

# 自動織機のリアルタイム検査の可能性について

Automatic Weaving Inspection System

糸一本の欠陥検知を可能とした自動織機検査装置

フロンティアシステム(株) 古田 俊治

## 1. はじめに

当社は、各種産業分野に使用される不織布・ガラス繊維布などのシート状素材に存在する不良を光学技術や画像処理技術を駆使して検査する画像検査装置を開発することで、ユーザーの品質確保に貢献している。一般的な画像検査装置は完成品の検査のために導入されているが、不良の原因が前工程にある場合、その原因が発見・対策されるまでは、完成品の不良ロス、設備停止の稼働ロスが発生する。そのため、前工程での画像検査が望まれているが問題点として、検査精度と導入コストの課題がある。自動織機では織られた反物の検査は検反機という機械に反物をセッティングして検査のために巻戻して検査を実施している。問題はすでに織られたものの検査であるために欠陥を見つけても欠陥の内容によってはロスが発生する。そのロスとは材料と時間のロスである。

自動織機の反物は1本の反物が完成するには数日間というかなりの時間が必要となるために工場では数百台の機械が稼働している（写真1）。

機械が自動化され少人数での機械稼働が可能となっているが検査については省力化が進んでいないのが現状である。

自動織機の織っている工程でリアルに検査で



写真1 自動織機工場風景  
（出典：豊田自動織機レポートより）

できれば材料のロスは最小限に抑えることは可能であるが1工場に数百台設置されている機械に全て導入するにはコストを考えると無理がある。しかし、IPCで10台以上の自動織機の検査が可能となれば素材（繊維）の無駄をなくすだけでなく最終検査の簡略化や少人化におけるコスト面においても貢献することが可能ではないだろうか。当社はこの問題点に取り組み、特許申請も行った光学技術や画像処理技術の適用で、この課題にチャレンジし問題点を解決に導いた。

## 2. システム概要

本システムは、自動織機に直接カメラを設置し糸が織られて流れていくシート状の布の上をGig-Eのエリアカメラで異なる4方向の角度からの反射光および透過からLEDを点灯しその画像を合成して画像処理をおこなうことにより目的の欠点を検出する。

カメラは1軸方向に横移動しながら撮像と画像処理おこない流れている状態の織維を順番に撮像することにより全面検査を行う。カメラは視野の範囲に流れていくシート状の布に対して横

方向に移動しながら撮像してシート幅の移動と撮像を完了するため検査領域において見逃すことはない(写真2)。

シート幅全面に複数台のカメラを設置する検査方法があるが1台の機械に対して検査装置にかかるコストとしては合わないこともありそのため現在では完成したロール状に巻かれた織維のシートをまとめて検反機にて検査している。

Gig-Eのエリアカメラには様々な画素数が市場には存在する。そのすべてのカメラに対して応用可能な考え方である。

低速生産は人間の目で検査しやすい対象であるが、コストの見合う考え方での検査システムを提供することにより強力な省人化を進めていくことが可能となる。

特徴は、1台のパソコンで12台以上のLAN接続したGig-Eエリアカメラを制御していることとPC間のネットワークを構築することにより12台以上のカメラに接続された自動織機を検査することが可能となる(第1図)。

### <自動織機検査装置仕様>

- 接続カメラ：Gig-Eエリアカメラ（要求精度に応じてカメラ選定）
- 仕様光源：マルチチャンネル特殊LED光源（特許取得済み）

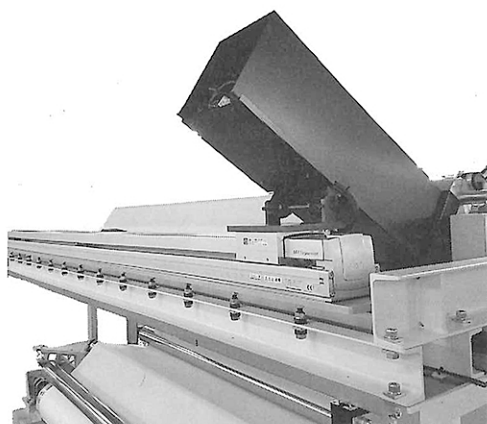
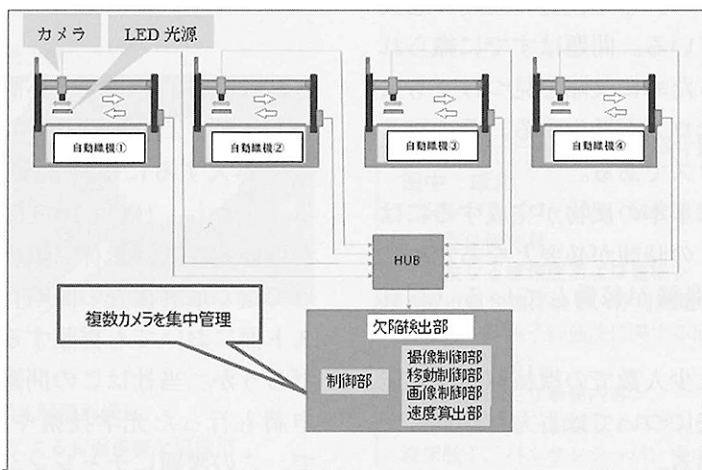


写真2 自動織機検査装置検査部



第1図 システム概略図 (集中管理イメージ図)

- 検査範囲：100mm×100mm
- 検査幅：1,000～2,300mm（織幅に個別対応）
- 検査速度：250mm/min（織機ライン速度）
- 自動織機接続台数/1PCユニット：12台/1PC
- PCスペック：CPU/Core-i 9、メモリー /16G、SSD/1TGB、OS/Windows10 64bit

※トータルライン移動距離の値がY視野の範囲内であれば接続可能機械台数分のカメラの撮像から次の撮像に移行しても検査視野範囲が抜けることはない。

### 3. 検査方法

自動織機で織られた繊維の検査においてカメラから撮像された画像には繊維部分の織り込まれた糸の濃淡が地合いノイズとなり検査のSN比に影響を与える。

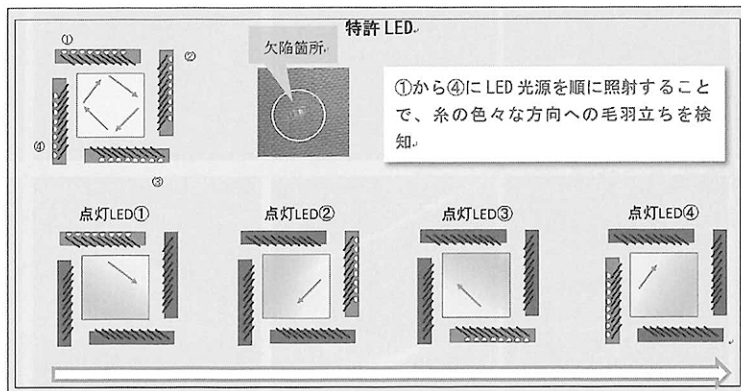
欠陥検出対象となる欠陥部分の影の部分（暗レベル）を強調し検出する場合と欠陥部分の明るい部分（明レベル）を強調し検出する場合のどちらもLED照明の光の角度と点灯の制御技術により撮像された画像の合成により影をなくし欠陥部分と地合い部分のSN比の影響を光学技術と画像処理技術により欠陥画像を強調する技術である。

自動織機検査装置は、各LED照明が検査対象領域に一方方向から光を照射するため、検査対

象布に欠陥が存在する場合、その欠陥には一方方向のみから光が照射される。例えば、その欠陥が、ほつれた糸が突出しているような凸状の欠陥である場合、照射方向とは反対の方向に影が生じる。この影により、織布や不織布というコントラストの低い検査対象布について、小さい欠陥であっても、該欠陥の存在を明確に認識することができ、その位置も決定することができる。そして、照射光が一方方向からの光であるため、その影は欠陥の形状（射影形状）をそのまま反映したものとなっている。このような光源からの照射を少なくとも4方向から行い、その際、それらを異なるタイミングで点灯させることにより、それぞれの方向からの照射による影の形状に基づき、凸状欠陥の形状を視覚することができる。欠陥が、例えば糸切れのような布表面の凹形状の欠陥である場合も、一方方向からの光の照射により生じる影に基づき、該欠陥の存在および位置を明確にすることができる。

光の照射方向は検査対象布の布目に対して（経糸・緯糸の方向に対して）斜めにしておくことが望ましい。これにより、より小さい欠陥も明瞭に検出することができるようになる（第2図）。

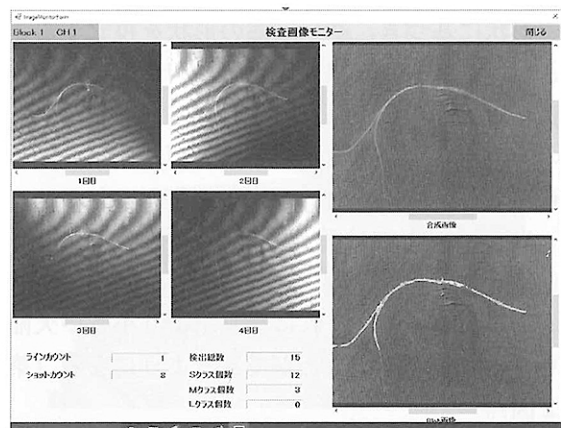
検査装置は、1本1本の繊維のバラツキや毛羽立ちという繊維レベル状態を認識する必要がある。



第2図 LED点灯方式

配置を工夫した複数のLED照明の点灯タイミングとカメラ動作タイミングを連動させて撮影した複数の画像を、織り速度も考慮して合成することにより検査するために必要なS/Nを確保することができる。

繊維の不良としての毛羽立ちは常に同じ方向とは限らない、毛羽立ちの繊維の方向と角度が照射される光の角度が正反射の条件とならなければ毛羽立ちのみ光らせることはできない。その条件をクリアするために指向性のある光を4方向からの点灯タイミングにより毛羽立ち部分を光らせることを可能にした(第3図)。



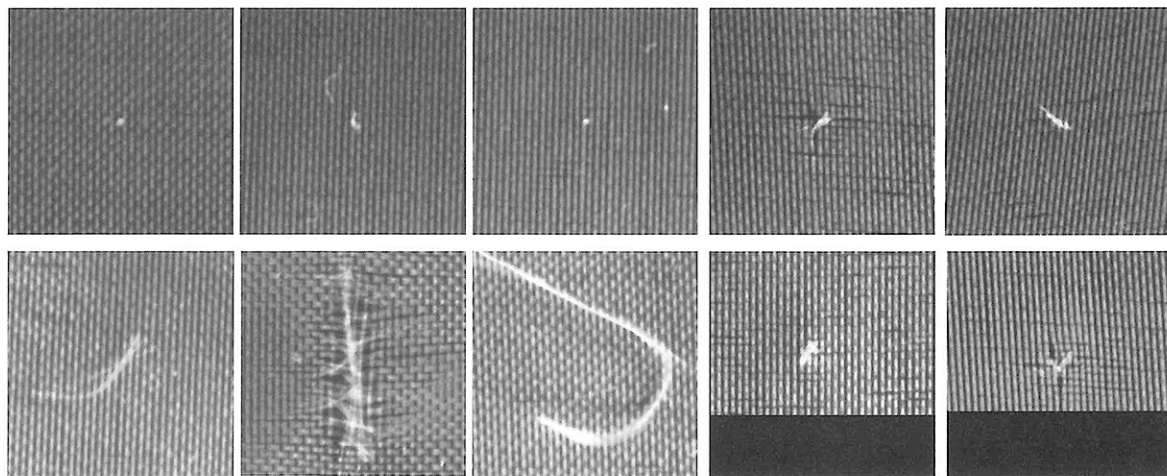
第3図 検査画像(検査合成画像)

## 4. 画像処理技術

自動織機への検査工程の導入には検査精度の安定化が必要であり、S/Nの余裕度を確保する必要がある。S/Nの余裕度を確保する方法の一つとして複数枚の画像を撮影し、それらを合成することでS/Nを向上するために平均化という処理方法があるが、この処理では時間が掛かるため、移動対象には適用限度がある上、検査速度との両立ができない。当社は、高度な数学的処理にもとづく空間フィルタの技術を培ってきた。この空間フィルタを使用することにより、不明瞭な欠陥も、明瞭にすることができる(第4図)。

## 5. 時分割信号処理

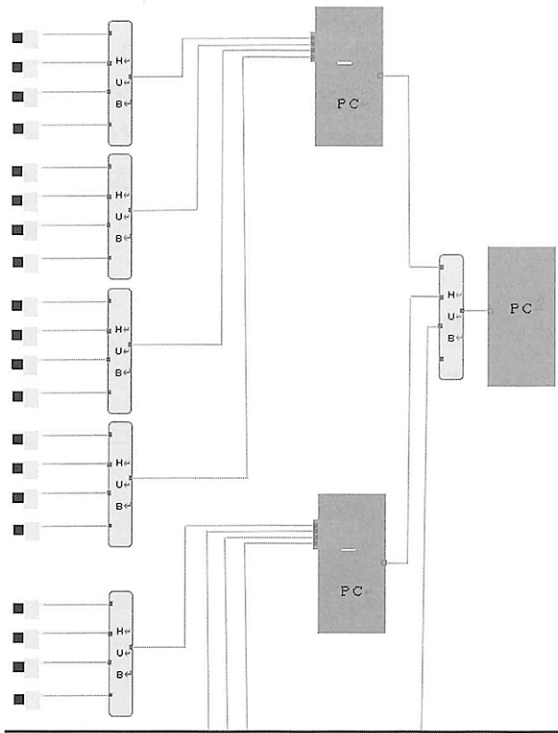
自動織機一台一台に検査用のカメラを搭載可能とするためには、導入コストの適正化が必要となる。その実現のため、検査用カメラとしてのGig-Eエリアカメラを採用して時分割信号処理を導入した。Gig-Eエリアカメラは、ギガビット・イーサネットに接続することにより画像情報の高速通信が可能・高価な専用処理ボードも不要という特徴をもち、画像処理システムの



第4図 欠陥検出画像

構築が容易となる。

さらに、第5図のように、各自動織機に搭載されたカメラの信号を時分割処理することで、複数台の自動織機に搭載されたカメラを1台のCPUで管理することを可能とした。



第5図 カメラ接続構成図

## 6. 適用事例

自動織機検査装置の応用として使用しているエリアカメラをラインカメラに変えることにより複数の検査を1台のPCで検査、および管理することが可能となる。

当社はマルチ検査システムとしてユーザーに提案し導入している実績がある（第6図）。

一元管理が可能となると、複数の検査装置が生産機械の状況を管理することが可能となりIoTシステムが構築できるという発展性をもっている。



第6図 マルチ検査装置アプリケーション画面

## 7. 今後の展開

自動織機の機械にカメラを設置して検査するシステムは海外メーカーのシステムが採用されていることが多いが1台の自動織機の機械に複数台のカメラを設置して検査をしている。

今回紹介した方法を採用することにより1台のカメラで高精度な検査が可能となりコストも下げることができる。

その他にもAIを応用したシステムや要求に応じたシステムをカスタマイズして提供できる準備がある。

検出された欠陥画像データを学習させて2次検査および種別判断をリアルタイムに実行しアプリケーションのマップ上に表示させて判別データとともに管理することができる。

自動織機検査装置は、他の業種にも展開することができる。例えばフィルムではインフレーションなど複数台の製造機械をマルチに検査することができる。そのほかにはリワインダーや製袋機などカメラ1台で検査できるシート幅にたいしては応用することができる。

1台当たりにかかる検査のコストを下げても検査精度を落とさずにユーザーの要求される検査が可能となる。

## 8. おわりに

---

当社は、検査装置のメーカーであるがシステムインテグレータでもありエンジニアリングも兼ね備えた会社である。導入させていただいたユーザーには末長く、検査装置を安心して使用していただくために、ユーザーの立場に立って対応させていただくことを心掛けている。

新たな欠陥が発生し、その欠陥を検出するためのアドバイスをさせていただくことや現場において光学調整などをさせていただくだけでなく、既存の検査装置に問題がある場合におけるサンプルテストによる再構築提案にも対応させていただいている。導入した場合のサポートや保守対応も検査システムを選択する上では大変重要である。

メンテナンスは、当社の技術担当が復旧に対

する時間目標を待つことによって、保守の重要性と緊急性を自覚させている。その理由は、検査システムが止まれば生産が止まり工場に与える影響は計り知れないものがあるからである。そのためにも、常日頃から、工場担当者と検査装置メーカーは常に情報交換できる関係が構築されていることが望ましい。

この自動織機検査装置は、リモートで遠隔メンテナンスすることもできる。ユーザーの要求によりネットワーク環境を整えていただくことができれば、サポートサービスを提供させていただくことも可能である。

### 【筆者紹介】

古田 俊治  
フロンティアシステム(株) 代表取締役