

暖房を目的とした電気自動車の熱管理

Energy Management for an Electric Vehicle

加賀田 誠* 坂田 知浩*

Makoto Kagata, Tomohiro Sakata

あらまし

内燃機関等の熱源を持たない電気自動車は、冬季間の使用においては暖房が問題となる。走行用の電力を暖房用に振り向けた場合、走行距離を大きく減ずると言われている。本研究では、電気自動車として日産リーフを選び、冬季間に市街地走行を行った際の、暖房使用中の電力使用状況、走行距離等を調べた。また走行中の電気自動車に、暖房の用の熱源となりうる高温部分があるかを調査した。これらの測定・記録は、車両に外部診断器を接続することだけで実現でき、各種のセンサ等を車両に搭載するという手間を省きつつもさまざまなパラメータの測定を行うことができた。暖房を使用した際の航続距離は、暖房を使用しない場合のそれに比べ、おおよそ半減することが分かった。

1. はじめに

内燃機関を搭載した車両では、暖房はエンジンの廃熱を利用している。しかし熱源を持たない電気自動車においては熱源を別に用意する必要があり、一般的には走行用バッテリーを電源とするヒータ、ヒートポンプ等が用いられる。走行用バッテリーを暖房用に振り向けた場合、航続距離を大きく減ずることとなり、電気自動車普及の足かせとなっている。

一方、電気自動車にはHVバッテリー、インバータ、駆動用モータなどの高電圧電力機器が搭載されており、そこではある程度の廃熱の発生が期待できる。⁽¹⁾

本稿では、電気自動車の廃熱を暖房に利用すべく、車内に利用可能な高温部分があるかを調べ、また暖房使用時における航続距離についても調査したので報告する。

2. 測定方法

電気自動車である日産リーフを実走行させ、車体各部の温度変化を測定、車両部品の電力消費を調べた。表1.に車両諸元を示す。

二人乗車し、暖房使用・非使用での設定は、
暖房使用時：

エアコン On
(温度設定 32℃、プロアファン最強)、
シートヒータ助手席、運転席 Lo

暖房非使用時：

エアコン Off、シートヒータ Off

とした。車両は走行直前まで充電し、満充電状態から測定を行った。

供試車両である初期型の日産リーフは暖房の熱源として PTC ヒータを採用している。

表 1 車両諸元

車名形式	ニッサン ZAA-ZE0	タイヤサイズ	205/55R16
全長	4 4 4 5 mm	バッテリー種類	リチウムイオン電池
全幅	1 7 7 0 mm	総電力量	2 4 k W h
全高	1 5 4 5 mm	モータ形式	E M 6 1
ホイールベース	2 7 0 0 mm	定格出力	8 0 k W / 6 1 5 0 rpm
車重	1 5 2 0 k g	JC08 モード充電走行距離	2 0 0 k m

* 北海道科学大学短期大学部 自動車工業科第一部

PTC (Positive Temperature Coefficient) ヒータは電流を流すと発熱するが、ある温度で抵抗が急激に増加するため、電流量が制御され一定の発熱量を保つ。日産リーフでは、この PTC ヒータの電源は走行用の HV バッテリーであり、PWM 方式でヒータに通電、ヒータフルードを加熱、ラジエータ状のヒータコアで室内の空気を温めている。

走行コースは冬期間の市街地走行を想定し、北海道科学大学を出発し、下手稲通り－国道 337 号線－道道 225 号線－国道 5 号線を小樽・余市方面に向かい、HV バッテリー残量を見越しつつ折り返して同じ経路を戻ってくるというコースとした。

測定には日産の OBD II システム、CONSULT-III Plus を使用した。CONSULT-III Plus は、車両の OBD 端子に接続するインターフェース機器と、それと無線接続される PC から成っている。(図 1)



図 1 CONSULT-III Plus

車両の ECU では、制御のため大量のデータを処理しており、その大部分は CONSULT-III Plus のような外部診断機システムでモニターすることができる。CONSULT-III Plus では、車両と有線接続されたインターフェース機器を仮想的なデータレコーダとして設定し、データを蓄積後に PC に転送するモード、またはリアルタイムで PC と通信し、PC 側でデータをモニター、また保存するモード両方

を備えている。いずれも、あらかじめデータ取得時間やサンプリングの間隔を設定し、車両側のデータの遷移をトリガとしてデータを蓄積することもできる。データ取得時間はトリガ前後に振り分けることができる。つまりトリガ以前のデータも蓄積できることから、たとえば車両で故障が発生したとして、その故障をトリガとすれば、故障前後の車両の状態を記録することができる。本来の用途である故障探求においても強力なツールとなる。

本研究ではこのシステムを用いて車両各部の温度等を測定、記録した。以下に測定項目の詳細を記す。⁽²⁾

- HV バッテリー温度 1～4

日産リーフではバッテリーパックは床下に配置され、4つの温度センサが取り付けられている。温度センサは温度上昇に伴い抵抗が小さくなるサーミスタが用いられている。

- モータ温度／インバータ温度

駆動モータ内部のステータの温度、インバータ内部の温度も車両 ECU は測定しており、高温状態では出力制限などを行う。

- 冷却水温度

モータ／インバータの高電圧回路は水冷を行っている。電動ウォーターポンプ、ラジエータ、電動ファンからなるシステムで、ラジエータ部分の水温をサーミスタにより検出している。

- 12V バッテリー温度

補機用の 12V バッテリーはマイナス端子に電流センサが取り付けられており、充放電状態を監視している。この電流センサにもサーミスタを用いた電流センサが内蔵されており、バッテリー付近の雰囲気温度を測定している。

- 外気温度／内気温度

エアコンシステムで利用するため、サーミスタを用いた内気センサ／外気センサが取り付けられている。

- ヒータフルード温度

PTC ヒータにより温められたヒータフルードの温度をサーミスタにより測定している。

温度以外ではモータ出力、PTC ヒータ出力、HV バッテリー残量 (%、Wh)、車速、HV バッテリー電流量などを記録した。

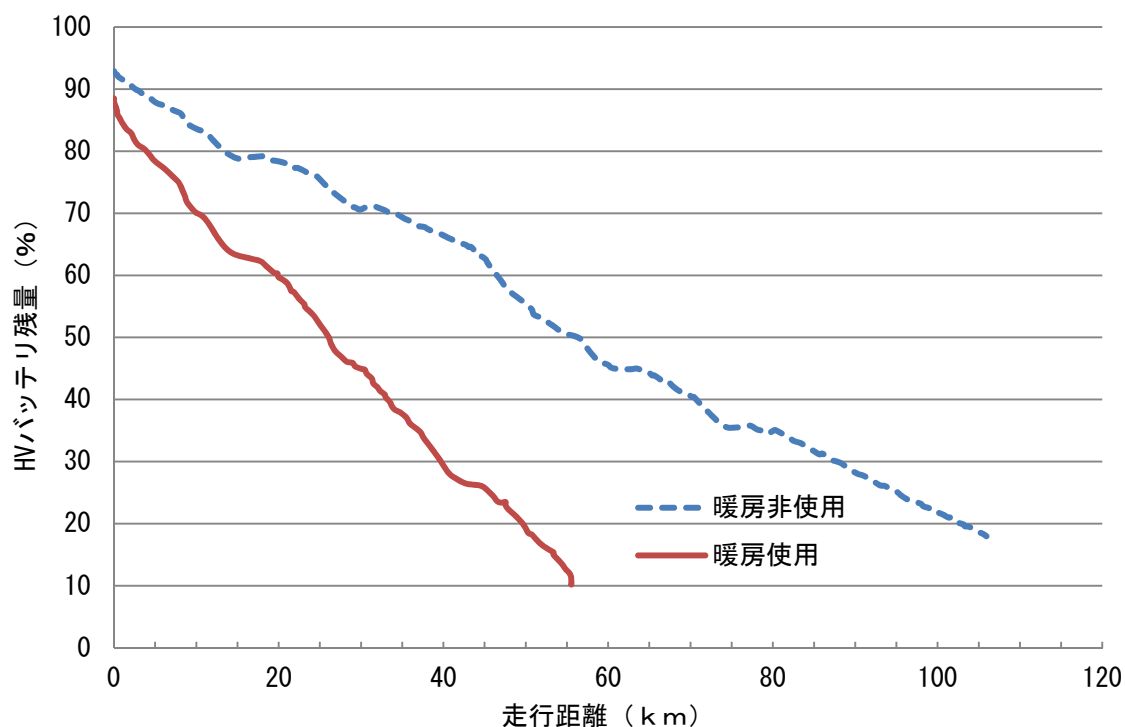


図 2 HV バッテリー残量の推移

3. 測定結果

3.1 暖房使用時の航続距離

日産リーフを実走行させ、暖房を使用した時としないときの実際の走行距離を調べた。リーフは現在の電気負荷と HV バッテリー残容量から航続可能距離を算出し、インストゥルメントパネルに表示する。それを見ながら運転し、大学に帰還できるよう走行した。予測される航続可能距離は km 単位で表示されるが、おそらくは HV バッテリー残量が 10%以下になると“***km”と表示される。その表示が出るまで走行した。

走行前後のトリップメータの表示から計算した実走行距離は、

暖房使用時：59 km

暖房非使用時：127 km

となった。いずれも12時間以上充電し、満充電状態から実際に走行した距離である。走行前の航続可能距離の予測値は、

暖房使用時：100 km

暖房非使用時：162 km

と表示されていた。

実走行距離はそれを大きく下回り、また暖房使用時は、走行距離は半分になった。記録したデータから電力使用の内訳をたどると、暖房使用時は

前記59 kmの走行に際し17.4 kWhのバッテリーからの電力を消費したが、そのうち8.4 kWhが PTC ヒーターで消費されており、バッテリー電力量の半分しか走行に使えていないことが分かった。

図2は暖房を使用した場合、しなかった場合の走行した距離と HV バッテリー残量の変化を表わしている。暖房を使用しなかった場合は、実走行時間がデータ取得時間である3時間を超えたため、途中で走行データが打ち切られているが、トリップメータの表示では127 km走行している。図からも、暖房にバッテリー容量を振り向けることにより、大きく走行距離を減ずることが確認できた。

3.2 車体各部の温度変化

車両を実走行させたときの高電圧機器の温度変化を図3に示す。床下に収納されている HV バッテリーの温度は、4カ所測定しているが代表的なもののみ表示した。すなわち温度上昇はない。

走行するとともにモータ温度は上昇している。しかし、モータをはじめとする高電圧機器を冷却している冷却水温は、モータールームの雰囲気温度であろう12V バッテリー温度と比べて5℃程度しか上昇していない。冷却システムは冷却水温、

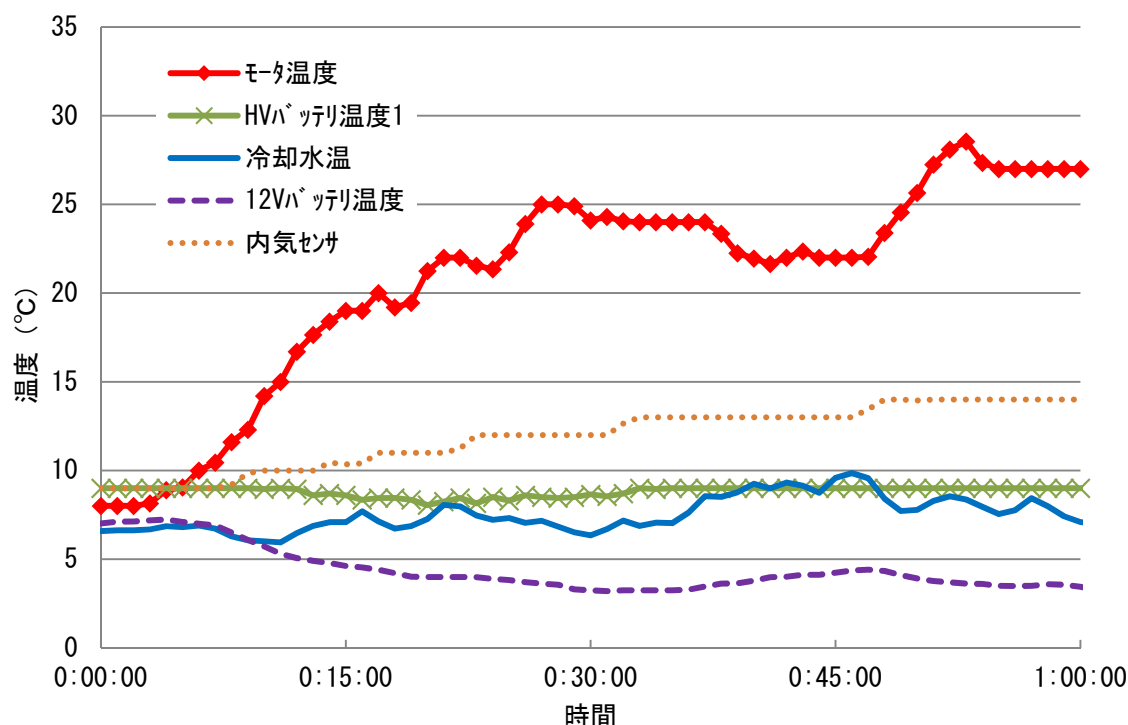


図 3 走行時の温度変化（暖房使用せず）

車速、エアコンからの要求に基づき、ラジエータの電動ファンや電動ウォーターポンプを多段階制御し、冷却水温制御を行っている。冷却水温が大きく上昇しないのは冷却がうまくいっている証拠ではあるが、熱源として用いるためには、ここでの熱収支を精査し、冷却システムの制御に割り込む必要がある。

4. まとめ

日産リーフを供試車両として、走行用のHVバッテリーの電力を暖房に振り向けた場合の走行距離の減少を、実走行により確認した。走行距離は暖房を使用しない場合に比べおよそ半分に減じ、電力消費の内訳からもそれが裏付けられた。

走行時の高電圧機器の温度上昇を測定し、それらで発生する廃熱を暖房に振り向けられるかを調べた。車両の冷却システムのおかげで温度上昇の幅は小さく、熱源として用いるためには、モータやインバータという基幹部品の冷却システムを精査する必要があることが分かった。

本稿で報告した測定はすべて CONSULT-III Plusで行った。高度に電子化された車両と CONSULT-III Plus を組み合わせれば、センサを車両にとりつける、センサからの信号をデータロガーまで配線す

る、などの艱装等の手間をかけずに種々のパラメータの測定ができることを改めて実感した。

5. 参考文献

- (1) 大野裕之, 畠山淳, 長田光昭, 前田知広, “廃熱回収ヒートポンプの開発,” “CALSONIC KANSEI TECHNICAL REVIEW,” Vol.11, 2014, pp.52-57.
- (2) 日産, “LEAF 新型車解説書,” 2010