

立体映像の撮像と表示方法の提案

稲 葉 稔

1. はじめに

極最近、立体映像の一分野である“立体テレビ”は不発に終わりました。

これらを見て、多くの人々は、立体映像関連の技術を普及させることは甚だ難しいものと思っているようです。また、これらの人々は立体映像の流行らない理由を一つ一つ列挙しておりますが、確かに昔を振り返れば、カラーフィルムが一般人でも容易に使用できるようになったのは、戦後20年を経ってからでした。それが現在ではカラー動画を撮影し、通信回線を通して世界中と互いに送受できるようになりました。また、撮影自体は略無料です。このような状況の中で“立体映像に関する技術”を普及させるのは難しいものとも思えますが、今日の状況下でも“立体映像に関する技術”は誰も関心を示さないのではなく、これは、本研究会を見ても第109回の開催を迎え、他にも幾つかの研究会が開催されていることから、立体映像に強い関心を抱く人々が少なからず存在していることは明らかです。

立体映像に対する私的見解は、“強い関心を抱く人々が存在することは、対応する技術によっては普及することは必至である”と想う次第です。よって、現行技術の問題点とその解決方法を提供いたします。

2. 現行の立体テレビは、交差法の一つである（交差法では画面が小さく距離が短く見える）

現行の立体テレビは、交差法の一つの形態である。交差法は、左右の画面位置を反対位置に置き、左右の視線を左右の画像の手前で交差させていて、現行の立体テレビも左右用の画像位置をディスプレイ面で交差させているが、無限遠像も、左右の眼の間隔よりも狭く表示している。よって、無限遠像も表示画面の後ろ側で交差している。よって、これは明らかに交差法である。

3. 交差法画像の見え方

図1は、交差法を図解したもので、左の画像を右に、右の画像を互いに反対の位置に配置したもので、この方法を立体視するのは中々難しいですが、中央に孔をあけたボードを置くことによって非常に簡単に見ることができる。

交差法では、左右の画像はボードの中央に位置する孔の位置に融合されて見えるため、

左右の画像よりも近くに見え、画像も非常に小さく見える。立体画像の画枠自体も非常に小さく見えることになる。

図2は、人が実際にものを見るときの様子で、無限遠の同一点から発せられ、左右の眼に入射る光線は互いに平行になり、左右の瞳間隔で入射することになる。よって、立体表示装置において無限遠を表す場合の左右の像の間隔は瞳間隔(5.8mm~7.2mm)に表示すべきである。ところが、多くの立体テレビの左右の像の間隔は30mm位である。これは、A社が実際に説明している間隔であるが、画面幅が約1メートル位の小さなテレビ(筆者は小さいとは思っていない)に表示すれば30mmの間隔にしか表示できないのも当然ともいえる。

図1 交差視の説明図

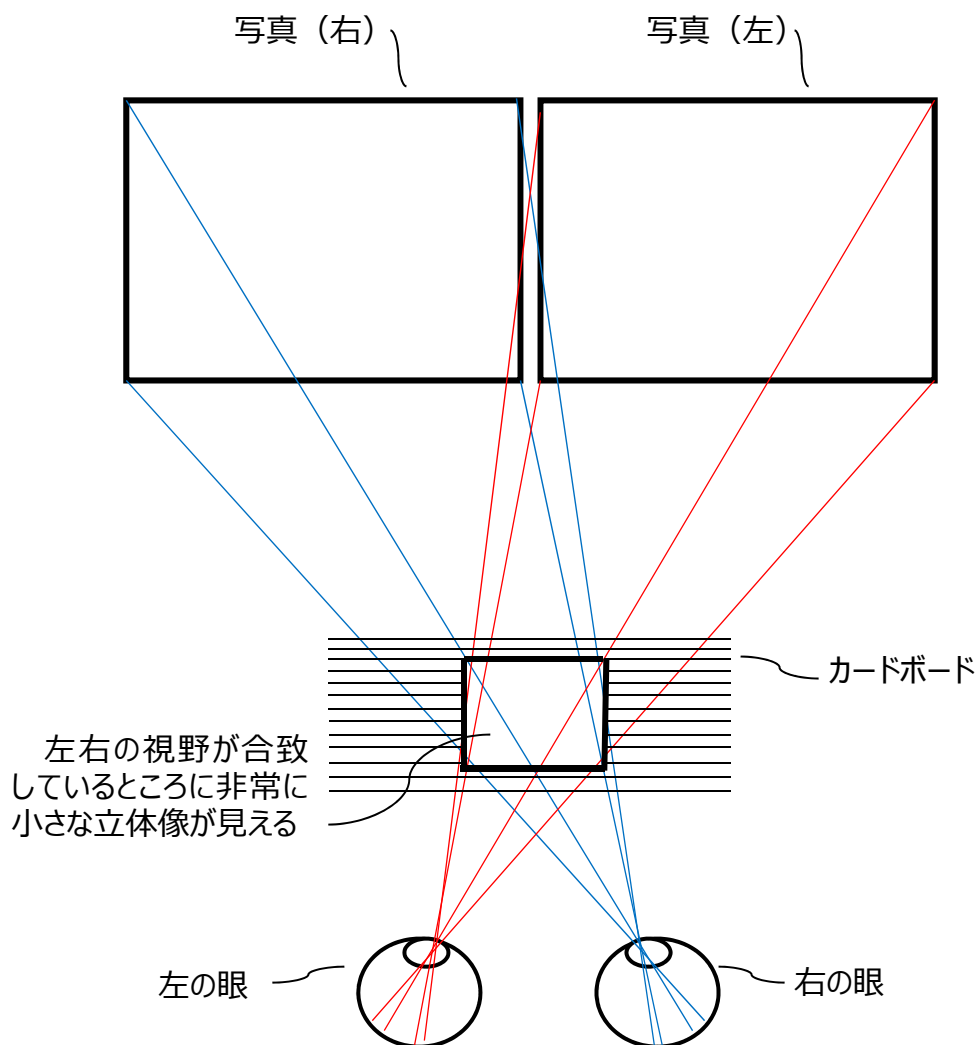


図 2

実際に物体を見るときの人の眼の様子

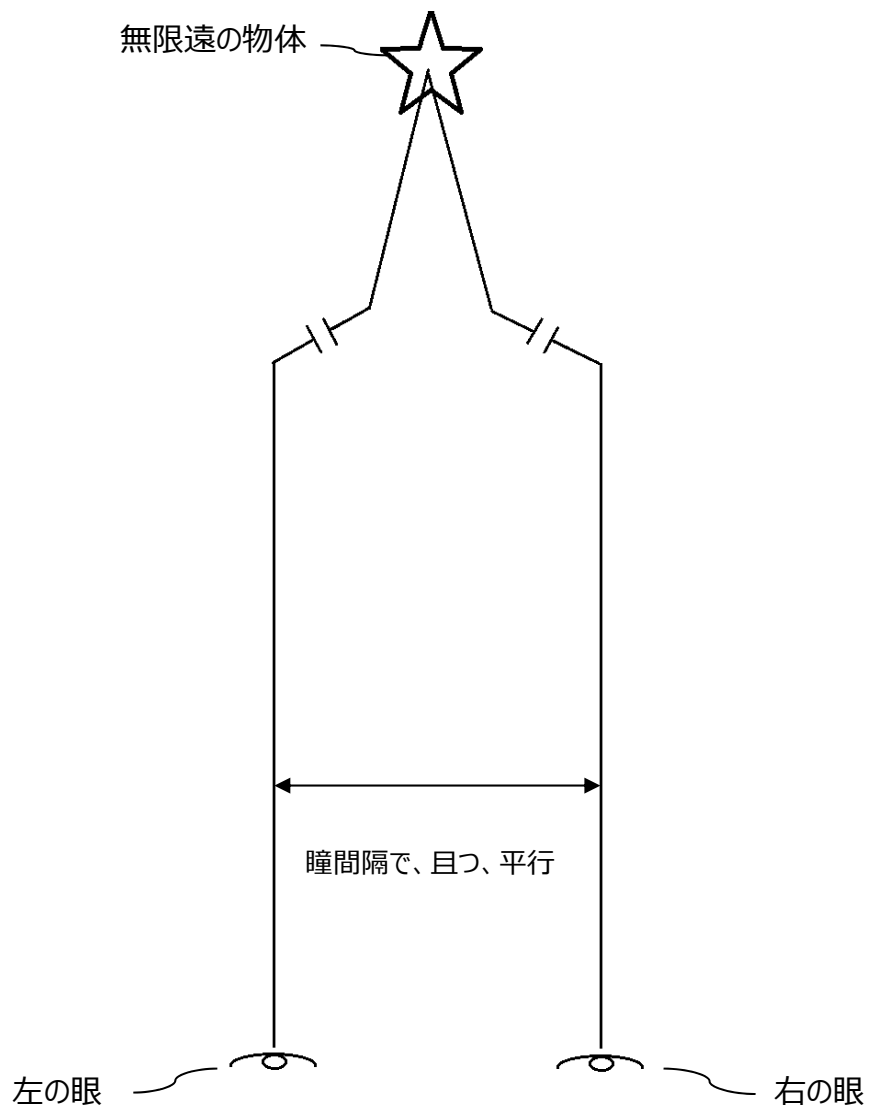


図3 (a)

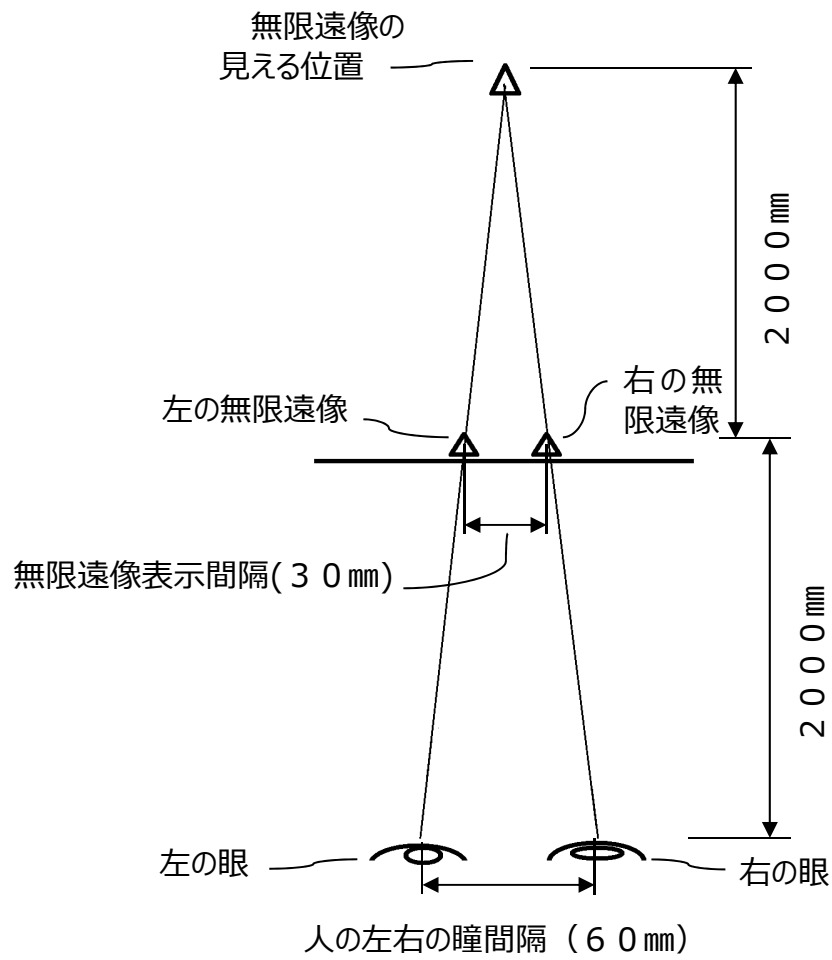


図3 (b)

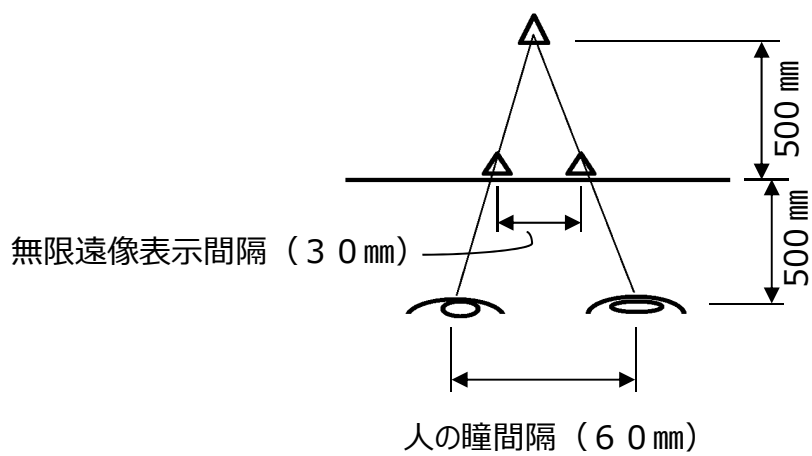


図3 (a)は、立体テレビジョンのディスプレイに例えば無限遠像を左右の間隔30mmで表示したものである。このディスプレイを60mmの瞳間隔の観察者が2000mmの距離から見た場合、2000mmで、 $1/2$ の間隔に減少するので無限遠像は、画面後方2000mmの位置に見えることになる。更に画像を良く見ようとして近付き、例えば、500mmの位置から見れば、500mmで $1/2$ の間隔で減少するので無限遠像の見える位置は画面後方500mmの位置に見えることになる。(箱庭現象と呼ばれている)これは、風呂屋の富士山とも呼ばれていて、富士山は無限遠に見えなければなりませんが、風呂屋の壁に描いた富士山のように数メートルの位置(場合によっては数十センチ)に見えることになる。このような立体映像を見る位置は、例えば、2.5メートルでなくても良いはずであるが、電気店に展示してある見本は、視る距離を2.5メートルと定めていますので、その根拠がどのようにして出てきたか甚だ不可解です。

4. 現行立体テレビの問題点

この現行テレビの問題点は、既に上記3項で述べている通りであるが、では何故、無限遠像の間隔を人の瞳間隔と同じ程度に拡大できないのでしょうか？ 先ず、テレビは、サイズが20インチの小画面から、100インチの大画面があるからである。何と5倍の広範囲に画面サイズが広がっているからで、また、人の眼は外向きには左右の視野が融合できない性質があるため、大きいサイズのテレビを映した時に、無限遠像が瞳間隔になるように構成したようです。このような理由があるのでB社では、100インチを超える立体テレビを発売したわけですが、非常に高価格にならざるを得ません。また、スペース的にも、普通の家庭に置くことができません。更に、消費電力も級数的に大きくなり、総じて取り扱うことは極めて困難になることが予想されます。

上記のとおり、テレビ画面では、同一電波を使用して映像データを搬送しておりますので小さいテレビジョンでは比例して無限遠像の間隔が瞳間隔よりも小さくなってしまふことが避けられません。よって、私たちが見る普通の立体テレビでは、どうしても無限遠像の表示間隔が瞳間隔の $1/2$ 位になってしまうのです。よって、図3 (a), (b)に図示の問題が発生してくるのです。

図4の視角(Visual angle)が同一であれば見かけ上の物体の大きさは同じ大きさに見える。これは幾何学でも非常に判り易いことであり誰もが経験上予想できる。

図5の同じ大きさの物体であっても、光角(Optical angle)が小さい場合、物体が大きく見え、光角が大きい場合は、物体が小さく見える。これは、幾何学では判り難く、また、経験上でも実際には判り辛い。これは、同じ大きさの左右の絵の間隔を代えて立体視すればもっとも良く判ることである。

図 4

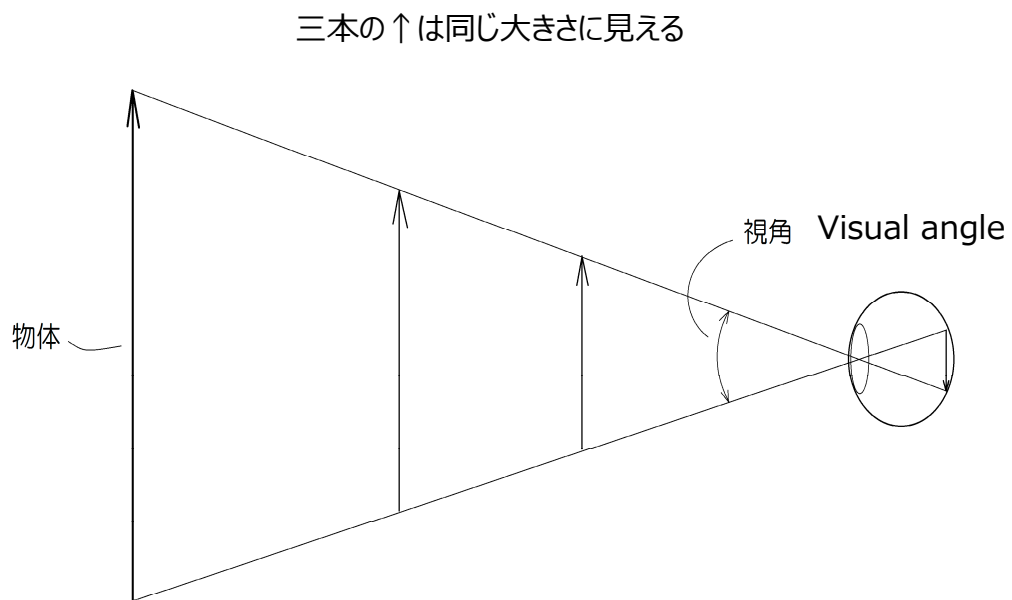
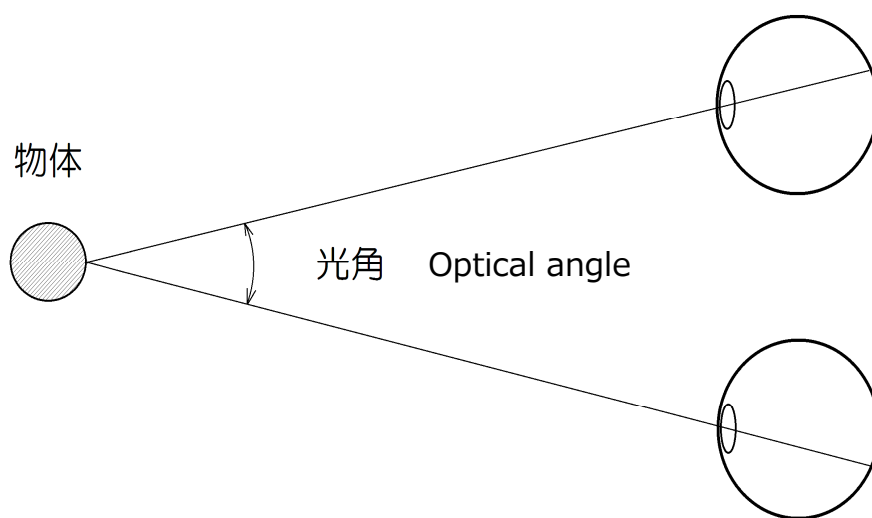


図 5



5. 本提案の立体映像表示装置

本提案の立体映像表示装置は、前記、図4の Visual angle が一致すれば、画像は大きくても、または、小さくても 見る位置(距離)によって、同じ大きさに見えることを示している。 また、前記、図5の Optical angle を各ディスプレイによって一定(無限遠を平行に視れば)にすれば、ディスプレイが大きくても又は小さくても変化なく最良の立体感に見える。

また、立体映像を人々に見せると、“立体映像は飛び出さないと立体映像ではない”と発言する人もいますが実は立体映像は飛び出してはいけないのです。立体画像が立体画像フレームよりも前面に見える場合、背後の立体画像フレームが二重にぶれて見えてしまうからです。このような現象を無視すれば観賞者は非常に不快感を覚えることになる。

[上記下線部の説明は付録書類1及び付録図1及び2に記載されている。](#)

なお、付録書類及び本提案において、基準ディメンション表示画面(参照窓と等価の表示画面)の距離を2500mmとしている。これは、立体視に於いて、並行視(無限遠を見る)したときに、同一平面に遠近画像が映る(左右の画像が一つに重なった位置が表示画面の実質的位置(距離)である)距離をどのくらい近くまで見えるかという問題である。これは人がものを見るときに瞳間隔の30倍から50倍の距離である。ところが、映画ではスクリーン距離が20メートル(一定ではないが)になってしまうので無限遠と近距離との差がなく立体感が薄れてしまうことになる。そこで、至近距離に映像を見せるため飛び出させるわけであるが、スクリーン面よりも飛び出して見える場合画像枠が2重にずれて見えることとなります。その対策はありますが、その方法では少人数しか見ることができずまた、映画は消費電力も多く、映画は多数の人が同時に同一空間に集まらなくてはなりません。人が数人しか集まらないときでも稼働させなければなりません。フィルム時代はそれで良かったかもしれませんが。しかし、今日では、通信設備も性能が格段に良くなりました。

また、ディスプレイも高精細化され網目も目立たなくなりました。よって、ステレオ映画に明日はないと予想されます(これはあくまで筆者の予想です)

なお、A社の宣伝に“A社のHMDは、20メートル先に750インチの画面が見える”と謳っていますから驚きです。2.5メートル先に93.75インチの画面が見えるのが本当であると思うのですが、未だ、映画の立体視の概念から抜け切れていません。

6. 本提案の立体映像撮像装置(ステレオカメラ)

現在、ステレオカメラは、A社、B社及び、その他の会社から発売されている。しかし、多くの人々が、これ等のステレオカメラでは“まともに撮れない”との声が聞かれます。その理由は、撮影距離（焦点距離とは異なる）が設定できないからである。

本提案は、この撮影距離の問題、及びその他の問題を払拭するもので、その基本的原理を図6及び図7に図示する。

図6に表示するのはステレオカメラの原理図で、ミラーレスカメラ(必ずしもミラーレスである必要はない)を複合させたものである。ファインダにソフトウェアで視準パターンを表示し、左右用のファインダを覗けば、左右用のファインダ枠は2500mmで融合して一つの立体ファインダに見え、ファインダの向こう側に被写体が見えるように写せばよい。

図7は、ステレオカメラのレンズと撮像素子との関係図で、レンズと撮像素子とは図示のようなオフセット値が与えられている。

ステレオカメラの左右用の映像が合致する距離(参照窓)は、左右の瞳間隔の30倍から60倍である。そして、最短距離は約2メートルなので参照窓の距離を2.5メートル(40倍とする)とすれば、左右のレンズ間隔を1/3に変化させた場合、参照窓の距離は1/3の833mmになる。これは左右の視野角は変化せず平行であるのでレンズと撮像素子とのオフセット値は常に一定になる。この図は左右のユニット間隔を縮小した場合のみ記載しているが、左右のユニットが拡大した場合でもオフセット値は一定になる。

図6 ステレオカメラ原理図

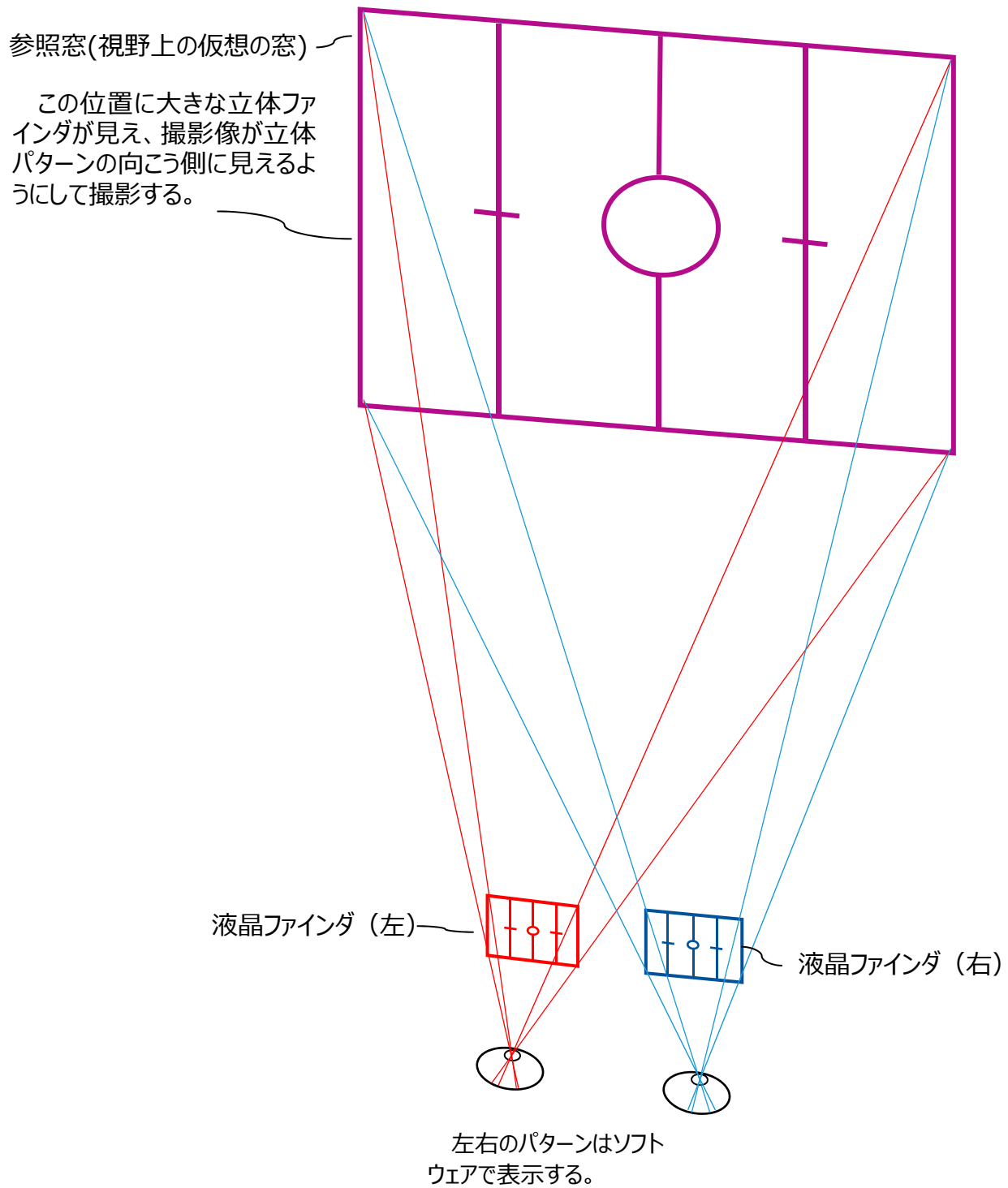
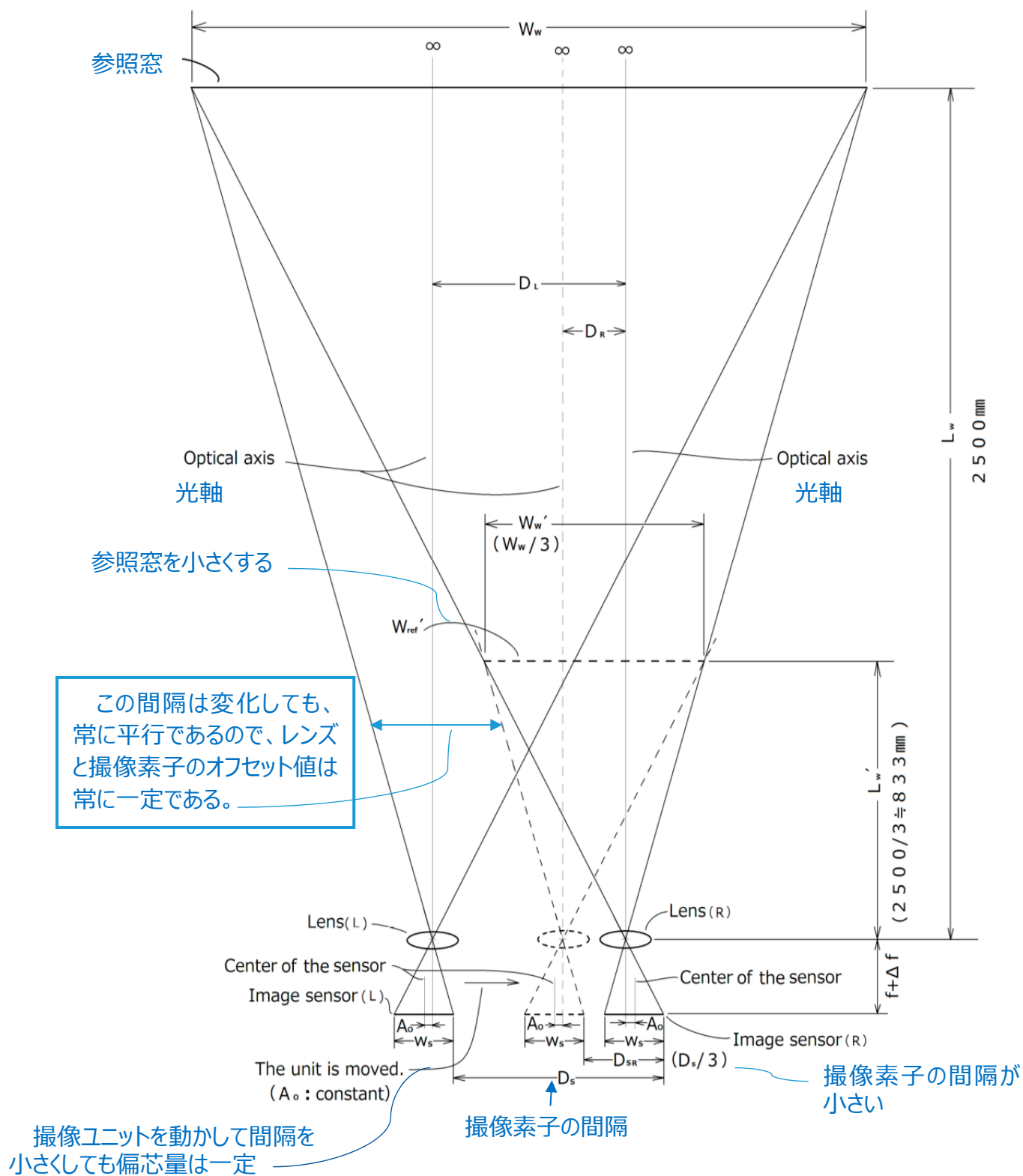


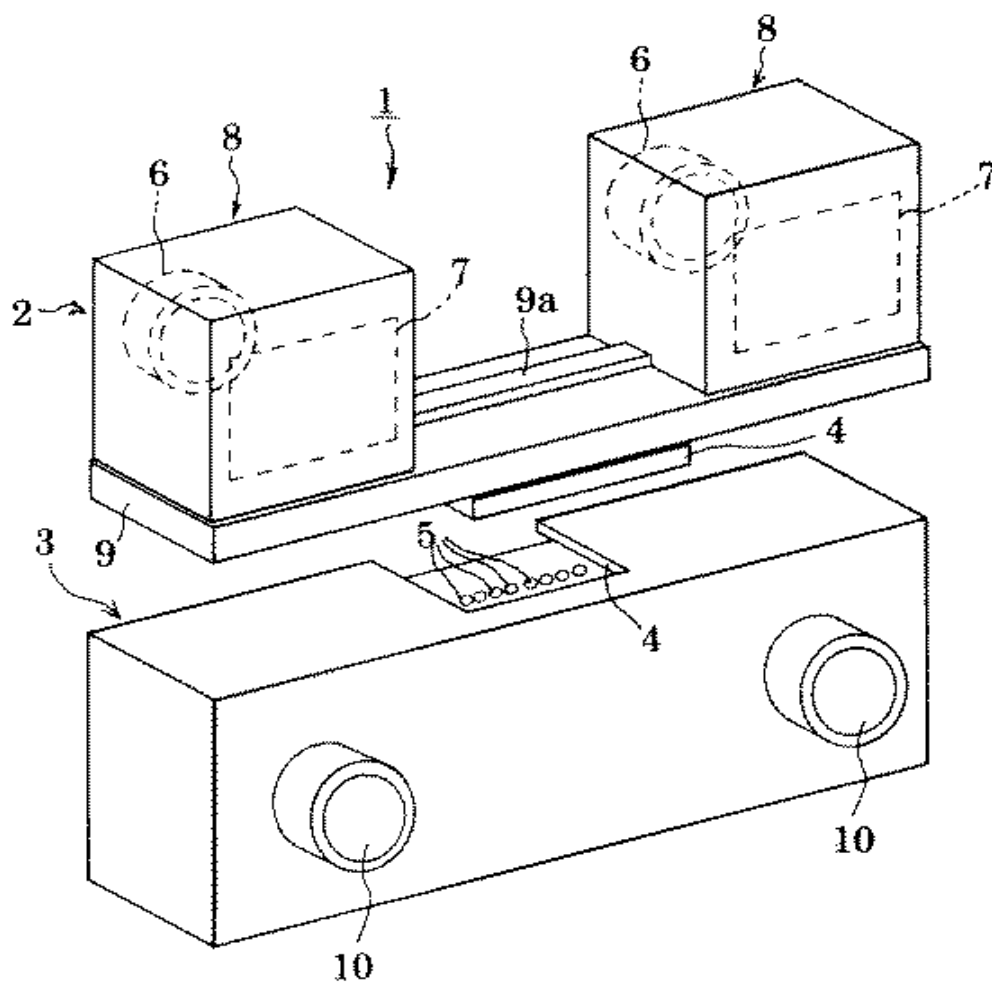
図 7



7. 最新のステレオカメラの紹介

以上説明したステレオカメラは、実質的にステレオビューワ度ステレオカメラが合体した構造であることが判る。図8は、筆者が特許登録した一例であるが、ステレオビューワの上にステレオカメラが載っている様子である。

図8

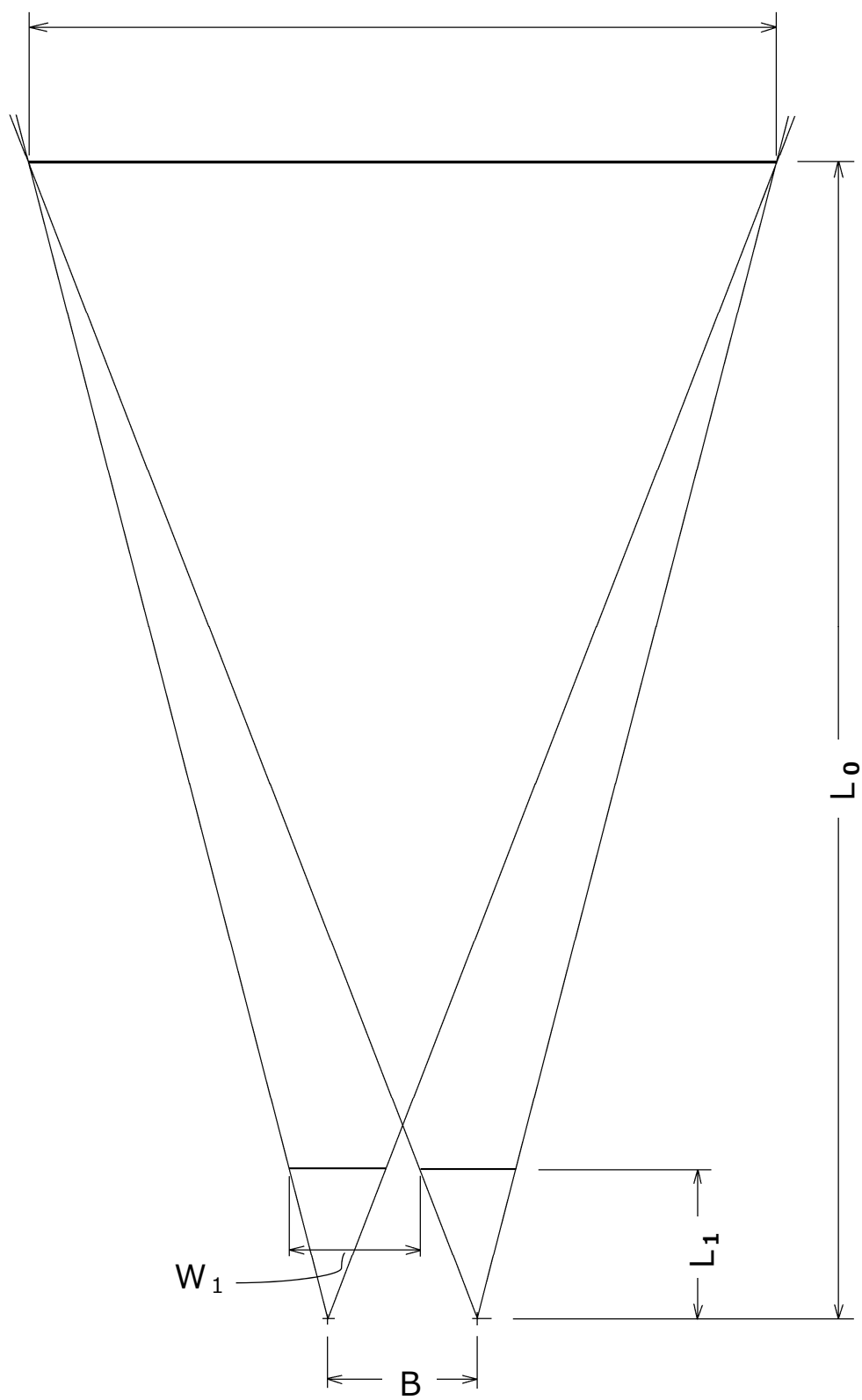


上記のようなステレオカメラでは、カメラとビューワとの両方にレンズが取り付けられていて、携帯性及び収納性が極端に悪いことが想像される。

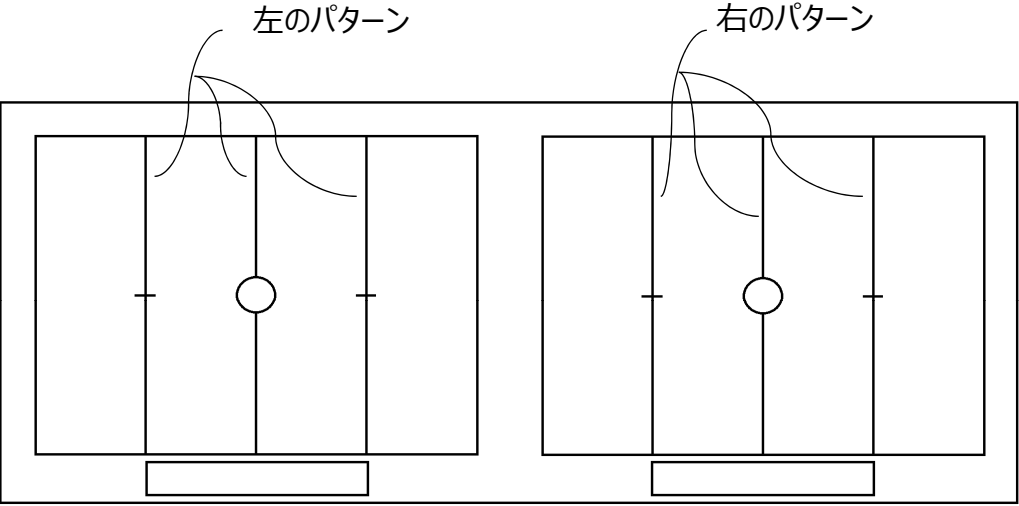
そこで、ステレオビューファインダを折り畳む方式を開発したところです。よって、ここに一部分を照会させていただきます。 以下は、最近出願した特許の一部分の内容です。

【図2】

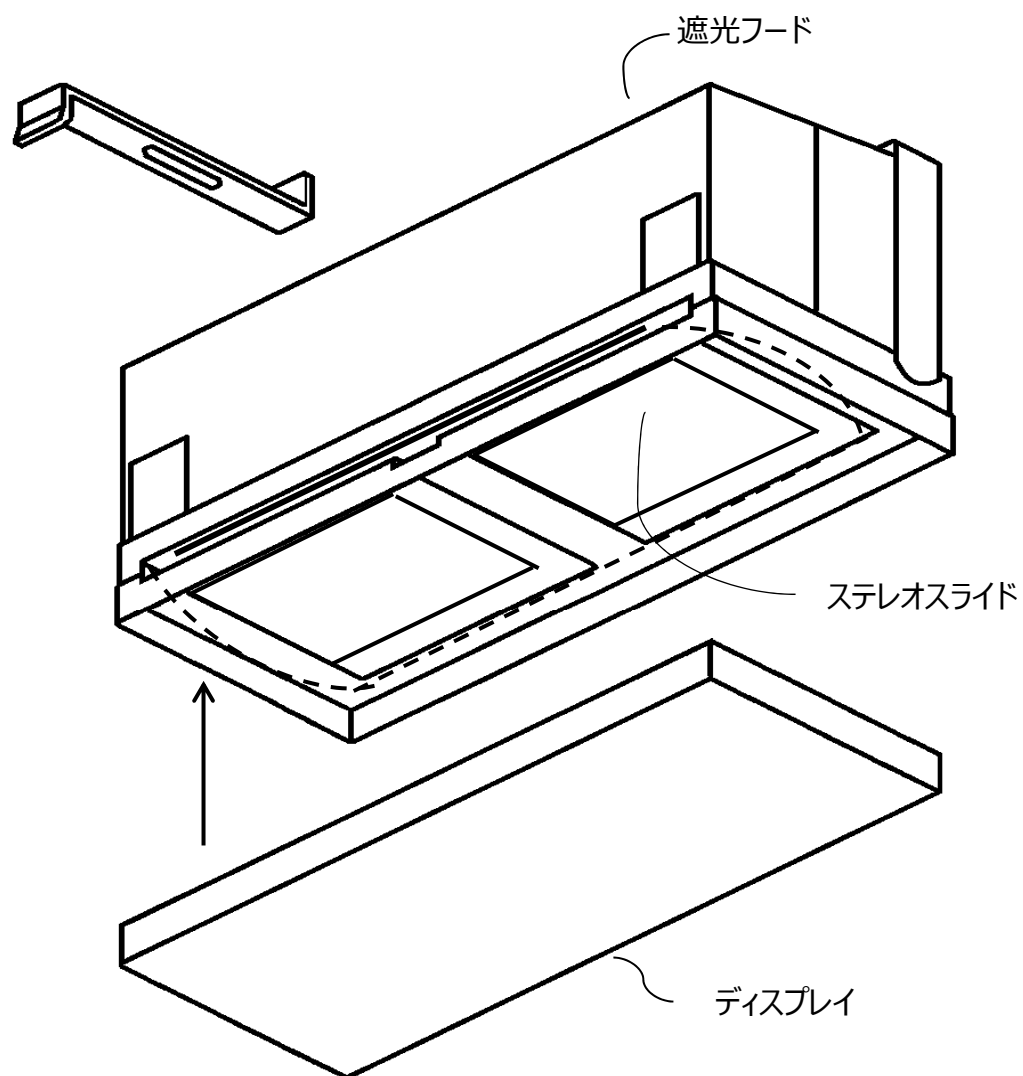
W_0



【图 4】

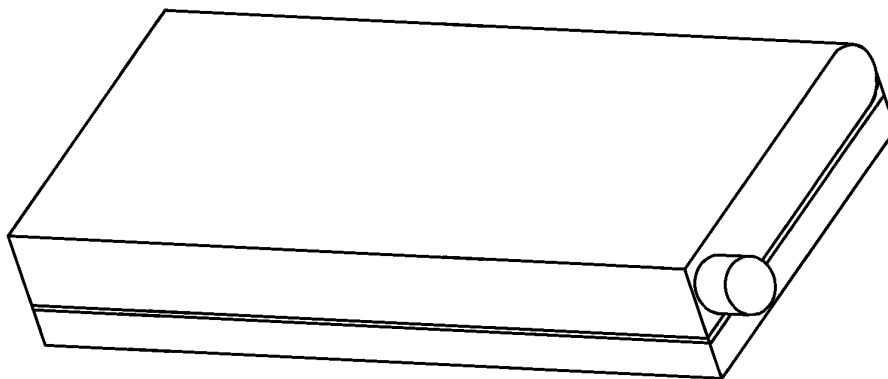


【図8】



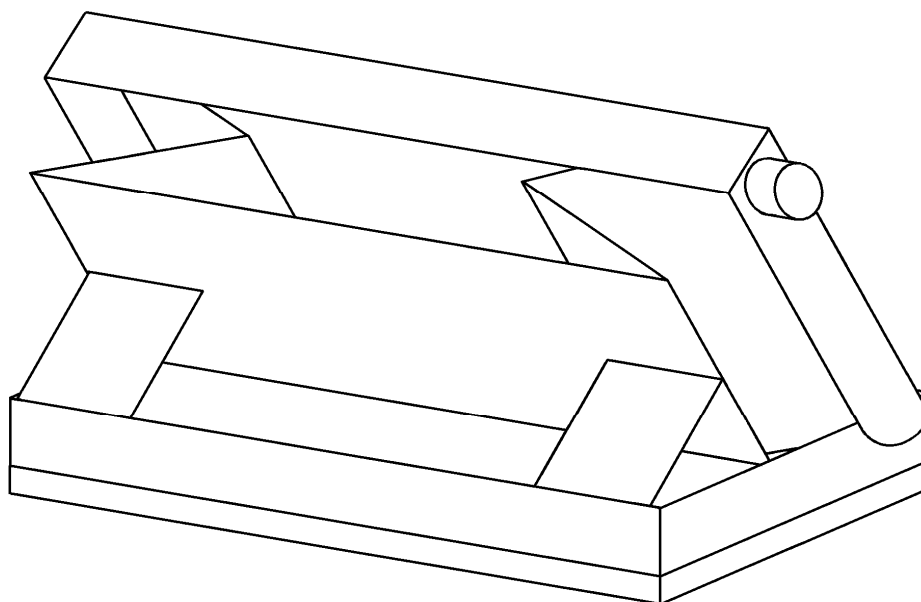
【図 9】

折り畳んだ時のビューファインダの様子

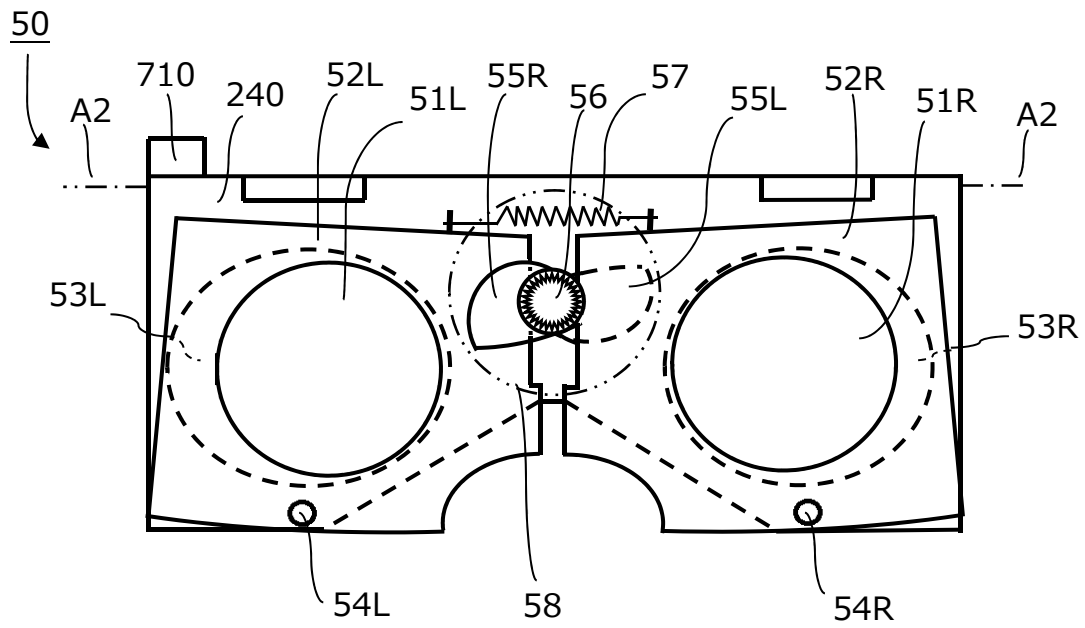


【図 10】

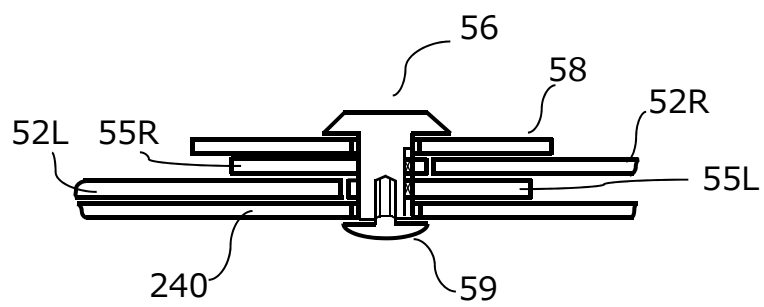
ビューファインダを開く途中の様子（レンズの表記は省略）



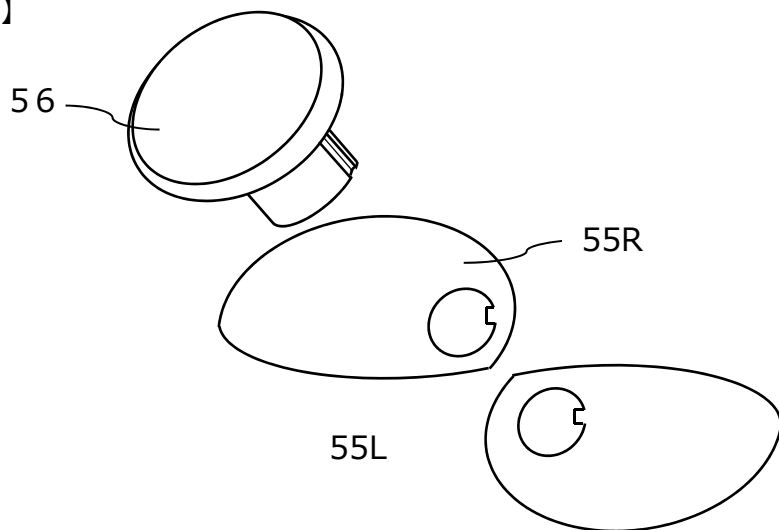
【図14a】



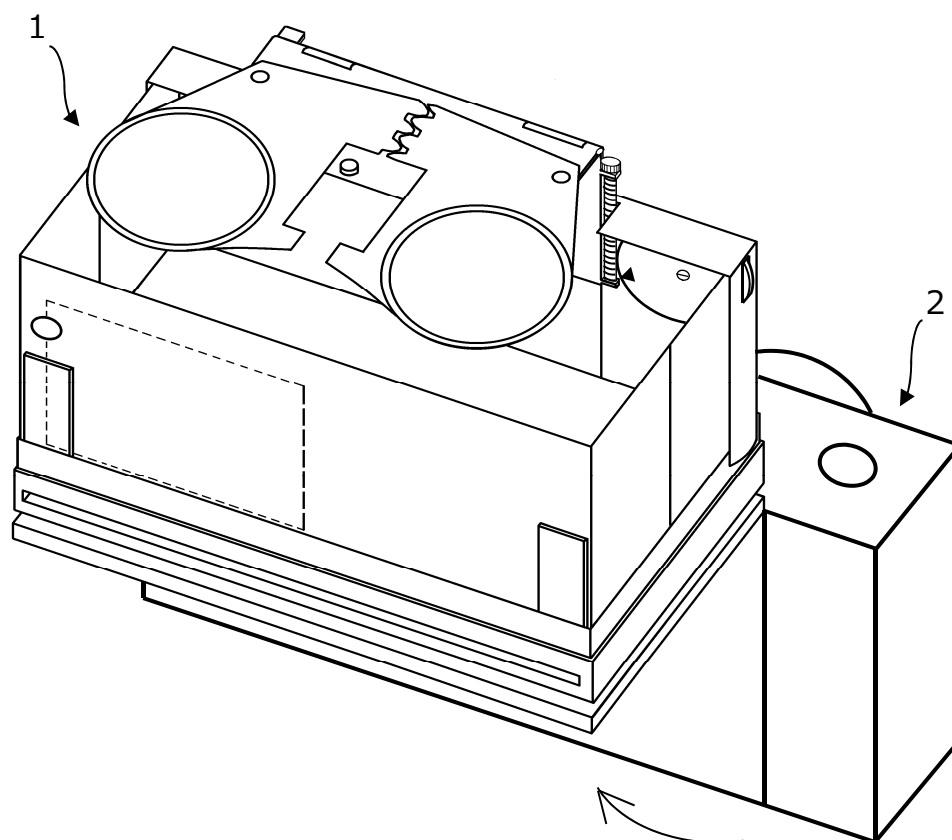
【図14b】



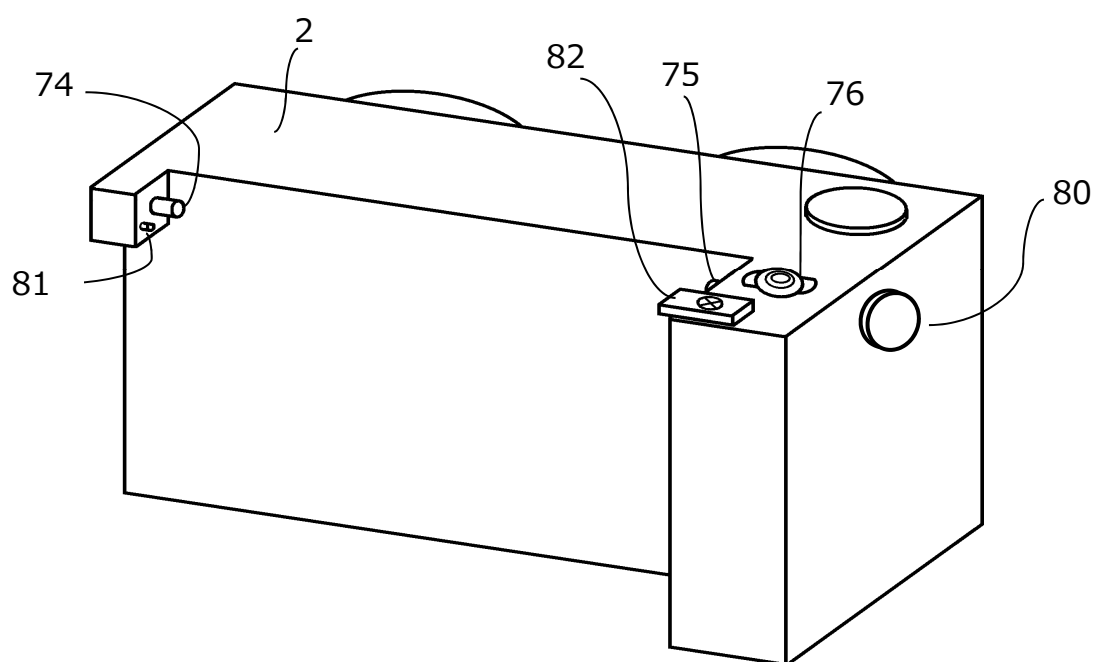
【図14c】



【図16】



【図17a】



【17b】

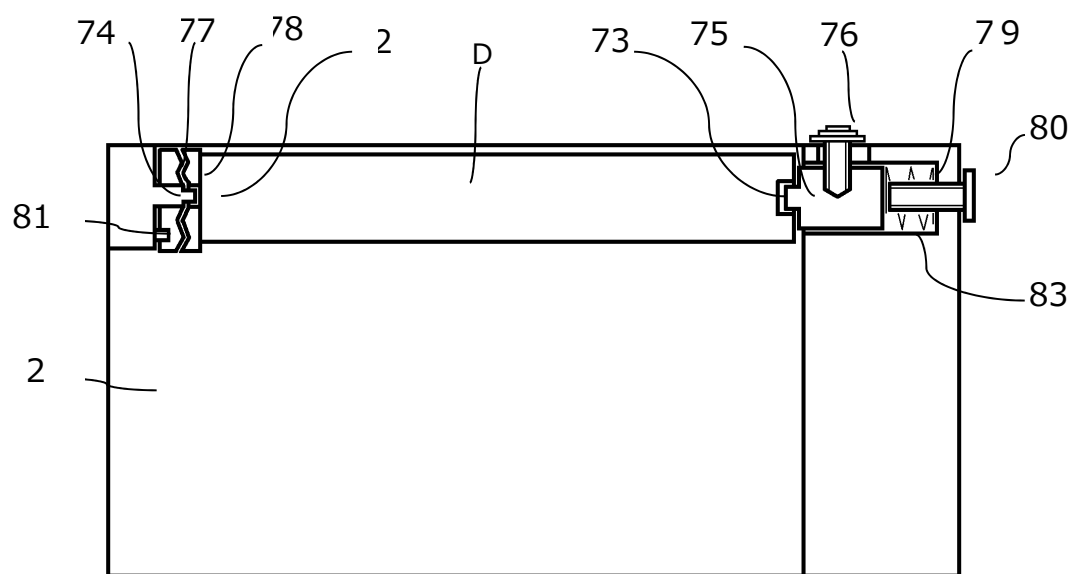


図2は、左右の画像を W_1 の間隔で表示する。表示距離 L_1 に表示する(ルーペを使用することによって左右の映像は L_0 (2500mm)の距離に見える)。

図4は、左右の表示面に視準パターンをソフトウェアによって表示(2500mmの距離に見える)する。

図8は、電子ディスプレイで立体映像を見ると共にフィルムのステレオスライドを観ることができる。

図9は、電子ディスプレイの遮光フードを折り畳むときの様子である。

図10は、電子ディスプレイを折り畳んだ状態の様子である。

図12は、左右のレンズの焦点距離と左右のレンズの間隔を調整する機構の様子である。

図13は、レンズの間隔調整機構の詳細図である。

図14 a, b, c は、レンズ間隔調整機構の他の実施例である。

図16は、ステレオカメラに取り付けてファインダを上方に回動して遮光フードを開いた状態。

図17 a, b は、デジタルステレオカメラにステレオビューファインダを取り付けた状態を表す。

以上は、筆者が最近特許出願したものの概略です。他にも、出願公開されておりますので特許庁の“公報テキスト検索”の出願人／権利者 欄に 稲葉稔 を入力して検索頂ければ幸いです。

8. おわりに

ステレオカメラのファインダは、必ずしも立体視する必要はない。という意見を度々耳にします。本当にそうでしょうか。 現在では、“距離感が掴めない” という意見が圧倒的であるとおもいます。筆者の提唱する“視準パターン”は、距離感を掴むのには最適であると思います。

また、付録書類及び図表を載せておきましたのでご参考下さい。

立体映像 撮像-表示 装置

立体視の概念及び立体映像表示

無限遠物体の同一点からの光線が人の左右の眼に入射する場合、それらの光線は互いに並行で、且つ、眼幅間隔である。よって、一つのディスプレイ（立体テレビ）上に左右の映像を重ねて表示する立体映像においても無限遠像の左右の相応点の間隔を人の眼幅間隔に表示すべきである。もし、無限遠像の左右の間隔を人の眼幅間隔よりも著しく狭く表示した場合、無限遠像が非常に近くあるかの如くに感じ、映像を表示している画面及び像の全体が非常に小さく見える現象（箱庭現象と呼ばれている）が生じ、立体感が損なわれる。

人が無限遠物体（像）を見る場合、左右の視線は平行で、且つ眼幅間隔に等しくなる。この状態で近景をも同時に見る場合、左右用の像を融合視できる近点の限界値は略2メートルであり、その限界値よりも、やや遠い距離の2, 5メートルの位置に設置するのが理想的で、そのディスプレイ上で立体映像の左右用の画像フレームが合致するように表示し、且つ、無限遠像の左右の相応点を眼幅間隔に表示すれば、図4に例示するように2, 5メートルの距離に設置した1, 8メートル幅のテレビは、図5に図示するカメラ側において仮想の視野フレーム相等の“窓”(参照窓と定義する)を覗いているかの如くに見える。そして、図4に図示するように左右の画像フレームを同一位置に合致させてディスプレイ上（図示の大型TV）に表示する状態を基準ディメンション表示画面とすれば、

左用の画面は、基準ディメンション表示画面の両端と、観賞者の左眼とを結ぶ線（赤色で表示）で決定される左の視野角内に、

右用の画面は、基準ディメンション表示画面の両端と、観賞者の右眼とを結ぶ線（青色で表示）で決定される右の視野角内の左右各々の同一位置に表示することによって、画面サイズが異なる場合であっても（非常に小さなディスプレイであっても、または、基準ディメンションのディスプレイを超えるディスプレイ、例えば立体映画等の大きな画面）基準ディメンション表示画面のディスプレイを用いて観た場合と同等の立体感を得ることができる。

標準立体映像データについて

上述のとおり、基準ディメンション表示画面に立体映像を表示すれば、常に最適な状態の立体映像を観ることができる。また、小さなディスプレイを用いる場合にも、左右用の映像を互いにずらして表示することによって、基準ディメンション表示画面を覗いている状態と同等の視覚効果が得られる。そして、小さなディスプレイを用いる場合であっても、図4において左右の視軸（視線）は一定間隔で、視軸に対する視野の比率は全範囲において左右対称となる。即ち、図4の中心（左右の視軸の中間で図示せず）に沿って紙面を折り、左の視軸（赤色で表す）と右の視軸（青色で表す）とを一致させて重ね合わせれば、左の視野（赤色で表示）と、右の視野（青色で表示）とが完全に一致する比例対称であるので特別な画像処理や画像データ個々の調整を必要とせず、同一の立体映像データを全てのサイズのディスプレイに共用することが容易である。

そのためには、立体映像の標準化、即ち“標準立体映像データ”を得るためのステレオカメラが必要である。図5は、立体映像撮像表示システムの相関図で、このステレオカメラの特徴は仮想の視野フレームである“参照窓”を設定したことにある。それは、左右平行に設置した撮影レンズによって参照窓内の光景を、左右各々のイメージセンサ上に投影して撮影することである。

図5において参照窓幅を図示の W_w とし、イメージセンサの幅を W_s と、した場合、投影比 r は、 $r = W_s / W_w$ の関係で参照窓が撮像素子上に縮小投影される。

再生時には、左右各々の撮像素子で捉えた一対の立体映像を、図5に図示のディスプレイ側において参照窓と等価の幅 W_D の基準ディメンションディスプレイ（参照窓と等しい幅で左右用の映像フレームを合致させて表示する）に表示すれば、

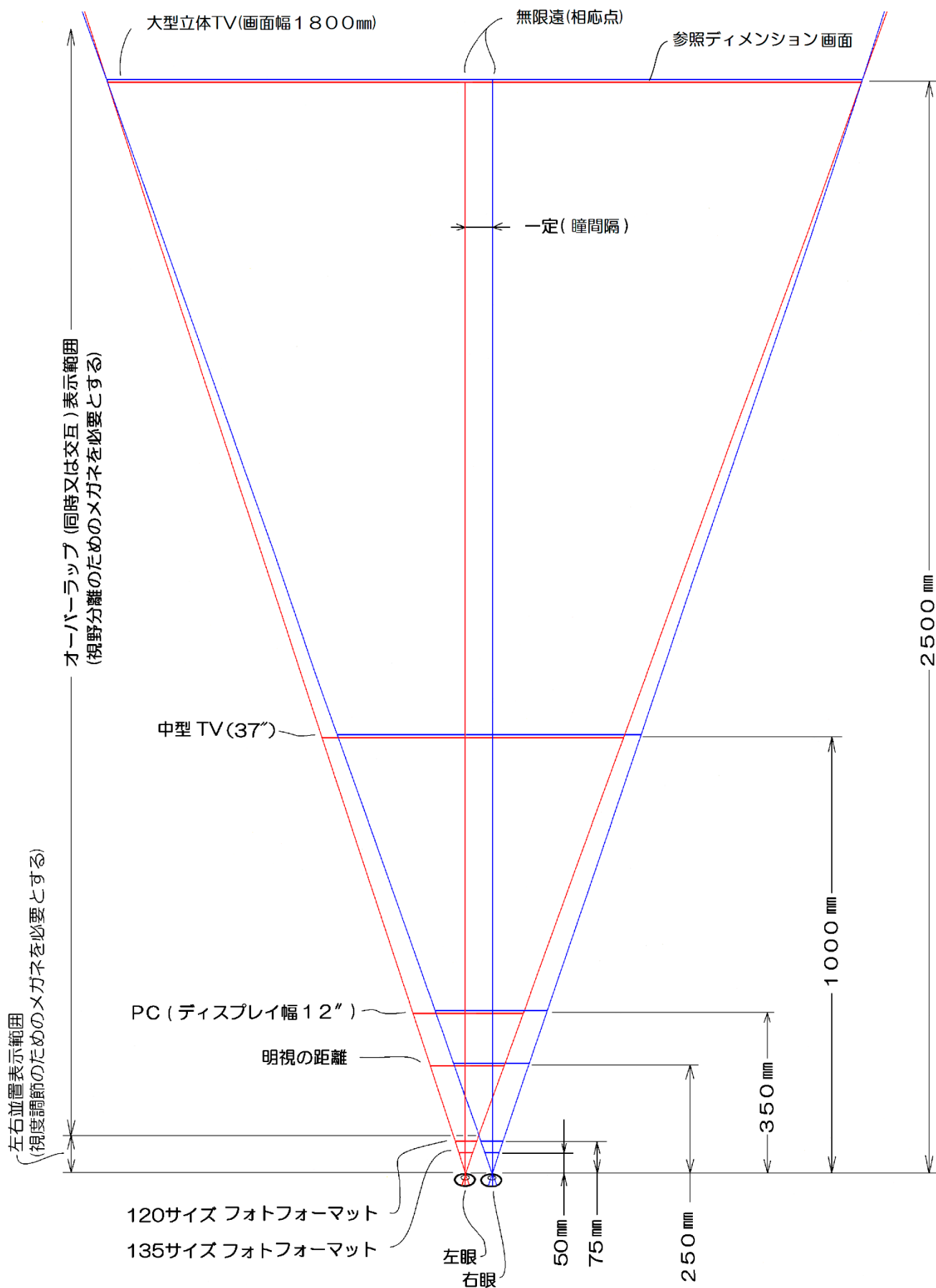
そのときの拡大比 R は、 $R = W_D / W_s$ になる。

そして、前記縮小投影比 r 、と、上記拡大比 R との関係は、 $r \times R = 1$ が最適値であり、

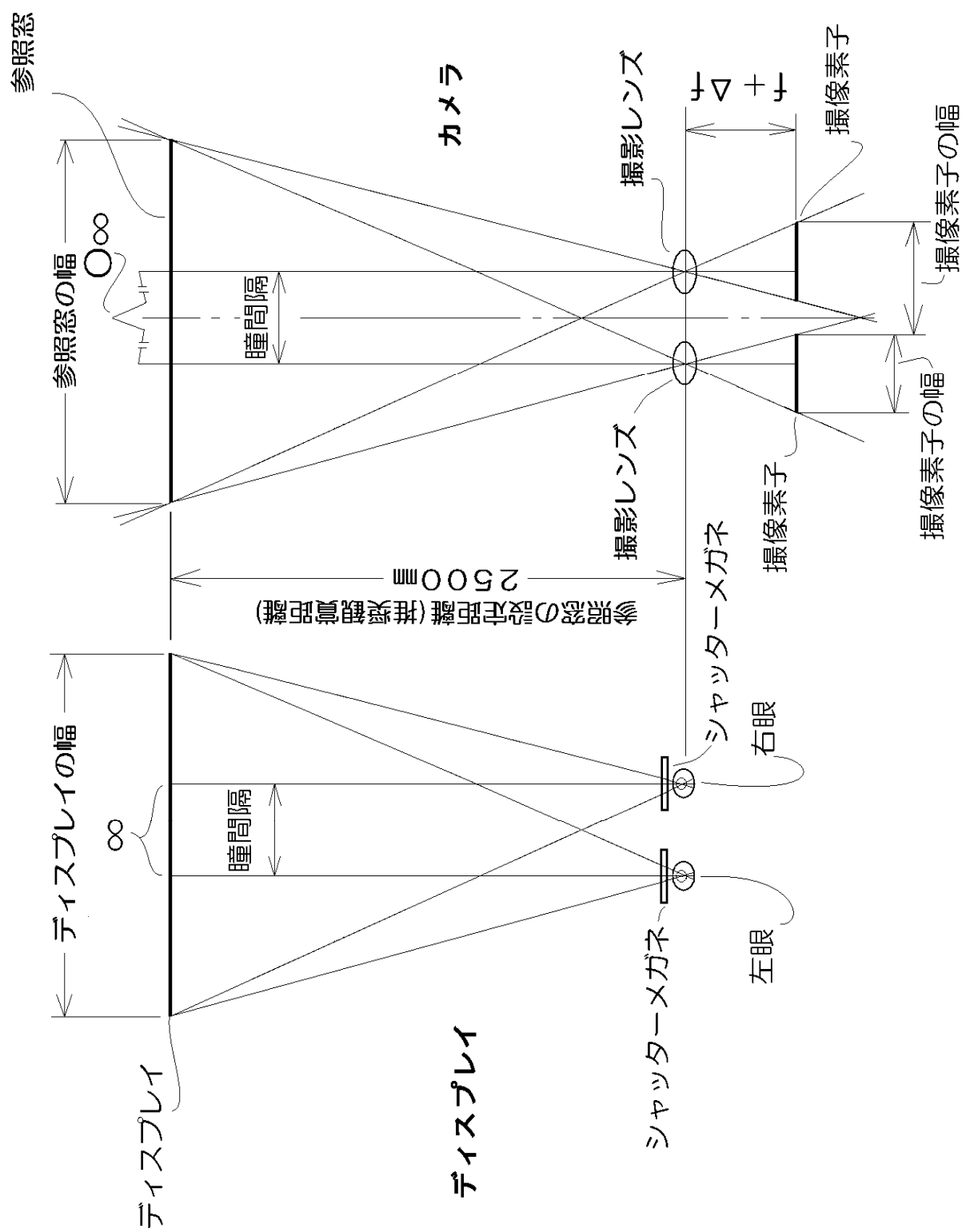
撮像-表示の関係を上述の関係に設定すれば、ディスプレイを覗いている観賞者は、カメラの撮影レンズの視点から参照窓内を覗いて実際の景色を覗いている場合と同等の立体感を得ることができる。

付録図 1

図の赤、青表示は、アナグリフではありません



立体映像撮像・表示の相関図



Method for taking and displaying of stereoscopic vision

By Minoru INABA

Concept of stereoscopic vision and stereoscopic image displaying

When light beams from the same, or one, point on an infinite object enter right and left eye of a human (a viewer), they are parallel to each other and spaced by an interpupillary distance. Thereby, also in a image obtained by displaying right and left images on one display (stereoscopic image obtained by displaying right and left image on one display (stereoscopic television) in a superimposing manner, a distance between right and left corresponding point of infinite image should be displayed so as to correspond to an interpupillary distance of the human (a viewer). If the distance between right and left of the infinite image is displayed to be significantly narrower than the interpupillary distance of the human (a viewer), there occurs a phenomenon that the human (a viewer) feels as if the infinite image lay very close, thereby a screen displaying the image and the whole image look very small (which is called "miniascape phenomenon"), which results in damage to a stereoscopic effect.

When a human (a viewer) seen as infinite object (image), right and left lines of sight are parallel, and a distance between them is equal to his/her interpupillary distance. When he/she also sees a near view at the same time in this state (while he/she is seeing the infinite object), the limit value of near point which enables his/her to see image for right and left in a fusing manner is about two meters, so that it is ideal to set the near point at a position of 2,5 meters which is a little far from the limit value, and if image frames for right and left of the stereoscopic image on the display are displayed in a superimposing manner, and right and left corresponding points of the infinite image are displayed to be spaced by an interpupillary distance, a television which a width of 1,8 meters placed from the human (the viewer) at a distance of 2,5 meters as illustrated in FIG.1 gives a feeling that he/she was looking through a "window"(defined as a "reference window") equivalent to a virtual frame of visual field on a camera side shown in FIG.2.

Then, if a state of displaying right and left image frames at the same, or one, position on a display (a large television shown in FIG. 1) in a superimposing manner as illustrated in FIG.1 is regarded as a reference dimension display screen,

a screen for left and a screen for right are respectively displayed at the same position on the left within a left viewing angle defined by a line (indicated in red) connecting both ends of the reference dimension display screen with a left eye of the viewer and on the right within a right viewing angle defined by a line (indicated in blue) both the ends of the reference dimension display screen with a right eye of the viewer, so that a viewer can feel a stereoscopic effect equivalent to viewing using a display with the reference dimension display screen even if a screen size varies (even if a very small display is used or a display larger than the display of the reference dimension, such as, a large screen for 3D Movie, is used).

Regarding standard stereoscopic image data

As described above, if a stereoscopic image is displayed on the reference dimension display screen, a stereoscopic image in an optimum state can be viewed. Further, even if a small display is used, a viewer can feel a visual effect equivalent to a state of viewing on the reference dimension display screen by displaying images for right and left in a shifting manner. Then, even if a small display is used, a distance between right and left visual axes (line of sight) is constant in FIG.1, and a ratio of a visual field to a visual axis becomes symmetrical in the whole range. That is, when a paper sheet representing FIG.1 is folded along the center thereof (intermediate between the right and left visual axes, not shown) so that the left visual axis (indicated in red) and the right visual axis(indicated in blue) are superimposed on each other, the left visual field (indicated in red) and the right visual field (indicated in blue) are proportionately symmetrical so as to be completely superimposed on each other, so that it is not required to perform a special image processing or adjustment of individual image data items, and it is easy to share the same stereoscopic image data among display of all sizes.

To achieve the above, a stereo camera for standardizing a stereoscopic image, namely, obtaining "standard stereoscopic image data" is required. FIG.2 is a correlation diagram of a stereoscopic image imaging and displaying system, and a characteristic of the stereo camera lines in that a "reference window" which is a virtual frame of visual field is set. That is, a view within the reference window is photographed by right and left photographing lenses placed in parallel, while it is projected onto respective right and left image sensors.

When a width of the reference window is by W_W and a distance between image sensors is denoted by W_S in FIG. 2, the reference window is reduction- projected on imaging devices, while a projection ratio r maintain a relationship of $r = W_S / W_W$.

In image reproduction, if a pair of stereoscopic images captured by the respective right and left imaging devices are displayed on a reference dimension display having a width W_D equivalent to the reference window on the display side shown in FIG.2 (the imaging frames for right and left are displayed reference),

a magnification ratio R at the time becomes $R = W_D / W_S$.

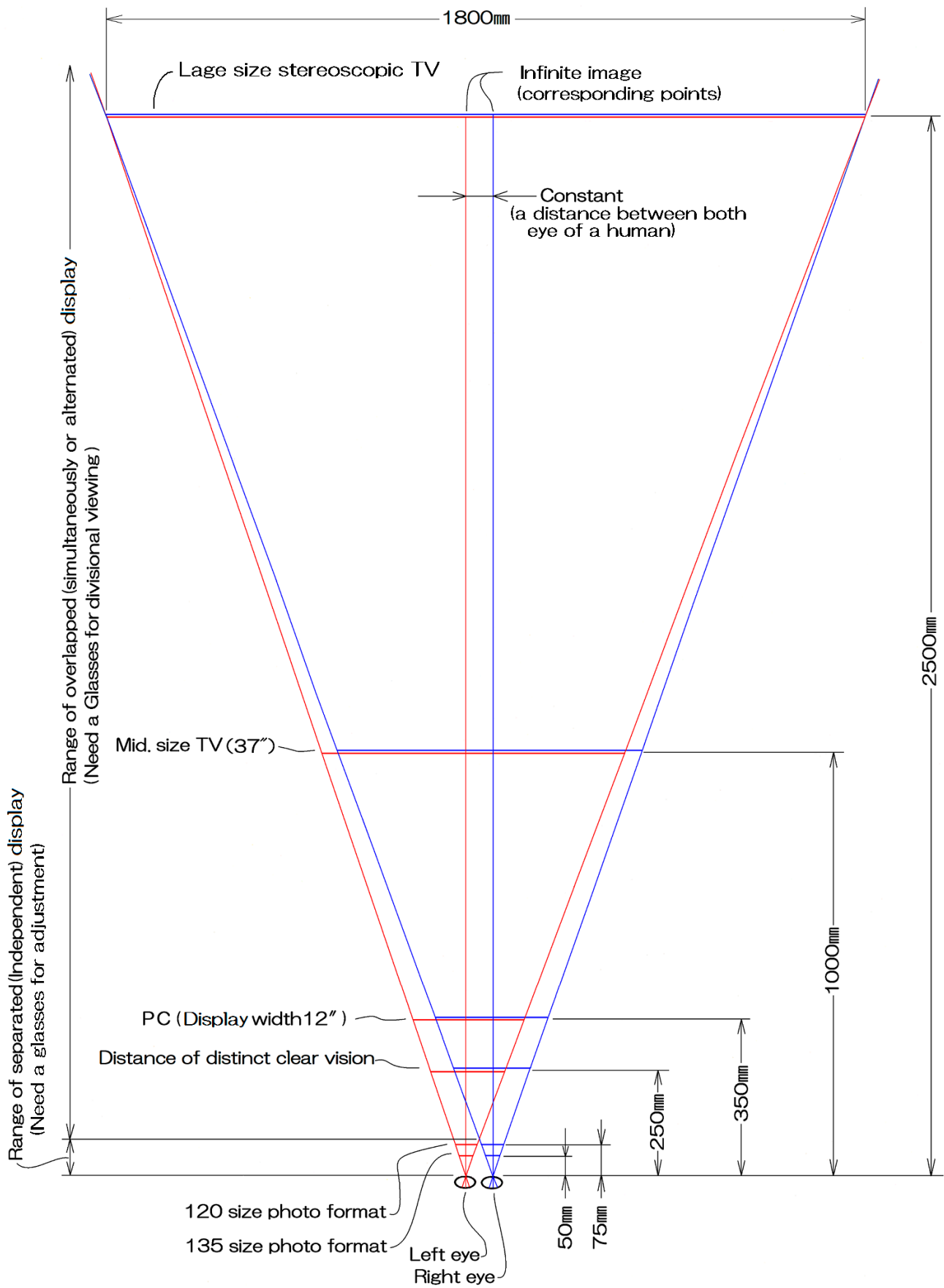
Then, in a relationship between the reduction-projection ratio r and the above- mentioned magnification ratio R , $r \times R = 1$ is an optimum value, and

if a relationship between imaging and displaying is set to satisfy the above-mentioned relationship, a viewer seeing an image on the display can feel a stereoscopic effect equivalent to seeing a real sight through the reference window from a viewpoint of photographing lenses of a camera.

Appendix Figure 1

(This is not anaglyph)

Conceptional diagram of Stereo-scopic vision



Appendix Figure 2

CORRELATION DIAGRAM OF CAMERA AND DISPLAY

