

慶應義塾大学 総合政策学部・環境情報学部

2019 年情報入試問題解説

監修 間辺広樹先生(神奈川県立柏陽高等学校総括教諭)

【概説】

プログラミングの必修化や大学入試改革もあって、情報入試が話題になることも増えてきた。2019 年度に情報入試を実施したのは 13 大学であるが、その中でも慶應義塾大学 SFC の情報入試は注目の度合いも大きいのではないだろうか。本稿では、SFC の総合政策学部と環境情報学部で実施された 4 回目となる情報入試問題の解法について解説する。

SFC の情報入試問題は、これまでも両学部とも 5 問の大問で構成され、進むにつれて難易度上がっていくという構成であった。そのため、前半は確実に得点し、後半は一つでも多くの正答を得ることが必要であった。2019 年度の問題も、そういった傾向に大きな変化はなかった。

出題される分野は、大問 1こそ法規やモラルが中心であるが、大問 2以降は、数学やコンピュータ科学を題材とした問題で構成されていて、情報の科学的な理解の有無が重視されていることがわかる。特に大問 5（アルゴリズムの問題）は両学部とも難易度が高く、プログラミング経験が豊富で、かつ、発想力の高い受験生でなければ、解くことが難しい問題が用意されていた。学部別に出題された問題の分野は以下の表の通りである。

	総合政策学部	環境情報学部
大問 1	法規や情報モラル中心の基本問題	総合政策学部と同じ
大問 2	数学と情報科学の基本問題	総合政策学部と同じ
大問 3	数学（2進法と連立方程式）	情報科学（符号化と状態遷移）
大問 4	データベースとその操作法	数学（領域）※問題の後半は削除
大問 5	アルゴリズム（スライディングブロックパズル）	アルゴリズム（ハミング数）

協力 近藤宏樹先生(武蔵野大学附属千代田高等学院 教諭)

小野真太郎さん(慶應義塾大学環境情報学部環境情報学科)

総合政策学部

情報-Iは、主に著作権法や憲法などの法律に関する知識を問う基本的な問題であった。文脈から判断できるものもあるため、問題文をじっくりと読むことが大切である。

情報-IIは、情報科学の基礎問題、並びに情報科学を支える数学の基礎問題で構成されていた。(ア)は2進数、8進数、16進数が題材となっていて、異なる数表現を変換する位取り記数法の理解が求められた。(イ)は正三角形を使った表現できる図形を求める問題で、知識ではなく、思考力・想像力が問われる問題であった。(ウ)パリティ符号に関する問題で、その知識があれば楽に求められる問題であった。(エ)はパスワードを題材としているが、数学で学んだ順列の知識で解ける問題であった。

情報-IIIは、数学の問題である。(ア)は2進数による虫食い算を扱っているが、問題文や桁上がりを考慮することで、穴空き箇所の数は判明するため、容易に答えられる問題であった。(イ)は n 元連立一次方程式を扱っていて、一見すると大学で学ぶ線形代数学からの出題に思えるが、数列の添字に気を付けながら式変形を行えば高校生でも十分に解ける問題であった。

情報-IVは、関係データベースを扱っている。データベースの基本概念の理解と、結合、選択、射影というデータベースの基本操作法の理解の有無が問われた問題であった。データベース操作を行ったことがない受験生は戸惑ったかもしれないが、難易度は高くなく落ち着いて考えれば答えられる問題であった。

情報-Vは、スライディングブロックパズルの解の有無を確かめる問題であり、取りうるあらゆる配置の中から目的の配置と一致するかどうかを探すアルゴリズムが題材となっていた。それぞれの配置を要素とするという集合の考え方は特殊であったため、各変数の働きを解釈することが、受験生には難しかったのではないかと推察する。

-----以下、解くためのポイントを大問別に解説する。-----

情報-I

(ア)「発明」が保護対象であるという文脈から特許法,「工業製品のデザイン」という文脈から意匠法,「商品や役務(サービス)の出所を表示するマーク」とあるので商標法であるとわかる。知的財産権のうち,特許権・実用新案権・意匠権・商標権の4つを産業財産権とよび,特許庁が所管する。教科書に書かれている法務に関する基本的な内容である。

(イ)「因果」と「相関」について,その違いを理解できているかどうかを扱った問題であった。統計分野の問題ではあるが,文脈から答えが容易に推測できる文章読解の問題でもあった。

(ウ)憲法21条を扱っているが,それを学習している・いないに関わらず,文脈から4~6行目が,表現の自由と通信の秘密の保障に関しての問題であることがわかる。通信の秘密の保護の主な趣旨がプライバシーの保護であることから,この問題は落とせない基本的な問題である。

(エ)

- (1) 著作権法38条を参照のこと。
- (2) 原作権の著作権は存在するので,勝手に使用すれば著作権侵害となる。
- (3) 著作者の意に反して編集することは,著作者人格権の1つである同一性保持権の侵害となる。
- (4) 正解。
- (5) 建築物は著作物と認められないが,建築物の図面は著作物と認められる。

情報-II

(ア)

(a) 16進法でそれぞれ2F, 3Cで表現される2つの数は,10進法でそれぞれ47, 60であるため,その合計は10進法で107である。

(b) まず $10101010_{(2)} = 2^7 + 2^5 + 2^3 + 2$ であるから,2倍すると $2^8 + 2^6 + 2^4 + 2^2$ である。

次にこれを8進法にするため, $8^2 \times \bullet$ や $8 \times \bullet$ などの塊を作りたい。

よって

$$\begin{aligned} 2^8 + 2^6 + 2^4 + 2^2 &= 8 \times 8 \times 4 + 8 \times 8 + 8 \times 2 + 4 \\ &= 8 \times 8 \times 4 + 8 \times 8 \times 1 + 8 \times 2 + 4 \\ &= 8 \times 8 \times 5 + 8 \times 2 + 4 \\ &= 8^2 \times 5 + 8 \times 2 + 4 \end{aligned}$$

故に求める8進数の整数は524である。

(b) の別解

- ・ 2進数では「2倍する」＝「左に1ビットシフトする」
- ・ 2進数と8進数の変換は「3ビット毎に行う」

このことから、

$10101010 \rightarrow 101010100 \rightarrow 101 \cdot 010 \cdot 100 \rightarrow 5 \cdot 2 \cdot 4 \rightarrow 524$ である。

(イ) 直角二等辺三角形のみ描くことができない。

(ウ) 二次元偶数パリティとはデータ通信の信頼性を向上させるための技術である。データを伝送する際に何らかの理由によりビットが反転する（0が1になったり、1が0になったりすること）ことがある。そこで、元のデータビットの周りに、各行と各列の1の個数が偶数になるように、パリティビットと呼ばれるビットを付け加えていく、という技術で反転を検知することができる。

もしも途中でどこかのビットが反転していたら、そのビットを含む行と列の1の数が奇数になっている。そのため、1の数を数えて、奇数の行と奇数の列とが交わっている箇所で、反転していたと判断し、送信先での修正が可能になる。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	パリティ
(1)	1	0	1	1	0	0	0	0	1
(2)	1	0	1	1	1	1	0	1	0
(3)	0	1	1	0	0	1	1	1	1
(4)	1	1	1	1	0	0	0	0	0
(5)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
(6)	1	1	1	0	0	0	1	1	1
(7)	1	0	1	1	1	1	0	0	1
(8)	1	0	1	1	0	0	1	1	0
パリティ	1	1	1	1	0	1	0	0	1

(エ) 8文字分であるのはどちらも同じであり、異なるのは大文字か小文字かのみである。故に $2^8=256$ で解答を導き出すことができる。

情報-III

(ア) (イ) とともに、純粋な数学の問題である。

(ア) は 2 進数による掛け算の虫食い算問題である。問題文ならびに虫食いの状態から以下の判断ができる。

- ・問題文より「最上位桁は 1」である
- ・計算の経過（中 3 段）から、下の数の下位 2 桁目は 0 で他は 1、すなわち「1 1 0 1」である

このことから、不明な桁を A、B、C とすると、虫食い算は以下のようになる

$$\begin{array}{r}
 \\
 \\
 \times \\
 \hline
 \\
 \\
 \\
 \\
 \hline
 \\
 \\
 \hline
 \\
 \\
 \hline

 \end{array}$$

更に、

- ・上位 2 桁の状態から「最上位への繰り上がりはない」と判断できる
- そのため A=0 である。

$$\begin{array}{r}
 \\
 \\
 \times \\
 \hline
 \\
 \\
 \\
 \\
 \hline
 \\
 \\
 \hline
 \\
 \\
 \hline

 \end{array}$$

次に、B を 1 とすると、下位 4 桁から連動して最上位までの繰り上がりが発生してしまうため、B は 0 と特定できる。従って、残りの C を 0 及び 1 にした以下の 2 パターンのみ残り、それを 1 0 進数に変換した数が答えとなる。

		1	0	0	1	
	×	1	1	0	1	
		1	0	0	1	
1	0	0	1			
1	0	0	1			
		1	1	1	0	1

		1	0	0	0	
	×	1	1	0	1	
		1	0	0	0	
1	0	0	0			
1	0	0	0			
		1	1	0	1	0

(別解) 虫食い算が $1ABC \times 1101 = 1\square\square\square\square\square\square$ となるところまでは解答と同じ。 $1ABC$ は $2^3 = 8$ 以上、 $1101_{(2)} = 13$ 、積は 7 桁であるから $2^6 = 64$ 以上 $2^7 = 128$ 未満である。 $10 \times 13 = 130 > 128$ より、この条件を満たすのは $1ABC$ が(十進法で)8 または 9 であるときのみである。よって答は 8×13 または 9×13 。

(イ) n 個の変数を持つ連立 1 次方程式を、三角形に変形して解くための手順についての問題である。係数や変数が、添字を用いた文字で表現されているために難しく感じられるが、添字の扱いに気を付けながら、解いていけば解答に辿り着く問題である。まず、

$$A_{n,n}x_n = B_n \quad \text{より} \quad x_n = \frac{B_n}{A_{n,n}} \quad \text{は明白である。}$$

次の x_{n-1} は、面倒でも省略されている式を書いて、次のように求めるとよい。

$$A_{n-1,n-1}x_{n-1} + A_{n-1,n}x_n = B_{n-1} \quad \rightarrow \quad x_{n-1} = \frac{B_{n-1} - A_{n-1,n}x_n}{A_{n-1,n-1}}$$

更に、 Σ を用いた次の計算も、省略されている以下の式を書いて、 x_{n-2} について解き、
 $A_{n-2,n-2}x_{n-2} + A_{n-2,n-1}x_{n-1} + A_{n-2,n}x_n = B_{n-2}$

$$\rightarrow x_{n-2} = \frac{1}{A_{n-2,n-2}} (B_{n-2} - (A_{n-2,n-1}x_{n-1} + A_{n-2,n}x_n))$$

添字の変化に気を付けながら、 x_{n-2} を推測して解くことができる。

$$x_i = \frac{1}{A_{i,i}} (B_i - \sum_{j=i+1}^n A_{i,j}x_j)$$

後半も、同様に添字に注意して解いていく。

わかりにくければ、馴染みある次のような 3 元連立一次方程式で考えるとよい。

$$\begin{cases} 2x + y + 3z = 1 \cdots \text{①} \\ 3x + 2y + z = 6 \cdots \text{②} \\ x + y + 2z = 1 \cdots \text{③} \end{cases}$$

キミのミライ発見 大学入試問題研究プロジェクト

これらは加減法などを用いると、次のように変形できる。

$$\left\{ \begin{array}{l} 2x + y + 3z = 1 \cdots \textcircled{1} \\ y - 7z = 9 \cdots \textcircled{2}' \\ z = -1 \cdots \textcircled{3}' \end{array} \right.$$

このように変数を一つずつ減らした式全体が「三角形」である。

この計算の途中では、②から②' を求めるために、次のように①の両辺に $\frac{3}{2}$ を掛けて、②

との差を取っている。

$$\textcircled{2} - \textcircled{1} \times \frac{3}{2} :$$

$$3x + 2y + z = 6 \cdots \textcircled{2}$$

$$\rightarrow) \underline{3x + \frac{3}{2}y + \frac{3}{2} \times 3z = \frac{3}{2} \times 1} \cdots \textcircled{1} \times \frac{3}{2}$$

これによって、 x が消去され、 $y - 7z = 9 \cdots \textcircled{2}'$ が得られる。

実は、問われている問題もこの②から②' を求める過程とほぼ同じである。

$$a_{1,1}x_1 + \cdots + a_{1,j}x_j + \cdots = b_1 \cdots \textcircled{4}$$

$$a_{i,1}x_1 + \cdots + a_{i,j}x_j + \cdots = b_i \cdots \textcircled{5}$$

とし、④の両辺に $\frac{a_{i,1}}{a_{1,1}}$ を掛けて、⑤との差を取る。

$$\textcircled{5} - \textcircled{4} \times \frac{a_{i,1}}{a_{1,1}} :$$

$$a_{i,1}x_1 + \cdots + a_{i,j}x_j + \cdots = b_i \cdots \textcircled{5}$$

$$\rightarrow) \underline{a_{i,1}x_1 + \cdots + \frac{a_{i,1}}{a_{1,1}} \times a_{1,j}x_j + \cdots = \frac{a_{i,1}}{a_{1,1}} \times b_1} \cdots \textcircled{4} \times \frac{a_{i,1}}{a_{1,1}}$$

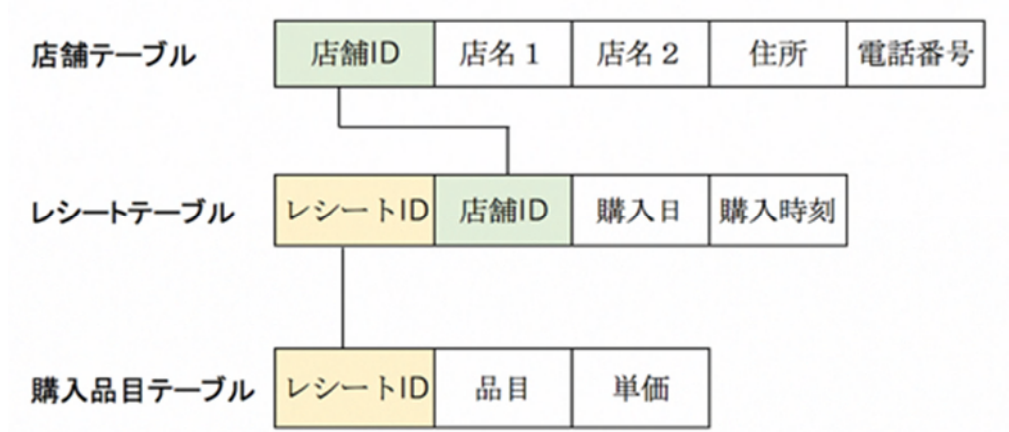
ここから、 x_j の係数を整理して、 $a_{i,j}^{(2)} = a_{i,j} - \frac{a_{i,1}}{a_{1,1}} \times a_{1,j}$ 、

定数項を整理して、 $b_i^{(2)} = b_i - \frac{a_{i,1}}{a_{1,1}} \times b_1$ が得られる。

情報-IV

シンプルな関係データベースの問題である。前半は同一データを複数回入力する冗長性を

有したデータベースであるが、後半は正規化されたデータベースへと改善された（下図）、という流れを有している。問題としては（ア）と（イ）ではデータベースの基本概念とデータチェックについて、（ウ）では結合、選択、射影を組合せた操作法の問題となっている。



（ア）と（イ）は対になっている。（ア）の「データベースと照合せずに」は、それ以前に入力されたデータを使わずにできることを意味する。そのため、店名と住所や電話番号との対応付けの正しさを確かめることなどはできないが、合計金額などの計算は可能である。（イ）の「登録されているデータのみを使って」は、逆に入力されたデータと照合してできることを意味している。そのため（ア）とは逆の答えになるものもある。どちらの間も、データ入力規則が書かれているため、よく読んで判断する。

（ウ）データベースの基本操作について、与えられた結果を得るための操作順を検討する問題である。基本的には、以下のように「結合-選択-射影」の順で行う。

1. 結果からどのテーブルを使う必要があるかを判断する
2. テーブルが複数あればそれらを「結合」する
3. レコードの条件を指定して「選択」する
4. 求められる項目を「射影」で得る

ただし、結合(2)と選択(3)は逆でもよい。実際、問題文中に例が示されていて 1-3-2-4 の順になっているが、1-2-3-4 とする別解もある。そのため、「一時テーブル」が何になるかを考えながら、実現可能な組合せとその順番を正しく判断することが必要である。

問題中の例		例の別解	
選択	レシートテーブル レシート ID が「13579」	結合	レシートテーブル 店舗テーブル
結合	一時テーブル 店舗テーブル	選択	一時テーブル レシート ID が「13579」
射影	一時テーブル 電話番号	射影	一時テーブル 電話番号

（a）購入品目テーブルだけで操作可能である。（選択-射影）

(b) 3つのテーブルを結合する必要がある。「購入品目テーブル」は選択肢(11)にしかない
ので、これを最初に行って「レシートテーブル」と繋げ、次に、唯一「店舗テーブル」へ
と繋がる選択肢(13)を行う、という流れである。(結合-結合-選択-射影)

(c) 操作に必要な日付と店舗名は、「レシートテーブル」と「店舗テーブル」より得られる
ため、これらを結合した後、選択と射影を行う。(結合-選択-射影)

情報-V

ケースに収められた駒を動かすスライディングブロックパズルに関する問題である。3×3
の盤の上に配置された8つの駒について、与えられた配置 s から1駒ずつ動かしながら、
目的とする配置 g になるかどうかを判断するアルゴリズムが題材である。

実際にこのパズルをやってみると、ゴールを目指しているつもりでも、いつの間にか「さ
っきと同じ配置」に戻り、堂々巡りに陥ってしまうことがある。従って、このアルゴリ
ズムでも「さっきと同じ配置」か「新しい配置」の区別が重要になる。

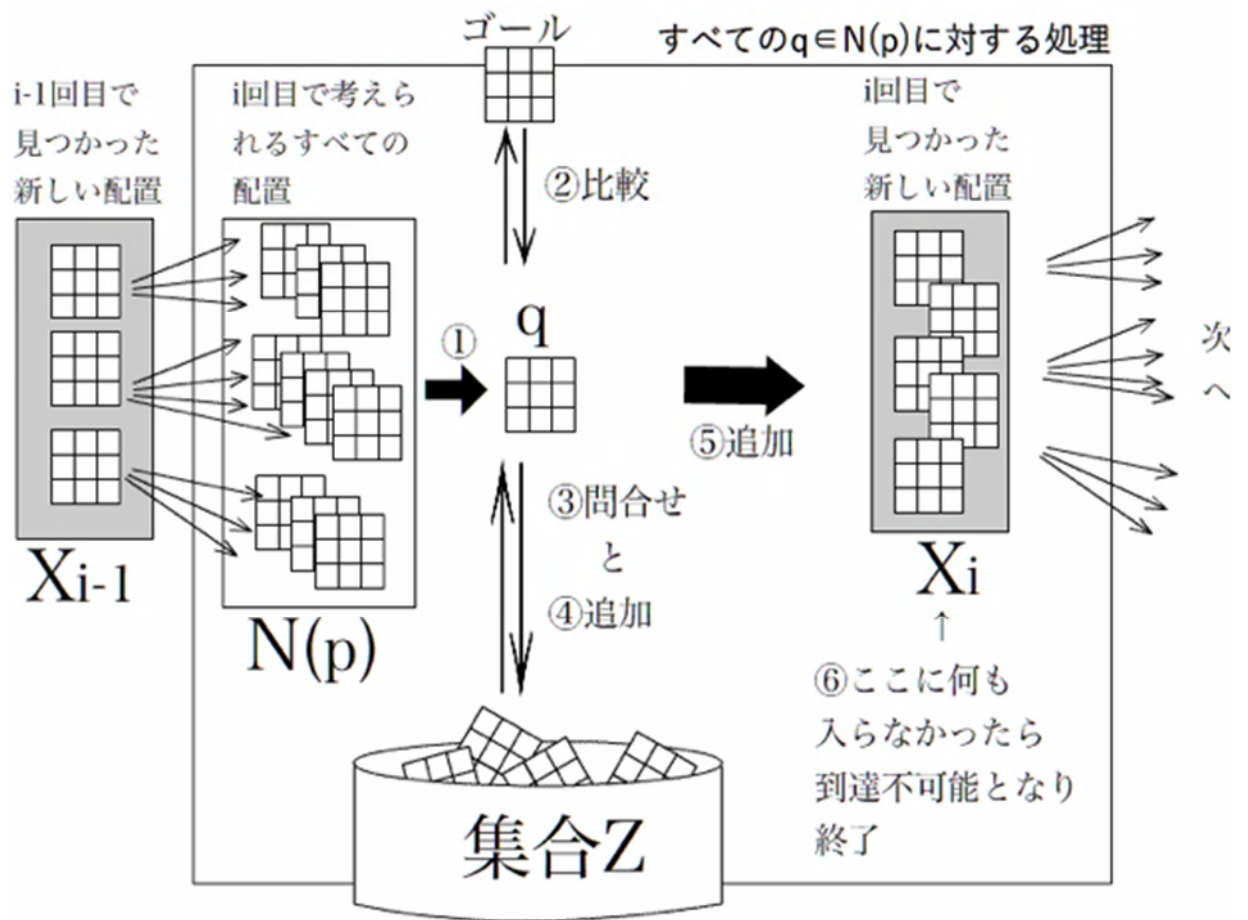
ただし、このアルゴリズムは人がパズルをするように特定のルートだけを調査対象とする
のではなく、すべてのルートをしらみつぶしに調べていく。そのために理解の鍵となるの
は、8つのコマの「配置」を要素とする『集合の考え方』である。

(ア) 駒が動けば配置は変わるが、このアルゴリズムではパズルの途中で考えられるすべ
ての配置を集合 Z へ蓄積することを繰り返す。集合 Z はいわばデータベースとなり、常に
配置の有無についての問い合わせを受けながら、進んでいく。アルゴリズムの要である処
理 B (処理 C と処理 D を含む) に使われている変数の役割は以下の通りである。

- ・変数 X_{i-1} : 前の配置の時に、得られた新しい配置 (この各要素が p になる)
- ・集合 $N(p)$: p を1回動かすことで得られるすべての配置
- ・変数 X_i : 1回動かすことで得られる新しい配置の集合

処理 B で行われている処理の過程を詳しく示す。

- ① $N(p)$ の要素の一つ (q) を取り出す。
- ② q と g (ゴール) を比較し、同じであればゴール到着ということで最小移動回数 i を出
力してアルゴリズムを終了する。
- ③ 次に、 Z に q と同じ配置があるかどうかを問い合わせる。
- ④ もしも q が Z の中に存在しなければ、 Z に追加する。
- ⑤ 更に、 q が Z の中に存在しなければ、次の配置を検討する材料として X_i に追加する。
そして q の調査がすべて終わり、
- ⑥ 新しい配置がなかったら (X_i が空集合のままだったら)、「到達不可能」と判断してア
ルゴリズムを終了する。



(イ) 変数 Z は、「すでに探索した (変数 q になったことがある) すべての配置の集合」である。

(ウ)

常に処理 D を行うということは、 $q \in Z$ であっても q を X_i と Z に追加する処理が発生することであるから、

「 g に到達することが可能な s に対して」は、 g と一致するまでに不要な処理を行っていることから、正しい結果は得られるが、時間が掛かっている可能性がある。また、

「 g に到達することが不可能な s に対して」は、 X_i が空集合になることはないために、無限に繰り返される可能性がある。

-----総合政策学部の解説はここまで-----

情報-I		
(ア)	(1) (2)	18
	(3) (4)	17
	(5) (6)	22
	(7) (8)	11
(イ)	(9)	3
	(10)	5
	(11)	5
(ウ)	(12)	6
	(13)	2
	(14)	8
	(15)	4
	(16)	9
(エ)	(17)	4

情報-II		
(ア)	(18) (19) (20)	107
	(21) (22) (23)	524
(イ)	(24)	1
(ウ)	(25) (26)	78
(エ)	(27) (28) (29)	256

情報-III		
(ア)	(30)	2
	(31)	3
	(32) (33)	08
	(34) (35)	13
	(36) (37)	09
(イ)	(38) (39)	26
	(40) (41)	14
	(42) (43)	24
	(44) (45)	16
	(46) (47)	13
	(48) (49)	19
	(50) (51)	27
	(52) (53)	34
	(54) (55)	31
	(56) (57)	35
	(58) (59)	39

情報-IV

(ア)	(60)	0
	(61)	0
	(62)	1
	(63)	1
	(64)	0
	(65)	1
	(66)	0
	(67)	0
(イ)	(68)	1
	(69)	1
	(70)	1
	(71)	0
	(72)	0
	(73)	1
	(74)	0
	(75)	0
	(76)	0
	(77)	1
(ウ)	(78) (79)	19
	(80) (81)	23
	(82) (83)	11
	(84) (85)	13
	(86) (87)	17
	(88) (89)	25
	(90) (91)	12
	(92) (93)	21
	(94) (95)	24

情報-V

	(96) (97)	11
	(98) (99)	15
	(100) (101)	17
	(102) (103)	18
	(104) (105)	23
	(106) (107)	15
	(108)	3
	(109)	1
	(110)	6

環境情報学部

情報-I は、情報技術や情報モラルなどに関する文章に、適切な言葉を選んで埋めていく形式の問題であった。文脈から答えを判断できるものもあるが、比較的新しい用語や技術が用いられているため、それらの意味を理解しておかないと判断に迷う問題もあり、時事問題に関心を持つ態度が求められた。

情報-II は、情報科学の基礎問題と、情報科学を支える数学の基礎問題で構成されていた。(ア) は情報を伝える 4 色の旗が題材となっているが、「異なる 4 色から重複を許して 4 つ選んで並べる」という数学 (重複順列) の問題であった。(イ) は「動作セット」と称したモジュール (機能単位) を 10 回繰り返して、描くことのできる図形を選ぶという問題で、正多角形の角度と辺の長さに対する理解が求められた。

情報-III は、情報の最小単位であるビットを扱った情報科学の問題であった。(ア) は符号化に関する問題であり、文字の出現確率を考慮した可変長符号化の仕組みの理解が求められた。(イ) はビット列と剰余との関係を示す状態遷移図を扱っているが、問題文をしっかりと読まないと出題の意図を読み解けないために、難しく感じられる問題であった。

情報-IV は、平面図形とその領域を扱った問題であるが、数学の基本知識があれば容易に解ける問題であった。

情報-V は、ハミング数探索の高速化アルゴリズムが題材である。アルゴリズムの妥当性について背理法を用いた証明問題で、情報入試としてはかなり異例である。また、難易度の高く、受験生を苦しめた問題だったのではないかな。

-----以下、解くためのポイントを大問別に解説する。-----

情報-I

(ア)『知的財産法』という著書より出題された問題である。きちんと問題文を読めば、文脈より正しい答えがわかる問題である。例えば(3)は、文脈から(2)剽窃か(3)模倣に絞ることができ、このうち剽窃は「文化の発展に寄与するもの」ではなく、他人の作品を自分の作品とするもので決して寄与するものではなく、また「規制するべきものではなく・・・原則自由である」と書かれていることから「模倣」であることがわかる。(4)は、インセンティブが減退する状態が「(4)生産状態」であるため、過少が正解である。

(イ) (5)のブロックチェーン技術は、取引記録を暗号技術を用いて分散的に処理・記録するデータベースの一種である。このことを理解しておけば、正答の候補は「暗号」に絞られる。

(6)では「デビットカード」など、受験生にも馴染みのある言葉が選択肢に含まれていたりもするが、惑わされることなく、素直に「仮想通貨」を選択すれば良い。

情報-II この大問は例年より易化しており、落とせない問題で構成されているため完答したい大問である。

(ア)「異なる4色から重複を許して4つ選んで並べる」ことから $4^4=256$ 通りである。また、256種類の情報を取り扱うためには $256=2^8$ より8ビット必要である。

(イ) 正方形などは作図に必要な角度を容易に計算できる。他の図形に関しては「30度、45度、72度という角度の制約」と「線がはみ出すことは許さないという制約」の中で、慎重に考えることが求められた。作図不可能な図形は、直角を作る辺の整数倍で斜辺の長さを表現できない直角二等辺三角形、作図に必要な角度を整数で作れない正七角形の2個である。

(ウ) G, I, J, U, K, U という6文字を辞書順で並べると、GIJの順で始まる文字が先頭になる。したがって、その後の文字の並び方を検討することで答えになるが、1番目がGIJKUU、2番目がGIJUKUとなるため、002が答えとなる。単純な順列の問題であるが、2番目という結果と3桁の解答欄が意外なため、受験生には戸惑いを感じさせる問題であった。

(エ) は文字の表現形式に関する問題である。この問題では一つの表現形式を使い回す再帰の考え方が用いられているために難易度が高い。「 $S \leftarrow 1S2|3$ 」から考えられるのは、

$S \leftarrow 3$

$S \leftarrow 132$

$S \leftarrow 11322$

...

などと、先頭に「1」最後に「2」を付加する処理を繰り返して、Sを生成し続けることができる。その上で「 $T \leftarrow 1S$ 」を考え合わせると、生成できるのは「13」と「1132」の2個だけである。

情報-III

(ア) 文字の符号化には一文字を一定のビット数で表す固定長符号と文字によってビット数を変える可変長符号があるが、この問題は出現頻度によって符号長を変える可変長符号を題材としている。

1 番目の問題は文字の出現確率がすべて同じ $1/5$ であるため、1 文字あたりの平均ビット長は、 $2 \times (1/5) + 2 \times (1/5) + 2 \times (1/5) + 3 \times (1/5) + 3 \times (1/5) = 2.40$ となる。

2 番目の問題は、文字によって出現頻度が $1/10, 2/10, 2/10, 2/10, 3/10$ と異なるため 1 文字あたりの平均ビット長は、 $2 \times (1/10) + 2 \times (2/10) + 2 \times (2/10) + 3 \times (2/10) + 3 \times (3/10) = 2.50$ となる。

3 番目の問題では、次の 2 条件を満たす符号を考える必要がある。

(1) 出現確率の高い文字に短い符号、低い文字に長い符号を割り当てて平均符号長を短くする

(2) 文字数が 6 文字に増える

そもそも文字に符号を割り当てるに際して、すでに割り当てられた他の文字の符号と区別するために、先頭からのビット列が他の文字の符号と一致しないように設定しなければならない。最適符号化の一例を以下の表に示す。

文字	出現確率	ビット例
F	$5/15$	00
E	$3/15$	01
B	$2/15$	100
C	$2/15$	101
D	$2/15$	110
A	$1/15$	111

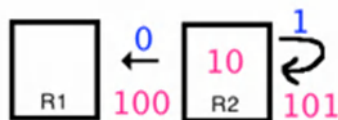
2 ビットで表す文字を 2 個に減らすと共に、出現頻度の高い F や E にはそれに割り当てている。また、出現頻度の低い A には 3 ビットを割り当てている。その結果、1 文字あたりの平均ビット長は、 $2 \times (5/15) + 2 \times (3/15) + 3 \times (2/15) + 3 \times (2/15) + 3 \times (2/15) + 3 \times (1/15) = 2.4666\cdots = 2.47$ となる。

(イ) 出題の意図を読み解くことが難しい問題である。「1 桁ずつ入力される」は「元の 2 進数を左に 1 ビットシフトし、次のビットが最下桁に付与される」ことを意味する。例えば 2 進数の **10** (10 進数では 2 であるから 3 の剰余は 2 である＝状態 R2 にいる①) に次の

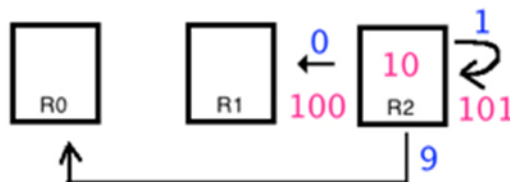
1桁を入力するということは、100 か 101 になることである。そこで、3 の剰余の状態の変化は、次のようになる。

- ・ 100 (10 進数では 4 であるから 3 の剰余は 1＝状態 R2 から状態 R1 に遷移する②)
- ・ 101 (10 進数では 5 であるから 3 の剰余は 2＝状態 R2 から状態 R2 に遷移する③)

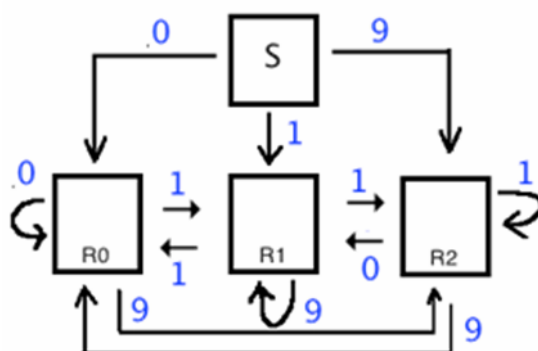
このことは、次の遷移図にまとめられる。



入力値は 0 か 1 しかないため、状態 R2 から状態 R0 に変化することはない。そのことが、問題文の「9. 相当する状態の変化が起こす入力がない場合」に相当する。従って、R2 を起点とした図式は次のようになる。



このような考え方に基づいて、次の図のように初期状態、R0、R1、R2 のすべての関係を示すことが問われている問題であった。



最後に問われている 1110 1110 1110 1110 1110 はこの矢印をすべてこの順で辿っていくことで答えが得られる。

情報-Ⅳ

(ア) 数学Ⅱで扱われる領域の基本的な問題である。直線や円の方程式から導かれる不等式を答えればよい。

情報-V

(ア) アルゴリズムの説明があるが、その手順を理解するためにも、一つ一つ確認していけばよい。20 番目のハミング数は 36。

変数	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	h ₇	h ₈	h ₉	h ₁₀	h ₁₁	h ₁₂	h ₁₃	h ₁₄	h ₁₅	h ₁₆	h ₁₇	h ₁₈	h ₁₉	h ₂₀
h _n	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	18	20	24	25	27	30	32	36

2	2	4	6	8	10	12	16	18	20	24	30	32	36								
3	3	6	9	12	15	18	24	27	30	36											
5	5	10	15	20	25	30	40														

最小値を求める

(イ) (ア) でアルゴリズムを確認すると、p、q、r はハミング数を構成する 2、3、5 がそれぞれに使われた回数を数え上げていることに気付く。例えば、 $h_{10}=12$ は、 $h_{10}=2h_6$ を満たし、同時に、 $h_{10}=3h_4$ も満たす。そのため、(命令 C) において、「p の値を 1 増やす」と「q の値を 1 増やす」という処理が行われることとなる。正解は (1) である。

変数	h ₁	h ₂	h ₃	h ₄	h ₅	h ₆	h ₇	h ₈	h ₉	h ₁₀										
h _n	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12										

2	2	4	6	8	10	12														
3	3	6	9	12																
5	5	10	15																	

①最小値を求める

p	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7										
q	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4										
r	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3										

②h₁₀と2h₆が一致
②h₁₀と3h₄が一致
③pの値を1増やす
③qの値を1増やす

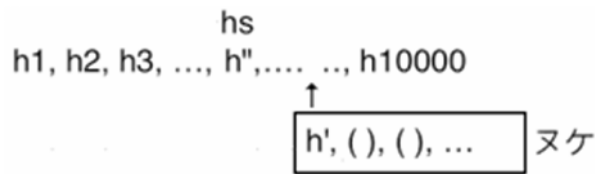
(ウ) (ア) で示された手順が (ウ) ではアルゴリズムの形で示されているが、それが正しいことを証明する問題である。そのために、以下の 2 点を示すことが必要となる。

1. $h_1, h_2, h_3, \dots, h_{10000}$ がすべてハミング数である。

2. $h_1, h_2, h_3, \dots, h_{10000}$ が小さい順に 10000 個のハミング数である (途中のヌケがない)。ここで、1. に関しては、「2、3、5」だけで構成されるというハミング数の定義から、満たしていることは明らかである。しかし、2. に関しては疑問が残るために、背理法で証明を行っている。

背理法とは「命題が成り立たないと仮定した時に矛盾が起こる」ことを通して、その命題の正しさを示す証明の手法である。ここでは、 h' というヌケ (の最小値) があったと仮定し、矛盾を導く流れが作られている。

下図は、証明で使われている変数のイメージである。もしも途中でヌケがあったら、それもハミング数なので、その最小値 h' を $h' = 2^i 3^j 5^k$ と置く。



ここでは素因数 2 に着目して議論する。もしも、 $h' = 2^i 3^j 5^k$ が存在したら、2 をかけて h' になる（すなわち $2^{i+1} 3^j 5^k$ となる） h'' が存在するはずである。したがって、 $h'' = h_s$ となる s が存在する。この s と、アルゴリズム終了時の変数 p の値 p' の大小によって場合分けを行う。

$p' > s$ の場合：

$n=10000$ 個ではわかりにくいので、 $n=15$ 個でヌケが 18 だったとして話を進める。次の図のように考えてみる。

h''													h'	
h _n	h1	h2	h3	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12	h14	h15
	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	20	24

													p'		
p	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8	9	10	11
q	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	5	5		6	7
r	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	4	4		5	5

i	0	1	0	2	0	1	3	0	1	2	0	4	2	3
j	0	0	1	0	0	1	0	2	0	1	1	0	0	1
k	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0

その時点のP										1
										2
										0

この状況で問題文の記号と対応させると、以下のようになる。

$$p' = 11$$

$$h' = 18 = 2^1 3^2 5^0$$

$$h' = 2^0 3^2 5^0, \text{ すなわち } h_s = h_8 \text{ (} s=8 \text{)}$$

問題文を読み替えてみると、

「 p の値は 1 つずつしか増えていないので、繰り返し中の p の値が 8 で命令 C が実行されたことがあるはずである。すると、その時点での h_n の値は、

$2h_8 = 2h_8 = \underline{2h'} = h'$ (p も s も 8 になる) であるから、 h' が $h_1, h_2, h_3, \dots, h_{15}$ に含まれないという仮定に反する (α)。]

「その時点 (命令 B)」というのが「 $p=8$ 」の時であり、(命令 C) が実行されることで「 $p=9$ 」となる。このとき、 h' は $h_1, h_2, h_3, \dots, h_{15}$ に含まれたことになるため、仮定に反することになる。

$p' \leq s$ の場合：

「命令 B で $2h_p$ が最小になった場合」と「命令 B で $2h_p$ が最小でなかった場合」で、それぞれに矛盾を導いている。ここで問われているのは、(命令 B) が最後に実行されるときの h_n と p' との関係である。

下の図は例として $n=15$ と $n=16$ の時を比較している。

$n=15$ のときは、偶数であるため (命令 C) が実行されて p が 1 増えて終わる。そのため、偶数かどうかを判断する (命令 B) では $h_{10000} = \underline{2h_{p-1}}$ である。

一方、 $n=15$ のときは、奇数であるため (命令 C) は実行されない。 p は加算されないため、 $h_{10000} = \underline{2h_p}$ である。

n=15の場合					n=16の場合				
h_n	...	h_{14}	h_{15}		h_n	...	h_{15}	h_{16}	
	...	20	24			...	24	25	
				p'					p'
p	...	10	11		p	...	11	11	
q	...	6	7		q	...	7	7	
r	...	5	5		r	...	5	6	
処理Cが実行される					処理Cは実行されない				

-----環境情報学部の解説はここまで-----

情報-I

(ア)	(1)	4
	(2)	5
	(3)	3
	(4)	3
(イ)	(5)	2
	(6)	5
	(7)	1
	(8)	4
	(9)	1
(ウ)	(10)	5
	(11)	2
	(12)	5
(エ)	(13)	3

情報-II

(ア)	(14) (15) (16)	256
	(17)	8
(イ)	(18)	2
(ウ)	(19) (20) (21)	002
(エ)	(22)	2

情報-III

(ア)	(23) (24) (25)	2. 40
	(26) (27) (28)	2. 50
	(29) (30) (31)	2. 47
(イ)	(32)	0
	(33)	1
	(34)	9
	(35)	0

	(36)	1
	(37)	1
	(38)	0
	(39)	0
	(40)	1
	(41)	9
	(42)	9
	(43)	9
	(44)	0

情報-IV

(ア)	(45) (46)	11
	(47) (48)	14
	(49) (50)	20
	(51) (52)	15
	(53) (54)	17
	(55) (56)	19

情報-V

(ア)	(65) (66)	36
(イ)	(67)	1
(ウ)	(68) (69)	11
	(70) (71)	15
	(72) (73)	17
	(74) (75)	20
	(76) (77)	19