



相机影像器材工业协会标准

Standard of the Camera & Imaging Products Association

*CIPA DC-003 - Translation-2003*

数码相机分辨率的测量方法

Resolution Measurement Methods for Digital Cameras

**This translation has been made based on the original Standard (CIPA DC-003).**

**In the event of any doubts arising as the contents, the original Standard is to be the final authority.**

2003年12月17日制定

编 制

标准化委员会

Standardization Committee

发 行

有限责任中间法人 相机影像器材工业协会

Camera & Imaging Products Association

本书面资料按照“本来状态”直接提供。CIPA、CIPA 的会员、会员的子公司或与会员有关的公司，关于本书面资料内容，包括其商品性、针对具体目的的适用性以及不侵犯任何权利的保证等在内，不作任何保证，包括明确表述和隐含的保证。

CIPA、CIPA 的会员、会员的子公司或与会员有关的公司，对由于本书面资料的使用或无法使用而产生的损害(指包括但不限于利益损失、派生或继发损害等在内的所有损害)，在适用法律认可的范围内，一律不承担任何责任。即使 CIPA、CIPA 的会员、会员的子公司或与会员有关的公司知道存在发生有关损害的可能性时也同样。

CIPA、CIPA 的会员、会员的子公司或与会员有关的公司，对由于本书面资料内容而引起与第三方之间产生或可能产生的知识产权纠纷，不承担防御、协作或补偿责任。

## 目 录

1. 适用范围.....	1
2. 引用标准及文件.....	1
3. 术语及定义.....	1
4. 测试图表.....	1
4.1 ISO12233 分辨率图表.....	1
4.2 ISO 图表中所记载数字的含义.....	1
4.3 ISO 图表以外的图表.....	1
5. 拍摄条件.....	4
5.1 照明.....	4
5.2 取景构图.....	4
5.3 相机条件设定的原则.....	4
5.4 曝光条件设定.....	4
5.5 对焦.....	4
5.6 白平衡.....	4
5.7 变焦位置.....	4
6. 测量条件.....	4
6.1 用打印图像进行的评估.....	4
6.2 用显示图像进行的评估.....	5
6.3 利用软件进行测量.....	5
7. 标记事项.....	5
7.1 分辨率的数值.....	5
7.2 分辨率的测量方向.....	5
7.3 分辨率的测量方法.....	5
7.4 相机的条件.....	6
7.5 测量条件.....	6
8. 标记例.....	6
9. 关于 ISO12233.....	6
附件 1 (参考) 极限分辨率判定软件 HYRES 的概况.....	7
1. 前处理·裁剪出.....	7
2. 主处理·楔形线数变化的检测.....	7
3. 运算处理.....	8

附件 2 (参考) HYRES 的极限分辨率判定算法说明 .....	9
1. 前言 .....	9
2. 处理概要 .....	9
3. 主要流程 .....	9
4. 楔形线开始行 WSL 检测子流程 SR1 .....	10
5. 黑线检测(黑线数 BCT 获取)的子流程 SR2 .....	10
6. 总结 .....	12
附件 3 (参考) 分辨率测量用 45 度图像旋转算法说明 .....	19
1. 背景 .....	19
2. 处理方法 .....	19
附件 4(参考) 本标准制定时通过实验确认的事项 .....	21
1. 目测判定视觉分辨率时的偏差(打印输出及显示屏显示) .....	21
1.1 用打印图像进行的目测评估时的偏差 .....	21
1.2 用显示屏显示图像进行目测评估时的偏差 .....	21
2. 用计算机软件进行视觉分辨率评估时与目测评估之差 .....	22
数码相机分辨率的测量方法 解说 .....	26
1. 制定的宗旨和过程 .....	26
1.1 宗旨 .....	26
1.2 经过 .....	26
2. 审议中意见多歧的事项 .....	26
3. 原案编制委员会组成表 .....	26

# 数码相机分辨率的测量方法

## Resolution Measurement Methods of Digital Cameras

### 1. 适用范围

CIPA 标准 DC-003(2003)(以下简称本标准)适用于民用静止照片数码相机(以下简称 DSC)。在产品目录等中记载静止照片的分辨率时,采用本标准规定的测量方法。

### 2. 引用标准及文件

在本标准中引用下列标准,它们将构成本标准规定的一部分。

这些引用标准都适用其最新版本(含追加内容)。

ISO12233: 2000 Photography - Electronic still-picture cameras - Resolution measurements

ISO7589: 2002 Photography - Illuminants for sensitometry - Specifications for daylight, incandescent tungsten and printer

### 3. 术语及定义

- a) **分辨率 resolution** 除锯齿外,可分辨精细图案的极限。以画面每单位高度的条数来表示。
- b) **锯齿 aliasing** 采样频率小于图像信号最高频率的 2 倍时,在采样频率的高次谐波附近会产生带波重叠的噪音。(新版摄影术语辞典(株) 写真工业出版社 1988)

### 4. 测试图表

#### 4.1 ISO12233 分辨率图表

本标准以 ISO12233 为基础,测试图表(图 4.1,以下简称 ISO 图表)也直接利用 ISO12233 用图表。ISO 图表中包含各种样式,本标准(视觉分辨率)主要使用其中的水平方向 J1、K1;垂直方向的 J2、K2;倾斜 45 度方向的 JD、KD 等样式。(ISO12233 中记载了 3 种测量方法、ISO 图表的采购方法,请参考 9. 关于 ISO12233。)

使用 ISO 图表时,不一定直接使用该图表。也可裁剪出必需的部分,并经过重新拼接排列后使用。

#### 4.2 ISO 图表中所记载数字的含义

摄影时让图表的有效高度(横向长边看图 4.1 时粗框内侧的高度)正好占满画面,图案的数字×100 即为画面中每单位高度的条数。拍摄时不一定要让有效高度占满整个画面,但此时需要进行标定(参考 5.2 取景构图)。

#### 4.3 ISO 图表以外的图表

也可自己制作并使用与 ISO 图表相同的图表。此时,必须满足 ISO12233 中规定的如下事项(ISO 图表当然满足这些规定的要求)。

- a) 白底部分的反射率  $R_{max}$  与大面积黑色部分的反射率  $R_{min}$  之比为  $80 > R_{max}/R_{min} >$

40(ISO12233 的第 4.5 项)。

- b) 各个图案的位置精度相对所规定位置为 0.2mm(画面高度的 $\pm 0.1\%$ ) (ISO12233 的第 4.8 项)。
- c) 线宽为 $\pm 5\%$ (ISO12233 的第 4.8 项)。
- d) 双曲线图案 K1、K2 的最细部分(的白色部分和黑色部分)的反射率比  $R_{\max}/R_{\min}$  为 18 以上。但这仅为“推荐”水平(ISO12233 的 AnnexB)

也可使用透过型图表。此时上述项目的反射率应解释成透过率。使用透过型图表时，用扩散光进行照明。

无论是反射型还是透过型，评估用图案必须呈中性分光特性。

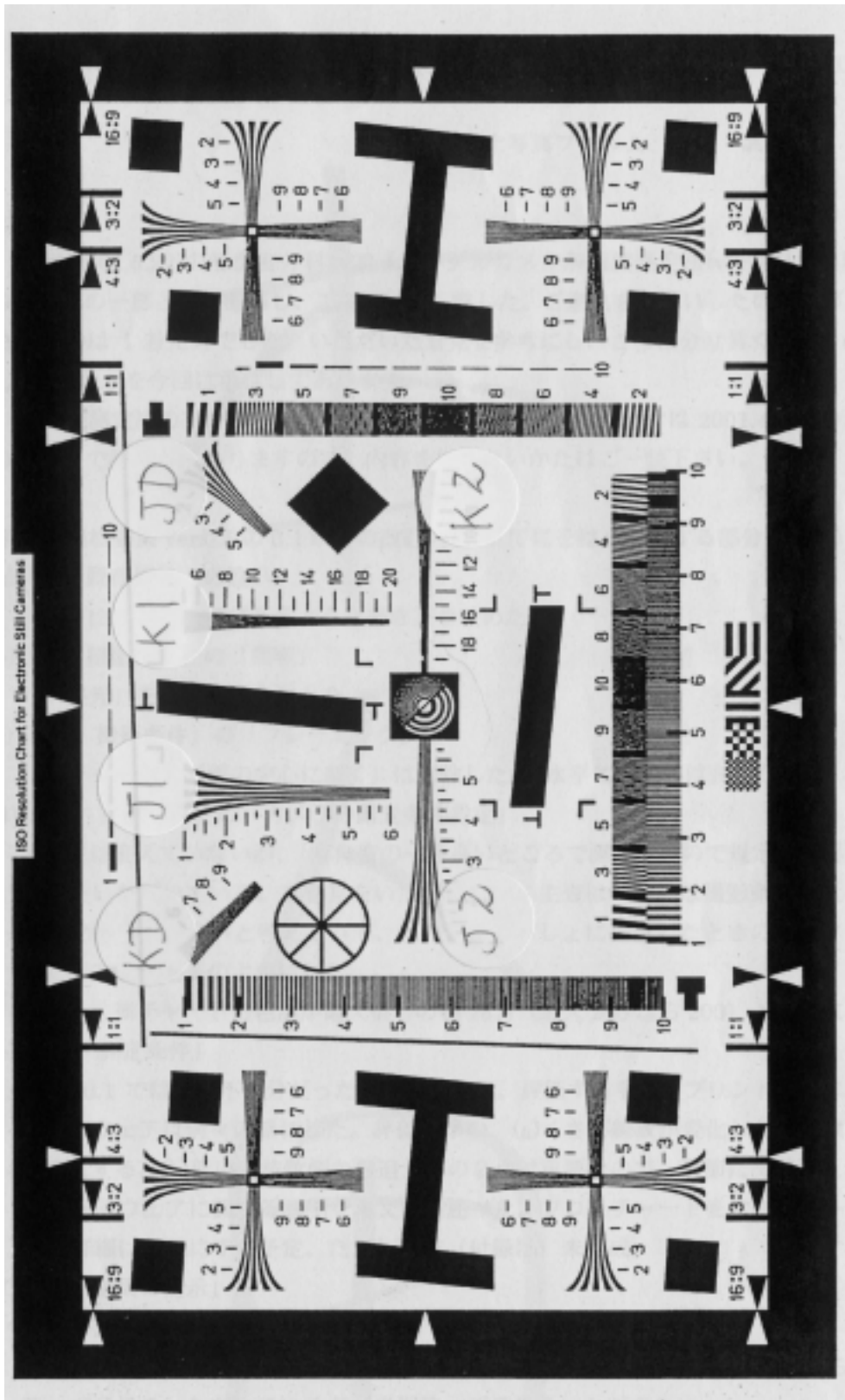


图 4.1 ISO12233分辨率图表

## 5. 拍摄条件

### 5.1 照明

光源根据 ISO7589 的规定, 采用“日光”(标准设定)或“钨丝灯”。对图表进行充足的照明以确保相机能输出信号。照明时要保证图表任何部分与中央区域的照度差异位于 $\pm 10\%$ 的范围内。要注意不要让照明光源的光线直接进入相机镜头。在图表周围放置反射率较低的物体, 以便将反射光的影响降到最低。

### 5.2 取景构图

放置图表时使之与相机的焦点面平行, 并且使得横向看时, 水平方向的粗框与画面水平框平行。根据 ISO12233 的规定, 拍摄时让图表的有效高度(横向看图 4.1 时粗框内侧的高度)正好占满画面。实际上完全按照该要求拍摄有一定难度, 因此也可拍摄得稍小。此时, 将乘以“整个画面的垂直像素数/画面中图表的每有效高度的像素数”进行标定。

### 5.3 相机条件设定的原则

根据本标准测量分辨率时, 相机参数原则上采用出厂时的设定。采用出厂设定以外的设定进行测量时必须注明所采用的设定。若存在根据出厂时的设定无法确定的参数时, 厂商将按照该相机的用户最可能使用的设定进行测量, 并注明可确定该设定的信息。

说明和示例 采用出厂时的设定, 是根据各公司认为该机型用户最可能使用的设定即为出厂时的设定这一前提而决定的。但是, 可能存在用出厂时的设定无法确定测量条件的情况。例如, 在功能切换拨盘与 on/off 开关相同, 可按照“off→回放→标准画质拍摄→非压缩拍摄”的顺序切换的相机中, 出厂设定为 Off 的场合即属于这种情况。此时按照厂商认为该相机用户最可能使用的设定条件(例如标准画质拍摄)进行测量, 并注明可确定该设定的信息。

### 5.4 曝光条件设定

没有特别规定。

### 5.5 对焦

没有特别规定。

### 5.6 白平衡

相机的白平衡必须相对照明光源进行适当调节。

### 5.7 变焦位置

没有特别规定。

## 6. 测量条件

拍摄上述 ISO 图表后, 打印或显示拍摄图像, 对该图像进行视觉评估并求解 DSC 的分辨率。也可使用可执行与视觉评估同样处理的软件进行评估。

### 6.1 用打印图像进行的评估

为了尽量缩小评估的离散性, 以如下 2 点作为评估基准。

- a) 将视觉分辨率评估图案的楔形线数发生变化(如由 5 条变为→4 条)的空间频率作为分辨率。单位以画面中每高度的条数来表示。



b) 观察时, 请务必从低频侧开始跟踪。

打印倍率可设定为任意值。

## 6.2 用显示图像进行的评估

为了尽量缩小评估的离散性, 以如下 2 点作为评估基准。

a) 将视觉分辨率评估图案的楔形线数发生变化(由 5 条变为→4 条)的空间频率作为分辨率。

单位以画面中每高度的条数来表示。

b) 观察时, 请务必从低频侧开始跟踪。

显示屏观察时的放大(变焦)倍率可设定为任意值。

## 6.3 利用软件进行测量

6.1、6.2 都是通过目测评估分辨率的方法, 该方法虽然简单, 但是存在 a)个人差异, b)无法保证重复时的再现性, c)受图像输出显示器和打印机的影响等缺点。为了避免这些再现性以及受器材影响的问题, 可使用可执行与目测求解视觉分辨率时相同处理的计算机软件来评估分辨率。用计算机软件求解分辨率的方案在制定本标准时由委员提案, 所提供的软件经各公司(最终 10 家公司)测试, 结果与目测具有良好的一致性, 因此纳入了本标准。软件概况在附件 1 中、软件所使用的算法内容在附件 2 和 3 中、测试结果在附件 4 中各有记载。

附件 1、附件 2 和附件 3 中所记载的软件, 可从提供本标准书电子文件的网站(Web site)上下载。另外, 也可自己编辑并使用具有同样功能的软件。

## 7. 标记事项

进行分辨率标记时, 不是通过说明或宣传媒体(以下简称媒体)进行标记, 而是按照如下规定进行。关于 7.2~7.4 的事项, 在规格一览、性能一览等栏目中记载分辨率时必须进行记载。

### 7.1 分辨率的数值

仅标记利用 CIPA 分辨率测量方法标准中规定的测量方法所决定的条件下测量的分辨率。对于分辨率为 600 条以上的相机, 最好以 50 条为单位进行标记。50 条的根据如附件 4 所述。

根据 CIPA 分辨率测量方法标准确定的分辨率测量方向中, 有(1)水平、(2)垂直、(3)45 度右上倾斜、(4)45 度右下倾斜等 4 种方向(45 度右上倾斜/右下倾斜测量的数值有时会不同)。4 种方向中最低的数值必须标记。

若要标记其它数值, 必须在近旁同时注明最低数值。

### 7.2 分辨率的测量方向

标记用多个测量方向测量的数值时, 必须同时注明分辨率的测量方向。另外, 为简单起见, 也可将“45 度右上倾斜”标记为“右上”, 将“45 度右下倾斜”标记为“右下”。而且, 仅标记“45 度右上倾斜”或“45 度右下倾斜”某一方的数值时也可省略为“倾斜”。

### 7.3 分辨率的测量方法

a)原则: 包括拍摄条件、测试图表、测量方法在内, 标记时也可省略为“根据 CIPA 标准”、“依据 CIPA”或“CIPA”。

b)例外: 与记载有分辨率的相同说明·宣传媒体或其它媒体中已经标记了根据 CIPA 分辨率测量方法的测量结果时, 也可省略关于测量方法的标记。

#### 7.4 相机的条件

将相机参数设定为出厂设定以外的设定进行测量时，要将该条件标记在分辨率标记旁边。（参考“5.3 相机条件设定的原则”）

#### 7.5 测量条件

也可同时标记测量时使用了打印机、显示器或软件中的哪一项。此时，请在分辨率标记的旁边标记这些内容。（参考“6. 测量条件”）

### 8. 标记例

分辨率测量结果为水平 1250 条、垂直 1200 条、45 度右上倾斜 1150 条、45 度右下倾斜 1100 条时的标记例子如下。

标记例 1)仅记载最低数值的例子

分辨率：1100 条(依据 CIPA)

标记例 2)记载最高数值和最低数值的例子

分辨率：水平 1250 条、倾斜 1100 条(根据 CIPA 标准)

标记例 3)记载水平、垂直和最低数值的例子

分辨率：水平 1250 条、垂直 1200 条、倾斜 1100 条(CIPA)

标记例 4)记载所有数值的例子

分辨率：水平 1250 条、垂直 1200 条、右上 1150 条、右下 1100 条(根据 CIPA 标准。按显示屏显示进行评估。)

标记例 5)追加了相机条件的例子

分辨率：1100 条(记录 RAW 数据时，其它根据 CIPA 标准。按显示屏显示进行评估。)

### 9. 关于 ISO12233

DSC 分辨率的测量方法于 2000 年正式建立。本标准以 ISO12233 中记载的 3 种测量方法中的一种即视觉分辨率 **visual resolution** 为标准测量方法。

在 ISO12233 中除了视觉分辨率外，还记载了极限分辨率 **limiting resolution** 和空间频率响应 **spatial frequency response(SFR)**2 种。极限分辨率受锯齿的影响有时会显示异常高的值，这一点在为了制定本标准而作的实验中表现得十分明显。**SFR** 采取将黑/白界限进行傅立叶解析方法，存在离散性较大、与视觉分辨率和极限分辨率会发生背离等缺点(例：冈野幸夫 日本光学会杂志，5(6),p.582(1998))。

ISO 图表从 O.T.O 研究社(〒169-0075 东京都新宿区高田马场 1-34-12 竹内大楼 Tel. 03-3208-7821, Fax 03-3200-2889)获得。有关技术问题的咨询请与 ISO/TC42 日本国内协议会(〒102-0082 东京都千代田区一番町 25 JCII 大楼 照片感光材料工业协会内 Tel. 03-5276-3561, Fax 03-5276-3563)联系。若要订购请注明“ISO12233 电子静态相机专用分辨率图表”。

## 附件 1 (参考) 极限分辨率判定软件 HYRes 的概况

如正文中所述，用计算机软件求解视觉分辨率的方案是制定本标准时由某委员提案，并由各个公司对所提供的软件进行测试。测试结果表明与目测求得的分辨率具有良好的一致性，因此纳入了本标准书。下面将介绍该软件的概况(算法详细情况如附件 2 所述)。在本标准书中将该软件称为 HYRes。

### 1. 前处理·裁剪出

HYRes 支持 BMP 文件格式。用除此以外的格式记录的图像数据请事先用适当的图像处理软件进行格式转换。用 HYRes 读出图像文件，裁剪出视觉分辨率评估图案部分。如附件 1 图 1 所示，HYRes 以楔形线切割主扫描方向来采集数据并进行运算。当楔形线以垂直或 45 度方向切割时，HYRes 会自动判定数据，进行旋转后再进行运算。45 度旋转根据具体方法可能会对分辨率产生影响，因此要以如下 2 点为原则。

- a) 不进行抽点抽行处理：为避免遗失信息，不进行抽点抽行处理。
  - b) 插值采用前置插值：通过插值生成新的像素时，若将相邻两像素平均，黑白之间的像素会变为灰色。生成本来没有的颜色对分辨率测量产生不良影响，因此插值采用前置插值。
- 以这两点为原则的 45 度旋转算法如附件 3 所示。



附件 1 图 1

### 2. 主处理·楔形线数变化的检测

本软件 HYRes 可把进行目测评估时的以下两个基准，用软件方式来进行。

- a) 将视觉分辨率评估图案的楔形线数发生变化(如由 5 条变为→4 条)的空间频率作为分辨率。单位以画面中每高度的条数来表示。
- b) 观察时，请务必从低频侧开始跟踪。

现按照附件 1 图 1 进行说明。

裁剪出的图像中的楔形线数(5 条或 9 条)是运算中必需的, 通过手动输入。

首先检测楔形开始线。如附件 1 图 1 所示, 图像的主扫描方向经过前处理横切楔形线, 从上端开始水平扫描图像数据, 检测楔形开始行 WSL。每读 1 条线选出最小的 3 个值, 当这 3 个值的平均值与线全点平均值之差为最初线的 5 倍时, 即解释为开始出现楔形。

继续扫描, 在楔形线数的计数中检测各线的极大值和极小值。此时为了除去噪音和波动的影响, 忽略未满足某阈值的变化。阈值初期设定为 1 条线全点平均值与最小 3 点的平均值之差的 1/4。随着扫描线向高频移动, 以最初的阈值设定变得无法检测时, 逐渐减小阈值并重复检测。这样即可数出极小值和极大值。随着这种操作的进行, 当可数的黑线数与最初手动输入的楔形线数变得不一致时, 将该线作为分辨率极限线 LML。

接着继续扫描, 可找出楔形图案的最终线 WEL。这可通过求各线的振幅, 并与前一条线的振幅进行比较, 当出现急剧减少时即可判断为最终线。

### 3. 运算处理

最后, 利用 WSL、LML、WEL 计算分辨率。ISO 图表的视觉分辨率图案的空间频率在长度方向呈线性变化, 即为线性扫描图表。其长度为有效画面高度(20cm)的 0.3 倍(=6cm)。本来 ISO 图表的有效画面高度是按照占满整个拍摄画面高度进行设计的, 但即使不按照占满整个拍摄画面高度进行拍摄, 只要用整个画面高度 PHT 与楔形线长度(WEL- WSL)之比和 0.3 的乘积作修正系数 C, 也可求解分辨率。

5 条楔形线时

$$\text{分辨率} = (100 + 500 \times (\text{LML} - \text{WSL}) / (\text{WEL} - \text{WSL})) \times C \quad \dots(1-1)$$

9 条楔形线时

$$\text{分辨率} = (500 + 1500 \times (\text{LML} - \text{WSL}) / (\text{WEL} - \text{WSL})) \times C \quad \dots(1-2)$$

其中, C 为修正系数

$$C = 0.3 \times \text{PHT} / (\text{WEL} - \text{WSL}) \quad \dots(1-3)$$

## 附件 2 (参考) HYRes 的极限分辨率判定算法说明

### 1. 前言

因为用软件分析图像数据的方法与输出设备或测量者无关，因此从原理上有望获得再现性很高的结果。但作为必须条件，与过去有许多应用业绩的方法即目测方式的视觉分辨率法(以下简称目测法)必须具有相关性。

用软件法获得的结果，如果解释为：表示以任何输出设备都无法更好再现的图像数据信息极限的话，则在使用具有足够性能的输出设备时，用目测法也必须得到几乎同样的测量结果。

利用 HYRes 进行的处理的最大特点是采用与测量者目测判定分辨率极限点时几乎相同的判定算法，该算法与目测法具有很高相关性的事实已经在试验中得到证实(参考附件 4)。

以下将参考附件 2 图 1 至附件 2 图 3 的流程图说明 HYRes 的算法。

### 2. 处理概要

HYRes 对于包含如附件 1 图 1 所示例子中楔形图案的矩形区域数据，以水平方向为主扫描方向检测前述线数，以垂直方向为副扫描方向进行频率扫描，并据此求解分辨极限的空间频率。

- a) 附件 2 图 1 所示为利用 HYRes 进行分辨率测量的主要流程。
- b) 附件 2 图 2 所示为检测主要流程 m05 中楔形开始行 WSL 的子流程 SR1、和分辨条数计算公式。
- c) 附件 2 图 3 所示为主要流程 m10 中黑线检测的子流程 SR2。

\* 这里水平方向坐标  $i$  向右为正，垂直方向坐标  $j$  向下为正，PHt 表示整个图像的垂直像素数， $Lx+1$  表示裁剪出的矩形图像水平像素数， $Ly+1$  表示裁剪出的矩形图像垂直像素数。另外，图像数据越明亮，其数值越大。

### 3. 主要流程

以下按照附件 2 图 1 进行说明。在处理步骤 m01、m02 中读入图像数据，在 m03 中将数据空白部分(这里指最上行)的平均值作为背景白水平值 BWL。然后在步骤 m04 中，作为噪音水平从同一部分取最少 3 值的偏差平均值。该值将用于后面的阈值设定中(所谓偏差平均值是指“偏差”即“各值与所有值平均值之差”的平均值)。在下一步 m05 中将检测楔形开始行 WSL(上端)。这将用于楔形线长度检测和分辨极限判定环的开始行。在接下来的 m06 中，在 WSL 中加入数行(2~3 行)，虽然会与分辨极限判定环的开始行错开，但这主要是为了避免由于受垂直缝隙等各种图像处理的影响而产生的动作不良。

在 m07、m08 中，设定了分辨极限判定环中使用的各阈值水平的初始值(这些值可在环中重新设定。)在 m09 中对其它一般参数进行初始化(另外，因为上述最小 3 值偏差平均值对黑白波而言，也能看作“将全振幅的一半=半振幅作为平均值与黑色水平之差测得的值”，也称为黑色侧半振幅)。

利用 m10 以后的步骤进行分辨极限的判定。利用后述 SR2 处理，对各行获得黑线数 BCT。在 SR2 中获得黑线数与用目测方式数的线数相当。m11 是判定该黑线数与本来的楔形线数

WCT 是否相等的分歧点。如果相等, 则按照  $m23 \sim m25 \rightarrow m10$  的行更新环转移到下一行的判定。而当判定为不相等时, 从步骤  $m12$  分歧点开始按照  $m28 \rightarrow m29 \rightarrow m10$  通过阈值更新环, 降低黑线判定的阈值水平  $ETH1$  后重新进行判定。

最后, 所检测的黑线数  $BCT$  与楔形线条数  $WCT$  不一致时, 将前一行作为分辨极限行  $LML$  检测出来( $m14$ )。随后, 为了进行楔形线下端的检测, 通过  $m16$  分歧点通过  $m31 \sim m33$  反复执行行更新环(其间跳过处理步骤  $m13 \rightarrow m16$ ), 直到 1 条黑线也检测不出为止, 通过步骤  $m16$  当判定为没有黑线时, 将该行作为楔形线下端  $WEL$  检测出来。

像上述这样, 利用求出的楔形线开始行  $WSL$ 、楔形线下端行  $WEL$  以及分辨极限行即可求得分辨条数。该分辨条数结合各楔形  $WCT$  分别用相应的公式(附件 2 图 2 的“分辨条数计算”)求解。关于这两个公式的含义, 如附件 2 图 2 所述。

另外, 若分辨极限行  $LML$  位于楔形线下端行  $WEL$  起 3 行以内, 将显示“全分辨”, 提示变更图表的倍率, 结束处理( $m22 \rightarrow m36$ )。这主要是担心垂直缝隙影响等导致测量不稳定。另一方面, 楔形线下端行  $WEL$  若不比分辨极限行  $LML$  大, (当从  $m23$  或  $m31$  经过分歧的错误处理时属于这种情况), 将显示“无法测量”错误信息并结束处理( $m19 \rightarrow m35$ )。

#### 4. 楔形线开始行 $WSL$ 检测子流程 $SR1$

以下按照附件 2 图 2 进行说明。基本上按照顺序调查各行( $j$ ), 当检测到相应行的振幅(在此采用最小 3 值的偏差平均值 [黑色侧半振幅])比所设定值  $ETH0$  大时( $s104$ ), 将该行作为  $WSL$ ( $s105$ )。检测阈值  $ETH0$  在  $s101$  中指定(在此使用  $m04$  中求得的噪音水平  $NL$  的 5 倍)。 $s102$  为向下一行的移行(增量),  $s103 \rightarrow s106$  的分歧为无法检测开始行时错误处理。

#### 5. 黑线检测(黑线数 $BCT$ 获取)的子流程 $SR2$

以下按照附件 2 图 3 进行说明。因为本流程十分重要, 在进行具体控制说明之前, 先叙述有关意图。

在人用目测方式认识黑白线数的过程中, 测量者自身虽未意识到, 但实际上在进行着极其高级复杂的判断活动。具体而言, 首先在楔形线的高频区域, 特别是分辨极限附近振幅变得极其小, 黑白线对应的辉度变化的局部振幅由于受相机频率特性或 **shading** 因素影响, 与整个楔形线产生的波动(低频辉度变化)相比有时会显得较小。这种情况下, 会产生诸如黑线值(辉度极小值)比其它白线值(辉度极大值)大的状态。即使由于 **shading** 等因素产生这种波动, 人眼也能不受其影响而根据局部变化做出相应反应调整, 并最终识别楔形黑白线。

另一方面, 在楔形线低频区域(振幅较大的区域), 在黑白边缘附近, 由于相机频率特性(特别是边缘强调处理)的影响, 大多数情况下会伴随较大的振幅的波状辉度变化(**ringing**)(该辉度变化比极限分辨率附近的楔形图像振幅[辉度变化]大得多的情况也不鲜见), 即使在这种情况下, 若 **ringing** 的振幅与相应的低频楔形图像的辉度振幅相比足够小, 人眼仍然可正确地忽视该 **ringing**。另外, 除此之外与整个图像重叠的一般噪音(随机噪音等), 若比该频率的楔形图像的振幅(辉度变化)小, 也将被忽略。即人的眼睛会忽略比楔形图像的辉度变化更小的变化, 因此不会混同由噪音等引起的水平变化与楔形图案, 从而总能正确识别黑白线。

$HYRes$  的黑线检测算法就是一种通过简单处理实现上述高度复杂认识作用过程的软件。

该子流程的构成大致分为 3 个部分。分别是 s201~s218 的右端黑线检测、s219~s236 的左端黑线检测、s237 以后的中间黑线检测。即按照右端、左端、中间的顺序识别并测量构成楔形线的复数黑线。之所以分开两端，是为了避免上述 ringing 的影响。首先从最基本的中间黑线检测进行说明。

基本上分析 1 条线中的辉度数据变化，作为极小值检测出黑线。但是，如上所述，为了忽略由于噪音等引起的相对较小的变化，仅当发现超过规定值以上的累积变化时，才必须进行处理。因此，仅将从局部最大值  $LM_x$  起超过 ETH1 的减少(s238)或从局部最小值  $LM_n$  起超过 ETH1 的增加(s239)作为有效增减检测出来。所谓局部最大值  $Im_x$  及局部最小值  $LM_n$ ，是指检测到上述(超过阈值 ETH1 的)有效变化时复位为该数据值(s246,s247)，但未检测到有效变化时，该值比  $LM_n$  小时， $LM_n$  更新为该值(s248)，比  $LM_x$  大时， $LM_x$  更新为该值(s249)，因此，被称为“上次检测到有效变化以来至当前为止的数据最大值和最小值”。像这样，相对局部最大值和局部最小值，仅将超过所规定阈值的减少或增加作为变化检测出来，因此可逐步排除噪音和波动的影响，可作为极值检测黑白线(正因如此，阈值 ETH1 可称得上是与变化检测灵敏度相当的参数)。

另外，黑线检测(极小值识别)本身，通过 s243 检测并进行减少判定(通过 s238→s246 进行的 Flag 设定  $z(i)=0$ )后的增加判定(通过 s239→s247 进行的 Flag 设定  $z(i)=1$ )。只要未检测出极小值，则 s244、245→s238 环重复进行下一列判定。

若检测到极小值，将相应的列位置  $i-1$  作为该行  $j$  的黑线位置之一进行登录(s250：仅仅为了便于信息利用，不是必需的)，并追加一个 s251 黑线数 BCT。

用于该黑线检测判定的阈值 ETH1，如上所述，通过主要流程中的步骤 m27~m28→m10 中的阈值更新环，根据需要逐步适当减少。即，测量动作执行初期进行低频区域的黑白检测时，将阈值 ETH1 暂时设定为相对较大的值，随着检测范围逐步移向高频区域，仅当用此前的阈值无法检测出规定的线条数时，减少阈值 ETH1 并重复检测。

在中间黑线检测之前，左右两端的检测几乎按同样的方式检测，主要区别是，

- 因为检测是从楔形线外侧向内侧进行的，进行右端检测时，扫描方向左右相反(s210)。将右端位置登录于顺方向扫描时的范围极限 BEnd(s218)。
- 为了避免 ringing 的影响，仅在减少判定中使用与 ETH1 不同的阈值 ETH2(s204, s221)。另外，ETH2 的值在主要流程 m25 或 m32 步骤中根据相应行的振幅(在此采用黑色侧半值振幅的 1/4)决定。
- 重新指定各行(j)的扫描开始位置(s213, s230)。这是为了便于目测读取避开楔形线附带的刻度图像进行扫描而采取的措施。即该步骤是在 s204(s221)中检测到该行楔形线右端(左端)而分出的，从此时的  $i$ (检测出的端值)起，在不接触刻度部分的范围内空出稍许余量，指定移动数个像素后的楔形线外侧位置。

等等。

像上述那样，按照先右端(s201~s218)再左端(s219~s236)最后中间(s237 以后)的顺序识别黑线，在进行中间黑线检测的 s245 中，当扫描区域到达扫描范围极限 BEnd 时，结束与该

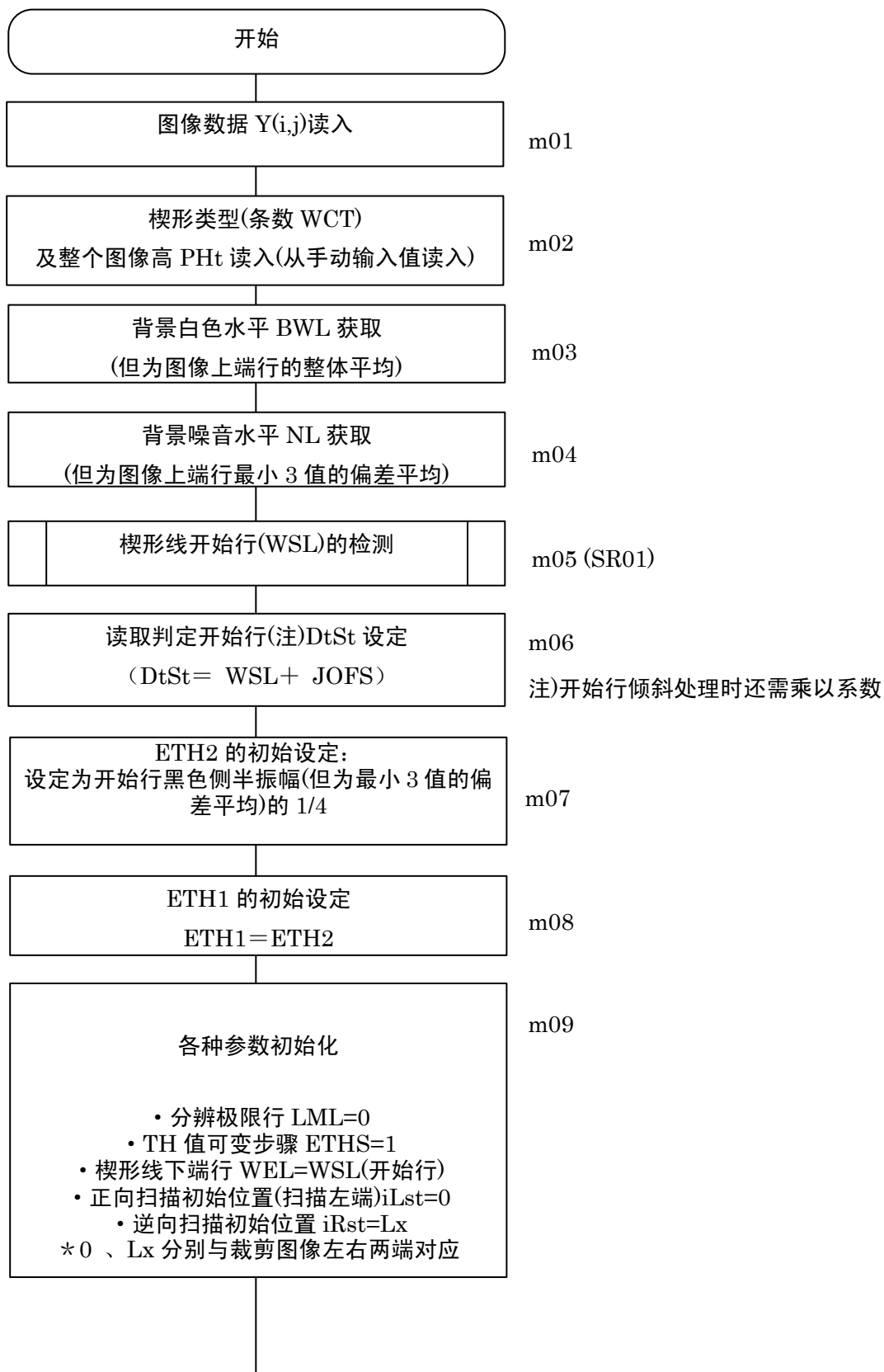
行有关的黑线检测(s245~s253)。

## 6. 总结

综合以上所述，HYRes 分辨极限判定算法具有如下特点，可以过去无法完成的软件方式实现与目测判定几乎等效的判定。

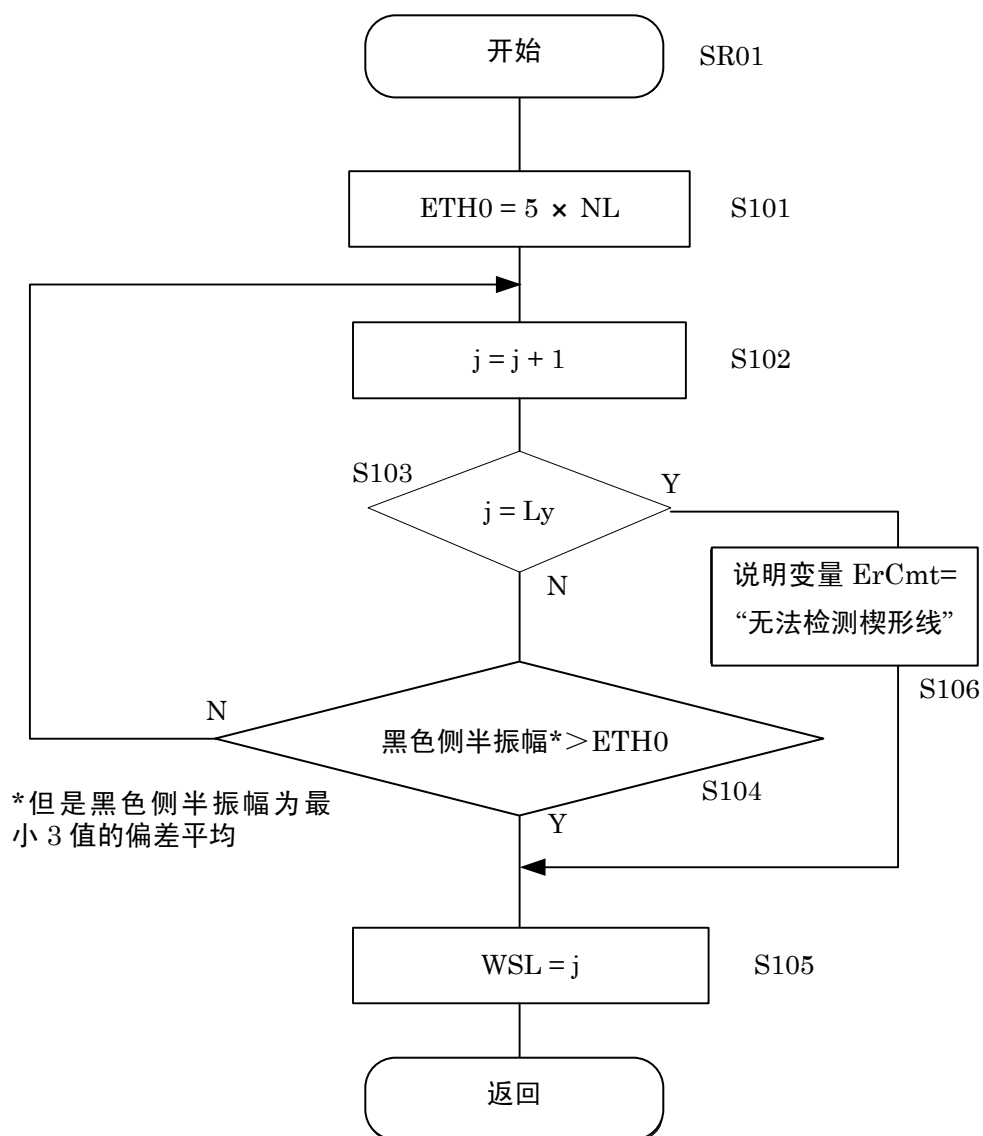
- 基本上仅根据数据变化(极值)进行黑线检测，即使存在 shading 等因素导致的波动，也可不受影响正常检测到波(黑线)。
- 根据各个频率区域分别适当排除噪音影响，最终(极限分辨频率)以 ETH1=0 进行检测，可检测到响应变为最小状态为止的辉度变化。即在整体频率范围内至极限为止都可仅检测楔形线的图案





附件 2 图 1a HYRes8 的主要流程(接续至图 1b)





附件 2 图 2

楔形线开始行 WSL 检测的子流程和分辨条数计算公式

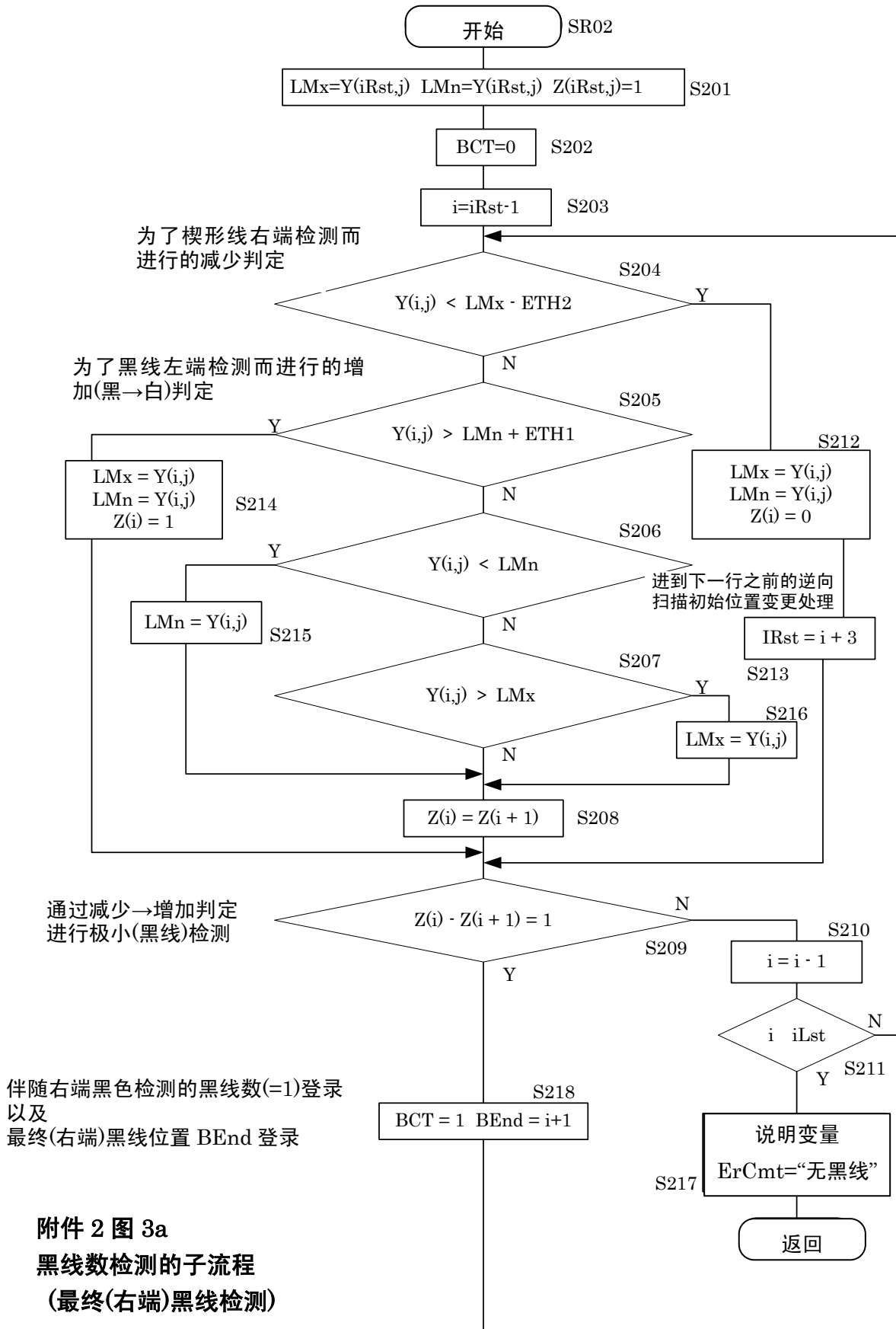
## 分辨条数计算公式

WCT = 5 (5 条楔形线时)

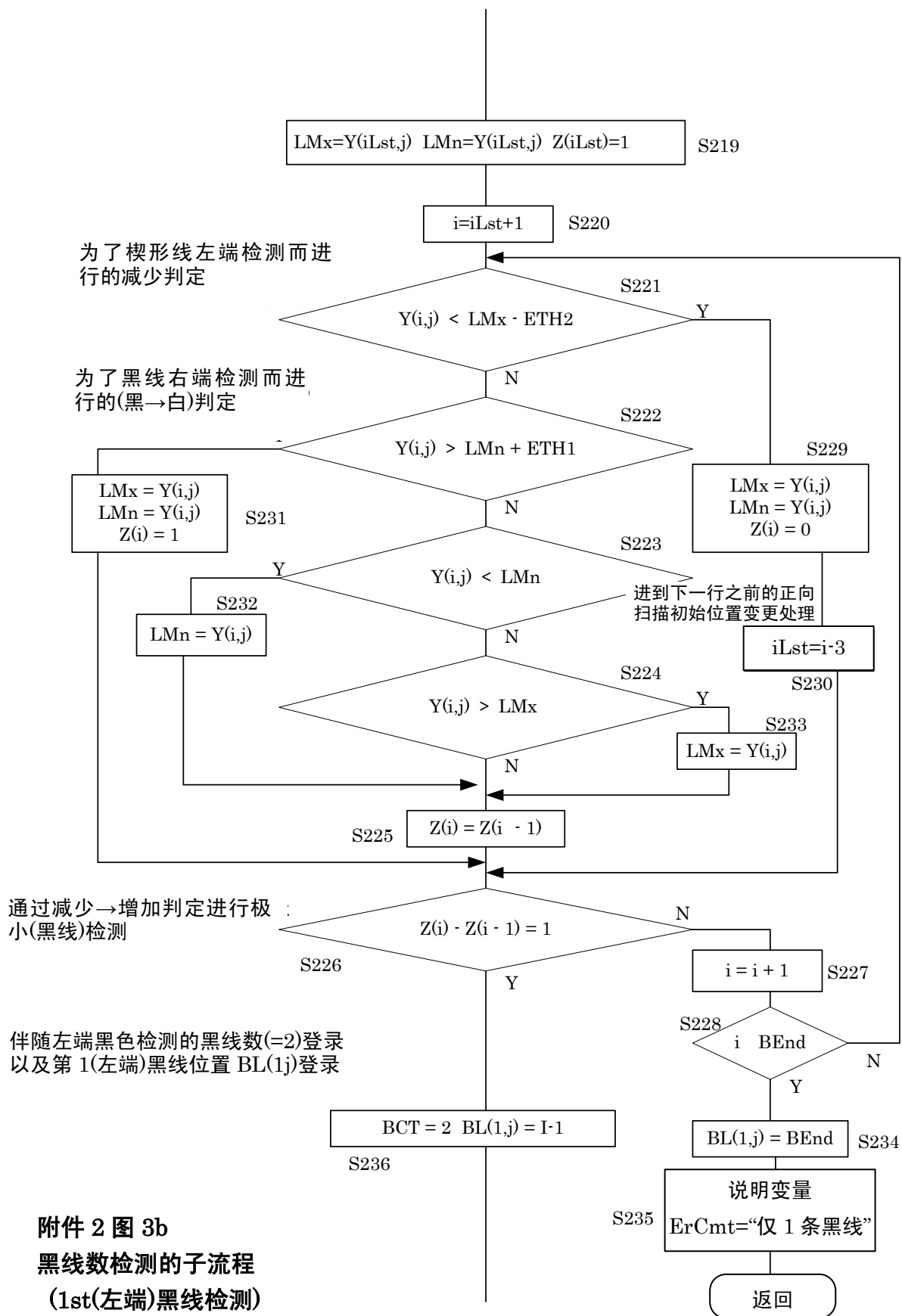
$$\text{Res} = \frac{100 + 500 \times (\text{LML} - \text{WSL}) / (\text{WEL} - \text{WSL})}{10 / 3 \times (\text{WEL} - \text{WSL}) / \text{PHt}}$$

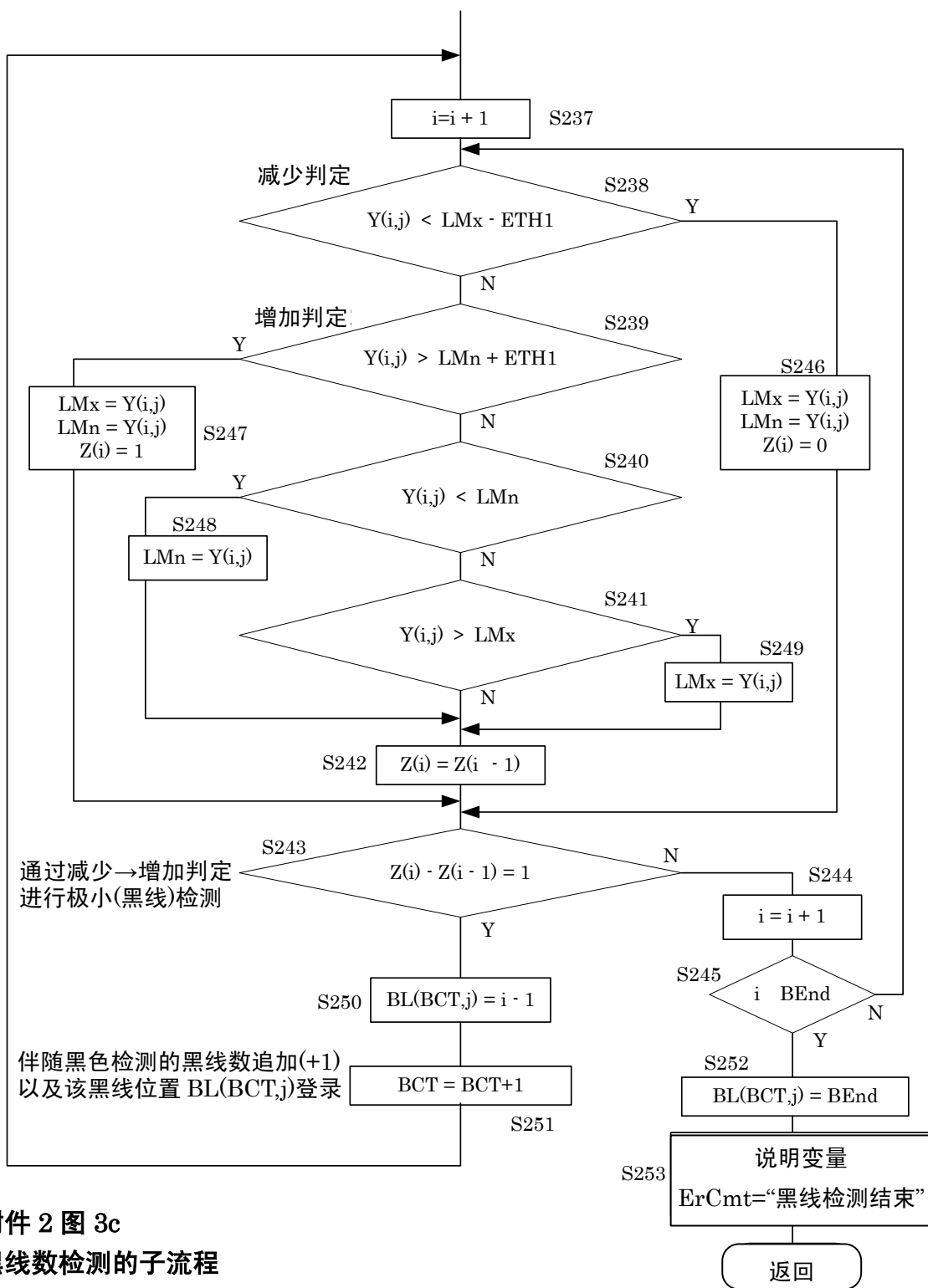
WCT = 9 (9 条楔形线时)

$$\text{Res} = \frac{500 + 1500 \times (\text{LML} - \text{WSL}) / (\text{WEL} - \text{WSL})}{10 / 3 \times (\text{WEL} - \text{WSL}) / \text{PHt}}$$



附件 2 图 3a  
黑线数检测的子流程  
(最终(右端)黑线检测)





附件 2 图 3c  
黑线数检测的子流程  
(中间黑线检测)

## 附件 3 (参考) 分辨率测量用 45 度图像旋转算法说明

### 1. 背景

关于可执行与视觉分辨率相同处理的软件 HYRes，在附件 1、附件 2 中详细叙述。HYRes 的主要算法是专门设计用来判定水平方向的分辨率的，因此若要判定垂直及倾斜 45 度方向的分辨率，在主要处理之前，先在内部旋转图像。对于 90 度旋转不做特别说明，对于 45 度旋转必须进行某种插值(包括前置插值)。插值方法对分辨率会有影响，必须制定标准的插值方法。以前置插值为前提记载如下内容。

### 2. 处理方法

考虑了如下 2 点。(1)进行 45 度旋转时若进行像素抽点抽行处理，会遗失信息，因此不进行该处理。(2)增加像素时，将相邻像素进行平均，将黑白之间处理为灰度像素。生成本来没有的颜色可能会产生不良影响，因此采用前置插值。

在 HYRes 中已经植入考虑了上述两点的 45 度旋转算法。附件 3 图 1，附件 3 图 2、所示为处理前后的样子。该例中，进行了顺时针旋转，当然也可进行逆时针旋转。

5	10	15	20	25
4	9	14	19	24
3	8	13	18	23
2	7	12	17	22
1	6	11	16	21

附件 3 图 1 45 度旋转前的排列

				5				
			4	5	10			
		3	4	9	10	15		
	2	3	8	9	14	15	20	
1	2	7	8	13	14	19	20	25
1	6	7	12	13	18	19	24	25
	6	11	12	17	18	23	24	
		11	16	17	22	23		
			16	21	22			
				21				

附件 3 图 2 附件 3 图 1 顺时针方向旋转 45 度的例子

将水平方向像素数  $L_x$ 、垂直方向像素数  $L_y$  的像素顺时针方向旋转 45 度时，根据原来的图像数据  $X(i,j)$  利用公式(3-1)、(3-2)，可生成 2 个新的数据。

$$Y(L_y + i - j, i + j) = X(i, j) \quad (3-1)$$

$$Y(L_y + i - j, i + j + 1) = X(i, j) \quad (3-2)$$

逆时针方向旋转 45 度时，根据原来的图像数据  $X(i,j)$  利用公式(3-3)、(3-4)，可生成 2 个新的数据。

$$Y(i + j, L_x - i + j) = X(i, j) \quad (3-3)$$

$$Y(i + j, L_x - i + j + 1) = X(i, j) \quad (3-4)$$



## 附件 4(参考) 本标准制定时通过实验确认的事项

本标准制定时志愿委员共 5 名进行了几个实验。志愿委员姓名参考解说部分。

### 1. 目测判定视觉分辨率时的偏差(打印输出及显示屏显示)

不使用测量仪器,通过目测方式评估分辨率虽然简单,但是存在因个人差异,无法保证重复时的再现性等缺点。事先弄清实际上到底有多大的偏差非常重要,因此进行了实验。

本标准中之所以将分辨率归结为以 50 条为单位,其根据正是本实验结果。

#### 1.1 用打印图像进行的目测评估时的偏差

将 18 种 DSC 拍摄 ISO 图表的图像,用富士胶片生产的 PG4000 打印机打印输出为 A3 尺寸的图像,请志愿委员进行了视觉分辨率评估。结果如附件 4 表 1 所示。

	平均	标准偏差
水平	57.9	37.5
垂直	78.5	36.1
倾斜 45 度	75.7	55.1

附件 4 表 1 用打印输出图像评估的视觉分辨率的偏差条数(偏差=最大值-最小值)

#### 1.2 用显示屏显示图像进行目测评估时的偏差

用打印图像进行视觉分辨率评估后,对于同一图像数据请志愿委员在各自的显示屏环境中目测求解视觉分辨率。放大倍数等条件都可任意设定。只有一名使用液晶显示屏,其他 4 名使用 CRT 显示屏进行了评估,基本没有差异。结果如附件 4 表 2 所示。

与用打印图像进行评估时相比偏差即标准偏差相对较小,但是成员已经对评估操作习惯了也是因素之一(同一人若反复进行评估,偏差会变小)。

	平均	标准偏差
水平	59.9	28.1
垂直	72.1	37.3
倾斜 45 度	68.7	43.5

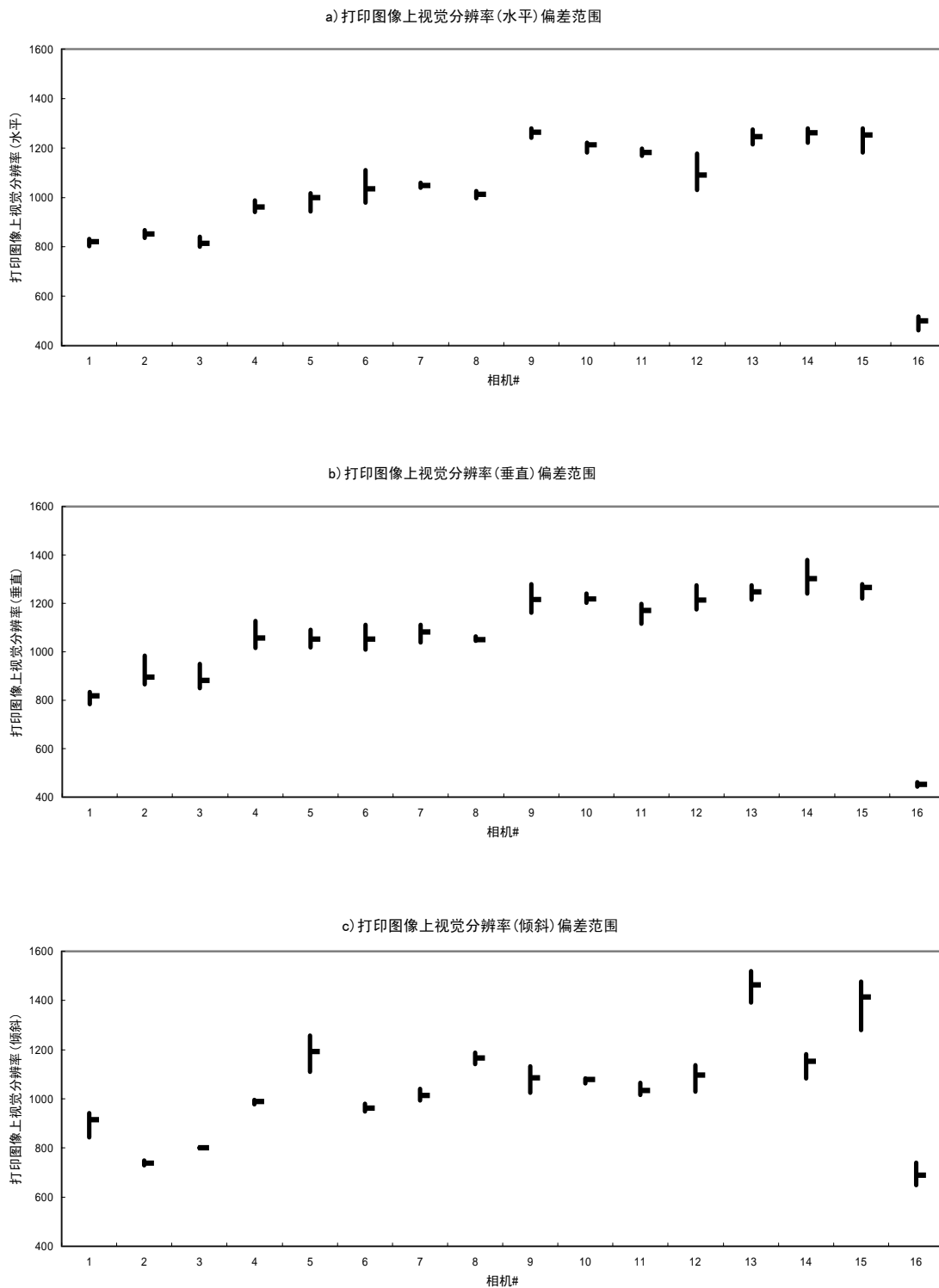
附件 4 表 2 用显示屏显示图像评估的视觉分辨率的偏差条数(偏差=最大值-最小值)

## 2. 用计算机软件进行视觉分辨率评估时与目测评估之差

比较计算机软件 HYRes2 的计算值与通过显示屏显示图像求得的视觉分辨率(5 名委员的平均值)的结果如附件 4 表 3 所示。结果表明基本上是一致的, 因此认为用软件测量视觉分辨率也可以。

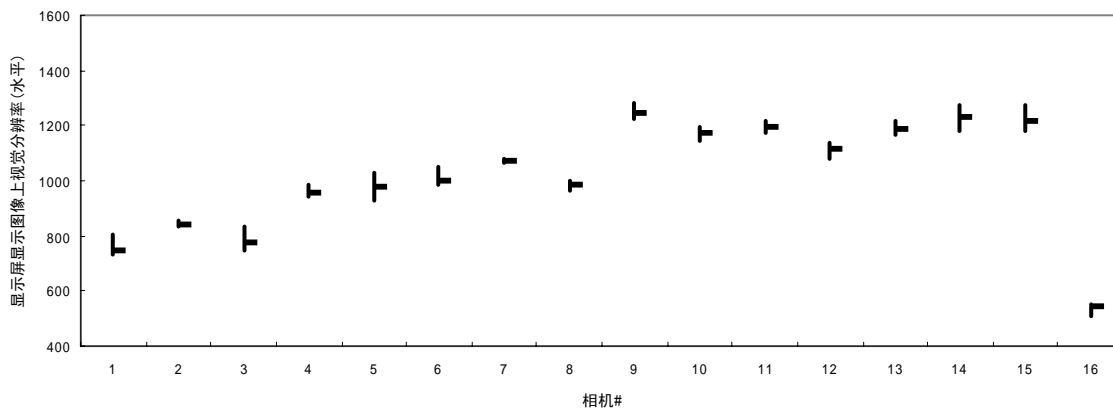
	平均	标准偏差
水平	26.1	16.1
垂直	19.8	22.8
倾斜 45 度	29.5	19.2

附件 4 表 3 用显示屏显示图像评估的视觉分辨率与软件计算值之差

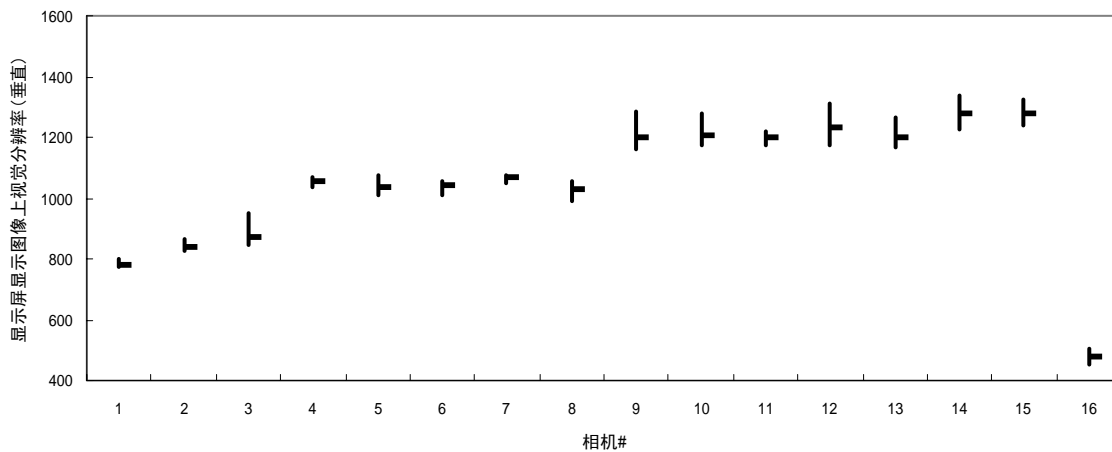


附件 4 图 1 打印图像上视觉分辨率的偏差

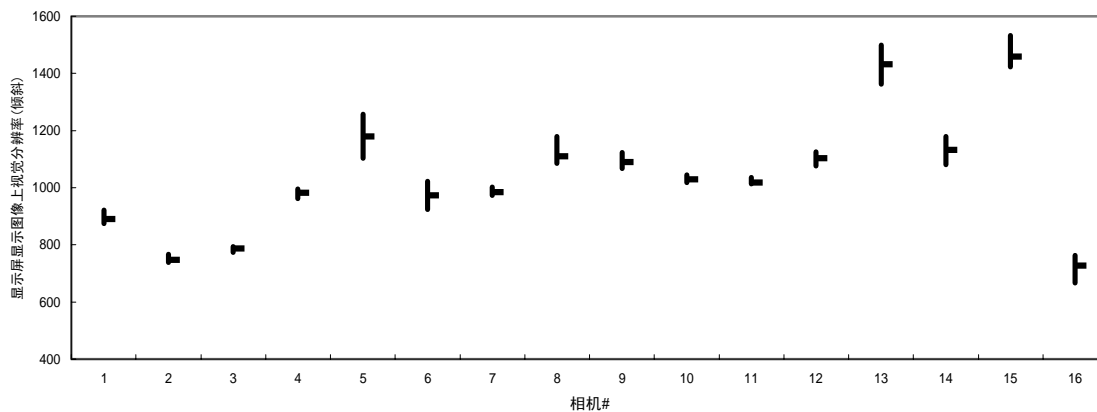
a) 显示屏显示图像上视觉分辨率(水平)偏差范围



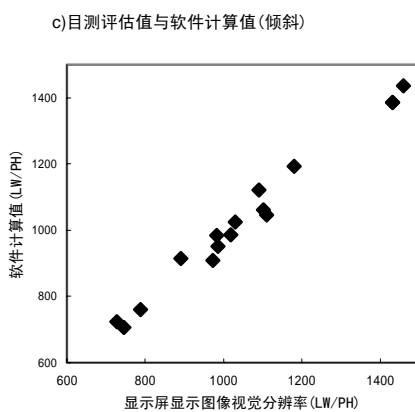
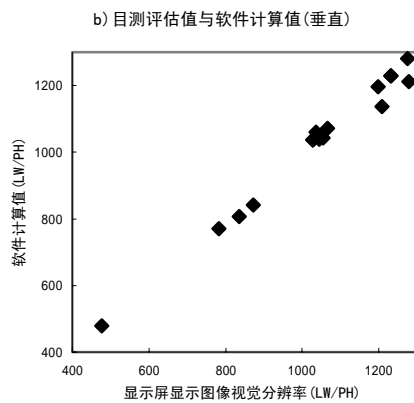
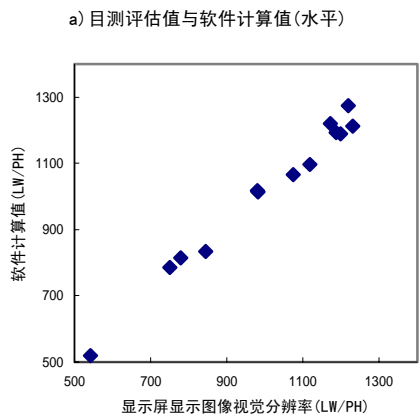
b) 显示屏显示图像上视觉分辨率(垂直)偏差范围



c) 显示屏显示图像上视觉分辨率(倾斜)偏差范围



附件 4 图 2 显示屏显示图像上视觉分辨率的偏差



附件 4 图 3 显示屏显示图像视觉分辨率和软件计算分辨率值

## 数码相机分辨率的测量方法 解说

本解说是说明正文、附件资料中规定和记载的事项、以及其相关事项，并非标准的一部分。

### 1. 制定的宗旨和过程

#### 1.1 宗旨

2000年春，富士胶片(株)希望在DSC的产品目录中记载分辨率，于是向日本摄影机工业协会(当时的名称，目前改名为相机影像器材工业协会，以下简称“日摄工”)提案。“日摄工”接受该提案，于2000年5月16日向会员公司进行了问卷调查。收到14家公司的答复，所有公司对审议表示赞成，其中12家公司表明将参加审议。在这样的背景下，在日摄工数码相机技术小委员会领导下成立了分辨率分科会。主审由提案公司富士胶片担任。第1次会议于8月28日召开。

#### 1.2 经过

分科会成立时，已基本确立了DSC分辨率的测量方法ISO12233。在这种情况下，主审表达了包括分辨率测量中所必需的图表在内，可利用的东西尽量直接从ISO12233引用的方针，对此，所有公司都表示赞成。

当初主审提出的方案为ISO12233的极限分辨率，同时也准备了软件。对此，数家公司的意见是目测判定的视觉分辨率就可以了。另外，也有发言者认为，由于DSC会产生伪色，即使求解分辨率是否可信，对规格本身提出疑问。在这种情况下由六家公司成立志愿委员会，进行了技术讨论。

根据志愿委员会进行实验的结果表明，极限分辨率受锯齿的影响有时会显示异常高的值。另一方面，也明白了只要约定两个条件，即：“a)将视觉分辨率评估图案的楔形线数发生变化(如由5条变为4条)的空间频率作为分辨率，b)观察时必须从低频侧开始”，就可将视觉分辨率值控制下来。将测试图表的拍摄图像用打印、显示屏两种方式输出进行评估后，结果也几乎一致，偏差程度也相同。并且，委员中的一人提出了方案，包括将上述2点约束事项制成软件，志愿委员会对软件也进行了测试。测试结果表明，软件计算值与目测的测量值显示了良好的一致性。(参考附件4)

将以上结果作为志愿委员会的结论，向分科会提出了“a)将视觉分辨率作为标准测量方法，b)评估采用打印、显示屏、软件任何一种方式都可以”的方案。

分科会根据该提案进行了讨论。讨论最激烈的问题是关于结果的标记方法。(参考2.审议中意见多歧的事项。)经过这些讨论，2002年7月26日第20次分科会讨论的内容成为最终草案，并在2002年9月11日第21次分科会上以无反对意见最终结束了技术讨论。

### 2. 审议中意见多歧的事项

关于结果标记方法,在分科会全体会议中讨论最为活跃。

与任何方向都可获得相同分辨率的胶片不同，DSC的分辨率在水平和垂直方向是不同的。而

且 45 度倾斜方向中，右上与右下也会不同，因此到底标记到什么程度是个难题。讨论的结果如本标准书(7.结果的提示)所总结的那样，意见的调整统一作了相当大的努力。

**审议委员** 本标准制定过程中的审议主要由标准化委员会技术作业部会分辨率分科会 (Resolution Sub-Working Group) 举行。以下是这些委员名单。

#### [标准化委员会]

委员长	鮎泽 严	KONICA MINOLTA TECHNOLOGY CENTER, INC. (KONICA CORPORATION)
副委员长	樱田 信晶	Canon Inc.
	市村 英一	Sony Corporation
	后藤 哲朗	NIKON CORPORATION
	饭田 敏晴	Fuji Photo Film Co., Ltd.

#### [技术作业部会]

部部长	三浦 康晶	NIKON CORPORATION
副部长	吉田 英明	OLYMPUS CORPORATION (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.)
	大谷 格	Canon Inc.
	中山 正明	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.

#### [普及作业部会]

部部长	碓井 章生	PENTAX Corporation (Asahi Optical Co., Ltd)
副部长	松平 光生	Canon Inc.
	岩田 道广	KONICA MINOLTA CAMERA, INC. (Minolta Co., ltd.)

## [分辨率分科会]

主审	次田 诚	Fuji Photo Film Co., Ltd.
副主审	吉田 英明	OLYMPUS CORPORATION (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.)
委员	柳田 重邦	CASIO COMPUTER CO.,Ltd
	藤井 一郎	CASIO COMPUTER CO.,Ltd.
	佐野 孝治	CASIO COMPUTER CO.,Ltd.
	大冢 博幸	Canon Inc.
	田水 伸也	Kyocera Corporation.
	皆川 博幸	Kyocera Corporation.
	八寻 稔	KODAK JAPAN LTD.
	接待 恒一	KODAK JAPAN LTD.
	土屋 宪法	KONICA MINOLTA OPTO, INC. (KONICA CORPORATION)
	长谷川 靖	KONICA MINOLTA OPTO, INC. (Minolta Co., ltd.)
	浮田 真二	SANYO Electric Co., Ltd
	薄井 高文	SHARP CORPORATION
	原田 幸一	SHARP CORPORATION
	白川 政信	SEIKO EPSON CORPORATION
	小嶋 贵义	SEIKO EPSON CORPORATION
	关根 义之	Sony Corporation
	加藤 直哉	Sony Corporation
	樱庭 省吾	TAMRON CO.,LTD
	田村 喜久雄	TAMRON CO.,LTD
	酒井 澄夫	TOSHIBA CORPORATION
	大贯 正夫	Nikon Corporation
	阿部 泰彦	NIDEC COPAL CORPORATION
	衣笠 敏郎	Hitachi, Ltd.
阿部 哲也	PENTAX Corporation (Asahi Optical Co., Ltd)	
阪上 茂生	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.	
山本 靖利	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.	
福岛 积	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.	
铃木 俊宏	Ricoh Co., Ltd	
中平 寿昭	Ricoh Co., Ltd	
吉田 彰宏	Ricoh Co., Ltd	



另外关于本标准标记事项，在普及作业部会的产品目录分科会上也进行了讨论。

**[产品目录分科会]**

主审	饭田 敏晴	Fuji Photo Film Co., Ltd.
副主审	松平 光生	Canon Inc.
委员	榎本 一树	OLYMPUS CORPORATION (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.)
	久保木 弘惠	OLYMPUS CORPORATION (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.)
	仁井田 隆	CASIO COMPUTER CO., Ltd.
	织田 笃彦	Kyocera Corporation.
	荒井 启次	KODAK JAPAN LTD.
	冈部 久美	KONICA MINOLTA CAMERA, INC. (Minolta Co., ltd.)
	木下 基浩	KONICA MINOLTA CAMERA, INC. (KONICA CORPORATION)
	盐崎 正树	SANYO Electric Co., Ltd
	滨岛 隆史	SHARP CORPORATION
	青岛 秀美	SEIKO EPSON CORPORATION
	白川 政信	SEIKO EPSON CORPORATION
	山田 雅子	SEIKO EPSON CORPORATION
	宫泽 惠三博	SEIKO EPSON CORPORATION
	小林 美枝	Sony Corporation
	金城 正道	TAMRON CO., Ltd
	秋山 源	TOSHIBA CORPORATION
	山口 克己	TOSHIBA CORPORATION
	饭田 昌世	Nikon Corporation
	卷岛 杉夫	Fuji Photo Film Co., Ltd.
	相部 知一	PENTAX Corporation (Asahi Optical Co., Ltd)
	佐佐木 直树	PENTAX Corporation (Asahi Optical Co., Ltd)
	濑尾 修三	PENTAX Corporation (Asahi Optical Co., Ltd)
	中野 浩一	PENTAX Corporation (Asahi Optical Co., Ltd)
	藤崎 敦	Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
	山崎 功浩	Ricoh Co., Ltd
	涌本 光昭	Ricoh Co., Ltd

有限责任中间法人 相机影像器材工业协会发行的标准类文件的制定不考虑是否与工业知识产权(专利、实用新型等)相抵触。有限责任中间法人 相机影像器材工业协会对与该标准类文件有关的工业知识产权概不负责。

CIPA DC-003-2003

2003 年 12 月发行

发行 有限责任中间法人 相机影像器材工业协会  
〒102-0082 东京都千代田区一番町 25 番地 JCII 大楼  
TEL 03-5276-3891 FAX 03-5276-3893

禁止擅自转载

若要转载本标准类文件的部分或全部内容，必须获得发行者的许可。