

科学技術 トピックス

以下は科学技術専門家ネットワークにおける専門調査員の投稿（8月号は2004年7月3日より8月6日まで）を中心に「科学技術トピックス」としてまとめたものです。センターにおいて、関連する複数の投稿をまとめ、また必要な情報を付加する等独自に編集するため、原則として投稿者の氏名は掲載いたしません。ただし、投稿をそのまま掲載する場合は、投稿者のご了解を得て、記名により掲載しています。

ライフサイエンス分野

① 福山型筋ジストロフィーに遺伝子治療の適用の可能性が示された

筋ジストロフィーは遺伝子の異常で発症し、進行性の筋力低下を示す疾患である。筋ジストロフィーには様々な病型がある。日本においてはデュシェンヌ型について多いのが、常染色体劣性遺伝でおこる福山型の筋ジストロフィーであり、10万人当たり約2～4人の頻度で発症する。デュシェンヌ型は、筋の細胞膜を形成するタンパク質のひとつであるジストロフィンの欠損で筋細胞が壊れるため発症する。近年、福山型筋ジストロフィーなどの遺伝性筋疾患が、デュシェンヌ型とは異なり、 α -ジストログリカンの糖転移酵素の変異で生じる可能性が報告され、糖転移酵素と筋ジストロフィー発症の関連に注目が集まっている。

ジストログリカンは、筋細胞における複数のタンパク質などの複合体であり、 α と β のサブユニットがある。 α ジストログリカンは筋細胞の外側に存在し、膜貫通型タンパク質である β ジストログリカンと結合している。 β ジストログリカンは、細胞内でジストロフィンと結合し、ジストロフィンは

アクチンと結合している。一方、 α ジストログリカンは糖タンパク質であり、糖鎖を持つ。この糖鎖は、細胞膜の表面に存在するラミニンに直接結合している。そのため、 α ジストログリカんに糖鎖の付加（糖転移）が正常に行われないと筋細胞膜が脆弱になり、筋細胞が壊れて筋ジストロフィーが発症すると考えられる。

米国のハワード・ヒューズ医学研究所とアイオワ大学に所属するCampbellらのチームは、遺伝子の相同性から糖転移酵素であると推測されるタンパク質LARGEの遺伝子を欠損するために筋ジストロフィー症状が現れたマウスに、その遺伝子を戻して過剰発現させた結果、 α ジストログリカンへの糖転移が正常化するのみでなく、筋ジストロフィーの症状も出なくなることを報告した（Nature Medicine, vol.10, 696-703 (2004)）。

さらに、日本人を含むさまざまな筋ジストロフィー患者由来の細胞に同様の処置をすると、ジストログリカンの機能が回復することが分かった。これは、筋ジストロフィーの患者の遺伝子治療の可能性に直接つながる成果であると言える。

本研究の成功は、筋肉基底膜に存在するタンパク質群の構造およ

び機能の研究成果なしでは成し得なかったものであり、細胞生物学や分子生物学などの基礎研究の知識と遺伝子操作技術を有機的に組み合わせることにより他の疾患も克服できる可能性を示す大きな一歩であろう。

（東京大学医科学研究所 教授
片山 栄作氏より）

② 生物進化の解明に重要な18種の生物のゲノム解読が実施される

米国国立衛生研究所（NIH）に属する国立ヒトゲノム研究所（NHGRI）は、ヒトゲノム解読終了後に、引き続き、様々な生物のゲノム解読を推進している。2004年8月4日に、NHGRIは新たに18種類の生物に関して戦略的な大規模ゲノム解読をおこなうことを発表した。

ゲノムや遺伝子の機能を知るための第一歩は、進化のステージが異なる生物種同士のゲノムを比較し、生物同士で共通する部分や異なる部分を分析することである。これらのゲノム情報の蓄積は、ゲノム生物学の進展に大きく貢献すると考えられる。

2つのグループが9種ずつの生物のゲノム解読を行い、1つのゲ

ループは、哺乳類の内、進化の過程で重要な位置にあると考えられるアフリカゾウ、トガリネズミ、ハリネズミ、ハムスター、テンレックス、アルマジロ、ウサギを選び、さらにヒトの疾患モデルとして重要なネコを選んだ。また、オランウータンのゲノム解読も行う予定である。類人猿では、既にチンパンジーやアカゲザルのゲノム解読が実施されているので、オランウータンのゲノム解読により、将来的にはヒトゲノムとの比較において、新しい知見が得られることが期待される。

別のグループは、生物は進化の過程で、形態や骨格、生理学的な機能、行動様式などにおいて大きな変化を生じて来たという観点から、このような進化的に興味深い9種の生物を対象にゲノム解読を計画している。粘菌、ヒドラ、形態的に海綿と類似性を示す藻類の一種、魚類より原始的なヤツメウナギなどのゲノム解読は、ヒトのゲノムとの比較により、生物進化の道筋について理解を含めることができると考えられる。

また、寄生虫の中間宿主である淡水性のカタツムリや、動物の肉

の生食によってヒトに寄生虫病をもたらす線虫のゲノム解読も行う予定であり、これらはヒトの寄生虫病の予防および治療研究を進展させることに貢献する。

ゲノム解読はNHDRIの支援による大規模塩基配列研究ネットワーク (Large-Scale Sequencing Research Network) の5つの研究機関 (ベイラー医科大、ワシントン大学、MITとハーバード大の共同のBroad研究所、TIGR、Agencourt Bioscience社) で実施される。

(NIH News より)

情報通信分野

① スーパーコンピュータの開発競争と新ベンチマーク設定の動き

2004年6月21日にドイツのハイデルベルグで開催されたスーパーコンピュータ国際会議 (ISC2004) において、スーパーコンピュータの計算速度ランキングの上位500システム (TOP500リスト) が公開された。このリストは、リンパックベンチマーク^①に基づき、毎年6月と11月の年2回独マンハイム大学、米国テネシー大学、米国NERSC/LBNLの研究者等から成るグループによって更新されており今回は23回目に

あたる。今回のリストで特筆できる点をいくつか述べてみたい。

上位10位までには次のシステムが入っている。以下、()内は設置場所、性能を示す。

- 1位 NEC製の「地球シミュレータ」 (日本、35.86TFlops^②)
- 2位 カルフォルニア・デジタル・コーポレーション製のThunder (米、19.94)
- 3位 ヒューレットパカード製のASCI Q (米、13.88)
- 4位 IBM/LLNL製のBlue Gene/L DD 1プロトタイプ (米、11.68)
- 5位 Dell製のTungsten (米、

9.81)

- 6位 IBM製のPower4ベース・クラスター (英、8.95)
- 7位 富士通製の理研スーパー・コンバインド・クラスター (日本、8.72)
- 8位 IBM/LLNL製のBlue Gene/L DD2プロトタイプ (米、8.65)
- 9位 HP製のItanium2ベース・クラスター (米、8.63)
- 10位 曙光信息产业公司製のDawning4000A (中国、8.06)

国別設置数では米国が圧倒的に多く、次に英国で、ドイツと日本が並んでいる。アジアでは中国の

用語説明

① リンパックベンチマーク

LINPACK (リンパック、LINear equations software PACKage) ベンチマークは、米国テネシー大学のJ. ドンガラ (J. Dongarra) 博士によって開発された、主に浮動小数点演算のための連立一次方程式の解法プログラムで、これによるベンチマークテスト結果は、スーパーコンピュータからワークステーション、パーソナルコンピュータに至

るまで数多くの計算機について登録されている。測定結果は1秒あたりの浮動小数点演算数として表示される。

② TFlops

Flops (フロップス) とはコンピュータの処理速度を表す単位であり、TFlops (テラフロップス) は1秒間に1兆回の浮動小数点演算を行うコンピュータ能力。

伸びが顕著で、今回は15システムがランクインし、韓国を抜き、日本に次いでアジア第2位の設置数となっており、又、10位以内にも1システムが初めて入ってきている。設置機関別で見ると、産業界242、研究開発機関115、残りは大学他であり、産業界では、地球物理、通信、半導体分野での利用が、研究開発機関では気象・気候の研究が多い。全体的に、性能が1TFlopsを超えるシステムが続々登場しているのも特徴的であり、その数は3年前の12から242と大きく増えている。コンピュータの種類としては、多数のサーバーを接続し分散処理する形態のクラスタシステムが今回も顕著で500システム中の半数を超えている。

このリストは世界のHPC（ハイパフォーマンス・コンピューティング）^③システムの傾向を概観できるが、一方で、異なる目的をもつスーパーコンピュータ・システムをこのリンパックベンチマークという尺度だけで比較するのが適当かという議論もある。リンパックベンチマークでは浮動小数点演算を多用した計算性能に重点がおかれているが、実際の広範な運用環境ではメモリとCPU間のデータ転送、CPUとCPU間の通信など計算以外の部分で要する時間をも考慮した総合性能が問われるからである。こうした背景から、現在、コンピュータ全体の能力を測定するための標準ベンチマークが米国国防高等研究計画局(DARPA)のHigh Productivity Computing Systems (HPCS)プログラムの資金により開発されている。これは、HPC Challenge Benchmarksと言いい、7つのベンチマークから構成され、単なる浮動小数点演算だけでなくメモリアクセスパターンを考慮するなど多様な環境での性能を反映できる

用語説明

③ HPC（ハイパフォーマンス・コンピューティング）

自然現象のシミュレートや生物構造の解析など、非常に計算量が多く高性能な計算が要求される処理のこと。主な用途としては、地球全体の気象など、人間の手で制御することができない現象や、自動車の衝突シミュレーションなど、実験コストが高くつく現象の解析があげられる。

ように工夫されている。昨年11月の高性能コンピュータ、ネットワーク国際会議(SC2003)で、米国テネシー大学のJ. ドンガラ博士から発表され、段階的に充実しリリースされてきている(最新リリースは、2004年5月31日)。

② 活発化する情報バリアフリーをめぐる活動

先の通常国会で、障害者基本法が改正され、6月4日に公布された。改正障害者基本法には、情報バリアフリーの実現に関わる条文が設けられた。障害者が利用しやすい情報通信機器を普及し、電気通信及び放送のサービスについて障害者の利便の増進を図ることなどが、国及び地方公共団体の責務となった。また、行政の情報化などにあたっては、障害者の利用の便宜が図られるように特に配慮しなければならないと規定された。

これからは、どのような機器や役務を提供すれば適切なのであるか。それを規定するのが日本工業規格(JIS)である。法律の改正とタイミングを合わせて「高齢者・障害者等配慮設計指針—情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス」と題された一連のJIS規格が、X8341シリーズとして提供されはじめた。5月20日には「X8341-1 第一部：共通指針」と「X8341-2 第二部：情報処理装置」が、6月20日には「X8341-3 第三部：ウェブコンテンツ」が制定された。さらに「事務機械」と「電気通信機器」につ

いて、来年春を目指してJIS化の作業が進められている。

これらの規格のうち、第一部：共通指針は、あらゆる情報通信機器、ソフトウェアおよびサービスが満たすべき基本的な条件を示す。一方、第二部以降は、共通指針を踏まえた上で、個々の機器等の利用形態や特性を勘案して、個別の条件を規定するものである。

今、地方を含め公共団体は、電子政府に向かって動き出している。この電子政府は、高齢者や障害者も利用できるように設計することが望ましい。ウェブベースの電子政府の設計にあたっては、第三部：ウェブコンテンツの条件を参照することになる。ITベンダー各社は、ウェブサイトがJISを満たすかを診断するツールの開発を急いでおり、すでに数社が、7月に入ってそれに関する報道発表を行った。

情報通信機器に国境はない。したがって、技術的な条件は国際的に整合が図られることが望ましい。日本は、JIS X8341-1をベースとしてISOで国際標準化することを提案してきたが、7月30日にそれが承認された。今後、国際標準作成作業が、日本人をプロジェクト・エディターとして進められることになる。

さらに、文部科学省の科学研究費補助金・特定領域研究として「情報福祉の基礎」が採択され、今後、研究が進められることになった。このように、情報バリアフリーに関わる動きは、急に活発化している。

ナノテク・材料分野

① シリコンチップ間の光カップリング方法の新提案

複数のシリコンチップ間でデータ転送を行うことは、並列あるいは高速コンピューティングを行ううえで不可欠の技術である。集積回路内のデータ転送は金属配線が主流であるが、チップ間データ転送は、今後は、高速の光ファイバー通信が有力になっていくと考えられる。ここで、伝送損失を最小限にするためには、チップ間を光のまま伝送し、電気的な素子などを介さないことが望ましい。このようなチップ間の光配線において未解決問題のひとつは、ミクロン単位の光ファイバー径からの光信号を、ナノメートルレベルで加工

された集積回路内の配線へ、いかにして効率よく導入するか、という問題である。例えば、光ファイバーで送られてきた $1.55 \mu\text{m}$ 波長の光信号を、光学レンズを用いて $1/10$ 程度の微細な光導波路へ絞り込み、その光軸合わせすることは、実際問題としては非常に難しい技術である。

この問題に対し、米国コーネル大学の M.Lipson 助教授らは、シリコン基板上に、先端を 50nm 程度に細らせたテーパ状のフォトカプラー部分を作り込み、その先端を光ファイバーに対向させて配置すると、そのカプラー部分が短くても、あたかもレンズを通して集光したように、光信号を高効率で捕捉できることを実証した。これは、伝送されてきた光を電磁波と

して扱おうと、アンテナで電波を受信できるのと同じ考え方で、光信号を受信できるという原理に基づいている。この原理によれば、損失が非常に少なく、かつ、精密な光軸合わせも不要になる。実証実験では、シミュレーションに基づくテーパ状のカプラー形状を、リソグラフィ技術によって Si/SiO₂ 構造で作製した。製造方法が容易であることのメリットも大きい。また、カプラー部分が非常に短くて済むため、シリコンチップ上での機能の集積化という意味でも画期的な基本的技術と言える。この技術は、6月30日～7月2日にサンフランシスコで開かれた Integrated Photonics Research 2004 の Topical Meetings で紹介された。

エネルギー分野

① 米国におけるクリーンコール発電技術開発の動向

米国エネルギー省 (DOE) は、国家エネルギー政策の中核となる石炭利用技術 (クリーンコールテクノロジー) イニシアティブの一環で、大気圧循環流動層燃焼と呼ぶ新技術を利用する 2 億 1,500 万ドルのプロジェクトを本年 6 月に承認した。クリーンコールテクノロジーイニシアティブは、ブッシュ大統領が 2002 年に表明した国家エネルギー政策で、従来の石炭燃焼システムより硫黄酸化物や窒素酸化物などの大気汚染物質排出を極端に低減する新しいエネルギーシステムを開発する。10 年間で 20 億ドルの予算を投入することに

なっている。

大気圧循環流動層燃焼技術を利用する本プロジェクトは、DOE とウェスタン・グリーンブライアー・コージェネレーション社との合弁事業として進められる。石炭コークス生産に伴って廃棄される石炭屑 (ボタ) を燃料に、汚染物質の排出を極端に抑えた石炭火力発電を行う一方、燃焼灰と廃熱を工業用に再利用する構想で、発電施設は、ウェストバージニア州レイネルに新設される「エコパーク」の大型テナントとなる。

この発電プラントでは、アルストム・パワー社が開発した石炭固形物捕集・再循環用サイクロン・セパレータを用いることにより、従来の加圧循環流動層システムに比べてボイラー構造物を簡素化でき、ボイラー設置面積は最高 40%

低減、建造時間も最高 10% 短縮、さらに、建造コストも約 60% カットできる。発電プラントが運開すると、ウェストバージニア州南部の数百のコークス産炭地で発生した石炭屑約 4 億トン消費し、85～90MW の電力、毎時約 14 トンの蒸気、約 120MW の低温廃熱を生み出す。米国環境保護省によると、石炭屑はウェストバージニア州の主要廃棄物になっており、その処理費用も 20 億～30 億ドルと見積もられていることから、本プラントによる石炭屑利用発電技術実証に期待がかかっている。

一方、石炭燃焼灰を石炭屑山に戻して酸性の流出物を中和することにより、土地の産業再利用を行ったり、地元の林業から発生した廃木材を石炭燃焼灰と混ぜ、1 日あたり最高 1 万個のレンガを生産

したりすることも計画されている。このレンガは、建設業界で新しい材料として利用することができる。

石炭使用継続と拡大につながる実用規模のプロジェクトにより、

ウェストバージニア州において、今後5年間に環境改善、経済的利益、数千人の新規雇用が生み出される可能性がある。発電プラントの建設は2006年初頭に開始され、国立エネルギー技術研究所によっ

て管理される。このプロジェクト推進は、米国のエネルギー政策で石炭エネルギーを重要視していく動きとして注目される。

製造技術分野

①大面積、低コストのデバイス製造技術として期待される機能材料塗布技術

機能材料を含んだインクの印刷、スピンコーティング^①などの塗布技術による機能材料膜形成は、大気圧下で行われ、製造の低消費電力化、低コスト化などの利点があり、大面積フレキシブルディスプレイなどのデバイスには極めて重要な製造技術である。技術的には制御性、再現性などに係わるノウハウを必要とする。

現在、これらの塗布技術は、低コスト化競争の激しいデバイス製品や超低価格の新製品を生み出すキーテクノロジーとして注目されている。厚みが数10 μ mからnmオーダーに亘る機能材料膜の塗布形成技術は、有機EL、液晶、プラズマなどの今後の大きな市場を形成する各ディスプレイ関連技術、回路基板への配線、半導体素子の形成などその応用のインパクトは大きい。

我が国では分子特性と材料特性を仮想実験技術によって結びつけることを目的とした産学連携プロジェクト「高機能材料設計プラットフォームの研究開発」で開発されたソフトマテリアルに対する統合的なシミュレータ「OCTA」が

ある。マイクロ～メゾ～マクロを繋ぐ高機能材料設計プラットフォームとして、材料の形成に液滴を用いる技術などを解析的に支援するツールとして今後の塗布精密成形技術開発への貢献が期待される。

米国MITメディアラボの先駆的研究により生まれ、マサチューセッツ州ケンブリッジ市に本社を置くE-inkコーポレーションによって開発された「電子インク」はマイクロカプセルの印刷塗布技術が用いられており、日本の電子機器メーカーによって応用製品「電子ペーパー・ディスプレイモジュール」となって今春、市場に出た。

機能材料塗布技術は超低価格のRFID(Radio Frequency Identification)タグ、大容量記憶装置、ウェアラブルコンピュータ、フォトセル、化学センサー、感圧材料など導電性プラスチックを含む次期デバイス製造技術に適用されようとしている。

また、低コストで使用に十分な性能を発揮する薄型トランジ

スタのための塗布技術の開発が進められており、キャリア移動度が大きい薄膜半導体の作製法の確立が課題となっている。

米国IBM社のT. J. Watson研究所は極薄膜のトランジスタをスピンコート技術で作製する技術に注目すべき進展をもたらした(今年3月にNature誌に発表)。新しい薄膜作製技術は、金属カルコゲナイド膜をスピンコーティングと熱処理により作製するもので、膜厚は約5nmと極めて薄く、結晶性の半導体超薄膜を作製した。この膜は、n型輸送で、従来のスピンコーティングによるFET(Field Effect Transistor: 電界効果トランジスター)より1桁も高い電荷移動度(10cm²/Vsを越える値)を示したが実用までにはさらにもう一桁の向上が必要である。この技術は、その他の金属カルコゲナイド化合物への応用を示唆し、太陽電池、熱電素子、メモリーなど様々な薄膜素子の大面積、低コスト製造技術への展開も期待される。

用語説明

①スピンコーティング

基板中央部に液体(樹脂)を滴下し、この基板を回転させて基板表面に薄いフィルムを形成する技術。この液体が機能材料成分を含んだ前駆体であれば、これを熱処理することにより、半導体、誘電体などの機能性無機薄膜となる。

社会基盤分野

① 燃料電池電車の研究が進行中

水素燃料電池自動車は現在技術実証段階にある(2003年2月号特集記事参照)が、水素を燃料とする燃料電池を鉄道車両の動力源として利用する研究が進められている。

東日本旅客鉄道株式会社(JR東日本)は2003年5月から、試験車両「NEトレイン」の走行試験を開始した。NEとは、新エネルギーを意味する。この車両は、ディーゼル発電機で電力を発生させ、可変電圧・可変周波数(VVVF)の交流に変換して、誘導電動機を駆動する、いわゆるインバータ電車である(JR東日本では気動車としている)。この車両の屋上にはリチウム電池が搭載され、ブレーキ時に発生する回生電力を蓄積する。走行試験では電池だけで起動し、必要により発電機で充電するという方式で運行した。この車両は、今後ディーゼル発電機を燃料電池に置き換えることを目指している。

一方、財団法人鉄道総合技術研究所(鉄道総研)でも、燃料電池を電源とする電車の開発を行っている。

鉄道総研は2004年4月までに、走行模擬試験台において30kW相当の固体高分子型燃料電池でインバータ電车用台車を用い、起動時トルク350N程度、1km/h/sの加速度で時速50kmまで到達させる試験に成功した。燃料電池電車の仕様目標は、燃料電池及び他の蓄電媒体の合計出力が800kW、2両編成(定員280名)で最高時速120kmとしている。また1回の水素充填で300kmから400km程度走行できることを目指している。

新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)は、2005年の愛知万博においてNEDOパビリオンに出力800kWのリン酸型燃料電池を一般公開する予定である。この燃料電池は室内据付型で重量が18トンもあり、鉄道車両に搭載できるほど小型・軽量ではない。鉄道総研では鉄道車両用燃料電池として固体高分子型を想定しており、燃料込みのシステム質量を5トンに目標をおいている。燃料電池の

小型化及び低価格化のための技術開発が今後の最大の課題である。

車両基地において水素を供給する水素ステーションは、鉄道総研と東京ガス株式会社が共同で試設計を行い、40編成の車両基地を想定した場合の実現性を検討し、東京ガスが有する技術で実現可能という結果を得た。東京ガスは国の委託を受けて、首都圏で運用中の10箇所の燃料電池自動車用水素供給ステーションのうちの1つ(千住)を担当しており、定常運用の実績がある。

エネルギー源を燃料電池にした場合、排出物が水だけになり、環境保全に寄与すると期待される。経済性に優れた燃料電池電車が実現すれば、既設の非電化線区をはじめ、新しい路線や路面軌道等においても、クリーンなエネルギーを利用した車両として活躍する可能性がある。また路面軌道では架線が不要になり、都市の美観を保つ効果もある。川崎市、さいたま市、札幌市、東京都江東区などでも燃料電池を用いた路面電車の運行に関心を寄せている。

フロンティア分野

① フランスが電磁場観測衛星を打上げ

フランス国立宇宙研究センター(CNES)は6月29日、バイコヌール宇宙センターからISCコスモトラス社^①のドニエプル1ロケットにより電磁場観測衛星DEMETER(デメテール)の打上げに成功した。DEMETERは重量130kgの小型衛星で、磁場三成分、

電場二成分、プラズマ・粒子観測装置を搭載し、地震や火山噴火などの自然現象及び人間活動が電離層に与える影響調査を目的に観測を行う衛星である。フランスは国土の中央部がイタリア・ギリシャ・トルコに連なる大地震多発地帯にあり、レユニオンやニューカレドニアなどの海外県・海外領土には火山が多数ある。

地震の前兆現象に関する研究の中で、ギリシャが電磁現象に着目

用語説明

① ISC コスモトラス社

ロシアとウクライナの20企業からなる商業打上げ会社

して地震予知に成功した例はよく知られている。また中国でも動物の活動や井戸の異常などから大地震を予知し、早期避難で被災規模を小さくすることに成功した例がある。我が国では、1995年の兵庫

県南部地震が発生する数時間前に、上空の電離層に異常が起きていた可能性が高いという研究報告もある。しかし、そのメカニズムはまだ解明されておらず、また雷や人工的な電磁波の影響もあり、仮に変化が検出できてもそれが直ちに地震発生の前兆とは判断できないという意見もある。

マグニチュード7以上の大地震は、世界では年間10～20回発生しており、衛星を利用すれば比較的短期間に定量的評価が可能である。これまで、DEMETERと同種の衛星は旧ソ連、米国でも打ち上げられている。特に旧ソ連は多数の科学衛星による観測で地震発生と電磁場変化の関係を研究してきた。

我が国の地震電磁気研究は、平成7年より旧科学技術庁の主導で、理化学研究所の「地震国際フロンティア研究」と旧宇宙開発事業団の「地震リモートセンシングフロンティア研究」が行われた。前者は2001年度で終了し、観測点等が各地の大学に引き継がれた。後者は2000年度で終了し、研究は中止となった。1999年の第2回日仏宇宙協力シンポジウムではフランスからDEMETER受信の協力要請があったが、予算上の問題で協力実現には至らなかった。

地震と電磁場変化の関係を研究する上でデータ取得の機会が増大することは有意義であり、今回の打上げ成功をきっかけにして、地

《DEMETERの外観》



photo by CNES

球観測衛星を利用した災害の予知・予測について再検討を行うことが望まれる。

