

単一視点と均一解像度特性を有する全方位視覚センサの開発

学術番号：90186002 谷内田研究室 青竹貴之

1 はじめに

近年、広視野角を必要とする自律移動ロボットや監視などの需要が高まるにつれ、周囲 360 度の環境情報を一時的に取得できる凸面ミラー全方位視覚センサの重要性が増してきている。既存の 1 枚ミラーを用いた全方位視覚センサのうち、双曲面ミラーのように単一視点を有するセンサはパノラマ画像などに容易に変換できるため、また、均一解像度特性を有するセンサは画像測定ができるために、よく用いられている。昨年度、各条件を数値的に解くことで得られるミラーを 2 枚用いる手法によって両方の特性を持つセンサが提案された。本研究ではこの手法を、従来の中心投影カメラのみのモデルを拡張して、平行投影のカメラモデルを提案することによって一般化を行う。平行投影のモデルは、レンズ位置の拘束が緩和され設計自由度が向上するため、光学特性の向上が期待できる。

2 提案センサ

提案センサは、2 枚のミラー、支持具、テレセントリックレンズ系と CCD によって構成される。センサのモデルを図 1 に示す。

まず、図 1 より、幾何的に入射角 ϕ 、第 2 ミラーへの入射角 θ についての式、また第 1 ミラー、第 2 ミラーそれぞれにおける反射の法則の式を得る。これらを整理することによって、第 1 ミラー、第 2 ミラーそれぞれの微分方程式が以下のように得られ、これを単一視点の拘束条件式とする。

$$F_1'^2 + 2\alpha F_1' - 1 = 0 \quad (1)$$

$$F_2'^2 - 2\beta F_2' - 1 = 0 \quad (2)$$

ただし、

$$\alpha = \frac{F_1(F_2 - F_1) + r_1(r_1 - r_2)}{F_1(r_1 - r_2) - r_1(F_2 - F_1)}$$

$$\beta = \frac{F_1 - F_2}{r_1 - r_2}$$

また、均一解像度特性として、本論文では入射角-半径線形特性、水平座標-半径線形特性、垂直座標-半径線形特性、入射角-面積線形特性、立体角-半径線形特性の 5 つを例として用いた。そのうち、入射角-半径線形特性の拘束条件は式 (3) のように書ける、

$$\phi = a \cdot r_2 + b \quad (3)$$

単一視点で求めた ϕ の式を代入し整理することで、次の式が得られる。

$$r_2 = \frac{1}{a} \left(\arctan \frac{r_1}{F_1} - b \right) \quad (4)$$

式 (1)、(2) に、式 (4) 加えた連立微分方程式を、オイラー法やルンゲクッタ法など数値解法を用いて解くことで、単一視点と入射角-半径線形特性を同時に両立するミラー形状 F_1 、 F_2 を求める。他の均一解像度特性のセンサも同様に設計することが出来る。

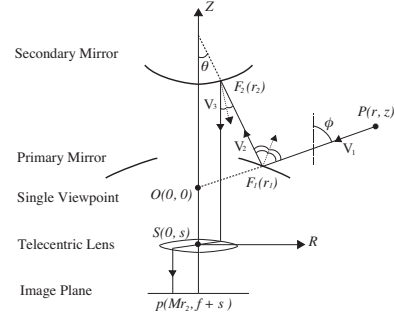


図 1 提案全方位センサのモデル

3 シミュレーション実験

提案手法に基づき設計したセンサが、幾何特性が設計通りに満たされているか確認を行った。

まず、光学設計ソフト「ZEMAX」(ZEMAX Development Co.) を用いて光路追跡を行った結果の例を図 2 に示す。入射光がすべて一点で交わっているため、センサが単一視点を維持していることが確認できる。

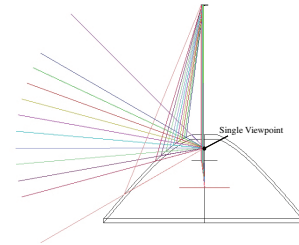
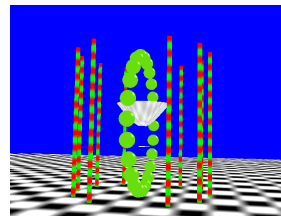
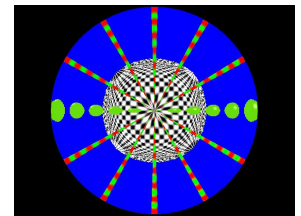


図 2 入射角-半径線形特性センサの光路追跡

次に、3DCG 製作ソフト「LightWave 3D 9」(NewTek Inc.) を用いて図 3-a のような環境の撮像シミュレーションを行った。結果の例を図 3-b に示す。等角度に並ぶ球の中心が等間隔であるため、入射角-半径線形特性を満たしていることが確認できる。



(a) 撮像環境.



(b) 撮像結果.

図 3 入射角-半径線形特性センサの撮像シミュレーション

4 おわりに

本論文では、単一視点と均一解像度特性の条件式から数値的にミラー形状を求める 2 枚ミラー全方位視覚センサのうち、平行投影によって結像するセンサの設計方法を提案した。そして、提案方法に基づいて設計シミュレーションを行い、単一視点と均一解像度特性がいずれも満たしていることを確認した。これからの課題は、光学特性の測定を行い、透視投影のものと比較を行うことである。