

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特願2025-9200
(P2025-9200A)

(43)公開日 令和7年1月20日(2025.1.20)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 M 11/02 (2006.01)	G 0 1 M 11/02	A 2 G 0 8 6
H 0 4 N 17/04 (2006.01)	H 0 4 N 17/04	D
G 0 1 M 11/00 (2006.01)	G 0 1 M 11/00	T

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全20頁)

(21)出願番号	特願2023-112047(P2023-112047)	(71)出願人	000004352 日本放送協会 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
(22)出願日	令和5年7月7日(2023.7.7)	(74)代理人	110001807 弁理士法人磯野国際特許商標事務所
		(72)発明者	佐々木 久幸 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内
		(72)発明者	渡邊 隼人 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内
		(72)発明者	加納 正規 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日本放送協会放送技術研究所内
		(72)発明者	岡市 直人 最終頁に続く

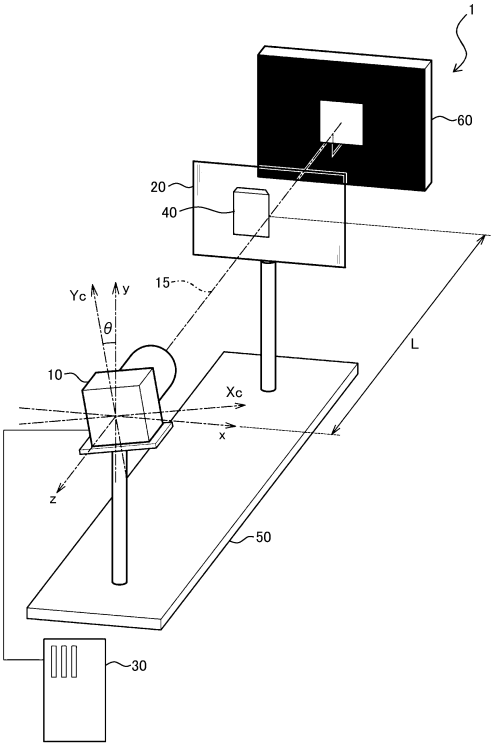
(54)【発明の名称】 M T F 測定システムおよび M T F 測定方法

(57)【要約】

【課題】空間像再生型の3次元ディスプレイの M T F 測定を支援する M T F 測定システムを提供すること。

【解決手段】 M T F 測定システム1は、測定カメラ10と、拡散面である第1面21と、第1面21に対向する第2面22と、を有する透光性の拡散板20と、板状本体の一縁端部に鋭利な辺であるナイフエッジを有し板状本体が拡散板20に対して脱着可能に密着されるナイフエッジターゲット40と、拡散板20の第1面21にナイフエッジターゲット40の一面が密着された状態で測定カメラ10によって拡散板20を介してナイフエッジを撮影して得られた辺像の画像データを画像処理する M T F 測定装置30と、を備え、 M T F 測定装置30は、画像データから辺像分布関数である E S F のプロファイルを求め、 E S F のプロファイルをアンサンプル平均して得られた結果を微分し、そのフーリエ変換を求めることによって M T F を算出する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

測定カメラと、

拡散面である第 1 面と、前記第 1 面に対向する第 2 面と、を有する透光性の拡散板と、板状本体の一縁端部に鋭利な辺であるナイフエッジを有し前記板状本体が前記拡散板に対して脱着可能に密着されるナイフエッジターゲットと、

前記拡散板の前記第 1 面に前記ナイフエッジターゲットの一面が密着された状態で前記測定カメラによって前記拡散板を介して前記ナイフエッジを撮影して得られた辺像の画像データを画像処理する MTF 測定装置と、を備え、

前記 MTF 測定装置は、前記画像データから辺像分布関数である E S F のプロファイルを求め、前記 E S F のプロファイルをアンサンブル平均して得られた結果を微分し、そのフーリエ変換を求めることによって前記 MTF を算出することを特徴とする MTF 測定システム。

10

【請求項 2】

前記測定カメラは、正方格子状の画素配置の撮像素子を含み、

前記測定カメラの光軸が、前記拡散板の前記第 2 面に直交する方向に平行になるように設置され、

前記測定カメラは、前記撮像素子の画素配列に対して前記ナイフエッジが斜めになるように前記光軸周りに所定角度に回転した状態で配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の MTF 測定システム。

20

【請求項 3】

前記測定カメラと前記拡散板とを連結する治具を備え、

前記治具は、前記測定カメラおよび前記拡散板についての位置および姿勢を保持し、かつ、前記測定カメラと前記拡散板との間の距離を一定値に保持することを特徴とする請求項 2 に記載の MTF 測定システム。

【請求項 4】

前記治具は、

基部と、

前記基部の上に固定されて前記測定カメラを搭載する第 1 基台と、

前記第 1 基台から離隔して前記基部の上に固定されて前記拡散板を搭載する第 2 基台と、を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の MTF 測定システム。

30

【請求項 5】

拡散面である第 1 面と、前記第 1 面に対向する第 2 面と、を有する透光性の拡散板の前記第 1 面に対して、板状本体の一縁端部に鋭利な辺であるナイフエッジを有するナイフエッジターゲットを密着する準備工程と、

測定カメラによって、前記拡散板を介して前記ナイフエッジを撮影して辺像の画像データを得る撮影工程と、

MTF 測定装置によって、前記画像データを画像処理する処理工程と、を含み、

前記処理工程において、前記 MTF 測定装置は、前記画像データから辺像分布関数である E S F のプロファイルを求め、前記 E S F のプロファイルをアンサンブル平均して得られた結果を微分し、そのフーリエ変換を求めることによって前記 MTF を算出することを特徴とする MTF 測定方法。

40

【請求項 6】

前記測定カメラは、正方格子状の画素配置の撮像素子を含み、

前記準備工程にて、前記測定カメラの光軸を、前記拡散板の前記第 2 面に直交する方向に平行になるように設置し、かつ、前記測定カメラを、前記撮像素子の画素配列に対して前記ナイフエッジが斜めになるように前記光軸周りに所定角度に回転した状態で配置することを特徴とする請求項 5 に記載の MTF 測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【0001】

本発明は、MTF測定システムおよびMTF測定方法に係り、特に、空間像再生型の3次元ディスプレイのMTF測定を支援するMTF測定システムおよびMTF測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

これまでに、2次元ディスプレイの表示空間周波数特性すなわち変調伝達関数(MTF: Modulation Transfer Function)を測定する方法として、様々な方法が提案されている。たとえば、ディスプレイに様々な空間周波数の正弦波パターンや矩形波パターンを表示して、それらのパターンを測定用のカメラ(以下、測定カメラという)で撮影してMTFを求める方法が一般的であった。

10

【0003】

最近では、ディスプレイに直線のパターンを表示して、その直線を測定カメラで撮影して輝度プロファイルを得て、このプロファイルをアンサンブル平均した結果の関数を微分し、微分結果の関数をフーリエ変換する演算処理を行うことでMTFを取得する方法も提案されている(特許文献1および非特許文献1参照)。特許文献1および非特許文献1に開示された方法では、ディスプレイに対して、そのディスプレイで表示可能な最も狭い幅を持つ直線(線像分布関数(LSF: Line Spread Function))を表示すべき映像信号を入力し、その最も狭い幅を持つ直線(LSF)を測定カメラで撮影する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2021-107804号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】K. Masaoka, "Line-Based Modulation Transfer Function Measurement of Pixelated Displays," in IEEE Access, vol. 8, pp. 196351-196362, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3033756.

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0006】

特許文献1および非特許文献1に開示された方法は、2次元ディスプレイのMTFを測定する方法であり、3次元ディスプレイのMTFを測定することが想定されておらず、改良の余地があった。ただし、例えば2視点方式(2眼方式)や多視点方式(多眼方式)において、ある1眼(1視点)分の光線しか測定カメラに入らないような限定的な場合、つまり光線密度が十分に低い場合には、1視点ごとの映像を、2次元ディスプレイのMTFの測定方法と同様の方法でそれぞれ測定することも可能である。

【0007】

しかしながら、3次元ディスプレイの方式によっては、2次元ディスプレイのMTFの測定方法をそのまま使用することができない場合がある。具体的には、光線密度の高い多視点方式、いわゆるライトフィールドと呼ばれる方式や、ホログラフィなど、空間像再生型3次元表示方式では、視点の数が膨大なので測定時間が長大になり、1視点ごとの映像を測定することは、困難であり、現実的な測定方法とは言えない。

40

【0008】

本発明は、以上のような問題点に鑑みてなされたものであり、空間像再生型の3次元ディスプレイのMTF測定を支援するMTF測定システムおよびMTF測定方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記課題を解決するために、本発明に係るMTF測定システムは、測定カメラと、拡散

50

面である第1面と、前記第1面に対向する第2面と、を有する透光性の拡散板と、板状本体の一縁端部に鋭利な辺であるナイフエッジを有し前記板状本体が前記拡散板に対して脱着可能に密着されるナイフエッジターゲットと、前記拡散板の前記第1面に前記ナイフエッジターゲットの一面が密着された状態で前記測定カメラによって前記拡散板を介して前記ナイフエッジを撮影して得られた辺像の画像データを画像処理するMTF測定装置と、を備え、前記MTF測定装置は、前記画像データから辺像分布関数であるESFのプロファイルを求め、前記ESFのプロファイルをアンサンブル平均して得られた結果を微分し、そのフーリエ変換を求めることによって前記MTFを算出することとした。

【0010】

また、本発明に係るMTF測定方法は、拡散面である第1面と、前記第1面に対向する第2面と、を有する透光性の拡散板の前記第1面に対して、板状本体の一縁端部に鋭利な辺であるナイフエッジを有するナイフエッジターゲットを密着する準備工程と、測定カメラによって、前記拡散板を介して前記ナイフエッジを撮影して辺像の画像データを得る撮影工程と、MTF測定装置によって、前記画像データを画像処理する処理工程と、を含み、前記処理工程において、前記MTF測定装置は、前記画像データから辺像分布関数であるESFのプロファイルを求め、前記ESFのプロファイルをアンサンブル平均して得られた結果を微分し、そのフーリエ変換を求めることによって前記MTFを算出することとした。

【発明の効果】

【0011】

本発明は、以下に示す優れた効果を奏するものである。

MTF測定システムによれば、拡散板の拡散面に密着されたナイフエッジターゲットのナイフエッジを撮影して得られた辺像の画像データを画像処理することができる。これにより、MTF測定システムは、測定カメラおよび拡散板を含む系の全体のMTFを算出することで、空間像再生型の3次元ディスプレイのMTF測定を支援することができる。

また、MTF測定方法によれば、2次元ディスプレイのMTFの測定方法のような1視点ごとの映像を測定する必要が無く、短時間で空間像再生型の3次元ディスプレイのMTF測定の支援が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施形態に係るMTF測定システムの構成を示す模式図である。

【図2】図1に示す拡散板の上面図であり、(a)はナイフエッジターゲットを取り付けた状態、(b)ナイフエッジターゲットを取り外した状態をそれぞれ示している。

【図3】図1に示す治具の構成例を示す模式図である。

【図4】ナイフエッジの撮影画像に設定された関心領域を示す模式図である。

【図5】エッジが直立するように回転された撮影画像から関心領域の画素をピンに落とす処理を示す模式図である。

【図6】図1に示すMTF測定装置によって計算される関数を示すグラフであって、(a)はESF、(b)はLSF、(c)はMTFをそれぞれ示している。

【図7】図1のMTF測定システムによって3次元ディスプレイのMTFを測定する様子を示す模式図である。

【図8】図7の再生立体像および拡散板の拡大図である。

【図9】図7の再生立体像の撮影画像からLSFを求める計算処理工程を示す模式図である。

【図10】再生立体像の撮影の様子を示す模式図であり、(a)は拡散板が無い場合、(b)は拡散板がある場合をそれぞれ示している。

【図11】治具の変形例を示す模式図である。

【図12】治具の他の変形例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

(第1実施形態)

本発明の第1実施形態に係るMTF測定システムの構成について図面を参照して説明する。図1において、水平方向をx軸、鉛直方向をy軸、測定カメラ10の光軸方向をz軸とする。また、測定カメラ10の撮像素子の画素配列の水平方向を X_c 軸($\neq x$ 軸)、撮像素子の画素配列の垂直方向を Y_c 軸($\neq y$ 軸)とする。

【0014】

[MTF測定システムの概要]

図1に示すMTF測定システム1は、測定カメラ10と、拡散板20と、MTF測定装置30と、ナイフエッジターゲット40と、を備えている。

拡散板20は、透光性を有し、拡散面である第1面21と、第1面21に対向する第2面22と、を有する(図2(a)参照)。

ナイフエッジターゲット40は、板状本体の一縁端部に鋭利な辺であるナイフエッジを有し板状本体が拡散板20に対して脱着可能に密着される。

MTF測定装置30は、図2(a)に示すように拡散板20の第1面21にナイフエッジターゲット40の一面が密着された状態で測定カメラ10によって拡散板20を介してナイフエッジを撮影して得られた辺像の画像データを画像処理するものである。

MTF測定装置30は、画像データから辺像分布関数であるESF(Edge Spread Function)のプロファイルを求め、ESFのプロファイルをアンサンブル平均して得られた結果を微分し、そのフーリエ変換を求めることによってMTFを算出する。

【0015】

[2つの測定フェーズ]

MTF測定システム1は、異なるタイミングで、図2(a)に示すように主に測定カメラのMTFに係る測定フェーズP1と、図2(b)に示すように主に3次元ディスプレイのMTFに係る測定フェーズP2と、を行うことができる。測定フェーズP1は、測定フェーズP2を行うための準備段階に相当している。測定フェーズP1、P2の詳細については後記する。

以下、MTF測定システム1の各部の構成について説明する。

【0016】

(測定カメラ)

測定カメラ10は、測定用のカメラであり、ガンマ補正を外して $\gamma = 1$ に設定できるカメラであり、例えばデジタルカメラである。測定カメラ10によって撮影されたナイフエッジ像を示す出力信号は、各画素と一対一に対応するものとする。

【0017】

測定カメラ10は、正方格子状の画素配置の撮像素子を含む。正方格子状の画素配置は、2次元平面に正方配列された画素構造である。この画素構造では、例えば奇数番目の列に並んだ画素群の縦方向の位置と、偶数番目の列に並んだ画素群の縦方向の位置と、は同一直線上において一致している。なお、2次元平面にデルタ配列された画素構造の場合、例えば奇数番目の列に並んだ画素群の縦方向の位置と、偶数番目の列に並んだ画素群の縦方向の位置とが、画素間隔の $1/2$ だけずれる。

測定カメラ10の光軸15は、拡散板20の第2面22に直交する方向に平行になるように設置される。測定カメラ10は、撮像素子の画素配列に対してナイフエッジが斜めになるように光軸15周りに所定角度に回転した状態で配置されている。このときの回転角 θ は、任意の角度(ただし0, 45, 90度近辺を除く角度)である。

測定カメラ10は、測定に用いる拡散板20の全体を覆うことができる程度の画角で撮影できるように設置される。

【0018】

(拡散板)

拡散板20は、入射した光を拡散させて出射する透光性を有するものである。この拡散板20は、拡散面である第1面21が光源装置60に面して配置され、平面である第2面22が測定カメラ10に面して配置される。拡散板20は、光源装置60から出射される

10

20

30

40

50

光を拡散して入射し、第2面22から拡散した光を出射する。拡散板20のサイズは、例えば、測定対象の3次元ディスプレイのサイズと同程度である。この拡散板20は、円形にリニアな拡散特性を有する拡散板を用いてもよい。例えば、拡散板20としては、ホログラフィックディフューザが挙げられる。図2(a)に示すように拡散板20が片面のみの拡散面を持つ場合は、測定カメラ10と向き合っている面(第2面22)とは反対側の面(第1面21)が拡散面となるように配置し、ナイフエッジターゲット40(実物)はその拡散面に密着させて設置する。なお、拡散板20は、第1面21および第2面22の両面が拡散面であってもよい。

【0019】

(光源装置)

光源装置60は、ナイフエッジを照らすものである。光源装置60は、図2(a)に示すように拡散板20を基準に測定カメラ10とは反対側に、拡散板20の第1面21に対面するように配置されている。光源装置60は、一様なグレーまたは白色の光でナイフエッジを照らす装置であればよく、例えば2次元ディスプレイである。光源装置60は、主に測定カメラのMTFに係る測定フェーズP1のときにだけ用いられる。

光源装置60の変形例として、測定対象である3次元ディスプレイを用いてもよい。その場合、3次元ディスプレイは、測定フェーズP1のときにだけ、一様なグレーまたは白色の映像を表示してナイフエッジを照らす用途に利用してもよい。

ここでは、彩度は必要ないので、RGBのそれぞれの値は同一に、輝度のみを変化させてカメラでの撮影で都合の良いように調整して表示することを考慮しており、一様なグレーまたは白色と表現した。なお、本明細書において、白は、例えば8bit階調でRGB値が255, 255, 255であるものを言い、その白から輝度を下げた127, 127, 127をグレーとしており、グレーは、暗い白である。

【0020】

(ナイフエッジターゲット)

ナイフエッジターゲット40は、板状本体の一縁端部に鋭利な辺(ナイフエッジ)を有する物体である。ナイフエッジターゲット40は鋭く磨いてあって、ナイフエッジ像は、ディスプレイの画素構造(粒々した構造)よりも細かく均質になる。ナイフエッジ像の細かさは、後記する測定フェーズP2において3次元ディスプレイによって所定の奥行位置に提示される3次元映像の細かさ(最大空間周波数)より十分に細かいものである。ナイフエッジは、でこぼこしていないものや均質なものである必要がある。具体的には、のこぎりの刃先等は不適であり、包丁やナイフ等の刃先の直線的な部分を用いることができる。

【0021】

ナイフエッジターゲット40は、主に測定カメラのMTFに係る測定フェーズP1のときにだけ必要なものである。ナイフエッジターゲット40は、測定フェーズP1において拡散板20に取り付けられて、主に測定カメラのMTFに係る測定がなされた後に、ナイフエッジターゲット40が拡散板20から取り外され、その後、測定フェーズP2が行われる。このようにMTF測定システム1では、ナイフエッジターゲット40を拡散板20に対して脱着して使用している。ナイフエッジターゲット40を拡散板20に密着する方法としては、例えばネジやボルト等の固定具を用いてもよいし、粘着テープ、両面テープ等で一時的に着脱するように用いてもよい。

【0022】

(治具)

MTF測定システム1は、測定カメラ10と拡散板20とを連結する治具50を備えることができる。治具50は、測定カメラ10および拡散板20についての位置および姿勢を保持し、かつ、測定カメラ10と拡散板20との間の距離Lを一定値に保持する。距離Lは、必要な撮影画角や正常にフォーカス調整ができる距離であれば任意の距離でよい。治具50があれば、一連の測定における測定フェーズP2のときの距離Lが、準備段階である測定フェーズP1のときの距離Lと同じになるので、測定フェーズP2のときに、測

10

20

30

40

50

定カメラ１０と拡散板２０との間の距離を測り直す手間を省くことができる。また、治具５０を用いることで、一連の測定における測定フェーズＰ１を終了してナイフエッジターゲット４０を拡散板２０から取り外すときに、振動などで拡散板２０の姿勢が変化することを防止することができる。

【００２３】

図３は、図１に示す治具の構成例を示す模式図である。治具５０は、図３に示すように、基部５１と、第１基台５２と、第２基台５３と、を備えている。第１基台５２は、基部５１の上に固定されて測定カメラ１０を搭載するものであり、第２基台５３は、第１基台５２から離隔して基部５１の上に固定されて拡散板２０を搭載するものである。ここでは、第１基台５２は、基部５１の上に配置した支柱５２ａと、この支柱５２ａの上部に配置した角度調整部５２ｂと、この角度調整部５２ｂに設けた、ネジ部５２ｄを有するカメラ取付部５２ｃと、を備えている。そのため、測定カメラ１０は、カメラ取付部５２ｃのネジ部５２ｄに測定カメラ１０の雌ネジ部分１０ｄがねじ込まれて着脱自在に取り付けられ、角度調整部５２ｂにより所定角度に調整して姿勢を維持することができるよう第１基台５２に搭載できるように構成されている。

また、第２基台５３は、第１基台５２から予め設定された距離を隔てて配置した支柱５３ａと、この支柱５３ａの上部に設けた、取付溝５３ｂを有する拡散板取付部５２ｃと、を備えている。そのため、拡散板２０は、拡散板取付部５２ｃの取付溝５３ｂに挟持された姿勢を維持して第２基台５３に搭載できるように構成されている。なお、拡散板取付部５２ｃは、例えば、拡散板２０の厚みよりも狭い溝幅を備えている弾性部材で構成され、溝幅を弾性力に抗して押し広げて拡散板２０を挟持することで固定するようにしている。

なお、この例では、基部５１は、金属等で構成された板状部材（プレート）である。第１基台５２や第２基台５３は、図１のように、金属等で構成された柱状の部材（ポール）であってもよい。ただし、治具５０の構成は、これらに限定されるものではない。測定カメラ１０を第１基台５２に固定する方法としては、例えば、測定カメラ１０をクランプするクランプ部材等を介して第１基台５２に角度調整が自在となるように固定してもよい。拡散板２０を第２基台５３に固定する方法は、測定カメラ１０を第１基台５２に固定する方法と同じでもよいし、異なってもよい。

【００２４】

ＭＴＦ測定システム１において、測定カメラ１０は、拡散板２０にピントをあわせてナイフエッジを撮影する。このとき、拡散板２０上の任意点に、複数の方向から来た光線が入射するので、拡散板２０に密着したナイフエッジを測定カメラ１０で撮影したプロファイルを解析して測定したＭＴＦは、拡散板２０によって複数の方向から来た光線を多重させた状態を反映することができる。

【００２５】

（ＭＴＦ測定装置）

ＭＴＦ測定装置３０は、ＣＰＵ（Central Processing Unit）と、ＲＡＭ（Random Access Memory）と、ＲＯＭ（Read Only Memory）と、ＨＤＤ（Hard Disk Drive）と、入力／出力インタフェースとを含んで構成されており、例えば一般的なパーソナルコンピュータ等で構成される。ＭＴＦ測定装置３０の表示装置（モニタ）は、例えば液晶ディスプレイ等で構成され、モニタの画面上には、ＧＵＩ（Graphical User Interface）により、ウィンドウ、アイコン、ボタン等が表示され、操作者（ユーザ）はそれらをマウス等の入力手段を用いて選択する操作を行うことができる。ＭＴＦ測定装置３０は、例えばＵＳＢ（Universal Serial Bus）等の有線（または無線）によって、測定カメラ１０と通信可能に接続されている。

【００２６】

〔ＭＴＦ測定方法〕

（測定フェーズＰ１）

ＭＴＦ測定方法について図１および図２（ａ）を参照して説明する。

ＭＴＦ測定方法は、測定フェーズＰ１において、準備工程と、撮影工程と、処理工程と

、を含んでいる。

準備工程は、拡散面である第1面21と、第1面21に対向する第2面22と、を有する透光性の拡散板20の拡散面である第1面21に対して、板状本体の一縁端部に鋭利な辺であるナイフエッジを有するナイフエッジターゲット40を密着する工程である。

撮影工程は、測定カメラ10によって、拡散板20を介してナイフエッジを撮影して辺像の画像データを得る工程である。

処理工程は、MTF測定装置30によって、画像データを画像処理する工程である。

処理工程において、MTF測定装置30は、画像データから辺像分布関数であるESFのプロファイルを求め、ESFのプロファイルをアンサンプル平均して得られた結果を微分し、そのフーリエ変換を求めることによってMTFを算出する。

10

【0027】

準備工程では、図2(a)に示すように拡散板20にナイフエッジターゲット40のナイフエッジを密着させる。測定カメラ10は、正方格子状の画素配置の撮像素子を含むことが好ましい。この場合、準備工程にて、測定カメラ10の光軸15を、拡散板20の第2面22に直交する方向に平行になるように(z軸が拡散板20に垂直になるように)設置する。そして、測定カメラ10を、撮像素子の画素配列に対してナイフエッジが斜めになるように光軸15周りに所定角度に回転した状態で配置する。この準備工程では、図1に示すように測定カメラ10と拡散板20との間の距離Lを一定値に保持する治具50を用いることが好ましい。治具50によって測定カメラ10と拡散板20とが連結されることで、一連の測定の作業が容易となる。

20

【0028】

撮影工程において、光源装置60は、ナイフエッジを照らす。図1に示す例では、光源装置60は、ディスプレイ面の中心の矩形領域に一樣な白色の映像を表示し、その矩形領域の周囲に黒色の映像を表示している。光源装置60が表示する一樣な白色の映像は、ナイフエッジを照らす照明光となる。なお、図2(a)では、光源装置60が、ディスプレイ面の中心の矩形領域に表示する白色映像Wと、その矩形領域の周囲に表示する黒色映像Bとを模式的に示している。

【0029】

処理工程において、MTF測定装置30が、測定カメラ10で得られた画像データからMTFを算出する演算処理は、特許文献1および非特許文献1に開示された演算処理と同様である。ここで、本実施形態と対比しながら、特許文献1および非特許文献1に開示された方法の概略を説明する。

30

特許文献1および非特許文献1に開示された方法においては、映像信号を生成する機構やその映像信号を表示するディスプレイ(2次元ディスプレイ)は、表示するために必要なフィルタ処理(標本化や量子化など)を行う。そして、ディスプレイまたはその駆動装置に組み込まれたアルゴリズム(以降「信号表示変換アルゴリズム」と呼ぶ)が、直線を表示するために入力された映像信号から、直線を、具体的なディスプレイの画素の並び方および画素の輝度に変換して表示させる。その表示された結果は、幅方向になんらかの輝度分布を持つ直線を表す関数、すなわち、幅方向になんらかの輝度分布を持つLSFとなる。

40

例えば仮に幅が0の直線がLSFとして得られたとすると、そのプロファイルをアンサンプル平均した結果の関数は、デルタ関数に相似であるとみなせる。そのため、そのプロファイルをアンサンプル平均した結果の関数を、直流の強度を1として正規化してフーリエ変換すると、直流からナイキスト周波数までのすべての周波数における変調度が等しく1となるような特性を有するMTFが得られる。このときに得られるMTFは、仮想的に幅を持たない直線を表示できるディスプレイがあったとした場合における当該ディスプレイのMTFである。

【0030】

幅を持たない直線を表示することは現実には不可能である。そのため、実際には、幅方向に輝度分布をもつLSFについて、適当な注目領域(ROI: Region of Interest)

50

を任意に定めてそのプロファイルのアンサンブル平均を求め、それをフーリエ変換することによりMTFを求める。この測定方法は、「ISO 12233:2017 Photography-Electronic Still Picture Imaging-Resolution and Spatial Frequency Responses」で規定されている、カメラの測定方法に準拠しておこなわれる。この規定はデジタルカメラのMTFを測定することを目的としている。前記したようにディスプレイには、物理的に幅を持たない直線を表示することは不可能である。同様にカメラのMTFを測定する場合、物理的に幅を持たない直線を被写体とすることは不可能である。被写体として理想的な細い「線」は実在しないが、理想的な「辺」としてナイフエッジ（図1におけるナイフエッジターゲット40の右辺）が実在する。このカメラのMTFの測定方法では、ナイフエッジをカメラで撮影し、そのナイフエッジ像を示す出力信号として辺像分布関数（ESF）を得て、このESFを微分することでLSFとし、そのLSFのフーリエ変換により、カメラのMTFを求める。特許文献1および非特許文献1に開示されたディスプレイのMTF測定は、このカメラのMTFの測定方法を基礎にしてアレンジしたものである。

10

20

30

40

50

【0031】

ただし、特許文献1および非特許文献1に開示された方法を含む従来の2次元ディスプレイのMTFの測定方法では拡散板20を用いていない。一方、本実施形態では、図1に示すようにナイフエッジが拡散板20の拡散面である第1面21に密着した状態で測定カメラ10によって拡散板20を撮影する。そのため、MTF測定装置30が、測定カメラ10で得られた画像データからMTFを算出する演算処理が、特許文献1および非特許文献1に開示された演算処理と同様であったとしても、得られるMTFは全く異なるものとなる。

以下、MTF測定装置30による測定フェーズP1のときの演算処理を説明する。

【0032】

測定フェーズP1は、ディスプレイのMTF測定のための準備段階である。測定フェーズP1では、図1および図2(a)に示すように、測定カメラ10でナイフエッジが撮影され、ナイフエッジ像が測定される。このとき、測定カメラ10は、拡散板20の側から、その拡散板20の拡散面である第1面21に密着配置されたナイフエッジを撮影する。

【0033】

図4は、測定カメラ10による測定結果として、測定カメラ10の出力信号で生成される画像の模式図である。ここでは、出力信号の画像の極めて小さな一部分である横16画素×縦21画素の外枠画像領域が図示されており、輝度の種類を3種に簡略化して、白、黒、中間色の画素を示している。主に中間色の画素が配置された領域がナイフエッジ像を示す。MTF測定装置30の操作者（ユーザ）は、測定カメラ10による測定結果（図4）に対して適切な注目領域（ROI: Region of Interest）を定める。このとき、ユーザは、MTF測定装置30を操作してMTF測定装置30のモニタにナイフエッジの撮影画像を表示させて観察する。そして、ユーザは、モニタ上にGUIにより表示されたウィンドウ、アイコン、ボタン等をマウス等の入力手段を用いて選択する操作をする。これにより、ユーザは、ナイフエッジターゲット40の端部（図1におけるナイフエッジターゲット40の右端）の鋭利なナイフエッジ像が含まれていると思われる所望の矩形画像領域を選択する操作を行う。この例では、図4に示す外枠画像領域の内側に、横12画素×縦19画素の矩形の太枠で囲まれた領域がROIである。

【0034】

ユーザはROIを定めた後、MTF測定装置30にMTF測定のための演算処理を実行させるため、該当ボタン等をマウス等の入力手段を用いて選択する操作を行う。このときのMTF測定装置30による演算処理は、特許文献1および非特許文献1に開示された演算処理と同様であるが、その概略について図5を参照して説明する。

【0035】

図5は、MTF測定装置30が、仮想メモリ空間上で、測定カメラ10による測定結果（図4）を、任意の角度で斜めに配置した状態を模式的に示す図である。このときの角度

は、ナイフエッジが直立するように回転させるときの角度、つまり、測定カメラ10の回転角 θ に相当する。図5では、図4において塗りつぶしの黒色で示した各画素を見易くするために、ドットハッチングを付した画素に置き換えている。また、図5では、図4に示した白、黒、中間色の各画素を説明のために置き換えて、当該画素の画素値（輝度値）として、白、黒、中間色のいずれかで塗りつぶされた円形（画素のサンプリング点）を記載している。MTF測定装置30は、それら画素のサンプリング点（画素値）を、図5においてハッチングを施した長い矢印のように、図5の下に向けてあたかも重力にしたがったかのように垂直に落とす処理を仮想メモリ空間上で行う。このとき図5において白抜きの短い矢印の先に示すように、微小間隔で横一列に並んだ多数のピン（容器）のいずれかには、画素のサンプリング点が投入される。MTF測定装置30は、この垂直に落とす処理によって、画像データを多数のピンで再標本化（binningと呼ぶ）する。ここで、再標本化する間隔（ピンの間隔）は、少なくとも測定カメラ10の画素間隔より狭く、狭ければ狭い程よい。この処理により、測定カメラ10の画素構造に起因する標本化の影響を取り除くためのアンサンプル平均を実施することができる。

10

【0036】

なお、binningにおいて、特異的に特定のピンに画素が多く入ったり少なく入ったりするような角度が存在するので、測定カメラ10の回転角 θ は、そのような角度を避けて設定される。もしも回転角 θ が例えば0, 45, 90度の場合、画素の複数のサンプリング点をbinningのために落下させたときに同一のピンに落ちてくる。また、それ以外の角度であっても、落下させた画素のサンプリング点による代表的な空間周波数成分と、binningのサンプリングの空間周波数成分との比率が、整数倍に近くなると、ビート（モアレ）が生じるので、その場合も避けるように測定カメラ10の回転角 θ を設定することが好ましい。

20

【0037】

ナイフエッジを撮影することにより得られる輝度分布関数は、LSFではなく、辺像分布関数（ESF）である。MTF測定装置30は、ESFのプロファイルをアンサンプル平均して得られた結果（図6（a）に示すようなESF）を微分し、図6（b）に示すようなLSFを求め、そのLSFをフーリエ変換して、図6（c）に示すようなMTFを求める。なお、図6（c）の横軸は空間周波数（cycles/pixel）、縦軸は任意単位（arbitrary unit）であって、原点でのMTFの値は1になるようにしている。

30

このように、測定フェーズP1において求められたMTFは、ナイフエッジ像の撮影に関与した系の全体の総合的なMTFであると言え、ここでは、それをMTF_tot1と表記する。これとは別に、ナイフエッジ自体のMTFをMTF_edgeと表記し、測定カメラ系のMTFをMTF_camと表記し、拡散板のMTFをMTF_diffと表記する。

測定フェーズP1において求められた総合的なMTF（MTF_tot1）は、ナイフエッジ自体のMTF（MTF_edge）と、測定カメラ系のMTF（MTF_cam）と、拡散板のMTF（MTF_diff）と、が乗算されたものである。つまり、総合的なMTF（MTF_tot1）は、次の式（1）に示す関係を満たす。

【0038】

$$\text{MTF_tot1} = \text{MTF_edge} \times \text{MTF_cam} \times \text{MTF_diff} \quad \cdots \text{式(1)}$$

40

【0039】

ここで、鋭く磨かれたナイフエッジは、ディスプレイのもつ画素構造に比べると十分に理想的なESFと等価であると言え、微分しアンサンプル平均した結果は近似的にデルタ関数とみなせる。よって、ナイフエッジは、空間周波数に関係なく変調度が1となる理想的な状態に近いMTF特性をもつと考えて良い。つまり、ナイフエッジ自体のMTF（MTF_edge）は、空間周波数に関係なく変調度が1となる理想的なMTF特性をもち、前記した式（1）は、近似的に次の式（1B）に書き換えられる。結果として、この系では、次の式（1C）に示すように、測定カメラ系のMTFと拡散板のMTFとが乗算されたMTFが得られることになる。

【0040】

50

$MTF_{tot1} = 1 \times MTF_{cam} \times MTF_{diff} \dots$ 式 (1 B)

$MTF_{tot1} = MTF_{cam} \times MTF_{diff} \dots$ 式 (1 C)

【0041】

(測定フェーズP2)

続いて、MTF測定方法について図7を参照して概略を説明する。MTF測定方法は、測定フェーズP2において、準備工程と、撮影工程と、処理工程と、を含んでいる。

準備工程では、光源装置60に代えて3次元ディスプレイ70を配置し、ナイフエッジターゲット40を拡散板20から取り外す(図7および図2(b)参照)。

【0042】

撮影工程では、3次元ディスプレイ70が提示して拡散板20上に結像させた再生立体像80を、測定カメラ10によって撮影する。 10

処理工程は、MTF測定装置30によって、撮影画像データを画像処理する工程であり、測定フェーズP1のときと同様な方法でMTFを算出する。

以下、測定フェーズP2の詳細を説明する。

【0043】

図7に示す3Dディスプレイ70は、一例として、インテグラルフォトグラフィ(IP)を基本原理としたインテグラル3Dディスプレイであるものとする。この3Dディスプレイ70は、表示素子71と、レンズアレー72と、を備えている。

表示素子71は、外部から入力された要素画像群を表示するものである。表示素子71としては、例えば、LCD(Liquid Crystal Display)、LED(Light Emitting Diode)ディスプレイ又はOLED(Organic Light Emitting Diode)ディスプレイが挙げられる。 20

【0044】

レンズアレー72は、IP方式で用いる一般的なものであり、表示素子71の前面に置かれ、要素画像に対応させて要素レンズが配列されて構成されている。ここでは、レンズアレー72には、多数の要素レンズがデルタ配列されている。レンズアレー72の水平方向の最小標本化間隔 δ は、レンズアレー72の水平方向の標本化周波数の逆数である。なお、図7に示すレンズアレー72の背後(z軸の負の方向)には、個々の要素レンズに対応する要素画像が存在する。

【0045】

撮影工程では、図7に示すように、測定対象の3次元ディスプレイ70に対して、所望の奥行き位置に空間像として直線を提示するような映像信号を入力する。この直線は、その3次元ディスプレイ70が表示可能な最も細い直線である。信号表示変換アルゴリズムによって、入力信号から各画素における輝度分布へと変換されることで、表示可能な最も細い幅の直線についての具体的な現示としての表示の仕方が決定される。なお、パターン(直線)の位置は測定カメラ10での撮影に支障がなければどこでもよい。 30

【0046】

例えば正方格子の画素配列をもつディスプレイに水平または垂直方向に延びる直線を表示する場合は、多くの場合、1画素の幅を有する直線として表示されることになる。

なお、正方格子の画素配列をもつディスプレイであっても、水平または垂直以外の任意の方向のMTFを測定する場合や、正方格子以外(例えばデルタ配列など)の画素配列をもつディスプレイの場合には、直線の幅が変化する。これらの場合には、直線をどのように各画素で表現するかという決め事、つまりレンダリングアルゴリズムによって、直線の幅が変化する。 40

【0047】

前記映像信号の入力により表示した結果として、測定対象の3次元ディスプレイ70は、所望の奥行き位置に、空間像としてのLSF(LSF像)を提示する。立体像の奥行き位置は、例えば表示素子71のディスプレイ面からz軸の正の方向に距離Dだけ離間した位置である。距離Dは、例えば、5cmや10cmなど任意に設定できる。

【0048】

なお、空間像においては、1画素の線表示と全く同じになるとは限らない。例えば、立体像の奥行き位置（空間像の z 軸の方向の位置）が表示面にごく近い場所（ $D=0$ 近傍）の場合には1画素の線表示となる可能性が高いと言える。一方、表示面から z 軸の方向にある程度離れた位置に空間像を表示する場合、その空間像は表示面の複数の場所から発せられた光線によって構成される可能性が高くなる。

【0049】

図8は図7の一部拡大図である。図7および図8に示すように、再生立体像80は、拡散板20の位置に結像しており、再生立体像80と拡散板20とは、互いに同じ位置にある。再生立体像80は、中心付近に位置する直線の空間像（LSF像）が明るく（白色）、その周囲の空間像が暗くなっている（黒色）。なお、図7および図8に対応する図2（b）では、ナイフエッジターゲット40を取り外した拡散板20の位置に結像する再生立体像の図示を省略し、3次元ディスプレイ70が表示する、ディスプレイ面の中心に垂直方向（ y 軸方向）に伸びた直線の白色映像Wと、その周囲に表示する黒色映像Bとを模式的に示している。

【0050】

撮影工程では、このLSF像と同じ奥行き位置に拡散板20を置き、拡散板20上にLSFを結像させる。つまり、空間像としてのLSFと同じ位置に拡散板20を置く。このことは、LSFの空間像が最も集光するように見える位置に拡散板20を配置することに等しい。このとき、測定カメラ10と拡散板20との相対的な位置および姿勢は、測定フェーズP1の撮影工程における測定カメラ10と拡散板20との相対的な位置および姿勢と同様にする。そこで、測定フェーズP2の撮影工程においても、図7に示すように測定カメラ10と拡散板20とを比較的強固に固定する治具50を用いることが好ましく、測定フェーズP2で使用する治具50は、測定フェーズP1で使用した治具50と同じものであることが望ましい。

【0051】

このように撮影工程では、拡散板20に結像したLSF（幅方向になんらかの輝度分布を持つ直線の像）を測定カメラ10で撮影する。

図9は、測定フェーズP2の処理工程の説明図である。測定フェーズP2の処理工程は、測定フェーズP1の処理工程と同様であるが、測定カメラ10で取得した撮影画像データが異なるので、処理の一部も異なる。

MTF測定装置30の操作者（ユーザ）は、測定カメラ10により得られたLSF像（直線の像）が含まれていると思われる所望の矩形画像領域をROIとして選択する操作を行う。図9における上図において白の画素群（ドットハッチングを付した画素群に挟まれた画素群）が配置された領域がLSF像を示す。MTF測定装置30は、仮想メモリ空間上で、ROIを斜めに配置する（図9の上図）。そしてMTF測定装置は、ROIの画素値を垂直に落とす処理（binning）を行う（図9の中図）。そして、MTF測定装置30は、LSF像（直線の像）のプロファイルをアンサンブル平均して得られた結果として、輝度分布関数としてのLSFを得る（図9の下図）。さらに、MTF測定装置30は、得られたLSFのフーリエ変換を行うことでMTFを得る。ここで得られるMTFは、当然に測定フェーズP1において求められるMTFとは異なる。

【0052】

この測定フェーズP2において求められるMTFは、LSF像の撮影に関与した系の全体の総合的なMTFであると言え、ここでは、それをMTF_tot2と表記する。これとは別に、LSF像のMTFをMTF_imageと表記し、測定カメラ系のMTFをMTF_camと表記し、拡散板のMTFをMTF_diffと表記する。

ここで求められた総合的なMTF（MTF_tot2）は、LSF像のMTF（MTF_image）と、測定カメラ系のMTF（MTF_cam）と、拡散板のMTF（MTF_diff）と、が乗算されたものである。つまり、総合的なMTF（MTF_tot2）は、次の式（2）に示す関係を満たす。

【0053】

10

20

30

40

50

$MTF_{tot2} = MTF_{image} \times MTF_{cam} \times MTF_{diff} \dots$ 式 (2)

【0054】

式 (2) に示す MTF_{tot2} から、図 1 に示す準備段階 (測定フェーズ P1) で得られた、測定カメラ系と拡散板との組み合わせによる MTF (式 (1) に示す MTF_{tot1}) を除算することで、LSF 像単独の MTF (MTF_{image}) を得ることができる。つまり、LSF 像単独の MTF (MTF_{image}) は、次の式 (3) に示す関係を満たす。

【0055】

$MTF_{image} = MTF_{tot2} / MTF_{tot1} = MTF_{tot2} / (MTF_{cam} \times MTF_{diff}) \dots$ 式 (3)

【0056】

これがすなわちその奥行き位置における 3 次元像の MTF を表す。式 (3) で示される MTF は、空間像再生型の 3 次元ディスプレイの測定したい奥行き位置における MTF であって、3 次元映像の映像品質を客観的に評価する指標となる。

【0057】

空間像として提示された LSF 像についての MTF は、ディスプレイやその駆動装置によるレンダリングはもちろん、入力信号の伝送に用いた符号化伝送方式や、空間像を実現するためのレンダリングなどの影響をすべて含んだ MTF である。なお、空間像を実現するためのレンダリングとは、例えばインテグラル 3D ディスプレイの場合、空間像に対応する要素画像を生成するためのアルゴリズムである。

【0058】

なお、立体像として表示する測定用パターンとしての線像 (理想再生立体像) は、正平方格子による標本化を想定する (図 8 参照)。例えばインテグラル 3D ディスプレイ (3 次元ディスプレイ 70 : 図 7 参照) の場合、要素画像はそれをレンズアレー 72 と表示素子 71 の画素構造で再標本化したものとなる。再生立体像の標本化間隔 Δ (図 8 : 正平方格子の一辺) は、レンズアレー 72 の最小標本化間隔 δ (図 7) と等しいものとして定義し、測定結果の空間周波数スケールは、レンズアレー 72 の標本化によるナイキスト周波数を表示可能な最高周波数 (遮断周波数) として正規化することになる。

【0059】

なお、立体像として表示する測定用パターンとしての線像 (理想再生立体像) および拡散板 20 についてその z (奥行) 方向の位置を変えることで、 z 方向の MTF 分布を測定することができる。ただし、ディスプレイ面より奥の位置に関しては、空間像が虚像となり拡散板 20 を物理的に配置できないため測定することができない。

【0060】

図 7 では、3 次元ディスプレイ 70 の水平方向の MTF を求めるために、表示素子 71 のディスプレイ面の垂直方向の辺に平行な直線を表示して MTF を求める例を示した。例えば 3 次元ディスプレイ 70 の垂直方向の MTF を求める場合、表示素子 71 のディスプレイ面の水平方向の辺に平行な直線を表示して MTF を求めることができる。3 次元ディスプレイ 70 においてディスプレイ面のどのような方向の MTF を求める場合であってもこれは同様で、ディスプレイ面上において、測定しようとする所望の方向に対して垂直な方向に伸びる直線を表示して MTF を測定すればよい。パターン (直線) の位置は測定カメラ 10 での撮影に支障がなければどこでもよく、表示素子 71 上のどこに表示してもよく、その位置での MTF が測定される。事実上パターン (線) を表示する表示素子 71 の画素間隔に対して、測定カメラ 10 の撮像素子の画素間隔が十分に小さければよい。なお、表示素子の標本化間隔と撮像素子の標本化間隔が同程度になると、測定精度が落ちる。

【0061】

なお、人間の目の輝度に対する視感度特性に対応した MTF 測定を行う場合には、パターンとしては白色の直線を表示し、測定カメラ 10 の光学的前段に視感度分布と等価なフィルタを配置して撮影することが好ましい。このとき、測定カメラ 10 は正平方画素構造を持ち、カラーフィルタを配置しないモノクロカメラであって、その各画素への光入力に対して各画素値を線形に得られるようなものを用いる。なお、視感度分布については、国際

10

20

30

40

50

照明委員会（CIE）で規定されているCIE 測光標準観測者として定義されている。

【0062】

前記したように、MTF測定方法は、測定フェーズP1において、カメラ10によって、拡散板20にピントをあわせてナイフエッジを撮影する。このとき、拡散板20上の任意点に、複数の方向から来た光線が入射するので、拡散板20に密着したナイフエッジを測定カメラ10で撮影したプロファイルを解析して測定したMTFは、拡散板20によって複数の方向から来た光線を多重させた状態を反映することができる。

また、MTF測定方法は、3次元ディスプレイ70のMTFを測定する測定フェーズP2においても拡散板20を使用する。測定フェーズP2では、カメラ10によって、拡散板20に結像された再生立体像80を撮影する。このとき、拡散板20上の任意点に、複数の方向から来た光線が入射するので、再生立体像80を測定カメラ10で撮影したプロファイルを解析して測定したMTFは、拡散板20によって複数の方向から来た光線を多重させた状態を反映することができる。

【0063】

〔比較例との対比〕

前記したように、MTF測定システム1は、拡散板20を用いてMTFを測定する。ここで、比較例として、拡散板を使用せずに再生立体像を撮影してMTFを測定するシステムを想定し、図10（a）と図10（b）を参照して実施例と対応しながら説明する。なお、図10（a）と図10（b）に示す光線は、正確なものではなく模式的なものである。

【0064】

比較例は、図10（a）に示すように、測定対象の3次元ディスプレイ70によって、所定の奥行位置（ディスプレイ面からz軸の正の方向に距離Dの位置）に、所定の再生立体像91を表示し、測定カメラ10は、距離Dの位置にピントをあわせて再生立体像91を撮影する。これにより、比較例のシステムは、MTFを測定することが可能である。ただし、比較例のシステムで測定されるMTFは、測定カメラ10をセッティングしたときのカメラ位置およびカメラ向きで3次元ディスプレイ70を見込んだ、その一点でのMTFとなる。測定カメラ10が少し横にずれるなど僅かに変化して3次元ディスプレイ70を見込んで測定すると、測定されるMTFは、違ったものになる。

【0065】

2次元ディスプレイの場合、観察者が2次元ディスプレイを見込む角度が変わっても見る映像は変わらない。すなわち、2次元ディスプレイで表示する映像は、視聴者が2次元ディスプレイを見込む角度に依存しない。そのため、2次元ディスプレイのMTFの測定においては、見込む角度を変える必要性がない。一方、3次元ディスプレイの場合、視聴者が左右に動くなど、3次元ディスプレイを見込む角度を変えると、視聴者には、立体像として違った側面が見える。したがって、3次元ディスプレイの場合、視聴者が静止して3次元ディスプレイの真正面から立体像を観察することが必ずしもよい視聴方法とは言えない。つまり、2次元ディスプレイと違って3次元ディスプレイの真正面の一点だけから立体像を観察したかのような状態を反映して測定されたMTFでは、その3次元映像の映像品質を客観的に評価することが難しい。

【0066】

これに対して、実施例に係るMTF測定システム1は、図10（b）に示すように、測定対象の3次元ディスプレイ70によって、所定の奥行位置（ディスプレイ面からz軸の正の方向に距離Dの位置）に拡散板20を設置し、この位置の拡散板20に再生立体像92を結像する。そして、測定カメラ10は、距離Dの位置にピントをあわせて再生立体像92を撮影する。このとき、実施例では、立体像を形作るために複数の方向から来た光線を拡散板20によって多重させ、それは、複数の方向から来た光線をアンサンブル平均したかのように、ある種の平均化処理をする効果を奏する。例えて言うと、3次元ディスプレイの真正面の一点だけではなく、視聴者が3次元ディスプレイを見込む角度を変えたときに現れる立体像の側面をも観察したかのような状態も反映して3次元映像の全体像を把

握し易くするという意味で、その測定されたMTFは、立体像についての優れた評価指標となる。

【0067】

また、実施例に係るMTF測定システム1によれば、空間像再生型の3次元ディスプレイの測定したい奥行き位置におけるMTF（式（3）に示すLSF像単独のMTF（MTF_{image}））を定量的に求めることができる。その奥行き位置におけるMTFは、それ自体で3次元映像の品質の客観的な評価値となりえる。また、その奥行き位置におけるMTFは、測定された異なるMTFどうしを比較することで3次元映像の品質の客観的な評価値としてもよい。異なるMTFどうしを比較する場合、たとえば図6（c）において、異なる2つのMTFを、原点での値を揃えて（規格化して）グラフ化したときに、比較的高い所望の空間周波数の値を基準空間周波数として、その基準空間周波数において一方のMTFが他方のMTFより上に配置される。このとき、一方のMTFに対応した測定に用いた3次元ディスプレイで距離Dの位置に提示される3次元映像は、他方のMTFに対応した測定に用いた3次元ディスプレイで距離Dの位置に提示される3次元映像よりも、細かい所（基準空間周波数に対応した細かさ）までよく見える品質のよいものである、と評価することができる。あるいは、異なるMTFの良否を、例えばそれぞれのMTFのカットオフ周波数の高低などで判定するようにしてもよい。

10

さらに、例えば、1つの3次元ディスプレイについて、距離D、すなわち再生立体像の奥行位置を変えて、それぞれの位置で測定した各MTFを上記のように比較することで、1つの3次元ディスプレイについて、それぞれの奥行き位置における3次元映像の品質を客観的に評価することも可能である。

20

【0068】

以上、本発明の実施形態に係るMTF測定システムおよびMTF測定方法について説明したが、本発明の趣旨はこれらの記載に限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載に基づいて広く解釈されなければならない。また、これらの記載に基づいて種々変更、改変などしたのも本発明の趣旨に含まれることはいうまでもない。

【0069】

例えば、MTF測定システム1において、測定フェーズP1、P2の一連の測定を終えた後に、次の一連の測定における新たな測定フェーズP1においてナイフエッジターゲット40を拡散板20に取り付けて、カメラのMTFに係る測定がなされた後に、拡散板20から取り外すように使用してもよい。このとき、ナイフエッジターゲット40や拡散板20は、新たな測定フェーズP1においても再利用可能である。または、新たな測定フェーズP1を行う度に、ナイフエッジターゲット40および拡散板20の少なくともいずれかを交換して使用してもよい。

30

【0070】

図3に示す治具50は、基部51の上において、第1基台52の位置と、第2基台53の位置が固定されているが、少なくとも一方の位置を可変できるように構成してもよい。例えば図11に示す治具50Bは、基部51B上において、第1基台52Bと、第2基台53Bとの両方の位置を可変できるように構成されている。基部51Bは、上面に第1基台52Bと第2基台53Bとを結ぶように形成された溝54を備えている。溝54は、支柱52a、53aの幅を有する。また、治具50Bは、第1基台52Bを溝54の上の所望位置に立設させる補助部材55と、第2基台53Bを溝54の上の所望位置に立設させる補助部材56と、を備えている。第1基台52Bは、補助部材55を介して基部51Bに脱着可能に固定され、第2基台53Bは、補助部材56を介して基部51Bに脱着可能に固定される。補助部材55、56は、例えばネジ等の固定部材55a、55bによって基部51Bに固定される。このように構成することで、例えば測定カメラ10や拡散板20の性能やサイズを変えるように新部品に交換したときに、測定カメラ10と拡散板20との間の距離を、その新部品に対応するように容易に調節できる。そのため、測定カメラ10や拡散板20を新部品に交換したときに、治具そのものの交換が不要となる。

40

【0071】

50

図 3 に示す治具 5 0 は、測定カメラ 1 0 が、カメラ取付部 5 2 c のネジ部 5 2 d に取り付けられるように構成されているが、カメラの取付方法はこれに限定されない。例えば図 1 1 に示す治具 5 0 B は、第 1 基台 5 2 B が、支柱 5 2 a と、この支柱 5 2 a の上部に配置した角度調整部 5 2 b と、この角度調整部 5 2 b に設けたカメラ取付部 5 2 e と、を備えている。カメラ取付部 5 2 e は、箱状に構成されており、開口部からカメラレンズを突出させて測定カメラ 1 0 を収納している。この箱の少なくとも裏板はアクリル板等の透明部材で構成されている。カメラ取付部 5 2 e は、角度調整部 5 2 b の回転軸と、測定カメラ 1 0 の光軸とが一致するように構成されている。なお、カメラの光軸と治具の回転軸が一致していなくてもカメラの画角内にナイフエッジ部分が映り込む範囲内においては問題なく M T F を測定できる。ただし、光軸になるべく近い位置に回転軸が存在するように治具が構成されていると、実用上は使い勝手がよくなるので好ましい。

10

【 0 0 7 2 】

図 7 において、治具 5 0 を移動できるように構成してもよい。図 1 2 に示す例では、治具 5 0 が支持板 5 7 の上に搭載される。支持板 5 7 は、治具 5 0 の基部よりも大きく、その上面に z 軸方向の溝 5 8 を有している。治具 5 0 は、その裏底面に溝 5 8 に嵌合する突起部 5 1 a を有している。治具 5 0 は、支持板 5 7 上で z 軸方向にスライドさせることができる。治具 5 0 は、例えばネジ等の固定部材 5 9 a によって支持板 5 7 に固定される。このように構成することで、例えば、測定フェーズ P 2 において、1 つの 3 次元ディスプレイについて、距離 D、すなわち再生立体像の奥行位置を変えてそれぞれの位置で M T F を容易に測定することができる。

20

【 0 0 7 3 】

測定フェーズ P 1 において、図 1 に示すように測定カメラ 1 0 を、撮像素子の画素配列に対してナイフエッジが斜めになるように光軸 1 5 周りに所定角度に回転した状態で配置した。ただし、測定カメラ 1 0 の配置とナイフエッジターゲット 4 0 の配置とは相対的なものなので、測定カメラ 1 0 を回転させずに、ナイフエッジターゲット 4 0 を回転させてもよい。この場合であっても正しく M T F を測定することができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 4 】

- 1 M T F 測定システム
- 1 0 測定カメラ
- 1 5 光軸
- 2 0 拡散板
- 2 1 第 1 面
- 2 2 第 2 面
- 3 0 M T F 測定装置
- 4 0 ナ이프エッジターゲット
- 5 0 , 5 0 B 治具
- 5 1 , 5 1 B 基部
- 5 2 , 5 2 B 第 1 基台
- 5 3 , 5 3 B 第 2 基台
- 6 0 光源装置
- 7 0 3 次元ディスプレイ
- 7 1 表示素子
- 7 2 レンズアレー
- 8 0 , 9 1 , 9 2 再生立体像

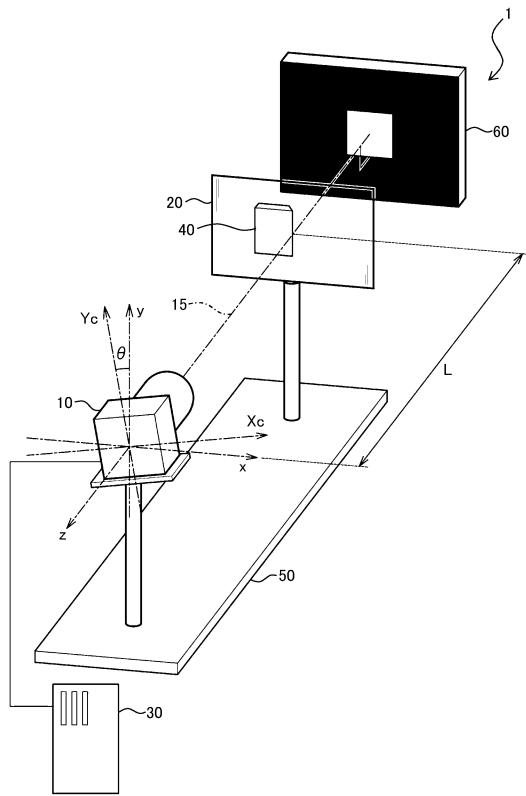
30

40

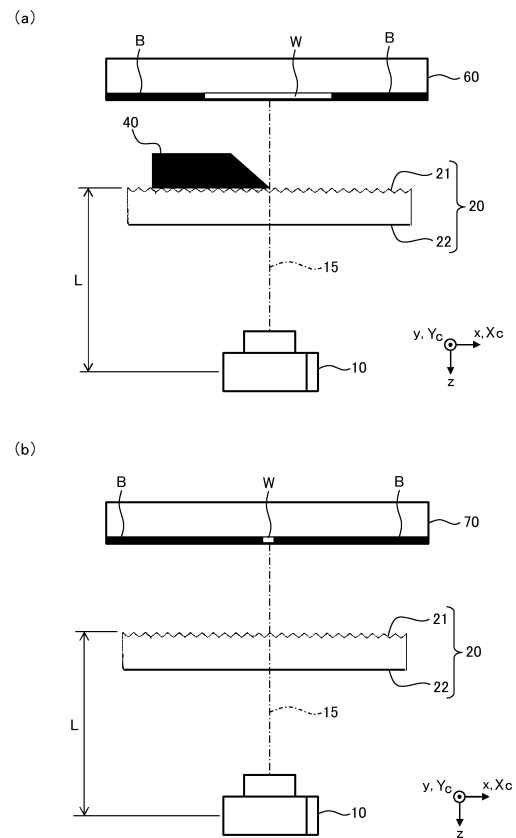
50

【図面】

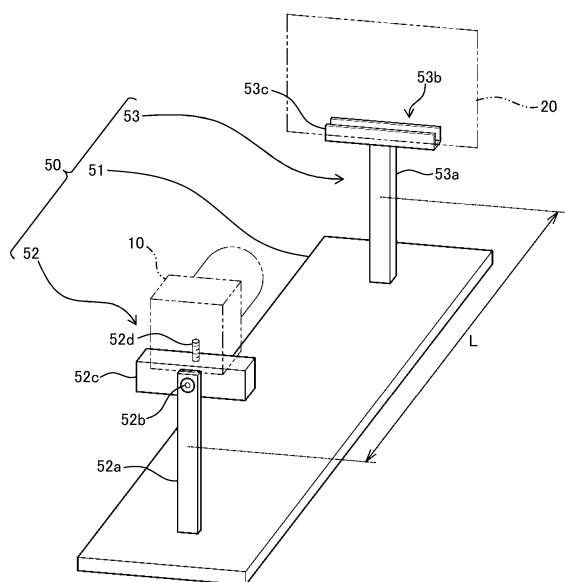
【図 1】



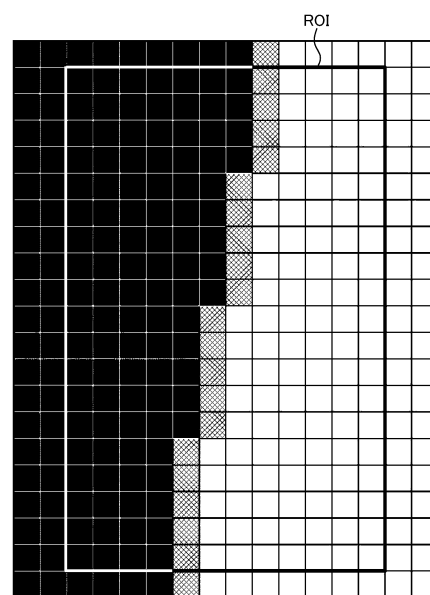
【圖 2】



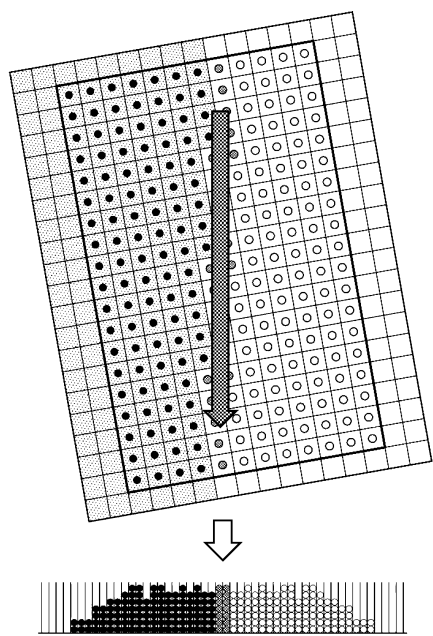
【圖 3】



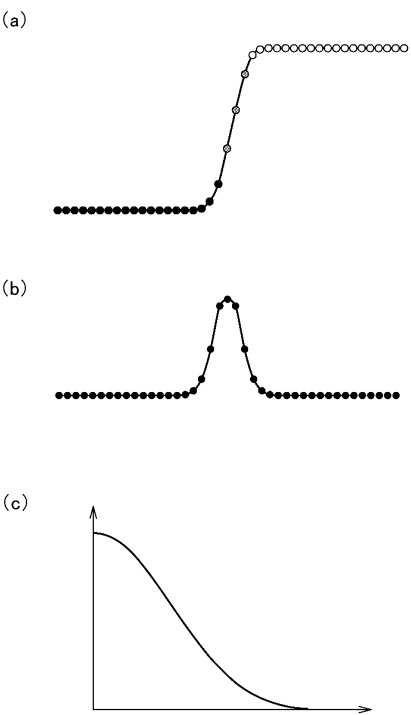
【図 4】



【図 5】



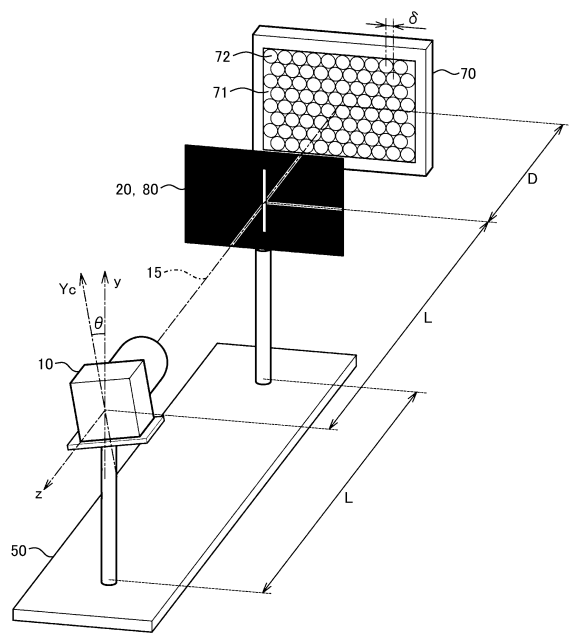
【図 6】



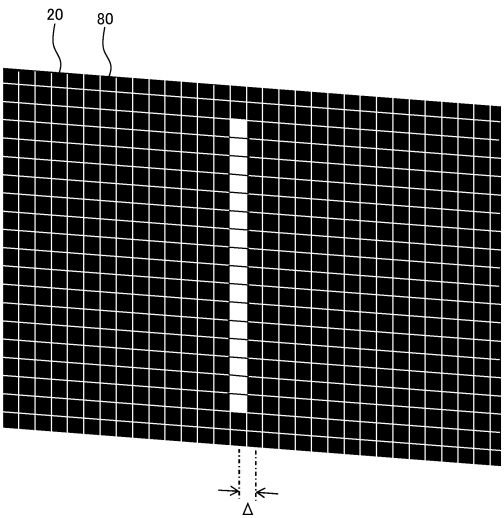
10

20

【図 7】



【図 8】

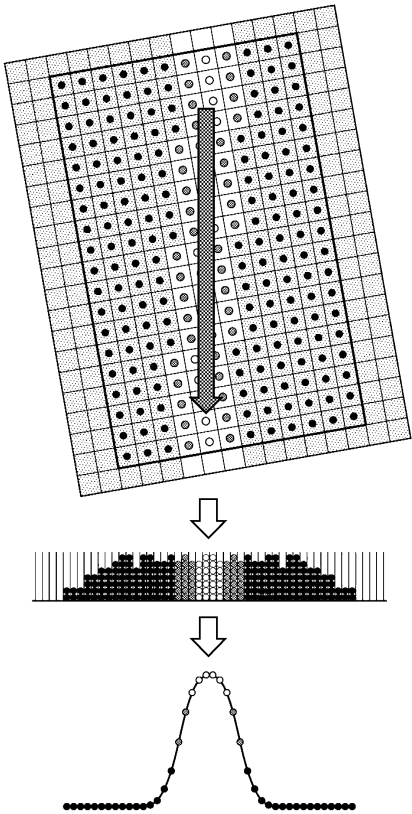


30

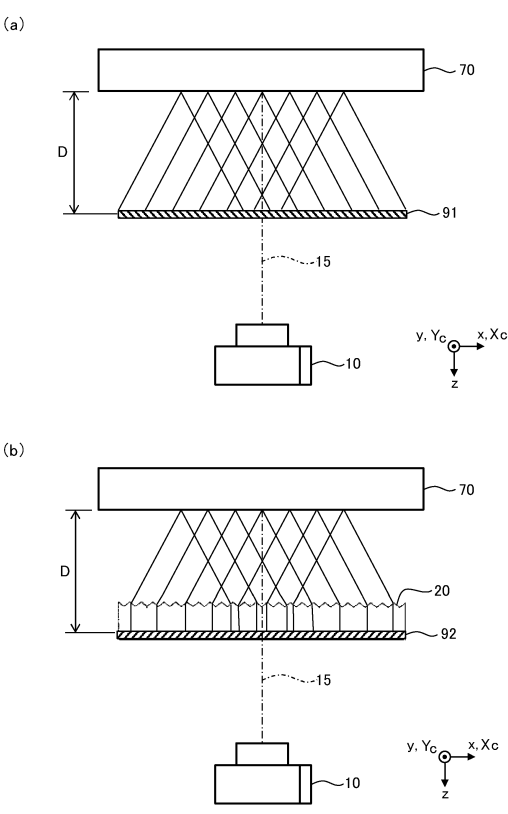
40

50

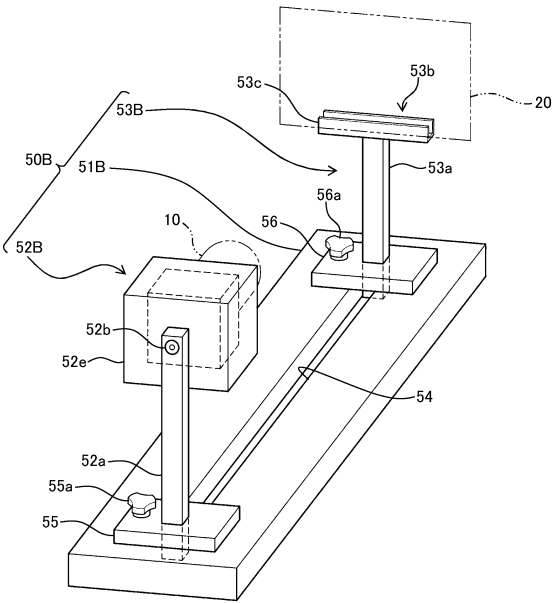
【図 9】



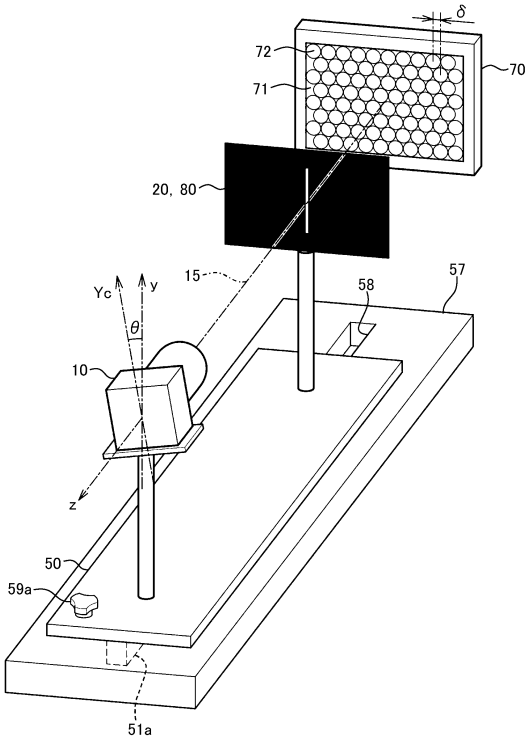
【図 10】



【図 11】



【図 12】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

東京都世田谷区砧一丁目 1 0 番 1 1 号 日本放送協会放送技術研究所内
(72)発明者 洗井 淳
東京都世田谷区砧一丁目 1 0 番 1 1 号 日本放送協会放送技術研究所内
Fターム (参考) 2G086 EE01 EE12