

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	変化検知のための統計的機械学習
Title(English)	Statistical Machine Learning Approaches to Change Detection
著者(和文)	柳松
Author(English)	Song Liu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9555号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:杉山 将,秋山 泰,篠田 浩一,村田 剛志,藤井 敦
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9555号, Conferred date:2014/3/26, 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

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	Song Liu		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	杉山将	准教授	審査員	藤井敦	准教授
	審査員	秋山泰	教授			
		篠田浩一	教授			
		村田剛志	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Statistical Machine Learning Approaches to Change Detection」と題し、英文4章から成っている。

第1章「Introduction」では、機械学習分野の背景および本論文の全体構成を示している。データからの学習に関する一般的な枠組みを示した後、データに含まれる雑音や外れ値などの不確定性、および、データに含まれる非定常性について述べている。そして、静的なデータに対する教師付き学習と教師なし学習の基本的な考え方を示すとともに、それらを動的な環境下での学習に拡張した枠組みを紹介している。最後に、本論文の主題である変化検知の目的を述べ、確率分布そのものの変化の検知、および、確率分布の構造変化の検知の具体例を示している。

第2章「Distributional Change Detection」では、確率分布間の距離に基づく変化検知法を提案している。まず、統計学や機械学習の分野でこれまでに提案されている代表的な変化検知手法を概観し、それらの長所と短所を整理するとともに、確率分布間の距離の推定による変化検知が特に有用であることを述べている。そして、これまでに提案されている様々な確率分布間距離の推定手法を紹介し、それらの特徴を議論している。その後、確率分布間の距離に基づく変化検知の問題を数学的に定式化し、確率密度比の直接推定に基づく確率分布間距離の推定手法であるカルバック・ライブラー密度比推定法、最小二乗密度比推定法、最小二乗相対密度比推定法の具体的なアルゴリズムを紹介している。そして、これらの手法を変化検知の様々な人工データやベンチマークデータに適用し、最小二乗相対密度比推定法に基づくアプローチによって、AUCスコアの意味で最も高い検知精度が得られたという実験結果を示している。更に、この手法は異常値に対するロバスト性も高く、計算効率も良いことから、最も有望な手法であると結論づけている。また、この最小二乗相対密度比推定法に基づく変化検知手法をツイッターからのイベント検出に適用した例も示されている。

第3章「Structural Change Detection」では、第2章での議論を更に発展させ、確率変数間の相互作用の変化を検知することにより、変化の存在だけでなく、どのような変化が起こったかも知ることができると提案している。まず、ガウスモデルの共分散選択やそのノンパラ正規分布とよばれるクラスへの拡張に基づく変化検知手法を紹介し、確率分布の推定を経由することによる変化検知精度の低下を指摘している。また、これらの手法をマルコフネットワークなどの高次相関を扱うことのできるモデルに適用することは、モデルに含まれる正規化係数の計算困難性のため、事実上不可能であることを述べている。その後、確率分布の構造変化の検知の問題を数学的に定式化し、上記の従来アプローチの具体的なアルゴリズムを概観している。そして、二つのマルコフネットワークモデルの差を直接モデル化するという提案法の基礎となる考え方を示し、これにより確率分布推定を回避できるだけでなく、一般に困難な正規化係数の計算も回避できることを示している。この考え方に基づいた具体的な変化検知のアルゴリズムを示すとともに、パラメータ数が多い場合に特に効率の良い双対形式の最適化アルゴリズムも与えている。最後に、提案手法の有効性を計算機実験により示している。

第4章「Conclusions and Future Works」では、本論文の成果をまとめると共に、第2章で示した確率分布間の距離に基づく変化検知法、および、第3章で示した確率分布の構造変化の検知法それぞれに対する今後の課題を示している。

以上を要するに本論文は、機械学習分野における変化検知問題に対して、確率分布を推定することなく分布の変化を直接検知するという実用的な手法を提案するものであり、工学上、及び、工業上貢献するところが大きい。よって我々は、本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。