

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 7 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06347

研究課題名(和文) 地域依存性を考慮した製品ライフサイクルプランニング方法論の研究

研究課題名(英文) A study on product life cycle planning methodology focused on locally dependency

研究代表者

小林 英樹 (Hideki, Kobayashi)

大阪大学・工学研究科 ・教授

研究者番号：60446903

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：途上国で持続可能な消費と生産を実現するには、製品ライフサイクルを通じた環境負荷と製品ユーザの生活の質を設計初期段階で考慮する必要がある。本研究では、人間の基本ニーズと製品開発プロセスを体系的に接続する生活圏アプローチを提案した。本アプローチでは、製品の存在理由と機能・構造を視覚的に表現するバリューグラフと、普遍的な基本ニーズの充足要因とが接続される。次に、製品機能・構造に地域情報を対応付ける拡張機能構造マップを提案し、設計情報可視化システム上に試作実装した。

途上国の調査や製品分解、ライフサイクルアセスメントから得た情報を試作システム上で可視化し、その有効性を検証した。

研究成果の概要(英文)：To achieve a sustainable consumption and production pattern in developing countries, it is necessary to consider the environmental burden from a product life cycle and the quality of life of the consumer in the early phase of product development.

In this study, a systematic approach for connecting basic human needs and the product development process, called the living-sphere approach, was proposed. In this approach, value graphs visualizing the value system of products, are connected to satisfiers fulfilling the basic needs. Next, an extended function-structure map (EFSM) was proposed which represents site-specific constraint on a traditional function-structure map, and implemented as information model on the computer. By visualizing design information abstracted from the field observation, tear-down of a product, life cycle assessment on the prototype system, the usefulness of the proposed methodology was shown.

研究分野：ライフサイクル工学

キーワード：サステナブルデザイン 製品ライフサイクル 発展途上国

1. 研究開始当初の背景

(1) 環境問題への意識の高まりとともに、材料採掘、製品製造、流通、使用、廃棄から成る製品ライフサイクルを通じた環境負荷を低減させた環境調和型製品が求められている。このため製品の環境影響評価手法やエコデザインの方法論が開発されてきた。

近年は新興国、途上国における製品生産量、販売量が增大しているが、従来のエコデザイン研究は主に先進国の生産システム、消費システムを前提としたものである。そのため、それらの地域に適したエコデザインの方法論は確立していない。

(2) こうした状況で日本企業は新興国、途上国の製品市場においてほとんど成功していない。その理由は、現地生活のあらゆる面から来る工業製品に対する制約、すなわち製品の地域性を正しく理解しないまま、単純に国内製品のコストダウンあるいはダウングレードで対応してきたからである。しかし、上記市場における販売量で成功している多国籍企業も、現地住民を製品開発プロセスに含めたり、製品開発者に現地生活をさせて地域性を体験させたりしており、設計ノウハウの継承は極めて難しい課題である。

(3) 研究代表者はこれまでに製品開発の初期段階である構想段階で、環境要求と品質・コスト要求を同時に満たす設計コンセプトを決定するプロセスを体系化した、製品ライフサイクルプランニング(LCP)方法論を構築した。先の背景により、新興国・途上国の地域性を考慮した設計方法論の再構築が求められている。

2. 研究の目的

(1) 本研究は、新興国・途上国を想定した、製品および製品ライフサイクルの仕様に地域性を陽に反映するための方法論の構築を目的とする。これにより、当該地域に相応しい環境調和型製品の実現に寄与するものである。

3. 研究の方法

(1) 文献調査：新興国・途上国の生活の質(QoL: Quality of Life) 充足性、厚生、幸福、ニーズに関する文献を調査・整理する。また、製品仕様を策定するための既存研究に関する文献を調査する。

(2) 方法論の提案：まず、地域に特有の制約やニーズを製品仕様に的確に反映するために、日常生活全体を包括的に扱う生活圏アプローチを提案する。本アプローチにおける具体的なツールとして、地域情報と製品機能・構造情報を対応付けるモデル化手法(拡張機能・構造マップ(EFSM: Extended Function-Structure Map))を開発する。ま

た、EFSMを用いた設計支援方法論を提案する。

(3) 現地調査：上記方法論の構築・検証を行うために、実際に新興国・途上国で現地調査を行い、生活環境、社会インフラ、風習、文化、一般家庭、現地メーカーの情報を収集する。また、比較分析に用いる地域性が反映された製品を入手する。

(4) 製品比較分析：現地調達した製品の分解(テアダウン) 製造コスト推定を行った上で、製品ライフサイクルを通じた環境負荷を定量化するライフサイクルアセスメント(LCA)により日本製品との差異の特徴を抽出する。

(5) 設計情報可視化システム開発：EFSMを作成、表示するための情報システムを開発し、有効性を検証する。

4. 研究成果

(1) 文献調査

既存の途上国向け製品設計の研究として、以下の4種類があるが、これらはいずれも属人性が高く、設計者の個人の能力に依存していた。

- ・ 地域化(Localization): オリジナル製品を特定地域向けに設計修正すること。
- ・ 適正技術(Appropriate Technology): 小規模・分散、雇用創出型、地域自立型の技術、製品設計。
- ・ コ・デザイン(Co-design): 現地住民をワークショップ等を通じて製品開発プロジェクトに含めてしまうこと。
- ・ 現地観察: 民俗学(エスノグラフィ)のマーケティング応用・生活のディテールにこだわって現場を内側から理解する

QoLについては、ニーズ、厚生、幸福などの方面から研究されていることが分かった。ニーズ研究の分野では、例えば30種類のニーズ概念が紹介されている。ニーズは文化や時代によって変わると言われることがあるが、Max-Neefは人間の基本ニーズは普遍であり、基本ニーズを満たす充足要因(Satisfier)が地域、文化、時代によって変化しているだけであると主張した。ここで基本ニーズは高次ニーズの反対語であるが、絶対的ニーズや普遍的ニーズの同義語として用いられることもある。しかし、これまでにQoLあるいは基本ニーズと製品開発プロセスとの関連を体系的に論じた研究は報告されていない。

(2) 地域性を考慮した設計方法論の提案
日常生活を基本ニーズと個別製品を包括的に捉える生活圏アプローチを提案した。図1は生活圏アプローチの枠組みを示し、これを用いて生活圏アプローチで用いる概念の関係を説明する。最上位に生活者の基本ニーズ

概念を設定する。SCP の提案背景を考慮するならば、QoL を向上させるために扱うべきニーズは個人の飽くなき欲望ではなく、人間としての基本ニーズが望ましいと考えた。本研究では Max-Neef が定めた 9 個の基本ニーズ（生存、保護、情愛、理解、参加、怠惰、創造、個性、自由）概念を設定した。例えば、日常生活に無関係な虚偽的ニーズなどの充足は本研究の対象外とした。次に、基本ニーズを満たすための一般的な方法である Satisfier の概念を設定する。Satisfier は、その国の歴史、文化、気候、社会システム、政治、社会制度などの地域要因によって選択され、その量や質は時間とともに変化するとされる。このことは、ニーズ充足の規範が時代と共に変わり得ることを表している。Satisfier は、その存在形式（あること、持つこと、行うこと、相互作用すること）によってさらに分類される。例えば、創造というニーズを相互作用することで満たす Satisfier としてワークショップやカルチャーグループなどが選択肢となる。実際、Satisfier は個人の主観に依存して選択される性質があるため、本研究では、地域集団の代表的、共通的な Satisfier が地域性を表していると仮定する。

一方、対象製品が与えられた時に、その要求機能(What)を定めて、品質機能展開や機能・構造マップ(FSM)を用いて製品構造(How)に展開していくことは、製品開発プロセスの中で広く活用されている。ここで、所与の対象製品を起点にその存在理由(Why)と価値(Value)を確認するためにバリューグラフが適用可能である。基本ニーズ側を起点にすると、製品とは先述の Satisfier を実現する手段の一つであり、製品側を起点とするならば、基本ニーズの充足に貢献する製品の存在理由は適当な Satisfier にある。対象地域ごとに設定された Satisfier を介して複数のバリューグラフを連結し、製品開発をしていくことで、QoL 向上に寄与する可能性を高めることができると考えた。

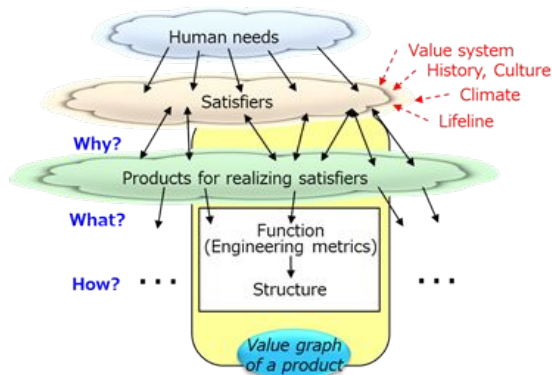


図1 生活圏アプローチの枠組み

次に、生活圏アプローチの枠組みを用いて概

念情報を対応付けながら製品開発を進める手順を以下のように提案した。

1. 対象地域の事前調査と現地観察によって、当該地域で普及している製品を調査する。
2. 現地生活状況の観察結果を踏まえて、基本ニーズを実現する Satisfier を抽出、選択する。
3. 普及率の高い製品のバリューグラフを作成して Satisfier との接続を試みる。どの Satisfier とも接続されない製品は QoL への関与が少ないため、設計対象外とする。
4. Satisfier と接続された製品について、現地調査による製品ライフサイクル、例えば製品使用行動、廃棄行動、廃棄物処理プロセスに関連するような情報の収集と、リバースエンジニアリングによる製品機能・構造の対応関係、環境負荷情報の推定を行う。
5. 上記製品の FSM 上に地域情報を対応付けて EFSM を作成し、当該製品仕様が地域共通の基本ニーズに根拠を置くことを確認する。
6. 製品と接続されない Satisfier が製品以外で実現されているか確認する。手段を問わず実現されていない場合は、その Satisfier を実現する製品を新たに考案し、手順 4 に戻る。

(3) 現地調査

ホーチミン（ベトナム）およびバンコク（タイ）において生活環境、現地企業、一般世帯の様子などを実態調査した（図 2）。



図2 ホーチミン都市部一般家庭の台所の様子

また、製品構造への実現制約を考慮するためにベトナム、タイの現地家電メーカーの生産技術を生産設備の保有状況で代用して調査した（図 3）。これらの国では小規模なメーカーが多く、生産技術、生産設備も先進国と比較すると限られた範囲で製品製造を行っている実態を確認することができた。

一般		ベトナム			タイ	
		Bifan	Minh Khoa	Accord	MD Electric	
従業員数		60	200	100	100	30
生産設備		22	30	13		2.7
プレス加工		外注(国内)	自社	自社	外注(国内)	
せん断加工		外注(国内)	自社	自社	外注(国内)	
曲げ加工		外注(国内)	自社	自社	外注(国内)	
スピニング加工		外注(国内)	不使用	自社	外注(国外)	
金型製造	アルミニウムダイカスト	外注(国内)	不使用	自社	外注(国外)	
	鋳	外注(国内)	不使用	外注(国内)	外注(国外)	
	鋳	外注(国内)	自社	外注(国内)	外注(国外)	
生産技術	その他	自社	自社	自社	外注(国内)	
	プラスチック射出成形	外注(国内)	自社	自社	外注(国内)	
	金属粉末射出成形	不使用	自社	不使用	外注(国外)	
	手動旋盤	不使用	自社	不使用	外注(国外)	
	NC旋盤	不使用	不使用	不使用	不使用	
	ターニングセンタ	不使用	自社	不使用	不使用	
	手動フライス盤	外注(国内)	不使用	外注(国内)	外注(国内)	
	NCフライス盤	外注(国内)	不使用	不使用	不使用	
	マシニングセンタ	不使用	不使用	不使用	不使用	
	フレキシブルマシニングセル	不使用	不使用	不使用	不使用	
切断	フレキシブルマシニングシステム	不使用	自社	自社	外注(国内)	
	その他					

図3 現地メーカーの保有生産設備の調査結果

(4) 製品比較分析

リバースエンジニアリング手法に基づいて、途上国製品および日本製品の動作プロファイル測定(図4)、テアダウン(図5)、機能・材料構成の分析を行った。また部品ごとのコスト推定も行った。

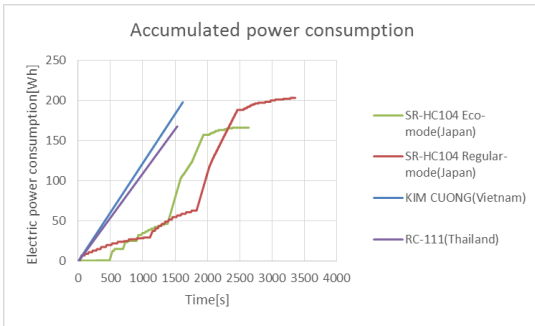


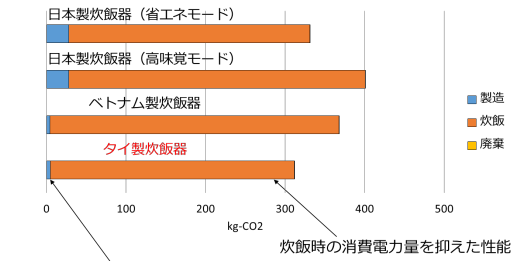
図4 炊飯器の消費電力特性の測定データ例



図5 ベトナム製炊飯器のテアダウン例

上記から得たデータを用いて LCA を行った。図6はタイの生産インフラ、使用条件、廃棄処理条件を想定したタイシナリオにおける炊飯器のライフサイクル CO₂ 評価結果例である。タイシナリオでは必ずしも日本製の製品の CO₂ 排出量が小さいわけではないことが分かった。このように、新興国・途上国の発電ミックスを含む生産インフラや使用条件を考慮すると、必ずしも先進国の製品仕様がグローバルに優れているとは限らない、むしろ、現地製品仕様には何らかの必然性に裏付けられた利点があるという知見を得た。

タイ製品は最もCO₂排出量が少ない



簡素な構造なので製造時の環境負荷が小さい

図6 タイシナリオにおける各国炊飯器の LCCO2 評価結果

(5) 設計情報可視化システム

機能、部品構造、材料構成、製品ライフサイクルの環境情報、から成る製品情報と、地域の生活習慣、価値観に関わる情報を対応づける情報システムを試作した。図7は炊飯器のEFSM上に地域情報を対応付けた画面イメージである。地域情報と対応付けされたノードの連鎖を強調表示することで、異文化圏に属する設計者に気付きを与えることを意図したものである。本システムは、今後広がる新興国・途上国市場において QoL 向上に貢献し、且つ環境負荷が小さい製品を開発する上で有効と考えられる。ただし、その検証はまだ不十分であり、今後さらなる実験を継続する必要がある。また、生活圏アプローチで重要な基本ニーズの充足要因 (Satisfier) の情報をどのように収集し、可視化するのかについても今後の課題である。

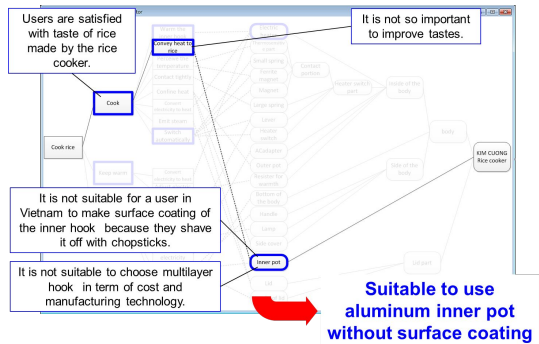


図7 EFSMに基づく設計情報可視化システムの試作画面イメージ

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)

- Sugita, Y., Fukushige, S., Kobayashi, H., A Visualization System of Design Information for Locally-oriented Sustainable Product, Procedia CIRP, 査読有, 2017, in printing.
- Kobayashi, H., Fukushige, S., A

Living-sphere Approach for Locally Oriented Sustainable Design, Smart Innovation, Systems and Technologies, Vol. 68, 査読有, 2017, pp.119-126, DOI 10.1007/978-3-319-57078-5_12.

〔学会発表〕(計5件)

Kobayashi, H., Perspectives on Sustainable Product Design Methodology Focused on Local Communities (Keynote Speech), Proceedings of the 9th International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (EcoDesign2015), Tokyo, 2015.

Sugita, Y., Fukushige, S., Kobayashi, H., A Visualization System of Design Information for Locally-oriented Sustainable Product, Proceedings of the 24th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Kamakura, 2017.

杉田裕哉・福重真一・小林英樹, 地域指向デザインのための設計情報可視化の研究, 日本機械学会第26回設計工学システム部門講演会講演論文集, 2016.

小林英樹・杉田裕哉・福重真一, 地域指向サステナブルデザインのための生活圏アプローチの提案, Design シンポジウム 2016, 2016.

Kobayashi, H., Fukushige, S., A Living-sphere Approach for Locally Oriented Sustainable Design, Proc. Sustainable Design and Manufacturing 2017, 2017.

〔図書〕(計1件)

Kobayashi, H., Perspectives on Sustainable Product Design Methodology Focused on Local Communities, Matsumoto et al. (eds.), Sustainability Through Innovation in Product Life Cycle Design, Springer, 2016, pp. 79-92.

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ

<http://www-ssd.mech.eng.osaka-u.ac.jp/research.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 英樹 (KOBAYASHI Hideki)

大阪大学・大学院工学研究科・機械工学専攻・教授

研究者番号: 60446903

(2) 研究分担者
(なし)
研究者番号:

(3) 連携研究者
(なし)
研究者番号:

(4) 研究協力者
(なし)