

## 2021年9月・2022年4月入学試験

## 大学院創造理工学研究科修士課程

## 経営デザイン

## 問題表紙

- ◎問題用紙が 9 ページあることを試験開始直後に確認しなさい。  
◎解答用紙が 5 枚綴りが 1 組あることを試験開始直後に確認しなさい。

1. 経営デザイン専攻の専門科目は、

問題番号1：統計学  
問題番号2：オペレーションズリサーチ  
問題番号3：生産マネジメント  
問題番号4：品質・信頼性マネジメント  
問題番号5：経済性マネジメント

の5科目である。すべての問題に解答しなさい。

2. 解答用紙冊子は、綴じたまま使用して回収するが、すべての解答用紙の所定欄に、受験番号、氏名を記入しなさい。

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
 大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻  
 科目名： 統計学

問題番号 1

必要なら、3 ページ目にある数値表を用いてよい。

[小問 1] ある自動車メーカーの Z 工場では、ある車種の塗装加工を 4 つのライン（各 200 台/日、1 日合計で 800 台）で行っている。従来から塗装不具合が問題になっていたのを、最近 1 ヶ月間（生産台数の総合計は 16,000 台）の塗装不具合を、不具合項目別、ライン別にチェックしたところ、表 1 のようになった。なお、1 台の車には 1 種類の不具合しか発生しない。ある不具合がある 1 台に発生した場合は、不具合数=1 として集計したものが、表 1 のデータである。

表 1 塗装不具合のデータ

不具合項目 ライン	タレ	塗り残し	ブツ	合計
A	110	50	70	230
B	90	60	80	230
C	80	70	120	270
D	80	50	140	270
合計	360	230	410	1000

- (1) このメーカーの Z 工場以外の工場での、タレによる不良率(percent defective)は 2.0%である。Z 工場のタレによる不良率（ライン A~D の合計）は、他工場と違いがあるか、分析せよ。
- (2) Z 工場では、ライン別に不具合の出方に違いがあるといえるか、分析せよ。

なお、必要であれば、下記を参考にしてよい。

(参考 1)二項分布(binomial distribution)の正規近似

確率変数  $x$  が二項分布  $B(n, P)$  に従うとき、 $\bar{P}^* = \frac{x+0.5}{n+1}$  は近似的に  $N\left(P, \frac{P(1-P)}{n}\right)$  に従う。

(参考 2)ポアソン分布(Poisson distribution)の正規近似

確率変数  $x$  がポアソン分布  $Po(\lambda)$  に従うとき、 $x + 0.5$  は近似的に  $N(\lambda, \lambda)$  に従う。

(参考 3)  $a \times b$  分割表(contingency table)における一様性(uniformity)の検定統計量(test statistics)

$x_{ij}$  を分割表における度数、 $t_{ij}$  を期待度数とすると、 $\chi_0^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{(x_{ij}-t_{ij})^2}{t_{ij}}$  は、 $H_0$  のもとで、

自由度  $\phi = (a - 1)(b - 1)$  の  $\chi^2$  分布に近似的に従う。

[小問 2] タイヤメーカーの D 社では、タイヤの新材料として A, B の 2 種類を開発した。そこで、それらの対摩耗性を検討するために、それぞれの材料で製造したタイヤを 1 つずつ種々の車種の後輪に取り付け、一定距離を走行した後、摩耗量(wear amount)を測定したところ、表 2 のデータが得られた。解析せよ。

表 2 タイヤの摩耗量(単位:  $\times 10^{-1}mm$ )

車種 タイヤの材料	ノート	プリウス	クラウン	フィット	セレナ
A	43	45	37	35	32
B	37	34	40	25	31

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻

科目名： 統計学

## [小問3]

(1) 次の文章のうち、誤っているものの番号を一つ答えよ。

1. 大数の法則(law of large numbers)とは、多くの確率変数(random variable)を足すと、それが正規分布に従うという法則である。
2. 検定における第2種の過誤(type II error)の確率を $\beta$ とすると、 $1 - \beta$ は検出力(power)である。
3. 単回帰分析(single regression analysis)において、総平方和 $S_T$ を回帰平方和 $S_R$ と残差平方和 $S_e$ に分けたとき、 $S_R/S_T$ を寄与率と呼ぶ。
4. 標準正規分布とは、母平均が0、母分散が1の正規分布のことである。
5. 正規分布の母平均の推定において、メジアン(中央値)は、母平均の不偏推定量(unbiased estimator)である。

(2) 次の文章のうち、誤っているものの番号を一つ答えよ。

1.  $x$ と $y$ を確率変数(random variable)、 $a$ 、 $b$ を定数とするとき、 $ax - by$ の分散については、 $V(ax - by) = a^2V(x) + b^2V(y)$ が成り立つ。
2. 単回帰モデル(single regression model)を $y_i = \beta_0 + \beta_1x_i + \varepsilon_i$ で表す。回帰母数 $\beta_0, \beta_1$ の推定値を $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ とすると、実測値 $y_i$ と回帰直線上の値 $\hat{y}_i$ との差 $e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - \hat{\beta}_0 - \hat{\beta}_1x_i$ を残差と呼ぶ。
3. 繰返しのある二元配置実験(two-way layout experiment)のデータを $x_{ijk}$ で表す。 $A \times B$ が有意の場合、最適水準を $AB_j$ とすると、最適水準での母平均の点推定値は、 $\bar{x}_{i.} + \bar{x}_{.j} - \bar{x}$ で求められる。
4. 二項分布 $B(n, P)$ において、 $nP$ を一定に保って、 $n \rightarrow \infty, P \rightarrow 0$ とした極限の確率分布をポアソン分布(Poisson distribution)と呼ぶ。
5. 任意の分布に従う互いに独立な確率変数(random variable)の和は、近似的に正規分布に従う。

(3) 次の文章のうち、誤っているものの番号を一つ答えよ。

1. 母分散が未知で、ある母集団の母平均がある値に等しいかどうかを分析する際には、 $t$ 検定が用いられる。
2. 検定(test)では、対立仮説(alternative hypothesis)が正しいときにそれを検出できることが重要であり、この確率のことを検出力(power of test)という。
3. 単回帰モデル(single regression model)  $y_i = \beta_0 + \beta_1x_i + \varepsilon_i$ において、残差平方和を $S_e$ で表す。回帰母数 $\beta_0, \beta_1$ の推定値を $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ とすると、 $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$ は、 $\frac{\partial S_e}{\partial \hat{\beta}_0} = 0, \frac{\partial S_e}{\partial \hat{\beta}_1} = 0$ という連立方程式を解くことで求めることができる。この連立方程式を、正規方程式という。
4.  $x$ を確率変数(random variable)、 $a$ を定数とするとき、 $ax + b$ の分散については、 $V(ax + b) = a^2V(x) + b^2$ が成り立つ。
5. 二つの因子A、Bを取り上げた繰返しのある二元配置実験(two-way layout experiment)において、総平方和 $S_T$ は、 $S_T = S_A + S_B + S_{A \times B} + S_e$ と分解できる。

(4) 次の文章のうち、誤っているものの番号を一つ答えよ。

1. 実験において、二つの要因のどちらが効いているかわからない場合、要因に交互作用があるという。
2. 繰返しのある二元配置実験(two-way layout experiment)において、交互作用 $A \times B$ の自由度 $\phi_{A \times B}$ は、 $\phi_A$ を要因Aの自由度、 $\phi_B$ を要因Bの自由度とすると、 $\phi_{A \times B} = \phi_A \times \phi_B$ となる。
3. 確率変数(random variable) $x_1, x_2, \dots, x_n$ が互いに独立に $N(\mu, \sigma^2)$ に従うとき、 $x_1, x_2, \dots, x_n$ の平均値を $\bar{x}$ とすると、 $u = \frac{\bar{x} - \mu}{\sqrt{\sigma^2/n}}$ は $N(0, 1^2)$ に従う。
4. 車のドア1枚あたりの傷の数、1日にある地域で起こる交通事故の件数などの欠点数は、ポアソン分布(Poisson distribution)に従う。
5. 単回帰モデル(single regression model)  $y_i = \beta_0 + \beta_1x_i + \varepsilon_i$ において、総平方和 $S_T$ を回帰平方和 $S_R$ と残差平方和 $S_e$ に分けたとき、 $S_R/S_T$ は、 $x_i, y_i$ の相関係数の二乗に等しい。

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
 大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻

科目名： \_\_\_\_\_ 統計学 \_\_\_\_\_

$t$ 表(自由度 $\phi$ と両側確率 $P$ から $t$ を求める表)

$P \backslash \phi$	0.10	0.05	0.01
1	6.314	12.706	63.657
2	2.920	4.303	9.925
3	2.353	3.182	5.841
4	2.132	2.776	4.604
5	2.015	2.571	4.032
6	1.943	2.447	3.707
7	1.895	2.365	3.499
8	1.860	2.306	3.355
9	1.833	2.262	3.250
10	1.812	2.228	3.169
11	1.796	2.201	3.106
12	1.782	2.179	3.055
13	1.771	2.160	3.012
14	1.761	2.145	2.977
15	1.753	2.131	2.947
16	1.746	2.120	2.921
17	1.740	2.110	2.898
18	1.734	2.101	2.878
19	1.729	2.093	2.861
20	1.725	2.086	2.845
$\infty$	1.645	1.960	2.576

$\chi^2$ 表(自由度 $\phi$ と上側確率 $P$ とから $\chi^2$ を求める表)

$P \backslash \phi$	0.05	0.025	0.01
1	3.84	5.02	6.63
2	5.99	7.38	9.21
3	7.81	9.35	11.34
4	9.49	11.14	13.28
5	11.07	12.83	15.09
6	12.59	14.45	16.81
7	14.07	16.01	18.48
8	15.51	17.53	20.1
9	16.92	19.02	21.7
10	18.31	20.5	23.2
11	19.68	21.9	24.7
12	21.0	23.3	26.2
13	22.4	24.7	27.7
14	23.7	26.1	29.1
15	25.0	27.5	30.6
16	26.3	28.8	32.0
17	27.6	30.2	33.4
18	28.9	31.5	34.8
19	30.1	32.9	36.2
20	31.4	34.2	37.6

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻

科目名：オペレーションズリサーチ

問題番号

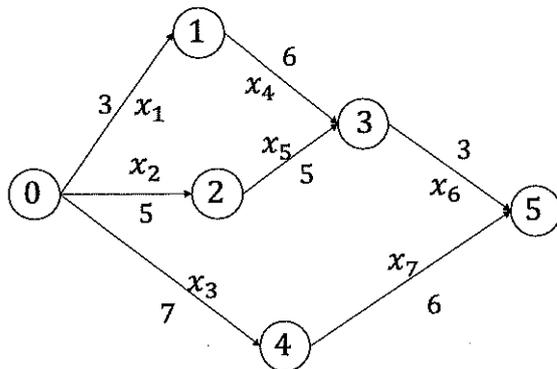
2

[小問 1] 以下の線形計画問題(linear programming)を考える。

$$\begin{array}{ll}
 \text{Maximize} & 2x_1 + 3x_2 & (1) \\
 \text{Subject to} & x_1 + 2x_2 \leq 4 & (2) \\
 & 4x_1 + 2x_2 \leq 12 & (3) \\
 & -x_1 + x_2 \leq 1 & (4) \\
 & x_1, x_2 \geq 0 & (5)
 \end{array}$$

- (1) この問題の最適解(optimal solution)を求めよ。
- (2) この問題の双対問題(dual problem)を示せ。
- (3) この問題の相補性条件(complementary slackness)を示せ。
- (4) 取り除いても最適解が変わらない制約条件の番号を示せ。

[小問 2] 以下のネットワークを考える。



各アーク $i$ の選択を示す変数を $x_i$ とし、アーク上の数字は移動距離とする。  
このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) このネットワークのインシデンス行列(incidence matrix)を示せ。
- (2) ノード 0 からノード 5 までの最短経路(shortest path)を求める問題を、線形計画問題(linear programming)として定式化せよ。
- (3) この問題の最短経路(shortest path)と、その時の最短距離(shortest distance)を求めよ。

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
 大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻  
 科目名： 生産マネジメント

問題番号 3

[小問1] 経済的発注量(Economic Order Quantity, EOQ)について、①～⑫の空欄を埋めて以下の文章を完成させよ。なお、図1は1期の在庫量の変化を示したグラフである。

経済的発注量(EOQ)とは、需要が確定的であり、定量発注方式を採用する際に、発注の固定費と在庫保管費用とのトレードオフから定まる最適発注量  $Q$  を決める古典的な理論である。品切れは許容せず、発注後すぐに商品が納入されると仮定する。1回の発注コストを  $A$  とし、1期あたり単位在庫保管コストを  $h$ 、1期あたりの商品の需要を  $D$  とする。このとき、1期あたりの在庫保管コストは ① となる。発注頻度は ② 期に1回であるから、1期あたりの発注コストは ③ となる。よって、在庫保管コストと発注コストを合わせた総コストは ④ となる。この値を最小にするような  $Q$  を求めれば、 $Q =$  ⑤ と計算できる。ここで、発注後納品までのリードタイム  $L$  がある (すなわち  $L > 0$  である) ことを考慮に入れる場合は、在庫量が ⑥ のときに  $Q$  を発注する必要がある。

より具体的な数値で計算してみる。ある商品の1日あたりの出荷量が5(個/日)であり、在庫1個あたりに掛かる総コストが100(円/個)、この在庫コストに対して保管コストが占める比率は1%であるとする。このとき、1回あたりの発注コストを1000(円)としたとき、経済的発注量は ⑦ (個) となる。また、その時の在庫保管コストと発注コストの和は ⑧ (円/日) となる。

ところが、最近調べたところ、発注コストが1000(円)ではなく640(円)であることが判明した。すなわち、本来の経済的発注量は ⑨ (個) であり、在庫保管コストと発注コストの和は実際は ⑩ (円/日) であった。本来の経済的発注量を注文していれば、このコストは ⑪ (円/日) となっていたはずなので、発注コストの算出ミスによって1日あたり ⑫ 円の損失をしていたことになる。

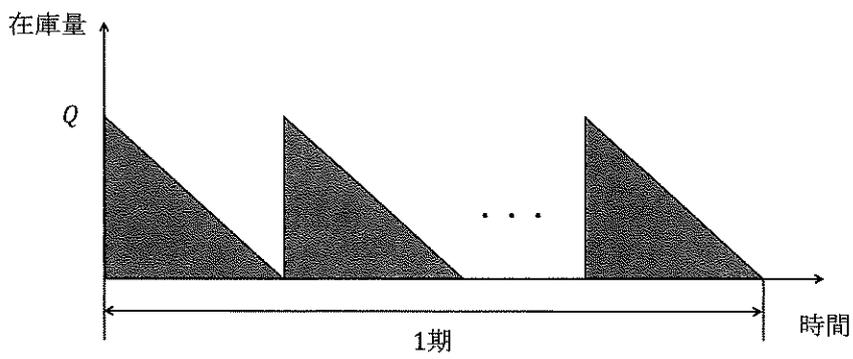


図1：1期あたりの在庫量の推移

[小問2] 工程1→2の順に加工する必要がある4つの製品A~Dについて、加工所要時間(分)が以下のように与えられたとき、その加工に要する最短時間(分)を求めよ。また、4製品をどの順序で加工すれば、最短時間で加工を実現できるか。複数の順序があり得る場合は、全て列挙せよ。

製品	A	B	C	D
工程1	5	5	2	5
工程2	4	6	3	7

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻

科目名： 生産マネジメント

[小問3]

(1) 「動作経済の原則(the principles of motion economy)」に関する次の文章のうち、適切なものの番号を2つ答えよ。

1. 2つの部品を片手で2回取っていたが、両手で1つずつ同時に取るようにした。
2. 混乱を避けるため、部品や治具を種類ごとに離して分かりやすく配置し、作業場を作業者の周囲全体に広くとった。
3. 手作業のほうが精度良く行えるため、足踏み装置は極力使わないようにした。
4. 径の異なる3つのナットを締めるために、複数の径に対応できる工具を導入した。
5. 機械器具の設計にあたり、材料や器具を手で保持することを優先した。
6. 部品や工具の落下による危険を軽減するため、作業位置をできる限り低くした。

(2) 「標準時間(standard time)」に関する次の文章のうち、適切なものの番号を2つ答えよ。

1. 標準時間は、最速で作業を終えるときの理想的な時間であり、作業者の到達目標として設定される。
2. 標準時間は、作業環境や条件が悪く、作業に慣れない作業者が作業を行ったときに掛かる時間であり、最遅時間を見積もる際に用いられる。
3. 標準時間には、正味の作業時間に加え、余裕時間も含まれる。
4. 余裕時間とは、なくそうと思えばなくせる時間であり、休憩時間などが含まれる。
5. 標準時間を決める要因には、作業者の習熟や作業ペースが含まれている。
6. レイティング(rating)とは、あらかじめ準備してある基本的な時間値のデータから、標準時間を求める手法である。

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻  
科目名： 品質・信頼性マネジメント

問題番号 

4
---

[小問 1] 管理図(control chart)における管理限界(control limit)としては、管理する特性の期待値の両側に標準偏差(standard deviation)の3倍をとった $3\sigma$ 限界が用いられる。この場合の第1種の過誤(type 1 error)は何%になるか。その値は、通常の検定(test)における値よりも小さい。なぜ、そのような値を設定するのか、理由を説明せよ。

[小問 2] 品質マネジメントにおいては、品質特性値(quality characteristics)の分布に正規分布(normal distribution)を仮定することが多い。その理由を説明せよ。

[小問 3]

(1) 次の文章のうち、誤っているものの番号を一つ答えよ。

1. 品質表とは、顧客要求と品質特性の関係を表した二元表である。
2. 新QC七つ道具の親和図法は、言語データの類似性によってグルーピングを行い、解決すべき問題が何であるかを明らかにする手法である。
3. 両側規格の場合に工程能力指数(process capability index) $C_p$ を計算すると、不良品がたくさん出ているにもかかわらず、 $C_p > 1.33$ となることがある。
4. 故障モード(failure mode)とは、故障状態の形式による分類で、故障原因は不明でも観測できる。
5. 工程が安定している状態(stable state)とは、不良品が出ない状態である。

(2) 次の文章のうち、誤っているものの番号を一つ答えよ。

1. 工程能力指数(process capability index)は、常に $C_p$ と $C_{pk}$ の両方を計算するのがよい。
2. ある工程で工程平均は変化せずにはばらつきが変化した場合は、 $\bar{x}-R$ 管理図において、 $\bar{x}$ 管理図、 $R$ 管理図の両方に変化が現れる。
3. 指数分布(exponential distribution)は、ワイブル分布(Weibull distribution)の一種である。
4. 管理図の点が中心線の近くのみに見えるのは、工程が安定していることを表している。
5. コンジョイント分析(conjoint analysis)とは、実験計画法(design of experiment)の直交配列表(orthogonal array)を用いて、いくつかの商品コンセプトを効率的に評価するための方法である。

(3) 次の文章のうち、誤っているものの番号を一つ答えよ。

1. 相関関係(correlation coefficient)は、 $x$ と $y$ の直線関係の強さを見る指標である。
2. 修理可能なアイテムの信頼性尺度としては、故障までの平均時間(MTTF)が用いられる。
3. 順序統計量(order statistics)は、すべてロバスト(robust)な統計量である。
4. 散布図(scatter diagram)において、最初に見るべきことは外れ値(outlier)の有無である。
5. ISO 9001 は品質マネジメントの国際規格で、組織が行うべき要求事項(requirements)を規定している。

[小問 4] ある部品 20 個を対象とした寿命試験(Life test)を行い、2,600 時間で試験を打ち切った。試験中に 2 個の故障が観測され、故障時間はそれぞれ 1,400 時間と 1,800 時間であった。この部品の寿命は指数分布(exponential distribution)に従うものとする。以下の問いに答えよ。

(1) この部品の故障率 (failure rate)と MTTF (Mean Time To Failure)を推定せよ。

(2) この部品の信頼度 (reliability)が 90%となる時間を求めよ。 $\ln 0.9 \approx -0.1054$  と近似してもよい。

2021年9月・2022年4月入学試験問題

大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻

科目名： 品質・信頼性マネジメント

[小問5] 図1の電気回路について以下の問いに答えよ。

- (1) この回路の信頼性ブロック図(reliability block diagram)を描け。ただし、各ブロックには電源、スイッチA、スイッチB、モータがそれぞれ一つずつ入るものとする。
- (2) 電源、スイッチA、スイッチB、モータのそれぞれの故障を基本事象(basic event)、「モータが始動しない」という事象を頂上事象(top event)としたFT(Fault Tree)図を作成せよ。また、作成したFT図について、すべてのミニマルカットセット(minimal cut set)を求めよ。
- (3) (2)で作成したFT図について、各基本事象の発生確率をすべて0.01とした場合の頂上事象の発生確率を求めよ。解答に当たっては計算過程がわかるようにすること。

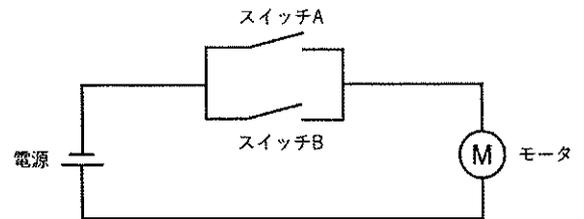


図1 回路図

2021年9月・2022年4月入学試験問題  
大学院創造理工学研究科修士課程経営デザイン専攻

科目名：\_\_\_\_\_ 経済性マネジメント \_\_\_\_\_

問題番号 5

以下の<状況説明>に基づいて、[小問1]から[小問5]までを解答せよ。

計算結果は円単位、個単位になるように四捨五入すること。また、資本の利率(capital interest)3%、3年間で「終価係数(final worth factor)」1.09、「資本回収係数(capital recovery factor)」0.353、「年金終価係数(uniform series final worth factor)」3.09として計算すること。

なお、計算の条件がさらに必要と考えた場合には、それを解答用紙に記載して計算結果を導くこと。

<状況説明>

ある地域の、複数の飲食店のケータリングサービス(catering service)の配送(delivery)を請け負う事業の、立ち上げを検討している。配送料金は、均一サイズの段ボール箱(carton)1個100円で設定する。配送用に軽トラック(minitruck)を、燃料費(petrol cost)も含めたリース1日5,500円で用意し、従業員を1日10,000円で1人雇う。食品を入れるための段ボールは、1個25円である。それ以外に発生する費用は合計で1日1,000円、また1日の配送数量は200個が見込まれる。1年間の営業日数(operating days)は、300日とする。

[小問1]

この計画での、営業1日分の利益見込み額を計算せよ。

また、営業1日分で損益分岐点(breakeven point)の売上高と配送数量、および損益分岐点比率(breakeven point ratio)を算出して、この事業計画の採算性を分析すると、どのようなことがわかるか説明せよ。

[小問2]

軽トラックをリースではなく、購入することを考える。購入価格は900,000円で3年間使用でき、最終時点での価値は0円とする。燃料費は、配送1個当たりに換算すると5円となる。この場合、営業1日分で考えて、当初のリースを利用する場合と購入する場合とでどちらが有利かを、確保すべき販売数量の視点から検討して、その結果を説明せよ。なお、ここでは、資金の時間価値(time value of money)は考慮しない。軽トラックの費用負担の営業1日分は、購入価格を総使用日数で均等額にしたものとする。

[小問3]

[小問1]および[小問2]の設定と同じ条件において、軽トラックをリースするか、あるいは購入するかで、採算上の有利と不利が逆転するのは、配送数量が1日何個の場合か、計算せよ。

[小問4]

[小問2]での軽トラック購入について、1年間を時間経過の単位として資金の時間価値を考慮すると、この配送事業では、1年間にどれだけの配送数量を確保すれば赤字を回避することができるか、を計算せよ。ただし、軽トラックは事業開始時点で購入し、またそれ以外の収入である配送料金や発生する費用、営業日数については、時間経過しても<状況説明>の設定と同一で、すべて年度末に発生するとして計算せよ。

[小問5]

[小問2]で購入を考えた軽トラックが、永久に使用可能であると想定すると、この軽トラックの購入費用を賄うためには、毎年いくらずつの収益を確保すればよいか。資金の時間価値を考慮して、計算せよ。