

# テニスのネットプレーにおける最適戦略

2007MI217 新川翔太

指導教員：澤木勝茂

## 1 はじめに

テニスの試合で勝利するためには、高い確率で決まるネットプレーによるポイントを実際に得ることは必要不可欠である。各状況下によって最適なボールのコースや反応の仕方、さらには立ち位置やボールの速度を選択することで実力以上の戦績が残せるのではないかと考えた。そこで本論文では収集したデータを基にモデルを作成し、ボールの速度別にネットプレー時の各プレイヤーの最適戦略を求める。

## 2 研究方針

データから、ネットプレイヤー（以下  $P_1$ ）の打ったボールがコートの枠を外さない確率、レシーバー（以下  $P_2$ ）が反応したケース別の成功率を求める。2人零和ゲームとして  $P_1, P_2$  の期待利得を最大、最小とする線形計画モデルに定式化して、各々の最適戦略を考える。また、プレイヤー間の距離とボールの到達時間からボール速度を計算し、slow[60km/h未満]とfast[60km/h以上]それぞれの場合において最適戦略を求め、速度を考慮しない場合「all」と比べ戦略に変化があるのか否かを検証する。 $P_1$  がいる最適なコートの位置についても考察する。

また本論文におけるネットプレーとは、比較的ネット際に立ちノーバウンドで相手のボールを処理するショットとする。

## 3 データについて

2002年ウインブルドン, 2005年マスターズカップ, 2006年全豪(全仏)オープンなど多くのトッププレイヤーが出場する上位大会から収集した。

### 3.1 コートの座標

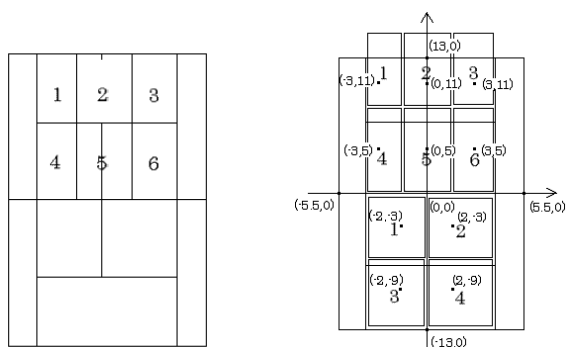


図1  $P_1$  が狙うコース 図2 手前： $P_1$  がいるコート, 奥： $P_2$  がいるコート

$P_1$  がボールを打つコースをコース1(左奥), コース2(中央奥), コース3(右奥), コース4(左手前), コース5(中央手前), コース6(右手前)とする。 $P_2$  がいる

コートも同様にして考える。 $P_1$  がいるコートはコート1(左前), コート2(右前), コート3(左後ろ), コート4(右後ろ)とする。

なお, 図中の1座標は1ヤード(0.914m)であるとする。

### 3.2 コートの枠を外さない確率

表中のコースとは,  $P_1$  が狙うコースとする。ただし, コース2,5(中央)に打つデータが少ないので省略する。

表1 枠を外さない確率 [ $P_2$  がコート1にいる場合]

コース	1	3	4	6
all	0.846	0.897	0.786	0.833
slow	0.874	0.925	0.813	0.864
fast	0.822	0.813	0.750	0.796

## 4 ゲーム理論のテニスプレーへの応用

### 4.1 定義

$i$ :  $P_1$  がボールを打つコース [ $i=1,2,3,4,5,6$ ]

$j$ :  $P_2$  が反応するケース [ $j=1,2,3,4$ ] (右, 左, 前, 中央)

$x_i$ :  $P_1$  がコース  $i$  にボールを打つ確率

$y_j$ :  $P_2$  がケース  $j$  を選択する確率

$c_{ij}$ :  $P_1$  がコース  $i$  にボールを打ち,  $P_2$  がケース  $j$  を選択した場合の  $P_1$  のポイントとなる確率

$$v_1 = \min \left\{ \sum_{i=1}^6 c_{i1}x_i, \sum_{i=1}^6 c_{i2}x_i, \sum_{i=1}^6 c_{i3}x_i, \sum_{i=1}^6 c_{i4}x_i \right\}$$

$$v_2 = \max \left\{ \sum_{j=1}^4 c_{1j}y_j, \sum_{j=1}^4 c_{2j}y_j, \sum_{j=1}^4 c_{3j}y_j, \sum_{j=1}^4 c_{4j}y_j, \sum_{j=1}^4 c_{5j}y_j, \sum_{j=1}^4 c_{6j}y_j \right\}$$

$P_1$  の期待利得  $c_{ij}$  は,  $P_1$  がコース別にコートの枠を外さない確率と,  $P_2$  が反応するケース別, ボールのコース別における  $P_1$  のポイントとなる確率との積で決まる。

### 4.2 線形計画法による解法

$P_1$  にとっての最適な混合戦略を求める線形計画モデルは次のように定式化される。(太田 [1] 参照)

$$\max v_1$$

$$\text{制約条件: } \sum_{i=1}^6 c_{ij}x_i \geq v_1, j = 1, 2, 3, 4$$

$$\sum_{i=1}^6 x_i = 1, x_i \geq 0, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$$

また、 $P_2$  については次のようになる。

$$\begin{aligned} & \min v_2 \\ \text{制約条件: } & \sum_{j=1}^4 c_{ij} y_j \leq v_2, i = 1, 2, 3, 4, 5, 6 \\ & \sum_{j=1}^4 y_j = 1, y_j \geq 0, j = 1, 2, 3, 4 \end{aligned}$$

これらは  $X_i \equiv \frac{x_i}{v_1}$  ( $Y_j \equiv \frac{y_j}{v_2}$ ) と置くことでそれぞれ簡単化される。実際の計算は Excel のソルバーを用いる。

### 4.3 検証結果

$P_1$  の戦略は 1[コース 1], 2[コース 3], 3[コース 4], 4[コース 6] とする。 $P_2$  は定義通りの戦略を行う。

表 2  $P_1, P_2$  の利得表 [ $P_2$  がコート 1 にいる場合]

$P_1 \setminus P_2$ (all)	1	2	3	4
1	0.423	0.635	0.846	0.423
2	0.897	0.838	0.897	0.897
3	0.786	0.786	0.629	0.786
4	0.833	0.729	0.833	0.833
$P_1 \setminus P_2$ (slow)	1	2	3	4
1	0.393	0.612	0.874	0.437
2	0.925	0.786	0.925	0.925
3	0.813	0.718	0.610	0.813
4	0.864	0.650	0.864	0.864
$P_1 \setminus P_2$ (fast)	1	2	3	4
1	0.617	0.658	0.822	0.645
2	0.813	0.732	0.813	0.813
3	0.750	0.750	0.600	0.750
4	0.796	0.756	0.796	0.796

## 5 ネットプレーのコート別成功確率

図中の横軸は  $P_1$  がいるコートの位置、縦軸はネットプレーの成功確率である。棒グラフは全コースの成功確率の平均、折れ線グラフは最適戦略に限った成功確率である。

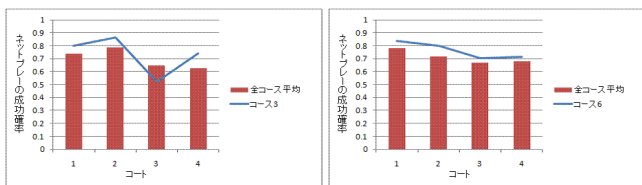


図 3 slow

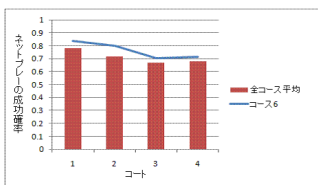


図 4 fast

- 「all」の場合、前節より純粋戦略となり  $P_1, P_2$  の最適戦略は  $i^* = 2, j^* = 2$  となる。つまり  $P_1$  はコート右奥に打ち、 $P_2$  は左に反応するケースが最適である。

- 「slow」の場合、前節より純粋戦略となり  $P_1, P_2$  の最適戦略は  $i^* = 2, j^* = 2$  となる。つまり、 $P_1$  はコート右前(図3より)からコート右奥に打ち、 $P_2$  は左に反応するケースが最適である。
- 「fast」の場合、前節より純粋戦略となり  $P_1, P_2$  の最適戦略は  $i^* = 4, j^* = 2$  となる。つまり、 $P_1$  はコート左前(図4より)からコート右手前に打ち、 $P_2$  は左に反応するケースが最適である。

## 6 考察

以上の手順を、 $P_2$  がいるコート別に場合分けしてそれぞれ求めた。

コートの枠を外さない確率については、速度を考慮しない場合に比べ、ボール速度が「slow」の時では全体的に高く、逆に「fast」の時では全体的に低いことが分かった。 $P_2$  の反応別におけるネットプレー成功確率については、速度を考慮しない場合に比べ、ボール速度が「slow」の時では全体的に低く、逆に「fast」の時では全体的に高いことが分かった。ボール速度が「slow」の時、 $P_1$  は多くの場合コート前方にいるケースが最適となることが分かった。これは相手へのボールの到達時間を短くし、速度が遅い分をカバーするためであると考えられる。また、この時最適戦略が変化したのは  $P_2$  がコート 2,3,6 にいる場合であった。これらはコートの奥に打つ戦略から手前に打つ戦略へと変化しており、浅い鋭角なコースへ打つリスクを、ボールの速度を遅くすることとボールを打つ際の立ち位置を前にすることにより軽減していると言える。ボール速度が「fast」の時、 $P_1$  は多くの場合コート後方にいるケースが最適となることが分かった。これはコート後方でしっかり構えて打つことで、コートの枠を外す確率を低くするためであると考えられる。また、この時最適戦略が変化したのは  $P_2$  がコート 1,6 にいる場合であった。 $P_2$  がコート 6 にいる時では混合戦略となり、あえて相手のいるところへボールを打つことが最適という結果が出た。これはあえて相手の正面を狙って精神的に威嚇をしたと推測でき、速いボールを打つ時ならではの戦略と言える。

## 7 おわりに

ゲーム理論をテニスプレーへ応用することにより、ボールの速度別に各プレイヤーの最適戦略を求めることができた。そして、速度によって最適戦略が変化することが証明された。また、 $P_1$  の立ち位置によってもネットプレーの成功確率が変化することが分かった。しかし、ブレイクポイントなど試合の場面によってプレッシャーは大きく異なり、その時々によっても戦略は変化すると考える。今後は試合中のあらゆる状況下におけるショットについて検証することで、さらに勝利に近づくための戦略を導くことができると考える。

## 参考文献

- [1] 太田雄大:『スポーツのOR』。南山大学数理情報学部 2004 年度卒業論文要旨集, pp.119-120。