

身近にある
宇宙航空技術2



宇宙から、地球へ。



LIFE × JAXA part 1

水のゆくえをたどる

明日天気になあれ	5
衛星観測データで水災害を防ぐ	7
衛星からダムのがみを見る	13
GPSで送水管へナビゲートする	15
富士の地下水の流れは絶えずして	17
焼酎酵母、宇宙へ	21
宇宙から地球の「雨」を見る	23
宇宙から陸地を詳しく測る	27

LIFE × JAXA part 2

空の安全をささえる

飛行を再現し、操縦に活かす	31
突風をとらえ、揺れに備える	33
緊急時の空で、混雑をさばく	37

JAXAのとりのくみ	43
------------	----



人工衛星やロケット、航空機などの開発を通じて蓄積された技術は、実は私たちの身近な生活にも役立っています。

本冊子では、水と安全に着目し、私たちの生活の中にある宇宙航空技術を追いかけました。

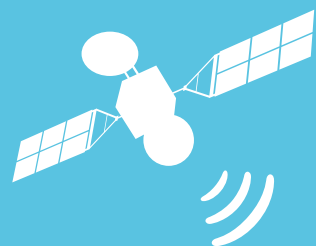
蛇口をひねれば出てくるおいしい水、遠くへも安全に運んでくれる航空機、すぐに確認できる気象情報。いろいろな「当たり前」を陰で支えているプロフェッショナルたちにインタビューを行いました。

また、災害予防、災害救助や事故防止といった、「もしもの時」にそなえて、日々研究され、実用化されている技術を紹介します。

みなさんの生活の中に、宇宙航空技術があることを感じていただければ幸いです。

2014年4月 JAXA 新事業促進センター





LIFE  JAXA part 1

水のゆくえを たどる

「水の惑星」とよばれる美しい星、地球。

地表の約7割は水で覆われています。

水は生命の源であり私たちの生活に欠かせないものですが、

時として災害をもたらす元凶ともなります。

古くから人類はどうすれば水を上手に利用できるのか、

知恵を絞ってきました。

天候の予測、ダムの造成、防波堤の建設、上下水道の整備…。

水を治めることは、豊かな生活、安心な暮らしにつながるのです。

地上に降り、大地を流れ、海に注ぎ、また大空に還る。

そのゆくえを追ってみました。



明日天気になあれ

天気予報の進化と人工衛星

夕焼けが赤いと明日は晴れ、お月様に^{かさ}暈がかかると雨になる…、暮らしに関わりの深い天気は、昔からさまざまにいい伝えられてきた。今は、全国を網羅する観測施設やレーダー、宇宙から地球を観測する気象衛星などにより、天気予報はどんどん正確になり、台風や集中豪雨などの予報により防災でも大きな役割を果たしている。天気予報はどのようにつくられているのだろう。東京・大手町にある気象庁の「気象科学館」を訪ねた。

風は定まりなし、
天気は変わりやすし…

皇

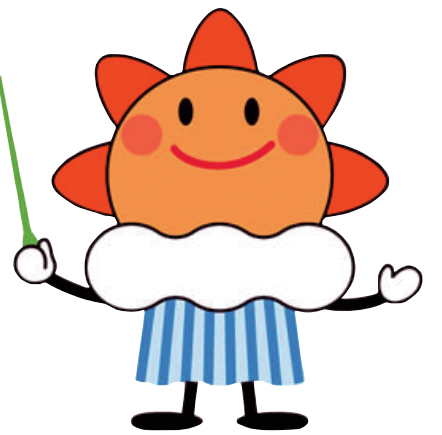
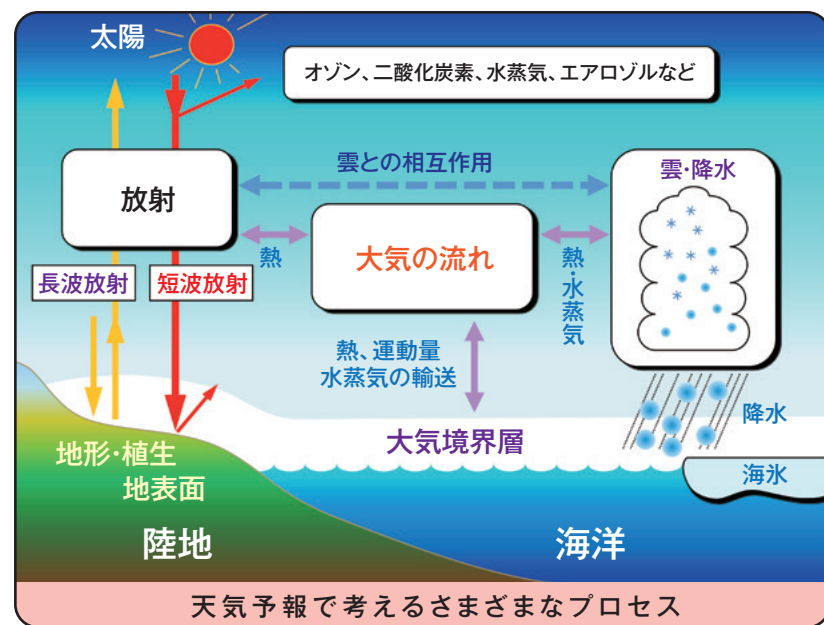
居のお堀のほとりにある気象庁、その一階に「気象科学館」がある。平日にもかかわらず、ゆるキャラ「はれるん」君に迎えられて親子連れや小学生たちが熱心に見学していた。「ふだん、テレビや新聞などで当たり前のようにお世話になっている天気予報なのに、どのようにつくられているのかよく知らないで勉強にきました」とお母さん。「地上気象観測」「衛星・レーダー観測」「天気予報が届くまで」のコーナーでは、

気象観測や天気予報を作成する仕組みがやさしく紹介されており、地震関連や地球環境のコーナーなどもあって、大人にとっても楽しめる展示となっている。

日本で天気予報が始まったのは、明治時代のこと。1872年(明治5年)に、北海道の函館に日本最初の気候測量所が開設された。3年後の1875年6月1日には東京の溜池羹町(今のホテルオークラあたり)に東京気象台(気象庁の前身)ができ、英国製の機械を使って気象観測と地震観測が始まった。これにちなんで、6月1日が「気象記念日」になっているそうだ。

1883年には、東京気象台で初めて天気図が作成され、翌年6月1日から毎日3回の全国の天気予報がスタートした。ちなみに、日本最初の天気予報は「全国一般、風の向きは定まりなし、天気は変わりやすし、ただし雨がち」という何とも大らかな内容だった。

当時、明日の天気はどのようにに予報したのだろうか。年配の人なら、小学校の教室にあった「百葉箱」を覚えていることだろう。白い小さな箱の中には温度計と湿度計が入っていた。さらに、気圧計や風向風力計、雨量計などを各地に置いて観測したのだが、



気象庁のマスコットキャラクター、はれるん

当初は観測施設の数が少なく、ほとんど人手を使ってデータを集めて分析するのだから、正確かつ迅速な予報はなかなか難しかったと思われる。

海上や上空の大气も
観測して精度を高める

科

学的な天気予報がつくられるようになったのは、17世紀にイタリアのトリチェリーが気圧計を発明してからのことだ。気圧変化が天候の変化と関係が深いことがわかり、各地に気圧計を置いて観測し、地図に等圧線を描いた天気図がつくられた。この天気図の変化を読み取ることで、低気圧・高気圧の活動などが

確かめられるようになった。

雨を降らせる仕組みは、太陽光で海面や地表が暖められて水が蒸発し、上空の大气中で冷やされて雲をつくり、水蒸気が雨粒や雪となって地表に降り注ぐというモデルになるが、日照は地域・季節・時間によって異なり、それに

つれて海水温や地表の温度、気温も常に変化する。しかも、地球上の海と陸の分布は様でなく、陸は山や谷、平野など地形が入り組んでいるので、水の循環モデルは簡単にはとらえきれない。

精度の高い天気予報を行うには、観測点を増やし、長期にわたってデータを蓄えて自然現象をとらえていかねばならない。それも地表だけ

でなく、海上や雲をつくる上空の大气の状態などもきめ細かく観測することが必要になってくる。

現在、気象庁では、「地上気象観測」「気象レーダーによる観測」「高層気象観測」「衛星による観測」を中心に、24時間体制で観測を行っている。

「地上気象観測」では、全国約160か所の気象台や測候所と全国約1300か所に設置した地域気象観測システム「アメダス」が、降水量、気温、日照時間、風向風速、積雪などを観測している。国内では20キロメートル四方に1か所の観測施設がある計算になる。

「気象レーダー」による観

測は、全国20か所に設置したレーダーにより、激しい雨や大雪をもたらす積乱雲(雷雲)の発生とその動きなどを監視している。アンテナから電波(マイクロ波)を発射して、半径数百キロメートル内にある雨や雪に反射して戻ってくるまでの時間をもとに距離を測り、電波(レーダーエコー)の強さから雨や雪の程度も観測できる。最新の気象ドップラーレーダーでは、雨や雪の強さだけでなく、戻ってきた電波の周波数のずれ(ドップラー効果)を利用して、雨や雪の動きを観測することができ

る。また、数十キロメートル上空までの「対流圏」で発生する。さらに上空の「成層圏」で起きる現象も対流圏に影響をおよぼすので、ラジオゾンデやウィンドプロファイラで観測している。

「高層の気象観測」は、上空の大气の様子を観測するもの。低気圧などは地表か



アメダス(AMeDAS): Automated Meteorological Data Acquisition Systemの略。「地域気象観測システム」

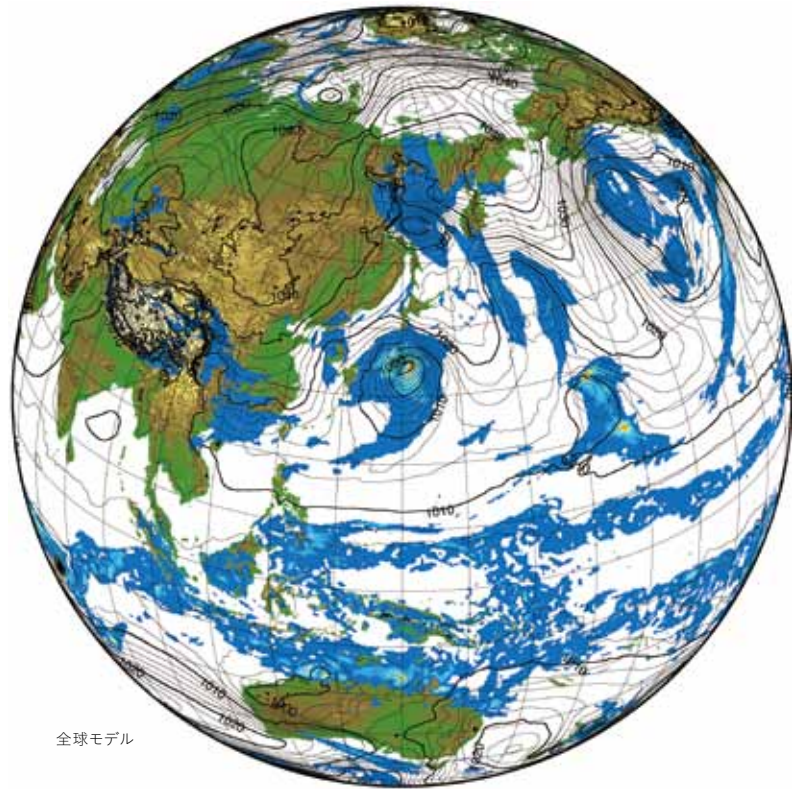
数値予報の父、 リチャードソンの夢

最初に、数値予報に挑戦したのは英国のリチャードソンという気象学者。1920年頃、200キロメートル間隔で地表から上空5層の気圧データを集めて、6時間後の天気予報に取り組んだ。しかし、すべて手計算だったために結果を出すまでに1か月以上もかかり、計算方法にも問題があったため、ありえないような気圧変化の答が出てしまった。しかし、彼は「仮に、64,000人が大きなホールに集まり1人の指揮者のもとで整然と計算を行えば、実際の時間の進行と同程度の速さで予測計算を実行できる」と負け惜しみを記している。これを「リチャードソンの夢」という。

「リチャードソンの夢」を叶えたのは、コンピュータの発明だった。

1946年に、米国のペンシルベニア大学のモークリーとエッカートによって世界初のコンピュータ「エニアック」が開発された。このエニアックを使って、数学者ノイマン、気象学者チャーニー、フォルトフトラが数値予報を試みたところ、見事に成功した。

こうして、1955年に米国気象局にコンピュータが導入され、数値予報が実用化された。わずか4年後の1959年(昭和34年)には、日本の気象庁にもコンピュータが導入され、世界で2番目に数値予報を開始した。



全球モデル

各格子に与えられた初期値をもとに、今後の気象の推移を計算するプログラムが数値予報モデルだ。気象庁では、1959年に世界で2番目にコンピュータを導入し、数値予報を始めている。しかし、1980年代半ばになっても約280キロメートルメッシュの粗いものだった。その後、気象衛星が本格的に運用されて全球の観測データが充実するとともに、

客観解析手法も改良が重ねられ、現在では、縦、横、高さ方向に時間変化の要素を加えて初期値を作成する「四次元変分法」という最新の方法が用いられている。数値計算を行うコンピュータも、1秒間に847兆回の超高速で計算する世界最大級のスーパーコンピュータが導入されたことで、数値予報システムは格段に進化を遂げた。

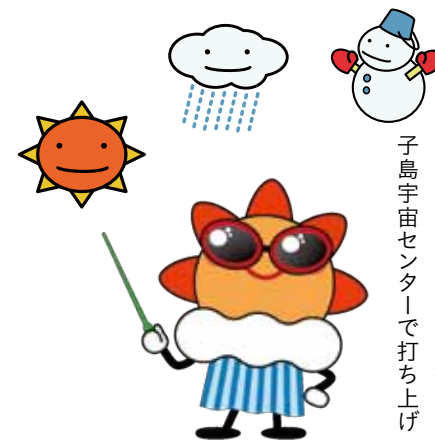
街の天気や週間予報も可能になった

現

在、気象庁では、今日、明日、明後日の天気と風と波、明日までの6時間ごとの降水確率と最高・最低気温を予想する「天気予報（正式には府県天気予報）」を毎日5時、11時、17時に発表している。さらに、24時間先の20キロメートル四方ごとの天気、気温、降水量、降雪量を予報する「天気分布予報」や、7日先までを予報する「週間天気予報（全般、地方、都府県）」、「海上予報」、「季節予報」などさまざまな天気予報を作成している。

特に、地域の明日の天気を教えてくれる「天気分布予報」は、洗濯をしたり、買い物に出かけたりする際に参考になっている家庭も多いはずだ。明日、運動会が開けるかどうかを知るうえでも強い味方になっている。

これらが可能になったのも、数値予報の「全球モデル」が20キロメートルの細かいメッシュになったからだ。さらに、日本の周辺だけでなく、数日後には日本に影響をもたら



「ひまわり」は、1977年に米国で打ち上げられたが、1981年打ち上げのひまわり2号からJAXA（当時は前身の宇宙開発事業団）の種子島宇宙センターで打ち上げ

さらに、気象庁では、世界各国の静止気象衛星や極軌道衛星（地球の両極を縦に回る衛星）の情報や、海上を航行している船舶や航空機などの情報も活用して観測精度を高めているようだ。

ラジオソンドは気球に観測器を取り付けたもので、高度約30キロメートルまでの気圧、気温、湿度、風向風速を観測している。ウインドプロファイラは地上から上空に向けて電波を発射し、反射波をもとに約5キロメートル上空の風向風速を10分置きに観測している。

そして、「衛星による観測」では、おなじみの気象衛星「ひまわり」が、赤道上空約35800キロメートルから、雲の動き、雲の高さ、上空の風、火山灰の分布、海面の水温などを30分ごとに観測しており、海上で発生した低気圧や台風の勢力や動きをつかむのに重要な働きをしている。

「ひまわり」は、1977年に米国で打ち上げられたが、1981年打ち上げのひまわり2号からJAXA（当時は前身の宇宙開発事業団）の種子島宇宙センターで打ち上げ

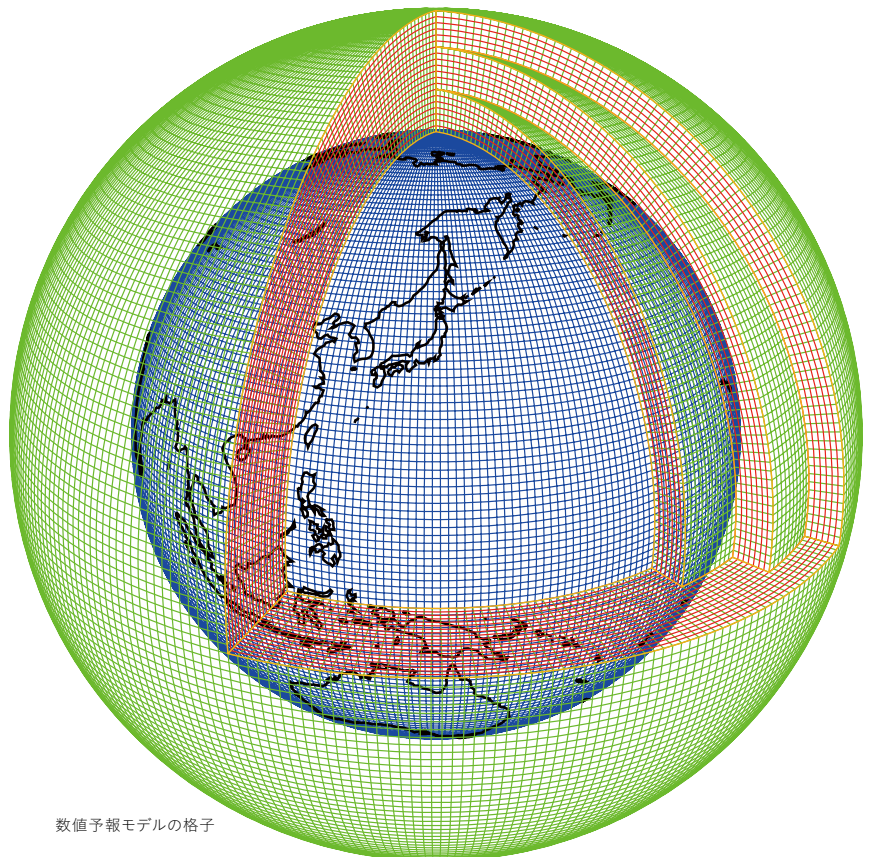
大気を立体格子で区切って予測する

一

うして世界各地で観測されたさまざまなデータは、全球通信システムを通じて24時間休むことなく気象庁に集められる。膨大なデータはどのように天気図や天気予報に活かされているのだろうか。データ処理だけでも大変だが、天気は気温、気圧、風向風速などの条件が少しでも変わると、お互いが影響しあっている。より大きな変化をもたらす性質があるため、天気図作成や天気予報づくりは長年の経験とカンが大きな要素となっており、天気予報の精度向上と速報性向上が大きな課題だった。

そこに登場したのが、「数値予報」（数値シミュレーション）である。風や大気中の水蒸気などの時間変化を、物理学の方程式を使って科学計算を行うことで、その後の大気の状態変化を迅速に予想するものだ。

数値予報でまず重要になるのは、実際の観測データをコンピュータで扱いやすいように整理・加工することである。



数値予報モデルの格子

数値予報では、地球を取り巻く大気を規則正しい立体的な格子（メッシュ）で細かく区切り、世界中から送られてくる観測データをもとにして、一つ一つの格子点の気圧・風・水蒸気量などの現在値（初期値）を与える。しかし、実際の観測施設は等間隔に設置されているわけ

はないので、観測データに基づいた解析を行って初期値を決める（客観解析）。観測施設は北半球の陸上に片寄っていて、海上や開発途上国などでは観測データが得られない空白地帯が広がっている。で、気象衛星などから得られる観測データが初期値づくりに欠かせない。

す欧州やシベリア、アジア、熱帯地域などの気象を含めて予測することで、「週間天気予報」や「台風予報」、さらには梅雨前線などの予報の精度向上につながっている。全球モデルより細かい「メソモデル」では、日本周辺を5キロメートル四方のメッシュに区切って計算することで、数時間から1日先の集中豪雨や暴風などをもらす局地的な気象現象を予測して、災害防止、住民の避難などに役立つ情報を提供している。

でも予報が外れる場合がある。それは、初期値に含まれる小さな誤差が相互に影響しあって大きな誤差につながる。ことがあるからだ（ローレンツ・カオスという）。

気象庁では、こうした誤差を防ぐために、1回の計算で答を出すのではなく、何回も計算を行って統計的な手法をとることによって予報を行っている。

ユニークなのが「アンサンブル（集団）予報」だ。数値予測技術の進歩で天気予報の精度は向上したものの、それ



「カオス(混沌)」を発見した気象学者

COLUMN

米国の気象学者ローレンツは、1961年、気象変化の連立方程式に取り組んでいた。ある日、コンピュータが出した計算結果を検算するために、数値を再入力してコーヒープレークに向かった。やがて戻ってきた彼は、コンピュータがまったく異なる計算結果を出していることに驚いた。原因を調べると、検算では小数点以下四桁以降の値を省略して入力したためだった。この程度の誤差など問題にならないと思ったからだ。微小な誤差が計算過程で大きな影響をもたらして、まったく異なる結果を導いたのだ。

この現象は「ローレンツ・カオス（混沌）」とよばれ、数学や物理学の重要な研究領域になっている。

COLUMN 気象科学館に行こう

雨が降る仕組み、気象予報業務、地震や津波から身を守る方法を映像などで紹介したコーナーがある。

〒100-8122 東京都千代田区大手町1-3-4
気象庁1階
●問い合わせ TEL:03-3212-8341
●開館時間 10:00~16:00
●休館日 年末年始
●交通 東京メトロ竹橋駅より1分、
大手町駅より5分、JR東京駅より20分

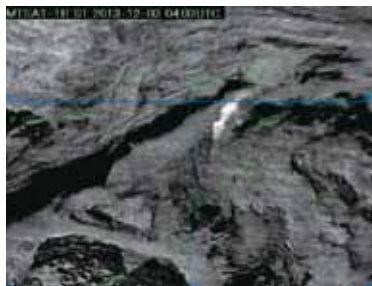


例えば、空気中で木の葉を落とした場合、ひらひらと舞うので落下点は一定しない。しかし、何回も落としてみれば、だいたいこの範囲というサークルの内側に落ちることがわかる。これがアンサンブル（集団）予報の原理であり、台風の進路予報で示されるサークルが、まさにその結果である。

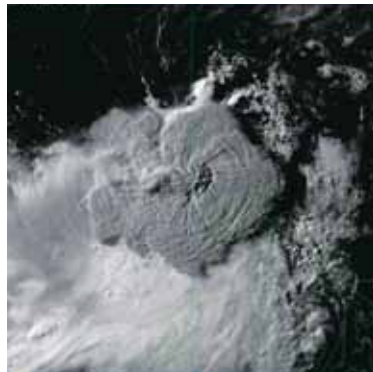
予報精度を高める
人工衛星データ

二のように進化を続ける天気予報だが、JAXAが2012年5月に打ち上げた「しずく」（第一期水循環変動観測衛星：GCOM-W）が、さらなる貢献を果たしつつある。

「しずく」には、高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）が搭載されていて、大気



ひまわりが観測したカムチャツカ半島の火山（左）とフィリピン・ピナツポ火山（右）の噴煙。「世界の衛星が連携して気象観測に取り組む国際協力を進めています。アジア各国のニーズに応じて火山灰などの観測を実施しています」（気象衛星課 山本さん）



また、気象庁では、低気圧や台風の発生と成長に関係が深い海面水温を、地球全体で1日1回解析しているが、その解析においてもAMSR2のデータを利用することで、品質の向上が見込まれたことから、2013年5月27日から、海面水温の解析に活用することになった。さらに、観測点の少ない北極、南極などの気候変動、

れることになったのである。

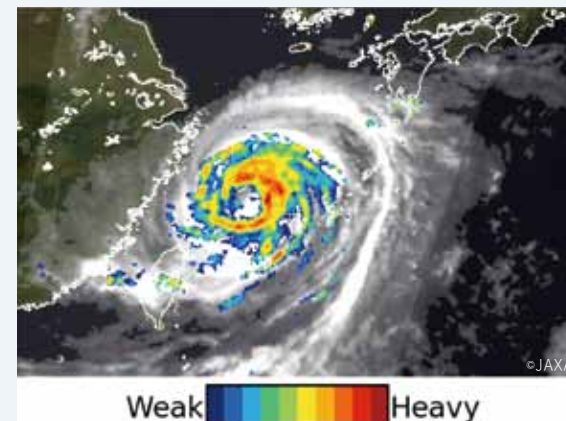
中の水蒸気や海や河川の水分子が発する微量のマイクロ波をとらえることができる。そこで、気象庁とJAXAが共同で、「しずく」のデータの有効活用のための調査と技術開発を進め、気象庁の数値予報システムで試してみたい結果、降水予測精度の向上が期待できることが確認できた。2013年9月12日からは、実際に数値予報システムに「しずく」のAMSR2のデータが使われることになったのである。

オホーツク海の氷の様子を観測する場合、冬の北の海はほとんど雲に覆われているので継続的な観測が困難だった。マイクロ波は雲にさえぎられることがないので、AMSR2によって雲の有無にかかわらず氷の様子を手取るようにとらえることができる。気象庁では、今後も、「しずく」のAMSR2の活用を促進し、2キロメートルメッシュの局地モデルによる、よ

りきめ細かい予報や、大気と海洋のモデルを結合して地球の将来の気候を予測する地球システムモデルなどに活かしていくことにしている。

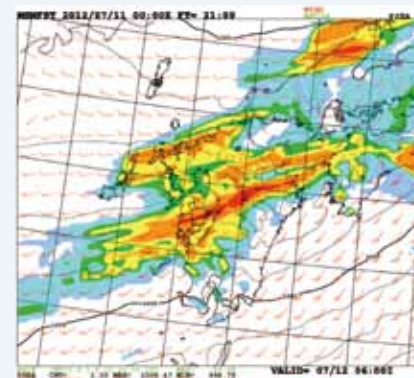


お話を伺った気象庁の皆さん。左から山本さん、木村さん、岡田さん、江河さん、河里さん、石崎さん

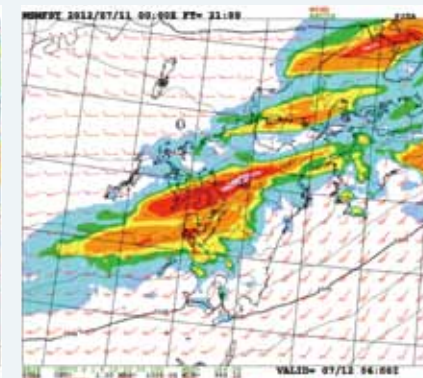


ひまわり（左）とAMSR2（右）が観測した台風

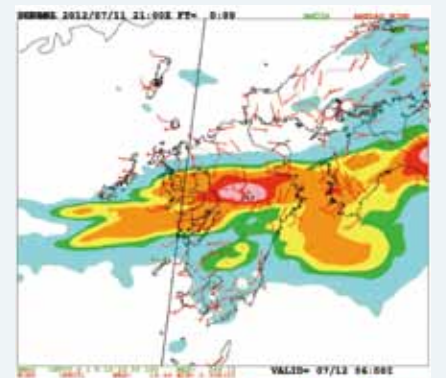
AMSR2なし



AMSR2あり

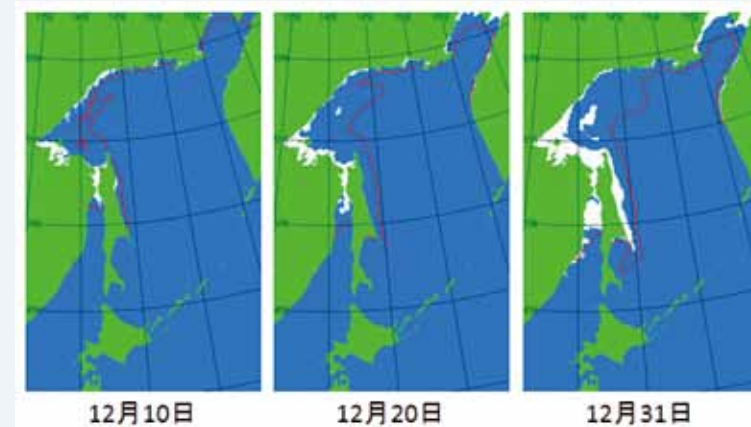


観測値

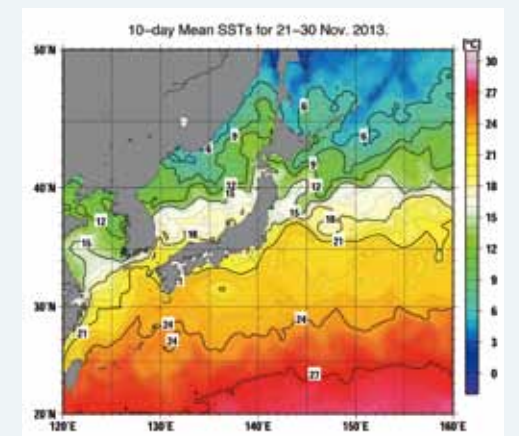


.4 1 5 10 20 50 100 [mm/3hr]

「数値予報システムにとってAMSR2データの有効性が確かめられ、今後、局地モデルの精度向上にも活かしていきたいと思っています」（数値予報課 江河さん）



「日本に大きな影響をもたらすオホーツク海の水情や、南極・北極の長期的な気候変動を解析しており、AMSR2のデータの継続提供に期待しています」（海洋気象情報室 岡田さん）



「『しずく』の海面水温のデータを活かして、熱帯性低気圧や台風の発生を予測し、事後解析に活用しています」（海洋気象情報室 木村さん、石崎さん）

画像提供：気象庁、AMSR2の台風画像のみJAXA

衛星観測データで 水災害を防ぐ

洪水予測で途上国に貢献

雨は豊かな恵みをもたらす一方で、大量に降れば洪水や土砂災害をまねく。とりわけ、防災体制が整っていない途上国では、たびたび深刻な水災害に見舞われている。

国連やユネスコでは途上国の水被害防止に力を入れているが、これに添えて、(独)土木研究所に2006年にユネスコ後援組織として設立されたのが、水災害・リスクマネジメント国際センター(ICHARM)だ。ICHARMでは「総合洪水解析システム」(IFAS)を開発し、フィリピンやパキスタン、インドネシアなどに無償提供し、大きな効果をあげつつある。

ユネスコの組織として 水災害防止に取り組む

水

災害から人命を守るには、堤防やダムなどのインフラ整備とともに、洪水を予測して速やかな避難を促す体制づくりが重要だ。

気象観測網が整備された日本では、雨量計や河川水位などの情報を活かして警報発令・避難が適切に行われているが、途上国では地上観測施設が十分でないうえに、洪水を予測して住民を避難させる仕組みが整備されてい

ない地域も少なくない。

「水災害はその国の発展を妨げるだけでなく、2012年に起きたタイのチャオプラヤ川の氾濫では、現地の日系企業も大きな被害を受けました。地球温暖化などの影響によって甚大な洪水被害は増加しており、国際社会として支援していく必要があります。しかし、途上国ではインフラを整備する資金が限られ、人材も不足しています。」

そこで、ICHARMが開発したのが「総合洪水解析システム」(IFAS)です。パソコンを使って簡単に洪水の

発生時期や規模を知り、避難や被害回避につなげることが

できるシステムとして、途上国に無償提供するとともに、研修を通じて人材育成にあたっています」と上席研究員の岩見洋一さんに、開発の背景と目的を紹介いただいた。

パソコン台で 洪水予測と警報発信

IFASとは、どのようなシステムだろうか。

地形、標高、地質、土地利用、

のタンク」と「地下タンク」にどの程度貯まり、どの程度が川に流出するかをシミュレーションするもので、地表の地形や土壌、地下の地質などによって川に流出する水量は変わってくる。

パソコンが1台あれば、分布モデルの作成から、河川への流出計算、結果表示までの一連の解析ができる。しかも、通信環境に恵まれない国・地域に配慮して、平常時からこまめに降雨データを収集して計算するというシステム設計としているそうだ。

地上データが得にくい 途上国で注目

ICHARMでは、2008年に衛星降雨データを自動的にダウンロードして流出計算を行うシステムを確立した。

これらIFASの実証研究の成果が高く評価され、アジア開発銀行のプロジェクトとして、2009年からインドネシアのソロ川流域でIFAS導入プロジェクトがスタートした。2011年には警報を発信する機能を強化して、

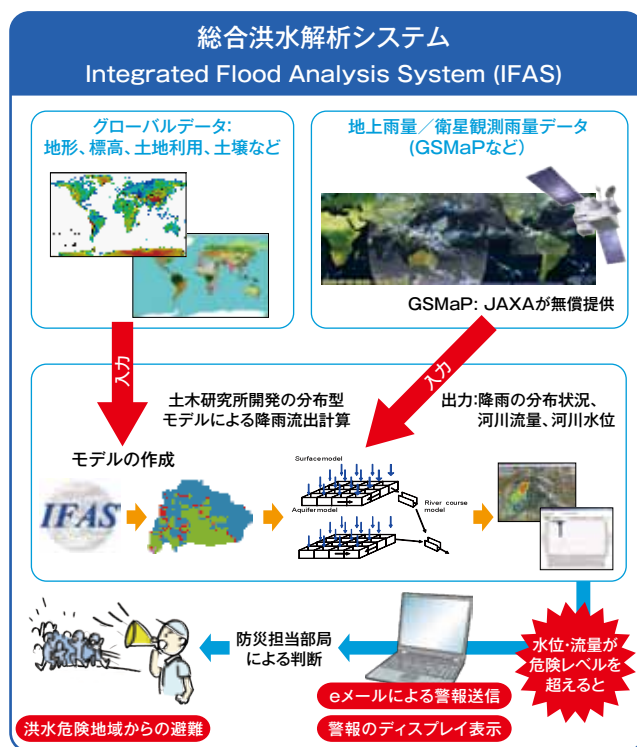
新たな検証を行った。その後、2012年にはフィリピンのカガヤン川流域でも流量計算を行っている。

プロジェクトでは、システムの提供だけでなく、ICHARMの研究者が現地に入ってIFASを使いこなすための担当者のトレーニングも実施している。

さらに、ユネスコの「パキスタンにおける洪水警報と管理能力の戦略的強化プロジェクト」として、インダス川とカブール川の洪水予測システム構築も開始した。

「カブール川上流部のアフガニスタンは、内戦の影響もあって地上雨量観測データがほとんど得られない空白地帯となっているため、衛星による観測データが洪水予測で重要な役割を果たしています」と岩見さんは語る。

こうしたシステムの開発・検証とともに、ICHARMでは、プロジェクトを実施していない国も含めて、IFASの操作実習・普及のための一般研修を行っている。2013年には、JICA(国際協力機構)の人材開発プログラムとして、フィリピン、タイ、ベトナム、バングラデシュ、ケ



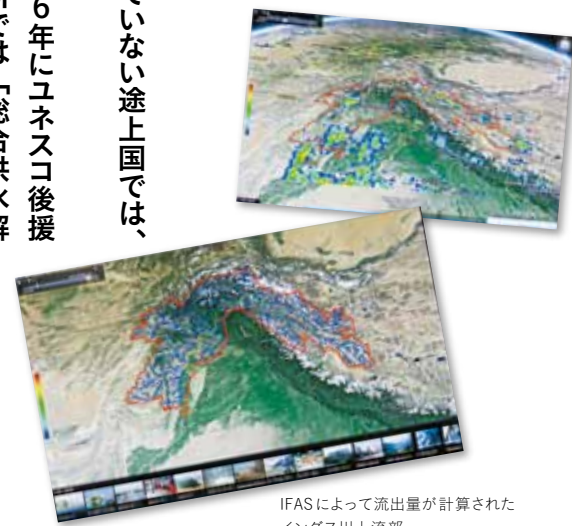
ICHARMの資料を元に作成



2013年9月にジャカルタで行われたASEAN 10か国の担当者への衛星データを活用した防災研修。提供: ICHARM



岩見さん

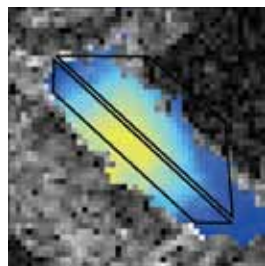


IFASによって流出量が計算されたインダス川上流部



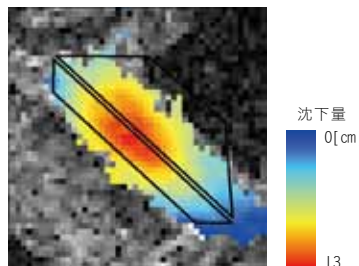
沖縄県にあるロックフィルダムの大保協ダム

ダム完成から1年後



InSARによる大保協ダムの沈下量の変化

ダム完成から4年後



経年的な沈下量の増大と、高さが高いダムの中央付近の沈下量が大きい傾向をとらえている



GPSセンサーをダムに設置して変位を計測する



埋め込みタイプのGPSセンサー



国際航業株式会社

開口部をもつ巨大アンテナが必要だ。しかし、衛星が飛行しながら電波の送受信を行うことで起きる電波の干渉(※)を利用すれば巨大アンテナに相当する分解能が得られるため、「合成開口」とよばれている。とはいえ、「だいち」の分解能は約10メートルだから、ダムの微小な変位を測定できるのだろうか。

「理論的には可能ですが、実際にはかなり苦労しました」と佐藤さんは率直に語る。GPSによる変位計測で実績をあげてきた国際航業をパートナーとして、2006年に完成した沖縄県の大保協ダム(ロックフィルダム)で、InSARによる変位計測を試みた。大保協ダムでは24か所に設置したGPSセンサーによる計測も行われており、両者を比較することでInSARの精度を検証する狙いだった。

「しかし、InSARではなかなか精度の良い結果が得られず、いろいろ試行錯誤しました。ある日、ノイズ(乱れ)かと思われた赤いメッシュが大保協ダムの形に一致しているのを発見したときは、『やった』と思わず叫びました」と国際航業の本田謙一さん。

GPSの計測では、2006年からの4年間で最大約10センチメートルの沈下が確かめられたが、『だいち』のデータによるInSARでは変位が最大で2割程度少なく示される傾向がでた。しかし、『2013年度中に打ち上げられる』だいち2号(ALOS-2)のレバンドSARのスポットライトモードでは1〜3メートルの分解能が期待できる(佐藤さん)ので、チームは、InSARのさらなる精度向上に取り組んでいる。

共同開発を行っている国際航業の虫明成生さんも、「当社は航



左から、土木研究所の小堀さん、佐藤さん、国際航業の本田さん、虫明さん、手束さん

写真、観測画像提供：土木研究所

衛星からダムのゆがみを見る

自然災害時にも威力を発揮

ダムの安全管理に、人工衛星が大きな役割を果たしつつある。大量の水を貯えるダムの安全管理のために厳しい基準が設けられているが、(独)土木研究所では、人工衛星を利用してダムのような大型構造物の変位を精密に測定する研究に力を注いでいる。

これまでは人手で測量していた

ダム

ムには、大別してコンクリートダム(アーチダム、重力式コンクリートダムなど)と、ロックフィルダム(岩や石を固めたダム)がある。

日本では、定期的なダムの变形検査(変位計測)や漏水検査などが法令で義務付けられている。ダムは、建設当初(第一期)から3〜10年程度(第二期)までは地盤なじむためにある程度動くので、それを想定して設計・建設されている。法令では、この

そ

GPSでダムの動きをチェック

ここで、近年は、GPS(全地球測位システム)を使った変位計測が行われるようになってきた。ダムの主要な場所に複数のGPSセンサーを設置して、衛星から届く電波をキャッチして精密な位置測定を行うものだ。

「GPSにより、リアルタイムで安定した変位データが得られるようになりました」と土木研究所の水工研究グループ水工構造物チームの小堀俊秀さんは語る。

ロースアップされた。

次世代技術

「InSAR」の研究へ

土

木研究所では、GPSによる変位測定の精度向上とコスト低減につながる研究を進める一方で、次世代技術として、人工衛星の合成開口レーダー(SAR)がとらえたデータを使って土木構造物の変位計測を行う「InSAR」の研究を開始した。

「GPSシステムでは、ダム各所に設置したセンサーで計測した点の集合として変位をとらえますが、JAXAが2

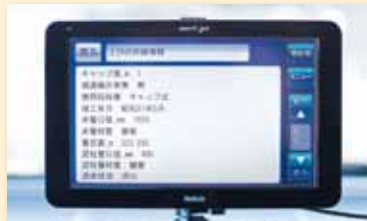
空機、宇宙などさまざまな手段を活用してリモートセンシングサービスを提供しており、新たな手段としてInSARの実用化にも積極的に取り組んでいきます」と力強く語っている。また、国際航業の手束弘さんは、「構造物により要求される精度が異なるので、InSAR、GPS、測量などの長所を融合できる技術開発に取り組んでいきたい」と語っている。

※複数の波が重なって、互いに強め合ったり、弱め合ったりする現象。電波のうなりなど

「管路ナビ」で水道管をメンテナンス



1 車載の「管路ナビ」で点検が必要なマンホールの位置を確認



2 水道管の種類、管径、敷設年度などの関連情報を確認



3 「管路ナビ」の誘導でマンホールへ。着いたらマンホール番号を確認



4 マンホールを開けて点検を開始



5 マンホール内部を点検



6 事務所に戻って作業内容を入力



直径1.65メートルの送水管が見える落合取水場

岐

カーナビと水道施設
データベースを統合

岐阜県水道では、パソコンの地図情報（GIS）に送水管の種類、管径、敷設年度などの関連情報も検索できる専用システムを導入してきたが、現場に向かう車中や現地で送水管や施設に関する

業務経験の浅い職員が施設管理を担当することが増えているため、維持・管理を効率的に行うためにも対策が必要となっていました」と、水道企業課長の松葉桂二さんは振り返る。

松葉さんは、10年ほど前に、GPS機能をもつカーナビゲーション（カーナビ）の地図に送水管路を重ねて表示、誘導する「管路ナビゲーションシステム」（管路ナビ）の開発に取り組んだ。システム開発をコンサルタントなどと打ち合わせるなかで、当初、メーカー担当者は費用対効果の面で難しいという反応だった。しかし、開発に向けた熱い思いと水道エンジニアしか知りえない内容を聞くうちに、地上からは見ることのできない地中に埋設された送水管へのルートでGPSで誘導する発

想を確信することができた。より迅速かつ適切な対応を行うことができるようになる。

岐

漏水現場に
急行するために

岐阜県中津川市、百名山に数えられる恵那山がそびえ、島崎藤村の「夜明け前」で知られる木曽路・馬籠宿など、観光客でにぎわう美しい街だ。駅から車で10分ほどの山あいには岐阜県中津川浄水場がある。中津川浄水場では、木曽川上流の牧尾、味噌川、阿木川ダムを水源として、一日最大約10万立方メートルの水道用水を、中津川市、恵那市、瑞浪市、土岐市、多治見市の5市約30万人に供給してい

る。これら東濃地域の5市は、JR中央本線に連なるように並んでおり、送水管の総延長は約100キロメートルにおよび、マンホールなどの施設も1000か所以上を数える。「岐阜県では、1970年代から東濃および可茂地域の人口増加に備えて、木曽川、飛騨川を水源に流域7市4町の約50万人に水道用水を届ける岐阜東部上水道用水供給事業を進めてきました。しかし、建設から35年以上が経過し、施設は老朽化してきており、中津川浄水場が所管する送水管路でも漏水

事故が発生しています。各市の水道事業者は水道用水を供給する送水管は大容量・高圧なので、初動対応が遅れると大きな被害につながるおそれがあります。漏水事故が発生した場合、迅速な復旧作業が求められますが、送水管は中山間地に多く埋設されているので図面だけを頼りにしては現場を特定しにくく、特に夜間や積雪時には送水管やマンホールなどの位置を速く正確に見つけることが難しくなります。また、現場の施設を熟知しているベテラン職員の退職や人事異動により、



岐阜県水道のマスコットキャラクター、みずっち



中津川市内を流れる中津川の水管橋

送る

GPSで送水管へナビゲートする

速やかな点検と漏水復旧工事を実現

岐阜県営の東部広域水道事務所では、東濃地域と可茂地域の7市4町約50万人に水道用水を供給している。しかし、建設から35年以上が経過して送水管の老朽化による漏水事故も起きていることから、日常の点検と復旧作業を迅速・円滑に行うために、GPS（全地球測位システム）を使った「管路ナビゲーションシステム」を開発・運用し、都市用水の安定供給に努めている。





左から、岐阜県営水道の宇田さん、松葉さん、田中さん

「管路ナビ」は全国の自治体から高く評価されて導入が進んでいるが、岐阜県営水道では、県民生活や社会基盤を支えるライフラインとして、平時はもとより地震などの災害時にも安定した給水を確保するため、さらなるシステム強化を進めている。

川の濁度などが観測できるといいですね。浄水場に濁った水が流入すれば処理費用がかさみますし、沈殿池やろ過池の洗浄頻度も増します。そのため、日頃から気象情報に注意し、木曽川上流の水源地状況などの情報に気をつけていますが、宇宙からいち早く濁度を観測できれば、取水をあらかじめ停止するなどの対策ができます」と松葉さんは宇宙からの見守りに期待を寄せている。

想に注目し、下水道管、送電線、電話線、ガス管、消火栓などにも応用できる社会貢献性の高いシステムになりえることから、製品の事業化が動き出した。

種など）、施設（水道事務所、浄水場、取水場、調整池、給水地点、水管橋、電食防止装置など）の関連情報を詳しく検索できるが、「管路ナビ」では、記憶容量の限られたメモリーカードに情報をコンパクトに納められるよう工夫した。

このメモリーカードを端末に挿入すれば、カーナビの地図に送水管路、施設が表示されるだけでなく、施設情報の一覧も確認できる。そして、カーナビの特色を活かして、行き先や登録ポイントを簡単に設定でき、また音声によるナビゲーション機能もあるため、現場に不慣れな担当者でも最短コースで急行でき

きるようになった。



出発します」と宇田さん。浄水場を出ると急カーブの細い山道が続くが、地図上には危険か所の表示も出て、音声ガイド付きなので安心だ。施設情報や道路情報などはパソコンで職員が簡単に更新できるので、常に最新のデータが保存されている。

現場に到着すると、画面を切り替え、施設の詳細情報を再確認して、維持・管理作業にあたる。今回は、市内を流れる中津川に架かる水管橋の点検だ。ブルーに塗られた長さ138メートルの送水管は直径1・5メートルもあり、一日最大約10万立方メートルの水道用水が送水されているという。

「もし送水管が錆びて小さなピンホールができると、短時間のうちに孔が広がって大きな漏水事故になることもあります。そうなれば各市町への送水が停止するおそれがあることから、普段から送水管路の状態をチェックして異常を発見することに努めています」と宇田さん。

ほとんどの送水管は地中に埋設されていることから、こうした地道な点検作業が欠かせない。

岐阜県営水道では、「管路ナビ」以外に「復旧計画書作成支援システム」も開発することで、常時・非常時を問わず現場での効率的な作業を実現している。

復旧計画書作成支援機能による迅速な対応

「管路ナビ」などのシステムが威力を発揮するのは、漏水の復旧作業だ。復旧作業は、各市町への給水地点やポンプ場にあらかじめ給水をした後に、漏水か所の前後の制水弁を閉じて送水管の取り替えなどを行う。交換後は送水管内を洗浄し、水質検査を行い、安全を確認して制水弁を開ける。一つ一つの作業を間違いない行うには、順序だてた復旧計画書が必要となる。復旧作業は、水利用者に迷惑がかからないように深夜から明け方までの間に終えなければならぬ。職員20人が4班に分かれて、関係先への連絡、工事会社の手配、資材の準備、現場作業をこなす。漏水はどこで発生するかわからないので、迅速で正確な対応には高度な技術と経験がものをいう。

岐阜県営水道では、「管路ナビ」以外に「復旧計画書作成支援システム」も開発することで、常時・非常時を問わず現場での効率的な作業を実現している。

ユニセフに
きいた

「安全な飲料水」のために

私たち日本人は、1人当たり1日に200～300リットルの水を使っている。しかし、世界を見わたせば、生きるために最低限必要な1日20リットルの水が手に入らず、不衛生な水や環境のために下痢で命を落とす子どもが毎日1,600人もいる。人工衛星は、こうした子どもたちのために何ができるのだろうか。

いまだ約8億人が「安全な水」を求めている

2000年、国際連合は「ミレニアム開発目標」(MDGs)の中で、「安全な飲料水を利用できない人々の割合を半減する」ことを掲げた。

「安全な水」を確保できないと感染症につながるだけでなく、わずかな水を得るために女性や子供たちが多くの時間を使い、十分な教育や仕事の機会が得られないため、ひいては貧困の撲滅、女性の地位向上も実現できない。ユニセフ(国際連合児童基金)など国際社会は、「安全な水」のために支援を続けてきた。

「各国政府・機関と、個人の寄付などの協力でユニセフの活動は支えられています。井戸などの給水設備やトイレをつくるとともに、衛生習慣の普及も行っています。MDGsの『安全な水』の目標は、国際社会の努力によって2010年に達成できましたが、いまだ8億人近くが困っています。もっと心配なのがトイレです。排泄物が水源の川や池に流れ込み、感染症が広がる原因にもなっています」と、日本ユニセフ協会の浦上綾子さんは表情をくもらせる。

小さな井戸が生活を変え、夢を広げる

ユニセフでは、構造が簡単で安価な手押しポンプを提供し、アフリカや南アジアなどで井戸掘りを支援している。「井戸ができると、清潔で安全な水が飲めるようになり、病気が減って、子どもたちの表情が明るくなるのが実感できます。大切なのは、井戸の管理を通じて生活を改善していこうという意識が高まることです」と浦上さん。

干ばつ地域での井戸掘りは簡単ではない。100メートル以上掘っても出ないことが多い。そこで、人工衛星の観測データを利用して水脈を見つける試みが行われている。このほか、衛星から川や湖の汚染状況や干ばつの兆しなどがとらえられれば、予め対策を立てることができ、水問題に悩む地域に大きな貢献ができるのでは、と浦上さんは語る。

日本も、食糧難だった1949年から1964年にかけてユニセフから学校給食の粉ミルクの支援を受けてきた。現在、ユニセフへの民間協力額は、日本がトップの1億5,000万ドルとなっており、日本の貢献に期待が寄せられている。

※「ミレニアム開発目標」

国際開発目標の共通の枠組み。貧困撲滅、教育、保健、環境など8項目があり、それぞれ2015年までに達成すべき数値目標を掲げている。環境の項目で「安全な飲料水を利用できない人々の割合を半減する」と目標が示された。

井戸の水を飲む男の子(パキスタン)
©UNICEF/NYHQ2011-0083/Noorani

富士の地下水の流れは絶えずして

衛星画像による水の流動シミュレーション

キリン（株）基盤技術研究所（当時：フロンティア技術研究所）は、ウイスキーを生産する御殿場の工場が使用する地下水がどこからくるのか、その起源と経路、使用に伴う環境影響度などを確かめるために、三菱マテリアルテクノ（株）や大学と共同で、水文学の観点で地下水を追いかけることにした。この研究では、人工衛星の観測データを使った解析が大きな役割を果たしている。

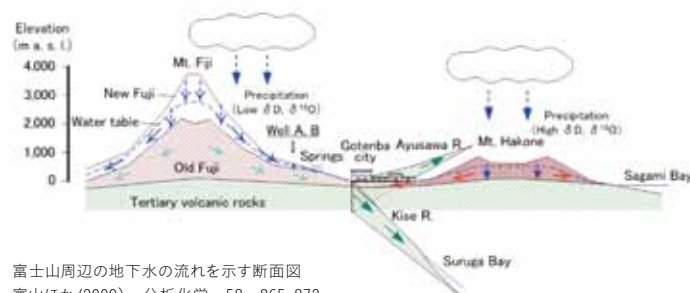
品質のために原料の「水」を調べる

キ リングループは、ウイスキーづくりに欠くことのできない良質で豊かな水を求めて、1973年に富士山の裾野に富士御殿場蒸溜所を設けた。現在、ウイスキーの他に、「キリン アルカリイオンの水」などを生産している。

富士御殿場蒸溜所が立地する場所は、富士山の東側の斜面上で、標高は630メートル。周辺には富士浅間神社境内をはじめ、名水として知

られる湧水が数多くあり、蒸溜所が採取している地下水も富士山起源と考えられてきた。

「とはいえ、品質を第一とする食品会社として、①水がどこからやってくるか、②継続的に使用可能なのか、③おいしい水を利用しつづけるために何か課題はあるか、などということを科学的に確かめたいと考えて、研究に取り組みました」と、R & D本部技術統括部／情報・調査担当の伊藤勇二さんは説明する。蒸溜所の周辺には箱根山や山中湖もあるので、その方面からの地下水が混じってい



富士山周辺の地下水の流れを示す断面図
富山ほか (2009)、分析化学、58、865-872

るかもしれない。

研究は、鉱山開発で地下水のふるまいを調べる水文学研究で多くの知見をもつ、三菱マテリアルテクノと共同で進め、岡山大学や静岡大学の協力を得た。

世界文化遺産「富士山」の地下水

2 013年に世界文化遺産に登録された富士山は、円錐形の美しい成層火山である。しかし、わずか300年余り前

分析ともよく一致した。地下水が届く時間も約50年となり、トリチウム濃度の分析ともほぼ一致した。

豊かな水を育む自然を守る

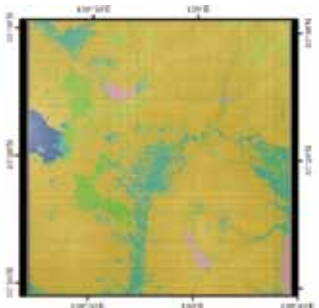
— 連の研究により、富士御殿場蒸溜所が採取している地下水は、標高2000メートル以上の山麓に降った雨が、「新富士」の地層を通って約50年かけて届いた水であることがわかった。しかも、水量が十分にあり、環境に影響をおよぼさないことが明らかになった。

「十分な水量があるからといって、水の無駄使いはできません。今回の研究結果を見て、おいしい水に恵まれていることに感謝しつつ、豊かな水を育んでくれる自然環境と共生し、自然を守る努力をいっそう続けていかねばならないと思っています。その一環として、キリングループでは、富士山麓の水源涵養林での植林をはじめ、森林保全活動に力を入れています」と企画担当の金田紀文さんは語る。

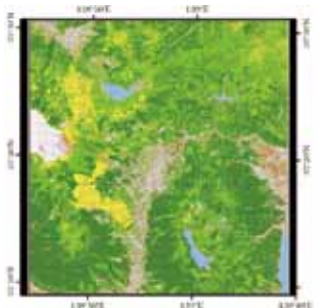
さまざまな角度から水を分析する

そ うした前提のもと、まず、蒸溜所が汲みあげている地下水の性質を精密に知るため、電気伝導率、水温、イオン濃度などを測定した。その結果、周辺の湧水などと同じタイプの「重炭酸カルシウム型」であることがわかった。ちなみに、箱根山系の地下水は「塩化ナトリウム型」なので、蒸溜所の地下水は富士山起源であることの根拠の一つとして考えられた。

次に、地下水は富士山麓のどこから来たか。これには水に含まれる同位体の分析が使われた。水は水素と酸素でできているが、水素や酸素には化学的な性質は同じでも重さ（質量）が異なる安定同位体があり、それらがまざっている。「重い（重い元素の比率が多



衛星画像から落葉樹、常緑樹など森林の違いや市街地かどうかを解析
富山ほか (2009)、分析化学、58、865-872



地質、利用区分、気象データから降水の蒸発散量を出した
富山ほか (2009)、分析化学、58、865-872

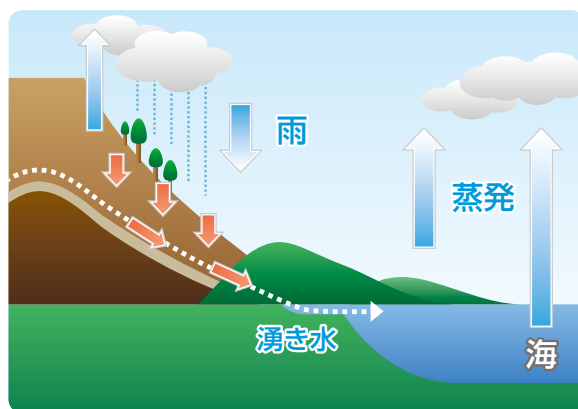
い）水」は早く雨粒になるため、標高が低くなるほど「重い水」が増える。この同位体分析により、蒸溜所の地下水は、富士山麓の中腹の標高1000〜2100メートルの斜面に降った雨が地下水となって届くことが推定された。

こうして、地下水の起源はほぼ明らかになったが、今度は、どのような経路で蒸溜所にたどりついたかということである。

研究チームは、これまでの地質調査をもとに、蒸溜所周辺40キロメートル四方の地形モデルを作成し、火山噴出物、花崗岩などといった地質ごとに色分けしていった。これを基本に、富士山麓の降水量分布と、地表からの蒸発量のデータを入力して、地下水の流動シミュレーションを行うことにした。

難しいのは蒸発量の設定で、季節や植生、市街地や農地など土地利用によって大きく変わってくる。そこで、人工衛星（ランドサット）の観測データを使って土地利用状況を区分けし、春と秋の画像を比較して植生による影響度も推定して、蒸発量を割り出した。

計算の結果、標高2000メートル以上の斜面から蒸溜所に至る地下水の流れが明らかになり、ボーリングによる地下水位調査や、同位体



の1707年（宝永4年）に中腹で大噴火を起こすなど、いまも活動する活火山だ。地質的には、約1万5000年前まで活動した「古富士」の上に、新しい火山活動でできた「新富士」が覆いかぶさって今の形になったと考えられている。

「古富士」は水を通しにくい火山泥流でできていて、「新富士」は水を通しやすい粗い火山噴出物が主体であるため、富士山麓に降った雨の多くは、「新富士」の地層にしみ込んで地下水となり、山麓で湧水として湧き出すと見られている。

この研究は大きな反響を呼び、三菱マテリアルテクノが、水起源ソリューションとしてビジネス化も図っている。

KIRIN



金田さん



富士御殿場蒸溜所で生産される「キリン アルカリイオンの水」
写真提供：キリン



伊藤さん

焼酎酵母、宇宙へ

酒づくりには、選りぬかれた原料と最適な水が欠かせない。それと、発酵の主役を演じる酵母と麹菌。それらが一つになっただけではじめて、伝統の技が冴え、ふくいくたる酒が誕生する。宇宙を旅した酵母や麹菌でつくられた焼酎があるというので、鹿児島県の蔵元をたずねた。

焼酎づくりを科学的に
解き明かすために
社会人入学

鹿児島中央駅からJR指宿枕崎線に乗りこみ、錦江湾と桜島の雄大な眺めを堪能しつつ指宿の手前の宮ヶ浜で降りた。ホームから美しい浜が望める懐かしい雰囲気。駅から歩いてすぐのところに、

「大山甚七商店宮ヶ浜蒸留所」があった。焼酎好きには知る人ぞ知る蔵元である。

出迎えていただいた五代目甚七大山修一社長は、杜氏であり、宇宙帰りの焼酎づくりの仕掛け人のひとりでもある。「きっかけは、鹿児島酒造

組合が鹿児島大学に寄付講座を開設したことにはじまります。鹿児島大学には国内唯一の焼酎学研究室があり、実は、私も2007年に社会人入学一期生として飲島教授のもとで学んできました」と大山社長は語る。

東京の大学を卒業して間もなく、父の四代目甚七が亡くなったため、大山社長は24歳で急きょ実家に戻って五代目を継ぐことになった。「焼酎づくりは朝早くから夜遅くまで家族総出でさつま芋の皮を剥くなど大変な仕事ですから、本当はやりたくなかったですね」と当時を振り返る。

氏として自分で仕込み、納得できる商品をつくらうと決意したそう。今でこそ焼酎がもてはやされているが、当時は販路も市場も限られており、10年ほど前には厳しい経営を余儀なくされたこともあった。そんななか、明治8年創業の代々受け継がれてきた伝統の技と味を守るために地道に研鑽を重ねてきた。そうした努力が報われて、芋焼酎が全国で評価されるようになってきた。大山社長はそこで満足せず、「私は親父の背中を見ることができずに自分流で何とかここまでやってきましたが、後継者に同じ苦勞をさせないために焼



指宿から望む錦江湾

大山甚七商店のホームページ
<http://jin7.co.jp>



焼酎づくりに情熱をかたむける大山社長

日々が2年間続いた。

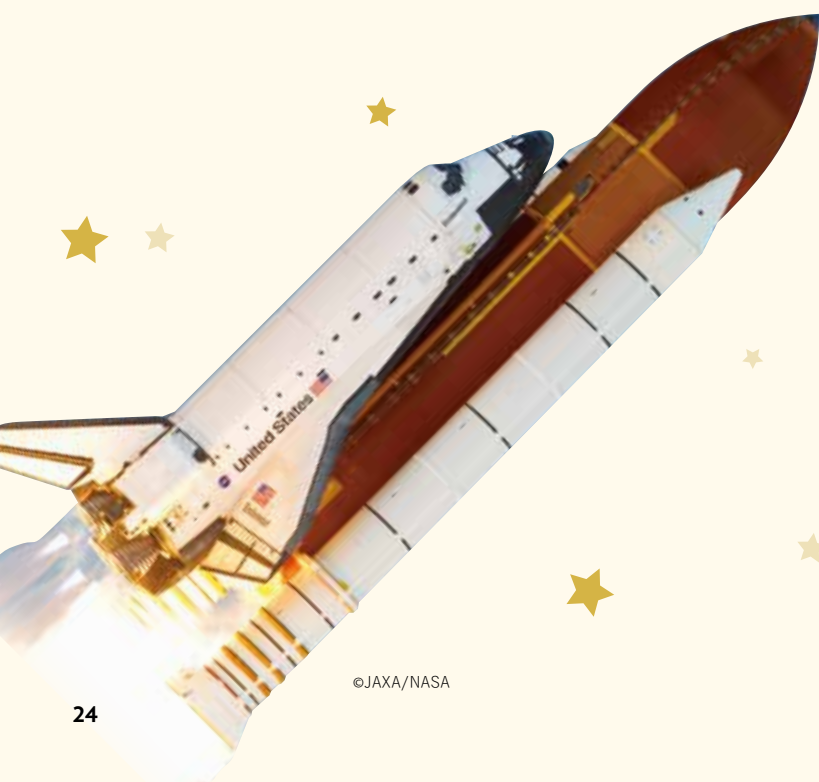
焼酎に使える酵母は、酸やアルコールに強いことが第一だが、糖を効率よくアルコールに変える能力に加え、味・こく・香りが良いものでないと使えない。なかなか良い酵母が見つからなかったが、高峯先生が地元に近い薩摩今和泉の隼人松原から採取・培養した酵母に注目して仕込んでみると、ふくよかな味わいと気品ある香りの焼酎ができた。アルコールに変える能力も申し分なかった。

薩摩今和泉には、江戸時代の安政年間に、薩摩藩主である島津斉彬公の養女から十三代將軍家定公に嫁いで波乱の生涯をおくった篤姫が、幼少時代を過ごした旧跡があり、隼人松原は美しい景勝地で知られている。そこで、新しく発見された酵母は「篤姫酵母」と命名されて、鹿児島大

耐づくりのプロセスを科学的に解き明かすとともに、自身も一から勉強しなおそう」と思っ鹿児島大学の門を叩いた。

篤姫ゆかりの地で
採取された酵母

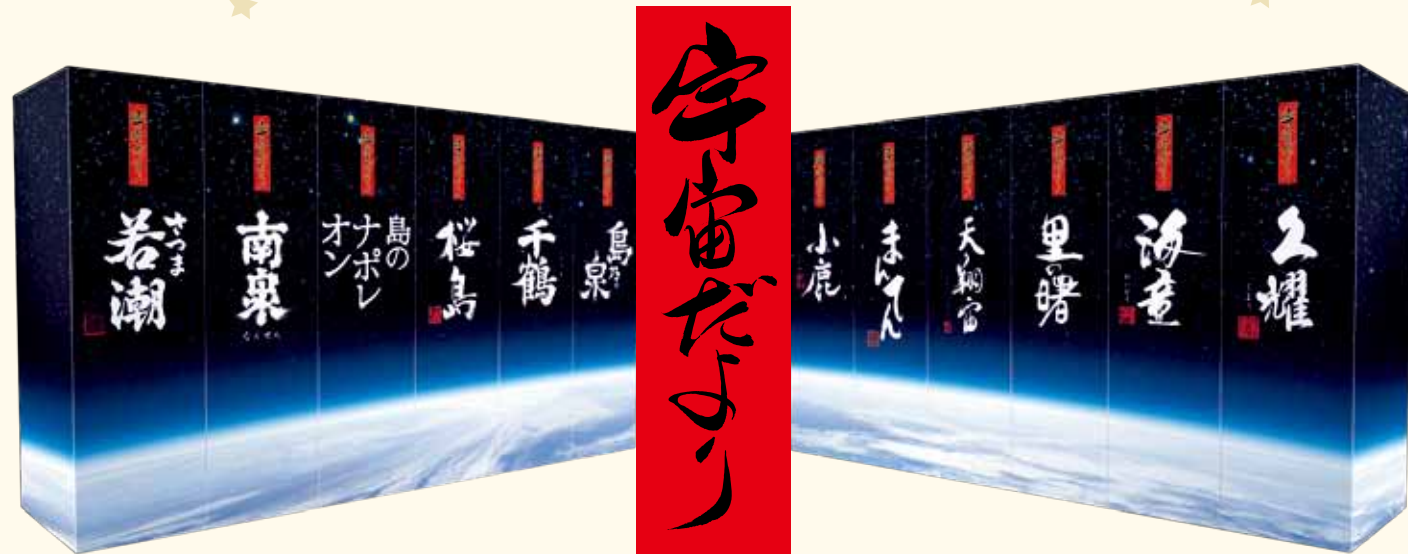
焼酎研究室では新しい酵母の開発を行っており、高峯准教授の指導のもとで、鹿児島各地の土壌を集めてきて酵母を分離・培養する研究を続けた。社長業との二足の



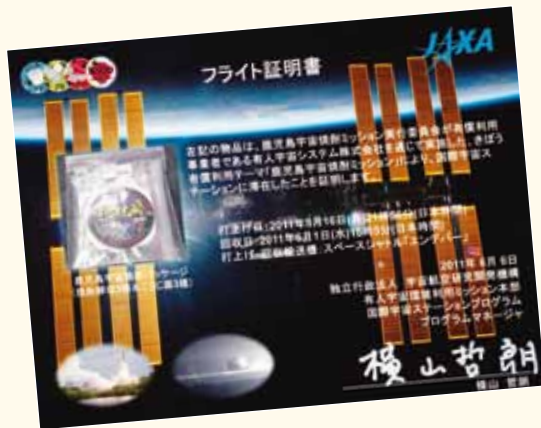
©JAXA/NASA



薩摩焼酎
全大山甚七商店
宮ヶ浜蒸留所謹製



鹿児島大学と県内の焼酎メーカー 12 社による、統一ブランド「宇宙だより」。
10 社の芋焼酎メーカー、2 社の黒糖焼酎メーカーが、それぞれの蔵の個性をもっとも引き出す酵母と麹菌の組合せで焼酎をつくって販売している



JAXA が発行した、国際宇宙ステーションに滞在したことを証明する「フライト証明書」



篤姫が幼少期を過ごした薩摩今和泉。現在は小学校が立つ

上げるには経験とカンがものをいう世界です。昔は、杜氏の背中を見ながら技を盗めといわれましたが、その技をさまざまなセンサーや分析装置を使って視覚化することで、常に安定した品質のおいしい焼酎ができます。それが、伝統の技を将来に伝える最も良い方法だと確信しています」と語る大山社長は、杜氏というより研究者のようだ。

醸造所の2階には、広い研究スペースが設けられていて、若い社員が酵母や麹菌の研究や新しい製品の開発、品質検査などに取り組んでいた。

大山社長は、2009年に、鹿児島大学農学部で地域伝統産業の発展に貢献した元学長の蟹江松雄氏を顕彰し、地域の伝統発酵産業の振興に貢献した人・団体に贈られる「蟹江松雄賞」を受賞した。



2010年、鹿児島大学大学院医歯学総合研究科で宇宙環境医学講座を受け持つ馬嶋教授は、高知県で宇宙を旅した酵母でつくった日本酒「土佐宇宙酒」が評判を呼んでいると聞いて、鹿児島県特産の焼酎酵母を宇宙に送り、「宇宙焼酎」をつくることを構想し、焼酎学講座の鮫島

スペースシャトルで宇宙の旅へ

学で培養して鹿児島酒造組合の酒造メーカーに提供された。現在、篤姫酵母を使ったださまざまな銘柄の焼酎が各蔵元から商品化されている。「篤姫酵母の開発と焼酎づくり」に、私も微力ながら役立つことができたことを誇りに思っています」と大山社長は静かに語る。

教授に協力を依頼した。寄付講座に参加する鹿児島酒造組合にも呼びかけて、11月に大山基七商店をはじめ酒造メーカー12社が参加して、「鹿児島宇宙焼酎ミッショント実行委員会」が発足した。実行委員会は、国際宇宙ステーションの「きぼう」日本実験棟の有償利用に応募し、承認された。計画は、NASAのスペースシャトルに篤姫酵母などの酵母と、黒麹、白麹を搭載し、宇宙の旅から帰還後、各醸造メーカーに配布して「宇宙焼酎」をつくるというものだった。

2011年5月16日、最後の打ち上げとなったスペースシャトル「エンデバー」に酵母3種と麹菌3種が搭載され、宇宙に向かった。「きぼう」で約10日間滞在した酵母と麹菌は、無事に地球に戻り、この宇宙計画が始まる以前に篤姫の院号である「天璋院」をもとにつくったものだそう

で、「今から思うと何か因縁を感じますね」とのこと。

実際に、「宇宙だより 天翔宙」を味わってみたが、確かに豊かな香りのすっきりとした飲み口の焼酎だ。

伝統の技を科学で伝える

最後に、醸造所を案内していただいた。

決して大きな規模ではないが、伝統的な技法を大切に守って丁寧な仕込みが行われ

ていることが素人目にもよくわかる。目立つのは、工程ごとに取り付けられたさまざまな計器や表示装置だ。

「焼酎づくりは年に数回行います。季節ごとの気温・湿度などの変化で発酵が微妙に変わるので、同じ味に仕

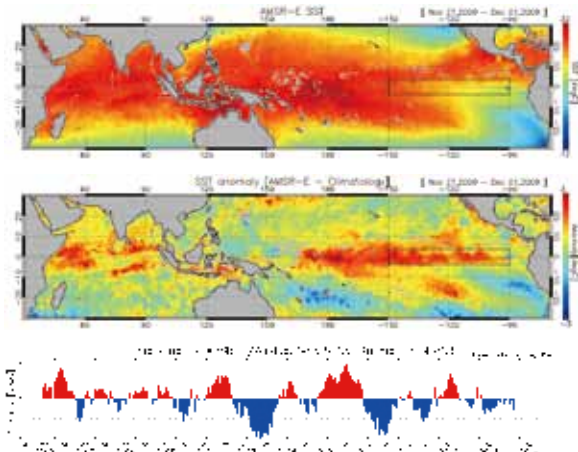


「天翔宙」を手にする大山社長

酵母と麹菌は2011年5月にスペースシャトル「エンデバー」で打ち上げられ、国際宇宙ステーションに到着した。©JAXA/NASA

異常気象の解明

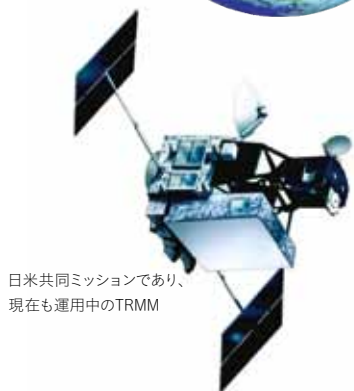
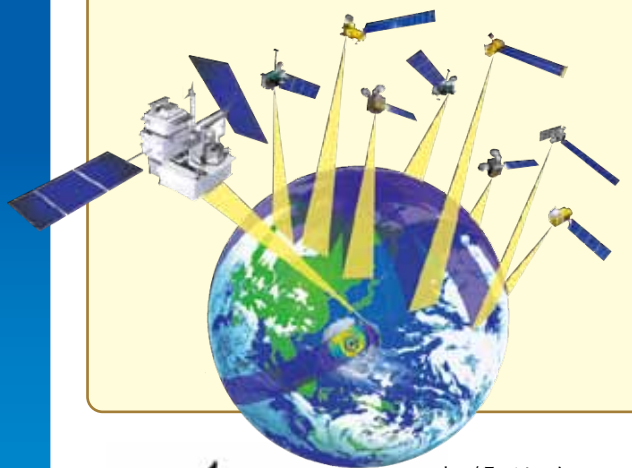
太平洋の赤道付近から南米沿岸で海面水温が高くなるエルニーニョ現象。雨の降る場所や強さ、大気の流れを変え、干ばつ、洪水など、世界中で異常気象を引き起こす。このような異常気象のメカニズム解明にも GPM データが活かされる。



改良型高性能マイクロ波放射計 AMSR-E が観測した 2009 年 11 月 27 日～12 月 1 日のエルニーニョ期の熱帯太平洋・インド洋の海面水温 (上) と平年からの偏差 (中)、エルニーニョ監視区域の 2002～2014 年の海面水温変動 (下)

国際協力ミッション—GPM 計画

GPM 計画は JAXA と NASA が中心となり、米国海洋大気庁 (NOAA)、ヨーロッパ、フランス、インドなどとの国際協力で行われる。JAXA は主衛星の打ち上げと、情報通信研究機構 (NICT) と協力して DPR の開発を、NASA は主衛星と GMI を開発した。副衛星は各国の宇宙機関が担当する。さらに、衛星データを陸上の雨量計と比較するために多くの国々が協力する。



日米共同ミッションであり、現在も運用中の TRMM

GPM は、1997 年に打ち上げられ現在も運用中の「熱帯降雨観測衛星」(TRMM) の後継・拡張ミッション。TRMM は低緯度を観測しているが、GPM は領域をほぼ全球にひろげ、観測頻度を上げ、精度も向上する。

TRMM からの発展

雨の様子が変わるようになる。主衛星に搭載された DPR が提供する基準値で副衛星の観測データを校正することで、降水の観測精度を向上させる。GPM が観測したデータは、天気予報や台風予測の精度向上、洪水警報、水資源の管理、環境変動の監視など幅広い分野で役立てられる。

天気予報の精度向上

3 時間おきにほぼ地球全体の雨の様子が把握できるので、これからどの地域に雨が降るのか、今までより高い精度で予測が可能になる。



JAXA が公開している「世界の雨分布速報」(左) <http://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/> と「台風データベース」(右) http://sharaku.eorc.jaxa.jp/TYP_DB/index_j.shtml

洪水警報

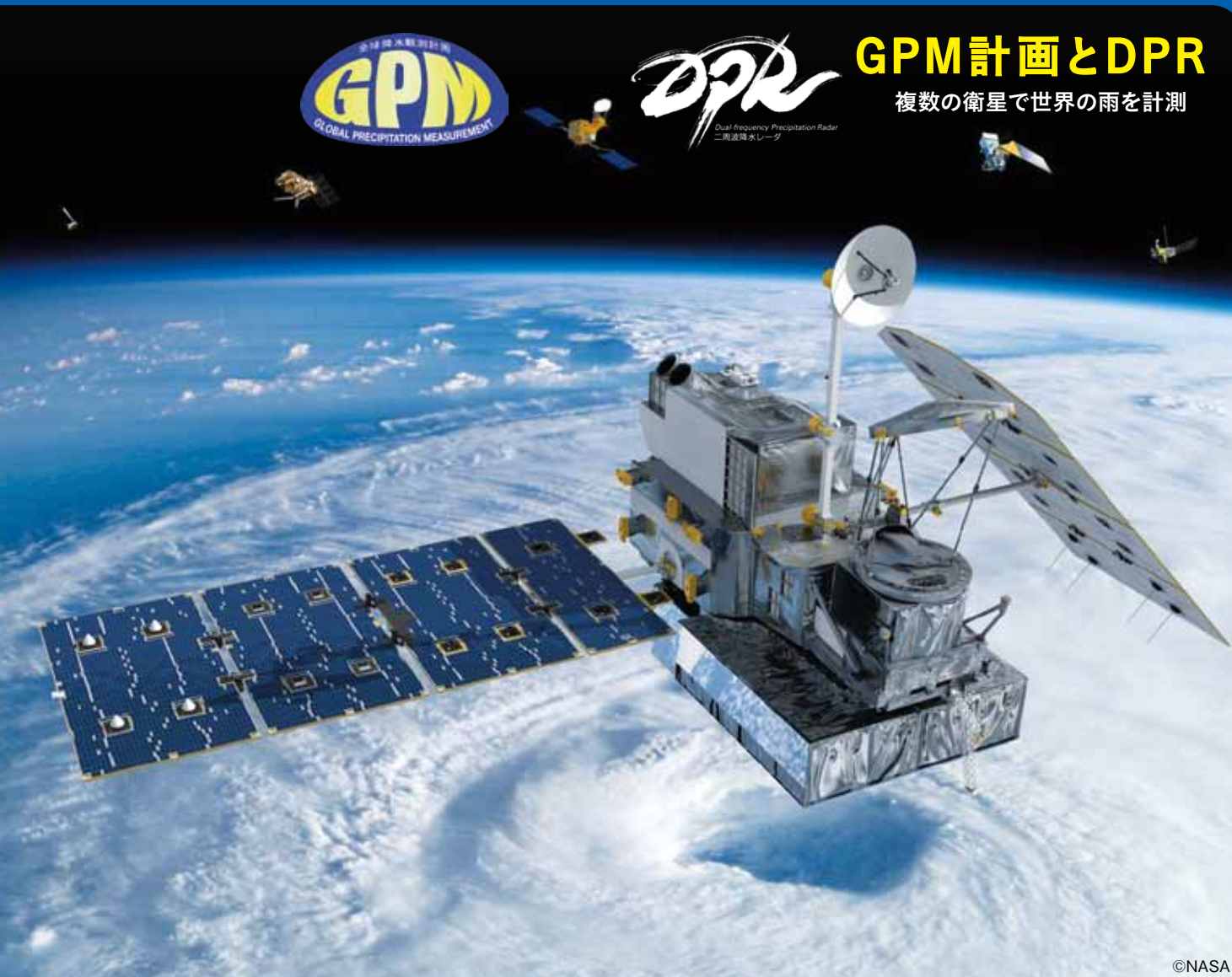
ICHARM が開発した「総合洪水解析システム」(IFAS)。河川流量の大小が赤や黄色の色で表示される (P.13 参照)。これに GPM データが加われば、さらに精度が上がる。



ICHARM がつくった「総合洪水解析システム」

水資源の管理

飲み水だけでなく、農業や工業、発電など、さまざまな用途で水を活用しているが、水のほとんどは降雨によってもたらされる。地球全体の降水状況をリアルタイムで把握することは、水資源の管理や水循環メカニズムの解明に役に立つ。



©NASA

宇宙から地球の「雨」を見る

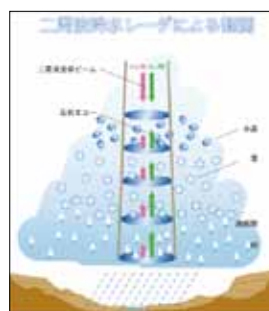
—— 全球降水観測計画 (GPM) / 二周波降水レーダ (DPR) ——

世界中に降る雨を宇宙から測る全球降水観測計画 (GPM)。主衛星 1 基と副衛星群からなる観測網の中心となる主衛星が 2014 年 2 月 28 日に、種子島宇宙センターから H-IIA ロケット 23 号機で打ち上げられた。搭載された 2 つの観測装置で、小雨から豪雨までのあらゆる雨、雲の中の雨滴、雪、氷粒子などを詳細に観測する。

2 つのレーダで同時観測

主衛星は高度 400 キロメートルの宇宙から、二周波降水レーダ (DPR) とマイクロ波放射計 (GMI) で観測する。

DPR は、強い雨までがわかる Ku 帯と、弱い雨や雪の観測に適した Ka 帯の 2 つの電波を同時に雨粒に当てることで、すべての雨を立体的に詳しくとらえることができる。



GMI は、雨粒から放射されるマイクロ波をとらえ、雨の強さや構造を測る。

3 時間おきにほぼ全球の雨をカバー

さまざまな軌道をとる副衛星にはマイクロ波放射計を搭載。主衛星と合わせ、3 時間おきにほぼ地球全体

国土保全・管理

広い範囲を継続的に観測したデータは地図情報の更新に利用される。冬のオホーツク海で、流氷の監視も可能となる。

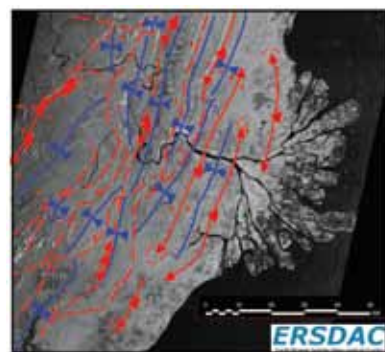


「だいち」がとらえたオホーツク海の流氷

©JAXA, METI analyzed by JAXA

資源探査

陸や海底の石油や鉱物がありそうな地域を観測し、資源探査のための情報を提供する。

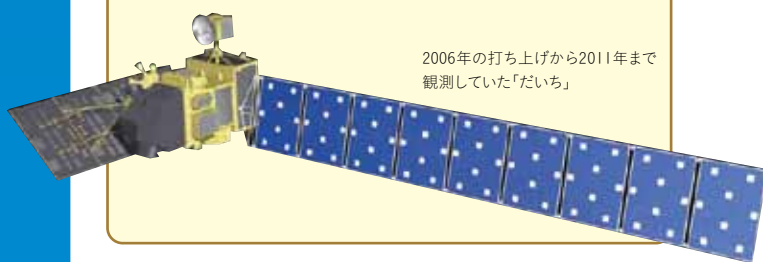


「だいち」データを用いたインドネシア・カリマンタン島の地質構造解析



「だいち」のミッションを引き継ぐ

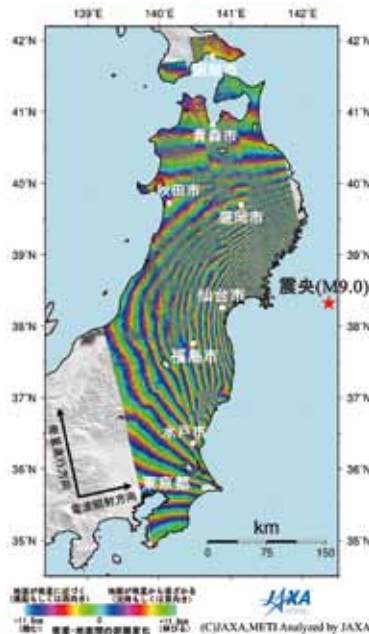
「だいち2号」は、2011年5月まで運用されていた「だいち」の後継機。「だいち」には光学センサと合成開口レーダの2つを載せていたが、「だいち2号」には合成開口レーダのみを搭載。打ち上げに向けて、急ピッチで準備を進めている。



2006年の打ち上げから2011年まで観測していた「だいち」

災害観測

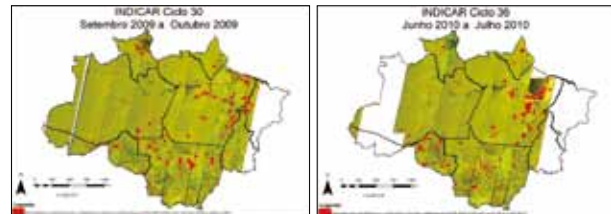
国内外で地震や水害、噴火などの災害が発生した場合、日本では12時間以内、アジアでは24時間以内に被災地情報を行政機関に提供する。「だいち」では識別できなかった道路の冠水、建物の形がはっきりとわかり、地殻の変動をセンチメートル単位で検出できることから、災害後の復旧や監視にも役立つ。データ伝送速度も「だいち」の5倍以上速くなる。



「だいち」のデータから求めた、震災後の東北地方の地殻変動

森林伐採の監視

Lバンドは、植物や森林を見るのに最適なマイクロ波の波長帯。樹冠を透過し、森林や植生が正確に把握できるので、森林の違法伐採の監視にも有効だ。「だいち2号」のデータは、CO₂を吸収する森林面積を測り、グローバルな炭素循環や地球温暖化の解明にも貢献する。



アマゾンの熱帯雨林2009年9～10月(左)と2010年6～7月(右)、赤点が新たに伐採された所



「だいち」のデータによる全球森林マップ。緑色は森林を示す
©JAXA, METI analyzed by JAXA

320キロメートルにまで広がり、世界中どこでもほぼ毎日見ることが出来る。観測データは、災害が起こった後、被災地を把握するための情報として用いられる。このほか、国土保全、森林伐採の監視、農作物の生育状況の把握、資源探査など幅広い分野で役立てられる。

だいち2号

地表、森林、火山、流氷をとらえる

ダムのゆがみもチェック (P.15)

宇宙から陸地を詳しく測る

—— 陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2) ——

現在、JAXAで開発中の陸域観測技術衛星2号「だいち2号」(ALOS-2)。地表や森、山、海氷を高い精度で観測するデータは、災害観測、国土保全、森林モニタリング、資源探査など、多くの分野で役立てられる。

夜でも、木があっても地表が見えるレーダー

「だいち2号」は高度628キロメートルの宇宙から、Lバンド合成開口レーダ(SAR)で陸地を観測する。Lバンド(1・2GHz帯)の電波は、夜間や雨天、雲の多い場所でも観測でき、電波が葉を通過するため、木が生い茂る森の地面まで見ることが出来る。

災害時には広い地域を迅速に観測

「だいち2号」は一日に地球を15周まわり、日本の上空は一日2回通る。一度に観測する幅は490キロメートル。さらに、衛星の向きを左右に30度動かせるので、観測可能な領域が2

空の安全を ささえる



大地を離れたライトフライヤー号が空にふわりと浮いてから110余年。

航空機の発達は私たちの生活に大きな変化をもたらしてきました。

より速く、より早く、より多く、より遠くへ…。

そして人類はさらなる高みをめざし、

大空を突き抜け宇宙空間にまで進出しています。

空の旅、空の輸送が当たり前となった現在、

利便性に優先する大きな課題が、安全・安心の確保。

JAXAはこうした航空分野の課題にも、

宇宙分野と同様に取り組んできました。

地上と宇宙の間。

そこにもJAXAの技術が活かされています。





DRAPで表示されるさまざまな画面

その一つが、大手航空会社を中心に導入されているFOQA（フライト・オペレーション・クオリティ・アシュアランス）、FOM（フライト・オペレーション・モニタリング）と呼ばれる安全活動だ。これらは、機体にデータ記録装置を搭載して、運航に関する数百項目にもおよぶデータを精密に計測・記録し、運航後にコンピューターシステムを使ってさまざまな角度から解析・評価を行うものだ。

例えば、降下率があらかじめ定めた範囲を超えたような事象（イベント）があった場合に、なぜそうなったのかを詳しく分析し、パイロットに注意を喚起するとともに、他のパイロットにも情報を伝えて同種のイベントの防止につなげている。

こうしたイベントが起きなくても、パイロットが自己研鑽の目的で飛行データの閲覧を希望した場合にも、解析データをフィードバックしている。

「安全な運航のために、日頃からパイロットは厳しい訓練や研修を行っています。パイロット自身が自らの飛行を振り返り、次のフライトに活かす活動が欠かせません。しかし、ほとんどの解析データは数値



DRAPでフライトをチェックするANAの坂崎キャプテン

やグラフ、文章の形なので、そこから情報を読み取るには高度な知識と経験が必要だため、より簡単に飛行を振り返ることができるツールが求められていました。

そこで、航空宇宙技術研究所（JAXAの前身機関の一つ）は、日本航空（株）と共同で、1999年からDRAPの開発をスタートしました」と、当初から開発に取り組んできた、JAXA航空本部飛行技術研

究センターの岡田典秋特任担当は説明する。

「現場の意見を取り入れてDRAPを開発

れまでも、飛行データを視覚化して表示する専用ソフトウェアはあったものの、データ処理の専門知識を身につけた担当者でないと使えないという制約があった。



飛行データを視覚化するDRAP

パソコンに3Dアニメーションで表示

パ

ソコンのディスプレイにコックピットから見た空港が現われ、着陸態勢に入ると滑走路がどんどん迫ってくる。ディスプレイの端には機外からみた着陸の様子が同時進行で表示され、降下につれて、コックピットの操縦輪（コラムホイール）や、さまざまなレバー、計器などを表示する画面も刻々と変化していく…。

「飛行データ動画再生プログラム」（DRAP）（※）が作成した着陸時の3Dアニメーションである。この映像は、旅客機が搭載しているデータ記録装置に記録された高度、速度、位置、機体の姿勢、エ

ンジンの状態などのデータをもとに、飛行の様子とコックピット内の操作を再現したものである。パソコンで簡単に3Dアニメーションを表示できるのがDRAPの大きな特色となっている。

DRAPは、JAXAが航空会社と共同開発したソフトウェア。飛行データをもとに離着陸などの飛行状況を3Dアニメーションとして再生する。DRAPは、どのようにして開発され、航空会社で活用されているのだろうか。

※Data Review and Analysis Program

簡単に飛行を振り返るツールを

近

年の航空機事故の半数は、パイロットのヒューマンエラーに



よるといわれている。ヒューマンエラーを防ぐには、標準操作から外れた操作をできるだけ減らすことが効果的だと考えられており、日本をはじめ世界の航空会社では専門の安全チームをつくって運航安全や運航品質の向上に取り組んでいる。

飛行を再現し、操縦に活かす



ANAの坂崎キャプテンとDRAPの開発にかかわるJAXAの岡田特任担当役

パイロットの自己研鑽に 貢献するDRAP

全日本空輸(株)安全推進センター
安全推進部FDAチーム
坂崎 武 主席部員(ボーイング777機長)

ANAに
きた

そこで、DRAPの開発にあたっては、パソコンに情報をインストールすれば、誰もが簡単に飛行を再現し、検証できるシステムをめざすことにした。「この開発では、航空宇宙技術研究所で行ってきた飛行実験やデータ処理、飛行シミュレーション、コックピット・インターフェース(人間工学に基づく操作性・確認性の高い機器の配置などの研究)などの研究成果を活かすとともに、航空会社の現役パイロットの意見を取り入れて、フィードバックを行うのに必要な情報を選定し、どのように見やすく配置・表示するか工夫して、実用性の高いシステムに仕上げていきました。」



DRAPでは、機体の外から見た飛行軌跡も表示できる

例えば、コックピットから見える外視界は、建造物も含めた風景を表示することで3Dアニメーションとしての臨場感を高めるだけでなく、実機では見ることのできない機体外部から見た航空機の動きもアニメーションならでは手法で表示できるようにしました。

コックピット内も、実機の操作機器や計器のレイアウトを反映しつつ、パソコン上で見やすい表示につとめ、操縦輪やラダーペダル、各種レバーなどをどの程度動かしたかということが確認しやすいレイアウトにしています。

さらに、アニメーションの進行に合わせて飛行軌跡と現在位置をグラフ表示する『飛行時歴』を加えたのも、DRAPの大きな特色です。DRAPはこうした各種アニメーションをパソコン画面上に同時表示できるので、パイロットが自己研鑽するのに最適なツールとなっています。」

ほぼすべての機種に対応

DRAPは、2000年に最初のバージョンが完成し、日本航空(株)に導入され、翌2001年に全日本空輸(株)、(株)日本エアシステムにそれぞれ導入された。

適合機種も、当初は各航空会社の国内線・国際線の主力機であったジャンボ機(ボーイング747)、ボーイング777、ボーイング767の3機種だったが、現在は、日本で運航されている大型旅客機のほぼすべてに対応しており、中堅・中小航空会社への導入も進んでいる。

DRAPの今後について、岡田特任担当役は、「旅客機の安全な運航は、多くの人々のさまざまな活動によって成り立つものです。DRAPが実際に航空会社に導入されて14年が経過しましたが、日々の安全運航にわずかながらも貢献することができたと考えています。」

現在も、航空会社の安全管理担当者や乗務員の皆さんとの交流を通じて現場ニーズを把握し、データ作成時間の短

定期訓練、 研修にも活用

航

空機は自由に空を飛んでいるわけではなく、最短かつ経済的な飛行コース、飛行速度などが決められており、いわば空中のパイプラインの中を飛んでいるようなものです。その範囲内で、気流の影響を回避するなど快適なフライトの維持に努めています。特に、着陸時は、風や霧など天候の影響を受けやすいので集中して操縦しています。

より快適な空の旅を提供するために、飛行後の安全運航のチェックと訓練・研修は欠かせません。安全推進センター安全推進部FDAチームは、飛行データをもとに標準から外れた操作はなかったか、定められた速度、加重(G)、機体の傾きを越えた事象(イベント)はなかったかを解析しています。解析担当者は全員が経験豊富な現役機長であり、数値データやグラフから課題を抽出する技術を習得しています。そして、すべての乗務員がイベントを理解し、自

縮、よりリアルな外視界の表示、空港周辺を飛ぶ複数の機体の表示、コックピット内の操作の詳細な再現など、DRAPの高度化に取り組んでいます。また、新しい機種への対応や、まだ導入されていない航空会

社への適用にも力を注ぎたいと考えています」と語る。「安全」と「品質」は日本のお家芸ともいわれているが、「運航安全」「運航品質」に貢献するため、次世代DRAPの開発が期待されている。



己研鑽をするために、飛行を3Dで視覚化するDRAPを活用しています。

DRAPは、まさに「百聞は一見に如かず」で、飛行の全体像が容易に把握できます。イベントを体験した乗務員の改善活動はもとより、定期訓練や研修を通じて他の乗務員や訓練生のレベルアップでも大きな役割を果たしています。

例えば、着陸を緊急回避する「ゴー・アラウンド」は、地上に近い位置で下降から上昇に切り替えるので高度な操作が必要です。もちろん訓練は繰り返し行っていますが、実際の運航で経験する機会は少ないため、そうしたイベントをDRAPで確認・共有することは重要です。



テムへ進化しつづけていますが、システムが進化すればするほど乗務員の経験値が減る一面もあります。

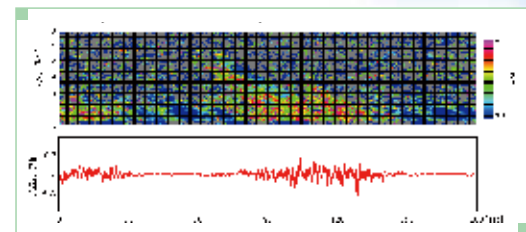
昔は、「ハンガートーク」といって、ハンガー(格納庫)に乗務員が集まって議論する機会が多く、私も先輩から「ゆっくり操作しろ、それがエラーを防ぐ」と教わりました。

DRAPのさらなる高度化に期待していますし、JAXAに対しては、航空会社の現場との交流、共同研究などに踏み込んだヒューマンエラー防止の研究に期待したいと思っています。

ヒューマンエラー 防止の共同研究を

安

全運航にとってヒューマンエラーの防止は永遠のテーマです。機体はより安全なシス



レーザー光を放射し、
微粒子による散乱光を受信する。
2010年1月の実験の様子

測定された
乱気流(上)と
鉛直加速度(下)

機内の装置



空気中のちりの速度で
気流変化を測る

JAXAは、この晴天乱気流を飛行中に検知するシステムを開発した。運航システム/安全技術研究グループの井之口浜木アソシエイトフェローが説明する。

「1990年代から『航空機搭載型ドップラーライダー』を研究開発してきました。ドップラーライダーは光を使って対象物を遠隔計測する装置です。仕組みはこうです。空気中には、直径0.3〜数マイクロメートルほどのちりの微粒子(エアロゾル)が浮かんでいます。飛行機の進行方向へレーザー光を放射し、粒子に当たって散乱した光を受信。動いている粒子からの光はドップ



晴天時の乱気流を機上で検知するシステム。実用化されれば世界初となる

飛行中に乱気流を検知する
ドップラーライダー

突風をとらえ、揺れに備える

上空で遭遇する
突然の揺れ

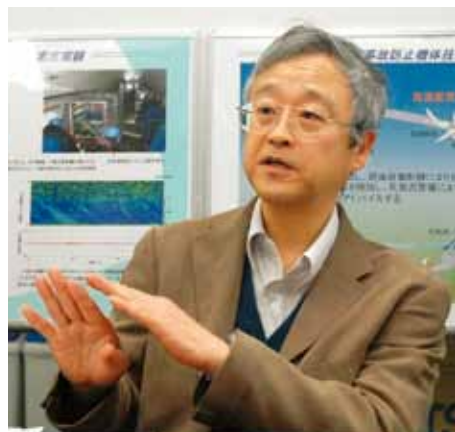
2

月の昼下がり。高度7000メートルを水平飛行する旅客機。機内では、席を立ってトイレへ向かう人、窓から写真を撮る人など、リラックスした雰囲気漂う。

「当機はまもなく気流の悪い所を通過します。お座席にお戻りになり、ベルトをお締めください。揺れますが、飛行の安全には影響ございません。突然のアナウンスに、急いで席に戻り、ベルトを締める乗客。ほどなくして乱気流に進入し、機体が揺れ始めた。」

このように、事前にアナウンスがあつて備えることができる乱気流もあるが、飛行中に検知できない乱気流もある。特

にやっかいなのが、雲がなく天氣が安定している所で突然、強い風が吹く「晴天乱気流」だ。晴天乱気流による突然の揺れで、客室乗務員がカートに当たってけがをしたというニュースも時々、聞く。



井之口アソシエイトフェロー

パイロットは離陸前に気象情報を確認し、積乱雲を避けて飛行ルートを設定する。飛行中も機首に搭載された気象レーダーで雲の位置を確認しながら飛行を続ける。気象レーダーは、マイクロ波を出し、水滴に当たり跳ね返ってくる反射波を受信する仕組みであるため、水滴の塊(雲)を伴わ

ない晴天乱気流は検知できない。晴天乱気流は、高度5000〜13000メートル、特に冬に強まるジェット気流の周りに発生することが多く、巡航時の高度とも重なる。従来の方法で検知や予測ができないため、上空で突然、乱気流の中に入ってしまうことがあるのだ。

ボーイングとの
共同研究で普及へ

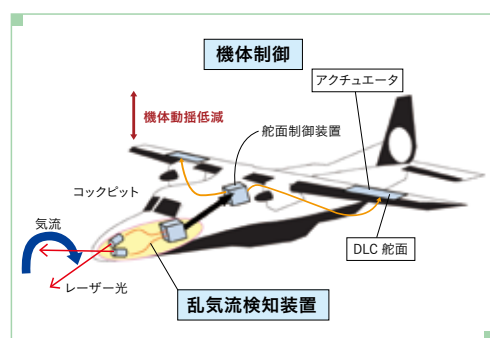
機体制御まで行う
SafeAvio

ド

ツプラーライダーの実用化と並行して、2013年からさらに二歩進んだ総合的な取り組みも始まった。「乱気流事故防止機体技術」(SafeAvio)だ。

「SafeAvioは①乱気流を計測、②警告を出す、③自動制御で機体の揺れをおさえるという3段階の技術からなります。

ポイントは2つです。一つは着陸進入中に乱気流を警報する技術、もう一つは巡航中の乱気流に対し、舵を動かして揺れを低減する技術の開発で

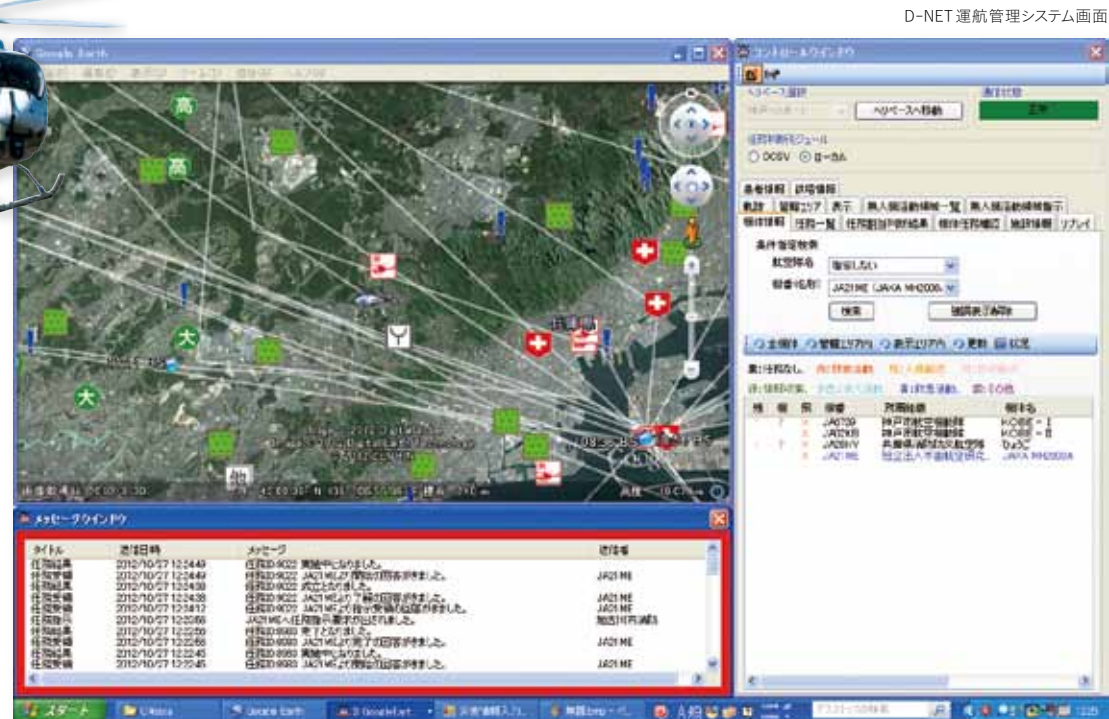


「乱気流事故防止機体技術」(SafeAvio)では、
乱気流を検知し、警報を出し、機体の自動制御も行う

す。エアロゾルが多い低高度では、より遠くの乱気流まで検知できます。1分以上前に警報を出せるので、パイロットは着陸をやりなおすかどうか判断できます。一方、上空では航路変更が困難なので、機体の自動制御で、不意の大きな揺れによる客室内の事故を減らすことを目指します。

実用化には、航空機の運航会社、パイロット、メーカー、大学などの連携が欠かせません。JAXAが中核となつて定期的に研究会を開き、ネットワークを築いています。2018年の技術実証が目標です」

航空機事故の約半数を占める乱気流事故。JAXAは、関係機関と連携して技術を進化・発展させ、安全な空の旅の実現に貢献していく。



D-NET 運航管理システム画面

D-NETを搭載した神戸市の消防防災ヘリコプター。
提供：神戸市航空機動隊

災害時のヘリコプターを
運航管理するD-NET

緊急時の空で、混雑をさばく

一分一秒が左右する
救援現場

負

傷者2名を収容しました。これからA病院へ向かいます」

ヘリコプターが旋回して病院のある地域へ向かう。医療機器を備え、フライトドクターなどを載せたヘリコプター、通称「ドクターヘリ」の中で患者は救命措置を受けながら病院へ運ばれる。救援現場では一分一秒の差が人命を救えるか否かの大きな違いになる。

大規模な災害時には、ドクターヘリだけでなく、消防自衛隊、警察、海上保安庁、国土交通省のヘリコプターなど、数十機、多い時には百機を超える災害救援ヘリコプターが集まって、それぞれが救援・情報収集活動をする。



JAXA 実験用航空機によるD-NET 実証実験

これらのヘリコプターへの任務や飛行ルートの伝達など、災害対策本部は短時間で迅速な対応が求められる。

東日本大震災では一日に最大300機のヘリコプターが活躍した。しかし、あまりにも広域で災害が発生したこと、さまざまな災害が重なったこと、通信インフラに多大な被害があったことから、被災状況の把握やヘリによる災害救援活動に多くの課題が残った。近い将来発生すると予想されている首都直下地震では、425機のヘリコプターが首都圏周辺に集結する（※）と予測されており、多数のヘリコプ

活動状況を
データ化して送受信

新

渦県中越地震が発生した2004年より、JAXAは「災害救援航空機情報共有ネットワーク（D-NET）」の研究開発を本格的に始めた。災害時に救援機を効率よく管理するシステムへの要望に応えてのことだった。DREAMSプロジェクト／防災・小型機運航技術セクションの小林啓二研究員が説明する。



2013年9月の岩手県総合防災訓練でのD-NET 実験

「D-NETは情報共有と任務遂行支援を行うツールです。従来から無線で連絡したり、本部のホワイトボードで共有してきた情報を、デー

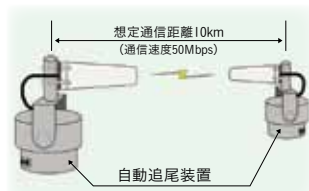


防災訓練で関係者と話す小林研究員

タ通信システムによって端末の画面に文字やアイコンで表示します。どこにどの機体がいる、何の任務をしているかを視覚化し、共有することが可能になります。

地図データ上に災害情報や各機体の活動状況を表示するほか、その情報に基づいて各機体の最適な飛行ルート設定、任務割当なども行います。任務を割り当てられた機体には、目的地の位置情報や任務の詳細内容など、必要なデータが衛星通信によって送信され、機内の画面に表示されます。

D-NETは、機体で使用するシステムだけでなく、被災地の災害対策本部で使用するシステムと、広域応援などを検



D-NET2のプログラムから生まれた無線機の自動追尾装置

（株）VRテクノセンター



で向けてくれる装置があれば、無線機の用途が増えるのでは？ そう考えたのは、（株）VRテクノセンター地域情報化推進部の根本浩二さんのグループだ。

当時、根本さんたちはJAXAとともにD-NET2の地上設備のソフトウェアをつくっていた。D-NET2で使っているGPSの位置情報を伝達するアルゴリズムを知り、これを応用して位置情報を交換し、通信相手にアンテナを向ける自動追尾装置を開発しようと決めた。根本さんが説明する。

「産業連携センターから『JAXAオープンラボ』制度を紹介され、応募しました。研究対象に選ばれ、2011年10月に共同研究を始めました。共同研究は1年目に地上用の追尾装置を開発して基本機能の検証を行い、2012年度の2次試作機では無人ヘリコプターに搭載した実験を行いました。さらに2013年度はJAXAの機体に搭載する実験を行う計画となっています。

もともと、岐阜県でFWA（※）によるインターネット接続サービスを提供していたのですが、移動しながら通信が行えるようになれば、さまざまな無線の用途が生まれます。例えば、ヘリからのデータ伝送、無人機や重機の遠隔操作、高精細な画像も伝送できるので、屋外での放送中継なども考えられます」

※FWA Wireless Access: 固定無線アクセスシステム

「JAXAオープンラボ」により、自社ではできなかった、有人・無人ヘリコプター搭載試験なども行うことができ、製品の信頼性が高まりました。今後も機会があればJAXAと技術交流したいですね」と根本さん。

従来使われてきた航空機搭載用の追尾装置もあるが、大型で重く、複雑な構造となっている。また通信装置ごとの専用機器となるため汎用性がなく、高価でもある。

「機体に搭載するため、強度を保ちつつ軽量・小型化するのには苦労しました。機能を絞り、重量8キログラムまで軽量化できました。通信装置と追尾装置を分けることができ、他のメーカーの通信装置にも使えます。また、D-NET2の座標計算などのアルゴリズムを利用させていただいたので、ソフトウェア開発にかかる時間と予算を少なくおさえることができました」と同社の佐藤雅也さんが補足する。その結果、汎用性のあるものになり、価格もおさえられたという。

な ぜ、これまでこうしたシステムがなかったのだろうか？ D-NET2開発以前に、ヘリコプターに搭載可能なデータ通信システムはすでにいくつか開発されていた。しかし、各メーカー独自の通信方式を採用しているため、データの互換性

周辺情報を加え、病院へ患者データ送信も

「これまで、内閣府（防災担当）などが毎年実施している広域医療搬送訓練や、消防防災ヘリが多く集まるブロック訓練に参加しています。2013年は岩手県で行われた防災訓練でも評価を行いました。これまでのD-NET2評価の結果、従来の無線とホワイボードの運航管理と比べ、D-NET2では発見から任務伝達までの時間が約7割短縮できることが確認できました」と小林研究員。

無人機や衛星も活用するD-NET2

救 援現場の要望があつて開発してきたD-NET2は、実証実験が済み、実用化の段階にある。JAXAは、この研究開発で

このような情報を一元的に管理できれば、それぞれの任務に最適なヘリコプターを選び、より迅速に救援ヘリコプターを派遣できるようになる。

特に、東日本大震災のように被災地域が広い場合は、救援活動に利用できる資源を最大限に有効活用する必要がある。衛星・有人機・無人機それぞれの得意分野を活かし、連携することで、より迅速で、効率的かつ安全な災害救援活動を実施することができると期待されている。

「救援活動に地域格差が生じるのを防ぐことを目標としています（※）。被災者救助の最も重要な時期は、発災後の72時間。この72時間以内に多くの人を救えるか。JAXAが持っている航空機、無人機、衛星を有効に活用して、災害救助現場をサポートするシステムをめざしています」

※D-NET2では、JAXAのGPS（Global Positioning System）の指標を用いて、地域ごとの救援活動の進捗が、格差なく、最適に実施されるように管理する計画だ。

宇宙と航空の連携による「災害救援航空機統合運用システム」(D-NET2)の概念図



JAXAをもっと知るには

JAXAホームページ

まもなく打ち上げられる人工衛星や探査機、宇宙飛行士のフライト日程など、最新情報が載っています。

<http://www.jaxa.jp/>



機関誌 JAXA's

JAXAのプロジェクトを詳しく、迫力あるビジュアルで紹介した機関誌。定期購読サービスもあります。

◆JAXAの各事業所の展示施設（一部）を紹介します。

筑波宇宙センター「スペースドーム」

人工衛星の試験モデルやロケットエンジン、「きぼう」日本実験棟の実物大モデルなど、リアルな宇宙開発に触れられる展示室です。

〒305-8505
茨城県つくば市千現2-1-1
開館時間:10:00~17:00
休館日:月(除く、祝日・夏休み等の月)、年末年始(12/29~1/3)、施設点検日



相模原キャンパス

「はやぶさ」が生まれた相模原キャンパスの展示室には、歴代の科学衛星などを展示しています。

〒252-5210
神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1
開館時間:9:45~17:30、年中無休

調布航空宇宙センター

航空技術や宇宙技術など分野ごとに研究内容を紹介し、実際に使用した機体をはじめ、模型やパネルを展示しています。



〒182-8522
東京都調布市深大寺東町7-44-1
開館時間:10:00~17:00
休館日:土、日、祝日、年末年始(12/29~1/3)

※詳細はJAXAホームページをご覧ください。

4

地上と宇宙を結ぶ輸送システム

人工衛星の打ち上げやISSへの物資補給など、地球と宇宙を結ぶ輸送手段であるロケットを開発・運用しています。



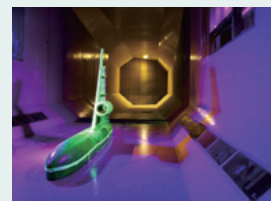
H-IIAロケット
18号機→



イプシロンロケット試験機

5

実験用航空機「飛翔」



風洞試験

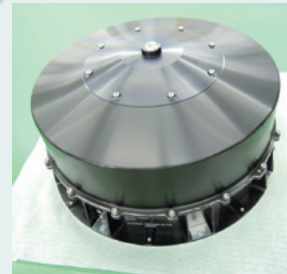
航空技術の研究

安心して豊かな社会の実現に貢献することを理念として、日本の航空産業の国際競争力強化、航空輸送システムの技術革新に取り組むとともに、航空環境技術と航空安全技術に関する研究などを行っています。

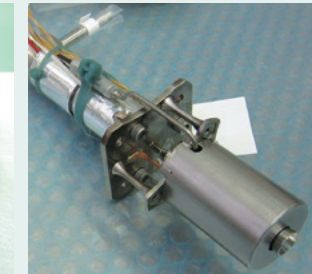
関連記事 「空の安全をささえるJP.31」

6

高性能ホイール



1Nスラスト



基礎基盤技術の研究

宇宙・航空分野の技術力の根幹となる最先端研究や試験研究設備の維持・向上を進めるとともに、ロケットや人工衛星の部品・コンポーネントの技術開発、将来の宇宙構想実現のための未踏技術への挑戦や軌道上実証などに取り組んでいます。

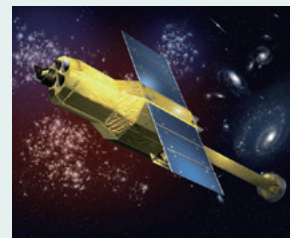
3

小惑星探査機「はやぶさ2」 ©池下章裕



宇宙の謎に迫る研究と月・惑星の探査

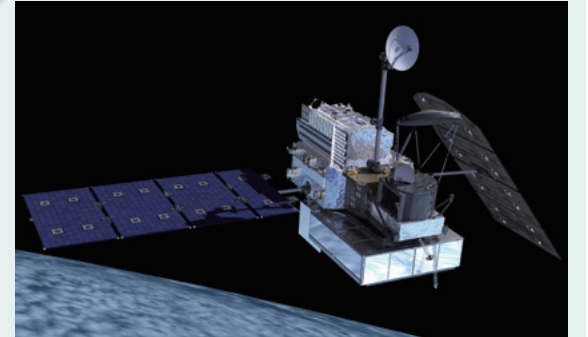
宇宙の構造・進化の謎、惑星誕生のプロセス、生命の起源を解明するため観測や研究を行っています。また、月探査計画、小惑星からのサンプルリターン計画など、探査機や観測装置の開発・運用を行っています。



X線天文衛星(ASTRO-H) ©池下章裕

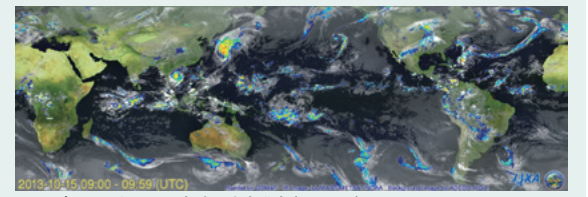
1

全球降水観測計画(GPM)の主衛星 ©NASA



人工衛星による宇宙利用

地球規模での降水や環境変動の観測、災害監視、衛星測位システムなど、暮らしを支える人工衛星を開発・運用しています。



2013.10.15 08:00 - 09:59 (UTC)
GPMデータが活かされる全球の降水分布 (GSMaP)

関連記事 「水のゆくえをたどるJP.5」

2

ISSでトレーニングする若田宇宙飛行士 ©JAXA/NASA

宇宙飛行では、骨は地上の10倍、筋は2倍の速さで減少します。骨や筋肉低下対策、リハビリ技術など、宇宙飛行での予防医学を通じて高齢者医療、国民の健康に貢献します。



宇宙ステーション補給機「こうのとり」4号機 ©JAXA/NASA



宇宙環境の活用

国際宇宙ステーション(ISS)を利用したさまざまな実験や観測を通じて、医療やバイオテクノロジー、材料研究、教育など幅広い分野へ貢献しています。また、この利用を支えるため、「きぼう」日本実験棟の運用管制、宇宙ステーション補給機「こうのとり」(HTV)による安定した物資の輸送を行っています。

■骨の微細構造

正常な骨

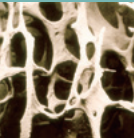


©NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis. JAMA 2001

■高品質タンパク質結晶生成実験

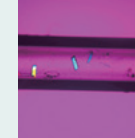
関連記事 「焼酎酵母、宇宙へ」JP.23

骨粗しょう症の骨



■高品質タンパク質結晶生成実験

構造データの分解能:1.32Å(複合体)。筋ジストロフィーの進行に関するタンパク質



©筑波大学 裏出良博教授(元大阪バイオサイエンス研究所 研究部門長)／丸和栄養食品

宙から、空へ。





宇宙航空研究開発機構 新事業促進センター
〒101-8008 東京都千代田区神田駿河台 4-6 御茶ノ水ソラシティ
E-mail:aerospacebiz@jaxa.jp <http://aerospacebiz.jaxa.jp>

※本誌の一部または全部を無断転写・転載・電子媒体に加工することを禁じます。
2014 年 4 月発行
宇宙航空研究開発機構 特別資料 JAXA-SP-13-020 (ISSN:1349-113X)
発行：JAXA 新事業促進センター Printed in Japan

