

Science Academy of Tsukuba

SAT

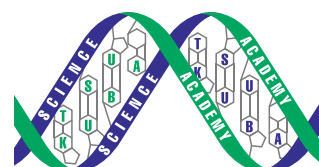
No. **26**
September 2014
<http://www.science-academy.jp/>



術中ナビゲーション画像のタッチレス操作

筑波大学消化器外科・臓器移植外科、(株)ネクステッジテクノロジー提供

- ▶ 巻頭言：医工連携による健康産業の創生を期待して
- ▶ 特集 医療支援技術
- ▶ 研究室レポート：地球とその変化を精密に測る
- ▶ つくば賞その後：第3回ジョセフソンコンピュータの開発
- ▶ SAT 行事案内
- ▶ 科学の散歩道：研究者のためのビジュアルデザイン
- ▶ 賛助会員企業訪問記



つくばサイエンス・アカデミー
SCIENCE ACADEMY of TSUKUBA

医工連携による健康産業の創生を期待して

独立行政法人 産業技術総合研究所 理事 湯元 昇

21世紀型社会の大きな特徴である高齢化社会において、今後、ますます深刻となる医療、介護の問題を解決するためには、医療・医学と工学の連携（医工連携）が必須となっていることは言うまでもありません。本号でも紹介されていますように、医療とロボット技術が連携した手術ロボット、医療用の材料工学技術など医工連携の成果が既に広く実用化されているものも多くあります。医工連携は単に医療に技術革新をもたらすだけでなく、今後、疾病の予防・予知という方向に展開することにより、健康産業とも言えるべき新しい産業分野が創生されることが期待されています。疾病の予防(Prevention)、予知(Prediction)に、個人の積極的参加(Participation)、個別化(Personalization)を加えてP4医療とも呼ばれ、21世紀型医療として期待されています。

さて現在、医工連携によるさまざまなプロジェクトが進行中ですが、プロジェクトが成功しても、産業化はスムーズに進んでいないように思います。そ

の大きな原因は、医療と産業の間に大きなギャップが存在するからです。例えば、産業化ではコストや特許が最も重要な要因となりますが、医療現場では必ずしもコストや特許は意識されていません。また医療プロセスは、治療されたかどうかという結果重視のため、現象論的であり、医療従事者の個人の力量に依存したものになっています。しかし、産業化のためには、医療プロセスが機械論的にシステム化される必要があります。さらに、工学側では医療現場でのニーズを必ずしも良く把握できていないこともあります。医療現場から声として上がってくるニーズを把握することは容易ですが、重要であっても声として上がらない潜在的ニーズの把握は困難となっています。このようなギャップは分野融合の場面では必ず存在しますが、医工連携ではギャップが大きく、それを埋めるためには、省力化・低コスト化、知財戦略、標準化、データベース化、機構解明などを、できるだけ医療現場に近い場で総合的に展



開することが必要となります。

このように考えると、つくばは医工連携による産業化に極めて適した場とすることができます。医療現場として筑波大学病院をはじめとする有力病院があること、産総研やNIMSのように産業化を指向する工学研究者の極めて高い集積があること、生体の機構解明や創薬に重要な生物医学資源が理研、医薬基盤研、筑波大などに世界レベルで集積していること、製薬をはじめとした企業が多数存在すること、などの特長は世界的に見ても極めてユニークな場と言えます。これまでは、つくばのライフサイエンス系各機関の横のつながりは必ずしも良くありませんでしたが、産総研の浅島誠フェローの呼びかけで、つくばの主な企業・学術研究機関が参加して「つくばライフサイエンス推進協議会」が平成24年2月に発足しました。今後は、このような機関間の連携を通じて医工連携が加速化され、健康産業がつくばから創生されることを期待しています。

産業技術総合研究所

理事 湯元 昇（ゆもと のぼる）

昭和58年3月	京都大学大学院理学研究科博士後期課程化学専攻修了
昭和58年4月	日本学術振興会 奨励研究員（京都大学医学部）
昭和59年4月	新技術開発事業団早石生物情報伝達プロジェクト 研究員
昭和62年7月	京都大学理学部 助手（化学教室・生物化学研究室）
平成4年4月	工業技術院大阪工業技術試験所 主任研究官
平成9年4月	工業技術院大阪工業技術研究所 室長
平成13年4月	産業技術総合研究所 人間系特別研究体 副系長
平成16年4月	同研究所 セルエンジニアリング研究部門 部門長
平成19年4月	同研究所 研究コーディネータ（ライフサイエンス担当）
平成20年4月	同研究所 理事



特集 医療支援技術

日本での近年における医療技術の進歩は著しい。それは平均寿命が延び、がんの生存率が少しずつ上昇傾向にあることなどから実感される。しかしそれは、医療技術そのもののみでなく、医療器具や機器、看護技術、関連医療材料、情報技術など医療支援技術の高度化にも支えられている。医薬品も加え、多くの技術が統合化されて高度な医療が実現しているに違いない。

本特集では、医療という人間生活に欠かせない行為の中で、重要な役割を果たしている医療支援技術に注目し、9課題について、ご専門の皆様から寄稿いただくこととした。

医療支援技術の範囲はきわめて多岐に渡っており、本特集によって、医療とは一見無関係な研究領域の研究者・技術者にとっても、大きな刺激となることを確信している。

このような特集を通じ、広い分野の研究機関、企業が集積するこのつくばから、新たな医療技術・医療支援技術が展開されることを願ってやまない。

病院における医療技術支援

筑波大学 医学医療系 整形外科

教授 山崎 正志

1. 骨髄血由来細胞を用いた運動器再生医療

筑波大学附属病院整形外科では、患者さん自身の骨盤から骨髄血を採取し、この中に含まれる幹細胞や前駆細胞（骨や血管の材料となる細胞）および血小板（組織修復の栄養となる成長因子）を遠心分離により濃縮し病変部に移植する術式（濃縮自家骨髄血移植術）を開発し、骨再生治療を行っている（図1）。

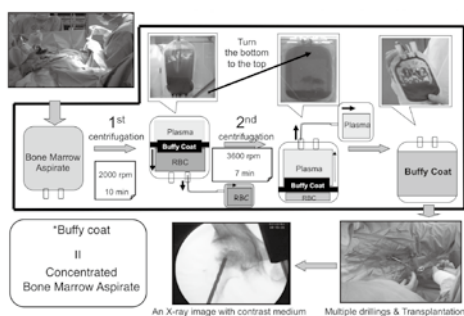


図1 濃縮自家骨髄血移植術の手技

A. 大腿骨頭壊死症

大腿骨頭壊死症に対する骨頭温存治療として、我々は簡便な独自の手法で骨髄血を濃縮し壊死部に移植する濃縮自家骨髄血移植術を開発し、2003年より臨床研究を開始した。2014年2月までに243例378関節の治療実績がある。

大腿骨頭壊死症は何らかの理由で大腿骨頭が阻血性壊死に陥り、股関節機能が失われて患者さんの生活の質が著し

く侵される難病指定疾患である。全国疫学調査から、ステロイド全身投与を誘因とする大腿骨頭壊死症が51%、アルコール多飲によるもの31%と、ステロイド全身投与歴のある患者が半数以上を占めることが明らかとなっている。さらにステロイド全身投与の対象となった疾患は全身性エリテマトーデス（以下、SLE）が31%と最も多く、ステロイド全身投与を必要とするSLE患者の大腿骨頭壊死症に対する治療の重要性が高いことが明らかとなっている。

若年者に好発すること、壊死に陥った部分で骨頭が圧潰し関節面の適合性が不良になると変形性股関節症に進展し人工関節が必要となることが問題である。我々は、圧潰を生じさせない、もしくは圧潰の進行を停止させることを目標に骨頭温存を目指して本治療を行っている。術後平均5年経過例の治療成績では、7割以上の患者さんが人工股関節全置換術を避けることができた（図2）。

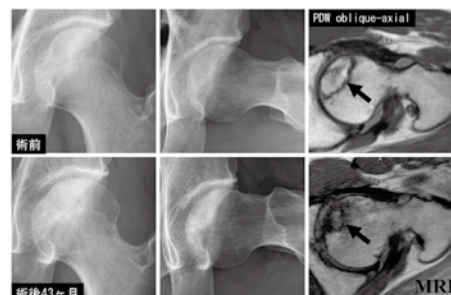


図2 大腿骨頭壊死症に対する濃縮自家骨髄血移植術の実際

30歳男性、移植後43か月で壊死の縮小を認め（矢印）、人工関節全置換術を回避することが可能であった。

現時点では、壊死範囲が中等度で圧潰の少ない症例に対しては本術式による骨頭温存効果が期待できる。

B. キーンベック病（月状骨軟化症）

手根骨の一つである月状骨に生じる骨壊死であるが、これまでに28例の手術実績がある。骨髓血移植に加えて低出力超音波パルスと創外固定器を併用する。術後平均6年が経過した18例における治療成績では疼痛や握力、手関節可動域の改善と画像評価（MRI）での骨・骨髓再生効果を認めている。大腿骨頭壊死症と同様に病期が進行していない症例で治療効果が期待できる。

C. 難治性骨折（遷延治療骨折・偽関節）

何らかの理由で通常の骨折治療機転が遅延もしくは停止した状態に対しても、本手法は良い適応である。2008年に臨床研究を開始し、これまでに30例以上の手術実績がある。術後1年以上経過した17例における治療成績では、1例を除く16例で良好な仮骨形成と骨癒合が得られている。

再生医療における近年のトピックスは、iPS細胞を用いた組織再生である。iPS細胞は、ある特殊な疾患の病態解明や新薬の効果判定、代替治療のない疾患などにその期待も大きい。その一方で、移植治療では、いまだ腫瘍化の危険性が払拭できない。我々が開発した濃縮自家骨髓血移植術は、低侵襲かつ簡便で安全な術式である。現在、その再生の効率化や広範囲壊死の成績向上を目指し研究を継続している。

2. 多血小板血漿（PRP）を用いた運動器再生医療

成長因子は生体内の特定の細胞の増殖や分化を促進する内因性のタンパク質の総称であり標的細胞の表面の受容体タンパク質に特異的に結合することにより、細胞間の信号物質として働いている。多くの成長因子は血小板内の α 顆粒内に存在していて、腱・靭帯・軟骨などの運動器組織の再生に重要な役割を示すことがわかっている。

多血小板血漿（Platelet rich plasma : PRP）とは、自己血を遠心して得られる血小板を多く含む血漿層のことをいい、結果的にPRPには高濃度の成長因子が含まれることになる（図3）。

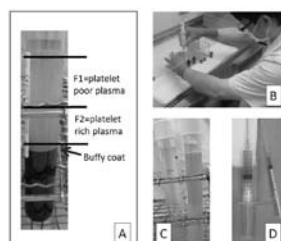


図3 多血小板血漿（PRP）の作成方法

A: 遠心後の血液。F2の部分でPRPとして使用。B: 専用のピペットでF2を慎重に吸引。C: 抽出されたPRP。D: 塩化カルシウムを加えて血小板を活性化して使用。

また血小板内の濃染顆粒内にもADP・ATP・ヒスタミン・セロトニン・ドーパミンといった生体活性物質が含有されている。

生体活性物質の貯蔵庫である血小板を活用したPRP治療とは組織の再生や損傷の早期治療を目的とする治療法である。整形外科領域、特にスポーツ障害では、障害部位に血流が少ないために組織修復が遅れることが少なくない。PRP治療によって与えられた成長因子が細胞に発現したレセプターに結合し、生体内でバランスを保ったままの状態修復過程を促進させることが期待されている。

PRP治療は患者自身の血液から作成するものであり、簡便性と安全性を合わせもつより臨床に即した治療法である。現在、筑波大学整形外科では変形性膝関節症、膝前十字靭帯再建術、肉離れなどに対しての医師主導型自主臨床試験を行っている。

A. 腱障害

腱障害は過去には組織の炎症が原因で痛みをきたすといわれていたが、実際はくり返しのストレスによる腱組織の変性が原因ということがわかってきた。変性した組織の再生を期待してPRP治療が応用されている。テニス肘、膝蓋靭帯炎（ジャンパー膝）、アキレス腱炎のPRP治療の有効性が報告されている。

B. 筋損傷

スポーツでの肉離れや打撲などの筋損傷からの早期復帰にもPRPには期待がよせられている。Platelet-derived growth factorなどの成長因子は筋の再生に有効であると知られており、PRP治療によってこれらの成長因子が損傷部に投与可能となる。

C. 靭帯損傷

捻挫はスポーツ障害で最も多くみられるものであるが、数週間で治ると一般的には理解されて軽視されることが多い。しかし実際は靭帯組織は断裂しており、治療後の靭帯組織は正常と比較して組織学的、生体力学的に大きく劣っている。これが捻挫が繰り返す理由の一つである。PRPを用いて靭帯組織を正常に早く治す試みもされており、筑波大学整形外科でも基礎研究でPRPの有効性を証明した。

D. 関節軟骨障害

関節軟骨は筋・靭帯などに比較して自己修復能が乏しく、関節軟骨損傷の治療は困難とされてきた。最近では自家軟骨細胞や自家骨髓幹細胞を培養移植する方法が開発されている。PRP療法は関節軟骨損傷の治療過程において成長因子を与え、関節内組織への栄養効果と幹細胞を損傷部に遊走させ増殖・分化能を高めることが期待される。またPRPはゲル化させて欠損部を埋めることも可能となる。

PRP治療は簡便性と安全性をあわせ持つ非常に魅力的

な治療法ではあるが、その作用メカニズムはまだ不明なところが多く、全ての整形外科障害に応用可能なわけではない。至適な投与時期・投与量・投与回数などの臨床的検討も行う必要がある。PRP治療をスタンダードなものとするために、我々は、現在行っている臨床試験を進めるとともに、基礎研究にて年齢や血液採取時間がPRPの成分に与える影響を検討する計画である。

3. 成長因子含有アパタイト層で被覆された創外固定ピンの開発

創外固定は、骨折部周囲の骨にピンを経皮的に挿入し、体外で支持する骨折治療法である。創外固定を行う症例は年間約2万例で、年率3%増加している。一方で、創外固定ピンと皮膚界面でのピン周囲感染は10~53.3%と高率にみられることが臨床問題となっている。感染の主要原因は骨組織との固着強度不足による創外固定ピンの動揺と、皮膚組織のピン表面への接着不良にあると考えられる。感染防止には日々のケアが必要で、感染の際には新たな治療を要するため、患者さんの日常生活動作の低下や医療費増につながる。

我々は、創外固定器において、骨とピンの固着改善と、ピン周囲の皮膚軟部組織の修復促進といった、硬組織と軟部組織の両面からのアプローチでピン周囲感染を抑制しようと考え、成長因子の一つである線維芽細胞増殖因子(FGF-2)に着目した。そして、FGF-2を徐放させる機能は、高い生体親和性を有するアパタイト(Ap)への担持を採用した。FGF-2とは線維芽細胞を創傷部に遊走・増殖させ、血管新生を促進することによって皮膚軟部組織再生に寄与するタンパクであり、また、骨芽細胞の分化増殖促進効果もあり、比較的早期から効果を発揮し、極微量でも骨再生を促進できる。我々は、本邦で承認されている医療用輸液・医薬品・医療機器を用いて、病院内でも作製できるFGF-2を極微量含有したAp層で被覆されたチタン製創外固定ピンを開発した(Ap-FGFチタンピン)(産業技術総合研究所、伊藤敦夫先生らとの共同研究)。Ap-FGFチタンピンは、溶液法を応用し、加熱により容易に分解する薬剤をApコーティングに取り込む共沈担持法により作製する。医療用輸液・医薬品のカルシウム含有溶液、リン酸含有溶液、アルカリ化剤、FGF-2を混合し、医療材料のチタンピンを37℃ 48時間浸漬する。日本白色家兎を用いた動物実験において、Ap-FGFチタンピンは、ピン周囲の創治癒と骨固着強度改善を促がし、術後4週でのネジ骨固着強度が約1.3倍向上し、ピン周囲感染に関して感染率を約53%減少させ、骨髓炎発症を0%に抑制することができた(図4a, b)。

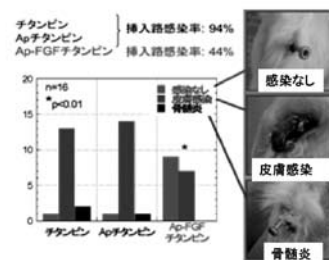


図4a Ap-FGFチタンピンの感染防止効果

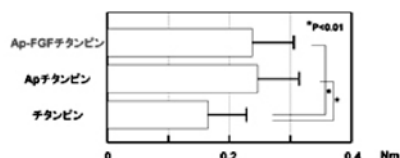


図4b Ap-FGFチタンピンの骨固着強度改善効果

2011年8月にAp-FGFチタンピン実用化のための臨床研究計画が筑波大学倫理委員会で承認され、同10月産業技術総合研究所の同臨床研究への補助が産業技術総合研究所の倫理委員会で承認された。

2014年2月に医師主導型自主臨床試験を開始し、現在までに2症例の治療が行われた。術後の明らかなピンのゆるみ、挿入路感染はなく、有害事象を認めなかった。今後も臨床試験を継続していくとともに、Ap-FGFチタンピンの骨粗鬆症への可能性を模索していく計画である。

4. HALを用いた運動器リハビリテーション

ロボットスーツHAL (Hybrid Assistive Limb) ®は、筑波大学システム情報系山海研究室で開発されたヒトの動作を支援する装着型ロボットである。HALは外側のみに支柱のある長下肢装具様の形状をなし、背部にコンピュータ(コントロールユニット)やバッテリーを搭載し、その両側に設定の調節などを行うインターフェースユニットが付属する。股関節と膝関節外側部には、運動を補助するアクチュエータを備えたパワーユニットが付属している。パワーユニットは、関節の角度とトルクのセンサーを内蔵し、靴底部には重心移動を捉えるための床反力(圧)センサーを備えている。装着者の股関節と膝関節の屈筋、伸筋の筋腹上の皮膚に表面電極を貼付し、生体電位としての筋の活動電位情報を取得する。身体外部からの重心移動などの情報とともに、内部からの生体電位情報を読み込み、装着者が行おうとしている動作を解析してアクチュエータを作動させることで、HALは装着者の動作を支援することが可能となる。

HALにより動作支援された運動は、一種の自動介助運動(active assistive exercise)となるとともに、装着者の運動意思により誘発された運動を拡大・強調しながら、実

際の運動として発現されている。このHALによって動作支援された運動は、中枢神経系（脳、脊髄）への感覚フィードバックにより双方向性を有する随意的な制御下の運動と捉えることが可能であり、脳の可塑性や運動学習の観点から、身体機能を改善させる可能性が期待されている。また、重症障害症例におけるリハビリテーションでは、介助者の負担が大きすぎて十分量の訓練を確保できない場合にも、HALによる動作支援技術により、より充実したリハビリテーションが可能となる。

我々は、運動障害のある慢性期患者に対して、HALを利用したリハビリテーションを実施し、その実行可能性について検討を行った（山海研究室との共同研究）。1セッション約90分のHALを使用した起立・着座動作、歩行訓練を実施し、歩行能力とバランス能力を調査した。頻度は週2回を基本とし、計16回来外通院により実施した。主要評価項目としては、有害事象の確認とともに、HALを装着しない状態での10 m 歩行試験、3 m timed up and go 試験（TUG）、Berg機能的バランススケール（BBS）を実施した。その結果、重大な有害事象を生じることなく、一連の試験を完遂できた。本研究に参加した69例中62例で16回のHALを利用した動作訓練を完遂した。中途脱落者は7例認められたが、医学的理由によるものは3例、他4例は事情により通院困難となった症例であった。医学的

理由により中途脱落した3例は腰痛、脊髄損傷痛、手根管症候群であったが、いずれもHALを用いた動作訓練に直結する重篤な有害事象ではなかった。動作訓練を完遂した62例のうちHALを装着しない状態で10 m 自立歩行が可能であった50例において、10 m 歩行試験による歩行速度、歩数、歩行率、TUG、BBSの全ての項目で、有意な改善を示した。対照を設けた効果の有意性の検証と歩行能力向上を目的とした他の方法との差異を明らかにする必要があるが、HALを利用した動作訓練は安全に実施可能であり、かつ効果的なリハビリテーションと成り得る可能性が示唆された。（本研究は、内閣府最先端研究開発支援プログラム（FIRST）「健康長寿社会を支える最先端人支援技術研究プログラム」の支援により行われた。）

現在、筑波大学附属病院の未来医工融合研究センターにて、脳疾患や脊椎手術後の急性期・亜急性期の患者さんを対象に、HALの動作支援技術を利用した運動器リハビリテーションの医師主導型自主臨床試験を実施している。

謝辞

本稿の執筆に御協力いただいた筑波大学医学医療系整形外科、三島初講師、金森章浩講師、茨城県立医療大学医科学センター、六崎裕高教授、筑波大学附属病院リハビリテーション部、久保田茂希先生に深謝する。

著者略歴

山崎 正志（やまざき まさし）

1983年千葉大学医学部卒業。
1990年千葉大学大学院医学研究科博士課程修了。
1994年米国マウントサイナイ医科大学研究員。
2008年千葉大学大学院医学研究院整形外科学准教授。
2012年から現職。
2014年筑波大学附属病院副病院長（国際総合戦略特区担当）・同未来医工融合研究センター部長



消化器外科手術における3D臓器表示・シミュレーション・ナビゲーション技術の進歩

筑波大学消化器外科・臓器移植外科

講師 大城 幸雄、教授 大河内 信弘

1. はじめに

医用画像を解析し応用する技術は高度化しており、外科領域では手術の安全性を目的とした手術シミュレーション・ナビゲーションに応用されている。厚生労働省は、『肝切除手術における画像支援ナビゲーション』を2007年から先進医療として認可した。その有用性は短期間で高く評価され、2012年に保険収載となった。

2. 医工芸産連携

2011年よりわれわれは、システム情報工学、芸術情報メディア学、IT企業と、医工芸産学連携のリサーチユニットを結成して医用画像の臨床応用のための開発研究を行っている。研究内容は下記に示す通り多岐に渡っている。i) リアルタイムに肝変形が可能な肝切除エミュレーションソフトウェア開発、ii) タッチレスインターフェイスを使用

した手術ナビゲーション、iii) iPadを活用したダイナミック手術書、iv) 力覚（ハプティクス）を統合したバーチャルリアリティ手術トレーニングシステム、v) 裸眼立体視統合手術シミュレーションシステム、vi) 臓器3Dプリントモデルを活用した手術シミュレーション・ナビゲーション、vii) 新規臓器血管抽出プログラム開発などである。本稿ではi)について詳しく述べる。

3. リアルタイムに肝変形が可能な新肝切除エミュレーションソフトウェア『Liversim』

肝切除シミュレーションにおいてvolumetry機能を使用した推定肝切除量の測定は必須となった。現在わが国で汎用されている3D画像構築ソフトウェアで作成された肝臓の3Dモデルは固定された剛性のモデルである。しかし、実際の肝臓は手術時の牽引操作、肝切除操作等により形態が変化する非剛性臓器である。よって、現在のシミュレーションソフトではリアルな肝変形を十分に表現できていない。われわれは、volumetryだけでなく、手術操作による肝臓の変形ならびに切除プロセスを表現できる肝切除エミュレーションソフトウェア「Liversim」の開発を行っている。コンピュータを含む機械装置の動作・機能を模倣する事をIT用語でエミュレーションと呼ぶが、われわれはパソコン上で実際の手術と同様のことを模倣するという意味でエミュレーションと呼んでいる。

Liversimでは、力学シミュレーションを用いて肝変形を表現するために、OBJデータを四面体要素に自動分割し、有限要素法を用いた物理シミュレーションを行っている。さらに、有限要素法のパラメータ設定によって、インタラクティブな変形及び任意の硬度を設定する機能を実現した。肝切除処理アルゴリズムは、四面体切断アルゴリズム、血管切断アルゴリズムを開発し実装している。これらの機能をシステムに実装することにより、肝臓を牽引・変形して術野（肝切除面）を展開するプロセスをLiversimで表現することを可能とした（図1）。左右に広がって奥に展開する肝切除面には、切るべき脈管が次々と露出される。これら出現する肝内の門脈、肝静脈の亜区域枝の方向、深さ、タイミング等は実際の手術とほぼ同様である。Liversimで扱う肝臓の3Dモデルは患者固有のCT DICOMデータから作成するので、1例、1例patient-

orientedなエミュレーションを行うことができる。手術リハーサルとしてエミュレーションを術前に手術チームで行うことができ、肝離断のプロセスを手術前に共有することが可能となるので、リスクの少ない安全な手術が可能となる。また、手術室で手術と並行してLiversimでエミュレーションを行うことによって、手術ナビゲーションも行うことができる（図2）。現在は、肝臓だけでなく、脾臓版も開発中である。

4. 3Dシミュレーション・ナビゲーション技術の医学教育への効果

外科における3D技術の進歩は若手外科医が行う手術治療の助けになるだけでなく、医学生への教育ツールとして有用であると思われる。日常診療の中で、ITを駆使した3D映像により未来的な煌めきや輝きを感じることができ、医学生にとって外科の魅力のひとつとなる可能性を秘めている。

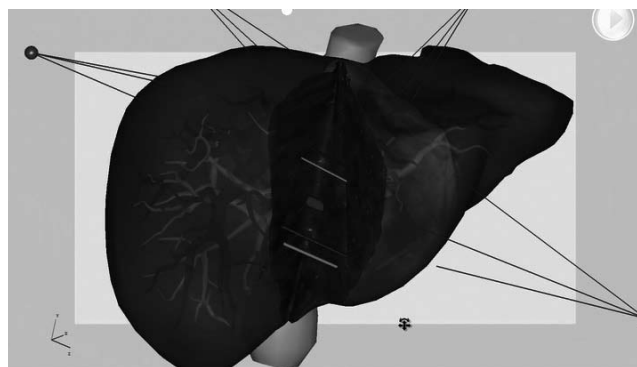


図1 Liversim エミュレーション



図2 Liversimによるリハーサルとナビゲーション

著者略歴

大城幸雄（おおしろ ゆきお）

1997年 筑波大学医学専門学群卒業
2008年 筑波大学消化器外科病院講師
2009年 マイアミ大学移植外科短期留学
2012年 筑波大学消化器外科助教
2013年 筑波大学大学院人間総合科学研究科修了
2013年 筑波大学消化器外科講師
受賞：日本コンピュータ外科学会論文賞
SATテクノロジーショーケース総合得点賞



大河内信弘（おおこうち のぶひろ）

1978年 東北大学医学部卒業
1995年 東北大学医学部第二外科講師
2002年 筑波大学消化器外科教授
2006年 筑波大学先端応用医学専攻長
2007年 筑波大学臨床医学系長
2008年 筑波大学病態制御医学専攻長
2009年 筑波大学附属病院副病院長



循環器内科 - 最新テクノロジー

筑波大学 循環器内科

講師 五十嵐 都、教授 青沼 和隆

はじめに

循環器内科は、心臓・血管疾患の診療にあたっているが、高血圧、狭心症・心筋梗塞、弁膜症、不整脈と多岐にわたる。今回、循環器疾患診療における、画像診断、最新テクノロジーについて紹介したい。

1. 冠動脈造影MDCT (Multi Detector row Computed Tomography)

狭心症は心筋自体を栄養するための血管、冠動脈が動脈硬化により狭窄することによって心筋に十分に血液供給ができない状態であり、労作時の胸痛や息切れが典型的症状である。完全に閉塞すると心筋が壊死してしまう心筋梗塞になる。心筋梗塞は突然死の原因ともなり得る疾患で、助かって心不全や不整脈の原因となることも多い。狭心症は心筋梗塞の前病変とも言え、この段階での診断と適切な治療が重要である。

冠動脈の狭窄を調べるためには、カテーテルという細いチューブを手や足の血管を通して心臓まで進め、冠動脈入口部に直接挿入し造影剤を冠動脈に直接注入しX線で撮影するという方法がある。この検査は、冠動脈の状態を詳細に把握することができるが、血管の中にカテーテルを通すため一般には入院が必要である。冠動脈は直径が2.5mm程度の非常に細い血管であるうえ、心臓は全身に血液を送り出すポンプであるため常に拍動している。そのためCTでの検査は、以前は困難であったがMDCT（マルチスライスCT）は一度に複数の断層画像を撮影できるため、短時間でカテーテルによる冠動脈造影に劣らない詳細な画像を得ることができる（図1）。

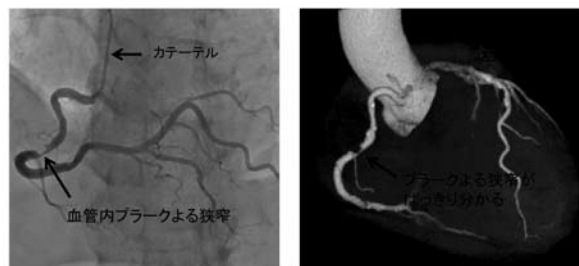


図1 カテーテル検査による右冠動脈造影

MDCTによる冠動脈像

この検査は外来検査が可能であるためカテーテル検査に比べ患者の負担は少ない。

2. 不整脈治療、カテーテルアブレーションにおける画像診断の進歩

不整脈には多くの種類があるが、特に心房細動は加齢と

ともに有病率が高くなり、また肥満や高血圧など成人病との関連性も指摘されている疾患である。心房細動は、動悸などの症状で気付くこともあるが、知らないうちに発症していることも多い。しかし、放置しておく心不全や血栓塞栓による脳梗塞の原因となるため適切な治療が必要である。薬物療法と並んで、心房細動治療のもう一つの柱は高周波カテーテルアブレーションである。電極カテーテルを血管内から心臓内に挿入し、心房細動発生のきっかけとなる心房期外収縮の好発部位である肺静脈と左心房の接合部付近を高周波で焼灼する方法である。肺静脈は上下左右4本あるうえ、複雑な解剖の左心房内でカテーテルを動かし焼灼するためには、画像による確認が必要である。X線透視は2次元であるうえ、長時間に及ぶ手技により患者および術者両方を被曝させる。そのため、近年では3Dマッピングシステムを用いて、コンピューター画面上に心臓の立体画像を示し、またGPSと同様のシステムでリアルタイムのカテーテル位置を立体画像上に表示させ確認しながら治療を行うことができる。従来はカテーテル先端を心腔内に接触させてそのカテーテル位置を点と点で結ぶことで立体画像を作っていたが、最近ではCT画像や心腔内エコー画像を融合させることにより、正確な立体像を短時間で作成可能である（図2）。

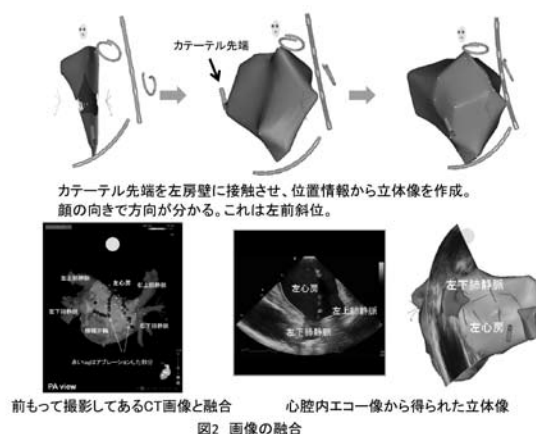


図2 画像の融合

3. 心房細動の新しい治療法: クライオ（冷凍凝固）バルーン

心房細動の非薬物療法は前述した高周波カテーテルアブレーションである。しかし、4本ある肺静脈の周囲を細いカテーテルで全周性に焼灼し電気的な伝導を途絶させるのは時間がかかる。また複雑な解剖を理解し安全で確実な治療を行うための技術習得にはかなりの経験が必要になる。

最近では、肺静脈入口部に大きなバルーンを挿入後冷却し、接触している心筋を一度に冷凍凝固させることにより伝導ブロックを作るという方法が本邦でも行われるようになった（図3）。

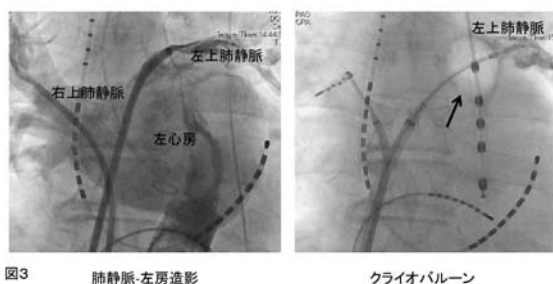


図3

肺静脈-左房造影

クライオバルーン

著者略歴

五十嵐 都（いがらし みやこ）

筑波大学 医学医療系 循環器内科 講師
1997年 筑波大学 医学専門学群 卒業。同年 筑波大学附属病院内科研修医、2000年 筑波大学附属病院循環器内科研修医、
2003年 筑波メディカルセンター病院 内科医員、
2012年 筑波大学大学院 博士課程 人間総合科学研究科 疾患制御医学専攻修了を経て、2012年より現職。



この方法は一度に広い範囲を隙間なく冷凍凝固することができるため術時間の短縮が期待でき、再発が少ないといわれている。

おわりに

循環器疾患の治療に関して、画像診断や治療法の進歩は目覚ましく、より患者の負担が少なく、確実な診断治療が可能となりつつある。

青沼 和隆（あおぬま かずたか）

筑波大学 医学医療系 循環器内科 教授。
1997年 山口大学医学部 卒業。
1982年 東京医科歯科大学大学院 内科学講座修了、
1984年 米国フロリダ州マイアミ心臓研究所 臨床心臓電気生理学部門修了、同年 武蔵野赤十字病院 内科副部長、
1987年 土浦協同病院 内科科長、
1991年 横須賀共済病院 内科部長、
1996年 同院 循環器センター長併任。
2004年 筑波大学人間総合科学研究科 疾患制御医学 循環器内科 講師を経て、2006年より現職。



画像誘導手術支援技術：術中MRI

筑波大学 脳神経外科

講師 阿久津 博義、clinical assistant 増田 洋亮、教授 松村 明

脳神経外科手術における画像誘導手術支援技術のうち最も大がかりである術中MRIはその名の通り手術室で手術中にMRIを撮影する装置である。手術中にMRIを撮影することで、単純に脳腫瘍の取り残しの有無を確認できるということだけでも大きなメリットだが、術中MRIを手術ナビゲーションと組み合わせることで、その威力を最大限に発揮できる。そこで、まず手術ナビゲーションについても触れたい。

手術ナビゲーションの機能は、術者が臓器のどの位置に触っているかをリアルタイムに認識させることである。例えば脳腫瘍手術では、術者が手術中に大切な血管や脳の機能領域（運動野や言語野など）にどの程度近づいたか確認できる。原理もカーナビと同様で、あらかじめ撮影した患者のCTやMRIの位置情報（地図）に、外科医の手術器具（自動車）の位置情報をリアルタイムに表示する。患者や手術器具（自動車）の位置情報は、赤外線カメラ（人工衛星）によって、固定された座標軸の基点（定点受信局）との位置関係で認識される。ただし、この位置認識は、対象臓器が動かないことが前提のため、手術中に位置が変わる臓器

（胸腔内・腹腔内臓器など）では使用が難しい。また、脳の手術においても脳が手術中に動いてしまうことがある。原因は、手術中に髄液が排除されたり、脳腫瘍が摘出されて脳が沈みこむ（ブレインシフト）ことなどであり、時にそのずれは終盤には2-3cmにもなる。その為、脳腫瘍手術におけるナビゲーションの精度は終盤には大幅にずれることが多い。ブレインシフトが起こった状態を例えると、カーナビを使って運転していて、目的地付近でナビが使えなくなったのと同じ状況である。

このようなブレインシフトの問題を解決するために術中MRIが有用である。なぜならば、ブレインシフトが起こった状態で術中MRIを撮影し、そのデータをナビゲーションに転送することで、位置情報をアップデートすることが可能だからである。また、高磁場術中MRI（1.5テスラ以上）であれば、拡散テンソル画像を撮影することで、移動したあとの神経白質線維の位置も知ることができる（図1）。

当院では2013年1月に日本で初めて天井懸架移動式高磁場術中MRI手術システム（ビシウス・サージカルシアター、イムリス社、カナダ）を導入し（図2）、現在まで82例に

手術を行ってきた。本システムではMRIが天井懸架移動式で、撮影時のみMRIが隣室から移動するため、手術操作中はMRIの磁場の影響を考えずに手術できる上に、撮影の際にも患者を全く動かす必要がないため、患者および手術スタッフの負担が少ない画期的なシステムである。手術に平行して隣室でMRI検査も可能なため採算性も良い。また術中MRIのみならず、最新鋭の手術ナビゲーション、手術計画ソフト等も完備し、また撮影中のドアの電磁ロックなどの安全性にも配慮された世界でも有数な高機能手術システムである。本システムを用いて当院で行われた脳腫瘍手術72例において、術中MRI撮影時に残存腫瘍のあった31例のうち、25例で全摘出を達成することができた。また、運動麻痺や言語障害などの永続的な神経合併症は約7%と、海外の一流の施設と同程度の低い合併症率であった。また、このシステムは、神経膠腫のみならず、転移性脳腫瘍、下垂体腺腫や髄膜腫などの良性脳腫瘍の摘出や内視鏡手術、定位的な生検術などにも有効であった。

脳神経外科手術における術中MRI手術システムの有用性に関しては、2011年にSenftらが行ったrandomized control studyにおいて、術中MRI使用群が不使用群に比べて有意に神経膠腫の全摘出率が高かったという報告がある(1)。当院の経験においてもその有効性を痛感している。また、特に経験の浅い術者においては術中MRIによって手術のクオリティを向上することができ、ひいては教育的な観点からも非常に有用という印象を持っている。今後の技術革新で、より使いやすく高性能なシステムが開発され、更なる手術成績の向上に寄与することを期待している。

著者略歴

阿久津 博義 (あくつ ひろよし)

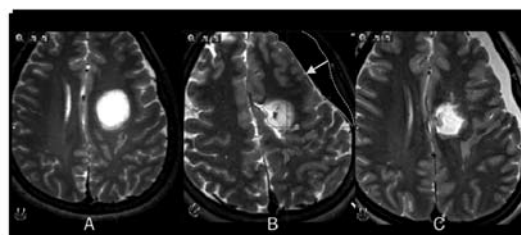
1997年 筑波大学医学専門学群卒業
2005-2008年 ドイツErlangen大学 脳神経外科 Clinical fellow
2009年4月 筑波大学附属病院 脳神経外科 病院講師
2012年4月 筑波大学医学医療系 脳神経外科 講師(現職)

増田 洋亮 (ますだ ようすけ)

2005年 筑波大学医学専門学群卒業
2012年 Gui de Chaulic - C.H.U de Montpellier, France, visiting fellow
2013年 筑波大学附属病院 脳神経外科 clinical assistant

松村 明 (まつむら あきら)

1980年 筑波大学医学専門学群 卒業、
1984年 Göttingen大学 脳神経外科助手(DAAD奨学生)
1986年 国立神経病院(London) 神経内科
1992年 筑波大学 臨床医学系脳神経外科講師
1995年 Max-Planck研究所 Biomedical NMR部門・客員研究員(Humboldt財団奨学生)
2004年 筑波大学教授、
2007年 筑波大学附属病院副院長(教育、総務、研究)
2012年 筑波大学附属病院特任副院長(国際戦略総合特区・国際連携担当)
2014年 筑波大学理事・副学長、附属病院院長



A術前MRI：腫瘍（紫色囲線）は運動神経の線維の近傍にあり。

B術中MRI：残存腫瘍（紫色囲線）と神経線維の位置関係を確認。

矢印：ブレインシフト

C術後MRI：再摘出後神経線維を障害せずに腫瘍を全摘出。

図1 術中MRI画像



図2 天井懸架移動式高磁場術中MRI手術システム

参考文献

1. Senft C et al.: Intraoperative MRI guidance and extent of resection in glioma surgery: a randomised, controlled trial. Lancet Oncol. 12: 997-1003, 2011



医療支援と材料技術—つくばからアジアへの展開

(独) 物質・材料研究機構
名誉フェロー 立石 哲也

1. アジアにおける医用材料技術開発の動向

最近の医用材料研究は金属、セラミック、プラスチックなどの伝統的なバイオマテリアルはもちろんのこと、再生医工学やナノバイオテクノロジー、DDS、遺伝子工学、分子生物学などが加わり、私が医用材料とかかわり始めた1970年代とは隔世の感がある。1990年代に誕生したアジアにおける二つの主要バイオマテリアルに関する会議、すなわちアジア生体医用材料シンポジウム(ASBM、中国・京都系)とアジア国際生体材料シンポジウム(AISB、台湾・東京系)共にこの様な状況の多様化を反映してか、発表分野の拡大と演題数の増加が特徴的であった。この様な研究領域の多様性に対応し、また国と地域の壁を乗り越えることのできる専門家集団の組織を構築しようとする、Asian International Union of Societies for Biomaterials Science and Engineeringの様な組織の実現を期待する声が上がることには当然の成り行きである。

2006年に行われた済州島でのASBM-7運営会議およびアモイでのAISB-5運営会議において、次回2007年の会議は二つの組織が合同で行ってはどうかという動議が出され、2つの会議を指導してきた有力者の同意を得て第1回アジア生体材料会議(1st Asian Biomaterials Congress, ABMC)は2007年、12月6-8日、つくば国際会議場で開催された。これまで7回開催されたASBMと第1回ABMCの演題数を比較して表1に示す。

それまで約15年間、分裂状態にあったアジアのバイオマテリアルの会議組織をなんとか統一し、アジア・太平洋地域をカバーするABMCなる統一会議を誕生させることが出来たのは、つくばの物質・材料研究機構・生体材料センターや産業技術総合研究所が中立的な立場を維持し、国内は言うに及ばずアジア各国との友好関係を推進してきたことに起因する。今から20年程前に発足した初期のアジア会議の演題数が100程度であったのに対し、統合会議では約400演題の応募がありその効果は明らかであった。参加国も極めて広範囲に及び、西はイスラエル、イラン、インド、南はオーストラリアに至り、文字どおりアジア・太平洋会議が実現できた。

その結果はこの会議の記念論文集「T. Tateishi ed., "Biomaterials in Asia", World Scientific, 2008」にまとめられている。物材研、産総研が統一会議開催の主役であったことはアジア各地からの参加者も強く認識しており、その後多くの謝辞が寄せられた。

第2回アジアバイオマテリアル会議は、2009年6月26日

~27日まで、シンガポール国立大学にて開催され、会長は同大学のSwee-Hin Teoh教授が務めた。参加者は中国、韓国、インド、日本、台湾、タイ、インドネシア、シンガポールなどのアジア各国を含む世界25か国にのぼり、セッション数は12で、「高分子足場材料」、「幹細胞機能の制御」、「薬物徐放担体」、「遺伝子デリバリー」、「骨再生」、「金属生体材料」などである。発表の登録数は、キーノート講演6、招待講演22、口演45、およびポスター講演107(2セッション)、総発表数は189であった。数の減少は直前に発生した経済危機や新型インフルエンザの影響と思われるが、高分子及び再生医療の発表数は相変わらず抜きん出ている。

第3回は2011年9月15-17日、Seung Jin Lee教授により韓国・釜山で開催され、これまで最高の545演題(口頭155、ポスター390)の発表があった。高分子及び再生医療に関する発表数はさらに増大し、合計254と全体の半数に迫る勢いであった。このように、最近の傾向として再生医工学はもちろんのことDDSなどのナノバイオの研究の増加が顕著である。

2013年に香港大学のYang Leng教授により香港で行われた第4回アジアバイオマテリアル会議でも、口頭発表186、ポスター120演題でそのうち再生医工学は口頭、ポスターともに48%の多くに達していた。次いでDDS、ポリマー、セラミックの順に話題が集中していた。

現在、経済発展に伴いアジア地域での超高齢化が急激に進展している。65歳以上の高齢者の実数では、中国が約1億990万人(人口約13億4100万人の約8.2%(2010年、UN資料))で、日本の約2957万人(人口約1億2800万人の23.1%(2010年、高齢社会白書))のすでに3.72倍となっている。他の国々における実情を勘案すると、高齢者に特徴的な骨・関節疾患を治療するための医用デバイスの需要がアジア圏においても確実に増大していることが明白である。医用(整形外科)デバイス、特に世界に先駆けて人工関節や骨固定具の高齢化者群への適用に直面している我が国においては、それに対する革新的研究開発や標準化を産学官において積極的に推進することにより、技術的な優位性を確保しつつ、アジアにおいて広く技術展開することが期待されている。

2. つくばにおける研究組織構築

工業技術院・機械技術研究所の東京時代(杉並区井荻)、私はもっぱら骨・関節のバイオメカニクスに没頭していたが、1980年に研究所がつくばに移転した頃から医療技術、

医療産業の振興を念頭に置いた医用生体材料（バイオマテリアル）の研究にも守備範囲を拡大していった。内容的には、人工骨、人工関節など整形外科分野の医用生体材料やデバイス製造の基礎的研究が主たるものであった。それらの研究結果が、日本バイオマテリアル学会や日本整形外科学会から徐々に認められるようになり、1990年に第12回日本バイオマテリアル学会（大会長・立石）を工業技術院・共用講堂で行った。まだ48歳の若さであり、昨今の日本バイオマテリアル学会大会長と比べても随分若輩で、身の程知らずと言われても仕方あるまい。

当時、つくばでは、工業技術院や筑波大学、科学技術庁傘下の金属材料技術研究所、無機材質研究所、農林省傘下の蚕糸昆虫研究所などでそれぞれ独立に医用生体材料の研究が行われていたが、合同の研究発表会を開催するような統一的な組織は存在していなかった。1996年に各所の代表者が集まり、研究発表の場を設けることになり、第1回つくばバイオマテリアル研究会と命名して、金属材料技術研究所で行われた。私自身、2000年に東大工学部に出向したため、つくばバイオマテリアル研究会とのかかわりも多少疎遠になったものの、研究会は2006年までに11回開催されている。

2009年に第12回を開催するに際して、広範囲な医工学研究者を結集する目的でつくば医工連携フォーラムと改名して「つくば医工連携フォーラム2009」を産業技術総合研究所で開催し、今日まで順調に継続している。私に関係したつくばにおける医工連携の歴史を下記にひもといてみよう。21世紀の医工学の臨床応用の重要な情報発信地として、今つくばが多方面から期待されている（表2）。

現在までに、つくば地区を中心に大学、研究機関、茨城県、企業が協力して、前述のつくば医工連携フォーラムの他に、つくば医療産業懇談会、いばらき成長産業振興協議会等が結成されて医療新産業の創出に向けた努力がなされている。

一方全国的な組織としては、2005年に発足した学識経験者の集合体で、医工学および医療機器実現に関する諸問題にアドバイスできる「医工連携コーディネータ協議会（会長、立石）」、および2007年に誕生したわが国の医療産業振興をめざす「NPO法人医工連携推進機構（理事長、立石）」が活動している。

3. 再生医工学の臨床応用への課題

iPS細胞で山中教授がノーベル賞受賞を勝ち取ったことは再生医療に大変な呼び水をもたらし、その基礎分野である再生医学の研究に弾みがついたことは紛れもない事実であるが、その臨床応用への道は解決すべき難題で満たされている。ES細胞に始まり STAP細胞騒動に至る幹細胞至上主義があまりにももてはやされたために、再生医療でこれまで地道に築いてきた基盤研究がおろそかにされていることは嘆かわしいことである。

臨床応用をめざす再生医工学において必要不可欠な3要

素は、細胞ソース、細胞担体、細胞刺激因子といわれている。細胞、物質・材料、刺激因子が整えば再生医療が達成されるわけではない。ましてや新たな万能細胞を開発すれば再生医療が達成されるとの考えがあるとしたらあまりにも早計である。細胞に基盤をおく医療用具すなわち細胞デバイスをデザインし、安全性が保たれた環境下で無菌的、無人的に製造し、デバイスの活性度を保ちながら保存したり、輸送する手段を確保するためには工学的設計技術が必要であり、細胞デバイスを大量生産するためには細胞工学の助けが必要であり、また目的とする組織、臓器にいたるまで細胞を分化・誘導し増殖を制御するためには、細胞集団の間に存在する莫大な量の遺伝子やたんぱく情報をモニターして制御するバイオインフォマティクスが必要となる。

何よりも、生体外で再生された組織が体内に移植された後、予定した機能を発揮するためには、あらかじめ再生組織が十分な強度、力学的特性や適切な生化学的特性を有するかどうかを無侵襲的に評価し、保障しなければならず、これは理工学が最も得意とする分野である。つまり、サイエンスとテクノロジーおよび医学が融合してはじめて再生医工学が成立するのである。

これまで、幾つかの医療に関係した機関の倫理委員長などをしてきた私の経験から、多能性の新鮮な細胞を患者に移植すれば組織や臓器が単純に再生されるということはない。疾病に陥った患者の細胞を取り巻く環境に大きな問題点が隠されている。つまり、細胞移植した際、細胞の足場となる環境も同時に改善しなければ、せっかく移植した多能性細胞も組織や臓器を再構築する能力を発揮できない。疲弊した畑に新しい種をいくらまいても実を結ばないの喩に相当する。

アメリカで行われ、示唆に富んだ有名な実験がある。年老いて動きのぶくなったネズミに若くてピチピチしたネズミの筋肉を交換移植したところ動きの改善は見られなかった。これは細胞を取りまき、細胞の分化・増殖に重要な影響を与える液性成分や神経系などの細胞マトリクスに関する環境の改善がなされていないことに起因していると考えられる。

4. 細胞成長因子の固定化

体内埋め込み型の人工臓器として、これまで最大の成功を収めた人工関節を構成する金属、セラミック、プラスチックなどのコンポーネント（部品）と骨組織との界面の結合強度を増大させることは長年にわたる課題であった。しかし、これまでに人工材料を用いて種々の人工臓器が開発された中で、細胞成長因子のような機能を付与したものはきわめてまれである。もし、人工材料の表面に骨芽細胞成長因子を固定化することができれば、人工関節を体内に埋入後、人工材料表面に付着した患者自身の骨芽細胞を活性化すると考えられる。その結果、骨形成を積極的に行うことが可能になり、骨組織との結合状態を格段に改善でき、日常生活への復帰を容易にすると期待できる。

1990年代に入って、基材の表面に固定化した細胞成長因子は、溶解状態の細胞成長因子とは異なり、生理状態において長期間にわたりその機能を保持できることが発見された。細胞成長因子は、その様々な機能が解明されるとともに、応用としては、細胞培養に必須の血清（細胞の接着、増殖を促進する因子などを含む）を代替できるようになり、血清を使用しない培養方法（無血清培養）が成長因子を利用して開発されるようになった。無血清培養では、血清中の成分の影響を考慮しなくてよいので、細胞成長因子や分化促進因子などの作用機構を調べる研究において特に適している。さらに、細胞成長因子を積極的に利用すれば、細胞の接着だけでなく、成長や分化のような高次な細胞機能もバイオマテリアルで制御することができる可能性がでてきた。

細胞成長因子は、タンパク質（有機高分子）で様々な官能基をもつため、有機材料への固定化は非常に容易で様々な方法がとられている。しかし、無機・金属材料へ固定化するためには、表面の有機化学処理あるいは成長因子そのものを生物学的な方法を用いて改変することが必要である。前者はタンパク質をそのまま固定化する方法で、化学修飾あるいは遺伝子（タンパク質）工学で材料結合性タンパク質を作る方法である。これまでは、主に有機材料への固定化が中心であったが、金属やセラミックスのような無機材料への固定化も行われるようになってきた。ガラスにインシュリン、上皮細胞成長因子、神経成長因子など、リン酸カルシウムに神経成長因子や線維芽細胞成長因子、チタンに骨形成タンパク質や形質転換成長因子を固定化することに成功している。これは、細胞担体と刺激因子の機能を併せ持った材料の創成であり、従来型の体内埋め込みデバイスの性能向上はもちろんのこと、再生医療分野でも細胞足場材料として大いに進展が期待されている。

参考文献

- 1) 立石哲也編著:“ここまできた人工骨・関節”、米田出版（2012）
- 2) 立石哲也編著:“メディカルエンジニアリング”、米田出版（2000）
- 3) 立石哲也、田中順三 編著:“再生医療工学”、工業調査会（2004）
- 4) 立石哲也、田中順三、角田方衛 編著:“生体医工学の軌跡”、米田出版（2007）
- 5) 立石哲也著:“バイオメカニクス”、オーム社（2010）
- 6) 田中順三、角田方衛、立石哲也、編著:“バイオマテリアル”、内田老鶴圃（2008）
- 7) NPO法人医工連携推進機構編:“医療機器への参入のためのガイドブック”、薬事日報社（2010）
- 8) NPO法人医工連携推進機構編:“医療機器への参入のためのスタディブック”、薬事日報社（2013）

表1. 1stABMCとASBMの発表演題数の比較

会議名	開催地	会長	招待講演	一般講演	ポスター	合計
ASBM 1	北京 (1993)	Zhang	11	58	38	107
ASBM 2	京都 (1995)	筏	12	68	36	116
ASBM 3	成都 (1997)	Zhang	11	99	47	157
ASBM 4	シンガポール (1999)	Zhang & 筏	14	73	20	107
ASBM 5	香港 (2001)	Leng	28	101	39	168
ASBM 6	成都 (2004)	Zhang	24	127	110	261
ASBM 7	濟州島 (2006)	Kim	39	68	137	244
1st ABMC	つくば (2007)	立石 & 牛田	49	82	257	388

表2. つくばバイオマテリアル・医工学関連会議の歴史

第1回	つくばバイオマテリアル研究会:1996・7	金材研
第2回	つくばバイオマテリアル研究会:1997・1	金材研
第3回	つくばバイオマテリアル研究会:1997・3	工技院
第4回	つくばバイオマテリアル研究会:1998・1	金材研
第5回	つくばバイオマテリアル研究会:1998・7	無機材研
第6回	つくばバイオマテリアル研究会:1999・4	農水技術会議
第7回	つくばバイオマテリアル研究会:2000・8	金材研
第8回	つくばバイオマテリアル研究会:2001・11	物材研
第9回	つくばバイオマテリアル研究会:2002・10	産総研
第10回	つくばバイオマテリアル研究会:2003・11	物材研
第11回	つくばバイオマテリアル研究会:2006・11	物材研
	つくば医工連携フォーラム 2009:2009・1	産総研
	つくば医工連携フォーラム 2010:2010・1	農水技術会議
	つくば医工連携フォーラム 2011:2011・1	筑波大
	つくば医工連携フォーラム 2012:2012・1	物材研
	つくば医工連携フォーラム 2013:2013・1	産総研
	つくば医工連携フォーラム 2014:2014・1	筑波大
その他		
第12回	日本バイオマテリアル学会、1990(工技院・会長立石)	
	日本バイオマテリアル学会シンポジウム 2004 (つくば国際会議場・会長田中)	
第1回	アジアバイオマテリアル会議 2007 (つくば国際会議場・会長立石)	

著者略歴

立石 哲也（たていし てつや）

工学博士。1973年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。1983年工業技術院機械技術研究所バイオメカニクス課長、1995年同産業技術融合領域研究所総合研究官、2001年産業技術総合研究所ティッシュエンジニアリングセンター長、2000年東京大学大学院工学系研究科教授、2003年東京電機大学理工学部教授、2004年物質材料研究機構フェロー・領域長、2006年同生体材料センター長を経て、2008年同名誉フェロー、2010年NPO法人医工連携推進機構理事長、2012年産総研名誉リサーチャー。2013年瑞宝小綬章受章



医療用デバイスの進歩-腹腔鏡デバイス・ロボット手術

筑波大学 腎泌尿器外科

教授 西山 博之、講師 常楽 晃

悪性疾患に対する治療のGold standardは、現在でも外科的に完全切除することである。しかし、外科的治療には合併症の他に開腹手術に伴う侵襲の大きさが問題であった。2000年頃より、気腹装置・種々の鉗子類・止血装置・内視鏡等の医療用デバイスの進歩に伴い、腹腔鏡下手術が普及してきた。腹腔鏡下手術のメリットは、小さな創による外見上の見栄えだけでなく術後の創部痛や腸管の癒着等の軽減にある。また、術者および助手が同一視野で手術を行えるため、術後にビデオを用いて外科技術の教育が可能となり、少数例で効果的に若手医師が外科技術を高めることが出来る。腹腔鏡下手術の問題点には、二次元映像であるため遠近感に乏しい事や鉗子が直線的であるため縫合操作が困難である事、開腹手術より触覚が劣る点等が挙げられる。消化器外科領域では、種々の腸管を縫合するデバイスの改良が進んでいる。また、筑波大学附属病院では3Dモニターの腹腔鏡手術への導入も行っている。

近年、腹腔鏡手術の難点を克服するために開発された医療用デバイスが遠隔操作型ロボット手術「da Vinci サージカルシステム」である。ロボット手術では、ロボット自体が手術をする訳ではなく、術者がコンソールとよばれる装置の前に座って、目の前に映し出される腹腔内の3D映像を見ながら、鉗子と一体化したロボットアームをリモート操作する。カメラは手術操作をする部位に近接できるうえ、ズーム拡大した映像が得られるため、細部まで立体感をもって観察することができる。そして7つの関節をもったロボットアームのおかげで、鉗子の先端で指先のような繊細な動きを実現している。そのうえ手ぶれ防止機能までついていることで、術者が緻密かつ正確な操作を無理なく行えるようにできている。

da Vinci補助下手術は現在、前立腺癌に対する手術にのみ保険医療が適応される。前立腺摘除では、発達した血管

の処理、術後の尿禁制にかかわる括約筋ぎりぎりでの切離、前立腺をとりまく勃起神経の剥離温存、膀胱と尿道を糸で細かく縫合してつなぎ合わせるなど、繊細な手技が必要である。さらに前立腺は狭く深い骨盤の底にあり、限られた空間で手術操作が必要である。Da Vinci補助下手術での患者さんが手術を受けることのメリットは、下腹部を切開する開腹手術に比べて皮膚切開が小さく、術後の痛みが少ないことで、手術後の負担が少ないこと、出血量がすくなく輸血の不要であることである。また、尿禁制にかかわる尿道括約筋を確実に温存できることで、手術後に生じる尿失禁からの回復が早く、退院後に早く元の生活に復帰することができる。そして正確な操作で神経温存が行なえるため勃起機能を保てるのも生活の質を考えた治療として重要な点である。Da Vinci補助下手術は今後、婦人科領域や消化器外科領域、腎部分切除術・膀胱全摘術等にも拡大していくものと思われる。筑波大学ではこのように高度な医療デバイスを安全に導入し、自施設のみならず地域全体における技術水準の向上にも力をいれている。



図1 術者はコンソール(右)に座り操作を行うことで、ロボットアーム(左)が連動して実際の手術を行なう。

著者略歴

西山博之 (にしやま ひろゆき)

1989年 京都大学医学部卒業
1998年 英国インペリアル癌研究基金 研究員
2005年 京都大学医学研究科泌尿器科 講師
2009年 同 准教授

2011年 筑波大学大学院人間総合科学研究科 教授
2012年 筑波大学医学医療系腎泌尿器外科 教授
(組織名称変更のため)



常楽 晃 (じょうらく あきら)

1996年 筑波大学医学専門学群卒業
2003年 Children's Hospital Boston 研究員
2005年 筑波大学大学院人間総合科学研究科 助手

2007年 同 助教
2013年 筑波大学医学医療系腎泌尿器外科 講師



医療用デバイスの進歩 - 腹腔鏡大腸切除術

筑波大学 消化器外科

講師 榎本 剛史、教授 大河内 信弘

大腸・胃・胆嚢など腹腔内に存在する臓器に対する摘出手術を行う場合、手術操作のために20cm程度の腹壁の大きな切開が必要である。単に目的臓器の到達経路に過ぎないこの腹壁の損傷は、1800年代後半から腹部外科手術が本格的に開始されて以来、患者に大きな苦痛と肉体的・精神的ダメージを与えてきた。しかし1960年代に、ドイツの婦人科医Semmらが腹腔鏡を使用した手術を報告し、1987年にフランスの外科医Mouretが完全腹腔鏡下に胆嚢を摘出することに成功すると、外科手術に大きなパラダイムシフトが訪れた。これまでの臓器摘出のためだけの体壁損傷が、わずか数cmと縮小した。

Mouretらの発表からわずか5年後の1992年には、本邦でも、慶応大学の渡邊らが腹腔鏡下大腸切除術を導入した。以来全国的に普及しつつあり、2012年から筑波大学消化器外科でも本格的に導入となった。現在では結腸癌から直腸癌あるいは大腸全摘術まで、腹腔鏡下手術が可能となっている。

腹腔鏡下大腸切除術の最大の利点は、開腹手術と比べて、傷が小さいことによる整容性のみならず、低侵襲性が挙げられる(図1)。腸管蠕動の回復、在院期間の短縮など、短期成績の有用性は、本邦や海外での様々なRCTによって明らかにされている。また在院期間の短縮は医療費削減に大きく貢献している。拡大視効果は精緻なリンパ節廓清や神経温存が可能となり、開腹手術では視認困難は狭視野の部分に特に有用である(図2)。

低侵襲外科治療(minimally invasive surgery)の時代が到来し、今もなお外科手術は進化している。現在開発中の、新たな手術について代表的なものを記載する。これら開発途上の手術は、スコープ、縫合結紮切離デバイス、鉗子類など未だ十分に満足する器械は登場しておらず、このため多くの医療機器メーカーがこぞって開発競争をしている。

Reduced Port Surgery、Single incision laparoscopic Surgery, TANKO

腹腔鏡手術では、術者と助手あわせて5つの鉗子孔(port)を必要とするが、鉗子孔の数を減少または臍部の一つの創にすることで、更なる創の縮小を意図した手術の総称。これら一方向鉗子孔からの手術は難易度が高く、周辺手術機器も開発途上である。腹腔鏡手術に比べ、単に整容性だけの問題なのか、臨床的メリットもあるのかも明らかにされていない。

Robotic surgery

手術支援ロボットであるダヴィンチを使用した手術を総称する。泌尿器科領域では2012年4月より前立腺全摘で保険収載されており、国内でも泌尿器科を中心に普及している。消化器外科領域においては、2014年現在で直腸がん手術を中心に、先進的施設1200例となっている。詳細は別項に譲るが、本手術の最大の利点は、多関節機能を持ったロボットアームによる手術操作性の向上である。腹腔鏡手術は、棒状の鉗子を用いて手術をするため、chop stick operationと揶揄されるが、robot手術は、腹腔内の縫合、結紮が容易に行える。体内での突発的な鉗子動作の制限や術者の振戦防止機能も付加されている。手術支援ロボットは米国のIntuitive Surgical社製の1機種のみである。

NOTES:Natural Orifice Transluminal Endoscopic Surgery (経管腔的内視鏡手術)

内視鏡を自然口(口、肛門、膣)などから挿入後、胃壁または膣から挿入された軟性内視鏡によって、腹腔内観察、肝生検などの診断や虫垂や胆嚢などの臓器を摘出する処置を行う手技である(図3)。体表に留置したポートなどを併用して補助する場合は、Hybrid NOTESという。2004年にアメリカのkalloらが経胃的腹腔内観察の報告を行って以来、盛んに研究開発が行われている。しかし、安全な体腔内へのアクセス、感染予防、簡便で確実な縫合機器やmultitasking platformの開発など未だ臨床応用には課題が多い。

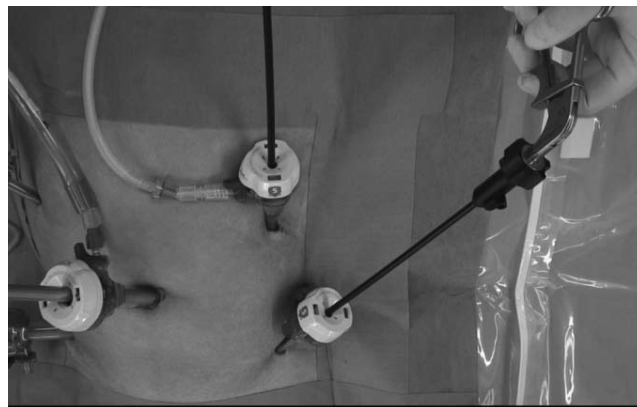


図1 腹腔鏡下大腸切除術 術中写真体表腹部に設置されたポート(鉗子孔)からカメラ、鉗子などを挿入している。ポートの直径は5mm-12mm。

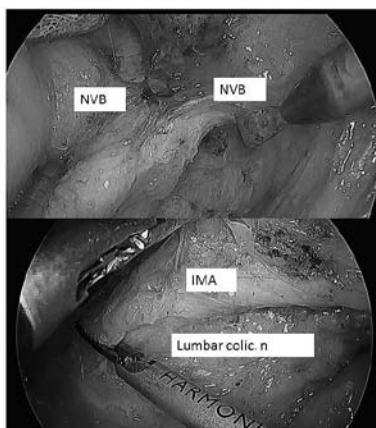


図2 腹腔鏡手術 術中写真腹腔内
開腹手術では確認できない神経が1本1本観察できる。
NVB: neurovascular bundle
IMA: inferior mesenteric artery
Lumbar colic n: 腰内臓神経



図3 NOTES 経臍の胆嚢摘出術シエマ
Manish et.al JR Soc Med 2008:101 より引用

著者略歴

榎本 剛史 (えのもと つよし)

1995年3月 筑波大学医学専門学群卒業
2007年3月 筑波大学大学院 人間総合科学研究科先端応用医学終了
2012年1月 筑波大学医学医療系 講師



大河内信弘 (おおこうち のぶひろ)

1978年 東北大学医学部卒業
1995年 東北大学医学部第二外科講師
2002年 筑波大学消化器外科教授
2006年 筑波大学先端応用医学専攻長
2007年 筑波大学臨床医学系長
2008年 筑波大学病態制御医学専攻長
2009年 筑波大学附属病院副院長



画像処理技術と医療支援技術の歴史と発展について

(株)ネクステッジテクノロジー
代表取締役 坂本 堪亮

私ども株式会社ネクステッジテクノロジーは、2013年から筑波大学附属病院と共同研究として「タッチレスインタフェースの医療現場での実践」に関わってきました。「タッチレス(Touchless)」とは造語で「触らない」という意味です。2008年から自社にて開発研究しているaeroTAP(エアロタップ*1)では、コンピュータをマウスやキーボードではなく、Webカメラを接続してカメラ画像データを処理することで触らずにコンピュータ操作を可能にするための技術ですが、その機能を「タッチレスインタフェース」と呼んでいました。恐らく、この言葉は私どもが最初に使い出したのだと思っています。最近では、同様の機能を持ったゲームやセンサーが世の中に出てきており、いつの間にか「タッチレス」の造語が一般に使われるようになったような気がしています。

さて、今回の寄稿文では、医療支援技術と画像処理技術

の進化について私どもの技術に関わる視点から、できるだけ一般的な側面から画像処理の歴史と、それが医療支援技術(特に放射線医療)でどのように関わってきたかを書き進めたいと思います。

まず、画像処理の歴史は、コンピュータ登場以前より、遠近法など絵画や彫刻などの技術として職人的な人々の間で使われていたわけですが、写真やテレビジョン技術の登場後は、再生画像の品質を向上するために、アナログ回路でのエッジ強調、ゴースト制御、ノイズ除去などの処理として使われるようになりました。これらの処理の多くは現在もデジタル画像処理においても引き継がれている手法です。

その後、デジタル画像処理の発展は、最初のコンピュータの登場(ENIAC 1946年)から約20年後の1960年代に入ってから第三世代のコンピュータの登場により本格化

しました。

デジタル画像処理手法は、1960年代に宇宙開発が始まると、地球表面撮影用の人工衛星(Landsat1号)画像の画質改善、画像復元手法などが中心となり発展しました。Landsat衛星では、地球の観測対象域からの反射エネルギーをデータとして地球に送ることで地球表面の画像として再構成する技術が開発され、発展しました。今では、リモートセンシング画像処理と呼ばれ、気象衛星、海洋観測衛星、監視衛星などで使われています。

また、医学分野においては1970年代にX線を使ったコンピュータ断層撮影法(CT:Computer Tomography)の登場により、X線画像は胸部や腹部、骨などの人体の異常を診断するだけでなく、断面像の復元技術(画像解剖学)として大きく発展しました。

CTは、多数の投影像から断層画像を再構成するためにそのラドン変換を用いますが、ラドン変換は、すでにその4半世紀以上前から知られていたもののコンピュータと関連技術の進歩によってはじめて応用と実用化されるに至ったというのも興味深い話です。

CT画像や衛星画像の処理は、特殊な種類の画像であるためその処理のために多くの手法が開発されました。当初は、画像の幾何学変換や歪補正などの画質の改善技術を開発することで、画像そのものの質を上げ、写っているものが何であるかの識別は人が行うものでした。その後、セグメンテーションやテキストチャ処理などの画像から領域を分離する手法により、臓器部分をある程度自動的に識別することができるようになり、断層画像から3Dモデルを自動的に再構成する手法へと発展しました。これらの手法で再構成された人体の3Dモデルをより自然に表現するために、ポリウムレンダリングやスムーズシェーディングなどレンダリング技術も発展してきました。また、出力方法としては、今日では3Dディスプレイや、高精細ディスプレイ、立体ホログラム、3Dプリンターなど、よりリアルな表現方法が実用化されています。

画像処理技術の進化と平行して、1980年代には核磁気共鳴映像法(Magnetic Resonance Imaging; MRI)の実用化、さらに超高速X線CT、スパイラル(ヘリカル)CTが次々に登場して、断面を見るための映像法の発展も衰えを知りません。この映像法の進化は、画像処理手法と共に機能診断に関する研究へと発展してきました。今日、人体や臓器の3Dモデリングは、こうした様々な種類の断層画像を使うことでより精度の高いものになっています。

また、1980/1990年代には、コンピュータの処理能力が飛躍的に向上し、パーソナルコンピュータの発展、さらにインターネットの登場により画像データの基本フォーマット(BMP、JPG、PNG、GIFなど)が確立されたことも画像処理手法の発展に大きく貢献しました。私事になりますが、1991年当時、コンパック株式会社(Compaq Computer)に入社した時に驚いたのは、電子メールやWAN(Wide Area Network)が整備されていることでした。今でこそインター

ネットと言えば、TCI/IPですが、当時WANは、標準化が進まずネットワークベンダーは独自のアプローチをしていました。そんな時代に、当時ネットワークソフトウェアの最高峰であったVINES (Banyan社VIPプロトコル)により世界中のオフィスのコンピュータが接続されていました。メールアドレスは、StreetTalkディレクトリサービスにより管理され世界中にいる社員を簡単に見つけてメールを書くことができました。当時の電子メールには日本語が使用できないため、英語に大変苦労したことを今でも覚えています。当時開発部で私たちは、日本向けのパーソナルコンピュータ用OS(MSDOS/V)の開発を行っていました。また、データ転送では100MB程度のデータを日米間で転送するにも一晩掛けて転送、途中で失敗したら最初からという有様で、データが太平洋の海底ケーブルを通して送られているのが目に見えるようでした。

1990年代半ばには、TCI/IPを使ったインターネットがデファクトスタンダードとなり、インターネットの普及と共にデータ圧縮技術やデータ転送技術に爆発的な進化が起きました。1996年当時米国本社で働いていた私やその仲間は、電話回線を使って自宅からローカルのネットワークプロバイダーに接続して、インターネットを介して日本の新聞会社のページから日本の情報を得るのが楽しみでした。当時、米国のインターネット技術は世界最先端でした。通信のインフラはすぐにADSLへ切り替わり、さらにはローカルのケーブルTVのネットワークが整備され、あっという間に高速化しました。当時、日本では技術的要因よりも閉鎖的な巨大通信会社のため電話回線料が高額で、インターネット環境の実現は困難なものでした。1990年代後半の「すべてのコンピュータはインターネットに!」という世界の動向からも日本は取り残されていたように思います。インターネットに接続可能なコンピュータが日本に入ってきて「接続する環境がない」状況です。企業内でのLANが普及し、企業間の電子メールのやり取りが普及してきましたが、個人や小さな会社ではその環境がありませんでした。今でも思い出のですが、インターネットの普及が遅れている日本では、地方自治体などの小規模の単位でのネットワークインフラを自治体で整備すべきだということをよく説いていました。そのことがようやく現実になったのはe-Japan計画以降、2002年あたりのことです。ADSLなど通信費用の廉価化と通信回線のインフラ整備に国が動き出したからです。その後の進化は、ご存知のとおり、e-Japan計画は次々に計画を前倒しに実現されて、日本は世界トップのIT国家になりました。ちなみに日本がトップになる前は、韓国がトップでした。考えるに米国はその国土に最新のネットワークインフラを構築してメンテナンスするには、国土が広過ぎます。韓国も日本も米国に比べれば狭い国土なのでインターネットインフラの整備はその気になれば一気にできたということかもしれません。

周辺機器として、1990年後半にはCMOSを使ったWeb

カメラも市販され始めました。当時はライブカメラとしての役割が一般的でした。その利用用途も今とは違い、写真や動画をコンピュータにデジタルで保存することが中心でした。有名な話として、学生がキャンパスのコーヒーマーカのライブ映像をネットで公開したという話です。何のために？ それはコーヒーが入ったことを自分の部屋から見て、誰かが入れたらいたてを飲みに行くためです。私も当時Logitech製のライブカメラを何度か買った覚えがあります。ライブ画像(と言っても1秒に2,3フレーム程度)を保存してネットワーク経由でみんなの集まる部屋に設置して自分のオフィスから見られるようなシステムを作ったりしていました。その後、ライブカメラは、監視カメラとして、またWebカメラとしてコンピュータの周辺機器として標準化され簡単に接続できるようになり、今では、ビデオチャットやビデオ会議に不可欠な周辺機器として安価に入手できるようになったのです。

1990年代後半から2000年代前半のパーソナルコンピュータとインターネットの進化と普及は、画像処理技術の発展と医療支援技術にも大きく貢献しました。また、私どものタッチレス インタフェース aeroTAP(エアロタップ)の開発もそうしたハードウェア環境の進化の上に可能になりました。丁度、パーソナルコンピュータの計算能力もIntel Dual-CoreやCore2Duoプロセッサの登場で、リアルタイムでの画像処理が可能になり、また、Webカメラも画像の圧縮技術と共にハードウェアの性能が向上してきた時期でした。Webカメラを単に被写体を映すものではなく、コンピュータを操作する装置として利用することに取り組み始めたのはその時期になります。

今日の医療支援技術でCT画像は、医用画像フォーマットDICOM(Digital Imaging and COmmunication in Medicine)として標準化され画像保存通信システムPACS(Picture Archiving and Communication Systems)でデジタル管理されることで、医師は患者の医療情報をデスクトップやノートブック、またタブレットPCを介して必要な時に参照することができます。(補足: 但し、「DICOM標準」といっても実際にはメーカーにより独自の拡張が行われていて、メーカー間で相互運用が難しいなどの実情があるようです。)

簡単ではありますが、画像処理技術と医療支援技術の歴史について私自身の視点からありますが振り返ってみました。現在の医療支援技術は、ICT技術、画像処理技術をはじめここでは触れていない実に多岐の分野に渡る技術の集合である、それらが融合できるまで進化したことで応用と実現が可能になってきたことが分かります。

今日の先端医療設備を有する病院では、外科手術で個々の患者の患部の3Dモデルを作成し、シミュレーションや検討を経ての手術が普通に行われています。「一昔前は、腹部を開けてからどうするかだった」と言われた筑波大学医学医療系消化器外科の大河内教授の話はとても印象的でした。普段病院に行く機会のない私には、テレビドラマの

外科手術で見るような、医師がCT画像を見て、患部をすぐさま把握して、後は切って、開いて、熟練した手さばきで見事に手術を成功させるの(ブラックジャック的な外科手術シーン)が外科手術だという概念です。しかし、実際は、手術前の手術シミュレーションや手術に使われる道具も、テレビで見るよりはるかに進んだ作業が現場では行われていることを私自身、筑波大学付属病院と関わりの中で始めて知った次第です。また、患部の3Dモデル化や手術シミュレーション技術は、レジデント(研修医)の教育にとっても有意義であることも理解できるようになりました。

術前に十分なシミュレーションや検討が行われていても、術中に患部のCT画像や3Dモデル画像を参照する場合があり、手術中でもコンピュータを操作することがあります。

弊社の触らずに操作するaeroTAP(エアロタップ)の医療用途への応用意義の一つがここにあります。医師にとってコンピュータが不可欠である現状で、特に術中に医師が患者のCT画像を見たり、患部や臓器の3Dモデルを参照する際に手袋を外すことなく、また触れることなく離れた位置からこれらの情報を参照できるようにすることで施術者への負担やストレスを軽減することです。



CT 画像や 3D モデル画像の閲覧



腹腔鏡手術中のアノテーション



Liversim(肝臓 3D シミュレーション)の操作

さて、今回、画像処理技術と医療支援技術について、また弊社の医療支援技術への関わりについて述べてきましたが、大きな流れとして感じるのは、20世紀(1900年代)に広い分野で多くの新しい発明と、基礎技術が生まれ、コンピュータとインターネットという情報共有が可能なツールにより、多くの技術が体系化され共有化が可能になったということ、そして2000年代に入り、私たちは、体系化された現存する技術を組み合わせることで、かつては、アイデアや概念だけであったものを具現化することができる環境になったのではないかとことです。

例えば、医療支援技術においてもコンピュータで処理/再構成された画像と生体情報を元に、自動診断したり、リ

モートで手術したりするための技術環境はすでに整っています。病例や診断に関する情報がビッグデータとして広く活用できるようになればさらに新しい医療支援技術や医療教育システムの開発が可能になります。それが実現できないのは技術や手法の限界よりも利権や情報活用のためのルール作りが遅れているだけのように思います。丁度、1990年代後半に日本のICTが世界から遅れていた時期に似ている印象です。

終わりに、ほんの少し前まで医療支援技術や医療分野に全く関連も無かった私が、筑波大学医学医療系消化器外科大河内教授、大城先生、明石先生をはじめとする筑波大病院のプロジェクト(*2)に参加でき、かつて知らなかった分野に関われるようになったことに大きな感謝を感じています。また、偶然ながら、私が米国から帰国して会社を起業したのが、このつくばの地であったことを幸運に思います。微力ではありますが、少しでも医療という分野に関われることを誇りと感じつつ少しでも役立つ製品の開発を進めて行く所存であります。

*1 aeroTAP(エアロタップ) <http://www.aerotap.com>
 *2 3D-CGバーチャル手術シミュレーションユニット
<http://u-tsukuba-vrsurg.jp/>

著者略歴

2014年9月
 株式会社ネクステッジテクノロジー 代表取締役
 坂本 堪亮(さかもと たいすけ)

1991年 コンパック株式会社 開発部
 1996年 同社 米国テキサス州ヒューストン本社赴任
 2004年 株式会社ネクステッジテクノロジー設立
 現在に至る



脳波による意思伝達装置 “ニューロコミュニケーター”の開発と今後の課題

産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門 ニューロテクノロジー研究グループ長

長谷川 良平

●社会背景

高齢化の進む日本社会に発症リスクが高い脳卒中や神経難病の主症状である運動機能障害は、日常生活動作だけでなく、家族や介護者への意思伝達をも困難にする（図1）。

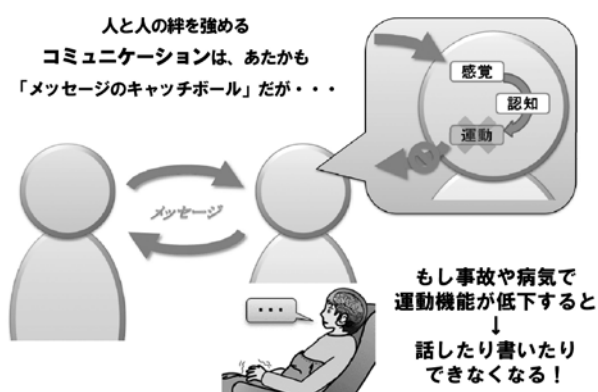


図1 運動機能低下による意思伝達機能の障害

（独）産業技術総合研究所 提供

しかし、残存運動機能に着目する従来支援技術では、症状が全身に及ぶ重度の運動機能障がい者に対してはなすべがない状況である。このような重度の運動機能障がい者のコミュニケーション支援を目指し、著者らの研究グループは、脳と機械を直結するブレイン-マシン インターフェース（Brain-Machine Interface: BMI）の一種である、脳波BMIによる意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の試作開発を行ってきた（図2）。

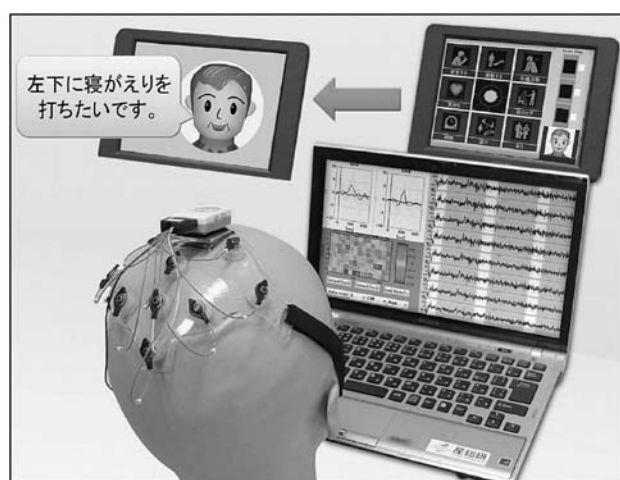


図2 脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」

（独）産業技術総合研究所 提供

●脳波による意思伝達支援技術の開発

ニューロコミュニケーターは、ユーザーの選択的注意を反映する事象関連電位に着目した脳内意思解釈によって、パソコン画面上に並べられた複数の絵カードのうちから1つを選び、関連したメッセージを表出可能なシステムである（図3）。

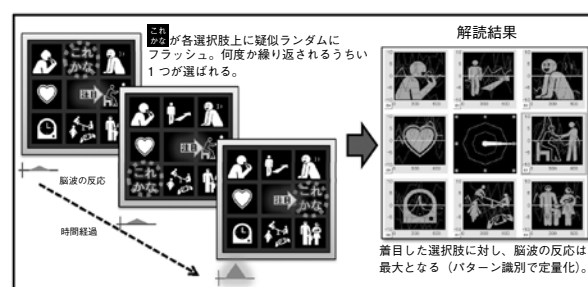


図3 脳内意思解釈の原理

（独）産業技術総合研究所 提供

これまでの試作開発では、独自に開発したコンパクトな無線脳波計や樹脂製ヘッドギアを用いて高品質な脳波データを簡便に計測できることや、独自考案のアルゴリズムで高速・高精度で脳波を解釈できることが示されてきた。また、階層的なデータベースから効率的にメッセージを生成し、CGのアバターによって表出するシステムが、ユーザーフレンドリーなアプリケーションとして臨床現場や各種メディアから高い評価を受けてきた。実際、装置の基本性能として、一般健常者を対象として行った実験では約6秒間のシステム稼働時間における脳波解釈の予測精度が約95%（情報量としては毎分32ビット）以上という値となり、従来技術（毎分12ビット）と比較しても3倍近い高成績を示した（長谷川ほか S A Tテクノロジーショーケース2013で発表、ベスト産業実用化賞受賞）。

●臨床応用における課題と解決案

上記の健常者対象実験での好成績（約95%）は、統制された環境である実験室内において取得されたデータであるが、並行して実施している重度運動機能障がい者を対象とした訪問モニター実験における解釈精度は約77%であり、まだ改善の余地が残されている（中山ほか日本難病看護学会誌2013）。解釈精度が十分高くない原因の一つとして推定されるのが、家庭内あるいは入院施設内に存在する医療機器や家電製品に由来する電氣的ノイズの影響である。そのため、今後の臨床応用に向けて、電氣的ノイズを低減し、高品質の脳波データを安定して取得するための新技

術の開発を進めている（特許出願2件、日本神経科学大会2014等において学会発表）。

また、解読精度が不十分なもう一つの理由として着目しているが、対象となる患者の認知機能の低下である。そもそも神経難病や脳卒中の患者は高齢者に多く、主要な疾患が運動系であったとしても「寝たきり」状態が続くことによって知的活動レベルが低くなると、認知機能も低下してしまうリスクが高まると予想される。現状、この考え方はあくまで仮説にすぎないが、筆記や言語報告による知能テストが困難な患者に対しては認知機能を評価するシステムが、存在しないのが問題である。そこで我々は、「手を使わなくてもスイッチが押せる」というニューロコミュニケーターの特性を利用して、脳波による認知機能評価システム（図4）の開発も開始した（中村・長谷川 SATテクノロジーショーケース2014で発表）。

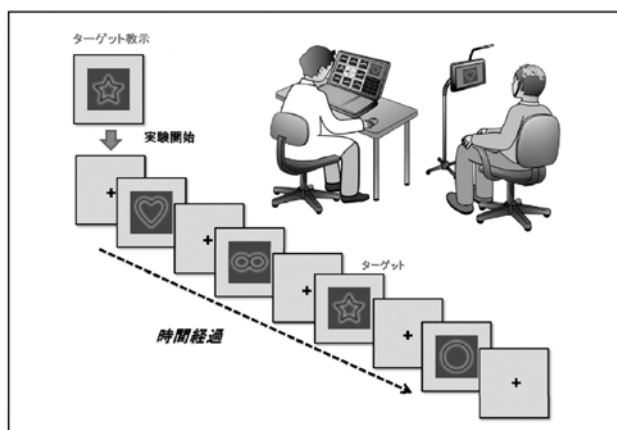


図4 脳波による認知機能評価システムに用いる課題
（独）産業技術総合研究所 提供

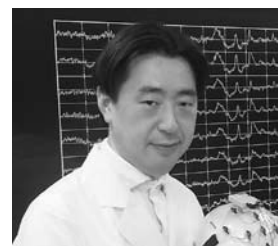
今後は、健常被験者数を増やし、健常者水準のデータベースの構築に努めながら、認知機能の低下を検出する評価システムを開発し、意思伝達支援技術を導入できるかどうかの基準として利用したり、重度運動機能障がい者の認知機能低下予防に役立てたりできないか検討している。なお、このシステムは、重度運動機能障害に限らず、認知症を含め、あらゆる疾患と関連した認知機能低下の早期発見やリハビリにも活用することが可能である。もちろん、子供から高齢者まで一般ユーザーが「脳波による脳トレ」として楽しみながら認知機能を維持/向上させる教育ゲームとして成長することも期待している。

著者略歴

産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門
ニューロテクノロジー研究グループ長

長谷川 良平（はせがわ りょうへい）

1997年京都大学大学院理学研究科博士（京大霊長類研究所にて神経生理学を専攻）。米国国立衛生研究所などの研究員を経て 現在、産業技術総合研究所ヒューマンライフ テクノロジー研究部門 ニューロテクノロジー研究グループ長。意思決定の脳内機構に関する基礎的研究と、脳内意思解読による外部機器制御（ブレイン-マシン インターフェース=BMI）に関する応用開発に取り組んでいる。重度の運動機能障がい者のコミュニケーション支援を目的とした脳波による意思伝達装置「ニューロコミュニケーター」の開発者。2011年から福井大学（連携大学院）客員教授を兼務。



研究室レポート

「地球とその変化を精密に測る」

国土交通省 国土地理院 地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室長

畑中 雄樹

1.はじめに

宇宙測地技術とは、天体や人工衛星を用いて地球の形やその変化を精密に測る技術である。現在用いられている宇宙測地技術としては、電波星から到来する電波を用いて地上のアンテナの正確な位置を測るVLBI（超長基線電波干渉法）やGNSS（全球測位衛星システム、米国が運用するGPSはその一つ）、地殻変動を面的に捉える干渉SAR（合成開口レーダ）、地球重力場を推定するための重力衛星ミッションなどがあり、位置決め、測量、測地基準系の構築、地殻変動観測など、幅広い応用がある。宇宙測地研究室では、このような宇宙測地技術を活用した、地球の形とその変化の正確な把握、地球の形が変化するしくみの解明、それらにもとづく測地基準系の構築についての研究に取り組んでいる。本稿では、研究室で取り組んでいる研究から、GNSSによる地殻変動観測に話題を絞って紹介する。

2.GNSS観測の精度や信頼性を向上させるための研究

国土地理院では、全国約1300点の観測局からなるGNSS連続観測網システム(GEONET)を運用し、測量の基準点としてデータや基準となる座標値を提供するとともに、そのデータを定常的に解析して日々得られる各観測局の座標値を用いて地殻変動の監視を行っている。その解析システムには運用開始以来、段階的に改良が加えられ、現在では日々の地殻変動を数ミリメートルの精度で把握することができるほどになっている。これらの改良には、当研究室で行っているGNSS観測のノイズの分析や解析モデルに関する研究が寄与してきた。GNSS観測の主要な誤差要因は概ね克服されつつあるが、それに伴い、地殻変動のより微小なシグナルを捉えることへの要求が高まり、よりマイナーなノイズの克服が課題となってきた。

各観測局の座標値の変化には、プレート運動や、地震・火山活動等に伴う地殻変動のシグナル以外に様々なノイズが含まれており、しばしば地殻変動監視の障害となる。中でも、大気中の水蒸気による電波の伝播遅延は最大の誤差要因の一つに挙げられ、これを大局的にモデル化して座標値と共に推定する技術が確立・改良されてきた。しかし、実際の解析結果には、より細かな水蒸気の不均質分布に起因すると思われるノイズがしばしば見られ、依然、地殻変動観測の障害となっている。空間スケールの小さな水蒸気の不均質がどの程度影響するのかを把握するため、天気予報に用いられる数値気象モデルを高分解能化してローカルな大気構造を再現し、測位誤差をシミュレートした。その

結果、解析結果に見られる座標変化の特徴が再現され、それが小スケールの気象現象に伴うノイズによる偽の変動であることを強く示唆する結果が得られた（図1）。

このようなノイズのシミュレーション結果は、地殻変動の監視において、誤差の診断に利用することができる。

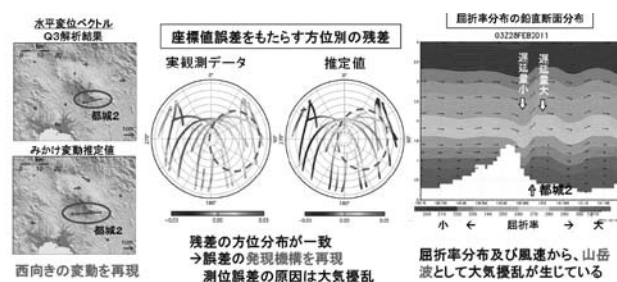


図1 小スケールの気象現象によって引き起こされる見かけの変動。実データに見られる偽の変位（左上図）の特徴がシミュレーションにより再現されている（左下図）。山岳波に伴う大気の不均質がその原因であることが、気象データの分析からわかる。

3.地球ダイナミクス

地球は、太陽や月の引力、気象や海洋の動きとの相互作用、プレート運動や地震などの影響を受け、時々刻々、規則的あるいは不規則に変化している。前節では、解析結果に偽の変位をもたらす誤差要因の一つに関する研究を紹介したが、本物の変位であっても解析結果の利用目的にとってノイズと見なされるものがある。例えば、地殻変動データをもとに地震に伴う（あるいは地震後に続く）断層面上の滑りを推定する場合、それ以外の様々な変位はノイズと見なされるため、これらの変位の性質を明らかにする必要がある。

そのような本物の変位を伴うノイズの一例として、地殻の荷重変形が挙げられる。地殻には、大気や海水、陸水（土壌中の水分など）などの、さまざまな荷重がかかっており、そのため、地殻は上下方向に「つぶされて」いる。荷重は時間変化をするため、地殻上の観測点は、その重みに応じて上下動を繰り返すのである。

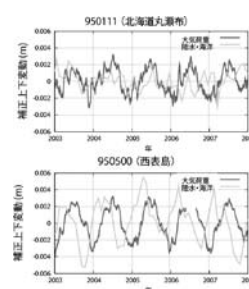


図2 北海道（丸瀬布）および南西諸島（西表島）で期待される荷重変形による上下変動

図2に北海道（丸瀬布）と南西諸島（西表島）の観測点において、大気と海水・陸水の荷重の変化が観測点にもたらす上下変動を推定したものである。例えば、大気による荷重の影響は、北海道（丸瀬布）と南西諸島（西表島）の観測点のどちらでも、年末年始に沈降のピークをもつような上下変動であることが予測されている。その理由は、この時期シベリア高気圧が日本に張り出し、日本付近の気圧が高くなることに対応している。また、陸水・海洋荷重で見ると、特に南西諸島（西表島）で、9月末に沈降のピークを持つような上下変動が予測されている。風と海流とが絡み合う、複雑なダイナミクスの結果として、この時期南西諸島近辺に海水が集まってくることに対応している。大気、陸水・海洋荷重以外でも、日本では、積雪の荷重に伴い、東北日本で冬季に1cm程度の沈降が見られることが知られている。これらの荷重変形を正確に予測し、補正をするためには、地殻に荷重を与える地球表層の流体（大気と海洋、陸水など）の質量の時間変化を正確に把握する必要があるが、そのためにはそれぞれの運動様式や、力や質量のやりとりなどの素過程、すなわち地球ダイナミクスを理解することが不可欠である。

4. リアルタイム地殻変動把握

GNSS観測で数ミリメートルの精度を得るには長時間の観測が必要とされる（GEONETの定常解析においては、24時間または6時間のデータを解析して全観測点の1組の座標値を得ている）。しかし、巨大地震発生時などの緊急時には、精度を多少犠牲にしても、大きな地殻変動を短時間のうちに把握することが優先されるため、GNSS観測データをリアルタイムで解析する技術が必要となる。

国土地理院では、GEONETのリアルタイム観測データを解析することによって、海溝で発生する巨大地震の規模を短時間で推定するためのシステムを東北大学大学院理学研究科との共同研究により開発しており、そのうち、断層モデルの即時推定手法の開発を当研究室が担当している。一般に、測地観測データから推定される断層モデルが、大規模地震の地震規模推定時でも推定値が飽和しないという点で大きな利点を持っているため、GEONETの観測デー

タを利用して現実的な地震規模を提供することで、より信頼性の高い津波警報に寄与できるものと期待されている（図3）。

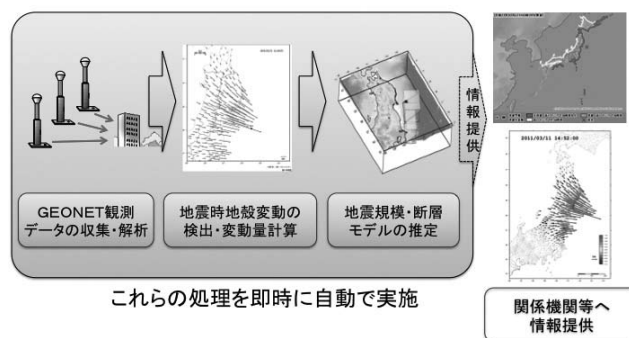


図3 GNSS観測網のリアルタイムデータを用いた巨大地震の規模の即時推定の流れ。

なお、現在、米国のGPSやロシアのGLONASSと呼ばれるGNSSが本格運用されているが、EUのGALILEOや中国のCOMPASS、日本の準天頂衛星システムなど、様々なGNSSの整備計画が進められており、GNSSの利用環境は今後大きく変化するものと思われる。特に、上空に飛び交う多数の衛星が利用できることは、特にリアルタイム測位の安定化や精度向上に恩恵となるものと期待されている。このようなマルチGNSS環境におけるGNSSの利用手法や実データによる効果の評価も、当研究室における今後の重要な研究課題の一つである。

5. おわりに

当研究室で行われている研究のうちGNSS観測による地殻変動観測に関する研究の一端を紹介したが、これらは測量技術としての実用にもつながり、また、それを支える基準（いわば「ものさし」）である測地基準系の構築にも欠かせない技術である。宇宙測地技術は、地球や自然現象の理解によって成り立つ精密計測技術であるとともに、自然科学や実用への幅広い応用が開かれた技術である。理学的側面と工学的側面のバランスをとりながら、その基礎や応用を切り開くための研究に、今後も取り組みたい。

著者略歴

畑中雄樹（はたなか ゆうき）

1991年 旧建設省入省（国土地理院）

2014年6月より現職

専門分野：測地学、地球物理学



つくば賞その後-3

『第3回ジョセフソンコンピュータの開発』

日本女子大学理学部

教授 黒澤 格

1. あの頃

われわれグループの仕事「ジョセフソンコンピュータ技術」が、つくば賞を受賞したのはちょうど、いわゆるわが国のバブルが崩壊した時期であった。いつバブルがはじけたのかは諸説あるようだが、1989年の暮れに日経平均株価は4万円になろうかという高値をつけて以来、一度もこれを超えていない。日本は、現在まで続く失われた10年とも20年とも呼ばれる時代に突入する。世界では、1989年にベルリンの壁が崩壊し、1991年にソ連が崩壊、永久に続くかと思われた東西冷戦が終わる。激動の時代であった。

授賞対象のわれわれの研究は、1980年代を通じてのプロジェクト研究の一環であった。したがって、目標と定めた成果に至るまでの一定期間、ある意味では特別に恵まれた研究環境や協力体制、比較的潤沢な研究予算の下に研究を進めることができた。振り返ってみると、1980年代は、戦後日本の最もいい時代であったと言えそうである。「追いつき、追い越せ」と高度成長を続けてきたわが国が目標の背中をとらえ、ある分野では、研究でも産業技術でも抜き去った時代であった。その一つに極低温技術や超伝導技術があり、当時、米国の調査団がわれわれの研究施設にも訪れ、帰国後米国会に提出する報告書をまとめている。

われわれの研究の特徴は、半導体とは異なる原理で動作するジョセフソン素子を使って、コンピュータを動かして見せたことにある。原理動作の実験とはいえ、コンピュータというからには、かなりの素子数から成る回路規模が必要である。そのために、基盤となるジョセフソン素子の「作製・プロセス技術」と「回路・システム技術」の両方を、80年代を通じて育て上げてきた。ジョセフソン素子は、極低温において超伝導電子対が、古典物理学では本来通過できないはずの障壁をトンネルする、いわゆるジョセフソン効果^{*1}とよばれる現象を示す接合でつくられる回路素子である。われわれは、超伝導金属であるニオブ薄膜の間に厚さ数ナノメートルのごく薄い絶縁物のアルミ酸化膜を一様に形成する技術を開発し、良質のトンネル接合の作製に成功した。さらに、この技術をも

とに数千ゲート規模の回路を集積することのできるプロセスにまで発展させた。ただしプロセス技術といっても、半導体のプロセス技術とは異なる、ニオブのジョセフソン接合集積回路のプロセス技術である。とはいえ、材料や回路は違うものの、同じ論理集積回路・メモリ集積回路の実現をめざし、その作製にはフォトリソグラフィなど半導体プロセス技術をおおいに参考にした。当時、わが国の半導体技術は世界のトップを走っており、さまざまな概念や技術、そして製造装置を半導体プロセスから採り入れた。

もちろん論理回路設計、システム設計においても、半導体技術が手本となった。しかし半導体のトランジスタと違い、ジョセフソン素子は2つの電極を持つ2端子素子^{*2}である。2端子素子は入力信号と出力信号が混じり合ってしまう欠点を持つ。これを克服するために、われわれは4個の接合を用いる回路（4JL回路）を考案した。その他にも、交流電源を用いるなど、多くの点で半導体とは異なるシステム設計を必要とするため、われわれは随所に工夫を凝らしてコンピュータを完成させた。ジョセフソンコンピュータをつくる意味は、極限のロー・パワーとハイ・スピードが両立する素子によるシステムの追及にあった。今でも、その後の発展したジョセフソン論理ゲートは、ゲート・レベルでは、他の論理デバイスと比べて最高の性能を有しているのではないかと思う。

2. その後

「ジョセフソンコンピュータ技術」は、当時、日本の得意分野であった半導体素子と同様のフォトリソグラフィ技術などを含むプロセス技術を用いて、チップ上に超伝導のジョセフソン素子を集積回路化したことに、その後の科学技術の発展への大きな貢献があったと言えるのではないか。

数千ゲート規模の、良質で特性の制御されたニオブのジョセフソン接合をつくれるプロセス技術は、ジョセフソン効果のさまざまな応用と可能性の実現には不可欠であった。ニオブの集積回路技術は、その後さらに発展し、数万接合を集積する10ボルト電圧標準用集積回路が実現

している。そのほか、このプロセス技術の波及により高感度の磁気センサであるSQUIDの多チャンネル化、それにより医療用や研究用の心磁計・脳磁計が実現する基礎となった。また、放射線検出器、電波望遠鏡の受信機への応用などの道が開けた。

一方で、論理デバイスとしては、情報単位として1磁束量子を利用する道を開いたものの、半導体集積回路のとどまることのない大容量化、高密度化の発展の前に、実用については出番を見いだせずにいる。コンピュータという規模を必要とするシステムは、素子レベルの低エネルギーと高速性だけでは優位さを示すことができない。しかし、論理を必要とする局面はコンピュータに限らず存在する。高速のA/D変換器やデジタル回路と組み合わせられた電圧標準など単一磁束量子回路を利用した多くの超伝導集積回路チップが試作され、ユニークな機能、性能を発揮している。

3. これから

その根っこのところには、「ジョセフソンコンピュータ技術」があると（筆者が勝手にかもしれないが）考えている3つの話題を取り上げてみたい。

一つは、この4月に産総研（われわれの受賞時は、電総研^{*3}とよばれていた）に新たに発足したCRAVITYという超伝導デバイス開発施設である。外部からの委託を受けたり、外部の研究者が直に施設を使用したりして、新たな超伝導デバイスを開発することのできるプロセス施設である。多様で斬新なアイデアを基に、ここから画期的な超伝導デバイスが生まれることを期待したい。

ジョセフソン素子を利用した論理回路の研究は、当時とは形を変えて続けられている。情報担体としては究極といえる1磁束量子を使うRSFQ回路（SFQはSingle Flux Quantumの略）である。特長である高速性はそのままに、消費電力をさらに引き下げ、半導体技術ではエネルギー消費がネックになるであろう、将来の大規模デー

タセンターの実現に光や磁気とも融合した新しい超伝導エレクトロニクス技術を導入しようという挑戦である。

そして、最近、国立天文台の稲谷順司氏から受賞者の一人に寄せられた、うれしいメールを紹介したい。

「古い昔話になりましたが、1984年の当時、（技術の移転を）快く受け入れていただいた早川さん^{*4}はもとより、親切にいろいろのことを教えていただいた皆様がたの御恩は、今も懐かしい思い出として鮮やかに覚えています。30年後の成果として、つい先月ですが、ALMAの超伝導受信機の日本担当分219台（3バンド×73台）の出荷がすべて完了しました。どうぞ、皆様方のご尽力が生み出した日本の技術のすばらしい果実として受け止めてください。」

4. おわりに

このときの授賞は、プロジェクト研究を反映してのことと思うが7名の授賞であった。ここに、受賞者の名前を挙げて、各氏への感謝の気持ちとしたい。高田進（故人）、幸坂紳、青柳昌宏、仲川博、岡田義邦、濱崎陽一と私。

*1 ジョセフソン博士は、1973年江崎玲於奈博士とともにノーベル賞を受賞している。

*2 エサキダイオードも2端子素子である。

*3 80年代に「世界のデンソーケン」というドキュメンタリ番組が放映された。

*4 早川尚夫名大名誉教授



Credit:ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)
図 .ALMA 望遠鏡

著者略歴

黒澤 格（くろさわ いたる）（工学博士）

昭和44年 東大工学部卒

昭和45年 電気試験所（現、産業技術総合研究所）入所
メモリおよびジョセフソン集積回路の研究に従事

昭和60年 科学技術庁注目発明賞受賞

平成3年 つくば賞受賞

平成8年 日本女子大学理学部教授

以来、超伝導回路の設計とシミュレーション、ジョセフソン接合の研究に従事現在に至る。



SAT 行事案内

1. つくばスタイル交流会ご案内

「サイエンス&アート」をテーマに情報発信を続けている「SATつくばスタイル交流会」。

第9回目は、SAT運営会議委員で(独)産業技術総合研究所客員研究員の石田瑞穂先生をお迎えし、「日本の地震について」と題し、ご講演いただきます。

日本の地震観測網から解ってきた日本周辺域で発生する地震活動、東北地方太平洋沖地震についてご解説いただきます。

また講演後には、三笑亭夢花さんによる落語がございますのでお楽しみください。

【チラシ表面】

<http://www.science-academy.jp/pdf/9tsukuba-style1.pdf>

【チラシ裏面】

<http://www.science-academy.jp/pdf/9tsukuba-style2.pdf>

2. 江崎玲於奈賞・つくば賞授賞式、記念講演会

第11回江崎玲於奈賞・第25回つくば賞・第24回つくば奨励賞の授賞式と記念講演会が、11月17日(月)午後、つくば国際会議場にて開催されます。

受賞者は以下の通りです(敬称略)。

○第11回江崎玲於奈賞：

「超伝導量子ビットシステムの研究」

蔡 兆申 (独) 理化学研究所創発物性科学研究センター
量子情報エレクトロニクス部門
巨視的量子コヒーレンス
研究チーム チームリーダー

中村 泰信 国立大学法人東京大学
先端科学技術研究センター教授
(独) 理化学研究所 創発物性科学研究センター
量子情報エレクトロニクス研究部門
超伝導量子エレクトロニクス
研究チーム チームリーダー(兼務)

○第25回つくば賞：

「形状記憶合金の実用特性の発明と先駆的研究展開」

宮崎 修一 国立大学法人筑波大学数理物質系 教授

○第24回つくば奨励賞(実用化研究部門)：

「世界最小となる陽子線治療システム用シンクロトロンの開発と実用化」

えび名風太郎 株式会社日立製作所
日立研究所 エネルギー・環境研究センター

応用エネルギーシステム研究部研究員

梅澤 真澄 株式会社日立製作所
日立研究所 エネルギー・環境研究センター

応用エネルギーシステム研究部ユニット
リーダー主任研究員

青木 孝道 株式会社日立製作所
日立研究所 エネルギー・環境研究センター

応用エネルギーシステム研究部研究員

○第24回つくば奨励賞(若手研究者部門)：

「時間と空間の脳内情報処理機構の研究」

山本 慎也 (独) 産業技術総合研究所
ヒューマンライフテクノロジー研究部門
システム脳科学研究グループ 主任研究員

日本の最先端研究の状況を知る良い機会です。研究者の皆様はもちろんのこと、学生・市民の皆様もぜひご参加ください。

3. テクノロジー・ショーケース2015ご案内

恒例のSATテクノロジー・ショーケース2015、2015年1月21日(水)、つくば国際会議場において開催されます。全分野からのご発表があり、異分野交流の絶好の場です。

今回の実施協力機関は(独)国立環境研究所、「観る・知る・護る～つくば発100の英知の交流」をテーマに、一

般ポスター発表、つくば発注目研究ポスター発表、企画展示、特別講演、シンポジウムなどが行われます。

ご発表・ご参加をお待ち申し上げます。

<http://www.science-academy.jp/showcase2015.shtml>

科学の散歩道

「研究者のためのビジュアルデザイン」

筑波大学 芸術系 准教授 田中 佐代子

はじめに: ビジュアルには、a) 直感的な理解、b) 即時性、c) 強烈な記憶形成など、優れた特徴があり、言葉による伝達がむずかしい内容でも容易に伝達できる力がある。こうしたビジュアルの特徴は科学の伝達にかつてから生かされてきた。現在ではパソコンが普及し、研究発表のビジュアル化が進んでいる。そして学会発表用のスライドやポスター、論文や研究報告書の図など、研究者自身が作成する機会も増えている。さらに研究者によるアウトリーチ活動の義務化も進んでいる。

しかし研究者によるビジュアルデザインの現状はというと、情報の整理方法、画面の構成方法、配色方法、書体の選択などが間違っていて、わかりづらいものがとても多い。そしてビジュアルデザインに苦手意識を感じている研究者は多い。アンケート調査を行った結果、ほとんどの研究者は、ビジュアルデザイン力の向上は研究上有益であると思っているが、約6割が自身のビジュアルデザインにあまり満足していなかった。また研究者は日々の研究活動に手一杯で、ビジュアルデザインにあまり時間かけられないという現実もある。

筆者はそうした研究者のために、PowerPointの使用を前提として、時間をかけずに効果的なビジュアルデザインができる実践的な本「科学者のためのビジュアルデザインハンドブック」を作成し、全国の研究者に配付した(科学研究費補助金22615004)。このハンドブックは「まずは自己分析」「パワポで描く」「グラフ・表・チャート」「効果的な配色」「フォントと文字組」「画面の構成方法」といった章で構成されている。ここではそのハンドブックから、特に重要であると考えられる内容について紹介する。

①パワポで描く：頂点の編集

あまり知られていないようだが、PowerPointの「頂点の編集」という機能を使えば、様々な形態を描くことができる。方法を以下に解説する。

まずは任意の図形や線を描き、それを右クリックし(Mac

の場合はControlキーを押しながらクリック)、表示された画面の「頂点の編集」をクリックする。すると図形や線が編集可能な状態になり、頂点を移動して形を変形したり曲線にしたりすることができる。さらに右クリックすると、頂点を追加したり削除したりすることもできる。以下にDNAの作成例を紹介する。

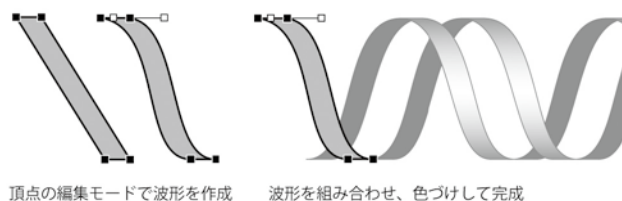


図1 DNAの作成例

②効果的なフォント

スライドやポスターに効果的なフォントを紹介する。ポイントがポップ体などクセのあるフォントは選択しないことである。いずれも太字体と組み合わせて使用するとさらに効果的である。

メイリオ	Meiryo
ヒラギノ角ゴ	Helvetica
ヒラギノ明朝	Times

図2 効果的なフォントの例

③効果的な配色：3色でキメる！

多くの色を使いすぎているスライドやポスターをよく見かける。しかし多数の色情報を瞬時に認識するのは難しく、読み取りにくい画面になることが多い。そこでメインカラー、アクセントカラー、無彩色（白、黒、グレー）の3色にしぼって、配色する方法を提案する。メインカラーは全体のイメージを決める色、アクセントカラーは全体のイメージを引き締める色、無彩色は地色・文字の色など、基本となる色である。

④配色のユニバーサルデザイン

日本人男性の20人にひとり（5%）、日本人女性の500人にひとり（0.2%）が色覚異常であると言われている。より多くのひとにわかりやすく伝えるためにはカラーユニバーサルデザインを意識する必要がある。重要なのはコントラストのある配色にすることと、形や文字でも情報を伝えることである。以下に折れ線グラフの例を示す。

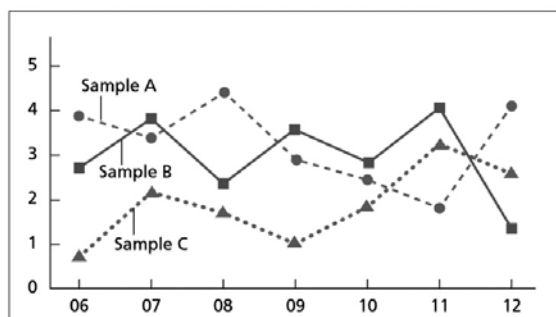


図3 折れ線グラフの改善例：1. 項目の違い（Sample A, B, C）は凡例ではなく、折れ線に直接示した。2. 折れ線の線種を変えた。3. マーカー（プロット点）の形を変えた。

⑤視線の流れを意識する

ひとは左視野を優先し、視線には重力があると言われている。横書きの場合、ひとの視線は左上から右下向かってZ型に流れる。この自然な流れにそって文字や図・写真をレイアウトすると、読みとりやすくなる。

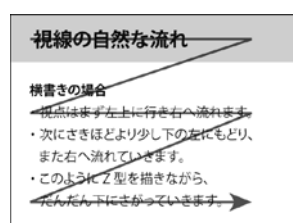


図4 視線の自然な流れ

⑥整列法は左揃え推奨

研究者のビジュアルデザインには中央揃えが用いられていることが多い。しかし「ひとは左視野を優先する」傾向があるとなると、ひとの視線が最もスムーズに流れるのは「左揃え」ということになる。また「左揃え」は「中央揃え」より、現代的な印象をもたらす。

中央(センター)揃え	左揃え
横書きの場合 ・視点はまず左上に行き右へ流れます。 ・次にさきほどより少し下の左にもどり、また右へ流れていきます。 ・このようにZ型を描きながら、だんだん下にさがっていきます。	横書きの場合 ・視点はまず左上に行き右へ流れます。 ・次にさきほどより少し下の左にもどり、また右へ流れていきます。 ・このようにZ型を描きながら、だんだん下にさがっていきます。

図5 中央揃え（左）と左揃え（右）

⑦グリッドシステム

グリッドシステムとはレイアウトを行う時に、架空の水平・垂直線（レイアウトグリッド）を引き、その線にそって図・写真や文字を配置することで、効率的に統一感のある画面をつくる方法である。グリッドシステムは、グラフィックデザイン、WEBデザインなど、多くの場面で活用されている。以下にスライドの例を記載するが、ポスターデザインの際にも、グリッドシステムは効果的である。

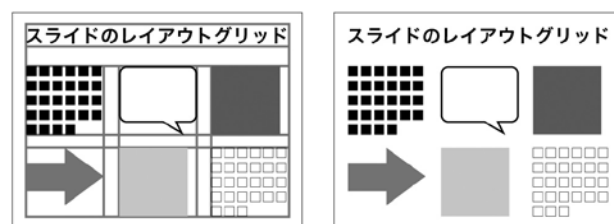


図6 スライドのレイアウトグリッド：「周囲の余白」、「タイトルと本文の間の余白」、「図・写真・文字の間の余白」が重要である。

まとめ：主なポイントは2つ。「わずかに手間のちがい」「シンプルの強さ」である。紙面の都合上、詳しい解説はできなかったが、詳しくはハンドブックの増補改訂市販版である「PowerPointによる理系学生・研究者のためのビジュアルデザイン入門」（講談社）を参照していただけると幸いである。資料作りが楽しくなるビジュアルデザインの基本が学べるだろう。



図7 PowerPointによる理系学生・研究者のためのビジュアルデザイン入門



プロフィール
田中佐代子（たなか さよこ）
筑波大学 芸術系 准教授

専門分野：サイエンスビジュアルリゼーション
民間企業のグラフィックデザイナーを経て、
2008年から現職。

日本サイエンスビジュアルリゼーション
研究会主催
<http://www.geijutsu.tsukuba.ac.jp/~jssv/>

賛助会員企業訪問記 ― 抜粋 (9) ―

<http://science-academy.jp/>

③①株式会社筑波銀行

<http://www.tsukubabank.co.jp/>

東日本大震災後、賛助会員訪問もしばらく中断しておりましたが、平成23年8月1日、筑波銀行つくば本部を訪問させていただきました。銀行訪問は初めてのことで、事前に質問事項をお送りしたり下調べにも時間をとったりして少し緊張したのですが、非常に興味深く有意義なやりとりをさせていただきました。

この訪問の目的のひとつは、賛助会員機関の事業紹介ですが、今回は特に銀行がどのようなスタンスで研究開発を支援されるのだろうか、それが研究者の皆さんにうまく伝えられれば、つくばでの研究者にとっても大きな刺激となるだろう、そういうつもりでインタビューに臨みました。

ご対応は植木 誠専務、熊坂敏彦経済調査室長、宮下剛一ビジネスソリューション室長、須藤 純公務渉外室長、SATは事務局長篠田、事務局員鈴木、コーディネーター溝口の3名です。

(感想)

銀行と言えば、これまで「お金を預かってそれを融資して」くらいの認識でしたので、「研究者にとって銀行とは？」という話になると、勉強不足で十分な議論が出来ないのではないか、相手先にもご迷惑ではないか、といささか戸惑いながら訪問させていただきました。しかし、2時間に及ぶインタビューで20数個の質問事項、関連質問に丁寧にお答えいただき、非常に良い勉強になりました。あとになって「こちらも勉強になりました」とのお話もあって、私には得がたい経験となりました。おかげで銀行がグッと近くなったような気がします。

今回の訪問・インタビューの感想を一言で言えば、「銀行サイドの技術開発支援の気持ちは強い」ということかと思います。これまで枠組み作りが十分でなかったようですが、お話を聞く限りでは、研究者が個人的に訪問されることも歓迎されるようですし、新しい技術を支援するための目利きの人を大切にしたいとも言っておられます。今回の訪問を契機に、研究者側・銀行側お互いにドンドン積極的に交流していただきたい、SATとしてそういう場の設定に努力したいと思ったような次第です。

(溝口記)

③②株式会社カスミ

<http://www.kasumi.co.jp>

日本の小売業のあり方は、高度成長期以来、大きく様変わりしています。私の子供のころはといえば、小さな商店街や市場、八百屋さんの引き売りなどが主流、百貨店は私にとっては夢のような存在でした。今は、スーパーありコンビニあり、ネット販売も盛んになっていますし、百貨店、個人商店も頑張っておられます。このような変化は、それを成り立たせる物流や情報技術の進歩なしにはありえなかったように思います。

つくばサイエンス・アカデミー (SAT) には、一見、研究や技術とは関係なさそうな銀行、小売業、ホテルなども賛助会員として支援してくださっています。今回は北関東の代表的スーパー(株)カスミをお訪ねすることとしました。

カスミはホームページでは、地域に根ざして、ということを強調しておられますし、地球環境問題にも熱心に取り組んでおられます。つくばに本社のある企業として、研究所群へ強い期待を持っていただいているように思われますし、スーパーを成り立たせている技術についてもお話を伺うことができそうです。

平成23年10月26日、カスミつくばセンターを訪問しました。ご対応は内田 勉取締役です。

(感想)

ここ24、5年、社会は大きく変動しています。少子高齢化、そして情報化は小売業界にも大きな影響を与えています。そのほか目に見えない技術革新が、小売業(中でもスーパーのあり方)に影響しているようにも思えます。

今回は、社会の変化や技術革新が小売業に及ぼす影響を把握し、ひいては、基礎的な産業技術研究が小売業に与える影響をイメージアップできないか、また異業種間で共鳴することの可能性はないか、そんなスタンスで(株)カスミを訪問させていただきました。

インタビューの中で私なりに理解が進んだのは、「ITにしろ冷凍保管技術にしろ、新しい技術を必要に応じて取り入れるのは当たり前である。大切なのは、セルフレジに見られるように、お客様の満足が得られるサービスをどのような科学的な考え方で実現していくかという点である」ということです。したがって、たとえば省エネ研究に意味があれば、スーパーはどんどん取り入れていくでしょうし、サービス関連研究のあり方にも、いつも注目しておられるように思われます。

(溝口記)

③③育良精機株式会社

<http://www.ikura.com/>

つくば市内には、企業研究所は多いが工場は少ない、という話をよく聞きます。確かに、ソフトやベンチャー企業を含め事業所が多くなるのは望ましいことでしょう。その中であって、育良精機株式会社は広沢グループの一員として、省力機器・工具機器の開発・製造に携わり、また賛助会員としてSATを応援してくださっています。

グローバル化の進展、東日本大震災の影響等々経済社会変化の著しいこの時代、同社はこのような状況にどのように対応しておられるのでしょうか？

平成24年3月5日、同社工場を訪問させていただきました（コーディネーター溝口、同補佐齊藤、事務局鈴木）。同社からは佐藤憲治常務にご対応いただきました。

（工場見学）

育良精機(株)のみでなく、グループ内の(株)広沢製作所、キング工業(株)、(株)ビアンエアージャパンの工場もご案内いただきました。ダイナミックなプレス工程から細かい作業の進む開発部門まで、それぞれ興味深く見させていただきました。

ところどころに女性作業員の姿が見られ、機械工場で女性が男性と同じように働く姿は、私には大切なものに思われました。

（感想）

広沢グループの工場見学とインタビュー、あわせて3時間という長時間をお付き合いいただきました。工場は、想像以上に清潔で整理整頓されており、安全対策にも心を配られているように思われました。それと、従業員の皆さんが非常に礼儀正しいのに驚きました。

佐藤常務とのやり取りの中で、目の前で作っていないとアイデアも浮かばないんですよ、というお話は印象深いものでした。現場経験のない私が言うのもおかしいですが、現場から刺激を受けることで、発想に大きな飛躍が生まれるように思います。グループ全体として教育にも力を入れておられるとのこと、育良精機さんには、この地で世界に羽ばたく若者を育てていただきたい、そのように思いました。

（溝口記）

③④(株)池田理化

<http://www.kasumi.co.jp>

(株)池田理化は科学機器・物品を扱う商社、つくばの研究機関は、公私を問わずどこも世話になっているのではないのでしょうか？私（溝口）も現役時代、随分お世話になりました。実験器具を「至急持ってきてほしい」と、無理を言ったことが思い出されます。

研究テーマが大きく変化し、デジタル化の急進展する今日、取り扱う機器・物品にも大きな変化があるように思われます。そういった変化を受けて、現在の事業内容はどのようになっているのか、興味がそそられます。また同社では、バイオテクノロジーに関心をお持ちのようなのですが、その理由は何か、この点もお聞きしたく思いました。

平成24年7月10日、同社つくば支店をお訪ねしました（篠田、溝口）。同社からは、栗原営業部長、高石つくば支店長、山川営業企画課長にお付き合いいただきました。

（感想）

池田理化の創立当初から最近までの事業内容変遷を伺い、日本の科学・技術の大きな流れが実感できたように思います。またたとえば、「分析の精度が上がったために、試料が少量で済むようになり、そのためシャーレのようなガラス器具の使用が減ってきている、合わせて乾燥器の需要も減ってきている」、などという話には、営業上は大変なことと思いますが、研究内容の変化、広くは社会状況の変化が反映されているようで興味が尽きない思いがしました。

営業活動は、生物系を主にしておられるようです。農業・食品研究は今後重みを増してくるでしょうし、それは十分理解できますが、SAT的には、医工連携のような境界領域にももっと目を向けていただければと思います。

また、やり取りの中で、シーズ・ニーズの両方の情報が得やすい商社の特性、と申し上げたのですが、そういう情報はSATにとっても非常に大切なものです。

池田理化さんはじめ商社の皆さんとの交流を深めるべき、というように思いました。

（溝口記）

③⑤ インテル株式会社

<http://www.intel.co.jp/>

インテルのマイクロプロセッサは、今では世界中のほとんどのPCに使われているのではないのでしょうか？

インテルはロバート・ノイス、ゴードン・ムーアをはじめ、著名な経営者に率いられ、マイクロプロセッサ（以下CPU）を中心に世界を牽引しています。CPUは、ムーアの法則に従いどんどん微細化・高性能化が進んでいますが、それには限界があるのではないのでしょうか？

PCが普及しインターネットが一般化したのは、たかだか20年ほど前のことです。我々を取り巻く社会も我々の生活自体も驚くほど大きく変化してきました。この変化は、しかしまだ途上であって、これからもっと大きな変化が訪れてくるように思われます。そのカギの一つは、やはりCPUでありましょう。

平成24年12月19日、個人会員のブライアンさんを窓口と同社つくば本社をお訪ねしました（溝口）。インテルHITAC見学後、インタビューでは阿部副社長、荒木広報室室長、ブライアンさんにご対応いただきました。

（感想）

インテルHITACの運用はこれからのようですが、ユーザー体験の場を超えて、新しい社会のイメージを創造していく場となるのではないのでしょうか。市民の参加を得たイメージ創造の場として活用していただきたい、そうすることで、コラボのできる人材の育成につながる、そんなように思いました。大いに期待したいものです。

阿部副社長とのインタビューでは、ずいぶん刺激を受けました。これまでの10年、これからの10年ということで、率直明快なご意見を伺いました。これからは否応なくグローバル化は進んでいくでしょう。その中であって、日本はどのような生き方をしていくか、技術とビジネスのバランスというご意見には、改めて目を開かれる思いがしました。

一番刺激を受けたのは、ムーアの法則がビジネスモデルだ、という点です。ムーアの法則に従うためには、並大抵でない技術開発上の課題を乗り越えなければならぬでしょう、しかしそれは同時に次の世代のビジネスモデルを他に先んじて構築していくということでもある。企業のひとつの生き方として、納得できる興味深いお話でした。

グローバル化は厳しい知恵勝負の場でもあります。研究者も論文で世界に発信すると同時に、社会（企業）とのコラボ、そのためのわかりやすい発信が要請されているように思われます。SATはそのための場として活動を進めるべきである、と改めて痛感する機会となりました。

（溝口記）

③⑥ 関彰商事株式会社

<http://www.sekisho.co.jp/>

関彰商事は、エネルギーとカーライフを中心とした総合商社、北関東で広く事業展開しておられます。商社の事業経営においても、ITなど新しい技術がどんどん取り込まれていると思います。特に新しい分野に進出するに当たって、何か新しい技術が必要になることはないのでしょうか、また、商社という立場からつくばにはどんな思いを持っておられるのでしょうか、このあたりをお話しいただこうと、平成25年9月27日、同社つくば本社をお訪ねしました（事務局長篠田、溝口）。

ご存知の方も多いと思いますが、関彰商事は江崎賞の副賞スポンサーとしてSATの活動を支援してくださっています。江崎賞はナノテクを対象とした表彰事業で、SAT活動の中核のひとつです。大変有難いことですが、この江崎賞とのご縁についてもお伺いしたいと思います。

（感想）

今回の訪問では24項目の質問を用意していきしましたが、岡本総務部長には、それぞれ丁寧にお答えいただきました。事業内容として、中心分野を決めて地道に着実に進む、新しい展開はそのベースの上に構築していく、という姿勢を保っておられるようで、安定感のある企業だな、というように思いました。また、つくばにおける研究開発には強い期待を持っておられるようで、同社と研究者との密な交流の場の設定がSATとして必要である、と改めて確認させていただきました。

製造業の会社ではありませんので、正直なところ、インタビューの展開を心配したのですが、お話を聞いていると面白いと思われることは沢山あり、たとえばガス事業でみると、販売だけでなく、設置事業やメンテナンス、さらには住宅関連へと事業が広がっていくとのこと、こういうものはやはり実業の世界、商社の世界という感じで、私には面白く思われました。

ところで、つくば本社内では、3、4人の社員の方とすれ違ったのですが、皆さん非常に丁寧に挨拶していただき恐縮してしまいました。こういう社員の皆さんにこの会社は支えられているなど、あらためて感じ入ったようなしだいです。

（溝口記）

SATフォーラム2014を開催

平成26年7月17日（木）、つくば国際会議場において、「SATフォーラム2014」を開催しました。

講師は、情報通信分野の第一人者である末松安晴先生でした。テーマは「大容量長距離光ファイバ通信をもたらした半導体レーザ」。本格的な光ファイバ通信を実現させるため、その中核技術の一つとして動的単一モードレーザ、すなわち通信用半導体レーザの概念を提唱し、これを光ファイバの最低損失波長帯で開拓、現在広く使われている大容量長距離光ファイバ通信の実現に大きく寄与した先導的研究についてご説明いただき、会場を埋めた参加者も熱心に聞き入っていました。

会場質疑では、末松先生が平成7年から2年間、つくばの工業技術院産業技術融合領域研究所長を務められていたこともあり、当時の同僚の方から応援メッセージをいただいたり、アメリカIBMの江崎先生の研究室を訪れた際、大きな装置を目にし、ものすごい値段のするものと思って伺ったところ、フェローの特権として、5年間の研究費を一括して投入することができるという答えにこれが新しい形なんだと感心した事、そして、これからの研究者は、社会(若いときは学会)との対話を大切に、世の中の変化と離れない事も重要で、反対されてもへこんではダメ、却下さ

れてもへこたれない事、とおっしゃっていました。

また参加者アンケートでは、「通信技術はここ10年、20年ほどで急速に発達した、というイメージがあったが、通信技術が出現したあたりから研究者の方々の手によって地道に研究が進められて、今のネット社会があると知り、胸が熱くなった。」「提案者が具現化しないと技術は広がらない、という内容は説得力があった。」「光ファイバ通信の歴史における末松先生の多大な貢献とご苦労がよく伝わってきました。」など、とても参考になったという内容の感想が多数寄せられました。



第11回SAT賛助会員交流会報告

第11回賛助会員交流会が、平成26年6月5日（木）午後、つくば国際会議場201A会議室にて開催されました。

異分野の交流を深めるためには、まず個人会員・賛助会員の皆さんが具体的にどのような研究・事業を展開しておられるか、それをよく知らなければなりません。本交流会は、賛助会員企業の事業を紹介していただくとともに、研究サイドの皆さんも含め交流していただくことで、「知の触発」につなげよう、そんな趣旨で開催されております。今回は、合計で33名の方にご参加いただきました。

第11回交流会の内容は以下のようです。（敬称略）

1. 挨拶（SAT総務委員）
2. 本交流会開催の趣旨説明・訪問企業紹介（溝口）
3. 賛助会員講演（3機関、質疑含め各30分、敬称略）
 - ① 浜松ホトニクス株式会社筑波研究所：「浜松ホトニクス研究紹介」
筑波研究所所長代理 伊藤博康
 - ② ㈱カスミ：「ソーシャルシフトの取り組み」
取締役執行役員 生井義雄
 - ③ 高橋興業株式会社：「事業紹介」
取締役営業管理部長 高橋良樹
4. つくば研究者講演（2件、質疑含め各30分、敬称略）
 - ① 「三次元集光を実現するホログラム・レンズとレーザー微細加工技術」
（一社）ニューガラスフォーラム筑波研究室 川島勇人
 - ② 「「光る花」がより光るための技術開発と利用につ

いて」

（独）農研機構花き研究所花き研究領域 佐々木克友

5. つくばにおける交流の可能性について小講演（溝口）

6. 総合討論

7. 閉会挨拶（SAT総務委員）

SAT丸山総務委員長の挨拶の後、溝口から本日の議事・SATの紹介・交流会の趣旨・訪問企業紹介などをさせていただきます、講演に入りました。



賛助会員側として、最初は浜松ホトニクス㈱筑波研究所の伊藤所長代理によるご講演です。浜松ホトニクス（以下、浜ホト）は光技術で世界的に有名な企業、この会社の研究開発体制・研究内容全般についてのお話がありました。浜ホトといえば「カミオカンデ」、微量光を検出する大型の高精度光電子増倍管の製造技術でおなじみですが、昔のTV受像機のような大型光電子増倍管の製作は、強度や熱

膨張率を考慮したガラス素材の選択の他は、過去の様々なタイプの光電子増倍管製作の経験を基盤として、予想以上に短期間で、ほぼ設計通りに小柴先生の要求の特性目標を達成できたとのことで、浜ホトの技術レベルに改めて感銘を受けました。現在の事業分野はMEMSからライフサイエンスまで多岐にわたり、特に筑波研究所はバイオホトニクス研究の中核です。バイオと光は今後のキーワードでありましょう。このキーワードをもとに、異分野交流の核の一つとして大いにご活躍いただきたい、そんな風に思いながらお話を聞きしていました。

賛助会員側の二番目のご講演は、(株)カスミの生井重役による「ソーシャルシフトの取り組み」です。ソーシャルシフトとは、フェイスブックなどのソーシャルメディアを活用して顧客の意見を吸い上げ、顧客目線での経営を行うこと、のように理解できると思います。生井講師のお話は、現場の経営者らしい熱のこもったものでしたが、具体的には上意下達的な縦型の組織でなく、自律的な従業員がお互い情報を共有し部門を超えて協力する、そのようにして顧客サービスの質を上げるということのようで、組織や経営手法に大きな変化が出てきているように思いました。質疑の中で会場から、部門を超えて協力し合うのはSATと同じ、というご意見が出ていましたが、私もその通りだと思います。SATの活動にも、ソーシャルメディア活用といった視点が必要になっているのかもしれない。

第三番目のご講演は、高橋興業株式会社高橋営業管理部長による同社の「事業紹介」です。同社は「つくば国際会議場」の管理運営団体（つくばコンgresセンター）のメンバーで、冷暖房や照明などの設備維持管理を担当しておられます。ビルの総合管理会社として、同社にはほかに清掃、警備など6つの事業分野を持っておられます。それぞれ手堅い事業展開の説明があったのですが、新しい事業展開については、新しい建物管理の手法として、清掃分野で清掃後汚水による環境汚染を防ぐための建物汚れ防止コンサルティングの導入を、また、広いスペース用の清掃ロボットの導入などを考えておられるようです。加えて、サービスのレベルを国際的に維持するため、品質管理、環境管理、情報セキュリティ・マネジメントの3部門でISOの認証を取得しているとのことで、現在の急激な社会状況変化への手堅い対応ぶりがうかがわれました。

10分の休憩後、研究者側の講演に移りました。最初は、(一社)ニューガラスフォーラム川島勇人博士による「三次元集光を実現するホログラム・レンズとレーザー微細加工技術」です。平面ガラスに特別な刻み目をつけて光を透過させると（ホログラム・レンズ）、受光部ではたとえばFという文字のみが光照射されます。このFを加工（削る）するためには、少しずつ切削するなど、ふつうは何らかのスキャンが必要です。しかし（材質によるでしょうが）、レーザーであれば一瞬で加工することが可能です。平面ガラスの透過光をすべてF字に集光するためには、回折現象を使うのでしょうか、ガラス面での複雑な刻み目（パターン）が必要になります。川島博士は情報科学の博士号をもっておられるようですが、なるほどと頷くところがありました。

研究者側第二のご講演は、花き研究所佐々木博士による「「光る花」がより光るための技術開発と利用について」です。ノーベル賞受賞の下村博士によって発見された緑

色蛍光タンパク（GFP）は、今回ご講演の「光る花」のベースにもなっています。新しい黄緑色蛍光タンパク質CpYGFPが、遺伝子工学的手法でトレニアという花の白色系統に導入されました。この花は遺伝子操作を受けているので、そのままの状態では自然界に放出することはできませんが、乾燥させたりしても、あるいはアクリル樹脂に閉じ込めたりしても蛍光が維持されます。したがって、ドライフラワーやインテリアなどに使えそうですが、さらに蛍光強度を強める努力が続けられており、もっと幅広い用途展開が期待できるように思われます。この研究は、初めは公式なものではなかったようですが、次第に公式に認められるようになったとのことで、自由な発想での研究もやはり大切、というように思われました。



最後の総合討論、講演での質疑が多く時間が少なくなってしまったのですが、私の方から、こういう交流会は、何かアイデアのヒントになった・共同研究の出発点になったというようにもっていききたいと持論を述べさせていただきました。また具体的に、レーザーホログラフィーをたとえば歯の治療に応用できるのではないかとコメントしたところ、会場の歯科医師の先生から、光による歯の治療はすでに試みられているが、ふつうは時間がかかる、レーザーで一発でできれば素晴らしいという応援のコメントがありました。

第1部の講演会は、少し時間がオーバーしましたが、最後にSAT総務委員の西村先生に本日の会議の意義についてまとめていただきました。議論は尽きないところがありますが、異分野の5件のお話をもとにご出席の皆様が熱心にご議論いただき、有益な講演会になりました。

5:45pmには、第2部として懇親会（サロンレオ）が開催され、これには20名にご参加いただきました。総務委員岡田先生の乾杯挨拶から始まって、終始和やかかつ活発な交流が続きました。幅広い分野からお集まりいただいているにもかかわらず、皆さん、打ち解けた雰囲気の中で熱心に議論していただきました。このように熱心な交流の積み重ねが、つくば発の新しい学術分野・新産業の開拓にもつながっていくのではないのでしょうか？

閉会挨拶は、講演者の高橋興業高橋営業管理部長にお願いして、一本締めで締めくくっていただきました。

ご講演の皆様、ご参加の皆様、ご協力有難うございました。

（SATコーディネーター、溝口記）

付記：賛助会員の事業内容などはSATホームページの訪問記をご覧ください。

<http://www.science-academy.jp/visit/index.html>

第5回SAT研究情報交換会報告

つくばサイエンス・アカデミーでは、会員の皆様の異分野交流を深めるため、テーマを決めた研究情報交換会を開催している。第5回は、「印刷技術」を中心に下記内容で開催された。

1. 日時:平成26年8月12日(火)、5:30~8:00pm
2. 会場:つくば国際会議場4階 サロンレオ
3. テーマ:「印刷技術とつくばの最先端研究」
4. プログラム(敬称略)

1) 総務委員挨拶

2) 講演3件

①「最近の印刷技術とその応用」

(株)大日本印刷ライフサイエンス第一研究所
所長 土屋勝則

②「ホログラムレンズとレーザー微細加工技術」

(一社)ニューガラスフォーラムつくば研究室
川島勇人

休憩

③「エレクトロスプレーマイクロリアクターの設計と応用」

産総研環境管理技術研究部門環境分子科学
研究グループ リーダー 脇坂昭弘

3) 総合討論 7:30~8:00pm

今回の研究情報交換会には、10名のご参加があった。

土屋講師のお話は、大日本印刷における印刷技術及びそれをベースにした細胞シートなどに関するもので、印刷会社がこのように手広くまた基礎的にということで、ご参加の皆さんは驚かれたのではないかと。

川島博士はホログラムレンズの原理と材料加工への応用、厚みのある基材への応用などを話された。例えば旋盤である形に成形しようと思うと、基材を少しずつ動かしていかなければならない。しかしホログラムレンズを使ってレーザー照射すれば、ある形が瞬時に成形される。新しい成形加工法として、興味をそそられるお話であった。

脇坂講師からは、微小滴を電界の作用で噴霧して染色に応用する、あるいは両側から噴霧して衝突滴内で反応を起こさせてナノ粒子を作る、といった刺激的なお話があった。お話を聞きながら、ナノ粒子をうまく配置することで、新しい回路設計ができないかと思ったのであるが、これは思い込みが強すぎるであろうか？

3件のお話は、すぐに印刷技術につながるというわけではない。しかし筆者の目から見ると、これらは比較的近くに存在していて、手を伸ばせばお互いその良いところを取り入れられるように思われる。3人の講師の先生方も参加者もそれぞれ興味を持っていただいたようであり、今回の情報交換会をもとに、共同研究など具体的な動きにつながっていくことを期待したいと思う。

SAT小規模議論の会報告

第5回の研究情報交換会のなかで、ホログラムレンズによる微細加工の研究が報告されたが、その後参加者から、この技術が目や病気の治療に使えないかというコメントが寄せられた。これを受け、筑波大学病院眼科の先生にご協力いただき、2014年9月17日(水)7:00pm、サロンレオにて「小規模議論の会」が開催された。遅い時間の開催であったが、筑波大学病院眼科から3名の先生にご参加いただき、計14名の参加があった。このうち4名はSAT総務委員の先生方である。

プログラムは以下のようである。

I. SAT紹介

II. 講演2件(敬称略)

①レーザーホログラム((一社)ニューガラスフォーラム 川島勇人)

②眼科におけるレーザー利用(筑波大学病院眼科、福田慎一)

III. 総合討論

川島博士はホログラムレンズの原理と材料加工への応用、厚みのある基材への応用などを話された。福田講師は、目の構造を参照しながら、眼科治療で使用されているレーザー技術全般について説明された。

時間の関係で2件の講演は短いものであったが、それぞれ興味深く議論百出となり、文字通りの議論の会となった。ホログラムレンズがすぐに眼科治療に使われることは難しいかもしれないが、こういう議論をもとに、新しい治療技術の開拓につながればというのが、参加者全員の思いであったように思う。

なお、眼底の層構造と海底の構造が似ているのでは、という指摘があり、思いがけないことであったが、地質学・地震学の知識が生物学に生かされそう、と思ったのは筆者だけではないように思う。

(溝口記)

つくばサイエンス・アカデミー賛助会員一覧

(五十音順)

■企業・団体

アステラス製薬株式会社 つくば研究センター
 荒川化学工業株式会社 筑波研究所
 育良精機株式会社
 株式会社池田理化
 一般社団法人 茨城県経営者協会
 茨城県信用組合
 インテル株式会社
 (独) 宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター
 株式会社エア・リキード・ラボラトリーズ
 エーザイ株式会社 筑波研究所
 株式会社S・Labo
 オークラフロンティアホテルつくば
 独立行政法人 科学技術振興機構
 カゴメ株式会社 研究開発本部
 株式会社カスミ
 キッコーマン株式会社 研究開発本部
 株式会社クラレ つくば研究センター
 クリタ分析センター株式会社
 株式会社クレフ
 公益財団法人 国際科学振興財団
 株式会社Scientific Language
 株式会社JTB コーポレートセールス
 株式会社 常陽銀行

関彰商事株式会社
 株式会社セノン 茨城支社
 大鵬薬品工業株式会社 つくば研究センター
 大陽日酸株式会社 つくば研究所
 高橋興業株式会社
 筑波家田化学株式会社
 株式会社つくばエッセ
 公益財団法人つくば科学万博記念財団
 筑波学園ガス株式会社
 一般社団法人つくば観光コンベンション協会
 株式会社 筑波銀行
 株式会社つくば研究支援センター
 つくば国際会議場
 株式会社つくば山水亭
 つくば市商工会
 ツジ電子株式会社
 テスコ株式会社
 東京化成工業株式会社
 戸田建設株式会社 技術研究所
 株式会社ともゑ
 日京テクノス株式会社
 日清製粉株式会社 つくば穀物科学研究所
 株式会社日本触媒 筑波地区研究所

日本新薬株式会社 東部創薬研究所
 日本ハム株式会社 中央研究所
 日本エクシード株式会社
 日本電気株式会社 筑波研究所
 日本電子株式会社
 浜松ホトニクス株式会社 筑波研究所
 日立化成株式会社 筑波総合研究所
 株式会社日立製作所 日立研究所
 不二製油株式会社 つくば研究開発センター
 独立行政法人 物質・材料研究機構
 ペンギンシステム株式会社
 独立行政法人 防災科学技術研究所
 三菱化学株式会社 RD戦略室 筑波センター
 水戸商工会議所
 公益財団法人 山田科学振興財団
 理想科学工業株式会社 K&I開発センター
 (62企業・団体)

■自治体

つくば市
 (1市町村)

平成26年9月22日現在

編集後記

26号の特集「医療支援技術」、広範な学術・技術分野の集積するつくばにはふさわしいテーマであるように思います。外科手術のためのITの導入から材料技術、意思伝達システムまで、先端的な興味深いテーマが取り上げられたと思いますが、いかがでしょうか？

巻頭言は、特集に合わせ産総研ライフサイエンス担当の湯元理事にご寄稿いただきました。つくばでの医工連携について、大切な提言をいただいています。

「つくば賞その後」の第3回は、ジョセフソン・コンピュータです。ジョセフソン・コンピュータでは、その素子が極低温で機能を発揮します。そのためコンピュータとしての利用は十分進んでいないようですが、超伝導受信器などへの応用が進んでおり、今後の応用分野の広がりに期待できそうです。

「研究室レポート」は、国土地理院からご寄稿いただきました。人工衛星を用いた測地では、現在数mmスケールでの変動が把握できるとのことですが、その精度やリアルタイム解析技術の向上に力を注いでおられます。その成果は、巨大地震の高速解析など、防災情報に大いに役立つものと思われます。

「科学の散歩道」、筑波大学芸術系の田中准教授から、「研究者のためのビジュアルデザイン」をご寄稿いただきました。研究成果の効果的な発表・伝達は研究者にとって大切ですが、パワーポイントを実際にどのように使うか、田中先生のお話は、目からうろこ的なところがあり、研究者必読です。(溝口記)

平成26年度SAT行事予定

- 2014年11月1日(土)、つくば国際会議場
つくばスタイル交流会
- 2014年11月17日(月)
江崎賞・つくば賞授賞式、つくば国際会議場
- 2015年1月21日(水)
SATテクノロジー・ショーケース2015

編集委員

- 内山俊朗 筑波大学芸術系
- 金岡正樹 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構
- 川添直輝 (独) 物質・材料研究機構
- 五藤大輔 (独) 国立環境研究所
- 角田方衛 (一財) 新技術振興渡辺記念会
- 田中斎仁 (株) クラレ筑波研究センター
- 東口 達 (株) 日本電気スマートエネルギー研究所
- 松崎邦男 (独) 産業技術総合研究所

臨時編集委員

- 大城幸雄 筑波大学病院消化器外科

SAT事務局

- 岡田雅年 つくばサイエンス・アカデミー副会長
- 丸山清明 つくばサイエンス・アカデミー総務委員長
- 渋谷 篤 つくばサイエンス・アカデミー事務局長
- 溝口健作 つくばサイエンス・アカデミーコーディネーター

つくばサイエンス・アカデミー運営規程

(名称)

- 第1条 本会は、つくばサイエンス・アカデミーと称する。
2 本会の英文表記は、Science Academy of Tsukuba（略称:SAT）とする。

(目的)

- 第2条 本会は、研究者相互の交流を促進することを通じて科学の振興に資するとともに、研究成果を産業や国民生活に反映することを目的とする。

(事業)

- 第3条 本会は前条の目的を達成するため、次の事業を行う。
(1) 科学技術の発展に資するための、様々な分野の研究者の内外の交流促進
(2) 科学に対する社会の関心を増進させるための啓発活動
(3) 科学を産業に活かすための企業との交流
(4) その他前条の目的を達成するために必要な事業

(会員)

- 第4条 本会は、次に掲げる会員をもって組織する。
(1) 一般会員 第2条の趣旨に賛同し、本会に加入を希望する研究者等の個人とする。
(2) 賛助会員 第2条の趣旨に賛同し、本会に加入を希望する企業その他の団体とする。
(3) 特別会員 第2条の趣旨に賛同する個人等であって、本会の会員とすることが本会の発展に資するものとして、会長が推薦し運営会議が承認するものとする。
(4) 名誉会員 科学技術の発展に著しい功績を有するものであって、本会の会員とすることが本会の発展に資するものとして、会長が推薦し総会が承認するものとする。

(会費)

- 第5条 本会を運営する費用をまかなうため、会員は会費を拠出することとし、会費の金額は会員の区別に応じ、次の各号に定めるとおりとする。
(1) 一般会員 5,000円 ただし学生は3,000円
(2) 賛助会員 1口50,000円（複数口の入会を認めるものとする。）
(3) 特別会員 10,000円

(役員)

- 第6条 本会に次の役員を置く。
(1) 会長 1名
(2) 副会長 2名
(3) 運営会議委員（会長及び副会長を含む。） 40名以内
2 役員は、会員の中から総会において選任する。
3 会長及び副会長は役員の互選により定める。

(役員の職務)

- 第7条 会長は、本会を代表し、本会の事務を統括する。
2 副会長は、会長を補佐し、会長に事故あるとき又は欠けたときはその職務を代行する。
3 運営会議委員は、運営会議を構成し、本会の事務の執行を決定する。

(役員の任期)

- 第8条 役員の任期は2年とする。ただし、再任を妨げない。
2 補欠又は増員により選任された役員の任期は、前任者又は現任者の残存期間とする。
3 役員は、任期満了後も、後任者が就任するまではその職務を行う。

(アドバイザー)

- 第9条 本会にはアドバイザーを置くことができる。
2 アドバイザーは運営会議の推薦に基づき会長が委嘱する。
3 アドバイザーは会長が諮問する事項について運営会議に意見を答申することができる。

(委員会の設置)

- 第10条 本会の目的達成に必要な事項を企画、執行するために、運営会議の決議により本会に所要の委員会を置くことができる。
2 委員会には、会長が指名する委員を置くものとする。

(会議)

- 第11条 本会の会議は、総会と運営会議とする。
2 総会は、すべての会員をもって構成する。
3 運営会議は、運営会議委員をもって構成する。
4 会議の議長は、会長がこれにあたる。

(会議の招集)

- 第12条 会議は会長が招集する。

(定足数)

- 第13条 会議は、その構成員の過半数の出席がなければ開会することができない。

(議決)

- 第14条 会議の議事は、出席構成員の過半数をもって決し、可否同数の場合は議長の決するところによる。この場合において、議長は、構成員として議決に加わることはできない。
2 やむを得ない理由のため、会議に出席できない構成員は、あらかじめ通知された事項について、書面をもって表決し、又は他の構成員を代理人として表決を委任することができる。
3 会長は、軽易な事項については書面等により賛否を求め、会議の議決に代えることができる。

(議事録)

- 第15条 会議の議事については、次の事項を記載した議事録を作成しなければならない。
(1) 会議の日時及び場所
(2) 会議の構成員の定数及び現在数
(3) 会議に出席した構成員の数（運営会議にあつては氏名）
(4) 議決事項
(5) 議事の経過及び要領並びに発言者の発言要旨
(6) 議事録署名人の選任に関する事項
2 議事録には、議長が指名する議事録署名人2人以上が署名押印しなければならない。

(総会の審議事項)

- 第16条 総会は、次に掲げる事項を審議する。
(1) 役員に関する事項
(2) 規程の改廃に関する事項
(3) 事業計画、予算、事業報告、決算に関する事項
(4) 会費に関する事項
(5) 本会の解散に関する事項
(6) その他本会の運営に関する重要な事項

(運営会議の議決事項)

- 第17条 運営会議は、総会で審議された事項を踏まえ、次に掲げる事項を審議、決定する。
(1) 財団法人茨城県科学技術振興財団理事会（以下「理事会」という。）の議決した事項の執行に関する事項
(2) 理事会に付議すべき事項
(3) 委員会の設置に関する事項
(4) 理事会の議決を要しない業務の執行に関する事項

(会計)

- 第18条 本会の経費は、会費及びその他の事業収入をもって充てる。
2 本会が実施するサロン等の事業については、その内容に応じて実費相当分を参加者から徴収できるものとする。
3 本会の会計年度は、毎年4月1日から翌年3月31日までとする。

(委任)

- 第19条 この規程に定めるもののほか、必要な事項は、運営会議の議決を経て、会長が別に定める。

付 則

この規程は、平成21年4月1日から施行する。

つくばサイエンス・アカデミー役員

平成 26 年 7 月 17 日現在

◆会長

江崎玲於奈 (一財) 茨城県科学技術振興財団理事長・つくば国際会議場館長

◆副会長

村上 和雄 (公財) 国際科学振興財団理事／筑波大学名誉教授

岡田 雅年 (独) 物質・材料研究機構名誉顧問

◆運営会議委員

青木 雅博 (株) 日立製作所 材料研究センター長

池田 幸雄 (国) 茨城大学学長

石田 瑞穂 (独) 産業技術総合研究所・(独) 防災科学技術研究所 客員研究員

市原 健一 つくば市長

岩崎 泰彦 国土交通省国土技術政策総合研究所長

井邊 時雄 (独) 農業・食品産業技術総合研究機構理事長

潮田 資勝 (独) 物質・材料研究機構理事長

餌取 章男 (学) 東京工科大学客員教授

太田 敏子 (国) 筑波大学名誉教授

岡田 安弘 (大共) 高エネルギー加速器研究機構理事

岡田 義光 (独) 防災科学技術研究所理事長

小幡 裕一 (独) 理化学研究所バイオリソースセンター長

貝沼 圭二 (学) 日本大学理工学部物質応用化学科客員教授

金山 敏彦 (独) 産業技術総合研究所副理事長兼つくばセンター長

木阪 崇司 (公財) つくば科学万博記念財団理事長

岸 輝雄 (国) 東京大学名誉教授

北澤 宏一 (独) 科学技術振興機構顧問

久野美和子 (国) 埼玉大学特命教授／内閣府地域活性化伝道師

後藤 勝年 (国) 筑波大学名誉教授

小玉喜三郎 (独) 産業技術総合研究所特別顧問

澁谷 勲 (株) 常陽銀行相談役

住 明正 (独) 国立環境研究所理事長

関 正夫 関彰商事(株) 代表取締役会長／(社) 茨城県経営者協会名誉会長

中鉢 良治 (独) 産業技術総合研究所理事長

永田 恭介 (国) 筑波大学学長

西村 暹 (国) 筑波大学生命科学動物資源センター客員研究員

沼尻 博 沼尻産業(株) 代表取締役会長

橋本 昌 茨城県知事

板東 義雄 (独) 物質・材料研究機構フェロー

丸山 清明 (学) 東京農業大学客員教授

山本 雅文 (独) 宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター所長代理

吉武 博通 (国) 筑波大学研究センター長

吉田 茂 (一財) 茨城県科学技術振興財団専務理事

和田祐之助 茨城県商工会議所連合会会長／(株) 祐月本店会長

計 37 名
(五十音順)

(一財) 茨城県科学技術振興財団 つくばサイエンス・アカデミー

入 会 申 込 書

(FAX TO: 029-861-1209)

※入会をご希望の方は、本申込書を FAX または郵送にて下記事務局宛にお送りください。

会員番号				入会申込年月日		年 月 日	
フリガナ				会 員 種 別		☐ 正 ☐ 学生	
氏 名	姓	名		性 別		男 ・ 女	
英 文	Family	Given		生 年 月 日		年 月 日	
自宅住所		(〒)					
電 話				F A X			
勤 務 先	名 称						
	所 属						
	部 課						
	職 名						
	所在地	(〒)					
	電 話			内 線			
	F A X			E-mail			
学 歴	☐ 学生 ☐ 学士 ☐ 修士 ☐ 博士 ☐ その他			最終学位取得年			年 (西暦)
関連所属学会							
専門分野							
これまでの主な業績							
受賞記録							
代表的な論文テーマ							
簡単な履歴							
得意とする講演テーマ							
●太枠内のみにご記入ください。 ●経歴書、プロフィール等お待ちの方は、添付していただいて結構です。 ●学生会員として入会を希望される方は、学生証等の証明書のコピーを合わせてお送りください。				連 絡 先		自 宅 ・ 勤 務 先	

入会申込みについて

■ 個人会員

1. 入会申込書

入会申込書に必要事項をご記入の上、本会事務局宛お送りください。入会の承認は、諸手続きを経ますので、若干時間を要します。事務手続きが終了次第、会員番号を記載した入会承認書と会費納入方法に関する書類をお送りいたしますので、指定された方法によりご入金をお願いいたします。

2. 会 費

本会では、入会金は不要です。下記の年会費のみお支払いください。

一般会員 5,000円

学生会員 3,000円

特別会員 10,000円

■ 賛助会員

1. 入会申込みについて

下記事務局にご連絡ください。所定の申込書をお送りいたします。

2. 会 費

賛助会員 1口50,000円 (複数口のご協力を期待しています。)

■ 申込み・問合せ先 (個人・賛助会員とも)

(一財) 茨城県科学技術振興財団 つくばサイエンス・アカデミー 事務局

〒305-0032 つくば市竹園2-20-3 つくば国際会議場内

TEL: 029-861-1206 FAX: 029-861-1209 E-mail: academy@epochal.or.jp

Contents No.26 September 2014

表2	●巻頭言 医工連携による健康産業の創生を期待して 独立行政法人 産業技術総合研究所 理事 湯元 昇
2	●特集 医療支援技術 病院における医療技術支援 筑波大学 医学医療系 整形外科 教授 山崎 正志 消化器外科手術における3D臓器表示・シミュレーション・ナビゲーション技術の進歩 筑波大学消化器外科・臓器移植外科 講師 大城 幸雄、教授 大河内 信弘 循環器内科-最新テクノロジー 筑波大学 循環器内科 講師 五十嵐 都、教授 青沼 和隆 画像誘導手術支援技術:術中MRI 筑波大学 脳神経外科 講師 阿久津 博義、clinical assistant 増田 洋亮、教授 松村 明 医療支援と材料技術—つくばからアジアへの展開 (独)物質・材料研究機構 名誉フェロー 立石 哲也 医療用デバイスの進歩-腹腔鏡デバイス・ロボット手術 筑波大学 腎泌尿器外科 教授 西山 博之、講師 常楽 晃 医療用デバイスの進歩-腹腔鏡大腸切除術 筑波大学 消化器外科 講師 榎本 剛史、教授 大河内 信弘 画像処理技術と医療支援技術の歴史と発展について (株)ネクステッジテクノロジー 代表取締役 坂本 堪亮 脳波による意思伝達装置“ニューロコミュニケーター”の開発と今後の課題 産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門 ニューロテクノロジー研究グループ長 長谷川 良平
21	●研究室レポート 「地球とその変化を精密に測る」 国土交通省 国土地理院 地理地殻活動研究センター 宇宙測地研究室長 畑中 雄樹
23	●つくば賞その後-3 「第3回ジョセフソンコンピュータの開発」 日本女子大学理学部 教授 黒澤 格
25	●SAT行事案内 1.つくばスタイル交流会ご案内 2.江崎玲於奈賞・つくば賞授賞式、記念講演会 3.テクノロジー・ショーケース2015ご案内
26	●科学の散歩道 「研究者のためのビジュアルデザイン」 筑波大学 芸術系 准教授 田中 佐代子
28	●賛助会員企業訪問記 ③①株式会社筑波銀行 ③②株式会社カスミ ③③育良精機株式会社 ③④(株)池田理化 ③⑤インテル株式会社 ③⑥関彰商事株式会社
31	●交流会関係報告 SATフォーラム2014を開催 第11回SAT賛助会員交流会報告 第5回SAT研究情報交換会報告
34	●賛助会員一覧／編集後記
35	●つくばサイエンス・アカデミー運営規程
36	●つくばサイエンス・アカデミー役員

SAT Science Academy of Tsukuba
つくばサイエンス・アカデミー ©
発行:(一財)茨城県科学振興財団つくばサイエンス・アカデミー

事務局

<http://www.science-academy.jp/>

■(一財)茨城県科学振興財団つくばサイエンス・アカデミー

つくば市竹園2-20-3 つくば国際会議場内 〒305-0032

TEL:029-861-1206 FAX:029-861-1209 Email:academy@epochal.or.jp

発行日:2014年9月30日

発行人:江崎玲於奈

編集人:内山俊朗 金岡正樹 川添直輝 五藤大輔

角田方衛 田中齋仁 東口 達 松崎邦男

大城幸雄

岡田雅年 丸山清明 渋尾 篤 溝口健作