

踏切結線検証システムの開発

1. 踏切結線とは

鉄道では線路と道路の交差点である踏切で列車と道路交通とが衝突する危険があります。このため、列車と道路交通との衝突を防ぎ、安全を確保する設備として踏切保安装置（踏切警報機、踏切遮断機等）が設けられています。この踏切保安装置を動作させるには、軌道回路や踏切制御子（短小軌道回路を用いた列車検知）によって列車を検知するなどの方法で鳴動開始させ、鳴動停止においても同様の検知方法を用いて行っています。

この鳴動開始、鳴動停止をさせる検知点や鳴動する距離、時分を記載したものを踏切制御図表といいます（図1）。

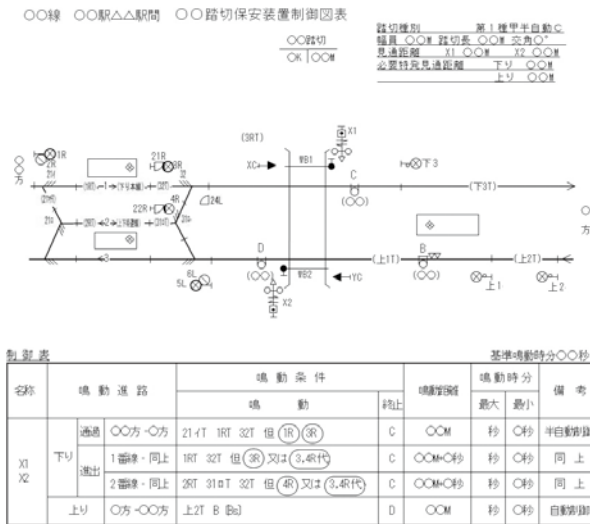


図1：踏切制御図表

踏切制御図表を基に、踏切保安装置を動作させるための論理回路のことを踏切結線といいます（図2）。

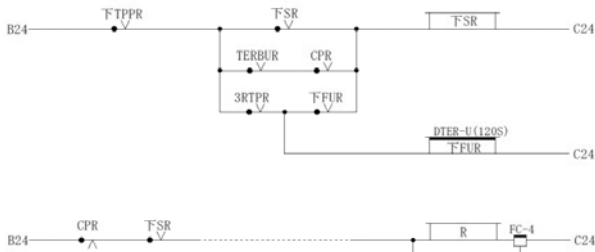


図2：踏切結線（一部抜粋）

2. 踏切結線の検証

踏切種別の4種から1種化や、駅構内の改良で配線が変更となった際に、工事設計担当者が踏切結線の作成、変更を行い電気技術室へ提出します。踏切結線は、軌道回路や踏切制御子を用いて制御することから、列車の走行条件（編成長、後続列車の有無、列車速度、在線位置等）を考慮して作成する必

要があり、制御区間に列車が在線している場合には鳴動を継続させなければなりません。また、踏切を通過後には不要に鳴動を継続しないことも考慮しなければなりません。

電気技術室では作成された踏切結線が、上記の内容を考慮して作成されているか、人間が机上で検証を行います。検証は、踏切制御図表に記載している配線略図上で列車を仮想的に走らせ、リレーの動きを机上で組み立てることにより、鳴動論理の健全性を判断しています。

検証の完了した踏切結線は、現地で施工を行い機能確認の実施をして、使用開始となります。

3. 踏切結線検証システムの開発

前項で示した通り、踏切結線の検証は人間が確認していることからヒューマンエラーや、想定していない走行条件によって検証ミスをして、実設備で行う事前の機能確認時および実列車での確認場面で不具合が顕在化することがあります。

そこで、踏切結線の作成、変更に伴う不具合事象防止を目的に、鳴動論理の健全性を検証するシステムを開発しました。以下に機能を説明します（図3）。

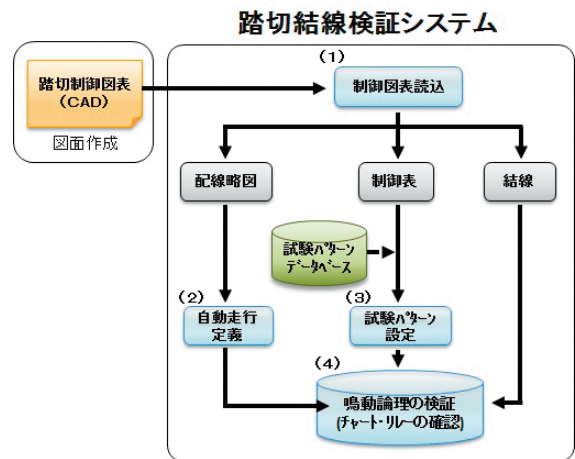


図3：システムの動作概要

(1) 踏切制御図表の読み込み機能

CADで作成した踏切制御図表および踏切結線をシステムで読み込み、配線略図上のシンボル（信号機、転てつ機、軌道回路、制御子）と結線のリレーを関連付けることが可能です。

(2) 自動走行定義の設定

(1) で読み込んだ配線略図を元に、列車が走行する進路上の信号機および軌道回路、転てつ器を自動で認識し設定します（図4）。



図4：自動走行定義の設定画面

(3) 試験パターンの設定

列車長、速度、停止位置など列車走行に関わる条件を考慮し、20個の試験パターンを作成し、データベースに登録しています。(1)で読み込んだ制御表の鳴動進路に対して、該当踏切に必要な試験パターンを自動で選択します(図5)。

No	テストパターン	下り	
		木津方-京橋方	京橋方-木津方
1	a 等速走行1 最高速度+単行列車	○	○
2	b 等速走行2 最高速度+最大編成列車	○	○
3	c 等速走行3 15km/h+単行列車	○	○
4	d 等速走行4 15km/h+最大編成列車	○	○
5	e 停車・走行1 各停止点(130秒)+単行列車	○	○
6	f 停車・走行2 各停止点(130秒)+最大編成列車	○	○
7	g 続行列車1 続行列車+単行列車	○	○
8	g 続行列車1 続行列車+単行列車(始動点軌道回路)	○	○
9	h 通過1	-	-
10	i 通過2	-	-
11	j 通過3	-	-
12	k 進出1 (停止位置目標)	-	-
13	l 進出2 (出発外方20m)	-	-
14	m 進出3 (ホームトラック外方の絶縁から20m)	-	-
15	n 橋内踏切専用	-	-
16	o 進入1	-	-
17	p 進入2 (進走1)	-	-
18	q 進入3 (進走2)	-	-
19	r オーバーランバック対策	-	-
20	s 信号で定位置で横外停車	-	-

図5：試験パターン設定画面

(4) 鳴動論理の検証

(2)の自動走行定義および(3)の試験パターンにより、(1)で読み込んだ配線略図上で列車を走らせ、鳴動論理の健全性を検証し、鳴動進路・試験パターン毎に良否判定を表示します(図6)。

No	テストパターン	上り		下り	
		神戸方-東京方	神戸方-上り橋内	上り橋内-東京方	上り橋内-下り橋内
1	a 等速走行1 最高速度+単行列車	○	○	○	○
2	b 等速走行2 最高速度+最大編成列車	○	○	○	○
3	c 等速走行3 15km/h+単行列車	○	○	○	○
4	d 等速走行4 15km/h+最大編成列車	○	○	○	○
5	e 停車・走行1 各停止点(130秒)+単行列車	○	○	○	○
6	f 停車・走行2 各停止点(130秒)+最大編成列車	○	○	○	○
7	g 続行列車1 続行列車+単行列車	○	○	○	○
8	g 続行列車1 続行列車+単行列車(始動点軌道回路)	○	○	○	○
9	h 通過1	-	-	-	-
10	i 通過2	-	-	-	-
11	j 通過3	-	-	-	-
12	k 進出1 (停止位置目標)	-	-	-	-
13	l 進出2 (出発外方20m)	-	-	-	-
14	m 進出3 (ホームトラック外方の絶縁から20m)	-	-	-	-
15	n 橋内踏切専用	-	-	-	-
16	o 進入1	-	-	-	-
17	p 進入2 (進走1)	-	-	-	-
18	q 進入3 (進走2)	-	-	-	-
19	r オーバーランバック対策	-	-	-	-
20	s 信号で定位置で横外停車	-	-	-	-

図6：検証結果の良否判定画面

また、列車走行シミュレート後にタイムチャートでリレーの動作を確認することが可能です(図7)。

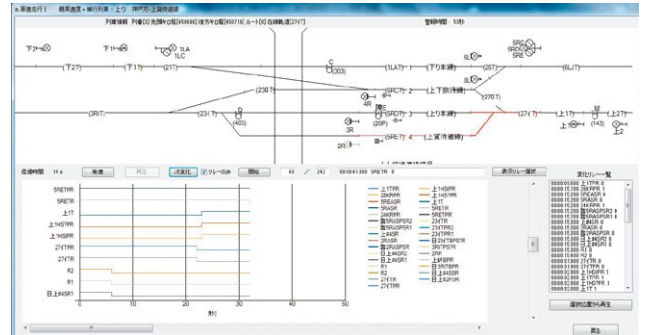


図7：シミュレート結果画面

良否判定で×の判定結果となった場合、リレー動作のタイムチャートを確認することにより、踏切結線の不具合箇所の特定を行うことができます。

4. おわりに

踏切結線の検証は、人間が机上で列車を走行させて、鳴動論理にミスが無いかが判断していましたが、今回開発したシステムにより、列車走行シミュレート、リレーの動作を確認することが可能となり、不具合事象の発生を未然に防止することができます。

また、このシステムはCAD図面を読み込み可能なように開発しており、別途システム用に踏切制御図表、踏切結線を作成する必要がありません。

本システムを活用し、机上検証の段階で踏切結線のミスにより確実に発見、修正することで鳴動論理の健全化を図り、踏切保安装置の更なる安全性向上を目指していきます。