

カメラ付き携帯電話は、1999年に世界で初めて京セラ製端末VP-210がDDIポケット（現ウィルコム）から発売されてから、出荷台数は年々増加傾向にあり、2013年の世界市場は13億台程度と予想されています。搭載されるカメラの画素数も、上記京セラ製端末が11万画素（CIF）であったのに対し、年々右肩上がりに増加し、近年では8Mクラスがボリュームゾーンとなり、中には20M超のものまで出てきています。また、高画素化に伴ってセンサーの画素も狭ピッチ化しており、低照度感度を確保するために、光学系にはより明るいレンズが求められてきています。そのような状況の中、本稿ではカメラ付き携帯電話に搭載されている単焦点レンズの特徴や、2000年初めの発売当初から近年の高画素化に至るまでのレンズタイプの変遷について紹介します。

### 1. 携帯カメラ光学系の特徴

携帯電話用カメラレンズは、厚さ5mm程度のカメラユニットの中に、面精度が確保された薄肉偏肉レンズを4~5枚程度配置しているのが一般的です。光学系のおもな特徴としては、(a) レンズタイプはテレフォトタイプ、(b) 全レンズプラスチック製非球面レンズ、(c) 最像側レンズは極値をもつ非球面形状、の3点が挙げられます。

(a) についてですが、携帯カメラ光学系（以降はマイクロカメラユニット、略してMCU光学系とよぶ）は光学全長最優先の光学系のため、正レンズ、負レンズの順に配置するテレフォトタイプがほとんどです。(b)、(c) については、Fig. 1で説明します。Fig. 1は5枚構成レンズの代表的な断面図を示しますが、全レンズが非球面形状を有しており、特に受光面に近い後方のレンズは球面からかけ離れた形状をしています。また、すべてプラスチック材料を採用しており、ガラス材料と比較して選択肢が非常に少ないため、おおむね高分散材料と低分散材料の2種類の材料のみで構成しているのが一般的です。プラスチックレンズには、高精度でありながら、大量生産性に優れているといった特徴があり、

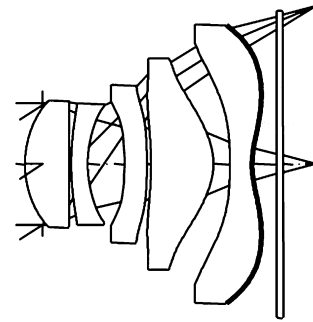


Fig. 1 5枚玉構成レンズの代表図。

MCU光学系とのマッチングがよいため、材料選択肢の自由度の低さを複雑な非球面形状の設計自由度で補っているといえます。最後に(c) についてですが、Fig. 1の最像側レンズを見ていただくとわかるように、像側面が極値をもつような非球面形状となっています。これは、光学全長が短く射出瞳位置が像面に近づいてしまうMCU光学系において、良好なセンサー面入射角度特性を得るために必要な形状です。撮像レンズの小型化に伴ってセンサー面入射角度も大きくなりますが、以前は15°程度に抑える必要がありました。それが近年のイメージセンサーの技術進歩によって、30°程度まで許容されています。つまり、イメージセンサーの技術進歩なくしては、MCU光学系の小型化は実現できないのです。

### 2. レンズタイプの変遷

レンズタイプの変遷について、コニカミノルタの過去出願特許を引用して説明します(Fig. 2)。カメラ付き携帯電話は、初めて世に出た2000年当時は前述の通り画素数も11万画素（CIF）程度だったため、レンズは1枚構成でした(Fig. 2(1))。それが、30万画素（VGA）が主流となってくると、レンズも2枚構成となりました(Fig. 2(2))。その後、画素数は変わらず低背化の要求が高まってきたために、2枚構成でもより光学全長の小型化に有利なレンズタイプに変化していきます(Fig. 2(3))。さらに、イメージセンサーの進歩により画素数が100万画素以上になると、レンズ枚数も3枚構成となりま

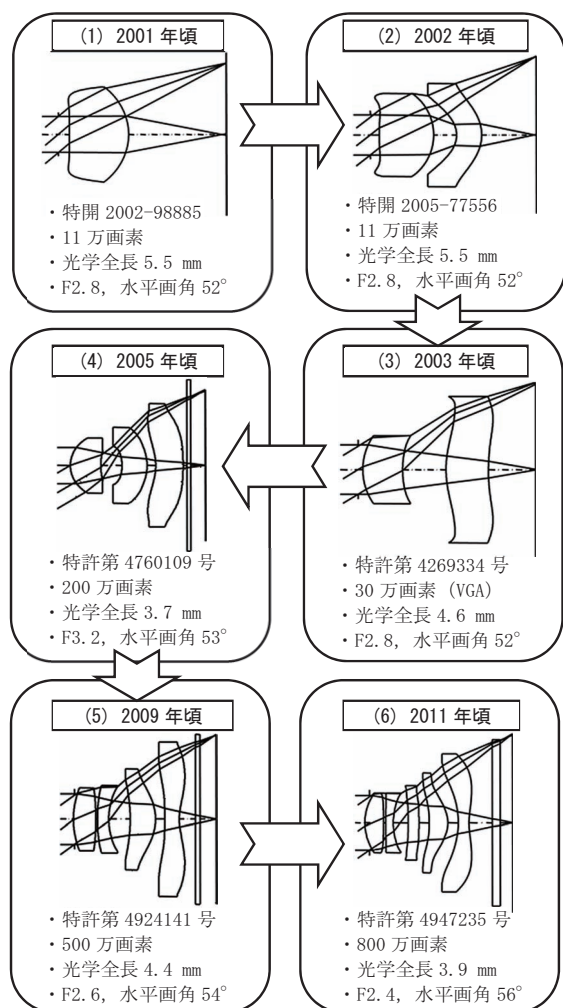


Fig.2 MCU レンズの変遷.

した。レンズ枚数は増加しましたが、光学全長は2枚構成よりも短くできている点に注目です (Fig. 2 (4))。ここからは各社画素数競争の時代に突入し、3 M、5 M、8 M と画素数が上がっていきます。さらに、光学系には明るいレンズが求められるようになってきたため、レンズ枚数も4枚、5枚と増加し、低背で大口径、かつ高性能なレンズを達成してきました (Fig. 2 (5), (6))。レンズ枚数は増加しましたが、光学全長が短くできている背景には、薄肉、高偏肉レンズの成形技術の進歩があったことも大きく関係しています。

### 3. 今後の動向と展望

最後に、携帯カメラの今後の動向と展望について説明します。イメージセンサーの高画素化、狭画素ピッチ化に伴い、今後レンズに求められる重要キーワードは、(a) 低背、(b) 大口径、(c) 高性能の3点と予想しています。

薄型を謳う最近のスマートフォンを見てみると、最薄部で7 mm以下の非常に薄いものも出てきていますが、よくよく見るとカメラ部が最厚となっており、出っ張っているデザインのものが見受けられます。完全なフラットなデザインとするためには、さらなるカメラ部の薄型化が必要不可欠といえるでしょう。また、近年では画素ピッチ1.12  $\mu\text{m}$  というのが最も狭画素ピッチですが、ゆくゆくは1  $\mu\text{m}$  以下の画素ピッチのイメージセンサーも出てくる見込みです。そうすると、狭画素ピッチ化に伴って、センサー受光感度の低下、ナイキスト周波数の増加が引き起こされ、よりFナンバーの小さな大口径レンズ、より高性能なレンズの要求が加速されると思われます。

このように、今後も低背化、大口径化、高性能化に伴うレンズの製造難易度はますます増加してくると予想され、レンズ単品に対する高精度要求は今後も増すと思われます。今後は製造誤差感度の低いロバストな光学設計はもちろんのこと、高精度な成形技術、調芯技術、組み立て技術、測定技術を総合的に向上していく必要があると考えています。

近年では近隣アジア諸国の技術進歩がめざましく、日本メーカーは携帯カメラ用レンズの出荷台数では大きく水をあけられているのが現状です。今後はカメラレンズの技術だけでなく、画像処理や他の技術と融合させた、カメラシステムとしてのビジネスに勝ち筋を見出していくしかないと感じています。

ゆくゆくは携帯カメラ光学系で培ったメイド・イン・ジャパンの技術が世界を圧巻し、さまざまな分野で応用されることを願ってやみません。

(コニカミノルタ(株) 佐野永悟)