

財務総合政策研究所

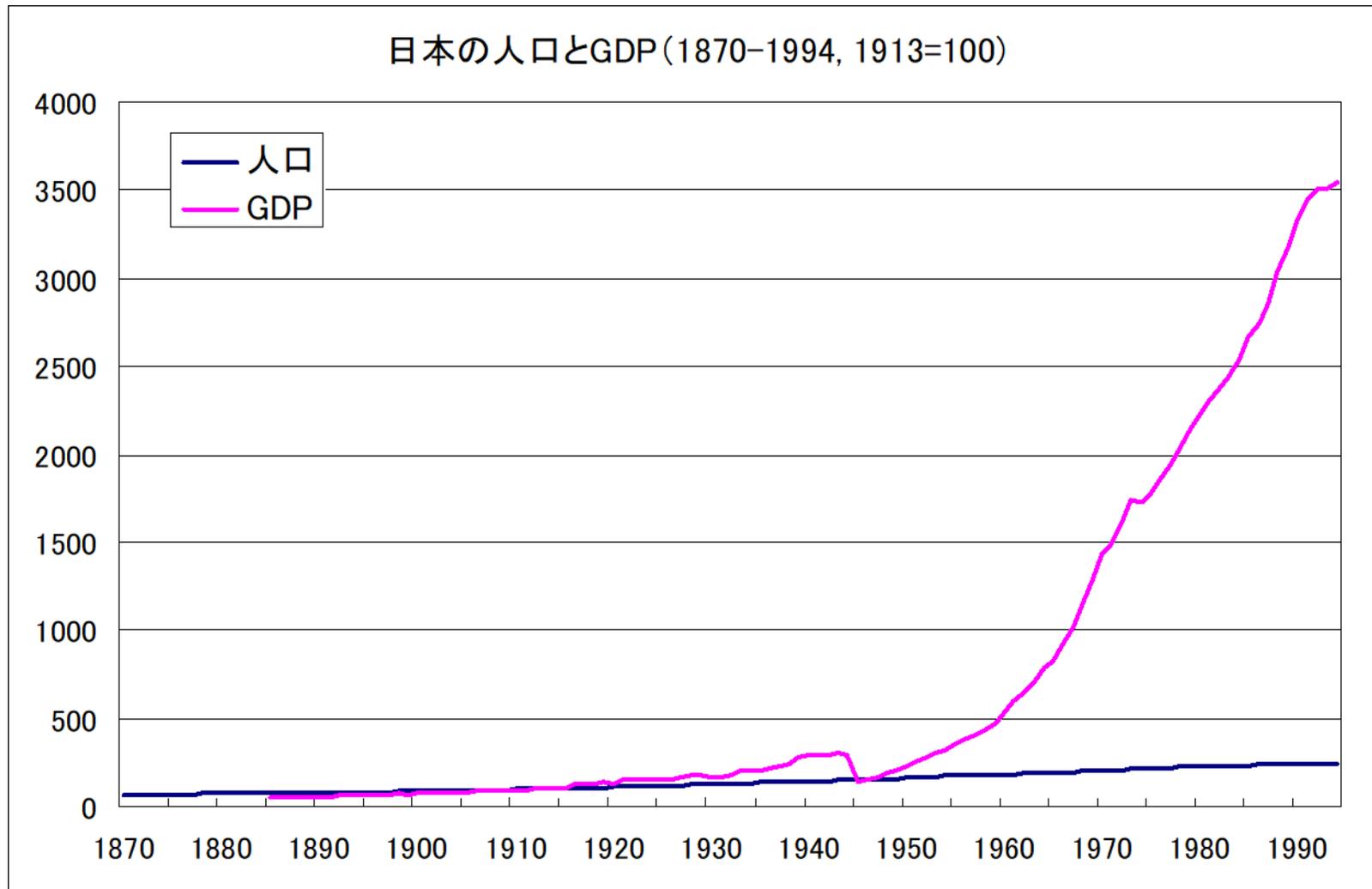
# 生産性と経済成長

2020年2月27日

吉川 洋

(財務省財務総合政策研究所 名誉所長)

# 人口と経済成長1870-1994: 日本



# 経済成長

## ■ルイス型の経済成長

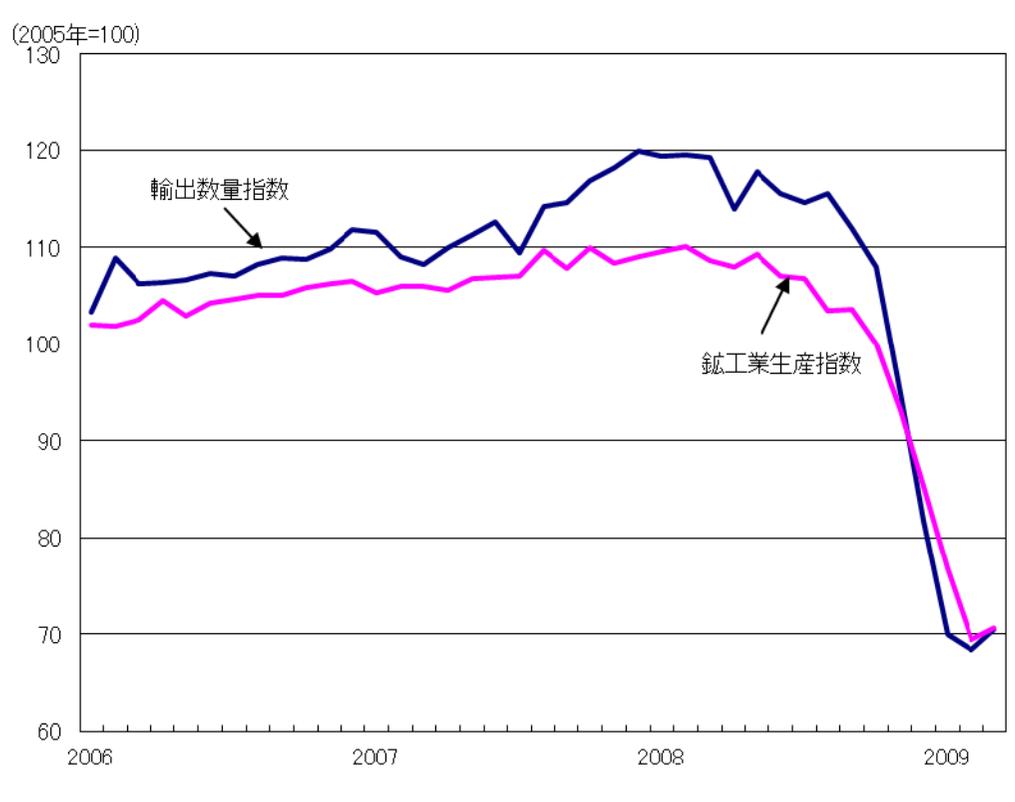
= 農業／工業の2部門モデル

## ■明治以降の日本の経済成長

Kaldor, N., (1966), *Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom: An Inaugural Lecture*, Cambridge: Cambridge University Press.

# リーマンショック後の日本経済

## 需要の重要性を立証！



データ) 経済産業省「鉱工業生産指数」(2005年=100)  
内閣府推計、輸出数量指数(2005年=100)

# マクロ固有の方法論：統計物理学

マクロ経済を理解するためには  
統計物理学的な方法が有効



ミクロの行動を詳しく追っても無駄

# 統計力学の方法

「実際政治に必要なのは、このような巨視的状态である。だれがどうということはまずまず問題ではない。この巨視的な社会状态がどう変化するかということが、関心事なのである。

これは統計力学においてわれわれの当面する問題と本質的に同じ意味をもっている。多数の粒子から成る一つの物体をみているとき、その分子一つ一つの運動はわれわれの眼にははいらぬ。

.....

幸い、われわれはそんなものに拘泥する必要を感じない。統計力学はわれわれに必要な巨視的な知識を、微視的な立場から簡明に与えてくれるのである。

その基礎には、常に何か確率的なものが横たわっている。社会現象の場合にも、上にいったようなある巨視的な見方をするときには、だれだれがどうしたという微視的な立場を離れて、全体をある統計的な立場からみるということが基礎になっているわけである。」

久保亮五『統計力学』(1952), P14より

経済は自然現象と本質的に異なるか？

経済主体は頭を使って

「最適化」しているから

無機的な自然現象を扱う物理と

本質的に違うのではないか？

# 自然と経済に本質的な違いはない！

マクロの現象を理解する上で、

自然と経済に本質的な違いはない！

合理的な個人は頭脳を使い動学的に最適化する



変分法のオイラー方程式

無機的な物理現象も同じ方程式を満たしている！

「変分原理」ないし「最小作用の原理」

自然と経済に本質的な違いはない！

## 人間社会の例

- ・車の渋滞
- ・将棋倒し

物理学の相転移

# 寺田 寅彦 (1933)

「人間の如き最高等な動物でも、それが多数の群集を成して居る場合に就て統計的の調査をする際には、夫等の人間の個體各個の意志の自由などは無視して、其の集團を單なる無機物質の團體であると看做しても、少しも差支のない場合が甚だ多い。例へば街路を歩行する人間の「密度」や「平均速度」に関する統計などには、純粹な物質的問題例へばコロイド粒子の密度の場合に應用さるゝ公式を、其の儘使用しても立派に當てはまることが實證的に明らかになつて居る…（中略）…「生物のことは物理では分らぬ」といふ經典的信條のために、斯ういふ研究がいつも、異端視され易いのは誠に遺憾なことである。科學の進歩を妨げるものは素人の無理解ではなくて、いつでも科學者自身の科學其の物の使命と本質とに對する認識の不足である。深く鑑みなければならぬ次第である（寺田寅彦「物質群として見た動物群」昭和8年『理学界』のちに『物質と言葉』岩波書店、1935年、所収）。」

JAPAN-US CENTER UFB BANK MONOGRAPHS ON INTERNATIONAL FINANCIAL MARKETS  
Praise for Reconstructing Macroeconomics

"Thoughtful macroeconomists are uncomfortably aware that consumers, firms, and workers vary widely in their local environments, perceptions, and beliefs. Ignoring this heterogeneity, as 'modern macro' does, is a likely source of systematic error. Aoki and Yoshikawa propose to repair this failure by modeling the macroeconomy explicitly as a cloud of interacting particles. The goal is to deduce the distributions of economic characteristics that describe the system as a whole. This puts more emphasis on statistical properties and less on the internal decision making of each agent. There are already some surprising beginning results, including a novel treatment of aggregate demand, and one can expect more when their approach is combined with standard economic reasoning. This is the start, not the finish, of a potentially far-reaching research program. It should excite the curiosity of all those thoughtful macroeconomists."

— Robert M. Solow, *Nobel Laureate, Massachusetts Institute of Technology*

"This book is a bold and daring challenge to the growing influence of neoclassical equilibrium theory in the field of modern macroeconomics. Not simply an approach to traditional Keynesian theory that attempts to refine it and make it more accurate, the treatment makes use of a new methodology in statistical physics and combinatorial stochastic processes to mount a direct challenge to real business cycle theory and rational expectations theory. This technique makes it possible to analyze the interactions of a large number of fluctuating micro agents. Professor Aoki has made important contributions to the application of statistical physics to economics, and Professor Yoshikawa is a leading Japanese economist who has done outstanding work in the fields of both theoretical and empirical economics. This book is the superb product of the optimum combination of these two scholars' different talents."

— Ryoji Sato, *New York University and University of Tokyo*

"Masanao Aoki and Hiroshi Yoshikawa have written no less than the foundation of a new approach (and I believe the right one) to the core problem of macroeconomics, which is to aggregate behaviors by stressing the importance of the heterogeneity and variability of real economic agents. Getting inspiration from and adapting the concepts and tools of statistical physics, they masterfully derive important and novel insights on the most crucial open problems of the field: the principle of effective demand, role of uncertainty, sticky price/wages, and the endogenous business cycle. By systematically discussing and comparing their theory with empirical data and real economic situations, this book is perhaps the first successful effort to develop macroeconomics as a real science on par with physics, with falsifiable hypotheses underpinned by sound micro-principles and testable predictions."

— Didier Sornette, *Swiss Federal Institute of Technology, Zurich*

"This book shows the impossibility of efficient equilibria in economies with market clearing mainstream hypotheses when such an economy is populated by a large number of heterogeneous agents. In such a case, Aoki and Yoshikawa show that, through combinatorial stochastic processes, a new approach to macroeconomics is not only possible it is real and this book shows how to reach it."

— Mauro Gallegati, *Università Politecnica delle Marche*

CAMBRIDGE  
UNIVERSITY PRESS  
www.cambridge.org



Aoki Yoshikawa

Reconstructing Macroeconomics

CAMBRIDGE

## RECONSTRUCTING MACROECONOMICS

A PERSPECTIVE FROM STATISTICAL PHYSICS AND  
COMBINATORIAL STOCHASTIC PROCESSES



MASANAO AOKI AND HIROSHI YOSHIKAWA

CAMBRIDGE

# Solow's comment

“Thoughtful macroeconomists are uncomfortably aware that consumers, firms, and workers vary widely in their local environments, perceptions, and beliefs. Ignoring this heterogeneity, as ‘modern macro’ does, is a likely source of systematic error. Aoki and Yoshikawa propose to repair this failure by modeling the macroeconomy explicitly as a cloud of interacting particles. The goal is to deduce the distributions of economic characteristics that describe the system as a whole. This puts more emphasis on statistical properties and less on the internal decision making of each agent. There are already some surprising beginning results, including a novel treatment of aggregate demand, and one can expect more when their approach is combined with standard economic reasoning. This is the start, not the finish, of a potentially far-reaching research program. It should excite the curiosity of all those thoughtful macroeconomists.” Robert M. Solow (2007)

# 統計物理学的方法の有効性

多様なミクロの経済行動を

第3者は観察できない！

消費者 $\sim 10^7$ 、企業 $\sim 10^6$

だから

統計物理学の方法が有効

# 新しいマクロ経済学

- 経済物理学 Econophysics
- 進化経済学 Evolutionary Economics
- ネットワーク科学 Network Science
- Agent-based Model
- 複雑系 Complexity

労働・資本の働き具合が変動

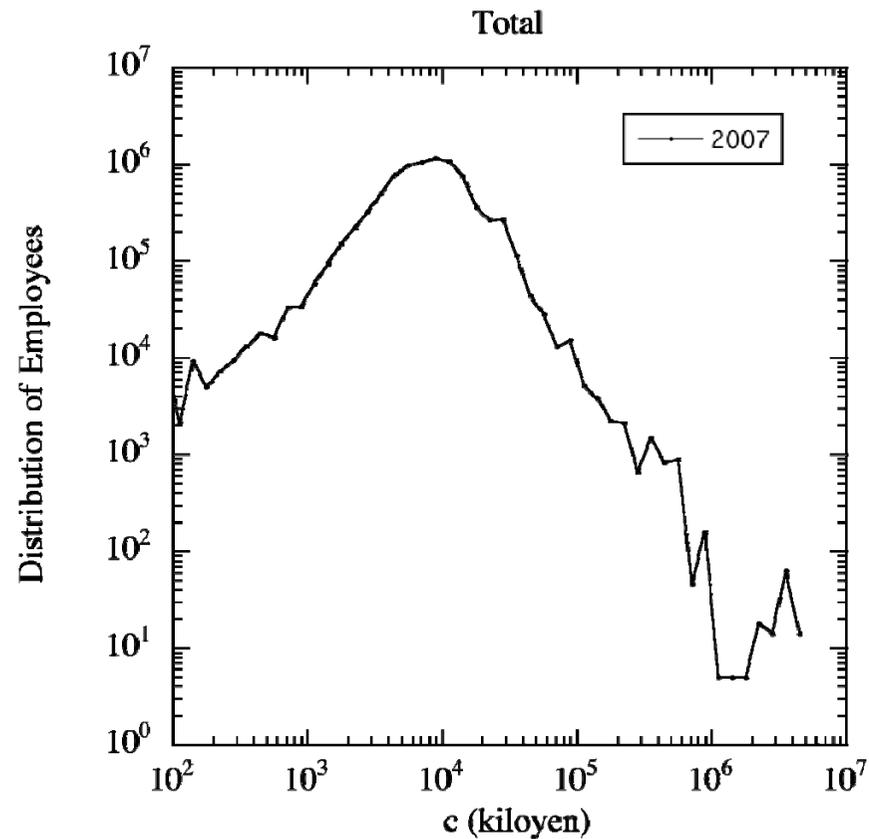
労働のマクロ的稼働率は、  
「失業」だけでなく  
「生産性の分布」によって決まる



問題は、労働に関する求人／求職は  
「確率的」な出会い

# 生産性の分布

Distribution of Labor Productivity in Japan (2007)

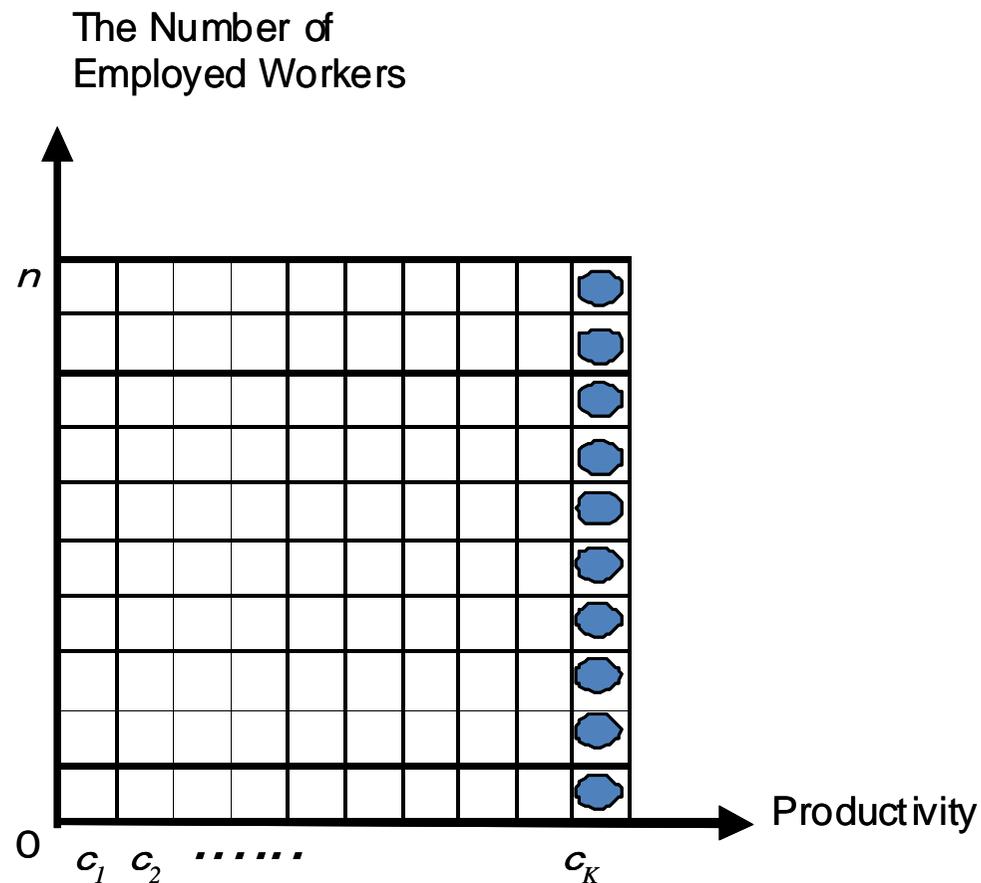


Mean=  $1.29 \times 10^4$ , Standard Deviation= $2.37 \times 10^4$

新潟大学 家富 洋

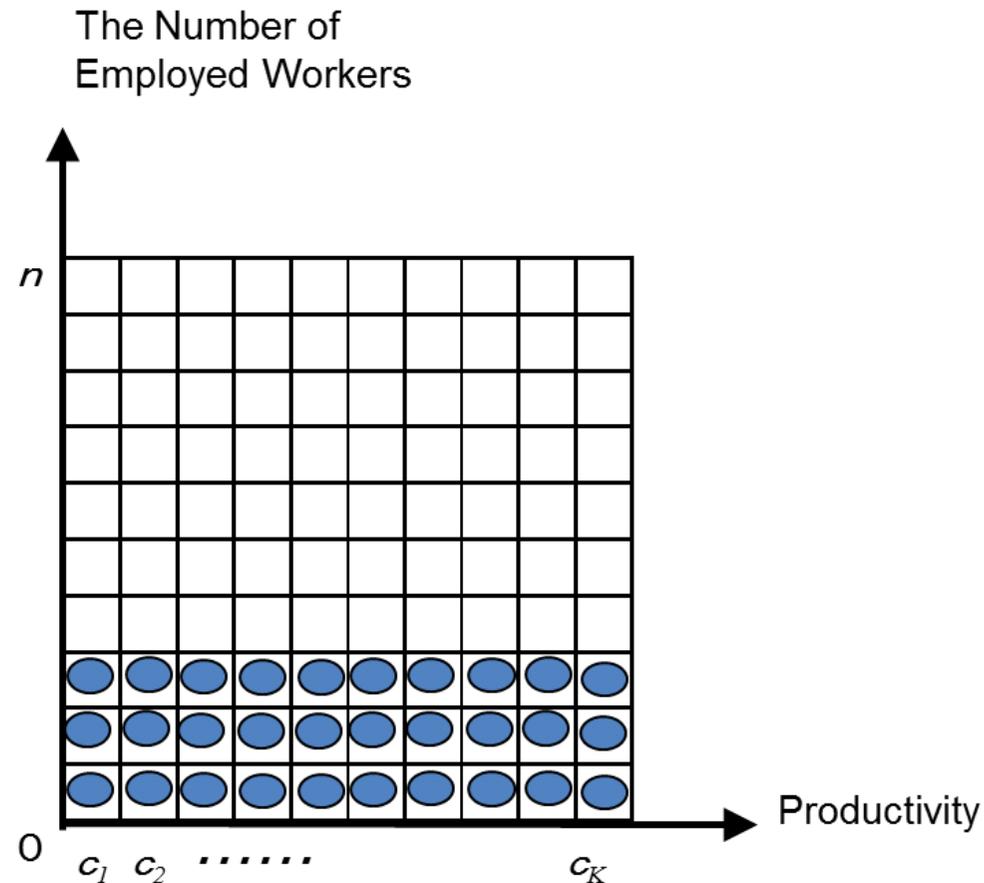
# 確率的マクロ均衡 ( 1 )

All the Workers Work at Job sites with the Highest Level of Productivity under Extremely High Aggregate Demand

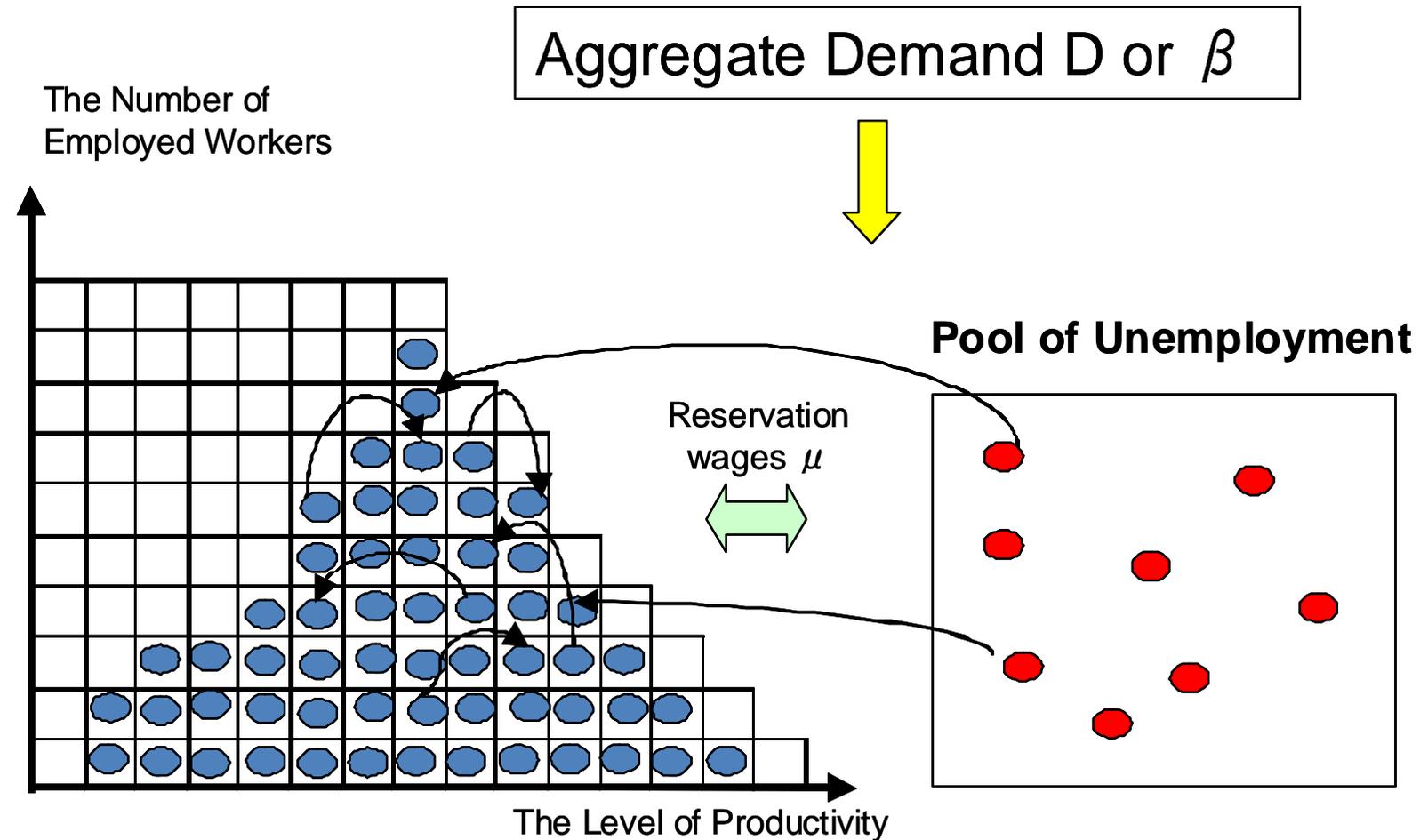


## 確率的マクロ均衡（2）

Workers are Distributed Evenly across All the Sectors with Different Levels of Productivity under Extremely Low Aggregate Demand



# 確率的マクロ均衡モデル



Yoshikawa, H. (2015) "Stochastic macro-equilibrium: a microfoundation for the Keynesian economics," *Journal of Economic Interaction and Coordination*, Vol.10, 1, pp31-55, 19

# エントロピーの最大化

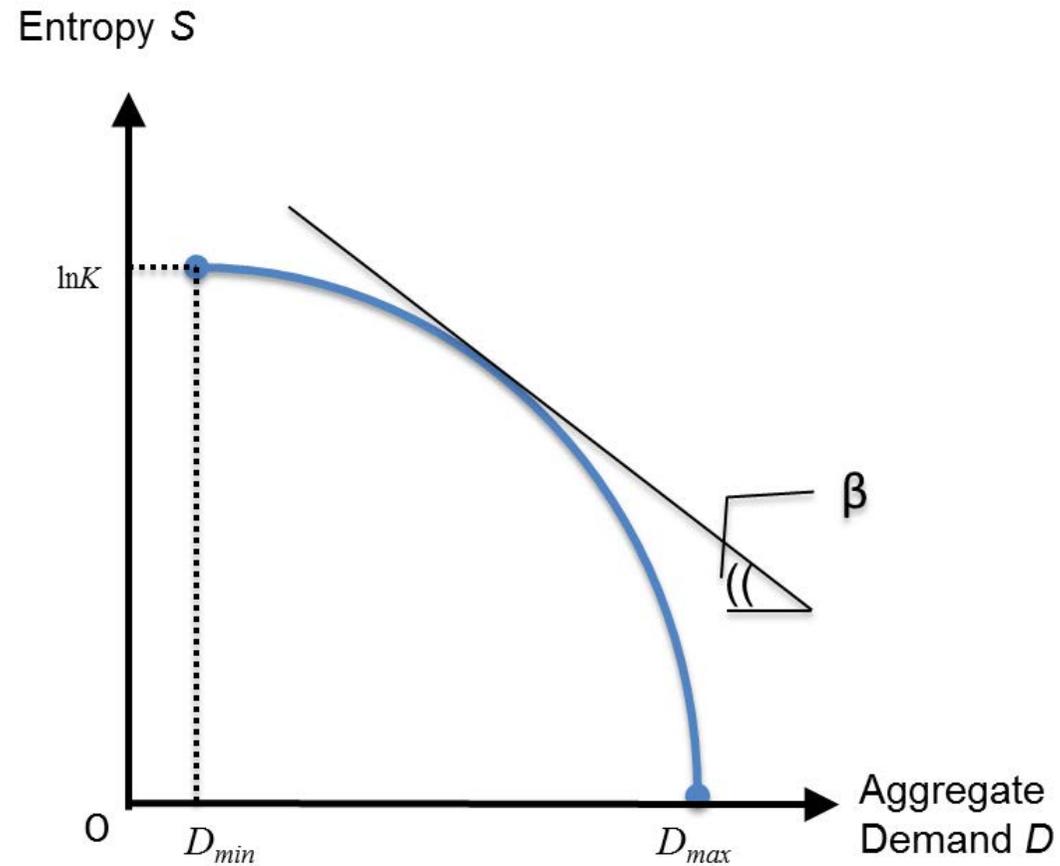
$$L = -\sum_{k=1}^K \left(\frac{n_k}{N}\right) \ln\left(\frac{n_k}{N}\right) + \alpha \left[ N - \sum_{k=1}^K n_k \right] + \beta \left[ D - \sum_{k=1}^K c_k n_k \right]$$

$$\ln\left(\frac{n_k}{N}\right) = -1 - \alpha N - \beta N c_k \quad (k = 1, 2, \dots, K)$$

$$\frac{n_k}{N} = \exp[-1 - \alpha N - \beta N c_k]$$

# 総需要とエントロピー

## Entropy $S$ and Aggregate Demand $D$

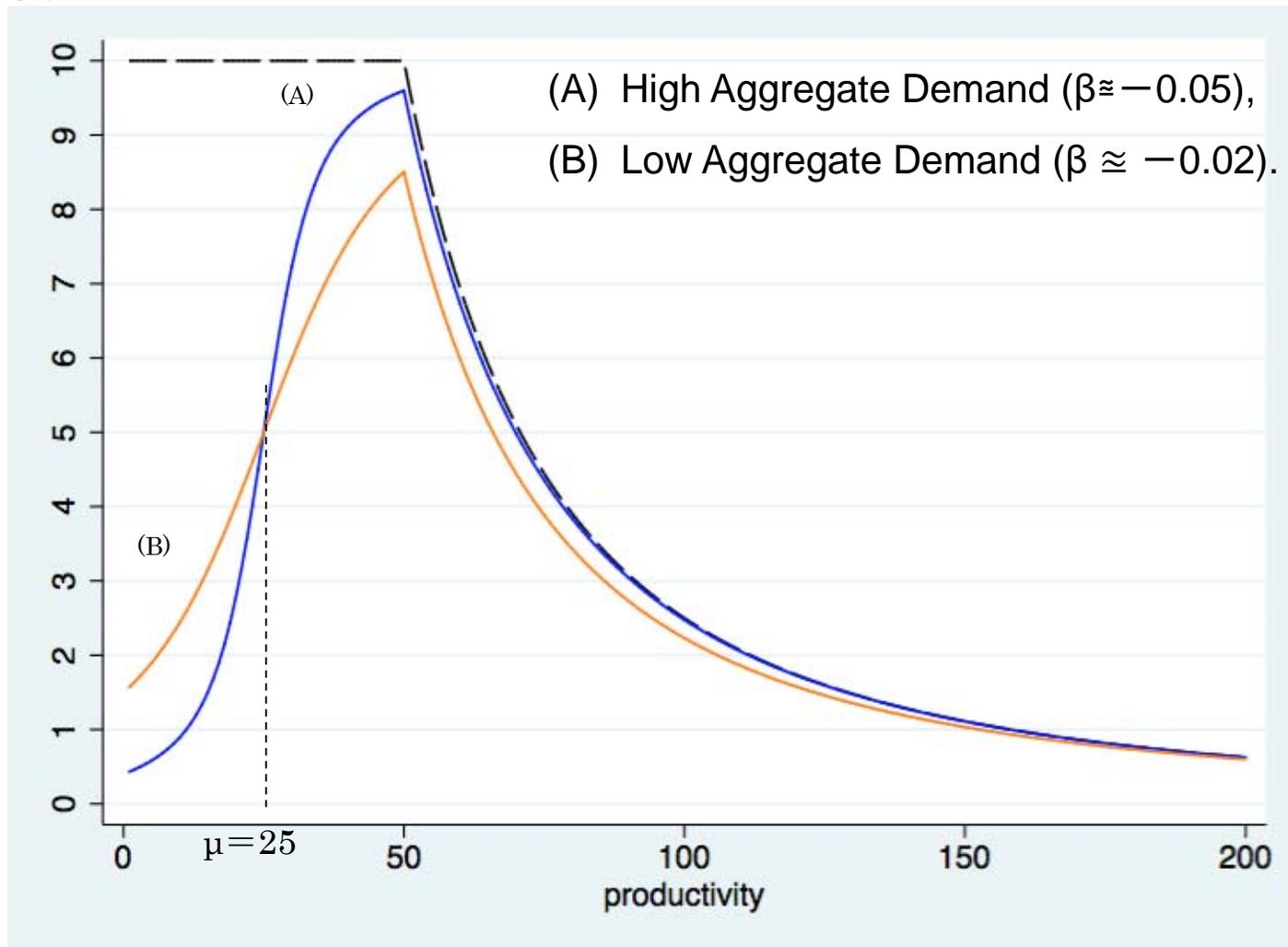


# 生産性の分布

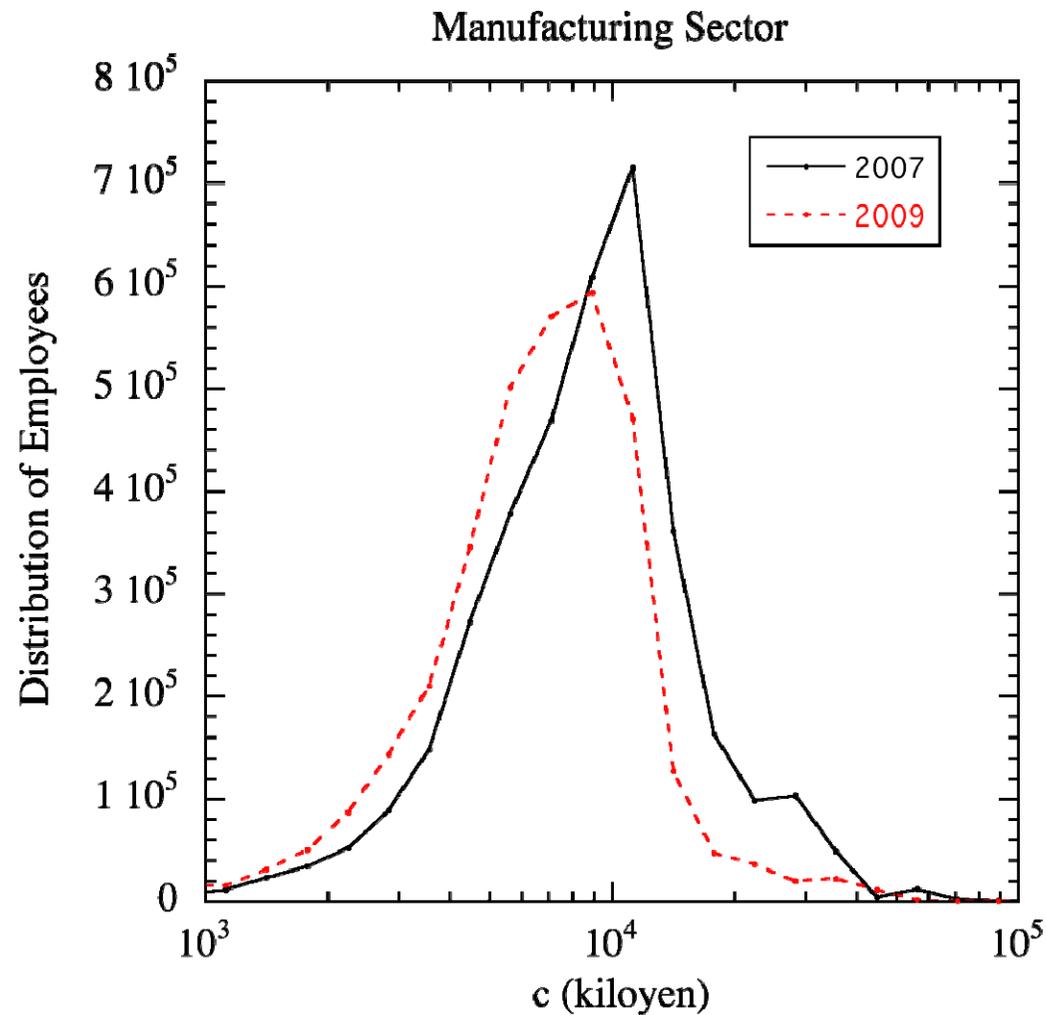
$$\begin{aligned}\langle N \rangle &= \frac{1}{\beta} \left[ \frac{\partial}{\partial \mu} \log \Phi \right] \\ &= \frac{1}{\beta} \sum_{j=1}^K \frac{\partial}{\partial \mu} \{ \log(1 - e^{(f_j+1)\beta(\mu-c_j)}) - \log(1 - e^{\beta(\mu-c_j)}) \} \\ &= \sum_{j=1}^K \left[ \frac{(f_j + 1)e^{(f_j+1)\beta(\mu-c_j)}}{e^{(f_j+1)\beta(\mu-c_j)} - 1} - \frac{e^{\beta(\mu-c_j)}}{e^{\beta(\mu-c_j)} - 1} \right] \\ \langle n_j \rangle &= \frac{(f_j + 1)e^{(f_j+1)\beta(\mu-c_j)}}{e^{(f_j+1)\beta(\mu-c_j)} - 1} - \frac{e^{\beta(\mu-c_j)}}{e^{\beta(\mu-c_j)} - 1}\end{aligned}$$

# 生産性の分布：理論

The number of  
employed workers



# 生産性の分布：2008リーマン・ショック前と後



供給は本質的に需要によって規定される  
労働の求人/求職の「確率的」な出会いは  
総需要によって規定される



ケインズの「有効需要の原理」  
「総需要」は物理学における  
(負の)温度 $T$ の役割を果たしている  
労働生産性 $\Leftrightarrow$ エネルギー準位

## **Solow's comment on Stochastic Macro**

“It captures analytically a good part of the intuition that underlies the Keynesian economics of people like Tobin and me.”

**Robert M. Solow**

長期にも供給は需要によって規定される

実は「短期」だけでなく

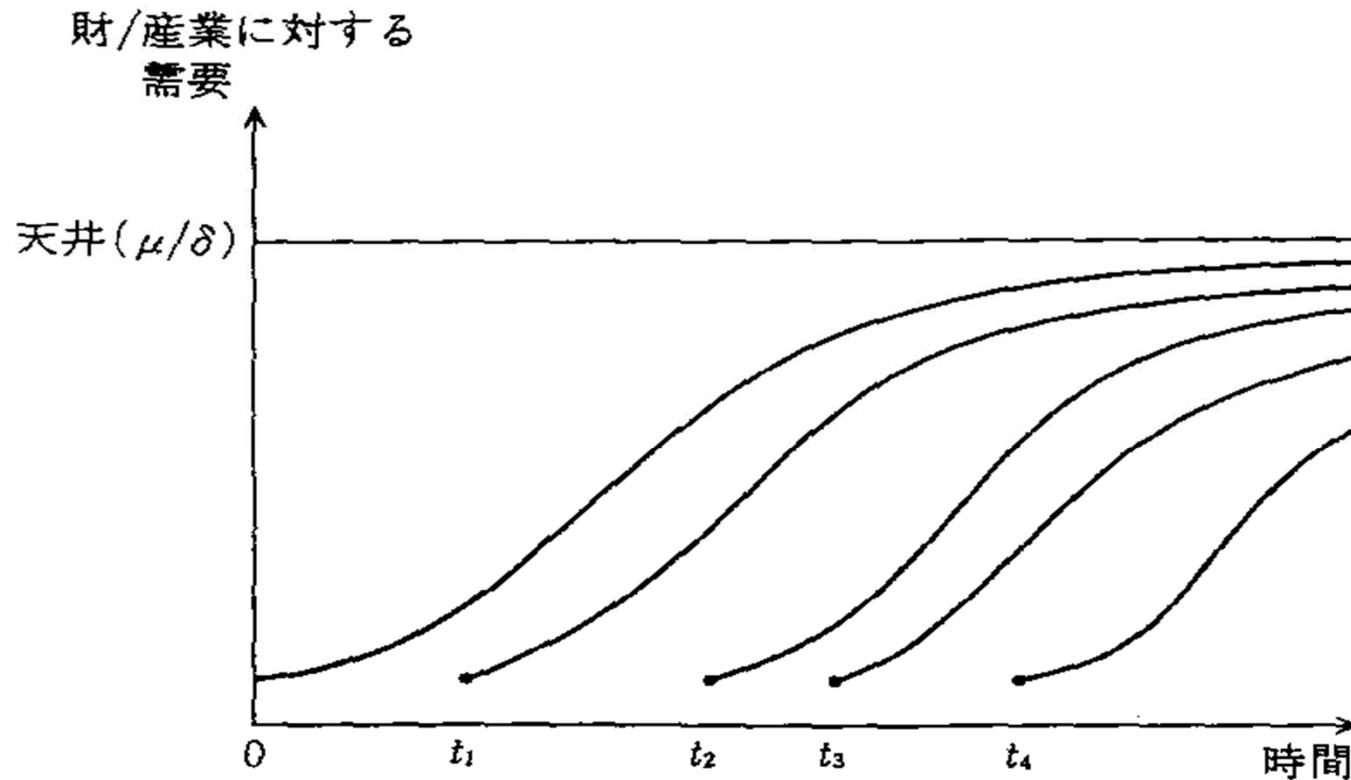
「長期」の経済成長も

「需要の飽和」によって規定される



「エンゲル法則」

# 新しい需要と経済成長のパターン

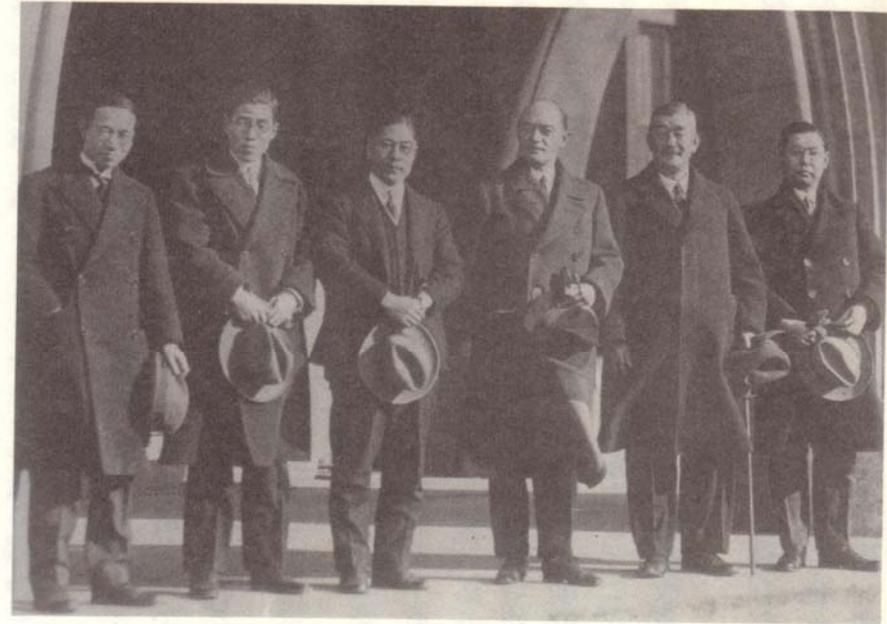
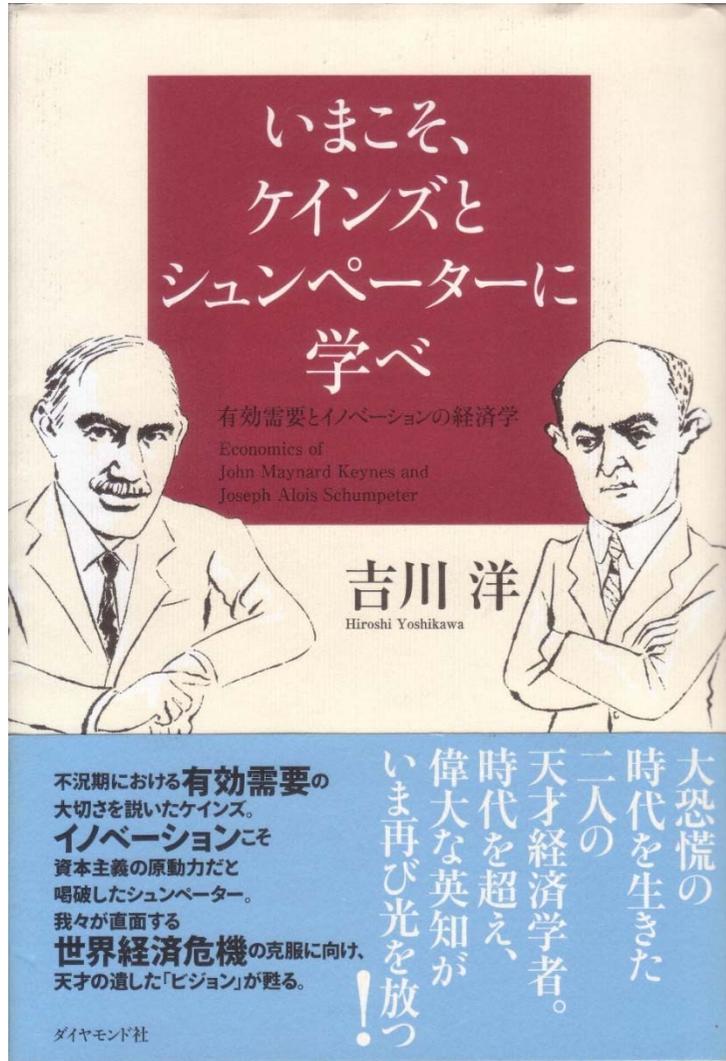


新しい需要と経済成長のパターン

注)  $t_1, t_2, t_3, t_4, \dots$ は新しい財/産業が誕生した時点.

(出所) Aoki and Yoshikawa (2002), "Demand Saturation-Creation and Economic Growth", *JEBO*, Vol.48

# 需要の飽和を打破するプロダクト・イノベーション



# 需要と供給

結局、需要と供給は  
「短期」でも「長期」でも  
これまで経済学が  
想定してきたように  
単純に分離できない！