

省エネ運転による運転エネルギーの低減について



野村 悠二*1



飯田 隆幸*2



藺田 秀樹*3

Reduction of operating energy by driving operation of energy saving

Yuji NOMURA*1, Takayuki IIDA*2 and Hideki SONODA*3

*1 Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*2 Chief researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*3 koriyama general rolling stock center, sendai branch (previously at environmental engineering research laboratory)

Abstract

We developed a method to analyze driving energy and driving operation at the time of operation in the past and create a traveling pattern that is energy efficient among arbitrary stations satisfying the target driving time. In order to confirm the effect, running tests were carried out by creating an energy saving traveling pattern on the express train of Chuo Line・Shinonoi line (Hachioji-Matsumoto) and the suburban trains of Tohoku Line (Omiya-Utsunomiya), and it is confirmed that a maximum of about 20% of the energy saving effect can be expected.

●**Keywords:** Operating energy, Energy saving driving, Energy saving driving pattern, Driving operation

1. 緒言

JR東日本の目標として2030年度に鉄道事業のエネルギー使用量25%削減（2013年度比）の実現を目指しており、環境技術研究所では運転操作を工夫することでエネルギーを削減する省エネ運転に取り組んでいる。その中で営業列車の運転エネルギー等を測定し、エネルギー削減につながる手法を検討してきた¹⁾。そして、測定データを分析した結果、省エネとなるランカーブ（以下、省エネ走行パターン）を作成する方法を開発した²⁾。

本論文では、中央線の特急列車および東北線の普通列車において、省エネ走行パターンの作成と走行試験による省エネ走行パターンの効果について報告する。

2. 省エネ走行パターンの作成

2・1 省エネ走行パターン

省エネ走行パターンは、営業運転における運転エネルギーと車両状態を分析し、目標とする運転時分を満足した中で最も省エネとなるように作成した走行パターンである。目標とする運転時分は営業運転時分であり、現状のダイヤを変更することなく省エネ走行パターンを適用できる。過去の研究では、運転エネルギーを最大20%低減する可能性が示された²⁾。

2・2 省エネ走行パターンの作成方法

省エネ走行パターンの作成は、3つのステップに分けられる。

STEP1: 省エネ走行パターンを作成する駅間において、測定データを重ね合わせて分割点（速度差の小さい地点）を決め、分割点を境界として駅間を区間に分割する（図1参照）。

STEP2: 分割点で分割した測定データを全ての組み合わせで結合し、結合パターンを作成する（図2参照）。

STEP3: 全ての結合パターンの運転エネルギーと運転時間から、設定された運転時分に適合する中で最も省エネな結合パターンを選択する（図3参照）。

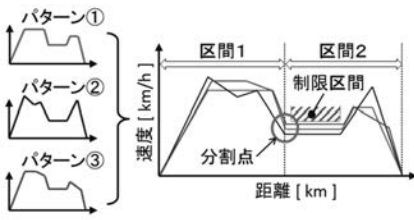


図1 データの重ね合わせと区間の分割

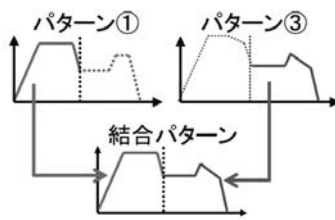


図2 結合パターンの作成

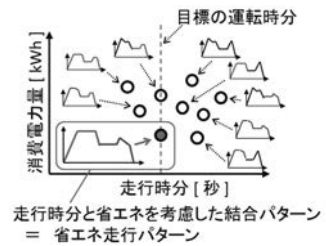


図3 省エネ走行パターンの選択

3. 省エネ走行パターンの効果の確認

3.1 走行試験

走行試験は、測定器を仮設した車両を使用し、営業運転が終了した夜間帯に実施した。運転は作成した省エネ走行パターンを運転士に口頭で指示し、指示に従って運転士が運転した（以下、省エネ運転）。効果を確認するために測定したデータは速度、架線電圧、架線電流、運転操作、各種電力量（力行、回生、発電ブレーキ）である。なお、効果を確認するための比較として通常運転を行い測定した。通常運転は標準的な運転である。

3.2 試験結果（省エネ運転操作と通常運転の比較）

(1) エネルギー削減効果

通常運転の消費電力量と比較したエネルギー削減効果（以下、省エネ効果）を確認した。なお、目標パターンのおりに走行できなかった駅間は除いている。

- a) 中央線特急列車の「あずさ」「かいじ」については、全体としては8.5～25.0%、駅間としては1.4%～54.3%の省エネ効果となり、26/28駅間で5%以上の省エネ効果を確認した（図4、表1参照）。
- b) 東北線普通列車について、全体としては4.3～12.0%、駅間としては-10.6%～39.4%の省エネ効果となり、17/25駅間で5%以上の省エネ効果を確認した（図5、表2参照）。

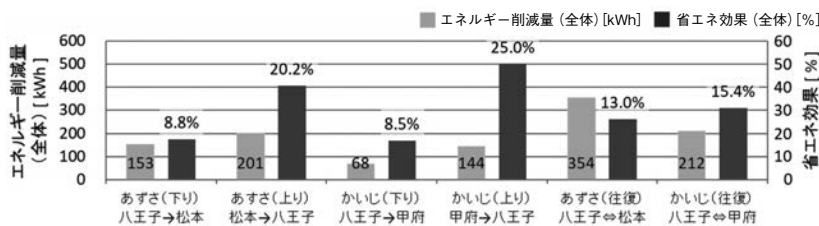


図4 中央線特急列車における全体のエネルギー削減量と省エネ効果

表1 中央線特急列車における各駅間のエネルギー削減量と省エネ効果

	発駅	着駅	エネルギー削減量と省エネ効果		
			エネルギー削減量 (駅間) [kWh]	省エネ効果 (駅間) [%]	
あずさ (下り)	八王子	甲府	73.4	9.9%	
	甲府	葦崎	13.1	8.4%	
	葦崎	小淵沢	8.4	1.4%	
	小淵沢	茅野	9.6	16.8%	
	茅野	上諏訪	13.5	36.9%	
	上諏訪	下諏訪	6.5	15.3%	
	下諏訪	岡谷	5.8	13.9%	
	岡谷	塩尻	14.1	23.7%	
	塩尻	松本	8.3	45.2%	
	かいじ (下り)	八王子	大月	24.8	5.0%
大月		塩山	24.3	8.8%	
塩山		山梨市	7.9	44.0%	
山梨市		石和温泉	0.5	7.0%	
石和温泉		甲府	10.6	18.7%	
あずさ (上り)		松本	塩尻	6.3	3.0%
		塩尻	岡谷	7.9	5.5%
		岡谷	下諏訪	14.0	33.5%
		下諏訪	上諏訪	3.6	13.4%
		上諏訪	茅野	11.0	12.6%
	茅野	小淵沢	17.1	7.7%	
	小淵沢	葦崎	23.7	9.2%	
	葦崎	甲府	9.8	54.3%	
	甲府	八王子	107.6	21.5%	
	かいじ (上り)	甲府	石和温泉	20.4	43.3%
石和温泉		山梨市	14.9	14.1%	
山梨市		塩山	18.2	15.0%	
塩山		大月	44.0	21.0%	
大月		八王子	46.4	50.4%	

■ : 省エネ効果 ≥ 5% □ : 省エネ効果を確認できなかった駅間

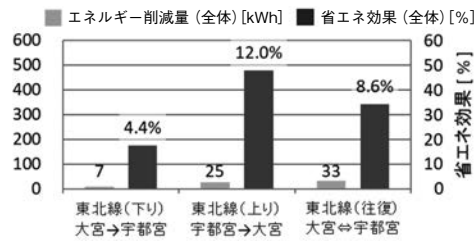


図5 東北線普通列車における全体のエネルギー削減量と省エネ効果

表2 東北線普通列車における各駅間のエネルギー削減量と省エネ効果

	発駅	着駅	エネルギー削減量 (駅間) [kWh]		省エネ効果 (駅間) [%]	
			削減量	削減率	削減量	削減率
東北線 (下り)	土呂	東大宮	2.0	31.0%		
	東大宮	蓮田	2.2	15.1%		
	蓮田	白岡	-1.6	-10.6%		
	白岡	新白岡	0.7	7.3%		
	新白岡	久喜	0.3	2.7%		
	久喜	東鷲宮	0.8	7.5%		
	東鷲宮	栗橋	2.8	14.1%		
	栗橋	古河	0.7	2.0%		
	野木	間々田	-0.2	-1.6%		
	小金井	自治医大	-0.2	-2.2%		
	自治医大	石橋	0.0	-0.1%		
東北線 (上り)	石橋	自治医大	3.4	21.0%		
	自治医大	小金井	1.1	13.1%		
	小山	間々田	4.2	17.7%		
	間々田	野木	2.9	19.1%		
	野木	古河	0.5	2.7%		
	古河	栗橋	-0.1	-0.3%		
	栗橋	東鷲宮	0.7	3.1%		
	東鷲宮	久喜	3.1	34.4%		
	久喜	新白岡	1.3	10.2%		
	新白岡	白岡	1.7	14.3%		
	白岡	蓮田	1.0	5.9%		
	蓮田	東大宮	0.8	5.7%		
	東大宮	土呂	3.7	39.4%		
土呂	大宮	1.0	9.3%			

■ : 省エネ効果 ≥ 5%
□ : 省エネ効果を確認できなかった駅間

(2) 省エネ効果が高い駅間

省エネ効果が高い駅間に共通する傾向は、最高速度を下げて遅れた運転時分をブレーキで回復する運転操作を実施している駅間であり、省エネとなる運転操作の1つの形と考えられる。例として、中央線特急列車の茅野→上諏訪間で説明する(図6参照)。

茅野→上諏訪間において通常運転は出発から4km付近にて120km/h付近まで加速しているが、省エネ運転の加速は90km/h付近である。この違いが20kWhの違いとなり、駅間で36.9%という大きな省エネ効果につながった。ここで、速度差が30km/hということは運転時分に大きな違いが生じると予想されるが、結果としては通常運転よりも約10秒到着が早くなっている。主な理由は、速度制限区間に対するブレーキ直後の速度を高めにとること、および停止ブレーキを強めにすることで運転時分を回復したことにある。

また、運転操作の違いが大きく出る駅間は省エネ効果が高い傾向にあった。東北線に比べて中央線のように、勾配や速度制限区間が多く存在する線区の方が運転操作の違いが大きく出ており、省エネ効果も高い結果となった。

(3) 省エネ効果が確認できなかった駅間

省エネ効果が確認出来なかった駅間に共通する傾向は、結果として同じ運転になっていることである。例として、東北線普通列車の野木→間々田間と蓮田→白岡間を例に説明する(図7、8参照)。

野木→間々田間において、省エネ運転と通常運転ともに出発して100km/h付近まで加速、その後は惰行走行し、そのまま停止ブレーキとなっており、同じ運転を行っていることが分かる。理由として、この駅間は約4kmと短く速度制限区間もないため、運転操作の幅が少ないためと考えられる。このように運転操作に差が出ない駅間では省エネ効果は低い。

また、蓮田→白岡間は省エネ効果が確認できなかった駅間の中でも最も消費電力量が増加した結果となった。蓮田→白岡間の省エネ運転と通常運転を確認すると、運転操作による差が無く省エネ効果が出にくい駅間であることが分かる。そして、省エネ運転は2km付近で定速運転を行っているものの、通常運転は惰行状態で走行している。定速運転は微小ながら電力を消費する状態であり、この違いから約2kWhという差が生じ、通常運転に比べて消費電力量が増加したと考えられる。

今後は、省エネ効果を高めるために、例えば、より多くのデータを蓄積して常に最適な省エネ走行パターンを作成するなどの方法を検討していく必要があると考えられる。

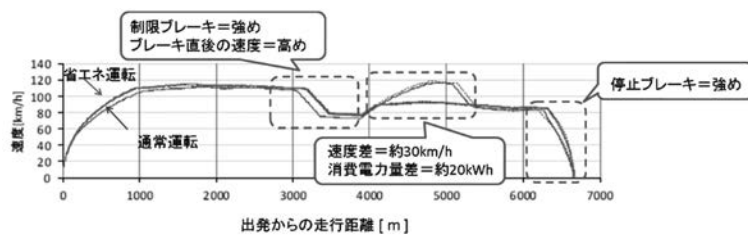


図6 省エネ運転操作と通常運転操作の比較（中央線、茅野→上諏訪）

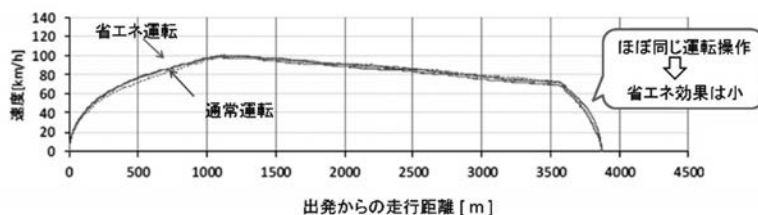


図7 省エネ運転操作と通常運転操作の比較（東北線、野木→間々田）

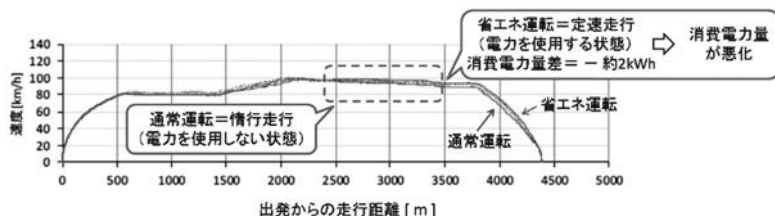


図8 省エネ運転操作と通常運転操作の比較（東北線、蓮田→白岡）

4. 省エネ走行パターンの効果の評価

走行試験を行った結果、省エネ走行パターンについて以下のことが分かった。

- ・中央線特急列車では26/28駅間、東北線普通列車では17/25駅間で5%以上の省エネ効果を確認した。
- ・消費電力量を抑えるため、最高速度を下げるなど加速時間が少ない特徴がある。
- ・運転時分を確保するため、速度制限区間や停止のブレーキを強く短くする特徴がある。
- ・勾配や速度制限区間が多く存在し運転操作に違いが出やすい線区に有効である。

一方、課題としては以下のことがあげられる。

- ・運転操作に差がない駅間では省エネ効果は低く、消費電力量が悪化する場合がある。

以上のことから課題はあるものの、省エネ走行パターンは実際の運転でも効果があると考えられる。

5. 結言

今回、開発した省エネ走行パターンの効果を確認するために、中央線の特急列車および東北線の普通列車において、省エネ走行パターンの作成と走行試験を実施した。その結果、中央線の特急列車の全体としては8.5～25.0%、東北線の普通列車の全体としては4.3～11.9%の省エネ効果を確認した。また、省エネ走行パターンの効果の評価や課題を抽出した。

今後、他線区への適用と、課題を解決し確実な省エネ効果を得るための検討を進めていきたい。

参考文献

- (1) 真保光男：山手線における運転エネルギーの測定と分析、J-Rail2013（2013）。
- (2) 横田将亮：運転エネルギー測定データを用いた省エネ運転パターン作成手法の検討、J-Rail2015（2015）。