

平成 29 年 8 月 25 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330286

研究課題名(和文) 機械認識に基づくラベルなしデータの構造化とその応用

研究課題名(英文) Structuring of un-labeled data by machine recognition and its applications

研究代表者

松山 泰男 (Matsuyama, Yasuo)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：60125804

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：データをラベル化して無構造なビッグデータを構造化する機械学習理論を構築し、それにより可能となる応用システムを作成した。ここでいうラベルとは構造化に寄与しうる推定情報を意味し、多様な尤度を最適化する理論に基づいている。具体的には、生データから抽出した特長量を数値ベクトルとして表し、ベクトル間の位相すなわち近傍性を得ることを行った。この研究では、前例のない動画同士と比較を可能にするために、以上のような数値ラベルを得る方法をとった。これにより、動画そのものをクエリとしてデータベース中の類似動画を検出するシステムを実現し、追加例として脳波信号中のP300波形に基づく個人認証システムを作成した。

研究成果の概要(英文)：We addressed the structuring of unorganized information that causes information flood. The theory here is the optimization of the likelihood. The first aspect is the theoretical development of the likelihood maximization method. The second is to present novel applications by paying attention to the likelihood.

On the theoretical contribution, the alpha-HMM estimation method (hidden Markov model) was presented. This method includes the traditional log-HMM method (Baum-Welch method) as a special case showing a fast convergence. The second contribution is the alpha-EM method (expectation-maximization). We found shotgun optimization methods that are the fastest. On the applications, we addressed the similar-video retrieval. We extract exemplar frames that form a numerical label. By applying the M-distance (Matsuyama-Moriwaki distance), we succeeded in finding similar videos containing unauthorized scenes. We made another application on the fraudulent PIN holders with high performance.

研究分野：情報学

キーワード：尤度最適化 alpha-HMMアルゴリズム alpha-EMアルゴリズム 類似動画検索 脳波認証

1. 研究開始当初の背景

スマート機器の普及により、大量で多様なデータが無為に蓄積され続けている。ところが、実はこのようなビッグデータは構造化がなされれば情報化社会にとって非常に有益な情報源となりうる。ただし、このような構造化はそのデータサイズの巨大さのため、人手では全く困難である。そこで機械学習を用いて、自動的に生データの集合を構造化する方法を導き出すことにした。

2. 研究の目的

機械学習の理論と手法を用いて、大量で多様なデータを自動的に構造化することを目的とした。このとき、本研究においては、理論面での貢献と新たな応用の両方の実現を図ることにした。

- 1) 理論面では、尤度を最適化する方法において、これまでの方式の上位構造を得ることを目指す。
- 2) 応用面における信号としては、構造化が最も遅れている動画像と脳信号を対象とする。

このような目的のもと、次のような方法を設定し、それを成果につなげることができた。

3. 研究の方法

理論面の開発においは、どのような尤度を用いれば有益な構造化が得られるのかを主体とした。

- 1) 高位レベルのデータであって、数量として抽象化の済んだデータであるが集団としては無構造である場合、その尤度(最適化対象となる確率関数)に基づいてデータをラベル化することになる。この場合については、理論構造の一般化とアルゴリズムの高速化を図ることにする。ここでは、一般化された対数を用いることにする。
- 2) 生データに近いレベルでの構造を行う場合、その尤度はデータの特徴を含むものとなる。この場合、尤度に相当するものは周辺データを変数とする最適化関数となる。これは、本研究で設定する動画像問題や脳信号処理問題に依存した形になるが、従来の個別法の単なる組み合わせでなく、それぞれの個別問題に特有な場合においても性能向上を図れる方法を導くことにする。具体的には、異なる長さをもつ時系列同士の比較法において、それぞれの代表点が勢力範囲を主張できる方法を導き出すことである。

次に、応用に関する項目であるが、ここでは動画像と脳信号を選んだ。それらについては、次のような方法をとることにした。

- 3) 動画像の構造化においては、機械学習を用いて、それぞれの動画像を数値ラベル化することを行った。この数値ラベルは、周辺分布を用いた尤度を最適化して代表フレームの特徴量をベクトル表示し

たものとなっている。この場合、工業規格に合わせるために、MPEG-7のFrame Signature という数量化法を用いた。また、長さの異なる動画像同士を比較できるようにする方法を導き出すことにした。

- 4) 別の応用として、脳波についての究極の構造化である個人認証の問題を設定した。この時、波形そのものの個人性を識別できるようにするために、P300 波形を用いる方式を採用した。

4. 研究成果

研究成果は、次のような項目としてまとめられる。

- (1) アルファ HMM 推定アルゴリズムにおいて、ショットガン最適化法と動的最適化法を確立した。アルファ HMM アルゴリズムにおいては、従来法 (Baum-Welch 法) では存在しなかった過去情報を利用することが可能になる。この時、どれだけの過去情報を利用するのかを決定する問題が発生する。多すぎればアルゴリズムは発散し、少なすぎれば単なる従来法と変わらなくなる。この問題において、過去情報の利用量を事前に集合として表す方法 (ショットガン方式) と、その利用量を動的に変化させる方法 (ダイナミック方式) を実現した。これらそれぞれの方法は、いずれも Baum-Welch 法よりも高速であり、図 1 はその様子を表している。ただし、CPU 時間を評価規範とする場合には、ダイナミック方式が最速である。一方、メニーコアマシンの場合には、完全ショットガン方式が高速となる。

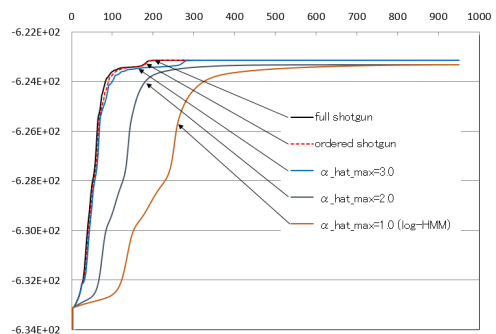


図1 アルファ HMM アルゴリズムによる高速化

- (2) 応用例として実現した新たな方式の一番目は、動画像 (ビデオ画像) そのものをクエリ、すなわち問い合わせ情報として、類似した他の動画像を検索する方法である。このとき、二つの重要な貢献を行った。
 - (a) 動画像はフレーム (静止画) の連続体であるが、代表となるフレーム (エグゼンプラ) を抽出する競合学習アルゴリズムを作成した。
 - (b) エグゼンプラの枚数は動画像ごと

に異なり、その勢力範囲が異なる。そこで、その両方を反映できる M 距離 (Matsuyama-Moriwaki distance) を創出し、これを権利のない不正な画像が埋め込まれたビデオの検出に適用して、優れた検出率を得ることができた。

図 2 は M 距離の計算において、異なる長さのビデオどうしの比較においてギャップが入る様子を示している。また、図 3 は不正挿入画像が劣化やモノクロ化といったカモフラージュを施していても、極めて高い検出精度を与えていることを図示している。

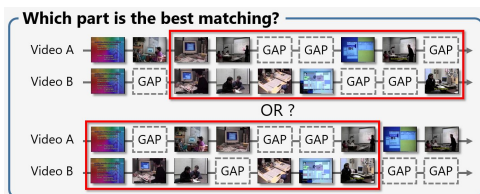


図 2 ギャップを許す比較の様子

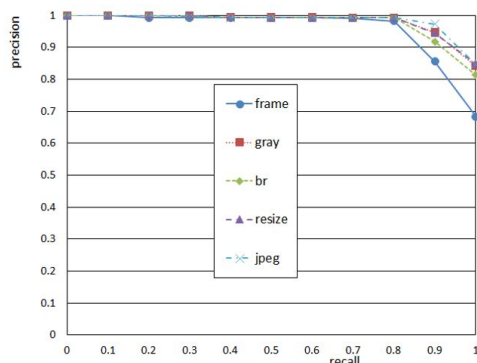


図 3 類似動画検出の性能

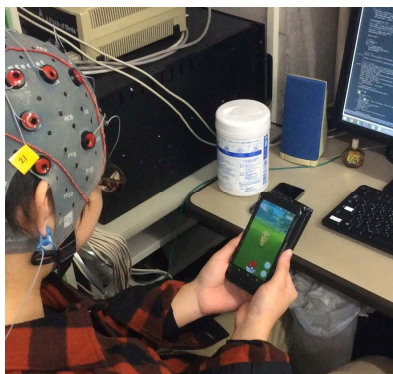


図 4 脳波 BMI によるゲーム操作

- (3) 第二の応用例は、構造化の極限とでもいえる個人認証の問題である。この場合、PIN 番号 (例えば 4 桁の口座認証番号) がすでに別人に盗まれていても、それを排除できることを目指すために脳波を用いた。ヒトは視覚的な突変事象が起こると、300ms 後に脳波電位の上昇が起こる (P300 波形)。そこで、これを用いて脳波キーボードを実現し、その時の P300

波形を対象にして個人認証を行った。その性能は、FAR=0% (不正者を完全に排除する) としたときに FRR=3.9% (本人であるのに拒否される率) という優れたものとなった。

- (4) 当初の研究目標としては設定していなかったが、ヒトも機械も共に学習するシステムという新たな問題設定に到達した。図 4 はその例として、脳波によりゲーム (ポケモン Go) を行ったところであり、この研究計画にセレンディピティがあったことに相当している。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文) (計 8 件 : 全て査読あり)

Y. Matsuyama, The alpha-HMM estimation algorithm: Prior cycle guides fast paths, IEEE Trans. on Signal Processing, Vol. 65, pp. 3446-3461, 2017.

DOI: 10.1109/TSP.2017.2692724

Y. Matsuyama, Human-aware IoCT via machine learning and HPC, Keynote Presentation, The 15th HPC Connection Workshop, Wuxi, China, April 2017.

H. Iwase, T. Horie and Y. Matsuyama, Verification of fraudulent PIN holders by brain waves, Proc. Int. Joint Conf. on Neural Networks, PP. 2068-2075, Vancouver, Canada, July, 2016.

DOI: 10.1109/IJCNN.2016.7727454

T. Horie, A. Shikano, H. Iwase and Y. Matsuyama, Learning algorithms and frame signatures for video similarity ranking, Lecture Notes in Computer Science, No. 9489, pp. 147-157, 2015.

DOI: 10.1007/978-3-319-26532-2_17

Y. Matsuyama, M. Shozawa and R. Yokote, Brain signal's low frequency fits the continuous authentication, Neurocomputing, Vol. 164, pp. 137-143, 2015.

DOI: 10.1016/j.neucom.2014.08.084

Y. Matsuyama, A. Shikano, H. Iwase and T.

Horie, Order-aware exemplars for structuring video sets: Clustering, aligned matching and retrieval by similarity, Proc. Int. Joint Conf. on Neural Networks, No. 15233, 10 pages, Kllarney, Ireland, July 2015. DOI: 10.1109/IJCNN.2015.7280423

T. Horie, M. Moriwaki, R. Yokote, S. Ninomiya, A. Shikano and Y. Matsuyama, Similar-video retrieval via learned exemplars and time-warped alignment, Lecture Notes in Computer Science, No.8836, pp. 85-94, 2014.

DOI: 10.1007/978-3-319-12643-2_11

Y. Matsuyama, Machine learning strategies for big data utilization: Assembling via statistical soft label, The 4th Int. Conf. on Audio, Lang. and Image Processing, invited paper, Shanghai, China, July 2014.

〔産業財産権〕

出願状況（計2件）

名称：動画像検索方法、動画像検索装置及びそのプログラム

発明者：松山泰男、森脇雅史、横手良太、堀江輝樹、鹿野晶滉、岩瀬弘道

権利者：早稲田大学と上記6名

種類：特願

番号：2015-139166

出願年月日：平成27年7月10日

国内外の別：国内

備考：下記 の補正特願

名称：動画像検索方法、動画像検索装置及びそのプログラム

発明者：松山泰男、森脇雅史、横手良太

権利者：早稲田大学と上記3名

種類：特願

番号：2014-136257

出願年月日：平成26年7月1日

国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

www.wiz.cs.waseda.ac.jp

https://www.researchgate.net/profile/Yasuo_Matsuyama/stats/report

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松山泰男 (MATSUYAMA, Yasuo)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：60125804