

## システム要件

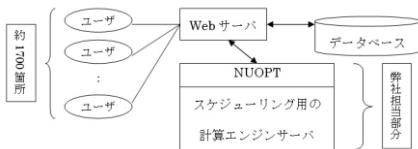
東日本旅客鉄道株式会社様  
勤務システム「JINJRE(勤務)」における  
数理計画法を用いた自動勤務表作成

田辺隆人\*・新田利博  
嶋田佳明・多田明功  
nuopt-info@msi.co.jp  
(株)数理システム

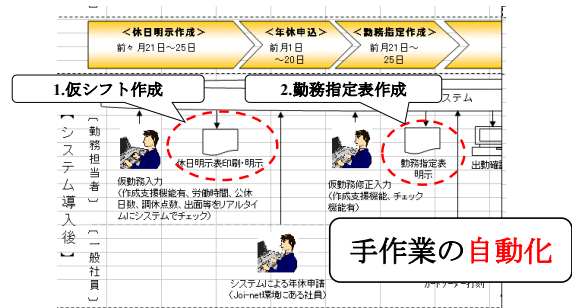
- ・ユーザー: 東日本旅客鉄道(株)
- ・開発会社: (株)ジェイアール東日本情報システム  
(株)日立システムアンドサービス、アマノ(株)  
(株)数理システム
- ・全体の利用者数: 約20000名
- ・利用箇所数: 約1700箇所
- ・開発期間: 2006年3月~2007年9月
- ・運用開始:
  - 2007年 9月(試験運用)
  - 2007年 10月(本運用)

## システム概要

- ・全体の機能概要



## 勤務指定機能の内容



## 自動化が求められた背景

- ・現場担当者自身の念願
  - 現場からの不満
- ・高い属人性
  - 職人技的要素
  - 担当者間による出力の差

## 勤務指定の要件

- ・運用部署単位:
  - (ex. xx駅全体・yy駅改札...)
- ・社員数(5~200名)
  - 50名(ex. 中規模駅全体)
  - 100名(ex. 大規模駅出札)
  - 200名(ex. 超大規模駅出札)
- ・制約種別約30種

## 制約一覧

出欠確保: ハード  
 公休日の指定(特定3週間に4日): ハード  
 公休日付与のタイミング(1週間に1日): ソフト  
 公休取得人数平準化(日に公休を取得している社員数の平準化): ソフト  
 調整休日の指定(45点たまったらできるだけすぐに調整休日): ソフト  
 月の最終日の調整点数(0以上): ハード  
 月の最終日の調整点数の合計を最小化: ソフト  
 正の調整点数を持っている勤務を2日連続としない: ソフト  
 調整休日の平準化: ソフト  
 所定労働時間: ハード  
 マニュアルによる勤務指定(絶対固定とできれば固定): ハード/ソフト  
 従事可能業務: ハード  
 優先従事業務: ソフト  
 休前日の休日数平準化: ソフト

## 制約一覧

シフト並び(絶対ルール): ハード  
 シフト並び(優先ルール): ソフト  
 シフト並び(できればやりたくないルール): ソフト  
 公休日労働日数: ハード  
 労働日数制限: ハード  
 労働時間の平準化: ソフト  
 特休日の指定(月に5日程度): ソフト  
 理想労働時間の達成: ソフト  
 連続勤務日数上限: ハード  
 3連続以上の泊まり勤務禁止: ソフト  
 休、勤、休のという並びの禁止: ソフト  
 泊まり勤務の平準化: ソフト  
 仮年休申請日には公休・特休を優先する: ソフト  
 買い上げルール: ハード

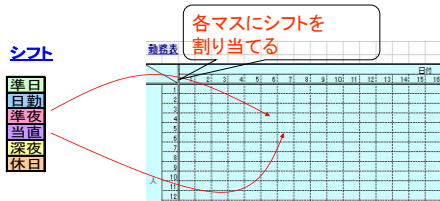
$$\sum_{s \in \text{Shift}} x_{m,d,s} = 1, m \in \text{Man}, d \in \text{Day}$$

$$x_{m,d,s} \in \{0,1\}$$

を変数とする定式化

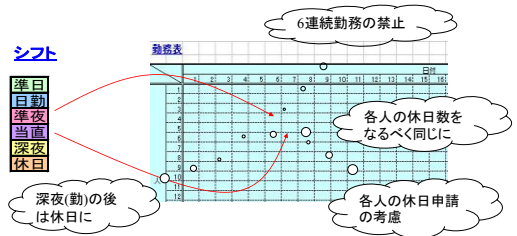
## 変数

変数: 勤務表のマス目に入れるシフト

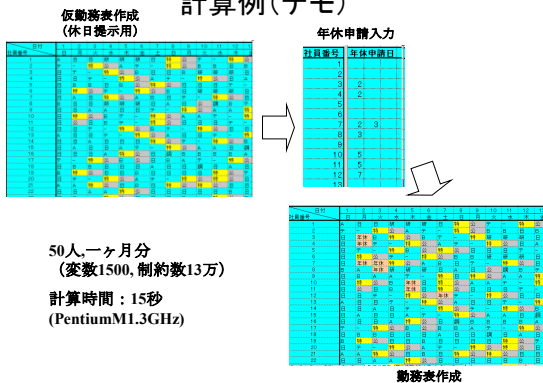


## 制約式

タテ・ヨコの合計, 平均, ばらつき



## 計算例(デモ)

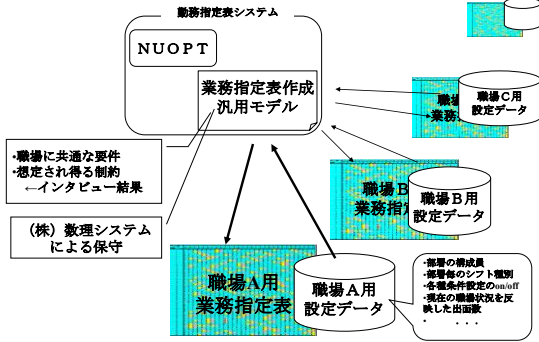


## 数理計画によるシフト作成 選定理由

- 出力の速さ
- 平等性への期待

## 展開・保守概念図

モデルの汎用化による保守・展開の方法



## ツール

ナーススケジューリング  
その他複雑な割り当て  
問題に関する実績

### • WCSP(NUOPT組込み)

- 「局所探索」と「タブーサーチ」に基づく近似解法
- 京都大学「問題解決エンジン」開発グループ

K. Nonobe and T. Ibaraki,  
"An improved tabu search method for the weighted constraint satisfaction problem,"  
INFOR 39, pp.131-151, 2001.  
K. Nonobe and T. Ibaraki, "An improved tabu search method for the  
weighted constraint satisfaction problem," INFOR 39, pp.131-151, 2001.

### • NUOPT (SIMPLE)

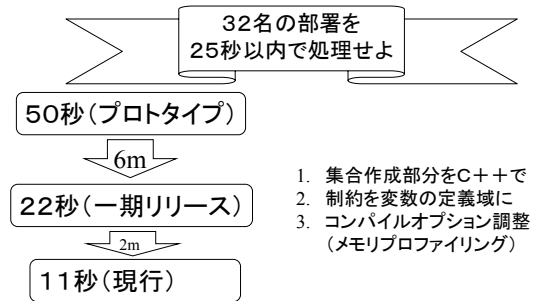
- 汎用モデリング言語

一般の制約記述に対応  
WCSPに近傍の情報を提供  
柔軟なソフトウェア構成

## 主な作業と経過

1. ヒアリング・プロトタイピング (6か月)  
プロトタイプの結果検証  
制約の洗い出し
2. 実装 (6か月)  
高速化
3. チューニング (1年)  
導入箇所でのユーザの声を反映

## 実行速度



1. 集合作成部分をC++で
2. 制約を変数の定義域に
3. コンパイルオプション調整 (メモリプロファイリング)

## 勤務作成問題としての特徴

- 休日前シフトの平準化
- 調整休日の存在
- シフト担当回数の平準化

## 苦労したポイント

- 良い解の「基準」が存在しない  
← 判断基準となる担当者
- 評価を行うのに作業が必要  
← 集計ツール(perl/Excel)
- 調整に試行錯誤が必要  
← 評価作業の反復

## 制約のヒアリングの難しさ

⇒ 「プロトタイプの結果お見せします。  
 どうです、伺った制約を  
 すべて満たした解が10秒で求まります」

「このままでは**使えません**」

見えない制約は現れない

## 実行不可能性への対処

「人が足りないと**シフトが壊れます**」

⇒ 「実行不可能ですから」

「そういう場合でも使える  
 結果をだしてください」

実行不可能性への対処

## 実行不可能性への対処

- 勤務Aはこの人しか担当できない  
 最大連続勤務日数は5日

日付	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日
勤務Aの必要数	1	1	1	1	1	1	0

割り当て(1)	A	A	A	A	A	A	(A)	休
---------	---	---	---	---	---	---	-----	---

割り当て(2)	A	A	A	A	A	(休)	休
---------	---	---	---	---	---	-----	---

(1), (2)のどちらが出るかは**不定**  
 (ペナルティー違反値同一)

最大連続勤務日数違反

出面違反

## 実行不可能性への対処

- 「使える解」とは？  
 人を連れてくれば対処できる解

- ✓ 休日出勤
- ✓ 他の部署への応援要請

実行不可能性を  
 人員確保の制約式に**しわよせる**

## 実行不可能性への対処

- 「しわよせ」の実装
  - × 人員確保の制約式をウェイト大のソフトに...
  - ⇒ ソフト制約違反量の  
 積み上げに逆転される恐れ
  - ⇒ ペナルティ値のインフレ

wcspのペナルティークラスに  
 「セミ・ハード」を追加  
 人員確保の制約式を「セミ・ハード」に

## シフト偏り解消

休日取得 労働時間  
 泊まり勤務数 休前日の勤務数

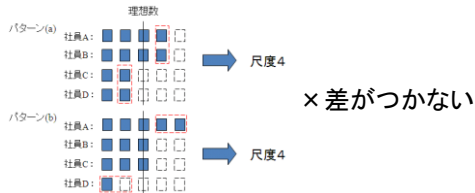
「シフトの偏り解消は**非常に重要**です」

平準化は見えない要求の一つ

## シフト偏り解消

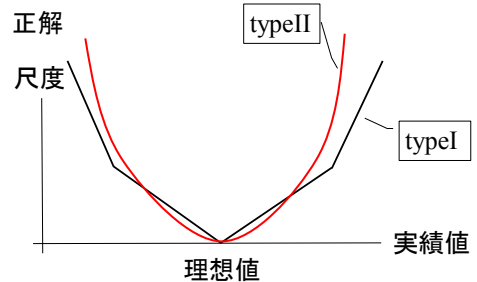
### 誤り

平準化尺度:  $\sum_{j \in \text{人}} |\text{理想値} - \text{実績値}_j|$



## シフト偏り解消

### 正解



## シフト偏り解消

### サンプル部署での確認

社員数: 29人  
シフト数: 18勤務  
泊まり勤務数合計: 186

	平準化なし	type I	type II
泊まり数上限	9	9	8
泊まり数下限	3	2	3
泊まり数標準偏差	1.6	1.45	1.2

## 適合度の解釈

「AさんとBさんとも、  
シフトXとシフトYに関する適合度  
は同じですね」  
⇒「はい」

「ならばAさんばかり  
シフトXやっているのは修正してください」  
⇒「...」

実は平準化が必要、「適合度」の解釈の違い

## 制約の「綱引き」

「日勤多すぎでは」  
⇒「日勤にペナルティかけましょう」  
「特休消化が不公平では」  
⇒「でも公休とあわせると均一ですが」  
⇒「特休とりすぎにペナルティかけます」  
「休日多すぎです」  
平均10.5日でなくて9.5日くらいがよいのです」  
⇒「理想勤務時間を増やしてください」  
⇒「では日勤のペナルティはやめましょう」  
「うーん」(最初に戻る場合もあり)

調整の難しさ

## なぜ人に頼ってしまうのか

- 制約の列挙の難しさ
  - スキルの考慮・勤務希望
- 実行不可能性への対処
  - セミ・ハード制約
- モデリングテクニック
  - 平準化
- 人間の感覚とのずれ
  - シフト適合性の解釈
- 「良い解」の判断基準の不在
  - 反復的評価

汎用化が困難

## 得られた効果

- 省力化
- 平等性
- 部分→全体  
スケジュールリングの流れを促進

## 将来の課題

- 一日の出面を新人のみとしないような配慮
- 担当者の「思い」を入力する余地
- インタフェースの簡略化
- とっつきの「難しさ」の改善

## 謝辞

プロジェクト立ち上げ時より、我々と緊密に  
共同作業をしていただいた

東日本旅客鉄道(株)人事部担当者の方々  
(株)ジェイアール東日本情報システム担当者の方々  
その他JINJRE担当の方々に

心より感謝いたします。

良いシステムづくりは  
お客様との共同作業