

プレジジョンフォーカスTVレンズの開発

佐々木 正*, 矢作 智**

Development of Precision Focus Assistance System

Tadashi SASAKI* and Satoshi YAHAGI**

Abstract

We have developed a focus assistance system for Broadcast TV lenses. This system calculates the velocity and the direction of the focusing lens movement by detecting the difference in contrast between before and behind the image-forming plane simultaneously and by comparing them to control the focusing lens precisely.

This system was tested in various situations, and practically satisfactory performance was demonstrated.

1. はじめに

フジノン（株）は、2004年4月に米国で開催された放送機器の展示会、NABショーで世界初となる放送用オートフォーカスシステム「プレジジョンフォーカスTVレンズ」を発表した（Fig. 1）。

オートフォーカスは、現在、あらゆるカメラで一般的となっているが、放送用のカメラ・レンズに関しては、これまで商品化されたものがなかった。合焦精度と応答性を得るために、重いレンズ群を高速・高精度に制御しなければならず、高精細な画面ではワブリング動作さえも見えてしまうなど、技術的な課題のほか、効果上、わざとピントを追従させたくない場合や、画面の端の被写体にピントを合わせたい場合などもあり、民



Fig. 1 PF-built-in lens line-up (Nov. 2005).

生のビデオカメラとは一線を画した、カメラマン主導のAFが必要とされていた。このため、名称も開発途中においてオートフォーカスではなく、プレジジョンフォーカス（略称PF）とした。

2. 背景

2000年秋、衛星デジタルハイビジョン放送やBSデジタル放送の開始を控え、NHKでは制作技術関連各部門からのメンバーでプロジェクトチームを立ち上げて、ハイビジョン撮影時のピンボケ対策を検討していた。カメラマンが使用する小型のビューファインダー（例：500TVL）では、高精細なハイビジョンテレビ（600～800TVL）のベストピントが確認できないのである（Fig. 2）。このため、ビューファインダーを見るカメラマンの目よりも、高い合焦精度を持ったAFを必要として、共同開発の依頼を受けた。

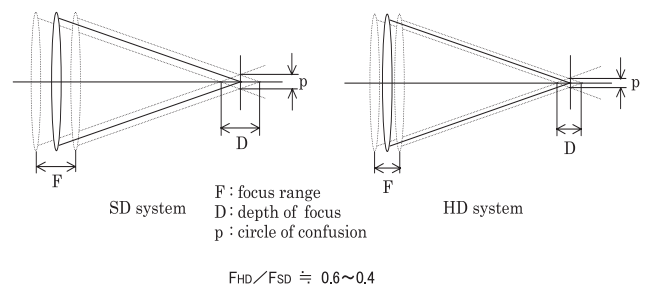


Fig. 2 Focus range of SD and HD lens systems.

本誌投稿論文（受理2005年10月17日）

*フジノン（株）テレビレンズ部

〒331-9624 埼玉県さいたま市北区植竹町1-324

*Television Lenses Department, FUJINON Corporation
Uetake, Kita-ku, Saitama-shi, Saitama 331-9624, Japan

**フジノン（株）光学設計部

〒331-9624 埼玉県さいたま市北区植竹町1-324

**Optical Design Department, FUJINON Corporation
Uetake, Kita-ku, Saitama-shi, Saitama 331-9624, Japan

以下は、NHKがまとめたハイビジョン用AFに関するカメラマンの主な要望である。

- ① オンエア時にも使えるように、違和感ない動作で合焦すること
- ② ピントを合わせたい範囲が画面上で指定できること
- ③ 距離が変わる被写体や、ズーミングに対しても連続的に追従すること

特に③の、距離が変わる被写体やワイドからテレへのズーミングに関しては、ハイビジョンに限らず、プロのカメラマンといえどもピンボケさせずにフォーカスを操作することは至難の技であり、条件によっては不可能であることも多い。これらにスムーズに追従できるAFであれば、用途は広がり、新しいカメラワークへの展開も期待できる。

3. AF方式

フジノンからは、AF方式として複数枚のCCDを使用したコントラスト方式を提案した。

構成として、結像位置に対し、光軸上に前後等間隔に位置をずらしたピント検出専用のCCDを配置する (Fig. 3a)。これにより、同時刻の前後のピント状態を知ることができ、ワブリングに比較して動体追従性能が格段に向上するはずである。

AF動作は、カメラ側の結像面でのコントラストを表わす焦点評価値 (以下、評価値とする) が最大となるように、CCD Aの評価値とCCD Bの評価値が等しくなるように制御する (Fig. 3b)。一般的な山登り方式AFは、一度、合焦点を行き過ぎる動作が必要であるが、この方式では行き過ぎることなく合焦が可能である。どちらに移動すれば評価値が最大になるかは、それぞれの評価値の大小比較で判断し、その差 (比) に応じたフォーカシング速度を設定することで、合焦までの自然な動作が得られることを期待した (Fig. 3c)。これまでのAF方式と区別するため、この方式の名称を光路長差方式とした。

ピント検出用CCDは、カメラと同じハイビジョン用CCD (2/3" 200万画素) を使用することが無難ではあったが、ハイビジョンシステムはNTSCシステムなどに比べ、回路規模・消費電力・入手性の点で非常に不利である。本方式は、CCDをベストピントの位置で使用しておらず、高画素CCDの優位性はないことが予想されたため、38万画素のNTSC用CCDを採用した。Fig. 4は、横軸がフォーカス群の位置で、縦軸が評価値である。青と橙のグラフは、映像信号の高域をカットした評価値であるが、カットしない赤と緑に比較して交差する位置に差はない。ピント検出用に分光する光量も少しずつ削減していき、現在は20% (約1/3絞り分) と、ユーザーの納得を得られる値となっている。光学構造イメージをFig. 5に示す。

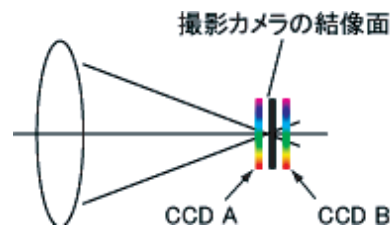


Fig. 3a Optical path length difference AF system using two CCD's. CCD A and CCD B are built in the lens barrel to detect the focusing conditions before and behind the image-forming plane of the camera. Each is arranged at the same distance before and behind the image-forming plane.

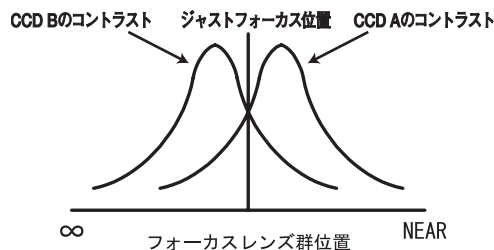


Fig. 3b Focusing principle. The position where the contrast values of CCD A and CCD B match is the best focus position.

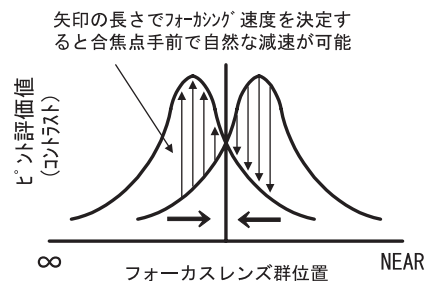


Fig. 3c Determination of the focusing velocity.

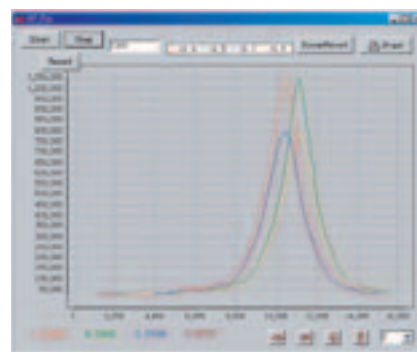


Fig. 4 Example of actual operation.

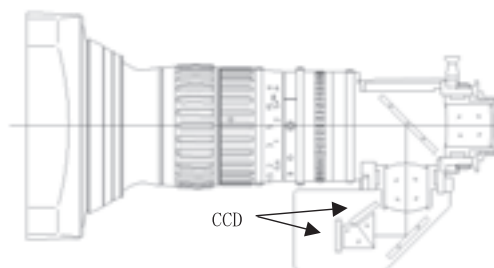


Fig. 5 Optical layout of PF lens.

4. 映像信号処理部

映像信号処理部は、各 CCD からの映像信号をデジタル化し、高周波成分を取り出すための HPF とゲート回路を介して加算器で加算され、そのデータを CPU に取り込んで評価値として出力する (Fig. 6)。ハイパス処理された後の評価値グラフが、2板で同じ形状にならなければ合焦精度が低下するため、A/D コンバータのリニアリティが重要となるが、この時点では見合う性能のものがなかったため、1個の A/D コンバータを走査線 1 本ごとに切り替えて 2 板を交互に読み解決した。走査線を間引いてサンプリングすることで速度の低下を防いだが、間引かないときに比較してピント検出精度に遜色はなかった。

5. ピント状態表示機能

前述のように、光路長差方式では現在のフォーカス位置が前ピンか後ピン、あるいは合焦かが瞬時に判断できる。NHK の要求により、このピント情報をカメラマン用に表示したが、手動フォーカス操作のときもフォーカシングの目安とすることができるため、NHK 以外からも大きな支持を受けている。

表示用として、試作当初は LED3 個が入った表示ユニットをビューファインダーのフードに取り付けていたが、現在は、カメラメーカーの協力を得て AF サンプルリングフレームと共に、ビューファインダーの映像にスーパーインポーズしている (Fig. 7a, Fig. 7b, Fig. 7c)。この例は、中央の花に AF サンプルリングフレーム (白枠) を設定してあり、前ピンの場合は ‘+’ を、ジャスピンの場合は ‘0’ を、後ピンの場合は ‘-’ を、それぞれ画面右下に表示している。

6. AF 操作部

AF 操作部の操作性の善し悪しは、合焦性能と共にシステムの性能に直結する。基本的な操作機能は、AF の ON/OFF と AF モード (連続 AF/モメンタリ AF) の選択、および AF サンプルリングフレーム位置の設定であるが、最も多用するのは手動操作用フォーカスノブである。このため、一般的なフォーカス操作部のボディに各スイッチ類を配置した (Fig. 8)。

テスト運用でユーザーの意見を取り入れながら改善を重ね、この機種は試作機から数えて 4 世代目である。この操作部は拡張用コネクタを設けてあり、外付けの合焦表示機、AF ON/OFF スwitch の延長設置への対応やメンテナンス用通信機能など、これまで要求のあった、あるいは今後予想されるさまざまな要求に対応できるようにしてある。

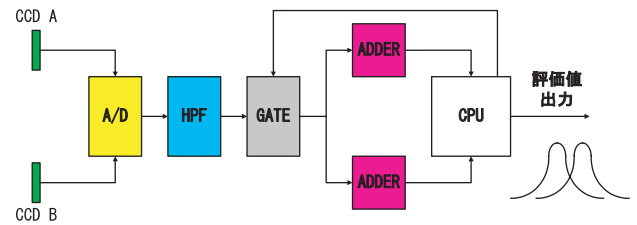


Fig. 6 Image signal processing block diagram.



Fig. 7a Focus on the near side.



Fig. 7b The best focus.



Fig. 7c Focus on the infinity side.



Fig. 8 AF control unit.

7. 運用実績

これまで、NHKをはじめとする国内外の放送局でテスト運用が行なわれた。Fig. 9a, Fig. 9b, Fig. 9c, Fig. 9d, Fig. 9eはアテネ五輪（サッカー、マラソン）、府中競馬場、鈴鹿8耐とバーチャルスタジオでの運用である。競馬場ではハイスピードハイビジョンカメラを使用し、近く馬を真正面から撮影したが、スロー再生において全フレームの合焦が確認でき、カメラマンによる手動操作では不可能な映像であるとの評価をいただいた。

2004年秋から販売を開始したPFレンズは、NHKや国内の民放キー局、地方局をはじめ、海外でも2006年FIFAワールドカップ、トリノ五輪、2008年北京五輪を控えて受注台数が増加しつつある。

各展示会への出展においては、2003年2月のNHK番組技術展で大賞を、5月のテレビ映画技術展でテレビ映画技術協会賞を、2004年のNABショーで各マスコミから4つの賞を、中国BIRTVショーでは技術大賞をそれぞれ受賞することができた。また、2005年に「ハイビジョン化に対応した高性能レンズの開発」でフジノンが受賞した、放送機器で最も権威のあるとされるエミー賞の2度目の受賞にも、光学性能や防振機能と共に貢献の一端を担えたのではないかと考えている。

8. おわりに

以上のように、光路長差方式を採用し、ユーザー意見を最大限に取り入れたプレジジョンフォーカスTVレンズは、放送用に適したAF性能を発揮することができたが、光学的な最大の欠点としては、絞り開放時の光量が落ちてしまうこと、そのほかにも、専用の光学系と専用の電気信号処理系が必要となるため、質量・消費電力・コストの点でも不利となっている。しかし、ハイビジョンシステムではAFが不可欠な要素となっていくことは間違いないと思われ、AFの応答性や感度といった性能の向上と共に、前述の欠点を克服していくことが必要である。

なお、本件に関する出願特許はこれまでに100件を超えており、外国出願では権利化されたものも出てきている。しかし、これらの出願を回避しつつ、他社の追従も予想されているため、性能の向上と共に、出願は今後も継続していく。

参考文献

- 1) 特許第2504497号。

(本報告中にある“フジノン”、“FUJINON”はフジノン(株)の商標です。)



Fig. 9a Athens the Olympics (Foot Ball).



Fig. 9b Athens the Olympics (Women's Marathon).

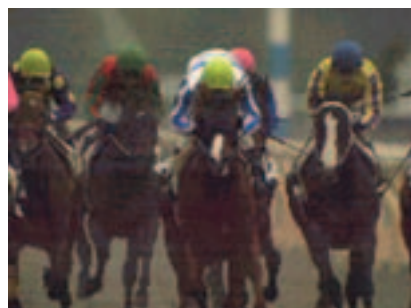


Fig. 9c Fuchu race track.



Fig. 9d Eight hours endurance race in Suzuka.



Fig. 9e Virtual Studio.