

エンジン回転数に着目したハイブリッド車の燃費改善

2008MI266 山田学

指導教員：大石 泰章

1 はじめに

ハイブリッド車は国内にのみならず国外でも幅広く利用されている。ガソリン価格が上昇しているなかで燃費が良く経済的であるからである。燃費向上の原理は、余剰エネルギーをバッテリーにため、バッテリーからの電力供給でエンジンをアシストするというものである。エンジンだけでなく電力を使うことにより、排気ガスを減らし二酸化炭素削減など環境面での活躍も期待できる。しかし、この分野はまだ発展途中であり、さらなる燃費改善の可能性がある。

そこで本研究では、自動車技術会と計測自動制御学会が共同で設置した自動車制御とモデル研究専門委員会から提供されているベンチマーク問題 [1] の第2問であるハイブリッドパワートレインを用いた通勤車両の燃費改善について考えていく。燃費改善方針として、特にエンジン回転数に着目していく。

2 ベンチマーク問題の概要

このベンチマーク問題では、シリーズパラレルハイブリッド方式の中型セダンを採用している。図1はシリーズパラレルハイブリッド方式の特徴を図で示したものである。シリーズパラレルハイブリッド方式の利点は、プラネタリーギアを用いてモーターとエンジンの出力を自由に組み替えて使用できる点である。これは、パラレルハイブリッド方式とシリーズハイブリッド方式の長所をかねそらえているといえる。これにより、発進時や低速時などのように高効率でエンジンを使用できないときはモーターからの電力のみで走行し、通常走行時のように高効率で走行できるときはエンジンを使用し、その動力を駆動用とバッテリーの充電用に振り分けることを可能にしている。しかし、その分制御は複雑になってしまう。

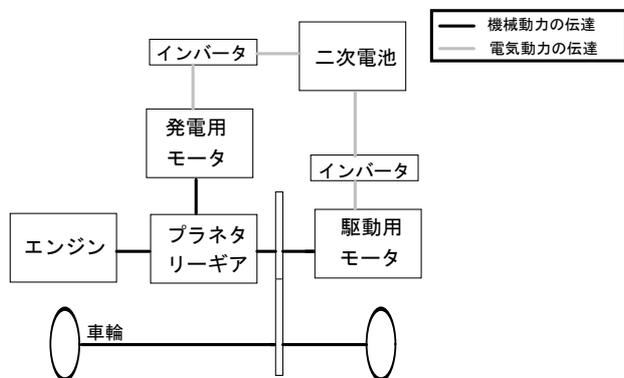


図1 シリーズパラレルハイブリッド方式の基本構造 [2]

また、このベンチマーク問題では、3週間分の実走行

データに基づく走行パターンが与えられており、異なる走行時間、天候、曜日においてドライバ満足度パラメータを90%以上に維持することが求められている。

以上の条件の下でハイブリッド車の走行をシミュレートする。Simulink(Matworks社)とGT-SUITE(シーディーアダプコジャパン社)に基づくプログラムが与えられており、ベンチマーク問題に挑戦する者は、エンジン制御、バッテリー制御、発電用モーター制御、駆動用モーター制御のロジックを書きかえて燃費の向上を試みる。

3 エンジン回転数による燃費改善

本研究では、エンジン回転数に着目して燃費の改善を試みる。図2は、横軸をドライバ要求駆動出力、縦軸をエンジン回転数で示したグラフである。まず、図2に示したもともと与えられたエンジン回転数のテーブルは、バッテリーの充電をするために多めにエンジン回転数を設定しているのではないかと考えた。そこで、図2のグラフを上下させてシミュレーションを行った。その結果、考えは正しかった。なので、図2のグラフの形を変えずに徐々に下げることにより燃費改善を実現していく。

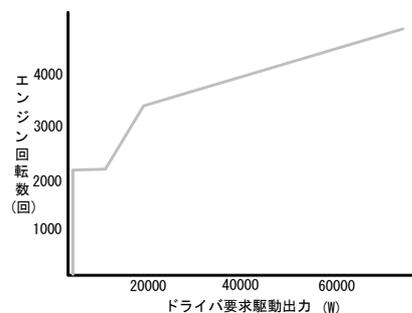


図2 エンジン回転数とドライバ要求駆動出力のグラフ

表1 グラフの座標

エンジン回転数 (回)	ドライバ要駆動出力
0	0
2050	1
2051	7891
2055	7891
3300	19181
3700	30174
4300	42286
4700	54298

図3はシミュレータの発電用モータの部分であり、円で囲んである場所に図2の関係が入っている。ここでは、最低のエンジン回転数である1150回転と比較して大きいほうを選ぶという条件があるので1150回転より小さい値を入れても意味がないことが分かる。また、同様に5000回転より大きい数値も意味がない。なので、表1のエンジン回転数の2050の部分で1150になるまで図2の形が変わらないように下げていく。

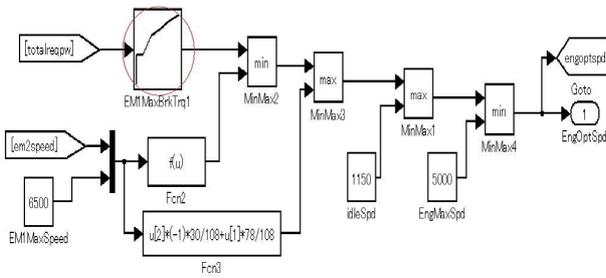


図3 発電用モータのブロック線図

4 シミュレーション

前節のアイデアに基づいて目標エンジン回転数テーブルを変更する。すべてのテーブルにおいて3週間分のシミュレーションをすると時間がかかりすぎるので最初の走行1時間を比較して最も燃費効率が良くバッテリーの充電が保てるものを採用する。もとの数値から100回転単位で下げていくと全部で10パターンできる。10パターンのシミュレーション結果を表2に示す。表2は1番上がもとの回転数2050で、下にいくと100回転ずつ回転数が下がっている。シミュレーションの結果、燃費効率が最も良くなるのはエンジン回転数を最大まで下げたパターンとなった。変更したテーブルのグラフを図4に示す。また、1時間のシミュレーションでは、ここまでエンジン回転数を下げてもバッテリーの充電残量が59%あり、もとのテーブルのバッテリーの充電残量60%と大差がなかった。本研究では3週間分のシミュレーションが目標なので、エンジン回転数を最大まで下げたパターンで3週間分のシミュレーションを行う。

図4に示した変更後のテーブルで3週間分のシミュレーションに成功した。結果としては燃費が23.84km/Lとなり、バッテリーの充電残量が59%となった。スタート時にバッテリーの充電残量が60%だったので、このテーブルでもバッテリーを充電するには十分だとわかる。また、もとのテーブルによる3週間分のシミュレーション結果は、燃費が23.03km/Lとなり、バッテリーの充電残量が65%となった。よって、変更したテーブルでは燃費が改善したといえる。

表2 10パターンのテーブルのシミュレーション結果

バッテリーの充電残量 (%)	燃費 (km/L)
60.00	21.5445
60.09	22.0987
60.14	22.6152
60.35	23.0953
60.48	23.5739
60.57	23.9932
60.23	24.3692
60.18	24.7501
60.06	25.0712
59.70	25.2686

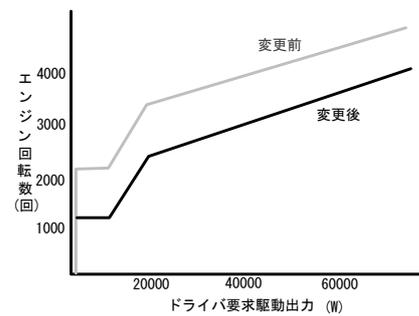


図4 変更前と変更後のグラフの比較

5 おわりに

本研究では、エンジン回転数のテーブルを変更し、0.81km/Lの燃費改善に成功した。予想ではもっとバッテリーの充電残量が減ると考えていたので、バッテリーを充電するために全体的に回転数を上げたテーブルと今回考えた図4のテーブルを切り替えながらシミュレーションすることを考えていた。しかし、回転数を下げたテーブルを使っているにもかかわらず、あまりバッテリーの充電残量が減らなかった。その理由は不明である。また、最初の1時間の燃費効率のみで使用するテーブルを選んでしまったので、より良い回転数を見逃している可能性がある。

本研究では、エンジン回転数にのみ着目しているが、エンジンの発火タイミングによる制御や、要求車速によるバッテリーの目標充電率制御など他の制御を組み合わせることでより燃費改善が見込める。

6 参考文献

参考文献

- [1] 安井裕司：「ハイブリッドパワートレインを用いた通勤車両の燃費最適化」, (株) 本田技術研究所, 2011.
- [2] 廣田幸嗣・小笠原悟司：「電気自動車工学」. 森北出版, 東京, 2010.