

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26380509

研究課題名(和文) 設計初期段階でのシステムモデル活用が製品開発プロセスと組織に与える影響

研究課題名(英文) Impact of utilization of system model at the initial stage of design on product development process and organization

研究代表者

上西 研 (Kaminnishi, Ken)

山口大学・大学院技術経営研究科・教授

研究者番号：50177581

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：システムモデルを作成・解析するソフトウェアを開発し、そのソフトウェアを用いて企業における製品開発プロセスをトレースした。その結果、システムモデルは製品仕様を書面の代わりに数式で表現できるため、設計初期(概念設計)段階で活用することにより、制御、メカ、エレキなどの複合領域を同時にシミュレーションで事前検証ができるだけでなく、現場が有するナレッジの組織的な共有・活用が容易になり、製品開発のスピードと品質が飛躍的に向上することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Software for creating and analyzing system models has been developed and using the software, the product development process in companies has been traced. As a result, by utilizing the system model at the initial stage of design (conceptual design), it is possible not only to preliminarily verify complex domains such as control, mechanics, and electricity by simulation but also to express product specifications by mathematical expression instead of in writing. Therefore, it became easier to organize and share the knowledge gained from the site, as well as improving the speed and quality of product development dramatically.

研究分野：技術経営学

キーワード：製品開発プロセス システムモデル 設計

1. 研究開始当初の背景

(1) デジタルエンジニアリング(DE)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 (Computer Aided Design) の効果は CAE (Computer Aided Engineering) 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た。また、CAE に焦点を当てた分析に関しては、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が調べられていた。そして、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されていた。すなわち、CAE の利用は製品開発期間には中立的ないしは負の効果を持つことが示唆されていた。しかし、品質面への CAE の影響に関してこれらの研究の評価は対立的であり、CAE の製品開発期間に対するプラスの影響について積極的に主張されていなかった。

(2) システムモデルは上記で概観した CAE の課題を解決するために開発されてきた新しい技術であった。これらは最終的には一次元の物理式群と経験式群を統合した方程式群に帰着されるので、1D-CAE 等と呼ばれることもあり、従来の CAE と異なり製品の性能・機能・品質に関する情報を機構・構造・流体・熱・制御等の複数分野の連成問題として高速に解くことが期待されていた。また、この技術は概念設計段階から製品全体をシステムとして捉えた検証・評価を継続して行える大きな利点があると考えられていた。

(3) 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いた。その過程で、解析主導設計など設計初期段階での解析主導による製品開発が経営に与えるインパクトの大きさを企業との共同研究等で知るに至り、最先端の解析技術を製品開発に活用するためのシステムモデルの研究を行ってきた。その結果、製品開発にシステムモデルを活用するために必要な組織的条件は何かを明らかにすることが実務的および学問的に重要であると考えに至った。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、筆者が技術と経営の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た。

2. 研究の目的

(1) 研究開始当初の背景に記載したように、CAE に関しては、実験の代替物という位置づけでの検討はされてきたが、システムモデル活用により製品開発プロセスを抜本的に変

革しているような先進的モデルベース開発の実態を踏まえた分析はなされていなかった。そこで本研究はこのギャップを埋めるために、まず、設計初期段階でのシステムモデル活用が製品開発プロセスと組織にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目指した。

(2) さらに、システムモデル活用を核とした先進的な製品開発プロセスと従来との違い、システムモデル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、モデルベース開発を企業価値向上につなげる前提となる組織能力と、効果的な技術導入プロセスを示すことで、我が国製造業のものづくり力の向上に資することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) まず、企業に対する集中的なヒアリングによって、最先端技術であるシステムモデルの効果的な導入アプローチについて調査した。

(2) 次に、システムモデル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企業と一般的な企業とを比較検討することで、システムモデルの導入・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調査した。

(3) また、モデルベース開発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、筆者自身が仮想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のかを、ヒアリングの成果を踏まえて筆者自身が成功した企業の活用状況をトレースした。

(4) 協力企業に対してフォローアップのヒアリングを実施し、研究内容の精緻化を図った。

4. 研究成果

(1) 実験の代替としてのシミュレーション技術は、コンピュータ能力の向上と低価格化及び3D-CADの普及によってCAEを中心に企業で定着してきた。そうした企業での一般的なCAEの活用範囲の拡大ステップは、まず専門の解析部門を設置し、そこから設計段階での利用へと向かったことがわかった。

(2) 解析専任者のCAEに関する関心は、解析精度であり、そこで蓄積された暗黙知は、本質的にCAEの精度面での限界にいかにして対処するかが中心となることがわかった。

(3) その一方、設計者がCAEに求めるのは解析精度ではないために、解析担当者から得られる知識は設計者のニーズに必ずしもフィットしておらず、結果として設計者がCAEを合目的に利用できないという事態を招いていることがわかった。

(4) 解析専任者と設計者の意識のズレが、CAEの利用が必ずしも開発期間の削減に寄与しないという先行研究結果やCAEの設計局面

での利用が予想ほどには進展しない要因であることを示した。

(5) システムモデルの導入に成功している企業は、必ずしも従来の CAE の導入ステップを経ていないことが明らかになった。このことより、一般的な CAE を導入してからモデル活用の枠組みにたどり着くには何らかの障壁が存在していることがわかった。

(6) システムモデルを構築することができれば、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さうかのパラメータの境界集合が決定できることがわかった。また、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とを示した。

(7) システムモデルは複合領域における様々な現象をオブジェクト指向のモデリング言語で表現することができ、これらは最終的には一次元の物理式群と経験式群を統合した方程式群に帰着されるため、従来の CAE と異なり製品の性能・機能・品質に関する情報を機構・構造・流体・熱・制御等の複数分野の連成問題として高速に解くことができる大きなメリットを有していることを確認した。

(8) システムモデルを活用した製品開発は、製品仕様を画面の代わりにシステムモデルで表現し、制御、メカ、エレキなどの複合領域を同時にシミュレーションで検証しながら開発を進めていくことができるため、現場が有するナレッジの組織的な共有・活用が容易になり、製品開発スピードや品質が飛躍的に向上することを示した。

(9) 製品開発初期の概念設計段階で多くのことを規定していくモデルベースの開発スタイルは、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ものづくりと親和性が高いことがわかった。

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 4 件)

Zefry Darmawan, Shigeyuki Haruyama, Ken Kaminishi, Implementation of ALD in Product Development: Study of ROPS to Improve Energy Absorption, Performance Using Absorption Part, International Journal of Mechanical and Industrial Engineering, 査読有, Vol.11, No.10, 2017, 1752-1756
Tsuyoshi Koga, Takao Eguchi,

Takayuki Isaka and Ken Kaminishi, Improving Method of Estimation Accuracy of Value of Product Development based on both of Positive and Negative Data, Malaysian Construction Research Journal, 査読有, Vol.1, No.1, 2017, 194-206

Oke Oktavianty, Tadayuki Kyoutani, Shigeyuki Haruyama, Junji Kaneko, Ken Kaminishi, Acausal and Causal Model Construction with FEM Approach Using Modelica, International Journal of Medical, Health, Biomedical, Bioengineering and Pharmaceutical Engineering, 査読有, Vol:10, No. 03, 2016, 138-146

三宅賢治, 松浦良行, 上西研, 半導体製造プロセス関連産業のイノベーション・エコシステムに関する一考察、Venture review、査読有、26 巻、2015、71-75

[学会発表](計 2 件)

Shigeyuki Haruyama, I Made Gatot Karohika and Ken Kaminishi, Development of 25A-Size Three-Layer Metal Gasket by Using FEM Simulation, International Conference on Mechanical and Aerospace Engineering, 2016 年 03 月 17 日, London, United Kingdom

藤原 完維, 尾藤 優介, 古賀 毅, 上西 研, 複合製品の物理モデル段階的詳細化による設計支援、日本機械学会、2014 年 09 月 17 日、徳島大学

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

なし

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

なし

(3) 連携研究者

古賀 毅 (KOGA Tsuyoshi)
山口大学・大学院創成科学研究科・准教授
研究者番号：30431787

春山 繁之 (HARUYAMA Shigeyuki)
山口大学・大学院技術経営研究科・教授
研究者番号：10416505

(4) 研究協力者

Zefry Darmawan
山口大学・大学院理工学研究科・博士後期
課程学生

Oke Oktaviany
山口大学・大学院理工学研究科・博士後期
課程学生

三宅 賢治 (MIYAKE Kenji)
山口大学・大学院理工学研究科・博士後期
課程学生