Digital Revio KD-310Z , KD-400Z , KD-500Zの開発

The Development of Digital Revio KD-310Z , KD-400Z , KD-500Z

中山春樹＊ Nakayama, Haruki　藤沢敏喜＊ Fujisawa, Toshiki　青木俊之＊ Aoki, Toshiyuki　宮内幸晴＊ Miyauchi, Kohsei

Konica Digital Revio KD-400Z series are 3x zoom digital cameras (**Fig.1**), which realized the dual slot of a memory stick and SD card for the first time in the world.

KD-400Z series enclosed the dual slot in the world-leading smallest body, and provided the world fastest starting time and the quality of image like a film.

This paper reports the technical contents which realized them.

1　はじめに

コニカDigital Revio KD-400Zシリーズは、メモリースティックとSDカードのデュアルスロットを世界で初めて搭載した3倍ズームデジタルカメラである（**Fig. 1**）。

KD-310Z、KD-400Z、KD-500Zはそれぞれ320万、400万、500万画素のCCDを採用している。

近年では、デジタルカメラにおいても小型化が急速なピッチで進んでいる。しかし、理想的な光学系配置を実現しながら小さくするのは難しい。

また、ズームレンズ収納型のデジタルカメラの起動には5秒もの時間がかかっていた。起動時間が遅いことはフィルムカメラと比べ非常に大きな問題であった。

最近は高画素化が進み、フィルムカメラと比較して解像度で見劣りする状況は克服できてきている。しかし、不自然な色調、強調されすぎた解像感など、銀塩のレベルとの差が残っていた。

これらの問題を解決し、

○　世界最小サイズ
○　世界最速起動
○　銀塩画質

を実現した。その技術的特徴を報告する。

2　小型化と機能の両立

小型化はユーザの利便性を高めるために重要なポイントであるが、小型化のみを追求しても使いにくいカメラになる。したがって、ユーザにとって必要な機能を実現した上での小型化を考える必要がある。

2．1　メモリースティックとSDカードの配置

カメラを小さくするには、サイズが小さい記録メディアを採用する必要がある。このためCFカードやスマートメディアを採用することは難しく、SDカード等の最新小型メディアの採用が望ましい。しかしながら、SDカード自体市場導入間もないためシェアがまだ高くなく、写真店店頭や、モバイルプリンタで使用できないことも多い。ユーザの利便性を向上するためには、現在かなりのシェアをもつメモリースティックも同時に使えることが望ましい。このため両方のメディアを同時に使える構造を考える必要があった。

Fig.1 KD-400Z

メモリースティックは全長が長く、SDカードは短いため、カメラ底面から挿入した場合両者の接点位置は異なる位置に配置される。この位置の差を巧妙に利用して2つのメディアを配置できるようなデュアルスロットを新規にカスタム開発し、メモリースティックの長さギリギリまでカメラの高さを低くしている（**Fig. 2**）。このスロット配置により世界最小サイズでありながら、同時に2つのメディアを使用することが可能となった（**Fig. 3**）。

Fig.2 Arrangement of two slots

Fig.3 Dual Slot

2．2　レンズを中央に配置して世界最小サイズ

ジタルカメラはフィルムカメラと違い、必ずしもボディの中央部にレンズを配置する必要がない。このため小型化のためにはカメラの左手側にレンズを配置するこ

＊OPT & EMカンパニー　オプト事業部　IC事業ユニット

とが多かった。

この場合、両手でカメラを保持すると左手でレンズを隠してしまうため、片手撮影となってブレが多発する。小型軽量が進めば進むほどブレが発生しやすいので、カメラブレが発生しにくいようにレンズを中央に配置することが重要になる。これを実現しながら世界最小サイズを達成するために重要なポイントは

(1) 薄いレンズ鏡胴

(2) 細いレンズ鏡胴

の実現である。しかし十分な光学性能を確保する上では、レンズ設計での無理な小型化はできない。

そこで、レンズ駆動部を工夫し、レンズ光学サイズにかなりの余裕をもたせながら、レンズ鏡胴サイズが世界最小となるように新規設計した。

2．3　小型化のための電装ユニット

撮影レンズ部以外の構成ユニットである電装ユニットをカメラに組み込む際に、一塊のブロックで構成した方が効率的な配置が可能である。しかしKD-400Zシリーズでは撮影レンズ部をカメラの中央に配置したため、電装ユニットはカメラが大きくならないように配慮しながら、撮影レンズ部左右2つのブロックに分けて配置する必要があり設計は非常に困難であった。主要電子部品が搭載されるメイン実装基板は、この2つのブロックにまたがったU字形の外形をなし、異型かつ小型基板であった。左右のブロックを接続する部分は細いので、それぞれのブロックに配置する部品の選択には、ブロック間にまたがる信号線が少なくするように考慮した。(**Fig. 4**、**Fig. 5**)

また基板外のユニットとの組み合わせによって、基板上には部分別に異なる搭載部品高さ制限や、部品配置禁止区域が設定された。この複雑な高さ制限を満足しながら部品配置することは非常に困難であったが、基板外のユニットの形状変更によって対応した。

KD-400Zシリーズではメインの CPUに、0.5mmピッチ304pinのBGA部品を新規採用したので、CPU端子から線を引出すために搭載基板には多層基板であることが要求された。基板メーカーとの検討の結果、6層ビルドアップ基板の採用を決定し、高度なレイアウト技術で、高密度実装することによって、コストと基板の厚みを抑えカメラの小型化に寄与している。

Fig.4 Block Diagram of KD-400Z

Fig.5 PCB

さらに、メイン実装基板以外の実装ユニットにおいても小型化のため、STROBEユニットには、メーカー製のユニットを採用せず、自社で開発することによりSTROBE回路以外の回路を同じ基板に搭載する工夫をした。また、STROBEユニットは向かい合う電源ユニットとCCD実装基板と巧みに外形を組み合わせることにより、撮影レンズ部左側のブロックをコンパクト仕上げている。

レンズ右側にカードスロットと共に配置された電池には、新規に薄型電池を開発した。また、その後方に配置された液晶も、極限まで薄くした新規開発のモジュールを採用し、撮影レンズ部左右ブロックの厚みの均一化を図ると共に、本体厚み世界最薄の29.5mmを実現した。

3 高速起動

本シリーズの中でもKD-500Zは、500万画素を搭載しながら世界最速となる1.3秒起動を実現している。以下ではこれを達成した技術手段について述べる。

いままでのデジタルカメラでは、さまざまな初期化処理に時間がかかり、通常の方法では5秒程度の時間がかかっていた。

いろいろな実験の結果、起動時間は1.5秒を切ると人間の感覚として速く感じることがわかった。このため、1.5秒を目標に開発をすすめることにした。これは開発当初の世界最速起動カメラよりも3～5倍の時間であり難易度が高い目標であった。

3．1　高速レンズ駆動機構

超高速起動時間を実現するのにもっとも重要なポイントは、ズームレンズ繰出しの高速化である。この高速化を実現するためには、高出力のモーターが必要であり、今回は従来より格段に大きなモーターを使用する必要があった。カメラ小型化競争の中で逆行する選択ではあるが、あえて体積を必要とするハイパワーのモーターを採用することにした。

またレンズ鏡胴を極限まで小型化し、作動効率を徹底的に見直すことで、必要力量の低減も図った。一方、高速化に伴う音や振動により、カメラの品位が低減するのを防ぐため、ギヤ列にはウォーム歯車を使用した。これらにより従来の3～5倍の高速化を実現しながら品位の

ある駆動音を実現している。

これらの高速化技術の開発により、従来のデジタルカメラはもちろん、既存のフィルムカメラと比べても、世界最速となるズームレンズ駆動を達成することが可能になった。

3．2　サブCPUによる高速起動

レンズ機構が高速になっても、それを駆動する電気回路が高速に制御できなければ意味がない。

デジタルカメラでは待機電力の小さいサブCPUでスイッチ情報を検出し続け、起動スイッチの作動を検出した後に使用電力の大きいメインCPUを動作させるための電源を始動している。このため、デジタルカメラではスイッチが入力されてからメインCPUがレンズの駆動指示をするまでに数百ミリ秒ほど時間がかかっていた。

この時間を短くするため、DC/DCコンバーターの立ち上げ時間を高速化し、100ミリ秒で安定電圧の出力が可能になるように設計した。

さらにサブCPUが起動スイッチを検出した瞬間にサブCPUが直接レンズモーターを駆動する構成（**Fig. 6**）にし、メインCPUが立ち上がる前からレンズを繰出すことができるようにした。また、このカメラのデザイン上の特長となっている3個の青LEDもサブCPUによって、起動スイッチが入れられると即座に高速点滅処理するようにしている。

この構成によりレンズカバーを開いた瞬間に、青色LEDが点灯して即座にレンズが繰出し、ストレスのない起動操作を可能にした。

Fig.6 High-speed Start-up processing (SCPU & MAIN)

3．3　完全アセンブラによる自社開発OS

組み込み機器用OSの開発には高い技術レベルが要求されかなりの開発工数が必要となる。このため開発当初は、次の3種類のOSを検討した。

(1) OS専業メーカ製リアルタイムOS
(2) チップメーカーが供給するリアルタイムOS
(3) Linux

しかし、これらのカーネルソースコードを詳細に検討し、様々な実験をした結果、今回のシステムではこれらのOSを使って高速起動を実現することは困難であることが判明した。

このため、高速にタスクスイッチが行なえる高速リアルタイムOSを自社内で独自に開発するように方針を変更した。新規に開発するOSは、同時実行可能なタスク数や、システムコール数などを必要最小限に絞り、極限まで高速実行できるように設計した。

今回のカメラでは、つぎのようなCPUを使用した。

○　100MIPS 32Bit RISC CPU
○　命令キャッシュ 4 KByte
○　5段パイプライン
○　CPU内蔵の8KByte超高速RAM
○　ビットサーチモジュール

このCPUの機能を最大限に利用するため、OSはすべてアセンブラで記述し、CPU内の16個のレジスタとCPU内の高速内蔵メモリを最大限に利用できるように、使用する機械語命令を厳選してOSを記述した。

このCPUの、命令キャッシュと、パイプラインを有効に利用できるように遅延スロット命令等の並べ方を工夫し高速化をはかっている。さらに、タスクのディスパッチ時において必要とされるタスク情報構造体は、CPUに内蔵されるビットサーチハードウエアモジュールを最速に利用できるデータ構造とし、タスクスイッチにおけるアクティブタスクサーチのオーバーヘッドを削減している。

このOSの開発により、メインCPUが起動すると同時にCCDドライバの初期化処理、液晶ドライバの初期化、カードの初期化をマルチタスクで行ない、高速起動を実現している。

なお、デジタルカメラのソフトウエアは大規模なため、ほとんどの場合C言語で記述される。このためC言語で使用する、グローバル変数の初期化処理などには数百ミリ秒もの時間がかかっていた。これを解決するため初期化処理を行なうOSと、起動処理が終了してから動作するOSとを別に構成することによりこの時間を削減した。

またOSを自社開発したことにより、数マイクロ秒の開閉を保証する超高精度シャッター制御や、リアルタイム音声入出力処理なども可能になった。特に、音声入出力処理は、62.5マイクロ秒ごとに、10bitのデータを正確な周期で入出力しなければならず、高速なOSがないと実現が難しかった部分である。

このOSにより、種々の起動処理を行ないながら、サンプリング周波数16kHzの高品質な音楽の再生を行なうことを可能にしている。

なお余談になるが、今回のカメラではどのメディアが使われるかが起動時にわかるように、起動音を3種類用意している。この音楽の作曲は開発グループ内で行ない、非常に多数の曲の中から、カメラできれいに聞こえ、心理的に起動が速く感じる曲を選んだ。

3．4　記録メディアの初期化処理

デジタルカメラの初期化処理の中でも、記録メディアの初期化処理はもっとも時間がかかる部分である。記録

メディアの種類やその容量によっては5秒程度かかることもあり、この部分の高速化は大変重要な課題となる。

特に今回のカメラでは、メモリースティックとSDカード、そして内蔵メモリの3種のメディアがあり、普通に起動処理を行なっていては、通常カメラの3倍の時間がかかってしまう。

このため、まず各メディアのI/Oアクセス部分を、CPUのパイプラインを最大限に活用したアセンブラで記述することにより、各メディアに供給しているクロック限界の速度でデータのリードライトを行なえるソフトウエアを作成した。また、いままで時間がかかっていたファイル管理部分の処理速度も改善をしている。そして電源OFF時の処理にも工夫をし、次回の起動に備えている。

これらの結果により、

(1) メモリースティック
(2) SDカード
(3) 内蔵メモリ

の3種の記録媒体を使えるカメラでありながら、世界最速である1.3秒での起動を実現している。

4 高画質の実現

KD-400Zシリーズの、銀塩画質を実現するための取り組みを報告する。

4．1 画質アルゴリズムチューニング

今回のデジタルカメラ開発において、画質面で特に重要視した点は、

(1) 自然な色再現　(2) 高い解像感

の両立である。これを銀塩フィルムに匹敵するレベルにすることを目標にした。

400万画素の解像度は銀塩の135ミリフィルムに匹敵するものの、デジタルカメラで自然な色再現を実現するのは困難であった。たとえば、高い解像感と鮮やかな色の追求は風景描写には適しているが、それと同じアルゴリズムを使って、人肌を忠実に再現をすることはかなり難しい。画質を決定する主な要因としては、

○ レンズ性能　○ 露出
○ γカーブ　○ エッジ処理
○ ノイズ処理　○ カラーマトリクス
○ 彩度　○ カラーバランス

があるが、その中でも自然な色再現を決定するのは、カラーマトリクスと彩度、そしてカラーバランスである。

KD-400Zシリーズは、赤の再現をやや記憶色側にふり、それ以外の色を測色的な設定にし、心理学的に好ましい色再現と正確な色再現との絶妙なバランスをとっている。

この設定を見出すために毎日数百枚の試写を行ない、その結果によって日々アルゴリズムの改善をおこなうというサイクルを約半年間にわたって繰り返した。色再現のチューニングは様々な場所で様々な時間帯を選んで行ない、トータルで15万枚以上の撮影を行った。

この膨大な実写撮影によるチューニングにより、銀塩写真に極めて近い自然な色再現の画質を得ることが可能になった。

4．2 フラッシュ撮影

従来のネガフィルムで得られた広いラチチュードがデジタルカメラのCCDでは得られないため、近距離のフラッシュ撮影時にフラッシュの光量制御が適切に行なえず、オーバー露出となることが多かった。

従来のフラッシュ回路ではこの問題が解決できなかったため、フラッシュ発光のためのディレイコンデンサ部分など、様々な工夫を行なった自社開発のフラッシュ回路を新たに開発した。

この新規開発フラッシュにより、調光が極めて高精度に制御できるようになった。これにより人肌の再現を自然にできただけでなく、10cmのマクロ撮影時でフラッシュを使用しても適正露出を得ることができる。

4．3 ハードウエアによるノイズ低減

多くのデジタルカメラでは、カメラ薄型化の目的でCCDの信号取り出しに、極薄の両面のフレキシブル板を用い、CCD信号処理回路があるメイン基板と長い信号線で連結するケースがほとんどであった。これはハード基板を用いるよりも、カメラを2ミリ程薄くできるためである。この方式では信号線が細く長くなり、シールド面積も小さく画像上にノイズがのりやすい。

KD-400Zシリーズでは液晶のレイアウトをCCD背後からはずすことによりハード基板のスペースを確保した。このハード基板は4層から構成され、内層に電源層を設けた。また基板内にA/D変換ICなどのCCD画像処理回路をすべて搭載することによりノイズを低減した。

5 まとめ

KD-400Zシリーズでは携帯性を追求し世界最小サイズを達成した。またデジタルカメラに要求される即写性の改善も行ない、世界最速起動を実現した。そして画質面での成果は専門雑誌(参考文献参照)でも大きくとりあげられ、数ある競合デジタルカメラの中でも、画質上位カメラとして評価されている。

今後はフィルムメーカーとして画質へのこだわりをさらに高め、より魅力のあるカメラを開発していきたい。

●参考文献

1）デジタルPHOTO専科　No.2
2）デジタルカメラマガジン　2002年8、9月号
3）特選街　2002年9月号

※ “Memory Stick"（"メモリースティック"）はソニー株式会社の商標です。
※ “スマートメディア”は株式会社東芝の商標です。