

複数斜面での利用を想定した加速度運動実験支援ソフトウェアの改良

Improvement of Accelerated Motion Experiment Support software

Assuming Use on Multiple slopes

○都丸 滉平¹, 太田 祐貴¹, 浜松 芳夫², 星野 貴弘²*Kohei Tomaru¹, Yuki Ota¹, Yoshio Hamamatsu², Takahiro Hoshino²

Abstract: We have developed AES (Accelerated motion Experiments Support software) in previous research. AES can be expected the shortening of experimental time and to make the experiment easier to understand. However, a smart device can only measure acceleration including gravitational acceleration because the acceleration sensor in smart device is an inertial sensor. In order to eliminate the influence of gravity, AES records the influence of gravity before measurement. Therefore, if the angle changes during measurement, AES doesn't measure correct acceleration. In this report, we discuss improvement method of AES by using a gyro sensor for accelerated motion on the experimental rail which consists slopes with different angle.

1. はじめに

中学, 高等学校の物理教育における加速度運動実験では記録タイマ・テープを用いて測定をしている。記録テープに一定周期で打点することで, 力学台車の移動距離を求めている。また, その結果から速度や加速度を導出している⁽¹⁾。しかし, この実験方法では, 記録テープの切り取りや貼り付けなどに時間がかかり, 授業が長時間化することが問題点として挙げられる。また, 記録テープの切り取りや貼り付けに多くの時間が必要となることから実験とグラフの読み取りに時間差が生じ, 物理現象とグラフの対応関係を十分に理解できない生徒もいる。

これらの問題を解決するため, 先行研究では, スマートデバイスを利用した加速度運動支援ソフトウェア (Accelerated motion Experiments Support software, AES) を開発してきた⁽²⁾。内蔵された加速度センサから加速度の値を取得し, その値から計算で得た速度や移動距離をグラフ表示する。スマートデバイスに内蔵された加速度センサは慣性センサであるため, 斜面方向の重力加速度の影響が含まれる。そのため, AES は, 測定開始前の斜面方向の重力加速度の影響を計測し, その値をセンサ値から取り除いていた。しかし, この方法は, 運動途中で斜面角度が変化する場合を想定していない。本研究では, 運動中に斜面角度が変化することを考慮した加速度運動実験ソフトウェアの改良方法について検討する。

2. AES の問題点

AES では, スマートデバイスに内蔵された静電容量型の加速度センサを用いて測定を行っている。加速度センサの原理図を Fig.1 に示す。加速度の検出素子部には, ばねで繋がれた可動電極が固定電極に挟まれる形で構成されている。例えば, 右向きに運動した場合, 反対方向に慣性力が生じ, Fig.1 のように可動電極が運動方向と

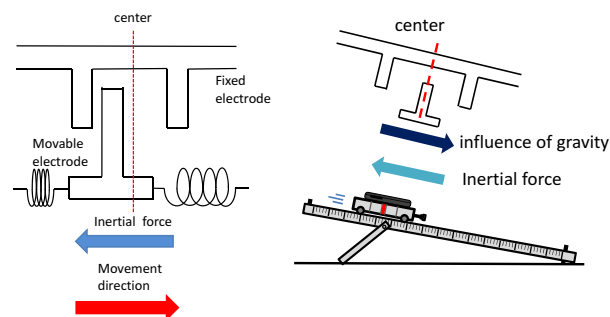


Fig. 1: Gyro sensor

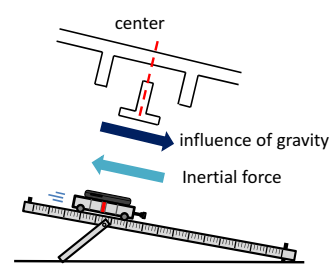


Fig. 2: Slope measurement

は逆向きに移動する。 m を可動電極の質量, k をばね定数, a を加速度, x をばねの伸縮距離とするとニュートンの運動方程式より (1) 式が成り立つ。

$$ma = kx \quad (1)$$

ばねの伸縮距離 x は静電容量の変化量から求めることができるので, k が既知ならば加速度 a を求めることができる。しかし, この加速度は静的加速度であるため, 重力加速度の影響が含まれてしまう。スマートデバイスを斜面上に静止させた場合, 重力の影響で可動電極は斜面方向に移動する。この状態で斜面方向に降下させた場合, 可動電極は斜面上向きに慣性力を受ける。等加速度運動中において斜面方向の重力加速度の影響と慣性力は同じ大きさであるため, Fig.2 のように可動電極が中心位置に移動し, スマートデバイスの加速度センサ値は $0[\text{m/s}^2]$ となる。教育利用を想定しているため, 観測者から見た力学台車の加速度に変換する必要がある。そこで, AES では斜面方向の重力加速度の影響を測定開始前に自動計測し, 加速度の値から取り除いていた。

AES における加速度の変換方法には次の問題点がある。例えば, Fig.3 のような走行中に斜面角度が変化する場合, 第 2 斜面上の加速度を正しく測定できない。第

1:日大理工・院 (前)・電気 2:日大理工・教員・電気

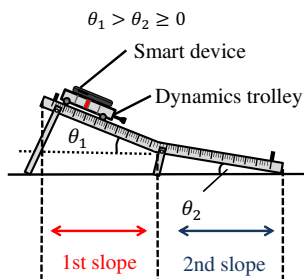


Fig. 3: Experimental device

1 斜面では、先ほどの方法により測定できるが、第 2 斜面の加速度を測定する場合、第 1 斜面に比べ第 2 斜面の角度は小さいため、第 2 斜面上では重力加速度の影響を実際より大きく見積もってしまうからである。

3. ソフトウェアの改良案

AES の測定上の問題点を改善するためにジャイロセンサを用いた実験方法を提案する。

3.1 ジャイロセンサの検証

等加速度運動中においてジャイロセンサを用いて斜面角度を測定した場合、どの程度の精度で測定できるのか検証を行った。Fig.4 は Fig.3 における角度 $\theta_1=4^\circ$ 、 $\theta_2=0^\circ$ としたときのジャイロセンサの測定画面である。Fig.4 の測定画面からセンサ値が変化した時刻を得ることができる。また、センサ値を積分することで角度の変化量が与えられる。

Fig.5 は第 1 斜面の角度 θ_1 を 2° から 8° まで変化させ、それぞれの角度に対し、20 回測定した結果を箱ひげ図にまとめたものである。Fig.5 の結果をみると、 2° から 4° までは理論値に近い結果になった。しかし、 5° から 8° は理論値よりも大きい値になった。誤差の原因は、角度の変化量が大きい場合、台車に勢いがあり、台車の振動による誤差が大きくなったためだと考えられる。これらの結果からどの時刻で斜面角度が変化したのか明確であるが、センサ値から角度を正確に測定することは斜面角度が大きい程困難になることがわかった。

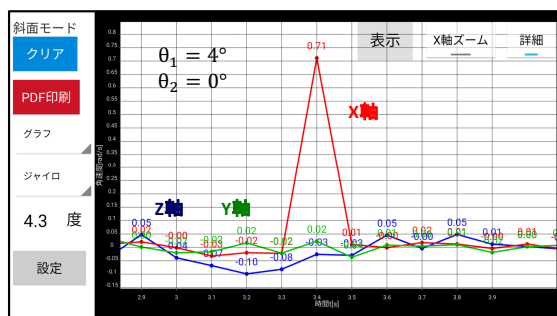


Fig. 4: Display during measurement

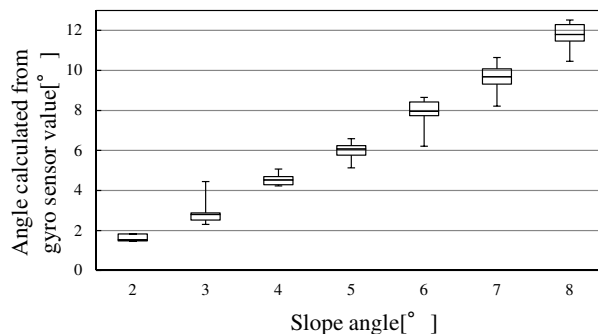


Fig. 5: Angle calculated from gyro sensor

3.2 ジャイロセンサの利用方法

3.1 節の結果からソフトウェアの改良案として 2 つの方法を提案する。

(1) ジャイロセンサの積分値から第 2 斜面の角度を計算
第 1 斜面を走行中は、従来通り測定開始前に斜面方向の重力加速度を自動計測し、加速度センサ値から取り除く。第 1 斜面から第 2 斜面に移行するときのジャイロセンサ値の積分量を計算することにより斜面角度の変化量を求める。第 2 斜面を走行中は、求めた角度の変化量から第 2 斜面の重力加速度を計算し、加速度センサ値から取り除くことで測定する。

(2) 運動前に測定した第 2 斜面の角度を用いる

測定開始前に第 2 斜面の重力加速度を計測する。第 1 斜面は (1) と同様の方法により計測する。測定中にジャイロセンサの値が一定値以上変化した場合、力学台車が第 1 斜面から第 2 斜面に移行したと考えられるため、重力加速度の影響を第 1 斜面から事前に測定した第 2 斜面に切り替える。

(1) の方法では、(2) の方法に比べ測定手順が少なくなる。しかし、角度変化が大きい場合、誤差が大きくなってしまう。(2) の方法では、(1) と比べ理論値に近い値となることが予想されるが、測定手順が多くなってしまう。

4. まとめと今後の課題

本報告では、AES の問題点を改善するためスマートデバイスに内蔵されたジャイロセンサを用いることを提案し、ジャイロセンサの利用可能性について基礎的な検証を行った。ジャイロセンサの 2 つの利用方法について提案した。今後は、ソフトウェアの改善を行い、開発したソフトウェアを用いた測定結果と従来手法の結果及び理論値を比較等の検討を予定している。

参考文献

- [1] 宮内・山口編者, 浅井・江崎・中村・兼・荘司・宮内・宮本・牧野・山口著 「板書とワークシートで見る全単元・全時間の授業のすべて」, 東洋館出版社 (2009), pp.26~31
- [2] 星野・小室・浜松・鈴木・三ツ堀: 「教育利用を目的とした加速度運動支援ソフトウェアの開発とその評価実験」, 電気学会論文誌 A, vol.136,NO.8,pp.517-528(2016)