

第1部

ものづくり基盤技術の

現状と課題

はじめに

我が国経済は、安倍内閣の経済政策（「アベノミクス」）の効果が現れるなか、企業収益の改善が進み、従業員への利益還元が中小企業に広がるなど「経済の好循環」は着実に進展してきた。一方、新興国における景気減速などの世界経済の変化に伴い、先行きに不透明感が漂っている様子もうかがえる。

こうした現状にある我が国ものづくり産業について、第1部では、その直面している課題、さらには必要な対応の方向性を以下のとおり取り上げている。

第1章では、「我が国ものづくり産業が直面する課題と展望」を取り扱う。アベノミクス第2ステージの実現に向けて製造業の国内事業環境の改善が進む中、労働供給面での制約が国内回帰の妨げとなるなど、様々な課題が存在。こうした課題を克服するために期待される投資分野等について記述している。

さらに、付加価値が「もの」そのものから、「サービス」「ソリューション」へと移る中、ものづくり企業には、市場変化に応じていち早く経営革新を進め、ものづくりを通じて価値づくりを進める「ものづくり+企業」となること等について記述している。

第2章では、「ものづくり産業における労働生産性の向上と女性の活躍促進」として、人口減少下において、我が国経済を持続的に成長させていくためには、基幹産業であるものづくり産業について、労働生産性の向上を図るとともに、女性の活躍を推進することが重要であることから、仕事と家庭の両立支援対策の推進を含め、ものづくり人材の確保・育成について記述している。

第3章では、「ものづくりの基盤を支える教育・研究開発」として、ものづくりにおいて重要な鍵となる科学技術イノベーションを推進する人材育成や女性研究者への支援の取組、また、ものづくりを支える基盤技術の研究開発の状況等について記述している。

また、第2部では、政府が平成27年度においてものづくり基盤技術の振興に関して講じた施策について、網羅的に記述している。

第1章

我が国ものづくり産業が直面する課題と展望

第1節 我が国製造業の足下の状況認識

我が国製造業の企業業績は引き続き改善傾向にあり、従業員への利益還元は中小企業においても進展している。

第4次産業革命は、ものづくりの生産現場にプロセス改革を起こすのみならず、ビジネスモデル自身の変革を起こしつつある。一方、第4次産業革命への具体的な対応は、企業規模の小さい企業で、また、ビジネスモデルの変革を伴う分野で、相対的に遅れている。

1 我が国製造業の業績改善

我が国経済は安倍内閣の経済政策（「アベノミクス」）の効果が現れるなか、2013年以降、企業収益の改善がみられ、さらには賃金上げの動きが広がるなど「経済の好循環」は着実に進展してきた。一方、新興国における景気減速などの世界経済の変化に伴い、先行きに不透明感もうかがえるが、回り始めた経済の好循環を確実なものとする必要がある。ここではまず、アベノミクスの下での我が国製造業の足下の状況を分析する。

(1) 企業業績と金融市場の動向

国内外の景気回復などを受け、我が国企業の業績は回復してきた。法人企業統計によれば、2012年第4四半期（10-12月期）以降、製造業の営業利益の伸び率（前年同期比）は大幅なプラスに転じた。その後、消費増税による反動減による落ち込みから持ち直したものの、円安方向への動きの一服や世界経済の減速などから足下では一進一退の状況がみられる（図111-1）。製造業を業種別にみると、2014年から2015年にかけては多くの産業において伸びは鈍化してはいるものの、引き続き改善傾向となっている（図111-2）。

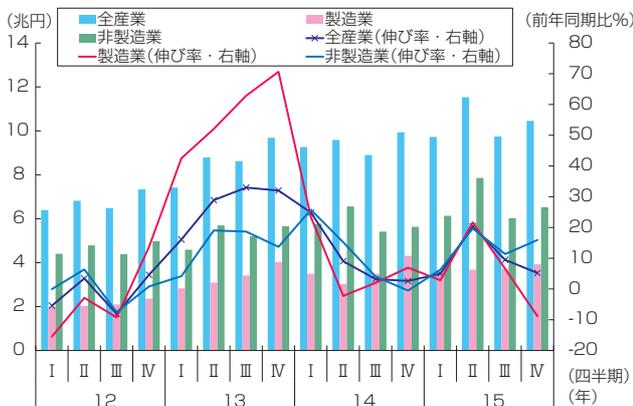
また、東証一部上場企業（製造業）の2015年度通期の収益の見通しは、45.5%が「増収増益」と回答しており、「減収減益」の20.7%を大幅に上回っている（図111-3）。

図111-2 企業業績の推移（製造業業種別・営業利益）



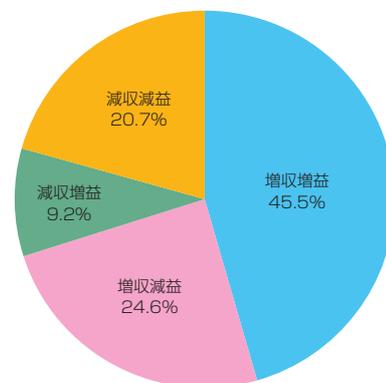
備考：1. 資本金1億円以上の企業の営業利益の合計。
資料：財務省「法人企業統計」

図111-1 企業業績の推移（営業利益）



備考：金融業、保険業以外の業種（原数値）、資本金1億円以上
資料：財務省「法人企業統計」

図111-3 東証一部上場企業（製造業）の2015年度通期収益見通し



備考：第3四半期決算公表時点。
資料：日経NEEDS（(株)日本経済新聞社）の企業財務データを基に集計

アベノミクスを通じた企業業績の回復に対する期待感などを背景に、株価は2015年8月にかけて大幅に上昇しており、2012年末に10,395円であった日経平均株価は2015年8月末時点で20,585円へ約98%上昇した後、上海株価の急落や人民元安進行をきっかけに反転した（図111-4）。また、

2016年初にも人民元安をきっかけに世界で株安が進んだことで、日経平均も大幅に下げた。

業種別の株価指数を見ると、「電気・精密」が他の業種を上回るパフォーマンスで推移してきたが、このところばらつきは縮小している（図111-5）。

図 111-4 株価の推移

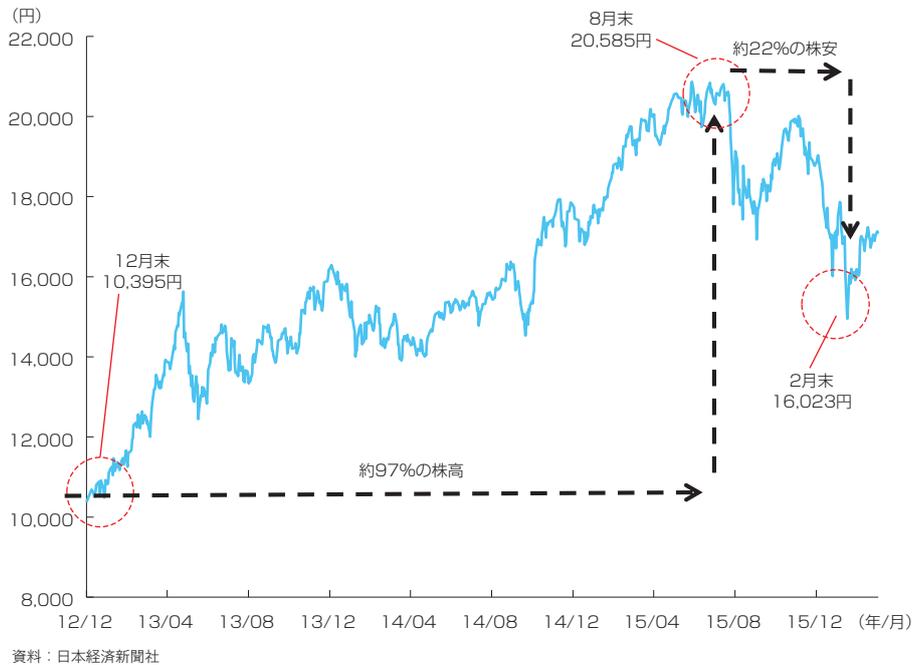


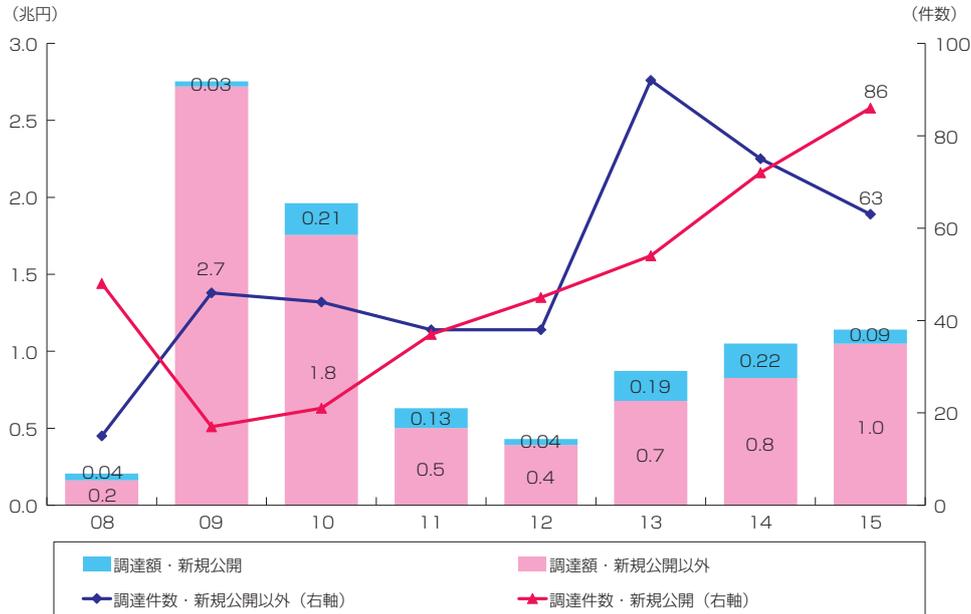
図 111-5 株価の騰落率の推移（東証株価指数、業種別株価指数）



2012年から15年半ばまで堅調だった株価を背景に、企業の資本調達額は2012年を底として増加へ転じている(図

111-6)。

図 111-6 資本調達の推移



備考：「国内」における「株券」による公募資本調達
資料：日本証券業協会

(2) 実体経済への波及と「好循環」へ向けた動き

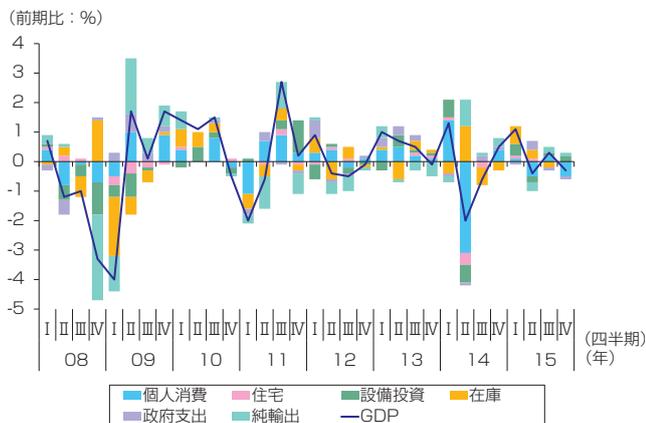
企業業績の改善が進む中で、これを設備投資の拡大や雇用・所得の増加へと結びつけることが「経済の好循環」を持続する上で重要となる。以下では、設備投資と雇用・所得の動向について確認する。

① 設備投資の動向

2014年4月の消費税率引き上げ後の弱さがみられたものの、2012年末以来、景気は緩やかな回復基調がつついてきた

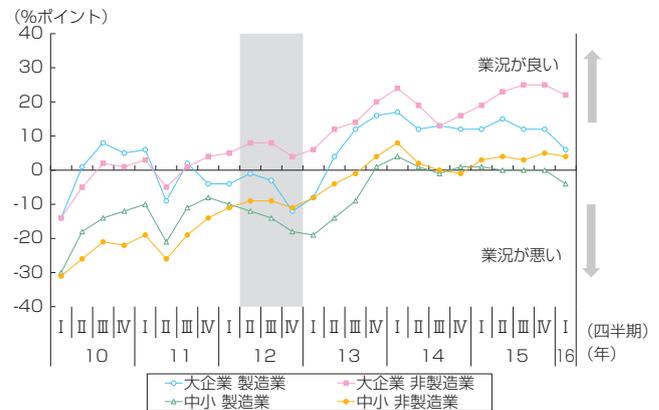
(図 111-7)。企業の全般的な業況を示す日本銀行の全国企業短期経済観測調査(日銀短観)の業況判断D I も上向いており、大企業・中小企業の製造業は2015年以降概ねプラス圏を推移してきた(図 111-8)。また、鉱工業生産活動の全体的な水準を示す鉱工業生産指数は2014年末からは緩やかな持ち直しの動きがあったものの、その後減少した後、一進一退の状況にある(図 111-9)。さらに、製造業における設備の稼働率は、減産とその後の動きに合わせて、足もとでは横ばい圏内にある(図 111-10)。

図 111-7 実質GDPの推移



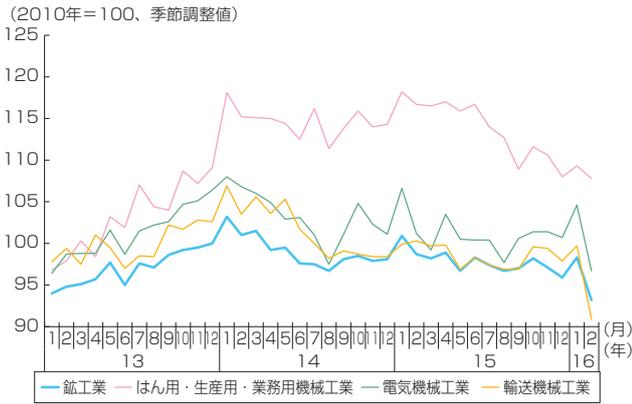
資料：内閣府「2015(平成27)年10-12月期四半期別GDP速報(2次速報値)」(平成28年3月8日公表)

図 111-8 日銀短観・業況判断D Iの推移(企業規模別)



備考：「業況判断D I」は、回答企業の収益を中心とした業況についての全般的な判断を示すものであり、「良い」という回答比率から「悪い」という回答比率を引いて算出する。
資料：日本銀行「全国企業短期経済観測調査」

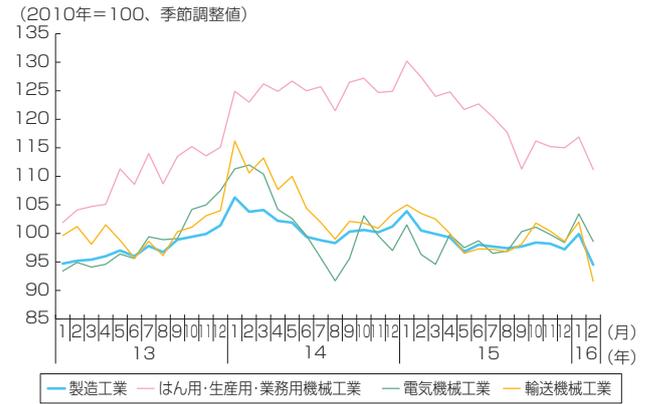
図 111-9 鉱工業生産指数の推移



資料：経済産業省「鉱工業指数」

民間企業設備投資は、2014年は前年比+4.5%、2015年は同+2.4%と5年連続で増加しており（図 111-11）、今後とも増加していくことが期待される。設備投資が増えたと言っ

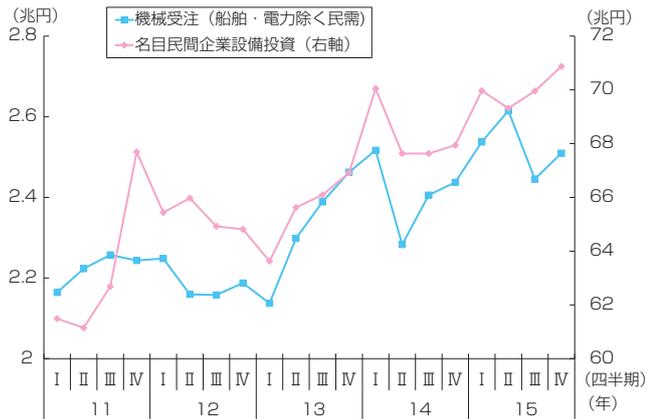
図 111-10 稼働率指数の推移



資料：経済産業省「製造工業生産能力指数・稼働率指数」

ても、リーマンショック前の水準には達しておらず（図 111-12）、賃上げを始めとする経済の好循環の流れを加速させ、投資をさらに活発化させることが重要である。

図 111-11 設備投資の推移



備考：季節調整値
資料：内閣府「2015（平成27）年10-12月期四半期別GDP速報（2次速報値）」（平成28年3月8日公表）

なお、今後3年間の設備投資増減率の見通しは、2008年のリーマンショック時に大幅下落したものの、足下ではプラスで推移している（図 111-13）。また、経済産業省調べのアンケー

図 111-12 名目設備投資の推移



備考：季節調整値
資料：内閣府「2015（平成27）年10-12月期四半期別GDP速報（2次速報値）」（平成28年3月8日公表）

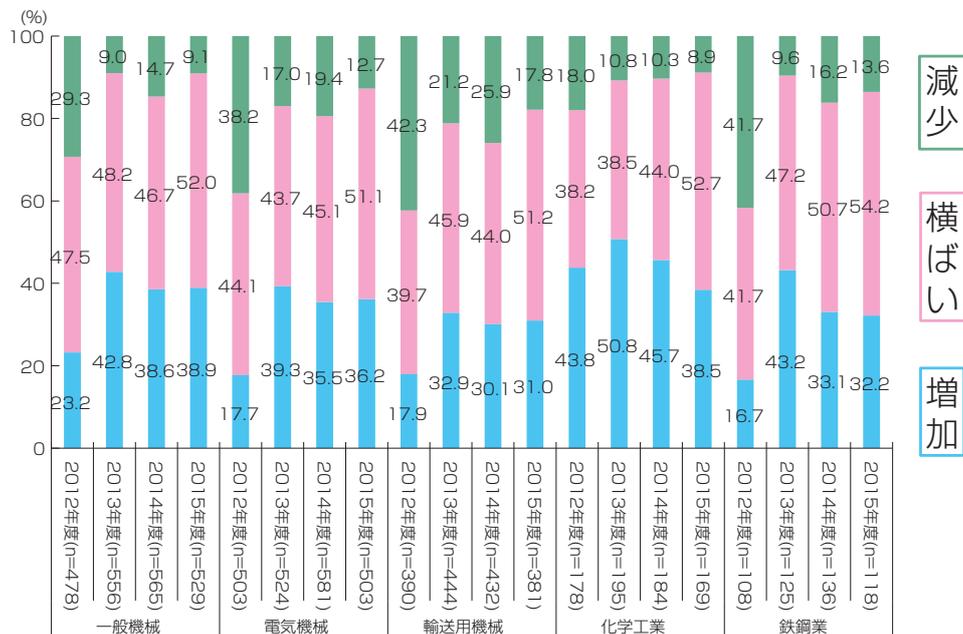
ト調査によると、設備投資の今後3年間の見通しは、2013年度に「増加」の回答が大幅に上昇し、その後は「横ばい」の回答が増えている（図 111-14）。

図 111-13 産業別今後3年間の設備投資増減率見通しの推移



資料：内閣府「企業行動に関するアンケート調査」

図 111-14 設備投資の今後3年間の増加率



備考：本調査の概要は次の通り。

1. 調査期間：2015年12月10日～29日
2. 調査対象：大手データベース会社のデータより、従業員100人超の製造業はすべて対象とし、従業員100人以下の企業は機械系製造業を中心として、25,000社を抽出。
3. 回収率：15.5% (有効票：3,871件)

資料：経済産業省調べ (2015年12月)

このような環境下において、経済の好循環を生み出す上で、中長期的な成長を目指した企業の取組がますます重要になっている。現在、企業経営者の背中を押しているのが、2015年に始まったコーポレートガバナンス改革である。この改革では、企業経営者と機関投資家の対話を通じて、企業の中長期的な成長や企業価値の向上に取り組むことが求められている。

この中で、企業価値の代理変数として、収益性を表す自己

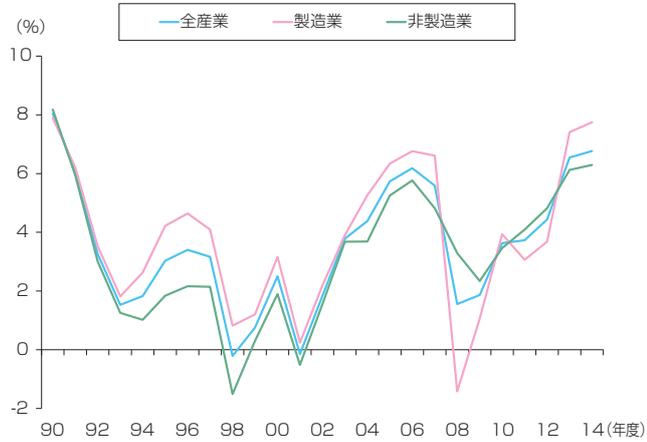
資本利益率 (ROE) が注目を集めた。ROE 自体は回復傾向にあり、アベノミクス始動後の企業業績の回復によって、2014年度に全産業は6.8%、製造業では7.7%まで上昇した (図111-15)。しかし、国際的にみれば、日本企業のROEは依然として低く、主たる原因である売上高利益率の向上が課題となっている。

また、製造業を規模別に過去のトレンドを見ると、企業規模

による ROE の差は大きくないが、大企業の 8.5% に対して、中小企業は 5.1% と回復が遅れており (図 111-16)、今後の中小企業の ROE の回復が期待される。また、製造業を産業別

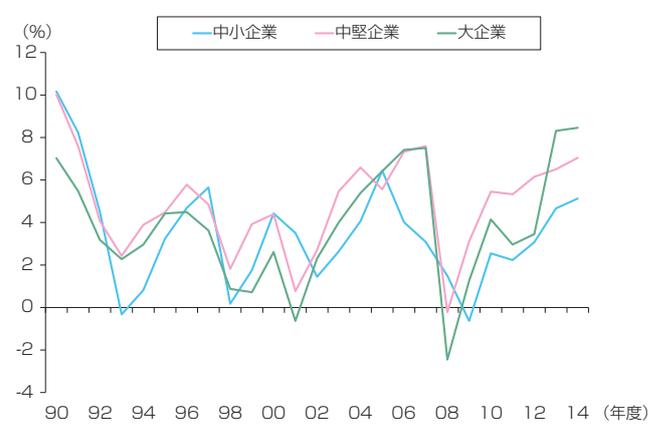
にみると、2010 年代にかけて ROE が回復した産業もあれば、あまり回復していない産業があるなど、産業による相違が大きいことも事実である (図 111-17)。

図 111-15 自己資本利益率 (ROE)



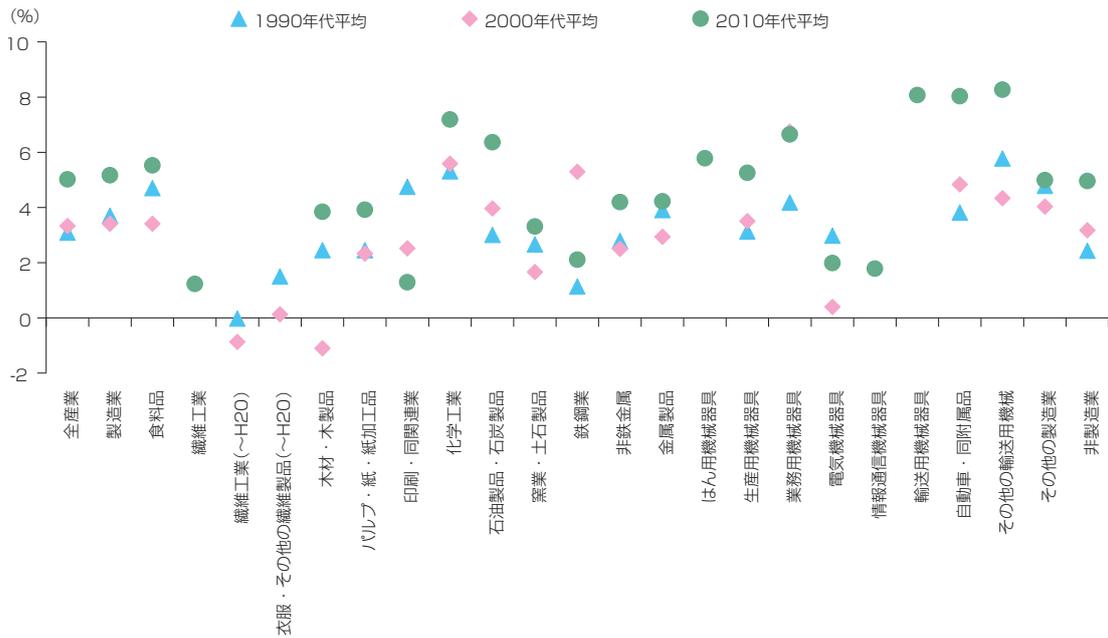
資料：財務省「法人企業統計」

図 111-16 製造業企業規模別自己資本利益率 (ROE)



資料：財務省「法人企業統計」

図 111-17 産業別の ROE の変化



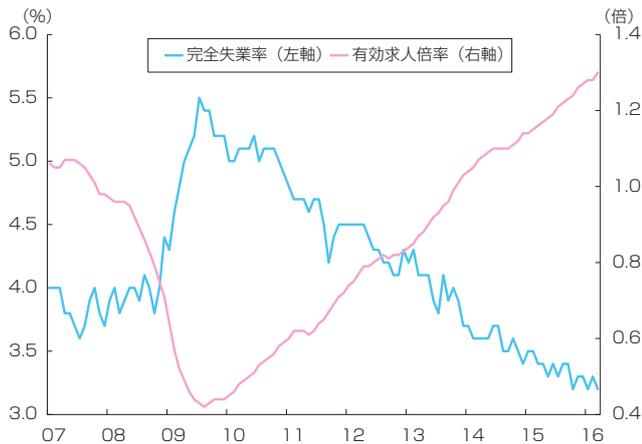
資料：財務省「法人企業統計調査」

②雇用・所得の動向

直近 2016 年 3 月の完全失業率は 3.2% と引き続き低水準で推移しており、有効求人倍率も 1.30 倍と 24 年ぶりの高水準となるなど、雇用情勢は着実に改善している (図 111-18)。雇用環境の引き締まりを受けて、改善の動きは徐々に賃

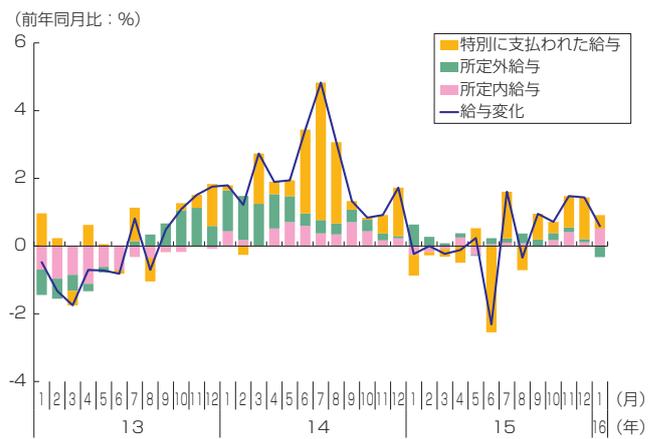
金へ波及しつつあり、月々の賃金動向 (製造業) を分析すると、2013 年の中頃から対前年同月比でプラスへと転じ、2014 年は通年でプラスを維持した。2015 年の賃金は前半に伸び悩んだものの、後半になるにつれて勢いが回復してきたことが分かる (図 111-19)。

図 111-18 雇用環境の動向（完全失業率、有効求人倍率）



備考：いずれも季節調整値。2011年3月から8月までの完全失業率は、補完推計値を用いている。
資料：総務省「労働力調査」、厚生労働省「職業安定業務統計」

図 111-19 製造業の所得環境の動向（現金給与総額）



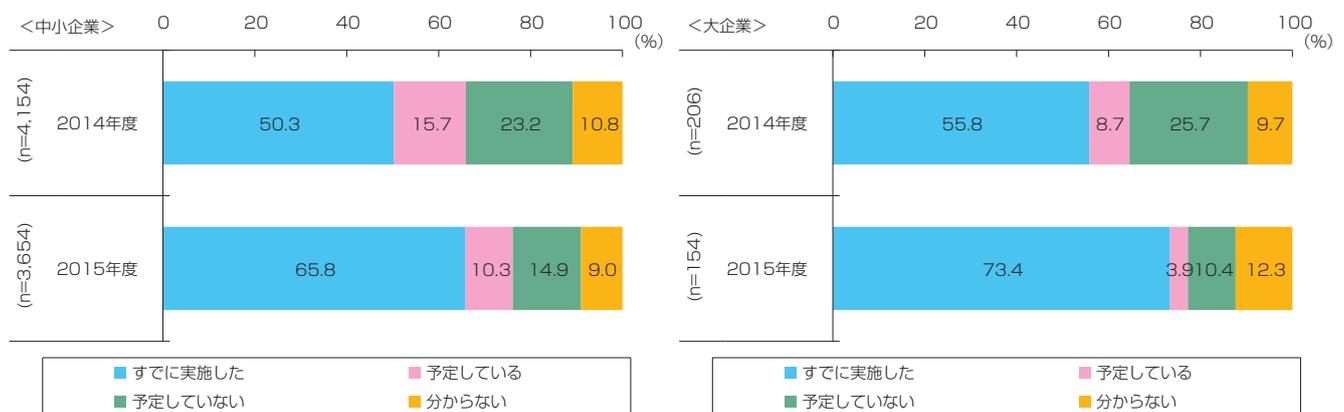
備考：1. 事業所規模5人以上。
2. 一般労働者（パートタイム労働者は除く）
資料：厚生労働省「毎月勤労統計調査」から作成

従業員への利益還元の実施有無を尋ねたアンケート調査によると、企業規模にかかわらず、2014年度は半数程が「すでに実施した」と回答しているのに対し、2015年度は中小企業においては65.8%、大企業は73.4%と利益還元を実施している企業が増加している（図111-20）。また、2015年度に従業員への利益還元を「すでに実施した」または「予定している」と回答した企業に対して、従業員への利益還元方針を尋ねると、86.4%が「賞与」と回答しているが、「ベースアップ」

と回答している企業も54.8%と半数以上となっており、月額給与でも還元する意向が確認できる（図111-21）。

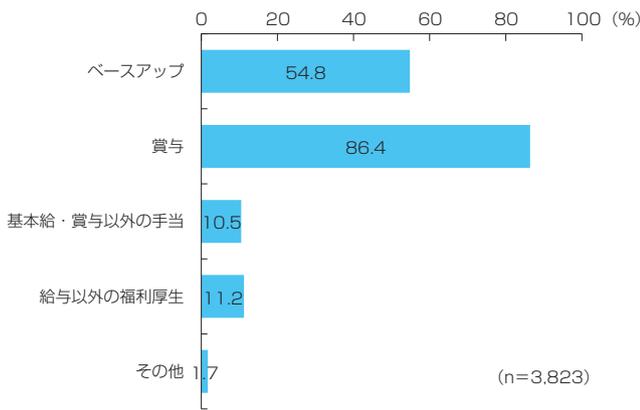
さらに、2016年度の賃上げ率の見通しを尋ねたところ、「増加」または「若干の増加」と回答した企業は、大企業においては、半数弱であったのに対し、中小企業は6割を超えており、従業員への利益還元が中小企業へも波及してきた様子がうかがえる（図111-22）。

図 111-20 従業員への利益還元の実施有無（企業規模別）



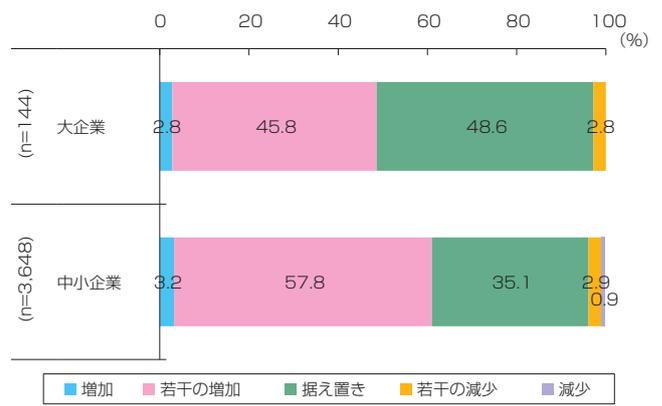
資料：経済産業省調べ（2015年12月）、2015年版ものづくり白書

図 111-21 従業員への利益還元方針



資料：経済産業省調べ（2015年12月）

図 111-22 2016年度の賃上げ率の見通し



資料：経済産業省調べ（2015年12月）

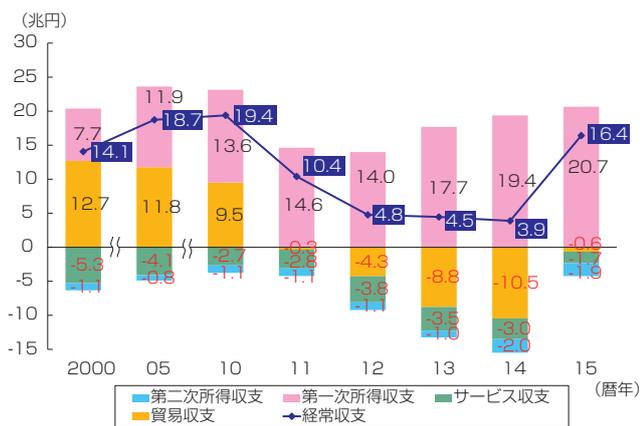
2 経常黒字を支える第一次所得収支と貿易収支

我が国の経常収支^(注1)黒字は、2011年以降、4年連続で縮小し、2014年は過去最少の黒字を計上したものの、直近2015年では16.4兆円と前年から大幅に拡大した（図112-1）。グローバル化に伴う我が国企業の海外進出や海外の株式・債券などへの投資が活発化したことにより、それらの収益である第一次所得収支が20.7兆円まで拡大しており、これが経常収支の黒字を支える構造が続いている。

一方で、2015年の貿易収支は、赤字に転落した2011年以来最少となる2.8兆円の赤字にまで縮小した。貿易赤字が縮小した要因としては、主に原油安などに伴う化石燃料の輸入減少が挙げられる。

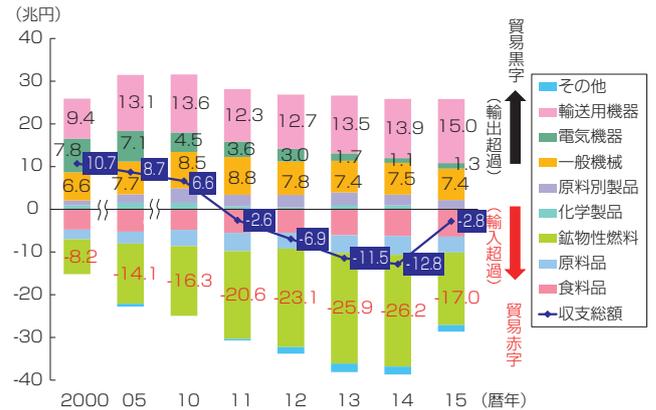
製造業による経常収支への貢献という観点では、輸出による貿易収支への貢献が注目されがちであるが、海外での稼ぎ頭は、第一次所得収支である。第一次所得収支の黒字が貿易黒字を上回ったのは2005年であり、それ以降、第一次所得収支の黒字額は貿易黒字を上回った状態が続いた。貿易収支が赤字に転落した2011年以降も、経常黒字が保たれてきたのは、第一次所得収支の黒字が貿易赤字を穴埋めしてきたからである。また、海外現地生産の拡大に伴う海外子会社からの配当（第一次所得収支）や特許権使用料・ロイヤリティ収入（サービス収支）といった貢献が大きくなっている。このように我が国製造業の事業展開の変化が経常収支の構造に影響を与えていることから、ここでは製造業の観点から我が国経常収支の構造変化を分析する。

図 112-1 経常収支の推移



資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

図 112-2 貿易収支の推移



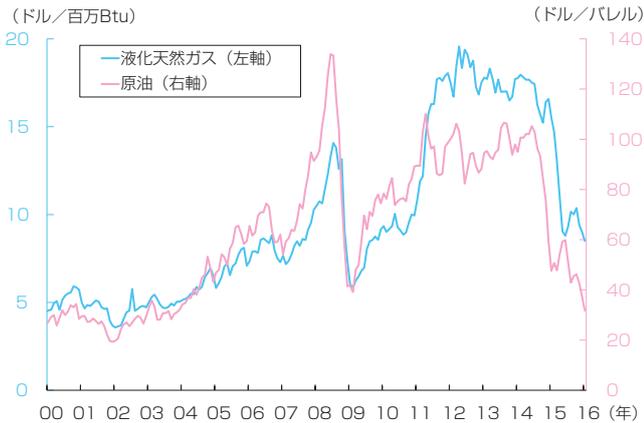
備考：品目の分類は「貿易収支」の概況品ベース
資料：財務省「貿易統計」

注1 我が国の国際収支統計は2014年1月の公表分から、IMF国際収支マニュアル第6版に準拠した統計に移行しており、主要項目の組み替えや表記方法、計上基準などの変更が行われている。従来の「第一次所得収支」は「第一次所得収支」、「経常移転収支」は「第二次所得収支」へと項目名が変更されている。本白書では原則、移行後の統計を用いる。

(1) 我が国製造業と貿易収支

主要な品目別（「貿易統計」の概況品ベース）に貿易収支を見ると、赤字に寄与した要因は「鉱物性燃料」「食料品」「原料品」などの赤字であるが、特に「鉱物性燃料」の寄与が大きい。ただし、2015年の「鉱物性燃料」の貿易赤字額は17.0兆円と、前年よりも9.2兆円縮小した。この理由としては、原油価格が直近ピークの14年6月からの15年12月までのわずか1年半で6割も低下したことや輸入数量が減ったことが挙げられる（図112-3・4）。

図112-3 エネルギー価格の推移



備考：1. 液化天然ガスはインドネシア産液化天然ガスの1百万Btu
2. 原油は米国産WTI原油の1バレルあたりのドル価格。(英国熱量単位)あたりドル価格。
資料：IMF「Primary Commodity Prices」

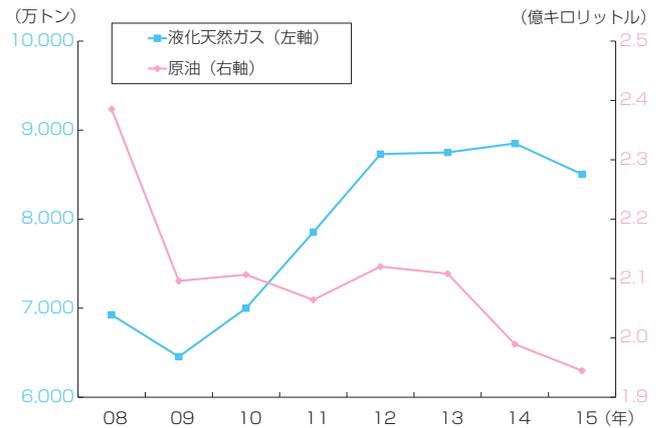
① 輸送用機器の特徴

貿易赤字が拡大する一方で、「輸送用機器」は引き続き高水準の貿易黒字を維持している（図112-5）。

2015年の「輸送用機器」の貿易黒字額（15.0兆円）は、リーマンショック後のピーク（2010年、13.6兆円）を更新した。地域別では、対米国黒字の拡大（3.4兆円→5.2兆円）が貢献

一方、黒字に寄与した要因を見ると、「輸送用機器」「一般機械」「原料別製品」「電気機器」「化学製品」であり、製造業に関連する分野が占めている。この5品目のうち、特に「輸送用機器」「一般機械」「電気機器」の主要3品目は長年にわたり我が国の貿易黒字を稼ぎ出してきたことから、「輸出の三本柱」とも言える。以下では、我が国の輸出に占めるウェイトの高い「輸送用機器」「一般機械」「電気機器」について詳細を分析していく。

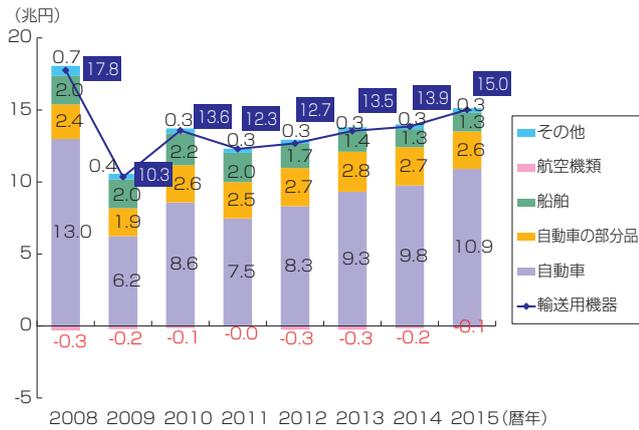
図112-4 エネルギー輸入量の推移



備考：1. 液化天然ガスはHSコード「271111000」
2. 原油はHSコード「270900900」
資料：財務省「貿易統計」

した一方で、財政危機等に伴う景気低迷などから、対欧州黒字（1.1兆円→0.8兆円）や、その他では対中国黒字（1.1兆円→0.7兆円）は減っている。このように「輸送用機器」においては、米国市場への依存度がさらに高まっていると指摘できる（図112-6）。

図 112-5 「輸送用機器」の貿易収支の推移



備考：概況品コード「705」（輸送用機器）と主な構成品の推移
資料：財務省「貿易統計」

なお、為替が円安方向へ推移してきた一方で、輸出物価指数（契約通貨ベース）は横ばいで推移している（図 112-7）。また、鉱工業出荷（輸出）についても、年央まで減少したものの

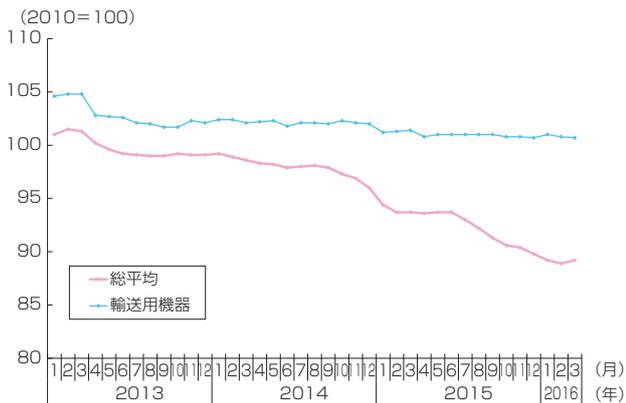
図 112-6 「輸送用機器」の主要地域別推移



備考：概況品コード「705」（輸送用機器）
資料：財務省「貿易統計」

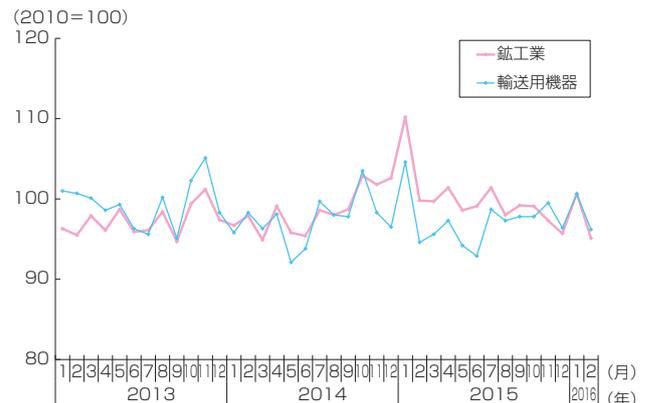
持ち直し、その後はほぼ横ばいで推移している（図 112-8）。為替に左右されず、為替が円安方向に推移する中でも価格を維持しながら輸出を支えていることがうかがえる。

図 112-7 輸送用機器の輸出物価指数の推移（契約通貨ベース）



資料：日本銀行「企業物価指数」

図 112-8 輸送用機器の鉱工業出荷（輸出）の推移



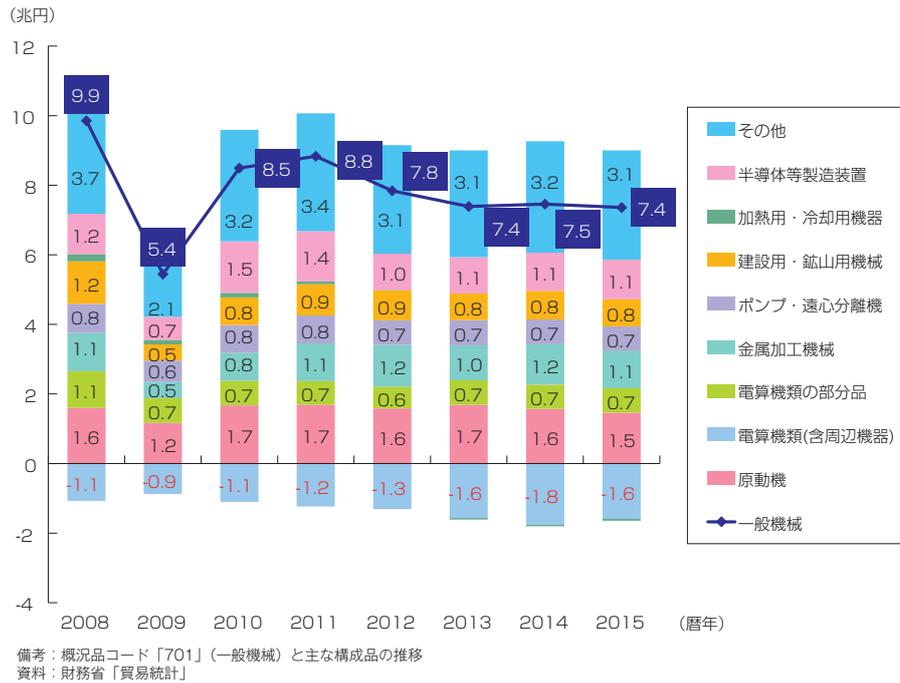
備考：1. 季節調整値。 2. 「輸送用機器」は「輸送機械工業」。
資料：経済産業省「鉱工業出荷内訳表」

②一般機械の特徴

「一般機械」は機械系を中心とする幅広い製品を含んでおり、製品分野によっては貿易黒字を維持しているものの、電算機類

（パソコンなど）は貿易黒字が縮小している。2011年に8.8兆円であった「一般機械」の貿易黒字は、直近の2015年は7.4兆円とここ数年は横ばいの状況が続いている（図 112-9）。

図 112-9 「一般機械」の貿易収支の推移



「一般機械」における貿易収支の黒字縮小は、主に「電算機類（含周辺機器）」や「半導体等製造装置」といったエレクトロニクス産業に関連する製品分野が要因である。

2015年の円安方向への動きの服感のなかでも為替レート

の変動に輸出物価（図 112-10）は左右されなかった。また、鉱工業出荷（輸出）は減少で推移しており（図 112-11）、世界需要の弱さから輸出が伸び悩んだ姿がみられる。

図 112-10 一般機械の輸出物価指数の推移（契約通貨ベース）

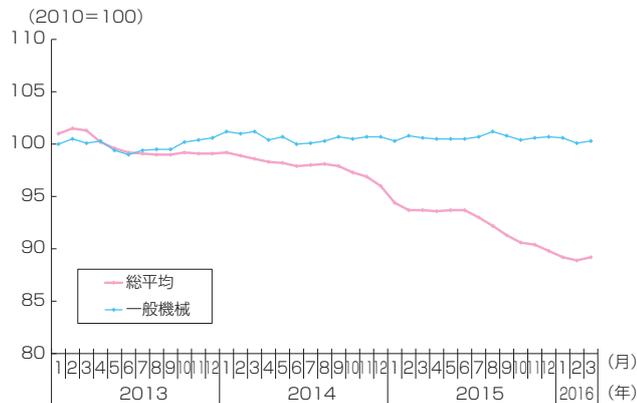
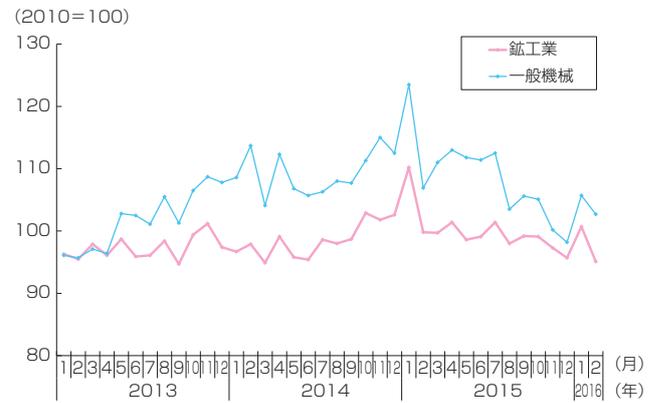


図 112-11 一般機械の鉱工業出荷（輸出）の推移



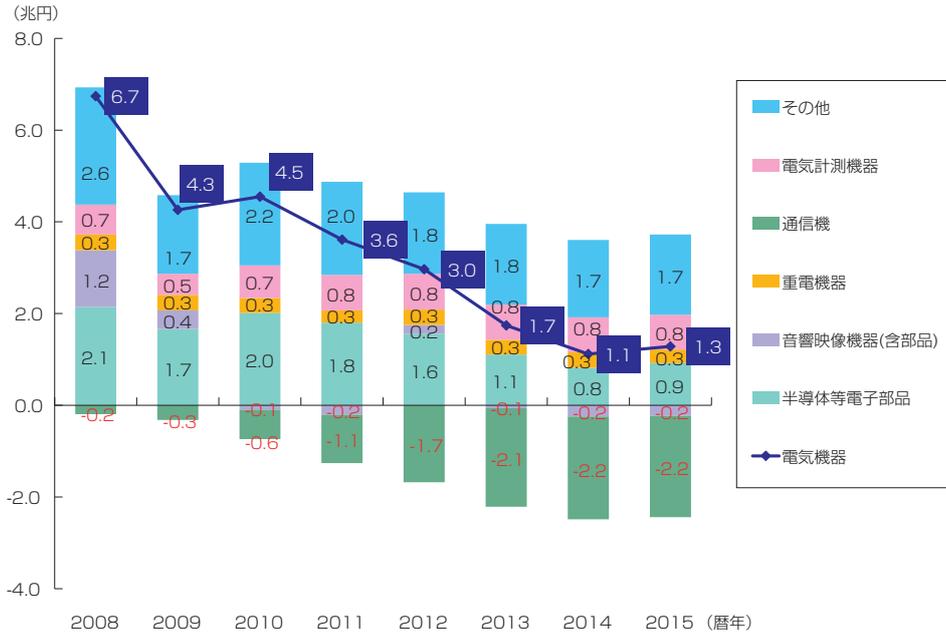
③電気機器の特徴

エレクトロニクスを中心とする「電気機器」の直近2015年の貿易黒字は約1.3兆円と、5年ぶりに増加に転じた。ただし、それでも2010年に比べると約7割減少している（図 112-12）。

2010年と2015年の主な構成品の変化を見ると、携帯電話の大幅な輸入拡大により、「通信機」の貿易赤字額が約1.6

兆円拡大（2010年：－0.6兆円→－2.2兆円）しており、また、太陽電池などの輸入増加により、「半導体等電子部品」の黒字額が約1.1兆円縮小（2010年：＋2.0兆円→＋0.9兆円）している。「通信機」と「半導体等電子部品」で合わせて約2.7兆円程度、貿易黒字の縮小に寄与しており、同期間における「電気機器」の黒字額の縮小額は約3.3兆円であることから、この2品目が大半を占めていることが分かる。

図 112-12 「電気機器」の貿易収支の推移

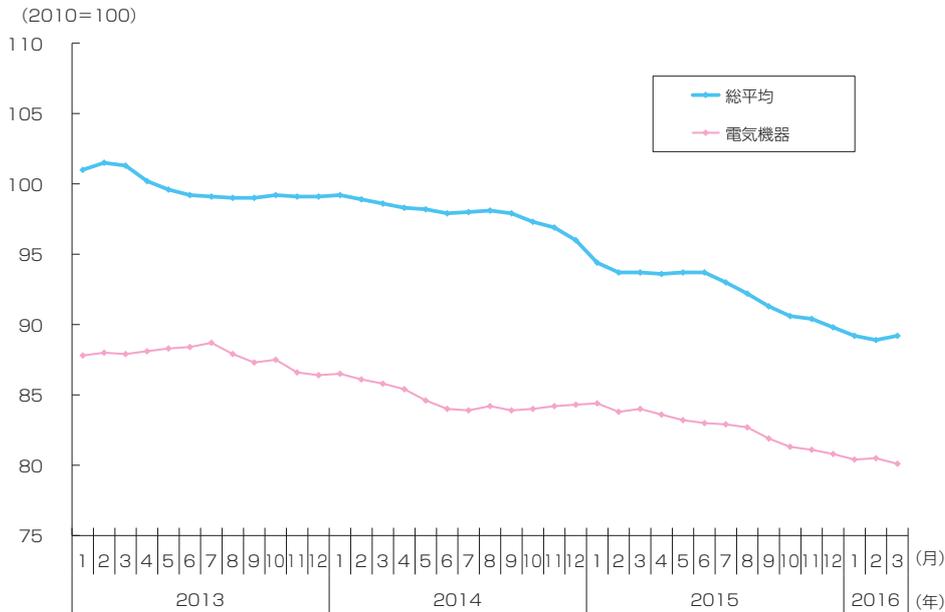


備考：概況品コード「703」（電気機器）と主な構成品の推移
資料：財務省「貿易統計」

電気機器の輸出物価指数（契約通貨ベース）は減少傾向で推移してきたが、足下では下げ止まりの兆しがみえてきた（図 112-13）。しかし、鉱工業出荷（輸出）は、足下ではならしてみれば横ばいとなっている（図 112-14）。さらに、電気機

器の鉱工業出荷（輸出）の内訳を見ると、電子部品・デバイス工業や情報通信機械工業の輸出は年初をピークに減少した後、足下では横ばいであることから、輸出の伸び悩みがうかがえる（図 112-15）。

図 112-13 電気機器の輸出物価指数の推移（契約通貨ベース）



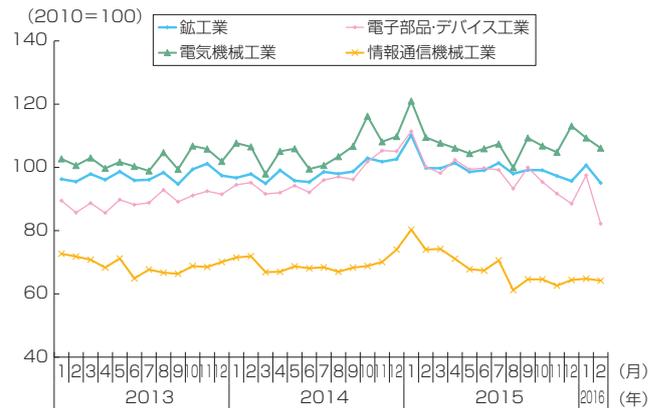
備考：「電気機器」は「電気・電子機器」。
資料：日本銀行「企業物価指数」

図 112-14 電気機器の鉱工業出荷（輸出）の推移



備考：1. 季節調整値。
2. 「電気機器」は「電子部品・デバイス工業」、「電気機械工業」、「情報通信機械工業」の合計。
資料：経済産業省「鉱工業出荷内訳表」

図 112-15 電気機器の鉱工業出荷（輸出）の推移（内訳）



備考：季節調整値。
資料：経済産業省「鉱工業出荷内訳表」

(2) 海外展開に伴い所得・サービス収支で稼ぐ我が国製造業

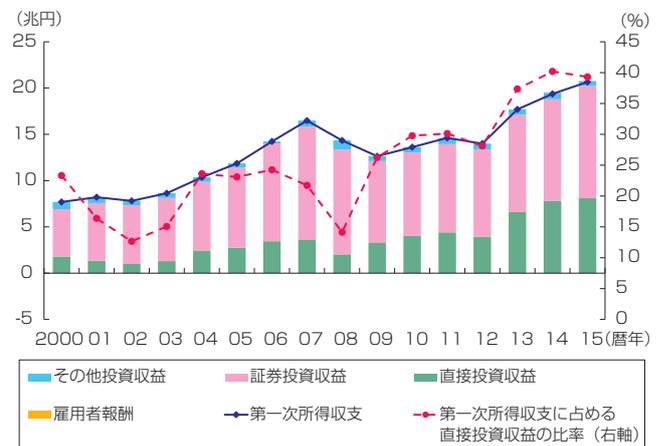
製造業の海外展開が進み、汎用品などを中心に、市場に近いところで生産する、グローバル最適地生産の流れは今後も継続していくものと考えられる。輸出以外に海外事業展開を通じて利益を得る、つまりは貿易収支に依存して稼ぐだけでなく第一次所得収支及びサービス収支でも稼ぐことが継続していくであろう。

企業が工場など海外現地法人を開設するために投資を行うと、対外直接投資として認識され、その海外現地法人の収益は直接投資収益として第一次所得収支に計上される。また、海外現地法人に対して特許権などの知的財産権の使用を認めると、その対価として日本の本社が受け取るロイヤリティはサービス収支に計上される。第一次所得収支及びサービス収支は経常収支の主要な構成要素であるが、以下では製造業の観点を交えつつ我が国の第一次所得収支及びサービス収支の動向を分析する。

① 直接投資収益を中心に増加する第一次所得収支

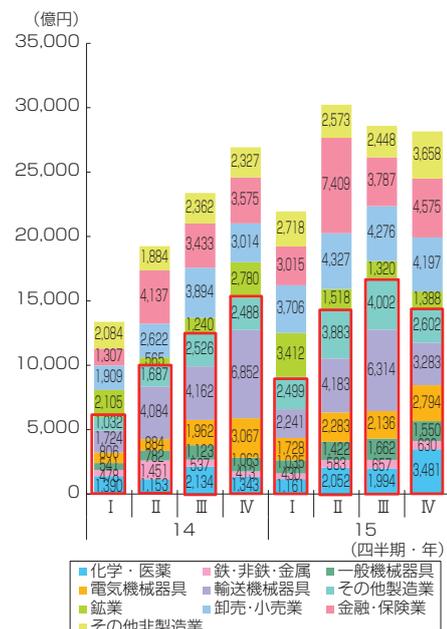
第一次所得収支は、海外資産の増加を背景に拡大基調が続いており、20.7兆円と過去最大の黒字を計上している（1996年以降）。海外の株式や債券など有価証券投資に対する収益である「証券投資収益」が直近の2015年では12.1兆円と全体の約6割を占めているが、海外現地法人の収益である「直接投資収益」も8.1兆円と年々拡大が続いている（図112-16）。第一次所得収支に占める直接投資収益の割合は、2000年時点では23%であったが、2015年では39%へと上昇しており、直接投資収益の位置づけの重要性は年々高まっている。直接投資収益の業種別内訳を見ると、製造業全体では2015年第4四半期で1.4兆円と第1四半期から0.5兆円増加している（図112-17）。

図 112-16 第一次所得収支の推移



資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

図 112-17 対外直接投資収益（業種別）

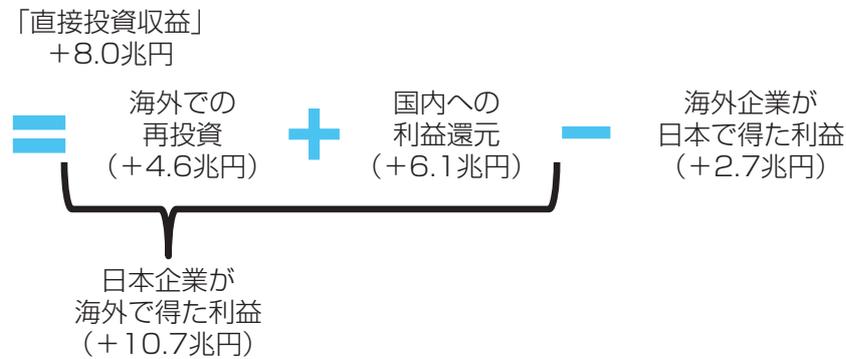


資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

なお、2015年の直接投資収益8.0兆円はネットの金額であり、我が国企業が海外で稼いだ収益10.7兆円から海外企業が我が国で稼いだ利益2.7兆円を差し引いたものである（図112-18）。また、我が国企業が海外で稼いだ収益10.7兆円

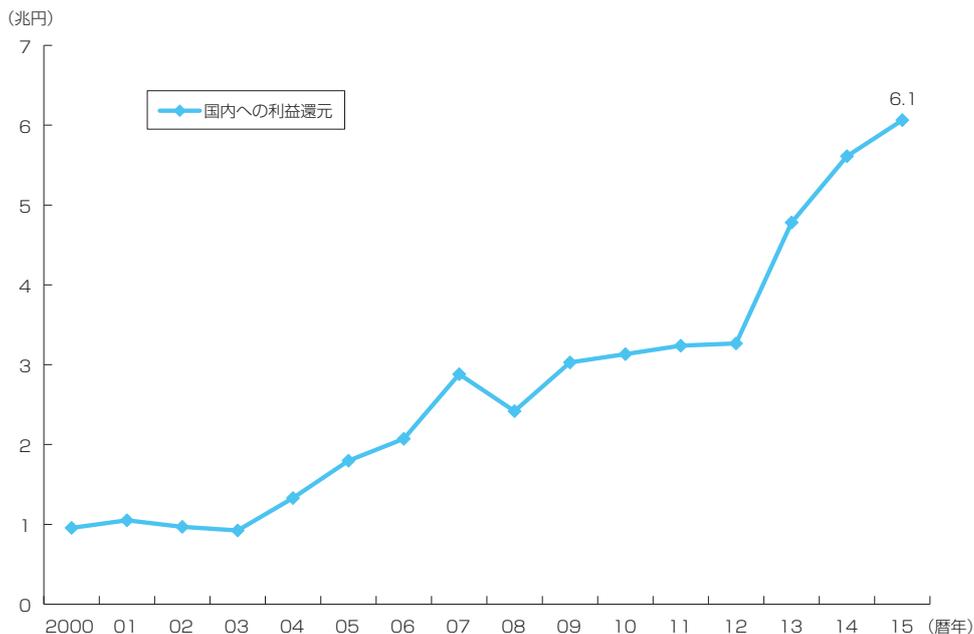
のうち、日本国内へ還元されたのは6.1兆円である。一方、4.6兆円は海外で再投資されているが、国内へ還元される金額は年々増加している（図112-19）。

図 112-18 海外での収益の使途（直接投資収益の内数）



備考：1. 「海外での再投資」は、国際収支統計の直接投資収益の内数である「再投資収益」の受取額
 2. 「国内への利益還元」は、同「配当金・配分済支店収益」の受取額
 3. 「海外企業が日本で得た利益」は、同「再投資収益」及び「配当金・配分済支店収益」の支払額の合計
 資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

図 112-19 国内への利益還元の推移



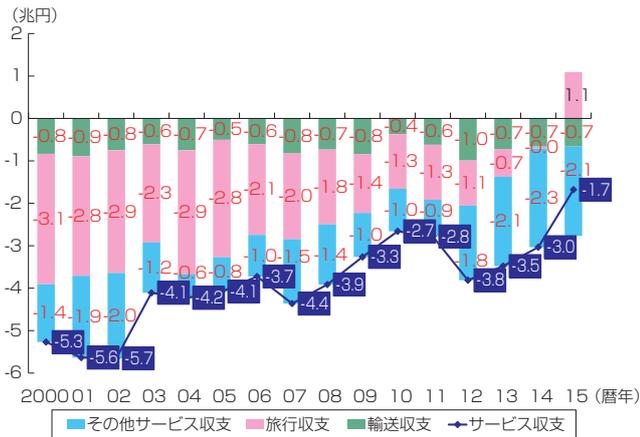
備考：「国内への利益還元」は、国際収支統計の直接投資収益の内訳である「配当金・配分済支店収益」の受取額
 資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

② サービス収支の赤字縮小に製造業が海外から得た知的財産権等使用料も貢献

サービス収支の赤字は3年連続で縮小している。直近2015年の赤字額は1.7兆円であり、2000年以降では3.6兆円縮小しており、1996年以降では最小の赤字となった（図112-20）。この間黒字に転じた旅行収支の赤字縮小額は4.2兆円であることから、サービス収支の赤字幅縮小には旅行収支が大きい

寄与していることが分かる（図112-21）。4.2兆円の旅行収支の改善額のうち、支払の減少が1.5兆円、受取の増加が2.7兆円である。ここ数年で支払は横ばいで推移する一方で、受取は4年連続で増加している。訪日外国人旅行者数の増加が主要因であるが、インバウンドの効果の取り込みに関しては、「第2節 1. 生産拠点としての日本の事業環境」で詳しく分析する。

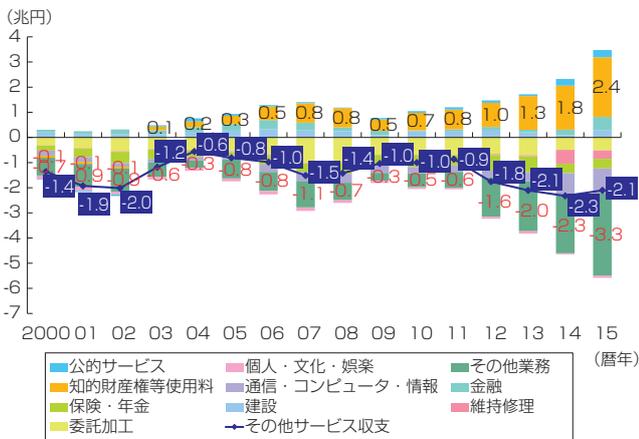
図 112-20 サービス収支の推移



資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

以上のほか、製造業に関わる項目として、「その他サービス収支」に含まれる「知的財産権等使用料」があり、特許権や著作権、ノウハウなどの使用料の受払が計上されている。これは6年連続で増加を続け、2015年は1996年以降最大の黒字を計上した(図112-22)。「知的財産権等使用料」は、特許権

図 112-22 その他サービスの推移



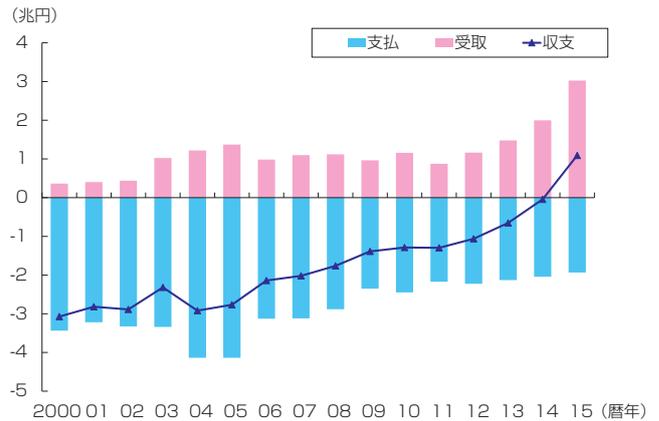
資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

我が国では「著作権等使用料」が赤字である一方、「産業財産権等使用料」が黒字であり、かつ「産業財産権等使用料」の黒字が年々拡大することで、「知的財産権等使用料」の黒字拡大に寄与している(図112-23)^(注2)。我が国製造業の海外展開に伴う海外現地法人からの特許権等の使用料や経営指導料などの受取が、「産業財産権等使用料」の増加に寄与している。

(3) 地域に応じて稼ぎ方を変える我が国製造業

我が国製造業を取り巻く事業環境が変化するに伴い、我が国製造業の稼ぎ方にも変化が見られ、その一端は経常収支の構造にも現れている。我が国が世界のどこで稼いでいるのかという

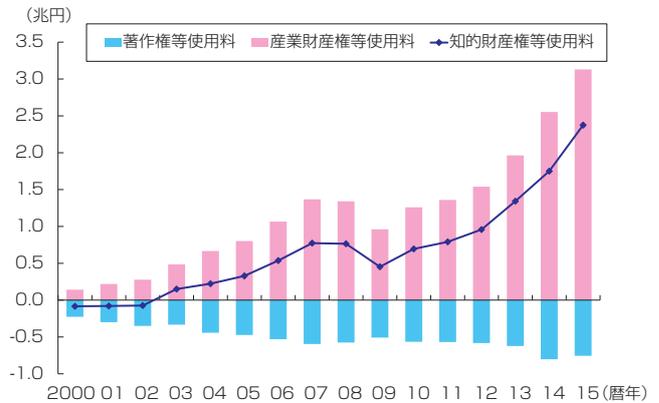
図 112-21 旅行収支の推移



資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

や意匠権などの産業財産権の使用料の他、ノウハウの使用料や経営指導料が含まれる「産業財産権等使用料」と、ソフトウェアや音楽・映像などを複製・頒布するための使用権料、著作物の使用料などが含まれる「著作権等使用料」で構成される。

図 112-23 「知的財産権等使用料」収支

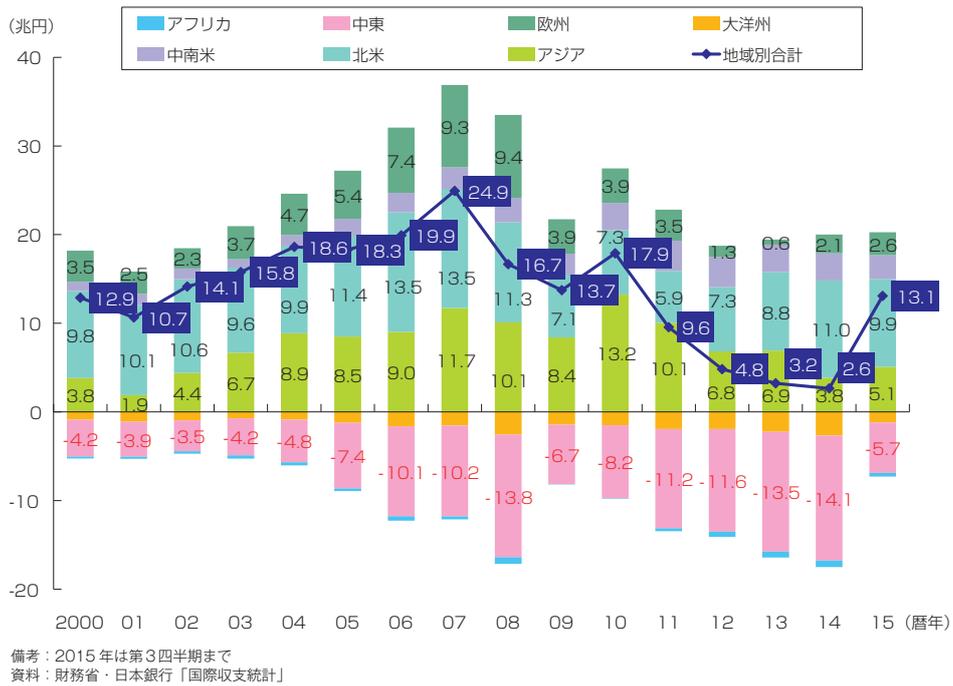


資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

観点から、経常収支を地域別に見てみると、長年にわたり北米が最大の経常収支黒字を占めていた(図112-24)。一方、新興国の経済成長に伴いアジアの比率は年々拡大し、リーマンショック後は米国の景気後退に伴って北米が大きく減少したため、アジアが最大となった。足下では経常収支の黒字幅が回復する中、再び北米が最大の経常収支黒字の計上先となっている。また、ピーク時からの縮小幅が大きいのは欧州であり、2008年の9.4兆円から2014年には2.1兆円と大幅に縮小している。以下では、アジア、北米、欧州の主要3地域について分析を行う。

注2 ただし、連結企業間での知的財産権等使用料も含まれる。

図 112-24 経常収支の地域別推移



①対アジア経常収支の特徴

対アジア経常収支の特徴は、貿易収支黒字が年々縮小する一方で（図 112-25）、我が国製造業の進出拡大に伴い直接投資収益と特許等使用料（後述）で稼いでいる点にある。

2014年の対アジア経常収支を主な国・地域及び項目別に分析すると、対香港、台湾、韓国では貿易黒字を計上したが、対中国、ASEANでは貿易赤字を計上している。一方、対アジア所得収支黒字 3.6 兆円のうち、中国と ASEAN が 2.2 兆円と約 8 割を占めている（図 112-26）。対香港、台湾、韓国では

貿易収支で、対中国、ASEAN では所得収支で稼いでいることが分かる。

また、参考までに直近 2015 年の対アジア経常収支（第 3 四半期まで）を見ても、上述の構造に変化はない（図 112-27）。

後述する北米や欧州の所得収支黒字は、「証券投資収益」（海外の株式や債券など有価証券投資に対する収益）が高い比率を占めているが、対アジアでは海外現地法人の収益である「直接投資収益」が全体に占める比率が高い。

図 112-25 対アジア経常収支の推移

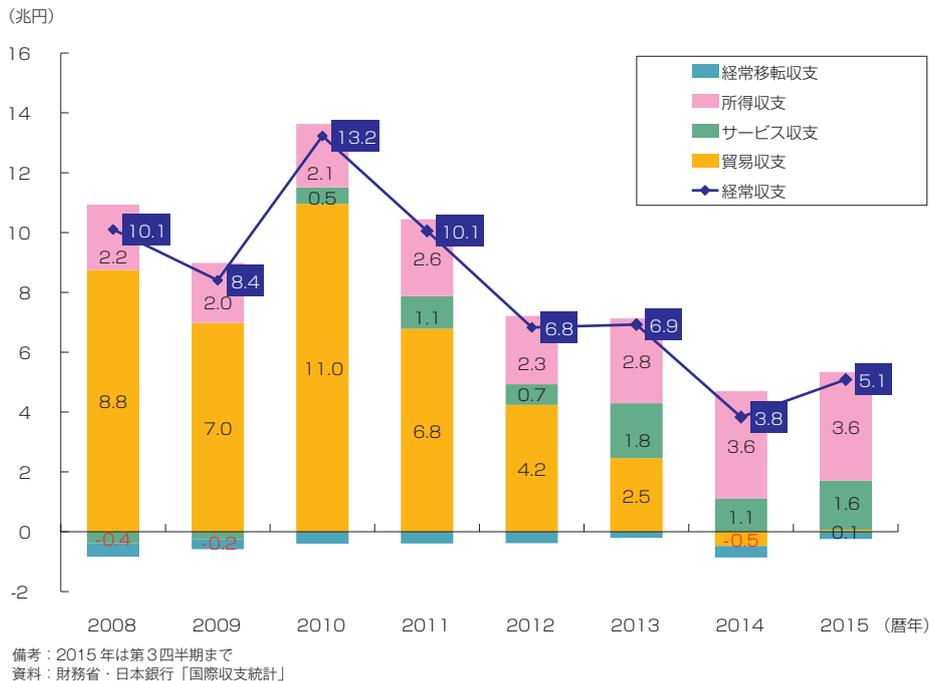


図 112-26 対アジア經常収支の内訳 (2014年)

(単位: 兆円)

	經常収支	貿易収支	サービス収支	第1次所得収支	第2次所得収支
アジア計	3.8	-0.5	1.1	3.6	-0.4
中国	-4.2	-5.5	0.5	0.9	-0.1
香港	4.8	4.6	-0.0	0.2	0.0
台湾	1.5	1.0	0.3	0.2	-0.0
韓国	1.8	1.6	-0.1	0.3	-0.0
ASEAN	-0.8	-2.8	0.4	1.9	-0.2

資料: 財務省・日本銀行「国際収支統計」

なお、特許権などの使用料や経営指導料などが計上される、サービス収支の内訳である「知的財産権等使用料」の収支を見ると、2000年以降順調に黒字幅が拡大しており、我が国製造

図 112-27 対アジア經常収支の推移 (2015年第3四半期まで)

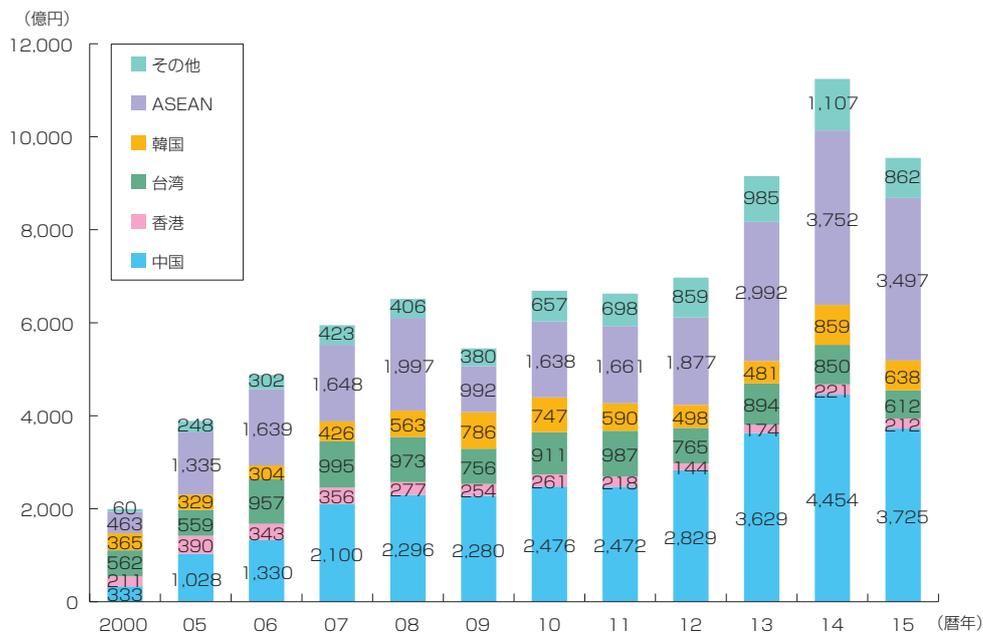
(単位: 兆円)

	經常収支	貿易収支	サービス収支	第1次所得収支	第2次所得収支
アジア計	5.1	0.1	1.6	3.6	-0.2
中国	-2.5	-4.5	0.9	1.2	-0.0
香港	4.1	3.8	0.1	0.2	0.0
台湾	1.3	0.8	0.3	0.2	-0.0
韓国	1.5	1.2	-0.0	0.3	0.0
ASEAN	-0.1	-2.0	0.4	1.7	-0.2

資料: 財務省・日本銀行「国際収支統計」

業のアジア地域への進出拡大などを反映したものと考えられる(図 112-28)。国・地域別では中国と ASEAN がその多くを占めている。

図 112-28 「知的財産権等使用料」(収支)の地域別推移

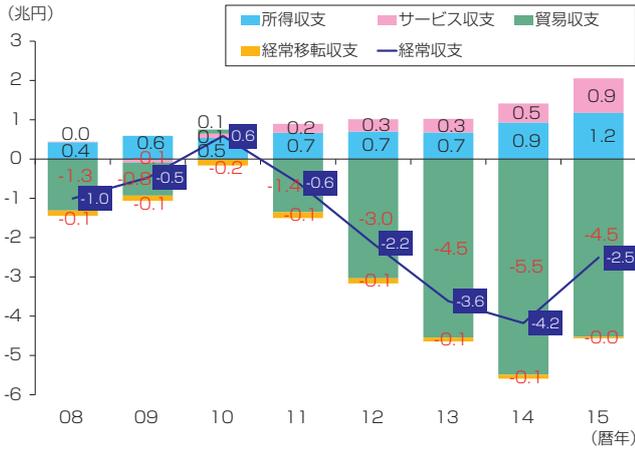


經常収支では赤字が続いている(図 112-29)対中国についてさらに分析をする。所得収支やサービス収支の黒字が増えるなど、日本企業が中国で稼ぐ力は変化しながらも着実に育ってきた。所得収支の黒字は、日本企業の現地進出の結果であり、それは海外子会社からロイヤリティなど知的財産権等使用収支などサービス収支の底上げにも貢献している。また、サービス

収支では、訪日観光客の消費である旅行収支の黒字も大きくなっている。

その一方で、貿易赤字がリーマンショック以降、大幅に拡大した(図 112-30)。昨年半ばから、輸出入は前年の水準割れとなったものの、相対的に輸出の落ち込みの影響が大きくなっている。

図 112-29 対中国経常収支の推移

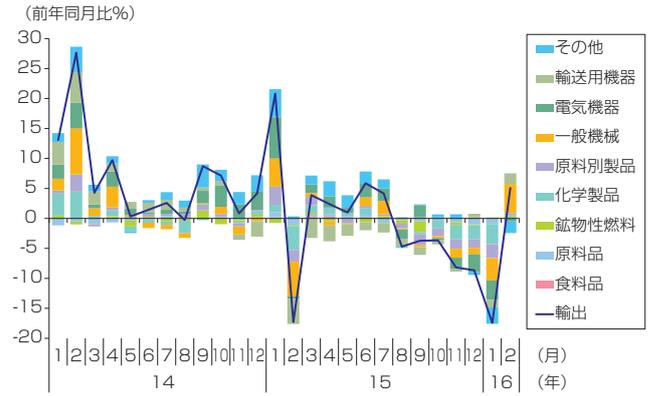


備考：2015年は第3四半期まで
資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

この一因として、日本企業の中国市場を見る目が大きく変わっていることがあげられる。以前は、中国の安価な労働力が注目され、日本から中国へ部品などを輸出、中国で組み立てて第三国に輸出という分業体制であったが、近年、中国では、最低賃金が引き上げられるなど人件費が高騰している。そうした変化を敏感に感じ取ってきた企業は、すでに中国から他国に生産拠点を移してきた（図 112-31）。

そのような日本企業の次の行き先はASEANだ。「チャイナ・

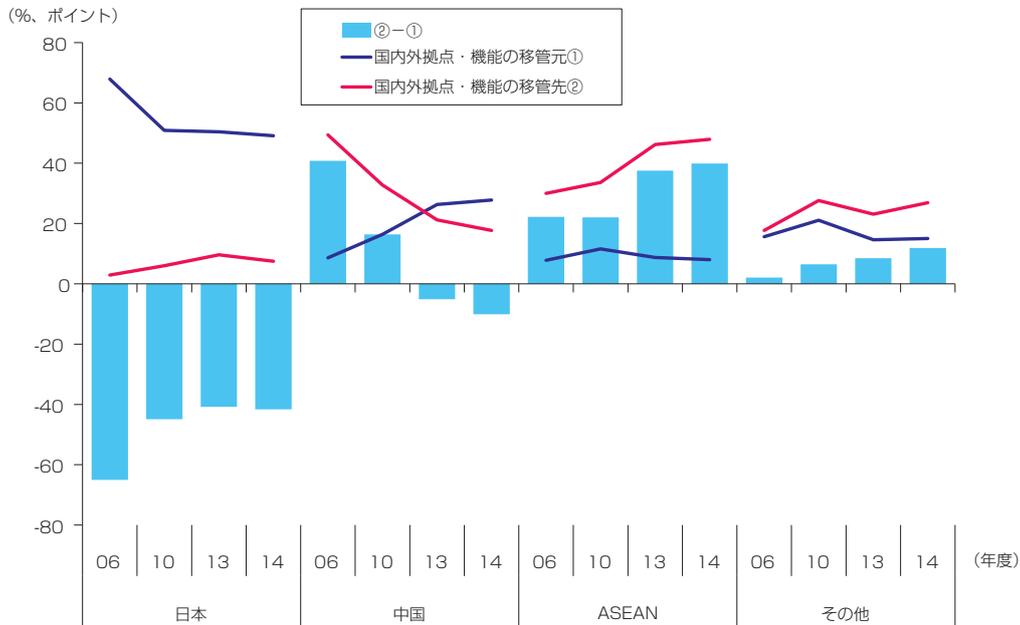
図 112-30 対中国輸出の推移



資料：財務省「貿易統計」

プラスワン」の有力候補であるASEANには、高い技術力が確保されていたり、中国よりも相対的に人件費が低かったりするなど、生産拠点としての魅力を持っている国が多い。また、日本とASEANは経済連携協定（EPA）を結んでいることや、TPPへの参加国がある上、2015年発足のアセアン経済共同体（AEC）など成長への期待が大きいことも、企業進出の後押しとなった。

図 112-31 国内外拠点・機能の移管元・先



資料：JETRO「日本企業の海外事業展開に関するアンケート調査」

②北米経常収支の特徴

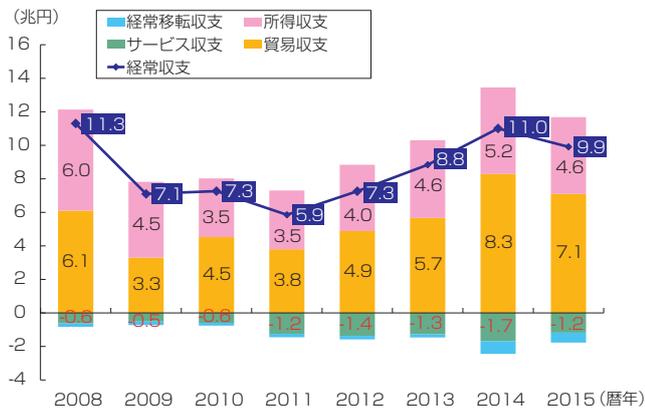
対北米経常収支は、2008年には貿易収支黒字と所得収支黒字がほぼ同額だったものが、足下では貿易収支黒字額が相対的に大きくなってきており（図 112-32）、リーマンショック後に大幅に減少した貿易収支黒字は回復しつつある。なお、

2014年における対北米の所得収支黒字5.2兆円のうち、直接投資収益は1.8兆円であり、3.3兆円は証券投資収益が占めている。対北米直接投資収益は、2014年の我が国の直接投資収益の総額約7.8兆円の2割強に相当する水準であり、自動車を中心とする北米における我が国の企業集積の厚さがうかがえる。

③欧州経常収支の特徴

対欧州経常収支もリーマンショックまでは、貿易収支黒字と所得収支黒字がほぼ同額であったが、リーマンショック及び欧州各国の財政危機に伴う景気の低迷により、貿易収支黒字が大幅に縮小し、2012年には貿易赤字に転じ、足下では赤字幅が

図 112-32 対北米経常収支の推移



備考：2015年は第3四半期まで
資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

これまで述べてきたように、2015年の貿易赤字の縮小の主因が、輸出の増加ではなく、原油安による鉱物性燃料の輸入減少であるが、これは、日本企業の海外で稼ぐ力が、所得収支やサービス収支に大きく依存している現状を表すのと同時に、為替が円安方向へ推移する中でも輸出がただちには増えない一面を明らかにしている。つまり、企業の高付加価値化戦略などに

3 第4次産業革命に対応する日本企業の状況

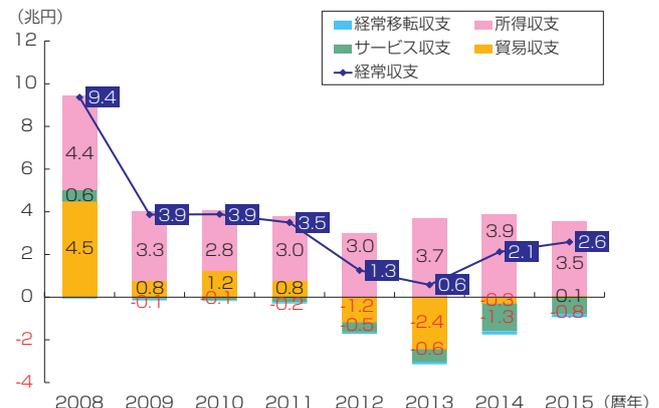
(1) 各企業の対応状況

2015年版のものづくり白書「第1部第1章、第3節 製造業の新たな展開と将来像」では、IoTやビッグデータ、AIを始め、第4次産業革命とも称されるデジタル化の進展によって変わりつつある製造業について、またドイツのインダストリー4.0や米国のインダストリアルインターネットといった海外の動向について紹介した。2014年以降、IoTに関する記事を目にする機会や、IoTをテーマとするセミナーの開催が増えている。また、我が国でも製造業において、若しくは産業界全体で、IoTをどのように推進していくのか、企業を超えて検討をしていく団体が複数立ち上がり、様々な側面から議論を進めている。

そうした中では「現在IoTといってもはやされている話

縮小している(図112-33)。2014年の対欧州の所得収支黒字3.9兆円の内訳は、直接投資収益0.7兆円に対して、証券投資収益3.1兆円であり、証券投資収益が対欧州経常収支黒字の柱であることが分かる(0.1兆円はその他投資収支)。

図 112-33 対欧州経常収支の推移



備考：2015年は第3四半期まで
資料：財務省・日本銀行「国際収支統計」

よって、為替レートの変動に左右されにくい生産体制を構築した結果であるとも考えられるが、後述するように、生産拠点としての事業環境が改善してきている今こそ、再度輸出やものづくりの強化にも目を向け、国内の強みを活かした企業経営に力を入れていくことが重要だと考えられる。

は以前から日本の製造現場で行われている」といった意見がある一方、「日本の製造現場は海外に比べて大きく遅れをとっている」といった意見もあるが、我が国のものづくりの優位性を活かした、IoT社会における製造業の絵姿を描く上で、何ができていて何が不足しているのか、我が国の現状を知ることが重要である。

以下では経済産業省が実施したアンケート調査に基づき、IoT等の技術の活用に関する我が国企業の対応状況について分析を行う。

なお、アンケートでの質問項目の構成は、設計・開発から生産、販売、運用・保守までのエンジニアリングチェーン全般に関して、各工程の分野ごとに複数の問いを設定し、データの収集、活用状況について、「実施している」「実施する計画がある」「可能であれば実施したい」「実施予定なし」の選択肢を設けた(図113-1)。

図 113-1 I o T等の技術の活用に関する質問項目

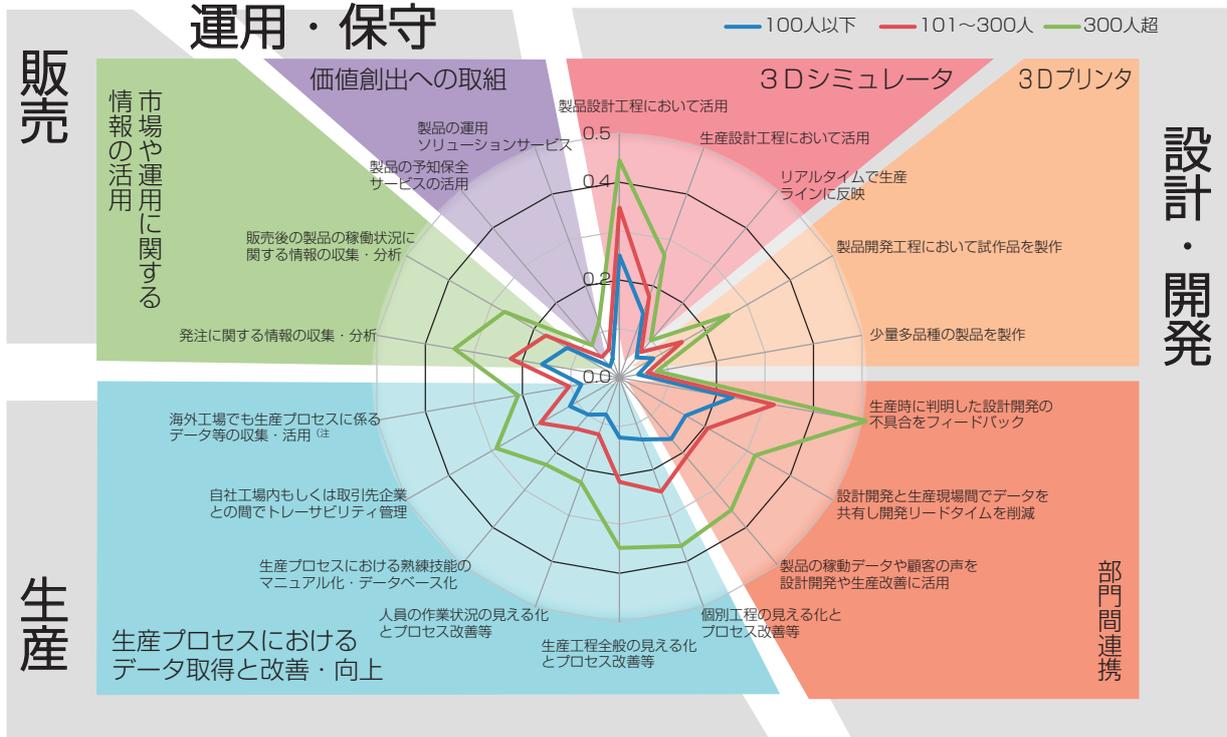
設計・開発	3Dシミュレータの活用	製品設計工程において活用 生産設計工程において活用 シミュレーション結果をリアルタイムで生産ラインに反映
	3Dプリンタの活用	製品開発工程において試作品を製作 少量多品種の製品を製作
	部門間連携	生産時に判明した設計開発の不具合をフィードバック 設計開発と生産現場間でデータを共有し開発リードタイムを削減 製品の稼働データや顧客の声を設計開発や生産改善に活用
生産	生産プロセスにおけるデータ取得と改善・向上	個別工程の「見える化」とプロセス改善等 生産ラインや生産工程全般の「見える化」とプロセス改善等 生産ラインや生産工程の人員の作業状況の「見える化」とプロセス改善等 生産プロセスにおける熟練技能のマニュアル化・DB化 自社工場内もしくは取引先企業との間でトレーサビリティ管理 海外工場においても生産プロセスにかかるデータ等の収集・活用
販売	市場や運用に関する情報の活用	発注に関する情報の収集・分析 販売後の製品の稼働状況に関する情報の収集・分析
運用・保守	新規事業への取組	製品の予知保全サービスの活用 製品の運用ソリューションサービス

①企業規模別のI o T活用動向について

以下のチャートは、各設問項目に対し、「実施している」との回答を1点、それ以外の回答を0点として、純粋な実施状況を得点化し、項目ごとの平均点を従業員規模別にレーダーチャート化したものである。大項目として、エンジニアリング

チェーンに沿って、設計・開発、生産、販売、運用・保守の分野ごとに各項目を並べているが、総じて、I o T等の技術の活用度合いは従業員規模によって差があることが見て取れる。(図 113-2)。

図 113-2 従業員規模別のI o T等の技術の活用状況



備考：1. 各項目における取組状況について「実施している=1点」「その他の回答=0点」とし、従業員規模ごとの得点状況の平均をグラフ化。
2. 海外工場におけるデータ収集・活用に関しては「海外拠点の有無」について「有り」と回答した企業を対象に取組状況を得点化。
資料：経済産業省調べ（2015年12月）

各部門における状況を見ると、「設計・開発」部門の3Dシミュレータの活用について、「製品設計工程における活用」は従業員規模に関わらず進んでいることが見て取れる。一方で、生産設計工程での活用や、リアルタイムに生産ラインに反映させる取組は企業規模を問わず進んでおらず、3Dプリンタに関しても総じて活用が進んでいないことがうかがえる。

また、「部門間連携」に関して、「生産時に判明した設計開発の不具合をフィードバック」する取組については、企業規模を問わず進んでいる。特に従業員規模300人超の企業では、「設計開発と生産現場間の連携」や、「製品の稼働データや顧客の声を他部門へ活用」する取組割合も比較的高い水準を示している。

「生産」部門での生産プロセスにおけるデータ取得とプロセ

ス改善について、「個別工程や生産工程全般の見える化やプロセス改善」への取組割合は高く、その他の項目や次の販売部門での市場や運用に関する情報の活用についても相応に進んでいるといえる。なお、「部門間連携」や「生産」「販売」部門については規模による活用割合の差が明確に表れている。

最後に、「運用・保守」部門に関しては予知保全、ソリューションサービスの提供のいずれもほとんど進んでいない状況である。IoTや第4次産業革命によるデジタル化の波の中で各国は既にビジネスモデルの変革を通じた、この分野での価値の創出を図る取組に軸足を移し始めており、我が国企業においても対応が求められるところである。本件について詳細は第3節で述べる。

コラム

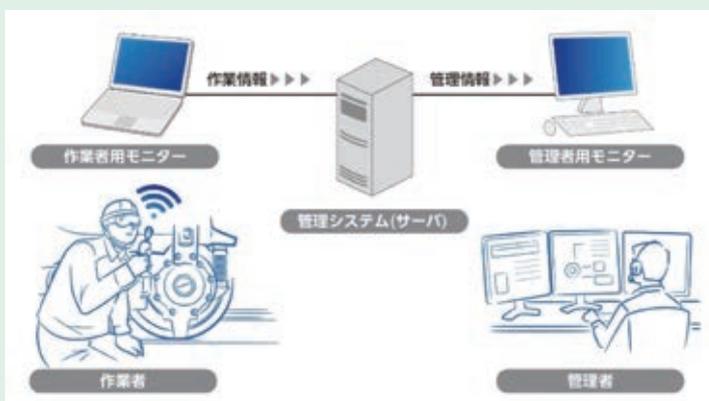
トルク値のデジタル化により作業工程の可視化を実現・・・京都機械工具（株）

自動車整備用工具や一般作業工具の製造販売を行う京都機械工具（株）（京都府久世郡）は「軽くて強くて使いやすい」を基本に、高品質で独創的な技術力によって、1万アイテム以上の多彩な製品開発を行うハンドツールメーカーである。1995年にはこれまでの技術の集大成として、世界のプロメカニクに対応した最高級、高品質の工具「ネブロス」を発売。その優れた品質は第一線で活躍する一流メカニクが集う鈴鹿サーキットの公認ツールとして世界で初めて認定され、モータースポーツを始めとする精度の高い作業を要求されるシーンで活躍している。

同社が2012年2月に発売したデジタルチェ【メモルク】はボルト等の締め付けトルク値をデジタル表示し、データをPCやサーバで管理できる工具（トルクレンチ）である。作業の見える化とコンピュータ処理により、締め忘れ、締め過ぎ等の作業ミスを防ぎ、これまで作業者の勤に頼っていたトルク管理を、より容易に、より確かに行うことで、不適切なトルク管理による故障や事故の低減する。さらに、作業記録のデジタル化による作業効率の向上も実現。また、機能を絞ることで製造コストを低く抑え、小型・簡便・安価で導入、運用が容易なデジタル工具として高い評価を得ている。導入した企業では「手入力によるミスがなくなり、製品ひとつひとつのトレーサビリティも品質管理も一気通貫する“生産革新”が実現し、理想的な管理システムが構築できた」と現場にも受け入れられている。

直近ではウエストユニティス（株）のスマートグラス「InfoLinker」との連携により、中小企業庁の平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業を活用し、映像による確認や撮影機能を開発している。

デジタルチェ【メモルク】を活用した作業トレーサビリティシステム



デジタルチェ【メモルク】



鳥獣被害防止電気柵の稼働状態をインターネットで監視する 新システムの実用化へ・・・協和テクノ（株）

変圧器や電子部品の製造を行ってきた従業員7名の中小企業、協和テクノ（株）（長野県須坂市）では1995年より鳥獣被害対策への取組を開始、ものづくりを通じて「日本の農業の発展を支援していく企業」、「地域社会、自然環境に貢献する企業」を目指し、現在では鳥獣害防除威嚇機の製造販売、獣害用フェンスの販売、捕獲器・忌避品の販売と鳥獣害対策に全力で取り組んでいる。

今後の計画として、鳥獣被害防止電気柵の断線トラブル等に迅速に対処するため、一定の距離間隔で電圧測定端末を設置し、個々の電圧測定値を Zigbee 送信で基地局に収集してインターネット経由でデータをWEBサーバーへ送ることにより、管理者はパソコンやスマートフォンから電気柵の状態を監視できる新たなシステムを実用化させる方針である。

鳥獣被害防止電気柵と電圧測定端末



② クラスター分析によるIoT活用動向について

前項にて、IoTの活用度合いは、企業規模によって異なることが見て取れた。ただし、規模が小さくてもIoT等の技術を積極的に活用している企業は数多く存在する。

以下ではIoTの活用動向に関して、上記設問に対する回答結果をもとに、クラスター分析を行う。ここでは、類型化分析により以下に示す4つの軸によって分類を行った（図113-3）

図113-3 集約軸とその意味づけ

軸	(+)	(-)
第1軸	IoTの導入・活用度合いが総合的に高い	IoTの導入・活用度合いが総合的に低い
第2軸	生産プロセスの見える化・トレーサビリティのためにIoTを積極的に活用	設計・開発工程の効率化・高度化のためにIoTを積極的に活用
第3軸	収集したデータ・情報をモノの製作に活用	収集したデータ・情報の共有化、分析・フィードバックに注力
第4軸	シミュレータを積極的に活用	3Dプリンタを積極的に活用 もしくは、製品のアフターサービスにおいてIoTを積極的に活用

備考：これらの4軸による累積寄与率は70.4%。

これらの集約軸に沿って類型化を行ったところ、回答企業を図113-4のような5つのクラスターに分類することができた。具体的には、IoTの活用に関して、極めて消極的なクラスターA、やや消極的ながら個別工程、生産工程や人員の作業状況の見える化、トレーサビリティ管理に対しては積極的なクラスターB、取組度合いは中庸ながら、収集した情報、データの共有やフィードバックには積極的なクラスターC、総じて進

んでおり、特にシミュレータの活用や収集した情報、データの共有やフィードバックに積極的なクラスターD、IoTの導入、活用度合いが極めて高く、全般的に最も進んでいるクラスターEということになる。それぞれ特徴があるものの、総じてクラスターAからEに進むほどIoTの活用が積極的であると考えられる。

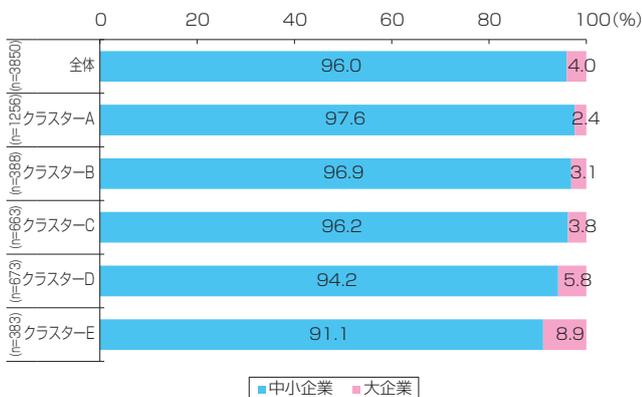
図 113-4 5つのクラスターの特徴

クラスター	アンケート結果から把握される特徴	典型的な企業群像
【A】	<ul style="list-style-type: none"> IoTの総合的な導入・活用度合いが最も低い 特に生産プロセスの見える化・トレーサビリティに関してはIoTの導入・活用に消極的 	IoTの活用に極めて消極的なグループ
【B】	<ul style="list-style-type: none"> IoTの総合的な導入・活用度合いがやや低い クラスターAとは逆に、生産プロセスの見える化・トレーサビリティには積極的 	IoTの活用には総じてやや消極的だが、生産プロセスの見える化・トレーサビリティには積極的なグループ
【C】	<ul style="list-style-type: none"> IoTの総合的な導入・活用度合いは中庸 収集した情報・データの共有化、分析・フィードバックに積極的 	情報・データの共有化、分析・フィードバックを最も重視するグループ
【D】	<ul style="list-style-type: none"> IoTの総合的な導入・活用度合いがやや高い シミュレータの導入・活用に積極的 収集した情報・データの共有化、分析・フィードバックに積極的(クラスターCとの差は、分野Eにおける取り組みが遅れている点) 	IoTの導入・活用が総じて進んでおり、特にシミュレータの導入・活用や情報・データの共有化、分析・フィードバックに積極的なグループ
【E】	<ul style="list-style-type: none"> IoTの総合的な導入・活用度合いが極めて高い 	IoTの活用全般に対して最も積極的なグループ

各クラスターにおける企業規模別の構成を見ると、クラスターAからEに向かって大企業の比率が徐々に高くなる傾向があるが、最もIoT活用に積極的なクラスターEの91.1%を中小企業が占める(図113-5)。また、従業員規模別では、ク

ラスターEにおいて従業員300人以下の中小企業が84.8%、従業員100人以下の中小企業でも54.8%を占めており、中小企業においても積極的にIoTを活用している企業が数多く存在することが見て取れる(図113-6)。

図 113-5 各クラスターにおける企業規模別構成比率

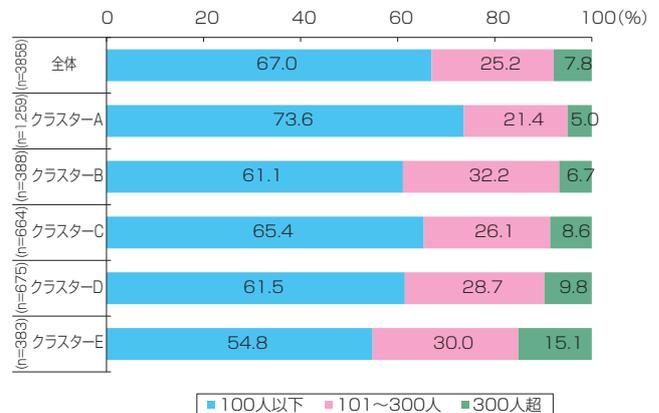


資料：経済産業省調べ(2015年12月)

以下は、IoT活用度合いによって分類したクラスターごとに、売上高、営業利益といった業績見通しについての回答を示したグラフである。全企業についてのデータと、各クラスターにおいて従業員100人以下の中小企業に限定して抽出したデータを並列している。

今後3年間の国内売上高の見通しについて、全体でも、従業

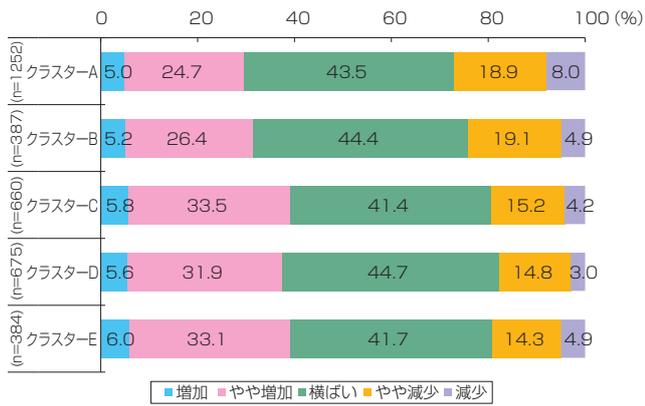
図 113-6 各クラスターにおける従業員規模別構成比率



資料：経済産業省調べ(2015年12月)

員100人以下でも、「増加」や「やや増加」と回答した企業の比率はクラスターAからEに向かっておおむね増加している傾向が見て取れる(図113-7・8)。また、今後3年間の営業利益の見通しに関しては、従業員100人以下においてIoTの活用度合いとの相関がうかがえる(図113-9・10)。

図 113-7 今後3年間の国内売上高見通し (全体)



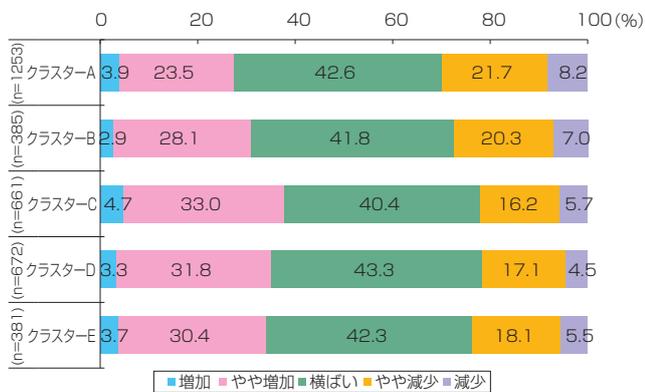
資料：経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-8 今後3年間の国内売上高見通し (従業員100人以下)



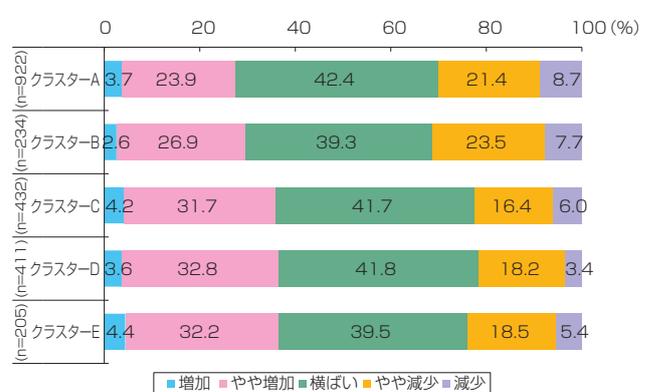
資料：経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-9 今後3年間の国内営業利益見通し (全体)



資料：経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-10 今後3年間の国内営業利益見通し (従業員100人以下)

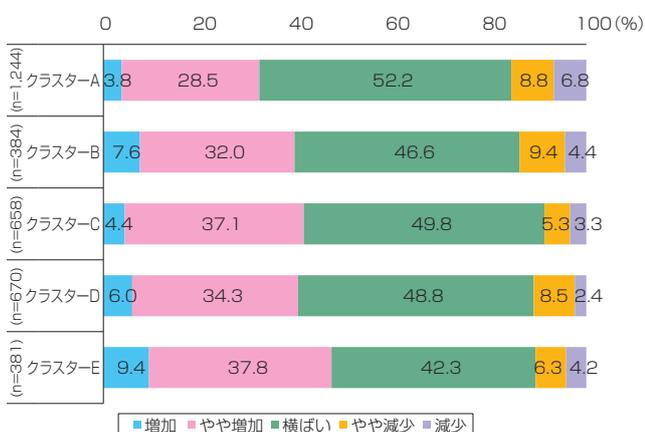


資料：経済産業省調べ (2015年12月)

上記のように、企業業績に関しては全体と従業員100人以下とは、おおむね同様の結果が得られた。以下は、設備や人材への投資の見通しに関して同様の比較を行ったものである。今後3年間の国内設備投資の見通しに対して「増加」もしくは「やや増加」していると回答している企業の割合や、2016年

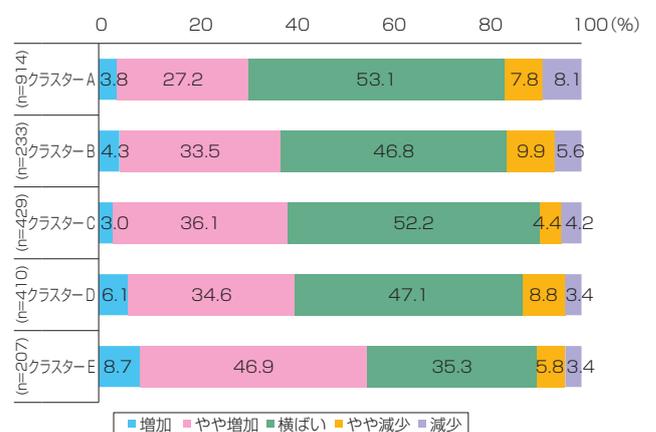
度の対前年度比の賃上げ率の見通しにおける「増加」もしくは「若干の増加」と回答している企業の割合は、クラスターAからEに向けてIoT活用に積極的であるほど増加していることが見て取れる (図 113-11・12・13・14)。なお、この傾向は、従業員100人以下の中小企業においてより顕著に表れている。

図 113-11 今後3年間の国内設備投資見通し (全体)



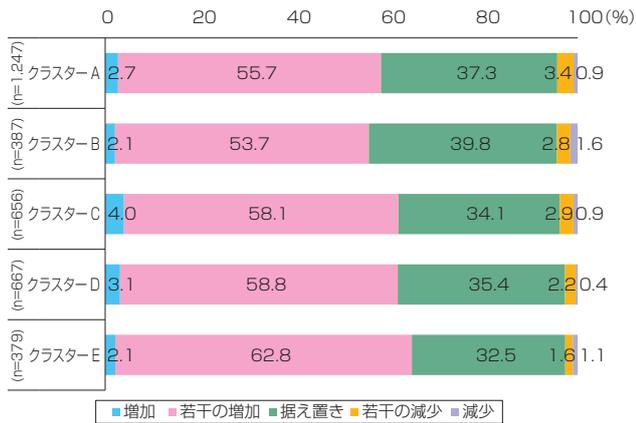
資料：経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-12 今後3年間の国内設備投資見通し (従業員100人以下)



資料：経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-13 2016年度の賃上げ率の見通し(全体)



資料: 経済産業省調べ (2015年12月)

図113-14 2016年度の賃上げ率の見通し(従業員100人以下)



資料: 経済産業省調べ (2015年12月)

また、以下は、回答企業全体についてクラスターごとに、IoTの活用度合いと様々な経営課題や解決への取組に関する指標との相関を示したものである。

まず、経営の意思決定のスピード化に関して、IoTの活用

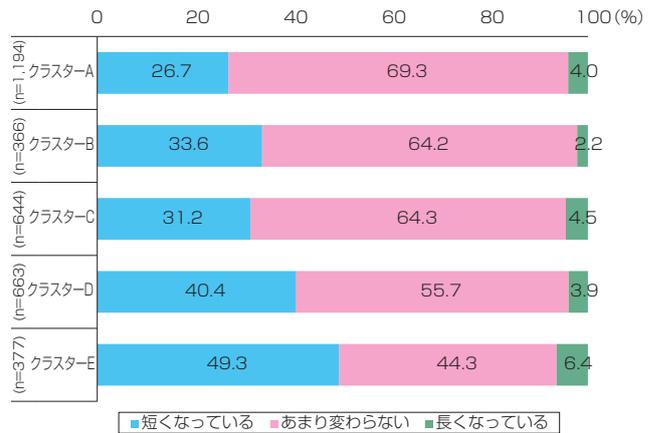
度合いとの相関関係が明確に見て取れる(図113-15)。また、製品開発のリードタイム削減やダイバーシティマネジメントへの取組に関してもおおむね相関がうかがえる(図113-16・17・18)。

図 113-15 5年前と比較した意思決定のスピードの変化



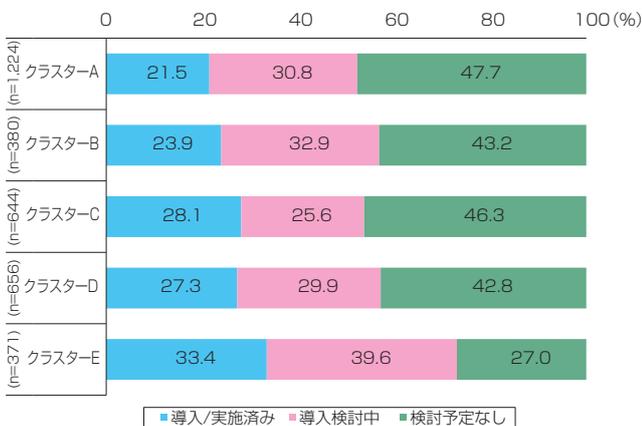
資料: 経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-16 10年前と比較した主要製品における開発のリードタイムの変化



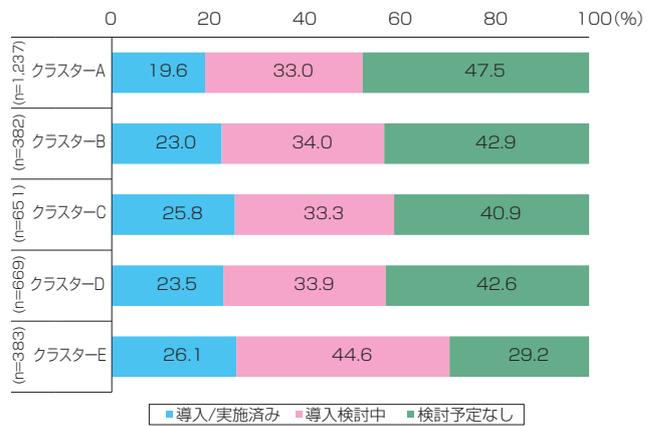
資料: 経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-17 女性活躍推進に向けた経営トップによる社内の意識改革の推進



資料: 経済産業省調べ (2015年12月)

図 113-18 女性の幹部への登用



資料: 経済産業省調べ (2015年12月)

IoTを積極的に活用している企業ほど生産現場における人手不足感を感じていることも見て取れる（図113-19）。また、省人化投資の状況についてもおおむね相関があるといえる（図113-20）。なお、クラスターBの実施割合が高いが、図113-4の通り、クラスターBは類型として、IoTの活用度

合いは総じて低いものの、生産プロセスの見える化には比較的積極的なグループである。生産プロセスの見える化が課題の見える化に繋がり、クラスターBにおける積極的な省人化投資に結びついているのではないかと考えられる。

図113-19 生産現場における人手不足を感じるか



資料：経済産業省調べ（2015年12月）

図113-20 省人化投資の実施有無



備考：図113-19「生産現場における人手不足を感じるか」に対して「はい」と回答した企業が対象。
資料：経済産業省調べ（2015年12月）

これまでのクラスター分析を通して、経営課題に対する取組に積極的な企業は、IoTの活用に関しても積極的な姿勢が見て取れ、そうした企業ほど、業績や投資に対しても前向きな見通しを持っているということがわかった。もちろん、これはIoTを積極的に活用すれば業績が向上していくことを示してい

るのではない。IoTの活用と経営課題に対する取組との相関は、経営課題と向き合い、その解決を図る企業ほど、解決策の1つとしてIoT等についても活用し、業績面で成果をあげていることを示唆している。

コラム

経営トップ層のリーダーシップで組織を変革し、IoTを活用した自社だけのビジネスモデルを確立・・・YKKグループ

YKKグループは、ファスニング事業とAP（Architectural Products）事業を中核とし、それらを支える工機部門で事業を展開している。同グループの優位性は世界のどこでも同じ商品・品質・サービスを提供出来ることであり、そのために経営の根幹の思想である「一貫生産」にこだわり、最適な材料から設備までを自社で開発し、同じ材料や機械を世界中で使うことで品質と均質性を高めている。この一貫生産体制を更に進化させるため、工機部門を中心に、世界中の約50ヶ所の工場で約3万台の生産設備データを統合し活用する”YKK iloT（integrated IoT）”に取り組んでいる。

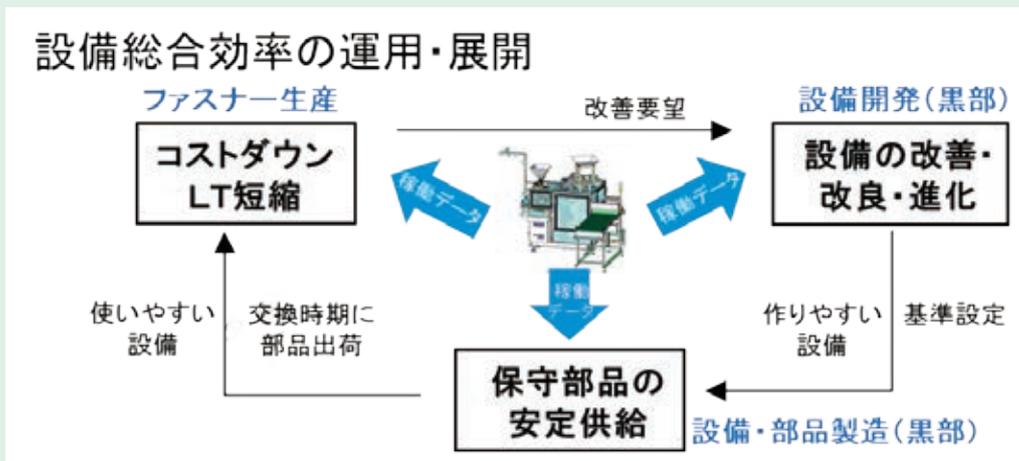
具体的には、世界中の工場や機械の稼働状態を統一的に把握し課題を抽出するため、設備総合効率という共通の指標を設けている。これは、機械の時間稼働率と性能稼働率、良品率を掛け合わせたものであるが、過去も各工場なりの分析はあったものの、本質的な課題抽出には至らなかった。それは、実際には機械の停止時間の定義や加工条件の取り方が工場ごとに微妙に違うためであり、この微妙な違いの標準化として、設備総合効率の考えを徹底して浸透させることが成功の秘訣であったという。

ハード（設備）面では、従来の高度化・自動化といった開発者目線のテクノロジー・ブッシュ型開発をやめ、工場の従業員側の使いやすさを重視した開発に変更。これにより工場側で作業手順やその水準の統一化が容易になった。また、ソフト（運用）面では、本部側が譲れない部分（稼働データを活用して達成したい目標と、その鍵である設備総合効率の考え方）を明確化し、その軸がぶれない範囲で細かい運用についてはそれぞれの現場の考え方や慣習を尊重した。

加えて、もう1つの成功の鍵は、経営トップ層が方針を明確にし、その考え方を着実に浸透させていったことである。一般に、IoTの活用の企画や執行の責任は情報部門に任されているという企業は多い。しかし、こうした企業では情報の収集

やシステム導入自体を目的化しがちであり、IoT が経営の改善やビジネスモデルの改革につながらないことが多い。同様に製造現場では、現場の個別レベルでの生産性向上を目的化しがちであるが、それが経営の改善になっていなくては本末転倒である。YKK においても、現場からの反発の中で、経営トップ層が大局的な目線で目的を示し、その達成のために情報部門のやるべきこと、製造現場のやるべきことを地道に説得していったという。

同社の大谷副社長は、「決してIoT ブームだからということでは無く、一貫生産体制の更なる進化という経営方針の実現のためにIoT というツールを活用したに過ぎない。経営トップ層がしっかりと目標を打ち出し、単なるデータ収集だけでなく、何のために行うのかということを中心に従業員に問いかけた。これまで現場の作業員や機械の開発者の多くが長年の経験と勘をベースとしており、説得は容易ではなかったが、粘り強く地道に浸透をはかったことこそが最も大事なことだった」と話す。IoT 活用の考え方と経営者のあり方という点において、優れた事例の1つと言えよう。



③業種別の動向について

図 113-21 は、図 113-2 のグラフに関して、項目はそのままに、業種毎に各項目における実施状況を得点化した上で、全業種の平均得点との差分を示したものである。平均値を示す「0.00」の黒い点線を境に、活用が進んでいけば正の値を、遅れていけば負の値を示し、「0.00」に折れ線が集まっている項目については業種による取組度合いの差が少ないことを示している。

ここではIoTの活用度合いに関する業種別の特徴を分析することで、各工程におけるIoT活用を更に進めていく上での課題について考察を行う。

「開発・設計」部門において、3Dシミュレーションの活用は一般機械において進んでおり、特に「製品設計工程における活用」の割合が高い。一方で、「リアルタイムで生産に反映させる」取組や3Dプリンタの活用に関しては突出している業種

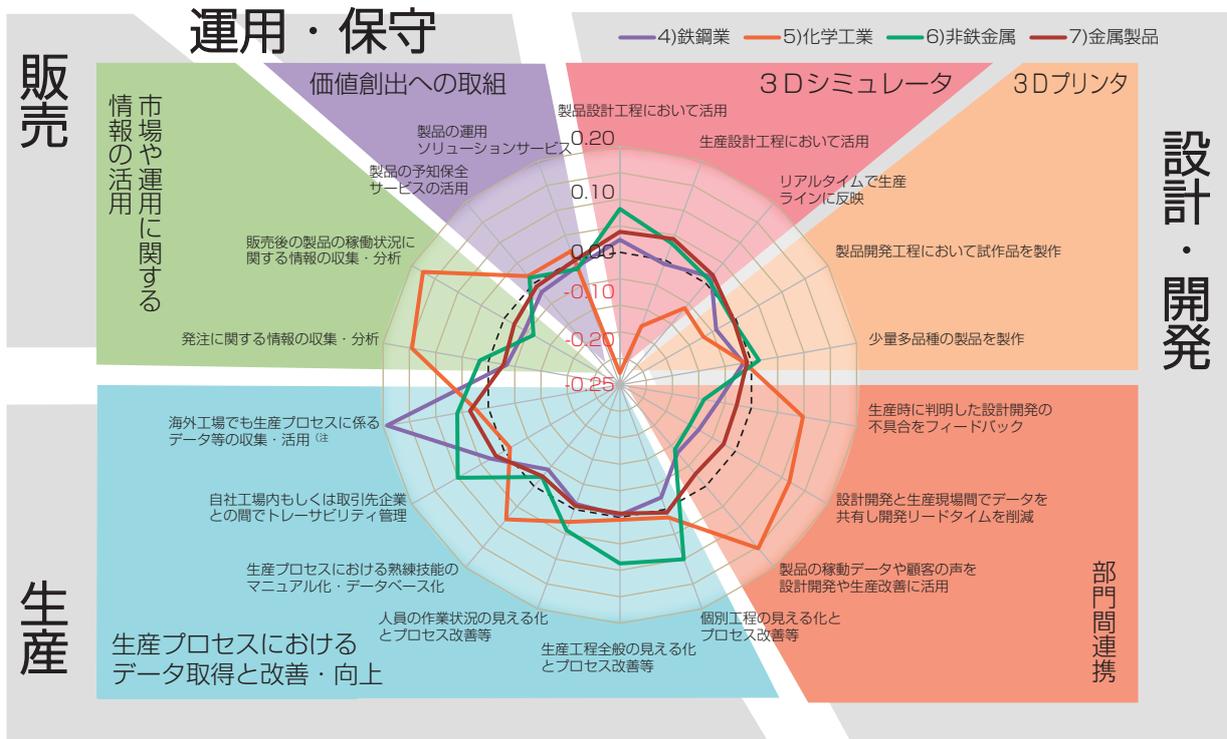
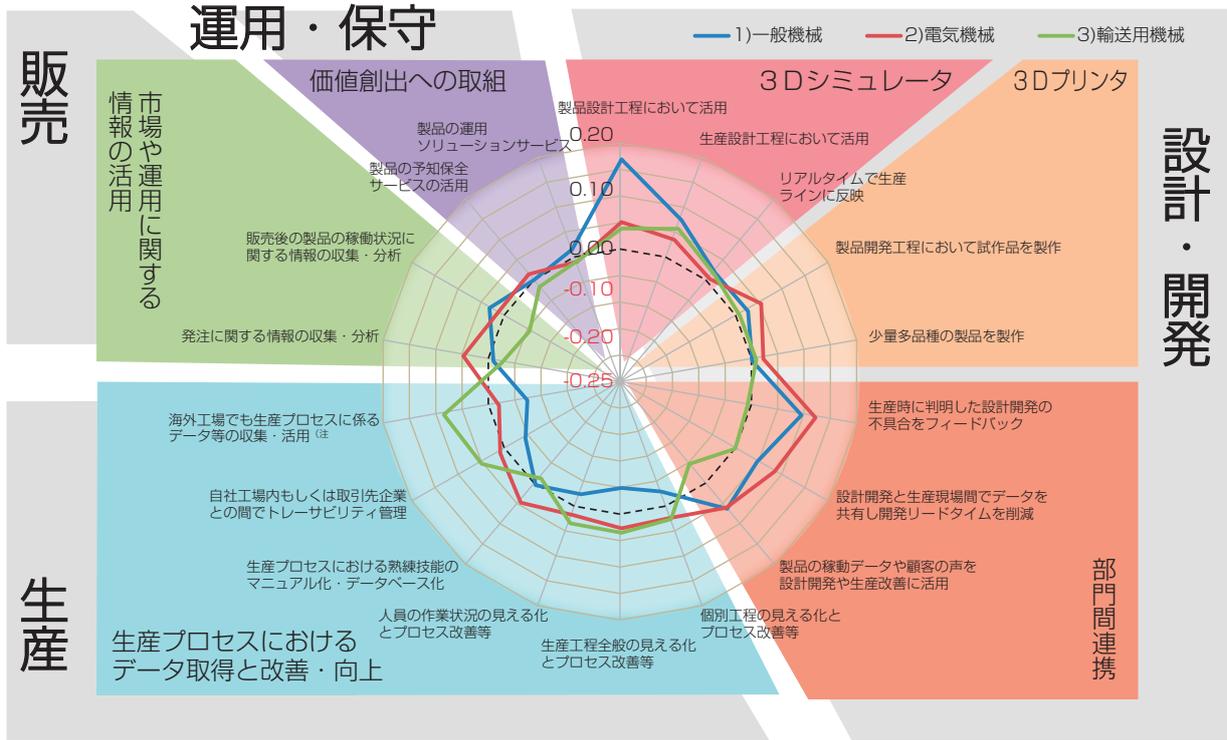
はない。これら3Dデジタル製造ツールの活用に関して化学工業は極端に低い結果を示している。

「部門間連携」に関しては全般的に化学工業で最も進んでおり、電気機械、一般機械と続く。

「生産」部門においては、「個別工程や生産工程全般の見える化とプロセス改善」や、「自社工場内若しくは取引先企業との間でのトレーサビリティ管理」については非鉄金属の、「生産プロセスにおける熟練技能のマニュアル化・データベース化」に関しては化学工業の取組がそれぞれ進んでいる。また、「海外工場での生産プロセスに係るデータ等の収集・活用」では鉄鋼業が最も積極的である。

「販売」部門では、いずれの項目も化学工業が高い割合を示している。また、「運用・保守」部門については業種間の取組度合いの差はほとんど見られないが、これは、どの業種でも取組が進んでいないという結果の表れである。

図 113-21 業種別のIoT等の技術の活用状況



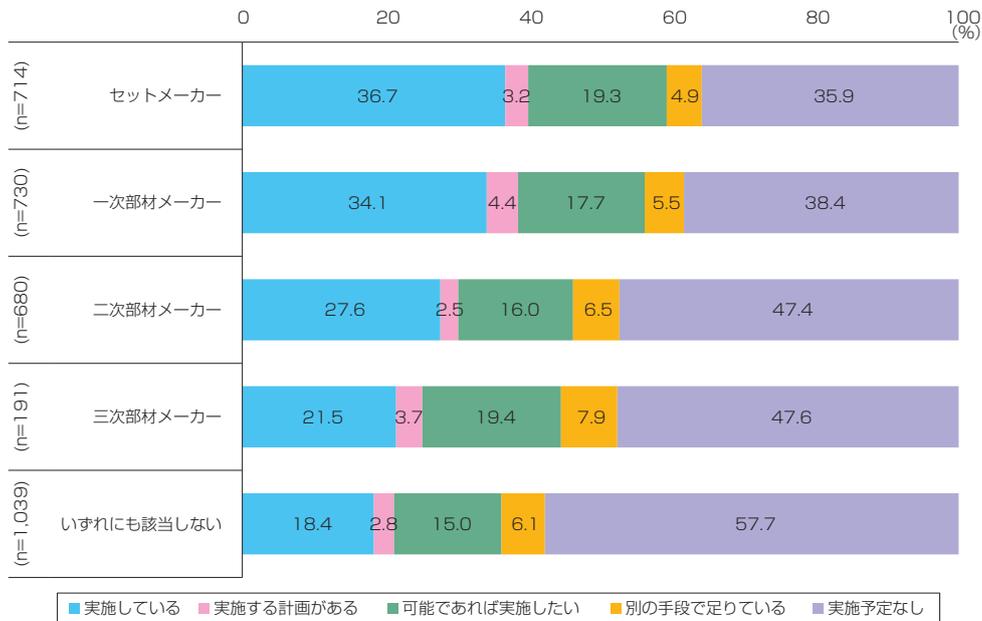
備考：1. 各項目における取組状況について「実施している＝1点」「その他の回答＝0点」とし、業種ごとの全体平均との差をグラフ化。
 2. 海外工場におけるデータ収集・活用に関しては「海外拠点の有無」について「有り」と回答した企業を対象に取組状況を得点化。
 資料：経済産業省調べ（2015年12月）

以下では、各設問項目に関して、より詳細の分析を行う。まず、3Dシミュレータの活用状況は、セットメーカーの「実施している」割合は36.7%と最も高く、以下一次、二次と順に低下している（図113-22）。

結果としてサプライチェーンにおける系列構造の中で3Dシミュレータによる設計情報等のデータのやり取りが上位と下位

の間で断絶し、非効率を生んでいる可能性があると考えられる。これについては、セットメーカーによって利用する3Dシミュレーションツールが異なり、互換性も無いため下位の部材メーカーにとっては複数のツールの導入が必要なことが利用を妨げているという声もある。

図113-22 取引構造別の製品設計工程における3Dシミュレータの活用状況



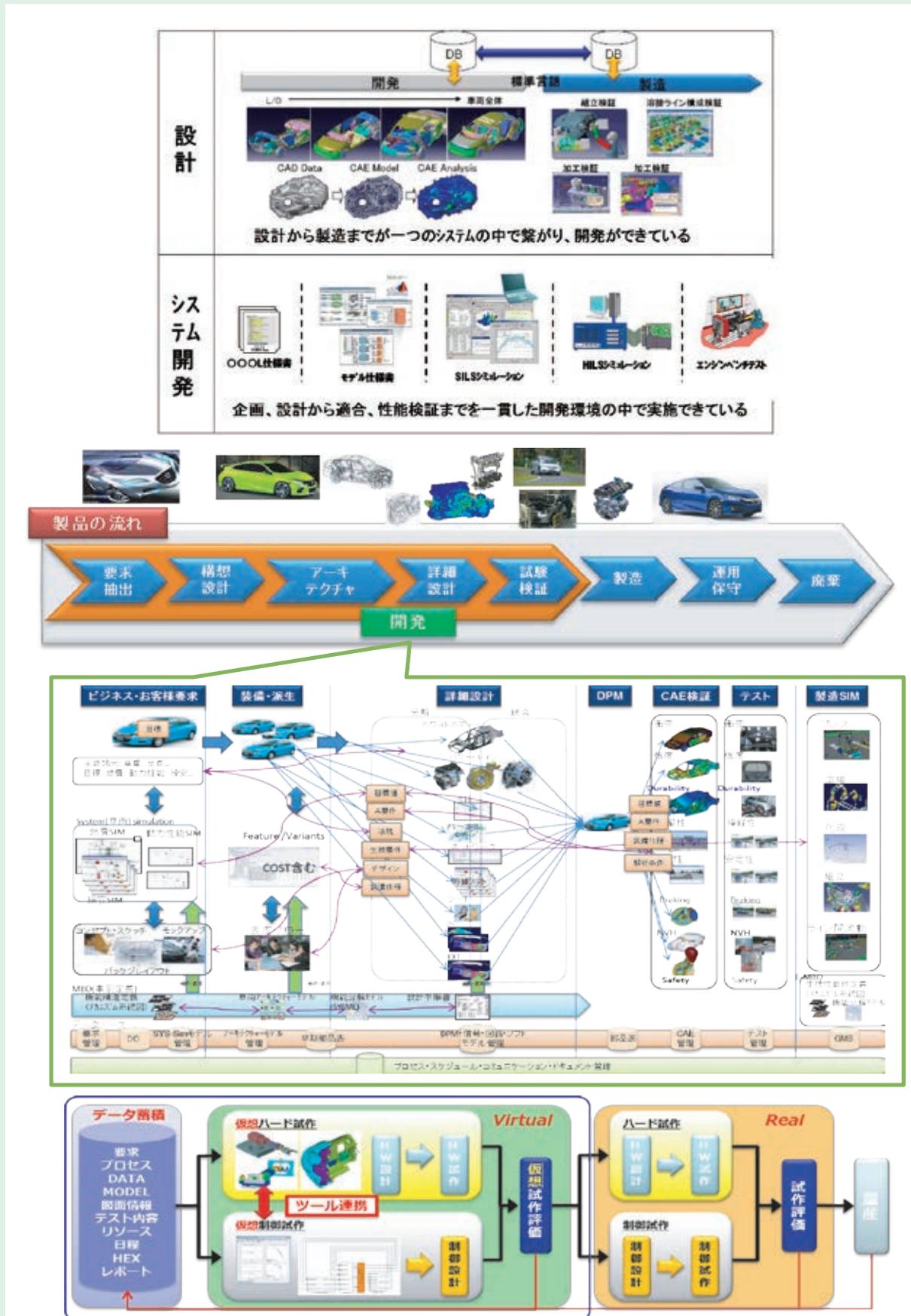
資料：経済産業省調べ（2015年12月）

コラム

自動車産業におけるモデルベースシステムズエンジニアリング

産業競争力の強化は、個別技術の研究開発に留まらない。製品の企画、設計、開発、製造、流通といった製品の流れ全体をシステムとして俯瞰的に捉える必要がある。製品の流れ全体をシステムで捉え、（時間的俯瞰：図1の水平方向の俯瞰）、かつ、製品そのものも要求や機能といった要素が階層構造を持ち、相互に複雑な関係性を持っていると捉え（構成的俯瞰：図1の垂直方向の俯瞰）、常に目的志向に多視点から設計・検証していくエンジニアリング活動全般をシステムズエンジニアリングと呼ぶ。

図 1 システムエンジニアリングの概念例



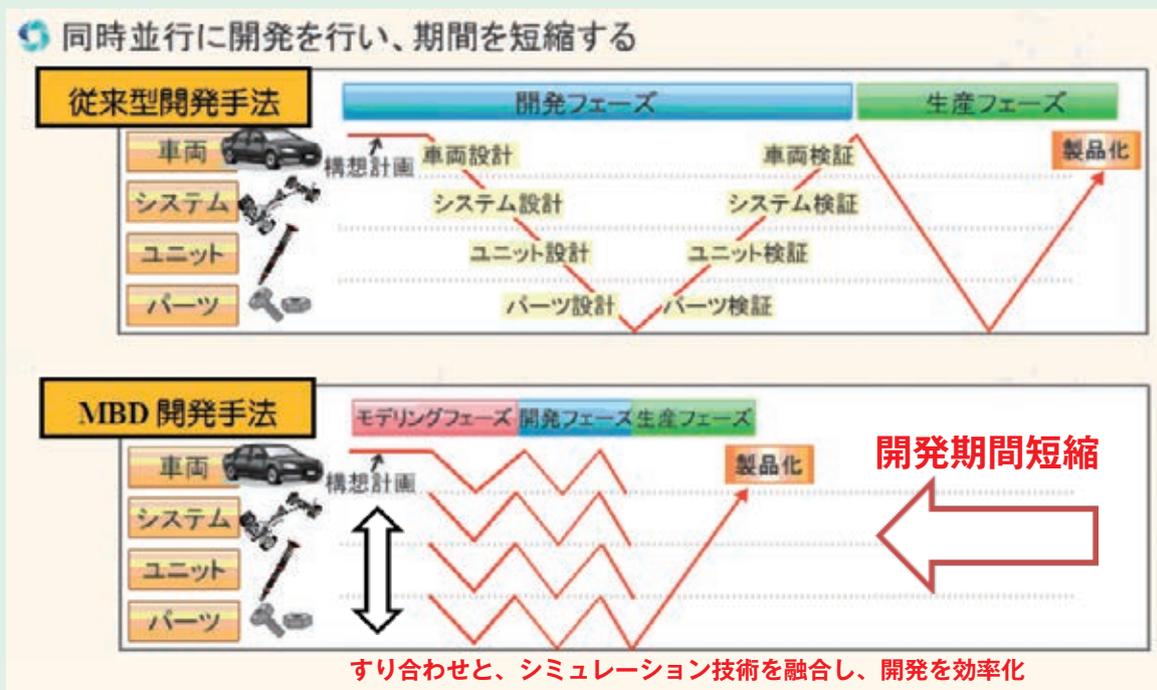
資料：(株) 本田技術研究所提供

このシステムズエンジニアリングを、製品の企画・開発から製造・廃棄に至る全般にわたり、様々な目的や特徴を持ったモデルを用いて実施していく方法論をモデルベースシステムズエンジニアリング (Model Based Systems Engineering; MBSE) と呼ぶ。モデルベースシステムズエンジニアリングは、対象システムの複雑さに応じて、必要なシステムをより確実に開発するためのアプローチである。この場合のモデルとは、数値計算可能な形式・寸法や形状を示す形式だけでなく、論理的構成を記述する形式など、種類が異なる複数の形式を指しており、いずれの形式のモデルも粒度の異なる階層構造を持つ。またモデルベースシステムズエンジニアリングの大きな特徴の1つとして、これら様々な形式と粒度のモデルを水平方向、垂直方向に論理的に統合し、システムの全体像を多視点から示すモデル (=システムモデル) の作成とその活用が挙げられる。

自動車の開発においては、車両の高機能化、パワートレインの多様化等によって、設計開発業務が急速に複雑化^(注1)する一方で、顧客の多様なニーズに応えるため、製品の開発サイクルの短縮化が求められており、設計開発の効率化が極めて重要である。モデルを活用して性能の最適化や性能評価等を行うことにより、開発や性能検証過程の履歴を残し、従来から強みとしていた「すり合わせ」を活かしつつ、開発工程の大幅な効率化^(注2)が可能となる(図2)。近年、特に制御系開発を中心に数値計算可能な形式のモデルを開発フェーズの早い設計段階でシミュレーションに活用し、協調制御設計など大規模開発の負荷のフロントローディングを実施している。また、制御系開発において数値計算可能な形式のモデルをMILS (Model In the Loop Simulation)、HILS (Hardware In the Loop Simulation) などの一部として検証段階で活用し、膨大な検証の自動化、効率化も実施されている。これらは自動車開発において、モデルをベースとした開発 (Model Based Development; MBD) と呼ばれ、モデルベースシステムズエンジニアリングの実施例と言える。

また、モデルは電子データとして企業間での流通にも適するという特性を持つことから、自動車メーカーとサプライヤーの間でのモデル流通を促進し、開発効率を飛躍的に高めることが可能となる。経済産業省では、MBDを推進するため、自動車メーカー及びサプライヤーをメンバーとする「自動車産業におけるモデル利用のあり方に関する研究会」を開催し、モデル表記の統一化に向けたガイドラインの策定や実際にモデルの企業間での授受を行うなど、モデル流通の実現に向けた課題と今後の方策をとりまとめた^(注3)。今後もモデルの流通に向けた取組を継続することにより、車両全体をモデルで効率的に開発することが可能となり、開発効率化による産業競争力の強化が期待される。

図2 モデルベース開発によるフロントローディングのイメージ



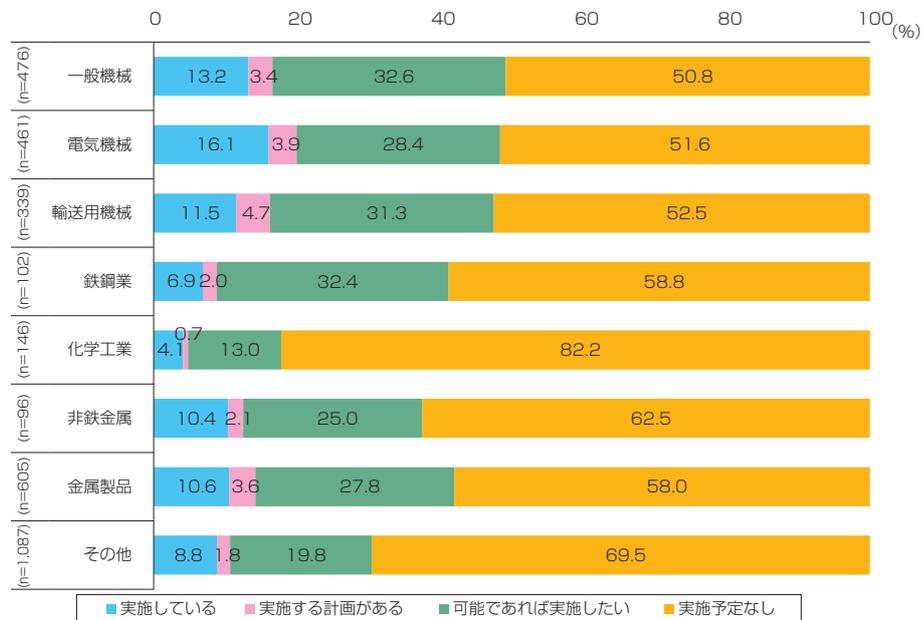
資料: 東北電子専門学校(文部科学省委託事業により作成)

モデルをベースとしたシステムズエンジニアリング (Model Based Systems Engineering; MBSE) は、いずれあらゆる製品開発に活かされる。既に航空機などの高度で複雑な技術・システムを適用して完成させる製品には活かされており、我が国の強みであるすり合わせ技術も MBSE を意識していくべきであろう。例えばドイツ政府が推進するインダストリー 4.0 においても、生産現場でシステムが繋がる IoT 技術の活用にとどまらず、工科大学にシステムズエンジニアリングの考え方を広めつつある。モデル思考、システム思考で考えてものづくりを行う、という概念が若手技術者や研究者に根付くことは、中長期的な産業競争力強化の観点から重要である。

注1 車両の制御システム開発が10年で10倍の規模に増大している、と言われる。[SEC journal Vol.8 No.2 Jun.2012]
 注2 開発コストが1/3になる、というアンケート結果がある。[EMF 2013 Independent Survey Results from 667 Systems engineering respondents]
 注3 http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/2016fy/000102.pdf

次に、3Dプリンタの活用状況について「製品開発工程における試作品の製作」に対する取組状況を示したものが図 113-23 である。全体的に「実施予定なし」との回答比率が高い。一方で、3Dプリンタ自体の技術や素材開発は日進月歩で進んでおり、今後活用の幅が広がっていくことが期待される。

図 113-23 製品開発工程において3Dプリンタを試作品の製作に活用しているか



資料：経済産業省調べ（2015年12月）

コラム

デジタルとアナログの融合で世界を変える・・・(株) ケイズデザインラボ

(株) ケイズデザインラボ(東京都渋谷区)は3Dツール等を活用した、新しいものづくりのプロセス、新事業の企画・提案を行う企業である。例えば、繊細な表現を可能にする3DCAD/CAMソフトの開発、3Dプリンタや3Dスキャナを使用したプロジェクトサポート、メーカーへの開発サポート、その他、それら3Dソフト/ハードウェアツールを用いたソリューションの提供、販売を行う。また、様々な顧客とのコラボレーションやツールの普及に向けたイベントの開催等、手掛ける業務は多岐にわたる。

CAD/CAMソフトの開発、切削加工現場出身のバックグラウンドを持つ同社代表取締役の原社長は「海外に比べ、日本の優れているところは高い技術力もさる事ながら、ものづくりに対する姿勢にある」という。繊細な造型を形にする為に、細部まで徹底的にこだわり抜く姿勢は、日本の中小製造業ならではのあり、3Dプリンタの様に新しい素材、新しい技術が次々と生まれ課題も多い分野においては、産業で活用するにあたり確かな技術力、知見のある国内企業と技術的な課題解決に向けて試行錯誤できる意義は大きいと語る。

こうした地道な努力によって、3Dプリンタ等のデジタルファブリケーションツールの活用が製造業、非製造業を問わず広く産業界に普及しはじめている。2012年に東京都ベンチャー技術大賞奨励賞を受賞した同社開発の技術「D3テクスチャー®」は、革表面のシボ感や縫い目、木目調の質感といったこれまでデジタル加工では難しかった有機的な表現を3Dデータ上にてフルデジタルで実現することができ、大手メーカーの製品など複数の案件で採用され始めている。3Dデータによる金型加工を行うことで、溶剤などの条件に左右されないクオリティの金型を仕上げるができる。また、3Dプリントを活用した最終製品の開発では、金属粉末焼結積層造形で作る腕時計や、LEDランプなどを映画のフェアにあわせ商品提案し、すでに実店舗で販売をおこなっている。これまでおもちゃやフィギュアの作成や試作品の製作に用いられるというイメージが強かった3Dプリンタであるが、このように一般ユーザー向け商品への幅を広げるためには、コンテンツの拡充と一般販路の確保が重要となる。

アーティストやデザイナーとのコラボレーションも積極的に行っており、書家の紫舟氏のミラノ万博日本館展示の彫刻作品の切削3Dデータ作成や、デザインスタジオ「YOY」と共同で3Dプリントを活用した看板サインの提案、ミラノファッションウィークに参加したファッションブランド「アツシナカシマ」との3Dプリント製シューズ開発など、多岐にわたる。

また、3Dをテーマにしたワークショップやイベントの主催も行っており、メニューとしては子供を対象にしたものから一般向け、プロフェッショナル向けと幅広く、こうした世の中の3Dリテラシーを高める活動にも重きを置いている。

3Dプリントだけでなく、2015年の12月には切削加工機メーカーのか(株)岩間工業所(静岡県静岡市)と共同で切削加工機「3DMill K-650」の開発を公表。こうしたさまざまな角度からの「地道」な活動によりデジタルとアナログの融合による新しいものづくりの普及を行っている。

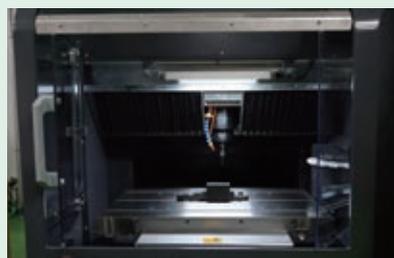
D3テクスチャー®が可能にする多彩な質感の製品と金型(例)



3Dプリンタで製作したLED照明(中央)



(株)岩間工業所と共同開発した切削加工機「K-650」



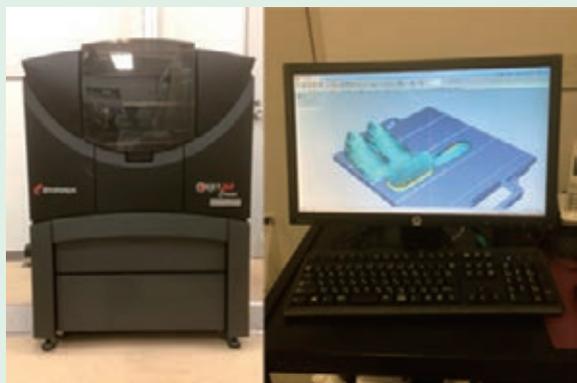
和歌山発スマートものづくり革新

全事業者のうち中小企業・小規模事業者が99.9%を占める和歌山県では、その多くが川下企業に従って製品を納める「下請け体質企業」であり、低い利益率、不安定な経営に直面している。中でもものづくり企業の多くは、「経験を頼りに、合格品ができるまで試作を繰り返す」という、いわゆるアナログ式のプロセスにより製品開発を行ってきたため、開発には時間と開発コストがかさみ、製品の開発競争に後れをとってきた。

このような状況に対し、和歌山県の技術支援機関である県工業技術センターでは、ものづくり企業の開発支援を目的に光造形型の3Dプリンターを早くから導入し、設計が終わった段階の試作品づくりのサポートを行ってきた。しかし価格交渉力を有する「独自製品」の開発を行える企業への転換を図るためには、アナログ式ではない、新たな設計プロセスの導入が必要である。そこで県工業技術センターでは、平成26年度にインクジェット方式の3Dプリンターや3Dデータを活用した構造計算システム(CAE)を新規導入し、企業向けのセミナーやスクールを開催することで設計プロセスのサポートも開始した。すなわち、産業用X線CT、3D-CAD、CAE、3Dプリンターなどのハード面での整備に加え、設計段階の支援まで一貫してサポート可能な「3Dスマートものづくりラボ」を県工業技術センター内に立ち上げ、県内企業のものづくり革新を積極的に推し進めている。

さらに2016年度には、「スマートものづくり革新」を化学業界にも拡大させる取り組みを開始する。和歌山県は日本の有機化学発祥の地の1つであり、30社以上の独自技術を有する化学系中小企業が集積し、国内外への原料供給基地として活躍している。この業界が製造している化学物質の材料設計にも「計算」を取り入れることで、有機化学反応の予測や材料設計の効率化による製品開発のスピードアップを促進させる。すなわち「コンピュータを活用した試作品開発手法である計算化学」をいち早く中小企業に導入し、製品開発の効率化を図ることで下請けから提案型企业への転換を進め、ニッチトップ企業の創成育成を促進させるための「ケミカルスマートものづくりラボ」を創設する。

3Dプリンター (左) とCAE (右)



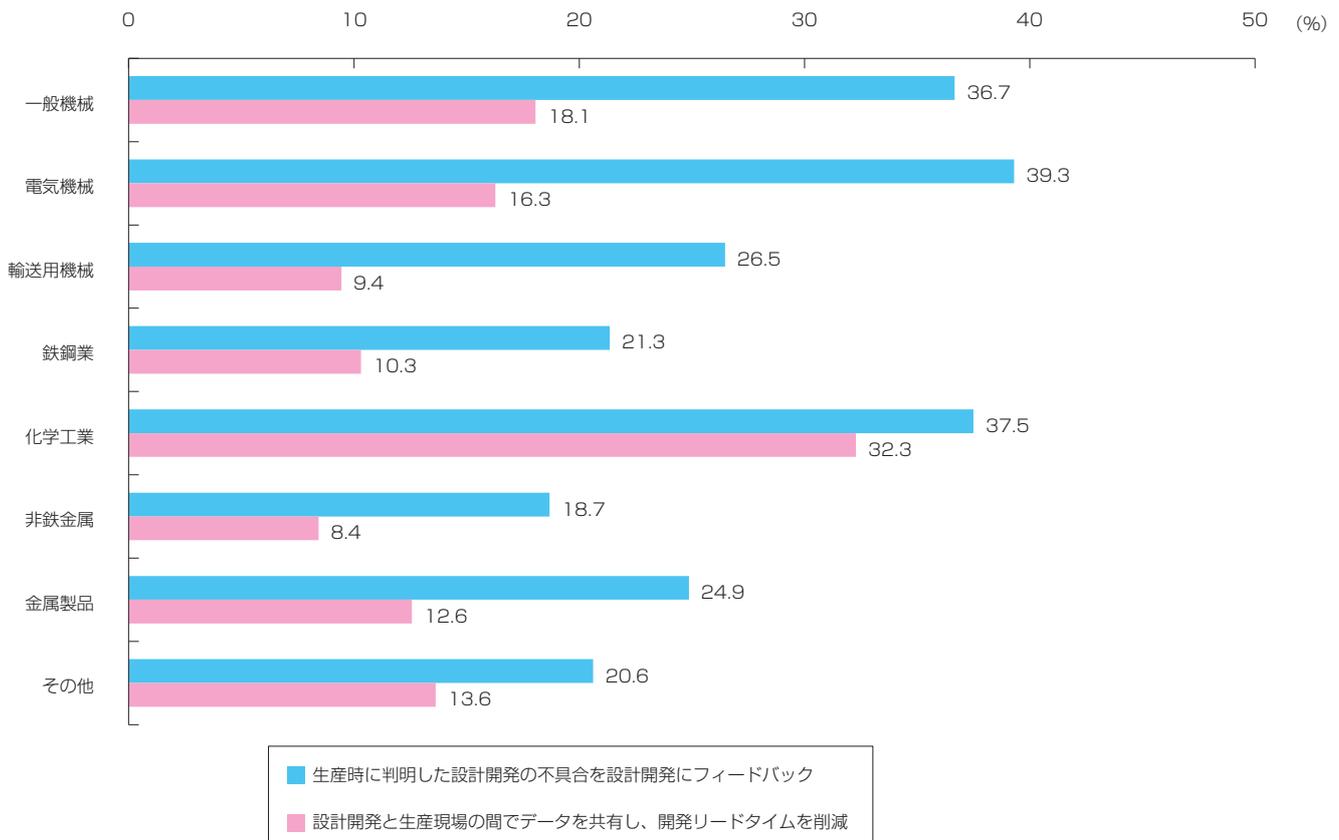
3Dものづくりスクール



「部門間連携」に関して、特に生産部門と設計開発部門の間では、どの業種でも「不具合のフィードバック」に比べ、「データ共有による開発リードタイムの削減」は進んでいない

(図 113-24)。不具合情報のみならず、様々なデータの共有を進めることで、更なる効率化が可能と考えられる。

図 113-24 生産部門からの設計開発への不具合のフィードバックとデータ共有による開発リードタイム削減の取組み動向



資料：経済産業省調べ（2015年12月）

「生産」部門におけるIoT活用の取組について、まず、生産プロセスに関する設備の稼働状況等、何らかのデータ収集を「実施している」企業は、企業規模別では大企業において67.8%、中小企業においては39.4%と企業規模によって大

きく異なる（図113-25）。また、業種別には、非鉄金属にて60.0%と最も高く、次いで化学工業、輸送用機械と続く（図113-26）。

図 113-25 生産プロセスにおいて何らかのデータ収集を行っているか（企業規模別）

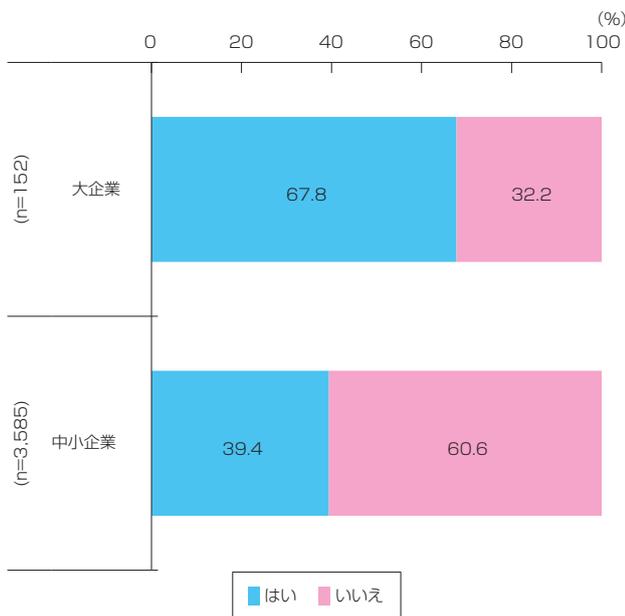
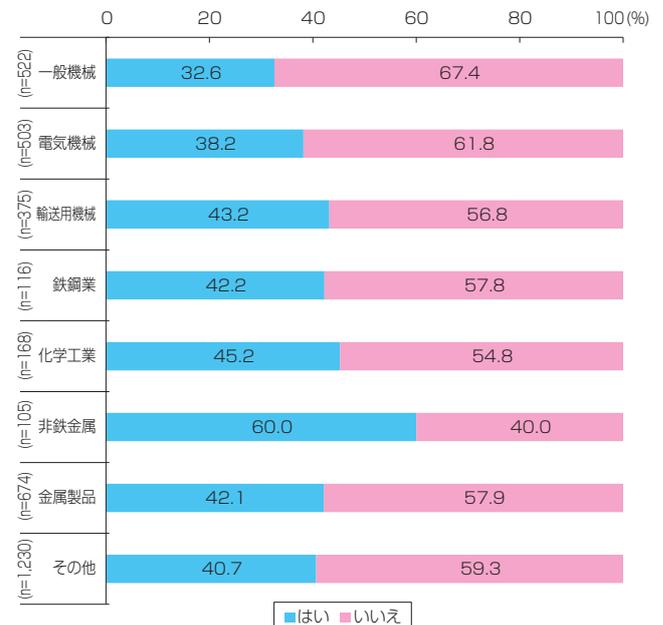
備考：大企業、中小企業と企業別の実施状況をそれぞれグラフ化。
資料：経済産業省調べ（2015年12月）

図 113-26 生産プロセスにおいて何らかのデータ収集を行っているか（業種別）



資料：経済産業省調べ（2015年12月）

稼働状態監視システムで主要設備を見える化し、 工程品質管理を徹底・・・コーセル（株）

富山県に本社を置き、産業機器や情報通信機器、医療機器といったさまざまなエレクトロニクス製品に安定した直流電源を供給するための「スイッチング電源」を製造するコーセル株式会社は、2014年から生産効率向上の抜本的な取り組みとして、「作業者と自働機の共存」をコンセプトに自動化を加速させている。

自動化ラインの品質を維持管理していくには設備稼働状態の見える化が必須。そこで、同社は製品品質に大きく影響するはんだ付け工法を解析して得られた重要パラメータを、リアルタイムに監視できるはんだ付け装置、稼働状態監視システムを自社開発した。本設備投入により、不具合発生時における情報収集の効率化、設備能力を最大限に活用した保全品質向上に留まらず、製品のはんだ付け品質向上にも効果を出し、製造経費削減や総合設備効率向上に繋がっている。

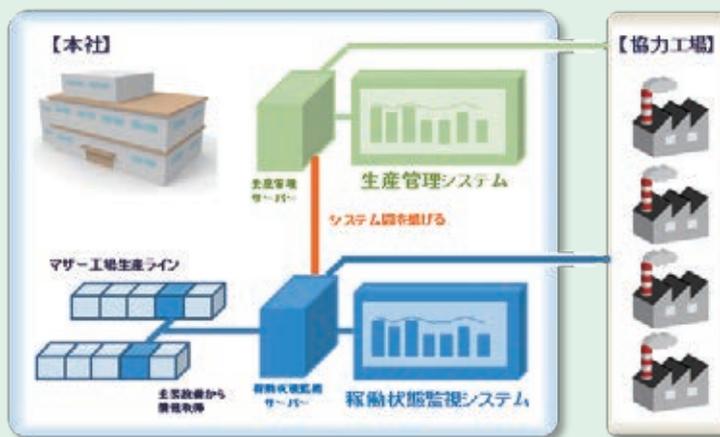
同社の次なる計画は、この設備、システムを協力工場へ展開し、本社から稼働状態を一括管理すること。協力工場稼働している設備詳細情報を遠隔でリアルタイムに取得し生産管理システムと繋げることで、関連会社も含めスマートファクトリー化を見据えている。

IoTに対応したはんだ付け装置



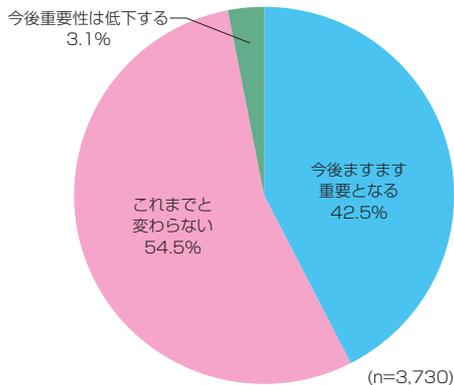
資料：コーセル株式会社

システム連動イメージ



熟練技能のマニュアル化・データベース化について、「熟練技能を有する人材の重要性」に対してはほとんどの企業が「これまでと変わらない」もしくは「今後ますます重要となる」と回答しており、その比率は97.0%に上る（図113-27）。それに対し、熟練技能のマニュアル化・データベース化への取組に関する回答状況を見ると、「予定していない」との回答比率が3割から4割程度と高い割合を占める（図113-28）。しかし、次の図113-29を見ると、熟練技能のマニュアル化・データベース化を「実施している」と回答した企業の65.7%がその効果に関して「熟練技能の継承が容易となった」と回答しており、熟練技能を有する人材を育成していく上で高い効果があることが分かる。熟練技能者の存在は国内生産を増加させるための最も大きな要因となっており（第2節参照）、IoTの活用によって課題解決に結びつく可能性があることを示唆している。

図113-27 今後の熟練人材の必要性について



資料：経済産業省調べ（2015年12月）