

日本写真機工業の技術革新

—1970-80年代を対象にして—

矢部 洋三

I 問題の所在

日本の写真機工業は、不思議な産業である。1960年代初には、カメラの世帯普及率が50%を超えて国内市場が成熟し、いくつかの企業が倒産して脱落していくにもかかわらず、写真機工業は発展を続け、西ドイツを凌駕して世界市場で独占的地位を確立した。

その写真機工業も1970年代に入ると、1970年大阪万国博後のハーフサイズカメラ、コンパクトカメラを中心にした売れ行き不振、それに続く1971年のドル・ショックと円切上げによる輸出価格の上昇、1973-74年の石油ショックによるカメラ、フィルム・印画紙など写真材料の値上げ、さらに、1970年代の長期不況で構造変化を求められていった。

写真機工業は、1970年代後半から80年代にかけてME技術革新を媒介として電子化・軽量化・素材転換を通してカメラを革新し、光学技術・精密工作技術・電子技術を応用してカメラ以外の分野に多角化し、生産工程の自動化を促進し、利益率の低いコンパクトカメラの生産を東アジア諸国に移していった。さらに、国内販売では、問屋を通じての販売から直販制に転換し、海外市場も総代理店方式を改めて北米、欧州、アジアに販売子会社を展開するというように流過程でも変化していった。

本稿は、以上のような写真機工業が1970年代後半から1980年代において構造転換の連鎖の前

提となる技術革新の実態を検証することを課題としている。それぞれの分析については、共同研究者の課題としたい。

II 1970年代初頭の写真機工業

日本の写真機工業は、1970年代初頭に技術的には高度な光学技術と精密技術をもって世界市場で独占的地位を確立していた。生産工程では、精密加工技術と良質な労働力によって完成度の高いカメラを製造する反面、労働集約度が高いために人件費が企業の採算性を左右する弱点を持ち合わせていた。写真機工業各社の生産は、外注比率が1973年には60~80%と重層的な下請企業・関連企業群の製造した部品を組み立てていく日本の機械工業がもつ特徴を備えていた。

流過程では、カメラの世帯普及率が1960年代初に50%を超えて1970年代初頭には70%にも達するほど国内市場が成熟して消費者の買換需要を喚起するカメラの開発と輸出市場に求める以外なかった。カメラは、1970-80年代を通じて市場の変化が激しく、1959年6月に日本光学が発売した一眼レフカメラ「ニコンF」のように十数年間モデルチェンジなしに売れ続けることはなく、各社とも製品の展開が難しかった。カメラの国内市場（表1参照）は、中級機部門では1960年代好調であったハーフサイズカメラが1960年代末に減少し、1970年代中頃には消滅してしまった。代わって35^{ミリ}コンパクトカメラが1970年代以降中級機の主流となっていった。コンパク

表 1 カメラ別景況

	好調期	減退期	衰退期
一眼レフ	1968～1977年 1980年 1985～1986年（ピーク） 1988～1992年	1978～1979年 1981～1984年 1986～1987年	
コンパクト	1968～1970年 1976～1992年	1971～1975年	
ハーフサイズ		1960年代後半	1970年代以降
ポケット	1973～1975年	1976～1978年	1979年以降

トカメラは1968～70年に好調に推移したが、①一眼レフカメラがカメラ市場の高級化の波に乗って普及し、②アメリカ市場で主流となっている簡易カメラの16^{ミリ}ポケットカメラが世界のフィルム市場を支配しているコダック社によって大量に輸入され、③リコー・キヤノン・ヤシカなど各社がコンパクトカメラの海外生産を始め、逆輸入品が流入して1970年代前半には売れ行きが減退してしまっただ。しかし、ストロボ内蔵、自動焦点、日付写し込み、フィルムの自動装填・巻上げ・巻戻し、ズームなど新機能を相次いで開発して再び1970年代後半から1990年代初まで好調に推移した。

高級機部門では、1950年代末に一眼レフカメラが高級機を中心となり、1960年代後半から市場の高級化によって拡大していった。一眼レフカメラは、1960年代後半には露出計が内蔵されたTTL一眼レフカメラが各社から発売され、1970年代には露出が自動化された自動露出一眼レフカメラが登場するなどして1977年まで好調に推移した。しかし、ストロボ内蔵、自動焦点のコンパクトカメラの発売で一眼レフカメラの需要は、1978年から1984年まで減退した。1985年に自動焦点一眼レフカメラの発売によって再び一眼レフ需要は復活したが、1986-87年に第三次円高によって輸出市場が萎んだことにより一時停滞したが、1988年に第二代自動焦点一眼レフカメラの登場で息を吹き返し、1990年代初まで好調に推移した。

簡易機部門は、アメリカ市場ではカメラが早くから大衆化してスナップ写真を撮影する道具として発達したことから写真を大伸ばしすることは少なく、この部門が発達した。しかし、日本市場では、アマチュア写真家層の拡大と大衆化に支えられてカメラが発展したために簡易機部門は発展しなかった。しかし、世界のフィルム市場をリードするコダック社が1972年にポケットカメラの輸出で日本代理店の長瀬産業を通じて日本市場に大攻勢をかけた。その結果、ポケットカメラは1973-75年の時期には大いに売れて1974年にはリコー・ヤシカ・ミノルタ、1975年にはキヤノン・オリンパスの各社がポケットカメラに参入し、富士フィルム・小西六もポケットカメラ用フィルムに進出した。1975年下半期から売れ行きが鈍り、1976～1978年に減退を続け、1980年代に入ると、ほとんど日本市場から姿を消してしまっただ。

以上のようにカメラをめぐる国内及び海外市場は、市場が成熟しきっているためカメラの技術革新が行われない限り、新しい需要が生まれず、技術の更新が行われた分野に需要が集中する傾向をもつため、市場の変化が激しい特徴をもつた。

日本の写真機工業は、1970年代前半には数量で世界市場の占有率がアメリカ50%、日本40%、西ドイツ10%とアメリカに及ばないものの、質的には「高級機の日本、中級機の西ドイツ、簡易機のアメリカ」といわれる地位を確立して世界市場を支配するに至つた。戦後日本の写真工業

は、ライツ社・ツァイス社・ローライ社など西ドイツ企業を模倣することで発展してきたが、1960年代後半から70年代初の時期に質量的に凌駕して世界の写真機工業をリードした¹⁾。日本は西ドイツ写真機工業をまず生産面で1962年に追い越した。西ドイツの258万台に対して日本が312万台と初めて生産台数で上回った。しかも、生産金額でも日本334億円、西ドイツ205億円と同様な結果であった。日本・西ドイツ共に重要な位置を占める輸出市場では、1964年に日本（154億円）が西ドイツ（134億円）を金額ベースで、1967年に数量ベース（日本228万台、西ドイツ203万台）で追い抜いた。また、輸出市場の中心となるアメリカ市場における競争にも日本は勝利した。日本写真機工業は、1960年代に生産・輸出・アメリカ市場など量的側面で西ドイツを追い越したが、世界市場で「高級機の西ドイツ、中級機の日本」という評価を崩せず、技術水準では西ドイツに後れをとっていた。カメラ1台当たり平均単価は、1960年には日本製が10,211円、西ドイツ製が9,196円とほぼ拮抗した値段であったものが、1975年には西ドイツ製が9,553円と15年前と同じであったのに対して日本製は20,697円と倍額に上昇してカメラの品質・機種など技術水準の面でも西ドイツ写真機工業を圧倒したことが明らかになった。

写真機工業は、輸出比率が1964年29.8%、1969年55.2%と高く、代表的な輸出産業であったが、1974年に57.9%であった輸出比率が1974-75年恐慌を契機に1976年62.8%、1977年71.2%、1978年74.1%、1979年72.3%と一気に70%台に増加して1980-86年にも平均77.4%と輸出依存を強めていった。

Ⅲ カメラの技術革新

日本の写真機工業は、1960年代までは多様性をもった産業であった。同じカメラを製造してい

ても多様な製品を市場に提供し、企業の規模も資本金数十億円、従業員数千名の上場企業の大企業から、資本金数十万円、従業員30名以下の小企業までさまざまであった。高級一眼レフカメラから廉価なコンパクトカメラまでフルラインナップする企業、一眼レフカメラのみを生産している企業、大型カメラに特化している企業、コンパクトカメラ中心の企業、輸出だけを行っている企業、OEM生産をしている企業、フィルム生産・複写機生産のかたわらでカメラをつくる企業など、カメラの生産形態も多様であった。

1970年代に入ると、日本の写真機工業は、一方で高度成長が終わり、1974-75年恐慌による耐久消費財の売れ行き不振という客観状況の悪化、他方においてカメラの普及が家庭に行き渡り国内市場が飽和状態に到達するという主体的条件も悪化した。こうした状況に対して写真機工業は、1970-80年代に光学技術・精密工作技術とME技術を融合させた技術革新を基軸にしてカメラの自動化・軽量化を進め、生産工程を自動化・海外展開させてカメラ以外の光学・機械部門などに経営を多角化し、販売を問屋・代理店方式から国内市場・海外市場ともに直販制に改めて、単なるカメラを生産する産業から光学技術産業に構造転換していった。

(1) 技術の発展基軸—自動化—

1) 自動化以前の技術革新—一眼レフの登場—

1960年代半ばまで世界の写真機工業は、「高級機の西ドイツ、中級機の日本、簡易機のアメリカ」という技術的評価が定着していた。この評価を「高級機の日本、中級機の西ドイツ、簡易機のアメリカ」に逆転した技術的要因の一つが一眼レフカメラの登場とその受入れにあったといえる。本稿の主題である自動化には直接的な技術的関連はないが、日本の写真機工業が技術水準においても西ドイツを凌駕した一眼レフカメラについてみてみよう。

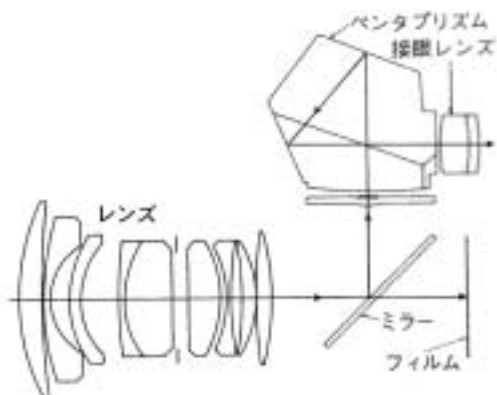
1960年代半ばまでの高級カメラは、西ドイツ

1) 『日本カメラ工業史』日本写真機工業会、1987年5月、384～385ページ。

のライツ社「ライカ M3」(1954年)、「ライカ M2」(1957年)やツァイス社「コンタックスIIa」(1950年)、「コンタックスIIIa」(1950年)に代表される35mm距離計連動カメラ(レンジファインダーカメラ)であり、日本でも日本光学の「ニコンSシリーズ」(1951~65年)、キヤノンカメラの「キヤノンV型シリーズ」(1956~58年)などであった。35mm距離計連動カメラは、レンズ交換が可能なことから広角から望遠までの多様なレンズを利用できる点では一眼レフカメラと同様であるが、フィルムに写されるレンズを通しての被写体とファインダーの被写体とは別々であった。そのため、レンズとファインダーとのズレが生じてしまい、内蔵のファインダーが標準レンズ用であり、広角レンズや望遠レンズと交換するときは専用の外付けファインダーを装着しなければならなかった。

これに対して一眼レフカメラは、ミラーとプリズムの採用によって35mm距離計連動カメラの欠点を解消した。一眼レフカメラは、①レンズを通して入った被写体像が反射ミラーとペンタプリズムを経てファインダーに映り、②シャッターを押すと反射ミラーが上がり、シャッター幕が開き、③フィルムに被写体像が露光され、④シャッター幕が閉じられて反射ミラーが戻る仕組みになっている(図1)。

図1 一眼レフカメラの仕組み



一眼レフカメラは、技術的には①シャッターを押すと速やかにミラーが上がり、ミラーが戻るクイックターン・ミラーの構造、②レンズを通して反射ミラーを経た反射像を正像に戻すペンタプリズムの採用、③ファインダーで焦点を合わせるときは絞りが開放状態で見え、シャッターを切ると設定した絞りになる自動絞り構造、④内蔵露出計でレンズを通して露光を測光するTTL機構、といった基本機構を開発していかなければならなかった。

一眼レフカメラは、1950年に東ドイツのツァイス・イコン社から発売された「コンタックスS」にはじまり、西ドイツのイハーゲ社「エキザクタVX」、イタリアの「レクタフレックス」(1953年)が続き、日本ではペンタプリズムが着いていないが、クイックターン・ミラーが採用された一眼レフカメラで旭光学の「アサヒフレックス」(1952年5月)・「アサヒフレックスIIB」(1954年11月)が発売されていたが、35mm距離計連動カメラを凌駕する力にはならなかった。それが日本で1955年8月にオリオン精機産業(後のミランダカメラ)が日本初の一眼レフカメラ「ミランダT」を発売すると風向きが変わりはじめた。オリオン精機は、第2次世界大戦中東京帝国大学航空研究所にいた研究者荻原章・大塚新太郎らによって設立されたカメラの修理、製造会社であった。彼らは、35mm距離計連動カメラの次に来るのは一眼レフカメラであると確信して一眼レフカメラに集中して開発を行った。このカメラは、大塚新太郎によって設計され、視野率96%のペンタプリズムが初めて組込まれ、帝国光学のズノー50mmF1.9レンズが標準レンズとして着けられて57,000円で売り出された²⁾。キーパーツのペンタプリズムは、「上野製作所という高齢の職人が一人の工場、日産せいぜい5個の仕上がりが限度であった³⁾」状態で、日本初の一眼レフカメラは、

2) 「ミランダの系譜」『カメラレビュー』朝日ソノラマ、2002年6月号NO.64.

3) 萩谷剛「ミランダ・ストーリー」前掲、11ページ.

表 2 35mm一眼レフ（フォーカル）の発売状況

	1955年	1956年	1957年	1958年	1959年	1960年	1961年	1962年
旭光学			アサヒペンタックス	アサヒペンタックスK	アサヒペンタックスS2		アサヒペンタックスS3	
オリオン精機 (ミランダカメラ)		ミランダT		ミランダII ミランダA(輸出用) ミランダAII(輸出用) ミランダB ミランダC(輸出用) ミランダD(輸出用)	ミランダST(輸出用)		ミランダオートメックス(輸出用) ミランダDII(輸出用)	
東京光学機械 ミノルタカメラ					トプコンR	ミノルタSR-2	オートマチックトプコン ミノルタSR-1	オートマチックトプコンII ミノルタSR-3
キヤノンカメラ					キヤノンフレックス		キヤノンフレックスR2000 キヤノンフレックスRFP	
日本光学 ペトリカメラ						ニコンF	ペトリペンタV2	
小西六写真					コニカフレックス(試作)		コニカF コニカFR コニカF8(2.0)	
ヤシカ							ヤシカペンタマチック ヤシカペンタマチックII	ヤシカペンタマチックS(輸出用) ヤシカペンタマチックII(輸出用)
マミヤ光機 ズノー光学					ズノーカメラ			マミヤプリズママットNP型

出典：『戦後日本カメラ発展史』東興社，1971年3月，64～65ページより作成。

有能な設計者と意欲ある零細企業で生み出された。

ミランダTに続いて1957年3月に旭光学がその後、一眼レフカメラ専門メーカーとなる基礎を築いた「アサヒペンタックス」を発売し、1958年10月にはミノルタカメラの「ミノルタSR-2」、1959年5月にキヤノンカメラの「キヤノンフレックス」、6月に日本光学の「ニコンF」と日本の主要メーカーから一眼レフカメラが売り出されていった。この中で日本光学「ニコンF」の発売が大きな意味をもった。このカメラは、クイックターン・ミラー、ペンタプリズム、自動絞りの技術水準が完成の域に達し、最初から①連動露出計、②モータードライブ、③接写リング、④ペローズアタッチメント、⑤接写装置、⑥スライドコピー、⑦顕微鏡撮影装置、⑧天体望遠鏡アタッチメントなどが想定されたシステムカメラとして設計された。ニコンFは、発売後10年間モデルチェンジすることなく売れ続け、高級カメラの世界市場で35mm距離計連動カメラと西ドイツカメラを凌駕し、リーディング・マシンとなっていた。日本の写真機工業は、表2のように各社が一眼レフカメラを相次いで発売していった。

西ドイツの写真機工業も挽回をめざして一眼レフカメラ市場に参入したが、かつての地位に戻ることはできなかった。ライツ社でも、1965年に

初めての一眼レフカメラ「ライカフレックス」を発表し、その後「ライカSL」(1968年)、「ライカSL2」(1974年)を開発して日本企業に対抗したが、成果がでず、「1978年にはミノルタXEのボディをベースにしたライカR3、R4MOT、R4-Sを」⁴⁾ OEM同様の供給を受けるようになった。ツァイス社も1959年にペンタプリズムを内蔵した一眼レフカメラ「コンタフレックススーパー」を発売したが、シャッターにフォーカルプレーンシャッターが採用されていないなど技術的に古さをもつものであった。そのため、ツァイス社は、1967年アメリカ市場での日本企業との競争で輸出不振から経営が悪化し、1968年から発売された「コンタフレックスSエレクトロニック」を最後のカメラとして1971年8月にはカメラ生産から撤退して光学総合企業の道に進んでいった。その後、カメラ関係では、1974年にヤシカと提携し、1975年にはヤシカから35mm一眼レフカメラ「コンタックスRTS」を発売してカメラ部門に関し

4) 『写真用語辞典』日本カメラ社，2001年4月，46ページ。多少表現が異なるが、宮部甫氏も「ライカRの部品の多くは日本のミノルタ製で、同社の製品を基本にSL型の露出機構が組込まれたもので、TTLの開放測光、絞り優先のAEである」（「一眼レフカメラの歴史No.8」『写真工業』1986年1月号，100ページ）という同様な記述がある。

ては「コンタックス」商標とカメラ用レンズをヤシカ（現京セラのカメラ部門）に販売することに特化してしまった。さらに、ローライ社（ فرانケ・ウント・ハイデッケ社）は、二眼レフカメラの名門企業であったが、二眼レフカメラ市場の縮小により1960年代から経営環境が悪化して、1966年にコンパクトカメラのはじまりである「ローライ 35」を発売し、小型カメラに転換した。1970年にはツァイスレンズを着けた一眼レフカメラ「ローライフレックス SL35M」⁵⁾を開発して一眼レフカメラ市場に参入し、1979年「ローライフレックス SL35E」まで5機種の一 眼レフカメラを発売したが、すでに手遅れであった。ローライ社は、生産拠点をシンガポールに移した過大な投資もあって1981年6月に倒産した。

2) カメラの自動化

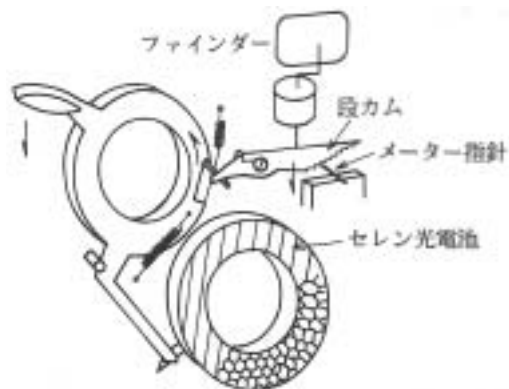
a. 露出機構

カメラの技術革新は、自動化が発展基軸である。自動化は1950年代末に露出機構から始まり、1970-80年代特有の技術ではない。1970-80年代の自動化は、1950年代以来の機械的制御による自動化から電子制御による自動化への転換に意義があった。カメラの基本操作は、まず①フィルムを装填して②レンズの絞りとシャッター速度の組み合わせ（露光）を決め、③撮影する対象に対する距離を測り、④シャッターを押して撮影し、⑤フィルムを巻き上げて次の撮影にはいる。そして⑥所定の枚数を撮影し終わるとフィルムを巻き戻して完了する。このうち、1980年代までに④の「シャッターを押す」行為以外すべて自動化された。

カメラの自動化は、1957年に露出計連動カメラ⁶⁾が登場して露出機構の自動化が開始された。これらのカメラは、外付連動露出計で、①露出計の速度目盛とシャッター速度をバルブに設定してカメラに取付け、②露出計とシャッターが歯車で

連動し、シャッター速度を決めると、露出計の指針で絞り値が示される。逆に③絞り値を決めて露出計の指針を動かすと、適正のシャッター速度にセットされる⁷⁾。1958年になると外付けであった露出計がカメラに内蔵されたカメラが発売された⁸⁾。このカメラは、セレン光電池を使用する露出計をカメラに内蔵させて、露出計の指針を合わせることで適正な絞りまたはシャッター速度を容易に得られる方式であった⁹⁾（図2）。ここでは、レンズの絞りを設定すると、シャッター速度の情報が得られ、またシャッター速度に合わせると絞りの数値が分かり、それらを手動であわせて撮影する。

図2 セレン式の自動露出カメラ



出典：『写真用語事典』日本カメラ社、104ページ。

一眼レフカメラの分野では、1960年に小西六写真がセレン光電池による追針式露出計を内蔵した「コニカ F」を発売し、1961年4月には旭光学が「アサヒペンタックス S3」で、セコニック製の着脱式露出計を付属品とした。外付けの露出計という点では技術の後退であるが、露出計の受光素

5) 小林孝久『ツァイス・レンズ』朝日ソノラマ、1979年5月。

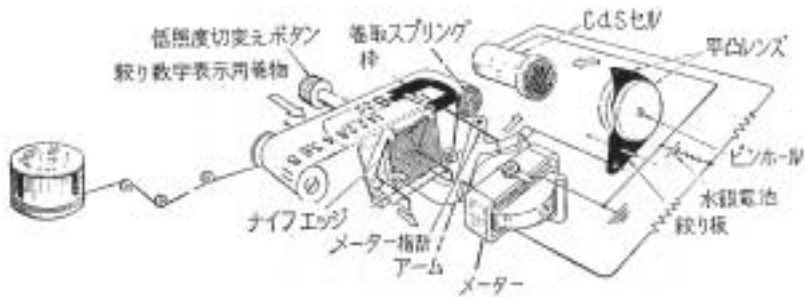
6) マミヤ「エルカ」、ミノルタ「スーパー A」。

7) 「ニューフェイス診断室・ミノルタスーパー A」『アサヒカメラ』朝日新聞社、1957年12月号。「新製品メモ・マミヤエルカ」同、1958年3月号。

8) ミノルタ「オートワイド」。

9) 「ニューフェイス診断室・ミノルタオートワイド」前掲、1958年8月号。

図 3 CdS 内蔵連動露出計の仕組み



出典：「ニューフェイス診断室・ミノルタ SR-7」『アサヒカメラ』1962年11月号，178ページ。

子としてセレン光電池の代わりに CdS（硫化カドニウム）を採用したことで露出計の精度を上げることができた¹⁰⁾。ミノルタカメラは、1962年7月一眼レフカメラ「ミノルタ SR-7」に世界で初めて CdS 露出計を内蔵することに成功した。このカメラは、①カメラの左前面に高感度の CdS セルを使い、受光窓を外径 12^{ミリ}に抑えた外部測光式の露出計を内蔵し、②ボタンによって高照度・低照度の2段に切替えることができ、③フィルム感度とシャッター速度に連動する針の動きで絞りを読みとることができた（図3参照）。

1960年代に入ると、自動露出カメラ（EEカメラ）¹¹⁾が登場した。プログラム方式の自動露出カメラは、①シャッター速度を設定してシャッターをおすと、自動的に絞りが適正值まで絞り込まれる方式（シャッター速度優先の自動露出）と②絞りを設定してシャッターを押すと、自動的にシャッター速度が決定する方式（絞り優先の自動露出）の2方式があり、シャッター速度優先の自動露出方式が最初に開発され、ついで絞り優先の自動露出方式となり、最後に双方が設定可能な機種が発売された。ここでは絞りがシャッター速度を設定すれば、自動的に適正なシャッター速度ま

たは絞りが決まり撮影される。

一眼レフカメラの分野で、独自の技術として撮影レンズを通して光を測る露出計をカメラ内のミラー背面に組み込み、開放絞りで測光する TTL 方式がある。この技術を世界で初めて実現したのが東京光学機械の「トプコン RE スーパー」（1963年5月）であった。このカメラの最大の特徴は、一眼レフカメラの反射ミラーが露出計（ミラーメーター方式）となっている点であり、東京光学は、TTL 一眼レフカメラの開発によって①「光伝導体を使用する等間隔目盛露出計」、②「露出計を内蔵する一眼レフレックスカメラ」、③「露出計の受光板を兼ねた反射鏡」、④「撮影レンズの透過光を測定する方式の露出計を組み込んだ自動プリセット絞り一眼レフレックスカメラ」の4つの特許を獲得し、その後、TTL 方式を採用した各社は、東京光学と特許実施許諾契約を結んで利用した¹²⁾。この TTL カメラは、①東芝製の CdS を厚さ 0.6^{ミリ}の基板に蒸着し、②ミラーの裏面の銀膜に網目状にスリットを刻み、その上に CdS 基板を貼り、ミラーメーターとして使い、③レンズから入った光がミラーのスリットを通過して CdS に直接測光される（図4-a）。これによって露出計の採光とフィルムの露光が一致してより正確な露出で撮影されることとなった。旭光学も1960年9月第7

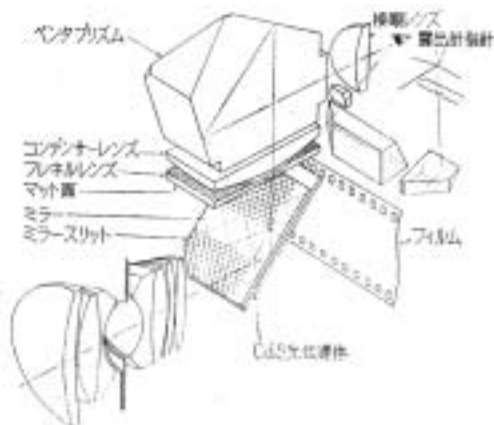
10) 「ニューフェイス診断室・アサヒペンタックス S3」同上，1961年8月号。

11) オリンパス光学「オートアイ」、1960年4月。キヤノン「キャノネット」、1961年1月。リコー「オート35」、4月。ミノルタ「ハイマチック」、1962年。

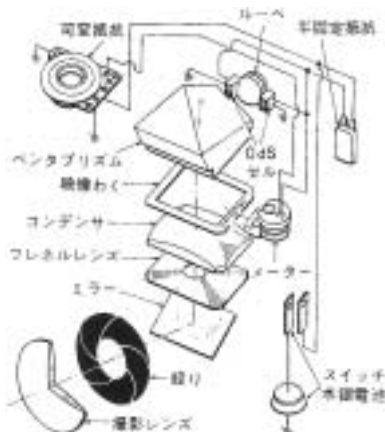
12) 『東京光学五十年史』東京光学機械，1982年10月，372～374ページ。

図4 TTL一眼レフカメラの仕組み

a. トプコン RE スーパー (1963年)



b. アサヒペンタックス SP (1964年)



出典：「ニューフェイス診断室・トプコン RE スーパー」『アサヒカメラ』1963年7月号, 213ページ。

出典：「ニューフェイス診断室・アサヒペンタックス SP」『アサヒカメラ』1964年10月号, 297ページ。

回「フォトキナ」に試作品を発表していたが、実用化できたのは1964年7月「アサヒペンタックス SP」であった。このカメラのTTL露出計の特徴は、ピント板にできている被写体像の平均露光を測光するCdSセルがファインダー部分に内蔵されていることであった(図4-b参照)。このカメラは、営業的に成功したカメラで、1964年の発売から8年間にわたり一眼レフカメラ市場を制覇し、旭光学を一眼レフカメラ専門企業としての地位を確立させたカメラであった¹³⁾。

小西六写真が1968年3月に「コニカ FTA」¹⁴⁾を発売し、従来のTTL一眼レフカメラに自動露出機能を付け加えた。このカメラは、シャッター優先のTTL自動露出方式で、①絞りを自動の位置(EEマーク)に合わせ、②シャッター速度を設定してシャッターを押すと、自動的に適正値の絞りとなって③反射ミラーが上がってフィルムに露光された。TTL露出計は、アサヒペンタックス

SPと同じように接眼レンズの左右に2個のCdSを組み込んでレンズを通ってきた光を検知する仕組みとなっていた。ついで、ヤシカから電子制御カメラと称して「ヤシカ TL エレクトロ X」が発売された。このカメラは、TTL一眼レフカメラという点では、従来の機種から原理的に改善されていないが、CdS露出計から機械的なメーターを排除してランプの点滅で絞りとシャッター速度の調整を行うことを特色としていた¹⁵⁾。また、1970年にTTL露出計の受光素子をCdSに代えてシリコンフォトダイオード(SPD)を使った富士写真フィルムの「フジカ ST701」¹⁶⁾が発売された。このカメラは、富士写真フィルムが国内市場向けに開発した初めての一眼レフカメラで、SPDをファインダーの両端に配置し、絞り込んだ状態での平均測光が採用されている。一眼レフカメラの分野では、1970年にはTTL方式が主流となり、70年代半ばには、絞りまたはシャッター優先のTTL

13) 小倉磐夫『国産カメラ開発物語』朝日新聞社 2001年9月 133ページ。

14) 「ニューフェイス診断室・コニカ FTA」『アサヒカメラ』1966年6月号。

15) 「ニューフェイス診断室・ヤシカ TL エレクトロ X」前掲, 1970年4月号。

16) 「ニューフェイス診断室・フジカ ST701」前掲, 1970年11月号。

測光の自動露出方式（AE）が一般的となった。

1960年代後半になると、半導体がトランジスターから集積回路（IC）の時代に入り、電子シャッターカメラ¹⁷⁾が登場した。電子シャッターカメラは、被写体の明るさを硫化カドニウム（CdS）のセンサーで検出して露出を決定し、シャッター速度の調節にコンデンサーを使う方式となっている。電子シャッターの作動は、まず①シャッターを切るとシャッター羽根がマグネットの力で全開し、②シャッター羽根が開きはじめるとコンデンサーに充電が始まって③コンデンサーの充電が完了すると、マグネットに流れていた電流がトランジスターによって切れ、羽根が閉じる。1965年5月に最初に発売された電子シャッターカメラは「ヤシカエレクトロハーフ」で、コパル製の6石のトランジスターが組込まれた電子シャッター「コパルエレクトロ」を採用し、5.2Vの水銀電池を電源に使用した絞り優先方式であった¹⁸⁾。ついで、10月に発売されたオリンパス「オリンパス35LE」は、精工舎製の電子シャッターを採用し、2.6V水銀電池を電源にした絞り・シャッター速度双方を優先できるプログラム式電子シャッターとなっていた¹⁹⁾。電子シャッターを制御する半導体は、6石のトランジスターと3石のダイオードであった。さらに、1966年2月にヤシカが「ローソク1本の光で写せるカラーのカメラ」を宣伝文句に「エレクトロ35」で対抗した。このカメラは、絞り優先方式であったが、トランジスターの代わりにICを使用して制御容量を拡大していた²⁰⁾。この段階の電子シャッターの自動露出機構は、鋸歯または櫛歯状のカムによっ

て電流計の針を抑えてレンズの絞りを決定する方式が採用されていた。ヤシカは1968年に「エレクトロ35」の後継機「エレクトロX」を出し、電磁石でシャッターを制御する方式に代わり、これ以後の半導体制御の自動露出機構の方向を決定した。

一眼レフカメラの分野で電子シャッターカメラが登場するのは、1970年代初頭であり、コンパクトカメラから5年遅れていた。一眼レフカメラにおいて、最初に電子シャッターが採用されたのは、旭光学が1971年10月の「アサヒペンタックスES」²¹⁾であった。コンパクトカメラの場合、電子シャッターの自動露出機構は、撮影レンズと測光回路が別々であり、押されたシャッターが開くと同時に測光回路が露光を積算して一定量に達するとシャッターが閉じる方式を採っている。しかし、TTL一眼レフカメラでは、シャッターが開く前に反射ミラーが上がってしまうため、測光回路に光が当たらないという点に電子シャッター採用のむずかしさがある。ペンタックスESは、露出の記憶装置をボディに搭載していることを特色としたカメラであり、①シャッターを押すと、反射ミラーが上がる直前にTTL露出機構が受けている露出を電子回路に記憶させ、②反射ミラーが上がった後、入光量が多ければ自動的にシャッター速度が速くなり、入光量が少なければ自動的にシャッター速度が遅くなる電子シャッターである。このカメラは、基本的には絞り優先の自動露出機構を採用しており、CdSをファインダー接岸部の両端に設置してある自動露出機構や受光素子にCdSを使っている点で従来の技術を踏み出すものではなかった。ペンタックスESの電子シャッターに続いて1970年代前半に日本光学（「ニコマートEL」1972年）、ミノルタ（「ミノルタX-1」1973年4月）、キヤノン（「キヤノンEF」1973年11月）、小西六が追従した。

17) ヤシカ「エレクトロハーフ」1965年5月、オリンパス「オリンパス35LE」10月、ヤシカ「エレクトロ35」1966年2月。

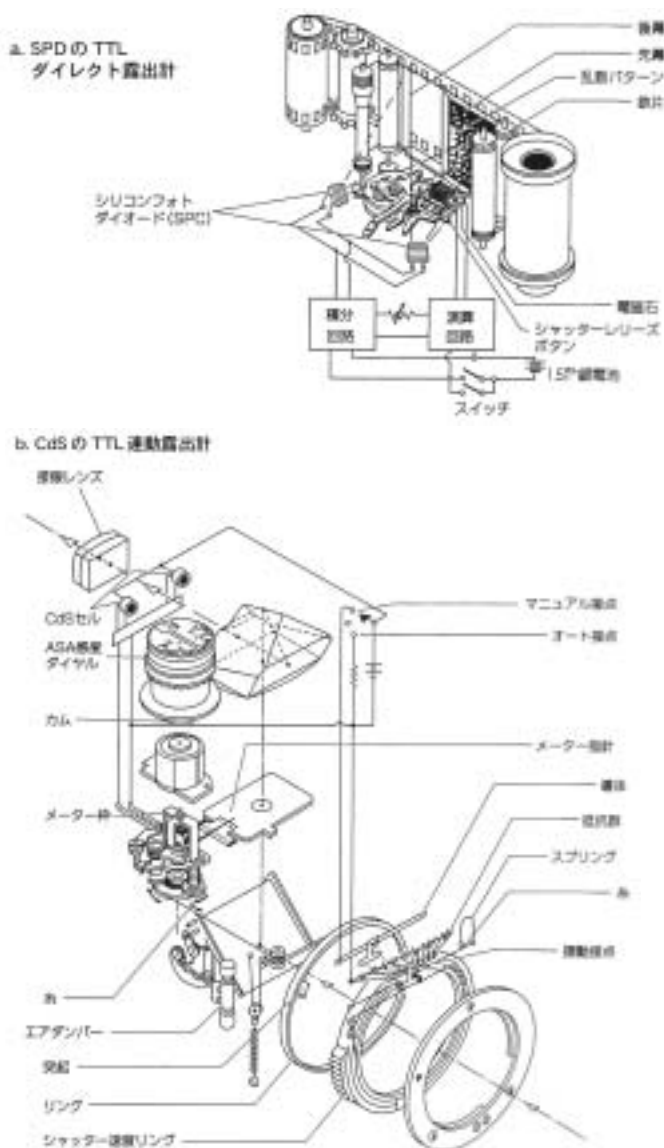
18) 「新製品ガイド・ヤシカエレクトロハーフ」『アサヒカメラ』1965年8月号。

19) 「新製品ガイド・オリンパス35LE」前掲、1965年6月号。

20) 「ニューフェイス診断室・ヤシカエレクトロ35」前掲、1968年4月号。

21) 「ニューフェイス診断室・アサヒペンタックスES」前掲、1972年2月号。

図5 2つの自動露出機構 (オリンパス OM-2)



出典：「ニューフェイス診断室・オリンパス OM-2」『アサヒカメラ』1976年3月号，304ページ。

1975年11月に登場したオリンパス光学「オリンパス OM-2」(図5)は、世界で初めてTTLダイレクト測光を取入れて技術的に電子シャッターを前進させた²²⁾。このカメラは、自動露出機構で

独立した2つの測光回路がボディに組込まれていた。マニュアル撮影用のCdSを受光素子としたTTL連動露出計は、従来型のTTL一眼レフカメラと同様な仕組みをなしており、他方は、自動露出撮影用のSPDを受光素子としたTTLダイレクト測光の露出計で、フィルム面からの反射光をボディの底部に配置したSPDで直接測光する

22) 「ニューフェイス診断室・オリンパス OM-2」前掲，1976年3月号。

もので、反射ミラー、ペンタプリズムを通さないということでダイレクト測光であった。

カメラの自動化は、1960年代に露出機構では完成し、制御機構が機械式から電子式に変化し、電子式も半導体がトランジスターからICとなり、1970年代に入るとLSI（大規模集積回路）も採用されてくる。1970年代半ばの自動化における電子制御の到達点は、①露出機構の自動化の範囲に留まっており、②電子回路もアナログ方式であり、小規模であった。③コンパクトカメラの分野では、電子シャッターを用いたプログラム式の自動露出方式が一般的な技術水準となっていた。

一眼レフカメラの分野でも、1970年代後半になると、プログラム式の自動露出カメラが登場するようになった。まず、キヤノンが1976年4月に「キヤノン AE-1」²³⁾ を発売し、このカメラは、①世界で初めてマイクロコンピュータ（CPU）を採用した一眼レフカメラであったこと、②ファインダー、シャッター、ミラー作動部、自動露出など5つのユニットに集約して生産工程の自動化を進めたカメラであったことが写真機工業に衝撃を与えた。キヤノン AE-1 の自動露出機構は、被写体についての情報（被写体の明るさ、レンズの開放F値、フィルム感度、設定シャッター速度、撮影絞り値など）を演算し、記憶して露出調節する一連の動きをカメラ本体に内蔵されたCPUやLSIによって統合して撮影する仕組みとなっていた。

キヤノン AE-1 によってもたらされたプログラム式の自動露出一眼レフカメラは、1970年代後半には旭光学（1976年12月「アサヒペンタックスME」）、IC使用の絞り優先、シャッター速度優先の両方ができるデュアルAEカメラのミノルタ（1977年10月「ミノルタXD」）、日本光学（「ニコンEL2」）、5つのAEを備えたキヤノン A-1、CPU制御のシャッター速度優先AEカメラの小西六写真（1979年「コニカFS-1」）が相次いで開

発していった。

キヤノン AE-1 が発売される前年の1975年には一眼レフカメラの市場占有率は、図6のように日本光学24%、旭光学22%、キヤノン18%、ミノルタ17%、オリンパス13%と大手5社、とくに一眼レフカメラ専門の日本光学、旭光学が強い構造であった。しかし、AE-1 が発売されると、キヤノンは、1976年19%、1977年24%、1978年25%、1979-81年24%、1982年25%と他社を圧倒するAE-1 開発効果を楽しんだ。それに対して、旭光学は1978-79年18%、1980年17%、1981年15%、1982年14%と低下し、一眼レフカメラ専門メーカーとしての地位を失っていく契機となっていった。また、他社もプログラム式の自動露出一眼レフカメラの開発を行い、一眼レフカメラ市場の拡大が1982年まで続いた。その後、日本光学を除く各社の一眼レフカメラ市場は、1985年の自動焦点の開発まで縮小していった。

b. フィルムの給送機構

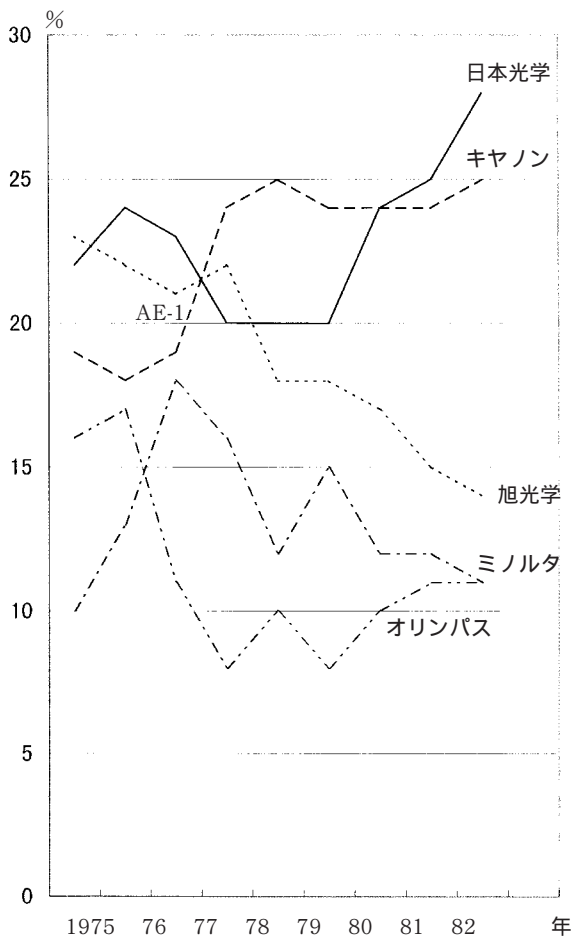
フィルムの給送機構の自動化は、簡易装填・巻上げ・巻戻しの3つの作業の自動化を内容としている。一部の機能は、プロ用高級一眼レフカメラに外付けされることが1960年代からあったが、一般的に一眼レフカメラ、コンパクトカメラに内装されるようになったのは、1970年代末から半導体の発展とともにカメラの電子化の中で行われた。3つの作業の中で最初に自動化したのは、巻上げであった。記録では、1959年に米グラフィックス社の「グラフィック35エレクトリック」と西独イロカ社の35ミリレンズシャッターカメラに電動巻上げ機構が採用されたとなっているが、それ以上のことは分らない²⁴⁾。1962年には、日本でも機械式の自動巻上げ機構を内蔵したカメラが発売された²⁵⁾。このカメラは、スプリングド

23) 「ニューフェイス診断室・キヤノン AE-1」前掲、1976年8月号。

24) 「カメラはじめて物語」『写真工業』写真工業社、2002年2月号。

25) 「新製品ガイド・リコーオートハーフ」『アサヒカメラ』1963年1月号。

図6 キヤノン AE-1 とその影響 (各社の一眼レフカメラの市場占有率)



出典：『月刊ラボ』各年3月号のデータより作成。

ライブまたはスプリングモーターと呼ばれる機械式の自動巻き機構をもち、あらかじめスプリングを巻いてシャッターを押すと1コマずつ自動的に巻上げられる。実験では、1回の巻上げで14コマから31コマが連続的にできる結果が得られた。その後、電動の自動巻き機構は自動車レース、野生動物などの連続撮影のために開発されたモータードライブ機構として発展していく。

自動給送機構をカメラに内蔵するためには、①モーターの小型化、②どのような状態でも大電流を供給できる小型電池の開発、③モーターをすばやく停止させること、④フィルム終了検知、⑤巻

上げ・巻戻しの際に静電気が発生して放電感光することなど、の技術的課題を解決しなければならなかった²⁶⁾。

自動装填機構が最初に導入されたのは、1979年であった。このカメラは、小西六が発売した一眼レフカメラ「コニカ FS-1」²⁷⁾で、CPU が組込まれているため、カメラ内の広範な制御が可能にな

26) 滝島芳之「カメラアクセサリ-のエレクトロニクス (3) -フィルム給送装置-」『写真工業』1979年1月号、106~107ページ。

27) 「ニューフェイス診断室・コニカ FS-1」前掲、1980年1月号。

り、本来、制御する目的のシャッター速度優先 AE というだけに留まらず、自動装填・自動巻上げ機構を制御するためにも使われた。電動モーターを使ったフィルム巻上げ機構のモーターワインダー（またはオートワインダーともいわれる）を本体に組み込み、このカメラでは、マイクロモーター 2 個とソレノイド（シャッターレリーズ用電磁石）4 個を組み込み、フィルムの自動巻上げする機構を構成した。また、フィルムの自動装填機構は、所定の位置までフィルムのベロを引出し、裏蓋を閉めるだけで自動的に自動巻上げ機構に使われるマイクロモーターが作動して最初のコマが設定される。

自動巻戻し機構は、自動巻上げを前提としてモーター巻上げ停止（巻上げ終了）を電気的に検知して内蔵マイクロモーターで自動的に巻戻すオートリターン機構である。最初に採用されたのは、1981 年 10 月フジ「フジカオート 7」²⁸⁾ である。そして、一眼レフにおける自動巻戻し機構は 1986 年に発売されたキヤノン「T90」からである。

1980 年代半までに、プロやマニア用マニュアル高級カメラ以外の一眼レフカメラ、コンパクトカメラでは、内蔵されたモーターによって《装填→巻上げ→モーター停止→巻戻し》という機構が普及した。

c. 自動焦点機構

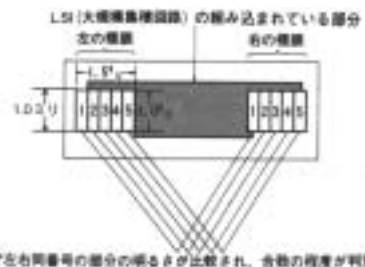
カメラにおける自動化の最後は、自動焦点機構である。自動焦点カメラの原理は、まず①被写体との距離を検出器で測定し、②測定結果を電気信号に換えてカメラに伝え、③レンズを自動的に駆動させる。自動焦点カメラは、1960 年代に露光機構の自動化とほぼ同時期に研究が開始され、1963 年にキヤノンが西ドイツ・ケルンで開かれた世界カメラ・ショー「フォトキナ」に「キヤノン AF」という自動焦点カメラ試作機を発表したのにはじまる。1971 年には日本光学が自動焦点

方式の一眼レフ用 80^{ミリ}交換レンズを発表して、これに続いた。双方とも①センサーに CdS を採用し、被写体像のコントラストが最大になる位置を測定する方式で、②レンズ駆動によるマイクロモーターを使っていた点で共通していた。1973 年には小西六写真も「コニカ AF ヘキサノン AR 100^{ミリ}」という自動焦点の一眼レフ用交換レンズを試作した。

以上のような試作品は、距離測定装置とその周辺技術が未成熟である欠点をもっていた。たとえば、焦点を合わせるのに時間がかかり一瞬で焦点が合わせられず、センサーに CdS を使っていたため、不特定の被写体に対して距離測定の精度が十分でなく、焦点が合う確率が低かったり、レンズ駆動に大きなモーターと電池を使っていたために、試作レンズ「コニカ AF ヘキサノン AR100^{ミリ}」のように重さ 2kg、大きさ弁当箱 2 個分のレンズがついたカメラとなり、実用化には解決しなければならない課題が数多く横たわっていた。

自動焦点カメラの実用化の契機となったのは、1974 年に米ハネウェル社が「VAF モジュール」の開発に成功したことであった。この AF モジュールは、パッシブ式自動焦点で、センサーと LSI を横 19^{ミリ}×縦 16^{ミリ}×高さ 16^{ミリ}の大きさのプラスチック箱に一体化して距離測定装置の微細化、集積化がなされた（図 7）。パッシブ式自動焦点は、カメラ自体が信号を発するのではなく、被

図 7 VAF モジュールのシリコン基板

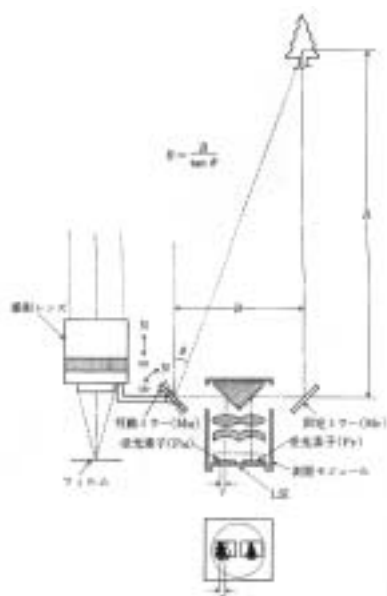


出典：「ニューフェイス診断室・コニカ C35AF」『アサヒカメラ』1979 年 2 月号、288 ページ。

28) 「カメラはじめて物語」『写真工業』2002 年 2 月号。

写体像のズレやコントラスト、位相のズレを検知

図 8 自動焦点機構の原理

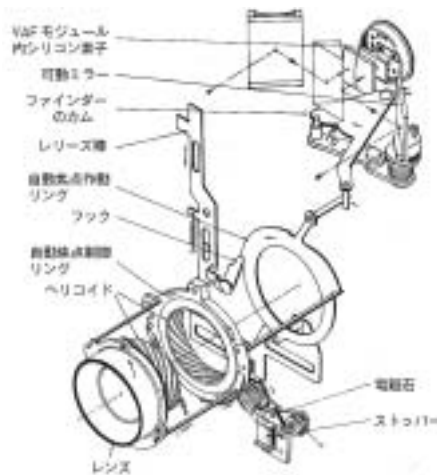


出典：内田康男『商品開発のはなし』日科技研、49 ページ。

して三角測量を行う受動的検知方式であり、ハネウェル社のパッシブ式自動焦点は位相のズレを検知するものであった。ハネウェル社は、カメラメーカー 13 社（うち 7 社は日本企業）と技術供与契約を結んだ。そして、ハネウェル社製 AF モジュールを使った三協精機とエルモの 8^{ミリ}カメラ、旭光学の一眼レフカメラの 35~70^{ミリ}ズームレンズの試作機が、1976 年の西ドイツで行われた世界カメラショー「フォトキナ」に出品された。

1977 年 11 月に小西六写真が自動焦点カメラの実用化に成功して「コニカ C35AF（ジャスピコニカ）」²⁹⁾ を発売した。1960 年代以来開発課題となっていたのを小西六写真が実用化できたのは、第 1 に自動焦点機構に米ハネウェル社の VAF モジュールを採用したことにあった。小西

図 9 自動焦点機構（コニカ C35AF）



出典：「ニューフェイス診断室・コニカ C35AF」『アサヒカメラ』1979 年 2 月号、288 ページ。

六写真は、1975 年 10 月にハネウェル社と 5 万ドルで技術供与と契約を正式に結んだ。小西六写真では、1960 年代半ばから自動焦点機構の研究が行われ、「光電的二重像合致検出方式」という自動焦点機構に到達し、1970 年代初めには、試作第 1 号機が 1973 年に創業百年フェアに、試作第 2 号機が 1974 年の世界カメラショー「フォトキナ」に出品されるまでに至っていた。この方式がハネウェル社の自動焦点機構と同様な考え方であったことから小西六写真は、ハネウェル社からの技術導入が最後発であったにもかかわらず、最短で実用化してしまった。コニカ C35AF の自動焦点機構は、パッシブ式で、①被写体からの光をセンサーの左右にある 2 つの鏡（固定ミラーと可動ミラー）で受けとめて AF モジュールに送り、③被写体からの左右の鏡からの異なった距離を AF モジュール内のセンサー上の結像を LSI が判定して、三角測量で距離を割り出し、③レンズに距離信号を送り、レンズが焦点の合うところで止まるというものである（図 8, 9）。

29) 「ニューフェイス診断室・コニカ C35AF」『アサヒカメラ』1978 年 2 月号。内橋克人『匠の時代』サンケイ出版 1978 年 9 月。内田康男『商品開発のはなし』日科技連、1991 年 2 月。『プロジェクト X』第 4 巻 NHK 出版、2001 年 1 月。

第2の成功要因は、自動焦点カメラを一眼レフカメラではなく、コンパクトカメラで実現したことにある。コンパクトカメラは、一眼レフカメラの場合のように広角から望遠といった多様なレンズを、とくに焦点深度の浅い望遠レンズを使うわけではなく、単焦点の38mmレンズを着けているため、焦点深度が深くボケが少なくてすむ。また、コンパクトカメラは一眼レフカメラの利用者のように写真を大伸ばしすることも少なく、サービスサイズの写真を楽しむ利用者が大半を占め、大伸ばしの写真用の焦点を必要としていなかった。さらに、1970年代半ばの半導体の発展状況は、普及品がICからLSIに代わりつつある時期で、コンパクトカメラの自動焦点機構に必要な半導体はICを駆逐することで間に合い、LSIを採用すれば十分余裕ができるくらいであった。しかし、コンパクトカメラより数段の複雑な制御を必要とする一眼レフカメラでは、CPUで全体を制御し、制御命令を書き込んだ呼び出し専用メモリーのROMと書き込みと呼び出しのできるメモリーRAMを一緒にしたマイコンが必要であった。そのため、1977年にコニカC35AFが登場してから一眼レフカメラの自動焦点カメラが開発されるのに8年間を要した。小西六写真が自動焦点機構の開発をコンパクトカメラに絞ったことは的確な判断といえる。

第3に、小型化を図るためにレンズのモーター駆動をやめ、バネによってレンズを動かす方式を採用したことに成功要因があった。コンパクトカメラに自動焦点機構を採用したことは、逆に小型化という困難な開発条件を持ち込んでしまった。フィルムを巻き上げるときの動力を同時にレンズを動かす動力に利用することでレンズを駆動させるモーターをやめてしまった。そのため、カメラの大きさは、横128mm×縦73mm×厚さ53mmの「ピッカリコニカ」より自動焦点機構で大きくなった分が横4mm、縦3mm、厚さ1mmであり、必要最小限に抑えられた。このことは、限られたカメラの空間をとらず、重量が抑えられ、ピッカリコ

ニカより12,000円の価格上昇の42,800円という安い価格で販売できた。

1977年に発売された「コニカC35AF」は、11月30日発売当日に用意された1万台が即日完売し、月産1万台で出発した生産計画も月産8万台に引き上げられ、フル稼働させる量産体制で1979年11月には100万台を突破した。

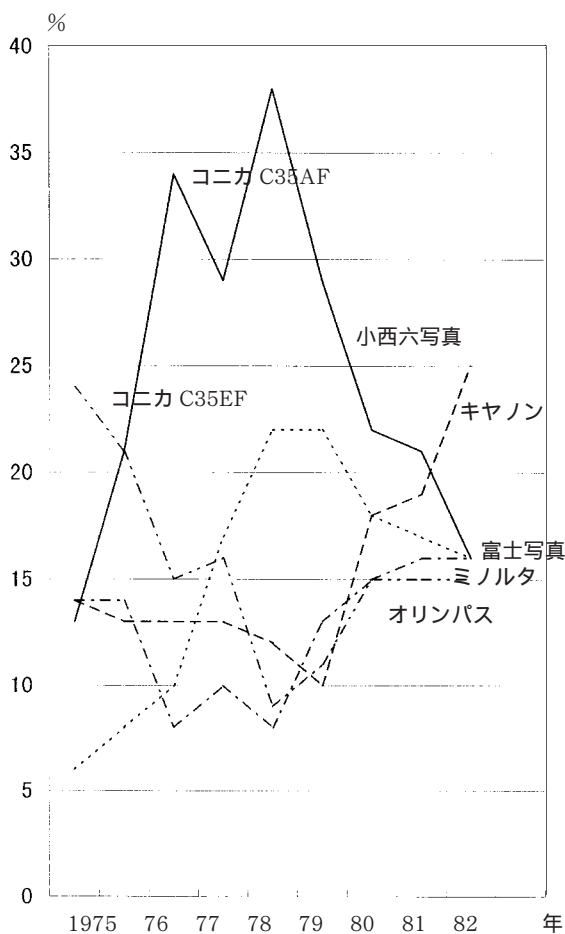
この段階の自動焦点カメラは、①暗い被写体には焦点が合いにくかったり、②白い壁や芝生、遠くの山並みなど、像のズレ分が検出しにくい被写体にも焦点が合いにくかった。また、③視野の真ん中を対象にしていることから人物が2人並んでいるとその背景に焦点が合ってしまうなどの難点があった。

コンパクトカメラの自動焦点カメラは、③の中央部焦点あわせ機構の欠点を補うフォーカスロック機能をもったヤシカ「ヤシカオートフォーカス」が1978年10月に、富士写真フィルム「フラッシュフジカAF」が11月に、ミノルタ「ハイマチックAF」が1979年10月にいずれも米ハネウェル社のVAFモジュールを採用して「コニカC35AF」に追従した。

自動焦点カメラの試作機を1963年に発表してカメラ技術者に衝撃を与えたキヤノンは、小西六写真から2年遅れた1979年11月にキヤノン「AF35M（オートボーイ）」³⁰⁾という自動焦点のコンパクトカメラを発売した。他社の自動焦点カメラがハネウェル社のパッシブ方式を採用していたのに対して、キヤノンはアクティブ方式を開発した。アクティブ方式は、カメラから被写体に信号を送り、被写体から反射してきた信号を検知して距離を測量する方式で、キヤノンの場合、赤外線を発光ダイオードに用い、被写体に向けて近赤外線を照射し、この反射光を赤外センサーで感知して三角測量を行って距離を合わせる方式を採用した。この赤外線を照射するのは1963年の試作機「キヤノンAF」と同様であった。アクティブ方式

30) 「ニューフェース診断室・キヤノンAF35M」『アサヒカメラ』1980年2月号。

図 10 ビックリコニカ・ジャスピンコニカ効果 (各社のコンパクトカメラの市場占有率)



出典：『月刊ラポ』各年3月号のデータより作成。

の自動焦点は、パッシブ式と比較して撮影場所が暗くても、被写体のコントラストが低くても自動焦点が機能する反面、遠距離の被写体の焦点が合いにくい面をもっていた。

コンパクトカメラは、1980年には各社の自動焦点カメラが出揃い、市場の中心となっていた。小西六写真は、コンパクトカメラ分野でストロボ内蔵(1975年)、自動焦点(1977年)の開発先行によって1974年のカメラ生産額が95億円であったのが1975年にヤシカを抜いて107億円となり、1978年には2.5倍の239億円、1979年359億円、1980年357億円と飛躍的に業績を伸

ばした。コンパクトカメラの市場占有率でも、小西六写真は、1974年13%であったものが、1975年21%、1976年34%、1978年38%と飛躍的に拡大した(図10参照)。しかし、1979年にキヤノンがオーボーイで自動焦点コンパクトカメラを開発したことでかげりが出始め、1982年販売力で勝るキヤノンに生産額、占有率で抜かれ、ストロボ内蔵・自動焦点の技術的先行の効果が失われた。

自動焦点の一眼レフカメラは、コンパクトカメラから8年間遅れてミノルタが1985年2月に「ミノルタα-7000」(図11参照)をもって登場し

図 11 一眼レフカメラの自動焦点機構
(ミノルタ α -7000)



出典：『ニューフェイス診断室・ミノルタの軌跡』朝日新聞社，135 ページ。

た³¹⁾。このカメラの自動焦点機構は、米ハネウェル社のパッシブ式を基礎してミノルタが開発した「TTL 位相差検出法（横ズレ法）」によるボディ駆動方式であって、①自動焦点などカメラ本体の制御だけでなく、レンズ・ストロボ・プログラムシステムアクセサリとの関連を制御する情報をデジタル化してボディ内の 8 bit CPU に組込んで操作すること、②AF モジュールにはハネウェル社の TCL モジュールが採用されたこと、③自動焦点センサーには横一列に並んだ 128 個の受光部をもつ CCD が用いられたこと、④動力源のモーターをボディ内に置いたこと、⑤レンズ内に焦点距離、明るさ、繰り出し量、回転角などの情報を記憶させた ROM を組み込み、ボディからの信号を瞬時に読みとってレンズを駆動させること、⑥レンズマウントを AF 専用に変更したこと、などの

特徴をもっていた。シャッターにはコバル製シャッターが採用された。

1985 年 2 月に売りだされると、爆発的人気をえて当初月産 3 万台で出発したが、5 月にはキヤノンを抜いて一眼レフ販売第一位となり、9 月には月産 6 万台でフル稼働して 1 機種で一眼レフ市場の 40% を占めた。そして、9 月に上級機種の「 α -9000」、1986 年 6 月には下級機種の「 α -5000」を発売した。ミノルタ α -7000 は、1987 年まで 2 年間で国内市場と輸出市場において 200 万台を販売し、このうち 30% がアメリカ市場での販売であった。日本光学（1986 年 4 月「ニコン F501」）、オリンパス光学（10 月「オリンパス OM707」）、京セラ（12 月「230AF」）、キヤノン（1987 年 3 月「キヤノン EOS 650」）、旭光学（1987 年 3 月「アサヒペンタックス SFX」）など各社もストロボを内蔵する機能を付加して 1980 年代後半に相次いで自動焦点機構をもった一眼レフカメラを発売していった。

自動焦点一眼レフカメラも 1985 年にはミノルタ 2 機種だけで年間 128 万台を販売したが、88 年には 55 万台に落ち込んだ。これを底に 1988 年から第二世代の自動焦点一眼レフカメラが開発されて再び売上げを伸ばしていった。第二世代の自動焦点一眼レフカメラの特性は、①フォーカスエリアの拡大、②ワンショット自動焦点とコンティニュアス自動焦点の自動切替え、③自動焦点作動の高速化、④自動焦点センサーの高感度化、⑤動く被写体に対して追従してレンズの動きを補正する機能をもった動体予測フォーカス制御などで、第一世代の自動焦点機構より数段の技術進歩があった。自動焦点の開発に先行したミノルタは、カメラ生産の稼働率が 1995 年に 98% であったが、 α -7000 の発売で 1986 年に 105%、1987 年に 103% と高まり、カメラの生産額も 402 億円から 1986 年 594 億円、1987 年 741 億円と増額した。後れをとった各社は、キヤノンの高級カメ

31) 『ニューフェイス診断室・ミノルタの軌跡』朝日新聞社，131～139 ページ、『ミノルタ α システムのすべて』朝日ソノラマ，1986 年。ここでは、自動焦点一眼レフカ

メラの技術的本流となったボディ駆動についてのみ扱い、先行したレンズ駆動の自動焦点については述べなかった。

表3 一眼レフカメラの自動焦点化の進展

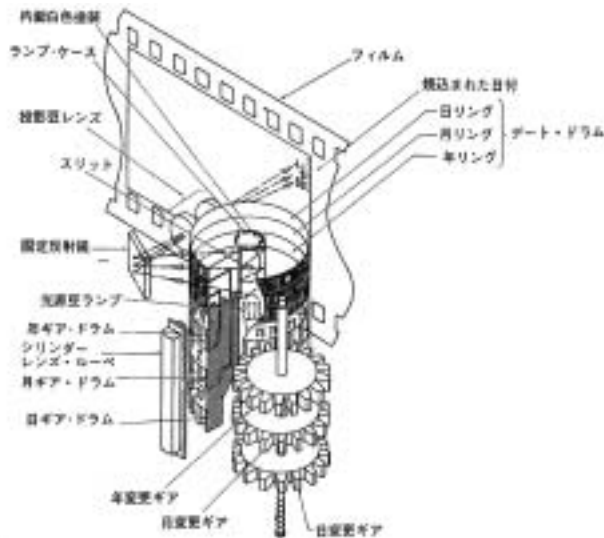
		1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年
非自動焦点		第 一 世 代			第 二 世 代			
ミノルタ	下級種				9月 α -3700i		→ 9月 α -3Xi	
	中・下級種	6月 α -5000			→ 9月 α -5700i			
	上級種	2月 α -7000		→ 5月 α -7700i		→ 3月 α -8700i		→ 6月 α -7Xi
	最上級種	10月 α -9000			→			
ニコン	下級種				6月 F401AF		→ 4月 F401s → 9月 F401x	
	中級種	4月 F501AF			9月 F601			
	上級種				6月 F801		→ 3月 F801s	
	最上級種				12月 F4 →			
オリンパス				10月 OM703			9月 L-1	
キヤノン	下級種				10月 EOS750QD EOS850QD		→ { 3月 EOS700QD 10月 EOS1000QD } → 11月 EOS1000QDP	
	中・上級種				3月 EOS650 5月 EOS620		→ { 4月 EOS630QDP 10月 EOS RT } → 3月 EOS10QD → 10月 EOS100QD	
旭光学	下級種				9月ペンタックスSF7			
	中級種				3月ペンタックスSFX→11月ペンタックスSFXs			6月ペンタックスZ-10QD
	上級種							12月ペンタックスZ-1QD
単 位	1985年	1986年	1987年	1988年	1989年	1990年	1991年	
ミノルタ	億円	402	594	741	509	439	542	526
	%	98	105	103	98	94	100	97
	万台	-	-	-	-	-	-	-
ニコン	億円	1,054	1,076	1,125	912	921	1,201	1,143
	%	99	100	95	92	92	99	90
	万台	271	286	302	309	-	-	-
オリンパス	億円	390	387	322	137	457	514	527
	%	93	97	97	102	104	107	102
	万台	49	42	21	2	15	-	-
キヤノン	億円	563	424	476	422	1,213	1,771	2,448
	%	90	85	90	90	93	95	95
	万台	124	92	103	70	-	-	-
旭光学	億円	227	233	195	333	340	347	403
	%	73	75	62	93	94	92	98
	万台	125	148	135	186	219	-	-

出典： 下表は日経『会社年鑑』各年版。

注： 1. 上段-生産額，中段-生産稼働率，下段-販売台数。

2. オリンパスの販売台数は一眼レフカメラのみ，キヤノンは1985～1988年が一眼レフカメラのみで，1989～1991年は全カメラの数値となっている。

図 12 デート機構（キヤノンデート E）



出典：「ニューフェイス診断室・キヤノンデート E」『アサヒカメラ』1971年2月号，265ページ。

ラの稼働率が1985年90%、1986年85%と低下し、1987年にはEOS650、EOS620の2機種 of 自動焦点カメラを発売して反撃して90%に回復したが、1988年も90%に留まった。ニコンは、1986年の段階で自動焦点カメラF501を発売して追撃したので、他社ほど影響が少なかった。オリンパスは、1986年10月にOM703を発売したが、マニュアル一眼レフカメラにシフトしていたので、その後の開発が続かず、1985年に49万台あった高級カメラ販売台数が1986年42万台、1987年21万台、1989年15万台と減少の一途をたどった。一番影響が大きかったのは、ミノルタの開発に丸2年遅れた旭光学であった。稼働率が1985年73%、1986年75%と低迷して1987年には62%にまで落ちた（表3参照）。

こうした第二世代機には、ミノルタ「 α -7700i」（1988年5月）、ニコン「F4」（1988年12月）、キヤノン「EOS630QD」（1989年4月）、旭光学「ペンタックスZ-10QD」（1991年6月）などがあり、1990年には自動焦点一眼レフカメラが一眼レフカメラ市場の生産台数で66.8%、生産額で

78.4%を占めるまでに至った³²⁾。

（2）電子制御による多機能化

カメラの自動化が露出機構の自動化を中心に進み、制御方法も機械式から電子式になると、カメラ全体の機能を電子制御する方向にいった。その中から①日付写込機能カメラ、②ストロボ内蔵カメラ、③ズームレンズ付コンパクトカメラなど電子化特有の多機能化がはじまった。

まず、第1に撮影された写真に年月日がデジタル数字が焼き込まれる「日付写込機能」である。日付写し込み機能は、当初「デート機構」として登場し、時計機能を付加した「オートデート機構」となって完成をみた。デート機構を備えたカメラは、1970年にキヤノンが「キヤノンデート E」³³⁾で初めて実現した。このカメラは、プログラム式の自動露出機構のコンパクトカメラで、デート機能については、透明なドラムの内部で豆ランプが

32) 『日本の写真産業』2001年版，日本写真機工業会。

33) 「ニューフェイス診断室・キヤノンデート E」前掲，1971年2月号。

4分の1秒間点灯して日・月・年の数字をフィルムに印字するものであった(図12参照)。各社も1970年代前半に追従してデート機構をもったコンパクトカメラを発売していった。これらのカメラは、撮影する際に、その都度ダイヤルで年月日を設定するものであった。デート機構の仕組みは、設定された年月日が撮影と同時に光学的にフィルムの下方に写し込まれるようになっていた。実際、消費者が使ってみると、撮影する前に必ず日付をチェックしなければならず、煩雑であり、チェックを忘れることも多く、前日の日付を焼き込んでしまうことがしばしばあった。そこで、時計機能を組み込むことで自動的に日付が進行して撮影時の日付を正確に写し込むことが技術的課題となった。しかし、デジタルクォーツの技術は1970年代前半には発展途上の技術であり、価格的にもコンパクトカメラに組み込むには高価であったことから導入には時間がかかった。

デジタルクォーツがカメラに組み込まれて「オートデート機構」となったのは、1978年の小西六写真が発売した「コニカ C35EF オートデート」、 「コニカ Acom-1 オートデート」であった。このオートデート機構をもったカメラは、カメラの裏ぶたの中にデジタル時計用の回路と発光素子を組込み、フィルムの裏側から焼き付ける構造を採っていた。これらのカメラの登場で日付写し込み機能は完成し、1970年代末から1980年代前半にかけてコンパクトカメラの分野で各社が採用し、しだいに一眼レフカメラにも普及していった。

第2の電子化による多機能化は、ストロボ内蔵カメラである。本格的なストロボ内蔵カメラ³⁴⁾が登場したのは、1976年3月の小西六「コニカ C35EF (ピッカリコニカ)」³⁵⁾であった。ストロボ

内蔵カメラを開発するには、①コンパクトカメラの横10センチ×縦8センチ×厚さ5センチという寸法の中にいかに小型化できるのか、②コンパクトカメラ故にレンズとストロボの発光部との配置が近すぎるために起こる「赤目現象」の解消、③電池の消耗を最小限にするストロボのスイッチをどのように設定するのか、④カメラボディがアルミダイキャスト製であるため通電し感電する、などの課題が山積みされていた。こうした技術的課題を解決したこのカメラは、フラッシュマチック方式と呼ばれるもので、ガイドナンバー14の小型ストロボを内蔵し、設定した距離に応じて自動的にカメラの絞り値を変更し、ストロボ光による適正露光がえられる方式を採用した。コニカ C35EF は、5年以上もヒットが続き、通算250万台も販売されたベストセラーカメラであり、その後のコンパクトカメラには、ストロボ内蔵が一般化する潮流をつくった。

一眼レフカメラでは、1987年3月発売の旭光学「ペンタックス SFX」³⁶⁾が最初にストロボを内蔵した。このカメラは、ストロボがペンタ部に収納され、その後のストロボ内蔵一眼レフカメラの基本型となった。そして、オートストロボであるため、被写体の明るさに応じてストロボに同調したシャッター速度と絞り値が自動的に決まって撮影される³⁷⁾。

第3の電子化による多機能化は、ズームレンズ付コンパクトカメラの登場である。コンパクトカメラの分野では、1977年の自動焦点カメラ以来、新技術による新型カメラが久しくなかった。こうした中、一眼レフカメラの旭光学が1986年12月にズームレンズを着けたコンパクトカメラ「ペ

ラ』1975年6月号。

34) 「カメラ初めて物語」(『写真工業』2002年2月号)によると、ストロボを内蔵する最初のカメラは1968年に輸出専門企業タロンが発売したカートリッジカメラ「パーママチック 618」であったが、その後の発展につながらなかった。

36) 1986年10月にオリンパス光学「オリンパス OM707」、京セラ「230-AF」は内蔵に近い着脱式の外付ストロボであった。

35) 「ニューフェース診断室・コニカ C35EF」『アサヒカメ

37) 「カメラ初めて物語」『写真工業』2002年2月号、「ニューフェース診断室・ペンタックス SFX」『アサヒカメラ』1987年5月号。

表 4 カメラのプラスチック化

	コンパクトカメラ		一眼レフカメラ	
	採用年	機種名	採用年	機種名
キヤノン	1974年	デートマチック	1983年	キヤノン T-50
日本光学	1983年	ピカイチ AD	1987年	F-401
ミノルタ	1972年	ハイマチック F	1984年	ミノルタ 7000AF
旭光学	1982年	オートロン AF	1983年	ペンタックス A3
オリンパス光学	1979年	オリンパス XA	1986年	OM-707
小西六写真	1976年	コニカ C35EF	—	—

- 注：1. カメラ各社にデータを照会した。
2. 判断は拙者が行ったので各社の回答とは異なることもある。

ンタックス ZOOM-70DATE」を発売し、ズームコンパクトブームを作り出した。このカメラは、半導体の発展に支えられ、①35^{mm}F3.5 から 70^{mm}F6.7 までのズームレンズを着装し、②ファインダーの視野もズーミングに伴って自動的に変化して③ストロボの照射角度もズーミングによって変化するものであった³⁸⁾。京セラ「サムライ」（1987年11月）、3倍ズーム機能をもったオリンパス「イズム 300」（1988年）、4倍ズーム機能のリコー「MIRAI」（1988年）など各社のズームコンパクトカメラが登場し、高機能化の開発競争が演じられた。そして、1990年にはズーム付コンパクトカメラが国内のコンパクトカメラ市場で生産台数 38.6%、生産額 64.3%も占有するようになった³⁹⁾。

(3) 素材と部品の革新

1) カメラボディのプラスチック化

カメラボディは、かつては金属板をプレス加工した部品を組み立てていたが、強度と軽量化のせめぎあいを行いながら、しだいにアルミニウムと銅の合金を鋳造したアルミダイカストに移行し、さらにプラスチックへと変化していった。

カメラボディのプラスチック化は、1970年代

後半から進行するが、現時点からの評価からすれば、従来の金属製ボディに比べて①重量が軽く、②生産工程の加工がしやすく、③ボディのデザインに自由度が拡大して多様なカメラが登場し、④製造コストが軽減される利点からプラスチック・ボディが登場したとされている。しかし、1970年代中頃のプラスチック成型は、寸法精度や強度がまだ非常に低レベルにあったので、ほとんど開発はプラスチック金型や成型技術からはじめなければならない水準にあった⁴⁰⁾。ボディのプラスチック化は、カメラの自動化が1960年代後半から電子制御を基軸に転換し、1970年代に入ると電子制御による自動化が本格化する中でシャッター・ストロボ・AFなどを駆動させるエネルギーをコンデンサーに蓄電するため、開発段階で金属ボディで感電する事故がしばしば起り、絶縁ボディとしてプラスチックが採用された。したがって、カメラボディのプラスチック化は、電子制御による自動化の副産物といえる。

電子化が進むにつれ、カメラに半導体をつけた電子基板、モーター、コンデンサー、電池などが入り込み、重量が重くなり、容積が大きくなってしまふことからボディ素材の軽量化・小型化が模索されていった。1981年に405gもあったコンパクトカメラの重量（キヤノンオートボーイ）は、1988年には240g（リコーFF-9D）となり、

38) 「ニューフェース診断室・ペンタックスズーム70デイト」『アサヒカメラ』1987年3月号。

39) 『日本の写真産業』2001年版。

40) 内田前掲書 11～15ページ。

1990年には190g(コニカピックミニBM-201)というように軽量化が進んだ。

プラスチック化は、表4の大手5社の状況をみると、コンパクトカメラでは、1970年代後半から進行し、一眼レフカメラでは、1983年のグラスファイバー入りポリカーボネートというプラスチックを使った「キヤノンT-50」からはじまり、次第に高級機種にも普及していった。

2) 露出計センサー

露出計は、1950-60年代には単体で使用されていたが、カメラの自動化が進行する中でカメラに内蔵されるようになり、微細で感度のよい受光素子が求められるようになり、受光素子も変化していった。1950年に露出計専門メーカーのセコニックが「セレン光電池(Se)」を受光素子にを使った露出計を発売した。セレン光電池は、微量な電流に対して敏感に反応する電流計で、電池などの電源を必要としない利点があった。1950年代後半になると、セレン光電池を受光素子とした外付けの着脱式露出計や内蔵露出計カメラが登場して1960年代半ばまで使われた。セレンは、受光素子としての感度を高めるには光電池の面積を大きくしなければならず、単体の露出計では問題ないが、露出計内蔵カメラには向かないことから露出計内蔵カメラが普及するにつれて消えていった。

1960年になると、セコニックが硫化カドニウム(CdS)を受光素子としたCdS式露出計「マイクロライトメーター」を売り出し、1962年にはミノルタカメラの一眼レフカメラ「ミノルタSR-7」に内蔵された露出計にも採用されるようになった。受光素子CdSは、セレンに比べると、①安定性がよく、とくに感度が非常によいために暗い所でも測光でき、②小さく、受光角を狭くして感度を高くすることができるため内蔵露出計の受光素子に適しており、TTL露出計に利用される利点がある反面、③電源を必要とするため水銀電池を内蔵しなければならなかった。また、④被写体への測光において前歴現象が残り、⑤低照度の被写体に対して反応が鈍いなどの課題をもってい

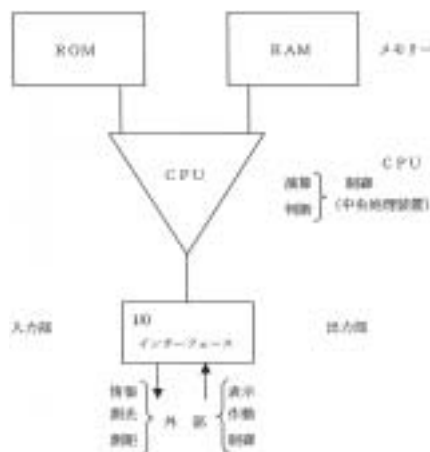
た。CdSは、1960年代半ばから1970年代半ばまで露出計の中心的な受光素子として使われ、1990年代になっても普及機では利用されている。

1970年に富士写真フィルムが、TTL一眼レフカメラ「フジカST701」にシリコンフォトダイオード(SPD)を受光素子とした露出計を内蔵した。シリコンフォトダイオードは、CdSがもっていた課題を解決する①低照度に強く、②前歴現象が残らず、③反応速度が速い特性をもつ受光素子であった。しかし、シリコンフォトダイオードが普及したのは、1970年代後半からであった。

3) 半導体の採用

カメラへの半導体を導入する際、①小さい空間に収まること、②低電圧・低容量の電池を電源としていること、③かなり厳しい温度や湿度でも作動することなどの制約があった。

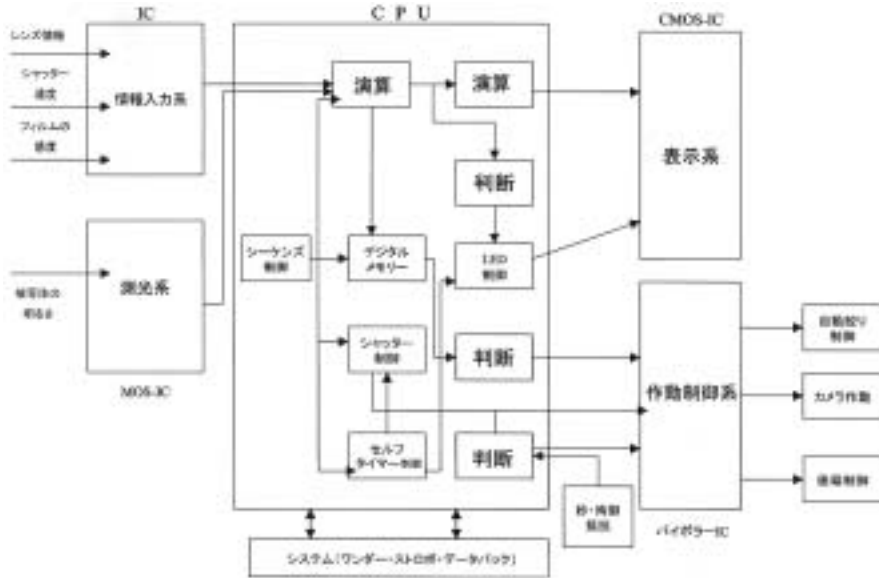
図13 CPU制御の原理



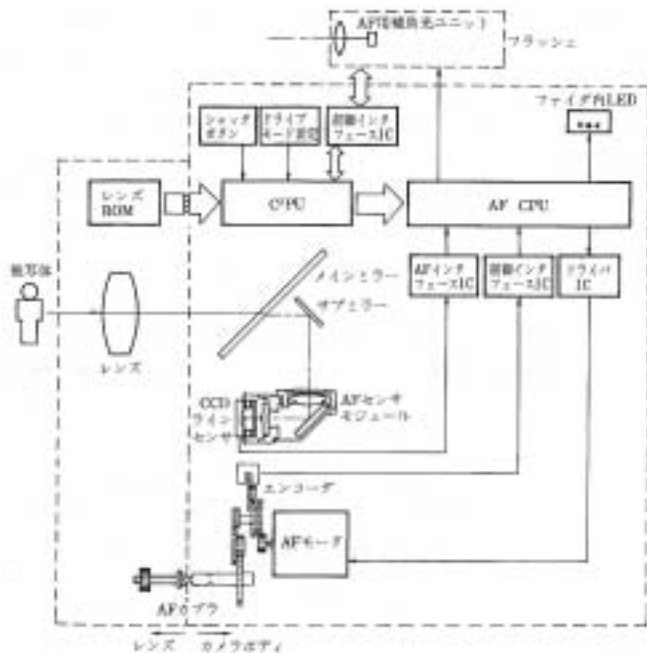
1960年代のCdS式露出計を制御する程度であれば、半導体も数珠のトランジスターで間に合っていた。1970年代には、測光・シャッター速度・モーター・ストロボなどと制御する領域が拡大し、半導体もトランジスター・IC(集積回路)からLSI(大規模集積回路)・CPU(中央処理装置)・VLSI(超大規模集積回路)へと発展し、コ

図 14 電子回路と半導体

a. キヤノン AE-1



b. ミノルタ α-7000



出典： a 表は『日本のカメラの歴史（続）』毎日新聞社，1986年6月，77ページより作成。
 b 表は小堀敏男「カメラの機構」『精密機構』オーム社，1987年4月，125ページ。

コンパクトカメラ・一眼レフカメラを問わず、カメラに半導体が組み込まれた。この時期、腕時計が

クォーツ化して電子時計となり、時計に搭載する半導体の開発が進み、半導体の小型化がカメラに

も応用されるようになった。また、ハイブリッド IC (混成 IC)、モノリシック IC (半導体 IC) も登場してくる。LSI の採用によって大容量化してもすべての電気部品が1つのLSI回路に組み込まれるわけではなく、回路の一部は単部品で別に回路中に着けられなければならなかった。ハイブリッド IC は、単部品を別々に取り付けるのでは、カメラの空間の面でも、生産工程の組み付けの面でも、費用の面でも不利なことから生まれたものである。ハイブリッド IC は、単部品を集めて、ある程度小さくセラミック製の基板に取り付けたものである。これによって抵抗がプリントされ、半導体は生産工程においてミニモールドのまま着けられ、ハンダコテが不要になり、配線も極端に減少した。そして、シリコンウエハーの薄板の上に回路を半導体製造装置で焼き込んだモノリシック IC に発展した。1976年初めてカメラにCPU (中央演算処理装置) を搭載したキヤノン AE-1 は、MPU を使わずにユニポーラ IC (MOS-IC) と IC とを組み合わせて、CPU の働きをさせており、1980年代には一眼レフカメラには一般的に使われるようになった (図13参照)。CPU を中心としたカメラ制御の電子回路と半導体の関係は、図14-a キヤノン AE-1 と b ミノルタ α -7000 の通りである。

半導体を搭載する基板は、1970年頃のヤシカのエルクトロ・シリーズではフレキシブルボードではなく、回路配線が電線の束となってカメラ内を走り回っている状態であった。このような回路配線では、①カメラ内の空間をとり、②生産工程での組み立ても不便であり、③ハンダ付けの多いことが故障の原因となっているなどの課題も多かった。1970年代末になると、フレキシブルボードが登場し、この基板は薄いプラスチックのやわらかい板に複雑な配線パターンが銅箔で積み重ねにされ、その上に半導体、半導体には組み入れられないディスクリート部品やエンコーダーアセンブリーのような部品まで取り付けられ、その柔軟性を利用してカメラの上に折り曲げられて取り付

けられた⁴¹⁾。

1980年代には、自動露出、自動フィルム供給、自動焦点、ストロボ内蔵などの機能が電子制御されるようになり、当初別々の半導体で制御していたのが、次第に大容量の半導体に集約され、半導体を搭載する基板もフレキシブルボードが普及してくる。

半導体の導入は、①2,000~3,000の機械部品が電子回路に置き換わってカメラの中に電子基板が張りめぐられ、②反面機械機構が簡略化され、③カメラの精度が向上し、④操作も簡単になり、⑤重量が軽くなり、容積も小型化する、などに貢献した。

1970-80年代の自動化は、機械的制御から電子制御に代わり、センサーと小型モーターを活用したプログラムを電子回路として半導体に組込んで制御するようになった。そのため、制御するプログラムを設計する半導体のソフトウェアの開発がカメラ企業にとって重要な課題になってきた。当初、カメラ各社は半導体企業と共同で電子回路を設計していたが、次第にソフトウェアの開発はカメラ企業が独自に行うようになっていった。カメラ各社で設計された専用の半導体は半導体企業に受注して製造され、そして、汎用の半導体と共にカメラ企業で基板に組み立てられた。

4) モーター

フィルム給送機構を電動で行う試みは、外付けのモータードライブとして行われてきたが、技術的にはモーターが大きすぎて小型化が困難であり、モーターの原価も高く商品化が難しかった。カメラへのモーターの応用は、フィルム給送を除くと、自動焦点・ズーミング (レンズ駆動)、シャッター・レンズの絞り (露出作動)、ミラーなどの駆動に使われたが、いずれも特殊なモーターで、数量的に問題があった。

カメラへのモーターの採用は、1960年代から

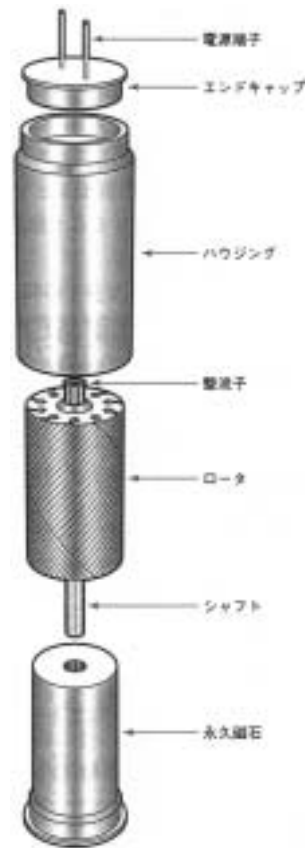
41) 編集部「小さなカメラ小さな部品」『カメラレビュー』朝日ソノラマ、1980年5月号 (No. 11)、39ページ。

外付けのモータードライブには取り付けられていたが、外付けである限りそれほど小型化は問題にはならなかった。1970年代に入ると、自動焦点・フィルム給送の自動化が実用化の段階を迎えてモーターの①内蔵化、②小型化・軽量化、③機能としては高出力で、起動・停止の反応が速く、とくに停止が高精度であること、④低電圧・低消費電力であることなどの省エネルギー化、⑤長時間放置されても起動し、間欠運転が可能であること、⑥低価格であること、が課題となっていた。しかし、最初の自動焦点カメラ「コニカ C35AF」（1977年）や「ミノルタハイマチック AF」（1979年）など初期の自動焦点のコンパクトカメラは、スプリング駆動の機械制御の自動焦点機構であり、モーターは使われていなかった。その理由は、モーターと電池が大きすぎてカメラに内蔵できなかったことにあった。

1980年代にフィルム給送機構が自動化し、自動焦点カメラも登場して「コアモーター」、「コアレスモーター」、「ステッピングモーター」⁴²⁾ と呼ばれる小型モーターが開発されてカメラに取り付けられるようになった。

モーターは一般的には鉄心にコイルを巻いたローターが磁気によって回転する（コアモーターは、鉄心をもった三極から五極の一般的小型モーターの総称である）が、鉄心をもたないローターを回転させたのがコアレスモーター（図15参照）である。このモーターは、樹脂で固めたコイルをローターにして内側に永久電池を着けて回転する直流モーターである。①制御性に優れ、②電圧ロスが少ないことから出力効率がよいという利点があった。そのため、高精度が要求され、小型で軽量の精密制御用モーターに使われた。しかし、アルニコ磁石・希土類磁石やコイル、貴金属ブラシ・整流子など高価な原材料を使わざるをえないために製造原価が高くなる欠点をもっていた。半導体による電子制御の技術がそれほど進展してい

図 15 コアレスモーターの仕組み



出典：見城尚志・佐渡友茂『小型モーターのすべて』技術評論社、71ページ。

ない1970年代後半から80年代初めまでは、コアレスモーターが使われていた。コアモーターは、慣性モーメントが大きく作動がにぶいことや、モーターの停止が電極の位置で決まるために想定した位置で止めにくいなどの欠点をもっていたことからコアレスモーターが採用されていた。電子制御の技術が進むことで、低価格のコアモーターが使われることが多くなっていった。

ステッピングモーターとは、一歩一歩段階的に回転するモーターという意味で、電力パルス数に応じて回転角が変化し、入力周波数に比例して回転速度が変化するため、モーターを制御することができる特性をもっていた。また、カメラの制御

42) 見城尚志・佐渡友茂『小型モーターのすべて』技術評論社、2001年5月。

表 5 カメラのモーター (ミノルタ)

コンパクトカメラ

商品名	発売年	モーター数	用途	モーターの種類 (モーター数)
ハイマチック AF	1979 年	0	AF はスプリング駆動. フィルム給送は手動.	無
AF テレ・クォーツデイト	1985 年	4	AF 駆動, 焦点切替, 駆動制御, フィルム給送駆動.	ステッピングモーター (2), コアモーター (2)
MAC-ZOOM90QD	1989 年	3	AF 駆動・シャッター, フィルム給送駆動, ズーミング	ステッピングモーター (1), コアモーター (2)

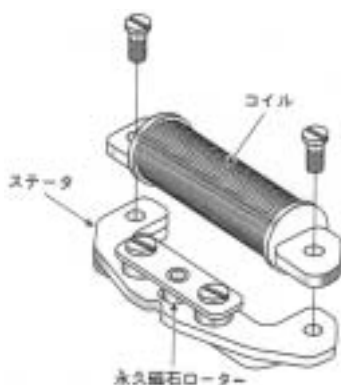
一眼レフカメラ

商品名	発売年	モーター数	用途	モーターの種類 (モーター数)
α -7000	1985 年	2	AF 駆動, フィルム給送駆動.	コアモーター (2)
α -7700i	1988 年	2	AF 駆動, フィルム給送駆動.	コアモーター (2)
α -8700i	1990 年	2	AF 駆動, フィルム給送駆動.	コアモーター (2)
α -7xi	1991 年	3	AF 駆動, ミラー・絞り・シャッターのチャージ駆動, フィルム給送駆動.	コアモーター (2), コアレスモーター (1)

注: α -7xi は交換レンズの一部にパワーズーム採用でレンズ内にコアモーターが着けてある.

する MPU と整合性がよく、高性能化しやすく、回転磁界の方向を切り替えれば、回転方向を正逆転でき、自動焦点のレンズを左右回転するなどに適していた。カメラには、クォーツ時計で使われていた超小型軽量のステッピングモーターが応用された (図 16 参照)。

図 16 クォーツ時計用ステッピングモーター



出典: 図 15 と同じ, 256 ページ.

1979 年に一眼レフカメラ「コニカ FS-1」とコンパクトカメラ「キヤノン AF35M (オートボーイ)」の双方で自動巻上げ・巻戻し機構にコアードモーターが着いたカメラが発売された。コニカ FS-1 は、モーターのサイズを小さくすることをせず、巻取り軸の空間にうまく組み込むことで

実用化した。しかし、巻戻しは手動機構に残した。キヤノン AF35M は、毎分 7,500 回転する高速モーターを採用して正攻法に小型化を図ってカメラに組み込んだ。巻戻しに 36 枚撮りフィルムで 25 秒かかった。この段階で双方の差は、コンパクトカメラと一眼レフカメラのフィルムを巻取る力の違いからくるものであった。

カメラに組み込まれる小型軽量モーターが発展するのは、1980 年代中頃からである。自動焦点一眼レフカメラに最初に開発したミノルタを例にとると (表 5 参照)、一眼レフカメラでは、「 α -7000」に自動焦点駆動用とフィルム給送駆動用のコアモーターがそれぞれ内蔵された。フィルム給送駆動用モーターはミラーの上下駆動、レンズの絞り・シャッターの駆動に併用された。第二世代の自動焦点カメラ「 α -7700i」(1988 年)「 α -8700i」(1990 年)では α -7000 と同じモーター構成で、モーターの発展はなかった。1991 年に発売された「 α -7Xi」になると、フィルム給送駆動用モーターからミラーの駆動、レンズの絞り・シャッターの駆動が独立してコアモーターが使われ、自動焦点もコアモーターで駆動した。フィルム給送駆動用モーターにはコアモーターに代わってコアレスモーターが採用された。また、コンパクトカメラでは、多焦点カメラ「AF テレ・クォーツデイト」(1985 年)に 4 つのモーターが

表 6 電子制御の進捗と電池容量

コンパクトカメラ

機種名	発売年	内蔵電動部分	電池
コニカ C35	1968年	自動露出 (CdS 電源)	ボタン型水銀電池
コニカ C35EF	1975年	自動露出 (CdS 電源), ストロボ電源	ボタン型水銀電池, 単三乾電池 2 本
コニカ C35AF	1977年	自動露出, ストロボ, 自動焦点の電源	単三乾電池 2 本
コニカ Z-up80	1988年	自動露出, ストロボ, 自動焦点, ズーミングの電源	リチウム電池 (2CR5) 1 個

一眼レフカメラ

機種名	発売年	内蔵電動部分	電池
ニコン F	1959年	無	無
ニコン F2	1971年	一部機種のみ TTL 自動露出	ボタン型水銀電池 2 個
ニコン F3	1980年	シャッター制御, 液晶表示の駆動	ボタン型酸化銀電池 (SR44) 2 個
ニコン F4	1988年	プログラム自動露出, 自動焦点, 自動巻き上げ・巻き戻し	単三乾電池 4 本
機種名	発売年	内蔵電動部分	電池
アサヒペンタックス	1957年	無	無
アサヒペンタックス SP	1964年	自動露出 (CdS 電源)	水銀電池 1 個
アサヒペンタックス ES	1971年	電子シャッター-自動露出	ボタン型酸化銀電池 (G13) 1 個
アサヒペンタックス ME	1976年	電子シャッター-自動露出	ボタン型酸化銀電池 (G13) 2 個
アサヒペンタックス LX	1980年	自動露出	ボタン型酸化銀電池 (G13) 2 個
アサヒペンタックス SFX	1987年	自動露出, 自動焦点, 自動巻き上げ・巻き戻し, ストロボ	リチウム電池 (2CR5) 1 個

内蔵され、フィルム給送駆動と焦点切替駆動にコアモーターが、自動焦点制御と駆動にそれぞれ専用のステッピングモーターが使われた。

以上のようにカメラに内蔵される小型モーターも 1980 年代後半になると駆動用途に応じて多様なモーターが採り入れられた。

5) 電池

カメラの電池は、1960 年代の露出計の電源程度であれば、水銀電池で十分であったが、1970 年代に入ると、自動化が電子制御に代わる中で駆動電源として導入され、電子シャッター、ストロボ内蔵、自動装填・巻き上げ・巻き戻し、自動焦点などの電子制御の拡大とともにより高出力、高エネルギー密度、高信頼性の高い小型電池の開発が要請されてきた。しかし、1970 年代前半には高出力の小型電池の開発は、十分に進まなかった。ミノルタカメラ開発部長吉山一郎氏のストロボにおける電池の部品容積比調査では、1968 年から 1975 年間で 7 年間にコンデンサーの容積が半分になっているのに対して電池は 1 対 1 で

変わらず、小型化という点で 7 年間進歩がないという状況であった⁴³⁾。1970 年代後半になると、電子制御が露出機構からストロボ・自動焦点に拡大し、1 つの半導体を動かすのに最低 2V から 4.5V の電池が必要になり、電池もボタン型水銀電池から単三マンガン乾電池・アルカリ乾電池が採用されるようになった。表 6 のコンパクトカメラをみると、1975 年発売のストロボ内蔵カメラ「コニカ C35EF」は、自動露出機構の電源が従来の「コニカ C35」を踏襲してボタン型水銀電池を使い、ストロボ機構の電源には新たに単三のマンガン乾電池またはアルカリ乾電池を 2 本が付け加わった。1977 年に自動焦点機構が加わった「コニカ C35AF」では電子制御と電池の関係が技術的に整理されて駆動電源は、単三のマンガン乾電池またはアルカリ乾電池 2 本となった。一眼レフカメラでは、CdS センサーによる自動露出の「アサヒペ

43) 座談会「技術者が語るカメラの小型軽量化」前掲、32 ページ。

ンタックス SP」の電源は、ボタン型水銀電池 1 個で十分であったが、電子シャッターとなって IC や LSI による制御される「アサヒペンタックス ES」, 「アサヒペンタックス ME」は酸化銀電池 2 本が使われた。1980 年代に入ると、コンパクトカメラでは、自動巻き上げ・巻戻し、ズームレンズが採用され、一眼レフでも自動焦点、自動巻き上げ・巻戻し、ストロボ内蔵が電子制御で行われ、電池は、より高出力、高エネルギー密度、小型なリチウム電池が主流となった。コニカのコンパクトカメラも、アサヒペンタックスの一眼レフカメラの表 6 の通りである。

電池には短時間に高出力を必要とするモーター向きの電池とか、長時間微電力をしいのに向いた電池とか、電池の性格もあるが、それぞれの電池がカメラでどのような出力があるかをみると表 7 のようになる。ストロボの発光回数によって電池の出力を計測すると、マンガン電池を 1 としてニカド電池が 1.8, ニッケル電池が 2.6, アルカリ電池が 4.6, リチウム電池が 6.8 となり、また、バッテリーパックにそれぞれの電池を入れて撮影すると、ニカド電池が 36 枚撮りフィルム 20 本、ニッ

表 7 電池の能力

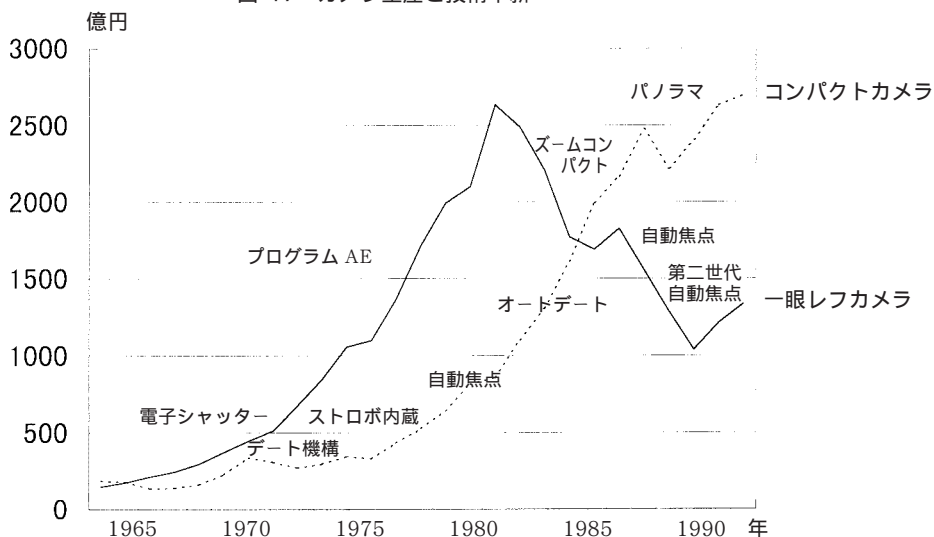
	ストロボ発光	撮影枚数
単三マンガン乾電池	1	—
単三アルカリ乾電池	4.6	1,620
単三ニカド電池	1.8	720
単三ニッケル電池	2.6	900
単三リチウム電池	6.8	3,240

注：ストロボはニコン・スピードライト SB-22s を、撮影はニコン F80 用のバッテリーパック MB-16 を使用したデータである。

ケル電池が 25 本、アルカリ電池が 45 本、リチウム電池が 90 本とアルカリ電池とリチウム電池が優れていた。リチウム電池はアルカリ電池に比べると、容積が半分ぐらいであり、単位出力は圧倒的に大きく、小型化してカメラ用電池として適していた。しかし、世界各地で簡単に入手できる電池という点では、リチウム電池はアルカリ電池にかなわない。そのため、ニコンは現在でも、「ニコン F5」「ニコン F100」にはアルカリ電池を使っている。

電池の発展には、以上でみたように電池の出力・エネルギー密度の向上した一方で、1970 年

図 17 カメラ生産と技術革新



注：1964～1985 年は『日本カメラ工業史』, 1986～1990 年は『日本の写真産業』2001 年版より作成した。

代中頃に6Vを必要とした消費電力も1980年には3Vに半減したように半導体消費電力の削減が大きく貢献していた。

IV 小 括

1970-80年代における写真機工業の技術革新は、①製品開発と②生産工程で行われた。Ⅲでは製品開発の技術変化の過程を考察した。生産工程の技術革新等については今後の課題として別稿に発表したい。製品開発は、カメラの自動化を技術発展の基軸に展開し、自動化の手段が機械制御から電子制御に変化した。電子制御は、機械制御ではできない領域まで制御を拡大して自動化を推進した。

新技術はコンパクトカメラから導入されて5年から10年遅れて一眼レフカメラが追従する形態で普及していった。それは、コンパクトカメラと一眼レフカメラでは、消費者層が異なっているという主体的条件もあった。一眼レフカメラは、

消費者がカメラへの嗜好性が高く、素直に自動化を歓迎しなかったり、カメラ各社が一眼レフカメラの利用者をマニュアル志向が強いと思いこんでいることも作用していた。客観的には、一眼レフカメラの方がコンパクトカメラよりカメラの機構が複雑で制御することが難しかったことによった。

自動化の発展は、1950年代後半の露出機構から出発し、1970-80年代のフィルム給付機構へと進んで、1980年代末の自動焦点機構で完成した。

こうした自動化を支えたのは、センサー、半導体、電池、プラスチックなどの素材の技術進歩なくしては達成できなかった。

1970年代初頭にはカメラは成熟市場になっており、次から次に製品開発を繰り返してつねに買換需要を喚起しなければならなかった事情が技術革新を促進させる背景となった。

図17は、一眼レフカメラとコンパクトカメラの技術革新と生産額との相関図である。

（日本大学工学部教授）