

# マイクロカメラムーバの設計，製作

山本浩治

名古屋大学工学部・工学研究科技術部

## 1．はじめに

CCD カメラやビデオカメラを搭載し，その撮影方向を変化させる装置である雲台を遠隔制御あるいはマイクロコンピュータ制御するための電動雲台は，これまでに数多くの企業から市販されている．しかし，従来の電動雲台は水平方向ならびに垂直方向の回転駆動制御方式にフィードバック制御方式を採用している．このために，回転角を検出するポテンシオメーター，ロータリーエンコーダーなどの角度検出器および駆動力を発生するサーボモータなどのハードウェアが必須であると共に，位置決めフィードバック制御用ソフトウェアを実行するコンピュータが必要である．現状の電動雲台の制御方式では，カメラの撮影方向の断続的な変化を実現することは困難である．

今回，製作したマイクロカメラムーバは名古屋大学工学部・工学研究科電子機械工学専攻末松良一教授から依頼を請けたものであり，基本構成として小型カメラ本体支持ケースをジンバル機構で保持することにより，CCD カメラの光学仕様に最適な支点での2自由度回転を可能とし，DC ソレノイドと永久磁石の組み合わせによる磁場制御方式により，定位置近傍へカメラを回転移動させる方式を採用し，定位置近傍に移動したカメラケースをソレノイドのプランジャーにより機械的に精密位置決めすることを目的として開発された．

## 2．製作目的

人間の眼球運動における断続的運動を実現する手段，複数の定点を高速に注視する手段から構成されることを特徴とするロボットの視覚用画像入力に関わることを考慮し，小型で軽量，スムーズな動作性の追求（小型化への工夫，ベアリングの使用）を目的とした．

## 3．概要

### 3．1 基本構成図および設計図

基本構成図（図1）を基に3次元CAD（CADCEUS）を用いて設計図面（図2）の作成を行った．全長L（カメラケース端からDCソレノイド端）は72.5mm，本体の径Rは20mmである．

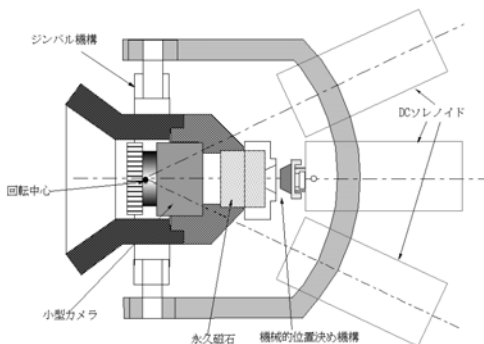


図1．基本構成図

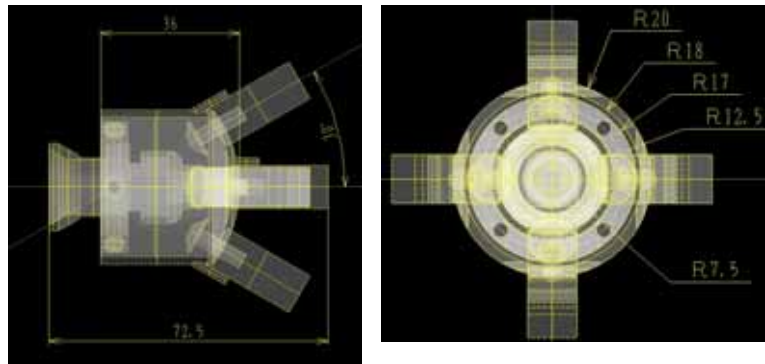


図2．3D設計図面

### 3.2 カメラ部移動機構について

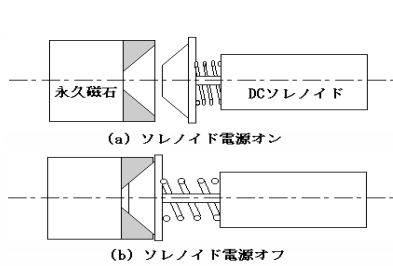


図3．機械式位置決め機構図

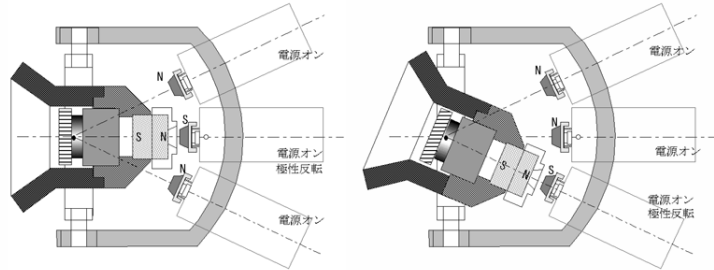


図4．磁場変化による位置決め制御方法図

この機構は図3のようにソレノイドに電流を流すとそれ自体がS極N極を持つ磁石になり、鉄心が吸引される。この特性を利用し、移動するカメラケースに永久磁石を取付け吸引、反発作用により瞬時に移動することを可能にしている。(図4)また、カメラケースが自由に移動できるようにジンバル機構を採用している。図5は設計した3D図であり、カメラケースを30度回転したイメージ図である。

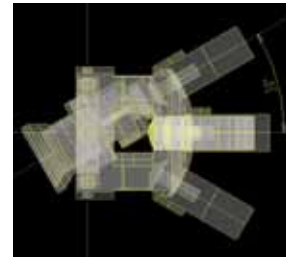


図5．30度に位置決め時の3D図

### 3.3 構成部品

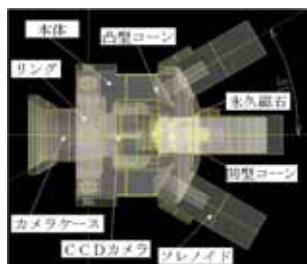


図6．構成部品図

マイクロカメラムーバは図6のようにCCDカメラを包み込むカメラケース(永久磁石、凹型コーンを内臓)を基にそれを支えるリング、さらにそれらを支える本体は凸型コーンを取付けたDCソレノイド5個で構成されている。

ほとんどの部品はジュラルミン(A2017S)で製作されており加工が容易で軽量である。

## 4. 各部品の設計, 製作

基準となるCCDカメラを収納するカメラケース、小型で移動角度(±30度)移動可能なリング、さらにDCソレノイドの取付けを考慮した本体ケースの設計を行った。特に工夫した点は下記の通りである。

#### リング部小型化への問題点

設計の第一段階として、ジンバル機構部の支点を地球ゴマのように針状に考えたが次のような問題が生じた。

- (1) 中心位置の設定が困難
- (2) 針の調整が極めて難しい
- (3) カメラケース部の回転移動により、緩みが出る

#### リング部小型化への解決策

ベアリングをリング部側面に埋め込む方法を考えたがベアリング押さえが必要となり全体の形状が大きくなる問題が生じた。これを解決するためリング部を2分割し、ベアリング内臓型に変更して設計を行った。これにより次の効果を期待した。

- (1) 3DCAMおよびマシニングセンターにより高精度なベアリングケースの製作が可能
- (2) 中心位置の設定が容易
- (3) ベアリング押さえが不必要
- (4) 小型ですっきりとした形状

#### 4.1 CCDカメラケースの設計製作

CCDカメラ(図7)の比較的精度が出ている円筒部を利用し、カメラ受像部を支点とする軸を取付けるケースの設計を行った。永久磁石(ネオジム磁石 8×5)およびメス型コーン(テフロン樹脂)の取付けを可能にするため2分割式とした。(図8)また、支点軸は段付き(3 2)にした。軸を段付きにすることによりリング取付け時に精度良く最適な位置決めが可能である。図9は製作したカメラケースである。



図7.市販CCDカメラ



図8.3次元CAD図



図9.カメラケース

#### 4.2 リング(ベアリングケース)の設計製作

ベアリングを内蔵型に設計(図10)することにより小型で精度の良いリングの製作に成功した。3次元CAMを行いマシニングセンターで高精度な加工を行った。(図11)また、ベアリングのはめ合い精度は+0.02で加工し、ベアリング端面のrが0.1なので逃がし加工を両サイドに行った。図12はリングにカメラケースを取付けた状態である。ベアリングはMR 52BZZ4個使用し、工具はフラットエンドミル 1(粗加工)ボールエンドミル 0.8(仕上げ加工)を使用した。



図10.3次元CAD図

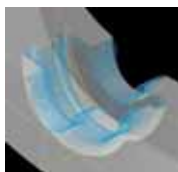


図11.ツールパス



図12.リング

#### 4.3 本体ケースの設計製作

図13で示すように最小の形状にするためソレノイド取付け部を曲面に設計し、CCDカメラの有効移動角度を確保した。また、DCソレノイドは突起部に固定される。図14は製作した本体ケースである。



図13.3次元CAD図



図14.本体ケース

#### 4.4 DCソレノイドの改良

ソレノイドの鉄心部分の移動量が最適になるよう鉄心を図15のように削り込みねじで支えるように工夫した。図16は改良を施し、凸型コーン（10，テーパ角30度）を取付けたDCソレノイドである。  
使用DCソレノイド：外形寸法10×11×25mmの市販品(タカハ機工社製，T2808)



図15．3次元CAD図



図16．改良を施したDCソレノイド

#### 5. 動作状態の確認

完成したマイクロカメラムーバ試作機（図17）で動作確認を行った。制御方法として5個のDCソレノイドに加える電源は20Vとし、そのオン・オフおよび電流方向に切り替え回路は、直流モータ駆動ICを用いて構成し、コンピュータにより制御した。

試作機の動作は、DCソレノイドによって発生する磁場分布による位置決め動作および機械的嵌めあいによる定位置保持動作が、作動原理どおりに働き、1秒間に任意の4位置からの画像を入力する性能を得た。図18は試作機による画像入力例である。



図17．マイクロカメラムーバ試作機



図18．試作機による画像入力例（映像提供：末松研究室）

#### 6. まとめ

目的としていた小型でスムーズな動作性を持つジンバル機構を製作することができ満足している。これにより、本体の形状も小型化でき、ロボット開発分野に活用されることを期待している。今回、発表を行うに際して多大な助言を頂いた末松教授に感謝の意を表します。

尚、基本構成ならびにDCソレノイドと永久磁石の組み合わせによる磁場制御方式は名古屋大学工学部・工学研究科電子機械工学専攻末松良一教授が考案されたものであり、「断続性運動用小型カメラ雲台装置」の名称で特許出願済である。