

連動図表と連携した連動結線図自動作成システムの開発

信号通信技術研究部 列車制御研究室
主任研究員 関根 俊

1. はじめに

連動装置は、線路線形や信号設備の設置状態に応じて、駅毎に制御論理の設計を行う必要がある。制御論理の設計には、連動図表の作成が必須であり、これまでにコンピュータにより作成を支援するシステムを開発し実用化した。ところで、連動装置の種類によっては、さらに連動結線図を必要とする。結線図は、連動装置をリアルタイムに制御する論理であるので、安全性に直結し、作成には連動図表以上に困難を要する。しかしながら、実行論理を可視的に表現できるので誤りを検出しやすく、技術力向上にもつながる。そこで、連動図表から、連動結線図を自動生成する機能の開発を行った。結線図は継電連動と電子連動でやや異なるが、より複雑な回路に対応できるように継電連動を対象とした。また、結線図の理解を支援するために、自動生成した結線図による連動動作模擬や解説表示機能も開発した。本講演では、自動生成論理を中心に発表する。

2. システムの構成

全体構成

図1に連動結線図作成システムの全体構成を示す。連動図表から連動結線図への変換方法は標準結線図として定められており、これを一般化してシステムに組み込むことにより、自動生成を実現した。結線図の作成には、連動表の条件を最も必要とするが、線形要素として配線略図の条件も必要となる。その他、連動図表に記載されていない条件として、進路てこ式か選別式か、接近鎖錠の解錠方法、リレーの共有なども必要とするので、補足条件として設定できるようにしている。また、自動生成した結線図によるシミュレータ機能も実現した。配線略図を制御盤として扱うことにより論理を実行し、評価結果を配線略図上に情報表示することができる。

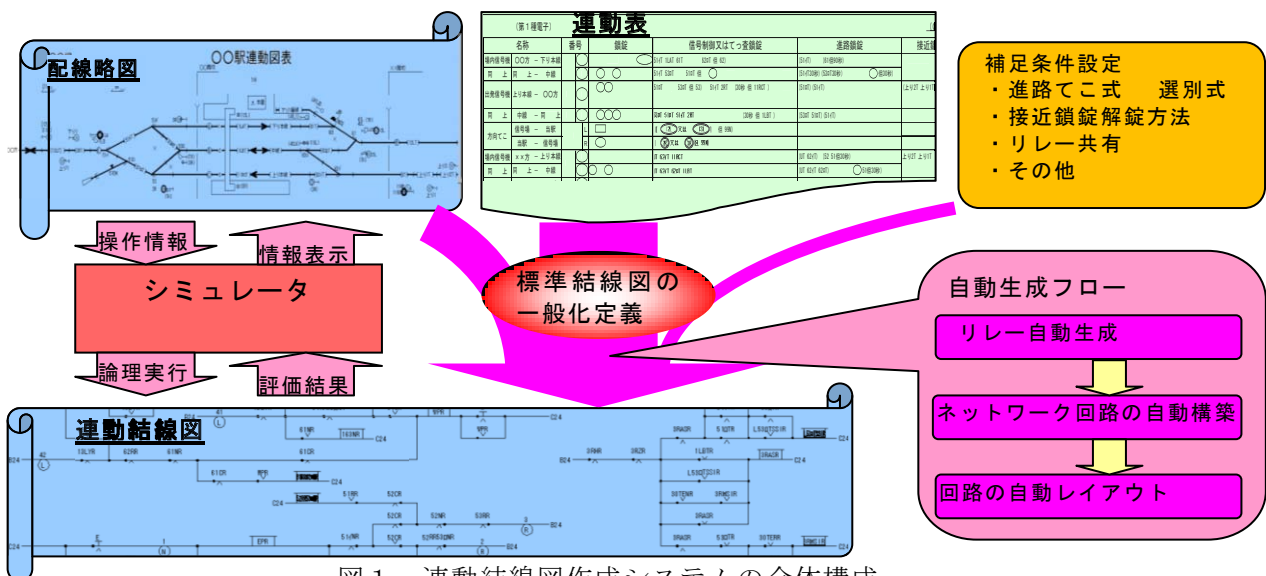


図1 連動結線図作成システムの全体構成

自動生成のフローは、下記の手順で行われる。

(1) リレー自動生成

連動図表から連動結線図に必要なリレーを作成する。

(2) ネットワーク回路の自動構築

連動図表に基づき、リレー、てこ、着点ボタン等の接点を生成し、これらの接続関係を構築する。

(3) 回路の自動レイアウト

ネットワーク回路を探索することにより、図面として出力したときに回路が交錯しないように、リレーや接点の作図位置を決定する。

2.2 連動結線図の構造化

結線図をコンピュータによって自動生成するためには、その概念を構造化することが重要である。構造化方法として、連動図表作成支援システムと同様にオブジェクト指向により行った。基本的クラスとして、結線図を構成する要素を表す“回路ノード”（図2）と、結線図の形態を表す“リレー回路”（図3）を定義した。回路ノードクラスは、上下左右の隣接回路ノードへの接続関係を有し、リレー、接点、結节点、電源等のより詳細なクラスに継承する。リレー回路クラスは、リレー、集約結节点、ダイオード、電源を保持し、進路選別リレー回路、接近鎖錠リレー回路、進路鎖錠リレー回路などのより詳細なクラスに継承する。

回路ノードの“集約結节点”クラスは、通常結線図に作図される結节点について、上下に直接接続する結节点を集約したものである。結节点は、上下左右の4方向の接続によって表すが、論理的な接続関係を表現できるように、無限数の接続を可能としている。最終的に結線図に出力する際に、レイアウトを再現できるように、左上、左下、右下、右上の4方向別に登録できるようにしている。

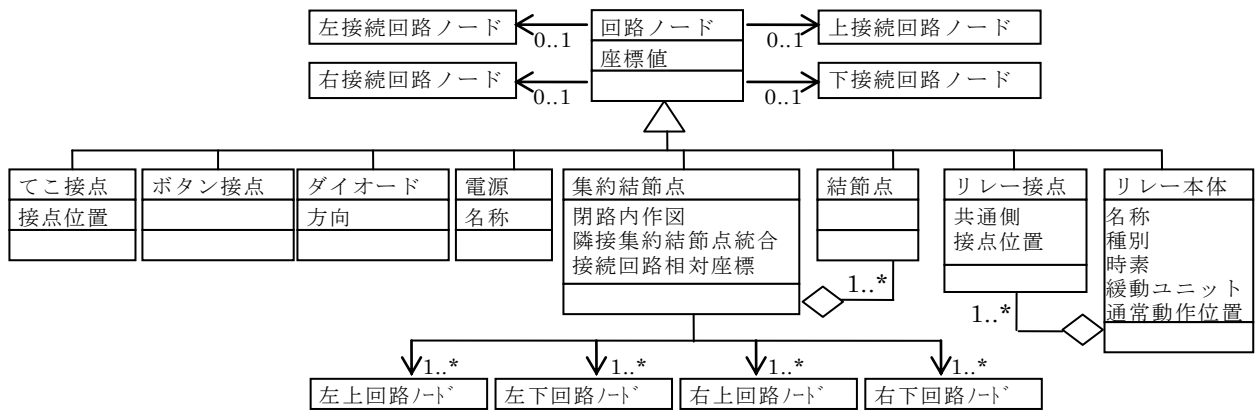


図2 回路ノードクラス図

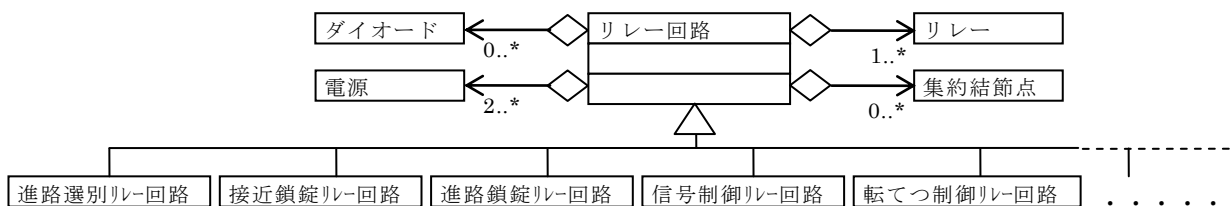


図3 リレー回路クラス図

3. 結線図の自動生成手法

結線図の自動生成手法について、連動表だけでなく配線略図にも深く関連する進路選別リレー回路を例にして説明する。進路選別リレー回路は、右行き回路と左行き回路があり、それぞれ発点回路部、転てつ選別回路部（背向回路と対向回路に分けられる）、着点回路部に分けられ、連動図表における進路てこ、転てつ器、着点ボタンと関連する。そこで、図4のように、連動図表クラス内に結線図関係のオブジェクトを内包又は関連させる。てこやボタンの接点は固定的に保持し、リレーは必要に応じて生成し実体はリレー回路クラスに保持する。

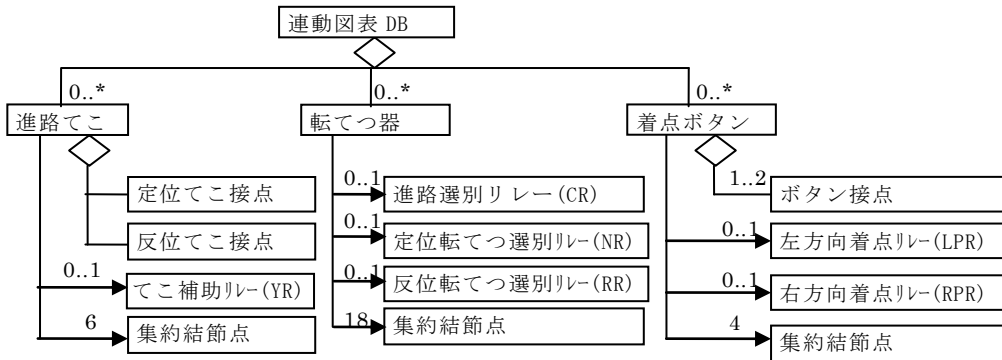


図4 連動図表クラス図内の進路選別リレー回路関係オブジェクト

3.1 リレーの自動生成

発点に異なる種類の進路てこが存在する場合に、進路数の最も多い進路てこ（通常、入換標識）以外のでこに“てこ補助リレー”を生成する。転てつ器は、定位反位共に背向進路が存在する場合に“進路選別リレー”，定位進路が存在する場合に“定位転てつ選別リレー”，反位進路が存在する場合に“反位転てつ選別リレー”を生成する。着点ボタンは、進行方向左右別に“着点リレー”を生成する。図5のサンプル連動図表では、進路選別リレー(21CR)，定位転てつ選別リレー(21NR)，反位転てつ選別リレー(21RR)，着点リレー(CLPR, ARPR, BRPR)が生成される。

3.2 ネットワーク回路の構築

集約結節点間の回路の作成方法を定義しておき、連動図表に基づいて実際の回路を構築する。図6は、転てつ選別背向回路の例を示す。●で表されているのが集約結節点であり、その間の回路を“回路ブロック”と呼ぶ。回路ブロック内に構造を伴うものは、枠囲いでその名称が記載されている。具体的な作成方法を、図5のサンプル連動図表について述べる。反位転てつ選別リレー(21RR)は、反位対向進路が存在する場合転てつ器対向回路に作成するので、このリレーの回路は作成しない。進路限定は存在しないので、定位反位とも“カット条件”回路ブロックはスキップする。“定位進路隣接回路開通”回路ブロックについては、定位側と共通側に隣接する回路の開通を示すリレーの定位接点を並列に接続する。定位側は着点リレー(CLPR)，共通側は着点リレー(ARPR)であり、これを並列に接続する。発点回路と着点回路についても同様に作成し、配線略図の接続関係に従って回路間を接続することにより、全体的なネットワーク回路が構築される。

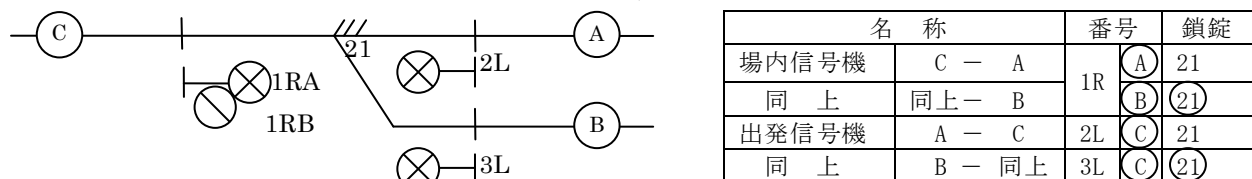


図5 サンプル連動図表

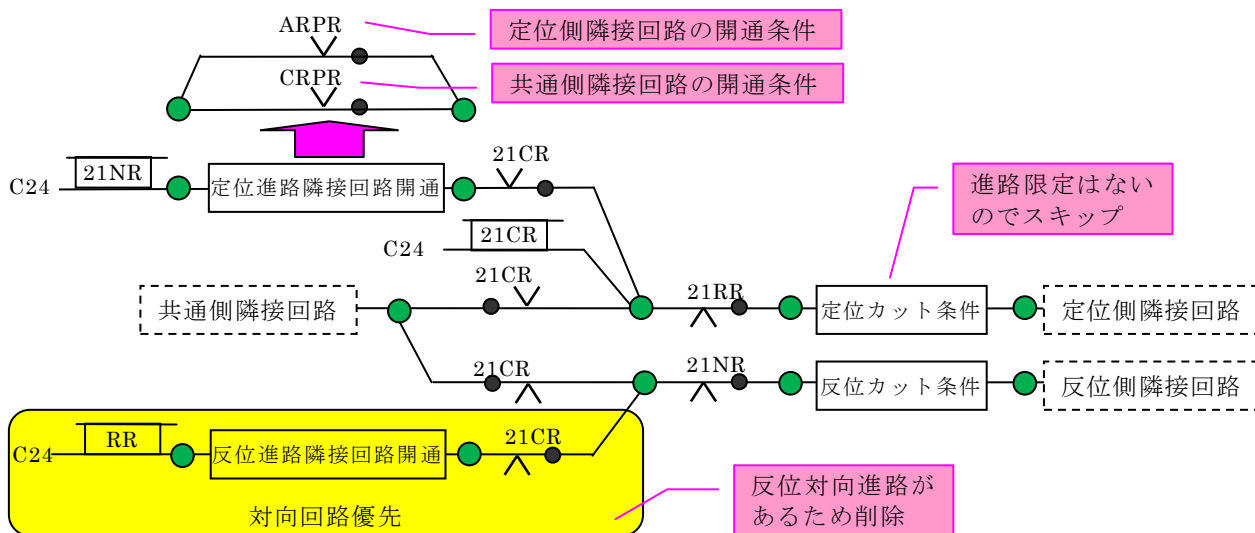


図6 ネットワーク回路自動構築(進路選別リレー回路転てつ選別背向回路の例)

3.3 自動レイアウト

結線論理ネットワークの構築によってコンピュータ上では、論理的には回路が実現できている。しかし、この状態では、人間が確認できる形態になっていない。そこで、図面上に結線図を作図できるように、自動レイアウトを行う。自動レイアウトを行うに当たって、分岐間の直列回路を表現する“単位直列回路”クラスを定義した(図7)。分岐は、通常、集約結節点であるが、リレー接点の場合もある。データとしては、分岐間の水平距離、直列回路から分岐までの高さを有する。

処理手順を図8に示す。分岐箇所を探索することにより単位直列回路を作成し、初期値を設定する。初期値は、回路内のノード数、分岐地点での接続段数によって決定する。次に、“閉回路矛盾補正”と“交錯回路補正”を行う。閉回路矛盾補正は、分岐点間に別経路が存在すると、矛盾する場合があるので補正を行う。交錯回路補正は、交錯回路を探索して交錯しないように補正を行う。

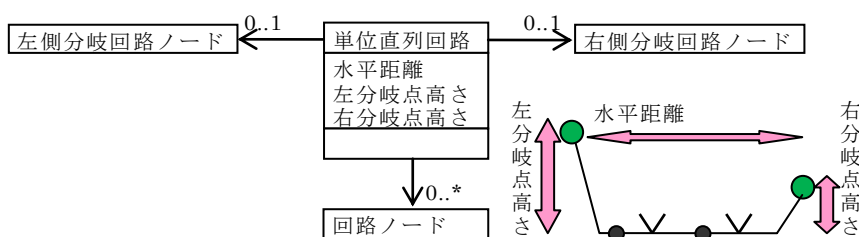


図7 単位直列回路のクラス図

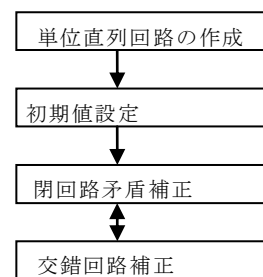


図8 自動レイアウトの処理手順

6. おわりに

本研究により、連動図表から結線図を自動生成するための基本的枠組みが完成した。実用化に当たっては、標準結線図の一般化定義を確実に進めることにより実現可能と考えられる。なお、連動装置は、駅独自の回路を必要とする場合があるため、完全に標準化できない部分もある。自動生成した結線図は、市販CADに出力されるためユーザにより修正を行うことができる。ただし、シミュレーション機能を活用するためには、修正した結線図からネットワークを再構築する機能を作成する必要がある。