

2019年 2月 7日
第 2 回 A I 経済検討会

AI/ICT投資と生産性、AIと雇用・研究開発
～中核の情報通信業は、米国に大きく見劣り
～高度人材の活用、中小企業が有効

日本経済研究センター 研究本部
主任研究員 小林 辰男



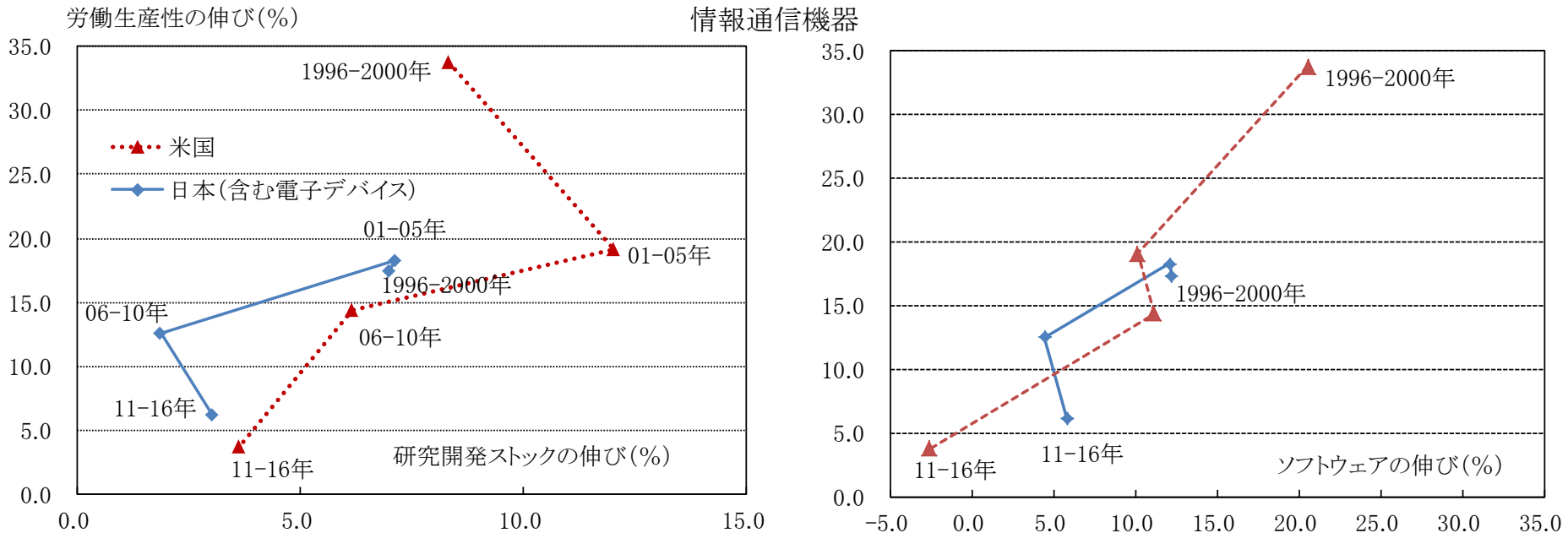
I . マクロ分析 :ICT、投資も人材も活用は不効率

1. 製造業は、日本の方がICT、研究開発投資が生産性向上に役立っている可能性
 - 国内に生産拠点が残る日本は投資効果が国内に
 - 生産体制・拠点のグローバル展開が進む米国は企業に
2. AIやIoTを支えるエレクトロニクスでは日米とも生産性の伸びは急低下
 - 米国ですら、生産体制のグローバル展開で対応も、ハード生産ではアジア勢に押されている側面も
3. 情報通信業（ソフト）では米国が投資、生産性向上で圧倒
 - インターネット時代に対応できなかった日本、消滅の危機も
4. 日本の非製造業のソフト投資は生産性向上にほとんど寄与せず
 - 米国はソフト投資が多い産業ほど生産性の伸びが高い傾向、日本は、金融、運輸、小売でネット時代に対応遅れ
5. 日米とも全体的に生産性の伸びは鈍化傾向

労働生産性とソフト装備率の動き(情報通信関連)

- 情報通信機器(ハード)は日米とも生産性が急低下。米国は水平分業による生産拠点のグローバル展開(例:アップル、クアルコムなど)。日本はエレクトロニクス産業の国内工場の閉鎖・撤退。先進国でエレクトロニクス製品の生産は厳しい状況か。

日米ともエレクトロニクスの生産性は急速に低下

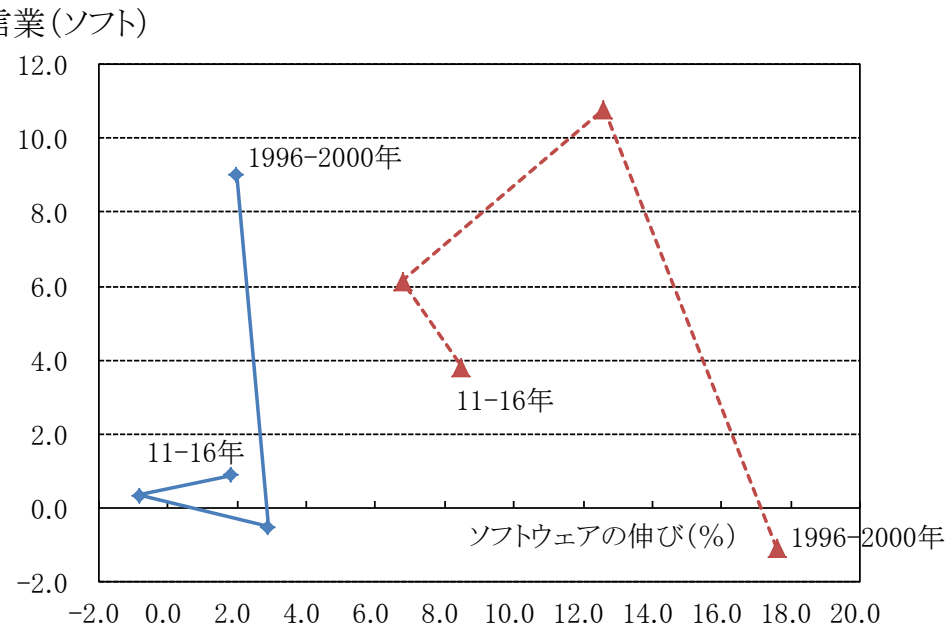
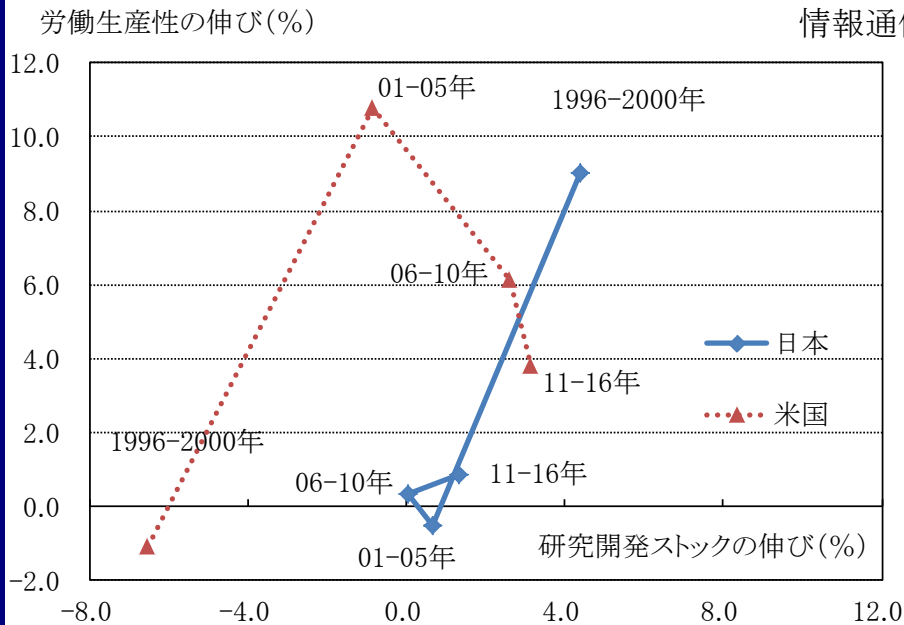


(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

労働生産性とソフト装備率の動き(情報通信関連)

- 情報通信業(ソフト)は、検索やネット通販、SNSを手がけるグーグル、アマゾン、フェイスブック等が台頭した2000年代に米国では研究開発・ソフト投資・生産性が急上昇。対照的に日本はICT革命へ乗り遅れ、生産性、投資とも伸びが急低下。

ソフト産業は、生産性で米国に大きく劣る



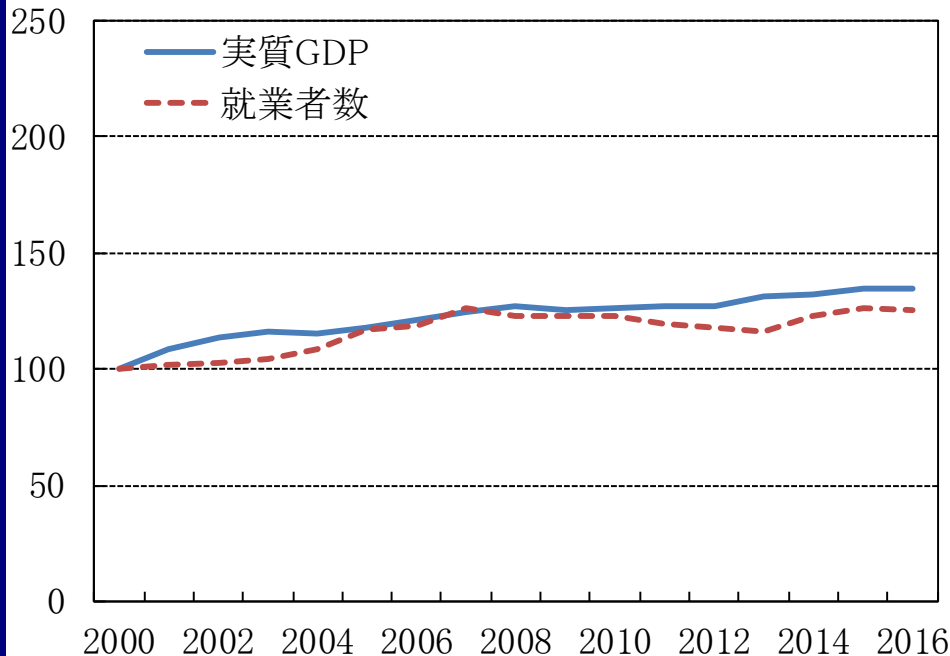
(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

情報通信業では日本は米国に生産性で遅れ

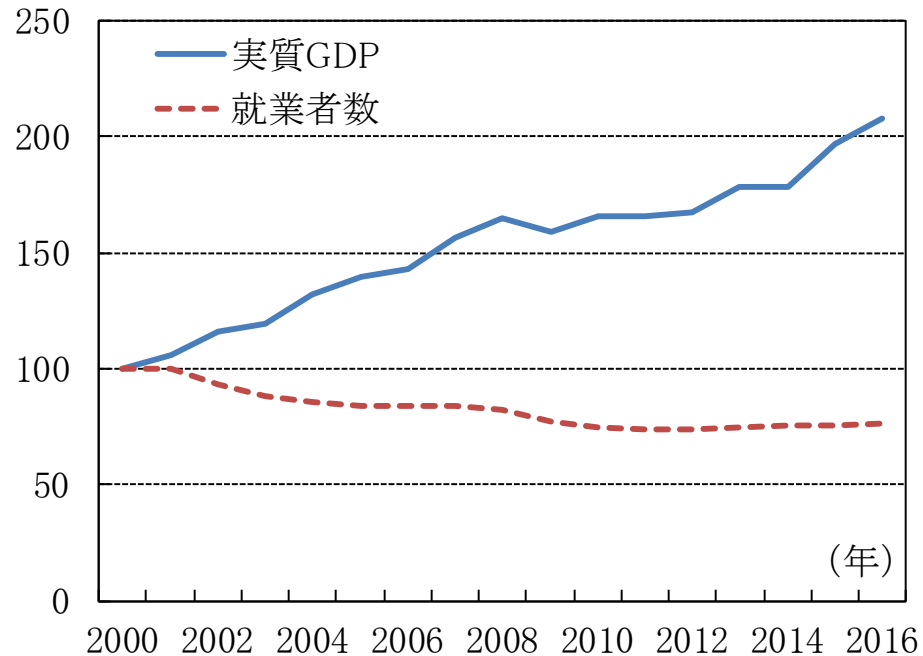
- 日本の情報通信業は就業者数に合わせてGDPが緩やかに増加。
- 米国の情報通信業は、就業者数が減少するなかでGDPを拡大させており、生産性は大幅に向上。

米国では海外へのアウトソーシングや定型業務がコンピュータに置き換わり就業者数は減少

(2000年=100) 日本 情報通信業



(2000年=100) 米国 情報通信業



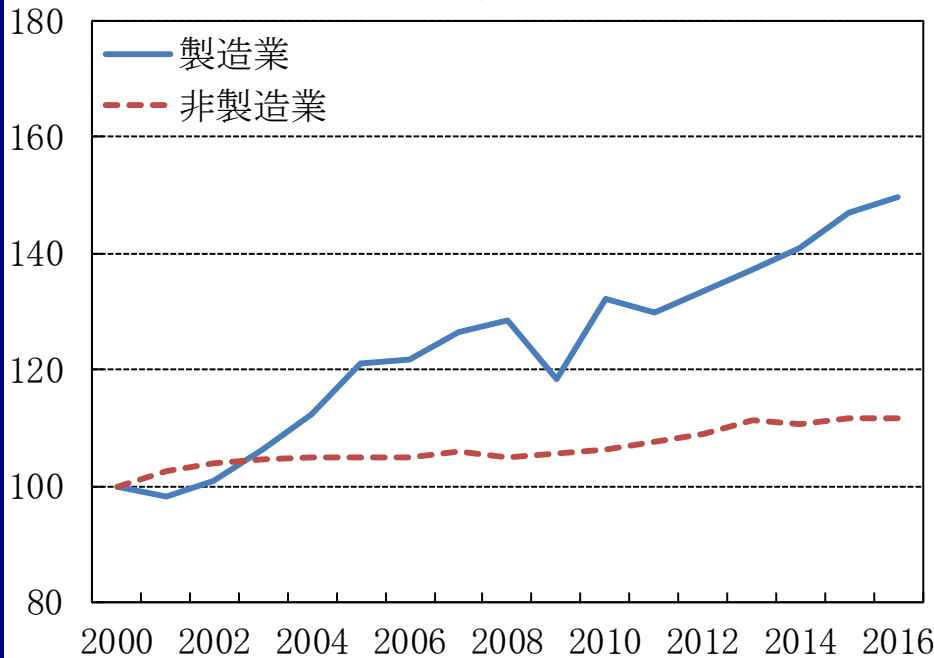
(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

日本では製造業で生産性が向上

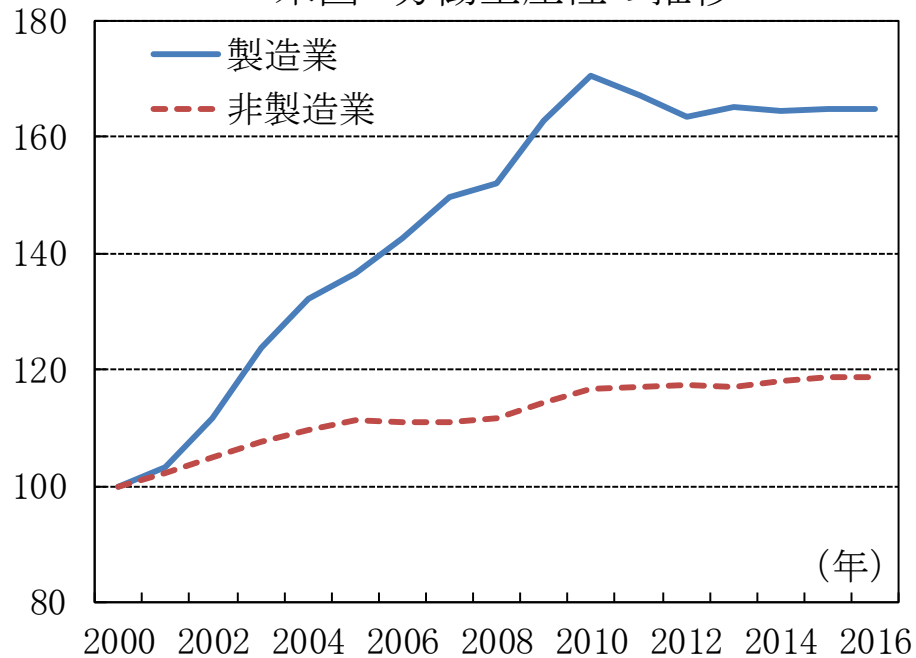
- 足元では日本の製造業の生産性が向上、米国の製造業はリーマン・ショック以降、生産性は伸び悩む。
- 非製造業では、緩やかに生産性が向上。

リーマン・ショック後は日本の製造業で生産性が向上

(2000年=100) 日本 労働生産性の推移



(2000年=100) 米国 労働生産性の推移

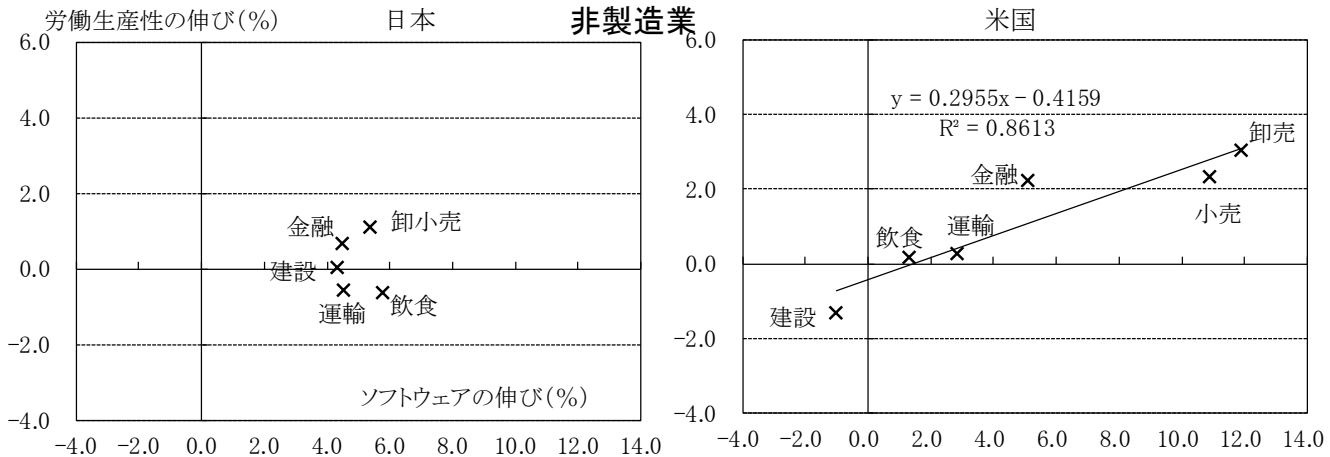
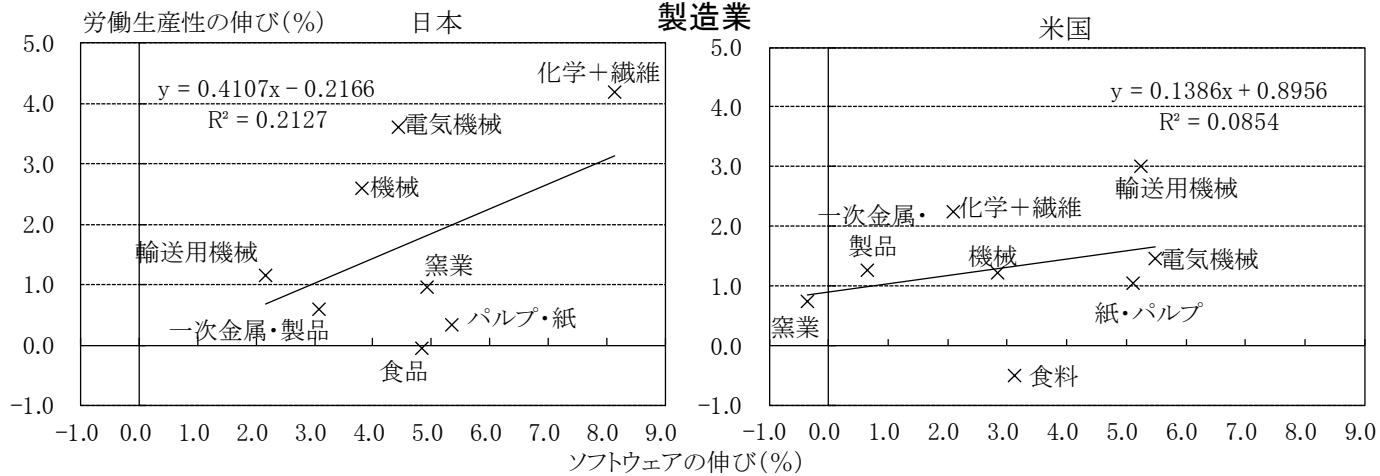


(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

ソフトウェア投資が積極的な産業は生産性が高い

- ソフトウェア装備率の伸びが高い産業は生産性の伸びが高い傾向。
- 日本の非製造業では、ソフトウェアと生産性の関係が認められない。

ソフトウェア装備率と労働生産性の関係(1995-2016年の変化)



(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

研究開発は日本の製造業で生産性と関係

- 日本の製造業では、研究開発ストックの伸びが高い産業は生産性の伸びが高い傾向。
- 非製造業では、研究開発ストックと生産性の関係性は低い。

研究開発ストックと労働生産性の関係(1995-2016年の変化)

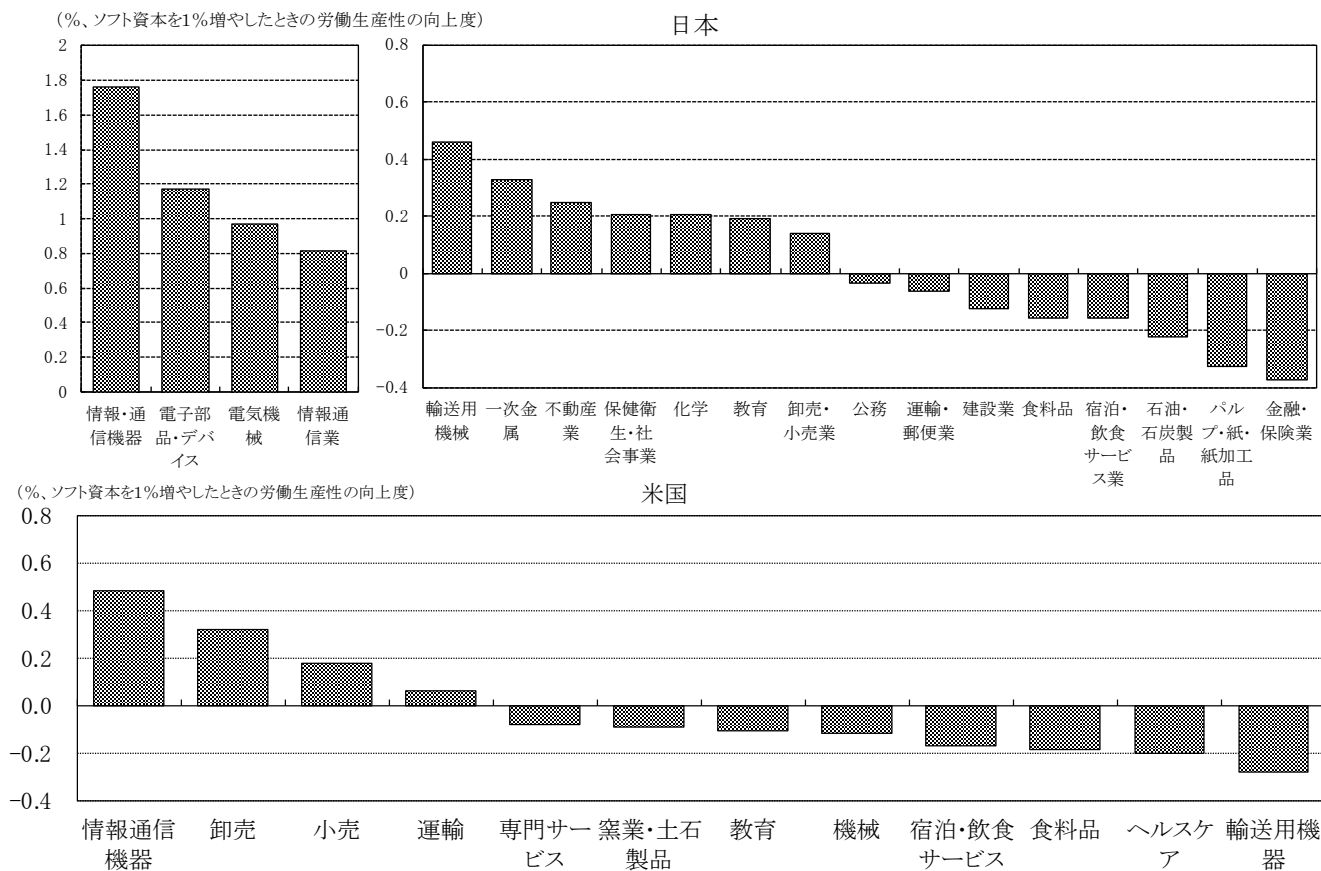


(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

業種により異なるソフトウェア投資効果

- 情報通信機器、電子部品・デバイス、電気機械、情報通信業といったICT関連産業では投資効果が大きいが、マイナスとなる産業も存在。
- 日本では金融・保険業等で、生産性への効果はマイナスに。

主要産業においてソフト投資が生産性向上に与える影響

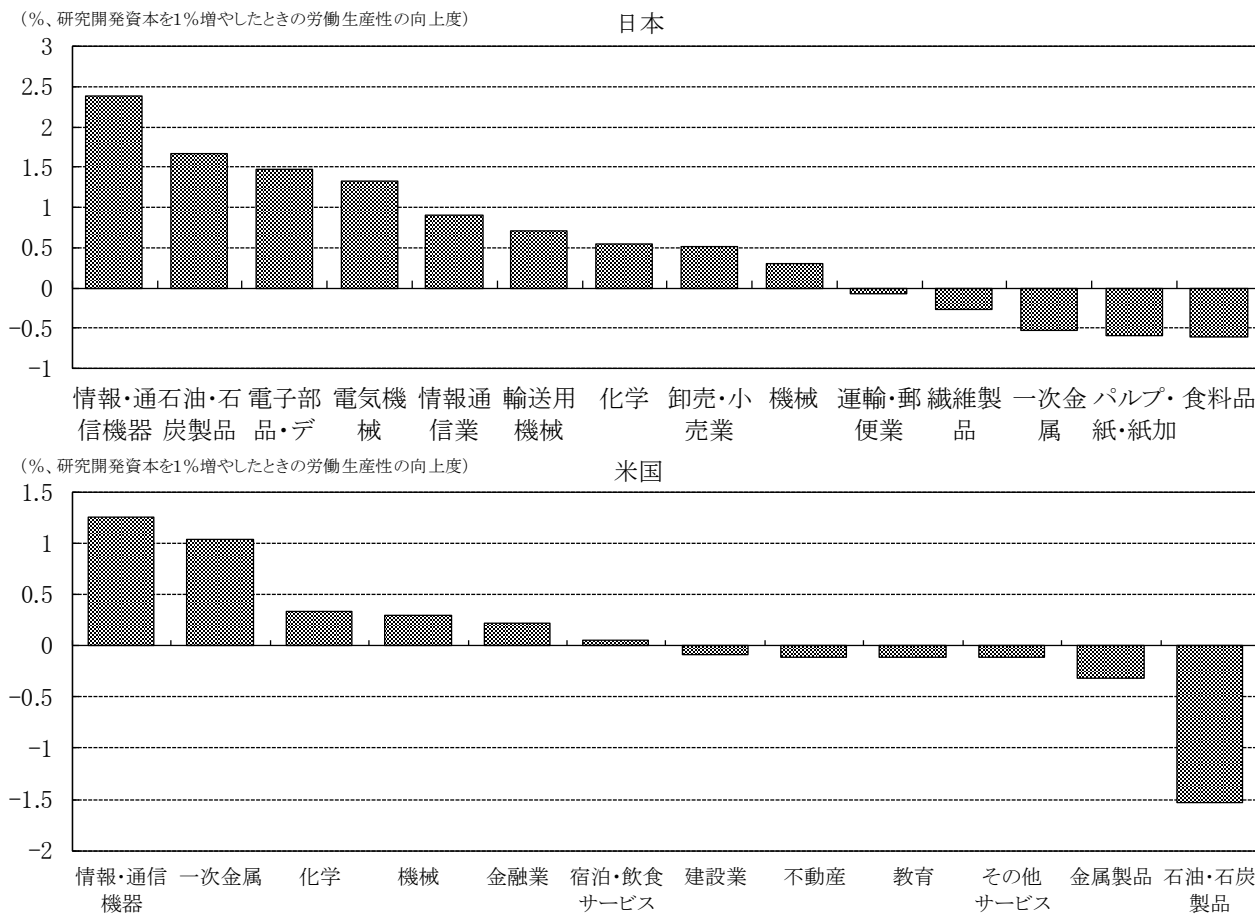


(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

業種により異なる研究開発投資効果

- 研究開発投資の効果は、ICT関連産業のほか、化学や機械等大きな資本を有する製造業で投資効果が大きい。

主要産業において研究開発投資が生産性向上に与える影響

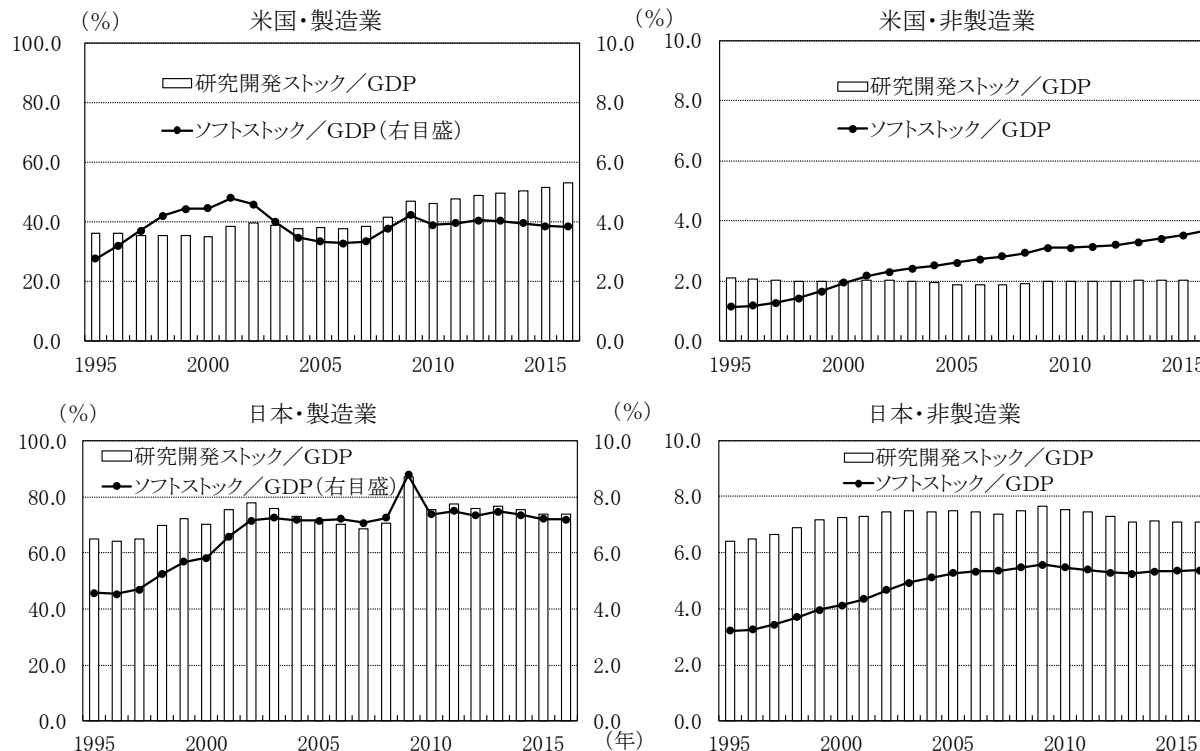


(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

日本の非製造業では、研究開発、ソフト資産が非効率？

- 日本の非製造業では、研究開発、ソフト投資をしていないのではなく、非効率な資産がある可能性。
- 製造業は研究よりも開発の側面が強く、ストックが生産性に一定割合で結びついているか？

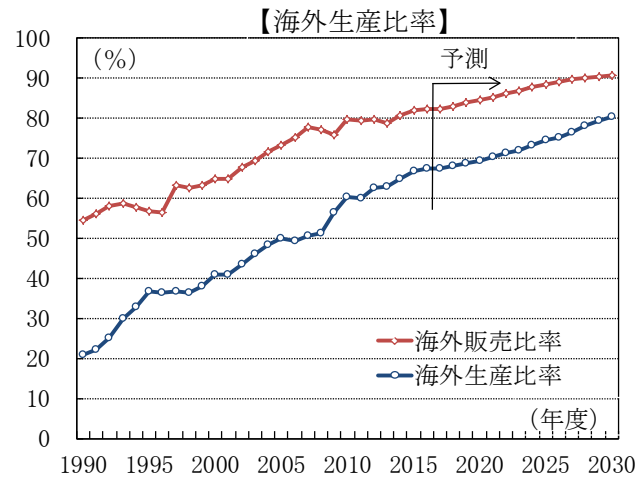
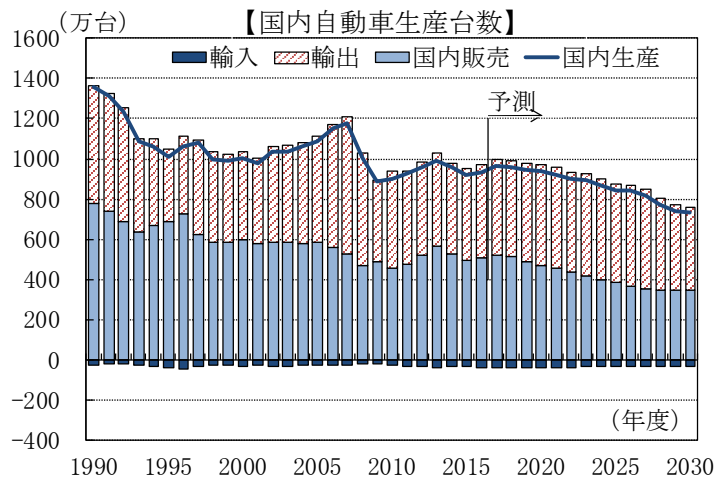
研究開発ストック、ソフトウェア資本を多く抱える日本



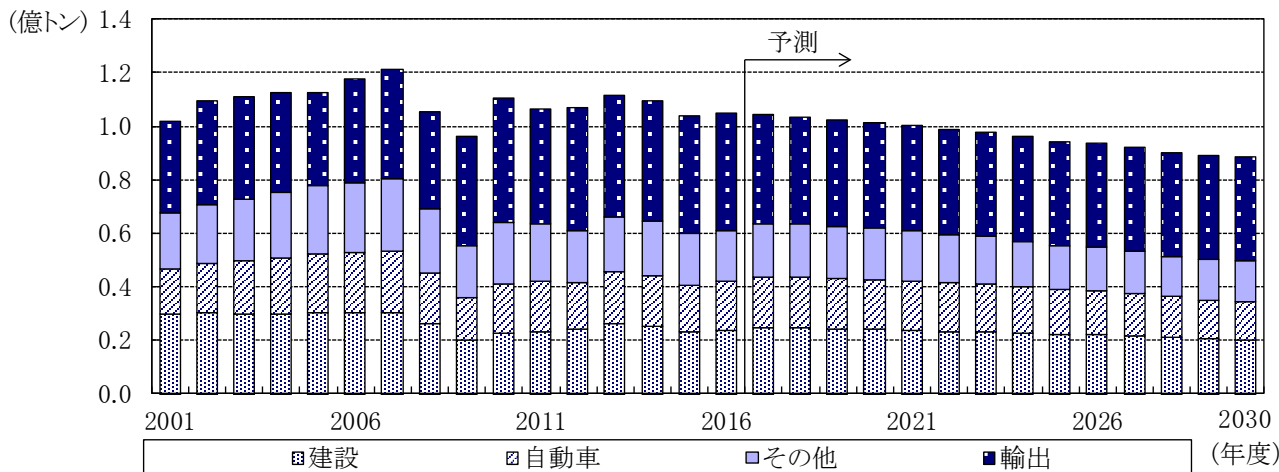
(資料) 国民経済計算、米国経済分析局、米国労働統計局

製造業だけには頼れない→財への需要は↓

- 高齢化、人口減少、社会スタイルの変化で内需は減少。
国内の牽引役の自動車産業も減少へ



自動車生産の減少により鉄鋼に対する派生需要も減少(粗鋼生産量)

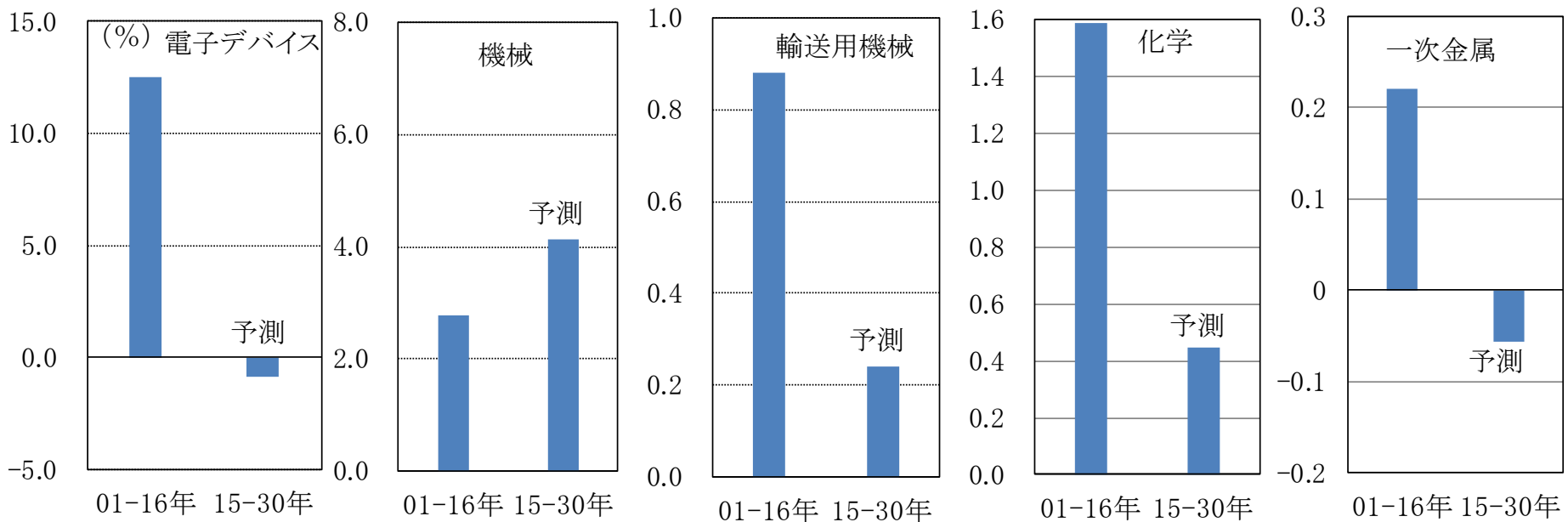


(資料) 日本経済研究センター「産業ピックアップ」 (2017年12月)

質の向上で量の低下を補うことは、今後、難しい

- 内需の減少でエレクトロニクス等の製造業は生産性が低下する恐れも。

労働生産性の伸びの予測(15年間の積算)

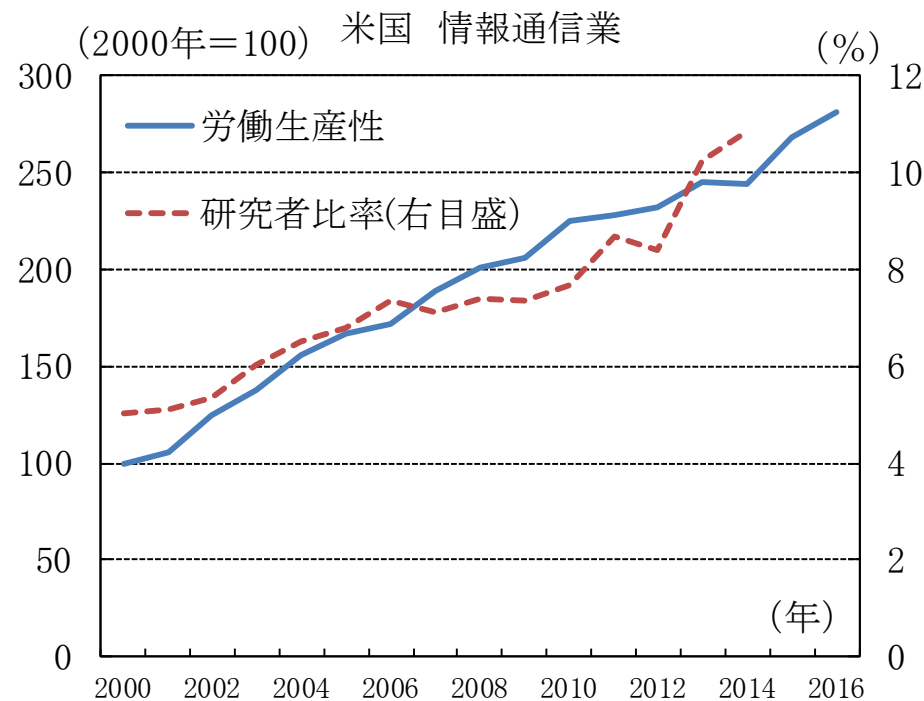
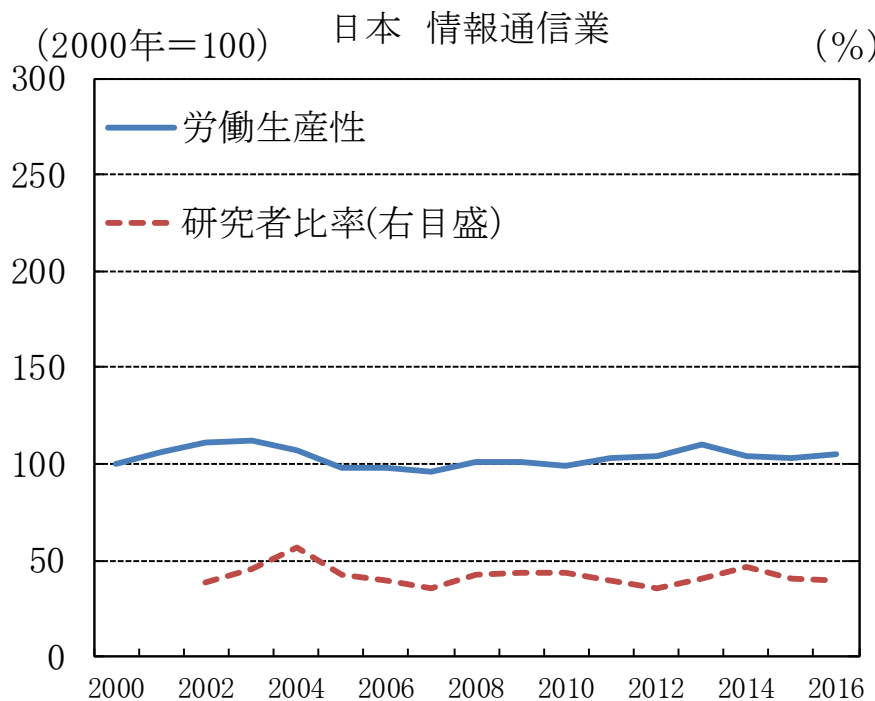


(資料) 日本経済研究センター「産業ピックアップ」 (2018年3月)

イノベーションの鍵を握る研究者

- 生産性が大幅に向上した米国の情報通信業では、生産性の向上とともに研究者比率が上昇している。
- 生産性が伸び悩む日本の情報通信業では、研究者比率も低い水準で推移している。

米国では研究者比率とともに生産性が向上

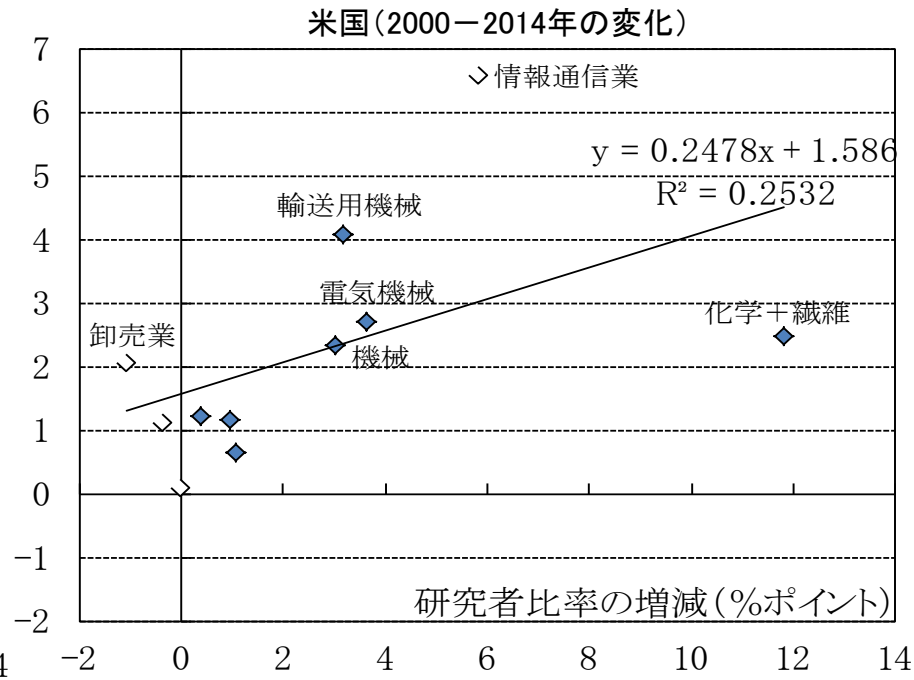
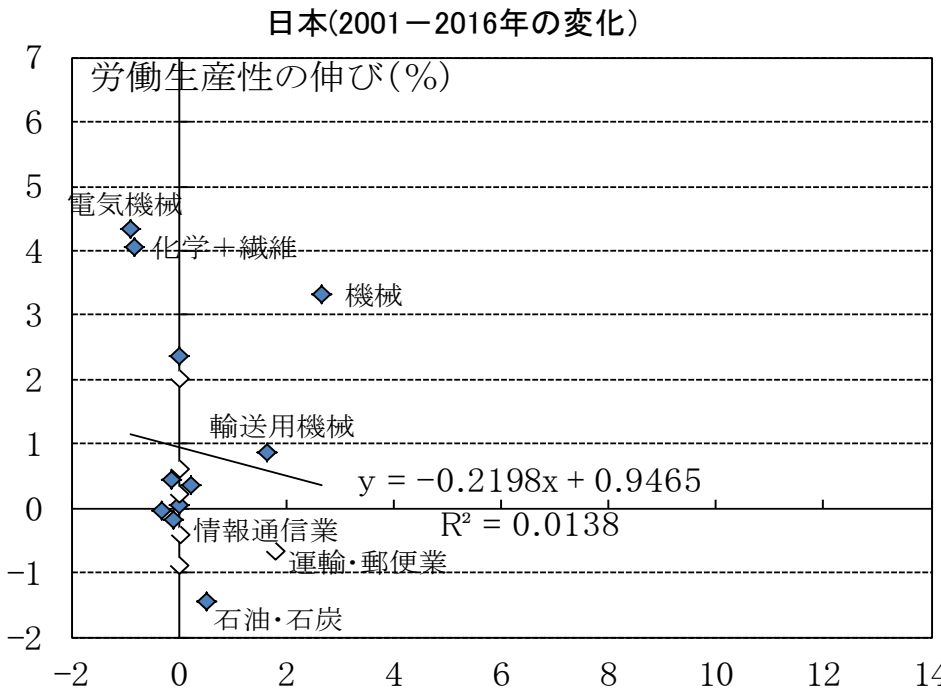


(資料) 内閣府国民経済計算、総務省科学技術研究調査、米国経済分析局、米国労働統計局、米国国立科学財団

研究者比率の増加と生産性の向上に関係性

- 日本では、研究者比率の増加と生産性向上に関係性はあまり見られないものの、米国では、研究者比率が上昇した産業の生産性は向上している傾向。

研究者比率と労働生産性の関係



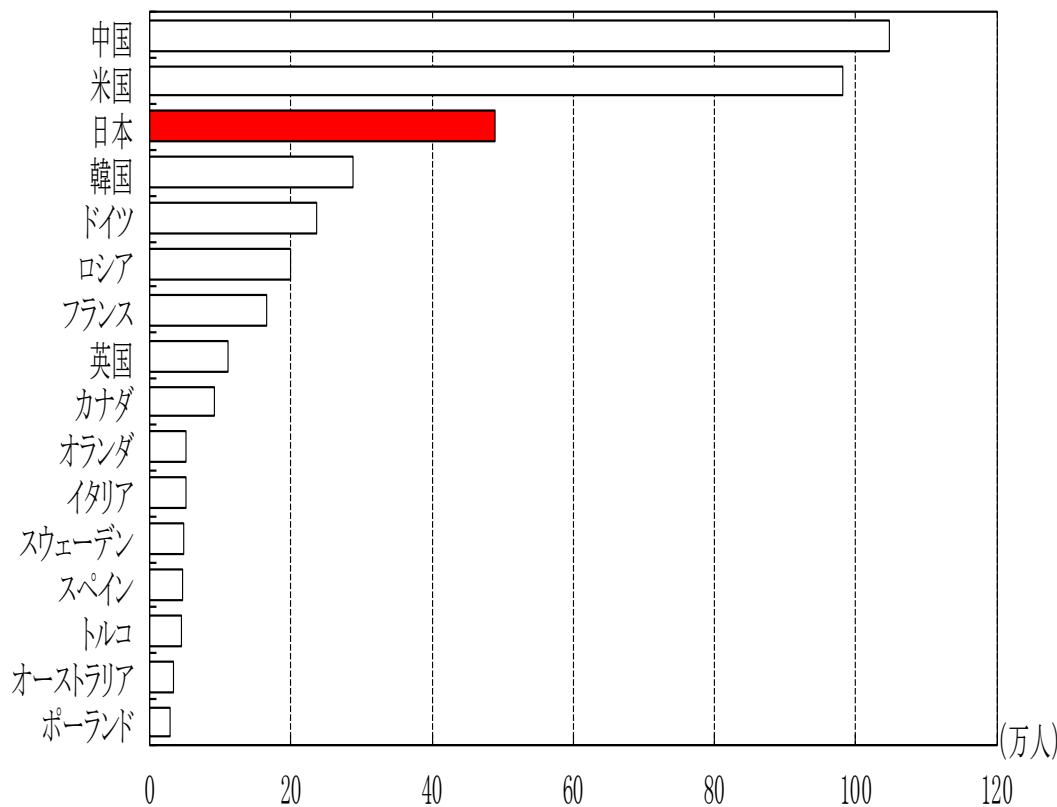
(注) 塗りつぶしプロットが製造業、白抜きプロットが非製造業、近似曲線は製造業、非製造業合わせたもの。

(資料) 国民経済計算、科学技術研究調査、米国経済分析局、米国労働統計局、米国国立科学財団

研究者の多い日本

- 日本は研究者を多く抱えるものの製造業に偏っている。

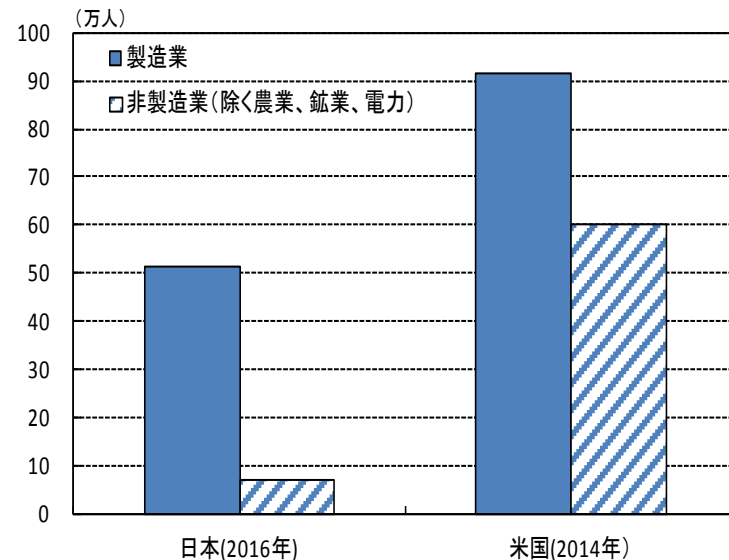
主要国の研究者数(産業分野)



(注) 米国、フランス、トルコ、オーストラリア、ポーランドは2015年、カナダは2014年、その他は2016年の値。

(資料) OECD. stat

日本では、製造業に研究者が偏る



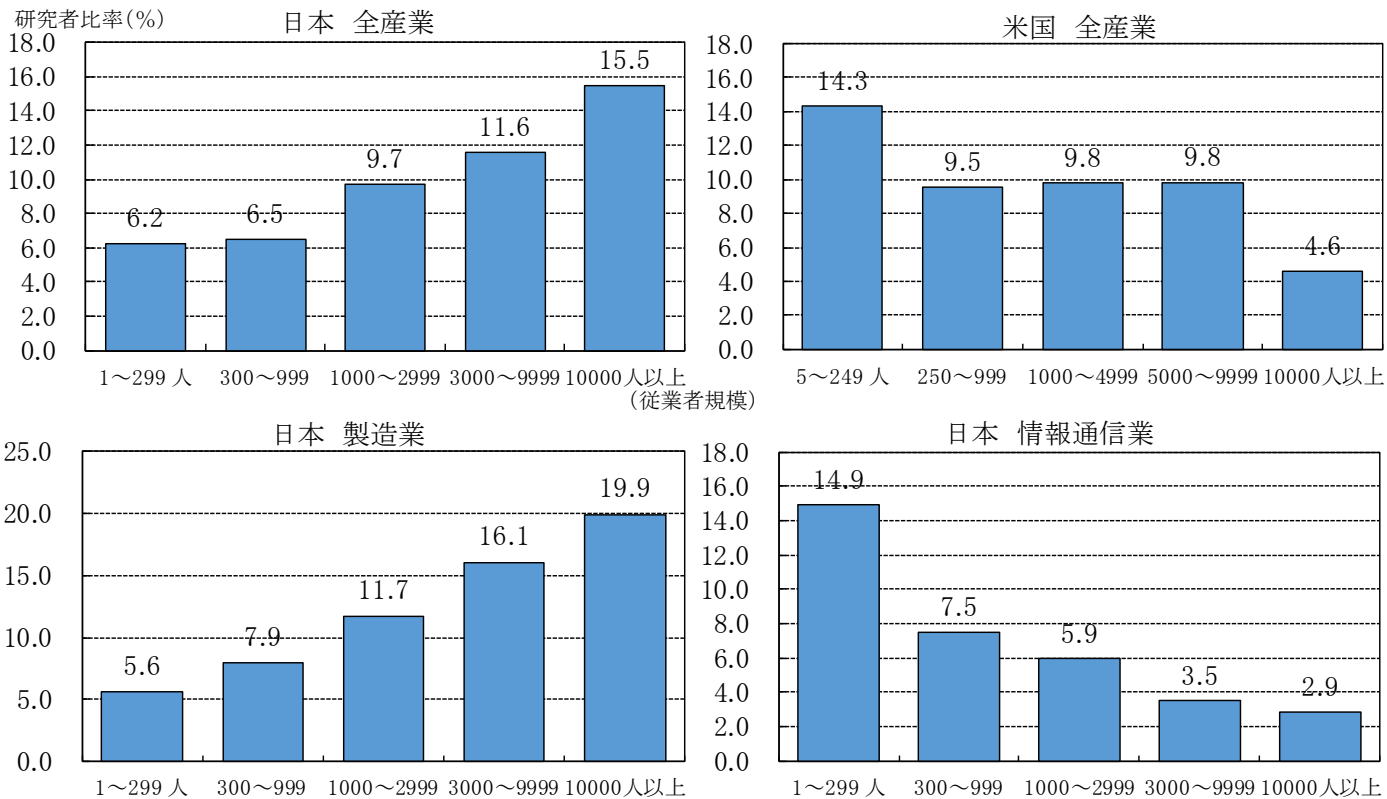
(注) 研究補助者等含む。

(資料) 科学技術研究調査、米国国立科学財団

日米で異なる研究者の分布

- 日本では、製造業を中心に大きい規模の企業ほど研究者比率は高いのに対し、米国では小さい規模の企業ほど研究者比率が高い。
- ICT分野を代表する情報通信業では、小規模な企業ほど研究者比率は高く、大企業がスタートアップ等から技術を取り込む動きも見られる。

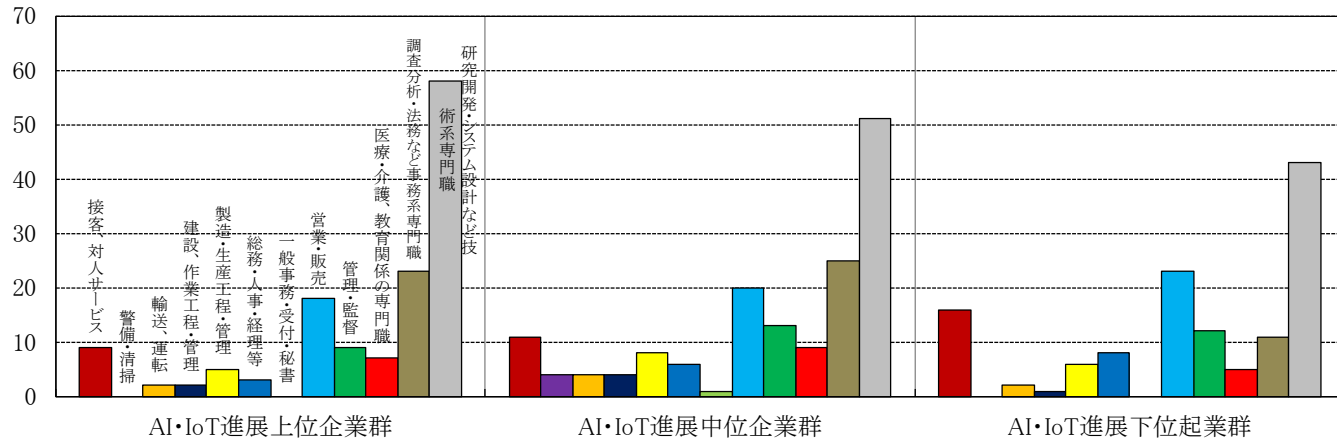
日米で傾向が異なる企業規模別(従業員数)の研究者比率



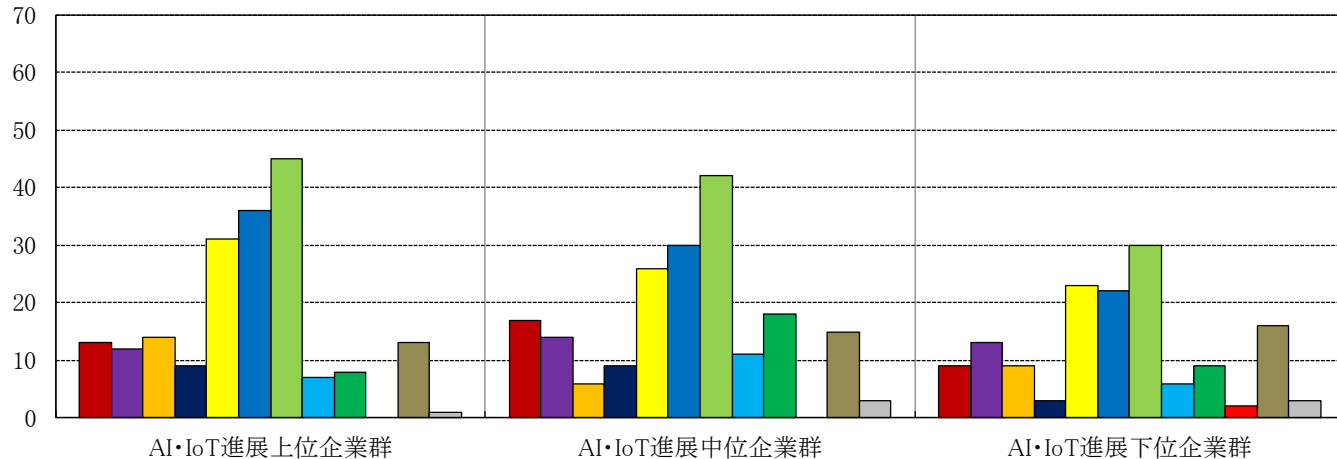
(資料) 科学技術研究調査、米国国立科学財団

AI・IoT活用で2極化する可能性が高い雇用

増える見込みの仕事



減る見込みの仕事



(注) AI・IoT進展上位・中位・下位企業群は、AI・IoTの導入状況及びそのねらいの進展度合に関する回答を点数化して分類
 (資料) 日本経済研究センター「A I ・ I o T の取組みに関する調査」

Ⅱ. ミクロ分析：活用環境を整備すれば博士投入は、生産性向上に

1. むやみに博士人材を投入しても生産性向上に結びつかず
→ 活用環境なしに増やしても意味なし
2. 大企業よりも中小で研究者の効果
→ベンチャーなどでは研究者自身が中核人材になる。
3. 研究補助者の増員は生産性にプラス
→有能な研究者が本来の仕事に集中でき、能力引き出しに
4. 研究者比率（従業員比）を増やすと生産性にプラス
成果を実用化するには、それなりの手間暇
(限界費用ゼロで成果は伝わらない)

大企業、製造業が研究者を雇用

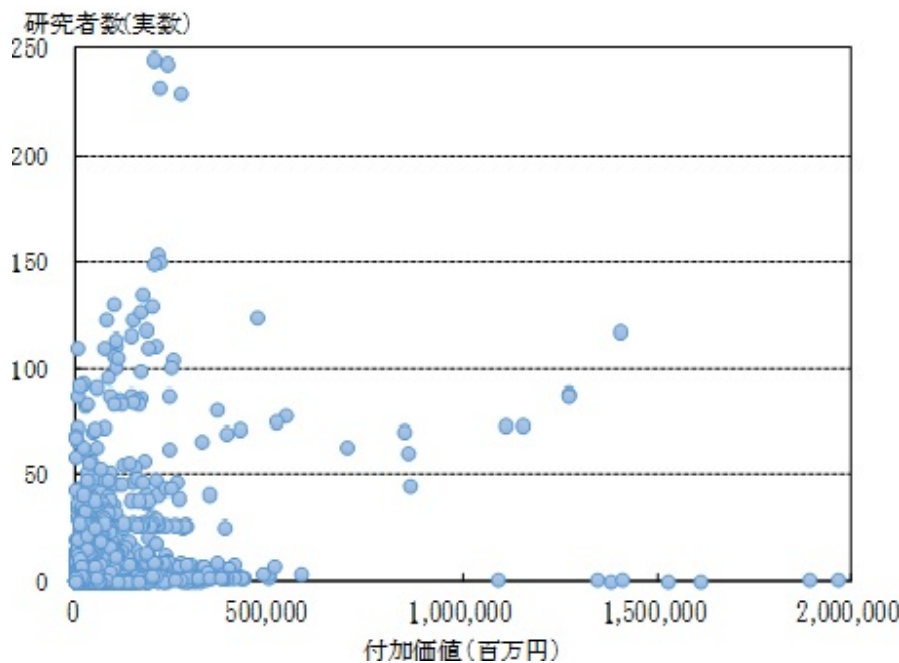
- 「科学技術研究調査」対象企業の約7割が研究者を雇用
- 雇用企業は企業規模の比較的大きい企業、また、製造業が中心

(20,162社)	研究者あり企業(14,154社)				研究者なし企業(6,008社)			
	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
付加価値	13,071.8	57,432.6	1,966,743	1	6,150.5	16,516.5	320,566	4
資本	70,686.8	338,763.9	5,775,421	3	39,406.1	123,625.5	1,210,389	1
従業員数	2,011.6	4,521.8	72,721	5	1,033.6	3,508.0	121,525	3
年齢(2015年ベース)	67.9	19.6	143	3	59.4	24.5	143	2
研究者(博士除く)	215.8	841.8	23,812	0	0.0	0.0	0	0
補助者	25.8	99.2	6,055	0	0.0	0.0	0	0
技能者	26.2	183.0	6,383	0	0.1	2.5	73	0
博士	10.1	41.3	844	0	0.0	0.0	0	0
	比率				比率			
東京本社	46.2%				56.5%			
大阪本社	14.4%				12.7%			
化学	13.3%				0.8%			
医薬	3.9%				0.1%			
機械	13.0%				1.8%			
電機	14.2%				1.2%			
自動車	5.4%				0.6%			
精密	2.9%				0.5%			
小売	0.1%				2.7%			
通信	0.6%				3.1%			
サービス	5.9%				16.4%			

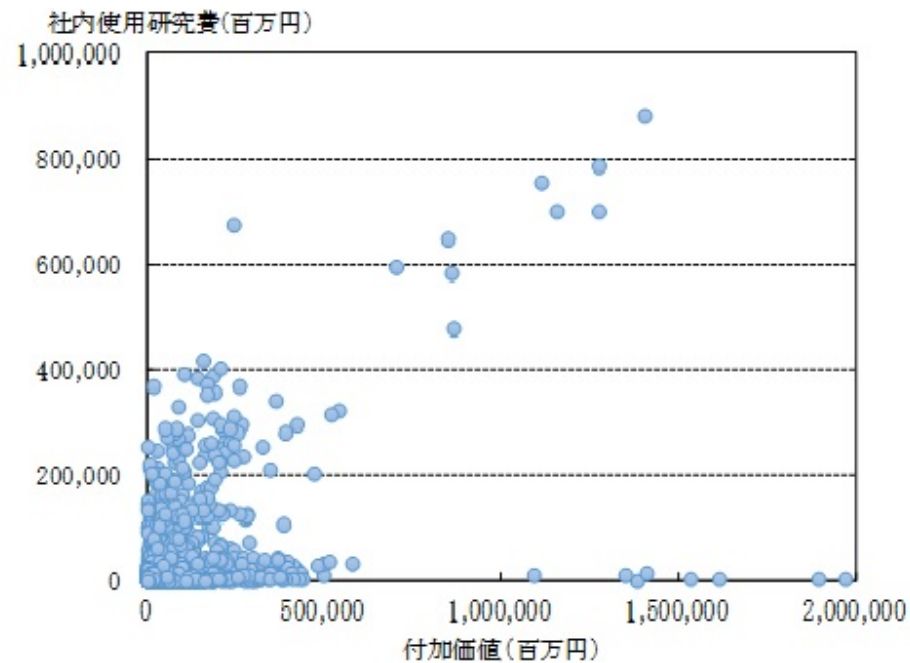
必ずしも単純ではない研究者・研究費と付加価値

- 研究者および研究費と付加価値には正の関係を示すグループがありそう
- ただし、必ずしも明確な一定の関係が見えるわけではなく、他の要素を勘案した十分な検討が必要

付加価値と研究者数の関係



付加価値と研究費の関係



研究者は生産に貢献しないのか

- 労働生産性(一人当たり付加価値)型の生産関数に研究者数を導入して推計→研究者はマイナスに有意。
- 一方で、研究補助者は生産性にプラスの効果がある。
- 推計上の論点
 - 原因と結果が逆では？→ラグをとっても同様の傾向
 - 推計上の問題(多重共線性)は？→VIFでは大きな問題無し

	係数	p値
技術貿易	-4.81E-02	0.018 **
親子会社間技術輸入	-2.44E-09	0.926
親子会社間技術輸出	-4.23E-07	0.006 ***
親子会社間以外技術輸入	-1.29E-08	0.438
親子会社間以外技術輸出	2.78E-08	0.548
社内で研究実施	-3.98E-01	0.000 ***
社外でのみ研究実施	5.97E-02	0.414
研究者	-4.13E-05	0.061 *
研究補助者	2.66E-04	0.019 **
技能者	-1.37E-04	0.187
研究者のうち博士取得者	-7.40E-04	0.026 **
社内研究費	4.40E-08	0.000 ***
社外受入研究費	5.61E-08	0.041 **
社外支出研究費	1.75E-08	0.288

(注) ***は1%、**は5%、*は10%水準で統計的に有意であることを示す。

中小企業における研究者の貢献

- 従業員数300人を基準とし、大企業、中小企業として分析
- 中小企業では研究者がプラス→企業規模が小さい中での研究は、研究成果が伝播しやすい可能性

	従業員数300人以上		従業員数300人未満	
	係数	p値	係数	p値
技術貿易	-4.45E-02	0.023 **	-1.15E-01	0.085 *
親子会社間技術輸入	1.67E-07	0.046 **	5.15E-05	0.005 ***
親子会社間技術輸出	-2.40E-08	0.076 *	-2.43E-07	0.929
親子会社間以外技術輸入	-7.20E-08	0.118	-6.29E-06	0.048 **
親子会社間以外技術輸出	9.11E-08	0.004 ***	2.14E-05	0.000 ***
社内で研究実施	-1.56E-01	0.000 ***	-5.82E-01	0.000 ***
社外でのみ研究実施	-4.69E-02	0.542	3.33E-01	0.049 **
研究者	-4.40E-05	0.020 **	2.18E-03	0.020 **
研究補助者	2.54E-04	0.010 **	3.41E-03	0.375
技能者	-2.20E-04	0.016 **	-3.67E-03	0.339
研究者のうち博士取得者	-7.83E-04	0.006 ***	1.73E-02	0.089 *
社内研究費	4.85E-08	0.000 ***	2.04E-07	0.685
社外受入研究費	5.26E-08	0.029 **	3.98E-06	0.005 ***
社外支出研究費	2.37E-08	0.052 *	2.47E-07	0.632
	15,193社		4,969社	

(注) ***は1%、**は5%、*は10%水準で統計的に有意であることを示す。

研究者の比率を考慮するとプラスの貢献

- 研究者について従業員数に対する比率による生産への貢献をみると、プラスに有意。
- 研究者数ではマイナス・研究者比率ではプラス→研究成果は限界費用ゼロで伝播する情報財的なものではなく、組織内・部署内で一定規模での配置を行うことが重要か

	係数	p値	
技術貿易	-7.13E-02	0.000	***
親子会社間技術輸入	1.23E-07	0.195	
親子会社間技術輸出	-1.17E-08	0.417	
親子会社間以外技術輸入	-8.45E-08	0.076	*
親子会社間以外技術輸出	7.97E-08	0.025	**
社内で研究実施	-4.32E-01	0.000	***
社外でのみ研究実施	6.66E-02	0.359	
研究者比率	5.98E-02	0.001	***
研究補助者比率	1.65E+00	0.000	***
技能者比率	-1.49E+00	0.000	***
研究者のうち博士取得者比率	6.64E+00	0.000	***
社内研究費	2.33E-08	0.000	***
社外受入研究費	6.96E-08	0.009	***
社外支出研究費	1.55E-08	0.246	

(注) ***は1%、**は5%、*は10%水準で統計的に有意であることを示す。

大企業でより重要な研究者の配置

- 研究者比率でみた場合の生産への貢献は大企業でより顕著
- 大企業における研究組織・研究環境の在り方、また、研究者の一定規模での配置はより重要な問題

	従業員数300人以上		従業員数300人未満	
	係数	p値	係数	p値
技術貿易	-7.89E-02	0.000 ***	-9.80E-02	0.139
親子会社間技術輸入	1.76E-07	0.036 **	2.18E-05	0.246
親子会社間技術輸出	-1.35E-08	0.289	9.16E-07	0.734
親子会社間以外技術輸入	-7.36E-08	0.081 *	-1.06E-05	0.002 ***
親子会社間以外技術輸出	7.05E-08	0.025 **	2.21E-05	0.000 ***
社内で研究実施	-2.07E-01	0.000 ***	-5.94E-01	0.000 ***
社外でのみ研究実施	-3.63E-02	0.636	3.33E-01	0.048 **
研究者比率	7.36E-01	0.000 ***	3.52E-02	0.132
研究補助者比率	1.50E+00	0.000 ***	1.83E+00	0.000 ***
技能者比率	-3.48E-01	0.392	-7.25E-01	0.063 *
研究者のうち博士取得者比率	3.55E+00	0.008 ***	6.64E+00	0.000 ***
社内研究費	2.17E-08	0.000 ***	-2.13E-07	0.482
社外受入研究費	2.89E-08	0.234	4.18E-06	0.003 ***
社外支出研究費	2.09E-08	0.076	2.86E-07	0.577
	15,193社		4,969社	

(注) ***は1%、**は5%、*は10%水準で統計的に有意であることを示す。

これから行う分析の方針案

- 企業のICT、AI導入の現状把握
- ICT、AIの導入が進む条件、企業属性は
- 企業のICT、AI導入は生産性に結びついているか

<利用予定のデータ>

- 総務省「通信利用動向調査」（2017年調査はN=2,592）
 - 2017年調査から、「IoT・AIそれぞれに関してシステムやサービスを導入していますか」、「（IoTで）収集・蓄積したデータをどの程度活用していますか」、「（IoTを）導入されない理由は何ですか」などIoT・AI導入に関する質問。
- 「AI・IoTの取組に関する調査」（東証1部上場企業・有力未上場企業対象）を2017年調査に続き実施中（2017年調査はN=268）
 - IoT、AIに関する導入状況、導入時期
 - IoT、AI導入のねらい（新市場開拓、顧客単価増、顧客数増、コスト削減）に関し、3年前と比べどのように進展したか
 - AI活用に必要なデータの収集状況
 - AI・IoT利活用により、今後3～5年でどのような仕事が増える／減るか
- 総務省「科学技術研究調査」の研究者数・研究費の情報が活用できるかも検討