変貌する紙・フィルム外観検査*

—テクノス・ニューロ視覚センサ 5000 K による超高精度検査システムの構築—

株式会社テクノ・テクノス 山 田 吉 郎

New Visual Inspection System of Paper & Film —Build “Ultra-high-resolution Visual-Inspection System” by TECHNOS Neuro-Vision 5000 K—

Yoshiro Yamada

TECHNOS JAPAN CORP.

The Paper Industry is known of very fast work speed as well as the cold mill in the Steel Industry. The mass production of polarizing film and diffusion film which will be the materials of the display device is progressing by using the high speed production technology. TECHNOS holds a world patent of anew technology systems. And we again developed a visual automatic inspection system which has the best accuracy in the world. This new system is buildup a function called Mini-Movement of human eyes. Our new system is able to find the minutest defect to a low-contrast spot. 10000 m every minute in the high speed line by only one camera. This new system has a accuracy of 1000 times of a former CCD line camera (equal of 4000 pixels). As we developed this marvelous system 5000 K, we can deliver within 48 hours upon receipt of an order and are able to install within 3 hours.

分類：V₃ 紙パルプ工程計器およびセンサ，V₁ 計装・制御システム

1. はじめに

紙業界は鉄鋼業界の冷間圧延と同様にライン速度が極めて速いことで知られている。テクノスは今までとは全く異なるコンセプトで超高速ラインの検査を確実にを行う技術を独自開発した。この技術は既にアメリカ、ドイツ、フランス、イギリス、スイス、オーストリアなどのヨーロッパ諸国、韓国、日本で特許化され、「優秀新技術新製品賞」や「中小企業庁長官賞」を受賞すると同時に、製紙メーカーへの導入が進んでいる。

また近年は製紙メーカーの高速製造技術が液晶関連の

フィルム製造の大幅なコストダウンに貢献しているため、この方面の応用も盛んである。

本稿でご紹介するシステムは人間の目の固視微動と呼ばれる微震動によって検知精度が上がることを原理としている。固視微動には微震（トレモア）、フリック、ドリフトの3種が知られておりテクノスは、このうちトレモアの原理を応用することによって世界一の精度を自ら更新した。テクノスは、この全く新しい原理を持った自動検査システムの投入によって紙およびフィルムを初めとした製造業界のさらなる発展の端緒となれば幸いであると思っている。

*平成 14 年度年次大会講演（講演 No. C 8）

2. 高速ライン対応

紙業界の方々にとって 10,000 m 毎分に迫る速度の検査をたった 1 台のカメラで検査するなどと考えることは常軌を逸するとお考えのことと思う。

しかし、その常識は既に我々によって覆されている。テクノスの国際特許化された技術によれば図 1 にあるように視野幅 1,666 mm で毎分 10,000 m のラインでも 1 カメラで 0.3 mm の欠陥の検査を行うことが可能である。我々はこの新しい常識をユーザのラインで次々と実証しつつある。

3. 全く新しい原理による検出

テクノスの最新のトレモア・センシング方式では従来の CCD 方式 (4,000 画素のラインセンサ方式との比較) の 1,000 倍の精度を持っている。1 カメラで 1/1,000 面積の欠陥を検知できる。

この原理を使ってたった 1 台のカメラで、従来の CCD の 200 倍以上の感度で超高精度検査を行うことが可能である。このためブラックライトによる近紫外領域の検査もこなすことができる。

しかも微細欠陥は無論、同時に淡黄色などの低コントラストのムラ欠陥をも検出することができる。

この技術は「ニューロ視覚センサ方式」と呼ばれるもので人間の目の中の網膜にある細胞の機能を電子回路化したものと人間の目が毎秒 80 回縦方向に震動して読み取り精度を高度化させる機能を電子回路化したものを組みあわせて実現したものである。この基本技術は既に国際特許化され、また追加技術は現在国際特許を出願中である。

高精度であることに加えて人間の目の検査と同様に

図 1 トレモアセンシング 5000 K の高速応答 (限界精度グラフ)

1 カメラ 1,666 mm 視野の場合 (さらに広い視野・速度も可能、複数カメラも対応)

地合い変化をキャンセルして安定して検出することも紙に特有な地合変化に打ち勝って高精度検出を行ううえで大きな特長である。ストリークの検出に極めて有利であることなどに関しても紙検査のツボを十分押さえた技術といえる。特にこの技術は紙の透かしの検査を完全自動化するのにも応用できる。

基本技術に関してはすでに豊田章一郎氏 (トヨタ自動車名誉会長) が会長をされている財団法人機械振興協会から「新機械開発賞」を受賞し、そのトップの「中小企業庁長官賞」をいただき、また日刊工業新聞とりそな銀行による「新技術新製品賞」を 2 度にわたって受賞し、最新の「トレモア・センシング」で 3 度目の受賞を昨年 4 月に果たした。その他の賞や三和ベンチャ育成基金からの債務保証もいただき、各方面から評価をいただいている。

納入実績も独自の 3 次元方式を使ったセンサに関して日本のトップ企業 38 社のうち製造業には 100%、製造業トップ 50 社では 70% 以上で、600 セット以上の納入実績をもっている。

日本人の潔癖性によるメリットもあるが、儒教的なノリであるのか検査をしていることさえ他に漏らしてもらいたくない日本の企業姿勢が新技術波及にかなりの障壁になっていることは否めない。一社一社丹念に十分お分かりいただいてから導入を進めさせていただいたことが最近になって口コミでの拡販につながって来ており感謝している。

原理に関する詳細は「目のニューロがよくわかるカタログ」などの小冊子や参考文献にある専門雑誌などに解説をさせていただいている。

4. 高速応答に関する解説

我々が動いているラインでの検査時に経験することであるが、速度が速くなるほど大きな欠陥しか見えなくなるにも拘わらず、速度を落としていてもある大きさ以下の欠陥は見えない。我々はその速度以下では検出精度が変わらない速度を限界速度と言い、それ以上の検査が出来ない速度を上限速度と言う。図 1 が限界精度グラフである。限界速度以下では検出できる欠陥の大きさは一定である。限界速度を超えると限界速度の 256 倍の上限速度に向かって検出できる欠陥の大きさが大きくなっていく。

テクノスの最新のシステムである「トレモア・センシング 5000 K」では、ライン速度 10,000 m 毎分、1,666 mm 視野のときに 1 カメラで 0.33 mm 角の高コントラスト欠陥が検出できる原理精度をもっている。同一視野で毎分 39 m に速度を落とせば 14.4 ミクロン角

の欠陥の検出が可能で、16 倍の安全率をみても 57.6 ミクロン角の検出をインラインで検出できる。ユーザのライン幅、速度をお教えいただければ簡単に検出できる欠陥の大きさを算出できる。

テクノスでは毎分 3,800 m までの高速実験が出来る設備を用意している。ご来社いただければ無償実験させていただくことができる。費用はかかるが現場での実証実験にも前向きに対応させていただきたいと考えている。我々は「論より証拠」で紙業界の多数カメラ崇拜迷信を突き崩すことを始めている。

5. 1 カメラシステムによるメリット

従来、検査システムはラインの設備によって視野幅やカメラ台数を決定し、設計から製作、調整と多大な時間が必要であった。カメラ台数を増やせば設置も調整も大変である。費用・時間とも高む、導入当初はメーカー技術者によるサービスが期待できるが、メンテナンス時に技術担当者が多くの時間を割かなければ条件を合わせられないことはユーザが一番よくご存知のはずである。

テクノスのシステムではたった 1 台のカメラで検査するためワークの幅に合わせてカメラを設定するだけでよい。しかも精度が間に合えば設置後電子的に位置合わせを行えば良いようにシステムが構成されている。

6. 3 時間立ち上げと受注 48 時間以内の検査ライン構築

「テクノス・エクスプレス」プログラムはユーザの発注から実ライン立ち上げを行い自動検査を行うまでを 48 時間以内で行うものである。既に実績を付けつつある。

我々は海外へのメンテナンスを確実にを行うために世界どこでも 48 時間以内のアクセスを行えるように独自の「グローバル・デザイン」構想により機器を設計してきた。この成果がエクスプレス・プログラムを実現させた。

欠陥を検出する対象は何であろうとも人間の目の中の水平細胞の働きに対応するパラメータを設定すれば対応できる。このため既に自動車、鉄鋼、化学、フィルムなどの 27 業界の業界トップ企業に同一のプロセッサを搭載したシステムを販売してきた。毎秒 88 億回の演算を行うスーパーコンピュータが、この汎用性を実現した。

対象物の幅、速度に対しても、設定距離を変えることで自由に対応できること、などがこのプログラムを成功させた原動力である。

現場では 3 脚にカメラを載せ、3 時間程度で機器の立ち上げから設定・調整が可能である。場合によつたらデッキの手すりに設置して自動検査をすることも可能である。無論、正式にはカメラや照明の取り付けステーは製作する必要があるが、仮置きでも、従来の CCD カメラ方式の 24 台分の検出性能と 4000 倍を超える被写界深度によって極端に言えばラインを稼動中にも設置を行え、本来の検出精度を発揮することができる。

この性能は特に微妙な検出を要求される高精度フィルム検査でカメラ角度の最適化が容易にできることをも意味する。しかも、カメラはラインから離れているので紙粉などの影響も少なく済む。

ラインの進行方向に対してはラインカメラ方式なので 1 mm 以下の幅があれば設置可能である。ラインに接近して照明を設置する必要はあるがライン上方から見て紙が垣間見れば検査が可能である。

7. トレモア・センシングの紹介

テクノスの従来の CCD ラインカメラの 1,000 倍精度で目視の 116.5 倍を誇る世界で最高精度をもつ「トレモア・センシング」は、人間の目が持つ固視微動を原理とするものである。この技術を搭載したシステムが「テクノス ニューロ視覚センサ 5000 K」(写真 1)である。

このシステムはユーザのニーズに合わせて精度を高度化することができる。同時に「欠陥撲滅」をするための特許出願中の表示方式をもち、欠陥の画像に自動切り取りと自動記録、および画像データのインライン中のプロセスやシミュレーションを可能にする。この機能は単に画像をプリントアウトするのではなく、他のパラメータで設定を行った場合の結果を見ることも可能にするものである。

写真 1 テクノス トレモア・センシング 5000 K

7.1 固視微動

固視微動とは人間の目が固定して物を見ようとしている場合でも、不随意筋で目が震動していることを言う。固視微動には微震（トレモア）、フリック、ドリフトの3種があるといわれている。

我々は自社のカメラで人間の目を撮像し、瞳が縦方向に5ミクロンの振幅、毎秒80回微震していることを確認した。資料ではいろいろな方向に動いているなどとも書かれているし、震動の回数も100回を越えるようにも書かれているが、我々の実験では横方向にはこの動きが見られなかった。時と場合によってこの方向が変わるのかどうかは長時間、また検体を変えて実験が必要であるが、縦動きは横方向の分解能を増すことになるし、人間の目が横についていることも考慮すると間違いとはいえないような気がする。

テクノスのシステムはこのような微震を捉える実験のためにも大きな役目を果たしている。

テクノス 5000 Kはこの原理をプロセッサとして電子回路化したものである。

7.2 画像読み取り系

前述した1カメラで毎分10,000 mの速度で流れる紙の表面の微細欠陥に加えて、低コントラストの色ムラの検出を同時に別な閾値で検査できる。さらに小さな欠陥を検出する場合にはカメラを複数台並べることも当然可能である。

限界速度以下では検出欠陥の大きさは速度が変わっても同じで視野幅の1/115,850、(原理) 実用レベルで視野幅の約1/24,140の欠陥が検出できる。コート紙や黒色や色付の特殊紙を初め偏光フィルム、拡散フィルム、プリズムシートなどの検査も容易に出来る。特に高付加価値の製品検査においては導入が早ければ早いほど効果が顕著に現れる。

7.3 欠陥判定と出力系

予め設定された以上の欠陥の発見から最大1/40秒後までに欠陥発生を知らせる信号を送出する。この応答性能が結果の迅速なフィードバックに利用されメリットをもたらす。

微細欠陥とムラ欠陥を最大4レベルで同時並列して別レベルで判定するアーキテクチャに関してはアメリカ、韓国、ヨーロッパで特許化され、数ヶ月前に日本でも特許化された。

パラレル処理オプションを使えば視野幅240チャンネルまで、幅方向の各位置の出力が即時に出力され、スリットにそのまま信号を渡して処理することも出来る。

7.4 データ処理系

後処理と呼ばれる部分で、紙業界の要望を取り入れて最大80,000 mまでのロールの欠陥情報を1画面で全体把握できる。アクティブ・ナビゲータと呼ばれる特許出願中のシステムは欠陥を検出すると同時に欠陥地図を作成していき1本のどの部分にどのような欠陥があったのかと欠陥画像をもリアルタイムに表示し、そのデータで後日別なパラメータでのシミュレーションも可能にする。その位置、時間等のデータは画面上に表示されつづけており、必要な場所をマウスでクリックすることによって欠陥強調後の判定のパラメータの表示に加えて1画素単位までの画像をリアルタイムで表示するとともに欠陥の画像比較を行える機能を持っている。この統合的な欠陥情報によって欠陥の原因追及を行え、原因除去によって欠陥撲滅を図ろうとするものである。

しかもテクノスのユーザは画像処理システムを内製する電機メーカにも広がっているため、アプリケーションや画像データの開示によってユーザが独自のアプリケーションを作成できる手立ても供給している。

7.5 コストパフォーマンス

テクノスのシステムは汎用で製造業全てを対象にしている。視野幅は12 mから微細欠陥は0.09ミクロンに至るまで、全てのシステムはレンズ系を交換するだけで対応できる。テクノスの5000 Kには毎秒88億回の演算を行うスーパーコンピュータを搭載し、独自の国際特許ロジックで欠陥を強調し、地合いを平坦化して検出を安定化している。

従来システムの1,000倍を超える性能を持ちながら極めてコストパフォーマンスの高いシステムである。

7.6 メンテナンス

メンテナンスはテクノスが海外向けをも視野に入れているため、世界どこでも48時間以内のアクセスを目指した体制を取っている。これは設計時からグローバル・デザインコンセプトに基づき基本機能をしっかり持っていることと現地でのサービスをユーザが容易に出来ることを基本にしている。

この体制はメンテナンスばかりではなく製品納入に関しても前述した「テクノス・エクスプレス」として注文から48時間以内で世界最高精度のシステムの設置・導入・検査開始までを行っている。

8. ま と め

高速で高精度検出の要求をもつ紙およびフィルム業界でも低コントラストの色ムラやさらに微細な欠陥検出のニーズが高まっている。テクノスの技術はシンプ

ルなシステムの中にスーパーコンピュータを搭載し高度な演算をリアルタイムで行うことによって高度な検査要求を満たしている。我々は確実にこの業界ニーズを捉えて、ユーザの要望に応じてゆきたい。

参考文献

- 1) 山田吉郎：計測技術 (1) 53～57 (2003)
- 2) 山田吉郎：計測技術 (12) 50～54 (2002)
- 3) 山田吉郎：月刊ディスプレイ (12) 15～21 (2002)
- 4) 山田吉郎：コンバーテック (11) 70～75 (2002)
- 5) 山田吉郎：オートメーション (7) 45～49 (2002)
- 6) 山田吉郎：オートメレビュー 2002 年 4 月 10 日 7 面
- 7) 山田吉郎：計装 (2) 52～56 (2002)
- 8) 山田吉郎：M&E (12) 158～165 (2001)
- 9) 山田吉郎：月刊ディスプレイ (12) 1～7 (2001)
- 10) 山田吉郎：オートメレビュー 2001 年 11 月 13 日 24 面
- 11) 山田吉郎：エレクトロニクス実装技術 (11) 70～77 (2001)
- 12) 山田吉郎：日刊工業新聞 2001 年 7 月 16 日 10 面
- 13) 山田吉郎：日本経済新聞 2001 年 7 月 16 日 26 面
- 14) 山田吉郎：紙パ技協誌 (2) 29～33 (2001)
- 15) 山田吉郎：FPD テクノロジー 大全 2001 391～393, 407～409, 416～418, 422～424, 433～435, 436～438 (2001)
- 16) 山田吉郎：月刊ディスプレイ (12) 9～13 (2000)
- 17) 山田吉郎：産業と環境 (10) 39～44 (2000)
- 18) 山田吉郎：M&E (7) 124～129 (2000)
- 19) 山田吉郎：中小企業白書 (5) 108 (2000)
- 20) 山田吉郎：月刊カートンボックス (4) 1～3 (2000)
- 21) 山田吉郎：中小企業研究センター(調査研究報告) (3) 143～148 (2000)
- 22) 山田吉郎：オートメーション (2) 58～66 (2000)
- 23) 山田吉郎：M&E (2) 154～161 (2000)
- 24) 山田吉郎：日本経済新聞 1998 年 12 月 21 日 5 面
- 25) 山田吉郎：日本経済新聞 1999 年 1 月 27 日 7 面
- 26) 山田吉郎：日本経済新聞 1999 年 3 月 23 日 5 面

変貌する紙・フィルム外観検査

—テクノス・ニューロ視覚センサ 5000 K による超高精度検査システムの構築—

株式会社テクノ・テクノス 山田 吉郎

紙業界は鉄鋼業界の冷間圧延と同様にワーク速度が極めて速いことが知られている。目視では見ることの出来ぬ速度でワークが流れるのでため比較的早くから自動検査化が進んできている。しかし従来のシステムは数十台のカメラをラインに設置せねばならずカメラ間の感度の差異や取り扱いなど多くの問題点を持っていた。

テクノスは全く新しい原理で、たった1台のカメラで速度が毎分 10,000 m 視野幅 1,666 mm の時に 0.33 mm 角の欠陥を捉えるシステムを開発した。このシステムは既に日本を初め、アメリカ、ヨーロッパ（ドイツ、フランス、イギリス、スイス、オーストリア）、韓国で国際特許化された技術で、『中小企業庁長官賞』、『新機械開発賞』をはじめ『優秀新技術新製品賞』を3度にわたって受賞したもので、日本のトップ企業 38 社のうち製造業には 100%、製造業トップ 50 社の 70% 以上に納入実績をもち汎用性と世界一の高精度を誇るものである。

このシステムは高速応答性に優れるばかりではなく、焦点深度が極めて深くラインのどこにでも、たった1台のカメラを簡単に設置でき、また欠陥の原因を追求する情報を容易にハンドリングできるアクティブ・ナビゲータ機能によって欠陥の原因そのものをなくするための情報を自動的に記録する機能を持っている。出来上がった製品の不良を発見するだけでなく、その原因をなくすことによって全ての原材料を無駄なく使い、エネルギーの無駄遣いもなく、世界で初めての地球に優しい検査・情報提供システムである。原理は人間の目の機能を電子回路化することによって行われる。また同時に微細欠陥と全面に渡る色ムラまでを別々なレベルで確実に検出できるアーキテクチャは最近特許化された。

(本文 91 ページ)

HBS パルプ化(5)

—HBS リグニンの化学構造と性質—

日本製紙ケミカルズ株式会社 開発研究所 長岡 秀明
北海道大学大学院農学研究所 佐野 嘉拓

HBS パルプ化プロセスの研究の一環として、HBS パルプ副産物であるリグニン（HL）の化学構造と性質を検討した。

1) カバおよびトドマツの HBS パルプ廃液から木材リグニンの 90~130% に相当する HL が単離された。

2) HL をエーテル不溶部（HL-IS）と可溶部（HL-S）に分別すると、カバとトドマツの HL-1~3-IS の収率は大きな相違がなく、各々、14~15% および 17~21%（対チップ）であった。HL-2-S と 3-S はそれぞれ、HL-1-S の約 2 倍量の収率で得られた。

3) BL-1~3 の炭素含量は約 66%、TL-1~3 では 67% であり、相応する MWL の炭素含量よりもそれぞれ 6% 高かった。

4) HL の OCH_3 基含量は HL-IS が何れも純度の高いリグニンであり、HL-S は糖由来の非リグニンが多く含むと考えられる。

5) フェノール性水酸基含量は共に、材リグニンより多く、平均分子量は小さいことから、HL-IS は解重合の進んだリグニンであった。

6) ニトロベンゼン酸化分解物の収率は低く、パルプ化により変質が進んだリグニンであった。