

マルコフモデルを用いたハンドボールの試合のシミュレーション

02203340 成蹊大学
01506960 国立スポーツ科学センター
01001600 成蹊大学

*佐藤 啓 SATO Akira
廣津 信義 HIROTSU Nobuyoshi
上田 徹 UEDA Tohru

1. はじめに

ハンドボールとは、コートプレイヤー6人、ゴールキーパー1人の計7人で、60分間（前・後半各30分）のゴール数を競い合うスポーツである。

本研究の目的は、ハンドボール試合に関するマルコフモデルを作成し、HC東京の試合をシミュレーションすることで各プレーが試合中どのように得点差に影響しているかを導き出し、HC東京に戦略、あるいは練習内容の改善という形で貢献したいというものである。

2. 本研究の流れ

実際の試合のビデオからデータ（10試合分）をとり、各プレイを状態とした推移確率行列（12行12列）を基に得点差を考慮したマルコフモデルを適用することで期待得点差を算出した。ここで得点差は +5（勝ち）～ -20（負け）の範囲とした。

その後、感度分析を通じて、弾性値を求めることにより簡易化されたモデルの妥当性を検討した。

3. マルコフモデルの作成

ハンドボールの試合で主要な6つのプレイを挙げ、以下のように状態を定義した。

- ・通常パス…相手の様子をうかがうパス
- ・攻めるパス…ゴールを狙う過程のパス
- ・ボールデッド…攻めを中断させる敵のファウル
- ・ミス…攻め側のミス
- ・シュート成功…攻め側のシュートが入る
- ・シュート失敗…攻め側のシュートが入らない

推移確率行列 M (312×312) を用いて n ステップ後の期待得点差 E を以下のようにして求める。

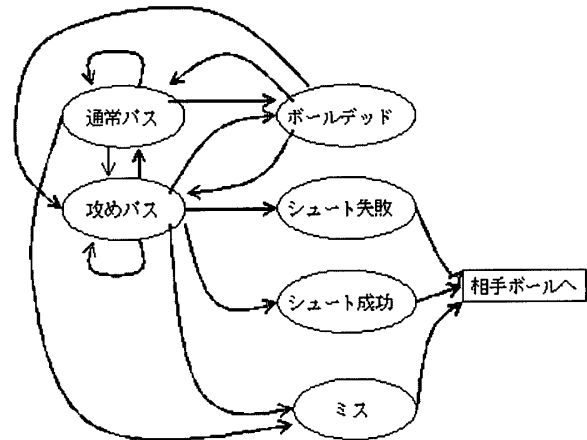


図1 相手ボールとなるまでの状態推移の例

$$y = M^n x$$

x : 初期状態ベクトル
(312状態 = 基本6状態 × 2チーム × 26点)

$$x_i = 0 \quad (i \neq 60)$$

$$1 \quad (i = 60: \text{得点差}0\text{の通常パスの状態})$$

y : n ステップ後の状態ベクトル

$$E = \sum_{j=5}^{-20} \sum_{i=0}^{11} j \times y_i + (5-j) \times 12$$

実得点差と上記計算から得られた期待得点差を表1に示す。平均的には-0.9の誤差があった。

表1 実際の得点差と期待得点差

対戦相手	HC	相手	実得点差	期待得点差	ステップ数
ホンダ (2003.02.16)	24	33	-9	-7.72	1620
ホンダ (2003.10.12)	13	28	-15	-14.08	1701
ホンダ (2003.11.22)	16	31	-15	-13.01	1572
ホンダ (2002.12.12)	20	33	-13	-13.16	1656
トヨタ (2002.11.10)	19	20	-1	-1.39	1574
トヨタ (2002.12.08)	14	32	-18	-16.63	1695
トヨタ (2003.12.07)	9	26	-17	-16.24	1700
大同 (2003.10.18)	16	26	-10	-8.13	1499
大同 (2004.01.10)	9	28	-19	-17.09	1543
大崎 (2003.10.19)	16	29	-13	-12.57	1735

試合の得点差推移の1例を図2に示す。

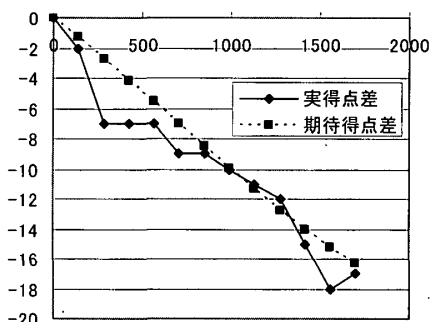


図2 得点差-19の試合の得点差の推移

4. モデルの簡易化

ボール保持・ミス・シュート成功・シュート失敗の得点に最も関係すると思われる決定的な4状態にモデルを簡易化してみた。表2からステップ数を減らしても前のモデルと期待得点誤差はあまり変わらないことが分かった。

表2 簡易化後の変化(平均)

	簡易化前	⇒	簡易化後
期待得点絶対誤差	1.108		0.743
ステップ数	1629.5		237.5

5. 感度分析・弾性値

試合の得点差に影響があると考えられるプレイの確率を変化させてみて弾性値を求めた。

$$\text{弾性値} = \text{期待得点差の変化率} / \text{状態確率の変化率} \quad (1)$$

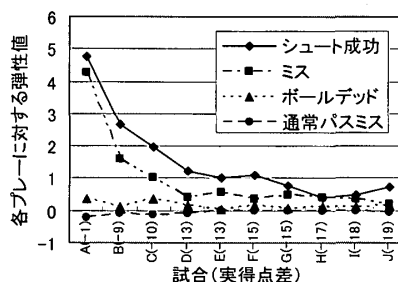


図3 弾性値とプレーの関係

式(1)の結果から、ボールデッドと球回しからのミスがあまり影響をきたさないため、モデルの簡易化をしてもよいという理由になっていると思われる。

6. おわりに

これからの課題として、このモデルの分析・拡張を行い、プレイヤー個人の能力をモデルと関連付けていきたい。

表3 得失点差(-1)の均衡した試合の行列データ

		チームA						チームB					
		通常パス	攻めパス	デッド	ミス	成功	失敗	通常パス	攻めパス	デッド	ミス	成功	失敗
チームA	通常パス	497/562	8/229	27/31	0/16	0/19	1/24	0/317	0/271	0/49	4/17	16/19	7/20
	攻めパス	64/562	136/229	4/31	0/16	0/19	0/24	0/317	0/271	0/49	13/17	3/19	10/20
	ボールデッド	0/562	26/229	0/31	0/16	0/19	5/24	0/317	0/271	0/49	0/17	0/19	0/20
	ミス	1/562	15/229	0/31	0/16	0/19	0/24	0/317	0/271	0/49	0/17	0/19	0/20
	シュート成功	0/562	19/229	0/31	0/16	0/19	0/24	0/317	0/271	0/49	0/17	0/19	0/20
チームB	通常パス	0/562	0/229	0/31	1/16	19/19	3/24	259/317	3/271	30/49	0/17	0/19	0/20
	攻めパス	0/562	0/229	0/31	15/16	0/19	15/24	55/317	167/271	19/49	0/17	0/19	1/20
	ボールデッド	0/562	0/229	0/31	0/16	0/19	0/24	1/317	47/271	0/49	0/17	0/19	1/20
	ミス	0/562	0/229	0/31	0/16	0/19	0/24	0/317	15/271	0/49	0/17	0/19	0/20
	シュート成功	0/562	0/229	0/31	0/16	0/19	0/24	0/317	20/271	0/49	0/17	0/19	0/20
	シュート失敗	0/562	0/229	0/31	0/16	0/19	0/24	0/317	19/271	0/49	0/17	0/19	1/20

表4 得失点差(-18)で大差がついた試合の行列データ

		チームA						チームB					
		通常パス	攻めパス	デッド	ミス	成功	失敗	通常パス	攻めパス	デッド	ミス	成功	失敗
チームA	通常パス	459/528	12/306	36/49	0/23	0/14	0/31	0/425	0/226	0/30	3/20	17/32	1/11
	攻めパス	64/528	189/306	13/49	0/23	0/14	1/31	0/425	0/226	0/30	17/20	15/32	7/11
	ボールデッド	3/528	39/306	0/49	0/23	0/14	7/31	0/425	0/226	0/30	0/20	0/32	0/11
	ミス	2/528	22/306	0/49	0/23	0/14	0/31	0/425	0/226	0/30	0/20	0/32	0/11
	シュート成功	0/528	13/306	0/49	0/23	0/14	1/31	0/425	0/226	0/30	0/20	0/32	0/11
チームB	通常パス	0/528	0/306	0/49	9/23	13/14	4/31	375/425	1/226	22/30	0/20	0/32	1/11
	攻めパス	0/528	0/306	0/49	14/23	1/14	18/31	45/425	139/226	8/30	0/20	0/32	0/11
	ボールデッド	0/528	0/306	0/49	0/23	0/14	0/31	3/425	27/226	0/30	0/20	0/32	1/11
	ミス	0/528	0/306	0/49	0/23	0/14	0/31	2/425	17/226	0/30	0/20	0/32	0/11
	シュート成功	0/528	0/306	0/49	0/23	0/14	0/31	0/425	31/226	0/30	0/20	0/32	1/11
	シュート失敗	0/528	0/306	0/49	0/23	0/14	0/31	0/425	11/226	0/30	0/20	0/32	0/11