

## U12バスケットボールにおけるリーグ戦スケジューリング

## League Scheduling for U12 Basketball

沖本 天太<sup>\*1</sup>

Tenda Okimoto

西村 一輝<sup>\*2</sup>

Kazuki Nishimura

平山 勝敏<sup>\*1</sup>

Katsutoshi Hirayama

<sup>\*1</sup>神戸大学大学院海事科学研究科

Faculty of Maritime Sciences, Kobe University

<sup>\*2</sup>神戸大学海事科学部

Graduate School of Maritime Sciences, Kobe University

Sports Scheduling is one of the widely investigated application problems in Artificial Intelligence and Operations Research. This problem can be represented as a combinatorial optimization problem, in which the date and the venue of each game must be determined, subject to a given set of constraints. In 2018, Japan Basketball Association (JBA) has started to implementing the league games in the prefectures. In this paper, a formal framework for U12 Basketball League Scheduling (BLS<sup>U12</sup>) problem is introduced. Furthermore, a novel solution criteria called egalitarian solution for BLS<sup>U12</sup> is defined. In the experiments, we use the real data of U12 basketball league games played in Hyogo prefecture in 2018 and find an optimal league scheduling which can reduce the total travel distance of teams compared to that of actually used. An egalitarian solution for the total travel distance is also provided.

## 1. はじめに

スポーツ・スケジューリング [3, 4] 問題とは、チーム、対戦日、開催場所等の集合に対して、与えられた制約条件を満たすように対戦表を作成する組合せ最適化問題である。スポーツ・スケジューリングは AI や OR 分野における応用問題として広く研究されており、応用例として、アメリカ西海岸大学対抗バスケットボール [1] やプロサッカーリーグ [2] 等が挙げられる。

日本バスケットボール協会 (JBA)<sup>\*1</sup> は (i) 拮抗したゲームを多くすることで選手及び指導者の成長を促し、(ii) JBA 登録チームに対して、一定公式試合数の確保を目的とし、都道府県内でのリーグ戦の実施を 2018 年度より開始した。兵庫県ミニバスケットボール連盟<sup>\*2</sup> は 2018 年度、県内の男女合わせて約 180 チームを対象に前後期リーグ戦を実施した。前期 (5 月から 7 月) では、各チームは所属地区で実施された新人戦の成績を基に、A (上位)、B1, B2, B3 (中位)、C (下位) の 5 つのリーグに分けられ、県内の各会場で 10 試合の公式戦を行った。また後期 (9 月から 12 月) では、前期の成績を基に各リーグのチームが再編成され 10 試合の公式戦が行われた。

リーグ戦作成では、前後期各 10 試合の計 20 試合を実施しなければならないとする総試合数に関する制約や、同じチームと 2 試合以上対戦してはならないとする重複試合の禁止等の満たさなければならない様々な制約条件が存在する。このため、すべての制約条件を満たすようなリーグ戦を作成するのは困難な問題である。実際、兵庫県ミニバスケットボール U12 の前期 A リーグ (女子) では重複試合が 2 件発生している。さらに、現状のリーグ戦は人手により数日かけて作成されているため、その負担を軽減する必要がある。また、各チームの総移動距離やチーム間の移動距離の平等性等は現在考慮されていない。

本論文では、移動距離最小化問題のフレームワークを用いて、ミニバスケットボールにおけるリーグ戦作成 (U12 Basketball League Scheduling, BLS<sup>U12</sup>) 問題を定義する。実験では、2018 年度に兵庫県下で実施されたミニバス U12 の後期 A リーグ

(女子) の実データを用いて、与えられた制約条件を満たし、かつ、各チームの移動距離の総和が最小となるようなリーグ戦及び、移動距離の最大値を最小化するようなリーグ戦をそれぞれ作成し、実際に用いられたリーグ戦と比較評価する。

## 2. U12バスケットボールリーグ戦作成問題

ミニバスケットボール (ミニバス) におけるリーグ戦作成 (BLS<sup>U12</sup>) 問題を定義する。まず BLS<sup>U12</sup> の基本用語を与える。

- $T = \{1, \dots, n\}$ : チームの集合。
- $D = \{1, \dots, m\}$ : 日付 (対戦日: 休日・祝日) の集合。
- $X = \{x_{ij} \mid i, j \in T (i \neq j)\}$ : 変数の集合。  $x_{ij} = k$  ( $k \in D$ ) とは、チーム  $i$  と  $j$  が  $k$  日に対戦することを表す。
- $C = \{c_1, \dots, c_l\}$ : 制約の集合。
- $T_s = \{q_1, \dots, q_t\}$ : (各チームの) 拠点校の集合。
- $P = \{p_1, \dots, p_s\}$ : 対戦が行われる試合会場の集合。
- $\alpha: T \rightarrow T_s$ : 各チームの拠点校を返す写像。
- $\beta: D \rightarrow P$ : 日付から試合会場を返す写像。
- $dis: T_s \times P \rightarrow \mathbb{R}$ : 拠点校から会場までの距離を返す関数。

以下、兵庫県ミニバス U12 で用いられた制約条件を示す。

- 制約 1 (総試合数の制限): 各チームの対戦数は 10 試合とする。各チームは前期 10、後期 10 の計 20 試合を行う。
- 制約 2 (毎試合数の制限): U12 では選手の体力等を考慮して、各チーム、試合がある場合は 1 日に 2 試合行う。
- 制約 3 (各会場での試合数の制限): 各試合会場では、その日に対戦しなければならない対戦数が決められている。
- 制約 4 (重複試合の禁止): 同じ相手と 2 試合以上対戦してはならない (同じリーグ内の他の 10 チームと対戦する)。

連絡先: 沖本 天太, 神戸大学大学院海事科学研究科, 神戸市東灘区深江南町 5-1-1, tenda@maritime.kobe-u.ac.jp

\*1 <http://www.japanbasketball.jp>

\*2 <https://hyogo-minibasket.jimdo.com>

表 1: 提案手法と+Minimax における各チームの総移動距離。

チーム名	成徳	北エン	福田	香櫨園	塚口	武庫	浜脇	多田東
提案手法	836km	608km	636km	888km	944km	876km	886km	816km
+Minimax	878km	800km	636km	820km	902km	776km	828km	850km
チーム名	西宮浜	宝塚 BR	川西	荻野	北淡	松陽	三田	氷上東
提案手法	842km	932km	854km	834km	596km	642km	524km	270km
+Minimax	878km	794km	854km	902km	596km	642km	558km	270km

表 2: 後期 A リーグ (女子 16 チーム) における, 実際のリーグ戦と提案手法で得られたリーグ戦の総移動距離と作成時間。

後期リーグ	実際のリーグ戦	提案手法	+Minimax
総移動距離	14, 204km	11, 984km	11, 984km
作成時間	数日	4 秒	173 秒

次に, U12 におけるリーグ戦作成 (BLS<sup>U12</sup>) 問題を定義する。

**定義 1** (BLS<sup>U12</sup>). ミニバスにおけるリーグ戦作成 (BLS<sup>U12</sup>) は,  $X$  を変数の集合,  $D$  を変数値の集合,  $C$  を制約の集合,  $T_s$  を拠点校の集合,  $P$  を試合会場の集合,  $\alpha$  を各チームの拠点校を返す写像,  $\beta$  を日付から試合会場を返す写像,  $\phi$  を拠点校から試合会場までの往復距離を計算する関数とし,

$$\text{BLS}^{\text{U12}} = \langle X, D, C, T_s, P, \alpha, \beta, \phi \rangle$$

の組により定義される. 全変数への割当を  $A$  とし, 関数  $\phi$  は

$$\phi(A) = \sum_{i,j,k} 2 \cdot [\text{dis}(\alpha(i), \beta(k)) + \text{dis}(\alpha(j), \beta(k))]$$

により与えられる ( $1 \leq i, j \leq n, i \neq j, 1 \leq k \leq m$ ). BLS<sup>U12</sup> を解くとは, 全ての制約条件を満たし, 各チームの移動距離の総和  $\phi(A)$  が最小となるような割当  $A$  を見つけることである。

**定義 2** (BLS<sup>U12</sup> 問題).

- 入力: ミニバスにおけるリーグ戦作成 BLS<sup>U12</sup>,
- 質問: 移動距離の総和が最小となるリーグ戦をみつけよ.

リーグ戦作成 BLS<sup>U12</sup> において, 各チーム  $i$  ( $1 \leq i \leq n$ ) の総移動距離を  $d_i$  とし, すべてのチームの総移動距離を  $\vec{d}$ -ベクトルと呼び,  $\vec{d} = (d_1, \dots, d_n)$  と記述する. また 2 つの  $\vec{d}$ -ベクトル  $\vec{d}'$  及び  $\vec{d}''$  に関して, 両者の各要素の総和が等しいとき, すなわち,  $\sum_i d'_i = \sum_i d''_i$  が成立するとき,  $\vec{d}'$  と  $\vec{d}''$  は同等であるという. 同等な  $\vec{d}$ -ベクトルからなる集合を  $\overline{D}$  と記述する. また  $\overline{D}$  上の前順序は  $\preceq_{lex}$  により与えられるものとする. すなわち,  $\forall \vec{d}', \vec{d}'' \in \overline{D}$  に関して,  $\vec{d}'$  が辞書式順序において  $\vec{d}''$  より先行している, またそのときに限り,  $\vec{d}' \preceq_{lex} \vec{d}''$  と定義する. ある  $\vec{d}$ -ベクトル  $\vec{d}'$  が平等であるとは,  $\vec{d}'' \preceq_{lex} \vec{d}'$  となるような,  $\vec{d}'$  と同等な他の  $\vec{d}''$  が存在しないことを意味する.

### 3. 評価実験

2018 年度に兵庫県下で実施されたミニバス U12 後期 A リーグ戦 (女子 16 チーム) の実データを用いて BLS<sup>U12</sup> 問題を求解した. 具体的には, BLS<sup>U12</sup> 問題を 0-1 整数計画問題として定式化し, 最適化ソルバー CPLEX を用いて, 各チームの移

動距離の総和が最小となるリーグ戦及び, 総移動距離が最小かつ, 移動距離の最大値が最小となるリーグ戦を作成した.

実際に使用された U12 後期 A リーグ戦と提案手法によって作成されたリーグ戦における総移動距離及び実行時間を表 2 に示す (両者とも全ての制約条件 1 から 4 を満たしている). また, 表中の+Minimax は提案手法とミニマックス値を用いたときの実験結果を表す. 表 2 より, 実際に使用された後期リーグ戦での全 16 チームの総移動距離は 14, 204km であった. これに対し, 提案手法では, 全 16 チームの総移動距離は 11, 984km であり, 実際に使用されたものとの差は 2, 222km であった. また, 実際のリーグ戦は人手により数日かけて作成されているのに対し, 提案手法では最適なりリーグ戦が 4 秒, +Minimax では最適かつ, 移動距離の最大値が最小となるリーグ戦が 173 秒で求解可能であった. 表 1 は提案手法及び, +Minimax によって得られた各チームの総移動距離を表している. 提案手法では, 塚口の総移動距離が 944km (最大値) であるのに対し, +Minimax では 902km であった. このように, +Minimax で得られた解では, 総移動距離が大きい塚口や宝塚 BR の負担を他のチームでシェアすることで軽減しているのが分かる.

### 4. おわりに

本論文では, ミニバスケットボールにおけるリーグ戦作成 (BLS<sup>U12</sup>) 問題を定義し, 各チームの移動距離の総和が最小となるような最適なりリーグ戦及び, 最適かつ移動距離の最大値が最小となるようなリーグ戦を作成した. 実験では, 2018 年度に兵庫県下で実施されたミニバス U12 後期 A リーグ戦 (女子) の実データを用いて, BLS<sup>U12</sup> 問題を求解し, 実際に使用されたリーグ戦と比較評価した. 実験結果より, 提案手法では最適なりリーグ戦が 4 秒, 最適かつ移動距離の最大値が最小となるようなリーグ戦が 173 秒で作成可能であることが分かった.

今後の課題として, 現場で利用可能なシステムの開発, U15 及び U18 バスケットボールにおけるリーグ戦作成, その他のスポーツ・スケジューリング問題への適用等が挙げられる.

### 参考文献

- [1] M. Henz. Scheduling a major college basketball conference - revisited. *Operations Research*, 49:163–168, 2002.
- [2] C. Ribeiro. Sports scheduling: Problems and applications. *International Transactions in Operational Research*, 19:201–226, 2012.
- [3] 宮代隆平 and 松井知己. スポーツスケジューリング未解決問題を中心に - オペレーションズリサーチ, 50:119–124, 2005.
- [4] 池辺淑子. 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, 51:392–395, 2006.