2205 プロダクトファミリーの最適化

Optimization for Product Family Designs

○ 荻谷 治輝 (京大院) 正 泉井 一浩 (京大) 正 西脇 眞二 (京大)
正 吉村 允孝 (京大) 正 林 秀一 (日新電機) 荻原 義也 (日新電機)

Haruki Kariya, Kyoto University, Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto

Kazuhiro Izui, Kyoto University

Shinji Nishiwaki, Kyoto University

Masataka Yoshimura, Kyoto University

Hayashi Shuichi, Nissin Electric Co.Ltd

Ogihara Yoshiya, Nissin Electric Co.Ltd

Product families are groups of related products, which are made of common product modules in order to provide a variety of products with lower cost and shorter lead-time. This paper presents the effect of architecting a product family that shares inter-changeable modules. Determining product architecture is one of the key activities of any industrial product development activity. In this paper, first we explain a relationship between modules and components for one product, and propose how to determine product architecture by making modules architecture common. And the effect of the module design is evaluated at the inventory cost, the product performance, and the procurement lead-time. The evaluation can help designers find see how to design product families such as module and component architecture. Efficiency of the proposed method and evaluation is illustrated by using a product module problem of switchgear as an example.

Key Words : product family, module commonalization, optimum design, design engineering

1. 緒言

製品の多様化とコスト、リードタイムの短縮を同時に解決する方策として製品のモジュール化が推進されている。類似のモジュールを複数の製品で共通するアーキテクチャを構築することでプロダクトファミリーを形成しコストを抑え、リードタイムの短縮を図ることができる。

本研究ではモジュール化設計において製品の階層性に注目し、モジュールの共通化に伴うモジュール設計の効果を示す方法論を構築する。モジュール化に伴う効果として、コストの削減、リードタイムの短縮、製品性能の低下を考える。受注後、材料調達を行い製造する製品に適用する。そうした製品の場合には、モジュール設計を行うことにより最も効果が生じるのが調達においてである。よって調達による生じる在庫コストと調達のリードタイムに注目して検証する。以下、第2節では本研究で取り扱うプロダクトファミリー設計問題について概説し、第3節で在庫コストと調達リードタイム、性能の3軸パレート解について述べる。第4節で製品として配電盤の小型スイッチギアに適用し検証する。

2. プロダクトファミリー設計問題

モジュール化設計が行われていても、単純に機能毎に製品を分解し、設計、製造を行うだけではその効果が曖昧である。重要な事はモジュール化設計を行った事で何が改善され何が改悪されたのかがわかることである。その結果によりモジュール化設計を行うべきかどうかの判断が可能となる。

本研究では、図1にあるような単独の製品に対してのモジュール化設計を考える。プラットフォームに複数のモジュールが付随しさらにそのモジュールに複数のコンポーネントが付随し階層的に成り立っている。モジュールの構造制約により転用が不可能であったコンポーネントをモジュールのアーキテクチャを共通化させる事で転用可能になる。

Fig.1 Hierarchical structure of product parts

3. コスト・リードタイム・性能の3軸パレート解の抽出

モジュールの共通化による効果は様々なものが考えられる。コストの点では開発コスト、設計コスト、材料コストの削減、またリードタイムの点では開発時間、設計時間、調達時間、製造時間の短縮が挙げられる⁽¹⁾。本研究では受注後に設計、材料の調達、製造を行う製品に対してのモジュール設計の効果を考える。モジュール設計を行う事で事前にコンポーネントを在庫として持つ事が可能になる。それにより受注してから調達する時間を削減でき全体のリードタイムを大幅に短縮する事が可能となる。しかし、一方で材料を在庫として持つというリスクも負う事になる。そこで最適なモジュールの共通化を行う事で在庫として持つ材料を最小化させる事を同時に考える。

1年後に在庫として存在するコンポーネントに注目する。1年間の受注見込み案件情報と実際の受注の有無によって在庫量が決まる。この時モジュールの共通化に伴うコンポーネントの転用性によって、在庫数も変化する。またどれだけのコンポーネントを事前に在庫として持つかは調達のリードタイムによる。最終的に在庫の製品価値を在庫コストとして、アーキテクチャの大きさを製品性能とし各調達のリードタイムに対して最適なモジュールの共通化を探索する。最終的に在庫コスト、リードタイム、性能の3軸のパレート解を求める。

4. 配電盤のモジュール化設計

提案するモジュール化設計による効果を配電盤の小型スイッチギヤに適用し検討する。配電盤の小型スイッチギヤは主変2次盤、配電線盤、補機盤、母連盤、所内盤の5つのモジュールから成り立つ。また表2に示すように各モジュールには各コンポーネントが付随する。

各コンポーネントの発注から到着にかかる調達時間を表2に示す。1年間の受注見込み案件と調達リードタイムに基づきコンポーネントを事前に発注し、在庫として用意する。もし受注見込み案件通りに受注が無い場合には、在庫として残る事になる。例えば、4月の受注案件がある場合調達リードタイムを0日にしたい場合は1月に90日、2月に60日、3月に30日調達時間のかかるコンポーネントを事前に発注する。

Table 1 Relationship between modules and components

		Modules				
		main	cable	supply	mother	inside
Components	A	1	1	1	1	-
	B	1	1	1	1	-
	C	3	2	2	2	3
	D	2	2	2	2	-
	E	1	-	1	1	-
	F	2	-	-	-	-
	G	2	-	-	2	-
	H	-	2	1	-	-
	I	-	-	-	-	1

Table 2 Supply-time of components

		Components			
		90days	60days	30days	
supply time	90days	A	H	-	-
	60days	E	G	F	-
	30days	C	D	B	I

また調達する際には、調達する時点での在庫の状況にある受注見込み案件を基に発注計画を行い、調達リードタイムを0日、30日、60日それぞれの最適なモジュール共通化設計を求めた。1年後に残る在庫コストの最小化を目的関数とし、設計変数を各モジュールのアーキテクチャ選択とする。なお製品の性能の評価は製品の占有面積によるものとする。製品のサイズが小さいものほど性能が良いとする。図2に在庫コスト、調達リードタイム、性能の3軸のパレート解を示す。コンポーネントの共通化を進めるとモジュールのアーキテクチャが増大する事で製品の性能が低下する。しかし在庫コストを削減する事ができる。

また表3にリードタイム0日の各モジュールパターンの在庫コスト計算例を示す。それにより転用性の高いモジュールの共通化が多いほど効果がある事がわかる。

リードタイムと在庫コストの関係は製品のコンポーネントの属性により影響を受けることがわかった。受注見込み案件の製品構成によってモジュールの共通化による効果が変化した。多く転用され得るコンポーネントを中心に共通化を行いモジュールのアーキテクチャを共通化させる事で在庫コスト、製品性能に対してより有効である事がわかった。

Table 3 Calculated results for each module pattern in the case of lead-time 0 day

	Modules					Inventory cost
	main	cable	supply	mother	inside	
Module size	900	900	900	900	900	¥103,200
	600	700	700	600	900	¥196,320
	600	600	700	600	900	¥555,640
	600	600	900	900	900	¥1,402,300
	900	900	900	600	900	¥1,412,040
	600	600	700	700	900	¥1,420,120
	600	600	700	900	900	¥1,653,220

Fig.2 Optimal solution described by three-dimension

5. 結 言

本研究では、モジュールとコンポーネントの関係性を考慮したプロダクトファミリー設計の効果について示した。コスト、リードタイム、性能の3軸パレート解を示す事で状況に応じたモジュール設計が可能となる。効果的なモジュール設計を行うにはコンポーネントの転用性を考慮する事であることが示された。

参 考 文 献

- (1) Kikuo Fujita, Product variety optimization simultaneously Designing module combination and module attributes, Concurrent engineering Vol.12, No.2 (2004)
- (1) Jeffrey B,Dahmus,Javier,Gonzalez-Zugasti:Modular product architecture ,Design Studies, Vol. 22 ,No.5 (2001) 409-424
- (2) Jaeil Park, Timothy W.Simpson: An activity-based costing method for product family design in the early stages of development, ASME (2005) IDETC/CIE
- (3) Mujde Erol: Analysis of production planning in case of the random demand, Computers and Industrial Engineering 37 (1999) 21-25
- (4) B. Agard, A.Kusiak: Data-mining-based methodology for the design of product families, ISSN Vol.42, No.15 (2004) 2955-2969
- (5) Rahul Rai, Venkat Allada: Modular product family design: Agent-based Pareto-optimization and quality loss function-based post-optimal analysis, ISSN Vol.41, No.17,4075-4098
- (6) Freek Erens, Karel Verhulst: Architectures for product families, Computers in Industry 33 (1997) 165-178