

imageRUNNER ADVANCE 両面同時読みスキャナー

(採用機種：imageRUNNER ADVANCE シリーズ)

菅 隆之

齋賀 丈慶

キヤノン株式会社・映像事務機デバイス開発センター

キヤノン株式会社・ICP 第一開発センター

1. はじめに

近年、コピー機による出力が高速化・高画質化され、それに伴ってスキャナー部にも原稿読み取り動作の高速化および画像の高精細化が要求されてきている。特に自動原稿搬送装置（ADF）においては、両面原稿を高速で読み取るために、一度の搬送動作で両面を読み取る両面同時読み取り機能が一般的となってきた。

これらの要求にこたえる製品として、キヤノンは2009年にimageRUNNER ADVANCEシリーズを発売した。この製品群に搭載する高速・高画質なスキャナーのために、小型・高解像の結像光学系を新規開発し、本光学系をフラットベッドスキャナー部およびADF部の両方に搭載して、原稿の表裏を同じシステムで読み取ることで、両面同時読み取り時の表裏の画質差を抑えることが可能となった。

新規開発の小型・高解像の結像光学系の構成と光学特性、それにより可能となった表裏の画質差の抑制効果について説明する。

2. 結像光学ユニットの構成

スキャナーによる読み取り画像の高画質化、ADFへの搭載に必要な小型化を実現するため、ミラーによって結像する「自由曲面結像ユニット（Free surface optical unit）」を開発した。自由曲面結像ユニットでは、4枚の自由曲面ミラーの反射により結像するため、従来のレンズによる結像では発生する色収差がないことが特徴である。これにより波長による結像位置のずれや主走査倍率のずれが発生しないため、高解像の読み取りが可能となった。

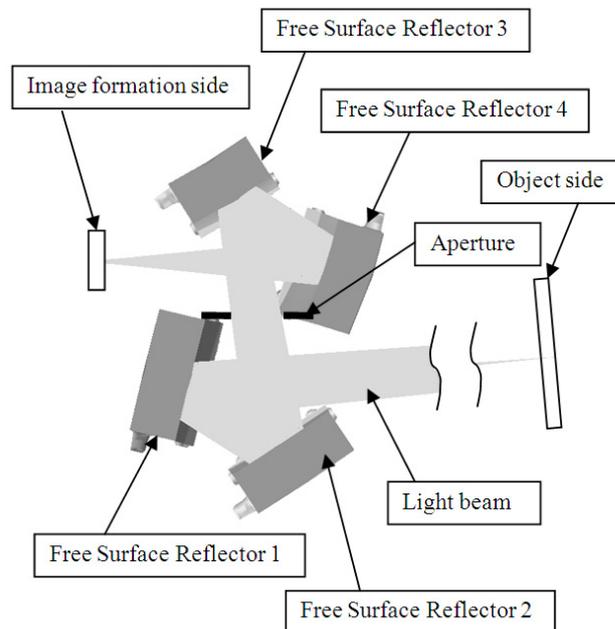


Fig.1 Constitution of Free surface optical unit

本製品に搭載の自由曲面結像ユニットは、副走査方向に、光軸を折り曲げて構成しており、その光軸に対して偏心配置された4面の自由曲面により原稿面の画像をセンサ面上に結像させる光学系である。

この光学系に採用した自由曲面は、Fig2に示すように原稿のセンターを中心として、主走査方向に対称、軸の折り曲げ方向である副走査方向には、非対称な形状からなる。

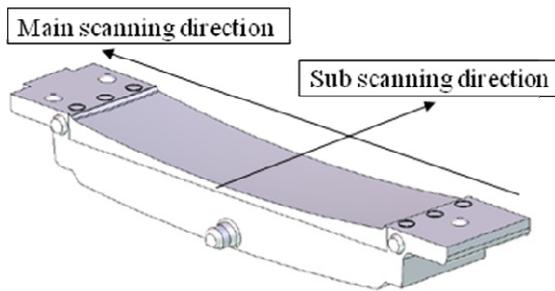


Fig.2 Free surface optical mirror

3. 結像光学系の光学特性

Fig3に従来製品の結像光学系と本製品に搭載した自由曲面結像ユニットの光路図を示す。上に副走査断面図、下に主走査断面図を重ねて示している。

自由曲面を効果的に使用することで、従来よりも広角な設計を可能にしており、更に反射面4面でセンサ面までの光路を折りたたんで構成することでより小型化を実現している。この技術により、原稿面～センサまでの長さを著しく短縮することが可能となり（約1/3程度）、従来の光学系では難しかった裏面読みADFに搭載可能なサイズの超小型のスキヤナユニットを実現できた。

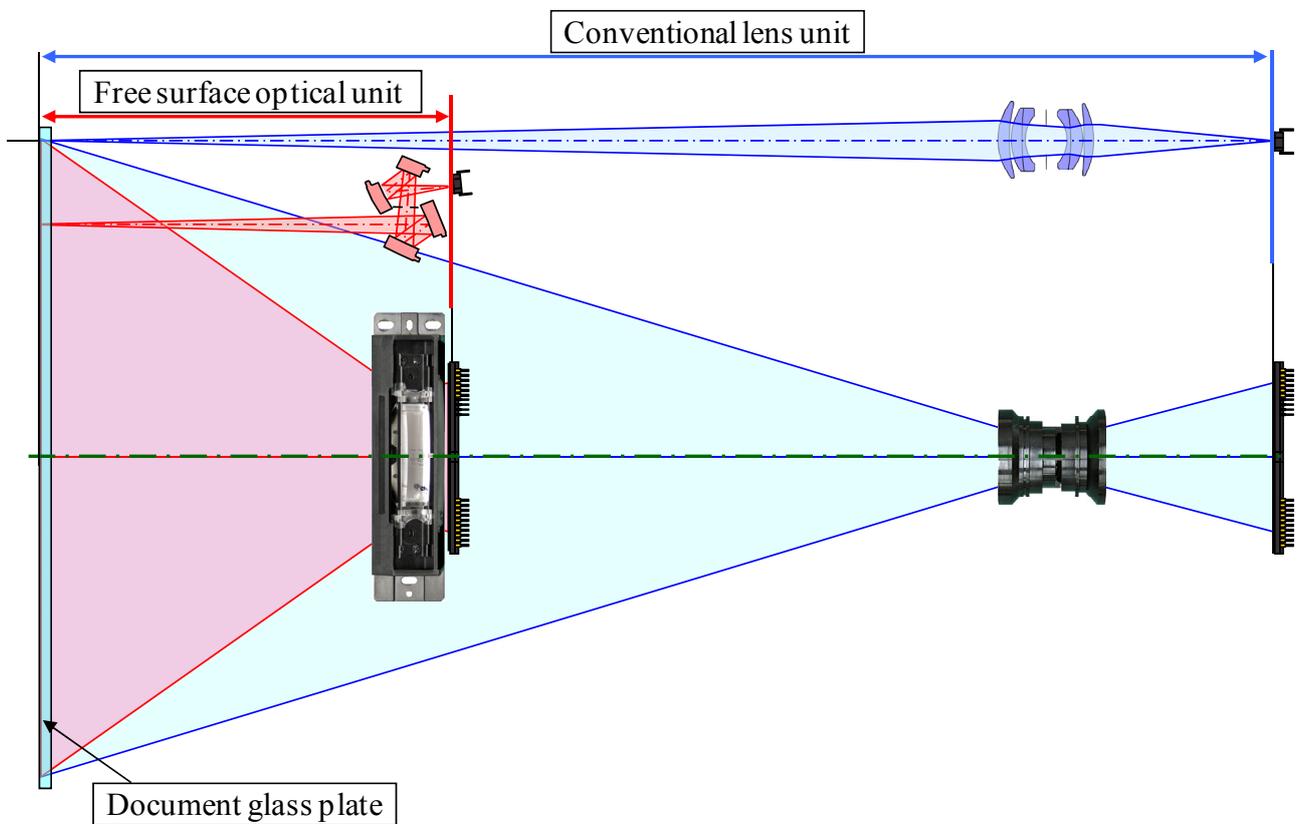


Fig.3 Optical path length of Free surface optical unit and conventional lens unit

次に、Fig4、Fig5 に従来製品の結像光学系と本製品に搭載した自由曲面結像ユニットの RGB 各波長の MTF デフォーカス特性を示す。破線はメリディオナル方向、実線はサジタル方向の特性をそれぞれ示している。

結像光学系は、反射面のみで構成することによって、軸上色収差、倍率色収差、色の像面湾曲といった各種色収差を原理的に発生させないようにしている。

更に、偏心光学系において発生する偏心コマ収差を副走査方向に非対称な非球面を使うことで効果的に補正し従来と同様の高開口な光学系においても高コントラストを達成している。また、4面の自由曲面の効果により、歪曲収差など広角化した際に発生しやすい収差を良好に抑えることができています。

このように、自由曲面結像ユニットを用いることで、従来光学系より更に広角な光学系にも関わらず、A3幅全域で高コントラスト、かつ広い深度を実現することができた。

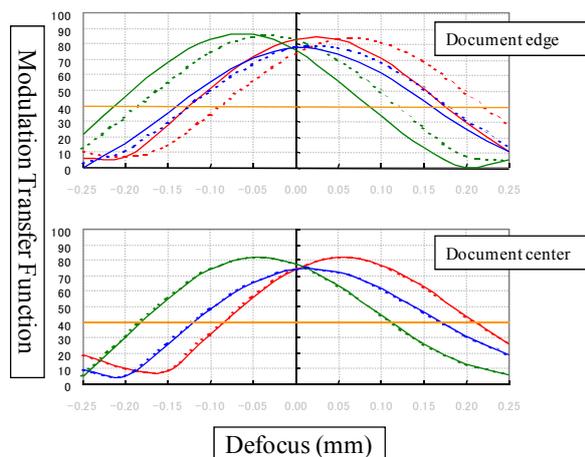


Fig.4 defocus MTF of conventional lens unit

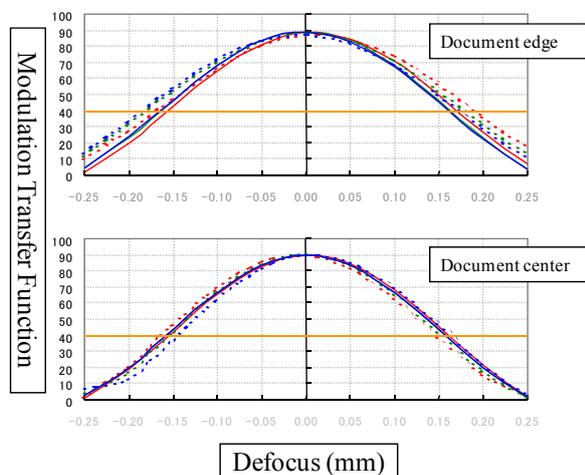


Fig.5 defocus MTF of Free surface optical unit

4. 両面同時読み取り ADF の構成

従来、両面同時読み取りスキャナーによって原稿を読み取る際は、Fig6 に示すように表面の画像をフラットベッドスキャナー部の縮小光学系で、裏面の画像を ADF 内に搭載したコンタクトイメージセンサ (CIS) で読み取るのが一般的であった。この構成では表裏を異なるデバイスで読み取るため、表面と裏面の画像に差が出てしまうという課題があった。特に人間の目で認識しやすい色について、差を抑制してほしいという要望があった。

この課題を解決するため、imageRUNNER ADVANCE シリーズの両面同時読み取り ADF では、フラットベッドスキャナー部と ADF 部の両方に、自由曲面結像ユニットからなる小型・高画質のスキャニングユニットを搭載している (FIG. 7)。

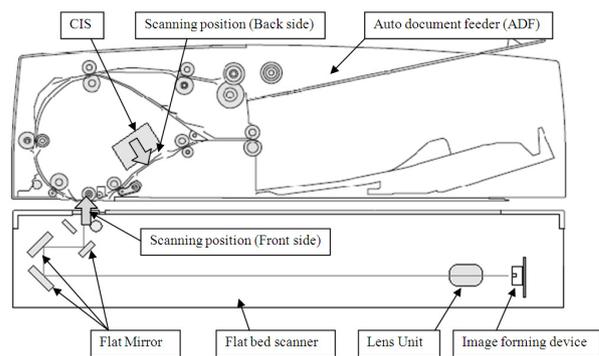


Fig.6 Constitution of conventional 2-side scanner and ADF

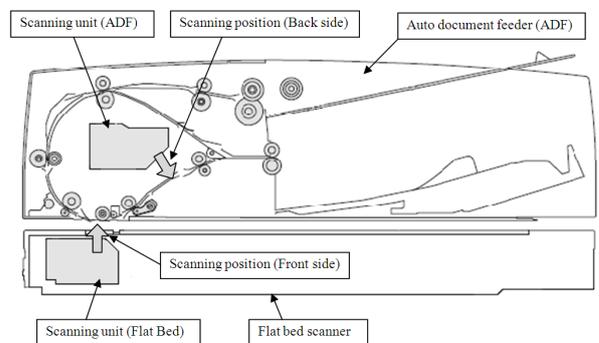


Fig.7 Constitution of scanner and ADF in imageRUNNER ADVANCE

スキャニングユニットは Fig. 8、Fig. 9 に示すように、原稿を照明する光源、原稿からの拡散光を導く平面ミラー、自由曲面結像ユニット、受光素子を有している。フラットベッドスキャナー部とADF部とで配置は異なるが、同じデバイスを用いて原稿の表裏を一度のスキャンで読み取ることができる。

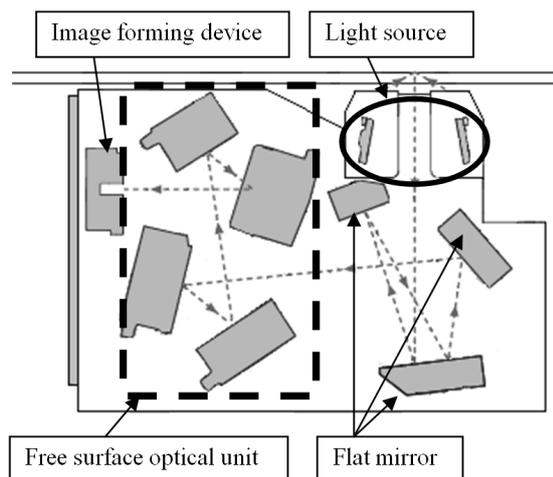


Fig.8 Constitution of Scanning unit (Flat Bed)

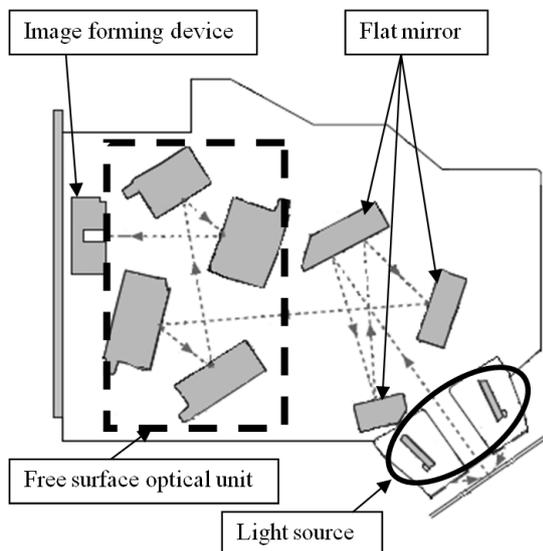


Fig.9 Constitution of Scanning unit (ADF)

5. 表裏画質差抑制の効果

前述のように、両面同時読み取りスキャナーに、同じ小型・高画質のスキャニングユニットを用いることにより、両面同時読み取り時の表面と裏面の画質差を大幅に低減することができている。特に表裏の色差については、CANON 従来機と比較して大幅に改善した。

CANON 従来機と imageRUNNER ADVANCE シリーズの表裏色差の比較表を Table. 1 に示す。これは 100 種類の異なる色を有する評価用原稿をフラットベッドスキャナー部およびADF部のスキャニングユニットで読み取り、読み取った色の差を ΔE_{ab} であらわしたものである。

一般に ΔE_{ab} は 3 程度であればほとんどの人が同じ色だと感じる色差であり、imageRUNNER ADVANCE では、100 種類の色のうちの大半をこのレベルにすることができた。最大の色差についても CANON 従来機より大きく改善することができた。

ΔE_{ab}	CANON conventional scanner	imageRUNNER ADVANCE
Average	6.5	2.5
Maximum	12.7	9

6. まとめ

以上説明してきたように、スキャナーとしては世界初となる、複数の自由曲面ミラーのみで構成される自由曲面結像ユニットを開発し、軸上色収差、倍率色収差、色の像面湾曲といった色収差や広角化に伴う各収差を良好に抑えた小型・高性能なスキャニングユニットを実現した。imageRUNNER ADVANCE シリーズでは、自由曲面結像ユニットをフラットベッドスキャナーおよびADFの両方に搭載し、原稿の表裏を同じシステムで読み取ることにより、両面同時読み取り時の表面と裏面の画質差、特に色差を抑制することが可能となった。

今後は画像読取系のさらなる高速化、高画質化と小型化、低コスト化を実現するべく、新たな技術に挑戦していきたいと考えている。

禁 無 断 転 載

2011年度「ビジネス機器関連技術調査報告書」“IV—2”部

発行 2012年4月

一般社団法人 ビジネス機械・情報システム産業協会 (JBMIA)

技術委員会 技術調査小委員会

〒105-0003 東京都港区西新橋三丁目 25 番 33 号 NP 御成門ビル

電話 03-5472-1101(代表) / FAX 03-5472-2511