

(タイトル)

令和 4 年度 日本大学 生産工学部 公開講座

Eye Witness from the Space

ー 人工衛星が捉えた地球環境 ー

- Environmental Monitoring -

(リード)

日本大学生産工学部の公開講座は、専任教員の専門分野と関連する“地域に開かれた教養講座”として令和 3 年度にリニューアル。令和 4 年度は環境問題を専門とする 2 名の教員が担当し、第 2 回目は「人工衛星が捉えた地球環境」と題して、環境安全工学科の岩下圭之特任教授が登壇しました。

(プロフィール)

日本大学 生産工学部 環境安全工学科

特任教授 岩下 圭之

日本大学理工学部土木工学科卒業。同大学院生産工学研究科博士前期課程修了後、助手を経て現職。専門は人工衛星からのデータを利用した環境評価、都市圏の土地利用の変化に伴う地球環境評価、閉鎖性海域の水質評価など。カリフォルニア大学ロサンゼルス校及びサンタバーバラ校フェローや、日本リモートセンシング学会副会長を兼務している。

(小見出し・本文)

1. 私たちの生活に欠かせない人工衛星

地球の周りには、1957 年以降に約 13,000 個の人工衛星が打ち上げられ、そのうち約 8,000 個が現在も私たちの生活のために運用されています。国別ではアメリカが全体の約 5 割、ロシアが全体の約 3 割を占めています。私の専門である環境評価をはじめ、テレビや天気予報、カーナビゲーションシステム、携帯電話、インターネット、飛行機や電車の運行状況のチェックなど、どれも人工衛星なくしては成り立たないものです。



一方で地球上に目を向けると、2022 年 11 月時点で世界の人口は 80 億人を突破し、2060 年には 100 億人を超えると国連は予想しています。地球というひとつの“家”で人が増えていけば、水や食べ物、燃料など、生活に必要なものを増産しなければ不足していきます。しかし、人が増えて住む場所が増えれば森や畑は少なくなり、かたやゴミは増えるばかりですので、環境問題にいかに対処するかが問われるわけです。

その際、そもそも地球は健康なのか否かを確かめる必要もあるでしょう。植物は立派に育ってくれるのか、水はきれいなのかといった切り口で地球を一人の患者と考える「地球のお医者さん」も必要になります。地球に山積している環境問題を自覚し、「お医者さん」になるために学ぶ必要があるのです。

そこで、元々は軍事利用目的だった人工衛星からのデータを非軍事的に利用する気運が高まり、1960 年代後半から遠隔探査技術、いわゆる「人工衛星リモートセンシング」と呼ばれる学問体系につながっていきます。我々が最初に手に入れた人工衛星データは、1972 年に地球観測衛星として打ち上げられ、運用を開始したランドサット 1 号が捉えたもの。したがって、この分野がスタートから約 50 年しか経っていない比較的新しい分野であることは否定できません。

以下に示すのは、実際にランドサットから撮影された千葉県衛星データです。



上段左上が千葉県全体、その右は解像度を約 25m に上げたもので、陸上自衛隊の習志野駐屯地や八千代の工業団地、幕張のマリンスタジアムも確認できます。ここから習志野市に絞ったのが上段の右側 2 つの画像です。実籾キャンパスや習志野キャンパス、東邦大学もはっきりと確認できます。次に、約 5m に解像度を上げ、大久保・実籾界隈に寄ったものが下段の左側 2 つの画像です。さらに約 2m の解像度で見たのが下段の右から 2 つ目の画像です。東邦高校と本学があるのがわかり、さらに寄ったものが下段右の画像です。これは航空写真ではなく、はるか何百キロも上空の宇宙から捉えた画像です。これで解像度は約 1m です。

なお、「WorldView-3」というデジタルグローブ社が打ち上げた人工衛星を使ったグーグルアースでは、31cm まで解像度を出すことができ、これが商用ベースでの最大解像度といわれています。

2. 人工衛星が捉えた地球環境

今回のテーマは地球の環境問題ですので、ここからは主に「地球温暖化とオゾン層の破壊」、「東京湾などの海洋汚染や森林の減少」、「環境変化の大きなファクターである土地利用の変化」、「開発途上国の環境問題」の 4 つのテーマでお話を進めてまいります。

地球環境をリモートセンシングで観測するための方法としては、人工衛星や航空機に加え、一般的にドローンと呼ばれる UAV でも低空から観測・解析できることがあります。人工衛星は日進月歩で開発が進み、私が研究を始めた当初の解像度は 80m でしたが、今では先ほど説明したとおり 31cm。観測対象となるのは、海面温度のほか、赤潮や油性汚染などの発生状況、植生分布や植生環境、都市環境、自然災害などさまざまです。

この画像の一番左は、ランドサットが約 30m の解像度で東京湾北西部を捉えた画像です。赤外線バンドを含んだデータのため、植物の部分が赤く表示されます。



中央の画像は、ランドサットの登場から 10 年後に開発されたフランスの「SPOT」という人工衛星からの画像で、解像度は約 10m です。左の画像と大差ないようなにも思われますが、画像の下方、黄色い線で囲んだ羽田空港の滑走路がくっきりと出ていることがわかります。そして、一番右の画像が先ほどの WorldView-3 で皇居を 1m の解像度で見たものです。このような限られた範囲内だけを観測するのであれば、1m の解像度で撮影された画像が有効ですが、何らかのテーマのもとで東京全体を解析しようとするれば、膨大な量の衛星データと、データ処理能力のあるコンピュータが必要になります。なお、WorldView-3 が世の中で最も解像度が高いかといえばそうではなく、軍事衛星と呼ばれるものの中には、cm 単位で解析できるものもあるといわれています。

ではここで、解像度についても説明しておきます。



画像内にある丸い施設は幕張のマリンスタジアムです。みなさんがお使いのスマートフォンやデジタルカメラでも、ズームしていくと四角いタイルが見えてくると思いますが、この四角いタイルの 1 つひとつをピクセルや画素といいます。衛星データもこのピクセル一点の 1 辺が地上の何 m に対応するかが解像度になります。

テレビの画質に関して 4K や 8K という言葉を聞いたことがあると思いますが、K はキロメートルやキログラムの K で、1000 倍を意味しています。コンピュータ上の画素では、厳密には 1024 倍になりますが、4K であればひとつの画面内に約 4,000 個のタイル、すなわちピクセルが横に並んでいるということです。

【オゾン層の破壊・回復と地球温暖化】

地球の上空約 12km から 50km の範囲は成層圏と呼ばれ、その範囲内の 20km から 25km の間にオゾン層が存在し、地球を膜のように覆っています。地球をひとつの宇宙船だと考えれば、外敵から守るバリアのような役割を果たしており、太陽光からの有害な波長だけを遮断して、地球の健康を守る宇宙服のような機能に例えることもできます。

また、オゾン層を含めて地球本体を夏みかんに例えれば、上空 12km までは対流圏と呼ばれ、その上にオゾン層という夏みかんの皮があると考えられます。収穫前には、太陽光から必要なエネルギーだけを吸収し、紫外線や放射線、ガンマ線、ミュー線といった有害な光線を跳ね返すのが夏みかんの皮の重要な役割です。オゾン層も地球に対して同じ役割を果たしています。

このオゾン層は、地球本体が健康的であるために 320DU という厚さが必要とされています。しかし私たち人類

は、フロンガスの排出などによって内側からこのオゾン層を破壊してきたことで、200DU 程度まで薄くなったエリアもありました。特に 1990 年前後に最もオゾン層の破壊が進みましたが、世界の科学者が協議を重ね、各国の首脳に対策を提案。今では世界的に規制が広がったことで、オゾン層は回復しつつあります。

ただし、それで一件落着“めでたしめでたし”ではありません。オゾン層の回復に伴って、地球の温暖化が進んでいるのが実情です。みなさんも毎年のように「今年の夏は暑い」と話していると思いますが、地球温暖化は夏に暑くなるだけの問題ではなく、異常気象の発生頻度を高めています。局地的にゲリラ豪雨になったり、とてつもない大雪になったりと、異常気象が頻発することが地球温暖化の最大のデメリットです。日本でも最高気温が 35 度を超え、40 度に達する地点もありますが、各地の土地利用が大きく変化し、かつては土だった部分がコンクリートに変わってきていることもひとつの原因です。

【地球温暖化に伴う変化】

ここで紹介するのは、地球温暖化の影響に関する NASA の解析例です。これは NASA の「SSM/I」という雪氷観測する人工衛星があり、この画像は 1979 年と 2003 年に北極を真上から撮影したものです。



北極の氷は 10 年で 9%のペースで減少してきており、赤い丸で囲んだ北極海のシベリア沿岸地域でも多くの氷が解けてしまっています。ここはかつて、アラスカを通してシベリアからヨーロッパに行く際に氷が多すぎて通れない場所だったのですが、皮肉なことに地球温暖化によって北極海航路ができました。

次の画像は、アフリカのケニアにあるキリマンジャロという山を映したものです。1993 年と 2000 年の画像を並べてみると、雪が解けてしまっていることがわかりますし、1 世紀の間に氷原の約 80%が減少しており、2025 年には完全に焼失してしまうのではないかともしわれています。これも疑う余地もなく地球温暖化が原因です。



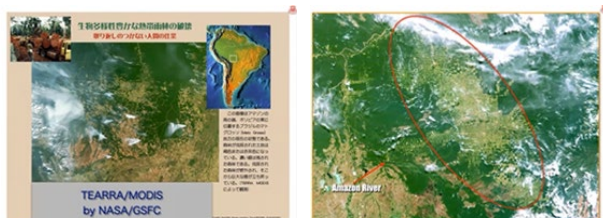
キリマンジャロの麓では雪解け水を使って農業をする人々や、さまざまな動植物が存在していますが、雪が減ってしまえば、当然ながら水不足に陥ります。水がなければ植物が育たずに飢餓が生まれ、飢餓を回避するために争いごとが生まれます。ただし、この現象はそもそもアフリカの人々が引き起こしたわけではなく、先進国が自国の利益を優先するがため二酸化炭素を排出し続けてきた結果だからこそ、国際援助は不可欠だといえるでしょう。

また、地球温暖化に伴う異常現象として、世界各地で洪水が発生しています。バングラデシュでは、インド側のガンジス川の洪水に加えて、雪解け水が流れてくるシーズンに大雨が降ったことで水量が増え、ベンガル湾に大量の土砂が流れ着いたことが画像からわかります。これも同じく、現在に至るまでの先進国による環境破壊の責任が問われる事態といえるでしょう。



【森林伐採の弊害】

森林に目を向けると、これはアマゾンの一角です。



肌色の部分は、植物が伐採されたエリアです。複数の場所から立ち上る白い煙は、伐採した木々を焼いているからです。ではなぜ伐採するのかというと、一つは道路建設のためです。また、アマゾンの多年生の熱帯植物は過酷な環境で育つため、建材としての価値も高く、輸出による外貨獲得手段になるからです。伐採した場所は大豆畑にして大豆の生産をスタートさせるケースも多いのですが、その過程で年間数千件の森林火災が発生し、加速度的に環境が破壊されていっているのです。

こうした森林伐採の何が問題なのかといえば、一つは、森林の植物が二酸化炭素（CO₂）を吸って酸素を出す光合成の機会を奪うことです。これだけ伐採すれば CO₂ などの温室効果ガスが増えてますます地球温暖化が進行します。もう一つは、森林の重要な役目である保水機能が失われるということ。伐採によって森林の保水機能が働かなくなることで、洪水を助長するのです。雨が降れば、木々も多くの水を吸い、根っこから不要な水を土壌内に排出します。そうやって土壌内を通過して水が川を形成していくのです。

日本にしても、国土の約 68%は山岳地帯で、残りの約 3 割の場所に 1 億人以上が暮らしています。しかも、都会に人口が集中してしまうため、近郊の山岳地帯を伐採して住宅を増設していくのです。これが日本の典型的なパターンです。日本は地震が多いこともあって、土木技術や建設技術、安全技術が世界でトップクラスだといっても、スポンジ機能のある森林が伐採されてコンクリートで固められた弊害が少なくありません。雨が降っても地面がコンクリートであればすぐに大量の蒸発が始まり、気圧の異なる上空の雨雲を刺激することで、ゲリラ豪雨を引き起こすことがその最たる例です。

また、従来の雨水は木々を介し、スポンジのように保水機能を持った土壌内を通過して川へと注ぎ込まれていきましたが、コンクリートで舗装された場所が増えれば、コップいっぱいの水が「スポンジではなくプラスチック製の“下敷き”」の上に降り注ぐことと変わりありません。森林の保水機構が低下したため河川は短時間に一気に水かさを増し、洪水を起こしてしまうのです。

しかも、これだけでは済まないのです。2021 年 7 月には、熱海で大規模な地滑りが発生しました。木の根っこは、健康であればあるほど斜面を安定させる鉄筋の役割を果たします。ところが、文字通り根こそぎ伐採することで、地盤の安定性も脅かされてしまいます。コンクリートを使った「どどめ」という作業があり、一見すると斜面でも安定しているように見せることはできますが、問題はそのコンクリートの下に隠された土の水はけ能力

なのです。

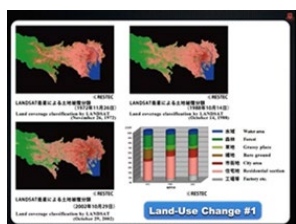
山間部を切り開いてつくられた高速道路を走っていると、コンクリートで覆われた山の斜面が両側に広がる場所があります。その斜面をよく見ると、降った雨を逃すための多くの穴があります。そうしなければ、斜面を安定させる根を失ってしまった土がシャーベット状になり、山ごと一気に地滑りを起こしてしまうのです。

一方で、山では山火事も発生します。これはオーストラリアでの山火事前後の衛星画像を並べたものです。現地で測量するまでもなく、大体の焼失面積がわかることも、衛星データの活用のメリットです。



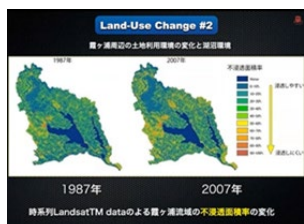
3. 日本国内での土地利用の変化

ここからは、また別の環境変化として、人工衛星が捉えた土地利用の変化を見ていきます。まずはランドサットが捉えた東京都の画像です。左上が 1972 年、右上が 1988 年、左下が 2002 年です。



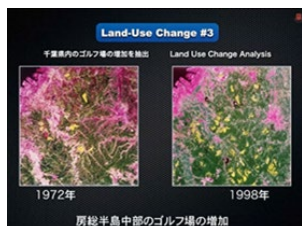
画像内の赤い部分は住宅密集地で、ピンクが市街地や住宅地です。赤が広がっていることがわかんと思います。東京は城下町だったためか、現在も旧江戸城である皇居を中心として放射状に都市が形成されていく特徴があります。また、日本の各都市で共通しているのは、JR などの鉄道路線に沿って都市が拡大してくスプロール現象が見られることです。そして、海外と大きく異なる点が、駅に近くて便利なエリアほど土地の価格が高いということです。海外は逆なのです。

もう一つ、土地利用の変化という点で、茨城県にある霞ヶ浦周辺の例を紹介します。霞ヶ浦周辺は、1987 年から 2007 年までの 20 年で土地利用が大きく変化し、この図が示しているのは「不透透面積率」の変化です。要は、コンクリートなどによる舗装面が増え、水が直接浸透しないエリアがどれだけ増えたかということ。すなわち都市化していった結果を表しています。赤から黄色がコンクリートで覆われたエリアで、この 20 年間で広がりがわかります。コンクリートが増えれば照り返しもありますので、当然、体感温度も上昇します。



次は、房総半島中部、千葉県市原市周辺の画像です。黄色で塗りつぶされたのがゴルフ場で、1972 年と比較して

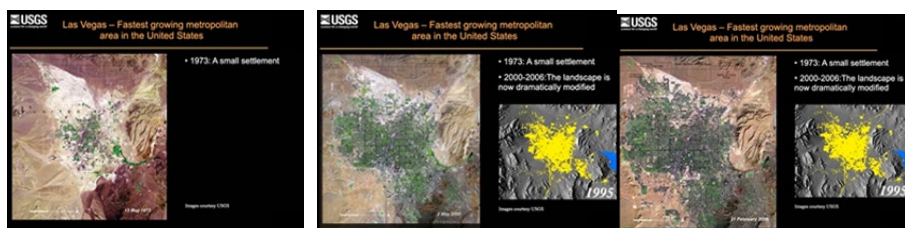
1998 年には大幅に増えたことがわかります。この間にはバブル景気があり、ゴルフ場が一気に増加しました。ただ、ゴルフ場も森林を掘削、伐採することには変わりないのですが、現在では土砂の流出などを計画的にチェックし、場合によっては河川改修なども行いますし、ゴルフ場の芝生の管理に必要な大量の農薬を周辺に流出させない工夫も義務付けられています。



4. 世界各国での土地利用の変化

ここからは土地利用についての世界各国の例を紹介していきます。まず、ランドサットを運用しているのはアメリカ地質調査所、通称 USGS と呼ばれる研究機関で、長年にわたり「Land Cover Change around the World」、つまり土地利用の変化の分析を行っています。

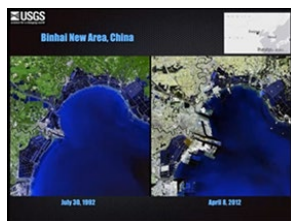
左端の画像は 1973 年のアメリカ・ネバダ州ラスベガスです。ラスベガスといえばギャンブルとショーの街ですが、それだけでは観光客が子どもを連れていくことができず、現地では街が疲弊していくと考えました。こうして再生計画を立て、若い層を呼び込むために街全体の在り方を再構築しました。画像中央が 2000 年、右が 2006 年であり、住宅地が開発されていきました。その結果、不動産価格も高騰しております。



次の画像は、カナダのアルバータ州にあるフォートマクマレーという場所です。このエリアで山を掘削していたところ、あるとき油を大量に含んだ砂が出てきました。これはオイルサンドといわれ、外貨獲得にもつながる油田が出たことで、カナダ政府も資金を投入して採掘場を広げていきました。しかし、この経済的な効果を優先する反面、現地の周辺環境への影響を政府に向けて警鐘を鳴らしていくことが必要になります。その点、衛星データは、この様に土地利用に伴う環境変化を示す科学的な根拠、つまりエビデンスとして活用することもできます。

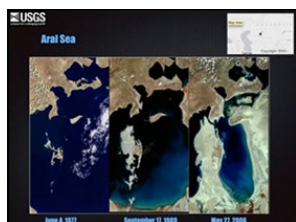


次は、中国の首都・北京の南東部に位置するビンハイ地区を捉えた 1992 年と 2012 年のランドサットによる画像です。赤外線バンドを有していますので少しでも水分を含む場所は暗く映るため、1992 年の沿岸部は埋め立ての途中だと推測できます。埋め立てが始まる前は塩田と荒地だけが広がっていたエリアなのですが、今や湾岸部に航空宇宙や石油、化学、重工業など、多様な産業が集積しています。



このように、衛星データからは海岸線における物理的な土地利用の変化を見てとることができるのですが、その変化が水環境や漁業環境にどのような影響を与えているのかをモニタリングしていくことが重要なのです。

次に、この3つの画像は、カザフスタンとウズベキスタンにまたがるアラル海と呼ばれる塩水湖で、湖面の面積が大幅に狭くなってきていることを示しています。

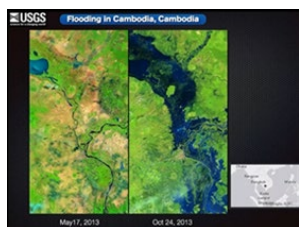


この原因は、地球温暖化だけではありません。周辺にある中央アジアの国々が、米や綿花などの農業生産のために灌漑水として利用したことで湖の水が減り、一番右の2006年の画像では湖面が干上がって露出しています。この結果、かつて約10%だった塩分濃度が23%まで上昇。10%で成立していた生態系は破綻し、漁業に壊滅的な打撃を与えました。さらには、塩分を含んだ土砂が年間75,000トンのペースで砂嵐となり、大気中に舞い上がると、季節風に乗って周辺国へと飛散して大規模な健康被害を及ぼしました。各国政府はその因果関係を認めないのですが、これは人為的な環境破壊の一例。アメリカのUSGSでは、解析データを現地にも提供して、警鐘を鳴らしています。

一方、この画像の上方にある濃い緑はナイル川流域の植生域を示したものです。このエリアでは約30年間にわたってナイル川から灌漑を行い、砂漠の緑化事業を推進しました。この結果、農業の拡大につながったほか、これだけ緑が増えると雨雲も活発に形成されるようになり、さらに緑化が進む好循環が生まれました。砂漠の緑化事業の成功例といえます。



次にご紹介するのは、2013年にカンボジアのプノンペン周辺で発生した大洪水の前後を映した画像です。先ほど、赤外線バンドは少しでも水を含むと暗く映るとお話をしたとおり、この画像の比較により洪水による被害の範囲を推定できます。また、被害のあったエリアにおけるそれまでの経済活動の記録があれば、経済的な被害額も推測できるわけです。



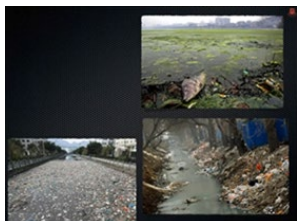
5. 水環境と水災害

ここからは、タンカーの座礁に伴う油の流出や、赤潮・青潮といった水環境や水災害の問題を紹介します。

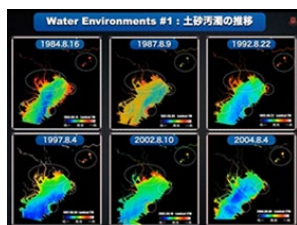
2010 年にはメキシコ湾にあるブリティッシュ・ペトロリアム（BP）の海底油田が爆発し、大量の重油が流出した事故がありました。こうした場合、油を分解する薬剤もありますが、この薬剤自体も生態系の破壊など二次的な環境被害をもたらします。一旦、重油流出による被害があると、約 200 年間は生態系の復活は期待できないといわれています。私が知る限り、これまでで最大規模の事故は、1989 年にアメリカのアラスカ州沖で起きたエクソンバルディーズ号の座礁です。現在のタンカーは 8 層式や 12 層式のため、1 か所に穴ができてでもそこからの流出で済みますが、エクソンバルディーズ号は 1 層式でした。しかも C 重油という最も厄介な重油が流れ出てしまい、いまだにアラスカのプリンス・ウィリアム・サウンドという湾では、年に 1 回は油が浮いてきます。生態系が復活していない何よりの証拠です。

次に紹介するのは、河川での問題です。

かつての日本も、ゴミに対するモラルは決して高くはなく、工業廃水であれトイレの廃水であれ、川に垂れ流しでした。すると、リンや窒素、カリウムといった栄養塩が主原因となり、最終的には右上の写真のようなアオコになります。人間活動の負の遺産として、どう環境に配慮して水質改善に対処するかが肝心です。



ここで東京湾での事例を紹介します。この画像は、1984 年から 2004 年にかけて、気象条件を最大限揃えた上で 8 月の東京湾の濁度状況を捉えたものです。1984 年から 1992 年にかけては、上方にある墨田川、荒川、江戸川が真っ赤に映り、沿岸地域も赤味を帯びています。これは濁度が高いことを表しています。

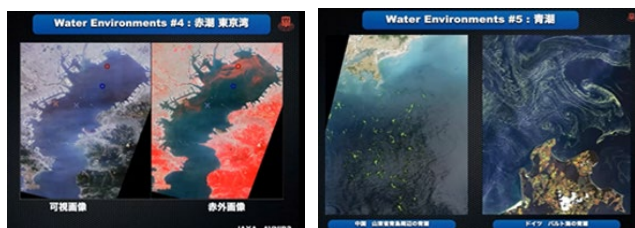


私の出身地である熊本県は非常に水の綺麗な地方でしたので、上京してきた当時の墨田川はドブ川で大きなショックを受けましたが、現在では墨田川もきれいになりました。というのも、昭和 59 年から東京都が中心となり、埼玉県と千葉県を加えて「東京湾水質総量削減計画」が展開され、現在は第 8 次計画が進行中です。これら一連の時系列画像により、2000 年頃には劇的に水質が改善されたことがわかりますし、実際に徐々に東京湾に魚が戻ってくるほどに綺麗になりました。研究者や役所も精力的に行動しましたが、原動力として大きかったのはや

はり住民の地道な努力です。

ただし、環境庁によると、環境基準の達成率は東京湾が63.2%で、伊勢湾62.5%、大阪湾66.7%、瀬戸内海77.0%です。左の画像は、東京湾を赤外線バンドを含んだ画像で捉えたもので、くっきりと赤潮が出ていることがわかりますし、実は日本で最も赤潮が多いのが、本学に近い船橋の三番瀬付近です。

同様に右の画像の左側が中国の青島で見られた青潮現象、右はドイツ・バルト海の青潮現象です。



また、東京湾では、水がよどみがちな物理現象も確認されており、よく似た例がサンフランシスコ湾です。海流の交換がスムーズではなく、周囲に工業地帯が多いことも非常によく似ています。



次にご覧いただくのは、2004 年のスマトラ島沖地震の前後の衛星写真です。



この時は、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震、いわゆる東日本大震災と地震の規模は同程度だったものの、約 10 倍以上の犠牲者が出てしまいました。地震前の左の画像を見ると、上の方には水田があり、住宅地や果樹園、塩田などもあります。ここにマグニチュード 9.1 の地震で発生した津波が押し寄せ、水田のエリアまで到達しました。塩水に浸かってしまうと、なかなか生態系は復活しませんが、ここから時系列で衛星画像を追っていくことで、被害の評価やその後の復興の経緯も確認することができます。

また、3.11 東日本大震災で被害の大きかった福島県南相馬市の画像がこちらです。



黄色い円の中は標高が低いので被害が甚大となり、なおかつ水がはけるまでにも時間がかかりました。では、この画像は将来に向けてどう役立つのか。これを学生に聞いてみたところ、印象深い意見二つありました。一つは、津波が押し寄せたエリアに沿って堤防をつくるというもの。もう一つは、衛星データには標高データもあるため、

標高を数値化して表した画像と重ねた上で、エリアに応じて避難場所を設定したハザードマップの作成に役立てるというものでした。

では次に、超高解像度の衛星写真をご覧ください。



この画像は、アメリカ・カリフォルニア州の西海岸、ロサンゼルスから約 110km の場所にあるエドワーズ空軍基地です。この周辺にはモハベ砂漠が広がっており、元々あった湖が干上がった広大なスペースに基地がつくられました。左上の飛行機はいわゆるジャンボジェット機で、その右にある円は直径が約 1.2km です。上空からはっきり見えるように羅針図が刻まれています。アメリカには複数の航空機メーカーがあり、軍用であれ民間用であれ、ここで試験を行うという目的がありました。滑走路は合計で 12 本。10km の滑走路が 6 本あります。また、スペースシャトルはここから約 3,000km 離れたフロリダのケネディ宇宙センターから打ち上げられ、コンピュータ制御の自動操縦によってケネディ宇宙センターに帰ってくることがプログラムされていましたが、フロリダは天候不良も多いため、臨時の帰還地としてここが指定され、実際に何度かここに帰還しました。

次の画像は、羽田空港における拡張工事の経過を捉えたもので、「D 滑走路」の建設過程がわかります。



実は、この画像は“メイドインジャパン”の「だいち」という人工衛星が捉えたもので、解像度は 2.5m です。これまでアメリカの人工衛星の話を中心に進めてきましたが、スペースシャトルにしてもロケットにしても、搭載するセンサーやレンズなどは、日本の細かい技術がなければ成り立ちませんでした。日本は精密機器で世界の宇宙産業に大きく貢献してきたことを忘れてはいけません。ただ、拡張工事などのプロセスが見られればそれでいいわけではなく、拡張工事によって周辺の水質にどのような影響を及ぼし、漁業にどのような影響を与えるのかを研究していかなければなりません。そのために人工衛星のほか、航空機やドローンなど、さまざまな機器が地球環境を見守り、活躍していることをみなさんが記憶にとどめていただければ幸いです。

6. 本学における研究について

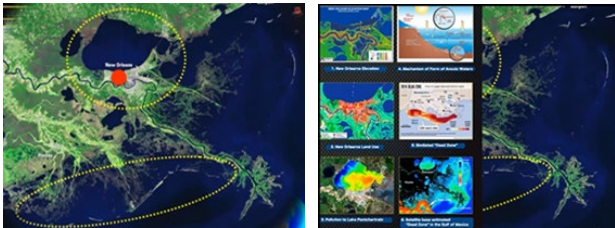
最後に、本学の研究グループが取り組んでいる 3 つのテーマ、「閉鎖性水域の衛星データによるモニタリング」と、天候や昼夜にとらわれず観測可能な「レーダー画像の解析」、「最新の UAV によるローカルの自然環境評価」について紹介させていただきます。

まず、私自身が 2009 年頃からカリフォルニア大学、テキサス大学、南フロリダ大学と連携して進めてきたのが、『世界の閉鎖性水域を対象とした衛星データによる水質モニタリング』です。アメリカのエリー湖やミシガン湖といった五大湖は、どれもシカゴやデトロイトなどの大都市、またそれに隣接する工業地帯が多く立地している

ため水質環境も芳しくなく、国としても重点的に改善を進めています。

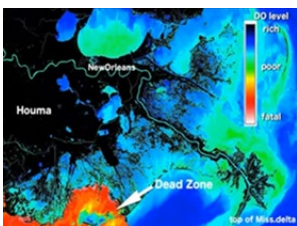
また、ワシントン D.C.にあるチェサピークという湾は、長さが東京から名古屋ほどあり、水質汚染が深刻化していました。かつては関連する組織が個別に改善努力を進めていましたが、これに加え、当時の大統領が環境庁 EPA に対して鶴の一声を発し、一気に水質改善が改善され、一つのモデルケースとなりました。

これらのモニタリング調査をとおして、最も深刻だとわかったのがニューオリンズ周辺水域での事例です。ニューオリンズはジャズの街として知られていますが、その北側にはポンチャートレイン湖という幅 60km ほどの大きな汽水湖が存在し、東側にミシシッピデルタがあります。また、画像下の楕円で囲んだ部分が、現在のアメリカで最も水質汚染が懸念されているエリアです。



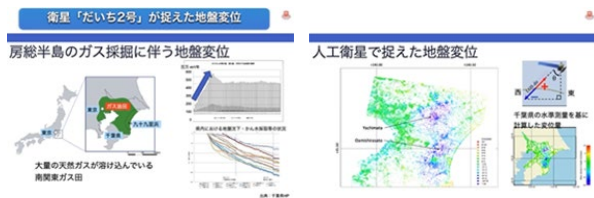
右側の画像の左上はニューオリンズの標高を色分けしたもので、青色系統は海拔より低いエリアです。その下が土地利用図で、真っ赤な部分は人口密集地です。この2つの画像を重ねると、ニューオリンズのほとんどのダウンタウンが海拔より低いことがわかります。加えて都市のインフラも古く、地盤沈下や下水道設備の老朽化に伴う汚水の漏れが発生し、北側のポンチャートレイン湖の水質を悪くしたのです。左下の画像でわかるように、多くの濁水が流れ出てしまっています。それでも、約 20 年間にわたる住民の努力と下水道設備のメンテナンスによって、水質は大幅に改善されました。

ただし、ミシシッピ川はアメリカ大陸を約 5,000km にもわたって流れ、周辺の汚れも運んできた後、ミシシッピデルタの辺りからメキシコ湾へと流れていきます。その結果生まれてしまったのが、画像左下の“DEAD ZONE”、学術的には「貧酸素水塊」です。富栄養化が進み、プランクトンの死骸が沈降した後、それが分解される過程で水中にある大量の酸素が消費され、それまで生息していた魚介類が死んでしまうのです。

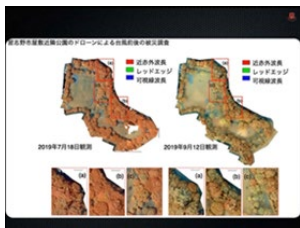


次に、本学の同分野で活躍する若い教員の研究内容もご紹介します。

関東地方には、大量の天然ガスが溶け込んだ南関東ガス田があるとされ、千葉県の上九十九里から茂原にかけてのエリアで、1950 年頃にガスとヨウ素の生産が始まりました。深い場所では数 km 掘られており、そのせいか最大で 1m の沈下が発生し、沈下面積は 800 km²に及ぶと考えられています。これを先ほどの「だいち」のレーダーで捉えると地盤変位の量がわかるため、データを継続的に追うことで、変位スピードの速さの違いなどを明らかにする研究です。



また別の教員は、ドローンを用いた近接リモートセンシングを進めています。研究対象となるフィールドは非常にローカルな習志野市内の公園です。行政機関では台風の通過前後で被災調査を行っていますが、この教員は環境評価の一環として、空中から見てどの程度の被害調査が可能であるかを研究しています。これらの狭い限られた範囲の解析は人工衛星データでは対応できない規模であり、昨今の近接リモートセンシングのトレンドにもなっています。



最後に紹介するのは、北海道で試験的に行われている取り組みです。ドローンを使って大型農場での農薬散布を行うほか、ドローンに搭載した赤外線センサーで植物の生育状況や害虫の有無を監視するシステム開発をめざしています。今後、世界的な人口の増加に伴って食の問題はより盛んに議論されていくことになります。必要な食糧は確実に増えていくわけですから、それをどこで生産するのかという議論は不可避ですし、そもそも土地が健康に保たれなければ生産できないのです。

こうした食糧問題をはじめとして、私たち人間の安全保障の根幹は、「環境の持続可能性」を確保することにあります。加えて、私は工学的な視点で物事を捉えていますが、環境問題は人間ありきの問題。自然科学、社会科学、人文科学の諸学の成果を統合させた環境評価が必要になるでしょう。求められるのは、“Sustainability”を重視しながら、“Think Globally & Act Locally”を実践すること。世界規模で物事を考え、ローカルなところから行動を起こしていくことが大切なのです。