

地上分岐による車上分岐と同等の超高頻度列車運行の実現手法に関する基礎検討

Realisation of Ultra-high Train Frequency Very Close to the Level Achievable by On-board Switching on Railway Lines Using Conventional Trackside Switching

石原 拓実 (電気システム工学科)

Takumi ISHIHARA

交通・電力・環境システム研究室 指導教員 高木 亮 准教授

1. はじめに

鉄道と競合する他の交通機関において技術発展が著しいなか、鉄道は大都市の路線でのラッシュ時の混雑や旅行時間増大はいまだに改善を要するレベルにとどまっている。

そこで、鉄道システムを構成するサブシステム群を現状より深く統合し、高度に適合した多様なサービスを供給する必要があると考え「超高度化鉄道システム(UCRT)」を提案し、議論を始めている。

UCRTの実現には抜本的な高頻度化が欠かせないが、移動閉塞システムと実現の目途がない車上分岐の使用が高頻度化に有用であることがわかっている⁽¹⁾。

2. 移動閉塞システムと車上分岐

(2-1) 移動閉塞システム

後続列車が進行できる範囲が先行列車の動きに合わせて連続的に変化する信号システムのことを言い、本論文では実用最短の列車間距離が得られる「純移動閉塞(PMB)」を用いて議論を行う。 d_M, v_B および β_S をそれぞれ余裕距離 [m], 後続列車の速度 [m/s], PMB で前提とする後続列車の減速度 [m/s²] とすると2列車間の最短距離 d_{MIN} [m] を以下に示す:

$$d_{MIN} = d_M + \frac{v_B^2}{2\beta_S} \dots\dots\dots (1)$$

(2-2) 車上分岐

列車が主体的に分岐における自身の進路を定めることが可能なシステムを「車上分岐」と称する。これは、大幅な時隔短縮が可能である(図1参照)。車上分岐の代替案として、同じ軌間の線路をわずかにずらして重ね敷設した「ガントレット軌道」を用いた方式を提案したが、列車がひとたびガントレット軌道のいずれかの側に入った後は進路の自由度が失われる欠点があった。

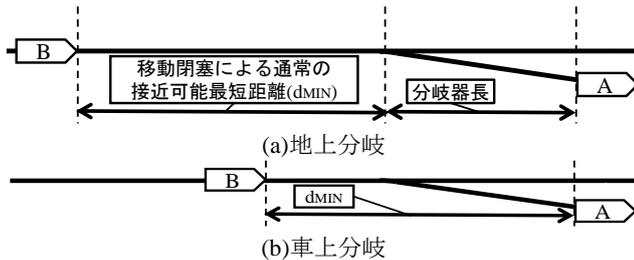


図1 地上分岐と車上分岐

3. 疑似車上分岐の提案⁽²⁾

(3-1) 理論

そこで、地上分岐でも車上分岐とほぼ同等の列車運行ができる「疑似車上分岐」を提案する。この手法は、2列車間の最短間隔を定めるパラメータ群を2組用意し、分岐器通過時のみ減速度が高いパラメータの組を利用することで、先行列車の分岐器通過後に後続列車が当該分岐器に接近するまで分岐器を安全に転換可能できる時間(分岐動作可能時間)を確保しようとするものである(図2参照)。

いま、通常用・分岐器通過用のパラメータの組による(1)式の計算結果をそれぞれ d_{MIN1} [m] および d_{MIN2} [m], 分岐器長

を L_P [m] とするとき、分岐動作可能時間 x [s] を以下に示す:

$$x = \frac{(d_{MIN1} - L_P - d_{MIN2})}{v_B} \dots\dots\dots (2)$$

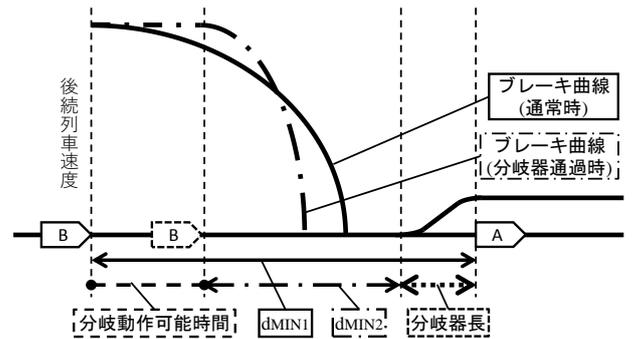


図2 疑似車上分岐

(3-2) 計算例⁽³⁾

分岐器長を短くする手法として通常軌道から分岐器を経由してガントレット軌道に移行し、その後改めて分岐する方式を使用したものを表1 ケース2~5に示す。

表1 疑似車上分岐の計算例

項目名	ケース番号				
	1	2	3	4	5
① 余裕距離(通常) d_{M1} [m]	20	20	20	20	20
② 余裕距離(分岐) d_{M2} [m]	50	50	50	50	50
③ 減速度(通常) β_{S1} [m/s ²]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
④ 減速度(分岐) β_{S2} [m/s ²]	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8
⑤ 巡航速度 v [m/s]	20	20	23	20	23
⑥ 最小列車間距離(通常) d_{MIN1} [m]	420	420	549	420	549
⑦ 最小列車間距離(分岐) d_{MIN2} [m]	336	336	428	300	381
⑧ 分岐器長 L_P [m]	20	4	6	4	6
分岐動作可能時間 x [s]	3.2	4.0	5.0	5.8	7.1

4. 分岐位置

ケース2~5の場合、通常軌道からガントレット軌道に移る分岐器は駅間で巡航速度を保てる位置ならどこの位置でも良いとした。改めて分岐する位置は対向背向ともにプラットホーム端から±120mの位置としたが、この位置を適切にすれば、さらなる時隔短縮が可能である。

5. おわりに

分岐器転換時間はおよそ5秒程度だからケース2~5のパラメータ群を用いれば車上分岐と同等の高頻度な運行ができる可能性があることを示した。しかし、転換時間の再考や、列車位置検知の精度や遅延時間の改善が課題である。

文 献

(1)高木亮,「移動閉塞と車上分岐を応用した超高頻度運行の可能性に関する基礎検討」,平成26年電気学会産業応用部門大会, No.5-25, (2014)
 (2)Takagi, R.: "Ultra-high Frequency Train Operation for the Realization of Ultra-Convenient Rail Transport (UCRT)", *IEEE ICIRT 2016*, UK, 5 pages, (2016)
 (3)石原拓実,「地上分岐による車上分岐と同等の超高頻度運行の実現手法に関する基礎検討」,第23回鉄道技術連合シンポジウム, No.S9-2, (2016)