

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月27日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012

課題番号：22530411

研究課題名（和文）設計段階でのCAE活用の製品開発に与える影響に関する実態分析

研究課題名（英文）Analysis of the impact of CAE utilization at design stage on product development

研究代表者

上西 研 (KAMINISHI KEN)

山口大学・大学院技術経営研究科・教授

研究者番号：50177581

研究成果の概要（和文）：製品ライフサイクルの短寿命化に伴い、企業は製品開発プロセスの变革に迫られており、3次元CADやCAE等のデジタルツールへの期待は大きい。本研究では、設計段階でCAEを活用したアップフロントエンジニアリングによる製品開発プロセスにおいて、デジタルエンジニアリングツール一般に対する組織的習熟度は必ずしもポジティブな影響を与えず、むしろ製品開発組織のあり方が重要な要因となる可能性を示した。

研究成果の概要（英文）：While firms need to reform their product development process in response to the shortening product life cycle, digital manufacturing tools are expected to be powerful driver for achieving the purpose. We show the possibility that organizational learning of CAE utilization at later stage such as prototyping may sometimes become obstacles to achieving up-front engineering since the required capability for CAE at earlier stage is different from that at the later stage.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：技術経営

科研費の分科・細目：経営学、経営学

キーワード：CAE、製品開発、ALD

## 1. 研究開始当初の背景

(1) デジタルエンジニアリングが企業のパフォーマンスにプラスの影響を与えること、CADの効果はCAEの活用と正の相関があること、そしてその効果が組織的な対応力に依存していることは先行研究が明らかにしている。代表的な研究としては、新世代CADによる製品開発の革新、延岡健太郎、国民経済雑

誌、176巻6号、63-76頁、1997やプロダクト・リアライゼーション戦略-3次元情報技術が製品開発組織に与える影響-、竹田陽子、白桃書房、2000などがある。

(2) CAEに焦点を当てた分析として、日本自動車部品産業におけるCAEのシステムティック活用と開発パフォーマンス、朴泰勲、組織科学、38巻4号、77-87頁、2005は、解析

技術者の暗黙知と設計技術者の暗黙知を活用してそれぞれ最適化した CAE データと CAD データの連携時に発生するミスマッチに対応するために、部門間での暗黙知の共有化が開発パフォーマンスに及ぼす影響を調査し、3次元 CAD と連携して CAE を活用した場合、部門間の暗黙知の共有化を促進させ組織間コミュニケーションが増加するため、開発期間の短縮には寄与しないものの、新技術開発と製品の総合品質の向上には有効であることを示している。

(3) CAE の定義には狭義と広義の二つがあると考えられる。狭義とは、有限要素法 (Finite Element Method) を中心とする科学技術計算手法を用いて、様々な製品の解析を行うこと、またはそれを行うツールを意味しており、この定義は実験の代替手段としての CAE の役割に焦点をあてたものであり、伝統的な理解であるといえる。その一方、広義とは、1980 年に米国 SDRC 社 Lemon 等によって提唱された言葉であるとされ、コンピュータ支援による製品開発・設計を行うことを意味している。筆者は先行研究の多くは、このうち前者の定義を前提とした分析を行っていると考えており、後者の意味での CAE の影響については十分研究されてこなかったと考える。後者の意味での CAE とは、設計段階での積極的な CAE 活用を意味しており、前者のポイントが精密さであることに対して時間の節約であり、CAE は製品開発のフロントローディング化による開発スピードのアップの核となる。この点は、先述の先行研究のインプリケーションとは真っ向から対立している。

(4) 筆者は従前材料力学の研究者として CAE の解析精度の向上に向けた研究を行ってきたが、解析主導設計 (Analysis Led Design) など精度を重視しない CAE の活用の経営に対するインパクトの大きさをいくつかの企業との共同研究等で知るに至り、ツールとしての CAE の性能向上のみならず、いかにしてそれを製品開発で活用するか、また活用するための組織的条件は何かを明らかにすることが重要であると考えにいたった。しかしながら、こうした先進的な製品開発を十分に分析した社会科学分野での研究成果は十分蓄積されていないことから、筆者が学際的な視点で研究を実行することの価値は大きいと考えられる。

## 2. 研究の目的

(1) 広義の意味での CAE の効果的なプロセスへの導入アプローチについて明らかにする。すなわち、ALD に代表される広義の CAE をドラスティックに製品開発プロセスに取り込んで急激に業績回復を実現したいいくつかの企業における導入・浸透プロセスとそれら一般的なケースと比較検討することで、CAE

の導入・浸透パターンと製品開発パフォーマンスの関係について明らかにする。この点は、CAE の効果的な導入の前提となる組織のケイパビリティの明確化にもつながる。また、工学的見地からいえば、日米の製品開発でのデジタルツールの活用に関する最も顕著な点は、CAE に関する考え方にあるといえ、この背後にある要因についても明らかにする。

(2) ALD などを製品開発プロセスに取り込んだ企業が、持続的な成長を実現するためにいかにしてナレッジマネジメントを実施しているかを明らかにする。前段階での CAE の活用の成否は、概念設計段階における一次元 CAE の活用、あるいは製品のシステムモデルの優劣に依存している。従来システムモデルは有能な設計者の暗黙知となっていた製品の基本性能を複数の構造方程式によって表現したものであり、このモデル化の実現と継続的な改良が持続的な製品開発の成功につながる。これをどのような形で実現していくのか、またそのために必要な要因は何かについて明らかにする。

(3) 先進的な CAE の導入によって製品開発プロセスと研究開発プロセスを有機的に連携させていく方法についても明らかにする。システムモデルが構築できれば、製品の性能に影響を与える物理的尺度と、現在の技術水準を前提としたそれらに関するパラメータの可変域を特定できるので、当初からどのような幅で新製品を生み出しうるかのパラメータの境界集合が決定できる。境界集合を変更・拡張するためには研究開発を行う必要が生じるので、システムモデルの変化という形で研究開発を製品ロードマップの中に置きなおすことができる。こうした形での相互作用と定量的な目標設定の製品開発スピードや品質に対する影響も明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) ①分析対象となる企業グループに対するヒアリング調査と分析に向けてのヒアリング内容と提供を受けた資料の整理を踏まえたケース作成、②米国における CAE の製品開発への適用の先進事例の調査、および③①で示したシステムモデル構築に向けての予備検討を実施する。ヒアリングを実施するに当たり、筆者の想定している理想的な CAE 活用枠組みをベースとして各社の状況を整理していく。

(2) 広義の CAE の効果は、システムモデル構築能力に依存しているとの仮説を検証するためには、筆者自身が仮想的ないしは概念的なシステムモデルを構築し、どのような形で設計や製造の暗黙知が織り込まれていくかを、ヒアリングの成果を踏まえてトレースする。

(3) ヒアリングに基づき、システム指向的

な米国のものづくりと暗黙知を基盤とした擦り合わせ型の日本のものづくりが、CAEを核としたときにどのように融合するのかといった観点から、中間段階での成果をまとめる。つまり、製品開発の初期段階で多くのことを規定していく広義のCAEのスタイルは、プロセス開発まで含めた広義の製品開発の各フェーズでの擦り合わせ活動によって調整していく日本の伝統的のものづくりにどのように適用していけばよいのかを明確化していく。

#### 4. 研究成果

本研究では、技術経営の視点から、CADやCAEの企業経営における役割に関する工学的知見と経営的知見のギャップの原因を明らかにし、橋渡しに必要な様々な知見を得た。以下に主な成果を示す。

(1) 設計者にとって必要な解析とは、精度の高い解析ではなく、自らの設計した形状が諸条件を満足しているかどうかを確認することであり、解析精度よりも即応性が重視される。CAEは同一条件下では同一結果を示すという特性を有していることから、相対比較を行うのに適しているが、そこで求められる解析の知識・ノウハウは、先述の解析専門家が蓄積してきたそれとは明らかに異なる。

(2) 自由度の高い段階でのCAEの活用が“アップフロントエンジニアリング”であり、企画・構想段階からCAEを活用することを意味している。企画・構想段階では、目指す製品特性を満足するための基本的な構造等を検討すること目的としてCAEが用いられる。この段階では製品形状データを始めとする情報が確定していないため、設計自由度が高く、製品の主要パラメータをCAEにより最適化することも可能である。

(3) 製品開発プロセスの様々な段階でCAEの活用が可能である。3次元CADと連携したCAEの利用は、その活用タイミングにより使用条件と得られる効果に変化することから、製造プロセス各段階に適した利用をすることで、製品品質の向上及び製品開発期間の短縮に寄与できる。フロントローディング実現の重要なツールとして、CAEの構想・設計段階での活用は一部先進的企業で定着し、アーガイルな製品開発に貢献しているが、実験CAEほどにはものづくり企業に広く普及しているとはいえない。この理由として、実験CAEからCAE活用にかかるケイパビリティを蓄積した場合、同様のツールを利用すると言っても、企画・構想段階で求められるCAEに関するケイパビリティとは異なることがあげられる。

(4) 企業がCAEを活用したアップフロントエンジニアリングを目指す際、①実験CAEに代表される製品開発後工程あるいは品証部

門での活用履歴が長ければ長いほど、②そうした部門に対するCAEに対する精度要求が高ければ高いほど、あるいは③アップフロントエンジニアリング化の取り組みに後工程のCAE専門家が関与すればするほど、CAEの活用は組織内のフリクションを増大させることとなり、製品開発期間に対してネガティブな影響を及ぼす。

(5) CAEを活用したアップフロントエンジニアリングによりアーガイルな製品開発プロセス実現に対し、デジタルエンジニアリングツール一般に対する組織的習熟度は必ずしもポジティブな影響を与えず、従前の製品開発組織のあり方が重要な要因となる。

(6) 工学的知見では、CAEが製品開発のアーガイル化に貢献しうること、またそのための活用方法も提案されてきた。その一方で、経営学的知見はそれを効果的に実現するために必要な組織のケイパビリティや導入プロセスについて明らかにしていない。したがって、設計部門が蓄積すべきCAEにかかるケイパビリティはどういったもので、それをいかにして蓄積していくべきか、そしてそれに適合した製品開発組織はどういったものを技術経営的視点で再検討することが求められる。この点は、従来日本のものづくり企業がすりあわせ型の製品開発を強みとしてきたという認識との関連でもきわめて重要である。それは、すりあわせを一步進めることを、設計者が解析者の活動を吸収してCAE実施することと捉えると、異質のケイパビリティを設計者に付与させ、設計者の時間的制約とCAEの本質的弱点を前提とすれば、品質と開発期間の両方に負の影響を及ぼすという望ましがらざる帰結を生むリスクをはらんでいる。

(7) CAEを核とした先進的な製品開発プロセスと従来のそれとの違いを描写し、その文脈でのCAEの役割及びそれに伴う組織的なナレッジマネジメントの変質を事例ベースで描写し、CAEを企業パフォーマンスの向上につなげる前提となる組織のケイパビリティと、効果的なCAE導入プロセスを示すことで、我が国のものづくり力の向上に資することが期待できる。

#### 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 Moch Agus Choiron, Ken Kaminishi, Shigeyuki Haruyama, Optimization of New 25A-size Metal Gasket Design Based on Contact Width Considering Forming and Contact Stress Effect, Didik Nurhadiyanto, International Journal of Mechanical and

Aerospace Engineering, 査読有, Vol.6, 2012, 343 -347

② Yusuke Odoh, Tatsuya Kasamatsu, Tsuyoshi Koga, and Ken Kaminishi, Development of Concurrent Engineering Tool for Early Design of Mechatronics Product, Proceedings of the 8th International Conference on Innovation & Management, 査読有, 2011, 210-215

〔学会発表〕(計 2件)

① Tsuyoshi Koga and Ken Kaminishi, Modeling and Simulation of Product Service Systems For Design and Innovation, The 9th International Conference on Innovation & Management, 2012年11月14日, アイントホーベン (オランダ)

② Ken Kaminishi and Yoshiyuki MATSUURA and Yoshihiro MATSUURA, Up-front engineering and agile product development capability, 日本機械学会M&M2011カンファレンス, 2011年7月18日、九州工業大学(北九州市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

上西 研 (KAMINISHI KEN)

山口大学・大学院技術経営研究科・教授

研究者番号：50177581

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：