

産業界の技術動向

携帯電話用画像処理LSIの動向

株式会社 メガチップス
松 岡 茂 樹

1. はじめに

2000年11月に最初のカメラ付き携帯電話が発売されてから5年弱、カメラ付き携帯電話は幅広いユーザーに受け入れられ国内においてはカメラ無しが珍しいほど普及した。初期は写メールと言う名前の通り、写真をメールに添付して送る利用方法が全面に打ち出されたが、カメラ性能の向上、メモリカードインターフェース付き携帯電話の普及、デジタルプリント機器の普及により、何時でも写真が撮れて、何処でもプリントできるカメラとしての利用方法が主となってきた。

筆者は、昭和54年に電気工学第2学科を、昭和56年に電子工学修士課程を卒業し、株式会社リコーに入社以来、平成2年に設立された株式会社メガチップスに移り今日まで、一貫してLSIの開発、事業に携わってきた。本稿では携帯電話用カメラの進化と、今後必要とされる機能について、当社の開発事例を踏まえながら述べさせて頂きたい。また同時に、エンジニアを目指される学生の皆さんの参考になればと思い、国内におけるファブレス半導体ベンチャーの先駆けである当社のことや、最近の先端LSI開発エンジニアに求められる能力についても述べさせて頂く。

メガチップスについて

米国では1980年代の半ばから、半導体工場を持たずに生産を全てアウトソースするファブレス半導体メーカーが相次いで誕生し急成長して行った。FPGAで有名なXilinx社も1984年創業のファブレス半導体メーカーの代表例である。当社は1990年に日本初のファブレス半導体ベンチャー企業として設立された。システムオンチップの時代を迎えるに当たり、システム（機器）の知識とLSIの知識を融合して、独創的なソリューションを生み出すというのが、当社の設立のコンセプトであった。創業以来、マルチメディア（画像・音声・通信）技術分野に注力し、中でも今後デジタル画像が携帯型機器を含め様々な場所で利用されるようになることを予測して、低消費電力・高性能を特徴に種々の画像関連技術とLSIを開発してきた。

2. 携帯電話用カメラ機能の進化

2000年11月J-Phone（現ボーダフォン）がJ-SH04にてカメラ機能を搭載した携帯電話を発売したのをきっかけに、携帯電話にカメラ機能が搭載されるようになった。J-Phoneはこれをきっかけに大きくシェアを伸ばし、AU、ドコモも追従し、その後、海外にも広まり、全世界中で普及し続け、今や携帯電話のおおよそ40%がカメラ機能を備えている。（表1）

表1. カメラ付き携帯普及率（2005年以降は予測）

| (単位 万台) | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|------------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| 非カメラ付き携帯電話 | 360 | 390 | 410 | 420 | 370 | 330 |
| カメラ付き携帯電話 | 5 | 20 | 80 | 180 | 280 | 290 |
| 合計 | 365 | 410 | 490 | 600 | 650 | 620 |
| カメラ付き比率 | 1.3% | 4.9% | 16.3% | 30.0% | 43.1% | 46.8% |

画素数としては、11万画素から

はじまり、最初はメモ代わりの用途だったカメラ機能が現在では200～300万画素クラスのものまで発売され、デジタルカメラの機能・画質に近づきつつある。この高画素化のトレンドは日本先導ではじまり200万画素あたりまでは先行した。海外市場は画素数がVGA（36万画素）止まりと予測されていたがメガピクセルCMOSセンサの普及により高画素化が進み、今では画素数に関して海外市場と日本市場の差は少ない。（図1）

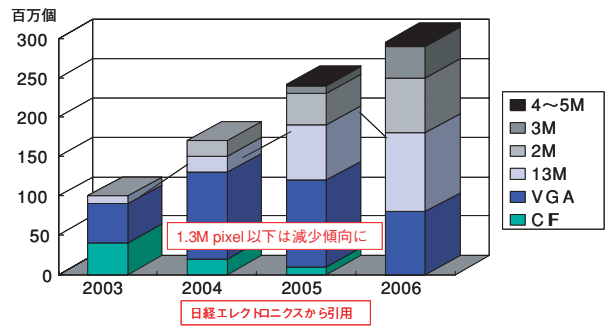


図1. イメージセンサ画素数比率

現時点ではカメラ機能で特に差別化を図りたい機種はデジタルカメラ用のCCDセンサを用いたりする。例えばSamsung SCH-S250はデジタルカメラ用1/2.5インチ500万画素CCDセンサを使用、カシオ日立 A5406CAは1/1.8インチ300万画素CCDセンサを使用している。一方、CMOSは画質が悪く、普及当初、特に日本国内ではCCDセンサでないと携帯電話のカメラは実用的でないと思われていたが、CMOSセンサの画質が急速に改善され、コスト低減、電力消費の削減、実装面積の縮小を狙い、日本市場においてもCMOSセンサ化が進んでいる。今後、CMOSセンサの高性能化に伴いハイエンドタイプも含めCMOSセンサ化が急激に進むと予測される。CMOSセンサは2006年後半には1.75 μ mといった微小画素セルが実用化される見込みであり、1/3.2インチサイズならば500万画素クラス携帯電話カメラの登場の可能性が高い。

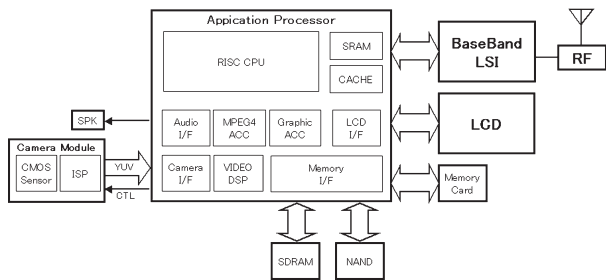


図2. カメラモジュール接続

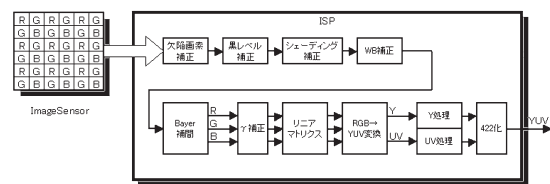


図3. ISP信号処理プロセス例

携帯電話にはこれらイメージセンサと光学系が一体化されたカメラモジュールと呼ばれる機構部品の形で搭載されている。このカメラモジュールは携帯電話のシステムにおいて、図2のように接続される。最近の第3世代携帯電話ではマルチメディア機能を処理するアプリケーションプロセッサにカメラ画像処理を行うDSPを内蔵するものが多く、カメラモジュールはこのアプリケーションプロセッサにYUV形式の画像データを送出する。

カメラモジュールはイメージセンサと信号処理回路（ISP）から構成される。図3にISPにおける信号処理プロセスの例を示す。イメージセンサからISPに入力されたBayer形式データに対して欠陥画素補正、黒レベル補正、シェーディング補正、WB補正を行う。その後、Bayer補間処理を行いRGB信号を生成し、そのRGB信号に対して γ 補正、リニアマトリクス処理を行い、色空間変換によりYUV形式とする。最後に、輝度信号（Y）と色信号（UV）ごとの信号処理を行い、カメラモジュールよりYUV形式の画像データが出力される。

3. 要求事項と課題

先に述べたようにCMOSイメージセンサの高画素化は着実に進んでおり500万画素携帯電話カメラ

の登場の可能性が高い。500万画素クラスが登場すれば、コンパクトデジタルカメラの代わりとなることを期待するユーザーも多いだろう。しかしながら単に画素数の増加だけでは、まだまだデジタルカメラの機能と性能を包含しない。いくつかの課題が存在する。(図4)

まず、微小画素化に伴う感度の低下とS/N劣化である。対応としてはマイクロレンズの最適化や後段の画像処理LSIによるノイズ除去に頼るところが大きい。

また、光学系に対してデジタルカメラよりも小型化要求があるため、画面の周辺光量や解像度が落ちるような設計になってしまう場合がある。これらも後段の画像処理で補うことが期待される。また、カメラとしての撮影機能として光学ズームやオートフォーカス制御がデジタルカメラでは、当たり前の機能であり、これらが備わることがコンパクトデジタルカメラとリプレイスする必須条件であろう。

さらには、静止画撮影とともに動画撮影機能が求められるであろう。この動画撮影はQCIF、QVGAなどの比較的少ない画素数のものをMPEG-4化して記録するものが多い。最近ではさらなる差別化としてムービーカメラでおなじみの動画撮影時の手ブレ補正機能や、光学ズームを内蔵した本格的デジタルカメラ並の撮影を行えるものが登場している。

このように考えていくと、デジタルカメラですでに実現されたカメラ会社が長年築き上げた技術と同等のものを、さらに微小化されたイメージセンサと光学系で実現することが望まれる訳である。そのハードルは決して低いものではない。携帯電話がデジタルカメラの機能を包含するのは「夢」なのであろうか？

4. 開発事例

さてこの夢の携帯電話カメラを実現するにはどうすればよいであろう。その課題に長年デジタルカメラ用画像処理LSIを提供しているメガチップスが考えた結論はデジタルカメラの最上級の画像処理を携帯電話に導入することである。

コンセプトとして「デジタル一眼レフ級の画像処理を携帯電話に」である。ノイズ処理にしても不自然さが許されないデジタル一眼レフ級のものを活用すれば、厳しい微小画素のS/Nに対しても有効となる。この考えのもとにメガチップスは携帯電話カメラ向け画像処理LSIとして『Pepper』を開発した。(図5, 6) ハードウェアと同等の速度と画像処理DSPに匹敵する柔軟な画像処理を実現するプログラム可能なパイプライン型の画像処理エンジン『Pixessor』をこのLSIに導入した。この『Pixessor』はデジタルカメラ用画像処理LSI『DSC-3H』で、すでに定評ある信号処理モジュールである

この『Pixessor』を活用すれば、通常の撮影時に最高の画像が得られるだけでない。今まで複雑でハードウェア化が困難とされていた、あるいは処理速度の遅さからDSPでの処理に問題のあったような、高度な局所領域に最適化されたヒストグラムイコライゼーション処理や、パターンマッチング型デジタル多重露光処理なども可能となる。また当社ではデジタルカメラLSI開発で培った豊富な画像処理、絵作り技術

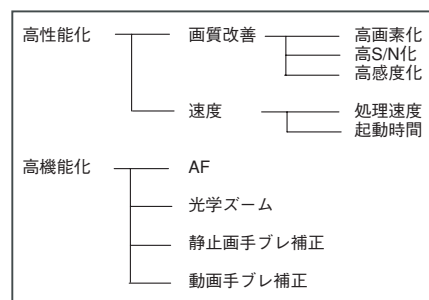


図4. カメラ機能改善

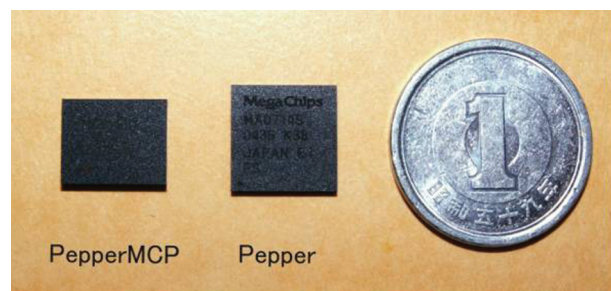


図5. Pepperシリーズ

をベースに、携帯電話カメラ向け標準ファームウェアの開発を行い提供することを計画している。これにより、デジタルカメラの開発経験がない携帯電話メーカー等においても容易に高性能なデジタルカメラ機能を追加することが可能となる。

この『Pepper』を用いたデジタルカメラシステムを構成するためには『Pepper』以外にSDRAMとFlashメモリが必要となる。SDRAMは画像処理用のワークメモリに用い、Flashメモリは『Pepper』のカメラ処理用のプログラムを記憶するために用いている。これらの部品を携帯電話や携帯電話のカメラモジュール内に高密度に実装するために、10mm×8mm×1.4mmの超小型BGAパッケージに3つの部品を内蔵した『PepperMCP』も同時に開発をした。この『PepperMCP』をカメラモジュールに組み込むことによって、オートフォーカス及びズームレンズ制御なども含んだ、完全なスタンドアロン型の超小型カメラモジュールを実現できる。(図7)、(表2)

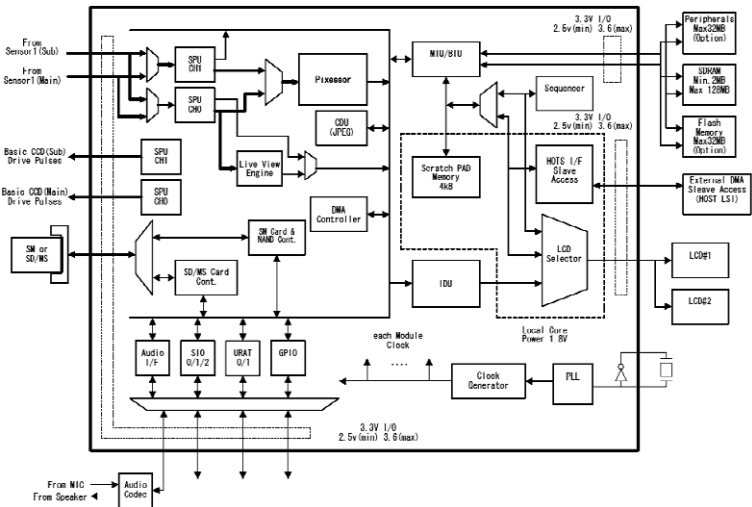


図6. Pepperシステム図

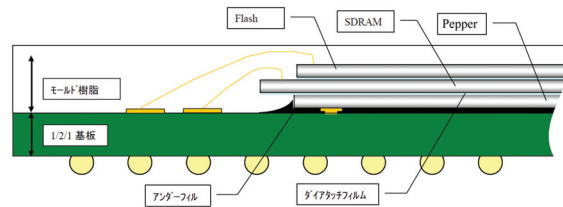


図7. PepperMCP構成図

5. 将来技術

高画素化されたCMOSセンサと『PepperMCP』を内蔵したカメラモジュールが携帯電話に搭載さ

表2. Pepper概略仕様

| 項目 | 内容 |
|----------|---|
| 対応センサ | CCD/CMOSセンサ (最大6400万画素)。2系統センサ同時入力対応 |
| 画像処理エンジン | 当社独自エンジン Pixessor™搭載 |
| 動作クロック | シーケンサ：～27MHz (可変)、メモリバスクロック：48MHz、画像処理：27MHz |
| JPEG圧縮伸長 | エンコード：27MByte/秒、デコード：13.5MByte/秒 |
| 特殊画像処理 | 欠陥画素補正、シェーディング補正、iridix (逆光補正アルゴリズム) ※iridixは英国Apical社の独自技術です。URL: http://www.ukapical.com |
| その他 | LCDセレクター機能 (ホストCPUとLCDをシェア) SDカード、メモリスティックに対応 |
| 製造プロセス | 0.18 μm |
| 電源/消費電力 | 3.3-2.6V (I/O)、1.8V (内部ロジック)、50m～200mW ※ 動作条件により異なる |
| パッケージ | Pepper : 240pinBGA、0.5 mmピッチ PepperMCP : 209pinBGA、0.5mmピッチ |

れることにより、携帯電話がコンパクトデジタルカメラの機能をユーザーにもたらし日は近い。その次のステップとしてユーザーは何を求めているであろうか？ 当社では撮影された画像をどこにでも伝送できることを実現したいと考えている。現在、携帯電話の3G化が進み、携帯電話でのメールの添付ファイルの容量が増加したとはいえ、まだまだ500万画素のデジタルカメラの画像をメールでは送れない。例えば500万画素デジタルカメラのJPEG画像は普通でも1Mbyte程度の容量が必要（圧縮1/10）である。

当社では次世代の静止画像圧縮方式である JPEG2000 の実装に関して通信情報システム専攻の中村（行宏）研究室と共同で研究、開発している。われわれの検討ではJPEG2000において1/50～1/100の圧縮率においても画像の劣化が極めて少なく、実用的なものと判断している。その成果として、すでに世界で初めて8000×8000画素までタイル分割不要なJPEG2000用LSI 『Sesame』を開発している。上述の携帯電話カメラ用画像処理LSI 『Pepper』と組み合わせた携帯電話が世間に普及すれば、ユーザーはデジタルカメラを超越した新しい画像活用ができるようになる。いつでも500万画素のカメラ機能を持つ携帯電話で、ストレスフリーに撮影でき、その場から離れた友人のPCに、携帯電話に、プリントショップに、その画像を即座に転送できるのである。

当社は、このJPEG2000圧縮機能を携帯電話カメラ用画像処理エンジンに統合した次世代画像処理エンジンを内蔵したカメラモジュールの開発を次のターゲットとしている。

6. 最後に ～ エンジニアを志す学生の皆さんへ

以上、近年急速に進化している携帯電話用カメラの動向と、当社の開発事例を含め携帯電話用画像処理LSIの最新の動きについて説明すると共に、携帯電話のカメラ機能をデジタルカメラと同等にして、その次に新たな付加価値をもたらすという、われわれ『夢』を紹介させて頂いた。われわれはこの夢を必ずや実現するであろう。私は夢こそがエンジニアたちの開発の原動力であると考えている。

LSIの微細化により、機器の主要な回路が1チップのLSIに集積されるようになり、機器の機能、性能の多くの部分がLSIによって決まるようになった。このようなシステムレベルのLSIを開発するには、本稿でも示されているように、対象機器に対する深い知識、アルゴリズム開発、LSIハードウェア開発、ソフトウェア開発、半導体メーカーの生産コントロール、アセンブリハウスコントロール、モジュール開発、等非常に広範な知識・技術力が要求される。エンジニアを目指す学生の皆さんには、専門分野の技術を深めると共に、関連周辺技術の幅を広げ、世の中の役に立つ革新的な製品を生み出すことの出来る、視野の広い、遠くまで見通せるエンジニアをぜひ目指して頂きたい。

参考文献

「高圧縮のノイズ 解消 —JPEG2000 対応画像用LSI」、日刊工業新聞、2004年10月27日

「ニュースリリース Pepper発表リリース」、メガチップス広報リリース、2005年7月15日

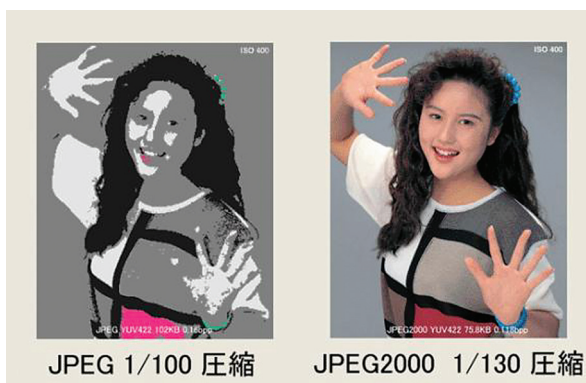


図 8. 圧縮画像の比較