

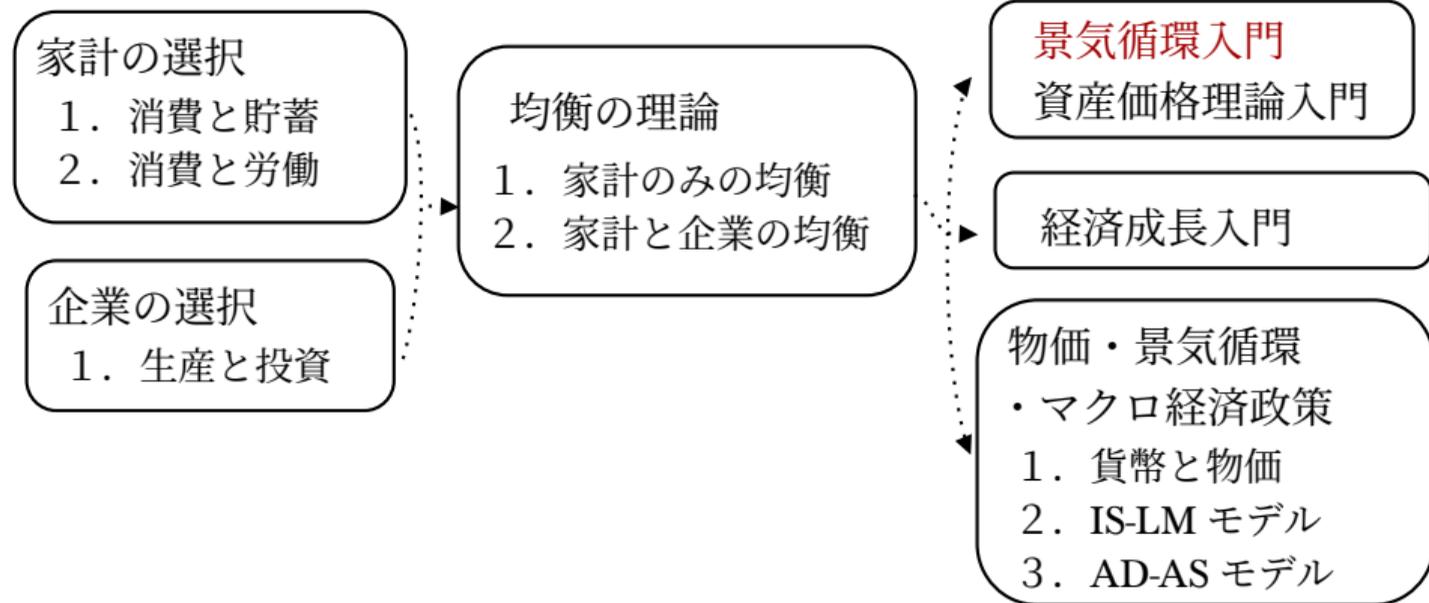
基礎マクロ：景気循環入門

日野将志

一橋大学

2021

ロードマップ：それぞれの関係



このスライドで扱う内容

現実の景気循環

RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

現実の景気循環

RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

現実の景気循環

RBC モデルの概要

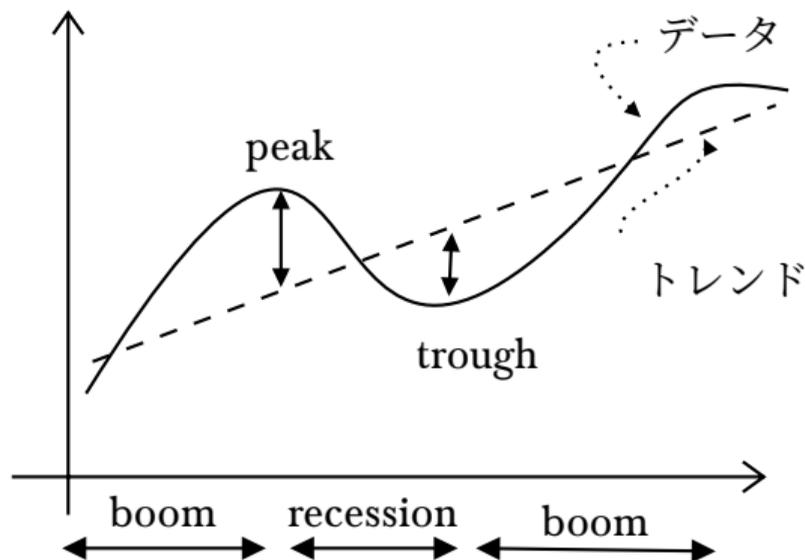
結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

景気循環理論入門：Real Business Cycle Theory (RBC)



▶ 景気循環：トレンドからの乖離部分

現実のアメリカの実質 GDP

景気循環

日野将志

現実の景気循環

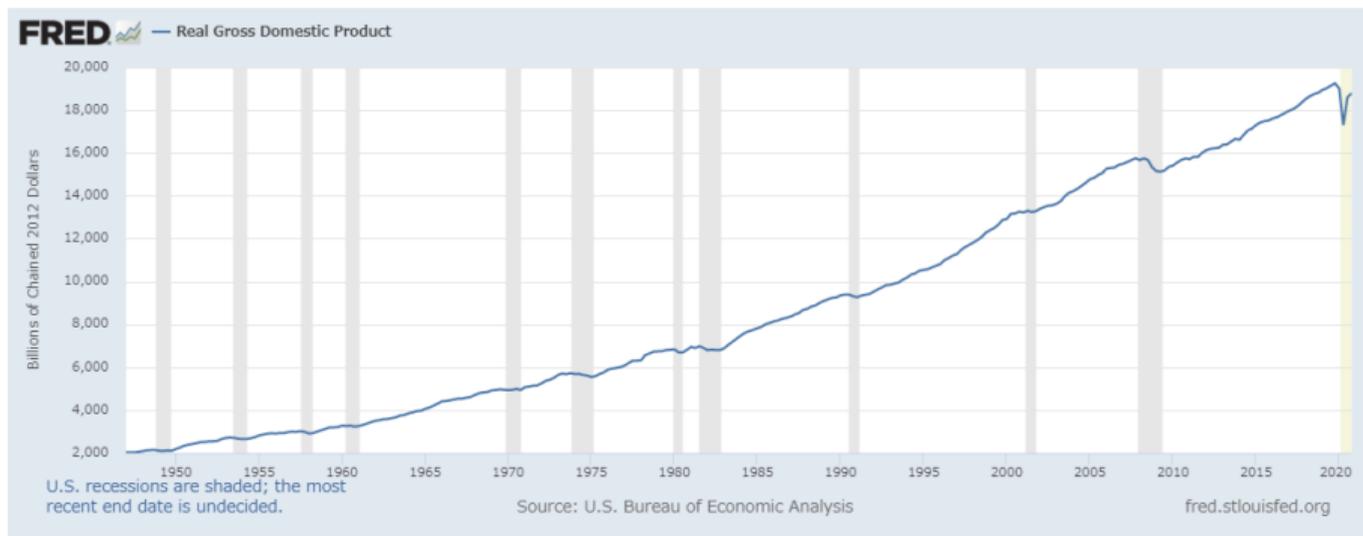
RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法



経済史&経済学史的な話

- ▶ アメリカの実質 GDP は堅調に成長傾向
- ▶ 成長は所与として、景気循環への関心が高まった…

(オプション)：トレンドと景気循環の分離方法

トレンドと景気循環を分離する方法：

- ▶ 最も伝統的な方法：**Hodrick and Prescott Filter** (aka, HP filter)
 - ▶ 詳細は少し難しい…(?)
 - ▶ 理論的に正しい云々のものではなく、「皆がこうしてる」から従うという慣例
 - ▶ 問題視されてはいる….
 - ▶ 例えば Kurlat 227 頁

1. 非耐久財消費 C は，生産 Y よりも分散が小さい
2. 投資 I は，生産 Y よりも 2 倍以上分散が大きい
3. 政府支出 G は，生産よりも分散が小さい
4. 労働時間 H は，生産と同程度の分散をもつ

次頁参照

(元の KR の文章は「投資は (略)*3*倍以上分散が大きい」となっているが修正)

景気循環統計 (初回 or 2 回目の授業で紹介した表)

Table: 現実の景気循環統計 (Miao (2014) より)

	$\text{std}(x)/\text{std}(Y)$	Y との相関
Y	1.0	1.0
C	0.63	0.8
I	2.38	0.62
H	1.05	0.82

表の読み方

- ▶ 2 列目：GDP(Y) の分散で除した，それぞれの変数の分散

0 以上の値を取る．1 より小さいとき，GDP より分散が小さく，1 より大きいときには GDP より分散が大きいことを意味する．

- ▶ 3 列目：GDP との相関．

-1 から 1 の間を取り，負の時，「景気が悪くなると上がる」ことを意味しており，正の時は，「景気が良くなると上がる」ことを意味している．英語では前者を *countercyclical*(反循環的)，後者を *procyclical*(順循環的) と呼ぶ

現実の景気循環

RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

RBC モデルの概要

RBC モデルの概要

Research Question

教科書的な完全競争の動学的モデルで、先ほどの現実の景気循環統計をうまく説明できるのだろうか？

RBC モデルの特徴

- ▶ 家計と企業は無限期間の最適化を解く
 - ▶ 終わりが明確に無いことが重要
- ▶ 完全競争市場
 - ▶ 摩擦はなく、費用はかからない
 - ▶ 摩擦 (frictions) とは、市場が完全競争で無くなる要因の俗称
- ▶ 生産性が上下することで景気が左右される
 - ▶ $zF(K, H)$ の z が動く

詳しいモデルはこの授業のレベルを超えてしまう (参考用に [補足](#))

RBC モデルの結果のまとめ方：

- ▶ 景気循環統計 (business cycle statics)
- ▶ インパルス応答 (Impulse Response Function)

RBC モデルの結果 1 : 景気循環統計

Table: 景気循環統計 (Miao (2014) より)

	$\text{std}(x)/\text{std}(Y)$	Y との相関
Y	1.85 (1.52)	1.0 (1.0)
C	0.63 (0.45)	0.8 (0.97)
I	2.38 (2.75)	0.62 (0.99)
H	1.05 (0.36)	0.82 (0.98)

カッコ内は RBC モデルの結果. ここでは Y の 2 行目のみ, $\text{std}(Y)$ を表示

基本的な解釈: 「乖離もあるが, 簡単なモデルでこれだけ説明できるならすごい」

- ▶ 「RBC モデルの非現実的な部分 (完全競争, 取引費用, 金融の役割) を直せば, RBC モデルは更に良くなるのでは?」 \Rightarrow DSGE モデルへ

RBC モデルの結果 1 : 景気循環統計

Table: 景気循環統計 (Miao (2014) より)

	$\text{std}(x)/\text{std}(Y)$	Y との相関
Y	1.85 (1.52)	1.0 (1.0)
C	0.63 (0.45)	0.8 (0.97)
I	2.38 (2.75)	0.62 (0.99)
H	1.05 (0.36)	0.82 (0.98)

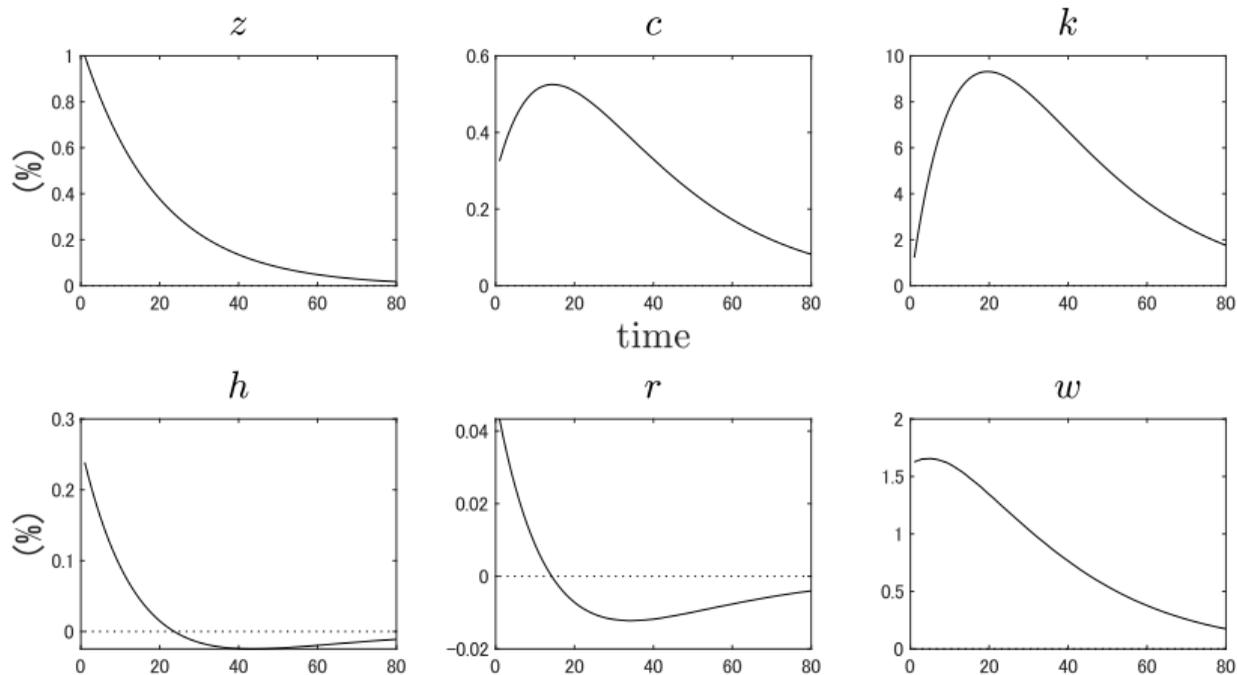
カッコ内は RBC モデルの結果. ここでは Y の 2 行目のみ, $\text{std}(Y)$ を表示

基本的な解釈: 「乖離もあるが, 簡単なモデルでこれだけ説明できるならすごい」

- ▶ 「RBC モデルの非現実的な部分 (完全競争, 取引費用, 金融の役割) を直せば, RBC モデルは更に良くなるのでは?」 \Rightarrow DSGE モデルへ

RBC モデルの結果 2 : インパルス応答

「ショックが起きたら、時間を通じて諸々の変数はどのように反応するのか」
 RBC の場合：「正に 1% の生産性ショックが起きたら？」



RBC モデルの結果 2 : インパルス応答 (続)

インパルス応答関数の読み方

- ▶ (非確率的) 定常状態から何 % 乖離しているか
 - ▶ 定常状態とは, 状態変数が一定となる状態 ($K_{t+1} = K_t, z_{t+1} = z_t$)
 - ▶ 平たく言うと, 経済が安定した状態
- ▶ インパルス応答はモデルの挙動を理解するのに便利
- ▶ RBC の場合 (前頁)
 - ▶ 生産性 z が 1% 増える
 - ⇒ 投資 $I(k)$ と労働時間 h が増え, 生産が増える
 - ⇒ 生産が増えたので, 消費 c が増える
 - ▶ しかし, 時間が経つと, 生産性 z が元に戻ってくる
 - ⇒ 家計は十分に $a = K$ を積み立てたので所得が多い. 労働 h を減らす
 - ⇒ じわじわと貯蓄 $a = K$ を切り崩す
 - ▶ そして元の状態へ

RBC モデルの結果の含意

- ▶ 政策的含意
- ▶ Lucas calculation

RBCモデルの仮定

- ▶ 完全競争：摩擦や取引費用等は存在しない

⇒ 厚生経済学の第一定理：均衡は常に効率的

⇒ 政策的含意：政策介入によって効率性を改善することは出来ない世界

▶ 家計は消費を平準化したい

▶ 景気循環は家計の消費平準化を妨げているのでは？

⇒ 景気循環は平準化を妨げるというコスト (welfare cost of business cycle)

⇒ Lucas(1987) で実際計算してみると、景気循環のコストはとても小さい！

(※「仮に景気循環を完全に排除したとして、その便益は家計の年間の消費の 0.05 – 0.2“%” 分くらい」と推定)

景気循環と政策：ビルトイン・スタビライザー

ビルトイン・スタビライザー (built-in stabilizer)：自動景気安定化装置

ビルトイン・スタビライザーの具体例と考え方

- ▶ 具体例：累進所得税
 - ▶ 景気が悪くなる ⇒ 低収入の人増加 ⇒ 累進課税によって、税率が下がる ⇒ 税負担減少
 - ▶ 景気が良くなる ⇒ 高収入の人増加 ⇒ 累進課税によって、税率が上がる ⇒ 税負担増加
- ▶ ビルトイン・スタビライザーの利点
 - ▶ 自動であるため即座 (政策委員会や国会の承認が不要)
 - ▶ 政策に関する不確実性がない
 - ▶ 例えば給付金であれば、不景気時に「給付金が支給されるのか、それはいつ？いくら？」と色々審議して決まるので、事前には未知な部分が多い

- ▶ RBC モデル：均衡理論で学んだモデル＋生産性の変動
- ▶ RBC モデルは景気循環の 2/3 を説明できる
- ▶ RBC モデルに基づくと、景気循環のコストは小さい
- ▶ RBC モデルに基づくと、政策介入する必要性はない
 - ▶ なお、ビルトイン・スタビライザーという景気循環特有の政策がある

現実の景気循環

RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

補足：RBC モデル

RBC モデルの概要：無限期間の最適化とは？

RBC モデルの仮定：家計は無限期間の最適化を解く

よくある批判：家計はいつか死ぬので、無限先のことなんて考えない

- ▶ 家計は無限に生きる
- ▶ "王朝的"な家計を考える

$$\underbrace{U_1}_{\text{第一世代の効用}} = u(c_1) + \beta U_2$$

$$\underbrace{U_2}_{\text{第二世代の効用}} = u(c_2) + \beta U_3$$

⋮

$$\Rightarrow U_1 = u(c_1) + \beta u(c_2) + \dots$$

RBC モデルにおける家計の最適化問題 (試験範囲外)

(これは紹介程度)

$$\begin{aligned}
 & \max_{\{c_t, h_t, a_{t+1}\}_{t=0}^{\infty}} \underbrace{\mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t, 1 - h_t)}_{\text{期待効用の最大化}} \\
 \text{s.t.} \quad & \underbrace{a_{t+1}}_{\text{来期の資産}} + \underbrace{c_t}_{\text{今期の消費}} = \underbrace{(1 + r_t)a_t}_{\text{今期の利子所得と貯蓄の原本}} + \underbrace{w_t h_t}_{\text{労働所得}} \\
 & a_0 > 0 \quad \text{given}
 \end{aligned}$$

2 期間モデルとの違い

- ▶ 期間が無限になった
- ▶ 目的関数が期待値で評価されている (期待効用)
- ▶ 貯蓄 $s_t \neq$ 資産 a_t (※貯蓄 $s_t = a_{t+1} - a_t$)

RBC モデルにおける企業の最適化問題 (試験範囲外)

景気循環

日野将志

現実の景気循環

RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

企業は家計から資本を借りている。企業は期首に自身の生産性 z_t を知る。

$$\max_{K_t, H_t} z_t F(K_t, H_t) - w_t H_t - (r_t + \delta) K_t$$

なお、 z_t は以下のような確率過程に従っていると仮定される

$$\log z_{t+1} = \rho \log z_t + \epsilon_{t+1}, \quad \epsilon_{t+1} \sim N(0, \sigma_\epsilon^2)$$

※対数を取る理由は、 z が負にならないようにするため。

静学的な最適化なので、無限期間だろうが関係ない。

⇒ これまで学んだものと同じ最適化！

RBC モデルの均衡

次を満たす, $(c_t, h_t, a_t, r_t, w_t)_{t=0}^{\infty}$ の組

- ▶ 家計は先ほど (23 頁) 定義した効用最大化問題を解く
- ▶ 企業は先ほど (24 頁) 定義した利潤最大化問題を解く
- ▶ すべての市場は均衡する

$$a_t = K_t$$

(資本市場)

$$h_t = H_t$$

(労働市場)

$$c_t + K_{t+1} = z_t F(K_t, H_t) + (1 - \delta)K_t$$

(財市場)

現実の景気循環

RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

RBC モデルの解法

モデルの解：準備

一般に、動学的なモデルには**状態変数** (state variables) と**制御変数** (control variables) と呼ばれる変数がある。

$$\begin{aligned} \max_{\{c_t, h_t, a_{t+1}\}_{t=0}^{\infty}} \quad & \mathbb{E}_0 \sum_{t=0}^{\infty} \beta^t u(c_t, 1 - h_t) \\ \text{s.t.} \quad & a_{t+1} + c_t = (1 + r_t)a_t + w_t h_t \end{aligned}$$

- ▶ **状態変数**： t と $t + 1$ 期の両方がモデルに現れるような変数のこと
- ▶ **制御変数**： t 期のもののみモデルに現れるような内生変数のこと
 - ▶ パラメータの β や、家計にとって外生の r_t, w_t は制御変数とは呼ばない

モデルの解とは

動学的なモデルを解くときに、一般に、状態変数と外生変数の関数として記述できれば、モデルは解けたと言える。例えば

$$a_{t+1} = g^a(a_t)$$

$$c_t = g^c(a_t)$$

なぜなら、

$$a_{t+1} = g^a(g^a(a_{t-1})) = g^a \circ g^a(a_{t-1}) = g^a \circ g^a \circ \dots \circ g^a(a_0)$$

というように、最終的に外生的な変数のみで記述できるから。そうすれば、

$$c_t = g^c \circ g^a \circ \dots \circ g^a(a_0)$$

と制御変数も求まる。

モデルの解法

残念ながら、多く (ほとんど?) の動学的なモデルは手で解けない….

⇒ コンピュータで解くことが主流化

▶ (対数) 線形近似

- ▶ 「景気循環はトレンド周りの動きなので、テイラー展開の一次近似で十分うまく近似できる」という考え
- ▶ Dynare というソフトウェアがほぼ自動で色んなモデルを解いてくれる

▶ 非線形な解法 (色々ある...)

- ▶ 特に代表的な例：動的計画法 (Dynamic Programming) に基づいた解き方

卒論をマクロ経済学で書きたい人は、こういったことを勉強する必要がある

上から比較的簡単な順

- ▶ 線形近似による解き方 (コード付き)
 - ▶ 江口『動学的一般均衡モデルによる財政政策の分析』
 - ▶ Eric Sims "Notes on Using Dynare"
https://www3.nd.edu/~esims1/using_dynare_sp17.pdf
 - ▶ Miao "Economic Dynamics in Discrete Time"
 - ▶ Schmitt-Grohé and Uribe "Perturbation Methods for the Numerical Analysis of DSGE Models: Lecture Notes"
http://www.columbia.edu/~mu2166/1st_order/1st_order.htm
- ▶ 非線形な解き方 (動的計画法)
 - ▶ 北尾・砂川・山田『定量的マクロ経済学と数値計算』(経済セミナーの連載)
<https://github.com/keizai-seminar-quant-macro>
 - ▶ QuantEcon
<https://quantecon.org/>

現実の景気循環

RBC モデルの概要

結果

含意

補足：RBC モデル

補足：解法

経済学でよく使われるプログラミング言語 (数値計算用)

統計やエコノメ向きな言語 (Stata や R) を除くと、次の言語が入門用としては適切

▶ MATLAB

- ▶ 有料 (学生用 \$99) https://jp.mathworks.com/store/link/products/student/new?s_iid=htb_buy_gtwy_cta3
- ▶ Dynare が動く。マクロでは最も一般的

▶ Python

- ▶ 無料
- ▶ QuantEcon の影響で、昔よりずっと勉強しやすくなっている
- ▶ (うまくパッケージとかを使いこなさないと) 低速

▶ Julia

- ▶ 無料
- ▶ 「MATLAB のような手軽さで、Fortran や C 言語のような速さ」
- ▶ 開発されたばかりの言語で、まだ不安定 (仕様が結構変わる)

好きな言語を使えば良いが、私は MATLAB 派 (お金が気になるなら Octave)