

第 5 章

シミュレーション

2022 年 8 月 31 日

学習目標

- (1) シミュレーションの方法を理解する.
- (2) 初期値を変えてみる.
- (3) ゴールシークを理解する.
- (4) シミュレーションの結果をまとめる.

本章は，専修大学商学部 高萩栄一郎の著作である．

1 はじめに・概要

本章では、住宅ローンを題材に、表計算ソフトウェアを使ってシミュレーションを行います。

- (1) 借入額，年利，毎回の返済額を入力します (B4:B6)
- (2) 年利から月利を求めます (B12:B14)。
- (3) 1 回目（最初の月）の残高を計算し (D4:H4)，以降の回もほぼ同じ計算式を設定します (D5:H243)
- (4) 240 ヶ月後（20 年後）の残額などを表示します (B8:B10)
- (5) その 240 ヶ月後の残額 (B8) を 0 にするように，返済額，借入額，年利などを調整します（シミュレーション）。

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3				回数	期首残額	利息	返済額	期末残額
4	借入額	15,307,167		1	15,307,167	62,363	100,000	15,269,531
5	年利	5.00%		2	15,269,531	62,210	100,500	15,231,240
6	返済額	100,000		3	15,231,240	62,054	100,000	15,193,294
7	ボーナス時返済額	100,500		4	15,193,294	61,899	100,000	15,155,194
8	240期末残額	0		5	15,155,194	61,744	100,000	15,116,938
9	総返済額	24,020,000		6	15,116,938	61,588	100,000	15,078,526
10	利息額合計	8,712,833		7	15,078,526	61,432	100,000	15,039,958
11	月利の計算			8	15,039,958	61,275	100,500	15,000,733
12	年利+1	1.0500		9	15,000,733	61,115	100,000	14,961,847
13	12乗根	1.0041		10	14,961,847	60,956	100,000	14,922,804
14	月利(12乗根-1)	0.41%		11	14,922,804	60,797	100,000	14,883,601
15				12	14,883,601	60,638	100,000	14,844,239

図 1 完成例（一部）

- ・ 緑のセル：値を変更してみるセル（仮の値）
- ・ 赤のセル：計算式を入力するセル
- ・ 青のセル：計算式を複写で設定するセル

2 住宅ローンのシミュレーション

2.1 初期値の入力

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3				回数	期首残額	利息	返済額	期末残額
4	借入額	25,000,000						
5	年利	3.50%						
6	返済額	120,000						
7	ボーナス時返済額							
8	240期末残額							
9	総返済額							
10	利息額合計							
11	月利の計算							
12	年利+1							
13	12乗根							
14	月利(12乗根-1)							

図2 初期値の入力

Excel を起動し、**新規** → **白紙のブック** で、空白のワークシート表示します。図2のように、背景が白のセル (A1:A14 と D3:H3) と緑のセル (B4,B5,B6) 仮の値を入力します。B5 のセルは、0.035 と入力し、セルの書式設定で、表示形式をパーセンテージにします。また、このシート名を「通常」にしておきましょう。

2.2 月利の計算

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3			回数	期首残額	利息	返済額	期末残額	
4	借入額	25,000,000						
5	年利	3.50%						
6	返済額	120,000						
7	ボーナス時返済額							
8	240期末残額							
9	総返済額							
10	利息額合計							
11	月利の計算							
12	年利+1	1.0350						
13	12乗根	1.0029						
14	月利(12乗根-1)	0.29%						

図3 月利の計算

返済を月単位で行うので、月単位で計算します。そこで、年利を月利に変換します。また、本テキストでは、すべて月単位の複利計算をします。実務では、1年以上を複利、1年未満を単利で計算することが多いですが、複雑になるので、単純化して月単位の複利で計算します。

セル	計算式	内容
B12:	=B5+1	毎年何倍になるのかを計算
B13:	=B12^(1/12)	毎月何倍なるのか？ 12乗するとB11の値になる値(12乗根)
B14:	=B13-1	B13は、毎月何倍になるかを示す値。B14は、B13から1を引いて、月利を求めます。

2.3 1 期目の計算

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3				回数	期首残額	利息	返済額	期末残額
4	借入額	25,000,000		1	25,000,000	71,772	120,000	24,951,772
5	年利	3.50%						
6	返済額	120,000						
7	ボーナス時返済額							
8	240期末残額							
9	総返済額							
10	利息額合計							
11	月利の計算							
12	年利+1	1.0350						
13	12乗根	1.0029						
14	月利(12乗根-1)	0.29%						

図 4 1 期目の計算

図 4 は, 1 期目の計算です. その期 (月) の最初の残額で, 期末までに, 残額は, 利息分増え, 返済分減少します.

期末残高 := 期首残高 + 利息額 - 返済額

利息額 := 期首残高 * 月利

セル	計算式	内容
D4	1	1 回目
E4:	=B4	第 1 回の期首残額は借入額
F4:	=E4*\$B\$14	利息の計算 (期首残高×月利). 下に複写するとき B14 (月利) は固定なので B14 は絶対参照にします.
G4:	=\$B\$6	返済額は, B6 のセル. 下に複写するとき, B6 は固定なので B6 は絶対参照にします.
H4:	=E4+F4-G4	期末残高を 期首残高 + 利息 - 返済額で計算します.

2.4 2期目以降の計算

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3				回数	期首残額	利息	返済額	期末残額
4	借入額	25,000,000		1	25,000,000	71,772	120,000	24,951,772
5	年利	3.50%		2	24,951,772	71,634	120,000	24,903,406
6	返済額	120,000		3	24,903,406	71,495	120,000	24,854,902
7	ボーナス時返済額			4	24,854,902	71,356	120,000	24,806,258
8	240期末残額			5	24,806,258	71,216	120,000	24,757,474
9	総返済額			6	24,757,474	71,076	120,000	24,708,550
10	利息額合計			7	24,708,550	70,936	120,000	24,659,486
11	月利の計算			8	24,659,486	70,795	120,000	24,610,281
12	年利+1	1.0350		9	24,610,281	70,654	120,000	24,560,934
13	12乗根	1.0029		10	24,560,934	70,512	120,000	24,511,446
14	月利(12乗根-1)	0.29%		11	24,511,446	70,370	120,000	24,461,816

図5 2期目以降の計算

セル	計算式	内容
D5:	=D4+1	回数を1増やして表示
E5:	=H4	前の期の期末残額をその期の期首残額にします。

利息, 返済額, 期末残額の計算式は, 1回目と同じなので次のようにします。

複写元 F4:H4 複写先 F5:H5

3回目以降の計算式は, 2回と同じなので次のようにする。243行目が240回になります。

複写元 D5:H5 複写先 D6:H243

2.5 240 期末残額，総返済額，利息額合計の計算

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3				回数	期首残額	利息	返済額	期末残額
4	借入額	25,000,000		1	25,000,000	71,772	120,000	24,951,772
5	年利	3.50%		2	24,951,772	71,634	120,000	24,903,406
6	返済額	120,000		3	24,903,406	71,495	120,000	24,854,902
7	ボーナス時返済額			4	24,854,902	71,356	120,000	24,806,258
8	240期末残額	8,372,777		5	24,806,258	71,216	120,000	24,757,474
9	総返済額	28,800,000		6	24,757,474	71,076	120,000	24,708,550
10	利息額合計	12,172,777		7	24,708,550	70,936	120,000	24,659,486
11	月利の計算			8	24,659,486	70,795	120,000	24,610,281
12	年利+1	1.0350		9	24,610,281	70,654	120,000	24,560,934
13	12乗根	1.0029		10	24,560,934	70,512	120,000	24,511,446
14	月利(12乗根-1)	0.29%		11	24,511,446	70,370	120,000	24,461,816
15				12	24,461,816	70,227	120,000	24,412,042

図 6 240 期末残額，総返済額，利息額合計の計算

セル	計算式	内容
B8:	=H\$243	240 期 期末残高: 20 年かけて返済したのちの残額を表示
B9:	=SUM(G4:G243)	総返済額: 240 回での返済額の合計 (G 列の合計)
B10:	=SUM(F4:F243)	利息額合計: 利息額の合計 (F 列の合計)

2.6 期末残額をグラフ化

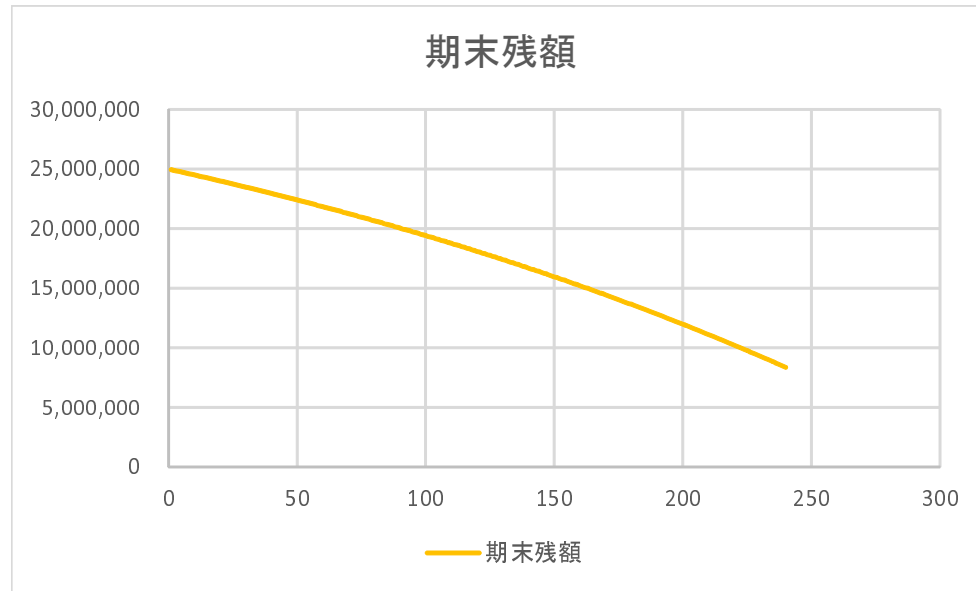


図7 期末残額をグラフ化

- (1) D3:H243 を範囲指定
- (2) 挿入 → 散布図 (直線)
- (3) デザイン → データの選択
- (4) 系列を 期末残高 を除いてチェックを外します

動画:シミュレーション:期末残高のグラフ化

2.7 返済額を調整して、240 期末残をほぼ 0 に

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3				回数	期首残額	利息	返済額	期末残額
4	借入額	25,000,000				71,772	144,000	24,927,772
5	年利	3.50%				71,565	144,000	24,855,338
6	返済額	144,000		3				24,782,895
7	ボーナス時返済額			4				24,709,843
8	240期末残額	98,388		5	24,709,843	70,939	144,000	24,636,783
9	総返済額	34,560,000		6	24,636,783	70,730	144,000	24,563,513
10	利息額合計	9,658,388		7	24,563,513	70,519	144,000	24,490,032
11	月利の計算			8	24,490,032	70,308	144,000	24,416,340
12	年利+1	1.0350		9	24,416,340	70,097	144,000	24,342,437
13	12乗根	1.0029		10	24,342,437	69,885	144,000	24,268,322
14	月利(12乗根-1)	0.29%		11	24,268,322	69,672	144,000	24,193,994
15				12	24,193,994	69,459	144,000	24,119,459

図 8 返済額を調整して、240 期末残をほぼ 0 に

- (1) 借入額 (B4), 年利 (B5) を設定 (入力) する。
- (2) 返済額 (B6) を変更すると、それに従って、240 期期末残高 (B8) が変化します。
- (3) 返済額を調整して、240 期期末残高をほぼ 0 にします
 - 返済額を増額 → 240 期期末残高 減少
 - 返済額を減額 → 240 期期末残高 増大

動画:シミュレーション:返済額を調整して、240 期末残をほぼ 0 に

2.8 ゴールシーク

表計算には、あるセル（変化させるセル）の値を適当に変化させ、別のセル（数式入力セル）をある値（目標値）にすることができます。この機能をゴールシークといいます。借入額と年利をきめ、返済額を求めます。

- (1) リボンの データ → What-If 分析 → ゴールシーク
(2) ゴールシークの設定

数式入力セル: B8 ← B8（最終期の残額）を

目標値: 0 ← 0 にします。

変化させるセル: B6 ← B6（返済額）を変化させることによって

返済額が 144,285 となり、240 期末残額が 0 になりました。借入額 2500 万円、利率 3.50% では、月 144,285 円返済していけば、20 年後 (1200 回) で返済し終わることがわかりました。

[動画:シミュレーション:ゴールシーク](#)

2.9 練習問題 4-1

すべて、240 回で返済するものとします.

- (1-1) 借入額 2000 万円 年利 1 %のときの返済額を求めなさい.
- (1-2) 借入額 2000 万円 年利 6 %のときの返済額を求めなさい.
- (1-3) 借入額 $(3000 + \text{学生番号 (下 3 桁)})$ 万円, 利率 $(\text{学籍番号の下 1 桁} + 1) \%$ のときの返済額を求めなさい.
- (1-4) 年利 1%, 返済額 100,000 円の時, 240 回で返済できる借入額を求めなさい.
- (1-5) 年利 2%, 返済額 100,000 円の時, 240 回で返済できる借入額を求めなさい.
- (1-6) 返済額を 100,000 円とし, 年利を 1%, 2%, ..., 10% のときの, 240 回で返済できる借入額を求め, 横軸を年利, 縦軸を返済できる借入額とするグラフを作成しなさい.

3 ボーナス払い

前節の例題では、B7 のボーナス払いは利用しませんでした。本節では、ボーナス払いの月（6 ヶ月ごととする）は、B6 の返済額ではなく、B7 のボーナス時返済額の値を使うことにして、シミュレーションを行います。

3.1 ボーナス払い用のシートを作成

シート「通常」とほぼ同じなので、シート「通常」をコピーして使います。

- (1) シート名「通常」を右クリック
- (2) 「移動またはコピー」をクリック
- (3) 「シートの移動またはコピー」のウインドウ左下「コピーを作成する」にチェックを入れ [OK] をクリックします。
- (4) 「通常 (2)」というシートが作成されるので名前の変更で、「ボーナス払い」に変更します。

3.2 ボーナス払いの条件

- ボーナス回の返済額として、セル B7 に、仮に、300000（30 万）と入力しておきましょう。
- ボーナス回は、6 回ごとで、2, 8, 14, 20, 26, ... とします。この場合、ボーナス月が 6 月と 12 月であり、返済が 5 月から始まるとしてシミュレーションを行っています。6 月と 12 月は、回を 6 で割って余りが 2 の回であるので、回を 6 で割って余りが 2 の回をボーナス払いの月とします。

3.3 ボーナス払いの計算式

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	住宅ローンシミュレーション							
2	240ヶ月(240回, 20年ローン)							
3				回数	期首残額	利息	返済額	期末残額
4	借入額	25,000,000		1	25,000,000	71,772	200,000	24,871,772
5	年利	3.50%		2	24,871,772	71,404	300,000	24,643,177
6	返済額	200,000		3	24,643,177	70,748	200,000	24,513,925
7	ボーナス時返済額	300,000		4	24,513,925	70,377	200,000	24,384,302
8	240期末残額	-24,979,317		5	24,384,302	70,005	200,000	24,254,307
9	総返済額	52,000,000		6	24,254,307	69,632	200,000	24,123,938
10	利息額合計	2,020,683		7	24,123,938	69,257	200,000	23,993,196
11	月利の計算			8	23,993,196	68,882	300,000	23,762,078
12	年利+1	1.0350		9	23,762,078	68,219	200,000	23,630,296
13	12乗根	1.0029		10	23,630,296	67,840	200,000	23,498,137
14	月利(12乗根-1)	0.29%		11	23,498,137	67,461	200,000	23,365,597

図9 ボーナス払いの計算式を追加

- 剰余を計算する関数 → mod
- $\text{mod}(n,m)$ で、 $n \div m$ の余り（剰余）を計算します。 $\text{mod}(11,6)$ は、 $11 \div 6 = 1$ あまり 5 で 5 となります。
- 回数の剰余は、 $\text{mod}(\text{回数のセル}, 6)$ で計算し、2 に等しかったらボーナス時の返済額、それ以外は通常回の返済額
- 計算式は、「=if (条件, 条件が真の時, 条件が偽の時)」のようになります。
 - 条件 上記の ボーナス月の判定
 - 真の時 ボーナス月の返済額が書かれたセル（絶対参照）
 - 偽の時 通常月の返済額が書かれたセル（絶対参照）

G4 : =IF(MOD(D4,6)=2,\$B\$7,\$B\$6)
 複写元: G4 複写先: G5:G243

- 図9 の赤枠のセルのように、ボーナス回の返済額が変化したと思います。

3.4 シミュレーション

- 借入額，利率を適当に想定し，返済額とボーナス時返済額を調整して，240 期末残高をほぼ 0 にしましょう．
- 借入額，利率を適当に想定し，返済額を決めたとき，240 期末残高を 0 にするには，ボーナス時返済額をいくらになるかをゴールシークを使って求めなさい．

3.5 練習問題 4-2

すべて 240 回で返済するものとします．

- (1) 借入額 3000 万円，年利 3.5%，通常月返済額 10 万のとき，ボーナス月支払いをいくらにすればよいかをゴールシークを使って求めなさい．
- (2) 年利 5%，通常月返済額 10 万，ボーナス月払い (10 万 + 学籍番号 (下 3 桁) $\times$ 100) 円のとき，いくらまでの借入金を支払えるかゴールシークを使って求めなさい．ヒント：借入額のセルを変化させるセルにします．

3.6 練習問題 4-3

シート「ボーナス払い」をコピーして，「ボーナス 2」を作成し，そのシートを 1 年に一度 (12 回に 1 回) ボーナス払いとするように計算式を変更せよ．ボーナス月は，11, 23, 35, ... 回とする．

3.7 練習問題 4-4

シート「ボーナス払い」をコピーして，「ボーナス 3」を作成せよ．ボーナス時支払い額を，通常月の 2 倍になるように変更し，借入額 2000 万円利率 3% として，通常月の返済額を計算しなさい．

ヒント：ボーナス時の支払額は，返済額の 2 倍とする．ボーナス時の返済額のセル (B7) は，返済額のセル (B6) の 2 倍なので，B7 は単純に「= B6 * 2」とします．

3.8 ソルバー (参考)

ゴールシークに似た機能として、Excel にはソルバーという機能があります。ソルバーは、ゴールシークと同様にセルの値を変化させ、目的のセルの値をある値に近づたり、最大化や最小化を行います。変化させるセルを複数にしたり、セル間の関係（制約条件）を決めたりすることもできます。

ゴールシークの数式入力セルはソルバーの目的セル、ゴールシークの変化セルはソルバーの変数セルに対応します。ソルバーで [2.8 節](#) のゴールシークの条件と同じことをするには、次のようにします。

(1) リボンの データ → 分析 → ソルバー

(2) ソルバーの設定

目的セル: B8
目標値: 指定値 0
変数セルの変更: B6
制約条件の対象: 指定なし

ソルバー のボタンが無い場合、リボンの ファイル → オプション → アドイン → 管理:Excel アドイン → 設定 で、ソルバーアドイン を有効にします（[動画:シミュレーション：ソルバーの設定](#)）。

[動画:シミュレーション：ゴールシークと同様の計算](#)

ソルバーのパラメーター

目的セルの設定:(I)

目標値: ☐ 最大値(M) ☒ 最小値(N) ☐ 指定値(V)

変数セルの変更:(E)

制約条件の対象:(L)

\$B\$6 <= 150000
 \$B\$7 <= \$B\$6+200000
 \$B\$7 >= \$B\$6
 \$B\$8 = 0

☒ 制約のない変数を非負数にする(K)

解決方法の選択:(E)

解決方法

滑らかな非線形を示すソルバー問題には GRG 非線形エンジン、線形を示すソルバー問題には LP シンプルックス エンジン、滑らかではない非線形を示すソルバー問題にはエボリューション エンジンを選択してください。

図 10 ソルバーのパラメータ設定

もう少し、複雑な条件を入れること可能です。例えば、月々の返済額は 15 万以下、ボーナス月の増分は 20 万以下としてみます。

- (1) 総返済額を最小にする（目的のセル B9, 目標値は最小値）.
- (2) 返済額 (B6) とボーナス時返済額 (B7) を変化させる.
- (3) 制約条件
 - (a) 返済額 (B6) は, 15 万以下
 - (b) ボーナス時返済額 (B7) は, 返済額 (B6) に 20 万を加えた額以下
 - (c) ボーナス時返済額 (B7) は, 返済額 (B6) 以上
 - (d) 240 期末残額は 0

この場合のソルバーのパラメータ設定は, 図 10 のようになります. 借入額や 年利 変わったとき, どうなるのかを試してみます. その結果を次に示します. 「実行可能解が見つかりませんでした」と表示された場合, 条件を満たす値（返済額とボーナス時返済額）が見つからなかったことを表します（ロの場合）.

	借入額（設定）	年利（設定）	返済額（結果）	ボーナス時返済額（結果）	注
イ	2500 万	3.50%	110809	310809	
ロ	3500 万	5.50%	表示されるが意味なし	表示されるが意味なし	実行可能解無し

動画:シミュレーション：複雑な条件

4 練習問題 4-5 (ステップ返済)

シート「通常」をコピーして、シート「ステップ返済」を作成せよ。A6 を「当初返済額」とします。

ステップ返済（ゆとり返済）

1 回から 60 回までは当初返済額，61 回（5 年後から）当初返済額の 1.5 倍になるように計算式を設定せよ（if 関数を利用し，G4 から G243 は同じ計算式にしない）。

ゴールシーク 年利 2%，返済額 100,000 円の時，240 回で返済できる借入額を求めなさい。

※ 2.9 節の練習問題（4-1）と比較してみよう

5 練習問題 4-6 (積立金)

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	積立金シミュレーション							
2	180ヶ月(180回)							
3				回数	期首積立額累計	利息	積立額	期末積立額累計
4	一時払い額	100,000		1	100,000	247	100,000	200,247
5	年利	3.00%		2	200,247	494	100,000	300,740
6	毎月積立額	100,000		3	300,740	742	100,000	401,482
7				4	401,482	990	100,000	502,472
8	180ヶ月後積立額累計	22,779,738		5	502,472	1,239	100,000	603,712
9				6	603,712	1,489	100,000	705,201
10	月利の計算			7	705,201	1,739	100,000	806,940
11	年利+1	1.03		8	806,940	1,990	100,000	908,930
12	12乗根	1.002466		9	908,930	2,242	100,000	1,011,172
13	月利(12乗根+1)	0.25%		10	1,011,172	2,494	100,000	1,113,665

図 11 積立金

図 11 のように、初期に一時払い金として積み立て、また毎回一定額として積み立てます。月単位で利息が付くとして、180 回 (15 年) で元利合計いくらになるのかをシミュレーションを行います。

- (1) シート「積立金」に図 11 のような計算表を作成
- (2) X 軸を回数, Y 軸を期末積立金累計額とするグラフを作成しなさい。
- (3) 年利を 0.3%, 一時払い額を 100 万円とする。180 期積立金累計額を 3000 万にする毎月積立額を求めなさい。
- (4) 一時払い額を 100 万円とする。年利を 1%, ..., 10% での 180 期積立金累計額を 3000 万にする毎月積立額をそれぞれ求めなさい。
- (5) (4) をグラフ化しなさい (横軸を年利, 縦軸を積立額とする散布図)。
- (6) シート「積立金」をコピーして、「積立金 2」を作成し、4 月から積立 (1 回の月は 4 月) をするとし、毎年、12 月には、1.5 倍の額を積み立てるようにしなさい。