

## 編成表作成支援システムの開発\*

4W-9 御宿 哲也† 金枝上 敦史 塩崎 秀樹† 山本 昭二† 白石 孝†

三菱電機(株) 情報技術総合研究所†

三菱電機ビルテクノサービス株式会社†

## 1 はじめに

三菱電機ビルテクノサービス株式会社（以下、メルテックと略）は、昇降機、冷熱などのビル設備の管理を行っており、現在、全国で約3,000人のフィールドエンジニア（FE）が約17万5千台の昇降機の保守サービスを行っている。昇降機の保守サービスには、毎月行われる定期点検の他に、数カ月あるいは何年かに1回の割合で行われる保全、工事、検査などの作業がある。各昇降機の保守担当者は、これらの作業を何月に行うかを年間計画で決めているが、毎月、これらの作業に対して、「翌月の何日の何時から行うか」、さらに、複数人で作業しなければならない作業に対しては、「誰と作業するか」という月間計画を立案（編成業務）している。また、この月間計画には、休暇、会議、研修といった保守サービス以外の作業や年間計画データで予定していなかった工事なども考慮する必要がある。

現在、この編成業務をすべて人手で行っており、編成業務の省力化および業務品質の向上を目指して、編成表をPC上で作成する編成表作成支援システムを開発している。

## 2 本研究のアプローチ

当初、各昇降機には担当者が決まっていることや、毎月行う定期点検はほぼ同じ期間をおいて実施されるため、過去の編成結果が有効利用できるのではないかと考えられた。しかし、編成表作成支援システムの開発にあたって、事業所にヒアリングした結果、様々な機種種の保守サービスに熟練していくために、事業所によっては、年1回程度、昇降機の担当替えが行われるので、前年の編成結果は役に立たないことがわかった。また、複数のビル間を効率的に移動するために、同じ日に点検する昇降機をまとめた基本点検コースを作成したり、作業効率を考えて、同じ昇降機に長時間かかる工事などが予定されている場合は、この基本点検コースからその昇降機を外し、別の日に工事と一緒に作業（複合）するといったような工夫をしていることもわかった。

そこで、本システムを開発するにあたって、以下の方針で望んだ。

1. メルテックの受注、生産、計上を管理、支援するシステム（以下、NAISと略）から昇降機保守に関する作業リストを取得する。
2. 現状の編成業務の流れに沿った自動計画を可能にする。
3. 編成表作成者の裁量を反映できるように、自動計画結果の編集を自由にできるようにする。
4. 事業所、作業員、昇降機固有の事情をシステムに反映できるようにする。

全国に200を超える事業所で、約3,000人ものFEが保守サービスに従事しているため、特に、4番目の方針が重要である。

事業所の方針、昇降機が設置されているビルの環境や昇降機個々の仕様の違いによって、保守サービスにかかる時間や人数が異なるため、標準的に定められた時間や人数を昇降機ごとに設定可能にする必要がある。そのため、「編成基礎 D/B」を用意し、各FEが自分の裁量で、これらの値を設定できるようにした。

\*Field Service Scheduling System with Cooperative Scheduling Approach

†Tetsuya MISHUKU

†Mitsubishi Electric Corp.

また、様々な機種種の昇降機を保守していかなければならないため、FEの教育が重要である。そのため、複数人作業にパートナーを割り当てるときは、教育的配慮を元に決めることもあるため、自動計画の精度を高めるには、編成表作成者の裁量（計画ノウハウ）が必要になる。しかし、全国の事業所で、このような計画ノウハウを収集し、メンテナンスしていくには、莫大なコストがかかってしまう。

従来のアプローチでは、ある熟練者の計画ノウハウに基づいた方式で、自動的に計画を立案し、編集機能を用いて不適切な箇所を個々の計画立案者が修正することになる。この編集作業中、計画立案者は何の理由もなく試行錯誤しながら修正を加えることもあるが、何らかの特別な理由に基づいて編集している場合もある。そこで、我々は計画立案者の編集操作から計画ノウハウを推測し、蓄積された計画ノウハウを再利用することにより、以後、徐々に計画立案者個々に適合するように自動計画の精度を上げ、編集作業の負担を軽減させることを考えた。

しかし、月間計画の場合、利用される回数は月1回程度と少ないため、ノウハウ獲得に必要な訓練データを集めるのには時間がかかってしまう。そこで少ない訓練データでも効果的な学習を行えるようにするために、ユーザと積極的に対話する学習方式として、「協調スケジューリング技術」を考案し、編成表作成支援システムに適用した。この技術は以下の特長を持つ。

1. 編成表作成者が自動計画した結果を編集したときに、その編集理由を推測し、編集事例として蓄積する。
2. それ以降の自動計画時に蓄積された編集事例を適用した結果を編成表作成者に提示し、適切な編集事例を選別する。
3. 十分有効であると判定された編集事例は個人ルールとしてそれ以降の自動計画時に自動的に適用する。

## 3 システムの概要

## 3.1 システム全体の概要

編成表作成支援システムは、PC上の8つのツールから構成され、このうち、NAIS連携ツール→計画データ変換ツール→編成表作成支援ツール→集計・印刷ツールと利用することにより、数名で構成される「班」単位に毎月の編成表を作成することができる。その他の昇降機情報編集ツール、作業員情報編集ツール、作業仕様情報編集ツール、作業履歴情報編集ツールは、編成業務に必要な編成基礎 D/B をメンテナンスするためのものである。

NAIS連携ツールは、ネットワークを介して、サーバ上のNAISのデータベースから指定された年月に予定されている作業リストを、班単位に取得するためのものである。しかし、このデータには、作業実施に必要な作業時間や作業人数が設定されていないので、計画データ変換ツールが編成基礎 D/B を参照して、自動編成に必要な作業時間、作業人数、作業条件などを付加し、計画 D/B に登録する。編成表作成支援ツールが、編成表を作成するメインの機能を提供する。基幹システム上の年間計画には予定されていない作業を追加してから、同じ日に実施する作業をグループ化した上で班内の作業員を割り当て、作業日時を決定していく。編成結果が確定した段階で、集計・印刷ツールを使い、就業時間などの管理用計画数値を集計し、編成結果とともに「編成表」として紙に印刷する。

また、昇降機情報編集ツールは、顧客から指定された作業条件（例：月曜日と水曜日は作業可）や基本点検コース

を管理するためのものである。作業情報編集ツールは、作業者が持つ様々な資格の保有状況を管理するものである。作業仕様情報編集ツールは、保守サービスの内容ごとに必要な作業時間、作業人数を管理するためのものである。作業履歴情報編集ツールは、各昇降機の前回、前々回の作業日を管理するためのものである。

### 3.2 編成表作成支援ツールの概要

編成表作成支援ツールは、一般的な自動スケジューリングツールが持っている、自動計画機能、計画編集機能に加えて、学習機能を持っていることが特長である。

自動計画機能は、メルテックの編成業務にあわせて、グループ決定機能、作業者決定機能、作業日時決定機能の3つのサブ機能に分けられる。グループ決定機能は、基本点検コースを考慮して、同じ日に続けて実施する作業をまとめるためのものである。このとき、異なる作業条件をもつ作業を同じグループにする場合は、作業条件を合成しておく。その後、作業者決定機能が、作業者の資格および作業負荷を考慮して、各作業者に作業を割り当てていく。さらに、作業日時決定機能が、作業条件および前回作業日とのインターバルを考慮して、作業日時を決定していく。このとき、月2回保守する昇降機に対する作業は、必ず10日以上インターバルをとるようにしている。

計画編集機能も、自動計画機能と同様に、グループ編集機能、作業者編集機能、作業日時編集機能の3つのサブ機能に分けられ、自動計画機能を使う前、使った後に、計画を自由に編集することができる。また、自動計画と編集を繰り返し利用することにより、より適切な編成結果を得ることもできる。

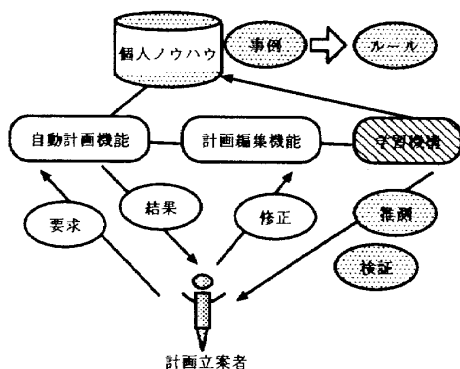


図1: 編成表作成支援ツールの概要

### 3.3 学習機能の概要

学習機能は、事例獲得機能、事例検証機能、事例汎用化機能の3つに分けることができる。計画ノウハウは、編集操作から編集事例として獲得され、自動計画時に仮適用することにより、有効な事例のみ選別していき、十分有効であると判断された事例のみ個人ルールとなり、自動計画時に自動的に適用されるようになる。

例えば、計画立案者が、作業Aの作業者をX氏からY氏に変更したとき、「作業Aの作業者はX氏よりY氏の方が適している」という特別な理由に基づいているという場合がある。そこで、作業者候補適用ノウハウ、作業日時候補適用ノウハウ、立案順序ノウハウという3つのノウハウを定義し、このような特別な理由(=例外的なノウハウ)を編集操作から獲得することにした。さらに、この操作対象である作業、作業者、作業日時を抽象化する学習キーを定義し、「機種が $\alpha$ の作業の作業者は1人作業認定が認定の作業者よりY氏の方が適している」というように抽象化し、複数の仮説をユーザに提示して、適切なものを選択してもらい、

編集事例を蓄積していく。これが、事例獲得機能の役割である。

事例検証機能は、自動計画時に割り込みをかけ、蓄積された編集事例を仮に適用した場合どうなるかをユーザに提示し、その提案が受け入れられたかどうかを元に、有効な事例を選別していく。

事例汎用化機能は、編集事例が更新されるたびに、その編集事例の有効度および無矛盾性を判定し、十分有効であると判断された事例のみ個人ルールとして汎用化するかをユーザに提示し、自動計画時に自動的に適用していく。

我々のアプローチは、編集操作を抽象化した編集事例を仮適用し、十分有効であると検証されたものだけをルール化するというモデルに基づいており、例外的な計画ノウハウをメモを残すように、つまり、思いついたときにノウハウを追加できるような知識獲得を目指している。

### 4 試行評価

1997年5,6月と10,11月の2回に分けて、メルテックの5支店で、編成表作成支援システムの試行評価を実施した。試行目的は、現状、紙で編成業務を行っているが、その業務を計算機支援することが可能であるかを検証し、使い勝手の悪い点を洗い出すことであった。

1回目の試行では、このシステムを使って、編成表を作成することができた支店は1支店のみという結果に終わった。編成業務は、納期が厳しいため、途中で断念したケースもあったが、以下の要望・問題点が明らかになり、2回目の試行に向けて、改良を行った。

1. A3サイズの内紙で、編成業務を行っているのに比べ、画面が小さく、全体がわかりにくい。
2. 月2回保守現場のインターバルが、適切にとられていないケースがある。
3. 編集操作が使いづらい。

その結果、2回目の試行では、5支店とも編成表をPC上で作成することができ、従来の手作業に比べて時間短縮できたところもあった。

これら2回の試行を通じて、今後、ユーザの慣れやユーザインタフェースの向上により、編成業務の省力化を図るメドをつけることができた。

これまでの試行は、フィジビリティスタディが目的であり、基本機能の評価しか行っていないが、今後、学習機能の試使用を行い、一層の省力化を図っていく予定である。

### 5 むすび

本研究では、編集過程というユーザにとって自然な形で計画立案者個別の例外的な計画ノウハウを獲得していく協調スケジューリング技術を提案し、編成表作成支援システムに適用した。計画ノウハウを獲得する学習機能を活用することによって、全国の事業所に導入するにあたって、事業所個別のチューニング作業が軽減されることが期待される。今後は試行を通して得られた問題点も含めて、学習機能のブラッシュアップに関する考察を深めていく予定である。

最後に、本システムの開発に際して、編成業務のヒアリング、試使用に御協力頂いたメルテックの各事業所の皆様にこの場を借りてお礼申し上げます。

### 参考文献

- [御宿 96] T.Mishuku, T.Tsuchida, S.Tanaka: A Cooperative Scheduling System by Knowledge Acquisition, Proc.DKSME-96, pp.243-262(1996)
- [宮下 95] 宮下: スケジューリング問題へのアプローチ(1) - 人工知能における課題 -, 人工知能学会誌, Vol.10, No.6, pp.880-887(1995)
- [宮下 96] 宮下: スケジューリング問題へのアプローチ(2) - 知識の内容とその獲得 -, 人工知能学会誌, Vol.11, No.1, pp.41-49(1996)
- [石田 96] 石田, 西島, 鶴田, 本間, 中野: 目的戦略指向協調推論向け知識構築支援方式とその評価, 情報処理学会論文誌, pp.1773-1780(1996)