

5 億年の集大成を電子回路化する究極のシステム

「ニューロ視覚センサ スーパー5000K

ブレイン・ニューロ」

この地球上に目が誕生したのは 5 億 4 千 3 百万年前であるとも言われている。人間の発生が 700 万年前と言われているので、人間の誕生の 80 倍も前に目が地球上に現れ、それから遠方から相手の様子を測り知ることが出来る生物が淘汰に打ち勝って現在まで生きながらえているのである。生物はそれぞれの生環境に対応し進化してきた。

特に人間の目の機能は極めて高く外界からの情報の 80%以上の情報を得ていると言う。

テクノスは 1980 年代から超高性能の自動外観検査システムを創り続けてきた。当初は国家プロジェクトのウラン濃縮機器の開発からリアルタイム分光分析技術の開発も手掛け 17 年もの間センサだけではなく自動実験ロボットや専用のシステムを創り続けてきた。

90 年代に人間の目の機能を電子回路化したニューロ視覚センサを開発し、その世界一の性能は 20 年間ゆるぎない。国家プロジェクトから端を発した高精度技術は人間の目をコンセプトに目視の 100 倍を超える性能でほとんどの製造業の生産ラインの検査にも応用され使い続けられている。当初は研究開発用途に使われていたが、その信頼性も認められて工場の生産ライン用にも応用が広がった。

分光分析技術をバックグラウンドに対象画像を 3 次元化し、より精緻な検知ができるシステムを構築することが可能になった。20 年前に開発したニューロ視覚センサは世界一の精度を誇り内外の鉄鋼・自動車・半導体・フィルムなど 34 業界のトップメーカーや東京証券取引所 1 部上場企業 250 社近くに採用されてきた。その技術は年々高度化を進め最近の 7 K モデルも世界一精度を保持し続けている。

これを実現したのは人間の目の汎用性に着目し、目の構造や動きを意識することによって驚異的な高精度をシンプルに実現することを可能にしたからである。

考えてみれば地球上に“目”が生まれた 5 億 4 千 3 百万年前（カンブリア紀）から、長い時間を掛けながら進化してきた内容のさらに洗練されたところを現代最新技術を使って実現するから世界一の高性能を得ることが出来るのである。

人間の目をコンセプトにすることによってテクノスのニューロ技術として限定しても、いくつもの新技術が生まれてきている。

1. 人間の視覚系

図1は富山大学の八木教授に監修していただいた「目のニューロがよく解るカタログ」に掲載されている人間の視覚系の構成である。

従来、“目”はカメラで“脳”が処理をすると考えられてきた。しかしこれは大きく違っていた。外界から取り入れる画像を電気信号に変換する部分は図中の網膜の中の最後端にある光受容細胞（錐体）だけである。それ以降の網膜にある細胞によって我々は色ムラを詳細に検知したり、画像の強調も行っているのである。

テクノスはこの中で視神経系に着目して1980年代から開発を進めてきた。その開発はほぼ終了し我々はユーザニーズを捉えつつ脳神経系を開発を進めている。我々が「ブレイン・ニューロ」と呼んでいる脳神経系部分である

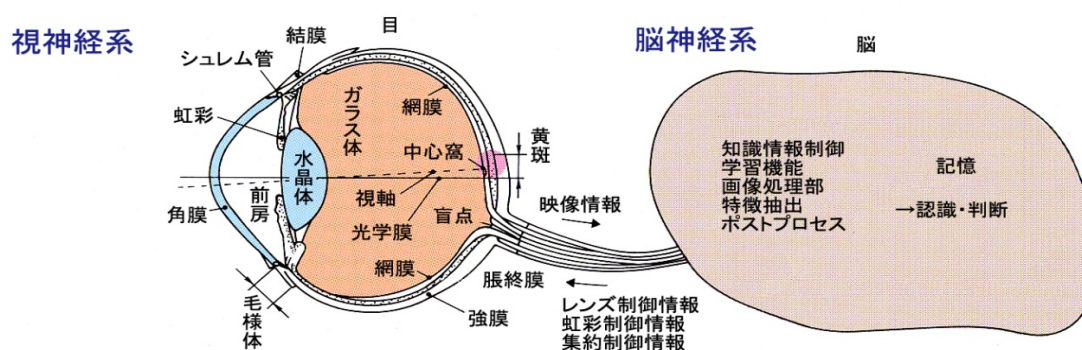


図1 人間の視覚系

1-1. 脳神経系

テクノスは人間の“目”部分の機能の高度化を中心に新技術を開発してきた。しかし近年になって“脳”部分の機能を必要とするユーザニーズが高まってきていた。従来の“目”部分では微細な欠陥検知を行うのではあるが単純な認識機能などを判断する必要のあるニーズが出現してきたのである。この部分は微細でもなく微妙でもないが認識機能の要求に従って判断していく必要がある。

テクノスはこれを「ブレイン・ニューロ」と位置付け、開発を行ってきている。

1-2. 従来システムの問題点

人間の視細胞一個一個の精度は 20 段階の明度しか検知できないのに人間は 1500～2000 段階の微妙な明度変化を検知できる。これは水平細胞と呼ばれる細胞機能のおかげである。テクノスの技術はこの機能を電子回路化することによって人間の 100 倍の性能を得ている。従来方式の CCD カメラや CMOS カメラではその性能は達成できない。

また、画素内を詳細に検知する機能の電子回路化なので、従来方式の CCD カメラや CMOS カメラではその性能は達成できない。

その他の技術に関しても、いずれも世界各国に独自方式が特許登録されている。

1-3. 「ブレイン・ニューロ」のアーキテクチャ

テクノスは世界先端技術を開発し、これまでに日本は無論、アメリカ・中国・台湾・韓国・ドイツ・イギリス・フランス・スイス・イタリア・オーストリア・スウェーデン・スペイン・リヒテンシュタインなど世界 14 カ国で特許を取得した。上述のように、これらの技術は人間の目の機能を電子回路化することによって実現できた性能であり、この技術が高精度検査のベースとなっている。

人間が欠陥を検知する時には第 1 ステップとして欠陥を「発見」し、第 2 ステップとして「判断」を行う。従来技術では、その第 1 ステップとして世界最高の精度で検知を行い「発見」をし、次に最新テクノロジーの「ブレイン・ニューロ」で第 2 ステップとして「判断」を行う機能を強化した。「判断」の部分を電子回路化することで欠陥検査の精度を飛躍的に向上させることができる。実際には疑わしい変化を“目”部分で「発見」し、その内容を“脳”部分で「判断」するようなアーキテクチャを構成し実現している。

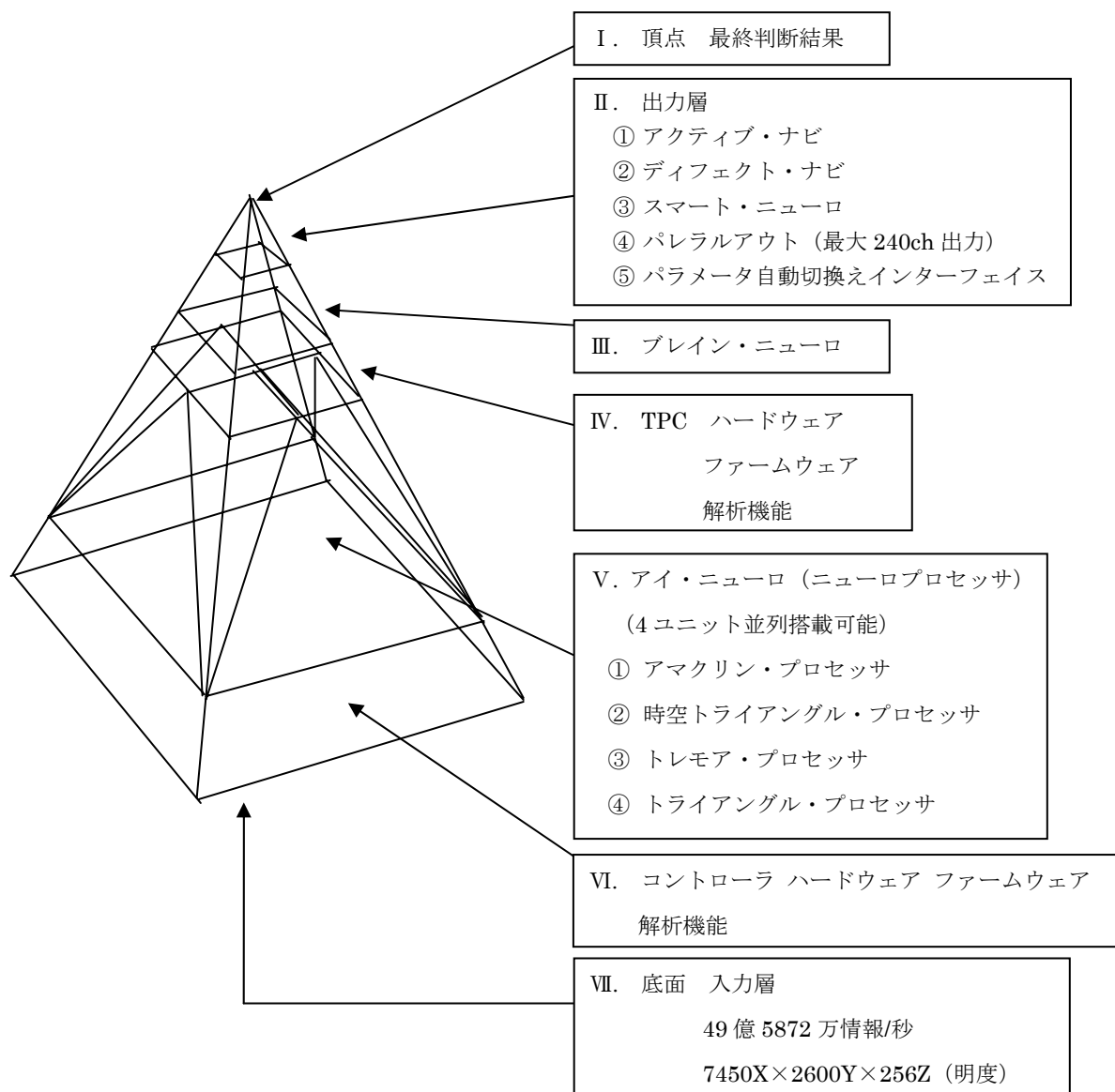


図2 ピラミッド・アーキテクチャ

1-4. 階層機能

I. 頂点 最終判断結果

第7層 (VII) で取り込まれた画像情報の判定結果の最終結論は良品か不良品かの1ビット情報である。全てのオンラインシステムには OK/NG アウトプットが装備されている。(解析システムには含まれない)

II. 出力層

出力層では判断結果のさらに広域の情報を出力する。

- ① **アクティブ・ナビ**機能は、対象となるロットの全体と中間情報および一部の何処にどのような欠陥があったのかを検査しながら自由にアクセスできる機能を持って

いる。1画面で全体把握が容易に得られる。8万mあるいは8万枚の対象ワークの情報（拡張も可能）と欠陥の位置、欠陥の形状、欠陥のデジタル化データを取得でき、解析も行える機能を持っている。

- ② **ディフェクト・ナビ機能**は、アクティブ・ナビ機能の欠陥画像を除き、膨大な情報を容易にアクセス出来るようにした機能。
- ③ **スマート・ニューロ機能**は欠陥を検知するたびに当該欠陥画像を切り出して外部のユーザパソコンにLANを通じて送出する機能で、パワーユーザが画像を更に分析して分類分けなどを行うのに使われる。
- ④ **パラレルアウト**
プロセッサ毎に60ch、最大240chのリアルタイムパラレル出力
- ⑤ **パラメータ自動切換インターフェイス**
DIO、シリアル、ファイル共有タイプを選択可。多様

III. ブレイン・ニューロ

脳神経機能を搭載し高度な判定機能をもつ。判断エリアの自動特定をはじめユーザニーズに対応した処理を行う。

IV. TPCハードウェア・ファームウェア・OS

解析機能や設定の画面コントロールを行うPC。テクノスPC(=TPC)と呼ばれている。デザインが変わらないWindowsPCである。

V. テクノス アイ・ニューロ (ニューロ・プロセッサ)

人間の目の機能を電子回路化したテクノス独自のプロセッサで、視野幅精度を下記プロセッサの①②③では演算によって1/168570に、④では1/81920にする。この部分は従来のシステムでは検査装置のカメラの画素数によって精度が決まっていたが、テクノスのシステムは搭載するプロセッサによって精度まで変更することが出来ることが大きな特長である。

全てのプロセッサで目視の100倍以上のムラ検知性能を持つ。世界14カ国での特許を取得したトレモア・プロセッサを始め特許取得技術や特許出願技術を搭載している。各ユニットは混在でも単一でも最大4ユニットまで並列搭載可能で、人間では出来なかったムラと微細欠陥の同時検知がそれぞれ別々なレベルで行える。

① アマクリン・プロセッサ

最上位機能のプロセッサとして人間の目のアマクリン細胞機能を電子回路化したもので、従来では不可能だった多少小さくても有害な変化と多少大きくても無害なもの逆転させて判断することができる。画像の特徴量を記憶させて判断する。このプロセッサは設定により②③④の機能としても使うことができる。

② 時空トライアングル・プロセッサ

画素バラツキを皆無にすることにより詳細な欠陥検知や色ムラの安定検知を実現したプロセッサ。2014年特許取得済。

光センサは画素バラツキが 3%程度あり 3/100=3%以下の微妙な変化は画素バラツキの中に埋没してしまい捉えることができない。そこで、人間が対象物を振ることによって微妙な欠陥を検知している動作を電子回路化し、同時にテクノスの誇る特許技術「トライアングル・センシング」を搭載して時空トライアングル技術が誕生した。自己相関により長期にわたる安定検査が行える。このプロセッサは設定により③④の機能としても使うことができる。

③ トレモア・プロセッサ

人間の目は 6 本の筋肉で支えられており、そのうち 3 本が不随意眼球運動 (= 固視微動) を行うことによって見逃しをなくしたり視軸をコントロールしたりピントを合わせたりしている。この動きを止めてしまうと視力 1.0 の人が 0.1 以下になるとも言われている極めて重要な動きであり、この固視微動のうち「トレモア」と呼ばれる目が毎秒 80 回ほど上下に動くことで見逃しを無くしている機能を電子回路化したものである。このプロセッサは設定により④の機能としても使うことができる。

④ トライアングル・プロセッサ

人間の目の機能のうち水平細胞の機能を電子回路化したプロセッサ。

人間がたった 20 段階で 5% のバラツキを持つセンサを使って 1500~2000 段階の色ムラを検知する原理となっている演算方式を電子回路化したもの。人間の 100 倍以上の 204800 段階の色ムラを検知することができる。

VI. コントローラ ハードウェア ファームウェア

7K/5K カメラ、解析機能と TPC を備えた解析システムで前葉のプロセッサを搭載することにより自動検査システムを構成できる。

マッチング動作によりワーク位置の変動を許容するマッチングロジックをはじめ画素毎の判断をビット毎に設定できるビットマスクや、ブレイン・ニューロプロセッサを搭載する。このプロセスにより認識結果を上位判断することができる。

VII. 底面 入力層

カメラ部：7K カメラ/5K カメラ

7K カメラに関しては感度変更が外部から可能。5K カメラは高感度タイプが選択可能。

7K：49 億 5872 万情報/秒

7450 X×2600Y×256Z(明度)

5K：26 億 2144 万情報/秒

5120X×2000Y×256Z(明度)

レンズに関しても視野幅に対応して選定できる。ワイド・テレレンズにも対応。

実績では、8mm 視野時に 90nm 欠陥検知から、数百 km の検査を行う路面検査などに対応。

カメラケーブルは標準 5m。10m のものもありオプションで遠隔 (50m) も可能。

照明： 超低リップル FL 照明 86w タイプ、32w タイプ、ツイン 96w、ツイン 45w、LED 各種、ハロゲン・ファイバ光源、メタルハライド・ファイバ光源など、検査対象物に合わせて選択する。

2. 視神経系

表 1 は人間の目の機能を電子回路化して高度化している部分である。分け方によるが 7 種類のテクノロジーで“目”の機能を電子回路化した。

それぞれの機能を簡単に解説する。

さらにテクノスは人間の目の機能を超越する技術を開発した。その技術は表 2 に示すもので、これについても簡単に解説する。

表 1 目の機能の電子回路化

①	目のニューロ (ムラ検知)	色ムラ検知精度目視 100 倍 (世界一精度)
②	目のニューロ (微細欠陥検知)	微細欠陥目視 144 倍検知精度 (世界一精度)
③	目のニューロ (被写界深度)	被写界深度世界一 4 K カメラの 6600 倍
④	ヒューマン・センシング	点と線が人間の見え方と同じ 3 次元方式
⑤	トレモア・センシング	固視微動作用の電子回路化により世界で唯一見逃しのない検査を実現
⑥	時空トライアングル・センシング	バラツキ皆無の検出を実現
⑦	アマクリン・センシング	画像強調で目標欠陥を捉える

① 目のニューロ 色ムラ検知精度目視 100 倍（世界一精度）

我々の目のセンサである光受容細胞（錐体）の明度精度はたった 20 段階でバラツキは 5% もあると言われている。しかし、このセンサを使って我々は明度変化 1500~2000 段階の色ムラを検知できる。その検知原理は網膜にある光受容細胞に隣接する水平細胞が周辺の 60~80 個の錐体のデータを積算することで精度を上げていると思われる。この原理を使って 20 段階明度×80 積算=1600 段階の詳細な明度差を検知できるのである。この原理を電子回路化するとともに人間の場合は 20 段階である明度を 8 ビット情報 256 段階にし、水平細胞の積算を人間の 80 からテクノスの場合は 800 段階に増やすことによって 256 段階明度×800=204800 段階の明度精度を持たせることが出来るようにしている（図 3）。

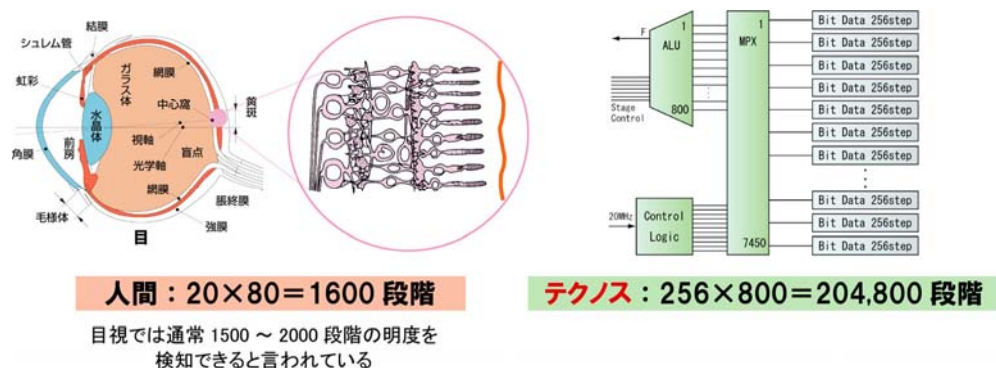
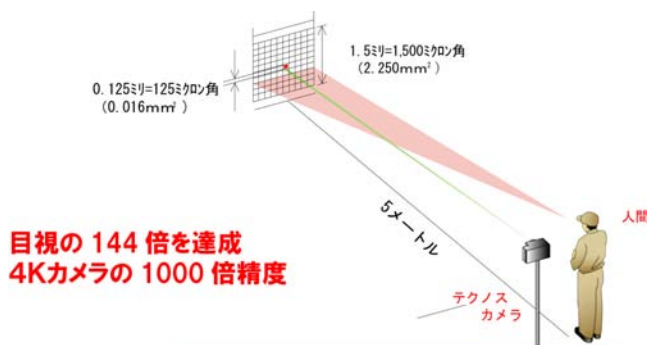


図 3 人間の目を電子回路化

② 目のニューロ 目視 144 倍微細欠陥検知精度（世界一精度）

視力 1.0 の目は 5m 離れて 1.5 mm 角を認識できると言われている。

テクノスの 7K カメラは 2m 離れて 50 ミクロン=0.05mm が実用で検知できるので、5m に換算すると 2.5 倍の 125 ミクロン=0.125mm になるので 1.5 mm 角中の 1/144 すなわち 144 倍精度で検知できている（図 4）。



精度比較表	テクノス5000K		人間	CCD方式	レーザー方式
	7K	5K			
視野幅精度(原理)	168,570	115,850	約2,700	4,000	8,000
視野幅精度(実用)	28,000	24,140	約700	1,000	2,000
明度分解能	204,800	204,800	1,600	256	3,000
積算数	800	800	80	—	—
50ミクロン検出距離	2,000mm	1,800mm	200~240mm	75mm	250mm

図 4 50 ミクロン欠陥検出比較図と精度比較表

③ 目のニューロ 被写界深度世界一 4K カメラの 6600 倍深度

図 5 には右側に人間の目、テクノス 7K カメラ、4K テレビカメラが並べられており同じ位置から同じ大きさの欠点をどれだけ遠くから検知できるのかの比較図である。

目視では 200~240mm 離れて 50 ミクロンが見える。なぜかと言えば人間の目の大きさが約 24mm、光受容細胞錐体の大きさが約 5 ミクロンなので、丁度 24mm の 10 倍 (240mm) 離れて 5 ミクロンの 10 倍 (50 ミクロン) が見えるのが限界である。

同じ 50 ミクロンを下にある 4000 画素 (4K) のカメラで検知する時には 75mm まで近づかなければ検知できない。しかも視野幅は 50mm しかない。この時の被写界深度は図のように ±30 ミクロンしかないのである。

これに対し、まん中のテクノスの 7K カメラでは精度が高いため 2000 mm 離れて同じ 50 ミクロンが見える。遠方から高精度で見えるため視野幅は 1400 mm となり先ほどの 4K カメラの 50 mm の 28 倍の視野幅を持つので、4K カメラの 28 台分を 1 台で検知でき、しかも遠方から見えるので被写界深度は ±200 mm となり 4K カメラの 6600 倍のピント幅をもち、世界で初めて立体形状物上の微細欠陥を検出できるシステムを実現できた。

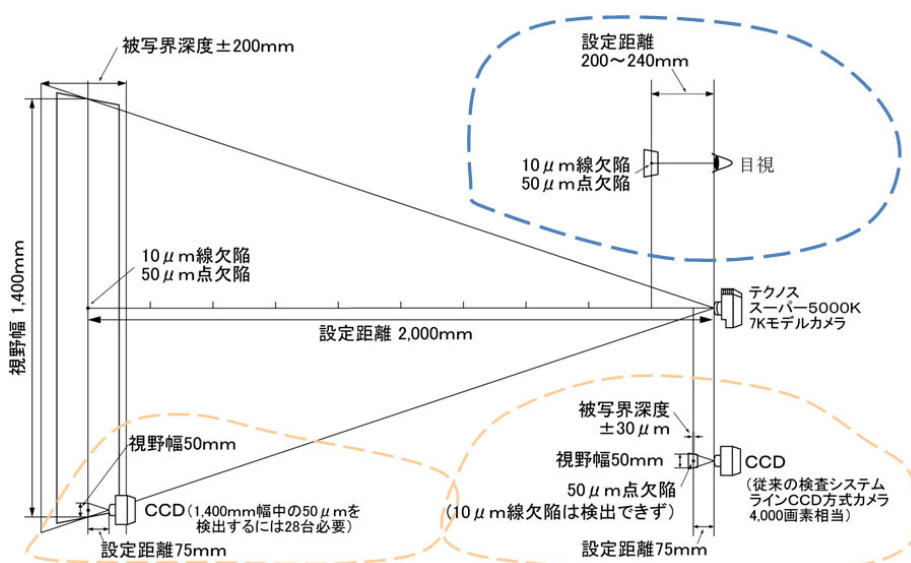


図 5 人間・テクノス・CCD の精度比較

④ ヒューマン・センシング 点と線が人間の見え方と同じ 3 次元方式

図 6 を見てほしい。右側にある線とその左にある点は同じ幅であるが、どう見ても線の方が太く見える。これが人間の目の見え方である。

従来の CCD カメラや CMOS カメラで右側の線を見ようとすれば検知するカメラの画素サイズは右の線の幅にしなければならない。と言うことは、同じ画素サイズの言われなければ見えないような左の点も検知してしまうのである。従来の CCD や CMOS カメラなど画素で検知するシステムでは見えない点まで検知してしまっていた。

図5を見ていただければ、人間の目とテクノスでは同じ距離から50ミクロンの点欠陥と10ミクロンの線欠陥が検知できるのに対してCCDカメラ方式では50ミクロンの欠陥が見える同じ距離から10ミクロンの線欠陥は検知できない。

矢印の先に、それぞれ同幅の点と線がある。
 人間の目は点欠陥であれば50μmが限界である。しかし、太さ20μmの髪の毛を400~500mm離れて見ることができる。
 人間の目は、細胞機能で限界以下の微細な物を見ることができる。



図6 点と線

なぜテクノスだけが人間と同じ感覚で検査できるかというと、図7のように矢印で示された点(a)と線(b)の幅が同じであった場合、明度をZ軸方向にとったグレーの体積を見ると一目瞭然で線の方が体積が大きくなり、人間の目の場合には目の細胞に受光される刺激量が多くなり、テクノスの場合は体積量が人間の刺激量に対応するので体積比較すれば人間の目の感覚と同じ検知が出来る。例えば(a)が50ミクロンの点で(c)が10ミクロンの線であった場合(a)と(c)が同じ体積であれば同じ距離から両方の欠点を見ることが出来る。

現在、国土交通省のホームページに掲載されている「遠方からヒビを検出する技術」にもテクノスのこの技術が紹介されている。

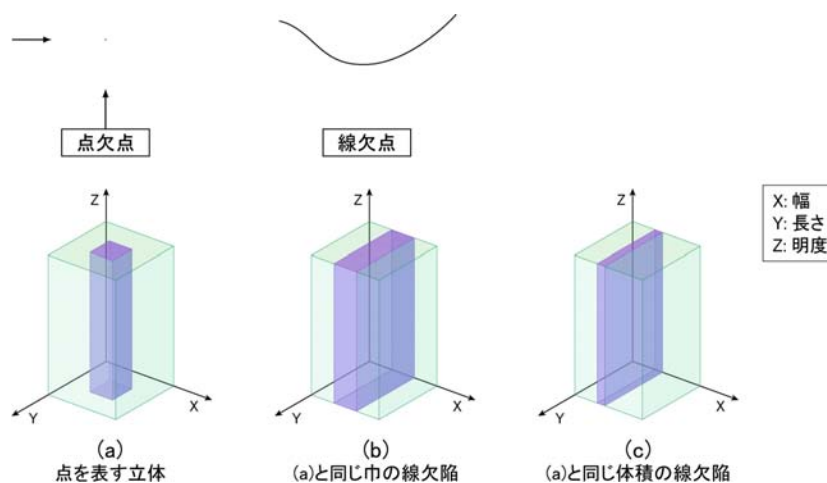


図7 点と線 (三次元)

⑤ トレモア・センシング 固視微動作用の電子回路化により世界で唯一見逃しのない検査を実現

図 8 のように人間の目は 6 本の筋肉で吊られていて、随意筋 3 本と不随意筋 3 本があり不随意筋の動きによって高精度化を達成している。これは固視微動と呼ばれ、その動きが無ければ視力 1.0 の人でも 0.1 になると言われている。

人間の目は 6 本の筋肉で吊られている。
3 本は随意筋、すなわち自分の意思で目を動かす。
残りの 3 本は不随意筋で、この筋肉は心臓と同じように全く意識しなくても動いている。

これを固視微動（不随意眼球運動）といい、これがないと視力 1.0 の人でも 0.1 になる。

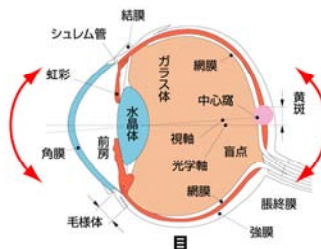


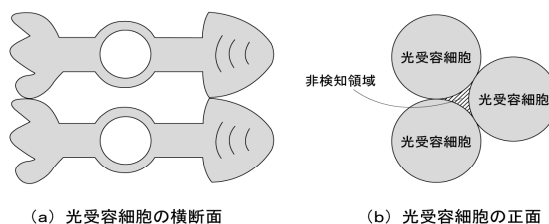
図 8 固視微動（不随意眼球運動による高精度化）

固視微動には 3 つの動きがあり、それぞれ

- (1) フリック：0.2 秒から 3 秒間隔で左右の目が同時に動きピント合わせ
- (2) ドリフト：左右の目の光軸を見るものに合わせて常時動かす
- (3) トレモア：毎秒 70~90 回縦に目を動かして見逃しを無くす

図 9 のように光受容細胞（錐体）は先端が円錐になっているので後方から見ると円 3 つの狭間には細胞が無い部分が出来てしまう。これを無くしていると考えられる動きがトレモアの動きである。毎秒 20 回しか認識できない人間の目の応答性のほぼ 4 倍の速さで目を上下させて見逃しを無くしている。この動きを電子化したのが次項に示す、テクノスのトレモア・センシングである。世界で初めて見逃しを無くすことが出来る自動検査システムが誕生した。

細胞の狭間に欠陥が投射されると見えない。
人間は毎秒 80 回、眼球自体を縦に動かして見逃しを無くしている



人間の目の応答は毎秒 20 回。
80 回だと動いていることが自分ではわからないが、その動きが見逃しを無くしている。
前から見ると $5\mu\text{m}$ の動きだが、シーソーのように動くので $10\mu\text{m}$ 動いている。

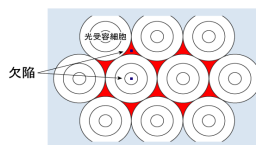


図 9 固視微動（トレモア）

人間の視覚細胞である光受容細胞（錐体）は円錐型の受光部を持っているので円形であり、狭間の問題があったので目を縦に震動させて見逃しをなくしている。

画像処理で使うカメラの画素は図 10 のように四角形をしている。欠陥がこの四角の狭間に来た時にも見逃しが起こるのである。

図 10 で 50 ミクロンの大きさを欠陥限度とするとき、画素狭間に 98 ミクロンの 50 ミクロンのほぼ 4 倍近い大きな欠陥が来ても各画素には 98 ミクロンの半分の 49 ミクロンしか投影されないので 50 ミクロンの大きさが無いので不良にならず、良品として出荷されることになる。人間が検査している時はポカミスがあれば見逃しがあるかもしれないが、目は前述のように縦に震動して見逃しを無くしているので良いが、CCD や CMOS カメラで検査を行っていけば、下記のように 4 倍近い大きな欠点を見逃すことになる。

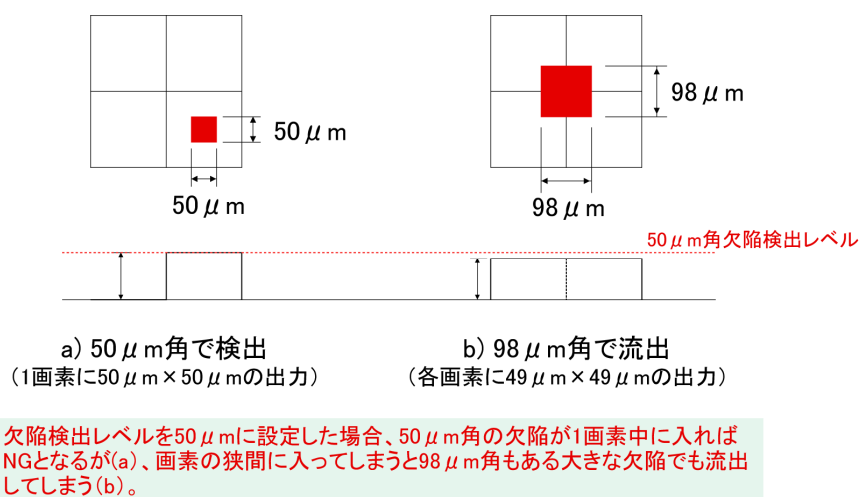


図 10 従来方式の見逃しの原理

4 倍近い大きな欠点を見逃す従来の検査装置が市場にある限り最終検査は人間でやるしかないと言われることは当然である。

世界 14 か国で特許登録されている技術「トレモア・センシング」により、テクノだけが目視と同様の検知原理を持ち、人間の 100 倍を超える精度で色ムラや微細欠陥を検出することを実現している。

今度は同じ大きさの欠点を画素内で検知した場合を考えると、従来の CCD や CMOS カメラの場合にも同じ出力が得られるが、隣接画素のような画素狭間になると同じ欠点を検知しているのも拘わらず出力は半分になり、また 4 画素の狭間では出力は 1/4 になってしまう。どの場合にも検知が出来るようにレベルを下げれば当初 50 ミクロンが限度として設定してあっても 25 ミクロン、すなわち 1/4 の面積のものでも不良にしてしまうのである。この設定にしてしまえば不良品は市場に出ないが、目視で見えなくて当然良品にしなければならない良品を不良とするため歩留まりは当然下がり非採算になることは明確である。

しかし、従来から市場に売られてきたテクノ以外の検査装置にはこの機能はないため欠

陥画像が画素の何処に投射されるかによって不確実な検査しか出来なかったのである。

限度の1/4を不良にして採算を度外視するのか限度の4倍近い大きな欠点付製品を出荷してクレームに見舞われ企業の信用を落とすのか何れかの結果しか得られるものしか市場に無かったと言える。テクノスは世界で初めて人間がトレモアによって確実な検査を行っていることを電子回路化して検査システムに搭載し確実検査を実現した。この技術は世界14か国で特許が取得でき、企業の自動検査による歩留まり減少や企業の信用にかかわるクレームの根絶に大きな力になっている。

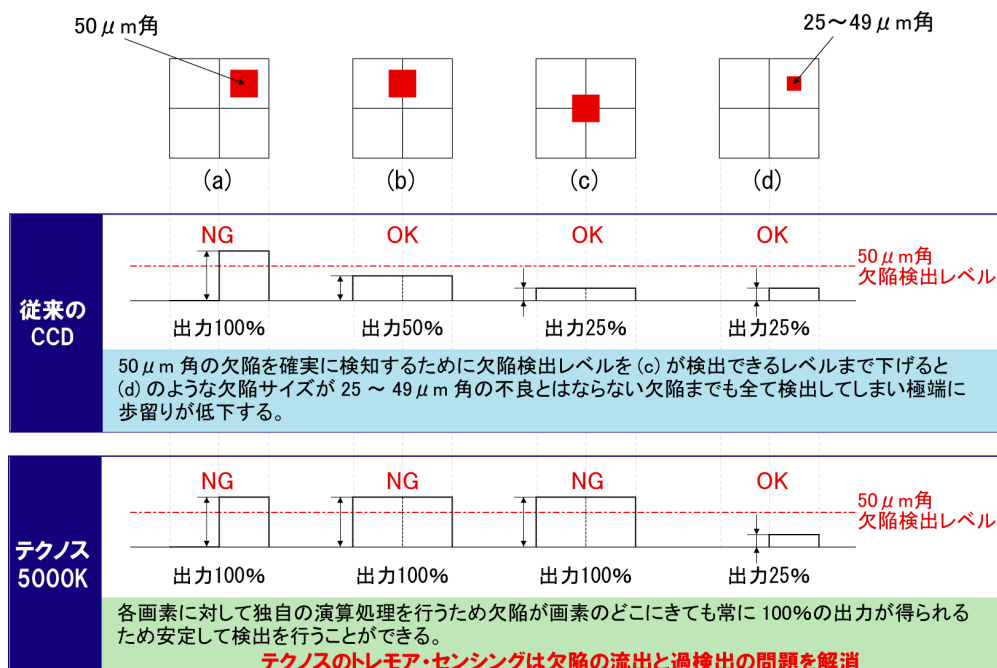


図 11 確実性の原理

⑥ 時空トライアングル・センシング バラツキ皆無の検出を実現

業界によっては微妙なムラを検知しなければならない時に使われる手法をテクノスは電子回路化した。この技術は画素バラツキを皆無にする技術である。

時空トライアングル・センシングは印刷業界で行われる手法で、止めている時には見えない微妙なムラ検知に、対象物を振って見る手法を電子回路化したものである。

この手法は人間の目の同じ光受容細胞の時間変化を捉えることによって微妙な色ムラを検知するものである。



図 12 対象物を振ると欠陥が見えてくる

⑦ アマクリン・センシング 画像強調で目標欠陥を捉える

レンブラントの絵に見られる暗黒のバックグラウンドの中に強烈な光が注ぎこまれる構図で目標をはっきり強調させるのが網膜にあるアマクリン細胞の機能によるものである。

図 13 の左図を見ていただくと、白の交差点が周りより少し暗く見えたり白線の真ん中あたりが少し暗い線として見えたりする。それがアマクリン細胞の働きによるものである。

この細胞機能は強い変化を強調し、弱い変化を抑制することによって画像の強調を行うものである。

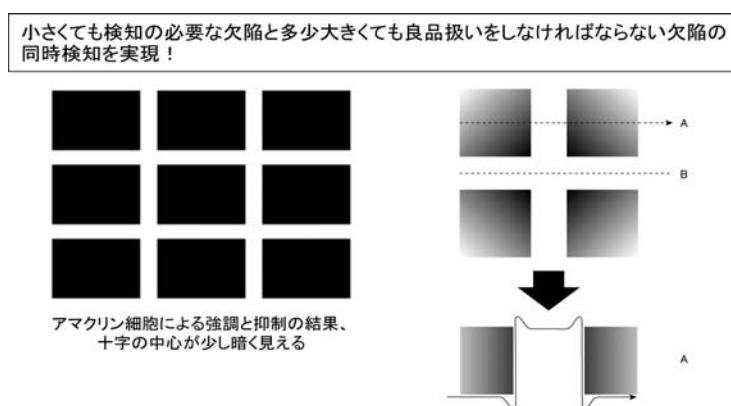


図 13 アマクリン・センシング

以上の7つのテクノロジーが人間の目の機能の電子回路化により自動検査システムとして実現されたものである。

以下の4テクノロジーは人間ではできない検知をテクノスのニューロ・テクノロジーで実現したものである。

表 2 目を越えた検知を行うテクノロジー

①	高層ビル効果	同時に色ムラと微細欠陥を検知する技術
②	ワン・パス・センシング	同時に凹凸と色彩欠点を検知
③	ニューロ・トレーサ	トレース用のビッグデータをコンパクトに記録・再生
④	高速応答性能	高速飛翔体やリニア新幹線などの外装の微細検査

① 高層ビル効果 同時に色ムラと微細欠陥を検知

目のニューロで解説したように人間の目は従来考えられていたようなカメラ機能については網膜の最後端にある光受容細胞（錐体）によって行われていて、この機能に加えて微妙な色ムラや微細欠陥の検知を行える能力をもっている。これを実現している網膜の水平細胞の機能を変化させることによって微細欠陥や色ムラにチューニングしてそれぞれ目的の検知を行える。この機能を人間は同時に1レベルしか検知できない。例えば古新聞の記事を見ながらシミを見ることは出来ない。これが日常生活では選択的に新聞の記事を読み

るメリットとなる。しかし一般的な外観検査を行う時には色ムラも微細欠陥も同時に見えそれぞれの限度で検出を行う必要がある。これを世界で初めて実現したのがテクノスのパラレル処理アーキテクチャである。この技術では高層ビルの高い階層からムラのような微妙な変化を検知し、高層ビルの低い階層から微細な欠陥を検知できる、しかも同時に処理を行えるためリアルタイムで異なる種類の欠陥を異なるレベルで検出し判定を行えるのである（図 14）。

このアーキテクチャは電気通信大学の梶谷教授の後押しで電子通信学会（現電子情報通信学会）のシンポジウムで発表したものであり、異なる処理を同時並列で行うため、処理時間がリアルタイムで出来るとともに、別々な特徴を持つ欠陥を同時にそれぞれ別な基準で判断できる。

ビルの階層は開発当初は 111 階層で、当時の世界一の高層ビルはシカゴのシアーズタワー（現在はウイリスタワーと呼ばれる）の 110 階で世界一を誇ったが、さらに高層なドバイのブルージュ・ハリーフアの 160 階が出来たためと微細欠点の中のさらに広範囲の色ムラ検査の要求に応えるため、テクノスの高層ビルの階数は 800 階となり世界一を維持している。

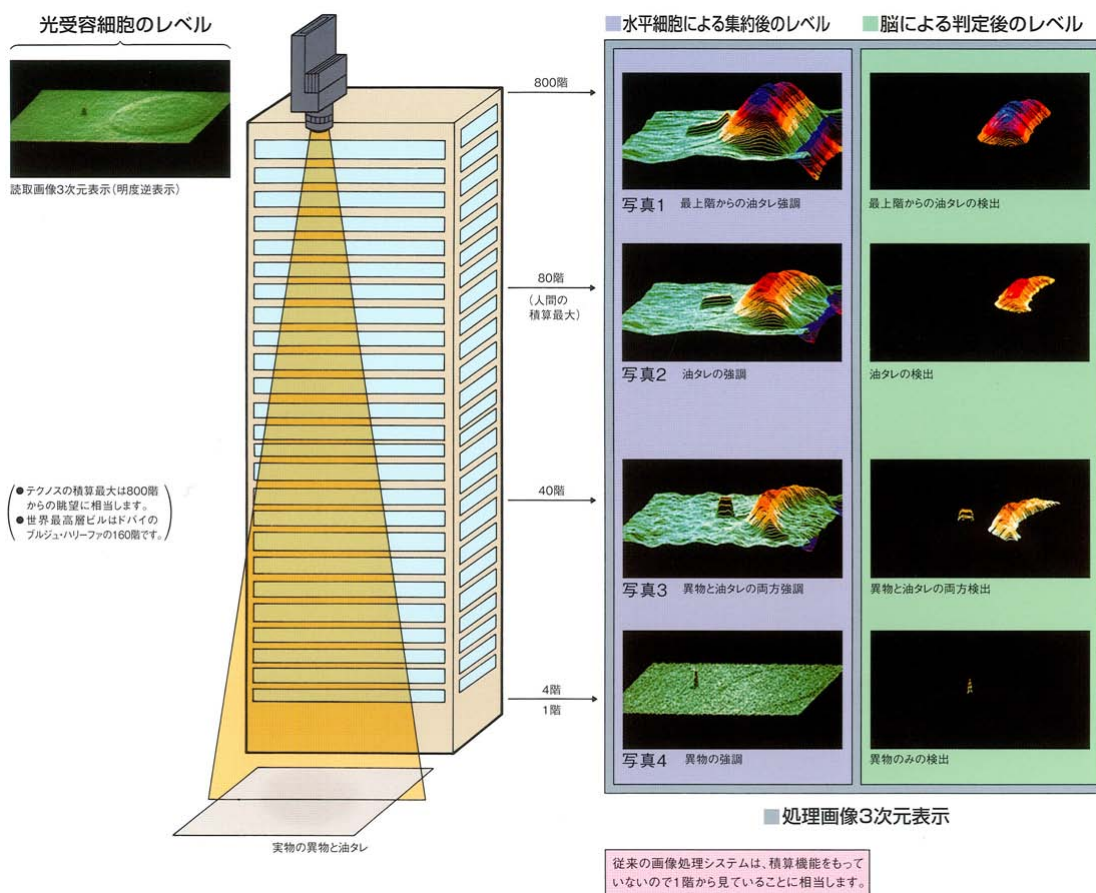


図 14 高層ビル効果

② ワン・パス・センシング技術 同時に凹凸と色彩欠点を検知

すべての対象物に対応できる技術であるが、例えば自動車の塗装外観検査やホワイトボディ（プレス後で塗装前）の検査において図 15 では黄色の車両が搬送方向に動いている間にカメラは 1 台で車両の真横から直角にボデーを撮像し、最初に A の照明を 1/2600 秒点灯して撮像する。車両に対して低い角度であるため凹凸の変化が良く撮れ、次の 1/2600 秒で B の照明を点灯し高い角度から撮像。高い角度からの撮像は、もしもカメラと B 照明の角度の丁度半分の角度のボデーがあれば正反射となりテカリになって正常な検知が出来ない。そこで 1/2600 秒後に C 方向からの照明で同じ場所を検知すれば絶対に全反射にならない。さらに D 方向の照明を行い 1/2600 秒で撮像する。A→B→C→D→A のように繰り返し撮像データを A だけ、B だけ、C だけ、D だけのデータを集積させて 4 つの画像を得て、その画像中から微細欠陥や微妙な色ムラの検知を行うのである。

この技術は東京都の発明大賞を受賞し 2014 年 3 月に特許化されている。この技術は照明数も対象によって変えることが出来、透過と反射などの全く異なる条件で検知を行うことが出来る。

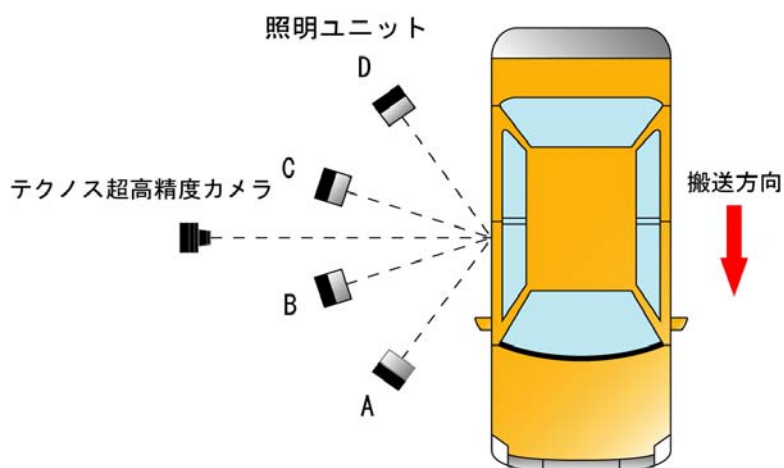


図 15 ワン・パス・センシング（照明切替）

③ ニューロ・トレーサ ビッグデータをコンパクトに記録・再生

トレーサの要求が極めて多くなってきており自動車をはじめとする数多くの業界から引き合いが集まっている。

テクノスのニューロ視覚センサは高精度と人間と同じ見え方のヒューマン・センシングの機能を持ちながら、さらに現実的な記録媒体への記録を実現できる独自の技術である。

例えば 2800 mm 高さ、長さ 5m=5000mm の車両を線欠点 20 ミクロン（一番細い髪の毛の細さ）、点欠陥 100 ミクロンの欠点を検出する精度で 20000 台分のデータが 1 TB（テラバイト）のハードディスクに記録できる。

図 16 の設定では、人間が 400~500 mm まで近づいてやっと見える 20 ミクロンの線欠陥、100 ミクロンの点欠陥を 4m=4000 mm 離れて検出でき、その時の被写界深度は 1900 mm もあるので通常の自動車の奥行き全体を被写界深度範囲内におくことができるのである。

テクノス 超高精度カメラ 7Kモデル

4000mm 離れて 2800mm 視野で高コントラストの 20 μm 線欠陥、
100 μm 点欠陥を検出。

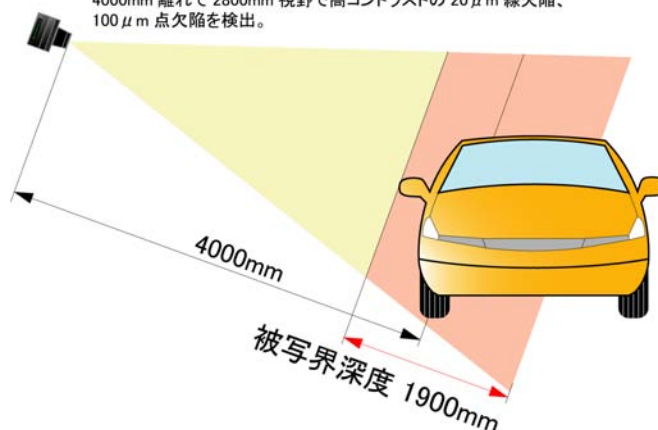


図 16 被写界深度

図 17 は、車全体を撮像しながら右ハンドルの運転者の作業服の袖口の縫い目が見え、同時に助手席の降車用に掴まるハンドルのネジを隠す蓋の線が捉えられている。

出荷製品の工場出荷時の全画像を記録できる



図 17 実際に走行する車を撮像した画像

④ 超高速対象物上の微細欠陥検知を可能に 高速飛翔体やリニア新幹線など

図 18 は視野幅を 1666mm にした場合の高速度応答特性の原理図を示している。

横軸に対象物の速度を示し一番右は分速 10000m であるので時速 600 km である。

縦軸は検出できる対象欠陥のサイズで時速 600km のリニア新幹線の側面に付着した 0.32 mm 角の欠陥があれば検出できる性能で、速度がどんどん下がって 39m 毎分の時には 0.0203 mm 角 = 20.3 ミクロン角の欠陥が検出できる。これ以下の速度ではいくら速度が変わっても検出精度は変わらない。検出サイズは対象欠陥のコントラストや照明の光量などにも影響されるので実用する場合には実験をすることが必須である。

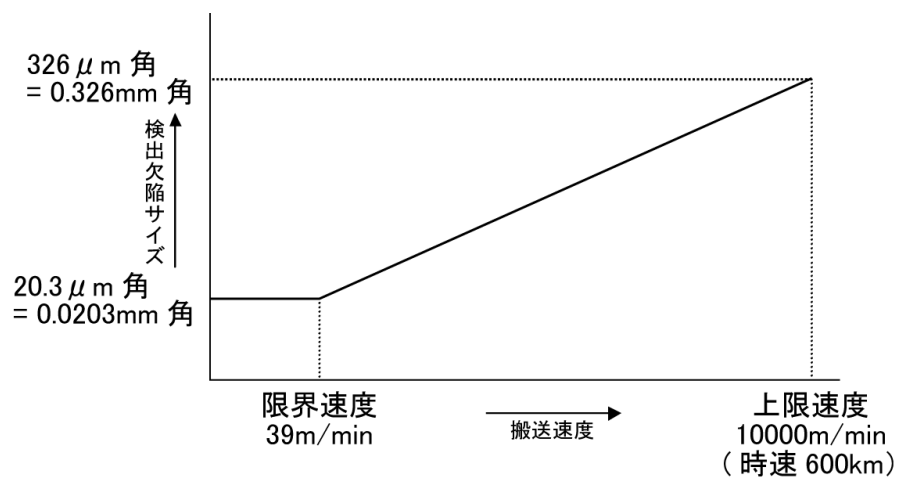


図 18 1666mm 視野幅の場合の限界速度

以上のように人間の目の機能を細胞レベルの動作の電子回路化により実現し、目の 100 倍以上の性能アップを実現している。しかし前述したように原理はしっかり人間の細胞構築を踏まえているので見え方は人間と同様である「ヒューマン・センシング」になっている。

3. 応用



写真1 テクノス ニューロ視覚センサ ブレイン・ニューロ

テクノスの「ニューロ視覚センサ ブレイン・ニューロ」写真1は人間の細胞機能や目の動きである固視微動機能を原理として電子回路化した“目”の機能に加え、“脳”の認識機能や判断機能を搭載したシステムである。

対象物はインライン実績がある撮像チップの検査用として90nmから数百kmの高速道路の検査まで自由にできる。すなわち大きなものでも小さなものでもレンズを選べばどのような対象物であっても検知が可能で、通常よく使われるのが大量生産されている自動車や家電品、ディスプレイ関連の情報機器やその素材関連の検査などに使われる。液晶業界で例をあげると、基板となる素ガラスの気泡や脈理検査、素ガラス上に形成されるカラーフィルタの色ムラ検査、TFTなどの導電膜の検査、偏光膜や位相差膜の検査とその素材となるフィルムの検査、バックライト関連でプリズムシートの検査など、1つの製品においても素材の検査から中間工程の検査、パネル検査などの最終工程に近い検査まで様々な工程で使われている。フラットパネル関連は字のごとく平面であるが精度を要求される工程では被写界深度の問題が存在しテクノスの6600倍深度が役に立つ。特に近年では微細化が進んでいるのでこれに関する要求が多い。

イラストに描かれたものは製造業のものが多いが、近年ではメンテナンス業界で高速道路や鉄道の路面検査、石油備蓄タンクの検査、建築検査や滑走路検査などに応用が広がろうとしている。国土交通省のホームページには遠方よりヒビを検知する技術として技術評価されている。

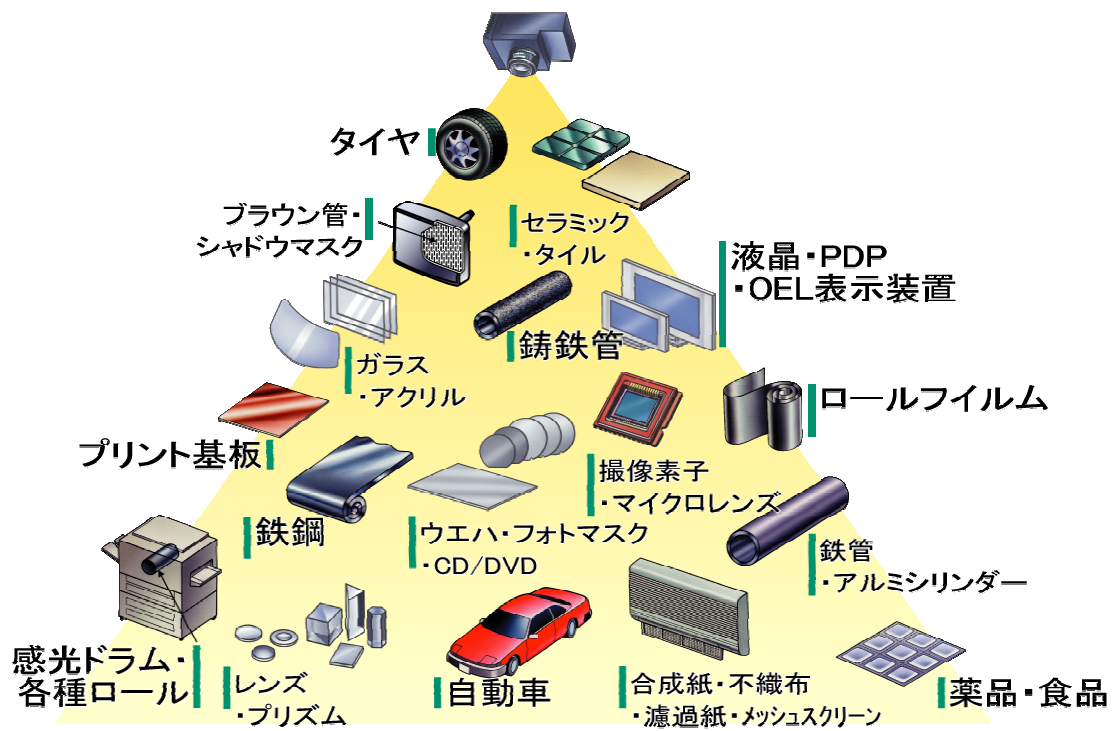


図 19 アプリケーション事例

参考文献

- ◆ 『WEB Journal』：アクトライ・エム、2015年7月号、P23～26
 - ◆ 『計装』：工業技術社、2015年8月号、P54～P57（連載：下）
 - ◆ 『計装』：工業技術社、2015年7月号、P62～P65（連載：上）
 - ◆ 『映像情報 Industrial』：産業開発機構、2015年6月号、P4～P8
 - ◆ 『映像情報 Industrial』：産業開発機構、2015年4月号、P76～P84
 - ◆ 『産業と環境』 産業と環境、2015年1月号、P33～P46
 - ◆ 『コンバーテック』：加工技術研究会、2015年1月号、P89～P99
 - ◆ 『最新の計測制御機器 2015』 日本工業出版、計測制御 2015年1月増刊号、P33～P42
 - ◆ 『映像情報 Industrial』：産業開発機構、2014年11月号、P1～P6
 - ◆ 『計装』：工業技術社、2014年9月号、P37～P42
 - ◆ 『産業と環境』：産業と環境、2013年11月号、P23～P28
 - ◆ 『エレクトロニクス実装技術』：Gicho ビジネスコミュニケーションズ、2013年11月号、P10～P16
 - ◆ 『アーガス 21』：東京都中小企業振興公社、2013年4月 No.413、P2～P3
 - ◆ 『産業と環境』：産業と環境、2013年3月号、P73～P78
 - ◆ 『月刊ディスプレイ』：テクノタイムズ社、2013年3月号、P15～P22
 - ◆ 『計測技術』：日本工業出版、2013年2月号、P44～P50
 - ◆ 『コンバーテック』：加工技術研究会、2013年1月号、P131～P134
 - ◆ 『映像情報 Industrial』：産業開発機構、2013年1月号、P43～P48
 - ◆ 『機械設計』：日刊工業新聞社、2013年1月号、P124～P126
 - ◆ 『計装』：工業技術社、2013年1月号、P45～P48
 - ◆ 『画像ラボ』：日本工業出版、2013年1月号、P1～P7
 - ◆ 『画像ラボ』：日本工業出版、2012年12月号、P6～P12
- 『目のニューロがよく解かるカタログ』
『テクノス スーパー5000K』カタログ