

第3節 ■ 心豊かな社会の構築に資する科学技術

要旨

少子高齢社会では平均寿命が伸び、また、科学技術の進展により健康寿命（生活と健康の質を考慮して心身ともに健康で自立している期間）を伸ばすことができれば、長い人生を健康で豊かに暮らせる社会となることが期待される。さらに、「これからは心の豊かさやゆとりのある生活をするに重きをおきたい」という人の割合が多くなってきている。心の豊かさを実感する対象は人によってその内容が異なるが、文化芸術・スポーツ・知的探究心の比重が大きいのは言うまでもない。文化芸術活動、スポーツへの参加・観戦、知的探究を通じて感動を実感できる「心豊かな社会」の実現に向けて貢献していくことは、今後の科学技術に求められる役割の一つである。

1 心の豊かさの実現に資する科学技術

少子高齢社会では平均寿命が伸び、また、科学技術の進展により健康寿命（生活と健康の質を考慮して心身ともに健康で自立している期間）を伸ばすことができれば、長い人生を健康で豊かに暮らせる社会となることが期待される。さらに、「物質的にある程度豊かになったので、これからは心の豊かさやゆとりのある生活をするに重きをおきたい」という人の割合が多くなってきている。今後、健康寿命の伸長と年間労働時間の減少により可処分時間（自由に活動できる時間）がますます増大し、仕事以外の知的・創造的活動を通じて心の豊かさを実感する機会が増えてくることも予想される。また、今後の科学技術の発展は、物質的な豊かさだけでなく、心の豊かさも実現するべきものであるとする割合が8割に達しており、今後の科学技術は、心の豊かさにも貢献していく必要がある（第1-2-39図、40図、41表）。

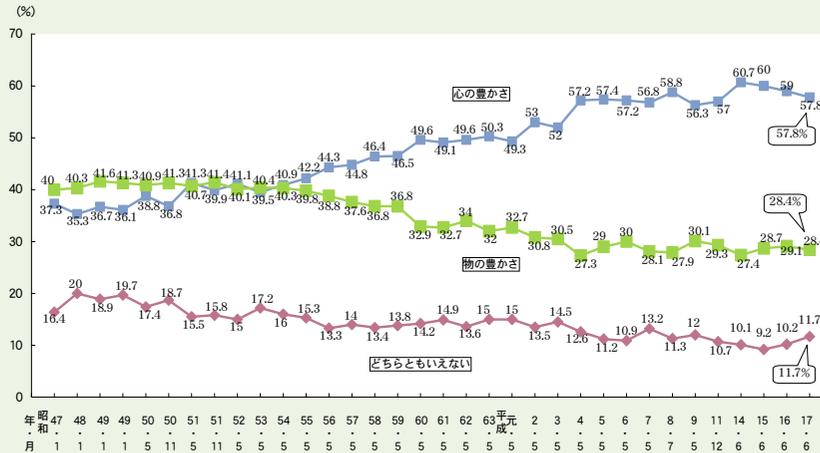
心の豊かさを実感する対象は人によってその内容が異なるが、文化芸術・スポーツ・知的探究心の比重が大きいのは言うまでもない。文化芸術活動、スポーツへの参加・観戦、知的探究を通じて、感動を実感できる「心豊かな社会」の実現に向けて貢献していくことは、今後の科学技術に求められる役割の一つである。

以下、人々が新鮮な感動と心の豊かさやゆとりを享受するために貢献する科学技術として、

- ・文化財の保存・活用、芸術の創造に資する科学技術
- ・スポーツ活動に資する科学技術
- ・知的探究心にこたえ、知的価値を創造する科学技術

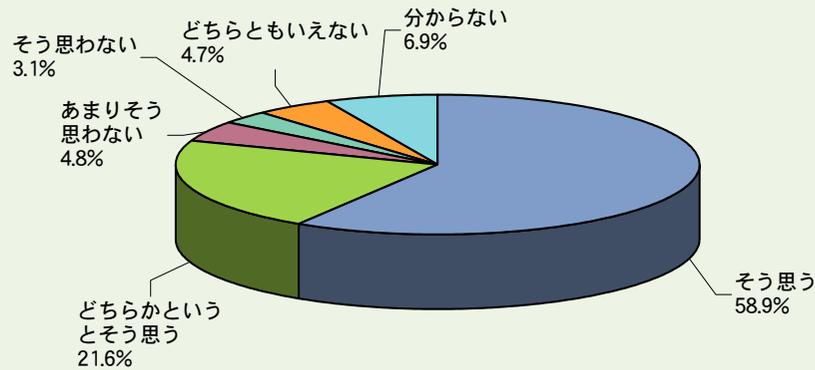
について述べる。

第1-2-39図 ▶ 人々の求める豊かさの変遷



注) 心の豊かさ→「物質的にある程度豊かになったので、これからは心の豊かさやゆとりのある生活をするに重きをおきたい」
物の豊かさ→「まだまだ物質的な面で生活を豊かにすることに重きをおきたい」
資料：内閣府「国民生活に関する世論調査」(平成17年)

第1-2-40図 ▶ 科学技術の発展は心の豊かさも実現するものであるべき



注) 「今後の科学技術の発展は、物質的な豊かさだけでなく、心の豊かさも実現するものであるべきである」という意見についてどう思うかという問いに対する回答
資料：内閣府「科学技術と社会に関する世論調査」(平成16年)

第1-2-41表 ▶ 可処分時間の増大

	2002年	2030年	備考
労働者の生涯可処分時間	18万3,000時間程度 (20.9年)	20万5,400時間程度 (23.4年程度)	○ 健康寿命延長 ○ 61～65歳労働時間はパートタイマー並み(1,184時間) ○ 大学院などへ2年間在学

注) 1. 括弧内は、可処分時間を24(時間)×365(日)で割り年換算したもの。
2. さらに2030年の年間労働時間(2002年現在:1,954時間)が、2002年の欧米並み(1,726時間)に移行すると想定した場合は21万3,600時間(24.4年)となり、現在より約17%増加する。
資料：経済財政諮問会議「日本21世紀ビジョン」に関する専門調査会報告書(平成17年)

2 文化財の保存・活用、芸術の創造に資する科学技術

●有形文化財の保存修復に資する科学技術

有形文化財保存修復について、最近の科学技術を活用した保存修復技術が開発されている。

例えば、古墳時代の柄頭^{つかがしら}（刀の柄の端）の象嵌遺物^{ぞうがん}は埋蔵中に腐食するために表面が厚い鉄錆^{さび}に覆われ、直接象嵌は見るができなかったが、水素プラズマを用いて表面だけの鉄錆を取り除く方法が開発され、象嵌遺物に残された文様などを見るのが可能となった（第1-2-42図）。

第1-2-42図 ▶ 柄頭の象嵌遺物



資料：文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会報告 「文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興」（平成16年）

プラズマによる象嵌遺物の保存修復技術の確立は、繊細な保存修復だけでなく、歴史の解明にも重要な役割を果たしており、このような科学技術開発は文化財としての価値の維持を支える重要な役割を担っている。

●無形文化財の保存・継承に資する科学技術

陶芸家などの伝統技術のように、人間の動きそのものが歴史的・芸術的価値を持つ技能の保存・継承にも、科学技術が大きく貢献する。

動き自体に価値のある無形文化財の技能保存・継承は文章や図表などの文書だけでは十分ではない。近年デジタル三次元立体映像技術の進歩により動きを詳細に記録することが可能となった。具体的には、レンズが二つついた特殊なカメラで陶芸家の手の動きを撮影して3Dビデオを作製し、モーションキャプチャー（磁気センサ）とデータグローブを用いて陶芸家の腕と手の動きを計測し、データベース化する。これらをもとに陶芸家の手の動きをコンピュータグラフィックスで構築することにより、通常は隠れて見えなかった裏側の手の動きも観察できるようになり、無形文化財の記録保存の有効な手段として役立つ（第1-2-43図）。

第1-2-43図 ▶ 3D立体視システムとその画像、モーションキャプチャー、データグローブ

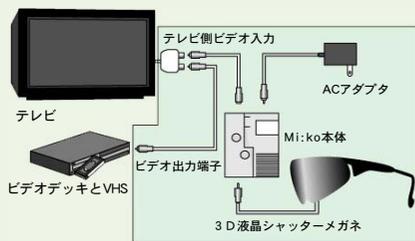


図1：3D立体視システム



図2：3Dビデオの一例



図3：モーションキャプチャー



図4：データグローブ

資料：文部科学省 科学技術・学術審議会 資源調査分科会報告「文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興」(平成16年)

●文化遺産オンライン

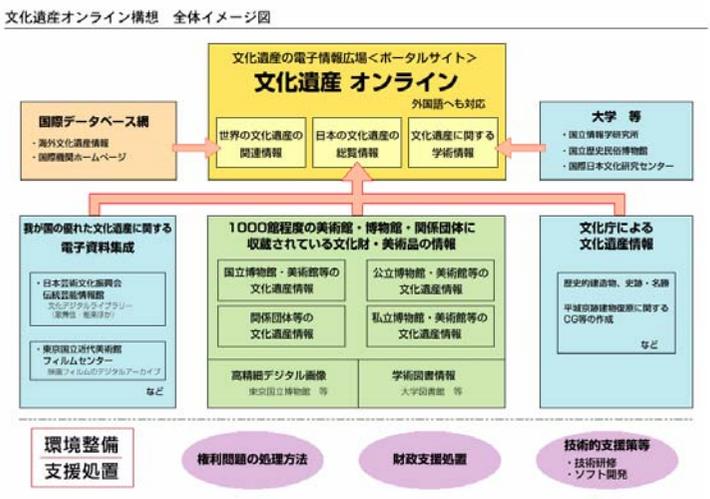
文化庁と総務省では、ブロードバンドを通じて国や地方の有形・無形の文化遺産に関する情報を積極的に公開する「文化遺産オンライン構想」を推進している。この構想により、国民が遠く離れた文化財や伝統芸能などの情報を簡単に入手可能となった。これらデジタルアーカイブ技術は遺跡の記録や文化財の保存・普及・活用に大きく貢献している(第1-2-44図)。

第1-2-44図 ▶ 文化遺産オンライン構想



文化遺産オンライン試験公開版 (トップページ画像) <http://bunka.nii.ac.jp>

資料：文化庁「我が国の文化行政」(平成17年)



コラム ■ No.14

現代によみがえる源氏物語絵巻

国宝源氏物語絵巻は、12世紀に作成された、現存する我が国最古の物語絵巻である。

平成11年、科学者、美術史研究者、画家という異分野の専門家のチームにより、この絵巻を分析・復元するプロジェクトが立ち上がった。このプロジェクトが実現した背景には、分析機器の進歩があった。

従来、文化財の調査分析は調査作品を分析装置のある研究所に持ち込んで行うことが普通であったが、国宝ともなると、その保存の必要上、研究所まで移動させての調査は難しい。建造物や大きな仏像など移動不可能なものも多く、重要な文化財ほど調査されにくいという皮肉な結果にもなっていた。このため、東京文化財研究所では、持ち運ぶことのできる蛍光X線分析装置の開発に着手し、平成11年に完成したこの装置で最初に分析を手がけたのが、源氏物語絵巻であった。文化財の材質調査には三つの目的がある。使われている材料を特定することにより、同じ材料で修理すること、材料を知ることによって保存に適した環境（温度・湿度等）を作り出すこと、そして、作品の技術水準を知ることによって作品の価値の判断に資することである。

源氏物語絵巻に使われた材料を特定する分析は、無機材料についてはポータブル蛍光X線分析装置で、また有機材料については蛍光撮影法によって行われ、多くの発見がもたらされた。その一つが、写真1の女房の着物の文様である。有機染料によって描かれた文様は褪色によって肉眼では見えなくなっている（写真2）が、繊維の中に残ったわずかな染料を検出する蛍光撮影法により、文様が鮮やかに浮かび上がったのである。



（写真1：竹河の段 部分 分析結果）



（写真2：竹河の段 部分 原画）



（写真3：竹河の段 女房部分図 原画）

資料：東京文化財研究所

また、蛍光X線分析によって、使われている様々な絵の具の種類が明らかにされた。例えば、人物の顔に使われている白色顔料は、従来知られていた3種類に加えて水銀を含む白色顔料が使われていたことが新たに判明した。人間の「おしろい」として使われていたものが日本画にも使われていることが分かった初めての例である。54帖からなる源氏物語絵巻はいくつかのグループに分かれて描かれたとされているが、そういった美術史の研究にも新たな検討資料を提供する発見である。さらに、このプロジェクトでは、分析測定で顔料や有機染料等を特定することにより、描かれた当時の色を推定し、日本画家の手による同じ材料を用いた復元模写が行われた。

現在直接目に見ることができる絵からは褪色したイメージしかなかった源氏物語絵巻が、分析技術の成果を受けて、平安の時代に描かれた当時の姿そのままに21世紀の我々の前に、鮮やかによみがえったのである。

【写真4、5】



写真4：柏木三【原画】



写真5：柏木三【復元模写】

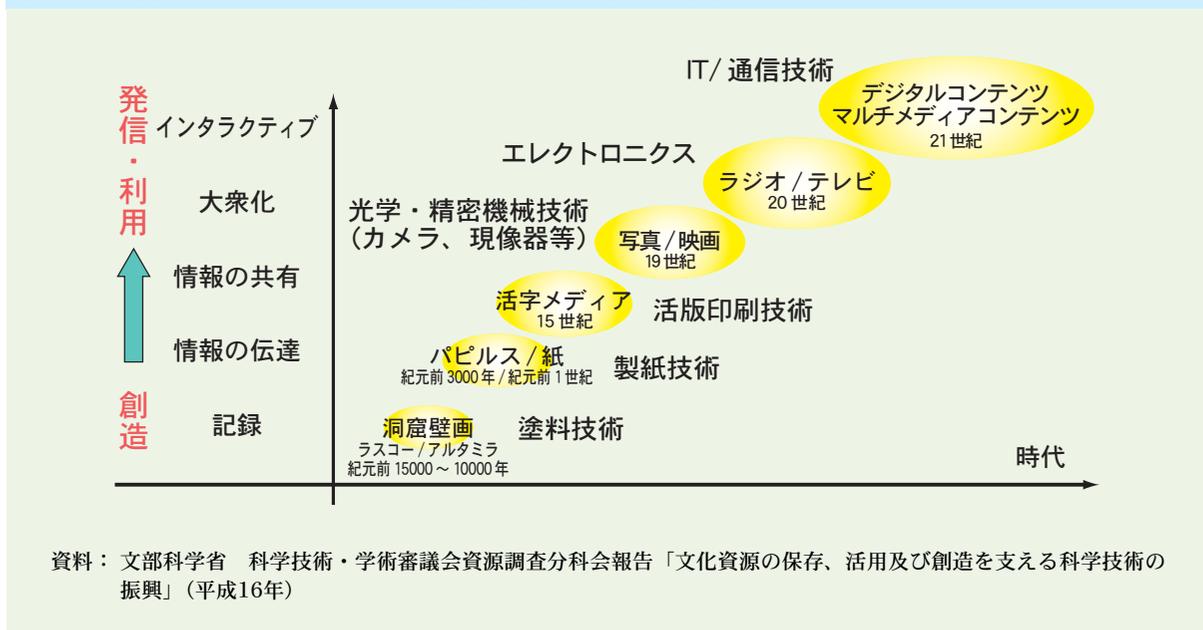
資料：徳川美術館

● 芸術文化の創造・発信・利用に資する科学技術

我が国におけるIT/通信技術は急速に発展し、コンピュータ及びインターネットのブロードバンド化が普及してきており、だれもがいつでも好きな情報を閲覧できる時代になった。こうした中、近年デジタル技術の多機能性、柔軟性を活用し映画、アニメーション、CGアート、ゲームソフトなど、いわゆるメディア芸術が新しい芸術分野を創出している。

石や壁を表現媒体とした時代には、筆・塗料が活躍した。パピルス・紙の時代には製版技術が発達し、さらに活版印刷技術の発明により情報の共有が進んだ。工学・精密機械技術が進みカメラが登場してからは、写真・映画も新しい創造発信源になった。次に、エレクトロニクス技術の進展によりラジオ、テレビが登場してメディアの大衆化が更に進んだ。さらに、コンピュータ、インターネットの発達により、だれもがいつでも好きな作品を閲覧できる時代になった。今後は閲覧だけでなく、メディアとの双方向の関わり合いを通じて、表現方法の多様化が急速に拡大し、作品の創造・公開も格段に容易になる。これにより、国民の芸術創作への参加が容易になり、デジタル科学技術の発達により、一般の人々でも創造性を発揮しアイデアやコンテンツを発信できる時代が実現する（第1-2-45図）。

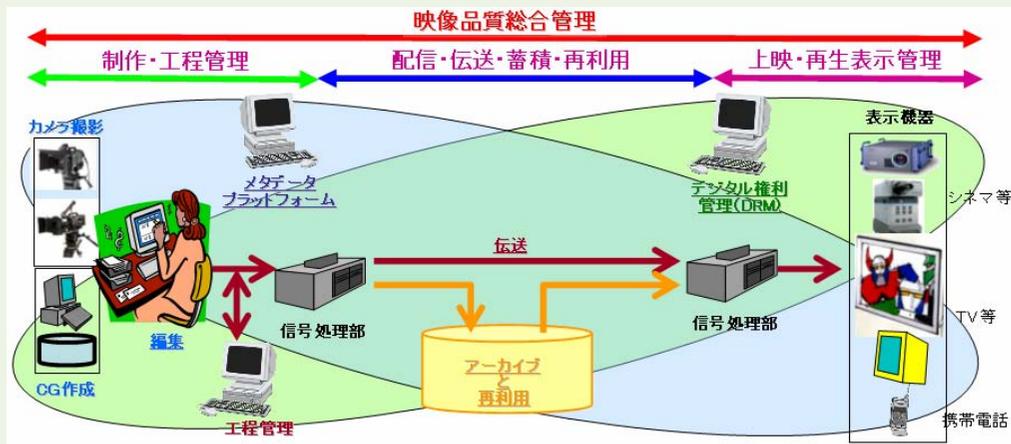
第1-2-45図 ▶ メディアから見た芸術文化の発展の歴史



現在、これら多様な表現方法の研究開発や誰もがコンテンツを創作し、発信できる時代の実現に向けた研究開発が着実に進められている。我が国における多様な表現方法の研究開発成果は、世界有数のコンピュータグラフィックスの国際会議SIGGRAPH（米国コンピュータ学会グラフィックス分科会）の革新技術プログラムで発表数の約3分の2を占めるなど世界をリードしている。

また、デジタル映像の制作から上映の過程まで、各種各様の機器が開発され、市場で導入されているが、これらは任意の組合せを行った場合、最良の状態では映像を再現できず映像制作者の意図した映像が正しく上映できないことから、デジタル映像の制作から上映までの映像品質を保つための規格づくりを行う研究開発が進められている（第1-2-46図）。

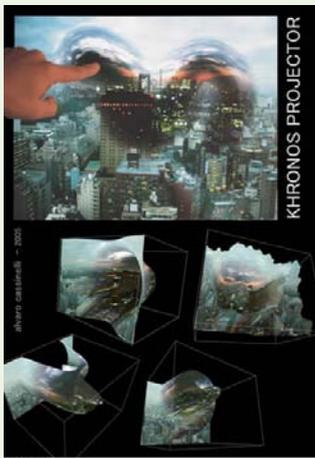
第1-2-46図 ▶ デジタルシネマの標準技術に関する研究



資料：文部科学省「デジタルシネマの標準技術に関する研究」プロジェクト

平成17年度のメディア芸術祭においては、アートとテクノロジーの融合についてのテーマシンポジウムや、先端技術の紹介（先端技術ショーケース）が行われ、高い関心を集めた（第1-2-47図）。

第1-2-47図 ▶ 平成17年度（第9回）文化庁メディア芸術祭



© Alvaro Cassinelli



テーマシンポジウム
「アートとテクノロジーの融合」～その未来～

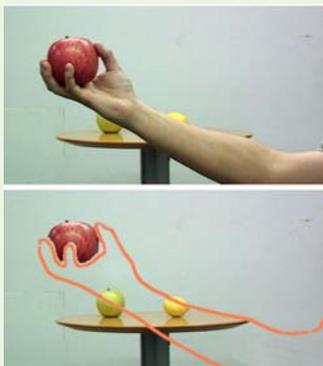
平成17年度文化庁メディア芸術祭アート部門大賞受賞作品

【作品名】「クロノスプロジェクター」

【作品概要】 観客がスクリーンに触れると、押してへこんだ領域の分だけ、画像の時間が進んだり戻ったりと変容していく。働きかけに応じてリアルタイムに変化する画像は、時間を自在にあやつるような快感を与えてくれる。

【作者】 Alvaro CASSINELLI (ウルグアイ)

資料：文化庁



技術的視点から未来のアート表現を提案する「先端技術ショーケース」より

【作品名】透明人間・モザイク人間<サーモキー>

【作品概要】 人の色と体温を精度よく計測し、人物領域を抽出して映像合成を行う先端技術。映像制作のための基盤技術として研究を行っているが、従来のように背景に青いスクリーンを利用する必要がなく、どのような背景でも実時間で自動的に映像合成が可能なることから対話型のエンタテインメントや、画像内の人物に自動的にモザイクをかけてのプライバシー保護など、多様な応用ができる表現技術として提案された。

資料：科学技術振興機構 戦略的創造研究推進事業

「デジタルメディア作品の製作を支援する基盤技術」

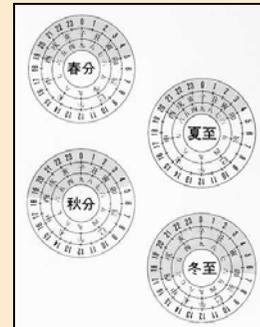
コラム No.15

匠の技の結晶「万年時計」に見る科学技術

「からくり儀右衛門」の異名で知られる幕末の技術者、田中久重は自分のからくり技術の総決算として、和時計の最高傑作「萬歳白鳴鐘」、通称万年時計を1851年に製作した。江戸時代の不定時法では、日出と日没を基準として昼夜を各6等分して「一刻」とするため、昼と夜、季節によって「一刻」の時間の長さを変化していく。従来の和時計は、季節によって表示板を変更する必要があった。しかし、この万年時計は一年に一度ゼンマイを回すだけで、時刻を表示する駒を季節に対応して自動的に動かし、一年中使える画期的な物であった。



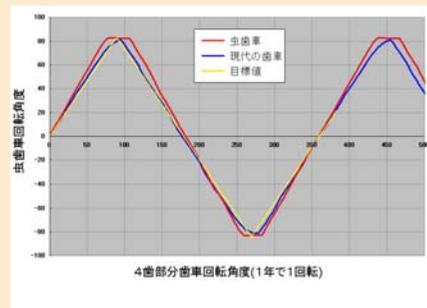
萬歳白鳴鐘（万年時計）



不定時法による時計表示



虫歯車



虫歯車の動作比較実験結果

万年時計は、天頂部がプラネタリウムになっており、その下に割駒式和時計、24節気記入盤、七曜と時打ち数の表示、十干と十二支による日付表示、月齢の表示、洋時計の六つの各種表示面がある。田中久重は旺盛なチャレンジ精神で、幕末に西洋から伝わる新しい知識や技術を利用し、江戸時代の人々が必要とする「時」と「暦」に関するあらゆる情報を、ゼンマイ仕掛けで1年間、自動的に表示しようとしたのである。全体が連動して動く機構の独創性やアイデアだけでなく、漆工や螺鈿、彫金などの美しい装飾を合わせ持つ万年時計は、正に「匠の技」の結晶である。

万年時計は、江戸時代の不定時法に対応するために、時刻を示す駒が自動的に動き、時間間隔を変化させている。

これを実現しているのが虫歯車である。通常の歯車とは大きく異なり、八つの歯の取付け角度や間隔は一定ではない。そこで虫歯車が実際にどのような動きをするのか、現代の天文学の知識によって昼夜の目標とする動作を満たす歯車を設計・製作し、さらに実物の万年時計に使われている虫歯車を模して製作した歯車の比較実験をすると、虫歯車の動作は、反転のタイミングで若干ズレがあるものの目標とする動作との誤差は小さく、歯車の回転も滑らかであることが実証された。

職人であった田中久重が、高度な天文学の知識を理解し、ほぼ手作業で万年時計を実現したことは驚異的であり、田中久重の知識・技術レベルの高さが分かる。

進んだ西洋の知識や技術を、闇雲に導入・利用したのではなく、日本の人々の生活や文化に合わせて作られた万年時計。季節の変化や、自然の時の流れに沿って時刻を表示する万年時計の技術は、改めて現代の我々に心の豊かさや科学技術の関係を問いかけている。

資料：文部科学省 特定領域研究「江戸のモノづくり」研究班報告書
写真提供：国立科学博物館

● 「心の豊かさ」を実感するスポーツ

スポーツは観戦する楽しみだけでなく自ら参加する喜びも大きい。スポーツに参加することにより身体を動かし、健康増進・体力向上のみならず、爽快^{そうかい}感・達成感・連帯感など、精神的な楽しさ、喜びを実感することは「心の豊かさ」に通じる。スポーツの記録向上にはスポーツの基本原則を科学的に解明して、道具・素材を進化させた科学技術の貢献によるところも大きい。科学技術の進歩とともに、道具は素材が変わり、形もどんどん進歩し多くの国民が楽しめるようになった。

コラム ■ No.16

より遠くへ飛ぶゴルフボールを科学する

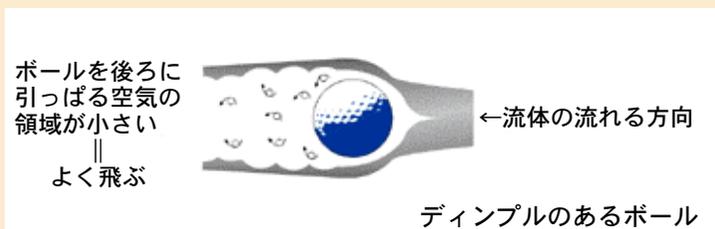
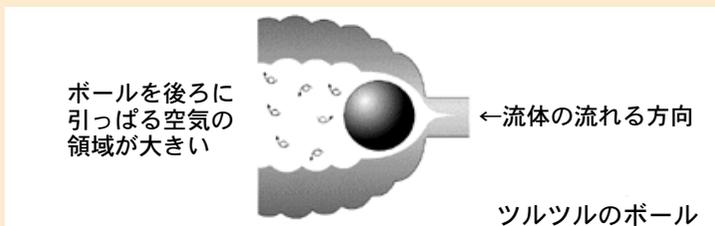
どうして、ツルツルのボールよりデコボコのボールのほうが飛ぶのだろうか。飛ぶ理由はわざと作ったデコボコ「ディンプル」にある。それには二つの隠された秘密がある。

【デコボコがあると揚力が発生】

ゴルフクラブによる上向きの回転（バックスピン）によって、ボールの上の空気の流れが下の流れよりも速くなると、気圧差が生まれてボールに上向きの力（揚力）が働く。ここでボールにデコボコがあると、空気が影響されやすくなってボールの上下の空気の速度差が大きくなり、揚力がパワーアップする。ボールはなかなか落ちようとせず、遠くまで飛んでいく。

【デコボコがあると空気抵抗が減少】

ボールの表面に沿って流れてきた空気は、ボールの背後に回り、ボールに引っぱられて動く空気の領域をつくる。これがボールを後ろへ戻そうとする力（空気抵抗）となり、飛距離を落とす。ところがボールが



デコボコだと、空気の流れがボールの表面からなかなか離れないため、ボールに引っぱられて動く空気の領域も小さくなる。すると空気抵抗も減り、飛距離が伸びるというわけである。

この現象はほかのスポーツにも応用されて、いまでは表面にくぼみをつけたスイミングウェアやスキースーツが、世界中で利用されている。これも科学技術の成果の一つである。

資料：株式会社デサント資料

3 知的探究心にこたえ、知的価値を創造する科学技術

宇宙、地球、生命といった人類未到のフロンティアからもたらされる新たな知識、発見は、我が国のみならず世界の人々の真理を知りたいという知的探求心にこたえ、人類共有の知的資産の形成に寄与するものである。

人類の知的探究心は飽きることを知らない。人類の活動範囲、好奇心の対象は、他の生物に類を見ない範囲に及んでいる。地上のみならず、海を渡り、空を飛び、宇宙まで活動範囲を拡大した。それを牽引してきたのはもっと知りたいという人類の泉のごとくわき出る知的探究心である。

●宇宙の謎を探る「はやぶさ」

「はやぶさ」の使命は、小惑星からの試料を採取し、太陽系誕生の謎を探ることである。「はやぶさ」は人類の宇宙への探求心の一つの結晶である。

平成15年に打ち上げられた小惑星探査機「はやぶさ」は、平成17年11月に地球から約3億キロメートル離れた小惑星「イトカワ」に着陸した。小惑星は惑星が誕生するころの記録を比較的良好とどめている化石のような天体である。この小惑星から試料を持ち帰る技術が確立されれば、「惑星をつくるもとになった材料がどんなものか」「惑星が誕生するころの太陽系星雲内の様子はどうか」についての手がかりが得られると期待されている（第1-2-48図）。

第1-2-48図 ▶ 小惑星探査機「はやぶさ」



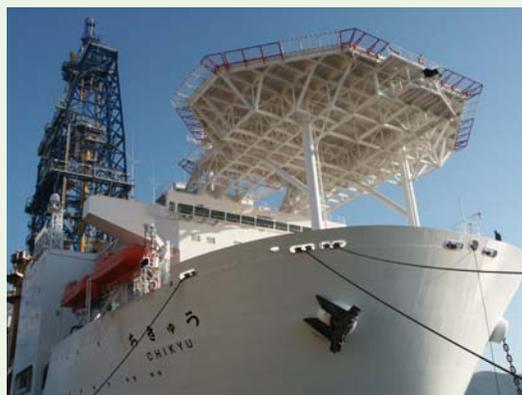
資料：宇宙航空研究開発機構

●地球深部探査船「ちきゅう」

地球の内部はどうなっているのだろうか。飽くことのない人類の探求心を満たすのが、我が国の開発した地球深部探査船「ちきゅう」である。巨大地震はプレート境界面で発生するため、地震のメカニズムを知るためにはプレート境界面の構造を調べる必要がある。「ちきゅう」によって初めて、海溝型の巨大地震発生帯への調査やマントル到達などが期待できる。

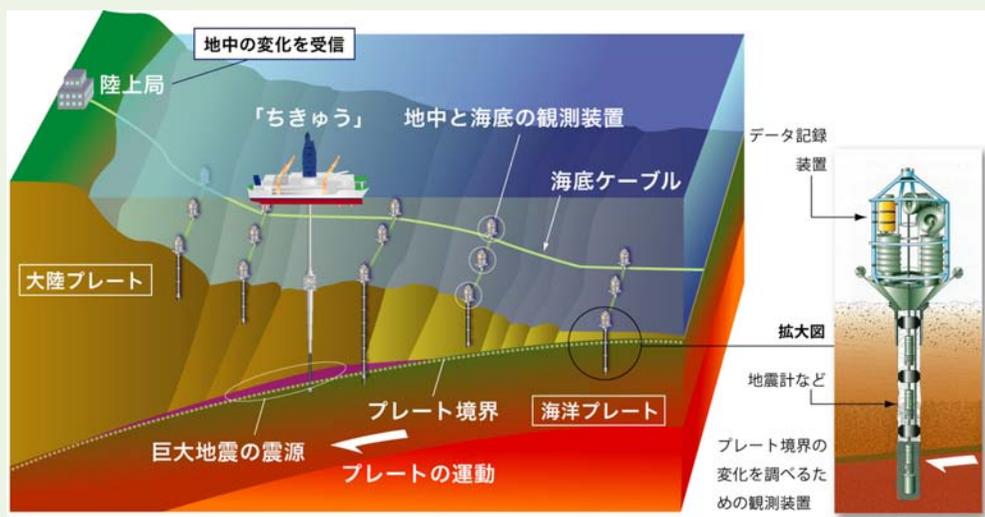
「ちきゅう」は、地球生命の始まりにも迫る。最初の生命は高温・高圧・無酸素の原始地球で誕生した。今の地球でも地下奥深くには原始地球に類似した環境が残っているからである。また、「ちきゅう」が掘った穴に地震観測装置を埋め込み、地震発生と同時にその情報をすばやく伝える地震観測ネットワークシステムを構築することにより、今後発生が予想される巨大地震による都市防災に対して大きく貢献することが期待される（第1-2-49図、50図）。

第1-2-49図 ▶ 「ちきゅう」



資料：海洋研究開発機構

第1-2-50図 ▶ 「ちきゅう」とプレート境界



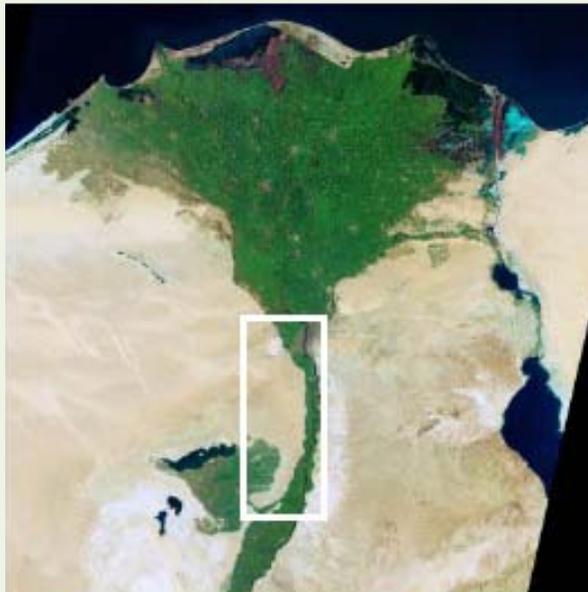
資料：海洋研究開発機構

●衛星情報による古代エジプト遺跡の探査

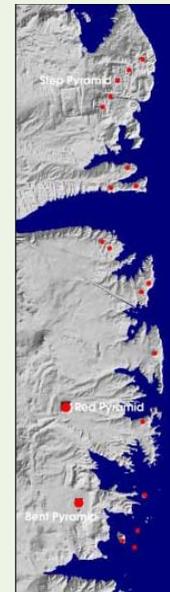
科学技術は古代文明の解明にも活用されている。現在、古代エジプトのピラミッドのすべてが見つまっているわけではなく、未発見、未解明のピラミッドがエジプトにはまだまだ数多くあるといわれている。地球数百キロメートル上空の宇宙を周回している地球観測衛星からの地球表面の情報を解析し、既に発掘済みのピラミッドの所在地の共通項を見つけ、まだ発見されていないピラミッドの場所を絞り込む活動が実施されている。また、この衛星情報により、密林や砂漠の下に埋もれた古代の都市や遺跡の検知や古い時代の環境調査が可能となってきた。

ピラミッドの立地とナイル川の水位変動の関係を解析すると、ほとんどのピラミッドが建造時における石材運搬などが容易な氾濫汀線^{ていせん}に面して分布しており、それは氾濫の影響を受けない海拔の土地につくられていることが分かった。未発見のピラミッドはその地域に点在している可能性が高く、発掘地域の絞り込みができ新たな発見につながっていく。これも、衛星画像測定技術の成果の一つである（第1-2-51図）。

第1-2-51図 ▶ エジプト周辺の衛星写真とピラミッドの分布



調査対象地域のLANDSAT画像
(白枠：予備調査の対象地域)



水位=40m
(赤点：ピラミッドの位置)

資料：文部科学省科学技術・学術審議会資源調査分科会報告「文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興」（平成16年）