

S8-3-7. 鉄道配線略図の自動生成手法の提案とソフトウェア試作

[土] ○ 平井 一人 (JR東日本コンサルタンツ株式会社)

Method of Automatic Generation of Railway Hardwiring Simplified Diagram and Prototype Software
Kazuto HIRAI, Member (Japan Society of Civil Engineers)

This paper presents the method and the prototype software of automatic generation for essential specifications of railway hardwiring simplified diagram. The algorithms automatically generate above described diagram in the style of Adobe SVG and AutoCAD without taking a lot of trouble, and the generated diagrams have the feel of deformations. Input data for this automatic generation is two dimensional railway-facilities dataset extracted from electronic data system (e.g. CAD, GIS). Verification of automatic generation algorithms and software specifications have completed by sample dataset extracted from so called "Railway Facilities GIS of JR-EAST" in two major stations of Tokyo urban railway network. This software is developed in Java (JDK) and MS-VC++, the enhancement of user interface functions and edit function by AutoCAD 2005 is under development.

キーワード：配線略図、自動生成図、デフォルメ化

Keywords: Hardwiring Simplified Diagram, Automatic Generation of Diagrams, Deformation

1. はじめに

従来、配線略図は平面図（縮尺 1/500 等）や各種解説図及び路線定義テーブル等を参照しながら、専門の担当者が手作業と経験で CAD ソフトやワープロソフトを利用して手間を掛けて作成していた。しかし、その工数が駅の規模に比例して増大すること、及び、配線略図自体がデフォルメされた主観的な図の要素を持っている理由から、用途によって記入・作成基準が曖昧になる点が多く、一旦作成された後、維持管理が不十分になるという欠点がある。このため、配線略図を工学的な立場で生成・運用することへの現場のニーズは強い。

他方、所属先では鉄道基本情報の GIS（以降、『鉄道 GIS』と略記）の整備を進めている。このため、この鉄道 GIS から配線略図の基礎データに相当する軌道線やプラットホーム等の主要施設データを大きな手間をかけずに取得できる環境が作られていた。

この背景から、所属先の技術開発テーマとして、鉄道 GIS から取得したデータから配線略図を自動生成する方法論ないしアルゴリズムを開発することになった。この技術開発計画は、各実務部署で個別に多様な目的で使用する詳細な配線略図の生成ではない。基礎データ仕様相当の配線略図を先ず生成させ、逐次的に生成情報を詳細化し、配線略図生成機能の向上を行い、鉄道 GIS とリンクした機能を追加させて、主に配線計画等のための手軽な生成図ツールを提供することを目指している。

本稿では、最初に自動生成図の仕様概要を述べ、次いで図面の自動生成に関する既往研究レビューを述べた後、開発した自動生成手法と開発中也含めたソフトウェア仕

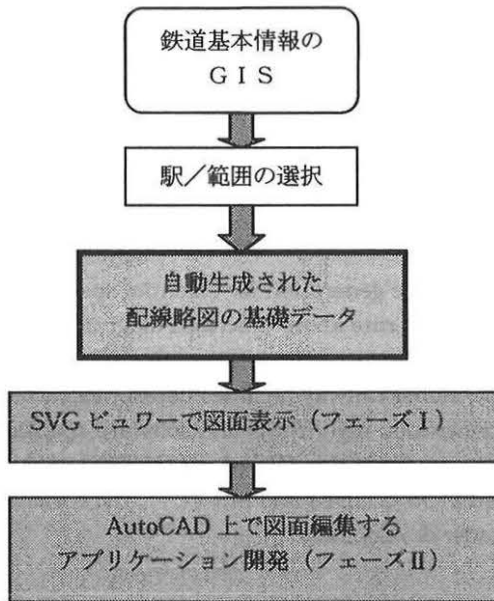
様を説明する。その後、自動生成処理の内容とサンプル駅での検証結果を説明し、成果と課題を取りまとめた。

2. 生成する配線略図の仕様決定と技術開発計画

最初に決めるべきは、自動生成する配線略図の仕様内容であるが、これは取得したデータ内容と対応している。配線略図の基礎部分に相当するデータは、鉄道 GIS から取得した 2 次元基礎データ〔キロ程、分岐点、路線別の線路中心線、プラットホーム〕と取り決めた。

次に、自動生成の方式であるが、取得した 2 次元基礎データを入力して、考案した自動生成アルゴリズムを介して路線別に配線略図の基礎データをプログラムにより生成する。そして、試作 I 期（フェーズ I）ではプログラムからの出力を Adobe 社の SVG 様式で Windows 上の Web ブラウザー表示領域に生成する仕様とした。試作 II 期（フェーズ II）では Autodesk 社の AutoCAD で編集できる仕様とし、利用者の図面カスタマイズを可能とする。

従って生成される配線略図は、フェーズ I では実務で使用されているフル仕様の配線略図に書き込まれている詳細な信号や各種旗上げ情報等を除いた、線路（本線、分岐線等）・プラットホーム・本線上のキロ程の各諸元で構成される。配線略図の基礎データを自動生成することで、配線略図の作成者・利用者がフェーズ II 以降、目的に応じて、信号や各種旗上げ情報等を電子図面に追記・更新することを可能とする。図-1 は、開発中の機能も含めたシステムの利用イメージである。



図一 システムの利用イメージ（開発中含む）

3. 自動生成に関する既往研究レビュー

<3.1> 配線略図の生成に関する既往研究レビュー

これまでの試みを振り返ると、日立製作所の“連動論理作成支援方法”（特許公開2003-220950）⁽¹⁾がある。また、類似研究として、財団法人鉄道総合技術研究所の“連動図表作成支援システム”（特許公開2003-63401）⁽²⁾がある。これらは連動図表作成支援システムを開発して、鉄道配線略図の作成・編集を支援する試みで、台帳データベースで属性情報を管理・参照することが主目的で、自動生成が目的ではない。また、生成パターンを用意して図面生成する試みが研究レベルで行われている。ただ、駅構内の特性が一定パターンに収まらず、加えて生成図の修正に大きな制約があり、生成後の運用では結局、自動生成と切り離された図面が出来る大きな問題が生じている。まとめると、従来の配線略図生成技術は次のどれかに分類される。

- (A) 鉄道配線略図がデフォルメ図であるのにデフォルメ基準を曖昧にしたままで、一律基準で作成しようとして意図に反した図になる。
- (B) 手作業でデフォルメ化したものの、維持管理に適さない。
- (C) 自動生成では後編集処理でデータ構造が更新されるが、元DBに反映されず、ある時点からCADによる従来の手作業に戻ってしまう。

上記考察から、必要な技術は、利用目的を計画支援等に絞った上で、基礎部分を簡易に自動生成させ、その後、

利用者が容易に再利用・編集を可能とさせるツールを開発することと判断され、本技術開発もその方針に沿っている。

<3.2> デフォルメ技術に関する既往研究レビュー

図面のデフォルメ化技術は、限られた表示スペースに利用者が見やすい、或いは、特定の表示情報を取得しやすいように、設計図面や実際の地図の表示形状をデフォルメする技術である。従来の図面のデフォルメ化は、手作業による事後の加工編集を必要とし、相当な作成時間と経験や描画センスを要した。そのため、カーナビを中心に自動化技術が開発されてきている。

松下電器の特許取得手法は、道路線分の交差角度を変形して道路線分数を減少させる角度補正方法と、道路線分に重ねたメッシュとの交点で、点を地図上の目標物に重ならないように間引きながら交点を移動させ直線近似する方法を根幹に置いている⁽³⁾。また、NTTの特許取得手法は、この松下電器の改良版とも言える⁽⁴⁾。この方法は道路ネットワークに対し、デフォルメ基準となる格子点を設定し、道路ネットワークのノードを統合した格子点が所定の論理条件を満足しうる場合、デフォルメされた道路図を出力・表示している。ただし、両手法とも、図形の重なり自動回避に論理矛盾を起こす問題を有しており、人間介在の補正処理が必要になる。

<3.3> その他の関連する既往研究レビュー

プリント基板設計、ICレイアウト設計では、部品の配置を考える際に、配置位置の標準化を行うためにグリッド（座標系）を定義し、部品に配線条件を与えレイアウトする手法が一般的に取られている⁽⁵⁾⁽⁶⁾。また、力学的指向モデルは、オブジェクト指向モジュール図作成で、ノード（点）間の配置自動化アルゴリズムとして広く利用されている⁽⁷⁾。これらのうち、グリッドの使用はデフォルメした図形の配置基準に有用と考えられる。

4. 自動生成手法、ソフトウェア仕様・データ仕様

<4.1> 自動生成処理の概要

配線略図の基礎データを自動生成し検証する方法は次のように取り決めた。ここで①から⑤はフェーズⅠ、⑥以降はフェーズⅡの範囲である。

- ① 鉄道GISから取得した2次元座標データで構成される図形は、路線別キロ程を基準座標系として座標変換される。これで取得図形データは、路線別にキロ程との対応で管理される。
- ② 次に軌道線やプラットホームは多くの図形要素（点・線分）から構成されるが、これを間引き手法により、図形間の相互論理関係を崩さない範囲で間引いてデフォルメ化する。間引き後、図形間の余白をなるべく均

等な間隔にするように制御グリッドを配置して、点の凹凸を補正する。

- ③ その後、デフォルメされた路線別の配線略図を、Adobe 社の Web ブラウザ対応の XML 系図形配信ソフトに対応した SVG 形式のデータに変換出力し、Web ブラウザである I E の画面に表示する。I E 画面において自動生成図面の拡大縮小・移動が可能である。
- ③ 間引きや I E での表示用の制御パラメータはユーザーが外部から設定する。
- ④ 生成された配線略図の検証は、複数路線を持つ中規模以上の首都圏の検証駅として、立川駅と八王子駅で行う。その他の駅パターンについては、検証駅の結果考察から演繹的に推論し、応用性を確認していく。
- ⑤ 上記確認後、生成図の構造を AutoCAD で編集可能な形式に変換し、AutoCAD 上で専用編集機能を開発する。
- ⑥ 入力データの取込支援として、GIS のデータから必要項目を取り出すフィルターを作る。

<4.2>自動生成処理用の座標系と路線別キロ程の切替表示

自動生成処理で管理するデータ座標系として、次の 3 種類を設定した。

- a) 鉄道 GIS 等から与える入力用元図（平面図）座標系
- b) プログラム管理されるアルゴリズム用配線図座標系
- c) SVG とブラウザで管理される表示領域座標系

これにより路線別キロ程で鉄道配線図を容易に切り替えて生成でき、限られた表示領域に拡大縮小できる。維持管理も元図の座標値等を変更することで対応が可能である。

<4.3>デフォルメ化の基準設定

配線略図のデフォルメ化は、図形要素（線分と点）を間引くことと、図形間の余白調整で実現した。図形要素の間引きは、線分間の傾きと近隣距離に与えた閾値に基づいて図形要素を削除した。また、間引き後の余白確保等は、軌道中心間隔に近似したグリッドセルを設定することで対応した。なお、デフォルメ化を行わない選択処理も可能とした。

<4.4>ソフトウェア仕様

配線略図の自動生成プログラムの実行環境を表—1 に示す。ここで、ブラウザの I E、SVG と JRE (Java) は無料ソフトウェアである。

配線略図の自動生成プログラムは、実行時、GIS から抽出したデータと実行パラメータを入力し、配線略図とログファイルを出力する形態とする（図—2 参照）。

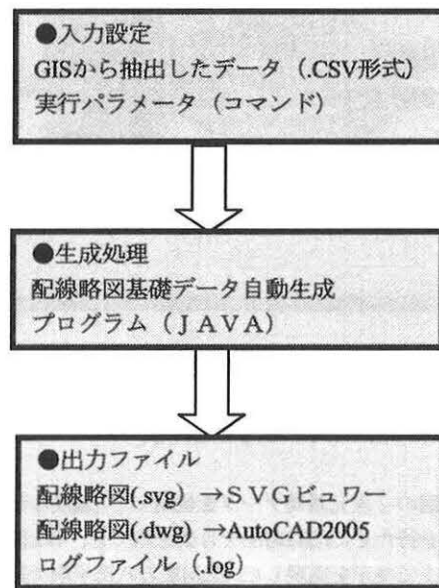
<4.5>基礎データ項目の選定とフォーマット定義

配線略図をアルゴリズムで自動生成するための基礎デー

タ項目として、鉄道軌道線（本線、分岐線）、プラットホーム、キロ程を選定した。これらを平面図等からデータ取得するフォーマットを次に定義した。基礎データ項目以外の項目表現は基本施設である軌道線とプラットホームとリンクさせることで表現する（表—2 を参照）。

表—1 実行環境

CPU	Pentium III (1.0GHz) 以上
OS	Windows2000 (SP4) または、WindowsXP (SP1)
ブラウザ	Microsoft Internet Explorer 6.0 以上
SVGViewer	SVGViewer: AdobeSVGViewer3.0, http://www.adobe.co.jp/svg/main.html (フェーズ I から)
ランタイム モジュール	Java の JRE (JDK1.4.2 相当)
CAD	AutoCAD2005 standard Edition (フェーズ II から)



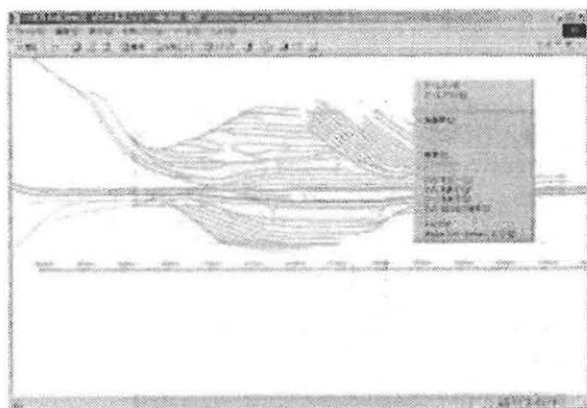
図—2 システム概略図

<4.6>自動生成図の検証

自動生成された配線略図の検証は、立川駅と八王子駅で行った。図—3 は、八王子駅について鉄道 GIS から取得した 2 次元座標データを配線略図に変換して、中央線のキロ程を併記して表示させた図である。処理時間は 5 秒程度であり、配線略図がデフォルメされた状態でうまく生成できた。八王子駅他路線も同様に処理できる。また、立川駅についても同様の結果が得られた。

表—2 データ形式 仕様概要

項目	内容
キロ程	識別 ID、路線 ID (1 路線に対して 1 つ)、点座標、キロ程原点位置からの距離
路線 (本線・分岐線)	識別 ID、路線 ID (1 路線に対して 1 つ)、 種別 (本線上り、本線下り、分岐線上り、分岐線下り)、点座標
構造物 (路線以外の閉多角形)	識別 ID、種別 (プラットホーム)、点座標
ファイルタイプは、CSV	



図—3 自動生成された八王子駅の配線略図 (中央線)

検証結果は次のようにまとめられる。

- ① 配線略図の 2 次元基礎データを使用して、適度なデフォルメ感を持たせた配線略図を自動生成でき、WEB ブラウザー上で表示を実現した。立川駅と八王子駅で検証し、有効性と利便性を確認した。提案手法と仕様は基本的に 2 次元座標データを入力して生成させるので大規模駅でも対応可能である。
- ② 基礎データ以外の付随する多くのシンボル (信号、分岐器など) は、軌道やプラットホームにリンク付けして表示する仕組みを採用し、座標変換後も相対座標を維持することを確認した (橋脚や転車台で確認済)。
- ③ AutoCAD 編集機能等の評価 (フェーズ II)
現在、開発中のため、この評価は当日、発表とする。

5. 今後の課題

今回の技術開発の成果を踏まえての課題を次に示す。

- ① 設定しているデフォルメ用のパラメータ閾値の有効な組み合わせは駅別に微妙に異なり、自動生成実行前には必ずしも決定できない (フェーズ I と II 共通)。これはデフォルメの本質事項であり、決定論は適当でない。
- ② 鉄道 GIS のデータの制約から表現できない図形の立体交差を表現するなどの工夫 (画層の導入等) が必要である。【フェーズ II で解決】
- ③ 実用向きに汎用 CAD ソフトで編集可能な設計・試作を行う必要がある。【フェーズ II で解決】
- ④ いわゆる β 版のため入出力・操作機能の向上が必要

6. まとめ

従来、手作業ベースで作成され標準化仕様が存在していなかった配線略図を、平面座標データをセットするだけで、自動生成アルゴリズムを介して、路線別に短時間でデフォルメ感を持たせて自動生成する方法論的基礎ができた。これにより、配線計画等に対応できる手軽なツールを提供できる道が開けた。

謝辞：本研究を遂行するにあたって、データ作成では同僚の長谷部国彦氏、機能設計とプログラム開発には (株) 構造計画研究所の加藤麻紀氏・松本裕俊氏・吉田善亮氏の協力を得た。ここに謝意を表します。なお、本研究の提案手法は特許出願申請済である。

【参考文献】

- [1] 日立製作所：特許公開 2003-220950、“連動論理作成支援方法”
- [2] 財団法人鉄道総合技術研究所：特許公開 2003-63401、“連動図表作成支援システム”
- [3] NTT：“道路形状図形デフォルメ方法、装置、前期方法を記録した記憶媒体” (特許公開 2000-250403、特許番号 3423894)
- [4] 松下電器：“デフォルメ地図作成装置とそれを使う地図情報提供システム” (特許公開 平成 10-74042、特許番号 3442238)
- [5] H. Murata, K. Fujiyoshi, S. Nakatake, and Y. Kajitani：“VLSI Module Placement Based on Rectangle-Packing by the Sequence-Pair” IEEE Trans. on CAD, Vol.15, No.12, 1996
- [6] S. Nakatake, H. Murata, K. Fujiyoshi, and Y. Kajitani：“Module Placement on BSG-Structure and IC Layout Applications” Proc. of International Conference on Computer Aided Design '96, pp.484-491, 1996
- [7] 山崎博之、三上直人、高橋篤司：モジュールの重なりを許さない力学的モデルによるモジュール配置手法、情報処理学会論文誌、Vol.43, No.5, 2002