

科学技術動向

2004

8

No.41

科学技術トピックス

▶ ライフサイエンス分野

- ①福山型筋ジストロフィーに遺伝子治療の適用の可能性が示された
- ②生物進化の解明に重要な 18 種の生物のゲノム解読が実施される

▶ 情報通信分野

- ①スーパーコンピュータの開発競争と新ベンチマーク設定の動き
- ②活発化する情報バリアフリーをめぐる活動

▶ ナノテク・材料分野

- ①シリコンチップ間の光カップリング方法の新提案

▶ エネルギー分野

- ①米国におけるクリーンコール発電技術開発の動向

▶ 製造技術分野

- ①大面積、低コストのデバイス製造技術として期待される
機能材料塗布技術

▶ 社会基盤分野

- ①燃料電池電車の研究が進行中

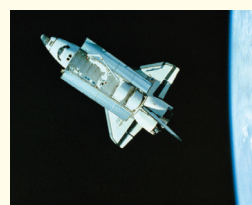
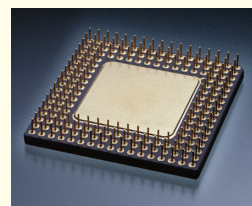
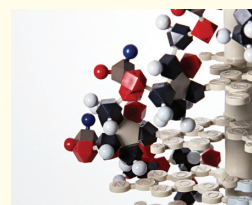
▶ フロンティア分野

- ①フランスが電磁場観測衛星を打上げ

特集 1 平面ディスプレイ技術の研究開発動向

特集 2 実大三次元震動破壊実験施設 (E-ディフェンス) について

特集 3 科学研究と知的財産の公益性 —「研究利用における特許権の 効力の及ばない範囲の現況」について AAAS からの寄稿紹介—



科学技術トピックス

ライフサイエンス分野

6

①福山型筋ジストロフィーに遺伝子治療の適用の可能性が示された

日本人に多い福山型筋ジストロフィーの発症原因は、膜貫通型タンパク質である α -ジストログリカンの糖鎖の異常であり、これは糖鎖をタンパク質に付加する糖転移酵素の変異が原因と推測されている。米国のハワード・ヒューズ医学研究所の Campbell らのチームは、糖転移酵素であると推測されるタンパク質 LARGE の遺伝子を欠損するために筋ジストロフィー症状が現れたマウスに、その遺伝子を戻し、かつ過剰発現させた結果、 α -ジストログリカンへの糖鎖の付加が正常化するのみでなく、筋ジストロフィーの症状も出なくなることを報告した。これは、筋ジストロフィーの患者の遺伝子治療の可能性に直接つながる成果であると考えられる。

②生物進化の解明に重要な 18 種の生物のゲノム解読が実施される

2004 年 8 月 4 日に、米国 NIH 付属の国立ヒトゲノム研究所 (NHGRI) は、新たに 18 種類の生物に関して大規模ゲノム解読を行うことを発表した。哺乳類の内、進化の過程で重要な位置にあると考えられるアフリカゾウ、ハリネズミ、アルマジロ、ウサギなどや、ヒトの疾患モデルとして重要なネコ、さらにはオランウータンについてのゲノム解読を行う予定である。また、粘菌、ヒドラ、ヤツメウナギなど進化的に興味深い生物についてのゲノム解読も計画している。これらのゲノム情報の蓄積は、生物学の進展に大きく貢献するだけでなく、ヒトのゲノムに対しても新しい知見をもたらすものと考えられる。

情報通信分野

7

①スーパーコンピュータの開発競争と新ベンチマーク設定の動き

2004 年 6 月、スーパーコンピュータの計算速度ランキングの上位 500 システム (TOP500 リスト) が公開された。首位は NEC 製の「地球シミュレータ」が堅持した。国別設置数では米国が圧倒的に多く、次に英国、ドイツ、日本が並んでいる。アジアでは中国の伸びが顕著で、10 位以内にも 1 システムが初めて入ってきた。全体的に、性能が 1 TFlops を超えるシステムが続々登場しているのも特徴的である。コンピュータの種類としては、多数のサーバーを接続し分散処理する形態のクラスタシステムが今回も顕著で 500 システム中の半数を超えている。このランキングはリンパックベンチマークによっているが、スーパーコンピュータの性能をこれだけで比較するのが適当かという議論もある。こうした背景から、コンピュータ全体の能力を測定するための標準ベンチマークが米国国防高等研究計画局 (DARPA) の資金で開発されており段階的にリリースされてきている。HPC Challenge Benchmark (HPC: ハイパフォーマンス・コンピューティング) と称するベンチマークセットで、7 つのベンチマークから構成されており、多様な環境での性能を反映できるように工夫されている。

②活発化する情報バリアフリーをめぐる活動

情報バリアフリーに関わる法律と規格の整備が進み、また新たに科学研究費補助金において特定研究が開始されることになるなど、この分野の動きが活発化している。障害者が利用しやすい情報通信機器を普及し、電気通信及び放送のサービスについて障害者の利便の増進を図ることなどが、5 月に改正された障害者基本法の中で、国及び地方公共団体の責務として規定された。これとタイミングを合わせて「高齢者・障害者等配慮設計指針—

情報通信における機器、ソフトウェア及びサービス」と題された一連の JIS 規格が提供されはじめた。このうちもっとも基本的な規格は、ISO で国際標準原案として採用されることが 7 月末決定した。また、「情報福祉の基礎」が科学研究費補助金・特定領域研究として推進されることになった。

ナノテク・材料分野

9

①シリコンチップ間の光カップリング方法の新提案

複数のシリコンチップ間でデータ転送を行うことは、並列あるいは高速コンピューティングを行ううえで不可欠であり、今後は、高速の光ファイバー通信が有力になっていくと考えられる。シリコンチップ間の光配線において、ミクロン単位の光ファイバー径からの光信号を、ナノメートルレベルで加工された集積回路内の配線へ、いかにして効率よく導入するかという問題に対して、画期的な基本的技術が提案された。米国コーネル大学の M.Lipson 助教授らは、シリコン基板上に、先端を細らせたテーパ状のフォトカプラー部分を作り込み、光を電磁波として扱うことで、レンズや電気的な素子などを使わずに光を捕捉でき、しかも低損失でデータ転送できることを実証した。製造方法も容易であり、シリコンチップ上での機能の集積化という意味で画期的な新技術である。

エネルギー分野

9

①米国におけるクリーンコール発電技術開発の動向

米国エネルギー省は、国家エネルギー政策の中核となる石炭利用技術（クリーンコールテクノロジー）イニシアティブの一環で、大気圧循環流動層燃焼と呼ぶ新技術を利用する 2 億 1,500 万ドルのプロジェクトを本年 6 月に承認した。本プロジェクトでは、石炭コークス生産に伴って廃棄される石炭屑（ボタ）を燃料に、大気汚染物質超低排出石炭火力発電を行う一方、燃焼灰と廃熱を工業用に再利用する。石炭使用継続と拡大につながる実用規模のプロジェクトにより、ウェストバージニア州において、今後 5 年間で環境改善、経済的利益、数千人の新規雇用が生み出される可能性がある。発電プラントの建設は 2006 年初頭に開始され、国立エネルギー技術研究所によって管理される。このプロジェクト推進は、米国のエネルギー政策で石炭エネルギーを重要視していく動きとして注目される。

製造技術分野

10

①大面積、低コストのデバイス製造技術として期待される機能材料塗布技術

デバイス製造技術の中で、機能材料を含んだインクを塗布する技術は、大面積基板に対して低コストで、製造に要するエネルギーの少ないデバイス製造技術であり、超低価格な次期商品を生み出す技術として期待されている。インクの流れを制御して良好な膜を形成する塗布技術は膜厚が数十 μm オーダーから nm オーダーにわたり種々の手法で実現可能であり、広い範囲で製品の競争力や新製品を生み出すキーテクノロジーである。

この技術は、大画面ディスプレイ、電子ペーパー、RFID タグ、大容量記憶装置、ウェアラブルコンピュータ、フォトセル、化学センサー、感圧材料など導電性有機材料を含むデバイス製造技術である。

現在、低コストで使用に足る十分な性能を発揮する薄型トランジスタのための塗布技術の開発が進められている。IBM 社は 5 nm レベルの超薄膜半導体形成とその高性能化を進めている。

この技術は、その他の半導体への応用を示唆し、太陽電池、熱電素子、メモリーなど様々な薄膜素子の大量生産、低コスト製造技術への展開も期待される。

社会基盤分野

11

①燃料電池電車の研究が進行中

燃料電池を鉄道車両の動力源として利用しようとする動きがある。東日本旅客鉄道株式会社は、ディーゼル発電機でインバータ電車を走行させる試験を行い、将来発電機を燃料電池に置き換えることを目指している。一方、財団法人鉄道総合技術研究所でも、燃料電池を電源に用いた電車の開発を行っており、走行模擬試験台において駆動試験を行った。燃料電池電車実現のための課題はまだいくつかあるが、経済性に優れた燃料電池電車を実現すれば、既設の非電化線区をはじめ、新しい路線や都市の路面軌道等においても、クリーンなエネルギーを利用した車両として活躍する可能性がある。

フロンティア分野

11

①フランスが電磁場観測衛星を打上げ

フランス国立宇宙研究センター（CNES）は6月29日、自然現象や人間活動が電離層に与える影響を調査する電磁場観測衛星 DEMETER（デメテール）の打上げに成功した。これまで同種の衛星は旧ソ連、米国でも打ち上げられ、電磁場異常検出による地震予知の可能性について研究がなされている。我が国でも同様の研究を行ってきており、地震発生の前兆現象として電磁場の変化があるという報告もあるが、そのメカニズムはまだ解明されていない。フランスからは我が国に対し DEMETER 受信の協力要請があったが実現していない。地震と電磁場変化の関係を研究する上でデータ取得の機会が増大することは有意義であり、今回の打上げ成功をきっかけにして、地球観測衛星を利用した災害の予知・予測について再検討を行うことが望まれる。

特集-1

平面ディスプレイ技術の研究開発動向

— 13

地上波デジタル放送の開始に伴い、ブラウン管方式のテレビは、より高精細・大画面のテレビに置き換えられようとしている。これに対して“平面”型だけでも、液晶（LCD）、プラズマ（PDP）、有機 EL（OLED）等の各方式の次世代ディスプレイ技術が発展し、市場に導入され始めている。

これらの技術は当初、民生テレビ用途には、難しいとも言われたがそれぞれの技術課題を日本の企業が時間をかけて克服してきたものである。液晶やプラズマ方式は現在では、大画面テレビの市場を分けるに至っている。この様にディスプレイ・パネルの技術開発では、日本は世界をリードして来た。

ところが、ディスプレイ・パネルのビジネスでは、液晶、プラズマともに市場が立ち上がると日本企業は韓国や台湾企業に激しく追い上げられている。技術開発では成功を収めているが、ビジネスでは必ずしも有利に展開出来ていない。近年は、韓国の大学を中心に研究開発においても日本の地位を脅かす動きが見られる。

現在のディスプレイ産業は、水平分業的な要素が強く、パネル製造では製造工程のみの価格競争になりつつある。日本は、このパネル製造のみで韓国や台湾と競争するのではなく、より付加価値の高い次の世代の高性能ディスプレイ技術やこれを用いた応用システムの開発も行うべきである。

ディスプレイは、今後もより実物に近い質感の表現を目指して、発展する事が期待される。例えば、現在課題として指摘され始めている色再現範囲の拡大は、ディスプレイ・デバイス以外にもカメラ、撮像デバイス、カラー映像の信号処理と映像信号の入力から出力まで全ての技術の見直しが必要になる可能性が高い。色再現性が拡大すれば、映像表現に

対して、さらに高精細の性能要求をも喚起する可能性もある。これらは、開発項目が広範に渡り、一企業が単独で開発するのは難しい。開発項目が多岐に渡り多数の企業の参加が必要なこの様な開発に対して、国はこれら企業間で開発内容を調整し、また、研究開発費の助成も行うべきである。

これまで日本企業が時間をかけて積み上げてきた周辺技術を含むディスプレイ技術や映像システムの総合力と消費者の画像に対する厳しい評価力とを生かして、日本は次の世代に向けた付加価値の高い技術を開発すべきである。

特集－2

実大三次元震動破壊実験施設 (E・ディフェンス)について

— 25 —

現在の建物の建築基準法施行令は、昭和 53 年に発生した宮城県沖地震の後の昭和 56 年に新耐震設計法を導入する改正が行われたもので、これまで大地震の後に設計震度や耐震基準の改正が繰り返されてきた。

平成 7 年 1 月の阪神・淡路大震災は、従来の想定よりはるかに強い直下型の地震で大規模な被害となった。これまで想定されていた地震では壊れないと考えられていた鉄筋コンクリートビルや高速道路の橋梁など数多くの構造物が破壊され、6,400 名以上の犠牲者と経済的被害は 12 兆円にのぼった。

地震から人命を守るために、完全には壊れてしまわない構造物の設計あるいは補強をしていく必要がある。そのため、コンピューターシミュレーションによる解析ではなく、震動台上で実物大の構造物を実際の地震と同じように三次元で震動させる実験施設の開発が求められ、実験によって構造物の破壊過程を記録・分析し、耐震技術や補強技術が飛躍的に向上することが期待される。

平成 12 年に独立行政法人防災科学技術研究所が兵庫県三木市に建設着手した世界最大の実大三次元震動破壊実験施設 (E・ディフェンス) は、最後の全体総合性能試験を行っているところで、阪神・淡路大震災から 10 年となる平成 17 年に完成する予定である。

E・ディフェンスは次のような特徴がある。

- ①震動台の大きさは 20 m × 15 m で 1,200ton までの試験体の実験が可能
- ②実際の地震動と同じ 3 次元の運動を再現
- ③世界中で観測されたほとんど全ての地震記録による実験が可能

耐震性の向上が必要な構造物は建築・土木・機械など多種多様に及ぶが、平成 17 年度からの 2 年間は、①鉄筋ビル、②木造住宅、③基礎地盤の耐震実験が行われる計画である。

E・ディフェンスの利用形態は、防災科学技術研究所の独自研究以外に、共同研究、受託研究の 3 種類がある。

地震による壊滅的な被害を避け、ある程度の被害は避けられないにしても人命だけは守るために、建物などの壊れる過程 (なぜ、どのように、どこまで壊れるか) を明確にする必要がある。震動台上で実物大の構造物の破壊を実現し、壊滅的な被害とならないような構造物を設計することが、E・ディフェンスに期待されている役割である。

特集— 3

科学研究と知的財産の公益性

— 「研究利用における特許権の効力の及ばない

範囲の現況」 について

— 31

AAAS からの寄稿紹介 —

知的財産政策で重要なことは、科学技術研究の成果を次段階の研究やイノベーションに結びつけるために、知的財産の保護の範囲を適切に設定することである。

米国の全米科学振興協会（AAAS）では、2002 年より科学と知的財産の公共利益の問題について検討するプロジェクトが始められ、2004 年 2 月の AAAS 年次総会において、「知的所有権と研究的使用の例外、科学への影響」と題するシンポジウムが開催された。

日本でも、特許権の効力が及ばないとされる試験・研究についての考え方を整理する必要性が認識されており、知的財産推進計画 2004（知的財産戦略本部、2004 年 5 月 27 日）にも記され、検討が進められているところである。

今回、AAAS のプロジェクトの Co-Director である Audrey R. Chapman 博士に「研究利用における特許権の効力が及ばない範囲の現況」について以下の内容の寄稿をいただいた。

寄稿の概要

1980 年のバイ・ドール法成立以来、科学研究の成果に知的財産権による保護を求める傾向が強くなったことにより、科学の発展に不可欠な探索の自由、データへのアクセスの自由、結果公開の自由が損なわれ、科学研究に新たな問題が生じている。

特許権の効力の及ぶ範囲において、一定の状況下で非商業的目的のために私的に行われた研究でかつ試験的目的で行われた活動に特許権の効力が及ばない、とする旨が立法により規定されている国もある。しかし、この例外の範囲は極めて狭かったり不明確であったりすることが多く、これを適切に設定することが課題となっている。

従来、米国の多くの科学者は商業的目的を含んでいなければ、権利者に明示的な許可を求めなくても特許情報を利用できると考えていた。しかし、「商業的目的を含んでいない研究であっても特許の効力の範囲内である」という判断が、2003 年 6 月に米国の連邦最高裁判所によりなされた。この件は、研究者に大きな影響をもたらすと懸念されている。例えば、ライセンス上の障害の懸念から重要な研究が行われないこと、リサーチツールを使うために不必要に多くの契約を締結してしまうこと、研究上での実施が特許権の効力が及ばない範囲であると定められている国で研究するようになることなどである。

これを改善する方策として、「特許権の効力が及ばない範囲」を明確にすることが必要である。また、知的財産の保護について WTO 加盟国が守るべき最低限の水準を定めた TRIPS 協定における要件に従って、各国の規定を統一していくことも非常に有効である。筆者としては、研究上での特許の実施も、特許権の効力の範囲外とされるべきであると考えている。

科学技術 トピックス

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

ライフサイエンス分野

① 福山型筋ジストロフィーに遺伝子治療の適用の可能性が示された

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

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

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

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

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

本研究の成功は、筋肉基底膜に存在するタンパク質群の構造およ

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

（東京大学医科学研究所 教授
片山 栄作氏より）

② 生物進化の解明に重要な18種の生物のゲノム解読が実施される

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

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

2つのグループが9種ずつの生物のゲノム解読を行い、1つのゲ

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

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

また、寄生虫の中間宿主である淡水性のカタツムリや、動物の肉

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

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

(NIH News より)

情報通信分野

① スーパーコンピュータの開発競争と新ベンチマーク設定の動き

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

あたる。今回のリストで特筆できる点を幾つか述べてみたい。

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

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

9.81)

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

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

用語説明

① リンパックベンチマーク

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

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

② TFlops

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

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

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

用語説明

③ HPC (ハイパーフォーマンス・コンピューティング)

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

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

② 活発化する情報バリアフリーをめぐる活動

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

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

いて、来年春を目指して JIS 化の作業が進められている。

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

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

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

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

ナノテク・材料分野

① シリコンチップ間の光カップリング方法の新提案

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

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

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

して扱おうと、アンテナで電波を受信できるのと同じ考え方で、光信号を受信できるという原理に基づいている。この原理によれば、損失が非常に少なく、かつ、精密な光軸合わせも不要になる。実証実験では、シミュレーションに基づくテーパ状のカプラー形状を、リソグラフィ技術によって Si/SiO_2 構造で作製した。製造方法が容易であることのメリットも大きい。また、カプラー部分が非常に短くて済むため、シリコンチップ上での機能の集積化という意味でも画期的な基本的技術と言える。この技術は、6月30日～7月2日にサンフランシスコで開かれた Integrated Photonics Research 2004 の Topical Meetings で紹介された。

エネルギー分野

① 米国におけるクリーンコール発電技術開発の動向

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

なっている。

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

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

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

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

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

石炭使用継続と拡大につながる、実用規模のプロジェクトにより、

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

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

製造技術分野

①大面積、低コストのデバイス製造技術として期待される機能材料塗布技術

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

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

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

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

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

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

また、低コストで使用に足る十分な性能を発揮する薄型トランジ

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

米国 IBM 社の T. J. Watson 研究所は極薄膜のトランジスタをスピンコート技術で作製する技術に注目すべき進展をもたらした (今年 3 月に Nature 誌に発表)。新しい薄膜作製技術は、金属カルコゲナイド膜をスピンコーティングと熱処理により作製するもので、膜厚は約 5 nm と極めて薄く、結晶性の半導体超薄膜を作製した。この膜は、n 型輸送で、従来のスピンコーティングによる FET (Field Effect Transistor: 電界効果トランジスター) より 1 桁も高い電荷移動度 ($10\text{cm}^2/\text{Vs}$ を越える値) を示したが実用までにはさらにもう一桁の向上が必要である。この技術は、その他の金属カルコゲナイド化合物への応用を示唆し、太陽電池、熱電素子、メモリーなど様々な薄膜素子の大面積、低コスト製造技術への展開も期待される。

用語説明

①スピンコーティング

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

社会基盤分野

① 燃料電池電車の研究が進行中

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

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

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

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

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

小型化及び低価格化のための技術開発が今後の最大の課題である。

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

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

フロンティア分野

① フランスが電磁場観測衛星を打上げ

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

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

地震の前兆現象に関する研究の中で、ギリシャが電磁現象に着目

用語説明

① ISC コスモトラス社

ロシアとウクライナの20企業からなる商業打上げ会社

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

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

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

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

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

《DEMETER の外観》



photo by CNES

球観測衛星を利用した災害の予知・予測について再検討を行うことが望まれる。

.....

特集 1

平面ディスプレイ技術の研究開発動向



情報通信ユニット 小松 裕司

1. はじめに

1 - 1

最も身近な情報端末

人の五感が有する情報収集能力の中で、視覚の占める割合は最も多く、全体の8割を超えるとされている¹⁾。情報の大半を人は目から得ている事になる。パソコンや携帯電話等の電子機器を操作する場合、何らかの表示装置を見ながら行うことが多い。グラフィカル・ユーザ・インターフェース (GUI) に代表される視覚認識をベースとしたヒューマン・インターフェースは、より多機能化する電子機器を操作する上で、今後ますます重要になるであろう。この視覚をベースとしたインターフェースにおいて、最も重要な役割を果たしているのが表示装置 (ディスプレイ) である。

図表 1 三大民生製品の推移

三種の神器	3 C	新三種の神器
白黒テレビ	カラーテレビ	薄型テレビ
洗濯機	クーラー	デジタルカメラ
冷蔵庫	乗用車	DVD

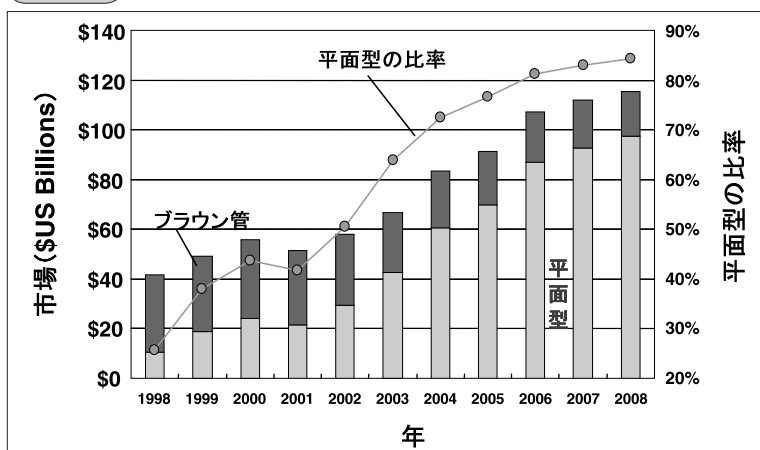
科学技術動向研究センターにて作成

1950年代に登場した白黒テレビは、洗濯機や冷蔵庫と共に、かつて家電製品の三種の神器の一つと言われた。1960年代の「いざなぎ景気」では、カラーテレビ、クーラー (エアコン)、カー (乗用車) それぞれの頭文字をとった「3C」が、そして近年では、消費を支えているデジタル家電製品の薄型テレビ、デジタルカメラ、DVD (デジタル多用途ディスク) が、新三種の神器と言われている (図表 1)。これら何れにもテレビが登場している。テレビは登場以来、

常に民生品の主要な位置にあり続けてきた。

このテレビは、ディスプレイ技術の進展によって、近年その姿を変えつつある。テレビ放送信号のデジタル化により、家庭に送られてくる映像の解像度等の品質が向上する。これに伴いテレビのディスプレイには、映像を高精細なまま表示する性能が求められている。高精細な映像は同時に、大画面化に対する要求をも喚起する事になる。従来のブラウン管方式のテレビでは、奥行きサイズや重量の増大等からこれらの要求に十分に対応する事が出来ず、代わって液晶やプラズマ方式等のディスプレイが次世代の薄型テレビを支えるキーデバイスとして注目されている。

図表 2 タイプ別ディスプレイ市場規模



ディスプレイサーチ社の資料より

1 - 2

期待される市場

2003年時点の世界のディスプレイ市場は約7兆円であり、これが5年後の2008年には、約12兆円にまで拡大すると予測されている (図表 2)。全ディスプレイに対す

る平面型の比率は、2002 年に金額で 50% を越え、ブラウン管を上回った。そしてその後も増加し、2006 年には 80% を越えると予測されている。

2003 年以降の薄型ディスプレイ市場の急激な拡大の背景には、地上波デジタル放送のサービスエ

リア拡大に伴う大型テレビを中心とする買い替え需要がある。この市場の拡大予測を前にして、企業が新規に薄型テレビ市場へ参入する動きもある。例えば昨年 11 月に社名をデルコンピュータ (Dell Computer Corp.) から変えたデル (Dell Inc.) は、今年の初めに米国

で行われた展示会で薄型テレビ市場への参入をアナウンスした。

本特集では、高精細化とともに大型化するテレビを支える平面ディスプレイ技術の研究開発動向について述べ、その課題を探る。

2. 平面ディスプレイについて

2 - 1

原理と特徴

本報告では、各種ディスプレイの方式の中でも薄型でかつテレビとして既に商品化されているもしくは、商品化がアナウンスされている方式を中心に従来のブラウン管方式のディスプレイと比較しながら記載する。図表 3 は、対象となるディスプレイの原理と特徴をまとめたものである。また、図表 4 に各タイプのディスプレイが得意とする領域を画面サイズと解像度の関係からプロットした。図表 3 では、それぞれの方式のディスプレイで、光源とディスプレイ表面の明るさ（輝度）を調整する 2 点について記している。ブラウン管方式は、蛍光材料を電子線励起によりエネルギーの高い状態に引き上げ、それがエネルギーの低い基底状態に戻る時に生じる発光現象を利用している。液晶方式は、バックライトと呼ばれる一般に蛍光灯による光源を背面に有し、そ

の前面に配置された液晶膜の配向性を電氣的に変化させる事により、輝度を調整する。プラズマ方式は、一つ一つの画素を構成する部分に小さな放電管を多数並べたものであり、プラズマ放電により発生する紫外線により、蛍光材料を励起して発光させる。発光原理は、一般に使用されている蛍光灯と同じであるが、混合希ガスとしては、キセノン (Xe) を用いていて、共鳴線の波長は 147nm である。液晶方式で用いられる蛍光灯には、水銀 (Hg) の共鳴線である 254nm の波長の紫外線が用いられる。よって両者では、使用される蛍光材料も一般には異なる。有機 EL 方式では、有機材料よりなる発光ダイオードに注入された電子が再結合する時に発生する光を光源に用いる。液晶方式は、光源が外部に存在する為、非自発光型ディスプレイと呼ばれる。

プラズマ方式では、画素を構成する放電管の発光効率から、画素サイズつまり画面サイズが大きい程、製造し易い。一方、液晶方式

では、各種光学フィルムの均一性確保や液晶注入の製造工程等の制約から、大画面化はコスト的に難しいとされて来た。よって、以前は、おおよそ 30 インチを境にこれより小さいサイズは液晶、大きなサイズはプラズマと棲み分けがなされるものと考えられていた。しかし、近年第 6 世代と呼ばれる液晶パネルの生産ラインが稼動し、40 インチを超えるサイズの液晶方式のディスプレイも発売され始めている。また、有機 EL 方式でも、大画面テレビを目指した技術開発の発表もされ始め、ディスプレイのサイズのみで各種の方式を論じるのは、成り立たなくなっているのが現状である。

2 - 2

技術発展の歴史

図表 5 にディスプレイの技術開発の主な出来事として、表示に関わる原理等の発見、応用の為の基本技術の開発、最初の製品の発売、最初のカラーテレビ製品の発売等

図表 3 各種ディスプレイの原理と特徴

方式	略記	光源	輝度調整	薄膜化	大型化	量産化	消費電力		
液晶	LCD (Liquid Crystal Display)	バックライト (蛍光灯; 非自発光)	液晶の配向変化	○	△	○	○	◎	非常に優れる
プラズマ	PDP (Plasma Display Panel)	紫外線励起による 蛍光体からの発光	プラズマ発光量	○	◎	△	△	○	優れる
有機 EL	OLED (Organic Light-Emitting Diode)	励起電子が再結合 する時の発光	注入電子による 発光量	◎	×	×	○	△	普通
ブラウン管	CRT (Cathode Ray Tube)	電子線励起による 蛍光体からの発光	電子線量	×	△	◎	○	×	課題有り

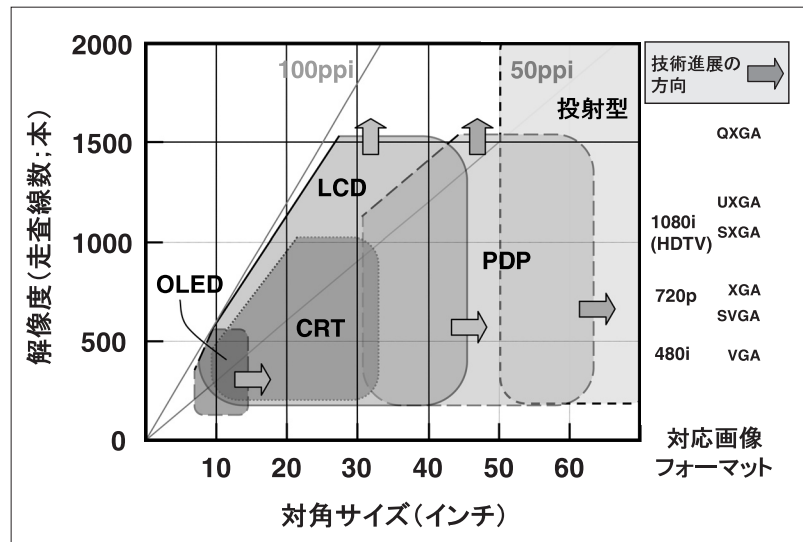
科学技術動向研究センターにて作成

を中心に記した。

図表 5 に示す通りディスプレイの基礎原理の発見やエレクトロニクス応用の為の基本技術の開発等は、必ずしも日本人が関与してきた訳では無い。基本技術の開発が行われた直後の特性は、各方式ともテレビ应用には全く不十分であった。例えば、液晶が最初に表示デバイスとして応用された時計や電卓は、最初はセグメントと呼ばれる画素にて数字や文字を表し、外気温によっては応答速度が1秒近くにもなった。プラズマ・ディスプレイも発売当初は、一定輝度に対する消費電力が非常に大きく、フラット・パネル・ヒータと言われた程であった。これらを、時間をかけて改善し、商品として市場に投入してきたのは何れも日本企業である。

現在、有機 EL 方式は、一部の携帯電話等で既に実用化されているが、大画面化や耐久性等では課題がある。また寿命に関しても、1,000～2,000 時間とされており、

図表 4 ディスプレイの種類と実用的な領域



※対応画像フォーマットの詳細については、文末の参考資料に記した
科学技術動向研究センターにて作成

テレビ应用には十分な特性とは言えない。これに対しても、2004 年 5 月、セイコーエプソンは、2007 年に 40 インチ級の有機 EL 方式による大型テレビを発売するとアナウンスし、寿命についてもそれまでには、改善が見込めるとしている。

古くは高柳健次郎により、1926

年に世界で始めて電子式の受像機（テレビジョン・システム）の実験に成功して以来、液晶、プラズマともに日本人が、いずれも世界に先駆けて最終的にはテレビ应用を目指して特性を改善し、商品化して来た。さらに次の有力候補である有機 EL 方式についても携帯電話应用等の商品化で日本の企業

図表 5 ディスプレイ技術発展の歴史

年代	年	液晶	年	プラズマ	年	有機 EL
1880	88	液晶の発見 (F.Reinitzer ; オーストリア)				
1910			10	ネオン管の発明 (G.Claude ; 仏)		
1950					53	有機色素含有高分子薄膜への電界印加による発光現象の発見 (A. Bernanose ; 仏)
1960	62	液晶の電気光学特性の発見 (R.Williams ; 米 RCA)	64	AC 面放電型 PDP の開発 (Bitzer, Slottow ; 米イリノイ大)	63	アントラセンなどの単結晶を用いた電荷注入型 EL の研究が始まる
	68	最初の液晶ディスプレイ (米 RCA)			67	導電性高分子膜の合成 (白川 他)
1970	73	時計用表示装置で商品化 (セイコー)	79	面放電型電極構造による蛍光体劣化抑制 (富士通)		
		電卓用表示装置で商品化 (シャープ)				
1980	87	3 型カラーテレビ発売 (シャープ)	83	3 電極面放電型のセル構造 (富士通)	87	積層膜による高効率・安定発光素子 (C.W.Tang ; 米国イーストマン・コダック)
1990			92	21 型カラーテレビ発売 (富士通)	90	共役系高分子のポリフェニレンビニレンの単層膜により、電荷注入型 EL の観測 (D.D.C.Bradley 他 ; ケンブリッジ大)
			96	42 型カラーテレビ発売 (富士通)	97	車載用緑色モノクロディスプレイを商品化 (東北パイオニア)
2000					99	3 色エリアカラー携帯電話用ディスプレイを商品化 (東北パイオニア)

科学技術動向研究センターにて作成

がリードし、テレビ応用を目指して開発が進められている。

この様に、商品化の為の新規ディスプレイ技術の研究開発では、日本はこれまで何れ的方式においても成功してきたと言える。

2 - 3

近年の技術発展状況

(1)低消費電力化

ディスプレイの消費電力は、光源の発光効率やディスプレイ表面の輝度が同じであれば、基本的にはその画面の面積に比例して増大する。高精細化に伴ってディスプレイの大画面化が進めば、次には必然的に低消費電力化の要求が高まる。図表 6 は、現在のテレビに適用する事を前提として、この低消費電力化を含めたディスプレイ技術に関するロードマップを示している。

図表 6 では、それぞれの方式での消費電力の目標値が示されている。ディスプレイの低消費電力化の為には、光源の発光効率の改善が必要である。上記ロードマップでは、この発光効率の目標値として、各方式による差はあるものの、2000 年時点の 1～2 (lm/W)^① (現状の実力値) を 2010 年までに、4～14 (lm/W) に向上させる目標値が示されている。

発光効率を改善する為のアプローチは、ディスプレイの方式によって異なる。例えば、液晶方式の場合は、現在バックライトに用いられている複数の冷陰極管

図表 6 ディスプレイ技術に関するロードマップ

実現年		2000	2005	2010
画面サイズ・対角 (インチ)		32	50	50
精細度 (ppi)		15～40	40～50	50～100
発光効率 (lm/W)	液晶	2	3	4
	プラズマ	1.2	5	10
	有機 EL	1～2	7	14
	ブラウン管	2	2	2
消費電力 (W)	液晶	140	120	100
	プラズマ	300	200	120
	有機 EL	—	60	30
	ブラウン管	200	230	230

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) のディスプレイ技術に関するロードマップ²⁾ より一部抜粋

(CCFL) を一つの平面型ランプに変更し、光源の高効率化をはかる方法や、複数の発光ダイオード (LED) を光源にする試み等が行われている。

プラズマ方式の場合は、放電による紫外線の発生、紫外線照射による蛍光材料からの可視光の発生、可視光の取り出しそれぞれの段階で効率の向上が検討されている。例えば、放電セルや電極構造の改善、プラズマ駆動の電圧印加シーケンスの工夫、キセノン分圧等の最適化もしくは 3 原色それぞれの蛍光材料の特性最適化等である。

有機 EL 方式の場合は、従来、蛍光材料を中心に検討が行われてきた。この蛍光材料では、電子と正孔が再結合する時に生じるエネルギーが高い励起状態の内、励起 1 重項状態と呼ばれる状態にある物質しか発光に寄与しない。これに代えて、発光効率を向上させる為に燐光材料の検討が行われてい

る。燐光材料では、励起 3 重項状態と呼ばれる状態にある物質も発光に寄与し、この状態の密度は理論的に励起 1 重項状態の 3 倍である為、合わせて 4 倍の光が発生する事になる。

(2)広色域化

NTSC^②方式のカラーテレビの規格が 1953 年に米国で制定された。その後、1970 年頃から NHK が次世代のワイド・大画面・高精細のテレビの暫定規格としてハイビジョン (高精細度テレビジョン放送; HDTV) を開発した。ところが、このような高精細化の動きとは逆に初期の期待を込めた規格よりも後退してしまった属性がある。それは、ディスプレイを含めた画像システム全体が取り扱う事が出来る色の再現範囲 (ギャマット; Gamut) である³⁾。色の再現範囲は、HDTV 規格は NTSC 規格よりも狭く、実現の可能性を考慮して決められている。しかしながら、近年、印刷業界における DTP (DeskTop Publishing) 作業や映画、電子商取引、遠隔医療等で実物の正確な色を再現する事が強く望まれている。従来のディスプレイでは、高級デジタルカメラの標準的な色空間である Adobe RGB^③に対して、xy 色度図上 7 割程度の色空間しか表現出来ない。

用語説明

① lm/W

光源効率の単位。光の量 (単位はルーメン; lm) を光源の消費電力 (単位はワット; W) で割った値から求まる。

② NTSC

National Television Standards Committee の略で、地上波アナログカラーテレビ放送の方式を策定するアメリカの標準化委員会の名称、また、この委員会が策定した規格の名称。水平方向の走査線数は、525 本 (有効 480 本) で毎秒 30 フレームの奇・偶数線交互走査方式。

これらの用途では、コンピュータ上でのデザインやデジタル画像をその都度印刷して、入力データの色合いを確認し、作業を進める事が多く、ディスプレイ上でこの色合い確認作業が行える事が望まれている。

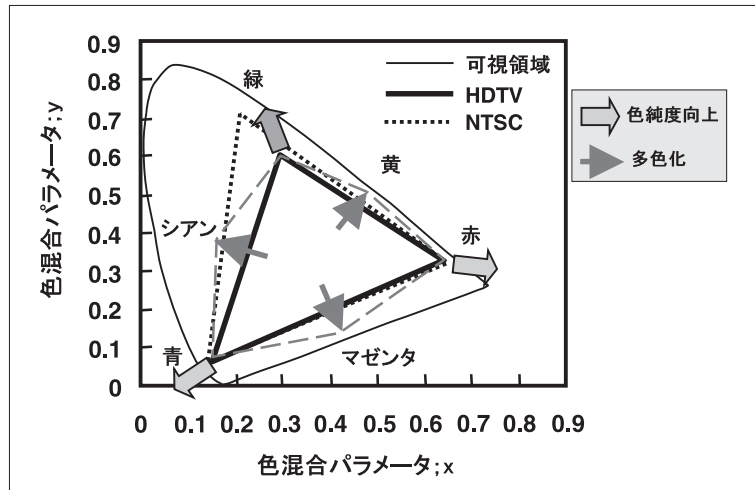
この要求に対して、ディスプレイ側の色再現範囲拡大の為に2つの方向で検討が行われている。一つは、光の3原色RGBそれぞれの色純度を高める方法である。例えば、液晶方式の場合、光源となるバックライトの色純度を高める為に従来の冷陰極蛍光管に換えて、RGB 3原色の高輝度LEDを配列したLEDアレイを光源とすることにより、対象物本来の色合いを表現する検討が行われている⁴⁾。

また、もう一つはRGB 3色のみでは無く、他の色を基準の色として加える事により、より色再現範囲を広げようとするものである。例えば、韓国サムスン電子は、SID^④2004にて、RGBにC(シアン)、M(マゼンタ)、Y(黄色)を加え6色^⑤としたカラー・フィルターを用いた液晶パネルを展示した。色再現空間が、NTSC比で98%まで改善される事を示している⁵⁾。

(3) 将来のディスプレイに期待されるもの

2002年NHKは、走査線4000本級のカメラとディスプレイの試

図表7 色域拡大の2つの手法



※このグラフ（CIE-xy色度図）の詳細については、文末の参考資料に記した科学技術動向研究センターにて作成

作品をスーパーハイビジョン^⑥と称して展示した。また、ソニーは、垂直解像度2160本（横4096画素、縦2160画素、885万画素）のプロジェクション型液晶ディスプレイを今年商品化している⁶⁾。

新たな画像フォーマットを実現する為には、多色化による色再現範囲の拡大と同様にカメラ、撮像素子、映像の信号処理、ディスプレイ等の映像に関わる全ての技術を新たに見直す必要がある。また、ディスプレイは古くから各種の方式によるデバイスが検討され特性も改善されてきたが、全ての要求項目を満たす方式は現時点では無い。より実物に近い質感の映像表現を目指して、今後も継続的に技術的な発展が望まれる。究極の映像表現を目指した高画質化の研究開発は、今後も中心的なテーマで

あり続けるであろう。

ディスプレイの欠点の一つに“ふち”の存在が挙げられる。これは、表示された映像を人工的に映し出されたものとして人が意識する一つの原因にもなる。これに対して、パノラマ・ビジョンの様に少なくとも人の視角の範囲内には、ディスプレイのふちが現れ無い様にする技術が、将来的なディスプレイ技術の発展の方向として語られている⁷⁾。また、大画面ディスプレイは、必ずしもテレビ用途では無く、生活環境の一部を創造する環境空間型として発展するとも言われている。例えば、紙の様に薄い大画面のディスプレイが可能となれば、部屋の壁を飾る事も可能となる。窓の無い部屋の壁や都会のマンションの窓ガラス面等に大自然のパノラマ映像を映

用語説明

③ Adobe RGB

米 Adobe Systems Inc. の画像編集ソフト「Photoshop」で用いられている色再現範囲の規格。sRGB規格（下記）よりも広い範囲をサポートする。印刷や出版といった業務用途でデファクト・スタンダードとして認知されている。

* sRGB (standard RGB) 規格

IEC (International Electrotechnical Commission; 国際電気標準会議) が定める色空間の国際規格。デジタルカメラやプリンタ、モニタなど多くのPC用周辺機器では、このsRGBに則った色調整を行うことで、入力と出力時

の色の差異を極力少なくしている。

④ SID

Society for Information Display の略でディスプレイ関連最大の米国の学会

⑤ 6色化

マゼンタは、単色光（純色）では無いが、この様に多色化は純色以外の色を用いて行なわれる事もある。

⑥ スーパーハイビジョン

7680 × 4320画素（ハイビジョンの16倍）、フレームレート60Hzの順次走査フォーマット。

し出し、同時に太陽高度とともに自然光の様に明るさを変化させれば、インテリジェントな照明機器として利用する事も出来る。情報

端末としての入出力機能を有しながらバックグラウンド映像を映す事により、ディスプレイが人の居住空間の環境の一部を作り、人がこ

れで気分転換が図れるようになれば、本当の意味で進化したヒューマン・インターフェースと言えよう。

3. 平面ディスプレイ産業について

3 - 1

市場シェアの推移

図表 8 は、プラズマ・ディスプレイ・パネル (PDP) の日本国内および海外それぞれの市場とこれら両者における日本企業のシェアをそれぞれ示したものである。

現時点で、PDP パネルを生産しているのは、日本企業以外では韓国企業のみであり、この韓国企業の中でサムスン SDI と LG 電子のシェアが大半を占めている。

2001 年は、プラズマテレビ元年と言われ、ハイビジョン仕様のプラズマテレビが複数機種発売された年である。この年以降、年率 100% を越える速度で市場が急拡大している。しかしながら、この様にして市場が拡大するとともに、韓国企業が本格的にこの市場に参入し、その結果、日本の企業が急速にシェアを失いつつある。これは、液晶ディスプレイ・パネルの時も同じであった。さらに製品が成熟すると最終的には、台湾と韓国の企業に世界市場のシェアが収斂^(注1)していく事になる。なお、今年、日本企業から相次いでプラズマ・パネル工場の投資計画が発表され⁸⁾、PDP のシェアは簡単には韓国企業に抜かれないと主張する意見もある。しかし、長期的に見た場合、低コスト化戦略を武器に品質的にも大きな差が無

(注1) 成熟商品の市場シェア
ブラウン管や 19 インチ以下の液晶パネルは、概ね 6 割が台湾製、3 割が韓国製となっている。

い製品を投入してくる韓国や台湾企業に対して、やがて日本企業が苦戦を強いられるのは避けられないであろう。

3 - 2

業界再編状況

図表 9 は、液晶方式およびプラズマ方式の各パネル業界の近年の主な提携・再編状況を示したものである。液晶パネルの場合、業界再編が進み韓国企業以外にも台湾、中国の企業が参入している。一方、プラズマ・パネル業界は、市場が立ち上がり始めたばかりであり、台湾や中国企業の参入はこれからである。各国の企業の特徴として、韓国企業は技術開発も行い主に自国内の市場をターゲットにしている。一方、台湾企業は、一般的には技術開発は行わず、パネル製造専門メーカーとして、成熟化製品で世界市場の大半のシェア占有を目指している。

液晶のパネル製造ビジネスでかつて日本企業は、韓国・台湾企業の低価格戦略の前にこれらの企業

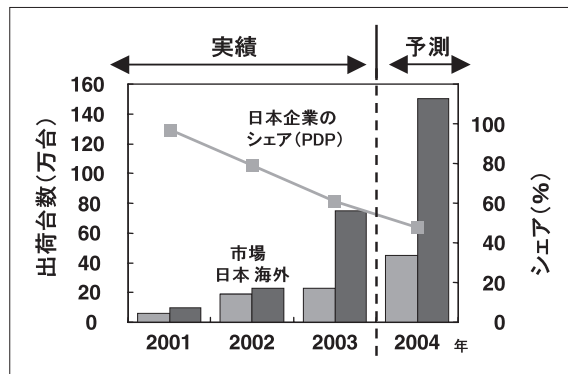
からの資本を受け入れざるを得ない状況に遭遇した。これに対して、日本からの「技術の流出」を如何に防止するか議論もある。しかし、経済原理に基づいて、企業の再編が進み、日本発の技術がやがて台湾企業で使用され、品質のみで無く価格の面からも優れた製品が供給されるようになるのは、一般消費者からみた場合、歓迎すべき事である。プラズマ・パネルに関しても市場の立ち上がり・成熟に伴い、国を越えた企業間の技術供与、出資、提携は今後も行われていくであろう。

3 - 3

半導体産業との対比

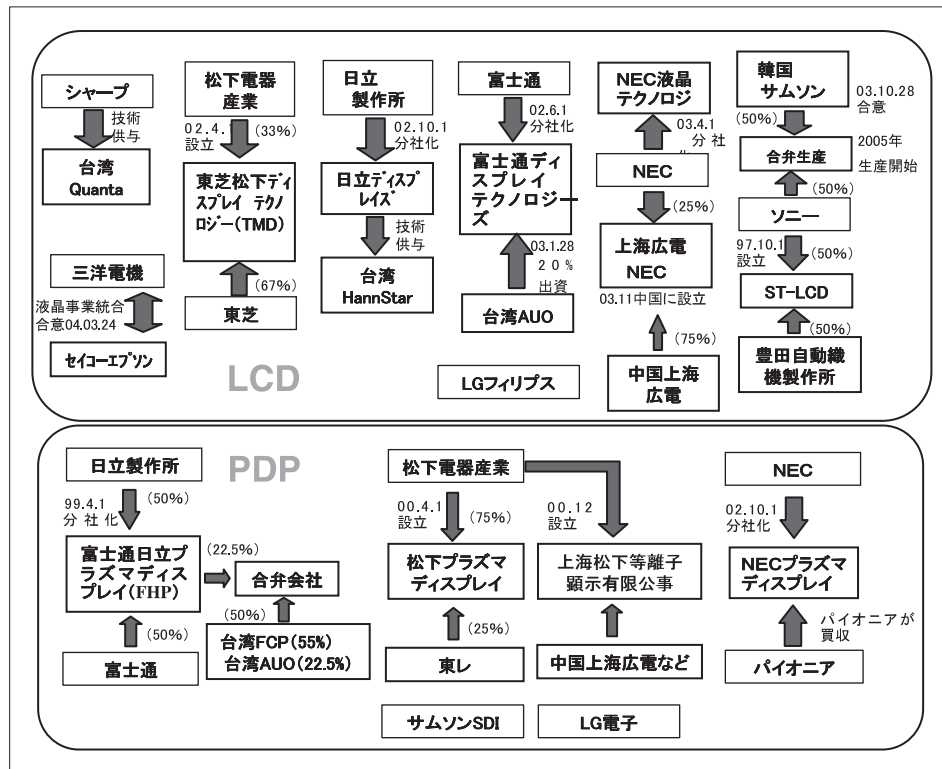
かつて競争力を誇った日本の DRAM^⑦を中心とする半導体製造業は、1990 年代の後半、急速に競争力を失い再編・統合を余儀なくされた。日本に代わって台頭してきたのは、この時も韓国や台湾の企業であった。液晶パネル産業で日本が急速に市場シェアを失った事に対しても、この DRAM 産

図表 8 PDP パネルの生産台数と日本企業のシェア推移



(社)電子情報技術産業協会 (JEITA) およびディスプレイサッチ社発表資料より、科学技術動向研究センターにて作成

図表 9 企業間の提携等の状況

日本政策投資銀行の発表資料⁹⁾に一部追加

業とのアナロジーで議論される場合が多い。確かにディスプレイ・パネルは単独では、半導体産業のCPU[®]よりもDRAMに近い商品と言える。LSI技術には、アーキテクチュア、回路設計、製造、テストと各種の技術の階層が存在する。CPUは、これらそれぞれの技術の階層を切り離して流通させる事は出来ないが、DRAMはそれぞれの階層の技術が専業のベンダーにより一般に供給されている。また、DRAMには幾つかの規格が存在するが、それぞれは明確にCPUメーカーによって認定され、製品を性能で差異化する事は出来ない。

ディスプレイ・パネルは、インターフェースは規格で決まってしまうが、アナログ製品なので性能は全く同じにはならない。しかしながらディスプレイ製造の場合、基本的な材料や装置はそれぞれの専業ベンダーから供給され、出来上がりのパネルに大きな性能の差は生じ難い。

ディスプレイの技術開発で日本

用語説明

⑦ DRAM

Dynamic Random Access Memory の略。半導体記憶素子の一つ。読み書きが自由に行なえ、集積度も比較的高く出来る為、主にコンピュータの主記憶素子に用いられる。

⑧ CPU

Central Processing Unit の略。コンピュータの中で、メモリに記憶されたプログラムを実行する装置。入力装置や記憶装置からデータを受け取り、演算・加工した上で、出力装置や記憶装置に出力する。

は世界をリードした為、特許ポジションでは技術的に追いつける立場であったDRAMの場合とは異なる。また、ディスプレイの市場規模の変化の方向も、'95年以降は金額的に頭打ちであったDRAM産業とは状況が異なる。しかし、性能で差異化出来なければ、やがて製品は価格競争になるであろう。製品が価格競争となった場合、日本企業が韓国や台湾企業の前に苦戦を強いられるのは、避けられないであろう。これは市場規模の増減や技術ポジションに大きくは依存せず、技術開発が成功した後で、日本企業が産業としてリターンを得ていく時の共通課題でもある。

なお、最近、特許権を巡って日本企業が韓国や台湾の企業と係争になる場合が多くなっている。昨年改正された関税定率法¹⁰⁾により、以前よりは早期に輸入差し止め等の措置が取られるようになってきたのが功を奏していると言える。この様に主張すべき権利は正しく主張すべきであるが、たとえ特許係争で勝利しても、日本企業が今後もパネル製造ビジネスで苦戦する事は変わらないであろう。水平分業的要素の強いパネル製造のみで企業が勝負する場合、DRAM産業の様に短期に覇者が入れ替わり続ける可能性が高いと言える。

4. 研究開発の状況

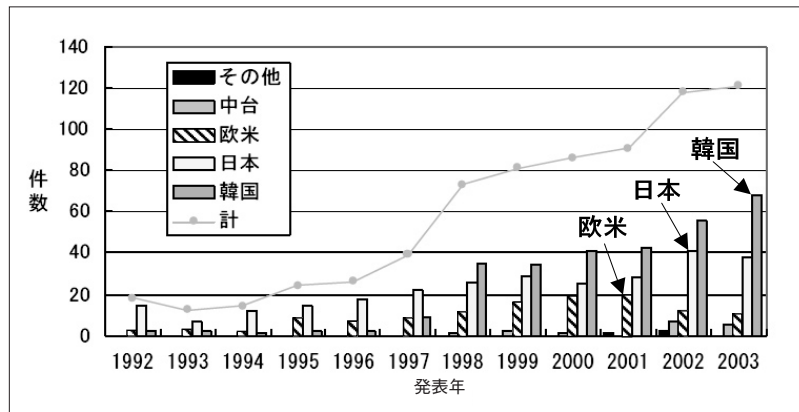
4 - 1

学会発表件数

図表 10 は、プラズマパネル技術に関して、SID 学会における近年の国・地域別発表件数の推移を示したものである。富士通を中心にプラズマ方式のテレビ製品が発売、大画面化していく 1990 年代前半は、発表件数は日本からが最も多く、他の国・地域からの発表に目立った動きは見られなかった。しかし、1996 年から 1998 年にかけて韓国からの発表件数が急増し、1998 年に日本の発表件数を上回って以降は、韓国からの発表件数が最多のまま推移している。

参考文献¹¹⁾では、さらにその機関別の発表数の分析結果として、韓国からは大学からの発表が多く、企業からの発表は限られているとしている(注 2)。また、企業からの総発表件数に占める大学との共同発表の件数の比率が、韓国の LG 電子 83%、サムスン SDI 42%に対して、日本からの発表は、発表数上位企業の平均で 24%と低い状況にあるとも分析している。

図表 10 PDP に関する SID 学会での国・地域別発表件数推移



特許庁「特許出願技術動向調査報告書」¹¹⁾より抜粋

(注 2) 機関別発表数

発表件数が上位の機関の数として、日本は企業 4、大学 3、公的研究機関 1 であるのに対して、韓国では企業 1、大学 7 と圧倒的に大学が開発をリードしているとしている。

4 - 2

日本の国家プロジェクト

図表 11 は、現在、日本で行われているディスプレイ関連の主な国家プロジェクトを示している。プロジェクトの開発項目としては、ディスプレイ・デバイスの低

消費電力化やその製造工程の省エネルギー化等となっている。図表 11 に示したプロジェクトは、一部の、共同研究の為の施設整備事業を除けば、何れも年間予算額が 10 億円以下の小規模なプロジェクトとなっている。また、何れのプロジェクトも最近になって発足したものばかりであり、これより以前

図表 11 次世代ディスプレイ技術開発の主な国家プロジェクト

年	プロジェクト	予算(億円)	主な開発項目	特記
'03～05	省エネ型次世代 PDP	7.7	高効率発光機構、発光効率を高める為の蛍光体材料、製造工程の省エネ	
'02～06	高効率有機デバイス	7.8	高効率発光素子・材料、大面積形成技術、有機トランジスタ等の要素技術	
'03～05	高分子有機 EL 発光材料	4.7	新規共役系高分子有機 EL 発光材料の合成技術、精製技術および量産化技術	
'03～05	ディスプレイ用高強度ナノガラス	2.3	異質相をガラス中の配列させ、基板強度を強化する技術、大面積基板の短時間処理技術	
'03～05	カーボンナノチューブ (CNT) FED	7.4	CNT の均質成膜技術および微細エミッタ作製技術等	
'03～05	低消費電力次世代ディスプレイ製造技術共同研究施設整備事業	153/3 年	低価格、消費電力大型液晶パネル製造技術	平成 13 年度補正予算
'01～04	エネルギー使用合理化液晶デバイスプロセス	5.1	低温ポリシリコン TFT の製造工程の消費電力を現行の半分にする	研究開発助成事業

※特記無き予算額は、平成 15 年単年度分

科学技術動向研究センターにて作成

には、日本におけるディスプレイ関連の国家プロジェクトはなかった。よって、プロジェクトの成果もこれから期待されるものであろう。

なお、ディスプレイ・パネルの技術開発は、現時点でも最終的にどの方式が本命となるかは絞られてはいなく、今後の展開も予測が難しい。加えて、一般には成熟したと思われがちな液晶技術に関しても光源の高効率化、視野角の拡大、応答特性のさらなる高速化等の特性改善に加えて、製造技術の面からも含め現在でも開発項目は多い。このようなディスプレイの技術開発の特性からすれば、半導体の技術開発で行われているような比較的規模の大きい集中的なプロジェクトよりも、分散的なプロジェクトの方が相応しいとも言える。いずれにしても、ディスプレイの国家プロジェクトでは、リスクが高く、ボトムアップ型で研究者から提案されるものを広くかつ長期に渡り支援すべきである。現状は短期に結果を求めすぎる点が懸念されるが、これを除けばそれに近い形になっている。

4 - 3

米国の状況

かつて、RCA 社やゼニス社に代表される米国企業がシャドウ・マスクと呼ばれるカラーテレビ用のブラウン管で市場を占有してい

た。ところが1970年代以降、品質・価格ともに優れた日本製のブラウン管製造業は、急速に市場での競争力を失った。今日に至るまで米国内では、ディスプレイに関する目立った産業は育っていない。ただ、施策として米国がこれまで何も行わなかったかと言う事では無い。例えば、米国は、日本を中心とする薄型ディスプレイ技術の進展に危機感を抱き1993年に官民のコンソーシアムである USDC (The United States Display Consortium)¹²⁾ を発足させている。この USDC では、100社以上の民間企業が参加し、軍用や医療向けの次世代ディスプレイとして、当時有力候補であった液晶や FED^⑨方式のディスプレイ技術の開発に注力した。ところが、液晶方式のディスプレイの技術開発では日本企業が圧倒的にリードし、FED 方式では現在でも実用化の目処が立っておらず、結

果的にこのコンソーシアムは目立った成果を挙げていない。最近では、米国陸軍を中心にセマテック (SEMATECH^⑩) をモデルとするコンソーシアムが計画されているとも報告¹³⁾ されている。また打開策として、ディスプレイの応用に特化した学会¹⁴⁾ を発足させ、新規技術開発領域を探る動きもある。しかしながら、自国に目立った産業が無い状況で、技術をリードする大企業が不在であり、かつ技術開発に最低5年間は必要と考えられている新規ディスプレイ技術に産業界が積極的に投資する理由は見出し難い。

このディスプレイの分野に関しては、米国は全く存在感が無い。むしろ、国が将来の主要産業と位置づけ、産業界は多数の人材の採用と大型投資を行い、大学でもこの分野に対して人材供給も含め研究活動が活発で、産官学がうまく連携している韓国が世界的に存在感を高めつつある。

用語説明

⑨ FED

Field Emission Display の略。平面状に多数配置した電子放出源から真空中に電子を放ち、蛍光材料にぶつけて発光させる表示装置。発光原理はブラウン管と同じであるが、電子を偏向させる必要が無く、薄型化が可能。

⑩ SEMATECH

SEmiconductor MAnufacturing TECHnology の略。米国の国防総省と民間半導体メーカ4社が共同出資した半導体の製造技術に関する研究開発のためのコンソーシアム。1980年代中頃に凋落しかかった米国半導体産業の競争力回復を目標とした。

5. 技術競争力の維持の為に

ディスプレイ・パネル製造の技術開発では、現在日本で行われている国家プロジェクトは、比較的この分野の技術開発の特性に合致したものになっていると前章で述べた。ところが特に韓国は国策として、早い時期からこの領域の研究開発を強化している。この様な状況で日本としては、パネル製造

技術とは別の領域の技術も開発すべきである。

DRAMの製造技術で日本に追い上げられた時、米国企業が採ったケースの様により付加価値の高い技術開発に軸足を移すのも選択肢の一つであろう。米国企業は、DRAMの製造技術で日本に追い上げられ、CPUやDSP^⑪の開発に

特化し、現在の様に技術的に参入障壁が高い市場を支配している。

これまでリードしてきた技術の蓄積が日本に存在する間は、これを利用してより高度なディスプレイのシステム化技術へ軸足を移す事も可能であろう。ところが、例えば多色化による色域拡大は、ディスプレイ・デバイスの性能向上

のみでは実現できない。現在のカラー化技術が RGB 3 色合成という基盤の上に築かれたものであるからである。3 色よりも多くの色を扱う為には、ディスプレイ・デバイス以外にもカメラ、撮像デバイス、カラー映像の信号処理と映像信号の入力から出力まで全ての技術の見直しが必要になる。この色再現性の拡大は、さらに高精細の要求をも喚起する可能性があり、ひいては次の時代の映像フォーマットの提案につながる可能性もある。これらは、開発項目が広範に渡り、一企業が単独で開発するにはリスクが高すぎる。国はこの様な領域にこそ投資すべきであると思われる。開発項目が多岐に渡り多数の企業の参加が必要なこの様な開発に対して、国はこれら企業間で開発内容を調整し、また、研究開発費の助成も行うべきである。

6. まとめ

地上波デジタル放送の開始に伴い、ブラウン管方式のテレビは、より高精細・大画面のテレビに置き換えられようとしている。これに対して“平面”型だけでも、液晶 (LCD)、プラズマ (PDP)、有機 EL (OLED) 等の各方式の次世代ディスプレイ技術が進展し、市場に導入され始めている。

これらの技術は当初、民生テレビ用途には、難しいとも言われたがそれぞれの技術課題を日本の企業が時間をかけて克服してきたものである。液晶やプラズマ方式は現在では、大画面テレビの市場を分けるに至っている。この様にディスプレイ・パネルの技術開発では、日本は世界をリードして来た。

ところが、ディスプレイ・パネルのビジネスでは、液晶、プラズマともに市場が立ち上がると日本企業は韓国や台湾企業に激しく追い上げられている。技術開発では

近年の学会発表数からするとディスプレイ・パネルの製造技術では、プラズマ方式でも韓国に追い抜かれる可能性が十分考えられる。これに対して、次に日本がとるべきは、これまでの技術ポジションを生かし、より付加価値の高い技術の開発を行う事であろう。それは、例えば次世代の高性能映像システムや、ハイビジョンの次の放送フォーマットである。

さらに、将来のディスプレイ技術として、2 章の最後に述べた様に、環境空間創造型ディスプレイへの応用を目指して、それに必要なシステムの技術開発を長期的に行う事も考えられる。ディスプレイは今後より成熟化する社会を支えるインフラの一つになっていくであろう。それは、国や地域、場合によっては個人の嗜好をも反映したよりインテリジェントなシステムとして発展する事が期待され

成功を収めているが、ビジネスでは必ずしも有利に展開出来ていない。近年は、韓国の大学を中心に研究開発においても日本の地位を脅かす動きが見られる。

現在のディスプレイ産業は、水平分業的な要素が強く、パネル製造では製造工程のみの価格競争になりつつある。日本は、このパネル製造のみで韓国や台湾と競争するのでは無く、より付加価値の高い次の世代の高性能ディスプレイ技術やこれを用いた応用システムの開発も行うべきである。

ディスプレイは、今後もより実物に近い質感の表現を目指して、発展する事が期待される。例えば、現在課題として指摘され始めている色再現範囲の拡大は、ディスプレイ・デバイス以外にもカメラ、撮像デバイス、カラー映像の信号処理と映像信号の入力から出力まで全ての技術の見直しが必要にな

用語説明

⑪ DSP

Digital Signal Processor の略。音声や画像などの特定の信号処理に特化したプロセッサ。モデムなどの装置に組み込まれたり、パソコンに搭載されて CPU の処理を一部肩代わりしたりする。

る。米国等では一般にテレビは比較的暗い部屋で鑑賞する 경우가多いが、日本では比較的明るい部屋で鑑賞する 경우가多く、ディスプレイにも鮮やかな画像表現が好まれる。この様に消費者の画像に対する厳しい評価力と日本が時間をかけて培ってきた裾野を含めたディスプレイや映像システムの総合力を生かして、次の世代に向けた付加価値の高い技術を開発すべきである。

る可能性が高い。色再現性が拡大すれば、映像表現に対して、さらに高精細の性能要求をも喚起する可能性もある。これらは、開発項目が広範に渡り、一企業が単独で開発するのは難しい。開発項目が多岐に渡り多数の企業の参加が必要なこの様な開発に対して、国はこれら企業間で開発内容を調整し、また、研究開発費の助成も行うべきである。

これまで日本企業が時間をかけて積み上げてきた周辺技術を含むディスプレイ技術や映像システムの総合力と消費者の画像に対する厳しい評価力を生かして、日本は次の世代に向けた付加価値の高い技術を開発すべきである。

謝 辞

本稿をまとめるにあたり、静岡大学 電気・電子工学科 下平美文教授、電気通信大学 電子工

学科 御子柴茂生教授、佐賀大学
電気電子工学科 内池平樹教授、
東北大学大学院 工学研究科 内
田龍男教授、東レ株式会社 PDP
技術部 出口雄吉部長のご意見を
参考にさせていただきました。文末に
はありますが、ここに深甚な感謝
の意を表します。

参考文献

- 例えば、長谷川 伸著、電子情報通信学会大学シリーズ「画像工学」コロナ社
- 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のウェブサイトのディスプレイ技術に関するロードマップより：
<http://www.nedo.go.jp/nanoshitsu/project/loadmap.pdf>
- SID Japan Chapter Newsletter No.23 (2003. 5. 17)：
<http://www.sidchapters.org/japan/letter/SID-NL23.pdf>
- 例えば、三菱電機のプレスリリース：
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2004/0322-a.htm>
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news-data/2004/pdf/0322-a.pdf>
- 日経の配信記事より：
<http://ne.nikkeibp.co.jp/members/NEWS/20040526/103584/>
- ソニーのプレスリリース：
<http://www.sony.co.jp/SonyInfo/News/Press/200406/04-0604/>
- EDF2004 ディスプレイ・チュートリアル講演集
- 例えば、松下電器産業㈱のプレスリリース：
<http://www.matsushita.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/jn040518-2/jn040518-2.html>
- 日本政策投資銀行のウェブサイト：
http://www.dbj.go.jp/beginners/why_dbj/about/files/
- <http://www.mof.go.jp/jouhou/kanzei/ka160415a.htm>
- 特許庁「特許出願技術動向調査報告書」：
<http://www.jpo.go.jp/shiryou/index.htm>
- USDC のウェブサイト：
<http://www.usdc.org/index.html#>
- 社電子情報技術産業協会の研究調査報告
「米国における IT / デジタル化情報政策の動向と展開、およびインターネット / 電子取引（E - コマース）のルール整備の実態と政策課題：2003 年 Update」：
<http://it.jeita.or.jp/infosys/report/2003-04usreport/chapter3.pdf>
- SID のウェブサイト：
<http://www.sid.org/conf/adeac04/adeac04.html>

《参考資料》

①画像フォーマットについて

文中で使用した主な画像フォーマットの規格を図表 12 に示した。

図表 12 主な画像フォーマット

用途	呼称	解像度		画素数 (万)	画面の縦横比
		横	縦		
パソコン	VGA (Video Graphics Array) ; 基本	640	480	31	4 : 3
	SVGA (Super-VGA)	800	600	48	4 : 3
	XGA (eXtended-VGA)	1024	768	79	4 : 3
	SXGA (Super-XGA)	1280	1024	131	5 : 4
	SXGA+ (SXGA の縦横比を 4 : 3 に)	1400	1050	147	4 : 3
	UXGA (Ultra-XGA)	1600	1200	192	4 : 3
	QXGA (Quadruplet-XGA ; XGA の 4 倍)	2048	1536	315	4 : 3
	QSXGA (Quadruplet-SXGA ; DXGA の 4 倍)	2560	2048	524	5 : 4
	QUXGA (Quadruplet-UXGA ; UXGA の 4 倍)	3200	2400	768	4 : 3
テレビ	480i (インタレース) / 480p (プログレッシブ)	720	480	35	3 : 2
	720p	1280	720	92	16 : 9
	1080i (ハイビジョン)	1920	1080	207	16 : 9
	1080p	1920	1080	207	16 : 9

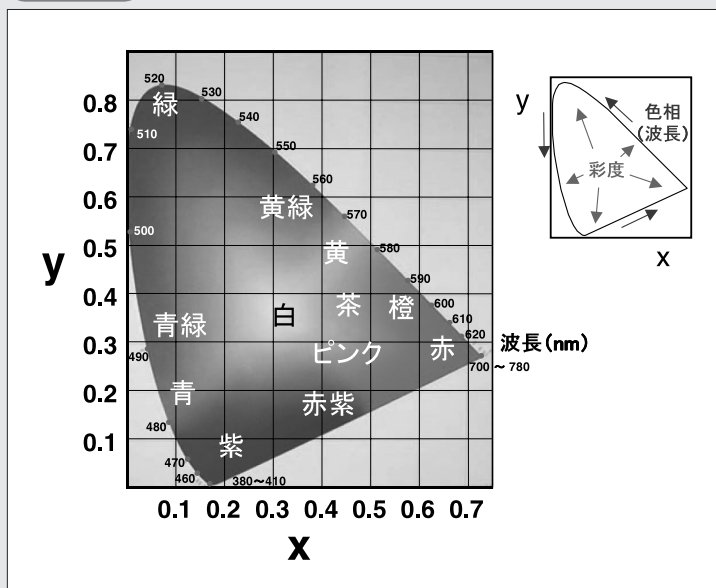
②色域の表現グラフ（CIE - xy 色度図）について

色に関する基準を国際的に管理しているのが国際照明委員会（Commission Internationale de l'Eclairage ; CIE）である。CIE は 1931 年に表色系に関する規格を定めた。まず 3 原色として、赤には人間の眼が光を色として感じる事が出来る波長の上限である 700nm（R；赤）、緑と青には水銀ランプの輝線波長 546.1nm（G；緑）と 435.8nm（B；青）を定義し、この 3 者の配合比で色を座標表示することとした。

この方法で色度を規定するのが CIE 1931 RGB 表色系である。これによりすべての色は 3 次元空間上の一点として表わせる。この RGB 3 次元空間を全ての色域表現において、パラメータが負にならない様に扱いやすい座標軸（XYZ 軸）に変換し、さらに正規化して二次元平面に投影したのが、CIE - xy 色度図である。

CIE - xy 色度図は、現在最も一般的で厳密な色表現系に用いられている。この色度図では、グラフ（可視領域）の外周がスペクトル上の単色光、内側が単色光を組み合わせることができる混合色に相当し、内側に進む程、鮮やかさ（彩度）が低下する。加色混合により色を表現する場合、複数の基準色が CIE - xy 色度図で示される点が形成する多角形で囲まれた部分の色のみが再現出来る。一般に各波長の単色光は、加色混合では表現出来ない場合が多い。CIE - xy 色度図からは、特に RGB 3 原色の加色混合では、鮮やかな緑や 3 原色の補色であるシアン、マゼンタ、黄色が表現出来ない事が分かる。

図表 13 CIE-xy 色度図



特集②

実大三次元震動破壊実験施設
（E・ディフェンス）について

総括ユニット 菅沼 克敏

1. はじめに

平成7年1月の阪神・淡路大震災では、これまで想定されていた地震では壊れないと考えられていた鉄筋コンクリートビルや高速道路の橋梁など多くの構造物が破壊した。

平成7年11月には当時の科学技術庁が「地震防災研究基盤の検討に関する懇談会」を設置し、平成8年5月に「都市部を中心とす

る地震災害の軽減を目指す総合的な研究」を実施するために新しい研究拠点を設け、そこに大型の三次元震動実験施設を整備することが提言された。

ここでは、平成12年3月に着工し、阪神・淡路大震災から10年となる平成17年の完成を目指して独立行政法人防災科学技術研究所が兵庫県三木市の（仮称）三

木震災記念公園の中に建設中の世界最大の実大三次元震動破壊実験施設（E・ディフェンス）の概要や実験計画などを紹介するとともに、今後の展望を述べる。

なお、EarthのEを頭文字にしたE・ディフェンスは公募によってつけられた愛称である。

2. 阪神・淡路大震災について

阪神・淡路大震災では、6,400名以上の犠牲者と経済的被害は12兆円にのぼった。

現在予想される東海地震が発生した場合には37兆円の被害が想定されている。

関東大震災以降、犠牲者の多くは火災によるものと思われてきたが、阪神・淡路大震災の犠牲者は建物倒壊による窒息死、圧死が8割以上を占めている。

地震による建物などの壊れ方（なぜ、どのように、どこまで壊れるか）を明らかにし、さらに倒壊、崩壊を防ぐ補強法など、安心・安全な社会の構築にむけた新技術の開発や検証が必要となった。

現在の建物の建築基準法施行令は、昭和53年に発生した宮城県沖地震の後の昭和56年に新耐震設計法を導入する改正が行われたもので、これまで大地震の後に設

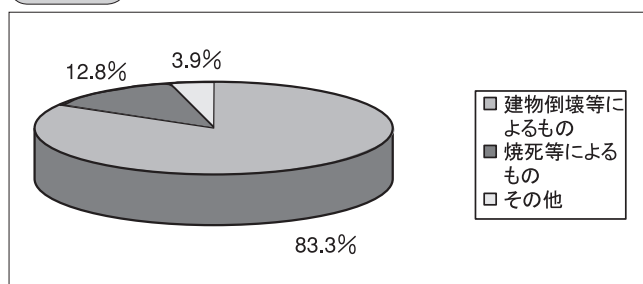
計震度や耐震基準の改正が繰り返されてきた。

阪神・淡路大震災では、3,800余りの学校施設が被害を受けたが、新耐震設計法（昭和56年）以前に建築された建物の被害が大きく、新耐震設計法以前に建築された建物の耐震化を推進していくことの必要性が強く指摘された。

我が国の地震対策の現状を把握・分析するため、平成13年度末現在における地震防災施設等の整備の現状に関する調査を内閣府において全国で初めて一斉に実施し、最終報告が平成15年1月にとりまとめられた。

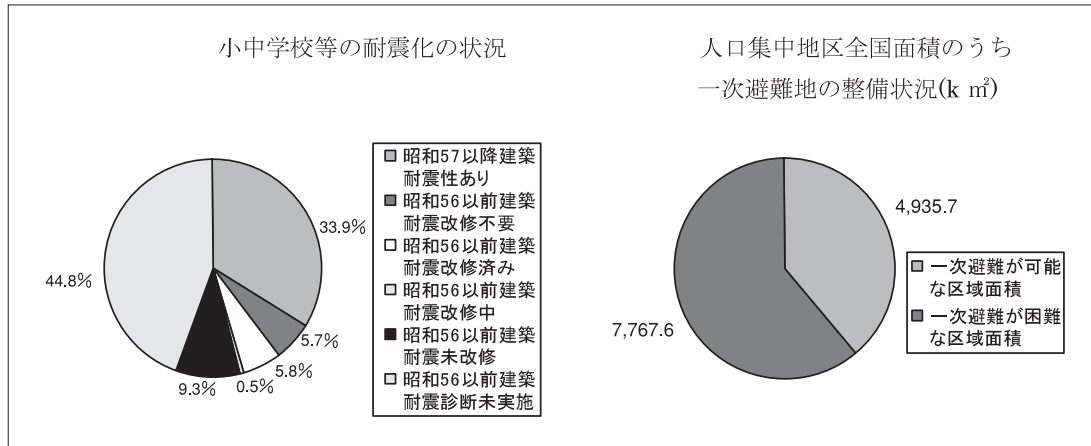
小中学校等151,624棟における耐震化率は46%となっており、人命に関わる建築物の耐震化や避難地・避難路の整備などの対策が急務となっている。

図表1 阪神・淡路大震災の犠牲者の内訳



出典：「神戸市内における検死統計」（平成7年 兵庫県監察医）より内閣府作成

図表 2 地震防災施設等の整備の現状に関する全国調査



3. 大都市大震災軽減化特別プロジェクトについて

文部科学省では「ライフサイエンス」、「情報通信」、「環境」、「ナノテクノロジー・材料」の重点4分野に「防災」を加えた5分野について、あらかじめ課題等を設定し、実施する機関を選定して研究開発を委託する事業を平成14(2002)年度から開始している。これらの委託事業を「新世紀重点研究創生プラン～リサーチ・レポリューション・2002(RR2002)～」

と総称している。

このうち、「防災」分野のRR2002委託事業が「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(2002～2007年、総額150億円)である。「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」は、以下の4つのプログラムから構成されている。

①地震動(強い揺れ)の予測「大都市圏地殻構造調査研究」

- ②耐震性の飛躍的向上「震動台活用による耐震性向上研究」
- ③被災者救助等の災害対応戦略の最適化「災害対応戦略研究」
- ④地震防災対策への反映

このうち、②について実大三次元震動破壊実験施設を活用して、耐震性向上およびシミュレーション技術の検証に貢献することを目指している。

4. 実大三次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス)について

4-1

目的

阪神・淡路大震災では、被害を受けない構造物を設計することは不可能であることがわかった。地震による壊滅的な被害を避け、ある程度の被害は避けられないにしても人命だけは守れるように、建物などの壊れる過程(なぜ、どのように、どこまで壊れるか)を明確にする必要がある。

そのためには、震動台上で実物大の構造物を実際の地震と同じ三次元で震動させ、破壊過程を記録・分析し、構造物の耐震性向上を図ることが、E-ディフェンスの目的である。

4-2

施設の概要

E-ディフェンスは、敷地面積6ha、総工費約450億円を投じた世界最大の三次元震動台で、次のような配置となっている。

4-3

施設の特徴

世界最大のE-ディフェンスは、次のような特徴を持っている。

①震動台の大きさは20m×15mで、1,200tonまでの試験体の実験が可能。

既存の三次元震動実験装置

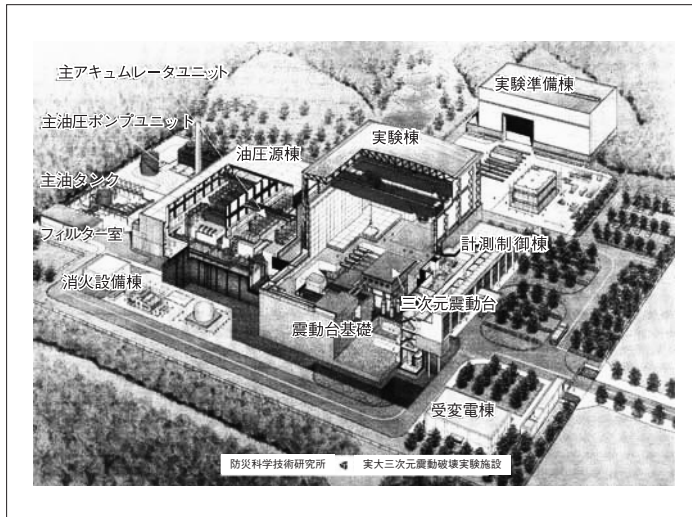
は、世界に30台近くあるといわれているが、50tonの試験体が載せられる小型ないしは中型のものがほとんどである。

4階建て鉄筋コンクリートマンションや高速道路の橋脚も載せることができ、構造物の破壊実験や耐震補強技術の確認実験が行える。

②実際の地震動と同じ3次元の運動を再現。

水平方向のX軸とY軸に5本ずつ、垂直方向のZ軸に14本の加振機を配備し、各軸の干渉を避けるためにフレキシブルな三次元継手とすることにより、世界最高の性能を持つ世界最大の実大三次元震動破壊実験施設である。

図表3 E・ディフェンスの配置図



棟名	概要	構造	延べ面積 建物高
実験棟	三次元震動破壊実験施設の主要部分、試験体を組立・解体用の400tクレーン2基設置	鉄骨造 平屋建	約5,200m ² 43m
計測 制御棟	実験計測装置や一括集中運転できる三次元震動台の制御システム装置を設置	RC造 2階建	約1,300m ² 11m
油圧源棟	三次元震動台の動力となる油圧ポンプ、アキュムレーターやガスエンジンを設置	鉄骨造 2階建	約4,700m ² 21m
実験 準備棟	実験試験体を準備する施設で、試験体を組み立てるため150tクレーンを設置	鉄骨造 平屋建	約2,200m ² 29m

図表4 国内の主要な震動台の仕様

機関名（場所）	最大搭載 重量 (tonf)	搭載面積 (m × m)	加振方向	最大加速度 (G)	最大速度 (cm/s)	最大変位 (cm)	完成年
実大三次元震動破壊実験施設 (兵庫県三木市)	1200	20 × 15	三次元 (X,Y,Z)	水平 0.9 鉛直 1.5	水平 200 鉛直 70	水平 100 鉛直 50	2005 年 完成予定
財原子力発電技術機構 多度津工学試験所 (香川県多度津町)	1000	15 × 15	二次元 (X,Y)	水平 1.84 鉛直 0.92	水平 75.0 鉛直 37.5	水平 20 鉛直 10	1982 年
㈦ 防災科学技術研究所 (茨城県つくば市)	500	15 × 14.5	一次元 (X)	水平 0.5	水平 75	水平 22	1970 年完成 1988 年更新
㈦ 土木研究所 (茨城県つくば市)	300	8 × 8	三次元 (X,Y,Z)	水平 2.0 鉛直 1.0	水平 200 鉛直 100	水平 60 鉛直 30	1997 年

出典：独立行政法人 防災科学技術研究所

③世界中で観測されたほとんど全ての地震記録による実験が可能。

兵庫県南部地震や、そのちょうど1年前にロサンゼルス近郊で起きたノースリッジ地震の地震動も再現可能で、その破壊過程を追跡することができる。

1995年兵庫県南部地震は最大速度：水平138cm/s、最大変位：水平42cmであった。

構造物の損傷や破壊の発生には、最大加速度が大きく影響するが、破壊が進んで最終崩壊に至るには最大速度、最大変位が大きな役割を果たす。

このため油圧源棟には、4台のガスエンジンで駆動される油圧ポンプと20台のアキュムレータ（蓄圧器）が配備され、電気油圧サーボシステムに入力信号に忠実な振動を発生させるため制御方式の研

究開発を行ってきた。現在、震動台での確認実験が行われている。

試験体と震動台あわせて2,000ton近くの重量を最大変位±100cmで加振させるためには、加振機と三次元継手を合わせた水平加振機は約16mの長さとなる。

実際の加振機による模擬震動台を使った要素技術開発で、加振機の最大変位・最大速度などの性能が確認されている。

4-4

利用研究課題

耐震性の向上が必要な構造物は、建築・土木・機械など多種多様に及ぶ。

阪神・淡路大震災では、これまで地震では壊れないと考えられていた鉄筋コンクリートビルや高速道路の橋梁など多くの構造物が破

壊し、大きな被害が発生した。

また、犠牲者の大半は火災ではなく耐震補強の遅れた木造住宅に起因するものであった。

40年前の新潟地震で現象が確認された液状化により、道路、堤防、下水道等において被害が生じた。我が国の大都市の多くは沖積平野に位置し、液状化の危険性がある。

2003年十勝沖地震では、地震によるタンクの損傷に加え、スロッシング（液面揺動）や長周期の地震動による火災事故も発生している。

次の構造物の破壊過程と耐震技術を実大規模で三次元の震動で検証することができる。

①鉄筋コンクリート建物の地震時破壊過程を再現し、被害を評価する。

②橋梁の地震時破壊過程を再現

し、新しい補強技術を開発・検証する。

- ③危険物貯蔵タンク等の産業施設の地震時挙動を再現し、耐震性を検証する。
- ④特殊な箱の中に作った地盤モデルを使って液状化を再現し、被害を評価する。
- ⑤各種の木造住宅の、地盤、基礎、室内家具、設備機器を含めた震動実験により、居住環境の総合的な安全性の検討や新しい耐震技術の開発に役立てる。

4 - 5

実施計画（5ヶ年）

E - ディフェンスは、24 本の加振機の動作テストが終わり、5 月には 750ton ある震動台を 400ton クレーン 2 基で吊り上げピットに据付が完了した。継手および加振機との結合が終わり、来春の完成を目指して 7 月から試験運転・調整に入っている状況である。

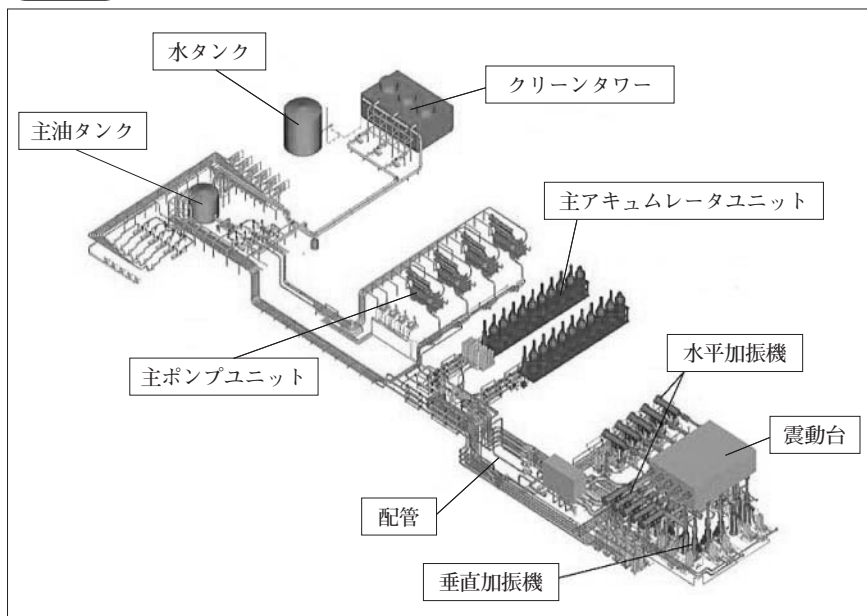
平成 17 年度からの 2 年間は「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の実験が予定されており、鉄筋ビル、木造住宅、基礎地盤の耐震実験が行われることとなっている。

平成 17 年度の E - ディフェンスによる実大規模実験開始にむけて、平成 14 年度からは既存の振動台実験による準備研究が行われている。

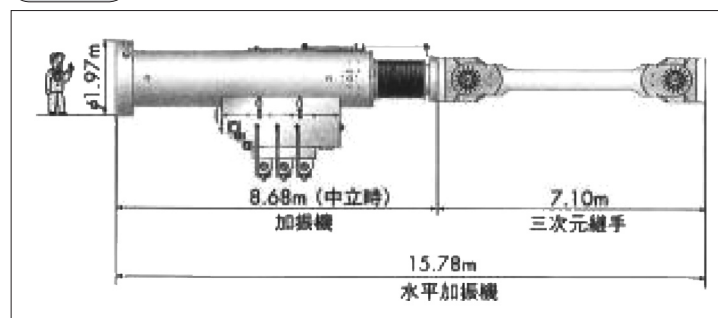
①鉄筋コンクリート建物実験

- 大型振動台で鉄筋コンクリートビルの 3 分の 1 縮小モデルの破壊実験（平成 15 年 12 月）
- 組立解体自在の新構法による 4 階建てビル（1/2）モデルの耐震性能確認実験（平成 16 年 2 月）
- 耐震壁フレーム構造の動的破壊メカニズムの解明実験（平成 16

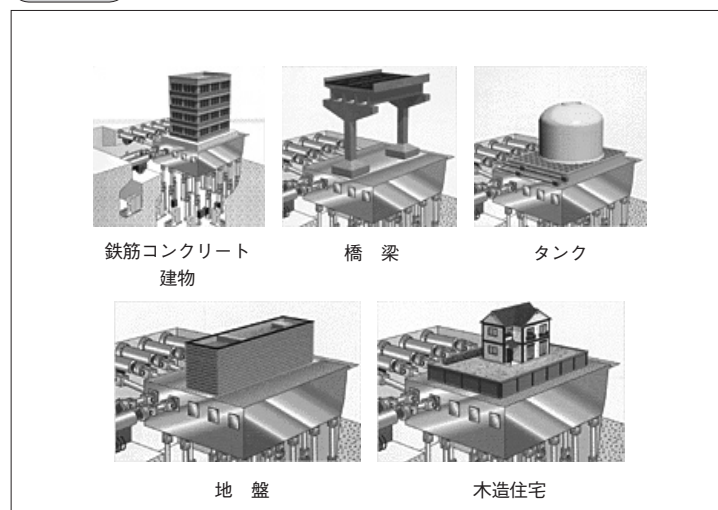
図表 5 震動台加振システムの図



図表 6 水平加振機の図



図表 7 破壊過程と耐震技術を検証できる構造物の図



年 9 月予定)

②地盤・基礎実験

- 斜面せん断土槽による地盤の液状化、側方流動実験（平成 16 年 7 月）

③木造建物実験

- 振動台による木造建物の倒壊実験（平成 15 年 3 月）
- 木造 2 階建て住宅の倒壊実験（平成 16 年 3 月）

これまで構造物の耐震設計や設計基準は、地震のたびごとに改定・改正を繰り返してきた。

既存の振動台実験結果から得られた知見をもとに、建物や土木構造物基礎の設計法やコンピュータシミュレーションプログラムの開発などに反映され、E・ディフェンスで予定している破壊実験に活用されるとともに、地震時の予測に役立てる計画である。

構造物の破壊から崩壊に至る過程をコンピュータシミュレーションで推定することは不可能であり、地震から人命を守るために完全に壊れてしまわない構造物の設計あるいは補強方法を確認していくためには、震動台上で実物大の構造物を三次元で震動させ、破壊過程を記録・分析していく必要がある。

4 - 6

E・ディフェンスの利用形態

E・ディフェンスは、独立行政法人等研究機関が所有し、外部の機関が利用可能な既存の大型研究施設・設備と同様な利用形態が予定されている。

利用形態としては、自体研究、共同研究、受託研究の3種類がある。共同研究は、国内・海外の研究機関が防災科学技術研究所と共同で行うもので、利用料は1/2ずつ負担する。受託研究は委託機関が全て負担することとなる。

今後、震動台運転費や維持管理費等の必要経費に基づく利用料を設定する予定である。

利用の申込は、防災科学技術研究所のホームページで募集したものを、「E・ディフェンス利用委員会」の審議を経て、利用の可否と利用期間を決定する。

現在の5ヶ年計画が終わる平成19年度からの外部利用開始にむけて、平成18年度には利用募集を行う予定となっている。

図表8 大都市大震災軽減化特別プロジェクト

	平成14年度～16年度	平成17年度～18年度
鉄筋コンクリート建物実験	準備研究 1. 既存の振動台による破壊メカニズムの解明 2. 数値シミュレーションシステムの開発 3. 実大実験計画の策定	実大規模破壊実験 平成17年度 新旧設計指針の比較 平成18年度 耐震補強
地盤・基礎実験	準備研究 1. 地盤－杭基礎の耐震性 2. 側方流動の耐震性 3. 三次元挙動評価 4. 実験計画と施設整備	杭基礎の地震時破壊実験 液状化地盤と非液状化 杭基礎の破壊メカニズム解明 護岸の側方流動実験 設計方法の確立
木造建物実験	準備研究 1. 地震応答観測 2. 数値シミュレーション 3. 倒壊実験 4. 構造要素試験と強度調査	耐震強度把握と耐震補強の効果の検証 ●築30年程度の現存住宅 ●町屋（伝統工法） ●商店群・大型店舗

4 - 7

運営体制と国際協力

E・ディフェンスと同じく我が国が唯一あるいは世界最高性能といえる大型放射光施設（SPring-8）や地球シミュレータなどの施設の利用に関して、6月に実施した科学技術専門家ネットワークによるアンケート調査では、広く開放していくために①施設に関する情報発信、②利用しやすい体制の整備、③サポート体制の充実、④成果の保護、などの意見が寄せられた。

既に防災科学技術研究所のホームページには、E・ディフェンスの概要や工事の進捗状況などが公開されていて、今後は実験データや実験研究報告書などの成果の情報公開も予定されている。外部の研究機関が利用可能なさらなる環境整備を行い、E・ディフェンスによる構造物の耐震性の飛躍的な向上が期待される。

E・ディフェンスは国内はもとより、海外にも広く門戸を開いた「国際的な共同施設」としての運営が計画されている。また、広く国の内外の研究者の協力を得て、新しい実験研究等を促進・支援する。

平成14年度には運営協議会と

利用委員会が設立され、防災科学研究所では運用開始までには現地に耐震工学研究センター（仮称）を設置し、震動台活用による構造物の耐震性向上研究を行うとともに、施設の運営管理を行う予定である。

(1)実大三次元震動破壊実験施設運営協議会

E・ディフェンスの運営に関し、産官学機関を代表する18名の委員から、助言、指導を得ることを目的として設置された。

- ①E・ディフェンスの運営に関する事項
- ②E・ディフェンスの活用促進および中長期の活用計画に関する事項 など

(2)実大三次元震動破壊実験施設利用委員会

E・ディフェンスの利用に関し、19名の学識経験者による委員から、実験計画の策定、関係機関間の調整等を行うことを目的として設置された。

- ①E・ディフェンスを利用した実験計画に関する事項
- ②実大破壊実験の準備研究に関する事項 など

(3) 震動台を利用した日米共同の 地震防災研究に関する協議

日本側は文部科学省、独立行政法人防災科学技術研究所、米国側は NSF（米国科学財団）、NEES コンソーシアム（「ネットワークによる地震工学研究」(The

Gorge E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation = NEES 計画) の 4 者で組織され、E - ディフェンスによる実規模実験をコンピューターシミュレーションの結果で検証するなど、地震防災研究を大きく飛

躍させる研究のあり方などを話し合う。本年 4 月には、コンピューターシミュレーションによる研究と E - ディフェンスによる実大規模実験の統合による耐震研究の新しい方向性を探ることが基本合意された。

5. おわりに

災害に対してハード面で完全に防ぐことは出来ないが、壊滅的な被害とならないように災害をできるだけ小さくしようという「減災」が提唱されている。

地震に対しても、コンクリートや鉄筋などの性能向上によって、壊れない構造物をつくることは技術的には可能かもしれないが、全ての構造物を破壊させないように設計し、つくりかえることは不可能であり、地震動強さのレベルに応じた許容被害を明確に規

定する性能設計が世界の趨勢となっている。

地震による壊滅的な被害を避け、ある程度の被害は避けられないにしても人命だけは守るために、建物などの壊れる過程（なぜ、どのように、どこまで壊れるか）を明確にする必要がある。震動台上で実物大の構造物の破壊を実現し、壊滅的な被害とならないような構造物を設計することが、E - ディフェンスに期待されている役割である。

参考文献

- 1) 内閣府：防災白書
- 2) 消防庁：消防白書
- 3) 独立行政法人防災科学技術研究所：震動台活用による構造物の耐震性向上研究
- 4) 科学技術政策研究所：調査資料 - 106「大型研究施設・設備の現状と今後の課題～科学技術専門家ネットワークアンケート調査結果～」

.....

特集3

科学研究と知的財産の公益性

—「研究利用における特許権の効力の及ばない範囲の現況」について—

ライフサイエンス・医療ユニット 島田 純子*
情報・通信ユニット 亘理 誠夫**



経済発展のための方策の1つとして科学技術の推進・活用があり、科学技術の活用のために知的財産が資することから、知的財産の重要性が認識されている。知的財産政策で重要なことは、科学技術研究の成果を、さらに次段階の研究やイノベーションに結びつけるには、どのように知的財産を保護すれば適切であるかということである。

知的財産権保護の目的は、特許法では、「発明の保護及び利用を図ることにより、発明を奨励し、もって産業の発達に寄与することを目的とする（日本国特許法第1条）」とされている。発明を秘匿することなく公開し、技術の発展に寄与した代償として、発明者または権利の承継人に対して、出願から20年間発明を独占的排他的に実施する権利を与えることで、発明完成の労苦に報い、新たな開発意欲を生じさせるものである¹⁾。保護の範囲が小さければ、研究者の開発意欲を失わせ、また、特許出願し公開する代償として保護を求めるモチベーションも失われる。また反対に、保護の範囲が大きければ、研究者が他の研究者による発明を利用して新たな発明を生み出したり、産業へ利用したりすることが困難になる。したがって、適切な範囲で知的財産を保護することが重要である。

この特許権による保護の範囲に関して、米国では、全米科学振興協会（AAAS；American Association for the Advancement of Science）で、2002年より科学と知的財産の公共利益の問題について検討するプロジェクト（SIPPI；Science and Intellectual Property in the Public Interest）が始められた。このプロジェクトは、科学において知的財産権の範囲がどの程

度であるのが適切であるかを検証し、科学からもたらされる利益が公平に享受される方向へと導くことを目指し、また、知的財産権に関する政策についての議論を盛り上げることを目的としている³⁾。2004年2月に開催されたAAASの年次総会においては、「知的所有権と研究的使用の例外、科学への影響（Intellectual Property and the Research Exemption: Its Impact on Science）」と題するシンポジウムが開催され、この問題について議論された^{4, 5)}。

一方、日本では、現在、特許権による保護の範囲に関して、特許法69条1項の解釈を明確とすることが緊急に解決すべき課題として認識されている。特許法第69条1項では、「特許権の効力は、試験又は研究のためにする特許発明の実施には、及ばない」と規定されている。この特許権の効力が及ばない範囲について、議論がなされており、「技術の進歩を目的とする行為」にすべきとの学説が有力であるが²⁾、明確に示された判例などはない。

技術の進歩や、産学官の連携の強化などといった社会の動きも受けて、特許権の効力が及ばないとされる試験・研究についての考え方について整理する必要性が高まり、知的財産推進計画2004（知的財産戦略本部、2004年5月27日）においても、2004年度中にこの考え方を整理すると記述されており、検討が進められているところである。

今回、AAASのプロジェクトのCo-DirectorであるAudrey R. Chapman博士に「研究利用における特許権の効力が及ばない範囲の現況」について寄稿いただいたので、その翻訳を以下に掲載する。

** 2004年6月30日まで

【全米科学振興協会（AAAS）より寄稿】

研究利用における特許権の効力の及ばない範囲の現況

科学および知的財産の公益性プロジェクト／全米科学振興協会（AAAS）

Audrey R. Chapman, Ph.D.

1. 背景

科学は、あらゆる人間活動のうち最も国際的なものの1つであり、科学の発展には、探索の自由、国際的レベルにおける科学的データへの完全かつ自由なアクセス、そして結果の自由な公開は不可欠である。したがって、科学的データやリサーチツール、マテリアル、発見といったものに著作権や特許保護を求めるという昨今の傾向は、科学研究に新たなコストと問題を生じさせるものとなっている。

最近まで、ほとんどの先進国では基礎科学研究に大規模な公的助成を行ない、その成果を広く利用し、自由にアクセスすることを保証してきた^(注1)。そして、基礎的研究開発に対しての政府の大規模な投資は、科学的データの保持と流通を含んだ科学研究というものが公益に資するということの証左にもなっていた。科学研究者たちは、伝統的に、データの共有と公

開を通じて研究成果を普及させることに積極的に専心し、自らの発見を特許化することに抵抗感を持ってきたのである^(注2)。

しかしながら、科学的発見の自由な利用と共有を奨励するという空気は大きく変容してきた。1980年、米国においてバイ・ドール法が成立して以来、政府の方針は公的助成を行なった研究の成果について商業的開発を奨励するという方向へ転換した。現在では、諸大学—特に、米国の大学とある程度の他国の大学—は政府が支援した研究の成果を特許化するのが通例となり、研究活動を重要な知的財産上の資産と考えるようになった。応用研究だけでなく基礎研究も、しだいに民間から研究資金を得るようになった。それとともに、自由な公開という科学の伝統にも影響が及んできた。多くの科学分野において、特に生命科学分野において、科学者たちは、自ら

の知的財産権を保全するため研究成果の公表を遅らせ、科学的データを自身で保持するようになっていく。例えば、1997年の調査によると、米国の生命科学研究者のほとんどが知的財産保護のために、同僚にも研究成果とマテリアルの公表を躊躇し、それらを自身で保持しているという^(注3)。

研究者や大学は、リサーチツールの他に、一時代前には商業的な特許保護の対象からかけ離れていると考えられていたゲノム研究のような、「上流の」研究成果にまで、現在では知的財産保護を求めるようになってきている。諸大学がますます積極的に特許を保有しようとするようになるにつれて、リサーチツールやマテリアル、試薬の譲渡に契約が課されるようになってきたのである。

また多くの科学的分野で、知的財産権の保有は公的機関と私的組織の両方で断片化される傾向に

(注1) Committee on Issues in the Transborder Flow of Scientific Data of the National Research Council, *Bits of Power: Issues in Global Access to Scientific Data*, (Washington, D.C.: National Academy Press, 1997), pp.17, 133.

(注2) Arny E. Carroll, "A Review of Recent Decisions of the United States Court of Appeals for

the Federal Circuit Comment: Not Always the Best Medicine: Biotechnology and the Global Impact of U.S. Patent Law," *The American University Law Review* 44 (Summer, 1995): n.24.

(注3) Eliot Marshall, "Secretiveness Found Widespread in Life Sciences," *Science* 276 (25 April 1997), p.525.

あり、様々な意味で「反共有物」(“anticommons”) となりつつある^(注4)。こうした断片化ないし「特許の密林」化の結果、研究者たちは研究を継続するのに一々膨大な時間を割いて特許の在りかを突き止めなければならなくなった。これにより、科学者たちが研究を遂行したり、新製品を開発したりするためにライセンス契約をする際に、法的費用や財政的負担を増大させる結果となった。例えば、国

際的な研究者チームがビタミンAを多く含む「ゴールデンライス」を開発したときには、40以上もの

ライセンス契約を結ぶ必要があったという^(注5)。

(注4) Michael A. Heller and Rebecca S. Eisenberg, “Can Patents Deter Innovation? The Anticommons in Biomedical Research,” *Science* 280 (1 May 1998), pp.698 - 701.

(注5) Travis J. Lybbert, “Technology Transfer for Humanitarian Use: Economic Issues and Market Segmentation Approaches,” *IP Strategy Today* 5 (200) : 18.

2. 研究利用での特許権の効力が及ばない範囲に関する現行の法律規定

原則として、特許保護された期間、その地域で当該特許発明を無許可で使用した場合には特許違反が発生する。しかしながら、この原則には例外があり、その1つに試験的使用の例外 (experimental use exception) がある。いくつかの国では、一定の状況下で非商業的目的のために私的に行われた研究でかつ試験的目的で行なわれた活動について、特許権の効力が及ばないとする旨が、立法により規定されている。例えば、多くのEU諸国および日本は、限定的ながら試験的使用における例外が認められている。しかし、この例外の範囲は極めて狭いことが多く、時には不明確でさえある。また、米国、カナダ、オーストラリアおよびニュージーランドなどの諸国では、判例により限定的に試験的使用での特許免除が認められているが、その範囲についてはやはり

争いがある。

試験的使用での特許免除の範囲と性質には、国によって相当の開きがあるのが現状である。その1つのポイントは、特許発明に基づく試験と、より広い研究を目的として特許発明を使用する試験との相違をどう考えるかという点にある。例えば、英国および他の多くのEU諸国の特許法は、明示的に、「当該特許により与えられた知識に基づき実施され、かつ、当該特許の主題について未知の何かを発見することを目的にするか、又はそれに関する仮説を試験することを目的とする研究」に、免除の範囲を限定している^(注6)。同様に、日本の特許法では「特許権の効力は、試験又は研究のためにする特許発明の実施には、及ばない」と規定している^(注7)。これらの定義では、新製品の開発といった、より広い研究目的に発明を応用する

場合には、特許権効力の除外規定は適用されない。さらに、もう1つの重要なポイントは、研究に商業的な動機が含まれているか否かを基準にして特許免除の適用の範囲を判断している点である。

米国の特許法では、発明の非商業的使用または研究利用については、制定法上での特許免除は規定していない。ただし、後発医薬品の承認申請に必要な臨床試験は権利侵害にあたらないとする明文の規定が存在する^(注8)。それにもかかわらず、これまで、米国の多くの科学者は製品を商業化する意思がない場合には、明示的な許可を求めなくても特許情報やリソースを利用できると考えていた。しかしながら、2002年、米国の連邦巡回控訴裁判所は、デューク大学に対する特許侵害訴訟の控訴審決定において「試験的使用の抗弁」を棄却した。すなわち、同控訴裁判所は、米国の法律も判例もこのような場合には研究利用上の免除を規定していないと判示した。そして、研究プロジェクトは、おそらく非商業的応用のためだが、明らかにデューク大学の正当な業務を促進するものであるため、デューク大学の非営利的もしくは教育的立場によって試験的使用の抗弁を正当化できるものではないと認定した^(注9)。その後2003年6月、

(注6) Australian Law Reform Commission, *Gene Patenting and Human Health*, Discussion Paper 68 (February 2004), p.388, ¶ 14.43 に引用されている。

(注7) 1999年12月22日の法律第220号により修正された、1959年4月13日の特許法第121号。Nuffield Council on Bioethics, *The ethics of patenting DNA: a discussion paper* (London, 2002), p.61 に引用されている。

(注8) 35 U.S.C. ¶ 271 (e)(1)。

最高裁判所は本件の再審請求を棄却している（注10）。

この件における裁判所決定は、米国の研究者に多大な影響をもたらすものと思われる。こうした事態に直面して、多くの研究者や企業は、それほど有望でない研究であっても、ライセンス上の障害が少なく、また研究を開始するコストが少ない研究に、投資を行なうようになるかもしれない。また、

特に大学をはじめとする様々な機関で働く研究者や開発者たちは、リサーチツールに対する権利を確保しようと、不必要に多くの契約を結ぶようになるかもしれない。

あるいはさらに、試験的利用の例外が認められている国や特許保護のない外国の機関に流出して、学術的研究を進めるかもしれない。

（注9） Madey Duke 307 F 3rd 1351 (2002) .

（注10） Duke University v Madey No. 02-1007 (Supreme Court of the United States 2003) .

3. 改善のための方策

上述のような事態の結果、投資や製品開発が奨励される代わりに、ますます多くの知的財産権が設定され、人類の福祉を促進するための有用な製品が減少する可能性さえある。したがって少なくとも、多くの諸国において試験的利用の例外の範囲を明確にし、不明確な部分を除去することが必要である。また、TRIPS 協定 (Agreement on Trade-Related

Aspects of Intellectual Property Rights：知的所有権の貿易関連の側面に関する協定) に定められた要件に従って、各国の規定を統一していくことも非常に有効であると思われる。筆者としては、法律上の研究利用免除規定の適用が、特許発明を使用する研究に適用されるように拡大されるべきであると考えている。いくつかの国の裁判所では、すでに試験的使用

の抗弁を改善する方向が検討されている。また、全米科学振興協会 (AAAS；American Association for the Advancement of Science) でも、最近そうした様々な提案を評価するためのプロジェクトを立ち上げ、どの方策が最も科学研究とイノベーションを推進するかを検討している。

（以上 寄稿）

謝 辞

本稿をまとめるにあたって、政策研究大学院大学隅藏康一助教授には、貴重なご意見をいただきました。文末にはなりますが、ここに深く感謝致します。

参考文献

- 1) 高林龍「標準特許法」有斐閣、2002 年
- 2) 中山一郎「日米比較から見た特許権と「実験の自由」の関係について―「試験・研究の例外」の変遷と課題―」AIPPI, Vol.48,

- No.6, pp436 - 472 (2003)
- 3) AAAS, Science and Intellectual Property in Public Interest (SIPPI): <http://sippi.aaas.org/about/>
- 4) 「米国における知的財産権訴求の試験・研究使用の例外範囲の縮小の影響 ―知的財産権の保護と円滑な研究活動はどこで両立すべきか―」科学技術動向 2004 年 3 月号
- 5) AAAS 年次総会: <http://www.aaas.org/meetings/>
- 6) Michael A. Heller and Rebecca S. Eisenberg, "Can Patents Deter

- Innovation? The Anticommons in Biomedical Research," Science, Vol.280, pp.698 - 701 (1998)
- 7) Michel A Heller, Rebecca S. Eisenberg 著 和久井理子訳「特許はイノベーションを妨げるか? ―生物医学研究におけるアンチコモンズ―」知財管理 Vol.51, No.10 (2001)
- 8) Bio ベンチャー Vol. 2, No. 2 (2002)
- 9) 産業構造審議会知的財産政策部会特許制度小委員会特許戦略計画関連問題ワーキンググループ 第 6 回、第 7 回配付資料 (2004 年 1 月 20 日)

《解 説》

●アンチコモنز（の悲劇）

「アンチコモنزの悲劇」とは、研究成果の私有化が行き過ぎると、知的財産権が細分化し、これを効果的に利用することができる権利を持つものが全く存在しない状況となり、有用な利用が妨げられる恐れがあることを指摘したものである^{6, 7)}。

●バイ・ドール法

米国上院議員のバーチ・バイ（Birch Bayh）とロバート・ドール（Robert Dole）により提案された「1980年特許商標法修正法」を、通称「バイ・ドール法（Bayh・Dole Act）」という。連邦政府の資金提供によって完成された発明を、大学、非営利団体、中小企業が自分の帰属にすることができるようにし、特許化してライセンスした場合には、そのロイヤリティ収入を発明者や科学技術のための研究開発に還元することを義務づけた。この法律の制定によって、研究を行っている多くの大学等では技術移転機関（TLO）が大学内または外の組織として設立されるようになり、政府資金の援助を受けて得られた研究成果が、大学等の所有として特許化され、大学等と企業間でライセンス契約して技術移転される途が開かれた⁸⁾。

●「研究利用での特許権の効力が及ばない範囲」に関する各国の規定

「研究利用での特許権の効力が及ばない」とする特許権の効力に対する制限は、権利の性質や公益的理由から加えられる制限である¹⁾。主な国の規定は以下の通り。

①米国

制定法上で「試験的使用の例外」に関する明文の規定はないが、判例において適用されている。その組織の「正当な業務」の遂行のためであって、「娯楽のため、単なる好奇心を満たすため、又は厳密に哲学的な探求のため」とは言えない場合には、「試験的使用の例外」は適用されない、となっている。⁹⁾

②英国

特許法第60条5項「(a)私的にかつ非商業的目的でなされる場合、(b)その特許発明の主題に関し試験目的でなされる場合は、特許侵害を構成しない」において規定されている。

③ドイツ

特許法第11条「(a)私的にかつ非商業的目的でなされる行為、(b)特許発明の主題に関し試験目的でなされる行為には特許権の効力が及ばない」において規定されている。

④フランス

知的財産権法第613条5項「(a)私的にかつ非商業的目的でなされる行為、(b)特許発明の主題に関し試験目的でなされる行為には特許権の効力が及ばない」において規定されて手いる。

⑤日本

特許権は、「業として」の実施のみに及ぶ。業としての実施とは、「産業とは関係のない実施、すなわち個人的あるいは家庭的な実施」以外のものを指すと解釈されている。

特許法第69条1項に「特許権の効力は、試験または研究のためにする特許発明の実施には及ばない」と定められている。この解釈について示された判例はこれまでなく、学説では、「技術の進歩」を目的とする行為（特許性調査、機能調査、改良・発展を目的とする試験）に限定すべきであるとの説が通説になっている。⁹⁾

●デューク大学の件

「試験的使用の例外」について米国連邦最高裁判所の判断が示されたものである。大学において行われた試験又は研究が他者の権利を侵害しているとの理由でその差し止めが求められた。

デューク大学の教授であったMadeyが、自らの所有する特許発明を用いた装置を研究室に設置していたが、Madeyが大学を退職した後も大学側が当該装置を使用していたため、Madeyが大学による当該装置の使用の差し止めを求めて提訴したという裁判である。大学は、自らは教育活動を行う非営利機関であり、当該装置の使用は「試験的使用の例外」にあたると主張した。

地裁判決では、大学による当該装置の使用が「試験的使用の例外」に当たることが認められたが、控訴審である連邦巡回控訴裁判所では、デューク大学の行為は「試験的使用の例外」には

当たらないと判示された。つまり、「娯楽のため、単なる好奇心を満たすため、又は厳密に哲学的な探求のため」と言える場合にのみ「試験的使用の例外」の法理が存在し、当該行為に商業的目的があるかは関係なく、その行為が「組織の正当な業務」の遂行のためである場合には「試験的使用の例外」は適用されないと判示された (Madey v. Duke University, 307 F.3d 1351 (Fed. Cir2002))。

同判決に対して、デューク大学は連邦最高裁に上告したが、2003 年 6 月、最高裁はデューク大学の訴えを棄却し判決が確定した (Duke University v Madey No. 02 - 1007 (Supreme Court of the United States 2003))。⁹⁾

● TRIPS 協定 (Agreement on Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights)

TRIPS 協定とは、特許などの知的財産の保護について、WTO に加盟している国が守るべき最低限の保護水準を定めたものである。1995 年 1 月 1 日発効。

試験又は研究の例外に関し、第 30 条において、「与えられる権利の例外」として、「加盟国は、第三者の正当な利益を考慮し、特許により与えられる排他的権利について限定的な例外を定めることができる。ただし、特許の通常の実施を不当に妨げず、かつ、特許権者の正当な利益を不当に害さないことを条件とする」と規定している。

.....

科学技術動向研究センターとは

平成 13 年 1 月より内閣府総合科学技術会議が設置され、従来以上に戦略性を重視する政策立案が検討されています。科学技術政策研究所では、戦略策定に不可欠な重要科学技術分野の動向に関する調査・分析機能を充実・強化するため 1 月より新たに「科学技術動向研究センター」を設立いたしました。本センターでは、第 2 期「科学技術基本計画」に示されたライフサイエンス、情報通信等の重点分野の最新動向に係る情報の収集や今後の方向性についての調査・研究に、下図に示すような体制で取り組んでいます。

センターがとりまとめた成果は、適宜、総合科学技術会議、文部科学省へ政策立案に資する資料として提供いたします。

センターの具体的な活動は以下の 3 つです。

1

「科学技術専門家ネットワーク」による科学技術動向分析

わが国の産学官の研究者を「専門調査員」に委嘱して（2003 年度実績約 2,500 人）、インターネットを利用して科学技術動向に関する幅広い情報を収集・分析する体制「科学技術専門家ネットワーク」を運営しています。このネットワークを通じ、専門調査員より国内外の学会、学術雑誌などで発表される研究成果、注目すべき動向や今後の科学技術の方向性等に関する意見等を広く収集いたします。

これらの情報に、センターが独自に行う調査・研究の結果を加え、

毎月 1 回、「科学技術動向」としてまとめ、総合科学技術会議、文部科学省を始めとした科学技術関係機関等に配布いたします。なお、この資料は <http://www.nistep.go.jp> において公開します。

2

重要科学技術分野・領域の動向の調査研究

今後、国として取り組むべき重点事項、具体的な研究開発課題等を明確にすることを目的とし、重要な科学技術分野・領域に関するキーテクノロジー等を調査・分析します。

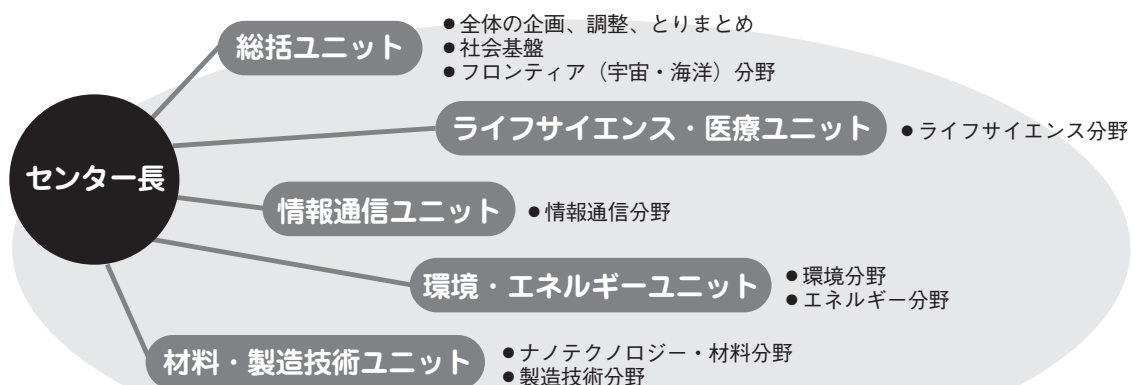
さらに、重要な科学技術分野・

領域ごとの科学技術水準を欧米先進国と比較し、わが国の科学技術がどのような位置にあるのかについての調査・分析も行います。

3

技術予測に関する調査研究

当研究所では、科学技術の長期的将来動向を総合的に把握するため、デルファイ法による技術予測調査をほぼ 5 年ごとに実施しています。2003 年度より 2 年間にわたり「科学技術の中長期的発展に係る俯瞰的予測調査」を現在実施中です。



*それぞれのユニットには、職員の他、客員研究官（非常勤職員）を配置。

*センターの組織、担当分野などは適宜見直しを行う。

SCIENCE & TECHNOLOGY TRENDS

August 2004
(NO.41)

Science & Technology Foresight Center

National Institute of Science and
Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports,
Science and Technology

※このレポートについてのご意見、お問い合わせは、下記のメールアドレスまたは電話番号までお願いいたします

なお、科学技術動向のバックナンバーは、下記の URL にアクセスいただき「報告書一覧 科学技術動向・月報」でご覧いただけます。

文部科学省科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター

連絡先：〒 100 - 0005 東京都千代田区丸の内 2 - 5 - 1

電話 03 - 3581 - 0605 FAX 03 - 3503 - 3996

URL <http://www.nistep.go.jp>

Email stfc@nistep.go.jp

- ▶ Life Sciences
- ▶ Information & Communication Technologies
- ▶ Environmental Sciences
- ▶ Nanotechnology & Materials
- ▶ Energy
- ▶ Manufacturing Technology
- ▶ Infrastructure
- ▶ Frontier

Science & Technology Trends

科学技術動向

《2004年8月号》

文部科学省 科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター