

1993 年 J リーグの再スケジュールリング

宮代 隆平，松井 知己

1. はじめに

スポーツスケジュールリング問題とは、スポーツ競技において、チーム間の対戦順序や試合場所など、要求される制約条件を満たすように試合の日程を作成する問題です [1]。本稿では、論文 [2] で扱われた J リーグのスケジュールを例として取り上げます。論文 [2] では、1993 年当時の J リーグのスケジュールを対象として、問題と思われる点を分析し、論文 [3] で提案された方法を用いて問題点を改善したスケジュールを生成しています。以下の章では、1993 年 J リーグの実際のスケジュールと、論文 [2] で得られたスケジュールを通して、スポーツスケジュールリング問題を解説します。

2. A 君の自宅

A 君：茨城県 K 市の中学校 1 年生。サッカー大好き少年。
父親：ソフトウェア会社に勤務。サッカーは観戦専門。
母親：いわゆる「教育ママ」。
神様：おせっかいで子供好き。

1993 年、日本では J リーグが開幕しました。ここ茨城県 K 市のサッカーチームも J リーグに参加していて、K 市ではサッカーブームが沸き起こっています。A 君も、中学校でサッカー部に入部し、すっかりサッカーのとりこになっています。おや、A 君がお父さんに何かお願いしているようですが…。

A 君：ねえねえ、お父さん、J リーグ観に連れてってよ。
父親：そうだな、せっかく地元のチーム K も J リーグに参加していることだしな、今度一緒に見に行くか。

みやしろりゅうへい

E-mail: miya@ipl.t.u-tokyo.ac.jp

まついともみ

URL: <http://www.misojiro.t.u-tokyo.ac.jp/~tomomi/>
東京大学大学院 工学系研究科 計数工学専攻

〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

A 君：やったー！ねえ、いつ行く？いつ行く？

父親：今日の朝刊に J リーグのスケジュールが載っていたぞ（表 1）。

A 君：すごくいっぱい試合があるんだよ。あれ、全部で 10 チームなのに、どうして 1 チームあたり 18 試合もあるの？ 9 試合じゃないの？

父親：これは「二重総当たりリーグ戦」と言ってな、それぞれのチームが 2 回ずつ対戦するリーグ戦の方式なんだ。例えば、チーム K は 5/15 にチーム N と対戦するだろ、それともう 1 回 6/19 にも試合するんだ。

A 君：6/19 の所に下線が引いてあるのは何？

父親：試合の場所を表してるんだ。例えば、チーム K とチーム N の対戦の場合、5/15 の試合はチーム K の本拠地で、6/19 の試合はチーム N の本拠地で開催されるんだ。えーと、いつの試合を見に行こうか。近くの競技場でやるのは、チーム K の試合だから、表の一番左側の列だぞ。

A 君：5/22 は、父さん？

父親：だから下線が引いてある試合は、チーム K の遠征試合だから、見に行けないよ。

A 君：じゃあ、5/29 がいいな。

父親：（手帳をめくりながら）うーん、5 月中は父さん忙しいな。6 月以降にしよう。

A 君：チーム K の本拠地での試合は…、6/9 は？

父親：ちょっと待て、6/9 は水曜日だぞ。お前、学校あるだろ。父さんも、さすがに土曜日の試合じゃないとな。

A 君：（ちえ、ばれたか）えーと、チーム K が地元で土曜日に試合する日だから、5/15、5/29、7/3、7/10 だね。

父親：6 月中は試合が無いのか、ずいぶん間があるな。そうすると 7/3 か 7/10 だな。

その時、台所から声がした。

母親：7 月は駄目よ。期末テストが始まるでしょう。

A 君：えー、父さん、5 月中にどうにかならない？

父親：うーん。5 月中はどうしても仕事の都合がつかないな。しょうがない、今回はあきらめよう、な？

A 君：父さんのバカー！

表 1: 1993 年 J リーグのスケジュール.

試合日	K	V	M	E	J	S	F	G	N	R
5/ 15(土)	N	M	<u>V</u>	<u>F</u>	<u>S</u>	J	E	R	<u>K</u>	<u>G</u>
5/ 19(水)	F	<u>J</u>	G	S	V	<u>E</u>	<u>K</u>	<u>M</u>	<u>R</u>	N
5/ 22(土)	<u>E</u>	<u>S</u>	<u>N</u>	K	<u>G</u>	V	R	J	M	<u>F</u>
5/ 26(水)	<u>V</u>	K	<u>S</u>	<u>G</u>	R	M	<u>N</u>	E	F	<u>J</u>
5/ 29(土)	G	<u>R</u>	J	N	<u>M</u>	<u>F</u>	S	<u>K</u>	<u>E</u>	V
6/ 2(水)	J	E	R	V	K	<u>N</u>	G	<u>F</u>	S	M
6/ 5(土)	<u>M</u>	F	K	<u>J</u>	E	R	<u>V</u>	N	<u>G</u>	<u>S</u>
6/ 9(水)	R	<u>N</u>	<u>E</u>	M	<u>F</u>	<u>G</u>	J	S	V	<u>K</u>
6/ 12(土)	<u>S</u>	G	F	<u>R</u>	N	K	<u>M</u>	<u>V</u>	<u>J</u>	E
6/ 16(水)	<u>F</u>	J	<u>G</u>	<u>S</u>	V	E	K	M	R	<u>N</u>
6/ 19(土)	<u>N</u>	<u>M</u>	V	F	S	<u>J</u>	<u>E</u>	<u>R</u>	K	G
6/ 23(水)	V	<u>K</u>	S	G	<u>R</u>	<u>M</u>	N	<u>E</u>	<u>F</u>	J
6/ 26(土)	<u>G</u>	R	<u>J</u>	N	M	F	<u>S</u>	K	E	<u>V</u>
6/ 30(水)	<u>J</u>	E	R	<u>V</u>	K	N	<u>G</u>	F	<u>S</u>	<u>M</u>
7/ 3(土)	M	<u>F</u>	K	J	E	R	V	N	G	S
7/ 7(水)	<u>R</u>	N	E	<u>M</u>	F	G	<u>J</u>	<u>S</u>	<u>V</u>	K
7/ 10(土)	S	<u>G</u>	F	R	N	K	M	V	J	<u>E</u>
7/ 14(水)	E	S	N	<u>K</u>	G	<u>V</u>	<u>R</u>	<u>J</u>	<u>M</u>	F

チーム名 (当時)

K: 鹿島アントラーズ, V: ヴェルディ川崎,
M: 横浜マリノス, E: 清水エスパルス,
J: ジェフユナイテッド市原, S: サンプルッチェ広島,
F: 横浜フリューゲルス, G: ガンバ大阪,
N: 名古屋グランパスエイト, R: 浦和レッドダイヤモンズ

3. A 君の部屋

真夜中, A 君が寝ているそばに神様が現れました.

神様: こいつは何で泣きながら寝てるんじゃ? ふんふん, 地元の J リーグの試合が見に行けないのか. どれどれ, スケジュールはと... ほほう, チーム K は, 土曜日だけ注目すると 6/5 から 4 回連続で遠征試合になっているな. 他のチームにもそういう箇所があるようじゃ. おっ, チーム K は 6/12, 6/16, 6/19 と 3 回連続の遠征試合もあるな. 他のチームでは 3 回連続した遠征試合は全く無いのに, 何故じゃろう? 本拠地での 3 回連続の試合はどこにもないようじゃな. むむ「チーム M とチーム F は本拠地が同一の横浜」じゃと? すると, チーム M の 7/7, 7/10, 7/14 は実質的に本拠地での試合が 3 連続になるのか. チーム F の 6/9, 6/12, 6/16 もそうじゃな. うーむ, こいつは少し不公平な気がするのう. 人間界のことに手を出すのはよくないのじゃが, 少しスケジュールを作り直してみるか.

最初, 神様は自分でスケジュールを作ってみようとしま

したが, なかなかうまくいきません. 手作業で, チーム間の公平性が失われないようにするのは大変のようです.

神様: どうも良いスケジュールができん. 仕方ない, コンピューターの助けを借りるか. 神様なのに, 最適なスケジュールがすぐに思いつかないのは情けないのう. 場合の数が多過ぎるのかもしれないな.

神様は隣の部屋にあった, A 君の父親のコンピューターを使い始めました.

神様: えーと, Windows95 Pentium 200MHz じゃと? 1993 年なの? まあよいか. どれどれ, 整数計画法を用いる解法 [3] を使つてと...

約 1 時間の計算の後, 新しいスケジュール (表 2) が完成しました [2].

表 2: 新しいスケジュール.

試合日	K	V	M	E	J	S	F	G	N	R
5/ 15(土)	N	M	<u>V</u>	<u>F</u>	<u>S</u>	J	E	R	<u>K</u>	<u>G</u>
5/ 19(水)	<u>R</u>	G	S	<u>J</u>	E	<u>M</u>	<u>N</u>	<u>V</u>	F	K
5/ 22(土)	<u>E</u>	<u>S</u>	<u>N</u>	K	<u>G</u>	V	R	J	M	<u>F</u>
5/ 26(水)	S	<u>J</u>	E	M	V	K	G	<u>F</u>	<u>R</u>	N
5/ 29(土)	<u>V</u>	K	G	<u>R</u>	F	N	<u>J</u>	<u>M</u>	S	E
6/ 2(水)	F	R	J	<u>S</u>	<u>M</u>	E	K	N	<u>G</u>	<u>V</u>
6/ 5(土)	M	<u>F</u>	K	N	<u>R</u>	<u>G</u>	V	S	<u>E</u>	J
6/ 9(水)	<u>J</u>	N	F	G	K	<u>R</u>	M	<u>E</u>	V	S
6/ 12(土)	G	E	R	<u>V</u>	N	F	<u>S</u>	K	<u>J</u>	<u>M</u>
6/ 16(水)	R	<u>G</u>	<u>S</u>	J	E	M	N	V	<u>F</u>	<u>K</u>
6/ 19(土)	<u>N</u>	<u>M</u>	V	F	S	<u>J</u>	<u>E</u>	<u>R</u>	K	G
6/ 23(水)	<u>S</u>	J	E	<u>M</u>	<u>V</u>	K	G	F	<u>R</u>	<u>N</u>
6/ 26(土)	V	<u>K</u>	<u>G</u>	R	<u>F</u>	N	J	M	<u>S</u>	<u>E</u>
6/ 30(水)	<u>F</u>	<u>R</u>	<u>J</u>	S	M	<u>E</u>	K	N	G	V
7/ 3(土)	<u>M</u>	F	K	N	R	G	<u>V</u>	<u>S</u>	E	<u>J</u>
7/ 7(水)	J	N	F	<u>G</u>	K	<u>R</u>	M	<u>E</u>	V	S
7/ 10(土)	<u>G</u>	<u>E</u>	<u>R</u>	V	N	F	S	K	J	M
7/ 14(水)	E	S	N	<u>K</u>	G	<u>V</u>	<u>R</u>	<u>J</u>	<u>M</u>	F

4. A 君の自宅 (翌朝)

次の朝, A 君が居間に降りていくと...

父親: おい, J リーグがスケジュール変更したらしいぞ.

A 君: えっ, 本当? 新しいスケジュールは?

父親: 新聞のスポーツ面にでかでかと書いてあるぞ.

A 君が新聞を開くと, そこには新しいスケジュールが載っていました.

A 君: 6/12 と 6/26 に地元でチーム K の試合があるよ!

父親: よし. じゃあ 6/26 のチーム V との試合でも見に行

表 3: 2 つのスケジュールの比較.

評価項目: スケジュール	表 1	表 2
3 回連続遠征試合	1	0
3 回連続本拠地試合	2	0
週末 3 連続以上遠征試合	4	0
週末 3 連続以上本拠地試合	4	0
平日 3 連続以上遠征試合	5	0
平日 3 連続以上本拠地試合	5	0

くか、お前はチーム V のファンみたいだな。

A 君：えっ、どうしてわかったの？

父親：部屋に張ってあるポスターを見りゃ、誰だってわかるさ。さ、学校に行く時間だぞ。

A 君：行ってきまーす!!

5. おわりに

スポーツ競技のスケジュールを作成する時には、「チーム間の公平性」と「観客にとって魅力的である」という事が重要になります。神様は最初手作業でスケジュールを作成しようとしたのですが、これは大変に難しい作業です。チーム数 10 の二重総当たりリーグ戦では各チーム 18 試合を行ないます。つまり、最低限の見積もりとして特定のチームがどういう順序で対戦をするかを考えただけで、 $18!$ 通り (約 6400 兆) のスケジュールが存在することになります。神様が 1 分に 1 つスケジュールを作成できたとしても、全てのスケジュールを調べるのに 120 億年以上かかります。当然、手作業では全てのスケジュールを考えることはできなくなります。その結果、チーム間の公平性が失われているスケジュールや、(観客にとっての) 質がよくないスケジュールしか発見できないことがあります。

表 1 と表 2 のスケジュールを比較したのが表 3 です。週末 (平日) 3 連続以上遠征 (本拠地) 試合というのは、スケジュール中で土曜日 (水曜日) だけ注目した時に、3 回以上遠征先 (本拠地) での試合が連続した箇所の個数です。新しいスケジュールでは、過去のスケジュールでの問題点が全て消失していることがわかります。

以上、スポーツスケジューリング問題を簡単に説明しました。表 1 のスケジュールは、1993 年に J リーグで実際に使用されたスケジュールです。表 2 のスケジュールは、組合せ最適化の方法を用いて求めたスケジュールです。表 1 と表 2 は、最初の日と最終日の試合内容は同一となっています。手作業で試行錯誤を繰り返して時間を費やすよりも、数理計画法を用いる事で、より良いスケジュールを効率的に作ることができます。

1999 年の J リーグは、2 リーグに分かれて行なわれています。J1 リーグは、16 チームからなり、試合は (原則として) 週末のみ、一重総当たりリーグ戦 (通常の総当たりリーグ戦) となっています。J2 リーグは、10 チームからなり、試合は週末のみ、四重総当たりリーグ戦です。この設定で、良いスケジュールを作るには、どんな方法を使えばよいのでしょうか？ さらに、チーム移動費用や、好カードをできるだけ後に残す等を考慮した、良いスケジュール作りには、まだまだ研究が必要です。

アメリカ等では、スポーツのスケジュールを作るソフトウェアも、いくつか売りに出されているようです。興味のある方は、ホームページ [4] を御覧下さい。自分でスケジュールを組むには、必要データを新聞記事で集め、無料の整数計画ソフトウェア ([5] 等) を用いれば手軽に始められます。身近な話題であり、なおかつ奥の深いスポーツスケジューリング問題に、あなたもチャレンジしてみませんか？

参考文献

- [1] 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, 44(1999), 141-146.
- [2] 宮代隆平: “スポーツスケジューリング問題,” 東京大学工学部計数工学科卒業論文, K-B99-27(1999).
- [3] G. L. Nemhauser and M. A. Trick: “Scheduling a Major College Basketball Conference,” *Operations Research*, 46(1998), 1-8.
- [4] <http://www.misojiro.t.u-tokyo.ac.jp/~tomomi/sports-scheduling.html>, スポーツスケジューリングホームページ.
- [5] ftp://ftp.es.ele.tue.nl/pub/lp_solve, public domain soft lp-solve (windows 版は lp20w95.zip).