

技術経営論 第11回

最適化意思決定

長岡技術科学大学
大学院技術経営研究科
システム安全専攻
実務家教授 山形 浩史
yamagata@vos.nagaokaut.ac.jp

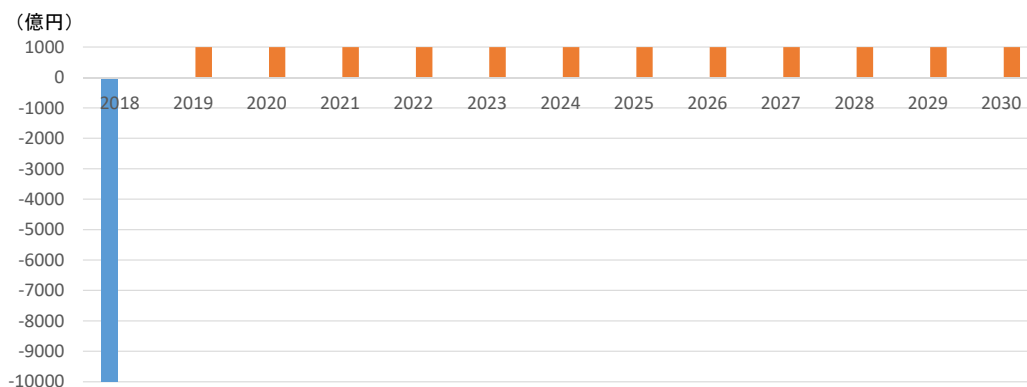
1

Discussion: あなたは新工場に投資しますか

例: 新工場建設プロジェクト

建設費: 今年1億円支払

利益: 来年から12年間1千万円



2

現在価値(Net Present Value: NPV)

手元の1千万円と、1年後の1千万円では、価値が異なる

割引率 r : 将来の価値を現在の価値に換算するための率
例えば、1年後の金額を $(1+r)$ で割り戻す

例: $r=5\%$

1年後の1千万円は、現在の価値に換算すると952万円

$$\text{NPV}=1000/(1+0.05)=952$$

2年後の1千万円は、現在の価値に換算すると907万円

$$\text{NPV}=1000/(1+0.05)^2=907$$

3

現在価値(Net Present Value: NPV)

例: 来年から12年間1千万円

$r=5\%$

1年後の1千万円は、現在の価値に換算すると952万円

2年後の1千万円は、現在の価値に換算すると907万円

3年後の1千万円は、現在の価値に換算すると863万円

4年後の1千万円は、現在の価値に換算すると822万円

5年後の1千万円は、現在の価値に換算すると783万円

6年後の1千万円は、現在の価値に換算すると746万円

7年後の1千万円は、現在の価値に換算すると710万円

8年後の1千万円は、現在の価値に換算すると676万円

9年後の1千万円は、現在の価値に換算すると644万円

10年後の1千万円は、現在の価値に換算すると613万円

11年後の1千万円は、現在の価値に換算すると584万円

12年後の1千万円は、現在の価値に換算すると556万円

合計8,863万円

総利益の現在価値は、1億円を下回る

投資しない！

4

EXCEL 入力例

割引率	0.05
毎年の利益	1000
	$1=B2/(1+\$B\$1)$
	$2=B3/(1+\$B\$1)$
	$3=B4/(1+\$B\$1)$
	$4=B5/(1+\$B\$1)$
	$5=B6/(1+\$B\$1)$
	$6=B7/(1+\$B\$1)$
	$7=B8/(1+\$B\$1)$
	$8=B9/(1+\$B\$1)$
	$9=B10/(1+\$B\$1)$
	$10=B11/(1+\$B\$1)$
	$11=B12/(1+\$B\$1)$
	$12=B13/(1+\$B\$1)$
合計	$=SUM(B3:B14)$

EXCEL 画面表示例

割引率		0.05
毎年の利益		1000
	1	952.381
	2	907.0295
	3	863.8376
	4	822.7025
	5	783.5262
	6	746.2154
	7	710.6813
	8	676.8394
	9	644.6089
	10	613.9133
	11	584.6793
	12	556.8374
合計		8863.252

5

演習： 現在価値を計算

現在価値

① 来年から12年間1000万円

10, 575万円

$r=2\%$

② 来年から12年間1500万円

13, 294万円

$r=5\%$

③ 来年から12年間1500万円

15, 863万円

$r=2\%$

6

演習： 投資をしますか？

新工場建設プロジェクト

(億円)

年	費用	売上
1	30	
2	50	
3	20	
4	10	2
5	2	5
6	2	10
7	2	15
8	2	30
9	2	50
10	2	30
11	2	20
12	2	5

割引率 0.05



現在価値	
費用	売上
28.6	0.0
45.4	0.0
17.3	0.0
8.2	1.6
1.6	3.9
1.5	7.5
1.4	10.7
1.4	20.3
1.3	32.2
1.2	18.4
1.2	11.7
1.1	2.8
合計	110.1

7

回収期間法

投資回収期間 = 投資額を利益で回収できる必要年数

例： 投資判断基準： 投資回収年数が4年以内

プロジェクトA： 5000万円の設備を新たに投資。来年から毎年1千万円の利益が見込める

割引率 $r=5\%$

1年後の1千万円は、現在の価値に換算すると952万円

2年後の1千万円は、現在の価値に換算すると907万円

3年後の1千万円は、現在の価値に換算すると863万円

4年後の1千万円は、現在の価値に換算すると822万円

5年後の1千万円は、現在の価値に換算すると783万円

6年後の1千万円は、現在の価値に換算すると746万円

累積利益

1, 859万円

2, 722万円

3, 544万円

4, 327万円

5, 073万円

約5.9年で
5,000万円

演習： 投資しますか？

投資判断基準： 投資回収年数が5年以内

ボイラーを省エネタイプに更新費用： 2000万円

毎年の燃料費の節約： 400万円

割引率： 5%

どのような補助策があれば、投資しますか？

9

内部収益率法 (Internal Rate of Return, IRR)

内部収益率 = プロジェクトのNPVがゼロになるような割引率

例： 1年目に200万円投資すれば、2年目から4年間毎年100万円の利益がでるプロジェクト

①キャッシュフロー作成

	A
1	-200
2	100
3	100
4	100
5	100

②財務のIRRを



③キャッシュフローを範囲に

関数の引数

IRR

範囲 A1:A5 = {-200;100;100;100;100}

推定値 20 = 20

= 0.349034457

一連の定期的なキャッシュフローに対する内部収益率を返します。

④ 推定値 には、IRR 関数が計算する内部利益率に近いと推定される数値を指定します。

数式の結果 = 0.349034457 ⑤IRR

[この関数のヘルプ\(H\)](#) OK キャンセル

10

演習： 投資しますか？

A社の投資判断基準は、IRRが15%以上である

プロジェクトB： 1年目に8000万円投資し、2年目から5年間継続する
投資決定がなされるには、5年間、何万円／年の利益が必要か？

EXCEL 入力例

	A
1	-8000
2	??
3	=A\$2
4	=A\$2
5	=A\$2
6	=A\$2
7	=IRR(A1:A6,10)



試行錯誤で
数字を入力

EXCEL 画面表示例

	A
1	-8000
2	2400
3	2400
4	2400
5	2400
6	2400
7	15

毎年 2400万円以上

Discussion: 誰のための投資か？

- 経営者
- 株主
- 大口債権者(銀行)
- 従業員
- 顧客
- 供給者

Discussion: 建設費が高騰！続行するか？

当初計画 建設費：1億円支払済み(戻ってこない)
利益：来年から12年間1500万円
割引率：5% 利益の現在価値：13,294万円
追加建設費：今年中に5000万円支払

案1：建設を中止。機械類を5000万円で売却可能

案2：建設続行

13

サunkコスト (Sunk Cost: 埋没コスト)

既に投資してしまっ、回収不能なコスト

将来に向けた意思決定では、サunkコストは考慮せずに、これからの利益とコストだけを考慮する

案1：建設中止 5000万円の売却益

案2：建設続行 今後の利益－今後のコスト＝13,294 - 5,000
＝8,329万円の利益

14

$$\text{期待値} = \sum_1^{\infty} x_i P(i)$$

将来の確定的なことはわからない

	年間利益 1000万円 確率 0.6	年間利益 1500万円 確率 0.4
割引率 0.05 確率 0.3	利益: 8,863万円 確率: 0.18	利益: 13,294万円 確率: 0.12
割引率 0.02 確率 0.7	利益: 10,575万円 確率: 0.42	利益: 15,863万円 確率: 0.28

$$\begin{aligned} \text{期待値} &= 8,863 \times 0.18 + 13,294 \times 0.12 + 10,575 \times 0.42 + 15,863 \times 0.28 \\ &= 12,073 \text{ 万円} \end{aligned}$$

15

Discussion: 利益を最大にする生産量?

化学工場で製品1と製品2を生産

- ▶ 製品1を1t生産するには、原料a1を1t, a2を2t, a3を3tを消費
- ▶ 製品2を1t生産するには、原料a1を2t, a2を2t, a3を1tを消費
- ▶ 原料の1日当たりの最大使用可能量は、原料a1は80t, a2は90t, a3は90t
- ▶ 製品1の利益は、4万円/t、製品2は3万円/t

利益が最大となる生産量X1, X2を求めよ

	生産量(t)	原料a1(t)	原料a2(t)	原料a3(t)	利益(万円/t)
製品1	X1	1	2	3	4
製品2	X2	2	2	1	3
使用可能量		80	90	90	

16

線形計画法(1): 数式化

	生産量(t)	原料a1(t)	原料a2(t)	原料a3(t)	利益(万円/t)
製品1	X1	1	2	3	4
製品2	X2	2	2	1	3
使用可能量		80	90	90	

利益	$4 \cdot X1 + 3 \cdot X2$	目的関数	max	$4 \cdot X1 + 3 \cdot X2$
原料a1	$1 \cdot X1 + 2 \cdot X2 \leq 80$	} 制約条件	st.	$1 \cdot X1 + 2 \cdot X2 \leq 80$
原料a2	$2 \cdot X1 + 2 \cdot X2 \leq 90$			$2 \cdot X1 + 2 \cdot X2 \leq 90$
原料a3	$3 \cdot X1 + 1 \cdot X2 \leq 90$			$3 \cdot X1 + 1 \cdot X2 \leq 90$
	$X1 \geq 0, X2 \geq 0$			$X1 \geq 0$ $X2 \geq 0$

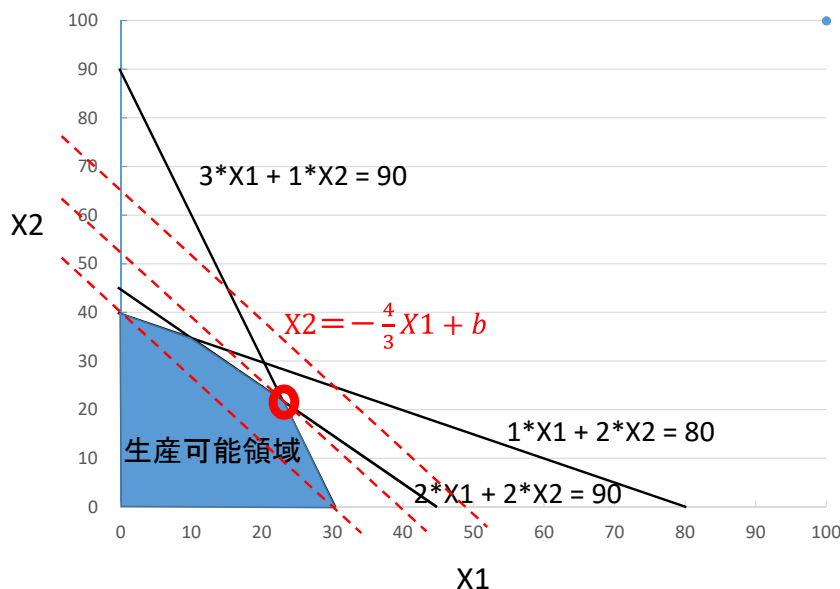
17

線形計画法(2): グラフ化して解く

max $B = 4 \cdot X1 + 3 \cdot X2$

st. $1 \cdot X1 + 2 \cdot X2 \leq 80$
 $2 \cdot X1 + 2 \cdot X2 \leq 90$
 $3 \cdot X1 + 1 \cdot X2 \leq 90$
 $X1 \geq 0$
 $X2 \geq 0$

生産可能領域で
 $X2 = -\frac{4}{3}X1 + b$
 のbが最大となる点(22.5, 22.5)が
 最も利益が大きい



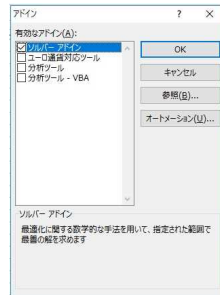
18

線形計画法(3): Excel ソルバーで解く

	A	B	C	D	E	F	G
1		生産量(t)		原料a1(t)	原料a2(t)	原料a3(t)	利益(万円/t)
2	製品1	X1=		1	2	3	4
3	製品2	X2=		2	2	1	3
4	使用量			=D2*C2+D3*C3	=E2*C2+E3*C3	=F2*C2+F3*C3	
5	使用可能量			80	90	90	
						総利益	=G2*C2+G3*C3

①ソルバーのアドイン

ファイル→オプション→アドイン
ソルバーアドイン **設定**



②ソルバー起動

データ→ソルバー



19

	A	B	C	D	E	F	G
1		生産量(t)		原料a1(t)	原料a2(t)	原料a3(t)	利益(万円/t)
2	製品1	X1=		1	2	3	4
3	製品2	X2=		2	2	1	3
4	使用量			=D2*C2+D3*C3	=E2*C2+E3*C3	=F2*C2+F3*C3	
5	使用可能量			80	90	90	
						総利益	=G2*C2+G3*C3

変数セル

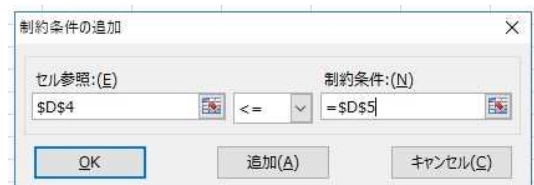
目的セル

③目的セルの設定

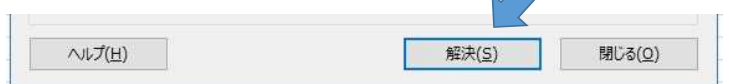
④変数セルの設定



⑤制約条件の追加



⑥解を求める



演習： 最もコストを抑えるには？

化学工場で製品Aと製品Bを生産

- 設備1は、製品Aを10t/時、製品Bを8t/時生産できる。電気代は3万円/時
- 設備2は、製品Aを10t/時、製品Bを15t/時生産できる。電気代は4万円/時
- 製品Aを50t、製品Bを50t生産しなければならない

電気代を最も安くするには？

21

演習： 答え

	A	B	C	D	E	F
1		稼働時間(h)		製品A(t)	製品B(t)	電気代(万円/h)
2	設備1	X1 =	3.57	10	8	3
3	設備2	X2 =	1.43	10	15	4
4	生産量			50	50	
5	必要量			50	50	
					総電気代 =	16.4

22

Discussion: 生産数を最も多くするには？

生産数を最も多くするには、設備A、設備Bを各々何台導入すればいいか？

- 設備A: 設備費 2億円 必要作業員 5名 生産数 3個/日
- 設備B: 設備費 3億円 必要作業員 3名 生産数 4個/日
- 手持ち資金 12億円 社員 20名

		金額	作業員	生産数
設備A	2.666667	2	5	3
設備B	2.222222	3	3	4
		12	20	
		12	20	
		総数=		16.88889

23

線形計画法: 整数問題

$$\max \quad B = 3 \cdot X_1 + 4 \cdot X_2$$

$$\text{st.} \quad 2 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 \leq 12$$

$$5 \cdot X_1 + 3 \cdot X_2 \leq 20$$

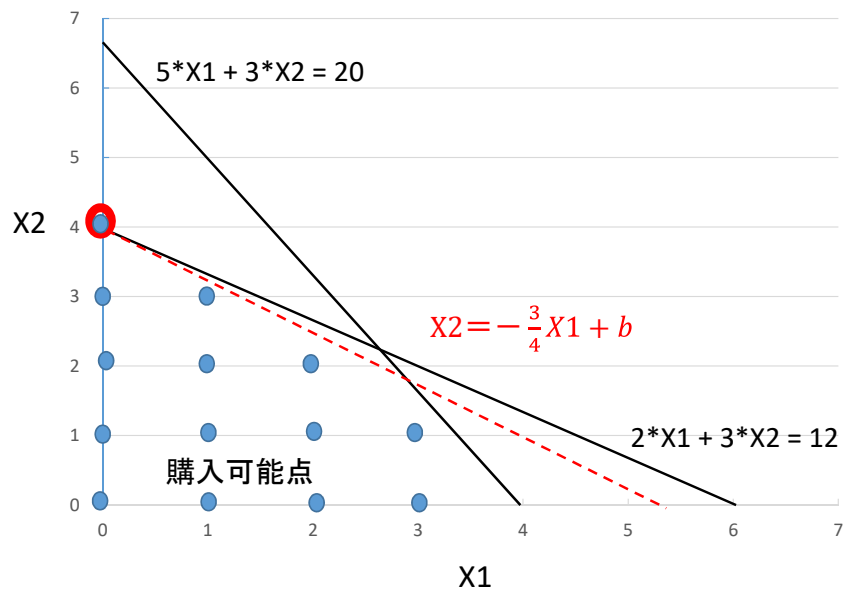
$$X_1 \geq 0$$

$$X_2 \geq 0$$

購入可能点で

$$X_2 = -\frac{3}{4}X_1 + b$$

のbが最大となる点(0, 4)が最も生産数大きい



24

線形計画法： 整数問題をソルバーで解く

$$\max \quad B = 3 * X1 + 4 * X2$$

$$\text{st.} \quad 2 * X1 + 3 * X2 \leq 12$$

$$5 * X1 + 3 * X2 \leq 20$$

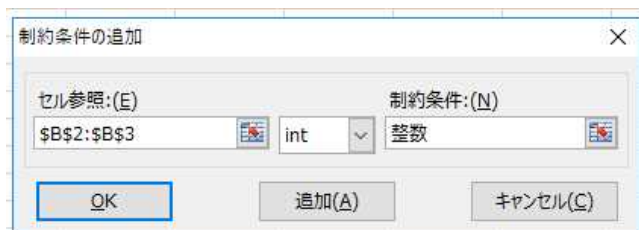
$$X1 = \text{整数}$$

$$X2 = \text{整数}$$

$$X1 \geq 0$$

$$X2 \geq 0$$

制約条件に整数を追加



		金額	作業員	生産数
設備A	0	2	5	3
設備B	4	3	3	4
		12	12	
		12	20	
			総数 =	16

25

Discussion: 誰に、誰を担当させますか？

あなたはホストクラブのマネージャーです。

3人のホストは得意の客層があり、シャンパンの売上げが異なります。

- A君は、若い女性にはシャンパン1本、キャリアウーマンには3本、女性経営者には6本注文させます
- B君は、若い女性にはシャンパン3本、キャリアウーマンには4本、女性経営者には6本注文させます
- C君は、若い女性にはシャンパン6本、キャリアウーマンには5本、女性経営者には2本注文させます

若い女性、キャリアウーマン、女性経営者の3人連れが来店しました。

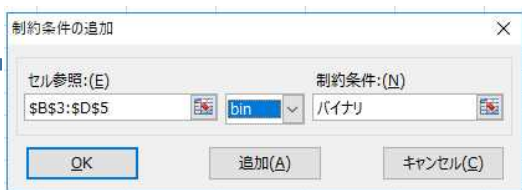
誰に、誰を担当させますか？

26

線形計画法： バイナリー問題

担当するかしないかを、0、1で表現する。
 担当できるのは1人まで。担当させるのも一人まで。

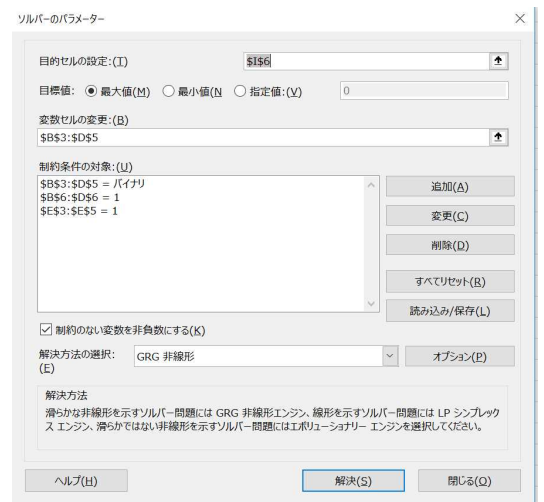
	担当				シャンパンの売上げ			
	若い女性	キャリアウマン	女性経営者	計	若い女性	キャリアウマン	女性経営者	計
A君					1	3		6
B君					3	4		6
C君					6	5		2
計					合計本数=			



27

担当表

=SUM(B3:D3)



	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		担当				シャンパンの売上げ			
2		若い女性	キャリアウマン	女性経営者	計	若い女性	キャリアウマン	女性経営者	計
3	A君	0	0	1	1	1	3	6	6
4	B君	0	1	0	1	3	4	6	4
5	C君	1	0	0	1	6	5	2	6
6	計	1	1		1		合計本数=		16

=B3*F3
 +C3*G3
 +D3*H3

28