

Title	製品個体の集合に着目した製品ライフサイクルの設計支援
Author(s)	松山, 祐樹
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/55954">https://doi.org/10.18910/55954</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 松山 祐樹 )

論文題名

製品個体の集合に着目した製品ライフサイクルの設計支援

## 論文内容の要旨

深刻化する環境問題に対する製造業者の取り組みとして、リユースやリマニュファクチャリングや閉ループリサイクルによって資源を有効利用する循環型の製品ライフサイクルを設計することの重要性が指摘されている。しかし、ライフサイクルにわたる製品個体は、同じ設計解に基づいて一律に生産される場合でも、その使用環境や廃棄時期といった個々の履歴がそれぞれ異なる。つまり、ライフサイクルにわたる製品個体は、集合として多様性を示す。その結果、たとえ循環型の製品ライフサイクルを設計したとしても、多くの個体が資源循環に関する設計意図に沿わず、かえって環境性や経済性の悪化につながる可能性がある。そこで本研究は、資源が効率的に循環するような製品ライフサイクルを設計するための道具立てとして、製品ライフサイクルに対する設計要求を満たす範囲で個体が多様性を示すような設計解を決定する過程を支援する手法の提案を研究目的とした。本目的を達成するためのアプローチとして、以下2つの手法を要素とした設計支援手法を構築した。なお本研究では、設計者が設計時に決定する設計解の情報をノミナル情報と呼び、個体個別の情報を個体情報と呼ぶ。

## (1) 製品ライフサイクルをノミナル情報と個体情報の両面から表現したモデル化手法

本モデル化手法を3つの要素で構成した。第一に、先行研究が提案している製品ライフサイクルのノミナル情報を表現したモデル（ノミナル情報モデル）を用いて、個体情報に違いを与える要因を4種類に分類して表現する手法を提案した。第二に、個体情報を表現したモデル（個体情報モデル）を提案した。第三に、個体情報が多様であることに起因して製品ライフサイクルに生じる問題やその原因の予測（以下、個体情報の評価）を設計段階で可能とするために、ノミナル情報モデルを入力として、先行研究のlife cycle simulationを実行することで、個体情報モデルを作成する手法を提案した。

## (2) 製品ライフサイクルの設計サイクル実行支援手法

製品ライフサイクルのノミナル情報の決定過程を円滑に実行可能とするために、以下2つの設計過程を支援する手法を提案した。第一に、個体情報の評価を実行するためのノミナル情報モデルの作成を支援する手法を提案した。第二に、個体情報の評価結果が設計要求を満たしていない場合に、修正すべきノミナル情報を特定するための支援手法を提案した。

上記2つの手法から成る設計支援手法を計算機実装した。本システムを用いてのスマートフォンを対象としたケーススタディを通じ、本研究で提案する設計支援手法の有効性を検証した。その結果、(1)のモデル化手法を用いることで、対象のノミナル情報についてのライフサイクルにわたる様々な側面や粒度から、個体情報の評価の実行が明示的に可能であることを確認した。また、(2)の設計サイクル実行支援手法によって、ノミナル情報の提案と個体情報の評価の実行サイクルにおける設計者の手間と労力を削減可能であることを確認した。以上より、提案手法が、個体が効率的に循環するような製品ライフサイクルのノミナル情報を決定する上で有効な手段であることを示した。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 松 山 祐 樹 )			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	准教授	福重 真一
	副 査	教授	藤田 喜久雄
	副 査	教授	小林 英樹
	副 査	教授	荒井 栄司
	副 査	教授	梅田 靖 (東京大学大学院工学系研究科)

## 論文審査の結果の要旨

持続可能な社会の実現に向け、資源循環型の製品ライフサイクルを構築することが製造業における重要な課題の一つである。この課題に対応するためには、製品だけではなくそのライフサイクルフロー、すなわち製造から最終処理に至るまでの処理のネットワークをも設計対象とするライフサイクル設計が効果的なアプローチである。しかし、製品ライフサイクルの合理的かつ包括的な設計を実現するためには従来の製品設計には無い様々な課題を解決する必要がある。その一つとして、同じ設計図に基づいて一律に生産された製品であっても、その個体ごとに状態やライフサイクルの履歴が異なるという「製品個体の多様性」を扱わなければならない点が挙げられる。すなわち、使用環境の違いやメンテナンスの回数等に起因した製品の劣化の程度や故障の有無など、ライフサイクルの各処理工程において製品個体ごとに状態が変化し、また各工程で処理される個体数も時間とともに変動する点が製品ライフサイクルの大きな特徴である。しかし、既存の設計モデルは、代表的な製品一個体のライフサイクルをモデル化したものであり、本来は多数存在する製品を個別に表現している訳ではない。よって、これまで製品個体の多様性を製品ライフサイクルの設計段階において適切に扱うことが出来ず、これが設計者の意図に反して資源消費量やコストを増大させる要因になるという課題があった。

以上の課題に対して本研究は、製品個体の集合が示す多様な状態を設計段階において予測し、その結果に基づいて製品ライフサイクルを設計するための支援手法を提案している。具体的には、(1)製品ライフサイクルをノミナル情報と個体情報の両面からモデル化する手法の開発、(2)製品ライフサイクルを対象とした設計サイクルの実行を支援する手法の開発、の2つの課題に取り組んでいる。(1)のモデル化手法は、次の3つの要素から構成される。第一に、製品ライフサイクルのノミナル情報、すなわち代表的な一個体のライフサイクルを表現したモデルを用いて製品個体の集合に多様性を与える様々な要因を形式化している。第二に、各個体のライフサイクルにわたる情報(個体情報)を管理するためのモデルを開発している。第三に、製品ライフサイクルのノミナル情報から個体情報を生成する仕組みを提案している。(2)の設計サイクルの支援手法では、次の2つの設計過程を支援する手法を提案している。第一に、設計した製品ライフサイクルの評価を個体情報に基づいて行う過程。第二に、評価結果が設計要求を満たしていない場合に修正すべきノミナル情報を特定する過程である。

さらに、上記2つの手法から成る設計支援手法を計算機実装したプロトタイプシステムとして、Entity-oriented Product Life Cycle-CAD システム (e-PLC-CAD システム) を開発している。本システムを用いて、スマートフォンを対象としたケーススタディを実行し、提案手法の有効性を示している。

本論文は以上のように、製品ライフサイクルの新しいモデルを示した上で、その設計プロセスを効果的に支援するための手法、およびこの手法に基づく計算支援システムを開発し、実製品への適用を通じてその有効性を検証している。以上の意味で、工学的に意義のある成果を示しており、また、工業的価値が高い。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。