

# 中間発表

## スポーツのスケジューリング

### 日本アイスホッケーリーグのケース

筑波大学社会工学類

鈴鹿順美

1999年11月19日

## 1 はじめに

国内外問わず各種スポーツの大会が盛んに開催されている。

今やどんなスポーツの競技大会でも、単に観戦して楽しむというだけの庶民の娯楽ではなく、大なり小なり、無視できない経済効果をもたらしているということを忘れてはいけない。

スポーツの大会において欠かせないのが、競技日程、すなわちスケジュールである。対戦組み合わせ、試合会場、チーム間の公平性といったゲームの面白さを左右する要素は、言うまでもなくスケジューリングという作業にかかっている。また、それによって観客動員数やTV視聴率といった数字に表われ、経済的な面にも顕著に影響を与える。と同時にそのスポーツの発展にも影響する。そして大会の規模が大きくなるほど、スケジューリングの重要性や複雑さは増すばかりである。

海外の文献によれば、スポーツ競技団体からの依頼によって、OR研究者がスケジューリング問題の研究を進めていて、アメリカの大学のバスケットボールリーグ、イギリスのクリケットリーグ等を扱った論文も多数発表されており、実際にスケジュールが採用された例もある。

今回、国内で行われている各種スポーツのリーグ戦の中から、他のスポーツからすれば比較的マイナーではあるが、ちょうど季節的にもシーズンが開幕し、熱戦が繰り広げられているアイスホッケーに注目し、最適なスケジューリングを提供することを目標に研究を進めることにした。

それにしても何故よりによってアイスホッケーなのか、という理由については、筆者の郷里では割に盛んなスポーツであること、高校時代のクラブ活動との関連などから察して頂ければうれしい。

## 2 第34回日本アイスホッケーリーグ

### 2.1 今シーズンのスケジュール分析

今シーズン採用となったスケジュールを、各チーム毎のホームゲーム数、使用リンク、曜日別といった点から分析した。(表1、及び別紙 Excel グラフ参照)

#### 2.1.1 チーム毎のリンク使用状況

ホームゲーム数 6 チーム中、3 チームは12 試合をホームで行なっている。王子は一見5 試合だけがホームのようであるが、同じ苫小牧市内にある別のリンク行っている7 試合もホームと見なせば、ちょうど12 試合のホームを戦うことになる。コクドのみ9 試合と3 試合分少なく、日光のみ1 試合多くホームで戦っている。

アウェイゲーム数 全 30 試合からホーム数と集結戦の 4 試合を引いた残りが各チームのアウェイゲーム数となる。他チームの各ホームで行う試合はどのチームも 2 試合ないし 3 試合である。

地方戦数 一番少ないチームで 1 試合のみ、多いチームでは 5 試合とバラツキがある。場所も 1ヶ所にしか遠征しないチームと 3ヶ所訪れるチームとがある。

### 2.1.2 リンク別の使用状況

集結戦リンク 集結戦の行われる札幌月寒と東伏見はそれぞれ 6 試合ずつ利用されている。どのチームにも同じ割合で使用されるリンクはこの 2ヶ所のみである。

地方リンク 5ヶ所の地方リンクはそれぞれの使用度に差がある。4 試合行われる長野以外はどこも 1 試合ずつのみである。当然、全チームに使用されるリンクはない。

表 1: スケジュール分析結果

	西武	王子	コクド	雪印	日紙	日光	総計
西武ホーム： 東伏見	12	2	2	3	3	2	24
王子ホーム： 苫小牧	0	5	0	2	0	3	10
コクドホーム： 横浜	2	2	9	0	2	3	18
雪印ホーム： 札幌	3	3	2	12	2	2	24
日紙ホーム： 釧路	2	3	3	2	12	2	24
日光ホーム： 日光	2	3	3	3	2	13	26
苫小牧(白鳥)	2	7	2	1	2	0	14
帯広	1	0	0	0	1	0	2
盛岡	1	0	1	0	0	0	2
長野	1	0	3	3	0	1	8
名古屋	0	1	0	0	1	0	2
神戸	0	0	1	0	1	0	2
集結戦 1 札幌月寒	2	2	2	2	2	2	12
集結戦 2 東伏見	2	2	2	2	2	2	12
総計	30	30	30	30	30	30	180

当初、このスケジュールを分析した時点では、集結戦に関する事情を知らなかったため、各チームのホームゲーム数が一致しない点や、特定のチームのみ優遇されているような印象を受けたことから、公平性がまるでないスケジュールのように感じた。しかし、直接スケジュールリングに関わった方にお話を聞く事ができ、不可解だった部分に理由をつけることができた。

## 2.2 JIHL<sup>1</sup> 運営委員会からの情報

今年の JIHL 運営委員会幹事会社であるコクドの方に、今シーズンのスケジュールについて話を伺った。

### 1. 現状のスケジュールリング

- 毎年持ち回りでどこかのチームが幹事となり、スケジュールの原案を作成する。

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

- 各チームからの代表者と日本アイスホッケー連盟の代表者からなる JIHL 運営委員会を組織し、幹事会社の作成した原案について検討する。各チームの要望等はここで話し合われる。
- 運営委員会で承認されたスケジュールを今シーズンのスケジュールとして採用する。
- TV 放送等は、スケジュールが決定した後、TV 局に中継あるいは録画放映を依頼するので、時間帯等の考慮はスケジュールリング過程では考慮していない。

## 2. スケジュールリングの時期

- 今シーズンのスケジュールの最終決定は 8 月末から 9 月初旬にかけて行われ、10 月 8 日には記者発表が行われた。
- 昨シーズンで活動停止した古河電工の参加をめくり、運営委員会では 5 チーム版と 6 チーム版の 2 通りのスケジュールを組んで対応。  
最終的に日光バックスの参戦が正式に決定した 9 月、6 チーム版を今シーズンのスケジュールとして採用することにした。

## 3. 地方戦のスケジュール

- 今シーズン行われる地方戦は、帯広、盛岡、長野、名古屋、神戸の 5ヶ所で、県やリンク側からの希望で、チームが呼ばれる。
- チーム側にとっては地方へのアウェイであるが、多くの人に見てもらいたい機会と捉えている。
- また、各チームによって地方戦数は異なるが、特に不公平という声はない。

## 4. 空白の 2ヶ月間 (12 月 20 日 ~ 2 月 18 日)

- 1 ~ 2 月は全日本選手権等の別の大会が予定されているため、その期間は JIHL は休戦となる。

## 5. 昨年度上位チームの優位

- 昨シーズンの優勝、2 位、3 位チームである、コクド、王子、西武は今シーズンはホームリンクでの試合から開始となっている。

## 6. 特定リンクでの連載

- JIHL ではシーズン中、中間と最後に集結戦を行う。
- 参加している 6 チームは、それぞれ北海道地区 (王子、日紙、雪印) と、関東地区 (コクド、西武、日光) に分類できるので、それぞれの地区から 1 回ずつ遠征するようにするため、北海道地区では札幌 (月寒)、関東地区では東伏見にて 2 日間 6 ゲームずつとする。
- 対戦組み合わせは北海道戦と関東戦でミラーリングされている。
- 関東戦のリンクである東伏見は西武のホームリンクであるが、代々木等の関東に所在する別のリンクが、他のスポーツや大会で使用されており予約が入らないため、同じ関東地区にある東伏見を使用することにした。
- 集結戦で使用するリンクはホームアウェイの区別の例外とする。

## 7. 試合曜日の嗜好

- JIHL の試合は水、土、日のいずれかに行われる。
- 勝敗に関して言えば、平日休日の別は無関係なので、どちらが良いという事はない。
- 観客動員数の点では、休日の方が良いかもしれないが、平日とは言っても夕方から夜にかけての試合なので、大きな影響を与えるものとは考えていない。

## 8. スケジュールリング時の重点

- 移動費用の最小化

移動する人数はチームによってバラツキがあるが、選手以外のスタッフが5~10名ほどいるので、総勢30~40名になる。

- バランス

チーム間で試合状態がほぼ同じになるようにバランスを考えて組んでいる。

アウェイの連続に関しては、国内の移動のみなので(飛行機を使えば比較的短時間で移動できる)、特に連続回数の上限は設けていないが、アウェイが8回も連続する、というような極端なチームがないように配慮はしている。

### 3 問題のモデル化

#### 3.1 方針

- 移動費の最小化

とにかく、各チームがアウェイ遠征する時のコストを抑えるようにリンクを決定する。

- チーム毎のバランス

特定のチームのホームゲームが続いてしまうことのないように、対戦組み合わせと使用リンクを配置する。

最初は、コスト最小化のみを考慮したモデルを最適化するようなアルゴリズムを開発する。そのモデルが解けることが分かったら、徐々に制約を付加しホームアウェイのバランスも加味して解く。

#### 3.2 表記法

$E$  : 全チームの集合  $E = \{1; \text{西武}, 2; \text{王子}, 3; \text{コクド}, 4; \text{雪印}, 5; \text{日紙}, 6; \text{日光}\}$

$E_e$  : 対戦相手の集合  $E - \{e\} \quad \forall e \in E$

$J$  : 試合可能な水、土(日)の集合 ( $1 \leq j \leq 37$ ),

$$J = J_1 \cup J_2 \cup J_3, \quad J_1 \cap J_2 = J_2 \cap J_3 = J_3 \cap J_1 = \emptyset$$

$J_1$  :  $J$  の内、水曜日のみを集めたもの ( $1 \leq j \leq 11$ ),

$J_2$  :  $J$  の内、土曜日のみを集めたもの ( $12 \leq j \leq 24$ ),

$J_3$  :  $J$  の内、日曜日のみを集めたもの ( $25 \leq j \leq 37$ )

$J'$  : 水曜日と土曜日の集合  $J_1 \cup J_2$

$L$  : 使用予定のリンクの集合  $L = \{1, \dots, 11\}$

$$\left[ \begin{array}{cccc} 1: \text{西武ホーム} & 2: \text{王子ホーム} & 3: \text{コクドホーム} & 4: \text{雪印ホーム} \\ 5: \text{日紙ホーム} & 6: \text{日光ホーム} & 7: \text{帯広} & 8: \text{盛岡} \\ 9: \text{長野} & 10: \text{名古屋} & 11: \text{神戸} & \end{array} \right]$$

$c_{el}$  : チーム  $e$  のホームからリンク  $l$  のある都市への1人当たりの移動  $cost$

$$P_j(e, e_1, l) = \begin{cases} 1 & : j \text{ 日にチーム } e \text{ がチーム } e_1 \text{ とリンク } l \text{ で対戦} \\ 0 & : otherwise \end{cases}$$

### 3.3 定式化

$$\min \quad 2 \sum_{e \in E} \sum_{j \in J'} \sum_{e_1 \in E_e} \sum_{l \in L} P_j(e, e_1, l) c_{el} \quad (3.1)$$

s.t.

$$P_j(e, e_1, l) = P_j(e_1, e, l) \quad \forall j \in J, \quad \forall e \in E, \quad \forall e_1 \in E_e, \quad \forall l \in L \quad (3.2)$$

$$P_j(e, e_1, l) = P_{j+13}(e, e_1, l) \quad \forall j \in J_2, \quad \forall e \in E, \quad \forall e_1 \in E_e, \quad \forall l \in L \quad (3.3)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{e_1 \in E_e} \sum_{l \in L} P_j(e, e_1, l) = 30 \quad \forall e \in E \quad (3.4)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{l \in L} P_j(e, e_1, l) = 6 \quad \forall e \in E, \quad \forall e_1 \in E_e \quad (3.5)$$

$$\sum_{e_1 \in E_e} \sum_{l \in L} P_j(e, e_1, l) \leq 1 \quad \forall e \in E, \quad \forall j \in J' \quad (3.6)$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{e_1 \in E_e} P_j(e, e_1, l) \leq 1 \quad \forall l \in L, \quad \forall j \in J_1 \quad (3.7)$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{e_1 \in E_e} P_j(e, e_1, l) \leq 3 \quad \forall l \in L, \quad \forall j \in J_2$$

$$\sum_{e_1 \in E_e} P_{17}(e, e_1, 4) = 1 \quad \forall e \in E \quad (3.8)$$

$$\sum_{e_1 \in E_e} P_{24}(e, e_1, 1) = 1 \quad \forall e \in E$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{e_1 \in E_e} \sum_{j \in J} P_j(e, e_1, 7) = 2 \quad (3.9)$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{e_1 \in E_e} \sum_{j \in J} P_j(e, e_1, 8) = 2$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{e_1 \in E_e} \sum_{j \in J} P_j(e, e_1, 9) = 8$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{e_1 \in E_e} \sum_{j \in J} P_j(e, e_1, 10) = 2$$

$$\sum_{e \in E} \sum_{e_1 \in E_e} \sum_{j \in J} P_j(e, e_1, 11) = 2$$

制約：

(3.2): 対称性

(3.3): 日曜日は土曜日のスケジュールに一致

(3.4): 各チームの1シーズンの試合数

(3.5): 各チームとの対戦数

(3.6): 各チームの1日の試合数

(3.7): 各リンクにおける曜日別の試合数

(3.8): 集結戦のスケジュールは固定

(3.9): 地方戦の試合数

### 3.4 コストテーブル

各チームのホームである都市から、試合予定のあるリンクの所在都市への移動費を表2にまとめる。

各都市への移動費は、Web上の路線検索[5]により算出し、路線が複数ある場合は所要時間が最短のものを採用した。

表 2: コスト・テーブル

	帯広	釧路	苫小牧	札幌	盛岡	日光	長野	東伏見	横浜	名古屋	神戸
東伏見	29810	30270	17410	17850	13540	5040	7140	0	840	11560	15460
横浜	29470	29930	17070	17510	14370	6170	8390	840	0	10710	14930
日光	34900	35360	22500	22940	12480	0	10580	5040	6170	16350	19310
札幌	7020	15450	3020	0	20600	22940	30100	17850	17510	29560	20180
苫小牧	6490	20160	0	3020	20160	22500	29660	17410	17070	29120	19740
釧路	4680	0	15010	15450	33970	35360	37900	30270	29930	32880	33550

## 4 アルゴリズム

### 4.1 XPRESS-MP

XPRESS-MPによって最適解を求める。この最適解は、次に作成するヒューリスティックな解法を用いたプログラムによる解を比較するのに使用する。

### 4.2 ヒューリスティックな解法

6チームによってできる対戦組み合わせ15通りあり、シーズン中試合可能な日は37日であり、更に使用予定のリンクは11ヶ所あるので、 $j$ 日にリンク $l$ で行う対戦 $g$ は、3次元配列によって表現でき図1のようになる。この配列を $x_{gjl}$ と書くことにする。すなわち、 $\exists j$ 日にリンク $\exists l$ で対戦 $\exists g$ を行う場合は $x_{gjl} = 1$ 、行われれば $x_{gjl} = 0$ となる。プログラムではまずこの変数 $x_{gjl}$ の初期解を見つけ初期値を求める。その後、リンクや対戦を変化させる度に初期値と比較し、より最適な解を捜す。

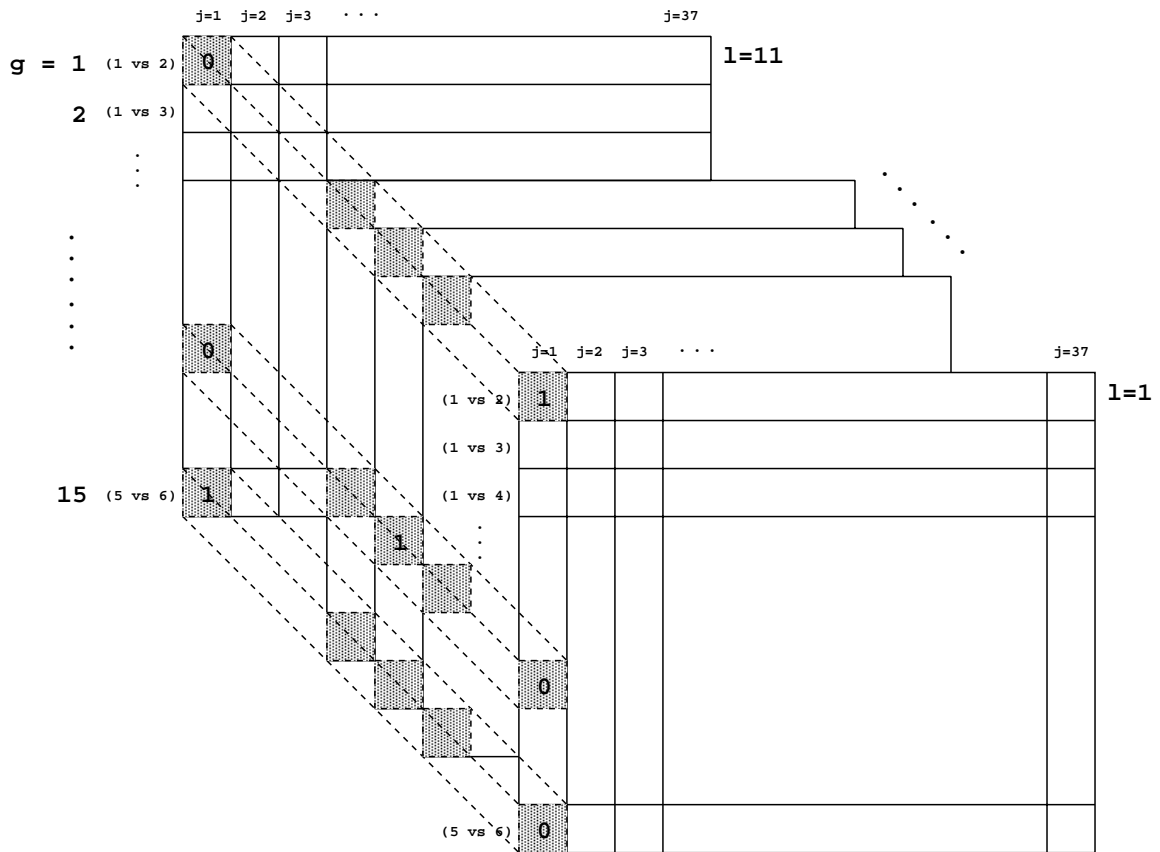


図 1: 変数の状態

## 参考文献

- [1] J.A.Ferland , C.Fleurent  
Computer aided scheduling for a sport league. (1991)
- [2] G.L.Nemhauser , M.A.Trick  
Scheduling a major college basketball conference. (1997)
- [3] Laporte,G. ,Desroches,S.  
Examination Timetabling by Computer. (1984)
- [4] Ferland,J.A , Roy,S.  
Timetabling Problem for University as Assignment of Activities to Resources. (1985)
- [5] Yahoo!路線情報  
<http://transit.yahoo.co.jp/bin/exp>