

# 我が国のソフトウェア産業の階層構造が経営方針に あたえる影響について

## Effects of hierarchical structure of Japanese software industry on management policy

臼井由樹<sup>†</sup> 金田重郎<sup>†</sup>  
Yoshiki Usui<sup>†</sup> Shigeo Kaneda<sup>†</sup>

<sup>†</sup>同志社大学 理工学部

<sup>†</sup>Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

### 要旨

我が国のソフトウェア産業は、上流から下流へと異企業体による階層構成を有している。この場合、下流側の企業がどのような経営方針を持つべきかは、重要な課題である。そこで、本稿では、システムダイナミクス(SD)を用いたシミュレーションによって階層構造が生産性・経営方針に与える影響を分析した。次に、分析結果の裏付けとして、公開されている有価証券報告書を用いた定量的分析を併用し、SD との比較を行った。その結果、中堅企業 (JASDAQ 上場企業) においては、生産性や付加価値の重要性が指摘され、特に、双方を重要視する企業の有利性が示された。一方で、大企業 (東証一部上場企業) では、その様な傾向は観察されなかった。

### 1. はじめに

我が国のソフトウェア産業は欧米やアジア圏のソフトウェア産業とは異なり、異なる企業体による階層構造を取っている[1]。但し、製造業もソフトウェア産業と同様の異企業による階層構造であるにもかかわらず、ソフトウェア産業は、製造業と比較して生産性が低いとされている[2]。しかし、先行研究[1][2]では、ソフトウェア産業の生産性が低い要因については、明確な解答は示されていない。

そこで、本稿では、我が国特有のソフトウェア産業の構造が、生産性や経営戦略に与える影響を明らかにするため、システムダイナミクス(System Dynamics, 以下「SD」)によるシミュレーションを用いて分析する。SD が階層構造化された各要素間の相互作用の分析に適していると思われるためである。ただし、SD を用いたシミュレーションによって得られた数量自体については、現実社会との整合性確認は不十分である。そこで、本稿では、有価証券報告書を利用した定量分析を併用する。利用した有価証券報告書は、大企業 (東証一部上場企業)、及び中堅企業 (JASDAQ 上場企業) から、ソフトウェア関連会社、及び製造業を、各約 200 社、合計約 400 社を抽出した。定量的分析の結果、中堅企業においては、生産性や付加価値の重要性が示され、更に、双方を重要視する企業の有利性が示された。しかし、大企業ではそのような傾向は確認できなかった。

### 2. 研究のアプローチ

ソフトウェア産業の階層構造が、生産性や経営方針に与える影響を明らかにするために、本稿では 2 つの手法を併用する。一つは、システムダイナミクス(SD)による分析である。SD でソフトウェア産業のモデルを作成し、階層構成が経営戦略に与える影響を分析する。ツールとしては、Vensim[3]を利用した。

ただし、SD では、ノード間係数を自由に決め得るため、定性的傾向は示せても、結果の定量性には疑問が残る。そこで二つめの手法として、公開されている有価証券報告書(EDINET, Electronic Disclosure for Investor's NETwork)を用いて定量的分析を行った。具体的には、大企業 (東証一部上場)、及び中堅企業 (JASDAQ 上場) から、ソフトウェア産業、製造業を合計約 400 件抽出した。ここから、被説明変数として各企業の売上高伸び率・経常利益を抽出し、説明変数としては付加価値率・労働生産性を用いた。更に、有価証券報告書の経営理念記述に利用されているキーワードを各企業の経営方針とみなし、売上高伸び率・経常利益と、経営方針の関係を分析した。有価証券報告書分析の流れを図 1 に示す。有価証券報告書はテキスト形式に変換され、プログラムでキーワード抽出や統計的分析が実行される。

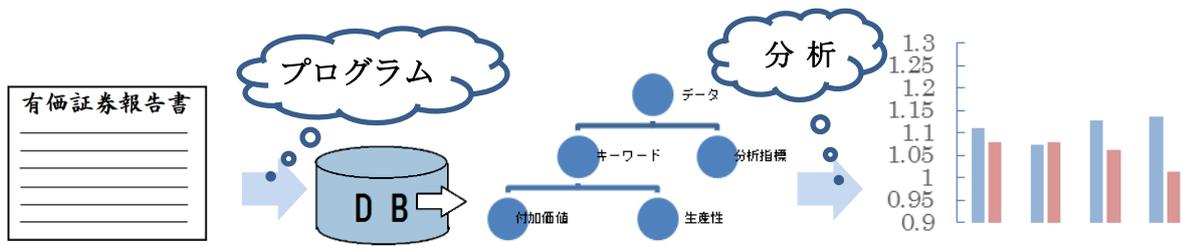


図 1 有価証券報告書の分析の流れ

### 3. システムダイナミクス

#### 3.1. モデルの作成

システム思考では、対象モデルを図示した構造から、その特徴を把握していく。システム思考に基づく SD では、モデルに定量的尺度を与え、数値的シミュレーションを実現できる。そこで、ソフトウェア産業の階層化構造が生産性に及ぼす要因について、特に、上流側企業（いわゆる大企業を想定）および下流側企業（いわゆる中小企業）の関係性の分析に利用できると考える。

SD モデルを構築するにあたり、親会社と下請け企業間の関係に注目する[4]。製造業とは異なり、ソフトウェア産業では、仕事を発注する場合に「人月費」が使われる。人月費の計算では、類推法、FP(Function Point)法、パラメトリック法など多くの手法が存在する[5]。本稿では、過去の実績に応じて人月費を計算する類推法を想定し、SD モデルに反映させた。

図 2 は、構築されたソフトウェア産業の SD 定量モデルである。本モデルでは、ソフトウェア開発の発注側のコストの一部が下請け側の予算に流れ、実際にかかったコストや付加価値などが、類推法や FP 法に則して、次期コスト検討指数を介して請負元企業のコストにフィードバックされている。

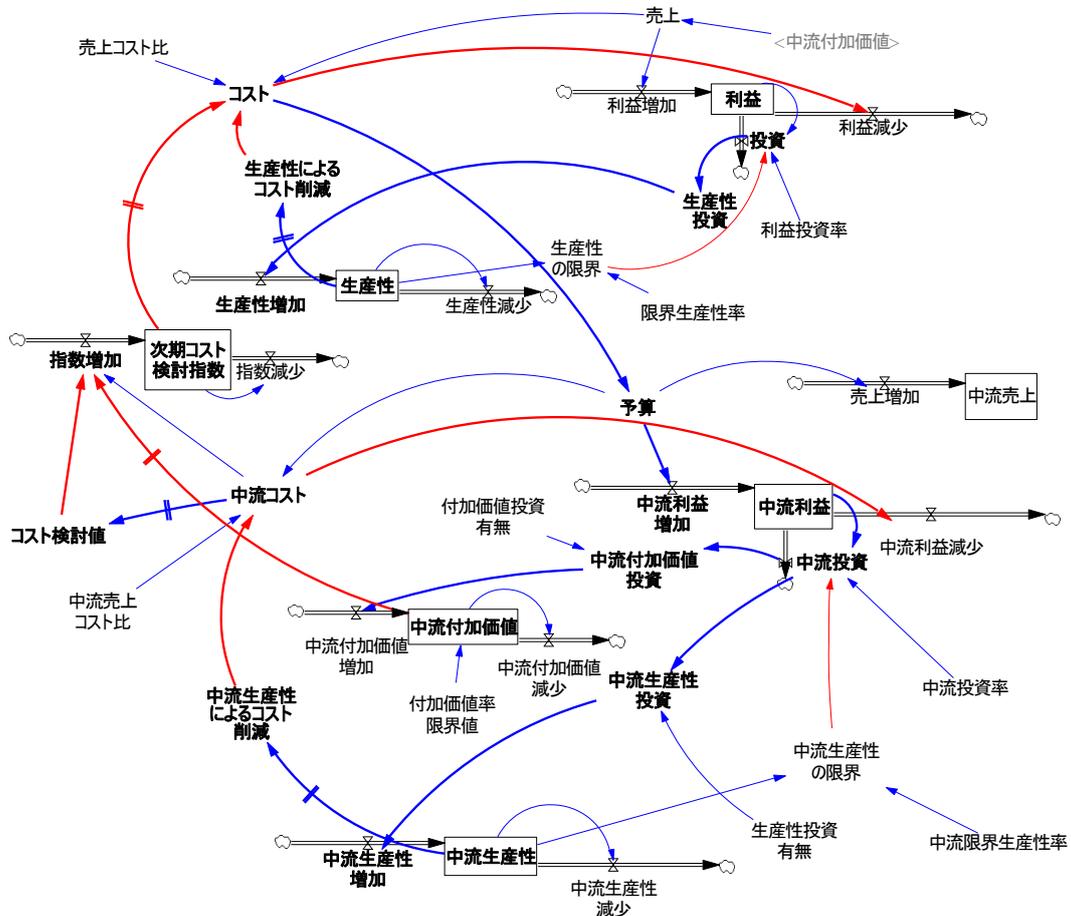


図 2 ソフトウェア産業のシステムダイナミクス定量モデル

図 2 のシミュレーションでは、付加価値及び生産性に対する投資額を変数とした。但し、付加価値とは、元のモノから新たなモノを産出した時の価値の差であり、これを高めることによって、企業の収益性を向上できる。また、生産性とは一定量の資源からどれ程の付加価値を産出するかを指標であり、生産性が高ければ、効率的に付加価値を生み出すことができ、結果として収益性が向上する。以上の検討から、本シミュレーションの変数には、付加価値投資と生産性投資を採用した。

### 3.2. 分析結果

下流側企業の「中流利益」及び「中流コスト」のシミュレーション結果を図 3、図 4 に示す。何れも横軸が月次推移、縦軸が金額（円）である。ここで、中流利益とは、下流側企業の経常利益の蓄積値である。利益が大きな下流側企業ほど、蓄積は大きくなる。一方、中流コストとは、下流企業の 1 ヶ月あたりの社会におけるソフトウェア開発に要したコストである。

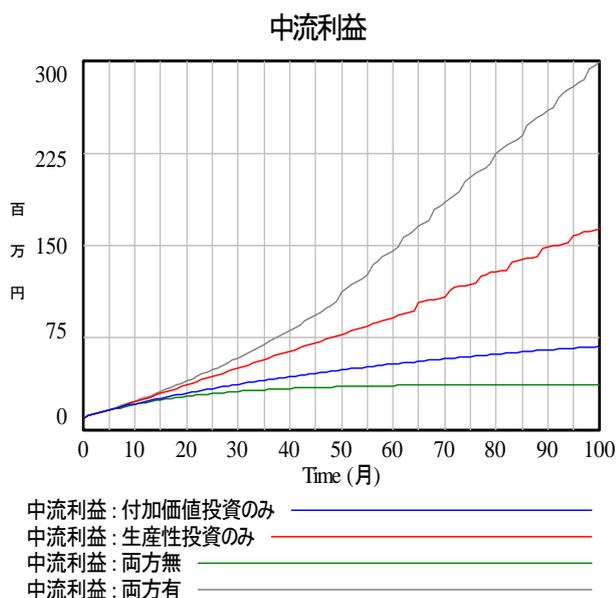


図 3 利益のシミュレーション結果

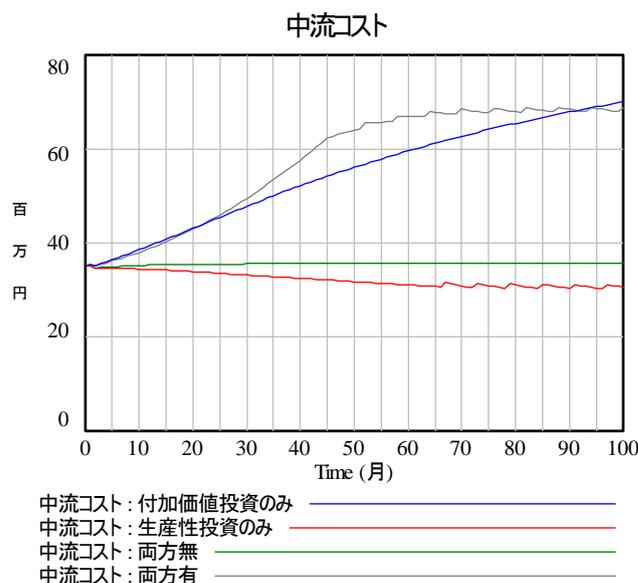


図 4 コストのシミュレーション結果

図 3 から、生産性及び付加価値の双方に対する投資を同時に行った企業が、最も高い中流利益を示している。すなわち下流側企業は、生産性及び付加価値をそれぞれ単独では無く、セットにして考えなければ、投資効果を最大化できない。この点は、図 4 の中流コストからも見て取れる。中流コストは、1 ヶ月あたりのコストであり、生産性だけに注目して下流側企業が投資を行った場合、コストは削減できるが（類似法による見積りを行う結果）、発注元である上流工程を担当する大企業から割り当てられる予算が、歳月が経つごとに削減される。この結果、最終的には生産性向上によるコスト削減を逼迫してしまい、生産性向上の効果が無くなる。これは、システムダイナミクスの「成長の限界」パターンと似た結果である[6]。また、付加価値のみを追求した場合、予算との折り合いがつかず、赤字プロジェクトが発生するため、付加価値投資のみを行った場合の中流利益が緩やかにある一定値に近づいていく。

以上の図 3 及び図 4 のシミュレーション結果より「ソフトウェア産業の下流側企業では、付加価値追求と生産性向上をセットにして考えなければならない」という仮説が導き出された。

## 4. 分析データの概要

### 4.1. 分析データの選択

第 3 章で述べた結果が実際の世の中と一致しているか否かを明確にするため、ソフトウェア産業と製造業の大企業・中堅企業の有価証券報告書のデータを用いて分析した。本分析にあたっては、対象は上流側企業として大企業（東証一部上場企業）とし、下流側企業としては中堅企業（JASDAQ 上場企業）

とした。但し、大企業、中堅企業それぞれについて、売上高の上位企業、各約 100 社を対象として、有価証券報告書をダウンロードした。有価証券報告書には、報告書提出年度から 4 年前までの合計 5 年間の売上高、経常利益、従業員数等の記載がある。更に、提出年度の平均給与を取得できるので、ここから、付加価値、付加価値率、労働生産性を算出した。定義については、以下の(1)(2)(3)式を参照されたい。

$$\text{付加価値} = \text{経常利益} + \text{人件費} \quad (1)$$

$$\text{付加価値率} = \frac{\text{付加価値}}{\text{売上高}} \quad (2)$$

$$\text{労働生産性} = \frac{\text{付加価値}}{\text{従業員数}} \quad (3)$$

式(1)の付加価値とは製品や商品、産出された労働に対して原材料費、燃料費や広告費などを差し引くことによって求められる、産出された価値の総和である。式(2)の付加価値率とは、付加価値を売上高で割ることにより算出される、売上高に対しての付加価値の割合である。また、式(3)の労働生産性は付加価値を従業員数で割ることによって従業員一人あたりの付加価値の産出量を表す指標である。そのため、付加価値の産出に対しての生産性を表している。

式(1)～(3)を用いて売上高の推移に対して比較を行う。売上高の推移は、有価証券報告書に記載されている提出年度を含めた 5 年間の売上高の伸び率を指標として、次の式(4)の売上高伸び率を用いる。

$$\text{売上高伸び率} = \frac{\text{提出年度及び 1 年前の売上高の平均}}{\text{4 年前及び 3 年前の売上高の平均}} \quad (4)$$

式(4)の売上高伸び率を被説明変数として、式(1)から式(3)との因果関係を分析する。但し、売上高伸び率の外れ値を省く必要がある。外れ値の対象データとしては、売上高伸び率が著しく大きな企業と小さな企業であり、売上高伸び率が著しく大きな企業は新興企業や式(1)～式(3)とは関係なく、売り上げを伸ばしている企業である。一方、売上高伸び率が著しく小さな企業は、子会社や関連会社の実態を移行した会社を外れ値の対象とした。外れ値の除外には、正規分布を仮定して再帰的に外れ値を省いていくスミルノフ・グラブス検定を用いた。スミルノフ・グラブス検定では、 $3\sigma$  法などの有意点の外側を省く検定とは違い、正規分布を仮定して再帰的に省く作業を繰り返し行うため、売上伸び率が著しく大きな企業及び売上伸び率が著しく小さな企業を外れ値として除外できる。

## 4.2. 指標を用いた分析

第 4.1 節で述べた有価証券報告書の分析結果を表 1 に、製造業の結果を表 2 に示した。但し、付加価値率、あるいは労働生産性において、高い値を持つ上位半数の企業（変数 1）と、残り半分（変数 2）の 2 グループにソフトウェア産業と製造業を分けて、それぞれのグループの売上高伸び率（但し、平均値）を求めて、それに偏りがあるか否かを調べている。尚、今回の分析では、売上高伸び率に有意な影響を与えたのは、付加価値率と労働生産性のみであった為、この 2 点に関係した結果のみを示している。

表 1 ソフトウェア産業の有価証券報告書分析結果

項目	売上高伸び率平均		標本数	倍率 (変数 1/変数 2)	有意水準
	変数 1	変数 2			
大企業付加価値率	1.232	1.231	102	1.000	0.495
中堅企業付加価値率***	1.132	1.018	83	1.112	0.028
大企業労働生産性	1.248	1.215	102	1.027	0.351
中堅企業労働生産性**	1.122	1.008	83	1.113	0.036

変数 1 : 付加価値率又は労働生産性の高い上位半数の企業  
 変数 2 : 付加価値率又は労働生産性の高い下位半数の企業  
 \*\*\* : 有意水準 97%, \*\* : 有意水準 95%, \* : 有意水準 90%

表 2 製造業の有価証券報告書分析結果

項目	売上高伸び率平均		標本数	倍率 (変数 1/変数 2)	有意水準
	変数 1	変数 2			
大企業付加価値率	1.110	1.078	116	1.030	0.188
中堅企業付加価値率	1.073	1.078	140	0.995	0.451
大企業労働生産性**	1.127	1.061	116	1.062	0.036
中堅企業労働生産性***	1.137	1.014	140	1.121	0.001

変数 1 : 付加価値率又は労働生産性の高い上位半数の企業  
 変数 2 : 付加価値率又は労働生産性の高い下位半数の企業  
 \*\*\* : 有意水準 97%, \*\* : 有意水準 95%, \* : 有意水準 90%

表 1 より、中堅企業（ソフトウェア産業）に関する限り、労働生産性が高い企業の方が、売上高伸び率が高い。同様に、付加価値率が高い企業が、売上高伸び率が高い。この結果は、SD により導出された「下流企業は付加価値と生産性をセットで考えた方が良い」という結果を、少なくとも、要素属性 2 種類が統計的に有意に寄与していることを示している点において支持する。尚、大企業では中堅企業の様な明確な関係性は見られない。表 2 は製造業に対する同様の分析であるが、ソフトウェア産業に比して、売上高伸び率は低い。これに対して、ソフトウェア産業は、売上高伸び率も（ここには記載していないが）経常利益も高い。

表 1 及び表 2 から、ソフトウェア産業において大企業では労働生産性または付加価値率の水準が売上高伸び率に寄与するとは言えず、中堅企業においてのみ労働生産及び付加価値率の水準が売上伸び率に寄与している。あるいは大企業では、本稿の分析モデルが簡単すぎて適用できないのかもしれない。しかし、大企業の売上高伸び率は大きい。特に、製造業と比べるとその大きさが分かる。一方、製造業では、大企業、中堅企業共に付加価値率に対しては売上高伸び率に寄与するとは言えず、労働生産性においてのみ大企業、中堅企業共に売上伸び率に寄与している。

### 4.3. キーワードを用いた分析

ソフトウェア産業において売上高が向上している企業がどのような経営方針に重きを置いているのか分析するため、有価証券報告書に記載されていたキーワードを用いて式 (4) に示した売上高伸び率に対して分析を行った。具体的には、有価証券報告書の経営理念記述に、特定キーワードが含まれている企業群の売上高伸び率（平均値）と、それ以外の企業群における売上高伸び率（平均値）を比較している。キーワードとしては、売上高伸び率が高い複数の企業から言及されていた“生産性”、“付加価値”、“客満足”、“人材確保”、“育成”、“品質向上”、“標準化”、“長期的成長”、“良質”、“収益性”、“新規参入”、“持続的（成長／改良）”、“費用対効果”、“信頼性”、“価格競争”という 15 ワードを用いた。分析結果をソフトウェア産業については表 3 に製造業については表 4 にそれぞれ示す。表 3 及び表 4 には、言及していた企業がソフトウェア産業、製造業それぞれの大企業及び中堅企業が 30 社以上あったキーワードである“生産性”、“付加価値”、“客満足”についての結果を示した。

表 3 キーワードによるソフトウェア産業の有価証券報告書分析結果

企業	キーワード	売上高伸び率平均		標本数	倍率 (言及有/言及無)	有意水準
		言及有	言及無			
大企業	生産性	1.214	1.292	102	0.940	0.184
	付加価値*	1.201	1.346	102	0.892	0.084
	客満足	1.296	1.238	102	1.047	0.570
中堅企業	生産性*	1.136	1.033	83	1.100	0.052
	付加価値**	1.244	0.987	83	1.260	0.043
	客満足	1.077	1.077	83	1.000	0.498

\*\*\* : 有意水準 97%, \*\* : 有意水準 95%, \* : 有意水準 90%

表 4 キーワードによる製造業の有価証券報告書分析結果

企業	キーワード	売上高伸び率平均		標本数	倍率 (言及有/言及無)	有意水準
		言及有	言及無			
大企業	生産性**	1.070	1.135	116	0.943	0.050
	付加価値	1.108	1.077	116	1.047	0.195
	客満足	1.080	1.094	116	0.987	0.430
中堅企業	生産性	1.069	1.081	140	0.989	0.375
	付加価値	1.056	1.093	140	0.966	0.191
	客満足	1.104	1.080	140	1.022	0.317

\*\*\* : 有意水準 97%, \*\* : 有意水準 95%, \* : 有意水準 90%

表 3 より，ソフトウェア産業において，大企業では“付加価値”と言うキーワードに言及していない企業の方が，売上高伸び率が高い。また，“生産性”及び“客満足”に対しては有意な差は見られなかった。一方，中堅企業においては，“生産性”と言うキーワードを言及している企業の方が，売上伸び率が高いことが分かり，同様に“付加価値”においても言及している企業の方が，売上高伸び率が高い。これは，SD のシミュレーション結果と一致する。また，表 4 より製造業において，大企業では生産性に言及していない企業の方が，売上高伸び率が高い事が分かった。但し，製造業においては，他キーワードに対しての売上高伸び率に有意な差は見受けられなかった。

## 5. 考察

第 3 章で作成した SD モデル及びシミュレーション結果が妥当か調べるために行った有価証券報告書の指標を用いた分析及びキーワードによる分析では，どちらもソフトウェア産業の中堅企業は労働生産性及び付加価値の追求を行った企業の売上高が伸びている。これは，シミュレーション結果と類似している。更に，SD の結果から，中堅企業においては生産性及び付加価値をセットで考えることが，階層化されたソフトウェア産業では，売上高を大きく伸ばす最善の手段と考えられる。また，大企業においては，指標及びキーワードを用いた分析からは有意な差を見出すことができなかった。これは，階層化されたソフトウェア産業においての大企業は，生産性及び付加価値さらには今回分析に用いたキーワード等の単体では測ることができないためと考えられる。

一方，製造業では，大企業及び中堅企業の労働生産性の値の高さが売上高伸び率に寄与すると言えるが，ソフトウェア産業では中堅企業のみにおいて労働生産性の値の高さが売上高伸び率に寄与する事が分かった。ここでの労働生産性向上は，内製率の向上を意味するため，過度に多階層化されたソフトウェア産業は業界全体としての生産性向上の妨げになる事を示唆する。

## まとめ

本稿では，「階層化されたソフトウェア産業」下流側の企業は，経営方針として，付加価値と生産性を共に追求するべきとの仮説を SD によるシミュレーション，及び有価証券報告書を用いた定量分析から導いた。但し，共に追究とは，付加価値向上と生産性向上を，異なる事業部でそれぞれ実現するのではなく，付加価値を高めつつ生産性を向上させた，新しい製品・サービスの追究を要求するものである。

## 参考文献

- [1] 谷島宣之，“ソフトを他人に作らせる日本、自分で作る米国”，日経 BP 社，2013。
- [2] 峰滝和典，元橋一之，“日本のソフトウェア産業の構造と生産性に関する実証分析”，RIETI Discussion Paper Series 07 -J-029, 2007。
- [3] 日本未来研究センター，<http://www.muratopia.net/sd/Japanese.html>，2015-10-28。
- [4] 島田俊朗，“システムダイナミクス入門”，日科技連出版社，1994。
- [5] 情報処理推進機構，<http://www.ipa.go.jp/sec/std/ent01-c.html>，2015-10-19。
- [6] ジョン・D・スターマン，“システム思考”，東洋経済新報社，2009。