

# 高品質な保守サービス提供を目指した エージェントシミュレーションと最適化による施策立案支援

Maintenance Operation Scheme Design Support Using Agent Simulation and Optimization

中島 達哉<sup>\*1</sup> 桑畑 雄大<sup>\*1</sup> 有馬 達也<sup>\*2</sup> 新小田 剛<sup>\*2</sup> 鈴木 唯司<sup>\*3</sup> 奥田 滋<sup>\*3</sup>  
Tatsuya Nakashima Yudai Kuwahata Tatsuya Arima Tsuyoshi Shinkoda Tadashi Suzuki Shigeru Okuda  
奥田 憲昭<sup>\*3</sup> 嶺脇 隆邦<sup>\*4</sup> 中尾 英明<sup>\*2</sup> 井上 進<sup>\*2</sup> 小野 智司<sup>\*1</sup>  
Noriaki Okuda Takakuni Minewaki Hideaki Nakao Susumu Inoue Satoshi Ono

<sup>\*1</sup>鹿児島大学大学院 理工学研究科 情報生体システム工学専攻

Department of Information Science and Biomedical Engineering, Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

<sup>\*2</sup>リコー IT ソリューションズ株式会社 <sup>\*3</sup>リコー ジャパン株式会社  
Ricoh IT Solutions Co.,Ltd. RICOH JAPAN Corp.

<sup>\*4</sup>株式会社リコー システム研究センター  
System Research & Development Center, Ricoh Company, Ltd.

This paper proposes a method for human resource allocation to customers, which utilizes agent simulation for potential solution evaluation during optimization. In the simulation, maintenance tasks are assigned to human resources, and they go to their customers and recover failures. Selection from more than one maintenance task is performed with classifiers such as decision tree that trains priority between two tasks from past maintenance operation history. The proposed method allows predicting change of maintenance quality when introducing a new operation scheme.

## 1. はじめに

迅速な保守対応を可能とするサービスの提供は、顧客が製品や企業等を選定する際の重要な基準となる。一方で近年、製造業における生産品質改善の積み重ねにより、機器の故障や不具合の発生頻度は低下の一途を辿っている。機器が自身をモニタリングし、消耗品の交換時期や不具合の発生を予測して製造者の保守管理部門に通報する技術も実用化されており、不具合の顕在化や障害の発生を未然に防ぐ予防保守の考え方も広まっている。また、高速交通機関の発展により、特に、地方での1つの保守拠点で対応可能な範囲が拡大している。以上のことから、従来からの高い保守品質を落とすことなく、保守サービスを提供するために必要な人員の削減と他の業務への人的資源の充当の実現が期待されている。特に、長期的には就労人口の低下の傾向は明確であることから、高度情報化社会の進展に伴う業態の変化を踏まえつつ人的資源の再配置を実施することは、企業のみならず自治体等においても不可避の課題である。

人的資源の再配置を行う際は、保守品質を改善（または最低でも現状の水準を維持）することが重要となる。このため、人的資源の割り当てを変更した結果の保守品質の変化を適切に推定する技術の実現が望まれている。一般に、企業等では業務の実施履歴が多様な形式で蓄積されており、このデータをもとにすることで上記の品質の変化の予測が可能となると考える。

本研究では、人的資源をエージェントとしてモデル化し、エージェントシミュレーションを行うことで、人的資源の再配置を行う場合や新たな施策を導入する場合に業務の品質の変化を予測する方式を提案する。提案方式では、過去の業務履歴をもとにした学習を行うことでエージェントを設計する。また、人

的資源の割り当ては最適化により決定し、あらかじめ定めた保守品質を基準として人的資源割当の評価を行う。提案方式における最適化は、必ずしも最適な人的資源割当の決定を目的とするためではなく、施策の導入による保守品質指標の変化を予測するために、妥当な人的資源の割当を決定することが目的となる。ここで、保守業務における施策とは、顧客に対する人的資源の割当の方針や、人的資源の行動規則の変更等を指す。

## 2. 関連研究

保守業務の効率化は製造業における重要な取り組みであり、多様な業務管理システムや業務効率化方式が開発されている [難波 07]。シミュレーションによりコールセンタにおけるオペレータの配置から対応品質を算出する方式が提案されている [佐々木 01]。また、フィールド業務のシミュレーションを行う方式も提案されている [Lin 02]。

## 3. 提案手法

### 3.1 概要

本論文では、保守業務効率の改善を目的とした、マルチエージェントシステムと最適化を用いた人的資源配置方式を提案する。提案方式の利用により、保守業務において新たな施策を導入した際の保守品質指標の変動の予測や、保守品質を維持しつつ人的資源割当の変更などを実現することが可能となる。

### 3.2 構成

図1に提案手法の構成と処理手順を示す。提案手法はシミュレータとソルバから構成される。ソルバは人的資源割当ての決定、および、評価を繰り返すことで最適な割当てを求める。シミュレータはソルバからの人的資源割当を受け取り、業務のシミュレーションを行う。ソルバは、シミュレータから受け取った業務シミュレーション結果から品質管理指標を算出する。

連絡先: 小野智司, 鹿児島大学大学院 理工学研究科 情報生体システム工学専攻, 〒 890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40, ono@ibe.kagoshima-u.ac.jp

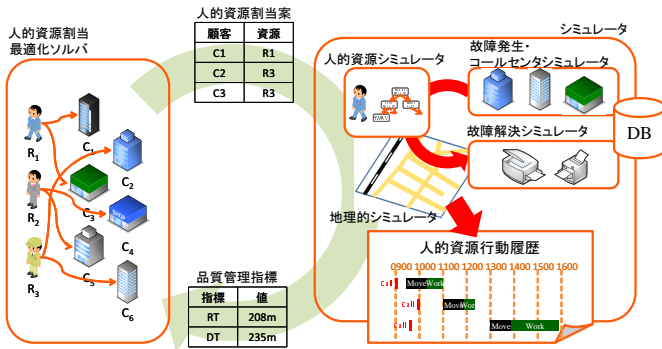


図 1: 提案手法の構成

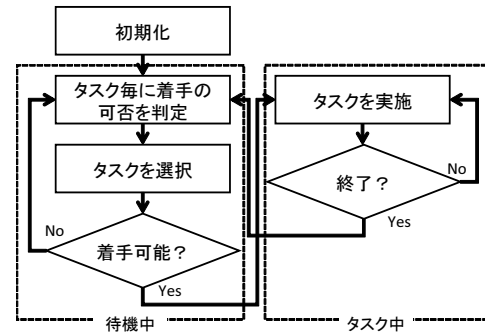


図 4: 人的資源の処理手順

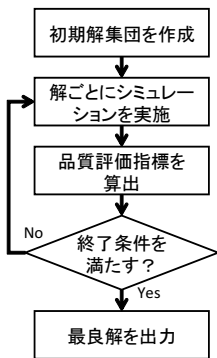


図 2: 最適化ソルバの処理手順

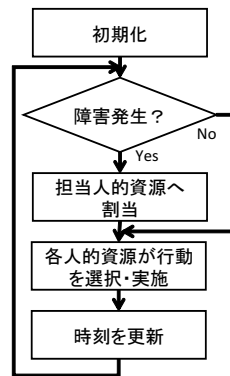


図 3: シミュレータの処理手順

### 3.3 最適化ソルバ

人的資源の割当ては、顧客  $C_1, C_2, \dots, C_{N_C}$  に人的資源  $R_1, R_2, \dots, R_{N_R}$  を割り当てる組み合わせ最適化問題である。その探索空間のサイズは、顧客の総数を  $N_C$ 、人的資源の総数を  $N_R$  とすると、 $(N_R)^{N_C}$  となる。

提案手法では、現実的な時間内に準最適な解を発見することが目的であり、特に、解をシミュレーションにより評価するために処理時間を要することから、多点探索型のメタヒューリスティクスを用いて最適化を行う。図 2 に最適化ソルバの処理手順を示す。解候補の生成および評価を繰り返すことで、良好な割当て案の作成を行う。あらかじめ定められた繰り返し回数を満たした場合や、あらかじめ定められた品質の解を発見した場合に最適化を終了し、解候補集団内で最良の解を出力する。解候補の評価は次節で述べるシミュレーションによって行う。

### 3.4 シミュレーション

提案手法では、与えられた人的資源割当てに基づいて保守業務のシミュレーションを行い、解候補の評価を行う。シミュレータは、人的資源シミュレータに加え、コールセンターシミュレータ、故障解決シミュレータ、および、地理的シミュレータからなる。

コールセンターシミュレータは故障発生シミュレータを兼ねており、過去に実際に発生した故障履歴情報に基づくか、または、架空の故障発生情報に基づいて、顧客に納入した機器で故障が発生したものととして保守タスクを生成し、人的資源に保守タスクを割り当てる。

人的資源シミュレータは、図 4 に示す手順にもとづき、人的資源の行動を決定する。人的資源には、待機中と作業中の 2 つの状態が存在する。保守タスクがコールセンターによって割

り当てられていない場合、あるいは、着手可能なタスクがない場合は、拠点または直前のタスクを終えた場所で待機するものとし、着手可能なタスクが割り当てられた場合に、当該タスクを実施する。タスクは、当該顧客への移動および保守作業の 2 つの行動を含む。タスクの種類によっては、保守作業を行える時間が限定されていることがある。

また、複数のタスクを抱えている場合は、どのタスクを優先するかを過去の行動履歴をもとに決定する。提案手法では、決定木学習等の手法を用いてペアワイズでタスク間の優先度を学習し、人的資源の行動シミュレーションを行う。

保守作業によって障害が解決したかどうかは、発生した障害の種類に応じて、故障解決シミュレータによって決定する。障害が解決しない場合は、保守部品を手配し、後日再度当該顧客を訪問し、保守作業を行うものとする。

シミュレーションを行った結果得られる保守業務履歴に基づいて保守品質指標を算出し、人的資源割当ての評価値としてソルバに返す。保守品質指標として、顧客から連絡を受けてから人的資源が顧客のもとに到着するまでの時間（応答時間）、顧客に導入した機器で障害が発生し、復旧を終えるまでの時間（停止時間）、一度の顧客訪問で障害を復旧できた割合等を用いる。

## 4. まとめ

本論文では、エージェントシミュレーションと最適化の組み合わせにより人的資源を顧客に割当てを行うことで、新たな方策を導入した際に保守品質指標の変化を予測する方式を提案した。提案方式は、過去の業務履歴をもとに人的資源エージェントを構築する点、および、人的資源の移動を含めてシミュレーションを行う点に特徴がある。今後、実際の保守業務履歴に対して提案手法を適用し、その有効性を検証する。

## 参考文献

[Lin 02] Lin, Y., Hsu, A., and Rajamani, R.: Maintenance and repair: a simulation model for field service with condition-based maintenance, in *Proc. Conf. Winter simulation: exploring new frontiers*, pp. 1885–1890, (2002)

[難波 07] 難波 功, 山中 英樹, 柳瀬 隆史: サポート業務効率化のための分析技術, 雑誌 FUJITSU, Vol. 58, No. 3, pp. 194–199 (2007)

[佐々木 01] 佐々木 潤, 森 俊彦, 龍尾 信哉, 上田 元春: コールセンターにおけるリソースシミュレーション方法およびシステム, 特開 2003-150891 (2001)