現代社会における
ロボットの最適な供給量

愛知大学　経済学部　蓮井ゼミ　B班

松田 流宇星　細井 敦生　海野 一樹
波多野 貴紀　半田 俊輔　宮坂 悠生

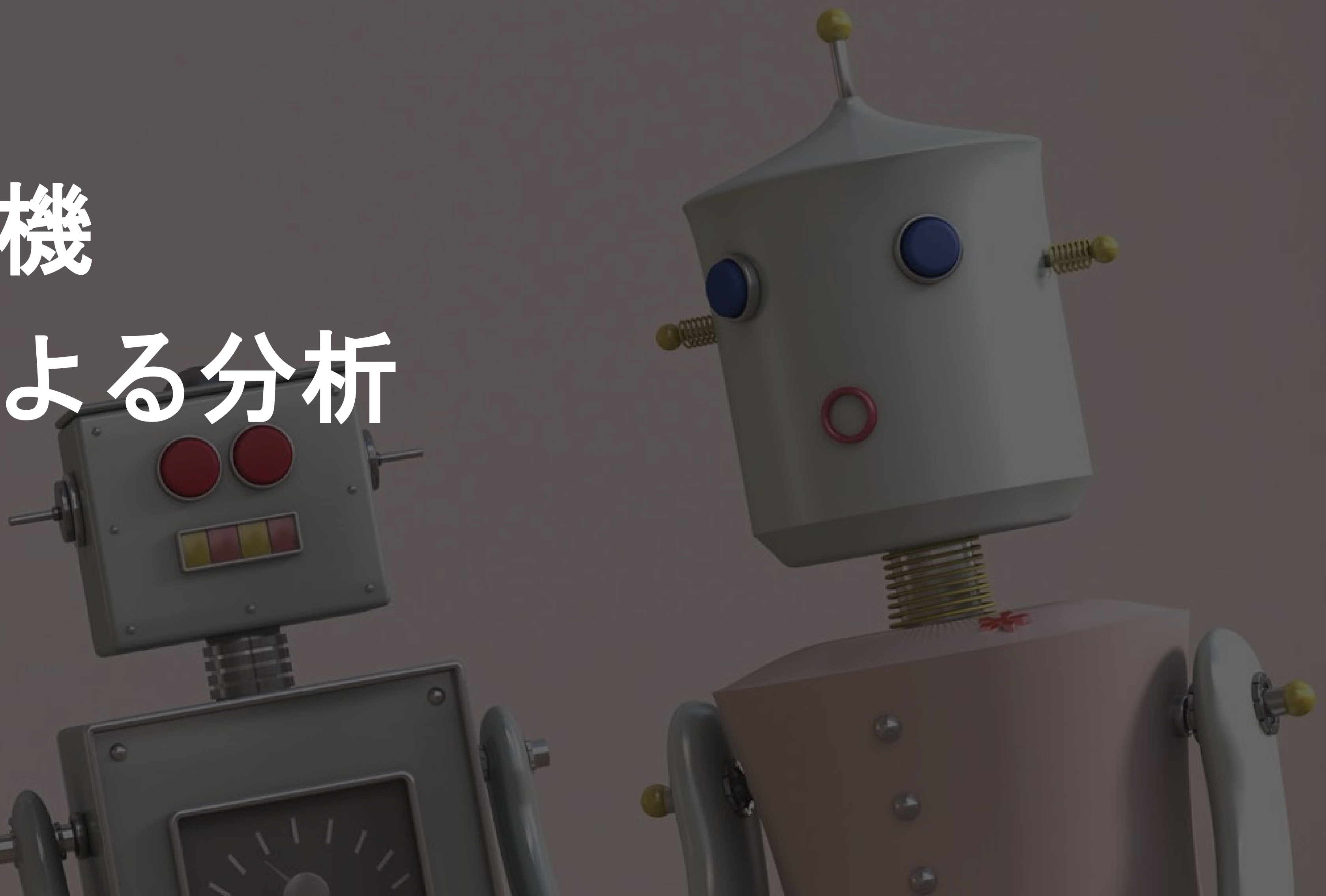
目次

研究の動機

モデルによる分析

考察

まとめ

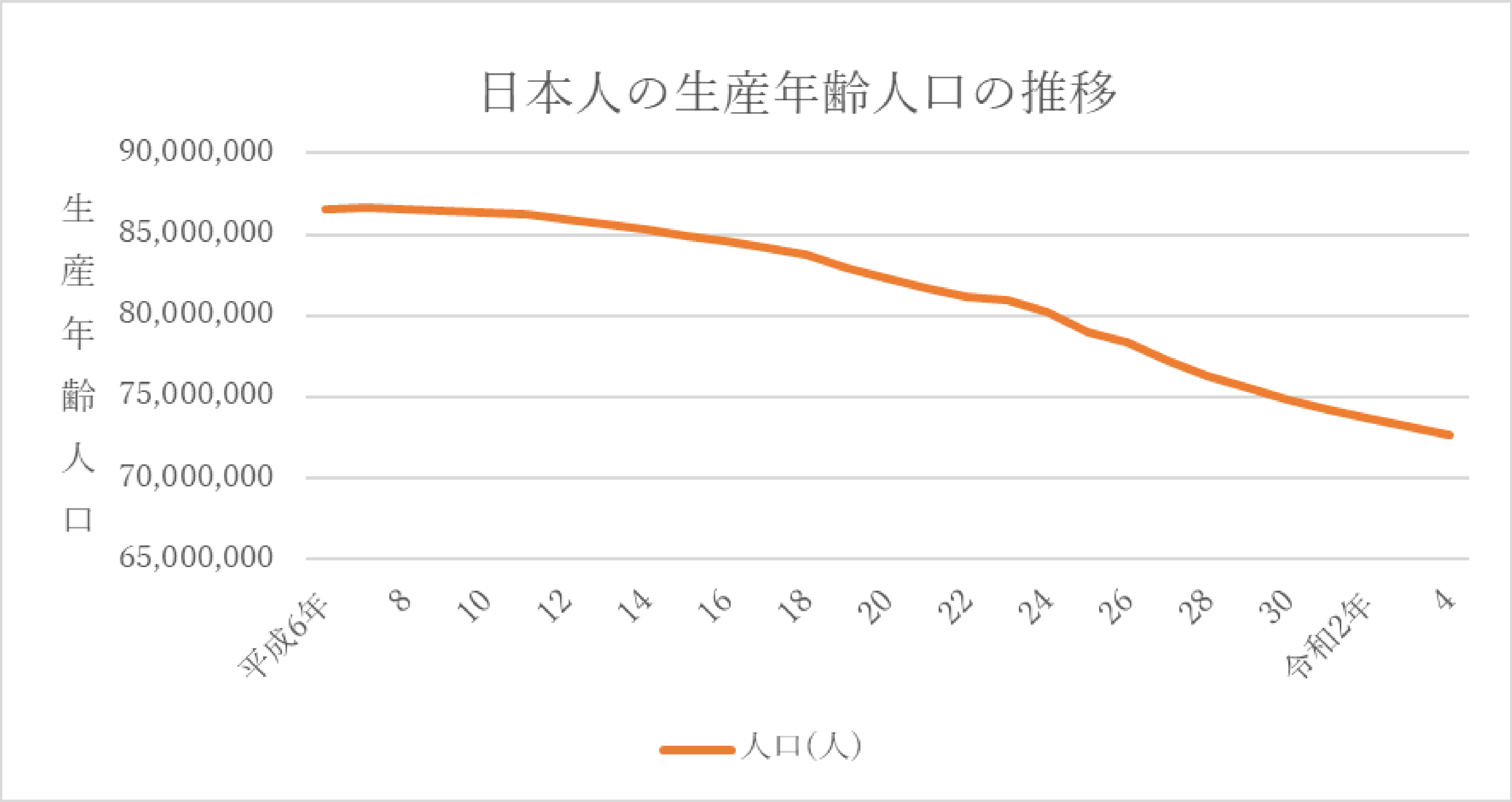


研究の動機

- 近年、生産年齢人口が減少傾向にあり、労働用ロボットの必要性は年々上昇している。
  例）介護ロボット、ドローンetc
- ロボットに奪われる懸念が大きい仕事がある

→ロボットによる影響を肯定的に捉えている人たちもいる

日本人の生産年齢人口の推移



＊（総務省「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」）

ロボット導入のメリット

- 人件費の削減
- 作業効率の向上
- 製品の品質保証
- 作業割り当ての効率化
- 品質管理が楽に
- 計画通りの生産が望める

＊内閣府「AI 等の技術が労働市場に与える影響に関する 内外の研究動向について」

ロボット導入のデメリット

整備、導入のコスト

ロボット導入による人件費の増加

仕事を奪われる、職を失う→課題

＊内閣府「AI 等の技術が労働市場に与える影響に関する 内外の研究動向について」

ロボット導入によって
得する人、損する人が出てくる

得をする人：製作者（制作会社）専門職
教育職　経営者→創造性、専門性のある職種

損をする人：事務職
製造業→単純作業、
ルーティンワークなど
決まった作業

本研究の研究目的

研究テーマ：

ロボットの導入と労働力(人間)の投入ではそれぞれどのような効用の変化をもたらすのか

モデルの概要

家計と企業からなるマクロ経済モデル：

- 家計：効用最大化
- 企業：利潤最大化

以下のような拡張を行う：

- **家計は２種類の労働を供給する**
  1. **最終財の生産に用いる労働**
  2. **中間財（ロボットや資本設備）の生産に用いる労働**

家計：効用関数

家計は消費Cと余暇１ －L, 1-L_Kから効用を得る
効用関数：

$$U = \log C + \log(1 - L) + \log(1 - L_K)$$

C：消費
L：最終財生産への労働供給
L_K：中間財生産への労働供給

家計：予算制約式

予算制約式：

$$P \times C = W \times L + W_K \times L_K + \Pi + \Pi_K$$

- P：物価→ P×Cは消費金額を表す
- W：賃金→W×Lは給料を表す
- W_K ：賃金→ $W_K \times L_K$は給料を表す
- $\Pi + \Pi_K$：企業からの利潤

企業：生産関数

企業は資本Kと労働Lを投入して生産を行う（生産関数）

生産関数

$$Y = (K)^{\alpha}(L)^{1-\alpha}$$

K：資本設備（本研究ではロボットとみなす）

L：家計からの労働供給

α：資本と労働の投入割合を表すパラメータ（０≦ α ≦１）

企業：利潤

企業の利潤：

$$PY - RK - WL$$

$$Y = (K)^{\alpha}(L)^{1-\alpha}$$

P×Y：売上

R×K：資本のレンタル・コスト

W×L：労働賃金

中間財企業：ロボットの生産

ロボットは労働Lkを投入してつくられるとする：

ロボットの生産関数：

$$K = (A \times L_K)^{\beta}$$

ロボット生産による利潤：

$$R \times K - W_K \times L_K$$

最大化

以上の設定の下、各主体ごとに以下の問題を解く：

- 家計→効用最大化
- 企業→利潤最大化
- 中間財企業→利潤最大化

最大化による解

以上の最大化問題を解くと以下の解を得る：

- 消費： $C = \left\{\left(A \times \frac{\alpha\beta}{1+\alpha\beta}\right)^{\beta}\right\}^{\alpha} \left(\frac{1-\alpha}{2-\alpha}\right)^{1-\alpha}$
- 労働（最終財企業）： $L = \frac{1-\alpha}{2-\alpha}$
- 労働（中間財企業）： $L_K = \frac{\alpha\beta}{1+\alpha\beta}$
- 資本：$K = (A \times \frac{\alpha\beta}{1+\alpha\beta})^{\beta}$
- 生産：$Y = C$

モデルによる分析

Excelを使ってαやβを変化させた効用の変化の分析を行う

・分析①：αを0から1まで変化させて分析を行う

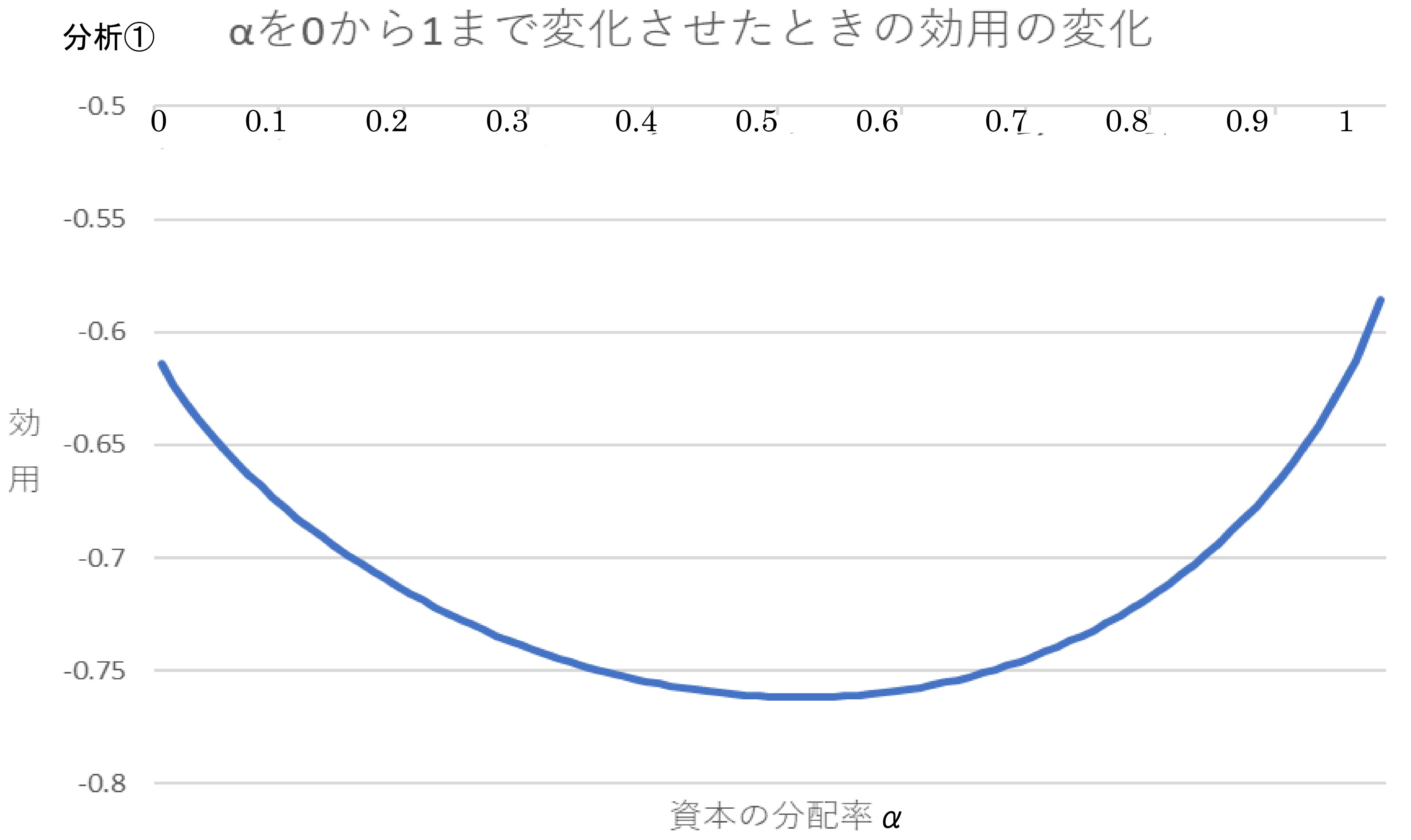
（資本の分配率を大きくしていく）

βは0.5とし、ロボットの生産は規模に関して収穫逓減を仮定する

・分析②：βを1としたときの分析を行う

（労働の限界生産性を規模に関して収穫一定とする）

分析①

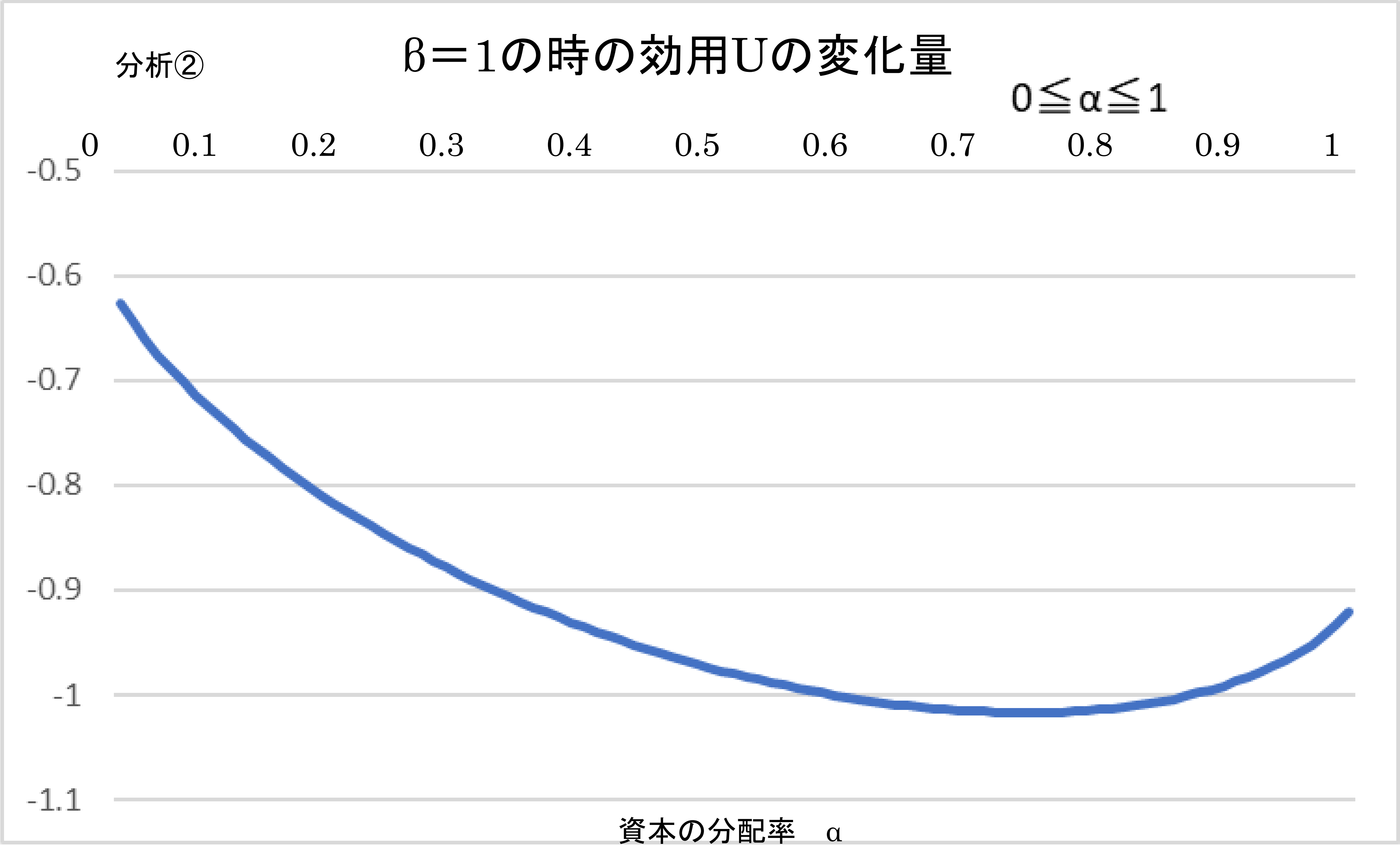

αを0から1まで変化させたときの効用の変化
-0.5
-0.55
-0.6
-0.65
-0.7
-0.75
-0.8
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
効用
資本の分配率 α

考察①

モデル上では、αが0から1まで変化していく過程でαが1のとき、効用が最も大きくなる（対数効用のため効用水準は負となっている）。

↓

全て資本(ロボット) の生産に労働力（人間）を投入することが最も効用が大きくなる。


分析②
β＝1の時の効用Uの変化量
0≦α≦1
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1
-1.1
資本の分配率　α

考察②

ßは労働の限界生産性を表す外生変数である

ß＝1の場合、α＝0の時に効用が最も大きくなる

↓

つまり、すべて労働力（人間）を最終財の生産に投入したほうが効用は大きくなる

まとめ①

シンプルなマクロ経済モデルでは、ロボットの生産が規模に関して収穫逓減の場合は、ロボットの生産に労働力を投入し、ロボットに最終財を生産させた方が、社会厚生が高くなる

↓

必ずしも、ロボットの導入が仕事を奪い、効用を低下させるわけではない可能性があることが判明

まとめ②

一方で、ロボットの生産が規模に関して一定の場合には、ロボットの生産に労働力を投入せず、すべて人間の手で最終財を生産させた方が、社会厚生が高くなることが判明した

↓

ロボットの投入による厚生への影響は、ロボットをどのように生産可能であるかにも依存することが判明した。

課題

- 今回のモデルでは、導入コストやロボットを使用する技術などの要素を排している点

  →こうした要素をモデルに組み込む

- 労働力(人間)を削減した場合の、職を失った人間に対する考慮がない点

  →代替職の発生を考慮する

参考文献

- **総務省**「住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数」

<4D6963726F736F667420576F7264202D2097DF98618253944E8E9197BF825195CF8D58979A97F096B382B55F766572322E312E646F6378> (soumu.go.jp)

・内閣府「「AI 等の技術が労働市場に与える影響に関する 内外の研究動向について」

AI等の技術が労働市場に与える影響に関する内外の研究動向について (cao.go.jp)

補　論

モデルの構築

変数

•Y ：生産（内生変数）

•L：労働（内生変数）

•K：資本（内生変数）←ロボットとして扱う

•W：名目賃金（外生変数・パラメータ）

•R：名目レンタル料（外生変数・パラメータ）

•P：生産 1 単位当たりの価格（外生変数・パラメータ）

・lk：ロボットを生産するための労働

・wk：ロボットを生産するための労働に対する賃金

利潤最大化問題

$$\text{Max} \quad \Pi = PY - RK - WL$$

$$\text{subject to } Y = (K)^{\alpha}(L)^{1-\alpha}$$

Πは利潤(Profit)を表す

上記の2式を結合する：

$$\Pi = P(K)^{\alpha}(L)^{1-\alpha} - RK - WL$$

利潤の最大化は、上記の式をKとLそれぞれについて最適化することで求められる。

KとLについて微分し＝０にすると以下のようになる

- $K = \alpha \frac{Y}{R/P}$
- $L = (1-\alpha) \frac{Y}{W/P}$

よって$\frac{L}{K}$ が以下のように決まる

- $\frac{L}{K} = \frac{1-\alpha}{\alpha} \frac{R}{W}$

家計の効用最大化

- 家計は、企業Yをつくるための労働Lとロボットをつくるための労働L_Kの２つの労働を行う
- 消費Cと余暇$1-L$から効用を得るとする

効用関数

$$U=\log C+\log(1-L)+\log(1-L_K)$$

- 家計は労働LからWLの所得を得て、L_Kから$W_K L_K$の所得を得る

予算制約式

$$C=\frac{W}{P}L+\frac{W_K}{P}L_K+\frac{\Pi}{P}+\frac{\Pi_K}{P}$$

- ラグランジュ乗数法

$$\mathcal{L} = \log \mathrm{C} + \log(1-L) + \log(1-L_K) + \lambda\left(\frac{W}{P}L + \frac{W_K}{P} + \frac{\Pi}{\mathrm{P}} + \frac{\Pi_{\mathrm{K}}}{\mathrm{P}} - C\right)$$

- 最適化の条件式：CとLについて微分しイコール０とする

$$\frac{1}{C} - \lambda = 0$$

$$-\frac{1}{(1-L)} + \frac{W}{P}\lambda = 0$$

$$-\frac{1}{(1-L_K)} + \frac{W_K}{P}\lambda = 0$$

- λ を消すと以下のようになる

$$-\frac{1}{1-L}+\frac{W}{P}\frac{1}{C}=0$$

$$\Rightarrow C=\frac{W}{P}(1-\mathrm{L})$$

- Y＝Cだとすると

$$\Rightarrow Y=\frac{W}{P}(1-L)$$

- 同様に

$$Y=\frac{W_K}{P}(1-L_K)$$

ロボットの生産

- ロボットの生産関数

$$K = (A \times L_K)^{\beta}$$

- ロボットをつくることによる利潤

$$\Pi_K = R \times (A \times L_K)^{\beta} - W_K L_K$$

- 利潤の最大化を行うと

$$\beta \frac{K}{L_K} - \frac{W_K}{R} = 0$$

よって

$$L_K = \beta \frac{K}{W_K / R}$$

- 企業の利潤の最大化の条件式

$$K = \alpha \frac{Y}{R/P} \Rightarrow \frac{RK}{PY} = \alpha$$

$$L = (1-\alpha)\frac{Y}{W/P} \cdots ①$$

- ロボット生産の利潤最大化の方程式

$$L_K = \beta \frac{K}{W_K/R} \Rightarrow L_K = \beta \frac{1}{W_K} RK$$

- 家計の効用最大化の条件式

$$Y = \frac{W}{P}(1-L) \Rightarrow \frac{Y}{W/P} = 1 - L \cdots ②$$

$$Y = \frac{W_K}{P}(1-L_K) \Rightarrow \frac{1}{W_K} = \frac{1-L_K}{PY}$$

- ④を②に代入してLを得る

$$L = (1-\alpha)(1-L)$$

$\Rightarrow L = \frac{1-\alpha}{2-\alpha}$

- ⑤に③を代入して

$$L_K = \beta \frac{RK}{PY}(1-L_K)$$

- さらに①を代入しL_Kを得る

$$L_K = \alpha\beta(1-L_K)$$

$$\Rightarrow L_K = \frac{\alpha\beta}{1+\alpha\beta}$$

- $K=(A\times L_K)^\beta$なので

$$K=(A\times\frac{\alpha\beta}{1+\alpha\beta})^\beta$$

- よって生産関数$Y=K^\alpha L^{1-\alpha}$より

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

$$\Rightarrow Y=(A\times\frac{\alpha\beta}{1+\alpha\beta})^{\alpha\beta}\left(\frac{1-\alpha}{2-\alpha}\right)^{1-\alpha}$$

- $Y=C$なので

$$C=(A\times\frac{\alpha\beta}{1+\alpha\beta})^{\alpha\beta}\left(\frac{1-\alpha}{2-\alpha}\right)^{1-\alpha}$$