Photographic Society of
Zone System

ゾーンシステム研究会会報　Web 公開版
発行日：2021.10
発行者：中島秀雄
事務局：畑文夫
編集部：荒井崇

NO.72

CONTENTS

- フレネルレンズ
- ゾーンシステム研究会第 24 回写真展作品(2)
- 大判カメラとパースペクティブ
- ネオパン 100 ACROSⅡ（120）テスト結果
- インフォメーション

フレネルレンズ

中島秀雄

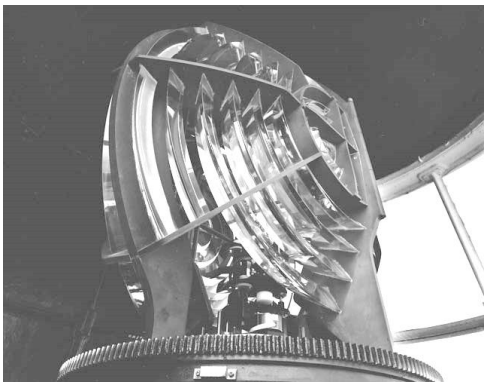
岬の高台に立つ真っ白な灯台に、私は子供ころから興味をもっていた。鎌倉の親戚に出向くとかならず江の島の灯台が見学コースになっていて、灯台の放つ光の帯にもひきつけられていた。写真を始めてしばらくしてからは灯台の装置である光源やレンズに興味を持つようになっていた。

ある旅行雑誌を見ていたとき、灯台のレンズや光源が真近に見られる灯台があることを知り、カメラを車に積み込んで海岸に向かった。階段を登り、途中から一人しか登れない垂直の階段を 4x5 カメラを担いで上がり、ぎりぎりのスペースの中で撮影した。ガラス棒をプリズムのように加工し、大きな円から小さな円に曲げたガラスが一体に組まれ、レンズというより工芸家によるガラス作品のように輝いて見えたのを覚えている。

現在、カメラのピントグラスには、全体を均等に明るくするためのフレネルレンズが使われている。このフレネルレンズが当時、灯台の明かりを遠くまで均等に送るための重要な役割をするレンズだったのだ。

オーギュスタン・ジャン・フレネル(1788-1827)

1788 年、フランスの物理学者フレネルはノルマンディーに生まれ、16 歳で土木技術と科学を学んだようだ。自動楊水機の改良やガラス繊維・石鹸の製造に必要な炭酸ナトリウムの製造方法などを売り込もうとしたがうまくいかなかった。



″現在の灯台レンズ″　中島秀雄

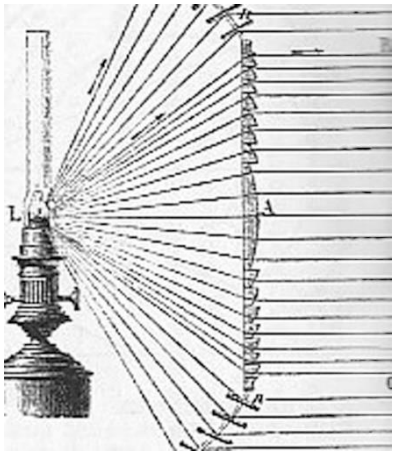
一方でフレネルは光にも興味を持ち、光が波動説と粒子説が対立していた時代に誰も正確に説明できなかった回折の現象の解明に取り組み様々な実験を行ったようだ。光に物をかざせば反対側に物の影ができるが影の淵にはわずかな滲みができることに気が付いていた。光が粒子ではなく波であれば光は回り込む、と考え、光は波動説が正しいと思っていた。

ところで、19 世紀の始め頃、ナポレオンによってフランスに灯台委員会が設立され、海岸に存在する灯台の改良計画がもち上がった。当時の灯台は蝋燭やオイルランプが光源として使われていたようで、点滅光を船員が見て海岸の位置を確認するという、今から見れば考えられないようなものだった。

物理学者フランソワ・アラゴーは、フレネルの光の研究に興味を持ち、灯台委員会に推薦した。フランソワ・アラゴーは 1839 年 8 月 19 日フランスの議会でダゲールの銀板写真を発表した人物で、すでにフレンネルについて強い関心を持っていたことが分かる。どうやらフレネルは工事補佐という条件で委員会は受け入れたようだ。光につ

いて研究していたフレネルは当時の灯台に問題があることに気付いていたようだ。当時の灯台の光源は鏡とオイルランプだけだったのだ。フレネルはレンズを付けることでより遠くまで光はとどくと説得したようだ。しかし、中心が厚いレンズは光の損失は大きいと分かっていた。実際、イギリスにある灯台のひとつはレンズの中心が140㎜ もあったと言われていて充分なものではなかったようだ。
確かに安物の懐中電灯は点灯しても中心は周辺の光よりも暗く感じられ、これが厚みのあるレンズの欠点だったのだ。

フレネルはどのようなレンズなら効率良く遠くまで光が送れると考えたのか。
フレネルはワイングラスに水を入れ、横向きにすることからヒントを得たといっている。確かにワイングラスに少しの水を入れ、いくつも横に並べると同じ厚みのレンズが横一列に並ぶことになる。これを円にして集めれば厚みの均一な一枚のレンズが出来そう、と今なら考えられる。フレネルは、中央に薄い凸レンズを設置し、その周囲に平凸レンズを並べることで全体を薄くした図面を制作したのだ。しかしこのようなレンズは簡単には作れないことは今でもわかる。パリの新しいガラスメーカーがフレネルの注文を引き受けたが、結局レンズは一度に作ることは出来ず断片的に作り、にかわで接着し組み立てたとなっているが、当時どのように組み上げたかは分からない。図を見て想像するしかないが、本来厚くなるレンズが平凸に加工されたレンズに変わり、均一な厚みとなって見事な一枚のレンズになっている。



フレネルによるこの研究によって私たちは今、フレネルレンズをピントグラスに貼り付けて明るい映像を楽しむことが出来る。しかし、このフレネルレンズがピント合わせに見にくいとして、外してしまう人もいる。私はハッセルブラッドのピントグラスが一番明るく見やすいと感じているが、研究者にはもっと研究していただきたい。現在のフレネルレンズはプラスチックでできているから、型を作って圧力を加えれば同じものが何枚でもできるだろう。

フレネルのレンズ設計から現在の灯台のレンズに進化するには、それほど時間はかからなかったと思う。灯台には古くなって役目を終えたレンズがときどき展示されている。カメラレンズに興味ある人は一度見学するといい。光に反射すれば巨大なダイヤモンドのようにも見える。また、現在まで様々な形の灯台のレンズが作られて来たようで、私はすべて見たいと思っている。

できるなら灯台のレンズで一度写真を撮ってみたい。

コロナが続く現在、灯台の光が気になりテーマとした。

参考・引用文献

”灯台の光は何故遠くまで届くのか”
”Yahoo 現代ビジネス”

ゾーンシステム研究会第 24 回写真展［光への探求］作品 (2)

ギャラリー イー・エム ［2020 年 11 月 10 日(火) ～ 11 月 21 日(土)］

14.

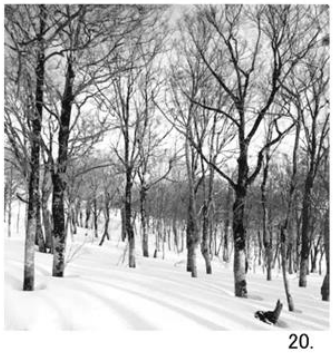
15.

16.

17.

18.

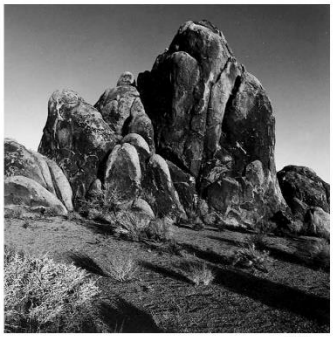
19.



20.

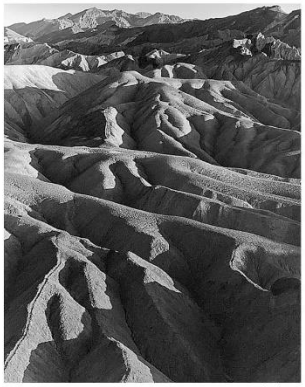
14.「春の音」鈴木武志
15.「源太郎砂防堰堤」小菅秀一
16.「八ヶ岳如月」石井康子
17.「関宿水閘門」長谷川勇夫
18.「石切場の風景」宮内廣仁
19.「水路の関所」石井政吉
20.「残雪のブナ林」越後久雄

21.



22.

23.



24.

25.

26.

21.「氷柱」橘田功
22.「岩の形象」橘田功
23.「朝のリズム」北野龍一
24.「大地のひだ」北野龍一
25.「Stream」川北弘
26.「北欧のマダム」松本ひさ子

大判カメラとパースペクティブ

畑文夫

建築物それ自体を主題にする写真では、鉛直線（柱や壁など）を画面上で傾けないことがお約束となっています（図１ａ）。

スナップショットではあまり気にする必要がないでしょうが、特に広角レンズで建物を見上げたり（ｂ）見下ろしたり（ｃ）すると、実際には平行である柱などが傾き歪んで見えます。

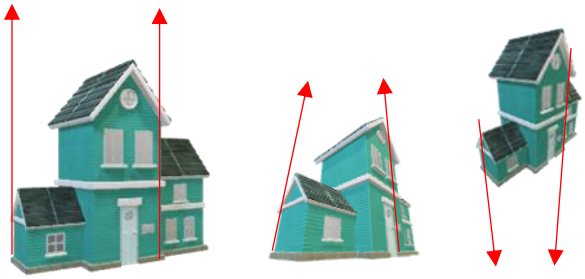


図１（ａ）　（ｂ）　（ｃ）

このような「歪み」はレンズの欠点（歪曲収差）とは別物であり、幾何学的な必然なのでこれをコントロールする方法を考えます。

■透視図（パースペクティブ）

「人の眼で見えたままに描く」技法はヨーロッパのルネサンス時代に透視図法として発達しました。

描こうとする対象物の手前にガラス板（画面）を置き、これを「透して」写し取れば、まさに見えた通りの絵になるはずです（図 2）。しかし、視点が少しでも動くと対象物と絵の位置関係が崩れてしまうので、この原理通りに描くことは容易ではありません。

そこで視点の位置にレンズを置き、すりガラスなどに投影した実像をトレースするカメラオブスキュラが用いられるようになりました。画面と視点の位置関係は逆転しますが、描けるものは同じです。

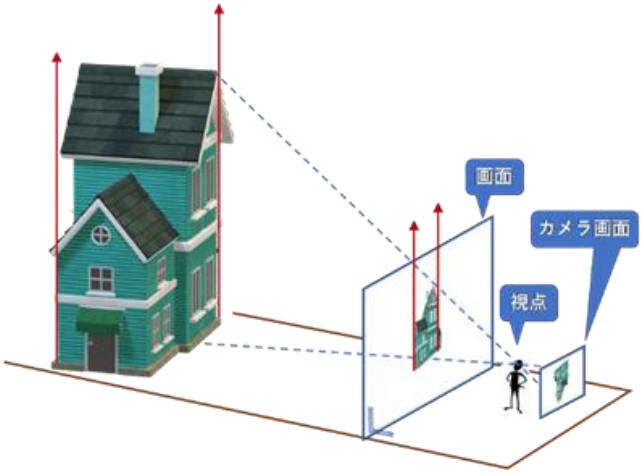


図 2

このような透視図法で、画面は建物と同様鉛直に置かれるのが普通なので、柱なども互いに平行に描かれることになります。（図中の上向き矢印）

■写真

図２と同じセッティングをカメラで実現するにはレンズボードとフィルム面を鉛直にそろえます。水準器を用いて確認しますが、最近ではスマートフォンやタブレットのアプリも便利です（図 3）。

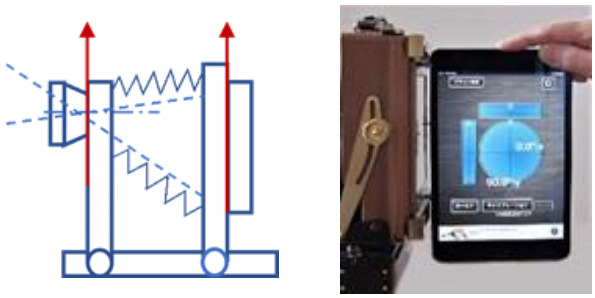


図 3

見上げる構図の場合はレンズを上方に平行移動（ライズ）します。フィールドカメラなどで制約が大きい場合は図 4（ａ）のように本体を斜めにすればより大きなライズの量を得られます。ただ

しレンズのイメージサークルを超えたり蛇腹のたわみがあると画面がケラれます。所定の値まで絞ってからピントグラスの四隅にある切込みを通してレンズ側を覗き、絞りの形が見えることを確認します（同ｂ）

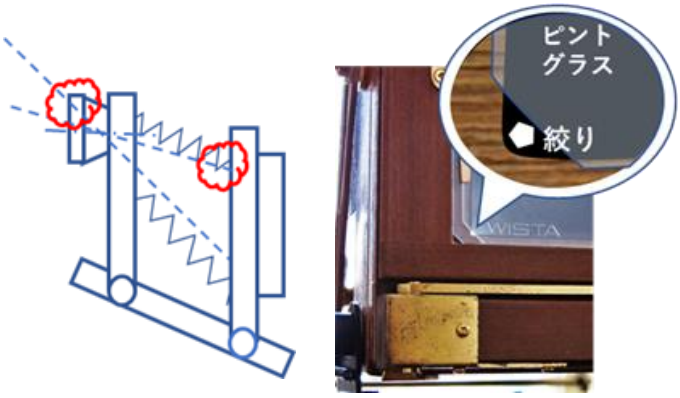


図４　（ａ）　（ｂ）

透視図の画面を傾けると、互いに平行な柱なども画面上では一点に収れんします（図 5）。この点を消点(Vanishing Point)と呼びます。視点を通り、描く直線と平行な直線が画面（又はその延長）と交わる点が消点です。従って、対象物（被写体）の面や線と画面（フィルム面）を平行に配置すれば、その方向の消点は存在しなくなります。

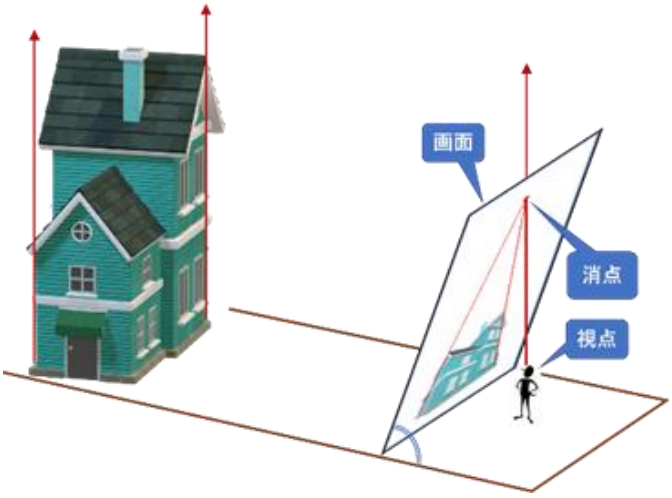


図 5

多くの中判カメラでは図 3、4 のようなライズ機構がありません。そのため建物などを撮影するときは図 5 のように画面（フィルム面）を傾けることが多くなります。この時の歪はある程度まで引伸しで補正することができます。

試みに図 6 のように 6×6 フィルムを想定したトレーシングペーパーに台形を描いてネガキャリアに装填し、イーゼル上で長方形になるように補正してみました。引伸し機は、レンズボードを傾けてシャインフルークの法則を実現できるタイプが有利です。(図はラッキー450M-D）この程度の台形補正でもイーゼルの傾きは大きく、照度も不均一になるため焼込みなどによる調節は不可欠です。

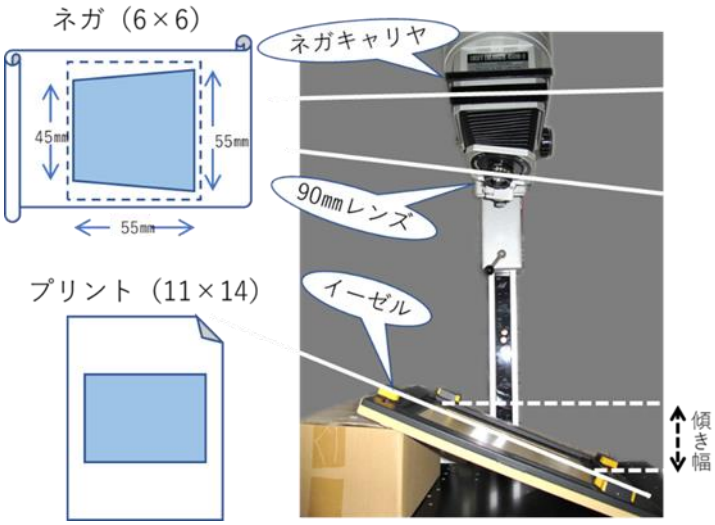


図 6

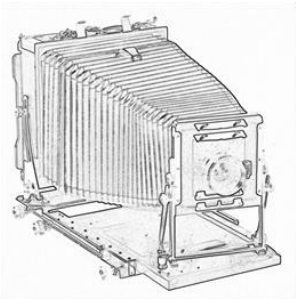
レンズボードが傾けられない引伸し機では、プリントの中心でピントを合わせてレンズを絞り込みます。6×6 ネガの場合、イーゼルの傾き幅（図 6 参照）と絞りの関係は表 1 の様にします。

プリントサイズ	引伸し倍率	引伸しレンズの絞り			
		f11	f16	f22	f32
8×10	3.7	10	14	20	30
11×14	5.1	12	18	26	38
16×20	7.4	18	26	36	57
傾き幅＝2×ｃ×（1+倍率）×絞り ｃ＝プリントの許容ボケ　0.1mmの場合					

表１ イーゼルの傾き幅と絞り

●付録　パノラマ撮影

カメラを旋回（パン）させて数枚撮影し、これをつなぐパノラマ撮影では、回転軸が不適切だと近距離と遠距離の被写体に位置ずれが生じます。軸の位置を見つけるには、被写体側から見たレンズの絞り（入射瞳）の位置が、旋回しても動かないようにします（図７ａ、ｂ）。大判カメラのレンズでは概ねレンズボードの近くですが（ｃ）、一眼レフの広角レンズなどではマウント面から大きく離れることがあります。



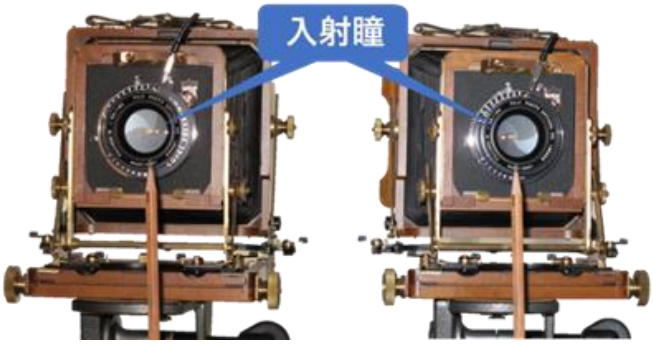
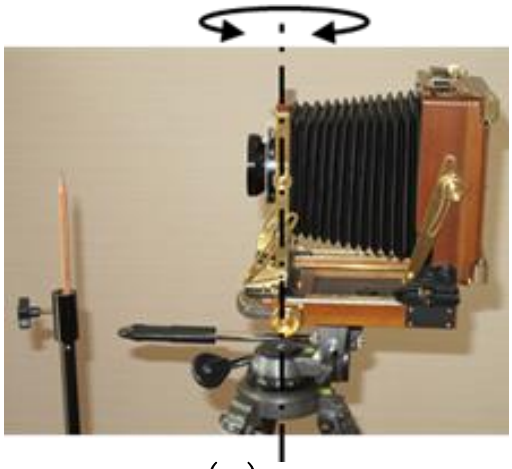


図７　（ａ）　（ｂ）



（ｃ）

ネオパン 100 ACROSⅡ（120）テスト結果

臼井健司

Ⅰ 感度測定

機材

・カメラ： Rollei 6008 AF
・レンズ： プラナー80mm 2.8（マニュアル）
・マットボード
・ネガ濃度測定器：(Macbeth TR924 会員の金子氏に依頼)

撮影条件

屋外 自然光 EV11+1/3

ISO	160	125	100	80	64	50	40
ss	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250	1/250
f	16	11+2/3	11+1/3	11	8+2/3	8+1/3	8

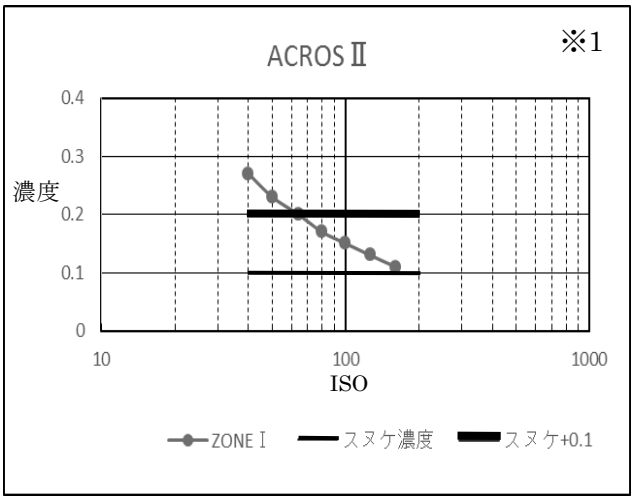
現像条件

・現像タンク： LPL L40221
（35㎜2本、120mm1本用）
・現 像 液： D76 1:1 20±0.2℃
・現像時間： 10分（メーカー標準）前浴2分、停止1分、定着4分
・攪 拌： 初めの1分間 連続攪拌（回転しながら転倒)、30秒ごとに3回転倒し、気泡を取り除くため底部を3回強く叩く（計7秒）

測定結果

fb+fog: 0.1・・・zoneⅠ：0.2（0.1+0.1）はISO64設定時

ISO設定	測定濃度	ISO設定	測定濃度
160	0.11	***64***	***0.2***
125	0.13	50	0.23
100	0.15	40	0.27
80	0.17	(80 zoneⅧ)	1.2



したがって**実効感度EIは64**

Ⅱ 現像時間測定

撮影条件

実効感度EI64でZONEⅧになるように撮影
（屋外ZONEⅤ：EV12+2/3 → ZONEⅧ：ss1/30, f4）

現像条件

フィルムを4分割し、それぞれ6分・8分・10分・12分で現像した。（メーカー指定小型丸タンク10分30秒）

ただし、現像は2回に分けて2枚ずつ行い、完全暗黒下で現像の途中で1枚目のフィルムを取り出し停止・定着、2枚目はタンク入れたまま停止、定着を行った。

その他は感度測定時と同じ（D76 1:1 20±0.2℃）

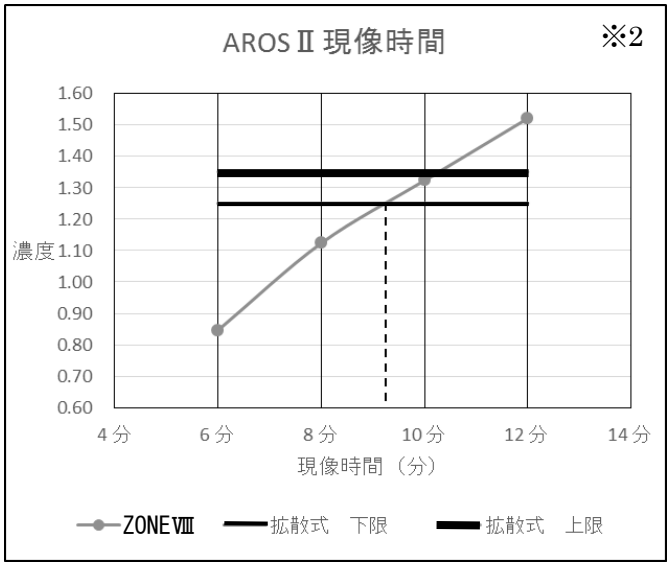
現像時間の決定

適するフィルム濃度は引伸器，印画紙の条件によって異なるが、今回はアダムスの数値を参考にフィルム濃度が 1.25 となる現像時間を求める。（アダムスは、散光式引伸器にはフィルム濃度からスヌケ濃度を引いた値が 1.25～1.35 が適する

としている。The Negative p220, 242)

測定結果

現像時間(分・秒)	6′	8′	10′	12′
フィルム濃度	0.85	1.12	1.32	1.52



現像時間

8分～12分が直線で6分がやや低めになっているので6分を除くと、グラフより現像時間は9’18”となる。

得られた現像時間の検討

Minimum Time Maximum Black法により求めた露光時間で、6・8・10・12分で現像されたzoneⅧのネガを露光した。現像時間10分のネガでzoneⅨ～Ⅷ相当と考えられるかろうじて印画紙と区別できる薄い濃度が得られた。12分では未露光の印画紙部分と区別がつかなかった。8分ではⅦ程度の濃度になった。したがって現像時間9分と10分の間にzoneⅧを得られる現像時間があり、9分18秒はほぼ妥当と考えられる。次回はゾーンスケールの作成および相反則不軌の検討をする。

（印画紙 オリエンタルNEW SEAGILVC-FBⅢ・引伸器 LPL7454）

※１、※２の各グラフは会員の畑氏作成のものを一部改変

Ⅲ ACROSⅡについて

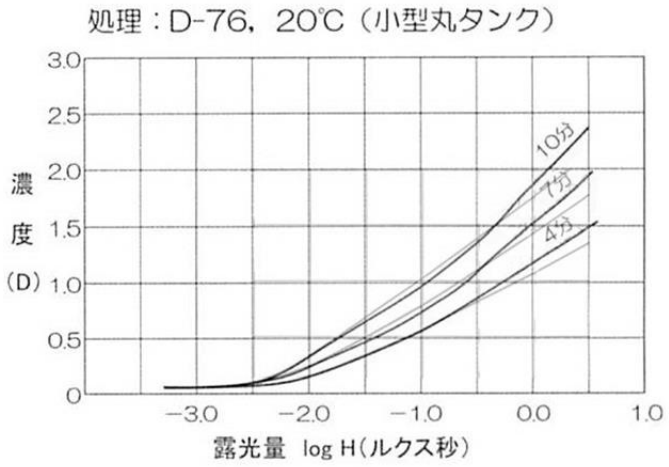
富士フィルム株式会社によれば、ACROSは「需要の減少と、原材料の入手困難により」販売を2018年秋に終了したが、「黒白フィルム独特の風合いによる写真を好む」写真ファンから販売継続を望む声が多く寄せられたため、「原材料の代替品の研究や新たな原材料に合わせた製造プロセスの抜本的な見直しにより」アクロスⅡ(35mm,ブローニー）の販売（2019年11月22日）が実現したという。

ACROSⅡのパッケージにはmade in Englandと書かれている。またブローニーのアルミの中袋がヨーロッパのフィルムの包装に似た、より丈夫なものになり、フィルムを取り出すのに一苦労である。価格は1本1,050円前後で、他のフィルムが1,000円以下のものが多いことからするとやや割高である。

トリアセテート（TAC）のフィルムベースはACROSの0.104mmから0.130mmとなり0.26mm厚くなったため、よりしっかりとした手触りである。各現像薬における標準現像時間はACROSと変わっていない。(ex. D76 1：1 20℃ 10’30″)

特性曲線は、ACROSより中間にかけて傾斜が緩く、ハイライトの傾斜が大きくなった。(下図)。富士フィルムによると、ACROSより「ハイライト部の階調をメリハリのある設計とし、立体的な階調表現が可能」としている。

相反則不軌特性は「シャッタースピード120秒までは補正不要、120秒から1000秒（約16分40秒）では、1/2絞り開く」となっていてACROSと同じである。



ACROS（薄線）・ACROSⅡ（濃線）の特性曲線比較

Ⅳ 作例

撮影は主要部分が ZONEⅢ～ZONEⅦに収まる風景に限定した（狭い範囲で ZONEⅡまたは ZONEⅧが含まれる場合があった）。

実効感度（EI64）でテスト撮影を行い、同様にZoneⅧの濃度により決めた現像時間（9′ 18″）で現像したネガで作例をプリントした。

・引き伸ばし器: LPL7574
・印画紙: オリエンタル FBⅢ8ｘ10
・現像液: 中外 MY PAPER DEVELOPER

1 コンタクトプリント作成

ネガの未露光部分を使って最短時間最大濃度（Minimum Time Maximum Black）法で露光時間を求めた。*フィルター 2、ｆ11、8秒*

コンタクトプリントは上記設定で問題ない濃度となった。

2 作例用の作品作成

引き伸ばし器の高さとピントを調節後、ネガの未露光部分を使って最短時間最大濃度法で露光時間を求めた。*フィルター 2、ｆ11、9秒*

この時間でほとんどの駒のハイライト側がほぼ適切な濃度となった。

原稿を書いている時点では、ゾーンスケールは作成していないが、フィルムの感度設定（ISO64）、現像時間は、フィルター2 を使った印画紙の再現域とほぼ合っていると考えられる。

プリントした写真は中間部から暗部がやや暗く、中間部からハイライトの立ち上がりが大きくなるためか ACROS よりコントラストが大きくなったように感じさせる効果があるようだ。以前から ACROS はなめらかである一方、「おとなしい」印象をもっていた。コントラストを上げても良い感じにならなかったが、ACROSⅡはメーカーの説明のようにハイライトの立ち上がりがよいタイプに変わった印象をもった。

ZONEⅢ～Ⅳ　幹の陰になる部分

ZONEⅤ～Ⅵ　幹のやや明るい部分
葉

ZONEⅦ～Ⅷ　水面

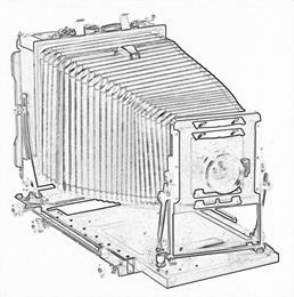
近くの公園の池端にある数本のスギの仲間であるが手前の個体のように、根本の凹凸が立派なものがあり、斜光によって美しさが引き出される。樹皮も美しい。

[引用・参考文献]

１． Adams, Ansel.
The Negative
(1981, 2002. Paperback21st printing.2016)
Little, Brown and Company
272p

２． Adams,Ansel.
The Print
(1980, 2003. paperback 21st printing. 2017)
Little, Brown and Company
210p

３． Anchell, Stephen G.
The variable contrast printing manual
(1996)
Butterworth-Heinemann
194p



４． 富士フィルムニュースリリース
(2019.11.13)
https://www.fujifilm.co.jp/corporate/news/articleffnr_1489.html
Jul.12/2021

５． 中島秀雄・田中益男
ゾーンシステムハンドブック
(2004)
朝日ソノラマ
143p

６．NEOPAN ACROS (120)
Product Information Bulletin. Fujifilm

７．NEOPAN ACROSⅡ (120)
Product Information Bulletin. Fujifilm

Information

［表紙の作品］

・作者：金野邦明

・タイトル：そして私は線の森へと誘われていったのです。

・フィルム：ADOX CMS20

・フォーマット：4×5

・レンズ：135mm

・絞り：f45

・シャッター：1 秒