

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	市場価値を最大化する製品設計理論の構築
Title(English)	Dynamics of Product Design for Creating Market Value
著者(和文)	徳永達哉
Author(English)	Tatsuya Tokunaga
出典(和文)	学位:博士(技術経営), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12607号, 授与年月日:2023年9月22日, 学位の種別:課程博士, 審査員:齊藤 滋規,辻本 将晴,中丸 麻由子,因幡 和晃,杉原 太郎,藤村 修三
Citation(English)	Degree:Doctor (Management of Technology), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12607号, Conferred date:2023/9/22, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	イノベーション イノベーション	専攻 コース	申請学位(専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(技術経営)
学生氏名： Student's Name	徳永 達哉		審査員主査： Chief Examiner	齊藤 滋規 教授	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

経営分野において、重要な研究目的の一つは、製品設計と市場価値の因果関係を明らかにすることである。この研究目的に関して、これまでに様々な分野で多くの学術的な研究がなされてきたが、未だ、製品設計と市場価値、そしてテクノロジー(技術)を統合して研究することは、難しい研究領域である。例えば、経済学分野には、市場価値を表す指標の一つとして、効用関数がある。マーケティング分野では、例えばコンジョイント分析のように、市場価値に対する製品機能のトレードオフを決める手法があり、また、品質機能展開(Quality Function Development)のように、消費者ニーズから機能要求を決める手法も広く知られている。製品設計分野では、既存製品の改良を表す設計構造行列(Design Structure Matrix)や、創造的な設計領域を表す公理的設計(Axiomatic Design)のように、モジュラー行列(modularity matrix)を用いて、機能要求(functional requirements)を満たす最適な製品設計を決める理論が提唱されている。製品設計に必須である制約条件(constraints)は、許容範囲として集合で表わされ、一般的に、コンセプト段階、プロトタイプ段階から上市へ向けて、物理的制約、装置的制約から実行的制約へ、許容範囲が狭くなっていく階層構造があることが知られている。

本研究では、設計構造行列と公理的設計の理論的な課題に対して、製品設計の集合(function design)という概念を定義することで、機能要求と制約条件に関するモジュラー行列と製品価値(デザイン・エントロピー)を新しく導入でき、市場価値を表す効用関数と、製品設計の機能要求や制約条件の関係を明確にすることによって、市場価値を創造する、つまり、イノベーション(経済的成功を伴う改革行為)を実現する製品設計の方向性を決める、新しい理論を構築する。

具体的には、まず、製品設計の基本的な考え方として、デザイン・プロセスの構造を明確にする。設計パラメータで構成される設計空間において、既に市場にある一つの製品は一点(actual design)で表わされるが、製品設計は設計パラメータの許容範囲、つまり製品設計の集合(function design)として定義される。

続いて、設計構造行列や公理的設計の課題(主に制約条件と適用可能領域)を解決する理論として、設計空間から機能要求と制約条件への写像を用いて、機能要求と制約条件の両方を満たす製品設計の許容範囲を行列要素として持つモジュラー行列を新しく定義する。このモジュラー行列を通じて、設計構造行列と公理的設計の等価性を証明することができ、更に、制約条件の階層性も考慮する形で、製品改

良領域 (incremental region) と創造的な設計領域(creative region)の両領域に適用可能な拡張理論が構築される。

次に、製品設計の機能要求と制約条件の許容範囲を超えた製品設計を、実現可能とするテクノロジー（技術）を表すパラメータを導入し、統計力学や情報理論のアナロジーから、製品設計のモジュラー行列に対するデザイン・エントロピー (entropy of design)を導入する。デザイン・エントロピーは、機能要求と制約条件の両方を満たす製品設計の数であり、そして、市場でのカバレッジを表している。また、デザイン・エントロピーが Shannon 型の平均情報エントロピーとしても表されることを示すことによって、情報理論の観点から、一つ一つの製品設計（機能要求と制約条件）に対するデザイン・エントロピーの変化として再解釈することができ、また、離散値を持つシステムにも自然に適用できることが示される。

例えば、具体的に、システムが2つのサブシステムから構成される場合に、製品のモジュラー性（モジュラー設計かインテグラル設計か）に対して、製品価値（デザイン・エントロピー）がどのように変化するかを計算で示すことが可能となる。また、テクノロジー（技術）の進展によって、製品設計のカバレッジが拡大する、つまり製品価値が高くなることも示される。

更に、機能要求から顧客ニーズへの写像を用いて、製品価値（デザイン・エントロピー）を市場空間（顧客ニーズをパラメータとする空間）へ変換し、市場価値の一つである効用関数と比較することによって、テクノロジー（技術）の進歩の寄与も考慮された形で、市場価値を最大化する製品設計の方向性を決定する理論が構築される。最後に、この理論の適用例の一つとして、モジュラー性やテクノロジーの観点から、破壊的イノベーションのメカニズムを明らかにし、研究(research)と開発(development)を別々に、かつ同時にマネジメントすることの重要性が示される。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of Graduate major in	イノベーション イノベーション	専攻 コース	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	（技術経営）
学生氏名： Student's Name	徳永 達哉		審査員主査： Chief Examiner	齊藤 滋規 教授	

要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words)

One of the most important research goals in business management is to determine causal relationship between product design and market success. Although there have been countless academic studies on this issue, to study product design, technology and the market consistently still remains an academic challenge. We propose a theoretically consistent formulation to determine design directions in product design in order to realize the highest market value, namely innovation. As a basic idea, we generally define conceptual structure of design process as actual design, function design and modularity design. We first identify dynamics of product design through modularity matrix, which is defined as a set of permissible ranges for both functional requirements and constraints, and it is an extended theory of design structure matrix (DSM) and axiomatic design (AD). Next, we introduce a product value represented by the “entropy of design” for product design to be realized by satisfying both functional requirements and constraints with an impact of technology advance as a new parameter to regularize the modularity matrix by using an analogy of statistical mechanics and information theory. Furthermore, we connect the entropy of design to the market by mapping functional requirements in product design to customer needs in the market; thus, the entropy of design can be identified as a kind of utility function in economics in the market. Theoretically, it can be shown that a modular system is more flexible for technology advance to cover a variety of product designs that satisfy the expected market value over other modularity systems. The theory highlights the importance of managing modularity and technology advance separately while at the same time understanding the market coverage of product designs, which will be a prediction for future innovations by simulation, in order to avoid a risk of sudden business failures in the future, inspired by the disruptive innovation.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1 copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).