

ビデオカメラ用レンズの目視検査の自動化

Development of Automatic Inspection System for VCR lens Contamination and Image instability

井立 清文*
Idate, Kiyofumi

笛木 昭宏*
Fueki, Akihiro

石井 ルリ子*
Ishii, Ruriko

We developed an automatic inspection system for the mass production line of Video-camcorder system for zoom lenses in 1993. After that development, we successfully developed new additional inspection systems for the contamination of the lens and the image instability during zooming.

These two inspections are done visually so that the inspection results sometimes differ depending on the individual inspector, and the reliability is not sufficient.

The new additional inspection systems are expected to improve the inspection accuracy avoiding unreliability by human factor, and to reduce the inspection cost much more than present visual inspection.

1 はじめに

1983年に、一般ユーザ向けにビデオカメラが普及し始めた頃より、当社は、ビデオカメラ用レンズを市場に供給してきている。

ムービの生産台数の増加、信頼性、品質の向上要求に応えるため、検査工程の大部分の自動化に取り組み93年実現した。¹⁾

今回は、未着手であった目視検査のうちのゴミ検査と画ゆれ検査の開発を行ったので報告する。

製品の品質の向上に伴ってゴミ検査が、不良の中に入る割合も高くなり重要項目となってきている。又画ゆれ検査は、ズーム中の画像変動のため目視による判定が非常に難しく人による判定の差が生じやすい項目となっている。両検査共に電気的定量化が望まれていた検査である。

2 ゴミ検査の定量化

2.1 ゴミ検査機のシステム構成

Fig.1にシステム構成を示す。被検レンズによって均一強度分布を持った拡散光源の像をCCD上に結像させ、ビデオ信号としA/D変換をしてフレームメモリー上に取り込み、この信号の強度分布をコンピュータ上で演算しゴミの有無やレベルを判定するものである。

レンズが理想の状態である場合、画像信号の輝度レベルは、画面全体にわたって同一となる。

被検レンズに、ゴミ、汚れがあると、光束が遮られたり、発散させられたりして、CCD上に陰影が生じ強度分布が均一ではなくなる。

今回の検査機は、この陰影をコンピュータ処理して良否判定するものである。

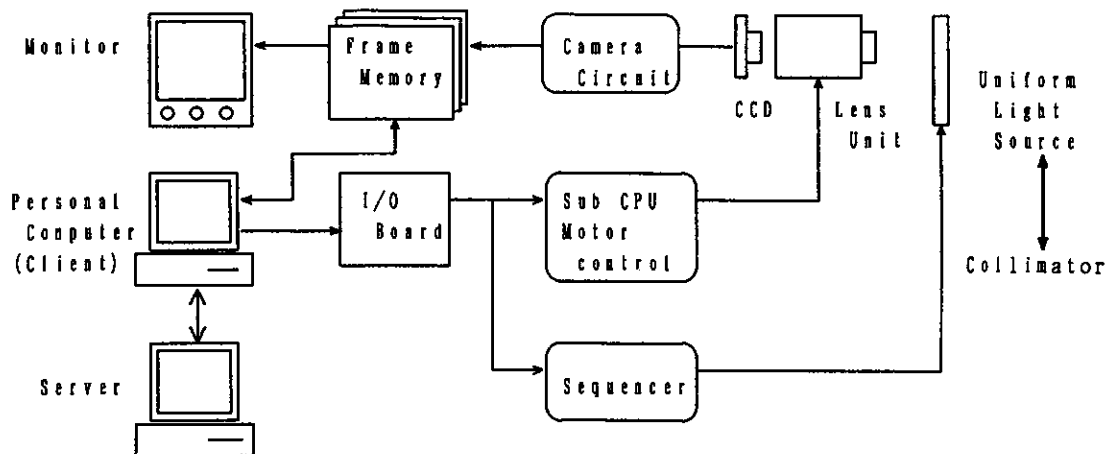


Fig.1 System Block Diagram

* オプト事業部 オプト開発グループ

2.2 ゴミ検出の基本アルゴリズム

ゴミ検出の基準となるのは、上述したように、ゴミのない状態の輝度レベルに対してどの程度の陰影が生ずれば、異常値として判定するかということである。これを良好に達成するには、閾値を設定することだけでなく、各被検レンズや、CCDなどに起因する輝度レベルの変化を除きゴミや汚れによる輝度変化だけを識別できるようにする必要がある。これを実現するために二つの処理を行っている。

① 参照用レンズによる前処理（バックグラウンド処理）。

② 画面の多分割化による大域変動の除去処理。

①の参照用レンズによる前処理では、あらかじめ性能が良好なレンズを数本用いて参照用のパターンをフレームメモリ上に作り、これと被検レンズのデータを用いて判定用データを作成している。これにより CCD 及び拡散光源の傷や不均一性の影響が取り除かれる。

②の処理は、被検レンズごとの周辺光量落ちのばらつきなどに起因する輝度の大域的变化の影響を小さくするために各エリアごとに分けてゴミの有無を判定するものである。

実際の閾値は、上述の処理を行った後、エリア内の輝度の度数分布から度数が最大になる値を求めて設定している。

2.3 目視の評価と画像処理データ評価との差

実際の検査で問題になるのは、従来行ってきた目視検査と画像処理検査の差である。ビデオムービーの画像は、最終的には、人の目によって評価されることから後処理として、人の目の感覚により近づける処理を行った。

人の目は、モニター上の像を感覚的にとらえ、ゴミの存在を明確化して認識する。例えば、アイリスの形にできるようなゴミの像は、認識しやすく、逆に細かいほこりのようなバラバラと孤立している像は、ゴミと判定しない場合が多い。

特に後者の問題は、実用化する上では、大きなポイントとなった。この問題に対する画像処理の例を示す。Fig. 2の(a)の画像は、原画像である。(b)の画像は、前処理が終わったデータに対してある閾値を設定して、ゴミ判定を行ったものである。白い部分は、ゴミの無い均一部分に対し、一定値以上の陰影が生じていると判定された部分である。この段階では、目視で判定した以上に異常部分が生ずる場合が多い。(c)は、近傍データを用いて平均化した画像であり、(d)は、さらに独立したゴミの像を除去する処理を行った画像である。これらの処理を行うことで検出能力、目視との相関性が20~30%向上した。

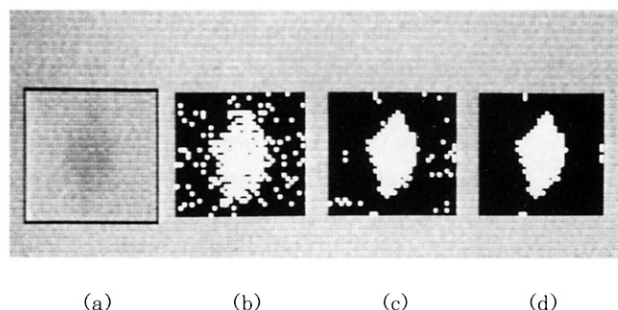
2.4 ゴミ検査機の性能評価

検査の評価指標は、前述した閾値によって判別されたゴミの面積と濃度の組み合わせで定量的に判定している。

Table 1に各ゴミの面積と濃度に対する従来の目視検

査との合致度をしめす。総合的合致度としては、93%を達成している。

以上の結果、目視で抽出したレンズ100件を本機で判定すると98%の確度でゴミが検出できるようになった。



(a) Original Image
(b) Background Correction
(c) Neighbor Averaging
(d) Connected Component Processing

Fig. 2 Example of Image Processing

Table 1 Coincidence Between New Automatic Inspection And Visual Inspection.

density \ area	dark	medium	light	total
	small	87%	66%	85%
middle	100%	100%	100%	100%
large	100%	100%	100%	100%
total	96%	89%	95%	93%

3 画ゆれ検査の定量化

3.1 ズームレンズの画ゆれ

ズーム動作中に画像がゆれたり、瞬間的に飛んだりすることを画ゆれと呼ぶ。連続画像を記録するビデオムービーでは極小さなものでも問題となる。

画ゆれの検出は、コリメーターを通して無限遠チャートを見せた時に、モニター画面上にできる中心点がズームによってどのように動いていくかを観察する事でおこなわれる。この検査は時間的経過の中で発生する極微量のずれを目視で測定するため、検査作業者の負担が大きく、測定ばらつきも大きい。

本システムは、画ゆれを画像処理によって定量測定し、検査工程を自動化することを目的に開発された。

3.2 画ゆれ検査機のシステム構成

画ゆれ検査機のシステム構成は、Fig. 1において均一光源をコリメーターに置き換えたものとなる。被検レンズは検査ステーションに来ると無限遠の検査チャートに対してセットされた後、パソコンからの検査スタート信号を受けて、テレ、ワイド、テレの順にズーミングを行う。同時にパソコンに接続されたフレームメモリーボードが、検出エリアの画像データを取り込み、後述する演算により画像のずれ量をリアルタイムに計測する。

3.3 画像ずれ検出の原理と検出性能

画像の動きを電氣的に検出する手法として、カムコーダーの手ぶれ補正などに用いられている画像相関による検出法を用いた。

TVやビデオムービーの複合映像信号では、毎秒30枚の画像により動画を構成している。本システムでは、この複合映像信号をA/D変換してデジタルデータとしてフレームメモリーボードに取り込み、画面中心付近の水平走査方向の連続する*i*個の1列について相関演算を行う。この*i*個のデジタルデータ列の現在の画像のものを $P_{i,t}$ 、時間的に1枚前(1/30秒前)の画像のものを $P_{i,t-1}$ とし、相関検出のためのデータ列ずらし幅を*j*(ピッチ)すると、画像相関の評価関数*f*[*j*]は下式のように表せる。

$$f[j] = \sum |P_{0,t} - P_{i,t-1}| \quad (1)$$

横軸に*j*をとり、 $y=f[j]$ をプロットし、線形内挿して*f*[*j*]が極小となるデータ列のずらし幅を求めれば、これが2枚の画像間のずれ量となる。ズーミング中にこのずれ量を順次計測し、画像ずれから画ゆれを分離して検出することとした。

3.4 画ゆれ検出と検出性能

ズーミングによって検査チャートが形状的に変化すると、チャートの形状変化を画ゆれとして検出してしまふ。そこで、白黒のチャートを用いることにより、画角が変化(ズーミング)しても検出領域内でチャートが形状的に変化しないようにしている。

Fig. 3に示す白黒のチャートにおいて、前述した相関演算に用いるデジタルデータ列は、Fig. 4(a)の様なステップ状のデジタルデータ列となる。このようなデータ列では、(1)式の*f*[*j*]のずらし幅*j*に対する変化が起きすぎて線形内挿の精度が低下する。さらに映像信号の時間的な揺らぎの影響を直接受けるため、画像ずれの検出精度も劣化する。ここで白黒エッジ部分に緩やかな濃度のグラデーションをつけてやれば、この問題は解決するが、チャートの作りにくさなどから現実的ではない。そこでチャートをFig. 3のように45度傾け、走査線と垂直方向に複数のデジタルデータ列を合成すれば、ほぼリニアな傾斜を持ったデジタルデータ列として扱う事ができ、Fig. 4(b)に模式的に示すように画像のノイズ成分も除去

できる。

本システムは、チャートを画素ピッチの1/2相当のずれも充分検出できる性能をもっており、現状の目視検査の規格が同図の1画素ピッチ程度であることから、ずれの検出精度は充分と考えている。

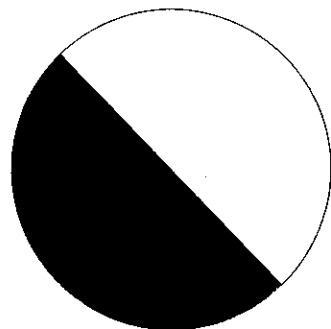


Fig. 3 Collimator Chart for Inspection

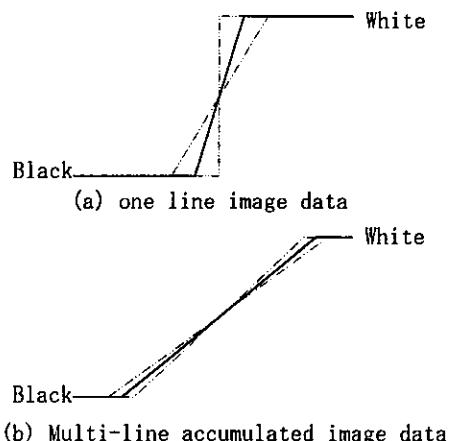


Fig. 4 Pixel data in frame memory

検出エリア内での白黒エッジ移動量の時間に対する軌跡は、現在の画像と一つ前の画像のずれ量を時間軸に対して積算して得られる(画像ずれ積算量)。例えばFig. 5(a)のような場合、ワイド端付近では、約7ピッチ程テレ端スタート時より白黒エッジが移動している事になる。

レンズの光軸が、白黒エッジから外れる事は、レンズの取り付け精度から、ある程度やむを得ず、被検レンズごとにその量はばらつく事になる。従って画ゆれを検出する場合、光軸ずれによるチャート移動の影響を除去しなければならない。ここで画像ずれの積算量の軌跡に注目すると、光軸ずれによる影響は、画像のゆれに対し比較的緩やかな変化であることが予想される。そこで、画像ずれの積算量を前後±*n*画面で平均することで、*n*を適当に選べば光軸ずれによる影響を抽出できる。Fig. 5(b)は、±5画面を平均したもので、光軸の影響による画像

4 おわりに

現在、前回報告した自動検査システムはVTRレンズの量産に欠かせないものとなっている。²⁾今回ゴミ検査ならびに画ゆれ検査を自動化するシステムの開発に成功した。このシステムはほぼ前回報告のシステムと同様の構成であり、比較的安価なシステムとなっているため、工程導入が容易である。この検査を工程へ導入すれば、さらに省人化と品質向上に寄与すると考える。

今後は本システムを工程に導入し、省人化・品質管理体制の強化に努める所存である。

謝辞：本システムの開発にあたり、(株)甲府コニカユニット部技術課ならびに生産3課八幡工場の各位に、多大なご協力を頂きましたことを感謝いたします。

●参考文献

- 1) 井立清文他、Konica Tech. Rep.,7,(1994)
- 2) 安達宣幸他、Konica Tech. Rep.,7,(1994)

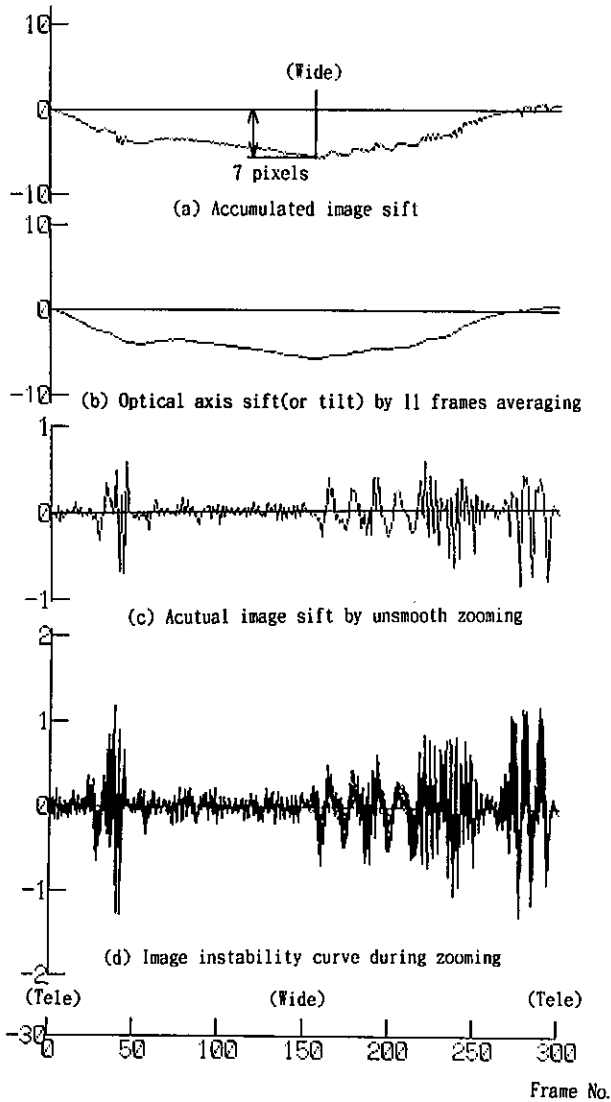


Fig. 5 Image instability Inspection results

移動の軌跡となっている。この低周波成分を元の画像ずれの積算量からのぞいたものが、光軸ずれの影響をのぞいた画像ずれ量の積算値となり、Fig. 5(c)のようになる。

画ゆれには瞬間的に発生するものと、比較的長い周期で発生するものがある。そこで、画像の軌跡データについて、1～n枚後の画像の軌跡データとの差分値を求めて画ゆれ量とする。nは検出するゆれの最大周期となる。Fig. 5(d)に検出画像間隔をn=1～5とした画ゆれの検出結果を示す。同図では1枚の画像について、n=1～5の場合の画ゆれ量が重ねてプロットしてある。テレスタート時とテレストップ時の画ゆれが捕らえられている。