

信号制御装置の統合論理設計のシステム化手法

信号・情報技術研究部 列車制御研究室
主任研究員 関根 俊

1. はじめに

信号保安装置には、連動装置、踏切装置、ATSなどがあり、相互に関連して動作している。また、各装置の設備は、現場に分散配置され、様々な形態をとるため、個別の設計が必要となる。信号の論理設計は、多大な労力がかかることから、システム化による効率化が求められてきた。これまでに、各設計段階での設計者の意図を効果的に反映できるシステムを目指して、連動図表と連動結線図の作成支援に関する研究開発を行い、連動図表作成支援について実用化した。連動結線図については、事例集的に規定されている標準結線図をコンピュータに組み込むための基本的手法の見通しが得られている。踏切装置やATSについては、連動装置と同様に制御図表及び必要に応じて結線図を作成する。また、駅構内関連については連動図表を前提に作成するため、連動装置の論理設計支援機能を応用することにより、踏切装置やATSの論理設計支援が効率的に行える。これらのことから、信号制御装置の論理設計を統合的に支援するシステムの検討を行った。本発表では、システムの全体構成、ATS-Pと踏切装置における効率的支援方法の概要を述べる。

2. 全体構成

図1に、統合論理設計支援の全体構成図を示す。踏切装置やATSの論理設計を行うためには、連動図表が基本となるが、その他に、列車の走行に関わるデータ（以下、「列車走行基盤データ」

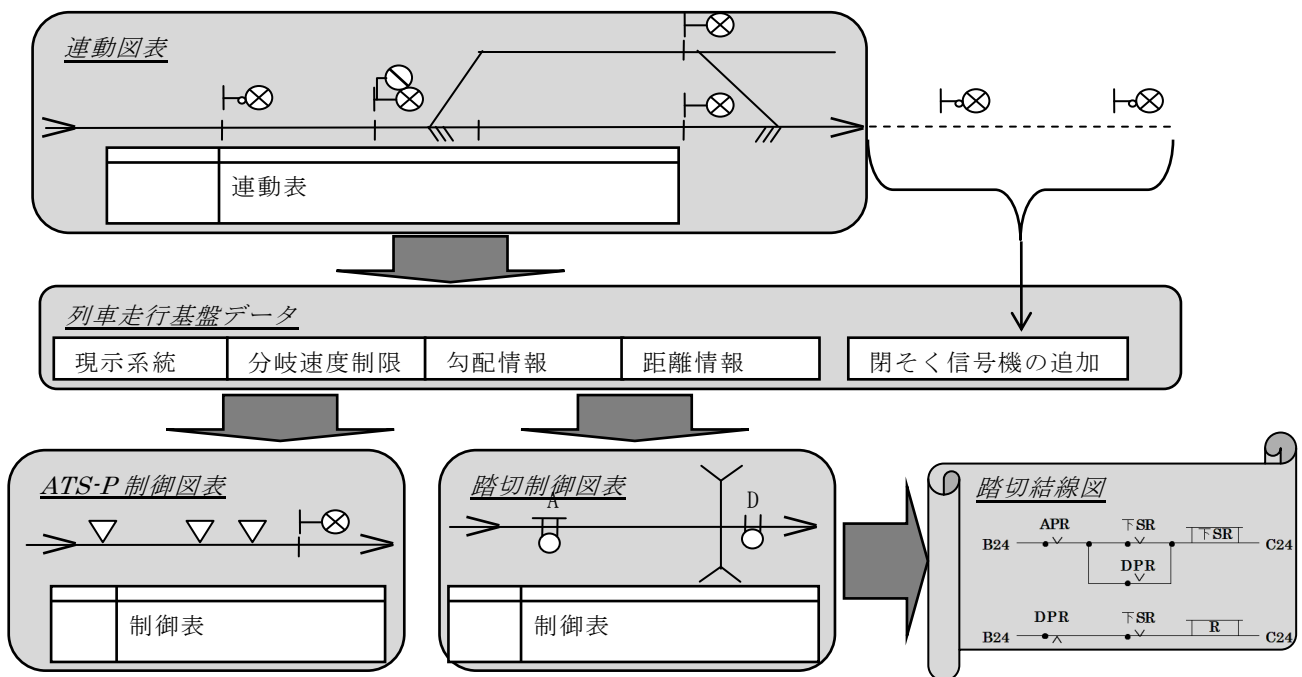


図1 全体構成図

と呼ぶ)として現示系統、分岐速度制限、勾配情報、距離情報、及び閉そく信号機が必要である。これらの作成方法としては、例えば、現示系統であれば、連動図表から連続する進路を自動的に抽出し、内外方の信号機の現示の対応付けを行う。こうして作成された列車走行基盤データは、連動図表データに補足情報として付加される。これらのデータを用いることにより、踏切装置やATSの制御図表の作成を支援する。

3. ATS-Pの論理設計支援

ATS-Pの論理設計の基本は、防護範囲の情報を確実に列車に送信するために、適切な地上子の設置位置を決定し、送信する情報を制御表に作成することである。地上子の設置位置を明確にするために線路図を作成するが、連動線路図作図機能を拡張して、地上子の作図機能と、勾配情報や分岐速度制限情報の作図機能を追加する。制御表については、下記に示すように、現示段の作成を行い、地上子に対して各現示における制御情報を作成する。

(1) 現示段作成

停止距離は、対象とする信号機の現示から現示系統の最短停止とすることを基本としているが、停止距離が不足する場合があるので、信号機内方を探索し停止距離の評価を行い、必要に応じて現示段を追加する。例えば、図2において、下1信号機の内方に1RAと1RBが存在するので、それぞれ別現示段とする。但し、停止距離がほぼ一致している場合など、短い方の距離として統合することもある。また、下1信号機内方地上子からG現示停止目標までの停止距離が不足する場合は、1RA信号機G現示の現示段を追加する。

システム化に当たっては、現示系統の探索や距離計算は列車走行基盤データに基づき自動的に行えるので、判断基準が明確であれば現示段は全て自動で作成可能である。しかし、現示段の統合や追加の判断は、曖昧な部分が多く、設計者が最終的に判断して設定可能な機能とする。

(2) 制御情報作成

現示段と地上子の位置が決定されると、停止距離や勾配値などの制御情報の多くは、列車走行基盤データに基づき自動的に計算できる。但し、分岐速度制限情報については、目標とする転てつ器とその開通方向の指定が必要である。

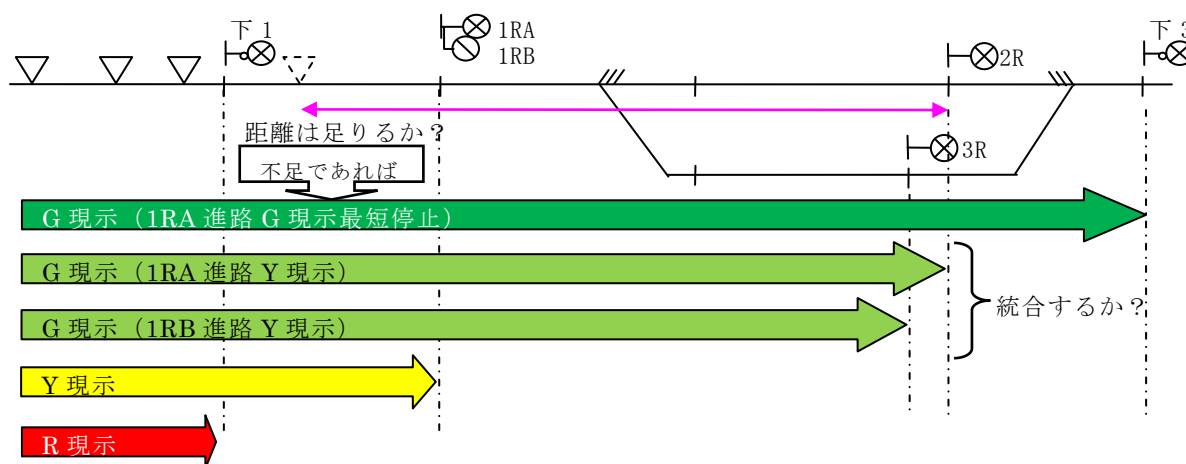


図2 ATS-Pの駅構内関連制御表作成方法

4. 踏切装置の論理設計支援

踏切制御の論理設計の基本は、基準鳴動時分を満たす鳴動開始点の決定と、鳴動区間内におい

て鳴動を継続するための制御条件を記載する制御表を作成することである。また、継電方式の制御の場合は、踏切結線図を作成する。

4.1 踏切制御図表の作成

踏切設備設置位置を明確にするために線路図を作成するが、ATS-P 制御図表と同様に連動線路図を拡張して、踏切道と踏切制御子の作図機能を追加する。制御表については、下記の手順により行う。図3には、作成画面例を示す。

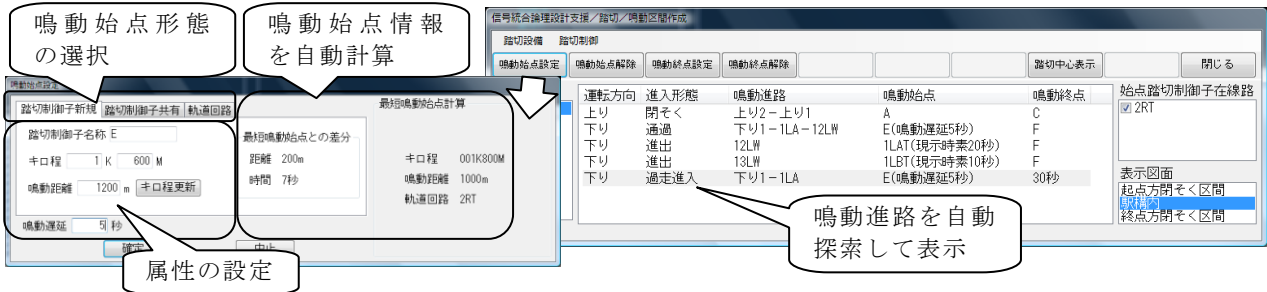


図3 踏切制御図表作成支援画面例

(1) 鳴動進路の探索

踏切道から進路と逆方向に基準鳴動時分+余裕分までの区間を探索し、鳴動進路の区間と踏切進入形態を自動判定する。列車速度については、信号機の現示に対する制限速度を基本とするが、進出進路については停止からの加速によって算出する。また、過走防護としての進入進路は、通過進路が作成されたときに、その鳴動始点からホームトラックまでの進路を自動作成する。

(2) 鳴動始点・終点の設定

自動的に求めた各鳴動進路について、鳴動始点と鳴動終点を手動により設定する。設備としては、踏切制御子と軌道回路が設定可能である。

(3) 続行列車対策の設定

鳴動始点から鳴動終点までの閉そく信号機及び場内信号機が存在する場合は、必要に応じて踏切制御子の作成を行う。

(4) 制御表の作成

以上の条件設定により、鳴動進路毎に鳴動始点から終点までの鳴動条件を自動的に作成する。

4.2 踏切結線図の自動生成

結線図の作成に当たり、標準結線図として制御表との対応関係が定められており、これをコンピュータに組み込むことにより自動生成が可能となる。連動結線図については、これまでの研究により自動生成のための基本的手法の見通しが得られており、試作機能も開発済みである。この手法を踏切結線図に適用した。下記に示すように鳴動進路形態別の分析を行い、図4に示すように一部試作機能を開発した。

(1) 複線閉そく

最も単純な回路で、始動点と終動点を特定できれば制御回路が構築できる。しかし、続行列車対策や軌道回路の活用など、同一の線形でも複数の制御方法がある。

(2) 単線閉そく

単線3点、単線ブロック、単線SSIR等の方式があり、続行列車対策の必要性や駅構内関連の有無によって設計者が選定する。回路は複雑であるが単線閉そく区間内に限定すれば外部回路から取得する鳴動条件は少なく、比較的容易に自動生成可能である。

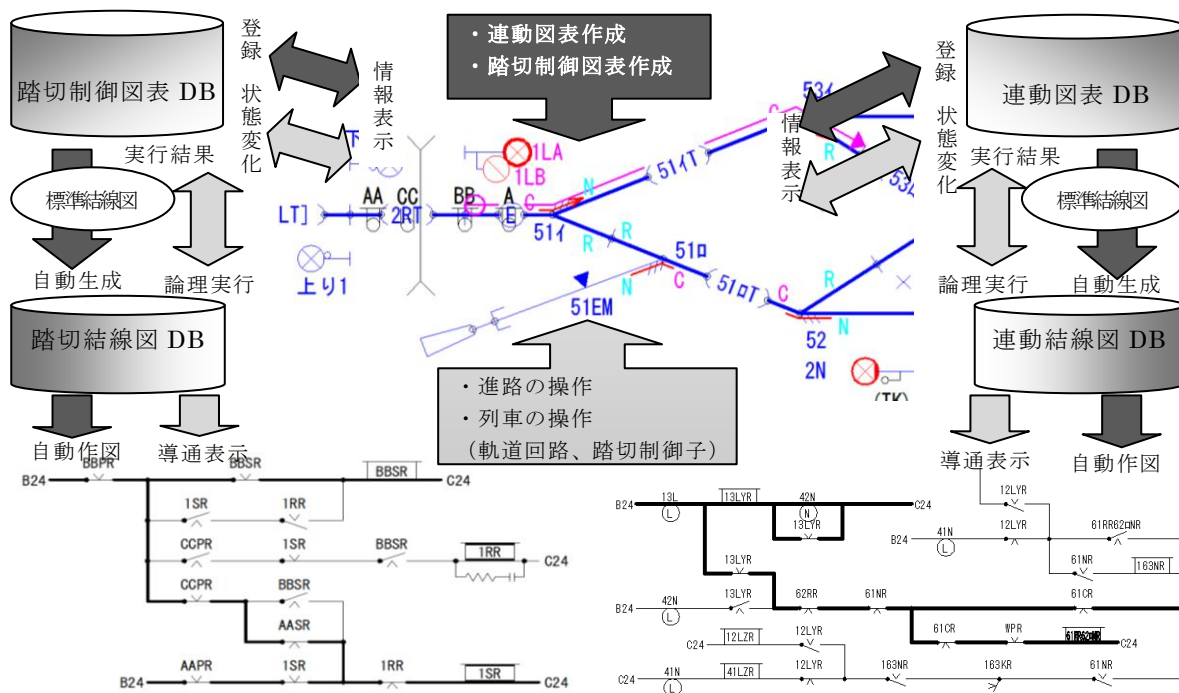


図4 結線図自動生成と動作シミュレーション構成図

(3) 駅進入

踏切道が進入側に存在する場合の“進入”進路を対象とする。進路の开通方向によって鳴動を制限するため、連動装置の接近鎖錠リレーや転てつ表示リレーを制御条件として利用する。また、鳴動制御区間が閉そくに跨がるので、場内信号機で閉そく区間の制御回路を分離して、鳴動条件の受け渡しを行う。

(4) 駅進出

“進出”進路が存在する場合に、これと重複する“通過”進路と過走防護対策のための“進入”進路を含めて1つの制御回路を作成する。連動装置の制御条件を必要とすることは進入進路と同様である。過走防護が必要な場合には、その区間を特定して進入検知を判定する回路を構築する。

4.3 踏切結線図の動作シミュレーション

線路図が制御表を通じて、結線図と密接に関連しているため、線路図を制御盤として取り扱うことにより、結線図の動作シミュレーションを行うことが可能である。連動結線図については試作済みであり、線路上の設備の状態を変化させ、結線図の導通探索が可能である。探索結果は、結線図上でリレー接点の動作状態と回路の導通を表示し、線路図上に鎖錠状態や信号機の現示等を表示できる。これに踏切制御子の在線操作、踏切結線図の導通探索、及び踏切道の鳴動状態表示機能を追加することにより、踏切結線シミュレーションの機能を試作した(図4)。

5. おわりに

信号保安装置の論理設計を統合的に行うことで、各設計段階での設計者の意図を効果的に反映するシステムの基本的手法を提案した。連動図表に列車走行基盤データを追加することにより、ATS-Pや踏切装置の論理設計が効率的になることが確認でき、制御図表については実用化の見通しも得られた。踏切結線図については、連動結線図の自動生成手法が適用できることを確認できたが、駅構内の進出制御、及び駅構内に関連する単線閉そく制御について検討課題として残された。これらについても、深度化して研究することにより実用化は可能と考える。