

# 部品エージェントを用いた製品分解支援システム

中央大学 ○本多裕一, ◎平岡弘之

## 要旨

循環型社会の実現に向けて、リユースを促進させるために、個々の部品をライフサイクル全体にわたって管理する部品エージェントシステムを開発している。先行研究では、ARによって製品の分解手順を表示し、ユーザの分解を補助する分解支援システムを開発した。本報告では、部品エージェントが管理している運用情報を分解支援システムに適用する手法を開発したので報告する。

## 1. 序論

今日の環境問題は、大量生産・大量消費・大量廃棄型の現代社会における過大な環境負荷が原因である<sup>[1]</sup>。そのため生産から流通、消費、廃棄に至るまで物質の効率的な利用を進め、環境への負荷が少ない循環型社会を形成することが急務である。循環型社会の実現のためには、3Rである Reduce, Reuse, Recycle の推進が不可欠であり、中でも Reuse は使用した製品や部品そのまま再利用するため効率がよく、強く推進していくべきである。製品だけでなく、製品に構成されている部品単位で再利用をすることで、より Reuse を促進させることができる。部品の Reuse をするためには、製品を分解して部品を取り出さなければならない。また、構成されている部品の残存寿命から Reuse できるかを判断する必要がある。そのため、部品の設計情報や使用時間、運用履歴などを把握しなければならない。

我々は、ネットワークエージェントを利用して製品の元となる部品の情報を管理する部品エージェントシステムを開発している<sup>[2]</sup>。部品エージェントシステムの概要図を Fig. 1 に示す。製造、組立、使用、修理といった工程を通る部品の流れにおいて、エージェントが部品に追従することで部品のライフサイクルを管理する。また、組立構造や分解順序データから実際の分解手順を生成し、AR を用いて製品上に分解手順をオーバーレイ表示させることで、ユーザの製品分解を支援する分解支援システムを開発している。

本研究では部品エージェントと分解支援システムを連携させることで、エージェントが持つ部品の運用情報を分解支援システムに送り、分解手順を表示させることを目的とする。

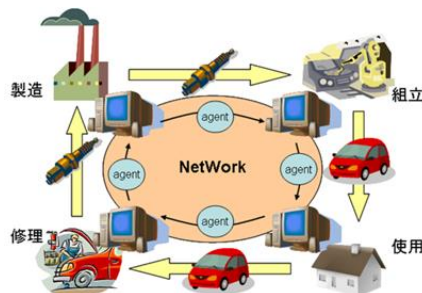


Fig. 1 部品エージェントシステム

## 2. 部品エージェントによる分解支援

製品に構成されている部品を Reuse するためには、製品を分解しなければならない。しかし分解の知識がないユーザが製品を分解することは難しい。そこでユーザの製品分解を支援する分解支援システムを開発している。分解支援システムとは、PC のディスプレイに表示したカメラ画像の上に分解手順をオーバーレイ表示することで、ユーザの分解を補助するシステムである。分解支援システムを活用するためには製品モデルデータ、組立情報、分解順序情報が必要である。また、部品が再利用できるかの判断を行い、ユーザに適切な Reuse の時期を伝えることによって、Reuse を促進させることができる。部品エージェントを用いることで、部品データの収集・管理や Reuse ができるかの判断をすることが可能になる。本研究では、部品エージェントと分解支援システムを連携させるために、部品エージェントから分解支援システムに分解に必要な情報を送る手法の開発を行った。

## 3. 部品エージェントシステム

部品エージェントシステムとは、ネットワークエージェントを部品一個単位において利用することで、製品のライフサイクルにおける情報を管理するものであり、我々は部品エージェントと呼んでいる。

ネットワークエージェントとは、ネットワーク上で自律的に機能するプログラムの総称で、人間の代わりに必要な情報を集め、状況に合わせて適切な行動をするなどの機能を有する。ネットワークエージェントを部品に適応させることで、部品の運用情報や劣化情報を収集し管理することが可能である。管理している情報は製品をリユースする際に適切な処理を行うための判断材料として利用する。また、エージェント同士で情報の送受信を行なう機能を有している。部品のエージェントから製品のエージェントに情報を送り、製品のエージェントが部品の情報をすべて管理し、各部品の状態に応じた適切な判断をする。

本研究では JADE<sup>[3]</sup>と呼ばれるネットワークエージェントプラットフォームを使用している。JADE とは Java で記述されたオープンソースのエージェントプラットフォームであり、最近まで更新が続けられているエージェントプラットフォームの一つである。ACLMessage クラスと呼ばれるエージェントの通信機能によってエージェント間で情報の送受信を行うことが可能である。

## 4. 分解支援システム

分解支援システムとは、PC のディスプレイに表示したカメラ画像の上に分解手順をオーバーレイ表示することで、ユーザの分解を補助するシステムである<sup>[2]</sup>。分解支援システムの構成を Fig. 2 に示す。

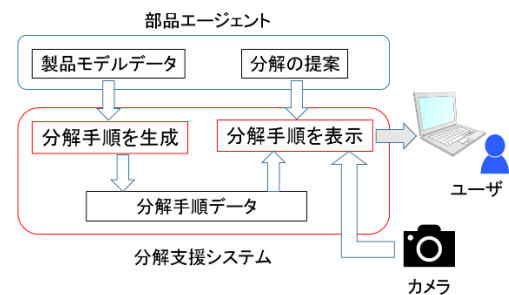


Fig. 2 分解支援システムの構成

故障などの原因で製品の Reuse ができなくても、構成されている部品は Reuse できる場合がある。その場合、部品の残存価値などに応じて部品エージェントがユーザに分解を提案する。ユーザが分解を判断したら、エージェントシステムが分解支援システムを起動する。分解支援システムは製品モデルデータ、組立情報、分解順序情報を部品エージェントから受け取る。それらのデータから必要な分解手順を生成し、分解手順をユーザに提示することによって分解を支援する。

分解支援情報は、OpenCV<sup>[4]</sup>と呼ばれる画像処理ライブラリを用いて画像認識のためのプログラムを作成し、マーカー検出、オーバーレイ表示などを行う。オーバーレイ表示を行うためのプログラムは次のようになっている。まず事前にカメラのキャリブレーションを行う。次にカメラから画像を取得し、画像に平滑化、グレースケール化、2 値化を行う。輪郭抽出をして目印となるマーカーを探し、マーカーによって画像と実世界を対応させ、カメラの外部パラメータを算出する。そのパラメータを用いてオーバーレイ表示したい 3 次元物体の各点の三次元座標を二次元座標に変換し、二次元座標を画像上に重ねるこ

とでオーバーレイ表示をする。

先行研究で開発された分解支援システムのプロトタイプを Fig. 3 に示す。ノート PC のふたを外し、メモリを取り出すまでの一連の流れにおける分解手順を表示させた。製品に貼り付けたマーカをカメラで認識することで、分解に必要な情報を製品上にオーバーレイ表示する。マーカを基準に構成部品の位置を表すことが可能である。



Fig. 3 分解支援システムによる分解手順の表示

## 5. 部品エージェントと分解支援システムの連携

### 5.1 連携の概要

分解手順を表示するためには、製品や各部品の形状データ、組付関係データ、分解順序データなどが必要である。しかし分解支援システムはそれらの情報を収集することができない。先行研究ではノート PC からふたを外し、メモリを取り出すまでの分解手順を表示する分解支援システムのプロトタイプが開発された。プロトタイプでは手順表示に必要な形状データや組付関係データはシステムに直接書き込まれている。部品エージェントと連携させ、エージェントから運用情報や形状データを取得することで、より実用的なシステムになる。部品エージェントの役割は、部品の形状データや組付関係データを管理し、分解支援システムに情報を送ることである。また、ネットワーク上を移動して、各部品の運用情報や劣化情報を収集して、再利用可能かを判断し、ユーザに Reuse すべきかどうかの提案を行う。

### 5.2 副組立品の扱い

既存の部品エージェントシステムは、部品ごとにエージェントが対応し、それぞれのエージェントが保全行動を提案していた。しかし、副組立品の状態での取り出しなど、単一の部品だけでは保全行動を判断できない場合がある。そこで、製品、副組立品、部品にそれぞれ対応するエージェントを作成した。Reuse 判断を行うとき、製品のエージェントが部品と副組立品の情報を収集し、総合的な判断を行う。これらは Fig. 4 に示すように、製品構造に従って階層構造を作る。

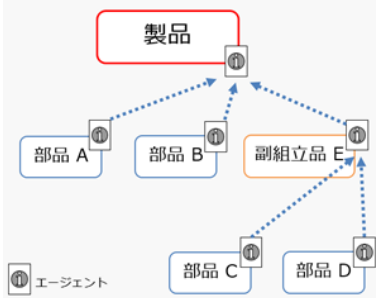


Fig. 4 製品を構成するエージェント

Fig. 4 を例にすると、製品に直接構成されている部品 A、部品 B のエージェントは製品のエージェントに情報を送信する。部品 C と部品 D は副組立品に構成されているので、副組立品 E のエージェントに情報を送り、副組立品 E が部品 C と部品 D の情報をまとめて製品のエージェントに情報を送信する。そうすることで副組立品の状態で取り出すかの判断が可能になる。

### 5.3 エージェントによる通信試験

部品エージェントから分解支援システムに情報を送るために、エージェント同士で情報の送受信を行う通信試験を行った。まず、製品が部品 A、B、C、D で構成されているとして、それぞれにエージェントを作成した。次に各部品のエージェントに劣化情報とみなした 0 から 100 の間で数字を持たせる。各部品のエージェントから製品のエージェントに数字を送り、製品のエージェントは送られてきた数字をもとに Reuse が可能かを判断する。今回の試験では 90 以上の数字が

送られてきたら、Reuse 可能な部品があると判断し、分解支援システムを起動する。試験の結果を Fig. 5 に示す。



Fig. 5 エージェントによる通信試験

エージェント間の情報通信を行い、正しく情報を送れることが確認できた。また、エージェントから分解支援システムを起動させることができることを確認した。

### 5.4 形状データの情報通信

エージェントの通信機能を用いて、先行研究で開発された分解支援システムのプロトタイプを改善した。プロトタイプに直接書き込まれているノート PC の製品モデルデータを Fig. 6 に示す。

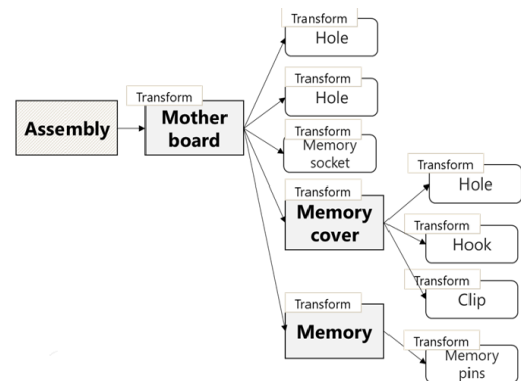


Fig. 6 ノート PC の製品モデルデータ

部品の形状データを部品のエージェントに持たせることにして、分解に必要なデータを毎回エージェントから取得することにした。今回は、ノート PC のメモリとメモリアバターの形状データをノート PC のエージェントに送る。あらかじめノート PC のエージェントに持たせていた組付関係データ、分解順序データ、ノート PC の形状データをまとめて分解支援システムに送り、分解手順を表示させることに成功した。今まではノート PC の分解しか行なうことができなかったが、部品エージェントから情報を受信することで他の製品の分解にも対応できるようになった。

### 5.5 考察

通信試験により、今まではノート PC の分解しか行なうことができなかったが、部品エージェントから情報を受信することで他の製品の分解に対応するための基盤を作った。今回はエージェントによる通信で、部品の形状データしか送っていないため、組付関係データもエージェント通信で送り、分解手順データを作成する必要がある。

## 6. 結論

部品エージェントと連携することで、分解支援に必要な部品データを入力する手法を開発した。今後の展望として、副組立品を含んでいる複雑な構造をした製品で分解実験を行い、エージェントによる形状データや組付関係データなどの情報伝達が正しく行われているか確認する必要がある。

### 参考文献

- [1] 環境省, <http://www.env.go.jp/annai/index.html> (2019/01/23 閲覧)
- [2] 長沢篤, 機械部品リユースのための部品エージェントを用いた分解支援, 中央大学, 修士論文, 2018
- [3] Jade Site, <http://jade.tilab.com/> (2019/01/23 閲覧)
- [4] OpenCV Site, <https://opencv.org/> (2019/01/23 閲覧)