

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24300072

研究課題名(和文)事例に基づく予兆検出

研究課題名(英文)Example based Anomaly Sign Detection

研究代表者

和田 俊和 (WADA, Toshikazu)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：00231035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,700,000円

研究成果の概要(和文)：患者や工業プラントなどに取り付けられたセンサのデータから異常を検出する予兆検出問題は、センサデータに対する非線形回帰結果と観測データとの乖離を評価する問題として扱うことができる。本研究では、GPRという非線形回帰に基づく予兆検出手法について検討し、1)偏差を考慮した異常度、2)異なるスケールでの異常度を表すSAG、3)精度を維持したままGPRの計算を高速化するDAS、4)ベクトル値と共分散行列を推定するGPRの拡張MVGPR、5)MVGPRで推定される共分散行列を改良したRMVGPR、などを提案した。提案手法を工業プラントや心電図のデータに適用し、有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：Anomaly sign detection is a problem detecting subtle deviation of sensor data from normal data for monitoring patients, industrial plant, and so on. Anomaly sign detection can be realized as a problem measuring the discrepancy between observed data and estimated sensor data by non-linear regression. In this research, we developed anomaly sign detector based on Gaussian Process Regression (GPR). As the results of this research, we proposed 1) "Anomaly Measure" representing the ratio of the discrepancy and GPR estimated standard deviation, 2) multi-scale derivation and visualization of anomaly measure "Spectro Anomaly Gram(SAG)", 3) an acceleration of GPR computation "Dynamic Active Set(DAS)", 4) "MultiVariate GPR (MVGPR)" estimating vector output and covariant matrix, 5) "Reweighted MVGPR" to improve improper covariant matrix estimated by MVGPR, and so on. We applied our methods to industrial plant data and ECG data, and confirmed the effectiveness.

研究分野：パターン認識、コンピュータビジョン

キーワード：パターン認識 異常予兆検出 非線形回帰 ガウス過程回帰 Dynamic Active Set 時間多重解像度解析

1. 研究開始当初の背景

重篤な病気の患者や工業プラントなど、僅かな異常が生命・生産活動の危機につながる対象は、複数のセンサを取り付けて監視される。この目的は、危機的な状況が起きる前駆的な現象、つまり「兆候」をとらえ対象の延命を図ることにある。

異常の自動検出問題は、従来、時系列データの非線形回帰問題として扱われており、米国 Smart Signal 社が保有する Similarity Based Modeling (SBM) と呼ばれる手法が最も有効であることが知られている。このため、他社の異常検出マーケットへの新規参入は困難であったという現状がある。

提案者らのこれまでの研究により、SBM はそれ以前から存在していた Gaussian Processes Regression (GPR) から容易に演繹できることが分かってきた。

2. 研究の目的

上記の知見に基づき、GPR に基づいて高感度で誤報の少ない異常検出の理論構築と、様々な問題への適用を行うことが本研究の目的である。また、得られた理論を工業プラントや生体データなどに適用し、その有効性を確認すると共に、その過程で得た知見を他のパターン認識課題に適用することも目的に含める。

3. 研究の方法

SBM と GPR を比較すると、類似度とカーネル関数を同一視すれば、出力がベクトルかスカラかの違いだけで、本質的に同じである。SBM が事例ベースの回帰計算であることを考えると、GPR もまた同じ枠組みで捉えることができる。事例ベースの観点から GPR の期待値計算の枠組みを示したのが、図 1 である。

SBM と GPR の他の相違点は、GPR は出力だけでなくその変動幅 (偏差) も求めることができるということが挙げられる。したがって、GPR では推定値と偏差を考慮した異常の予兆検出が行える。

また、異常には、瞬時的な現象として現れるものと大域的な趨勢として現れるものがある。すなわち、異常を検出する際の尺度が問題になるため、多重解像度的な取り扱いを検討する。

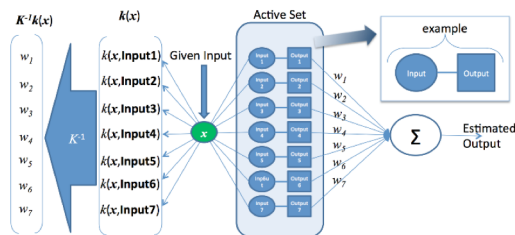


図 1. GPR を事例ベース非線形回帰と捉えた場合の処理の流れ図. $k()$ はカーネル関数, K はグラム行列

GPR の問題点は、図 1 に示すように事例の全組み合わせに対するグラム行列の逆行列を計算しなければならないため、多量のデータを扱うと、計算量が爆発的に増加するという点である。しかし、過去の全事例を用いるのではなくカーネル関数の値が大きい事例だけを用いて出力を推定しても精度の低下は少ないと考えられる。これにより、行列のサイズを小さくして計算の高速化ができることを示す。

また、GPR でベクトル値の出力を推定しようとするとき、これに付随して、出力の共分散行列を推定する必要が生じるが、この方法は従来の GPR の理論では明らかにされていない。これを解決するために、前述の事例集合の出力部分を利用して、共分散行列を求めることを検討する。

4. 研究成果

①GPR で推定される出力と偏差を利用して、出力の観測値と推定値の乖離が、偏差の何倍であるのかを表す「異常度」を定義した。

②上記異常度を、様々な時間解像度で計算し、局所的な異常度から大域的な異常度までを視覚化した Spectro Anomaly Gram (SAG) を提案した。図 2 に異常の例と、図 3 に SAG の例を示す。このような多重解像度表現によって異常の見落としを防ぐことができるようになる。

③GPR の精度を維持したまま、高速化を実現するために、入力と類似した事例のみを用いて出力を推定する Dynamic Active Set (DAS)

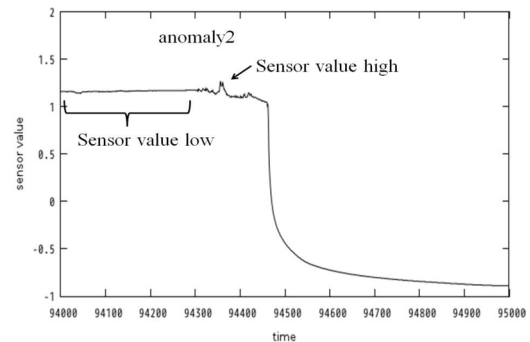


図 2. 局所的異常と大域的異常の例

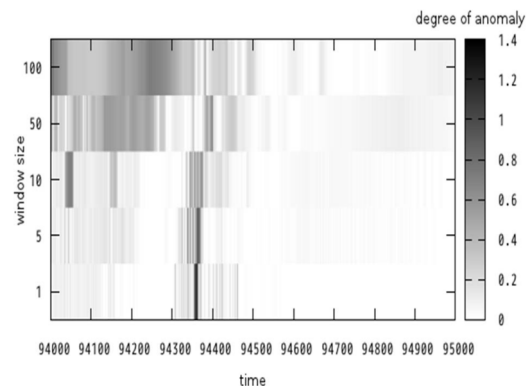


図 3. 図 2 に対する Spectro Anomaly Gram

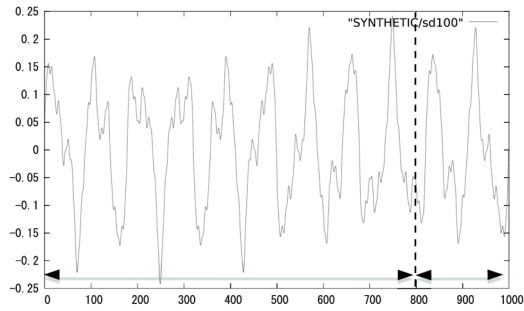


図 4. Pseudo Periodic Synthetic Time Series Data Set

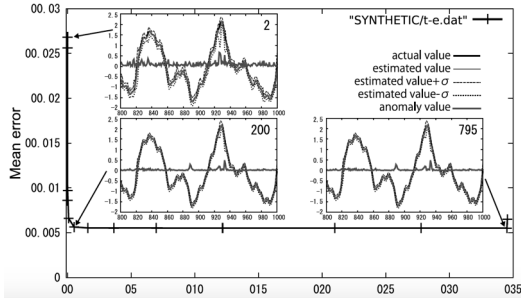


図 5. DASによる事例数の削減と、速度向上。(横軸：計算時間，縦軸：平均誤差，事例数 200 で、ほぼ誤差の変化なし。)

を提案した。図 4 に示す UCI Machine Learning Repository の “Pseudo Periodic Synthetic Time Series Data Set” の 0-800 までのデータを事例として扱い、800-1000 のデータに対して、DAS を用いた回帰計算を行った結果、図 5 に示すように平均誤差 2% 未満で約 65 倍の計算速度向上が達成できる事を確認した。

④ベクトル値の推定が可能な GPR を提案し、その中で、DAS の出力事例に対する重み付け共分散行列を求める方法 (MVGPR) を提案した。但し、この手法では、重みが負になることがあり、正値対称という共分散行列の性質を満たさない行列を推定してしまうことがある。

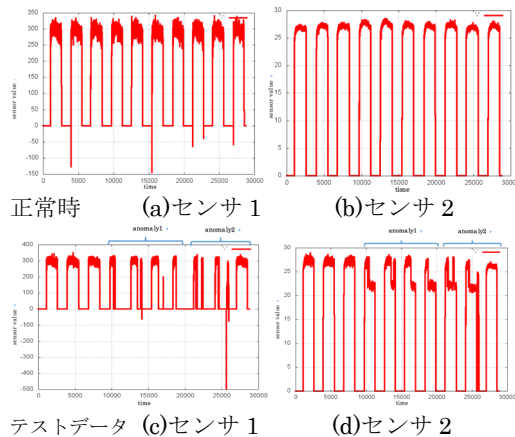


図 6. 工業プラントの複数センサデータ

④-1 この問題を解決するために、入力と、各事例の入力部の間で計算したカーネル関数の定数倍を、重みとするように、重みを再計算する方法 (RMVGPR) を提案した。これにより、図 6 の工業プラントのデータに対して、図 7(d) に示すように、他のいずれの手法よりも、正常部分では値が低く、異常部では値が顕著に増加する異常度が定義できた。このデータの他に、心電図のデータから、期外収縮を自動検出する実験も行った。図 8 に事例として記憶する正常時のデータ (a) と、テストデータ (b)、並びに、GPR, MVGPR, RMVGPR によって求めた異常度 (c) (d) (e) をそれぞれ示す。これらの実験からも、RMVGPR は正常部では反応が弱く、異常部では顕著に大きな値を示すことが確認できる。

④-2 さらに、非負制約を導入して凸二次計画法を解くことによって、重みの再計算を行う

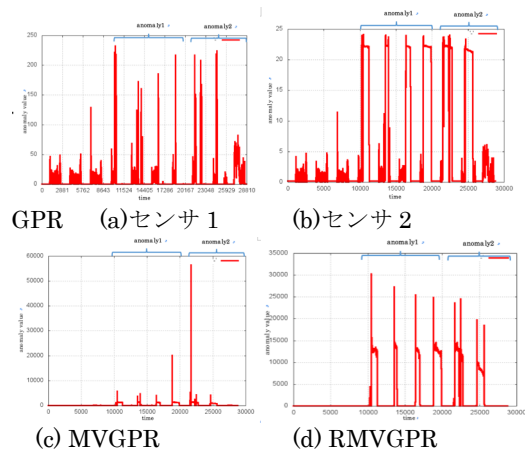


図 7. 図 6(c)(d) に対する異常度

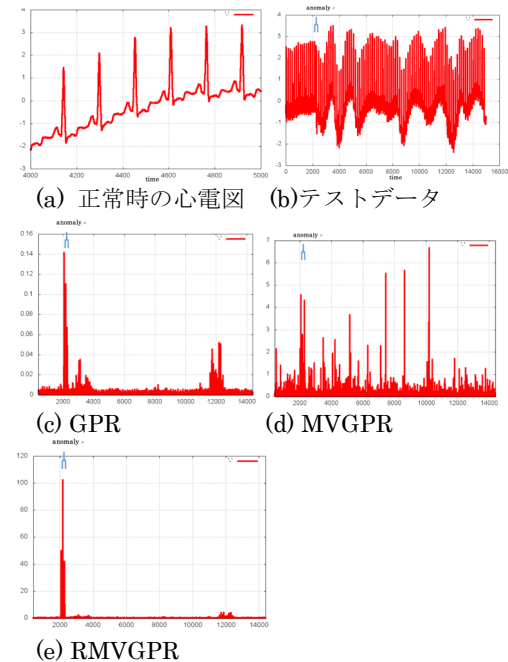


図 8. 心電図からの異常検出 (テストデータには期外収縮が 1 カ所含まれている)

というより精度の高い方法も検討したが、これは推定値の精度が向上するため、異常検出の手法としては感度が低下するという問題があったため、非線形写像による画像の想起の問題などに用いることが適している。

⑤DASの考え方は、入力に関連するデータのみを集めて計算を行っても、計算結果に影響は殆ど現れず、計算の高速化が行えるということである。この考えを Multiple Instance Learning で用いる Diverse Density の計算に適用し、さらにこれを用いた画像検索の高精度化や、画像のクラスタリング問題にも取り組んだ。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

①和田俊和,尾崎 晋作,前田 俊二,渋谷 久恵, **Gaussian Process Regression に基づく時系列データの異常モニタリング**, 2013,電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, **J96-D(12)**, ページ : 3068-3078, 査読あり <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009685324>

[学会発表] (計 19 件)

①Toshikazu Wada, Yuichi Mukai, **Fast Keypoint Reduction for Image Retrieval by Accelerated Diverse Density Computation**, IEEE International Conference on Data Mining Workshop (ICDMW), 2015-11-14, Atlantic City, NJ, (USA)

②湯浅 圭太, 和田 俊和, **画像検索のためのクエリ特徴点削減法の提案**, コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2015-01-(22-23), 奈良先端科学技術大学院大学 (奈良)

③松村 祐貴, 和田俊和, **ベクトル出力可能なガウス過程回帰における共分散行列の推定**, コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2015-01-(22-23), 奈良先端科学技術大学院大学 (奈良)

④向井 祐一郎, 和田 俊和, **特徴点削減のため Diverse Density の近似高速化**, コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2015-01-(22-23), 奈良先端科学技術大学院大学 (奈良)

⑤Takayuki Fukui, Toshikazu Wada, **Commonality Preserving Multiple Instance Clustering Based On Diverse Density**, The

1st International Workshop on Feature and Similarity Learning for Computer Vision (FSLCV 2014), 2014-11-01, National University of Singapore, (Singapore)

⑥Takayuki Fukui, Toshikazu Wada, **Commonality Preserving Image-Set Clustering based on Diverse Density**, 10th International Symposium on Visual Computing (ISVC' 14), 2014-12-(8-10), Las Vegas, Nevada, (USA)

⑦中田 健一, 和田 俊和, **局所特徴に基づく Aspect Graph の構築と 3 次元物体認識に関する研究**, コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2014-09-(01-02), 筑波大学 (茨城)

⑧古谷 俊太, 和田 俊和, **非線形写像を用いた顔画像の想起と人物認識への応用**, コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2014-09-(01-02), 筑波大学 (茨城)

⑨安田 篤史, 和田 俊和, **局所特徴に基づく共通被写体画像ペアの発見法に関する研究**, コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2014-09-(01-02), 筑波大学 (茨城)

⑩Keita Yuasa, Toshikazu Wada, **Keypoint Reduction for Smart Image Retrieval**, IEEE International Symposium on Multimedia (ISM2013), 2013-12-(09-11), Anaheim, USA

⑪Toshikazu Wada, Yuki Matsumura, Shunji Maeda, and Hisae Shibuya, **Gaussian Process Regression with Dynamic Active Set and Its Application to Anomaly Detection**, The 9th International Conference on Data Mining, 2013-07-(22-25), Las Vegas, USA

⑫湯浅 圭太, 和田 俊和, 渡辺 顕司, **Diverse Density を用いた画像検索用キーポイントの削減法**, コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 (CVIM), 2013-05-(30-31), 東京農工大学 小金井キャンパス (東京都)

⑬Atsushi Mori, Toshikazu Wada, Hiroshi Oike, **Automatic Colorization of Near-Infrared Monochrome Face Image based on Position-Dependent Regression**, コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 (CVIM), 2013-05-(30-31), 東京農工大学 小金井キャンパス (東京都)

⑭Takayuki Fukui, Toshikazu Wada, Hiroshi Oike, **Face Model from Local Features: Image Clustering and Common Local Feature Extraction based on Diverse Density**, コンピュータビジョンとイメージメディア研究会

(CVIM), 2013-05-(30-31), 東京農工大学 小金井キャンパス (東京都)

⑮湯浅 圭太, 和田 俊和, 大池 洋史, 坂田 惇, Diverse Density に基づく画像データ検索用キーポイント抽出法について, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), 2013-01-23, 京都大学(京都府)

⑯福井 崇之, 和田 俊和, 大池 洋史, 人物顔画像の階層的クラスタリングと共通局所特徴量抽出の同時実行による顔モデル生成, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), 2013-01-23, 京都大学(京都府)

⑰坂田 惇, 和田 俊和, Multiple-Instance Learning を用いた Co-segmentation, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), 2013-01-23, 京都大学(京都府)

⑱森 敦, 和田 俊和, 大池 洋史, 画素識別と回帰計算に基づく近赤外線顔画像のカラー化手法, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), 2013-01-24, 京都大学(京都府)

⑲松村 祐貴, 和田 俊和, 動的 Active Set を用いた Gaussian Process Regression によるベクトル出力推定法, パターン認識・メディア理解研究会 (PRMU), 2013-01-24, 京都大学(京都府)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 俊和 (WADA Toshikazu)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号: 00231035

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

前田 俊二 (MAEDA Shunji)

株式会社日立製作所 (研究開発本部)

研究者番号: 00626799

渋谷 久恵 (SHIBUYA Hisae)

株式会社日立製作所 (研究開発本部)

研究者番号: 50626801