列車制御システムの評価解析技術

都市圏の輸送力改善に向けて

近年，都市圏では列車運行ダイヤの高密度化が進み，列車の運行間隔はますます短くなる傾向にあります。このような状況のなかで安全かつ安定な輸送を確保するためには，安全性と効率性を両立させながら列車の運行間隔をどこまで詰めることができるかなど，列車制御システムの性能をあらかじめ正確に評価しておく必要があります。しかし，実際に列車を走らせて条件をいろいろと変えながら試験を行うのは,時間も手間もかかり現実的ではありません。また，新規路線などでは，まだ線路そのものができ上がっておらず，試験が行えない場合もあります。

東芝は，列車制御システムの評価・改善を計算機上で行うための列車制御ダイナミック シミュレーション技術を開発し，鉄道システムの開発に役だてています。

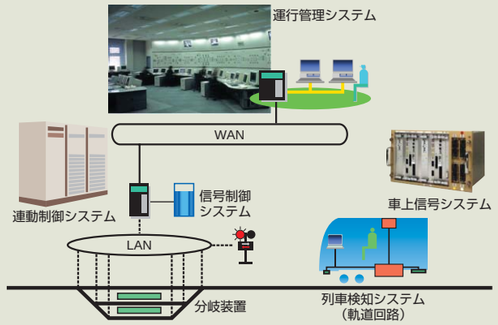

図1．対象システム ― 列車制御システムは，運行管理システム，信号制御システム，連動制御システムなどから構成されています。

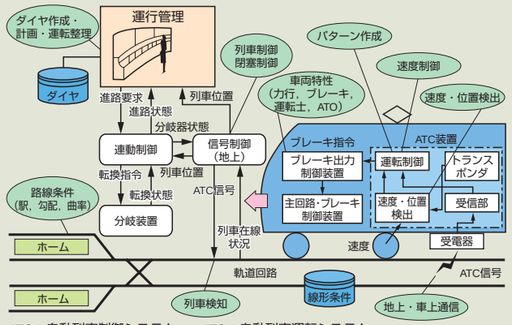

図2．列車制御ダイナミック シミュレーションの機能構成 ― 列車制御システムの各要素の働きを詳細に模擬します。

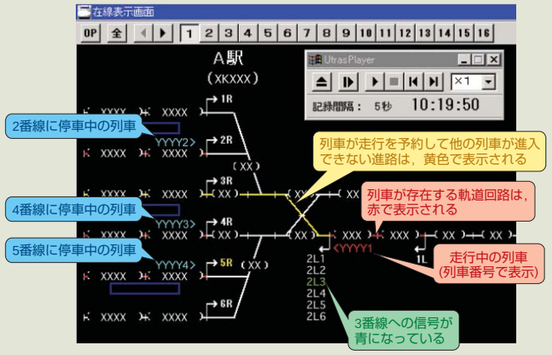

図3．列車運行状況の確認画面 ― 列車走行のようすや信号システムなどの設備状況を確認できます。

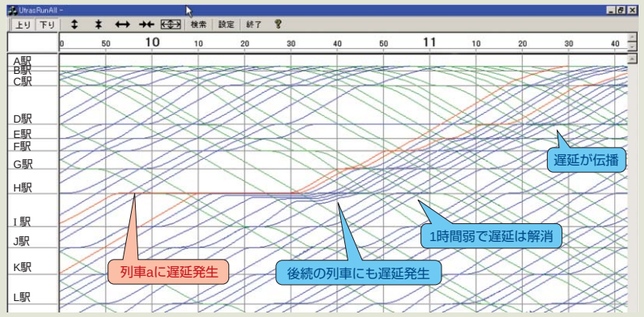

図4．全列車の運転曲線表示画面 ― ある列車が遅れた場合の他の列車への影響や，元のダイヤに復旧するまでの時間を検証できます。

列車制御ダイナミック シミュレーション

列車制御ダイナミック シミュレーションは，複数の列車が互いに影響を受けながら走行するようすを，計算機上で模擬するものです。

列車が互いに受ける影響とは,例えば，先行列車に近づきすぎると，後続列車は赤信号を受け，減速・停止しなければならない，といったことです。列車制御システムの方式によって，列車が受ける影響の度合いは異なります。

列車制御システムにかかわる要素には，勾配（こうばい），曲率，単線・複線，分岐などの路線条件や，車両システム，列車検知システム，信号制御システム，分岐装置と信号を連動させる連動制御システム，運行管理システムなどがあります（**図1**）。列車制御ダイナミックシミュレーションでは，列車制御システムの各要素の動作を詳細に模擬し（**図2**），各列車の走行と路線全体のダイヤを再現します。シミュレーション結果として，時々刻々の列車速度・位置や実績ダイヤ，設備状態が出力されます。出力画面の一例を**図3**に示します。

列車制御ダイナミック シミュレーションによる評価解析

列車制御ダイナミック シミュレーションを行って，以下のような検討を行うことができます。

一つは，列車制御システムの平常時の性能を評価するための検討です。例えば，次のような項目について，シミュレーションにより評価します。

(1) 設定したダイヤどおりの本数や時間で列車が走れるかどうか。

(2) 列車と列車の間隔をどこまで詰められるか。

(3) 列車の間隔がなるべく一定になり乗りごこちも良い列車の走り方は，どう決めたらよいか。

これらの検討・評価を行うことにより輸送力を検証できます。列車制御ダイナミック シミュレーションで作成したダイヤや運転状況データ（列車の速度・位置データ）を使って，踏切遮断時間がどのくらいになるか，といった検証もできます。

二つ目は，遅延が発生したときの回復性能を評価するための検討です。

ある列車がなんらかの理由でダイヤよりも遅れてしまった場合には，その影響で後続の列車も次々と遅れてしまいます。遅れをばん回するために，実際には，列車の走行速度を上げる，運行順序を変える，列車を間引くなどの対策をとります。すべての列車が再びダイヤどおりに走行できるようになるまでにはどのくらいの時間がかかるのか，様々な条件でシミュレーションを行い，どのような場合にどのような対策がもっとも有効であるかをあらかじめ調べておくことができます。

また，電力供給モデルを追加して，路線の電力需要や電圧変動を予測することもできます。この結果は，変電所の設備設計などに生かすことができます。

シミュレーション検討事例

実際の検討事例を紹介します。

図4は，遅延回復シミュレーションを行ったときの全列車の運転曲線（横軸を時間，縦軸を距離として，列車の運転状況をグラフに表したもの）です。ある列車に遅れが発生したときの全列車の走行のようすを表示しています。左上から右下へ向かう線が下り列車，左下から右上へ向かう線が上り列車の運転曲線です。

図4で，赤で示した運転曲線のうち列車aのものが，しばらく水平のままになります。これは，H駅に到着した後，30分以上出発が遅れ，駅に停車している状況を模擬したものです。

列車aの運転曲線の右隣の数本の運転曲線を見ると，列車aの遅れの影響で，後続の列車がH駅の手前で次々と待たされてしまうことがわかります。列車aが出発した後は，後続の列車も順次走行を再開し，遅延発生から1時間足らずで元のダイヤに復旧したことがわかります。

今後の展望

列車制御ダイナミック シミュレーションを行うことにより，列車制御システムの安全性や安定性の評価と改善，並びに車両性能の検証などを効率よく行うことができます。

東芝では，この列車制御ダイナミックシミュレーション技術を活用して，新幹線や都市圏の鉄道の列車制御システムの評価や設計を行ってきました。

今後も，列車制御ダイナミックシミュレーション技術を駆使し，安全で安定な輸送を実現する鉄道システムの開発を行っていきます。

大矢　純子
電力・社会システム社
電力・社会システム技術開発センター
社会システム開発部