第１３講

オートメーションと雇用の二極化

本講の「めあて」

- 前回の講義では、約半世紀に渡って進んでいる格差を生む主犯格の容疑者として「技能偏向的技術進歩（skill-biased technological progress）」を学んだ。
- 今日はその中身を掘り下げる。
- 近年MITの研究グループが中心となって開発された「タスク（業務）アプローチ」という分析の枠組みを学ぶ。
- 基本思想：生産活動は業務（tasks）からなり、業務を遂行するために技能（skills）が必要。

第１２講の復習

- 労働投入を二種類考える
  - 高技能労働H：専門職、管理職
  - 低技能労働L：マニュアル型、単純労働
- CES型生産関数：$\rho \leq 1$として、

$$Y = F(L, H) = [(A_L L)^{\rho} + (A_H H)^{\rho}]^{\frac{1}{\rho}}$$

  - 代替の弾力性は$\frac{1}{1-\rho} = \sigma$
  - $\sigma > 1\ (\rho > 0)$：LとHは代替的関係
  - $\sigma < 1\ (\rho < 0)$：LとHは補完的関係
- $\sigma > 1$を仮定する。

第１２講の復習

- 手書きノート（５）より

$$w_L = A_L^{\rho}\left[A_L^{\rho} + A_H^{\rho}x^{\rho}\right]^{\frac{1-\rho}{\rho}}$$

- 手書きノート（７）より

$$w_H = A_H^{\rho}\left[A_L^{\rho}x^{-\rho} + A_H^{\rho}\right]^{\frac{1-\rho}{\rho}}$$

- 手書きノート（９）より

$$\frac{w_H}{w_L} = \omega = A^{\rho}x^{\rho-1}$$

- $x = H/L$かつ$A = A_H/A_L$

第１２講の復習

- 大卒労働供給が相対的に増加する（xが増加する）と、
  - スキルプレミアムωが下落する。
  - w_Hが下落する。
  - w_Lが上昇する。
  - xの推移だけでは現実と合わない。
- $A = A_H/A_L$の上昇をSkill-Biased Technological Progress（技能偏向的な技術進歩）と呼ぶ。
- $\sigma > 1$の時にAの上昇がωを引き上げる。

Skill-Biased Technological Progress

- $A_L = 1$に固定しA_Hの上昇に注目する。
- 手書きノート（５）より

$$w_L = \left[1 + A_H^{\rho} x^{\rho}\right]^{\frac{1-\rho}{\rho}}$$

- 手書きノート（７）より

$$w_H = A_H^{\rho}\left[x^{-\rho} + A_H^{\rho}\right]^{\frac{1-\rho}{\rho}}$$

- A_Hの上昇はωとw_Hだけでなくw_Lも引き上げる（なぜでしょう？）ことがわかる。
  - データでは、w_Lは深刻に下落し続けている。

定型化仮説

- 近年、研究者たちは「コンピューター」の存在に注目し、特定の業務（タスク）においては人間とコンピューターが競合し、その結果、労働需要の分布が変化していることを突き止めた。
- タスクに注目する分析手法をタスクアプローチと呼ぶ。
- 技能偏向的技術進歩のアイデアを一歩進めたこのアイデアを「Routinization（定型化）仮説」と呼ぶ。
  - 機械が業務をルーチン化させる、ということ。

タスク・モデル

- 生産関数の投入物は「タスク（業務）」である。
- タスクは２種類：
  - 定型業務（routine task）：L_R
  - 非定型業務（nonroutine task）：L_N
- コンピューターも定型業務を行うことが可能。
  - 投入量：C
  - 市場価格：p
- 生産関数はコブダグラス型（投入物は３つ）：

$$Y = (L_R + C)^{1-\alpha} L_N^{\alpha}$$

  - L_RとCは「完全代替」の関係。

タスク・モデル

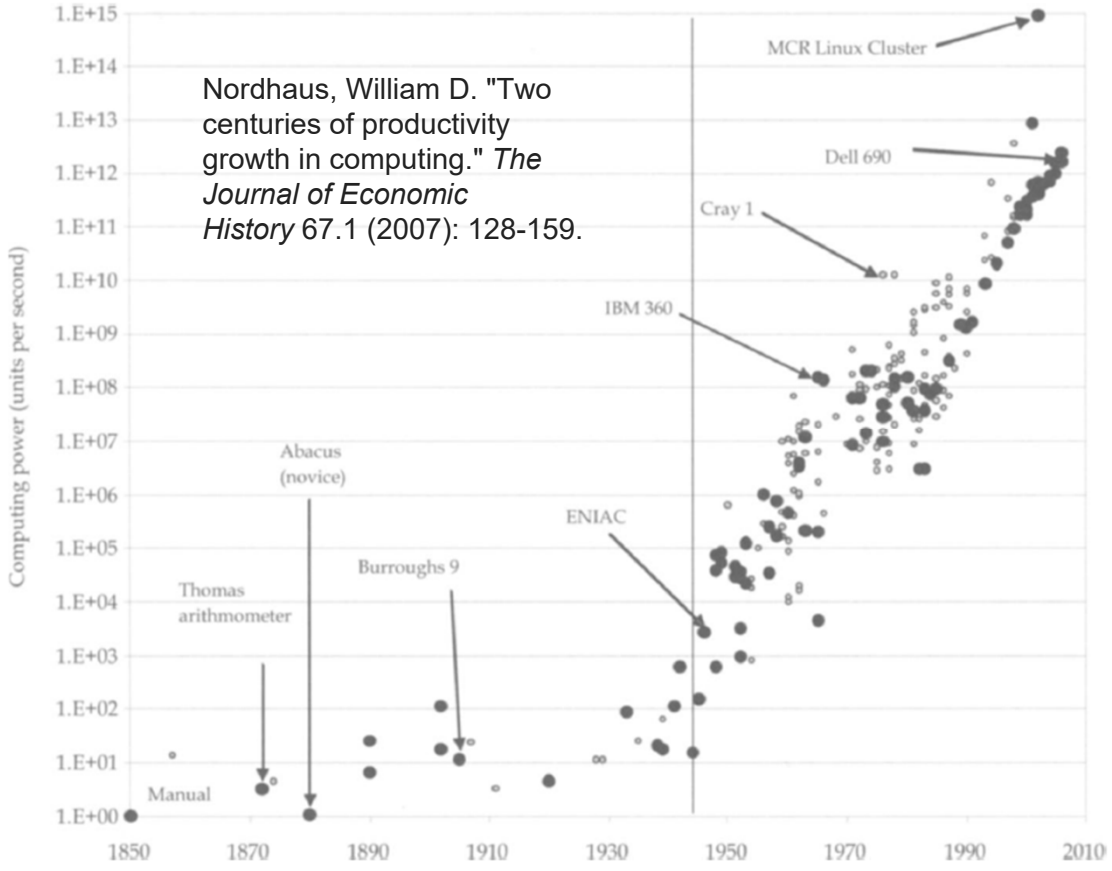
- 利潤：
$$(L_R + C)^{1-\alpha} L_N^{\alpha} - w_R L_R - w_N L_N - pC$$
- 利潤最大化のFOC：
$$C : (1-\alpha)(L_R + C)^{-\alpha} L_N^{\alpha} - p = 0$$
$$L_R : (1-\alpha)(L_R + C)^{-\alpha} L_N^{\alpha} - w_R = 0$$
$$L_N : \alpha(L_R + C)^{1-\alpha} L_N^{\alpha-1} - w_N = 0$$
- 上２つから、
$$w_R = p$$
- コンピューター価格の下落（＝性能向上）はそのまま定型業務の賃金下落につながる。

ムーアの法則

- コンピュータの計算能力の推移を予測したもの。
- 「ムーアの法則」をWeb検索してみよう。

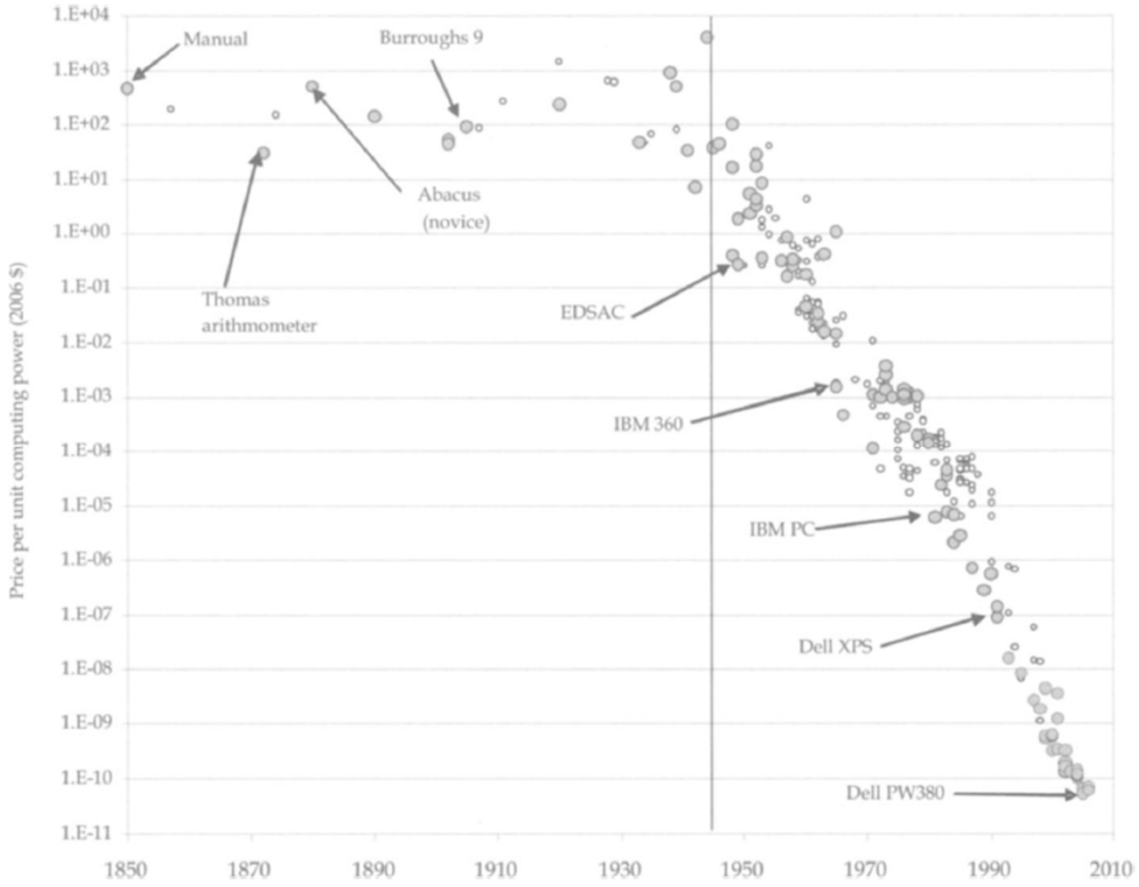
コンピューターの性能の推移（人間の計算力＝１と基準化）

対数目盛

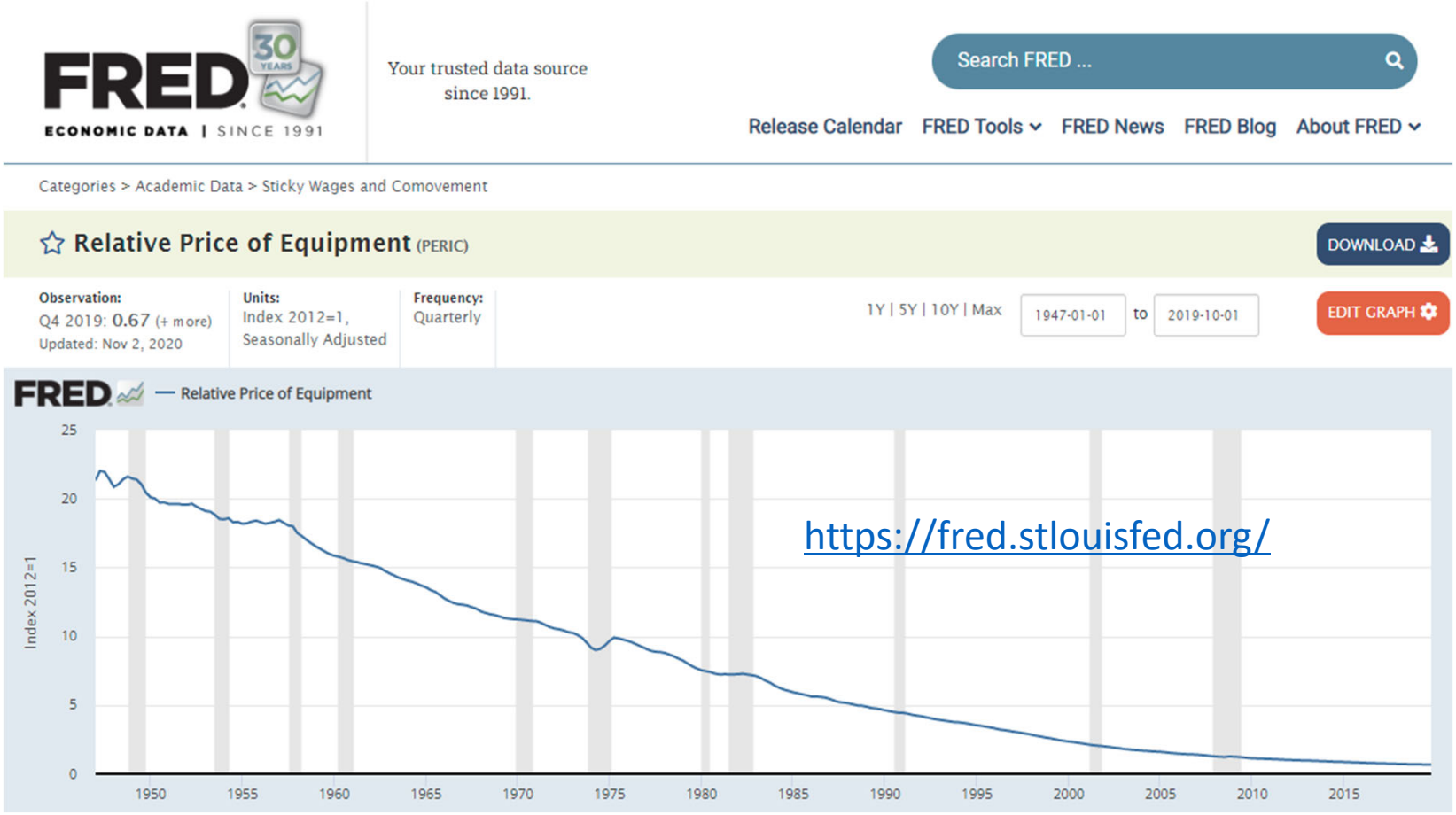


計算力１単位あたりの価格

対数目盛



設備（PCなど）の価格


FRED
30 YEARS
ECONOMIC DATA | SINCE 1991
Your trusted data source since 1991.
Search FRED ...
Release Calendar
FRED Tools
FRED News
FRED Blog
About FRED
Categories > Academic Data > Sticky Wages and Comovement
Relative Price of Equipment (PERIC)
DOWNLOAD
Observation:
Q4 2019: 0.67 (+ more)
Updated: Nov 2, 2020
Units:
Index 2012=1,
Seasonally Adjusted
Frequency:
Quarterly
1Y | 5Y | 10Y | Max
1947-01-01
to
2019-10-01
EDIT GRAPH
FRED
Relative Price of Equipment
Index 2012=1
25
20
15
10
5
0
1950
1955
1960
1965
1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
2010
2015
https://fred.stlouisfed.org/

タスク・モデル

- ２種類のタスク需要量の比率：

$$\frac{L_R + C}{L_N} = \theta$$

- すると、FOCより

$$w_R = p = (1-\alpha)\theta^{-\alpha}$$
$$w_N = \alpha\theta^{1-\alpha}$$
$$\omega = \frac{w_N}{w_R} = \frac{\alpha}{1-\alpha}\theta$$

- p下落→θ上昇→w_N&ω上昇&w_R下落
  - 平均賃金だけでなく水準も下落！

代替の弾力性

- タスクモデルでは「L_RとCは完全代替」と仮定。つまり代替の弾力性を無限大と仮定した。
- 結果は美しいですが、すこし乱暴ですよね。
- 推計値としては、前回の「大卒労働」VS「高卒労働」という枠組みで存在：
  - 大卒労働と設備資本の間の弾力性＝$0.67 < 1$
  - 高卒労働と設備資本の間の弾力性＝$1.67 > 1$
- Krusell, Per, et al. "Capital-skill complementarity and inequality: A macroeconomic analysis." *Econometrica* (2000) 1029-1053.

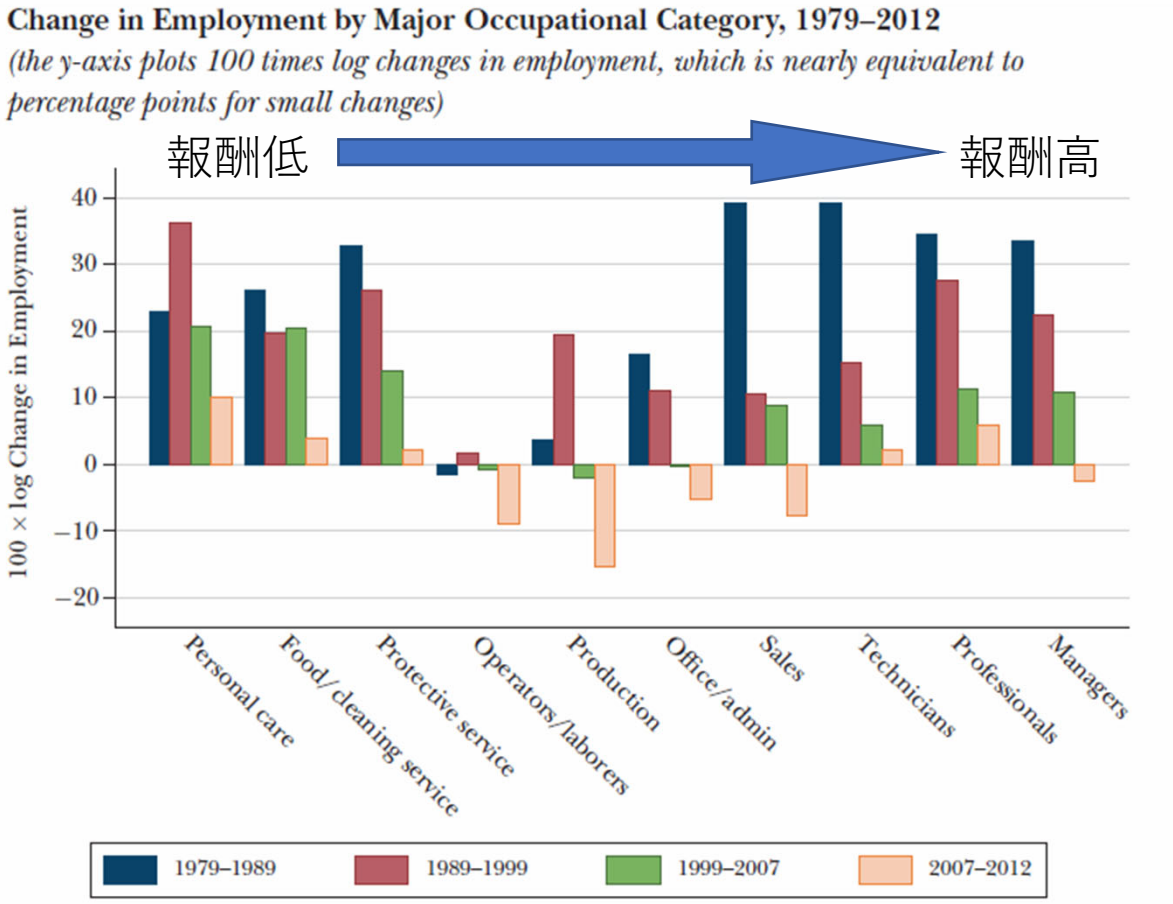
タスク（業務）の分類

- routine（定型）：プログラム可能な業務
- nonroutine：プログラムに記述が困難な業務
- cognitive（知的）またはabstract（抽象的）：柔軟性、創造性、汎用的問題解決能力、複雑なコミュニケーション、などを必要とする業務
- manual（手作業）：清掃、介護、レストラン接客、コンビニレジなど、ほとんど誰にでも供給可能な業務だが、特定の場所で対面で行う必要性が高く、（いまのところ）自動化が困難。

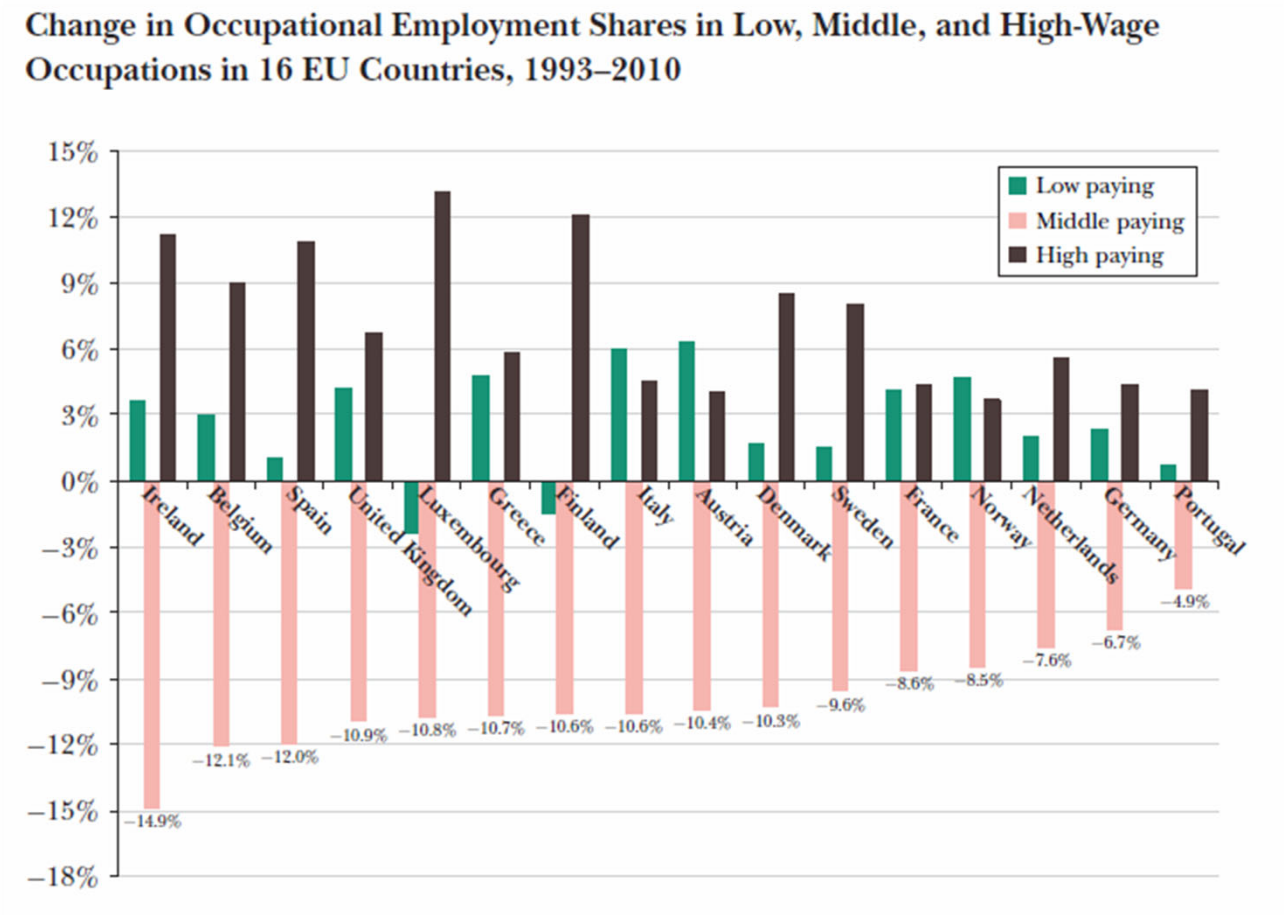
定型業務とコンピューター

- 実証研究（回帰分析）の結果、1960年時点での定型業務（routine task）の割合の高い産業ほど、その後1997年までのコンピューター導入の程度が高いことが判明した。

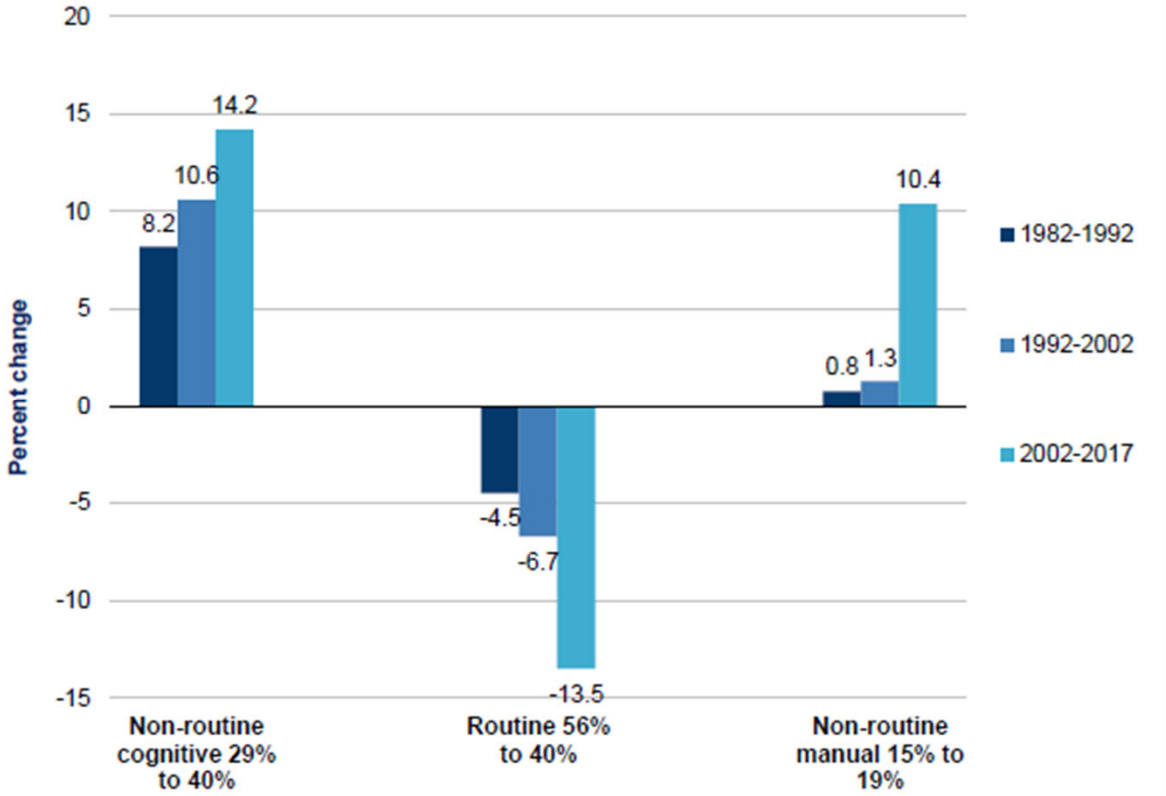
雇用の二極化（アメリカ）


Change in Employment by Major Occupational Category, 1979–2012
(the y-axis plots 100 times log changes in employment, which is nearly equivalent to percentage points for small changes)
報酬低
報酬高
100 × log Change in Employment
40
30
20
10
0
−10
−20
Personal care
Food/cleaning service
Protective service
Operators/laborers
Production
Office/admin
Sales
Technicians
Professionals
Managers
1979–1989
1989–1999
1999–2007
2007–2012

二極化の国際比較


Change in Occupational Employment Shares in Low, Middle, and High-Wage Occupations in 16 EU Countries, 1993–2010
15%
12%
9%
6%
3%
0%
−3%
−6%
−9%
−12%
−15%
−18%
Low paying
Middle paying
High paying
Ireland
Belgium
Spain
United Kingdom
Luxembourg
Greece
Finland
Italy
Austria
Denmark
Sweden
France
Norway
Netherlands
Germany
Portugal
−14.9%
−12.1%
−12.0%
−10.9%
−10.8%
−10.7%
−10.6%
−10.6%
−10.4%
−10.3%
−9.6%
−8.6%
−8.5%
−7.6%
−6.7%
−4.9%

タスクの二極化


20
15
10
5
0
-5
-10
-15
Percent change
14.2
10.6
8.2
-4.5
-6.7
-13.5
0.8
1.3
10.4
1982-1992
1992-2002
2002-2017
Non-routine cognitive 29% to 40%
Routine 56% to 40%
Non-routine manual 15% to 19%

二極化（ヨーロッパ）

TABLE 1—CHANGES IN SHARES OF HOURS WORKED OVER 1993–2006 FOR OCCUPATIONS RANKED BY THEIR MEAN 1993 EUROPEAN WAGE

ISCO occupations ordered by 1993 mean European wage rank	Percent employment share in 1993	Percentage point change over 1993–2006
Eight highest-paying occupations		
Corporate managers	4.54	1.25
Physical, mathematical, engineering professionals	2.92	1.02
Life science and health professionals	1.86	−0.14
Other professionals	2.82	0.70
Managers of small enterprises	3.60	1.28
Physics, mathematics, engineering associate professionals	3.99	0.91
Other associate professionals	6.77	2.07
Life science and health associate professionals	2.28	0.66
Nine middling occupations		
Drivers and mobile plant operators	5.48	−0.17
Stationary plant and related operators	1.75	−0.39
Metal, machinery, and related trade workers	8.33	−2.33
Precision, handicraft, and related trade workers	1.31	−0.40
Office clerks	12.04	−1.98
Customer service clerks	2.00	0.19
Extraction and building trade workers	8.17	−0.52
Machine operators and assemblers	6.71	−2.01
Other craft and related trade workers	3.19	−1.37
Four lowest-paying occupations		
Personal and protective service workers	6.94	1.15
Laborers in construction, manufacturing, transport	4.11	0.48
Models, salespersons, demonstrators	6.73	−1.42
Sales and service elementary occupations	4.47	1.02

二極化の国際比較

TABLE 2—INITIAL SHARES OF HOURS WORKED AND PERCENTAGE CHANGES OVER 1993–2010 (*by Country*)

	Four lowest-paying occupations		Nine middling occupations		Eight highest-paying occupations	
	Employment share in 1993 (in percent)	Percentage point change 1993–2010	Employment share in 1993 (in percent)	Percentage point change 1993–2010	Employment share in 1993 (in percent)	Percentage point change 1993–2010
Austria	21.82	6.36	51.61	−10.44	26.57	4.08
Belgium	17.49	3.00	48.50	−12.07	34.01	9.08
Denmark	24.09	1.73	39.70	−10.30	36.21	8.56
Finland	20.24	−1.50	39.69	−10.60	40.06	12.10
France	19.92	4.19	46.69	−8.60	33.39	4.41
Germany	20.71	2.37	48.03	−6.74	31.26	4.37
Greece	21.66	4.81	47.81	−10.65	30.54	5.84
Ireland	21.13	3.68	48.21	−14.85	30.66	11.17
Italy	27.01	6.06	51.04	−10.59	21.94	4.53
Luxembourg	21.70	−2.38	49.91	−10.76	28.40	13.15
Netherlands	16.78	1.99	37.90	−7.56	45.33	5.57
Norway	22.85	4.73	38.82	−8.47	38.34	3.74
Portugal	25.75	0.73	47.46	−4.86	26.78	4.13
Spain	28.02	1.01	48.67	−11.95	23.30	10.93
Sweden	21.82	1.52	41.98	−9.55	36.20	8.03
United Kingdom	16.88	4.17	43.64	−10.94	39.49	6.77

TABLE 2—CHANGES IN SHARES OF HOURS WORKED OVER 1993–2006 FOR HIGH-, MIDDLING, AND LOW-PAYING OCCUPATIONS

	Four lowest paying occupations	Nine middling occupations	Eight highest paying occupations
Employment share in 1993 (std. dev.)			
EU average	22% (3.5)	46% (5.2)	32% (7.1)
Percentage point change 1993–2006			
EU average	1.58	−7.77	6.19
Austria	−0.59	−14.58	15.17
Belgium	1.48	−9.50	8.03
Denmark	−0.96	−7.16	8.13
Finland	6.66	−6.54	−0.12
France	−0.74	−12.07	12.81
Germany	3.05	−8.71	5.67
Greece	1.75	−6.08	4.34
Ireland	6.19	−5.47	−0.72
Italy	−8.20	−9.08	17.28
Luxembourg	−1.66	−8.45	10.10
Netherlands	2.27	−4.68	2.41
Norway	4.96	−6.52	1.57
Portugal	2.39	−1.13	−1.26
Spain	0.96	−7.04	6.07
Sweden	1.90	−6.93	5.03
UK	5.77	−10.32	4.55

Goos, Manning, and Salomons, "Job Polarization in Europe," *American Economic Review*, 2009.

TABLE 3—EXPLAINING JOB POLARIZATION
Dependent variable: ln(*hours worked*/1,000)

Linear time-trend interacted with:	(1)	(2)
Abstract task importance	1.02*	0.96*
	(0.46)	(0.24)
Routine task importance	−0.67*	−0.85*
	(0.30)	(0.20)
Service task importance	0.24	—
	(0.32)	
Offshorability	−0.22	—
	(0.19)	
Education level	−0.19	—
	(0.48)	
Log wage	−0.32	—
	(0.29)	

Goos, Manning, and Salomons, "Job Polarization in Europe," *American Economic Review*, 2009.

伸びている職種は何か

	Level						Percent growth/ (growth per 10 yrs)	
	1950	1970	1980	1990	2000	2005	1950–1980	1980–2005
Panel A. Share of employment								
Managers/professionals/technicians/ finance/ public safety	22.3	25.8	31.6	38.2	39.6	40.9	41 (13.8)	30 (11.9)
Production/craft	5.1	4.8	4.8	3.5	3.6	3.0	−5 (−1.8)	−38 (−15.1)
Transportation/construction/ mechanics/mining/farm	29.2	22.3	21.6	18.8	18.0	18.2	−26 (−8.7)	−15 (−6.2)
Machine operators/assemblers	12.6	13.2	9.9	7.3	5.7	4.6	−21 (−7.0)	−54 (−21.5)
Clerical/retail sales	20.2	23.2	22.2	21.7	21.4	20.4	10 (3.4)	−8 (−3.3)
Service occupations	10.7	10.7	9.9	10.5	11.6	12.9	−7 (−2.3)	30 (11.9)
Panel B. Mean log hourly wage (2004$)								
Managers/professionals/technicians/ finance/public safety	2.22	2.86	2.83	2.90	3.03	3.14	61 (20.4)	31 (12.5)
Production/craft	2.24	2.73	2.75	2.72	2.70	2.72	50 (16.8)	−3 (−1.2)
Transportation/construction/ mechanics/mining/farm	2.04	2.55	2.61	2.56	2.62	2.63	57 (18.9)	2 (0.9)
Machine operators/assemblers	2.04	2.46	2.48	2.46	2.52	2.54	44 (14.7)	6 (2.3)
Clerical/retail sales	2.00	2.43	2.42	2.45	2.55	2.60	42 (14.1)	18 (7.3)
Service occupations	1.48	2.01	2.10	2.14	2.24	2.26	62 (20.7)	16 (6.4)

サービス職が雇用の受け皿に

サービス業の賃金は低迷

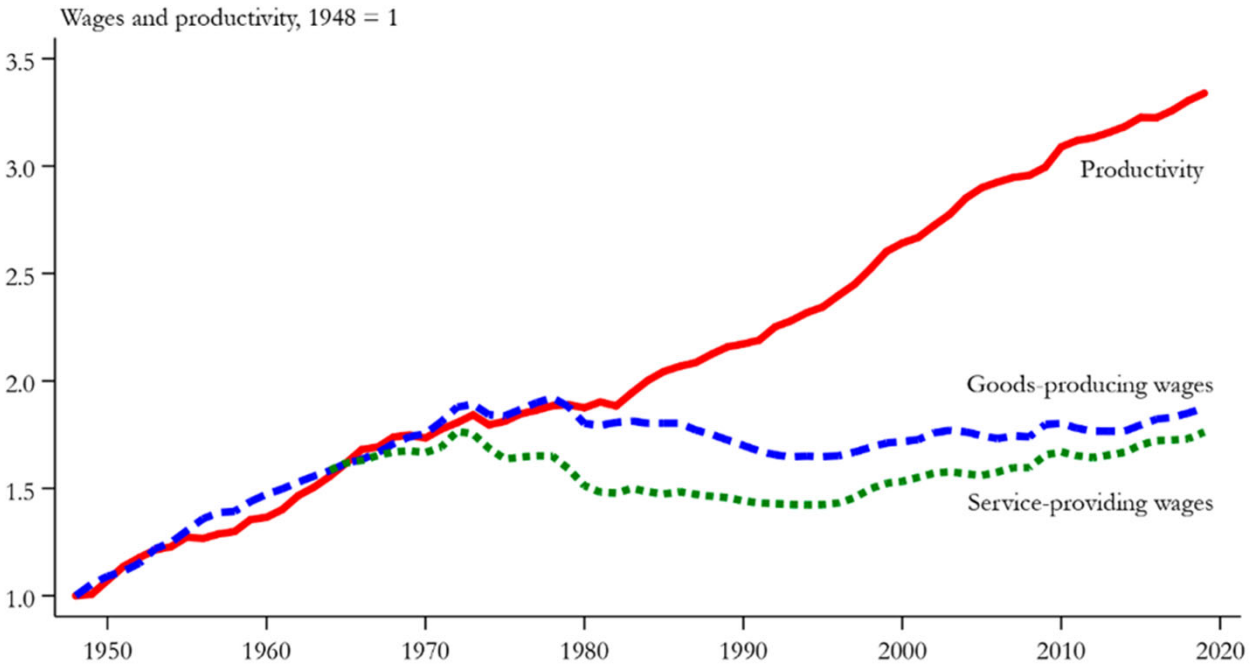
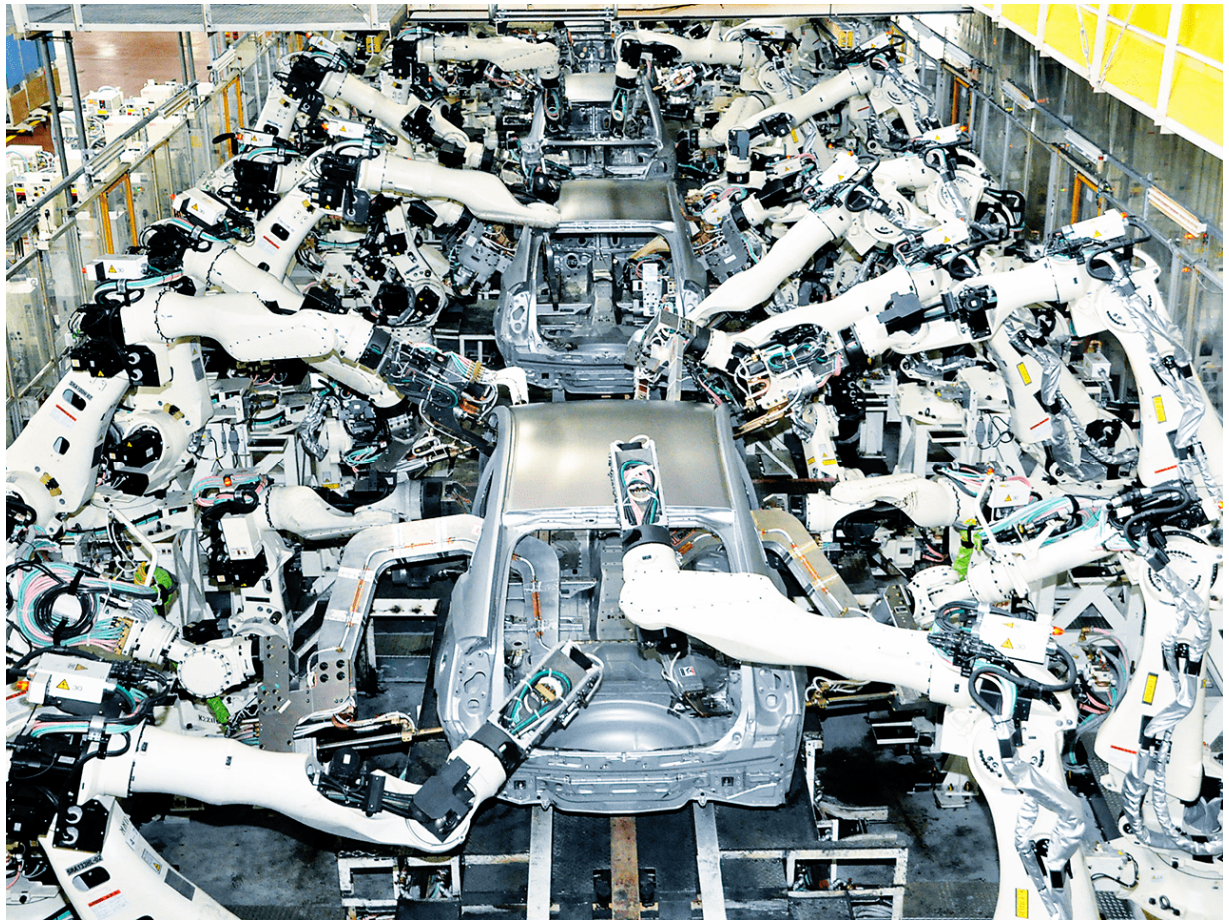


Figure III. Wages of non-supervisory production, of service workers, and total productivity

Wages of production workers and productivity series, see Figure 01; earnings of non-supervisory private service-providing production employees in the US in 2012 USD (source: Bureau of Labor Statistics-Current Employment Statistics; service series normalized to 2019 relative difference with production series)

www.TheProfitParadox.com

クルマこどもサイト
(https://global.toyota/jp/kids/how-are-cars-made/)



技術革新≈自動化

- 私達の生活を大きく変化させるような技術進歩は、多くの場合「業務自動化」を伴う。
- 農耕社会では誰もが農業に従事していた。トラクターなどによる工業化はすなわち自動化。
  - 1900年、アメリカ労働者の41％が農業従事
  - 2000年、アメリカ労働者の2％が農業従事

自動化の歴史

- マッチやライターの発明＝「火起こし業務」の自動化。
- 水道インフラの整備＝「水くみ業務」の自動化。
- 自動車の発明＝「移動業務」の自動化あるいは「馬車関連業務（馬の世話、糞尿処理など）」の自動化。
- 印刷機の開発＝「複写業務」の自動化。
- プロジェクターの開発＝「板書業務」の自動化。
- TACT＝「小テスト実施業務」の自動化。
- YouTube＝「番組作成配信業務」の自動化。

非ルーチン業務の自動化

- Googleの自動運転
- Amazonの倉庫ロボット：
  - https://www.youtube.com/watch?v=Xbw0U6xfc9E
- 自動翻訳
- テキスト自動読み上げ
  - 講義スライド読み上げをやってみよう
- 癌の画像診断
- ChatGPTなどの対話型AI

AI ≈ Machine Learning

- AI（Artificial Intelligence、人工知能）＝「知性を持つ機械」？？
  - チェスや囲碁、クイズ番組などで人間のトッププレイヤーに勝利するなど、飛躍的に性能が向上。
- まずは「知性」を定義する必要があるが、少なくとも、現在「AI」と呼ばれている対象は、ほぼ「機械学習（Machine Learning、ML）」あるいはそれらを束ねたものを意味する。
  - 専門家によると、「AI」が存在するわけではなく「AI技術」が存在している、と考えるべき。

機械学習とは

- 教師あり学習
  - 分類
  - 回帰：計量経済学！！
- 教師なし学習
  - 分類
  - 次元削減
- 大まかに言えば、「分類」と「予測」が得意。

画像認識：「いす」はどれ？

HINOKI CRAFT

山善

東谷工業株式会社

ナスラック株式会社

画像認識

- 人間は、子供であっても「いす」の写真を容易に区別できるはず。
- 「いすを定義」してプログラムを書こうとすると、「背もたれがない椅子」「クッションがない椅子」など例外だらけになり困難を極める。
- 伝統的なプログラミング技術では画像認識は非常に困難。
- 単に大量にデータを覚えさせる場合、覚えていない画像（新データ）の認識は不可能。
  - 「これかな」という予測能力が必要。

画像認識

- 「ディープラーニング」と呼ばれる機械学習と「ビッグデータ」が世界を変えた。
- 機械学習では「足の数」「背もたれ」「クッション」などの数値を「特徴量」と呼ぶ。
  - 「いす」と「いす以外」の画像で大きく特徴量が異なる場合、それは「良い特徴量」と呼べる。
  - 大量の「訓練データ」を必要とする。
- 「Googleフォト」による画像検索：
  - 「おばあちゃんが写った写真」をすべて探して表示してみよう。

自然言語処理

- 講義スライドをMicrosoft EdgeやGoogle Chromeに読ませてみよう。
- Google翻訳。
- 音声入力。
- ChatGPTなどによる対話型AIサービス。
  - 文書作成ならびに校正
  - アイデア出し
  - プログラミング補助

雇用の未来

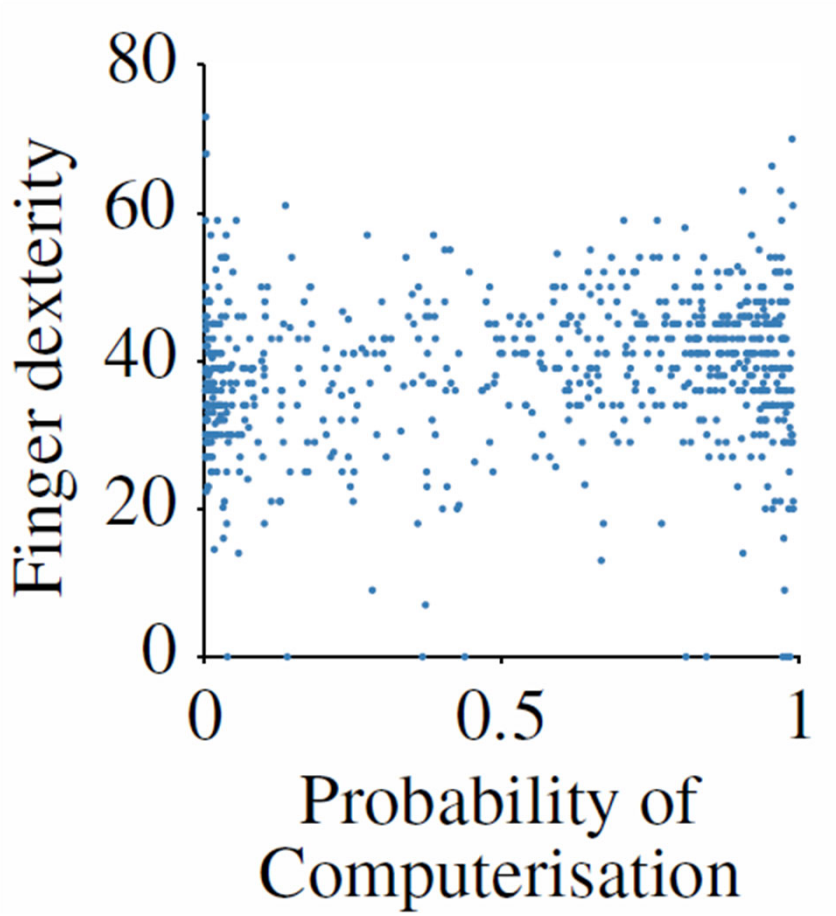
- Frey and Osborne (2017) は機械学習を利用して「今後消えるであろう職業」を予測した。
- O*NET（https://www.onetonline.org/）のデータ（日本版はhttps://shigoto.mhlw.go.jp/User/）
  - ７０２の職業を対象とし、そのうち７０の職業について「手作業で」ラベルを付与。
  - 自動化されるに違いない＝１
  - そうとは言えない＝０
- この７０を「訓練データ」として機械学習。
- 学習後、改めて７０２の職業を分類。

９つの「特徴量」

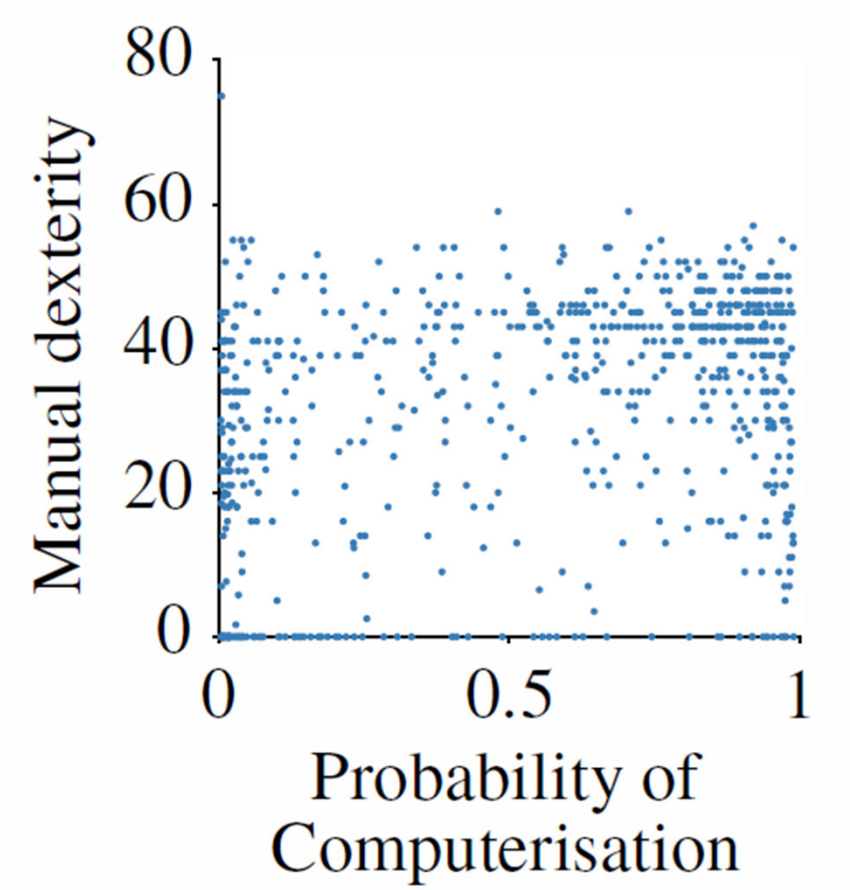
O*NET variables.

Computerisation bottleneck	O*NET variable	O*NET description
Perception and manipulation	Finger dexterity	The ability to make precisely coordinated movements of the fingers of one or both hands to grasp, manipulate, or assemble very small objects.
	Manual dexterity	The ability to quickly move your hand, your hand together with your arm, or your two hands to grasp, manipulate, or assemble objects.
	Cramped work space, awkward positions	How often does this job require working in cramped work spaces that requires getting into awkward positions?
Creative intelligence	Originality	The ability to come up with unusual or clever ideas about a given topic or situation, or to develop creative ways to solve a problem.
	Fine arts	Knowledge of theory and techniques required to compose, produce, and perform works of music, dance, visual arts, drama, and sculpture.
Social intelligence	Social perceptiveness	Being aware of others' reactions and understanding why they react as they do.
	Negotiation	Bringing others together and trying to reconcile differences.
	Persuasion	Persuading others to change their minds or behaviour.
	Assisting and caring for others	Providing personal assistance, medical attention, emotional support, or other personal care to others such as coworkers, customers, or patients.

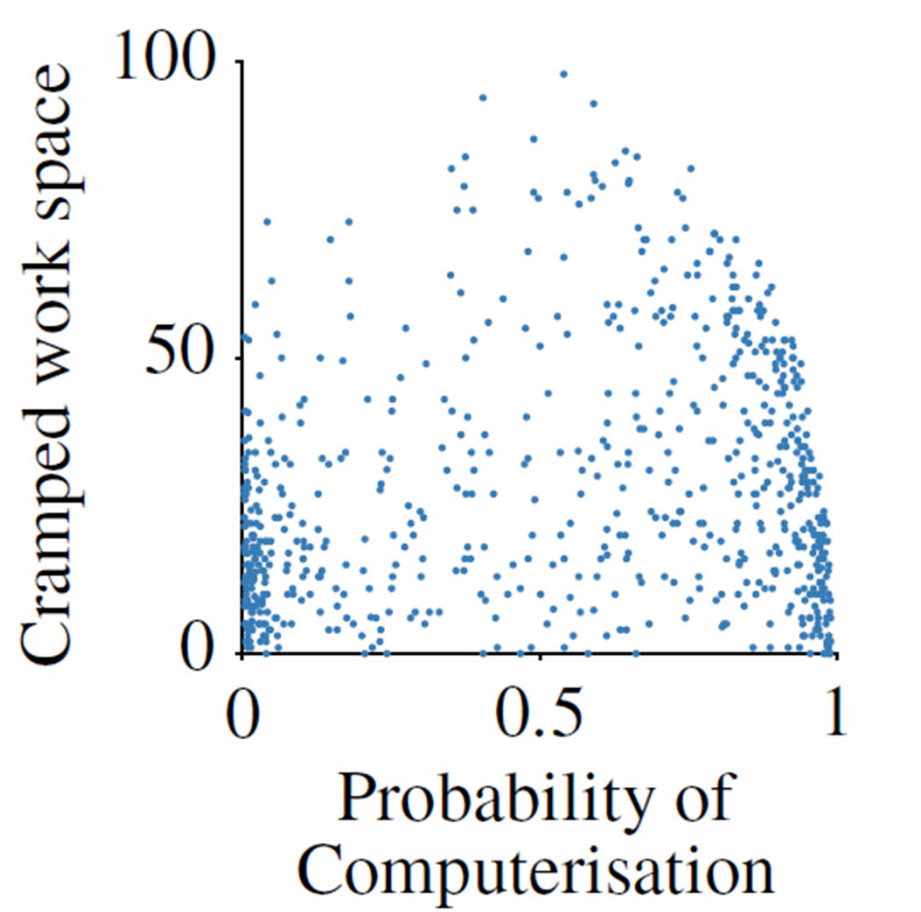
指先の器用さ


80
60
40
20
0
Finger dexterity
0
0.5
1
Probability of
Computerisation

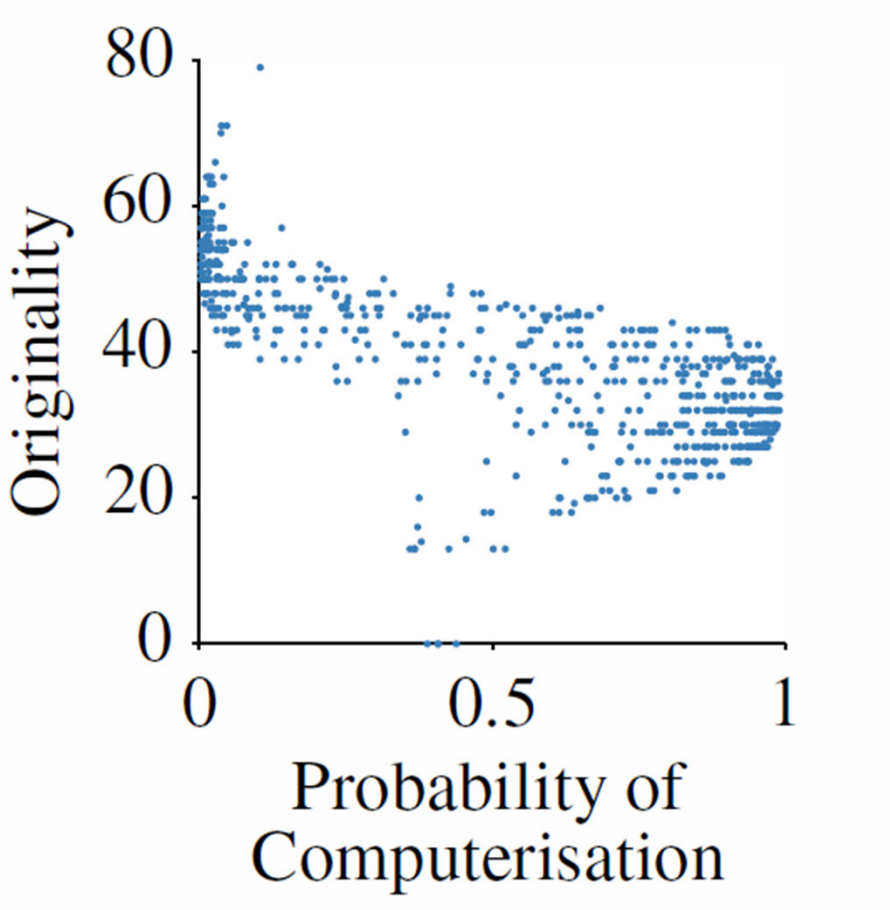
腕全体の器用さ


Manual dexterity
80
60
40
20
0
0
0.5
1
Probability of
Computerisation

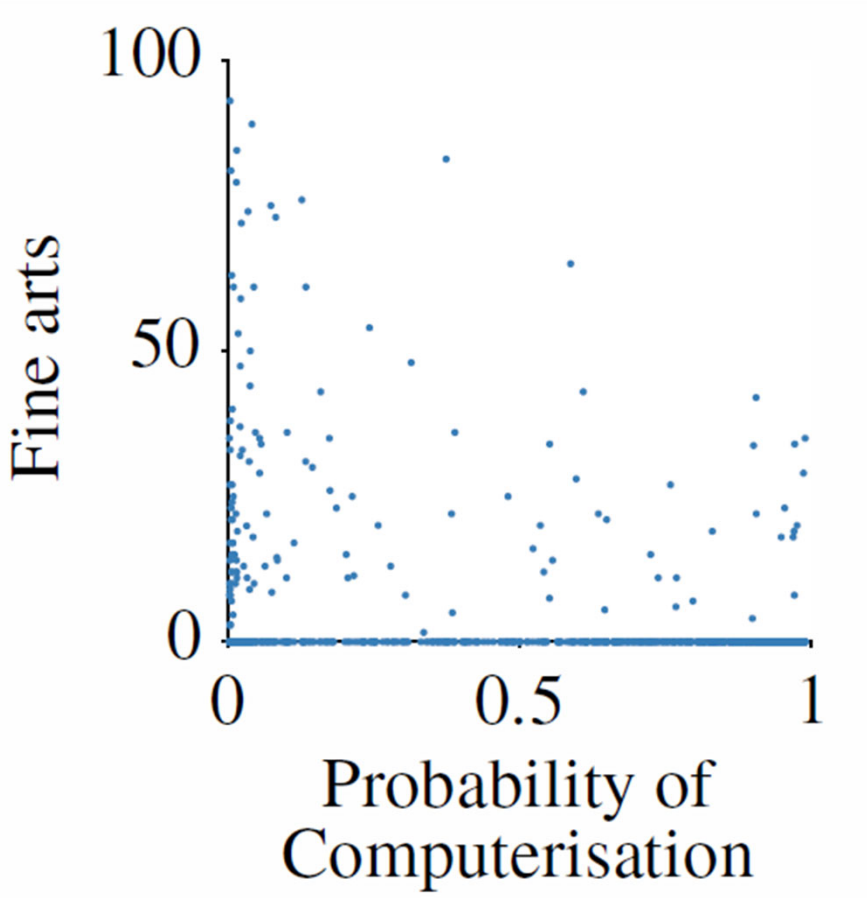
窮屈な仕事環境


Cramped work space
100
50
0
0
0.5
1
Probability of Computerisation

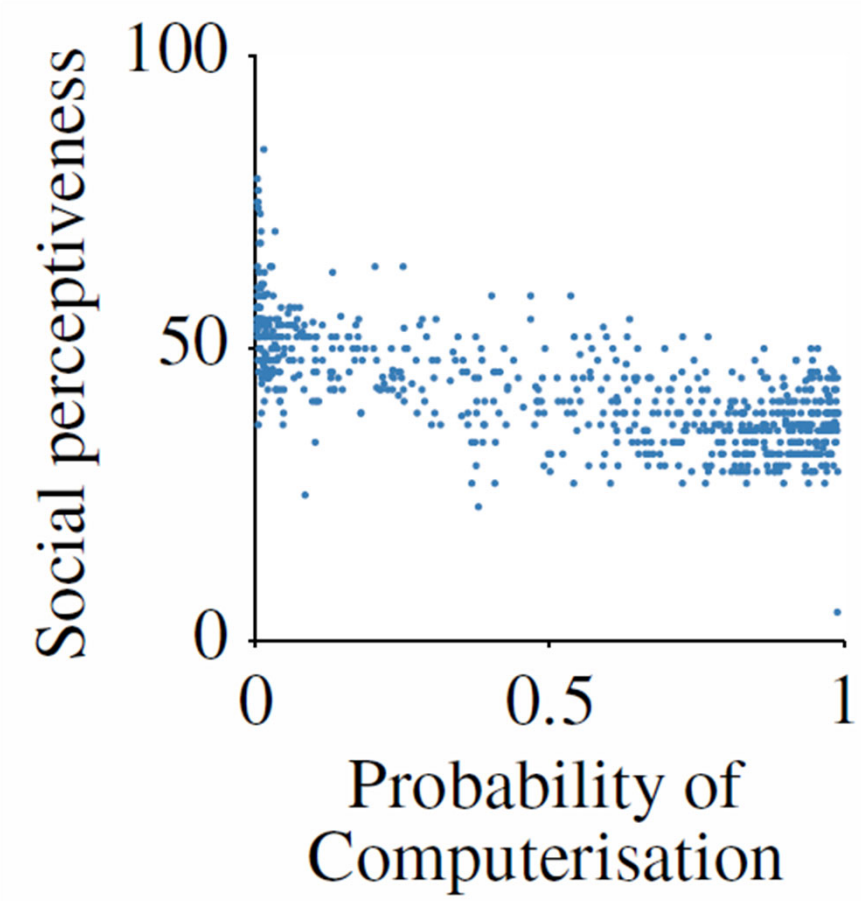
創造性


80
60
40
20
0
Originality
0
0.5
1
Probability of
Computerisation

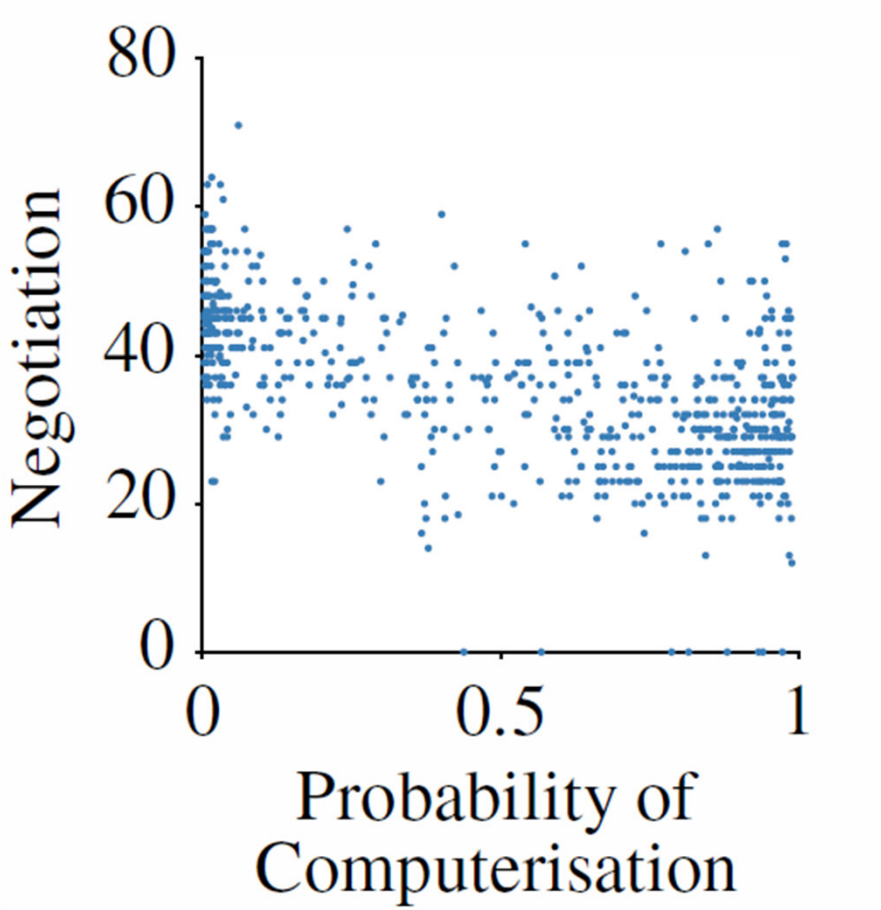
美術



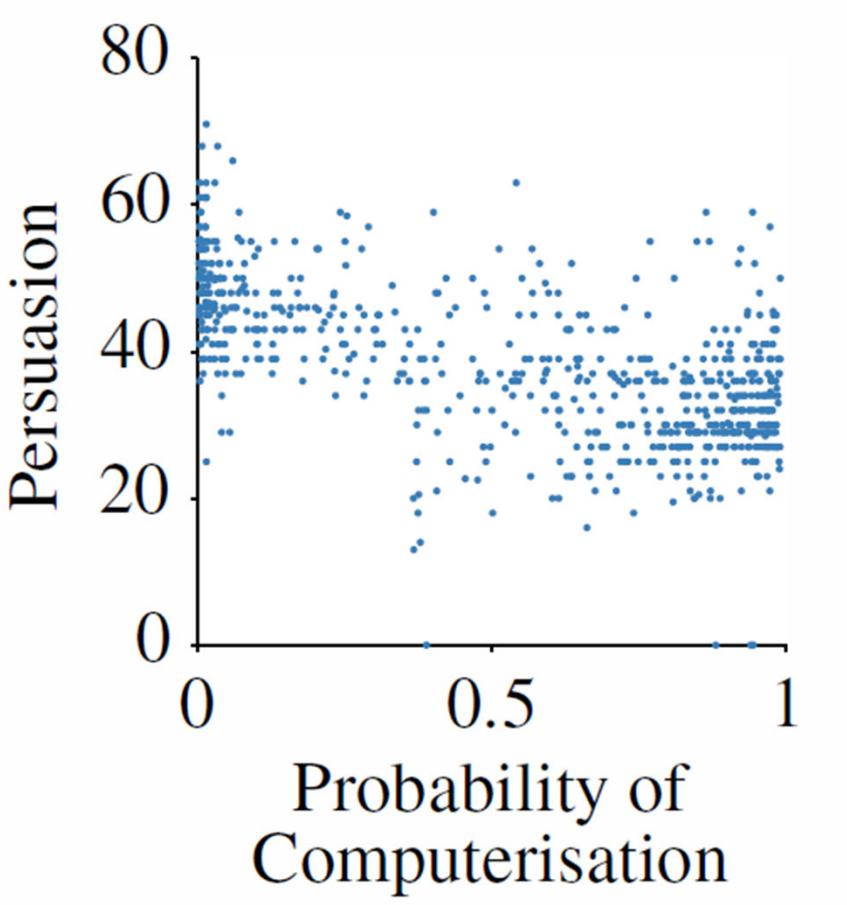
社会的感性


Social perceptiveness
100
50
0
0
0.5
1
Probability of Computerisation

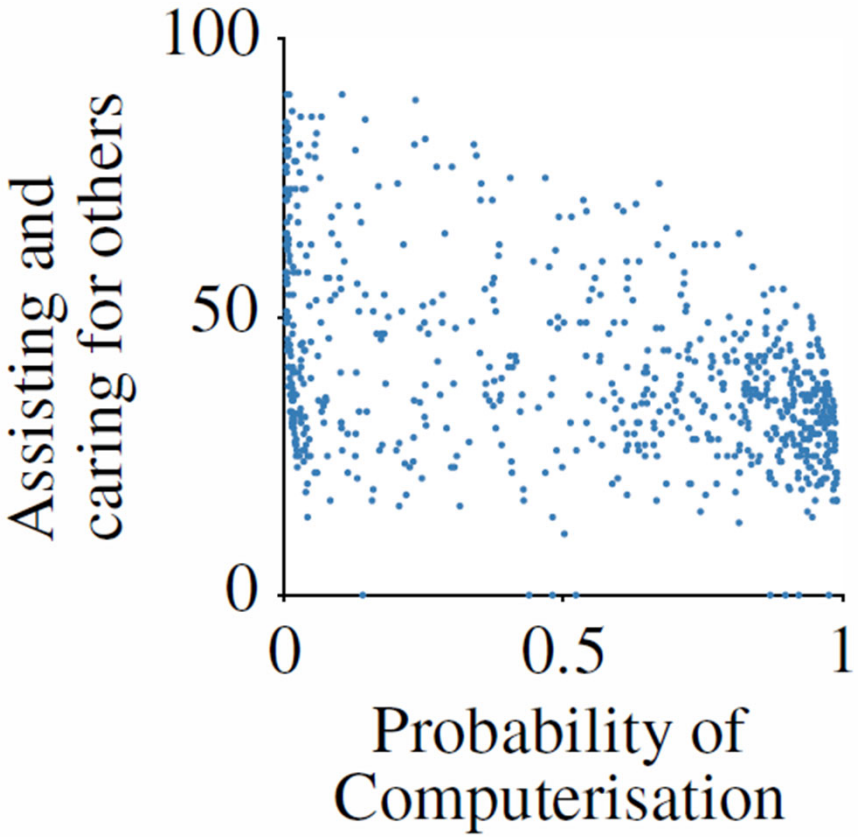
調停


80
60
40
20
0
Negotiation
0
0.5
1
Probability of
Computerisation

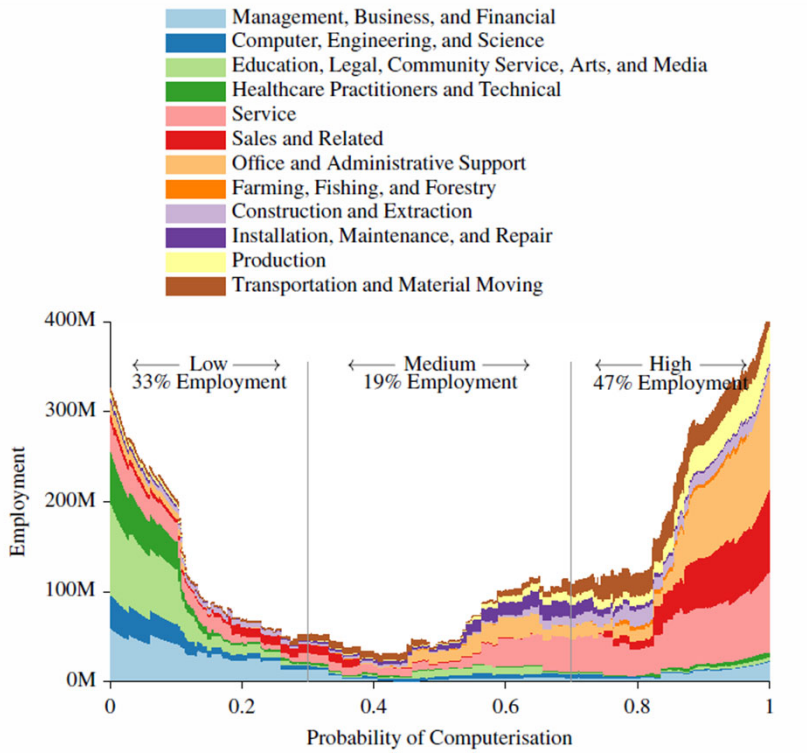
説得


80
60
40
20
0
Persuasion
0
0.5
1
Probability of
Computerisation

補助・介助

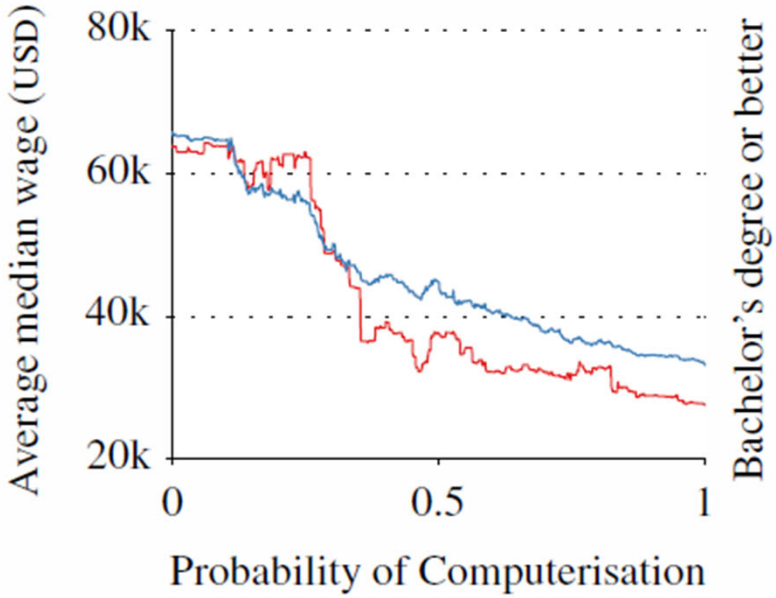

100
50
0
Assisting and caring for others
0
0.5
1
Probability of Computerisation

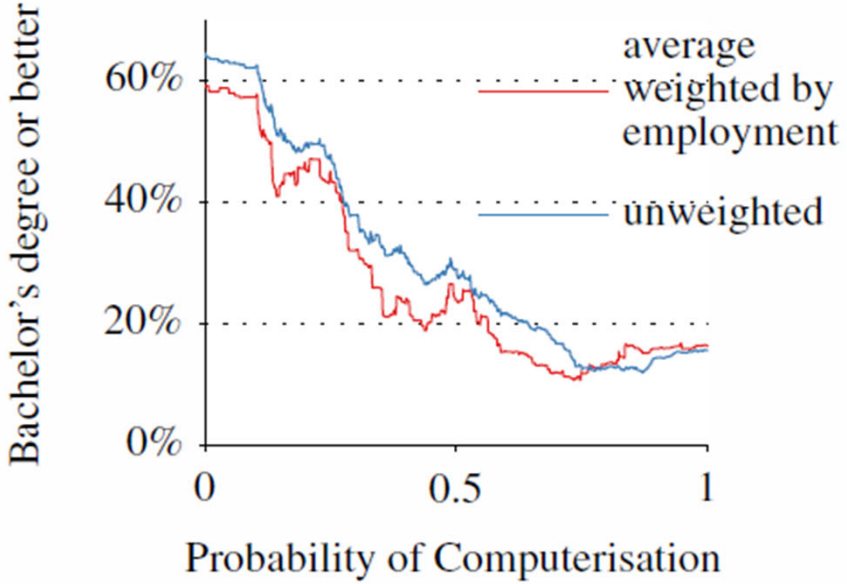
既存職種の４７％が高リスク



- 自動化確率70%以上を「高リスク」、30%以下を「低リスク」と分類。
- 予想通り、多くの事務処理系の職種が高リスクに分類。
- 予想に反し、多くのサービス業が高リスクに分類された。

自動化されにくい仕事は高賃金かつ高学歴





日本のケース（参考）

- 野村総合研究所とOsborne博士による共同研究
  - https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/news/newsrelease/cc/2015/151202_1.pdf
  - https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/journal/2017/05/01J.pdf?la=ja-JP&hash=6B537BB1EB48465D0AF4A3EA1B1138809F916683
  - https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12602000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Roudouseisakutantou/0000186905.pdf

批判的検討

- 「日本の労働人口の 49％が人工知能やロボット等で代替可能に」（前ページリンク参照）などの調査結果が独り歩き。
- 解釈の前提：
  - 「人」が教師データ（どの職業が自動化されるか）を選定している。
    - 「機械学習によって教師データと似ているグループを選びだした」≠「どの職業が自動化されるかについてAIが判定した」
    - 「自動化可能」≠「その職業が消滅する」

AIがすること、しないこと

- ディープラーニングは「予測マシン」である。
  - パターン認識をして何らかの予測・分類を伴う業務は、今後人間の手から離れると考えるべき。
  - ChatGPTにできる仕事を本職にしてはならない！
- 場面や業務に応じたモデル選択や計算手法（アルゴリズム）の選択、分析前のデータの整理整頓（前処理）は人間の手による。
  - 「データサイエンティスト」の需要拡大中（AIと補完関係！）。
  - 多数の技術（計量分析など）が経済学の中にある。
  - 経済学部生にとってはチャンスです！

おわりに

- 「労働経済」は以上です。
- 更に学びたいという諸君は来学期開講予定の「労働経済学特論」を受講できます。
  - （担当が私なら）数理モデルとコンピューター・シミュレーションを通じて格差を分析します。
  - 授業は英語で行う予定。
- 本講義後の小テストをお忘れなく。
- 期末試験はありません。
- 授業評価アンケートをお忘れなく。
- お疲れさまでした。