

トラッキングデータを用いた サッカーの試合における 戦況変化の抽出

第5回スポーツデータ解析コンペティション
サッカートラッキング部門

東京大学大学院 工学系研究科
神谷啓太、中西航、泉裕一郎

分析の背景／目的および方針

<背景>

- サッカーの試合：22人の選手がピッチ上で複雑に動いている
- トラッキングデータには22人の複雑な動きがすべて含まれている
- 既往研究(Kijima et al., 2014)
 - 「複雑に見えるサッカーの試合も、実は同じような上下動が様々な時間スケールで繰り返されているものである（フラクタル構造を持つ）」
- たしかにそのような気もするけれど、一方で、観戦者が感じる「戦況」には試合中で変化がある
 - 攻勢であったのに、いつの間にか守勢に転じていた
 - 停滞していた状況が、一気に動き出した

<目的>

- トラッキングデータを用いて、このような戦況変化の抽出を目指す
- 具体的には、

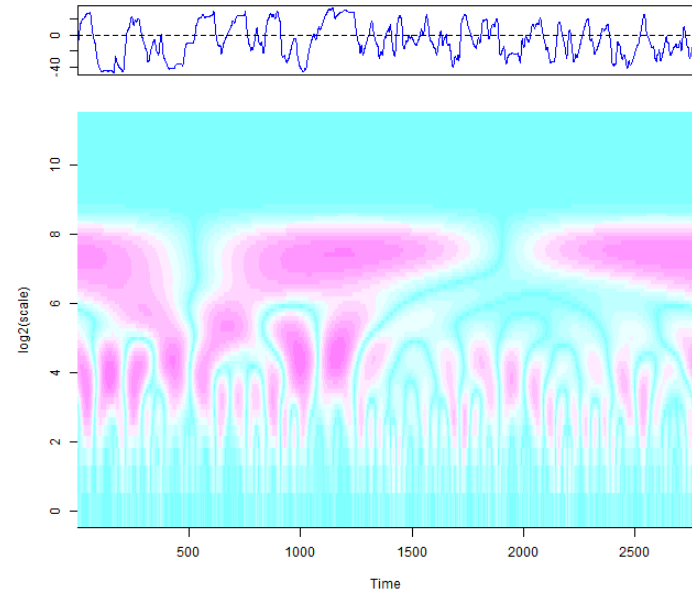
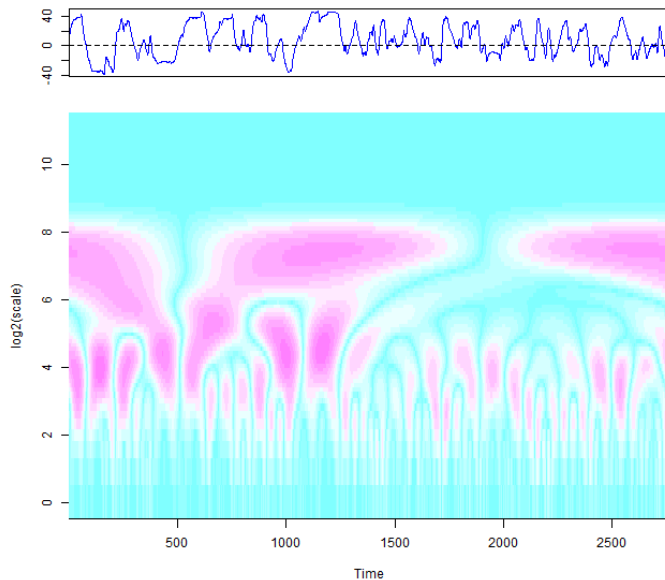
- (1) 分析に使う変数を選定する
- (2) Change Finderを適用する
- (3) 結果を解釈する



適用結果を変数選定にフィードバック

戦況を知るには

- 抽出したい「戦況」というものの自体を把握するために、選手位置の時系列データに対して基礎分析を行った
 - グラフを眺める
 - 統計量(平均、分散など)を求める
 - 連続ウェーブレット変換で周波数帯に分解する

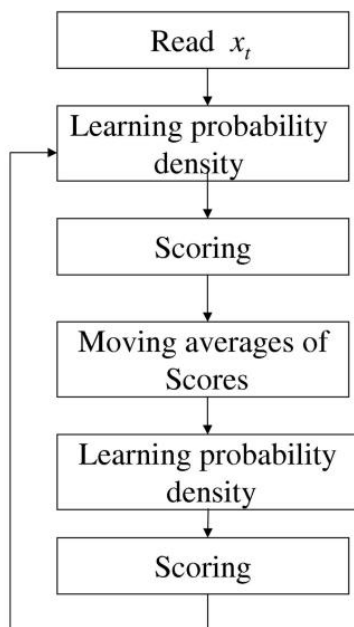
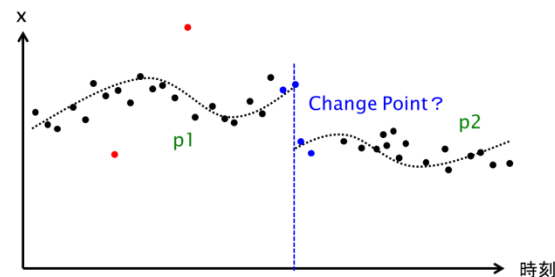


- ただ単に見ていてもよく分からない(ビッグデータにありがちなこと)
- そこで、普通の時系列データ同様に自己回帰することを考える

Change Finderを用いた変化点検出

5

- 行いたいこと
 - 位置データなどの時系列入力変数を自己回帰する
 - この回帰状況をみながら戦況の変化を抽出したい
- 分かりにくい時系列データからも変化検出が行える手法：
Change Finder (Takeuchi and Yamanishi, 2006)が適用できる
- Change Finderの概略
 - 回帰する変数は多次元でも可能(VAR過程に適用可能)



時系列データ x を K 次の
ベクトルAR過程でモデル化：
$$x_t = \sum_i^K w_i(x_{t-i} - \mu) + \mu$$

x を観測する度に確率密度関数 p_t を学習
対数損失を逐次算出

対数損失の T 次移動平均を算出し、
新たな時系列データ y_t を作成

y_t をVAR過程でモデル化
確率密度関数 q_t を学習しつつ、対数損失を逐次算出
対数損失の T' 次移動平均を変化点スコアとして出力

- (1) 分析に使う変数を選定する
- (2) Change Finderを適用する

入力変数の検討

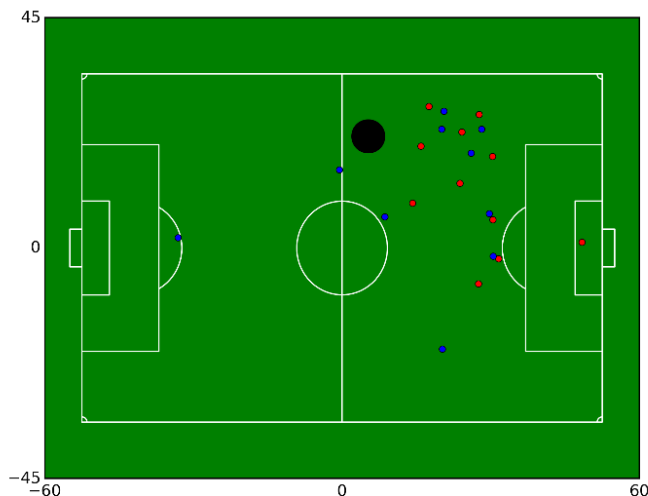
- 単純なChange Finderの適用
 - 入力変数にチーム11人全員の座標
 - ピッチ上22人全員の座標
 - ボールの座標 などなど…
- ▶ 闇雲に行ってもあまりうまくいかない
戦況を表すのに十分かつ必要最低限な入力変数を用意する必要がある

＜変数作成にむけた方策＞

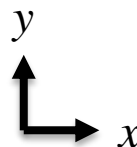
- 基礎分析で行った連続ウェーブレットの結果を再検討
 - 「選手位置」は同チームの選手であればポジションに関係なく同傾向
 - ▶ 「平均位置」のようなもので代表させて良いのでは？
 - サッカーの複雑さは、選手相互間やボールとの関係から発生？
 - ▶ 攻撃や守備の指標たる変数をトラッキングデータより作成しよう
 - いろいろな変数を作成し、それぞれ基礎分析
 - 相関分析も行い、共線性のない変数組を選定する
- 最終的に5種類の変数を設定した

作成した変数の説明①

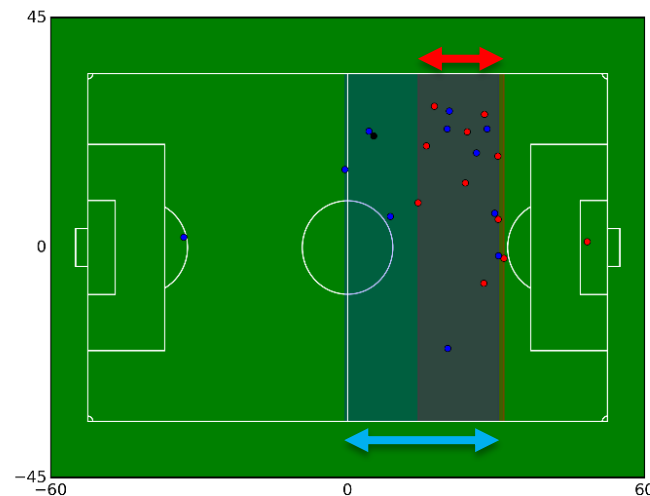
～ボール位置(X座標)～



赤: AWAY
青: HOME



～コンパクトネス～



● ボール位置 (X座標)

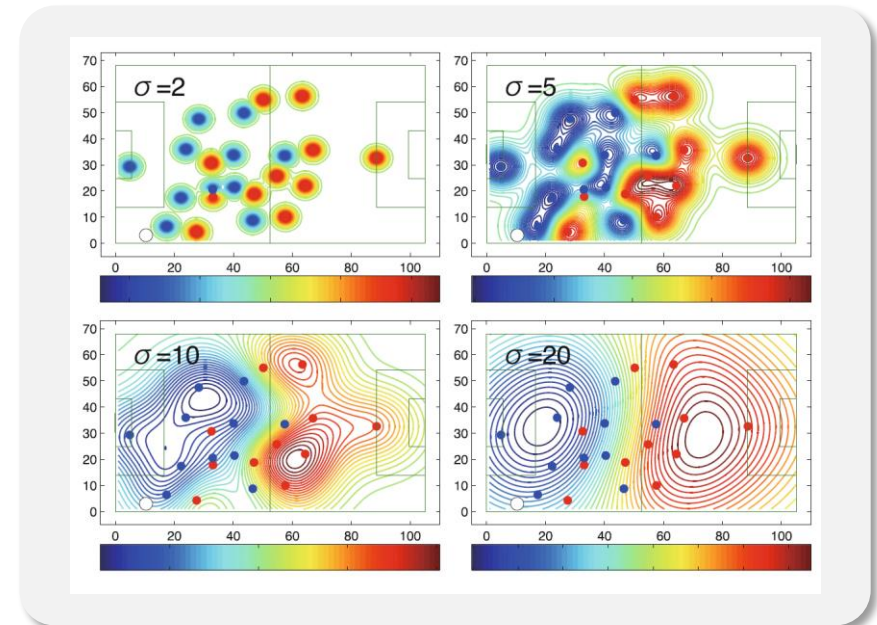
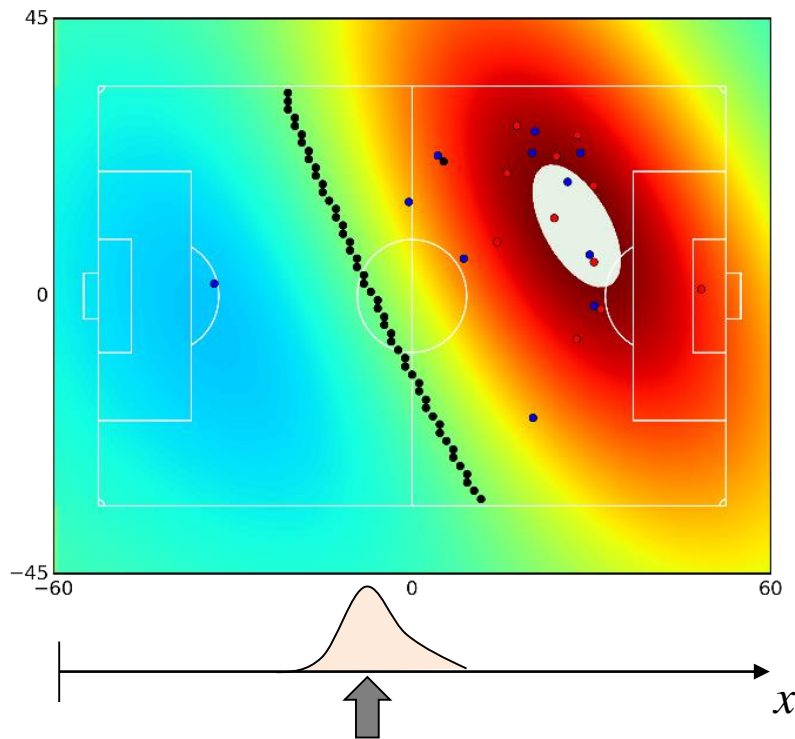
- ボールタッチデータより作成
- 攻守によるボールの上下のみを考慮するとし、X座標のみを採用

● コンパクトネス

- 「一番前線の選手の座標」と「オフサイドライン」との距離
(HOMEチーム/AWAYチームごと)
- 攻撃を展開するとコンパクトネスは大きくなり、
守備に回ると押し込まれ、コンパクトネスは小さくなると予想される

作成した変数の説明② ～前線位置～

9



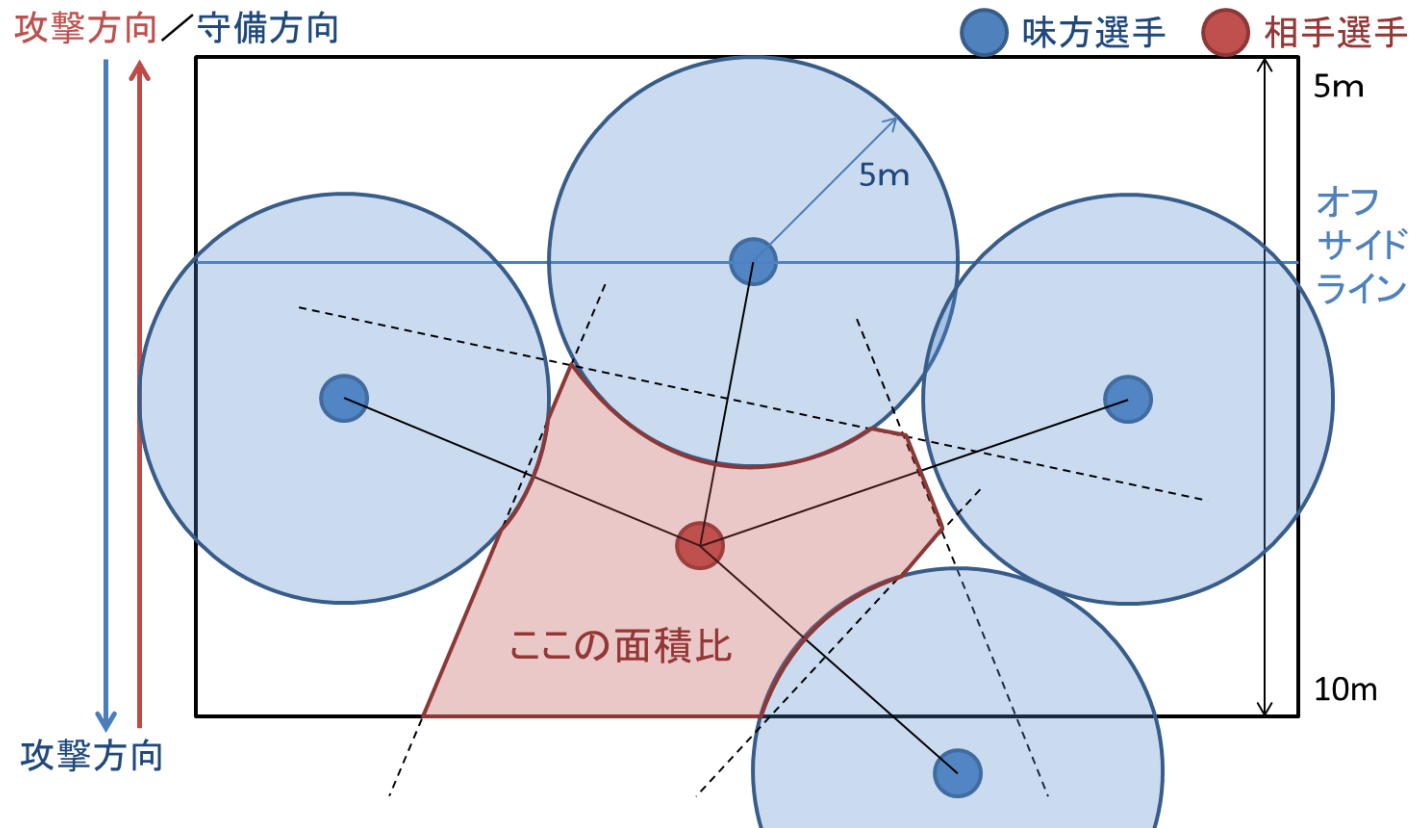
[Kijima+ 2014]

両チームの選手がなす支配領域が均衡する前線のX座標

- 作成方法は既往研究(Kijima et al., 2014)に従う
- 各選手にカーネルを持たせ、 ± 0 となる前線のX方向に関する中央値
- 両チーム全選手の動きを代表する変数と考えられる
- 攻勢／守勢に合わせ、前線位置が上下動すると予想される

作成した変数の説明③ ～守備脆弱度～

10

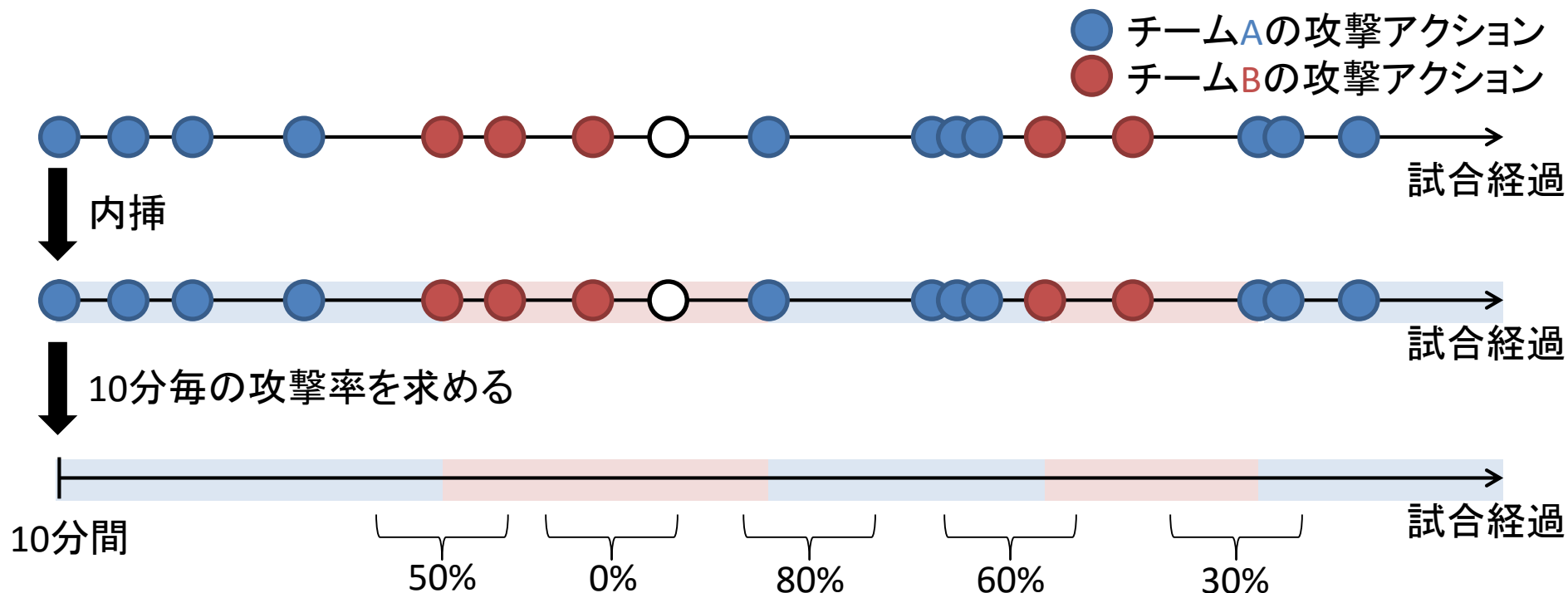


「オフサイドラインの後ろ5m前10mの長方形のうち、最寄りが相手で、かつ、最寄りの味方が5m以上離れてる面積比」

- この面積比がチームの守備力の脆弱性を表す指標となる
 - 守勢への転換直後には守備脆弱度は上昇する可能性があるが、守備陣営が整うと守備脆弱度は減少すると予想される
 - 一方、人数をかけた攻撃時には守備脆弱度は上昇する場合もある

作成した変数の説明④ ～攻撃率～

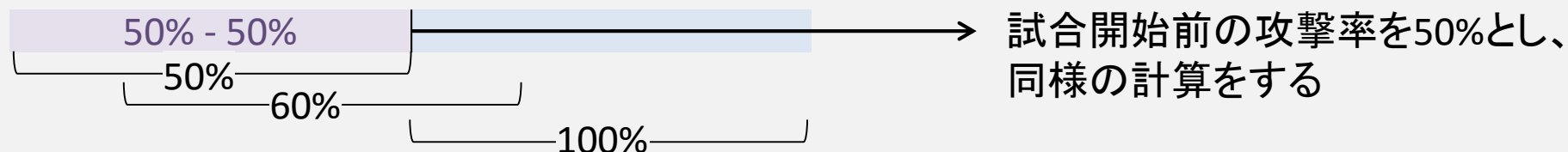
11



直近10分間における攻撃頻度を表す変数として採用する

– ボールタッチデータを使用

※試合開始直後について



- 変数の選定（再掲）
 - ボール位置のX座標
 - 前線位置のX座標
 - コンパクトネス（AWAY/HOMEチーム）
 - 守備脆弱度（AWAY/HOMEチーム）
 - 攻撃度
- すべて1秒ごとのデータに加工
- 最終的なChange Finderのパラメータ設定
 - 次数 k は通常のVAR推定を行った場合の最小AICにより決定(=5)
 - 次元数 d は上記で選んだ変数の数(=7)
 - 忘却率 r や平滑化パラメータ T, T' は試行錯誤して決定

Change Finder のパラメータ

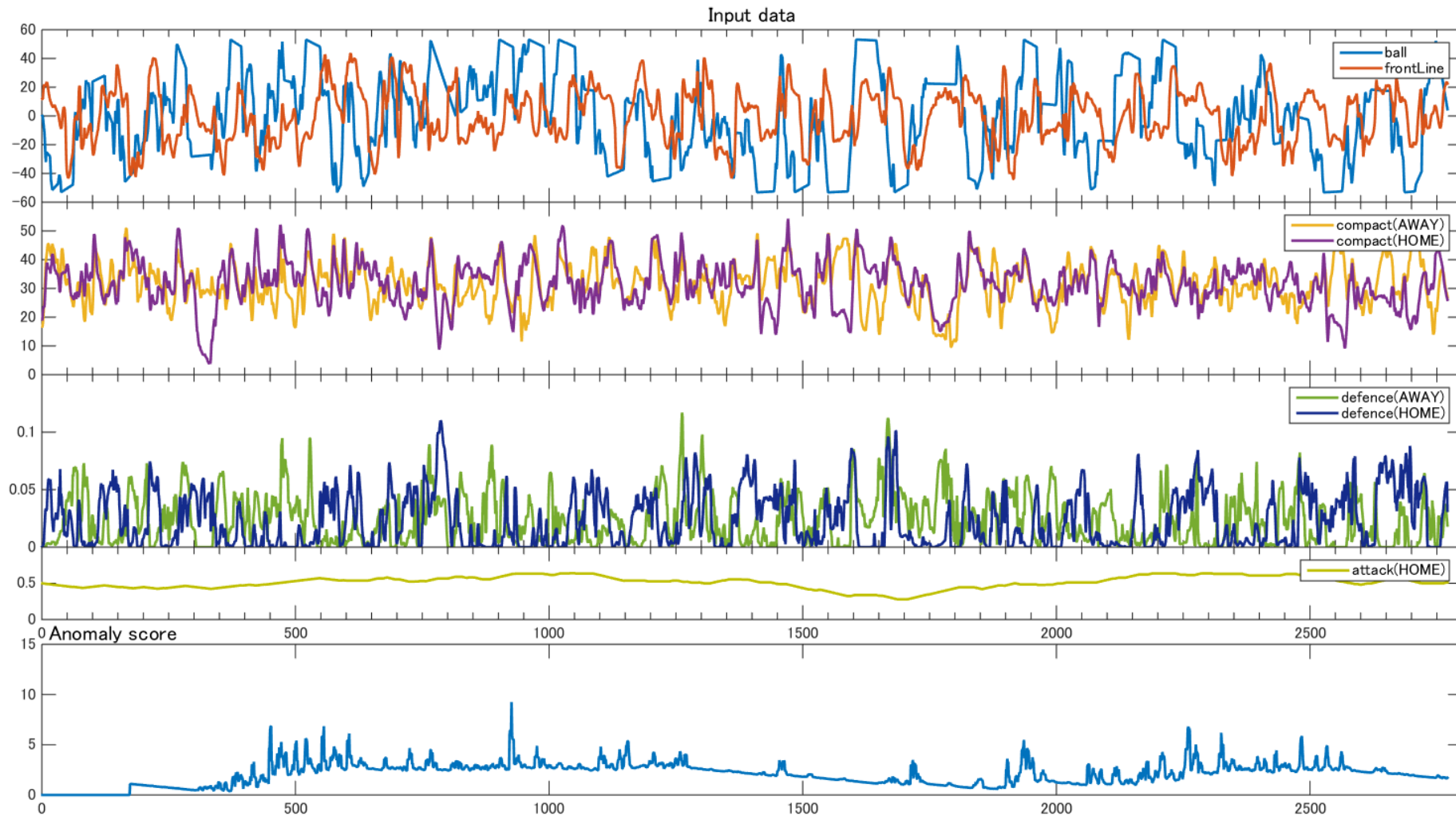
VAR次数	入力次元数	忘却率 r	平滑化窓幅 T	平滑化窓幅 T'
5	7	0.01	50	5

変化点の検出結果 1

13

鹿島ー湘南（2015/3/14）前半

上段：入力時系列
下段：変化点スコア

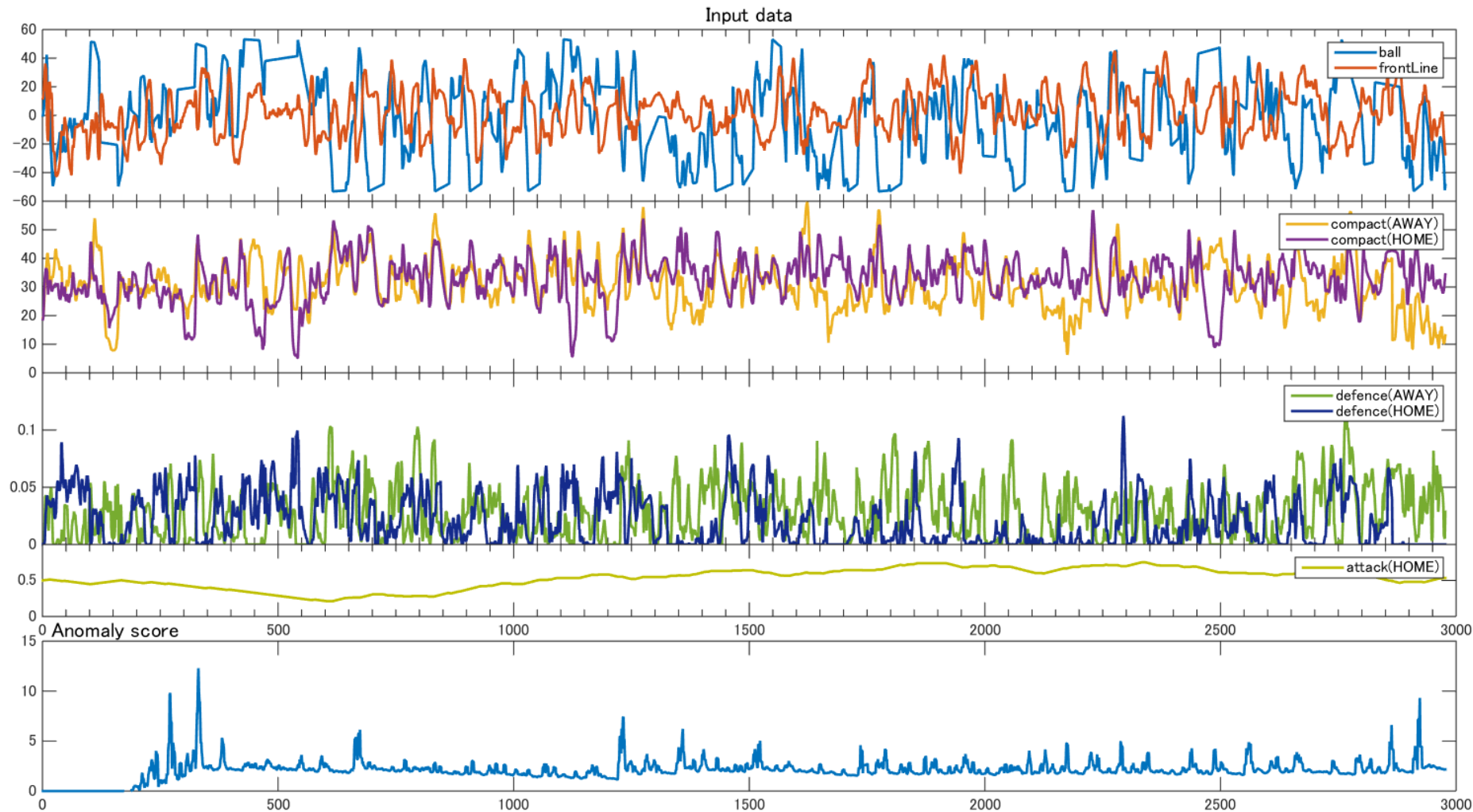


変化点の検出結果2

14

鹿島ー湘南（2015/3/14）後半

上段：入力時系列
下段：変化点スコア

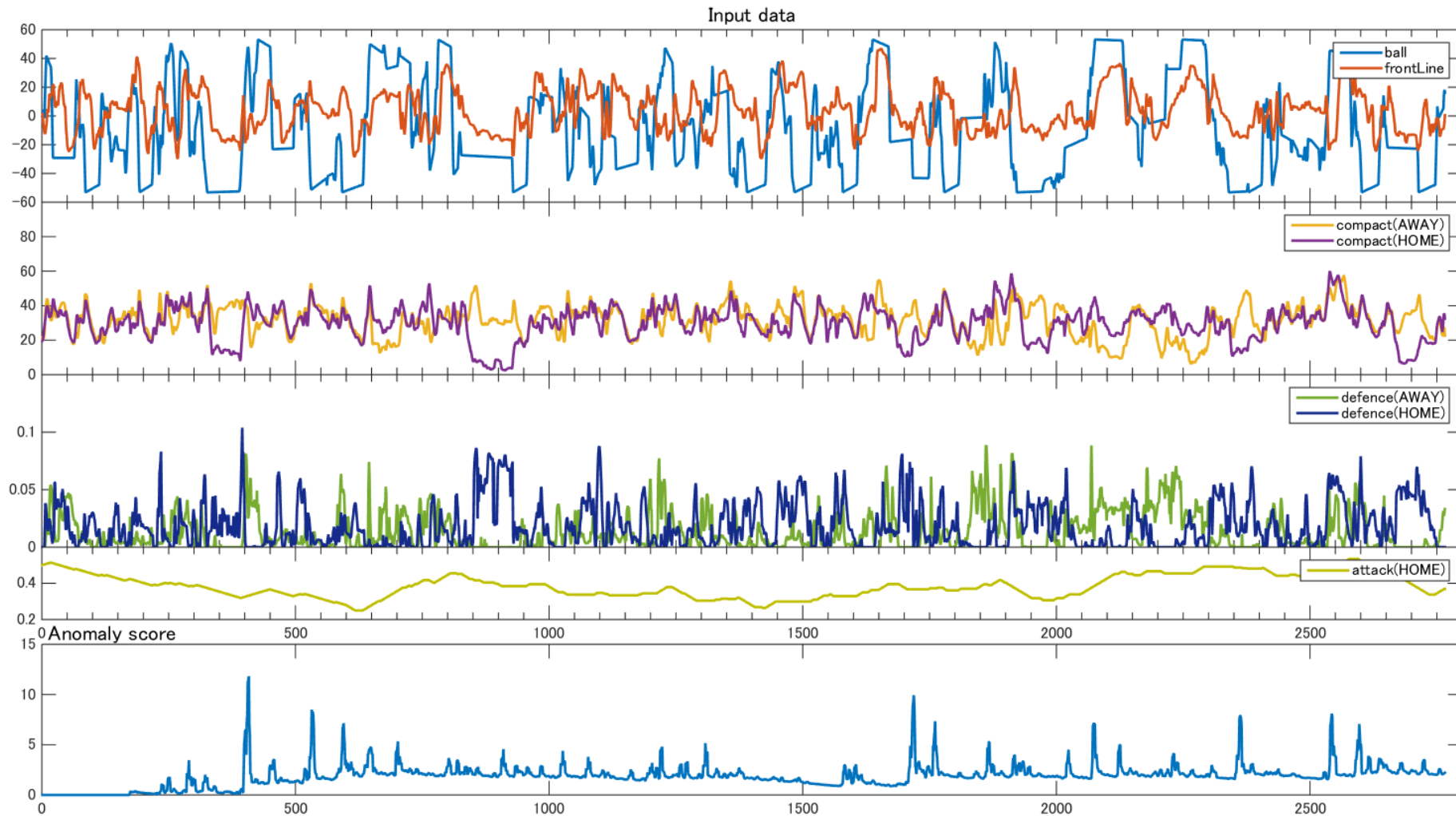


変化点の検出結果 3

15

松本ー湘南（2015/6/27）前半

上段：入力時系列
下段：変化点スコア

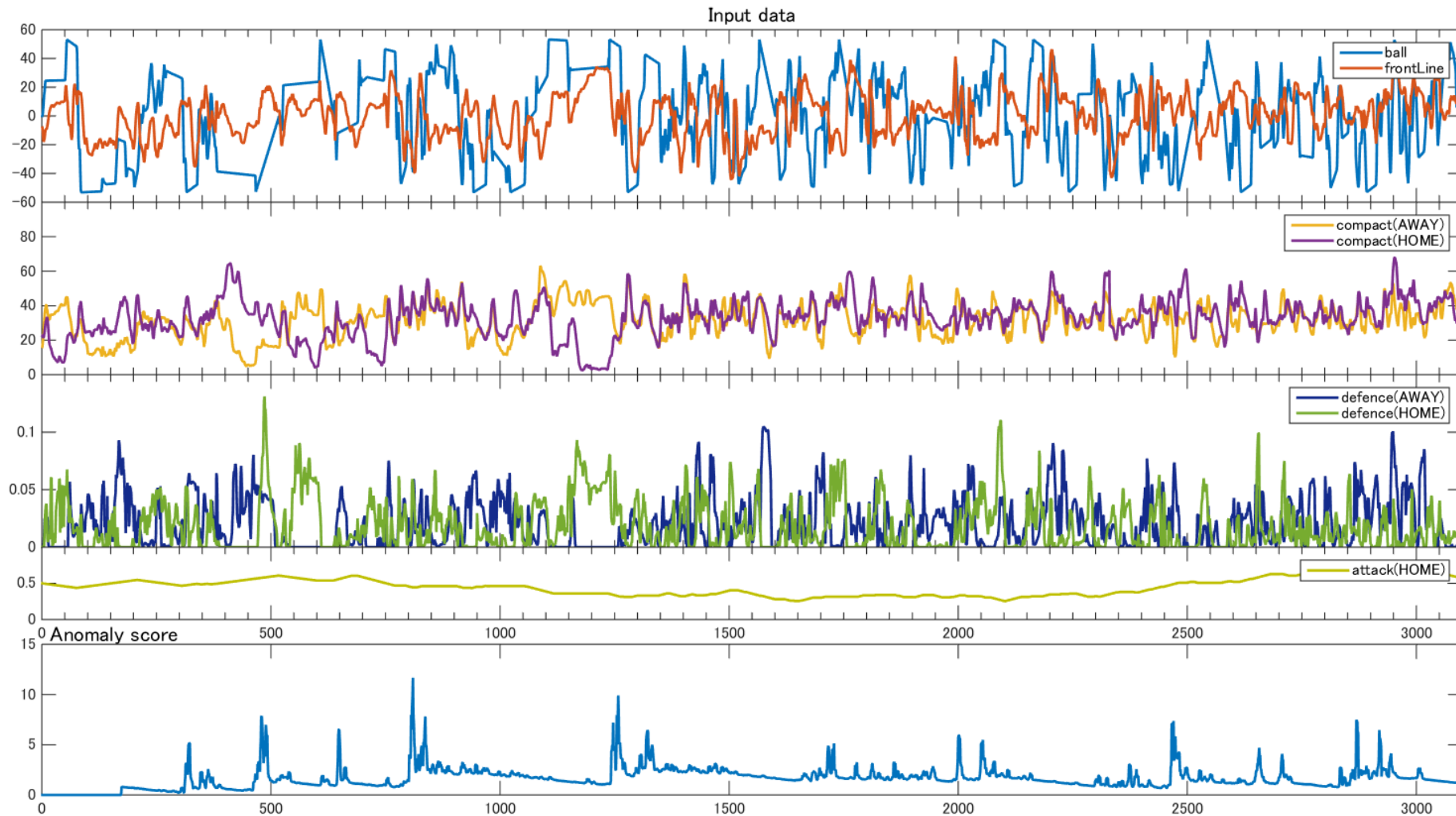


変化点の検出結果4

16

松本ー湘南（2015/6/27）後半

上段：入力時系列
下段：変化点スコア

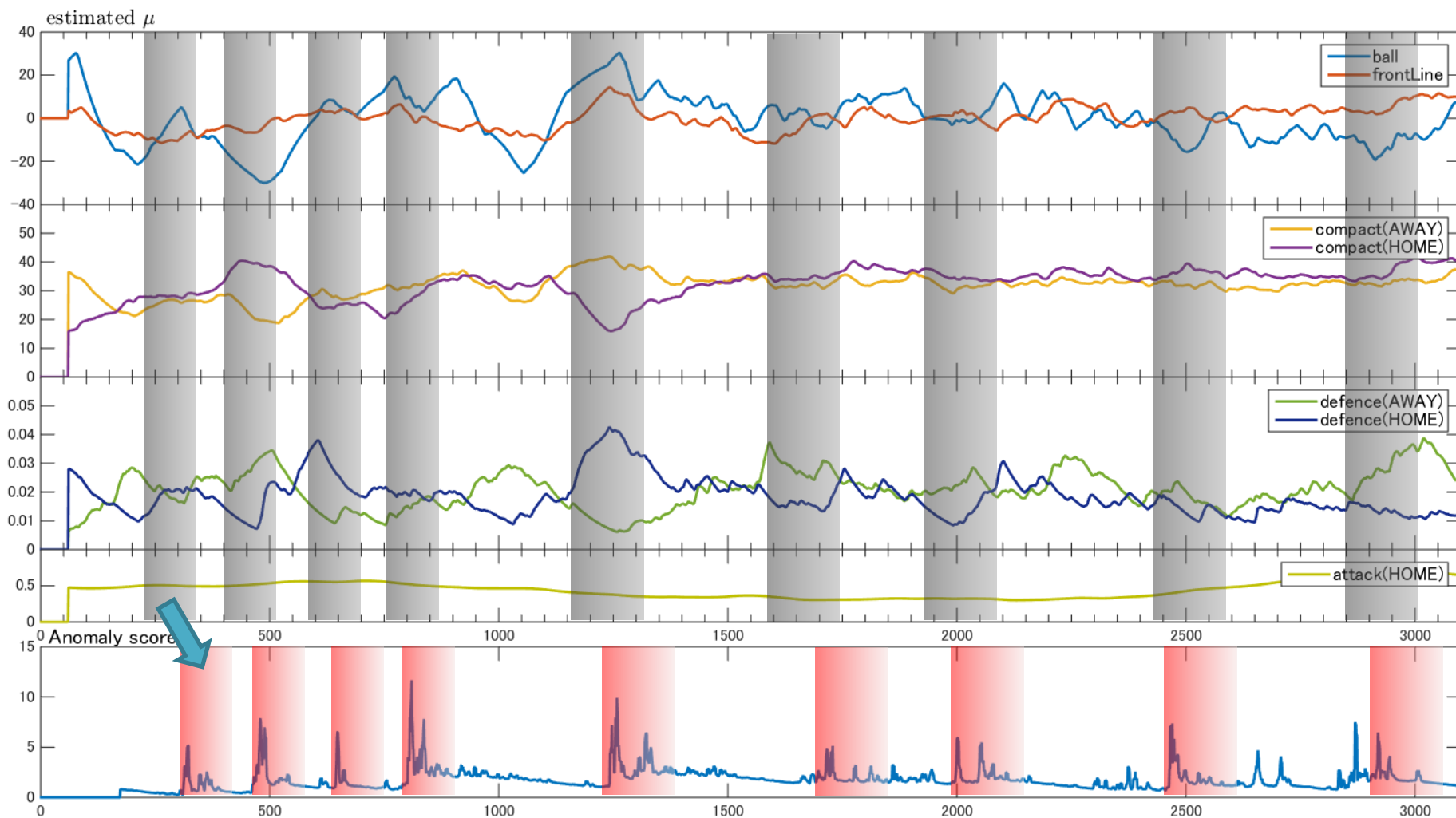


(3) 結果を解釈する

結果の解釈

～松本・湘南戦 後半を例に～

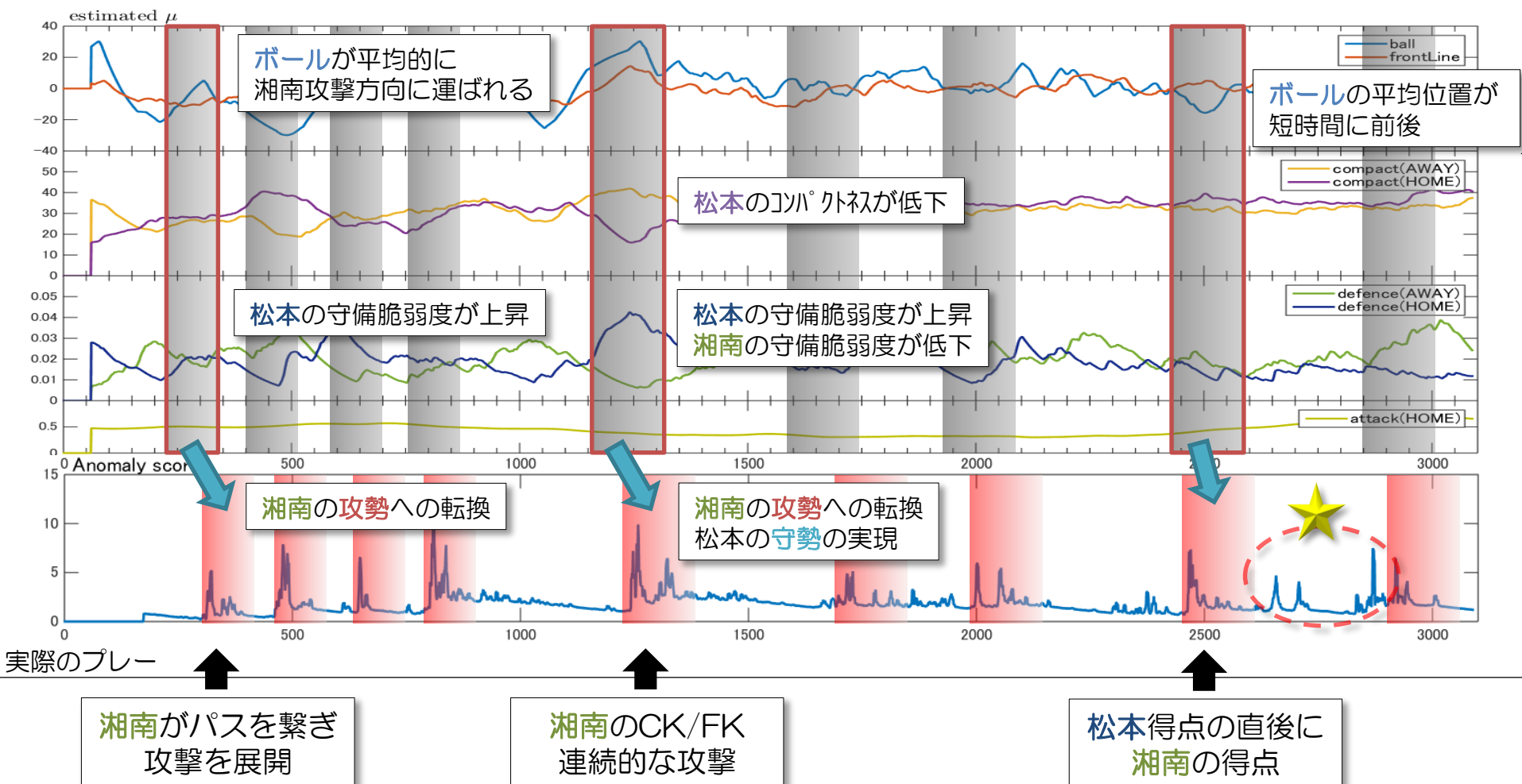
18



- 煩雑な入力データではなく、パラメータ μ の推定値に着目
 - VARモデルの式より「自己回帰分を除いた、平均的な値」と解釈できる
- μ 推定値の変動に対応するように、各変化点スコアの上昇している

検知された変化点の解釈

19



- 想定される戦況変化は検出できている
 - 攻勢への転換／セットプレーによる連続攻撃／連続得点での試合の活性化
- 変化点★についても、簡単には分からない戦況変化である可能性
 - 実際の試合映像などで確認したい

＜行ったこと＞ ▶ サッカーの試合中の戦況変化の抽出

- i. 分析に用いる変数について、基礎分析や既往研究に基づき検証し、選定した
- ii. Change Finderを適用し、変化点の抽出を行った
- iii. 検出された変化点は、実際の試合中の戦況変化と対応していた
- iv. 簡単には分からない戦況変化も検出できる可能性が示唆される

＜今後の方針＞ ▶ 戦況に係る潜在構造の把握

- i. 変化点が検出された原因について、ARモデルのパラメータを精査する
- ii. 検出された変化点の前後での戦況の記述
- iii. 入力変数(観測値)の背後に潜む潜在構造を推定し、戦況変化との対応を把握

＜本分析がもたらす影響・波及効果＞

- i. 戦術変更が実戦況変化に効果を与えたか測定・分析が可能に
- ii. (方針iiiを実現することで)戦況を変化させる因子の検出が可能に、より高度な戦術へ

謝辞 & 参考文献

<謝辞>

本分析を進める中で、矢野槇一君(東京大学)にサッカーにおける専門的知見を提供いただいた

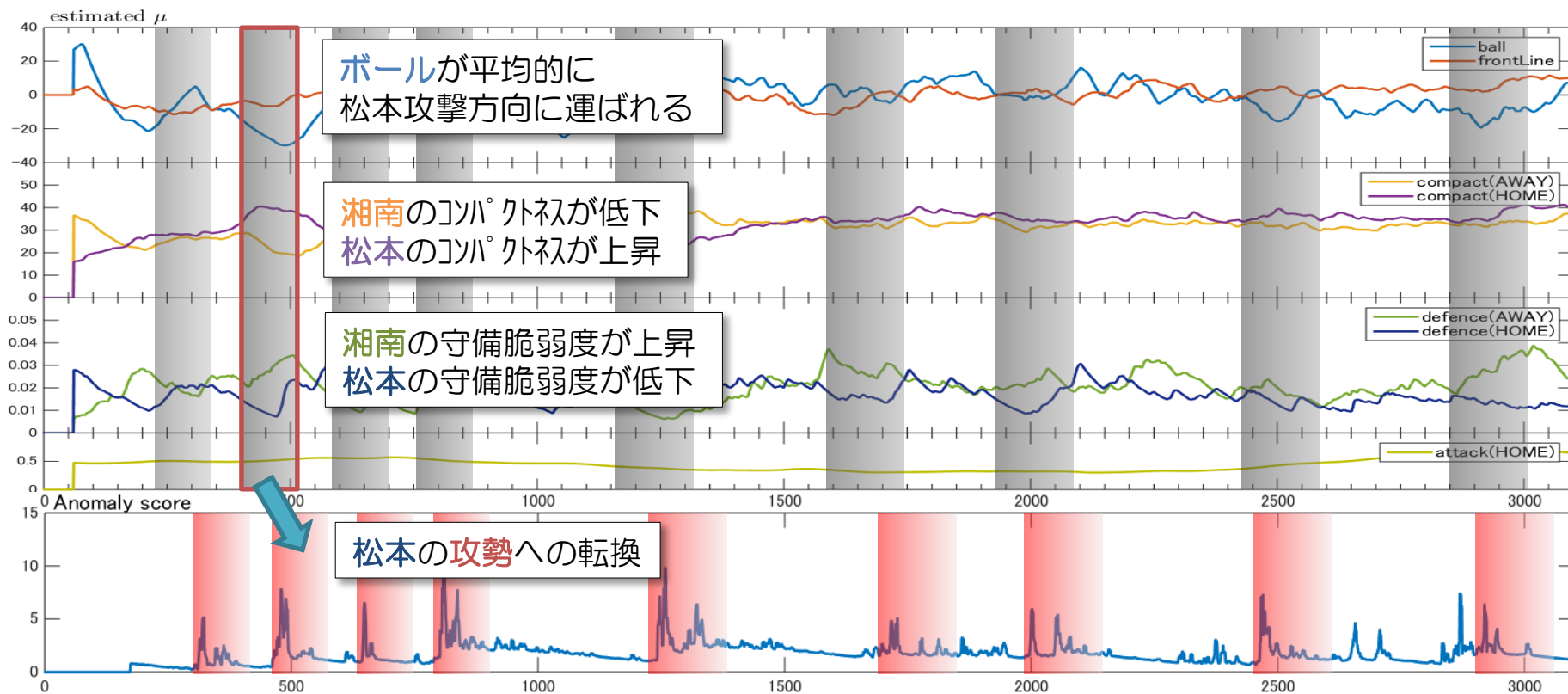
<参考文献>

- A. Kijima, K. Yokoyama, H. Shima and Y. Yamamoto, “Emergence of self-similarity in football dynamics,” *The European Physical Journal B*, vol. 87, no. 2, pp. 1-6, 2014 .
- Takeuchi, J., and Yamanishi, K., “A Unifying Framework for Detecting Outliers and Change Points from Time Series,” *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering*, 18(4), pp.482-492, 2006.
- 山西健司「データマイニングによる異常検知」共立出版、2009.



検知された変化点の解釈

23

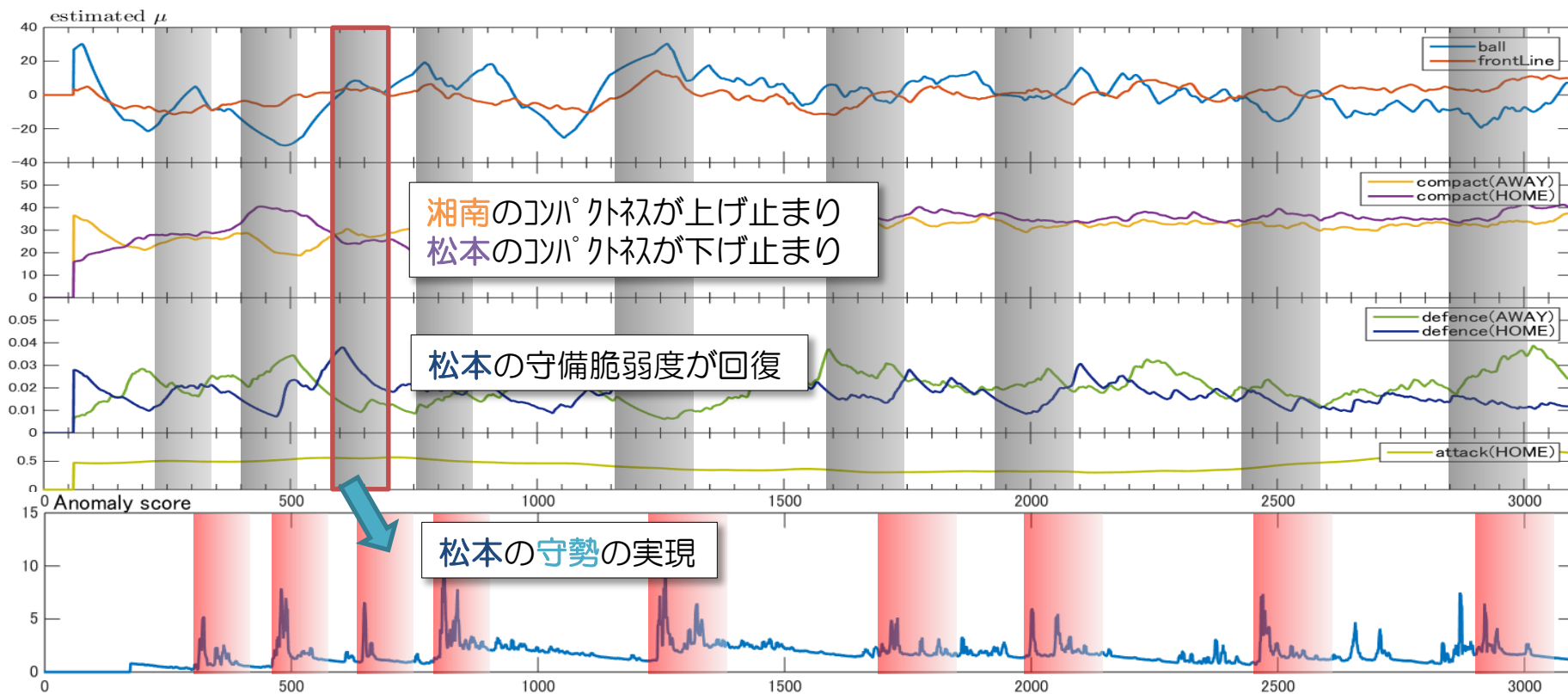


実際のプレー

松本が
PKを獲得

検知された変化点の解釈

24



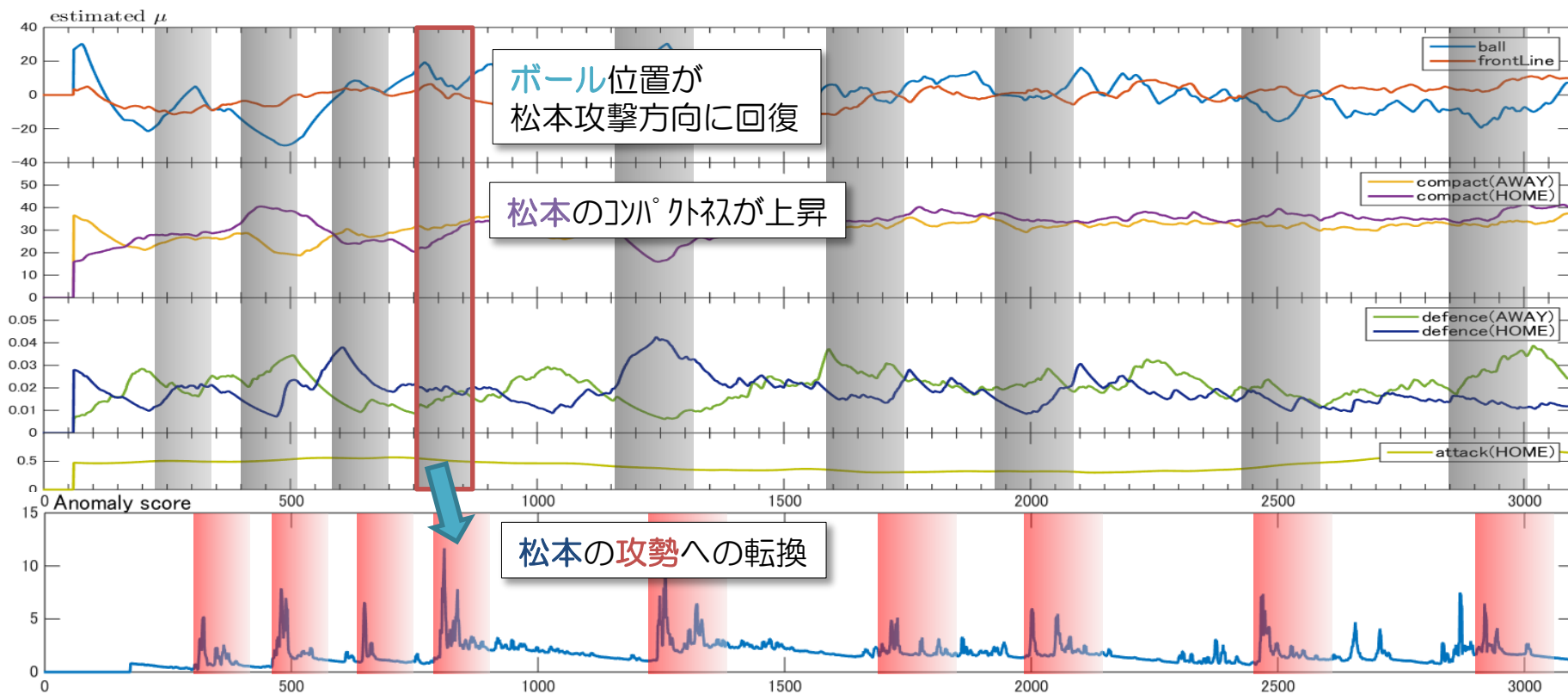
実際のプレー

湘南がFKを獲得し
松本が守備体勢に

しかし、そのFKによりOWNゴールを献上

検知された変化点の解釈

25

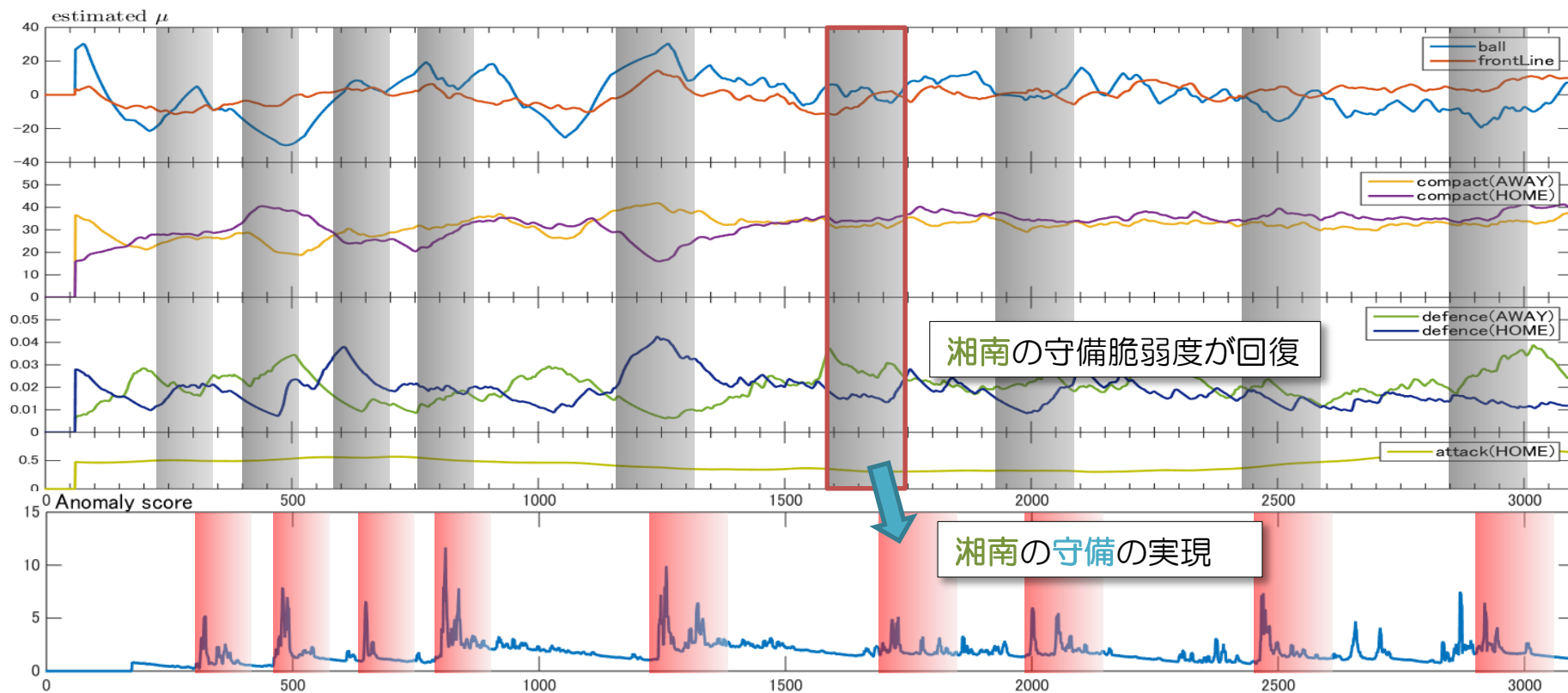


実際のプレー

松本が自陣でFKを獲得
ピンチを脱する

検知された変化点の解釈

26

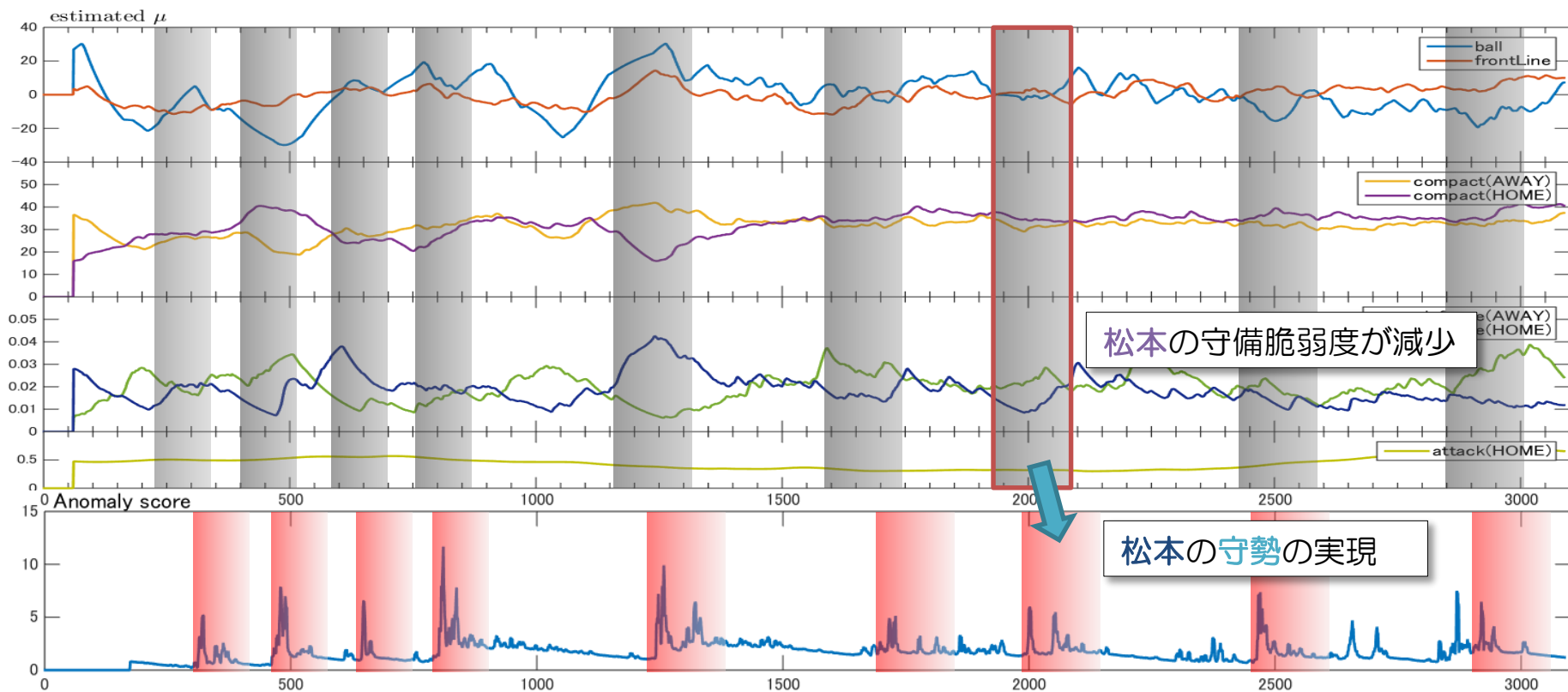


実際のプレー

湘南得点後の
松本キックオフ

検知された変化点の解釈

27

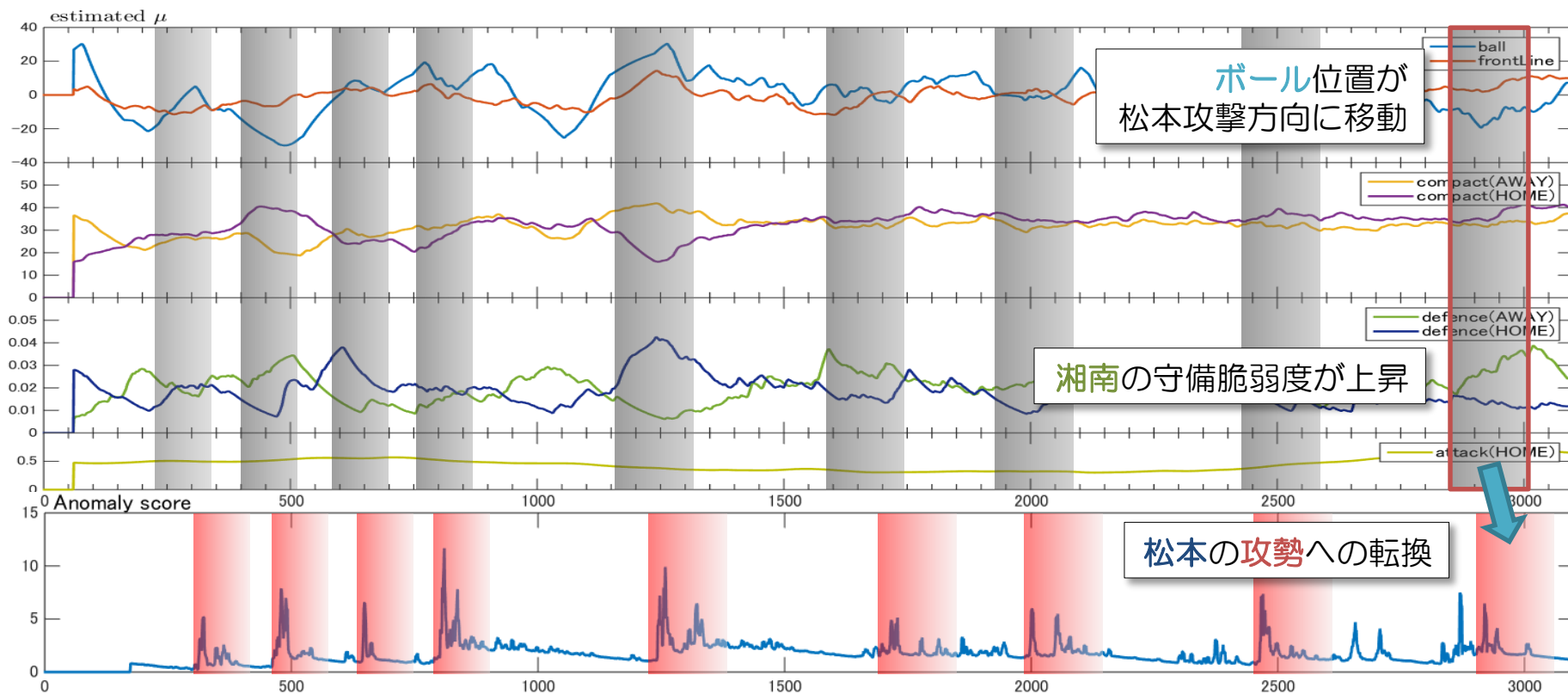


実際のプレー

複数選手の交代により
松本守備の立て直しか

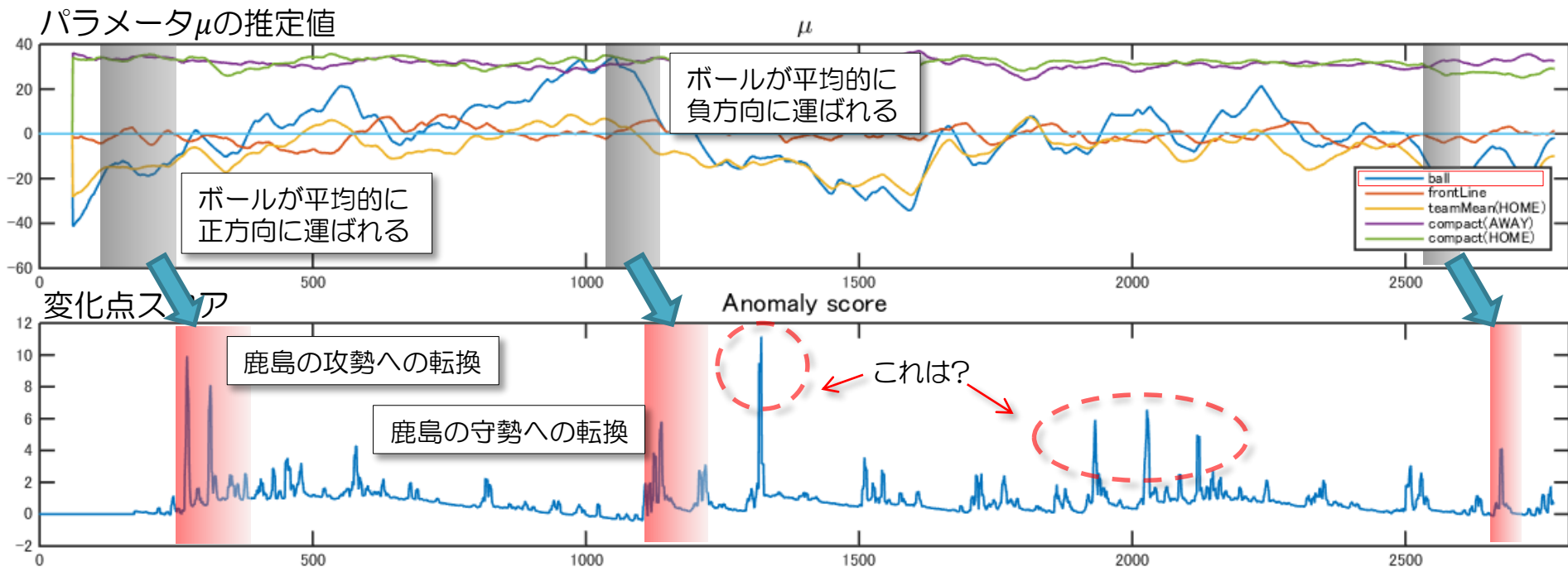
検知された変化点の解釈

28



実際のプレー

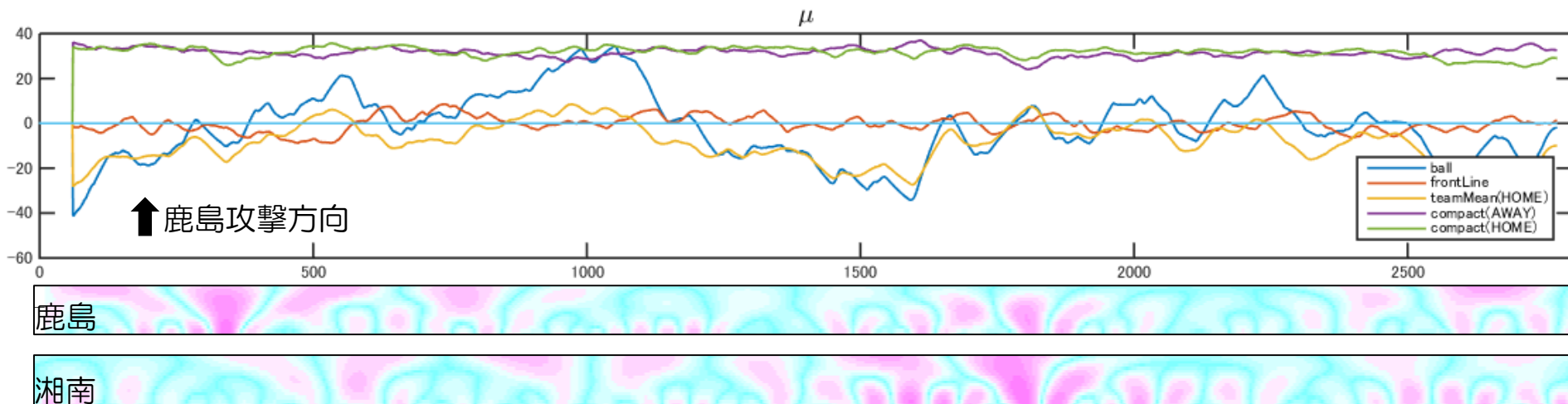
同点弾を狙った
松本の攻撃が確認



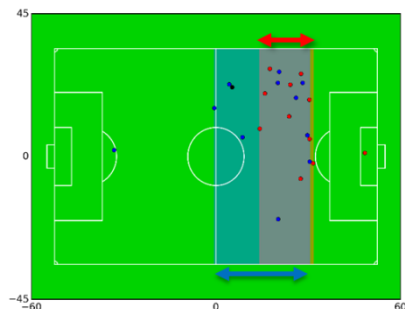
- パラメータ μ の推定値うち、ボールのX座標に注目
 - VARモデルの式より、この値は「自己回帰分を除いた、ボールが存在する平均的なX座標」と解釈できる
 - ボールの平均的な位置は、チーム間の攻守状況を反映しているのでは
- ここで検出される変化点は、ボールの位置で説明できるような攻守の切り替わりに対応している
- しかし、これではすべての変化点を説明できない

コンパクトネスとの関係

30

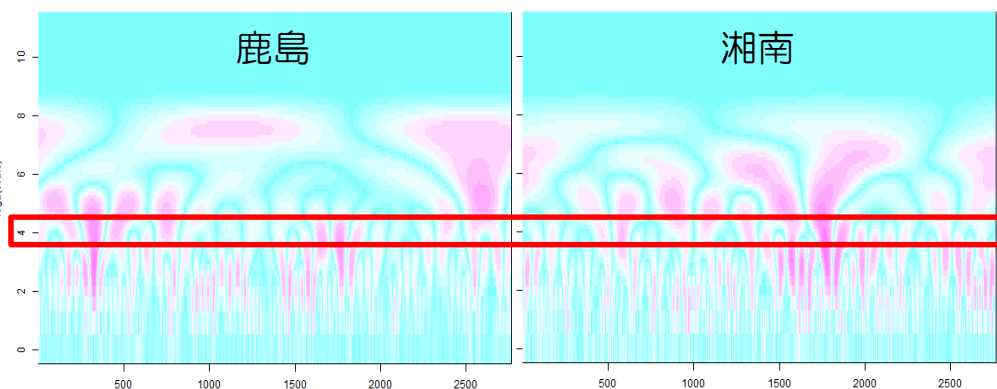


▲ 1/256Hz付近の反応パターンを抜粋

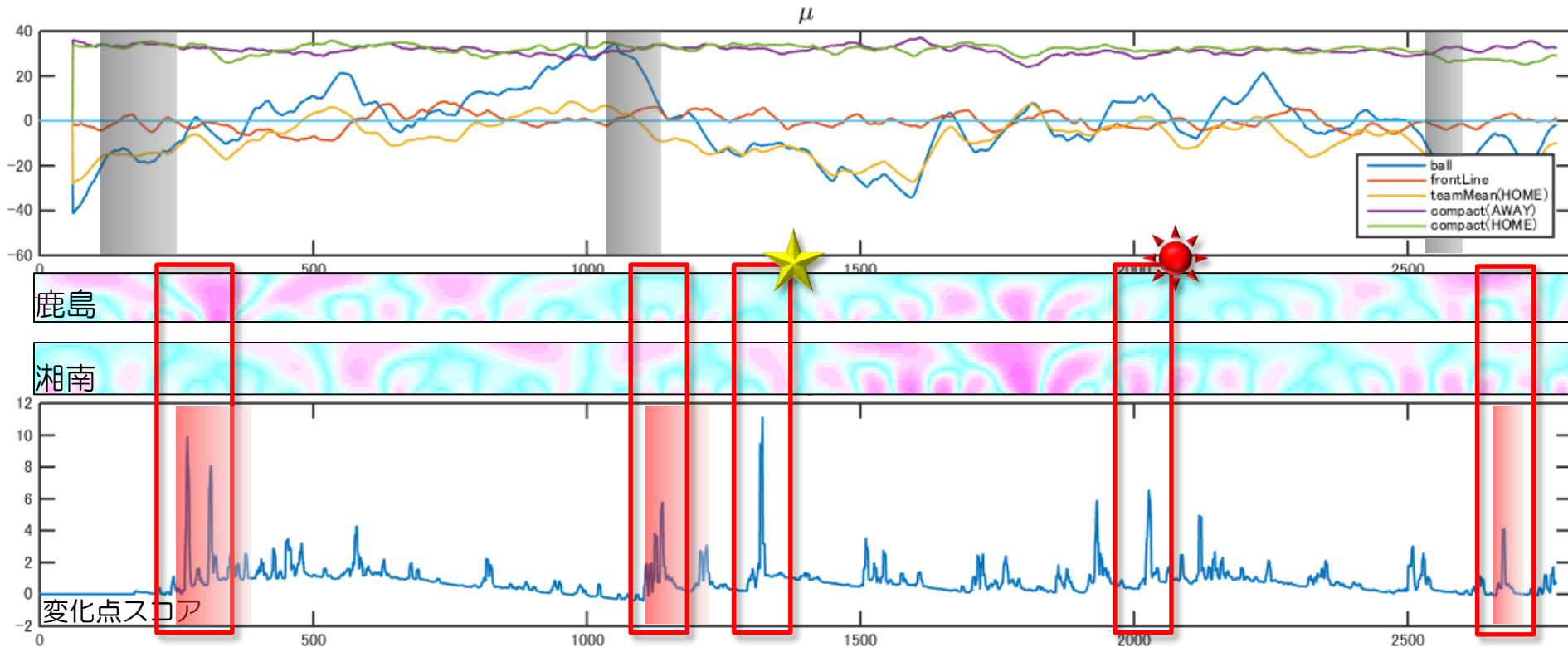


▶ 「コンパクトネス」の連続ウェーブレットへの反応パターン

コンパクトネス＝
(最前線) - (オフサイドライン)



- 入力変数のウェーブレットを全て見たところ、コンパクトネスが1/256Hz付近ではチーム間で逆の反応パターンをとってる傾向にあった
- この周波数帯でのコンパクトネスが、攻守の切り替わりを表しているのでは？
 - (攻勢) ボールを奪取した後、最前線が急激に、オフサイドラインが徐々に上がる⇒高反応
 - (守勢) 守りに転じた時は、全体として徐々に下がり始める⇒低反応



- コンパクトネスで変化点の解釈を考えた場合：
 - ボールの位置変化から明らかだった前述の変化点も含み、攻守も整合的
 - 変化点★は、ボールの位置変化をよく見ると、膠着状態から攻めが実現した時の戦況変化であったと解釈できる
- 検知された変化点はどれも攻守に関する戦況変化を説明できそう
 - 変化点●について、簡単には分からない戦況変化である可能性
 - 実際の試合映像などで確認したい