L-33

加速度運動におけるスマートデバイスに内蔵された照度センサの利用可能性についての基礎検討

Study of Availability of Light Sensor in Smart Devices to Accelerated Motion Experiments

○都丸　滉平 [1]，遠藤　俊宏 [1]，浜松　芳夫 [2]，星野　貴弘 [2]
Kohei Tomaru[1],Toshihiro Endo[1],Yoshio Hamamatsu[2],Takahiro Hoshino[2]

Abstract: In recent years, physics experiment are decreasing at junior high school and/or high school. The reason is a lack of class time and equipment of physics experiments. Smart devices and computers are utilized in the education for solving these problems. We study availability of light sensor in smart devices to accelerated motion experiments in this paper.

1. はじめに

高等学校の物理における実験時間の減少が問題となっている．その理由を，アンケート調査したところ授業時間の不足，設備備品の不足，準備片付け時間の不足という回答が上位を占めていた [1]．また，同文献ではこの問題点を改善するため，近年ではコンピュータやスマートデバイスといった IT 機器を用いた実験や教員自作のソフトウェアを用いた実験が提案されており，これにより生徒の理解が促進されることが示されている．

一方，中学校，高等学校の物理教育における加速度運動の実験では記録タイマを用いて一定周期で力学台車の移動距離を記録テープに打点し，その変位より速度を導出するという手法が用いられている [2]．しかし，この方法における記録テープの切り取り，貼り付け，その長さの計測は，実験時間を長くする原因となっている．また，実験と作成したグラフの考察との間に時間差が生じる場合があり，結果と現象の対応関係を理解することが困難な生徒もいる．

本報告では，従来の記録タイマ・テープに代わる実験システムを提案するため，スマートデバイスに内蔵されている照度センサの利用可能性について検討する．

2. 照度センサ

ここでは，光の性質，スマートフォンに内蔵された照度センサについて述べる．

2.1 光の性質

一般的に照度 E[lx] は次の式が成り立つ．ただし，I は光度 [cd]，r は距離 [m] を表す．

$$E = \frac{I}{r^2} \tag{1}$$

この式から分かるように，照度は距離の二乗に反比例する性質がある．

2.2 測定原理

照度センサは，受光素子に入射した光を電流に変換して明るさを検知する．受光部には Si フォトダイオードが採用されている．

Si フォトダイオードは，受光した光エネルギー がバンドギャップより大きいとき，価電子帯の電子が伝導帯へ励起され，価電子帯に正孔を残す．この電子-正孔 対は，空乏層中では電界のため電子は N 層へ，正孔は P 層へ加速される．このように入射光量に比例して発生する電子-正孔対は，それぞれ　N 層・P 層中に蓄積され，P 層は正に，N 層は負に帯電する (Fig. 1)．

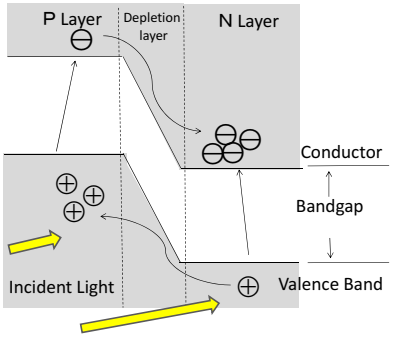

Figure 1: P-N junction

照度センサに求められる重要な特性に分光感度特性がある．人間の目が感じることのできる波長と同じ波長の感度を持つことが必要となる．今回実験で使用したスマートデバイス Nexus 5 は，APDS-9930 という 2 個のフォトダイオードを用いて 0.01[lx] の低ルクス性能を持つ人間の目の感度に近づけている．スマートデバイスに内蔵された照度センサの測定範囲は 0〜30000[lx] となっている．

3. 実験結果と考察

3.1 実験方法

本実験では，Fig. 2 のような実験装置を構成し，光源及び照度センサの評価を行った．測定は，スマートフォンをアルミレールの端に固定し，反対側から力学台車に固定した光源をスマートフォンに近づけることにより行った．光源はダイクロハロゲンランプ，白熱電球，LED(ペンライト) の 3 種類用い，それぞれ 3 回測定し (1) 式から求めた理論値と比較した．また，データのバラツキを調べるため，距離が 15[cm]，30[cm]，60[cm] の照度をそれぞれ 50 回測定し，平均値及び標準偏差を求めた．

1:日大理工・学部・電気　2:日大理工・教員・電気

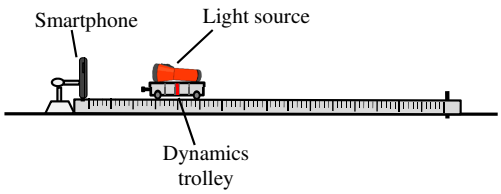

Figure 2: Experimental device

3.2 実験結果

Fig. 3，Fig. 4 に 3 種類の光源とスマートフォンの距離に対する照度を示す．Fig. 3 は光源との距離が近い場合（0cm～25cm），Fig. 4 は距離が遠い場合（25cm～100cm）の測定結果を示したものである． Fig. 3 より 3 種類の光源を比較すると，白熱電球はほぼ理論値と同じ値，LED はやや理論値からずれ，ハロゲンランプは理論値から大きくずれた．このことから光源との距離が近い場合，白熱電球が最も理論値に近くなることがわかる．

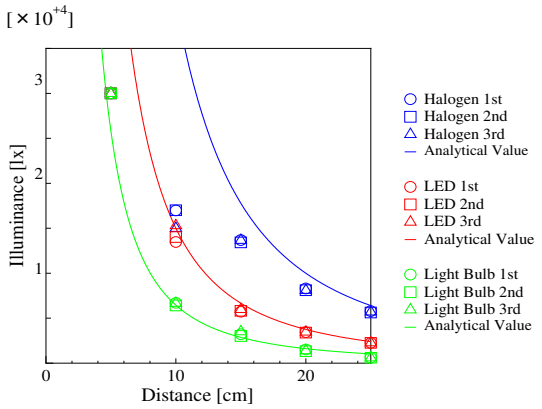

Figure 3: Measurement results in the case of short

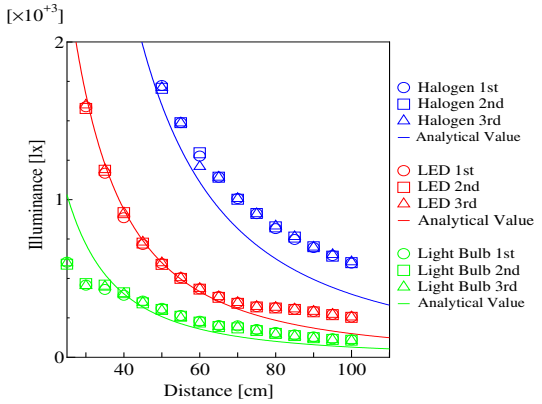

Figure 4: Measurement results in the case of long

次に Fig. 4 より白熱電球は理論値に近く，LED とハロゲンランプは距離が離れるにつれて理論値と測定値の誤差が大きくなっている．しかし，ハロゲンランプは距離に対する照度の変化が大きく，加速度実験に用いたとき，読み取り誤差を低減できる利点がある．このことから光源との距離が近い場合，白熱電球は理論値に近いが，グラフの読み取り易さを考えるとハロゲンランプが適していると考えられる．

Table. 1: Standard deviation and average

Distance [cm]	Light sensor	Average value [lx]	Theoretical value [lx]	Standard deviation [lx]
15	Halogen	18791	17777	146.6
	LED	4653	4444	42.2
	Light bulb	1363	1111	10.1
30	Halogen	5701	6666	2.164
	LED	1291	1666	0.624
	Light bulb	366	416	0.711
60	Halogen	3234	2864	26.53
	LED	490	716	3.31
	Light bulb	246	179	2.07

Table. 1 に光源ごとの平均照度及び標準偏差，照度の理論値を示す．同じ距離のとき光源の照度はハロゲン，LED，白熱電球の順に小さい．そのため，標準偏差についてもその傾向が予想されるが，30cm，60cm の結果を見ると LED の標準偏差は白熱電球よりも小さい．このことから LED は測定値のバラツキが他のものより少ないことがわかる．

以上の結果から光源を決定するのは困難であるが，グラフの読み取り易さの観点からはハロゲンランプ，測定のバラツキの観点からは LED が妥当と考える．

4. まとめと今後の課題

本報告では，スマートフォンに内蔵された照度センサを加速度運動実験に用いるためのセンサの評価及び光源の基礎検討を行った．

今後の課題として，測定に適した光源の決定や，実際に加速度運動実験に用いた場合，どのような結果が得られるかを検証していきたい．

参考文献

[1] 山崎・井上・谷口・内村「高校物理実験の実態：2009 年大学新入生調査の分析」，vol.59，pp.101～107

[2] 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