

# 専修大学社会科学研究所月報

The Monthly Bulletin of the Institute for Social Science  
Senshu University

ISSN0286-312X

No. 670

2019. 4. 20

## 目 次

「カメラマウントの変遷と今後のミラーレスカメラの動向」…………… 望月 宏 ……	1
第一章 研究の目的……………	2
第二章 カメラ黎明期からデジタルカメラ登場までのマウントの変遷……………	3
第三章 ミラーレスカメラの時代へ……………	12
終章 結論と今後の展望……………	18
日本のカメラ・光学産業の進化プロセス	
一 ニコンとキヤノンにみる事業拡大戦略の変遷とその課題…………… 笠原伸一郎 ……	21
問題の所在……………	22
1. 日本のカメラ・光学産業の再生とその成長要因……………	23
2. キヤノンの成長プロセスとその戦略……………	28
3. ニコンの成長プロセスとその戦略……………	35
4. ニコンとキヤノンの最先端技術にみる光学産業の事業拡大とその課題……………	40
結語：日本のカメラ・光学産業の課題……………	43
グローバル化時代における光学機器産業の復権と発展…………… 小原理一郎 ……	47
第1部 グローバル企業<三共光学工業株式会社>の成長発展の歩み 一 空洞化に抗した生き残り作戦から光学レンズ専門製造業への飛躍……………	48
第2部 ニコン望遠鏡事業の立て直し黒字化作戦……………	57
第3部 日本の銀塩カメラ事業の1990年代終末期の分析……………	70
科学技術の進歩とカメラ産業の変遷…………… 池田 英生 ……	85
第1部 カメラ産業の技術的変遷……………	87
第2部 カメラ産業にみる薄膜技術の多様な進展……………	122
第3部 レンズ設計からみた技術環境の変遷……………	134
編集後記……………	148



# 「カメラマウントの変遷と今後のミラーレスカメラの動向」

望月 宏

## 目次

### 第一章 研究の目的

### 第二章 カメラ黎明期からデジタルカメラ登場までのマウントの変遷

- 第一節 カメラの黎明期のマウント
- 第二節 一眼レフカメラの初期マウント
- 第三節 電子接点マウントの登場
- 第四節 デジタル一眼レフカメラの登場

### 第三章 ミラーレスカメラの時代へ

- 第一節 ミラーレスの登場と見えてきた課題
- 第二節 イメージセンサーの改良
- 第三節 ミラーレス用新マウント
- 第四節 ライカLマウント

### 終章 結論と今後の展望

## 第一章 研究の目的

カメラは、カメラ本体とレンズで構成される。

この二つを繋げるものは「マウント」と呼ばれる部分である。2018年にニコンが、一眼レフカメラのニコンFを作って以来、保持してきたマウントの規格に加え、新たなマウントを作り出した。

同様にキヤノンもほぼ同時期に新しい規格のマウントを打ち出した。世界の二大一眼レフメーカーがこのように新しい規格を打ち出したのは偶然ではなく、これまでのミラーを介して実像を見るという伝統的な一眼レフカメラから、イメージセンサー上に映し出される画像を確認するという、ミラーを持たないミラーレス技術に本格的に取り組むためである。

そして、このミラーレス技術は今後のカメラ業界の技術のコア部分として、競争力を支える源泉の一部としてさらなる発展が見込まれているものである。

本論文ではマウントの歴史を、その時々技術に応じて変化したものとして、また、同時に各メーカーの競争力の源泉を成す重要な要素として、その歴史を振り返ってみる。そして、将来の日本のカメラ産業の在り方を検討する。

なおこの研究は、専修大学共同研究助成 H.27 年度「オプトエレクトロニクス産業のコア技術との連携で、競争力向上を目指すカメラ産業」（望月宏・笠原伸一郎）の成果および、専修大学社会科学研究所のグループ研究「日本のカメラ産業の競争力・ブランド力分析」（2013年4月1日～2016年3月31日）、および「イメージセンサーと半導体産業」（2016年4月1日～2017年3月31日）の成果の一部として発表するものである。

また、本論文内の写真はすべて筆者が撮影したものであり、図はすべて筆者が作成したものである。

また、本文中の会社名については執筆時点の現社名で表記するものとして、ライカはライカ・カメラ AG を、ニコンは株式会社ニコンを、キヤノンはキヤノン株式会社を、ソニーはソニー株式会社を、富士フイルムは富士フイルム株式会社を、オリンパスはオリンパス株式会社を、シグマは株式会社シグマを、パナソニックはパナソニック株式会社を、マミヤはマミヤ・デジタル・イメージング株式会社を、カールツァイスはカールツァイス株式会社を、トプコンは株式会社トプコンを、コダックはイーストマン・コダックを、コニカミノルタ及びミノルタはコニカミノルタ株式会社を、トキナーは株式会社ケンコー・トキナーを、コシナは株式会社コシナを、リコーはリコーイメージング株式会社を、カシオ計算機はカシオ計算機株式会社を示すものである。



## 第二章 カメラ黎明期からデジタルカメラ登場までのマウントの変遷

### 第一節 小型カメラの黎明期のマウント

小型カメラの黎明期、最初は目測型のカメラであり、その時代は、レンズとカメラは一体型であった。その後、いわゆるライカ I の C 型（1930 年）と呼ばれるカメラからカメラとレンズが分かれて、マウントのあるカメラが出現した。最初はライカ L39 マウントと呼ばれるねじ込み式マウント（スクリューマウント）であった。その後、バヨネット式のマウント（M マウント）になったが、アダプターを介して互換性を保ってきた。

この L39 というマウントは 1930 年に開発され、1931 年に口径が 37.9 mm フランジバックが 28.8mm に統一されたことでマウント規格として成立し、カメラごとにレンズを調整する必要がなくなった。その後距離計連動のカメラが次々と市場に投入された。これはこのマウント規格が固まったことによる。

非常に古い 1930 年代に規定されたマウント規格ではあるが、今現在でもこの規格のレンズは製造されていることを考えるとカメラ産業に非常に大きな影響を与えていると言える。

なお、この頃の距離計連動式カメラはレンズの繰り出し量の動きをボディ内のコロに伝えて測るものであり、これはレンズとボディの最初の機械式の情報伝達であった。

日本では、市販された高級 35mm のレンジファインダーカメラは 1936 年 2 月に発売されたハンザ・キヤノンが最初である。キヤノンカメラミュージアムによると、マウントは内 3 爪バヨネット式専用マウントを持っており、レンズ着脱も可能だった。1946 年に発売されたキヤノン SII (S2) 型というカメラでは、キヤノンの専用ねじ式マウントを持つ製品の他に、標準ねじ式マウントいわゆるライカスクリューマウントを持つ製品も販売された。

一方ニコンはニコン I 型というカメラがニコンの名前を冠した最初のカメラであり、そのマウントはニコン独自の S マウントというバヨネットマウントであった。

ここで、一般的なスクリューマウントとバヨネットマウントの例を挙げる。



図1 ねじ込み式のスクリーマウント ボディ側にめねじ レンズ側におねじを持つ



図2 バヨネット式のマウント ボディ側に内爪 レンズ側に外爪をもつ

## 第二節 一眼レフカメラの初期マウント

一眼レフカメラとは、レンズを通した光をミラーとペンタプリズムを通して見ること、実際に撮影されるイメージを光学ファインダー（OVF、Optical View Finder）で確認できるカメラの事である。（図3）

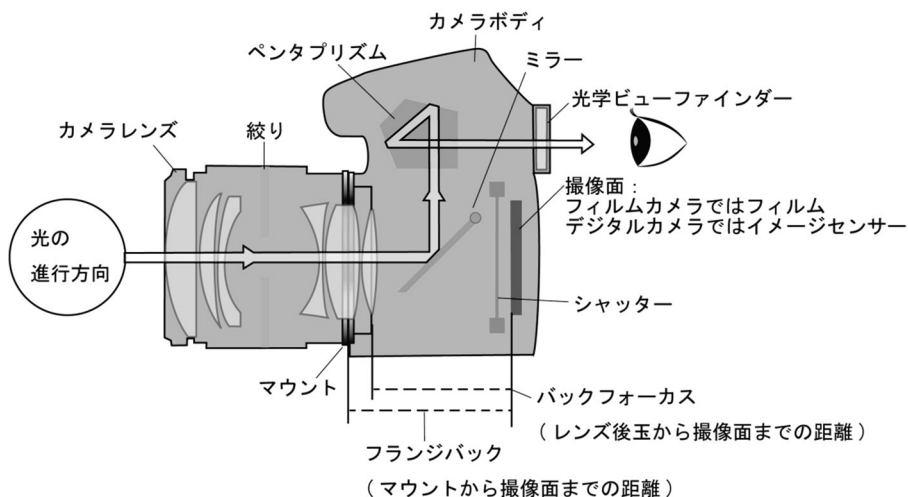


図3 一眼レフカメラの構造と各部名称

一眼レフカメラが多く製造される時代になると、一時は世界の共通規格となったエクサクタマウントやM42マウントが登場する。

エクサクタマウント [Exakta Mount] (エキザクタ、エグザクタとも呼ばれていた) は、ドイツのイハゲー (Ihagee) 社が1936年に発売したキネ・エクサクタシリーズに採用されていたバヨネット式マウントで、口径は38.2mm、フランジバックは44.7mmであった。

キネ・エクサクタは映画用35mm版フィルムを採用した非常に初期の一眼レフカメラのひとつで、現在まで続く一眼レフカメラの原型になったと言われるような製品だった。事実上の統一マウントの一つとして広く普及しており、東京光学機械株式会社 (現トプコン) やマミヤ、カールツァイス等多くのメーカーがエクサクタマウントを採用した。

M42マウントは1948年東ドイツのプラクチフレックス2に初めて採用されたねじ込み式のマウントであり、口径が42mm、フランジバックが45.5mmであった。このマウントは特別な型や工具を必要とせず製造が用意であったこと、また規格がオープンなこともあって全世界に普及した。

一眼レフの技術が確立されていくと、カメラ産業に新規参入のメーカーが多く現れるが、既に世界中に膨大な数のレンズがあったM42マウントを採用するメーカーが多く、事実上の世界統一規格になっていた。日本でも1957年、当時の旭光学工業 (現リコー) の発売したアサヒペンタックスシリーズがこのM42マウントを採用していた。M42のマウントが一眼レフの普及に貢献したともいえる。

一時は世界統一マウントにまでなったM42マウントではあるが、次世代の技術の登場により

淘汰されることとなる。

次の時代はレンズとカメラのコミュニケーションを図る時代への突入である。

カメラマウントというものは、カメラが生まれたばかりの頃はその名前の通りカメラとレンズを物理的に固定するというのみの役割であったが、先程述べたように、距離計連動式カメラはレンズの操出量をボディ内のコロの回転で機械的に測るという意味では最初の試みであるが、一眼レフの時代になると、徐々に技術革新が進み、カメラに求められる機能が増えてくる。カメラとレンズの間にはレンズの繰り出し量のみならず、レンズの開放値、絞りの状態、ボディの露出計で測った明るさなどの情報のやり取りが必要になってきた。

それに伴ってカメラマウントは、カメラとレンズを物理的に固定するのみならず、情報のやり取りのためにインターフェイスとしての機能も強く求められるようになってきたのだ。

大きな変革の第一歩は、自動絞りと自動露出 (Automatic Exposure) の登場である。

撮影の際に、絞り開放で被写体を確認した後、シャッターを切る瞬間、指定の絞りに絞り込まれ、終ると元の開放に戻るメカニズムのことを、自動絞りメカニズムと呼ぶ。そこで生まれたのがキヤノンで言えば R マウント (後の発展形としての FD マウント) で 1959 年キヤノンフレックスで初搭載され、ニコンでは F マウント (1959 年) でニコン F で初搭載され自動絞り機能を備えたマウントである。キヤノンは R マウントでスピゴット式と呼ばれる、レンズをボディに正位置に合わせて締め付けリングで装着する方法を採用した。しかしこの方式ではレンズの装着方法やカメラとレンズ間の情報伝達のための連携に難があった。実際、絞りによってカメラとレンズが触れ合うことも有るなどの課題があった。さらに一歩進んで完全自動絞りへの連動メカニズムがうまく働かず実用上不完全な状態であったために、その後 5 年後には FL マウントと名前を変えて自動絞り機構を改良した。

続いて登場したのが、自動露出 (AE) の技術である。それまでは撮影の際に手で露出をコントロールする必要があり、あるフィルム感度の下でレンズの絞りとシャッタースピードを手動で設定し、フィルム面に当たる光の量を決めていた。

AE は絞りやシャッター速度を決めると、それに応じてシャッター速度や絞りを自動的に制御して、適正露出を測ろうとするものである。

AE 技術はレンズとカメラ間の連動ができていないと機能しないために、既存の物理的にカメラとレンズを接続するためだけのマウントでは実現が難しかった。

キヤノンは、R マウントでは、当時の潮流であったレンズを通した光で測光する TTL 測光対応に難があった。FL マウントに対して、開放 F 値を示すピンを追加して絞り連動させ、開放測光ができるようにしたものが FD マウントと呼ばれるものである。

1971 年のキヤノン F-1 を発売するときに、FD マウントになり、ようやくレンズとボディと

の間で、絞り値をお互いに連携しあえるようになり、情報の伝達が双方向で可能になった。

ここに至って、Rマウント、FLマウントと変遷を繰り返しながらも、自動露出、シャッター優先AE、プログラムAEへの対応可能なFDマウントを誕生させた。しかしこの変遷の歴史の中で、既存のユーザーの持つレンズが使えなくなるという問題があったが、より新しい技術を取り込むことに重きを置いた考え方であった。

一方、ニコンが採用したニコンFマウントはバヨネットマウントであり、ボディとレンズ双方に、正しく回転させると正位置にカチッとハマるメカニズムである。口径44mm、フランジバック46.5mmの所与のマウント規格を維持しながら、ボディやレンズの技術革新が進むごとに機能の追加や改良を行い、1959年の誕生から始まり、2019年現在でもニコンの一眼レフカメラに採用されている息の長いものである。

当初のFマウントはレンズの絞り環に「カニの爪」と呼ばれる小さな金具がついており、これがカメラ本体のピンと連結して、レンズの絞り値がカメラ本体に伝わるメカニズムがあった。その後TTL開放測光が主流になると、レンズの開放の時のF値をも知ることが必要になった。他のメーカーであればこのように新たな技術であるTTL開放測光の導入を契機に、自社のマウントを見直して、規格を変えることが多かったが、ニコンはそうしなかった。

マウントを変更すればレンズを買い換えなければならなくなり、ユーザーの持っているレンズ資産は使えないということになってしまう。

そうしないためにカニの爪のメカニズムを残し、レンズの絞り環を開放まで動かすと、どれだけ動いたかを計測して、開放値を測定できるように工夫をした（半自動開放F値設定メカニズム）。ニコンのこだわりはその後出現した新しいAIタイプのレンズではカニの爪は必要ないにもかかわらずカニの爪をつけていたが、それは古いボディでも新しいAIレンズを使えるようにという配慮であった。更に古いレンズのカニの爪を外してAIレンズ方式に対応するための改造するサービスまで実施した。

これはすべて自社のレンズ、ボディを一貫して使えるようにするユーザーへのサービスであり、根強い固定ファンを作り出していった。

ニコンのFマウントが何故長く生き延びたかについては、マウント開発当初の段階で、ある程度先の技術を予測したロードマップを考えていたことが幸いしたようである。

### 第三節 電子接点マウントの登場

世界最初の電子接点付きのマウントは、M42マウントを作った東ドイツのブラクチカ社であった。M42マウントはスクリュームマウントであり、レンズの繰り出し量が正確に知ることが

できず、電子接点を用いなければレンズの情報を知ることができないという問題を克服するためであった。しかし、機械的なねじ込み式マウントの限界があり、普及には至らなかった。

本格的なカメラマウントの電子接点追加の流れは、1980年代後半から始まったオートフォーカス（AF）技術を契機とする。

オートフォーカス機能を使うためにはレンズのフォーカシングの現在位置を把握したり、ズーミングやレンズの繰り出し量・レンズの焦点などの距離に関わる情報を得ることができなければならなかった。そのためには、レンズ内とボディ側のCPUとのやり取りを、マウント内の電子接点を介して行う上でも、完全電子化のマウントは必須のものであった。

1985年にミノルタから $\alpha$ -7000という一眼レフカメラが発売された。

$\alpha$ -7000はカメラボディ内にレンズ駆動用の電源やモーターを搭載することで、マニュアルフォーカスレンズと変わらないサイズ感で、オートフォーカスの精度や速度も実用的な初めてのカメラとして、当時の他カメラメーカーやユーザーに衝撃を与え、「 $\alpha$ ショック」という言葉が生まれたほどであった。

それを受けて、2年後の1987年にキヤノンが機械的な連携を完全に廃して、電子接点によって情報や動力をやりとりする完全電子マウントのEFマウント採用機EOS650を発売する。ここでは手動による機械的な制御は完全に廃止されており、電子接点を通じてレンズ内のマイクロモーターの駆動によりレンズの絞り、繰り出し量などはボディ側から制御することになった。

一方、ニコンは1986年にAF搭載機Nikon F501を発売。Fマウントの形をそのままにオートフォーカスを制御するための情報伝達を電気信号で行う電子接点付きのマウントを開発した。

このようにカメラはレンズとボディの連動をメカニカルなものから電気接点・CPUを取り込んだ完全電子化にまで至り、マウントもそれに応じて進化してきた。

キヤノンは最初のマウントの持つ構造的な不完全さから、その後の自動絞り・自動露出などの対応に応じてマウントの改良を加えざるを得なく、最終的な決定版として完全に電子化されたEFマウントでそれを取り入れることに成功した。EFマウントはキヤノンのそれまでのFDマウント用のレンズとの互換性はまったくなく、オートフォーカス技術を契機にそれまでのレンズ資産を一新したことになる。その時出来る技術で最も良いものを作るためには、マウント変更も含め、過去のレンズ、カメラ資産を継承することにこだわらないという、未来志向の考え方である。

ニコンはそれまで一貫して59年間その口径とフランジバックを変えずに様々な工夫を凝らし時代の最先端まで生き延びてきた。ニコンは自社のレンズとカメラの資産をユーザーの立場に立って継承していける事を大切にしてきたと見られる。本来新技術の導入とともに、結果的に制限となりかねないマウント規格を前提にして、その規格内で、工夫を重ねて納めようとする

る技術陣の努力のたまものでもあった。

これを裏付けるように、技術者とのインタビューでは

「マウント変更の要求は以下のタイミングでありました。

- ・シャッター優先、プログラムモードが必要となった時
- ・AF化が必要となった時
- ・デジタル一眼レフに移行する時

何れもその都度お客様の利便性を最優先し、何とか技術で克服し続けて現在に至ります。」

との言を得ている。

#### 第四節 デジタル一眼レフカメラの登場

1990年代になると撮像面にフィルムではなくイメージセンサーを使用したデジタルカメラが市場へ初めて投入された。

特に1995年3月に発売されたカシオ計算機のQV-10というコンパクトデジタルカメラは、カメラボディの背面に世界で初めて液晶パネルを搭載し、撮影画像をその場で確認できる等の利便性が評価され、デジタルカメラ普及の契機になる。

撮影した画像をイメージセンサー上でとらえるこの方式は、フィルムを現像すること無くすぐに撮影画像を見ることができるようになったり、フィルム交換の手間が無くなったり、保存媒体に空きがある限り何度でも取り直すことが出来る等多くのメリットをもたらした。

一方で当時のイメージセンサーは、現在のものに比べるとまだ性能的に十分ではなく、光を受け取る受光面が配線などの影に隠れてしまうために光をまっすぐに撮像面に当てないと上手く光を受け取れない問題点があり、「井戸の底」を覗き見るようにと表現されていた。

これは多方向からの光を受光できるフィルムカメラに比べると明確な弱点であり、フィルムの完全な代替物にはなっていなかった。

しかし、その欠点はイメージセンサーの改良によって、画素数や画質の面でもフィルムを超えるようなものに発展を見てきている。フィルムを使用する一眼レフカメラは、その後急速にデジタル一眼レフカメラに取って代わられることになる。

初期のイメージセンサーは CCD 方式がほとんどであった。ニコンやキヤノンのカメラメーカーも徐々にフィルムカメラからデジタルカメラへと舵をきりはじめる。

1995年7月にキヤノンは、当時のフィルムカメラの最高級モデルEOS-1Nを母体にしてデジタル化したレンズ交換式一眼レフデジタルカメラEOS DCS3を発売。フィルムカメラからデジタルカメラに変わっても、マウントはEFマウントを維持しており、レンズやAF、AE等の機

能はそのまま利用することが出来た。フィルムの代わりに使用される撮像面のイメージセンサーは130万画素のCCDを採用。サイズは16.4×20.5mmのオリジナルサイズだった。

ニコンも1995年9月にNikon E2を発売。富士フィルムとの共同開発で富士フィルムからはDS-505という名前で発売されていた。こちらも使用されているマウントはニコンFマウントを継続している。

イメージセンサーのサイズは2/3インチで130万画素のCCDを採用していた。

2社共に初期のデジタルカメラではCCDイメージセンサーを採用していたが、現在ではCMOSイメージセンサーを採用している。

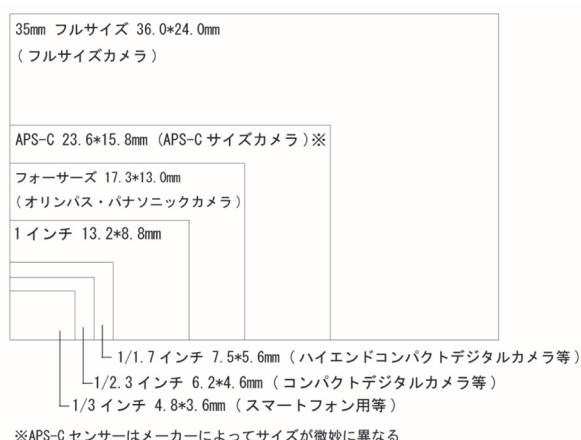
CCDセンサーは照度が高い環境では光がにじむスミアと呼ばれる現象が起こる問題があった。またCCDの読み込みスピードの問題、消費電力の多さやCCDセンサーは製造設備を転用できずCCD専用のものが必要であったためにコスト面でもCMOSに比べて高い物であった。

当初は「CCDは高画質で、CMOSは廉価版だ」と言われていたが、CMOSの性能改良により画質の差は無くなり、CCDを採用する理由も無くなっていった。CMOSは半導体の工場なら、比較的容易に製造できることから供給が潤沢で、かつ安価にできるというメリットがある。

キヤノンは2002年発売のEOS-1Ds以降の全てのデジタル一眼レフカメラでCMOSイメージセンサーに、ニコンは2005年のNikon D2Xで初めてCMOSイメージセンサーを採用し、2010年頃から全てのデジタルカメラでCCDの採用をしなくなった。

次に、2002年にはオリンパスとコダックが提唱したフォーサーズシステムという、デジタル一眼レフ向けのユニバーサルマウントが登場する。

4/3インチのイメージセンサーとそのセンサーに最適化・標準規格化されたマウントによって、メーカーの枠を超えて交換レンズとカメラ本体を自由に組み合わせることができるというものだ。これを提唱したオリンパス、コダックの他に、パナソニックやシグマ、ライカ等のメーカーがフォーサーズシステムに規格賛同し、対応したデジタル一眼レフカメラや交換レンズを発売している。



また、ここに現在ニコン、キヤノン

図4 イメージセンサーサイズ比較



と並ぶ、三大デジタルカメラメーカーで、最後発のソニーが2006年にα100を発売させ、市場に参入してきた。ミノルタがオートフォーカスの特許論争で、敗北して、最終的にソニーがカメラ事業を継承したことから一眼レフ市場に進出、コニカミノルタの培ってきたAFや手振れ補正の技術とソニーのイメージセンサー、画像処理、バッテリー技術を組み合わせて一眼レフデジタルカメラを開発した。

当時のソニーはコンパクト機が中心であったが、デジタル一眼レフ市場への参入は遅れていた。そこで、カメラマウントはコニカミノルタのAマウントを継続して使用することで、コニカミノルタの持つレンズ資産を生かしたまま先行するキヤノン、ニコンを追う形での参入となった。

後発メーカーの利点を生かした形で、当時の最先端技術を取り込みながら、自社のセンサー技術の強みを活かしソニーはシェアを伸ばしていった。

### 第三章 ミラーレスカメラの時代へ

#### 第一節 ミラーレスの登場と見えてきた課題

デジタルカメラの時代になり、しばらく経つとレンズ交換式のカメラでありながらミラーボックスを排除し、レンズを通して受けた光をイメージセンサーで受光し、電子ビューファインダー（Electric View Finder）や背面モニターに映し出す、ミラーレスカメラが登場した。（図5）

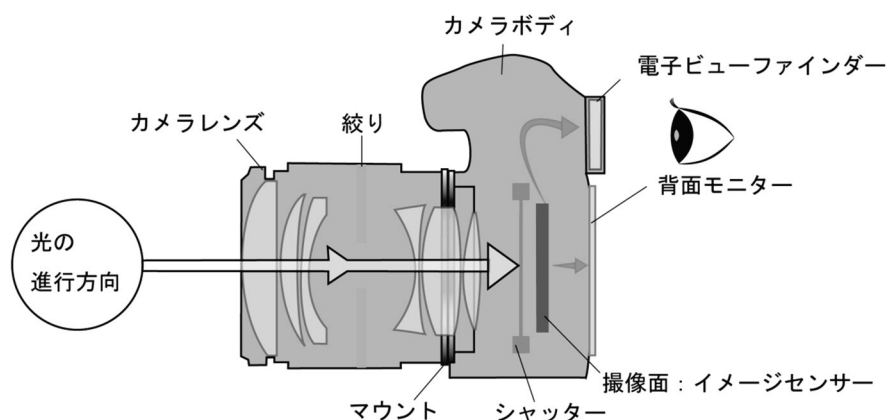


図5 ミラーレスカメラの構造と各部名称

2008年8月には、デジタル一眼レフカメラ用ユニバーサルマウントであったフォーサーズシステムをミラーレスカメラ向けに改良した、マイクロフォーサーズシステムが発表され、同年9月にはパナソニックが世界初のミラーレスカメラのLUMIX DMC-G1を発表した。

マイクロフォーサーズシステムは、フォーサーズシステムのイメージセンサー4/3インチサイズを維持したままミラーレスカメラ向けに最適化し、フランジバックの短縮・マウント外径の縮小・マウント電気接点の増加の変更が加えられた。

フォーサーズシステムはユニバーサルマウントであり、同マウントシステムを採用する他メーカーのカメラ、レンズの資産を生かせるものとして、フォーサーズシステムを使用していたオリンパス、パナソニック以外にも、コシナやカールツァイス、トキナー等々、多くの企業が規格賛同・製品開発をしている。

またコンシューマー向けだけではなく、産業用として、監視カメラ、医療分野、地形測量用、顕微鏡、テレビ会議・セミナー、水中撮影などの多様な応用分野での、プラットフォームとして採用されている。

2010年にはソニーがAPS-Cサイズのイメージセンサーを搭載したαNEX-3を発売。

コニカミノルタから引き継いだデジタル一眼レフ用の A マウントからミラーレス用の E マウントに変更したものの、マウントアダプターを介して A マウントレンズも取付可能であった。

同様に、ニコンは 2011 年に 1 インチセンサー搭載のミラーレス機 Nikon1 J1/V1 でニコン 1 マウントを発表し、キヤノンは 2012 年に APS-C センサー搭載のミラーレス機 EOS M で EF-M マウントを発表した。

ミラーレスカメラが出現した背景には、一眼レフの構造的な問題点として

- ・ミラーボックスの部分だけ、カメラ本体が大きく、重くなる
- ・撮影時にミラーを跳ね上げるために必ずファインダー像がブラックアウトし、ミラーの稼働音が存在し、ミラーショックと呼ばれる振動が生ずる

こうした欠点を根本的になくす方法として、ミラーボックスを必要としないミラーレスのカメラの出現が期待された。

しかしながら、ミラーレスカメラが登場した当初、新しい技術として、すぐにでも市場に受け入れられるとの期待に反し、次のような理由から普及は進まず、一眼レフカメラに依然として優位性があった。

- ① 一眼レフの場合は、撮影時ミラーが跳ね上がる瞬間にだけブラックアウトしていたが、ミラーレスカメラは撮影した画像を処理する間ファインダー像が数秒止まったままになるなど当時の画像処理能力が遅く、ファインダー像がフリーズする時間が長すぎた。
- ② 電子ビューファインダー (EVF) で見る画像が荒く、ミラー越しに見ている映像とは明らかに差があり、光学ファインダー (OVF) に慣れていた人にとっては見えて違和感があった。
- ③ ファインダー像をミラーの反射光で直接見ていた一眼レフに比べ、イメージセンサーが受けた光を処理して見せるために、ファインダー像にタイムラグが出る。

このような問題点が多く、期待していたほどの市場の評価は得られなかった。そのためかカメラ二大メーカーであるキヤノン、ニコンもミラーレスに本腰を入れるまでには時間がかかった。

## 第二節 イメージセンサーの改良

他社がミラーレスに二の足を踏んでいる時に、ソニーは 2010 年に新しくミラーレス用に開発した E マウントを搭載した、APS-C センサーサイズのミラーレスデジタルカメラ NEX-3 を発売した。マウントは、口径が 46 mm、フランジバックが 18 mm であり、この E マウントをそのまま引き継ぎ、2013 年には世界で最初のフルサイズミラーレスデジタルカメラ  $\alpha 7$  を市場に投入した。

イメージセンサー自体、オンチップのマイクロレンズの積み重ねであり、レンズのような光学デバイスでもある。ソニーは自社のこのイメージセンサーを半導体開発技術の高度化を進めて、 $\alpha 7S$  では、イメージセンサーの画素当たりの集光率を大幅に拡大して感度を飛躍的に高めた。2015年にリリースした $\alpha 7R II$  では初めて裏面照射型 CMOS イメージセンサー（図6）を搭載した。これは受光部の上に有った、配線など制御系の層を、センサーの裏に充てることによって、より高密度なマイクロレンズの配置が可能になり、より高精細、より高感度にすることに成功した。

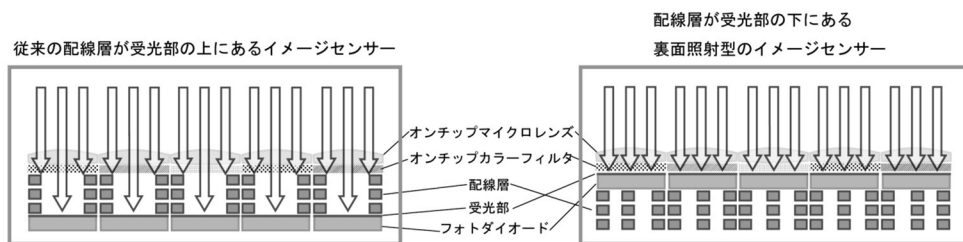


図6 裏面照射型 CMOS イメージセンサーの解説

2017年にはイメージセンサーそのものにメモリーを載せた、積層型 CMOS センサーを開発した。センサーからの情報の読み取りを、より高速にすることによって、大幅な画像処理速度の短縮を実現し、そのセンサーを搭載した $\alpha 9$ を発売した。

この $\alpha 9$ によって、多くのミラーレス機で問題視されていた画像処理時のファインダー像のブラックアウトが事実上なくなるといえるほど大幅に減ることになった。

ここで付け加えるべきは、処理した画像を貯め込むフラッシュメモリーの取り込み速度の向上も見逃せない。

さらにはEVFの画素数が上がり、一眼レフ時代のミラーの画像を見ていたOVFと比べても違和感の少ないものにまで向上したという点も忘れてはならない。

このようにイメージセンサーの絶えざる技術革新と周辺技術が進んだ結果、ミラーレスカメラの諸問題解決に向けて確実なアプローチを提供した。

### 第三節 ミラーレス用新マウント

ミラーレス時代に向けて、二大メーカーも本腰を入れてミラーレスカメラに参入した。ニコンは2018年にニコンZ6/Z7用に、口径が55mm、フランジバックは16mmのZマウントを採用した。ニコンFマウントの口径が44mm、フランジバックが46.5mmであったことを考える

と、大幅な変更となった。

キヤノンも同年、EOSR 用に口径は 54 mm、フランジバックが 20 mmの RF マウントを採用した。EF マウントの口径が 54mm、フランジバックが 44 mmなので口径は維持したままフランジバックを短縮した。

ともに、一眼レフマウントと比べると大幅な変更となった。

これで、ミラーレスカメラで先行したソニーに加えて、キヤノン、ニコンと主役がそろった。

口径は大きめであり、フランジバックはミラーのない分、短くなっている。レンズの後ろ玉からセンサーまでの距離が短くなるほど、マウント口径が大きいほどレンズの光学設計の自由度が増す。

結果として同じスペックのレンズを作るならより小さく、同じ大きさのレンズを作るならより明るくレンズを設計することができるようになった。特に広角レンズ、標準レンズには顕著に効果が表れるようである。

撮影をしての実感は、培ってきたデジタル一眼レフの成果を注ぎ込んでいる手ごたえを感じることができる。これまでスポーツのような動きの速い被写体では、致命的であった撮影直後のフリーズ感、ブラックアウト感、遅れやずれ感が大幅に減少しており、デジタル一眼レフで撮影していたスポーツ写真家がミラーレスに移る契機になりそうである。

キヤノンはミラーレスになって以来、これまでの EF レンズを利用できるようなマウントアダプターを発売し、これまでのレンズ資産の継承を図ろうとしている。こうしてミラーレスカメラ化による、マウント変更は過去の遺産の継承にも貢献しているのである。

今後各社から、新しいミラーレス用のレンズのラインアップが発表されており、これまでに見られなかったような明るいレンズ、コンパクトなレンズも期待されている。

ミラーの跳ね上げ処理などのメカニカルな部分に優位を持っていた一眼レフカメラだが、ミラーレス化によってその優位性は失われてしまった。

現在はイメージセンサーによる光の受光量や画像処理ソフトウェア、データの処理蓄積速度、電子ビューファインダー等に競争力が移りつつある。

それらの点において、独自のイメージセンサーを自社開発しブラックアウトを事実上無くすことのできたソニーの  $\alpha 9$  は、今後のミラーレスの方向性を示す製品として一歩先んじた形となった。遅い段階でデジタル一眼レフに参入したソニーは、キヤノン、ニコンの牙城に食い込み、いまやソニーは、二大カメラメーカーと言われたキヤノン、ニコンと並び三強時代に入った。

このように、ソニー、キヤノンは自社でイメージセンサー、画像エンジンを設計開発及び製造ができるほか、ニコンは半導体露光装置に係る長い間の蓄積も活かして設計開発に注力して

おり、イメージセンサー、画像エンジンの研究開発力は今後の競争力を支える大きな源泉となってきた。

### ライカ T マウント (後の L マウント)

一方海外メーカーに目を向けると、ライカは 2014 年に APS-C センサーサイズのみラーレスカメラのライカ T を発売した。これは新しくライカ T マウントのみラーレスカメラを念頭に置かれて開発されたものである。翌年 2015 年には、フルサイズみラーレスカメラ、ライカ SL を発表。この時に先述したライカ T マウントはライカ L マウントと改称された。

日本では単に「L マウント」というと、1930 年に開発された L39 スクリューマウントをさすことも多かったが、この L マウントはそれとは全く別のマウントである。

ライカ L マウントはみラーレスカメラでの使用を前提として開発されたマウントで、この L マウントのカメラにはマウントアダプターを介して L39 マウントから始まるライカのレンズの全てを装着することができる。この意味は、ライカは自社のレンズのすべてを未来にわたって受け継ぐべき資産として考えていることを表明している。ここにおいてレンズ資産の重要性を感じざるを得ない。

L マウントを使用するメーカーはライカにとどまらない。ライカは、レンズメーカーとカメラメーカーが共同で L マウントの使用をすることができる“L マウントアライアンス”を組織した。このアライアンスに加盟することによって、ライカが開発した L マウント規格を使用したレンズやカメラを開発、販売できるというものだ。

キヤノンやニコンのようにそれぞれの会社に特化したマウントではなく、他のメーカーにも対応するという意味でユニバーサルなマウントとして捉えることができる。

L マウント発表の場で、デジタル一眼レフはフィルムがベースの過渡期の産物であるという説明がされた。

この発言をライカがしたというのは象徴的である。ライカは世界で最初に 35mm 距離計連動式カメラを作ったメーカーである。デジタル一眼レフカメラは、フィルムからデジタルに移行する間の一時的なものに過ぎず、必ずしもそれがカメラの最終形ではなく、みラーレスでカメラの原点の形に戻ったとライカとしては解釈しているのだろう。

現在はライカ、パナソニック、シグマの三社でのアライアンス発足となったが、今後 L マウントを採用したいというメーカーが現れればその道は開かれている。

## 宮崎光学

最後に、ユニークなライカレンズを今でも作り続けている、MS Optics（宮崎光学）の紹介をしたい。

同社の創業者の宮崎貞安氏はこれまで自分一人の設計で、約 13 年間、20 本のライカマウントのレンズを極小ロットながら、世に送り出してきており、プロカメラマンにも、ハイアマチュアにも世界的に知られるようになってきた。

宮崎氏によれば「コンパクトで軽く、抜けの良いレンズ」を目標としている、一例を上げれば、中焦点のライカ ズミルックス M 75mm f1.4 は 560g であるのに対して、宮崎光学製品の SONNETAR 73 mm F 1.5 は 197g と半分以下の重さであり、広角系に至っては、ライカの Elmar M 24mm f 3.8 は 260g で長さ 40.6 mm であるのに対して、宮崎光学製品の Perar 24mm f 4 は 43g と五分の一以下の重さ 長さ 5.2 mm と七分の一以下と超軽量で、超コンパクトである。

レンズのタイプには、郡とよばれるレンズを重ね合わせたものとレンズの総枚数によって様々なものがある。

宮崎光学のポリシーはコンパクトで軽く抜けの良いレンズを目指しており、そのために典型的な 4 郡 6~8 枚のガウスタイプから、3 郡 6~7 枚のゾナータイプへ、そしてゾナーをさらに発展させた 4 郡 5 枚のレンズ構成を作り出した。

広角レンズではレトロフォーカスタイプのレンズ構成もあるが、とても重たく大きくなりやすいため、その構成を避けて、多少明るさを犠牲にしてもシンプルな 3 郡 3 枚のトリプレットタイプでコンパクトさを追求した。また枚数を少なくすることで、重量を減らすのみならず、光の透過率の高い抜けの良いレンズを作ることが出来る。

この考え方の背景には、最近のレンズが諸収差を減らし明るくするためにレンズ枚数を増やし重ね合わせ、大変重たく大きなものになっていることがあり、それに対する逆の発想である。

それは、高齢者にも常時持ち運べる軽いレンズを提供すること、一枚一枚心を込めて写真を撮すという原点回帰を提唱しているように思える。

## 終章 結論と今後の展望

カメラマウントは、古くはライカ、エクサクタ、M42 マウントなど広範囲に規格として広まった。新規参入するカメラメーカーにとってはレンズも作らなければならないというのは非常に大きな参入障壁ではあるが、上記に挙げたようなユニバーサル・マウントはその高い壁を下げてくれた。

デジタル時代に入っても、フォーサーズマウント、L マウントはレンズ資産を共有することで同様な効果を持つものである。

特にミラーレスになると、ミラーボックスがないためフランジバックが大幅に短くなることで、この新しい各社のマウントは、これまで世界で作られてきたレンズ資産の継承と共有が行われやすくなった。

新しいマウントの出現で、今後従来のレンズ資産に加え、これまで実現できなかったような明るいレンズなど、画期的なレンズが出現するものと期待される。このように、カメラ産業の発展にマウント規格が非常に大きな影響を与えていることがよく理解できる。

そして本来どれだけ多くの優秀なレンズ資産を持ち利用できるかということが、カメラメーカーにとっては、基本的な競争力を形成する大事な要素である。優秀なレンズを利用できる範囲が広がることは、ますます大事な競争力の向上につながるのである。その意味でもマウントの役割は今後ともより一層大事になってくるだろう。

一眼レフカメラで、ミラーボックスのメカニズムを極めてゆくことは、多くのメカニカルな技術の蓄積が必要であり、容易に参入できるものではなく、参入障壁となり競争優位性の一つであった。しかし、ミラーレスカメラになると、メカニカルなミラーボックスがなくなり、イメージセンサーと画像処理エンジンに、競争力の源泉が移っていく。イメージセンサーはより高密度でありながら、明るさを維持できるセンサーの開発と画像転送技術の改良が課題である。画像処理エンジンはイメージセンサーで取り込んだ膨大な情報を画像として組み立てるうえで、常に最新の処理技術で能力を高め続けなければならない。例えばオートフォーカス一つとっても、被写体へのフォーカスの更なる追随化を進めると同時に、人間の瞳のみならず、動物の瞳に追随するために、AI の技術が採用されるなど、今後も高度な AI などの技術進歩が必須となる。

特に競争力の源泉が、イメージセンサー、画像処理エンジンに移ったことで、これらにかかわる技術開発力の強いメーカーが、カメラ市場で高いシェアを占めるようになった。

今後の方向としては、デジタル一眼レフカメラは、徐々にそのシェアを落としてゆく可能性が高く、軸足がミラーレスにシフトしてゆくことは確かであるが、ハイアマチュア、プロカメ



ラマンらの根強い需要に支え続けられるのではないだろうか。

また周辺装置の発展も、カメラ産業の発展に影響を与える。イメージセンサーの処理すべき量が飛躍的に増大する中で、高速で大量に処理したデータをフラッシュメモリに瞬時に受け渡さなければならず、高速かつ、大量のデータを保存する役割はますます大事になる。2019年4月現在、SDカードの高規格SD UHF-IIが最低保証書き込み速度は秒速312MB 容量128GBであるのに対し、多層化技術で高密度になり、高速化の流れを進め、CFFirst 2.0 Extreme Proカード2.0は書き込み最高450MB 容量512GBにまで拡張されると言われている。また4K、8K画像を、秒速128コマで撮影しないと、最近の大画面のテレビではその欠点が見えてしまうため、さらに高速な規格が必要とされている。このように周辺の映像機器の精細化、巨大化の影響も見逃せないものがある。

ここまでの分析を通じて、カメラ産業はこれからも、プロから幅広い年齢層の消費者の需要に対応すべく、絶えざる技術の革新を進めていくものであるが、この技術の発展は、マウント規格によってその基礎を固めることができていることが明らかになった。

## 参考文献 参考サイト

酒井修一 (1997) 『ライカとその時代—M3 までの軌跡』、朝日新聞社。

北崎二郎・山澤健治・北沢事務所 (1996) 『Only Zeiss II — Carl Zeiss T\* Lens』、京セラ株式会社 光学機器事業本部。

小森都支雄・小山伸也・島田和也・豊田堅二・中村文夫・西山卓美・牧野和人 (2003) 『最新レンズアダプター攻略ガイド』、学習研究社。

渡辺広明(2012)「デジタルカメラ市場の確立過程とその展開」、経済科学研究所『紀要』第42号 p107-131、日本大学経済学部。

伊藤宗彦(2004)「デジタルカメラ産業におけるモジュール化の研究—デジタルカメラの製品競争力はいかに構築されるのか—」、"Discussion Paper Series No.J61"

神戸大学経済経営研究所。立野公男(2005)「デジタルカメラとカメラ付き携帯電話の動向」、『科学技術動向』2005年7月号 p19-27、科学技術・学術政策研究所。

中道一心(2013)「デジタルカメラ大競争」同文館出版、2013年

株式会社 ニコン (2018) 『ニコン 100 年史 I』、株式会社 ニコン

株式会社 ニコン (2018) 『ニコン 100 年史 II』、株式会社 ニコン

Canon Inc./Canon Marketing Japan Inc. 「キヤノン：レンズ交換式カメラ交換レンズ」

<<https://canon.jp/>> 2019年4月1日アクセス

Canon Inc. 「キヤノンカメラミュージアム」 <<https://global.canon/ja/c-museum/>> 2019年4月1日アクセス

2019 Nikon Corporation / Nikon Imaging Japan Inc. 「製品情報|ニコンイメージング」

<<https://www.nikon-image.com/products/>> 2019年4月1日アクセス

2019 Leica Camera AG 「Leica Camera AG」 <<http://jp.leica-camera.com/>> 2019年4月1日アクセス

2018 Leica Camera AG 「Lマウント Q&A」 <<https://l-mount.com/ja/Q-A>> 2019年4月1日アクセス

鈴木誠 / デジカメ Watch 「ライカ SL、その名の由来は？ キーパーソンに現地インタビュー」

<<https://dc.watch.impress.co.jp/docs/news/728735.html>>2019年4月1日アクセス

鈴木誠 / デジカメ Watch 「【フォトキナ】インタビュー：「Lマウントアライアンス」の経緯と今後」 <<https://dc.watch.impress.co.jp/docs/news/1145736.html>>2019年4月1日アクセス

2019 Sony Corporation, Sony Marketing Inc. 「商品一覧|デジタル一眼カメラ α (アルファ)|ソニー」

<<https://www.sony.jp/ichigan/lineup/>> 2019年4月1日アクセス

2019 Sony Semiconductor Solutions Corporation 「CMOS イメージセンサー」 <[https://www.sony-semicon.co.jp/products\\_ja/IS/cmos\\_tech/index.html](https://www.sony-semicon.co.jp/products_ja/IS/cmos_tech/index.html)> 2019年4月1日アクセス

2019 Olympus Corporation. 「Benefits of Four Thirds フォーサーズのベネフィット」

<<https://www.four-thirds.org/jp/fourthirds/index.html>> 2019年4月1日アクセス

2019 Olympus Corporation. 「Benefits of Micro Four Thirds マイクロフォーサーズのベネフィット」 <<https://www.four-thirds.org/jp/microft/index.html>> 2019年4月1日アクセス

豊田堅二 / デジカメ Watch 「レンズマウント物語」

<<https://dc.watch.impress.co.jp/docs/review/lensmount/index2012.html>> 2019年4月1日アクセス

ASTRODESIGN, Inc. 「製品情報|アストロデザイン株式会社」

<<https://www.astrodesign.co.jp/category/products>> 2019年4月1日アクセス

# 日本のカメラ・光学産業の進化プロセス ーニコンとキヤノンにみる事業拡大戦略の変遷とその課題ー

笠原 伸一郎

## 【目次】

### 問題の所在

#### 1. 日本のカメラ・光学産業の再生とその成長要因

##### 1-1 日本の光学産業の萌芽

- 1) 日本光学工業株式会社の設立
- 2) 精機光学工業株式会社の設立

##### 1-2 戦後日本のカメラ産業の再生

- 1) 戦後の日本光学株式会社
- 2) 戦後のキヤノンカメラ株式会社

##### 1-3 日本のカメラ産業の成長要因

- 1) 企業成長の要因
- 2) 事業多角化：製品多角化
- 3) 市場多角化：グローバル展開

#### 2. キヤノンの成長プロセスとその戦略

##### 2-1 キヤノンの多角化戦略

##### 2-2 キヤノンの国際化戦略：国際分業戦略

#### 3. ニコンの成長プロセスとその戦略

##### 3-1 ニコンの国際化戦略

##### 3-2 ニコンの事業多角化戦略：半導体製造装置への参入

#### 4. ニコンとキヤノンの最先端技術にみる光学産業の事業拡大とその課題

##### 4-1 半導体露光装置の躍進

##### 4-2 半導体露光装置の問題点とその課題

結語：日本のカメラ・光学産業の課題

## 問題の所在

一般にカメラ製造産業は、カメラ本体だけでなく、レンズ、双眼鏡、眼鏡などの一般用光学製品のほか、光学顕微鏡などの研究所用光学製品、内視鏡などの医療用光学製品、照準器などの軍需用品、複写機などの事務機器用品、半導体製造装置などの産業用光学製品など光学製品に関連した製品が多岐に渡っている場合が多い。このため発祥はカメラ製造であっても、情報化の進展で現在はその他の製造・販売に重点を移したり、また近年のデジタル化の進展で逆の現象も起きるなど、技術の進展に左右される特殊な産業と言える。とくにデジタル技術の進展による脱フィルムカメラの大潮流は、カメラ製造からの一部撤退、さらには業界再編を促す結果となっている。

カメラ産業は、比較的小さな市場規模を対象とした高度な労働集約型産業であり、国際競争力の強い輸出産業であることを特徴とする。また、カメラ本体はレンズやシャッター、ファインダーなど、独自設計による部品を組み合わせた「すり合わせ技術」の集積である典型的な商品である。カメラ産業の強さは、こうした技術の蓄積で進化し、同時にニコン、キヤノン<sup>(注1)</sup>などは、長年にかけて海外販路とサービス体制を築き、報道カメラマンなどから支持を得てブランド力を高めてきた。日本の電気機器・エレクトリック産業などの製造業が中国、韓国、台湾などの新興国に脅かされるなか、今日この独自の強みをもつカメラ産業は、日本のものづくりの最後の牙城となっている。

以上の観点から、こうした市場・技術の変容という独自の特性を持つ日本のカメラ産業を、本稿では、まずその生成から発展のプロセスを整理し考察する。さらにカメラ産業の強さとその成長の源泉を解明するために、その代表例となるニコンとキヤノン両社に絞り、カメラ産業から派生する進出分野へ参入の背景および市場拡大のための国際化の実態を検証する。そして最後に、両社が挑んだ先端技術分野である半導体製造露光装置への対応と事業拡大への進化の方向性を論及する。すなわち、カメラ産業の進化のプロセスを基軸に、同産業が今日の高度情報技術およびグローバル展開する現代社会にどのように対応し、またどのように変容したかをニコン、キヤノン両社を事例に検証し、企業はなぜ、そしていかに多角化展開そして国際展開を図るのか、またどのような環境のもとでそれが可能であるのか、さらにライバルにどう対処し、またいかに共存するか、という基本的な問いに機能面から論及するのが本稿の目的である。

## 1. 日本のカメラ・光学産業の再生とその成長要因

### 1-1 日本の光学産業の萌芽

国産初のカメラは、1903年に菓種・写真材料を扱う「小西本店」（後のコニカ）から木箱に輸入レンズを組込んだ「チェリー手提暗函」の発売から始まる。その後、1917年に日本光学工業（後のニコン）、1919年に旭光学工業（後のペンタックス、現リコーイメージング）、高千穂製作所（後のオリンパス）、1928年に日独写真機商店（後のミノルタ、現ソニー）、1933年に精機光学工業（後のキヤノン）、1934年に富士写真フィルム（後の富士フィルム）、1936年に理研感光紙（後のリコー、現リコーイメージング）などのカメラ製造・光学・写真材料関連企業が次々と戦前・戦中期に誕生した。このうちキヤノン、コニカ、ミノルタのみがカメラメーカーとして創業、その他は光学機器メーカーとして創業した。

これら企業が技術的に飛躍するのは大戦中の軍需依存から解放され、第二次大戦後の民需に向けて再出発する戦後以降のことで、戦前・戦中期は欧米先進技術の模倣および基礎技術の取得吸収が中心であった。しかしこの基礎的段階を経たことが後の大きな飛躍を生み出す原動力となったことは否定できない。なかでも、今日の日本のカメラメーカーを代表するニコンやキヤノンはその代表例といえよう。

#### 1) 日本光学工業株式会社の設立

ニコンの前身である日本光学工業株式会社の設立には、光学産業全体に言えることであるが、当時の日本の軍需的要請による影響が背景にあった。すなわち会社設立の背景には、光学製品の大半を輸入に頼っていた大正初期に相当する1910年代の日本は、1914年に勃発した第一次世界大戦による輸入品の途絶によって、光学機械の自給自足体制の確立が急務となっており、なかでも日本海軍は「潜水艦向け潜望鏡」の輸入途絶という深刻な事態に直面していたことが背景にあった。

こうした日本の現状を憂いていた三菱合資会社社長の岩崎小弥太は、官民の要望を担って光学兵器の国産化を目指すことを決意、まず東京計器製作所の光学計器部門と岩城硝子製造所の反射鏡部門を統合、さらに藤井レンズ製造所を買収して、1917年に日本光学工業株式会社を設立するに至った。そして翌1918年に東京・大井工場を新設して光学機器事業に参入し、光ガラスの製造に本格的に着手した。

設立当初は、設立趣旨である軍需依存体質が災いして、1922年の海軍軍縮条約の批准の影響をもろに受けるなど一時経営危機に直面するが、1930年代からの軍事拡張政策の流れに乗って業績は回復し、巨大軍需産業の一翼を担うことになる。なかでも航空爆撃用照準器、艦艇用光

学兵器などの光学軍用機器の量産のため、戦時中は拠点拡充に力を入れ、終戦時までには 2.5 万人、20 工場を擁す巨大企業へと変貌していった。その間、1927 年に光ガラスの量産技術を達成し、1932 年には写真レンズの名称を「NIKKOR (ニッコール)」に決定するなど、光学関連の技術力を戦時中に着々と高めていった。しかしながら、1945 年、戦況の悪化に伴ってこれら多摩川沿いに集中した主力工場のほとんどが米国の空襲により壊滅し、成長は止まり創業の原点に戻ることを余儀なくされることになった。

## 2) 精機光学工業株式会社の設立

今日のキヤノンは、1933 年に東京六本木にライカに匹敵する高級小型写真機の研究を目的に開設された精機光学研究所から始まる。翌 1934 年に国産初の 35mm フォーカルプレーンシャッターカメラ「KWANON」を試作し、1935 年に商標「CANON」を出願して、1936 年に 35mm フォーカルプレーンシャッターカメラ「ハンザキヤノン」を発売した。この間、当時産婦人科医であった御手洗毅は、こうしたカメラ国産化を熱望し情熱を賭ける研究者たちを見て出資を決断、1937 年に東京の多摩川周辺に小さな町工場をもつ精機光学工業株式会社を創業した。同社は、1939 年にはレンズの自社生産にも着手して「セレナー」と命名、さらに 1940 年に国産初の X 線間接撮影カメラを開発して、1942 年に御手洗毅は同社社長に就任した。

しかしながら、戦前のカメラはドイツ製などの輸入品が大半を占め、日本製品はほとんどが粗悪品と扱われていた。ニコンでもカメラメーカーとしての地位を確立したのは第二次大戦後であり、キヤノンも戦前にカメラの量産化は達成できないまま終わることになった。

### 1-2 戦後日本のカメラ産業の再生

第二次大戦後の復興期から高度成長期前半まで、すなわち 1945 年の終戦からオイルショック直前の 1970 年代前半までの日本は、概して外資不足、物不足の状態が続いていた。とくに資源等の輸入に必要な外貨確保のため日本企業による輸出振興は喫緊の課題となっていた。しかし、戦災直後の日本は外国人が欲しがるといえるような製品は皆無であり、日本政府にとって輸出品の創造の模索から戦後は始まったといえよう。

この状況下のなかで注目された生産品の一つがカメラであった。つまり、日本の戦後のカメラ産業の成立は、第二次大戦後の米国食糧援助の見返り物資への思惑から占領軍と日本政府が育成した結果であった。<sup>(注2)</sup> 戦後日本カメラ産業の成功要因は、この外貨獲得の国策として環境を整えた政府の役割が大きく作用したことは疑いない事実である。とはいえ、当時、高度な伝統技術をもつドイツ製カメラを凌駕する革新技術を発揮したことこそ真の成功要因であったことはいうまでもない。

## 1) 戦後の日本光学株式会社

1945年の終戦を迎えた日本光学は、これを契機に大井工場を除く全工場の閉鎖を決断、従業員2万人超から1724人へと激減させる大変革を断行した。これは、設立当初から軍需生産によって成長してきた旧日本光学との決別であり、民生品生産企業への再出発の決意を示すものとなった。その際に売却された旧日本光学の多摩川周辺の工場跡地は、主に電機メーカーが取得して後の通信・電機産業の集積地として「日本のシリコンバレー」として名を馳せることになるが、日本光学にとってはこの売却益で1950年代の苦しい時代を乗り切る糧を得ることになった。<sup>(注3)</sup>

軍需生産から離脱して民生品生産企業へと再出発した日本光学は、1946年にメガネレンズ「ポインター」を発売し、同時に35mm高級カメラを製造して、その名称を後のブランド名となる「Nikon（ニコン）」に決定した。1948年に35mmカメラ「ニコンI型」発売し、香港にも初出荷された。

1950年、米国ニューヨーク・タイムズ紙が、ニコンカメラそしてニコールレンズの優秀性能を世界に紹介したことで、日本光学、さらには日本のカメラ産業全体において、その後の発展を決定づける大きな転機を迎えることになった。当時の日本光学は、カメラのメカニカルな部分で苦戦していただけに、レンズ性能で国際的な高い評価を得たことは、その後の風向きを変える新たなチャンスを得ることを意味した。1932年に写真用「ニコールレンズ」を完成させて以来、戦時中も研究が続けられ、戦後ようやく花開いたレンズ技術は、米国でカメラとともに開放値F1.4のレンズとして絶賛され、カメラマン・報道関係者などがそのレンズを買い求め、GHQまでもがその快挙を絶賛する画期的な事件となった。<sup>(注4)</sup>

こうして世界的評価を得た日本光学は、さらに技術に磨きをかけ、1957年にレンジファインダーカメラ「ニコンSP」発売、そしてそれをベースに設計された最初のプロ用一眼レフカメラが1959年に発売されたニコン初のレンズ交換式「ニコンF」であった。この時に採用された「ニコンFマウント」は、同社レンズの標準規格として以後使用され続けることになる。その後も超高解像度レンズの開発とともに高級機カメラ開発を推し進め、1965年以降、高級機カメラ製造に注力する戦略に重点を置くことになった。

## 2) 戦後のキヤノンカメラ株式会社

精機光学工業は、終戦の1945年に35mmフォーカルプレーンシャッターカメラ「普及型JII」の生産を再開し、1946年に戦後初のカメラ新製品「キヤノンSII」発売した。そして1947年、「キヤノンカメラ株式会社」に社名を変更した。

1949年、全米カメラ展示会において「キヤノンIIB型」が一等賞受賞し、国際的評価を徐々

に得るようになるが、同年の民間貿易の再開にともない 1950 年 8 月に渡米した御手洗毅は、日本製のカメラが海外で「Made in Japan」として劣悪なものと思われたことに憤慨し、<sup>(注5)</sup> 1951 年にシャーデン・マセソン商会との提携を決断する。この提携により、シャーデン・マセソン商会を通じて製品の輸出販路を確保するとともに、同商会から資金を調達して多摩川沿いの東京都大田区下丸子に 2 億円を投じて大工場を建設し、本社を置いた。

これを起点に、1952 年に世界初のスピードライト同調 35mm カメラ「IVSb」を発売、そして 1954 年にはテレビ放送開始に備え、NHK 技術研究所とテレビカメラを共同開発し、1956 年にキヤノン電子（秩父英工舎）を関係会社にして 8mm シネカメラ「8T」発売、さらに 1958 年に TV カメラ用フィールドズームレンズの発売することで放送機器、映像分野にも進出した。

翌 1959 年には一眼レフカメラ「キヤノンフレックス」に加えて、シンクロリーダー、ドキュマツ社との提携によるマイクロ機器分野に進出した。同時に磁気ヘッド分野にも進出し、1960 年には VTR 用磁気ヘッドの開発、1961 年には「キャノネット」発売して爆発的な売上を記録、EE カメラブーム起こすことになる。また国産初の輪転式マイクロフィルムシステムを完成させた。

こうして、1962 年に第一次 5 年計画策定したのを契機に、事務機分野への本格的取組を開始し、ここにニコンとは異なる「多角化への道」を歩み始めることになった。

### 1-3 日本のカメラ産業の成長要因

#### 1) 企業成長の要因

企業が拡大・成長を志向する成長戦略において、アンゾフ (H.I.Ansof) <sup>(注6)</sup> が言う既存製品から新製品開発への志向および既存市場から新市場への志向への多角的戦略転換こそ企業成長の要因である。その場合、同一市場内での新製品開発を企図する内部的多角化は拡大戦略であって、製品ならびに市場も新規分野に進出する外部的多角化こそが経営多角化戦略である。すなわち、企業の成長は、新製品開発に向けての新規事業への参入による製品多角化、または新市場開発に向けての海外市場拡大による市場多角化をも含めた広い意味での経営多角化は企業成長の要件となる。カメラ産業にとっての経営多角化は、カメラ部門以外の光学機器製品への進出を意味するが、加えて生産・販売・研究開発部門の海外市場展開も経営多角化として捉えることができる。

#### 2) 事業多角化：製品多角化

カメラ産業の多角化は、比較的早く 1960 年代後半以降から進展した。その理由は、カメラ産



業が共通してもつ自社技術、すなわち光学技術、精密加工組立技術、電子技術などの基本技術を備えていることから、それらを活かした方向に事業展開して高収益・高成長を可能にすることができるからである。たとえば、オリンパスは光学機器から医療機器に、キヤノンは光学機器から事務機器、医療機器、情報機器、半導体製造機器に、日本光学は光学機器から医療機器、半導体製造機器に進出している。ただし日本光学は、戦前・戦中期に軍用光学機器の生産が中心であったため、戦後は民生光学機器の生産に転換せざるをえない事情があった。

こうしたカメラ産業の特殊性から生じた技術関連型多角化は、キヤノンがその典型例であり、さらに1980年代から急増するカメラ産業の多角化のなかで、フィルム素材から光学機器、事務機器、情報機器、医療機器、化粧品へと多角化した富士フィルムがその代表例と言えよう。したがって、多角化経営は、新たなイノベーションによる事業衰退を他の事業で補填するポートフォリオ型経営を可能とし、体力ある企業のみが採用できる戦略と言えた。

### 3) 市場多角化：グローバル展開

カメラ産業の地理的市場多角化、すなわち国際化展開は、主に、海外に販売拠点を構築することから始まった。その最大の理由は、情報収集に加えて保守・修理拠点網の構築によって常時サービスを提供できる信頼性を付与することにある。他方、カメラ本体の海外での製造に関しては、概して馴染まない性格を持っている。一般に海外に生産拠点を持つ理由は、国際競争力維持のための製造コスト削減に対処する人的必要性に由来している。しかしながら、カメラ本体やレンズのような複雑かつ精密なメカニズムを持つ製品を製造するカメラ産業にとっては、練度の高い労働力を要する「すり合わせ技術」が欠かせず、高度な労働力を海外で確保することは容易なことではなく、とくに高級機の生産では不可能に近いことになる。またカメラ産業が比較的小さな市場規模であることから、仮に、生産過程を部分的に自動化したとしてもそれに対応する膨大な設備投資が必要であり、しかも外部環境に対応した稼働率の変動に生産ラインが柔軟に対応できない欠点がある。これらのことは、高級機カメラに比重を置いてきたニコンに言えることで、海外に販売拠点の構築による輸出主体企業として成長した理由がここにある。

他方、カメラ本体に加えてカメラ以外の関連分野にも進出したキヤノンは、カメラ産業とは一線を画した製品群を擁するがゆえに、国際競争にさらされやすい体質となり、ニコンとは異なるグローバル化への道を歩むことになった。つまり経済摩擦への対応、多角化による製品開発での新技術導入・収集などを理由に海外拠点の展開を加速させた。

こうしたカメラ企業の成長要因をより具体的に考察するため、大きく飛躍してきたニコンとキヤノンを事例に以下詳述してみたい。

## 2. キヤノンの成長プロセスとその戦略

今日のキヤノンが世界的な規模で超優良企業となった理由は、徹底した経営の「多角化」とそれと並行して推進された経営の「グローバル化」にあったと言われる。1937年にカメラメーカーとして創業以来、そこで培った「光学技術」を核に、1960年代以降、本格的な多角化戦略へと舵を切ったことが今日の発展を導いたと言える。

### 2-1 キヤノンの多角化戦略

キヤノンの多角化戦略の第一歩は、1962年に第1次5カ年計画の策定による事務機分野への本格的な取り組みを決定した時に始まった。まず1964年に、世界初のテンキー方式電卓「キャノーラ 130」の発売が多角化への鎬矢となった。続く翌年には、エレクトロファックス方式の複写機「キャノファックス 1000」を発表した。<sup>(注7)</sup>そして1967年の創立30周年で「右手にカメラ、左手に事務機」をスローガンに多角化推進を宣言した。同時に1969年、社名をキヤノンカメラから「キヤノン」に社名変更して、カメラ部門依存から事務機器部門進出への多角化をより鮮明にしていった。

その後、この方針に沿って、1970年にパーソナル電卓市場に進出、さらに国内初の普通紙複写機「NP-1100」、半導体焼付装置「PPC-1」の発売へと事務機部門を中心に半導体関連部門にまで拡大していった。こうしたカメラ部門以外の事業拡大による販売チャンネルの混乱から、1971年にキヤノンカメラ販売とキヤノン事務機販売を一本化してキヤノン販売を設立して販売系統の統合を図った。1974年にオフィスコンピューター「キャノナック 100/500」の発売で情報機器にも参入、そして1975年、情報機器接続用レーザービームプリンターの開発に成功して1980年代の主流となる世界最小小型レーザービームプリンター発売への道を開いていった。しかしながら、1970年代前半までのキヤノンの多角化戦略は順調とは言えず、複写機事業の立ち上げで苦戦し、加えて電卓事業の不振により赤字寸前の状況となった。

こうした苦境のなかで、1977年に社長就任した賀来龍三郎は、「世界の優良企業を目指す」新たな企業方針を宣言、生産体制の大改革を遂行した。まずトヨタを参考にした「キヤノン式生産システム」を構築して、生産品目が雑居していた生産拠点を、小杉（光学機器）、福島（カメラ）、取手（事務機）、下丸子本社（技術センター）の各工場ごとに特化させた。次に1978年、製品別事業部制を導入して効率良い生産体制に改変した。そして販売網に関しても米国での事業において直販体制を構築して流通の効率化を図っていった。

1980年代に入り、製品多角化はさらに進展し、1980年にローマ字入力初採用の日本語ワープロ「キャノワード 55」を発売、1981年には世界初のカートリッジ方式複写機「ミニコピア PC-

10/PC-20」、16 ビットパーソナルコンピューター「AS-100」を発売し、さらに 1985 年には世界初のバブルジェット方式インクジェットプリンター「BJ-80」を発売した。そして 1990 年代、事務機およびカメラ分野でのデジタル化が進行するなかで、キヤノンは事務機とカメラの両事業でデジタル化に成功し、しかもそれらの全世界への輸出でも成功させた。

以上のように、キヤノンは、日本初、世界初となる独自技術を開発して多角化に取り組むことで、祖業のカメラから事務機、情報機器へと事業を拓げることに成功した。この結果、本体のカメラ部門は、1980 年においては連結売上高の 44%を占めていたのに対して、1998 年までには 9%にまで低下し、代わって複写機、プリンター、ファックスなどの事務機部門が 83%を占め、そして新たな進出分野であった半導体露光装置（ステッパー）などの光機部門も約 8%を占めるまでに成長した。

「情報通信機器こそ 21 世紀への最大の標的である」<sup>(注 8)</sup>として、カメラ、事務機に続くファクシミリ、複合端末機などの情報通信機器分野への進出を 1988 年「第二の創業」として位置づけた。しかし当時キヤノンは、大衆市場向け商品作りのノウハウの蓄積はあるが、得意とする画像技術を除けばコンピューター技術では国内外の有力情報通信機器メーカーに大きな遅れをとっており、情報通信分野を強化するには、賀来社長の言う「富国強兵と同時に外交も考える」<sup>(注 9)</sup>戦略、つまり社内技術開発に加え、ソフト技術の優れた新興企業の買収や技術の相互補完が可能な有力メーカーとの業務提携戦略が不可欠であると考えていた。そのため国際化戦略の一環として海外企業との提携に積極的な姿勢を示すことになった。

## 2-2 キヤノンの国際化戦略：国際分業戦略

1980 年代後半に入り、日本企業は、円高、貿易摩擦を受けて新たな対応を迫られていた。キヤノンにとっても貿易摩擦なき企業に向け、海外現地生産による国際的水平分業戦略を推進することは急務となっていた。創立 50 周年を迎えた 1988 年、次の半世紀に照準を合わせた「第二の創業」を発表し、「共生」を企業理念としたグローバル企業構想をスタートさせた。この目標を支えたのが、情報通信機器分野での新製品開発とともに海外生産による国際水平分業であった。

21 世紀に向けて、情報通信機器分野への進出と貿易摩擦なき企業を目指すキヤノンは、社内技術開発に加え、海外のソフト技術関連企業の買収や技術相互補完が可能な企業との業務提携戦略が不可欠と考え、1980 年代後半から国際戦略の一環として海外企業提携に積極的に取り組んでいった。その布石として、1984 年から 1986 年にかけて、まず事務機器分野において米国イーストマン・コダック社と複写機・医療機器分野での提携。さらにコンピューター分野で、米国ヒューレット・パカード社および米国アップル・コンピューター社と手を結んだ。これ

らの提携には、1981年にIBMが世界初のビジネスパソコンを発売したことで接続プリンターの需要が北米で急増したことが背景にあった。つまり、それまでの事務機が複写機だけであったのに対し、1980年代以降、IBMによりパソコン接続のプリンターが新たな商品として誕生することになったからである。このためキヤノンは1984年にHPと提携し、キヤノン製のプリンターをHPにOEM供与することで、キヤノンの複写機は北米の自前の販売網で、プリンターはHP経由で販売する供給ルートの棲み分けを行って、新たな日米摩擦を防ぐ配慮で対処した。そして通信機器分野では、西独シーメンス社とISDN（統合デジタル通信サービス）用ファクシミリ接続機器の共同開発でも合意した。また素材分野でも、1987年にアモルファス技術を評価して米国のベンチャー企業EDC社に資本参加し、さらにソフト・サービス部門への本格参入をめざして、国際的な書類配送サービス業の米国DHL社とも提携した。

これらの多角的な提携戦略の狙いは、長期的観点からキヤノンにない技術は積極的に取り込み、将来の成長に備えようとする意図からであった。とくにキヤノンは、半導体技術分野では遅れをとっており、この溝を埋めるため、1987年に入って米国大手半導体メーカーとの提携を一段と加速することになった。たとえば、ナショナル・セミコンダクター社と事務機器用MPU（超小型演算処理装置）およびソフトウエアの共同開発、インテル社との複写機専用LSI（大規模集積回路）の共同開発および生産委託、さらにモトローラ社から自動焦点一眼レフカメラ用MPU、およびテキサス・インスツルメント社からのスチルビデオカメラ用CCD（電荷結合素子）の供給委託などがそれである。

また販売分野においても国際提携戦略を推進していった。そもそも技術分野での海外企業との提携は、キヤノンの補完的戦略以外に、円高メリットおよび日米半導体協定に絡む貿易摩擦の緩和にも照準を合わせた二重の戦略が意図されていた。同様のことは、欧州での貿易摩擦に対しても販売分野での提携によって摩擦緩和を図ろうとした。ところで、販売分野においてキヤノンは早くから独自の戦略を取っており、1969年にキヤノン事務機販売を設立して販売部門を分離し、自前の販売網を確立していた。ライバルのリコーなどが、海外市場は現地販売代理店に任せ、もっぱら国内市場の販売網構築に優先したのとは対照的に、キヤノンは米国、欧州の販売代理店に出資するなどの形で次々と自前の販売網を整備したことで国際提携を円滑に推進することができた。1987、ECは日本製複写機に対してダンピング課税を課したが、これに先立ちキヤノン子会社コピアを通じて西独アグファ・ゲバルト社とのOEM契約を遂行し、また西独CPFドイツ社にも資本参加して販売提携を行い、さらに伊オリベッティ社と合併の販売会社を設立して万全の対策を採って対応していった。

同時に、キヤノンが目標とする通信機器分野への本格参入は、販売面の提携で着実に進展することになった。1987年7月の西独シーメンス社との企業内OAの中核となるデジタルPBX

(構内交換機)分野での販売提携がこれに相当する。シーメンス社のPBXは、米国シーメンス社が開発・製造している製品であり、これによって日米欧の連携を強めるとともに、キヤノンにとって自社製のファックシミリ、ワープロ、パソコン、電話機などの端末をシーメンス社のPBXとつないで総合的に機能させるネットワーク・システムの構築が可能となった。

しかしながら、こうしたキヤノンの情報通信機器分野への積極的な進出は、一方で国内の日本電気、富士通、日立、そしてATTと提携している東芝などの大手電機メーカーがひしめく市場に参入することを意味し、これに海外の大手電機メーカーの攻勢も加わって、その後の市場競争戦に巻き込まれることになった。

以上のように、1980年代におけるキヤノンの輸出比率は約75%にも達しており、当時の日本企業のなかでも際立って高い海外市場依存型企业であり、常に為替リスク、貿易摩擦にさらされてきた。そこで当時この問題に対処するため「摩擦なき無国籍企業」の実現が同社の次の目標となった。<sup>(注10)</sup>すなわち、従来の米国型多国籍企業が世界にネットワークを広げ、本国に利益を送る方式であったのに対して、キヤノンの構想する無国籍企業とは現地で得た利益は原則として現地に再投資し、親会社から子会社への資金の流れという関係を持たずに、世界各地に生産、販売、研究開発などすべてを備えた独立企業を展開させようとするものであり、国際的な水平分業を通じて母国を持たない企業にしようとする構想であった。これによって、最終製品は日米欧の3拠点が受け持ち、日本はカメラ・ワープロ、欧州は電子タイプライター・ファックシミリ、米国は産業用システム機器などに特化し、東南アジア地域などの新興国は部品供給基地としての役割を持たせ、そして日本は生産機能のほか新製品開発及びグループ全体の調整機能を担うことになる。実際、1986年には欧州向け複写機は、特殊用途を除いて全量をフランスおよび西ドイツでの生産に移行して現地生産体制を確立し、さらに1987年、次世代プリンターであるレーザービームプリンター(LBP)をフランスの生産子会社キヤノン・ブルターニュSAおよび米国の生産子会社キヤノン・バージニアで生産を開始した。

キヤノンは、1980年代後半までに日米欧の重要生産拠点を揃え、同時に円高を背景とするアジア新興国などを中心とした部品調達の国際化体制の構築することでグローバル経営の基盤を確立した。そして生産・販売の国際化の流れは、さらに研究開発部門にも及び、従来からの事業の多角化、新規分野への進出に加え、日米欧に研究開発拠点を分散して、基礎研究、ソフト、システム開発・設計の日米欧三極一体開発体制へと移行していく。1988年に日本以外で初の研究所となるキヤノンリサーチセンターヨーロッパを英国に設立したのがその嚆矢となった。

図表 1 キヤノン「共生」を企業理念とした主な国際提携（1987年）

	欧 州	米 国	ア ジ ア
事 務 機	<p>アグファ・ゲバルト(西独)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・子会社コピアが複写機をOEM</li> </ul> <p>C P F ドイツ(西独)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・資本参加し、複写機を販売</li> </ul> <p>オリベッティ (伊)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・合併で複写機などを生産</li> </ul> <p>トリアanf・アドラー(西独)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・資本参加し、事務機器の技術指導および子会社日本タイプライターの電子タイプライターをOEM.</li> </ul>	<p>イーストマン・コダック</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・医療機器・電子部品分野で業務協力、複写機をOEM</li> </ul> <p>E C D</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・資本参加し、複写機用新素材技術（アモルファス技術）の導入</li> </ul> <p>ナショナル・セミコンダクター</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・事務機用MPUおよびソフトウェアの共同開発</li> </ul> <p>インテル</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複写機専用L S Iの共同開発および生産委託</li> </ul>	<p>ロッテ (韓国)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・合弁会社を設立し、複写機などを生産</li> </ul> <p>インディアン・デュブリケーター(IDC)(インド)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・子会社コピアが複写機技術の供与およびOEM</li> </ul> <p>ビー・エレクトロニック・マシーイズ(インド)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複写機部品の供給および技術供与</li> </ul> <p>湛江市複印機工業公司(中国)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複写機の生産設備・部品の供与</li> </ul> <p>天津市複写印設備公司(中国)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複写機の生産設備・部品の供与</li> </ul>
コン ピ ユ ー タ ー		<p>ヒューレット・パッカード</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ミニコンピューターのOEM供給を受け、LBPをOEM供給</li> </ul> <p>アップル・コンピューター</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・パソコンの供給を受け、LBPを供給</li> </ul>	
通 信 機	<p>シーメンス (西独)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・I S D N用ファクシミリインターフェース共同開発</li> <li>・デジタルP B X (構内交換機) 分野で提携</li> </ul>	<p>D H L</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・通信サービス子会社に資本参加し、端末供給</li> </ul>	
カ メ ラ		<p>モトローラ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自動焦点一眼レフカメラ用M P Uの導入</li> </ul> <p>T I (テキサス・インスツルメント)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・スチルビデオカメラ用C C Dの導入</li> </ul>	<p>金星精密 (韓国)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・35ミリカメラの技術援助</li> </ul>

図表 2 キヤノンの国際化の主な流れ

- 1950年、製品の輸出販路確保のためシャーデン・マセソン商会と提携  
1955年、ニューヨーク支店開設  
1957年に欧州総代理店としてキヤノン・ヨーロッパをジュネーブに開設  
1959年にドキュマット社と提携、マイクロ機器分野に進出  
1962年、パナマに中南米総代理店、キヤノンラテンアメリカ開設  
1963年、キヤノン SA ジュネーブ設立、総代理店制を廃止し、キヤノン本社直属の販売体制を開始  
1965年、キヤノン U.S.A. 設立  
1967年、輸出比率 50% を超す  
1967年、現地法人キヤノンラテンアメリカ設立  
1968年、キヤノンアムステルダム N.V. (現キヤノンヨーロッパ N.V.) 設立  
1970年、日本以外で初の生産拠点、台湾キヤノン設立  
1972年、ヨーロッパ初の生産拠点、キヤノンギーセン (当時、Physotec GmbH・ドイツ) を設立。  
1973年、キヤノンドイツを設立  
1974年、キヤノンビジネスマシナイズ (アメリカ・カリフォルニア州) を設立  
1975年、キヤノンフランスを設立  
1976年、キヤノンビジネスマシナイズ (現キヤノン U.K.) 設立  
1978年、キヤノンオーストラリア設立  
1979年、キヤノンシンガポール設立  
1979年、海外売上が初めて 1,000 億円を突破  
1983年、キヤノンブルターニュ (フランス) 設立  
1984年、中国にて技術合作契約締結、湛江・天津で複写機の生産開始  
1984年、キヤノン (賀来龍三郎・社長) は HP との提携を決断。キヤノンが製造したプリンターを OEM 供与する契約を締結し、北米でキヤノン製のプリンターを HP ブランドで売るという選択をする。これにより、キヤノンは複写機は北米の自前販売網で、プリンターは HP 経由で販売する棲み分けを行った。さらに、1985年にキヤノン (賀来龍三郎・社長) は事務機の北米生産を決断。  
1985年、キヤノンバージニア設立  
1985年、米国ヒューレット・パッカード社とコンピューター分野における業務協力関係を結ぶ  
1985年、韓国に合弁会社ロッテキヤノン (現 Canon Korea Business Solutions Inc.) 設立  
1986年、独・シーメンス社と ISDN 用ファクシミリインタフェース技術における業務協力関係を結ぶ  
1986年、米国・イーストマンコダック社と最先端医療機器分野における業務協力関係を結ぶ  
1987年、ヨーロッパで日欧相互理解の研究を援助するキヤノンヨーロッパ財団設立  
1987年、韓国・金星精密社にカメラ技術を供与、生産を開始  
1988年、日本以外で初の研究所、キヤノンリサーチセンターヨーロッパ (イギリス) 設立  
1988年、キヤノンオプトマレーシア設立  
1988年、キヤノンビジネスマシナイズメキシコ設立  
1989年、米国・NeXT 社に資本参加、あわせて極東地域販売権を取得  
1989年、キヤノン大連事務機有限公司 (中国) 設立  
1990年、キヤノン・インフォメーションシステムズ・リサーチ・オーストラリア設立  
1990年、現キヤノンリサーチセンターフランス設立  
1990年、キヤノン珠海有限公司 (中国) 設立  
1990年、キヤノンハイテクタイランド設立  
1992年、電卓事業を担当する、キヤノン電産香港有限公司が業務開始  
1994年、米国・IBM 社とパワーPC 小型コンピューターの開発・生産で提携  
1995年、複写機の再生拠点として、米国バージニア州にカスタムインテグレートドテクノロジー社を設立

図表 2 キヤノンの国際化の主な流れ（つづき）

- 1996年、トナーカートリッジの再生拠点、インダストリアルリソーステクノロジーズ社を米国に設立
- 1996年、キヤノンラテンアメリカ、マイアミに移転
- 1996年、キヤノンバージニア、再生複写機出荷 5,000 台を達成
- 1997年、キヤノン（中国）有限公司を設立
- 1997年、複写機の生産拠点として、中国に天津キヤノンを設立
- 1998年、国内で複写機の再製造事業を開始、複写機再製造の日米欧 3 極体制を確立
- 1998年、キヤノンソフトウェアデベロップメントセンターをニューデリーに開設
- 1998年、北京大学と合弁でソフトウェア開発を目的とした新会社、佳能情報技術（現 Canon Information Technology (Beijing) Co., Ltd.）を設立
- 1998年、キヤノンミドルイーストを設立
- 2000年、ニューヨーク証券取引所に上場
- 2001年、ヨーロッパ本社・キヤノンヨーロッパLtd.をイギリスに設立。キヤノンヨーロッパN.V.（オランダ）との 2 社共同による運営を開始
- 2001年、インクジェットプリンターの生産拠点として、キヤノンベトナムを設立
- 2001年、中国・蘇州にグループ 3 社が複写機生産工場を設立
- 2001年、中国で 3 番目の LBP 生産拠点、キヤノン（中山）事務機有限公司を設立
- 2003年、キヤノン中国、15 の国内支店開設
- 2004年、キヤノンロシアを設立
- 2005年、米国・マイクロソフト社と映像処理技術分野における提携に合意
- 2009年、キヤノンヨーロッパ、本社機能をロンドンに統合
- 2009年、米国ヒューレット・パカード社とソリューション分野で業務提携
- 2009年、キヤノンバージニア、トナーカートリッジ新工場棟を竣工
- 2010年、オランダ・オセを連結子会社化
- 2011年、医療用 IT ソリューションベンダーのフランス・メディアンテクノロジーズ社と提携
- 2011年、キヤノンプラチンブリタイランドを設立
- 2011年、キヤノンビジネスマシズフィリピンを設立
- 2011年、キヤノンとオセ初の共同開発製品として、オセ製プリンターコントローラーを搭載したデジタルプロダクションプリンティングシステムを開発
- 2012年、ブラジルにキヤノンインダストリアデマナウスを設立
- 2012年、キヤノンマーケティングベトナムを設立
- 2012年、マサチューセッツ総合病院およびブリガム・アンド・ウィメンズ病院との共同研究に合意
- 2012年、レンズ交換式デジタルカメラが 2003 年から 10 年連続世界シェア No.1 を達成
- 2013年、キヤノンアメリカス、メルヴィル新本社が完成
- 2013年、キヤノンソリューションズアメリカを設立
- 2013年、キヤノンベトナム、インクジェットプリンターの工場生産 1 億台を達成
- 2013年、キヤノン蘇州、複合機「image RUNNER ADVANCE」シリーズ生産 100 万台を達成
- 2014年、キヤノンヨーロッパ、マイルストーンシステムズ社を買収
- 2014年、フォルクスワーゲン社とプリント管理のグローバル・パートナー契約を締結
- 2015年、ネットワークカメラ事業の強化に向けてスウェーデン・アクシス社を連結子会社化
- 2015年、キヤノン USA、キヤノンバイオメディカルを設立



### 3. ニコンの成長プロセスとその戦略

1960年代に入り、日本のカメラ産業は、戦後の経済成長による所得増大から国内需要が増し、黄金期を迎えようとしていた。ニコン、キヤノンに続き、リコー、オリンパス、ミノルタ、ヤシカなどの日本の主要カメラ生産企業は量産体制を確立し、カメラブームの様相を呈した。

ところが、1960年代後半からの景気後退によるカメラ需要の後退は、カメラ生産企業にとって大きな打撃を被ることになった。そのためカメラ偏重のリスクを避ける理由から、兼業部門または新規部門に比重を移す企業が増えていった。古くは1955年のリコーの事務機事業への転換、そして1960年のミノルタの事務機進出による経営多角化があるが、多角化戦略を推進してカメラ専業から脱皮しようとしたキヤノンがまさにその典型例であった。他方、ニコンはカメラ不況への対処から中級品、8ミリの生産を中止し、高級カメラに注力し、世界的な輸出で生き残る道を選択した。まさに事務機に賭けたキヤノンとは対照的な方向に進むことになった。また同時に、光学技術を活かして半導体露光装置などの独自の先端技術分野にも進出した。

#### 3-1 ニコンの国際化戦略

カメラ産業は、その活動において「輸出」抜きには成り立ちえない産業であると言われている。戦後、米国の食糧援助の見返物資としてカメラ産業が占領軍と日本政府によって育成され、その後、外貨を稼ぐ輸出産業としてカメラ産業は大きく成長した。1960年代から1970年代前半までの高度成長による国内需要の拡大期を経た1970年代後半から1980年代にかけて、輸出比率は約8割に達していた。そのため、日本のカメラ専業企業の国際化戦略は、海外販売・サービス拠点の設置に注力を傾けていった。それら海外拠点は輸入・サービスが主な業務であり、生産までには未だ至っていないのが現状であった。

日本のカメラ産業が輸出依存型産業ゆえに、本格的に海外に生産拠点を設立するのは、1960～70年代の一部企業の香港、台湾での生産を除けば、1990年代以降のことで他産業に比べて相対的に遅れていた。なかでもニコンは、それまで韓国で現地企業との提携や技術協力に関与したことはあったが、海外自社工場の設立では最後発に入り海外生産で最も出遅れた企業であった。

ニコンは、他のカメラ企業が様々な分野への多角化への道を歩むなかで、高級機カメラの開発・生産を戦略の中心に据え、世界的な輸出で成長してきた企業である。その根底には、精密な機械技術、高度な光学技術を駆使する「すり合わせ型」生産技術で作られた高級カメラは、国内でしか生産できず、いわばブラックボックス化した技術ゆえ海外移転は不可能であった事

情が関係している。そのためニコンの国際化戦略は、初期の段階から輸出に依存し、海外拠点はその輸入・サービス保守を専業とする販売拠点の展開が主な内容となった。

このように、ニコンの海外展開は、1950年において海外で高い評価を受けたにもかかわらず、他社に比べて海外市場開拓は十分ではなかった。そこで、これまでの代理店を通じた輸出形態を改め、1953年、ニューヨークに輸入・技術サービス・市場調査を目的とした現地法人ニコン・オプティカル社（Nikon Optical Co., Inc）を設立した。同様に欧州でも販売強化のために、スイスに Nikon AG 設立した。ただし、ここで注意すべきは、海外市場の多くで激しい現地競争や規制などに直面し、市場開拓が困難であったことから実質的に現地販売代理店に委ねられていたことである。本格的な直販体制に移行するのは1981年以降のことであった。

1980年代後半以降、日本企業は円高局面を迎え、深刻な生産コストの問題を抱えることになった。ニコンにとってもそれは例外ではなく、円高に伴う人件費の高騰と深刻な人手不足による価格競争に直面していた。こうした時代の趨勢に対応して、ニコンは1990年に、初の海外生産拠点としてタイのアユタヤに現地法人ニコン・タイランドを設立し、1992年から一眼レフ用交換レンズの本格生産を開始した。

しかしながら、1980年代後半からカメラは、世界では大衆化、汎用化の時代を迎えていた。しかもフィルムカメラに変わってデジタル化の波が押し寄せつつあった。デジタルカメラは、短期間にモデルチェンジを繰り返す製品であるため、モデルごとに自動生産ラインを作り直すより人的対応の方が柔軟に生産対応できる利点がある。とくに新興国での生産は、低賃金での労働者確保によるコストダウンも加わって、世界的に海外生産拠点を新興国に設立する傾向に拍車をかけたが、結果的に市場を飽和させ、採算割れの状態に至った。2017年にコンパクトデジタルカメラの不振により、中国江蘇省のニコン工場の操業停止の発表は、ニコンの現状を象徴するものとなった。

### 図表3 ニコンの国際化の主な流れ

- 1948年、「ニコン」（後に「ニコンI」と呼ばれる）を香港に初出荷
- 1950年、ニューヨーク・タイムズ、ニコンカメラ、ニコールレンズの優秀性能を世界に紹介
- 1953年、米国にカメラ等の輸入・技術サービス・市場調査を行う Nikon Optical Co., Inc.（現 Nippon Kogaku (U.S.A.) Inc.）を設立
- 1961年、ヨーロッパ初の子会社としてスイスに Nikon AG 設立（現 Nikon Switzerland Branch office of Nikon GmbH）
- 1968年、オランダに Nikon Europe N.V.（現 Nikon Europe B.V.）設立
- 1971年、西ドイツ（現 ドイツ）に Nikon Vertriebs GmbH（現 Nikon GmbH）設立
- 1978年、カナダに Nikon Canada Inc.設立
- 1979年、英国に Nikon U.K. Ltd.設立
- 1981年、米国に Nikon Americas Inc.設立

図表3 ニコンの国際化の主な流れ（つづき）

1981年、米国の Ehrenreich Photo-Optical Industries, Inc.の全株式を取得し、Nikon Inc.に改称  
1982年、米国に Nikon Precision Inc.設立  
1986年、香港に Nikon Hong Kong Ltd.設立  
1986年、フランスに Nikon France S.A.（現 Nikon France S.A.S.）設立  
1988年、西ドイツ（現 ドイツ）に Nikon Precision Europe GmbH 設立  
1990年、韓国に Nikon Precision Korea Ltd.設立  
1990年、タイに Nikon（Thailand） Co., Ltd.設立  
1993年、イタリアに Nikon Instruments S.p.A.設立  
1995年、シンガポールに Nikon Singapore Pte Ltd 設立  
1995年、台湾に Nikon Precision Taiwan Ltd.設立  
1996年、米国に Nikon Research Corporation of America 設立  
1999年、中国に Nanjing Nikon Jiangnan Optical Instrument Co., Ltd.設立  
2000年、フランスの Essilor International との合弁企業（株）ニコン・エシロール設立  
2000年、オランダに Nikon Holdings Europe B.V.設立  
2000年、米国の Nikon Instruments Inc.営業開始  
2001年、マレーシアの Nikon（Malaysia） Sdn. Bhd.営業開始  
2002年、オランダの Nikon Instruments Europe B.V.営業開始  
2002年、中国に Nikon Precision Shanghai Co., Ltd.設立  
2003年、米国の Trimble Navigation Limited（現 Trimble Inc.）との合弁企業（株）ニコン・トリンプル設立  
2003年、中国に Nikon Instruments（Shanghai） Co., Ltd.設立  
2005年、韓国の Nikon Instruments Korea Co., Ltd.営業開始  
2005年、中国の Nikon Imaging（China） Sales Co., Ltd.営業開始  
2006年、韓国の Nikon Imaging Korea Co., Ltd.営業開始  
2006年、オーストラリアの Nikon Australia Pty Ltd.営業開始  
2007年、中国の Nikon International Trading（Shenzhen） Co., Ltd.営業開始  
2007年、インドの Nikon India Private Limited 営業開始  
2008年、ロシアの Nikon（Russia） LLC.営業開始  
2009年、メキシコの Nikon Mexico S.A. de C.V.営業開始  
2009年、ベルギーの Metris NV（現 Nikon Metrology NV）を完全子会社化  
2010年、香港に Nikon Holdings Hong Kong Limited 設立  
2011年、タイの Nikon Sales（Thailand） Co., Ltd.営業開始  
2011年、ブラジルの Nikon do Brasil Ltda.営業開始  
2012年、アラブ首長国連邦（UAE）ドバイの Nikon Middle East FZE 営業開始  
2013年、インドネシアの PT Nikon Indonesia 営業開始  
2013年、ラオスに Nikon Lao Co., Ltd.設立  
2013年、シンガポールに Nikon Asia Pacific Pte. Ltd.設立  
2014年、パナマ共和国の Nikon Latin America, S.A.営業開始  
2015年、英国の Optos Plc を完全子会社化  
2016年、オーストリアの Nikon CEE GmbH 営業開始  
2016年、英国の Mark Roberts Motion Control Limited を完全子会社化  
2017年、コンパクトデジカメの不振により、中国江蘇省の工場の操業停止を発表

### 3-2 ニコンの事業多角化戦略：半導体製造装置への参入

1971年一眼レフカメラ「ニコンF2」発売した翌年、第一次オイルショックが世界経済を襲い、日本のカメラ輸出は低迷し、ニコンは苦戦することになる。

戦前および戦間期に軍需対応型企业として成長した日本光学工業は、1945年の敗戦を契機に民需対応型企业への転換という新たな戦略に舵を切って再出発したが、その原動力は創建時から蓄積されてきた光学技術であり、その技術力を糧に今日の世界的な地位を得ることに成功した。しかしながら、1960年代まで飛躍的に売り上げを伸ばしたカメラ、顕微鏡、眼鏡などの主要な光学製品群は、すでに成熟段階に達しており、これら製品が将来に向けてさらに飛躍的に成長する可能性はないに等しい状況にあった。

今後の日本光学工業が飛躍的な成長を望むのであれば、カメラ以外の製品を育てる必要があるのは自明であった。そこで、日本光学工業の潜在力、すなわち同社が最も得意とする光学技術を活かして注力できる新分野として選ばれたのが半導体産業であり、情報処理産業であった。こうして日本光学工業は、半導体産業や情報処理産業に焦点を絞り、カメラの構成比を徐々に下げてゆく戦略に転換した。<sup>(注11)</sup>

半導体の製造技術は、1970年代までに基本技術が確立され、製品面では集積回路（IC：Integrated Circuit）、マイクロプロセッサ（MPU：Micro Processing Unit）、DRAMなどのプロトタイプが完成し、材料面ではシリコン、製造面では写真法が定着していた。こうしたこれら個々の技術分野の深化から、半導体製造装置を各メーカーが個々に自製するのではなく、各分野の技術専門メーカーがそれぞれ分担して製造する分業構造が確立されていた。一方、半導体の基幹技術は「いかにして精細な回路をシリコンウエハーに転写するか」が課題であり、それには精密系（装置）と光学系（レンズ）の技術力が決定的な要因となっていた。日本光学工業にはこれら精密系および光学系を併せもつ技術があり、その利点をそのまま半導体製造装置に活かす条件が揃っていた。これが半導体製造露光装置分野への進出を決意させる理由となったのである。しかしながら、日本光学工業は1969年に等倍投影型プロジェクションマスクプリンタを製作したのを鎗矢として半導体露光装置へ進出し、1974年に近接投影露光方式のプロキシミティプリンタを開発したが、いずれも販売実績はわずかなものであった。

転機が訪れたのは、通産省が日本の半導体技術の底上げのため、コンピューター開発の要となる超LSI技術研究を目的とする「超LSI技術研究組合」を発足させた1976年以降のことであった。超LSI技術研究組合は、その研究の一部を、キヤノンに等倍投影型ステッパーと反射投影型露光装置を発注する一方、日本光学工業には縮小投影型ステッパーの開発を委託した。当時日本光学工業からは吉田庄一郎らの技術者が研究に参加し、苦難の末1978年に世界の半導体製造の歴史を変えることになる縮小投影露光装置、すなわち「ステッパー」の試作に成功

し、この試作機が日本最初の製造用ステッパーの原型となった。この成果によって、超高歩留まりで微細加工が可能となり、以後の日本光学工業のステッパー生産への傾斜を促す契機となると同時に 1980 年代の日本の半導体産業の優位を導く契機ともなった。

半導体露光装置は、集積回路（IC）の素材であるシリコンウエハ上に極めて微細な回路を転写する装置であり、半導体製造において最も重要な工程を担っている。なかでもステッパー（逐次移動式縮小投影露光装置）は、1977 年に米国 GCA（Geographical Corporation of America）社によって発表されて以来、半導体生産ラインの中核を担ってきた。こうしたステッパーの開発・生産では米国 CGA 社が先行していたなかで、ニコンは、1980 年に国産初の半導体露光装置（ステッパー）「NSR-1010G」を発表し、米 GCA 社の牙城に切り込んでいった。まず 1981 年には量産品を完成させて、1 号機を NEC に、2 号機を東芝に納入する一方、1982 年に横浜製作所、1984 年に熊谷製作所にそれぞれステッパー製造の専用棟を新設して、ステッパーの本格的な量産体制を構築し、その後の日本の電子機器製造に大いに貢献する準備を整えていった。

1982 年には、半導体製造のリソグラフィ工程およびエッチング工程における外観検査にも使用されるウエハ検査顕微鏡装置「オブチステーション」発売して、生産時の歩留まり向上や製造ラインの安定化に寄与する半導体生産関連事業にも目を配りつつ、1984 年に縮小投影型露光装置「NSR-1010i3」の発売でステッパー生産は絶頂期を迎えることになった。

そして 1986 年には、液晶ディスプレイのニーズの高まりを受け、液晶パネルなど、フラットパネルディスプレイの基盤となるガラスプレート表面に回路を露光させる日本光学工業初の大型基板用液晶露光装置「NSR-L7501G」をいち早く市場に投入するとともに、1988 年に縮小投影型露光装置「NSR-1505EX」を発売してさらなる磨きをかけた。

こうしたステッパーへの需要が急進した背景には、1980 年代を通じて汎用大型コンピュータ向け DRAM 需要が爆発的に生じたからに他ならない。なかでも日本の富士通、NEC、日立、東芝、三菱電機などのコンピューター・半導体メーカーが、IC の集積度を急速に高め、大規模集積回路 LSI、さらにそれを高密度化した超 LSI は、1977 年に 64 キロビット DRAM、1984 年に 1 メガビット DRAM および 256 キロビット SRAM へと集積度を上げながら生産していた。1980 年代最大の半導体商品と呼ばれた超 LSI の製造では通常の光をもはや用いることはできず、X 線や電子線を用いてより微細な加工を施すことで可能となり、ステッパーの光学製造技術は不可欠なものとなったのである。

こうして 1980 年代に入り半導体製造装置、ステッパーの販売が急上昇するにつれ、日本光学工業の業績も上昇軌道に乗ってきた。当時不調であったカメラ部門に新たな 1 本の大きな柱が加わり、「高級カメラのニコン」から「半導体製造装置のニコン」に変貌するほどの勢いを持つことになった。確かに、1988 年に、社名を「日本光学工業株式会社」から「株式会社ニコン」

に変更したのも、この新たな業容の拡大が大きく関係していたことは否めないであろう。

#### 4. ニコンとキヤノンの最先端技術にみる光学産業の事業拡大とその課題

戦後長らく米国での開発および技術革新の後を追ってきた日本の半導体産業は、1983年には国内半導体生産額は米国を抜き、さらに1988年には1M DRAMで世界シェアの9割を握り、1989年に日本製半導体は世界シェアの53%を占有し、1980年代後半から1990年代初めにかけて生産額で米国を凌駕する世界一の半導体王国を築くことに成功した。こうした日本の半導体産業の躍進を支えたのがニコンおよびキヤノンの半導体露光装置の製造であった。

##### 4-1 半導体露光装置の躍進

1980年代前半のステッパー開発および量産体制の構築によって、日本の半導体産業における半導体露光装置の製造を主導したニコンであるが、同時に展開したキヤノンの存在を忘れてはならないであろう。当初半導体露光装置への開発に積極的であったのはニコンよりもむしろキヤノンであったことに注意する必要があるからである。

キヤノンは1965年に投影型露光装置の開発に着手し、まず1967年に、IC製造用超解像度レンズ「Uレンズ」を完成させ、それをを用いて1969年に半導体等倍焼付装置「PPC-1」を製作した。さらに1973年にレンズをさらに進化させた半導体等倍焼付装置「FPA-120」を完成し、縮小投影型手動式ステッパー「FPA-141」を開発用として発表した。しかしながら、こうしたキヤノンの高価なレンズを搭載した先進的な試みは、当時の低い集積度のIC時代にはコストの面で市場性がなく、営業面で振るわなかったため、1995年に新たに近接投影露光方式を採用した「PLA-300」を発売して挽回を試みた。この結果、この後継機種「PLA-500」はキヤノン製露光装置のベストセラーとなった。

同時にキヤノンは、反射投影型露光装置の開発にも着手しており、1977年に設計を開始していた。これに注目したのが超LSI技術研究組合であり、反射投影型露光装置の開発を委託した。その成果が1979年の市販向け反射投影型露光装置「MPA-500FA」であり、これを契機に1MDRAM対応縮小小型ステッパー「FPA-1500FA」をニコンに遅れて1984年に発売した。その後、1990年にi線ステッパー「FPA-2000 i1」発売し、続いて1996年にはエキシマレーザー採用のステッパー「FPA-3000EX3」発売して、ニコンと同様、先行していた米国GCA社の性能を凌駕していった。

ニコン、キヤノン両社と米国GCA社のステッパー技術の優劣の差を生んだ要因は、ルーリングエンジン（刻線機）技術<sup>(注12)</sup>の開発に見られるような高度な精密機械技術とともに高級レ

レンズの設計・製造技術の有無にあったとされる。とくに大口径レンズの技術開発で露光領域を  
広げたことが、1980年代中頃までに米国CGA社を抜き、ニコンが約60%、キヤノンが約30%  
の世界シェアを占め、両社で世界のほぼ約9割を占めることを可能とした。この躍進で、1990  
年代の半導体製造装置企業の三強、すなわち米国のアプライドマテリアル（Applied Materials,  
Inc.）、東京エレクトロン、ニコンの三強時代を形作ることにもなった。その勢いは1990年代も  
続き、1995年に0.25マイクロメートル以下のデザインルールに対応した世界初のレンズスキャ  
ニング方式（KrFエキシマステッパー）の縮小投影型露光装置「NSR-S201A」発売し、さらに  
2000年にはディスプレイの大型化に対応して液晶ディスプレイ用露光装置「FX-21S」発売し  
た。時代は光源の微細化のトレンド、すなわち「g線レーザー」から「i線レーザー」、「KrFレー  
ザー（波長248nm）」、「ArF液浸レーザー（波長193nm）」へと波長の短いものに移行していく  
激しい技術変革が進むなかで、ニコン、キヤノン両社は、新型レンズ、オートフォーカス、ス  
テージ制御技術などの圧倒的な開発力で対応し、2000年までには世界シェアの約8割（ニコン  
が4割強、キヤノンが4割弱、ASMLが2割）を占めるまでに至っていた。

しかし、こうした日本勢の独壇場であったステッパーは、2000年前後を境に終焉を告げ、新  
機種種の「ArF」露光装置から、その主流は「スキャナー」の時代へと移行していった。

スキャナー（Step and repeat）の概念は、ステッパーと同様、縮小投影型分割露光装置であるが、  
その違いはステッパーが正方形の領域を1回の光照射で露光するのに対して、スキャナーは細  
長いスリット状の領域を横方向に走査しながら光照射して露光することにある。ニコンは、2001  
年にレンズスキャニング方式縮小投影型露光装置（「ArF」エキシマステッパー）「NSR-S306C」  
に続いて、2003年に解像度80nmの「ArF」スキャニングステッパー「FPA-6000AS4」を、そし  
て2006年に「ArF液浸」スキャナー「NSR-S609B」を発売し、さらに2009年には第10世代マ  
ザーガラス対応の大型パネル量産可能機種FPDスキャナー「FX-101S」と「ArF液浸」スキャ  
ナー「NSR-S620」を開発してこうした時代の要請に応えていった。

その後ニコンは、2016年に「ArF液浸」スキャナー「NSR-S631E」およびFPDスキャナー  
「FX-68S」を発売し、さらに2018年には、4Kテレビや今後普及が期待される8Kテレビ、高  
精細タブレットの液晶パネル、有機ELパネルなどの量産に最適なFPDスキャナー「FX-103SH」、  
「FX-103S」の開発で今日に至っている。

#### 4-2 半導体露光装置の問題点とその課題

こうして2000年頃までニコン・キヤノンの日本勢の独壇場であった半導体露光装置は、2016  
年には、その世界シェアは微細度の低い「i線」でキヤノンが57%でトップを占めるものの、  
ニコンは20%、より微細加工が可能な「KrF」で8%、さらに微細度を高めた「ArF液浸」でも

8%で、昔日の面影は失いつつあった。他方、ニコンに代わって世界トップシェアを占めてきたのがオランダのASMLである。その世界シェアは、「i線」で23%、「KrF」では62%、「ArF液浸」で92%を占め、半導体露光装置の世界シェア争いでニコンはASMLに完敗する結果となった。

ところで、半導体露光装置とは半導体製造装置のうち投影型露光装置のことを言うが、同装置は光学系の高度な技術が必要なため、同じ半導体製造装置製造企業であっても、この投影型露光装置を製造可能な企業は限られており、オランダASML、ニコン、キヤノンの三社で世界市場分け合う構図となっている。そのなかでASMLは、1984年にオランダのフィリップス社から分離して商社系企業ASM International (ASMI) と合併して設立された企業で、米国SVG (シリコンバレーグループ) の吸収合併などで業容を拡大するとともに、光学系はドイツのカール・ツァイスから調達するなど分業に徹した企業である。

ASMLが、半導体露光装置の世界販売台数で、ニコンから首位奪還したのは2006年であり、2010年にはASMLが世界シェアの約8割、ニコンは約2割と立場が逆転する状況となった。この時、ニコンは、世界的なデジタル化の波を受けて祖業であるカメラ事業でも苦戦しており、ASMLの台頭で、本業を支えた収入源をも失いかえない苦境に陥ることになった。

では、なぜASMLとニコンの逆転劇が起きたのであろうか、またその違いが生まれた原因は何かという疑問が生じる。そもそも半導体露光装置は、「史上、最も精密な装置」と呼ばれ、究極の「すり合わせ型」製品である。それは日本企業が最も得意とする分野であり、インテグラル型企業を自認するニコンにとって、その開発・製造面において他社に比べ優位性を発揮することができた。これに対してASMLは、企業自体分業化されたモジュラー型企業であったことが、顧客獲得のうえで有利に作用したと考えられる。すなわち、ASMLの納入先は、1990年代に急成長を遂げた台湾・韓国勢、例えばTSMC、サムスン電子などを顧客として獲得しているのに対して、ニコンは米国インテル社がほぼ半数を占め、前者がDRAMなどの汎用製品を中心に生産するのに対して、後者はマイクロプロセッサなどの調整を要する特注品であったため、販売数で差がつくことになった。また露光装置の構成要素に関しても、ニコンは投影レンズから制御ソフトまで光源以外全てを内製化しているのに対して、ASMLは、投影レンズはカールツァイスから、制御ステージはフィリップスから調達して部品全てを外注し、ソフトウェアのみ自社で担当する、まさに分業化したモジュラー型企業に徹していた。言い換えれば、ASMLは、技術を開放して外部の研究機関やレンズなど部材企業と連携する「オープン・イノベーション」を貫き、機動的に製品を投入したのに対して、ニコンは技術を「ブラックボックス」化して、自前主義を貫いたところに逆転理由があったと言えよう。

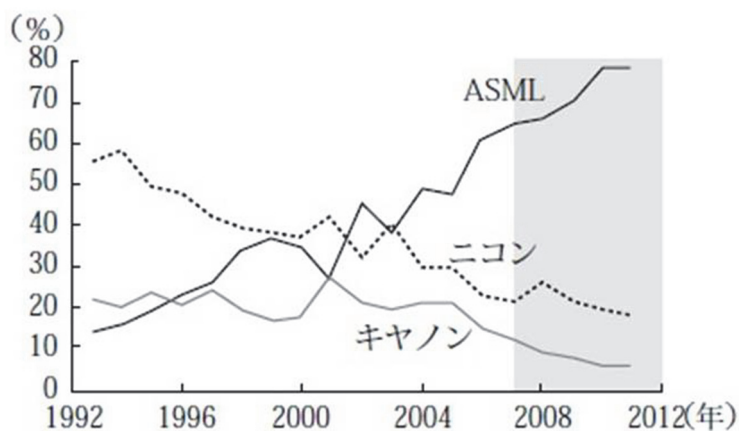
こうしてASMLは、露光装置を各装置部材に分割して外部委託した各モジュールに分け、そ



れらを本体設計に基づきアセンブルするプラットフォーム戦略で、ニコンに対して優位性を発揮していったが、他方キヤノンは、先端微細化プロセス向け市場から撤退してニコンとは異なる道を選択した。2003年に「ArF」スキヤニングステッパー「FPA-6000AS4」を発売したキヤノンは、次世代露光装置「EUV（Extreme Ultra-Violet：極端紫外線）」開発の手詰まり感から反転を懸けて2009年から「ナノインプリント」技術を持つ米国モレキュラーインプリント社との共同研究を開始し、2014年に同社を買収して完全子会社「キヤノンナノテクノロジーズ」を設立した。ナノインプリントは、従来の光で半導体回路を描写する露光装置とは異なり、型をウエハー上の樹脂に押し当てて回路を形成する新たな方式で、レンズや光源など高額な部品が不要なため露光装置よりも安く、解像度が高いメリットがある。一方、多数のウエハーを処理すると気泡やゴミが混入するなどの問題があり量産には向かないとされてきたが、モレキュラーインプリント社との共同研究でこうした課題に解決の道筋が付き買収に至ったとされる。同時に2018年においてキヤノンは、韓国や中国での中小型ディスプレイ向けにフラット・パネル・ディスプレイ（FPD）露光装置の増産にも傾注するなど、大きく戦略を転換した。

以上のことから、1980年代から躍進した半導体露光装置産業は、ニコンやキヤノンが脱落し、ASML一強の独占状態の結末を迎えることとなった。

図表4 半導体露光製造装置世界売上高シェア



電子ジャーナル「半導体製造装置データブック」より

#### 結語：日本のカメラ・光学産業の課題

科学技術の進歩により、情報化の流れはコンピューターの進展によるインターネット時代、

そしてモバイルの進展によるソーシャルメディア時代、さらにIoTとAIの進展によるビッグデータ時代へとめまぐるしく変遷していく今日の社会において、その中核素材である半導体は必要不可欠なものとなっている。この半導体を作り出す半導体製造装置（ステッパー）を展開してきたのが、カメラ・光学機器から出発したニコンとキヤノンである。両社は現在、カメラ・光学精密機器産業というよりも情報・医療機器産業あるいは電子機器、エレクトロニクス産業などに近い業態になっており、カメラ事業の比率は低下している。

ところで今日、カメラ産業は成熟の域に達しており、その観点から見れば衰退産業になりつつある。しかしながら、カメラ産業の特徴とも言える多角化展開、すなわちカメラ以外の新規分野への参入意欲の強さが、衰退化を免れ、さらなる成長産業へと変貌してきたことを忘れてはいけない。こうしたカメラ産業の多角化展開によって、もはや「カメラ産業」と呼ぶこと自体、今日、適当ではないかもしれない状況である。

では、カメラ産業は、今日までなぜ多角化志向を強めてきたのであろうか。その理由は色々考えられるがその第一は、カメラ事業の衰退を補う新たな成長源を求めたからに他ならない。つまり、カメラ産業のみで通用する独自技術が、技術革新の波に晒されてその強みを失い、新たな方向性を模索したからである。1888年にジョージ・イーストマンによる最初のフィルムカメラ「コダック」が発売されて以来、フィルム主体のカメラ産業が進展してきたが、21世紀に入ってデジタル化という「カメラが破壊的な技術革新の荒波に見舞われ、フィルムカメラが21世紀初頭にここまで激減するとは多くの人が思わなかった」<sup>(注11)</sup>であろう。しかしながら、カメラの基本は「レンズ」であり、それに付随したシャッター技術である。たとえ新たな技術革新が起きたとしても、この基本は不変である。ニコンやキヤノンがステッパーを開発するうえで基礎となった技術も、ルーリングエンジンと光学センサー、そして「マイクロニッコールレンズ」、キヤノンの「Uレンズ」であった。カメラの根底にもつ「レンズ」の基本技術から多岐な分野への応用が可能となったのである。

今日、デジタル技術の進展により、利益志向から価値創造へ、所有から共有へ、競争から協業へという経済のパラダイム転換が起きているなかで、「ニコンの価値創造」、「キヤノンの共生理念」は、21世紀の企業社会の方向性を示唆するものであり、本稿で解明してきた結論でもある。

## 注釈

本稿は、平成29年度専修大学長期国内研究員の成果の一部である。

- 1) 1988年に「日本光学工業株式会社」から「株式会社ニコン」に社名変更したが、本稿では1988年以前の記述についても一般名ではニコンとする。同様に、1969年に「キヤノンカメラ株式会社」から「キヤ

- ノン株式会社」に社名変更したが1969年以前の記述についても一般名ではキヤノンとする。
- 2) 矢部洋三、木暮雅夫編『日本カメラ産業の変貌とダイナミズム』日本経済評論社2006年、p.129
  - 3) 1950年代までに戸塚工場は日立製作所に売却され、川崎第一工場は八欧電機（富士通ゼネラル）の拠点工場へと変貌した。
  - 4) 「朝鮮戦争の取材で活躍中のライフ誌専属写真技師が過酷な条件下で使用した日本製 35mm カメラおよびレンズがドイツ製カメラよりも優秀であったとの報道が、米国の新聞社・雑誌社・撮影人に衝撃を与えている。その日本製カメラは「ニコン」と称し、外観はコンタックスそのものであるが、コンタックス、ライカ両者の長所を併せもち、これに改良を加えたものである。付属レンズはニッコールと称し、各種焦点距離のものを含み、ドイツ製小型カメラレンズよりはるかに高度の正確さを有するものであると米国の専門家が査定した。」1950/12/10 New York Times “JAPANESE CAMERA” この記事によって「ニコン (Nikon)」名と品質が米国で広く知られるようになる。
  - 5) 「日本商品がいかに不信用かであり、日本商品の道德感がいかに低いかという一言に尽き、業界の覚醒を促して止まない衝動を覚えた」新日本経済、1950/10/20
  - 6) Harry Igor Ansoff, “Strategic Management” 1965. (H.イゴール・アンゾフ 著、広田寿亮訳『企業戦略論』産業能率大学出版部、1969年)、Harry Igor Ansoff, “Corporate Strategy : An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion” 1979. “Strategic Management” 1965. (H.イゴール・アンゾフ著、中村元一訳『アンゾフ戦略経営論』中央経済社、2015年)
  - 7) 複写機業界は、1960年代に急成長を遂げ、その代表例がゼロックス社であり、セレンドラムなどPPCに関する基本特許を独占して、1970年の特許期限まで競合他社の参入を許さない体制を構築した。キヤノンは1965年にゼロックス特許を回避したNP方式による複写機の試作に成功していた。
  - 8) 賀来龍三社長「シュミレーション21世紀企業：キヤノン」日本経済新聞、1985/7/28
  - 9) 高橋寿常「日本企業の国際化-まず経営理念確立から-」日本経済新聞、1987/2/20
  - 10) 海外初の生産拠点は、1970年設立の台湾キヤノンであった。
  - 11) 「四つの過ちで「神話」の輝き薄れる」日経ビジネス、1981/10/19
  - 12) ルーリングエンジン（回折格子刻線機）とは、ガラスや鏡面の上に1mm当たり1000~1500本もの細かい線を繰り返し刻む装置。1961年に文部省(現文部科学省)は、高性能な回折格子の国産化を目的としたルーリングエンジンの開発計画をスタートさせ、東京教育大学(現筑波大学)光学研究所を主体にプロジェクトチームが編成された。当時、国内で最も高度な光学技術と精密加工技術を持っていたニコンは、本体部分の設計と製作を依頼され、1964年に1号機を完成させ、続いて1971年には2号機を完成させた。この成功によって、ニコンがサブマイクロメートルからナノメートルの超精密の領域に踏み込む大きな契機となったとされる。(SEAJ Journal 2012.8 No.138, pp37-38 )
  - 13) 吉田庄一郎「私の履歴書」日本経済新聞、2007/06/27

## 参考文献

- 『キヤノン70年史(1937-2007)』キヤノン株式会社2012年。
- 『ニコン100年史』株式会社ニコン2018年。
- 笠原伸一郎「世界的産業再編下での日本企業のグローバル化戦略：先端技術志向企業 キヤノンを事例にして」白鷗大学論集 Vol 2 No.1 1987年。
- 笠原伸一郎『グローバル企業の史的展開』中央経済社、2007年。
- 坂爪一郎『御手洗富士夫 キヤノン流現場主義』東洋経済新報社、2004年。
- 谷光太郎『半導体産業の軌跡 -日米攻防の半世紀-』日刊工業新聞社、1994年。
- 日本経済新聞社編『キヤノン 高収益復活の秘密』2001年。

- 矢部洋三、木暮雅夫編『日本カメラ産業の変貌とダイナミズム』日本経済評論社 2006 年。
- 山路敬三『共生戦略 キヤノンの実践経営』東洋経済新報社、1993 年。
- 吉田庄一郎『私の履歴書』日本経済新聞、2007 年。
- 吉田庄一郎『超精密マシンに挑む：ステッパー開発物語』日本経済新聞社、2008 年。
- Harry Igor Ansoff, “Strategic Management” 1965. (H.イゴール・アンゾフ 著、広田寿亮訳『企業戦略論』産業能率大学出版部、1969 年)
- Harry Igor Ansoff, “Corporate Strategy : An Analytic Approach to Business Policy for Growth and Expansion” 1979. “Strategic Management” 1965. (H.イゴール・アンゾフ 著、中村元一訳『アンゾフ戦略経営論』中央経済社、1980 年。

# グローバル化時代における光学機器産業の復権と発展

小原 理一郎

1990年代に入ってから急激な円高により多くの精密機器産業および光学レンズ関連産業が海外移転による生産展開で生産コスト削減を企図し対応してきた。

日本国内の地方工場も含めて空洞化現象が顕著にみられようになった。この歴史的な流れに対してまず初めに好対照的な企業の2つの事例を取り上げることにした。

秋田県に主力工場を置く三共光学工業株式会社は光学レンズ専門の開発、設計、生産に特化して海外生産に移行しなかった。

株式会社ニコンの望遠鏡事業室と後の株式会社ニコンビジョンは海外生産と国内生産を製品ごとに棲み分けをして生産についてのみ全面委託生産：ファブレスによって望遠鏡事業関連の業務を遂行して赤字部門から黒字部門への業績に転換させたのである。

この2つの事例の次に第3部として日本のカメラ産業、銀塩カメラの終焉とデジタルカメラ登場によるカメラ産業の復権を取り上げる。

カメラは戦後、レンジファインダーカメラ、二眼レフカメラ、一眼レフカメラと銀塩フィルムを使用するカメラ本体で輝かしい栄光の道を歩んできた。

しかし1990年代は日本の銀塩カメラ事業が最後に輝き光を失った10年である。

その後電子機器関連の技術開発が急激に進展し1996年以降従来の銀塩フィルムの代替物として撮像素子（イメージセンサー）CCD, CMOSを採用したデジタルカメラへと大転換し1990年末期に登場したデジタルカメラにその栄光の座を譲るのである。

## 【目次】

### 第1部 グローカル企業【三共光学工業株式会社】の成長発展の歩み

—空洞化に抗した生き残り作戦から光学レンズ専門製造業への飛躍—

#### 第1章 三共光学工業株式会社の設立と歴史

#### 第2章 1997年代の三共光学工業株式会社の状況

#### 第3章 2016年秋田県を拠点とするグローカル企業への飛躍

### 第2部 ニコン望遠鏡事業の立て直し黒字化作戦

#### 第1章 望遠鏡事業の歴史的な使命と誇り

#### 第2章 原価低減と原価意識の徹底について

- 第3章 新製品開発の促進と開発期間の短縮について
- 第4章 ニコンの品質基準に忠実な外注先との長期的な取引関係の構築
- 第5章 経営組織の簡素化と平準化
- 第6章 人的資源の活用
- 第7章 事業のコア、コンピタンス Core Competence の再発見と再認識
- 第8章 品質管理の重要性とブランド力
- 第9章 海外生産と国内空洞化および光学産業の将来

### 第3部 日本の銀塩カメラ事業の1990年代終末期の分析

初めに

- 第1章 経済情勢の悪化、世界的不況と日本のバブル崩壊
- 第2章 銀塩カメラメーカーの総出荷金額と為替の関連
- 第3章 銀塩カメラ最後のAPSカメラ
- 第4章 円高対策の決め手
- 第5章 カメラ各社の決算状況

終わりに

### 第1部 グローカル企業<三共光学工業株式会社>の成長発展の歩み

—空洞化に抗した生き残り作戦から光学レンズ専門製造業への飛躍—

(はじめに)

1990年代に入ってから急激な円高により多くの精密機器産業および光学レンズ関連産業は海外移転による生産展開で生産コスト低減を企図して対応する状況下で国内生産工場の空洞化が進行した。

しかしながら三共光学工業はその流れに逆らい独特の経営姿勢で秋田県に生産拠点を置きながら生き残り作戦として、【選択と集中】の方針、すなわち<日本国内秋田県内の工場>を【選択】し、<高度光学レンズ生産>に【集中】し果敢に強靱にして俊敏な経営姿勢を堅持し、高度な光学レンズ専門の製造企業として飛躍成長し、今では【グローバル企業】として秋田県で代表的な優良なる特有の企業として活躍している。

その事例企業研究として取り上げる。

【注1】

## 第1章 三共光学工業株式会社の設立と歴史

### 1. 企業概要

#### 1) 創業 1929年6月22日

代表取締役社長 萩原達俊

資本金 5,000万円

#### 2) 所在地

本社 東京都荒川区東尾久5-20-3

【写真1】三共光学提供

秋田事業所 秋田県仙北郡三郷町金沢字長岡盛215

【写真2】三共光学提供

太田工場 秋田県大仙市太田町三本扇字一本木18-1

【写真3】三共光学提供

大森工場 秋田県横手市相森町板井田字下田9-4

#### 3) 従業員 約355名 (2018年7月時点 直接雇用のみ)

多くは地元秋田県が中心であるが東北六県からの人材を確保している。

#### 4) 事業内容

映像用、産業用光学レンズ、光学ユニットの設計、製造、販売事業を展開する。

映像用、産業用の光学レンズは形状の大、小、波長の長短を問わずレンズへの精度の要求が厳しくなっている。

デジタル一眼レフカメラ用レンズ、半導体製造装置メーカーの大口径レンズ、大小レンズ、産業用特殊レンズ、その他特殊技術を必要とする各種レンズなどを受注生産する。

0.1ミクロン以下の精度の球面研磨加工技術、薄膜技術、ミクロン台の機械加工技術などが必要な業種である。

素材のガラス材料、結晶材料、セラミックス材料、金属材料において各種対応しながらレンズ研磨技術、組み立て、性能評価において強みを発揮している。

#### 5) 主要取引先

オリンパス、ニコン、栃木ニコン、キャノン、昭和オプティクス、パナソニック、リコーなど

#### 6) 歴史

1929年(昭和4年)本社にて光学レンズ研磨を家業として創業し、当初潜水艦などの軍需用部品生産から始まり、戦後民需製品に生産転換して1949年三共光学工業株式会社として

創立する。

1967年（昭和42年）秋田県誘致企業として仙北郡三郷町に仙南工場を開設する。

1970年 秋南光学株式会社創立（所在地 刈和野）

1973年 仙北工場開設,操業

1984年 大森工場 大森精器株式会社設立

2002年 三共光学、秋南光学、大森精器の三社を統合する

2004年 大森工場新棟増設

2008年 太田工場新棟増設

2014年 仙南工場と仙北工場を統合し秋田事業所に改称する。

廃校となった三郷町立旧金沢小学校へ移転入居する。

## 第2章 1997年代の三共光学工業株式会社の状況

＜空洞化に抗した生き残り作戦について＞とのテーマで、1997年12月19日に三共光学工業株式会社の萩原達俊取締役社長は学習院大学経済学部の筆者小原理一郎担当〔英語で学ぶビジネス事情〕（国際ビジネス比較文化論）で【特別講義】を行なった。

この講義内容を参考としてまた以前の工場視察も含めて1997年時代における三共光学工業株式会社の会社状況についてまとめて報告する。

1995年1月円高は1ドル78円まで高騰して日本国内の製造業の工場は生産コストの低減に限界を感じ、続々と海外に、中国、東南アジアのタイ、マレーシア、シンガポール、フィリピン、インドネシア、ヴェトナムなどに生産移転を進行させたため日本国内の地方工場が閉鎖されるところも出てきて空洞化現象が顕著になってきた。

そのような流れに対して三共光学工業は海外生産よりは秋田県でのローカル企業として特化して秋田県の地域風土と県民性を重視する経営方針を立ててきたのである。

製造業の工場はそれぞれの地域と文化風土が異なるので製造方法はそれぞれの工場の考え方に従い製品を完成させるので面白いことにその出来上がりは微妙に違いが生ずるということがある。

三共光学工業の当時の小さな工場であってもそれぞれ生産の仕方、仕上げについても特異性があるといわれた。

中小企業の生きる道は組織が大企業と比較してシンプルであることでそれを生かして迅速な判断をして環境の変化に即時に俊敏に対応することに強みがある。それを生かさねば、大企業の総合力に負ける。



色々な光学精密機器工場においても円高による生産コスト高騰に対応するために海外生産移転の動きもあり、大手企業からの誘いがあったにも拘わらず、三共光学工業は創業企業理念に従いお客様、社員、地域がともに栄える【三共の精神】という基本経営理念を堅持しながら海外進出についても慎重に検討を重ねた。

それは1994年先代社長が急逝した後、その経営理念を継承した萩原達俊社長は「現在確立している技術、技能を素直な気持ちで習得するのが基本である、又近道である」との信念をもって中国、マレーシア、タイなどの現地製造工場を実地に自分の目で工場視察した結果として最終的に海外生産移転は実行せず秋田県において光学レンズの専門の重点工場に特化する方針を確立する。

三共光学工業はバブル経済華やかな時代1990年代までは量産会社経営であったが、バブル崩壊後の大リストラ時代に突入する。

資金繰り苦難のリストラ経営困難に直面したときに今まで倉庫に眠っていた30年前の古い機械を三共光学流に金をかけずに社内での再活用をする工夫をし、経験豊富なベテラン職人<30年前の新入社員>であるとの再認識で、まさに発想の転換で新入社員と人事的な組み合わせによって、<大きい、小さい、面倒くさい>製品の注文に対して果敢に積極的に受注し、社員一同団結して困難を乗り越えて業績を拡大したのである。

三共光学工業の成功は社長と社員、地域の人々との良好な信頼関係による現場主義の貫徹によるものである。社員が一番大切である。人間の感性の重要性を経営者がしっかりと認識して経営を行ってきたのである。

経営学者ピーター・ドラッカーは、「組織には必ず意思決定を下す人間が必要だ。素早く動くことが重要であっても、それ以上に決定を下す方がもっと重要である。21世紀の方の組織では構成員の自治を最大限に生かすべきだが、決定者の役割はいつの時代でも変わらない」

(日経ビジネス1999年4月5日号、特別インタビュー;ピータードラッカー大いに語るP58)

人件費節減のための海外生産工場進出の失敗事例はその後続出している。

最近ではニコンが2017年10月中国無錫の工場、尼康光学儀器(中国)有限公司が工場閉鎖して中国から撤退している。 【注2】

キャノンの場合は中国進出中心から中国沿海における人件費高騰などで一部軌道修正して部分的に九州地方において革新的な自動組み立てや【セル生産】などの工夫により生産工場を戻す回帰現象も出ている。

しっかりと目標を持ち会社のために又自分が生き生きと快適に働ける職場にしていくことが重要である。最先端技術を駆使した精密機械でもその中には地道な工程で作りに上げられた

様々なレンズ、小さな部品も入っており、そのような小さな部品の集合体である。  
萩原達俊社長からの筆者あての1998年1月20日メールに次の内容ことが書かれている。

—1997年12月19日学習院大学経済学部での特別講義【空洞化に抗したわが社の生き残り作戦】についての学生のレポート、写真本日頂戴しました。

学生のレポートへの感動と不安と責任を感じ、また元気をもらえました。

「今まではあらゆる方のご支援により【成功】と評されるような経営をすることができました。しかし、今後同じように道を誤らず経営できるかどうか心配です。弱音を言うようですが本心です」

〔自分の気持ち、考えを整理することができたような気持ちになりました。一信じて、念じて、疑わず、自分の道を進みます。〕

このメールから20年後の三共光学の歩みを検証する機会に恵まれました。当時の萩原社長の心配は杞憂であったことが、20年後の工場見学を専修大学カメラ産業プロジェクトチームのメンバーとして2016年2月5日実施した工場見学でそれが証明された。

その後の経過とこの企業の成長と飛躍については次の第3章で報告する。

バブル期に財テクに走り失敗した製造業も多くあるが、最近では品質管理軽視あるいは無視で有名大企業の事例が多く新聞報道を賑わせていることは誠に残念である。

日産、神戸製鋼、三菱マテリアル、東洋ゴム、ドイツの自動車メーカーなど大企業はその失態を消費者の前に露見させている。

このような状況でまじめに品質管理を遵守して生き残り、社会に貢献している三共光学工業のように中小企業の元気さと製造業の王道とは何か大手の大企業の経営者は学ぶべき事例ではなかろうか。

### 第3章 2016年秋田県を拠点とするグローバル企業への飛躍

2016年2月5日秋田県の工場見学をする。

萩原達俊社長は北海道大学工学部卒業後、ソニーへ入社して、モールド開発金型製造現場と設計で約4年間の勤務経験後、中小企業庁の中小企業大学校で約1年学び、親の経営する三共光学工業へ入社する。

製造現場での厳しい修行後1994年先代社長が急逝して1995年突如社長に就任する。

萩原社長は大企業と中小企業の経験、現場主義にて三共光学工業を経営することになる。

### 1) 三共光学の現状は

- ①秋南光学、大森精器 145名+110名の派遣社員
- ②三共光学 秋田事業所仙北郡美郷町金沢字長岡 高精度、極小ロット生産、短納期もの
- ③太田工場 大仙市太田町三本扇字一本木 140名と数名の派遣社員  
研磨機 232台 芯取り 55台 荒削り 42台のレンズ加工工場。
- ④大森工場 横手市大森坂井田字下田  
研磨機 240台、芯取り機 77台 荒摺期 69台、真空蒸着機器シンクロンのコート機  
6台のレンズ工場である。

硝子材料から荒摺、整形—研削—研磨—芯取り—真空蒸着コート—接合一組立の工程との生産工程によりレンズ単体で納入する業務が主である。

### 2) 取引先

キャノン、ニコン、オリンパス、リコー、パナソニック、  
1990年まで当社は量産会社であったが大手メーカーが海外展開して韓国、台湾、タイ、中国へ海外生産に移行している状況で悩む。

### 3) 経緯と現況

最終的に秋田県を拠点としてローカル企業として特化した製品の生産に集中することにした。大口径レンズ受注で自作、加工器で生産、映像関係から産業機器用レンズ、レントゲン撮影用レンズ、半導体製造装置、液晶用レンズと受注を増やし、映像関係が6、産業用が4の比率であった。そのうち50%、50%となる。

しかしデジタル用カメラレンズは1億2000枚—3000枚から受注が急減して1/3までになり、カメラ関係需要はスマホに食われることになり受注状況は急変する。

その後産業用レンズの生産が増加してカメラ関係とその比率が逆転する。

小さいレンズの試作、内視鏡0.8mmのレンズ、精度は波長1/20レベル、633ナノレベルまでの要望でまさに職人芸を求められる注文が多くなる。

最終的な工程は標準化できないレベルで結局は人間のわざに依存することになる。そのため測定道具は軍需用に使われている米国製の測定器100万ドルのものを購入せざるを得ない。軍需関係の高度技術はアメリカ、イスラエル、ドイツ、フランスなどある。

今のところ海外からの受注はほとんどない。

ウェーハ検査装置、生物顕微鏡などオリンパス、ニコンなどの受注生産に特化している。

レンズには300種類以上もの受注生産となるので工員は多能工の道(設計と加工の同時進行)

が求められる。

そのため石巻専修大学工学部、山形大学、工業高校の電気、機械科の学生を採用して来た。離職率が低く定着率が高くなり熟練工が多くなり好ましい傾向である。デジタル研磨加工には5年間訓練期間が必要である。

- 4) 太田工場では200名の工具、産業レンズ関係分野において多種少量生産で取り組んでいる。ここではキャノンの液晶用半導体製造装置用のレンズ生産のために1台2億円もするシンクロンの真空蒸着器6台の投資、協立精機の研磨機などに投資をしている。半導体露光装置には36枚ものレンズが必要であり、きわめて超精密なレンズ研磨技術、コーティングが求められそれに対応できている。

#### 5) この企業の基本経営哲学と理念

コアコンピタンスとは持ち続け、拘ることである。

##### ①創業理念；顧客、従業員、地域社会の三者がともに栄えること

すなわち発注者である製造業者、会社従業員と幹部、地域社会；企業市民としての役割を認識することである。

CS Customer Satisfaction<顧客満足>とES Employee Satisfaction 従業員満足を大いに重視する経営姿勢を取ることである。

##### ②高度な技術を必要とする光学レンズ【大きい、小さい、面倒くさい】という分野に特化して来た。その技術がまさにコア、コンピタンスである。

##### ③先端的な堅実な職人集団を保持育成する<人財>重視の経営姿勢、人的なコミュニケーションの良さと風通しの良い会社であること。

##### ④必要とされる高度な専門的な工作機械、検査器具、治具などへの投資を積極的に実施して来た。旧機械装置のフル活用の姿勢で手持ち機械器具類を決して無駄にしないことが減価償却費を節約することにつながる。

##### ⑤建屋への投資は極力節減して、廃校になった小学校の校舎を再利用して工場として町の活力の再生に貢献している。

東京本社事務所は決して立派と言えないアパートのような建屋で見栄えよりも本社経費を節減する経営姿勢に徹している。そのような本社に萩原社長が机を置き東京中心に営業活動を展開し経営の中枢部の拠点として秋田工場への司令塔になっている。

##### ⑥中小企業としての経営意思決定の俊敏なる迅速性で激変する経営環境に柔軟に対応して来た。この企業 三共光学工業の経営哲学と姿勢は次のピータードラッカーの語録にびたりと合致し

ていることが今回の工場見学で再確認できた。この企業の堅実性と飛躍的な成長の結果を検証できたことは嬉しい限りである。

ピーター、ドラッカーの語録<日本経済新聞 2005 年 11 月 20 日【経営学の父】その思想と人生>の中から、

- ①【労働力はコストではなく資源である】
- ②【事業の目的は顧客をつくりだすこと】
- ③【効率的な企業は、問題中心主義でなく、むしろ機会中心主義であること】
- ④【知識こそ本当の資本である】
- ⑤【イノベーションの欠如こそ既存の組織が凋落する原因であり、マネジメントの欠如こそ新事業に失敗する原因である】

以上



【写真 1】東京本社  
三共光学工業発祥の地である東京事務所は豪華な建屋とは言えないがその歴史を物語る極めて質素な建屋である。



【写真2】秋田事務所  
廃校になった三郷町立旧金沢小学校の校舎に移転入居する。学校設備を部分的に改修して有効活用している。校長室は社長室、理科実験室など検査工程室など活用されている。正門には小学校の看板が三共光学工業株式会社と替わっている。



【写真3】太田工場  
2008年他社企業の工場施設を居抜きで継承する。

【注1】グローバル企業 地域でローカルとして全世界的にグローバルに企業活動して企業のことでグローバルとローカルを合成した用語である。

【注2】筆者論文 専修大学社会科学研究所月報 2018年2月号  
株式会社ニコンの歩み P68-69

#### 【参考文献】

P.F.ドラッカー

- ①「明日を支配するもの」 ダイヤモンド社
- ②「未来への決断大転換期のサバイバルマニュアル」 ダイヤモンド社
- ③「ポスト資本主義社会」 ダイヤモンド社
- ④「未来企業 生き残る組織の条件」 ダイヤモンド社
- ⑤「イノベーターの条件」 ダイヤモンド社

## 第2部 ニコン望遠鏡事業の立て直し黒字化作戦

昨年2003年6月に株式会社ニコンビジョン取締役社長を退任しました。

株式会社ニコン(旧日本光学工業株式会社)という企業に38年間にわたり働いてきましたが終止符を打ち、今では学習院大学経済学部経営学科で非常勤講師として教鞭をとっています。

ニコンでの企業人としての人生経験を踏まえて、光学産業の経営についてお話をいたします。

1995年1月株式会社ニコン小野茂夫社長(当時)から新設の望遠鏡事業室長になるようにとの辞令を受け取る。この辞令を受領するまではニコンの国際事業関連の管理部門の国際部ゼネラル、マネージャーという部長職を担当していた。

損益にかかわる事業部門を担当するのは今回初めての経験であり、新たに担当する望遠鏡事業はそれまでは機器、カメラ、眼鏡事業部門のなかに取り込まれ、社内ではどちらかと言えばマイナーな事業として取り扱われており、採算性もあまり芳しくはなかった。

しかし小野社長からは「望遠鏡事業はニコンの長い歴史と伝統を誇る事業であってその灯を消すわけにはいけないので、是非とも復活させるように頼む」との業務命令であった。

この事業は単にニコン一社にとどまらず、望遠鏡事業全体の再生にも関わる問題であり、大変重要な任務を負うことになったわけである。

1917年第1次世界大戦後、日本光学工業株式会社は丁度ロシア革命勃発の年に光学兵器関係の生産の任務を帯びた準国策会社として三菱系財閥資本によって設立された。

当初から光学兵器としての双眼鏡、望遠鏡などの製品を主に取り扱う生産会社として発足した。それ以来第2次世界大戦をはさんで85年間にわたり事業を存続させて来たわけである。新事業部門発足に当たり、3年以内に黒字体質に構造的に転換させるようにとの厳命を受けたのである。

すべては初めての経験なので1995年から昨年2003年までの8年間の歴史的な経験についてここに纏める。

### 第1章 望遠鏡事業の歴史的な使命と誇り

企業戦略を立てる場合、その企業や事業についての歴史と中核となっている【技術】の強みを分析し摘出し再点検することが重要である。

新事業室発足までの望遠鏡事業関係の社員は収益が上がらず、自由闊達に業務ができず、しかも赤字状態が常態化して閉塞感と自信喪失の状況に陥っていたといえる。

今ではニコンと言えばカメラ、半導体製造装置；スッテパー、顕微鏡など世界的に有名な製品を取り扱いそのブランドを知らないものはほとんどいないとまで言われるようになった。

これらの製品はニコンの主力事業であり、一方望遠鏡製品の事業は社内での売上高の割合は極めて低く【その他製品】として低い地位にとどまっていた。

また成熟製品という苦しみを長い間にわたって味わってきた事業であったともいえる。

確かにこの事業は成熟製品を取り扱う事業でもあり、明るい未来と展望も開かれず、社内的にも目立たない事業分野であったことも事実である。しかし何とかして再生への道を開かねばならない。

そのためには、まず、はじめに、この事業を担当する人々の【士気高揚】(モラルアップ)と【自信喪失の解消】を最優先課題とした。すべては原点に立ち返ることであり、社内での売上高はマイナーではあるが、望遠鏡業界では日本でのニコンのシェアは第1、第2の地位を誇ってきたのである。旭光学のペンタックスと競争をそれまで繰り返してきたという。

世界的にみてもニコンブランドの知名度は高く、望遠鏡事業はニコンの社史では最も長い歴史を誇る事業でもあるし、ニコン製品の【本流】でもあり【源流】ともいえる。

したがって「大変誇るべき事業を担っているのだ」との自覚を事業部門の者に持たせ、【自信と誇り】を持つようにと何度も語り掛けた。

社員の【自信と自発性】こそが企業の力の原動力となるのである。

望遠鏡事業は第2次世界大戦後までは光学兵器として軍需品の中核的な技術と地位を誇ってきたが、終戦と同時に軍需関連企業は破綻をきたし、厳しい民需転換の試練にさらされたのである。

そのような厳しい状況にあって会社の生き残り存続のために望遠鏡製品はアメリカ占領軍への供給と輸出においての売上で会社経営に貢献したのである。

その後のカメラ、顕微鏡、測量機製品の民需転換までの期間、望遠鏡事業はニコンの事業再生に貢献して来たのである。

この歴史的事実を再認識させながら、事業室の社内の雰囲気は次第に誇りと自信を取り戻し、自由闊達に元気になる。

## 第2章 原価低減と原価意識の徹底について

望遠鏡事業室発足時 1995年にはすでに損益採算上の都合でニコングループ内での生産体制は取りやめて全面的に外部委託生産、アウトソーシング体制に転換していた。

製品原価の問題は外注先との交渉と関係を抜きには語れないわけであり、当時の原価計算の精度については色々と精度の問題と信頼性について議論があったが、とりあえずそれを尺度として使うしかなかった。妥当性はともかくとして『73%』を原価の損益分岐点と定めたが、それは全くの単なる<カン>である。



ニコンという会社は各種の社内会議、連絡会、報告会、研修会と全く官僚組織機構の様に事務的な資料作りの作業が多く、間接的な事務関係業務のコストが付加されて来た。

事業室発足後は社内的に必要とされている最低限の義務は果たすようにとできる限り事務作業量の削減と会議への出席回数と出席者数の削減に努めることにした。

どんなに生産現場で生産にかかわるコストを削減しても一般管理販売費の費用が削減できなければ営業利益は出ないことは明らかである。

そのために新事業室発足後、経理部から経理の専門家を呼んで【原価とは】何かと社内勉強会を催した。(自分自身5年間経理部に在籍していた)

経費と<時間コスト>の削減のみならず、原価削減への原価意識；削減の意識の周知徹底を図ったのである。

(この考えは後にニッサン自動車のカロス、ゴーン社長が<コストカッター>と呼ばれる)ニコンの社内では不景気になると決まって、経理部門の強力な采配で宣伝広告費、旅費交通費、交際費のカット、そして次に人事部門の声掛かりで管理職の一律給与カット、ボーナス引き下げで対応の繰り返しの歴史であった。

生産原価の引き下げの工夫のほうははるかに採算性面で効果が出るはずだがそれほど表立って声高に叫ばれる感じは無かったようである。

そこで事業室内では製品ごとに原価率の分析調査を開始し、現行品について一品ごとに製品カタログに原価率を記入し73%以上の場合には赤字で、それ未満の時は黒字で記入して原価の引き下げを図り、実現不可能の<製品>は【商品力】がないとして生産中止とする。一つ一つ赤鬼の退治の様に<赤字商品の退治>に取り組むという目に見える原価管理を実行したのである。

それまでの商品価格の決め方は、最初に製造価格が固定され、卸売価格、販売価格と利益が階段式に積み重ねられる方式であった。

市場での実販価格はその商品力と量販店の仕入れ力；バイヤーの力で決定される。

したがって競争力があり同時に利益を伴う価格設定ができず、売り上げもあまり伸びが見られずにじり貧状況に追い込まれていた。

そこで価格設定の発想を逆転させて、まず市場での実販価格を前提にして、標準小売価格、卸売価格、メーカー仕入れ価格、外注先原価と従来の計算行程を逆走させて段階ごとに適正なる利益を確保できるようにして製造原価の設定を行った。

このような共同作業には社内と外注先との信頼関係と知恵の出しあいと工夫が必要であり、商品の寿命はこれにより決まる。外注先とメーカーと間での妥当な利益が相互に保障されない限り長期的なパートナー関係も売り上げ確保も期待できない。

将来の新商品のためにも源資となる開発費用も捻出できなくなるのでそのための施策として次のような条件が必要となるわけである。

**【1】 製造しやすい設計を最初の段階から外注先と十分に打ち合わせして共同作業を進める。**

いわゆる Design— In である。そのためには相互の信頼関係の構築が必要である。

これは後に修理作業を行う際に分解作業が容易にできる設計であることの必要性が認識された。次に以上のことに関する参考事例①を取り上げる。

＜事例①＞ 双眼鏡プラスチック外観部品の改良

作業工程上嵌め込み式が効率的で仕上がりも良好であったが、不良品発生の際の手直し作業時に分解作業に時間と手間がかかり、修理工数が高くなった。

ビス止め組立に変更する設計変更してから工数は上がったが修理手間、手直しがしやすくなった。ビス止めという作業工程を追加しても改善された事例である。

**【2】 金型設計についての考え方**

製造コストの中で最大の比重を占めている金型については製品寿命に見合った仕様にすることが重要である。しかしこれを決めることは容易ではない。

生涯生産台数の見積もりと実販価格に見合った【金型価値】のものにすることが大切であるがこれの判断がなかなか難しいのである。できる限り金型の共通化を図ることと過剰仕様にならないように努めたのである。

**【3】 試作コストを極小にするためにはCAD/CAM 三次元設計をフルに活用する。**

金型調整の手間を省きコスト削減に努める。設計者全員が CAD/CAM 利用できるように努力した。今では当たり前であるが当時はこれができた設計者は2人しかいなかった。

新製品の試作途中での設計変更はしばしば発生しそれによる金型の変更が生じその金型製作のコストがそのたびに高騰するのである。それに対処するために事前のシミュレーションとして CAD/CAM の利用はコスト削減に寄与するのである。

**【4】 望遠鏡、双眼鏡の汎用部品の共通化について**

望遠鏡、双眼鏡の汎用部品は出来る限り、たとえばネックストラップ、キャップ、ケースなどのアクセサリ類の素材、材料は共通化と統一化に努め、全体数量増加によってコスト引き下げができるばかりではなく同時に上質のものに切り替えることが量産効果によって実現できた。

特に化粧箱については外観が重要で、梱包材料としての堅牢性も含めて良好なデザインにする。従来、製品ごとに異なった化粧箱やデザインはニコンのロゴも含めて色彩と字形も統一にする。これによるコストダウンは無視できないものであった。

特に海外市場の小売店の現場のセールス関係者から店舗内での保管展示の際にロゴと色彩の統一でニコンイメージが鮮明になったと喜ばれた。

【5】品質管理の徹底は不良品率の低下で生産コストダウンとブランドイメージの向上につながる。

品質管理責任者に対する品質検査にかかわる業務判断の絶対性と信頼性についてはトップの経営者と言えども尊重すべきであり、それに従うことは当然なことである。

品質検査に対する不当介入による売り上げ優先の経営方針を強要することは最終的に企業のイメージ、信用を損ねることになる。そのような事例が後を絶たないことは残念なことである。

### 第3章 新製品開発の促進と開発期間の短縮について

望遠鏡、双眼鏡製品は成熟化商品と言われるが、日本国内で売上高は低迷している。

ニコンの双眼鏡は伝統的に軍需品として精密度が高く高品質の製品中心で専門家の間で高い評価を受けてきたことは事実である。

格別、自然観察、野鳥観察、天体観察、漁船関係の専門的な高品質の製品に重点を置いた製品開発を進めてきたが、全体としての売上高を伸ばすためにはアメリカ市場向けの適正価格の普及型製品の開発が求められてきた。

製品市場での需要も多様であり、アウトドア一用（旅行、休暇、ハイキング、海水浴）ハンティング用、スポーツ観戦用（オートレース、サッカー、野球）、インドア一用（観劇、音楽コンサート、オペラ、バレエ、歌舞伎、演劇など）美術館、博物館用の製品開発も進めてきた。上記の製品についての設計思想は次のような条件で進めたのである。

第1に用途別の製品の品ぞろえを拡大した。当然デザインも防水性が必要であるかの違いも使用目的によって異なる。漁船用、ハンティング用、野外用は防水が必須である。

第2に顧客のニーズの多様化に対応して最新の技術と素晴らしいデザインの（ときめきを感じる）製品を継続的に市場に投入することでニコンのブランドの活性化につがる。

基本的には毎年新製品を市場に投入し全体の製品のうち 30%程度は新製品であることを基本

方針とした。3M社は新製品の比率を1/3とする経営方針に見習ったのである。

第3にそれを実現するためには開発期間の短縮が至上命令である。高級製品は3年以内、普及品は一年半以内の開発期間を基準とした。

開発期間で時間のかかる条件は開発設計図の作成ではなく、むしろそれ以前の【製品開発のコンセプト、設計思想】の決定に相当の時間を要していたことが分かった。

そのためには意思決定の迅速性と責任の所在を明白にして、最終的な責任者は事業室長、あるいは後の社長とした。

開発期間は、通常は試作から製品出荷までの期間であるが、社内ではデザインレビュー第1段階の製品コンセプトの決定日から使用説明書、化粧箱、付属品、本体製品を含めて一体となって梱包された状態の製品が【商品】として出庫されるまでの期間を開発期間と定めた。

そのわけは【本体製品】以外の使用説明書、化粧箱、付属品（ネクストラップ、キャップ）などが間に合わずに新製品出荷遅れが発生し顧客の信用を失うことが度々あったからで、それによる仕掛品、製品在庫期間、売上高への影響は無視できないものがある。

第4に製品開発会議は貿易、営業、生産管理、技術、開発設計、アフターサービス、光学設計、デザインなどの責任者と実務担当者の参加で成り立ち、特に若手、女性の感性を大胆に取り入れて討議することにした。

開発の商品の決定は多数決ではなく、最終的には事業室長、社長のトップが責任をもって決定する。その責任は社長トップが負うことを原則とした。

年齢が若いのか、年取っているかは重要ではなく、常に新鮮な感性を磨いているかが重要で、無限の知識欲と現場体験の積み重ねで、精神的に若い人間でなければ新事業は育成できない。

第5に技術者、デザイナーは常日頃から特に審美眼を持つことに努め、博物館、美術館などの歴史的な工芸品、装身具、金銀製品などの伝統的な美術品に常に接していることが大切である。日本の江戸時代の刀剣、工芸品、等の職人の完璧なまでの技術、仕上げへのこだわりは現代の我が国が製品開発に際して謙虚に学ぶべきものがあると思う。

#### 第4章 ニコンの品質基準に忠実な外注先との長期的な取引関係の構築

望遠鏡事業は全面的に委託生産体制を取っているので、格別、外注先との信頼関係と取引関係の継続性は勿論のこと、緊密にして対等な相互に信頼し合えるようなパートナー関係の構築をすることが極めて重要となる。

発注者であるニコンは常に相手先に対して多面的な評価能力を自社内において保持し続け現場でコストダウンができるよう努めること。

部品メーカーに対しても公正な競争原理を導入して旧来のニコン協同組合メンバーであるかどうかの縛りから解放されて、ボーダレスに国内外に外注先を拡大させて、コスト削減と商品力の強化が両立できるような強い意思を有する外注先との関係を強化した。

すなわちニコン製品の設計思想、品質管理基準の順守ができるような外注先を厳選して来たのである。

この決定は生産管理、技術担当責任者だけに任せずに、トップである事業室長、社長が外注先の最高責任者との面談、工場視察をも含めて最終決定を行ってきた。

生産管理、設計、技術責任者が取り入れる企業情報による判断とトップが外注先のトップである社長からの情報収集と外注先の視察による判断には違いがあつて当然であり、最終的には総合的に判断して結論を出してきた。

次の外注先による事故の事例②を参考のために取り上げる。

#### <事例②>レンジファインダー指定外のビスの使用による事故

携帯用簡易距離計＝レンジファインダーの外観プラスチック部品のビス止めに際して設計図指定外のビス【皿ビス＝頭部が扁平で円錐形のビス】を使用したために生じた事故で、指定されたビスは【鍋ビス＝頭部が鍋状でビス止めした際の安定度が強い】であったが、外注先の作業者が在庫棚にあった【皿ビス】を代替使用したためにビスがプラスチック部品の内部の深部までネジこまれて、時間経過後プラスチック部に亀裂が発生した。

新製品としてアメリカ市場に投入後、品質事故の発生により、全品交換のために返送される事態となった。それによる輸送運賃、修理コストは莫大となった事例で、設計図通りに外注先の作業者が従わなかった故意による事故の事例である。

この教訓は外注先決定後も定期的に相手先の工場視察と現地トップとの情報交換を繰り返すことが肝要であり、また相手先とは製品設計思想、市場価格、仕様、顧客対象、販売予定台数も含めて充分に当初段階から打ち合わせを繰り返しながら同時進行させて来たのである。

外注先はメーカーの単なる下請け業者ではなく、良きパートナーとして極めて重要な役割を担う。またその持っている専門的な知識、ノウハウを有する外注先の製造業者からはどんどん提案をしてもらう。

設計図の不具合の指摘、試作段階での新製品立ち上げまでの共同作業を積極的にやってもらうように努力してこそ製造コストの無駄が省ける。特に時間コスト＝人件費との考えを強調し

たい。また有する設備機械を十分に製品生産に転用活用してもらうように促してきた。

外注先はメーカーの設計図通りの受け身的な考えではなく、積極的な知恵で提案してコストダウンにつながるような、しかも作りやすいような方法、工程を現場体験に基づいて提案してもらうようお願いして来た。

激烈な国際市場競争で競争に打ち勝つためには、競争力のある適切な実販価格でメーカー、外注先ともに適正なる利益が相互に保証されなければ長期的に共存共栄ができないのである。

相互に利益を生み出し将来製品の開発費、設備投資費、人的な投資につなげなければ、企業の存続と成長はありえない。

大手外注先数社とは毎年、国内外の異業種の企業の工場視察と生産技術関係の研究会を重ねて、技術力、経営力の向上のために切磋琢磨している。この企業研究会は非常にニコンと外注先との相互の、又外注先同士の情報交換と技術向上に貢献してきた。

## 第5章 経営組織の簡素化と平準化

ニコンは大規模会社組織であるがため売上の事業規模に関係なく、事業部長、社長には各種会議での報告会への出席義務、報告義務が多く、そのために要求される文書、報告書にかかわる事務作業時間のコストは膨大なものがある。

生産コストダウンのみならず、事務作業の時間コスト削減は重要な課題であるのにも関わらず、案外この問題が重視されてこなかったことは不思議なことであった。

【小人閑居して不善をなす】との言葉通り、役職者が多ければ不要な役職者のための無駄な書類作成業務が発生していた。

望遠鏡事業室、のちのニコンビジョンの会社組織は簡素なフラットな組織、経営企画、営業、貿易、生産管理、技術、開発設計、アフターサービスの7部門と各部長と部員からなり人員は45名程度で指揮命令系統は事業室長、社長一部長一部員の2段階で、経営の意思決定は即時にリアルタイムで伝達され実行に移される。組織の平準化と情報の共有化が組織の活性化に繋がり、活動が円滑に生き生きとさせる。

社内での経営会議、開発会議、技術会議は定例の月例会議であとはプロジェクトごとの実務者レベルの会議だけとして極力会議数は削減し、文書作成は原則 A4 判一枚、役職者は報告書一枚にまとめることにした。重要な案件を論理的に簡潔にまとめる訓練にもなり、紙と時間コストの削減、省資源にもつながるわけである。

## 第6章 人的資源の活用

株式会社ニコンは吉田庄一郎新社長の方針で1999年10月社内カンパニー制が導入される。

2001年4月には望遠鏡事業室は、株式会社ニコンビジョンとして設立発足する。

その組織編成替えの目的は、経営の迅速化、効率化を促進させて収益性を高めて、新会社が独創的で優良企業として発展することを目指すことにあった。

〈2014年牛田一雄社長時代にカンパニー制は廃止され事業部制に復帰する〉

望遠鏡事業室が眼鏡事業部から分離独立して6年間に45名在籍中、大半の人員を異動交代させた。組織の沈滞ムードを一掃するためには大幅な人員の入れ替えが必要で効果的であった。望遠鏡事業は社内での人事配置優先順位が低く若い人材の新人配属も行われず、引き抜きも難しく、平均年齢も高齢化してとうとう平均47歳位までになった。

その結果、高賃金層が多く占める結果として人的コストは当然高くなる。新しい事業の展開と活性化には優秀な若い人材が欲しいが、なかなかその希望は叶えられない。

そこで発想の転換をして、人材不足を嘆いても始まらない。設備機械の投資と同様に手持ちの人材を財産としての【人財】と見做して全面的に活用することに決意する。

人件費の高い人財は、それに見合った分だけ【稼働】させて元を取るという考えに切り替えたわけである。その点で中国人；華僑のビジネスに対する姿勢を見習うことにした。

一流大学卒業の一流人材を集中して採用して来た巨大一流企業でもこの10年間の不況は乗り越えることができずに事業不振、倒産になっている例も多い。

どんなに優秀な人材が手元にあってもそれを適材適所で充分に活用しなければそれを生かせないことになる。

結局は経営の問題である。〈刀と人は使いよう〉という諺がある。人にはそれぞれの持ち味、長所が、強みがあるし、潜在能力があるので、それをどのように引き出すかが大切で、そこに経営者、管理者としての力量が試されるわけである。

結局人は【褒められる】ことによって働く元気が出るのであり、手持ちの人材をいかにフル活用するかで企業の業績が決まる。

ニッサン自動車のカルロス、ゴーン社長による企業再生を見て分かるように社長の力一つで会社の生死が決まる。

たとえ手持ちの人材が一流でなくても、高齢者であっても、その長年蓄積された貴重な経験の宝庫をどのように十二分に引き出して活用できるか、又それをどのような組合せて、事業の総合力にするかが重要である。

明るく開放的で喜んで活発に創造性を生み出せるような知恵と現場の雰囲気醸成させることこそトップの仕事、義務である。

個々の人間はそれぞれ特化された専門知識と知恵を持っているわけだから、他事業部門、異

業種からの異能、異才の人材を混流させることで社内人事が活性化し、友好的な競争心が生まれる。良い意味でのシナジー効果＝相乗効果が生まれる。

新製品がそれまでの3、4倍の数の開発が進み市場に投入できるようになった。

人間は場所を変えることで想像もできないような埋もれた才能を発見することも発揮することもある。商品、技術も陳腐化するように人間も同様に絶えざる人財発掘の姿勢と鼓舞激励によって企業は活性化する。

外部、他企業、異業種の人々との接触と交流で自分の能力、限界性を自覚させて謙虚な気持ちを持てるようにすることが大切である。

新しいビジネスの種を発見させる機会をどんどん与えること、他流試合こそが人間の力を磨かせる。オリンピック、国際サッカー試合などがよい例である。

## 第7章 事業のコア、コンピタンス Core Competence の再発見と再認識

現在活躍して企業や事業はそれなりに生存し存続できるだけの存在理由（Raison d'Etre）と能力があるはずである。そこで望遠鏡事業についても真摯に伝統的な歴史的に価値があると思える中核となる強みを再点検した。それはどの企業にも当てはまることであろう。

第1に長年蓄積されて来た開発能力と開発関連設計文書を保有していること

第2に製品、検査、調査、品質管理の能力、アフターサービスに関する遂行の力

第3に貿易、営業活動を通して蓄積された専門知識とマーケティングの力、販売ネットワークの存在

第4に長年蓄積されて来たニコンのブランド認知度と信用力

第5に長年に築かれて来た外注先との良好な取引関係の存在

他にもあるだろうがこれらの能力を更に伸ばして行くことが重要である。

## 第8章 品質管理の重要性とブランド力

ニコンの顧客は当然のことながらニコン製品の品質を信頼してニコンブランド製品を選別して購入する。

ニコン製品の購入者はその日から、手で触り、眺めながら使用して自分の【商品選択】は正しかったかどうかと何回も再確認して満足感に浸りながら家族、友人、同僚に自分が購入したニコン製品を誇示して宣伝したい気分が駆られる。

そのような顧客の気持ちを長く保証し続けられることこそが<ニコンブランド力>なのである。ニコン製品愛用者は他社ブランド製品と比べて大変厳しい品質評価をするし、また要求



する。

その信用を裏切らないように厳しい「ニコン品質管理基準」が設定され、外注先に対してもそれを要求する。それはニコンというメーカーと外注先との品質基準の調整という問題ではなく、ニコンの顧客の厳しい品質評価の目に合わせなければならないからである。

品質基準は製品のレベルに合わせて当然異なり、品質検査は現場での検査担当者の決定と判断が優先し、社長といえども変更は不可能となっている。

品質検査の厳格さと権威は多に尊重され維持されて来た。以上によってニコンブランドの信用が保たれているわけである。

メーカーとしてのニコンが品質について厳しいだけでなく、ニコンの顧客が品質面での妥協を許さない。それでも製品のトラブルは発生する。品質トラブルを防止することも重要であるが、発生した後の解決策はもっと重要である。

重大な品質トラブルが発生したときには直ちに関係者の特別緊急会議を即日召集して特別対策チームを結成して、開発設計者、技術者、営業担当者が現場に赴き、それこそ人海戦術で全組織をあげて問題の解決に取り組む。

電話、文書のやり取りよりも、直ちに現場に駆けつけて集中的に短時間で問題解決に取り組む方が早いし顧客満足度は事後高まることになる。

難しい問題には闘志を燃やして取り組む勇気を持つことを奨励する。品質トラブルは【確実に解決できるし、解決する】という確信と信念を持つことの重要性を訴え続けてきた。

近時の深刻な事例を③④を紹介する。

#### 事例③ライフルスコープのビス締め不足による事故

アメリカにてライフルスコープ発射時にその衝撃によってレンズの作動不良事故が多発した。原因はレンズ鏡筒内の対物レンズと正立レンズを連動させるために固定しているビスの締め方が緩かったことと接着剤の使用量不足によるもので、ライフル銃の発射時の衝撃によって事故が多発したのである。

この事故の対応策は内部から分解手直しして、手間と修理コストと莫大な数量の返品のための輸送費用が発生した。

#### 事例④大口径レンズ 78mmのレンズ品質緑ダレ事故

最高級望遠鏡フィールドスコープ大口径 78mmは日本、英国の野鳥観察愛好者バードウォッチャーの中でも格別の人気製品である。野鳥観察者はレンズ内で対象の鳥の細部、羽の色の特徴を目の移動で詳細に観察する際にレンズの周辺部まで来るとそのレンズ周辺部

で野鳥の羽根の色の部分が滲みボケるということで精密に観察できないとのクレームである。

このレンズ周辺ボケと滲み現象の原因究明には色々とシミュレーションをしながらも極めて困難を伴ったが、原因は案外基本的なミスであったことが判明する。

- ①研磨剤の品質、数量の不適合か
- ②研磨皿とレンズの接着固定の仕方、レンズに周辺部の研磨が不適正であったか
- ③レンズ同士の接着の不具合であったか

結局③のレンズ接着の不具合に原因があることが判明された。

結果が分かれば、手品と同じように種明かしすれば案外基本的な原因であることが多いのである。

このような事故の事例は問題解決したときにそれまでの経緯と解決方策を必ず報告書に纏めて社内に残し【共通の技術知識】として将来の技術向上と事故対策、新製品開発のための重要な技術資料になる。

品質事故はその解決策が知識の宝庫となるばかりでなくそれを解決できたことの感動と達成感と自信が何よりも貴重な財産となる。解決したときにはおおいに褒めてあげることが大切である。

難しいことであるが決して感情的にならずに冷静沈着、理性的に勇気をもって問題解決に挑戦する態度こそ皆に尊敬され評価される。

品質トラブルとクレーム処理こそ、またそれに果敢に積極的に取り組む姿勢こそが必ず将来への新製品開発につながるし、顧客からのニコンブランドの信用度を高めることになる。

このようにして望遠鏡事業は売上高 35 億円でスタートして 3 年度には黒字化し、それ以降は増収増益が継続して昨年度、2003 年には 65 億円の売上となった。

## 第 9 章 海外生産と国内空洞化及び光学産業の将来

今やグローバル経済、ボーダレス経済の時代となって製造業は日本から韓国、台湾、シンガポール、香港、アセアン諸国のタイ、マレーシア、フィリピン、そして中国大陸へとどんどん工場移転が進展している。

日本と同様に韓国、台湾でも工場の移転が進み、工場閉鎖、失業問題の発生などが深刻化して、地域経済の衰退現象が各地で続いている。

ニコンの望遠鏡、双眼鏡の生産について 1995 年当時海外生産比率は 5%程度だったが今では

2004年70%以上である。

大市場のアメリカの顧客は価格志向で、日本、欧州の顧客は品質、デザイン志向ということでそれぞれの商品の販売価格、製品仕様に合わせた適地生産をせざるを得ない状況になってきた。結局生産地とマーケティングの棲み分けが展開されるようになった。普及製品は量産品で中国、フィリピンにおいて生産し、高付加価値の多品種小量生産は日本国内生産ということになっている。外注部品はタイ、台湾、韓国、シンガポール、と各地で適地生産されて今やニコン製品は純粋に一国で生産が完結ということは不可能で、“Made in Asia”という原産地表現が適正と言えるようになった。

このように日本、中国、東南アジアと地域を含めた生産ネットワークがすでに構築されている現実が目の前にある。

<産業空洞化現象>を嘆く前に【産業構造の変遷と調整】という経済的な歴史過程にあると認識したうえでどのようにこうした現実に立ち向かい具体策を講ずるしかないと思う。

新しい産業を切り開いていくしかない。

カメラ、望遠鏡、顕微鏡などの従来製品の光学製品、複写機など事務用機器にはデジタル関連の新技术が組み込まれているが、基幹部品としての光学レンズは品種も多様となって精度もさらに高度なものが要求されて来た。情報産業機器分野では携帯電話がカメラ画像付きとなり光学と通信が融合してカメラ分野の需要を蚕食している。

DVDレコーダー市場拡大に伴いDVD機器用の光ピックアップレンズの需要も拡大している。高年齢化社会の到来とともに医療分野では医療検査機器などのみならず超小型内視鏡など開腹手術をしないで<観るから治す>という<低侵襲性医療>機器の技術革新が急速に進展している。

いずれの事業分野でも超小型化、高品質の光学レンズなど、コスト面で安いものの需要が増えているが、新しい医療機器分野でもその中核となる光学レンズの開発は絶えず要求される。技術革新の流れに上手く乗って、積極的に提案型のパートナーとなることのできる企業こそ生き残り、勝利者になるであろう。

以上

(韓国ソウル、ロッテホテルにおける講演)を論文にするために内容を部分的に編集変更している。2004年12月23日 株式会社新光10周年記念講演会

小原理一郎 前ニコンビジョン社長、学習院大学経済学部講師)

### 第3部 日本の銀塩カメラ事業の1990年代終末期の分析

#### はじめに

1990年代、日本の銀塩カメラ事業は当初1992年頃までは過去最高の売上達成したカメラ企業もあったように、まだ業績は順調であった。

しかし1992年、世界的不況に入り、1993年には日本のバブル経済は崩壊し、1995年には為替が史上最高の円高となり日本の企業各社の経営業績は急速に悪化し、為替の暴力が吹き荒れた。

製造業関連企業では輸出が8割近くを占める業界において貿易関連事業での為替対策について特にカメラ業界ではまだ不慣れで未熟であった。

銀塩一眼レフカメラ全盛で栄華を誇っていたカメラ業界もあらかじめ将来に備えて技術の進歩と消費者の趣向などを予測して新しいカメラ技術とフィルム材料の進歩を見据えた新しいコンセプトのカメラ製品開発の必要性和新規市場創成を意図してのためにカメラおよびフィルム業界で企業の枠を超えて連携した共同開発の機運が出てきた。

1996年に新しいコンセプトのAPSカメラ(Advanced Photographic Camera System)がニコン、キャノン、ミノルタ、富士フィルム、コダックの日米カメラ産業の大手5社の共同プロジェクトによって行われた渾身の挽回策としての新型カメラ製品の登場であった。

しかし最終的には残念ながら新規需要を喚起するまでの成功裡には行かず不発に終わってしまった。

さらに不況下において安価な簡便な軽量カメラが消費者に好まれ、高級カメラを得意とする日本の大手カメラ企業は大いに悪戦苦闘に追い込まれたのである。そして1990年代末期に登場したデジタルカメラ製品がカメラ業界においてでは銀塩カメラ製品の座を奪うことになる。

#### 第1章 経済情勢の悪化 世界的不況と日本のバブル経済崩壊

1989年12月29日の株式市場大納会で日経平均38,915円87銭と過去最高値を付けた後、下降を開始、バブル経済崩壊の引き金となった。

しかし、株価は経済の先行指標と言われるが、すぐに日本経済がおかしくなったわけではない。当時、世の中はまだバブル景気に浮かれていた。

(株)ニコンのように1992年には過去最高の売り上げを記録したところもあった。

1992年、世界的不況に突入し、翌1993年には日本のバブル経済崩壊の影響が顕著となり企業の業績は悪化してゆく。いわゆる今日までの「失われた25年」の始まりである。

1993年からは猛烈な円高が始まり、1995年4月19日には対ドル史上最高値の79円75銭を付け、業績悪化にさらなる追い打ちをかけた。

売上げの8割を輸出に依存するカメラ業界にも円高が直撃した。為替対応力が不十分な当時の(株)ニコンでも、円高による為替換算による売上の減少幅は、損益計算書においても同じ値幅でそのままボトム利益まで影響を与えたのである。円高による減収分を現地販売価格に転嫁することは日本のカメラ企業同士の熾烈な市場での競合もあり容易に出荷価格の値上げを実施できずにカメラ事業各社は厳しい経営環境に置かれることになり、まさにじり貧状態に陥ったのである。

## 第2章 銀塩カメラメーカーの総出荷金額と為替の関連

### 1. 一眼レフカメラとレンズ

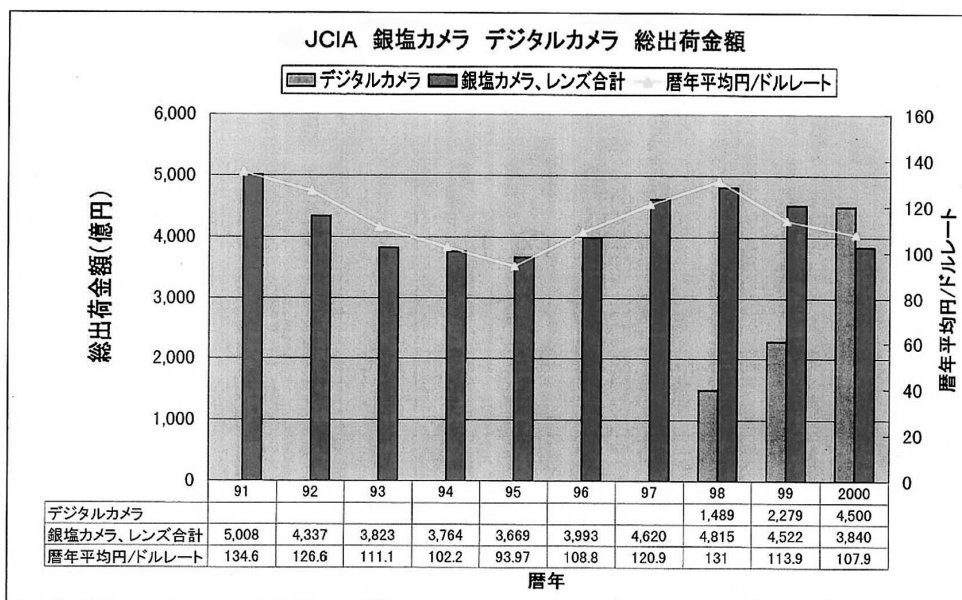
先ず1990年代の日本のカメラ業界全体を旧日本写真機工業会(JCIA)統計より分析すると銀塩カメラの総出荷金額は1991年約5000億円から1995年約3700億円まで売上高は下降線を描く。

その後1998年まで売上高は上向き1998年1815億円が天井となり、1998年デジタルカメラが市場に投入されて2000年には銀塩カメラとそその地位が逆転し売上高は4500億円を計上する。

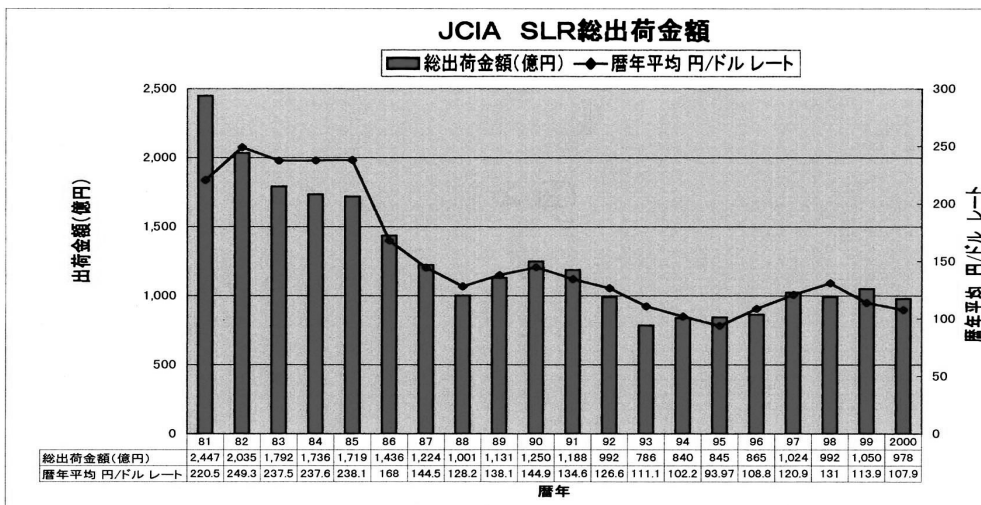
【図1参照】

商品別に見ると35ミリ一眼レフ(SLR)カメラの総出荷金額と為替の関係について為替の変動と銀塩カメラの出荷金額が見事に連動していることは興味深いものがある。

【図2参照】



【図1】佐藤昭彦資料



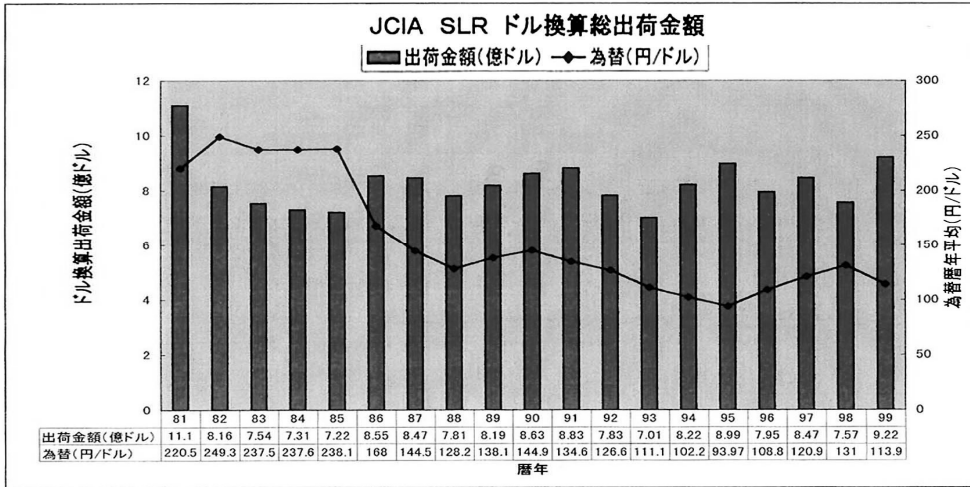
【図2】佐藤昭彦資料

1976年、キャノンAE-1が市場に華々しく導入され、SLRカメラの大量生産に道を開くことに成功して以降、キャノン(株)は売上を急拡大させて1981年には総出荷金額2447億円のピーク値をつける。

しかし、その後は同様に急拡大中のレンズシャッター(LS)カメラに押され1988年には、1001億円で急減する。それ以降2000年までの間、売上単価の下落が続きその分を数量でカバーせざるを得ないなどの変化はあるが、出荷金額は1000億円前後の値に落ち着いてしまう。

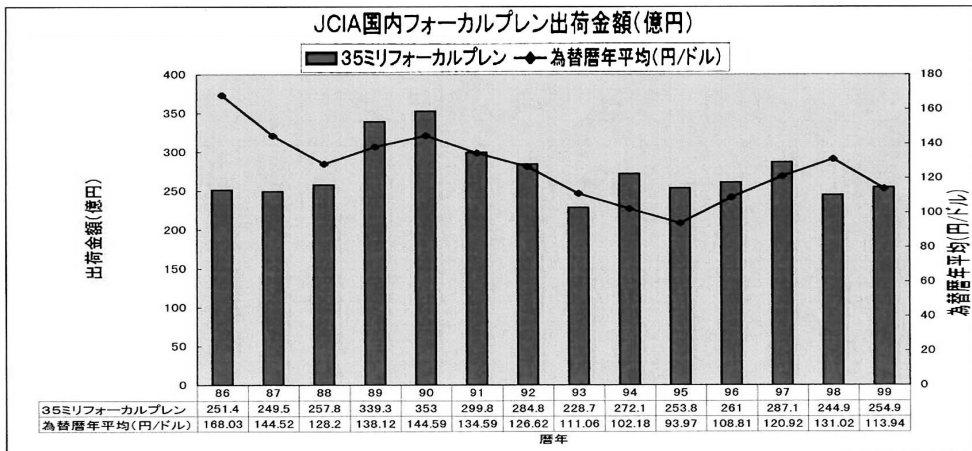
なお1996年に発売になったAPS(24ミリ)SLRカメラは同年に101億円の出荷金額があったが翌年以降急減してしまった。出荷金額をドル換算すると8億ドルとほぼ安定して売上高はほとんど変わらない。

【図3参照】



【図3】佐藤昭彦資料

国内の一眼レフカメラの出荷金額に為替を重ねると、本来なら為替に関係ないはずの国内マーケットまで大まかに為替に連動している。 【図4参照】



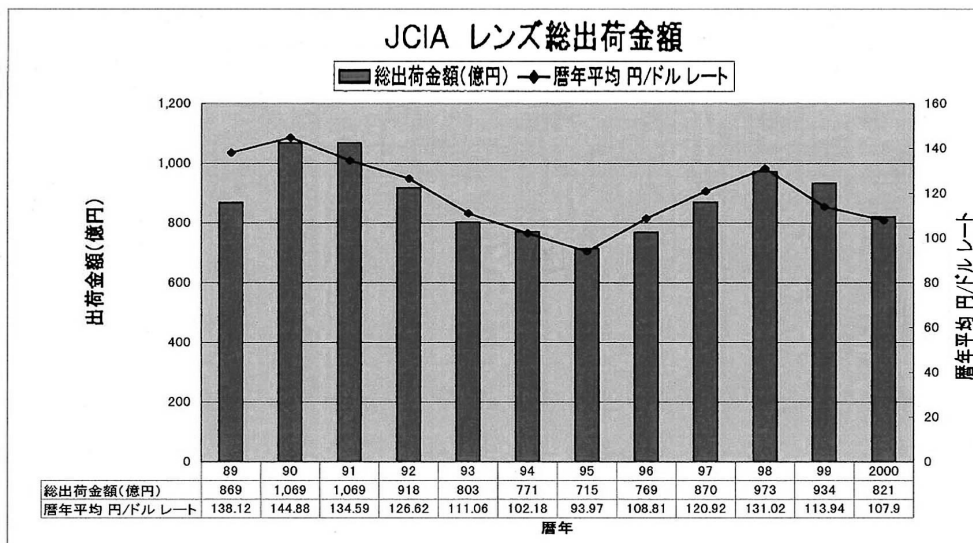
【図4】佐藤昭彦資料

これは為替の差を利用して商品を移動させる、いわゆるグレイマーケット（主にアメリカ、ドイツ、フランス、英国、スイス市場）の存在が無視できないほど大きいことを意味している。メーカー系の販売会社からではなく、国内の大手販売店から直接海外に流れていたのである。レンズの総出荷金額は見事に為替のラインと一致している。レンズは新製品や技術革新などの

急激な変化が少ない安定した市場なので、より一層為替の動きに忠実に従っていることが分かる。ドル換算でも約7億ドルと安定している。

レンズの総出荷金額は見事に為替のラインと一致している。レンズは新製品や技術革新などの急激な変化が少ない安定した市場なので、より一層為替のラインに忠実に従うのだろう。

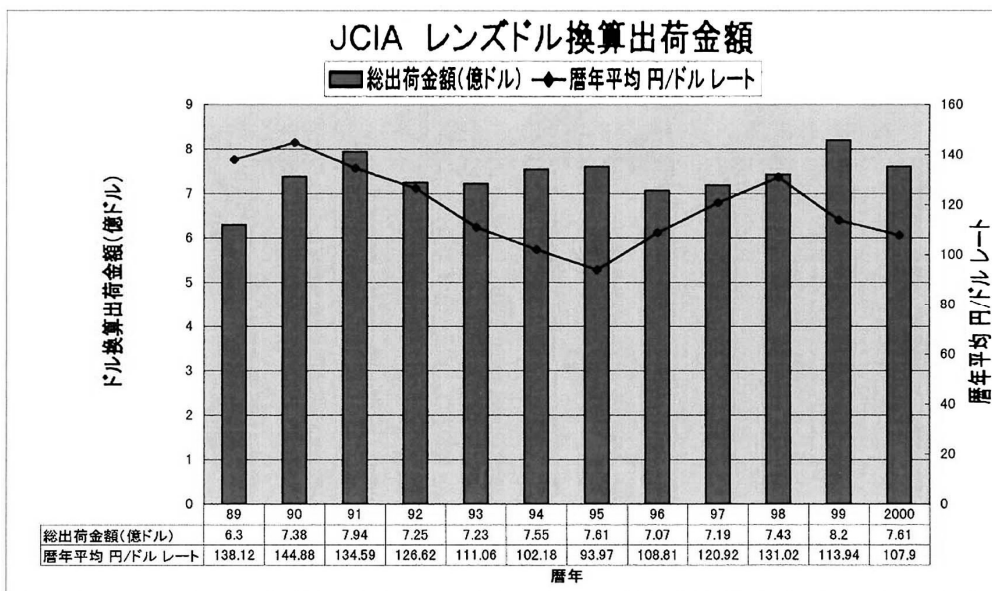
【図5】【図6参照】



【図5】佐藤昭彦資料参照

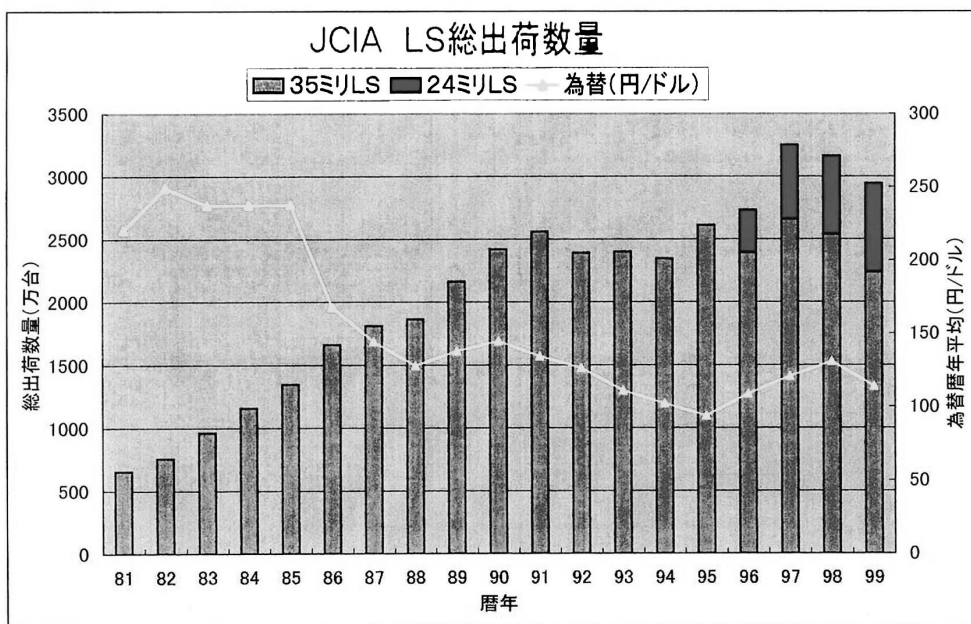
これをドル換算すると図6の如くで、これも約7億ドル前後の一定値になる。





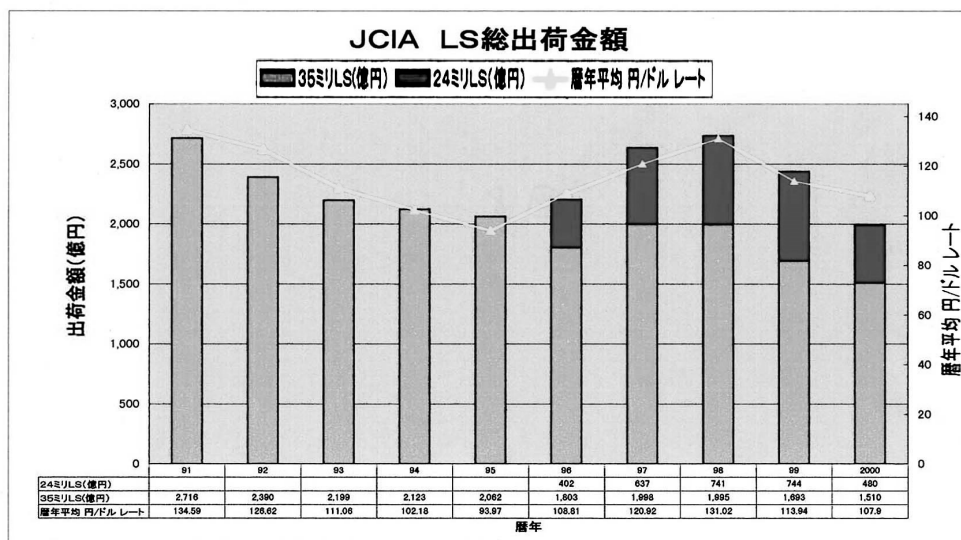
【図6】佐藤昭彦資料

2. 35ミリレンズシャッター（LS）カメラ



【図7】佐藤昭彦資料

この市場は SLR カメラとは異なり 1991 年までの十数年間は急速に市場が拡大した。ストロボ内蔵、AF 化、小型化、低価格化など技術革新が相次ぎ、商品力が強く為替変動の影響を無視できた。日本のカメラメーカーが開発した新ジャンルのカメラだった。しかし 1992 年からは様相が一変し、総出荷金額が図 8 のように為替に連動するようになる。



【図 8】 佐藤昭彦資料

1992 年から LS カメラ市場が成熟化し、つまり単価の下落が継続しそれを数量増でカバーするようになり、SLR カメラやレンズと同じように為替の影響が直撃することになる。

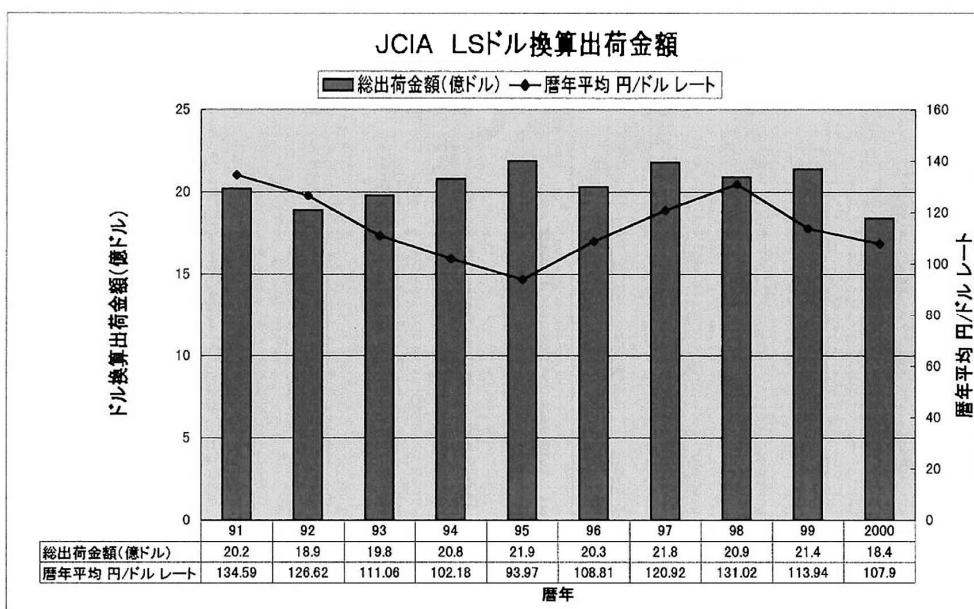
1996 年、市場に投入され発売された APS カメラによる貢献がほとんど認められないことは残念なことであった。総出荷数量だけを見ると APS カメラが大きく貢献したように見えるが、APS カメラを含めた総出荷金額はやはり為替に連動している。

APS カメラの投入により 1998 年などは大きく増えたように見えるが、この間の増加分は円安によるものである。

もし APS カメラがなければその穴は 35 ミリカメラが代替し埋めたであろう。

従って、APS カメラは残念ながら新市場創成のための救世主とはならなかったことを証明している。LS カメラのドル換算出荷額を図 9 に示す。ほぼ 20 億ドルの一定値となる。

2000 年の特段の落ち込みは救世主デジタルカメラの急激な増大によるものだろう。



【図 9】佐藤昭彦資料

1990年代の出荷金額と為替変動の奇妙なまでの一致はなぜなのだろうか。

為替の先物予約や外貨建て調達、海外生産展開が不十分であった 90年代には円高が業績を直撃するのは当然なのだが、新製品の有無や景気変動、単価の継続的な下落など大きな要因をすべて包みこんでしまう不思議さが残る。

しかしこの一致は現実の姿であり、この時期の業績評価は、為替変動分を織り込んで判断すべきであろう。

銀塩カメラ最後の10年間となった1990年代は市場が成熟化し、つまり、技術革新が途絶え、不景気や為替の変動を撥ね退けるだけの魅力ある製品が出なくなり、出荷単価が下落、それを数量でカバーするという、事業としてじり貧状態になったのである。したがって、為替の変動が業績に直結した時代になったのだろう。

### 第3章 銀塩カメラAPSカメラの試練

銀塩カメラは成熟期に入り、為替に振り回されるだけとなり、円高を跳ね返すだけの魅力ある製品を生み出すこともできず、もはや種は尽きたかのごとく見えた。

しかし、銀塩カメラの苦境を、なにもせずこのまま放置するわけにはいかないと、かつてのライバル大手5社が手を結び、魅力ある新カメラシステムをめざして開発することになる。

1996年にAPSカメラとして発売した。だが、既述の如く、収穫期を迎えることもなく、ほどなくデジタルカメラの大波にのみ込まれてしまう。

実は、共同研究開発当初からAPSは普及しないのではないかと危惧する見方もあった。

その理由は135フィルムの圧倒的普及度である。

確かに135フィルムは装填ミスが多いなど多くの欠点を抱えている。

しかし135は単なる一般写真撮影の用途に留まらず、学術、医学、工業などの用途にもシステムの1つとして深く取り込まれており、よほど画期的なものでなければ135に取って代わることはありえず、銀塩の範疇内では、APSへのシフトはないだろう、との意見もあった。かりに相当の欠点を有していたとしても一旦普及してしまったものが勝ちとなることもありえるのである。

これはパソコンのウィンドウズをみれば理解できよう。そして予想は不幸にも的中してしまう。APSカメラの商売では、キャノンただ1社のみが成功したといえよう。

APSカメラの優位性というよりは小型で金属感があり高級感のある魅力的なデザインで勝負して成功を収めたのである。

1986年富士写真フィルムにより発売された使い切りカメラ「写ルンです」はその後、他社フィルムメーカーの追従もあり1990年代から2000年初頭にかけて、ほぼ毎年1億台が生産された。「写ルンです」は旅行や運動会の必需品になってしまうのである。

日本のカメラメーカーの毎年の総出荷台数は約3000万台程度であるから強力すぎるライバルとなった。その他にも、世界の市場にはコダックの110カメラや台湾、中国製の安価な製品、偽ブランド品が推定毎年約7000万台供給された。

この間のトータルは、1億台+3000万台+7000万台=概略2億台のカメラが毎年世に供給された。

従って日本のカメラメーカーの台数シェアは15%程度と推定できる。

日本のカメラメーカーの商品はLSカメラといえども高級品であった。

これらの安価なカメラの存在は日本から出荷のカメラ販売単価下落を促進した。

高級カメラの開発販売を得意とする日本のメーカーにとって不遇の時代だったのである。

#### 第4章 円高対策の決め手

円高対策の最終的な決め手は海外工場展開である。

しかし海外工場が軌道に乗るまでには最低でも7年を要するといわれ、現地になじむまでは、海外工場も、当初大きな損失を覚悟して本社がその損失を埋めてきたことが各社の有価証券報告書から読み取れる。

ちなみに、業界で最も早く海外に出たのは 1966 年のリコーで台湾に工場設立をしたのである。

翌 1967 年にはヤシカが香港で生産を開始した。キャノンは 1970 年に台湾に工場設立をしたのである。

ニコンは高級機中心で国内生産にこだわったため、1990 年になってやっとタイで工場設立して初めての海外進出をした。

これらの経験を積み重ね、カメラ各社は生産の海外移転、ドル建て調達に一層拍車をかけるようになる。ニコンも海外調達部を新設するなどドル調達の増大を図るようになる。しかしニコンのドル調達比率は、懸命な努力にもかかわらず 1990 年代末においても 3 割弱であった。今日では 9 割を超している。

現在のニコンのタイ工場では多くのタイ人が幹部に登用されるようになり、ニコンの製造部門では基幹である重要部門において責任ある職務に付くまでになっている。

## 第 5 章 カメラ各社の決算状況

連結決算が一般的に用いられるようになるのは 1993 年頃からである。

それまでは本社、製造子会社、販売会社間の利益の配分基準が曖昧で、本社のみで決算書では実態が正確に読み取れなかった。

そこで 1993 年以降 2000 年までに絞り、毎年カメラ各社から公表される決算報告の中から、事業の種類別セグメント情報を抽出し表 1 (3 分割) にまとめてみる。

表にはないが、ニコンの映像事業は、1992 年までの 4 年間は史上最高の売上を達成しており、AF 一眼レフカメラの収穫期であったのと円安が幸いしている。

1993 年からの 4 年間は一転して営業赤字を記録する。この時期の悪化の原因は為替の円高である。97 年からふたたび黒字転換するがこの時は円安に振れたからで、円高対策の決め手であるニコンのタイ工場が本格的に業績に寄与するようになるのは 2000 年代に入りデジカメの時代になってからである。

キャノンとミノルタのカメラ部門は 1993 年 1 期のみが赤字で翌年からは黒字に転換している。急速な海外展開を図ったためであろう。

オリンパスはニコンと似た体質のようだ。

旭光学は一貫して黒字を保った。フィリピン工場の寄与、ズームコンパクトカメラの開発で常に先頭をきった効果が反映しているのであろう。

商品力とドル圏の海外生産があれば極端な円高でも黒字化が達成できる見本になった。

この時期、カメラ各社の間で為替対応力に差がみられたものの、各社とも今日のような強い対応力は持たず、一様に為替に苦しめられた。

円高により現地での販売価格は上昇し、それが需要減につながり、損失分を売値に転嫁するわけにもいかず、メーカーは身銭を切って対応した結果、業績不振に陥ったのである。

【表 1-1】佐藤昭彦作成 カメラ各社連結決算 事業の種類別セグメント情報

単位 億円

社名	決算年度	1993		1994		1995	
		売上高	営業損益	売上高	営業損益	売上高	営業損益
ニコン	消費者用精密機器	1,174	-66	1,154	-104	1,069	-68
	産業用機器	1,288	65	1,731	284	2,259	528
	連結	2,462	-1	2,885	181	3,328	461
キャノン	事務機	15,441	1,891	16,391	1,795	18,202	2,014
	カメラ	1,817	-143	1,646	38	1,775	109
	光学機器その他	1,103	-97	1,296	61	1,679	182
	連結	18,361	1,651	19,333	1,896	21,656	2,304
ミノルタ	情報機器	2,202	-9	2,329	30	2,539	105
	光学機器	947	-63	966	9	1,057	32
	その他	62	0	41	0	61	1
	連結	3,211	-71	3,337	39	3,658	137
オリンパス	映像関連	723	-7	730	-20	638	-23
	医療器	1,366	190	1,420	222	1,459	269
	機器	306	-84	371	-36	465	-36
	連結	2,396	99	2,521	165	2,561	152
旭	カメラ	606	41	600	40	552	29
	医療	182	18	181	7	185	8
	機器	273	26	275	17	273	5
	連結	1,061	85	1,055	64	1,010	43
為替年度平均(円/ドル)		107.79		99.33		96.29	

【表 1-2】佐藤昭彦作成

単位 億円

社名	決算年度 セグメント	1996		1997		1998	
		売上高	営業損益	売上高	営業損益	売上高	営業損益
ニコン	消費者用精密機器	1,313	-58	1,303	20	1,397	25
	産業用機器	2,478	502	2,419	235	1,666	-113
	連結	3,791	443	3,721	255	3,058	-87
キャノン	事務機	21,376	2,688	23,001	3,190	23,582	3,167
	カメラ	2,138	146	2,478	221	2,676	272
	光学機器その他	2,069	269	2,132	255	2,004	46
	連結	25,582	2,210	27,610	3,665	28,263	3,485
ミノルタ	情報機器	3,183	184	3,592	263	3,729	259
	光学機器	1,223	18	1,198	16	1,201	30
	その他	74	-3	113	0	130	2
	連結	4,481	198	4,903	279	5,061	291
オリンパス	映像関連	745	-25	1,111	14	1,396	6
	医療器	1,670	327	1,841	362	1,996	463
	機器	690	-37	697	-15	475	-34
	連結	3,105	210	3,650	360	4,137	435
旭	カメラ	630	35	693	63	718	93
	医療	225	20	278	29	292	23
	機器	306	14	279	3	271	13
	連結	1,162	43	1,250	95	1,281	128

為替年度平均(円/ドル)

112.46

122.59

128.25

【表 1-3】佐藤昭彦作成

単位 億円

社名	決算年度 セグメント	1999		2000	
		売上高	営業利益	売上高	営業利益
ニコン	精機事業	1,723	91	2,348	445
	映像事業	1,372	77	1,801	105
	インストルメンツ事業	509	8	590	52
	その他事業	312	9	436	17
	連結	3,718	184	4,840	614
キャノン	事務機	21,639	2,619	21,892	3,182
	カメラ	2,773	190	3,241	332
	光学機器その他	1,810	132	2,681	120
	連結	26,223	2,676	27,813	2,460
ミノルタ	情報機器	3,677	199		
	光学機器	1,041	2		
	その他	110	2		
	連結	4,828	203		
オリンパス	映像関連	1,647	32	1,838	-3
	医療器	1,867	360	1,956	405
	機器	773	-43	875	0
	連結	4,286	301	4,667	355
旭	カメラ	621	33	497	-14
	医療	280	10	290	8
	機器	235	-8	247	30
	連結	1,136	35	1,035	23

為替年度平均(円/ドル)

111.56

107.9



## おわりに

1997 年頃から出荷が始まったデジタルカメラは、2000 年にはあっという間に出荷金額で銀塩カメラを追い抜きカメラ業界の新たな主となった。

家電業界の新規参入をも生んだ。暗い日本経済下にあつて例外的な元気な業界に変貌した日本の銀塩カメラは、デジタルカメラにとって代られ、幸運な終末期を迎えたのである。

なぜ幸運かといえば、図 1 にあるように銀塩カメラの総出荷金額は、ほぼ 4000～5000 億円に終始していたのが、デジカメ時代になると 2008 年には 2,5 兆円のピークをつけ、スマホに押された 2017 年でさえも 1,2 兆円を保っており、大幅な売り上げ増となったからである。

表 1 から 2000 年には売り上げが急増している様子がわかる。

2018 年 6 月の日本経済新聞紙上に日本の企業は円高でも利益が減少することはなくなった、との記事が出た。隔世の感、深い感慨を覚る。

海外生産、先物予約による為替ヘッジ、自動化などの生産性向上に取り組んだ努力実を結んだのだろう。

1950 年代に日本はドイツを抜き世界一のカメラ生産国となった。それ以降、一位の座を譲ることなく、1990 年代の不振時にあつても、日本にとって代わる国は現れなかった。新規参入するには光学技術など障壁が高い割には、市場規模がさほど大きくなく、躊躇するためであろう。そして日本のカメラメーカーは銀塩からデジカメに転換することに成功し、今日でもその座は揺るがない。

以上 1990 年代カメラの企画部門においてカメラ事業の企画、予算を担当されていた元株式会社ニコンカメラ事業部副事業部長佐藤昭彦氏の 1990 年代の日本の銀塩カメラ事業の状況について調査された資料と図表など全面的なご協力を賜り記述することができましたことに厚く御礼申し上げます。

## <参考文献>

### 1. 日本写真機工業会（J C I A）統計

J C I A とは旧日本写真機工業会を指す、当時作成されたデータは、現在、デジタル時代を迎え再生されたカメラ映像機器工業会（C I P A）が引き継いでいる。

### 2. 各社 有価証券報告書

<元株式会社ニコン佐藤昭彦副事業部長の紹介>

1940年生、宮城県出身 1964年東北大学工学部卒業

1964年ニコン入社、カメラの設計部長、企画部長、副事業部長を経て

2001年退社

以上

# 科学技術の進歩とカメラ産業の変遷

池田 英生

## 目次

### 第1部 カメラ産業を支配した技術基盤の変遷

#### はじめに

#### 第1章 カメラ製品技術の変遷

- 1 はじめに
- 2 銀塩フィルムカメラ時代のカメラ製品構成技術の変遷
- 3 フィルムカメラからデジタルカメラへの過渡期
- 4 デジタルカメラへの道
- 5 まとめ

#### 第2章 カメラ産業における技術的変革の推移

- 1 撮像素子とデジタルカメラへの息吹
- 2 固体撮像素子利用の模索としての静止画カメラ

#### 第3章 銀塩フィルムの次世代への挑戦（APSプロジェクト）

- 1 背景
- 2 プロジェクト発足時における成果活用に対する共通認識
- 3 APSプロジェクト終了後の顛末

#### 第4章 デジタルカメラにおける技術戦略の変遷

- 1 デジタルカメラ誕生と産業構造の変化
- 2 大型撮像素子開発とデジタルカメラ
- 3 多様化する事業基盤とデジタルカメラ事業の形態

#### 第1部をまとめるに当たって

### 第2部 カメラ産業にみる薄膜技術の多様な進展

#### 第1章 はじめに

- 1 光学薄膜への歩み
- 2 日本光学工業(株)における歩み

#### 第2章 光学産業の基幹技術として光学薄膜技術の浮上

- 1 光学薄膜生産に必要な技術環境の刷新
  - 2 光学反射防止膜の量産技術の確立—日本光学工業㈱の事例
  - 3 反射防止膜の広帯域化と多様な光学硝材への対応
- 第3章 デジタル一眼レフ用撮影レンズ技術としての反射防止膜薄膜技術の更なる飛躍
- 第4章 薄膜技術を中核にした基盤研究の足跡

### 第3部 レンズ設計からみた技術環境の変遷

- 第1章 レンズ設計ニーズとその取組への序曲
- 第2章 戦後の産業復興と新たな息吹
  - 1 日本光学工業㈱の産業復興の技術的基盤とその歩み
  - 2 レンズ計算とレンズ設計の取組み
  - 3 光学とレンズ設計の取組み
- 第3章 産官学オープンイノベーションによる先端的レンズ設計法、評価法の構築
- 第4章 電子計算機の積極的活用から生まれた新領域
- 第5章 日本光学工業㈱での電子計算機導入による技術計算での事例と実績
- 第6章 レンズ設計、光学薄膜設計領域での新たな電子計算機利用の試み
  - 1 光学会社での技術分野における電子計算機による新たな試みの例
  - 2 自動補正手法の応用と挑戦

終わりに

## 第1部 カメラ産業を支配した技術基盤の変遷

### はじめに

産業の牽引役となった、学術分野、産業を支えた技術、次世代の芽として育成、強化された領域を、第2次世界大戦時を第Ⅰ世代、戦後から1960年初頭を第Ⅱ世代、1960年代から1995年までを第Ⅲ世代、1995年以降2010年以前までを第Ⅳ世代、2010年以後から近未来を第Ⅴ世代として読み解いていく中で、どのような変化を辿ったかを切り口にして、カメラ産業の動向を洞察するため、開発の源流を筆者自身の切り口で、下記のように捉えている。

	学術分野	産業基盤技術	発展する技術	特記事項
<b>Ⅰ</b> ～1945	理論科学 物理 数学 化学	機械	電気 通信 光学	軍需産業への技術集約
<b>Ⅱ</b> 1946～57/60	実験科学 応用物理 電気・電子工学	機械 電機 光学 計測	計算機 計算技術	レンズ設計と光学理論、レンズ評価技術の乖離
<b>Ⅲ</b> 1964～95	シミュレーション 材料 半導体工学	電子工学 精密工学	電子計算機（超高速大型からマイコン）領域の拡大 エンジニアリング プラスチック	大量生産に対応できる生産技術の確立
<b>Ⅳ</b> 1995～2010	大規模／大容量データ処理科学 ナノテクノロジー 材料工学	半導体（素子）技術 ソフトウェア	高集積半導体システム化技術 インターネット技術 事業プラットフォームの創出 大型撮像素子	他業種からの参入生産性向上と為替リスクの縮小化 製品の法務的視点からの対策
<b>Ⅴ</b> 2010/15～	人工知能による疑似人機能 大量データ取り扱うアルゴリズム、	固体電池、 SiC半導体技術 新素材（カーボン等）を利用した新機能	材料評価技術 IOT技術による人機能の代行	高度人工知能ソフトの普及 環境基準の遵守 自動認識・自動操作

(筆者作成)

カメラ産業の推移と現在の位置づけ、将来を読み解くことを、この半世紀弱、直接に技術中心に関わり取得した知見を中核にして述べる。

日本のカメラ産業における昭和から平成の時代の盛衰を述べる上で、他産業に比べ、顕著なカメラ技術について特徴と言える下記の事項に、留意する必要があると捉えている。

- ① 個々の企業の徹底した企業秘密の中で、自前主義による開発で、製品化した時点で始めて公開（開示）されてきている。（官/学と距離間があり、極めて閉鎖的色彩が強い）
- ② 少なくとも昭和世代は、主要各社とも協会社を組織化し、技術が流布しないような縛りが科せられていた。
- ③ 部品の電子化の兆しがでた当初から、玉石混淆の特許出願の競争になり、どのメーカーをとっても、自社技術で他社特許に抵触しないで、製品化は不可能な状態になり、特定企業間で、相互許諾契約のもとで、製品化を進めることが繰り返されてきた。  
これは、近視眼的に視れば最適解であったが、長期的視野では業界を、たこつぼ化させている。
- ④ 上記の事情から製品カタログは重要で有り、訴訟においては、最も重要な役割を果たした。併せて、企業ホームページで開示し、技術の開示があったか否かは重要で有り、その証拠資料としてホームページから削除後も、製品保護の上で権利主張ができるように必要に応じて使用できるように法的な手立てが整備・強化していった。各企業とも、昭和末期から、製品の企業権利を米国等海外でも耐えるような手立てがとられた。

## 第1章 カメラ製品技術の変遷

### 第1節 はじめに

ダゲレオタイプから始まって約150年続いたフィルムカメラをデジタルカメラがほぼ置き換え、そのデジタルカメラでさえ30年後にはスマホに席捲される市場となった。

そのような現状を踏まえ、学識経験者や各メーカーの努力の足跡を簡単に解説する。

被写体像を記録するには、被写体像を感材に導入する「光学系」、それを受ける「感材」、さらにそれらを固定し、さらに余計な光が入り込まないようにする「光密構造体」が必須である。

また露出を決める基本3要素を「シャッタータイム」、「絞り値」、「感度」と仮定義した。

以上を形成するもの以外の要素は、以上の目的を確実に達成するため、便利にするための自動化、あるいは写真記録に直接は関与しない補助要素である。

現在のデジタルカメラにはフィルム時代の技術が基本となっているものが多いため、先ずそ

の発展について説明をする。

太古から人類が洞窟などに絵を描いて来たのは有名であるが、それが楽しみのためか、芸術なのか、記録の意図があったのか今では定かではない。

記録のための機材の起こりは紀元前から存在していたピンホール映像にヒントを得たカメラオプスクラ（図1）で、眺めたりなぞったりする道具であった。

感光材料の開発は欧州にてスタートし、フランス人化学者ニエプスが先陣を切って画像の固定に成功したのは1827年とされ、その技法を用いた機材はダゲレオタイプ（図2）として知られている。

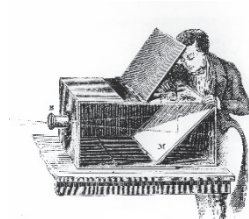


図 1

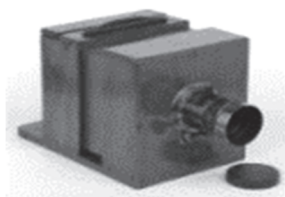


図 2



図 3

その後さまざまな感光材料と、写真機やレンズが発展したが、当初は取り置きが利かない湿版だったため、撮影者は撮影行為だけでなく、撮影の前後の準備作業を行うための広範な特殊技能と高度なノウハウを持つ必要があった。

しかも大きなカメラとガラス板を持ち、化学反応を起こさせる際に必須な暗黒状態を作るテント様のものまでも持ち運ばなければならない重労働であった（図3）。

機材を備えた写真館に希望者には来てもらう様式も始まった。

日本では欧米に少し遅れた江戸時代に写真館として同様の文化が開いた。

その後湿版が乾版に発展して飛躍的に保存性が高まったことで大衆化が図られ、アマチュア写真家が増えて来たものの、大きな流れを作ったのは米イーストマン・コダックであった。

ロールフィルム入りのカメラを提供し、撮影後にそのまま送れば現像プリントを済ませ、新たなフィルムを詰めたカメラが返送されるというビジネスモデルを作った（図4）。

写真機導入初期は以上のような撮影自体も「専門家」の介入による行為だったものが、その後ライカを代表とする小型カメラ（図5）が工夫され、一気に市場が広がった。

感材は形状ではシートフィルム、ロールフィルム、インスタントフィルムなど、発色はモノクロ、カラー、その他にネガやポジ、微粒子や高感度など種々の開発が行われ、用途に応じて

自由に選択できるようになった。



図 4

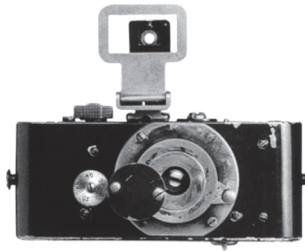


図 5



図 6

機材では、例えば今ではマニュアル機の代表にも見えるニコン F (図 6) は、掲げた開発理念「最良の品質、使い良さと多能性、自動化の追求」で如実に分かるように、当時でさえ「便利」にすることが大命題であったことが分かる。

この実現のためにあらゆる技術的な工夫を凝らしたのが写真機材の原点に存在した。

その後写真の用途が増えると共に、写真とは直接関係のない機構、材料、電子、ソフトなど周辺技術が発展することによって現在のカメラ、レンズ、アクセサリに至った。

本稿では、先ずフィルムカメラの発展に寄与した技術（光学技術、メカ技術、電子技術）を述べ、続いてデジタルカメラにまで貢献した共用技術の進展、中間にはフィルムからデジタル時代への橋渡しに寄与した技術を述べ、最後にデジタルカメラ特有の発展技術について述べる

## 第 2 節 銀塩フィルムカメラ時代のカメラ製品構成技術の変遷

### 1. 感材

感材についても簡単に記すべきではあるが、本稿の主題はデジタルカメラ技術であるため、また筆者にその知見が乏しいためもあって省略する。

しかし、今やフィルム自体がほぼ不要となったものの、長年に渡って化学的な試行錯誤、写真術とも言われたノウハウの中、競合間で切磋琢磨のうで完成したフィルムによる画像表現は、人類には非常に馴染みが良い普遍的な表現である。

それは最新のデジタルカメラでも最重要なパラメーターの一つとして現存することから、フィルムの企画開発に携わった先人に深く敬意を表するものである。

### 2. レンズ (光学系)

第 3 部として記載。



### 3. フィルム給送

本来撮影行為には無関係な作法を自動化する対象として、フィルム巻上げの自動化があった。強力で小型の DC（直流）モーターと制御用半導体の実現が背を押した。

その後フィルム巻き戻しや、失敗しやすいフィルム装填までもが自動化された。

特に 35mm フィルムを使用したカメラにおいては、横幅 36mm の画面を光学軸に正確に停止させる制御方式が発展し、通常電池を使用する小型一眼レフでは 13 コマ/秒もの高速連続撮影が可能となった。

初期はモータードライブとしてカメラに脱着できるアクセサリであったが、駆動の効率化などのためにカメラ本体に組み込まれるようになり、現在に至る。

フィルムの高速巻上げ、高速巻き戻し時には、フィルムと圧板間に静電気が容易に発生してスタティックマークと呼ばれる放電の痕跡をフィルムに残す欠点があったが、摺動面のコーティングを模索して軽減する苦労もあった。

これらの技術は、フィルムを必要としないデジタルカメラに発展した現在は既に無用なものとなった。

しかしながらフィルム巻上げ時の急速スタート時と急速ブレーキでも正確なフィルム位置を制御する技術、さらにその際の振動をも軽減する技術は、シャッターチャージや AF（オートフォーカス）などモーター駆動機構の残っているデジタルカメラにおいても応用されている。

### 4. ストロボ

その次に自動化されたのは、面倒な計算を省くためのストロボ自動調光技術である。

そもそも照射範囲が限定される手の掛かる光の回り方を考えるだけでなく、発光量、使用フィルムの感度、被写体までの距離、絞り値をいちいち計算するのは大変面倒で経験を要する機材であったが、被写体からの反射光を利用して電氣的に発光を停止させる「調光」によって解放された（図 7）。

Xe（キセノン）管の発光を途中停止できる半導体素子の開発、近年では複数のストロボを制御できる巧みな細工も活用の一助になっている。

もちろんストロボで照射される主要被写体の明るさを計測し、最適なタイミングを指示するアルゴリズムの発展が不可欠であった。

それによって現在では、飛躍的な高感度対応も相まって、かつての暗所の撮影を可能とする単なる補助光ではなく、クリエイティブな作品を得るためのライティングとして有用な機材になっている。



図 7

さらに複数のストロボを有線あるいは無線で連携した撮影を行い、効果的なライティングが可能となっているのは、高速通信技術のたまものである。

フィルム時代には本撮影に先立つ光の回り方の確認は撮影者のノウハウに委ねられており、精々ポラロイドフィルムで確認できる程度であったが、デジタルカメラ時代には自由に事前確認が可能のため、作品作りは飛躍的に便利となった。

なお本来は一般名称である「電子閃光器」あるいは「エレクトロニックフラッシュ」と称するべきであるが、長年の間に事実上一般名称化している「ストロボ」を使用した。

#### 5. フレーミング (ファインダー)

当初はレンズを介してカメラ内のスリガラス状に被写体像を投影して撮影範囲の確認と構図、ピント合わせなどを行い、同一面に感光乾板を置いて撮影を行った。

単なる四角い枠で構図を観る簡便なものもあったが、その後レンズ光軸に平行に設置した光学ファインダーが発展した。

光学方式にもさまざまな工夫がなされ、カメラの主流となった (図8)。

撮影レンズとは異なるもう一本のレンズを介して上方から観察するウエストレベル方式 (二眼レフ) も一時ではあったが存在した (図9)。

一方、観察するシーンと実際に写る画面とが一致する一眼レフカメラも発達し、用途に合わせた様々な形態の交換ファインダーが発売されていたが、デジタルカメラ時代には激減した。

背面モニターを可動式にすることで様々な確認アングルが選べるためである。



図 8



図 9

レンズ交換式カメラでの主流は、巧妙な機構による距離計連動式レンジファインダーと、一眼レフに代表されるペンタプリズムを用いたファインダーであった。

しかし前者は特に望遠レンズではパララックス（観察画面と撮影画面との不一致）が顕著となるため、解決手段として現在でも一眼レフカメラが重宝されている。

これは現代のレンズ交換式デジタルカメラにも有用な形式で、被写体の自然な光をそのまま観察できて目にも優しく、撮影領域がフィルムあるいは撮像センサーと同一 100%視野、精密なピント状態の観察も可能なまでに完成している。

被写体の確認だけでなく、初期は指針式メーター、現在はLCD（液晶）表示などを用いた露出条件やピント状況、カメラの設定状態も一目で分かるインジケーターが発展して現在に至る。

デジタルカメラ時代には、光学ファインダーだけでなく、撮像結果や設定状態をリアルタイムでLCDなどによるモニターで確認できる手段となったが、それについては後述する。

## 6. シャッター

感材の感度が高まって露出時間が短くなり、かつその精度も必要となると、レンズ内あるいはカメラ内に設置する高性能なシャッターが開発された。

レンズ内の絞りを兼用したり、類似形状の専用シャッターを設けたため、レンズシャッターカメラと称されたこともある（図 10）。

比較的高級なカメラには感材の直前を走行する複数枚のシャッター幕を左右に走行させて露出時間を生成するフォーカルプレーンシャッターが主流となった。

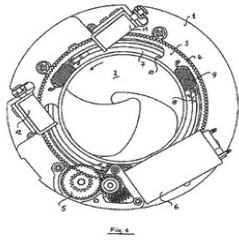


図 10

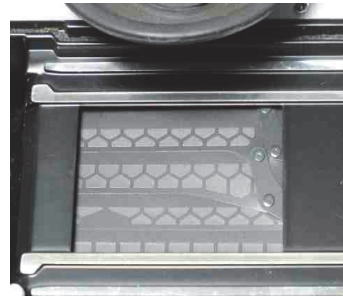


図 11

鉄やアルミ、あるいはゴム引きの布幕から始まったシャッター羽根（幕）の材料は、丈夫さを求めるためにチタンが使用されたり、さらに高速なシャッタータイムを得るためにプラスチックや炭素繊維複合材も使用されている（図 11）。

LCD などによる電子化（固体化）も繰り返し考案されているが、コントラストが不足して完全な暗黒と完全な透明を達成するには程遠く、アイデアのみの状況である。

デジタル時代には撮像センサー自体にシャッター機能を持たせる技術が実用化されており、それについては後述する。

## 7. レンズ（絞り）

固定絞りの時代から複数枚の羽根による構造に至って現在でもそう変わりはないが、自動露出のための電動駆動化がボディとの協働によって採用され、ソレノイド併用のバネ方式から始まって、現在の主流はステッピングモーターとなっている。

シャッターチャンスの重要な静止画では急速な絞り駆動が必須であるが、同時に無音撮影も求められるためである。

さらに同じ機材を動画撮影に対応するため、スチルカメラとは異なるスムーズな絞り駆動と、本体のマイクに余計な駆動音が届かないように絞りの駆動制御にはさらなる腐心が必要である。

また前項のシャッター同様、LCD などによる電子化（固体化）には成功していない。

## 8. 露出調節

勘と経験に頼っていた時代を経て、フィルムラチチュードが問題になった時代から単体露出計、セレン光電池、CdS（硫化カドミウム）などの測光用センサーをカメラに内蔵させて指針を動かすなど、シャッタータイム・絞りとの連動機構を備えた発展があった。

その後 AE（automatic exposure：自動露出）化が求められ、メーター抑え込み方式のシャッ

ター優先式自動露出、光・シャッタータイム共に対数的に変化する数値をアナログ回路で処理する絞り優先、さらに両方式を備えた両優先方式やプログラムモードなどに進化した(図 12)。

測光用センサーは、初期はカメラの一部に置かれていたが、TTL (through the lens : レンズを通した光を利用する) 方式、特に一眼レフでは反射ミラーの裏側やファインダー光学系に組み込む方式が採用された。

また被写体の一部を測光するだけの単純な方式から、撮影画面を複数に分けて測光し、特有のアルゴリズムを介して露出量を決定する「マルチパターン測光」も主流となった。

測光センサーはSPD (シリコンフォトダイオード) を複数の領域に分けたものから、専用のCCD (charge coupled device : 電荷結合素子) 撮像センサーにてはるかに微細な測光ができるものも実用化されている。

デジタルカメラの中には、測光専用素子を設けず、撮像センサー自体の信号を用いて露光量を算定するものもあり、レンズ一体型デジタルカメラやミラーレスカメラは全てその方式である



図 12

## 9. 焦点調節

完全目測であった焦点合わせは、単独距離計、カメラボディと一体化させた二重合致式の連動距離計、ボケを拡大して見せる工夫を加えた焦点板上で被写体を観ながらレンズの距離環を手で回す手動方式の後、AFに発展した。

まず焦点検出方法として超音波、赤外線による三角測量などが編み出され、その後一眼レフに実用化された専用AFセンサーをカメラの床下部に設けた位相差方式で集大成された(図 13)。

位相差検出方式は焦点のズレ方向が検出できるので、レンズ駆動の高速化と相まってスポーツ撮影にも適するピント合わせが可能と

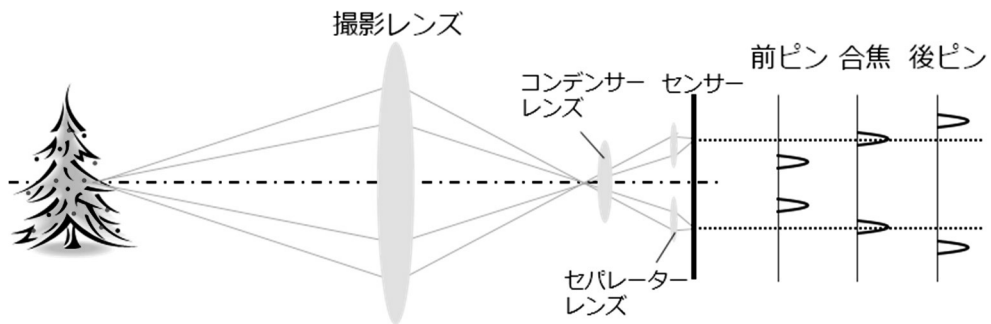


図 13

さらにデジタル時代にはフィルム一眼レフ時代からの位相差 AF が高度に発展し、測距範囲の拡大と微細化による高精度化が図られている。

一方レンズ固定式デジタルカメラにおいては、先の方式を経て撮像センサー出力の一部のコントラストを検出するコントラスト AF (図 14) が主体となった。

その後レンズ交換式、レンズ固定式を問わず、撮像センサー自体に焦点検出機能を埋め込んで被写体とピント検出位置をこの上なく一致させ、先のコントラスト検出方式では不可能だった焦点ズレの方向を検出できる像面位相差 AF 方式 (図 15) として発展している。

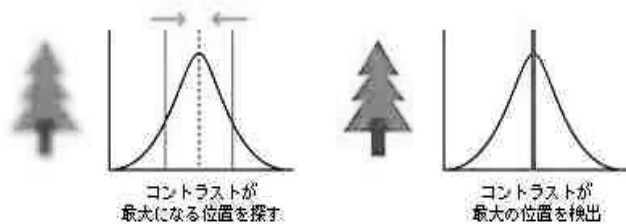


図 14

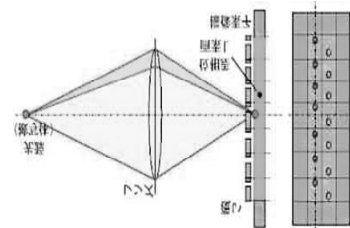


図 15

いずれの検出方法においても、レンズの焦点合わせに関わるレンズ群を高速に移動させるアクチュエータが重要になり、初期の DC モーターから、音が静かでしかもレンズに最適な構造の円環型超音波モーター (図 16)、さらにはステッピングモーターなどが使用されている。

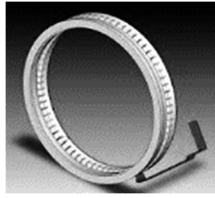


図 16

単に静止被写体にピントを合わせるだけでなく、不規則にかつ高速に移動する被写体にピントを合わせるため、刻々変化する被写体の位置情報を検出かつ記憶して遠近のみならず左右上下の将来位置を予測する駆動方式が主流となっている。

なお遠方のカーブを高速でターンするスポーツカーと、親の近くで走り回る幼児とは、像面における被写体の移動速度は類似しており、決して後者の撮影が容易と言う訳では無い。

#### 10. 手ぶれ防止

フィルムカメラの時代から、被写体がブレていることはカメラあるいはレンズに組み込まれた角速度センサー、加速度センサーによる検出が主流である。

今では5方向（ヨー・ピッチ・ローリング・シフト）のブレ検出が必要なため、それぞれのセンサーは複数ペアが設けられている。

補正駆動の主流はレンズ内の一部の補正レンズ群を、ブレた方向と逆に移動させる光学補正方式（図 17）が主力である。

デジタルカメラでは撮像センサーならではの方式が工夫されているがそれは後述する。

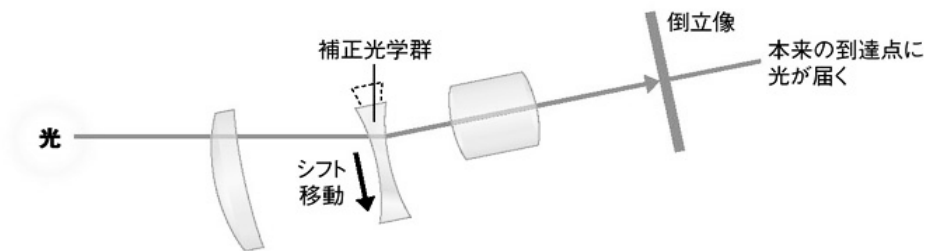


図 17

#### 11. 電池

前述のストロボを除き、フィルムカメラは元々機械式であったために電源は一切不要であったが、次第に機能が増えるに従って電池が必要となって来た。

初期は一般に市販されている円筒型のマンガンあるいはアルカリ乾電池や水銀ボタン電池がフィルム給送、メーター駆動などに使用された。

その後銀電池、リチウム一次電池に置き換わり、充電式電池としては NiCd（ニカド）電池、NiMH（ニッケル水素）電池を経て、環境規制に対応できるリチウム電池が多用されている。

電池消耗を気にする必要のない純機械式カメラの長年の習慣があったため、カメラやレンズの内部機構の効率化、電子回路の省電力化を図り続け、電池寿命の向上には神経を使っている。

そのため電池メーカーとの緊密に連携によって高容量で大電流の取り出せる専用電池の開発を続けている。

中でも充電式リチウム電池は、電池セルの電圧が高いことから高度な電子回路が必要なデジタルカメラの主流である。

初期は電池セルの温度を認識する程度であったが、その後電池残量を正確に知りたいと言う要望に応えるために充放電電流を積算したり、充放電回数をカウントして電池自体の劣化なども表示している。

これは交信用接点を設けて電池とカメラおよび充電器間でデータ交信を行って可能となる機能である。

さらに電池パック内に設けられた特殊な ID 信号をカメラが認識し、模倣電池の使用を排除して誤動作や発火を防止する工夫も付加されている。

## 12. 材料

初期のカメラは筐体として木、表皮として皮革や丈夫な紙から始まり、日本では表具師らが製作したものであったが、堅牢性と精度が必要になるにつれて真鍮、アルミ、マグネシウム、チタンなど様々な金属、さらにコストダウンと軽量化のためにエンジニアリングプラスチック、軽量化と強度を両立できる炭素繊維複合材が採用されている。

ダイキャスト製法によるアルミが主力であったが、近年ではより軽いマグネシウムがチクソモルディング製法で作られ、中級機以上のカメラやレンズの骨格に多く使われている。

なお金属による骨格やカバー類は、高速高機能なデジタルカメラの内部で発生する、撮像センサーや画像処理エンジンの熱を外部に放散する役目も負っている。

## 13. 電子回路と実装技術

カメラの自動化競争は '70 年代後半から盛んになった。

それ以前はディスクリート（トランジスターや抵抗などが個別部品として組み合わされた）



構成でメーター指針などを駆動する比較的簡易なものであった。

半導体製造装置の発展に伴って IC 化が始まると、他電気製品に交じってカメラの電子化のために導入された。

初期の IC (integrated circuit : 集積回路) はバイポーラーなどのアナログ回路が基本であったが、80 年代になるとデジタル回路や LCD 制御を行うために CMOS (complementary metal-oxide semiconductor : 相補型金属酸化膜半導体) などによるデジタル回路も採用された。

本格的な CPU (central processing unit : 中央処理装置。いわゆるマイコン、プロセッサ) が導入されたのは、複雑な対数計算や様々な条件下での露出計算が必要なマルチパターン測光が採用された頃からである。

その後カメラとレンズ間に通信が必要となり、LCD 表示やフィルム給送のためのモーターが内蔵されてシーケンス制御が一般化されると電子回路の主役は CPU となった。

デジタルカメラにおいては、画像処理エンジン内の CPU が画像信号を扱う処理全般を受け持ち、それ以外の処理を外付けの CPU が行っており、それらの周辺にはセンサー類とそのインターフェース回路と言う構成に変化して来ている。

ところで半導体類が搭載される FPC (flexible printed circuit : 可撓性回路基板) や多層リジッド基板 (硬質基板) とその実装組立て装置による高密度実装の牽引役となったのは、実は'70年代のカメラであった。

多層リジッド基板と両面 FPC をサンドイッチした実装回路は、それまで宇宙用あるいは軍用でしか使われなかった最先端のものであった (図 18)。

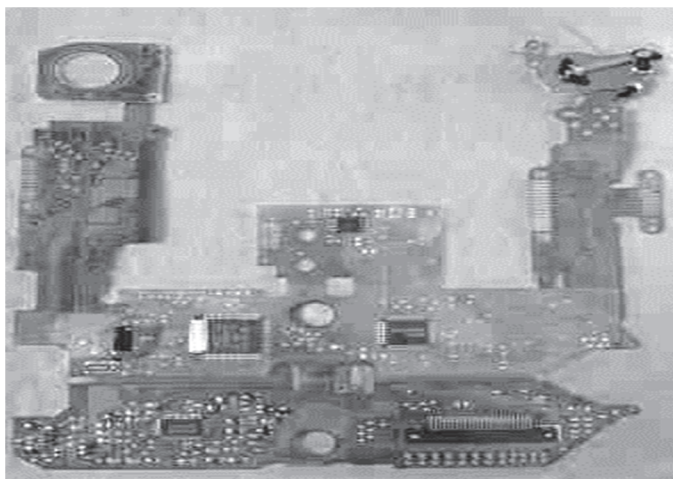


図 18

#### 14. 耐環境

地上専用のカメラやレンズでも、ある程度の防滴性・防塵性を備えていなくてはならない。純メカニズムで構成されていた時代には、結露や雨水が侵入しても当座の作動は可能であったが、いずれ内部機構が錆びて故障に至る問題があった。

その後前述した自動化機能が採用されると、内部には水分に弱い電子回路や電源回路が追加され、瞬時に作動停止することが散見された。

そのため、実際の雨量と時間を規定し、内部に水分が侵入しないよう、仮に侵入したり結露が発生しても問題のない工夫を凝らした。

前者は O リング、シーリングと撥水塗料の塗布、後者は回路のインピーダンス（信号に対する抵抗値）を下げるなどの工夫である。

さらに水中カメラではさらに高度な O リング、撥水塗料を施した機種が開発された。

高度で微細な電子回路を必要とするデジタルカメラでは、以上の工夫が集大成されているの  
は言うまでもない。

なお裏蓋を開けてフィルム交換しなくてはならないフィルムカメラはその大きな開口部の防水性とメンテナンスに気を使わなくてはならなかったが、電池やメモリーカード用の小さな開口部で済むデジタルカメラの防滴性確保は比較的容易となった。

また 36 枚程度で撮影が終わるため、複数台を持って潜ったり、頻繁に水上に出てフィルム交換をしなくてはならないフィルムカメラと異なり、メモリー容量と電池残量が続く限り撮影が続けられるデジタルカメラによって水中撮影そのものは非常に便利になった。

一部ではあるが特殊な環境として、宇宙や極地（北極、南極など）で使用されるカメラやレンズも開発された。

何れも試験条件は地上より厳しく、極端な高温あるいは低温での確実な作動、激しい振動に耐える事などである。特に極地では乾燥状態での作動、宇宙用は真空中での作動と宇宙線への耐性が特殊な作動条件であった。

#### 15. マウント

レンズ交換式カメラではレンズとカメラを連結するマウントが重要な存在であった。

初期はスクリュー（ネジ式）マウントであったが、迅速なレンズ交換のためにバヨネット（少ない回転角度で着脱可能な機構）マウントが考案され、現代のデジタルカメラにも継承されている。

カメラの自動化のためにはカメラ本体とレンズは互いの認識が必要であり、初期は機械的な

切り欠きやレバーがその役を担った。

近代になって AF などの一層高度な工夫が必要になったことからマウントに接点を設け、カメラとレンズそれぞれに搭載された CPU が通信を行い、互いの状態をリアルタイムに認識するようになった。

AF 以外には AE 制御するための光学情報などがレンズからボディに、ボディからレンズには露光開始や終了などのシーケンス情報などが転送されている。なお過渡期のマウントには機械式信号と電子接点の両方を備えた複雑なマウントシステムを装備したカメラも存在した (図 19、図 20)

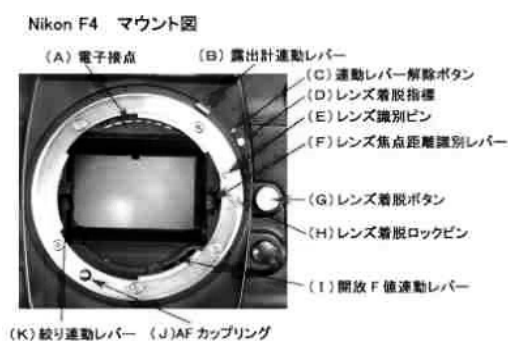


図 19



図 20

### 第 3 節 フィルムカメラからデジタルカメラへの過渡期

#### 1. システムカメラ

レンズ交換やファインダー交換が出来る一眼レフカメラはシステムカメラとして発展した。用途が非常に拡大したため、レンズは焦点距離数千 mm の超望遠から 180 度以上の画角をカバーする魚眼タイプまで、ファインダーは通常のアイレベル、ウエストレベル、アクションなどだけでなく、焦点面を ITV カメラや CCD カメラで撮像し、遠距離で観察できるリモートファインダーまで商品化がされた。

また手持ち撮影ではなく、長期間の無人撮影を可能にするためのリモートコントロールや長寿命のバッテリーパックなども考案された。

ストロボについては前述した通りである。

デジタルカメラ時代にはフィルム時代の何れもが共用でき、さらに発展してユーザーの要望に依っている。

用途が非常に拡大したため、レンズは焦点距離数千 mm の超望遠から 180 度以上の画角をカ

バーする魚眼タイプまで、ファインダーは通常のアイレベル、ウエストレベル、アクションなどだけでなく、焦点面を ITV カメラや CCD カメラで撮像し、遠距離で観察できるリモートファインダーまで商品化がされた。

また手持ち撮影ではなく、長期間の無人撮影を可能にするためのリモートコントロールや長寿命のバッテリーパックなども考案された。ストロボについては前述した通りである。

デジタルカメラ時代にはフィルム時代の何れもが共用でき、さらに発展してユーザーの要望に答えている。

なお、リモートファインダーについては、デジタルカメラでは撮像中のデータあるいは撮像した結果のデータを転送する方式に置き換わっている。

リモートコントロールは、かつてのようなシャッターを切るだけの単純機能ではなく、例えば WiFi とスマートフォンを用いてカメラの各種機能を設定でき、同時に画面をモニターしながらカメラを動作させるまで発展して来ている。

## 2. 電子カメラ及び電子画像電送機

デジタルカメラ時代の前には、短期間ではあるが電子カメラと電子画像電送機の時代があった。

電子カメラは電子スチルビデオカメラ、通称マビカ（ソニー商標：図 21）に端を発する機材で、撮像センサー（当時は CCD）の信号を 2 インチのフロッピーディスクに FM（frequency modulation：周波数変調）記録する方式であった。

当時はフィルムカメラ全盛で、未だ電子カメラ特有の要素技術が未熟かつ高価でもあったため、一部の報道機関が迅速な報道を行う用途にとどまっていた（図 22）。

画素数が少なく画像処理も満足ではなかったため、新聞の網点印刷でさえその粗が目立ち、紙面には「電子カメラで撮影」などの弁解めいたキャプションが必要であったのは今では一世の感がある。

一方高精細な画像を送るために現像したフィルムをスキャン（走査）し、電話回線で送る電子画像電送機（フィルムダイレクト電送機：ニコン商標）も報道機関で使用された（図 23）。

それまでは印画紙を巻き付けてスキャンする大型のドラム式電送機が必要であったのを、現像したフィルムが使える形式であったために小型化と迅速化に貢献した。

いずれもカメラメーカーにとっては、それまでに経験の浅かった撮像・画像処理・伝送のノウハウを掴む端緒として、以降のデジタルカメラの開発に貢献した。



図 21



図 22

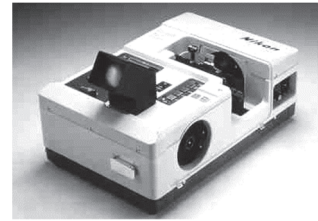


図 23

#### 第4節 デジタルカメラへの道

##### 1. 撮像センサー

以上のように単純化、小型化、価格低下、他力化作戦で一般人への普及を図ってきた図式は、現像・プリントを感材メーカーなどに頼っていたフィルム全盛時代を変貌させ、現在のデジタルカメラ時代に至る。

フィルムカメラでは、撮影後のワークフローの多くは現像所などのDPE (development printing enlargement : 現像・焼き付け・引き伸ばし) 業者に委ねられ、写真機材は正確な露出と焦点合わせなどを実現するだけで済んでいた。

しかし撮像センサーが内蔵され、その撮像結果をカメラ内の画像処理エンジンで処理するデジタルカメラは、いわば現像所をも引き受ける立場に大変わりした。一部には小型プリンターを内蔵するデジタルカメラもあることから、それは全てのワークフローを達成したことになる。

またフィルムカメラ特有のフィルム装填などの作法が不要となり、その場で結果確認が出来ることでユーザー層が飛躍的に拡大し、生産数も増えることになった。

カメラメーカーはフィルムカメラ時代から培ってきたノウハウをさらに洗練化、不可能だった機能性能を取り入れて一層便利にした。

デジタルカメラ特有の技術を習得することにも腐心したのは言うまでもなく、さらに確実に歩留まり向上する工夫を凝らして機材単価を引き下げる努力を続けている。

また前述の焦点検出機能だけではなく、電子シャッター機能をも持たせて無音化、省スペースに貢献できる技術も発達して来ているが、実用化はローリングシャッター止まりであるため、グローバルシャッターの実現が待たれる。

初期は CCD センサーが主流で、製造ノウハウを持っていた少数の半導体メーカーでしか製造はできなかった。

駆動には多種の電源が必要なことからカメラで使用するには苦勞が伴ったものの、2000年代

前半まで多くのデジタルカメラに使用されていた（図 24）。

一方単一電源で駆動可能な CMOS センサーも存在はしていたが、その回路上の特性からスイッチングノイズを除去しきれず、画質をそう問わない特定の分野でのみ使用されていた。

その後後者の欠点が大幅に改善されて十分な画質が得られ、さらに画像処理エンジンが高度な機能になったことも相まって超高感度対応まで可能となったことから 35mm フルサイズカメラに本格採用されて以降、殆どが CMOS センサーに置き換わっている。

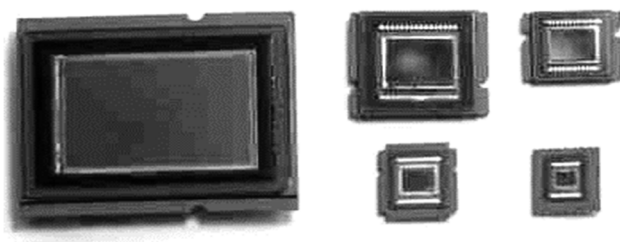


図 24

なおデジタルカメラの撮像センサーを単に「CCD」、「CMOS」と呼ぶ傾向があるが、それらは半導体の機能と構造を表現しているだけゆえ、いずれにも「センサー」などを付けるのがふさわしい。

撮像センサー上のピクセル単位に設けられている微細な SPD（シリコンフォトダイオード）は元々明るさだけを検知するものゆえ、カラーフィルターをその前面に設けて色信号として検知しなくてはならない。

Foveon X3  
ダイレクトイメージセンサーの基本構造

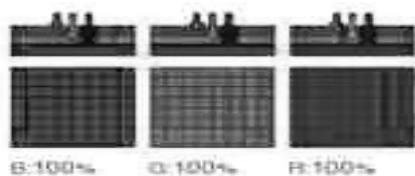


図 25

ベイヤー式イメージセンサーの  
基本構造

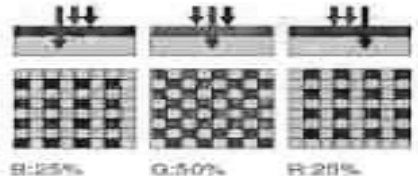


図 26

カラーフィルターを用いず半導体の深さ方向で RGB を個別に認識するユニークな撮像センサーに FOVEON (米 Foveon 社商標) センサーが存在するが、ポピュラーではない (図 25)。

先のカラーフィルターの主流は RGB 三色を配置したベイヤー配列 (Bayer: 発明者名。図 26) が主流である。

4 色目のフィルターを追加したり、配列のパターンを変えてサイズの異なるフォトダイオードを追加するなど、ベイヤー配列の欠点を補う方式も提案されているが、いずれも特定メーカーのデジタルカメラに実用化されている状況である。

もともと撮像センサーは半導体の中でも巨大な面積のもので、一枚のシリコンウエハー (ケイ素主体の薄い基板) からの取り数が少なく、かつ留まりも低かったために非常に単価が高い時代があったが、製造台数の増加と共に半導体製造装置類の進化によって、歩留まり向上とコストダウンが図られ、現在の生産台数に至っている。

このコストダウンの図式は、後述の背面モニターや EVF 用の LCD、さらに画像処理エンジンなどについても同様である。

## 2. フレーミング (ファインダー) …デジタルカメラの場合

先に述べた、光学ファインダーだけでなく、撮像結果をリアルタイムに LCD などに表示するデジタルカメラならではの手段を述べる。

電子カメラおよび初期のデジタルカメラには光学ファインダー (OVF : optical view finder) のみ設けられていたが、その後背面にモニター LCD が配置されてようやく大衆化が始まった (図 27)。

これは写る画像を事前確認できるだけでなく、写った画像を楽しむと言う新たなニーズを見出したからでもある。

その後しばらく光学ファインダーと背面モニターによるライブビューが混在する時期があったが、殆どのレンズ固定式カメラから光学ファインダーがなくなり、背面モニターによるライブビューや、小型モニターを組みこんだ EVF (electronic view finder : 電子ビューファインダー) 方式を併用する形式に切り替わった。

一方レンズ交換式、特に一眼レフデジタルカメラにおいては、光学式ファインダーと背面モニターの両方式が採用されている。

背面モニターは、通常の静止画撮影だけでなく、動画を撮る際に便利なものである。

さらにミラーレスカメラは、一眼レフカメラの特徴であったミラーと光学ファインダーを構造的に取り去って小型化を図り、背面モニターだけで撮影したり、EVF 化したファインダーで視認するものである。



図 27

### 3. 手ぶれ防止 …デジタルカメラの場合

検出したブレを補正する方式は、レンズの補正光学系を駆動する方式の他、撮像センサー自体を VCM などのアクチュエータで移動させる方式 (図 28)、撮像信号中から被写体のブレを認識し、毎コマの撮像画面から切り出してしまう方法も考案されている。

ただ後者は画素数が減少する大きな欠点がある (図 29)。

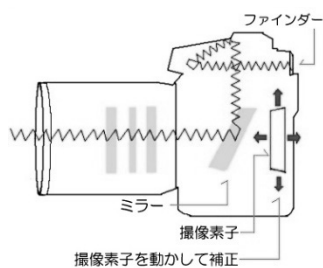


図 28



図 29

### 4. マウント …デジタルカメラの場合

前項で述べたレンズ交換式カメラのマウント形式は、一部を除いて、メーカー独自のものであり、しかも永続的なビジネスの元になるものであるゆえ、デジタルカメラにおいてもその良否と発展性が重要である。

フィルム、デジタルを問わず、一眼レフカメラに必須であったミラーはその名の通りにミラーレスデジタルカメラには不要となることから、マウントを変更するのが最適である。

カメラを薄くできることがミラーレスカメラの特徴ではあるが、一方で一眼レフカメラメーカーには従来の多種多様な交換レンズを資産としていることもあり、最新のミラーレスカメラに従来レンズを装着できるマウントアダプターが重要な存在となる。

カメラメーカー純正のマウントアダプターはカメラ側、レンズ側双方に電子接点を備え、内



部に信号変換用の電子回路互を設けて互いの互換性を確保している（図 30）。

## 5. 画像記録

デジタルカメラは、初期には画素数が少なく、一方で安価なメディアが無かったため、メモリーを内蔵している機種から始まった。

利便性を求めてパソコンとの共用を図った PCMCIA（Personal Computer Memory Card International Association）準拠の大型メモリーカード（図 30）を経由した後、CF（compact flash）カードが主流となった。

半導体メモリーが低容量で高価な時代には小径のハードディスクを組み込んだ CF カードサイズのマイクロドライブ（図 31）も存在した。

入手性が悪い市場での拡販を図るために 1MB（メガバイト）、2MB、精々 16MB の CF カードが同梱されている機種もあったが、現在の画像一枚の容量を考えると隔世の感がある。

CF カードに対抗し、カメラのさらなる小型化と薄型を目指してスマートメディア、マルチメディア、SD、メモリースティックなどが相次いで提案された。

この中では耐久性に難のある薄型カードが姿を消し、現在では SD（secure digital あるいは super density）カード（図 32）の入手性が最良で主流を築き上げ、さらなる高速化の発展も続けている。

一方、接点が多く、高速化に限界が見えて来た CF カードに置き換わる CFAST、XQD を採用するデジタルカメラが販売されているが、それらを統合する次世代版として CFexpress（図 33）が開示されている。



図 30



図 31



図 32



図 33

## 6. 画像処理

いわゆる画像処理エンジンの中核は画像処理であり、代表的には図 34 に示すように、撮像センサーから出力された RAW データを「ホワイトバランス」、「補間」、「色空間」、「階調」、「輪郭」、「ノイズリダクション」、「フォーマット変換」などの処理を順次行う機能を持っている。

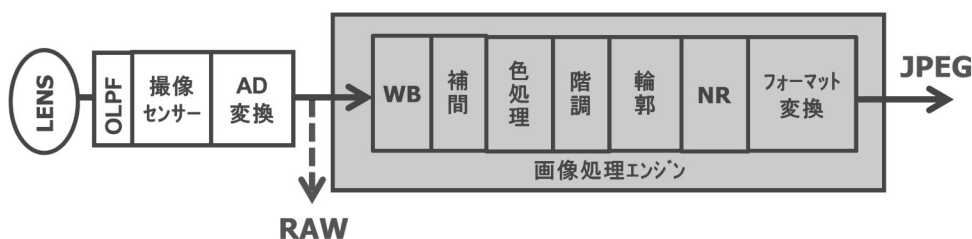


図 34

ホワイトバランス処理ブロックに入力する前段階の信号は RAW データと呼ぶ撮像信号からの（ほとんど）生の信号であり、パソコンなどでユーザーが自由に処理できるものである。

そのため RAW データそのものを保存しておけば、後々の任意の時期での画質トレンドに合わせた加工処理が行えるなど、非常に融通が効くものである。

その代わりに、データが圧縮されていないために大容量であることに留意が必要である。

RAW データは撮像センサー毎に異なるものであることから、メーカーが各カメラごとに提供する独自のアプリケーションで現像するのが最適であるとされている。

しかし一方でメーカー間の融通性を持たせる考えをもとに規格化された RAW データ形式も存在するが、市場では少数派である。

フォーマット変換ブロックの出力はいわゆる JPEG データと呼ばれ、それ以前の画像変換がすべて完了しているもので可逆性はない。

その代わりに小容量であるため伝送などの負荷にはならず、しかもパソコン・モニター・カメラ・スマートフォンなど市場に存在するほとんどの機器で使う業界共通の便利なデータ形式である。ここに至る説明は後述する。

メーカーや折々のカメラにもよるが、画像処理エンジン内には上述の画像処理の他に、「メモリーカード通信」、「EVF 表示」、「背面モニター表示」、「レンズとの交信」、「タッチパネルからの受信」、HDMI・WiFi・Blue Tooth などの「外部通信」、「シャッター駆動」、音や LED などでの「表示」などの機能を持たせている。

それ以外の機能、例えば「電源制御」、「バッテリーとの交信」、「ストロボとの交信」、「各種スイッチからの受信」、「リモコン機能」などを別設したプロセッサ（CPU）に持たせていることもある。

## 7. 動画

デジタルカメラ特有の長所の一つは、初期の撮像センサーの多くがムービー用の撮像素子を

転用したこともあって、静止画と動画を記録する発想に無理がないことである。

レンズ固定式の、特に小型なデジタルカメラは画像センサーが小型であって高速駆動が容易であり、さらに画質の許容度も高いことから、ごく初期から両機能を持っていた。

レンズ交換式デジタルカメラでは、一般に撮像センサーが大きいため以上の逆であって採用が出遅れたが、撮像センサーの高速駆動と画像処理エンジンの能力が高まった時点で採用が始まった

なお一眼レフデジタルカメラでは、ムービーカメラ同様に背面モニターを見ながらの撮影として使用されるが、被写体光路にミラーが介在しているため、動画モード時にはミラーアップをしなくてはならない。

その点ミラーレスデジタルカメラはスムーズな静止画モード・動画モードの行き来が可能で親和性は高い。

レンズ固定式あるいは交換式を問わず、大型撮像センサーのデジタルカメラは高感度に強く、自ずとレンズも高性能であり、さらに被写界深度が狭い表現が記録できるなどのことから、多くのTV-CMなどの撮影機材として重用されている。

もちろん4Kや8Kの動画記録に対応しているのが現在の流行である。

## 第5節 まとめ

### 1. 画像の楽しみ方

初期のデジタルカメラはデバイスや画像処理の技術が伴わなかったために、表現の範囲が狭くフィルムに及ばなかった時代があった。

その後の画像処理技術の深耕によって先ず「オート」、「スタンダード」、「ニュートラル」、「ピビッド」、「ポートレート」、「モノクローム」など基準となるモードが用意されるようになった。

また撮影後にパソコンで画像処理を行って調整を行わなければならない時代を経て、カメラ自体に画像モードを用意すること、例えばフィルム名を直接指定してそのフィルム特有の表現を忠実に再現できるモード、あるいはすべてのパラメーターを自在に設定できる「カスタム」が可能となって撮影後の効率化を図ると同時に、自在な表現設定を可能とした。

また元々レンズ固定式デジタルカメラで多く用意されていた「セピア」、「単色」、「グラフィイト」など多種多様な表現をも楽しめるモードも一般化されている。

### 2. 標準化

デジタルカメラ黎明期、画像フォーマットについて様々な国やメーカーからの独自提案による乱立が始まったが、日本電子工業振興会（JEIDA）で互換性問題について議論が開始されて世

界標準化に導くなど、日本国内のメーカーや学術経験者が結集して標準化に成功した。

「お客様に迷惑が掛からないように」を最終目的としてメーカー同士が歩み寄り、発展性のあるフォーマットを仕立てあげた重要な成果である。

これによってデジタルカメラやスマホなどの撮影機器、パソコンやタブレット PC などの処理機器、プロジェクターやモニターなどの表示機器、データを仲介するメモリーや通信装置まで、フォーマットの存在を気にする必要がなくなっている。

現在その標準規格は日本電子情報技術産業協会（JEITA）とカメラ映像機器工業会（CIPA）によって共同管理されている。

以上の紆余曲折については大川元一氏が詳述されている論文（後述）を参照されたい。

なおCIPAは、デジタルカメラをはじめとする映像関連機器の開発、製造・販売に携わる会員によって構成される業界団体で、1954年に発足した日本写真機工業会（JCIA）に端を発しており、戦後の混乱期に乱立したカメラ製造業をいち早く自主的に律し、世界的な産業に導いた実績を今もなお受け継いでいる。

現在では国内外の関連メーカー・学術団体による国際団体として活動が続いている。

## 【参考文献】

- 1) 日本カメラ博物館
- 2) 神立尚紀著 カメラの歴史（講談社）
- 3) 豊田堅二著 カメラメカニズム講座（日本カメラ社）
- 4) 大川元一著 デジタル・スチルカメラの技術発展の系統化調査（国立科学博物館）
- 5) カメラ映像機器工業会（CIPA）HP
- 6) ニコン全一眼レフカメラ発売年表／仕様（By キンタロウ）
- 7) 東京工芸大学芸術学部（元）学部長 内藤明講義録
- 8) 東京工芸大学芸術学部 非常勤講師 後藤哲朗講義録

## 【図、表の出典】

- 図 1～3、8、21、31 日本カメラ博物館資料
- 図 4 Eastman Kodak Company HP
- 図 5、4、17、25 LEICA CAMERA AG HP
- 図 6～7、11～12、16、18～20、22～24、30、32、34（株）ニコン HP、製品説明資料
- 図 9 Rollei GmbH HP

- 図 10 (株) タムロン HP  
図 27 カシオ (株) HP  
図 28、29 パナソニック (株) HP  
図 25、26 (株) シグマ HP  
図 33 ProGrade Digital Inc. HP  
図 13～15、17 参考文献 3. 8

## 第 2 章 カメラ産業における技術的変革の推移

### 第 1 節 撮像素子とデジタルカメラへの息吹

1970 年前後からアメリカン電話通信株式会社 (AT&T) ベル研究所で開発に着手した CCD (Charge-Coupled Device) は、当時で 5 億ドル規模の研究開発投資を行ない、メインメモリー (DRAM) 中心に開発が進められていた。

ベル研究所の親会社 AT&T の DRAM 開発が、通信への布石に繋がらないとの判断から、方針変更され中断になり、技術の一部は米国の RCA, Fairchild Semiconductor 等の民間企業に流出した。

2 次元撮像素子の源流は、不明確な面もあるが、レンズから入力する光を画像信号に 2 次元的にとらえる固体撮像素子 CCD の特許出願 (特公昭 57-32547 等) に注目したい。デジタル静止画入力に繋がるインタライン転送方式が示されている。

他方、1972 年に発売された MOSLSI 電卓が累計 1000 万台に達し、1980 年代にかけ、MOSLSI 大量生産技術が確立された。

DRAM、MOSLSI、ビデオカメラ撮像素子 CCD 等の半導体需要は、小型カラービデオカメラ、ハイビジョンテレビ、ノートパソコン等の急速な普及、電子事務機器とのシステム化により拡大の一途を辿った。

1975 年にコダックから電子スチルカメラの提案があったが、市場で見ることはなかった。

放送業界は、放送用機材としてビデオカメラ中心にその周辺機器が商用化された。

一眼レフカメラを中心にする静止画は、成熟化の傾向が強く映像・画像の世界と閉鎖された世界の中で、オリンピック等の世界競技に現場からリアルな送信に苦慮されていた。フィルムを現場で現像し、1 次元のアレー型光電素子で読み込み送信された。

米国では自国特許権の権利行使による自国産業を保護するプロパテント時代に有り、知的財産権の活用が活発化し、懲罰的な権利行使が一般的になった。

## 第2節 固体撮像素子利用の模索としての静止画カメラ

ソニーから1981年にビデオカメラ用CCDを撮像素子、記憶媒体として2インチ磁気ディスクを記録媒体に記録するレンズ交換式スチルカメラが発表された。フィルムのいないカメラの時代との到来との憶測を呼び、数社から技術発表され、これを契機に、「電子スチルカメラ懇談会」(17社参加)が発足した。他方、米国を中心に個人発明家、日本の特許戦略に秀でた企業等から、固体撮像素子を前提にするデジタルカメラのコンセプト、固体撮像素子の要素技術を先取りして多数の特許出願が行われた。

銀塩カメラと同じ撮影レンズで被写体をフィルム面に、同サイズの固体撮像素子で取り込み、固体撮像素子で作られる電気信号を生画像として、画像処理により、フィルム現像に相当する電気信号処理により画像を得る。それを記憶し、ファインダーで表示する。特許は、画像圧縮、補間処理およびその回路の半導体、およびそのチップ化について急激に増えた。

1984年に開催されたロサンゼルスオリンピックで、電子スチルカメラが、ソニー・朝日新聞、キヤノン・読売新聞で実証試験が行われた。

半導体を使用する製品の新たな需要は、1985年からの数年で、量産用のステッパー(半導体露光製造装置:メーカー:ニコン、キヤノン、GCA、日立、等)は縮小倍率1/4から1/5.5インチ主流から、半導体需要の山谷を超える毎(ムーアの法則)に6インチ、8インチを視野に移行、併せて、1回に露光できる画面サイズも□10mm~15mm から□17.5mm~20mmへと進化し、価格の低減と高密度化する半導体需要の拡大に対応していった。

1987年11月に、カシオ時計㈱(電子スチルカメラ懇談会メンバー)から(アナログ式)電子スチルカメラVS101発売された。しかし、売り切れず、事業撤退をしている。

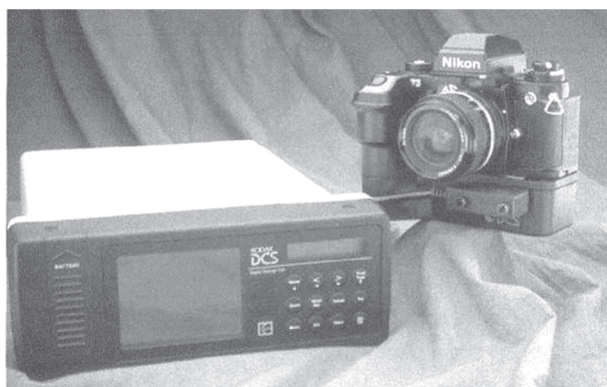


図3 Kodak DCS100

図1 (参考文献2)、展示会カタログ



図2 (参考文献2)、商品カタログ

イーストマン・コダック社は、1991年にKODAKブランドで、撮像素子で得られる生画像の、電気信号を画像化することに着手し、入手できる最大の撮像素子 CCD(14X9.3mm、130万画素)を用い、当時の銀塩カメラ企業の最先端銀塩一眼レフシステム(複数社)を、デジタルカメラに改造し市販した。(図1)画像処理についての一連のイーストマン・コダック社特許の実証と画像圧縮に関する各社に共通する技術ノウハウ蓄積になっている。

1995年にニコン、富士フイルムの共同開発で、イーストマン・コダック社の動きに触発されて、専用ボディの中に縮小リレー光学系により35mm通常レンズによる光像を2/3インチ、130万画素、CCD撮像素子面に集めるレンズ交換デジタルカメラが発売された。

(図2)1996年には、ミノルタは縮小光学系と3色分解プリズムにより、R、G、Bに分け、その各々を1/2インチ35万画素の3枚のCCD撮像素子に分解し画像処理を行う方法を取り、デジタル一眼レフとして製品化が行われた。

いずれも、高額で、銀塩撮影に比較して、カメラの操作性、再生される画像の質において満足させられなかった。

#### 【参考文献】

- 1) 越智成之 「CCD誕生40周年」 映像メディア学会誌 vol65 no5 (2011) 691
- 2) 越智成之 「デジタル一眼レフカメラの歴史と発展」 映像メディア学会誌 vol 61、no.3 (2007) 266-270
- 3)
- 4) 発明協会 戦後日本のイノベーション100選 デジタルカメラ 概要 (2016)  
水島昌洋「電子スチルカメラ懇談会の活動とビデオフロッピー規格」  
テレビジョン学会誌 Vol.39、No.9』(1985年) 756頁  
青島矢一・福島英史 「異業種からのイノベーション カシオのデジタルカメラ(QV-10)開発」 伊丹敬之 外3名編『ケースブック 日本企業の経営行動 3 イノベーションと技術蓄積』(有斐閣、1998年) 361頁

### 第3章 銀塩フィルムの次世代への挑戦（APS プロジェクト）

#### 第1節 背景

銀塩フィルム業界では、次世代の対応が必要不可欠な状況であった。

具体的には、

- ① 古くて新しい課題として、写真フォーマットの問題（縦：横比）は35mm ライカサイズ（3;2）の普及と標準化され、他のサイズの提案は、普及できていなかった。
- ② 米国発ソニー、RCA 等のビデオカメラが家庭へ浸食し、フィルムによる市場を凌駕した。特に、ビデオカメラ、ノートパソコン、ハイビジョンテレビを連動したシステム化する市場で競えること
- ③ 米国発のプロパテント時代にあり、工業所有権（知的財産権）行使した事業展開が、社会ニーズとして必須の条件になっていた。
- ④ 米国メーカーから日本メーカーへ自動焦点検出方式、CCD 固体焦点検出素子、CCD 撮像素子、マイクロコンピュータ制御等に関する特許等で訴訟が多発しており、各企業共、独自に開発戦略を組み立てることを難しくしていた。

等の銀塩カメラ業界として危機感があった。

5社（富士フィルム、イーストマン・コダック、キヤノン、ミノルタ、ニコン）が、新規格のカセット専用フィルム（IX240）に対して、各社が分担して広範囲に取得する特許を共有し、工業所有権に裏付けられた商品開発を連携して行う。

他方、第三者に特許パッケージを許諾することで、新たな事業基盤・規模の確立と拡大の方策が起案された。

1992年に、特に、イーストマン・コダック社は業界において、世界規模で銀塩カメラ、デジタルカメラ事業を主導したい等の思惑を伺わせ、共同開発プロジェクトの活動が発足した。

#### 第2節 プロジェクト発足時における成果活用に対する共通認識

5社の共通認識は、下記の3点を期待していた。

- ① 小型カセット専用フィルム（IX240）露光面積16.7X30.2mm、縦横比（9;16）、プリント時に縦横比（3;2）、（4;3）も選択できるフィルムの利便性と小型化によるフィルム原価の低減
- ② 小型コンパクトカメラで市場参入、事業利益はコンパクトカメラ以外の新サイズレンズ交換式カメラ、新機能付きフィルム、および新たな事業と期待したカセットフィルムをメディア媒体とした応用機器による市場拡大。



- ③ 参加企業の利点として、特許戦略の優位性（参加企業の役割分担をした出願、参加企業間での特許許諾、第三者特許に対する対応、相互許諾出願）が積極的にされた。
- ・カメラメーカー側で先行的開発
  - ・銀塩カメラの電子化の促進（レンズ・ボディ間の電気信号、接点の変更）により次世代への対応
  - ・交換レンズ群データの蓄積（レンズ群の特許で独自性を発揮）
  - ・プロジェクトの進行状況を把握した新製品の開発
- 等の事項が共通認識であった。

### 第3節 APS プロジェクト終了後の顛末

APSカメラは、当初の予定より、1年遅れて、1996年4月に発表された。

具体的には

- 1) フィルムが小型であることの特長を生かし、コンパクトカメラが、プロジェクト5社およびライセンスを許諾された8社から発売された。
- 2) キヤノン、ニコン、ミノルタ、および遅れて、オリンパス、旭光学、京セラからはレンズ交換可能な一眼レフカメラ
- 3) カセットフィルムは、日本市場では、富士フィルム、コニカから、発売された。35mmフィルムと比べて撮影面積が小さいことから、画質が劣る・交換レンズの互換性の問題から新たな市場形成は無理であった。一方、同時期に不参加企業のリコーより、既存の35mmフィルムを使用する超薄型小型カメラGRシリーズが発表されヒット商品になっている。
- 4) フォトプレイヤーという、現像済みのカートリッジを装着して、テレビへ映し出す装置が発売され、BGM、カット間効果をつけた自動スライドショーの機能が付加された。

しかし、新たな提案としていた、「視ること」を切り口に計画されたフィルム上でのズームング等プロジェクト発足時のフィルム粒状は技術的に製品仕様に至らず、小型化できる画面で従来フィルムサイズの35mmを超えることができなかった。

この結果、カメラ仕様は当初より縮小せざるを得なくなり、一眼レフへの展開がアマチュア向けサービスサイズと限定的になり、事業収益の期待が薄れた。併せて、フィルム技術の完成度の低さからロイヤリティを下げざるを得なかった。結果的にカメラ事業としての収益構造構築の糸口に、育成できなかった。

どのメーカーも、発売から10年足らずで、撤退を余儀なくされた。IX240 カセットフィルム

は、供給責任問題もあり、2013年まで店頭で売られた。

他方、デジタルカメラで立ち上がる隣接事業をほぼ想定した展開で有り、結果的には、周辺事業開発の助走期間になった。

## 第4章 デジタルカメラにおける技術戦略の変遷

### 第1節 デジタルカメラ誕生と産業構造の変化

APSカメラの製品発表を前にして予期しない形で、異業種カシオからデジタルカメラ QV-10 (図3) が、1994年11月に発表され、1995年5月に発売された。



図3 (<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1805/19/news012.html>)

それは真に

- ① 見たこと残したい→忠実を記録として残す
- ② 記録したものを即時にみる
- ③ 多人数で同時に視る
- ④ 記録を同時に伝えられる

②、③、④の古来からの願望を満たす第1歩と位置づけられた。QV-10は、25万画素、1/5インチCCD撮像素子上にレンズが回転できるスイバル機能で光情報を撮りと撮影画像が裏面1.7インチ液晶表示し、96枚を2Mフラッシュメモリに記憶できる仕様であったが、ビジネスユースの領域でも受け入れられた。当初月産300台の予定が前評判もあり月産3000台で発売されたが、ノートパソコンに画像が取り込めることが、引き金になり6ヶ月後に月産10000台に引き上げられ、業界に衝撃を与えた。注目すべきは、カメラの仕様以上に、カメラの使用される環境を液晶テレビからノートパソコンに変更したアーキテクチャー戦略は注目すべき視点と云える。

家電業界から画像処理回路、ビデオカメラ用撮像素子ベースにするグループ、カシオ計算機(株)の場合、カメラ業界とのしがらみがなく、時計部門からの発案で、デジタルカメラを情報機器、パソコンとの情報端末として、1980年代中頃から技術者の独自の読みと才覚から独自にデジタルカメラの試作を試み、商品化の際、必須となる技術相互の組み合わせや、見落とされ、気がつけば避けることのできない特許群を取得し、それを切り札にした参入であった。

カメラメーカーの大部分は、カメラ組み立ての延長としてフレキシブル電装基板が組み立てられた。

他方、開発サイドでは、

- ・特許問題についての不安感（潜在的なリスクは博されていたが、米国のサブマリン特許の存在の懸念）
- ・画像処理チップ、撮像素子の入手先の問題、
- ・アマチュア層が許容できる価格（カシオ計算機価格を参考にすると）

等の問題の指摘や半導体技術の進歩を指標にすると、商品寿命を短く、垂直立ち上げで、定めた期間で売り抜くことが必達となり、事業形態が変化した。

この事実を超えての事業化の道には異業種との共同開発、または、部品ベースでのOEM供給、委託生産、製品ベースでのOEMと幾つかの形態が起案され、製品仕様（自社特許での保護できる範囲）と特許と販売時期から組み合わせて決定された。

この時期から、デジタルカメラの周辺の事業として、撮影結果の蓄積、撮影結果の出力としてプリントの事業化に、本格的に取り組まれ、銀塩プリントを超える手法の開発に取り組まれ、カラープリンターおよびインク、トナー、プリント用紙等の消耗品を対象にする事業が創出された。

1995年 カシオ計算機「QV-401」（38万画素：65,000円）

1997年 オリンパスより「キャメディアC-1400L」

1997年 ニコンから「COOLPIX100・300」

1998年「COOLPIX900」（130万画素 1/2.7インチ）

1999年「COOLPIX950」（200万画素：124,800円）

2000年代になると、自社一貫生産は、イーストマン・コダック社を始めとする電機業界向けられていた問題特許が、日本製デジタルカメラ各社に対しての訴訟が多発したことが遠因になり、OEM製品を業の中核にしていた、家電メーカーが特許補償の問題が引き金に、解散吸収の憂き目に遭った。

## 第2節 大型撮像素子開発とデジタルカメラ

映像階調度と肉眼視に近い画像度を保持する上で、大型撮像素子の必要性が議論されだした。

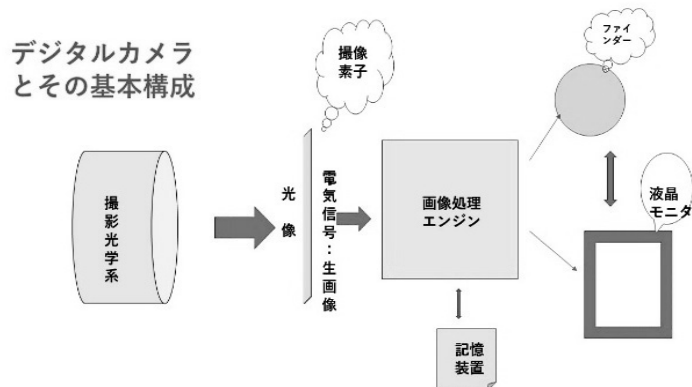


図4 デジタルカメラの基本構成（筆者仕様の概念図）

35mm フィルムと同じ撮像素子サイズを用いることは、これまでの銀塩一眼レフレンズ群において、画像周辺領域での光量の不足、色収差、コマ収差が欠点になり、画質的に見劣りが懸念された。

併せて、ディスプレイ上の解像力として、理想的には300dpiを充つことを条件に、デジタルカメラ撮像素子数の算出が、一般的に行われた。異なるサイズの撮像素子で、主要一眼レフメーカー間でフォーマットとして、APSサイズが合意点として、レンズデータの蓄積、特許的視点を含めた資産の活用できることから暗黙の合意点になったとも云える。

1995年に、撮像素子へのデジタルカメラ開発の議論の俎上になり、ある部分では、銀塩カメラとの競えるようになった。ニコンからほぼAPSフォーマットを一回露光で対応できるステッパー（半導体露光装置）の販売を発表された。

デジタルカメラを事業として、離陸への課題として、1970年代、80年代からの半導体、撮像素子、固体撮像素子カメラ、画像信号処理、処理用ワンチップコンピュータの特許は数千件に及び、どの企業も100件を超える問題となる特許をもち、どの企業も1社で解決できない状態であり、誰が鑑みても特許抵触問題を引き起こす状態にあった。

銀塩カメラに1986年から1995年に渡る大型特許訴訟案件の解決のため、企業にとって事業経営の視点から積極的な対策が、多面的にとられた。また、市場形成のための協力関係あり方として相互特許許諾を事前に協議することが、活発に行われ、自社の特徴をベースに他社技術の利用方法を開発段階で内容を評価し、決定する手法がとられた。

ただ、オープンイノベーション的な発想で共同での「もの作りや独立に分担の範囲を予め定めた開発」でなく、親会社と協力会社間の取引の範囲にとどまっていた。

他方、半導体露光装置は、市場が活性化し、フィールドサイズ25X33mm、解像度250nm、ウエハーサイズ200φ、スループット50枚/時、光源KrFの量産用ステッパー（半導体露光装置）を販売が始まっていた。ニコンではNSR-201シリーズとして、1997年にスループット80枚/時にあげた同一仕様の露光装置へと発展した。

キヤノンは1997年ニコンとほぼ同じ仕様のFPA-4000ESIが、ASMLから両社の仕様を上回る（解像度220nm、スループット96枚/時）の発売を、1999年にニコンから解像度150nm、ウエハーサイズ300φ、2000年にキヤノンから解像度130nm、ウエハーサイズ300φに性能をあげた装置が発売され、日本メーカー2社で世界市場の7割近くのシェアを専有していた。

この事実は、ニコン、キヤノンが半導体メーカーの取り込みや自社開発の道を大型撮像素子について、相互に商談と最先端技術、事業の接点を持っていたこともあり、デジタル一眼カメラ開発一歩先に進める立ち位置を確保する切っ掛けになった。

半導体製造技術の1980年代後半からの10年間で飛躍的な進歩は、従来からの開発の主流にあったCCDと開発の源流と同時期であったCMOSがこれまでの欠点を克服し、半導体素子としての特徴を生かし、高速読み出しの可能性と、特許問題に対して、十分な対応が可能であることに着目され、その開発は、撮像素子分野で、注目され、独自の工夫が始まった。

ニコンでは、1999年に大型撮像素子23.7x15.6mm（以下、DXサイズという）CCD、266万画素、4.5コマ/秒、プロ用デジタル一眼レフカメラNikon D1、2001年DXサイズCCD、530万画素、3コマ/秒のNikon D1x、03年に、ニコン独自にCCDを凌駕する画像信号処理を可能にするCMOSとも異なる大型撮像素子を開発し、Nikon D2Hに搭載した。（DXサイズLB-CAST410万画素）、07年に36x23.9mmフルサイズCMOS1260万画素搭載のNikon D3を発売へと変化し、2002年から2007年の間に一般用3シリーズ10機種の発売が行われている。半導体の線幅の微細化は画像処理回路搭載メモリの大容量化に寄与し、1年ないし2年でカメラの性能は大きく変わり、前の世代は陳腐化し、高額から低価格化が進みデジタル一眼レフカメラに新たな1ページを開いた。

注) ウエハーサイズはスループットに対応しており、最大サイズではない。

デジタル一眼レフの最初の差別化のターゲットとして撮像素子に焦点が当てられた。

従来からのCCDの問題点として、画素情報の読み出し方に起因する遅さを銀塩フィルム並みにすることへの努力として、光電素子からの情報の読み出し方に着目した。

銀塩カメラからデジタルカメラへの変化は、従来からのカメラ産業に大きな変化をもたらし、現在も次の大きな次世代への変化を起こしていると言っても過言ではない。

その際、先ず第1波として、銀塩カメラからデジタルカメラへの転換は、カメラの技術的機能面、生産技術面、市場面からの変革が企業淘汰・再編成の波にさらされた。

1995年から2005年間は銀塩一眼からデジタル一眼に主役が変わる年代と捉えると同時に、製品開発は、大型化撮像素子、画像処理回路の高集積化と半導体技術が、その大枠とボトルネックを決めた。

半導体製造装置、特に、半導体露光装置が、デジタルカメラの根幹となる要素技術を左右し、大型撮像素子、画像処理回路のクロックスピード、記憶容量を技術的に裏付けて開発ができた。その意味で、ステッパー（半導体露光装置）を自社製品としていたニコン、キヤノンは有利な立場にあった。

また、ソニー、東芝を始め、電機メーカーは、撮像素子、プロセッサ特許で10年以上にわたる特許訴訟合戦で大型撮像素子を中心に踏み出すことを鈍らせていた。

CCD 応答性の問題の解決と従来技術での特許訴訟を避けた新たな撮像素子の開発競争が2002年頃から開始され、一括露光からスキャニング方式にステッパー（半導体露光装置）も変わっていく中で、ニコン、キヤノン独占市場であった半導体露光機市場に2000年にSVGLを吸収しASMLは本格参入し、積極的にダブルステージを駆使した装置により、高密度化とウェハーサイズの拡大が図り、ニコン、キヤノンの顧客以外の韓国、台湾半導体メーカー、ファンドリーに牙城を造り、新たな、日本メーカーに対する挑戦が2005年以降に起きた。

納入メーカーが日本、韓国に拡大してゆき、スマートフォン開発領域の拡大を容易にもした。

同時期に、コニカミノルタ映像グループを吸収し、特許訴訟に区切りをつけたソニーが大型撮像素子事業の拡大と新撮像素子構造として光取り込み方法に工夫した大型撮像素子開発を積極的に進め、撮像素子供給メーカーを増やしていった。

2007年にパナソニック社が主導してマイクロ・フォーサーズシステムとして、電子素子（ファインダー表示を液晶、有機EL）のみで、デジタル一眼カメラ（所謂、ミラーレス一眼）を提唱し参加を募った。

### 第3節 多様化する事業基盤とデジタルカメラ事業の形態

デジタルカメラ立ち上げ時は、一部のグループでしか懸念していなかった隣接領域の通信・コンピュータ業界から発展する事業領域から派生する新たな事業の関わり方が、真に、経営における技術戦略の要であり、企業力として表面化した。

各社が構想したデジタルカメラ事業は、横一線で始まったが、撮像素子の供給と市場での事

業規模への対応に注力され、銀塩カメラ産業の中核にいた企業にとっては、技術的にも生産規模においても、その市場の構造変化に直面した。自社デジタルカメラ事業の位置づけは、多様に業態を変化した企業では事業規模を変化させた。

日本企業のいずれも隣接領域にあった、コンピュータ、携帯電話、通信事業の中で構想され事業ドメインへ構想と乖離していた。その要因は、

- ① 構想を推し進める投資への展開に事業に投資する資金的な制約が一企業規模をこえた。
- ② 半導体露光製造装置開発で、日本勢が市場確保で後れをとったことが、他業種の動的把握と情報から遠ざけられた。
- ③ 1990年代後半から2010年頃までの日本独特の目標管理に裏付けられた、企業もそれに所属する開発リーダーも、行動を、自力主義か丸投げ方式の徹底が加速され、企業グループと委託企業で完結させる事業開発行動から脱却できず、事業自体の硬直化を招き、自己製品を中核においた事業開発に終始し、その成果で企業成果とする事に甘んずる結果となった。
- ④ 銀塩カメラに提起されたプロパテントにより引き起こされた1990年代前後の一連の訴訟問題で各社が負った傷とその癒やし方が、先鋭的な事業開発力を鈍らせる結果になっている。
- ⑤ オープンイノベーション的活動や、日本版インダストリ4.0に相当する自己の責任範囲を全うすることにより大きな果実を結実させる努力は隅に追いやられた。

他方、

- ・ *見たこと残したい→忠実を記録として残す*
- ・ *記録したものを即時に視る*
- ・ *多人数で同時に視る*
- ・ *記録を同時に（双方向で）伝えれる*
- ・ *異なる遠方の地点の人と情報を共有化して敏談ができる*

とのニーズが、インターネットの普及、携帯電話にアクセサリ的についていたカメラ機能が半導体の高集積画像処理回路の実現とアップル社が挑戦した新たな商品コンセプトの商品展開により、携帯電話販売戦略が市場に受け入れられた。

#### 【参考文献】

- 1) 越智成之 「CCD 誕生 40 周年」 映像メディア学会誌 vol65 no5 (2011) 691
- 2) 高橋 一雄 「露光装置技術についての系統化調査」

国立科学博物館技術の系統化報告 vol6 march (2006) 135～164

- 3) 高橋 一雄 精密工学会誌 「縮小露光装置とその技術の進展」vol.73 no.1 (2007)  
28～31
- 4) 越智成之著 「イメージセンサー技術と実用化戦略」
- 5) <http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1805/19/news012.html>

## 第1部をまとめるに当たって

第1部については、カメラ産業の推移の中で、「2010年以降の急激な市場構造の変化を、日本企業としてどのように捉えるべきか」を課題にしています。

現在までのカメラ産業の基軸になってきた技術を的確に記述するため、本第1部、第1章は、銀塩カメラ、デジタルカメラの開発を直接主導し、自身がカメラ開発に長年、銀塩、デジタル一眼レフシステム製品を具現化された見識のもとに、株式会社 ニコンフェロー後藤哲朗氏から提供戴いた資料等を基にまとめています。

貴重な資料の取捨選択へのご尽力に感謝申し上げます。

## 第2部 カメラ産業にみる薄膜技術の多様な進展

### 第1章 はじめに

#### 第1節 光学薄膜への歩み

イギリスのCook、レンズ設計者として著名なH.D.Taylor等は1861年に写真レンズが年を経るにつれて「やけ」が生じ、その反射光の色が暗い灰褐色、または青色のとき、最も反射率が減少し、それだけ透過率が良くなることを確認した。<sup>1)</sup>

1886年 Lord Rayleigh は硝子を研磨した後長い間放置しておく、表眼での光の反射が少しだけ低減することを発見 → 硝子表面層の屈折率が経年変化によって低下<sup>2)</sup>

1892年 H. D. Taylor が、硝子表面層に化学処理を施すことで反射を制御する方法を考案

1930年代 硝子表面での反射低下についての本格的な研究開発が始まる。

1934年 G. Bauer が、表面層が硝子の屈折率の平方根の値をもち、かつ4分の1波長の光学厚さを持つとき、反射率が0になることを示した。<sup>3)</sup> この事実は反射防止膜の原点であり、干渉効果を利用する多層反射防止膜に発展する。

1938年 K. B. Blodgett は、アラキジン酸カドミウムとアラキジン酸からなる薄膜をアルコー



ルに浸すことで、アラキジン酸を溶かし出して、多孔質な低屈折率の光学薄膜を作り出す方法<sup>4)</sup>や同時期に、油を作動液とした油拡散ポンプの実用化されたことにより高真空状態を硝子ベルジュアで可能になり、具体的な応用研究は軍需産業からの要請に答え、第2次世界大戦中に米国、独で飛躍的に発展した。

また、現在の最先端の反射防止膜の構成する考え方に、古典的な方法にさかのぼり、低反射率を形成するヒントになっている事実は、その時代の気候環境を踏まえて見直すことの示唆にもなる。

1940年代全般には、すでに2、3層の多層反射防止膜が理論的に確立されていた。<sup>5)</sup>

## 第2節 日本光学工業(株) (以下「日本光学」という)における歩み

海軍の国策に基づいた技術の継続を色濃く残した日本光学においても、終戦時に、薄膜技術者として第2次世界大戦前から、この分野で実績を残した藤野技師(のちの研究所所長)が中心になり、社内固有技術として今日までの日本光学(ニコン)のコアとする技術的基盤として伝承された。戦後の当社の事業基盤の一角となるカメラ、光学顕微鏡等光学機器用のレンズ、プリズム、フィルターへの光学薄膜として、多様な発展を続けている。

氷晶石、MgF<sub>2</sub>(フッ化マグネシウム)が、第2次大戦後～1950年代に抵抗加熱方式の蒸発源により試みられ一般化した。中心波長は、目視により、ブルー、アンバー、マゼンタ色に色の強度変わる変化から読み取り制御された。

## 文献

- 1) H. D. Taylor: The adjustment and Testing of Telescope Objectives Ind. ed.  
T. Cook Press. York, England
- 2) Lord Rayleigh: Proc. Ray. Soc. A41 275 (1887) la
- 3) G. Bauer; Ann. Physics 5 19 434 (1934)
- 4) K. B. Blodgett; Phys.Rev.35 391 (1939)
- 5) C. H. Cartwright, A. F. Tuner: Bull. Am. Phys. Soc. 13 10 (1938)
- 6) 天野佐一郎: 真空ジャーナル 112 5 (2007) 28

## 第2章 光学産業の基幹技術として光学薄膜技術の浮上

### 第1節 光学薄膜生産に必要となる技術環境の刷新

カラーフィルムの普及により、カラー化への対応は、カメラ撮影被写体の輝度を正確に計測することが、被写体を忠実に再現するうえで必要不可欠になり、測光方式の検討（中央重点測光/平均測光方式）とその測光センサーの導入が始まった。

同時に日本製カメラがフィルムに対して撮影レンズがどのように発色するかの規格化の一環として、当時の計量研に、分光透過率測定標準機と測定試料が用意され、標準試料を介して光学各社、測定器メーカーの自記分光光度計による測定の際、可視周辺波長で生ずる受光器の劣化による測定誤差の校正が積極的に各社で行われ、可視域についての RGB 発色分布と撮影レンズ分光透過率がユーザに開示された。結果的には、日本製品の品質保証の仕組み作りが行われた。

この波及効果は、撮影レンズ技術（光学系設計、鏡筒設計）にも訴求され、可視域（400nm～700nm）で撮影レンズ分光透過率確保と R-G-B バランスが要求されることになり、レンズ面の反射防止膜特性と強く関わりをもつことになった。その実施は、各社各様の方式で競い実施され、日本の真空蒸着装置関連産業として、大きく成長することになった。

具体的方策として、

- ① 撮影レンズ焦点面の測光方法の追求
  - ・撮影画面全域に対する平均測光
  - ・撮影画面の中央域に撮像の重要部がくることを前提とした中央重点測光
  - ・画面を多分割に分け測光し、撮影被写体のシーン別にコントラストから加重平均する分割測光
- ② 屈折率領域/分散領域の拡大（高屈折率化、低分散化 中屈折率、低分散領域の充実）、硝材毒性成分（Cd, Th, Pb, Te 等）を常用可能な成分に置き換えた常用硝種の拡大
- ③ 撮影レンズの硝材の内部分光吸収の削減、特に、可視域の周辺領域の改良
- ④ 反射防止域での低反射率可視域・広帯域化、
- ⑤ 屈折率（1.5 から 1.83）に対し同程度の反射防止膜特性等と基本に戻っての再開発が 1965 年から 70 年にかけて実施された。

この分野でも電子計算機の積極的な利用、新たな蒸着技術の可能性、新たな蒸着物質の開発

が積極的行われた。

設計の立場から日本光学では、光学多層膜の解析的手法による自動設計プログラム開発とこれを利用した光学多層膜の実施への挑戦が行われた。日本光学においても、NRCC との技術交流は、当時として知るよしもなかった東欧圏（当時はソ連連邦を含む共産圏）の資料を入手したり、日本では予期もしない楕状の干渉フィルター、可視域全体のは超狭帯域で連続的に抽出できる干渉フィルターは、注目された。

古い技術の持つ奥深さと日本及び米国、西欧の電子銃蒸着の蒸発源、坩堝、蒸着物質に対する最適溶融方法の情報、およびプラズマ蒸着の息吹等の側面を吸収し企業化へと模索が始まった。

## 第2節 光学反射防止膜の量産技術の確立—日本光学の事例<sup>2)</sup>

日本光学においては、

① 大量生産時代に対応して、カメラ用交換レンズ生産の一貫として多層反射防止膜生産に挑戦

② 新技術への挑戦

した時期と捉えている。

特に、多層反射防止膜レンズの全面的展開の決断は、これまでと生産規模が桁違いに大きく、多層反射防止膜の全面的な採用は、蒸着時間が長くなる問題が引き金になり、レンズの生産工程に抜本的な見直しが、全社プロジェクトとして始まった。

当時のカメラボディ生産のベルトコンベア方式（タクトタイム管理：ベルト・コンベアへの投入と搬出を効率化することにより効率を最大化する）を参考に、レンズ一貫工場として、レンズ加工工程（研削、研磨）⇒レンズ洗浄工程⇒蒸着工程⇒レンズ部組鏡筒の工程を具体化した。（当時の桜電子工業、現：栃木ニコンが、子会社として発足し、工場新設し、最適な生産工程が新設された。）

レンズ洗浄、レンズ支持ドームホルダへのセッティング等の前工程、多層反射防止膜形成工程、後工程としてレンズの取り外し、レンズ裏面工程として前工程に戻す）その中核になる、多層反射防止膜製造工程（「レンズ洗浄⇒蒸着準備（数十個の未処理処理レンズをドーム（下地ホルダ）にセットする）⇒表面蒸着⇒レンズの再セット裏面蒸着⇒蒸着終了⇒レンズの下地ホルダよりの取り出し」を如何に効率よく、連続的に、標準データに対する許容範囲の厳守を前提に、最少人数で同工程を機動的に稼働させる工夫が施された。

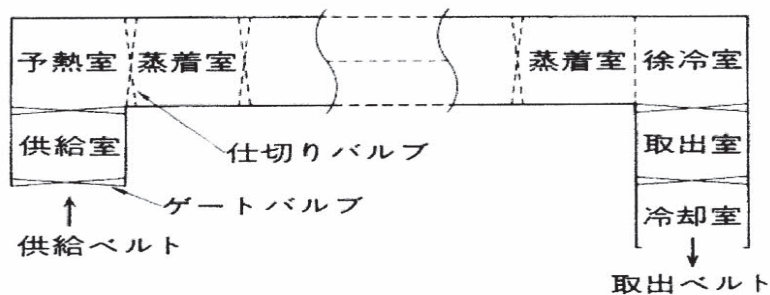


図 1 (参考文献 2 記載)

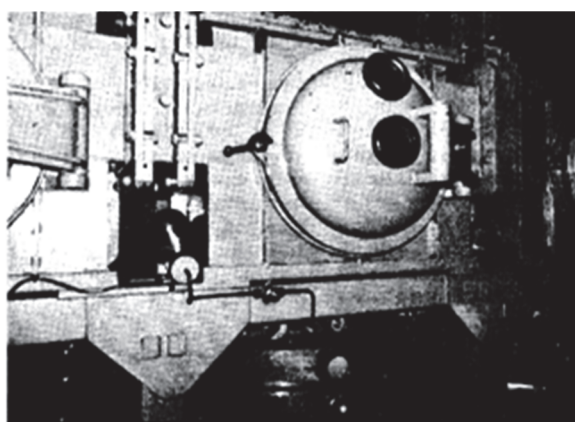


図 2 (参考文献 2 記載)

特に、レンズ硝材別に複数の反射防止膜について標準化（標準コストの導入）を目的とする規格委員会を設置し、実稼働時の状態を反映させた。レンズ設計時からできあがったレンズの品質保証までの工程を、レンズ機種単位に、トータル的に管理項目を設定して、ロット管理が行われた。

ニッコールレンズの信頼向上に繋ぐことができた先見性のあるプロフェッショナルな行動は、当時の業界を超えたモデルケースになっていた

特記すべきは、如何に短縮させるかを多層膜形成工程にメスを入れ、従来の1つの真空光学薄膜装置で多層膜を形成する1~2層を、なるべく同じくなる膜形成時間で行い真空を破らないで、次ぎの真空室に搬送する複数の真空室で構成される装置を米国等の大型装置の実情を参考に、5つの同一の真空室で構成され、中央3室で膜形成を行う連続蒸着装置を国産第1号機として開発し投入した。(図1、2)

反射防止膜として、単層膜、2層反射防止膜2種類、3層反射防止膜の各2種類を準備し、標準規格化した。

同装置室と洗浄工程と直結した作業空間にレンズドームに未処理光学部品にセッティングを行う作業の準備室をもうけ、レンズドーム（下地ホルダー）を常に複数個準備する工程の中継として設置し、工場の生産性を上げた。

各社でも規模の大小はあるが、同様な取り組みを技術的、経営的に投資できるか否かで、第2次大戦後の多数の誕生した中小のカメラメーカーが、淘汰される引き金になり、幅広い技術を有するか、米国等から先端技術を導入した大手カメラメーカーに集約された。

### 第3節 反射防止膜の広帯域化と多様な光学硝材への対応

1970年代の誘電体多層反射防止膜の生産性の効率化と低反射率の要請は、膜厚制御が反射率の振幅の極値（極大値・極小値）検出方式から絶対反射率測定検出方式の制御が、測光方法、装置実働時の蒸着材料とその光学常数をデータベースとしての活用が始まった。

その結果、最も再現性に安定で、生産工程において、環境問題に安心かつ安価な蒸着材料の高屈折率物質と低屈折率物質の2物質を選定した広帯域多層反射防止膜の実用化が同業他社と競われた。

反射防止膜の量産化の視点から、独自に等価膜理論から追求した安定な2物質（ $\text{TiO}_2$ と $\text{SiO}_2$ または、 $\text{MgF}_2$ ）で $\lambda/4$ 以下の膜厚制御に必要な単色測光技術を電子計算機制御により実蒸着時の最適制御に結びつけその実用化を試みた。

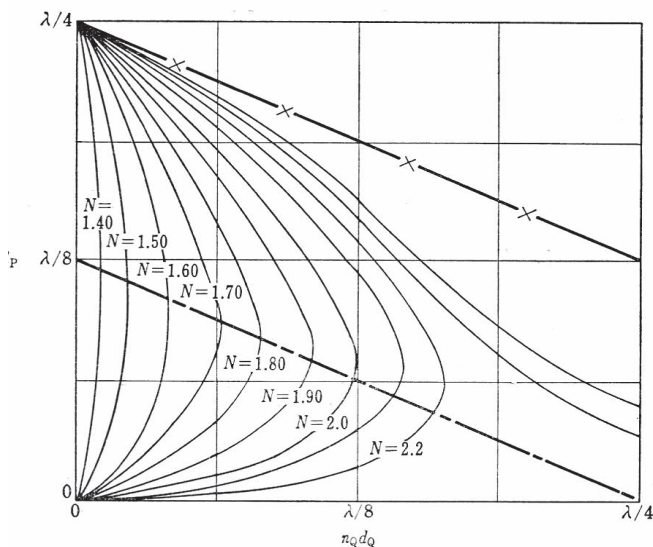


図 5-10 対称3層膜  $(n_P d_P, n_P) * (n_Q d_Q, n_Q) * (n_P d_P, n_P)$

筆者著書 参考文献3. P86に記載（独自に計算し作成）

具体的には、

$$n_s/\lambda/4/\lambda/2/\lambda/4/n_0 \rightarrow n_s/\lambda/\alpha/\lambda/\beta/\lambda/\alpha/\lambda/2/\lambda/4/n_0$$

従来  $\lambda/4$  の屈折率を等価 3 層膜、等価簡易 2 層膜で表現した 9~11 層の多層反射防止膜が実用化され、0.3 から 0.6% に可視域全体の表面反射率に押さえ込めるようになった。(図 3 ; 実施例)

それに沿って 1980 年代には本仕様専用連続装置として、搬入準備室 (ドーム設置レンズの予備加熱)、搬出準備室 (ドーム設置レンズの徐冷) を左右に配し中央に蒸着室の構成の 3 層連続装置に変遷した。

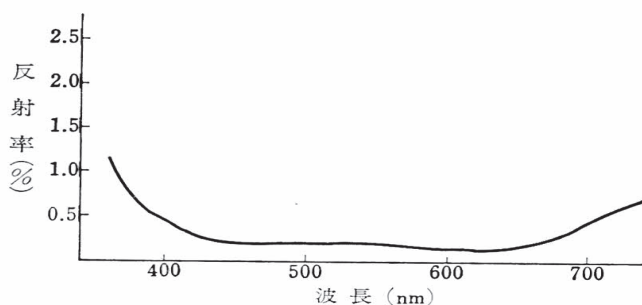


図 6-12 等価膜置換による反射防止膜最適化の例 [式 c)]  
 $n_s (=1.65) * (\alpha, 1.38) * (\beta, 2.0) * (\alpha, 1.38) * (0.5, 2.0) * (0.25, 1.38) * n_0 (=1)$   
 ただし  $\frac{2}{\alpha} + \frac{1}{\beta} = \frac{1}{4}$

図 3 実施例 (参考文献 3 P110 に記載 筆者独自の設計計算の事例)

#### 参考文献

- 1) S. Fujiwara: J. Opt. Soc. Am. 53 880, 1317 (1963)
- 2) 江崎賛平 真空 17 401 (1975)
- 3) 藤原史郎編 光学薄膜 (共立出版) 第 II 編 (石黒浩二、池田英生、横田英嗣) 108~110, 151~158 (1994)
- 4) 池田英生 特許出願公告 特公昭 49-19814
- 5) 池田英生 実務表面技術 32 437 (1985)

### 第3章 デジタル一眼レフ用撮影レンズ技術としての反射防止膜薄膜技術の更なる飛躍

1990年代後半から、反射防止膜はデジタル一眼レフカメラの本格的な事業開発の一環として、画像の質感、色再現性を向上させるため、大型撮像素子を含むカメラ筐体と鏡筒および、撮影光学系の考察が積極的に進められた。新たな視点、すなわち、反射率低減策に戻り、現行の反射防止膜の問題点の把握と、その対策に言及された。少なくとも、可視域入射角度 30 度以下での入射光（レンズ面との交点でその法線との角度）の反射防止の機能として、低反射（可視域で 0.5% 以下）化の要請は、撮影レンズ、測光素子、撮像素子の反射表面、筐体におよんだ。

具体的には、撮影領域に太陽などの強い光線があると光源付近にフレアと呼ばれる白ぼけした領域が、また光源から離れた場所にはゴーストと呼ばれる迷光が現れる。

デジタルカメラの撮像面で反射された光がレンズ側に戻り、レンズ表面で再び反射されることで、フレアやゴーストが発生する。その他にレンズ枚数が増えると、各レンズ表面で発生する反射光も迷光となり、フレアやゴーストになる（図4）。

デジタル一眼カメラの場合、各社の取組の違いはあったが、太陽などの強い光源があるときの光源付近の白ぼけ（ゴースト）はなるべく小さく、その他の要因で発生するゴースト及び全てのフレアをなくすることへの取組が行われた。



図4 筆者撮影によるゴースト、フレアの例

薄膜全体の光学的膜厚  $2\lambda$  を超えていることは、カメラ用交換レンズ大口径化、短焦点化の要請を充たそうとするレンズの場合、レンズ面への入射角（レンズ面法線に対する角度）が大きくなり、薄膜の表面および界面で発生する振幅と位相を調整し、干渉させることが長波長側できなくなり、垂直入射に対する低反射化は、逆に反射増加膜になる問題は、重要課題となった。

この問題の解決は、反射防止膜を構成するトータル膜厚をなるべく薄く、高々  $1/2\lambda \sim 3/2\lambda$  に、大気媒体になるべく近づけた低屈折率膜を作れないかの課題が浮き彫りになった。

射を制御する基本に戻って、再チャレンジが

- (a) 空気層に触れる層の屈折率を如何に媒質としての空気の屈折率に近づける
- (b) 入射した光を如何にして表面に出ない構造にするか（針を束ねて、真上から視ると黒く見える現象）

の具現化として、半導体製造プロセスで培われた、高精度な表面処理技術/表面加工手法を駆使した挑戦が始まった。

(a)の具現化は、微粒子構造を造り、微粒子間の空孔を利用することにより、巨視的な膜屈折率を従来から空気層の隣接層として用いられている  $\text{MgF}_2$  の屈折率 1.39 より低い実用膜を得て、新たな、反射防止膜へと発展した。

(b)の具現化は、光学的膜厚（膜屈折率と物理的膜厚の積）  $\lambda/8 \sim 3\lambda/4$  を目安にする長さ 300nm～1000nm の模擬針状を間隔 5nm～200nm で形成することが開発課題となり、その実用化画に向けて、各社で自社のコア技術を駆使した取組が有り 2010 年頃から実用化された。

特に、ニコン、キヤノンの 2 社が、半導体露光装置用投影レンズの反射防止膜として、露光光源波長域に対して反射率 0.1% 以下に石英レンズ、蛍石等への達成、キヤノンは情報機器光ピックアップレンズに対する反射防止膜の簡便な手法に展開することを狙って基礎研究から着手した。基礎研究は半導体露光プロセスを使用し、基礎研究から大口径写真レンズまでの実用化まで、約 10 年前後掛けて、デジタルカメラ撮影レンズに実用化し、また、同業他社でも同様のコンセプトの反射防止膜が、これまでのタイプと併用して使用されている。

#### 参考文献

- 1) 奥野丈晴 光学 40 1 (2011) 11
- 2) 村田 剛 「フッ化マグネシウムナノ粒子を用いた高性能反射防止膜の研究」  
(名古屋大学) 甲 9592 号 (2012/3/26) 28



- 3) 村田 剛 光学 40 1 (2011) 17
- 4) 村田 剛 日本写真学会誌 73 5 (2010) 243
- 5) 菊田久雄 光学 40 1 (2011)

#### 第4章 薄膜技術を中核にした基盤研究の足跡

カメラへの薄膜技術の活用は、業界に先駆け積極的な活用が行われた。

Nikon SPにおけるレンジファインダに視られるビームスプリッタとしての光学多層膜技術は抵抗加熱方式での薄膜技術の頂点であった。

1960年頃からの、実施された反射防止膜の規格化、量産化、広帯域化、低反射率のレンズ屈折率に対する自由度の確保と共に、1970年代は、薄膜開発部門への要請としてどの企業においても、製品への主要構成部品の新たな機能として、光電変換、表示、離散的情報の抽出から連続的な抽出の可能性の追求が、大きな課題になった。一眼レフフィルムカメラの要素機能の自動化は、薄膜を取り扱う技術者、開発部門にとって、新たな飛躍への場となった。

##### 1) 露出自動化への道を開いた金属薄膜抵抗体

機能の大衆化としての普及型高級機一眼レフ Nikomat EL に 1972 年発売に合わせ、自動露出制御導入をレンズ絞りと連動させる手段として、当時の日本光学の度器技術と金属薄膜技術を融合し、ASA 感度や絞り値の情報を露出制御回路に伝える耐熱、耐湿、耐経時変化等に安定かつ機械的強度が確保を意図し、ガラス基板と日本光学固有技術として培った刻線技術を組み合わせ、硝子円盤基板抵抗体 (FER) の開発に取組みが行われた。

抵抗値がブラシの回転と共に指数関数的に変化させる抵抗体に注目した。ASA セットリングや絞り間を動かし、ASA 感度や絞り値を動かすと抵抗体上の摺動ブラシ位置が移動し抵抗値が変化する。

この抵抗値により規定される電流を取り出し制御が行うため、抵抗体部は、外形 25mm、内径 8mm、厚さ 1mm のドーナツ型ガラス基板上に蛇行する抵抗層と抵抗層状に外周に向かって放射状に並んだ貴金属導電タップを、さらに最上層に保護膜を薄膜形成し、経時変化を極力抑え、Nikommat EL に標準搭載された。

##### 2) ピンホールミラーの開発

Nikon F3 の開発過程で、撮影レンズを通過する光を偏光に影響されることなく、ボディ内で正確に中央重点測光することが議論された。交換レンズに左右されない高精度の測光方式

を追求として、当時の高卒入社の人から、何気ない発言となった「針穴のような穴を開けたらどうなの」がヒントになり、偏光に影響を受けない中央重点測光用ミラーの開発が開始され、回折現象に影響されない最適な大きさ長径 30 ミクロン、短径 20 ミクロンの楕円ホールを数万個開けたコの字型に分布させたミラーを Nikon F3 の一眼レフミラーとして標準搭載された。

### 3) 薄膜素子の延長から始まった自動焦点検出素子

薄膜開発部門へのカメラ開発部門からの要請として、一眼レフカメラのスプリットイメージ、フレネルによる量け量からの検出に相当する合焦検出、後ピン、前ピンの判断信号を表示できるセンサーの開発が要請され、焦点検出手法、光電変換素子として、何をを用いるか、最適な手動操作より速く、その正確性の確保を第一義とし、Nikon Fxx の交換式ペンタ部として、商品化を図ることを目標に、その取組が始まった。

Nikon では極めて、オーソドックスに 1 対の 5 分割くさび形 SPD (シリコンフォトダイオード) をフィルム焦点面と共役の位置に置きその SPD 上の左右の位置ずれから焦点検出を行うことから始まった。

本開発に着手した 1970 年半ば、カメラ用の露出検出方法に特徴を持たせるため、分割測光素子、その処理が急速に進んだ。その中で回路素子の半導体化の機運が醸成されていた。振り返ってみると、オープンイノベーション的な位置づけで、現在も先進的な企業活動をする某社と、お互いの開発テーマを遂行する中で、自社の製品開発を行った成功例としての成功体験になった。共同開発先においては、SPD 廻りの半導体開発型事業を切っ掛けに、半導体部門として事業を立ち上げた。

SPD 素子を介して、取り込まれる画像位置情報を高速に繰り返し演算処理から、レンズ駆動信号を連続的に提供することにより、レンズ駆動の自動化を可能にできる領域に達成することができた。ただし、SPD 素子の分割数は高々 5 分割程度にとどまり、素子形状に工夫を凝らした。この開発は、1983 年に NikonF3AF として商品化された。

同時に、この開発時に習得した、自動焦点検出素子手法とその具現化の中心になった技術陣は、日本光学の銀塩一眼レフカメラ、デジタル一眼レフの自動焦点システム開発の主役として、羽ばたいた。

### 4) エレクトロクロミック素子への取組

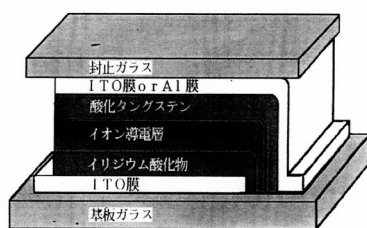
日本光学工業でも酸化インジウム膜の透明導電膜としての可能性の追求が始まり、72 年に面積抵抗  $10\Omega/\square$  以下透過率 92% 強、1974 年に  $8\Omega/\square$  に成功した。

当時の STN 型液晶素子に変わる視認性がよく、記憶型の表示素子、小絞り機能が期待できる新たな素子としてエレクトロクロミック素子が、透過型で、かつ膜構造の中での酸化還元反応で閉じた膜構造での可能性を追求できることから作動時の高耐久性が期待でき、社内独自に提案できた。また、エレクトロクロミック構成する膜構成材料の選択により、カラーセンターをニュートラル化にでき来る可能性があること、従来の光学多層膜と組み合わせが容易にできる。

カメラへの応用を最終目標として、当時の新技術開発事業团委託開発の形式で5年間2億3千万円の委託開発費の基で、1976年から取り組まれた。

F4 ファインダー用表示素子として使用されたが生産性を含めるトータルの評価した費用対効果の面で短命に終わった。しかし、市場に製品として組み込まれた素子は、現在でも機能していることを確認されている。

他方、追試を重ねニコンが排除したエレクトロクロミック層構造により自社開発を行ったトヨタは、トヨタ車(3車種)でドアミラーとして自社開発を行い、標準搭載された。なお、数年間当社の特許パッケージに特許収入を得た。



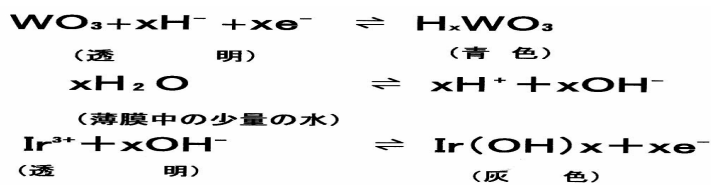
**Presenting the latest in brightness control**

**Principle and structure**

The ECD is structured in thin film layers: light-shield/transparent electrode/electrochromic layer/transparent electrode/glass plate. Electrochromic layers are changed to the colored state by applying voltage through an oxidation-reduction reaction.

**N**ikon's all-solid-state ECD (electrochromic device) is the world's first light modulating device featuring coloration and bleaching functions by applying voltage. The major

characteristics of the Nikon ECD include: (1) high contrast, (2) wide-viewing angle, (3) memory function, (4) low power consumption, and (5) transparency in bleaching state.



(エレクトロクロミック素子についての Nikon からの外部発表資料から)

#### 参考文献

- 1) 丹羽達夫 「全固体型エレクトロクロミック素子に関する研究」  
(名古屋大学) 甲 9558 号 (2011/3/25)

### 第 3 部 レンズ設計からみた技術環境の変遷

#### 第 1 章 レンズ設計ニーズとその取組への序曲

1917 年に、日本光学工業 (株) が藤井レンズを吸収し国策で創立の翌年、日本のレンズ開発の創始者、砂山角野が入社する。

英国で B&S 社の現場を体験した海軍関係者の日本光学工業 (株) 入社とドイツ大技術者 (レンズ設計、光学計算、機械技術、設計製図、レンズ研磨、プリズム平面研磨) の 8 名の招聘が、日本の光学技術に大きく寄与した。

#### 【参考文献】

- 1) Nikon 光の肖像 20 (2017)

## 第2章 戦後の産業復興と新たな息吹

### 第1節 日本光学工業(株)の産業復興の技術的基盤とその歩み

日本光学工業(株)の場合、創業時から戦前、戦中にレンズ設計に直接携わり業務の中で培われた洞察力と設計判断ができる技術者集団が、光学レンズに関する技術的資産、設備的資産を継承し、戦後の事業展開で優位な立場にたてたとと言える。

特に、光学レンズに関する技術資産として、

レンズデータ・レンズ設計法技術、レンズ原器  
光学ガラス製造・加工技術、  
光学薄膜製造技術、  
レンズ、プリズム加工技術、及び、レンズ組み立て技術  
測距技術

等の資産を活用して、銀塩カメラ、顕微鏡、測量機器事業に進出できた。

併せて、人的資産として、創業時に砂山氏の直属部下として配属され、設計一筋のレンズ設計グループが、引き続き在職し（レンズ設計法に長けた1人は離職）、定性的であったが、ザイデル収差補正後の残収差のバランスから、レンズの癖、味を見通せる設計専門技術者が引き続き在籍した。

1960年代初めに、最後の設計者が退職されるまで、設計判断と測定器からのデータと収差バランスからの判断をレンズの「味」としてまとめる上で重要な指針となり、定量化に取り組みられた。

### 第2節 レンズ計算とレンズ設計の取組み

日本光学工業（株）では、アッベから始まり、幾何光学手法から脈々と続く、膨大な四則演算に置き直した繰り返し計算であったが、Berek 流レンズ計算の高精度化を意図して、累積誤差を少ない表現方法として、浮動小数点方式により指数部と仮数部に分け、2進法で行うことが始められた。

実際のレンズを想定した光線を（軸上、最大画角に対して、100%、7割、5割の角度で、2次元、3次元、遠点、近点および中間距離から、これまでの2次元的な光線追跡に加えて、3次元的な光線追跡を行い、2次元（メリディオナル面）から予測される3次元的イメージとの合致度を確かめた。

計算要員（検算要員を含め2人一組）が一本の光線を担当させ、与えられたレンズ構成に対して、多数の各種光線のため、延べ何百人もの計算要員により計算された。



●女子工員計算風景

図1（産業史、光学会社社史）

その結果は複数の設計主任の下に集められ、ザイデル5取差が、どのような挙動になるかを、個々の角度の光線追跡結果から計算され、課長の下ではじめて、結像面全体のザイデル5取差のプロファイルとした（当時の設計ノートより）。2次元的な評価及び判断がなされた。その結果で、どの曲面、どの中心厚等の変化を指示され、同じ計算が繰り返された。

設計技師が納得できる結像面分布に到達した時点が、設計完了であった。6ヶ月、2年に及ぶ場合もあった。

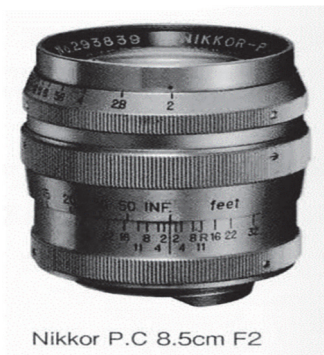


図2 Nikon 社史

設計結果を検証するため、レンズ設計の結果を基にレンズ加工、鏡玉組立・調整を経て、試作レンズとなり、その評価は、「テストチャートの撮影距離を定めた撮影」、「検査室から予め定められている定点の実撮影」の結果から、解像度、分解能、周辺光量の劣化度、写真としての「味」等の検査項目を定めて評価が行われた。評価は、経験に頼る特定の専門家の判断になっていた。

不合格の場合、レンズ鏡筒、レンズ組み立て時の問題の点検、レンズ個々の加工精度等の点検による不備が見出されない場合、再設計として、レンズ計算プロセスでの再設計計算、ガラスの再溶解等と、新たな指示がだされた。（図2）は、上述の結果生まれた Nikon レンズの実例。

### 第3節 光学とレンズ設計の取組み

#### 1 日本光学工業(株)での足踏

日本光学工業(株)では、1960年に西独 Zuse 社<sup>注</sup>から最新型電気機械式リレー計算機 Z11 が導

入された。同計算機のデータ形式は 2 進化浮動点方式が指数部+仮数部で 6 桁を保証し、紙テープで 200 ステップ前後のプログラム入力により計算手順を指示できた。短命であったが、当時のレンズ設計の初期設定として近軸計算を担い、処理能力と計算の信頼性から重宝がられた。

注 西独 Zuse 社の計算機の源流は第 2 次世界大戦中のドイツで飛行物体の流体計算に使われ、世界大戦直前に 2 進化浮動小数点演算で処理されフィルム形式のプログラムが採用された当時の最先端の計算機 Z3 として著名であり、敗戦と共に IBM 社が技術的援助を名目に傘下入れ、民生用リレー計算機 Z4 として開花させた。

1950 年に、ライツ社レンズ設計計算に対応するため、仮数部 6 桁採用の 2 進化浮動点方式がとられた Z5 が発売されていた。

レンズの味は、商品差別化の上でも重視された。光学理論に直結できるアプローチからの追求は、あまりにも難解で、未解決な膨大な波動理論計算の壁に遭遇していた。

他方、産業界の実務的アプローチは、光学レンズ設計手法は徹底して計算を単純化し、人海戦術と長年培った専門的な評価者の判断は経験と感性により培われ、属人的な部分であった。

その一方、人材の育成と最先端の光学設計実情を体験し、取得する目的もあり、若手研究者宮本健郎氏（日本光学→名古屋大学→東大→成蹊大学）を米国の光学研究のメッカとして著名なロチェスター大学光学研究所に留学し、Ph.D 論文<sup>2)</sup>として、大型電子計算機を活用したレンズ設計法、レンズ評価法を幾何光学的手法によって得た点像分布を物理光学的手法で処理により波動光学的結像理論による評価法としてまとめ、光学分野での電子計算機活用の指針を日本光学に残した。1938 年 4 月に、核融合の分野へ転出し、狭義の光学から離れた。

#### 【参考文献】

- 1) Nikon 光の肖像 20 (2017)
- 2) 宮本健郎 応用物理 28 123 (1959)

### 第 3 章 産官学オープンイノベーションによる先端的レンズ設計法、評価法の構築

1963 年 OKITAC 5090 の発売により、日本光学工業(株)を筆頭に、業界各社および写真機工業会研究組合に、同電子計算機を導入と各社のレンズ設計技術は、性能表の技術、最適化の技術、光学系の synthesis の技術、の 3 種類に区分し、電子計算機の利用の共通テーマとして積極的に検討された。

他方、日本光学工業(株)は、電子計算機工業会幹事会社（技術計算）として、プログラム言語

の方向付け、次世代計算機への基本仕様（計算桁数）への取り組みを行う一方、海外、特に、大容量メモリ/高速計算が新たなアルゴリズムの基で電子計算機を駆使する研究動向に注目し、米国ソフトウェア開発動向、必要な技術導入を探ることが指示され、あらゆる機会を捉えた社外との接触を密にした活動が始まっていた。特に、大学等の研究機関との接触を密にした学会活動が積極的に活用された。

1963年から68年にかけて、カメラ用写真レンズ産業分野は、電子計算機の普及への国家的施策の中で、技術計算における先端領域として位置づけられ、国と連携した取り組みが行なわれた。大学、公的研究機関、大手カメラメーカーで構成する（財）写真機工業会を設立し、産官学共通の問題として、性能表の技術、最適化の技術、光学系の synthesis の技術について、波動光学と幾何光学の関連付けを中心に、学（東京大学生研、東京教育大光研、大阪大学工学部応用物理）、官（機械試験所）で行われた最新の研究結果が反映されていて、各社で顕著な成果を上げた。

特に、大学側メンバーとして、東京大学生産技術研究所、東京教育大光学研究所、大阪大学工学部応用物理研究室、が中心になり、各社からの手法的情報を持ち寄り、各社において自社開発で未達な領域のプログラム開発、各社のレンズ設計データの取り扱い方で、5次から7次の高次収差係数論を駆使して設計理論が、真剣に議論された。

その結果が、国際会議の開催につながられたことは、如何に、産業界が熱を帯びていたものか、後日に理解する上で、特質すべきことと言える。

また、大学、各社からの若手常任メンバーは後日、大きく羽ばたいている。

他方、この活動の成果として、世界の電子計算機システムが IBM 主導のもと  $1\text{ byte}=8\text{ bit}$   $1\text{ W}=4\text{ byte}$  とルール化する動きが加速していた時期に、レンズ計算の必要桁数を充たすことができないこと、レンズ設計計算のための  $1\text{ W}=36\text{ bit}$  必要不可欠であるとの結論にいたり、 $1\text{ W}=4\text{ byte}$  型計算機と別にすることの重要性を提言し、日/米の電子計算機メーカーで配慮された。

64年に国際光学会議が開催され、レンズ設計法に関する日・米・欧の著名な研究者が一堂に集まり、戦後のわだかまりの解消や今日現在振り返って、レンズ計算と電子計算機のあり方に意見を共有化できたこと、レンズ評価測定機について共有化できた等産官学の各当事者にとって、実り多いものであった。

また、量子光学的視点からパラメータの独立性を探る手段として、現代のスーパーコンピュータを使用したシュミレーションで用いられる乱数を駆使する斬新な発想の提案もあった。



電子計算機と理論物理的展開を融合させるかの成果は、国際会議、応用物理学会の重点テーマとして 1960 年代中心に活発になり革新的な進歩を見た。一つは波動方程式のフーリエ級数展開であり、無限級数展開を有限級数展開で精度良く収斂させる手法、フーリエ積分の高速計算が中心であった。

京都大学数理科学研究所を中核に、現在のオープンイノベーションセンター的役割を産官学に展開し、電子計算機と物理工学、機械工学、化学工学、応用物理分野で電子計算機を介して相乗的な進歩を果たし、日本の産業基盤形成に重要な役割を果たした。各社の開発プログラムは各社の持つ固有技術を集約化していった。

1960 年代後半からの電子計算機の処理スピードの高速化とメモリ容量の増大、計算機のマルチ化、プログラム言語のフォートラン、アルゴ 60 等の大衆化と共に、電子計算機自身がオペレーティングシステムのユーザへの非公開化の加速によりブックボックス化し、道具化したことは、大きな進歩を遅らせてしまい今日に至ったのではなかろうかとも、感じています。

光学レンズ設計において自動収差補正、レンズ結像評価、鏡筒組み立ての容易さを加味したレンズ鏡筒への誤差に対する許容度を加味した自動収差補正が設計手法として一般的になり、1970 年代に市販光学設計ソフト CODEV<sup>®</sup>等の代表的な光学設計ソフトウェアとして誕生している。

#### 【参考文献】

- 1) 宮本健郎 応用物理 28 123 (1959)
- 2) H. H. Hopkins Proc. Roy. Soc. A. 208, 263 (1951)
- 3) 辻内順平 光応用技術 (JOEM) II-4 63

### 第 4 章 電子計算機の積極的活用から生まれた新領域

大型電子計算機（大容量、高速演算処理）を駆使する中で、新たな概念から事象を追求する手段として、これまでの理論で理詰めには詰めるのではなく、現象をブラックボックス化し、入力とその結果の出力にのみ注目し、仮想の関数（入力変数に従って結果を関数値として扱うこと）に徹した利用方法が、仮想と実技術の橋渡しの役割を果たし、20、21 世紀計算機工学分野として、発展の始まりともなった。

光学分野でも大輪として開花する基盤になっている。

レンズ設計の場合、光線追跡結果としての幾何光学収差（球面収差、非点収差、コマ収差、

歪曲収差等) を関数値の一つとし、その関数を構成する変数をレンズの曲面すなわち、曲率で有り、レンズの中心厚、レンズ間間隔、レンズ屈折率として取り扱うことの試みは、光学レンズ設計への電子計算機積極的利用の第一歩として、取り組まれた。

2 次元的に幾何光学的収差バランスから全体を判断した設計手法が、一般の設計者が電子計算機による収差計算の試行錯誤、三次元的に多くの光束を光学系に入射させ、どのように結像するかを幾何光学的結像の点像としての設計者の主観的な評価からフーリエ変換的手法を用い、何通りかの数理的工夫により、客観的な結像評価へと発展する。(図3)

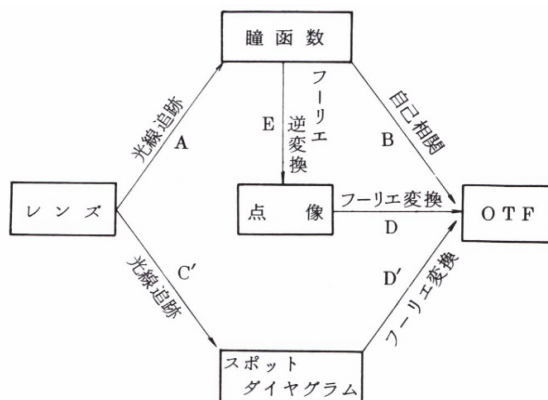


図3 (参考文献 1)

## 第5章 日本光学工業(株)での電子計算機導入による技術計算での事例と実績

1962年入社技術者を一例に、1973年3月末日まで電子計算機と関わりのある業務を通じて、新たに取得できた領域と関わった業務の足跡を述べる。

電子計算機との関わりを中核にした業務は、下記のⅠ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳの切り口で、その技術的、技術ブレイクスルー的側面から述べる。

- Ⅰ 電子計算機選定、導入、電子計算機使用環境を最適化に関わる一切の業務
- Ⅱ 光学設計、光学設計から派生する業務の電子計算機の移行<sup>註1)</sup>とその検証<sup>註2)</sup>

註1：設計計算は、自ら設計者をファイリングした内容を厳守した内容を、プログラミングしたソフトウェアを使用

- 尚、ファイリング内容は、① データ桁数とその保証精度
- ② 計算精度小数点以下の桁数の保証

### ③ 要望される対象業務最低工数

註2：ファイリング内容に沿っての検証、

合格：業務を電子計算機に移行→設計部門から希望時期の提示→要員移動

不合格：計算結果に起こる差異

- ・ 計算機に起因する桁数方式、演算方法、データ表現の差異による計算の不一致→筆者の担当として対応
- ・ 開発したソフトウェアに起因する自らのソフトウェアのアルゴリズムか、計算機に付与された基本関数ソフト化の見極め
- ・ 期待される工数に至らない場合、設計部門と再協議

### III 将来への布石として、研究開発、応用開発課題の構築

- ・ 波動光学的手法による結像評価を幾何光学的方法で構築する
- ・ 回転対称非球面光学系を含むレンズ計算
- ・ 収差係数計算の構築

同時に、

I 世代（機械語）（1960年～62年）

2次元/3次元の固定焦点レンズに対する光線追跡計算及び収差計算

II 世代（アッセンブラ）（1962年～66年）

2次元/3次元の固定レンズに対する光線追跡計算及び収差計算、幾何光学のレンズ評価計算（スポットダイアグラムを中心に）

III 世代（フォートラン）（1965年以降）

- ① 2次元/3次元的にズームレンズを含む撮影レンズに対する光線追跡計算及び収差計算、幾何光学のレンズ評価計算
- ② 薄肉密着系に対するザイデルあるいはブッフダール高次収差係数を駆使しレンズタイプ創出の示唆を、厚肉系への変換および最適化設計を経て見いだした。

等の光学設計計算手法を具体的にすると共に、光学理論に裏打ちされた設計技術を具体的に利用できるようにして、設計者に日常的に使用できるレベルへの改良を日常的に行った。

その結果、カメラ用撮影レンズ、および顕微鏡対物レンズ光学設計の結果を飛躍的に向上させた。

電子計算機利用が、光学設計部門に定着したことにより、第3世代のコンピュータ（FACOM270-30）以降、レンズ設計において大きく寄与し、カメラ事業部計画をダイナミックな対応が70年代後半からの計画に寄与した。

レンズ設計上の改革は、

- ① 定量的な評価尺度として、OTFが設計時、レンズ試作に、OTF測定器の使用が定着した。
- ② 回転対称非球面レンズを組み込んだ設計計算が、通常レンズ設計計算と同様にでき、定着した。
- ③ 社内設置の電子計算機を使用しても、色収差の結像評価、ズームレンズを想定した対応ができるようになった。
- ④ 反射防止膜使用選択によりゴースト像の削減、カラーフィルムによるカラーバランスを定量的に評価ができる
- ⑤ 測光方法による結像面での簡易評価法が定着できた。

等の計算プログラムを使いこなせる、若手レンズ設計者が、主導的な役割を果たした。（良い意味で、学歴を超えて、新しい技術対応力による世代交代の切っ掛けになった）

## 第6章 レンズ設計、光学薄膜設計領域での新たな電子計算機利用の試み

### 第1節 光学会社での技術分野における電子計算機による新たな試みの例

レンズ設計、光学多層膜設計において、専門家により、過去の知見をもとに、初期設定を行い、初期設定を変形し所望の領域に到達する、自動補正。

- 1) レンズ設計の場合 下記のプロセスを連続的に行うことを、社内外の電子計算機を利用して効率的に行うことを模索した

- ① 初期設定を解析的レンズ設計理論、  
例えば、薄肉密着系を元に3、5、7次収差係数を逐次選択し、厚肉系とした初期設定を行う。
- ② 厚肉系レンズ収差計算 光線追跡計算（2次元的：メリディオナル光線、3次元：スキューレー）による基本的な収差形状の把握。

無限遠物体から垂直入射、設計仕様画角（設計画角の100%、70%、50%）および中間物

点（3から5m）、近距離物点から計算される。

- ③ レンズ評価計算 物点からの多数の光線を追跡し、想定像面での集まりから評価を行う
  - ・単なる像面での集まりを視覚的に診て、評価する（スポットダイアグラム）
  - ・スポットダイアグラムを強度分布として定量化する
  - ・スポットダイアグラム計算を基に、レンズ瞳を考慮して、周波数成分に対し分解能、解像力評価を行う。（OTF 計算）
- ④ レンズ公差決定のための評価計算

光学薄膜の場合、初期設定に注力して、膜構造を定めた。

- ① 図式解法を中心にした対話型入力による方法、
  - ② 光学薄膜の性質に注目した解析合成法、例えば、特性として薄膜の高反射率領域、リップルに着目させ構成する
  - ③ 電磁波としてとらえたフーリエ級数展開法
- 等が初期設定手法としてあげられる。

初期設定を行われた膜構造に対して基板、媒質条件を定め、波長毎に透過率、反射率、位相成分等を計算

## 第2節 自動補正手法の応用と挑戦

電子計算機の特長を生かし最も発展した分野の一つで有り、現在も日進月歩で進歩している分野で、人間の指向の仕方として、連続的な指向からある閃きの基での、全く異なったアプローチに取りかかる過程をどのようにモデル化できるかで、今後も大きな伸びしろがあると期待できる分野と言える。

現在もパラメータの選び方を数学的要素から「ものづくりの過程での実データ」を、自らの開発過程で得ることにより、パラメータ間の従属性の把握から独立性のある有効パラメータを変数に選ぶ工夫等が鍵になり、実用解に近づける秘訣にもなっている。

当初は、パラメータは独立と仮定し、線形的に変動するとの過程のもとに組み立てられた。レンズ設計においては、レンズパラメータとなる光学系における各レンズの曲率、レンズ中心厚、レンズ材料屈折率及びレンズ間隔を独立変数の候補とし、各種収差、例えば、指定された、画角、像高毎の球面収差、非点収差、コマ収差、歪曲収差等の個々をレンズパラメータの関数値として取扱い、各関数値に目標値与え、最適化を行う手法により、レンズの収差補正が提案され、効率的なものに改良されっていった。

① 独立変数の変数として取り扱うか否かの選択

どのレンズパラメータを選ぶかは、設計者の腕の中に有り、特定のレンズ間において、連動性が有り、それを見抜くことも設計者の経験に頼っていた部分も大きい。

② 異種のパラメータの取扱方

具体的には曲率系、レンズ厚/レンズ間隔、レンズ材料（硝材屈折率）等のパラメータと収差の動きに影響度の違いを苦慮する必要があった。

③ 改良の目安を単一評価尺度できる指標と最適化の手法を連動させる。

等のことから、最小自乗法近似を想定した組み立てから始められた。

初期にはパラメータ 20 前後、評価対象収差 30 を目処に始められたが、変数パラメータ 40 から 90、収差 60 から 150 程度を目安にすることが一般的に行われた。

この背景になったのは長年のレンズ設計手法がシステムティックに計算機上に乗せることができたことであり、電子計算機の高速度と大容量化が急速に進められたこと、ソフトウェア言語の普及により、一層のきめ細かい対応に工夫がもたらせられた。

光学薄膜の場合、目標特性をどのように分解するか、薄膜理論から解析的に捉えることが重要になる。

#### 【参考文献】

- 1) 辻内順平 光応用技術 (JOEM) II-4 63
- 2) J. Pegis, D. S. Greyand T. P. Vogl: in Recent Advances in Optimization Techniques (John Wiley & Sons) 46 (1966)
- 3) BOSTON-CDC NRCC への出張者報告資料 (1968、1970、1972)

#### 終わりに

本原稿をまとめるに当たって、産業界における筆者らが、どちらかと言えば、真っ正面から見据え、全体を総括する機会として、テーマ設定をして戴き、我々の報告に対し、問題提起とまとめ方について、具体的な示唆を戴いた専修大学社会経済学研究所の諸先生方に謝意を申し上げます。

また、本稿は、その示唆を十分に消化していませんが、更なる研鑽によりご期待に添いたいと、筆者ら一同念じています。

## 研究会・シンポジウム報告

2019年1月23日（水） 公開研究会報告

テーマ： 労研社会科学の軌跡と藤本武

報告者： 石井まこと氏（大分大学経済学部教授）

時間： 15：00～17：00

場所： 専修大学向ヶ丘遊園サテライト・スタジオB

参加者数：8名

報告内容概略：

藤本武の所属していた労働科学研究所の強みは、医学と心理学を主軸とする労働と生活の研究から始まり、第3の柱として経済学や社会学といった社会科学のアプローチもあわせもつ労働志向の理念にあるといえる。真の文理融合ともいえるその事績の背後には、労働問題の実践的育成、とくに若手の鍛錬場としての機能が働いていた。現在の日本の大学は任期制や年俸制を使い若手研究者を業績競争に駆り立て、育てることを放棄しつつある。特に基礎的研究は危機的状況にある。そうしたなかで、労働を取り巻く社会の変貌にともなう生活時間・食生活の在り方の変化、ワーキングプアや年功賃金・高齢期の労働問題、労災の研究といった労働科学研究所が手がけてきた仕事の内容は、AI化の話題のかまびすしい昨今においても重要な課題を提示している。石井氏はこのような労働科学研究所における藤本武の役割について論じつつ、政府・自治体・企業・労働組合・非営利組織からの委託研究によって豊富な成果を挙げてきた研究所の軌跡について詳細な報告を行った。その後、フロアとの討論はきわめて活発であり、今後の社会科学における労働問題研究の課題のみならず課題解決の実践的試みについての紹介や研究組織のありようまで議論する場となった。

記：専修大学経済学部・恒木健太郎

2019年2月22日(金) 定例研究会報告

テーマ： 2018年度社研G研A(大矢根グループ) 研究報告

「減災サイクルのステークホルダーと事前復興への取り組みの実相」

報告者「報告テーマ」

①大矢根淳(所員・研究会チーフ・人間科学部教授)

「研究経緯「減災サイクルのステークホルダーと事前復興への取り組みの実相」

②飯 考行(所員・法学部教授)

「減災に向けた津波被災者遺族の役割」

③佐藤慶一(所員・ネットワーク情報学部教授)

「近刊『政策情報論』と「首都直下地震時の仮設住宅不足への対応準備」紹介」

時間： 16:00～18:00

場所： 専修大学神田キャンパス1号館12階・社会科学研究所分室

参加者数：9名

報告内容概略：

本年度開始した社研G研A(大矢根グループ)は、復旧から復興を経て次の災害に備える防災の位相までを一つの円環の中で把握する減災サイクルを措定して、そこに参画する様々な主体(ステークホルダー)を、我々社研メンバーの現地調査によって積極的に掘り起こすこと(探索的再構築)を目的としている。東日本大震災は2010年度末(2011年3月11日)に発生しているから、2019年度は発災10年度目にあたる。専大社研メンバーで10年総括検証に取り組むこととして、同研究グループを組織した。

本日の公開研究会では、まずチーフより同研究会の経年的位置づけと体制を紹介したところで、二つの報告を行った。一つは「減災に向けた津波被災者遺族の役割」で、津波事故訴訟(七十七銀行女川支店/日和幼稚園/大川小学校)の概況が報告されて、被災体験・教訓の伝達の意義と、そうした社会的実践をどのように減災サイクルに位置付けるか、課題が提出された。二つ目は「近刊『政策情報論』紹介」で、参加型政策分析、討議デモクラシーの概念が概説されたところで、具体的な取り組みとしての専大社研共催ワークショッププログラム(「首都直下地震：避難の後のことを考える」)など振り返ったうえで、同研究実践の政策展開の実際(都プロジェクト：「首都直下地震時の仮設住宅不足への対応準備」)が紹介された。

同G研メンバーのほか、学外研究者2名、在京メディア2社が参加して、活発な質疑が展開された。

記：専修大学人間科学部・大矢根淳



2019年2月22日（金） 定例研究会報告

報告1

テーマ：「日本貿易協会の設立と活動—日本貿易会前史—」

報告者：日本貿易会企画グループ統括主幹 保田明子氏

報告2

テーマ：「戦前期総合商社における接待—海外渡航者接待を中心として—」

報告者：高千穂大学経営学部教授 大島久幸氏

コメンテーター：埼玉大学対学院人文社会科学研究所准教授 大石直樹氏

時間： 16:00～18:15

場所： 専修大学神田校舎1号館4階ゼミ43教室

参加者数：12名

報告内容概略：

報告1

商社の業界団体である日本貿易会は、終戦直後の1947年に、前身としての4団体を統合する形で設立された。それは、①貿易振興などに関わる総合経済団体としての性格、②貿易商社の業界団体の性格、の「二面性」を持っていたが、1986年に②へと改組された。この二面性は、4つの前身の中核であった日本貿易協会（1885年設立）の持つ二面性（すなわち純貿易主義と産業振興主義）に端を発するものであった可能性が高いことなどが指摘された。経済団体の性格や機能を、日本貿易会を例に歴史研究の視点から論じることにより、一定の意義があることが示唆された。

コメンテーター、フロアからは、前身である日本貿易協会が戦前日本の貿易振興に果たした役割は何か、直輸出商社の育成とのかかわりはどうか、などの質疑が行われた。

報告2

企業における接待の役割、機能に関する先行研究はほとんど存在しない。接待は、良し悪しの問題を別にして、企業間関係における競争と結合の様相を反映するものといえる。こうしたなか、「総合商社はなぜ接待を行うのか」という問題意識に立ち、戦前の、①三菱商事における「総合決算表」から接待費と営業係数の関係を計量的に分析する手法、②三井物産の「旅客動静御案内」をデータベース化して接待の質的要素を計数化した計量分析の手法につき、継続中の作業の概略が紹介された。

コメンテーター、フロアからは、メーカーと違い商社は製品に付加価値を付けられないので接待費を使うのではないかと、売上高重視からキャッシュフロー会計に変化した時（戦後）接待の意味が変化した可能性がある、などの視点が提出された。

記：専修大学経済学部・田中隆之

## 執筆者紹介

- 望月 宏<sup>もちづき ひろし</sup> 本学経済学部教授  
笠原伸一郎<sup>かさはらしんいちろう</sup> 本学経営学部教授  
小原理一郎<sup>おぼらりいちろう</sup> 元株式会社 ニコン理事・国際部部長  
池田 英生<sup>いけだ ひでお</sup> 元株式会社 ニコン常務取締役

## 〈編集後記〉

月報 670 号 (2019 年 4 月) は、各光学機器メーカーの技術力に注目し、グローバル化と高度情報技術という特徴を示す現代の市場競争をどのように生き延びてきたのかを分析した論考が 4 本掲載された。これらは、過去に社会科学研究所グループ研究助成を受けた研究プロジェクトの成果報告の一部である。プロジェクトメンバーである望月氏、笠原氏に加え、光学機器メーカー、株式会社ニコンで実務経験があり、研究プロジェクトの講師としてカメラ産業の実態をご教授くださいました小原氏、池田氏によって寄稿された論文集となっている。

望月論文では、カメラ本体とレンズを繋げるマウントを焦点化し、その技術の歴史的な分析することで、日本のカメラ産業の発展の方向性を検証している。笠原論文では、光学機器メーカー（ニコン、キヤノン）が取り組んだ多角化戦略や国際化戦略の検証を通じ、産業の衰退速度を緩め、さらなる成長産業へと変貌してきた要因を考察している。小原論文では、三共光学工業とニコン望遠鏡事業を対象に 1990 年代の企業戦略について分析するとともに、銀塩カメラからデジタルカメラへの移行期の総出荷量、為替、決算資料などデータを検討している。池田論文は、フィルムカメラからデジタルカメラに至るまでの製品に搭載されている各種技術の歩みに加え、反射防止膜薄膜技術とレンズ設計技術の応用について論考なしている。

カメラは、フィルムからデジタルの時代へと大きな転換を遂げた。光学機器メーカー各社が、激しい技術開発競争を乗り越えてきたことが様々な角度から示されていた。カメラは数多くの技術が集約してできている製品である。日々、競争にさらされている中、新しい技術の開発が企業の成長に加え、産業の継続的発展の礎となっていることが、全ての論考から伝わってくる月報となった。この後の継続研究にも期待するところである。 (N.S.)

---

2019 年 4 月 20 日発行

〒214-8580

神奈川県川崎市多摩区東三田 2 丁目 1 番 1 号 電話 (044)911-1089

専修大学社会科学研究所

The Institute for Social Science, Senshu University, Tokyo/Kawasaki, Japan

(発行者) 宮 寄 晃 臣

製作 佐藤印刷株式会社

東京都渋谷区神宮前 2-10-2 電話 (03)3404-2561

---