

# 世界男子テニスツアー出場スケジュールの最適化

2014SS067 太田宏司

指導教員：佐々木美裕

## 1 はじめに

プロテニス選手は、世界ランキングを上げてグランドスラムで活躍するために毎週のように世界各国を転戦している。大会で一定の成績を残すとポイントを獲得することができる。そのため、世界ランキングを上げるには、獲得ポイントを多く得ることが期待できる試合に出場する必要がある。しかし、毎週のように大会に出場すれば疲労が蓄積しベストなパフォーマンスをすることができず、ケガにもつながる。そこで本研究では、様々な制約の下でテニス選手が世界ランキングを上げるための年間の総獲得ポイントを最大化する大会の出場スケジュールの最適化を目的とする。

## 2 世界男子テニスツアーの仕組み

世界男子テニスツアーは ATP (Association of Tennis Professionals) という組織によって管理、運営されている。すべてのプレイヤーはランキングトップを、そして最高峰の大会となるグランドスラムを目指し世界各国のツアー大会を転戦する。図 1 の様に、年に 4 回行われるグランドスラムを頂点にグレード別に分けられた大会が毎週世界各地で開催されている。選手が獲得できるポイントは大会のグレードによって違い、上位の大会になるにつれて獲得ポイントは高くなる。なお、ATP ワールドツアーに本戦から出場できるポイントを有していない選手たちは下のグレードであるチャレンジャーや ITF 主催のフューチャーズの大会に出場している。グレードが低くなるにつれて開催されている大会数が多くなる。世界ランキングは、直近の 52 週間で参加した、各大会で獲得したポイントの合計の順番で決まる。

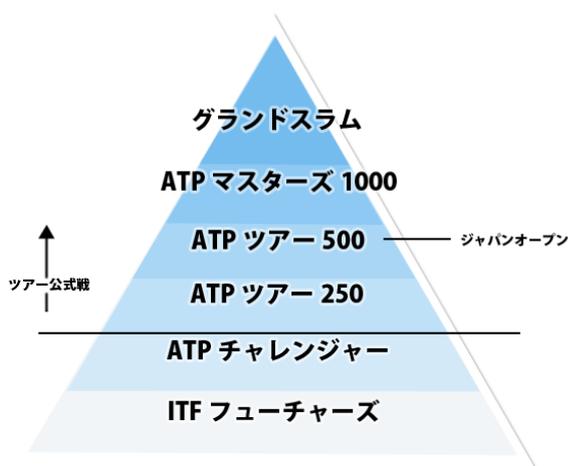


図 1 大会のグレード

## 3 問題の説明

### 3.1 ツアーの転戦の現状

グランドスラムに出場できるランキングの選手（ランキング 112 位前後の選手）はグランドスラムで勝ち進むために、よりグランドスラムに近いグレードの試合に出場することを優先している。高いグレードの大会は開催数が少ないこともあり、出場大会数は少ない。

それ以外の選手はグレードの高い大会には出場することが難しく、出場したとしても勝率が低いのでポイントを獲得することが難しい。したがって勝率の高い下部の大会になるべく多く出場し、ポイントを多く獲得することを優先している。

また、各選手は毎週大会に出場するのではなく、コンディションを整えるために定期的に本拠地に戻って練習を行ったり、次の大会まで休息をとる。

### 3.2 問題の概要

本研究では、より大会の選択肢の多い ATP250, チャレンジャー, ITF フューチャーズの大会を主に出場する選手に着目し、その選手の獲得ポイントが最大となる 1 年間で出場すべき大会を求める問題を定式化し、最適化ソフトウェアを用いて年間の総獲得ポイントの最大値とそのスケジュールを求める。スケジュールを求める際には、選手の移動の負担も考える必要がある。提案するモデルでは、問題を簡単にするため、大会開催地間の移動ではなく、大会が開催される国間の移動で負担を考える。一般に、毎週のように遠距離移動をするようなスケジュールは組まない。そこで、過去の実際のスケジュールにおいて移動した実績のある国間のみ移動可能としてスケジュールの制約とする。

## 4 定式化

年間の獲得ポイントの最大値を求める問題を定式化するために、以下の記号、定数、変数を定義する。

$I$ : 大会が開催されている週の集合

$K$ : 大会が開催されている国

$L = \{a, b, c\}$ : 大会の集合

$a$  は ATP250 の大会,  $b$  は ATP チャレンジャーの大会,  $c$  は ITF フューチャーズの大会とする。

$S = \{h, g, c\}$ : コートの種類の集合

$h$  はハードコート,  $g$  はグラス (芝) コート,  $c$  はクレー (土) コートとする。

$t_{ls}$ : グレード  $l$  のコートの種類  $s$  の大会での平均獲得ポイント ( $l \in L, s \in S$ )

$$a_{km} = \begin{cases} 1 & \text{国 } k \text{ から国 } m \text{ へ移動可能である} \\ 0 & \text{移動不可能である} \quad (k \in K, m \in K) \end{cases}$$

$$m_{ikls} = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 週に国 } k \text{ でグレード } l \text{ のコートの} \\ & \text{種類 } s \text{ の大会が開催されている} \\ 0 & \text{開催されていない} \end{cases}$$

$$(i \in I, k \in K, l \in L, s \in S)$$

$$x_{ikls} = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 週国 } k \text{ グレード } l \text{ コート } s \text{ の大会に} \\ & \text{出場する} \\ 0 & \text{出場しない} \quad (i \in I, k \in K, l \in L, s \in S) \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & \text{第 } i \text{ 週に本拠地にいる} \\ 0 & \text{いない} \quad (i \in I) \end{cases}$$

この問題は以下のように定式化できる.

$$\text{Max} \quad \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{s \in S} m_{ikls} t_{ls} x_{ikls} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{s \in S} x_{ikls} \leq 1 \quad (i \in I) \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{s \in S} x_{ikls} + y_i = 1 \quad (i \in I) \quad (3)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} \sum_{s \in S} x_{ikls} \leq 30 \quad (4)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{s \in S} x_{ikls} + \sum_{l \in L} \sum_{s \in S} x_{(i+1)mls} \leq a_{km} + 1 \quad (5)$$

$$(i \in I, k \in K, m \in K)$$

$$x_{ikls}, y_i \in \{0, 1\} \quad (i \in I, k \in K, l \in L, s \in S)$$

(1) は, 1 年間で出場した大会で獲得したポイントの合計を示す目的関数であり, これを最大化することを目的とする. (2) は, 同じ週に複数の大会に出場することができないことを示す制約である. (3) は, 本拠地にいる週に大会に出場することができないことを示す制約である. (4) は, 選手のコンディションを考慮して年間に出場する大会数を 30 大会以下とする制約である. (5) は, 国  $k \in K$  から国  $m \in K$  へ直接移動することが可能な場合に限り, 国  $k \in K$  で開催される大会に出場した翌週に国  $m \in K$  で開催される大会に出場できることを示す制約である.

ATP World Tour-Official Site(<http://www.atpworldtour.com/en>) [1] に選手のグレード  $l$  のコートの種類  $s$  での過去の戦績がそれぞれ記載されているので, それをもとに  $t_{ls}$  を設定する.

## 5 実行結果と考察

本研究では, 特徴の異なる 2 名の選手のデータを使用する. 1 名は, ハードコートを得意とする世界ランキング 221 位の A 選手 (日本), もう 1 名は, クレーコートを得意とする世界ランキング 220 位の B 選手 (アルゼンチン) であり, 両選手は主に ATP250, チャレンジャー, フューチャーズに出場する. この 2 名の選手の年間スケジュールを求めため,  $I = \{1, 2, \dots, 47\}$  とする. また, これらの大会は, 世界 35 か国で開催されるため,  $K = \{0, 1, 2, \dots, 35\}$  とする. 国番号 0 は本拠地とする. 最適化ソフトウェアの

Gurobi Optimizer を用いて最適スケジュールを求めた結果, 年間の総獲得ポイントは表 1 の通りになった.

両選手共に 2017 年度の実際の総獲得ポイントよりも実行結果の総獲得ポイントの方が上回るスケジュールを求めることができた. ランキングは実行結果の方が A 選手は 40 位程高く, B 選手は 55 位程高くなる. よって実行結果から, 両選手共に実行結果のスケジュール通りにツアーを周ればランキングが大幅に上がることを期待できる.

次に, 実行結果と 2017 年の実際のスケジュールと比較する. 両選手共に得意なコートに多く出場することに変わりはないが, 両選手共に獲得ポイントの期待値が低くともグランドスラムの予選に出場することが分かる. また, 両選手共にウィンブルドンに向けて獲得ポイントの期待値の低いグラスコートの大会に 1 大会は出場している. グランドスラムの予選に出場するといった制約を加えることも可能であるが, 本研究の目的は獲得ポイントの最大化であり, このような制約を省いた. その結果, 総獲得ポイントが高くなったと予想できる.

また, A 選手の地域別に出場大会数は図 2 の通りになった. 図 2 から A 選手は, 本拠地である日本近辺のアジアの大会に多く出場することを優先しているため, 本拠地の近くの大会を優先的に出場するような制約を追加すれば, より現実的なスケジュールに近づけると考えられる.

表 1 年間の総獲得ポイント

	実行結果	2017 の結果
A 選手	305.37	234.00
B 選手	359.88	265.00

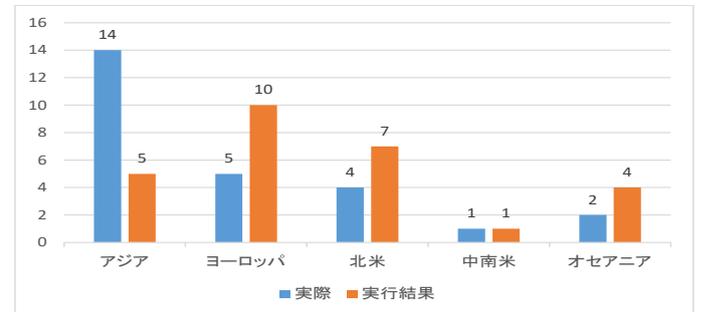


図 2 A 選手の地域別に出場大会数

## 6 おわりに

本研究では, 選手の獲得ポイントを最大化する年間スケジュールを求め問題を定式化し, Gurobi Optimizer を用いて解を求めた. 選手のランキングを上げることができた結果を得られたが, まだ考慮すべき制約はたくさんあり, それらを考慮することで, より現実的なスケジュールを求めることが可能となる.

## 参考文献

[1] ATP World Tour-Official Site

<http://www.atpworldtour.com/en> 2017 年 8 月 15 日 閲覧