

第二の大分岐

- 汎用人工知能が経済成長・雇用・所得分配に与える影響 -

The Second Great Divergence: The Effects of General Artificial Intelligence on Economic growth, Employment, and Income Distribution

井上智洋^{1*}

Tomohiro Inoue¹

¹ 駒澤大学

¹ Komazawa University

Abstract: I discuss how the emergence of artificial general intelligence (AGI) affects economic growth, employment, and income distribution. If AGI substitutes perfectly for human labor, the AK-type economy will occur. In the economy, the rate of economic growth gets higher over the years, the employment rate and the labor share approach 0%, and the capital share approaches 100%. I propose that basic income can contribute to the well-being of the laborer who have no capital.

1 序論

人工知能 (以下 AI) が経済に与える影響について、近年活発に議論されるようになってきた。AI は「特化型 AI」と「汎用人工知能」(以下汎用型 AI) に大きく分けることができる。

「特化型 AI」は、一つの課題しかこなすことができない。Siri や Google の検索エンジン、チェスプログラムのディープブルーなど既存の AI は全て特化型である。それに対し、「汎用型 AI」は人間のようにあらゆる課題をこなし得る。一つの AI が、チェスをしたり、会話をしたり、読書をしたりする。汎用型 AI は研究開発の途上にあり、この世にまだ存在していない。

汎用型 AI の実現を目指す日本の非営利組織「全脳アーキテクチャ・イニシアティブ」は、2030 年には研究開発の目処が立つという展望を示している。汎用型 AI が実社会で導入されるようになれば、経済に対するインパクトは計り知れないものとなる。人間の労働の大部分が AI を搭載した機械に代替されるからだ。

本稿では、AI が経済構造、経済成長、雇用、所得分配に与える影響について考える。AI の中でもとりわけ汎用型 AI に着目する。まず、汎用型 AI を産業革命にとって鍵となる技術である「汎用目的技術」として位置づける。そのうえで、未来において汎用型 AI が出現し、それが人間の労働と高い代替性を持つようになることを仮定し、その仮定の下で経済にどのようなイン

パクトが生じるかを論じる。最後に、雇用と所得分配に関する問題を解決するための手段としてベーシックインカムを提案する。

なお、本稿では汎用型 AI が本当に実現するのか、実現するとしたらいつ頃になるのかといった議論については割愛する。その出現時期を明示した方が説明が分かりやすい場合には、仮に 2030 年としておく。

2 汎用目的技術としての汎用型 AI

蒸気機関のような、あらゆる産業に影響を及ぼし、また補完的な発明を連鎖的に生じさせる技術を「汎用目的技術」(General Purpose Technology, GPT) という。蒸気機関が第一次産業革命を引き起こしたのと同様に、内燃機関や電気モータなどの GPT は第二次産業革命を引き起こした。私たちの現在の消費生活の多くは第二次産業革命が切り開いた地平にある。例えば、自動車や飛行機は内燃機関の、洗濯機や掃除機は電気モータのそれぞれ補完的発明の賜物と言える。

新たな GPT であるコンピュータとインターネットが引き起こした情報革命 = 第三次産業革命が現在進行中である。Windows95 が世に出された 1995 年をこのような革命の元年とするならば、まだ 20 年ほどしか経っていないことになる。

第一次産業革命期における蒸気機関や第二次産業革命期における電気モータが人間の肉体労働を肩代わりしたのと同様に、第三次産業革命期における AI は、人

*連絡先：駒澤大学経済学部経済学科
東京都世田谷区駒沢 1-23-1
E-mail:inouetomo@gmail.com

間の頭脳労働を肩代わりしつつある。AIはコンピュータの補完的発明品と位置づけられるが、これまでのAIは特化型なのでこれ自体がGPTであるということはない。

GPTと言えるソフトウェア技術は文字通り、汎用型AIである。汎用型AIが実用化されれば、あらゆる産業の生産性を劇的に上昇させられる。補完的な発明品としては、汎用型AIを搭載した電子秘書や汎用ロボットが考えられる。汎用型AIは「あらゆる産業に影響を及ぼし、また補完的な発明を連鎖的に生じさせる」というGPTの定義に当てはまるのである。

汎用型AIが2030年頃に出現するとするならば、その時、次の革命である「第四次産業革命」が引き起こされるだろう。ドイツ政府は、2011年に「インダストリー4.0」という政策ビジョンを掲げた。インダストリー4.0は「第4次産業革命」と訳せるが、これはドイツ政府が掲げたビジョンに過ぎない。したがって、未来に訪れる第4次産業革命においてドイツ流のインダストリー4.0が主力になるかどうかはまだ分からない。

第四次産業革命の引き金となる技術としては、他にIoTや3Dプリンターが考えられるが、汎用型AIはそれらとは比較にならないほどの大きなインパクトを経済に与える可能性がある。汎用型AIは経済構造を抜本的に変革するからである。したがって、汎用型AIこそが第四次産業革命を引き起こし得る最も重要な技術であると言える。

3 経済構造と経済成長

汎用型AIの出現によって経済構造がどのように変化するだろうか。経済構造とは、生産活動に必要な「インプット」(投入要素)と生産活動によって生み出される「アウトプット」(産出物)との基本的な関係である。

紀元前一万年頃から始まった「定住革命」によって、狩猟・採集から農業中心の経済に転換し、図1で表されるような経済構造が確立された。農業で重要なインプットは「土地」と「労働」であり、アウトプットは農作物である。

土地は基本的には人間の手によって作り出すことができないという特徴を持つ。したがって、産出量を増やすには、労働を増やすしかない。しかし、労働(労働者)を増やすには子供をたくさん作れば良いのだが、それでは人口一人当たりの産出量(産出量/人口)を増やすことができない。

有史以来長い間、一人当たり産出量(所得)は増大せず、生活水準はほとんど上昇しなかった。人類は、技術水準の向上によって農作物の産出量を増大させても、その分だけ子供を多く作り、人口を増大させてきたからである。したがって、図2に表されているように、一

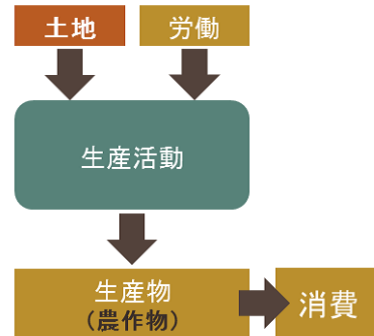


図1: 農業中心の経済

人当たり所得は産業革命以前には、短期的には変動しているものの長期的にはほとんど変化していない。所得が最低生存費水準から乖離して上昇し続けるような事態が発生したことがないのである。トマス・マルサスによって指摘されたこの現象は、「マルサスの罠」と呼ばれている。

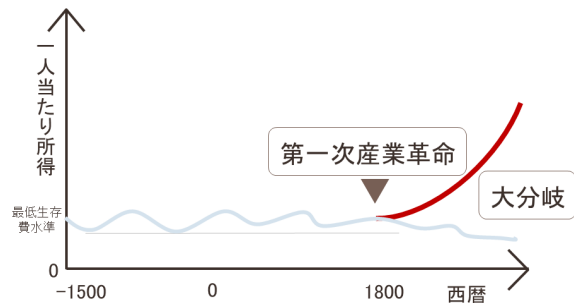


図2: 大分岐

第一次産業革命は、このような人口と生活水準の関係を根本的に覆した。この革命によって現れた産業資本主義は、一般に図3のような構造を持った経済である。インプットは資本(機械)と労働で、アウトプットは工業製品やサービスなどの産出物である。資本はアウトプットの一部であり、投資により増大する。そうすると、より多くの工業製品を作り出すことができる。

このような循環的なプロセスにより、資本は無際限に増殖し産出量も無際限に増大していく。このプロセスは、マルクス経済学では「資本の自己増殖運動」と言われている。土地は生産活動によって生み出されるアウトプットではないが、資本はアウトプットであるという点が重要だ。産業革命によって形成されたこの

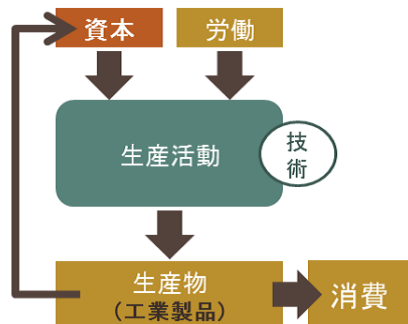


図 3: コブ = ダグラス型生産経済

フィードバックループは劇的な産出量の増大をもたらしたのである。

産業革命期のイギリスでは、産出量の増大に伴って人口がかつてない勢いで増大した。しかし、それを振り切るほどのスピードで産出量が増大し、マルサスの罠からの脱却が実現した。つまり、時を経るごとに一人当たり所得が増大し、生活水準が絶えず向上するような経済へと移行したのである。

図 2 のグラフは、産業革命期において二手に分かれている。19 世紀にイギリスを初めとする欧米諸国の経済が持続的に成長する上昇経路を辿り出した一方で、アジア・アフリカ諸国などの経済は欧米諸国に収奪されることにより停滞路線を辿りむしろ貧しくなった。

こうして世界は豊かな地域と貧しい地域に分かれた。この分岐は近年の経済史の用語で「大分岐」(Great Divergence) と呼ばれている (Pomeranz 2000)。

第二次産業革命と第三次産業革命は、私達の生活に大きな影響をもたらしたが、経済構造には根本的な革新をもたらさなかった。それらの革命を経ても資本主義経済の生産活動は相変わらず、「資本」と「労働」という二つのインプットを必要とする。

このような生産活動は、経済学では「コブ = ダグラス型生産関数」によって定式化されることが多いので、現在の資本主義経済を「コブ = ダグラス型生産経済」と呼ぶことにする。「コブ = ダグラス型生産関数」は、

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha}$$

という形式の関数である。Y は産出量、A は技術水準、K は資本、L は労働である。 α は資本分配率を、 $1-\alpha$ は労働分配率を表している。技術水準 A は、生産の効率性を表す指標である。同じ量の資本と労働がインプットされても、技術水準 A が高ければ、それだけ多くの産出物がアウトプットされる。

コブ = ダグラス型生産関数では、資本と労働のそれぞれについて「限界生産力逓減の法則」が成り立つ。す

なわち、資本 K を増大させても、それによってもたらされる産出の増大分は小さくなっていく。労働 L についても同様である。

コブ = ダグラス型生産関数を用いた経済成長の理論モデルである「ソローモデル」(Solow 1956) に基づけば、限界生産力逓減というこの性質のために、技術水準 A が上昇しない限り、いずれ経済成長率はゼロになる。技術水準 A が g の率で成長しているのであれば、定常状態の経済成長率 \dot{Y}/Y は

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{g}{1-\alpha} \quad (1)$$

となる。定常状態に至る前の移行過程では、資本を増大させればそれだけ成長率は上昇させられるが、定常状態の成長率は資本を増大によっては上昇させられない。

ソローモデルのこの結果は現実にも当てはまると考えられている。中国やインド、高度経済成長期の日本が 7% や 10% といった高い成長率を保ってきたのは、これらの経済がソローモデルの移行過程にあるからで、現代の日本やアメリカが 1% や 2% といった低い成長率しか実現できないのは、これらの経済がソローモデルの定常状態にあるからだと解釈できる。

第四次産業革命は、成熟した国々の経済成長に関するこのような閉塞状態を打ち破る可能性がある。なぜなら、汎用型 AI が人間の労働の大部分を代替すると、図 4 のような経済構造になるからだ。インプットは AI を含む資本のみで、労働は不要となっている。トマ・ピケティはこのような経済を「純粋ロボット経済」(Pure Robot-economy) と呼んだ (Piketty 2013)。

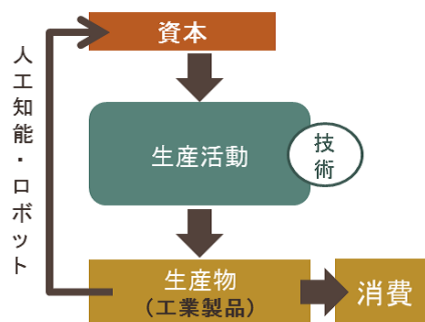


図 4: AK 型生産経済

この時、生産関数は「AK 型生産関数」となるので、私たちはこのような構造を持つ経済を「AK 型生産経済」と呼ぶことにしたい。すなわち、純粋ロボット経済とは「AK 型生産経済」に他ならない。「AK 型生産関数」は、

$$Y = AK$$

という形式を持つ。AK 型生産関数では、資本の限界生産力が逓減しない。ここでさらに、

$$\dot{K} = sY - \delta K$$

を仮定する。 s は貯蓄率であり、 δ は資本減耗率である。さらに、技術水準 A は一定率 g で上昇するものとし、経済成長率 \dot{Y}/Y を求めると、

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = sA(0)e^{gt} - \delta + g \quad (2)$$

となる。

式 (2) は指数関数的成長の率そのものが指数関数的に成長していくことを意味している。コブ=ダグラス型生産経済では、定常状態において年々ほぼ一定率で一人当たり所得が成長していくが、AK 型生産経済では成長率自体が年々成長していく。

したがって、もし汎用型 AI を導入した国とそうでない国があるとすると、図 5 のように経済成長率に開きが生じていくことになる。この図は縦軸が経済成長率であり、図 2 の方は縦軸が所得であるという点に注意して欲しい。

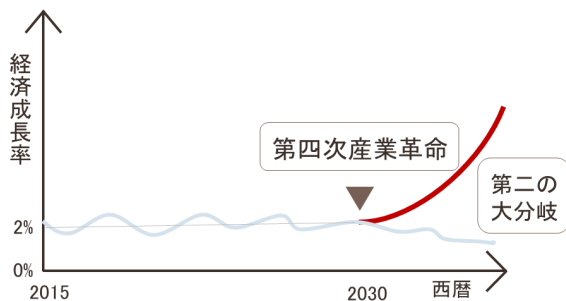


図 5: 第二次の大分岐

第四次産業革命期に現れるこのような分岐を「第 2 の大分岐」と呼ぶことにする。第一次産業革命期に発生した最初の大分岐では、GPT である蒸気機関などを導入し生産を機械化した欧米諸国は上昇路線に乗り、そうでない国々は停滞路線に取り残された。それと同様に、第 2 の大分岐では、GPT としての汎用型 AI をいち早く導入した国々が経済面で圧倒的となり、導入が遅れた国々を大きく引き離すことになる。

4 雇用

汎用型 AI の出現は歴史上かつてなかった規模での技術的失業をもたらす可能性がある。技術的失業は、イ

ノベーション（新しい技術の導入）がもたらす失業を意味している。「銀行に ATM が導入されて窓口係が必要なくなり職を失う」というのはそのような失業の例である。

資本主義の勃興期に技術的失業は既に生じていた。イギリスでは第一次産業革命の期間（1770～1830 年）に、一人の労働者が 1 ポンドの綿花を糸につむぐのにかかる時間は 500 時間から 3 時間に短縮された。紡績機（糸をつむぐ機械）や紡織機（布を織る機械）の導入はこのように労働力を節約するので、人手を減らすものと心配された。失業を恐れた手織工や一部の労働者は 1810 年代に「ラッドライト運動」という機械の打ち壊し運動を行った。ところが、技術的失業は結局のところ、一時的で局所的な問題に過ぎなかった。

紡績・紡織の労働力が節約されたので、それだけ綿布は安く供給できるようになった。その結果、下着を身につける習慣が広まるなどして綿布の消費需要は増大し、工場労働者の需要もむしろ増大した。

イノベーションはまた新たな消費財やサービスを創出することでも雇用を生み出す。蒸気機関は自動織機ばかりでなく、機関車の動力にも使われ、鉄道員や鉄道技師などの新たな雇用を生み出した。

このようにイノベーションが発生しても、(1) 既存産業が効率化し消費需要が増大するか、(2) 新しく生まれた産業に労働者が「労働移動」することにより、技術的失業は解消されてきた。それゆえ、経済学者が技術的失業を深刻な問題としてとり扱うことは少なかった。

技術的失業に関する議論が再び活発になったのは 1990 年代になってからのことだ。アメリカではこの時期に、IT の導入がもたらす技術的失業が懸念され、「ネオ・ラッドライト運動」が始まった。ノーベル経済学賞受賞者であるモートンセンとピサリデスのような著名な経済学者によって技術的失業が研究されるようになった。

日本では 2013 年に、エリック・ブリニョルフソン等による『機械との競争』(Brynjolfsson and McAfee 2011) の翻訳書が出版され、2014 年にカール・フレイ等による論文「雇用の未来」(Frey and Osborne 2013) がネットや雑誌で紹介され、技術的失業の問題がようやく広く知られるようになった。

歴史の教訓に基づけば、技術的失業は一時的で局所的な問題に過ぎないはずだ。しかし、過去の法則が未来に当てはまるとは限らない。

まず、現在アメリカで起こっていることを分析するために、職業を「肉体労働」と「事務労働」と「高度な頭脳労働」の三つに分けて考えよう。戦後の資本主義の黄金期には、「事務労働」が増大し、たくさんの雇用が生み出されてきた。ところが、現在アメリカでは中間所得層が多く従事するこの事務労働こそがコンピュータ化されて、例えばコールセンターや旅行代理店の雇用が大幅に減っている (Brynjolfsson and McAfee 2011、

Cowen 2014)。

仕事を失った労働者は、より低賃金の「肉体労働」やより高賃金の「高度な頭脳労働」の方に移動する。中間所得層の労働が減り、低賃金と高賃金の労働が増大するこうした現象は、デヴィット・オーター等によって労働市場の二極化 (Polarization) と呼ばれている (Autor et al. 2006)。

しかし、オーターは今後中間所得層の雇用破壊は収束し、再び中間所得層の労働が増えていくのではないかという希望的な展望を示している (Autor 2015)。ブリニョルフソン等は、再分配政策は根本的な解決にはなり得ず、教育のあり方を変革したり、起業家精神を醸成することによって高度な頭脳労働の方に人々を「労働移動」させるべきだと主張している (Brynjolfsson and McAfee 2011, 2014)。

だが、「雇用の未来」によれば、ウェイターや漁師などの「肉体労働」も銀行の融資担当や会計士などの「高度な頭脳労働」も今から 10~20 年後には機械によって奪われ、アメリカ人の雇用の 47% が消滅するという。産業革命以降、続々と新しい職種が生まれてきたのは対照的に、今後人間が従事できる仕事の範囲はせばまっていく一方だ。

AI によって新たな雇用は生まれぬのか？ 内燃機関 (ガソリンエンジン) の発明によって自動車産業が現れ多くの工場労働者が雇用されたが、自動車のようなハードウェアと違って AI のようなソフトウェアは一度作ってしまえば幾らでも人手を使わずにコピーできる。AI の発達は IT 産業をいっそう拡大させるが、自動車ほどには新たな雇用を生み出さない。

汎用型 AI の出現した場合には、さらに悪いことに根こそぎ雇用が奪われる。最初の産業革命によって出現した産業資本主義は、人間が機械を操作して生産活動を行う経済である。これはすなわち、図 3 のように、資本と労働の二つをインプットとする生産活動である。したがって、消費需要の増大は資本の需要とともに、人間の労働需要を増大させてきた。

それに対し、第四次産業革命後に現れる新しい資本主義経済では、AI を搭載した機械が自らを操作する。完全にオートメーション化された無人の工場を想像して欲しい。そこでは生身の人間は不要なので、消費需要の増大は労働需要を増大させない。

人間の労働が残るケースも考えられる。人間の労働と汎用型 AI が高い代替性を持つ場合でも、AI を搭載した機械に比べて賃金が割安であれば、人間の労働者が雇用される。しかし、一般に賃金は下方硬直的である (下落しにくい)。たとえ下落したとしても、いずれ最低賃金の壁に突き当たる。したがって、機械の価格が下落し続けるのであれば、必ずいつかは雇用は消滅することになる。

5 所得分配

Brynjolfsson and McAfee (2011, 2014) は、アメリカでは 1970 年代から一人あたり GDP は増大しているのに、所得の中央値は上昇していないことを指摘している。これは、一般的な労働者の所得が増えていないことを意味している。このようなマクロ経済の趨勢と労働者の暮らし振りとの開きは、「グレード・デカップリング」と呼ばれており、その主要因は情報技術の発達という「スキル偏向的技術進歩」だという。

さらに、Brynjolfsson and McAfee (2011, 2014) は、近年起こりつつある所得格差について、「スキルの高い労働者対スキルの低い労働者」「スーパースター対ふつうの人」「資本家対労働者」という三つの対立軸に分けて分析している。この中で、AI・ロボットの発達によってこれからとりわけ顕著な問題となるのは、「資本家対労働者」だと考えられる。

「資本家」は工場や店舗、会社などを所有したり、それらの運転資金を提供する人であり、収入源は利子や配当である。「労働者」は賃金労働をする人であり、収入源は賃金所得である。

AI・ロボットに対する需要が増大するにつれて、それを所有する資本家の所得も増大する。一方、人間の労働需要が減少していくにつれて労働者の所得も減少していく。すなわち、資本家の取り分の割合である「資本分配率」は上昇し、労働者の取り分の割合である「労働分配率」は下降する。

この長期的傾向は、トマ・ピケティが『21 世紀の資本』(Piketty 2014) で示した「資本分配率の上昇による格差拡大」という実証結果と整合的である。なお、この傾向は技術的失業が増大しない場合にも起こり得る。というのも、賃金がもし下方に伸縮的であれば技術的失業は生じにくくなるが、賃金は下落するのでいずれにせよ労働分配率は下降するからである。

第四次産業革命後の経済で、汎用型 AI を搭載した機械が大部分の人間の労働を代替するのであれば、機械を所有する資本家のみが所得を得て、労働者は所得を得られない。資本分配率は 100% 近くなり、労働分配率は 0% 近くになる。労働者の窮乏化は避けられない。

6 ベーシックインカムの提案

最後に、賃金下落などによって生じる貧困や失業に対処するために、「ベーシックインカム」(BI) が有効であることを主張したい。

BI は生活に最低限必要な所得を国民全員に保障するような制度である。例えば、毎月 7 万円といった一定額のマネーが老若男女を問わず国民全員に給付される。その財源は一般に税金であると考えられている。この

ような税金を財源とした生活保障のための BI を特に「固定 BI」と呼ぶことにする。

第四次産業革命以前では、世の中に出回るマネーの量を増大させる金融緩和政策が技術的失業を減殺する効果を持つだろう。手元のマネーが増えたらその「資産効果」によって、より多くの人々が例えば自動車を買うようになり、それによって自動車産業に従事する人々の雇用が守られるからである。AI・ロボットの導入によって、生産性が1.5倍になったならば、消費需要も1.5倍に増えるようにマネーを増やす必要がある。そうでなければ、需要と供給は均衡せず、失業が持続する(Tsuzuki and Inoue 2010, Inoue and Tsuzuki 2011)。

なお、技術進歩と同程度にマネーを増やす分には、過度なインフレは発生しない。また、このようなマネーの増大は、技術的失業を減殺する分だけ、社会的な富を増大させる。マネーの増大による消費需要の増大によって雇用が作られる。すると、マネーを増やさなければ失業するはずだった人達が、労働に従事することができるので、その分だけ実際に生産量が増大する。錬金術のように社会的な富が生み出される訳ではないのである。

ただし、従来の金融緩和政策の方法によって消費需要が増えるとは限らない。平成不況の期間には、増大したマネーが市中銀行に滞留して家計にまで行き届かず、消費需要の低迷が続いた。したがって、中央銀行が発行したマネーが直接、家計(=消費者)に給付されなければならない。また、その際のマネーの給付額は、失業率や物価上昇率などのマクロ経済の状況を鑑みて、変動させる必要がある。このような、失業を減殺し景気を安定化させるための中央銀行からの給付金を「変動 BI」と呼ぶことにする。

このような変動 BI が失業を減らす効果を持つのは、人間に成すべき労働が残されている間だけである。人間の労働の大部分が機械に代替される第四次産業革命以降の経済では、無理に雇用を増やすべきではなくその必要もない。生活保障のための BI である固定 BI の役割がさらに重要なものとなるだろう。

いずれにせよ、AI の発達が発達を破壊し、人々を貧困に陥れるかどうかは政策次第である。固定 BI と変動 BI からなる「2 階建て BI」を実施することによって、多くの人々が豊かさを享受できるようになるはずだ。AI が害悪をもたらさずに発達し普及するためには、BI が不可欠なのである。

参考文献

- [1] Autor, David and Lawrence F. Katz and Melissa S. Kearney “The Polarization of the U.S. Labor Market,” *American Economic Review Papers and Proceedings*, Vol. 96, No. 2, pp. 189-194, (2006).
- [2] Autor, David “Why Are There Still So Many Jobs?: The History and Future of Workplace Automation,” *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 29, No. 3, pp. 3-30, (2015).
- [3] Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee *Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Digital Frontier Press, (2011).
- [4] Brynjolfsson, Erik and Andrew McAfee *The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W. Norton & Company, (2014)
- [5] Cowen, Tyler *Average is Over: Powering America Beyond the Age of the Great Stagnation*, Dutton Adult, (2014).
- [6] Frey, Carl Benedikt and Michael A. Osborne “The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?,” Oxford Martin, (2013).
- [7] Inoue, Tomohiro and Eiji Tsuzuki “A New Keynesian Model with Technological Change,” *Economics Letters*, Vol. 110, No. 3, pp. 206-208, (2011).
- [8] Piketty, Thomas *Le Capital au XXIe siècle*, Seuil, (2013).
- [9] Piketty, Thomas
<http://piketty.pse.ens.fr/files/Piketty2014Capital21c.pdf>, (2014)
- [10] Pomeranz, Kenneth L. *The Great Divergence: China, Europe, and the Making of the Modern World Economy*, Princeton University Press, (2000).
- [11] Solow, Robert M. “A Contribution to the Theory of Economic Growth,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 70, No. 1, pp. 65-94, (1956).
- [12] Tsuzuki, Eiji and Tomohiro Inoue “Policy Trade-off in the Long Run: A New Keynesian Model with Technological Change and Money Growth,” *Economic Modelling*, Vol. 27, No. 5, pp. 934-950, (2010).