

氏名 武 多 一 浩

授与した学位 博 士

専攻分野の名称 工 学

学位授与番号 博甲第2688号

学位授与の日付 平成16年 3月25日

学位授与の要件 自然科学研究科基盤生産システム科学専攻

(学位規則第4条第1項該当)

学位論文の題目 強化学習によるコンテナ荷役計画の研究

論文審査委員 教授 井上 昭 教授 鈴木 和彦 教授 宮崎 茂次

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

近年、世界の貿易構造において、付加価値や技術力に応じた生産の適地化と、必要に応じた製品・部品の交換によって支えられる国際的な水平分業システム化が進んでいる。商業港においても、海外の生産拠点・市場間において製品の輸出入が迅速にできる機能が重視されるようになってきた。こうした商業港としての機能強化を可能にしたのが、港湾物流のコンテナ化である。

さらに、近年アジア諸国の国家戦略としての急速な港湾整備によって、港湾の国際競争がますます激しくなっている。そこで、世界レベルの港湾物流を目指すためには、「時間とコストの低減」による物流効率化が必要不可欠な目標である。そのためには、クレーンの高速化等のハード面での整備だけでなく、港湾荷役の効率化などのソフト面を重視した施策が必要であり、IT基盤を利用した高効率な港湾物流システムの実現が望まれている。

そこで、本研究では高効率な港湾物流システム実現のための施策として、コンテナ船へのコンテナの積み込み作業を効率化するためにコンテナをあらかじめ積み込み順に並べ替えておく「マーシャリング作業」に関わるコンテナターミナルの効率的な運用計画手法を新しく提案する。

コンテナのマーシャリング作業を計画する場合、コンテナの配置と移動の組合せを全て記憶しておくことによって、最短時間の手順を探索することで作業計画が可能となる。しかし、コンテナの配置と移動の組合せ数は、コンテナ数が増加するにつれて指数関数的に増大するため、実用規模の問題では、全ての組合せを記憶・利用することは困難である。また、従来法である数理計画法、スケジューリング手法や、遺伝的アルゴリズム (GA) やニューラルネットワーク等の最適化手法を適用した手法も検討されてきたが、これらの手法ではある解が得られるものの、解の改善方法についての検討がされていなかった。

そこで、本研究では強化学習の一手法であるQ-learningを用いたコンテナのマーシャリング作業計画アルゴリズムを提案する。提案手法では、コンテナの配置をシステムの状態、コンテナの移動をシステムの動作とし、コンテナの配置替え、荷繰り作業時間を短縮すべく、コンテナ移動回数やコンテナ移動距離を小さくするように学習・記憶を行う。また、実用規模の問題にQ-learningを用いると状態と行動の組合せ数が大きくなり、必要な記憶容量が膨大になるが、提案手法では有効な探索済みデータのみを記憶する手法を導入し、必要な配置・移動の組合せ数が小さくでき、かつ探索済みデータが再利用できるため、解の高速な探索・改善が可能である。

本研究では、提案手法を次の2つの問題に適用した。

- (1) バッファエリアを持つコンテナターミナルにおけるコンテナ配置換え計画問題
- (2) 一般的なコンテナターミナルにおけるコンテナ荷繰り計画問題

本論文では、各問題に対して提案手法によって高速な解の探索、改善が可能になることを示すとともに、実用規模の問題に対して計算機シミュレーションによってその効果を示した。

論文審査結果の要旨

港湾における物流コストの削減が急務の課題となっている。そのためにはクレーンの高速化等のハード面での整備だけでなく、港湾荷役の効率化などのソフト面を重視した施策が必要であり、IT基盤を利用した高効率な港湾物流システムの実現が望まれている。

そこで、本研究では高効率な港湾物流システム実現のための施策の1つとして、コンテナ船へのコンテナの積み込み作業を効率化するためにコンテナをあらかじめ積み込み順に並べ替えておく「マーシャリング作業」の効率的な運用計画手法を新しく提案している。コンテナのマーシャリング作業計画の場合、コンテナの配置と移動の組合せ数は、コンテナ数が増加するにつれて指数関数的に増大するため、探索の場合の数の削減が大きな課題である。従来、数理計画法、スケジューリング手法や、遺伝的アルゴリズム (GA) やニューラルネットワーク等の手法が検討されてきたが、探索時間の削減等に有効ではなかった。

そこで、本研究では強化学習の一手法であるQ-learningを用いたコンテナのマーシャリング作業計画アルゴリズムを提案している。提案手法では、コンテナの配置をシステムの状態、コンテナの移動をシステムの動作とし、コンテナの配置替え、荷繰り作業時間を短縮すべく、コンテナ移動回数やコンテナ移動距離を小さくするように学習・記憶を行っている。さらに、有効な探索済みデータのみを記憶する手法を導入し、必要な配置・移動の組合せ数が小さくでき、かつ探索済みデータを再利用して、解の高速な探索・改善を可能としている。

本研究では、提案手法を(1)バッファエリアを持つコンテナターミナルにおけるコンテナ配置換え計画問題、(2)一般的なコンテナターミナルにおけるコンテナ荷繰り計画問題に適用し、それぞれ高速な解の探索、改善が可能になることを示すとともに、実用規模の問題に対しても計算機シミュレーションによってその効果を示している。

以上のように本論文の研究成果は、システム工学の分野において独創性と実用性に優れ、博士(工学)の学位論文に値するものと認める。