



37
2022

創造人

Creative People

早稲田大学 創造理工学部・研究科 広報誌

Interview

地下に眠る資源を探る——
最新技術を駆使して、
地球を画像診断する

環境資源工学科

上田 匠

准教授

フィールド

物理探査工学、電気・電磁探査、応用地球物理学

Interview

創造人 ③⑦ — Takumi Ueda

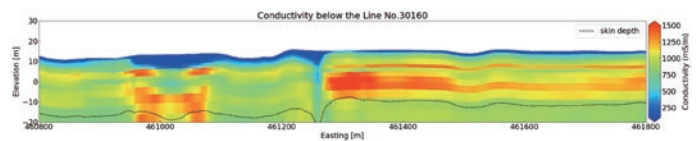
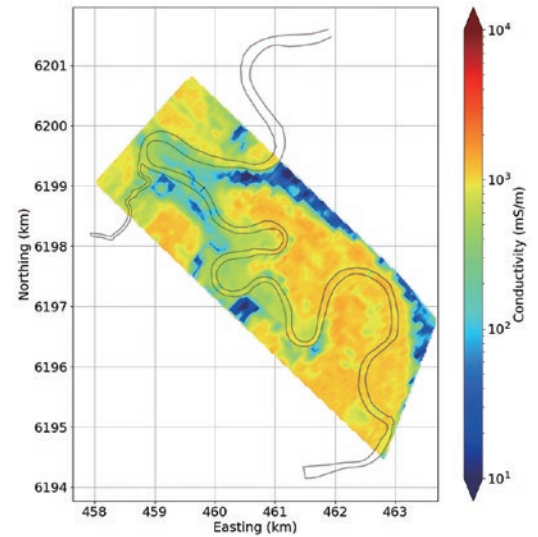
地下に眠る資源を探る—— 最新技術を駆使して、 地球を画像診断する

人が生きていく上で欠かせない存在である石油や金属、地熱などの地下資源。生活に直結する各種インフラや地震・火山防災。地下の資源を探り当て、地下の様子を知ろうとする人間の目となるのが、上田准教授の追求する地下情報の可視化技術だ。研究だけでなく、教育でも活躍する准教授活動と、そこにかかる思いについて話を聞いた。

地面を掘るといのは、実のところ非常に大きなコストのかかる行為だ。たとえ地下に眠る資源を探るためとはいえ、闇雲にあちこち掘ってみるというわけにはいかない。そこで世界各地の資源探査で活用されているのが、上田准教授の研究テーマである地下情報の可視化技術だ。

「病院に行っても、いきなり手術をしたりしませんよね。レントゲンなどを撮って、どこに原因があるのかを探り、どんな手術をするのかを考えます。これを人体ではなく、地球に対して行うのが地下情報の可視化技術なのです」

世界の中でも、この技術が一番大規模に使われているのは石油の探査だ。石油があまり生産されていない日本では、地熱・金属資源やインフラ・防災で地下を探るために使われることが多い。石油ならば弾性波（振動）、地熱・金属ならば電磁気というふうには、ターゲット



深層ニューラルネットワークによる空中電磁探査法の解析結果例
地下10m付近(上)及び探査エリア内の一測線断面(下)の導電率分布
(Heagy et al., 2017; 西野・上田, 2021)

ットによって主として利用される探査手法は異なる。病気や怪我の種類、部位によってレントゲン、CTスキャン、MRI、超音波エコーなどを使い分けると似ていると考えるとわかりやすい。

「社会に貢献できる研究ではあるのですが、まだまだ課題も多くあります。人体であれば様々な角度から計測が可能ですが、基本的に地球は片側からしか測定ができません。また人体は、違う人でも中身はほぼ同じですが、地下は場所によってまったく中身が異なります。そのため測定結果だけから中身（地下）を推定することはとても難しいのです。」

実際に地面の測定を行った場合、最終的なデータは数値となって得られる。それらを物理学と数学を用いて解析するのが、応用地球物理学における数値計算手法を専門とする上田准教授だ。自らが解析した結果が、地下情報としての形を成した時、研究のやりがいを最も感じるという。

「東日本大震災の後、津波のため農業用水の利用が困難になってしまった東北地方の沿岸平野部で、地下がどうなっているのかを調査しました。探査結果を持って地元自治体で説明し、その情報が復興や地域のこれからの役に立つと言ってもらえた時は、調査をしてよかったなとしみじみと思いました」



興味を追求した結果、 社会に貢献するための 技術に行き着く

「早稲田大学の環境資源工学科(当時は資源工学科)に進んだ理由は、地球そのものに興味があったことが大きいですね。入学当初は、地球科学や地震、火山に心惹かれていたのですが、学部生活を過ごすうちに、地熱や石油、金属などの資源という領域におもしろみを感じるようになり、興味が工学に向くようになりました。大きな分岐点となったのは、学部3年生の時に参加した地熱探査現場での実習です。まさに今の私がやっているような電磁場を使って地熱資源の調査をする山奥の現場で7日間を過ごしました。世の中にこんな技術があるのかと驚いたことを覚えています」

地中に隠された資源を探り、地下の汚染や断層などを調べる技術は、社会貢献に直結する技術だ。世の中に役立つという点にも惹かれた。分野の近い研究室に入った上田准教授は、そのまま研究の道に進むことになる。

「研究室の先生の影響は大きかったですね。修士1年の冬、この分野で就職しようと思っていることを先生に伝えたら『それなら博士課程まで行けば？博士課程に行くなら留学もしたほうがいいよ』と言われたのです。当時は素直だったので『そうか、そういうものなんだ』と、そのまま進路を決めてしまいました」

アメリカの大学の博士課程に進学し、20代の後半5年間をアメリカで過ごした上田准教授は「苦労と挫折の日々でしたが、海外で学ん

でよかったと思っています」と当時を振り返る。その理由を尋ねた。「留学をすると、日本とまったく異なる世界や考え方、日本では出会えない人々と出会うことができます。研究にも通じる話なのですが、実際に現地に行くというのは大きなインパクトをもたらしてくれます。そしてできれば短期ではなく長期の留学をしてほしいと思っています。」

自らが追求する学問を「人類の平和と幸福に貢献するためのもの」と語る上田准教授。所属する創造理工学部は、持続可能な社会を目標に掲げている。この学びの場で、何を創造したいと考えているのだろうか。

「人々が安心して暮らすための技術を地道に堅実に創造したいですね。資源・エネルギー、そして環境問題や人口減少など、現代社会が直面する課題は山積みですが、そこに自分の研究がどのように貢献できるのかと考えた時、まず思い浮かぶのが『無人化』です。現在、データの測定や解析などは、熟練技術者や研究者の手によるものがほとんどですが、そこをドローンやAIに委ねられるようにしたいと考えています。全てが無人化・AI利用できるわけでもなく、それによって社会の問題すべてが解決するわけではないのですが、少なくともその道のりを切り開くことはできるでしょう。人が立ち入ることが危険なフィールドでの探査への適用がまず第一歩と思っています。」



フィールドでの探査の様子(中央開発株式会社との共同研究として実施)

大切なのは結果ではなくプロセス 困難に立ち向かえる人材育成を目指して

「最近の世の中は短期間での結果を求めがちですが、私が重視しているのは結果だけでなくプロセスです」と語る上田准教授。「もちろん、よい結果が出るに越したことはありませんが、学生の皆さんが大学で取り組む研究の多くは、良くない結果が出たら、どこがどのように良くないのか、予想と違ったのかをきちんと考えて説明できることも大切なのです。結果だけでなく、プロセスを大事にする考え方を伝えていきたいですね」

結果を重視する傾向は、学生ではなく、コストパフォーマンスをみてはやす社会全体に責任があるのかもしれないと上田准教授。

「最小限のコストで、最大限の結果を」という昨今の風潮が「少ない努力で、いい成績と就職を」と考える一部の学生たちを生み出しているのかもしれない、とも。とはいえ、大学や研究という領域は、そういった考え方とは違う価値観・立ち位置の場所でもあるはず。

大学に入学した1年生は数学の授業で、微分積分や線形代数を学ぶこととなります。おそらく『これは何に使うの?』と疑問に思うことでしょう。しかし、一例に過ぎませんが、今、多くの分野で利用が急速に進んでいるディープラーニング(深層学習)という技術も、微分積分や線形代数があってこそ成り立っています。

Interview

創造人 ③⑦ ——— Takumi Ueda

私の研究分野で取り扱う電磁場を利用した地下探査も、大学1、2年生で学ぶ電磁気学と数学がベースになっています。それらの前には中学高校で学ぶ、数学や物理があります。学問は、そのようにつながっているのです。しかし、なぜやらねばならないのか、わからないまま手を動かしてもそこに意味や意欲は生まれません。学ぶ理由をしっかりと理解した上で、やるべきことを積み重ねていってほしいと思います。高校と違って、大学では一つひとつの授業を自分で選択することもできるのですから」

研究に捧げてきた人生の後半戦、今度は教育にも取り組むことが決まった時、上田准教授は「人材もまた資源である」と気付いたという。

「国立研究開発法人産業技術総合研究所に勤務していた時は、例えば、原子力発電所から排出される高レベル放射性廃棄物の地層処分に関連する研究に携わっていました。同じ時期に東日本大震災の津波で被害を受けた宮城県・福島県の沿岸で地下水調査をすることも



あったのですが、都心に帰ってくる度にショックを受けていました。津波と原発事故で住民がいなくなった現地と、煌々と明るい東京の繁華街の違いがあまりに大きく、資源とは、環境とは、そして社会や暮らしとは一体なんなのだろうと改めて考えさせられました。その後、早稲田大学に移ることが決まり、この思いを若い世代に伝えたいと思うようになりました。いまだに場所の決まらない放射性廃棄物の最終処分もそうですが、とても解決できそうにない問題に我々は取り組んでいかなければなりません。見て見ぬふりをして先送りしたい現実とも真摯に向き合い、どうすればいいのか考え続けることのできる人材を世に送り出したいと考えています」

人生の後半は教育に心を向けて 若い世代の未来を創る力に思いを託す

「学生の希望を聞くことはやはり大切です。内に熱い思いを秘めている学生は意外なところにいますから。まずは、どんなところに興味があるのか、何を目指しているのか聞いて、どうすれば彼らの望みを叶えられるのかアドバイスしています。とはいえ、結局のところ、私自身が楽しそうに、おもしろそうに研究をすることが、学生をモチベートする一番の方法なのだろうと、最近は改めて感じています。」

大学教育が担う役割は、学生がその後の人生を確かな足取りで歩んでゆける力を身に付ける機会を提供すること。専門とする領域に限らず、IT関係や商社など、多岐にわたる進路に教え子を送り出してきた上田准教授が、学生に身に付けてほしいと考えている力とは。

「どんな仕事でも、問題があって、そこに取り組むという部分に関しては変わりませんから、プロセスを重視できる大学でまずは正攻法を身に付けてほしいですね。一つの問題に取り組み、出た結果について考え、理解を深めて、新たな取組につなげるという一連のプロセスを、研究を通じて体験・会得してほしいと考えています。地下探査では原因となる地下構造と結果であるデータを数学的に関係付けて解析を行います。地下探査に限らず、どんなことにも、原因があって結果がありますから、その二つを結びつける因果関係を見抜ける力も重要です。出てきたデータについてよく考えるという体験を、地道に積み重ねてください。面倒に感じるものがしばしばあ

るとは思いますが、学生時代にその難しさ、面白さ、時には挫折を体験しておけば、企業に就職してからもきっと活躍できるでしょう」

環境や資源、人口など、あらゆる分野の課題を現代の社会は抱えている。不確かな状況の中、進む先を定めなければならない若い世代は、どのように答えを出せばよいのだろうか。

「確かに、これから先の未来は決して楽観できるものではないでしょう。それでも20年後、30年後の未来を創造していくのは、今、学生であるみなさんです。これからどんな人生を歩むべきなのか、たくさん情報を収集して、周囲とも相談し、そして最後は自分の頭で考え抜いて答えを出してください。最終的には、人類全体の平和と幸福に貢献する存在を目指してほしいと思っています。綺麗事のように聞こえるかもしれませんが、研究を突き詰めていくと、結局のところそこに辿り着くのではないのでしょうか。人々の平和で幸せな生活という大きな目標に取り組める力を、みなさん一人ひとりが持っているのです。ぜひその力を、社会のため、未来のために役立ててください。この志を共にできるみなさんと、共に学べる日を楽しみにしています」

参考文献

- ・Heagy, L. J., Cockett, R., Kang, S., Rosenkjaer, G. K., Oldenburg, D. W. (2017): A framework for simulation and inversion in electromagnetics, *Computers & Geosciences*, 107, 1-19
- ・西野玉城・上田匠 (2021): 深層ニューラルネットワークを用いた周波数領域空中電磁探査データ逆解析の改良と実装, *物理探査学会学術講演会講演論文集*, 145, 17-20