

【調 査】

## 製品開発プロセスにおける問題発生と解決行動

— エンジニア個人レベルでの日中韓比較\* —

都留康・徳丸宜穂・中島賢太郎・福澤光啓

製品開発に関する先行研究では、開発プロセスで実際に発生した問題と開発組織のリーダーとメンバーによる解決行動との関係、および問題解決行動と開発成果との関係などについて、産業横断的かつ国際的な定量分析が行われていない。本稿では、日本・中国・韓国のエンジニア個人を対象にしたアンケート調査データに基づき定量分析を行い、以下の3点を析出した。第1に、担当業務内で発生した問題を現場レベルで解決しようとするのは日本であり、上位組織で解決しようとするのは中国である。韓国は日本に近い。第2に、担当業務外の問題解決のための協力という意味でのエンジニア個人の能動性は日本で最も高く、韓国で最も低い。中国はその中間である。第3に、担当内問題解決の組織レベルは、いずれの国のどの開発成果に対しても有意な影響をもたないのに対し、担当外問題解決での能動性は、いずれの国の開発組織レベルでの開発成果に対しても正で有意な影響をもつ。

JEL Classification Codes: M11, M12, M54

### 1. はじめに

東アジアは長らく「世界の工場」として発展してきたが、近年では「世界の開発拠点」としての段階に入りつつある。こうした発展に照応して、アジア各国の企業が製品開発プロセスをどのように組織しているのかが重要な研究テーマとして急浮上してきた。たとえば、都留・守島(2012)は、日本・中国・韓国の製品開発組織とエンジニアの人材マネジメントに関する比較研究を行い、これら3か国で異なる開発組織管理や人材マネジメントの方法がみられることを明らかにした。

本稿は、観察単位を企業から個人へと降ろすことによって、3か国の製品開発プロセスの類似性と差異をさらに明確にする試みである。具体的には、エンジニア個人の問題解決行動に着目することによって課題に接近する。周知のように、小池(2005)は、仕事一般を「ふだんの作業」と「ふだんと違った作業」とに分けることができるとし、「問題への対応」と「変化への対応」とをこなす技能(知的熟練)の重要性を強調した。また、Simon(1969)を嚆矢として、製品開発を一連の問題とその解決行動として理解することは、製品開発研究が共有する視点である。以上から、問題解決活動に着目することは製品開発プロセスの深部に分け入るために適切なルートだといえよう。

本稿の目的は、日本・中国・韓国のエンジニア個人を対象にしたアンケート調査結果に基づき、製品開発プロセスで実際に発生した問題と、リーダー・メンバーによる実際の問題解決行動を具体的に明らかにした上で、問題解決行動が開発成果に及ぼす効果を定量的に示すことにある。

本稿の主な貢献をあらかじめ提示しておこう。

(1)先行研究では、製品開発を問題解決活動として捉え、そのインプット、プロセス、成果の相互関係を分析してきた。しかし、先行研究には、以下のような問題があった。①発生している問題を具体的に捉えていない、②発生した問題に対してどのような解決活動が開発組織のリーダーとメンバーで現実になされているのかを明らかにしていない、③問題解決活動が開発成果に及ぼす影響を国際的かつ産業横断的に把握していない、という問題がそれである。これに対し本稿では、具体的に発生した問題、実際に行われた解決行動、および開発成果について日中韓の国際比較の観点から産業横断的に把握した点に貢献がある。

(2)具体的に発生した問題を担当業務内と担当業務外に分けて捉えると以下のようになる。担当業務内では、日本と中国では「不具合」が多く、韓国では「仕様変更」が多かった。メンバーとリーダーでは直面する問題が異なり、韓国ではリーダーが「予算不足」「人員不足」と答える割合が高かった。ま

た、問題解決方法としては、問題解決がなされる組織レベルに対応して、日本や韓国では開発現場に委ねられるときにはエンジニア個人が主に対応し、リーダーなどのより上位の人物や組織が関与するときは、上司との打合せ時間が増えるという関係にあった。なお、中国では、全体的に上位組織での問題解決が多かった。

他方、担当業務外では、日本のメンバーとリーダーは「不具合」、中国のメンバーとリーダー、および韓国のメンバーは「仕様変更」、韓国のリーダーは「不具合」を挙げた回答者が最も多かった。また、担当業務外問題解決に関与するかどうか、関与するとすれば自発的かどうかを示す「能動性」指標を採ると、すべての問題において最も能動性が高かったのは日本であった。

(3)開発成果は、個人レベルと組織レベルとは異なる。また、問題解決行動は、個人レベルと組織レベルの開発成果に対して異なる影響をもつ可能性があり、開発成果をどのレベルで捉えるかはきわめて重要である。本稿ではエンジニア個人のレベルの成果として、①担当業務の納期の短さ・正確さ、②開発コスト、③製品品質の3つの側面について尋ねた。開発組織レベルの成果については、以上の3指標に加えて、個人レベルには当てはまりにくい、④総合的な商品力と顧客満足度についても尋ねた。そして、いかなる問題解決行動が、製品の開発成果を向上させうるかに関して定量的分析を行った。その結果、担当業務内問題解決の組織レベルはいずれの国のいずれの開発成果にとっても有意な影響をもたないのに対し、担当業務外問題に対する能動性は、すべての国において開発組織レベルの開発成果に正で有意な影響をもつことが明らかとなった。

## 2. 先行研究の展望と本稿の分析課題

### 2.1 問題解決活動としての製品開発

企業が新しいデザイン・構造・技術などを盛り込んだ製品を発売するために必要となるコンセプト創造や機能・構造設計、試作、実験といった一連の活動は「製品開発」と呼ばれる。これをいかに有効かつ効率的に行うことができるかが、企業の競争力に大きな影響を与える。したがって、製品開発に関する研究の主要な目的は、製品開発を有効かつ効率的に行うことのできる戦略や組織のあり方を明らかにすることである。

製品開発に関する先行研究では、製品開発組織の

あり方(プロセス、構造、能力、ルーチンなど)に関する研究や開発組織と開発成果との関係について実証研究が行われてきた。そこでは、製品開発活動は、一連の問題解決活動であり、製品システムに関する学習のプロセスであると捉えられてきた(Ahmad, Mallick, and Schroeder, 2013; 青島, 1997; Atuahene-Gima, 2003; Brown and Eisenhardt, 1995; Clark and Fujimoto, 1991; Denison, Hart, and Kahn, 1996; 藤本・安本, 2000; Iansiti, 1998; 桑嶋, 2002; McDonough and Barczak, 1992; Mihm, Loch, and Huchzermeyer, 2003; Sheremata, 2000)。特に、製品開発活動を一連の問題解決活動として把握し、効果的な組織構造やプロジェクト・マネージャーの行動、およびそれらが開発成果に与える影響について実証研究を行った先駆的で大きな影響を及ぼした「現代古典」ともいえる研究として Clark and Fujimoto (1991)が挙げられる。

Clark and Fujimoto(1991)では、製品開発活動を、「問題の認識→代替案の生成→評価→意思決定(受容または拒否)」の段階からなる問題解決モデルとして捉えている。そして、問題解決パターンと開発成果との関係について、1980年代の日米欧の自動車開発プロジェクトを対象として実証分析を行った。その結果、優れた企業に共通する特徴として、「調整された問題解決」が行われていることが示されている。

その要素としては、①川上・川下の活動のタイミング、②情報メディアの豊富さ、③情報交換の頻度、④コミュニケーションの方向、⑤川上・川下の情報の流れのタイミングが挙げられている。また、それを実現するための条件として、①開発作業が高度に並行的に処理されること(開発作業段階の重複化)、②豊富で頻繁な双方向性の情報の流れの存在(緊密なコミュニケーション)の2つがそろそろ必要があるとされている。

Clark and Fujimoto(1991)では、開発成果全体に関して高い業績を達成していた組織の特徴は、強力な内的統合活動(機能部門間の調整・統合を行うこと)と外的統合活動(市場ニーズとの適合を図ること)とを結合して、製品別のプロジェクト・マネージャー(PM)の下に集中させている組織であることが明らかとなった。そうした特徴をもつPMを保有している組織は、「重量級PM(Heavy Weight Project Manager: HWPM)型組織」と呼ばれる。

Clark and Fujimoto(1991)を皮切りに、1990年代

から2000年代にかけて、様々な産業を対象とした多くの理論的・実証的な研究が行われ、研究者ごとや取り上げる産業ごとに、多くの概念や変数が構想・実証されてきた<sup>1)</sup>。それらの中でも、1985年から2009年までに主要な学術専門誌に掲載された、製品開発チームのもつ特徴や開発プロセス、開発成果との関係に焦点を当てた論文を対象としてメタ分析を行って様々な変数を整理した研究として、Sivasubramaniam, Liebowitz, and Lackman(2012)が挙げられる。

Sivasubramaniam et al. (2012)では、製品開発チームおよびそのパフォーマンスに関する先行研究の知見を「インプット-プロセス-アウトプット(I-P-O)」モデルの中に位置づけて整理している。まず、インプットの要素として、①チームの年齢(継続年数やチームメンバーと一緒に仕事をしている期間)、②機能(職能、部門)の多様性<sup>2)</sup>(チームメンバーの出身部門の多様性)、③チーム能力(チームに蓄積されてきた一般的な知識や経験)、④リーダーシップスタイル(チームリーダーのカリスマ性や変革性、権限移譲など)が挙げられている。

次に、プロセスの要素として、①内的コミュニケーション(チームメンバー間での情報交換の頻度やオープンさのこと。これが高ければグループの凝集性や役割が明確になったり、メンバー間の共通認識を醸成することができる)、②外的コミュニケーション(チームメンバー以外の人々との情報交換の程度であり、顧客との情報交換や外部資源の迅速な獲得が開発成果を高める)、③集団凝集性(グループメンバー間で醸成されている団結心)、④目標(ゴール)の明確さ(チームメンバー間での目標に関するコンセンサスの水準が高いほどチームメンバーのモチベーションが向上する)が挙げられている。

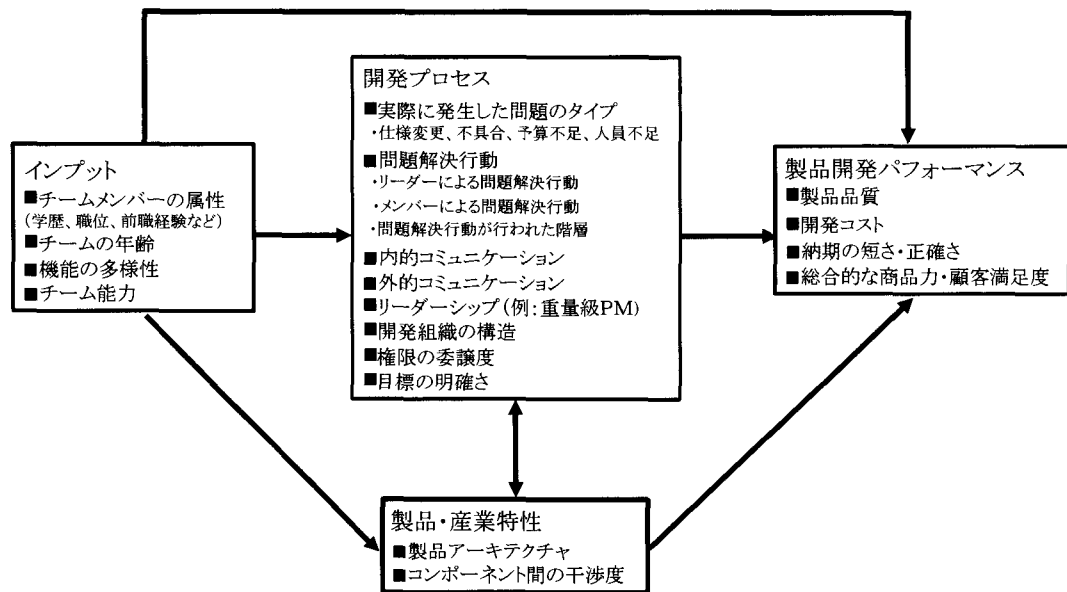
さらに、開発プロジェクトの成果の要素として、①製品開発の有効性(新製品が市場で要求される品質・性能、価格、新奇性等を満たしている程度)、②製品開発の効率性(開発プロジェクトの予算やスケジュールを遵守できている程度)、③市場投入までのスピード(リードタイム、納期)が挙げられている。結果的に、インプット要因およびプロセス要因について想定されている仮説のすべてが支持されている。特に、リーダーシップやチーム能力、外的コミュニケーション、目標の明確さ、集団凝集性が、製品開発成果を高めるうえで重要な影響を与えており、豊富な経験を有するチームが変革型リーダーに

よって導かれている場合には、開発成果がいつそう向上することが示されている。

このような製品開発活動のプロセスや成果に対して影響を与える重要な製品・産業特性として、1990年代半ば以降、製品アーキテクチャに関する議論が盛んに行われてきた(Baldwin and Clark, 2000; 藤本, 2013; Ulrich, 1995)。ある製品のアーキテクチャは、構成要素間の相互依存関係のパターンにより定義される。その基本的なタイプはインテグラル型とモジュラー型の2つであり<sup>3)</sup>、主としてこれらのタイプと組織のあり方(部門間調整や企業間での分業形態)との適合関係に関する一連の仮説群が形成されてきた(青島・武石, 2001; Baldwin and Clark, 2000; Brusoni, Prencipe, and Pavitt, 2001; Cabigiosu and Camuffo, 2012; Eppinger and Browning, 2012; Fine, 1998; Fixson, 2005; 藤本, 2013; 福澤, 2008; 具, 2008; Henderson and Clark, 1990; Hoetker, 2006; 貴志・藤本, 2010; 楠木・チェスプロウ, 2001; Langlois and Robertson, 1992; MacCormack, Baldwin, and Rusnak, 2012; 中川, 2011; Sanchez and Mahoney, 1996; Schilling, 2000; Sosa, Eppinger, and Rowles, 2004; 武石, 2003; 都留・守島, 2012)。基本的には、製品の部品間の相互依存性が高い場合(インテグラル型)には、それを開発する組織においては部品間の事後的な調整を行えるだけの高い調整能力が必要であり、その結果、部門間調整は緊密に行われることになる。部品間の相互依存性が相対的に低い場合(モジュラー型)には、部品間の設計の独立性が高く、部品間の事後的な調整なしに簡単に組み合わせられるため、部門間調整はそれほど緊密に行われる必要はないとされる。

以上のように、製品開発に関する先行研究では、製品開発プロジェクトを効果的に管理するための方策について、開発成果に影響を与える要因を明らかにすることを通じて考察されてきた。しかしながら、そこには以下のような限界もある。すなわち、①どのようなタイプの「問題」が実際の開発現場で発生したのか、②それに対して開発リーダーやメンバーが実際にいかなる対応を行ったのか、③そうした具体的な問題解決行動を有効に行うためにどのような組織上の取り組みが行われたのか、④結果的に開発成果がどのような影響を受けるのか——これらに関する産業横断的・国際的な実証分析は十分には行われていないという限界がそれである。

図1. 本研究の分析枠組み



## 2.2 分析課題

前項でみてきたように、先行研究では、製品開発組織と開発成果との関係や、製品アーキテクチャと開発組織との関係について幅広い理論的・実証的な研究が行われてきた。しかし、先行研究では、①開発プロジェクトにおいて、実際にどのようなタイプの「問題」(仕様変更, 不具合, 予算不足, 人員不足など)が発生したのか<sup>4)</sup>, ②それらをリーダーやメンバーが解決するためにとった「実際の」行動(リーダーの上司・リーダー・メンバー間での連携調整も含む), ③それら実際にとられた行動に影響を与える組織・戦略・製品特性などの要因, ④問題解決行動の最終的な成果としての開発成果, について、すべてを包括的に取り扱ってはならず、しかも、産業横断的あるいは国際的な比較分析も行われてはいない。これらが、既存の製品開発研究における限界であり、それを本稿は実証的に克服していくことを目指している。

本稿の分析課題は以下の通りである。

(1) 製品開発プロジェクトにおいて実際に発生した問題のタイプとそれらに対するリーダーおよびメンバーの具体的な解決行動の関係を示すこと(リーダーやメンバーの特徴も含む)。

(2) それらの問題解決行動と開発成果との関係を明らかにすること。

(3) 開発組織の構造や組織内外のコミュニケーションのあり方に影響すると想定されている製品・産

業特性と実際の問題解決行動との関係、およびそれらの開発成果への影響を解明すること。

(4) 上記(1)~(3)のすべてについて、産業横断的かつ国際的(日本・韓国・中国)な定量的分析を行うこと。

製品開発に関する先行研究における主要な要因を整理し、それらの要因を本稿の研究目的と関連づけた研究の分析枠組みを示すと図1のようになる。これは、本研究で取り上げる問題解決行動や問題解決のプロセス、それらの結果としての製品開発の成果との関係を示すものであり、以下の節ではこのフレームワークに沿って実証分析を進めていく。

## 3. アンケート調査の方法とデータの説明

本稿で使用するのは、日中韓3か国の製造業およびソフトウェア業の企業で働くエンジニアに対するアンケート調査のデータである。

この調査の最大の特徴は、エンジニア個人を対象とするところにある。また、エンジニア個人へのアプローチの仕方にも工夫を施した。すなわち、まず同一企業で異なる製品・システムの開発に従事するエンジニアの情報を得るために、企業にアプローチした。そして、異なる製品・システムの開発に従事するエンジニアを2~5人選んでもらい、調査票に回答して頂いた。言いかえると、企業の効果と製品・システムの効果を識別できるように、既存の個人データベースなどからではなく、企業→製品→エ

表 1. 調査対象と回収状況

(a) 日本

	対象企業数	回収企業数	回答者数
全体	4,718	72	216
製造業	2,078	56	173
ソフトウェア業	2,640	16	43

注) サンプルフレームは「東京商工リサーチ企業データベース」である。

製造業は中分類コード 25-31, ソフトウェア業は小分類コード 391 を対象とした。

製造業は従業員数 200 人以上, ソフトウェア業は従業員数 50 人以上に限定した。

調査方法: 電話スクリーニングの後, 質問紙郵送法

調査期間: 2014 年 1 月 30 日から 2 月 27 日

(b) 韓国

	母集団	対象企業数	回収企業数	回答者数
全体	4,294	308	54	190
製造業	4,112	273	41	139
ソフトウェア業	182	35	13	51

注) サンプルフレームは, 大韓商工会議所資料である。

その売上高上位 1,000 社より, 非製造業等を除いて上位からの対象企業を 321 社選出し, 電話で調査に同意した 308 社に対して調査を実施した。

調査方法: 現地調査員による訪問面接法

調査期間: 2014 年 1 月 21 日から 3 月 19 日

(c) 中国

		対象企業数	回収企業数	回答者数
全体	全体	24,906	35	153
	製造業	23,309	25	111
	ソフトウェア業	1,597	10	42
北京	全体	5,389	11	51
	製造業	4,864	8	37
	ソフトウェア業	525	3	14
上海	全体	8,663	11	50
	製造業	8,087	8	38
	ソフトウェア業	576	3	12
広州	全体	10,854	13	52
	製造業	10,358	9	36
	ソフトウェア業	496	4	16

注) サンプルフレームは「中国 34 省市企業名録」である。

製造業は従業員数 300 人以上, ソフトウェア業は従業員数 50 人以上に限定した。

調査方法: 現地調査員による訪問面接法

調査期間: 2014 年 1 月 20 日から 2 月 24 日

エンジニアというルートでエンジニア個人に接近したわけである<sup>5)</sup>。

調査票は 3 か国同一の質問からなる。翻訳と逆翻訳を経て, 事前チェックのための予備調査を行い, 調査票を改訂した上で本調査を実施した。対象企業や回収標本の状況は表 1 で報告されている。

調査方法は, 日本に関しては, 郵送調査法(全国)

による。調査対象は, 製造業に属する従業員数 200 人以上の, またソフトウェア業に属する従業員 50 人以上の民間企業である。調査区域は全国で, サンプルフレームとしては, 東京商工リサーチの企業情報データベースを利用した。調査期間は 2014 年 1 月 30 日から 2 月 27 日までであった。回収状況は表 1(a)の通りである。

韓国の調査方法は企業調査を専門とする調査員による訪問面接法である。ただし, 日本とは異なり, 「大韓商工会議所資料」を利用し, 売上高上位の企業に調査対象を絞った。そして, 電話で調査に同意した企業を訪問した<sup>6)</sup>。調査区域は全国で, 調査期間は 2014 年 1 月 21 日から 3 月 19 日までであった。回収状況は表 1(b)の通りである。

中国では, 予算制約から調査区域を全国とすることを断念し, 上海, 北京, 広州の 3 地域調査とした。サンプルフレームは「中国 34 省市企業名録」である。調査方法は, まず電話連絡が可能だった企業にすべて電話して調査に同意した企業に, 企業調査を専門とする調査員が訪問した。調査期間は 2014 年 1 月 20 日から 2 月 24 日までであった。回収状況は表 1(c)の通りである。

#### 4. 製品開発プロセスとエンジニアの仕事

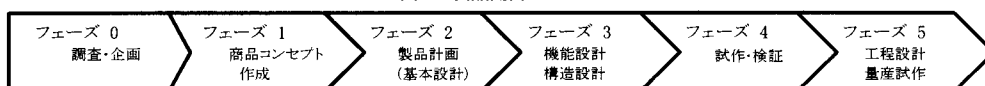
この節では, 以下の分析の前提となる製品開発プロセスとエンジニアの仕事について説明しておく。

まず, 製品開発の流れを概観すると, 図 2 のようになる。上流段階は, 製品の基本構想やコンセプトの策定であり, 下流段階は量産準備である。この中間に, 中核工程である製品計画(基本設計)と機

能設計・構造設計とが位置する。

次に, こうした製品開発プロセスの各段階をエンジニアが現実に 3 か国でどの程度経験しているのかを確認しよう。エンジニアが「これまでに経験した開発業務」(他社での開発業務)と「現在の勤務先企業で経験した開発業務」の全体を概観すると表 2 のようになる<sup>7)</sup>。

図 2. 製品開発プロセス



出所) Ulrich and Eppinger (2012) p.9 の Exhibit1-4 を修正。

表 2. 開発プロセスにおける担当業務

(a) これまでに経験した開発業務における担当業務

(複数回答)

	回答者数	商品コンセプト作成	製品計画(基本設計)	機能設計	構造設計	試作・検証	工程設計	量産試作	その他	無回答
全体	559	197 35.2	375 67.1	423 75.7	389 69.6	382 68.3	202 36.1	234 41.9	66 11.8	0 0.0
日本	216	98 45.4	161 74.5	172 79.6	150 69.4	177 81.9	84 38.9	101 46.8	31 14.4	0 0.0
韓国	190	51 26.8	107 56.3	115 60.5	114 60.0	93 48.9	37 19.5	74 38.9	35 18.4	0 0.0
中国	153	48 31.4	107 69.9	136 88.9	125 81.7	112 73.2	81 52.9	59 38.6	0 0.0	0 0.0

注) 上段は回答者数を、下段は回答者比率(%)を示す。

(b) 現在の勤務先企業で経験した開発業務における担当業務

(複数回答)

	回答者数	商品コンセプト作成	製品計画(基本設計)	機能設計	構造設計	試作・検証	工程設計	量産試作	その他	無回答
全体	559	181 32.4	359 64.2	403 72.1	369 66.0	364 65.1	174 31.1	197 35.2	59 10.6	1 0.2
日本	216	94 43.5	161 74.5	169 78.2	143 66.2	174 80.6	78 36.1	94 43.5	28 13.0	1 0.5
韓国	190	43 22.6	98 51.6	103 54.2	103 54.2	87 45.8	32 16.8	63 33.2	31 16.3	0 0.0
中国	153	44 28.8	100 65.4	131 85.6	123 80.4	103 67.3	64 41.8	40 26.1	0 0.0	0 0.0

注) 上段は回答者数を、下段は回答者比率(%)を示す。

日本では、現在の勤務先企業での開発業務として多いのは、①試作・検証(80.6%)、②機能設計(78.2%)、③製品計画(基本設計)(74.5%)の順である。韓国では、機能設計と構造設計がともに同率(54.2%)であり、製品計画(基本設計)(51.6%)がそれに続く。中国では、①機能設計(85.6%)、②構造設計(80.4%)、③試作・検証(67.3%)という順である。他社での開発業務に関しては、韓国でも中国でも、順位はほぼ変わらず、変わるのは、(おそらくは転職の回数の多さを反映しての)各業務の指摘率の高まりである。

もう一度、現在の勤務先企業での開発業務に戻ろう。3か国で40%以上という暫定基準を設けると、日本では、工程設計を除きすべての業務が挙げられる。韓国では、それから、商品コンセプト作成、工程設計、量産試作が脱落する。中国では、商品コンセプト作成と量産試作が脱落する。このように、日

本のエンジニアの開発業務の幅の広さが特徴である。別の角度からみると、日本は万遍なく業務を行う中で、試作・検証の割合が高い(80.6%)。これと対照的なのは、中国で、機能設計(85.6%)と構造設計(80.4%)に集中するという傾向である。他方、韓国では、担当業務のカバー範囲は中国に似ているが、指摘率は50%前後と低い。

日本で、試作・検証や量産試作の比重が高いのは、後工程としての製造を自らの企業の境界の内部で行うためと考えられる。他方、中国では、ファブレス(100%生産委託)であることが多いため、製品計画、機能設計、構造設計に特化した開発スタイルになっていると思われる。韓国はその中間に位置しよう。

## 5. 製品開発プロセスにおける問題発生と解決行動

### 5.1 自らの担当業務内で発生した問題と解決行動

製品開発プロセスでどのような問題が発生したの

表3. 担当業務内で発生した問題 (複数回答)

		回答者数	仕様変更	不具合	予算不足	人員不足
メンバー	日本	49	35 71.4	39 79.6	9 18.4	19 38.8
	韓国	124	100 80.6	81 65.3	26 21.0	63 50.8
	中国	40	21 52.5	23 57.5	12 30.0	8 20.0
リーダー	日本	157	132 84.1	132 84.1	45 28.7	104 66.2
	韓国	66	52 78.8	43 65.2	28 42.4	46 69.7
	中国	113	64 56.6	71 62.8	31 27.4	42 37.2

注) 上段は回答者数を、下段は回答者比率(%)を示す。

表4. 担当業務内で発生した問題のカテゴリ数 (平均値)

	メンバー	リーダー	差
日本	2.08	2.63	0.55***
韓国	2.18	2.56	0.38***
中国	1.60	1.84	0.24

注) \*\*\*は1%水準で差が有意であることを意味する。

か、また、問題を解決する組織レベルはどこであり、エンジニアはどのように行動したのか。本節では、これらの問題を検討する。この調査では、①自分自身の担当業務内で発生した問題(以下、「担当内問題」と)、②自分自身の担当業務以外で発生した問題(以下、「担当外問題」)の両方について尋ねた。そこでまず、担当内問題の内容と解決行動についてみてみよう。

調査では、「仕様変更」「不具合」「予算不足」「人員不足」の4つの問題が現実には発生したかどうかを尋ねた<sup>8)9)</sup>。表3は実際に発生した担当内問題の内訳を示す。メンバーとリーダーおよびサブリーダー(以下「リーダー」とまとめて表記)とでは直面する問題が異なっている可能性があるため、両者を分けて示している<sup>10)</sup>。3か国ともほぼすべての問題カテゴリーで、メンバーよりリーダーの方が、問題が発生したとする回答の割合が高い。また、メンバー・リーダーともに、日本は「不具合」発生割合が他国より顕著に高く<sup>11)</sup>、韓国ではリーダーにおいて「予算不足」「人員不足」発生割合が他国に比べて顕著に高い。

紙幅の都合上表は省略するが、現実には発生した

「仕様変更」「不具合」「予算不足」「人員不足」の4つの問題のうち最も解決が難しかった問題<sup>12)</sup>を選択してもらったところ、3か国とも、「仕様変更」と「不具合」が解決困難な上位2大問題であった。また、日本と中国では「不具合」を挙げる回答者がメンバー・リーダーともに最大だったのに対して、韓国では、メンバーでは「仕様変更」を、リーダーでは「人員不足」を挙げる回答者が最大であった。さらに、「予算不足」「人員不足」という開発資源の不足が最も解決が難しかった問題だったとした回答者の割合は、メンバーでは韓国(33.1%)、中国(20.0%)、日本(16.7%)の順であり、リーダーでは韓国(53.0%)、日本(30.3%)、中国(25.5%)の順であった。

表3と比較すると、韓国のリーダーを除き、実際に最も多く発生した問題と、最も解決が難しかった問題とは一致している。けれども、韓国のリーダーの場合、実際に最も多く発生した問題は「仕様変更」だったが、最も解決が難しかった問題は「人員不足」であった。このことは後にみるように、韓国における「人員不足」問題の解決方法と関係があると考えられる。

表4は、担当業務内で発生した問題のカテゴリ数を示す。この数値は、自分の「守備範囲」として認識している問題の多様度を表すと考えられる。そこで、国別に平均値の差の検定を行った。メンバー・リーダーともに、日本と韓国のエンジニアは中国のエンジニアに比べて、担当業務内で有意に多数の問題を経験している。また日本と韓国では、リーダーの守備範囲である問題カテゴリーがメンバーよりも有意に多数だが、中国ではリーダーとメンバーの差は有意ではない。これらのことは、日本・韓国のエンジニアは中国のエンジニアに比べて、また日本・韓国のリーダーはメンバーに比べて、より多様な問題の解決に従事していることを示唆している。

次に、担当内問題が解決された組織レベルを検討しよう。回答者には、「1. 開発組織のメンバーに問題解決が委ねられた」から、「4. 開発組織を超えた、より上部の組織で問題解決が行われた」までの4つの選択肢から、現実の組織的問題解決行動を選択するように求めた。この回答は、上位組織やリーダーの関与なしで開発現場が直接に問題解決を図るという選択肢1から、開発現場が問題解決にタッチせず、

表 5. 担当内問題解決の組織レベルの平均値

	仕様変更	不具合**	予算不足	人員不足**	加重平均値***
日本	2.29	2.28	3.17	2.51	2.38
	45	111	12	45	213
韓国	2.35	2.09	3.04	2.17	2.32
	60	54	24	52	190
中国	2.47	2.45	3.55	2.81	2.61
	45	55	11	21	132

注) 上段は組織レベル(開発組織メンバー=1, リーダーとメンバーの協働=2, リーダー主導=3, 上位組織=4)の平均値を, 下段は回答者数を示す。\*\*\*および\*\*は, クラスカル・ウォリス検定の結果, それぞれ1%水準, 5%水準で差が有意であることを意味する。

表 6. 発生した問題別の結果

(複数回答)

	日本				韓国				中国			
	回答者数	目標品質の未達成	製品原価目標の未達成	納期遅れ	回答者数	目標品質の未達成	製品原価目標の未達成	納期遅れ	回答者数	目標品質の未達成	製品原価目標の未達成	納期遅れ
仕様変更	174	83 47.7	39 22.4	82 47.1	152	67 44.1	27 17.8	60 39.5	85	23 27.1	22 25.9	66 77.6
不具合	180	94 52.2	34 18.9	76 42.2	124	63 50.8	18 14.5	52 41.9	94	25 26.6	24 25.5	71 75.5
予算不足	56	25 44.6	19 33.9	29 51.8	54	28 51.9	12 22.2	24 44.4	43	7 16.3	10 23.3	31 72.1
人員不足	129	59 45.7	27 20.9	71 55.0	109	52 47.7	17 15.6	51 46.8	50	9 18.0	11 22.0	44 88.0

注) 上段は回答者数を, 下段は回答者比率(%)を示す。

より上位組織での問題解決に委ねる選択肢4の4段階で, 問題解決が行われた組織レベル(以下「問題解決の組織レベル」と呼ぶ)を示していると考えられる。

4つの担当内問題解決について, 問題解決の組織レベルを国別に示すのが表5である。3か国の加重平均をみると, 上位組織で問題解決が行われた度合が最も大きいのは中国で, 最も小さいのは韓国である。また, 韓国において, 開発現場で問題解決を行う度合が他国に比して顕著に高いのは, 「人員不足」という, 開発資源不足にかかわる問題である。

これらの問題が発生した結果, 「目標品質の未達成」「製品原価目標の未達成」「納期遅れ」という事態が発生したか否かを回答してもらったところ(複数回答), 最も多くの回答者に発生した事態は, 日本・韓国で「目標品質の未達成」で, 中国で「納期遅れ」であった。さらに発生した担当内問題カテゴリー別に結果として起きた事態を分析したのが表6である。

すべての問題カテゴリーについて, 中国では主に納期遅れをもたらし, 韓国では主に目標品質の未達成をもたらしている。他方日本では, 「仕様変更」

「不具合」問題が主に目標品質の未達成に帰着し, また「予算不足」「人員不足」が主に納期遅れをもたらしている。本アンケート調査の他の設問に対する回答は, 中国で納期の制約が厳しいことを示唆しており<sup>13)</sup>, すべての問題カテゴリーが納期遅れを主にもたらすという結果と整合的である。また, 問題の性質上, 開発資源不足は開発現場よりも上位の組織で解決すべき問題だと考えられる。それゆえ, 納期遅れが自然な帰結であるはずの開発資源不足問題が, 韓国では主に目標品質の未達成をもたらしているのは, 開発資源不足問題を長時間労働により開発現場レベルで解決している<sup>14)</sup>ことが一因だと考えられる。このことはまた, 前述の通り, 最も解決が難しかった問題として開発資源不足を挙げる回答者の割合が韓国で最も高かったことの一因でもあると思われる。

次に, 個人の担当内問題解決行動を検討しよう。表7は, 最も難しかった担当内問題解決時の労働時間配分と問題解決の組織レベルとの関係を示す。紙幅の都合上, 問題解決に当たって最も重要だと考えられる「自分一人で開発に従事」と「上司と打合せ」との2項目のみを示した<sup>15)</sup>。まず3か国の平均



表 7. 最難関問題解決の組織レベルと労働時間配分(%)との関係

問題解決の組織レベル	日本			韓国			中国		
	回答者数	自分一人で開発に従事	上司と打合せ	回答者数	自分一人で開発に従事	上司と打合せ	回答者数	自分一人で開発に従事	上司と打合せ
上位組織で解決	31	28.2	15.6	24	27.9	25.8	23	45.0	14.7
リーダー主導	40	39.6	14.5	45	31.0	23.2	36	34.7	17.5
リーダーとメンバーの協働	119	32.5	13.2	88	33.5	19.8	71	34.6	18.3
開発組織メンバーに委ねた	21	45.2	7.3	33	45.3	12.3	2	55.0	7.5
平均	211	34.5	13.2	190	34.3	20.0	132	36.8	17.3
相関係数		-0.09	0.18***		-0.21***	0.26***		0.15*	-0.11

注) \*\*\*は1%水準で、\*は10%水準で有意であることを意味する。

より、中国・韓国のエンジニアは、上司との打ち合わせ時間が日本に比して多い<sup>16)</sup>。つまり、韓国のエンジニアは垂直方向のコミュニケーションを他国に比べてより多く行うことで問題解決を図っていることがわかる。

担当内問題解決の組織レベルと個人の問題解決行動との関係を示したクロス表をさらに吟味しよう。表7の最下段は、当該活動への労働時間配分と問題解決の組織レベルとの相関係数である。表側の「問題解決の組織レベル」は、「上位組織」から「メンバー」に向かって順に、より現場レベルで問題解決が図られることを意味する。問題解決がより現場レベルで行われるようになるほど、自分一人で開発に従事する時間が増え、上司と打ち合わせする時間は減るという関係が現実的だと想定できる。

そうだとすると、担当内問題解決の組織レベルと最も整合的な個人問題解決行動がみられるのは、「自分一人で開発に従事」「上司と打合せ」の2項目で相関係数が想定通りの符号で有意になっている韓国であることがわかる。日本では「上司と打合せ」の相関係数が想定通りの符号で有意である、中国では「自分一人で開発に従事」の相関係数が有意である。ただし、これが正で有意であるには注意が必要である。推論の域を出ないが、中国では上位レベルでの問題解決の割合が高いゆえ、リーダー自らが問題解決に取り組んでいるのではないかと考えられる。

## 5.2 自らの担当業務外で発生した問題と解決行動

次に、担当外問題の内容と解決行動についてみてみよう。今回のアンケート調査では、現実には発生した「仕様変更」「不具合」「予算不足」「人員不足」「納期遅れ」「製品原価目標の未達成」「目標品質の未達成」の7つの問題のうち、解決が難しかった順に3つを挙げることを求めた。

最も解決が難しかった問題としてそれぞれの問題を選択した回答者数を国別、メンバー・リーダー別に示したものが表8である。それによれば、日本のメンバー・リーダーは「不具合」、中国のメンバー・リーダーと韓国のメンバーは「仕様変更」、韓国のリーダーは「不具合」を挙げた回答者が最も多かった。日本・中国では、メンバーとリーダーとで解決が最も難しかった担当外問題に関する認識が変わらない。しかし韓国では、メンバーは「仕様変更」を、リーダーは「不具合」を、最も難しかった担当外問題として挙げている。韓国のみメンバー・リーダー間の認識が異なっているという事態は、先に検討した担当内問題解決の場合と共通している。他国の場合とは異なって韓国では、担当内問題・担当外問題にかかわらず、メンバーとリーダーが異なる問題を解決するという意味で、メンバー・リーダー間で「問題解決の分業」が存在していると考えられる。

担当外問題を解決するために各個人がとった行動を検討しよう。回答者には、「0. 問題解決に関与しなかった」から「3. 他の人に指示・依頼される以前に積極的に問題解決に関与した」の4つの選択肢から、現実の問題解決行動を選択するように求めた。この回答は、問題解決への関与がまったくないという選択肢0から、最も能動的に問題解決へ関与する選択肢3までの4段階で、担当外問題解決関与への「能動性」を示していると考えられる。

表9は、7つの担当外問題解決について、能動性の度数分布と加重平均を示す。これによると、すべての問題において最も能動性が高いのは日本であった。また、「納期遅れ」以外の問題で、韓国よりも中国の能動性が高かった。職能主義である日本の能動性が高いことは理解しやすいが、職務主義である中国の能動性が、職能主義に近い韓国のそれを上回ることには理解しにくい<sup>17)</sup>。このことは、職務主義と

表 8. 自分の担当業務外で発生した、解決が最も難しかった問題

		回答者数	仕様変更	不具合	予算不足	人員不足	納期遅れ	製品原価目標の未達成	目標品質の未達成
メンバー	全体	199	54 27.1	52 26.1	13 6.5	21 10.6	33 16.6	11 5.5	15 7.5
	日本	46	5 10.9	21 45.7	3 6.5	3 6.5	5 10.9	4 8.7	5 10.9
	韓国	124	38 30.7	27 21.8	10 8.1	15 12.1	24 19.4	5 4.0	5 4.0
	中国	29	11 37.9	4 13.8	0 0.0	3 10.3	4 13.8	2 6.9	5 17.2
リーダー	全体	311	68 21.9	77 24.8	19 6.1	50 16.1	45 14.5	27 8.7	25 8.0
	日本	148	22 14.9	54 36.5	6 4.1	24 16.2	17 11.5	11 7.4	14 9.5
	韓国	66	9 13.6	15 22.7	8 12.1	13 19.7	10 15.2	6 9.1	5 7.6
	中国	97	37 38.1	8 8.3	5 5.2	13 13.4	18 18.6	10 10.3	6 6.2

注) 上段は回答者数を、下段は回答者比率(%)を示す。

表 9. 担当外問題の解決行動における能動性の平均値

	仕様変更***	不具合***	予算不足	人員不足***	納期遅れ***	製品原価目標の未達成*	目標品質の未達成***
全体	1.63	1.91	0.88	1.32	1.63	1.64	1.79
	294	287	88	240	269	139	158
日本	1.90	2.12	1.00	1.70	1.87	1.94	2.13
	96	149	14	91	97	46	76
韓国	1.41	1.63	0.84	0.91	1.59	1.48	0.85
	128	112	37	95	106	50	34
中国	1.64	1.89	0.86	1.43	1.38	1.51	1.90
	70	26	37	54	66	43	48

注) 上段は能動性(関与しなかった=0, 上司に指示された=1, 担当者に依頼された=2, 他人の指示・依頼以前に積極的に関与した=3)の平均値を、下段は回答者数を示す。\*\*\*および\*は、クラスカル・ウォリス検定の結果、それぞれ1%, 10%水準で差が有意であることを意味する。

いう制度的構造にもかかわらず、現実の製品開発においては自身の担当部分の職務を超えて能動的に担当外問題解決に従事せざるを得ないという、制度と実態の乖離を示唆するのかもしれない<sup>18)</sup>。

## 6. 問題解決行動と開発成果

### 6.1 個人の開発成果と組織の開発成果

前節では、製品開発の過程で発生する具体的問題が何であり、それをどのように解決するのか、また解決方法の国別差異がどうであるのかを分析した。本節では、問題解決行動が開発成果に及ぼす効果について考察する。

われわれの行った調査では、開発成果について、

エンジニア個人レベルの成果と開発組織レベルの成果との2つの成果を尋ねている。両者を分けて質問することによって、エンジニア個人の成果に対して組織行動が与える影響と、エンジニアの集合である開発組織全体としての成果に対して組織行動が与える影響について別々に考察することが可能となる。

開発成果は様々な側面から眺めることができる。今回の調査では、エンジニア個人の成果として、①担当業務の納期の短さ・正確さ、②開発コスト、③製品品質の3つの側面について尋ねた。これらの側面についてそれぞれ、そのエンジニアが開発に従事した時点で目標設定された成果のうち、何割程度が達成されたと判断されるかについて、1~10割の10

表 10. 開発成果諸変数の記述統計

(a)個人の開発成果							
	平均	標準偏差	最小値	25パーセンタイル	中央値	75パーセンタイル	最大値
日本(N=213)							
納期	6.65	2.08	1	5	7	8	10
開発コスト	6.33	2.09	1	5	7	8	10
製品品質	7.17	1.77	2	6	8	8	10
韓国(N=190)							
納期	6.67	2.38	1	5	7	8	10
開発コスト	6.45	2.21	1	5	7	8	10
製品品質	6.62	2.16	1	5	7	8	10
中国(N=153)							
納期	8.01	1.17	3	7	8	9	10
開発コスト	7.80	1.40	3	7	8	9	10
製品品質	8.71	1.16	3	8	9	9	10
(b)組織の開発成果							
	平均	標準偏差	最小値	25パーセンタイル	中央値	75パーセンタイル	最大値
日本(N=213)							
納期	6.43	2.19	1	5	7	8	10
開発コスト	6.09	2.16	1	5	6	8	10
製品品質	7.13	1.77	2	6	7	8	10
顧客満足度	6.99	1.76	1	6	7	8	10
韓国(N=190)							
納期	6.72	2.33	1	5	7.5	8	10
開発コスト	6.29	2.25	1	5	7	8	10
製品品質	6.51	2.17	1	5	7	8	10
顧客満足度	6.60	2.20	1	5	7	8	10
中国(N=153)							
納期	7.87	1.39	3	7	8	9	10
開発コスト	7.63	1.42	3	7	8	9	10
製品品質	8.66	1.16	2	8	9	9	10
顧客満足度	8.52	1.19	3	8	9	9	10

段階について尋ねた。

個人の開発成果についての記述統計を表10(a)に掲げた。まず、日本については、製品品質について最も高い開発成果が得られたことがわかる。続いて納期、開発コストの順で高い成果が得られている。

紙幅の関係上、表は省略するが、われわれの調査では、開発した製品に対する製品市場からの事前の要求について、品質向上、機能拡張、低価格化、小型化、納期遵守の5項目についてそれぞれ尋ねている。その結果、日本においては、高い製品品質が最も要求され、続いて納期の遵守、低価格化の順で市場の要求が高いという結果を得た。つまり、日本において個人の開発成果は、市場の要求と整合的であり、市場の要求に応える形でエンジニアも開発の成果を上げているといえる。

続いて、韓国のエンジニア個人の開発成果については、納期が最も高く達成されており、続いて品質、開発コストの順であった。この状況に対し、韓国において、製品市場の要求は、製品品質、納期の遵守、機能拡張の順で高く、エンジニアの成果は市場の要求と必ずしも整合的ではない。他方、中国においては日本と同様に、品質、納期、開発コストの順で個人の成果達成度が高かった。中国において市場の要求は、品質、納期、コストの順で高く、中国においてはエンジニア個人の成果達成度は市場の要求と整合的である。

次に、組織の開発成果に目を転じよう。開発組織レベルの成果についても、個人と同様に1~10割の達成度による回答を、①担当業務の納期の短さ・正確さ、②開発コスト、③製品品質について尋ねた。

表 11. 回帰分析に使用した変数の要約統計量

	日本		韓国		中国	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
個人の開発成果	6.72	1.65	6.58	2.06	8.17	1.03
組織の開発成果	6.67	1.61	6.53	2.04	8.17	1.06
担当内問題解決の組織レベル	2.38	0.85	2.32	0.91	2.61	0.79
担当外問題解決における能動性	1.97	1.06	1.25	0.84	1.52	1.07
従業員数	1211.34	4194.90	3127.84	10742.22	2310.72	5545.03
企業年齢	44.50	23.64	26.33	15.97	17.94	11.14
エンジニア年齢	41.88	7.64	32.42	5.51	33.44	6.95
大卒ダミー	0.81	0.40	0.89	0.31	0.78	0.41
男性ダミー	0.97	0.18	0.86	0.34	0.86	0.35
職位カテゴリー変数	2.62	1.18	2.07	1.10	2.07	1.09
リーダーダミー	0.73	0.45	0.35	0.48	0.74	0.44
製品のインテグラル度 <sup>1</sup>	0.72	0.45	0.72	0.45	0.58	0.49
コンポーネント間の干渉度 <sup>2</sup>	3.73	1.11	3.92	0.90	4.08	0.64
開発組織構造 <sup>3</sup>	1.75	0.81	1.87	0.77	1.93	0.64

- 注) 1. 製品のインテグラル度は、以下の質問文と図によって尋ねた。「あなたが開発に主に従事した主な製品・システムにおける「部品(コンポーネント)」と「実現された仕様」の関係は以下の図のいずれに近かったですか。」図では、部品(コンポーネント)と仕様との関係の複雑さの異なる(単純/複雑)2つの図を提示し、いずれか選択してもらった。
2. コンポーネント間の干渉度は以下の質問文によって尋ねた。「他のエンジニアの担当部品(コンポーネント)をどのように開発するかが、あなたの担当の部品(コンポーネント)の開発にどの程度影響しましたか。」回答は5段階評価(1=まったく影響しなかった…5=非常に影響した)でなされた。
3. 開発組織編成は以下の質問によって尋ねられた。「あなたが開発に主に従事した主な製品・システムの開発は、次のうちのどの組織体制で行われましたか。」回答は、
- 機能部門の課などが開発を担当し、当該製品・システム開発組織は特別に編成されない、
  - 機能部門の内部に、当該製品・システム開発組織が編成される、
  - 複数の機能部門からメンバーが集められて、当該製品・システム開発組織が編成される、
- のいずれかを選択してもらった。

また、開発組織レベルにおいては、個人レベルには当てはまりにくい、④総合的な商品力と顧客満足度についても尋ねた。

結果は表 10(b)に示されている。商品力・顧客満足度は、品質、納期、コスト等すべてを含んだ総合的指標であると考えられるため順位から除外して考えると、日本、韓国、中国すべての国においてエンジニア個人の開発成果と整合的であり、組織の開発成果と個人の開発成果との間に高い相関があることが看取される。また、開発組織レベルでも、日本と中国に関しては製品市場の要求に適合的となっている。

## 6.2 開発成果の計量分析

次に、これらの開発成果と、前節で分析されたエンジニアの問題解決行動との関係について分析を行う。つまり、いかなる問題解決行動が、製品の開発成果を向上させるかに関して定量的分析を行う。

ただし、開発成果はエンジニアの問題解決行動のみに依存しているわけではなく、企業や開発組織、エンジニア個人の属性および製品特性にも強く依存

している。したがって、これらの属性を同時に制御することが必要である。

分析の方法は以下の通りである。まず、開発の成果の指標は、エンジニアレベルのものと開発組織レベルのものに集計した。具体的には、エンジニアレベルの開発成果として、納期・コスト・品質の3つに関する成果の平均をとり、それを使用する。同様に、開発組織レベルの開発成果としては、納期・コスト・品質・顧客満足度の平均を使用する。以上が被説明変数である。

説明変数には、担当内問題解決において問題解決が行われた組織レベル(以下「担当内問題解決レベル」と呼ぶ)を導入する。これは、前述の通り、問題解決が行われた組織レベルが最も上位組織である場合4をとり、開発現場レベルの場合1をとる4段階の順序カテゴリー変数である。加えて、担当外問題解決におけるエンジニアの能動性(以下「能動性」と呼ぶ)変数も導入する。これは能動性が高いほど数値の高い4段階の順序カテゴリー変数である。以上を問題解決行動を示す説明変数として回帰分析による分析を行う。

表 12. 開発成果の決定要因, 最小二乗法による推定

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	個人の開発 成果	組織の開発 成果	個人の開発 成果	組織の開発 成果	個人の開発 成果	組織の開発 成果
担当内問題解決の組織レベル	0.0293 (0.162)	-0.0151 (0.131)	0.0811 (0.161)	0.146 (0.152)	-0.160 (0.148)	-0.194 (0.140)
担当外問題解決における能動性	0.191 (0.124)	0.294** (0.125)	0.348** (0.175)	0.411** (0.170)	0.177 (0.112)	0.194* (0.109)
ln(従業員数)	0.155 (0.143)	0.218 (0.138)	0.0221 (0.104)	-0.0606 (0.112)	0.0976 (0.0820)	0.158* (0.0862)
ln(企業年齢)	0.0710 (0.195)	0.140 (0.175)	0.118 (0.203)	0.136 (0.202)	-0.220 (0.244)	-0.240 (0.238)
ln(エンジニア年齢)	-1.539 (0.947)	-1.051 (0.839)	-0.101 (1.978)	-2.254 (2.003)	0.229 (0.524)	0.271 (0.540)
大卒ダミー	-0.356 (0.261)	-0.244 (0.257)	-0.122 (0.418)	-0.143 (0.398)	-0.454 (0.279)	-0.446 (0.286)
男性ダミー	-0.679 (0.595)	-1.480* (0.819)	-0.268 (0.495)	-0.138 (0.452)	0.233 (0.441)	0.361 (0.486)
職位カテゴリー変数	0.401** (0.143)	0.284** (0.126)	0.302 (0.290)	0.474 (0.298)	0.0687 (0.103)	0.132 (0.100)
リーダーダミー	-0.0491 (0.272)	0.175 (0.273)	0.796** (0.367)	0.551 (0.368)	-0.462 (0.297)	-0.575* (0.302)
製品のインテグラル度	-0.0935 (0.278)	-0.224 (0.260)	0.448 (0.317)	0.373 (0.319)	0.534* (0.287)	0.333 (0.296)
コンポーネント間の干渉度	-0.116 (0.121)	-0.176* (0.106)	0.486** (0.194)	0.640** (0.176)	0.157 (0.154)	0.0925 (0.160)
開発組織構造	0.208 (0.146)	0.186 (0.138)	0.168 (0.191)	0.0129 (0.189)	0.162 (0.275)	0.230 (0.263)
定数項	10.83** (3.334)	9.407** (2.983)	2.694 (6.100)	9.739 (6.248)	6.458** (2.391)	6.087** (2.625)
国	日本	日本	韓国	韓国	中国	中国
自由度調整済み決定係数	0.0911	0.0931	0.1919	0.1941	0.1242	0.1243
観測数	196	194	190	190	122	122

注) カッコ内の数字は標準誤差であり, \*\*は5%水準で, \*は10%水準で有意であることを意味する。

次に、開発成果と問題解決行動の両方に影響していると考えられる共変量として以下のものを導入する。まず、企業レベルの属性として、従業員数、年齢の対数値を導入する。続いてエンジニアレベルの属性については、年齢の対数値、学歴(大卒、大学院卒の場合1をとり、その他の場合0をとるダミー変数)、職位(一般従業員を1とし、以下係長・主任、課長、次長、部長、役員の順で1ずつ大きくなる順序カテゴリー変数)、開発組織における役割(リーダー・サブリーダーであれば1をとり、その他の場合0をとるダミー変数)を導入する。続いて開発レベルの属性として、開発組織の構造を示す変数(機能部門が開発を担当する場合1をとり、機能部門の内部に開発組織が編成される場合2をとり、複数の機能部門から集成された開発組織が編成される場合3をとる順序カテゴリー変数)を導入する。また、製品特性としては、製品のインテグラル度(インテグ

ラル度が高い場合に1をとり、そうでない場合0を取るダミー変数、表11の注1参照)、コンポーネント間の干渉度を導入した。これは、他のエンジニアの担当部品の開発の、自分の担当箇所への影響の強さを1から5の5段階で尋ねたもので、数値が大きいほど影響(干渉度)が高い順序カテゴリー変数(表11の注2参照)である。以上の変数についての要約統計量は表11の通りである。

以上の設定のもと、各国ごとに最小二乗法による推定を行った結果が表12で報告されている<sup>19)20)</sup>。列(1)は、日本におけるエンジニア個人レベルの開発成果を分析した結果である。エンジニアの問題解決行動は、能動性について正の係数を得ているが、有意ではなかった。これに対し、列(2)の日本における開発組織レベルの開発成果を分析した結果では、能動性の係数が正でありかつ5%水準で有意であった。しかし担当内問題解決の組織レベルについては、

表 13. 分析結果のまとめ

	日 本	韓 国	中 国
担当業務内で発生した具体的問題、および問題カテゴリー数 (**1%水準で有意差)	メンバー：①不具合、②仕様変更、③人員不足 リーダー：①不具合、②仕様変更、③人員不足 メンバー：208、リーダー：263**	メンバー：①仕様変更、②不具合、③人員不足 リーダー：①仕様変更、②人員不足、③不具合 メンバー：218、リーダー：256**	メンバー：①不具合、②仕様変更、③予算不足 リーダー：①不具合、②仕様変更、③人員不足 メンバー：160、リーダー：184
担当業務外で発生した具体的問題(最も解決が難しかった問題)	メンバー：①不具合、②仕様変更、③納期遅れ、 日標品質の未達成 リーダー：①不具合、②人員不足、③仕様変更	メンバー：①仕様変更、②不具合、③納期遅れ リーダー：①不具合、②人員不足、③納期遅れ	メンバー：①仕様変更、②日標品質の未達成、 ③人員不足 リーダー：①仕様変更、②納期遅れ、③人員不足
担当業務内問題解決の組織レベル、および個人の労働時間配分	問題解決の組織レベル：現場奇り(加重平均値2.38) 問題解決の組織レベルが現場レベルに近いほど上司との打合せ時間が減る。	問題解決の組織レベル：現場奇り(加重平均値2.32) 問題解決の組織レベルが現場レベルに近いほど自分一人の労働時間が増える、上司との打合せ時間が減る。	問題解決の組織レベル：上位組織奇り(加重平均値2.61) 問題解決の組織レベルが上位に近いほど自分一人の労働時間が増える。
担当業務外問題における能動性 <sup>1)</sup>	「仕様変更」「不具合」「予算不足」「人員不足」「納期遅れ」「製品原価目標の未達成」「日標品質の未達成」のすべての問題で「能動性」の値が他国より高い。	「納期遅れ」のみ、中国より高いが、他のすべての問題で日本と中国に比して「能動性」の値が低い。	「仕様変更」「不具合」「予算不足」「人員不足」「製品原価目標の未達成」「日標品質の未達成」において、「能動性」の値が日本より低い。
問題解決行動が開発成果に及ぼす効果(個別最小二乗法推定)	問題解決の組織レベルは有意ではないが、「能動性」は組織の開発成果に対して正で有意である。	問題解決の組織レベルは有意ではないが、「能動性」は個人の開発成果に対して正で有意である。	問題解決の組織レベルは有意ではないが、「能動性」は組織の開発成果に対して正で有意である。

注) 1. 「0.問題解決に関与しなかった」から「3.他の人に指示・依頼される以前に積極的に問題解決に関与した」の4つの選択肢から、現実の問題解決行動を選択するように求めた。この回答は、担当外問題解決関与への「能動性」を示していると考えられる。

係数は正であるものの、有意ではなかった。つまり、日本の開発においては担当外問題解決行動における能動性が、開発組織レベルの成果にとって正の影響をもつといえる。

列(3)は韓国におけるエンジニアレベルの開発成果を分析した結果である。韓国においてはエンジニアレベルの開発成果について、能動性の係数が正で有意であった。同様に列(4)において開発組織レベルの成果についても能動性の係数は正であり、有意であった。つまり韓国において、能動性は、エンジニアレベルと開発組織レベル双方の開発成果に対して正の影響をもつ。列(5)は中国におけるエンジニアレベルの開発成果を分析した結果である。エンジニアの問題解決行動は担当内外共に係数は正であったが、有意ではなかった。列(6)は中国における開発組織レベルの開発成果を分析した結果である。ここでも能動性の係数は正であり、10%水準で有意であった。

### 7. 考察

以上の分析結果をまとめたものが表13である。取り上げる項目としては、(1)担当業務内で発生した具体的問題、(2)担当業務外で発生した具体的問題、(3)担当内問題に対する解決行動、(4)担当外問題に対する解決行動、(5)問題解決行動が開発成果に及ぼす影響、の5つである。

(1)担当業務内で発生した問題に関しては、日本ではメンバーとリーダーとの間で認識の相違はなく、①不具合、②仕様変更、③人員不足、という順番である。他方、韓国では、メンバー・リーダーともに、仕様変更を第1位に挙げているけれども、第2位は、メンバーが不具合を、リーダーが人員不足を挙げるという相違がある。これに対して、中国のパターンは日本に似ているが、第3位がメンバーは予算不足、リーダーは人員不足を挙げるという違いがある。

(2)担当業務外で発生した問題に関しては、各国とも、メンバーとリーダーとの間に認識の相違がある。まず日本では、メンバーにとっては、①不具合、②仕様変更、③納期遅れ、ならびに日標品質の未達成である。リーダーにとっては、①不具合、②人員不足、③仕様変更である。次に韓国では、メンバーにとっては、①仕

様変更, ②不具合, ③納期遅れであり, リーダーにとっては, ①不具合, ②人員不足, ③納期遅れである。さらに中国をみれば, メンバーは, ①仕様変更, ②目標品質の未達成, ③不具合, 納期遅れを挙げ, リーダーは, ①仕様変更, ②納期遅れ, ③人員不足を挙げている。

(3)担当業務内問題に対する解決行動としては, 問題解決の組織レベルと個人の行動が重要である。現場レベル(1)から上位組織(4)までの順序カテゴリ変数の加重平均値でみると, 日本と韓国が現場寄りの問題解決で, 中国は上位組織寄りの問題解決である。組織レベルと個人の労働時間配分との関係を見ると, 現場に問題解決が委ねられている日本と韓国では, 上司との打合せ時間が減り, 自分一人の労働時間が増える。これは, 両国で問題解決が現場に委ねられ, エンジニア個人が主体的に行動していると解釈できる。これに対して中国では, 上位組織寄りの解決であるにもかかわらず, 組織レベルが高まると自分一人の労働時間が増える。これは, リーダー自らが問題解決に取り組むためではないかと解釈できる。

(4)担当業務外問題解決において能動性が最も高いのが日本で, 最も低いのは韓国であった。中国はその中間である。日本と韓国では, 担当内問題に関する限り, 現場レベルで問題解決を行う度に顕著な違いはない。こうした類似性にもかかわらず, 担当外問題解決行動に関する日本と韓国の結果は対照的である。なぜ担当内問題解決において職能主義の韓国は, 日本に近く現場寄りであるのに, 担当外問題解決では職務主義の中国よりも能動性が低いのだろうか。

本調査では, 幸いにして職務定義と実際の仕事(との乖離)に関する質問を行ったから, その結果を使って解釈してみよう。調査では, 仕事内容が事前に「明確に定義されていた」「やや明確に定義されていた」とした回答者に対して, 実際に行った仕事の範囲を尋ねた。その設問に対し「かなり狭かった」「やや狭かった」と回答したメンバーの割合は, 韓国 23.2% に対し, 中国 5.3% であった。これから, 韓国のメンバーは職務定義範囲未満の仕事しか行っていないことがわかる。また「やや広がった」「かなり広がった」と回答したリーダーの比率は, 韓国 70.8%, 中国 61.5% で, 現実の仕事範囲が職務定義以上に広がったと回答したリーダーの比率が韓国の方が高い。以上より, 韓国のメンバーは職務定義範

囲未満の仕事しか行っておらず, リーダーがその不足分をカバーすることになっていると考えられる。つまり, 職務定義問題とは無関係に, 韓国のメンバーは自らの業務に集中しており能動性の発揮が十分に留まると推察される。

(5)問題解決行動が開発成果に対してもつ効果は次の通りである。担当内問題解決レベルはいずれの国のいずれの開発成果にとっても有意な影響をもたないのに対し, 担当外問題に対する能動性は, すべての国において開発組織レベルの開発成果に正で有意な影響をもつことが明らかとなった。

組織レベルの成果に能動性が影響し, かつ個人レベルの成果に影響しないという結果については, 次のように解釈することができよう。すなわち, 能動性とは担当外問題に対する対処であるため, それはエンジニアの担当内開発成果にとって影響は少ない。これに対して担当外の問題の積極的関与は開発全体としての成果に対して好影響を与えるであろう。組織レベルの開発成果にのみ能動性が正の影響をもつのは以上のような理由のゆえと考えられる<sup>21)</sup>。

以上より, エンジニアの問題解決行動と開発成果との間に統計的に有意な関係性があることがわかった。しかし, Morita, Nakajima, and Tsuru(2013)によれば, 製品開発組織と製品アーキテクチャとの間にも密接な関係があることが, 理論的にも実証的にも示されている。特に本節で得た, 問題解決行動のうち能動性のみが開発成果に有意な影響をもつという結果に関しては, 製品アーキテクチャの観点からより深い分析を行うことが今後重要であると考えられる。製品アーキテクチャのインテグラル度とは, コンポーネント間関係の複雑さ, 干渉度の高さで解釈することが可能であり, 担当業務外で生じた問題は, 製品のインテグラル度が高まるにつれて, 担当業務内の開発への影響が大きくなると考えられる。したがって, 開発する製品のアーキテクチャによって, 担当外問題への対応は大きく変わりうると考えられる。同様に, 製品のインテグラル度が高まると, 担当内問題が, 担当外の開発に与える影響も大きくなるため, 担当内問題への対処の方法は変わりうることも考えられる。本節の分析では担当内問題解決レベルは開発成果に有意な影響をもたなかったが, 製品アーキテクチャとの関連性について今後深く分析を行うことによって, エンジニアの問題解決行動と開発成果との関係がより鮮明になることが期待される。

## 8. おわりに

以上の分析では、日本・中国・韓国のエンジニア個人を対象にしたアンケート調査データに基づき、製品開発プロセスで実際に発生した問題と、リーダー・メンバーによる実際の問題解決行動を具体的に明らかにした。その上で、問題解決行動が開発成果に及ぼす効果を測定した。

その結果、以下の3点が析出された。第1に、担当業務内で発生した問題を現場レベルで解決しようとするのは日本であり、上位組織で解決しようとするのは中国である。韓国は日本に近い。第2に、担当業務外の問題解決のための協力という意味でのエンジニア個人の能動性は日本で最も高く、韓国で最も低い。中国はその中間である。第3に、担当内問題解決の組織レベルは、いずれの国のどの開発成果に対しても有意な影響をもたないのに対し、担当外問題解決での能動性は、いずれの国の開発組織レベルでの開発成果に対しても正で有意な影響をもつ。

日本・中国・韓国を対象に、製品開発において発生する問題が具体的にどのようなものであるかを特定し、その問題に対する解決行動がいかなるものであったかを明らかにしたことは、先行研究に対する新たな貢献である。とりわけ、問題解決行動が開発成果に対してどのような効果をもつのかを計量的に示した点に本稿の新規性がある。

しかしながら、本稿にも残された課題がある。第1に、問題解決の組織レベルやエンジニアの行動が3か国で異なっていることを第5節の分析結果は示した。けれども、そうした相違がどのように生み出されたのかの原因の分析は行うことができなかった。これは今後の聞き取り調査によってさらに追究されるべきである。第2に、問題解決行動と開発成果の関係に対して、製品アーキテクチャがもつ意味をさらに深く分析する必要がある。先行研究やわれわれ自身の研究(都留・守島, 2012)は製品開発組織と製品アーキテクチャの間にある密接な関係を明らかにしてきた。このことを鑑みると、こうした分析の拡張はぜひとも必要である。

(一橋大学経済研究所・名古屋工業大学大学院工学研究科・東北大学大学院経済学研究科・成蹊大学経済学部)

## 注

\* 本研究の実施に際して、都留は、日本学術振興会・科学研究費補助金・基盤研究B(課題番号22402020, 2010~13年度)、平和中島財団・アジア地域重点学術助成(2012~13年度)、サントリー文化財団・人文科学、社会科学に関する学際的グループ研究助成(2013年度)、一橋大学・研究プロジェクト(2013年度)の研究助成を受けた。また、徳丸は、カシオ科学振興財団研究助成金(2012年度)、全国銀行学術研究振興財団研究助成金(2012年度)、高橋産業経済研究財団助成金(2013年度)の研究支援を得た。本稿の草稿は、経済研究所定例研究会(2014年6月18日)で読まれ、討論者の浜松翔平氏(東京大学)、浅子和美・担当編集委員ほか参加諸氏から有益なコメントを得た。厚くお礼申し上げる。また、アンケート調査票案や本稿の草稿に詳細なコメントを下された森田穂高氏(University of New South Wales)にも感謝する。

1) たとえば、藤本・安本(2000)では、製品開発組織やルーチンのあり方の産業間比較を行い、自動車のようにインテグラル度が高く「製品としてのまとまりのよさ(product integrity)」を追求する場合には、部門間の連携調整がより重要になるので、部門間の連携・調整を重視する重量級PMの有効性が高まるが、そうでない場合には、軽量級PMが有効に機能することもあり、製品の特性や市場の要求によって、どちらのタイプのPMが適しているかが異なることを実証的に明らかにしている。

2) 機能の多様性については、開発成果にプラスの影響を与えたり、マイナスの影響を与えるといった複数の異なる実証研究があるので、Sivasubramaniam et al. (2012)では、この要因はパフォーマンスに影響を与えないという仮説を想定している。これ以外のインプット要因およびプロセス要因については、それぞれが向上するほど、開発成果も向上するという仮説が想定されている。

3) モジュラー型アーキテクチャでは、機能と構造との対応関係が一对一に近く、各部品(モジュール)に自己完結的な機能が付与されており、部品の寄せ集めでも十分に製品機能が実現される。一方、インテグラル型アーキテクチャでは、機能と構造との対応関係が錯綜しており、ある機能の実現のためには複数の部品が必要となり、部品間の擦り合わせの優秀さで製品の完成度を競う。

4) たとえば、Atuahene-Gima(2003)では、開発プロジェクトにおける問題の発生と解決方法、およびそれらにリーダーの行動やメンバーへの権限移譲の度合い、内的・外的コミュニケーションがどのような影響を与えるのか、さらには、これらの開発成果への影響についても実証的な分析が行われているが、実際に生じた問題のタイプや、それに応じたリーダーやメンバーの解決行動・連携については、十分に分析されていない。

5) 対象となる製品が最終製品なのか部品なのかを識別する質問は設けなかった。しかし、B2C製品であれば、B2B製品であれば、他工程や顧客とのインタラクションが発生することに相違はない。むしろ、開発の独立度は、採用する製品アーキテクチャにより強く影響



されると考えられる。しかし、本稿では、紙幅の都合上、製品アーキテクチャとの関係の分析は十分にはできなかった。今後の課題としたい。

6) 調査の趣旨に同意した企業でも、調査票の内容を見て、調査を承諾しなかった企業もあったため、回収企業数は、308社中54社となっている。

7) 日本では転職回数がかきわめて少ない(平均で日本が0.4回であるのに対し、韓国は0.8回、中国は1.8回)ため、前職と現在の勤務先企業での経験業務の差がほとんどない。

8) 製品が汎用品かオーダーメイド品かにより、仕様変更の頻度や規模も変わってくる。しかし、オーダーメイド品だから汎用品よりも仕様変更が頻繁であるとは必ずしもいえない。それは、各国の製品市場の品質要求の変化の速さや契約慣行に依存すると考えられる。

9) 不具合が生じたために仕様変更が必要になる場合など、「不具合」と「仕様変更」との区別は現実には難しい場合がある。しかし本調査では、発生したすべての問題を指摘するように求めた上で、さらに最も解決が難しかった問題を回答者に1つだけ特定させるという構成になっている。このため両者は区別されていると解釈できる。ただし、現実問題としては、両者は完全に「相互排他的」とはいえない状況も想定されるが、この問題は今後別途行う聞き取り調査などでチェックしたい。

10) 3か国でリーダー・サブリーダー・メンバーの割合は異なる。これは、その割合までをも実査において指定することが困難だったためである。

11) 『日経ものづくり』2007年1月号が紹介する、エンジニアに対するアンケート調査結果によれば、品質低下を「強く感じる」「感じる」とした回答者の割合は77.9%であり、品質低下の最大の理由として挙げられているのが「開発期間の短縮による検討不足」であった。本アンケート調査によれば、1担当プロジェクト当たり週労働時間は日本24.4時間、中国26.3時間、韓国30.7時間であり、また問題が発生していない通常時に担当プロジェクト以外の業務に従事する時間の比率は日本18.1%、中国11.4%、韓国10.2%となっている(クラスカル・ウォリス検定の結果、いずれも1%水準で差は有意)。以上のことより、日本で「不具合」問題発生を指摘する者の割合が顕著に高いことの一因は、日本のエンジニアの多忙さにあると推察される。

12) 本調査では、問題の深刻さを直接に問うてはいない。しかし、問題発生の結果生じた事態を複数回答で尋ねており、ここで○がついた数によって、問題の深刻さを類推することが可能であろう。ただし、この分析は今後の課題である。

13) 「あなたが開発に主に従事した主な製品・システムの開発時点において、その製品市場では、製品への以下の要求はどの程度でしたか。」という設問に対して、「1. まったく重要でない」から「5. 非常に重要である」までの5段階で各要求項目を評価するように求めた。その結果、「納期遵守」の平均得点は、中国(4.5)、日本(4.3)、韓国(4.2)の順であった。また、開発に主に従事した主な製品・システムの平均開発総

月数は、中国(8.6)、韓国(15.1)、日本(15.4)であった(クラスカル・ウォリス検定の結果、前者は5%水準、後者は1%水準で差は有意)。

14) 開発資源不足問題のうちでも、人員不足問題を開発現場レベルで「解決」する典型的な方法は、現状のメンバーが人員不足を埋めるべく長時間労働を行うことであろう。実際、各国のメンバーの平均週労働時間が、韓国(52.4)、日本(49.4)、中国(47.5)であったことは、この解釈を裏付けている(クラスカル・ウォリス検定の結果、1%水準で差は有意)。

15) 選択肢には「社外の人との打合せに要する時間」など、開発組織外の人と打合せを行う場合についても尋ねているが、紙幅の都合上、ここでは分析を行わない。

16) メンバー・リーダーともに、上司との打合せ時間比率が日本よりも韓国で高い一因は、職務経験の浅さのために、問題解決に必要な知見・示唆を上司により依存せざるを得ないためと推察される。実際に職務経験年数は、メンバーは韓国4.5年、日本15.7年であり、リーダーでは韓国10.2年、日本20.4年であった(いずれの差も1%水準で有意)。また、都留・守島(2012)で実施した聞き取り調査では、1998年のアジア通貨危機の影響で中堅人材が不足していて、経験年数が少ないエンジニアが多く、その結果、リーダーに過度な負荷がかかっていることが聞かれた。以上より、韓国で垂直方向のコミュニケーションが他国よりも多いという結果は、国の制度的特徴以上に、チームの性質によって説明できると考えられる。

17) 「あなたの仕事内容は事前に明確に定義されていましたか」という設問に対して、「1.明確な定義がなかった」から「5.明確に定義されていた」の5段階で回答してもらったところ、回答の平均値は中国3.61、日本2.92、韓国2.87という順番であった(クラスカル・ウォリス検定の結果、1%水準で差は有意)。このことは、中国で最も職務定義が明確だということの意味する。

18) 韓国の能動性が日本のそれを下回ることは、両国の制度的特徴以上に、エンジニアの平均職務経験年数の違いによって説明できると思われる。実際に平均職務経験年数は、メンバーは韓国4.5年、日本15.7年であり、リーダーでは韓国10.2年、日本20.4年であった(いずれの差も1%水準で有意)。

19) 記述統計量からもわかるとおり、中国において開発成果達成度が平均的に高く、またそれぞれの国ごとに問題解決が果たす役割が異なる可能性を考慮し、推定は各国ごとに別々に行った。また、アンケート調査票の設計上、企業ごとに複数のエンジニアに聞き取りを行っているため、企業固定効果を制御することも可能であるが、問題解決行動は、開発組織ではなく、企業によって決定されている点が多分にあると考えられるため、企業固定効果は制御せずに分析を行った。

20) この推定において、内生性の問題については十分に制御されているとはいいがたい。開発組織・エンジニア・企業・製品の属性が問題を発生させ、またそれが成果に影響していることは十分に考えられる。できる限りこれらの属性は明示的に制御したが、このような内生性の完全な制御については今後の課題とし

たい。

21) 第5節において、エンジニアの問題解決行動と問題発生時の業務時間配分とのあいだに関係があることが示された。それを受けて、本節の回帰分析において通常時の業務時間配分を共変量として導入した分析も行ったが、以上の結果は頑健であることが示された。

### 参考文献

- 青島矢一(1997)「新製品開発の視点」『ビジネスレビュー』第45巻, 第1号, pp.161-179.
- 青島矢一・武石彰(2001)「アーキテクチャという考え方」, 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編著『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣, pp.27-70.
- 藤本隆宏(2013)『「人工物」複雑化の時代—設計立国日本の産業競争力』有斐閣.
- 藤本隆宏・安本雅典編著(2000)『成功する製品開発』有斐閣.
- 福澤光啓(2008)「製品アーキテクチャの選択プロセス—デジタル複合機におけるファームウェアの開発事例」『組織科学』第41巻, 第3号, pp.55-67.
- 具承桓(2008)『製品アーキテクチャのダイナミズム—モジュール化・知識統合・企業間連携』ミネルヴァ書房.
- 貴志奈央子・藤本隆宏(2010)「組織の調整力と製品アーキテクチャの適合性—輸出比率への影響」『経済研究』第61巻, 第4号, pp.311-324.
- 楠木建・ヘンリー W. チェスブロウ(2001)「製品アーキテクチャのダイナミック・シフト」, 藤本隆宏・武石彰・青島矢一編著『ビジネス・アーキテクチャ』有斐閣, pp.263-285.
- 桑島健一(2002)「新製品開発研究の変遷」『赤門マネジメント・レビュー』第1巻, 第6号, pp.463-496.
- 小池和男(2005)『仕事の経済学』(第3版)東洋経済新報社.
- 中川功一(2011)『技術革新のマネジメント—製品アーキテクチャによるアプローチ』有斐閣.
- 武石彰(2003)『分業と競争—競争優位のアウトソーシング・マネジメント』有斐閣.
- 都留康・守島基博編著(2012)『世界の工場から世界の開発拠点へ—製品開発と人材マネジメントの日中韓比較』東洋経済新報社.
- Ahmad, Sohel, Mallick, Debasish N. and Schroeder, Roger G. (2013) "New Product Development: Impact of Project Characteristics and Development Practices on Performance," *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 30, No. 2, pp.331-348.
- Atuahene-Gima, Kwaku (2003) "The Effects of Centrifugal and Centripetal Forces on Product Development Speed and Quality: How does Problem Solving Matter?" *Academy of Management Journal*, Vol. 46, No. 3, pp. 359-373.
- Baldwin, Carliss Y. and Clark, Kim B. (2000) *Design Rules*, Cambridge, MA: MIT Press, (安藤晴彦訳(2004)『デザイン・ルール—モジュール化パワー』東洋経済新報社).
- Brown, Shona L. and Eisenhardt, Kathleen M. (1995) "Product Development: Past Research, Present Findings, and Future Directions," *Academy of Management Review*, Vol. 20, No. 2, pp.343-378.
- Brunsoni, Stefano, Prencipe, Andrea, and Pavitt, Keith (2001) "Knowledge Specialization, Organizational Coupling, and the Boundaries of the Firm: Why Do Firms Know More Than They Make?," *Administrative Science Quarterly*, Vol. 46, No. 4, pp.597-621.
- Cabigiosu, Anna and Camuffo, Arnaldo (2012) "Beyond the "Mirroring" Hypothesis: Product Modularity and Interorganizational Relations in the Air Conditioning Industry," *Organizational Science*, Vol. 23, No. 3, pp.686-703.
- Clark, Kim B. and Fujimoto, Takahiro (1991) *Product Development Performance: Strategy, Organization, and Management in the World Auto Industry*, Boston MA: Harvard Business School Press (田村明比古訳(2009)『製品開発力—自動車産業の「組織能力」と「競争力」の研究』ダイヤモンド社).
- Denison, Daniel R., Hart, Stuart L. and Kahn, Joel A. (1996) "From Chimneys to Cross-Functional Teams: Developing and Validating a Diagnostic Model," *Academy of Management Journal*, Vol. 39, No. 4, pp.1005-1023.
- Eppinger, Steven D. and Browning, Tyson R. (2012) *Design Structure Matrix Methods and Applications*, Engineering Systems series, Cambridge, MA: MIT Press.
- Fine, Charles H. (1998) *Clock Speed: Winning Industry Control in the Age of Temporary Advantage*, Cambridge, MA: Basic Books.
- Fixson, Sebastian K. (2005) "Product Architecture Assessment: A Tool to Link Product, Process, and Supply Chain Design Decisions," *Journal of Operations Management*, Vol. 23, No. 3-4, pp.345-369.
- Henderson, Rebecca M. and Clark, Kim B. (1990) "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms," *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, pp.9-30.
- Hoetker, Glenn (2006) "Do Modular Products Lead to Modular Organizations?" *Strategic Management Journal*, Vol. 27, No. 6, pp.501-518.
- Iansiti, Marco (1998) *Technology Integration: Making Critical Choices in a Dynamic World*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- Langlois, Richard N. and Robertson, Paul L. (1992) "Networks and Innovation in a Modular System: Lessons from the Microcomputer and Stereo Component Industries," *Research Policy*, Vol. 21, No. 4, pp.297-313.
- MacCormack, Alan, Baldwin, Carliss Y. and Rusnak, John (2012) "Exploring the Duality Between Product and Organizational Architectures: A Test of the 'Mirroring' Hypothesis," *Research Policy* Vol. 41, No. 8, pp.1309-1324.
- McDonough, Edward, F. and Barczak, Gloria (1992)

- "The Effects of Cognitive Problem-solving Orientation and Technological Familiarity on Faster New Product Development," *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 9, No. 1, pp. 44-52.
- Mihm, Jurgen, Loch, Christoph and Huchzermeier, Arnd (2003) "Problem-solving Oscillations in Complex Engineering Projects," *Management Science*, Vol. 49, No. 6, pp. 733-750.
- Morita, Hodaka, Nakajima, Kentaro and Tsuru, Tsuyoshi (2013) "Choice of Product Architecture, Product Quality, and Intra-Firm Coordination: Theory and Evidence," Paper Presented at 11th International Industrial Organization Conference, Boston Park Plaza Hotel, Boston.
- Sanchez, Ron and Mahoney, Joseph T. (1996) "Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design," *Strategic Management Journal*, Vol. 17, No. S2, pp. 63-76.
- Schilling, Melissa A. (2000) "Toward a General Modular Systems Theory and its Application to Interfirm Product Modularity," *Academy of Management Review*, Vol. 25, No. 2, pp. 312-334.
- Sheremata, Willow, A. (2000) "Centrifugal and Centripetal Forces in Radical New Product Development under Time Pressure," *Academy of Management Review*, Vol. 25, No. 2, pp. 389-408.
- Simon, Herbert (1969) *The Sciences of the Artificial*. Cambridge, MA: MIT Press, (稲葉元吉・吉原英樹訳(1999)『システムの科学』第3版, パーソナルメディア).
- Sivasubramaniam, Nagaraj, Liebowitz, S. Jay and Lackman, Craig L. (2012) "Determinants of New Product Development Team Performance: A Meta-analytic Review," *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 29, No. 5, pp. 803-820.
- Sosa, Manuel E., Eppinger, Steven D. and Rowles, Craig M. (2004) "The Misalignment of Product Architecture and Organizational Structure in Complex Product Development," *Management Science*, Vol. 50, No. 12, pp. 1674-1689.
- Ulrich, Karl (1995) "The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm," *Research Policy*, Vol. 24, No. 3, pp. 419-440.
- Ulrich, Karl and Eppinger, Steven D. (2012) *Product Design and Development*, 5th ed., New York, NY: McGraw Hill.