

# 加速度センサーを作ってみよう

茨城工業高等専門学校専攻科

山越好太

## 1. 加速度センサー？

最近話題のセンサーに「加速度センサー」というものがあります。これは文字通り「加速度」を測るセンサーで、主に動きの検出に使われたり、地球から受ける重力加速度を測定することで傾きを測ることなどにも使われています。最近ではゲーム機をはじめ携帯電話などにも搭載されるようになってきています。

## 2. 加速度センサーの仕組み

加速度センサーにも様々な種類があります。その中でも今回注目したのが「温度分布型」と呼ばれている方法です。この方式では、図1に示すようにセンサーは密閉された容器と、空気を暖めるヒーター、温度を測るセンサーで構成されます。センサーは測りたい加速度の方向に向かい合わせに取り付けます。

ヒーターによって暖められた空気は軽くなり一箇所に溜まります。加速していない状態ではセンサーは2つとも同じ温度を感知しますが、容器に加速度が加わると、暖められた空気は移動して偏ります。このときに、加速度の大きさによって2つのセンサーで温度差ができます。そして、この温度差を計測することで、加速度の大きさが分かるという仕組みです。

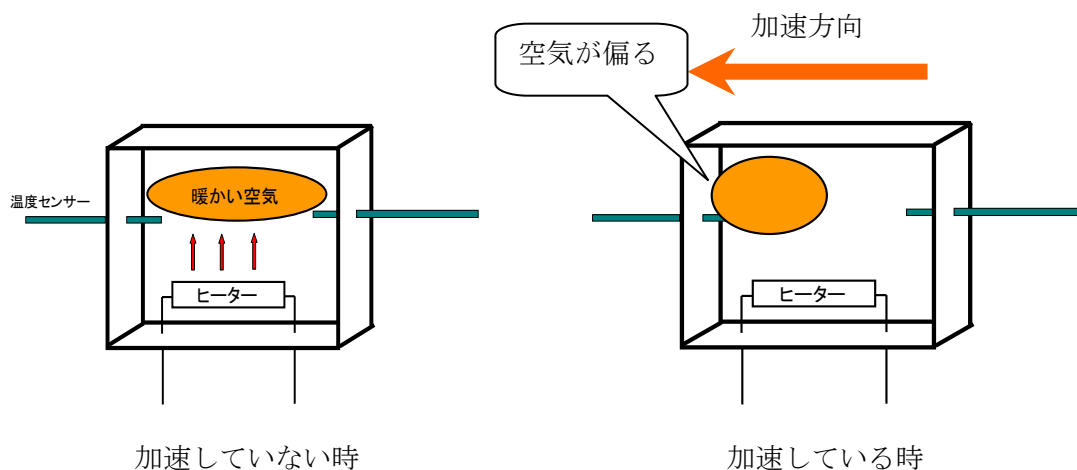


図1. 温度分布式加速度計の仕組み

## 3. 実験の目的

今回の実験の目的としては、以上の仕組みを利用して実際に装置の製作を行い、動作を検証するとともに、関連するパラメーターを変化させて温度変化を計測して、加速度の測定を行うことを目的としています。

#### 4. 実験装置

実験を行うにあたり、図2のような測定回路を製作しました。ヒーターと温度センサーを搭載したセンサー回路と、そのデータを処理する計測回路に分かれています。図3に示すようにセンサー回路には中央にヒーターを配置し、ヒーターを挟むように IC 温度センサーを配置してあります。計測回路は、センサー回路からの情報を一秒間に 100 回、0.1[°C]の分解能で計測します。温度センサーの情報は計測回路へ送られ、無線で PC へと送信されます。本実験ではこの装置を利用し温度計測を行いました。

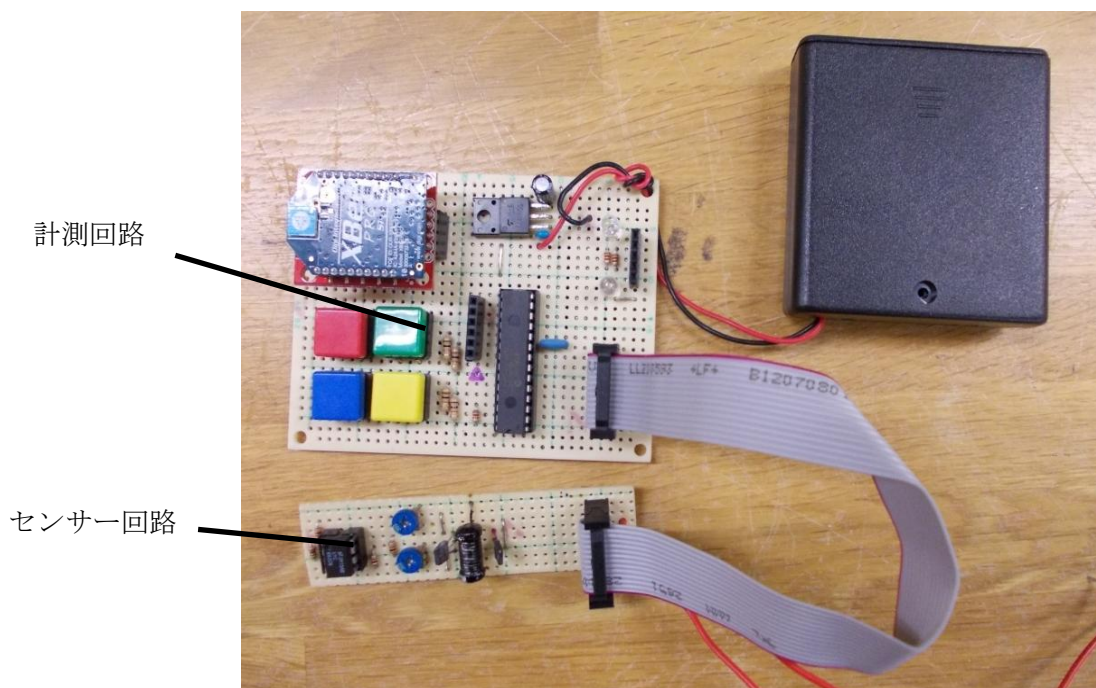


図 2. 測定回路概観

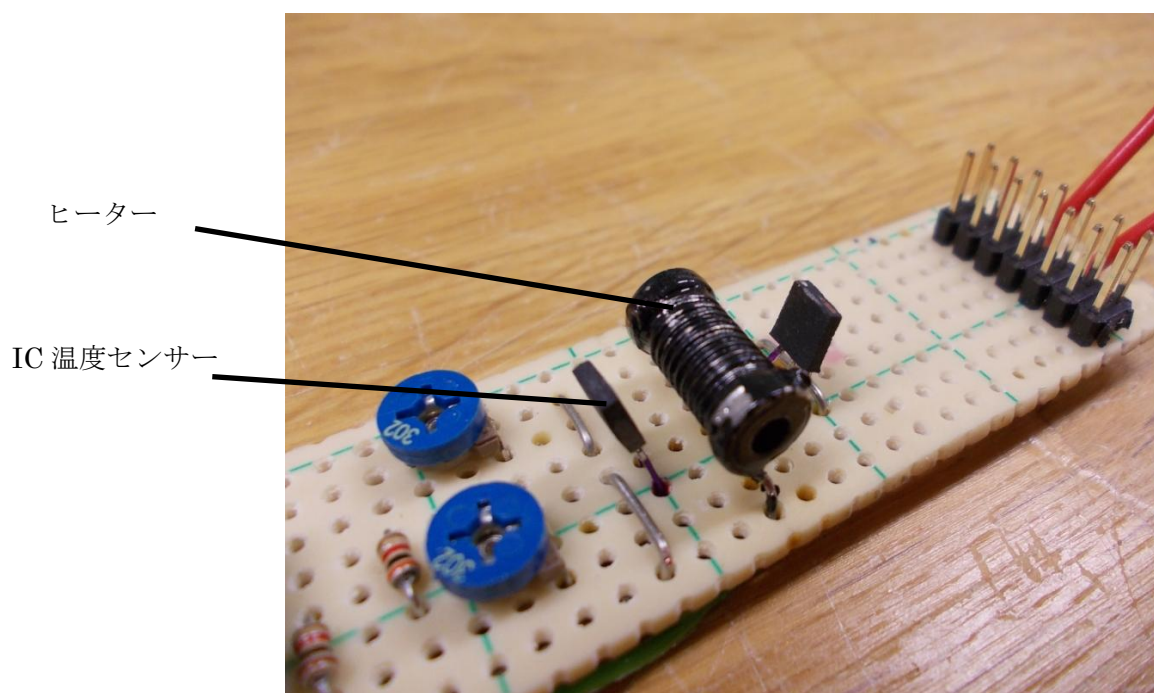


図 3. センサー部概観

## 5. 実験

### 5.1 容器の材料を試す

本実験を行うに当たり、センサー回路を収める容器の検討をおこないました。実験には容量約200[cc]の発泡スチロール容器、スチール缶、ガラス容器の3種類を用意しました。その概観を図4に示し、容器に回路を組み込んだ様子を図5に示します。実験方法として、まずセンサー回路を容器に収め水平な場所へおき、ヒーターへ電流を流します。その後容器内の温度の安定を確認してから温度測定を開始します。測定では、最初に10秒ほど水平状態を保ち、その後容器を90[°]傾けて重力加速度を加えます。50秒ほどその状態を保った後水平状態へ戻し、さらに60秒ほど温度変化を測定します。実験に当たっては、図6のようにヒーターとセンサーの距離 $d$ を3[mm]、ヒーター電力を3[W]として実験を行いました。



図 4. 実験に使用した容器

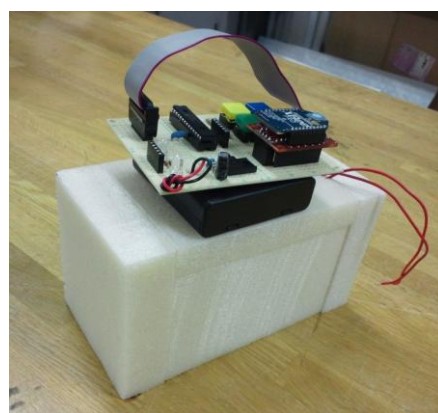


図 5. 実験装置概観

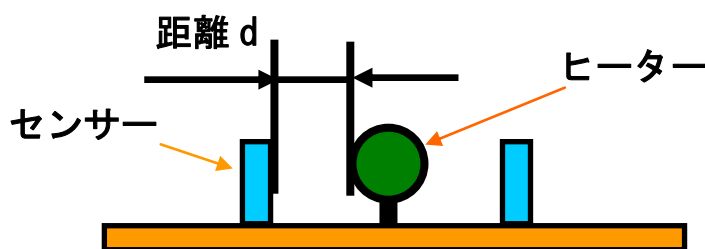


図 6. 距離  $d$  の位置

#### ・結果と考察

各容器での温度変化を図7から図9に最高・最低温度と60秒時点での温度差を表1に示します。各容器とも、加速度を加えてから温度が安定するまでおよそ1分ほど時間がかかってしまっていますが、加速度を加えることで温度差が出来ていることが確認できます。各容器の結果を比較すると、到達した温度に差はあるものの、加速度を加えたときの温度変化の仕方には特に差が見られませんでした。そのため今回は気温変化の影響がなるべく少ない発泡スチロールを容器として用いて実験を行うこととしました。

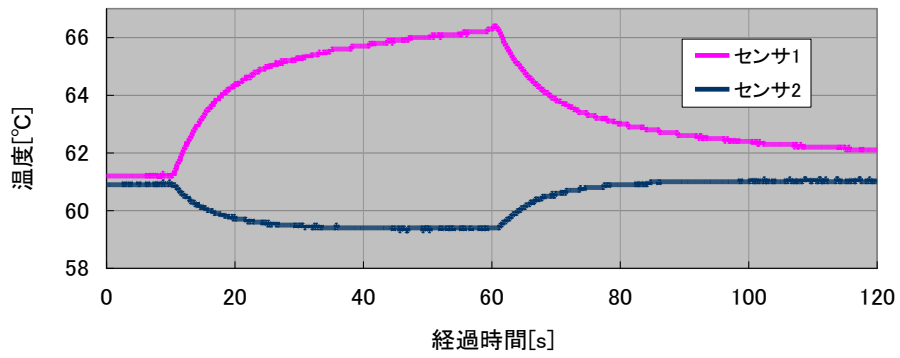


図 7. 発泡スチロール容器での温度変化

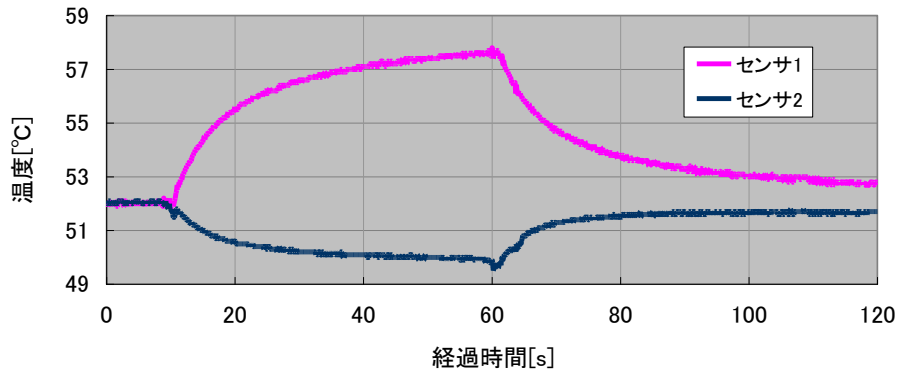


図 8. スチール缶容器での温度変化

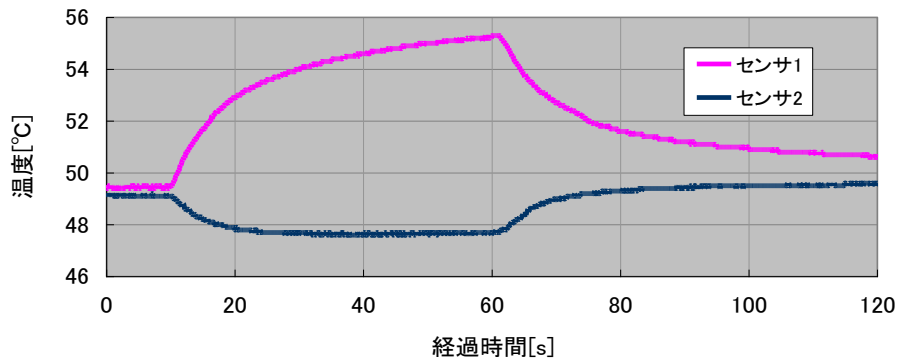


図 9. ガラス容器での温度変化

表 1. 各材料と温度差

材料	最高温度[°C]	最低温度[°C]	60秒時点での温度差[°C]
発泡スチロール	66.3	59.4	6.9
スチール	57.2	49.8	7.4
ガラス	55.1	47.9	7.2

## 5.2 容器内の容量を変化させる

図 10 に示すようにヒーターとセンサーを覆う容器の容量を変化させて、温度変化への影響を調べました。実験に使う容器には発泡スチロール製の 200[cc],50[cc],10[cc]の 3 種類を用いました。実験方法とその他のパラメーターは実験 5.1 と同様としました。

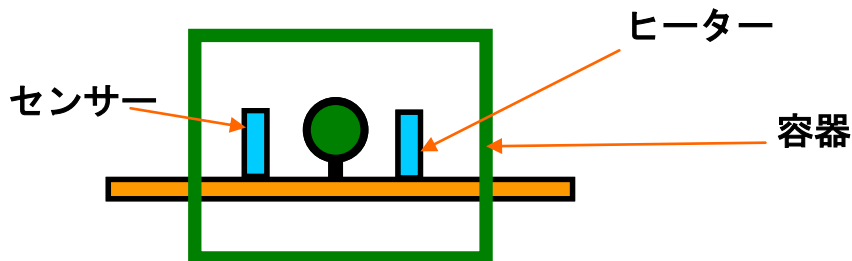


図 10. 全体構造

### ・ 結果と考察

各温度変化の測定結果を図 11 に、60 秒時点での温度差を表 2 に示します。結果として、覆う容量が小さいほうが到達温度が高いものの、加速度を加えたときの温度変化量が少ないことが分かりました。この原因として、容量が小さい場合ヒーターによって中の空気全体が暖められてしまい、加速度を加えた時の温度差が小さくなってしまったのではないかと考えました。

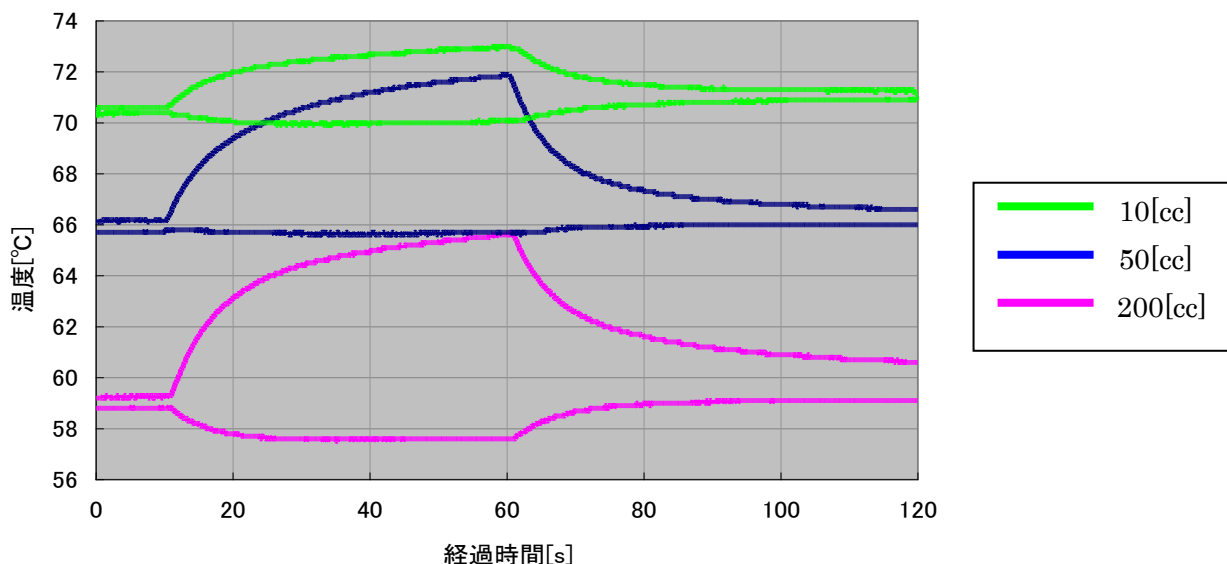


図 11. 覆う容量変化での温度変化

表 2. 容量と温度差

容量[cc]	60[s]時点での温度差[°C]
10	2.9
50	6.2
200	8.0

### 5.3 ヒーター電力を変化させる

ヒーターに加える電力によって、温度変化にどのような影響があるかを調べました。ヒーターへ流す電流を1[W]~4[W]と変化させ、温度変化を測定しました。実験方法とその他のパラメータは実験5.1と同様としました。

#### ・結果と考察

各ヒーター電力の測定結果を図12から図14に、最高・最低温度と60秒時点での温度差を表3に示します。電力1[W]の時については、加速度を加えたときの温度変化が0.1[°C]程度しか計測できなかったために、グラフを省略しました。結果から、ヒーター電力が大きいくほど温度変化が大きくなっていることがわかります。これは空気がより暖められたことで、密度が低くなり移動が速く起こったためと考えられます。

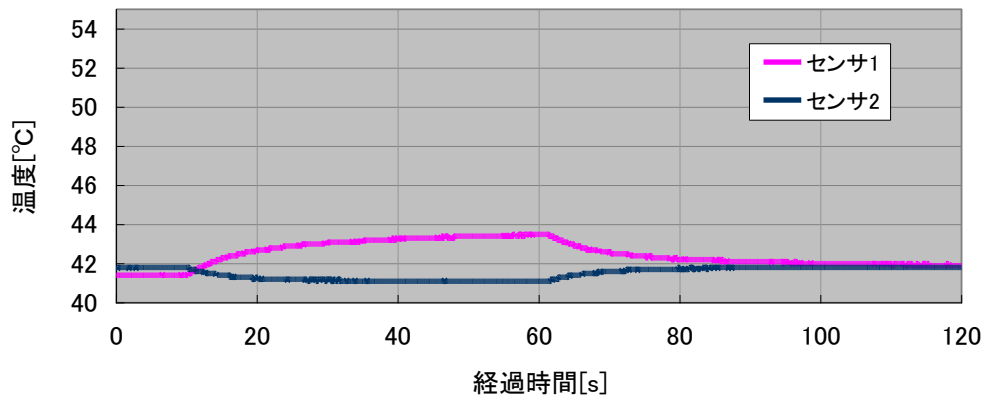


図 12. ヒーター電力 2[W]での温度変化

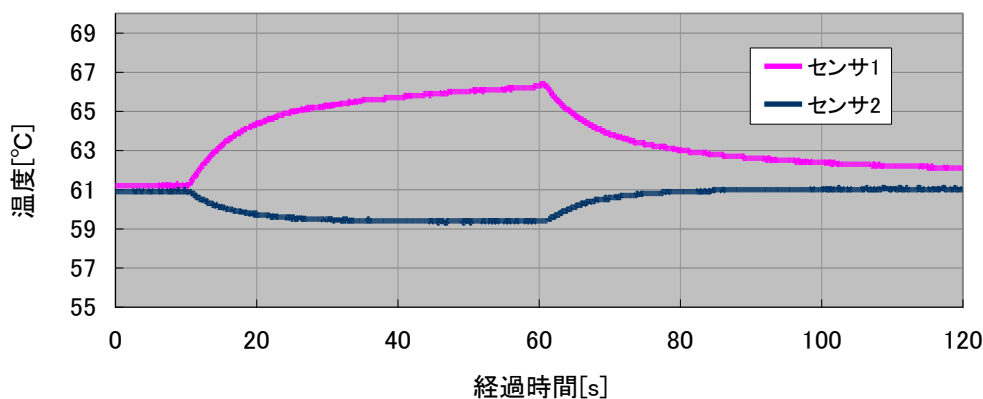


図 13. ヒーター電力 3[W]での温度変化

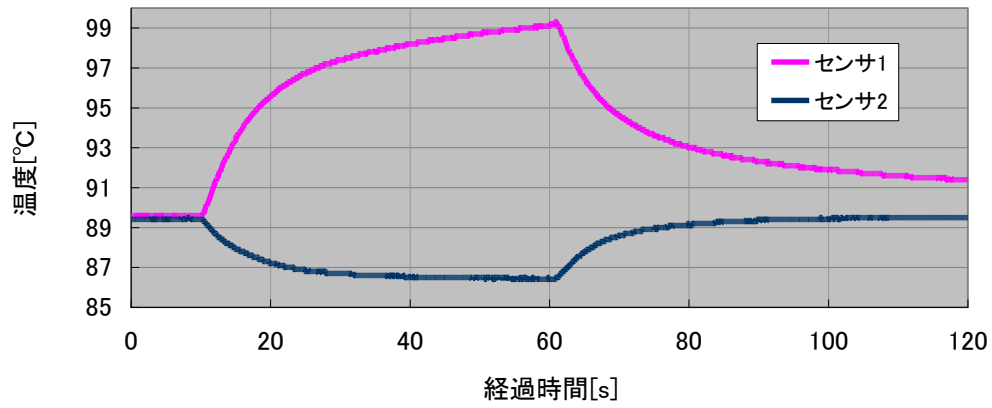


図 14. ヒーター電力 4[W]での温度変化

表 3. ヒーター電力と温度差

電力[W]	最高温度[°C]	最低温度[°C]	60秒時点での温度差[°C]
2	43.5	41.1	2.4
3	66.3	59.4	6.9
4	99.1	86.4	12.7



### 5.3 ヒーター・センサー間距離を変化させる

ヒーター・センサー間距離と温度変化の関係について調べました。実験では、距離  $d$  を  $1[\text{mm}]$ ,  $2[\text{mm}]$ ,  $3[\text{mm}]$  と変化させ、温度変化を測定しました。実験方法とその他のパラメーターは実験 5.1 と同様としました。

#### ・結果と考察

各距離において実験を行った結果を図 15、表 4 に示します。結果より、距離が近い場合に到達温度が高くなっているものの、60 秒時点での温度差は一番遠い  $3[\text{mm}]$  に比べ低くなっていることが分かります。この原因として、センサー位置が近すぎる場合、ヒーターの熱が直接センサーに伝わってしまうため、空気の温度差を拾いにくくなってしまっているのではないかと考えました。

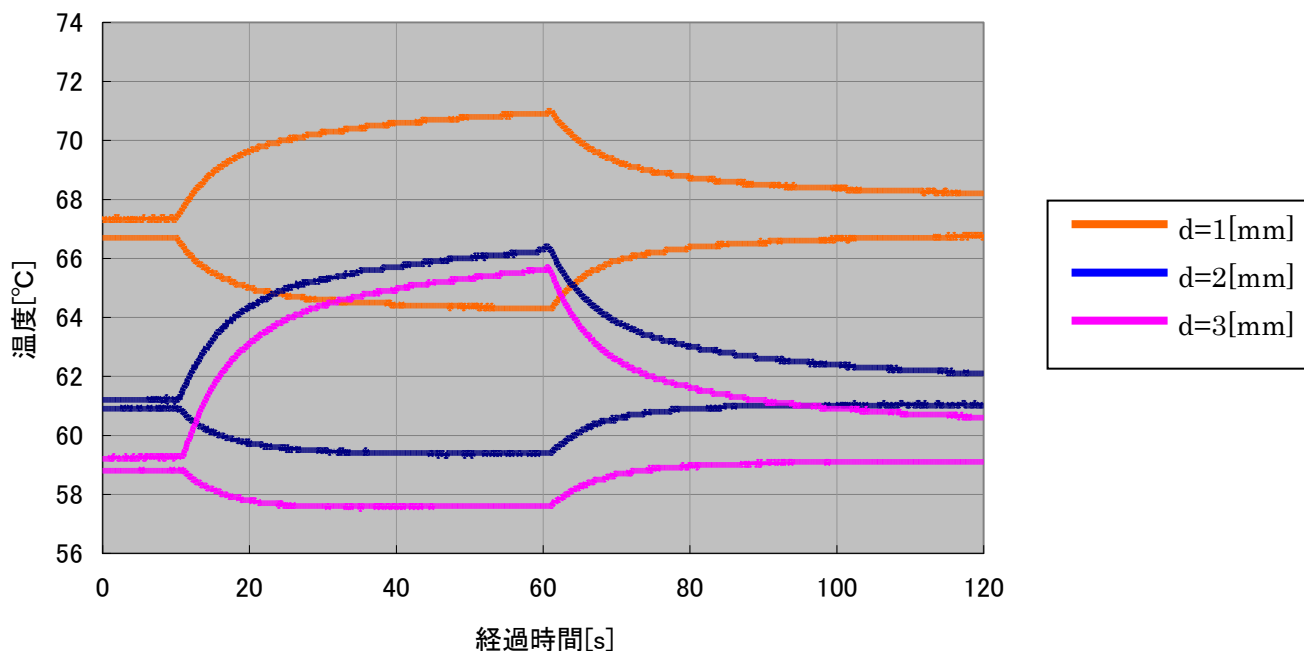


図 15. 距離  $d$  と温度変化

表 4. 距離  $d$  と温度差

距離 $d$ [mm]	60秒時点での温度差[°C]
1.0	6.6
2.0	6.9
3.0	8.0



## 5.4 加速度を変化させる

今までの実験から、一番温度変化の結果が良好だった構成で、加速度を変化させたときの温度変化を測定しました。加速度の変化は図 16 に示すように装置全体の傾き  $\theta$  を変化させることで行いました。実験条件を表 5 に、重力加速度を 1G としたときの各角度におけるセンサー方向の加速度を表 6 に示します。

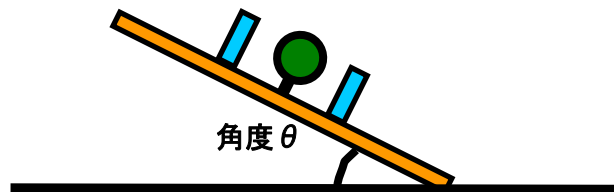


図 16. 角度  $\theta$  の位置

表 5. 実験条件

容器の容量[cc]	各約200
容器材質	発泡スチロール
センサ距離[mm]	3
ヒーター電力[W]	4
室温[°C]	25

表 6. 角度とセンサー方向の加速度と温度差

角度[°]	加速度G(理論値)
0	0
15	0.259
30	0.500
45	0.707
60	0.866
75	0.966
90	1.000

・結果と考察

各角度での高温側の温度変化を図 17 に、低温側の温度変化を図 18 に示します。結果より、角度が増加するにつれて温度変化が大きくなっています。また図 19 より加わっていた加速度とそれによって生じた温度差の関係がおおよそ比例関係となっていることが確認できました。

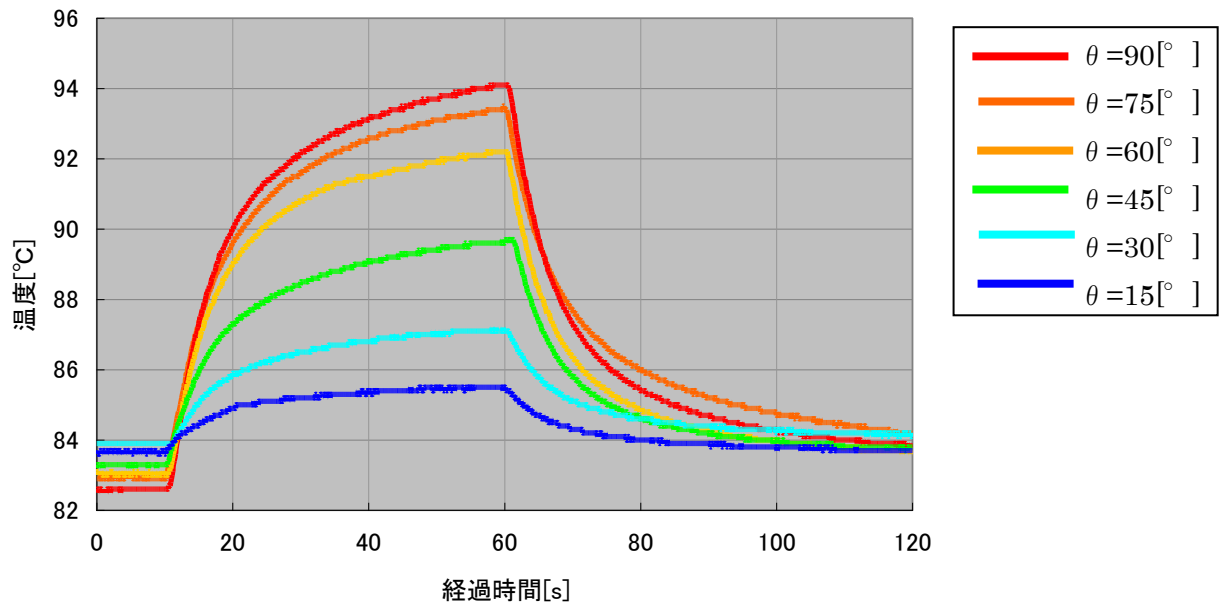


図 17. 各角度での高温側の温度センサの値

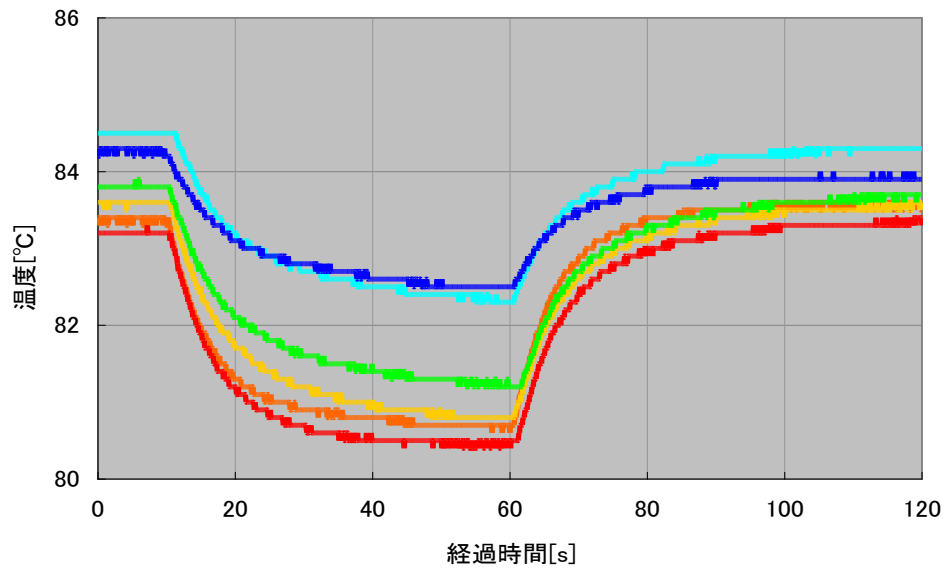


図 18. 各角度での低温側の温度センサの値

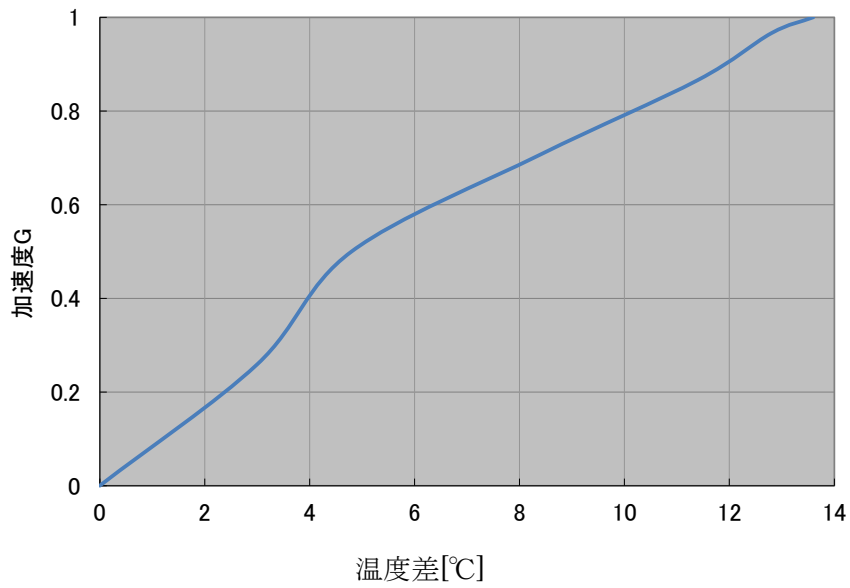


図 19. 加わった加速度と温度差の関係

## 6. まとめ

ヒーターと 2 つの温度計を用いた温度分布型の加速度計を製作し、装置に関する各条件を変化させ、内部の温度変化を計測しました。今回製作した加速度計は温度差が現れるまで時間がかかってしまいましたが、暖められた空気が加速度によって移動し、その温度変化は加速度に比例することを確認することができました。