

経済学者は人工知能の夢を見るか： 第2次機械時代の経済社会構想

2016年2月2日

総務省ICTインテリジェント化影響評価検討会議

若田部 昌澄

早稲田大学政治経済学術院教授

wakatabe@waseda.jp

概要

- * I. 人工知能はどこまで発達するか？「特異点」は到来する
のか？
 - * ⇒これらは自然科学者、エンジニアの仕事
 - * ⇒社会科学者の仕事は何か？
- * II. 「ロボットの台頭」(Ford 2015)、「第二次機械時代」
(Brynjolfsson and McAfee 2014)が到来する条件は何か？
その時に必要な制度・政策は何か？
 - * 経済成長のゆくえ
 - * 対応策
 - * 日本の課題と機会

結論

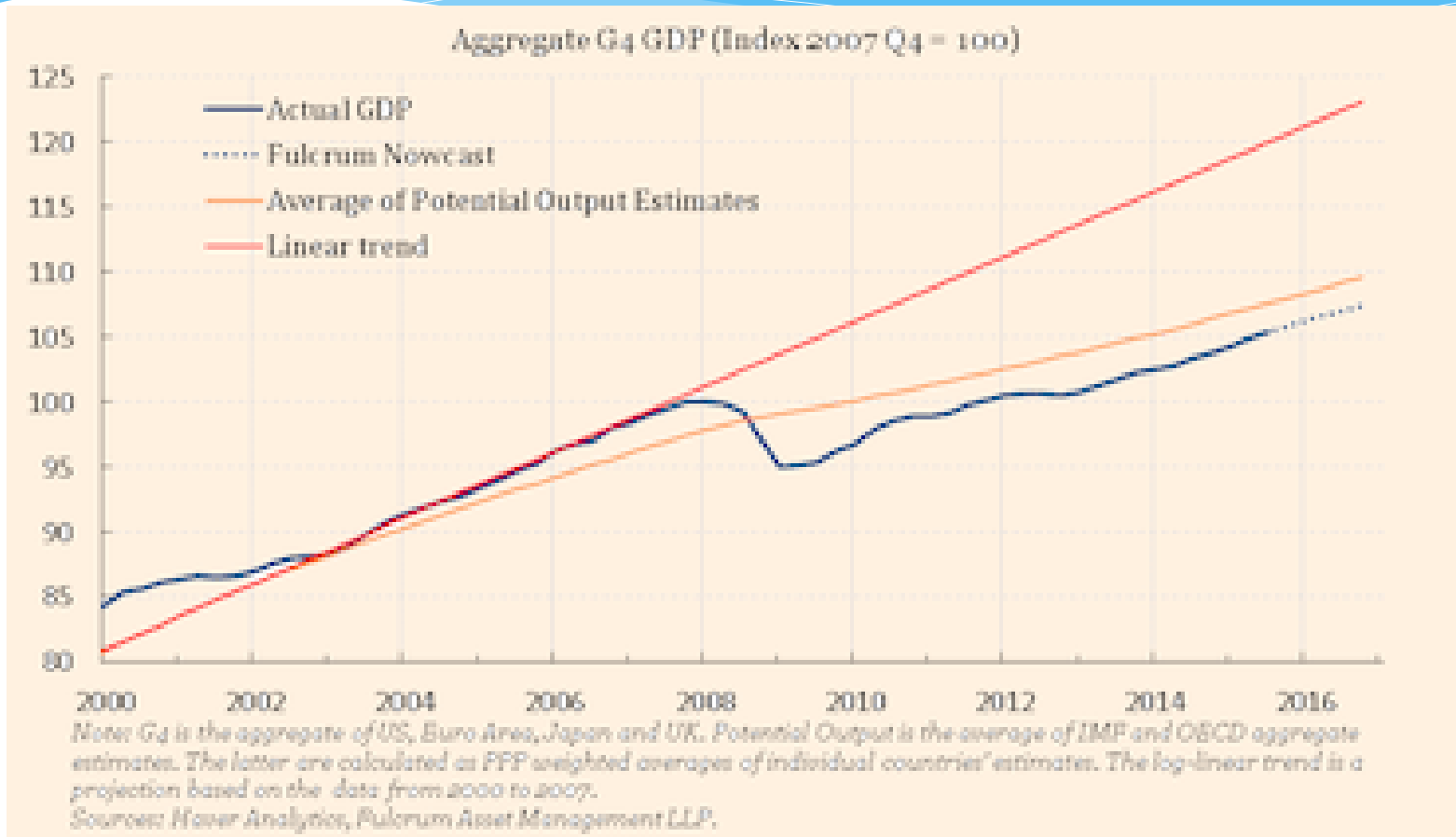
- * 1. 第二次機械時代は、自動的にはやってこない
- * 2. 第二次機械時代を可能にし、かつそれを望ましいものにするための経済社会構想が必要

世界の経済論壇の3大焦点： 長期停滞、格差増大、ロボットの台頭

- * リーマン・ショック以降の世界経済の停滞
- * 1. 長期停滞 (Secular Stagnation)
 - * A. 需要不足説 Larry Summers, Paul Krugman vs. Ben Bernanke
 - * IT化⇒投資費用低下
 - * 人口減少⇒期待成長率低下⇒投資低下
 - * Alvin Hansen 1939
 - * B. 生産性停滞説 Robert Gordon 2015
- * 2. 格差増大
 - * Thomas Piketty 2014, Anthony Atkinson 2015
- * 3. ロボットの台頭
 - * Brynjolfsson and McAfee 2011, 2014, Tyler Cowen 2013

長期停滯？

<https://next.ft.com/content/6c4bf745-6f57-33b7-be72-f64c4c903a21>



I. 「第二次機械時代」 「専門家」の意見は？

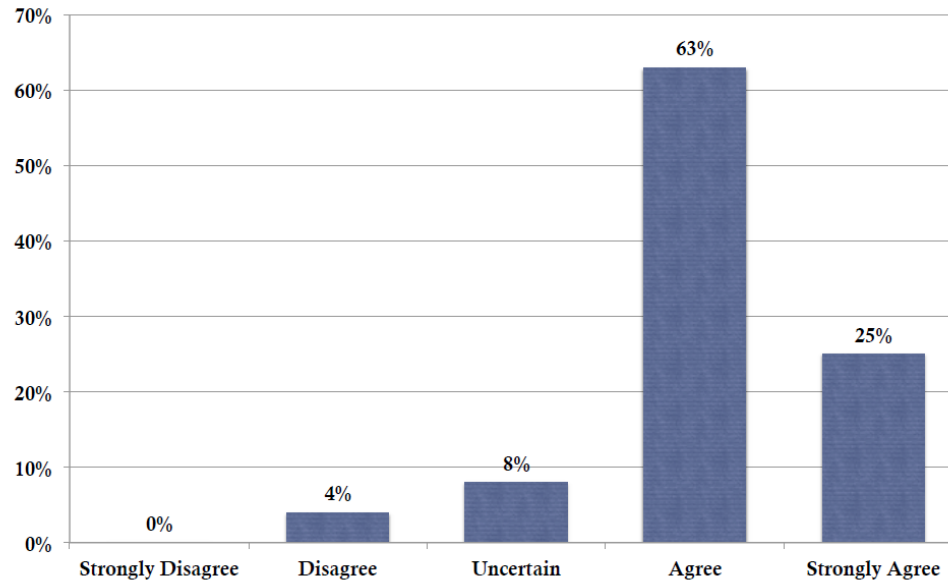
- * 1. PewResearchCenter, 2014
- * The economic impact of robotic advances and AI— Self-driving cars, intelligent digital agents that can act for you, and robots are advancing rapidly. Will networked, automated, artificial intelligence (AI) applications and robotic devices have displaced more jobs than they have created by 2025?
- * Yes 48% vs. No 52%
- * 2. Chicago Booth IMG Forum, 2014

Chicago Booth IGM Expert Poll

歴史をみると自動化は影響あるか

Figure 1. Chicago Booth IGM Expert Poll: Impact of Automation on Employment and Wages

A. Advancing Automation has Not Historically Reduced Employment in the United States...



中位賃金の停滞はITの影響か？

B. Information Technology and Automation Are a Central Reason Why Median Wages Have Been Stagnant in the US Over the Past Decade, Despite Rising Productivity.

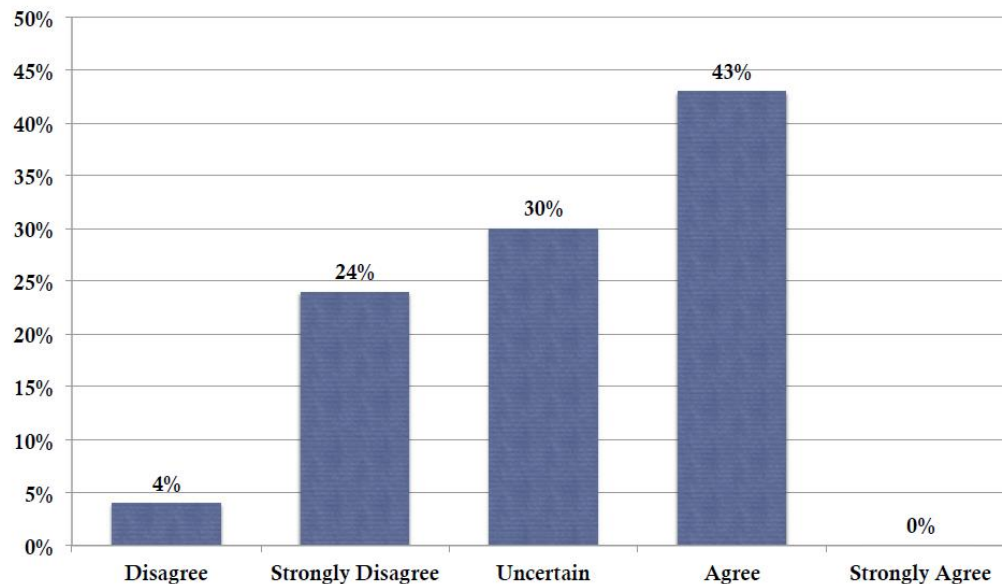


Figure 1 notes. Survey date February 25, 2014, available at http://www.igmchicago.org/igm-economic-experts-panel/poll-results?SurveyID=SV_eKbRnXZWx3jSRBb (accessed 3/26/2014)

Ⅱ. 「第二次機械時代」の経済社会

- * これまでの経済学の「常識」
- * 「技術的失業」、「テクノロジー失業」の神話
- * 非経済学者の抱く「雇用創出 (make work) バイアス」
- * 「経済学者は前言をしばしばひるがえすことで有名であるが、技術に対する賛成の立場を修正する必要があると思っている経済学者はまずいない」(Caplan 2007, 42; 邦訳86頁)

生産関数から考える

- * $Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$
- * 1. 労働と資本の代替性と補完性
 - * 資本増大 \Rightarrow 労働の限界生産力増大
 - * 資本増大 \Rightarrow 労働減少
- * 2. 価格の変動と需要の弾力性
- * 3. 知識
 - * 知識とは何か？暗黙の知識 (Autor 2014)
 - * 知識生産関数の形状は？

経済学者と機械

- * **補完派**: David Ricardo 1821, Herbert A. Simon 1977
 - * リカードウの有名な「機械論」
 - * 「強制貯蓄」で、「技術的失業」を論じていない。
 - * 機械導入には賛成
- * **代替派**: John Maynard Keynes 1933, Wassily Leontief 1982

理論的可能性 (Brynjolfsson and McAfee 2014, 176)

- * 1. 需要の弾力性の低さ
 - * 労働者を節約する生産性の向上⇒製品価格下落。需要の弾力性が高い別の財に需要が生じ、失業した労働者はそこで雇用。
 - * 逆に、需要の弾力性が小さい⇒十分に労働への需要が生じない可能性。
- * 2. 労働供給側の調整の遅れ。ある部門で失業した労働者が別の部門で雇用されるためには、新しく技能を学ぶ必要。
 - * 時間がかかる。新技術が矢継ぎ早に登場したら？調整が追いつかない可能性。
- * 3. 技能偏向型技術革新。
 - * 機械を多く用いるような技術革新の進行⇒労働への需要減少
 - * 需要が下がれば実質賃金は下がるはず⇒しかし、人間は食べていかななくてはならないため、実質賃金が下がるのには限度⇒失業が持続。

実証的証拠？

- * Brynjolfsson and McAfee 2014
 - * アメリカにおいて、製造業でも農業でも労働生産性は着実に上昇しているのに対して、民間部門での雇用者数が1990年代半ば以降伸び悩んでいる。
- * Autor 2014
 - * 雇用の二極化はむしろ中国の台頭によるグローバル化の影響
- * Nordhaus 2015
 - * 経済的特異点はまだ先

図 労働生産性と民間部門の雇用

出所：Brynjolfsson and McAfee, 2014, 165

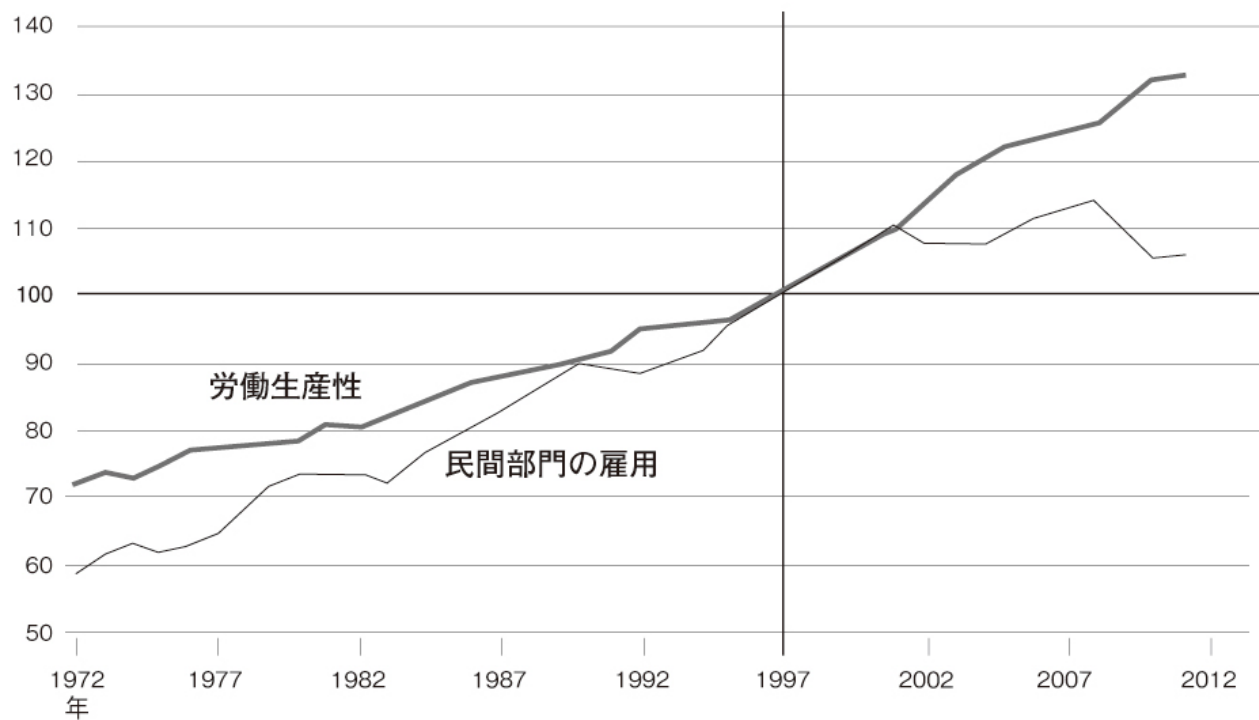
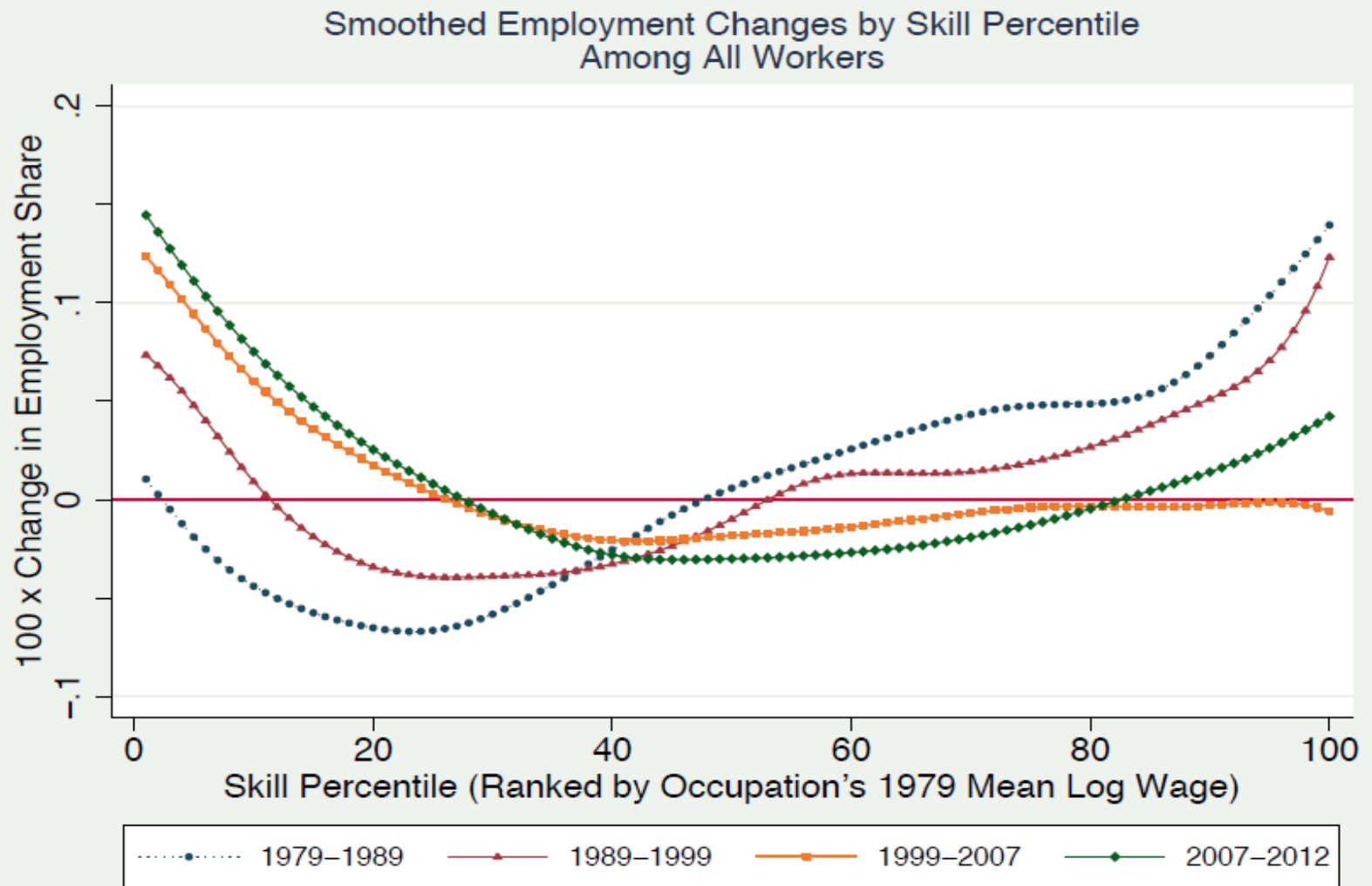


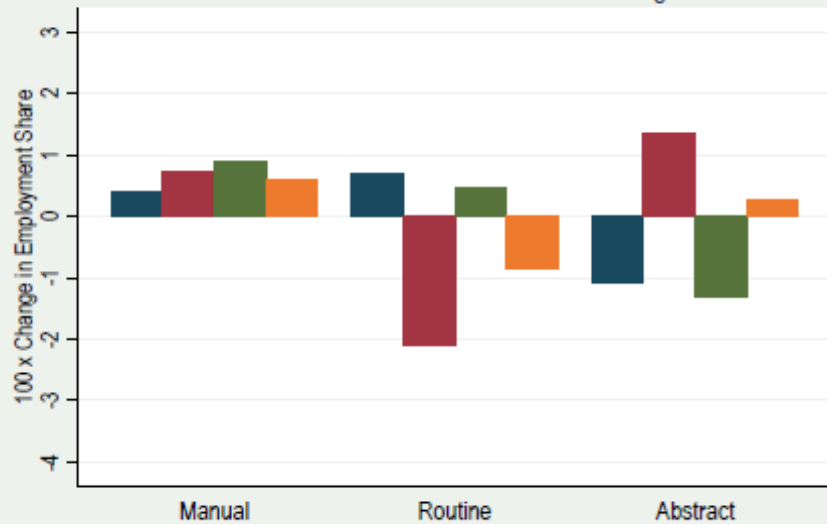
Figure 7. Smoothed Employment Changes by Occupational Skill Percentile, 1979 – 2012



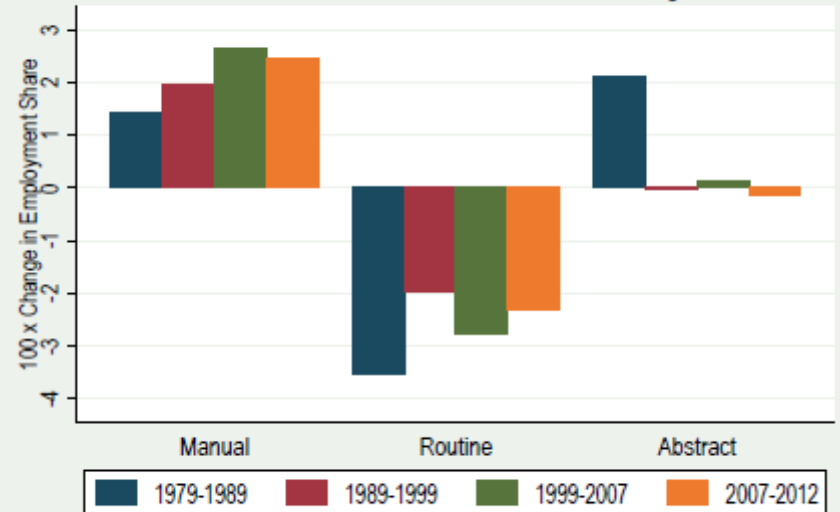
教育水準による違い

Figure 8. Changes in Employment Shares in Broad Occupational Categories, 1979 – 2012:
Workers with and Without a Four-Year College Degree

A. Workers with At Least 4 Years of College



B. Workers with Less Than 4 Years of College



日本の場合

図7：職種別雇用シェア対数変化率（1970-2008年）、日本、1期のみ

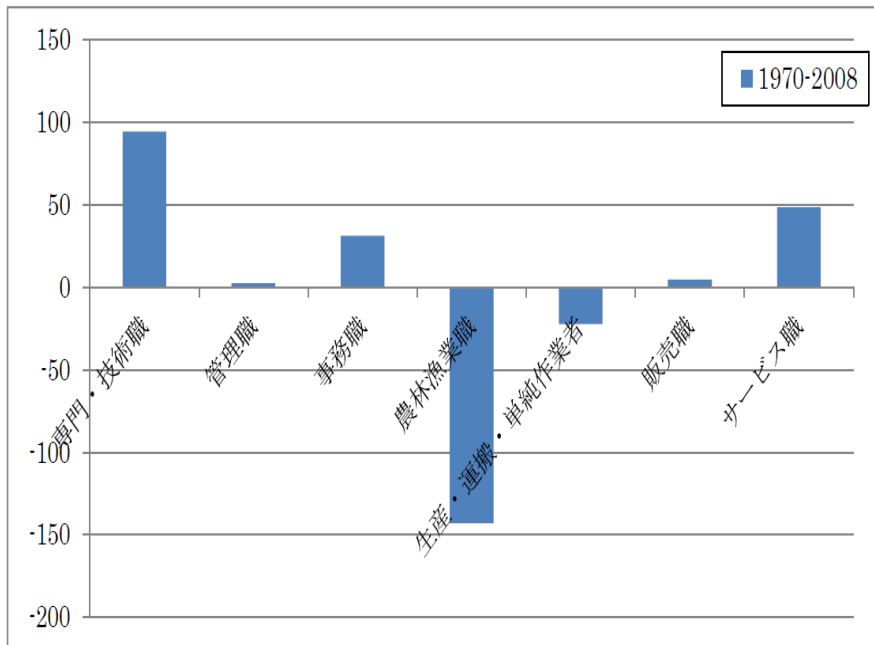
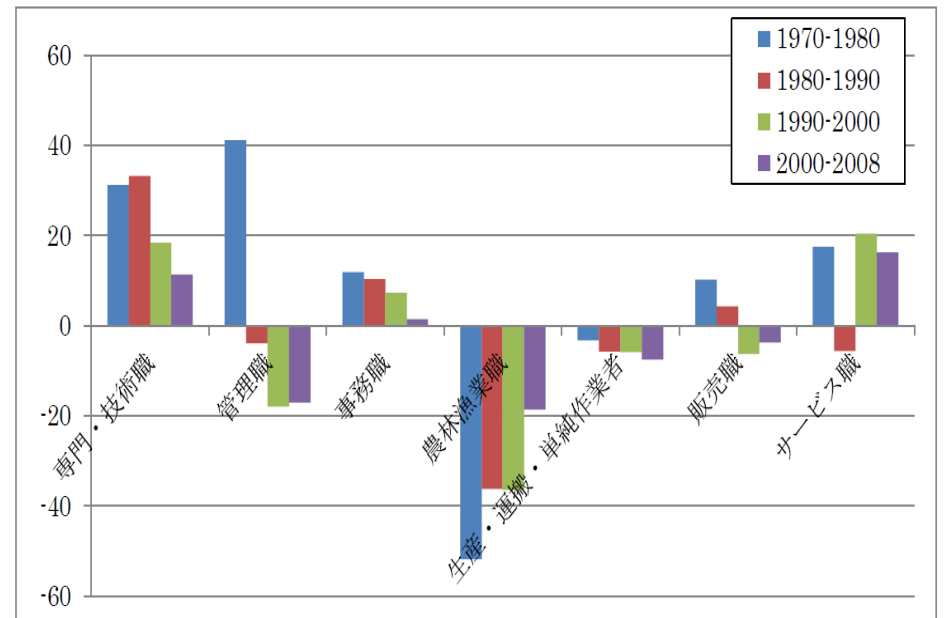


図9：職種別雇用シェア対数変化率（1970-2008年）、日本、10年ごと



経済的特異点は近づいていない

Nordhaus 2015

Source	Result of test	Time until singularity
Demand side		
Baumol effect on shares of high-productivity industries	Negative	x
Supple side		
Test 1: Accelerating productivity growth	Negative	x
Test 2: Rising share of capital	Positive	100 years \pm 20 years
Test 3: Increasing decline of capital goods prices	Negative	x
Test 4: Rapidly rising capital-output ratio	Negative	x
Test 5: Share of information capital rising	Positive	> 100 years
Test 6: Rising wage growth	Negative	x

Table 7. Results of the Singularity tests and time to Singularity

Source: Earlier figures and tables.

雇用への影響

- * 1. ロボットの台頭による人間の大量失業？
 - * 起きていない、これからは？
 - * 失業率を決めるのは？
- * 2. 職種の生成・消滅はありうる
 - * 実際に起きてきた、起きている、これからも起きる
 - * ただし、その原因がロボットの台頭かどうかは不明
 - * Frey and Osborne 2013: 主観的分類

経済成長理論

- * Hanson 2001
 - * 当初は、機械と労働の補完性⇒その後代替
 - * 実質賃金は上昇してから下落
- * Fernald and Jones 2014
 - * $Y = AK^\alpha (L1^{\beta_1} L2^{\beta_2} \dots Ln^{\beta_n})^{1-\alpha}$.
 - * 労働Lの資本Kによる代替
 - * 資本シェアの上昇、経済成長率の上昇
 - * 経済成長率は**無限大に!**
- * Nordhaus 2015
 - * Fernald and Jones 2014
 - * 実質賃金の上昇

二つの極端な事例

Cobb-Douglas経済

- * $Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$
- * 資本の限界生産力は逓減
- * 成長率=Aの成長率 + Lの成長率
- * 一人当たり成長率= Aの成長率

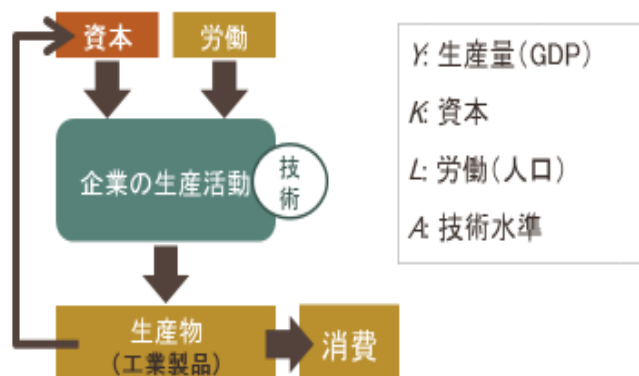
AK 経済

- * $Y = AK$
- * 資本の限界生産力は逓減せず
- * 成長率=Aの成長率 + Kの成長率
- * 一人当たり成長率= Aの成長率 + Kの成長率

図示：井上智洋氏による

コグ=ダグラス型生産経済の構造

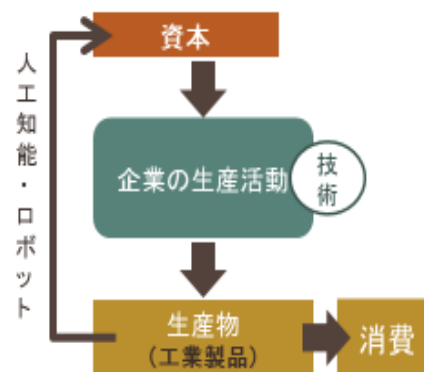
$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1$$



57

AK型生産経済の構造

$$Y = AK$$



純粋ロボット経済 (ピケティ)

60

AK經濟: 加速事例

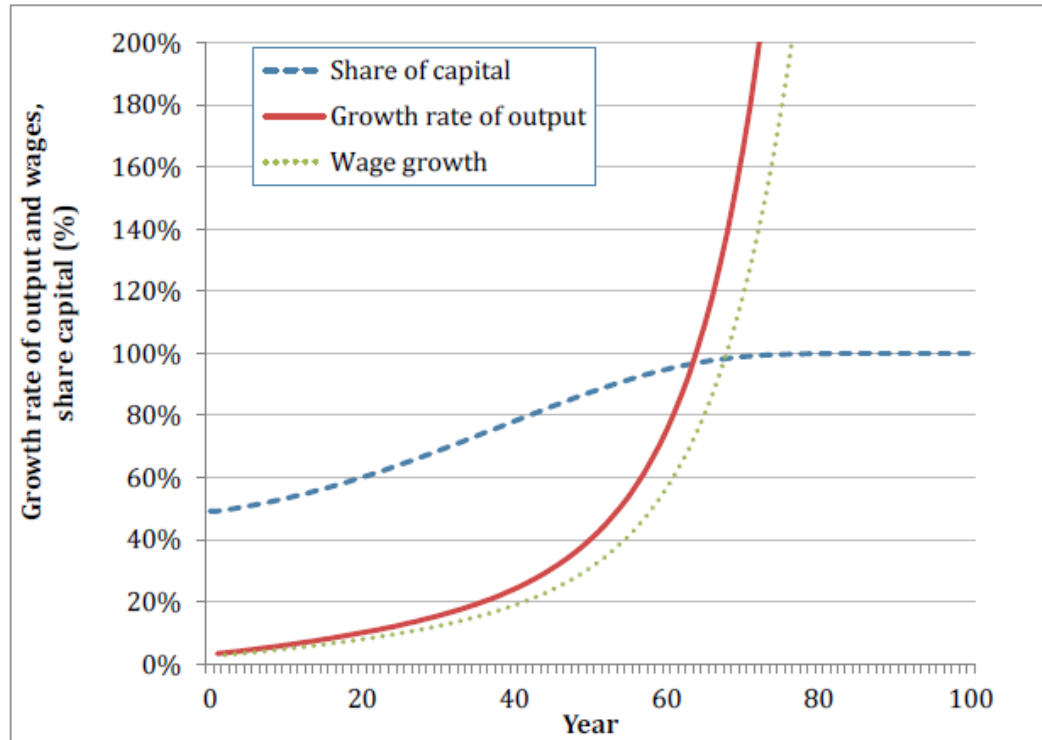


Figure 3. Simulation of a growth model with rapid technological change in capital and elastic substitution between labor and capital.

2. 知識関数の形状

Fernald and Jones 2014

The shape of the idea production function, $f(A)$

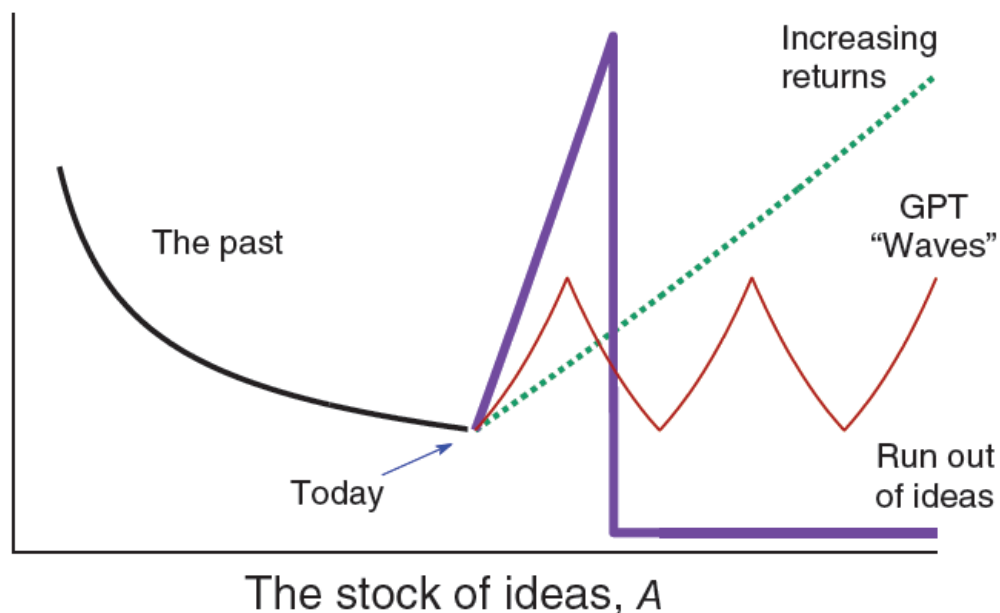


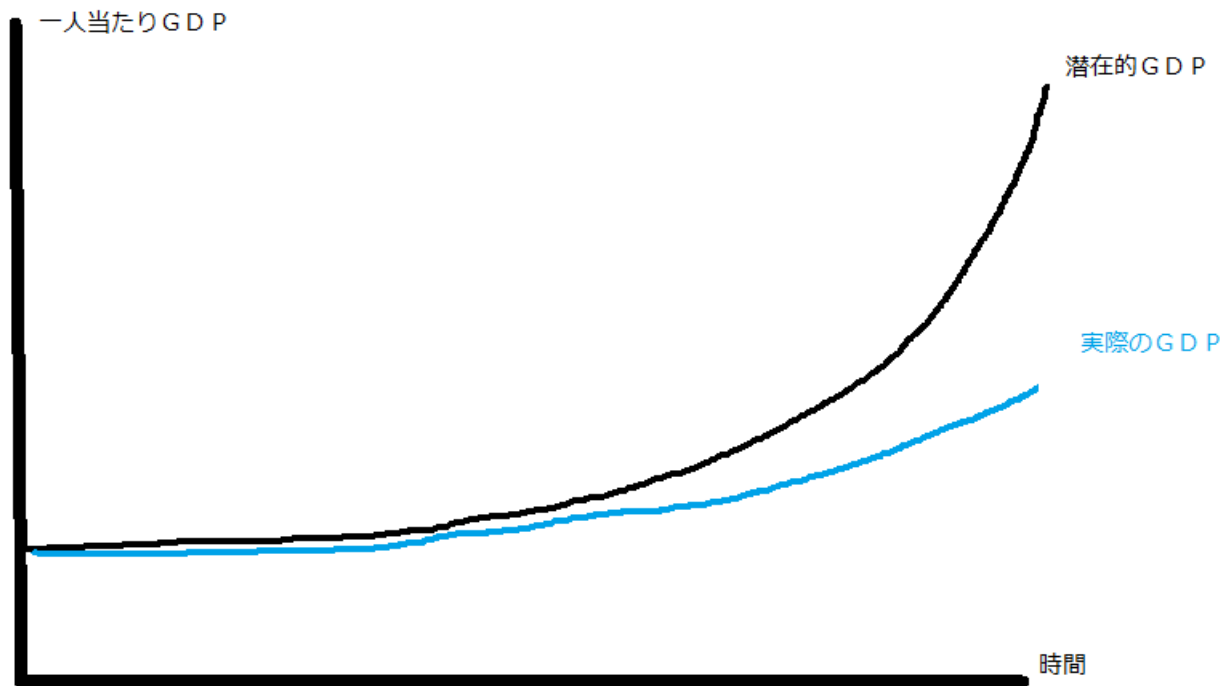
FIGURE 4. ALTERNATIVE FUTURES

Note: The shape of the idea production function for future levels of A need not look like it has in the past.

成長は自動的ではない

- * 1. 経済学における総供給と総需要の関係
- * 短期：総需要が制約
- * 長期：総供給のみが制約
- * ①長期においては、賃金・価格が伸縮的に調整される
- * ⇒しかし、実質賃金はどこまで下がるのか？
- * ②短期においては、総需要管理政策がなされる

第二次機械時代⇒ギャップの拡大？



成長は自動的ではない

- * 2. 発明⇒生産性への経路は複雑
- * なぜ第二次大戦後に米国で生産性は急上昇したのか？ Gordon 2016
- * 第二次産業革命の成果
- * 大恐慌と第二次世界大戦が生産性向上を促進した
 - * 実質賃金の引き上げ、高圧力経済、戦時の投資
- * 経済成長と不平等との関連
 - * 平等化⇒経済成長

TFP (Total Factor Productivity) をめぐ る論点

- * 定義：生産関数のAにあたる部分
- * 「残差」：TFP上昇率 = Yの成長率 $- \alpha \times K$ の成長率 $- (1 - \alpha) \times L$ の成長率
- * 解釈が分かれる
 - * ①発明、革新、技術進歩の貢献度（知識の度合い）
 - * ②残差（無知の度合い）
 - * 景気循環と正の相関

米国の場合：生産性上昇率は上昇して下落 Gordon 2016

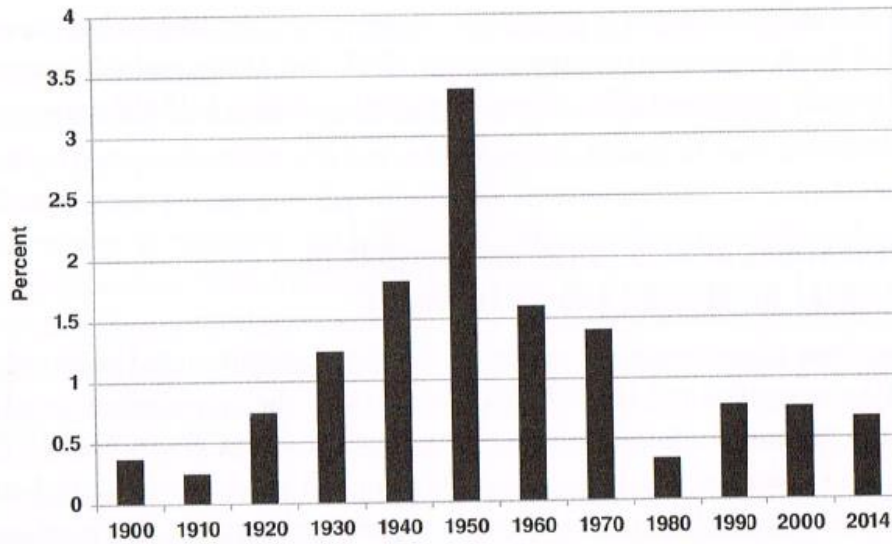


Figure 16-5. 10-Year Average Annual Growth in Total Factor Productivity, 1900-2014

Note: The average annual growth rate is over the ten years prior to year shown. The bar labelled 2014 shows the average annual growth rate for 2001-14.

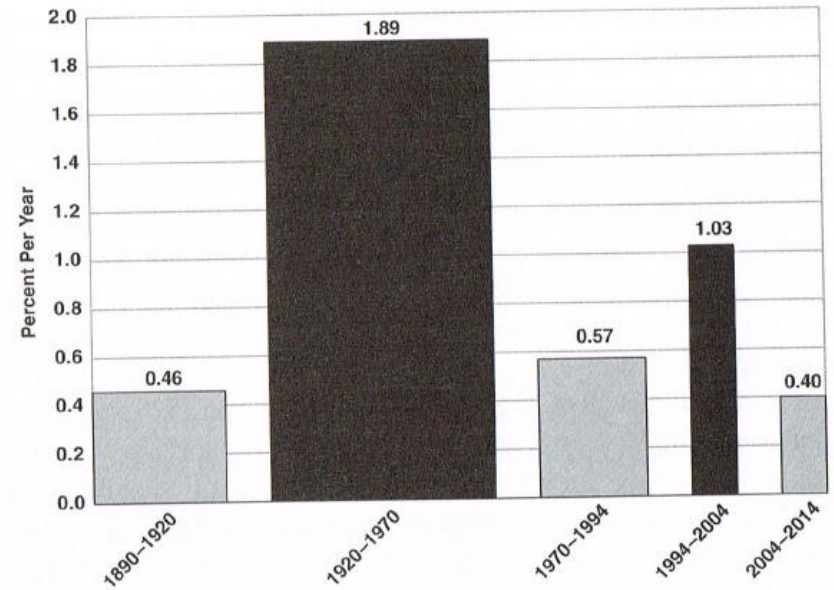
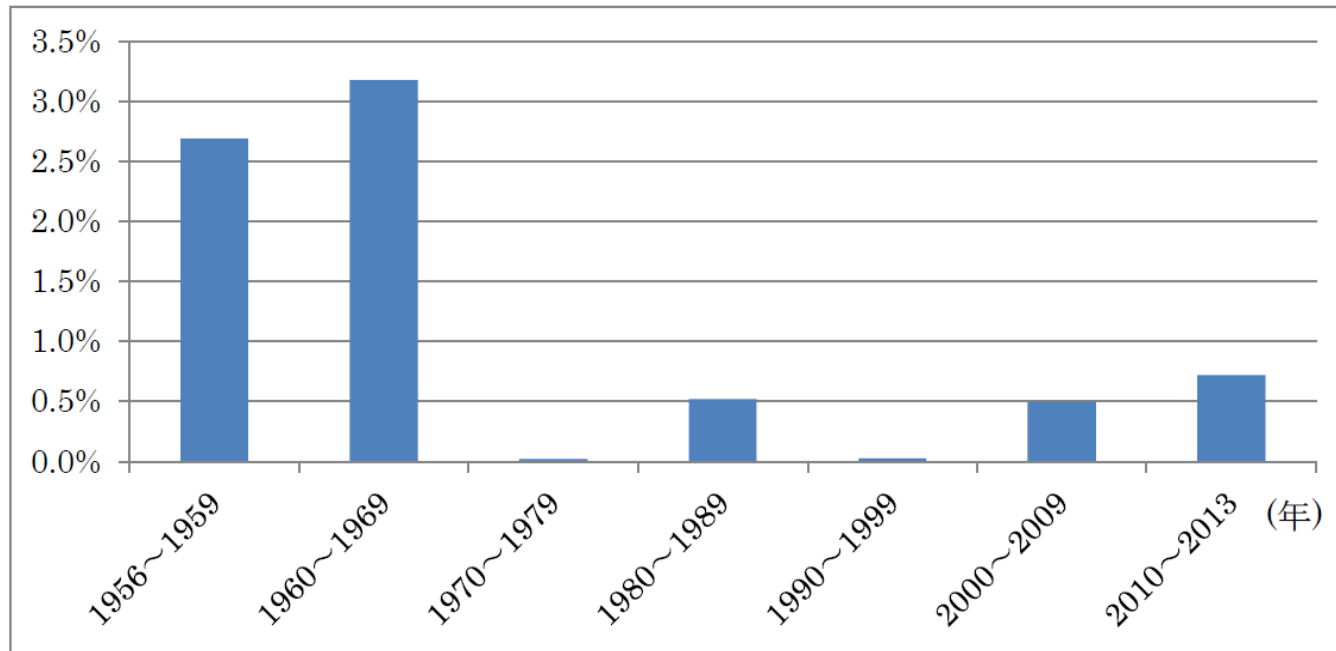


Figure 17-2. Annualized Growth Rates of Total Factor Productivity, 1890-2014

日本の場合

図 4：全要素生産性上昇率（年代別）



見通し

- * 1. 「ロボットの台頭」のスローダウン⇒実現可能性少ない、かつ望ましくない
 - * 現代では、知識創出の拠点が分散、なおかつ競争
- * 2. 機械打ちこわし:現代版ラダイト運動の起きる可能性は？可能性少ない
 - * 経済が悪いときには局所的にはありうるか？
- * 3. しかし、進歩、成長は自動的には起きない
- * **進歩、成長の果実を万人が実感する仕組みが必要**

経済学的対応

- * ①教育・訓練の向上
- * ②革新の方向付けAtkinson 2015
- * ③税制改革
 - * 労働から資本への所得源泉の移動
 - * 資本課税の強化
 - * Pikettyとも
 - * ただし、現在の日本には当てはまらない？
- * ④資本の再分配:万人の資本家化? Smith 2013
 - * 資本のシェアが増大
 - * 安価なロボット⇒企業の設立容易に
 - * ただし、投資は失敗しうる
- * ⑤最低保障所得 (Guaranteed Minimum Income)、ベーシック・インカムFord 2015
- * ⑥マクロ政策的対応

教育は万能薬か？

- * 1. 向上の余地あり
 - * 教育はもともと規制された産業の一つ
 - * STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) 教育の強化
 - * 統計リテラシー
 - * プログラミングの早期必修化
 - * 早期教育 Heckman 2013
- * 2. しかし限界も
 - * 教育は自己教育
 - * 比較優位
 - * シグナリングとしての側面

GMI、ベーシック・インカム(BI)、負の 所得税(NIT)

- * 最低保障所得＋稼得額を増やすインセンティブ設計
 - * 給付付税額控除(EITC)に一部
- * Milton Friedman, Friedrich A. Hayek, James Meade, James Tobinの
提案
- * 右派、左派それぞれに支持者
- * 公正、正義ではなく効率を問題にしても提唱可能
 - * 保険として機能
 - * Entrepreneurshipへのセーフティーネット？
- * インセンティブが重要
 - * 教育水準に応じた調整？
- * 財源？原田2015が検討
 - * 炭素税のリベートも(Ford 2015)

日本経済の課題と機会 (若田部2015)

日本経済の抱える課題

- * 「失われた20年」:デフレ下の長期停滞
- * 成長余力の停滞
 - * 少子高齢化
 - * 研究開発成果の低下
- * 格差というよりも貧困問題
 - * 片親家計の貧困率50%以上

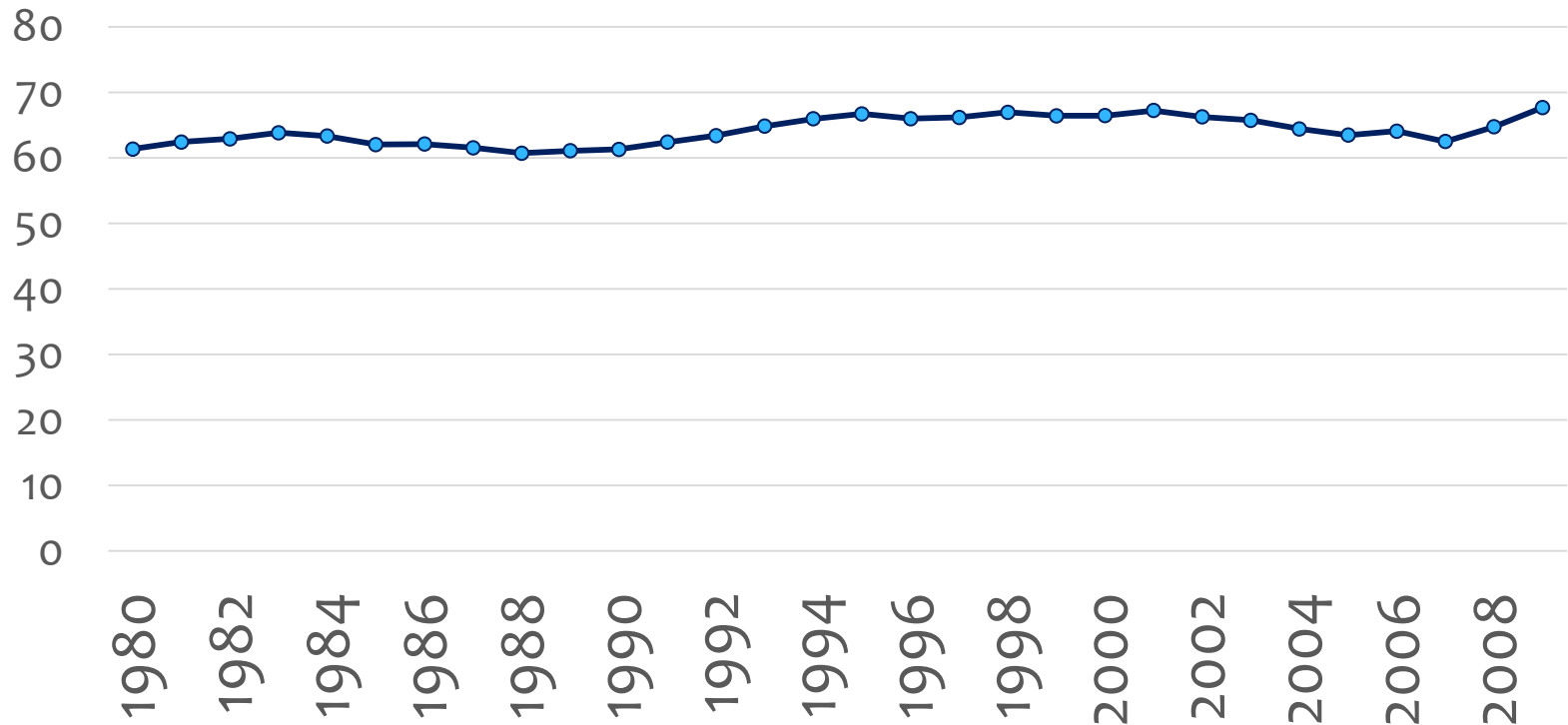
日本経済に必要な3つのR

- * Reflation
- * Reform
- * Redistribution, Reconstruction

日本の労働分配率：矢野浩一他作成

* 日本の労働分配率は1980年から2009年まで比較的安定的に推移

日本の労働分配率



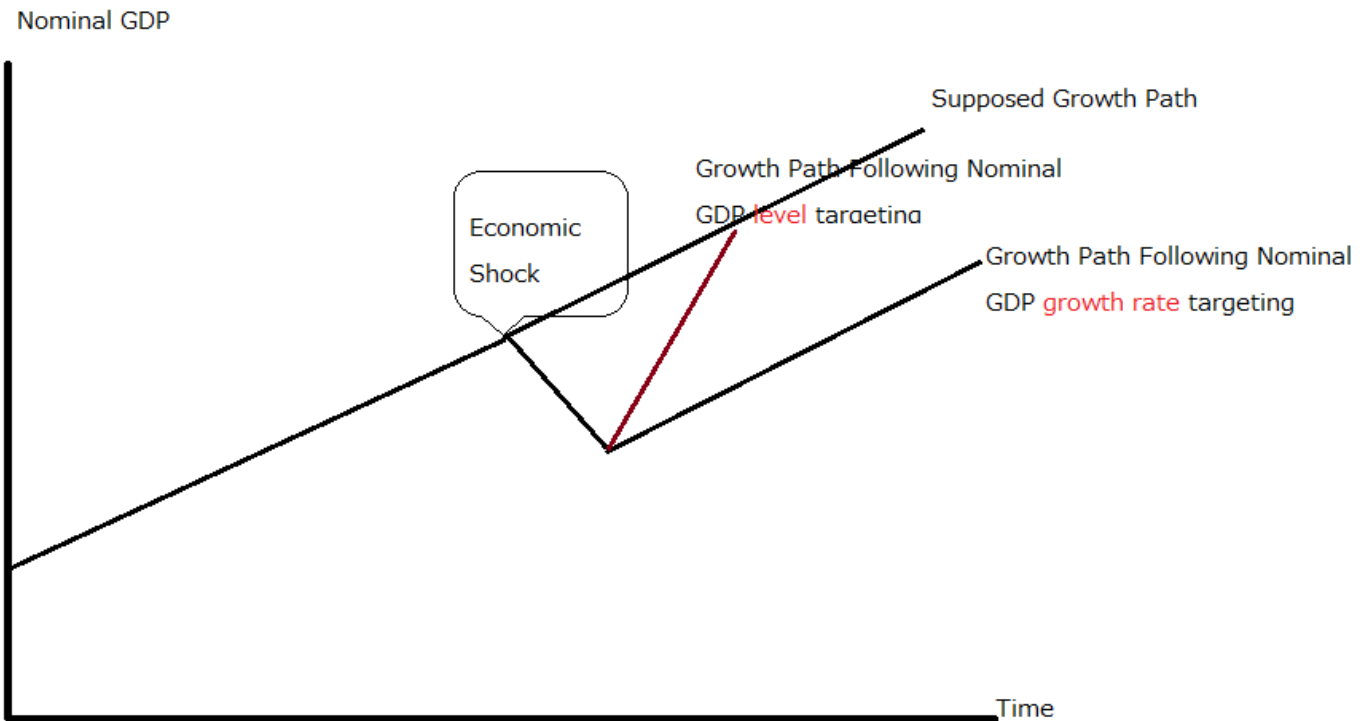
[出典] 2009（平成21）年度 国民経済計算確報（2000年基準・93SNA）（1980年～2009年）から筆者作成（国民経済計算確報だけを用い、ヒケティのデータは一切用いていない）

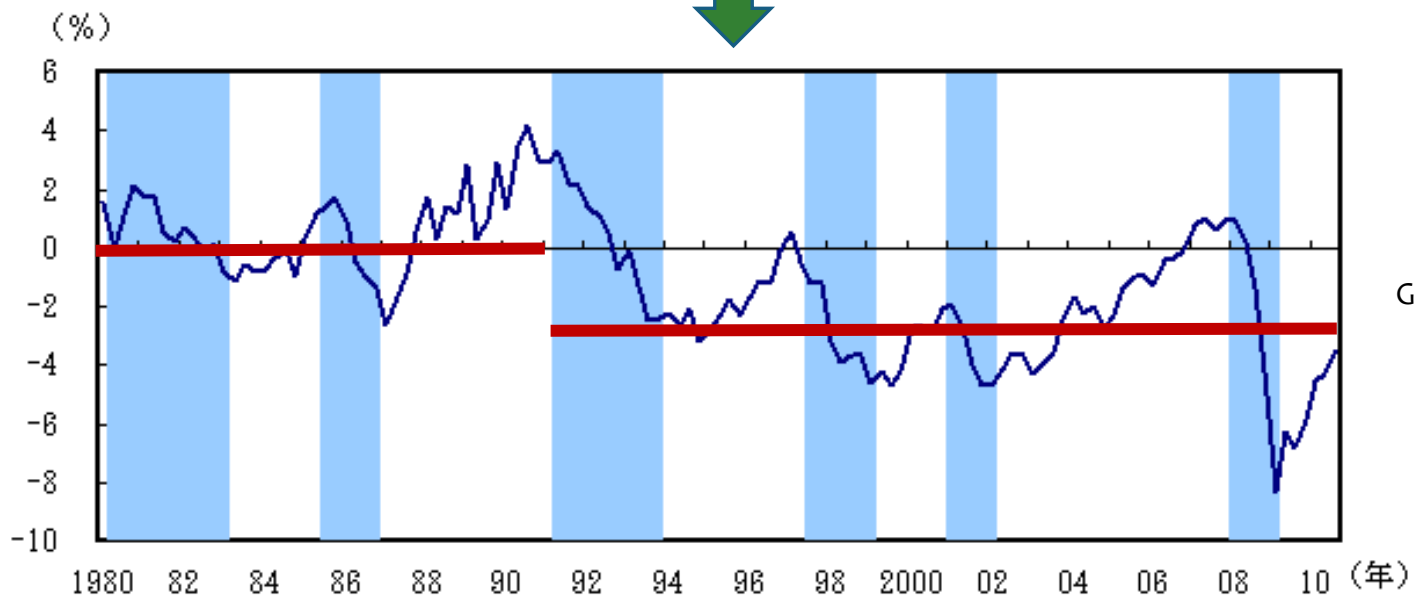
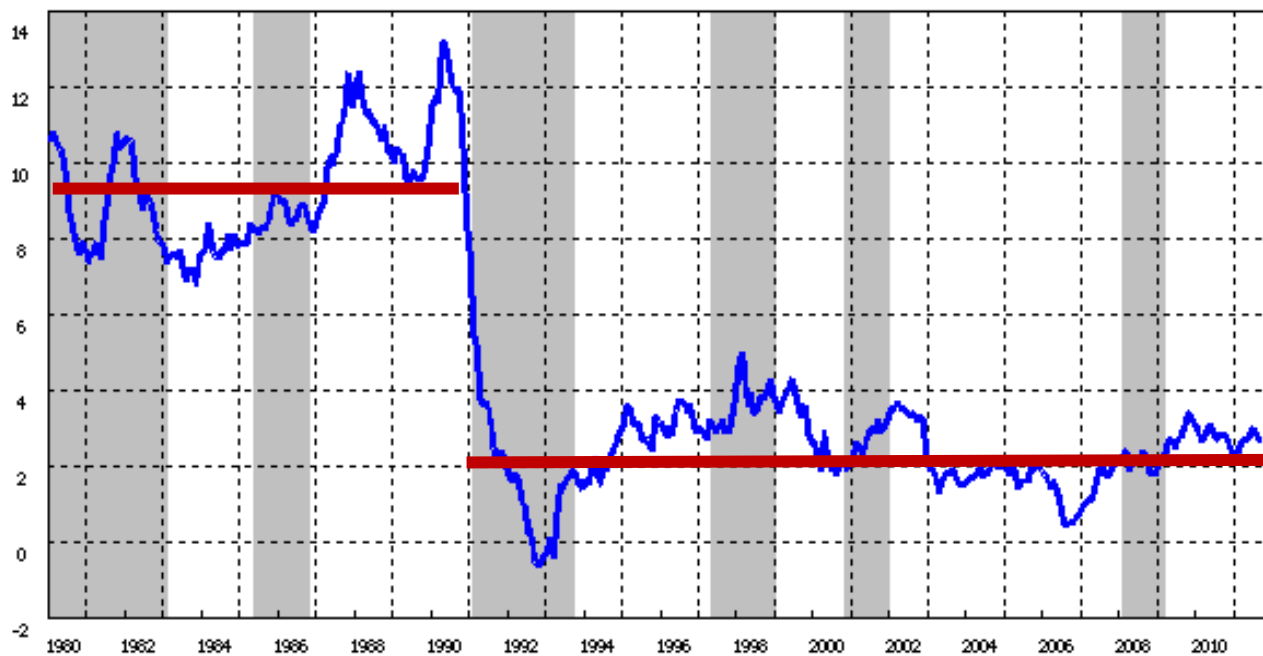
http://www.esri.cao.go.jp/jp/sna/data/data_list/kakuhou/files/h21/h21_kaku_top.html

政策イノベーション⇒IT+BI

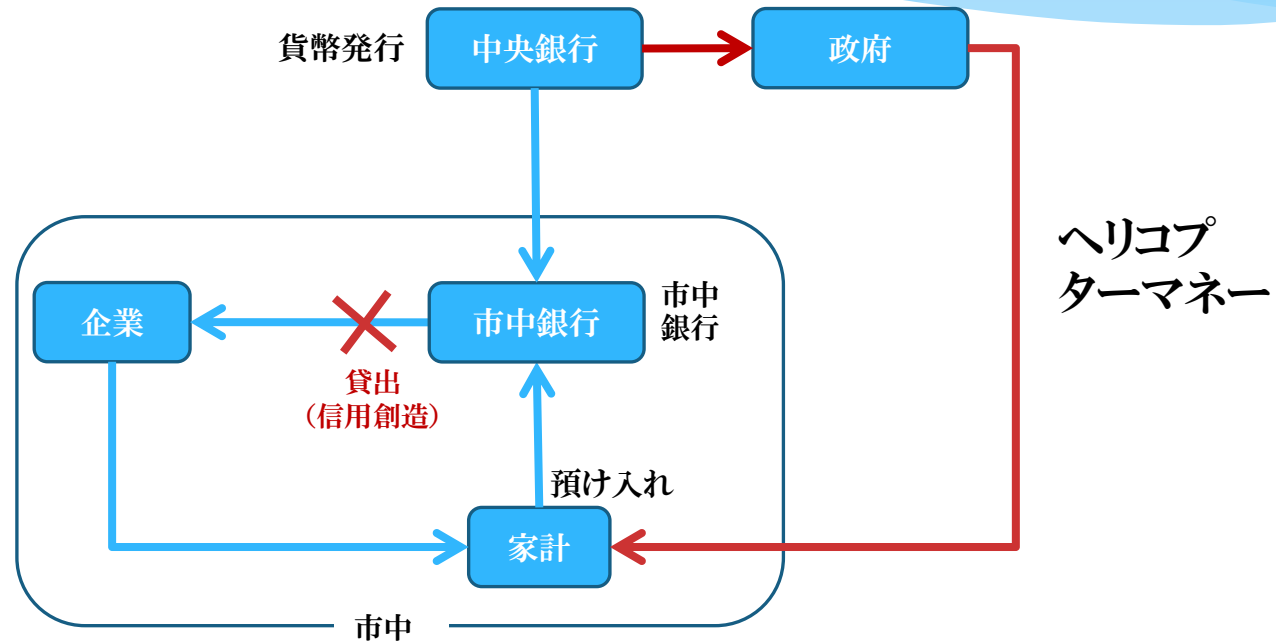
- * マクロ的対応とミクロ的対応の組み合わせ
- * 1. インフレ目標(IT)あるいは名目GDP水準目標(NGDPLT)
 - * インフレ目標の数値が低すぎる?
 - * 90年代:低インフレ時代⇒雇用、賃金に影響?
 - * Blanchardらの提言:4%への引き上げ(別の理由から)
- * 名目GDP水準目標への進化
 - * 需給ギャップを埋める
 - * 供給面で正のショック⇒物価のみに注目すると金融緩和⇒バブル?
 - * 供給面で負のショック⇒物価のみに注目すると金融引き締め⇒不況
- * 2. ベーシック・インカム、あるいは負の所得税
- * 3. 両者を組み合わせる
- * ベーシック・インカムの財源としてマネーを供給する
- * マネーの波及経路として利用可能

名目GDP水準目標





ヘリコプターマネー



AI=IT+BI:「第二次機械時代」の 経済政策フレームワーク

- * 「ロボットの台頭」⇒巨大な成長余力の誕生
- * 成長余力の活用に必要な需要面の手当て
- * 1. IT⇒NGDPLT
- * 2. BI
- * 長期停滞と貧困問題を解決する
- * この政策フレームワークは、「ロボットの台頭」がなくても
必要
- * しかし、「ロボットの台頭」があればさらに必要になる。

当面の課題

- * 1. 情報収集 (Hanson 2015)
 - * ① AI研究者への体系的サーベイ: できれば、予測市場の利用
 - * ② 実証的証拠: 自動化の雇用への影響度
 - * 歴史的研究を含む
- * 2. 既存の経済問題への対応
 - * 低成長
 - * 貧困と格差
 - * 研究開発成果低下
 - * 豊田2015
- * 3. 政策体系の進化
 - * IT (NGDPLT) + BI

研究課題

- * 1. 現状分析
 - * ロボットの台頭の雇用と所得への影響
 - * ロボットの台頭の生産性、経済成長への影響
 - * 経済成長の要因分析
 - * 成長と循環の関係
- * 2. 予測
- * 3. 政策・制度対応
 - * 研究開発
 - * 教育
 - * 規制
 - * 雇用制度
 - * 税制
 - * マクロ経済政策

References

- * Atkinson, Anthony. 2015. *Inequality: What Can Be Done?* Cambridge: Harvard University Press. (山形浩生・森本正史訳『21世紀の不平等』東洋経済新報社、2015年)
- * Autor, David. 2014. “Polanyi’s Paradox and the Shape of Employment Growth.” NBER Working Paper No. 20485.
- * Brynjolfsson, Erik, and Andrew McAfee. 2011. *The Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Digital Frontier Press. (村井章子訳『機械との競争』日経BP社、2013年)
- * ———. 2014. *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, New York and London: W. W. Norton. ()
- * Caplan, Bryan. 2007. *The Myth of the Rational Voter: Why Democracies Choose Bad Policies*, Princeton: Princeton University Press. (長峯純一・奥井克美監訳『選挙の経済学』日経BP社、2009年)
- * Cowen, Tyler. 2011. *The Great Stagnation: How America Ate All the Low-Hanging Fruit of Modern History, Got Sick, and Will (Eventually) Feel Better*, New York: Dutton Adult. (池村千秋訳『大停滞』NTT出版、2012年)
- * ---. 2013. *Average is Over: Powering America Beyond the Age of the Great Stagnation*, New York: Dutton Adult. (池村千秋訳『大格差』NTT出版、2014年)
- * Fernald, John C., and Charles I. Jones. 2014. “The Future of US Economic Growth.” *American Economic Review: Papers and Proceedings* 104(5):44-49.
- * Ford, Martin. 2015. *The Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. New York: Basic Books. (松本剛史訳『ロボットの脅威』日本経済新聞出版社、2015年)
- * Gordon, Robert J. 2016. *The Rise and Fall of American Growth*, Princeton: Princeton University Press.
- * Hansen, Alvin. 1939. “Economic Progress and Declining Population Growth.” *American Economic Review* 29 (1): 1-15.
- * Hanson, Robin. 2001. “Economic Growth Given Machine Intelligence.” http://www.researchgate.net/profile/Robin_Hanson2/publication/228948494_Economic_growth_given_machine_intelligence/links/00b4951facaf4a1f42000000.pdf
- * ---. 2015. “How to Survive a Robot Uprising: Seeing Dark Omens of Catastrophe in New Tech Demos Review of Ford 2015.” Reason March 3, 2015.

References

- * Heckman, James J. 2013. *Giving Kids a Fair Chance*, A Boston Review Book, Cambridge: The MIT Press. (古草秀子訳『幼児教育の経済学』東洋経済新報社、2015年)
- * Keynes, John Maynard. 1933. “Economic Possibilities for our Grandchildren (1930).” *Essays in Persuasion*: 358–373.
- * Leontief, W. W. 1982. “The Distribution of Work and Income.” *Scientific American* 192: 188–204.
- * Nordhaus, William D. 2015. “Are We Approaching An Economic Singularity? Information Technology and the Future of Economic Growth.” NBER Working Paper 21547.
- * PewResearchCenter. 2014. “AI, Robotics, and the Future of Jobs.” <http://www.pewinternet.org/2014/08/06/future-of-jobs/>
- * Picketty, Thomas. 2014. *Capital in the Twenty-First Century*, Cambridge: Harvard University Press. (トマ・ピケティ著山形浩生・守岡桜・森本正史訳『21世紀の資本』みすず書房、2014年)
- * Ricardo, David. 1821/1951. *On the Principles of Political Economy and Taxation*, in *The Works and Correspondence of David Ricardo*, edited by Piero Sraffa with the collaboration of M. H. Dobb, Cambridge: Cambridge University Press, Vol.1. (堀経夫訳『デイヴィッド・リカード全集第 I 巻経済学および課税の原理』雄松堂、1972年)
- * Simon, H. A. 1977. *The New Science of Management Decision*. Prentice Hall.
- * Smith, Noah. 2013. “The End of Labor: How to Protect Workers From the Rise of Robots.” *The Atlantic*, January 14.
- * Summers, Lawrence H. 2014. “Reflections on the new 'Secular Stagnation hypothesis'.” *Vox*, October 30. <http://www.voxeu.org/article/larry-summers-secular-stagnation>
- * Turner, Adair. 2015. *Between Debt and the Devil: Money, Credit, and Fixing Global Finance*. Princeton: Princeton University Press.
- * Zeira, Joseph. 1998. “Workers, Machines, and Economic Growth.” *Quarterly Journal of Economics* 113(4): 1091-1117.
- * 井上智洋 2015. 「機械が人間の知性を超える日をどのように迎えるべきか？——AIとBI」
<http://synodos.jp/economy/11503>
- * 神取道宏. 2014. 『マイクロ経済学の力』日本評論社。
- * 豊田長康. 2015. 「運営費交付金削減による国立大学への影響・評価に関する研究 ～国際学術論文データベースによる論文数分析を中心として～」 <http://www.janu.jp/report/files/2014-seisakukenkkyujo-uneihi-all.pdf>
- * 原田泰. 2015. 『ベーシック・インカム』中公新書。
- * 若田部昌澄 2014. 「経済学史の窓から 第8回リカードは技術的失業の予言者か？」『書齋の窓』有斐閣. 2014年5月号。
- * ---. 2015. 『ネオアベノミクスの論点』PHP新書。