

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（9月号は2004年8月7日より9月10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 コンジョイント分析を用いた脳機能疾患に関する臨床指標の作成

脳の各部位は其々全く異なった機能を担うため、単一な脳機能の尺度を作ることは不可能であり、各機能に対して尺度を作ったとしても、これらを定量的に統合することは困難であった。しかし、客観的で科学的根拠に基づいた医療と、患者の生活の質（QOL）を向上させる介護の方法を開発するため、定量的な臨床指標が求められている。経済の分野で商品属性の重要度を決定する際、欧米でよく用いられるコンジョイント分析という方法を応用し、日本脳卒中学会は、急性期脳卒中の重症度に関して、重み付けを付加した定量的指標である日本脳卒中スケール（JSS、Japan Stroke Scale）を開発した。2001年の発表時、世界では米国NIHの開発したNIHSSを始め約15種の神経学的重症度スケールと約15種の機能障害評価スケールが存在したが、JSSが初めて重み付けを付加し、個々の神経学的症候の点数を加算することによって患者の総合的重症度を反映することを可能とした。日本脳卒中急性期患者データベースを用

いて、JSSと重み付けの無いNIH Stroke Scaleと比較すると、治療効果の判定に関して、JSSのほうが有効である事が示された。コンジョイント分析を利用して、脳卒中の重症度のみならず感情（うつ・情動）障害や看護難易度、更に痴呆患者介護難易度、頭痛患者のQOL指標、患者の転倒・転落危険度など、患者の生活の質を向上させる為に実用可能な指標の作成が進められている事が、第9回認知神経科学会で報告された。

そもそもコンジョイント分析とは、数理心理学や心理計測学の分野で開発された統計理論である。市場調査の分野で応用され、商品の性能・形状・価格など複数の属性に対し、消費者の購買意欲に影響する属性の重要度（重み）を算定することが可能で、消費者の嗜好や価値観など定量化の困難な因子を数量化し得る事が実証されている。

臨床の場面では、患者の転倒・転落危険度を例にとると、熟練した医師や看護師は、どの様な患者がどの様な状況で転倒・転落し易いかを適切に予測する事が可能であるといわれるが、この予測能力を他者に伝えたり、患者ごとに危険度を数量化して関係者に申し送ることは困難であった。コンジョ

イント分析を用い、患者の個人的特性や障害の諸相を様々に組み合わせた仮想的患者を複数作成し、其々をカードに記載して多数の予測熟達者に提示し、仮想的患者の転倒・転落危険度を判定してもらう。異なった熟達者が危険度に関与すると判断する因子には、一定の傾向があり、これを統計分析することにより、諸因子の重み付けができる。個々の患者の転倒・転落傾向や総合的危険度を知ることにより、予防的な措置が可能となる。

又、患者本人の感じる痛み等の苦痛の度合いは、問診や観察・測定などでは伝わり難い。頭痛の場合、発症の頻度や継続時間、肉体的・知的活動に対する影響、他の身体的症状との関連性、生活の充足度などの要因の重み付けを行うことにより、患者の痛みという主観的な因子を、医師や介護者が評価して対応方法を勘案することが可能となる。

このように作成された指標に、地域や国民性によって異なる価値観が反映される因子が含まれると、地域ごとに重み付けが異なる可能性もあるが、必要に応じて広範な規模で分析し客観性を高めることが可能である。実地で検証し改善した指標を用いることにより、個々の患者に応じてQOLを

向上させる対応をする事が可能になる。

参考文献

- 1) Stroke, 2001, vol.32, p1800 - 1807
- 2) 第9回認知神経科学会、寺山靖夫氏より

② NIH 研究費申請書のガイドラインの変更は大学の知的財産戦略に影響するか？

研究の進展に中心的な役割を果たすものは、研究によって新しく創出されたリソースである。NIHが定義するリソースは、遺伝子改変生物および変異生物などの生物材料由来のもの（胚なども含む）、遺伝子型などをスクリーニングするためのプロトコール（実験手順または仕様）、遺伝子変異体を作成するためのプロトコールなどが含まれる。

これらのリソースを基にして研究を行い、その結果生じた新しいリソースでさらに次の研究を実施するという研究の連鎖により、研究領域全体の発展が加速されると考えられる。

NIHは、リソースの研究者間の共有化と迅速な普及を促進するために、NIH研究費支援におけるガイドラインに変更を加え、2004年10月1日にNIHが受理する研究費申請書から適用することにした。

それによると、年間50万ドル以上の全ての研究費の申請書は、研究の結果で得られたリソースの共有化や普及に関する計画について記述するように求められ、研究費の採択の際には考慮される。共有化や普及の際の費用はNIHが支援する。共有化には、論文発表前のリソースも対象とされる。

リソース共有化を推進する背景は、生命科学者、特に遺伝学者においてリソース共有化の認識が低いこと、および発表論文に基づいた追試実験を試みる際に、論文著者からリソースの提供が無かったために実行することが不可能であった、という経験をした研究者が多いことが米国国内調査でわかったからである（JAMA, 287(4): 473 - 480, 2002）。

また、NIHの研究費によって難しいリソースの開発に成功した研究者が他の研究者にリソースの提

供をしなかった場合、NIHは別の研究者の同様な研究に研究費支援をしなければならず、これは研究費の効率的な使用の妨げになると考えられたからである。

大学の研究者などをメンバーとする政府関係会議（COGR）は、公開文書をNIH宛に書き、この変更が公開協議なしに決まったことや、知的財産の問題の取り扱いの不明確さを含む多くの懸念を挙げ、NIHに回答を求めた。しかし、これらに関する文書による回答はまだない（Nature, vol.430, p953, 2004）。

通常、研究成果のライセンスの決定は、個々の研究者よりも大学側にある。このNIHのリソース共有化の促進策が、今後、米国の大学の知財戦略にどう影響するか興味深い。

参考文献

- 1) JAMA, 287(4): 473 - 480, 2002.
- 2) Nature, vol.430, 951 および 953, 2004.
- 3) NIH ホームページ：
http://grants1.nih.gov/grants/policy/data_sharing

情報通信分野

① センサーネットワークの実用化推進の動き

ユビキタスセンサーネットワークとは、超小型無線装置が種々のセンサーに内蔵され（以下、このセンサーをノードという）、センサー同士が無線で自律的に情報の流通を実現するものである。このノードをばらまけば、無線で隣接する相手を発見し、相互連携してメッシュ状のネットワークを作り上げる。固定的にネットワークを

設けることなくセンシング情報を集められるため、自然災害の自動監視、構造物管理など様々な分野への応用が広がる。

カルフォルニア大学バークレイ校の研究グループとインテルは、共同でセンサーに単純なコンピュータを組み込んだ小型のノード「Mote」（モート：ほこりの意味）を開発した。モートは「TinyOS」という基本ソフトで動き、起動した瞬間、周囲のモートと自動的に接続する。「TinyOS」は電力消費を厳しく管理しており、特定の事

象が発生しない限りプログラムを実行しない。このモートを森の多数の木々に取り付けて周囲をセンシングすることで森の気候変動を調査した。インテルでは生産ラインの停止を防ぐため、工場内の主要な機械を監視する用途に利用する予定である。しかし、具体化には、システム内に共存する多数のノードを効率よく確実にプログラムすることをはじめ、データの伝達方法、省電力化、小型化、低コスト化などの難しい技術が要求される。

センサーネットワークの各国の取り組みとしては、海外では米国を始め、欧州、韓国などがセンサーネットワークの重要性を認識し、国主導での研究開発を行っている。

米国では、軍事主導での広域向けのアプリケーションが多く、前記した小さなノードを広範囲に散布した環境観測や軍事目的に類するプロジェクトなどを盛んに行っている。最近の話題としては、8月に米国で開催された高速チップに関するシンポジウム (Hot Chips 16) で、カルフォルニア大学バークレイ校がモトの最新成

果として、省電力化により単3乾電池2本使用時の駆動時間を、環境計測用途などの利用で、これまでの約1年から約3年に伸ばしたと報告している。

日本でも、総務省が2004年3月に「ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会」を設置し、ユビキタスセンサーネットワークによってもたらされる新たなサービス、今後取り組むべき課題などにつき、産業界、大学、研究機関、政府が一体となって検討してきた。そして、8月6日に「ユビキタスセンサーネットワー

クの実現に向けて」として、今後の推進策や課題をまとめた最終報告を公表した。

参考文献

- 1) 「世界を見守る賢いセンサー網」 (D.E. カラー、H. マルダー 日経サイエンス 2004年9月号)
- 2) 「ユビキタスセンサーネットワークの実現に向けて 最終報告」 (ユビキタスセンサーネットワーク技術に関する調査研究会 2004年7月)

環境分野

① 世界における大気汚染物質による健康影響研究の動向

大気汚染物質によって生じるDNA損傷の化学構造決定やDNA損傷が引き起こす突然変異の解析、突然変異誘発の分子機構、そしてPM (粒子状物質) が健康へ与える影響などの研究が各国で行われており、その結果が規制強化にもつながっている。

国立環境研究所は、オゾンなどの大気汚染ガスや環境変化が植物に及ぼす影響及びそれに対する植物の反応を分子レベルで解明するために、大気汚染に弱いシロイヌナズナを用いて研究を行っている。

アメリカではEPA (米環境保護局) の研究者によって、2種類の異なるディーゼル排気粒子のサンプルを用いた組成、毒性および突然変異誘発性を比較した2つの研究が発表された。今回の発表は、フォークリフトおよび自動車の排気ガスから採取された2つの排出源を比較した初めての研究である。この研究では、2つのディ

ーゼル排気粒子が、異なる物理的・化学的性状を有し、大腸菌への突然変異誘発性及びマウスの肺への毒性についても、異なる影響を及ぼすことを明らかにした。最近EPAは、大気汚染と心臓血管疾患との関係に関する研究について、これまでEPAが科学研究に対して提供した中で最高額の3,000万ドル (36億円) の補助金をワシントン大学に提供した。さらに、全米研究評議会 (NRC) は、粒子状物質に関するEPAの調査を評価した際、粒子状物質への長期的な暴露について、政府の知見を拡大するため、疫学的研究の必要性を強調した。

カナダのマクマスター大学の研究者チームは、製鉄所がある基幹道路沿いに、一方はそのまま、片方はHEPAフィルターを通した空気が呼吸できる2つの環境に実験用マウスをさらし、どの汚染成分が突然変異を誘発するののかを探る実験をした。この結果、汚染環境下のマウスから生まれた子は、父親から変異を受け継ぐ例が、他と比較すると2倍となった。原因は、煤煙や粉塵などの微粒子に付

着しているVOC (揮発性有機化合物) と思われる。

ディーゼル自動車が主流のヨーロッパでも活発な動きが見られる。フランスのエコロジー・持続可能な開発大臣は、国の環境・健康計画の策定及び大気政策の中で、「大気中微小粒子のヒトへの影響」に関するフランス環境衛生安全局の報告書を発表し、この問題について国民へ広く喚起していく姿勢を見せている。

ドイツ連邦環境省は、Norddeutsche Affinerie社の有害粒子削減プロジェクトに対し、「環境負荷削減のための投資プログラム」から約150万ユーロ (1億9,500万円) を助成することを発表した。

また、室内汚染物質への曝露に関する研究成果がEUの共同調査センター (JRC) によって発表された。これによると、欧州市民は90%の時間を屋内で過ごしているが、室内環境には特有の健康リスクがあり、場合によっては汚染が屋外環境の2倍に及ぶこともあると述べている。室内からは、数百ものVOCが検出され、中には有毒性や発ガン性、突然変異を引き

起こす性質を持つものもあり、潜在的発生源は非常に多い。例えば、欧州のぜん息患者の20%は、屋内で吸入した物質によるものとされる。また、建物の中に放出されて

いるタバコの煙、アスベスト、ラドン、ベンゼンは、ガンが増加している原因として最も疑いをもたれている。

大気汚染物質は、隣国にまで影

響を及ぼすことから、これら各国の動向は各国の今後の規制にも深く関わるものとして注目される。

ナノテク・材料分野

①誘電体膜の相転移温度や酸素欠陥を制御する技術の進展

ペロブスカイト構造（一般化学式： ABO_3 ）をもつ誘電体は、セラミックの電子部品、高温超伝導体、強誘電体メモリ材料などとして数多くの研究がなされている。そのなかでもチタン酸ストロンチウム（ $SrTiO_3$ ）は研究例の多い基本的な物質であり、その知見は他の多くの誘電体研究の参考例にされている。この $SrTiO_3$ の薄膜に関して、新たに2つの注目される試みがなされた。

多くのペロブスカイト誘電体は、ある温度（キュリー温度）以下では電界を切っても誘電性が残る強誘電体の性質を示し、キュリー温度以上では強誘電性を失って常誘電体になり、室温でどちらの性質を示すかによって、それぞれ異なる応用分野に用いられている。しかし、 $SrTiO_3$ は絶対零度まで冷やしてもキュリー点が観測できず、強誘電体にはならないべ

ロブスカイト化合物であるとされてきた。ペンシルバニア州立大学など9つの機関から成る研究グループは、外挿すると絶対零度以下にあるはずと考えられる $SrTiO_3$ の強誘電性を室温で発現させることに成功した（Nature, vol.430, p.758）。ペロブスカイト誘電体でキュリー温度を移動させる方法には、元素置換や同位体置換などで物資の構成を変えてしまう方法と、結晶に歪みを与える方法が知られている。上記の研究グループは、まず、シミュレーション計算により、結晶に1%の歪みを導入することができれば、 $SrTiO_3$ のキュリー温度を $300^{\circ}C$ 以上移動させて、室温で強誘電性を発現させることが可能であると見積もった。次に彼らは実際に、基板との結晶格子の大きさの差を利用して薄膜に歪みを与えることを試みた。ディスプレイウムスカンジウム酸化物（ $DyScO_3$ ）という特殊な単結晶基板の上で、反応性分子エピタキシー（MBE）という成膜方法で歪みを入れながら $SrTiO_3$ 結晶を成長させたところ、見積も

りのとおりにキュリー温度を移動させることができた。一般に薄膜は厚くなるにしたがって結晶中の欠陥が生じることによって歪みが自然と緩和してしまうが、上記の研究グループは反射高速電子線回析（RHEED）で観察し、膜厚を注意深く制御しながら厚さ50nmの $SrTiO_3$ 膜を作製した。

一方、ペロブスカイト化合物の電気特性は、結晶中の酸素欠損（酸素が少量抜けること）で絶縁体から半導体へ大きく変化することが知られているが、この酸素欠損量を任意に制御する技術はまだ確立されていない。ルーセントテクノロジー社と日米複数の大学との共同研究グループは、 $SrTiO_3$ の薄膜で層ごとに酸素欠損量を意図的に変えた多層構造を作製し、角度散乱暗視野電子顕微鏡を用いて結晶格子の1層分の急峻さで酸素欠損量が変化している様子を観測した（Nature, vol.430, p.657）。原子スケールでの酸素欠損制御を可能にした研究例として注目される。

エネルギー分野

①太陽熱を利用した新しい高効率タービン発電システム基礎技術を開発

東北大学大学院環境科学研究科の斉藤武雄教授らの研究チームは、太陽熱を利用した新たな高効

率ブレードレスタービン発電システム基礎技術の開発に成功した。開発された新システムでは、直径約20cmのローターに、太陽熱により温められた高温高压水で約 $180\sim 200^{\circ}C$ に加熱した高温媒体（代替フロン）をマッハ2～3の超音速で吹き付け、毎分約3,300

回転で回転させ、毎時300W発電する。

太陽エネルギーの16～20%を電気エネルギーに変換しており、発電効率は単結晶・多結晶シリコン太陽電池（13～20%）とほぼ同等、アモルファスシリコン太陽電池（8～13%）の約2倍。高温

媒体の超音速吹き付けは、システム始動時には電動ポンプの補助を必要とするが、高温媒体は高温の加熱器から低温の冷却器へと自動的に循環するため、一度動き出せばランニングコストはほぼゼロに近い。

高効率を実現したキー技術は、ローター形状で、直径約 20cm、厚さ 0.1mm のステンレスで作った渦巻き状のディスクと、同サイズの平板をマイクロメートルオーダーの間隔をもって 100 枚単位で交互に重ね合わせて作り、粘性力、衝動力、反動力などの現象を複合的に利用して効率を高めた。従来

の火力、原子力などの 100 万 kW 級大型発電所で使われている蒸気タービンやガスタービンシステムは、超臨界状態の高温・高圧蒸気やガスを使うため、形状が複雑で高価であったが、本ブレードレスタービン発電システムは、分散型、超小型、低価格である。

今回開発したブレードレスタービン発電システム価格は、太陽光発電が 1 kW あたり 70 万円に対し、同 30 万円以下、出力は 1 ~ 10kW クラスへの小型化が容易な一方、システムを直列に重ね合わせると高効率な大規模発電も可能である。また、媒体気体の温度差

を利用してタービンを回すため、炭酸ガスや有害物質が発生せず、環境にも優しい。東北大では、本タービン技術を環境優先時代の重要な基盤技術のひとつと位置づけ、10 年以上の歳月をかけて研究開発を進め、ついに今回、その基礎技術開発に成功した。

期待される用途は、家庭用電源やハイブリッド自動車の動力などで、年内に実証実験に着手し、来年以降に 3 kW 程度の家庭用小型電源などの形で商品化を図っていく予定。今後、化石燃料フリーな新しいタービン発電システム技術として注目される。

製造技術分野

① エンジニアリングセラミックスの展望

セラミックスとは酸化物などの無機粉末材料を高温処理して焼き固めて製造されるもので、陶磁器として古くから知られている。

エンジニアリングセラミックスは機械的に優れた性質に着目したものであり、電気的、磁氣的に優れた性質に着目したものがエレクトロニックセラミックスである。

宇宙開発、海洋開発、原子力などのビッグサイエンスにおいて、高温、腐食、磨耗などの過酷な環境条件に耐えるために、エンジニアリングセラミックスはなくてはならない。エンジニアリングセラミックスは、原料が資源的に豊富で、安価で、軽量であることから、大量に供給できる部材として大きな魅力を持つ。約 20 年前、「セラミックフィーバー」で過度な期待が集まったが、複雑な成形における製造コストの低減に技術的に高いハードルがあることなどから、当時期待されたような市場が形成できていない。しかし、基幹技術

を支える材料技術として、エンジニアリングセラミックスの研究、実用化開発は重要性を増しているといえる。

我が国におけるエンジニアリングセラミックスに関する動きを見ると、セラミックス市場の全体的な低迷にも拘らず、各種製造装置や産業機械の部品として幅広く使用される構造用ファインセラミックスは昨年（2003 年）が 1,165 億円と 8 年前（1995 年）の 763 億円から年平均 5.4% の伸びである。1980 年代に期待された規模には程遠いが、確実な伸びを示している。また、医療用セラミックスとして人工関節を見ると約 735 億円（2002 年）、約 792 億円（2003 年）と金額でそれぞれ対前年比約 13%、7.7% の伸びである。欧米の市場を見ると、エンジニアリングセラミックスの 2002 年の欧州市場は約 13 億ユーロ、米市場は約 13.5 億ドルで、2009 年までには各々年間約 17 億ユーロ、16.5 億ドルに達すると予測され、成長率は約 4.2%、2.9% である。欧米の全消費量は約 23 万トンであり、9 割以上がアルミナか他の複合酸化物である。エ

ンジニアセラミックスの高機能性があらためて評価されており、応用製品としては欧州では医療用セラミックス、ベアリング、高温フィルター、ディーゼル用フィルター（黒煙等除去フィルター）、米国では軍事用や耐磨耗部材、ディーゼル用フィルターなどがある。特に欧州の医療用セラミックスは好調で、米国に多量に輸出されている。米国では軍事用装甲品の製造が急速に増加している。

欧州は環境問題をクリアするために、ディーゼル用フィルターが大きなマーケットを形成しようとしている。日本、欧米共に半導体製造装置や電気モーターに用いられるセラミックベアリングの好調さは今後も続くと考えられる。

このように、日本、欧米ともエンジニアリングセラミックス市場は堅実な需要の伸びが今後も期待できる。

低コストで製造できる技術としてプリフォーム（前駆体：熱処理前の予備成形体）の段階で部品形状を付与するニアネットシエイブプロセスなどを含めた新しい成形技術の開発が進めば、今後、徐々

にエンジニアリングセラミックス製品が民生用にも転化してくると予想される。

過去の国家プロジェクトによる研究開発成果の着実な蓄積やセラ

ミックスのナノレベルからの材質設計、革新的プロセスの検討など意欲的な研究により、一時自動車用エンジン部品やガスタービン部品で大いに期待された窒化珪素系

セラミックスも含めて、他国に先んじた新規エンジニアリングセラミックスの実用化による中核技術の先取と世界市場の獲得が期待される。

フロンティア分野

① 彗星探査機スターダストが明らかにした彗星の多様性

米国航空宇宙局（NASA）は、1999年に彗星探査機「スターダスト」を打ち上げた。この探査機のミッションは、ヴィルト第2彗星に接近して彗星核（彗星の本体）を撮像し、彗星塵を採集して、2006年に米国ユタ州に軟着陸させてカプセルを回収することである。2004年1月2日に同彗星に接近したスターダストから送信された核の画像は、従来の彗星に関する概念を覆すものであった。

彗星の近接撮影は今回で3個目になる。1986年、76年周期で地球に接近するハレー彗星に向けて、米国の「ICE」、ソ連の「ベガ」、欧州宇宙機関の「ジオット」、日本（旧宇宙科学研究所）の「すいせい」が打ち上げられ、彗星の素顔が明らかにされた。細長い回転楕円体形状の彗星核と、氷の塊とは思えない真っ黒な表面に研究者たちは一様に驚いた。

続いて2001年、NASAの宇宙探査機ディープスペース1がボレリー彗星に接近し、ハレー彗星の時よりも何倍も鮮明な彗星核の画像を地球に送信してきた。同彗星の核の形状や表面の黒さなどは、ハレー彗星の核とほとんど同じであった。そのため彗星核というのは、こういうものなのだろう、という共通の概念ができあがってしまった。

スターダストに搭載された質量分析計による測定で、彗星塵には水素や酸素は少なく、窒素を多く含み、有機イオウ化合物の存在も確認されている。このことから、スターダストの研究チームは彗星塵の成分は主に有機物であるとしている。（Science, Vol.304, p1760 - 1780, (論文6編) 18 JUNE, 2004）

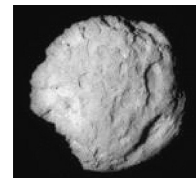
もともと氷を含む彗星は、何度も太陽に近づくうちに、その表面が太陽の光によってどんどん融かされていって、塵や岩などの融けない物質が残され、さらに微量に含まれている有機物が集積し、表面はコールタールのように真っ黒になる。そして、表面に蒸発を阻害する殻ができ、内部で生成した蒸発ガスが殻の割れ目からジェットとして吹き出している。だが、表面の殻はあくまで岩なので、それほど強度がないはずである。そのためハレー彗星やボレリー彗星では、表面に急峻な地形が見られなかった。

ところが、ヴィルト第2彗星の彗星核の画像は、それまでの常識を覆した。まず、彗星核の形がかなり丸かった。3つの軸の径は1.65km、2.00km、2.75kmと倍の差もなかった。彗星は大きな天体が衝突してできた破片かもしれないという考えは、少なくともこの彗星に関しては当たっていないことが判明した。さらに驚くべきことは、その表面にクレーターとおぼしき地形が多数見られ、壁の傾斜が70度もあるような急峻な場

《スターダストの外観》



《ヴィルト2第2彗星》



最接近時に撮影

Photo by NASA

所があったことである。ピットハローと呼ばれる深い穴、フラットフロアと呼ばれる底が埋まったようなクレーターでも、外壁がはっきりしている。これは、ハレー彗星やボレリー彗星とは明らかに異なっている。こうした地形を保持するためには、かなり粘着性の強い物質でなくてはならない。彗星核にそのような粘着性の強い物質が含まれているというような予想は全くなかった。表面の色はハレー彗星と同様にほとんど真っ黒であった。

今回のNASAの成果に対し、国立天文台の渡部潤一助教授は、天体として1つの種類に分類されてきた彗星も、実はそれぞれ異なった起源や歴史を持っているのかもしれない、とコメントしている。採集した彗星塵を直接観察することで宇宙の起源や進化の解明が大きく前進する可能性があり、2006年のカプセル回収が期待される。