

在来線電車の消費エネルギー評価システム

車両制御技術研究部 動力システム
副主任研究員 近藤 稔

1. はじめに

高効率な電気機器の適用などにより電車の省エネルギー化を推進するためには、消費エネルギーの定量的評価が重要である。しかし、具体的な線区と車両に対し評価を実施するためには、車両性能、線路条件、運転士の運転方法を考慮して運転曲線を求め、電気機器の発生損失を考慮して消費電力を計算する必要があり、非常に複雑な計算が必要である。そこで、その計算を極力省力化することを目指し消費エネルギー評価システムを開発したので、これについて紹介する。

2. 消費エネルギー評価システムの概要

消費エネルギー評価システムの全体構成を図1に示す。消費エネルギーを計算するためには、まず、運転曲線を求める必要があるが、本システムでは既存の運転曲線作成システム (Speedy) を用いて運転曲線を計算する⁽¹⁾。Speedy では車両性能、線路条件や信号現示による速度制限、運転士の運転操作などを考慮して運転曲線を求めるため、実際に近い計算結果を得ることが期待できる。また、既に Speedy を導入しているユーザの場合、新たに線路条件のデータ等を入力する必要が無いという利点もある。

次に、消費エネルギーを計算するために、主電動機等の電気機器の発生損失を機器損失データとして与える。機器損失データは図2に示すように、Excel を利用したテンプレートを用いて、各ノッチについて各速度における各機器の発生損失を入力する形になっている。正確な消費電力計算をするためには、実測値や詳細な損失計算の結果を用いることが望ましい。しかし、そのようなデータの入手が困難な場合にも簡易に機器損失データを設定できるように、本テンプレート

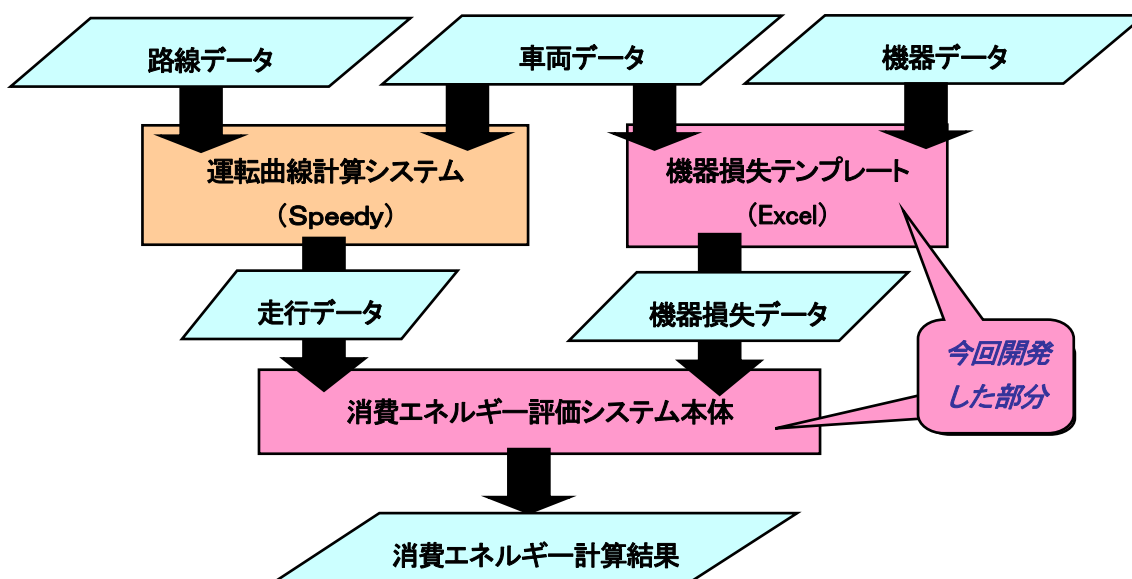


図1 消費エネルギー計算システムの全体構成

では機器効率を一定値として損失データを自動設定する機能も有している。機器損失テンプレートでは、入力された各電気機器の機器損失データを合計し、速度引張力特性から計算される踏面出力にこれを加えることで、各ノッチについて消費電力データを作成する。ブレーキ時についても同様な考え方で、各ブレーキノッチに対応する回生ブレーキ力パターンから回生電力（負の値の消費電力）を計算しデータとして保持する。

5N		表示オプション	踏面出力 (kW)	歯車装置 (kW)	主電動機 (kW)	インバータ (kW)	補機消費 電力 (kW)	力行電力 (kW)	総消費電 力 (kW)	総消費電力 【編成単位】 (kW)
データ No.	列車速度 (km/h)	引張力 (kN)								
1	0.0	27.5	0.0	0.0	25.5	5.7	20.0	31.1	51.1	1022.5
2	10.0	27.5	76.3	1.6	25.9	6.7	20.0	110.6	130.6	2611.4
3	20.0	27.5	152.6	3.1	26.9	8.9	20.0	191.5	211.5	4230.7
4	30.0	27.5	228.8	4.7	28.5	12.3	20.0	274.3	294.3	5885.1
5	40.0	27.5	305.1	6.2	30.4	12.6	20.0	354.4	374.4	7487.7
6	50.0	22.0	305.1	6.2	30.7	12.7	20.0	354.7	374.7	7494.4
7	60.0	18.3	305.1	6.2	31.3	12.9	20.0	355.5	375.5	7509.3
8	70.0	15.7	305.1	6.2	32.3	13.0	20.0	356.7	376.7	7533.1
9	75.0	14.6	305.1	6.2	33.0	13.1	20.0	357.4	377.4	7548.6
10	80.0	12.9	286.0	5.8	30.8	11.6	20.0	334.2	354.2	7083.2
11	90.0	10.2	254.3	5.2	28.1	9.3	20.0	296.8	316.8	6336.8
12	100.0	8.2	228.8	4.7	27.3	7.7	20.0	268.6	288.6	5771.4
13	110.0	6.8	208.0	4.2	28.0	6.6	20.0	246.9	266.9	5337.1
14	120.0	5.7	190.7	3.9	30.0	5.8	20.0	230.4	250.4	5008.1

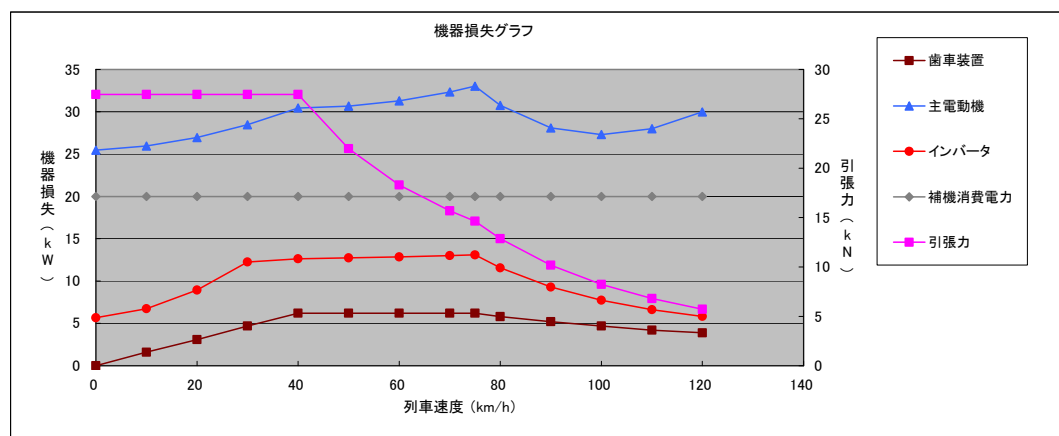


図2 機器損失テンプレートでのデータ入力例

そして、消費エネルギー計算システム本体では、Speedy が計算した運転曲線から各地点での速度とノッチを求め、機器損失テンプレートに入力されたデータから対応する消費電力を求め、これを走行区間について積算することで消費電力量（消費エネルギー）を算出する。

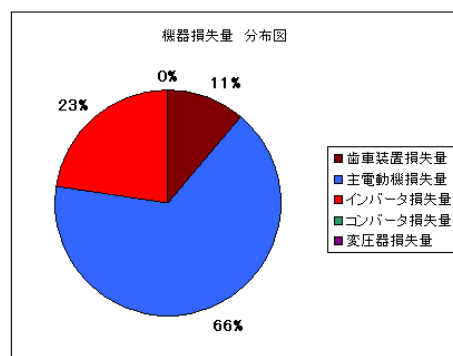
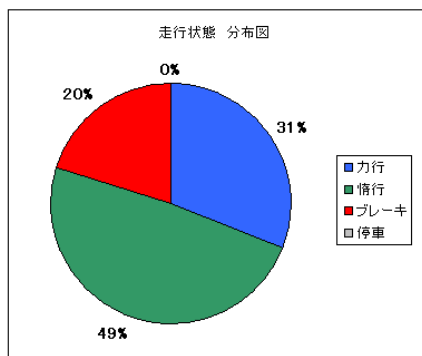
計算結果は計算条件や分析結果と共に、図3に示すような形で表示される。また、図4に示すように各地点での、運転状態や発生損失をグラフとして表示する機能も有しており、どのような場合に発生損失が大きくなるか等を容易に確認できるようになっている。

3. おわりに

電車の消費エネルギー評価を簡易に実施可能な評価システムについて紹介した。本システムが鉄道事業者等で用いられ、電車の省エネ化推進に貢献できることを願っている。また、本システムを改良・発展させていくために、多くのユーザに試用して頂き、ご意見・ご要望を頂きたいと考えている。

データ元	
● 走行データファイルパス	C:\Documents and Settings\fmv-1020rtr\My Documents\研究開発テーマ\【ECOES】\計算結果例\走行データ\STANDARD_5M_5
● 機器損失データファイルパス	C:\Documents and Settings\fmv-1020rtr\My Documents\研究開発テーマ\【ECOES】\計算結果例\損失データ\標準車両6M5T.xls
● 計算結果データファイルパス	C:\Documents and Settings\fmv-1020rtr\My Documents\研究開発テーマ\【ECOES】\計算結果例\計算データ\精 参照...

エネルギー計算システム出力結果				
計算条件				
編成	STANDARD	×	10 両	乗車率 100 %
MT比	5 M		5 T	
主電動機	STANDARD	×	4 台 (M車1両あたりの主電動機数)	
走行区間	練習		下り	
	A 駅	→	H 駅	
走行距離	7.00 km			
計算結果(その1)				
走行状態	力行		00時間 01分 44秒	[31.2%]
	惰行		00時間 02分 41秒	[48.4%]
	ブレーキ		00時間 01分 08秒	[20.4%]
	停車		00時間 00分 00秒	[0.0%]
	合計		00時間 05分 34秒	[100.0%]
平均速度	75.54 km/h			
計算結果(その2)				
消費電力量	走行	力行	162.947 kWh	32.589 kWh
		回生	-80.254 kWh	-16.051 kWh
	補機	37.065 kWh	7.413 kWh	
総消費電力量	合計	119.759 kWh	23.952 kWh	
	回生率	49.3 %		
機器損失量	歯車装置損失量	4.736 kWh	0.947 kWh	
	主電動機損失量	27.704 kWh	5.541 kWh	
	インバータ損失量	9.557 kWh	1.911 kWh	
	コンバータ損失量	0.000 kWh	0.000 kWh	
	変圧器損失量	0.000 kWh	0.000 kWh	



運転曲線を作成する

図3 計算結果の表示例 (一覧表)

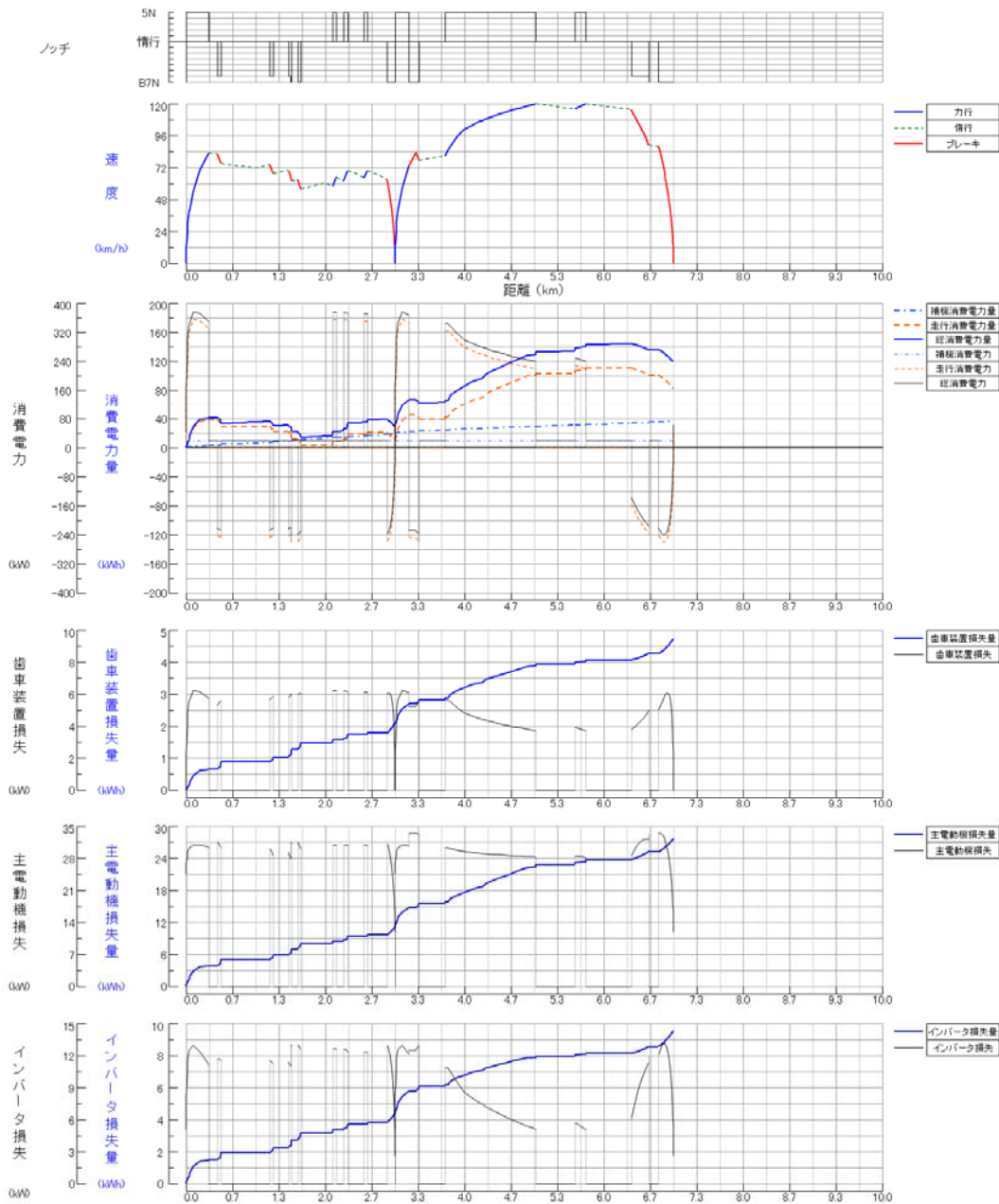


図4 計算結果の表示例 (グラフ表示)

参考文献：

(1)平野純一、富井規雄、山下修：「運転曲線作成システムSPEEDYの開発」、RRR 1992年5月号、pp.9-14、(1992)