

産業応用のための 最適化ベンチマーク問題集

情報知能システムの新展開とその産業応用調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	4. 産業応用のための最適化ベンチマーク問題 への期待	32
2. 従来のベンチマーク問題	5	5. 電子・情報・システム部門大会シンポジウム セッション概要	36
3. 産業応用のための最適化ベンチマーク問題	8	6. おわりに	37
3.1 はじめに	8		
3.2 エネルギープラント運用計画のための最適 化ベンチマーク問題	9		
3.3 上水道送水ポンプ運用計画のための最適 化ベンチマーク問題	13		
3.4 自動ピッキングシステム運用計画	18		
3.5 運転時の不確実性を考慮したエネルギー 計画	24		
3.6 ボイラ制御における PID コントローラ 設計	29		

情報知能システムの新展開と その産業応用調査専門委員会委員

委員長 松井哲郎(富士電機)
幹事 岡本卓(千葉大学)
幹事 中澤親志(富士電機)
幹事補佐 鈴木亮平(富士電機)
委員 相吉英太郎(慶應義塾大学)
安部恵介(九州産業大学)
飯間等(京都工芸繊維大学)
石亀篤司(大阪府立大学)
貝原俊也(神戸大学)
片田喜章(摂南大学)
河野幸弘(IHI)
北山哲士(金沢大学)
小坪成一(千葉大学)
小林容子(原子力規制委員会)
鈴木昌和(東海大学)
染谷博司(東海大学)
林孝則(明電舎)
星義克(東京都市大学)
堀内匡(松江工業高等専門学校)
増田和明(神奈川大学)
村上讓司(横河電機)
元木誠(関東学院大学)
森一之(三菱電機)
安田恵一郎(首都大学東京)
横川勝也(東芝)

途中退任 横田恵美(富士電機)
幹事補佐

協力者 増田士朗(首都大学東京)
田村健一(首都大学東京)
近藤智佳子(IHI)
仲矢実(横河電機)
武田朗子(慶應義塾大学)
飯坂達也(富士電機)
伊藤宏幸(ダイキン工業)
小木曾望(大阪府立大学)
村井雅彦(東芝)
福山良和(富士電機)

1. はじめに

産業分野においては、世界的な省エネ、環境負荷低減の要求の中で、産業活動のあらゆる分野でその効率化のための技術開発が進められている。例えば、省資源で製造するために製造品質を確保しつつ歩留まりを向上させる制御技術、小型化しつつ性能を発揮させる設計技術、投資対効果を最大化させる大規模システムの設計、建設、増設の技術、様々な制約を守りながらプラントや機器の運転コストを最小化する運用技術、計画技術など、多くの産業分野で鋭意その技術開発に取り組まれている。これらの技術が対象としている問題は、いずれも「与えられた制約条件の下で、ある目的関数を最大にする解を求める」最適化問題として定式化され、問題の特徴に応じた最適化手法を適用することでその解を求めることができる。

これらの分野では、システムの大規模化、複雑化、周囲環境の変化の速さや不確定化にともなって、従来の方でシステムを最適に構築することが大変困難なものとなってきており、従来法とは全く異なる新しいシステム構築方法の開発が急務となっている。近年、進化、学習、適応、創発といった要素技術を導入することで知的に大規模・複雑システムを最適に構築しようとする方法が注目を集めている。これらの方法には、生物の進化、群知能、免疫機能などにヒントを得たメタヒューリスティクス最適化法、生物の脳にヒントを得たニューラルネットワークや強化学習などの学習法、ファジィ、カオスなどがあり、近年はこれらの方法を計算知能とも総称している。

これまでの本分野の研究はアルゴリズムの開発ととともに応用研究も活発に行われており、実用化事例も増えてきているが、その一方で、ますます多種多様化していく産業システムに対応した新しいアルゴリズムの開発や、問題の特性に応じた適用指針などを明らかにしていく必要がある。このためには、種々の背景をもつ大学、メーカーなどに所属する研究者・技術者らが一堂に会して調査・研究を行う必要がある。しかし、本調査専門委員会のように情報知能システムの理論から産業応用までの幅広い観点から調査活動を行う内外機関はこれまでに見あたらない。したがって、情報知能システムの現状とその産業応用に関する調査を系統的に行い、その成果を広く公表することは、時宜を得た重要なこととなっている。

本技術報告は「情報知能システムの新展開とその産業応用調査専門委員会」の調査研究活動を取りまとめたものである。本調査専門委員会は大学、公共研究機関、企業などに所属する研究者・技術者が一堂に会し、近年急速に発展しつつある情報知能システムの最新動向とその産業応用事例について重点的に調査し、産業応用における課題を明確にすることにより、情報知能システムの産業応用に関する今後の発展に寄与することを目的として設置された。

本調査専門委員会は、委員長、幹事 2 名、幹事補佐 1 名、

委員 21 名の全 25 名で構成され、以下の調査項目を主要な検討課題として活動した。

(1) 情報知能的アルゴリズムの最新動向の調査

Particle Swarm Optimization (PSO)、遺伝的アルゴリズム、アントコロニー最適化法、免疫アルゴリズム、タブー探索法、模擬アニーリング、ディファレンシャルエボリューション、強化学習、ニューラルネットワーク、カオス、ファジィなどの最適化法・学習法を中心とした情報知能的アルゴリズムの最新動向を調査する。

(2) 情報知能的アルゴリズムの特徴の整理

各方法を①理論面、②応用面の両面から、系統的に分類・整理し、方法の特徴や適用限界、問題の特性に応じた設計や適用の指針などを明らかにする。

(3) 情報知能システムの産業分野への適用事例の調査と整理

国内外における産業分野への情報知能システムの適用事例を委員からの報告および文献調査を中心にを行い、系統的にとりまとめる。

(4) 情報知能システムの産業応用に関する今後の展望と課題

(1)~(3)の調査結果を踏まえて、情報知能システムの産業応用の今後の展望と課題をまとめる。「情報知能システムの新展開とその産業応用調査専門委員会」は、平成 23 年 (2011 年) 1 月から平成 24 年 (2012 年) 12 月の 2 年間におよぶ活動期間中に、委員会を 12 回開催し、15 件の事例紹介を行ってきた。また、当調査専門委員会が所属している産業計測制御技術委員会傘下の調査専門委員会/共同研究委員会合同での研究会を平成 23 年 3 月 8、9 日 (発表 10 件、千葉工業大学)、平成 24 年 3 月 6、7 日 (発表 10 件、横浜国立大学) の 2 回開催してきた。

これらの活動の中で、当調査専門委員会では産業応用部門の調査専門委員会として、産業界のニーズを引き出して当該分野の活性化に繋がるような取り組みとして産業界の実問題の特徴を表現したベンチマーク問題を作成することとした。

一般的に、最適化手法、とくに、メタヒューリスティクスの信頼度や速度、得られる解の最適性などの性能を検証するための方法として、標準的なベンチマーク問題が用いられることが多い。代表的な問題としては、連続変数最適化問題を例にとれば、Levy No.5 関数、Rastrigin 関数などをあげることができ、これらの問題への適用を通して、多くの最適化手法の有効性が示されてきた。

これらの問題は適用のしやすさと共に、多くの手法の性能評価に使われていることから手法間の性能比較には有用なものである。しかし、このような標準的なベンチマーク問題は、かならずしも実問題をもとに定式化された問題ではないため、ベンチマーク問題で良い結果が得られた手法が産業分野における実際の最適化問題でも同様に良い結果が得られるとは限らなかった。

そこで、当調査専門委員会では、産業界で扱われている