

部品エージェントを用いたモジュール交換システムの開発

中央大学 ○深澤佑樹, ◎平岡弘之

要旨

近年求められている循環型社会への移行を促進するために、部品エージェントを用いてユーザのリユース行動を支援するシステムを開発している。本研究では、モジュールに部品エージェントを割り当てた四節リンク構造の3自由度マニピュレータを作成し、部品エージェントが各モジュールに対する負荷を均等にするようにモジュールの交換を行うシステムを開発した。このシステムで交換実験を行った結果を報告する。

1. 序論

現在、環境問題を解決するため環境への負荷が少ない循環型社会への移行が求められている。しかし循環型社会が推進する3Rの内リユースはリサイクルに比べ環境に与える効果大きい^[1]があまり普及していない。その原因としてはリユース品の機能や性能がどのくらい劣化しているかなどがユーザから見えにくい点にある。リユースを普及させるためには、部品の使用状況から劣化の進展や故障を予想するといった機能を持つシステムが望まれ、これらの機能を実現するためにネットワークエージェントとRFIDを用いた部品エージェントシステムを開発している。

先行研究では部品エージェントの動作に基づく部品のライフサイクルシミュレーション^[2]を行うために、部品エージェントを用いたモジュール交換対応マニピュレータの開発とモジュール交換システムが提案された^[3]。本研究では提案されたマニピュレータを作成し、部品エージェントが各モジュールに対する負荷を均等にするようにモジュールの交換を行うシステムの開発とモジュール交換実験を行った。本報告では劣化推定に必要な劣化モデルを求める予備実験とモジュール交換実験の結果を報告する。

2. モジュール交換の基本構想

モジュール交換システムの基本構想をFig. 1に示す。使用する製品は複数のモジュール部品によって構成され、それぞれのモジュールにRFIDタグを取り付ける。これらのタグによってモジュールの識別と1つのモジュールにつき1つ割り当てられている部品エージェントとの関連付けを行う。コンピュータは、製品を制御する機能の他にモジュールに取り付けられたセンサの値を収集してモジュールの状態を把握するために使用し、収集した情報をネットワーク上のデータベースおよびモジュールに対応する部品エージェントに送信する。部品エージェントは、部品の生産から廃棄までのライフサイクルを管理しその部品の劣化や故障を予測する。この機能により部品エージェントは、送られてきた情報やデータベースの情報に基づいて対応するモジュールの劣化状態を予測し、劣化の進行度に応じて他の部品エージェントと連携してリユース相手のモジュールを選択する。リユース相手が見つかったら劣化したモジュールが所属している製品のコンピュータがユーザにリユースを提案する。

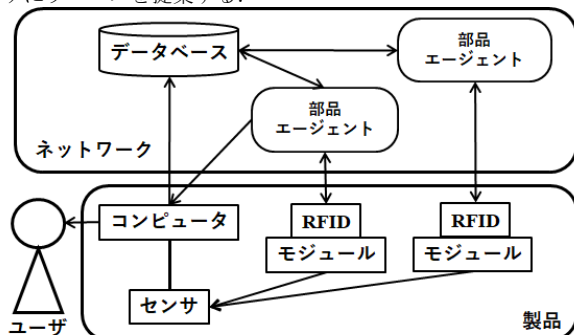


Fig. 1 モジュール交換システムの基本構想

部品エージェントシステムは、部品の生産から廃棄までのライフサイクルを管理し、その部品の劣化や故障を予測できる。部品エージェントシステムの構想をFig. 2に示す。部品エージェント

は管理対象の部品個々に割り当てられているネットワークエージェントである。ネットワークエージェントはプログラム単体での自律的な処理の実行とネットワーク上の移動ができるため、ネットワークに接続されていれば、どこでも製品や部品の状態を把握することができる^[4]。RFID技術に基づく電子タグもしくは通信機能を有するマイクロコントローラを部品作成時に取り付け、部品が廃棄されるまで部品とネットワーク上の部品エージェントを繋げることで、部品のライフサイクル全体にわたって管理する。

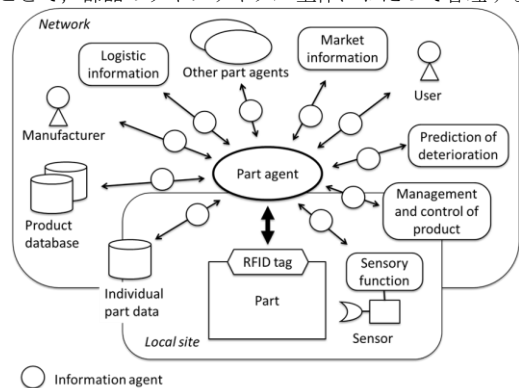


Fig. 2 部品エージェントシステム

3. モジュール交換システムの構築

3.1. 交換システムの構想

モジュール交換の流れをFig. 3に示す。部品エージェントは、コンピュータから送られてきたモジュールの情報に基づいてモジュールの劣化を推定する。部品エージェントが既定よりも高いモジュールの劣化を推定すると、それ以上劣化を進行させないために、そのモジュールが所属しているマニピュレータに対して停止指令を送り、次に他の部品エージェントと連携して交換先モジュールの作業量や交換されるモジュールの劣化進行度などを考慮して、交換相手となる適切なモジュールを探す。交換相手のモジュールが見つかったら、コンピュータを介してユーザにモジュールの交換を提案する。部品エージェントを用いてモジュールの管理とユーザサポートを行うことでモジュールの再利用を促進する^[5]。

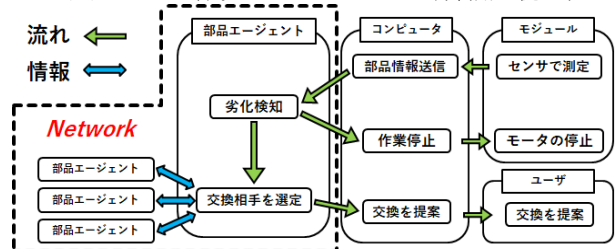


Fig. 3 モジュール交換の流れ

3.2. 交換モジュール

部品エージェントを用いたモジュール交換対応マニピュレータをFig. 4に示す。このマニピュレータは3自由度構造のマニピュレータであり、2つの四節リンク構造を持っているので手先の姿勢は常に変わらなくなっている。根本から順にベースモ

ジュール, 第1リンクモジュール (以降, 第1リンク), 第2リンクモジュール (以降, 第2リンク) から構成され, 手先は電磁石となっており実験では磁性のある金属を運搬物とする. 第1, 第2のリンクモジュールは全く同じモジュールとなっており取り付け取り外しが容易である. そのためマニピュレータ間でのモジュール交換が可能となる^[1].

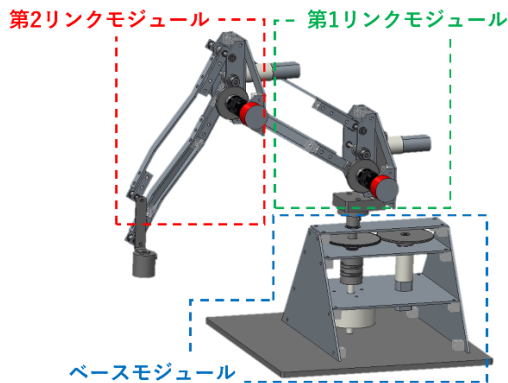


Fig. 4 モジュール交換対応マニピュレータ

4. 予備実験

モジュール交換ではその過程でモジュールの劣化推定をする必要があり, 劣化モデルを元に部品エージェントが推定を行う. モジュールは作業負荷による摩耗などが原因で劣化していくと, 規定の動作のために必要なモータへの出力電圧が増えると考えられる. そのため実際にモジュールに負荷を与え, 制御情報を元にモジュールの劣化を推定する必要がある.

予備実験として, モジュールの劣化を推定するための劣化モデルの作成を行った. 初めに実験条件を説明する. 実験はモジュールごとに行う. モジュールの最大トルクが $6225\text{gf}\cdot\text{cm}$ と $1350\text{gf}\cdot\text{cm}$ になるようにアーム先端に重りを取り付ける. 動作方法はモジュールのアーム角度を 0° (水平)にしてアームを 45° 上昇させる. アーム角度が 45° に到達したら 0° まで下降させる. この動作をどちらかのモジュールが動作不能になるまで繰り返す.

次に劣化モデルの作成方法を説明する. 本研究では劣化量を動作ごとの出力電圧から初回動作の出力電圧を引いたものとする. 劣化モデルはこの劣化量を動作ごとに加算していき最小二乗法を用いて線形近似したものとする.

予備実験の結果と劣化モデルを Fig. 5 に示す. 縦軸は劣化量を動作ごとに加算したもの, 横軸は動作回数である. モジュールに加わる負荷が異なることで, 時間が経過するにあたり劣化量に差が出ていく. 負荷の大きいモジュールが 1020 回目では動作不能となり実験を終了した. 実験終了後に実験装置を確認したところ歯車が摩耗し摩耗粉が確認できた. 劣化量の上昇は歯車の摩耗により増加したものと推測される. 劣化モデルはこの劣化量を動作ごとに加算していき二次近似したものとする.

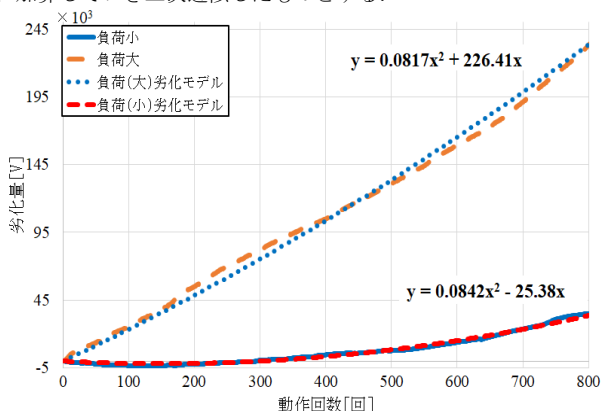


Fig. 5 予備実験結果

5. モジュール交換実験

5.1. 実験目的と条件

本実験は出力電圧の変化からモジュールの劣化量を算出し各モジュールの負荷が均等になるようにモジュール交換を行う.

モジュール交換実験の方法と条件を説明する. 1 台のマニピュレータを用いて行う. まず第1リンク, 第2リンクの角度を 0° (水平)にして第1リンクを 45° 上昇させる. 次に第2リンクを 45° 上昇させ 45° に到達したら直ぐに 0° まで下降させる. 第2リンクが 0° に到達したら第1リンクを 0° まで下降させる. この動作を繰り返す. 実験中は目標角度, 現在角度, 出力を常に記録する. この実験はマニピュレータに 50g の金属を保持させて行う. 最大トルクは根本側のモジュールが $6225\text{gf}\cdot\text{cm}$ 手先側のモジュールが $1350\text{gf}\cdot\text{cm}$ である. 予備実験で得られた劣化モデルから, モジュールの劣化量が均一になるようにモジュールの交換を行うことができる. 予備実験で負荷の大きいモジュールが 1020 回で動作不能になったことを考慮し本実験では動作回数が 500 回となった時に第1リンクと第2リンクを交換する. また, どちらかのモジュールが動作不能となった時点で終了とする.

5.2. 実験結果

実験結果を Fig. 6 に示す. 第2リンクが 786 回で動作不能となったため実験を終了した. 縦軸は劣化量を動作ごとに加算したものの, 横軸は動作回数である. この結果から予備実験で得られた劣化モデルと比べ, どちらのリンクモジュールも劣化モデル通りの劣化をしなかった. これはマニピュレータが手作りで品質にばらつきがあるためであると推測され, 予備実験で得られた劣化モデルの汎用性は低いことが分かる.

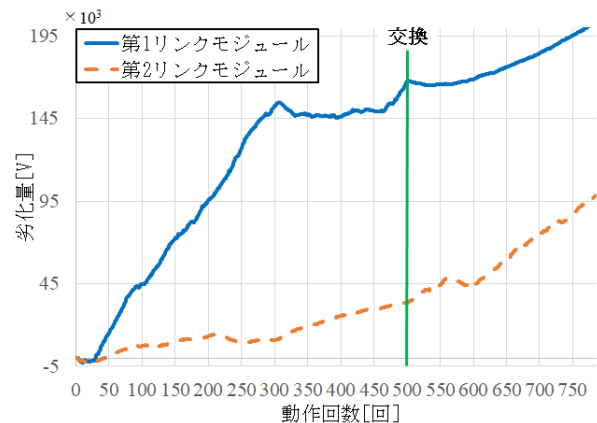


Fig. 6 モジュール交換実験結果

6. 考察

現状のモジュール交換システムでは劣化予測の機能を組み込んでいないため, 出力電圧や角度の情報からリアルタイムの劣化予測と交換相手の選定が行えない. 部品エージェントのネットワーク上を移動する機能が無いため将来的にはネットワークエージェントを用いてモジュール交換を行うべきである.

また, マニピュレータは姿勢制御により関節への負荷が変化するので劣化の進行度を定量的に測ることはできない. そのためマニピュレータの劣化マップを作る必要がある.

7. 結論

部品エージェントを用いたモジュール交換システムを提案した. モジュールの劣化モデルを予備実験から求めた. また, 負荷の均一化を目的としたモジュール交換実験を行った.

今後は出力電圧の変化から劣化をリアルタイムで評価し交換を行うシステムを開発するとともにモジュール交換対応マニピュレータの品質向上と劣化モデルの作成を目指す.

参考文献

- [1] 環境省 使用済製品等のリユースの促進について <http://www.env.go.jp/recycle/circul/reuse/index.html> (2019/1/30 閲覧).
- [2] 田中淳, 平岡弘之, "部品エージェントに支援される部品個体のライフサイクルシミュレーション～部品リユースを促進する要因～", 精密工学会春季大会, pp.665-666, 2009.
- [3] 福増悠貴, 平岡弘之, "部品エージェントを用いたマニピュレータ間のモジュール交換", 精密工学会春季大会, pp.803-804, 2018.
- [4] 堀井一樹, 平岡弘之, "部品エージェントによるユーザ間部品交換支援", 精密工学会春季大会, pp. 927-928, 2012.