

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Online boosting algorithm based on two-phase SVM training and its application to image processing
著者(和文)	ユゴフ ヴェヴォロド
Author(English)	Vsevolod Yugov
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9346号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:熊澤 逸夫,羽鳥 好律,佐藤 誠,長谷川 修,小尾 高史
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9346号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Yugov Vsevolod		
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	熊澤 逸夫	教授	審査員	小尾 高史	准教授
	審査員	羽鳥 好律	教授			
		佐藤 誠	教授			
		長谷川 修	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Online boosting algorithm based on two-phase SVM training and its application to image processing (2相 SVM 学習に基づくオンライン学習とその画像処理への応用)」と題し、英文6章から構成されている。

第1章「Introduction (序論)」では、本論文の背景と必要性、動機、そして目的について述べている。また本論文の基礎となる SVM(Support Vector Machine)学習とブースティング手法に関する最新の研究成果を紹介し、本論文で解決を目指すことになる、それらの欠点を明らかにしている。また本論文の中で提案する新手法と既存手法との間の関係を示している。さらに提案手法の応用対象として、画像処理・画像認識技術について説明している。

第2章「Related works (関連研究)」では、オンラインとオフラインの両学習方法による識別関数の構成に関して、本論文に関連する方法についてさらに詳しく説明している。例えば、既に多方面に応用されて実績がある手法として、AdaBoost や SVM のための SMO(Sequential Minimum Optimizer)、及びそれらのオンライン版を紹介し、これらの画像処理、物体追跡への応用例を概観している。その上でこうした既存手法の応用上の欠点として、メモリ容量、計算量の莫大さと効率、精度、柔軟性の低さを指摘している。そして、これらと比較して、本論文で提案する手法の特徴が、計算効率と精度の高さ、十分に収束した後の Kernel-based SVM と同等かそれ以上の識別能力にあることを述べている。さらに提案手法はその計算効率の良さと計算構造の単純さによって、スマートフォンの GPU を利用して並列計算が可能となることを示唆している。

第3章「Description of the proposed two-step algorithm (提案アルゴリズムの詳細)」では、本論文で考案した識別法の詳細を紹介している。提案手法では、第2章で紹介した NORMA や Pegasos といったオンライン SVM 学習法を基礎としているが、これらの既存手法が誤差逆伝搬法等の統計的勾配法によって単体の SVM の学習を行うのに対して、提案手法では、アンサンブル学習法の考え方を導入して、線形 SVM の集団にブースティング法を適用し、Greedy アルゴリズムをインタラクティブ手法で代替して学習を行っている。さらに、損失関数を導入して逐次学習の各ステップで随時、識別関数、訓練データの重み付け係数を評価して、最適化することによって計算効率を大きく改善している。またこうした方法が計算効率だけでなく、識別精度も向上することを示している。本章の後半では、提案手法と既存手法

の計算効率と識別能力を実験的に比較している。その結果、提案手法では、非線形識別問題に関して、既存の Kernel-based のアルゴリズムを凌ぐ識別性能を発揮し、識別対象の変化に対しては、AdaBoost を上回る適応性が得られることを明らかにしている。

第4章「Application of proposed method to object tracking on a mobile device (モバイル端末を用いた物体追跡への応用)」では、提案手法を画像中の所定の対象を追跡する課題に応用している。特にスマートフォンの限られた計算リソースでリアルタイムかつ高精度に対象を追跡するために、スマートフォンが持つ GPU を用いて並列処理する方法を示している。GPU で実行できる計算の複雑さや、時間的、あるいは空間的に統合できる情報の範囲には大きな制約があり、そうした制約の中で処理できる特徴量やアルゴリズムを工夫している。特に vertex shader や fragment shader 等のレンダリング処理がスマートフォンのプログラマブル・グラフィック・パイプラインで高速に並列計算できるようになっていることに着目し、こうした処理に乗るように学習と対象追跡の計算構造を見直している。例えば、扱える特徴量が単一の数値で表されるものに制約されるため、従来、対象追跡に一般に利用されてきた Haar-like 特徴やカラーヒストグラムは使用できず、統合できる情報も近傍に制約されている。こうした事情から、提案手法では、「Simplified 4-bin Local Binary Pattern Histogram」を対象追跡のための特徴量としている。実験的にこの特徴量の有効性を評価し、上記の学習手法と組み合わせた時に、対象追跡に十分な識別性能が得られることを確認している。さらにこの特徴量に Fern と呼ばれる非階層的な多重識別法を適用して、さらに SVM とブースティングを組み合わせて学習を行うことで、追跡性能を向上している。そして当手法についても、上述した GPU の制約下でスマートフォンに実装して、リアルタイムの対象追跡を実現している。

第5章「Evaluation of our algorithm in comparison to related algorithms (他手法との比較と評価)」では、提案手法の有効性を、他手法と比較して評価している。比較対象としたのは、Pegasos、NORMA そして AdaBoost であり、公開されている標準データセットに対する識別能力の評価に加えて、所定の評価用画像サンプルについて画像中の特定の対象の追跡能力の評価を行い、従来手法と同等の追跡精度を維持しながら、計算量を大幅に削減できることを確認している。

第6章「Conclusion (結論)」では、研究成果のまとめと将来展望について述べている。

以上のように本論文では、近年大規模データの統計的分析において重要性の増している学習手法の性能を向上する新手法を提案し、それを画像センサの産業応用上の基盤となる物体追跡に応用し、スマートフォンの限られた計算能力の中で、従来の追跡性能を維持しながらリアルタイムの処理速度を達成しており、その成果は学術上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（学術）の学位論文として、十分な価値があると認められる。