

# 動的計画法によるサッカー選手配置の評価

藤本 衡

キーワード：サッカー，マルコフ連鎖，動的計画法

本稿は、篠原 裕佑さんによる 2014 年度東京電機大学大学院理工学研究科に提出された修士論文をもとに加筆修正したものです。

## 1. サッカーの最適交代戦略

サッカー日本代表やJリーグの試合を見ながら、「あの時点で守備的な選手に交代しておけばよかったのに…」と思った経験がある人は少なくないでしょう。実際には、守備的な選手を増やすことで相手のボール保持時間が多くなり、チャンスが増えて失点してしまう可能性もあります。したがって、自分と相手の「ゴールしやすさ」を秤にかけ、どの選手をどのタイミングで交代するかを考える必要があります。

サッカーの試合データに基づくプレーの評価を行った研究は、初期にはゴール数のみに着目した研究がありました。たとえば、1 試合当たりの得点がポアソン分布 [1] や負の二項分布 [2] といった、比較的簡単な確率分布で表されることを示した研究が知られています。

一方で、ゴールは突然生まれるものではなく、ボールを保持し相手陣内に向かっていく流れの結果であるとも言えます。この考えに基づいて、Hirotzu and Wright [3] は試合の状態を 4 状態に分け、時間とともに確率的に状態変化をするようなモデルとして捉えました。このようなモデルを、マルコフ連鎖と呼びます。

Hirotzu and Wright はこのモデルのよさを検証するために、相手は選手交代を行わないと仮定して自チームの最適な交代戦略を求めました。そこでこの修士論文では、今後の課題として残されていた「相手も選手交代を行う前提での最適交代戦略」を求めることにしたのです。

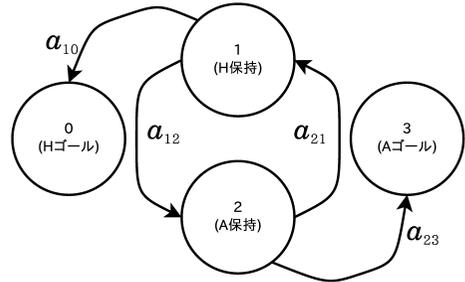


図 1 サッカーのマルコフ連鎖表現

## 2. サッカーの試合とマルコフ連鎖

本研究では Hirotzu and Wright と同じく、試合の状態を

- ホームチーム (H) のゴール (状態 0)
- ホームチーム (H) のボール保持 (状態 1)
- アウェイチーム (A) のボール保持 (状態 2)
- アウェイチーム (A) のゴール (状態 3)

という四つに分類し、一つの試合とはこれらの状態のどれかを確率的に取りながら進行していくものと捉えました (図 1)。

図 1 は特に吸収マルコフ連鎖と呼ばれます。ゴール (状態 0, 3) が吸収状態で、ここに入るとリセットです。たとえば H がゴールした (状態 0) 場合は、A のキックオフで試合が再開されますのでマルコフ連鎖は状態 2 からやり直します。

このマルコフ連鎖で、どちらのチームに何点入るかを知るには、状態  $i$  から状態  $j$  へ推移する確率  $a_{ij}$  を実データから推定します。ただし、状態 1 から 3 への推移 (H がボール保持をしているのに、突然 A のゴールになる状況) などは起きないと仮定します。したがって、図 1 の中の  $a_{10}, a_{12}, a_{21}, a_{23}$  を推定すればよいということです。ただし  $a_{ij}$  は実際には確率でなく、推移率あるいは推移速度と呼ばれる非負の値です。

試合を見ているとわかるように、ボールの奪取率  $a_{12}, a_{21}$  やゴール率  $a_{10}, a_{23}$  は両チームの選手配置や戦術、選手交代などによって変動します。3 名の交代

ふじもと こう

東京電機大学 理工学部

〒 350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

kou-f@mail.dendai.ac.jp

を誰にして、いつ行うかが最終的な自分と相手のゴール数に影響を与え、得られる勝ち点も変わってきます。交代に伴う変動のパターンをすべて調べれば、期待される勝ち点を最大にする交代戦略を求めることができるでしょう。

### 3. 推移率の推定

選手配置を H・A 双方のディフェンダー、ミッドフィールダー、フォワードの人数をまとめた六つ組で表します。(たとえば(4, 4, 2; 3, 6, 1)はホーム側がディフェンダー4人、ミッドフィールダー4人、フォワード2人で、アウェイ側が3人、6人、1人という配置)。

選手配置が  $(d, m, f; d', m', f')$  であるときのホームチーム側の総ボール保持時間を  $P_{(d,m,f;d',m',f')}^h$ 、総ゴール数を  $G_{(d,m,f;d',m',f')}^h$  とおきます。これらは実際の試合から得られるデータです。

このとき、状態 1 から 0 への推移率  $a_{10}$  は

$$a_{10} = G_{(d,m,f;d',m',f')}^h / P_{(d,m,f;d',m',f')}^h \quad (1)$$

で推定されます。同じように、アウェイチーム側の総ボール奪取数を  $I_{(d,m,f;d',m',f')}^a$  とおくと、

$$a_{12} = I_{(d,m,f;d',m',f')}^a / P_{(d,m,f;d',m',f')}^h \quad (2)$$

となります。 $a_{21}, a_{23}$  も同様に推定可能です。

### 4. 動的計画法による評価

動的計画法をサッカーに例えれば、「残り時間 20 分のときに期待できる勝ち点は、その 1 分後 (残り時間 19 分) で可能なすべての交代で得られる期待勝ち点に、起きうる状況変化の確率をかけたもの」と言えます。

実際の試合では、勝ち点が確定するのは試合終了時 (残り 0 分) だけです。そこで残り 0 分から時間をさかのぼって、試合中の全時点における期待勝ち点を漸化式で求めます。この結果から、試合開始時における (期待勝ち点を最大にするという意味で) 最適な選手配置、および試合中の得点差に応じて最適な選手交代が求められます。

### 5. 試合結果との比較

例として、2014 年 J1 リーグ第 5 節のホーム横浜 F・マリノス (以下、横浜) 対アウェイ鹿島アントラーズ (以下、鹿島) の実際の試合と、算出した結果を比較します (表 1)。紙面の都合上、選手配置が変更になった

表 1 2014 年 5 節の試合結果との比較

ゴール	H 現配置	A 現配置	H 配置候補	期待勝点
試合開始				
—			442	2.106356
0-0	451	442	451	2.106356
—			361	2.114631
残り 7 分 H 配置変更 (451 → 442)				
—			442	0.281390
1-2	442	442	451	0.279783
—			361	0.279863
残り 6 分 A 配置変更 (442 → 451)				
—			442	0.245951
1-2	442	451	451	0.245594
—			361	0.245594

時点のみを抜粋します。

試合開始時では、横浜が 4-5-1、鹿島が 4-4-2 という選手配置です。本研究の結果では、相手が 4-4-2 の場合 3-6-1 という選手配置が最適という結果になりました。とはいえ、どの配置でも期待勝ち点は 2 前後で、ホームである横浜が有利な状況に見えます。

試合は横浜が先制しますが、鹿島に逆転され 1-2 となります。残り 7 分で横浜がフォワードを増やしますが、この交代は (わずかではあるものの) この時点での期待勝ち点を最大にすると考えられます。

これに対して残り 6 分で、鹿島は選手交代で 4-5-1 への配置変更を行いました。これによって (残り時間が減った効果もありますが) 横浜の期待勝ち点は下がりました。結局、このあと鹿島は 1 点を追加して勝ちました。

### 6. おわりに

サッカーの試合を確率論的に捉え、状況に応じた最適な選手配置を求める手法について解説しました。最近では選手の試合中の位置など、より精密なデータも得られるようになってきました。ぜひともこうしたデータを活かす研究に取り組んでいただきたいと思います。

#### 参考文献

- [1] A. J. Lee, "Modeling scores in Premier League: is Manchester United really the best," *Chance*, **10**, pp. 15-19, 1997.
- [2] M. J. Maher, "Modelling association football scores," *Stat Neerland*, **36**, pp. 109-118, 1982.
- [3] N. Hirotsu and M. Wright, "Determining the best strategy for changing the configuration of a football team," *Journal of the Operations Research Society of Japan*, **54**, pp. 878-887, 2003.