

巡回トーナメント問題に対する3種類の近傍解生成法の性能比較

市川慎人 藤田実沙

中京大学工学部電気電子工学科

1 はじめに

世界のスポーツビジネスの市場規模は年々拡大しており、日本でも2025年までに15兆円にすることを目指している。スポーツ競技を行う際、選手の移動コストの削減や現地での練習時間を確保するなど様々な観点から質の良いスケジュールの作成が求められる。このスケジュールを作成する分野は、スポーツスケジューリングと呼ばれている。本研究ではその1つである巡回トーナメント問題を対象とし、3種類の近傍解生成法の単体及びそれらを組み合わせた手法の解探索性能の違いを数値実験により比較した。

2 巡回トーナメント問題

巡回トーナメント問題は、全チームの総移動距離が最小となる試合スケジュールを作成する問題である。各チームはそれぞれ本拠地を持ち、各試合は対戦するどちらかのチームの本拠地で行われる。本研究では、 n チームが他の $n-1$ チームと2回ずつ対戦する二重総当たり戦を対象とする。全てのチームが1日に1回試合を行うため全試合が $2n-2$ 日で終了する。また、1日目の試合にはどのチームも自らのチームの本拠地から試合に出発し、2日目以降の試合には前日の試合会場から直接向かうこととする。更に、全試合が終了したら自らのチームの本拠地に戻ることにする。

求めるスケジュールは次の2つの制約を満たす必要がある。1つ目は連続するホームゲーム及びアウェイゲームが最大3回となることである。ホームゲームは自らのチームの本拠地で試合を行うこと、アウェイゲームは相手チームの本拠地で試合を行うことを指す。2つ目は同じチーム同士が連続で対戦しないことである。つまり、チーム a 対チーム b が対戦した翌日にチーム b 対チーム a を行うことを禁止する。

Comparison of three types of neighborhoods for solving the traveling tournament problem

Maikito ICHIKAWA, Misa FUJITA

School of Engineering, Chukyo University

101-Yagoto-honmachi, Showa-ku, Naoya, Aichi, 466-8666 Japan

t219008@m.chukyo-u.ac.jp

巡回トーナメント問題の目的関数を式(1)に示す。

$$\min \sum_{t \in T} \sum_{i, j \in T} \sum_{s \in S} d_{ij} x_{ijs}^t \quad (1)$$

n はチーム数、 $T = \{t \mid 1, 2, 3, \dots, n\}$ はチームの集合、 $S = \{s \mid 0, 1, 2, \dots, 2n-1\}$ は試合を行う日の集合であり、 d_{ij} は試合会場 i と試合会場 j の間の距離である。 x_{ijs}^t は決定変数で、チーム t が s 日目に試合会場 i において、 $s+1$ 日目に試合会場 j に移動するとき1、そうでないとき0の値をとる。

3 初期解生成法と近傍解生成法

初期解の生成にはCircle Methodを使用した。Circle Methodはチーム数が偶数の(一重)総当たり戦のスケジュールを作成する代表的な手法である。二重総当たり戦のスケジュールは、総当たり戦のスケジュールを作成した後、そのスケジュールを前半とし、各試合における対戦会場のみを入れ替えたスケジュールを後半として付け加えることにより作成する。本研究では、近傍解生成法として次の3種類の近傍交換[1]を使用する。

- SwapHomes
試合に着目し、試合する2チームのホーム戦とアウェイ戦を入れ替える
- SwapRounds
試合日に着目し、2試合日を丸ごと入れ替える
- SwapTeams
チームに着目し、2チームの試合スケジュールを丸ごと入れ替える

4 実験条件

チーム数4~16の7種類のベンチマーク問題[2]を使用して、3種類の近傍解生成法の性能を比較した。具体的には、初期解を100個作成し、3種類の近傍交換をそのまま適用する手法と3種類のうち2種類を組み合わせる手法について、得られたスケジュールの総移動距離を比較した。近傍交換を単体で適用する

表 1: 数値実験結果 (R: SwapRounds、H: SwapHomes、T: SwapTeams、一番良い解は太字)

チーム数	単体で適用			組み合わせで適用						
	R	H	T	HR	RH	TR	TH	HT	RT	
4	平均	8,459	8,454	10,018	8,342	8,296	8,635	8,429	8,448	8,459
	最大	9,073	9,080	12,145	8,811	8,313	9,736	9,080	9,080	9,073
	最小	8,276	8,276	8,559	8,276	8,276	8,276	8,276	8,276	8,276
6	平均	26,282	30,249	34,386	26,411	25,811	26,539	30,281	30,161	26,282
	最大	27,872	32,523	37,968	29,809	27,872	29,233	32,523	32,523	27,872
	最小	24,904	27,673	31,482	24,467	24,412	24,904	27,673	27,673	24,904
8	平均	48,110	52,055	63,197	47,712	47,244	48,375	51,734	51,858	48,124
	最大	51,521	57,044	66,506	52,601	50,824	51,521	57,020	57,044	51,521
	最小	45,580	46,464	5,965	45,208	43,988	45,936	44,849	46,464	45,580
10	平均	75,988	83,970	103,457	78,282	74,933	76,519	83,223	83,573	75,988
	最大	80,778	92,325	107,434	84,803	79,626	80,193	90,680	92,325	80,778
	最小	71,763	75,301	99,129	72,321	70,845	71,431	77,950	75,301	71,763
12	平均	142,336	155,551	195,348	147,860	141,370	142,657	154,431	154,793	142,286
	最大	147,727	166,362	201,328	155,502	150,829	150,540	165,678	166,362	147,727
	最小	133,811	142,257	190,896	135,420	135,142	133,811	143,682	142,257	133,811
14	平均	265,221	292,951	265,855	279,060	264,025	265,855	291,669	291,548	265,250
	最大	276,670	313,446	279,468	300,639	276,594	279,468	319,170	313,446	276,670
	最小	244,249	267,027	244,249	260,067	241,768	244,249	257,435	261,959	244,249
16	平均	376,976	415,078	546,677	401,974	374,538	376,734	413,360	413,854	376,715
	最大	397,657	459,081	557,866	436,145	399,320	395,441	460,745	460,745	397,657
	最小	351,469	379,481	539,473	362,858	354,653	351,469	368,834	379,481	351,469

場合は、局所解に辿り着くまで近傍交換を行った。3種類から2種類を組み合わせで適用する場合は、一方の近傍交換を一巡行った後、他方の近傍交換を一巡行う操作を局所解に辿り着くまで繰り返し行った。

5 実験結果

3種類の近傍交換を単体で適用した手法と3種類から2種類を組み合わせで適用する手法により求めたスケジュールにおける総移動距離の平均と最大値、最小値の結果を表1に示す。表1において、RはSwapRounds、HはSwapHomes、TはSwapTeamsを表す。また、RHのように2つの記号の場合、先にSwapRoundsを行い、次にSwapHomesを行うことを意味する。

表1の総移動距離の平均を見ると、近傍交換単体ではSwapRounds、2種類の近傍交換を組み合わせた手法では、SwapRoundsの後にSwapHomesを行うRHが最も総移動距離が短い良い解を得られることが分かる。一方、同じ手法の組み合わせで適用順を変更したHRはあまり良い性能を示さない。この理由として、マクロ的な改善を施した後にミクロ的な改善を施すという順番

が解探索にとって重要であると考えられる。

6 結論

本研究では、3種類の近傍解生成法を用いて、それぞれを単体で適用した場合と3種類から2種類を組み合わせで適用した場合の性能を数値実験により比較した。結果から、単体ではSwapRoundsが、2種類を組み合わせた手法では、SwapRoundsの後にSwapHomesを行うRHが最も総移動距離を短くすることが分かった。

本研究はJSPS 科研費JP20K23332の助成を受けたものである。また、東北大学電気通信研究所における共同プロジェクト研究(R02/A31)による。

参考文献

- [1] A. Anagnostopoulos, L. Michel, P.V. Hentenryck, and Y. Vergados, *Journal of Scheduling*, 9(2): 177–193, 2006.
- [2] M. Trick, “Challenge traveling tournament problem,” <http://mat.gsia.cmu.edu/TOURN/> (最終閲覧日 2021年12月3日)