

機械学習技術の基礎と応用

実応用を指向する機械学習技術調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	4. 機械学習応用技術の展開	38
2. 機械学習の最新動向	4	4.1 遺伝アルゴリズムを用いた、作業者の技能と教育を考慮したスケジューリング支援システム	38
3. 機械学習基礎技術の発展	6	4.2 100 万人規模のデータから個人を特定する生体認証システムの開発	42
3.1 誤った教師データのみから回帰学習を行う手法に関する一考察	6	4.3 獲得した離散データに基づく誤差分布を考慮した経路計画	47
3.2 ストリームデータに対するオンライン特徴抽出手法	8	4.4 階層型強化学習を用いた二足歩行ロボットの行動最適化	50
3.3 強化学習問題のための分布推定アルゴリズム EDA-RL とその確率モデルの構造探索	12	4.5 学習オートマトンによる人型ロボットのモーション教示方法	54
3.4 マルチエージェントシステムにおける行動予測と意図推定	15	4.6 次世代ネットワークにおける分類学習を用いた自律的な IP フロー制御	58
3.5 強化学習における状態・行動空間の適応的共構成法-動的環境への適用	19	4.7 GHSOM によるマルウェアの分類	62
3.6 NGnet を用いた強化学習によるロボットの行動獲得	23	4.8 強化学習による交通量の制御	65
3.7 不完全知覚のある環境の問題クラスとその評価法についての考察	27	5. あとがき	69
3.8 学習履歴をヒューリスティックに利用する Q 再学習法-環境変化への追従と再学習の高速化-	31		
3.9 強化学習の確率的拡張	35		

実応用を指向する機械学習技術調査専門委員会委員

委員長 濱上知樹(横浜国立大学)
幹事 澁谷長史(筑波大学)
幹事 小林邦和(山口大学, 現愛知県立大学)
委員 小澤誠一(神戸大学)
白川真一(富士通, 現青山学院大学)
元木誠(関東学院大学)
半田久志(岡山大学, 現近畿大学)
永吉雅人(新潟県立看護大学)
堀内匡(松江工業高等専門学校)
増田和明(神奈川大学)

委員 荒井幸代(千葉大学)
館山武史(首都大学東京)
矢田紀子(横浜国大 現千葉大学)
大川一也(千葉大学)
森村哲郎(日本IBM)
川上浩司(京都大学)
染谷博司(統計数理研究所 現東海大学)
山口智(千葉工業大学)
林孝則(明電舎)

1. まえがき

本技術報告書は、平成 22 年 4 月から 24 年 3 月までシステム技術委員会に設置された「実応用を指向する機械学習技術調査専門委員会」の活動の総括である。

さて、機械による学習の可能性について技術的に議論され始めたのは、人工知能 (artificial intelligence) という言葉が初出したダートマス会議 (1955) からである。この会議の報告書では “... every aspect of learning or any other feature of intelligence can in principle be so precisely described that a machine can be made to simulate it.” と簡単に触れられているが、「機械学習 (machine learning)」という用語として文献に現れるのは、そこからさらに 5 年程待つことになる。1959 年 Arthur Samuel は機械学習を、明示的なプログラムによらず計算機が学習する能力と定義し、簡単なゲームプログラムによって計算機が学習可能であることを示した。その後、機械学習の拡がりとともにその定義は、いくつかのバリエーションがあるものの、しばしば引用されている説明は次の T.Mitchell によるものであろう”A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P, if its performance at tasks in T, as measured by P, improves with experience E.”

以来、今日に至るまで、機械学習は計算機・ネットワーク技術の発展と相まって、分類、認識、照合、適応、検索、クラスタリング等の分野で大きな成功を遂げた。その応用は、ダートマス会議が展望した画像、音声、自然言語処理等に留まらず、交通、電力、ネットワーク等の社会インフラから、医療、バイオインフォマティクス、ファイナンス等の高度な知的サービスの実現にまで至ろうとしている。

本学会・部門においても、データマイニングや、ロボットの自律移動、マルチエージェントの協調行動の制御、電力制御、ファイナンスに至るまで、多くの研究成果が得られている。近年では、大量のデータ処理能力とネットワークの拡大を背景に、強化学習やデータマイニング、クラスタリング、検索技術をはじめとする機械学習技術は、高度な知的システムを構築する上でこれまで以上に重要な位置づけとなっている。これまで他学会においても、機械学習を情報論的視点で体系づける試みや、最適化アルゴリズムと組み合わせた分野への拡大、転移学習・マルチタスク学習等による学習結果の再利用・効率化をめざした調査が行われてきた。また、機械学習の最新研究が多く議論される ICML (International Conference on Machine Learning) においては、高次空間 (High Order Environments) における学習、ベイズ推定に基づく確率論的アプローチが主流となっている。以上のように、学習理論としての機械学習の深化は進んでいるものの、トイプロBLEMの域を出ず、原理的な課題の探求に留まっているケースも多い。その結果、進展の速い産業応用に資するための性能的保証や、理論的裏付け、問題領域依存の評価方法、フォールトトレランスについては十分な調査検討が行われているとはいえない。特

に、規模の大小に関わらず、多数のシステムが連携し、相互作用し合う開放系の実システムにおいては、必然的に高次元の状態空間を扱うことになり、設計・運用・保守や、システム間の相互運用性を含めた新たな機械学習のとりえ、体系化が必要である。

本研究調査専門委員会では、これらの学習理論としての展開をふまえて、機械学習の実応用を指向した調査研究を進めることで、新たな機械学習研究の展開を狙う活動を進めてきた。具体的には、様々な産業応用が期待されている機械学習研究の最新動向を調査するとともに、現在と将来的な課題を明らかにし、実応用に向けての問題クラスの整理と、解決に向けた最新の研究動向を調査することで、産業界、学術界に対して機械学習の実応用にむけての指針を提案することを目的として設置された。その活動は、9 回の委員会、3 回の研究会 (合同 2 回を含む)、2 回の部門大会企画セッション (H22,23 年)、全国大会シンポジウム参加 (H 23 年全国大会・予稿のみ)、論文誌特集号「確率的最適化と機械学習の統計的設計と応用」(H24 1 月号 合同企画) を実施、技術資料の収集に努め、活発な検討を行った。

委員会設置時の調査検討事項としては、以下の 3 点を掲げた。

- (1) 最新の強化学習の動向、傾向を調査、評価、整理する。
- (2) 機械学習の応用が期待される産業応用上の課題、特徴、応用限界を明確にする。
- (3) 機械学習の実応用の指針を体系化し、大規模知能システムの設計論の確立を目指す

本技術報告書は、これら 3 点の調査検討事項に対応する形で、これまでの主な成果を総括する目的で編纂された。まず、2 章では、機械学習の最新動向について、国内外の時流について解説を行う。近年その応用が目覚ましい機械学習分野の展開について詳しく解説がなされる。3 章は、これまでの委員会活動の主な成果のうち基礎技術に関する発展研究について報告する。4 章は、様々な応用に関わる成果を報告する。これらの個々の成果は各委員による分担執筆によって行われた。