

# 【L17】風洞内飛行体位置制御システムの製作とその特性評価

02E2019 木寺 友祐 02E2024 近藤 篤  
(指導教員 河村 良行教授)

## 1. 緒言

飛行機には様々な形状や大きさのものがあり、動力についても紙飛行機のように手から放たれた時の慣性力だけの物やゴム動力でプロペラが動く飛行機、旅客機のようにケロシンという燃料を使いプロペラを動かし推進力を得る物がある。また、飛行機を設計するには実際の飛行機を元に模型を作り、風洞を使って実際の飛行状態を模擬的に作り出して姿勢制御等を観測し、設計を微調整していく手法を用いることも多々ある。しかし、風洞を使った観測は、模型飛行機を支える為の支持装置によって流れを歪められてしまうといった欠点を持ちあわせている。

本研究では、飛行体自身の推力でその場にとどませ観測を行う。その際の飛行体の位置検出センサを用いて飛行体の位置や姿勢を制御するシステムを開発する事を目的とする。

## 2. 制御機器

### 2.1 システム概要

Fig.1に本システムの概要を示す。センサから出た光が飛行体に貼られた反射シールにあたり、反射シールの反射光がセンサに戻り、電圧に変換される。電圧はAD/DA変換器によってデジタルに変換され、パソコンに取り込まれる。その電圧を基にパソコンで演算を行い、デジタルを制御電圧に変換、送信機により制御電圧を制御量に変換して信号を飛行体の受信機へ送ることで飛行体を位置・姿勢制御する。

### 2.2 X-Y光検出センサ

Fig.2にX-Y光検出センサの配置について示す。センサはレンズ(エドモンド社製の片凸レンズ#45163)、ハーフミラー(エドモンド社製の板厚1[mm],50R/50T)、超光輝度白色LED(OPTO SUPPLY社製の25000[mcd], OSPW5111A-YZ)4分割フォトダイオード(浜松ホトニクス社製S5981)で構成されている。Fig.2に4分割フォトダイオードの受光面を示す。A、B、C、Dはそれぞれ5[mm]角の受光部があり、それぞれの面に対し1つのダイオードを持っている。LEDが光をレンズで集光させ、レンズからの光が反射シールで反射され、その光がセンサ内に戻りハーフミラ

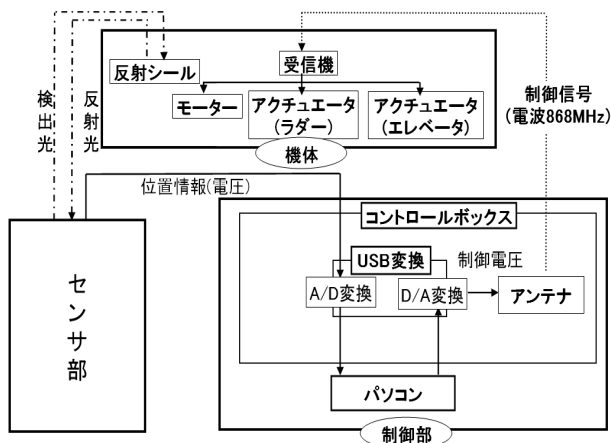


Fig.1 システム概要

ーによって4分割フォトダイオード方向に反射され、4分割フォトダイオードにあたる光の位置が変われば、4分割フォトダイオードの光電流量が変化しAD/DA変換器に印加される電圧量も変わり、その電圧の変化を基としてパソコンで演算を行い飛行機の位置を算出する。以下AD/DA変換器によって出力された電圧をそれぞれ $V_{in}(A)$ 、 $V_{in}(B)$ 、 $V_{in}(C)$ 、 $V_{in}(D)$ とおく。光検出センサ内については、風洞内中心で飛行体を制御することから、光検出器を風洞の中心までの距離160[mm]を基準とし、レンズ等の部品の選定、距離等の設計や計算を行った。

### 2.3 AD/DA変換器

パソコンからの制御電圧の入出力にはUSB接続のAD/DA変換器(アムテック社製USB-1208FS)を使用する。この電圧変換器の主な仕様としてはアナログ電圧入力8ポート、アナログ電圧出力2ポートの機能を持つ。よって飛行体の垂直尾翼、水平尾翼、プロペラの出力等、電圧を印加し制御する対象が3つ以上の場合や、X-Y光検出センサを同時に2つ以上使用し、入力電圧を8ヶ所以上計測する場合などは、AD/DA変換器2台をリンクさせ、USB端子を用いてパソコンに接続し制御するものとする。入力電圧の範囲は $\pm 10[V]$ で分解能は11ビット、10[mmV]、出力電圧の範囲は0~4.096[V]で分解能は12ビット、5[mmV]であり、入力電圧の通信速度は50KSample/S、出力電圧の通信速度10KSample/Sである。また、プログラムにはVisual Basic.NETを使用し、制御を行う。

## 3. X-Y光検出センサの特性評価

### 3.1 実験装置

パルスモータで駆動するX-Yステージに直径6mmの反射シールを取り付け、センサの検出距離についての測定を行う。実験装置の配置をFig.3に示す。コントロールボックスにはAD/DA変換器、送信機(PLANTRACO社製のHF900R/CSystem)を入れ、センサを繋ぐコネクタ、センサと送信機に電圧の供給をするAC電源、スイッチ等を配置している。X-Yステージは原点より上下左右それぞれ5[mm]の範囲で測定を行う。パルスモータの駆動方法はパルスモータの入力ポートにAD/DA変換器を使い、10パルス0.05[mm]ずつ動く様に、電圧を印加するプログラムを作成し使用した。ま

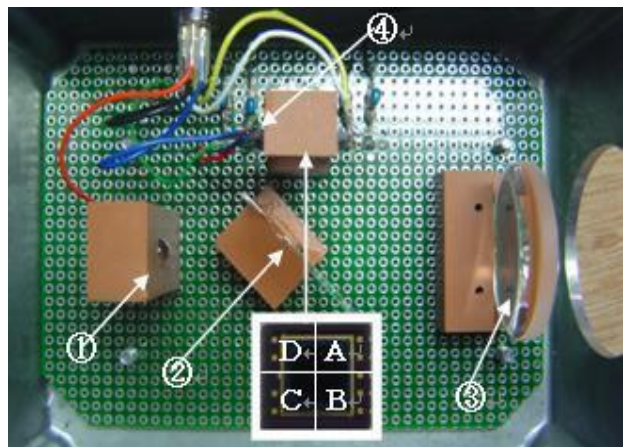


Fig.2 X-Y光検出センサ配置

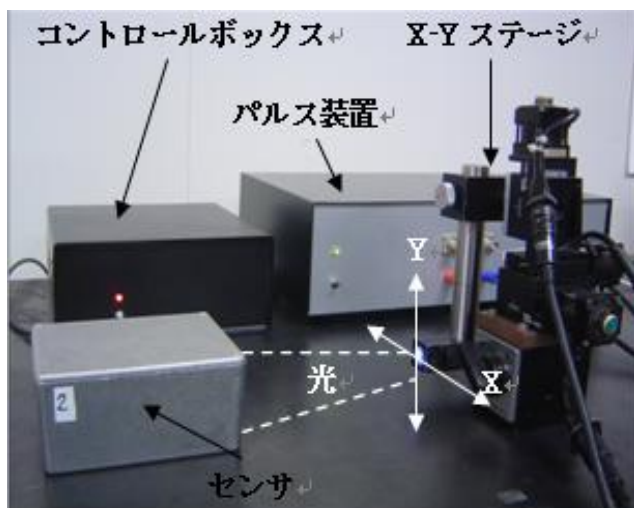


Fig.3 実験装置の配置

た、X-Y 光検出センサの電圧の測定方法についても AD/DA 変換器を用いてパソコンに自動的に記録をする様プログラムを行っている。

### 3.2 実験結果

測定した電圧の位置は Fig.2 で示した図の電圧と同様の配置である。原点からの変位量を求めるには、X 方向については A+B から C+D を引いた値を、Y 方向については A+D から B+C を引いた値を用いる。また、センサ光の強弱や反射シールの汚れによる光量の変化等で電圧値が変化することがないように、全電圧を足したもので割り、電圧比として扱う。X 方向についての式は

$$H_x = \frac{(V_{in}(A)+V_{in}(B))-(V_{in}(C)+V_{in}(D))}{V_{in}(A)+V_{in}(B)+V_{in}(C)+V_{in}(D)} \quad (1)$$

となる。また Y 方向については、

$$H_y = \frac{(V_{in}(A)+V_{in}(D))-(V_{in}(B)+V_{in}(C))}{V_{in}(A)+V_{in}(B)+V_{in}(C)+V_{in}(D)} \quad (2)$$

となる。

Fig.4 より X 方向については 3[mm]から 2.5[mm]、Y 方向については -2.5[mm]から 2.8[mm]間の直線性が見られる

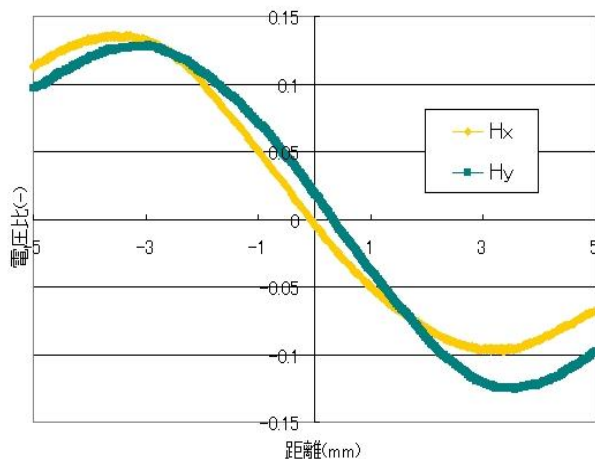


Fig.4 距離と電圧の比

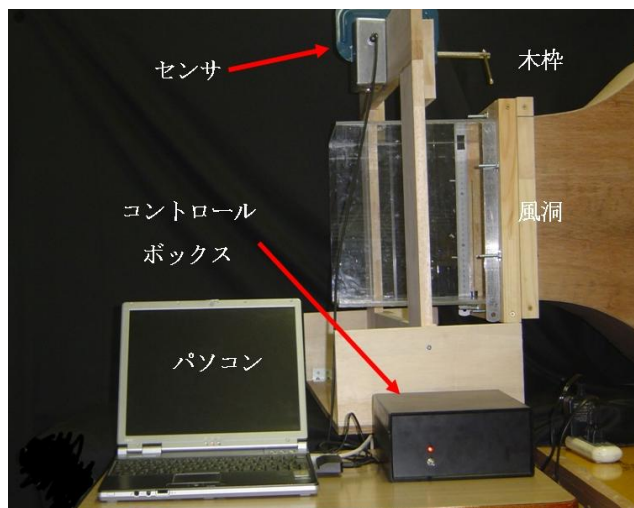


Fig.5 実験装置の配置

範囲を求め、検出した電圧を用いて距離を導き出すための近似式を求めた。X 方向の近似式は

$$X = -497.7467H_x^3 + 38.9664H_x^2 - 18.2784H_x - 0.0689 \quad (3)$$

となり、Y 方向の近似式は、

$$Y = -344.5048H_y^3 - 5.5275H_y^2 - 17.2841H_y + 0.3501 \quad (4)$$

となる。X はセンサからの検出電圧から求めた式(3)に乗算することで原点からの距離を求めることができる。近似で求めた電圧から求めた距離の誤差は、入力電圧の分解能や機体の安定度等を考えると、機体の制御に影響のない誤差範囲だと考えられる。

### 4. まとめ

今回の結果より、製作した X-Y 光検出センサの検出範囲が約 ±2.5mm 前後だということがわかった。また、検出電圧を利用して、送信機に電圧を加え、飛行体のラダーやエレベータ、プロペラを動かすことが可能となった。Fig.5 に示すようにセンサを木枠に取り付け、飛行体の主翼や胴体に反射シールを貼り、飛行体の位置や姿勢を制御するための運動量等を算出し、プログラムに反映させれば、飛行体を ±2.5mm 内に位置制御することができると考えられる。

### <参考文献>

- (1) 後閑 哲也著:「誰でも手軽にできる電子工作入門」, 技術評論社.
- (2) 西堀 賢司著:「メカトロニクスのための電子回路基礎」, コロナ社.
- (3) 竹下 光夫、鷲野 翔一著:「わかりやすい制御」, オーム社.
- (4) 林 直嗣、室井 勝子、鈴木 三枝子著:「実習 Visual Basic -だれでもわかるプログラミング-」, サイエンス社.
- (5) 熊谷 英樹著:「Visual Basic.NET ではじめる計測制御入門」, 日刊工業新聞社.
- (6) 小林 昭夫著:「紙飛行機で知る飛行の原理 -身近に学ぶ航空力学-」, 講談社.