

ユニット交換式デジタルカメラシステム “GXR”

Interchangeable Unit Digital Camera System "GXR"

片桐 進*	牧 隆史*	布野 勝彦*	大橋 和泰**	加賀 良太*
Susumu KATAGIRI	Takashi MAKI	Katsuhiko NUNO	Kazuyasu OHASHI	Ryohta KAGA
清水 隆好*	吉田 和弘*	岡 浩二*		
Takayoshi SHIMIZU	Kazuhiro YOSHIDA	Koji OKA		

要 旨

レンズ交換式としては世界最小・最軽量⁽¹⁾となるデジタルカメラシステム“GXR”を製品化した。GXRではレンズ、撮像素子、画像処理エンジンをひとつにまとめてカメラユニットとし、これを交換できる方式を採用している。従来のレンズ交換式一眼レフカメラでスペース上の制約となっていたミラーボックスを排除して小型化を実現するとともに、ユニット交換方式により撮影目的に応じて大きさの異なる撮像素子を持つユニットの選択を可能とした。また、画像エンジンはそれぞれのカメラユニットのレンズ光学系および撮像素子に合わせた最適化を実現している。今後、ストレージユニットやプロジェクタユニット等、撮影用途以外のユニットの展開も可能であり、今までにない新しい拡張性のあるシステムとして期待されている。

(1) 2009年11月新製品発表時点（リコー調べ）



ABSTRACT

RICOH launched GXR as a world smallest interchangeable unit camera system. The interchangeable camera unit contains an image sensor and an image processing engine along with a lens. By eliminating mirror box that occupies large space in conventional SLR cameras, GXR achieved outstanding compact size among interchangeable cameras. An epoch-making unit-interchangeable system gives a choice of sensor size for the photographic objectives. Image processing engine is optimized for the lens and the image sensor of the camera unit. There are possibilities of non-photographic units such as a storage unit or a projector unit. GXR is expected as a new camera system that has unexplored extendability.

* パーソナルマルチメディアカンパニー ICS設計室

ICS Desing office, Personal MultiMedia Products Company

** 画像エンジン開発本部 モジュール開発センター

Module Development Center, Imaging Engine Development Division

1. 背景と目的

従来のレンズ交換式カメラでは、ボディにレンズを取り付ける部分にマウント方式を採用している。交換用レンズは、ボディに内蔵された撮像素子のサイズと、マウント方式の規格（撮像素子とマウント部分との間隔を定めたフランジバックや、マウント部分の形状）に沿った製品にする必要があるために、大きさの制限がある。

従来のデジタル一眼レフカメラでは、画像処理エンジンがボディに内蔵されているので、ボディ開発時に存在する交換用レンズと撮像素子との組み合わせに対しては最適化できるが、その後に発売される交換用レンズに対しては最適化できない。

開発したGXRに採用したユニット交換方式は、交換するユニット内部に、レンズ、撮像素子、画像処理エ

ンジンを実蔵することで、小型化と高画質化（レンズ・撮像素子・画像処理エンジンの最適化）を実現している。

本稿では、GXRシステムを実現するために必要であった下記技術を紹介する。

- ①GXRシステム構成
- ②ボディとユニット間の着脱機構
- ③レンズユニットの光学系・機構
- ④高密度実装PCB
- ⑤GXRシステムとして統一された画質設計
- ⑥GXRシステムのファームウェア技術

2. 製品の概要

本機の主な特徴をTable 1に示す。

Table 1 Specification of GXR with camera unit.

機種	GXR+GR Lens A12 50mm F2.5 MACRO	GXR+RICOH Lens S10 24-72mm f2.5-4.4 VC
記録フォーマット	〈静止画〉圧縮:JPEG (Exif ver.2.21), RAW (DNG), DCF準拠, DPOF対応 〈動画〉AVI (Open DML Motion JPEGフォーマット準拠)	
記録媒体	SDメモリーカード/SDHCメモリーカード/内蔵メモリー (約86MB)	
撮像素子	23.6×15.7mm 原色CMOSセンサー 有効画素数 1230万画素	1/1.7型 原色CCD 有効画素 1000万画素
解像度	〈静止画〉 3776×2832 (4:3), 4288×2848 (3:2), 2848×2848 (1:1), 4288×2416 (16:9), 3072×2304 (4:3), 3456×2304 (3:2), 2304×2304 (1:1), 3456×1944 (16:9), 2592×1944, 2048×1536, 1280×960, 640×480 〈動画〉 1280×720, 640×480, 320×240	〈静止画〉 3648×2736 (4:3), 3648×2432 (3:2), 2736×2736 (1:1), 3648×2048 (16:9), 3264×2448 (4:3), 3264×2176 (3:2), 2448×2448 (1:1), 3264×1840 (16:9), 2592×1944, 2048×1536, 1280×960, 640×480 〈動画〉 640×480, 320×240
記録モード	静止画オート, 絞り優先, シャッター優先, マニュアル露光, プログラムシフト, シーン (動画, ポートレート, スポーツ, 遠景, 夜景, 斜め補正)	静止画オート, 絞り優先, シャッター優先, マニュアル露光, プログラムシフト, シーン (動画, ポートレート, スポーツ, 遠景, 夜景, 斜め補正, ズームマクロ)
静止画記録枚数 (内蔵メモリ約86MB)	3776×2832 RAW:4枚 F:20枚 N:35枚 4288×2848 RAW:3枚 F:18枚 N:31枚 2848×2848 RAW:5枚 F:27枚 N:47枚 4288×2416 RAW:4枚 F:21枚 N:36枚 3072×2304 F:30枚 N:52枚 3456×2304 F:27枚 N:47枚 2304×2304 F:41枚 N:69枚 3456×1944 F:32枚 N:56枚 2592×1944 F:34枚 2048×1536 F:53枚 1280×960 F:96枚 640×480 N:395枚	3648×2736 RAW:4枚 F:22枚 N:38枚 3648×2432 RAW:5枚 F:24枚 N:42枚 2736×2736 RAW:6枚 F:29枚 N:50枚 3648×2048 RAW:6枚 F:29枚 N:50枚 3264×2448 F:27枚 N:47枚 3264×2176 F:30枚 N:52枚 2448×2448 F:36枚 N:62枚 3264×1840 F:36枚 N:62枚 2592×1944 F:34枚 2048×1536 F:53枚 1280×960 F:96枚 640×480 N:395枚
動画記録時間 (内蔵メモリ約86MB)	1280×720 21秒, 640×480 60秒, 640×480 145秒	640×480 60秒, 640×480 145秒
レンズ	焦点距離 f=33mm (35mm換算50mm) 明るさ (F値) F2.5-F22 レンズ構成 8群9枚 (非球面x面x枚)	焦点距離 f=5.1-15.3mm (35mm換算24mm-72mm) 明るさ (F値) F2.5-F4.4 レンズ構成 7群11枚 (非球面x面x枚)
絞り	20段階構成, NDフィルタ併用	12段階構成

シャッター	〈静止画〉180, 120, 60, 30, 15, 8, 4, 2, 1～1/3200秒（電子シャッター, メカニカルシャッター併用） 〈動画〉1/30～1/3200秒（電子シャッター）	〈静止画〉180, 120, 60, 30, 15, 8, 4, 2, 1～1/2000秒（電子シャッター, メカニカルシャッター併用） 〈動画〉1/30～1/2000秒（電子シャッター）
撮影距離	約0.3m～∞（マクロ撮影範囲約0.07m～∞）	約0.3m～∞（マクロ撮影範囲約0.015m～∞）
デジタルズーム	4倍	
ISO感度	AUTO, AUTO-HI, 200, 400, 800, 1600, 3200	AUTO, AUTO-HI, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200
液晶モニター	3.0型 TFT（アモルファスシリコン）アクティブマトリクス方式 約92万画素	
フラッシュ（内蔵）	ポップアップ方式 オート（低輝度時及び逆光時自動発光）/強制発光/スローシンクロ/発光禁止/赤目軽減	
	到達距離 0.2m～3.0m（ISO AUTO）	到達距離 0.2m～4.5m（広角）（ISO AUTO） 0.15m～2.7m（望遠）（ISO AUTO）
フラッシュ（外付）	ホットシューシンクロターミナル同期（外部フラッシュGF-1の場合調光可能）	
バッテリー	専用リチウムイオン充電電池（DB-90 同梱），ACアダプター（AC-4 c 別売）	
A F 補助光	有	
外形寸法 （本体装着時）	113.9mm（W）×70.2mm（H）×77.1mm（D） （レンズ鏡筒部含む，端子部含まず）	113.9mm（W）×70.2mm（H）×44.1mm（D） （レンズ鏡筒部含む，端子部含まず）
質量 （本体装着時）	約423g（バッテリー/メモリーカード/ネックストラップ/レンズキャップを除く）	約325g（バッテリー/メモリーカード/ネックストラップ/レンズキャップを除く）

3. 製品の特徴

3-1 ユニット交換システム

Fig.1に本機のシステムブロック図を示す。

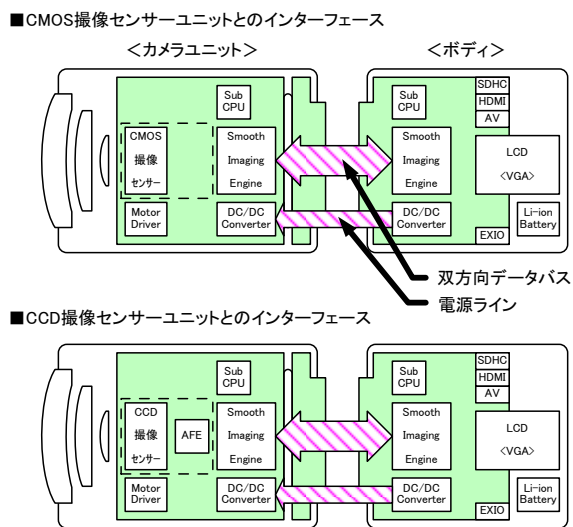


Fig.1 System block diagram of GXR.

GXRシステムの特徴として、カメラユニット内部に画像処理エンジン、モーター制御回路ならびに電源回路などを実装しており、カメラユニットの撮像素子の種類（CMOS又はCCD）や画素数に関係なく、ボディとは68ピンのコネクタにて接続される。カメラユニット内に画像処理エンジンと電源回路を実装することで

撮像素子の種類毎に変動する、画像エンジン間とのインターフェース信号ならびに電源の種類変動をカメラユニット内で吸収している。

カメラユニット、ボディそれぞれの画像処理エンジンにて画像処理プロセスの最適配分を実施している。

カメラユニットとボディは高速な双方向バスにて接続されており、将来的にカメラユニットではないプロジェクトユニットのような様々な拡張ユニットとの接続も可能である。

3-2 着脱機構

Fig.2にGXRの斜視図を示す。着脱機構の品質特性としては、強度、信頼性、操作性、操作感の4つが重要である。

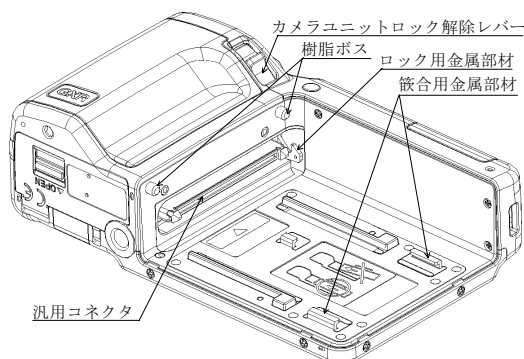


Fig.2 Perspective illustration of GXR.

強度については、カメラユニットとの嵌合部とロック部に金属部材を使用し、また、樹脂ボスによる補助嵌合を併用することで、強度の確保を実現している。

信頼性については、汎用コネクタを採用し、実力耐久回数10万回の信頼性を実現している。

操作性については、一眼レフカメラの作法を踏襲するために、カメラユニットロック解除レバーをGXR前側に配置し、さらに、カメラユニットスライド時の滑らかさ、装着時の音および力量を重視することで快適な操作感を実現している。

3-3 A12 50mmカメラユニット

3-3-1 光学系

GR LENS A12 50mm F2.5 MACROカメラユニット（以下A12 50mmカメラユニット）は、“GR LENS”の呼称が示す通り、優れた描写性能の確保を第一に開発したものである。対角28.3mmの大型センサを採用し、レンズの実焦点距離は33mmとなる。

Fig.3に、A12 50mmカメラユニットに採用した光学系の構成と、フォーカシング時の移動軌跡を示す。

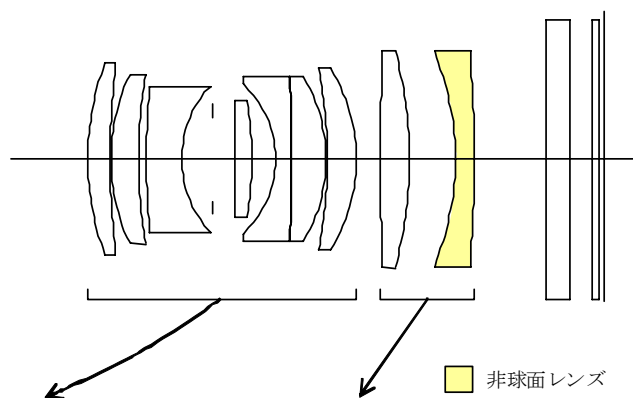


Fig.3 Construction of A12 50mm Unit.

レンズ構成は8群9枚で、6群7枚の変形ガウスタイプである前群と、2群2枚の後群からなる。

近距離物体へのフォーカシングに際して、前群と後群との間隔を広げながら全体を繰り出す、いわゆるフローティング方式を採用することにより、無限遠から最大撮影倍率（1/2倍）に至るまで、像面の平坦性を十

分に確保している。コンパクトカメラのマクロモードとは一線を画する本格的マクロレンズである。

また、主に後群のパワー配置を最適化することによって、バックフォーカスに制約のない本システムの特徴を生かし、小型化を達成した。

Fig.4に、絞り開放におけるMTF曲線を示す。画面中心では非常に高いレスポンスを有している上、周辺部まで大きな低下がなく、均一な結像性能を有していることが分かる。歪曲収差・色収差についてはほとんど分からないレベルまで抑え込んでおり、さらに、ビネティングが少ないことも特徴として挙げられる。

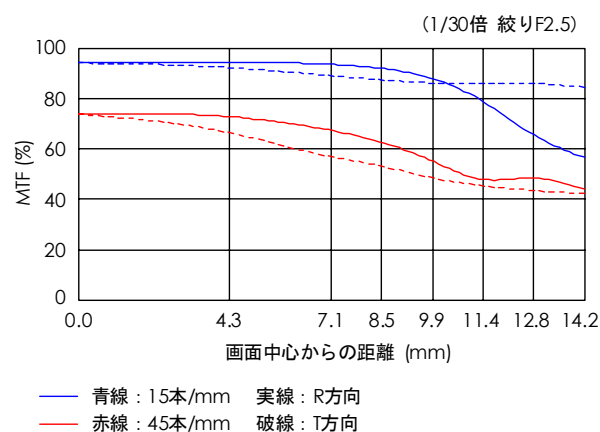


Fig.4 MTF of A12 50mm Unit.

3-3-2 機構系

A12 50mmカメラユニットはLPFを含む撮像素子部を密閉構造にする事で、『ホコリを気にせずレンズを交換できる』というユニット交換式カメラシステムの特徴を実現している。

鏡筒のレンズ保持枠の構成は前群枠と後群枠で構成され、回転筒の内径に2種類のカムが形成され前群枠と後群枠の同軸精度を確保しながら駆動される。

前群内にはシャッター・絞りが設置されているが、絞りよりも被写体側のレンズは前群前枠に組み込まれ前群枠とは分離されているが、前群前枠外径と前群枠内径を非常に高精度な嵌合寸法とする事で、前群内の同軸精度を確保している。この結果、優れた描写性を持つA12 50mmカメラユニットを完成する事ができた。

マニュアルフォーカス時の合焦の操作性を考慮し、フォーカスリングを鏡筒の最外径に設置しており、リングの回転角・回転速度を検出し、モータを最適に制御する事で撮影者が求める微小なフォーカス移動を行う事ができる。

また、屋外での描写性の確保と携帯性の良さを考慮した結果、レンズフード内蔵という仕様が決まり、直進筒とマニュアルフォーカスリングの間に設置する事で、サイズを大きくする事なくレンズフード内蔵を実現した。

3-4 S10 24-72mmカメラユニット

RICOH LENS S10 24-72mm F2.5-4.4 VCカメラユニット（以下S10 24-72mmカメラユニット）はナチュラルな描写力で定評のあるGX200と同じレンズ光学系を採用し、撮像素子にはGR DIGITAL IIIと同じ1/1.7型1000万画素高感度CCDを採用して、高い解像力と高感度を実現している。

製造面においてはレンズ組立方法や調整に改良を加える事で、周辺の像性能劣化を防ぎ、画質の改善を行っている。

鏡筒の構成はレンズ交換式カメラユニットとしての厳しい使用に耐え得る様、GX200の鏡筒からは主に耐久性の面で改善が施されている。

また、GX200の特徴のひとつでもある広角1cmマクロ仕様は当然継承しており、被写体のディテールに迫るクローズアップ撮影が可能である。

3-5 外装デザイン

GXRは、コンパクトデジタルカメラの領域を広げる新しいカメラシステムである。多彩な表現力と毎日持ち歩ける携帯性を達成するため、GXRが秘めている可能性や魅力を感じてもらえることができるデザインを目指した。“表現者のための道具”として、カメラに求められる作法や手触りを大切に受け継ぎながら、新しいカメラシステムによって広がる表現力や可能性、今後の拡張性や発展性を取り入れたデザインを行い、これからも続くデジタルカメラの進化を形にしようと考えた。

ユニットを交換する為のスライド機構には、高い信頼性ととともに、簡単・確実な操作性とセットした時の心地良い感触が必要不可欠であるため、試作機での検証と改良を重ねてつくり込みを実施した。グリップのホールド感やボタンの操作性についてもこだわり抜き、これらの全てをコンパクトなボディサイズに集約させた。

3-6 電子部品実装技術

カメラユニット内部に画像処理エンジン、モーター制御回路ならびに電源回路などを実装するため、0603（0.6mm×0.3mm）チップ抵抗、PoP（Package on Package）実装などの高密度実装手法を採用している。

ボディに実装されているHDMI信号、USB2.0信号など配線インピーダンスコントロールが必要なユニットのPCBについては10層のPCBを採用している。

3-7 高画質信号処理

GXRでは、カメラユニット毎に撮像素子が異なるため、撮像素子に応じた画像処理が必要となる。そのため、GXRでは、カメラユニット側に画像処理エンジンと画像処理パラメータをもち、カメラユニット側で撮像素子に応じたノイズリダクション、階調補正、色調補正等の画作りに関わる画像処理を行い、ボディ側でJPEG圧縮を行っている。

3-7-1 ユニット間の画質統一

GXRでは、カメラユニット間で撮影される画像に差異が生じないように、シャープネス、コントラスト、色再現性に共通の目標を設定しカメラユニット毎に目標への合せ込みを行い、仕上り画質に統一感を持たせている。シャープネスでは、デジタルカメラの解像度測定規格であるISO12233記載の空間周波数応答＝SFR（Spatial Frequency Response）で各カメラユニットの特性値が一致するようにしている。コントラストでは、撮像素子によりダイナミックレンジ幅が異なるため、暗部階調特性を共通化しながら高輝度部の階調特性に差を持たせた新規階調特性を採用し、従来機種比較でA12 50mmカメラユニットは+0.8Ev、S10 24-72mmカ

メラユニットは+0.6Evのダイナミックレンジ拡大を図っている。色再現性では、GR DIGITAL IIIの色再現を踏襲しつつ苦手色の改善を図っている。

3-7-2 様々なニーズに対応したカスタム設定

GXRの画質設定には、従来からのビビッド、スタンダードに加え、一眼ユーザーに要望の高い撮影画像の後処理に適した弱めの画像処理であるナチュラル設定を追加している。更にカスタム設定としてシャープネス、コントラスト、色再現の各設定を9段階（従来5段階）、NR設定を4段階（OFF、弱、強、MAX）もち、様々なユーザーニーズに対応した画質設定が可能となっている。

3-8 ダイレクト画面

GXRカメラシステムでは、複数のカメラユニットが装着されうることと考え、様々な工夫が行われている。ここでは、そのうち設定操作を行うためのダイレクト画面について説明する。ダイレクト画面は、カメラの設定項目を見やすい形で本体LCDに表示し、そこでの設定操作を提供する機能である。同様の機能は一眼レフデジタルカメラ等で一般的となっているが、GXRカメラシステムでは、ユニット交換式ならではの工夫がされている。Fig.5に、GXRにおけるダイレクト画面の例を示す。図中、点線で示した部材が「ダイレクト鉤」である。ライブビュー中にこの鉤を押すことにより、いつでもダイレクト画面の呼び出しが可能である。

光学ファインダーを内蔵しないGXRにおいては、本体LCDでライブビュー画面を確認しながら撮影するシーンが多くなる。このため、GXRのダイレクト画面では、ライブビューと重ねて表示することを想定し、透過度を4種類から選択できるようになっている。透過度の選択はメニュー画面から行うほか、ダイレクト画面表示中にDISP鉤を押下することによっても変更が可能である。将来的な機能追加を考慮し、アイコンのレイアウトはスペースに余裕を持たせている。



Fig.5 DIRECT screen.

3-9 バージョンアップシステム

GXRは1つのカメラをボディとカメラユニットに分離したシステムである。ハードウェアとして分離した構成に沿う形でファームウェアも機能的に分離した構成になっている。両ユニットのファームウェアが連動して動作することによりカメラとして動作する。

新しいカメラユニットを開発する場合、本体ユニットのファームウェアも変更が必要となり両ユニットのファームウェアをリリースする必要がある。新しいカメラユニットを購入したお客様は、本体ユニットのバージョンアップも必要となってしまう。

GXRでは、カメラユニットと互換性のあるボディのファームウェア保持している。電源ON時にユニット間でファームウェア情報を能力交換し、ボディのファームウェアを更新した方が良いと判断すると、自動的にボディのファームウェアを更新する機能を持たせている。これにより、お客様が手間をかけることなく、最新の動作環境に更新することを可能とした。また、今後のカメラ以外の拡張ユニット（ストレージユニット、プロジェクタユニットなど）への対応も同様に行うことができる。

今後の展開

2つのカメラユニットを発売した6ヵ月後に3つ目のカメラユニットとして、RICOH LENS P10 28-300mm F3.5-5.6VCを発売した。1/2.3型CMOSセンサーと10.7倍

ズームレンズを搭載し、装置の大きさを変えることなく従来のレンズ交換式一眼カメラに無い高速連写・高倍率ズームを実現している。さらに4つ目のカメラユニットとして、大型のCMOSセンサーを搭載し、"GR LENS"の名称がつけられる性能のレンズを持つ単焦点のGR LENS A12 28mm F2.5を発売する。

今後もさらに新たなカメラユニットを開発して、レンズユニットのラインナップを拡大していく。

GXRのユニット交換方式では、カメラユニット以外にも新たなユニットが可能である。例えば、大容量メモリを搭載し多くの写真や動画データを保管・管理できるストレージユニットや、モニタが無いところでも壁等に映して写真・動画鑑賞ができるプロジェクタユニットなど、GXRのシステムでは、従来のレンズ交換式カメラには無かった広いシステム展開が可能である。