ハイビジョン用テストチャート(増補版)の仕様と その使い方

正会員 江 上 典 文[†], 正会員 河 内 博 司^{††}
正会員 藤 田 欣 裕[†]

テレビジョン学会では、従来のハイビジョン用テストチャートの増補版として、使用頻度が高く、ハイビジョン画像の評価および各種装置の試験調整に必要な4種類の透過型テストチャートを新たに刊行した。ここでは、これらチャートの仕様やその使い方について紹介する。

1. ま え が き

テレビジョン学会では、ハイビジョン用機器の開発、運用、評価および普及の一層の推進を図ることを目的に、これまでに「透過型および反射型ハイビジョン用テストチャート」、「透過型ハイビジョン画質評価用標準画像」を刊行してきた¹⁾。これらのチャートは、ハイビジョンシステムの高精度な測定器および標準画像として、機器開発現場や番組制作部門で活用され、ハイビジョンの普及に大きく貢献してきた。

しかし一方で、ハイビジョンでの番組制作の増加、カメラの固体化およびデジタル機器の普及等に伴い、高精度で、かつ簡便にハイビジョン用撮像機器等の解像度特性や2次元周波数特性等を評価することのできる新しいテストチャートの追加を望む声が多数寄せられた。

そこで、従来のチャートの増補版として、新たに4種類の透過型ハイビジョン用テストチャートを刊行するに至った。これらのチャートは、テレビジョン学会として推薦するにふさわしい内容を持つとともに、学会の新しいデータベースとして位置づけられるものである。

表 1 ハイビジョン用テストチャート(増補版)の内容

(1) ITE 高精細度アパーチャレスボンスチャート
(2) ITE 高精細度インメガサイクルチャート
(3) ITE 高精細度サーキュラーゾーンプレートチャート
(4) ITE 高精細度きずチャート

ここでは、新テストチャートの仕様ならびにその使い方について概説する。

2. ハイビジョン用テストチャート(増補版) の仕様とその使い方

今回、新たに刊行することになった4種類のテストチャートの内容を表1に示す。これらチャートの外形寸法は(横)310 mm×(縦)200 mm、有効画面寸法は(横)272 mm×(縦)153 mm(アスペクト比16:9)で、従来の透過型ハイビジョン用テストチャートと同じ大きさである。

2.1 高精細度アパーチャレスボンスチャート

一般にカメラや撮像デバイスの解像度は、幅の異なる白黒の縞より成るテストチャートを撮影して、それらの振幅が、十分に低い周波数の縞の振幅の何%にあたるのかを示すAR(Amplitude Response)で表すことができる。通常、ARの評価には2種類のテストチャートが用いられ、白黒の斜め縞より構成されるものをアパーチャレスボンスチャート、縦縞より構成されるものをインメガサイクルチャートと称する。

今回追加した高精細度アパーチャレスボンスチャートを図1に示す。チャート中央部に100~1800 TV本、周辺四隅に100~1200 TV本の縞を100 TV本毎

[†] NHK 放送技術研究所

^{††} NHK 技術局 技術開発センター

“Supplemental Transparent Test Charts for High-definition TV (Hi-Vision) Systems” by Norifumi Egami, Yoshihiro Fujita (NHK Science and Technical Research Laboratories, Tokyo) and Hiroshi Kouchi (NHK Engineering Administration Department Engineering Development Center, Tokyo)

図 1 高精細度アパーチャレスポンスチャート

図 2 斜め縞の構成

に配置し、AR 評価の基準となる低域(応答周波数 0.5 MHz)の白黒のパターンをすべての縞の左右に設けた。本チャートでは図 2 に示すように、縞の水平方向の幅： y は、縞の幅： x から算出される TV 本が変化しても、それを傾けることで、常に 100 TV 本の幅 (1.53 mm, 応答周波数 3.4375 MHz) に一致するように設計されている。

$$\sin \theta = x/y = 100/m$$

ここで、 θ ：縞の傾き角

m ：TV 本 (=有効画面の縦サイズ/ x)

すなわち、高精細度アパーチャレスポンスチャートでは、AR は TV 本数にかかわらず、0.5 MHz と 3.4375 MHz を基本波とする 2 つの矩形波振幅応答より算出されるため、TV 本毎に応答周波数が異なるインメガサイクルチャートに比べて、信号増幅系の周波数特性の影響を受けることが少なく、撮像デバイス等の解像度特性の評価に適している。

また、本チャートでは、100 TV 本以下の AR 測定

(a) 100 TV 本

(b) 800 TV 本

図 3 アパーチャレスポンスチャートにおける AR 特性の測定例

にも対応するため、チャートの左右に縦縞より成るパターンを配置した。縦縞では TV 本数に対応して応答周波数が異なるため、この部分には周波数表示を採用した。各周波数と TV 本数の関係は、1 MHz が約 29 TV 本、3 MHz が約 87 TV 本である。

〔AR 特性の評価例〕

ハイビジョン用 200 万画素 CCD カメラを用いて本チャートを撮影し、オシロスコープで観測した 100 TV 本および 800 TV 本の出力波形の例を図 3 に示す。AR は、低域の白黒の振幅レベルを 100% として、各 TV 本の振幅レベルを測定することによって得られ、本例では 100 TV 本で約 96%、800 TV 本で約 44% となる。また、両 TV 本の出力波形の周波数

は等しいことがわかる。

このように、本チャートを用いて AR を測定する場合には、まず正対させた本チャートを撮影し、チャートのマーカを利用して画面の水平、垂直サイズや傾きを正確に合わせることが重要である。これは、画面のサイズや傾きが TV 本や応答周波数に密接に関連するためである。また上述したように、高精細度アパーチャレスポンスチャートは応答周波数 0.5 MHz と 3.4375 MHz の白黒の縞より構成されるため、観測される AR は、これら周波数の基本波および高調波に対する信号増幅系の周波数特性の影響を受ける。そのため、撮像デバイスの AR 評価等に際しては、事前にカメラおよび試験装置の周波数特性の調整、特に最も影響の大きい 2 つの基本波に対する増幅系のゲインを同じレベルに揃えておくことが大切である。この周波数調整の便宜を図るため、本チャートの中央上下に、300 TV 本の間隔で、8～128 TV 本の横縞を設けた。これらの横縞にストリーキングが発生しないように増幅系を調整する。さらに、光学レンズの収差等の影響を緩和して、より高い精度で撮像デバイスの AR 特性を求めるには、本チャートを上下左右に平行移動させ、画面上のある一点(例えば画面中心等)に各 TV 本の縞を合わせて、その振幅応答を測定する方法が有効である(ただし、この場合でも光学レンズの解像度の影響を受ける)。

2.2 高精細度インメガサイクルチャート

白黒の縦縞より構成される高精細度インメガサイクルチャートでは、応答周波数(f)と TV 本(m)の関係は次式で表される。

$$f = \frac{1}{2} m n f_v \frac{W}{H} \frac{1}{1-\alpha} 10^{-6} \quad (\text{MHz})$$

ここで、 n : 水平ライン数(1125)

f_v : フレーム周波数(30)

W/H : 画面アスペクト比(16:9)

$1/(1-\alpha)$: 水平有効画面幅比(2200/1920)

一般にカメラの解像度の評価および比較に際しては、ある TV 本数に対する AR で、その解像度を表記することが便宜上行われている。これまで、ハイビジョンカメラでは、800 TV 本に対する AR が解像度評価の尺度として用いられてきた。この理由は、NTSC 用としてすでにあるインメガチャート(高級インメガサイクルチャート)²⁾に 800 TV 本があり、それが利用できたこと、ITU-R 規格 BT-709(ハイビジョンスタジオ規格)で Y 信号の周波数帯域が 30 MHz に規格化されており、できるだけこの周波数に近いことが必要であったためである。本チャートでも、これ

まで便宜的に行われていた解像度測定との互換性をとるために同一尺度を採用し、チャートの中央および周辺四隅に 800 TV 本の縦縞(応答周波数 27.5 MHz)を配置した。

また、ハイビジョンの水平周波数は NTSC 方式のほぼ 2 倍にあたるため、本チャートでは、AR 評価の基準となる低域の周波数を NTSC 方式の解像度測定で用いられている 0.5 MHz の倍の 1 MHz とした。この 1 MHz の縦縞を利用してカメラのストリーキングの測定もできる。

本チャートでは、上述したこと以外に、下記の機能を考慮し、その有効活用を図った。

- (1) 800 TV 本以外の TV 本の AR が測定でき、その結果が見やすいこと。
- (2) 垂直解像度の測定が行えること。
- (3) 周辺四隅に配置した 800 TV 本の縦縞の位置は、前述した高精細度アパーチャレスポンスチャートの 800 TV の位置とほぼ同じ位置にあること。

図 4 に高精細度インメガサイクルチャートの構成を示す。

周波数特性の測定を容易にするためにトータルで 12 の周波数とし、最高周波数を 36 MHz、3 MHz おきに等間隔で配置した。また、測定時に時間軸を引き伸ばした場合の各周波数の位置をわかりやすくするために、9～12 MHz と 27～30 MHz の間に透過率 50% のスリットを挿入した。

〔周波数特性の測定例〕

本チャートをハイビジョン用 200 万画素 CCD カメラで撮影し、オシロスコープで観測したチャート中央部のラインセレクト波形の例を図 5 に示す。ラインセレクト波形は、途中に 1 MHz の波形が挿入された 3 MHz から 36 MHz の水平スweep出力波形となり、

図 4 高精細度インメガサイクルチャート

表 2 インメガサイクルチャートにおける周波数と TV 本との関係

周波数 (MHz)	1	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	27.5
TV 本数	29	87	175	262	349	436	524	611	698	785	873	960	1047	800

図 5 インメガサイクルチャートにおける周波数特性の測定例

周波数が高くなる (TV 本数が増加する) に従って振幅応答が小さくなる様子や、9~12 MHz, 27~30 MHz の間に挿入したスリットの効果が確認できる。各周波数 (TV 本との対応を表 2 に示す) における AR は、図 5 の中央部、800 TV 本の両サイドに位置する 1 MHz の振幅応答を 100% として算出される。

2.3 高精細度サーキュラーゾーンプレートチャート

本チャートは図 6 に示すように、空間周波数を 2 次元的にリニアにスイープした同心円状の縞より構成される。輝度信号は、その周波数 f が中心点からの距離 r に比例するように作られている。

$$f(r) = Kr \quad (K: \text{比例定数})$$

輝度信号を L とすると、 L は周波数 f 、角速度 ω 、位相 θ で表され、その関係は

$$\omega(r) = 2\pi f(r), \quad \omega(r) = d\theta/dr$$

であるから

$$\begin{aligned} \theta(r) &= 2\pi \int f(r) dr \\ &= K\pi r^2 \end{aligned}$$

輝度信号 $L(r)$ は

$$L(r) = A \cos(\theta(r) + \theta_0) + A_0$$

図 6 高精細度サーキュラーゾーンプレートチャート

θ_0, A_0 : 定数

と表せる。

r が定まると $L(r)$ は一定値となり、原点を中心に濃淡が変化する同心円であることがわかる。

またチャートの垂直端は空間周波数が 1035 TV 本、すなわち、ITU-R 規格 BT-709 (ハイビジョンスタジオ規格) で規定される有効走査線数となるようにし、比例定数 K を決定している。水平端はアスペクト比 16:9 から算出され、1840 TV 本となる。

ゾーンプレートチャートは 2 次元に空間周波数に変化するチャートであり、撮像装置の周波数特性やサンプリングに伴う信号処理系の特性を測定するのに有効なチャートである。特に CCD カメラのように水平方向にも空間的にサンプリングを伴う撮像装置における折り返し信号抑圧などの検討にも有効である。

〔周波数特性の測定例〕

出力信号をオシロスコープで観測すれば、ラインセレクト波形が周波数ゼロから 1840 TV 本に相当する水平スイープ出力波形になる。図 7(a) は、200 万画素ハイビジョンカメラの G チャンネルの水平スイープ出力波形の例を示している。空間周波数がゼロから高くなるに従いカメラの変調度が下がる様子や、画面上で解像する限界点を水平方向における位置から算出し求めることができる。図 7(a) の例では限界は約 1000 TV 本となる。また、オシロスコープの時間軸をフィールド周期に設定すれば、ゼロから 1035 TV

図7 ゾーンプレートチャートにおける周波数特性の測定例

図8 ハイビジョン200万画素CCDカメラGチャンネル撮像例

本に相当する垂直スイープ波形出力となる(図7(b)).

図8(b)は撮像装置の輪郭補償回路を入れた場合の本チャートの撮像例である. 同図(a)と比べて測定することにより, 水平, 垂直のアパーチャ補償量ならびに垂直・水平のバランスなどが画面上で直視できる. より白く見える部分は振幅応答の高い部分で, その面

積がアパーチャ補償により増加している.

〔サンプリング特性(偽信号)の測定例〕

CCDなど固体撮像素子を用いた撮像装置では, 走査線による垂直方向でのサンプリングとともに, 水平方向にも受光部が分離しているため空間的なサンプリングを伴う. サンプリング定理により, ナイキスト周波数以上は低域に折り返す偽信号を生じる. 偽信号

図 9 高精細度きざずチャート

は、サンプリング周波数に相当する座標を中心に、同心円状の環としてモニタ上で観測できる。

図 8(c)にはハイビジョン用 200 万画素 CCD カメラによる本チャートの撮像例を示す。垂直方向には垂直端(1035 TV 本)を中心として折り返し信号が、水平方向には約 1080 TV 本を中心として折り返し信号が生じているのがわかる。

2.4 高精細度きざずチャート

高精細度きざずチャートは、ハイビジョンカメラ用撮像デバイスの画素欠陥(きず、しみ等)を評価するためのチャートである(図 9)。有効画面の垂直サイズおよびその $\sqrt{2}$ 倍を直径とする円で、チャートを 3 分割することで、評価領域の規定に便宜を図った。

使用に際しては、本チャートを撮影し、カメラや試験装置の光学レンズの絞りを調整して画素欠陥を見やすくした後、映像モニタで欠陥の種類、位置、個数、大きさを評価するとともに、オシロスコープを用いて、より正確な、大きさやコントラスト等を測定する。

3. む す び

今回、新たに増補版として刊行した 4 種類の透過型

ハイビジョン用テストチャートは、テレビジョン学会テストチャート委員会ならびにハイビジョンテストチャート小委員会のメンバーが数年前より開発を進めてきたものである。これらチャートが有効に活用され、ハイビジョンの、より一層の普及に役立つことを願うとともに、本チャートに対する忌憚のないご意見、ご助言をお寄せ頂きたい。

なお本文は、上記委員会の資料ならびにテストチャートに添付した解説書を基に筆者らが概要をまとめたものである。

最後に、本チャートの刊行の機会を与えていただいた当学会の歴代会長はじめ役員、事務局の方々、チャートの製作にあたってご協力頂いた大日本印刷株式会社および NHK の関係各位に厚くお礼申し上げます。

(1996 年 4 月 22 日受付)

【参 考 文 献】

- 1) 日下, 倉重, 熊田: “ハイビジョン用透過型テストチャート”, テレビ誌, 43, 5, pp. 473-475 (1989)
- 2) テレビジョン・システム評価用チャート解説書, テレビジョン学会(1982)

えがみ のりふみ
江上 典文 1980 年, 九州工業大学工学研究科(電気工学専攻)修了。同年, NHK に入局。徳島放送局を経て, 1983 年より, 同放送技術研究所に勤務し, 現在に至る。微小冷陰極および撮像管の電子光学系の研究に従事。正会員。

こうち ひろし
河内 博司 1981 年, 九州工業大学大学院修士課程修了。同年, NHK 入局。名古屋放送局を経て, 1985 年より, 同放送技術局にて番組制作に従事。現在, 技術局にて放送用カメラの開発に従事。正会員。

ふじた よしひろ
藤田 欣裕 1976 年, 東京大学工学部電気工学科卒業。同年, NHK に入局。大阪放送局を経て, 1981 年より, 同放送技術研究所に勤務し, 現在に至る。固体撮像素子の評価, 固体カメラの研究に従事。正会員。