

# 超音速飛翔体のための光センサによる速度計測装置開発

Development of speed measurement device using optical sensor for supersonic flying objects

学生氏名 杉田 隼斗

指導教員 廣瀬 裕介

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 流体研究室

キーワード：フォトトランジスタ，速度計測，飛翔体

## 1. 緒 言

本研究室では電磁加速を用いたバリスティックレンジの研究が行われている[1]。本研究室のバリスティックレンジにて加速される飛翔体は音速を超えることが予想されている。しかし、飛翔体のための速度計を製作していないため定量的な速度が得られない問題があった。本研究では光センサを用いた速度計測器を開発し、バリスティックレンジから射出される飛翔体の速度を計測することを最終的な目的とする。本稿ではバリスティックレンジからの射出を模擬したバネ射出機を使用し、光センサからの速度とハイスピードカメラからの速度比較を目的とする。

## 2. 研究方法

### 2-1. 理 論

2つの光センサを用いた速度計測装置の概略図を光センサは受光時に抵抗値が低い状態になり、遮光時に抵抗値が高い状態となる特性を持っている。飛翔体を光センサ上に射出することで光センサへの光がさえぎられることによる光センサの抵抗値変化を測定する。それらの反応時間差と既知の距離から式①の通りに速度が計測可能である。

$$v = x / \Delta t \cdots ①$$

ここで、 $v$ は速度[m/s]、 $x$ はセンサ間距離[m]、 $\Delta t$ は通過時間[s]とする。

### 2-2. 実験装置

使用機器を表1に示す。今回作成した速度計では超音速飛翔体の速度を測定することを目的としているため反応速度の速い光センサであるフォト

トランジスタを使用する。できるだけフォトトランジスタ抵抗値の変化量を多くするためフォトトランジスタと LED の波長は 560nm に統一した。速度計の回路図を図2に示す。

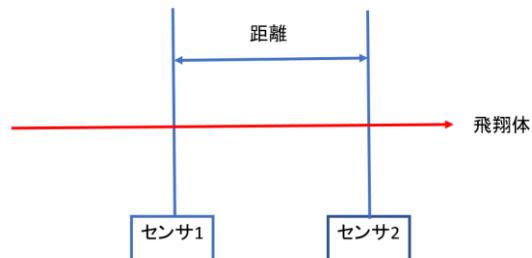


図1. 速度計の概略図

表1. 使用機器

名称	型番/材質	定格/抵抗値/寸法
直流安定化電源	PA36-2A	36V-2A
オシロスコープ	TBS1052B	50MHz
フォトトランジスタ	NJL7502L[2]	
LED	OSPG5161A-RS	2.8~4V
抵抗		1kΩ/100Ω
飛翔体	銅	10×10×10 mm

### 2-3. 実験方法

光センサによる速度計の動作確認のために、ばねを用いた射出機を使用する。その後速度計が正しい値を出せているか確認するためにハイスピー

ドカメラを用いて速度を計測する。ハイスピードカメラによる速度を理論値とし、光センサによる速度計の速度と比較する。

#### 2-4. 実験条件

直流安定化電源を 16[V]に設定する。飛翔体は 10[mm]角の銅塊を使用する。センサ間の距離は 60[mm]で射出口からセンサ 1 までの距離は 30[mm]で行った。ハイスピードカメラは 960[fps]に設定した。

#### 3. 結 果

速度計による速度計測結果を表 2、定規とハイスピードカメラで行った実験結果を表 3、実験結果を比較した結果を表 4 に示す。ハイスピードカメラの実験の写真を図 3 に示す。

ハイスピードカメラによる実験は 3 回とも同じ結果となり 10~11 フレームの間でセンサ 2 の地点である 90[mm]の地点を通過した。最大でプラス側に 3.64[%]の誤差率が発生した。

#### 4. 結 言

今までの研究で低速域の速度計測を行えることは分かった。しかし現在は最大でも 5.7[m/s]の速度しか測定していない。もし誤差が飛翔体の速度が音速である 344[m/s]になっても変わらなかったら、354[m/s]となり 10[m/s]という大きな誤差が発生してしまうため、この誤差の発生原因を調べるべきだと考えた。

#### 5. 今後の予定

今後はばねを用いた射出機のばねを変えて高速で射出できるようにし、上記と同様の実験を行う予定である。最終的にはバリスティックレンジを実際に動作させて速度計測を行いたい。

#### 6. 参考文献

- [1]森田迅亮.“電磁加速を用いたバリスティックレンジの開発”.サレジオ工業高等専門学校卒業論文(2021)
- [2] NJL7502L 照度センサ、日清紡マイクロデバイス株式会社  
<https://www.nisshinbo-microdevices.co.jp/ja/products/ambient-light-sensor/spec/?product=njl7502l>(閲覧日 2022 年 10 月 15 日)

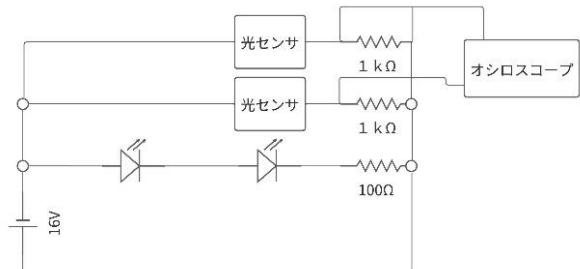


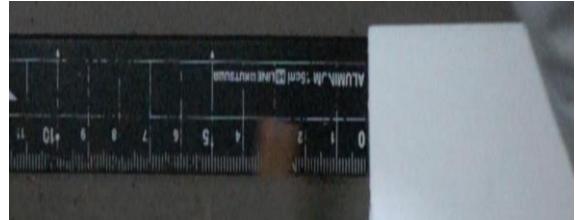
図 2. 速度計の回路図

表 2. 速度計による速度計測結果

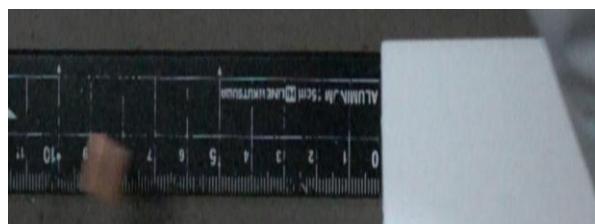
回数	速度[m/s]
1 回目	5.66
2 回目	5.62
3 回目	5.70

表 3. ハイスピードカメラによる速度計測結果

回数	速度[m/s]
1 回目	5.24~5.76
2 回目	5.24~5.76
3 回目	5.24~5.76
平均	5.5



(a) 上流センサに飛翔体が到達した写真



(b) 下流センサに飛翔体が到達した写真

図 3. ハイスピードカメラによる実験

表 4. ハイスピードカメラから求めた速度を理論値とした場合の速度計の誤差

回数	誤差[m/s]	誤差率[%]
1 回目	0.16	2.91
2 回目	0.12	2.18
3 回目	0.2	3.64