

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560137

研究課題名(和文) ネットワークエージェントと電子タグを用いた機械部品のリユース支援

研究課題名(英文) Promotion of Reuse of Mechanical Parts Using Network Agents and RFID Tags

研究代表者

平岡 弘之 (HIRAOKA HIROYUKI)

中央大学 理工学部 教授

研究者番号：20165161

研究成果の概要(和文)：ネットワークエージェントと RFID を組み合わせた部品エージェントにより個々の部品をライフサイクルにわたって管理するシステムを提案し、そのプロトタイプを開発した。パソコンに本システムを適用し、ハードディスク装置の不具合検出機能を利用した迅速な部品交換を実現した。部品個々のライフサイクルシミュレーションにより、本システムの有用性を示すとともに、ユーザの多様な選好が部品リユースを促進する可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：Part agent that consists of network agent and RFID is proposed to manage the corresponding part through its life cycle. A prototype system is developed and is applied to small computers. It is shown that hard disk drives can be replaced without delay by part agent that utilizes their error detecting function. Life cycle simulation is developed to investigate the effectiveness of part agent and it is revealed that diversity of user preference on maintenance may promote the reuse of parts.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2009年度	200,000	60,000	260,000
2010年度	100,000	30,000	130,000
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・設計工学・機械機能要素・トライボロジー

キーワード：ライフサイクル設計, リユース支援

1. 研究開始当初の背景

世界の持続的発展のためには、機械製品の製造は、部品をできるだけ新規生産せず、リサイクル、リユースすることが求められている。しかし、機械部品のリユースは環境負荷削減の効果が大きいと見込まれているにもかかわらず、製品のリースなどの特殊な状況下以外にはなかなか実現されていない。循環型生産の困難さは、生産者が、予測不可能な、利用者・消費者の購買・廃棄行動を考慮にいて製品の生産を行なわねばならない点に

ある。アップグレードに基づく再利用やライフサイクルシミュレーションの活用などさまざまな研究が進められているものの、変動する市場に生産者が対応できる有効な循環生産の手法は見いだされていない。また、このような生産者側の視点ではなく、利用者、消費者の視点に立った製品循環は、その効果やそれを支援するしくみについて研究されてこなかった。

製品に電子タグ機能やネットワーク機能をもつ計算機ユニットを貼付けて製品の状

態を監視するしくみの提案，開発はされているが，製品の運用，保全を対象とし，部品の循環への対応については考慮されていない．個々の部品に RFID をつけ部品製造企業がもつデータベースにより部品のライフサイクルにわたる管理を行う提案もあるが，部品側で部品自身のデータを管理するという手法はない．

2. 研究の目的

個々の部品に対応するネットワークエージェントと RFID (電子タグ) を組み合わせた部品エージェントを開発し，部品の再利用と循環を促進するしくみを提案，構築する．特に，部品の保全に関する多様なユーザの選好が部品の再利用を促進する可能性を示す．部品エージェントは，個々の製品の劣化状況，利用者の意向，利用環境，市場動向などを収集し，製品に対する適切な行動の情報を利用者に提供することをめざす．部品エージェントは，ネットワーク内を部品に従って移動し，部品や，ユーザ，市場などと情報交換を行い，適切な判断をくだして，ユーザに提示する．本研究では，このようなしくみを実現する基本的な技術の開発と，循環を促進する要因を明らかにすることをめざす．主な研究項目は次のとおりである．

(1) 部品エージェントの実装技術の開発：部品のリユースを推進するために，部品エージェントによる部品の情報化とその実装方法を研究する

(2) 部品エージェントに基づく部品のライフサイクルシミュレーション：提案する部品エージェントシステムにより，部品の循環が促進されるための要因を明らかにするために，部品のライフサイクルにわたり，部品，部品エージェント，生産者，ユーザ等の関係者の挙動をシミュレーションするしくみを開発する．

3. 研究の方法

(1) 部品エージェントの実装技術の開発：RFID システムとネットワークエージェントを用いて部品エージェントのプロトタイプシステムを構築した．RFID システムには本補助金で購入した μ Chip システムを用い，ネットワークエージェントには当初予定の Voyager をやめ，より安定した Aglets を採用した．このシステムに，ユーザインタフェースとして Servlet を，データベースとして MySQL を追加して構築した．このプロトタイプシステムを基礎に，部品のリユースを促進するために消費者，生産者を支援する機能を開発した．

(2) 部品エージェントに基づく部品のライフサイクルシミュレーション：部品個々についてリユースを含むライフサイクル全般にわたる挙動をシミュレーションするためのプログラムを自作した．部品のライフサイク

ルのモデリング，部品の挙動のシミュレーション，シミュレーション結果の可視化の3つのサブシステムに分けて開発を行った．

4. 研究成果

(1) 部品エージェントの実装技術の開発

① 部品エージェントシステムの実装：RFID とネットワークエージェントを組み合わせて部品エージェントシステムの実装を行った．部品の移動と同期した部品エージェントの移動，部品エージェント同士の情報交換，部品エージェントとアプリケーションの連携，利用者が部品エージェントと情報交換するためのユーザインタフェースなどの基本機能を開発できた．

② 部品エージェントによる消費者支援：消費者の選好と部品の状態に応じた適切な部品の保全行動を消費者に助言する部品エージェントの機能を開発した．同時に生産者への情報伝達機能も実装した．

③ SMART 機能を用いたハードディスク装置 (HDD) の故障予測：HDD にはスキャンエラーなどの不具合の発生を検出する SMART (Self-Monitoring Analysis and Reporting Technology) 機能が備えられている．これを用いて部品エージェントが HDD の故障を予測する機能を開発した．部品エージェントは，消費者に部品交換の準備を助言するとともに，メーカーに交換部品の準備を依頼する．これにより実際に部品が故障した場合に迅速な部品交換が行われる．

④ 部品エージェントによるリコール支援：リコールの問題は，a) 回収対象の製品をもれなく回収するしくみと，b) 特定の不具合や故障に対してリコールを実施すべきかどうかの判断にある．a) の回収については，部品エージェントの利用によって回収すべき製品を確実に回収できるだけでなく，回収の必要のない製品の回収を避けることができる．b) のリコール実施の判断については，製品の使用状況と製品利用中の FMEA 解析とにより不具合の重要度を再評価するしくみを提案し，開発した．

⑤ RFID と画像処理を組み合わせた部品エージェントのための部品固体管理：部品エージェントは，管理する対象部品に電子タグを貼付し，RFID を用いて部品の識別を行う．RFID の利点は非接触で複数の電子タグを同時に読める点にあるが，複数タグの情報を同時に読んだ場合，タグと情報の識別ができない．このため電子タグにカラービットコードにより部品番号を表記しておき，画像処理を用いて部品識別を行う機能を開発し，部品エージェントシステムに実装した．

(2) 部品エージェントに基づく部品のライフサイクルシミュレーション

① 部品のライフサイクルシミュレータの開発：部品のライフサイクル，製品組立構成，

ユーザ、部品エージェントを表現するモデルを開発し、それを基礎にシミュレータを構築した。特に部品は個体を表現し、個々の挙動を模擬する方式を採用し、リユースができるようにした。各時刻での処理を前処理、実行、後処理に分け、前処理段階で各要素の挙動が独立に実行できるように準備して要素同士の挙動が影響しあわないような工夫を行った。

② 消費者の選好に基づく部品リユースの促進：消費者は、コストがかからないように使う、環境への影響が少ないように使う、故障するまで使う、など製品の保全に関する選好があると思われるが、通常それらの選好を考慮して製品を使用することは困難である。このため、部品エージェントが消費者の保全に関する選好を考慮して、部品の交換を助言するしくみを作った。シミュレーションの結果、単一の選好の消費者だけがいる場合に比べ、異なる選好の消費者が混在している場合の方が、各消費者の満足度が維持されつつ部品のリユースが促進され、部品がその寿命限度まで利用しつくされることがわかった。すなわち、消費者の多様な選好が環境にも良い影響を与えるということが明らかになった。

(3) 成果の意義と今後の課題

RFID とネットワークエージェントを組み合わせた部品エージェントのプロトタイプシステムの開発に成功した。構想の基本的な実現可能性を示すことができたと考えている。

特に、SMART 機能を用いた故障予測の利用により、消費者の支援における部品エージェントの有用性を例示できた。

ライフサイクルシミュレーションでは、ユーザの多様な選好の存在が、部品リユースを促進し、資源の有効利用となる可能性を示すことができた。

本研究により部品エージェントの基本的な機能を示すことはできたと考えているが、さらに研究開発を進めて、実用面の課題を解決していく必要がある。今後の課題としては、本来部品エージェントの長所となるべき状況の変動に柔軟に対応できる機能の開発、常に指摘されるプライバシーとセキュリティの問題の解決、大規模な利用での実用性の検証などがあげられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1) T. Nakada, H. Hiraoka, Network agents for supporting consumers in the lifecycle management of individual parts, Int. J. Product Lifecycle Management, Vol. 5, No.

1, 査読有, 2011, pp. 4-20.

2) H. Hiraoka and A. Tanaka, Simulator for Reuse of Mechanical Parts with Network Agents, Int. J. of Automation Technology, Vol.3 No.1, 査読有, 2009, pp. 1-7.

[学会発表] (計 17 件)

1) 伊東一真, 堀井一樹, 平岡弘之, RFID とネットワークエージェントを用いた部品エージェントシステムの試験環境構築とリコールへの適用, エコデザイン 2010 ジャパン シンポジウム, 東京ビッグサイト, 東京, 2010/12/9.

2) 西田健吾, 平岡弘之, 繁治勇介, 部品エージェント開発のためのライフサイクルシミュレーション, エコデザイン 2010 ジャパン シンポジウム, 東京ビッグサイト, 東京, 2010/12/9.

3) 堀井一樹, 中田貴之, 平岡弘之, 製品ライフサイクル管理のための部品エージェントの消費者支援—交渉による交換部品の決定—, 日本機械学会第 20 回設計工学・システム部門講演会, 日本機械学会, 産業技術総合研究所臨海副都心センター, 東京, 2010/10/28.

4) H. Hiraoka, K. Nishida and K. Ito, Life Cycle Simulation Of Parts Supported By Network Agents, Proc. of 2010 ISFA2010 International Symposium on Flexible Automation, Univ. of Tokyo, Tokyo, 2010/7/13.

5) 平岡弘之, ネットワークエージェントと RFID を用いた部品リユースの促進, 日本設備管理学会春季大会, 青山学院大, 東京, 2010/6/3.

6) H. Hiraoka, K. Nishida, A. Tanaka, Life Cycle Simulation for Promoting the Reuse of Parts Using Part Agents, EcoDesign 2009, Sapporo, 2009/12/9.

7) 伊東一真, 平岡弘之, ネットワークエージェントと RFID を用いた部品劣化情報の収集支援, 日本機械学会第 19 回設計工学・システム部門講演会, 日本機械学会, 読谷村, 沖縄, 2009/10/30.

8) 西田健吾, 平岡弘之, 田中淳, 部品の特性のばらつきを利用したリユース促進, 日本機械学会第 19 回設計工学・システム部門講演会, 日本機械学会, 読谷村, 沖縄, 2009/10/30.

9) T. Nakada, H. Hiraoka, Supporting Consumers with Network Agents for Product Lifecycle Management, PLM09 The 6th International Conference on Product Lifecycle Management, PLM Consortium, Bath, UK, 2009/7/6.

10) 須貝利嗣, 平岡弘之, 製品ライフサイクル管理のための部品エージェントシステム

の開発—ネットワークエージェントと RFID を用いた実装の評価—, 2009 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 精密工学会, 中央大学, 東京, 2009/3/13.

11) 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—, 2009 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 精密工学会, 中央大学, 東京, 2009/3/13.

12) 伊東隆広, 平岡弘之, ライフサイクルシミュレータのための部品個々の挙動の可視化, 2009 年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, 精密工学会, 中央大学, 東京, 2009/3/13.

13) 田中淳, 伊藤隆広, 平岡弘之, 部品エージェントに支援される部品個体の挙動のライフサイクルシミュレーション, エコデザイン 2008 ジャパンシンポジウム, 東京ビッグサイト, 東京, 2008/12/12.

14) 須貝利嗣, 平岡弘之, ネットワークエージェントと RFID を用いた製品ライフサイクル管理システムの開発—PC のライフサイクルに基づく実装—, エコデザイン 2008 ジャパンシンポジウム, 東京ビッグサイト, 東京, 2008/12/12.

15) 中田貴之, 平岡弘之, 電子タグとネットワークエージェントによる消費者の製品運用支援—家電電子タグコンソーシアムによる製品ライフサイクルモデルへの適用—, エコデザイン 2008 ジャパンシンポジウム, 東京ビッグサイト, 東京, 2008/12/12.

16) 平岡弘之, 須貝利嗣, 田中淳, 中田貴之, 機械製品の再利用促進のための部品エージェントの開発, 2008 年度精密工学会秋季大会

学術講演会, 精密工学会, 東北大学, 宮城, 2008/9/19.

17) H. Hiraoka, T. Hanatani, A. Tanaka, Life Cycle Simulation of Mechanical Parts with Part agents for Promoting their Reuse based on User's Preferences, PLM08 - The 5th International Conference on Product Lifecycle Management, PLM Consortium, 2008/7/9, Seoul, Korea.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平岡 弘之 (HIRAOKA HIROYUKI)

中央大学・理工学部・教授

研究者番号： 20165161