学校名	三重大学	個人・グループ名	雪岡比杜志	作品名	アナログ積分式電池消費量モニタ

1．教材の目的と背景

省エネを意識したロボコン等を行う場合は消費電力量を手軽にモニタできることが必要である。電圧，電流を AD 変換して取り込み，数値的に積分する仕組みの消費電力量をモニタできるものが市販されている（アシダ製消費電力量リミッター）。しかしながら PWM 制御で速度が変えられるロボットの場合は波形が複雑であり AD 変換の時間刻みを非常に細かくしないと正確な消費電力量が求められない。例として図 1 にプロロボ（山崎教育システム）の電流波形を示した。そこで電流波形をアナログ時間積分し電流時間積 mAh で表示できるモニタを開発した。電圧をモニタしない簡便なものであるが，電池の容量は通常「単 3 アルカリ電池は 1000mAh 程度」というように電流時間積で表されるため，mAh 表示の方が「電池容量の何%使ってしまった」というように生徒らにはむしろイメージしやすいことも考えられる。

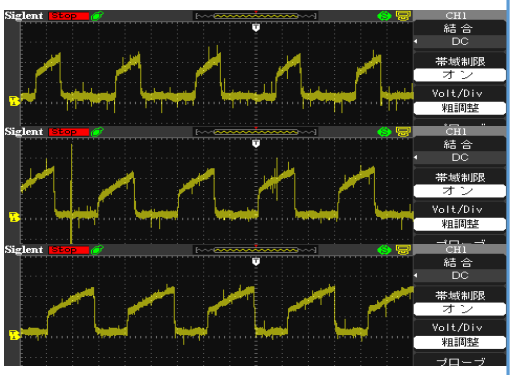

図 1　上から低速・中速・高速時の波形

電流だけのモニタであるため，ロボットが消費する電力量は求められないが，得られた電流時間積に電池の発生電圧をかけることにより，電池の内部抵抗で失われる分も含めた全エネルギーを求めることができる。一定の内部抵抗を有する電源から内部抵抗による損失を抑え効率よくエネルギーを得るには，負荷抵抗が大きいほど良いが，取り出せる電力はわずかなものとなってしまう。一方，最大の電力を取り出すには負荷抵抗を内部抵抗に等しくすれば良いことが知られているが，その際は全エネルギーの半分が内部抵抗で失われることとなる。ロボコンでロボットの負荷が大きいと電池が熱くなるが，電池は使い方で取り出せるエネルギーが変わってしまうことを理解させるきっかけにすることも考えられる。

2．教材の説明

（1）教材の原理

絶縁シートの両サイドに薄い電極を貼りつけた物を電池ボックスの金具と電池との間に挟みこれを電流測定用の低抵抗に繋ぎ，その低抵抗に生じる電圧をアナログ積分する。図 2 は全体回路図，図 3 はプロロボに搭載した例を示す。固定具を変え，電流測定線の取り出しができれば基本的にどのような教材にも搭載可能である。電流 i をモニタする抵抗 r に発生する電圧は ri であり，これを時間積分することからアナログ積分回路の出力は

$$v(t) = 1/CR \int_0^t ridt = r/CR \int_0^t idt$$

となる。抵抗 r，R やコンデンサ C の値を調節することで出力電圧の表示を直読で mAh の値になるようにできる。アナログ積分回路の中のスイッチは積分値をリセットするもので，このスイッチをオフにした時から時間積分が始まる。

（2）工夫点

・アナログ積分回路を使用することで、電流波形が複雑なディジタル制御式ロボットでも容易に計測できるようにした

・mAh 表示とし，電池の容量と使用量の比較がしやすいようにした。

・電池ボックス内の電池に電極を挟み込む形で電流を測定するようにしたことで既存のどのロボットでも使えるようにした。

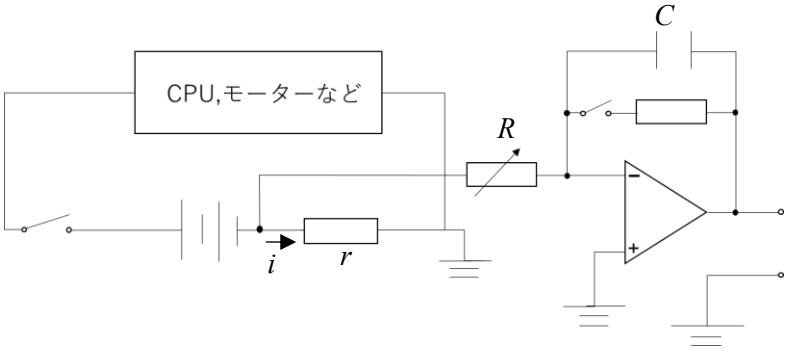

図 2　ロボットと積分回路の接続図

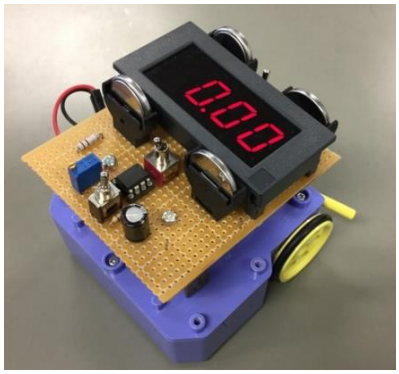

図 3　プロロボに搭載した例