

# マクロズームレンズの光学設計

芝山 敦史

マクロレンズは各社から標準マクロレンズ、中望遠マクロレンズ、望遠マクロレンズなどが提供されており、最大撮影倍率は1/2倍あるいは等倍が標準的である。いずれのレンズも高い結像性能を備えている。

一方、近年では特徴あるズームレンズが続々と提供されており、さらに結像性能の向上や、ズーミングの便利さを武器にして、単焦点レンズにとってかわろうとしている。このような状況の中、マクロズームレンズの開発が長らく望まれていた。

ここでは、新たに開発したマクロズームレンズ（商品名：AFズームマイクロニッコール70-180/4.5-5.6D）の光学設計について報告する。

## 1. マクロズームレンズに求められる条件

マクロズームレンズに求められる条件として、

- ① 大きな撮影倍率が得られること
- ② ワーキングディスタンスを大きく確保できること
- ③ ズーミング時の焦点移動がないこと
- ④ ズーム位置/フォーカス位置にかかわらず良好な結像性能を確保すること

などがあげられる。

## 2. マクロズームレンズの光学設計

### 2.1 ズーム方式

同じ撮影倍率を得るための撮影距離はレンズの焦点距離によって異なり、焦点距離が長いほど撮影距離が長くなる。すなわち、レンズの焦点距離が長いほどワーキングディスタンスが大きくとれるという関係にある。マクロズームレンズの設計に際しては、最大撮影倍率とワーキングディスタンスの両立を図るため、望遠域の焦点距離を含むズーム範囲とした。

また、ズーミングの際に最も物体側のレンズ群が移動すると、被写体からレンズ先端までの距離が変化する。このため、ある被写体に合焦させた後にズーミングをおこなう

と焦点ずれが生じる。遠距離を撮影する場合には、この距離変化による焦点ずれはわずかで問題ないが、近接撮影をする場合には、被写体からレンズまでの距離が変化すると大きな焦点ずれとなる。このため、マクロズームレンズの場合には、ズーミングの際に1群が移動しないズーム方式が求められる。

以上より、1群固定の正・負・正3群ズーム方式を採用した。

### 2.2 フォーカス方式

従来のズームレンズでは1群を繰り出してフォーカシングするフォーカス方式（1群繰り出しフォーカス方式）が広く用いられており、フォーカシング移動量がレンズ先端から被写体までの距離だけで決まるので、ズーミングの際に1群が移動しないズーム方式の場合には、フォーカシング後にズーミングをおこなっても焦点ずれを生じないという利点がある。

しかしながら、従来の1群繰り出しフォーカス方式を正・負・正3群ズーム方式に適用した場合には、最短撮影距離を短くしようとする1群の有効径が著しく大きくなるという欠点がある。

ズームマクロレンズの設計に際しては、フォーカシング後にズーミングをおこなっても焦点ずれを生じないという1群繰り出しフォーカス方式の利点を生かしつつ、1群の

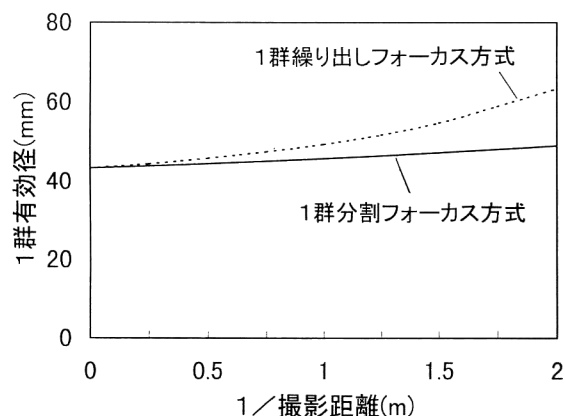


図1 フォーカス方式による1群有効径の違い。

(株)ニコン レンズ開発部 (〒140-8601 東京都品川区西大井 1-6-3)

E-mail: shibayama.a@nikon.co.jp

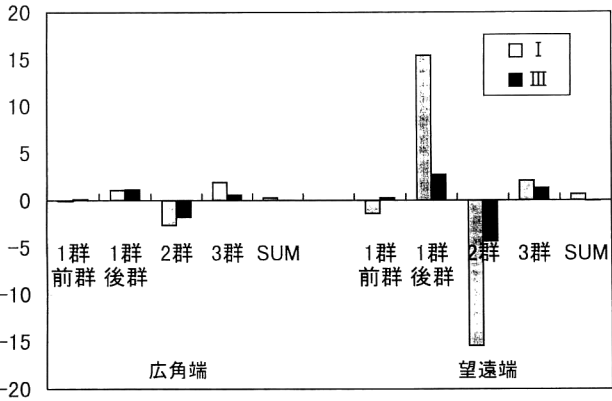


図2 各レンズ群の3次収差係数。

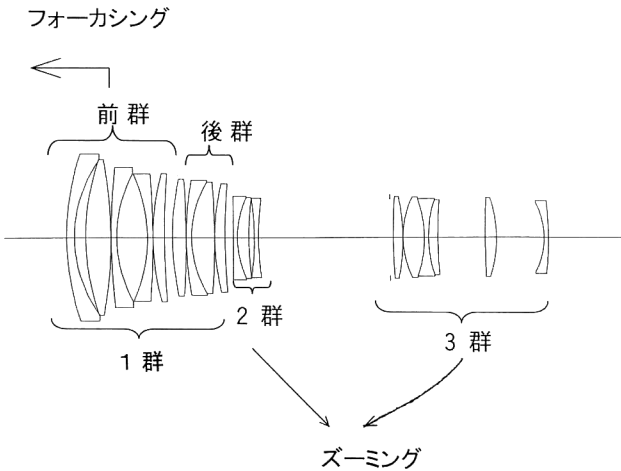


図3 開発したマクロズームレンズ。

有効径の小型化と近接撮影の両立を図るため、正の1群を負の前群と正の後群とに分割し、負の前群のみを繰り出すというフォーカス方式(1群分割フォーカス方式)を新たに開発した。図1に、1群分割フォーカス方式と従来の1群繰り出しフォーカス方式それぞれでの、撮影距離に対する1群の有効径を示す。

### 2.3 収差構造

一般に、正・負・正3群ズーム方式の場合には、正の1群で負の球面収差と負のメリディオナル像面湾曲を残存させ、反対に、負の2群で正の球面収差と正のメリディオナル像面湾曲を残存させ、1群と2群とでそれらを相殺するような設計としている。このような設計とすることで、1群、2群ともに簡素な構成となり、さらに、ズーミング時の収差の変化を抑えることが可能となる。

ただし、従来の1群繰り出しフォーカス方式の場合には、ズーミング時の収差変化を抑えるために1群でのメリ

表1 開発したマクロズームレンズの仕様。

焦点距離 (mm)	70~180
F ナンバー	4.5~5.6
最短撮影距離 (mm)	370
最大撮影倍率	1/3.2~1/1.32
ワーキングディスタンス	120 mm 以上

ディオナル像面湾曲を残存させる収差構造であるので、フォーカシングによってメリディオナル像面湾曲が大きく変化する。さらに、球面収差が残存している1群および2群の群間隔がフォーカシングによって変化することにより、レンズ全体での球面収差の補正バランスが変化する。このように、従来の1群繰り出しフォーカス方式のズームレンズでは、ズーミング時の収差変化とフォーカシング時の収差変化をともに良好にすることが困難である。

しかしながら、マクロズームレンズにおいては、常に良好な結像性能が求められるため、ズーミング時の収差変化とフォーカシング時の収差変化をともに良好に補正しなければならない。このため、1群分割フォーカス方式を採用するにあたり、1群の前群と後群とで明確な役割分担をおこなった。

前群においては、球面収差とメリディオナル像面湾曲の発生をきわめて小さくし、フォーカシングの際に収差がほとんど変化しないような収差構造とした。一方、後群においては、他のズーム群と協調してズーミングの際の収差変化を小さくするため、球面収差・メリディオナル像面湾曲をともに負方向に残存させ、2群で発生する正の球面収差、および正のメリディオナル像面湾曲との相殺により、ズーム全域での収差変化を抑えた。図2に各レンズ群の3次収差係数(I:球面収差係数, III:非点収差係数)を示す。

なお、上述の収差構造を実現するために、前群を負・正・負・負・正の5枚構成とした。

以上に述べた光学設計により、図3に示すマクロズームレンズが実現した。主な仕様を表1に示す。

マクロズームレンズの使用により、近接撮影の際のフレミングが容易となり、さらにパースペクティブの変化を生かした多様な作画表現が可能となる。

### 文 献

- 1) 芝山敦史:特開平 9-152551 (1997).
- 2) 芝山敦史:特開平 10-3036 (1998).

(1998年4月23日受理)