

第45回測量調査技術発表会

デジタルアースの構築と利用 — DX/GXのプラットフォームとして

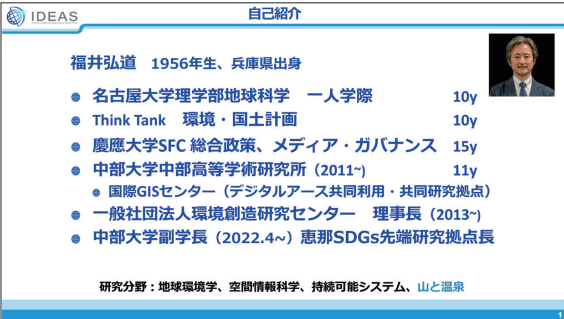
中部大学副学長 教授／中部高等学術研究所 所長

国際 GIS センター センター長 福井 弘道

ご紹介ありがとうございました。このような機会をいただきまして、光栄に思っています。今日は『デジタルアースの構築と利用』というテーマでお話します。今はやりのDX、GXのプラットフォームとして、ぜひデジタルアースを活用していただきたいと考えています。

今日の内容ですが、簡単に自己紹介をさせていただいた後、皆さん「デジタルアース」という言葉は初めての方もおられるかもしれませんので、デジタルアースが、どういうきっかけで、どのように出てきた概念なのか、今の状況はどうなっているのかという話を中心に、今後どういう展開があり得るかということもお話したいと思います。

1. 自己紹介



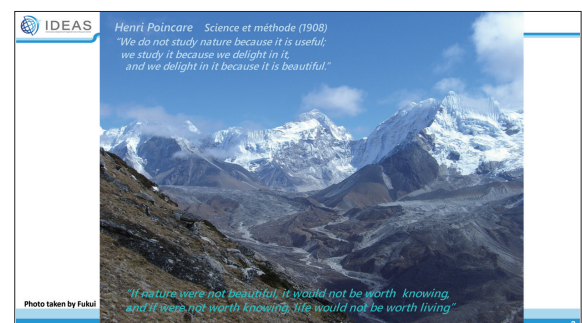
まず簡単に自己紹介。先ほどご紹介いただきましたが、私自身は1956年生まれで結構高齢者なのですが、18歳まで兵庫県にいて、その後名古屋大学の理学部で地球科学を専攻しました。大学を出てシンクタンクに10年ほど務めた後、慶應義塾大学で15年間、教育と研究を行い、2011年に今の中部大学に参りました。今日は甲子園の決勝戦。今4対2で慶応高校がリードしているということで、ちょっと気になっているところではあります・・・

なぜ中部大学へ行くことになったかという、私は高校から名古屋大学までずっと山岳部に入っておりまして、一方、慶應ではファカルティ(教授陣)に山の

経験者がいないということから、慶應体育会の山岳部がちょうど創部90周年を迎えた時から部長になりました。当時中部大学の総長で、今年の6月まで理事長であられた飯吉厚夫先生、この方は初代の核融合研究所の所長をなさった方ですが、その飯吉先生が慶應山岳部関係者で、「中部大へ来れば、授業もやらなくていいぞ」、「山も行き放題だ」という話をされたのを受けて、中部大の方へ参ったという次第です。なかなかそういうわけにはいかなかったのですが・・・

中部大学へ行って、飯吉先生と一緒に国際GISセンターを立ち上げました。文部科学省に全国共同利用・共同研究拠点という制度があり、その認定を受けて「デジタルアース共同利用・共同研究拠点」を運営して現在2期目となります。私はもともと環境学をやっていたので、名古屋に環境創造研究センターという一般社団があるのですが、そこの理事長もやっています。

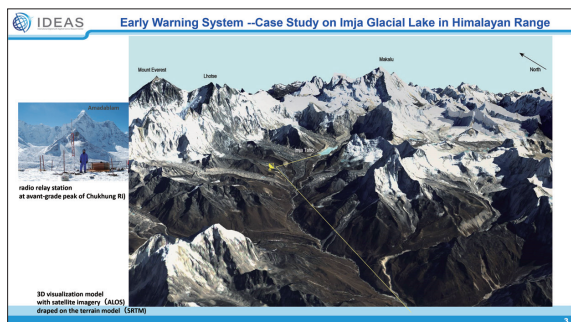
研究分野というと、環境学あるいは空間情報科学、最近の分野で言うと、持続可能システムということになります。ここに「山と温泉」と書きましたが、山が好きなので、まず山の話からちょっと始めたいと思います。



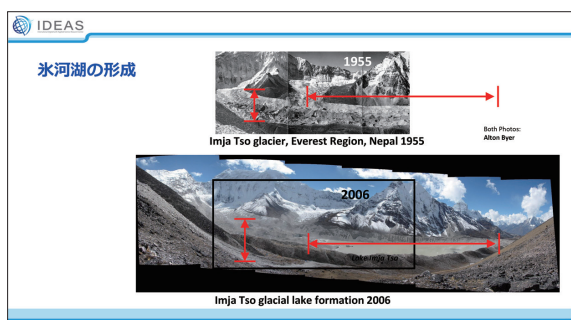
行かれたことがある方は、真ん中の山が何かお分かりになると思うのですが、これはマカルーという8,000m級の山で、私が5,000mちょっとのところから撮った写真です。

このようにとても美しいところで、ちょうどここ(スラ

イド左上)に『科学と方法』という本を書いたポアンカレという人が言った言葉が書いてあります。「私たちが自然を学ぶのは自然が役に立つからではなくて、むしろ自然が喜びを与えてくれるから。なぜ喜びを与えてくれるかという、とても美しいからだ。」ほんとうに美しく、全然音もなくて、音が聞こえるとすれば、こういうところ(マカルーの山腹斜面を指して)でなだれが起きているときくらいです。現在では、このように見てきた景観を、そのまま現地に行かずしてデジタル化することが、とても簡単にできます。

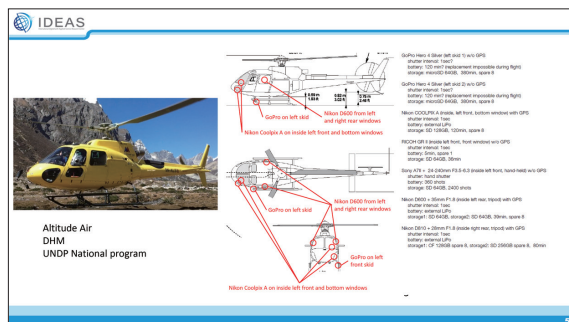


これは毛利衛宇宙飛行士が乗られたスペースシャトルから撮った、レーダーの地形モデルのデータですが、これにALOSの画像を重ねると、先ほどのスライドでご覧いただいたような景色が、さらに視点を変えて自在に見ることができます。私たちがこの時ターゲットにしたのは、この湖(スライド中央部)です。地球温暖化で氷河が溶け出し、エンドモレーンのところに来た氷河湖で、長さ2kmぐらい、横幅700から800mぐらいあります。深さも何と100mぐらいあり、結構なボリュームの水がここにたまっていて、何かの拍子にこれが決壊し洪水を起こせば、下流の人命が失われる恐れがあります。当時、このような氷河湖の決壊洪水に対しどのような早期警戒システムを作ろうとしたかという、まだインターネットもこの地域にはなかった時代ですので、周辺のピークにアンテナを立てて、ここ(エンドモレー

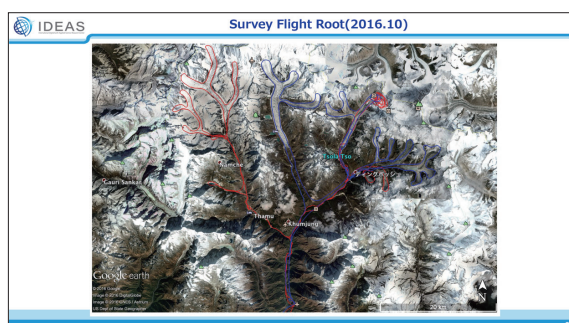


ン付近)にセンサーを置いて、そこから下流に向かって情報を伝達するというようなことをやっていました。

私が生れた年に近い1955年の写真と、2006年私たちが行った頃の写真と比べると、昔の谷はずっと氷河に覆われていたのですが、地球の温暖化の影響もあって、このように湖が出来上がっています。こういう気候変動が、現在はのびきならないものになっている訳です。この当時は歩いて1カ月ぐらいセンサーを付けて調査をし、ここへ行くのにも2週間ぐらいかかってい



年も取ってくると、もうちょっとスマートな観測の仕方もあるのではないかとということで、私たちはこういうヘリコプターをチャーターして、そこにGoProなどの市販カメラをできるだけたくさん付けて、そしてSfMで3次元のデータを作るといったことを、ネパールの水文気象局やUNDP(国連開発計画)などと協力してやりました。



これはサガルマータというエベレストの近くの国立公園の中ですが、カトマンズから1日目は青のルートで、2日目は赤のルートで飛んで、氷河一帯の3次元データを取りました。ここ(スライド中央右側)がイムジャという先ほどの氷河湖なのですが、この氷河湖は現在UNDPが水路を掘って、湖面の水位を3mぐらい下げて、一応安全を保っているという状況です。



市販のカメラで、ただステレオ撮影するだけで、このような3次元モデルができてしまいます。氷河湖の地形モデルもはっきり分かりますし、この辺り(左のライド、氷河湖の左端付近)に、UNDPが人力で掘った水路があり、下流に水を流しています。ヘリで撮っただけでも、1mのコンターを簡単に描くことができます。



山好きなので、もう少し面白いところを紹介します。これはエベレストのベースキャンプ周辺です。これ(ライド中央付近)がサウスコルへ行くセラック(氷塔)帯なのですが、これも先ほどのヘリ撮影で非常に詳細な3次元データを取ることができています。ちなみにこのヘリコプター、私たちが乗った時は全く新品だったのですが、3~4年後のニュースで事故により墜落してしまったと聞きました。



私たちはこうしたことを日本でもやっています。中部

大学は名古屋市と防災システムと一緒に検討しようということで協定を結んでおり、名古屋市はのぶなが号とひでよし号という2つの消防隊ヘリを持っていて、そのヘリの窓から三脚に付けたカメラで撮影するだけで詳細なデジタルオルソを3Dで作ることができます。



現在ではこうしたデータが簡単に作れるので、例えば南海トラフ地震があった時に、小牧から飛び立ち、20分ぐらいで約50kmを撮って、それを帰る過程で処理して、帰着後いち早く正確な被災状況を届けるということも可能になっています。

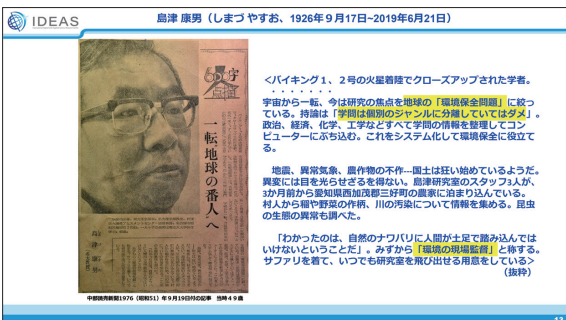


余談ですが、ネパールのポカラというところに、JICAの支援も受けて山岳博物館が作られています。私たちがそこに行ったのですが、その時にちょうどこのような写真展をやっていました。100年前のスイスと、現在のネパールを比べていて、左側が100年前のスイスで、右側がほぼ現在のネパールです。家屋を見ると、ほとんど同じような家屋です。この頃のスイスでは、子どもも労働力として働いていて、よく見るとはだしです。今のネパールの子どもたちも働いていて、はだしです。これが今、DXあるいはGXに伴ってどういうふうに変容するのか、例えば現在のスイスはこのような山岳鉄道が通っていて観光地化しているわけですが、ネパールが一体どれぐらいの早さでこういう状態を目指すのか、あるいはもっと別の道を目指すのかという

ようなことを考えるのも、やはり重要なことではないかと思っています。



最初に申し上げたように、私は地球科学専攻だったのですが、そのきっかけは高校の頃に、島津康男という方が書かれた『地球を設計する』という本との出会いです。『社会地球科学の提唱』という副題の本で、これがとても面白いなと思って、それでこの人のところで学びたいということで名古屋大学に行きました。教養を終えて学部へ上がったとき「この本の、こういうことをやりたいんです」と島津先生に話したところ、島津先生は「俺はもう、こんなことやってないよ」「10年に1回、俺はテーマを変えるんだ」と言われ、「これからは環境だ」しかも「懐手をしてシミュレーションばかりやっているのではなく、現場から色々な情報を取っていく、こういうことが重要だ」ということおっしゃったのです。島津先生は、環境アセスメントという制度を日本で初めて紹介したNHKブックスの本を書かれていたのですが、その20年後に、もっと一般の人が環境問題をアセスするという考えから、『市民からの環境アセスメント』を書かれました。その間私たちが大学院生でいた頃は、この(その2つの著書の間にある)『国土学への道』と一緒に書いていました。こういった経験から、地球に関する自然の科学は、「どうなるか」だけではなく「どうするか」がとても重要だということを学びました。

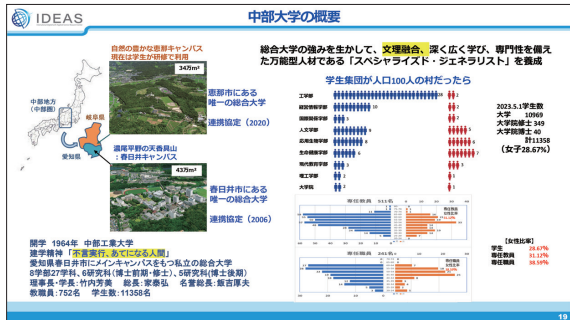


島津先生は、2019年の6月に92歳で亡くなられたのですが、その後たまたま先生が49歳の頃の中部読売新聞の記事を見つけました。『一転、「地球の番人」へ』という見出しの記事で、私がちょうど大学1、2年生頃の記事です。バイキング1号、2号がちょうど火星着陸をした頃で、先生は地球惑星科学の専門家でしたので色々なコメントをしているのですが、その中で、「最近宇宙から一転して、研究の焦点を地球の環境保全に絞っている」と言っています。「学問は個別のジャンルに分離してはダメだ」ということで、政治経済、化学、工学といった学問の情報を整理してコンピュータにぶち込んで、システム化して環境保全に役立てると。この島津研究室は、名古屋大学の大型計算機センターのZで始まるユーザーコードが使えて、これはCPUタイム無制限というユーザーコードでして、そうした中でシミュレーションをやっていました。最近(この記事の書かれた頃)は「環境の現場監督」と自称し、「自然の縄張りに人間が土足で踏み込んではいけない」と述べて、地球科学の中でも地球システム生態学といった分野をやられていました。



同じようなことを言っている方がいます。それはバックミンスター・フラウ、通称バッキーと呼ばれている人で、フラウレンという炭素のクラスター(結合体)を発見し、フラウドームという、もう外されてしまいましたけれど富士山頂にあったアンテナのドームを設計した人です。彼は「宇宙船地球号」という言葉を最初に使って、その「オペレーティングマニュアル」なるものを書いた人なのですが、彼も「専門分化が包括的な思考を妨げる」ということを1969年の本の中で書いています。このバックミンスター・フラウは、「デジタルアースの父」とも呼ばれているのですが、この頃、分断化した学問に対して、多くの人が疑問を持ち始めたようで、彼の考え方に多くの人たちが共感していたことを知りました。

「間圏科学」といった考え方がこれから重要になると言っています。



少し大学の概要も紹介をしたいのですが、中部大学は、愛知県で学生数が4番目に多い大学で、1万1,000人を超える学生がいます。もともと中部工業大学としてスタートしたのですが、文理融合で現在は8つの学部があります。

春日井市に43万㎡のキャンパスがありそこに8つの学部があります。また岐阜県の恵那市にも同じぐらいのキャンパスがあって、研修、あるいは運動部のグラウンドなどに使われています。工学からスタートしているので、女性の比率、ジェンダーバランスが悪いということが課題で、現在「中部大学女子学生倍増プログラム」というものを行っています。学生集団が人口100人の村だったらとしたら、工学部の男性は28人で一番多いのですが、これに対して女性は2人しかいないという状況です。

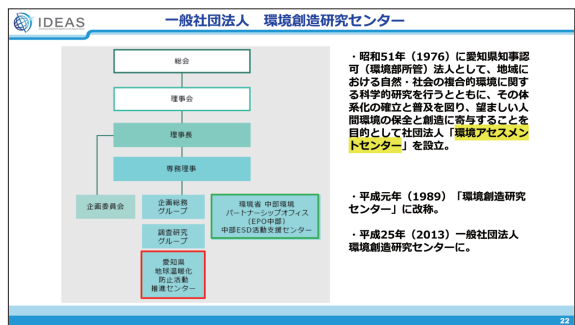


中部大学のもう一つの特徴はSDGsです。SDGs活動を研究、教育、地域・国際連携で取り組んでおり、私がある中部高等学術研究所は、文理融合で大学と社会をつなぐ機関を目指しています。

海外連携では、3年ぶりにアジアサマースクールというのを再開しました。今週の日曜日から2週間、アジア工科大学と一緒にタイのバンコクを中心に、サステナブルディベロップメントをGISで学ぶ、あるいはド



ローンを実際に学ぶというようなことを行い、中部大学の学生だけではなく、アジアの色々な国の学生が参加して学びます。私も今週の日曜日からこちらに参加することになっています。



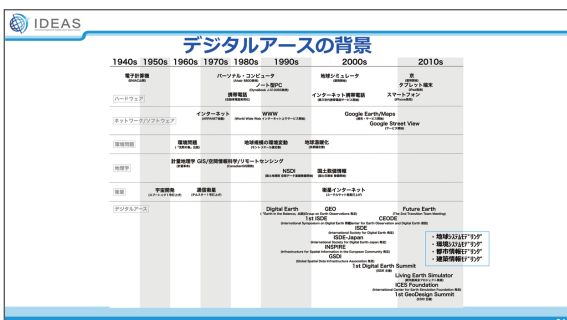
環境アセスメントについては、現在環境創造研究センターの理事長をしてお話しましたが、そこは愛知県の地球温暖化防止活動推進センターの指定を受けていて、そのセンター長も私がやっていて、環境問題に対しても積極的に関わってほしいと、活動しています。



それからGISの分野でいいますと、ESRIが中心でつくっているGISコミュニティフォーラムでも活動していて、今年のESRIのユーザーカンファレンスは他の会議と重なって行けなかったのですが、「GISであなたが見たい未来を共創する」というテーマで、持続可能で公平かつ豊かな世界を空間情報から作っていくというよ

うなコンセプトで開催されました。

2. デジタルアースとは



前置きが少し長くなってしまいましたが、ここからデジタルアースについてご紹介したいと思います。デジタルということですから、インターネット環境を使うとか、あるいはコンテンツの重要なプロバイダーとして衛星観測、IoTのようなモニタリングなどが基盤になって、ネットワークを使って、デジタルな地球をサイバースペース上に作っていくという活動になります。

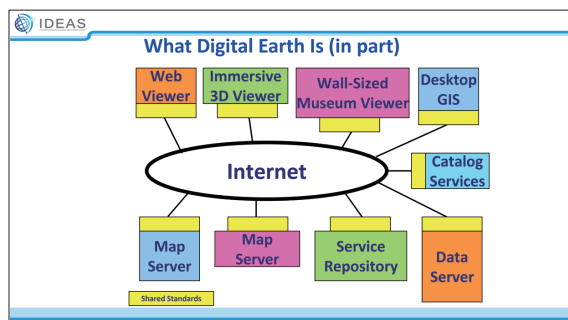
1998年にカリフォルニアに新しく科学ミュージアムができた時に、そのオープニングのスピーチを副大統領だったアル・ゴアがやりました。もともと彼は『不都合な真実』という本の中でもデジタルアースのことを書いていたのですが、明示的にはここで「デジタルアースが、これからの環境問題を考えていく上でとても必要だ」という話をしたことがスタートです。そして、例えばデジタルアースのゲートウェイは、色々な博物館の中にこういうふうに置かれて、そして子どもたちがそこでデジタルな地球に触れる。あるいは、当時はNASAにデジタルアースオフィスというのがあって、そこに色々なソースを相互利用可能な形で集めてきて、さまざまなアプリケーションで提供していくというようなことをやり始めました。

アル・ゴアの「デジタルアースビジョン」にはこういことが書かれています。

- これからはマルチレゾリューションの3ディメンジョンで表現された地球が必要だ。
- それはリサーチサイエンティストの共同実験室として使われる。
- ユーザーインターフェースも、ブラウザブルな3Dバージョンの、地球が見られるようなユーザーインターフェースだ。

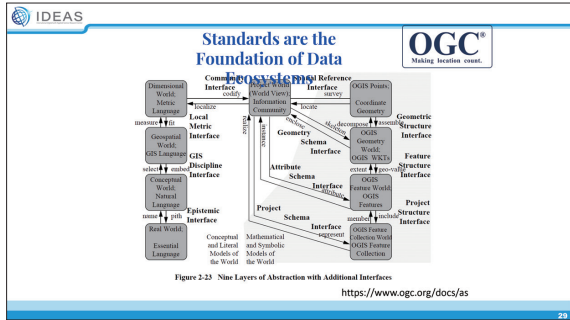
これを実現するためには、どんな技術要素が必要で、どういう標準化が必要となり、コンテンツ、あるいは主要なアプリケーションの分野はどういうものかということも、この時示しています。

当時いわれていたデジタルアースというのは、ファンシーな(手の込んだ)ビューアから、巨大なデータベースにアクセスできるシングルソリューションではなくて、ネットワーク上に結ばれた色々なソースをラッピング、

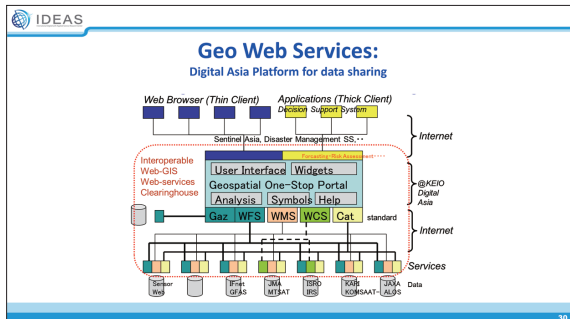


あるいは共通の標準によって相互に運用できるような環境にしていくということでした。

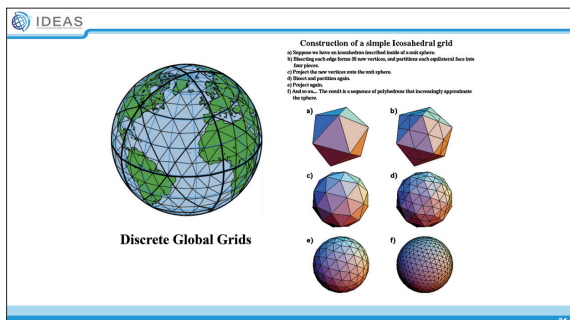
90年代に入って、実際にこの黄色の標準の部分についてOGC (Open Geospatial Consortium) というコンソーシアムで、ベンダーや政府機関などが一緒になって仕様を固めていきました。



これは最初に合議されたスペックで、フィーチャーという概念をジオスペーシャルなモデルで表現しているものですが、私もこの頃は3カ月に1回開かれていたTC (技術委員会) に参加していて、このスペックが最初に合意されたのがイギリスで開催されたTCでして、非常に懐かしく思っています。



ジオウェブサービスというのも、この90年代の最初の頃に、このようなスキームで定義され、今ではウェブマッピングサービス (WMS) とか、カバレッジサービス (WCS)、フィーチャーサービス (WFS)、カタログ



サービス (Cat) などが、既にもうあまり意識することなく実現できています。

例えば、ディスクリートグローバルグリッド (地球を多階層に分割する離散グローバルグリッドシステム) のようなものも開発されて、非常に素早くズームイン、ズームアウトできるようなキャッシングシステムも、ここから作られるようになりました。

International Society for Digital Earth

- ISDE, founded in Beijing in 2006, is an international scientific organization principally promoting academic exchange, science and technology innovation, education, and international collaboration towards Digital Earth.
- The Mission of the Society is to benefit society by promoting the development and realization of Digital Earth.

The First EC Meeting | EC Member of ISDE, 2006 | Launch Ceremony of ISDE

このデジタルアース構想が出た時に、これはとても面白く重要な構想だということで、私たちはこれを何とか実現しようということで、最初1999年に中国がデジタルアースの国際会議を行ったのですが、それ以降2年おきに国際会議を行い、そしてその中間年にはサミットという形で、特定のテーマで会議を行うようになりました。ISDE (International Society for Digital Earth) という組織が2006年にできて、私もこのファンディングメンバーの1人として参加しています。この時にはアル・ゴアも来ておりました。現在は2つジャーナルを出していて、1つは「International Journal of Digital Earth (IJDE)」, もう1つは「Big Earth Data」というジャーナルです。

International Society for Digital Earth

2022 IMPACT FACTOR

5.1 International Journal of Digital Earth | 4.0 Big Earth Data

<http://www.digitalearth-isde.org/>

これはISDEのホームページですが、この2つの雑誌、最近ではインパクトファクターも結構高くなっていて、私もIJDEのエディターの1人を務めています。ここ (ホームページ下段) に2年に1回開かれるカンファレン

スの情報が載っていますが、ちょうど今年の7月にアテネで、そのカンファレンスがありました。私もこれに参加して基調講演をしたのですが、ぜひ皆さん一度ISDEのホームページを見てください。

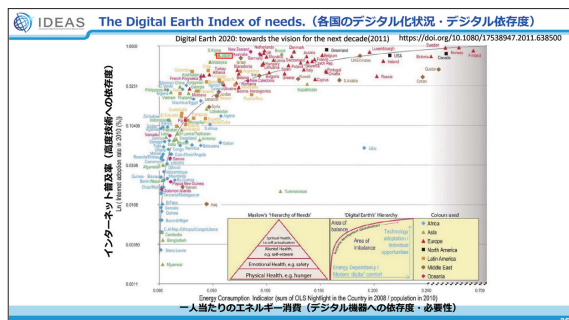
IDEAS

Key features of DE developments

	Lead Actors	Key Drivers	Main Target Audience	Implementation mechanism
Spatial Data Inf.	Public sector	Inform policy	Analysts in public Sector	Legal framework (not always)
Geobrowsers	Private sector	Market share + Advertising Revenue	Mass market	Market + voluntary
GEOS	Public sector	Inform policy	Scientists	Voluntary + political
Volunteered GI	Individuals/ groups	Social networking	Society	Voluntary

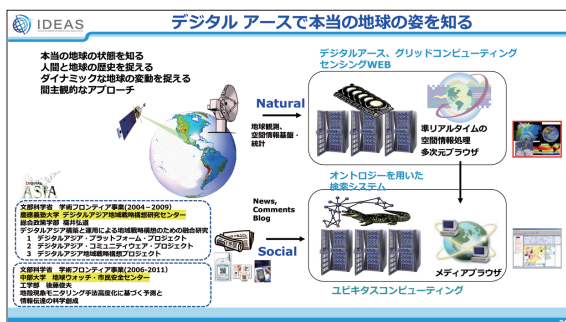
Craglia et al "Next-Generation Digital Earth", International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 2009 Vol. 3.146-167

ゴアの構想から10年ぐらいたった時に、このゴアの構想がどの程度実現したのかをレビューしました。このレビュー論文の中で、デジタルアースの開発に重要な要素を4つ定義しました。1つは国土空間データ基盤。2つめがジオブラウザ。それから衛星データをいかにオープンに使える環境にするかというGEOの活動。そして、市民科学のようなボランティアジオグラフィックインフォメーション、即ち参加型で集めてくるもの。この4要素が、それぞれどのようなセクターが中心となって取り組んでいるかということが整理されました。



また、デジタルアースのニーズは、どういった国々で、どの程度強く存在するのかという図も作られました。横軸は、1人当たりのエネルギー消費をナイトタイムライト (夜間定常光) のデータから国別に推計していて、これは言ってみればデジタル機器への依存度、あるいは必要性の代替変数を示しています。縦軸はインターネットの普及率、これは高度技術への依存度というようなことを示していますが、この赤で囲った国 (図上左上部) が日本の位置で、大体この線上にあるのが、両方のバランスが取れて進んでいる国ということになり

ます。これは大陸による違いを色分け表現していて、アフリカ (水色) はまだまだ、どちらも進んでないということが示されています。



デジタルアースで「本当の地球の姿を知りたい」というのが私たちの最初の動機でしたので、慶應にいた頃、学術フロンティア事業で、たくさん打ち上がっている衛星の観測データを利用して、例えばこの1か月間どこで土地利用、土地被覆の変化が起きたかということ把握し、また一方で、SNSやブログのはしりの頃だったので、その変容を一般の人がどういうふう受け止めたのかということ、そのつぼやきやニュースの情報を集めてきて、例えばミッシングニュース、即ち土地利用の変容が起きたのに意図的あるいは知らなくて伝えられていない情報を捉えてみようといったことをやりました。

IDEAS 中部大学 国際GISセンター

International Digital Earth Applied Science Research Center (IDEAS) at Chubu Institute for Advanced Studies, Chubu University

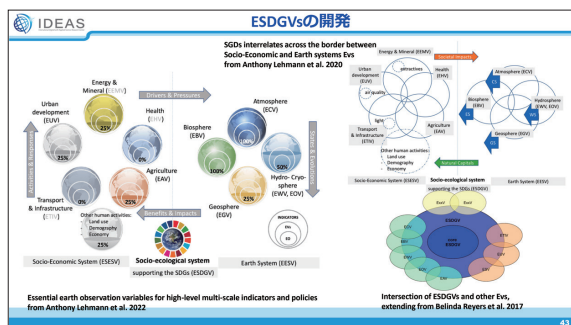
地域で発生している現象をモニタリング、生データを共有し、地理・分析してその意味を解釈するとともに、全体を俯瞰して分かりやすく多次元で表示/広報し、さらには将来を設計、合意形成していくといった「新しい実学」の創造を社会実験を通して探求

- 2011.4 中部高等学術研究所の附属研究所
 - 国際GISセンター開所
- 2012.4 私立大学戦略的拠点形成事業
 - デジタルアース (情報空間情報基盤) による「知の統合」拠点 (5年)
- 2014.4 文部科学省共同利用・共同研究拠点
 - 問題複合体を対象とするデジタルアース研究拠点 (6年) 第一期
 - ISDE Japan Chapter 2017-
- 2020.4 共創拠点継続認定 第二期 (2020.4-2026.3)

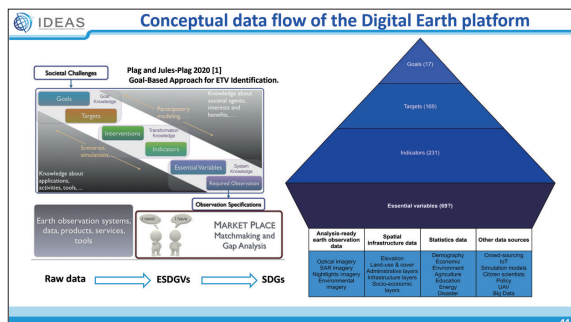
デジタルアースを本格的にやろうということで、2011年に国際GISセンターを作り、2014年には文部科学大臣から共同利用・共同研究拠点に指定され、問題複合体を対象とするデジタルアースの研究拠点となりました。1期が6年なので、現在2期目の中間ということになります。

1998年にゴアが言ったビジョンから四半世紀たっているわけですが、このビジョンの主要な要素がこれまでに達成できたのか否かを私たち (ISDE) はレビューしてみました。

(三角形底辺一番左を指して) 例えば衛星画像は一つの要素ですし、(左から二番目を指して) 国土空間データ基盤もそうです。(三番目を指して) あるいは統計もそうですし、(一番右を指して) さらに最近ではビッグデータという形で、シチズンサイエンスで作られたもの、あるいは携帯電話の位置情報のようなデータもこうしたデータの一部として、先ほどの232のインディケータの中に使われるだろうと考えています。



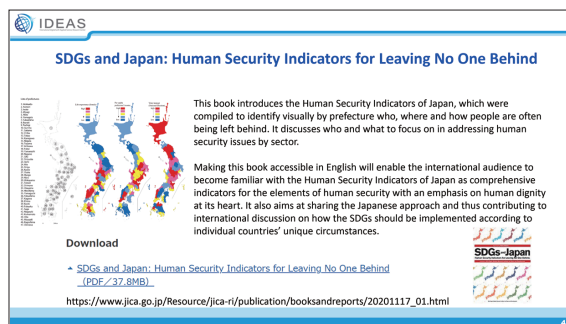
最近私たちは、エッセンシャル・バリアブル(必須変数)という考え方で、SDGsを評価・モニタリングするために必須となる変数は、どのように定義して、それがどれぐらい達成、構築できているのだろうか。あるいは気候変動を考える時に、地球規模で変数がどれぐらい達成できているかというようなレビューもやっています。



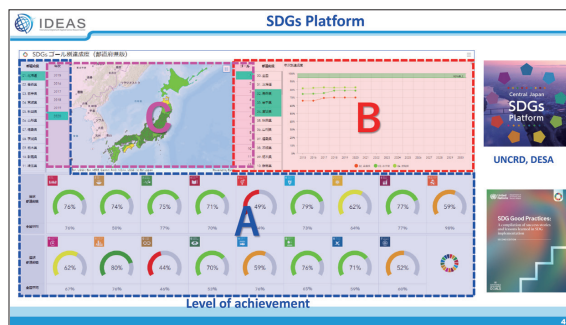
例えば、SDGsをモニタリング、評価するためには、それぞれどんな必須変数が必要なのかということとを2年前、『Big Earth Data』に論文 (Digital Earth: A platform for the SDGs and Green Transformation at the global and local level, employing essential SDGs variables) を出して、試みに、エッセンシャル・SDGs・バリアブルはどういうものかを選定してみました。

(三角形底辺の下の濃い青の逆台形の部分を指して) これがそのエッセンシャル・バリアブルなのですが、これらの変数を持続的に更新していくことがとても重

要となります。



今、こうした活動は色々なところでやられていますが、これは私たちが人間安全保障学会などと協力して行った例で、県単位でSDGsがどのように達成されているかをマッピングしたものです。



また、これは名古屋にあるUNCRD国連地域開発センターが中心となり、ESRIジャパンなどとともに構築したダッシュボードですが、市町村レベルで、それぞれのインディケータがどの程度達成されているかを示しています。このようにSDGsの達成度評価を巡っても、現在多くのリーディング研究プロジェクトが行われています。今後はプラットフォームとしてデジタルアースを活用することで全体を俯瞰し、二重投資のない形での効果的なSDGsの達成に繋がることを期待しています。

3. デジタルアース共同利用・共同研究拠点 (2014-)



私たちの拠点でやっていることを少しご紹介します。これがデジタルアース拠点の全体の研究計画ですが、表側はデジタルアースの技術要素で、表頭は、環境とか災害など、その要素を適用していく具体的な応用事例となっています。

1つは、デジタルアースの技術要素をどうすれば統合して構築できるかということ、もう1つは、問題複合体の具体的事例への取り組み。この2つのカテゴリーで、私たちのスタッフが世話人になって研究課題を公募して、毎年色々な研究を行っています。

共同利用・共同研究拠点なので、提供する設備としては、例えばエビデンススペースの熟議を支援できるマルチスクリーンを備えた部屋とか、サーバ群、情報収集車両、ドローン、電子テーブルなど。また、ペーパーで作られるハザードマップではなくて、3Dハザードマップが作れる3Dプリンターなども備えています。

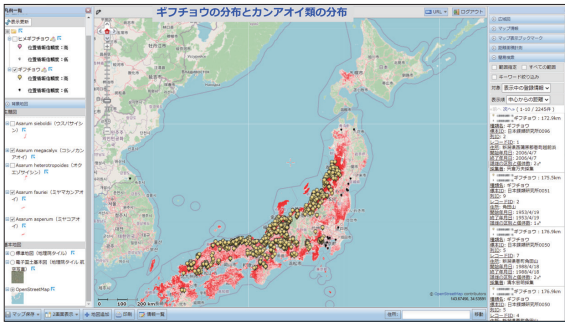
また、特定の色々な情報をデータベース化して提供しており、例えば地震活動の可視化といったこともこのサイトで提供しています。

先ほど環境アセスメントの話をしました。環境省にもないような環境アセスメントのライブラリを島津先生がまとめておられて、アセスメントの時に意見書などを通じて市民は具体的にどのように反応したか、というようなオリジナルのアセス関連データなどが現在のこの

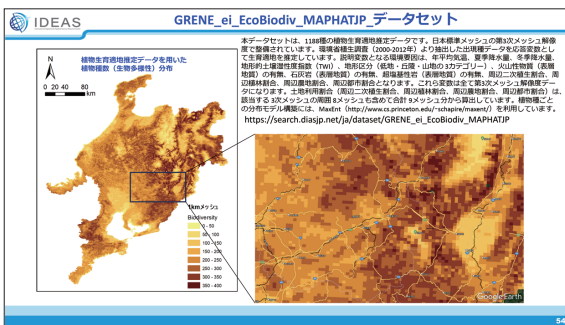
デジタルアース共同利用・共同研究拠点の中に、ライブラリとして850点ほどあります。

もう一つユニークなコンテンツとして、藤岡知夫コレクションと呼ばれるチョウの標本があります。日本には土着のチョウが237種ほどあるのですが、そのチョウの具体的な標本サンプルが全てあって、約29万頭、ドイツ箱という標本箱で1,750箱あります。

このうち、まず日本の固有種であるギフチョウについてデジタル化して、データベース化しています。ギフチョウはとてもきれいなチョウですが、地域によって斑紋が少しずつ変容していくと言われています。どんなデータベース化をしているかということ、このギフチョウの画像を高解像度で深度合成して、地域による変容がどうなっているかをAIの機械学習などを用いて、解析を試みています。



また、ギフチョウは幼生が特定のカンアオイ系の植物しか食べなくて、この植物の裏に産卵をしますが、植物の分布と、採集された地点とはどのように相関しているかということも可視化しています。

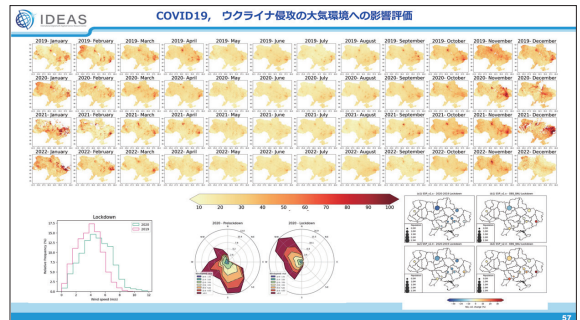


これは東大が中心になって作られた、一つの生物多様性の情報ですが、1キロメッシュにその植物が生息している可能性がどのくらいあるかモデルによって求め、1188種の植物の生息地分布マップを調べたものです。この図はGISで可視化するにあたり、その種数が多いほど濃い色で示していて、いわば植生で見た生物多様性のマップです。このマップの上に、昆虫、あるいはその他の色々な動物などの分布マップを重ねていくというようなことも行っています。

先ほどの技術発表の中でドローンの話がありました。私達も2013年から毎年、低空空撮技術活用研究会というのをやっていて、昨年、一昨年は低価格ラ

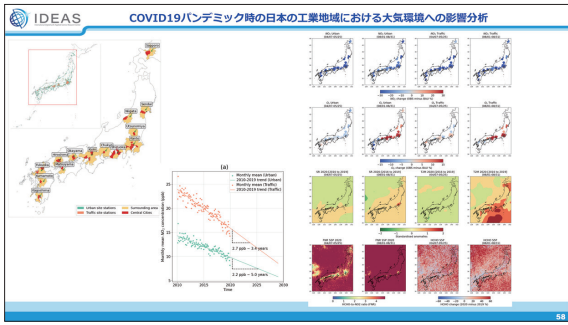
イダーをテーマにしました。今年は9月11日から13日に恵那キャンパスにて、GPSカメラ搭載で、かつ航空法等のドローン規制があまり掛からない100グラム未満機を作って、調査に活用しようと実習を計画しています。また、中部大学発のベンチャーで、テラ・ラボという会社があり、そこは少し大型の翼長4mから8mの固定翼の無人機を使ったセンシングシステムの開発をしています。

拠点では毎年2月頃成果報告会をやっていて、今年もセンシングのためのAPI、プラットフォーム、アプリ開発等の技術要素の研究から、コミュニケーションを支援するようなシステム、さらには先ほどお話しした機械学習によりどこで捕られたチョウであるかが判定できるような仕組みなどが報告されました。

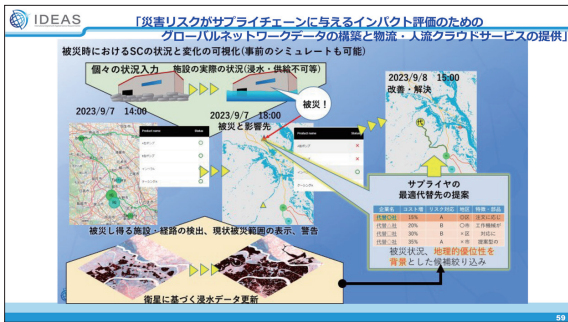


また、ビッグデータ解析ということで、このコロナ以降で、都市の活動量がどのように変わったか、人の移動量がどう変わったかをマッピングするようなこともやっています。

これはウクライナでの事例ですが、ウクライナでCOVID-19はどのように影響していったのか。そしてさらに、ロシア侵襲によって大気環境がどのように変わったか。センチネル衛星などのオープンデータを用いて、この3年間のウクライナの大気汚染の状況やホットスポットの変化なども分析しています。

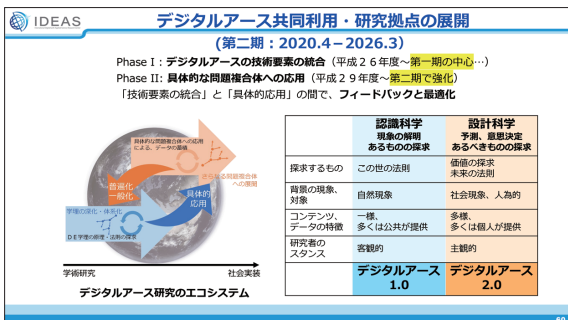


日本の中では、地上観測のデータが多数ありますので、環境省の国環研が『そらまめ』というウェブサイトにて提供しているオープンデータとセンチネル衛星によるセンシングなどを組み合わせて、日本の工業地域の大气環境が、コロナのパンデミックの期間でどう変容したかということも可視化しました。



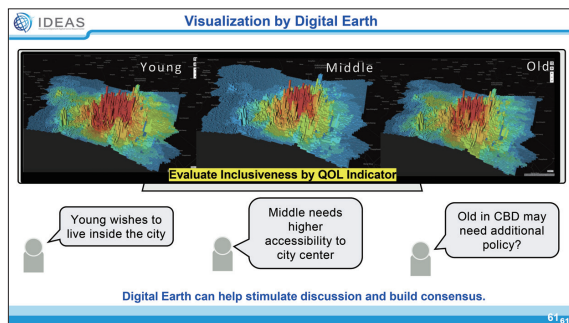
さらに、サプライチェーンに与えるインパクト評価ということで、NEDOのサプライチェーンデータチャレンジに応募したところ、Tellusチャレンジ賞をいただきました。これはサプライチェーンが災害に遭った時に、その被害を把握しさらに、どのようにサプライチェーンを変更して、持続可能な物流と人流を確保していくかというようなことを検討したものです。

以上、私たちの拠点は、参加機関が40機関ぐらい、参加研究者が80名から90名ぐらいで、共同利用・共同研究拠点としては比較的小ぶりですけれども、毎年このような活動を行っています。



最近では、今地球がどうなっているかということビッグデータ等の活用で認識するだけではなく、これから地球をどうしていくか、あるいはその地域をどう変えていくかという、設計科学の領域にもデジタルアースを使っていこうとしています。

少し具体的に、どういうふうにデジタルアースのプラットフォームを使っているかというお話をします。科学技術振興機構のプログラムにSATREPS (サトレプス) とその後継のaXis (エイアクシス) というプログラムがあるのですが、例えばaXisでは、ドローンを使ってアジア地域で環境センシング利用の研究協力を行っています。

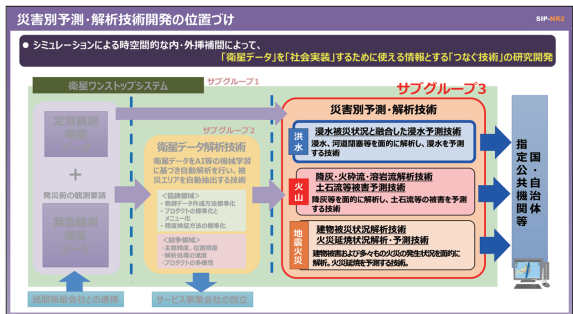


またSATREPSでは、バンコクの交通状況を改善しようということで、バンコク都市域の色々なデータを集めてきて、それを可視化して、最適な交通量をウェルビーイング、QOLの観点から測定して、バンコクの道路沿いのQOLがどのように変化しているか。あるいはそれぞれの人の属性、例えば若い人のQOL、中年層、それからお年寄りのQOL、がどう変わっていくかというようなことを可視化しました。



それから先ほどの技術報告でもありましたSIP (戦略的イノベーションプログラム) 第2期、これに私たちも参画しました。具体的には、国家レジリエンスの強化という課題に対し、測技協と一緒に「被災状況の迅

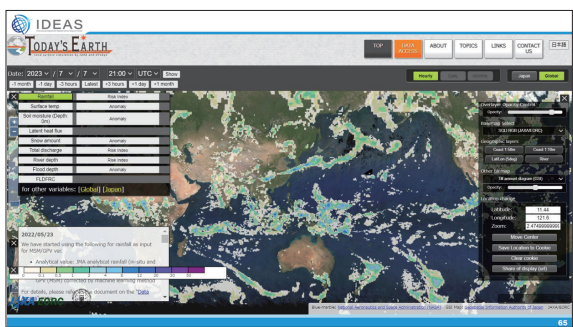
速な把握解析」というテーマに取り組みました。衛星で広域を把握し、災害が発生すると2時間以内に当該の自治体、あるいは国の機関にその状況を伝えられるようにしようというのが目標です。



それで、3つのサブグループのうち、洪水、火山、地震火災という災害別の予測・解析をおこなうサブグループ3のリーダーを私たちが担当しました。



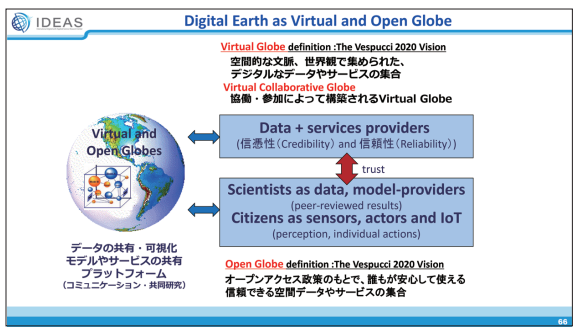
例えば洪水ですと、現在では地球上の観測データや、気象衛星のデータなどをベースにして39時間前から、どこでどれぐらいの豪雨がありそうか予測できます。そのデータをもとに、実際に河川ごとの洪水モデルを作って、一級河川ですと、河川のモニタリングデータ、水位データがありますので、そのデータも参考にしながら、衛星が撮れる時間になったら、どこを具体的に撮るのが一番ふさわしいか、予測に基づいて撮影場所を選定します。そして撮影されたデータを、測技協さん達がやられたAIを使って、例えば洪水ですと浸水地域をいち早く捉えるというを行います。日本のレーダー衛星ALOSですと、12時間に1回の撮影ですので、その間を補完するシミュレーションデータも作りながら、実際に時々刻々と被災状況を捉えるという、そういった作業をおこなっていて、そのプラットフォームとして、WebGIS、デジタルアースを使っています。



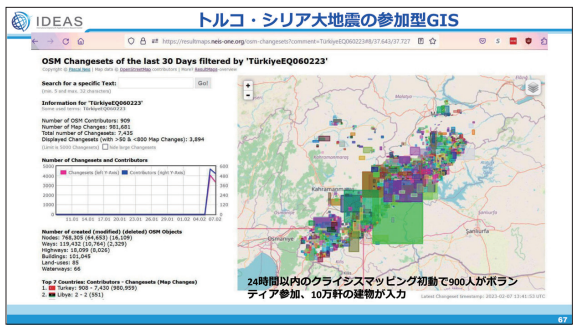
これはJAXAのToday's Earthというシステムで、先ほどの大元になった39時間前からの気象情報を使って、どこで豪雨があり得るかという情報を提供しています。

4. デジタルアースの今後の展開

最後の残り5分ぐらいになってしまいましたが、デジタルアースの今後の展開ということをお話したいと思います。

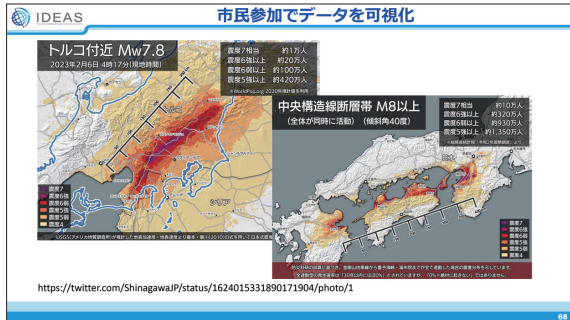


デジタルアースというのはバーチャルなサイバースペース上の地球ですが、それはオープンなグローブで、誰もがアクセスでき、安心して使え、信頼できるデータをやりとりできるサービスの集合でなくてはなりません。

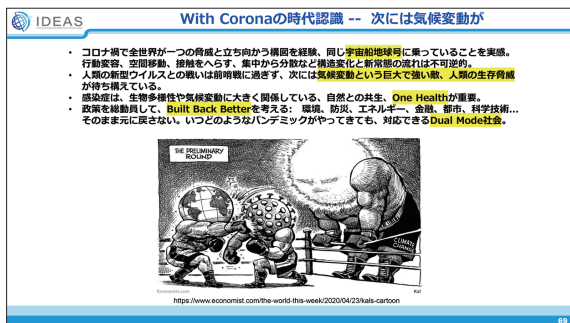


例えばトルコ・シリアの地震では、参加型GISによって、クライスマッピングの初動として24時間以内に約

900人のボランティアが参加して、10万件の建物被災情報が入力されています。こういうデータをうまく認証して、さらに精度の高いデータと重ね合わせるとか、あるいはそれぞれの市民科学者が市民参加でデータの可視化をしたりしています。



このトルコで起こった地震を日本に持ってくると、どうい規模なのか。これぐらいの大きな断層って日本でもあり得るのかというと、これが中央構造線に匹敵する規模だということも投稿から分かります。このように市民の知も集めてきて、そして市民科学をうまく使って、熟議によって知を統合して意思決定をしていく、あるいは共同で課題を解決していくという、今後はこのような利用がとても重要になってきます。

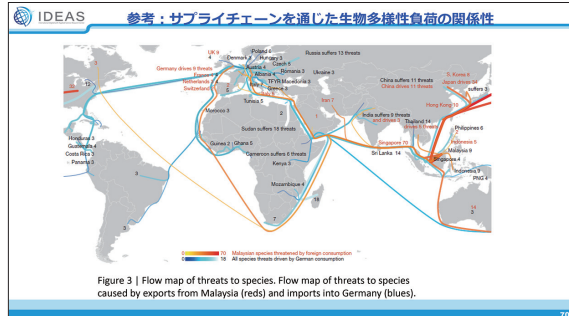


ウィズコロナを迎えて、これまで地球全体がコロナウイルスと戦ってきたのですが、リングサイドには、とても大きなボクサーがいて、そのトランクスにはクライメイトチェンジ(気候変動)と書いてあります。即ちコロナは前哨戦に過ぎなくて、その後には気候変動という本格的な地球にとっての強敵がやってくると。これにどう対応していくかということが今問われています。

COVID-19では、患者がどのように発生したかということにはGISが使われましたが、人間社会だけではなく、アニマルウェルフェアとか、あるいは環境エコシステム全体のOne World One Healthという、生態

系全体で考えなければ予防的な措置はできません。

気候変動は疑う余地がない。さまざまな領域で、特に人間システムで気候変動影響というのは色々な場所で大々くなってきています。



生物多様性を減少させるような、色々な環境変動も起きていて、例えば日本は、サプライチェーンを通じて生物多様性負荷を、国内だけではなく色々な国に与えていて、ある統計によると日本は世界で2番目に、他国の生物多様性に対して影響を与えているということです。こういったことも分かりやすく可視化して、サプライチェーンをどう設計していくかを考えていくことが重要になってきています。



最近、カーボンニュートラルに貢献する大学等のコアリション(連帯)という活動がはじまりましたが、その中の活動の一つにプラットフォームというのがあって、現在私たちはここに、デジタルアースのプラットフォームを使って、カーボンニュートラルにどう取り組んでいくかを考えています。プラネタリーヘルス(人類を含めた多様な生物が生命を維持できる自然環境を有し、地球上で人類が安全に有機的な活動ができる状態)、プラネタリーバウンダリー(地球環境の限界)に取り組むためにデジタルアースを使っていこうとしています。

この分野で一歩進んでいるのがヨーロッパ、EUで

IDEAS DestinE

The overall objective of DestinE is therefore to develop a dynamic, interactive, computing and data intensive "Digital Twin (DT) of the Earth": a digital, multi-dimensional replica of a physical entity, the Earth System, which would enable different user groups (public, scientific, private) to interact with vast amounts of natural and socio-economic information

Physical world: Planet Earth

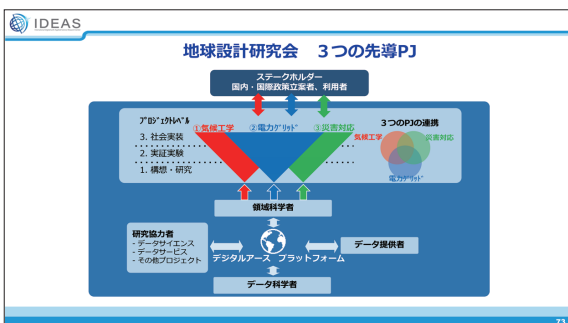
Flows of observations from the physical world

Digital twin: computer model, a digital replication of the state and temporal evolution of the Earth system constrained by available observations and the laws of physics

Revisit the past/ understand the present/ predict the future

<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/destination-earth-destine>

すね。EUはいち早くDestination Earthというプロジェクトをスタートさせていて、これはいわば地球のデジタルツインで、サイバースペース上の地球で、色々なシナリオに基づくシミュレーションを行い、そして現実の世界でどういう政策を選択していくかというようなことを社会実装しつつあります。



わが国でもこのような活動に取り組んでいこうということで、ちょうど今年にはGX推進法が出来上がりました。GX推進は、どういう要素をどういうシナリオで、全体の最適解を考えていくかということが重要で、それで現在私たちは、例えばエネルギーの問題でいうと、地球全体で持続可能なエネルギー社会を考えていく地球未来社会設計というような課題に取り組んでいます。その中のテーマの一つとして、気候変動に伴って気候工学にどのように取り組んでいくか、あるいはグローバルグリッド（国際送電網）をどのように作っていくか

IDEAS Global Energy Grid

The proposal of the initial plan appealed that it could create a peaceful world without worry of resource energy. In the construction of the electricly transmission network of the world transcending national borders that span day and night and seasons.

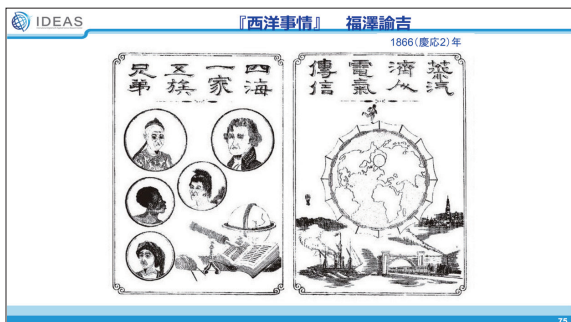
The fossil fuel deposits of our Spaceship Earth correspond to our automobile's storage battery... our "main engine" must operate exclusively on our vast daily energy income from the power of wind, tide, water, and the direct Sun radiation energy.

Copyright 1938, Buckminster Fuller Institute, Los Angeles. All rights reserved. The word Dyssonan and Dyssonan(TM) Map design are trademarks of the Buckminster Fuller Institute.

74

というようなことを考えています。

バックミンスター・フラーは、グローバルエネルギーグリッドを使うことで、南半球と北半球、そして昼と夜の差がなくなるので、こうした全球の送電網はエネルギーにとって、非常に効率的なプランニングであり、これを早く作ろうということを最初に提唱した人でした。

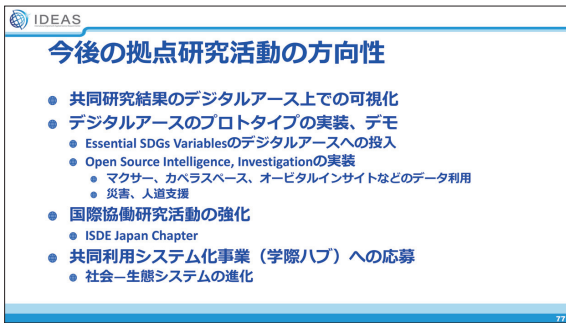


日本でも明治時代に、福澤諭吉が『西洋事情』という本を書いているのですが、その挿絵の中に、地球の上に電線網が引き入れられている絵があります(スライド右側)。村井純氏に言わせると、「これはインターネットだ」と。「福澤諭吉は、インターネットを既にこの時に構想していた」と言っているのですが、私は、一つは確かにインターネット、情報のネットワークですが、もう一つはグローバルな電力網ということだと思っています。



中部大学では、高温超電導の直流送電システムというのを開発しているのですが、こういう高圧送電鉄塔は風にも弱いですし、これから気候変動が激しくなってくると耐えられなくなる可能性もある。しかも作られてから、その大半が寿命を迎えているという時期なので、新しい送電網の設計において、その検討にGIS、デジタルアースのプラットフォームを使って、例えばハイウエー沿いに這わす、あるいはどのように消費地をつなげていくか、それから自然エネルギーの供給地と

どうつなげるか、というようなことを考えています。



IDEAS

今後の拠点研究活動の方向性

- 共同研究結果のデジタルアース上での可視化
- デジタルアースのプロトタイプの実装、デモ
 - Essential SDGs Variablesのデジタルアースへの投入
 - Open Source Intelligence, Investigationの実装
 - マクサー、カベラスベース、オービタルインサイトなどのデータ利用
 - 災害、人道支援
- 国際協働研究活動の強化
 - ISDE Japan Chapter
- 共同利用システム化事業（学際ハブ）への応募
 - 社会-生態システムの進化

77

最後になりますが、今後の拠点の活動の方向性としては、こういうデジタルアースのプロトタイプを、色々なアプリケーションの中で実装していくということと、国際共同研究を強化していくということ。それから現在文科省で「共同利用システム化事業」というのを募集しているので、そこで私たちは学際ハブとして、デジタルアースの研究者と生態学の研究者が一緒になって、社会生態システムの進化を研究するというようなことを取り組んでいきます。今後こういった事柄について積極的に取り組んでまいりたいと思いますし、さらに

はDXを推進する際にGeoAIとか、あるいは個人情報保護とか、さまざまな法制度的な問題も出てきているので、ISDEでは、こういった問題についても倫理的な問題の一部として取り組んでいます。

また、今年の10月25日に、デジタルアース拠点の中間年として、海外からも講演者を呼んで、中部大学でシンポジウムを行いますので、また機会があればぜひご参加をいただきたいと思っています。以上、私からはデジタルアースのご紹介をさせていただきました。ご清聴ありがとうございました。（拍手）



講演者
福井 弘道 (ふくい ひろみち)
 中部大学 副学長 教授
 中部高等学術研究所 所長
 国際 GIS センター センター長

本稿は2023年8月23日に新宿区立四谷区民ホールで開催された、当協会主催「第45回測量調査技術発表会」における、福井弘道氏の特別講演の内容をまとめたものです。