

機械学習のサービス指向システムへの応用

サービス指向システムの最適化・効率化のための
機械学習技術協同研究委員会編

目 次

1. まえがき	3	3.4 複数のバイナリコードを利用した高速な類似探索法	23
2. 機械学習の歴史と動向	4	3.5 System of Systems における知能システム設計	29
2.1 はじめに	4	3.6 確率的な状態遷移を持つペトリネットを用いた行動コンテキストの学習	32
2.2 機械学習とは	4	3.7 複数種類の報酬と罰に対応した経験強化型学習の提案と設計指針に関する研究	37
2.3 主な機械学習法	4	3.8 技能教育を考慮する強化学習を用いた大規模施設作業スケジューリング支援システム	43
2.4 機械学習の応用事例	6	3.9 場面遷移ネットを用いた大規模システムのシミュレーションと最適化	48
2.5 おわりに	7	3.10 GHSOM を活用した時系列構造特徴の異常検知	55
3. 機械学習のサービス指向システムへの応用研究・事例	8	4. あとがき	61
3.1 電力融通における世帯情報の不完全性の影響	8		
3.2 故障した脚型ロボットにおける強化学習を用いた歩行動作の再獲得	12		
3.3 ヒューマン-ロボットインタラクションの新展開	17		

サービス指向システムの最適化・効率化のための 機械学習技術協同研究委員会委員

委員長 舘山 武史(愛知工科大学)
幹事 大川 一也(千葉大学)
委員 荒井 幸代(千葉大学)
加藤 能史(N T T)
木見田 康治(首都大学東京)
小林 邦和(愛知県立大学)

委員 史 虹 波(首都大学東京)
澁谷 長史(筑波大学)
白川 真一(青山学院大学)
濱上 知樹(横浜国立大学)
宮崎 和光(N I A D - U E)

1. まえがき

近年、我が国の産業界ではサービス産業が一層重要視される傾向にあり、その生産性の向上が重要な課題となっている。サービスシステムの設計・構築が、従来の物理的製品と比較して困難である理由の一つとしては、サービスシステムは提供側・受給側共に「人」という不確定な要素を含んでおり、それらがサービスの成否に大きく関わっていることが挙げられる。また、サービス現場の状況を観測し、データとして蓄積する技術が盛んに研究されているが、取得した大量のデータを、いかにしてサービスの生産性向上に有効活用すべきか等も課題の一つとなっている。「サービスの生産性」の具体的な定義の一つとしては「産出物(サービスの場合は基本的に付加価値額)を資源投入量で除したもの」というものがある。この定義に沿って生産性の向上を実現するためには、不確定な要素を含み、かつ膨大なデータを処理する必要がある環境下で、最小限の資源投入量で、最大の付加価値を実現するように最適化を行う必要があり、機械学習技術の応用が効果的であると考ええる。また、サービス指向システムは様々なレベルの分散システムが統合された、一種の System of Systems (SoS) であるといえ、その運用のみならず、そのライフサイクルも考慮して最適設計を行う必要がある。このような複雑なシステムを最適化する手段としても、機械学習法は有望であるといえる。

前調査委員会である「実応用を指向する機械学習技術調査専門委員会」では、機械学習研究の最新動向を調査し、実応用にむけての指針の提案を行った。そこでは、不確定環境下での最適化技術や、大規模データ処理等の有用な機械学習の要素技術を調査・整理したが、サービス指向システムへの応用例はまだ少なく、応用に際しての課題や応用指針に関する考察がまだ十分ではないといえた。本委員会では、前調査委員会で作られた機械学習技術の実応用のための指針をもとに、サービス指向システムの最適化・効率化のための機械学習技術に関する調査研究を行ってきた。そして、サービス産業の生産性向上に寄与する技術を産業界に提供し、我が国の経済の発展に貢献することを目的として活動を行ってきた。

近年の我が国の GDP 構成比の推移調査によると、サービス産業を中心とする第三次産業の比率が年々増加傾向にあり、産業界ではサービス産業が一層重要視される傾向にある。よって、サービスの生産性を向上させることが、我が国にとって重要かつ緊急な課題となっている。このような背景から、従来は経験的・試行錯誤的に行われていたサービスシステムの設計・構築に、工学的知見を導入しようとする研究である「サービス工学」が、近年注目されている。近年は精密工学会秋・春季大会、計測自動制御学会システム・情報部門講演会、日本機械学会設計工学・システム部門講演会、同学会国際スケジューリングシンポジウムなどの機械・電気・情報工学系の多数の学術講演会において、「サービス工学」や「ライフサイクル工学とサービス工学」など

のセッションが企画されていることから、サービス工学に対する注目度が高まっていることがわかる。また海外においても欧州を中心に、製品とサービスを統合して考える研究分野である Product Service Systems (PSS) 等の研究が盛んに行われており、国際生産アカデミー (CIRP) 主催の国際会議が継続して開催 (2012 年度は都内にて開催) されるなど、サービス研究は世界的に注目を浴びているといえる。

このような背景から、前調査専門委員会で作られた調査結果を引き継ぎ、サービス指向システムおよび関連する広い分野の産業システムを対象とし、その最適化・効率化のための機械学習技術に関する調査研究をさらに進める本委員会を至急発足させることとなった。委員会設置時の調査検討事項を下記に記す。

- (1) サービス指向システムの最適化・効率化のための課題・現状を調査、評価、整理する
- (2) (1) の課題を解決するために必要な機械学習の要素技術を明確にする
- (3) (2) で開発した要素技術を体系化し、SoS の観点も含めたサービス指向システムの最適化・効率化を実現するための方法論の確立を目指す

本技術報告書は、平成 24 年 4 月から 26 年 3 月までを期間とした、本委員会の活動の総括である。続く 2 章では、機械学習の歴史と近年の動向について解説を行う。この章の内容は、機械学習の実応用の可能性を機械学習の専門家ではない広い読者層にアピールする目的で企画された電気学会誌特集記事「ここまできたマシンラーニング - 医療からアミューズメントまで -」の総説をもとにしたものであり、機械学習の専門家以外の読者の理解の助けとなれば幸いである。3 章では、本委員会の各委員による様々な機械学習のサービス指向システムへの応用例を解説する。最後に 5 章では、調査活動の総括を述べる。