

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730021

研究課題名(和文) 多次元低周波ストリームデータのパターン認識法の構築

研究課題名(英文) A study on pattern recognition of infrasonic multivariate time-series data

研究代表者

大草 孝介 (OKUSA, KOSUKE)

九州大学・芸術工学研究院・助教

研究者番号：30636907

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、多次元低周波ストリームデータの統計解析、特にそのパターン認識法の構築に着目し、計3年間の研究を行った。

本研究では多次元で観測されるデータの最たる例として、センシングデータに着目したモデリングを行い、提案するアプローチの有効性について確認を行ってきた。

具体的な研究成果として、マイクロ波ドップラーセンサを用いた生体・転倒検知とその見守りシステムへの応用や、RSS/ToA方式に基づく室内位置推定技術の構築に提案手法の適用を行い、認識率や測定精度の向上を確認することができた。これらの成果は査読付き論文や、国際学会に報告された。

研究成果の概要(英文)：In this research, we focused on statistical analysis of multivariate low frequency stream data, especially the pattern recognition method. To confirm the performance of proposed method, we mainly focused on the sensing data analysis which is a typical example of multivariate low frequency stream data.

In this study, as a specific example, we focused on two cases of sensing data analysis. First case is developing the life-watching system using microwave Doppler rader. Second case is statistical indoor location estimation system using ToA/RSS measurement system. Finally, our proposed method showed good performance for both examples than previous methods.

These results were reported to peer-reviewed papers and international conferences.

研究分野：計算機統計学

キーワード：パターン認識 ストリームデータ 多次元時系列データ 低周波信号

1. 研究開始当初の背景

近年、処理するデータの複雑化・巨大化が叫ばれて久しい。

一般にこれらの解析は大規模データの処理技術が注目されがちだが、IBMによるとデータを逐次的に処理するストリームデータ解析は、大規模データの処理技術と並び「中心的な役割」とされている。特に多次元時系列ストリームデータのパターン認識への要求は、センシング技術の発展から急速に高まっており、その解析法は同報告でも極めて重要であるとされる。

多次元時系列のパターン認識を行うとき、その周波数特性や次元間の相関を考慮することは重要であるにも関わらず、観測系列が低周波の場合は、周波数特性や相関はサンプリング定理の制約下から必ずしも明確ではない。このようなデータに対する現在の一般的解析では、サポートベクタマシンや隠れマルコフモデル等を用いてパターン認識を行うといったアプローチに限られている。

しかし、これらは多次元時系列を対象に構築されたものではなく、相関関係が複雑な多次元信号に対しては有効ではない。

また、多次元時系列のパターン認識モデルも提案されてはいるが、前記の方法に比べるとストリームデータに対しては認識率が劣ることが、従来研究での検証の結果明らかになっている。これは、前述のとおり従来のパターン認識法が多次元時系列に向けて開発されたものではなく、またストリームデータの解析にあたっては統計的視点の他に処理パフォーマンスなどの計算機科学的な分野横断的視点も要求されるため、あまり議論がなされてこなかったことが要因として大きい。

本研究ではこの問題に際し、時系列データ、特に多次元低周波ストリームデータの統計的処理に取り組んでおり、対象とするデータに必要な様々な解析法について検証を行った。

2. 研究の目的

本研究では、研究期間内に以下の点の解決を目標に研究を行った。

第一に達成する目標は、「多次元時系列データのパターン認識法の構築」である。これには申請者が提案した相関のある2次元時系列のパターン認識モデルを基点に、観測されるセンサデータに合わせる形で、その可能性について検証を行った。

次に達成する目標は、「パターン認識モデルのストリームデータへの拡張」である。上記提案モデルをストリームデータへ拡張し、「短時間低周波な信号であっても認識率を確保」し「計算コストの削減」を図る。

3. 研究の方法

本研究では多次元かつ低周波数なストリームデータのパターン認識モデルを構築することを目的としている。

申請者らは先行研究において、時系列間の相関を考慮に入れたパターン認識モデルの有用性について検証を行ってきた。

一方で提案手法は、データの次元が上がるにつれ次元間の相関関係の推定に問題が生じ、データの複雑さの増加から認識率が低下するという問題を抱えている。本段階では、この問題の解決にあたる。

解決にあたっては、先行研究において、次元間構造に観測データの特性をモデリングすることにより解決する可能性が報告されている。一方でモデリングの複雑性も問題点として挙げられているため、以下の2段階で解決にあたる。

まず、初期アプローチとしてまず観測値特性に基づく相関モデルを次元間の構造に導入し、相関関係の推定の安定化を図る。その後、先行研究で問題とされた次元間構造のモデリングに状態空間モデルを導入し、動的な相関関係の推定を図る。

次の段階では、ストリームデータ処理のために、基礎モデル構築段階で作成されたモデルの改善を行う。ストリームデータ処理にあたっては波形の一部しか観測されない状態となるため、そこからどのクラスに属するかのパターン認識を行う必要がある。

提案モデルの有用性を検証するための実証実験として、本研究ではマイクロ波ドップラセンサを用いた行動認識と、ToA/RSS型センサを用いた室内位置推定に焦点を当て、提案モデルの適用を行った。

4. 研究成果

本節では、本研究の成果について概説する。本研究では主な応用例として、前述の通りマイクロ波ドップラセンサを用いた行動認識と、ToA/RSS型センサを用いた室内位置推定に焦点を当て研究を行ってきたので、主にこれらの研究成果について述べる。

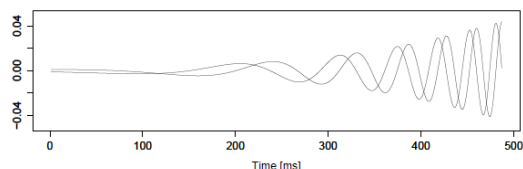
1) マイクロ波ドップラセンサを用いた行動認識技術の開発

マイクロ波ドップラセンサを用いた行動認識技術の開発では、主に独居老人の見守りシステム構築に焦点を当て、モデル化と解析を行ってきた。本センサは人の呼吸や心拍と言った低周波な物理現象を捉えることが可能であり、また位相差を持つ二次元の時系列データを出力することから、本研究テーマに合致したものであると考えられる。

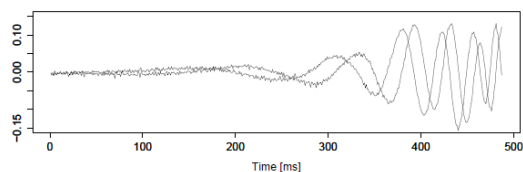
研究期間においては人間動作の中でも人間の転倒の検知に焦点を当て、その検知モデルの構築について議論を行った。転倒に着目した理由としては、転倒が原因による入院は高齢者が寝たきりになる原因の一つである

とされ、また独居老人の場合はこのような状態に陥ったときに、自力で通報することは困難であることから、本動作を対象とし、自動で検知することが可能となれば、その効果は大きいものと判断し、研究対象とした。

以下の図1は、提案手法により人の転倒動作のモデルを構築し、シミュレーションしたもの(図上)と、実際の観測波形(図下)のドップラーセンサ上の値を比較したものである。図より提案手法は非常によく転倒動作を再現できていることが見て取れる。



(a) シミュレーション波形



(b) 観測波形

図1：転倒動作のシミュレーション波形と観測波形

上記モデルを用いて転倒動作の検知実験を行った結果、以下の表1のようになった。

表1：認識率と計算時間

手法	認識率(%)	計算時間(msec)
提案手法	100	96.11
HMM	92	16.69
SVM	88	1.75

表より提案手法は認識率では他の主要な認識モデルである隠れマルコフモデル(HMM)やサポートベクタマシン(SVM)に対して良い認識率を示していることが見て取れる。また計算時間に関しては他の二手法に対して劣ってはいるが、単位はミリ秒であるので実際のシステム上での問題とならないことや、今回はR言語を用いて提案手法を実装したため、他のコンパイル型言語で実装されているHMMやSVMに対して計算速度で劣るのは当然と考えることができる。

これらの結果から、マイクロ波ドップラーセンサを用いた転倒検知への提案手法の適用は非常に良いパフォーマンスを示すことが推察される。これらの成果は論文や学会等で発表された。

2) ToA/RSS型センサを用いた室内位置推定

ToA/RSS型センサを用いた室内位置推定では、屋外でのGPS等による位置提供サービスを室内でも実現することを目標に研究を行った。屋外におけるGPSがそうであるように、

室内における位置推定も、手法の違いはあれ基本的には座標が既知である基地局からの距離を計測し、そこから対象の座標を推測するという方式がとられる。空間上の人動きは基本的には1Hz未満の低周波動作であり、また、複数の基地局から同時に対象の距離が提供される多次元時系列データであることから、これらについてモデリングを行うことにより、対象の座標を室内でも正確に推定することを目標とする。

本研究では電波の到来時間に基づいて距離を推定するTime of Arrival (ToA)法と、電波強度に基づいて基地局からの距離を推定するReceived Signal Strength (RSS)法に基づいて位置推定を行った。

観測対象とする人の動きは低周波であり、またセンサのサンプリングレートも高くないことから、多次元低周波ストリームデータであると考えることができ、本研究の目的にも合致している。

位置推定にあたっては、まず観測値に以下の図2のような提案する円周状の確率分布を

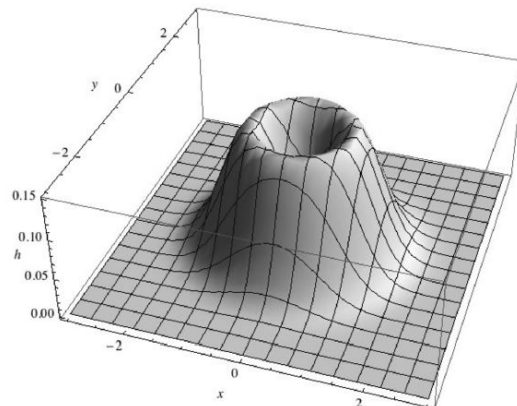


図2：円周状確率分布

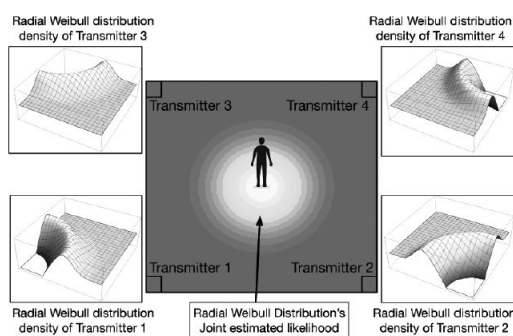


図3：円周状分布による位置推定

仮定した。円周状の確率分布を仮定する理由としては、ToAやRSS方式は対象との距離を提供するのみであり方位は未知であることから、このようなモデリングを行った。これらの円周上分布を以下の図3のように重ね合わせることで、同時確率が最も高い地点を対象の推定座標として位置推定を行う。

提案手法による位置推定結果が以下の図4であり、図中の実線が実際の行動経路、点が推定座標となっている。

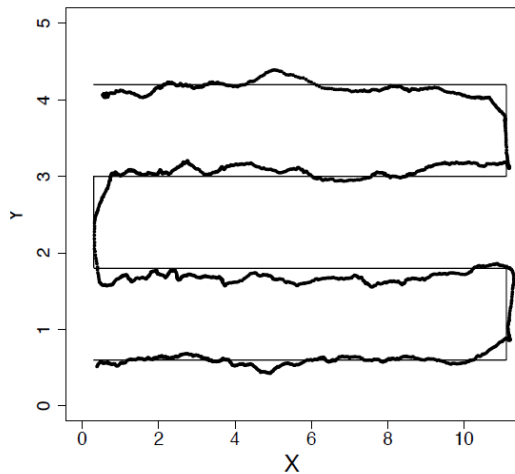


図 4：提案手法による位置推定結果

図より提案手法が非常に良い推定精度を示していることが見て取れる。これらの成果は論文や学会等で発表された。

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8件)

1. 永沼暁・大草孝介 (2017). マイクロ波ドップラーセンサを用いたモデルベースの転倒状態推定に関する研究. **計算機統計学**, 30, 1.
2. Okusa, K. & Kamakura, T. (2017). A Simulation Study on Performance Validation of Indoor Location Estimation Based on the Radial Positive Distribution. IAENG Transaction of Engineering Technologies, DOI: 10.1007/978-981-10-2717-8, Springer-Verlag, pp.89-100.
3. Okusa, K. & Kamakura, T. (2016). Young and Elderly, Normal and Pathological Gait Analysis Using Frontal View Gait Video Data Based on the Statistical Registration of Spatiotemporal Relationship. Cross-Cultural Design, DOI: 10.1007/978-3-319-40093-8_66, 9741, pp.668-678.
4. Okusa, K. & Kamakura, T. (2014). A Study on Gait Parameter Estimation Stability for the Frontal View Gait Video Data based on Simulation. IAENG Transactions on Engineering Sciences, DOI: 10.1201/b16763-46, CRC Press, pp.421-428.
5. Okusa, K. & Kamakura, T. (2013). Fast Gait Parameter Estimation for Frontal View Gait Video Data Based on the Model Selection and Parameter Optimization Approach. International Journal of Applied Mathematics, 43, 4, pp.220-225.
6. Inui, S., Okusa, K., Maeno, K. & Kamakura, T. (2013). Statistical Recognition of Aspiration Presence with Microwave Doppler Signals. IAENG Transaction of Engineering Technologies, DOI: 10.1007/978-94-007-6818-5_38 Springer-Verlag, pp.541-553.
7. Okusa, K. & Kamakura, T. (2013). Human Gait Modeling and Statistical Registration for the Frontal View Gait Data with Application to the Normal/Abnormal Gait Analysis. IAENG Transaction of Engineering Technologies, DOI: 10.1007/978-94-007-6818-5_37 Springer-Verlag, pp.525-539.
8. Okusa, K. & Kamakura, T. (2013). Gait Parameter and Speed Estimation from the Frontal View Gait Video Data Based on

the Gait Motion and Spatial Modeling. International Journal of Applied Mathematics, **43**, 1, pp.37-44.

〔学会発表〕(計6件)

1. Okusa, K. & Kamakura, T. (2017年7月7日). Statistical Indoor Location Estimation for the NLoS Environment Using Radial Extreme Value Weibull Distribution. Proceedings of the World Congress on Engineering 2017 (WCE 2017) (ロンドン(イギリス))
2. Okusa, K. & Kamakura, T. (2016年7月21日). Invited Speech. Young and Elderly, Normal and Pathological Gait Analysis Using Frontal View Gait Video Data Based on the Statistical Registration of Spatiotemporal Relationship. Proceedings of the 18th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI International 2016). (トロント(カナダ))
3. Okusa, K. & Kamakura, T. (2015年11月19日). Indoor Location Estimation based on the RSS method using Radial Log-normal Distribution. Proceedings of the 16th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI2015), pp.29-34. (ブダペスト(ハンガリー))
4. Okusa, K. & Kamakura, T. (2015年10月21日). Indoor Location Estimation based on the Statistical Spatial Modeling and Radial

Distributions. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2015 (WCECS 2015), pp.835-840. (サンフランシスコ(アメリカ))

5. Okusa, K. & Kamakura, T. (2014年8月21日). Statistical Registration of Frontal View Gait Silhouette with Application to Gait Analysis. Proceedings of the International Conference of Computational Statistics (COMPSTAT 2014), pp.411-418. (ジュネーブ(スイス))
6. Okusa, K. & Kamakura, T. (2013年7月5日). Fast Frontal View Gait Authentication Based on the Statistical Registration and Human Gait Modeling. Proceedings of the World Congress on Engineering 2013 (WCE 2013), pp.274-279 (ロンドン(イギリス))

〔図書〕

なし

〔産業財産権〕

なし

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

大草 孝介 (OKUSA, Kosuke)

九州大学大学院・芸術工学研究院・助教

研究者番号 : 30636907