



AR / VR 評価事例

1. AR/VR/MR に搭載するパネル評価
 - 1-1. RGBW の輝度、色度、ユニフォミティ (均一性)
2. HMD 評価
 - 2-1. 9 点の輝度 (L)、色度 (u' , v') 及び平均値
 - 2-2. 輝度均一性 (LU)、色度均一性 ($\Delta u'v'$)、コントラスト比 (CR)
 - 2-3. コントラスト変調 (CM/MTF)
 - 2-4. ゴースト
3. AR グラス評価
4. レーザー光を使用した AR/VR 評価
5. VR ゴーグル / AR グラスのテンプル付評価
6. 規格
7. 用語



はじめに

AR(Augmented Reality: 拡張現実)、VR(Virtual Reality: 仮想現実)、MR(Mixed Reality: 複合現実)などのウェアラブルデバイス市場は、急速に成長しています。ARは現実世界にデジタル情報を付加し拡張する技術であり、VRはバーチャルの世界を体験できる技術です。またMRは現実世界に仮想世界を重ね合わせて表示する技術です。これらのウェアラブルデバイス市場の成長に伴い、HMD(Head Mounted Display)やARグラスの光学特性を評価する必要性が高まっています。

従来のフラットパネルディスプレイの光学特性評価は、輝度、色度、ユニフォミティ(均一性)などを測定していますが、AR/VR/MRなどのニアアイディスプレイ(NED)の画像は、視野全体に拡大されることでディスプレイの欠陥認識度が上がるなど、AR/VR/MRに向けた新たなディスプレイ評価が必要となります。

以下にAR/VRの開発・設計・生産向けの評価事例を示します。

1.AR/VR/MRに搭載するパネル評価

■1-1.RGBWの輝度、色度、ユニフォミティ(均一性)

一般的には全面赤、緑、青、白表示をおこない輝度・色度を評価します。

基本的には暗室でパネルに対し法線方向(0°)から測定をおこないます。測定イメージを示します(Fig.1)。

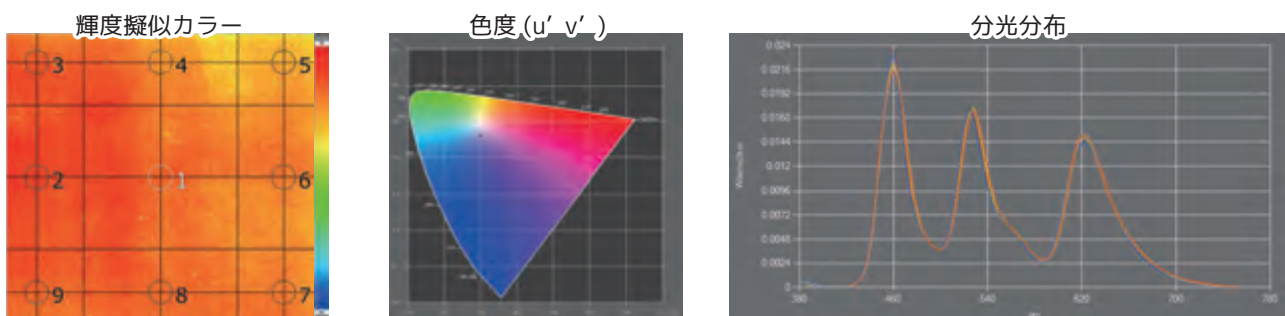
パネルの中央部と周辺部に輝度差がある場合、HMD使用者は不快に感じる場合があります。ためムラを少なくする必要があります。特にAR/VR/MR用パネルはHMDに搭載されたレンズによりパネルが拡大されムラの影響を受けます。

任意の複数ポイントにおける輝度を測定し、最大値と最小値からユニフォミティを算出します。ユニフォミティの数値が高いほど、パネルの輝度均一性が良いということになります。また合わせて色度も測定し色差も算出します。測定例として2D分光放射計SR-5100で測定した結果の輝度値を疑似カラー化することで均一性の状態が把握でき、数値管理も可能です(Fig.2)。また分光で測定しているため、差異が発生した場合は分光スペクトルデータから、どの波長域が影響しているのか確認することも可能です。

輝度・色度ユニフォミティ測定器UA-20は小型で簡便に均一性の測定が可能であるため、生産ラインでの活用に向いております。標準でSDKが付属していますので、必要なデータの取得が可能です。



Fig.1輝度・色度・均一性測定イメージ



| データシート | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|--------|--------------|------------------|--------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-----------|------------|-------------|--|
| 統計 | 測定値 | 分光放射輝度 | | | | | | | | | | | | |
| スロットNo | X座標 | Y座標 | 三刺激値X 平均値 | 三刺激値Y(輝度) 平均値 | 三刺激値Z 平均値 | 色度x 平均値 | 色度y 平均値 | 色度u' 平均値 | 色度v' 平均値 | 色温度 平均値 | 偏差 平均値 | 主波長 平均値 | 刺激純度 平均値 | |
| 1 | 324 | 302 | 589.915056 | 611.623047 | 708.399023 | 0.30887 | 0.32023 | 0.19847 | 0.46298 | 6804.20 | 0.0006 | 421.33 | 0.0271 | |
| 2 | 64 | 302 | 598.667523 | 618.338665 | 713.776034 | 0.31006 | 0.32025 | 0.19931 | 0.46317 | 6732.36 | 0.0000 | -563.10 | 0.0290 | |
| 3 | 64 | 60 | 600.161076 | 614.035753 | 726.148836 | 0.30931 | 0.31646 | 0.20023 | 0.46094 | 6818.86 | -0.0016 | -562.16 | 0.0422 | |
| 4 | 324 | 60 | 587.050638 | 602.371022 | 721.797921 | 0.30716 | 0.31518 | 0.19920 | 0.45990 | 6969.04 | -0.0011 | -565.85 | 0.0433 | |
| 5 | 583 | 60 | 582.972578 | 598.001412 | 711.009076 | 0.30813 | 0.31607 | 0.19955 | 0.46055 | 6896.80 | -0.0012 | -564.60 | 0.0416 | |
| 6 | 583 | 302 | 587.544770 | 607.277551 | 709.121279 | 0.30859 | 0.31896 | 0.19876 | 0.46223 | 6834.64 | 0.0001 | -566.06 | 0.0313 | |
| 7 | 583 | 544 | 582.640326 | 606.806136 | 690.599940 | 0.30991 | 0.32276 | 0.19824 | 0.46453 | 6716.69 | 0.0014 | 430.71 | 0.0194 | |
| 8 | 324 | 544 | 583.932042 | 609.561545 | 703.258899 | 0.30786 | 0.32137 | 0.19732 | 0.46346 | 6852.11 | 0.0017 | 466.60 | 0.0268 | |
| 9 | 64 | 544 | 589.967288 | 611.513646 | 709.907745 | 0.30866 | 0.31993 | 0.19844 | 0.46279 | 6819.92 | 0.0006 | 429.38 | 0.0281 | |

Fig.2 SR-5100 輝度・色度・均一性測定結果例

ディスプレイの他にバックライトモジュールの輝度・色度・均一性評価やゴーグルレンズの分光透過率など光学部品の評価にも使用が可能です。

ゴーグルレンズの分光透過率はレンズを透過した分光放射輝度を光源の分光放射輝度で割った値になります (Fig.3)。測定の注意点として、光源から計測器までの測定距離を同一に保つ必要があります。

また、2D分光放射計 SR-5100 のアプリケーションにはイメージ比較で分光透過率データの表示や断面図ビューで透過輝度の断面図を表示できます。

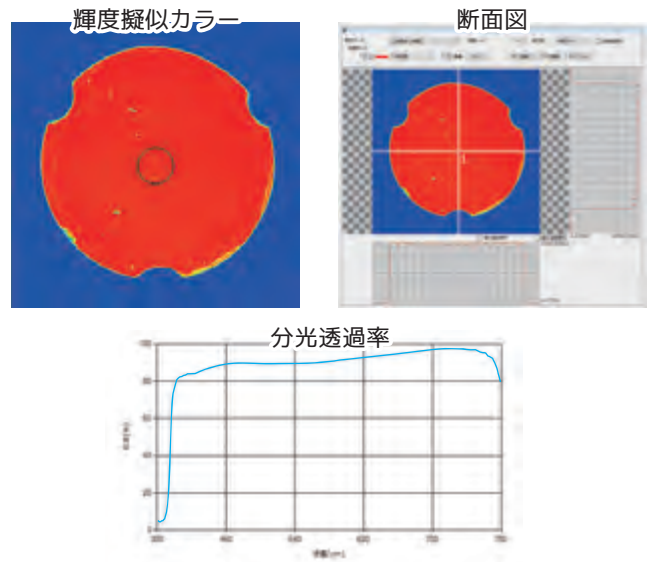


Fig.3 ゴーグルレンズの分光透過率測定結果例

2.HMD 評価

HMD は広い視野の映像を表示し人間の目の水平視野全体を映します。HMD の輝度などを測定する計測器は国家トレーサブルがとれている必要があります。2D 分光放射計 SR-5100HM は国家トレーサブルのとれた計測器であり、C マウントレンズを装着することで HMD の測定が可能です (Fig.4)。

また、2D 分光放射計 SR-5100 で分光測定することで、各スポットを高精度に測定することが可能です。



Fig.4 SR-5100HM+Cマウントレンズ

■ 2-1.9 点の輝度 (L)、色度 (u', v') 及び平均値

HMD に 5×5 チェッカーボード (IEC63145-20-10) を表示し、9 点を選択した測定例を示します (Fig.5)。測定ポイントの輝度 (L)、色度 (u',v') などの平均値を測定できます。他に R,G,B,W の単色表示での測定も行われています。

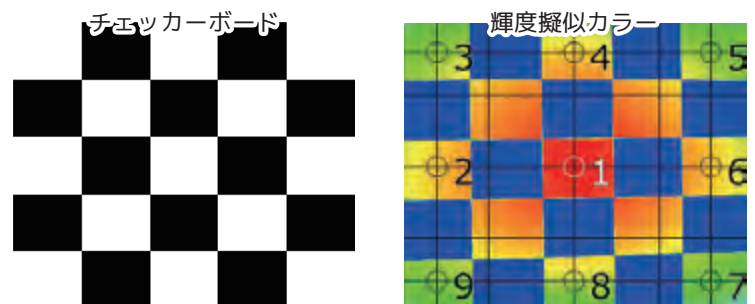


Fig.5 チェッカーボード(中心が白)と測定結果イメージ例

■2-2. 輝度均一性 (LU)、色度均一性 ($\Delta u'v'$)、コントラスト比 (CR)

Fig.5 の9点の測定結果を使用し、輝度均一性 (LU)、輝度不均一性 (NU)、色度均一性 ($\Delta u'v'$)、コントラスト比 (CR)、平均コントラスト比 (CR_a)、コントラスト不均一性 (NU_{CR}) を算出します。CR は、中央が白のチェッカーボード (Fig.5) の測定と中央が黒の反転パターン (Fig.6) の両方の測定が必要となります。

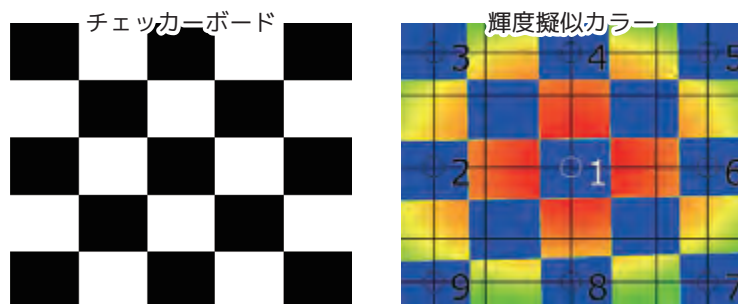


Fig.6 チェッカーボード(中心が黒)と測定結果イメージ例

■2-3. コントラスト変調特性 (CM/MTF)

明るさや色のコントラストを変化させ VR 画像の視認性や鮮明度を向上させるための技術であり、評価結果を元にコントラスト変調技術の改善や最適化を行います。コントラスト変調特性 (CM/MTF) は、ラインペアパターンを表示し測定します。ラインペアパターンと測定結果イメージ例を示します (Fig.7)。CM/MTF 特性は、Max 値と Min 値を使用して評価を実施します。断面図ビューを使用することでラインペアの断面の評価もできます。

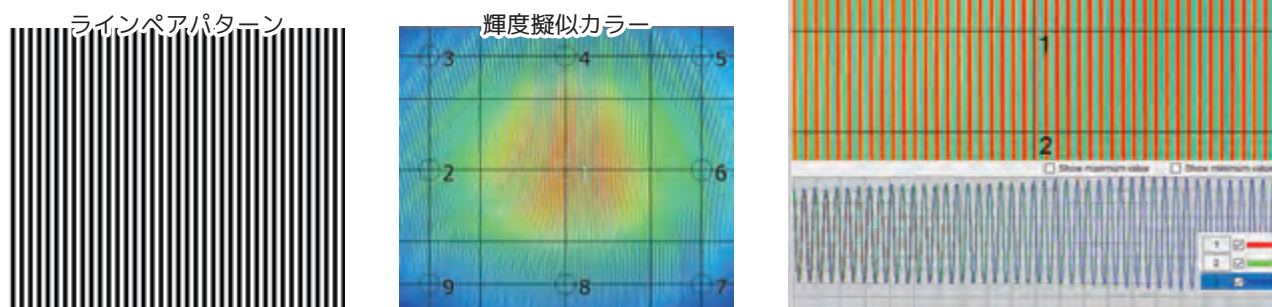


Fig.7 ラインペアパターンと測定結果イメージ例

■2-4. ゴースト

チェッカーボードや中心 4% 部分白表示をおこない周辺部の輝度差によりゴーストを評価します。測定例として 9x9 チェッカーボードを使用した場合の評価を示します (Fig.8)。カメラでは見つけられないゴーストを輝度グレースケール機能で見つけることが可能です。また、断面図でゴースト量の定量化が可能です。IEC63145-20-10 ではスポットタイプの計測器での評価が表記されているため、二次元計測器を使用する場合は、スポットタイプの計測器と相関を取る場合が多く見受けられます。

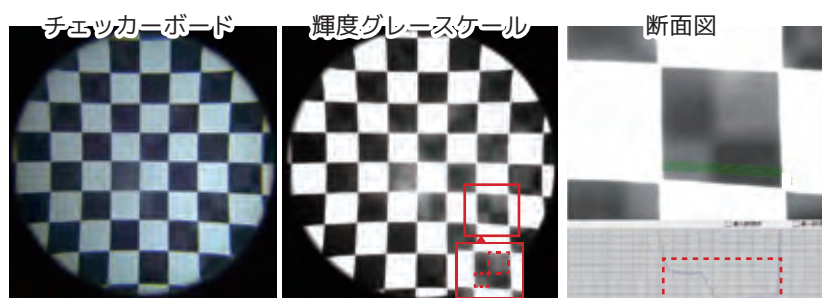


Fig.8 チェッカーボードと測定結果イメージ例

3.AR グラス評価

AR グラス (Fig.9) は視野の中に映像を表示します。輝度などを測定する場合は国家トレーサブルがとれている計測器で測定する必要があります。2D 分光放射計 SR-5100HM は国家トレーサブルのとれた計測器であり、C マウントレンズを装着することで AR グラスの測定が可能です。

2D 分光放射計 SR-5100 で分光測定することで、各スポットを高精度に測定することが可能です。

AR グラスに白色を表示し、5 点を選択した例を示します (Fig.10)。測定ポイントの輝度 (L)、色度 (u',v') などの平均値を測定できます。他に 10×10 チェッカーボード (Fig.11) または R,G,B,W の単色表示での測定も行われています。



Fig.9 ARグラスイメージ例

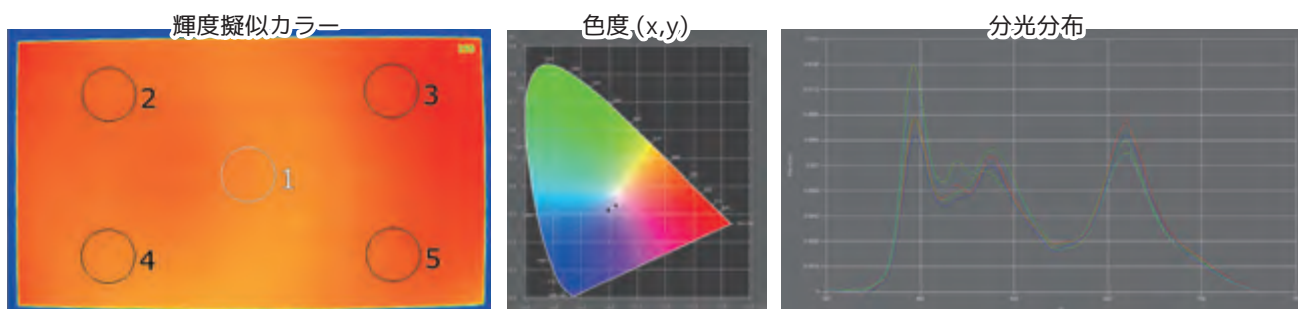


Fig.10 白色表示の均一性測定結果イメージ例

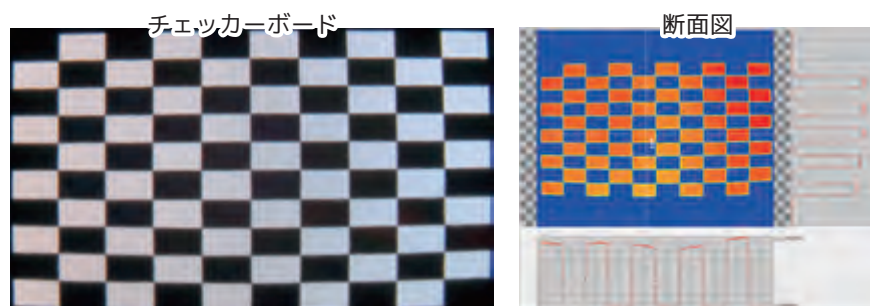


Fig.11 チェッカーボードと測定結果イメージ例

各階調を表示し、5 点を選択した例を示します (Fig.12)。階調毎の均一性差異などの測定ができ測定ポイントの輝度 (L)、色度 (u',v') などの平均値を測定できます。他に 5×5 チェッカーボードまたは R,G,B,W の単色表示での測定も行われています。

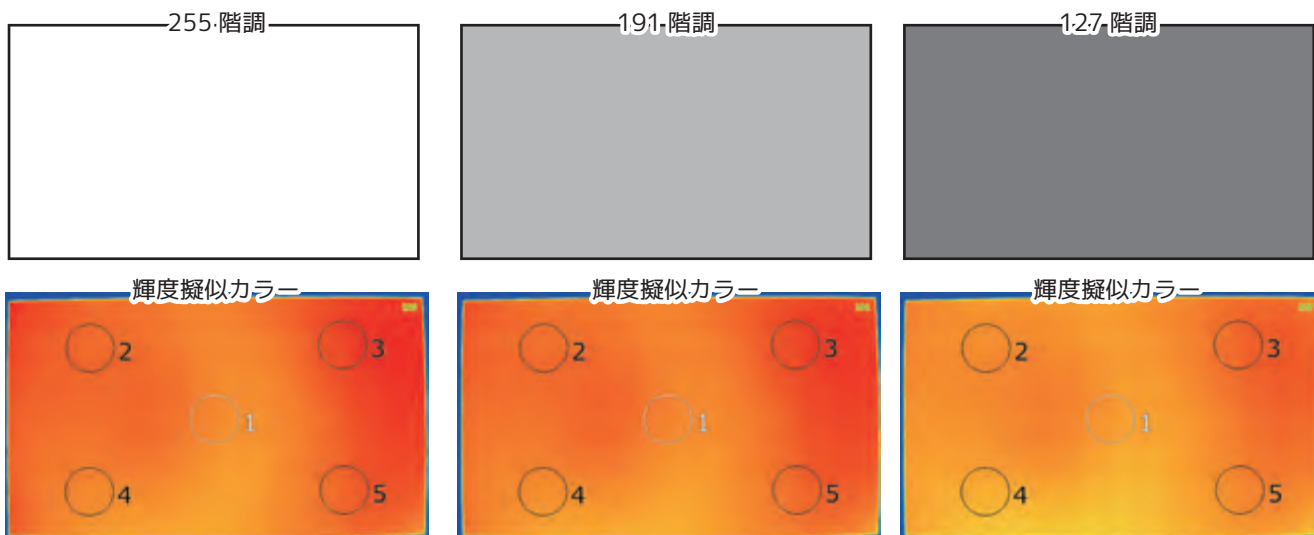


Fig.12 階調表示の均一性測定結果イメージ例

4. レーザ光を使用した AR/VR 評価

バックライトが白色 LED である現在の LCD は、広い色範囲を表現することができません。色域を広げるために、レーザ光や OLED が増加しています。このため、AR/VR の光源としてレーザを使用するデバイスの開発が進められています。このような背景の下、計測機器の要求が変化しています。レーザや OLED パネルは、狭帯域のスペクトル特性を持ち、XYZ 検出器を使用する既存の色彩輝度計では正確に測定できません。

XYZ 検出器はスペクトル感度差を有しており、測定値の差異が検出器のスペクトル感度差なのか測定サンプルのスペクトル変動による起因かを区別することはできません。例えば、波長 600nm 付近にピークを持つ赤色光を測定する場合、XY 検出器を使用します。これらの波長の変化は、X と Y のバランスに影響します。その結果、色度測定の誤差が大きくなります (Fig.13)。この場合、分光放射計で測定する必要があります。

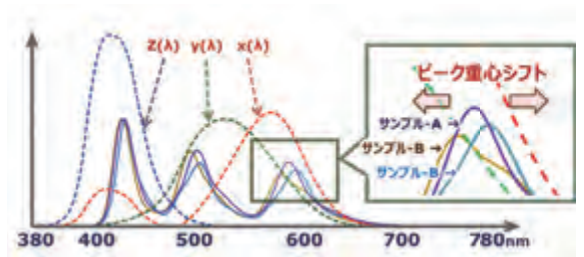


Fig.13 測定値差異例

5. VR ゴーグル / AR グラス・テンプル付き評価

VR ゴーグルや AR グラスのテンプル付き評価に際してはテンプル部が 2D 分光放射計 SR-5100 本体と干渉する場合があります。その際はオプションでリレーレンズをご用意しております。

6. 規格

IEC 63145-20-10: Fundamental measurement methods - Optical properties

IEC 63145-21-20: Specific measurement methods for VR image quality - Screen door effect

IEC 63145-22-10: Specific measurement methods for AR type - Optical properties

7. 用語

PPI (pixels per inch): 1 インチあたりのピクセル数の解像度を示す単位です。

PPD (pixels per degree): 視角 1°あたりのピクセル数の解像度を示す単位です。

FOV (Field of View): ディスプレイに映る視界の広さになります。

IPD (Inter Pupillary Distance): 瞳孔間の距離で右目の瞳孔と左目の瞳孔がどれくらい離れているのかを表す数値です。

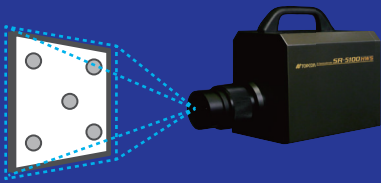
MTF (Modulation transfer function): 光学系の解像力を表す評価指標です。

EP (Entrance pupil): 入射瞳と呼ばれ開口絞りより物体側の光学系で結像された開口絞りの像になります。

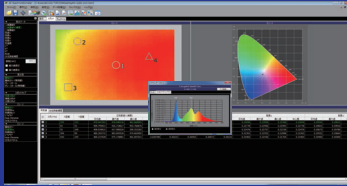
EPD (Entrance Pupil Diameter): 入射瞳径と呼ばれ絞り面より前のレンズで結像された絞り面の像の直径になります。

R&D 向け

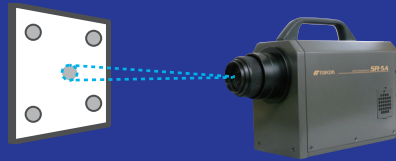
2D分光放射計 **SR-5100**



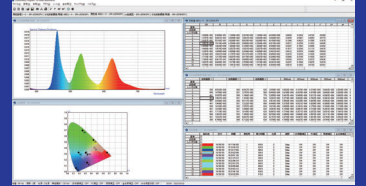
- 分光イメージング計測
 - ・500万ポイント分光スペクトル
 - ・輝度 / 色度
 - ・均一性



分光放射計 **SR-5A**



- 分光スポット計測
 - ・1ポイント分光スペクトル
 - ・輝度 / 色度
 - ・均一性 (移動が必要)

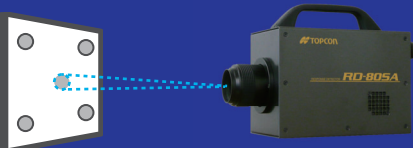


SR-5100HM+C マウントレンズ例

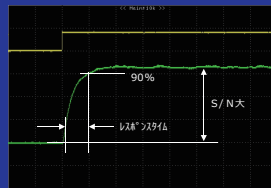
| 横 × 縦 × 対角 (°) | 入射瞳径 (mm) |
|------------------|-----------|
| 117.7×86.7×146.2 | 2.5* |
| 34.6×25.9×43.2 | 8.6 |
| 82.4×66.9×106.1 | 1.8 |

*ケラれる場合があります。

応答度色彩輝度計 **RD-805A**



- スポット計測
 - ・1ポイント輝度 / 色度
 - ・均一性 (移動が必要)
 - ・アナログ出力応答速度 : 80μs 以下



モジュール製造用生産ライン向け

輝度・色度ユニフォミティ測定器

UA-20C

輝度ユニフォミティ測定器

UA-20Y



- イメージング計測
 - ・2450万ポイント
 - ・輝度 / 色度 (UA-20C)
 - ・輝度 (UA-20Y)
 - ・均一性

モジュール製造用装置点灯検査例





<https://www.topcon-techno.co.jp>

株式会社 **トプコンテクノハウス**

〒174-8580 東京都板橋区蓮沼町75-1
TEL.03-3558-2666 FAX.03-3558-4661
E-mail: techno-info@topcon.co.jp

