

I S S N 0386-5878

土木研究所資料第3056号

土 木 研 究 所 資 料

研 究 開 発 ノ ー ト

—バイオテクノロジー事例集—

平成4年2月

建 設 省 土 木 研 究 所

企 画 部

Copyright © (1992) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

研 究 開 発 ノ ー ト

ーバイオテクノロジー事例集ー

企画部	先端技術開発研究官	池 村 雅 司
	企画課長	末 次 忠 司
	企画課	小 林 奈緒子

要 旨

バイオテクノロジーを建設事業に応用するため、建設事業に直接的または間接的に関係する各種分野のバイオテクノロジーの研究開発事例を収集したものである。

キーワード：バイオテクノロジー，ロボット

まえがき

20××年、日本社会は史上空前の労働者不足、高齢化の時代を迎え、建設事業も大幅な自動化、省力化へと技術革新を進めざるをえない逼迫した状況となっていた。既に建設ステーションにおいては、掘削用のモグラ型ロボット、土砂運搬用のアリ型ロボットなどが導入されていたが、更なる技術革新として、バイオテクノロジーの活用が望まれていた。こうした状況は今から考えれば、多少夢物語であるかもしれない。しかし、近い将来少なくとも生物の運動機能・神経機能・化学的機能を取り入れた技術開発、すなわちバイオテクノロジーの建設事業への導入の必要性が叫ばれるであろうし、既に他分野においては積極的にこうした技術の活用が進められている。建設業の労働生産性が他産業に対して相対的に低下してきている原因については種々の原因が考えられるが、こうした状況もその原因の一つであるとも言われている。

バイオテクノロジーとは、「生体の有する機能を物質の生産、変換などに合理的に利用し、また生体の機能を模倣してより合目的に活用する技術」である。本書ではバイオテクノロジーのうち、特にバイオセンサー、バイオケミカル、人工材料、バイオ（エレクトロ）ニクス、バイオメカニクス、バイオミメティックスに関する研究開発事例を収集した。そして、単なる事例の紹介だけではなく、できる限り研究における着目点、工夫、産業への応用に関する記述も網羅し、研究開発のための参考書となるように整理した。

なお、巻末には参考資料として、バイオテクノロジー年表と工業用ロボットの一覧表を添付した。

目 次 (全体)

まえがき

第1章 バイオテクノロジーとその可能性	1
1-1 バイオテクノロジーとは	1
1-2 調査の方法及び対象	5
第2章 バイオテクノロジー事例集	7
2-1 バイオセンサー	8
2-2 バイオケミカル	26
2-3 人工材料	32
2-4 バイオ (エレクトロ) ニクス	38
2-5 バイオメカニクス	52
2-6 バイオミメティックス	72
2-7 その他	78
2-8 今後予想される研究開発テーマ	86
参考資料1 バイオテクノロジー年表	89
参考資料2 工業用ロボットの一覧表	91
参考文献	93
あとがき	94

目 次 (第2章 バイオテクノロジー事例集)

2-1 バイオセンサー	8
1) 加速度センサー	8
2) 人工の鼻	10
3) 触覚センサー	12
4) 走磁性細菌	14
5) 皮膚の触感	16
6) 味センサー	18
7) 尿素, グルコースセンサー	20
8) 匂いセンサー	22
9) 雨滴センサー	24
2-2 バイオケミカル	26
1) 活性汚泥による脱臭	26
2) バイオプラスチック	28
3) 人工酵素	30
2-3 人工材料	32
1) 人工生体膜	32
2) 培養皮膚	34
3) 人工血液	36
2-4 バイオ (エレクトロ) ニクス	38
1) 人工網膜	38
2) シリコン網膜	40
3) バイオ素子	42
4) 立体形状認識システム	44
5) 分子スイッチ	46
6) 人工眼	48
7) 超音波を用いた2次元変換器	50
2-5 バイオメカニクス	52
1) ロボットハンド	52
2) アクチュエーター	54

3) バイオモーター	56
4) 流体アクチュエーター	58
5) オリエンテーリングロボット	60
6) 傾斜機能材料を用いた搬送装置	62
7) シールドトンネル	64
8) フィンシップ	66
9) ヘビ型ロボット	68
10) 走行メカニズム	70
 2-6 バイオミメティックス	 72
1) 発水性繊維	72
2) 蛾の角膜構造を応用した深色化繊維	74
3) 人工素材	76
 2-7 その他	 78
1) レンズの再生	78
2) 人造木材	80
3) 人工筋肉	82
4) 老化のメカニズム	84
 2-8 今後予想される研究開発テーマ	 86

第1章 バイオテクノロジーとその可能性

1-1 バイオテクノロジーとは

バイオテクノロジーとは、エレクトロニクス、新素材とともに今世紀最後の新技術と言われており、人類の直面する諸問題の解決に大きく寄与し、人類の福祉に大きく貢献するものであると考えられている。この革新技术は保健医療、環境保全、食糧、資源、エネルギーなどの分野に幅広く活用されようとしており、その範囲は図-1¹⁾に示すように様々な分野に及ぶものである。バイオテクノロジーの特徴としては

- ①科学とのつながりが深い
- ②他分野の技術とのつながりが深い
- ③対象となる範囲が広く、多様性がある
- ④単独には存在しえず、技術の一連のつながりのなかでとらえられる

などがあり、適切に応用すれば、その用途は無限に広がっていくと考えられる。

バイオテクノロジーは表-1²⁾のように、広義には生物利用技術と生体模倣技術に大別される。前者の生物そのものを直接利用する技術は、すべての生物の遺伝情報の普遍性を利用した遺伝情報利用技術である。次に生物の子孫をつくる繁殖能を利用した増殖能利用技術、更に生物の生命維持のための代謝を触媒する酵素、自己を識別する抗体の利用、細胞の代謝、解毒能を利用した生体成分利用技術に分類される。

後者の生物の優れた成分・機能を基本にした生体模倣技術には、生物の代謝をつかさどる特異性が高く低温で反応可能な酵素や生体適合性の高い素材の開発などを行う生体成分模倣技術があり、生物の神経伝達、脳の情報処理、運動機能を模倣した生体機能模倣技術がある。無論これらの技術が単独でひとつの目的が達せられることは珍しく、多くの技術が複合して成立するものであり、例えば人工臓器を作製する場合、タンパク質工学、バイオセンサー、バイオリアクター、バイオエレクトロニクス、生体適合材料の開発など、多くの技術の集大成により成り立つものである。

バイオテクノロジーは表-2³⁾に示すように、古くは微生物による発酵を利用した酒や乳酸飲料の製造など、我々の生活に密着した技術であり、これを科学的に端緒づけたのがパスツールの研究(1860年)であったと言える。

近年のバイオテクノロジーを代表する技術としては、1970年代末にアメリカで実用化された大腸菌を用いた遺伝子操作によるヒトインシュリン(糖尿病の薬)、ヒト成長ホルモン、インターフェロン(通常三大先導物質と言われる)の生産及び細胞融合による新品種の育種などがよくとりあげられる。新品種としては、ポマト(ポテトとトマトの融合)、オレタチ(オレンジとカラタチの融合)、ヒネ(ヒエとイネの融合)などが有名である。これらは通常の交配が不可能な遠縁の植物をかけ合わせてできた新しい品種で、異なった生物の細胞を人為的に融合させて、両方の遺伝子情報を持つ新しい一つの細胞を作る細胞融合技術によるものである。

このように記述すると、バイオテクノロジーとは非常に難解な技術のように思われるが、最近話題

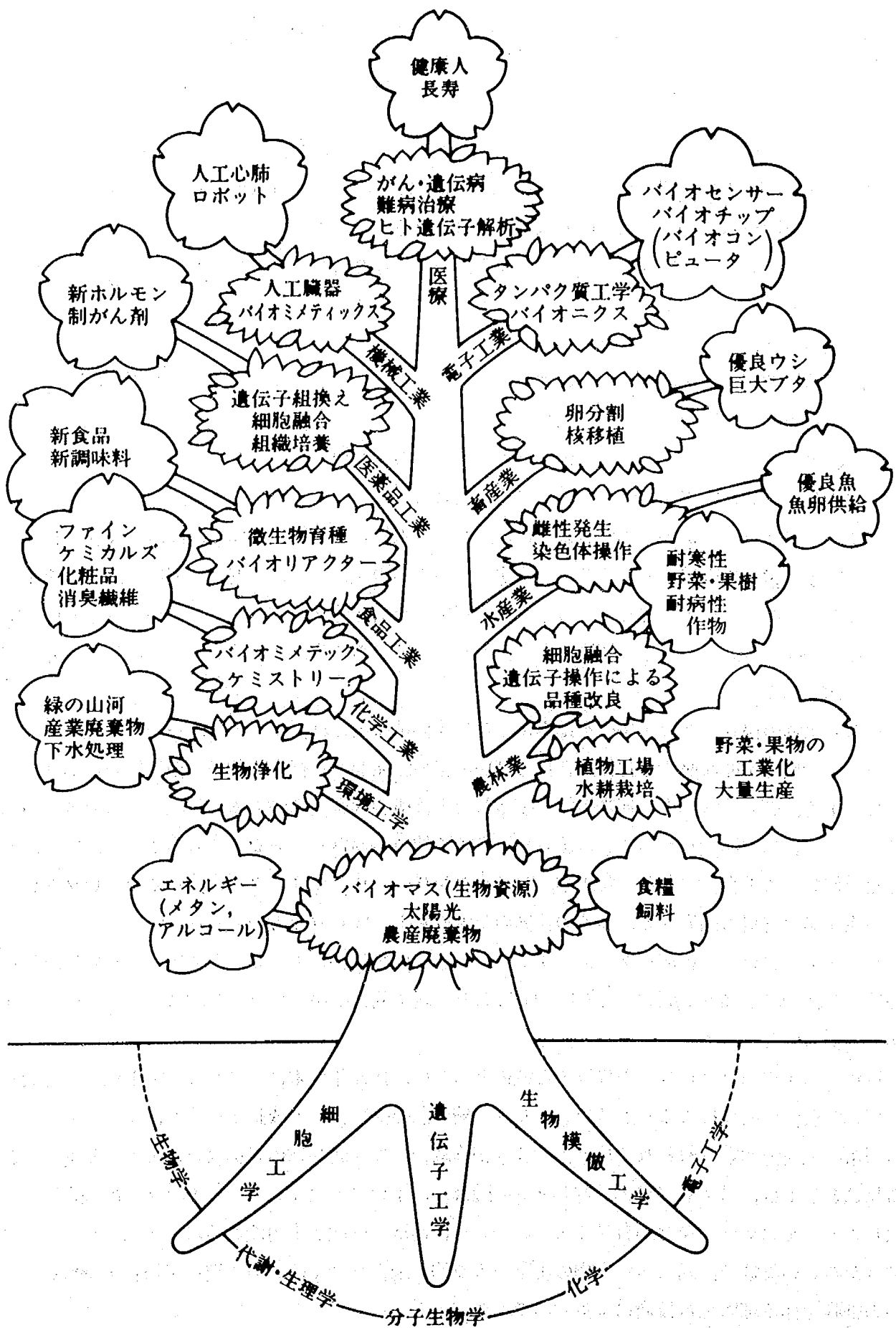


図-1 バイオテクノロジーの木

表-1 バイオテクノロジー技術体系表 (広義)

バイオテクノロジー	1 生物利用技術	イ. 遺伝情報利用技術	① 組換え DNA (遺伝子を試験管内で人工的に組換え, (微)生物に導入してヒトホルモンなどの有用物質を効率的に生産させる)
			② 細胞融合 (異なった細胞を融合させ, 両者の特長をもった新種細胞, 新品種を育種する)
			③ 核・卵・胚操作 (卵分割, 胚培養, 核移植による優良家畜の繁殖や新品種植物の育種を行う)
			④ タンパク質工学 (DNA の遺伝子暗号を組換えて耐熱性酵素などの新酵素を創製する)
		ロ. 増殖能利用技術	① 大量培養 (動・植物の細胞, 組織を大量培養して, 有用物質の生産ならびに苗などの大量繁殖を行う)
			② バイオマス (太陽光の光合成によるリサイクル可能な農産廃棄物を資源として利用する)
	2 生体模倣技術	ハ. 生体成分利用技術	① バイオリアクター (酵素, 微生物を固定化して, 有用物質を効率よく生産させる)
			② バイオセンサー (膜固定化酵素・抗体の特異反応を利用して, 特殊物質の検出を行う)
		イ. 生体成分模倣技術	① バイオケミカル (生体酵素などを模倣した人工酵素などの創製ならびに生体成分を化学修飾し, 生体成分を改良する)
			② 人工材料 (人工骨, 人工血管のような生体適合性材料の開発を行う)
		ロ. 生体機能模倣技術	① バイオ(エレクトロ)ニクス (バイオセンサーとトランスデューサーを分子レベルで構築ならびに脳の情報処理などを模倣したバイオコンピュータなどの開発)
			② バイオメカニクス (生物の優れた運動機能を取り入れたメカニクスの開発)

表-2 古典的バイオテクノロジーの一部

	植 物	動 物	微 生 物
農 業	農産物, 海草	畜産物, 水産物	肥料(堆肥), キノコ
食 品	でん粉, 油脂, 粉	肉製品, 乳製品, 脂肪	酒, 味噌, 醤油, 酢, チーズ, パン, 漬物
化 学	ウルシ, 染料	絹, ニカワ, ゼラチン, 皮革	アルコール, 有機酸
医 療	生薬(まるごと) (抽出物)	生薬(まるごと) (抽出物)	ワクチン, 医薬原末
エネルギー	薪, 木炭	動物の排せつ物	アルコール, メタン
家 庭	花き園芸	ペット	—

になったもので言えば⁴⁾、カネボウから発売された「B I Oリップスティック」(1984春)、花王から発売された「アタック」(1987)、協和発酵から発売されたバイオワイン「Fusion Bio A」(1988)、ライオンから発売された「ハイトップ」(1988)などはCMなどで、なじみの深いものではなかろうか。なかでも、「アタック」は木綿の繊維分子のすき間に入って汚れを落とす画期的な酵素アルカリセルラーゼを使用していたり、「ハイトップ」は、遺伝子組替えて製造した酵素リパーゼを配合するなど、世界的にみても最高水準の技術と言われている。

現在、各種分野においてバイオテクノロジーは活用されているが、特に化学や医療関係で幅広く活用されている。1989年時点において、その産業動向を、市場規模でみれば⁶⁾

①バイオ洗剤	300億円
②診断薬	250
③ヒト成長ホルモン	150
④ α -インターフェロン	109
⑤細胞融合酒	63
⋮	⋮
⋮	⋮

などとなっており、総計で1,000億円以上、関連商品を合わせると約2,000億円の市場であると言われている。しかしながら、バイオ産業はまだ成長曲線の最も初期の段階である揺籃期にしか達しておらず、将来は上記以外の例えば農林水産業や電子・電気産業などの幅広い分野において、技術の花が咲くことが予想されている。

1-2 調査の方法および対象

〈調査の方法〉

事例等の調査は、主として以下の方法により行った。

①文献による調査

市販の図書、科学雑誌より関連記事をピックアップした。特にバイオテクノロジー入門⁶⁾、ハイテク日本'87⁷⁾、日経サイエンス⁸⁾、バイオ業界⁹⁾などは本書の執筆にあたって、非常に参考となった。

その他、東京農工大学の松永教授や日産自動車中央研究所の山田清道氏からは貴重な資料の提供を頂いた。

②新聞による調査

主として、1991年以降の朝日、日本経済、日刊工業新聞の各紙から事例を収集した。

③ヒアリングによる調査

以下に示した2氏からは直接話をお伺いするヒアリング形式により関連情報を収集させて頂いた。

1) 通産省工業技術院製品科学研究所 応用人間工学部 情報機能課 赤松幹之氏

2) 通産省工業技術院機械技術研究所 ロボット工学部 感覚制御課 小森谷清氏

〈調査の対象〉

本書では、バイオテクノロジーのうち、直接的または間接的に、その内容または考え方が多少でも建設事業に関係するもののなかから、下記の7項目に限定して事例を収集した。概略的に言えば、バイオテクノロジーのうち、生物・生体の機能を機械・電気・化学・医学的に応用した事例を中心に収集し、一部農学等に関係したものも含まれている。対象項目は以下の7項目で、各々の項目に該当する収集事例数は以下のとおりである。

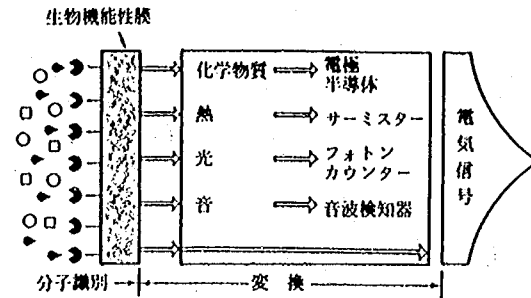
項 目	内 容	事例数
① バイオセンサー	酵素・抗体等を利用した物質検出技術の開発 (センサーと称するものは便宜上すべてこの項目に含めている)	9 編
② バイオケミカル	生物の代謝物質や生体成分を応用した研究開発	3 編
③ 人工材料	生物の生態に適合する人工材料・成分の研究開発	3 編
④ バイオ(エレクトロ)ニクス	生物の神経伝達・情報処理機能を応用した研究開発	7 編
⑤ バイオメカニクス	生物の運動・生理機能を応用した研究開発	10 編
⑥ バイオミメティックス	生物の機能・特性を応用した研究開発 (分類の便宜上、繊維に関係した研究開発に限定している)	3 編
⑦ その他	上記の分類に属するものもあるが、研究開発途上または今後開発が予想される研究開発	4 編
合 計		39 編

第2章 バイオテクノロジー事例集

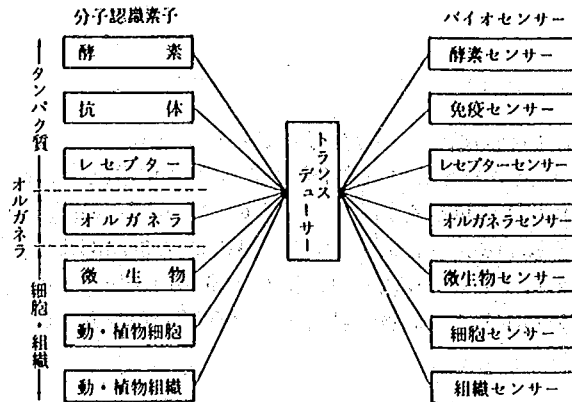
2-1 バイオセンサー

バイオセンサー NO. 1

キーワード群	加速度センサー	研究・発見者	日立製作所 日立研究所
出典	日本経済新聞 (1991年9月9日)		
概要: 車の加速度を電氣的に瞬時に検知できれば,乗員の乗り心地や安全走行を一層向上させることができる。これは,人間の加速度体感を検知できるシリコン加速度センサーに関する研究開発である。			
詳細な内容: 現在の自動車はエンジンの電子制御化とともに,トランスミッションや足回り,操舵系などでも電子制御化が進められ,一層の運転のしやすさ,乗り心地の良さが求められている。このなかで車の乗り心地の良さを決める要素は車が発生する加速度と乗員が反応する感性や好みの相乗作用である。こうした要素を探るために開発されたのが加速度センサーである。 加速度センサーは検出部がシリコンでできており,中央に四角い重りがあり,そのまわりの枠とは2本の薄い梁でつながっている。この重りに加速度が加わると,梁を通じて力の変化が伝達され,静電容量の変化として加速度を検知することができる。 加速度は車の動きを表わすので,乗り心地はもちろんのこと,安全な走行制御や乗員の保護のためにも有効である。雪やぬれた路面などで車が横すべりをすれば横方向の加速度がかかり,何かと衝突すれば進行方向と逆の方向に加速度が加わるから,これらを検出すれば車のブレーキを制御してタイヤをロックした状態から解放して横すべりを防止したり,エアバッグを開いて乗員を衝撃から守ることができる。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			



バイオセンサーの原理¹⁰⁾



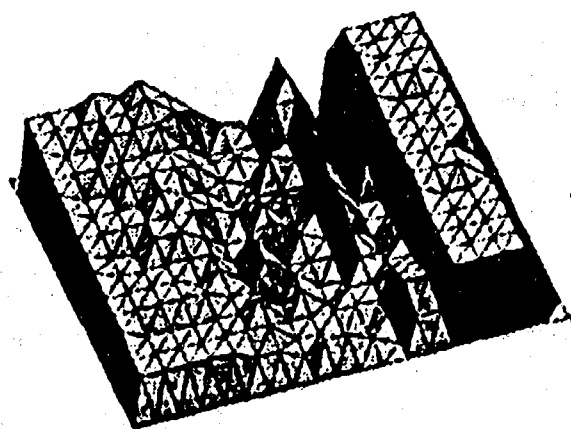
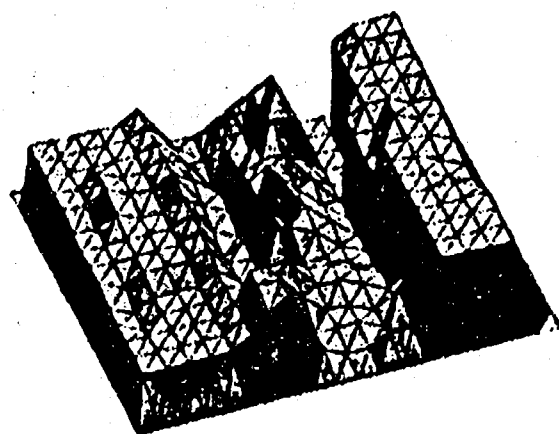
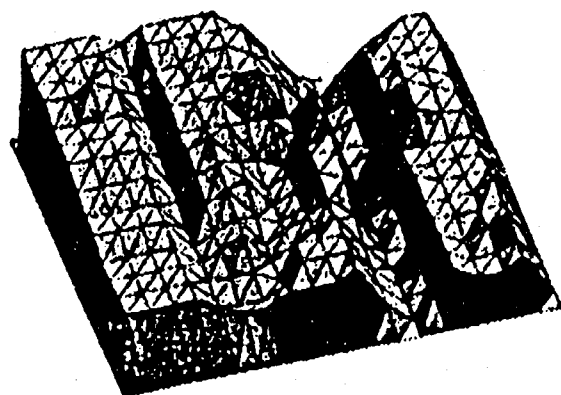
分子認識素子とバイオセンサー¹⁰⁾

バイオセンサーのいくつかの例¹¹⁾

測定物質	固定化材料	担体	電気デバイス	測定原理と応用	タイプ
グルコース	シュードモナス・フルオレゼンス	コラーゲン膜	隔膜 DO 電極	グルコースのみをよく酸化し、他の炭素源をあまり酸化しない細菌の呼吸を利用する。	B
	グルコースオキシダーゼ	ポリアクリルアミドゲル	同上	グルコースが酸化されてグルコン酸になる際に反応に費やされる酸素濃度を測定。	A
BOD	汚泥微生物群	アセチルセルロース膜	同上	常法では測定に5日間かかる廃水汚染有機物濃度が数十分で測定できる。	B
コリンエステラーゼ	アセチルコリンライネッケ塩	ナイロンネット	pH 電極	固定化された基質・アセチルコリンライネッケ塩に酵素が作用して遊離する酢酸量を pH 変化により検出。	C
梅毒抗体	梅毒抗原		ポテンシオメータ	膜に固定した抗原に抗体が結合すると、膜電位に変化が生ずる。	D
ペニシリンG	ペニシリナーゼ		サーミスター	酵素の作用でペニシリンGの分子構造の一部が開裂する際に生ずる反応熱を測定する。	A
ニコチン酸	ラクトバチルス・アラビノス	寒天ゲル	pH 電極	ニコチン酸を必須栄養素とする乳酸菌が増殖に伴って生成する乳酸による pH 低下を測定する。	B
発癌物質	枯草菌変異株	アセチルセルロース膜	隔膜 DO 電極	DNA 修復欠損株 (rec ⁻) が発癌物質の存在下で死滅しやすい性質を利用する。	B
ナトリウム	カエルの上皮			カエルの上皮が Na イオンを選択的に透過させることを利用する。	E

A: 酵素電極, B: 微生物センサー, C: 基質センサー, D: 免疫センサー, E: 組織センサー

キーワード群	人工の鼻	研究・発見者	リンシェーピング大学 I・ルンドストロムほか (スウェーデン)
出典	朝日新聞夕刊 (1991年7月6日)		
概要： 空気中の微量成分を電気的に表示できれば、微量成分をかき分ける「人工の鼻」も可能である。これは金属層上に空気中の微量成分と光との化学反応結果である電圧変化を刻んで視覚的に微量成分の特性を表示するという研究開発である。			
詳細な内容： 人間の鼻は臭覚の粘膜により、物質の臭いをかき分けることができる。 本研究は光に空気がふれると空気中の微量物質分子が引き起こす化学反応などで影響を受けることを利用して、一辺が数ミリの板に電圧変化による凹凸を刻んでゆくものである。この際鼻の「粘膜」役は板の横方向に白金、イリジウム、パラジウムの金属層を、また縦方向には高温部から低温部までの温度勾配をつけている。 その結果、場所によって金属の種類と温度が異なり、同じ物質が引き起こす電気的な影響も違ってくる。場所毎の影響の大きさを山の高さで表わすと、その物質特性の「地形図」ができ上がるという仕組みである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性：			
備考：			



地形図のような形で微量な物質を識別する。上からアンモニア，水素，エチルアルコール
＝『ネイチャー』提供

キーワード群	触覚センサー	研究・発見者	東大工学部総合試験所 安藤繁助教授ほか
出典	日刊工業新聞（1991年5月17日）		
概要： 検出素子を3次元的に配置すれば、人の皮膚に近い感度を得ることも可能である、これはシリコンゴム中に検出素子を3次元的に配置した新しい概念の触覚センサーに関する研究開発である。			
詳細な内容： 従来開発された触覚センサーは圧力を加えると電圧が生じたり、電気抵抗が変化する圧電素子や感圧ゴムなどを平面上に配置したものが大半である。このタイプのセンサーだと、対象物の凹凸や圧力分布を正確に把握できても人間と同様な触覚を得ることは不可能に近かった。 本研究ではシリコンゴム中にゴム表面から0.2mmと0.5mmの深さに5mm間隔で0.5mmの2本の穴を配置し、この穴にマイクロホンを使って周波数を通していき、ゴム上を対象物（ピッチ0.7mmのネジと2.6mm間隔でピンを立てたくし状のもの）を移動させたところ、対象物が移動していくときの穴の体積変化を低周波の減衰で読みとることができた。従ってこの触覚センサーは対象物に接触した部分だけでなく、皮膚として働くシリコンゴム全体のひずみを新しい情報として使えるところがポイントである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： 今後は人間の手のひらと同様に、シリコンゴム上に指紋をつければ、一層高感度の触覚センサーが可能になると思われる。			
備考：			

人が大東 センサー 感覚触に近い人

樹脂に素子埋め込む

立体配置で高精度化

東京大学工学部総合試験所の安藤繁助教は、シリコンゴム中に検出素子を三次元的に配置した新しい概念の感覚センサーを開発した。従来のようにセンサーを平面的に並べる代わりに三次元的にすることで、対象物の凹凸だけでなく人間と同じように硬さなど、判断が難しい刺激に関する感覚感を高められるという。また基礎実験段階だが、従来型感覚センサーの限界を打ち破る新型センサーとして期待できるとした。

原理的には使用するセンサーはどんなものでもよいが、安藤助教はシリコンゴム中に0.5mmの穴を二本貫通したものをセンサーとして使用した。この穴にマイクロホンを使って周波数を通して、ゴム上に対象物が移動して行く時の体の横変位を低周波の減衰で検出する仕組みだ。

●ポイント●
センサーをゴム中に三次元的に埋め込んだ感覚センサー。人の皮膚に近い感度を持つている。

ゴム表面から0.2mmと0.5mmの深さに、五mm間隔で二本の穴を配置した感覚センサーを用いた基礎実験では、シリコンゴム上にピッチ0.7mmのネジと、二六mm間隔でピンを立てた凹凸状のものを移動させたところ、無視できる横変位の範囲中で対象物の凹凸を正確に把握できた。この程度の凹凸検知なら従来の感覚センサーでも可能だが、試作したセンサーでは対象物の移動速度情報をあらかじめ入力しなくても凹凸を検出できるのが従来型との最大の違い。

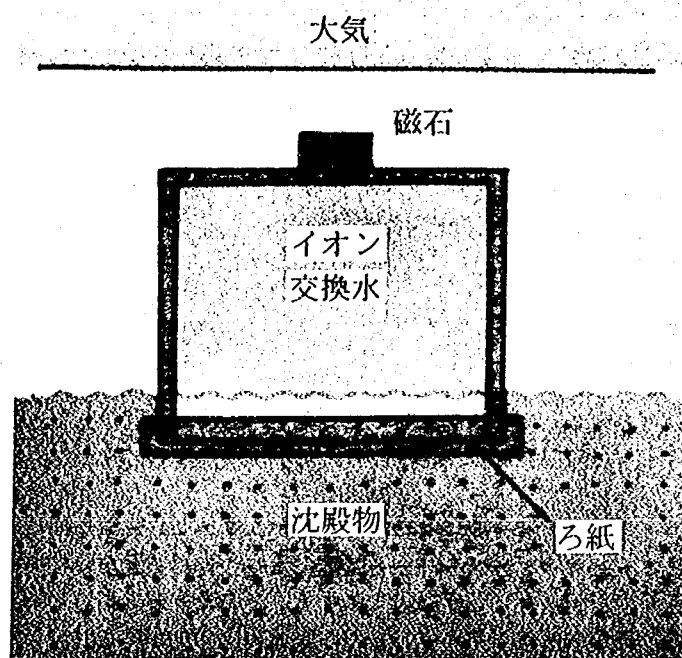
現在の感覚センサーは圧力を加えると電圧が生じたり、電気抵抗が変化する圧電素子や感圧ゴムなどを平面上に配置したものが大半。このタイプではセンサー感度を高めるとともに高密度に配置することで、精細な圧力分布が把握可能なシステムが試作されており、卵を握れるマニピュレーターが開発されるなど技術進歩が著しい。

しかし、現行システムでは対象物の凹凸や圧力分布を正確に把握できても、人間と同様な感

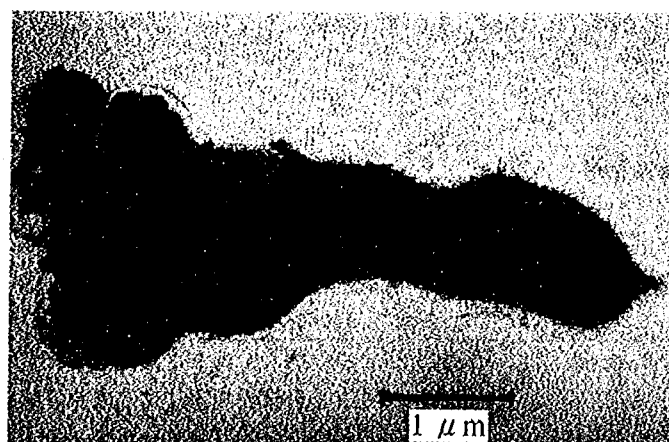
覚を得るのは不可能に近い。安藤助教はが提案した感覚センサーは、シリコンゴム中に感

覚部分を埋め込むことで人間の皮膚と感覚細胞の生体機能を模倣しようとした初めての試みになる。対象物に接触した部分だけでなく、皮膚として動くシリコンゴム全体のひずみを新しい情報として使えるのがポイントだ。さらに人間の手のひらと同様に、シリコンゴム上に指紋を付ければ、いっそう高感度の感覚センサーが可能になると見ている。

キーワード群	走磁性細菌	研究・発見者	東京農工大学工学部 松永是教授
出典	「生物と磁石：バクテリアから磁石を採る」，松永是, 日本物理学会誌, Vol.45, No. 4, 1990年		
概要： バクテリアを工夫く活用すれば，微量物質の誘導や磁気分布の測定も可能である。これは走磁性細菌を利用した酵素の磁気誘導，隕石の生成過程の判別に関する研究開発である。			
詳細な内容： 生物のなかには磁気を感じて運動や行動方向を定めているものがあり，それは体内の残留磁気（マグネタイト）によるとされている。ハト，渡り鳥，ミツバチ，エビ，カメなどは頭部に，またマグロやサケなどの回遊魚は鼻腔に残留磁気が存在する。これは生物だけでなく，微生物にも見られる現象であり，その代表格が走磁性細菌である。 松永教授らは，イオン交換をした蒸留水を満たした円柱状の容器の上に磁石を置き，下にろ紙を取り付けた装置により，池，沼，湖，海岸から走磁性細菌を分離した。この細菌の特長は①十数個の磁気微粒子からなり，ペン毛により運動している，②増殖には鉄イオンが必要であるなどである。 また走磁性細菌の応用について検討した結果，①走磁性細菌にグルコースオキシダーゼを固定すると，人工の磁気微粒子（マグネタイト）に固定した場合に比べて，固定できる酵素量が80～100倍となり，酵素の磁気誘導が容易になる，また②走磁性細菌には磁極のS極に向かう菌とN極に向かう菌があり，更に磁場の強い方向に向かう性質がある。この性質を利用して，極地研と共同で隕石中の磁気微粒子の分布，磁極，粒子からの磁力線の方角の測定を行い，隕石の生成過程を調べることができた。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： ドラッグデリバリーシステムの際の酵素・抗体固定化担体としての応用やセンサー素子，記録素子への応用が期待されている。			
備考：			

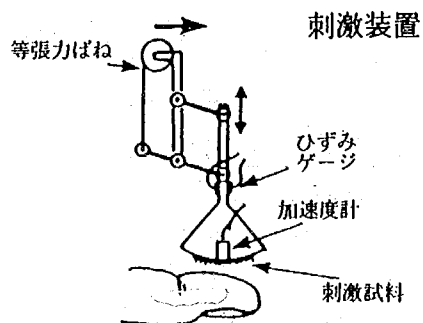
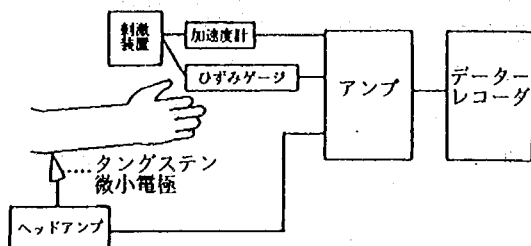


走磁性細菌サンプリング装置

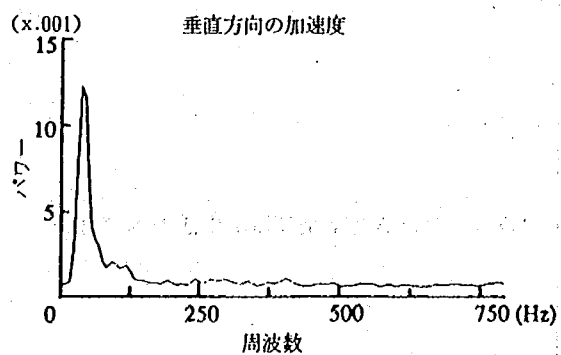
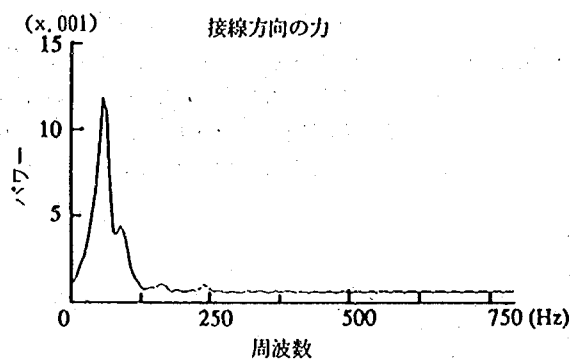
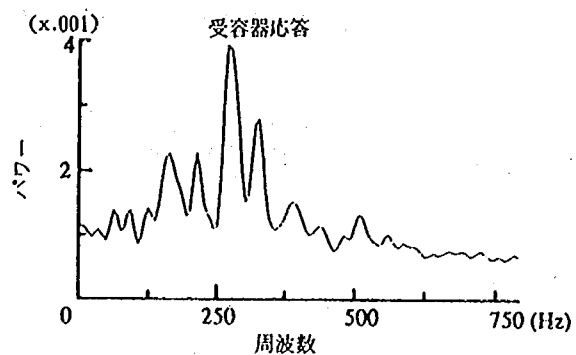


走磁性細菌

キーワード群	皮膚, 触感	研究・発見者	製品化学研究所 赤松幹之 主任研究官
出典	「皮膚の機械的受容ユニットのあらさ刺激に対する応答のスペクトル解析」, 第11回バイオメカニズム学術講演会, 1989年7月		
概要: 神経の電気的応答を計測すれば, 皮膚のあらさ刺激を定量化することができる。これは皮膚が感じるサンドペーパーのあらさを神経の電気的応答及び接線方向に生じる力の周波数応答特性により定量化しようとした研究開発である。			
詳細な内容: 人間の皮膚には触感に関連する生理的なセンサーが約10種類あり, うちメカニカルな刺激(硬さ, 柔らかさ, ざらざら, 滑らかなど)に対するセンサーが4種類ある。従来, 触感の研究のうち, 視覚はその強さ・スペクトル, 聴覚は音の周波数・音圧などの物理量で評価されてきたが, 物に押し付けたり, 擦ったりする触感をあらわす物理量はなかった。 本研究では指からつながっている上腕の神経に非常に細いタングステン電極を刺し, 指にものを触らせて神経の活動を観察している。具体的にはサンドペーパーを装置にはりつけ, 装置をDCモータで一定速度で動かすとともに等張力バネで一定圧力で皮膚に押しつけるようにする。その際皮膚で生じる刺激を定量化するために, 神経における電極からの応答, 皮膚の接線方向に生じる力, 垂直方向の加速度を計測した。 計測の結果, 細かいサンドペーパーほど, パワースペクトルのピーク周波数で見ても神経の応答は低くなり, また接線方向の力は高くなるという結果が得られた。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			

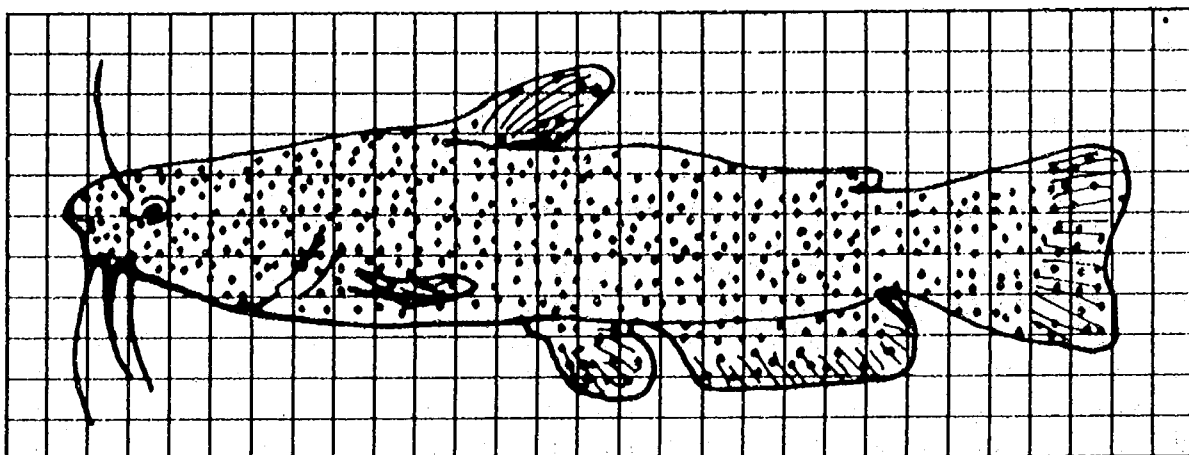


実験装置



受容器応答と刺激パラメータのパワースペクトル

キーワード群	味センサー	研究・発見者	
出典	「ハイテク最前線を行く 日本を変える“新産業革命”」 斎藤進六，軽部征夫，辻井重男，古川静二郎，ごま書房，1988年6月		
概要： バイオの技術を用いれば，“おふくろの味”も計測できる。これは多機能型バイオセンサーを用いた魚肉の鮮度・味の計測技術に関する研究開発である。			
詳細な内容： 単一型のバイオセンサーとしてはガンやエイズの早期治療に役立つ免疫センサーがあるが，多種多様の化学物質を同時に計測できる多機能型バイオセンサーの研究開発も盛んである。これを用いて魚肉の鮮度・味などの計測も試みられている。 味センサーへのアプローチとして興味深いのが，ナマズの味細胞の研究である。ナマズには体じゅうに多数の味蕾がある。図中の1点には約100個の味蕾が集まっている。特にヒゲのまわりには味蕾が集中している。因みに人間の舌の上にも味蕾があるが，これは約7個の味細胞からできている。 このナマズの味細胞から分離したレセプターを電極や半導体の上につけて，味センサーの研究が進められている。いずれは“おふくろの味”をバイオセンサーで計測できるようになる日も近い。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性：			
備考：			



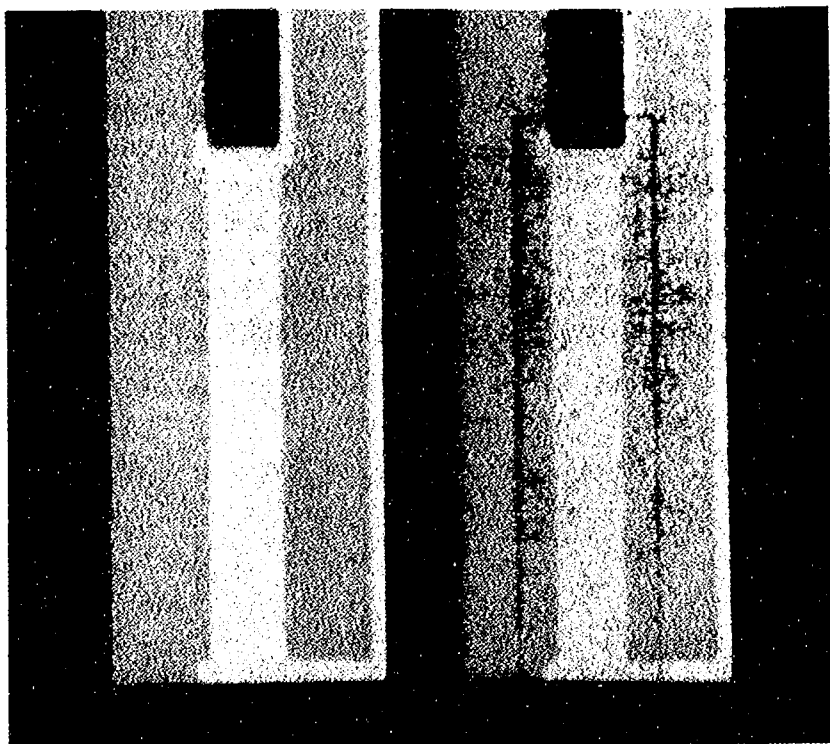
ナマズの体表の味らい分布図

一つの黒点は、約100個の味らいを表わす。

ヒゲには味らいが密集している。

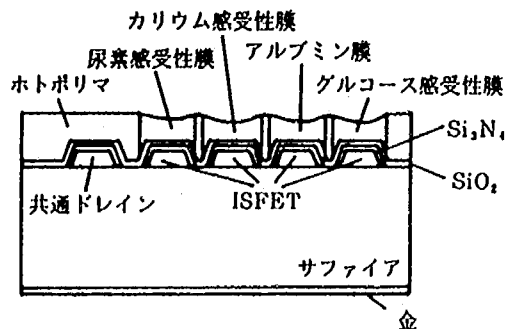
バイオセンサーへの試み

キーワード群	尿素センサー グルコースセンサー	研究・発見者	日本電気, 資源環境技術研究所 マイクロエレクトロニクス研究所
出典	「ハイテク日本 '87-技術の「明日」が見えてくる」, 牧野昇, 世界文化社, 1987年8月		
概要: 生物の反応を電気信号に置き換えることができれば, 微量物質で瞬時に反応 (含有量ほか) をキャッチできる。これは分解酵素を酵素膜に用い, 血液中の尿素, グルコースの量を測定できるバイオセンサーに関する研究開発である。			
詳細な内容: バイオセンサーは微生物, 酵素, 生物の抽象物が起こす化学的反応を電気的信号に変えるものである。センサーの構造はイオン感応性電界効果トランジスタとその上に作られた酵素膜からなる。 日本電気では昭和59年より資源環境技術研究所, マイクロエレクトロニクス研究所と共同で血液中の尿素, グルコース (ブドウ糖) の量を測定できる2種類のセンサーの開発を行い, 成功した。尿素のセンサーでは酵素にウレアーゼという尿素分解酵素を用いた。ウレアーゼは尿素を分解して水素イオンを作り, その際, 水素イオン濃度に応じてトランジスタに電圧変化が生じる。一方で酵素膜のないトランジスタで電圧を測定しておけば, この2つのトランジスタの発生する電圧差が尿素の量を示す電気信号となる。グルコースの場合も酵素がグルコース分解酵素に代わるだけで原理は同じである。 このバイオセンサーは, 直径4cmのサファイア基板上にトランジスタを作り, その上に酵素膜を作ったもので, 1枚の基板から幅1mm, 長さ4mmのチップが500個程度得られるので大量生産が可能で, かつ低コストでできるため, 今後の用途の拡大が期待されている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: まだ商品化されたものはない。			
問題点及び今後の発展性: 現在病院で尿素, ブドウ糖の検査を行うのに, 10ccの血液を採取し, それを大がかりな分析機械にかけて結果を出しているため, 非常に手間と時間を要している。このバイオセンサーを用いれば1/200ccの血液があれば10秒程度で2つの成分の測定が可能である。			
備考:			



バイオセンサー・チップ

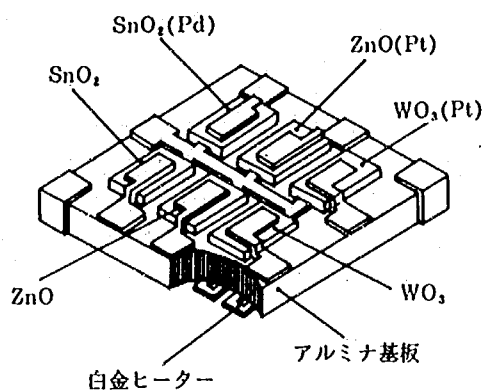
キーワード群	インテリジェントセンサー 匂いセンサー	研究・発見者	
出典	「九州大学公開講座17 生活と科学I」, 九州大学公開講座委員会, 九州大学出版会, 1987年6月		
概要: 半導体センサーを用いれば動物の嗅覚も再現できる。これは6種類の半導体センサーを集積することにより, ウサギの嗅細胞を再現した匂いセンサーというインテリジェントセンサーに関する研究開発である。			
詳細な内容: 最近インテリジェント(知能化)センサーが注目されている。これは単に外部情報を取り入れる窓口の機能にとどまらず, コンピュータなどと結合して更に高度の判断ができるようなセンサーをいう。 例えばウサギは6種類の嗅細胞によって匂いを判定していると言われている。この匂いの判定を工学的に行うには各々の嗅細胞に対応した半導体センサーの開発が必要になる。今回開発された匂いセンサーは図のようにZnO, SnO ₂ , WO ₃ などの6個の半導体センサーを集積化したものである。各々のセンサーは匂い成分によって異なった応答をするので匂い成分に固有な応答パターンが得られる。このパターンをコンピュータに記憶させておけば, 次に測定したとき, その匂いの成分については数ppmの濃度でも判定及び濃度測定ができるというものである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性:			
備考: 化学センサー*については1983年に福岡で第1回化学センサー国際会議が開催されるなど, 日本における技術開発に大きな期待が寄せられている他, 今後ともニーズが強まることが予想される。 注) 化学センサー……半導体ガスセンサー, 固体電解質ガスセンサー, セラミック湿度センサー, イオンセンサー, バイオセンサーなど			



ワンチップマルチバイオセンサー

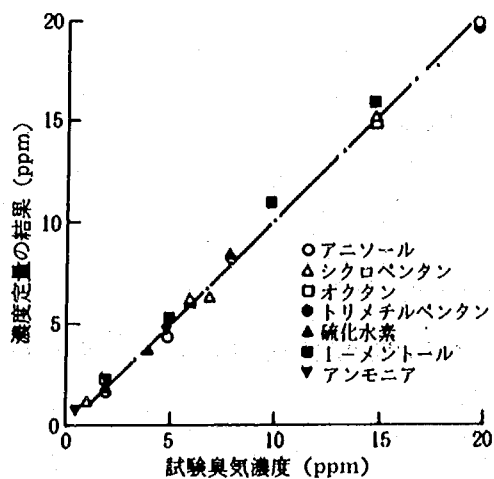
(アルブミン膜をもつISFETが、参照用ISFETとなる)

(木村・栗山・川名 [センサ技術] , 1985)



集積化匂いセンサー

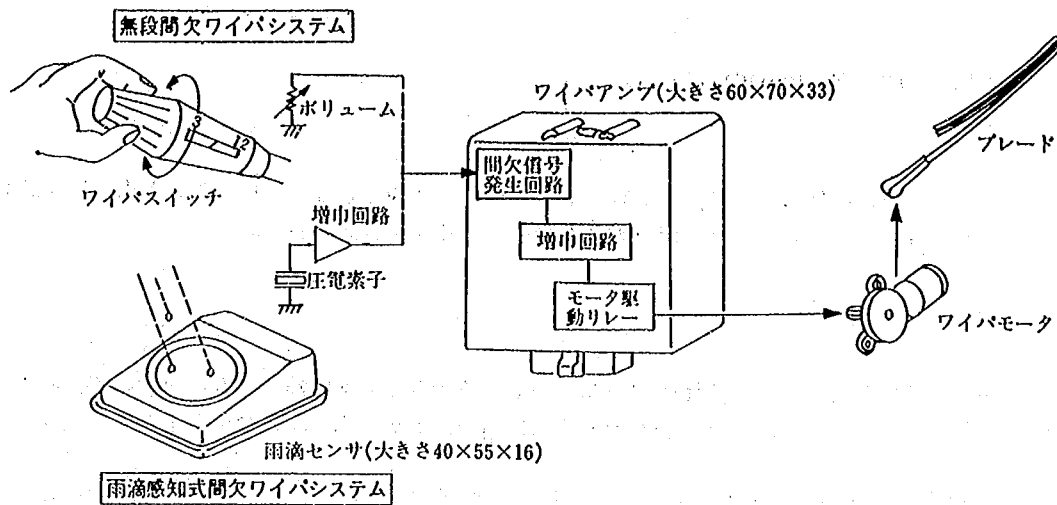
(池上・兼安, Transducers '85, p.136, 1985)



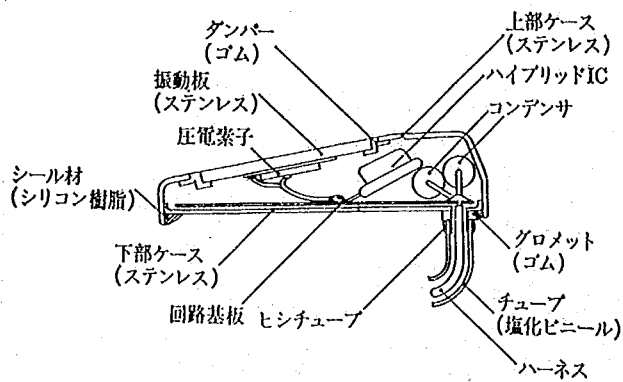
集積化匂いセンサーによる臭気濃度の定量結果

(池上・兼安, Transducers '85, p.136, 1985)

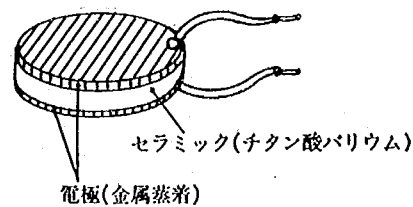
キーワード群	雨滴センサー	研究・発見者	日産自動車(株) 中央研究所 機装設計部 白石恭裕 車体実験部 栗林正巳
出典	「雨滴感知式間欠ワイパシステムの開発」, 白石恭裕, 栗林正巳, 日産技報第19号, 1983年12月		
概要: 手のひらで雨を感じる仕組みを電氣的に再現できれば, 間欠ワイパーも完全自動制御。これは圧電素子の圧電効果を利用し, 降雨量に応じてワイパーの間欠時間を最適制御できる雨滴感知式間欠ワイパーシステムに関する研究開発である。			
詳細な内容: 降雨の強弱に対してこまめにワイパーを調整するのは面倒な作業である。そこで走行時の条件に対応して, 自動的に間欠時間を制御するワイパーの開発が望まれていた。 日産自動車では雨滴センサーにより降雨量を検出して, ワイパーの間欠時間(0~20秒)を自動的に制御する雨滴感知式間欠ワイパーシステムを開発し, セドリック, グロリア車に搭載した。このシステムのうち, 雨滴センサーは雨滴の運動エネルギーを振動に変換する振動板, この振動を電圧に変換する圧電素子, およびこの電圧信号を増幅する回路等により構成されている。圧電素子はセラミック(焼結チタン酸バリウム)の両側に電極を蒸着したもので, 機械的ひずみを与えると電極間に電圧を発生する圧電効果を有している。 システムの動作としては, 圧電素子上面の振動板に雨滴が衝突すると, 圧電素子には雨滴の運動エネルギーに比例した電圧波形が発生する。電圧波形は増幅され, アンプ部の充電回路(コンデンサ)を充電し, この電圧値が一定値をこえると, ワイパー駆動回路へ一定時間の出力信号が送られ, ワイパーが1回作動することになる。 その他, 開発の際に配慮したのは以下の3点である。 1) 車体の周囲は場所により圧力が異なるので, センサーはフロントガラス中央部と同じ正圧域にとりつけた。 2) 車速により振動板の見かけの面積が変化することに対して, 理論と実車感能評価により振動板の取付角度を15°とした。 3) 雨滴以外の振動, ノイズの影響を受けにくくするため, 振動板の固有振動数を20KHzとした。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 高級車には標準装置されているものもある。			
問題点及び今後の発展性: 今後の課題として, 霧雨等の浮遊水滴の検出性能の向上, またセンサーの小型化があげられる。			
備考:			



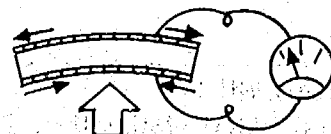
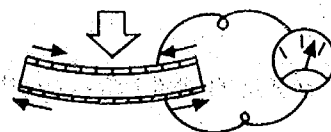
ワイパシステムの構成



雨滴センサの構造図



圧電素子の動作



圧電効果を有するセラミックに外力を加えると、電極間に電圧が発生する。

圧電素子の構造

キーワード群	活性汚泥, 脱臭	研究・発見者	工業技術院微生物工業技術研究所 川崎重工業
出典	朝日新聞夕刊 (1991年11月6日)		
概要: 臭いが出る汚泥も加工処理の仕方により, 逆に脱臭できる機能を発揮できる。これは生きた微生物を閉じこめたまま, 活性汚泥を乾燥させることにより, 悪臭ガスを吸収できる脱臭装置の研究開発である。			
詳細な内容: 本研究では下水処理場などでできる活性汚泥を30~40°Cで乾燥させて水に浸しても形が壊れず, 微生物が生きたままの固形物を作製した。そして, これを10ℓのカラムに詰め, 上から水を注ぎながら下から悪臭ガスを流して実験した。 悪臭ガスは硫化水素50ppm, メチルメルカプタン20ppmなど腐ったにおいを含むもので, 脱臭装置により, いずれも90%以上除去することができた。また1時間のうちに, 脱臭装置の体積の100~400倍の悪臭ガスを処理できることが分った。因みに乾燥して固めた汚泥はいろいろな形にでき, においも出ない。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: 従来の微生物を用いた脱臭法に比べ, 維持管理が容易でコストが低いという利点があるため, 今後の発展が期待されている。			
備考:			

下水処理場などでできる活性汚泥を利用して、簡単に効果よく悪臭を取り除く方法を、工業技術院微生物工芸技術研究所（茨城県つくば市）と川崎重工業（本社・神戸市）が共同開発した。汚泥を乾燥して固め、円柱状の錠剤（カラム）に閉めて悪臭ガスを通すことにより、臭いが消える仕組みで、卵の腐ったような腐敗臭を含むにおいもシャットアウトできる。六日から広島市で始まった日本微生物学会大会で発表する。

朝日 11/6(9)

微生物工芸技術研究所 ことがわかった。乾燥して

中村和雄・複合微生物研究 固めた汚泥はいろんな形に 最近注目されている微生物

幹長のグループは、活性 でき、においも出ないとい 物を使った脱臭法は、土壌

三〇一四〇

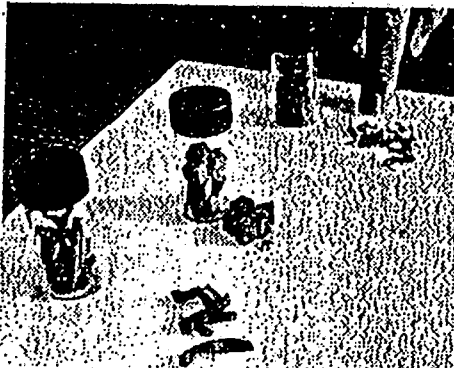
乾燥し固形化

手軽、コスト安

微生物工芸研
などが開発

生物が生きたままの固形物を作製、これを十センチの長さの筒に詰め、上から水を流しながら下から悪臭ガスを流して実験した。

汚泥使って強力脱臭剤

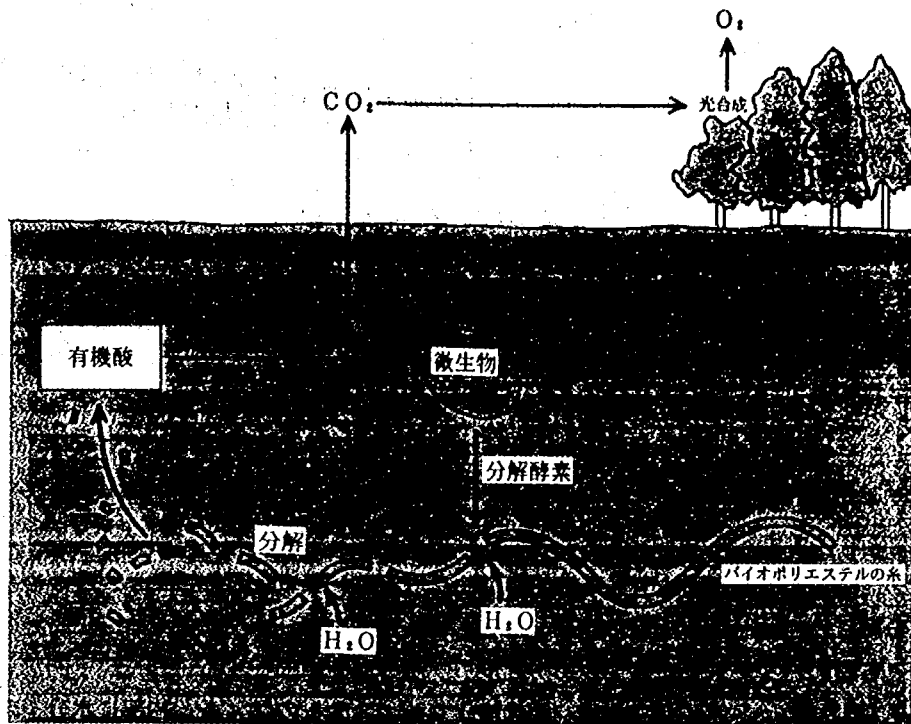


活性汚泥を乾燥して固めただけで、簡単な脱臭剤になり茨城県つくば市の微生物工芸技術研究所で

微生物を利用した土壌脱臭法、有機物を含む汚水に微生物が作用して沈殿した活性汚泥中に悪臭ガスを直接吹き込む方法、微生物を詰め込んだカラムに悪臭ガスを通す充てん法などが開発されている。今回の方法は、活性汚泥と充てん法を組み合わせたもので、従来のものに比べ維持費が四割でコストも下がるといふ。

悪臭ガスは硫化水素、五〇ppm、メチルメルカプタン二〇ppmなど腐ったにおいを含むもので、いずれも九〇%以上除去。一時間、汚泥をいれた処理装置の体積の百倍から四百倍の悪臭ガスを処理できる

キーワード群	バイオ・プラスチック	研究・発見者	東工大助教授 土肥義治
出典	「日経サイエンス」, 日経サイエンス社, 1989年12月		
概要: 微生物レベルでのバイオ技術の発達是我々に今後想造を超えた恩恵を与えてくれると考えられる。これはアルカリゲネス・ユートロファス（水素細菌）に4-ヒドロキシ酪酸というエサを与えることにより生産できた分解性の高機能プラスチックに関する研究開発である。			
詳細な内容: 自然界には植物が炭酸ガスを利用して成長し、動物が植物を食べて繁殖し、地中や水中の微生物が動物や植物の死骸を分解して炭酸ガスを放出するという炭素サイクルが成り立っている。 一方微生物は体内でポリエステル(人間でいえば脂肪のようなもの)というプラスチックをつくり、エネルギーとして貯蔵し、食べ物がなくなるとポリエステルを分解して栄養補給をして生活している。この微生物が作ったプラスチックが大地や地中の微生物によって分解され、自然界の炭素サイクルに組み込まれればプラスチックのゴミ問題などが解決される。 ポリエステルは石油化学でも合成され食品容器や繊維素材に利用されているが、自然界で微生物が作るポリエステルは硬くてもろいためこれまでは実用化されなかった。これに対して本研究では水素細菌（アルカリゲネス・ユートロファス）という微生物に、4-ヒドロキシ酪酸というエサを与えることにより幅広い物性をもった新しいプラスチック（共重合ポリエステル）を発酵生産できることが分った。この、いわゆるバイオ・プラスチックは釣り用などの糸、透明でしなやかなフィルム、弾力性のあるゴム、手術用材料、電子材料、光学材料などいろいろな製品に加工できるとともに、土中で約6週間、海中でも2か月で跡形もなく分解されることが確認されている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: 生産コストが合成プラスチックの10倍と高く、また微生物を育てるのに時間がかかる。従って早く太る微生物を効率的に育て、体内のポリエステルを取りだしやすくし、コストダウンが可能となれば今後大いに発展すると思われる。			
備考: プラスチックは全世界で年間約1億トン生産されており、流失、廃棄されたものは分解しないため、様々な環境問題を引き起こしている。これに対しては、1988年にプラスチック廃棄物の海洋投棄を禁止した「マルポール国際条約」が制定されたり、一部の国では非分解性プラスチックの使用規制を法案化している。			

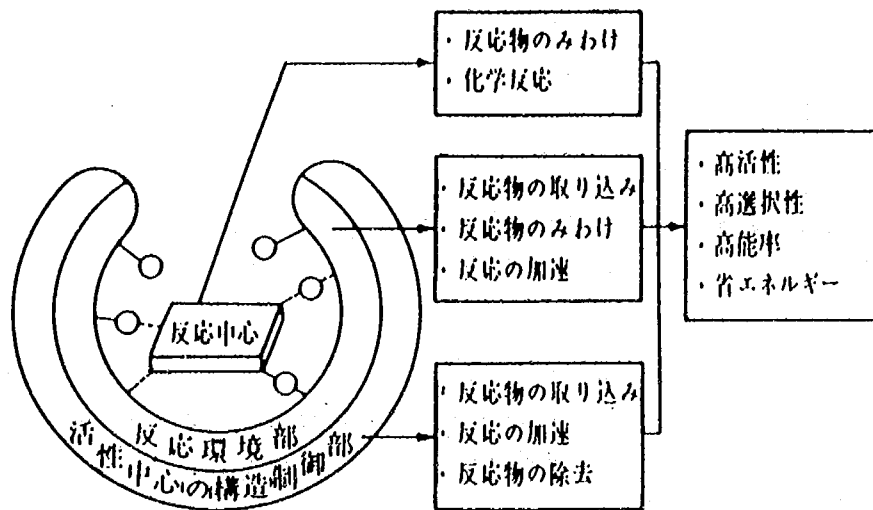


自然にかえるバイオポリエステル 微生物がつくり出すバイオポリエステルの糸や粒子は、微生物が出す分解酵素によって分解されて有機酸となり、その有機酸を微生物が消化する。このように、バイオポリエステルは、自然界の炭素サイクルに組み込まれる環境適合性のプラスチックである。

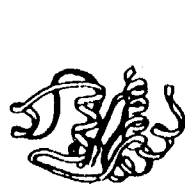


環境での分解性 バイオポリエステルのフィルム(厚さ $70\mu\text{m}$)を写真のようにプランターの土に埋めて、分解する様子を、春、夏、冬の各季節について観察した(左の写真)。春に6週間、土の中に埋めておき、自然界の微生物によって分解されたフィルムが右の写真である。いずれの季節においても、4HB共重合ポリエステルのフィルム(写真の中央)が最も速く分解した。

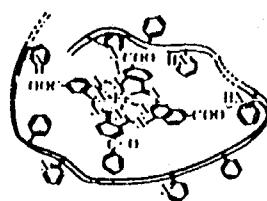
キーワード群	人工酵素	研究・発見者	信州大繊維学部教授 白井汪芳 他
出典	「ニュー繊維の世界」, 本宮達也, 日刊工業新聞社, 1988年4月		
概要: 人間体内の解毒作用を行う酵素に代わる物質を探せば, 人工的に解毒をさせることができる。これは非晶質レーヨン(担体)とフタロシアニン(酵素)を用いた悪臭除去機能を持つ繊維に関する研究開発である。			
詳細な内容: 体内の毒物は酸化酵素という触媒の働きにより血液中の酸素で酸化され解毒される。つまり, 解毒酵素であるヘム酵素のなかのヘマトポルフィリンという鉄化合物が重要な役割を果たしている。本研究では触媒反応を円滑に行うため, 反応物とよく接触する担体としてレーヨン, 人工酵素としてヘマトポルフィリンの代わりに鉄フタロシアニンの誘導体を選んだ。レーヨンには多孔質で表面積が大きく, かつ親水, 疎水の両方の性質をもつ非晶質レーヨンを, また酵素には青や緑の顔料として知られているフタロシアニンをうい, ポリスチレンやその誘導体を用いることによりできた比較的活性の高い触媒を採用した。 その結果, 消臭に関して活性炭の約100倍の効果を持続する能力をもち, かつ繊維の性質を生かしつつ, 特異な悪臭除去に特長を発揮する繊維が開発されたのである。この繊維は都市ガスのもれ防止の臭いに使っているメルカプタン, 排せつ物の臭いインドールなど, し尿臭, 下水臭, 浄化槽臭, 生ゴミ臭, 蛋白腐敗臭, 冷蔵庫内臭などの悪臭分子を分解して無臭化する性能をもっている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 既に商品化されたもの……ふとん, おしめカバー, 靴の中敷, 便座マットなどの消臭繊維及び冷蔵庫用消臭シート			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			



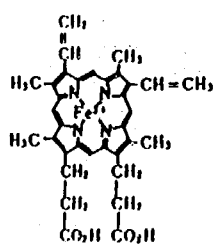
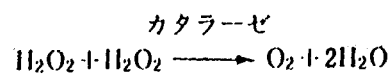
酵素の構造と機能 (模式図)



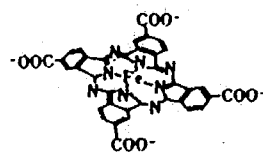
ヘム酵素



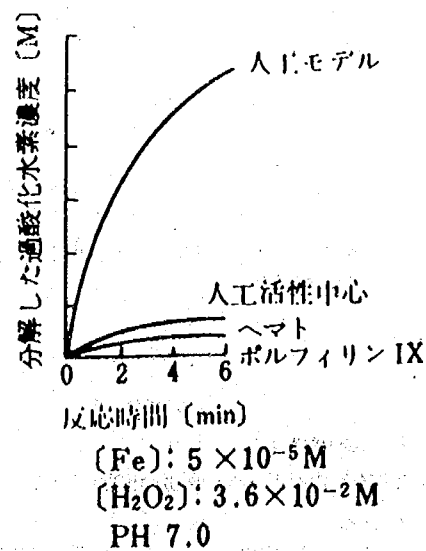
人工モデル



活性中心
ヘマト
ポルフィリンIX

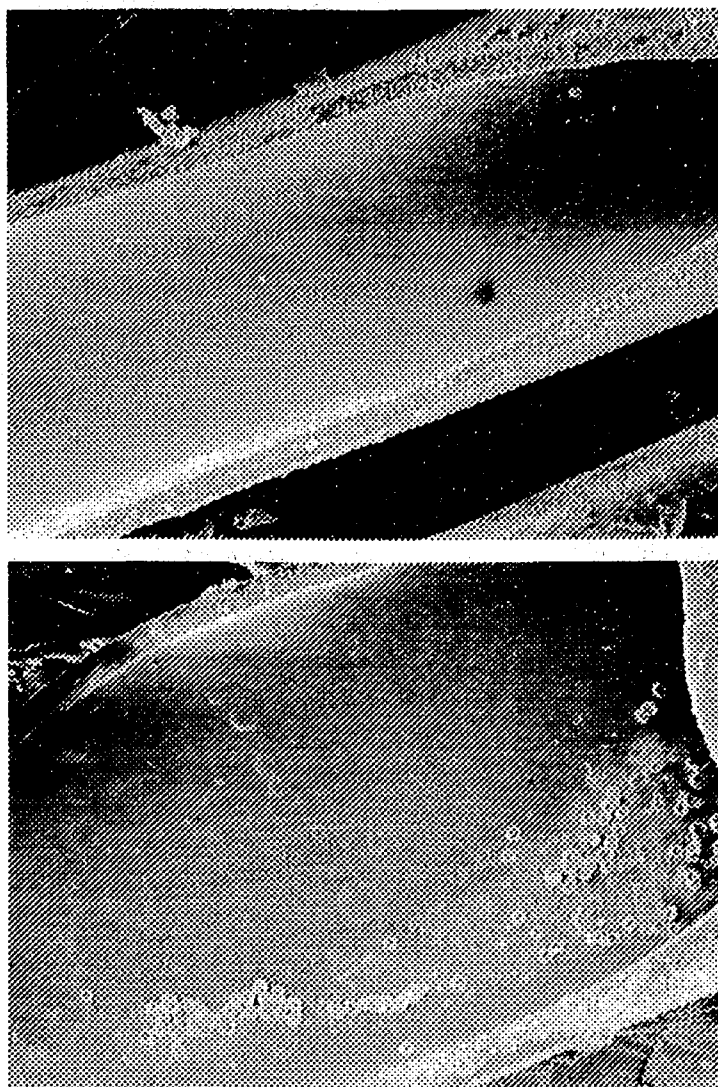


活性中心
Fe(III)-フタロシアニン
誘導体



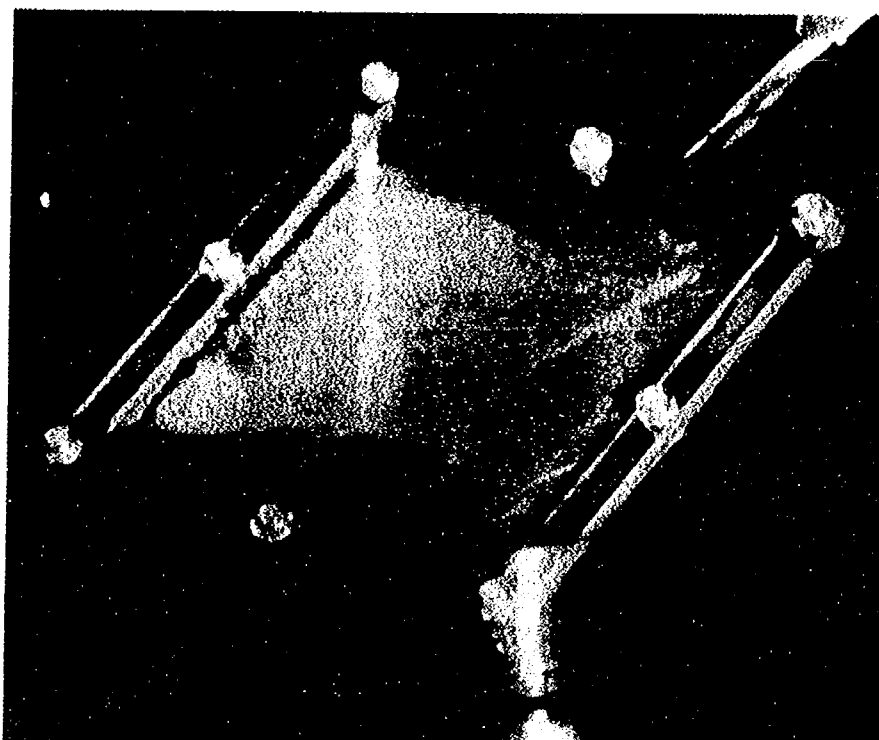
活性中心にFe(III)-フタロシアニン誘導体をもった人工酵素と効果

キーワード群	人工生体膜	研究・発見者	東京医科歯科大 医用器材研究所
出典	朝日新聞夕刊 (1991年9月9日)		
概要： 特定の重合体を用いれば、自然の生体膜に近い人工生体膜を作ることにも可能である。これはMPCという重合体物質により、血液成分を吸着し、人工生体膜に変化させ、血液を固まらせない新素材に関する研究開発である。			
詳細な内容： 人工生体膜の材料としては、コンタクトレンズ材料や歯科分野で使用されている接着剤に近い構造をもっているMPC（2メタクリロイルオキシエチル・ホスホリル・コリン）重合体という物質を用いている。 MPC重合体は血液と接すると血液中のリン脂質がびっしりと並び、細胞表面とそっくりの構造になる他、性質も生体膜に近い。すなわち血液透析に使われている膜の表面にMPC重合体を結合させ、人間の血液を通したところ、血液成分はくっつかず目に見えない微小血栓も認められなかった（これは人工臓器に使う材料に求められる第一の条件である）。 人工生体膜としての利用が可能となれば、将来人工臓器の開発への展望が開けてくるものと考えられている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： 血液中で測定するセンサーや血液回路、血液バッグ、カテーテルの他、動物実験の代わりの生体膜など幅広い用途が考えられる。 実用性のポイントは強度や細い人工血管に使えるかどうかである。			
備考：			



- ④MPC重合体を結合させたセルロースの中空糸に人間の血液を通して全く凝固しない
- ⑤ふつうのセルロース中空糸の場合、血液が粒状に固まる

キーワード群	培養皮膚	研究・発見者	北里大学医学部形成外科 高研
出典	「ハイテク日本 '87-技術の「明日」が見えてくる」, 牧野昇, 世界文化社, 1987年8月		
概要: 動物の生体膜を用いれば, 人間の皮膚と類似のものを培養することも可能である。これは仔牛のコラーゲン液を基底膜の材料として利用し, 培養速度がはやく, かつ生着率の高い皮膚の培養に関する研究開発である。			
詳細な内容: 皮膚は汗を出して体温を調節したり, 痛みや温度を感じる働きの他, 細菌や有害物質の侵入を阻止したり, 体液が体外に漏れないようにするなどの重要な機能がある。特に重大なのはやけどの場合で, やけどの範囲が大人で全身の50%以上, 子供なら30%以上に及ぶと生死にかかわるが, 患者本人の健康な皮膚を移植すれば完璧な生着が可能となる。 しかし移植する本人の健康な皮膚そのものが不足すれば, 本人以外の他人の皮膚, 豚などの皮膚を移植せざるを得ないが, いずれも拒絶反応などの問題がある。そこで北里大学と高研が共同開発したのが培養皮膚である。 培養皮膚とは仔牛のコラーゲン液を乾燥させ, 約20μの薄い有孔性のコラーゲン膜を作り, この基底膜の表面に患者の表皮細胞を, 裏面に真皮細胞をはりつけ, 栄養分のある培養液中で培養したものである。その結果, コラーゲン膜の両面には細胞が3,000倍の速度で培養され, かつ培養された皮膚は人間の皮膚とよく似た3層の構造をもっていたため, 生着率がかなり高かった。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 治療例はまだ少ないが, ある患者に培養皮膚を移植したところ, 約4週間で完全に上皮化した。			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			



コラーゲンを用いた人工皮膚（提供／朝日新聞社）

キーワード群	人工血液	研究・発見者	神戸医学部 ミドリ十字
出典	「先端技術100の常識」, 日本経済新聞社, 1986年10月		
概要: 特定の化学物質を探し出せば, 血液型に関係なく輸血でき, かつ量産できる人工血液の開発も可能となる。これはフロロカーボンにより世界に先駆けて人工血液の実用化に達するまでの研究開発である。			
詳細な内容: 人工血液として利用するには①血管内に一定時間とどまりうる, ②適当な浸透圧をもつ, ③体内で代謝され, 排泄が簡単, ④ガス交換能力をもつ, ⑤毒性がなく大量投与が可能などの条件を具備していなければならない。 現在人工血液として有力な化学物質として, フロロカーボン (フッ化炭素) が考えられている。フロロカーボンは酸素を生体の組織に運ぶ赤血球の機能と細菌を殺すなどの白血球の機能, 血小板の機能を有している。更に従来の血液にはない「血液型に関係なく輸血できる」, 「量産が可能である」などのメリットを有しており, 緊急輸血用などとして, その実用化に期待が集まっている。 この研究開発は神戸大学医学部とミドリ十字が共同で世界に先駆けて実用化に成功したものである。なお人工血液の本体であるフロロカーボンは白色のため, 人工血液は“白い血液”とも言われている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: これまでの動物実験により, 人工血液の安全性や酸素運搬機能が確認され, 昭和54年3月に全国11の大学, 病院が参加した臨床研究チームが発足した。すでに200例近い臨床試験が行なわれている。これらのデータを基にミドリ十字は厚生省の製造承認を申し受けており, 病院などで広く使われるようになる日も近いと見られる。			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			

人工材料等

〔人工臓器〕

- 人工心肺
- 人工肝臓
- 人工腎臓

〔その他〕

- 人工弁
- 人工骨

• 人工関節

• 人工眼

• 人工筋肉

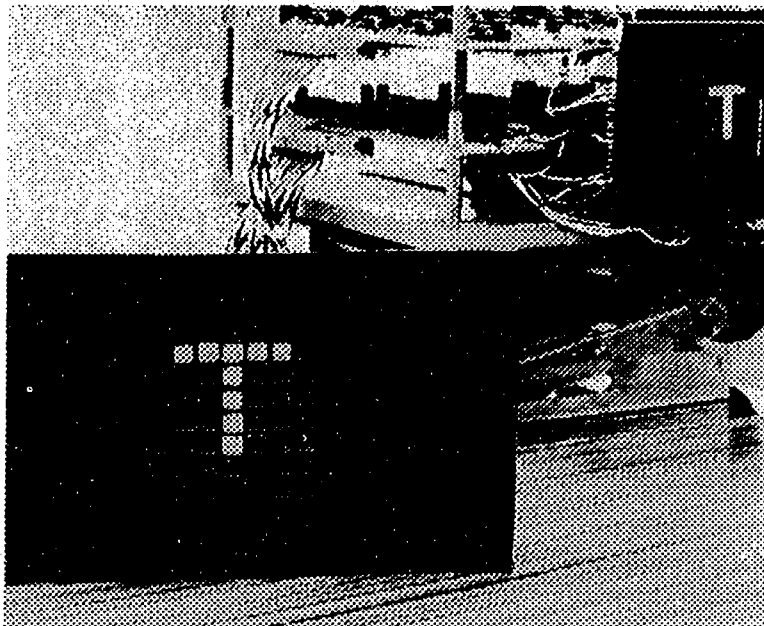
• 人工乳房

• 人工皮膚

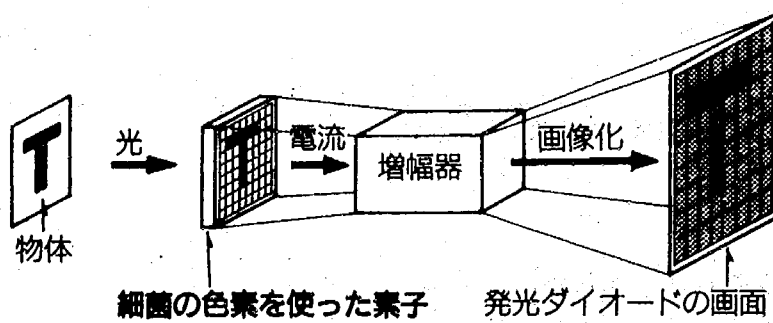
• 人工血管

• 人工血液

キーワード群	網膜, 形状識別	研究・発見者	富士フィルム足柄研究所 宮坂力研究員 他
出典	朝日新聞夕刊 (1991年10月16日)		
概要: 特殊な特性を有する細菌を用いれば, 人工的な網膜を作ることも可能である。これは塩水湖にすむ細菌の細胞膜とカニのキチンを利用して, 物体の動きや形を識別する装置の研究開発である。			
詳細な内容: 細菌のなかには動物の目の網膜細胞の色素に似た構造をし, 光を当てると光の強弱の変化に応じて電流を発生するものがある。例えばバクテリオロドプシンと呼ばれるたんぱく質で, 死海のような塩水湖にすむ細菌の細胞膜にこの色素が含まれている。 本研究では, 塩水湖にすむ細菌を真水に入れ, 内部に水がしみ込んで破裂した残がいのなかから細胞膜だけを集めて, 厚さが約20万分の1mmの色素の薄膜を作った。更に, この薄膜にカニの甲羅から採ったキチンと塩化カリウムを混ぜて重ね (これらは湖の塩水の代わりで色素の性能を落とさない働きをする), 全体をインジウム・スズ酸化物の板と金の薄膜の電極ではさんだ素子 (縦, 横3cm) を開発した。 装置は素子64個を平面的に並べて, 電流が発生すると, それぞれの素子につながった発光ダイオードが画像で表示する構造になっている。色素は1/3,000秒程度で光と反応する。このため, アルファベットのような図形は瞬時に識別して画像化することが可能である。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: 素子の感度を向上させれば装置をより小型にできるし, 今後は色を識別できる素子へも発展させることが可能である。			
備考:			



物体の動きや形を識別する新装置。手前が発光ダイオードの画面
(富士写真フィルム足柄研究所提供)

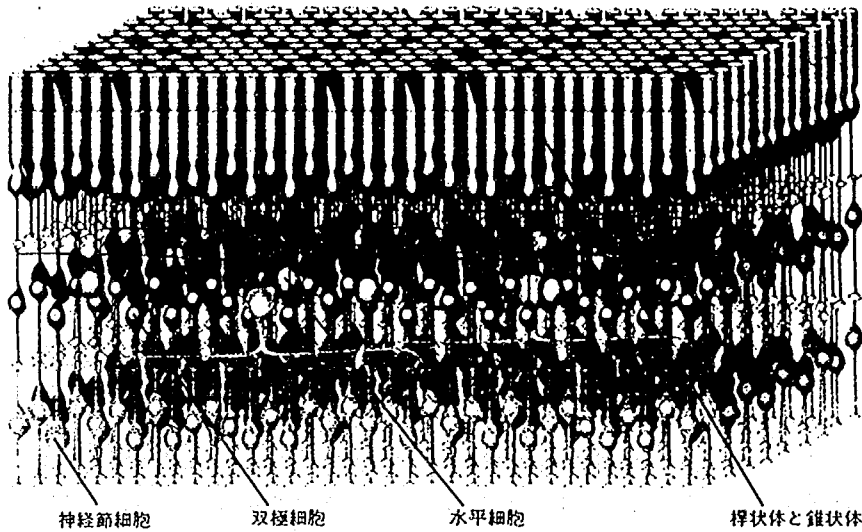


物体の動きや形を識別する装置の仕組み

キーワード群	シリコン網膜	研究・発見者	豊橋技術科学大学第3工学系 米津宏雄 教授
出典	「日経サイエンス」, 日経サイエンス社, 1991年7月		
概要: 生物学的見地に立ってシリコンを用いれば, 人間の網膜を模倣することも可能である。これはシリコンにより, 網膜の視細胞, 水平細胞, 双極細胞を再現する研究開発である。			
詳細な内容: 人間の網膜は厚さ200~300μ, 面積が数cm²で, 5層の細胞が積み重なって, 神経信号を層内で処理する機能と層間で処理する機能の両方をつかさどる細胞で構成されている。網膜は自然の光を脳が像として理解できる神経信号に変換させたり, 照明条件を自由自在にして見えている情景の特徴をすばやく抽出する能力を有している。こうした能力はスーパーコンピュータより優れている他, 消費エネルギーがその1,000万分の1と少ない。ただ注目すべきことは網膜中の神経細胞の動作速度は電子デバイスの100万分の1と遅いことである。 本研究では網膜の最も外側の3つの層である視細胞, 水平細胞, 双極細胞をシリコンで模倣した。視細胞は光センサーと適応機能用回路, 水平細胞は可変抵抗の回路網から構成されている。双極細胞は視細胞回路の出力と水平細胞回路の局所的平均値の差を増幅したものである。これらの機能を有するシリコン網膜は50×50のアレイ中に約2,500個の画素を持つ半導体チップとして作成された。 作成されたシリコン網膜は明るさの変化に対して, 脊椎動物の双極細胞と類似の応答を示したり, 人間と同じ錯視(同じ色でも背景の色により異なった色に見える)に陥ることが分った。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: シリコン網膜のような神経回路網を組み込んだチップは今後マイクロプロセッサやイメージセンサーと同様の機能を持った新しい機械視覚へ発展するとともに, 生物学的見地からシリコンシステムを組み立てることができれば, 神経系の動作原理, ひいては脳の解明をすることが期待できる。			
備考:			

神経構造をシリコンで形成

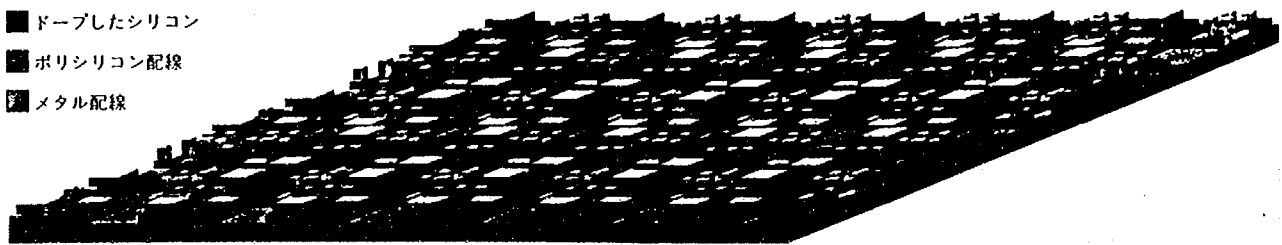
人間の網膜



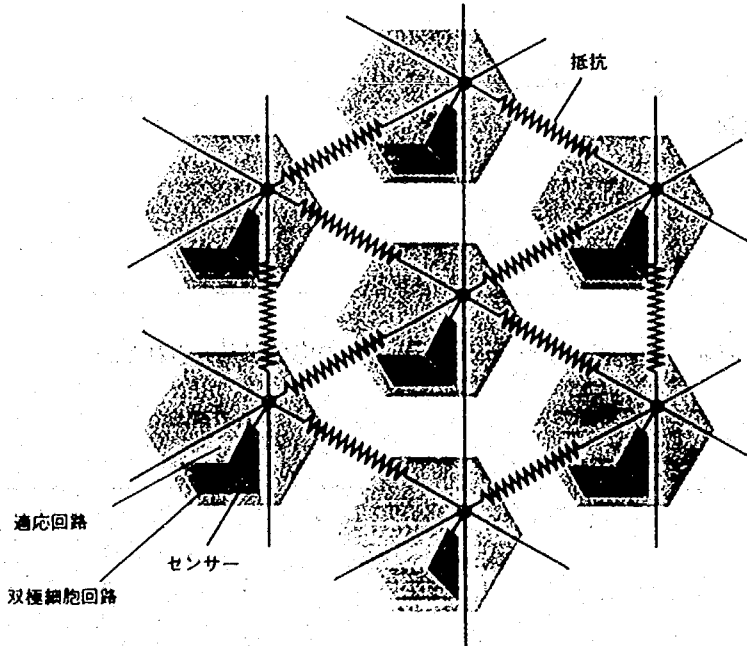
人間の網膜は、神経信号を層内で処理する機能と層間で処理する機能の両方をつかさどる細胞で構成されている。筆者らが作製したシリコン網膜は、網膜の最も外側の3つの層—視細胞(桿状体と錐状体)、水平細胞、双極細胞—を模倣した。桿状体と錐状体は光を電気信号に変換する。水平細胞は近隣の細胞をにらみながら、明るさの平均値をとっている。双極細胞は桿状体の出力信号と水平細胞の出力信号の比をとり、それを神経節細胞に送り込む。信号はさらに処理されて脳に到達する。

シリコン網膜

- ドープしたシリコン
- ポリシリコン配線
- メタル配線



シリコン網膜中の細胞の接続の仕方



シリコン視細胞は桿状体の機能を模倣したもので、光センサーと適応機能回路から成る。後者の回路は、明るさの変化に対処できるように応答を調節する。可変抵抗の回路網は水平細胞を模倣したもので、付近の視細胞に照射された光量の平均値を算出するため、フィードバックがかかっている。双極細胞回路は、視細胞回路の出力と水平細胞回路の局所的平均値の差をとって増幅する。

チップのレイアウトとして(中図)、回路はブロックごとに互い違いに配置する。不純物をドープしたシリコン領域(緑色)は、トランジスタと光検出器をつくる領域である。ポリシリコン(赤色)は配線と抵抗を形成し、金属線(青色)は抵抗値の低い配線となる。左の機能図解は視細胞回路と水平細胞回路網を表す六角格子の位置関係を示している。六角格子には可変抵抗がついている。網膜回路の応答は人間の網膜の動作に極めてよく似ている。

キーワード群	バイオ素子	研究・発見者	工業技術院 化学技術研究所 集合系物性課長 川端康治郎 他
出典	日本経済新聞 (1991年3月8日) 朝日新聞夕刊 (1991年3月11日)		
概要： 特殊な高分子を用いれば、生物の学習機能も模倣できる。これは有機系高分子APTを用いた生体の神経組織の模倣技術に関する研究開発である。			
詳細な内容： 電気を通す有機化合物であるAPTは光の刺激で興奮して電気信号を発する高分子である。化学技術研究所ではAPTの分子構造に手を加え、もっと複雑な働きができるようにした。今回開発した材料はアルキル基の数により①外から光の刺激を与えると導電率が低下するタイプ（興奮抑制型）と②繰り返し刺激すると徐々に導電率が上昇していくタイプ（記憶型）である。これらは生体の神経系を模倣したもので、①信号の伝達時に興奮を抑制する生体の神経組織と②繰り返しが続く同じ刺激に対しては、それを記憶する生体の神経組織に対応している。 これらの材料は外から光を当てるとその刺激を電気信号に変えて伝達する光スイッチング素子の働きを持つばかりでなく、信号を記憶したり、伝達を抑制したりする生物の神経細胞に似た柔軟な機能を持っており、将来のコンピュータなどへの応用が考えられる。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： 考えたり、学習したりする未来型コンピュータに組み込めるバイオ素子への応用が考えられる。			
備考：			

光スイッチが 学習機能持つ

3/11(土)
朝日

化技研、開発に成功

工業技術院化学技術研究

開発された。

所(茨城県つくば市)は七

日、網膜にある視覚細胞に似た新たな機能を持つ光スイッチング素子の開発に成功した、と発表した。光を当てると電気を通しやすくなる性質だけだったこれまでの素子に加え、逆に電気を通しにくくするものと学習機能を持つものが新たに

同研究所の川端康治郎・

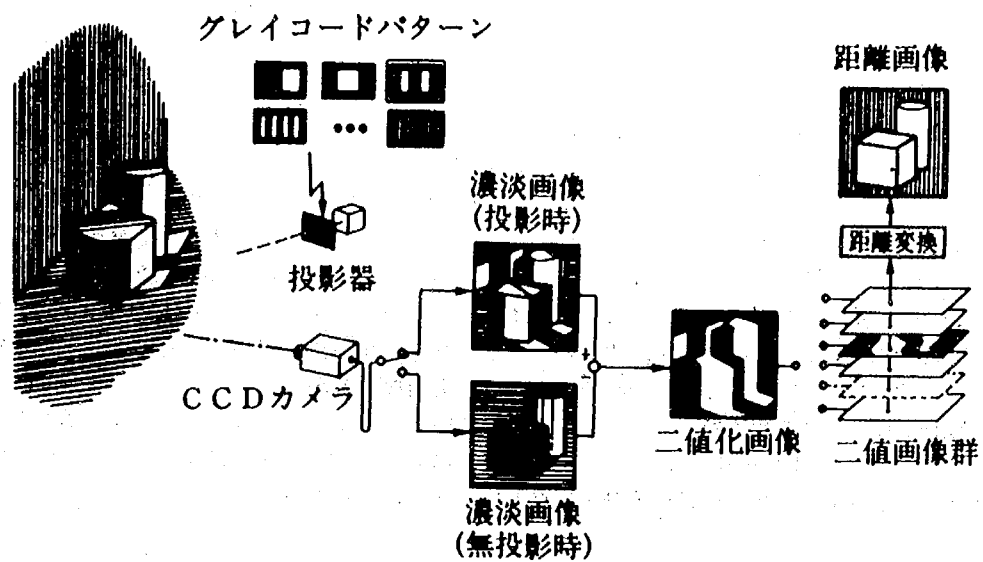
集合系物性課長らのグループは二年前、紫外光を当てると構造が変わる「アゾベンゼン」、その反応を伝える「アルキル基」、この刺激で最終的に電気が通りやすくなる「電荷移動錯体」の三つの部分を持つ分子を世界で初めて合成に成功し

た。

川端さんらのグループは「アルキル基」の数を変えて性質を調べた。すると「アルキル基」が十二個だと光刺激に対して電気が通りやすくなったが、十四個にすると逆に電気が通りにくくなった。六個だと前回の刺激を記憶して、繰り返し光刺激に対して徐々に導電性が良くなる性質があることがわかった。

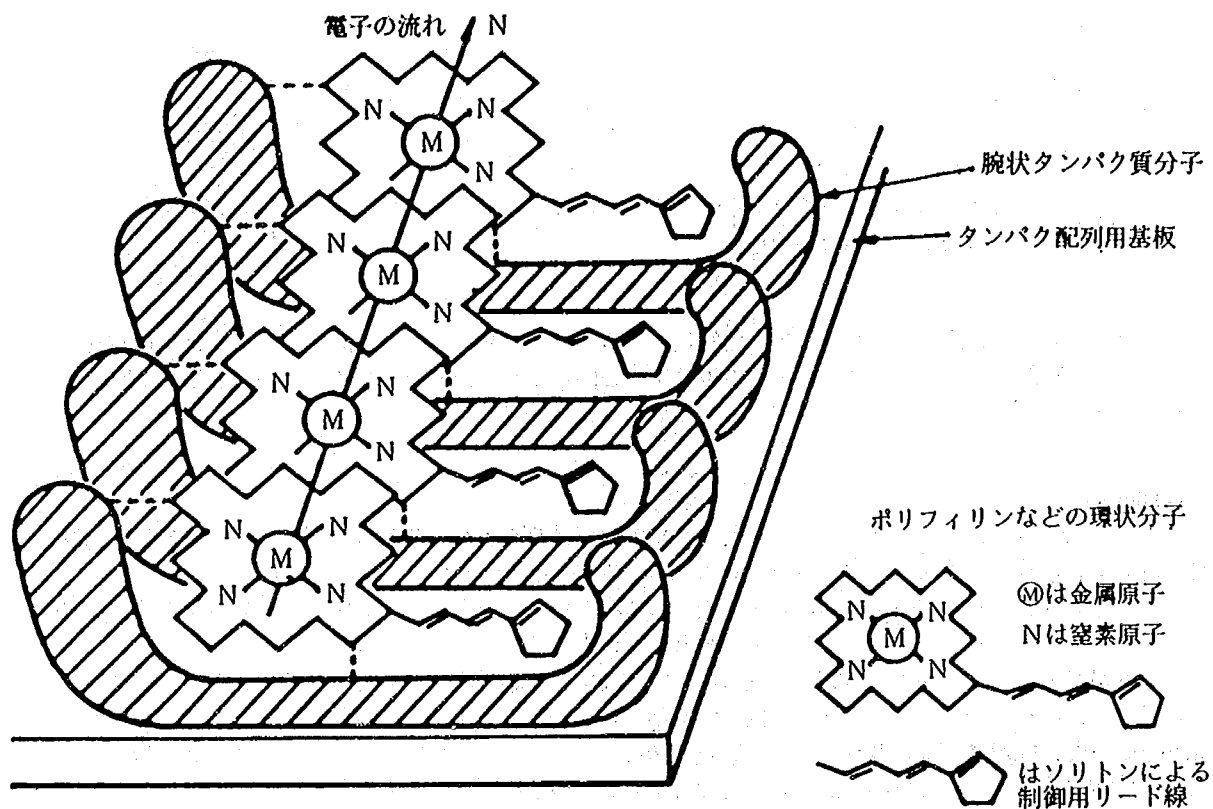
川端さんは「メカニズムはまだはっきりしないが、生体内の神経によく似た反応。さらに新しい機能も出せる分子合成も研究したい」と話している。

キーワード群	立体形状認識システム	研究・発見者	大阪大学基礎工学部制御工学科 井口征士教授、佐藤宏介助手
出典	「ハイテク日本 '87-技術の「明日」が見えてくる」, 牧野昇, 世界文化社, 1987年8月		
概要: 各種撮影機器とコンピュータを活用すれば、人間の目の機能を一部再現することもできる。これはCCDカメラ、スライドプロジェクター等を用いて液晶パターンマスクにより高速度かつ高精度な立体形状を認識できるシステムに関する研究開発である。			
詳細な内容: 現在進められているロボットの目の研究開発は、外界の三次元環境を高い精度で計測しかつ立体的で凹凸をもって認識できるものである。大阪大学で開発された立体形状認識システムはパターン光投影法と呼ばれ、CCDカメラ、スライドプロジェクター、画像処理装置、ディスプレイで構成されたシステムである。 原理は先ず液晶ストライプシャッターが組み込まれたスライドプロジェクターから物体に縞模様のパターンを順次8枚投影する。それを別の角度からCCDカメラで撮影し、光の当たっている領域と光の当たっていない領域をつくり、物体面上の色や印刷模様をつくる。各パターンごとに液晶シャッターを用いてポジパターンとネガパターンを投光し、それに応じて得られる2枚の画像の引き算を行う。 そして、明と暗の分割ができ、“0110……”, “1100……”といったコードとなって情報化される。最後に三角測量の原理を適用して、解析するとディスプレイ上に三次元像が映し出される。 このシステムの特長はパターンマスクに液晶を使ったところにある。物体の認識精度は1m先で誤差0.5mmで、またディスプレイ上に映し出されるまでの時間は従来50秒要していたが、このシステムでは約3秒となった。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			

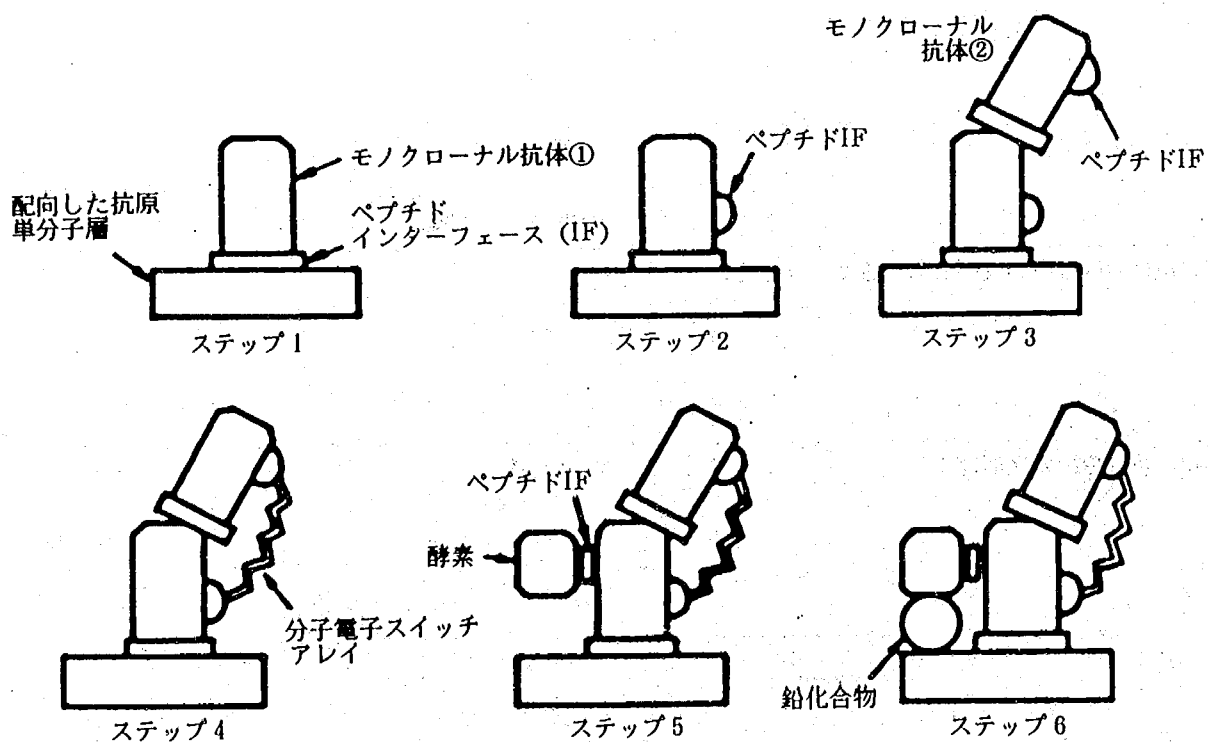


グレイコード・パターン投影器を用いた距離画像入力システム

キーワード群	分子スイッチ	研究・発見者	
出典	「図解百科 最新科学技術の常識」, 松田武彦, 東洋経済新報社, 1985年2月		
概要: 分子レベルで有機化合物をエレクトロニクスに応用すれば, 記憶, 認識などの様々な機能を発揮することができる。これは, 例えばポルフィリン環をもつタンパク質を利用した分子スイッチに関する研究開発である。			
詳細な内容: 最近エレクトロニクスの分野では分子レベルからデバイスを組立てようとする研究が盛んである。つまり分子で配線を行ったり, 分子を集積化したりすることにより極限デバイスを構築しようとする試みである。これが, いわゆる分子デバイスまたは分子エレクトロニクスといわれている研究分野である。 このようなデバイスとして使われる分子としては有機化合物(低分子)と生体高分子が考えられる。このうち生体高分子はエレクトロニクスに利用できる種々の機能, 例えば記憶, 増幅, スイッチ, 分子認識, 伝導などの機能を有している。現在主に研究されているのは生体高分子を巧みに利用した半導体の配線(リソグラフィ)と我々の脳と同様に機能するコンピュータ, すなわちバイオコンピュータを構築するためのスイッチやメモリになる生物素子(バイオチップ)と, 神経系の解析およびこの応用などである。 例えば, 米国のゼネトロニクスのマクレアーが提案しているバイオチップはポルフィリン環をもつタンパク質を利用した分子スイッチ(図参照)である。この技術は実際に利用できる段階にまでは達していないが, 一つの大きなインパクトをバイオテクノロジー及びエレクトロニクスの分野に与えた。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: 例えば生体高分子を用いるバイオチップを製作するには, 現在のタンパク質では不安定であり, 特性的にも十分とは考えられない。従ってバイオチップを実現するには, これに用いるタンパク質をプロテインエンジニアリング(プロテインデザイン)して, 分子レベルから設計し, 合成しなければならない。			
備考:			



タンパクを基板とする分子スイッチング回路構成



バイオチップ (Moleton) の組立て過程

キーワード群	人工眼	研究・発見者	EMVアソシエイツ社 ジェームズ・マクアリア
出典	「近未来情報事典—これから起こる大変化」, ロバート・ウェイル編, 木村繁 (訳), 河出書房新社, 1984年12月		
概要: 電子部品と神経細胞の融和により, 喪失した視覚をある程度とり戻すことも可能である。これは視覚を刺激する電極に実際の神経細胞をつけることにより白黒テレビと同じくらいの映像を見ることができるとする人工眼に関する研究開発である。			
詳細な内容: 人工眼の研究は1965年にユタ大学の外科医たちによって始められた。これは狩猟のさい事故で盲目となった男性の脳のなかに視覚中枢を刺激する電極を64本さしこみ, 電極はテレビ・カメラにつながれるというものである。この装置を使うと視覚に入ったものは眼肉閃光として小さな光の点を作り, 実験によれば点字を指先で読むよりも5倍も速く読むことができた。しかし装置があまりに大きく, 日常生活には役に立たなかった。 一方EMVアソシエイツ社の研究者は脳のなかで成長する電極を考えている。電極はたんぱく質の微小な枝に刻み込まれ, それにつけられた電線は1個の脳細胞と結びつくほど小さい。電線を通じて刺激される電極には胎児からとった神経がノリづけされる。その胎児の神経細胞は脳の視覚皮質まで伸びていく。完成目標は1991年であり, 完成すると雑音だらけの白黒テレビと同じくらいの映像が見えるだろうと予測されている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			

人工感覚

〔視覚〕

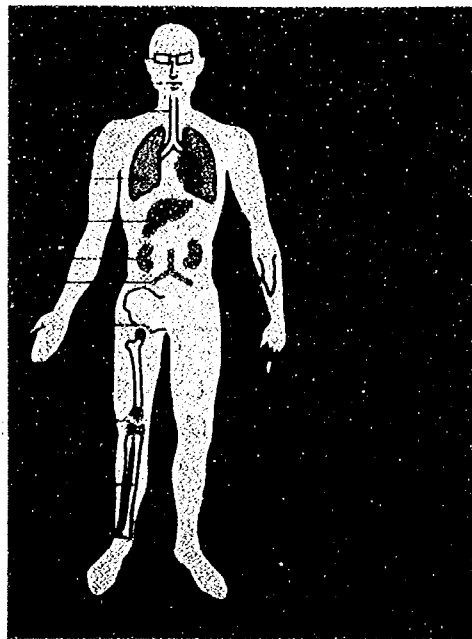
- 文字音声変換器
- 超音波メガネ
- 人工網膜

〔聴覚〕

- 人工中耳
- 音声タイプライター
- 音声ディスプレイ

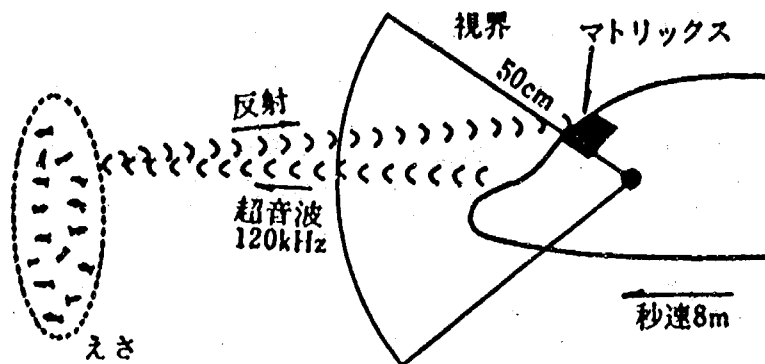
〔触覚〕

- 圧力分布センサー
- 材質感認識センサー
- FES（機能的電気刺激）

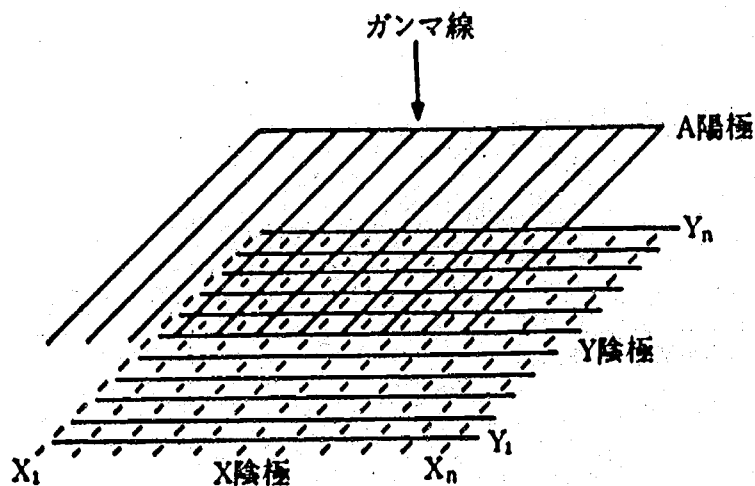


主要な人工臓器¹²⁾

キーワード群	超音波, 2次元変換	研究・発見者	
出典	「医工学入門」, 吉本千禎, 東海大学出版会, 1983年9月		
概要: 動物の特殊な特性に学べば, 画像技術を飛躍的に向上させることも可能である。これはイルカの超音波受信装置をヒントにして, 高解像度のマトリックス型ガンマ・カメラを開発するまでの経緯である。			
詳細な内容: 大型のイルカは30km/hr以上の速さで海を泳ぎまわる。イルカの目は50cmくらい先しか見えないと言われていたが, けっして障害物に衝突することはない。それはイルカが超音波レーダをおでこにもっているからである。イルカの超音波は約120KHzのパルスでその波長は1.25cmである。これで数mmのものまで判断しているのである。これを人間の超音波技術に対応させて考えれば, 数mmの解像度にするには2~6GHzが必要となる。つまりイルカの20~50倍高い周波数を使わなければならない。 周波数が高いと分解能がよくなる半面, 反射が強くなるから遠くへは到達しにくくなる。イルカは少なくとも100m先に何があるかが分からないと運動制御が困難になるから, そこまでは超音波が届き, かつその反射を判断できるよう, 低い周波数を使っている。イルカの超音波受信装置は自分が発振した超音波の反射と他のイルカの発振による反射が区別できるよう, 整然と配列された網の目状の2次元変換器となっている。 本研究ではこのような2次元変換受信に注目して, 超音波ではないが, まず手始めに放射性同位元素によるRI像用のマトリックス構造の変換器を設計した。これはマトリックス型ガンマ・カメラと呼ばれ, ガス室内に白金線陽極とX, Y軸マトリックス陰極をせまい間隔で向き合わせたものである。生体的にとり込まれた放射性同位元素によるガンマ線像が高解像で得られる。2次元変換器の一種である。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: 受信した信号から画像を作図する段階で生じた問題点として, 神経のように同時に多数の素子を並列で処理する構造は非常に難しいので, 直列に処理する方法をとらねばならなかったことである。			
備考:			



イルカは超音波レーダーを使う。120kHz前後の超音波をパルス状に継続して発振し、えさの小魚や障害物を判別する。反射波を受けるのはおでこにあるマトリックス状の受信器である。目は水中で約50センチメートルしかみえない。

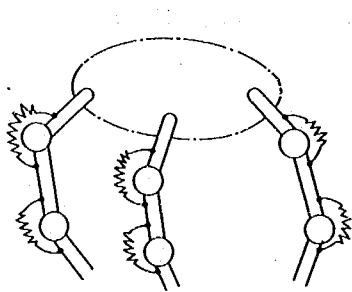


マトリックス型ガンマ・カメラ。細い白金線陽極とX、Y軸マトリックス陰極は、せまい間隔で向き合っている。全体をガス室に入れてある。生体内にとり込まれた放射性同位元素によるガンマ線像が、高解像で得られる。2次元変換器の一種である。

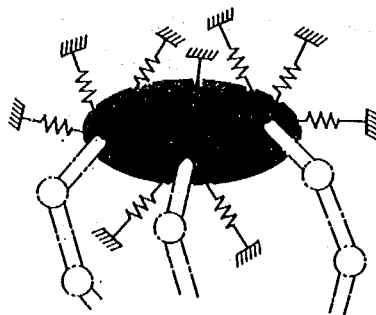
キーワード群	ロボットハンド	研究・発見者	通産省工業技術院機械技術研究所 ロボット工学部感覚制御課
出典	パンフレット「物体を安定に把握して操る3本指ロボットハンド」		
概要： 制御を適切に行えば、ヒトの手に類似の動きを再現することも可能である。これは、位置・剛性制御に基づく操り制御理論により、物体を安定に把握して操る3本指ロボットハンドに関する研究開発である。			
詳細な内容： 従来の産業用ロボットハンドは主に単一の開閉自由度を有するグリップ型ハンドであるが、近い将来ロボットが土木、農林、防災等広範囲の各種環境内での複雑高度な作業に対応するためには多数の関節からなる複数の指を備えた人間型ロボットハンドが不可欠である。本研究においては位置及び剛性制御に基づく操り制御理論を確立したうえで、ヒトの手に似た構造を有する多指多関節ロボットハンドを開発した。 この理論はハンド各指の関節剛性を適切に設定することにより物体を安定に把握し、更に各指先軌道を物体の目標軌道に沿って協調して制御することにより物体を安定に操るものである。即ち図(a)に示すように各関節に仮想的なバネを想定し、図(b)に示すように各指先に設けた一群の仮想バネにより物体を支持しているのと等価な状態を再現する。 このようにすれば、物体を支持するすべての並進・回転バネが正の剛性を持つならば、物体が外乱力をうけても、それを取り除くように物体は目標位置・姿勢に復元し、安定な把握を実現することができるのである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： よりヒトの手に近い動作機能を備えたロボットハンドを実現するためには、別途開発中の触覚センサーをハンド指先に搭載し、力覚・触覚情報を併用した操り制御技術を確立していく必要がある。			
備考：			



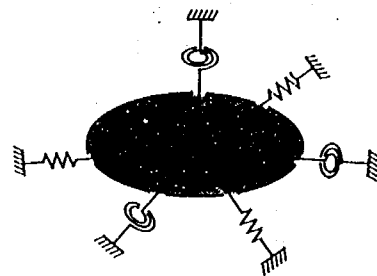
開発した3本指ハンド



(a) 関節剛性の設定

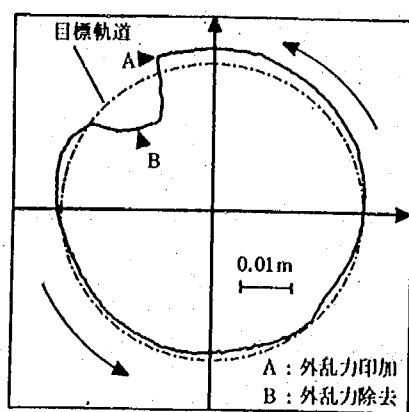


(b) 指先剛性の設定



(c) 把握系の剛性の設定

位置および剛性制御に基づく安定な操り



安定な操り動作での物体の軌道

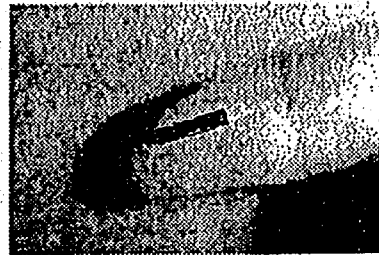
キーワード群	アクチュエーター	研究・発見者	東京大学工学部 中島尚正教授 アイシン精機
出典	日本経済新聞 (1991年10月26日)		
概要： 微小物質の膨張・収縮を利用すれば，超小型アクチュエーターの開発も可能である。これは熱によるフロンの膨張・収縮に伴う薄膜の上下運動を利用した医療用超小型アクチュエーターに関する研究開発である。			
詳細な内容： 中島教授らは胃のぜん動運動と同じ原理で，管の内壁にアクチュエーターを並べ，少しずつずらして上下させることにより管の中の液体を動かす装置を開発した。 このアクチュエーターは大きさ約1.5cmの箱型で，天井部分に薄膜が張ってある。薄膜は大きさ8mm角，厚さ0.8μmで中には液体フロンを染み込ませた炭素繊維が入っている。また箱の下に光ファイバーの先端がくるようになっている。これに光をあてると熱で液体フロンの気体になり，薄膜を押し上げる。光の点滅に合わせて膨らんだり，へこんだりする力を利用すれば，1個の場合は小さなピンセットの開閉に，また複数の場合は液体を運ぶ医療用超小型ポンプへの応用が考えられている。 この装置の利点はアクチュエーターの体積に比べて表面積が大きいので熱の伝わりが速く時間遅れなく光の点滅に反応し，また電気を使っていないので体内に入れても安全なことである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性：			
備考：			

光の点滅で膨張・収縮 超小型駆動装置を開発

東大・アイシン精機

東京大学工学部の中島尚正教授とアイシン精機は、熱による液体の膨張を利用した大きさ約一・五ミリの超小型アクチュエーター（駆動装置）を開発した。中にある液体に光をあてて熱で液体にし、液膜を膨らませる。光の点滅に合わせて膨らんだりへこんだりする力を利用して小さなピンセットの開閉などに利用できる。中島教授はこのアク

チュエーターはピンセットの開閉などに利用できる（一枚の上に5個のついで）



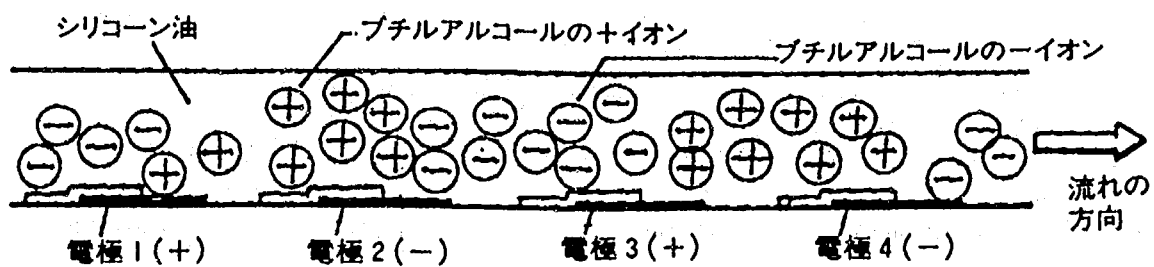
チュエーターを並べて、液体を運ぶ医療用超小型ポンプへの応用を考えている。

開発したアクチュエーターは箱型で、天井部分には液膜が張ってある。液膜は大きさ八ミ角で、厚さ〇・八ミ角（約は百万分の二）。中には液体フロンを染み込ませた石英繊維が入れている。箱の下に光ファイバーの先端がくるようになっている。光をあけると熱で液体フロンが気体になり、液膜を押し上げる。試作品では盛り上がった液膜の高さは二十ミ角だが、もっと高くできるように改良する。という。光を切ればまた液体に戻るので、液膜はへこむ。体積に比べて表面積が大きいので熱の伝わりが速く、瞬間遅れなく

光の点滅に反応する。

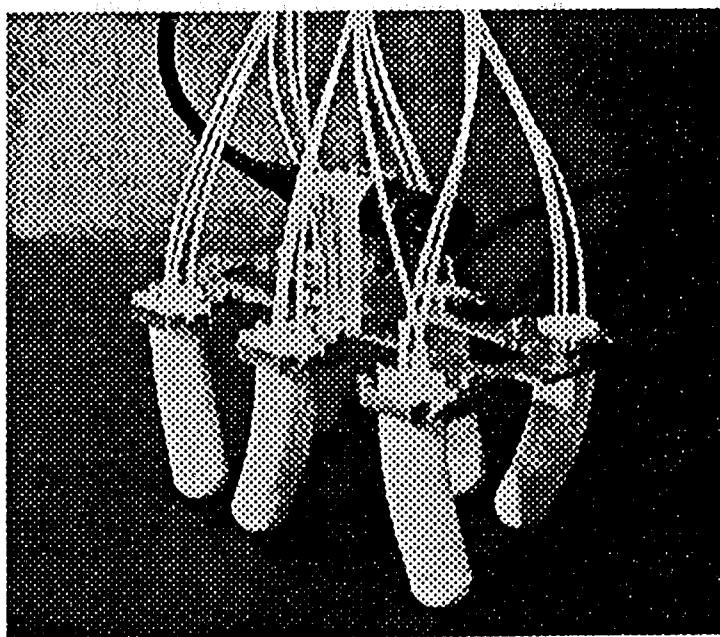
中島教授は箱の内部にこのアクチュエーターを並べ、少しずつずらして上下させることにより管の中の液体を動かすことを試みている。胃のぜん動運動と同じ原理で、「形に工夫する」など改良を加えればポンプになりそうだ」と話している。電気を使っていないので体の中に入れることもでき、医療用への応用を考えている。

キーワード群	微小（バイオ）モーター，イオン	研究・発見者	豊田工業大学 土田縫夫助教授 他
出典	日刊工業新聞（1991年10月19日）		
概要： 原生動物の運動機能もうまく応用すれば微小モーターの開発も可能である。これはゾウリ虫の鞭毛運動の原理を用いて、イオンを駆動源とするマイクロアクチュエーターの研究開発である。			
詳細な内容： マイクロメカニズムの駆動体となるアクチュエーターの研究は静電力または逆圧電気現象に基づくものが主流である。他にSMAの形状記憶現象，超磁歪現象を応用したものも提案されているが，まだ動作が確認されたという段階である。 本研究ではゾウリ虫の鞭毛運動に着目した。すなわちゾウリ虫は体内の水素イオンの濃度差により鞭毛をらせん状に回転させている。そこで正負のイオンになりやすいブチルアルコールを1%混入したシリコン油を作動流体に用い，電圧を加えると流体が一定方向に流れるように電極の構造に工夫を加えた。試作したモーター電極はクロム，ニッケル，銀を多層蒸着し，片側半分を酸化ケイ素で被膜している。それを同一方向に放射状に4個配列して交互に正負の電圧をかけるとイオンは一方方向に流れ，流体の動きに合わせてモーターのローターが回転する仕組みである。 テストの結果，2,000ボルトで数10回転／秒の動作を記録したが，更に微細加工すれば数10ボルトで高速回転が得られる見通しがある。このモーターの特徴としては，配線が単純で低ノイズ，回転軸が非接触，電子スイッチングが可能などである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： 今回の微小モーターの試作はバイオモーター実用化への突破口を開くもので，今後はイオン透過膜を用いて流れの方向を自由に変えることができるものも考えられている。また次のステップとして電極上に太陽電池をのせて，流体表面を移動する船に似た構造体の試作も考えられている。			
備考：			



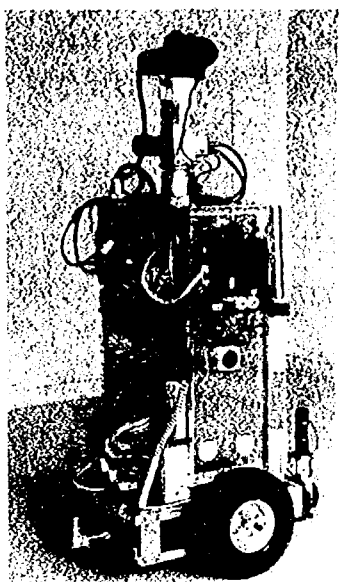
イオン駆動アクチュエーターの原理

キーワード群	ロボット 流体アクチュエーター	研究・発見者	東芝総合研究所
出典	日刊工業新聞（1991年6月14日）		
概要： 流体の圧力を制御すれば、動物並みの機能性の高い歩行も可能である。これは脚に繊維強化ゴム製流体アクチュエーターを採用し、内圧の制御により伸長動作や任意方向に湾曲できる6本脚歩行ロボットに関する研究開発である。			
詳細な内容： 東芝の総合研究所が試作した歩行ロボットは縦140×横60×高さ67mmの大きさで、重量は420g。脚として利用した繊維強化ゴム製流体アクチュエーターは外径20×長さ67mmで、内部が3つの圧力室に分かれた構造をしている。この内部圧力をデジタル制御によるオン・オフ弁でコントロールすることにより、本体を弾性変形させ、接地面に対し長円状の軌道を描くように動きを制御する。 歩行動作はロボットの脚を右前、左中央、右後と左前、右中央、左後を1組みにし、2分の1サイクルの位置差をつけ駆動することで行わせる仕組み。 アクチュエーターをそのまま脚とするため機構がシンプルで、簡単な制御で駆動可能なほか、関節がないためロボットの姿勢を変えずに自由な方向に移動することができるのが大きな特徴だ。このほど実施した基礎実験で、分速2.2mという実用的な速度で容易に静歩行が行えることを確認。さらに自重の倍以上の機器を搭載できる見通しも得た。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： 脚の剛性が足りないため設計には制約があるものの、汎用性の高い歩行ロボットが実現できることから原子力発電所などのような狭隘な場所での点検・補修作業など実用性は高いと見られている。 今後は新しい制御アルゴリズムや歩行パターンの構築を進め、段差の乗り越えをはじめとする障害物の回避や動歩行への展開などを検討する必要があると見られている。			
備考：			

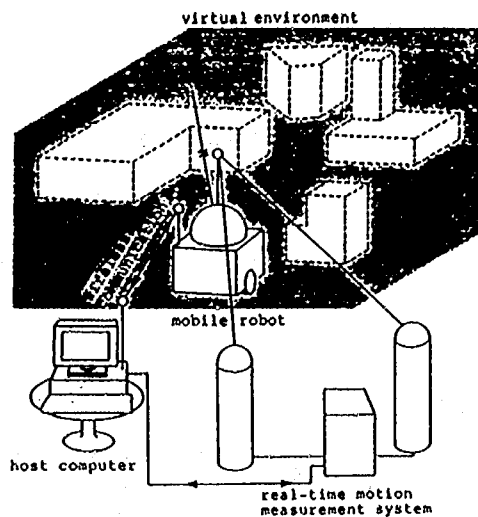


動物そっくりな動きをする六本脚歩行ロボット

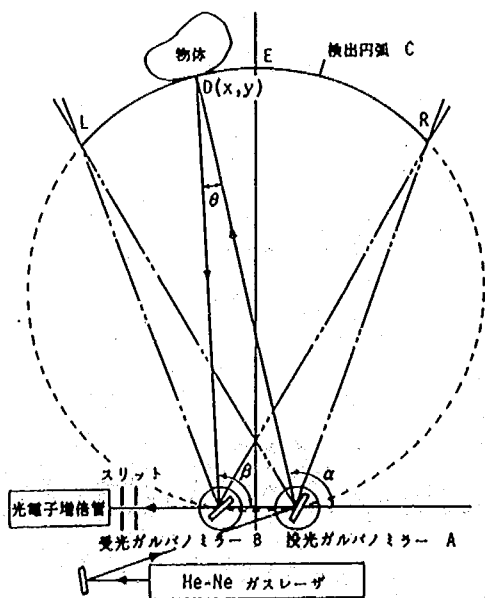
キーワード群	オリエンテーリングロボット	研究・発見者	通産省機械技術研究所 谷, 白井, 松本, 小森谷 東大先端科学技術研究センター 館
出典	「移動ロボットの自律制御技術」, 谷和男, 白井信正, 松本治, 小森谷清, 館暁, 日本ロボット学会ロボットシンポジウム, 1991年5月		
概要: 各種センサを用いれば, 不整地環境で作業できるロボットの開発も可能である。これはオリエンテーリング機能をロボットで実現するため, ナビゲーション, 障害物検出, 不整地走行制御に関するシステム開発である。			
詳細な内容: 従来の移動ロボットは予め状況がはっきりしている環境で利用されるものが開発されてきた。しかし最近では森林, 農地, 災害地域, 建設現場などのように状況がはっきりしていない不整地環境での移動ロボットの使用が要望されている。このロボットを実現するためには①環境モデル利用ナビゲーション, ②障害物検出, ③不整地走行制御の機能を備えておく必要がある。 ①環境モデル利用ナビゲーション 移動ロボット“MELBOY”は車輪の向きを制御できるアクティブキャスタをもつ三輪車で, DCサーボモータで駆動する。車体上部に超音波センサとレーザセンサ, 車体の前・左・右に超音波センサが取り付けられ, 三角測量の原理により物体までの距離が算出される。また駆動輪に内蔵したエンコーダ (1/2万回転の分解能) による車輪回転角度情報とランドマーク (壁面と壁の角) の認識により, ロボットの位置が推定できる。 ②障害物検出 光学式物体走査装置の投光ガルバノミラーAと受光ガルバノミラーBを一定の角度差を保ったまま回転させれば円弧C上の障害物を受光器で検知でき, αとβを測定すれば障害物の位置を求めることができる。光源としては出力35mWのHe-Neガスレーザ, 受光器として光電子増倍管を用いている。この装置を用いれば1走査内に1,000点のデータ採取が可能である。 ③不整地走行制御 不整地走行可能なロボットとして, ダイレクトドライブDCサーボモータとコイルばねを有したアクティブサスペンション四輪ロボットを試作した。ロボットにはセンサとして, サスペンションの変位を検出するポテンシオメータ, 車体のピッチ・ロール方向の傾き角を検出するサーボ傾斜計, 傾き角の角速度を検出する振動型レートジャイロ, 車体の加速度を検出するサーボ加速度計が備えられている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: オリエンテーリング機能をロボットで実現するためには, 上記の3つのサブシステムをトータルシステムとして一体化していく必要がある。			
備考:			



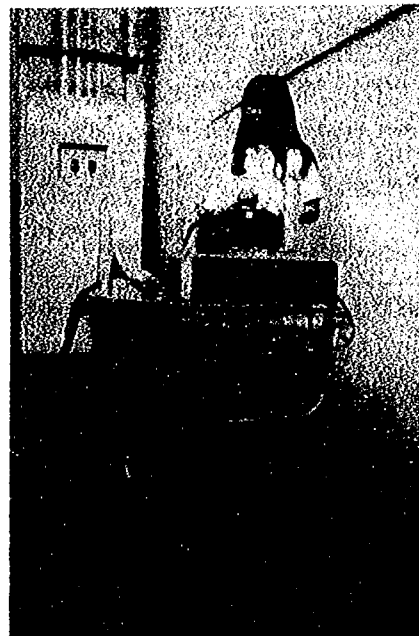
移動ロボット “MELBOY”



仮想環境を利用した移動ロボット
自律制御実験システムの概念図



光学式物体走査装置



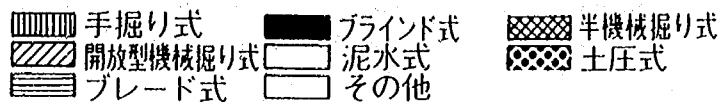
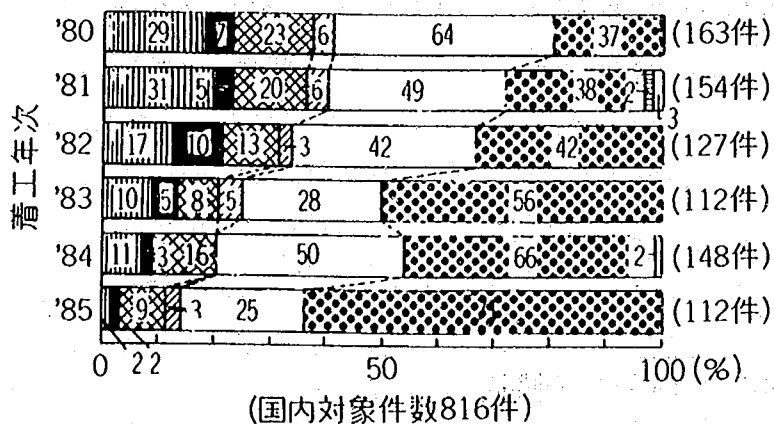
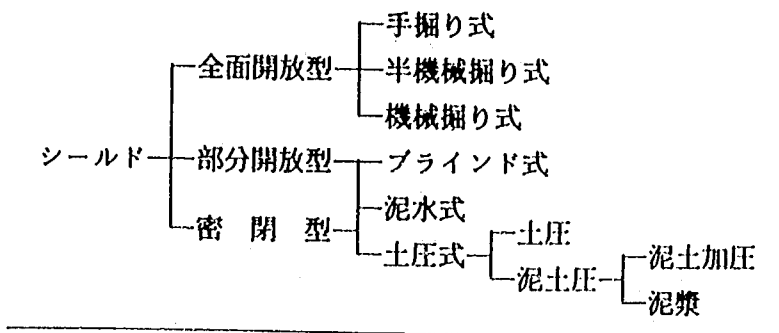
アクティブサスペンション四輪ロボット
による凹凸路面走行実験

キーワード群	輸送管, 傾斜機能材料	研究・発見者	横河電機
出典	日本経済新聞 (1991年2月16日)		
概要: 傾斜機能材料を用いれば, 人間の胃腸の動きを再現できる。これは特性の異なる2種類のセラミックスを用いた胃腸の動きをまねた搬送装置に関する研究開発である。			
詳細な内容: 胃腸の動きをまねた搬送装置はこれまでゴムチューブの外側にローラーを取り付けて機械的に絞って運ぶものがあるが, 小型化が難しいうえ, 流量が変動しやすいという難点がある。 横河電機では胃腸と同じように波打ちながら内部の液体を運ぶ輸送管を開発した。開発した輸送管は四角い金属パイプの表裏交互に短冊状に2種類の傾斜機能材料(伸び縮みするセラミックス, 伸び縮みしないセラミックス)の板を接着させた。この板に電圧をかけると, 伸び縮みし, 板と一緒にパイプが波打ち, パイプ内の液体を運ぶものである。試作したパイプは縦0.2mm, 横2mm, 長さが5cmで実験では水を10cm/sの速さで輸送できた。 傾斜機能材料は電圧の周波数を34KHzに設定すると, 上下に反り, 板とパイプに凹凸の列ができ, 波のように流れるようになるものであり, 2種類の材料の境界は成分を混じり合わせ, 割れにくいように工夫されている。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: 開発した輸送管は流量を電圧で制御でき, バイオ分野などで必要な液量の精密な制御ができる。またピストンなども不要なため, 超小型ロボットなどへの応用が可能である。			
備考:			



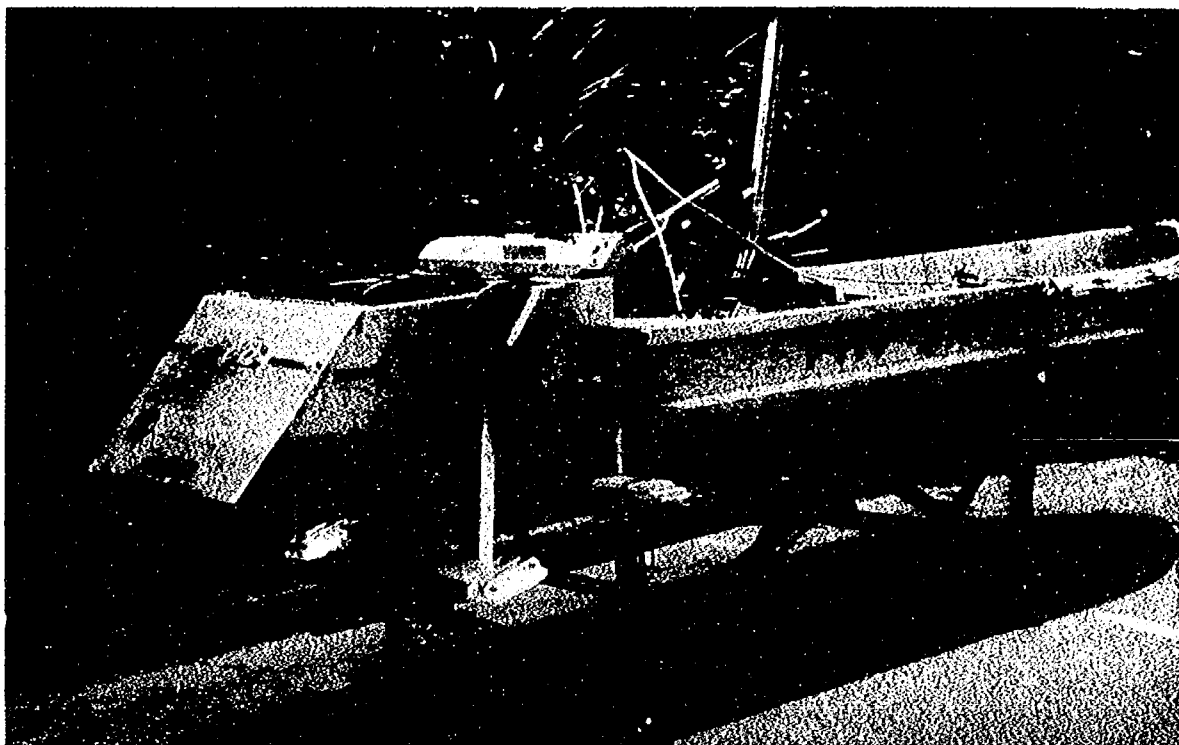
キーワード群	シールドトンネル	研究・発見者	ブルネル（イギリス）
出典	「しらべてみよう 8 東京の地下探検旅行」，三浦基弘，筑摩書房，1988年7月		
概要： 動物の生き様は時として私達に知恵や教訓を与えてくれる。これは，ふなくい虫の行動をヒントにして開発されたシールドトンネル工法に関するエピソードである。			
詳細な内容： 造船所で働いていた技術者のブルネルは木材の害虫であるふなくい虫が船材を食いあらしているのに注目した。ふなくい虫はタコの吸盤のような足で体を木に固定し，殻（から）のふちを木におしつけ，殻を前後に動して木を削り落とす。削られた木粉は自分の体内にとり込み消化，吸収し，液体に変えて体外へ排出する。これがセメントのような役目をしてトンネルの壁を丈夫にする。 即ち，ブルネルはふなくい虫の①頑丈な殻で体を保護する，②穴を掘り進むとき削りとった木粉をうしろへ送り出す，③新しく掘った穴の側壁にすぐ液体をはり穴がくずれるのを防ぐ，という3つの特徴に着目した。 このことをヒントにして，ブルネルは新しいトンネルの掘削方法であるシールド工法を考え出し，1818年のテムズ川の下を横断するトンネル工事でこの工法をはじめて使った。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性：			
備考：			

シールドの分類¹³⁾

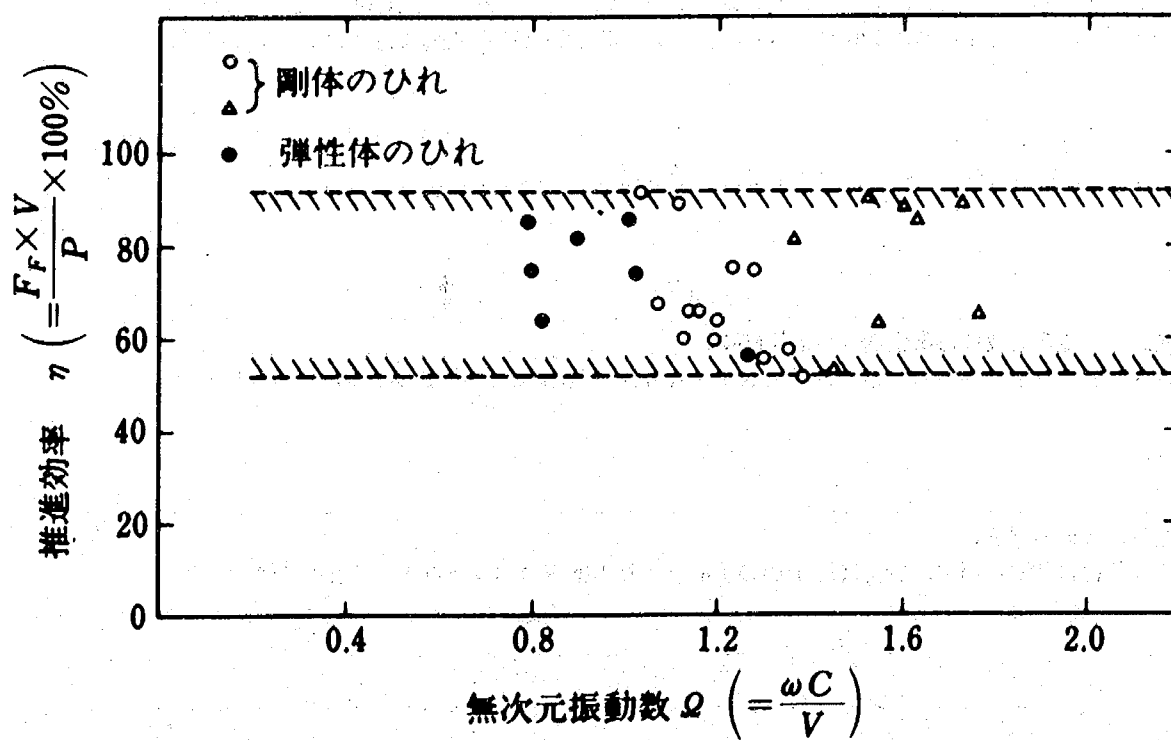


工事着工年次とシールド形式¹⁴⁾

キーワード群	フィンシップ	研究・発見者	
出典	「バイオテクノロジー入門 [21世紀への革新技術]」，篠原昭，田中一行，白井汪芳，培風館，1986年9月		
概要： 魚類の泳ぎ方を研究すれば，高効率の推進力を持った船舶を開発できる。これはイルカの尾びれを擬似したフィンを推進機に応用するための研究開発である。			
詳細な内容： 魚類や水生ほ乳類の泳法はウナギ型とアジ型に大別される。ウナギ型泳法は頭から尾まで体全体を波うたせ，その波を尾端に向かって送る泳法であり，一方アジ型泳法では体の前3分の2をほとんど曲げず，後3分の1をくねらせ，尾端の振れを急激に増大させて波を送るものである。特にアジ型泳法は推進効率の点ですぐれている。 アジ型泳法を行う魚類のなかでも，カジキ（最高90km/h）やイルカ（35～60km/h）などの三日月型尾びれをもつ魚類は速さや効率の点でも非常にすぐれている。そこで，この推進原理を船舶の推進機に応用するという着想から，スクリュプロペラの代わりに船底下にイルカの尾びれのようなフィン（上下方向に振る）をつけた船を試作した。試作船の実験の結果，平均推進効率は在来の小型スクリュプロペラ船の40％に対して，66％とかなり効率が良い。 このようにフィンシップは推進効率が良く，省エネルギーとなるばかりでなく，スクリューのように水をかき回さないで，水を濁らせたり，網や藻をからませたりすることがなく安全である。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： 往復運動に伴う駆動機構の問題があるため，ひれ（フィン）の振動を早くできないが，従来の船舶にない特長をもっていることから，今後海洋牧場用船や湖沼遊覧船など幅広い用途が期待されている。			
備考：			



試作フィンシップ



フィンシップの推進効率

キーワード群	ヘビ型ロボット	研究・発見者	東工大助教授 広瀬茂男
出典	「日本の最新技術シリーズ（6）メカトロニクス時代を拓くロボット技術」, 日刊工業新聞社, 1982年6月		
概要: 動物の運動メカニズムを擬似すれば, 様々な機能を有するロボット及び周辺機器の開発が可能となる。これはヘビの運動機構を擬似化したヘビ型ロボットに関する研究開発である。			
詳細な内容: 動物のなかで最も進化した体型をもった動物はヘビであると言われている。即ちそうしたヘビ独特の体型によるヘビ特有の運動形態は①凹凸の激しい不規則な荒地や狹隘で曲りくねった空間を移動できる, ②体重を体全体に分散できるため, 沼地や砂地などの軟弱な地面上を移動できる, ③クレバスなどでも自分自身の体を橋とした谷渡り移動ができる, などである。 これらの推進原理を工学的観点から解析するため, ヘビの体に節電流計測用の電極を刺し込み, また検出器を貼り付けて滑走力の計測を行った。またドライアイスでヘビを棒状に冷凍し, 2cmごとに切断して, 筋肉と骨格の分布を調べた。このような研究の結果, 全長2m, 20個のサーボモータ節で連結されたヘビ型ロボットが試作できた(1972年)。これは体側にある触覚センサーとその特殊な信号処理により毎秒40cmのスピードで迷路の中も蛇行推進できるものである。 更に1980年には円筒形構造のフレームをもち, それを斜めに連結し, 旋回運動を行う関節を持った斜旋回機構というメカニズムを導入した改良ヘビ型ロボットを開発した。これは全長1.6m, 重量4.3kgで15個のサーボモータがマイクロコンピュータにより制御され, 任意の屈曲姿勢と推進運動を行うロボットである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 改良ヘビ型ロボットと類似のメカニズムがNASAで試作した宇宙服の関節に利用されている。			
問題点及び今後の発展性: 将来的には狹隘な環境, 例えば原子炉の炉心まわりの検査ロボットなどへの応用が考えられる。			
備考:			

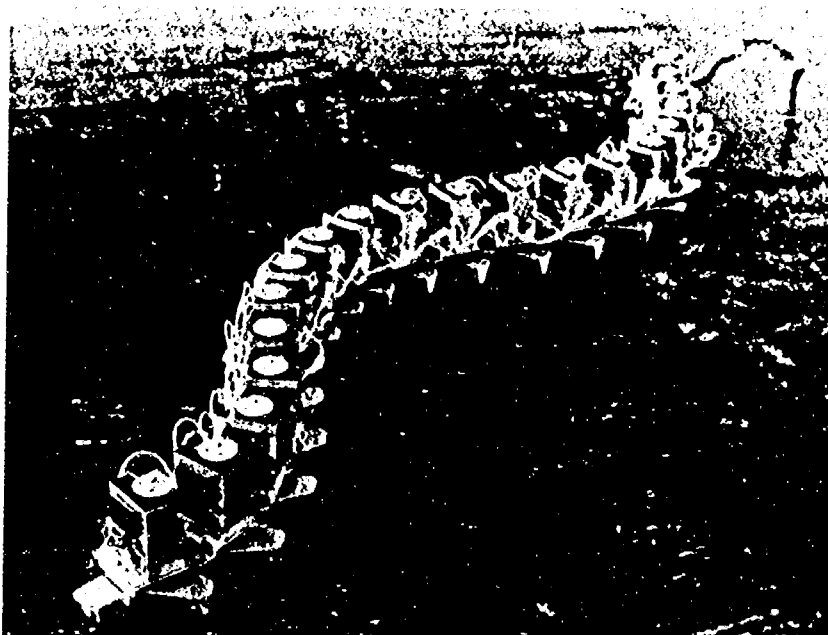


写真1

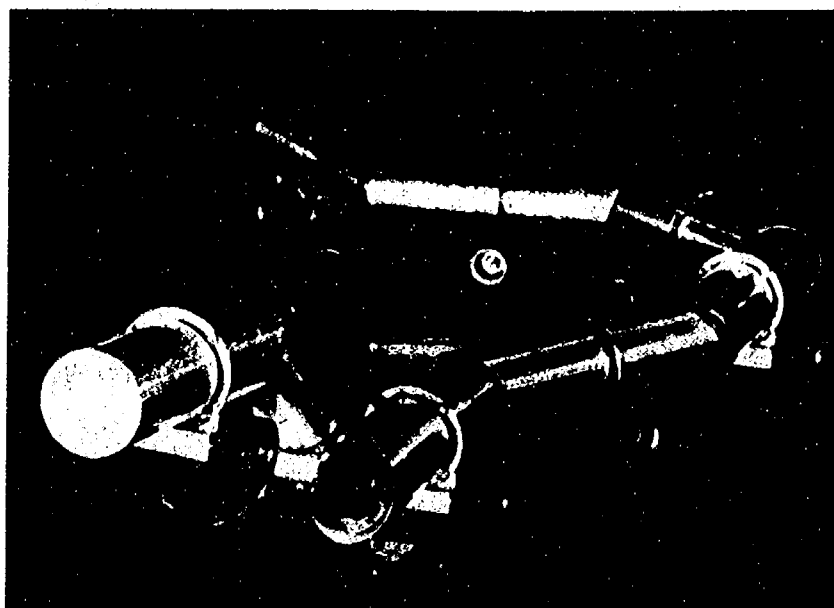
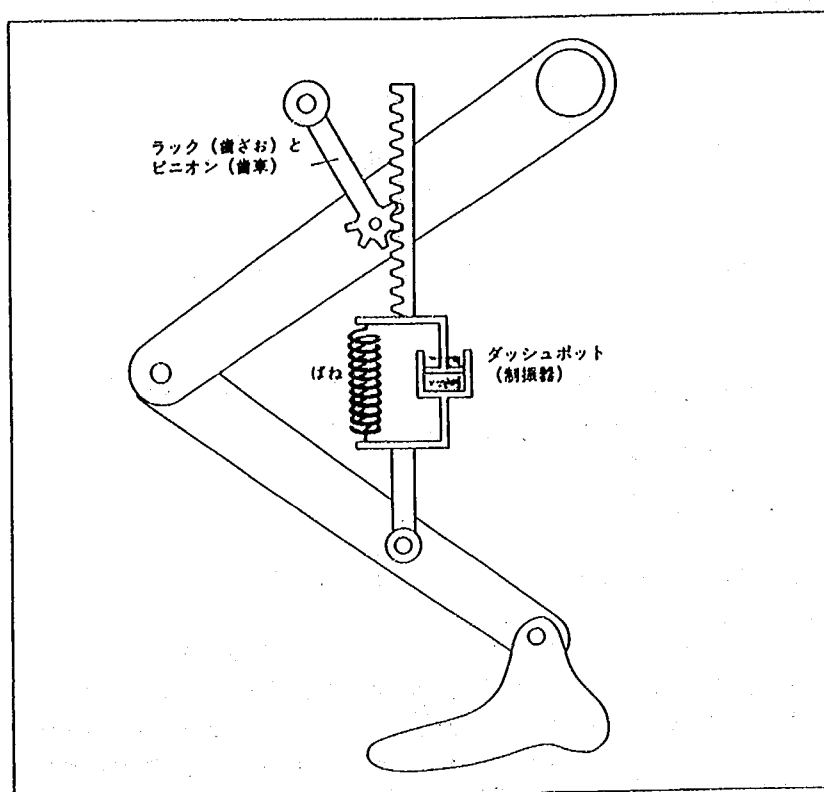
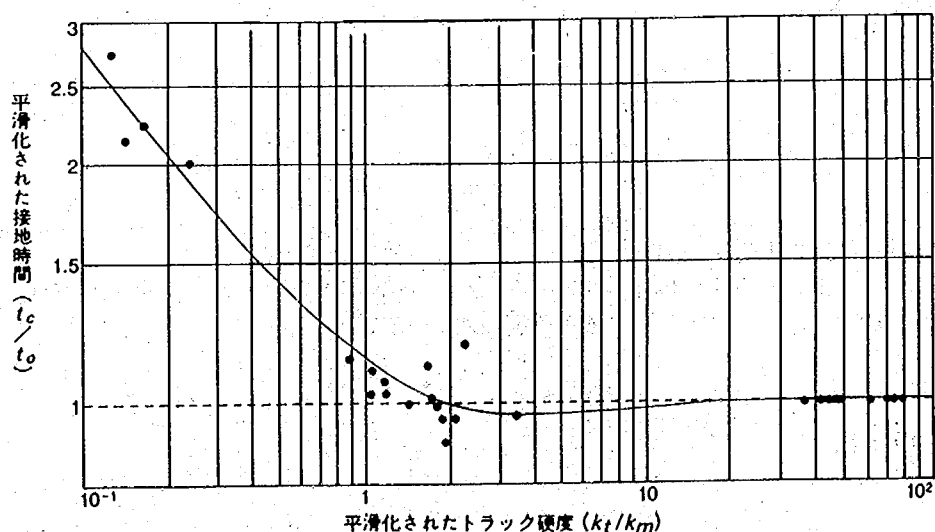


写真2

キーワード群	走行メカニズム	研究・発見者	ハーバード大学 T. A. マクマホン, P. R. グリーン
出典	「日経サイエンス」, 日経サイエンス社, 1979年2月		
概要: 人間の動きを分析すれば, 走行性, 安全性の高い競技トラックを設計することも可能である。これは人間の走るメカニズムを分析し, モデル化することにより, 走行スピードが向上する競技トラックを設計するための研究である。			
詳細な内容: 走り心地が良く, かつスピードの出る陸上競技のトラックを作るにはトラック表面が硬い方が良い。これは弾力性に富むトラックでははね返りに要する時間を要し, スピードが得にくいという直観によるものである。しかしハーバード大学の研究によれば, トラックの硬さ(ばね)が人体の力学的特性にうまく転換できれば, ある程度柔軟な方が良いという結果が得られている。 研究は先ず走ることの力学的モデルを開発することから始まった。足の筋と反射を減衰ばねに連動したラック・ピニオン成分によって構成されるシステムと仮定した。そして, 走者の質量, 足の長さ, 硬いトラックでの最高走行速度と歩幅(一方の足が地面に接している間に身体が前方に移動する距離)を用いて任意の硬さのトラックにおける走者のスピード計算を単純化した。その際に①走者の質量と減衰ばねの動きに対して接地時間が最小となり, 歩幅が最大となるときにスピードが最高となる, ②トラックの硬さにかかわらず, 走者の腰は水平に移動する, ③走行時のトラックの沈下量は走者の体重とトラックの硬度の関数となると仮定した。 様々な硬度のトラックで映画カメラ, 電光時計, 精密力量板を用いて実験を行った結果, 走者自身の硬度の2倍よりもわずかに硬いという硬度で, 接地時間が短く, 歩幅が大きくなり, 両者の併合結果により, 2~3%のスピードアップが計れることが分った			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 研究結果に基づいた屋内トラック(6コース, 220ヤード)が1977年の10月にハーバード大学に設置された。このトラックは下層が木造, 表面がポリウレタン舗装となっており, 下層構造は平均的な選手の硬度の2~3倍の硬度を有している。			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			

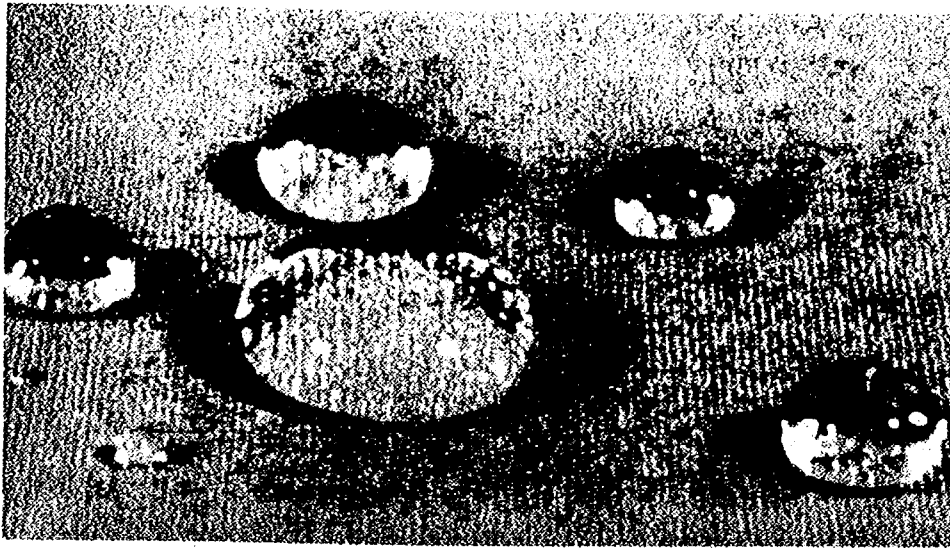


筋と反射のモデル 走ることの筋と反射のモデルは、減衰ばねと連動されたラック・ピニオン成分で構成されている。ダッシュポット減衰効果は、粘性液体の入ったシリンダーの中で動くピストン（色刷り）で発生させた。ラック・ピニオン成分が高次の運動中枢からの運動指令の役割を代表し、ばねが筋硬度（一定と仮定）、ダッシュポットが筋の力・速度関係と反射の速度感受性の両方を代表した。

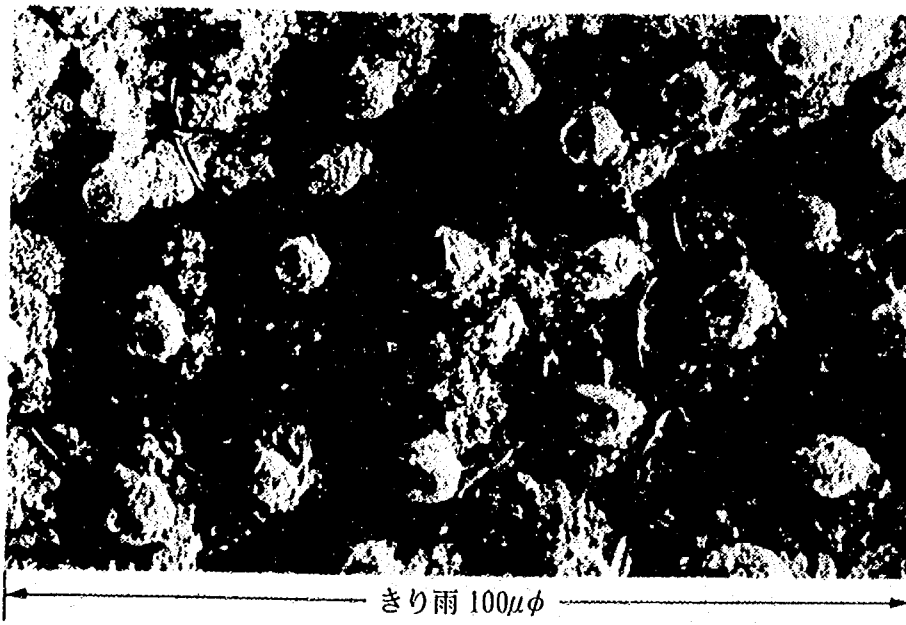
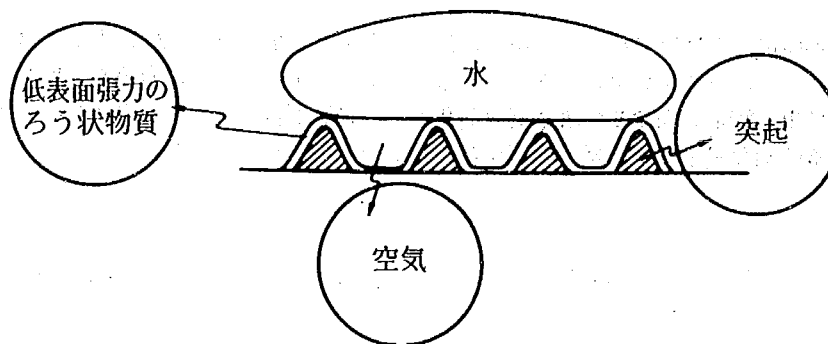


トラック硬度と接地時間 接地時間は、トラック硬度の関数として、モデルから導くことができる。この関数を平滑化すなわち無次元化したこのグラフでは、理論値（曲線）を多数の走者の実測値（黒点）と比較できるように、媒介変数で表示した。接地時間は、軟らかい表面での時間 t_c を硬い表面での時間 t_0 で割ることによって平滑化し、トラック硬度はトラック硬度 k_t を走者の硬度 k_m で割ることによって平滑化した。接地時間はトラック硬度が高まるにつれて連続的に短くなるのではなく、人間の筋の減衰効果のために、平均的走者がもつ硬度の2～4倍のところで最小値に達する（色刷りの部分）。

キーワード群	蓮, 発水機能	研究・発見者	帝人
出典	「ニュー繊維の世界」, 本宮達也, 日刊工業新聞社, 1988年4月		
概要: 植物の持つ特性を詳細に検討すれば, 植物のメカニズムを応用した特殊な繊維の開発も可能である。これは天然の蓮の葉の発水機能をポリエステル繊維に応用し, 水をはじく繊維を開発するまでのプロセスである。			
詳細な内容: 帝人は天然の蓮の葉の特性を繊維に応用した新しい超発水性繊維「マイクロフト・レクタス」を開発し, 1987年に繊維学会技術賞を受賞した。 天然の蓮の葉の上での水滴のころがり方を観察すると, コロコロと転がるのが分る。これは蓮の葉の表面が表面張力の小さなロー状物質でおおわれて, かつ微細な凹凸構造をしていることによるものである。即ち水が付着したときに, この凹凸部に空気が封じ込まれ, ロー状物質と空気との複合面で水との界面をつくるため, 水滴の作る接触角が大きくなるからである。「マイクロフト・レクタス」はこの天然の蓮の葉の発水メカニズムを応用して開発した超発水機能の繊維でポリエステル繊維からなる。 ポリエステル極細繊維を使って開発に成功したポイントは次の4つである。①耐久性のある空気蓄積型・部分微小捲縮・潜在嵩高性系, ②寸法安定性に優れた高級綿調合風合の高密度繊維を設計, ③繊維表面に均一で微細な凹凸を発現させる染色加工, ④表面張力を下げる仕上加工方法などである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 発水性繊維はアウトドアスポーツ衣料 (パーカー, プレーカ, スキーウェア), 一般衣料 (コート, ワーキングウェア), 資材 (テント, カバン) などに幅広く使われている。			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			

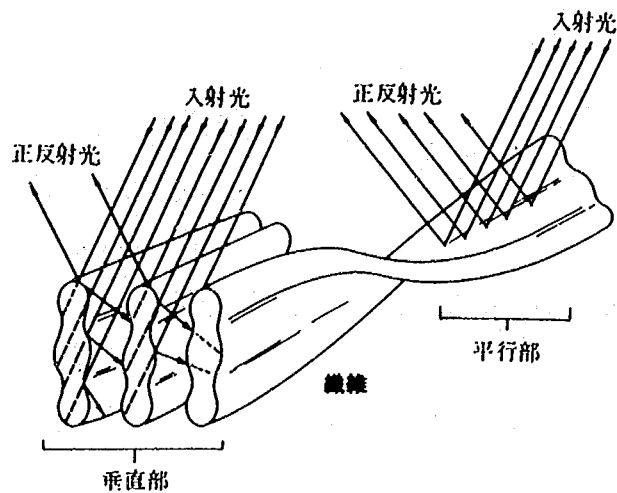


水銀のようにころがるマイクロフト・レクタス (帝人)



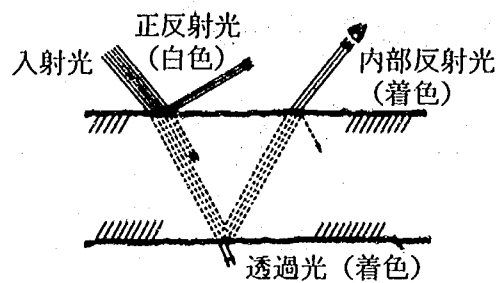
蓮の葉に学び接触角を大 (ころがり角を小) (帝人)

キーワード群	蛾, 角膜	研究・発見者	クラレ
出典	「ニュー繊維の世界」, 本宮達也, 日刊工業新聞社, 1988年4月		
概要: 昆虫の生態を研究することにより, 特殊な働きをもつ繊維を開発することも可能である。これは蛾の角膜構造の原理を繊維の深色化方法に応用した研究開発である。			
詳細な内容: クラレは夜間行動する昆虫であるナイトモス (蛾の一種) の角膜からヒントを得て, 深色効果のある「超ミクロクレータ繊維」の開発に成功した。 夜間行動する動物のなかでも, こうもりは超音波センサーをもっているため暗闇のなかでも自由に飛ぶことができる。逆にこうもりの出す超音波をいち早くキャッチし, 急いで逃げる防衛用センサーをもっているのが前述のナイトモスである。ナイトモスでは角膜がセンサーの役割をしている。ナイトモスの角膜は数多くの円錐状突起があり, これがほぼ六角形配列となっているところが特徴であり, 昼間行動する昆虫であるトンボやバッタにはない特徴である。 クラレはこの角膜構造の原理に学び, 繊維を深色化する方法として, 繊維表面に1平方センチメートルあたり約10億個の微細な凹凸構造 (ミクロクレータ) を作ると, クレータが入射した白色光を取り込む働きをもつことを見出した。その結果, 繊維表面でそのまま反射散乱される光の割合が減り, 従来ポリエステル繊維で難点とされていた深みのある鮮明な黒染めの特長を発揮することができるようになった。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 婦人用ブラックフォーマルウェア			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			



「デフォール」の濃色光沢効果

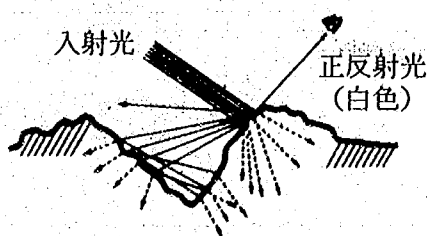
■繊維の光反射特性



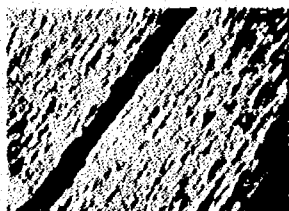
通常ポリエステル



レギュラー
ポリエステル



クラベラSN2000 超ミクロクレーター 繊維



クラベラSN2000
超ミクロクレーター
繊維

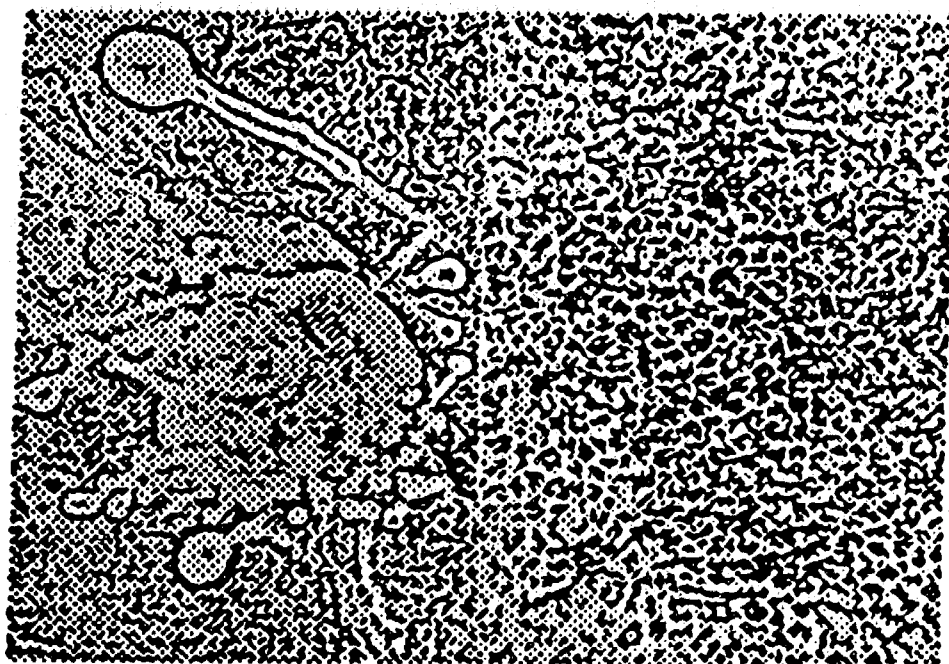
繊維の微細な凹凸構造（ミクロクレータ）の有無による深色化比較（クラレ）

キーワード群	人工素材	研究・発見者	ユニチカ
出典	「イラストで読む 日本の先端産業①バイオテクノロジー」, 矢牧健太郎, 曜曜社		
概要： 天然素材を超えた人工素材を開発すれば，人間の皮膚も繊維で再現できる。これはアミノ酸系ポリマーを用いた人工皮膚に関する研究開発である。			
詳細な内容： 人間の皮膚は体内から汗を出す，体内に外部からの水分は入れない。すなわち，人間の皮膚は透湿性でありながら防水性をもつという特性をもっている。ユニチカが開発したバイオ繊維「ディンカム」は人間の皮膚と類似の構成をもつアミノ酸系ポリマーを利用した人工素材である。			
現時点における産業及び日常生活等への反映：			
問題点及び今後の発展性： 透湿性，防水性という特性をいかして，今後スポーツウェアなどの素材としての用途が期待されている。			
備考：			



ユニチカ・ネットディンカムの断面。上部がフィルム状のアミノ酸系ポリマー。
下部のニット生地に接着してある。

キーワード群	細胞の分化変身 (転換) レンズの再生	研究・発見者	京都大理学部生物物理学科 岡田節人教授, 江口吾朗助教授
出典	日本経済新聞 (1991年6月23日)		
概要: 生物の潜在的な能力を見出せば, 細胞の再生も可能となる。これはイモリ, ニワトリなどの目の細胞の培養により, 高等動物も含めてもともと動物には細胞の再生能力が備わっていることを証明する研究の経緯である。			
詳細な内容: トカゲ, イモリなどはニワトリ, マウスなどの高等動物に比べて再生能力が高い。トカゲは危険を感じるとしっぽを残して逃げ去るし, イモリの目からレンズをとると, レンズだけでなく, 網膜も再生し, 物を見る能力も回復することは1800年代から分かっていた。 当時軟骨や筋肉の分化の研究はすでに数多く行われていたが, レンズに関する現代的な研究はなかった。岡田教授はイモリを対象として, レンズの再生に関する研究を開始した。研究の結果, 新しくできたレンズはレンズの一部が残っていたからではなく, 瞳の色素細胞からできることが分った。 そこで, 二人はニワトリを対象として, 外から観察するのではなく, 試験官で培養して証明することを考えた。ニワトリの胚 (胎児) の黒目の細胞の一個を培養し, 100日程度たったとき, 黒目の細胞が試験官の中で変身した。引続き実験を行った結果, マウスやヒトなどの高等動物でも成功した。このことは高等動物の腕や足は切り落とされると再び生えてくることはないが, 細胞にはもともとそのような能力が備わっていることを示している。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: 現在白内障はレーザーで手術し, 人工レンズを用いることで視力を回復しているが, 自分の黒目の細胞の培養によりレンズができることから, 将来白内障の治療への応用が期待されている。			
備考: この研究功績に対して, 1989年に岡田教授が, また1990年に江口助教授が米国のアルコン科学賞を受賞した。			



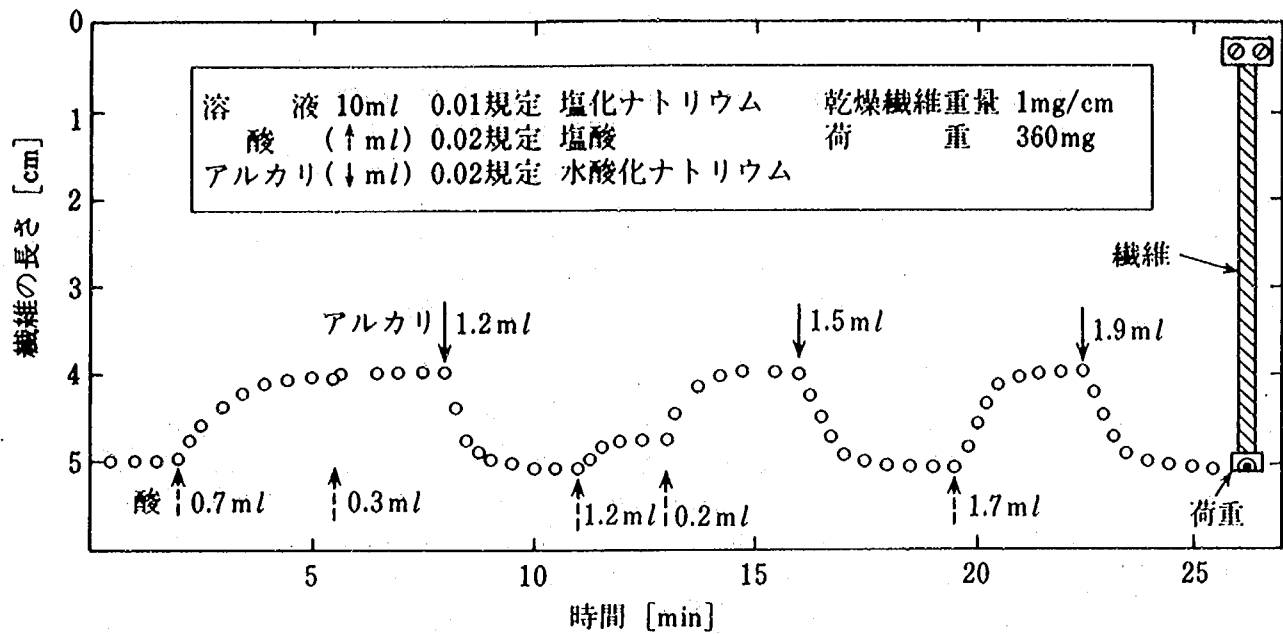
ニワトリの目の網膜細胞④とレンズの細胞

キーワード群	人造木材	研究・発見者	大林組技術研究所 建築第三研究室
出典	「ハイテク日本 '87—技術の「明日」が見えてくる」, 牧野昇, 世界文化社, 1987年8月		
概要: 特異な特性を持つ結晶を活用すれば, 人工的に木材を作ることも可能である。これはケイ酸カルシウム, ゴム乳液, ガラス繊維を利用して自然の木材以上の特性を有する人造木材に関する研究開発である。			
詳細な内容: 従来様々な人造木材が開発されてきたが, 何れも釘やねじの保持力に問題があった。すなわち木材に釘やねじを打ち込むと, たちまちズブズブと沈み込んでしまうのである。 これに対して大林組技術研究所で開発された人造木材“エースライト”はこうした問題がない他, 木材の三大欠点である「燃える」, 「狂う」, 「腐る」ということもない。エースライトの主成分はゾノライトといわれる断熱効果に優れたケイ酸カルシウムの結晶である。この結晶はシリカ質の高い粉末と純度の高い石灰を180℃, 20気圧という状態で反応させて得られる。このゾノライトの結晶濃度5%溶液に粘りを出すためにゴム乳液を6%加え, 更に強度を持たせるためにガラス繊維を加えている。 その結果上記以外の特長として, 以下のような特長が得られている。 1) 通常木材は繊維と直角方向には弱い, エースライトはどの方向にも強い 2) 空気中の水分を吸ったり放出したりできるため, 湿度変化の幅が小さく, 寸法変化が少ない。			
現時点における産業及び日常生活等への反映: 温度, 湿度の変化に伴う木材の寸法変化が少ないことから, 現在文化財を保存している博物館や郷土館などの機関から注目されている。			
問題点及び今後の発展性: エースライトは空気的水分だけでなく, 内装工事の有機溶剤なども吸って放出してしまうため, 変質してしまう場合がある。また高級ラワン材なみにコストが高いのも問題点である。			
備考:			



見た目は木材と変わらない「エースライト」

キーワード群	人工筋肉	研究・発見者	
出典	「バイオテクノロジー入門 [21世紀への革新技術]」, 篠原昭, 田中一行, 白井汪芳, 培風館, 1986年9月		
概要: 合成高分子の特性を生かせば, 筋肉も人工的に再現できる。これはポリアクリル酸, ポリビニルアルコール, NaClを用いた人工筋肉に関する研究開発である。			
詳細な内容: 合成高分子や天然高分子を用いて, 化学エネルギーから機械エネルギーへの変換, 即ちメカノケミカル反応の基礎体系化がクーンやカチャルスキーによって1950年代より始まった。一方高分子電解質の連鎖が水溶液中でpHやイオン濃度などにより鋭敏にその形態を変えることは古くから知られていた。本研究で開発された人工筋肉はポリアクリル酸とポリビニルアルコールといった合成高分子の特徴を生かした人工収縮系である。 ポリアクリル酸はカルボキシル基(−COOH)をもった物質で, 水溶液の中でpHにより著しく形を変える。ポリビニルアルコールは水酸基(−OH)をもった高分子である。一例として前者を20%, 後者を80%を水溶液(0.01規定のNaCl)中で混ぜ合わせ酸を加えて加熱すると, −COOHと−OH間で結合が起きる。即ち水溶液に交互にHClとNaOH(0.02規定)を加えると, 中和エネルギーの発生により2千回以上のメカノケミカルサイクルが得られる。これにより得られる張力, 収縮力などは天然筋に匹敵するものである。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性:			
備考:			



酸-アルカリによるポリビニルアルコールで橋かけしたポリアクリル酸繊維の
メカノケミカルサイクル

80%ポリビニルアルコールと20%ポリアクリル酸からなる繊維と筋肉との比較

	天然筋	人工フィラメント (水膨潤)
張 力	4~12	4~12
収縮力 [kg/cm ²]	4~12	3~5
1 g あたりの仕事量 [cal]	15~20×10 ⁻²	7×10 ⁻²
1 cm 長のフィラメントが示す最大力	15~60×10 ³	15~70×10 ³

キーワード群	重合体, 老化	研究・発見者	ヨハン・ビョルクステン
出典	「近未来情報事典—これから起こる大変化」, ロバート・ウェイル編, 木村繁 (訳), 河出書房新社, 1984年12月		
概要: 日常使用している物質の性質をヒントにして人間の細胞の仕組みも解明可能である。これはフィルムの劣化の仕方をヒントにして、人間の皮膚細胞の老化のメカニズムを探る研究開発である。			
詳細な内容: 1940年代にディット社は科学者ヨハン・ビョルクステンに「なぜ写真のフィルムは時がたつとカサカサになって使えなくなるか」という質問を与えた。彼は研究を進めていくうちにフィルムの劣化と皮膚の老化との間に奇妙な類似点があることに気づいた。即ち写真のフィルムは自由に曲がる長い分子からできていて、時間が経つにつれて分子同士が結びついて堅いハシゴ状の物質 (重合体) になる。これに対して人間の皮膚のたんぱく質やDNAも簡単に重合体となり、たるんだり、しわが寄ったりする。若い皮膚細胞を維持しているコラーゲンというたんぱく質が重合体となり、もろくなるのである。 約30年間の研究ののち、1975年に彼は重合体とならないような、言いかえれば分子を引き離すような物質であるケレウス菌という微生物を探した。このケレウス菌をハツカネズミに注射することにより、注射されていないハツカネズミよりやせて若々しく見えることを発見した。しかし細菌の酵素は体にとっては異種のたんぱく質であり、拒絶反応を起こしてしまう。従って今後重合体を分解できる老化防止の薬を作るには、まだまだ時間を要するであろう。			
現時点における産業及び日常生活等への反映:			
問題点及び今後の発展性: ネブラスカ大学医学部のデンハム・ハーマン博士は老化防止薬として遊離基抑制薬(ビタミンA・C, セレン, BHA, BHTなど)を考え効果を発揮したいという報告もあり、今後研究はますます発展するであろう。			
備考:			

すでにある老化防止薬

化合物	効果
ケレウス菌プロテアーゼ	重合体溶解剤
BHA(ブチレーテッドハイドロキシアニソール)	酸化防止薬 (化学反応を遅らせる)
BHT(ブチレーテッドハイドロキシルエン)	酸化防止薬
セントロフェノキシ	老化色素阻止薬
DMAE(ジメチルアミノエタノール)	老化色素阻止薬
セレン	酸化防止薬
ビタミンC	酸化防止薬
ビタミンE	酸化防止薬
DHEA(デヒドロエピアンドロステロン)	ホルモン
⇒「新しい時代の新しい薬」参照	
チモシン	免疫力増強薬
⇒「新しい時代の新しい薬」参照	

2-8 今後予想される研究開発テーマ

バイオテクノロジー技術に関しては、2-7までに示した研究開発がこれまでに実施されているが、このような研究開発以外にも、研究開発途上または今後開発が予想される研究開発テーマは無数にあるといえる。

特に、生物の基本的な特性を応用することにより、すなわちバイオテクノロジー技術を更に展開することにより、今後飛躍的な技術開発の向上が望める分野は多数あるといえる。その一例をここに紹介することにする^{15) 16) 17) 18)}。

- ①コウモリは超音波を発生して障害物やエサや自分の子供を認識する。この原理を応用すれば、夜間作業用の超音波センサーの開発が可能となる。
- ②サケは臭覚により、自分が生まれた川に戻ってくるという性質がある。この性質を応用すれば、高精度の水質センサー開発が可能となる。
- ③ハトは磁気センサーにより方向を検知できる。このセンサーを人工的に製作できれば、進行方向の制御システムの作成が可能となる。
- ④ガラガラヘビは赤外線センサーにより、獲物があるかどうかを判別できる。この原理を応用できれば、小型のセンサーにより地震災害後の生き埋め者の発見に貢献できる。
- ⑤あらゆる動物の筋肉収縮の原理を解明できれば、高効率なモーター（バイオモーター）の開発が可能となる。
- ⑥シロアリの消化機能を利用すれば、シロアリに木材を食べさせて、家畜の飼料を作ることが出来る。
- ⑦蛾は触覚により果実の成熟度を感知できる。この触覚能力を応用すれば、果実の成熟度を調べる高感度センサーの開発が可能となる。
- ⑧スズメバチは体内の脂肪分を急速に分解して、エネルギーに変換し1日に20~30kmも飛ぶことができる。この特性を利用できれば、食事量を減らすことなく、やせられる食品を開発することができる。
- ⑨ノミは特殊な跳躍機構を有しており、自分の体長の100倍も跳びあがることができる驚くべき跳躍力がある。
- ⑩ミツバチやアリは個体の紫外線受容体で天空の偏光を検知し、巣に戻る道筋を見付けることができる。
- ⑪サソリは砂を伝わるP波とレーリー波を脚の感覚器で感知し、エサの方向や距離を判別することができる。
- ⑫群れのなかの魚は視覚と水の動きの変化をとらえる側線によって、その位置を保っている。
- ⑬カブトガニは脳内の体内時計が眼に信号を送り、網膜の機能を調節するため、眼の感度は夜には昼の100万倍になる。

これら以外にも、例えば科学技術庁と新技術事業団が実施している「特殊環境微生物プロジェクト」（昭和59年~63年）では硫黄を食べる微生物を使って硫黄分を多量に含んだ石油を精製したり、重金

属を蓄積する微生物を使って有用鉱物を回収する研究を実施した。また同機関が実施している「生物フォトン・プロジェクト」(昭和61～平成2年)では人間の目では検知できない生物の極微弱光(フォトン)を研究するなど、生物の機能を活用できる方策は今後ますます増えてくると考えられる。

参考資料 1ーバイオテクノロジー年表ー¹⁹⁾

西 暦	内 容	国 名
1675	[バイオのさきがけ] レーヴェンフックが顕微鏡で溜り水の中の微生物を発見し、観察	オランダ
1860	[微生物の働き] パスツールが樽の中でワインが酸に変質する原因を研究中に、発酵の原因が微生物であることを発見 [微生物の人工培養法] パスツールが微生物の人工培養法を開発	フランス フランス
1865	[遺伝] メンデルが遺伝の法則を発見	オーストリア
1868	[核酸] ミーシャーが核酸を発見	
1872	[かびの培養] プレフェルトがかびの純粋培養法を確立	
1878	[ビール酵母の培養] ハンセンがビール酵母の純粋培養法を確立	ノルウェー
1881	[細菌の培養] リスター、コッホが細菌の純粋培養法を確立	ドイツ
1897	[酵素の働き] ビュヒナーが微生物による発酵が酵素の働きによることを発見	
1916	[活性の働き] 不溶性酵素が活性を持つことを発見	
1929	[抗生物質の発見] フレミングが抗生物質（ペニシリン）を発見	イギリス
1943	[抗生物質の培養法の開発] 通気攪拌深部培養法により、ペニシリンの大量生産を行う	イギリス アメリカ
1944	[遺伝特性の解明] エーブリは遺伝が核酸（DNA）によって行われていることを証明	アメリカ
1952	[微生物転換] ピーターソンとマーレーがステロイド系ホルモンの微生物転換に成功する	
1953	[DNA構造の発見] クリックとワトソンがDNAの二重らせん構造を発見 [固定化法の開発] グルッブホーファーとシュリッツが酵素（カルボキシラーゼ）を有効利用できる固定化法を開発	イギリス アメリカ
1956	[アミノ酸の発酵生産] 木下がアミノ酸（グルタミン酸）の代謝制御発酵技術の開発を行い、アミノ酸の発酵生産を行う [DNA合成酵素] コンバークがDNA合成酵素を発見	日本 アメリカ
1957	[細胞融合の発見] 大阪大学の岡田教授がセンダイウイルスを動物の培養細胞にかけると、細胞同士の融合が起きることを発見	日本
1962	[遺伝暗号の解明] ニーレンバーグとオチョアが遺伝記号を解明	アメリカ

西 暦	内 容	国 名
1967	[細胞大量培養技術の開発] ヴェーゼルが微粒子担体培養技術を開発 [バイオセンサー] 固定化酵素を用いたバイオセンサーの試作	ア メ リ カ
1969	[バイオリアクターの開発] 田辺製薬が固定化酵素のより、L-アミノ酸（アミラーゼ）の製造を行う	
1970	[制限酵素の発見] スミスとウィルコックスが制限酵素を発見 [形質転換法の確立] マンデルとヒガが大腸菌における形質転換法を確立	ア メ リ カ
1972	[遺伝子操作] ベルクらがSV40ウィルスをベクターとした遺伝子操作を行う [細胞融合技術の開発] カーソンらが細胞融合技術により、作物の雑種の育成を行う [バイオミメティックス] ブレスロウがバイオミメティックス・ケミストリーを提唱	ア メ リ カ
1973	[遺伝子組換え技術の完成] コーエンとボイヤーが一般的な遺伝子組換え技術を完成する	ア メ リ カ
1974	[植物融合法の確立] ポリエチレン・グリコールによる植物のプロトプラストの融合法を確立	
1975	[細胞融合技術による生産] ケーラーらが正常なリンパ球とガン化したりリンパ球の融合により、モノクローナル抗体の生産をおこなう	
1977	[合成遺伝子の導入] 板倉、ボイヤーが合成遺伝子が大腸菌に導入して、ソマトスタチンを合成	ア メ リ カ
1978	[ヒトインシュリンの合成] ジェネンテック社のギルバートらがヒトインシュリンの大腸菌内合成に成功	ア メ リ カ
1979	[実験指針] 遺伝子組換えに関する実験のガイドラインができる	日 本
1981	[研究開発制度] 次世代産業基盤技術研究開発制度の創設	日 本
1985	[排水処理への応用] 建設省が総合技術開発プロジェクト“バイオフィォーカスWT”を開始し、バイオテクノロジーを排水処理技術へ応用する。	日 本
1987	[協会の設立] 財団法人発酵工業協会を改組して、財団法人バイオインダストリー協会を設立	日 本

参考資料2 工業用ロボットの一覧表²⁰⁾

名 称	用 途	開発機関	内 容
遠隔臨場制御ロボット	・自動車のテストドライバー ・原子炉内の検査・補修	工技院機械技術 研究所 ロボティックス部	・移動ロボット+制御部 +臨場視覚システム
なぞりロボット	・アイロンがけ ・ぞうきんがけ	工技院製品科学 研究所応用人間 工学部+東和エ ンジニアリング	・自動縫製の研究プロ ジェクト ・触覚センサー+リニア パルスモーター+4節 リンク+制御部
自立型壁面歩行ロボット	—	工技院機械技術 研究所	・吸着盤+動力源+無線 コントロール装置
自走式配管自動超音波探傷 ロボット	・原発の定期検査	日立製作所	・リング+超音波プロ グ+姿勢センサー
工事用マニピュレータシ ステム	・バインドはずし ・碍子着脱 ・被覆はぎ ・ナット締め ・電線把持	東電、古河電工、 東芝など7社	・センサー+マニピ ュレーター
直流サーボ電動機ロボット	重量物の運搬	大同特殊鋼	・1250万円
溶接ロボット用レーザー視 覚センサー	溶接	石川島播磨重工 業	・アーク溶接ロボット+ 半導体レーザー光+始 終端検知ソフト
コンクリート表面処理作業 用自走式機械	コンクリートダムの施工に際 して ・レイタンス除去 ・継ぎ目面の用意	鹿島建設	・ベースマシーン+ノズ ルユニット+高圧水ポ ンプ
知能水中ロボット	水中での無線航行・探査	佐世保先端技術 開発協同組合	・2700万円 ・超音波受信センサー+ テレビ+スチールカメ ラ
移動型知能作業ロボット	プラント、工場、発電所、原 発での監視、点検、保守	東芝	・多関節マニピュレ ーター+センサー
移動式コンクリートバツ チャー車	・コンクリート製造 ・コンクリート舗装	江川機械	・2000万円
耐火材吹き付け用自走式電 動ロボット	鉄筋構造の柱・梁の耐火被覆	神戸製鋼所+清 水建設	・1950万円 ・超音波センサー+マニ ピュレーター
自走式下水管内検査用モニ ター装置	・下水道の検査 ・プラントの配管内検査	九州待機システ ム	・CCD+制御装置
自動吹き付けロボット	トンネル壁の吹き付け	三井建設技術研 究所	—
海底掘削ロボット	・海底岩盤の掘削 ・構造物の基礎、トレンチ掘 削	熊谷組+小松製 作所	—

名 称	用 途	開発機関	内 容
橋梁塗装ロボットシステム	橋梁の橋げた塗装	川崎重工業	・キャリッジ+ロボット +コントローラー+コ ンピューター
左官ロボット	コンクリート床仕上げ	清水建設	・本体部（駆動装置・制 御機器・センサー）+ 走行部+回転テコ部
自走式多機能ロボット	プラスチックタイルの張付	清水建設	・センサー+制御装置
鉄骨専用多機能ロボット	多層盛り溶接	川田工業	・コントローラー+ロ ボット本体+溶接機
資材運搬ロボット	架空線工事現場への資材運搬	関電+小松ゼノ ア+関電興業	—
コンクリート床直仕上げロ ボット	コンクリートの最終コテ仕上 げ	鹿島建設	・マイコン+センサー+ ジャイロコンパス
コンクリート床仕上げロ ボット	コンクリートの最終コテ仕上 げ	竹中工務店	—
海底石油生産支援ロボット	水深200mまでの海底石油生産	工技院+川崎重 工業+三井造船 +沖電気	・推進操縦システム+マ ニピュレーター+音響 映像システム
水中心検用ロボット	発電所の取水器・放水路の点 検	関電	・TV・スチール複合カ メラ他

参 考 文 献

- *1) 「バイオテクノロジー入門〔21世紀への革新技術〕」, 篠原昭・田中一行・白井汪芳, 培風館, 1986年9月
- *2) 1) と同じ
- *3) 「おはなしバイオテクノロジー」, 松宮弘幸・飯野和美, (財)日本規格協会, 平文社, 1989年10月
- *4) 「産業界シリーズ No. 619 バイオ業界」, 富田稔・中野正也, 教育社, 1990年4月
- *5) 4) と同じ
- *6) 1) と同じ
- *7) 「ハイテク日本'87ー技術の「明日」が見えてくる」, 牧野昇, 世界文化社, 1987年8月
- *8) 例えば「日経サイエンス 別冊付録 掲載論文分野別一覧」, 日経サイエンス社, 1991年10月
- *9) 4) と同じ
- *10) 「バイオセンサー最先端技術」, 軽部征夫, シーエムシー, 1987年8月
- *11) 「バイオテクノロジーのはなし」, 戸田清, 日刊工業新聞社, 1990年6月
- 12) 「現代ハイテク事典」, 牧野昇, 平凡社, 1988年1月
- 13) 「シールドトンネルの新技术(4)」, 藤田昌一, トンネルと地下, 土木工学社, 1990年9月
- 14) 「シールドトンネルの新技术(1)」, 鈴木章, トンネルと地下, 土木工学社, 1990年6月
- *15) 4) と同じ
- *16) 8) と同じ
- *17) 「ハイテク最前線を行く 日本を変える”新産業革命”」, 斎藤進六・軽部征夫・辻井重男・古川静二郎, ごま書房, 1988年6月
- *18) 朝日新聞(1991年9月1日)
- *19) 主として4)
- *20) 日刊工業新聞

注) *印は著者の所有している蔵書等を示している

あとがき

本書では研究開発事例として、主に工学分野のバイオテクノロジーに関する具体的な開発事例を整理し、その手法または考え方を建設分野に応用するための基礎資料としてとりまとめた。本書が今後研究開発を進めるにあたって、参考となれば著者としても幸いである。

建設分野への応用が考えられる分野としては、バイオテクノロジー以外にも様々な分野が考えられる。本「研究開発ノート」が今後続編として①メカトロニクス、②ロボティクス、③ニューモビリティ、④防災への社会科学的アプローチ、⑤流体・混相流、⑥海洋開発、⑦宇宙開発などの分野についても継続して事例の収集・整理につとめていくことが必要であると考えられる。

また、これからバイオテクノロジーについて勉強したいと考えている方は、著者の所にバイオ文庫（参考文献の＊印）が開設されているので、是非利用されたい。最後に本書を執筆するにあたり、東京農工大の松永教授、日産自動車の山田氏、工業技術院製品科学研究所の赤松氏、工業技術院機械技術研究所の小森谷氏には貴重な資料を提供して頂いた。また土木研究所化学研究室の西崎氏、企画課の宗広氏からは事例収集に関してアドバイスを頂いた。紙面をかりてあわせて感謝の意を表したいと思います。

研究開発ノート
ーバイオテクノロジー事例集ー

ISSN 0386-5878
土研資料 第3056号
平成4年2月(1992)

企画部 先端技術開発研究官 池 村 雅 司
企画課長 末 次 忠 司
企画課 小 林 奈 緒 子

要 旨 バイオテクノロジーを建設事業に応用するため、建設事業に
直接的または間接的に関係する各種分野のバイオテクノロジー
の研究開発事例を収集したものである。

キーワード：バイオテクノロジー，ロボット

郵便はがき

四十一円切
手をはって
下さい。

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

企画部企画課 行

茨城県つくば市旭一番地

No. _____

No. _____

配布先住所

配布先氏名

土木研究所資料 第3056号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印