

卒業論文

バスケットボールの試合における
“流れ” について

慶應義塾大学 経済学部 4年

長倉大輔ゼミ 5期 齋藤章

1. 導入

今日スポーツ界において、技術力向上を目的としたデータ解析を駆使する事が増えてきている。それは一つの競技分野に限らず、陸上・水泳・球技などの幅広い分野で言える。その中で競技選手の感情やモチベーション等、数字では完全に測れない、“目に見えない”ものによる誤差は必ずあり、その点が常に最大の課題であると言ってよい。この論文はその課題に片足を踏み込むような内容となっている。今回テーマ競技となるバスケットボールは、現在世界競技人口が最も多いスポーツと言われており、その認知度は極めて高い。それと同時に最も激しいスポーツの一つであり、攻守交替や点数の取り合いが激しい球技でもある。今回の議論を可能にしているのはまさにこのバスケットボールの競技特徴である。現在の日本のバスケットボール競技を分析した論文ではビデオ分析とそれに伴う単回帰分析が頻繁に行われる。これは数字によるデータを重視するというよりは、ビデオを見てその主観的な考えを重視していると言える。本稿では数字データを利用した試合分析の方法を提案するが、問題の性質上分析者の主観が分析に影響するのを防ぐのは難しい部分があるのも事実である。

2. 分析概要

本稿で実際に分析するのは、NBA（アメリカのプロバスケットボールリーグ）の2009-10シーズンの6月初旬に行われた Los Angeles Lakers(以下 LAL)対 Boston Celtics(以下 BOS)のプレイオフ決勝の7試合である。このシリーズで先に4勝した方がNBAチャンピオンとなる。この7試合のデータ分析を通じて、バスケットボールの試合の“流れ”を数値的にとらえ、試合の中でどの指標が流れに影響を与えていたかを分析する。一般に試合の“流れ”は数値的にとらえるのは困難であるが、この“流れ”はバスケットボールの試合結果を大きく影響する要因であると考えられる。

本稿でこの7試合を扱った理由は以下の2つである。1つ目は、短期間で同じチームが連続して7回も戦ったため、通常の試合のように間隔が空く事による何らかの外的要因の影響が小さいと考えられ、かつより多くのデータを得られるため。2つ目は、レギュラーシーズン（プレイオフを懸けた総当たり）と比べて、両チームがより勝利に固執するのでその分試合の攻防が激しいからである。2つ目の理由は試合の攻防が激しい方が試合の“流れ”が変わりやすいと考えられるからである。

3. 分析

3.1. Threshold AR (TAR) 分析

本稿では試合の“流れ”を表す指標として得点を用いる。正確には相手との得点の差である。得点を用いる理由は、それが選手や監督が試合中に最も考えているものであると考えられ、また“流れ”を作っていると考えられるのはそれら選手や監督だからである。例えば選手は勝っている時と負けている時では無意識のうちにプレイスタイルを変えており、監督の考える戦術もそれによって変わってくる。その変わったプレイスタイルや戦術がまた新たな試合内容を作っていく。これは、株価と似ている。投資家は株を買う時まず見るのが株価である。そして株価が割安と感じたら買うし、そうでなければ買わない。その行動選択がまた新しい株価を構成していく。つまりバスケットボールの選手や監督は投資家であり、試合の得点差は株価である。この観点から今回、まず“得点差異変遷表”（グラフ）を7試合について作った。これは先行論文の長田・倉石(2010)を参考にした。LALの得点からBOSの得点を引いているため、全てLALから見た得点差となっている。そして、このグラフを株価の分析でも利用される、TARモデルを使って、1試合につき5~11個の状態にそれぞれ分ける。その結果が図表1-1~7である。それぞれの状態は、

$$\begin{aligned}x_t &= c_1 + \phi_{11}x_{t-1} + \varepsilon_t (0 < t < l) \\ & c_2 + \phi_{21}x_{t-1} + \varepsilon_t (l < t < m) \\ & c_3 + \phi_{31}x_{t-1} + \varepsilon_t (m < t < n)\end{aligned}$$

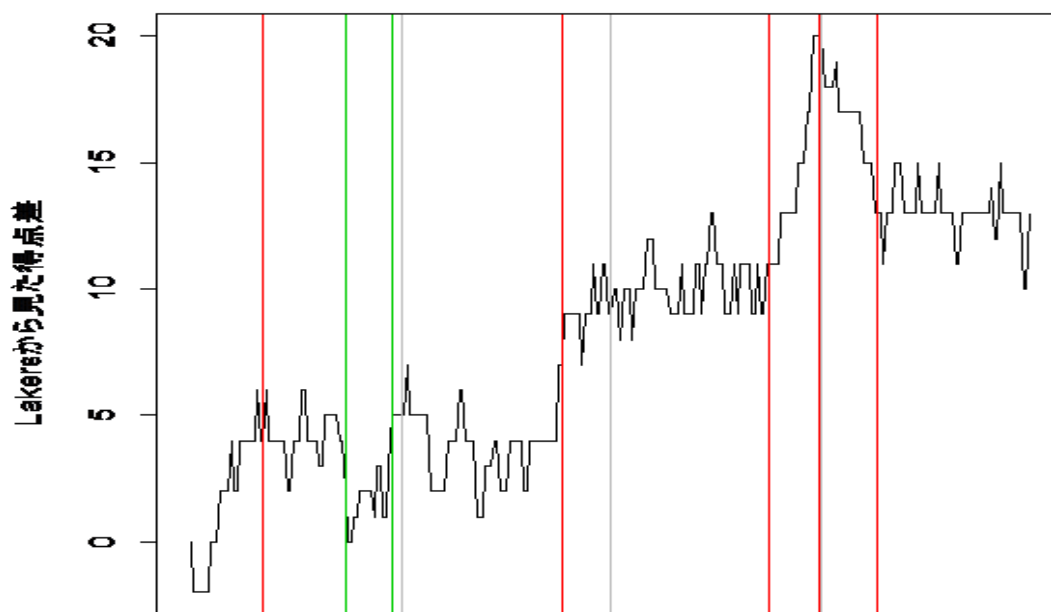
:

とAR(1)モデルに当てはまっている。グラフの赤と緑の線が状態の分かれているところである。今回、統計ソフトRのパッケージ(tseriesChaos および tsDyn)を用いて状態変化点を推定したが、1回で推定できる変化点の上限は2つであったため、まず全体のデータで変化点を2つ推定し、次に推定されたそれぞれの3つの区間に対して、再び変化点を2つ推定するというやり方を何回か繰り返し、係数に有意性（ここではp値が0.05以下）が残り（ただし定数項の有意性は除く）、かつ最も細かく分かれるものを結果とした。赤の線は1~2回目で分けたところ、緑の線は3回目で分けたところを表している。また灰色の線はクォーターの区切れを表す。上の式の t は時間であり、今回は10秒ごとに区切ってある。つまり $t=1$ が第1クォーター残り12分で、 $t=2$ が第1クォーター残り11分50秒である。（1試合12分×4クォーター制である。）そして x_t は時点 t の得点差であり、 x_{t-1} がその10秒前の得点差である。このARモデルは得点差とその10秒前の得点差の関係を表すモデルであり、それが状態によって変化する。本稿ではこの分析で分けた時点を、10秒前の得点差によって選手や監督が考えを変えた瞬間、そして“流れ”が変わった瞬間であると捉える。

状態 (J)	期間 (A/B:C) A クォーター残り B 分 C 秒	c_j	ϕ_{j1}	グラフ の傾き
1	1/12:00~1/08:00	0.28	0.98(***)	0.3077
2	1/08:00~1/03:20	2.41(**)	0.42(*)	0.0194
3	1/03:20~1/00:40	0.79(.)	0.48(*)	0.0103
4	1/00:40~2/03:00	1.32(***)	0.65(***)	-0.021
5	2/03:00~3/03:10	5.26(***)	0.47(***)	0.0231
6	3/03:10~3/00:20	-1.49	1.15(***)	0.4706
7	3/00:20~4/09:00	1.91	0.88(***)	-0.2489
8	4/09:00~4/00:00	8.92(***)	0.31(*)	-0.0181

※P値 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1 ※グラフの傾きの意味するところについては後述する。

GAME1@LA

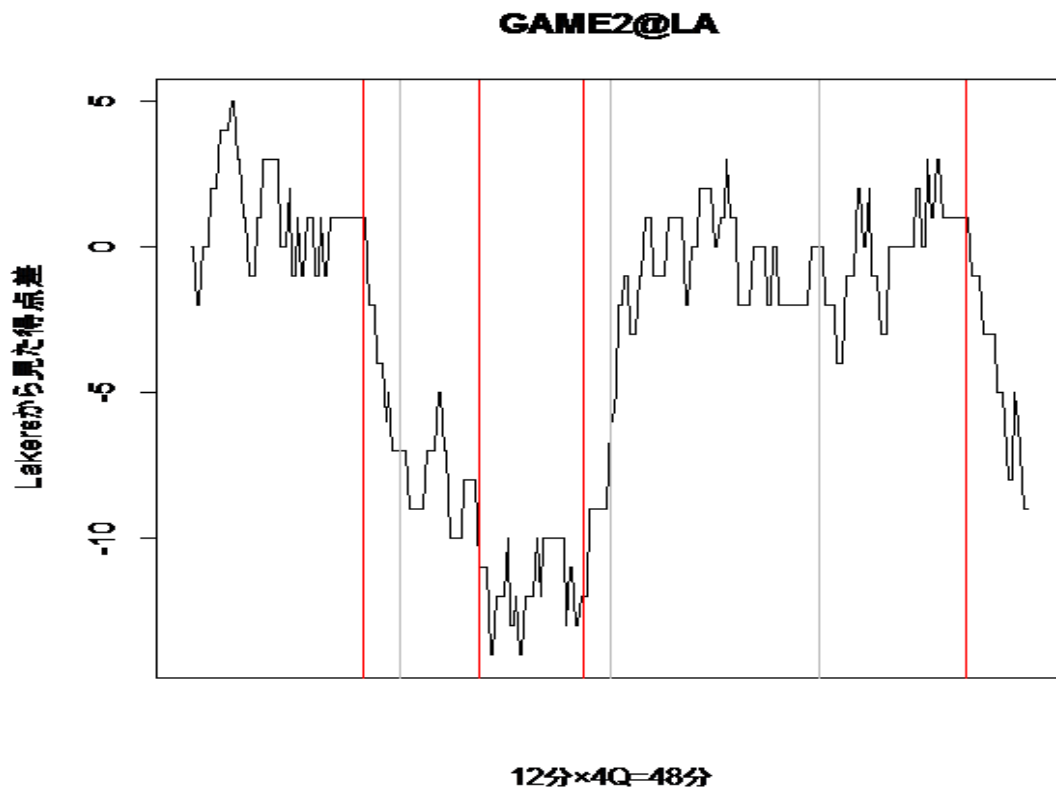


12分×4Q=48分

図表 1 - 1 (第一試合の TAR(閾値 AR)分析の結果)

状態 (J)	期間 (A/B:C) A クォーター残り B 分 C 秒	c_j	ϕ_{j1}	グラフ の傾き
1	1/12:00~1/02:20	0.29	0.75(***)	-0.0185
2	1/02:20~2/07:40	-1.37(**)	0.83(***)	-0.1765
3	2/07:40~2/01:40	-6.74(***)	0.42(**)	0.0292
4	2/01:40~4/03:50	-0.06	0.86(***)	0.0383
5	4/03:50~4/00:00	-0.70(.)	0.93(***)	-0.4466

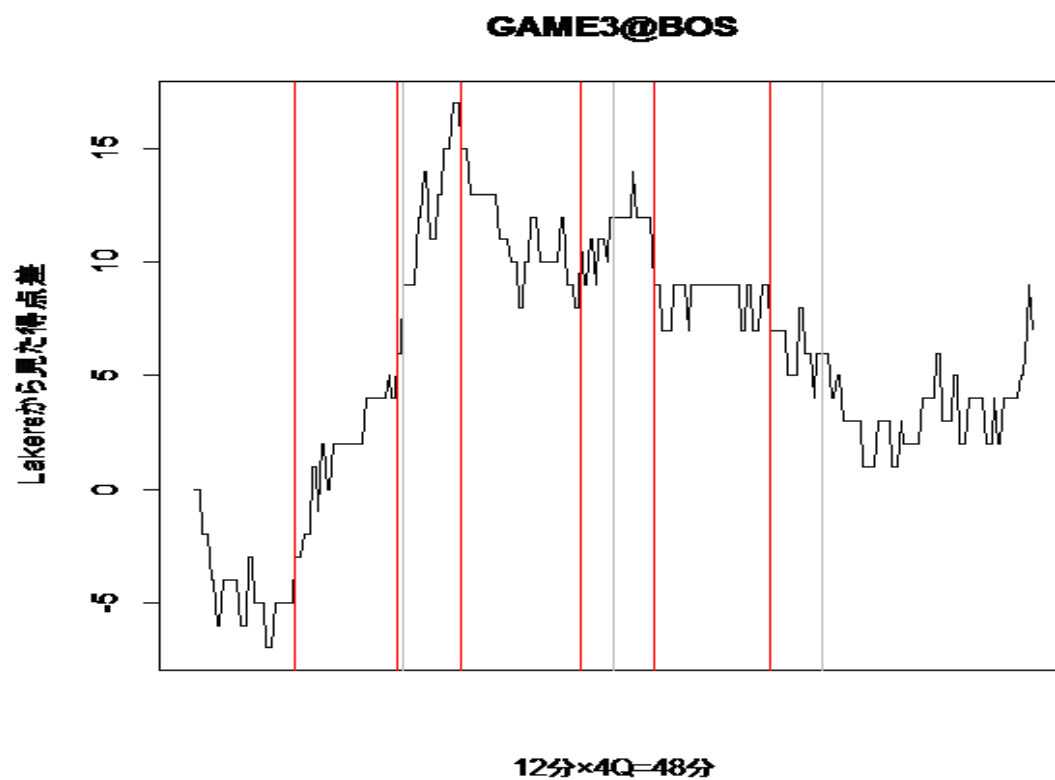
※P値 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1 ※グラフの傾きの意味するところについては後述する。



図表 1-2 (第二試合の TAR(閾値 AR)分析の結果)

状態 (J)	期間 (A/B:C) A クォーター残り B 分 C 秒	c_j	ϕ_{j1}	グラフ の傾き
1	1/12:00~1/06:20	-1.22(*)	0.75(***)	-0.121
2	1/06:20~1/00:20	0.49(*)	0.83(***)	0.2087
3	1/00:20~2/08:50	2.12(**)	0.87(**)	0.472
4	2/08:50~2/02:00	1.51	0.85(***)	-0.1263
5	2/02:00~3/09:50	6.49(***)	0.44(**)	0.1123
6	3/09:50~3/03:10	5.32(***)	0.37(**)	-0.0004
7	3/03:10~4/00:00	0.77(**)	0.80(***)	-0.02

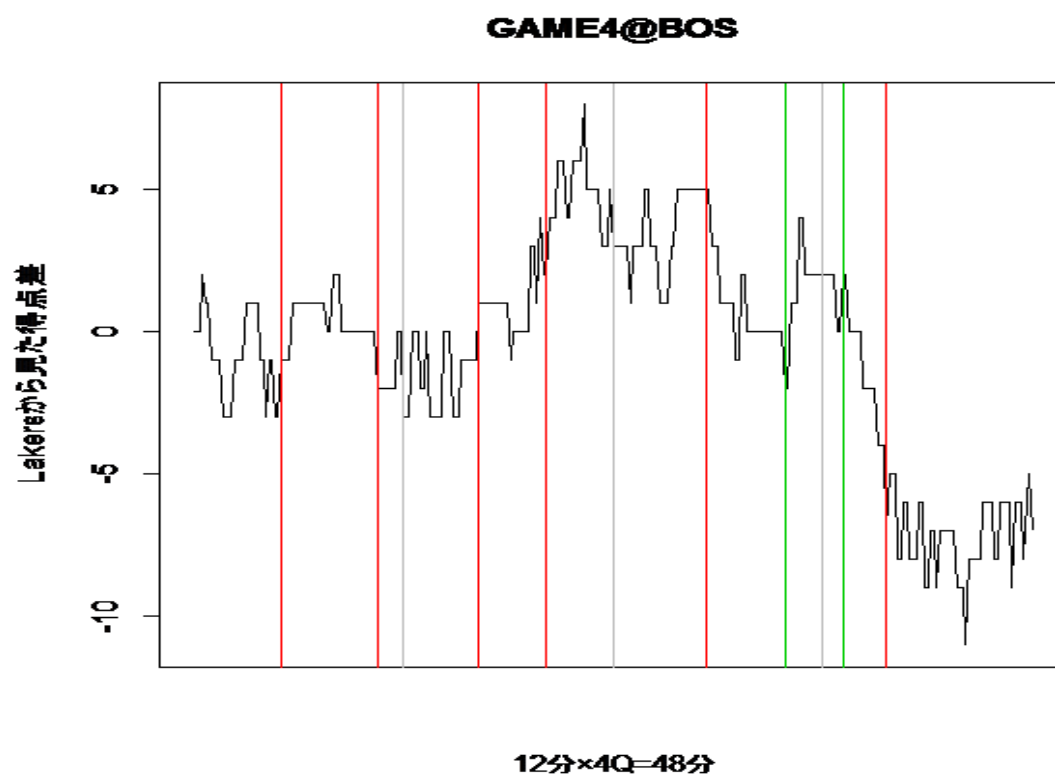
※P値 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1 ※グラフの傾きの意味するところについては後述する。



図表 1-3 (第三試合の TAR(閾値 AR)分析の結果)

状態 (J)	期間 (A/B:C) A クォーター残り B 分 C 秒	c_j	ϕ_{j1}	グラフ の傾き
1	1/12:00~1/07:10	-0.29(*)	0.74(***)	-0.0503
2	1/07:10~1/01:40	0.23	0.58(***)	-0.0007
3	1/01:40~2/07:50	-1.10(***)	0.33(*)	0.012
4	2/07:50~2/04:00	0.61(*)	0.55(**)	0.0494
5	2/04:00~3/06:50	1.06(**)	0.74(**)	-0.022
6	3/06:50~3/02:20	-0.13	0.72(***)	-0.1477
7	3/02:20~4/11:00	1.29(***)	1.34(*)	0.0594
8	4/11:00~4/08:30	-0.71(*)	0.80(***)	-0.4214
9	4/08:30~4/00:00	4.57(***)	0.36(**)	0.0058

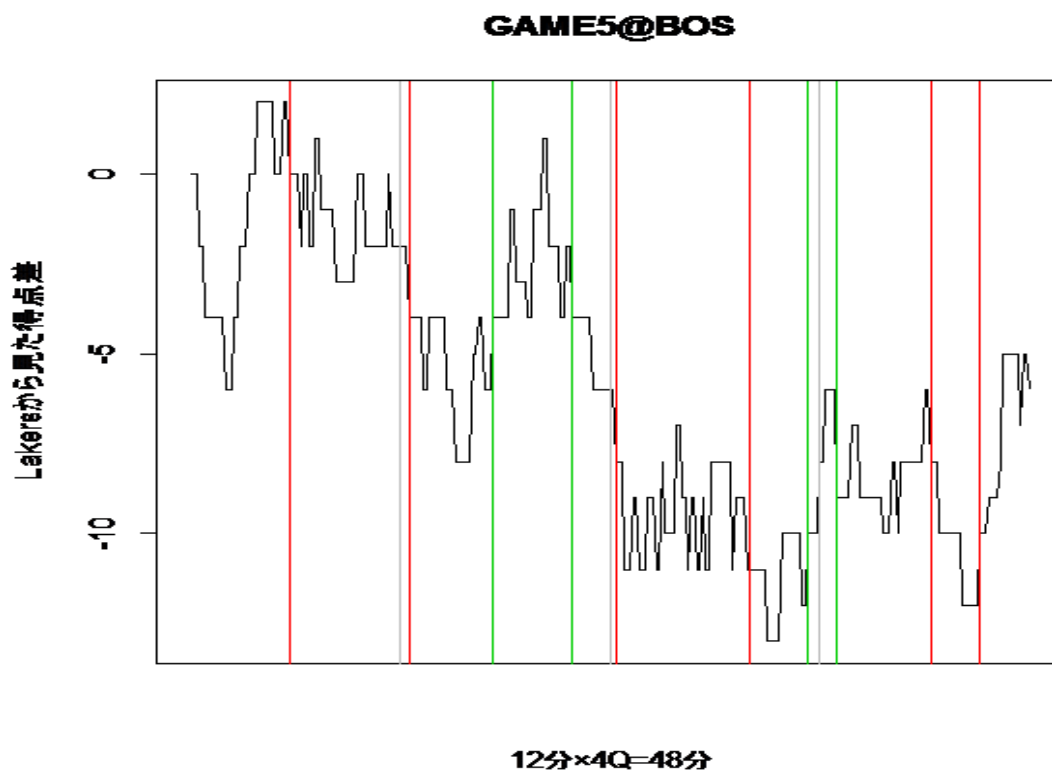
※P値 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1 ※グラフの傾きの意味するところについては後述する。



図表 1-4 (第四試合の TAR(閾値 AR)分析の結果)

状態 (J)	期間 (A/B:C) A クォーター残り B 分 C 秒	c_j	ϕ_{j1}	グラフ の傾き
1	1/12:00~1/06:30	-0.03	0.94(***)	0.1601
2	1/06:30~2/11:40	-0.73(**)	0.52(***)	-0.0427
3	2/11:40~2/06:50	-1.32(.)	0.77(***)	-0.0833
4	2/06:50~2/02:20	-0.92(*)	0.59(***)	0.0733
5	2/02:20~3/11:50	-1.81(.)	0.68(**)	-0.2
6	3/11:50~3/04:10	-6.17(***)	0.35(**)	0.0141
7	3/04:10~3/00:50	-3.4(.)	0.70(***)	0.0429
8	3/00:50~4/11:10	-1.19	0.79(***)	0.5818
9	4/11:10~4/05:50	-4.23(**)	0.50(**)	0.0407
10	4/05:50~4/03:00	-2.85(*)	0.75(***)	-0.2647
11	4/03:00~4/00:00	-1.29(.)	0.78(***)	0.3333

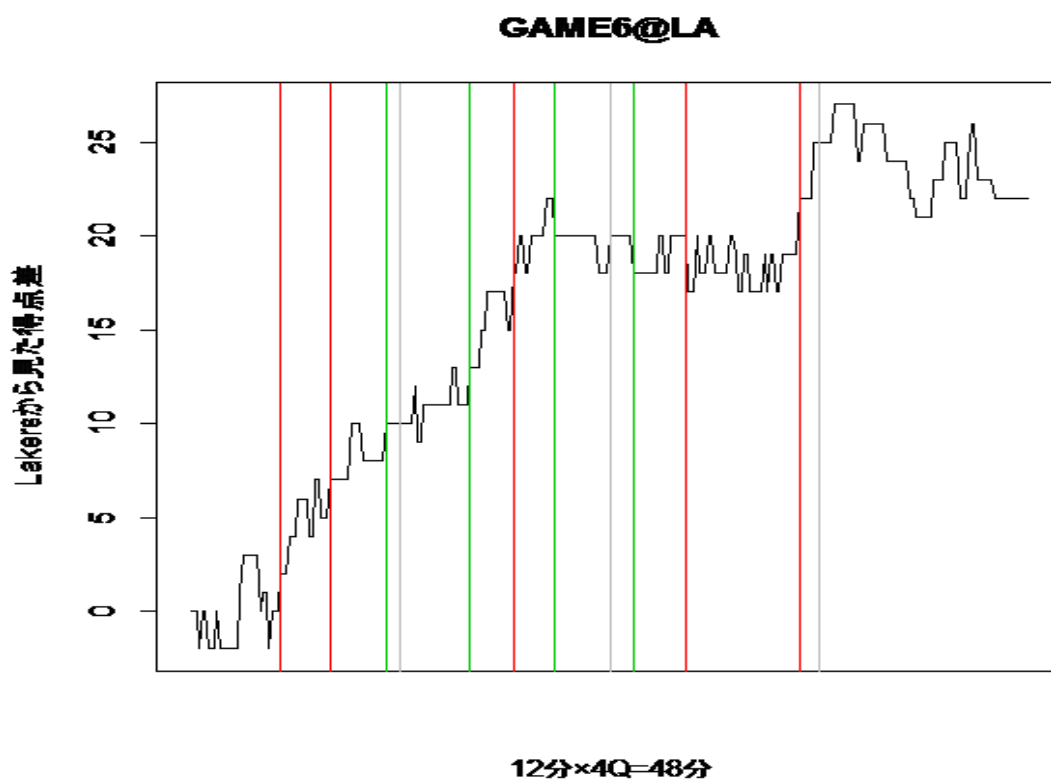
※P値 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1 ※グラフの傾きの意味するところについては後述する。



図表 1-5 (第五試合の TAR(閾値 AR)分析の結果)

状態 (J)	期間 (A/B:C) A クォーター残り B 分 C 秒	c_j	ϕ_{j1}	グラフ の傾き
1	1/12:00~1/07:00	-0.03	0.73(***)	0.0798
2	1/07:00~1/04:10	1.97(***)	0.62(**)	0.2108
3	1/04:10~1/01:00	-0.13	0.72(***)	0.0667
4	1/01:00~2/08:10	1.29(***)	0.34(*)	0.0685
5	2/08:10~2/05:40	-0.71(*)	0.80(***)	0.2571
6	2/05:40~2/03:20	6.16(.)	0.70(***)	0.2857
7	2/03:20~3/10:50	8.87(*)	0.55(**)	-0.0171
8	3/10:50~3/07:50	8.78(*)	0.53(**)	0.1424
9	3/07:50~3/01:20	17.70(***)	0.32(*)	-0.0004
10	3/01:20~4/00:00	3.99(**)	0.83(***)	-0.0398

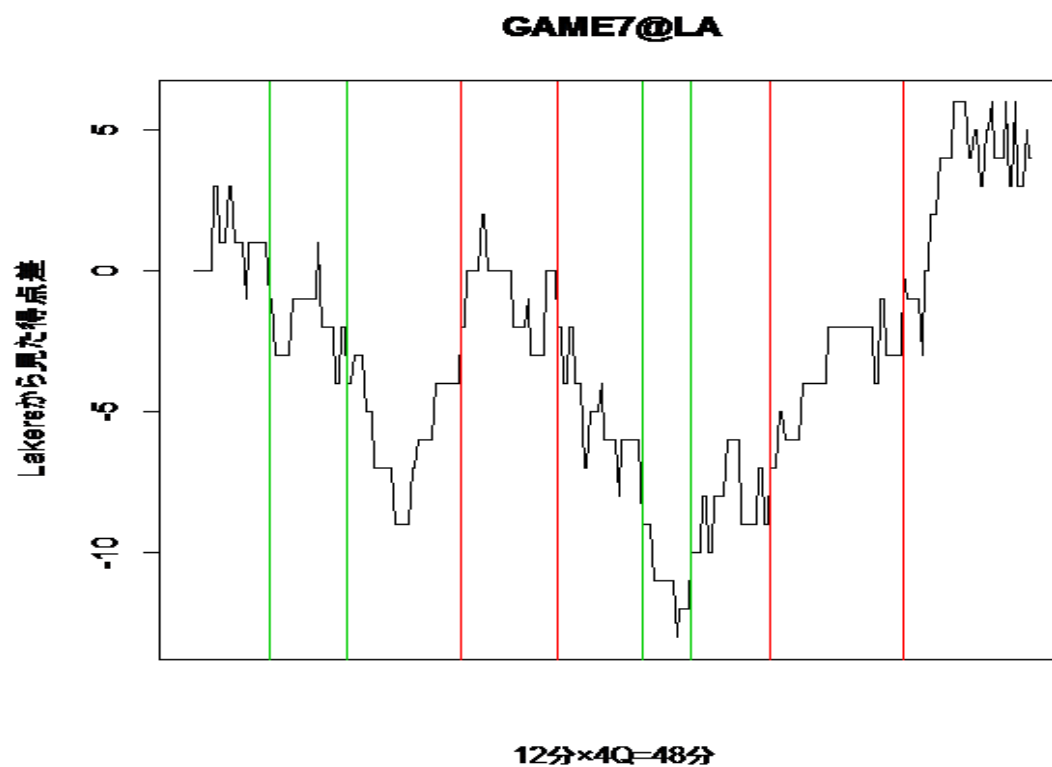
※P値 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1 ※グラフの傾きの意味するところについては後述する。



図表 1 - 6 (第六試合の TAR(閾値 AR)分析の結果)

状態 (J)	期間 (A/B:C) A クォーター残り B 分 C 秒	c_j	ϕ_{j1}	グラフ の傾き
1	1/12:00~1/07:50	0.57(*)	0.45(*)	0.0243
2	1/07:50~1/03:20	-0.97(**)	0.51(***)	-0.0079
3	1/03:20~2/08:50	-0.73(.)	0.88(***)	0.0051
4	2/08:50~2/03:20	-0.15	0.70(***)	-0.0565
5	2/03:20~3/10:30	-1.79(**)	0.67(***)	-0.1384
6	3/10:30~3/07:40	-4.68(**)	0.59(***)	-0.2108
7	3/07:40~3/03:10	-3.12(**)	0.62(***)	0.0519
8	3/03:10~4/07:30	-0.58(.)	0.81(***)	0.0971
9	4/07:30~4/00:00	0.81(**)	0.78(***)	0.1124

※P値 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1 ※グラフの傾きの意味するところについては後述する。



図表 1-7 (第七試合の TAR(閾値 AR)分析の結果)

ここで実際の試合の様子を play-by-play と試合ビデオで辿りながら、この分析の結果について考察する。play-by-play とは試合の様子を時系列で記録したものであり、いつリバウンド・アシスト・シュートなどが起こったか秒単位で分かる。なお play-by-play はスポーツ専門チャンネル ESPN の HP (www.espn.com/nba/scoreboard) を参考にし、試合ビデオは NHK の BS 1 で生中継されたものである。まず、状態変化が合計で 52 回起きている、その内の 20 回がクォーター終了やタイムアウトの前後 30 秒の中にある事が分かった。この事は状態の分かれ方がそれらの試合中断の時点と関係があることを示唆している。またこれは試合中断の際に選手や監督で話し合うことにより作戦を変えているためといった説明が考えられる。その他の変化点については、特別な状況ではなく、自然に“流れ”が変わっていたという印象であり明確には判断ができなかった。本稿ではこの全 52 回の状態変化点を“流れ”の変わった瞬間であると決定する。

そして、以下の分析では状態ごとの“流れ”の強さを定義し、後に紹介する 7 つの指標との関係を明らかにして最も関係が強い指標を決定する。

3. 2. 順序ロジット分析

まず“流れ”の強さについてどのように定義したかを述べる。“流れ”の強さを客観的に見る 1 つの方法としては、実際に試合を見た多くの人に聞くという方法があろう。しかしながら、長時間試合を見てもらうことは困難であるし、状態ごとに最低 50 人に見てもらうとしても約 3000 人必要となる。本稿では著者の主観的な判断をもとに分析を進める。著者が実際にビデオを見て、様々な指標と比較したところ、得点差異変遷表をそれぞれの状態内で直線に近似した時の傾きが著者の主観的に判断した“流れ”の強さと類似していた。その数値は図表 1-1~7 の「グラフの傾き」である。この数値が+であれば LAL、-であれば BOS に“流れ”があるという事だ。まず前の分析で分けた状態ごとに play-by-play と試合のフルビデオを見て各指標を数値化した。さらに「グラフの傾き」の値を大小で 1~5 に分けて (表 2)、7 つの指標と共に順序ロジット分析をした。指標の説明や情報源は表 3 にまとめてある。

評価 (グラフの傾きの数値)	内容
1 (-0.1 以下)	BOS に強く流れが来ている
2 (-0.1 より高く -0.02 以下)	BOS にやや流れが来ている
3 (-0.02 より高く 0.02 未満)	どちらとも言えない
4 (0.02 以上 0.1 未満)	LAL にやや流れが来ている
5 (0.1 以上)	LAL に強く流れが来ている

表 2 (順序ロジットモデルの捕捉)

指標名	式	内容	情報源
REBOUND	r_j	LAL-BOSのリバウンド数	play-by-play
ASSIST	a_j	LAL-BOSのアシスト数	play-by-play
SHOT	s_j	LAL-BOSのシュート数(シュートを打った数)	play-by-play
BIGPLAY	b_j	LAL-BOSの(3ポイント成功数+ダンク数+バスケットカウント数+ブロック数+スティール数)	play-by-play
MISS	m_j	LAL-BOSのミス(パスミス、オフenseファール、24秒バイオレーション)数	play-by-play
FOUL	f_j	LAL-BOSのファール数	play-by-play
PASS	p_j	LAL-BOSのパス数	試合ビデオ

表3 (各指標の概要)

本稿で扱う順序ロジットモデルでは直接は観測されない潜在変数を

$$\alpha_j = REBOUNDr_j + ASSISTa_j + SHOTS_j + BIGPLAYb_j + MISSm_j + FOULf_j + PASSp_j + \varepsilon_j$$

という式で定式化し、この α_j の値が $\alpha_j < c_1$ であれば評価1が、 $c_1 < \alpha_j < c_2$ であれば評価2が、 $c_2 < \alpha_j < c_3$ であれば評価3が、 $c_3 < \alpha_j < c_4$ であれば評価4が、 $c_4 < \alpha_j$ であれば評価5が対応する。ここで $c_1 \sim c_5$ はある定数、*REBOUND*, *ASSIST*, *SHOT*, *BIGPLAY*, *MISS*, *FOUL*, *PASS* は観測される説明変数、 ε_j は潜在変数の値についてこれらの説明変数だけでは説明しきれない部分をまとめたものである。また ε_j は独立に同じロジスティック分布に従う確率変数であるとする。

今回このようにした理由は、1~5 と流れの強さを取って5段階で離散的とする事によりなるべく客観的にするためである。各指標を選択した理由は、まず *REBOUND* と *ASSIST* についてはよく選手の価値を見る時に使用される代表的な指標だからであり、また、*SHOT* については多く打っている方が“流れ”が良いと考えられるからである。相手にブロックされたシュートもカウントしているためHP等で公表されている数値とは異なる。*BIGPLAY* は“流れ”をプラスに変えると思われるプレイ4種類を表すが、どれも試合中に観測されにくいものなので1つにまとめることで十分な数値を得ることにした。*MISS* は攻撃時にボールを保持したがシュートまで行けなかった(ターンオーバー)回数である。*FOUL* は試合の“流れ”を止めるものと予測して今回取り上げた。最後に *PASS* は、試合中のパス回しにより“流れ”への影響があるかどうかを分析するために説明変数として含めた。これらの指標はどれも選手や監督が気にしている指標であることは間違いないだろう。

結果は以下の通りとなった。

$$\alpha_i = 0.47r_j + 0.44a_j - 0.33s_j + 0.32b_j - 0.43m_j - 0.59f_j - 0.07p_j + \varepsilon_j$$

	<i>REBOUND</i>	<i>ASSIST</i>	<i>SHOT</i>	<i>BIGPLAY</i>	<i>MISS</i>	<i>FOUL</i>	<i>PASS</i>
係数	0.47	0.44	-0.33	0.32	-0.43	-0.59	-0.07
P 値	4.22	3.97	1.65	4.18	8.86	2.01	1.16
	$\times 10^{-4}$	$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$	$\times 10^{-2}$
	(***)	(**)	(*)	(*)	(.)	(*)	(*)

※ 0 (***) 0.001 (**) 0.01 (*) 0.05 (.) 0.1

評価1: $\alpha_i < -2.52$

評価2: $-2.52 < \alpha_i < -1.23$

評価3: $-1.23 < \alpha_i < 0.36$

評価4: $0.36 < \alpha_i < 2.37$

評価5: $2.37 < \alpha_i$

この結果を踏まえて最後の考察へと進む。

4. 考察

分析の最後の順序ロジットモデルの係数より、この7試合で最も“流れ”に影響があるのは「相手よりファウルをしているかどうか」であるとわかる。相手より多くファウルをしていれば、“流れ”が悪い事を何よりも感じなければならない。一方、ビッグプレイ（3ポイント成功、ダンクシュート、ブロック、スティール）は予想に反して影響度はそれほど大きくなく、この分析からはこれらよりも、ミス（ターンオーバー）が“流れ”に影響するマイナス要素の方が強いことが読み取れる。ビッグプレイが起こるタイミングや起こす選手によって、影響する大きさが変わってくるためだと思われる。シュート数は予測に反してマイナスとなったが、同じ得点であればシュート本数が少なければシュート確率が良いという事なのでこの指標はシュート確率の符号を逆にしたものと考えられる。リバウンドやアシストは当然正の関係を持ったが、これらもファウルと比較すると影響力は弱い。パスの数はほぼ流れとは関係ないと見て良いだろう。これもパスは必ずしも回せばいいというものではなく、チームの戦術によって変わってくるという事だろう。

本稿の分析より選手や監督が“流れ”を意識する時、まずは自分と相手のチームのファウル数の違いに留意する必要があることが示唆される。またその他の留意点として、リバウンド数、アシスト数、ターンオーバー数、シュート確率、ビッグプレイと続くと考えられる。

参考文献

- [1] 長田真緒、倉石平「バスケットボールの情報分析方法の提案と論証 アイシンシーホースがJBL2009-2010シーズンにて優勝できなかった要因は何か」、2010年、早稲田大学 修士論文、35~37頁
- [2] NBABasketballScores - NBA Scoreboard - ESPN - ESPN.com (www.espn.com/nba/scoreboard)