

月刊誌「エレクトロニクス実装技術」の記事抜粋—1

2014年1月から、Gichoビジネスコミュニケーション株式会社発行の月刊誌「エレクトロニクス実装技術」のコラムを担当させて頂き、毎月4頁程を頂いて各種の記事を連載しています。2015年から3年間に亘って各種の企業取材し記事にしました。その中から幾つかを面白そうな話題を拾って編集してみました。膨大な資料がありますので、今後、第2回、3回と紹介する予定です。

目次	Page
カミオカンデでノーベル賞メーカーの浜松ホトニクス	p1
MEMS 時代の尖兵と言うべきオムロン	p6
ロボットのベンチャービジネスの RBI	p8
橋梁などインフラ点検のイクシスリサーチ	p9
超大型水流ポンプからナノテクまでの荏原製作所	p10

ノーベル賞メーカー「浜松ホトニクス株式会社」

1. ノーベル賞はカミオカンデから

1987年、大マゼラン星雲で超新星が爆発した。望遠鏡で発見されるより1日前に、岐阜県飛騨市神岡町にあるカミオカンデでニュートリノを観測した。ニュートリノは、地球のあらゆる物質を透過してしまうが、極わずかにカミオカンデの中の純水中で、水の原子と反応して光を発する。そのわずかな光を浜松ホトニクスが製作した光センサー（光電子増倍管）で検出した。世界で初めてニュートリノを観測することができ、このプロジェクトを指導された小柴昌俊博士はノーベル賞を貰われることになった。

カミオカンデは岐阜県神岡鉱山地下にあって、現在は後継機のスーパーカミオカンデが活躍中で、直径40m、高さも40mの巨大な円筒形のタンクに5万トンの純水が満たされて地下1000mに埋められている。そのタンクの内壁に11200本の20インチ光電子増倍管が張り付けられ、チェレンコフ光と呼ばれる極微弱な光を検出する。次はハイパーカミオカンデが計画され、100万トンの純水からの光を99000本の20インチ光検出器でニュートリノを観測する巨大な装置となる。

このようにして、ニュートリノ天文学が始まった。ニュートリノの観察だけでなく、宇宙にある正体不明のダークマター（暗黒物質）やダークエネルギーの解明にも役立つと期待されている。また、大統一理論（注1）によると、未来永劫に安定であると信じられてきた陽子も崩壊すると予言されており、その崩壊する現象を観測するのも目的となっている。1は、スーパーカミオカンデの内部と、直径20インチの光電子増倍管が11200本も並んでいる写真である。



図1 スーパーカミオカンデと光電子増倍管

注1;これまでに知られている物理学の力は、重力、電磁力、強い相互作用(陽子や中性子を原子核内にくっつける力)、弱い相互作用(中性子が崩壊して陽子になる時に働く力)の4つであり、それらを統一する理論が大統一理論で、それによると陽子も崩壊することになり、崩壊を検出する実験が続けられている。

2. ヒッグス粒子を観測して、またノーベル賞

スイス、ジュネーブの郊外の CERN(欧州原子核研究機構)の全長 27km に及ぶトンネルの中で陽子が加速されて光に近い速度で陽子と陽子を衝突する。そこで発生したヒッグス粒子が瞬時に崩壊してできた2次粒子の飛跡とエネルギーを検出するため、[図2](#)、[図3](#)に示す浜松ホトニクス製の SSD(シリコン・ストライプ・ディテクタ)、APD(アバランシェ・フォォト・ダイオード)、光電子増倍管が採用されている。

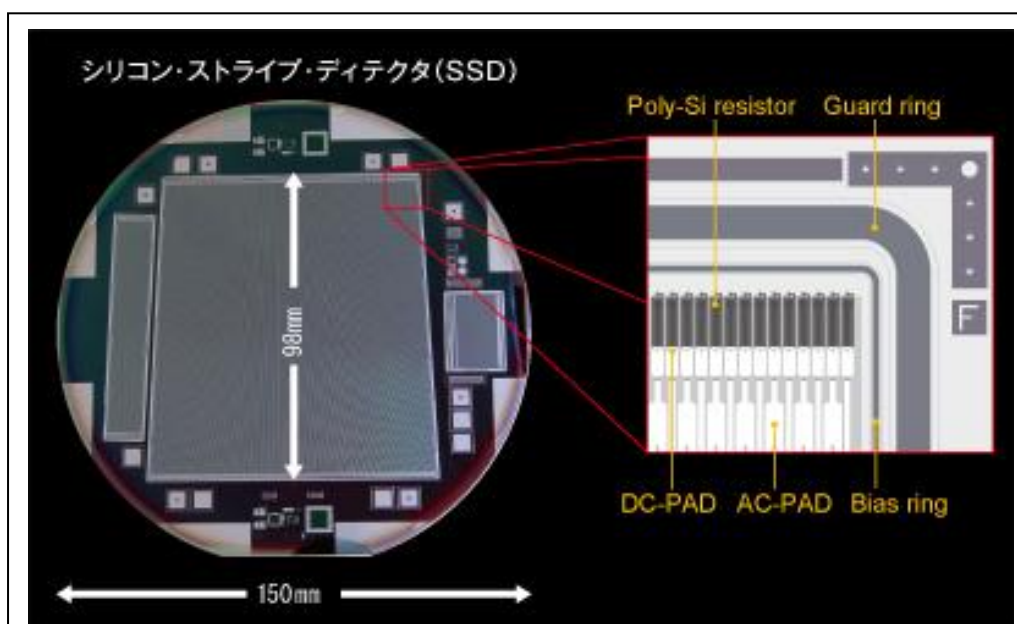


図2 6インチ Φ シリコンウエハーで製作される SSD

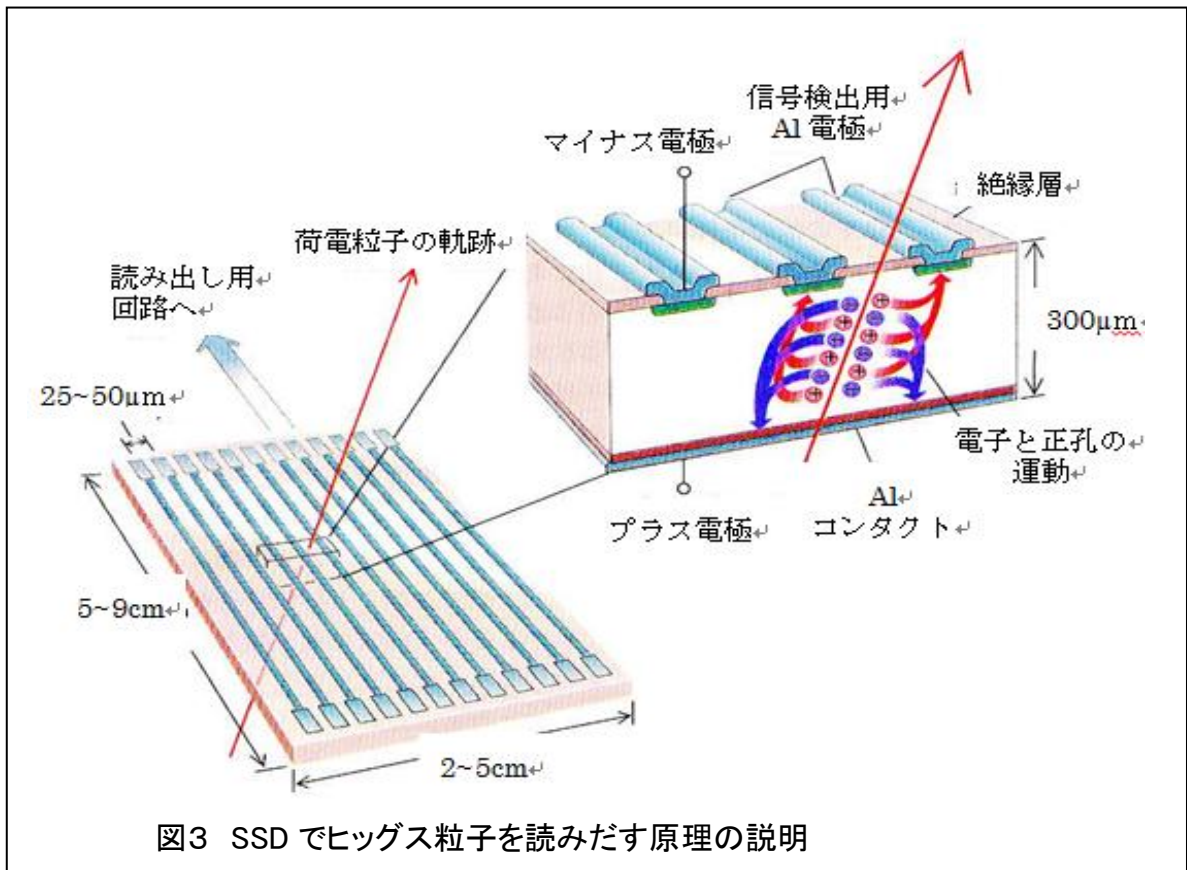
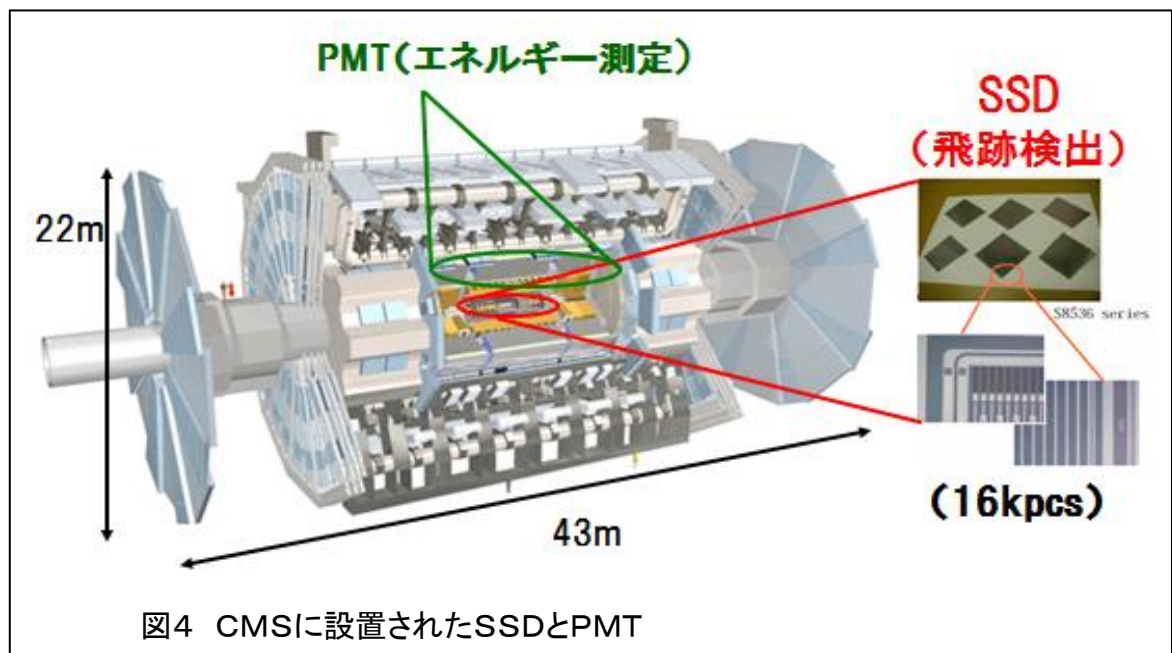


図4に加速器内部の様子を示す。ヒッグス粒子はあらゆる物質に質量を与える粒子で、宇宙の始まり(ビッグバン)のエネルギー状態を人為的に作り出すと考えられている。2013年、その存在が確定され、ヒッグス粒子の存在を予言したフランソワ・アングレール名誉教授、ピーター・ヒッグス名誉教授が2013年のノーベル物理学賞を受賞された。

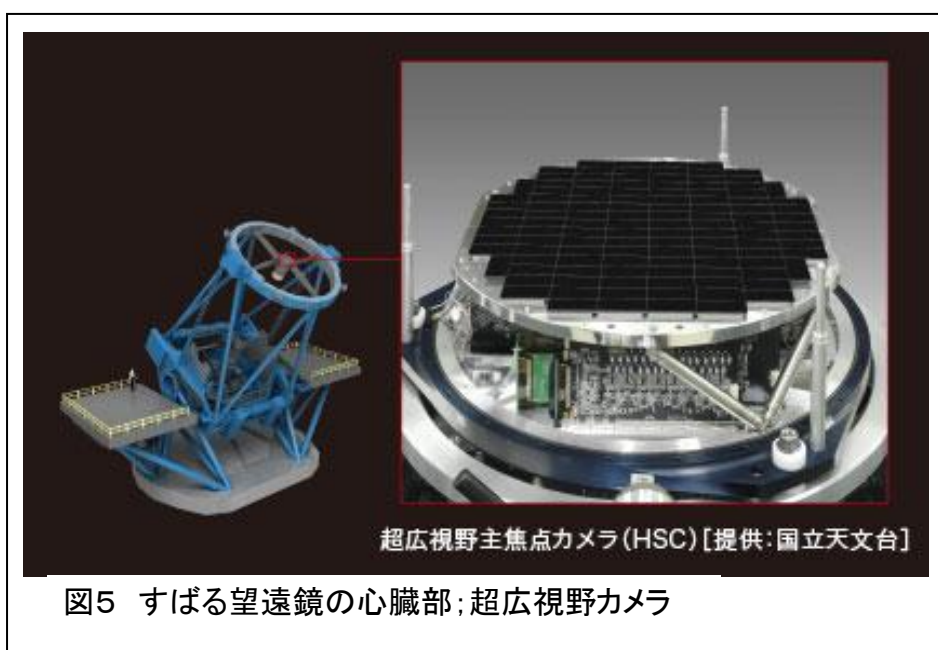


3. 宇宙人が見つかるか、ダークマターを観測する「すばる」望遠鏡

ハワイのマウナケア山は、標高4200mで年中晴れており水蒸気が少ないため、天体観測には絶好の場所で、ここに世界最高級の広角天体望遠鏡:「すばる」を、1999年日本の力で設置した。宇宙からの微弱な光を受けるのは、口径8.2mの一枚鏡で像を結び、撮像するのは浜松ホトニクスが製作したCCDイメージセンサである。

図5は、「すばる」に取り付けられたイメージセンサである。「すばる」の特徴は視野の広さで、太陽系外の惑星の発見や、最遠の宇宙にある星の観察などに世界的にも群を抜く活躍をしている。特に、地球上の大気の揺らぎを補正する補償光学技術の導入によって性能が上がり、129億光年のかなたにある銀河を発見した。図6はその写真である。遠くの星ほど早い速度で遠ざかっているのがドップラー効果で赤方偏移しており、129億光年の星では青色が波長の長い近赤外に変わってしまうので、近赤外に感度のあるイメージセンサが必要である。現在の宇宙は、137億年前のビッグバンで始まったと言われているから、宇宙ができてから8億年しか経っていない星を見ている訳である。また、最近、木星や土星の衛星に生物が居る可能性があると言われて話題になっているが、「すばる」は遠い太陽系のはるか外の恒星の回りを回っている惑星の撮影に成功している。「すばる」の次に口径30mの超大型望遠鏡が計画されているので、生物の存在に対する知見が得られるかも知れない。

「すばる」に使用されている CCD イメージセンサは、図7のような構造と性能表で、極めて特殊な構造である。入射光の利用率を高めるため裏面照射型であるが、通常のスマホやデジタルカメラに使われているイメージセンサは数 μm と薄いのに対して、「すばる」用は200 μm と厚く、波長1100nmの近赤外線に十分な感度がある。空乏層を広げるため、10k $\Omega\text{ cm}$ と極めて低濃度のN型シリコン結晶を用い、50Vのバイアス電圧を掛けている。チップの大きさは3cm $\times$ 6cmの大面积で、これを116個敷き詰め、画素数は8億7000万になる巨大な受光素子である。



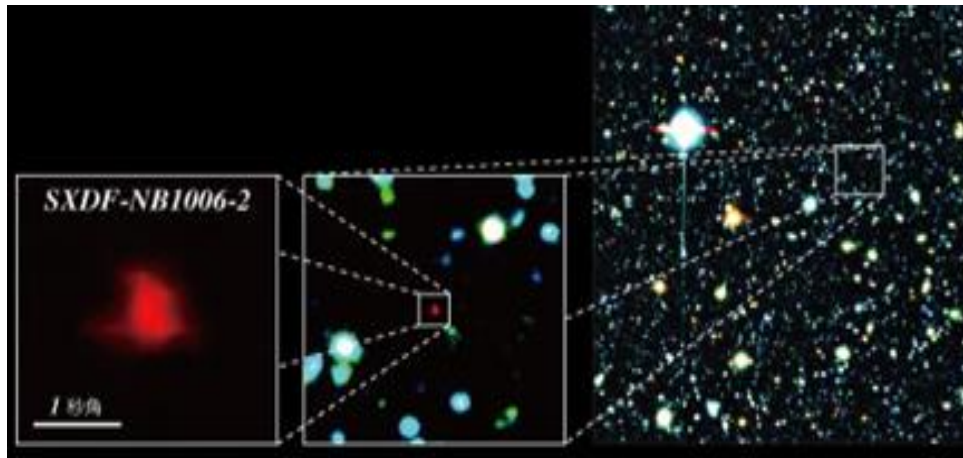
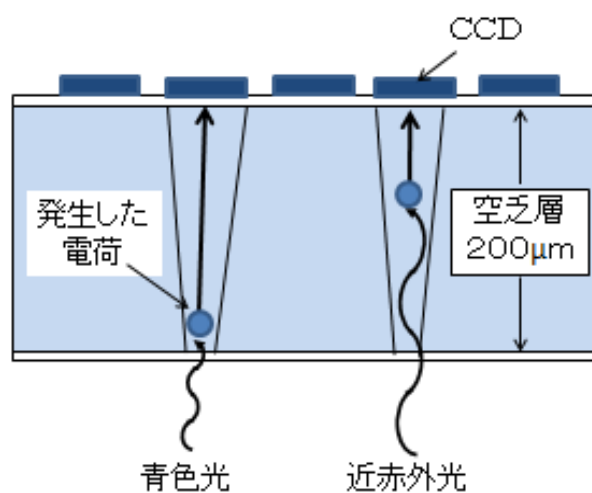


図6 129億光年の最遠方銀河



項目	内容
タイプ	完全空乏型 裏面入射型CCD
画素サイズ	15 μm □
画素数	838万画素 2048×4096
動作温度	マイナス100℃
近赤外線感度	40% @1000nm
タイリング	4辺近接構造
読出雑音	<5電子
暗出力	<5電子/画素・時間

図7 すばる望遠鏡に使われている CCD イメージセンサの構造と性能

宇宙に関する面白い技術と浜松ホトニクス社の貢献を紹介したが、これらの機器を支えているのが MOEMS (Micro Optical Electro Mechanical System) 技術である。浜松市に6インチウエハーの生産工場があり、主なデバイスとして、CMOS (アナログ、デジタル、センサー)、CCD イメージセンサ、化合物半導体 (InGaAs の APD など) などを生産している。更に色々な用途に対応するため多様なパッケージや実装技術、またウエハー直接接合技術や貫通電極技術も持っておられるが、紙面の関係で省略する。

MEMS 時代の尖兵;オムロン

FA技術を中心に産業界の生産性向上に貢献し、ヘルスケア、車載、電子部品などバランスのとれた経営のオムロン株式会社を取材した。

1. 卓球ロボット

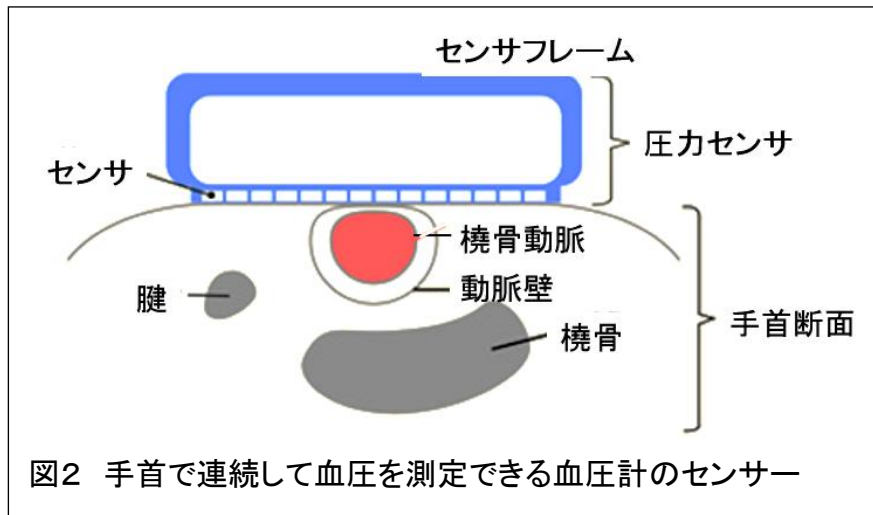
ここ4年間、CEATEC展示の目玉となっているのが、オムロンの技術を紹介する卓球ロボットである。筆者も見学し図1の写真を撮ってきた。相手の打った球は2台のカメラで撮影しており、画像の取り込みは80フレーム／秒であるから特別なカメラではない。連続して画像を取り込み、複数のフレームから球の軌道を解析し、その先どのように球が進むかを予測して追従している。ラケットは上方から出ている3本の腕で位置決めをおこない、23ビットの高精度エンコーダを搭載したサーボモータ(オムロン 1Sシリーズ)を使用し、精密に制御している。今回、トスを上げるロボット「垂直多関節ロボット(オムロン Viper650)」とスイングをするロボット「パラレルリンクロボット(一般産業用)」を1/100秒以下の精度で同期して制御している。現場で活用されている、複数のロボット間において物の受け渡し行う動作を卓球ロボットに応用したものである。



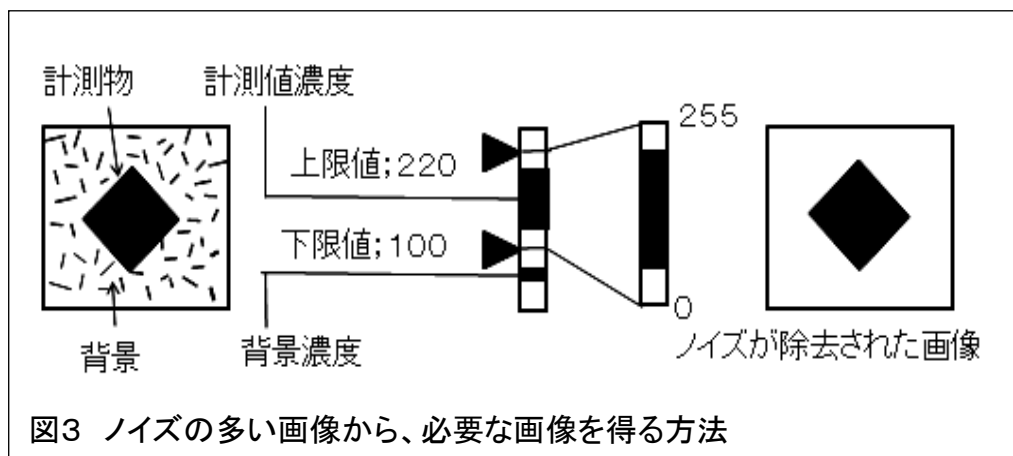
2. ヘルスケア

オムロン社は、元々無接点スイッチを開発しオートメーション機器などに採用されて発展してきた会社であるが、現在は多くのセンサー類の生産もされ、ロボットやヘルスケアに用いられている。健康に関する商品では、血圧計、体温計、歩数計、心電計、マッサージ器、補聴器、電動歯ブラシなどがあり、中でも血圧計は世界の50%近いシェアを持っている。心臓は1日に10万回程度拍動し、1拍ごとに血圧は変動し、夜間や早朝の高血圧や急激な血圧変動は脳・心血管疾患の発症リスクを高めることが指摘

されている。しかし、現在ほとんどの家庭用血圧計は、カフで上腕や手首の血管全体を圧迫して血流を一時止め、常時測定するのではないのに対して、トノメトリ法によると手首に機器をつけるだけで簡単に独自の圧力センサー1拍ごとの血圧を測定することができる。トノメトリ法とは、手首の体表近くにある橈骨(とうこつ)動脈に図2のように46個の圧力センサーを押し当てて、1拍ごとの血圧を測定する血圧測定方法である。睡眠中や急激な血圧変動を検知することができ、これらの血圧変動情報から、患者が持っているリスクの高い血圧上昇をとらえ、脳・心血管疾患発症リスクを予測し、発症を抑えるための高血圧診断・治療に貢献できる。



多くのセンサーを商品化されているが、一例として画像センサーを紹介する。カメラで撮影した映像を画像処理することで、対象物の特徴量（面積、重心、長さ、位置など）を算出し、データや判定結果を出力するセンサーで、キズ、汚れ、エッジの検出で欠けやバリを発見、濃淡画像の処理など色々な機能を持っている。装置の位置決めにも使われる。図3に画像処理でノイズを除去したり、余計な背景をカットする様子を示す。



ロボットビジネスのベンチャー; RBI 社

ロボットが盛んである。バイオ関係の実験用ロボット「まほろ」で革新を興す RBI 社 (Robotic Biology Institute 社) を取材した。RBI社は、バイオの実験作業に特化したロボットのビジネス化を目的に2015年6月に設立された。産業技術総合研究所で開発された技術を元にしてそのビジネス化を行う社員15名のベンチャーで、バイオ、ロボット、ITの3分野の技術者が揃い、製品は「まほろ」と名付けた人型ロボットのビジネスを始め、製薬会社などで活用されている。

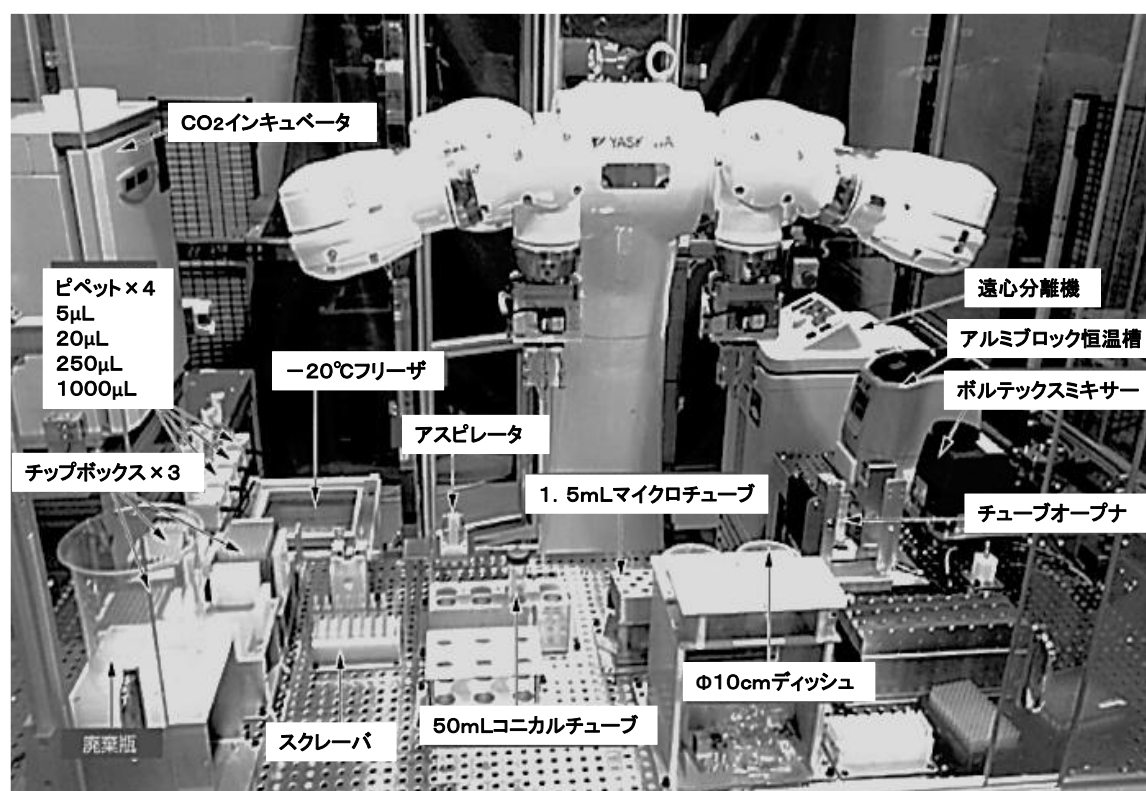


図1 「まほろ」とその周辺に置かれた実験用の容器、機器類

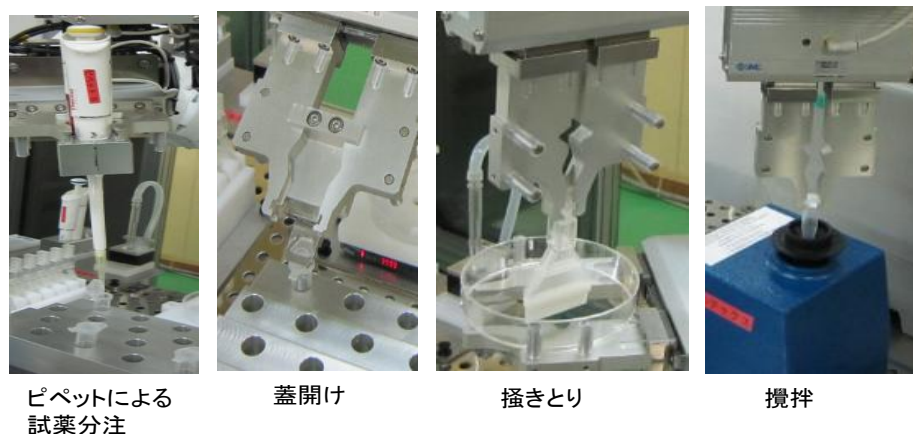


図2 「まほろ」の指による動作の例

橋梁などインフラ点検を推進するイクスリサーチ社

イクスリサーチ社は、1998年設立で、技術者10名のベンチャー企業であるが、ロボット以外の専門家がも多く、顧客に Solution を提供するのが会社の方針である。世の中には点検すべき対象が極めて多いが、どれも仕様が異なっているので、カスタムメイドとなり、大手の企業は苦手で、ベンチャーが活躍する業種である。

1. 橋梁の点検

戦争が終わった1945年以降、モータリゼーションという言葉が流行り、自動車用の橋が日本全国に作られた。これらの橋は、数十年経って老朽化が始まっていると考えられる。現在は5年毎に点検することになっているが、橋の裏側の点検は容易ではなく、主に遠望目視で点検が行われている場合が多く、満足いく点検が行われているとは言い難い。最近、遠望ではなく近接点検を行うことが法律で決まったが、橋の下に足場を設けて人が点検するのは非常に厄介な作業であり、法律は決まっても実行する方法が確立していないと言うべきである。そこでこれを解決すべく、イクスリサーチ社では橋梁点検用の2台のステレオカメラを積んだロボットを開発した。もちろん、足場は不要で鋼板の橋に懸垂できる。図1はロボットの構造である。カメラの観察では、0.1mmの傷が検出できる。叩いた時の音の検査や、超音波探傷もできる拡張性を持っている。イクスリサーチ社のロボットの便利な点は、カメラで撮影した画を元に、問題点をその場で確認できるコンピュータが付属していることで、従来はオフィスに持ち帰って数日掛けて確認していた作業が不要になった。

日本では大きな橋が落下した事故は聞かないが、海外では発生している。日本で点検を要する橋の数は70万カ所とも言われており、これらを完全に点検するには、莫大な数のロボットが必要になる。

点検結果は、無線で本部へ送られてエッジコンピュータで処理されるIoTに参入するメーカーがかなり出てきており、インフラ点検が一つの産業分野になるかも知れない。

図2は、石油タンクの欠陥を調べているロボットである。



図1 橋梁点検用ロボットの構造

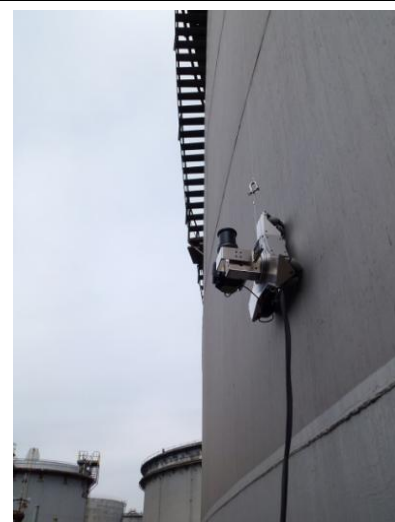


図2 石油タンクを点検中のロボット

超大型水流ポンプからナノテクまで、荏原製作所

1-1. 水・空気・熱を移送する「風水力事業」

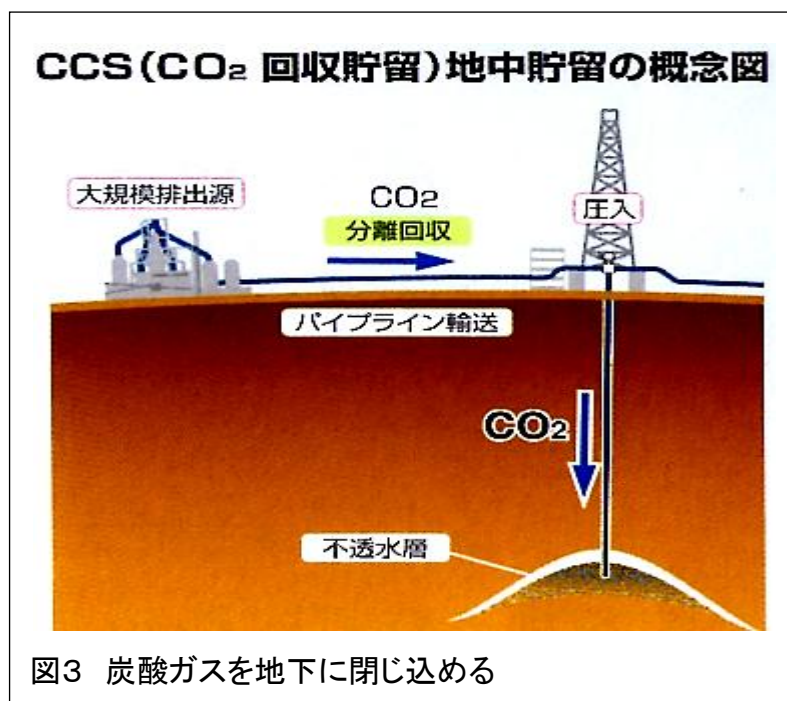
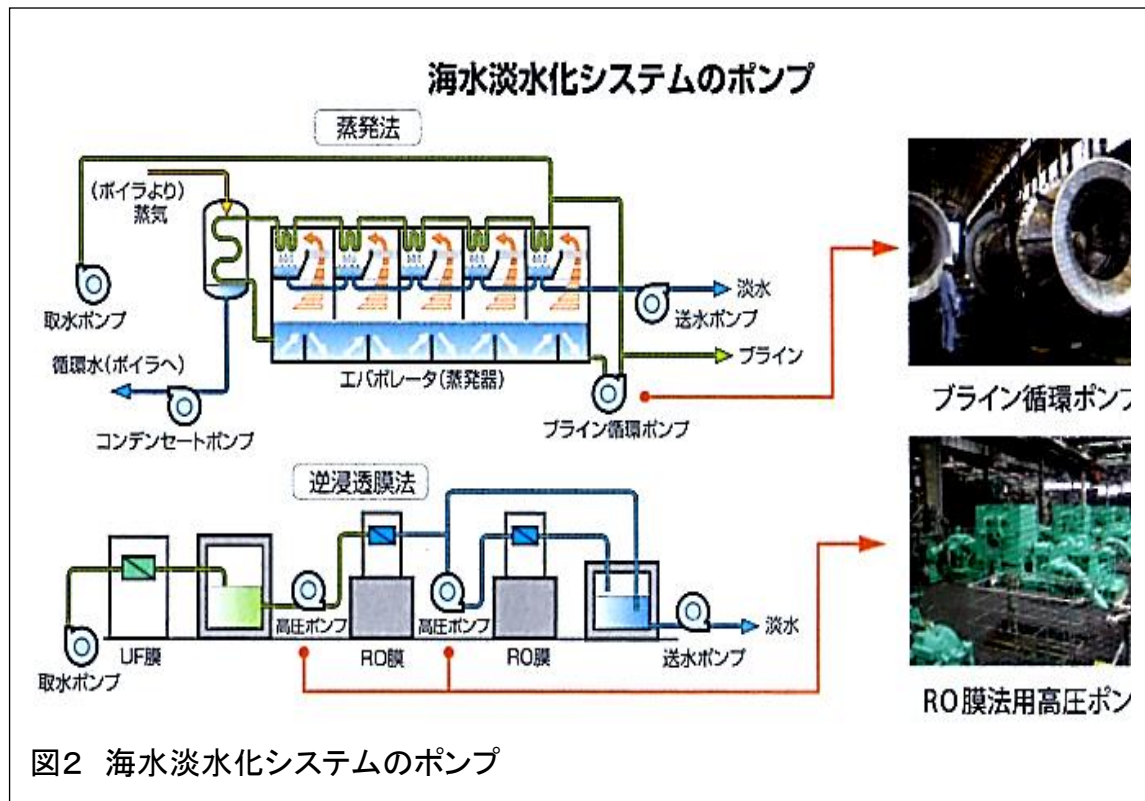
ポンプ、コンプレッサー・タービン、送風機、冷凍機・冷却塔、エネルギー関連など、色々な製品群を持っているが、ここでは巨大なポンプを紹介する。まず、[図1](#)をご覧ください。プールの一杯の水を入れるのに、たった7秒とは！！

世界の人口が80億人になった現在、水不足で悩んでいる人が10億人を超えていると言われている。日本では上水道の普及率は98%であるが、全世界では30%である。益々増える人口に対してどのように水不足対策を行うのか、荏原製作所の果たす役割は非常に大きい。即ち、上下水道の整備、遠くの水不足地への送水、海水を淡水化し必要なところへ送るなど。砂漠へ水を送って緑化するなども将来大々的になるかも知れない。良く知られた実績では、中国山西省の水不足地方に黄河から、標高差632m、距離270kmを、5カ所のポンプ・ステーションで高濃度の砂混じりの水を送水するという困難なプロジェクトに成功している。

特殊な分野でも活躍しており、液化天然ガス（LPG）の搬送には、マイナス160℃の低温に耐えるポンプが必要であり、火力発電や原子力発電などでは、200℃の高温の水をタービンに送る必要があり、このような過酷な条件のポンプも荏原製作所で作られており、我々は知らない内に恩恵にあずかっている訳である。

地球温暖化対策として面白い技術があり、[図2](#)は海水淡水化システム、[図3](#)は排出された炭酸ガスを地下深くに貯蔵する検討を行っていることを紹介しておく。





荏原製作所は、半導体の生産に用いられる CMP(平坦化研磨装置)、メッキ、真空ポンプ、オゾン発生装置、排ガス処理装置など、産業界に役立つ製品を出しておられるが、紙面の関係で省略する。