

I. 以下の文章を読み、次ページの問1～問3に答えなさい。

建設工事、新製品開発などのように、多数の作業によって構成されるプロジェクトの日程管理では、各作業の前後関係を明確にし、所要時間の予測に基づき要所をおさえていくのが効果的である。そのための手法の一つに「PERT (Program Evaluation and Review Technique)」がある。例えば次の表のような工事のプロセスを、PERT の考えに基づいて作業の流れを中心にして図示すると、次の図のようになる。

表. 工事の作業日程表

作業記号	A	B	C	D	E	F	G
先行作業	なし	A	A	B	B, C	D, E	F
所要日数	1	4	2	1	2	2	1

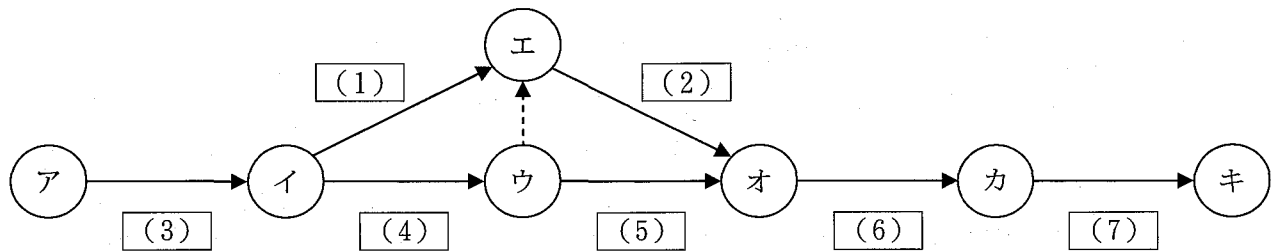


図. 工事のネットワーク

○印を「結合点 (event)」, →印を「作業 (activity)」, アを「開始結合点」, キを「完了結合点」と呼ぶ。1つの結合点に2つ以上の作業が入っているときは、それら全ての作業が完了しない前にはその結合点から出てゆく作業を開始することができない。図のウ→エのように、実際の作業を行わない擬似作業を「ダミー」と呼び、点矢印で表す。ダミーとは、先行作業が終わらないと作業を開始できないことだけを表すために引く、便宜的な矢印のことである。ここでは作業 E が、作業 B と作業 C とが終わらなければ作業開始できないことを示している。一方作業 D は作業 B が終われば作業を開始できる。ただしダミーは擬似作業であるため、所要時間はゼロと考える。

さてこれらの PERT の考え方から、この工事を施工する最適な日程計画を作成してみよう。ここで作業 D は、順に作業 (8) と作業 (9) のそれぞれ (10) (11) 日間と (12) (13) 日間で完了し、最初の作業が始まってから (14) (15) 日たたなければ開始できないことが分かる。これをその結合点の「最早開始時刻」という。開始結合点の最早開始時刻はゼロであり、あとはひとつ前の結合点の最早開始時刻に所要日数を加えたものとなる。複数の作業が終わらないと次の作業が始められないような場合、より遅い方の時刻をその結合点の最早開始時刻とする。例えば、結合点オの最早開始時刻を求めてみよう。ア→イ→ウ→オの経路では (16) (17) 日間であるのに対し、ア→イ→エ→オをそのまま足すと一見 (18) (19) 日間になるように見える。しかしウからエへのダミーを考えると、結合点エの最早開始時刻が (20) (21) 日となるので、結局 (22) (23) 日経過後が結合点オの最早開始時刻となる。そしてこの工事全体としては完了までに (24) (25) 日間かかることになる。

逆に、ある結合点で作業が始められるためには、その前にある作業が全て終わっていないなければならない。遅くともその時までにはそれまでの全ての作業が終わっていないなければならないという時刻を、「最遅完了時刻」と呼ぶ。この工事では、完了結合点の最早開始時刻は (26) (27) 日であるから、これから逆算して、ひとつ前の結合点の最遅完了時刻は (28) (29) 日となる。例えば結合点オの最遅完了時刻は (30) (31) 日となる。そして2つ以上の作業を開始する結合点では、早いほうの時刻を最遅完了時刻とする。例えば結合点イでは、イ→エ→オ→カ→キの経路で計算すると (32) (33) 日経過後になり、イ→ウ→オ→カ→キの経路ではそのまま引くと (34) (35) 日経過後となるが、ダミーを加えた経路を考えると (36) (37) 日経過後となり、これが最遅完了時刻となる。

そしてこの図から管理の重点がどこにおかれるべきかという経路が見出される。図の結合点ごとに最早開始時刻と最遅完了時刻を書き入れると、これらが一致している結合点とそうでない結合点がある。(a) 2つが一致している結合点を開始結合点からたどった経路を、「クリティカル・パス (critical path)」という。ただし、クリティカル・パス上にある作業を短縮すると、他の経路がクリティカル・パスになることがある。

(清水龍瑩著、岡本大輔補訂『経営数学』慶應通信、1995に基づき問題文を作成した。)

問1. 図の中および本文の (1) (9) に入る最も適切な作業記号を下記から選び、その選択肢の番号を解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (1) (9) にそれぞれマークしなさい。なお、同じ選択肢を2回以上用いてもよい。

1 A 2 B 3 C 4 D 5 E 6 F 7 G

問2. (10) (11) (36) (37) に入る最も適切な数字を、解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (10) (11) (36) (37) にそれぞれマークしなさい。一桁の数字になる場合、十の位には0をマークしなさい。

問3. 下線部 (a) について、以下の設問に答えなさい。

(1) この工事におけるクリティカル・パスを次の選択肢の中から選び、解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (38) にマークしなさい。またこの工事で作業 B を短縮して1日にした場合のクリティカル・パスを次の選択肢の中から選び、解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (39) にマークしなさい。なお、同じ選択肢を用いてもよい。

- 1 ア→イ→エ→オ→カ→キ
- 2 ア→イ→ウ→エ→オ→カ→キ
- 3 ア→イ→ウ→オ→カ→キ

(2) なぜこうしたクリティカル・パスに、管理の重点をおく必要があるのか。解答用紙 B の所定の欄に50字以内で記しなさい。

Ⅱ. 以下の文章を読み、次ページの問1～問4に答えなさい。

科学理論とその対象である世界との関係という、様々な問題を中にはらんだ事柄を取り扱うことにしよう。科学理論は、人間の構成物であり、限りなく変化し発展する。一方、科学理論が適用される対象としての世界は、その本質的あり方が変化することはない。では、科学理論と世界という二つの領域の間の関係はどのようなものなのであろうか。この問いに対する答え方の一つに、科学理論とは世界の実際のあり方を記述したものである、とする見解がある。この見解を実在主義と呼ぶことにしよう。実在主義の見解では、コペルニクス理論は、天体の実際の運動のあり方をありのままに記述したものであるとされる。もう一つの答え方に、道具主義がある。道具主義の見解によれば、科学理論は世界の実際のあり方を記述したものではなく、観察事実を互いに結びつけることだけを目的とした道具にすぎない。道具主義によれば、コペルニクス理論の中で言及されている天体運動は虚構である。

実在主義においては、真理という観念が重要である。実在主義によれば、科学の目的は世界が実際にどのようなものであるかについて真なる記述をすることである。世界の諸側面や運動様式を正確に記述している理論が、真である。これに対して、道具主義によれば、科学理論は実在を記述したものではないので、世界の諸側面を正確に記述する必要はないのである。

歴史的事例によるとこれら二つの立場のうち、^(a)実在主義は道具主義よりも生産的であったと言える。キリスト教およびアリストテレス哲学とコペルニクス理論との衝突があったときに、道具主義的解釈は、コペルニクス理論をこうした反対論から守った。コペルニクス理論で記述される天体運動は、(40)であるから、キリスト教あるいはアリストテレス哲学と矛盾しない、と言えたからである。対照的に、ガリレオの実在主義的立場は、コペルニクス理論に対して多くの問題を課したが、光学や力学をさらに発展させる刺激となったのである。このように、実在主義は道具主義よりも生産的であることが期待できるのである。

(中略)

実在主義の要求を満たす真理観は、「真理の対応説」で表現しうる。真理の対応説とは、文章と事実とが対応しているときに真であるとする考え方である。例えば、「猫がマットの上にいる」という文章は、事実と対応しているならば真である。すなわち、実際に猫がマットの上にいるならば、その文章は真である。猫がマットの上にいるならば、その文章は偽である。文章の述べている通りに事物があるならば、文章は真となる。そうでなければ、偽となる。

しかし、実在主義における真理の観念には問題がある。複数の文章があるときに、パラドックスをすぐに導いてしまうのである。よく知られたパラドックスには次のようなものがある。「このカードの反対の面に書かれていることは正しい」と表面に書かれ、裏面に「このカードの反対の面に書かれていることは誤りである」と書かれているカードがあるとしよう。ここで、カードの二つの面上のどちらの文章も共に正しいとなると矛盾した結論になってしまう。

論理学者のアルフレッド・タルスキーは、ある特別の言語体系を導入することによってこうしたパラドックスがいかに避けられるかを示した。^(b)タルスキーのなした決定的な一歩は、次のような主張のうちにある。ある言語体系の中において文章の真偽を論じるときに、その議論の対象になっている言語体系すなわち「対象言語」の中にある文章と、対象言語を対象としてそれについて語るための言語体系すなわち「メタ言語」

の中にある文章とを注意深く体系的に区別しなければならない。この主張をカードに関する前述のパラドックスを例として説明しよう。タルスキーの理論に従うならば、カード上の二つの文がそれぞれ対象言語に属するのかメタ言語に属するのかを確定しなければならない。そうでなければ、そもそも議論ができない。もし、カード上の文が共に (41) に属するものであれば、どちらの文も他方の文に言及しているとは考えられない。カード上の文のどちらかがメタ言語であり、どちらかが対象言語であるという規則を守れば、二つの文がともに他方の文に言及しているとか言及されているということは起こらず、何のパラドックスも生じない。

タルスキーの真理の対応説において重要な点は、ある文章の真偽について語ろうとすれば、もっと包括的な言語すなわち (42) を必要とするということである。というのは、(43) の文章の中においてのみ、(44) の文章と、その文章に対する事実との両方を論じることができるからである。真理の対応説によれば、(45) の中の文と、その文が対応している事実の両方を、(46) によって指し示さなければならない。しかしながら、(47) の文が指し示す事実について (48) で語る際には、(49) の文の中に登場するのと同じ言語を用いざるを得ない。カードのパラドックスの例で説明すると、表面の文章を (50) とし、裏面の文章を (51) とすると、「このカードの反対の面に書かれている『このカードの反対の面に書かれていることは正しい』という文章は誤っている」と表現できる。こうすると、表面の文章が真か偽か、裏面の文章が真か偽かをそれぞれ判断でき、例えば、表面の文章は真だが、裏面の文章が偽である、と考えれば、パラドックスは起こらなくなるのである。

(A.F. チャルマーズ著 高田紀代志・佐野正博訳『科学論の展開—科学と呼ばれているのは何なのか?—』恒星社厚生閣、1985に基づき問題文を作成した。)

問 1. (40) にあてはまる最も適当な語句を下の選択肢から選び、その番号を解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (40) にマークしなさい。

- 1 仮説 2 観念 3 虚構 4 実在 5 真理 6 道具

問 2. (41) ～ (51) にあてはまる最も適当な語句を下の選択肢から選び、その番号を解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (41) ～ (51) にそれぞれマークしなさい。

- 1 対象言語 2 メタ言語

問 3. (a) 実在主義は道具主義よりも生産的であったとあるが、観測値と理論が異なったときに、実在主義と道具主義でどのように対応が異なるからなのか、解答用紙 B の所定の欄に150字以内で説明しなさい。

問 4. (b) タルスキーのなした決定的な一歩とは、どのようなことであるか。解答用紙 B の所定の欄に60字以内で説明しなさい。

Ⅲ. 以下の文章を読み、次ページの問1～問4に答えなさい。

福沢諭吉の『文明論之概略』には、彼が統計学に関心を持っていたことをうかがわせる次の叙述がある。

「商売上に於(おい)て物を売る者は、これを客に強いて買わしむべからず。これを買うと買わざるとは全く買主の権に在り。然(しか)るに売物の仕入(しいれ)を為(な)す者は、大抵(たいてい)世間の景気を察して常に余計の品を貯ることなし。米、麦、反物等は腐敗の恐(おそれ)もなく或(あるい)はその仕入に過分あるも即時に (52) (53) を見ずと雖(いえ)ども、暑中に魚肉又は蒸菓子(むしがし)等を仕入るゝ者は、朝に仕入れて夕に売れざれば立(たち)どころに全損を蒙(こうむ)るべし。然るに暑中試(こころみ)に東京の菓子屋に行き蒸菓子を求れば、終日これを売り、日暮に至れば品のありたけを売払(うりはらい)て、夜に入り残品の (54) (55) せしものあるを聞かず。その都合よきこと正(まさ)しく売主と買主と預(あらかじ)め約束せしが如(ごと)く、彼(か)の日暮に品のありたけを買う人は、恰(あたか)も自分の便不便は擱(さしお)き、唯(ただ)菓子屋の仕入に余(あまり)あらんことを恐れてこれを買うものゝ如し。豈(あに)奇ならずや。今菓子屋の有様は斯(かく)の如しと雖ども、退て市中の毎戸に至り、一年の間に (56) (57) 蒸菓子を喰(くら)い、何(いず)れの店にて幾許(いくばく)の品を買うやと尋ねなば、人皆これに答ること (58) (59) べし。故に蒸菓子を喰う人の心の働(はたらき)は一人に就(つい)て見るべからずと雖ども、市中の人心を一体にして之(これ)を察すれば、そのこれを喰う心の働には必ず定則ありて、明(あきらか)にその進退方向を見るべきなり。」

福沢諭吉の時代のようにまだ経済が貧しく品物が貴重だった時代と、賞味期限切れの残品の大量廃棄が問題となる現代という時代の違いこそあるが、在庫管理の基本的な問題は同じである。菓子屋のお菓子を例に、現代の統計的決定理論による適正仕入れ量の問題を考えてみよう。

売れ残ったお菓子は腐敗し、廃棄される。それは仕入れが多過ぎたことを意味し、そのとき店は多過ぎた仕入れ分だけの金額のコストをこうむる。これを「オーバーストック・コスト」という。お菓子1個あたりのオーバーストック・コスト(C_o とする)は、1個あたりの仕入原価である。これに対して、仕入れが少なすぎると早々に売り切れて、その後に来たお客に売りそこなってしまう。このとき、もし品物があれば実現したであろう売上げ利益(=販売価格-仕入原価)を得られなくなる。その損失を「アンダーストック・コスト」といい、お菓子1個あたりのアンダーストック・コストを C_u と表すこととする。どれだけの量を仕入れるかによって、これらのコストが発生する可能性(確率)は異なるが、それは次頁の表に示すような需要の確率分布がわかればそこから求めることができる。

仕入れ量が少ないうちは全部が確実に売れてしまうが、仕入れ量がだんだん多くなると売れ残りが出る確率が大きくなっていく。いま、仕入れ量のある量 x から1個増やすかどうか、すなわち $(x+1)$ 個を仕入れるかどうかという問題を考える。その増やした1個が売れ残るのは需要が x 個以下しかなかった場合である。需要を y で表すとき、 y が x 個以下である確率 $P(y \leq x)$ が、増やした1個が売れ残る確率を示す。すなわちコスト C_o が $P(y \leq x)$ の確率で発生するということであり、両者の積である $C_o \times P(y \leq x)$ を「期待オーバーストック・コスト」という。他方、仕入れ量を1個増やさずに x 個のままにした場合、その1個が仕入れ不足になるのは需要が $(x+1)$ 個以上であった場合である。その確率 $P(y \geq x+1)$ は (60) (61) と書くことができ、この確率と C_u の積が「期待アンダーストック・コスト」である。

期待オーバーストック・コストと期待アンダーストック・コストを比較し、前者の方が大きければ、1個増やさない方がよい。逆に後者の方が大きければ、1個増やした方がよい。この議論から得られる一連の不等式を整理すると、以下の条件が成立する際に x 個の仕入れが最適であるという結論が得られる。

$$P(y \leq x-1) < C_v / (C_v + C_o) < P(y \leq x) \cdots \cdots (a)$$

1個70円で仕入れ、80円で売るというケースについて考えてみよう。このとき、 C_o 、 C_v はそれぞれ

(62) (63) 円および (64) (65) 円である。需要の確率分布が下表のように推定された時、(a)式に従って最適な仕入れをおこなう場合の仕入れ個数は (66) (67) 個である。現実には仕入れ量 x は品物の個数として整数値をとるが、連続量であるとして扱った場合、(a)式は以下のように表される。

$$P(y \leq x) = C_v / (C_v + C_o) \cdots \cdots (b)$$

最適仕入れ量 x を示す上式の左辺は、最適な仕入れをおこなった際に「残品が発生する確率」を示している。

表. 需要が y 個である確率 $P(y)$ と y 個以下の累積確率 $P(y \leq x)$

需 要 y (個)	16以下	17	18	19	20	21	22	23	24	25以上
確 率 $P(y)$	0	0.02	0.05	0.09	0.19	0.34	0.24	0.05	0.02	0
累積確率 $P(y \leq x)$	0	0.02	0.07	0.16	0.35	0.69	0.93	0.98	1.00	1.00

(宮川公男著『統計学でリスクと向き合う』東洋経済新報社、2007に基づき問題文を作成した。引用部のかな遣い、振りがな等の表記は、戸沢行夫 [編]『文明論之概略』慶應義塾大学出版会、2009に従った。)

問1. (52) (53) ～ (60) (61) に入る最も適当な語あるいは式を次の選択肢から選び、その番号を解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (52) (53) ～ (60) (61) にそれぞれマークしなさい。

- | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 11 価 (あた) い | 12 能 (あた) わざる | 13 顕 (あら) わるゝ | 14 幾度 (いくた) び |
| 15 憶断 | 16 完売 | 17 奇ならざる | 18 然るに |
| 19 所見 | 20 暑中に | 21 損亡 | 22 咎 (とが) めらるゝ |
| 23 腐敗 | 24 補充 | 25 稀に | 26 利子 |
| 27 $1 / P(y \leq x)$ | 28 $P(y \leq x) + 1$ | 29 $P(y \geq x) + 1$ | 30 $1 - P(y \leq x)$ |

問2. 文中の (62) (63) ～ (66) (67) について、あてはまる最も適当な数字を解答用紙 A (マークシート) の解答欄 (62) (63) ～ (66) (67) にそれぞれマークしなさい。一桁の数字になる場合、十の位には 0 をマークしなさい。

問3. 需要の確率分布を統計的に推定するためのデータを収集するうえで、どのような方策が必要であるか、本文の福沢諭吉の叙述中から15字以内 (括弧中の振りがなを除く) で最も適当な部分を抜き出し、解答用紙 B の所定の欄に記入しなさい。

問4. 福沢諭吉の描く菓子屋の仕入れ方は、その当時の時代背景を考えれば、(b)式によって表現される最適な仕入れ方と概ね一致するものと考えられる。その理由について、解答用紙 B の所定の欄に150字以内で論じなさい。ただし、 $P(y \leq x)$ 、 C_v 、 C_o 等の式中の記号を用いずに論じること。