

保守区向け勤務計画自動作成システムの開発

輸送情報技術研究部 設備システム
主任研究員 佐藤 紀生

1. はじめに

現在、多くの鉄道保守現場における勤務計画作成業務は、担当者が作業内容、社員の資格の有無、夜勤や休日出勤のバランスなど様々な条件を考慮しながら手作業で行っている。これには多くの時間を割いており、また担当者の経験に頼っている部分がある。これまでの研究では、列車運行管理業務における乗務員の運用計画作成システム¹⁾の例はあるが、保守区など設備管理業務での勤務計画作成の自動化についてはあまり検討されていない。そのため、保守区を対象とした勤務計画作成システムについて検討を行い、1グループ10人程度の社員に対し、必要な制約条件を満足する勤務計画を自動的に作成可能なシステムを開発した。

本発表では、開発した勤務計画作成システムの特徴と機能の概要を説明する。また、過去の作業予定を使用したケーススタディによる計算時間の評価試験を行い、どの程度の計算時間で作成可能であるかを確認した。

2. 保守区における勤務計画作成業務

今回対象としているのは、電気関係の設備保守区である。毎月の勤務計画は前月の25日頃までに担当者が翌月の各種作業予定と各社員から申請された年休等の休暇予定を勘案して作成する。作業予定には、事前に関連機関と調整済みの停電、線路閉鎖等日時の確定した作業予定と設備検査計画による翌月検査予定、及び会議等の行事予定がある。作成担当者は勤務計画作成に当たり、必要人数、必要資格、年齢バランス等も考えて勤務割当てを行い、かつ労働基準法を順守し、また各社員の勤務内容が平準化するように計画する必要がある。

3. 勤務計画作成システム

3. 1 システムの特徴

図1に示すように本システムでは、勤務計画作成に必要なデータおよび条件を入力し、システムに計算させることで条件を満たした勤務予定表を出力する。出力された勤務予定表は必要に応じて修正でき、修正後に条件を満たしているかの確認を行える。これにより、必要な条件を満たし且つ柔軟に勤務計画作成が行える。本システムは、図2のように社員が各自の年休

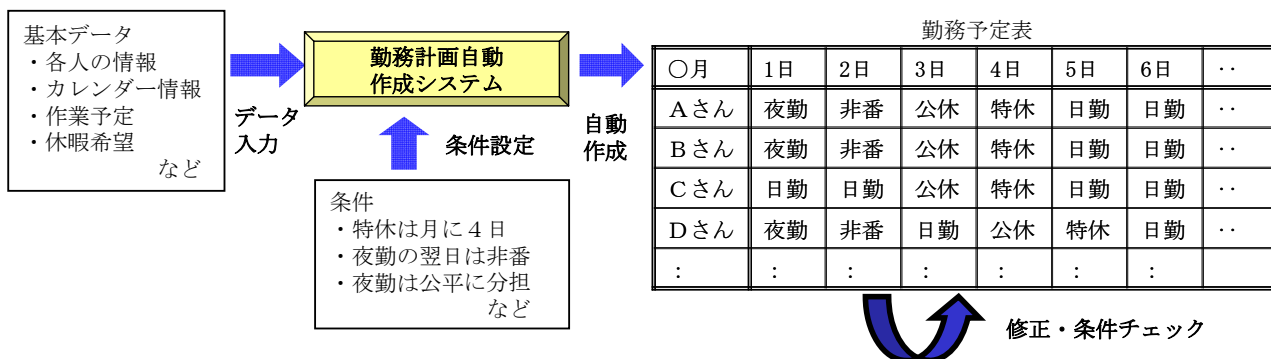


図1 システムの概要

等の休日希望を入力する社員システムと、勤務計画作成担当者が操作する、資格を含めた社員の管理及び各種作業計画を入力して勤務予定表を作成する担当者システムの2つに分かれた構成となっている。

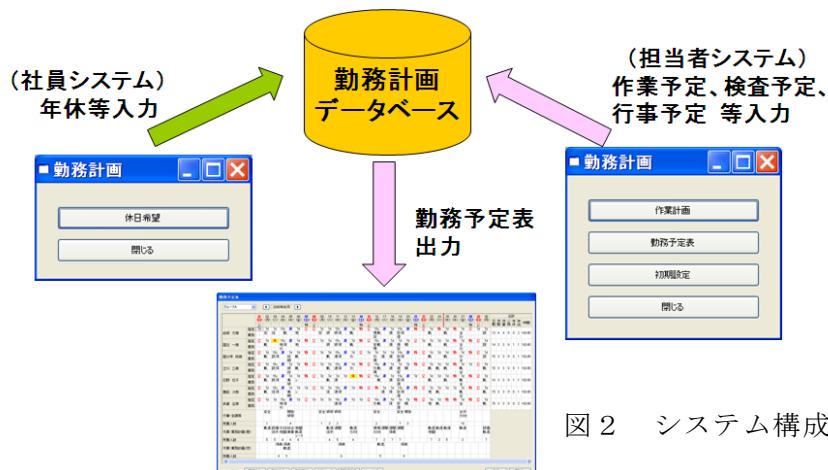


図2 システム構成

3. 2 制約条件

必ず満たす必要のある条件を制約条件と呼ぶ。本システムでは以下の項目を制約条件として考慮している。

- (1) 特定4週に4日公休をとる
- (2) 作業に必要な人数を割り当てる
- (3) 必要な資格を持った人を割り当てる
- (4) 作業に割り当て可能と指定された人だけを割り当てる
- (5) 年休・代休希望日の前日に夜勤を入れない
- (6) 非番希望日は非番とし非番前日は夜勤とする
- (7) 夜勤翌日は非番
- (8) 年休・代休希望日は年休・代休とする
- (9) 土曜・日曜・祝日の連続勤務はしない
- (10) 休日出勤回数の多い人と少ない人の差は m 回以内 (日数 m は任意に設定できる)
- (11) 夜勤回数の多い人と少ない人の差は n 回以内 (日数 n は任意に設定できる)

3. 3 計画自動作成機能

勤務計画作成問題を解く手法として、数理計画の1つの手法である整数計画法²⁾を用いている。前節に挙げた制約条件と以下の評価指標を数式で定式化し、整数計画問題を解くための専用ソフトウェアである最適化ソルバーを用いて勤務計画を作成する。最適化ソルバーには整数計画法を用いて解くためのアルゴリズムが含まれており、これを利用することで効率的に計画を求めることができる。評価指標は次の3項目である。

- (1) 土日祝出勤をできるだけ等しくする
- (2) 夜勤数をできるだけ等しくする
- (3) 土日祝出勤の振替はできるだけ連休にする

(1)(2)については、それぞれ3.2節に示す制約条件の(10)(11)と内容は同じであるが、確実に条件を満たしたい場合は制約条件として設定し、できるだけ守りたい場合については評価指標として設定することができる。本システムはここに挙げた条件を必ず満たす勤務計画を作成する。入力データに条件違反がある場合にはシステムがチェックしその内容を提示するので、その内容に応じて、入力した内容の修正が必要となる。図3に作成された勤務予定表の例を示す。

3. 4 修正機能

出力された結果は、設定された制約条件を満足し、評価指標の良い計画であるが、必ずしも実勤務として適用できる計画であるとは限らない。そのため、出力された結果を簡単に修正することも可能であり、また修正した内容が制約条件を満たしているかを確認し、違反があれば違反箇所が表示される。

図3 勤務予定表作成例

4. 計算時間の評価試験

開発したプロトタイプシステムを使い、実用可能な時間で勤務計画を求めることができるかどうかを確認するために評価試験を行った。試験にはCPUが3.6GHz、メモリが1GB、OSがWindows XP Professional (SP2)のコンピュータを使用した。最適化ソルバーとしては、一般的に研究開発用として用いられているフリーウェアのGLPK(Ver. 4.27)³⁾を使用している。

試験方法としては、対象人数・作業内容・制約条件・評価指標のパターンを複数用意し、計画作成実施ボタンを押してから画面に勤務計画が表示されるまでの計算時間を測定した。3.2節で示した制約条件については(1)～(9)は全て満たすようにし、勤務平準化に関わる制約条件(10)(11)の休日出勤および夜勤回数の差の条件を変更した。3.3節で示した評価指標については(1)(2)は制約条件の(10)(11)と重複するため考慮せず、(3)の休日出勤の前後をできるだけ連休にするという評価指標の有無によって条件を変更した。また、3分以上かかる場合については試験を打ち切ることとした。

4. 1 試験結果

表1に対象人数と制約条件、評価指標を変えて行った試験結果を示す。傾向として、人数が同じ場合には勤務平準化の条件が緩い場合、すなわち回数差の条件を大きくした場合には計算時間が短くなっている。また、同じ人数かつ勤務平準化の条件が等しい場合、できるだけ連休にする評価関数を導入した場合のほうが導入しない場合に比べて計算時間が短かった。休日出勤および夜勤回数の差が1日のうち試験番号7および13では、評価指標ありの場合に3分以上かかってしまったが、評価指標なしでは1分以内という結果であった。評価指標がなしの場合、最大でも2分強(試験番号4)で求められた。

試験番号4では、上記に述べた傾向とは異なる結果となっているが、これは評価関数を設定する場合は評価関数が改善する方向に解を求めていけるが、設定しない場合は条件を満たす解のいずれかを求めればよく、解を探す方向性が決まっていなため時間がかかってしまうという可能性が考えられる。

これらの結果から10～15人程度の場合には、20秒程度で求めることが確認できた。この結果、通常の保守区の要員は10人程度のグループで構成されているため、実用上可能な時間で勤務計画を求めることができると考えられる。しかし、20人以上になると計算時間が長くなり、40人程度の人数になると計算時間が2分以上となり、短時間での計算処理は難しくなってくる。そのため、より高速な処理時間を求める場合には、高価ではあるが性能の良い商用の最適化ソルバーを利用する必要がある。

ただし、作業予定件数、休暇希望の状況など様々な要因によって計算時間は変わるため、どのような条件でもこの結果が保証されるわけではない。

5. おわりに

これまで担当者の経験と勘に頼って作成されていた保守区の複雑な勤務計画作成業務について、作業予定、必要人数、必要資格、休暇希望等の条件を入力することにより、条件を満たす勤務計画案があれば出力し、入力データに条件違反がある場合には提示することが可能な勤務計画作成システムを開発した。プロトタイプシステムにより評価試験を行った結果、実用可能な時間で解を求められることを確認した。このシステムを利用することにより、勤務計画表を短時間で作成可能となり、作成担当者の負担を軽減できると考えられる。なお、このシステムはフリーウェアの最適化ソルバーを利用することで安価で導入しやすいものとなっている。

参考文献

- 1) (財)鉄道総合技術研究所運転システム研究室: 鉄道のスケジューリングアルゴリズム, NTS, 2005.
- 2) 今野浩・鈴木久敏: 整数計画法と組合せ最適化, 日科技連, 1982.
- 3) GLPK, <http://www.gnu.org/software/glpk/>

表1 計算時間評価試験結果

試験 番号	作業 内容	人 数	回数差上限 設定日数		計算時間(秒)	
			休日 出勤	夜勤	評価指 標なし	評価指 標あり
1	1	10	1	1	14	20
2	1	10	2	2	2	6
3	1	10	3	3	2	3
4	2	15	1	1	139	20
5	2	15	2	2	20	29
6	2	15	3	3	8	10
7	3	20	1	1	58	180+
8	3	20	2	2	7	27
9	3	20	3	3	13	17
10	4	30	1	1	16	158
11	4	30	2	2	48	83
12	4	30	3	3	10	33
13	5	40	1	1	34	180+
14	5	40	2	2	23	113
15	5	40	3	3	59	96

180+は180秒で計算実験を打ち切ったことを表す