

## 北京版チベット大蔵経の高再現性デジタル画像化： 写真撮影過程

柴田 みゆき      箕浦 暁雄      片岡 裕      宮下 晴輝

大谷大学

{neko, akio, kataoka, miya}@otani.ac.jp

北京版チベット大蔵経は、4部が現存するといわれ、その2部がほぼ完全であり、その1部を大谷大学で所蔵している。本大蔵経は、部分的に可読でない他版と異なり、良好な印刷であるため、強い参照要求があるが、退色しかけており、公開不能である。しかし、保持情報を保証したデジタル画像化は希であり、書籍の図版印刷においても高い分解能はない。従って、本大蔵経の公開は、原本と同じ情報を持つデジタル画像データであることが必須となる。本大蔵経が4万ページを超えるため、解像度が限界値となる35mmフィルムの使用が必要となった。そのため、35mmカラー・リバーサル・フィルムを用いて、解像度および色調等の必須情報保持の条件検討と実験を行った。その結果、最小線幅0.4mmを十分に解像し、次ステップのスキャニングでの誤差を無視しうるフィルムが得られた。

### Making High Quality Digital Image Data of *Tibetan Tripitaka Beijing Red Edition*: Condition of The Highest Resolution Photographs

Miyuki Shibata, Akio Minoura, Yutaka Kataoka and Seiki Miyashita

Otani University

{neko, akio, kataoka, miya}@otani.ac.jp

It is known as that only 4 sets of *Tibetan Tripitaka Beijing Red Edition* have kept and 2 sets are almost complete. One of the complete set is held at Otani University. The edition is much better quality than other editions which were printed by different wooden blocks – those are partially unreadable. Since photo-printing cannot retain enough readable information, the Otani's one should be exhibited as digital image data which have information as same as the original. The number of pages of the one is over 40000, so 35mm film is required. This means that the maximum resolution of 35mm film is required. Thus, 35mm color reversal films with a Macro lens were examined. As the results, enough resolution for narrowest line (0.4 mm width) was gotten on one type of the films and the film can be used for the next scanning stage to digital image file.

## 1. 背景

デジタル図書館やデジタル博物館は、貴重資料や劣化が進行した資料のように、原資料の展示が不可能な場合、特に研究上重要な役割を果たす。このようにデジタル・データを原資料として提示する場合、デジタル化過程での条件の明示だけでなく、研究用原資料として利用可能な情報の保持を保証しなければならない。しかし、そのように情報を保証したデジタル・データは希である。一般に、稀観本は、モノクロームの写真印刷で供され、アナログ手法による明度階調強調によって情報の欠落が生じ、アーティファクトが混入すると同時に分解能の明記がないため判読不能の部位が多くなり、研究上の多大な障害となっている。

大谷大学所蔵の北京版チベット大蔵経 (*Tibetan Tripitaka Beijing Red Edition*) は、2部のみ存在するといわれるほぼ完本の1部であり、世界的に貴重であるばかりでなく、内容そのものが広く人文科学にとって極めて重要な資料である。本大蔵経は、公開可能な唯一の完本であるが、赤色素と紙による木版であり退色が進行し、保存のため研究での限定公開もほとんど不可能になりつつある。

本大蔵経を含め、影印版[1]として、他の木版の大蔵経も写真印刷されて出版されているが、モノクロームであり、汚れと文字とが判別不可能な部位があるばかりでなく、分解能の明示もない。また、書籍によっては、修正が加えられ、アーティファクトの混入がある。特に書籍では、印刷上、分解能に限界があり、原資料の最も細い線には大きな誤差が含まれてしまう。従って、原資料を保存しつつ、内容を研究するためには、分解能および色調、明度階調などの情報を保持して可読性を保証したデジタル画像データ化が必須となる。さらに、本資料は、次の理由でデジタル画像化する必要がある。

- 1) 文字コードが未制定の *Tibetan Script* で記述されている。
- 2) 4万ページを超えるため、正確に判読してエラーのない音訳(Transliteration)が極め

て困難である。

特に本資料の場合、デジタル画像データが原資料として研究に供されるため、可読性を保証する分解能であるだけでなく、原資料として欠落のない情報を含んでいることが必須条件である。しかし、カラー・デジタル・イメージ作成での全過程を通して、保持すべき情報を明示し、保証する研究がなされていなかったため、一連の過程を全て検証する研究を行った。

## 2. 目的

本大蔵経は、横幅が70 cmを超え、直接フラット・ベッド・スキャナーによるデジタル・画像データへの直接変換が不可能である。また、デジタル・カメラでは、分解能が不足するため、1ページを2部分に分けて撮影しなければならない。それらの誤差のない連結は不可能である。そのため、第1過程として原資料を写真撮影し、第2過程としてフィルム・スキャナーによってデジタル画像データへ変換する過程を経る必要がある。

一般に厳密な撮影では、6 cm×9 cmなどの大判フィルムと複写用レンズ付きカメラが使用される。これらの機材を用いた撮影は熟練を要求し、1ページの撮影に時間がかかるため、資料保存の点から不適である。さらに、本資料は40000ページを超えるため、全ページの撮影をルーチン化する必要性があり、大判フィルムと複写用カメラの使用は、費用と作業性の点でも不適切である。従って、分解能の不利な35mmフィルムとマクロ・レンズを使用しなければならない。即ち、第1過程は、一般的に分解能が高いと言われる35mmカラー・リバーサル・フィルムと書籍の撮影に多用されるマクロ・レンズを用いることになる。

35mmフィルムとレンズに限らず、フィルムの粒子径とレンズの分解能の厳密なデータはメーカーから公表されていない[2]。従って、分解能、色再現性、明度再現性、特に分解能に着目してそれに影響を与える条件を検討し、実際に撮影して最適条件を求め、その分解能を測定した。そして、最適な条件で、選択された35mmフィルムとマク

ロ・レンズが持つ最高の分解能が、本大蔵経のデジタル画像データ化を満足するか否かの検証が、本研究の目的である。

スキニングに関しての精度および分解能は、別稿にて報告する。

### 3. チベット大蔵経

大蔵経とは、仏典の一大叢書である。それは、経典と戒律と論書の三蔵をはじめ、それらに対する注釈などを網羅したものである。これらの仏典は長く書写によって伝えられてきたが、中国の宋代においてはじめて木版による漢訳大蔵経が刊行(971)された。その後、元版、明版、清版、高麗版などが刊行され、また日本においても刊行されている。

チベットには七世紀前半に初めて仏教が伝来し、その後国家事業としてインドから仏典を取り寄せ、チベット語による翻訳が開始された。この翻訳事業は15世紀頃まで、中断をはさみながらも継続した。これらの翻訳された仏典は、書写によって伝えられ、カンギュル(仏説翻訳部)とテンギュル(註解翻訳部)の二部に整理された。その後、中国の明代の北京ではじめて木版によるチベット大蔵経が刊行された。

#### 3-1. チベット大蔵経の特徴

チベット大蔵経は、チベットの仏教徒にとっての聖典であり、今日でもそれはあつく信仰されている。チベット語圏に生まれた固有の歴史、文化、思想を研究するには、それが欠かせないものであることは言うまでもない。また八世紀以降のチベット民族の東アジアにおける活躍はめざましく、チベット語大蔵経はモンゴル語に翻訳されてその大蔵経が今日にも伝えられている。

また仏教研究者にとっても研究の宝庫となってきた。チベット大蔵経は、すでに失われた仏典の古代インド語原典を補うものとして、その価値はきわめて大きい。それは翻訳事情の差異からくるものである。漢訳仏典は、言語としてすでに十分な蓄積をもった中国文化の中で生まれた。それに

対して、チベットの場合には、仏典を翻訳するためにチベット語そのものの整備から始まり、しかもそこには日常語とはかけ離れた人為的な翻訳語がまったく機械的に対応させられている。しかしそれは仏典の言葉を忠実に翻訳しようとしたものであり、かえってそのために、すでにいまは失われた原典を再構成する資料を提供するものとなっている。従って、仏教思想史の研究には必須の資料である。

#### 3-2. 北京版チベット大蔵経の特徴

木版印刷によるチベット大蔵経は、カンギュルが1410年に、テンギュルが1724年に、いずれも中国の北京において最初の開版がなされた。カンギュルは106巻、テンギュルは224巻よりなる。北京ではその後1737年に至るまで数回にわたり、カンギュルの開版がなされている。以後今世紀にいたるまで、チベット大蔵経は数種開版されてきたが、カンギュルとテンギュルの二部とも揃えられた版は、北京版の他には、ナルタン版、チョーネ版、デルゲ版の三版がある。

北京版の印刷には赤字と金泥字の二種類を使った版があったことが確認されている。赤字版の完本は、フランスのパリ国立博物館と日本の大谷大学の二個所に所蔵されている。金泥字版の完本は、現存しない。

#### 3-3. 大谷大学所蔵の北京版チベット大蔵経

大谷大学には、北京版、ナルタン版、デルゲ版のチベット大蔵経が所蔵されているが、その中のナルタン版の刷りはきわめて悪く、またデルゲ版は近年インドで写真製版されたものである。

北京版の各葉の木版表紙内側及び裏表紙内側には、極彩色の絵と金泥字があり、これらが美しい布で装飾されている。このような豪華装飾は北京版でも大谷大学所蔵物にのみなされている。

一葉の大きさは、70.9cm×21cmであり、ナルタン版やデルゲ版の二倍以上である。各葉は赤色素のみ使用した紙への単色印刷である。

#### 3-4. 本大蔵経のデジタル画像データの意義

大谷大学所蔵の北京版チベット大蔵経が写真製版され、洋装のテキストとして 1960 年代に出版され、世界のチベット研究に大きな貢献をしてきた[1]。他の諸版はマイクロフィルムなどで参照することができる。

しかし実際の研究上、特にテキスト批判にとっては、諸版の比較検討が欠かせないものである。その場合の底本として研究者が容易にアクセスできる資料は、今となっては古い時代の写真版があるのみである。

その意味で、良質で批判に耐える画像データは、チベット及び仏教研究者にとってきわめて大きな価値をもつことになる。

#### 4. 写真製版上の問題点の分析

写真製版用のモノクローム・フィルムは、極めてハイ・コントラストではあるが、被写体のコントラストが低く、汚れがある場合には、文字以外の部分を白抜きとする白黒の2値化が困難である。

図1は、本資料を写真撮影した結果をフィルムスキャナーでデジタル画像化したデータである。文字のコントラストが高くなく、紙面の汚れから、

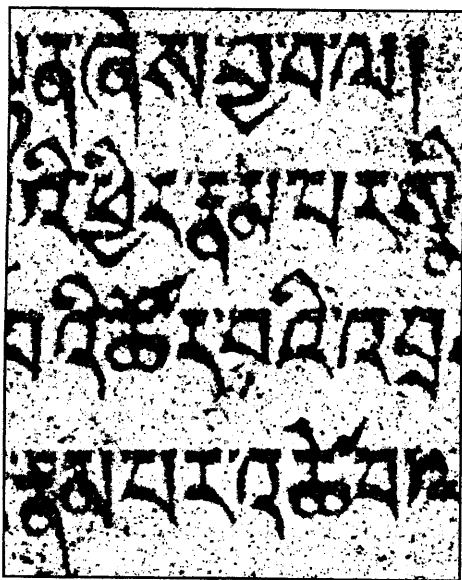


図1. 本資料の部分的デジタル画像

8 ビットの濃淡階調をつけても文字と汚れの判別は困難である。

図2は、図1をもとに、写真製版に使用されるフィルムの結果が得られるシュミレーションを行ったデジタル画像データである。ほとんどの文字間の汚れは消失しているが、文字の細い縦線も消失し、同時に結合した部分もある。

このような現象は、写真製版用フィルムの密着焼き増しによる「アナログでのハイ・コントラスト化」と呼ばれる手法で顕著となる。この手法では、当然分解能も低下する。このような線分の消失では、修正ペンによる修正がなされることが多い。これが写真製版でのアーティファクトの主因である。

このようなアーティファクトは、デジタルデータを原資料として用いる場合にはあってはならない。

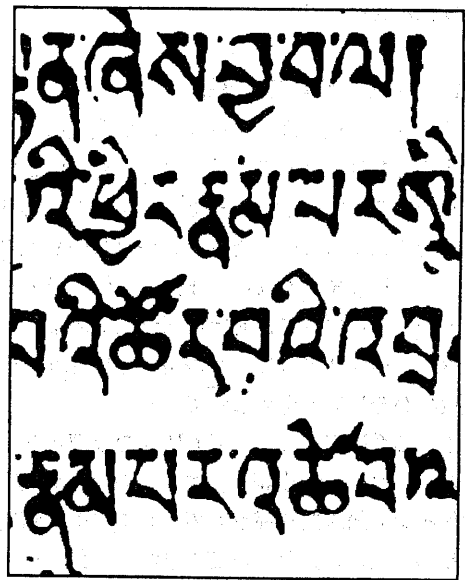


図2. 製版フィルムのシュミレーション

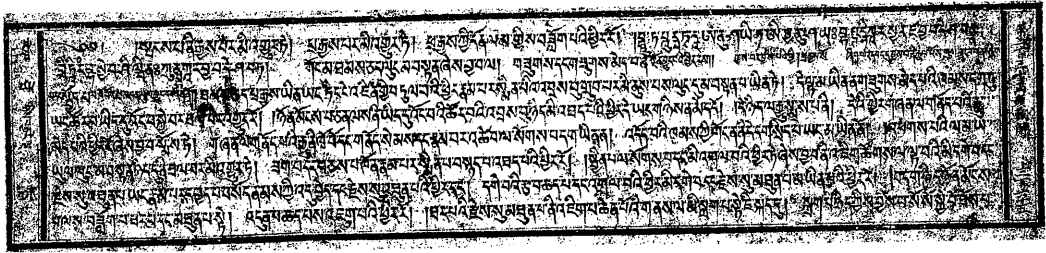


図3. 北京版チベット大蔵経の1ページの例(最小の文字が使用されている)

### 5. 北京版チベット大蔵経の特徴

図3は、北京版チベット大蔵経の1ページの例である。本資料は、紙の幅70.9 cm、高さ21.0 cmで、巨大である。文字は、赤色色素によって印刷され、紙はやや黄色く変色している。ページによっては、退色が進みコントラストの低下が著しい。最も状態の悪いページには、多数の灰色の汚れがあり、文字とほぼ同等の反射率であり、モノクローム・フィルムでの文字と汚れの判別は不可能であった。

文字は、大、標準、割注の3種類の大きさがあ  
る。図3の右上から2行目が割注である。最小の  
図形はツェックであるが、最小の線幅は文字の大  
きさに関係なく約0.4 mmである。この幅は、木  
版からくる限界であると思われる。この0.4 mm  
の線は、文字の縦線部分で多用される。

### 6. 本資料で必要な分解能

本資料での最小線幅は0.4 mmであるため、そ  
れに対し、十分な粒子数がフィルム上にあれば、  
量子化誤差を無視して可読であるといえる。粒子  
数が少ない場合、量子化誤差は、線の揺らぎとコ  
ントラストの低下として現れる。レンズの分解能  
を理想と仮定すると、資料上での0.4 mmに対し  
粒子数が10個あれば十分量子化誤差を無視して  
可読と言える。しかし、写真撮影後、フィルム・  
スキャナーでデジタル画像ファイル化するため、  
スキャナーの誤差を考慮に入れると、約20粒子  
が必要であると言える。これは、フィルム上では  
20粒子/0.019 mmに相当する。即ち、1 mmに  
対し約1000粒子である。従って、この値より粒

子数が少ない(粒子径が大きい場合)、目標とする  
分解能が得られず、フィルムとして不適切となる。

レンズに関しては、理論上、フィルム上で1 $\mu$   
mの焦点円が必要とされることになる。これは、  
レンズの限界値である。レンズの焦点円の光量分  
布は不明であるため、実際に撮影しないとどの程  
度の解像度が得られるか判明しない。分解能は、  
フィルムの粒子径とレンズの解像度の両方によっ  
て決定される。

### 7. 分解能に関与する要因

分解能に関与する要因は、フィルムの粒子径と  
レンズの解像度だけではない。分解能を決定する  
要因は、

1. フィルムの粒子径
2. レンズの基本分解能
3. レンズの絞り
4. フィルムの感光特性曲線
5. 資料の反射率とコントラスト
6. 色温度
7. 撮影時の温度

である。レンズの絞りは、絞りの端が光を回折す  
るため、ボケの原因となる。即ち、絞り値を大き  
くすると、絞り端の長さに対するレンズの開口面  
積が小さくなり、回折の影響が強くなり分解能が  
低下する。しかし、絞りを開けるとレンズの基本  
的諸収差が強くなり、分解能が低下する(図4)。  
なお、マクロ・レンズは、近距離での焦点円が小  
さい。

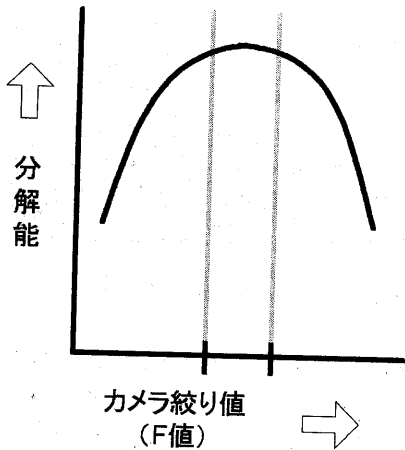


図4. 絞りと分解能の関係

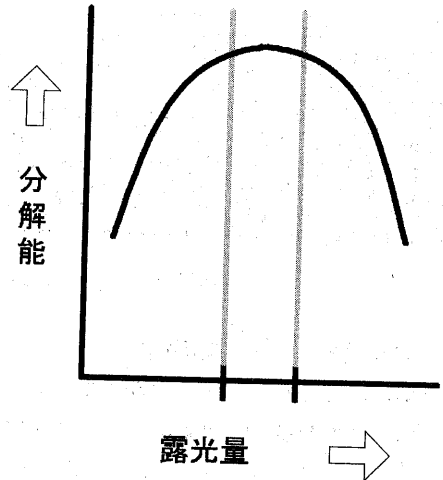


図6. 露出と分解能の関係

フィルムの感度は、18%グレーを中心に上下にほぼ同じ範囲の感度を持っている(図5)。この適性露出の範囲であれば、明暗の階調は、ほぼ正確に再現される。しかし、この範囲の上限と下限では、分解能が低下する(図6)。本資料は、18%グレーより反射率の大きいため、適正露出はアンダーとなる(図7)。適正露出を調べるため、資料とともにグレー・スケール(Kodak社製)を撮影した。

本資料は、赤色色素による印刷で台紙が黄色であるため、色温度が低下して赤色光量が相対的に多くなると、赤のマスキングと同等の作用となり分解能が低下する。しかし、正しい色再現のため

には、フィルムの適正色温度から  $300^{\circ}\text{K}$  以上差があってはならない。色温度と色相の変化を補正するため、資料とともにカラー・チャート(Kodak社製)を撮影した。

#### 8. 撮影器材

選択したカラー・リバーサル・フィルムは、Kodachrome 25 Professional (乳剤番号 1182、Kodak)と Ektachrome Professional E100S (乳剤番号 1271、Kodak)である。Kodachrome 25 Professional は、最小の粒子径であることで知ら

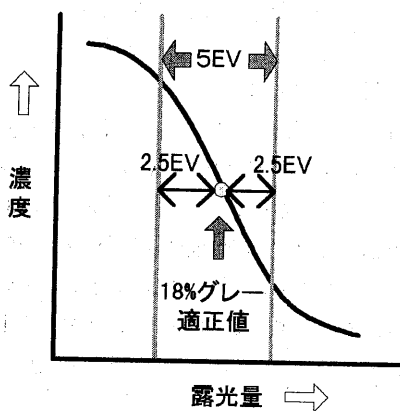


図5. フィルムの感光曲線

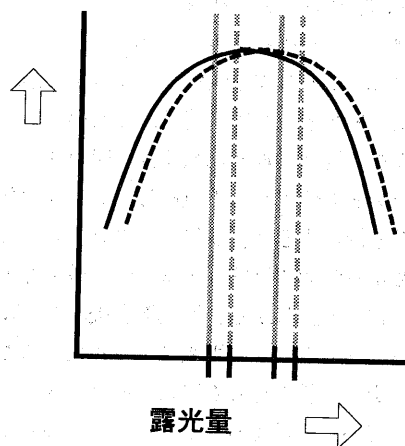


図7. 反射率と分解能の関係

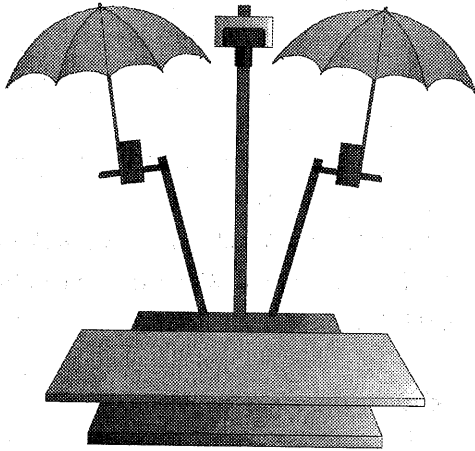


図8. 撮影装置

れている [2]。粒子径の大きい Ektachrome Professional E100S を選択した理由は、Kodachrome 25 Professional が外式フィルムで、現像に時間を要するためである。なお、乳剤番号と使用期限は、常に同じものを用い、フィルムごとの差を最小にとどめている。

レンズは、経験的に高い解像度を有しているとされ、書籍の撮影に最も頻用される Micro Nikkor 55mm F2.8(シリアル#292238、株式会社ニコン)を選択した。カメラは、高い精度を維持できるとされている F3HP(シリアル#1441458、株式会社ニコン)を選択した。

ストロボは、CT-150(シリアル番号 Z 701094、Z 701056、コメット株式会社)を2灯用いた。本

ストロボは、 $\pm 0.03\text{EV}$  の再現性を持ち極めて高性能である。反射傘は、同社の直径 65 cm のものを2本使用した。

光量測定は、0.1EV の測定が可能な Flash Meter V(シリアル#76711153、ミノルタ株式会社)を用いた。色温度測定は、 $10^\circ\text{K}$  の測定が可能な Color Meter IIIIF(シリアル# 79711013、ミノルタ株式会社)を用いた。

これらの機器は、図8に示した撮影台に固定した。カメラと資料の距離は、128.5 cm で、カメラと台の角度は、 $180^\circ \pm 1^\circ$  以下になるように水準器を用いて調整した。資料台と周囲の壁には、18%グレー紙を貼り付けた。光量と色温度は、直接入射光(定常光とフラッシュの和)で計測した。代表的な測定値を図9に示す。図の上段の光量は、絞り値+EV 値である。光量は $\pm 0.1\text{EV}$  以下、色温度は、 $\pm 10^\circ\text{K}$  以下に調整した。

### 9. 最適露出の決定撮影

被写体として、分解能測定チャート、600 mm 金尺(JIS 1級 0.5 mm 目盛)、Kodak 社製のカラー・チャートとグレー・スケール、及び本大蔵経を用いた。

適正露出の決定は、2種類のフィルムで同じ方法で行った。18%グレーが F5.6 で適正となる光量で、F2.8、F4、F5.6、F8、F11、F16、F22 で撮影した。資料が 18%グレーより反射率が高いため、F5.6 と F8 の間に適正露出があった。

次に、レンズの分解能が、F 値に依存するため、

撮影台支柱位置

5.6+0.6	5.6+0.7	5.6+0.7	5.6+0.7	5.6+0.6
5820	5820	5810	5810	5810
5.6+0.6	5.6+0.7	5.6+0.7	5.6+0.7	5.6+0.6
5830	5810	5810	5800	5810
5.6+0.6	5.6+0.7	5.6+0.7	5.6+0.7	5.6+0.6
5810	5820	5800	5810	5810

図9. 入射光と色温度の測定例

F5.6 と F8 でそれぞれ、適正光量と 0.3EV 少ない光量で撮影した。F5.6 で十分な分解能であれば、資料保護のため、光量の少ない F5.6 を撮影条件とすることができる。双眼顕微鏡 BX50F (オリンパス) を用い、40×10 倍で観察したところ、F5.6 と F8 で有為な差は見られなかった。

最終的な適性露出を得るために、18%グレーが F5.6 で適正露出となる光量を 0 として、+0.3EV、0、-0.3EV、-0.6EV で撮影し、Kodachrome 25 Professional では -0.3EV の、Ektachrome Professional E100S では -0.5EV の最適光量を得た(Ektachrome は、-0.2EV、-0.5EV で撮影)。

## 10. 結果

検鏡の結果、Kodachrome 25 Professional では、資料面で 0.2 mm 幅の金尺の目盛り線を完全に分解していることが判明した。図 10 は、撮影した Kodachrome 25 Professional のフィルムを、Pro Photo CD(Kodak)の BASE64 でデジタル画像としたものである(印刷のため、アンシャープ・マスクを使用した)。粒子の個数の計測は困難であり正確には求められないが、0.4 mm 幅に約 60 から 80 個の粒子があり、フィルムの分解能としては十分である。また、レンズの解像度も予想を越えて高かったと言える。

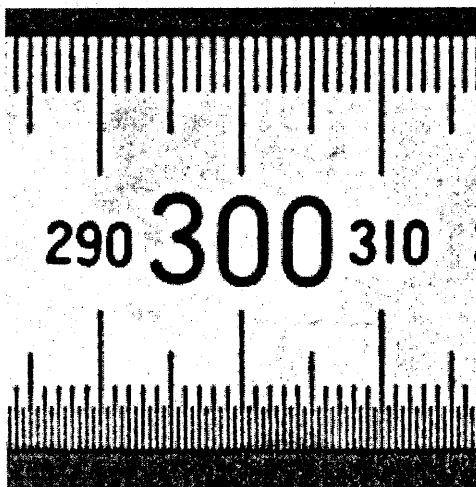


図 10. 撮影された金尺の目盛り

しかし、Ektachrome Professional E100S では、0.4 mm 幅に約 10 から 15 個程度であり、次段階のスキヤニングでは、不十分である。目盛り線は、明瞭に分離されなかった。

また、適正色温度限界の 5800° K のほうが分解能が高いことが判明した。

なお、グレー・スケールにより、本大蔵經の濃度は、十分 Kodachrome 25 Professional の再現範囲内であることが証明された。

## 11. 考察

本研究で、35 mm フィルムを用いて、本大蔵經の必須情報を保持しうることが判明した。さらに、分解能の決定には、フィルムの粒子径が、予想以上に大きな要因となることも判明した。本研究で、精度の保証のないデジタル化の危険性が明確になったと言える。

## 謝辞

本研究は、文部省科学研究費補助金を受けている。器材の供与をくださった株式会社ニコンと、研究に多大な貢献をくださった、堀内カラー大阪現像所の川瀬氏と神阪氏に感謝いたします。大谷大学図書館員全員に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 鈴木大拙編：影印北京版西藏大蔵經、西藏大蔵經研究会、1955年12月28日(全168巻、絶版)
- [2] 新版・カラーフィルム撮影テクニック、玄光社、1997年7月20日
- [3] 今枝由郎、チベット大蔵經の編集と開版、岩波講座東洋思想第11巻チベット仏教、岩波書店、1989年5月31日
- [4] 横地祥原編、寺本婉雅、蔵蒙旅日記、芙蓉書房、昭和49年1月19日
- [5] 羽田野伯猷、チベット・インド学集成第二巻チベット編 II、法藏館、昭和62年12月1日