

立体視容易な超仮想空間の構成法

岡本 正昭^{a)} 小松 久美子^{b)} 志水 英二^{a)}

宝塚造形芸術大学^{a)} 大阪市立大学^{b)}

1. はじめに

両眼視差を利用するステレオ立体視において、輻輳と調節の矛盾による問題がしばしば指摘されている。本論文では、画像サイズ、視角、輻輳角、画像間隔を調整することにより、輻輳を調節に近づけて、奥行き感のある立体視を容易にする方法を紹介する。

2. 仮想空間の奥行き歪み

仮想空間の奥行き歪みの発生を避けるために、いわゆる無歪み条件が提案されている [1-3]。通常次のように定義される (Fig.1). (1) 2台のカメラ光軸が平行 ($C_L N_L // C_R N_R$). (2) カメラ間隔, 左右画像の無限遠点の間隔, 観察者の瞳間距離が等しい ($c=n=e$). (3) カメラの視角と表示画面の視角が等しい ($a=const.$).

前の2条件は、ほぼ機械的に実施できるが、3番目の視角条件は、スクリーン位置を固定しやすいヘッドマウントディスプレイ(HMD)を除けば実現が容易でない。

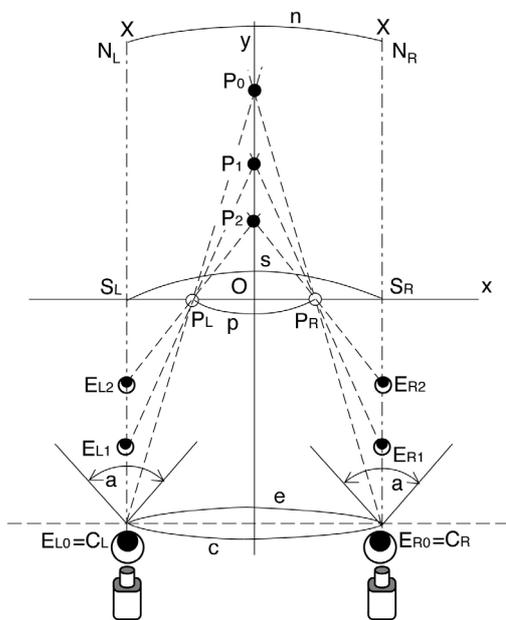


Fig.1 Ortho-stereoscopic condition.

多くの場合、Fig.1 のように観察者が撮影時のカメラ位置から前後するだけで、視認される立体像の奥行き距離がずれる ($P_0 \rightarrow P_1 \rightarrow P_2$). 奥行き歪みを防ぐには、観察位置の移動に応じて画面サイズを変化させる必要があるが、現実にはそのような対応は困難である。仮にそうした場合には、輻輳と調節の乖離が拡大したり、画像サイズの変化が大ききの恒常性に反するという問題が新たに生じる [4-8] .

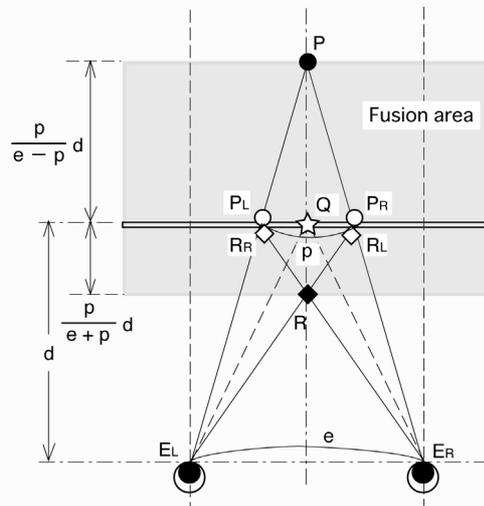


Fig.2 Fusion area.

3. 融合領域

輻輳と調節の乖離が大きくなると、両眼視差が拡大し、左右の画像の融合が困難になる。画像の特性差や個人差があるものの、立体視困難になる [5]。立体視可能な奥行き範囲として、パナムの融合領域などが知られているが、ここでは両眼視差を基に考える (Fig.2). 左右の瞳間距離を e , 瞳からスクリーンまでの距離を d , 融合可能な最大の両眼視差量を p とする。

Fig.2 を参照して、前方融合限界 t_- は

$$t_- = d - \frac{p}{e+p} d = \frac{e}{e+p} d \tag{1}$$

後方融合限界 t_+ は

$$t_+ = d + \frac{p}{e-p} d = \frac{e}{e-p} d \tag{2}$$

となり、立体視可能な範囲は t_- と t_+ の間に限られる。

Synthesis of Sur-virtual Space easy to make Stereo-view

a) Masaaki Okamoto and Eiji Shimizu, Takarazuka University of Art and Design

b) Kumiko Komatsu, Osaka City University

具体的には、 $e=4p$ ならば $0.8d \leq t \leq 1.33d$ 、 $e=2p$ でも $0.67d \leq t \leq 2d$ と範囲が限定される。ステレオ画像を表示するスクリーンまでの観察距離により、立体視可能な仮想空間の規模が決まることになる。

4. 仮想空間の拡張・収縮

立体視が望まれる仮想空間領域は、普通は融合可能域とは無関係に存在する。そこで、奥行き歪みを許容して、立体視可能領域を変更する方法を考える。

4.1 輻輳の変更

瞳間距離 e よりも小さいカメラ間隔 c で撮影した画像を瞳間距離 e で観察すると、立体視可能領域を拡大できる(Fig.3 参照)。当然奥行きは実空間よりも圧縮されるが、相対的な前後関係は維持できる。この時、実質的に立体視できる前方融合限界 t_- は

$$t_- = d - \frac{p}{c+p} d = \frac{c}{c+p} d \quad (3)$$

後方融合限界 t_+ は

$$t_+ = d + \frac{p}{c-p} d = \frac{c}{c-p} d \quad (4)$$

となる。仮に $e=2c$ ならば、 $e=4p$ の場合で $0.67d \leq t \leq 2d$ 、 $e=2p$ の場合には $0.5d \leq t \leq \infty$ まで拡張できる。

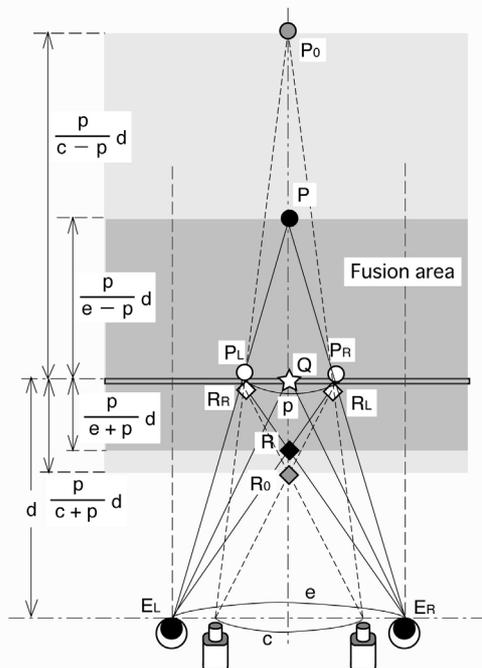


Fig.3 Change of cameras' distance.

4.2 画像サイズの変更

画像サイズを縮小して、表示視差量を小さくしても立体視可能領域を変更できる(Fig.4 参照)。撮影時のスクリーン位置での視差量 q の画像を視差量 p に縮小する。実質的に立体視できる前方融合限界 t_- は

$$t_- = d - \frac{q}{e+q} d = \frac{e}{e+q} d \quad (5)$$

後方融合限界 t_+ は

$$t_+ = d + \frac{q}{e-q} d = \frac{e}{e-q} d \quad (6)$$

となる。仮に、 $q=2p$ とすれば、 $e=4p$ の場合で $0.67d \leq t \leq 2d$ 、 $e=2p$ の場合で $0.5d \leq t \leq \infty$ まで拡張できる。

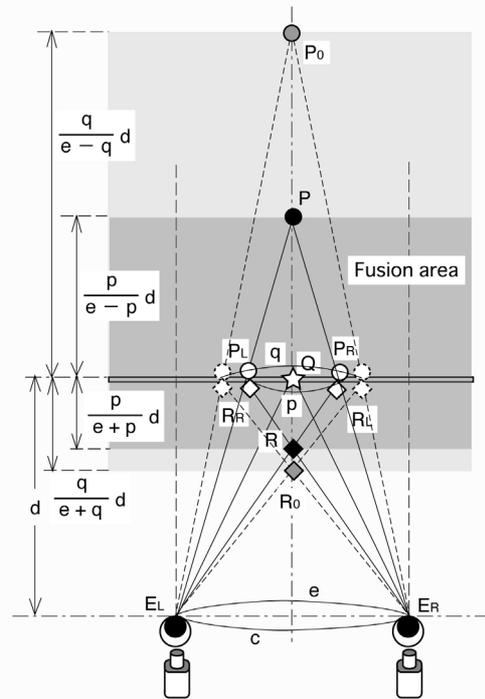


Fig.4 Change of image size.

5. 超仮想空間化

奥行き歪みを許容すれば、前後関係に基づき、立体視が容易な仮想空間領域をコントロールできる。この考え方を拡張して、複数の変形仮想空間を組み合わせれば、更に奥行き感の豊富な超仮想空間の構築が可能となる。

参考文献

- [1] R. Spottiswoode, N. L. Spottiswoode and C. Smith, "Basic principles of the three-dimensional film," SMPTE J., vol.59, no.10, pp.249-286, 1952.
- [2] D. L. MacADAM, "Stereoscopic perceptions of size, shape, distance and direction," SMPTE J., vol.62, no.4, pp.271-293, 1954.
- [3] H. Yamanoue, "The relation between size distortion and shooting conditions for stereoscopic images," SMPTE J., vol.106, no.4, pp.225-232, 1997.
- [4] A. Woods, T. Docherty and R. Koch, "Image distortions in stereoscopic video systems," Proc. SPIE, Stereoscopic Displays and Applications IV, vol.1915, pp.36-48, 1993.
- [5] 原島(監修), 3次元画像と人間の科学, オーム社, 2000.
- [6] 岡本, 梶木, 志水, "小型立体ディスプレイにおける実在感強調表示," 3次元画像コンファレンス2003 論文集, pp.161-164, 2003.
- [7] 岡本, 小松, 志水, "超仮想空間設計に関する一考察," 信学技報 vol.103, No.353, pp.37-40, 2003.
- [8] M. Okamoto, K. Komatsu, Y. Kajiki and E. Shimizu, "Three-dimensional display with volume/space expansion," Three-Dimensional TV, Video and Display II, Proc. of SPIE vol.5243, pp.7-18, 2003.