

消費電力量を可視化するロボット競技用 消費電力計測教材の開発と評価

The Development and Evaluation of Teaching Materials for the Visualization of Power Consumption in Robot Contests

川俣 純* 芦田 肇** 村松 浩幸*** 松岡 守****
Jun KAWAMATA Hajime ASHIDA Hiroyuki MURAMATSU Mamoru MATSUOKA

中学校技術・家庭科技術分野でのエネルギー変換に関する技術におけるロボット学習向けに、消費電力を可視化できる消費電力計測教材を開発した。対戦する2台の手動制御型ロボットにこの教材から電源を供給することにより、各ロボットの消費電力をリアルタイムにグラフ化してPC画面（ないしプロジェクタ）上に提示できるようにした。さらにあらかじめ設定した消費電力量に至り次第、当該ロボットへの電力供給を停止できる機能を持たせることで、消費電力を強く意識したロボット競技ができるようにした。実際のロボット競技で試用実践し、所定の機能を確認した。

キーワード：ロボット，エネルギー変換，消費電力量，効率，損失

1. はじめに

本研究は、中学校技術・家庭科技術分野（以下、技術科）でのエネルギー変換に関するロボット学習を対象に、消費電力を可視化できる、ロボット競技に特化した消費電力計測教材を開発することを目的としたものである。

東北関東大震災直後、東京電力管内では、原発等の事故の影響で計画停電が実施された。2011年夏には、電力制限令が発動され、多くの企業が昨年比15%の節電を義務付けられた¹⁾。こうした社会情勢から、電気エネルギーの重要性や有限性が認識されると共に、従来以上に、消費電力量を削減し、効率化する省エネルギー技術に注目が集まることとなった。効率は、エネルギー変換の技術において一つの基本的な概念である。したがって技術教育において、効率の観点から機械の性能やエネルギー変換の技術を評価できる力を育成することは重要であると考えられる^{2),3)}。

2008年告示技術科学学習指導要領では、これまで選択的な内容であったエネルギー変換に関する技術が必修

化された⁴⁾。学習指導要領には「エネルギー変換に関する技術が社会や環境に果たしている役割と影響について理解させ、エネルギー変換に関する技術を適切に評価し活用する能力と態度を育成する。」とあり、単にエネルギー変換を利用したものづくりをさせるのではなく、エネルギー変換に関する技術を評価・活用する能力の育成が求められている。

エネルギー変換に関する技術について、これまでの技術科の授業では、内燃機関においては、仕組みと共に仕事率等の性能を扱うことは取り上げられてきた。電気エネルギーについては、光や熱、モーターの仕組み等のように、エネルギーを変換する仕組みは取り上げられてきた。しかし、エネルギーの変換効率等、効率の内容が十分取り上げられてきたとは言い難い。例えば、積算電力計を用いて、定量的に電力消費量を把握させている垣本らの研究においても、効率の観点からは取り上げられてはいない⁵⁾。

エネルギー変換に関する技術の学習として、ロボット製作学習は全国的に広く取り組まれている。2000年度から開催されている全日本中学校技術・家庭科研究会主催の創造アイデアロボットコンテスト（以下、全日中ロボコン）⁶⁾では、モーターや電池の性能を限界まで引き出すことができるように様々な機構を組み合わせ、目的の動作を素早く確実にこなせるロボットの開発を競わせている。そのため、学習内容は、機構の工夫が中心であり、消費電力量等、エネルギー変換の効率についてほとんど扱われていないといえる。しかし、まだ少数で

(2011年12月10日受付，2012年5月26日受理)

* つくば市立谷田部東中学校

** アシダ

*** 信州大学教育学部

**** 三重大学教育学部

† 2011年8月 本学会全国大会（宇都宮大）にて発表

はあるが、ロボットを対象にして、エネルギー変換時の効率や損失に着目した研究も試みられている。

成瀬は、ロボットカーの制御プログラムを授業で作成させ、そのプログラムを用いて決められたコースを走行した時の消費電力を計測し、効率がよく損失の少ないプログラムの作成を競うロボット学習を実現した⁷⁾。高専生を対象にした実践であり、消費電力量を測定可能なロボットカーは高価になるため、技術科でそのまま実践することは難しいと考えられるものの、消費電力の測定により、エネルギー変換の効率や損失を生徒に意識させる学習指導法は、効率を対象にしたロボット学習において効果的と考えられる。

藤本らは、消費電力量等を評価基準として、省エネルギーロボットの設計・製作をさせる実践を試みた⁸⁾。授業では、ギヤ比と消費電力量の関係を実験・計算で生徒に把握させた上で、電力と重量の関係式から消費電力を計算させ、ロボットの設計・製作を指導し、省エネルギーという制約を課したロボット学習の有効性を報告している。藤本らのように、ロボットの設計・製作と消費電力量の学習を組み合わせることで、効率の学習として展開できると考えられる。

以上のことから、既存のロボット教材を対象に、消費電力量を測定・視覚化し、使用エネルギーの制約を課することが可能な教材が開発できれば、従来のロボット学習の実践自体を大きく変更することなく、エネルギー変換の効率に関する内容を導入できると考えた。

2. 教材の開発

2.1 教材の仕様

既存のロボット教材を活用するためには、ロボット教材自体には手を加えず、消費電力/電力量が測定できることが望ましい。全日中ロボコンでは、2台のロボットを同時にスタートさせ、決められた時間の中で手動制御のロボットを動かし対戦形式で得点を競わせている。そこで競技で対戦中の2台の各ロボットが消費した電力をリアルタイムに測定すると共に、画面に掲示することができれば、競技性からも効果的であると考えた。また、成瀬が試みたように、あらかじめ使用できる電力量の上限を設定し、画面に使用可能な残量を表示しながら競技をさせ、上限を超えた時に電力供給を停止させることができると、効率を前面に取り入れた競技が可能となる。そこで、全日中ロボコン授業内部門で用いられる単三充電電池、もしくは単三アルカリ電池に代えて、ロボットに電源を供給すると同時に電力を計測するロボット競技用消費電力計測教材（以下、消費電力量リミッター）を

開発することとした。消費電力量リミッターは上記をふまえ、1)～3)の仕様とした。

- 1)消費電力を2チャンネル同時にモニタリングする。
- 2)あらかじめ設定した消費電力量に至り次第、電力供給を停止する。
- 3)ロボットに供給する電源はチャンネル毎に別個の単三電池3Vとする。消費電力量リミッターそのものの電源はPCからUSB経由で得るものとする。

2.2 教材の開発

2.2.1 ハードウェアの開発

消費電力量リミッターのシステムの構成図と回路図を図1、2に示した。計測そのものはモーターへの出力電流と電圧だけであり、AD変換後にその積で電力を算出、さらに時間積分を行うことで電力量を求める等の処理をするようにした。電流は、モーターに直列に低抵抗を入れ、その抵抗の電圧降下分について差動アンプを介してAD変換に入れるようにした。負荷に掛かる電圧は、電源電圧をAD変換したものから抵抗電圧降下分を差し引いて求めた。

2チャンネルの電圧、電流計4信号はADコンバーターで10bitのデジタル値に変換し、マイコン(PIC18F14K50)のUSB通信でホストPCに送ってホスト側で演算し、算出するようにした。測定範囲は、測定電流:100mA~4A、測定電圧:0.4V~4Vとした。測定電流の範囲は、差動アンプが精度良く測定できる下限とモーター軸がロックした時に流れる最大電流により決定した。マイコンは通信以外に、ホスト側からの命令で電源のON-OFFも制御する。ADコンバーターはADC104S02(NS社)でマイコンとSPI通信で信号の授受を行う。差動アンプはINA196(Ti社)、電流を測定するための低抵抗としては0.04Ω±1%のものを使用した、リレーはG5Q-1A(OMRON社)で、基板は電池ボックスからターミナルを含む全てを一体化させている。

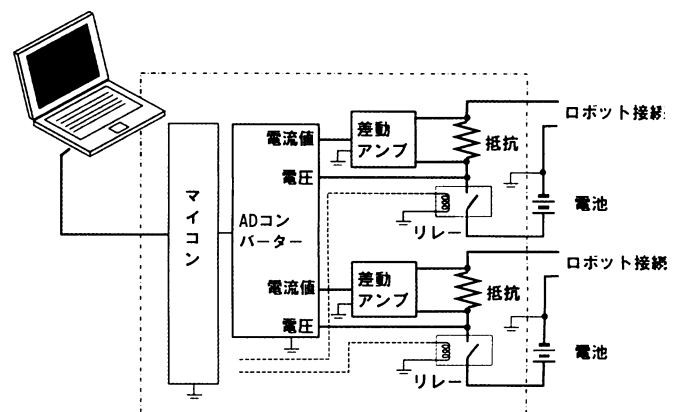


図1 システムの構成図

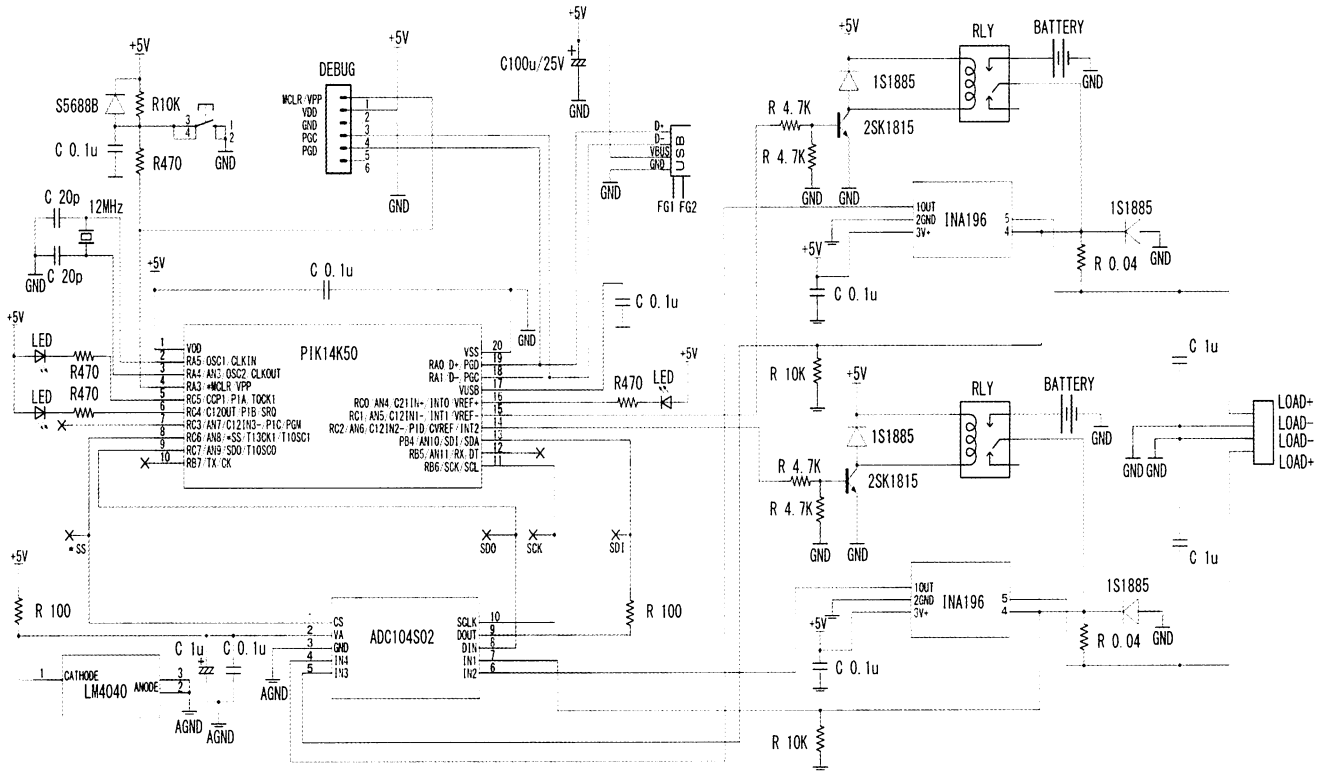


図2 システムの回路図

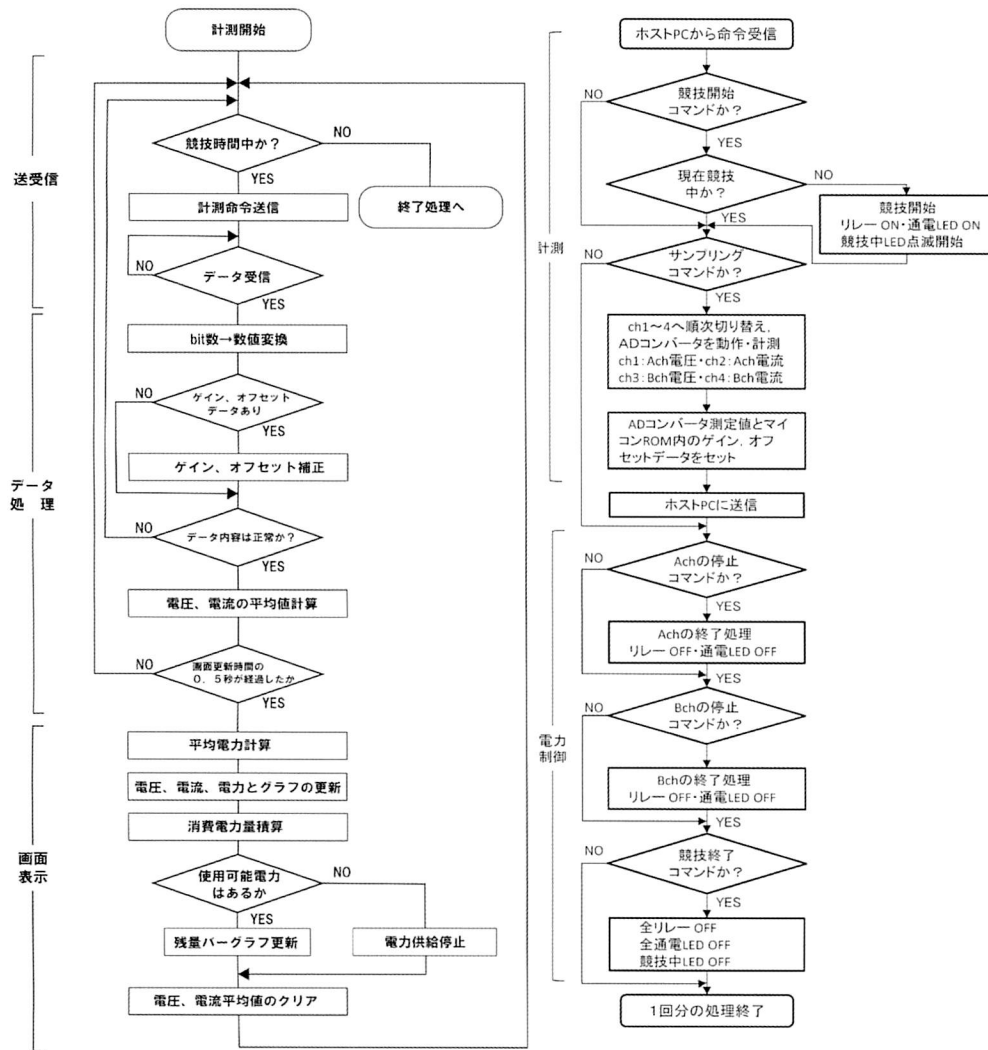
電子部品は一般に値のばらつきが小さくないことから計測装置を製作する際は誤差に注意する必要がある。差動アンプ部 IC はオフセット誤差と増幅度の誤差を含んでいる。同じく AD 変換の基準電圧 IC (0.5%精度) も自身の誤差を含んでいる。また電流検出用の抵抗にも誤差がある。消費電力量リミッターは、2台のロボットに対し、2チャンネルで同時計測をし、消費電力量を比較することを目的とするため、その目的に支障を生じない程度まで両チャンネルで測定値の誤差を低減する必要がある。そこで1台ごとに同一の電源、負荷抵抗で電圧、電流を測定し、IC のゲイン、オフセットを補正する係数を求め、演算時にこの係数を用いて補正することとした。係数は消費電力量リミッター内のマイコンに保存したものをホスト PC に送るようにし、消費電力量リミッターとパソコンの組み合わせが変わっても測定値が変わらないようにした。

2.2.2 ソフトウェアの開発

消費電力量リミッターの各ソフトウェア処理の流れを図3に示した。ファームウェアの開発言語にはC、ホスト側制御ソフトの開発には VC# を使用した。本機の USB 通信は HID (Human Interface Class) クラスを使用した。HID クラスはマウス、キーボードなどを制御

するための仕様であるが、Windows にドライバーが標準で内蔵されているため、インストールや接続するのが容易で学校の現場で扱いやすい仕様である。HID クラスは 64byte 単位で定期的にホスト PC-マイコン間で通信しているので、この 64byte の中にデバイス動作命令を含めた。

最初に、ホスト PC 側で競技時間の確認後、30回/秒のサンプリング指示をマイコン側に送る。マイコン側では、送られてきたデータを競技開始、サンプリング、電力供給停止、競技終了の各命令に対し、条件分岐して処理を行う。マイコン側から送り返された測定データは、図3のデータ処理部の手順に従い処理をする。測定結果は、画面表示の処理に従い、測定結果表示画面として電圧、電流、電力の数値とともに、電力と消費電力量をグラフ化して提示する(図4)。測定結果は0.5秒ごとに更新し、消費電力量が設定値を超えた場合は、リレーにより、超過したチャンネルの電力供給を停止する。この処理により、消費電力量が設定値を超えたロボットが電力供給停止により、動かなくなる。測定された電圧、電流、電力、消費電力量は、CSV形式でログファイルとしても保存できる。電力の計測機能と共に、競技用機能として、競技開始時のカウントダウン、競技時間表示、消費電力量が設定値に近づいた時の警告や終了ホイッ



Host PC measurement part processing flow

Microcontroller data reception and processing flow

Figure 3: Processing flow of each software

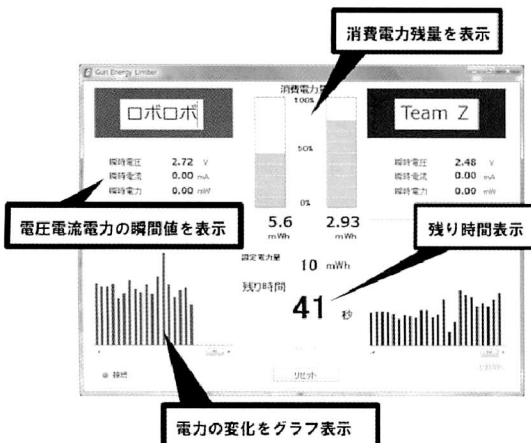


Figure 4: Control software screen

スルの効果音再生機能も組み込んだ

以上の各機能の設定（競技時間や消費電力量設定値、サウンドデータやファイル保存パス）は、設定画面において設定する。競技時間は設定範囲 0～999 秒とした。電力設定範囲は、全日中ロボコンを対象に検討した。電池電圧 3.0V、モーター 1 個の電流 500mA、使用モーター最大 3 個、競技時間 60 秒と想定すると、電力は 4500mW (3.0V×500mA×3 個)となる。よって 60 秒間の消費電力量は 75mWh (4500mW×60 秒/3600 秒)となる。ただし、競技時間中にモーターが 3 個とも運転し続ける事は少ないことから、設定電力の範囲は 0～99mWh とした。

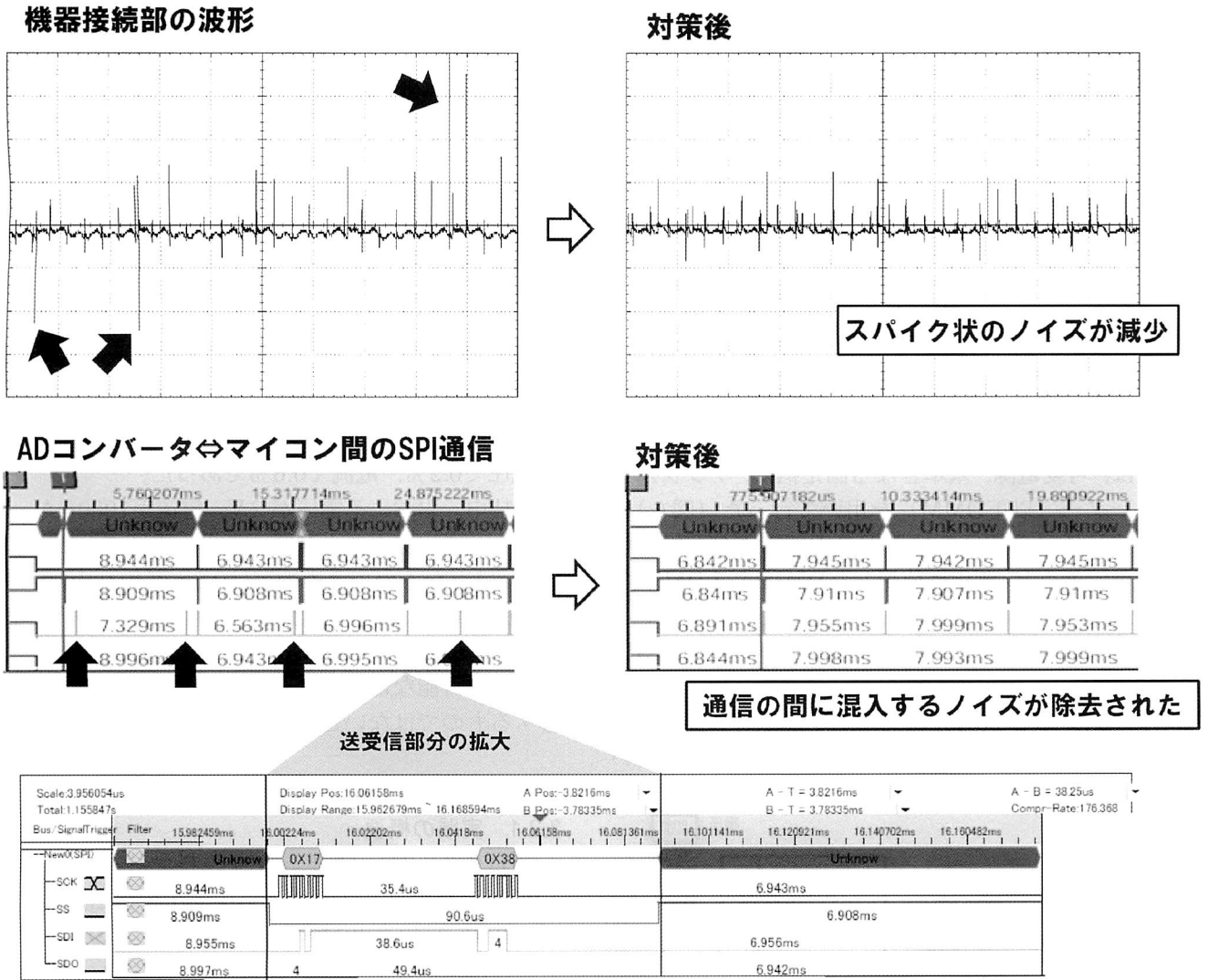


図5 ノイズ対策の結果

2.2.3 モーターのノイズ対策

消費電力量リミッターはロボット競技を対象とするので、負荷はDCモーターとなるが、DCモーターは内部にブラシを備えモーターコイルに流す電流を常時切り替えるため運転時にノイズを発生し、測定値の誤差、USB通信を含むデジタル回路に障害を引き起こす。一般的にノイズ対策は、ノイズ発生源、つまりここではDCモーター近辺で行うことが望ましい。しかし、消費電力量リミッターは従来の手動制御のロボット教材をそのまま用いることを前提としているため、ノイズ対策も消費電力量リミッター側で全てを行うこととした。コモンモードノイズ対策としてはロボットへの電力供給線にフェライトコアを取付け、ノーマルモードノイズ対策としては電力供給出力部にコンデンサを追加した他、USB通信部分の分離など回路配置に配慮した。さらには制御ソフト側でノイズによる誤動作で明らかに無効

と判定できるデータは演算に加えないアルゴリズムも取り入れた。

ノイズの測定は、機器接続部とADコンバータ、マイコン間SPI通信部分の2か所で行った。使用した測定器は、オシロスコープ：PDS-5022S (OWON社)、ロジックアナライザ：LAP-C16064 (ZEROPLUS社)である。図5のノイズ対策の結果では、フェライトコアとコンデンサ取付けの前後で、上図に機器接続部のオシロスコープ波形を、下図にSPI通信部のロジックアナライザ画面を示した。ロジックアナライザ画面は上から送信データ内容、クロック信号、通信開始トリガ信号、マイコン→ADコンバータ送信データ、ADコンバータ→マイコン送信データの遷移を表し、測定データの送受信は約8msごとに約0.1msの時間行われている。ノイズ対策前後の違いを見ると機器接続部では矢印に示すスパイク状のノイズが減少している。SPI通信部では送受信の合間に下から2段目のADコンバータ→マイコ

ン送信データにノイズが見られるが、対策後にはノイズが見られなくなっている。このように、有効にノイズ対策が機能し、試験した範囲では誤動作がなくなり、無効データを排除するアルゴリズムが働かなくなったことが確認できた。ただしこのアルゴリズムはバックアップの意味で残しておくこととした。

3. 教材の評価

3.1 測定精度の評価

3.1.1 測定方法

開発した消費電力量リミッターの測定精度及び実用性について評価をおこなった。

測定は、可変電源、基準となる固定抵抗、デジタルマルチメーター（以下DMM）を用いて行った（図6）。回路に流れる電流値は抵抗両端の電圧降下分と抵抗値から計算で求めた。測定に使用したDMMは、LDM-86D（Linkman社）、精度 $\pm(0.5\%+4\text{digit})$ 、6000カウントメーターで6Vレンジを使用した。精度は $\pm(0.5\%+6/6000\times4)=\pm(0.5\%+0.004\text{V})$ である。用いた固定抵抗は、 $2\Omega\pm5\%$ 、20W定格である。通電時の温度上昇による誤差を小さくするため容量の大きなものを用い

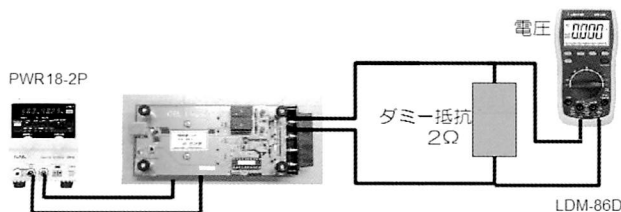


図6 精度測定回路

た。また、Aチャンネル（以下Ach）とBチャンネル（同Bch）の測定時は同じ抵抗を使用して抵抗の誤差の影響をなくした。

以上の測定器具を用いて、可変電源の電圧を変化させてDMMと消費電力量リミッターのAchおよびBchの各表示値を比較した結果を表1に示した。

3.1.2 測定結果と考察

表1でAchとBchの「差の平均」部分に着目して比較してみると、電圧がAch2.1%に対してBch1.9%、電流がAch1.1%に対してBch0.5%となっている。DMMの値からの差の2.1%にDMMの誤差を加えたものが真の電圧、電流値との差となる。一方、Ach、Bchの相互差は電圧で0.2%、電流で0.6%であった。

競技中、おおよそ電圧が2V、電流が1000mA、差を1%として実際の差を試算すると、電圧で0.02V、電流で10mAとなるので電力の差は0.2mW ($0.02\text{V}\times 0.01\text{A}$)、競技時間を60秒とすると消費電力量の差は $3.3\times 10^{-3}\text{mWh}$ ($0.2\text{mW}\times 60\text{秒}/3600\text{秒}$)となる。この値は使用可能な電力量より十分小さく、競技の成績に影響するものではないと判断できる。

3.2 実用性の評価

3.2.1 実践の概要

2011年8月3日～5日、東京の科学技術館においてNPO国際ロボフェスタ協会が中学生の宿泊型ロボコン「RoboFesta福島2011」を開催した⁹⁾。この事業における競技に、消費電力量リミッターを用いた。参加者は、福島県内中学3年生10名、都内近郊の中学2年生6名、

表1 測定値の比較

Ach				Bch			
DMM 実測電圧 V	表示電圧 V (実測との差 %)	電流計算値 mA	表示電流 mA (実測との差 %)	DMM 実測電圧 V	表示電圧 V (実測との差 %)	電流計算値 mA	表示電流 mA (実測との差 %)
0.18	0.19 (3.8)	92	95 (3.4)	0.18	0.19 (3.3)	92	91 (-1.2)
0.28	0.28 (1.8)	138	141 (2.9)	0.28	0.28 (1.8)	138	132 (-3.7)
0.46	0.47 (2.0)	231	234 (1.3)	0.46	0.47 (2.4)	230	227 (-1.1)
0.92	0.94 (1.8)	462	467 (1.2)	0.92	0.94 (1.8)	462	466 (1.0)
1.39	1.42 (2.3)	694	700 (0.9)	1.39	1.41 (1.8)	693	704 (1.7)
1.86	1.89 (2.0)	929	932 (0.4)	1.84	1.87 (1.6)	922	930 (0.9)
2.32	2.37 (2.1)	1160	1166 (0.5)	2.31	2.35 (1.7)	1156	1173 (1.5)
2.78	2.84 (2.0)	1392	1398 (0.5)	2.77	2.82 (1.7)	1386	1411 (1.8)
3.25	3.31 (1.9)	1624	1631 (0.5)	3.24	3.29 (1.7)	1618	1649 (1.9)
3.70	3.78 (2.2)	1850	1858 (0.4)	3.70	3.76 (1.6)	1850	1880 (1.7)
3.98	4.02 (0.9)	1992	2002 (0.5)	3.98	4.02 (1.1)	1988	2013 (1.3)
差の平均	2.1		1.1		1.9		0.5
SD	0.7		1.1		0.5		1.8



図7 「RoboFesta 福島 2011」の競技風景

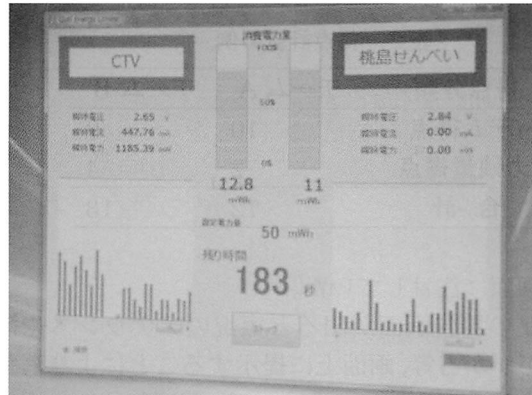


図8 競技中の実行画面

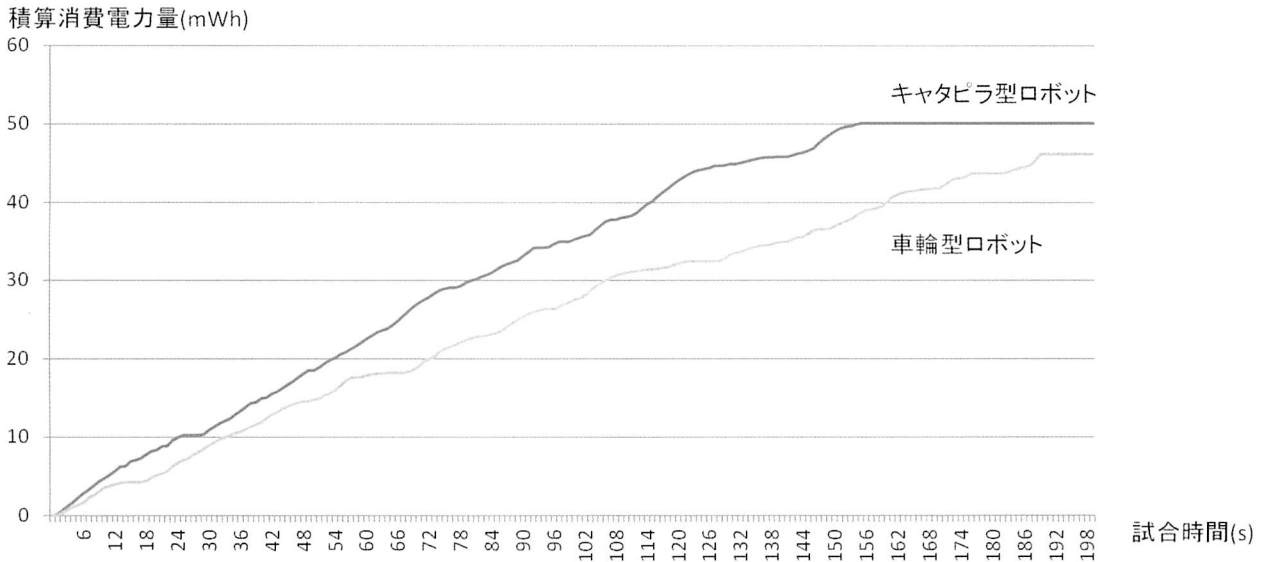


図9 競技における消費電力の計測例

広島県内小学5年生1名の計17名であった。ロボットは5グループで製作し、各グループに中学校技術科教員1名、工学系大学生1名が指導についた。参加教員、大学生共に全員が、ロボット製作や競技の指導経験を持っていた。

競技は、「Save Energy!—節電型ロボットによるメッセージタワーの建設—」として、節電をテーマにした。コンパネ1枚のコートに、各1チーム手動制御ロボット1台、自動制御ロボット1台の計2台により、アイテムとして11個の紙コップを積み上げるものである(図7)。

消費電力量リミッターに手動制御ロボットを接続し、消費電力量を制限した。設定上限を超えて給電停止になった場合は、充電しておいた電気二重層キャパシタ(10F)につなぎ替えて対応しなければならない設定とした。また、メッセージの得点と共に、画面に表示される電力残量に応じて得点化することとした。

消費電力量リミッターの実用性の評価は、1)期間内の製作および競技会での活用状況、2)参加教員による

教材評価、の2点で行った。

3.2.2 結果と考察

(1) 期間内の製作および競技会での活用状況

製作開始時に、競技説明と共に、実行画面をプロジェクトで提示し、消費電力の変化や上限に達した際の給電停止等の実演をした。3日間の製作の中で、消費電力量を少しでも抑えるために、軽量化や重量配分による負荷軽減等の工夫を試みていた。

競技では試合時間を4分間とし、消費電力量の上限は各ロボットの測定結果を踏まえ、50mWhに設定した。また、試合終了時に残った消費電力量に対し、グラフの1目盛り(設定上限の10%。この場合は5mWh)につき(最高4点まで)を試合の得点に加算することにした。各ロボットのリモコンには、3mのケーブルを使い、φ2.1mmのACジャックで接続させた。

試合開始と共に、各ロボットの消費電力量の状況が実行画面(図8)に表示され、生徒も観客も競技コートと

表2 得点計算の例

得点分類	チーム A	チーム B
アイテム得点	10	9
電力残量得点	2	4
合計	12	13

共に表示画面に注目していた。

残量不足の警告画面が出ると実況のアナウンスや観客から声がかかる等、画面上に提示することにより消費電力量を生徒や観客に意識化させることができていた。また、リミッターのトラブルもなく、全10試合で活用することができた。以上のことから、リミッターを実際にロボット競技に使用できることが確認できた。

競技において、走行部をキャタピラにしたキャタピラ型のロボットと車輪型のロボットの試合での測定結果の一例を図9に示す。キャタピラ型ロボットの方が小型であったが、キャタピラにより走行時の負荷が大きく、開始から154秒で設定上限の50mWhに達した。この例のように、開発した消費電力量リミッターにより、ロボットの設計の違いが消費電力に与える影響を定量的に示すことができたといえる。また、表2に示すように、アイテムを積み上げた得点に、電力残量の得点を加算することで勝敗が逆転した試合もあった。以上のことから、消費電力量の上限の設定値や競技ルールへの適用方法の工夫をすることで、消費電力量リミッターをより効果的に活用できると考えられる。

(2) 参加教員による教材評価

事業終了後に、参加した技術科教員8名に対し、無記名によるWeb調査を実施した。質問項目は、「Q1消費電力量リミッターをロボット競技で使用することは、エネルギー変換の学習として有効であると思う」およびその理由、「Q2消費電力量リミッターを使つての意見、感想」の2点とした。Q1は、5件法（5：思う、4：まあまあ思う、3：どちらでもない、2：あまり思わない、1：思わない）とし、得点化した。

調査の結果、7名（回答率87.5%）から回答を得た。Q1については、平均4.6、SD0.5と、高い評価を得ることができた。その理由として、エネルギー効率を考えて製作する意識が生まれる（4名）、数値やグラフで視覚化できること（2名）、があげられた。これは、ロボット競技において、消費電力をリアルタイムに計測し可視化するという消費電力量リミッターの開発意図どおりに評価いただいたものと考えられる。一方、消費電力等の事前学習の必要性（2名）の指摘もあった。これは、今後消費電力量リミッターを活用した授業を設計する際に、

考慮すべき点であると言える。Q2では、Q1と同様に、消費電力量の視覚化の評価（3名）、生徒達の興味を引きつけていたこと等、高く評価する意見があった。

以上のことから、参加教員による教材評価は、概ね高い評価を得ることができたと考えられる。消費電力等の事前学習の必要性については今後の課題である。

4. おわりに

本研究は、技術科でのエネルギー変換に関する技術におけるロボット学習を対象に、消費電力を可視化できるロボット競技用消費電力計測教材を開発することを目的とした。

従来型の手動制御の競技用ロボットの電源を、開発した消費電力量リミッターに置き換えることで、対戦している2台のロボットの消費電力を同時に計測し、PCの画面にリアルタイムに表示することを可能とした。

開発した教材の測定精度をデジタルマルチメーターの測定値と比較した結果、その差は数%以内に収まっており、2つのチャンネル間のばらつきも実用的な誤差に収まっていることが確認できた。実用性については、

「RoboFesta福島2011」の競技に開発した教材を用い検証した。

その結果、1)消費電力量リミッターを実際にロボット競技に使用できたこと、2)消費電力量リミッターにより、ロボットの設計の違いが消費電力に与える影響を定量的に示すことができたこと、3)参加教員による教材評価により、高い評価が得られたことが確認できた、

以上のことから、本研究で開発した消費電力量リミッターは、エネルギー変換におけるロボット学習に効果的に活用できると考えられる。

今後は、消費電力量等の事前学習についても検討すると共に、様々なロボット学習や競技会で試用してもらい、さらに改善を進めていく予定である。また、ロボット以外の学習への応用、例えば、LEDと電球の消費電力の比較等も検討する。

本研究の一部は、科学研究費補助金（課題番号23300282）による。

参考文献

- 1) 電力需給に関する検討会合，経済産業省，http://www.meti.go.jp/earthquake/electricity_supply/0825_electricity_supply.html（最終確認 2011 年 11 月 16 日）
- 2) 小川武範・久光脩文・鍋島浩：中学校技術科におい

- る効率の概念の学習について, 日本産業技術教育学会誌第 35 巻 3 号, pp.195-204 (1993)
- 3) 紅林秀治: 技術科におけるエネルギー環境リテラシーについて, エネルギー環境教育研究第 3 巻 1 号, pp.19-24(2008)
 - 4) 文部科学省: 中学校学習指導要領解説 技術・家庭科編, 教育図書, 2008.9.25, pp23-27
 - 5) 垣本徹・浅田儀博・井津元世士郎: 消費電力・待機電力を認識させる授業実践: 積算電力計を利用して, 日本産業技術教育学会誌第 44 巻第 3 号, pp.139-143(2002)
 - 6) 安藤義仁: 第 4 回平成 15 年度創造アイデアロボッ
 - トコンテスト全国中学生大会の実施報告, 日本産業技術教育学会誌第 46 巻 3 号, pp.179-183(2004)
 - 7) 成瀬喜則: 最適な意思決定学習のための AHP を使った授業実践と教育効果, 教育情報研究 第 25 巻第 1 号, pp.25-35(2009)
 - 8) 藤本登・森岡亮・外園公誠: 省エネ型登坂ロボットを用いたロボコンの授業への試み, 日本産業技術教育学会誌第 52 巻第 2 号, pp.119-127(2010)
 - 9) 村松浩幸: RoboFesta 福島 2011~ロボット教育で福島の子ども達を応援しよう~, ロボコンマガジン 2011.11, pp.81-83(2011)

Abstract

The purpose of this study is to develop teaching materials for the visualization of power consumption in robot contests in junior high school technology education. The material supplies electric power to two robots and at the same time displays their power consumption on a PC screen (and a projector) in real time. In addition, the material has a function to shut off the electric power to each robot when the power consumption exceeds a preset value, which enables the robot competition to focus the power consumption. We confirmed the availability of teaching materials in a robot contests.

Keywords: Robot, Energy Conversion, Power Consumption, Efficiency, Loss