

## Discussion Paper Series

No. 2022-3

次世代自動車保全技術の国際競争力

赤岡 広周

2022年10月



*The Society of  
Education & Research  
in Management*

## *Kyoto Sangyo University*

### 論文要旨：

次世代自動車への移行期を迎え、日本の自動車産業の先行きを悲観視する向きも多いが、次世代自動車は高度システムだからこそ、1 つ 1 つの構成部品の品質・信頼性が重要となる。そして、部品レベルでの品質管理は、日本企業の得意分野である。本研究では、日本自動車産業が国際競争力を発揮できる「強み」として「次世代自動車保全技術」を定義し、その国際的優位性を特許分析により明らかにすることを目指す。

### キーワード：

自動運転、品質、特許分析

はじめに

次世代自動車への移行期を迎え、日本の自動車産業の先行きを悲観視する向きも少なくない。しかし経営学とあわせ、安全管理を研究してきた筆者は疑問を感じている。次世代自動車は高度システムだからこそ、安全のためには、1 つ1 つの構成部品の品質・信頼性が今以上に重要となる。そして、部品レベルでの作り込み、すり合わせ、品質管理は、日本企業の得意分野のはずである。本研究では、日本自動車産業が国際競争力を発揮できる「強み」として「次世代自動車保全技術」を定義し、その国際的優位性を特許分析により明らかにすることを目指す。ちなみに自動運転システムは自動車に限らず広範な分野に適用可能となろう。「次世代自動車保全技術」は、自動車分野にとどまらず、さらに広範な産業範囲へと適用し、一般化の余地も期待できる。閉塞感漂う日本産業界であるが「次世代自動車保全技術」を明らかとすることで、社会に貢献可能な実践的指針を示すことを企図する。

## 1. 日本自動車産業の競争力

日本自動車産業の競争力分析は 1970 年代以降多数ある。Womack, et al.(1990)、藤本・西口・伊藤(1998)は、部品メーカーの高い能力と部品メーカーとの協働が、日本車の高品質・高性能の源泉と指摘する。これは経営学・ものづくりの視点に立つ指摘といえる。一方、信頼性の視点からは、1960 年代の日本では信頼性技術を社会の基幹システムや耐久消費財に適用し、信頼性の高い製品を生み出してきた(益田、2005) ことが指摘される。自動車製造に限らず、家電や自動車部品など、製造業全般における高品質・高信頼性の源泉を指摘するものである。いっぽう 2010 年代は、次世代自動車に関連して、日本自動車産業の競争力も危惧されている。ビッグデータの収集や AI の開発など高度情報技術において他国に劣り、次世代自動車の開発にも後れを取る、という論理が頻繁に展開されるようになった。

ところで安全工学の Rasmussen(1983)、Reason(1993)などは「自動化の落とし穴」現象を指摘する。人間が操作しない高度な自動システムほど、異常対応や保守作業、製造作業において、ハイレベルな作業・労働を要求する。そしてそれは人間による作業を避けられない。次世代自動車は、コンピュータ、センサー類の塊である。次世代自動車を安定運用するためには、(1)高度情報技術、(2)高信頼性ハードウェア、(3)高信頼性ハードウェアを実現するための製造品質管理技術、保守管理技術が必要となろう。

現在、次世代自動車への移行期を控え、その中核技術である高度情報技術の立ち遅れから、これまで日本の自動車メーカーが汗を流し営々と築いてきた車づくり技術の高さが一挙に空虚になりかねないとされている。但し信頼性の観点からみると、次世代自動車は高度システムだからこそ、安全のためには、1 つ1 つの構成部品の品質・信頼性が今以上に重要と考えられる。そして自動車など耐久消費財は、購入後 10 年程度の長期使用に耐えること、また、

夏場の高温下や悪路の振動にも耐える信頼性が求められる。次世代自動車の場合、従来の自動車以上に電子部品の塊となるため、安全性・信頼性を維持するには尚更信頼できる部品および製造・保守プロセスが求められると考えられる。この次世代自動車の開発は現在発展の最中のため、テスラ社のように、携帯電話用の電池（数年程度の使用を想定した設計）を数千個並べて設計された車両も存在する。しかしながら 10 年使用後の信頼性がどうなのか、現時点では評価不可能であると言わざるを得ない(村山、2015)との指摘もある。

自動車の場合、タクシー、路線バスなど、旅客営業用の車両の場合は自家用自動車よりも厳しい運用の基準が規定されている。運転者もプロである。また、車両を運用する社の営業拠点などに、資格を有する車両整備のプロが駐在、あるいは社が専用の整備拠点を有している場合もある。購入後の自動車について、使用期間におけるメンテナンス体制は、そのほかの自動車(自家用自動車など)と比較して充実しているといえよう。このような基準により、故障等による危険な事態の発生を抑制することをねらうものとなっている。

一方で、旅客営業用以外の自動車、たとえば自家用自動車の場合、そのメンテナンス体制は旅客営業用と同じではない。自家用自動車の所有者、あるいは日常的な運転者は、必ずしも自動車のメカニズムやメンテナンスに精通しているわけではない。精通している人の管理下にある自家用自動車のほうが少ないかもしれない。運航前点検など、自動車教習所で教わる機会はあるものの、メニューは基本的な数項目にとどまり、メカニズムや対処方法などについて十分に学ぶわけではない。また、いったん自動車教習所の過程を終えた後であれば、意識しなければ学ぶ機会も少ないだろう。自動車のメカニズムは、普段から進化しているはずであり、自動車教習所で学んだままでは知識のアップデートがなされない。特に現在のように、パワートレインすら世代交代している状況下では、習った知識と実態の乖離が進むこともあるだろう。

その結果として、自家用自動車などの場合は、買ったらず放すまでそのまま使うという使用方法になりやすい。所有期間中に所有者自らが劣化・交換の必要性を認識して交換する部品といえばタイヤとワイパーゴム程度ではなかろうか（実際の交換作業自体はプロに任せることも多いが）。そして、機構の故障であれば、運転者自身には故障の症状はわかるが故障の原因部位はわからず、わからないからプロの元に持ち込み、症状を伝えて、故障内容の特定や修理作業はプロに一任することも珍しくはない。そして、軽微な故障であれば自動車はプロの手による修理を行ったのち所有者に届けられ、その後も使用される。軽微でない故障の場合は修理費用も嵩むから、廃車の断を下す所有者も増えてくるだろう。すなわち、自動車は旅客営業用など一部を除き、買ったらず放すまでおおむねそのまま使われるといえよう。

「自動運転自動車の時代になれば、一般所有者の自動車の維持の仕方にも変化が求められる。日常的な入念な整備点検の必要性を、一般所有者も受け入れる」というパラダイムシフト

トがスムーズに実現されるとすれば問題は少ないであろう。しかし、一般所有者の自動車メンテナンスに関する認識が、自動運転自動車の時代を迎えることで急に変わることもあまり期待はできない。そうなると、自動運転自動車の時代を迎えてもなお、自動車は手放すまで大きなトラブルなく、機能が維持し続けることが求められるだろう。そして機能を維持し続けることができるような品質の自動車が求められる。日本自動車産業が世界を制した大きな要因のひとつである「品質」は、部品レベルでの高品質な作りこみであったことを考えると、自動運転自動車の時代を迎え、自動車のメカニズムが高度化し、構成部品の正常動作が安全・安定な自動運転の維持に不可欠となる状況に至ると、今以上に、品質レベルでの作りこみが必要となるとも考えることができる。

自動運転自動車の開発の進捗は、自動車の電子機器化の進捗でもある。自動車に関する国際規格は ISO9001、ISO/TS 16949 などが存在する。いっぽう、先述のとおり自動車の電子機器化にあたり、自動車の安全・安定した運用のためには部品レベルでの高品質が求められる。2011年に制定された ISO26262 など、自動車を電子機器としてとらえ、電子機器における安全規格を自動車分野にも応用するなど、部品レベルでの高品質な「次世代自動車保全技術」の必要性の認識は高まってきたと考えられる。

上述した(1)~(3)のうち、昨今指摘されるように、日本産業界は(1)の高度情報技術の育成では諸外国勢に後れを取ることとなった。先行勢をキャッチアップする具体的プランが確立されているともいえない。従って現在の日本の自動車関連産業界が、次世代自動車技術において競争力を発揮できるポイントは(1)の高度情報技術ではなく、従前より日本企業が国際競争力を発揮し、十分な蓄積も持つ(2)と(3)の技術となると考えることができる。その場合、この点において競争優位性を発揮できる状況へと導くための知見が求められることになる。なお、本研究ではこの2と3つの技術を総称して「次世代自動車保全技術」と定義し、日本の自動車関連産業界が有する「次世代自動車保全技術」を、次節と第3節で詳述する特許分析により導くことを目指す。

## 2. 自動車の保全技術

本研究では、経営学に加えて安全、信頼性の知見も総動員しつつ、日本の自動車関連産業界の有する次世代自動車保全技術を、特許情報データベースを用いて掌握する方法を探る。

「次世代自動車保全技術」の具体例としては、たとえば、経年により電極の結着剤が加水分解し、リチウム二次電池の寿命を縮めるのを防ぐ特許などが該当する。通常、企業の技術開発は企業秘密である。そのため調査が困難な領域とされてきた。そこで本研究では、特許情報データベースを用いることとした。特許は誰でも閲覧可能なデータベースに掲載されるため、その際、技術情報が一部公になることとなる。本研究の特徴は、第1に、特許情報デー

データベースを用いるという手法により、通常研究の困難度の高い企業の技術開発を分析可能とした点にある。

次に、本研究の次世代自動車保全技術は、必ずしも自動車専用の技術により構成されるわけではなく、例えば自動運転にも防犯用途にも使われるセンサーなど、汎用部品なども含まれる。従って本研究の分析手法は自動車に限らず多様な分野の競争力分析にも適用可能（一般化可能）となる余地を含んでいる。本研究は、日本の自動車関連産業界が世界に貢献しうる実践的指針を明らかにするだけにとどまらず、今後の日本の多様な産業界が世界に貢献しうる実践的指針を明らかにすることを目指す。これが、本研究の特徴の第2点である。

次世代自動車の技術は、たとえば農業機械の自動運転など多様な分野に広がりを見せ、日進月歩の進化と普及を続けている。日本産業界は、従来の製造業重視の構造から情報技術への対応に遅れ諸外国の先行を許し、起死回生策も見当たらないまま今後の産業界での地位低下の危惧から悲観的な見通しに陥っているとの指摘がなされることがある。本研究を通じて、高度情報社会であるからこそ求められる、既に日本産業界が有している競争力の「強み」を明らかとし、今後日本産業界が生き残る道を示し、社会への貢献を企図する点が本研究の特徴の第3点である。

### 3.特許分析の有効性について

技術開発には、各社の戦略が反映されていることが多い。各社には、各社の戦略があり、その戦略に基づく目標の達成に向けたものとして技術開発を行うからである。そして、自社が生み出した技術を公的に保護するために、特許申請を行うことがあるからである。従って、各社における技術開発状況を測定する方法として、各社の特許申請の状況の分析を以て代用するという方法が考えられる。たとえば Richard（1983）、Pavitt（1985）は、技術開発の動向をあらわす基準として、特許に着目している。

赤岡・中岡（2017、2021）は「自動車とスマートフォン・インターネットの連携」「自動運転」に関し、これまで日本の自動車産業は、低燃費や高信頼性など、品質の高さによって高い国際競争力を維持してきたものの、自動運転・脱ガソリンエンジンが自動車開発の新たなポイントとなるなかで、今後に対する不安が高まりつつある、といった社会的に主流となっている悲観的な見方を受けての研究を行った。確かに、自動運転の実現には、従来タイプの自動車開発とは異なり、データの活用技術や AI 技術といった高度情報技術が不可欠である。そして高度情報技術は、海外企業が市場において支配的位置を占める。そのため今後自動運転の時代の到来に伴い、これまで日本の自動車メーカーが汗を流し営々と築いてきた車づくり技術の高さが一挙に空虚になりかねないとされる結果を示した。

さて、自動運転自動車とは、自動車の自動化であると同時に、自動車のデジタル化であり、

かつ、自動車の IoT 化であるともいえる。従って、自動車メーカーの技術開発や、自動車部品サプライヤの技術開発、および ICT 関連企業による技術開発、という 3 者の技術開発が、直接的には自動運転自動車の技術開発に関連性をもつ。ただし、自動車メーカー、自動車部品サプライヤ以外の企業が行う技術開発、すなわち、必ずしも自動運転自動車用技術とは限らないような汎用性のある技術の技術開発についても、自動運転自動車の技術開発を支えることがある。そこで第 1 に、自動運転に関連する各社として(1)自動車メーカー、(2)部品サプライヤ、(3)ICT 業界の 3 種を定義し各社を分類のうえ、これら各社の各年における特許出願件数の推移について分析を行い、自動運転自動車にかかわりのある技術開発の動向、および自動運転に関連する各社の技術開発能力を測定した（赤岡・中岡、2017、2021）。第 2 に、これら各社が出願した特許情報の内容に着目した。そして各年において、どのような特許が多数であるかについて各年時系列的に分析することとした。第 3 には、自動運転自動車にかかわる技術のうち、重要となる技術はどのようなものであるかを明らかとするため、特許の引用・被引用関係に関する情報を分析し、HITS アルゴリズムによって重要となる特許を特定することとした。この分析を各年時系列的に行い、自動運転分野における技術開発動向の変化について分析した。さらに、HITS アルゴリズムによって重要と示された特許は、自動車メーカー、部品サプライヤ、ICT 業界のいずれによる出願であるか分類することで、各年、自動運転分野の技術開発において重要な位置を占めるプレイヤーは何であったのか、その時系列的变化を分析した。

#### 4. 日本のものでづくりにおける信頼性と自動運転

ところで現在、世界的に見れば、整備不良・半故障状態で運用される自動車は少なくない。途上国では日本のような車検制度、あるいは予防保全的発想がない場合も少なくなく、「壊れたら直す」方式も稀なものではない。一般に、ハイテクな機器ほど素人にはブラックボックス化するため、不具合が発生すると危険な事態にも対処できなくなる。AT 車初期には、エンジンの熱がコンピュータを過熱し、コンピュータの熱暴走の結果自動車の暴走に至る事故がクローズアップされたことも思い起される。次世代自動車は、コンピュータ化の進んだ高度なシステムである。システムの不良は複雑なシステムを構成する 1 つの部品の不具合によってもたらされることもあり、その結果として重大事故を招くこともある。よって、日本企業が得意とする低故障・高信頼性・保守管理の技術「次世代自動車保全技術」こそ、安全・安心な次世代自動車の時代を実現する礎となることが期待される。そして、日本産業界はこれらの技術を得意分野としてきた。日本企業が有するこれらの技術は、製品設計、製造過程、製品・設備のメンテナンスの場といった様々な現場に散りばめられて存在する。そして次世代自動車保全技術は、自動車分野に限定して開発・利用されるものではない。鉄道車両、農

業機械の自動運転分野などでも開発・利用され、学術論文の引用関係のように、互いに参照され次の技術へと結びついている。たとえば自動運転を支えるセンサー技術は、無人店舗、無人医療など、近未来に到来する各分野でも礎となる。日本産業界は次世代自動車保全技術を通じて、世界に貢献することも可能といえる。日本産業界が、情報技術面での立ち遅れから閉塞感に陥りつつあるとの指摘がなされる現在、本研究では特許分析を通じ次世代自動車保全技術の分野の重要技術と、その所有企業を明らかにすることで、日本産業界の今後の指針を示し、日本産業界への貢献を目指す。本研究で見出された結論と分析方法は、自動車分野に限らず、一般化も可能となろう。

## 5.本研究の課題

ところで保全とは、簡単には機器等を導入したのち、運用期間において機能維持を続けることを目的として行われる点検・修理などの取り組みを指す。この保全上の問題点により、事故に至るケースは多々あるが、その原因は必ずしも機器を構成する小さな部品の不具合に限られるわけではない。

本稿の主題としている自動車の事故の場合も、発生後は警察等による調査原因究明は行われているが、その詳細は必ずしも公開されているわけではない。これに対して航空・鉄道等の事故等（事故に至る前の重大インシデントも含む）の場合は、たとえば運輸安全委員会における調査報告書が公開されるなど、より詳細を知る余地が高まる。また、航空・鉄道分野の場合、自動車よりも以前から自動運転の導入や部分的な導入が行われており、自動運転にかかる蓄積が先行している面もある。そこで本節ではこれら分野における事故についても参考とする。

鉄道・航空も、車両や運行システムなど、様々な機器類によりシステムが構築されている。不断の保守保全により安定運用が求められる点は、自動運転自動車と変わらない。そして、鉄道・航空分野における保守保全上の問題が、事故の要因として指摘された事例も少なくない。そして、保守保全上の問題とは、必ずしもシステムを構成する部品等の不具合の類ではなく、それ以外の要因が指摘されたケースも少なくない。

たとえば、2013年に発生した貨物列車の脱線事故では、線路の軌間が許容された基準値を超えて広がっており、それが保守作業において適切に修正されなかったことが直接の事故原因であった。保守保全においては、第1に故障が発生するかについても問題となるが、第2に発生した故障を把握できるかどうか、第3に回復できるかどうかについてもポイントとなる<sup>1)</sup>。この事故の場合は、軌間の広がりや点検作業により事前に把握されていたものの、適切な修正が行われず存置されていたことが明らかとなった。また、この事故を契機として現場に至る体制や指示システムが不適切であるために伝達が適切でないことがある（組織内におけ



るコミュニケーションの問題)、レール幅の広がりに関する基準値は改定されたことがあり、適切な基準値を適用しなければならないことが徹底されていなかったことが判明するなど、複数の問題点が指摘された<sup>2)</sup>。事故原因究明と対策では、ストップルールという観点もある。すなわち、直接的・間接的な原因をどこまで事故原因としてとらえるのか、あるいは「運転しなければ事故は起きない」という主張であったり、あるいは組織にとってコントロール不能な要素などは、どこまで追究するか、対策すべきかという問題である。この事故の場合は、仕事量に対するマンパワーの過不足の問題、人材育成の問題、あるいは組織風土なども事故の背景として指摘されている。したがって、組織の問題も含む、複合的な要因による事故であったとされた。この事故の場合、第2に挙げた故障の把握はできていたといえる。ただし、第3のポイントである回復に問題があったといえる。

2008年に発生した防護無線装置<sup>3)</sup>の不具合の場合は、故障の原因究明に手間取った例であった。夕方ラッシュ時間帯に防護無線が発報され、付近を営業中の全列車が停止し、発信元の無線機が特定できず運転再開に長時間を要したものである。調査の結果、冬季であったため、防護無線機内の錆と結露によって回路がつながり防護無線機が作動、その後結露は自然に蒸発して消えたものと考えられた<sup>4)</sup>。これは先述の第2点、発生した故障を把握できるかどうか、という点が問題となったケースである。

自動運転自動車の安定・安全な運用のためには、部品レベルでの作り込みが求められるほか、故障や故障原因・部位を適切に把握すること、適切な回復を確保する必要がある。そして、先述した様々な事故にみられるように、適切な異常把握や適切な回復は、保守現場における適切な組織内コミュニケーションの欠如など、部品品質以外の要素によることもある。本研究は特許分析という技術面における解明に重点を置いているため、技術以外の側面には分析が及ばないという点が今後の課題となる。

## 6. おわりに

次世代自動車への移行を迎え、日本自動車産業に対する悲観的な見方も少なくない。本研究では、安全・信頼性などの視座から自動車部品に着目し、日本産業界のポテンシャルは依然として高いのではないかと、という問題意識に立脚するものである。

これらの研究は、これまで、例えばパソコン、あるいは携帯電話からスマートフォンへの進化の過程でみられたように、日本企業が提唱する規格が、世界的な共通規格となることなく、海外勢が提唱する規格に駆逐されてきた、という歴史を踏まえたものである。パソコンや携帯電話といった過去のケースに限らず、通信規格の世代交代(5G)や半導体などの分野で、現在も時折繰り返される現象である。しかしながら自動車分野に関しては、これまではパソコンや携帯電話のような形で世界規格に準拠することが必ずしも必須ではなかったといえる。

従来型の自動車はインテグラル型の製品でありメーカーごとの作りこみの程度が高く、日本自動車関連メーカーのこれまでの能力蓄積で国際競争力を維持し続けてきたからである。しかし、脱ガソリンエンジン、IoT化、自動車の白物家電化、といった昨今指摘される最新の傾向は、自動車のコモディティ化を伸長しかねない。なぜなら、自動車メーカーは、メーカー独自に製品の作りこみを行い、高品質な自動車を作り上げるだけでは自動運転を完成させることができない場合があるからである。自動運転の実現には道路交通に関するビッグデータへの接続が必要であるが、現状、そのビッグデータ分野はGAF A等の海外勢が優勢である。GAF Aの提示する規格、あるいは契約条件に従わざるを得ないことが懸念されているからである。

このシナリオを根拠として、今後の日本自動車関連産業の地位低下を危惧する論調も少なくない。しかし、赤岡・中岡（2017、2021）は、今後の日本自動車関連産業が生き残る道として高信頼性に着目した。日本の製造業が、これまで部品レベルに至る品質管理や、工程管理によって信頼性の高い製品を実現し、高い国際競争力に結びつけてきたことは周知のとおりである。これは、自動運転・脱ガソリンエンジンの時代においてさらに重要度を増す面もあると考えられるからである。なぜなら、次世代自動車の普及・安定運用には、従来の自動車以上に低故障であることと、予防保全的なメンテナンスが必要とも考えられるからである。

オートパイロットが普及している航空分野では、複雑なシステムエラーに起因する事故だけでなく、小さな部品の不良や、メンテナンスのエラーに起因する大事故も多々ある。これを防ぐのが次世代自動車保全技術である。そして次世代自動車保全技術は日本企業が得意とする分野である。

自動車関連産業は日本が国際競争力を有する重要産業である。自動車関連産業の方向性は学問的にも、社会的にも重要と考えられる。自動運転・脱ガソリンエンジンが自動車開発の重点領域となるなかで、日本自動車関連産業の今後を不安視する論調も少なくないが、この状況は、以前に増して日本企業が競争力を発揮する余地を示すものである、とも考えられる。さらに次世代自動車保全技術は、無人店舗、無人医療など、近未来に到来する各分野にも適用可能性がある。日本企業は次世代自動車保全技術を通じて、安全・安心な世界を実現するという社会貢献が可能である。日本の次世代自動車保全技術を明確にすることは、社会的にも意義のある研究であると考えられる。

付記

本研究は JSPS 科研費 22K01737 の助成を受けたものです。

## 注釈

- 1) たとえば、RPN(Risk Priority Number)など。
- 2) 『日本経済新聞』2013/09/25、夕刊、17 ページ。
- 3) 昭和 37 年の三河島事故を契機として登場したシステム。この事故は 1 本の列車が脱線して停車したのち、他の列車が停車せず現場に突入したため大きな被害を招いた事故であった。これを踏まえ、列車が安全上の問題を検知した場合は、無線発報により付近にいる全列車に停止信号を送るというもの。いったん付近の列車を全て止めたうえで原因を調査して問題取り除き、安全確認のうえ、運行を再開することができる。
- 4) 『日本経済新聞』2008/02/09、北海道朝刊、38 ページ。
- 5) 北海道総合通信局報道資料 「列車防護無線の点検の要請」(2008)。

## 参考文献

- 赤岡広周、中岡伊織(2017)「コネクテッド・カーの研究開発：カーナビゲーションシステムとスマートフォンに着目して」『実践経営』(54)、29-35。
- 赤岡広周、中岡伊織、朴唯新(2021)「特許情報を用いた自動運転に関する重要技術の時系列分析」『京都マネジメント・レビュー』(38)、217-235。
- 藤本隆宏、西口敏宏、伊藤秀史(1998)『サプライヤー・システム』有斐閣。
- 益田昭彦(2005)「総論：信頼性の意味の変遷」『日本信頼性学会誌 信頼性』、27(4)、234-240。
- 村山博(2015)「自動運転車、燃料電池車。電気自動車に関するイノベーションの研究：自動車会社、部品会社、IT 企業による次世代自動車の社会的価値の創造」『桃山学院大学環太平洋圏経営研究』(16)、79-132。
- Pavitt, K. (1985). "Patent Statistics as Indicators of Innovative Activities: Possibilities and Problems," *Scientometrics*, 7(1-2), 77-99.
- Richard, S. (1983). "Patent Trends as Technological Forecasting Tool," *World Patent Information*, 5(3), pp.137-143.
- Rasmussen, J. (1983). Skills, rules, and knowledge; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics*, SMC-13(3), 257-266.
- Reason, J. (2003), *Managing Maintenance Error: A Practical Guide*, Ashgate Publishing
- 運輸安全委員会(2015)『鉄道事故調査報告書 RA2015-1-4 IV日本貨物鉄道株式会社 函館線大沼駅構内 列車脱線事故』運輸安全委員会。
- Womack, J., D. Jones, and D. Roos. (1990). *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates.