

課題情報シート

テーマ名 :	ハイブリッド充電式スマート EV の開発				
担当指導員名 :	安井 雄祐	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	北海道職業能力開発大学校				
課程名 :	応用課程	訓練科名 :	生産システム技術系		
課題の区分 :	開発課題	学生数 :	12	時間 :	54 単位 (972h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

機械、電子、情報の3分野の技術要素がバランスよく含まれた課題としました。自然エネルギーと電気自動車を取り入れることで学生の「環境意識の向上」を図りました。電気自動車(EV)の運転席前にタブレット端末を搭載し、消費電力や速度、走行距離などを表示させました。また走行用バッテリーの充電方式を一般商用電源と風力発電の2通りとしハイブリッド充電を目指しました。

【学生数の内訳】 機械部品製作 5 名、マイコン電子回路開発 4 名、組込み PC プログラム 2 名、タブレット端末アプリ開発 1 名

【訓練（指導）のポイント】

電気自動車と風車の製作では部品点数が多くなり、学生のモチベーションの維持が難しくなります。そのため機能ごとに部品をモジュール化し、小さいモジュールを完成させることで達成感を味わえるよう工夫しました。またモジュール責任者を決め、そのモジュールについて責任を持つよう指導しました。また3科(機械、電子、情報)の連携が必要な箇所は、指導員を含めて積極的な情報共有を図りながら各科の製作を取り組むようにしました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 北海道職業能力開発大学校
住所 : 〒047-0292 北海道小樽市銭函3丁目190番地
電話番号 : TEL(0134)62-3553 代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/hokkaido/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

ハイブリッド充電式スマート EV の開発

B チーム

生産機械システム技術科
生産電子システム技術科
生産情報システム技術科

1 はじめに

1.1 背景

環境保全意識の高まりとともに環境汚染・地球温暖化に配慮した製品の開発が行われている。私たちは石油エネルギー資源枯渇に対する懸念から自動車業界に起こっている“燃費規制、CO₂排出および排出ガス規制強化”という動きに着目した。

そこで、北海道らしいエコカーの製作がテーマになっている「北海道ハンドメイドエコカーコンテスト」に出展することを目標に、排気ガスを出さない電気自動車の設計・製作を行うことにした。

1.2 北海道エコカーコンテスト

「北海道らしいエコカー」を製作テーマとし、次世代自動車産業集積促進事業の一環として、道内工業系学生による「北海道の地域性に配慮した手作りエコカーコンテスト」を開催している。若者のユニークな発想や創意工夫を発信しながら、「ものづくりの楽しさ」の再認識、また、チームワークにおける創意工夫や表現方法を競うことによる道内工業系学生の技術力・意識の向上を目的として実施する。

1.3 コンセプト

開発に当たり以下のようなコンセプトを決定した。車両は電気エネルギーで走行可能な電気自動車とした。車両にタブレット端末を搭載し、速度、消費電力を表示する方式とし、これを我々はスマート EV と呼ぶこととした。また充電方式は自然エネルギーと商用電源を組み合わせるものとし、これを我々はハイブリッド充電式と呼ぶこととした。

1.4 システム構成

システム構成を図1に示し、スマート EV、充電ステーション、風車の基本仕様を表1~3に示す。大きな構成はスマート EV、充電ステーション、風力発電からなりスマート EV で取得した走行データをタブレット端末からインターネットを通じて充電ステーションに保存する。充電ステーションでは走行データをデータベースで管理し web サーバで公開

する。また充電時において充電電圧、充電電流を取得し充電状況を web サーバで公開する。2章にスマート EV、3章に充電ステーション、4章に風力発電の詳細を説明する。

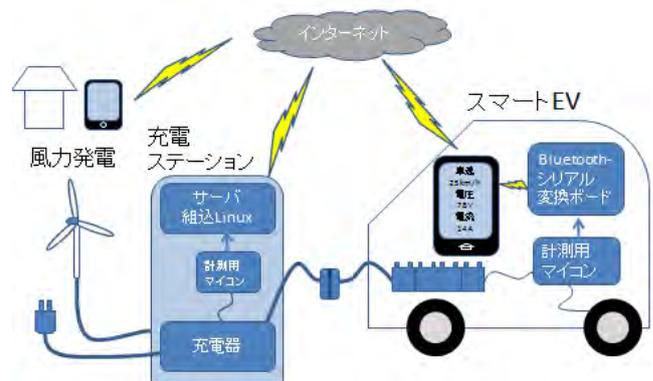


図1 システム構成図

表1 スマート EV の基本仕様

サイズ (長×幅×高)	2100mm×1300mm×1300mm	最大速度	40km/h
車両重量	200kg	最大登坂角度	6°
ホイールベース	1600mm	モータ	ブラシレス DC1.8kW
トレッド幅	1100mm	バッテリー	鉛シールド 12V2400mAh 6直列 72V
最小回転半径	5m	駆動方式	FF

表2 充電ステーションの基本仕様

サンプリング周期	5秒に1回
保存可能容量	4GB (理論値)
データ精度	小数点第1位
WEB 応答時間	平均 0.75sec

表3 風力発電機の基本仕様

コイル	φ0.45×136回巻(9個)	ロータ直径	1200mm
発電量	12V 4A(600rpm回転時)	全高	2600mm
最少発電回転数	300min ⁻¹ (12V 0.8A)		

1.5 今年度の製作目標

この開発は2年度にわたる計画であり、1年目となる今年度の目標は以下の項目を完成させることである。

- ・雪道（圧雪）を5分間連続で走行できる車両
- ・車載センシングシステム
- ・ハイブリッド式充電機器

2 スマートEV

開発したスマートEVは、車体の走行情報を習得するセンシング機能及びその情報を受信したタブレット端末上に表示する走行情報表示機能を持っている。また、駆動方式をFFにすることで、雪道走行での旋回性能を高めている。

2.1 車体設計製作

(1) 走行動力・必要トルクの算出

モータ選定のための走行動力を算出した。

走行動力は走行抵抗に速度をかけたもので走行抵抗とは転がり抵抗、空気抵抗、加速抵抗、勾配抵抗の総和である。

転がり抵抗とは、ボールやタイヤなどの球や円盤、円筒状の物が転がる時に、進行方向と逆向きに生じる抵抗力のことであり、空気抵抗は流れの速度方向に平行で逆向きの成分のことであり、加速抵抗は加速を行う際に発生する抵抗のことであり、勾配抵抗とは登坂の際に発生する抵抗のことであり、下記にそれぞれの数式を示し、仕様から具体的な数字を代入した。

$$\text{転がり抵抗 } R_r = W * \mu_r = 19.6[\text{N}]$$

$$\text{空気抵抗 } R_a = \mu_e * S * V^2 = 52.49[\text{N}]$$

$$\text{加速抵抗 } R_\alpha = (W + \Delta W) * \frac{\alpha}{g} = 34.99[\text{N}]$$

$$\text{勾配抵抗 } R_i = W * \sin\theta = 19.90[\text{N}]$$

$$\text{走行抵抗 } R_t = R_r + R_a + R_\alpha + R_i = 126.97[\text{N}]$$

$$\text{走行動力 } P = R_t * V = 1.41[\text{kW}]$$

W: 質量[kg]	200
μ_r : 転がり抵抗係数	0.01
μ_e : 空気密度係数	0.221
S: 前面投影面積[m ²]	1.92
V: 速度[m/s]	11.11
W+ ΔW : 慣性抵抗[N]	216
α : 加速度[m/s ²]	1.59
g: 重力加速度[m/s ²]	9.8
θ : 角度[°]	5.7

算出の結果、1.41[kW]以上の動力が必要であることが解ったので、それを上回る1.8[kW]のモータを選定した。

(2) 設計

本稿で書かれる車両とは、カウルを除いたシャシ一部分のことを指す。3D-CADを用いて設計した車両全体図を図2に示す。

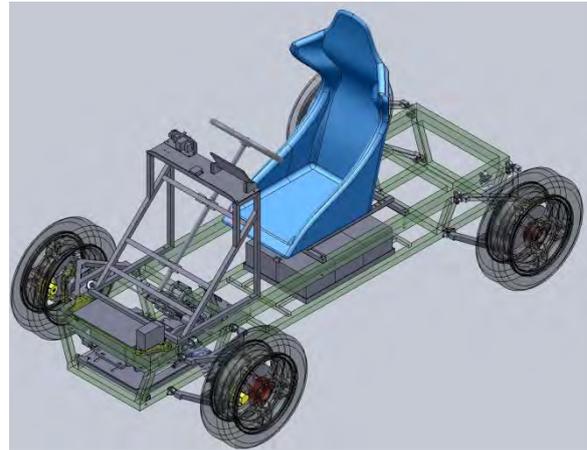


図2 車両全体図

ここではステアリング部とタイヤ部のナックルについて述べる。まずはステアリング部を説明する。ステアリング部のCAD図を図3に示す。



図3 ステアリング部のモデル

機構はラックアンドピニオンを用い、ステアリングホイールを回すことでタイロッドが左右に動きタイヤを傾けるようになっている。設計の流れとしては、始めに最小回転半径を5mとして、トレッド幅1100mm、ホイールベース1600mmの車体が回り

きるためのタイヤの切れ角をアッカーマンジャントウ方式を用いて算出する。計算では内輪が 23.75° 、外輪が 18.66° となる。続いてタイヤをその切れ角にするためのタイロッドのストロークを算出する。今回必要なストロークは左右に $\pm 44.29\text{mm}$ である。そこからそのストロークを満たせるギア的设计を行う。ギアはモジュールを 2 として、市販車を参考にステアリングホイールを 1.5 回転した時に 44.29mm のストロークを満たすことができるように設計した。また、ステアリングのシャフトに直結したギアと、ラックと連動するギアのギア比は 1:7 である。

次にナックルの設計について説明する。ナックルで重要な部分はキングピンオフセットとキャスタ角である(図4)。左がキングピンオフセット、右がキャスタ角の図である。キングピンオフセットとは、ホイールアライメントの一つで、クルマを正面から見たときに、仮想キングピン軸が路面と交わる点からタイヤの接地中心までの距離のことである。この距離がゼロのものをセンターポイントステアリング(ゼロスクラブ)といい、仮想キングピン軸がタイヤの接地中心より内側になるものをポジティブオフセットステアリング(ポジティブスクラブ)、外側になるものをネガティブキングピンオフセット(ネガティブスクラブ)という。この値が 0 に近いほどキックバックや振動が少なくなる傾向で、FF や 4WD 車ではトルクステアも少なくなる。以上より、今回の仕様ではキングピンオフセットは 0、キングピン角は 7° 、キャスタ角は 3° となるようにナックルを設計した。

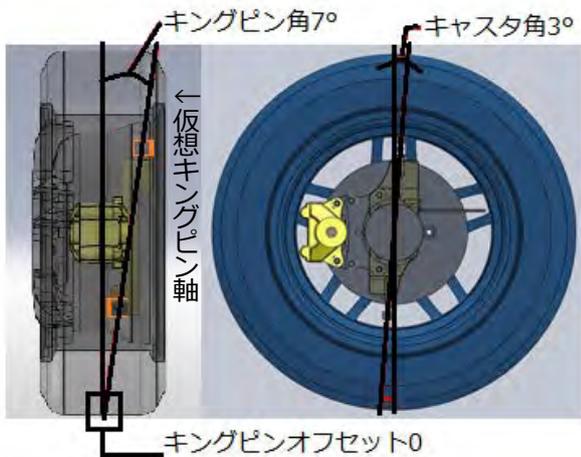


図4 キングピンオフセットとキャスタ角

(3) 製作

車両の製作部品はナックル、ハブ、スプロケット、ペダル、フレーム等である。各部品の製作に使用した工作方法及び、加工順序を表4に示す。表中の①～③は加工順を意味する。

表4 製作部品とそれを用いた工作方法

	旋盤	フライス盤	ワイヤ放電	レーザー加工	溶接
ナックル		②	①		
ハブ	①	③	②		
スプロケット			①		
ペダル				①	②
フレーム					①

以下、各部品の詳細について述べる。

① □ ナックル

第一工程はワイヤ放電加工で外形輪郭及び、中心穴の形状を加工した。第二工程はフライス盤で側面の余分な部分を落とし、取り付けに使用するネジの下穴をあけた。その後、タップでネジを切った。図5は製作したナックルの写真である。

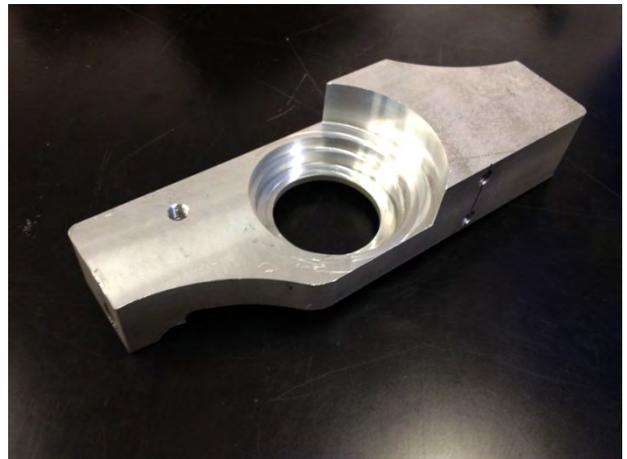


図5 ナックル

② ハブ

第一工程は旋盤で外径及び、内径を加工した。この工程では、ベアリングのはめ合わせが必要な箇所があるため、そこは H7 の寸法精度で加工している。第二工程はワイヤ放電加工でスプライン軸の溝を加工した。図6はスプライン軸の溝加工を終えたハブの写真である。第三工程ではフライス加工でフランジ穴の加工を行った。ハブは外形が丸いため、バイスで固定することが難しい。そのため、三つ爪チャ

ックで固定し、ダイヤルゲージで芯出ししてから加工を行った。最後にフランジ穴にネジ加工を施した。



図6 ハブのスプライン軸

③ スプロケット

スプロケットの第一工程はワイヤ放電加工で外形輪郭と中心穴を加工した。その後、タップでネジ加工を行った。実際に製作した物を図7に示す。スプロケットは、歯数を変えたものを複数枚製作し、減速比を変えられるようにした。



図7 スプロケット

④ ペダル

第一工程はレーザ加工で外形輪郭を加工した。第二工程はレーザで加工した薄板とステーとなる角パイプを溶接し接合した。溶接は材質が鉄で肉厚が2mmや3mmの薄い部品のため、電流値を80A程度にして直流のTIG溶接で行った。実際に製作した物を図8に示す。

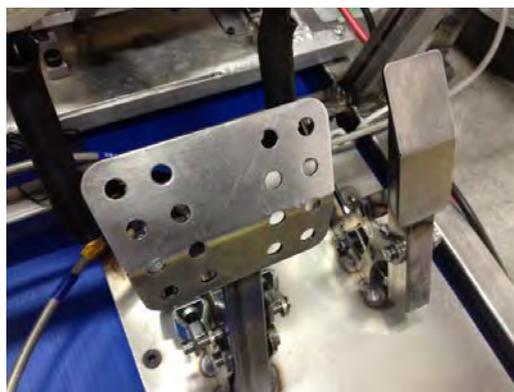


図8 ペダルの写真

⑤ フレーム

メインフレームはSTKMRの鋼製であるため、半自動溶接で行った。図9にメインフレームの溶接部の写真を示し、図10に溶接時の様子を示す。



図9 メインフレームの半自動溶接

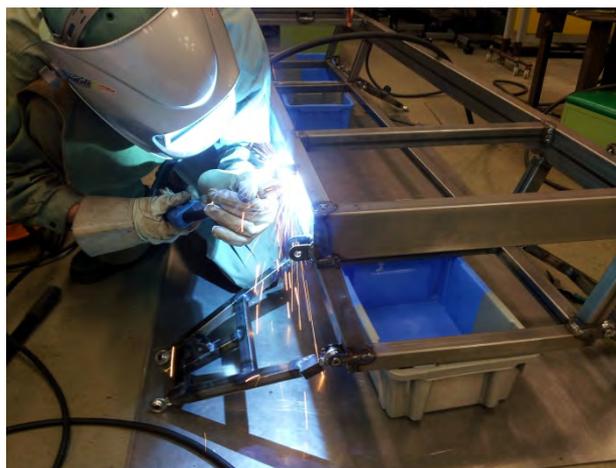


図10 溶接時の様子

ステアリングフレームは材質がアルミで、肉厚も2mmと薄いため、交流のTIG溶接で電流値を70A程度まで落として行った。また、アルミは磁石による固定ができないため、シャコ万力とスコヤを用い

て直角と平行を確認しながら行った。図 11 に完成したステアリングフレーム及び車両全体の写真を示す。

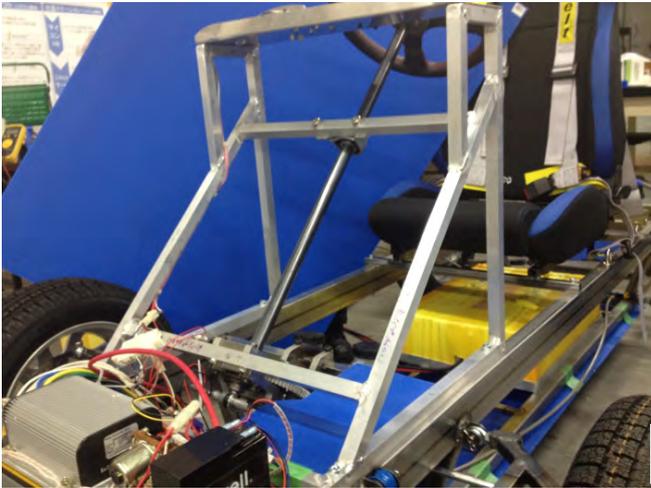


図 11 車両全体図

センシングした情報の送信を無線で行うため Bluetooth シリアルモジュールも基板に設置されている。走行速度計測は磁気センサ IC を用いて行う。タイヤと同回転するスプロケットに設置された磁石を磁気センサが感知しマイコンに入力される。

また、車載システム用電子回路基板には電源電圧入力ピンや各種センサを接続するためのコネクタを設置し、車体に取り付けた際に外部へ導線を引き回せるようにしている。

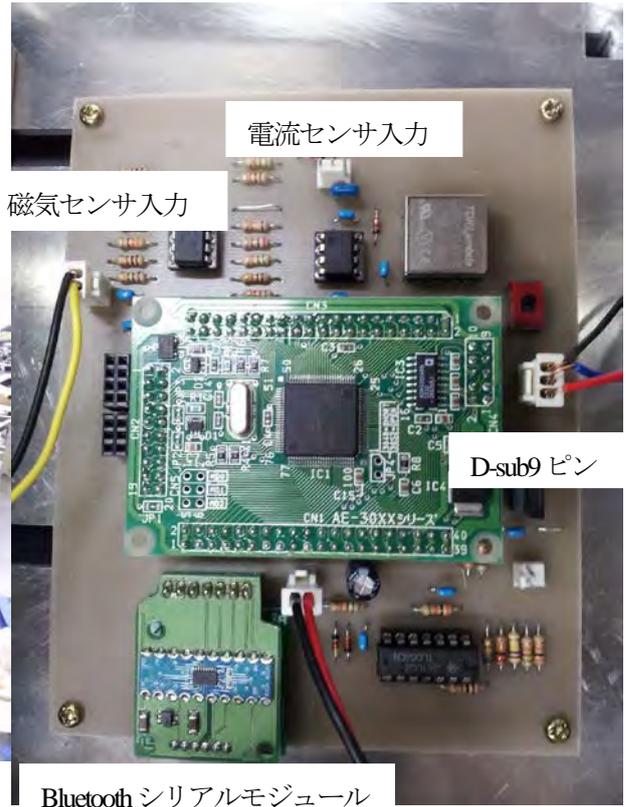


図 12 車載システム用回路

2.2 車載システム

車載システムはスマート EV の走行速度、消費電流、バッテリー電圧の情報を取得するためのセンシング機能と、受信したデータをタブレット端末上に表示する機能の 2 つを行う。

(1) 走行情報のセンシング

① 車載システム用回路の基板構成

図 12 に、完成した基板を示し、図 13 に車載システム用回路基板の基板構成図を示す。回路基板はスマート EV の走行速度計測用、消費電流値計測用、バッテリー電圧値計測用回路からなる。これらは、H8 マイコンとオペアンプ回路で実現している。

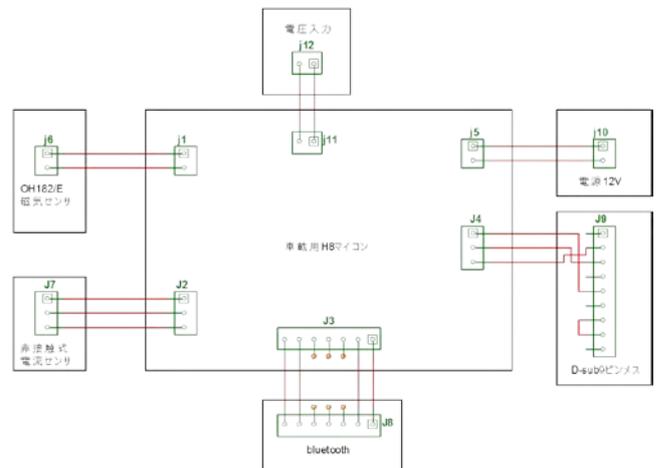


図 13 車載システム用回路の基板構成図

回路の電源電圧は 12V である。電流センサ出力や走行用バッテリー電圧（定格 72V；12V 鉛蓄電池 6 直列接続）をマイコンの AD 変換ポートに入力するための前置増幅回路はオペアンプを複数使用して実現した。オペアンプ動作には $\pm 12V$ の電源が必要であるため DC-DC コンバータを使用し、マイナス電圧を作った。また、取得データを無線送信する Bluetooth シリアルモジュールの基板には電源電圧 5V が必要だったため、三端子レギュレータを用いて電圧を生成した。

②走行速度計測

走行速度の計測は、磁気センサ IC を用いてタイヤの回転数を計測することで行っている。スプロケットには 2 つのネオジウム磁石が設置されており、タイヤが半回転するごとにセンサ IC が反応するようになっている。

採用した磁気センサ IC は、センサ部表面を鉄などの磁性体金属が通過するときセンサ出力電圧が 2 値的(Low と High)に変化するものを使用した。出力された電圧はオペアンプによるコンパレータ回路で Low を 0V, High を 5V となるようにし、それらの信号を H8 マイコンの外部割込みポートに入力する。

磁気センサ IC は、通常よく用いられる磁性体金属である鉄をセンシングすることができるものを選定したが、実際に実験してみると感度があまり良くなく、センサ IC のセンサ部に接触するほどに近づけなければ反応しなかった。そこで磁性金属ではなくネオジウム磁石をセンサ対象として使用したところセンサ部と 2cm ほど離れていてもセンシングするようになった。これにより、タイヤ周辺の機械設計の自由度も増えた。

③消費電流・バッテリー電圧計測

図 14 に消費電流計測センサ IC をバッテリー電源コードに装着した様子を示す。今回、消費電流の計測用電流センサ IC は非接触式で計測できるクランプメータ型を用いた。これは導線に電流が生じたときの周りの磁界の強さから電流値を求めるものである。この電流センサ IC は非接触式なため、回路中にセンサを直列に挿入・接続するといったことが必要なく、今回のように大きな電流の計測も比較的に行える。



図 14 クランプメータ型消費電流計測 IC

使用する電流センサ IC の測定可能範囲は -50A から +50A であり、これが電流の強さに応じてセンサ出力電圧 0V から 5V に対応して変化する。

図 15 は電流センサ IC の特性を評価した実験結果である。センサ IC のクランプメータ部を導線に設置し、そこに 4A までの電流を流して測定を行った。図 15 より導線に流した電流の大きさと電流センサ IC から出力された電圧が良好な比例関係にあったため、この電流センサ IC が消費電流の計測に使用可能であると判断した。

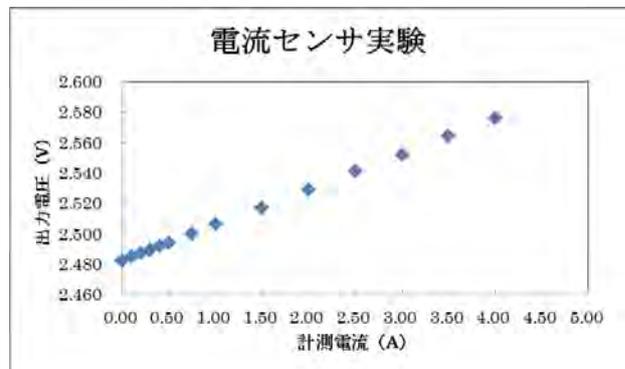


図 15 電流計測回路

今回の計測では、-50~0A は使用していない。0~50A 間の変化を 0~5V で表すようなオペアンプ回路を設計・制作した。この電圧を H8 マイコンの AD 変換を行えるポートに入力し、プログラムにより換算して電流値を求めている。

次にバッテリー電圧計測について説明する。

EV 用モータは定格電圧 72V で駆動する。その 72V を定格電圧 12V のバッテリー(鉛蓄電池)を 6 個直列に接続して生成する。このままではマイコンでの

アナログ電圧測定が不可能なため、バッテリー電圧を分圧してマイコンに入力・測定できる値に調整した。その考え方を以下に述べる。バッテリーは過放電・過充電状態で用いないことを前提とし、そのためバッテリー 1 個あたりの電圧は、定格電圧から $\pm 2V$ を超えて変化しないと仮定した。バッテリーはそれが 6 個直列に接続されることから、バッテリー電圧の変化範囲を 60~84V までと考えることにした。この電圧範囲の電圧が、分圧回路とオペアンプによる減算回路を組み合わせた回路で 0~5V の範囲で出力する。その後、ダイオードによる保護回路を介して、マイコンの AD 変換ポートへ入力している。プログラムによる計算で実際のバッテリー電圧値を求めている。

(2) 走行情報表示機能

センシングによって取得した値をマイコンから受信し、AndroidOS™を搭載したタブレット端末にグラフィカルに表示する。タブレット端末は Google™より販売されている Nexus7™を使用する。端末の性能を表 5 に示す。

表 5 Nexus7™性能一覧

プロセッサ	Tegra™3 1.2GHz コア数 4
メモリ	1GB
ディスプレイ	7.0 インチ
サイズ	高さ 198.5mm×幅 120.0 mm×厚さ 10.45 mm 重さ 340g
稼働時間	最長 8 時間
Bluetooth	ver. 3.0+EDR
無線 LAN	802.11 b/g/n

タブレット端末の画面構成(GUI)を図 16 に示す。

画面上に設置された **START** ボタンをタッチ操作により押下するとプログラムが動作を開始する。マイコンで計測した走行速度、消費電流、バッテリー電圧のデータを Bluetooth 通信により受信し、走行速度(アナログ表示、デジタル表示)、消費電流、バッテリー電圧、バッテリー残量のそれぞれを算出しタブレット端末の画面上に表示する。また表示したデータが記憶され、**STOP** ボタンを押下するとサーバへソケット通信(Wi-Fi)を用いて送信しログを保存する。保存するログは計測日時、走行速度、消費電流、バッテリー電圧、バッテリー残量の 5 種類である。走行情報のログはブラウザを介して Web で閲覧することができる。

プログラムの構成は Bluetooth 受信スレッドとデータ処理、表示スレッドが並列して動作している。Bluetooth 受信スレッドではマイコンから送られるデータが 9 桁の数値かどうかの判断を行い正しいフォーマットのデータのみを受け渡す。データ処理、表示スレッドでは受け取ったデータを画面に表示するために分解し速度からアナログメータの針の角度、電圧からバッテリー残量をそれぞれ算出し GUI に表示する。



図 16 走行情報表示機能の GUI

2.3 スマート EV 成果

今年度の目標は雪道を 5 分間走行できるシャシーの完成である。試走を行った結果、5 分間の連続走行を達成することができた。パワートレイン部はモータからスプロケット、そしてドライブシャフトまでの一連の動作伝達に問題はなかった。ステアリング部もステアリングホイールを 1.5 回転した時に、最少回転半径 5m 以内で回ることが確認できた。サスペンションも機能し、ブレーキの制動力も問題はなかった。また、車載システムは走行中の速度・電流・電圧値それぞれをマイコンで計測し、送信することができ、そのデータをタブレット端末上にそれぞれ表示することができた。走行テストではタイヤを地面に接地してない状態と接地した状態それぞれでアクセルの開度による速度変化を GUI に表示できた。また走行情報のログをサーバへ送信しデータベースに保存することに成功した。

3 充電ステーション

開発した充電ステーションは、EV 用モータの充電と、その充電状態を示すデータの取得、さらにデ

ータ管理サーバを設置して、走行・走行履歴データ、充電・充電履歴データの閲覧、管理を行っている。完成した充電ステーションを図 17 に示す。



図 17 充電ステーション

3.1 充電データセンシング機能

走行用バッテリー (定格 72V) を市販の充電器を用いて充電する。そのときの充電電圧と充電電流を計測する。回路基板の構成は車載システム用回路基板とほぼ同じである。ただ、走行速度の計測は行わないため、磁気センサ部分の回路はない。また、サーバ用ボードコンピュータとマイコンとのデータのやりとりは、Bluetooth は使用せず、有線でシリアル通信 (RS232C) を行うため、Bluetooth シリアルモジュール用の回路を取り除いた。

3.2 データ管理サーバ

データ管理サーバには、シングルボードコンピュータである pandaboard™ を用いる。pandaboard™ の基本要素を表 6 に示し、充電ステーションに搭載した pandaboard™ を図 18 に示す。

表 6 pandaboard™ の基本要素

OS	Linux™
ディストリビューション	Ubuntu™12.04
開発言語	C 言語
WEB サーバ	Apache™
データベースサーバ	MySQL™
スクリプト言語	PHP
ファイルサーバ	Samba

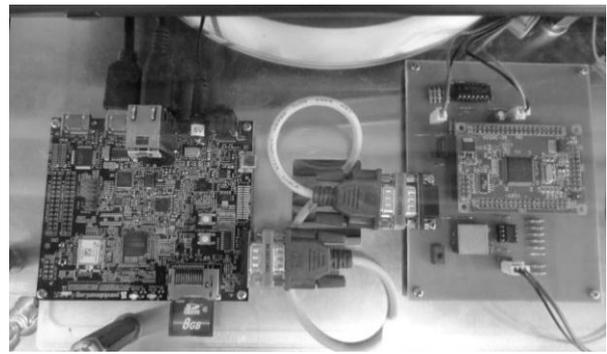


図 18 pandaboard™ (左) とマイコン (右)

pandaboard™ 選定の理由は、サーバとして求められる省消費電力性・静音性・メンテナンス性に優れている点あげられる。

pandaboard™ の役割は大分して、走行データ・充電データの受信、内部データベースへの書き込み、WEB サイトとしてのデータ公開がある。

(1) 走行データ・充電データの受信

タブレット端末とは走行後にソケット通信を行い、充電ステーションではマイコンと常時シリアル通信を行う。走行データ・充電データはデータベースへの書き込みが容易な SQL ファイルとして保存する。

(2) データベース

データベースモデルを図 19 に示す。

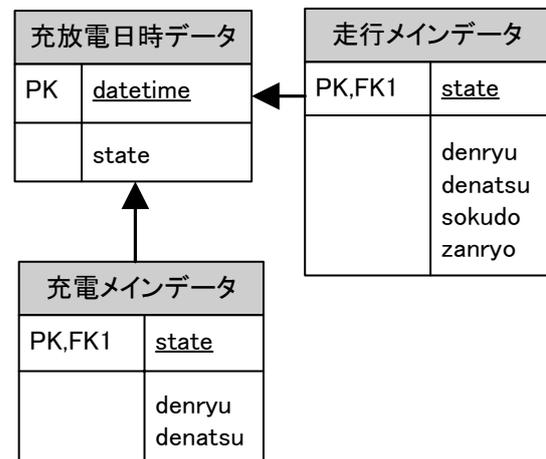


図 19 データベースモデル図

複雑なデータ構造を避け、登録や表示の機能性を重視したテーブル設計をした。

(3) WEB サイト

サーバ構築では、ソフトウェア群 (LAMP) を用いて WEB サイトを制作した。サイト構成は、走行履歴閲覧ページと充電履歴閲覧ページである。

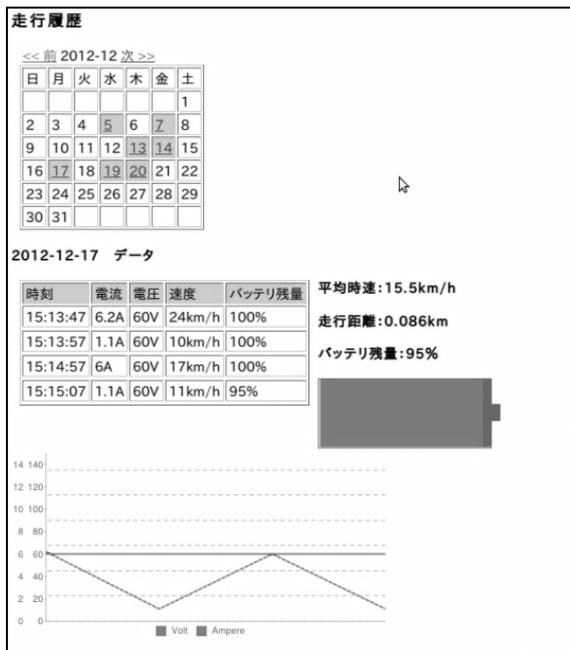


図 20 WEB ページ (走行履歴)

カレンダーからデータを選択すると、データベースからデータを読み取り、表とグラフで表示するシステムになっている (図 20)。

3.3 充電ステーション成果

概ね想定していた機能は実装できた。しかし通信における受信待機が常に行われているため、CPUが無駄に消費されている点、セキュリティ対策が甘い点ため外部への公開はできない点などの改善箇所がある。

4 風力発電

開発した風力発電は、発電機によって三相発電を行う。

4.1 風車の製作

風車の設計は参考文献の資料を基にモデリングを行った。設計した 3D モデルを図 21 に示す。風車はプロペラ部分、発電部分、尾翼部分、支柱を含む土台部に分けられている。

プロペラ部は市販のプロペラを固定するマウントをワイヤ放電加工機で加工した。

尾翼部は尾翼本体と保持部からなる。尾翼本体は塩化ビニル製で、レーザ加工機で製作、保持部はアルミ製となっている。

土台部の支柱は建築用の単管パイプとなっており、末端の発電部と接続するシャフト部品は旋盤で加工した後、単管パイプ先端に溶接した。

発電部はロータ、ステータ、シャフトからなり、図 22 のように配置されている。

ロータはフライス盤で製作した。ネオジウム磁石を、円周等間隔で配置する必要があるため、その部分にポケット加工を行った (図 23)。

ステータはベニヤ製であり、レーザ加工機で輪郭を加工した。シャフトは旋盤で加工を行った。

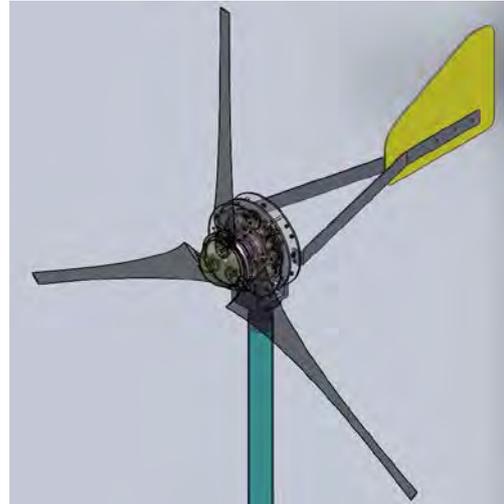


図 21 設計したモデル

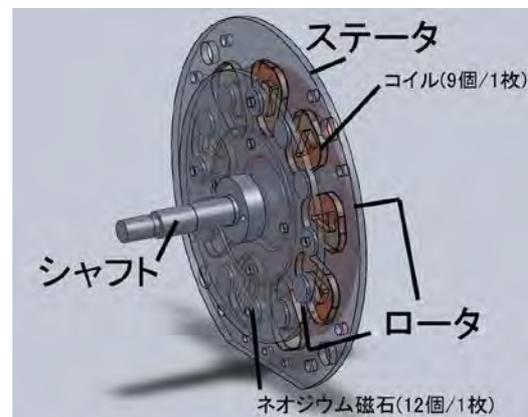


図 22 発電部分断面図



図 23 加工中のロータ

4.2 発電機の製作

図 24 に製作したエアギャップ発電機を示す。

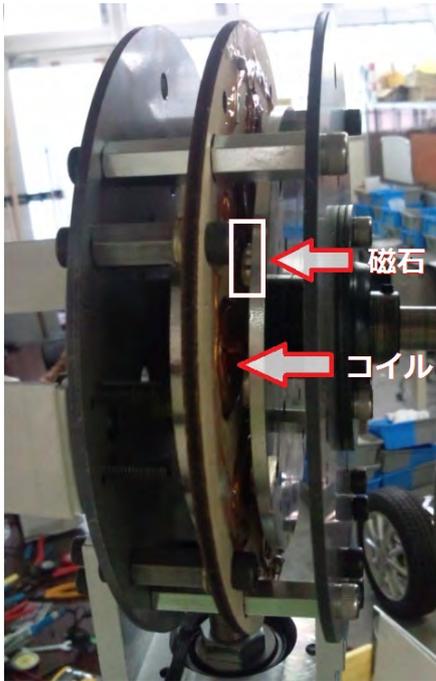


図 24 エアギャップ発電機

製作の手順は以下のとおりである。

(1) コイル巻き

図 25 は、コイルの写真である。0.45mm φ のエナメル線を 136 回巻いている。

アルミ板に適当な大きさに切り、三角形の穴をあけコイル巻き用治具を作る。手巻きでコイルをできるだけ薄く規則的に巻き上げるように巻く。コイル巻きは発電機作りの中でも一番重要な工程で、コイルの良し悪しが発電機的能力を左右する。図 25 の写真が実際コイル巻きに使用した治具とコイルを巻いた様子である。



図 25 コイルとコイル巻用治具

(2) マグネットの選定

マグネットに、磁力が最も強く、機械的強度が優れているネオジウム磁石 (大きさ φ15mm 厚さ 5mm) を選んだ。磁力が強いため取扱いに注意しなければならない。防錆処理はされているが、水にぬれると腐食してしまう。耐熱温度は 80 度である。通常の使用に耐熱温度はほとんど問題ないが、発電機への雨の侵入に十分注意しなければならない。今回の発電機は試作版であり、防水対策は行っていない。これは、来年度に検討する。

(3) ステータとロータの制作

図 26 にステータを示す。ステータには 9 個のコイルを取り付けた。ロータには、極性を変えて交互に並べてネオジウム磁石が 12 個取り付けてある。ネオジウム磁石を、磁石の数 = コイル数 × 3/4 となるようにお互いの数を決める。これにより出力電圧が三相となる。ロータは 2 組必要で、この 2 つのロータが、ステータをはさんで正対する。

ステータに溝を掘り、各相のコイル (3 つずつ) を直列に接続する。ネオジウム磁石はボンドで張り付ける。

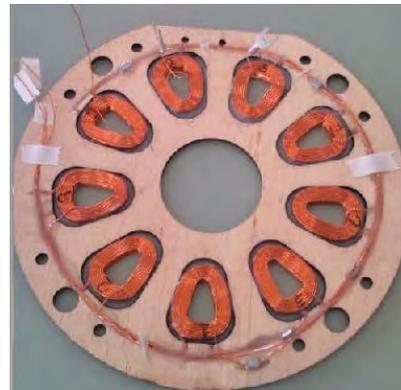


図 26 ステータ

(4) エアギャップ発電機の組立て

注意しなければならないことはロータ同士が組立途中で張り合うことがないようにすることである。取り付ける際には専用治具を作り慎重に作業する。セットカラーでシャフトに固定したロータをベアリングに固定する。続いてステータを固定する。ロータとロータの間隔の調整には平ワッシャーを使う。スペーサーの調整が終わったら、もう一枚のロータをシャフトに通す。最後に、フレームに固定したベ

アリングホルダーをシャフトに通し、支柱にネジ止めして、エアギャップ発電機の完成となる。

4.3 風力発電の結果

風力で一番重要な羽根の回転をスムーズに行う配慮した土台や固定方法もうまく機能している。図 27 に発電した三相交流波形を示す。風速 7m (羽根の回転数は 250min^{-1}) に対する結果である。無負荷状態 (各相は開放状態) の各端子の出力をオシロスコープで観測した。三相交流が生成されていることがわかる。最大値 2 V の発電電圧することが確認できた。だが、電圧が低くこのままでは充電することができない。そのため倍圧回路や昇圧回路などを作り充電できるまで電圧を上げたいと思う。

風車の羽根が小さく強風ではないと回らないことがわかった。羽根を大きくするか数を増やして風を受ける面積を増やして低速でも回る風車にしたいと思う。今回は、三相発電が観測できたところまで行えたが、充電回路やハイブリット化まではできなかった。来年度の課題にしたい。

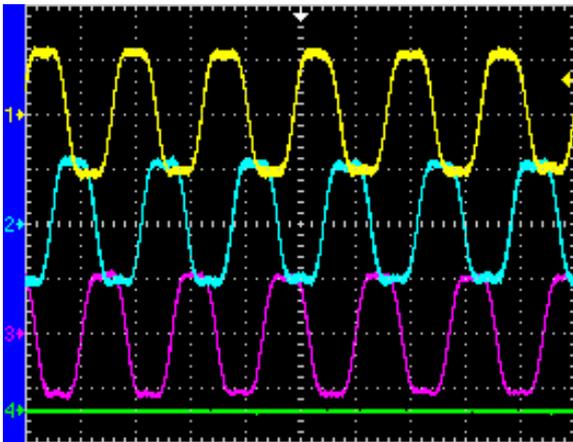


図 27 三相交流波形 (1V/div 50ms/div)

5 まとめ

(1) 今年度の成果

スマート EV は雪道 (圧雪) を 5 分間走行できる車両を完成することができ、車載システムも完成した。充電ステーションは走行データを蓄積し表示することができた。風力発電においては風車が完成し三相交流波形が計測でき、発電を確認した。

(2) 来年度

来年度は EV の車体のカウル完成及びハイブリッド式充電機の完成、風力発電機の完成を目標としている。

謝 辞

今回の製作にあたり、多数のご協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中村昌広：自分で作る風力発電 (総合科学出版, 2011)

課題実習「テーマ設定シート」

作成日：9月27日

科名：生産システム技術系

教科の科目		実習テーマ名	
精密機器設計製作課題実習（生産機械システム技術科） 電気制御システム課題実習（生産電子システム技術科） 計測システム応用構築実習（生産情報システム技術科） （開発課題実習）		ハイブリッド充電式スマートEVの開発	
担当教員		担当学生	
○生産機械システム技術科			
生産電子システム技術科			
生産情報システム技術科			
課題実習の技能・技術習得目標			
ハイブリッド充電式スマートEVの開発を通して、「ものづくり」全工程を行うことにより、複合した技能・技術及びその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的能力等）を習得することを目的としています。具体的には製品設計技術、板金・切削、溶接を複合的に活用した製品製造技術、製品設計製造情報のドキュメント作成及び管理技術などの習得を目標にします。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
今日の環境保全意識の高まりから、排気ガスを出さないエコカーが注目を集めています。北海道においても『北海道ハンドメイドエコカーコンテスト』が開催されています。今回、このコンテストに出場するためスマートEVとハイブリッド充電システムを開発します。			
実習テーマの特徴・概要			
ハイブリッド充電とは商用電源と風力発電の自然エネルギーの2つを組み合わせた充電方式であり、スマートEVとはEVにタブレット端末を搭載し、速度、消費電力を表示することをスマートとしています。車両は3次元CADで設計し、切削、板金、溶接等これまでに習得した技能技術を最大限活かして製作します。また風力発電を用いた充電ステーションでは発電機をコイルを手巻して自作します。こうした経験を通じて発電の基礎原理から効率的な電力利用を学びます。			
No	取組目標		
①	3次元CADを利用し設計を行い、切削・板金、溶接を複合的に活用し、車両を完成させます。		
②	機械・電子・情報の技術要素を明確にし、スケジュール管理を行います。		
③	最新の電子デバイスに注目し、積極的に採用してまいります。		
④	開発する際、機械・電子・情報3科のコミュニケーションを密に取り、部門間の問題を素早く解消します。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑥	ファシリテーションを導入することでグループ活動が活発になるように促し、リーダーがファシリテーターの役割を果たします。		
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識を持ちます。		
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		