員の皆さんの調査・研究活動にお役に立ちそうな Web サイトを紹介した。会員個人の Web サイトから省庁の Web サイト、海外の研究者の Web サイト等、様々なものを取り上げたが、まだまだ会員に有益な Web サイトは多数あると思う。今回の企画を機会に、会員間での情報交換が活発になると企画した者としては嬉しく思う。今回紹介した Web サイトは、土壌物理学会の Web サイトのリンクページに掲載しておく。日頃の調査・研究活動にお役立ていただきたい。