カラーマスターモニター用基準白色内蔵 カラーブラウン管

株式会社フジテレビジョン 柳 下 茂・西 野 健 二
三菱電機株式会社 太 田 勝 啓・石 井 隆

放送局のカラーマスターモニターの白色を、決められた基準白色に精度良く簡単に合わせ、白バランス調整ができるように、カラーブラウン管の画面の上下に幅約 15 mm の基準白色蛍光面 (120 nit で $9,300^{\circ}\text{K}+8\text{MPCD}$) を設けた基準白色内蔵カラーブラウン管を開発した。白バランス調整は基準白色蛍光面との比色により行うが、本方式の白バランス調整により、カラーマスターモニターの色再現の統一が従来にくらべて大幅に改善された。

1. ま え が き

NTSC 方式カラーテレビの基準白色は CIE 標準 C 光源となっているが、わが国のカラーテレビ受像機の基準白色は、諸般の事情により $9,300^{\circ}\text{K}+27\text{MPCD}$ と定められている¹⁾。一方、送像側においては、色再現性の向上と統一を図る目的で、カラーマスターモニターの基準白色を $9,300^{\circ}\text{K}+8\text{MPCD}$ にすることを各民放と NHK による“テレビ技術懇談会”で申し合せている。

ところで放送局においては、たとえば出演者の化粧や衣装、セットの配色、ライティングバランスなどの決定は、カラーマスターモニターの映像を見て行っており、カラーマスターモニターは放送局で重要な役割をはたしている。

このような重要な役割を行うカラーマスターモニターの白色は、いついかなるときも決められた基準白色に正しく合ってなければならず、さもないと受像機に映し出される映像は、番組によって色調が変わったり、またチャンネルによっても色調が違ったりするなどの不具合を生じる。

そのため色再現性の向上と統一のためには、放送局カラーマスターモニターの白色は決められた基準白色に正しく合っていないければならず、従来より各民放および NHK ではホワイトバランス調整方法についていろいろ

努力がなされてきた。

従来より行われてきたカラーマスターモニターのホワイトバランス調整方法としては、

- (a) オペレーターの記憶色による方法。
- (b) 基準白色器との比色により色合わせする方法。
- (c) ホワイトバランスチェッカー等により合わせる方法。

などの方法がとられてきた。しかしこれらの調整方法は、調整色のばらつきが大きかったり、調整が面倒であるとか、保守管理がやっかいであるなど、いずれも最適方法であるとはいえず、さらによりすぐれた調整方法が強く望まれていた。

このような背景において、このたびフジテレビジョンと三菱電機との共同開発により、カラーブラウン管の画面の一部に所定の基準白色の蛍光面を設けた基準白色内蔵カラーブラウン管の開発を行った²⁾。

2. 基準白色内蔵カラーブラウン管の構造と特徴

本基準白色内蔵カラーブラウン管の構造を図 1 に示す。本カラーブラウン管の画面の上下に幅約 15 mm かなる基準白色面が塗布されており、内側の蛍光面は通常のカラーブラウン管と同じように R, G, B 3 色蛍光体ドットが塗布されている。基準白色面は所定の明るさ (120 nit) で $9,300^{\circ}\text{K}+8\text{MPCD}$ の色温度に設計されている。

本基準白色内蔵カラーブラウン管のホワイトバランス調整は、基準白色面と同じ色になるように比色により調

“Color Picture Tube with Built in Reference White for Color Master Monitors” by Shigeru Yagishita, Kenji Nishino (Fuji Television Co., Ltd., Tokyo) and Katsuhiko Ohta, Takashi Ishii (Mitsubishi Electric Co., Ltd., Kyoto)

図1 基準白色内蔵カラーブラウン管の構造図
The screen of the color picture tube with reference white.

整する。調整後、基準白色面にビームが当たらないよう under scan にして映像を出し、カラーマスターモニターとして使用する。

本カラーブラウン管によるホワイトバランス調整方法の特徴としては、

- (1) 同一視野による比色のため調整精度が高い。
- (2) 精度および安定度の高い基準白色面が得られる。
- (3) ホワイトバランス調整が容易に行える。
- (4) 調整したいときにはいつでも容易に行える。
- (5) モニター監視時は under scan で行うため、基準白色面の経時変化はほとんどない。
- (6) 保守、管理が容易である。
- (7) 従来の装置がそのまま使えて経済的である。

などがあり、従来のホワイトバランス調整方法では得ることのできない大きなメリットを有するものである。したがって、本カラーブラウン管によるホワイトバランス調整を行うことにより、従来以上にカラー放送の色再現性の向上と統一を図ることができる。

3. 基準白色に要求される精度

本カラーブラウン管の開発を始めるにあたり、まず最初に明確にしなければならないことは、基準白色の色度に要求される精度はどの程度でなければならないかということであった。この問題について、われわれは、これまでに報告されている関連資料を検討することにより決定することにした。これまでに報告されている白色精度に関する資料の内容について以下に列挙してみる。

(1) 納谷による報告³⁾

彼の実験によると、6原色の Donaldson 色彩計を用い、Corning の CS-1-62 フィルターと白熱電球の組合わせの色合わせを5人の観測者を用いて行った結果、その色合わせのばらつきは、 x について0.008、 y については0.010程度であったと報告している。

この場合の基準光源は約3,500°Kであるので、Mac Adam の等色の標準偏差図から判断して、9,300°K+8 MPCD 近辺の色に対する色合わせのばらつきは、上記の報告データの約半分、すなわち x で0.004、 y で0.005程度になるであろうと推定される。したがって要求される基準白色面の精度は、上記の色合わせ精度より良くなければならないということができる。

(2) 藤尾らの報告⁴⁾

藤尾らの報告によると、基準白色をC光源とした場合、カラー再現画像の肌色を常に絶対的に判定し、それがいつも肌色としての色度を失わない範囲は約2~3 JND であるとしている。

(3) C.J. Hirsch の報告⁵⁾

次に C.J. Hirsch の色差についての評価法をあげてみる。彼によると U.C.S 色度座標上の2色(u, v)と(u', v')の色差は、J.P.C.D. 単位で求めると、

$$N = 2000 \sqrt{(u-u')^2 + (v-v')^2}$$

で与えられる。こうして求めた色差 N は、大面積に対して適用されるものであり、テレビのような小面積の場合には、色差の認識の度合いが小さくなるため、上記の N の1/5を単位として評価した方が良く、色差がほとんど認められない $N/5$ の値は0.5以下であると報告している。この場合の基準白色の範囲は9,300°K+8 MPCD 近辺では、色度にして x で ± 0.0015 、 y で ± 0.0015 程度となる。

上記これらの白色精度に関する報告データを参考にし、本カラーブラウン管の基準白色面の精度を決めなければならないが、CRT メーカーサイドにおいて成すことのできる製造技術レベルおよび測色技術レベルをも考慮して最終的には決定しなければならない。そこで筆者らは、これらの点をも考慮して、本カラーブラウン管の基準白色面の精度を次のように決めることにした。

すなわち、色温度表示では、

$$9,300^\circ\text{K} + 8 \text{ MPCD}, \pm 250^\circ\text{K} \pm 3 \text{ MPCD}$$

CIE 色度座標では、

$$x = 0.2838 \pm 0.002$$

$$y = 0.2984 \pm 0.002$$

とすることにした。

4. 基準白色蛍光体の選定

基準白色蛍光面に使用する蛍光体は、基準白色として使用されるために、表1に示すような選定条件を満足しなければならない。

これらの条件をすべて満足する蛍光体は現在のところ存在しないが、筆者らは、3色ドット蛍光面と同じ蛍光体である P 22 の3色蛍光体を適当な配合比で混合して

表 1 白色蛍光面の蛍光体選定条件
Requirements for the phosphors of reference
white screen.

1	劣化が少ないこと
2	明るさにより色が変化しないこと
3	蛍光体調合液の状態で変質しないで安定していること
4	ロットによる変動が少ないこと
5	混合する場合、比重が同程度のもの
6	コストの安いもの
7	比色の場合メタメリズムの影響が少ないもの
8	明るさが3色ドット蛍光面と同程度のもの
9	塗着が容易なこと

白色蛍光面を作ることを試みた。この P 22 の混合蛍光体を用いることを試みた理由は、表 1 に示した選定条件のうち、(1)、(2) の条件以外は充分満足するからである。

そのうちでも特にこの P 22 混合蛍光体による白色蛍光面は、3 色ドット蛍光面と分光スペクトルが同じであるためメタメリズムの影響がなく、また、明るさを同程度にできることにもより、比色の精度が非常に良いといった特徴がある。この特徴は基準白色面としては最も特筆すべきものであるといえる。

しかし問題点として、表 1 に示した(1)、(2)の条件を充分満足しないといった点が存在する。

条件(1)の色温度の経時変化は R, G, B 混合蛍光体のうち特に緑、青の蛍光体の劣化が長時感使用によって起るためである。しかし、本カラーブラウン管の基準白色蛍光面はホワイトバランス調整時しか使用されず、通常のモニター監視時はラスターを縮小して白色蛍光面が発光しないようにして使用されるので、実際に白色蛍光面が刺激される時間は充分短い。そのため、たとえ白色蛍光面のライフ時間が数百時間しかないとしても、実用上それでも充分で、何ら問題ないといえる。

条件(2)の明るさによる色温度の変化は、特に緑、青蛍光体の電流密度による輝度飽和が原因である。この現象は P 22 蛍光体の本質的な問題であるために、この蛍光体を用いる限り問題の解決は非常に困難である。そこで、ホワイトバランス調整時に用いるステップアップ信号の 100% レベルの輝度 (120 nit) における白色蛍光面の色度と、カットオフレベルに近い低輝度における色度を実測した結果、後者は前者にくらべて約 500°K, 5 MPCD ほど高くなることが判明した。この変動は一見大きすぎるようであるが、通常カットオフ近傍でビーム電流比を 10% 以内の精度で設定することは實際上非常

に困難であるため、この程度の色温度の変移量は実用上あまり問題にならないと判断した⁶⁾。

したがって、本カラーブラウン管の基準白色面は、所定の輝度 (100% 輝度レベル) で所定の色温度になるよう設計しておけば、実用上充分使用できると判断される。

5. 白色蛍光面製造技術の問題点とその解決策

本カラーブラウン管の蛍光面塗着工程を簡単にフローチャートで示すと、

パネル洗浄→3色ドット蛍光体スラリー塗布→白色蛍光面部マスキング露光→現像(3色ドット蛍光面完成)→白色蛍光体スラリー塗布→3色ドット蛍光面部マスキング露光→現像(白色蛍光面完成)→フィルミング

となり、3 色ドット蛍光面と白色蛍光面とが出来上がる。本カラーブラウン管を Black Matrix (BM) にする場合には BM 工程がパネル洗浄後に入る。

本カラーブラウン管の蛍光面製造において、次に示すような技術上の問題点があり、そのための改良策を必要とした。

- (1) ホワイトユニフォーミティーは従来のカラーブラウン管より良くなければならない。
- (2) 3 色ドット蛍光面と白色蛍光面の明るさは同程度でなければならない。
- (3) 3 色ドット蛍光面と白色蛍光面の境界に隙間がないこと。
- (4) 白色蛍光面に明るさ、色むらがなくないこと。
- (5) 白色蛍光面の色温度のばらつきが小さいこと。

特に(1)の問題は、CRT の上下に白色蛍光面があるため、従来以上に白の一様性が要求される。そこで現用の露光機の改良を行ったり、塗着仕様を変えることによりユニフォーミティーの改善を行った。また、中央から周辺への光量分布を回転調光フィルターのパターンを変更してできる限り均一になるようにした。その結果、開発初期段階にくらべてかなり改良されたが、現状でもまだあまり歩留は良くなく、特に BM ついてはなおいっそうのホワイトユニフォーミティーの改良と歩留り向上が望まれる。

(2)の問題に対しては、白色蛍光面の塗布量を 3 色ドット蛍光面の混合による白色の明るさに合うように調整することにより解決した。

(3)の問題に対しては、初期には細い black band を境界に設けて隙間をなくしたが、試作の結果、この black band が目ざわりになり、比色がしにくいということが判明した。現在では、境界部分を幅約 3 mm 弱程度重な

りをもたせることによりこの問題の解決を図った。

(4)の問題は、スピニング法で白色スラリーを塗布すると、中央から周辺まで一様に塗布されないために生じる。これは G, B, R 蛍光体の粒度分布、比重等が影響するためである。そこで中央、周辺の色、明るさのむらをできるだけ少なくするためにスラリー粘度の調整を行った。また、白色蛍光面がパネル周辺にあるためにフィルミングラッカーの膜質が影響を受けやすい。そこで亀裂、むら等が生じないようフィルミングラッカーの調合仕様に検討を加え、最適となるようコントロールした。

(5)の問題については、試作の結果 $\pm 300^{\circ}\text{K}$ のばらつきがあることが判明した。これだけのばらつきが生じる原因については今のところ明確ではないが、各色蛍光体の比重の違いや、各工程中のわずかな条件の相違など、諸々の原因があるものと思われる。この問題に対しては、現在のところ原因が明確でないために対策が取りにくい、 $\pm 250^{\circ}\text{K}$ の精度規格に対して上記のばらつきはそれほど大きくないために、ポギー値さえ所定の色温度にもっててくることができれば、歩留りはそれほど悪くないといえる。

6. 測色技術の向上策

6.1 測色方法

色度の測定方法には大別して次の2通りがある。

- (1) 色度計で測定する方法。
- (2) 分光器で分光スペクトルを求めて計算する方法。

(1)の方法の色度計はいろいろの種類のもが市販されているが、受光器の分光感度はいずれも正確にルータ条件に合っているものではなく、色度にして ± 0.005 以上の精度のものは得にくい。本カラーブラウン管の基準白色面の測定は、少なくとも ± 0.001 以上の高い精度で測定できなければならないため、市販の色度計による測定は、この場合不向きであるといえる。

一方、(2)の分光器による方法は、測定時間、計算時間ともかなりの時間を要するが、市販の色度計よりも充分高い測定精度が得られる。そこで筆者らは(2)の方法で測定を行うことにした。

図2に測定装置系を示す。分光器は島津製プリズム式単式分光光度計を用いた。受光器はヘッドオンタイプの光電子増倍管を用い、その出力電圧をペンレコーダーの一方の入力端子に入れた。もう一方の入力端子には波長マーカ信号を入れるようにした。

6.2 測定精度向上策

測定精度に影響を与える要因としては種々のものが考

図2 測定装置系統図

Block diagram of the equipments for measuring.

えられるが、筆者らは可能な限りそれらの要因をなくすよういろいろ努力を行った。たとえば、次に示すような対策を講じて測定精度の向上を図るようにした。

- (1) CRT 駆動電源の安定化: 各電源はすべて 0.01 %以上の安定度の高い電源を使用。
- (2) パルスモーターによる波長駆動により、駆動速度を任意に可変(輝線部は低速駆動)。
- (3) 水銀ランプの輝線波長で波長校正。
- (4) アースの工夫。
- (5) カソード電流安定化回路の設置。
- (6) 分光器スリットサイズを同一幅で測定。

以上の対策の結果、従来にくらべて大幅な測定精度の向上が得られるようになった。

6.3 計算処理方法の工夫

得られた測定データより色度 (x, y) を求める場合、本カラーブラウン管の基準白色面に用いている蛍光体は、赤蛍光体は輝線スペクトル、緑および青蛍光体は連続スペクトルという混合スペクトルであるため、

- (a) 輝線部を 5 nm 間隔でそのまま計算すると計算誤差が大きくなる。
- (b) 分光器のスリット幅により計算結果が異なるのではないか？

といった問題点が想定される。そのため、測定時のスリット幅および計算時の波長間隔をいくかにすれば上記の問題点が解決されるか検討せねばならない。この問題に対して、栗岡らの報告⁷⁾による計算処理方法が有効である。

栗岡らは、輝線部と連続部の混合スペクトルの場合には、輝線部におけるデータ曲線を 1 nm ごとに読みとり、それぞれ対象とする波長を中心とする 5 nm ごとの区間における平均値を計算し、その値を各 5 nm 間隔の波長における値とすると、分光器のスリット幅にほぼ無

表 2 スリット幅に対する色度計算結果
The calculated chromaticity values for several slit widths.

スリット幅	No. 1		No. 2		[No. 1—No. 2]	
	x	y	x	y	Δx	Δy
0.05	0.2873	0.3040	0.2878	0.3042	0.0005	0.0002
0.10	0.2881	0.3050	0.2883	0.3043	0.0002	0.0007
0.15	0.2872	0.3045	0.2872	0.3041	0.0000	0.0004
0.20	0.2873	0.3039	0.2868	0.3035	0.0005	0.0004
$\Delta x=0.0015 \quad \Delta y=0.0015$						

関係に一定の値を得ることができると報告している。

筆者らもこれと同じ方法でもって輝線部の処理を行って、スリット幅と色度計算結果との関係を調べてみた。その計算結果を表 2 に示す。

表 2 のデータは分光器のスリット幅を 0.05, 0.1, 0.15, 0.20 とした場合の測定結果で、No. 1 と No. 2 は同じスリット幅でのくりかえしデータである。表 2 右端欄の $\Delta x, \Delta y$ はくりかえし測定の際のばらつきを、最下欄の $\Delta x, \Delta y$ は全測定データのばらつき（最大と最小の差）を表わしている。この結果より、上記に示した平均値計算処理によると、色度計算結果はスリット幅にほぼ無関係に一定の値が得られ、スリット幅を変えてもそのばらつきは ± 0.0008 の範囲にあり、基準白色面の精度規格に対して、その測定精度は充分あるものといえる。また、上記に示したような輝線部の平均値計算による結果は、輝線部の 1nm 等間隔波長計算結果にくらべて約 150°K と 2 MPCD 高くなることが計算の結果判明し、その分の補正を行っておけば、上記の平均値計算処理方法は精度上問題ないといえる。

測定値の絶対値についての確認が必要であるが、基準白色面の色温度の規格を満足する試作管と NHK にある 9,300°K+8 MPCD の基準白色器⁹⁾ との比色実験を行ったところ、色の差異は誰が見てもほとんど感じられなかった。したがって、測定値の絶対値についても充分な精度が得られているものといえる。

7. 試 作 結 果

本カラーブラウン管を 20 インチサイズで量産試作を行い、その結果、品質上良好なものを 10 台、カラーマスターモニターとしてフジテレビジョンに導入した。それら CRT の基準白色面の色度測定値を表 3 に示す。

導入時に、これらのモニターを全部並べて制作現場に携わる人達（デザイナー、メイク、照明マン、ビデオエンジニアなど）による監視を行ったところ、ほとんどの人が、その色再現の差異を提起せず、実用的に許容できる変化量であると判断した。以後スタジオにて実用して

表 3 試作管の色度データ
The data of chromaticity of the CRTs.

CRT No.	x	y	色 温 度
標 準	0.2838	0.2984	9,300°K+8 MPCD
1	0.2824	0.2953	9,500°K+6 "
2	0.2829	0.2940	9,500°K+4 "
3	0.2815	0.2977	9,550°K+10 "
4	0.2831	0.2955	9,450°K+5 "
5	0.2836	0.2934	9,450°K+2 "
6	0.2843	0.2969	9,250°K+5 "
7	0.2827	0.2960	9,450°K+7 "
8	0.2823	0.2970	9,500°K+8 "
9	0.2841	0.2963	9,300°K+5 "
10	0.2824	0.2968	9,500°K+8 "

いるが、問題なく使用されている。

表 3 の各 CRT の色度の変化量はおおよそ x, y とともに ± 0.002 の範囲にあるため、基準白色面の精度をこの範囲にして実用上まったく問題ないということが確認された。

基準白色面の動作中における色温度の経時変化については、寿命試験の結果 2,000 時間動作でほとんど色温度の変化が見られなかった。したがって、本カラーブラウン管管は実用に充分耐えるものであることが立証された。

8. 実用上の問題点と今後に残された問題点

実用上の問題点は、ブラウン管のホワイトユニフォーミティーが悪いと比色による等色を困難にし、正確なホワイトバランスが得られないことがあげられる。これは画面の上下に基準白色面があることにより、原理上白一様性の良否が目立つためであり、従来のカラーブラウン管にくらべ、よりいっそうホワイトユニフォーミティーの向上を図らねばならない。ホワイトユニフォーミティーの向上は、製造時において行うことはもちろんのこと、モニター移動に伴う地磁気などによるホワイトユニフォーミティーの劣化などがあるので、常に良好な状態に調整しておく必要がある。このことは、別に基準白色を内蔵していることによりホワイトユニフォーミティーの向上を図ることができると考えれば、マスターモニターとしての品質の向上にもつながり得るといえるだろう。

現状では、本カラーブラウン管が non BM の場合には、ホワイトバランス調整時の比色にほとんど支障をきたさない程度にホワイトユニフォーミティーの改良を行うことができたが、歩留りの面でまだ問題があり、今後歩留り向上のためよりいっそうの改良が望まれる。また、BM の場合には、現状ではホワイトユニフォーミテ

ィー面で non BM にくらべてより歩留りが悪く、さらに改良が必要とされる。

さて、基準白色部の劣化による寿命は現在までのところまったく問題なく、寿命試験の結果でも、2,000 時間動作でほとんど色温度の変移は見られなかったが、まだ実際に現場での使用時間が短いため、実動状態での寿命時間の実績は今後の調査課題であるといえる。

次に導入時に生じた問題点について述べる。各スタジオに最低 1 台は設置されるようにと分配したので、当然のように、従来使用してきたモニターとの混在が生じた。そこで起きた問題は、第 1 に、従来記憶色により調整（ホワイトバランスによる調整も行っていたが、実際はほとんど記憶色によって調整した）した白色と、9,300°K+8 MPCD の白色の差がはっきりと知覚された（記憶色は比較の色温度の低い方に寄っていた）こと、第 2 に、蛍光体の発達により蛍光体色度が異なったため、同一の白色に設定しても色再現差が生じたことがあげられる。そこで、ドラマのような継続している番組については従来の方法により行い、番組切換え時に新方式を採用していくことにした。

これらの問題は、基準白色色度のあり方、蛍光体色度の現実的な基準化という新たな問題を投げかけている。また、最近とみにこれら問題が指摘され報告されている状態にあり、好ましい色再現を得ることを前提に、カラーテレビ系のより忠実度の向上を、放送局、カメラメーカーおよび受像機メーカーの協力のもとに図っていくべきである。

9. む す び

放送局カラーモニターにおいて、ホワイトバランス調整が容易に精度良くできる方法として、新しく基準白色内蔵カラーブラウン管を開発し、その開発経過、特性、問題点等について詳述した。本カラーブラウン管によるホワイトバランス調整方法は、従来の方法にくらべて調整が容易で精度が高く、保守管理が容易であるなど、すぐれた特徴を有しており、これによりカラーテレビ放送

の色再現性の向上と統一とを一段と図ることができると確信している。ホワイトユニフォーミティーの向上、BM 蛍光体の統一など、今後に残された問題点もいくつかあるが、これらの点についてはさらに改良を加えて、より品質のすぐれたカラーマスターモニターを作り、それにより色再現性の向上と統一をさらに押し進めていきたいと考えている。

今回は 20 インチサイズの CRT について試作を行い、フジテレビスタジオに導入し実用されているが、今後は 14 インチサイズなど他管種についても開発を進め、中継部門など他分野にも広めていきたい。さらに他放送局でも本カラーブラウン管を使用しホワイトバランス調整が行われるならば、放送局間での色再現の統一も図ることができると期待される。

最後に、本基準白色内蔵カラーブラウン管の開発にあたりいろいろとご指導、ご尽力いただいた三菱電機京都製作所 鷹野部長を初め、同所の関係者諸氏、および本開発に並々ならぬご指導、ご援助を賜った NHK の一柳氏、中村氏、シバソク(株)の松田氏、工藤氏に厚く感謝の意を表します。

(昭和 51 年 12 月 20 日受付、昭和 52 年 5 月 17 日再受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) C. J. Hirsch: The Chromaticity of Reference White in Color Television, J. SMPTE, **77** (1968) 702-713
- 2) 特開昭 51-49673
- 3) Y. Nayatani: Visual Colorimetry of Fluorescent Lamps, Die Farbe, **13** (1964) 63-70
- 4) 藤尾ほか: カラー画像観視条件の検討, NHK 技報, **10** (1966) 25-30
- 5) C. J. Hirsch: A Study on the Need for Color Controls on Color Receivers in a Color TV System Operating Perfectly, IEEE Trans., BTR, Nov. (1964) 71-96
- 6) 柳下, 西野: カラーマスターモニター用基準白色内蔵ブラウン管の実用化, 放送技術, **1** (1976) 41-45
- 7) 栗岡ほか: キセノン標準白色光源の分光分布の確立, 照明会誌, **48**, **2** (1974) 20-29
- 8) 杉山, 石黒: カラーテレビ用標準白色面, 東芝レビュー, **27**, **9** (1972) 809-811