

## スポーツのスケジューリング

02203000 筑波大学システム情報工学研究科 \*鈴木 順美 SUZUKA Ayami  
01703540 筑波大学社会工学系 吉瀬 章子 YOSHISE Akiko

### 1 はじめに

スポーツ競技の大会スケジューリングは、考慮すべき制約の増加と共に複雑化するため、従来の関係者による手作業から最近では、競技団体からの依頼でORの研究者が研究を行うことが増えている。[2, 3, 5]

制約には例えば、競技施設数、チーム間の公平性、TV放映スケジュール、チームの移動コスト、地域の要請等がある。

本研究は、総当たり戦を6回ずつ行う日本アイスホッケーリーグ<sup>1</sup>を例にとり、一連のスケジューリング作業を組み合わせ最適化問題として定義し最適化する実験である。

### 2 日本アイスホッケーリーグ

第34回日本アイスホッケーリーグ [1]は、参加6チーム、13ヶ所の会場で、10月16日から3月5日の水、土、日曜日の37日間で行われた。毎年持ちまわりで幹事チームとなりスケジュールの原案を作成し、各チームと連盟の代表者で組織する運営委員会で審議し決定する。現在、スケジューリングは、完全な手作業によるもので、原案を作成するだけでも3日間を要すと言う。

### 3 モデル化

JIHLに何度か取材を行い、実際のスケジューリングで考慮されている制約をモデルに取り入れ、JIHLと同様に、移動コストの最小化及び、アウェイゲームの連続抑制に最も重点をおくことにした。また、2次割当問題となるのを避けるため、必ずホームへ一度戻ることを前提としている。

実用的時間内に解ける程度にまで問題を縮小する必要がある。本研究では次の二つの方法を実験した。

**段階分割法** スケジューリングを2段階に分けて行う。

まず第1段階として、“6チームの総当たり戦15試合を、それぞれ何曜日(水、土、日)にどこのリ

ンクで何回行かうか”のみを決定し、目的関数で移動コストの最小化を図る。次に、各試合を第1段階で得られた回数分、試合可能日に割り当てるスケジューリングを行い、目的関数で各チーム毎にアウェイの連続で加算されるペナルティの最小化を図る。

**期間分割法** シーズンの全体期間をいくつかに分割し、それぞれの期間毎にスケジューリングを行う。“6チームの総当たり戦15試合を、それぞれ何日にどこのリンクで行うか”を決定し、目的関数で総移動コストと、各チーム毎にアウェイの連続で加算されるペナルティの最小化を図る。最後に各期間の結果を統合してスケジュールを完成する。

本発表では、より細かな制約を加えることのできる期間分割法によるスケジューリングについて報告する。

## 4 定式化

### 4.1 表記法

#### 決定変数

$$Y_{jrg} = \begin{cases} 1 & : j \text{ 日にリンク } r \text{ でゲーム } g \text{ を行う} \\ 0 & : \text{otherwise} \end{cases}$$

#### 変数

$E$ : 全チームの集合

$$E = \begin{bmatrix} 1: \text{西武} & 2: \text{王子} & 3: \text{コクド} \\ 4: \text{雪印} & 5: \text{クレインズ} & 6: \text{日光} \end{bmatrix}$$

$J$ : 試合可能日の集合  $J = \{1 \dots 37\}$

$J_W$ :  $J$ の内、水曜日のみを集めたもの

$J_S$ :  $J$ の内、土曜日のみを集めたもの

$\bar{J}$ : 水、土の集合  $\bar{J} = J_W \cup J_S$

$G$ : 総当たり戦の集合(全対戦)  $G = \{1, \dots, 15\}$

$G_e$ : チーム  $e$  が行うゲームの集合  $\forall e \in E$

$R$ : 使用予定のリンクの集合

$$R = \begin{bmatrix} 1: \text{集結戦リンク} & 2: \text{帯広} & 3: \text{盛岡} \\ 4: \text{長野} & 5: \text{名古屋} & 6: \text{神戸} \\ 7, 8: \text{対戦する2チームの各ホーム} \end{bmatrix}$$

$\bar{R}$ : 集結戦リンクを除いたリンクの集合  $\bar{R} = R_L \cup R_H$

$R_L$ : 地方リンクの集合  $R_L = \{2, 3, 4, 5, 6\}$

$R_H$ : 各チームのホームリンクの集合  $R_H = \{7, 8\}$

<sup>1</sup>Japan Ice Hockey League: JIHL

## データ

- $C_{gr}$  : ゲーム  $g$  をリンク  $r$  で行う場合の移動コストの和  
 (両チーム 1 人ずつ、片道分を算出)  
 $NL_{er}$  : チーム  $e$  が地方リンク  $r$  で行う回数  
 $NA_g$  : 集結戦 1 においてゲーム  $g$  を行う回数  
 チーム  $e$  にとってリンク  $r$  で行うゲーム  $g$  について:  
 $A_{egr}$  : (物理的) アウェイゲームを示す  
 $H_{egr}$  : (ルール上) ホームゲームを示す

## 4.2 定式化：第 1 期間

3 期間に分割した第 1 期間について示す。

$$\begin{aligned}
 \min \quad & 2 \sum_{j \in J} \sum_{g \in G} \sum_{r \in R} C_{gr} \cdot Y_{jrg} \\
 & + \sum_{e \in E} \left\{ \sum_{k=1}^{NJ-4} \left[ \frac{\sum_{r \in R} \sum_{g \in G_e} \sum_{j=k}^{k+4} A_{etr} \cdot Y_{jrg}}{5} \right] \right. \\
 & \quad \left. + 0.75 \sum_{k=1}^{NJ-3} \left[ \frac{\sum_{r \in R} \sum_{g \in G_e} \sum_{j=k}^{k+3} A_{etr} \cdot Y_{jrg}}{4} \right] \right\} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j \in J} \sum_{r \in R} Y_{jrg} = 2 \quad \forall g \in G \\
 & \sum_{j \in J} \sum_{g \in G_e} \sum_{r \in R} Y_{jrg} = 5 \quad \forall e \in E \\
 & \sum_{j \in J} \sum_{g \in G_e} \sum_{r \in R_L} Y_{jrg} \leq 1 \quad \forall e \in E \\
 & \sum_{j \in J_S} \sum_{g \in G} \sum_{r \in R} Y_{jrg} = 12 \quad \forall e \in E \\
 & \sum_{j \in J} \sum_{g \in G_e} \sum_{r \in R_H} H_{etr} \cdot Y_{jrg} \geq 1 \quad \forall e \in E \\
 & \sum_{g \in G} Y_{jrg} \leq 1 \quad \forall j \in J_W, \forall r \in R \\
 & \sum_{g \in G} Y_{jrg} \leq 3 \quad \forall j \in J_S, \forall r \in R \\
 & \sum_{g \in G_e} \sum_{r \in R} Y_{jrg} \leq 1 \quad \forall e \in E, \forall j \in J \\
 & \sum_{j \in J} \sum_{g \in G} Y_{j1g} = 0 \\
 & Y_{jrg} = Y_{j+1rg} \quad \forall j \in J_S, \forall g \in G, \forall r \in R
 \end{aligned}$$

以上, 1239 本の制約, 2629 変数 (内, 整数変数は 2484 個) の 0-1 整数計画問題として定式化された。

## 4.3 最適化・デコード

市販の最適化ソフト (Industrial LINDO 5.3 : DEC Alpha OSF) を用いて解を得る。

更に, 変数とその値等が並べられている LINDO の出力結果を, 変数と値からチーム名, リンク名, 日付等に変換し表形式で出力するための変換用のプログラムに通す。

## 5 JIHL へのヒアリング

既に実験が終了している段階分割法の結果について, 実際の現場に携わる方々の反応を伺いたいと思い, 平成 12 年 1 月 18 日火曜日, 幹事チームであるコクド<sup>2</sup>を訪れた。

関係者の方々は数理的手法に強い関心を示していたが, また実用化されるには, 特にチーム間のバランス (公平性) について再検討が必要と分かった。

## 6 スケジューリング結果

完成したスケジュールは発表時に報告する。

## 7 今後の展望

現在, JIHL へのヒアリングで提案された “各チームのホームゲーム数を揃える”, “各対戦の試合間隔をバランスよく配置する”, といった残る課題を解決するために期間分割法での実験を進めている。段階分割法に比べ, チーム間のバランスに対する制約を扱い易く, 解の質も更に向上することが期待できる。

## 参考文献

- [1] 日本アイスホッケーリーグ ホームページ  
<http://www.jihf.or.jp/jihl/>
- [2] 松井知己  
スポーツのスケジューリング  
オペレーションズ・リサーチ 経営の科学 44 (1999) 141-146
- [3] G.L.Nemhauser M.A.Trick  
Scheduling a major college basketball conference. (1997) to appear in Operations Research
- [4] R.A.Russel J.M.Y.Leung  
Dividing a cost effective schedule for a baseball league.  
Operations Research 42 (1994) 614-625
- [5] J.A.Ferland C.Fleurent  
Computer aided scheduling for a sport league.  
INFOR,29 (1991)14-25
- [6] Ferland,J.A Roy,S.  
Timetabling Problem for University as Assignment of Activities to Resources.  
Computers and Operations Research 12 (1985) 207-218.
- [7] Laporte,G.,Desroches,S.  
Examination timetabling by Computer.  
Computers and Operations Research 11(1984) 351-360.

<sup>2</sup>東京都渋谷区神宮前 6-35-1