経済論叢（京都大学）第 185 巻第 1 号，2011 年 1 月

〈論　文〉

# 機械化と労働市場，経済成長†

遊　喜　一　洋

## Ⅰ　はじめに

人間の行っていた作業が機械によって代替される機械化は，持続的な技術進歩が始まった産業革命期以降一貫して見られる傾向である。工業化初期には，機械化によって工業の担い手が職人と工業を副業とする農家から近代的工場で働く労働者と技術者へシフトした。それ以降も機械化は工業を中心に進展し，工場での作業の益々多くの部分が機械によって行われるようになっていった。これに伴い生産組織も家計と小企業中心から大企業中心へ変化してきた。最近ではIT 技術の進歩によって機械化はオフィスにまで広がり，サービス業に対しても大きな影響を及ぼしている。

労働経済学とマクロ経済学はこれまで機械化が経済に及ぼす影響にあまり注目してこなかったが，2000 年代以降実証研究を中心に大きな進展が見られるようになった。機械化，特にIT 技術の導入による機械化（IT 化）が先進国の賃金分布の変化に大きな影響を及ぼしているのではないか，という考えから，機械化の賃金分布や職の分布への影響を中心に実証研究が進んでいる。また関連した理論モデルの構築も行われている。これらとは独立に経済成長理論においても，スタンダードな経済成長モデルでは正面から扱われることのなかった機械化をモデル化する試みが増えている。機械化を通じて経済が成長するモデルにおいて持続的成長が可能であるかを探ることが主な関心である。

本論文は，労働経済学とマクロ経済学における機械化に関する最近の研究を実証・理論の両面から概観する。比較的少数の研究を詳しく検討することにより，最近の研究が何を明らかにしたのか，また今後の課題が何であるのかを探っていく。

論文の構成は次の通りである。Ⅱ節では機械化の労働市場への影響を分析した実証研究を概観する。まずはじめに，関連する 1980 年代以降の先進国，特にアメリカにおける賃金分布の変化に関する研究を概観した後，一国経済のタスク・職の分布と賃金分布への影響を分析したマクロレベルの実証研究を取り上げる。次に生産現場やオフィスでの労働需要，職務の内容，生産方式などへの影響を分析したミクロレベルの実証研究を見る。Ⅲ節では機械化に関する理論研究を概観する。機械化と経済成長との関係を分析した研究を取り上げた後，理論面ではこの研究と，またテーマ的にはⅡ節の実証研究と関連の強い労働市場への影響を分析した研究を検討する。

## Ⅱ　労働市場への影響に関する実証研究

本節では，機械化，特にIT 化の労働市場への影響を分析した最近の実証研究を概観する。一国経済のタスク・職の分布と賃金分布に及ぼ

†　本論文の内容の一部は，2011 年 7 月 25 日に鹿児島国際大学で「機械化と仕事と所得の分布の変化」と題して行った報告に基づいている。出席者からの貴重なコメントに感謝したい。

す影響を分析したマクロレベルの実証研究を取り上げた後,生産現場やオフィスでの労働需要,職務の内容,生産方式などへの影響を分析したミクロレベルの実証研究を見る。

これらの研究が活発化したのは2000年代以降であるが,その背景には1980年代以降の先進国,特にアメリカにおける賃金分布の変化に関する研究の発展がある。そこで次項では賃金分布の変化に関する研究を概観する[1)]。

## 1 1980年代以降の賃金分布の変化に関する実証研究

アメリカの賃金分布の変化を大卒労働者と高卒労働者というスキルの異なる労働者間の賃金格差の変化によって見ると,1970年代には低下していた賃金格差が,80年代以降大きく上昇している。他方大卒労働者の相対供給量は,80年代以降ペースが鈍化しているものの,この間ほぼ一貫して上昇している。(Acemoglu and Autor([2010] Figures 1 and 2)はこのような傾向が2008年まで継続していることを確認している。)日本を含む他の主要先進国に関していえば,70年代は全ての国で賃金格差が縮小したが,80年代半ばまでにその傾向が変化し,賃金格差の拡大あるいは高卒労働者の失業率の上昇が見られるようになった(また全ての国で大卒労働者の相対供給量が増加している。)[2)]。

大卒労働者の相対供給の上昇にもかかわらず,80年代以降大卒労働者の相対賃金が上昇したわけである。このことから大卒労働者に対する相対需要が増加したことがわかるが,その要因としては,スキル偏向的な技術進歩(skill biased technological change),貿易・海外直接投資の活発化による国際競争の激化,最低賃金や労働組合組織率の低下など労働市場制度の変化,が主に指摘された。

多くの研究者がとりわけ重要であると考えたのはスキル偏向的技術進歩であるが,具体的にそれが何であるのかを探る研究が90年代後半に盛んとなった。80年代以降の労働需要に大きな影響を及ぼした技術進歩ということから,スキル偏向的技術進歩とはIT技術の飛躍的な進歩ではないか,という仮説が当然のことながら中心的に検討され,実際コンピューターを使える労働者の賃金プレミアムが上昇していることが計量分析によって明らかにされた。

90年代末頃明らかになりつつあったのが,90年代のアメリカの賃金分布が80年代とは異なる変化を見せているという事実である。Card and DiNardo[2002]は,80年代に引き続きIT技術の急速な進歩と職場でのコンピューター利用の拡大があったにもかかわらず,大卒労働者の相対賃金上昇のペースがかなり緩やかになったことを指摘し,スキル偏向的技術進歩仮説に対して疑問を呈した[3)]。この仮説を支持する研究者からも80年代と異なる賃金の動きが指摘された。Autor, Katz, and Kearney([2006] Figure 2)によると,1973-88年は賃金が高いほど賃金変化率が高くなるという傾向を示していたのに対し,1988-2004年は賃金変化率がU字型,つまり高賃金層と低賃金層に比べ賃金が

1)1990年代までの研究のサーベイとしてはKatz and Autor[1999]がある。また実証・理論両面での最近の研究を中心としたサーベイとしては,この論文でも頻繁に引用するAcemoglu and Autor[2010]がある。

2)この傾向は少なくとも2005年まで継続しているものと思われる。OECD([2008] Figure 3.2)は1985年から2005年のOECD11カ国の男性常勤労働者の賃金格差の変化を,分布の上位10%(P90)と中位(P50)の賃金比や中位と下位10%(P10)の賃金比などを指標として見ている。それによると,分布上位と中位との間の格差(P90/P50)はフランスとフィンランド以外の全ての国で上昇している。これに対し中位と下位との間の格差(P50/P10)は過半数の国で上昇しているものの,大きく低下している国も存在する。

中レベルの労働者の賃金変化率が低いという傾向に変化した[4]。スキルを教育水準などで測った単純なスキル偏向的技術進歩仮説では，スキルが高い労働者ほど相対労働需要が高くなるという関係になるが，1988-2004 年の賃金変化率はそのような関係にはなっていない。

この仮説のもう一つの問題は，80 年代から観察される教育水準が同じ労働者間の格差（residual inequality）の大きな拡大をうまく説明できないことである。Acemoglu and Autor（［2010］以下 AA）が指摘するように，教育水準がスキルの不完全なシグナルであるとき，スキルが高い労働者への相対需要増によって residual inequality が上昇することを理論的には説明できるが，Lemieux［2006］は，非若年層大卒労働者の割合が 90 年代以降上昇したことの影響を考慮すれば，residual inequality の拡大は 80 年代に限られるとしている[5]。

これに対して技術進歩の影響を重視する Autor, Levy, and Murnane［2003］は，コンピューターがタスク（職を構成する様々な活動）や職レベルでどのような影響を及ぼすかに関して仮説を立て，タスク・職レベルのデータに基づいて検証した。後述するように，この仮説はスキル偏向的技術進歩仮説の修正版と解釈することができるが，この論文を見る前に，Autor, Levy, and Murnane［2003］以降明らかになった，この仮説と関連した職レベルのデータからの事実を紹介する。

## 2　1990 年代以降の職の分布の変化

1990 年代は職の分布についても 80 年代とは異なる変化が見られた。Autor, Katz, and Kearney（［2006］Figure 3）によれば，アメリカでは 80 年代は平均教育水準の高い職ほど雇用の伸びが高かったが，90 年代は教育水準の高い職と低い職で雇用の伸びが相対的に高い（特に前者）のに対し，教育水準が中レベルの職で伸びが低くなった。（AA［Figure 10］によれば 2000 年代は教育水準の低い職のみで雇用の成長が高い。）この雇用の二極化（job polarization）は，Goos and Manning［2003］によってイギリスについて初めて明らかにされたが，特に賃金が中レベルの職での雇用低迷は殆ど全ての先進国で観察される傾向である（EU16 か国については Goos, Manning, and Salomons（［2010］Figures 1 and 2, Table 2）。

具体的にどのような職で雇用の成長が大きいあるいは小さいのかを見るために，AA（Figure 13a, Tables 3a and 4）は職を賃金水準や教育水準などによって次の 4 グループに分類し

3）この他，Card and DiNardo［2002］は以下の点などを説明する上でもスキル偏向的技術進歩仮説に問題があると主張している。(i)年齢による相対賃金上昇の違い：男女とも若年層の格差拡大の方が大きい（ただし 90 年代後半の男性では非若年層の方が大きく，女性では年齢による違いは比較的小さい）。女性では学歴によるコンピューター利用の違いが年齢に依存しておらず，また男性ではコンピューター利用格差の年齢による違い（若年層の方が大きい）が縮小傾向にある，という事実と整合的ではない。(ii)男女間賃金格差の変化：80 年代から 90 年代前半にかけては同一教育水準で比較しても格差が縮小したが，女性の方がコンピューター利用度が高いにもかかわらず，それ以降は安定している。(iii)白人と黒人の間の賃金格差の変化：白人が教育水準とコンピューター利用で黒人を大きく上回り，しかもこれらの格差の縮小ペースが遅いにもかかわらず，80 年代以降賃金格差は安定あるいは緩やかに縮小している。

4）注 2 で取り上げた OECD（［2008］Figure 3.2）によると，このような傾向は必ずしも主要先進国全てに共通したものではないが，90 年代後半以降，アメリカと同様に分布中位層と低位層との間の格差（P50/P10）が縮小あるいは安定している国が多い。

5）このような人口構成の変化が residual inequality を上昇させる理由は，年齢と教育水準が高いほど同じ属性の労働者間の格差が大きくなる傾向があるためである。

ている。教育・賃金水準が高い経営管理・専門・技術職（Professional, Managerial, Technical），教育・賃金水準が中程度のホワイトカラー職である事務・販売職（Clerical, Sales），教育・賃金水準が中程度か低いブルーカラー職である生産職（Production, Operators），そして教育・賃金水準が低いサービス職（Services）である[6)]。1959-2007年のアメリカにおける4つの職グループの雇用シェアは，一貫して生産職のシェアが大きく低下し，経営管理・専門・技術職のシェアが大きく上昇しているのに対し，事務・販売職のシェアは80年代までは上昇していたが90年代以降低下に転じ，また非常に緩やかに上昇していたサービス職のシェアが90年代以降大きく上昇している。1992-2008年の西欧諸国における40歳未満の男女別の雇用シェアの変化もアメリカの90年代以降と同様の傾向を見せている（AA, Figures 16a and 16b）。

このように90年代以降は，教育・賃金水準が中程度の事務・販売職の雇用の成長が低迷する一方，教育・賃金水準が低いサービス職の雇用が大きく拡大する，という80年代までとは異なる傾向が観察される。これを分布の真ん中あたりでの賃金成長の低迷と併せて考えると，事務・販売職への需要減とサービス職への需要増が起きたものと推測できる。

6）専門職は研究者，技術者，教師など，経営管理職は企業や政府機関の上層部と中間管理職の他，会計士など経営に関する専門職，技術職はプログラマー，医師，看護師などである。事務職は事務員の他，秘書やコンピューターのオペレーターなどを含む。生産職は機械のオペレーター，組立工，生産・建設関係の未熟練労働者などの他，運搬関係の職および機械工・修理工，電気工，肉屋など職人系の職を含む。サービス職は，介護士，医療補助者，清掃員，家政婦，警官，警備員，調理師，ウェイター，理髪師・美容師，案内係などである。

## 3 タスク・職と賃金の分布への影響に関する実証研究

### 3.1 定型化仮説

以上の職と賃金の分布の変化は Autor, Levy, and Murnane（[2003] 以下 ALM）によるいわゆる定型化仮説（routinization hypothesis）によってうまく説明することができる。この仮説は，技術進歩による機械化，中でも IT 化が労働需要に及ぼす影響を，タスク・職レベルから探ったものである。

彼らは生産のために必要な様々なタスクを，cognitive/manual（認知的・肉体的）と routine/non-routine（定型化されている・いない）の２つの軸によって４つに分類し，non-routine cognitive タスクについてはさらに２つに分類している。ここで routine タスクとは，タスクを明確なルールによって記述できるため，潜在的に機械に行わせることができるタスクのことである。具体的には，routine cognitive タスクは情報を機械に入出力したり計算する等単純な情報処理タスク，routine manual タスクは単純な繰り返し動作を伴うタスク，non-routine cognitive タスクは複雑な情報処理タスクで，そのうち分析的思考力を要するのが non-routine analytic タスク，他者との情報のやりとりや他者への説明や説得など対人コミュニケーションが中心となるのが non-routine interactive タスク，そして乗り物の運転など機械にとって複雑な動作や変化する周辺環境への順応を伴うのが non-routine manual タスクである。

AA（Table 5a）によれば，経営管理・専門・技術職では non-routine analytic タスクと non-routine interactive タスクの重要性が高く，事務・販売職では routine cognitive タスク，生産職では２つの routine タスク，そしてサービス職では non-routine manual タスクの比重が高い。

定型化仮説によれば，このうち技術進歩による機械の価格低下によって機械化されやすいの

がroutineタスクである[7]。産業革命以降の技術進歩はroutine manualタスクを中心に機械化を引き起こしてきたが，それが前述の生産職雇用シェアの一貫した減少に表れている。これに加えIT技術の進歩はroutine cognitiveタスクについても機械化を引き起こし，それが1990年代以降の事務・販売職の雇用シェア減少に反映されている。他方機械化されにくいnon-routineタスクは，生産においてroutineタスクと補完的であることから，機械化によるroutineタスクの生産性向上によって需要が増加する。これがnon-routine analyticタスクやnon-routine interactiveタスクの重要性が高い経営管理・専門・技術職の雇用シェアの一貫した上昇と，non-routine manualタスクの重要性が高いサービス職の雇用シェアの特に90年代以降の大きな上昇に表れている[8]。このように定型化仮説は60年代以降の異なる職種の雇用シェアの変化，特に90年代以降の職分布の二極化を説明することができる。

またnon-routineタスクで重要なスキルを持つ労働者への相対需要が増加することから，相対供給の増加が大きくなければ，そのような労働者の相対賃金が上昇することになる。AA（Table 5b）によれば，教育水準が高いほどnon-routine analyticタスクやnon-routine interactiveタスクの重要な職に就き，また教育水準が低いほどroutine manualタスクやnon-routine manualタスクの重要な職に就く傾向があるのに対し，routine cognitiveタスクの重要性が高い職に就く傾向が強いのは，特に女性の場合は教育水準が中程度（短大卒・大学中退と高卒）の労働者である[9]。したがってアメリカの賃金分布変化の年代による違いは，定型化仮説によって次のように説明できる。80年代までは，IT技術を含め技術進歩は主にroutine manualタスクで機械化を引き起こしたため，教育水準が低い労働者ほど需要の減少が大きく，高学歴労働者の相対供給の伸びが低下した80年代には，低学歴層が就く低賃金職ほど賃金の伸びが小さくなった。これに対し90年代以降はroutine cognitiveタスクがIT化の影響を大きく受けることになったため，中学歴層が就く賃金が中レベルの職で賃金の伸びが相対的に低くなった[10]。

この定型化仮説は，技術進歩によるスキルからのリターンの変化が賃金格差の変化の主要因であるが，技術進歩の影響がスキルによって異なるとしている点で，スキル偏向的技術進歩仮説の修正版と見ることができる。

---

7）人間が行っていたnon-routineタスクがroutineタスクを行う機械によって代替されることもある。例えば調理人の行うnon-routineタスクを投入して生産される外食サービスが，機械によるroutineタスクを投入して生産されるインスタント食品や冷凍食品に代替される場合が，これにあたる。

8）IT技術を念頭に置いたALMの議論では，IT化により相対需要が上昇するのは情報が重要な投入物であるnon-routine analyticタスクやnon-routine interactiveタスクであって，non-routine manualタスクへの影響は中立的だとしている。しかしIT技術が直接的にはnon-routine manualタスクの生産と無関係だとしても，原材料から最終財が生産されるプロセスの中でroutineタスクとの関係が補完的であれば，non-routine manualタスクへの相対需要も上昇する。（Non-routine manualタスクが重要なサービス職とroutineタスクが重要な生産職および事務・販売職とは補完的であると思われる。）また生産プロセスでは両者の間に関係がない場合も，IT化による生産性向上は所得を上昇させるため，（最終需要の大きなシフトがないかぎり）non-routine manualタスクを投入する最終財への需要を増加させるはずである。

9）男性の場合，短大卒・大学中退以下では学歴による差はほとんどないが，他の職と比較すれば教育水準が中程度の労働者の割合が高い職といえる。

### 3.2 タスク・職の分布への影響：Autor, Levy, and Murnane［2003］

ALMはアメリカのデータを用いて，定型化仮説，特にIT化がタスク・職の分布に及ぼす影響について検証している。まず1960年時点でroutineタスクへの労働投入割合の高い産業（産業数140）ほど1997年のコンピューター利用度が高いことを確認している。これはIT化がroutineタスクを中心に機械化を引き起こすとする仮説と整合的である。

次に職レベルのデータに基づいて経済全体における異なるタスクへの労働投入シェアの変化（1960-1998年）を調べている（ALM, Figure I, Table II）。それによると，non-routine analyticタスクとnon-routine interactiveタスクのシェアは一貫して上昇しており，特に80年代以降伸びが大きい。これに対し60年代には上昇していたroutineタスクのシェアが，routine cognitiveタスクは70年代以降，routine manualタスクは80年代以降低下しており，特にroutine cognitiveタスクは80年代以降大きく低下している。他方non-routine manualタスクのシェアは一貫して低下しているが，90年代以降低下が鈍化している。これらの変化は概ね定型化仮説と整合的であるが，non-routine manualタスクシェアの一貫した低下，routine cognitiveタスクシェアの70年代からの低下，そして特に70年代までのroutine manualタスクシェアの上昇については，仮説による解釈は容易ではない[11)]。

以上の結果に対して，タスクシェアの変化が機械化ではなく最終需要構成の変化によるものではないか，という批判が考えられる。所得水準の上昇による最終需要のモノからサービスへのシフトによってもタスクシェアの変化をある程度説明することができる。これについてALM（Table II）はタスクの投入シェアの変化を産業間要因と産業内要因に分解することで相対的重要性を調べている（産業数140）。それによると，70年代まではnon-routine interactiveタスクを除く全てのタスクシェアの変化において産業間要因が産業内要因と同程度かそれ以上に重要であるが，80年代以降はnon-routine manualタスクを除く全てのタスクで産業内要因の影響の方がはるかに重要である。この結果は，80年代以降のタスクシェアの変化に大きく影響しているのはIT技術の進歩による各産業

10）またCard and DiNardo［2002］がスキル偏向的技術進歩仮説では説明できないとした事実（注３）のうち，女性の方がコンピューター利用度が高いにもかかわらず，90年代前半以降男女間の賃金格差に縮小傾向が見られないことについては，定型化仮説による説明が可能である。すなわち女性の方がIT化による負の影響を受けやすいroutine cognitiveタスクの重要性が高い事務・販売職で雇用シェアが高く，正の影響を受けやすいnon-routine cognitiveタスクの重要性が高い経営管理・専門・技術職で雇用シェアが低いことが賃金格差に負の影響を及ぼしており，これがコンピューター利用の高さと相対教育水準の縮小あるいは逆転（AA, Figures 3a and 3b）からの正の影響を相殺している，という解釈ができる。

11）用いられている雇用データは異なるが，AA（Table 5a）の職種による異なるタスクの重要性の違いについての情報と前述の各職種の雇用シェアの変化が，これらのタスクシェアの変化を解釈する上で参考になる。Non-routine manualタスクシェアの一貫した低下については，サービス職とともにこのタスクが重要な生産職のシェア低下を反映している可能性がある。同様にroutine cognitiveタスクシェアの70年代からの低下についても，事務・販売職に次いでこのタスクが重要な生産職のシェア低下を反映している可能性がある。他方70年代までのroutine manualタスクシェアの上昇は，生産職のシェアが60年代以降一貫して低下していることと，他の職ではこのタスクの重要性が低いことを考えると，解釈するのが難しい。考えられる可能性としては，データの傾向が雇用データによって異なること，あるいは生産職内でroutine manualタスクの重要性が高い職へのシフトが起きたこと，が挙げられる。

内での routine タスクの機械化である，という解釈と整合的である[12,13]。

さらに ALM はより直接的に IT 化がタスクシェアの変化を説明する上で重要であることを示している。70 年代以降は，コンピューター化の速い産業ほど routine タスクのシェア減少が大きく，また non-routine cognitive（analytic and interactive）タスクのシェア増加が大きく，しかもタスクシェアへの影響が最近になるほど大きくなっているのに対して，60 年代はそのような関係が存在しない。またこの傾向は労働者の教育水準に関わらず見られ，non-routine analytic タスクを除けば産業内タスクシフトの大部分は同一教育水準内での変化によって説明できる。すなわち，コンピューターの導入によって教育水準に関わらず労働者の行うタスクに占める routine タスクの割合が低下し，non-routine interactive タスクの割合が高まっている。同様に，コンピューター化の速い職ほど routine cognitive タスクのシェア減少と non-routine cognitive タスクのシェア増加が大きく，しかもこの傾向は職業内での学歴分布の変化とは無関係である。

以上のように ALM は，IT 技術の進歩による機械化が 80 年代以降のタスクと職の分布の変化を説明する上で重要であり，しかもその影響は広範囲にわたり，多くの産業そして教育水準に関わらず多くの労働者で non-routine cognitive（analytic and interactive）タスクへのシフトが起こったことを説得的に示している。他方 non-routine manual タスクシェアの一貫した低下，routine cognitive タスクシェアの 70 年代からの低下，そして特に 70 年代までの routine manual タスクシェアの上昇については，定型化仮説による解釈は容易でない（ただし注 10 で詳説したように，routine manual タスクシェアを除けばこの仮説で説明できる可能性はある）。

### 3.3　賃金分布への影響：Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］

ALM では分析されていない機械化と offshoring（海外への生産拠点の移転あるいは海外企業への生産委託）の賃金分布変化への影響を，アメリカの男性労働者について分析しているのが，Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］である。彼らの分析は，この分野の殆どの実証研究とは異なり，ロイモデル（Roy model）をベースにしている。ロイモデルの基本的な考え方は，人々は様々な異なるタイプのスキルを持っているが，特定のタスク・職で重視されるスキルはその一部であるため，個々のスキルの生産性とスキルからの報酬がタスク・職によって異なる，というものである。この考え方に基づき，賃金決定式を線形で表現すると，

$$w_{ijt}=\theta_{jt}+\sum_{k=1}^{K}r_{jkt}S_{ik}+u_{ijt}, \tag{1}$$

ここで $w_{ijt}$ は t 期における個人 i の職 j での賃金の対数値，$S_{ik}$ はスキル k の保有量（時間を通じて一定），$r_{jkt}$ はこのスキルの職 j での t 期のリターン（1 人あたりの価格），$\theta_{jt}$ はスキルに依存しない部分，$u_{ijt}$ は誤差項である。

機械化や offshoring はスキルのリターン $r_{jkt}$ を変化させるが，その大きさは職によって異なる。例えば routine manual タスクを行う機械の生産性上昇は，このタスクで重要なスキル（手先の器用さなど）のリターンを低下させるが，

12）他方 70 年代までについては，多くの産業に大きな影響を及ぼす技術進歩がなかったと思われるため，タスクシェアの変化の主因が（産業特殊的な技術進歩による）機械化と最終需要のシフトのどちらであるかを判断するのは難しい。

13）AA（Table 6）はより長期（1959-2007 年）にわたって男女を区別した上で，同様の分析を行っている。ただしタスクではなく職データを用いており，産業区分は粗い（産業数 11）。ALM ほどはっきりとした傾向ではないが，80 年代以降多くのタスクで産業内要因の重要性が高くなっている。

リターンの低下はこのタスクが重要な職（生産職など）で大きくなると考えられる。このようにスキル価格の変化は職を構成するタスクの内容により異なるため，賃金水準や職種内での賃金格差の変化は職によって異なり，よって職種間の賃金格差も変化しうる。先の例でいえば，routine manual タスクが重要な生産職では，リターンの低下により賃金水準だけでなく職種内の賃金格差も大きく低下するが，他の職では影響が小さいため，これらの職との賃金格差が拡大すると考えられる。

そしてタスクの内容によって機械化や offshoring からの影響が異なるため，職による賃金変化の違いが職のタスク内容とどのように関係しているかを調べることで，賃金変化の違いに影響している要因が何であるかを分析できる。例えば賃金変化の違いが職における routine manual タスクの重要性と強く関係している場合，routine manual タスクを代替する機械の生産性向上やこのタスクが重要な工程での offshoring の影響が大きいと判断できる。

実際にはデータの不足から(1)式を直接推定することができないため，次のようなステップで推定を行っている。まず各職 j の賃金分布における各 10 分位点 q における賃金の変化率 $\Delta w_j^q$ を基準時点の対数賃金 $w_{j0}^q$ に回帰させた

$$\Delta w_j^q = a_j + b_j w_{j0}^q + \lambda^q + \varepsilon_j^q \qquad (2)$$

を推定する。ここで $\lambda^q$ は観察できないスキルのリターンの変化，$\varepsilon_j^q$ は誤差項である。$a_j$ と $b_j$ はスキルのリターンの変化 $\Delta r_{jk}$ と関係しており（$b_j>0$ のときリターンは上昇），$a_j$ はスキルと無関係の賃金決定要因の変化 $\Delta\theta_{jt}$ も含んでいる。

次にこの $a_j$ と $b_j$ の推定値を職のタスク内容を表した５つの変数に回帰することでタスク内容と賃金変化との関係を調べている。５つの変数は“information content”（情報処理作業やコンピューター使用の程度），“automation”（自動化の容易さ），“face-to-face”（直接的な人的接触の重要性），“on-site job”（現場にいることの重要性），“decision-making”（意思決定の重要性）である。ALM や AA と異なる分類であるが，タスク内容と職種による値の違いから判断して，“information content”は“routine cognitive”と“non-routine analytic”の要素を，また“automation”は両 routine 変数の要素を含んでおり，いずれも機械化や offshoring の容易さと正の関係にあると思われるが，機械化との関係がより強いと見なし，これらの変数をまとめて“Technology”と呼んでいる。他方“decision-making”は“non-routine interactive”，“on-site job”は“non-routine manual”に近い変数であり，これらと“face-to-face”は機械化や offshoring の容易さと負の関係にあると思われるが，特に offshoring の容易さと関係が強いとし，まとめて“Offshorability”と呼んでいる。

Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］は，以上のモデルを職と賃金の分布の二極化が見られた 90 年代について推定し，(2)式が職種内賃金分布の変化に非常によくフィットするだけでなく，５つのタスク変数が変化のかなりの部分を説明できることを示している。さらにタスク内容とスキルのリターンの変化との関係も概ね定型化仮説と整合的である（また offshoring の影響についても概ね妥当である）。特に“automation”と $a_j$，$b_j$ との関係は負であり，機械化や offshoring の影響によってこのタスクで重要なスキルのリターンが低下したと解釈できる。また“face-to-face”と“decision-making”では逆に正の関係が見られ，これらのタスクで重視されるスキルのリターンが上昇したと理解できる[14)]。

論文の後半では，70 年代後半以降の賃金分布の変化を recentered influence function（RIF）regression と呼ばれる手法を用いて，教育水準，

就業年数，労働組合加入，５つのタスク変数などの説明要因に分解し，それぞれの要因の重要性を分析している。具体的には賃金分布の変化を説明要因の分布の変化による部分（composition effect）と所与の説明要因分布のもとでの賃金分布の変化（wage structure effect）とに分解し，それぞれにおける各説明要因の貢献度を求めている。

分析の結果は次のように要約できる。Composition effect，特に組合組織率の低下は，70 年代後半から 90 年代の賃金格差拡大を説明する上で重要であるが，90 年代の賃金分布二極化を説明することはできない。他方 wage structure effect においては，教育のリターンの上昇が常に（特に分布の上半分において）格差拡大の重要な要因となっているのに対し，その他の要因の重要性は年代によって異なる。“Technology”は 90 年代までの格差拡大の重要な要因であるが，2000 年代では重要性は低い。他方“Offshorability”の影響は 80 年代までは小さかったが，その後，特に 2000 年代では大きい。また賃金分布二極化を説明する上で，90 年代は“Technology”と“Offshorability”，2000 年代は“Offshorability”が重要である。2000 年代については，機械化の影響を捉えているとされる“Technology”ではなく，offshoring の影響を捉えているとされる“Offshorability”が重要である，という定型化仮説とは異なる結果である。また前項で教育水準が同じ労働者間の格差（residual inequality）拡大についてふれたが，タスク変数を考慮すると結果が大きく変化することを指摘している。すなわち 80 年代における residual inequality の変化はほぼ０で，90 年代以降ではむしろ縮小している。

Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］は，タスク・職レベルのデータに基づいて，機械化（と offshoring）の賃金分布変化への影響を長期にわたって分析した初めての研究である15)。特に様々な要因の相対的重要性を定量的に分析するための厳密な手法を提示している点が重要であり，今後このような厳密な手法に基づく研究が広がることが期待される。

しかしながら，異なる要因の相対的重要性に大きく影響するタスク変数の選択や解釈にはいくつかの問題がある。タスク変数は“Technology”と“Offshorability”に分類されているが，実際には“Technology”に含まれる変数，特に“information content”は，offshoring の容易さとも強く関係しており，また逆に“Offshorability”に含まれる変数，特に“decision-making”は，機械化の難しさとも強く関係していると思われる。このため“Technology”と“Offshorability”がそれぞれ機械化と offshoring の影響を捉えているという解釈はやや恣意的である。両者の影響の相対的重要性，特に 2000 年代では機械化の重要性が低いという結果は，この恣意的な解釈に依存していると考えられる。また non-routine analytical タスクを強く反映した変数が含まれていないため，ALM の指摘した IT

14）他方機械化や offshoring がなされにくいはずの“on-site job”では関係が負になっており，仮説と整合的ではない。また“information content”では関係は概ね正であるが（ただし推定式に他のタスク変数を含めると有意でなくなる），前述のように“routine cognitive”と“non-routine analytic”の要素を含んだ変数であるため，結果の評価は難しい。

15）ただし 1999-2006 年という短期間については，Antonczyk, Fitzenberger, and Leuschner［2009］がドイツについて異なる手法（Blinder—Oaxaca decomposition）を用いて分析している。分析結果によれば，この期間賃金不平等が拡大しているが，タスク変数の分布の変化（composition effect）は不平等を縮小させる方向に働き，またタスク変数のリターンの変化（wage structure effect）は分布の上半分（下半分）では不平等を縮小（拡大）させる方向に働いている。この結果は定型化仮説と整合的ではない。またグラフなどに基づく非常に大まかな分析は，以前から Goos and Manning［2003］などによって行われている。

化の non-routine analytical タスクへの正の影響が教育からのリターン上昇に反映され，機械化の影響が過小評価されている可能性がある。さらに“automation”は両 routine タスクの要素を含むため，IT 化と従来の機械化の影響が区別されていない。

3.4 アメリカ以外の先進国についての研究

アメリカ以外の先進国についての研究も増加している。Goos, Manning, and Salomons［2010］は，EU16 か国における 90 年代以降の職分布の二極化を確認した上で，職の雇用シェア変化の賃金分布上位と中位（下位と中位）との間の違いが国によって異なる要因として機械化（論文では技術進歩）や offshoring がどれだけ重要であるかを調べている[16]。具体的には，シンプルなモデルから導出される，雇用の産業内シフトを捉える産業内の様々な職に対する需要関数と産業間シフトを捉える異なる産業の財への相対需要関数を推定し，推定式をもとに２つの要因の重要度を簡単なシミュレーションに基づいて求めている[17]。

職に対する需要関数の推定結果は定型化仮説と整合的であり，routine タスクの重要性が高いほど需要の成長が小さく，abstract タスク（non-routine cognitive［analytic and interactive］タスクに相当）の重要性が高いほど需要の成長が大きい。（またいくつかの定式化では service タスク［non-routine interactive タスクと non-routine manual タスクの要素を含む変数］についても abstract タスクと同様の結果である。）異なる産業の財への相対需要関数の推定結果によると，所得上昇によって製造業から高賃金のサービス業（金融業，不動産，ビジネスサービスなど）へ最終需要がシフトするが，サービス職の労働者の多くが雇用されている低賃金サービス業へのシフトは見られず，ALM 同様（特に低賃金職において）産業内シフトが重要であることを示している。２つの要因の重要度については，機械化が雇用シェアの変化の４割前後を説明し最も重要であるが，offshoring もある程度重要であることを明らかにしている[18]。

タスク・職データに基づく分析ではないが，Michaels, Natraj, and Van Reenen［2011］は，1980–2004 年の日米欧 11ヶ国について，IT 化の速い産業ほど高学歴層（大卒以上）と中学歴層（高卒と短大卒）の間の相対労働供給量と相対賃金が高くなる一方，中学歴層と低学歴層（高卒未満）の間の相対値については有意な関係が見られないことを示している。この結果は，IT 化が高学歴層が多い non-routine cognitive タスクの重要度の高い職への相対需要を増加させ，中学歴層が多い routine cognitive タスクの重要度の高い職への相対需要を減少させるという定型化仮説と整合的であるが，中学歴層と低学

16）タスクシェアの変化に関しては，Goos and Manning［2003］が 1975–1999 年のイギリスについて，また Spitz-Oener［2006］が 1979–1998 年の西ドイツについて ALM と同様の手法を用いて分析しており，定型化仮説と概ね整合的な結果を得ている。（ただし Goos and Manning［2003］はコンピューター化の影響については分析していない。）また賃金分布の変化については，注 15 で説明したように，Antonczyk, Fitzenberger, and Leuschner［2009］によるドイツの分析がある。

17）ただし ALM のように直接コンピューターなどの機械導入による影響を測っている訳ではない。産業内の各職に対する需要関数の推定式において，タイムトレンドと職における routine タスク，abstract タスク，service タスクの重要度との交差項の係数に基づいて間接的に調べている。例えば routine タスクの交差項の係数が負で有意であれば，routine タスクの重要な職ほど需要関数の下方シフト圧力が大きいが，これを機械化の影響と解釈している。

18）ただしシミュレーションでは，最終需要のシフトがないこと，相対賃金に変化がないこと，タスクレベルでの機械化と offshoring の影響が全ての国で等しいこと，を仮定している。

歴層との間の結果については推定式が単純であることもあり解釈が難しい。

日本におけるタスクシェアの変化については，Ikenaga and Kambayashi（［2010］Figure 1）が ALM と同様の手法を用いて調べている（1960–2005 年）。結果はアメリカと異なる部分が多い。アメリカと異なり 60 年代以降一貫して routine タスクのシェアが低下しており，しかも 70 年代までの方が低下幅が大きい。特に IT 化の影響が見られるはずの 80 年代以降で routine cognitive シェアの減少が非常に小さい。またアメリカとは逆に non-routine manual タスクのシェアが一貫して上昇している。Non-routine cognitive（analytic and interactive）タスクのシェアについては，アメリカ同様ほぼ一貫して上昇しているが，IT 化の影響が見られるはずの 80 年代以降の方が上昇幅は小さい（特に non-routine analytic タスク）[19]。

Routine タスクシェアの一貫した低下と non-routine manual タスクシェアの一貫した上昇という傾向は，routine cognitive タスクシェアの変化を除けば，アメリカよりも定型化仮説と整合的であるが，ALM が強調した IT 化の影響がシェアの変化にあまり反映されていない。日米の違いに関して，Ikenaga and Kambayashi［2010］は 1960 年時点での産業構造の違いが以降の構造変化に影響を及ぼしているのではないかという推測のもと，一次産業を除いたデータでも分析しているが，routine manual タスクと non-routine manual タスクのシェアの変化は小さくなるものの，定性的結果に変化はない。さらに所与の職で重要とされるタスクが両国で異なる可能性を考え，アメリカでのタスク評価を用いてタスクシェアの変化を再計算しているが，routine cognitive タスク以外で変化が大きくなるものの，傾向は変わらない。ただしタスクシェアの変化の大きい職に注目すると，日米どちらの評価を用いるかによって変化の大きさだけでなく方向も変わることが多く，職レベルではタスク評価の違いが定性的にも結果に影響することを明らかにしている[20]。

### 3.5　評価

以上取り上げた様々な研究の分析結果は，機械化，中でも IT 化が，先進国における 80 年代以降のタスク・職の分布の変化，および 80–90 年代のアメリカにおける賃金分布の変化，特に 90 年代における分布の二極化，を説明する上で重要である，と要約できるであろう。概ね定型化仮説と整合的な結果であるといえる。ただし細部については，定型化仮説ではうまく説明できない結果も少なからず存在する。

これまでの研究には問題点や課題も多く，これらを解決することが研究を進展させるために必要である。第一に，用いられるタスク変数の種類が研究によって異なり，しかも変数の選択基準が明確でないことが多い。変数の種類が異なる理由の１つは分析の範囲が論文によって異なることにある。例えば ALM では機械化の影響のみを分析しているのに対し，Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］では offshoring の影響も分析しているため，機械化の影響をより少数の変数で捉えようとしている。しかし ALM では

19）1979–1998 年の西ドイツにおけるタスクシェアの変化を分析した Spitz-Oener（［2006］Table 3, Figure 1）も non-routine manual タスクのシェアがほぼ一貫して上昇したという結果を得ている。

20）アメリカとのもう一つの大きな違いはタスクシェアの変化が小さいことである（アメリカのタスク評価を用いた場合でも相対的に変化は小さい）。この点について Ikenaga and Kambayashi［2010］は，日本では雇用シェアの増加した職（サービス職，販売職，専門職など）と減少した職（特に一次産業，軽工業・金属工業の生産職）との間のタスク構成の違いが平均的には小さく，タスクシェアの変化についても同様であることを指摘している。

変数の選択が定型化仮説に厳密に基づいているのに対し，Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］では選択基準がそれほど明確ではないため，個々のタスク変数で捉えようとしている要因が何であるのか判然としない。そのため結果の解釈も恣意性を残したものとなり，前述のように重要な結果のいくつかは変数の選択および解釈に大きく依存している可能性がある。分析手法やデータだけでなく，変数選択の際にも注意を払うことが必要である。

第二に，同じタスクを表した変数であってもその内容が研究によって異なる。その理由はタスク変数の作成にかなりの自由度が存在するためである。例えばALMは，約450の職について様々なスキルの重要度をリストした資料（アメリカ労働省による *Dictionary of Occupational Titles*［DOT］）をもとに，多くのスキルの中から5種類のタスクで重要なスキルをよく反映していると思われる少数のスキルを選択し，これらを用いてそれぞれの職での5つのタスクの重要度を測定しているが，スキルの選択には主観的判断が入る余地が大いにある[21)]。ALMは複数のタスク変数候補から主成分分析によって合成変数を作成し，この合成変数を用いてタスクシェアの変化とコンピューター利用の変化との関係についての分析の頑健性を検証している。結果は大きくは変化しないが，いくつかの変数の特定の年代における有意性には影響があった。他方ドイツについては，職で行ったタスクを労働者に直接尋ねたサーベイが存在するため，信頼性の高いタスク変数を作成できる（Spitz-Oener［2006］）。タスク変数の作成方法を改善するとともに，信頼性の高いタスク変数を利用できるドイツなどについての研究を進展させることが重要であろう[22)]。

21）アメリカの研究では通常DOTとその後継版であるOccupational Information Network（O*NET）が用いられる。

第三に，Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］を除けば，厳密な手法に基づいて機械化以外の影響を考慮した分析がなされていない。Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］は，アメリカの賃金分布の変化に影響する異なる要因の相対的重要性は，時代によって，あるいは分布上部と下部とで異なることを明らかにしているが，同様のことがタスクの分布やアメリカ以外についてもいえるであろう。またALMとIkenaga and Kambayashi［2010］から，日米でタスクシェアの変化の傾向が大きく異なり，両国とも定型化仮説と整合的でない部分があることが明らかになったが，異なる要因を考慮することで，このようなタスクシェアの動きを理解できる可能性がある。実際Ikenaga and Kambayashi［2010］はいくつかの要因についてシンプルな手法に基づいて検討しているが，より厳密な手法による分析が求められる。説明要因としてFirpo, Fortin, and Lemieux［2011］は，機械化の他，多くの研究で検討されてきた教育，就業経験，組合組織率，offshoringを含めているが，最終需要のシフトも考慮すべきであろう。この他，国特有の重要な要因が存在する可能性もある。例えばPhilippon and Reshef［2010］は，1980年代以降のアメリカの賃金格差拡大に大きく影響した金融業の大幅な賃金上昇が，IT化ではなく金融業に対する規制緩和と密接な関係があることを明らかにしている[23)]。

最後に，これらの研究は機械化の中でもIT化を中心に分析しているか，あるいはIT化とそれ以外の機械化を区別していない。IT化が分析の中心となっている理由は，言うまでもなく80年代以降のタスク・職と賃金の分布の変

22）ドイツのデータのもう一つの利点は，職種内でのタスク構成の変化を観察できることである。実際，次項のミクロレベルの研究は，IT化の影響によりタスク構成が変化する場合があることを明らかにしている。これに対し，DOTなどでは，変数の作成方法上職種内のタスク構成は一定となってしまう。

化を説明する上で最も重要な機械化だと考えられているからである。しかし定型化仮説の考え方自体は一般の機械化にもあてはまるものであり，より長期にわたってこれらの分布の変化の要因を探るためには，IT 化以外の機械化の影響を調べることが必要である。ALM は，タスクシェアの変化をコンピューター関連投資（1人あたりの対数値）とともに資本労働比率（対数値）に回帰させ，前者については前述のように有意であったが，後者については routine manual タスクを除けば有意でないことから（資本労働比率ではなく資本投資を用いた場合は全てのタスクで非有意），一般的な資本投資はタスクシェアの変化に殆ど影響しないであろう，としている。しかしこのような結果になったのは，コンピューター投資と比べ投資内容が多様であり，タスクシェアへの影響が投資によって大きく異なるためである可能性も大きい。より厳密な分析が求められる。

23）Philippon and Reshef［2010］は，アメリカの金融業における労働者の教育水準，賃金水準，仕事の複雑さが 20 世紀の間どのように変化したかを分析し，それらの変数の他産業との相対値が U 字型のパターンを示していることを見いだした。（1933 年までは高水準であったが，それ以降 80 年頃まで低下，その後大きく上昇し 30 年代の水準を回復。）さらに 1980 年代以降の金融業における大幅な賃金上昇が 70 年以降の経済全体の賃金不平等拡大の 15％から 25％を説明することを示している。そしてこのような金融業の変化は，規制緩和と密接に関係している一方，IT 化の直接的影響は小さいことを明らかにしている。（相対賃金についてはコーポレート・ファイナンス活動の活発化［IPO の増加と信用リスクの上昇］の影響も指摘している。）ただし IT 化が他産業での創造的破壊を引き起こし，それによる IPO の増加などが，金融業の相対賃金に間接的に影響した可能性は否定していない。

## 4　IT 化の影響に関するミクロレベルの実証研究

以上のマクロレベルの分析とともに，生産現場やオフィスにおいて，IT 化が異なるスキルを持つ労働者の需要，職のタスク構成，生産方式，人的資源管理などに及ぼす影響を分析したミクロレベルの実証研究も 2000 年代以降増加している。

中馬［2002］は日本の製造業（主に半導体産業）の生産現場に関するケーススタディをベースに，生産現場における労働需要の二極化の要因について考察している[24]。中馬によれば，現場労働者の熟練技能はカン・コツ（匠的熟練）と生産現場で発生するトラブルへの対処（問題発見・解決型熟練）の２つに大別できるが，技術進歩とともに匠的熟練の機械（と未熟練労働）による代替が進行し，問題発見・解決型熟練技能を持つ労働者と未熟練労働者への需要が増加したという。このような傾向は IT 技術の導入以前から見られるが，IT 化によって強まった。特に生産現場で発生する既知のトラブルのデータベース化によって，低いレベルの問題発見・解決型熟練も機械（と未熟練労働）で代替されるようになる一方，未知のトラブルに対処する高いレベルの問題発見・解決型熟練の重要性は上昇している。また製品と製造技術の高度化・複合化・微細化により，解決すべき問題の難度と必要な知識・能力のレベルが上昇し，より多くの問題発見・解決タスクを現場労働者ではなく技術者・開発者が担うようになっている。さらに情報共有コスト低下により，開発期間の短縮が企業内外での情報共有と調整によって可能になったことから，量産段階以前での現場労働者による提案が重要となっており，このことも

24）労働需要の二極化が主題ではないが，日本の自動車産業のケーススタディである小池，中馬，太田［2001］も一部の点について同様の指摘を行っている。

問題発見・解決型熟練への需要を高める要因となっているという。

中馬［2002］の考察は生産現場の観察とインタビューに基づいたものであるが，計量分析もアメリカを中心に行われている。アメリカのバルブ製造業の生産現場に関するケーススタディである Bartel, Ichniowski, and Shaw［2007］は，５つの工場で収集したデータをもとに，IT 技術が生産性，カスタム生産の程度，スキルの重要性，労働者の構成，人的資源管理に及ぼす影響を分析している。検討された IT 技術は，⑴特定の機能の生産性が高いだけでなく多くの機能を行えるより高度なコンピューター数値制御（CNC）工作機械，⑵コンピューターによって複数の CNC を同時に連携させ，異なる CNC へのタスク配分を効率化できる FMS（フレキシブル生産システム），⑶検査工程を機械化するセンサー，⑷設計時間の短縮だけでなくカスタム製品の設計を容易にする 3D-CAD（コンピューター支援設計），である。計量分析により，より高度な CNC，FMS，センサーの導入は当該生産工程を効率化すること，また 3D-CAD と CNC の導入はカスタム生産を促進するが，FMS の導入は逆に働くことを見出している。さらにより高度な CNC の導入によって，機械のオペレーターに求められるスキル（コンピューターに関する能力，問題解決能力，技術的知識）の上昇，（よりスキルの高い）新型 CNC のオペレーターの増加とその他の生産労働者の減少，技能訓練，チーム生産，現場での情報共有の増加，が見られる一方，他の IT 技術は（FMS が数理能力の重要性を高めることを除けば）これらに影響しないことを明らかにしている。

CNC に関する結果のうち，必要となるスキルの上昇，スキルの高い労働者への需要増，および情報共有の増加は中馬［2002］の結果と共通しており，これらの変化が特定の産業のみで観察されるものではないことを示している。他方その他の IT 技術の導入はこれらや技能訓練などを変化させておらず，IT 技術の種類によって影響が定性的にも異なることを示唆している。

非製造業への影響を分析した研究としては，アメリカのある大手銀行における小切手処理業務に関するケーススタディである Autor, Levy, and Murnane［2002］がある。デジタル画像処理システムの導入によって，小切手に記載された情報を機械で読み取り記録し，記録された情報を多くの労働者が同時に利用することが可能となった。このシステムの導入が，通常処理と例外処理を担当する２つの部署において，職のタスク構成，異なるスキルを持つ労働者への需要と賃金，生産性等に及ぼした影響を，インタビューと賃金や生産性のデータに基づいて分析している。

その結果，２つの部署で影響が大きく異なることが明らかになった。通常処理を担当する部署では，人間が行っていたタスクの一部が機械化されるとともに，職務が細分化され，労働者の行うタスクの範囲が狭まり，賃金は担当するタスクに必要なスキルの希少性に依存するようになった。これに対し例外処理を担当する部署では，ルーティンワークが機械化されるとともに，職務の統合が進み，労働者の行うタスクの範囲は拡大し，求められるスキルの水準が高まった。ただしこの銀行と同様に新システムを導入したいくつかの銀行では例外処理業務での職務の統合が見られないことから，機械化の難しいタスクにおける職務のデザインについては経営者の裁量の余地が大きいと推測している。さらに例外処理業務における生産性の上昇のうち 2/3 は職務の再編によるものであり，システムの導入に起因する部分は 1/3 と，職務のデザインが生産性に及ぼす影響が大きいことを明らかにしている。

これらの研究は IT 技術の導入によるスキルの高い労働者への需要増などが特定の産業に限

られないことを示している。しかしその影響はIT 技術の種類（Bartel, Ichniowski, and Shaw［2007］）や業務（Autor, Levy, and Murnane［2002］）によって大きく異なる場合があり，後者については職のタスク構成（特に労働者の特化の程度）の変化の違いが関係していると考えられる。前述のように Firpo, Fortin, and Lemieux［2011］は 2000 年代については機械化の賃金分布への影響が小さいことを示した。この結果はタスク変数の選択と解釈に大きく依存していると思われるが，大きく進歩したIT 技術の種類やIT 化から強い影響を受けた業務が以前と異なることによる可能性もある。このようにマクロレベルの研究結果を解釈する上でもミクロレベルの研究の進展が重要である。IT 技術のどのような側面がいかなるメカニズムで影響を及ぼしているかを明らかにするためには，より多くの国・産業で様々なIT 技術の影響を分析することが必要である。その際中馬［2002］によるスキル需要の二極分化のメカニズムに関する興味深い仮説などが参考になるであろう。

## Ⅲ　マクロ経済と労働市場への影響に関する理論研究

前節では，機械化，特にIT 化がタスク・職と賃金の分布に及ぼす影響を分析したマクロ的実証研究と，生産現場やオフィスでの労働需要，生産方法，職のタスク構成などへの影響を分析したミクロ的実証研究を取り上げた。

本節では機械化のマクロ経済と労働市場への影響に関する最近の理論研究を概観する。古くはリカードが『経済学および課税の原理』第３版で機械化の賃金や産出量への影響を分析しているが（その現代的解釈としては例えば Samuelson［1988］），現代のマクロ経済学での関心は低い。しかしながら 2000 年代以降経済成長理論を中心に研究の進展が見られるようになった。以下では機械化と経済成長の関係を分析した研究と機械化が仕事・タスクと賃金の分布に及ぼす影響を分析した研究を紹介する。前者の主な関心は，機械化を通じて経済が成長するモデルにおいて持続的成長が可能であるか，またモデルの挙動が経済成長に関する諸事実と整合的であるか，の２点である。後者の研究は，テーマ的には前節の実証研究と，また理論面では経済成長に関する研究と関係している。

### 1　機械化と経済成長

スタンダードな経済成長モデルでは，技術進歩を規模に関して収穫一定のマクロ生産関数 $Y=F(K, AL)$（$Y$：産出量，$K$：資本ストック，$L$：労働，$A$：技術水準）における $A$ の上昇として捉える。すなわち労働増大的（ハロッド中立的）技術進歩を仮定する。その理由はこの定式化が戦後アメリカの経済成長に関するいわゆる Kaldor facts—経済成長率，資本産出比率，利子率，そして要素所得の GDP に占めるシェアが時間を通じてほぼ一定—と整合的であるためである[25)]。

しかし労働増大的技術進歩は労働が機械によって代替される機械化を引き起こさない。先ほどの生産関数の特殊ケースであるレオンチェフ型関数 $Y=min[K, AL]$ を例にとると，資本と労働が完全補完的であり $K=AL$ が成立することから，$A$ の上昇は所与の量の財を生産するのに必要な労働投入量を減少させるが，資本投入量には影響しない。技術進歩は労働節約的であるが資本使用的ではない。

25）正確に言えば，モデルが有限期において均斉成長状態にある，つまり Kaldor facts を満たすとき，マクロ生産関数はこのような形で表現できなければならない，すなわち技術進歩は労働増大的でなければならない（Acemoglu［2009］pp. 59-64）。ただし均斉成長状態に到達する前や漸近的に均斉成長状態に達する場合については異なるタイプの技術進歩を排除していない。

機械化を引き起こす技術進歩は労働節約的かつ資本使用的，例えばレオンチェフ型生産関数 $Y=min[A_K K, A_L AL]$ において，$A_L$ が上昇するとともに $A_K$ が低下する技術進歩，でなければならない。問題は，いかにすればこのような技術進歩を経済成長に関する諸事実と整合的にモデルに導入できるか，である。

### 1.1 技術進歩による機械化：Givon［2006］，Peretto and Seater［2008］

これに対する１つの解答を示唆したのが Givon［2006］である。Givon は CES（constant elasticity of substitution）型生産関数 $Y_t=[m_t(\lambda L_t)^\rho+(1-m_t)(\mu K_t)^\rho]^{1/\rho}$ において，技術進歩を労働のウェイト $m_t \in (0, 1]$ の一定率 $g_m$ での外生的減少として表した（標準的モデルでの技術進歩は $\lambda$ の上昇）。このような技術進歩は明らかに労働節約的かつ資本使用的であり，機械化を引き起こす。またいくつかの実証研究を根拠に，$\rho \in (-\infty, 0)$，つまり資本と労働の代替弾力性が $1/(1-\rho) \in (0, 1)$ を満たすと仮定した。このとき漸近的には $(m_t \to 0)$，技術進歩はスタンダードなモデル同様労働増大的となり，Kaldor facts と整合的である。このことは，先の生産関数で $A_{Lt} \equiv m_t^{1/\rho}$, $A_{Kt} \equiv (1-m_t)^{1/\rho}$ とおくと，$Y_t=[(\lambda A_{Lt} L_t)^\rho+(\mu A_{Kt} K_t)^\rho]^{1/\rho}$ と表わされ，$\rho \in (-\infty, 0)$ より $A_{Lt}$ は一定率 $\frac{1}{\rho}g_m$ で増加し，$A_{Kt}$ は $-\frac{1}{\rho}g_m\frac{m_t}{1-m_t}$ の率で減少し，$m_t \to 0$ のとき $A_{Kt} \to 1$ となることからわかる。

Givon は技術進歩をこのような形で定式化することに対する正当化も与えている。資本と労働の代替弾力性が低い場合，所与の労働のもとで資本のみが成長し続けることが可能であったとしても，資本の限界生産性が０に収束するだけでなく，産出量の成長も止まってしまう（$K_t \to +\infty$ のとき $Y_t \to m_t^{1/\rho}\lambda L_t$）。時間を通じて一定の労働が経済成長の足枷となっているわけである。このとき足枷となっている労働の影響を弱める技術進歩には，産出量と資本の限界生産性を高め，資本蓄積そして経済成長を促進する，という意味で合理性がある[26]。

$m_t$ が０に接近した状態はアメリカのような先進国の状況を表していると見ることができるが，$m_t$ が０から離れた状態に相当する途上国においても，要素所得のシェアの変化が小さいことを Gollin［2002］などの実証研究が示している。技術進歩が資本所得の産出量に占めるシェアに及ぼす影響を考えてみると，労働のウェイト低下（資本のウェイト上昇）は直接的にはシェアを上昇させる一方，資本蓄積の促進を通じて，間接的には（代替弾力性が低いために）労働の限界生産性を高めシェアを低下させる。したがって $m_t$ が０から離れた状態でもシェアの変化が小さくなりうる。これに対してスタンダードなモデルでは後者の影響のみが作用するため，低い代替弾力性を仮定する限り，実証結果とは異なり経済発展とともにシェアが低下してしまう。

以上のように，Givon［2006］は機械化をもたらす技術進歩を生産関数における労働のウェイトの低下として定式化し，それが長期的には労働増大的技術進歩に収束するために Kaldor facts と整合的であり，また移行過程においても現実経済同様要素所得シェアの変化が小さくなりうることを示した。ただし移行過程が分析されていないため，移行過程でのモデルの挙動が現実的であるのか，例えば現実的なパラメターのもとで要素所得シェアの変化が小さくなるのか，については検討されていない。

これに対し Peretto and Seater［2008］は，

---

26）資本の限界生産性を $m_t$ について微分すると

$$\mu^\rho K_t^{\rho-1}[m_t(\lambda L_t)^\rho+(1-m_t)(\mu K_t)^\rho]^{1/\rho-2}$$
$$\times\left\{-\frac{1-m_t}{\rho}(\mu K_t)^\rho+\left[\frac{1-m_t}{\rho}-1\right](\lambda L_t)^\rho\right\}$$

である。上式の最後の括弧の第１項は正，第２項は負であるが，$K_t$ が大きい場合は全体が負となる。

Givon 流の技術進歩を内生化した上で移行過程を分析している[27]。経済には最終財部門と中間財部門が存在し，完全競争的な最終財部門はCES 型生産関数（代替の弾力性＞1）を用いて同質的な測度１の中間財から最終財を生産する一方，独占的競争下にある中間財部門の企業は，資本と労働（一定）から中間財を生産し，資本への投資を行い，新技術を修得する。生産関数はコブ・ダグラス型 $X_t = AK_t^{\alpha}L_t^{1-\alpha}$（$X_t$：中間財生産量）で，企業は現在利用可能な技術 $\alpha \in [0, \alpha_{max}]$ からベストな技術を選択する。複数の技術を選択できるため，$K_t/L_t$ が非常に低い場合は資本を用いない原始的な技術（$\alpha = 0$），非常に高い（$K_t/L_t$ の閾値は $\alpha$ の増加関数）場合は最も資本集約的な技術（$\alpha = \alpha_{max}$）を用い，それ以外では両技術を併用する。技術の上限 $\alpha_{max} \in [0, 1]$ は最終財を新技術の修得に費やすことで上昇する。なお Givon［2006］と異なり中間財生産関数はよりシンプルなコブ・ダグラス型であるが，これは土地などの自然資本を除外した物的資本所得の GDP シェアが所得水準と独立ではなく正の関係にあるとする Caselli and Feyrer［2007］の実証結果に基づいている（代替弾力性が低い生産関数を用いるとシェアが上昇しない可能性がある）。貯蓄率は簡単化のために一定としている。

モデル経済は時間とともに次のように変化していく。貯蓄率が高い場合，当初は労働を唯一の生産要素とする原始的な生産技術（$\alpha = 0$）のみが用いられるが，新技術修得への支出を通して資本を用いる技術が利用可能になり，ある時点以降はその時点で最も資本集約的な技術（$\alpha = \alpha_{max}$）が原始的技術とともに使用される。（一時的には $\alpha = \alpha_{max}$ のみが用いられることがあるが，長期的には両技術が併用される。）先進技術の資本集約度は時間とともに上昇し，それによる資本の限界生産性の増加が資本蓄積を促進する。また資本集約度の上昇は資本所得のGDP シェアを上昇させる。漸近的には $\alpha_{max}$ と資本所得のシェアが１となり，均斉成長状態に達する，つまり（要素所得シェアは非現実的だが）Kaldor facts が満たされる[28]。他方貯蓄率が低い場合は，$\alpha_{max}$ の上昇が途中で止まり経済成長は持続しない。

このように Peretto and Seater［2008］は，企業が機械化を引き起こす技術を修得する動機を持ち，それによる資本集約度の上昇が資本蓄積を促進し，貯蓄率が十分高い場合には経済が最終的に均斉成長状態に達することを示した。経済成長が持続する理由は，⑴原始的な技術が用いられるため，賃金が A に固定され所与の $\alpha_{max}$ での資本の限界生産性が一定となること（資本蓄積により資本の限界生産性が低下しない），および⑵労働のみを用いる原始的技術が併用されるため，資本を用いる「工場」の資本労働比率が高く，新技術修得の限界生産性が正になること，である[29]。企業が１つの技術しか使用できなければ，経済の資本労働比率が低いときの新技術修得の限界生産性が負となるため，$\alpha = 0$ のままで経済は成長しない。

### 1.2　要素価格変化による機械化：Zeira［2006］

以上の研究は技術進歩に起因する機械化を分析しているのに対し，Zeira［2006］は所与の技術のもとでの資本蓄積に伴う要素価格の変化と

27) Givon［2006］も論文の後半で R&D により内生的に技術進歩が起こるモデルの均斉成長状態を分析している。ただし簡単化のため R&D プロセスは誘導系関数でモデル化されている。

28) 企業は原始的技術を併用するため，中間財生産関数は $X_t = A(K_t + L_t)$ に収束する。

29) ⑴のみでは成長は持続しない。なぜなら資本ストックの増加だけでは $K_t/L_t$ の上昇によっていずれ最も資本集約的な技術のみが用いられるようになり，資本の限界生産性が０に収束するからである。

機械化の相互作用を分析している[30]。経済は最終財部門と中間財部門からなり，前者では測度1の中間財からコブ・ダグラス型関数 $\log Y_t = \log A + \int_0^1 \log x_t(i) di$（$x_t(i)$：中間財 $i$ の生産量）によって最終財が生産される。中間財の生産には2種類の生産技術，労働と少量の資本ストック（「道具」）を用いる技術と資本ストック（「機械」）のみを用いる技術が利用可能であり，いずれも生産関数はレオンチェフ型である。「道具」を用いる技術から「機械」を用いる技術への移行である機械化の容易さは中間財によって異なり，機械化の易しい財ほど単位生産量あたりの「機械」の必要投入量が小さい。必要投入量の全中間財についての幾何平均 $B$ は有限である（よって機械化が不可能な財は測度0である）。消費者は無限期間先を考慮して消費・貯蓄を決定する。

モデル経済の動学は次のようにまとめられる。当初全ての中間財は「道具」を用いて生産されている。しかし最終財生産関数のTFPが低くない，あるいは「機械」の必要投入量の幾何平均が高くない場合には（$A/B > 1+\rho$，$\rho$ は時間選好率），賃金が利子率と比べて安くないため，一部の中間財の生産が機械化される。機械化された中間財の生産性が上昇すると，補完的な他の中間財の生産に投入される労働の価格である賃金が上昇し，「機械」が相対的に安くなるため，さらに多くの中間財の生産で機械化が進行する。このように機械化と賃金上昇との間には正のフィードバックが存在する。漸近的には測度1の中間財で「機械」による生産が行われ，（最終財生産関数がコブダグラス型であることから）資本所得のGDPシェアは1となり，経済は均斉成長状態に達する。これに対し最終財生産関数のTFPが低いか「機械」の必要投入量の幾何平均が高い場合（$A/B \leq 1+\rho$），正のフィードバックが途中で消滅し成長が途絶えたり，機械化自体が始まらないという結果になる。

このモデルでは，「機械」の必要投入量の幾何平均 $B$ が有限である（よって機械化が不可能な財は測度0である）という仮定が持続的経済成長のために決定的に重要である。この仮定のために測度1の中間財が「機械」によって生産される均斉成長状態における利子率 $A/B$ が正となり，長期的にも投資を行う誘因が存在する[31]。また最終財生産関数がCES型で代替弾力性が1より大きいと仮定した場合も，機械化が困難な中間財が最終財生産の足枷とならないため持続的成長が可能であるが，必要不可欠な中間財が存在しないという仮定は現実的ではないと思われる。

### 1.3 評価

これらの研究は次のように要約できる。Givon［2006］は機械化をもたらす技術進歩を代替弾力性が1未満のCES型生産関数における労働のウェイトの低下として定式化し，それが長期的には労働増大的技術進歩に収束するためにKaldor factsと整合的であり，また移行過程においても要素所得シェアの変化が小さくGollin［2002］などの実証結果と整合的でありうることを示した（ただし移行過程の分析はしていない）。Peretto and Seater［2008］はGivon型技術進歩を内生化したモデルの動学を分析し（ただしGivonとは異なりコブ・ダグラス型の［中間財］生産関数を仮定している），技術進歩によって資本集約度が上昇するため，物

30）Zeira［1998］は途上国を想定した小国開放経済モデルにおいて同様の生産技術を仮定し，要素価格の変化と機械化の相互作用ではなく，国によって技術の選択が異なる原因を分析している。

31）均斉成長時の利子率が $A/B$ となるのは最終財生産関数と $B$ の定義から明らかである。もちろん前述のとおり，持続的成長の十分条件は均斉成長時の純利子率 $A/B-1$ が時間割引率 $\rho$ を上回ることである。

的資本所得のシェアが所得水準とともに上昇しCaselli and Feyrer［2007］の実証結果と整合的であること，また貯蓄率が十分高い場合には経済成長が持続し資本所得シェアが１の均斉成長状態に収束することを示した。Zeira［2006］は所与の技術での要素価格の変化による機械化（２種類の中間財生産技術のうち資本のみを用いる技術への移行）を，機械化の容易さが中間財によって異なるモデルを用いて分析し，最終財生産の効率性が十分高い，「機械」の必要投入量の平均が十分低い，最終財生産関数の代替弾力性が１を上回る，のいずれかが成立するとき，経済成長が持続する（そして資本所得シェアが１の均斉成長状態に収束する）ことを示した。

これらの研究の主な関心は，経済成長が持続的でありうるか，およびモデルの挙動が成長に関する諸事実と整合的であるか，の２点である。成長の持続性に関して，Peretto and Seater［2008］と Zeira［2006］はともに持続可能であることを示している。Peretto and Seater［2008］では企業が資本集約度の高い先進的な技術と労働のみを用いる原始的な技術を併用することが決定的に重要であった。そのために資本の限界生産性が一定となり投資を行う誘因が常に存在し，また先進的な技術を用いる「工場」の資本労働比率が高く，新技術修得の限界生産性が正となる。しかしながら中間財が同質的であるため，現実経済とは異なり全ての中間財で両技術が併用され，同じペースで機械化が進む。経済成長の持続性が両技術の併用に決定的に依存している以上，Zeira［2006］のように中間財に異質性が存在する場合でも持続的成長が可能であるか検討する必要がある。他方 Zeira［2006］では，「機械」の単位生産量あたり必要投入量の幾何平均 $B$ が有限である（よって機械化が不可能な財は測度０）という仮定が決定的に重要であった。この仮定のために測度１の中間財生産が機械化された場合でも資本の限界生産性が正となった。Peretto and Seater［2008］とは異なり，最初から「機械」のみを用いる先進的な技術が全ての中間財で確立している状況を考えているため，この仮定はさほど不自然ではない。しかし現実には技術の開発と改良に時間と資源を費やして初めて先進的な技術が確立される。技術開発・改良を内生化したモデルで問題を再検討する必要がある[32]。

次に経済成長に関する諸事実との整合性に関してであるが，持続的成長が実現する場合は，いずれのモデルも均斉成長状態に収束し，Kaldor facts と整合的となる。しかし Peretto and Seater［2008］と Zeira［2006］では資本所得のシェアが１に収束してしまう。Zeira［2006］は，論文の後半でモデルを拡張し，物的財とサービス財という２種類の最終財が存在し，後者が機械化の不可能な消費財である経済を分析している（効用関数はコブ・ダグラス型）。元のモデル同様 $A/B>1+\rho$ のとき成長が持続するが，労働所得のシェアは正の値に収束する。また移行過程で資本所得シェアが上昇するため，サービス財の相対価格が低下し，サービス財部門への生産，消費，労働のシフトが起こる（労働のシフトは機械化も影響している）。このように消費面で補完的な機械化の不可能な財の存在を仮定する他，Givon［2006］のように代替弾力性が１未満の CES 型生産関数を仮定しても労働所得のシェアが正の値に収束し，より現実的となる。Peretto and Seater［2008］タイプのモデルでもこれらの拡張を考えることが重要である。以上の問題点が解決されれば，移行過程でのモデルの挙動と現実経済との比較を定量的に検討することも可能となる。

選択できる技術が連続的に存在する Givon［2006］および Peretto and Seater［2008］タイプのモデルは，２種類の技術しか選択できない

32）Zeira［2006］は論文の後半で「機械」の開発にコストがかかる場合を考えているが，均衡を分析していない。

Zeira［2006］タイプのモデルと比べ洗練されているが，動学分析が複雑になってしまう難点がある。また後者の方が現実経済と対応づけて理解することが容易である。分析対象などに応じて両者を使い分けることが必要であろう。

### 2　機械化と職・賃金の分布

以上の研究では労働者が同質的であり，機械化の賃金分布への影響を分析できないが，前節で概観した実証研究の進展とともに，機械化と職・賃金の分布との関係に焦点を当てた研究も行われるようになっている。

1980年代以降の賃金格差の拡大を理解するために従来用いられてきたのは，異なるスキルの労働者（例えば大卒労働者と高卒労働者）がマクロ生産関数の不完全代替な投入要素となっているモデルである。AA（Acemoglu and Autor［2010］）は，このようなモデルは90年代以降の職・賃金分布の変化を分析する上で次のような困難があると指摘している[33]。第一に，技術進歩を要素増大的な形で導入しているため，技術進歩による機械化を分析することができない。第二に，所与のスキルの労働者が就く職の変化とそれによるタスク構成のシフト（routine タスクから non-routine cognitive タスクへのシフト）を考えることができない。第三に，労働者のタイプを通常2種類と仮定しているため，賃金分布の二極化のように分布における位置によって影響が異なる状況を分析できない。第四に，スキルとタスクを区別していない（スキルの同じ労働者は同じ職に就く）ため，職の分布の変化が賃金分布に及ぼす影響を分析できない。

これに対して AA は assignment モデルを用いることを提唱している。典型的な assignment モデルの設定は次の通りである。最終財は様々なタスク（あるいは中間財）を投入して生産される。様々な生産要素（教育水準の異なる労働者や資本ストックなど）が存在し，異なる生産要素はタスクの生産において完全代替的である（よって潜在的には各要素はどのタスクの生産にも従事できる）が，タスクでの生産性が異なる。このような設定のもとで均衡におけるタスクと生産要素との組み合わせ（task assignment），要素価格，産出量の決定などを分析する[34]。前項で見た Zeira［2006］のモデルも「道具」を用いる中間財生産技術を労働のみを用いる技術に変更すれば assignment モデルの一種となる。Assignment モデルは70年代に登場し，労働経済学で賃金分布の分析などに細々と用いられてきたが（サーベイとしては Sattinger［1993］），近年国際貿易や offshoring の労働市場への影響を分析するために多くの研究で用いられるようになり（例えば Costinot and Vogel［2010］），広く知られるようになった。

AA は職や賃金分布の二極化を分析するために，スキルの異なる3タイプの労働者（high skill, middle skill, low skill）の連続体が存在する経済を考えている。最終財は測度1のタスクからコブ・ダグラス型生産関数によって生産される。タスクは「複雑さ」において異質であり，high skill は middle skill よりも，また middle skill は low skill よりも「複雑」なタスクに比較優位を持つ。はじめに機械（資本）の存在しない経済の均衡における task assignment, 賃金水準, 相対賃金の決定を分析しており, 特に「複雑さ」の低いタスクを low skill，中程度のタス

33）この他，教育水準の低い労働者で見られる実質賃金の低下傾向を再現できないことや offshoring の影響を捉えることができないこと等を問題点として指摘している。

34）前節で概観した実証研究では，タスクとは職を構成する様々な活動のことであるが，ここでは assignment モデルでの慣例に従い，職ではなくタスクと呼んでいる。

クを middle skill，高いタスクを high skill が行うことを確認している。次に機械の生産性が外生的に上昇し，当初 middle skill が行っていたタスクの一部が機械によって代替される場合を分析し，middle skill の一部がもともと low skill あるいは high skill が行っていたタスクにシフトすること，そして high skill と middle skill との相対賃金が上昇し，middle skill と low skill との相対賃金が低下することを明らかにしている[35)]。90 年代のアメリカにおけるタスクと賃金の分布の変化と同様の結果である。

このように AA モデルは事務・販売職における IT 化が職と賃金の分布の二極化をもたらすことを説明できるが，middle skill が就いていたタスクが機械によって代替されることを外生的に仮定している。このため，時代と共に機械化の影響を強く受ける職と労働者がどのように変化してきたのかを分析することができない。

これに対し Yuki［2011］は機械によって代替されるタスク（職）と労働者が内生的に決定されるモデルを用いて，技術進歩がタスク（職）と賃金の分布などに及ぼす影響を分析している。最終財は測度１のタスクからレオンチェフ型生産関数によって生産される。生産に投入できる要素は skilled と unskilled の２タイプの労働者（職や賃金の二極化は関心外である）と機械であり，各要素は analytical と manual という２種類の能力において異なる。タスクによって２つの能力の重要性と機械化の容易さが異なり，具体的には analytical な能力が重要であるほど manual 能力の重要性は低く，また codified（ALM での routine に相当）されたサブタスクの割合が高いほど機械化が容易である。Skilled は unskilled に対して analytical な能力の重要性が高いタスクで比較優位を持つ一方，機械は労働者と比べて機械化の容易なタスクで比較優位である。また分析の簡単化のため小国開放経済（利子率は一定）を仮定している。当初機械が人間に比べ manual 能力の重要なタスクで比較優位にあるとき，外生的な機械の生産性（能力）上昇によって task assignment，賃金，相対賃金，産出量が時間とともにどのように変化していくかを分析している。

論文の前半では，分析の容易な機械の manual な能力と analytical な能力が同率で増加していく場合を考えている。モデルの仮定より機械化は manual 能力が重要でかつ機械化の容易なタスクから始まる。したがって機械によって代替されるのは unskilled である。しかし機械の生産性上昇とともに，機械化は analytical な能力の重要性が高く機械化の難しいタスクにも広がっていき，最終的には skilled も直接的影響を受けることになる。この過程で人間はより analytical な能力の重要性が高く機械化の難しいタスクへとシフトしていくが，ある時点以降前者のシフトは止まる。賃金格差は技術進歩とともに拡大していくが，ある時点以降は格差拡大は止まる。また労働者の賃金水準と総産出量は常に増加する。

以上の結果は，前節で見たタスク・職の分布の変化に関する実証研究や工業化初期における賃金格差の拡大傾向と整合的である。（また skilled の相対供給が時間とともに増加すると仮定すれば，先進国などで工業化後期に観察された賃金格差縮小傾向とも整合的となりうる。）論文の後半では２つの能力の増加率が異なる場合を考えている。IT 技術の進歩が始まるまで，manual な能力を中心に機械の生産性が向上してきたことを考えると，このような一般的ケースを分析することは重要である。分析が複雑になるが，技術進歩によって unskilled の賃金が低下する可能性がある，skilled も機械化の直接的影響を受ける状況では技術進歩によって賃金

35）この他 middle skill が行っていたタスクの一部が外生的に offshoring された場合や要素増大的な技術進歩を内生化したモデルで要素供給が変化した場合の影響などについても分析している。

格差が縮小する場合がある，などいくつかの結果は特殊ケースと異なる。

Assignment モデルは，従来のモデルとは異なり，機械化が職や賃金に及ぼす多様な影響を分析することができ，しかも offshoring など他の要因の影響を同時に考慮できる。今後このモデルを用いた研究が進展し，機械化と職，賃金，そして最終的には経済成長との関係についての理解が一層深まることが期待される。

## 参考文献


Acemoglu, D.［2009］*Introduction to Modern Economic Growth*, Princeton University Press.

Acemoglu, D. and D. Autor［2010］“Skills, Tasks and Technologies : Implications for Employment and Earnings,” NBER Working Paper, 16082.

Antonczyk, D., B. Fitzenberger, and U. Leuschner［2009］“Can a Task-Based Approach Explain the Recent Changes in the German Wage Structure?,” *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*（Journal of Economics and Statistics）, 229（2/3）, 214-238.

Autor, D., L. Katz, and M. Kearney［2006］“The Polarization of the U. S. Labor Market,” *American Economic Review Papers and Proceedings*, 96（2）, 189-194.

Autor, D., F. Levy, and R. Murnane［2002］“Upstairs, Downstairs : Computers and Skills on Two Floors of a Large Bank,” *Industrial and Labor Relations Review*, 55（3）, 432-447.

――［2003］“The Skill Content of Recent Technological Change : An Empirical Exploration,” *Quarterly Journal of Economics*, 116（4）.

Bartel, A., C. Ichniowski, and K. Shaw［2007］“How Does Information Technology Affect Productivity ? Plant-Level Comparisons of Product Innovation, Process Improvement, and Worker Skills,” *Quarterly Journal of Economics*, 122（4）, 1721-1758.

Card, D. and J. DiNardo［2002］“Skill Biased Technological Change and Rising Wage Inequality : Some Problems and Puzzles,” *Journal of Labor Economics*, 20, 733-783.

Caselli, F. and J. Feyrer［2007］“The Marginal Product of Capital,” *Quarterly Journal of Economics*, 122, 535-568.

Costinot, A. and J. Vogel［2010］“Matching and Inequality in the World Economy,” *Journal of Political Economy*, 118（4）, 747-786.

Firpo, S., N. Fortin, and T. Lemieux［2011］“Occupational Tasks and Changes in the Wage Structure,” mimeo, University of British Columbia.

Givon, D.［2006］“Factor Replacement versus Factor Substitution, Mechanization and Asymptotic Harrod Neutrality,” mimeo, Hebrew University.

Gollin, D.［2002］“Getting Income Shares Right,” *Journal of Political Economy*, 110（2）, 458-474.

Goos, M. and A. Manning［2003］“Lousy and Lovely Jobs : The Rising Polarization of Work in Britain,” LSE Center for Economic Performance Discussion Papers, 0604.

Goos, M., A. Manning, and A. Salomons［2010］“Explaining Job Polarization in Europe : The Roles of Technological Change, Globalization and Institutions,” CEP Discussion Paper, 1026.

Ikenaga, T. and R. Kambayashi［2010］“Long-term Trends in the Polarization of the Japanese Labor Market : The Increase of Non-routine Task Input and Its Valuation in the Labor Market,” Hitotsubashi University Institute of Economic Research Working Paper.

Katz, L. and D. Autor［1999］“Changes in the Wage Structure and Earnings Inequality” in O. Ashenfelter and D. Card, eds., *The Handbook of Labor Economics Volume III*, Amsterdam : Elsevier, Chapter 26, 1463-1555.

Lemieux, T.［2006］“Increased Residual Wage Inequality : Composition Effects, Noisy Data, or Rising Demand for Skill ?,” *American Economic Review*, 96, 461-498.

Michaels, G., A. Natraj, and J. Van Reenen［2011］“Has ICT Polarized Skill Demand ? Evidence from Eleven Countries over 25 years,” mimeo, LSE.

OECD［2008］*Growing Unequal ? Income Distribution and Poverty in OECD Countries*, Paris : OECD.

Peretto, P. and J. Seater［2008］“Factor-Eliminating

Technical Change," mimeo, Duke University.
Philippon, T. and A. Reshef [2010] "Wages and Human Capital in the U. S. Financial Industry: 1909-2006," mimeo, New York University.
Samuelson, P. [1988] "Mathematical Vindication of Ricardo on Machinery", *Journal of Political Economy*, 96, 274-282.
Sattinger, M. [1993] "Assignment Models of the Distribution of Earnings," *Journal of Economic Literature*, 31, 831-880.
Spitz-Oener, A. [2006] "Technical Change, Job Tasks and Rising Educational Demand: Looking Outside the Wage Structure," *Journal of Labor Economics*, 24, 235-270.
Yuki, K. [2011] "Mechanization and Task Assignment," mimeo, Kyoto University.
Zeira, J. [1998] "Workers, Machines, and Economic Growth," *Quarterly Journal of Economics*, 113, 1091-1117.
—— [2006] "Machines as Engines of Growth," mimeo, Hebrew University.
小池和男・中馬宏之・太田總一［2001］『もの造りの技能—自動車産業の職場で』東洋経済新報社.
中馬宏之［2002］「もの造り現場における問題発見・解決型熟練—二極分化傾向の背景」日本労働研究雑誌 510 号特別号.