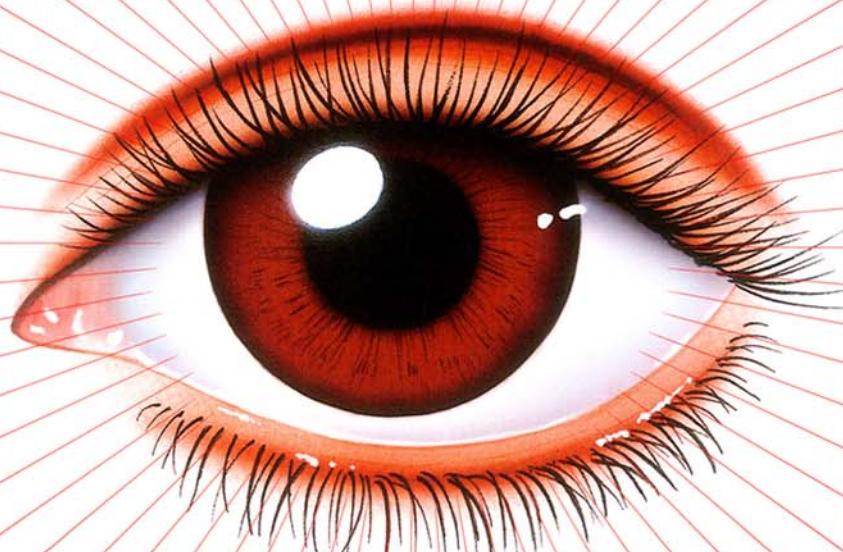




# テクノス・ニューロ視覚センサ

## 目視検査の自動化

目のニューロがよく解かるカタログ



テクノス®

# 目視検査の革命、目のニューロ。 時代をまたひとつ、テクノスが進化させます。

21世紀の技術は科学技術の時代を超えて、バイオインスパイアードと呼ばれる生体の原理を応用した技術が、我々の生活や世界を大きく変えていくと予測できます。テクノスは1980年代から人間の目の機能に着目し、目の構造、動きや視神経細胞の機能を独自の技術で電子回路化し、見逃しその世界最強の自動検査装置「ニューロ視覚センサ」を発表してきました。最新のシステムでは微細欠陥検知では人間の144倍、色ムラ検知では目視の100倍以上の性能を持つシステムの開発に成功し、日本をはじめ世界14カ国での特許を取得しました。テクノスのシステムは世界で初めて目視検査を遥かに凌駕する性能を持つ唯一のシステムとして数多くの産業への納入実績を誇ります。自動車・鉄鋼・フィルム・ガラス・半導体など、業界のトップメーカーへの納入実績をもち、「文部科学大臣発明奨励賞」「中小企業庁長官賞」「東京都ベンチャー技術大賞優秀賞」など数々の賞も受賞してきました。「ニューロ視覚センサ」の高性能は生産管理だけではなく経営効率までも高め、原材料の無駄をもなくし、地球環境にもやさしい驚異のシステムとしてテクノスはまだまだ進化し続けていきます。「ニューロ視覚センサ」その魅力の一端を、この小冊子で分かりやすく説明しています。ぜひ、ご理解を賜り、ご愛読いただきますようお願い申しあげます。

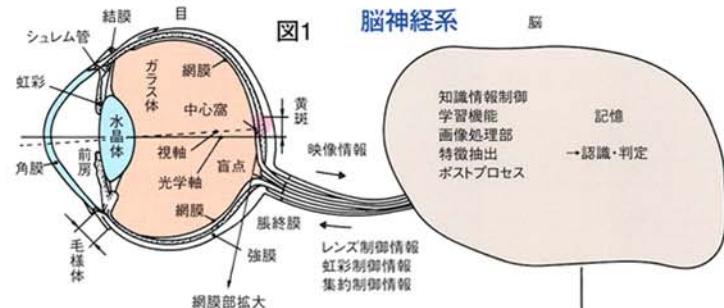
# 脳のニューロと目のニューロ

テクノスが初めて目のニューロを電子回路に置き換えました。

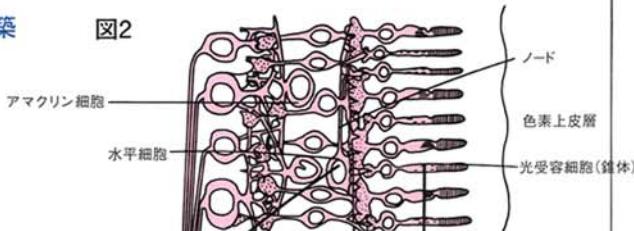
西洋技術への限りない挑戦を続けながら、日夜研究に励んできた日本の科学技術。水準的に西洋と肩を並べ始めた1980年代の後半から、私たちにはある種の壁が見え始めました。そこで、私たちが新しい目標として照準を定めたものは、私たち自身の人体のメカニズムでした。近年盛んになってきたバイオテクノロジーの研究や、お茶の間にまで浸透したファジーも、人間の体を手本にしてその機能を実現しようとする試みでした。ニューロもまた、人間の神経細胞の機能を電子技術に置き換えるとしたものです。ニューロには、脳のニューロと目のニューロがあり、従来研究が進んでいたものは脳のニューロを中心でした。ところが、脳のニューロは人間の脳神経細胞の機能を実現しようとするものである限り、人間の思考に代わるもの到達目標としています。そのため

め人間を被験体としなければならぬので研究が困難であり、構造も複雑を極めていました。しかしながら、テクノスが着目した目のニューロは未だ研究の余地があるとはいえ、単純な膜構造をもっているため研究も飛躍的に前進。私たちはついに、視神経細胞を電子回路で置き換えることに成功しました。人間が外界から取り入れる情報の内、実に80%以上が目からのものと言われています。テクノスのシステムは毎秒の画像読み取り点数が、人間の目における錐体の数(600万個~700万個)を大幅に越えた2,000万点であり、始めて人間の機能を越えるばかりでなく、更なる高精度化を実現したのです。この事実は、詰まるところ人間の目を超えることができなかったライン上の検査を自動化させるという革命的なシステムを可能にしました。

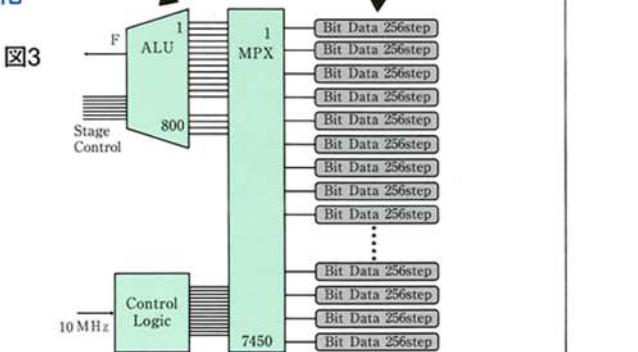
視神経系



目の細胞構築



網膜機能の回路化



システム構成

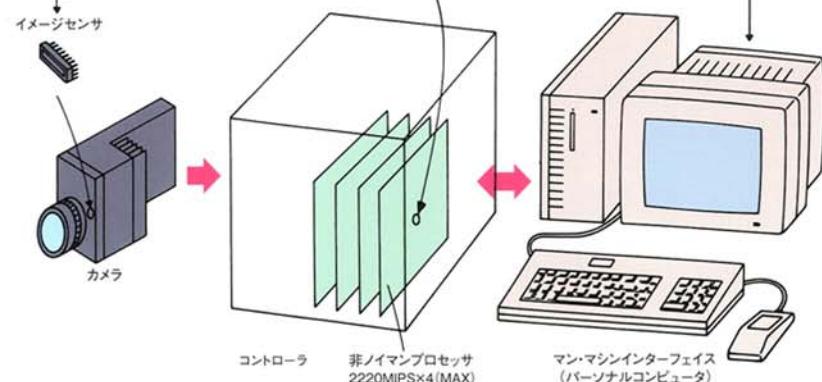
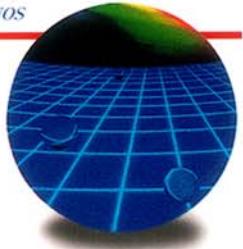


図1の目の断面図をご覧ください。外界は左からレンズである水晶体を通して網膜上に投影されます。その画像が網膜表面の神経線を通って盲点を抜け、後頭部の視覚野に達し、脳幹にかけて認識される。それが医学的に説明された、見るメカニズムです。

テクノスが着目した網膜を拡大したものが、図2です。網膜は透明で、左からの光は網膜を通り右端の色素上皮層に達した後、ここで反射して光受容細胞に入り電気に変換されます。光受容細胞はすなわち目の光電変換センサなのです。人間の光受容細胞ひとつひとつの明るさ分解能は以外に低く約20段階であるといわれています。(ニューロの実験の項参照)しかしながら、人間が判別し得る詳細な明度は1/2000と高いことから、人間の目は低精度の光受容細胞で高精度を得ることができます。その理由は網膜の水平細胞(ニューロン)がもつ積算機能によると考えられます。水平細胞は光受容細胞に隣接する細胞で樹状突起と呼ばれるノードをもっています。ノードは約60から80個先にある光受容細胞までのデータを積算することができます。そして、例えば対象物となる欠陥が小さくてコントラストが高い場合には積算を少なく、大きくてコントラストが低い場合には積算数を多くするのです。この調節をつかさどる物質がドーパミンであり、私たちは生まれながらにしてその技術をもっているわけです。人間の場合、コントラストの低い薄汚れや変化に乏しい色ムラなどを見る時には、20段階のデータを80個積算することによって(20×80)1600段階の明度精度をもつことができるのです。人間の目が極めてコントラストの低い色ムラや薄汚れを容易に見つけることができる理由はそんな所にあります。

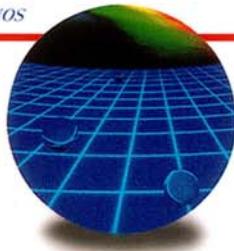
人間の目の水平細胞に着目したテクノスは高精度で対象物の表面状態を検査することができる装置を開発。しかも、光受容細胞1個に相当するイメージセンサの明度精度を人間の約13倍である256段階(図3右端のビットデータに相当)にし、水平細胞の積算機能も人間最大の80から800までに増大させました。これによって、テクノスのシステムでは最大 $256 \times 800 = 204800$ 段階の明度精度を持つに至りました。これは人間による目視の約100倍の精度であり、従来の色差計の約70倍の精度を点ではなく面で検出することが可能になりました。さらに2220 MIPS(メガインストラクション・パー・セカンド/毎秒の演算速度)相当の非ノイマンプロセッサを開発、演算の実時間化を実現。ライン上の自動連続検査も可能にしました。人間の目の機能を原理としたテクノスのシステムは、ついにそれをはるかに越えた欠陥検査装置を生み出したのです。



# (積算機能)

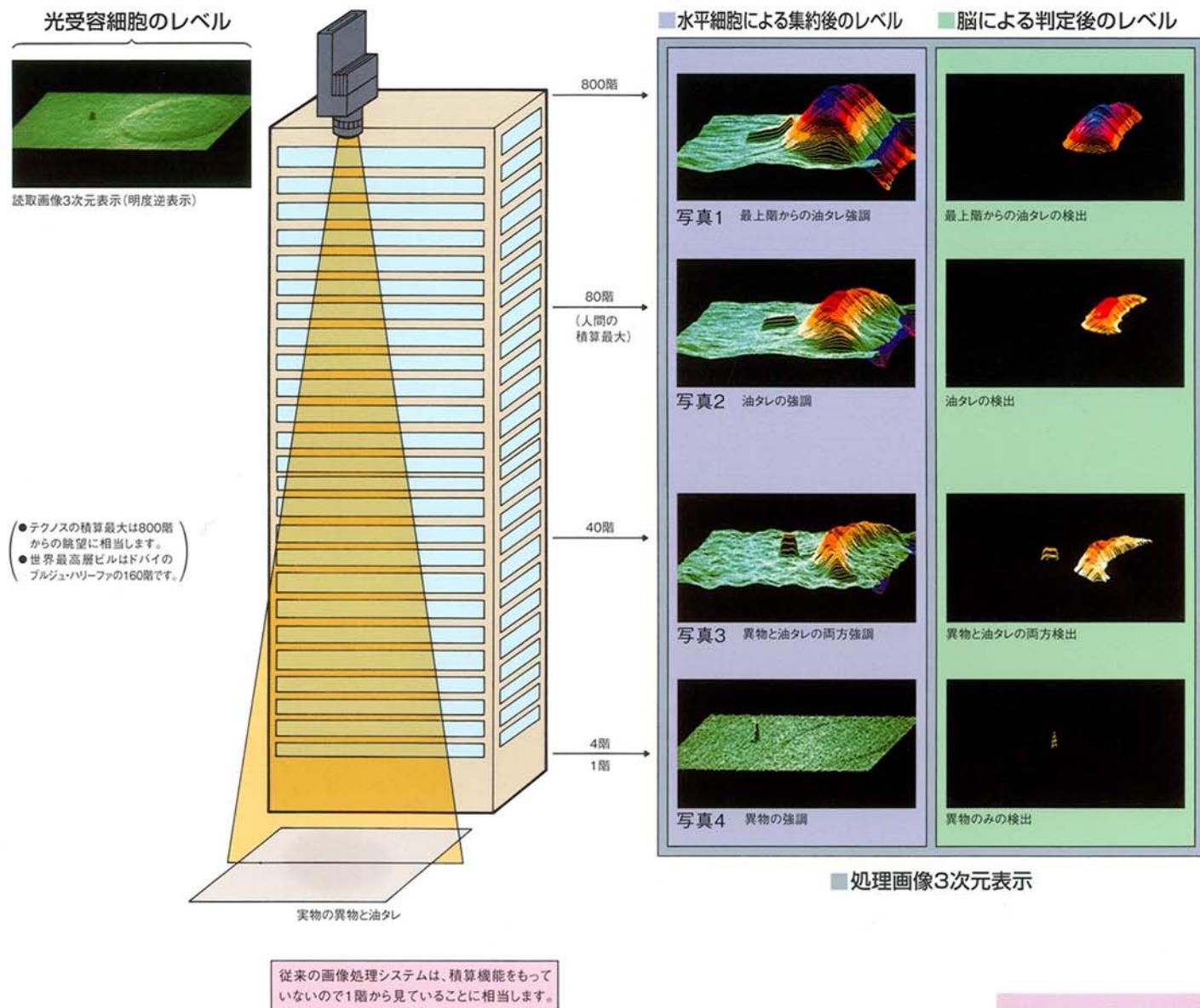
# 目のニューロの高層ビル効果

テクノスの目なら近くと遠くから同時に見つめます。



高いビルから下を見降ろすと、全体の眺望は把握できても細かいところには目が届きません。しかしながら、低いところから見ると、たとえ細部がよく見えたとしても全体の把握はできないでしょう。人間の目の中では前述したドーバーミンという物質が、全体の把握や詳細検出に適するように水平細胞に働きかけ、見え方を決定しています。それは私たちが高層ビルからの眺望で自覚できるのと同じような効果をもたらしています。ちなみに人間の目における変化は、1階から

最大80階までの変化に相当します。ところが従来の画像処理システムは、目の積算機能をもっていなかったので、ちょうど地上に降りて欠陥の検査を行っていたのと同じでした。ですから、人間の目の精度にはとうてい追いつかず、目視でしか検査できない対象物がたくさんありました。テクノスのニューロ視覚センサは人間の目の機能に着目したため、最小1階から最大800階までの眺望で検査を行えるようになり、あらゆる検査に対応できるようになりました。

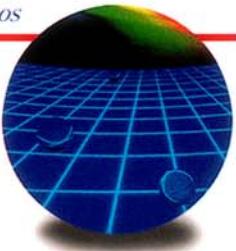


## 人間の目の問題点

人間の目による検査では、高層ビルの1階から80階までを自由に変化させてみることができます。しかしながら、ある時点を見えるものは、目の構造上一元的に決まるため、常にひとつの階からしか見ていないことになります。これは目の細胞構造によるものです。そのため、検査員が色ムラのような低コントラストの検査を行っているときには高層階から物を見ていることになるので小さな異物を見逃してしまいます。逆に、小さな異物を発見しようとしているときには、低階層からの眺望で物を見ているため、色ムラやシミを見逃してしまうのです。これは人間の目の生理的な構造(前ページ参照)によるもので、不可抗力のものです。

## テクノスの解決方法

テクノスはその命題を、高層ビルの最大4階層(通常は3階層で十分)にそれぞれ担当をもたせるという方法で解決しました。たとえば4階と40階、そして80階に相当するプロセッサを並列に動作させることができます。4階(低階層)写真4からは詳細な異物やキズの欠陥を検出。40階(中階層)写真3からは中間的なもの。80階(高階層)写真2からは、油タレや色ムラを検出。その3つがすべて並列して行えるため、人間の目のような見逃しができるようになったのです。また解析機能により、欠陥ごとにどの階からが最も良く見えるかをシミュレーションできるため、最適な階数を決定できます。写真1は最上階からの処理の様子を示すものです。



# 目のニューロの実験

自分の目でニューロの仕組みを考えよう。

目のニューロはバイオテクノロジーや脳のニューロと違い、自分自身の目を使って簡単に実験することができます。

目とニューロ視覚センサの比較(最小欠陥検出寸法と最大積算寸法)

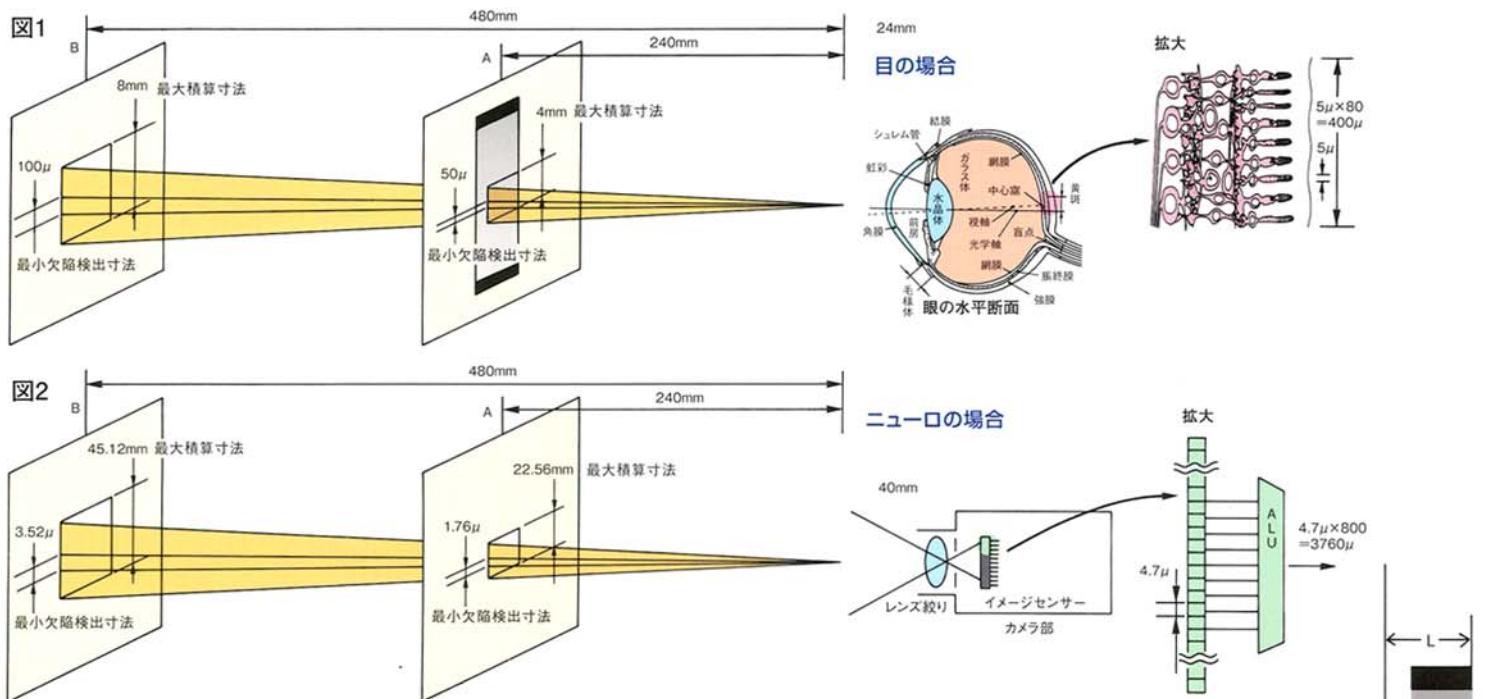
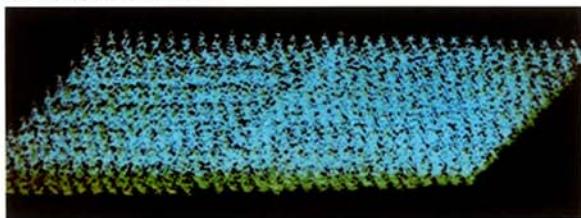
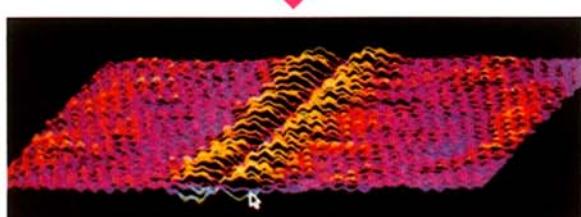


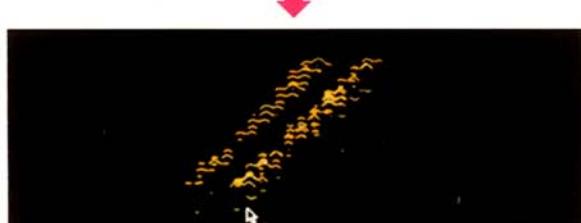
写真1  
処理画像3次元表示



繊維の折れ戻り欠陥の3次元表示(明度逆表示)



欠陥の40階 triangule処理後(欠陥の強調)



欠陥部分の検出処理後(欠陥の検出)

## 実験1

(細胞の積算効果が少ないと詳細な明るさが見えないことの実験)

目のニューロの項で説明した通り、光受容細胞1個1個の性能は20段階程度です。水平細胞の効果によって詳細な明度が分かるのだとしたら、その効果をなくしてしまう実験を行えばいいわけです。まず自分の目を、右ページの明度が微妙に変化している縦の枠から240mm程度離してください。(人間の目の直径は24mmといわれているので、この時ちょうど網膜の細胞が対象物上で10倍になっている計算になります。)次に、左のページがあるいは白紙の左端に平行にもって行きます。この状態では、枠内の明るさの変化は十分に分かるはずです。それを確認したら、紙をどんどん右へ平行移動させて、Lの寸法を0.05mm(50ミクロン)に近付けてください。(この時目の中では、50ミクロンの1/10の5ミクロンとなって光受容細胞1個となります。)この時にはすでに、上下の端部の白黒のコントラストは分かっても、中央部の明度の差は分からないはずです。もし50ミクロンよりも少し広げてみたとしても、やはり明度の差は見えにくいくらいでしょう。これは水平細胞が水平方向の積算を行おうとしているのに、白紙が積算しようとしているところを覆っているために詳細な明度を検知できないために起こる現象です。この時、またLの寸法を4mm以上にしてしまえば、水平細胞の最大積算の80を越えてしまうため、容易に見えるようになります。これと同じシステムで、低コントラストの欠陥、色ムラや薄汚れなど、従来は人間でしか不可能だった検査が行えるようになったわけです。

図1は人間の目と対象物の関係を示すもので、下のテクノスのシステム(図2)ではさらに高性能化されているのが分かるはずです。

## 実験2

(高層から見るとミクロの変化を無視しマクロ変化を捉えられる実験)

左(写真1)の一一番上はガラス繊維の折れたものが戻った状態です。光沢の微妙な変化であり、目視でも極めて見にくい欠陥のひとつといえるでしょう。これを通常に見ると、繊維の1本1本が見えててしまうため欠陥部分が見えにくくなってしまうのです。しかしながら、この写真を遠く離して見ると、中央部に筋状のシワが見えるはずです。近くから見ると(高層層に相当)ミクロな部分が目だって欠陥が見えず、遠くから見ると(高層層に相当)マクロで見るためには欠陥が見えるわけです。この点に着目したテクノスのシステムは、紙幣などのスカシ、液晶パネルの検査、不織布、シャドーマスクの検査など、従来人間にしかできなかった検査を自動化しました。

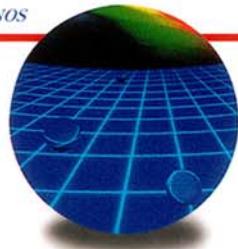
左の頁または白紙



# トライアングル処理(積算機能+自己相関機能)

# 人間の機能の組合せ

テクノスはさらに機械を人間に近づけました。



低コントラストの対象物を際立たせて検出する機能と、マクロに見てミクロな部分を気にせずに見る機能。その2つの機能で、目のニューロは人間の検査員と同じ感覚の検査を実現できるようになりました。しかしながら、周辺の光量変化や電子部品のドリフトなどによって、センサに感じる明度データが変化してしまうとこれらの微妙な検出は難しくなってしまいます。その問題を解決したのが、さらに人間の感覚を取り入れたトライアングル処理です。私たちは毎日、朝、昼、晩と時間帯によってまったく明るさが違う場所で暮らしています。天気の変化によっても周りの明るさは全然違ってしまうのに、それによって日常生活に支障をきたすということはありません。それは私たちが周辺の画像を取り

入れる時に、相対的に捉えているからです。私たちが生まれながらに自然に行っているこの方法は、自己相関という論理で実現されます。非ノイマンプロセッサーによって実際に演算されるものは、目のニューロによる強調処理と自己相関による論理を組合せたものです。このトライアングル処理によって、次々と変わる色を持つ製品(自動車、タイルetc)の検査が容易に行えるようになります。また、立体形状物の検査も、対象物の形状を記憶させることなく行うことができるようになります。そして、現場ラインで最も問題になる照明の経時変化やランプセードの汚れ、レンズの汚れや温度変化などにも強いシステムとなっています。

図1

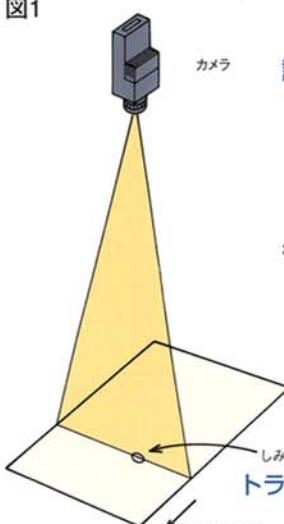


図2

読み取原画像

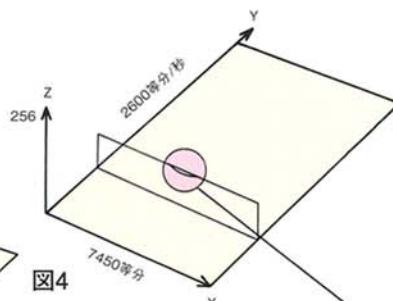


図4

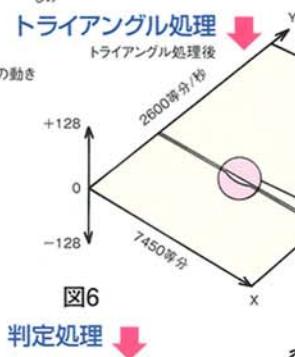
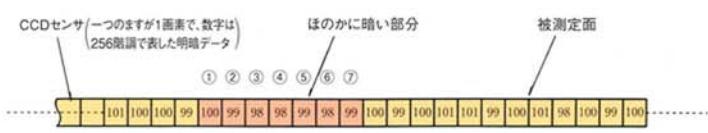
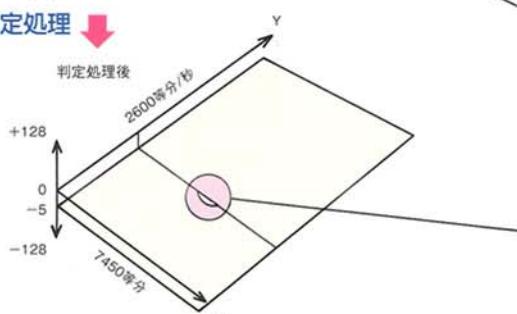


図6

判定処理



|       |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|
| ①のデータ | -2  | 694 | 696 |
| ②     | -5  | 693 | 698 |
| ③     | -8  | 691 | 699 |
| ④     | -9  | 691 | 700 |
| ⑤     | -10 | 691 | 701 |
| ⑥     | -9  | 691 | 700 |
| ⑦     | -7  | 693 | 700 |

図3

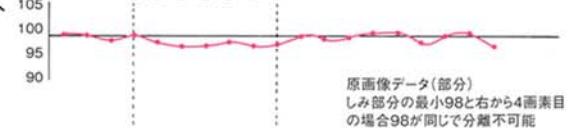


図5

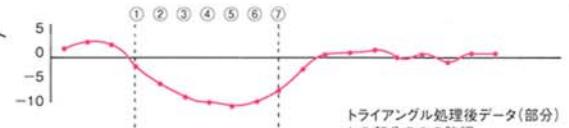


図7

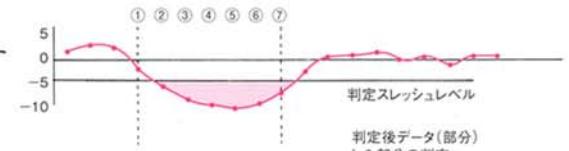


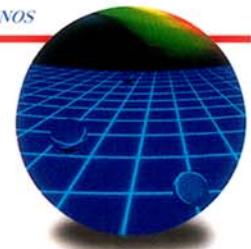
図1は読み取りの様子です。ライン上方にカメラがあり、ライン上を被検査物が通過しています。図2は明度をZ軸にいたった読み取りデータになっています。欠陥部分近辺のデータをさらに拡大したのが図3です。(マスクの中が各点のデータ)最大256段のうち、理解しやすいように、100近辺の数字となっています。もちろん、濃淡の差の明度と考えても構いません。ほのかに暗い部分の最低値は98です。従来の濃淡画像処理ではスレッシュレベルを最低値の98にしています。しかしながら、そうすることによって欠陥部分ではない右から4番目と同じ98になってしまい分離することができなくなってしまいます。そこで下のように、この場合は7個分のデータを積算します。そして隣接する同じ個数のデータを積算し、その結果の両者

を相関処理するのです。出てきた結果は、この場合は7点だったが、前に述べた通り階数を設定して最小1から最高800までの積算相関を行います。例えば、最高の800点積算を行うときには、隣接の800も積算相関した上で毎秒2000万回の演算を行うことになります。これは、2220MIPSの演算速度に相当します。この処理をカメラから得られるデータに対し、休みなく連続的に処理するのです。処理後は図4のようになり、部分拡大は図5となります。ほのかに暗い部分が、はっきりと強調されていることが分かるはずです。後は図6のように、スレッシュ・レベルで判定すればいいわけです。(図7は図6の部分拡大です。)

精度(画素中) + 明度(3次元方式 + 自己相関機能)

# 高精度のひみつ

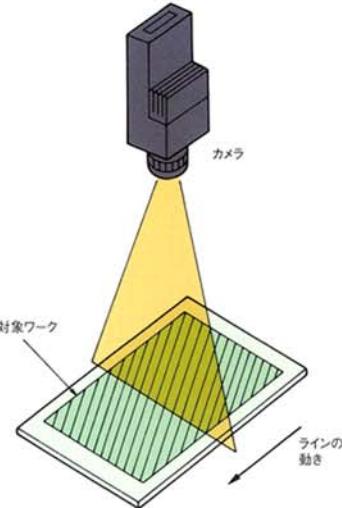
高速ラインにも対応する3次元方式です。



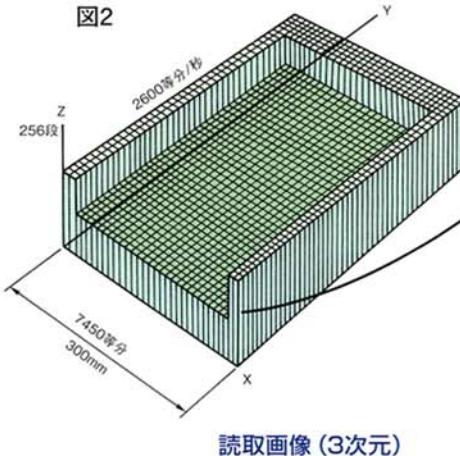
テクノスのニューロ視覚センサは、3次元方式です。これは対象となる画像の各点からの明度データをZ軸にとる方式です。光センサにはその扱う情報量によって、0次元(点)、1次元(線)、2次元(面)、3次元(立体)があります。テクノスの方式は、最も情報量の多い3次元。しかも毎秒の読み取り画素数も2000万点と膨大です。ですから、大量の情報を的確に読み取り、自動検査を行うことが

可能なのです。加えて、テクノスの3次元方式が持つ大きなメリットは1画素の中を、さらに細分化できることにあります。この事によって、対象となるラインの視野幅の実に1/119200(理論値)の欠陥検査ができることがあります。さらに、年々高速化していくラインに対しての対応も万全です。

図1



ラインに対するカメラの設定



1点の拡大(1/2000万秒)

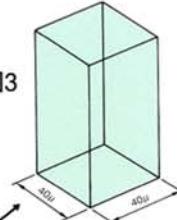


図3

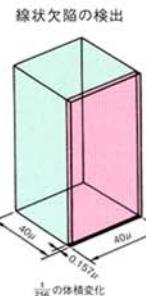


図5

ピンホールなどの欠点の検出

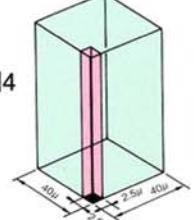


図4

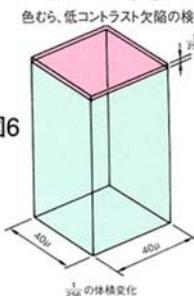


図7

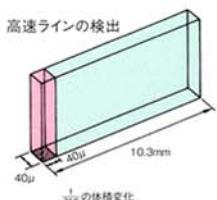
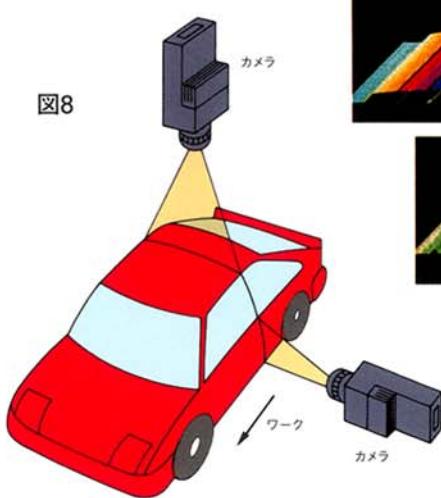


図1は対象物をカメラが読み取っているところです。読み取られた画像のデータは明度をZ軸にとって、図2のように表されます。画像データの最小単位は、画素で幅方向の1/7450です。テクノスのシステムでは、幅方向(X方向)7450等分、流れ方向(Y方向)毎秒2600走査します。これはすなわち毎秒で対象画像を2000万点に分けて読み取ることになります。この1/2000万秒(1画素分)を取り出したものが図3です。テクノスのシステムでは、この1画素の体積をさらに256に分けて検出することができます。たとえば極微小なピンホールのようなものの場合には、図4のように検出されます。1/256=1/16×1/16なので、X方向の1/16。すなわち、X方向の全幅の1/119200角の明度100%変化のものが検出できるわけです。線状のヒビなどの検出は、図5のように幅方向あるいは流れ方向の1/256で長さが画素分のものが検査できます。図6では明度の詳細を検出する場合で

す。テクノスの方式では、さらにニューロの効果で詳細な検出ができます。また、ラインが高速化するほど、カメラが1走査する間に対象物が大きく動いてしまいます。例えば毎分600mのラインの場合には、図7のようにY方向は10.3mmにもなります。しかしながら、X方向の精度を0.04mm(40μ)にとった時には、40μ角の100%明度変化の欠陥は全体積の1/250となるので検出が可能です。以上の説明はすべて、各点のデータの絶対値で説明しましたが、照度やレンズの汚れ、温度ドリフトなどで1/250以上の変化があった場合には、この理論は成立しません。しかしながら、テクノスのシステムでは前ページで説明したように自己相間をかけるため、それらの変化を自動的にキャンセルすることができます。ラインが高速化を極めている現在、テクノスのシステムは不可欠のものになっていくでしょう。

## ●実用例

図8



読み取り概念図

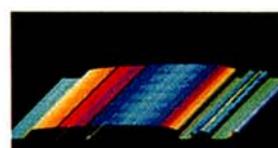


写真9 読取原画像3次元表示  
ドア部(立体形状)



写真10 处理画像3次元表示  
トライアングル処理後3次元表示  
欠陥部の強調

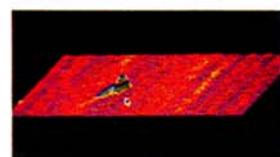


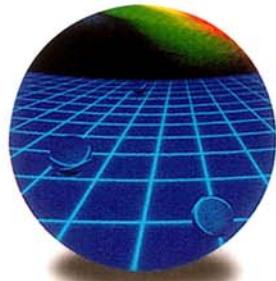
写真11 处理画像3次元表示  
欠陥部拡大(強調後)



写真12 处理画像3次元表示  
欠陥部分の検出

テクノスのニューロ視覚センサは、数々の応用例を持っています。特に、自動車をはじめ航空機、電車、缶、パイプ、電線など、立体形状のものには絶対的なメリットを発揮します。図8は自動車のボディー塗装欠陥検査のイメージ図解です。(実際にはカメラをロボットの先端につけて方向を変えてみるなどのことが行われています)。写真9は、実際のDア部分の欠陥検出例です。ドアは立体形状をしているので、全体の明度変化があり、中央部が凸形になっています。そのため従来の検査装置では、(各部に変化があるため)検査が不可能でした。それに対して、写真10のトライアングル処理後をご覧ください。なだらかな変化は除去され、変化部だけが強調されて、その他の部分は平になっています。ですから、自動車に塗られた塗料の色が変化しても、トライアングル処理後にはこのように変化部分だけが残るようになるわけです。写真11は、欠陥部分の拡大。写真12は、さらに限度を設定して、欠陥部分が画面に残る状態です。このようにして欠陥のレベルを設定して、非ノイマンプロセッサにその設定値を送り、実際の検査がリアルタイムで行われます。

ニューロ視覚センサ<sup>TM</sup>はTECHNOS。



〒108-0014 東京都港区芝4-2-3  
TEL03-3453-9111(代) FAX03-5484-6785