



2020 応用情報技術者

午後問題の 重点対策

過去掲載
午後記述式問題



演習問題 ● Exercise

問1 旅行予約サイトの脆弱性に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

(H20 秋・SW 午後 I 問 3)

システム開発会社である A 社は、旅行代理店 B 社の旅行予約サイトの受託開発を行っている。B 社は、旅行予約サイトのプログラムのセキュリティ診断を、第三者である C 社に依頼した。その結果、幾つかの脆弱性が指摘された。特に、リスクの高い脆弱性が予約確認にかかわる処理にあることが分かった。

〔B 社旅行予約サイトの概要〕

B 社の旅行予約サイトは、事前に登録した会員だけが利用できる。利用者である会員は、B 社の旅行予約サイトにアクセスして、ツアーの予約を行う。予約の際は、ホテルと航空券の手配、及び旅程表のメール通知のために、参加者の個人情報（氏名、性別、年齢、メールアドレス）を入力する。予約を完了すると、予約を一意に識別する予約 ID（アルファベット 2 けたと数字 7 けた）が発行される。

旅行予約サイトのプログラムはすべて B 社の Web アプリケーションサーバ（以下、Web/AP サーバという）に配置されており、利用者は PC のブラウザを使ってこのサイトにアクセスする。B 社の Web/AP サーバに配置されたプログラムは、PC のブラウザからの HTTP リクエストを基に DBMS の検索処理を行い、HTML 文書として表現した画面の表示内容を HTTP レスポンスとしてブラウザに返す。

〔予約確認〕

利用者が予約内容を確認する際は、予約内容を検索する“予約内容検索処理”と、その予約に含まれる参加者を検索する“参加者検索処理”を利用する（図 1）。

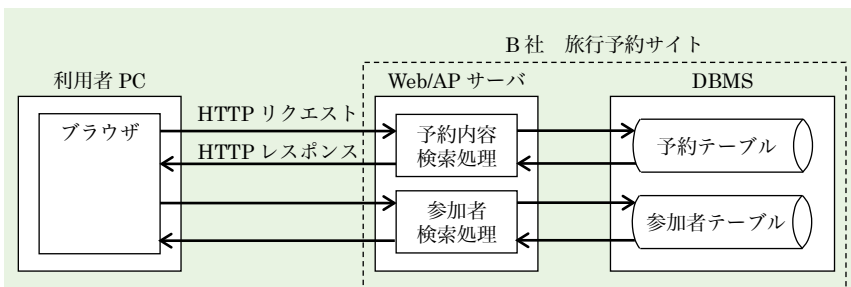


図1 予約確認にかかわる処理の概要

予約確認は、予約一覧画面、予約内容確認画面及び参加者一覧画面の3画面を利用して行う。予約確認における画面遷移の例を、図2に示す。

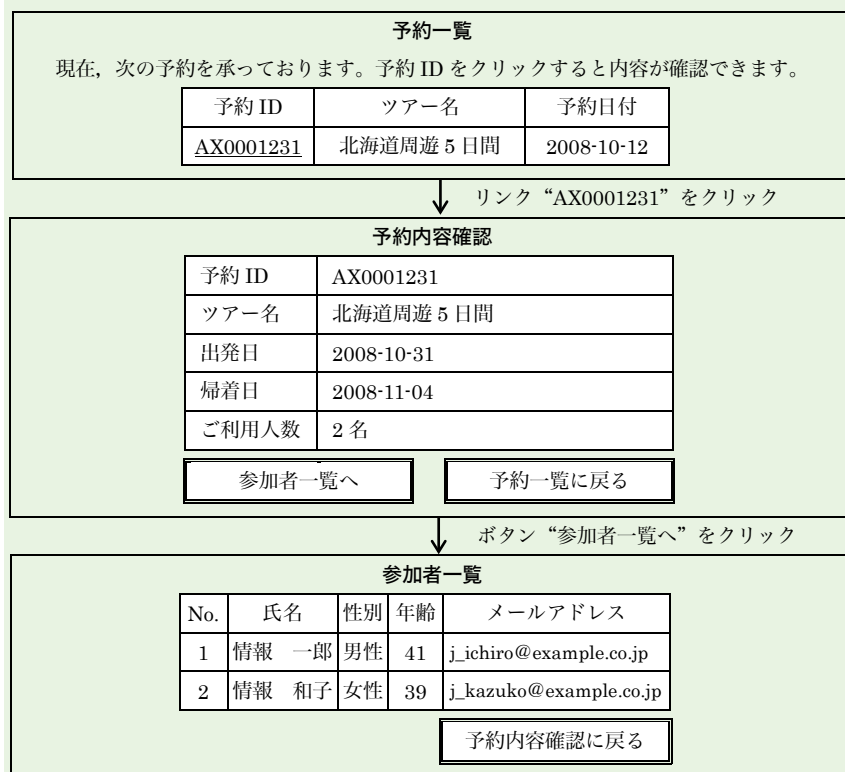


図2 予約確認の画面遷移の例

〔C 社が指摘した予約確認の脆弱性〕

C 社は、HTTP リクエストを捕そく・編集・送信できるツールを用いた次のような手順で、予約確認の脆弱性を突いた攻撃を受ける可能性がある」と指摘した。

- (1) 利用者がシステムにログインして、予約一覧画面を表示する。
- (2) 予約一覧画面に表示された予約IDを選択し、予約内容確認画面を表示する。
- (3) 予約内容確認画面のボタン“参加者一覧へ”をクリックする。
- (4) (3)の時点で攻撃側がツールで捕そくした HTTP リクエストを次のように改ざんし、Web/AP サーバへ送信する。

元の値	パラメタ名：予約 ID 値：AX0001231
改ざん後の値	パラメタ名：予約 ID 値：AX0001231' OR 'A'='A

この結果、参加者一覧画面で a という現象が起こる。

〔A 社が開発したプログラムの仕様〕

B 社は、C 社から指摘された脆弱性が含まれるプログラムの仕様を提示するように、A 社に依頼した。A 社は予約確認のプログラム仕様を確認して、指摘された脆弱性が発見された参加者検索処理の流れ図を提示した。A 社から提示された参加者検索処理の流れ図を図 3 に示す。

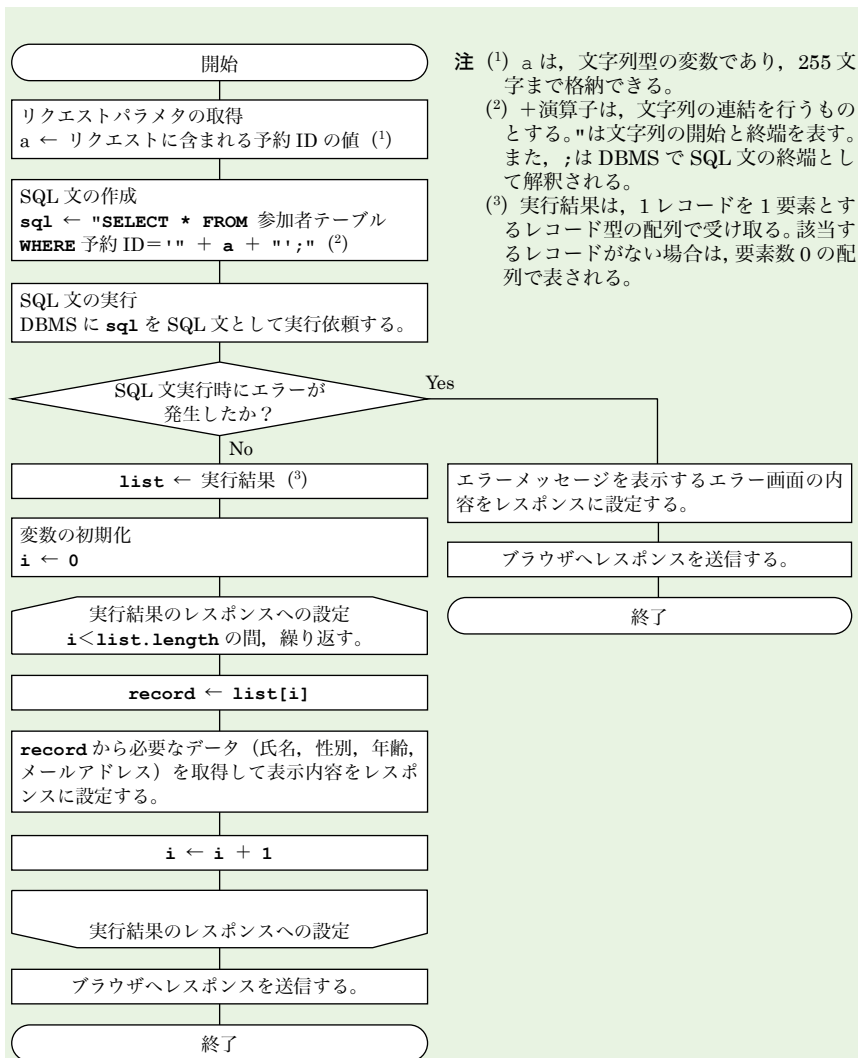


図 3 参加者検索処理の流れ図

設問 1 C 社が指摘した攻撃手順を実施した場合に、図 3 の流れ図で、DBMS に実行依頼される SQL 文を記述せよ。

設問 2 本文中の a に入れる適切な内容を 30 字以内で述べよ。

設問3 「C社が指摘した予約確認の脆弱性」に対する対策として有効なものを、解答群の中から二つ選び、記号で答えよ。

解答群

- ア SQL文作成時に文字列連結演算子を使用せず、プリペアドステートメント（プレースホルダと値埋込みAPI）を使用してSQL文を組み立てる。
- イ SQL文作成時に予約IDの値をチェックして、アルファベットと数字以外が含まれている場合は、エラー画面を表示する。
- ウ ブラウザとWeb/APサーバとの通信をHTTPSで行う。
- エ プログラムが利用するDBMSのユーザアカウントには、テーブルの参照だけが可能な権限を設定する。
- オ 利用者PCにウイルス対策ソフトを導入し、最新のパターンファイルでウイルスチェックを実施する。

【解説】

旅行予約サイトを題材にしたSQLインジェクションによる攻撃とその防御対策に関する問題である。SQLだけではなく、SQLインジェクションの意味を知っておく必要がある。

設問1と設問2は、それぞれ攻撃時に実行されるSQL文とその実行結果を答えるが、基本的な内容である。設問3は、Webアプリケーションの実際的な仕組みを知っている必要があるかもしれない。知識がない場合には解くのは難しいと思われる、難易度はやや高い。

[設問1]

図3の流れ図で、DBMSに実行依頼されるSQL文を答える。図3にはこの処理のフローチャートが詳しく記載されているので、文字列の開始と終了を意味する区切り文字（"），文字列の連結を意味する演算子（+）を理解していれば、正解を導ける。実際には「SQL文の作成」という処理のところで、次の三つの文字列が連結されて、sqlという変数に代入されていることが分かる。

```
SELECT * FROM 参加者テーブル WHERE 予約ID = '
                                ……左側の"と"の間の文字列
AX0001231' OR 'A'='A          ……改ざん後のリクエストパラメタの値
';                             ……右側の"と"の間の文字列
```

[設問2]

空欄 a に入れる内容を解答する。

改ざんされたパラメタの値を入れた SQL 文が実行されると、WHERE 句における OR 'A'='A' という条件は常に真なので、他の条件（予約 ID='AX0001231'）の真偽にかかわらず、すべてのレコードが条件にあったものとして選択されてしまう。このプログラムでは条件にあったレコードを表示しているので、結果として参加者テーブル内のすべての会員情報が画面上に表示され、重要な情報漏えいが発生してしまう。このようにプログラム作成者の意図しない SQL 文を構築して、SQL データベースを不正に操作する攻撃は SQL インジェクション（SQL injection）と呼ばれ、入力変数に SQL 文を挿入（injection）することで、通常はアクセスできないデータベースのテーブルを選択（SELECT）したり、削除（DELETE）したり、あるいは変更（UPDATE）できたりするので、十分な注意が必要である。

[設問3]

〔C 社が指摘した予約確認の脆弱性〕の対策として有効なものを解答群から二つ選ぶ。

SQL インジェクションによる脆弱性を解消するには、SQL 文のパラメタとして解釈される部分に SQL 命令が挿入されることを防ぐ必要がある。プリペアドステートメントは、その名のとおり、あらかじめ解析・コンパイルされた状態で「用意された」（プリペアド）SQL 命令のことである。通常の SQL 命令を実行する場合、与えられた SQL 文は「解析→コンパイル→実行」という手順を踏まなければならないが、プリペアドステートメントでは「解析→コンパイル」の手順をあらかじめ用意しておき、実行時に必要なパラメタを渡すだけで実行できる。このため、高速に実行できるとともに、パラメタは SQL 文に渡されるデータとしてのみ解釈されるので、意図しない SQL 文の混入を防げるという特徴がある。したがって、(ア)は有効な対策の一つである。なお、プリペアドステートメントは概念的には標準 SQL の埋込み型 SQL の一つである動的 SQL と似ているが、SQL そのものの機能ではない。もう一つ、類似のものにストアードプロシージャがあるが、ストアードプロシージャはあらかじめデータベース側に格納しておくものであり、プリペアドステートメントは JDBC などデータベースを呼び出す側が準備するものである。

また、SQL インジェクションによる脆弱性対策としては、SQL 文の実行前に変数の内容のチェックを行い、変数内に SQL 文などが含まれないようにしたり、SQL でコマンドの区切り記号などに利用される特殊文字は、無効な文字で置換する（エスケープ）処理を行ったりすることも有効である。したがって、(イ)も有効な対策

である。

その他の方法には次のような問題があるので、有効な対策とはならない。

ウ：HTTPS による通信経路上での暗号化がされていても、中間者（Man-In-The-Middle）攻撃では、攻撃者がクライアントとサーバとの通信の間に割り込み、クライアントに対してはサーバになりすまし、サーバに対してはクライアントになりすまして、本来のクライアントとサーバ間の通信を中継する。このため、HTTPS での暗号化と復号は、クライアントと攻撃者間、及び攻撃者とサーバ間で実施されるので、通信文（SQL 文）の捕捉・編集・転送が可能となる。この方法は攻撃手法だけでなく、Web アプリケーションのテストツールとしてもよく利用されているものである。例えば、Burp Proxy (<http://portswigger.net/>) などがその例である。

エ：設問における SQL 文では全レコードを参照している（削除や更新ではない）ので、参照権限の設定では不正 SQL 文の実行を防げない。

オ：設問では HTTP リクエストを捕捉・編集・送信できるツールを利用する手順が指摘されているが、ウイルスチェックではこれらのツール利用による攻撃を防げない。

【解答例】

[設問 1] `SELECT * FROM 参加者テーブル WHERE 予約 ID = 'AX0001231' OR 'A'='A';`

[設問 2] システムに登録されているすべての参加者が表示される。

＜別解＞

ほかのツアーの参加者も表示される。

[設問 3] ア, イ

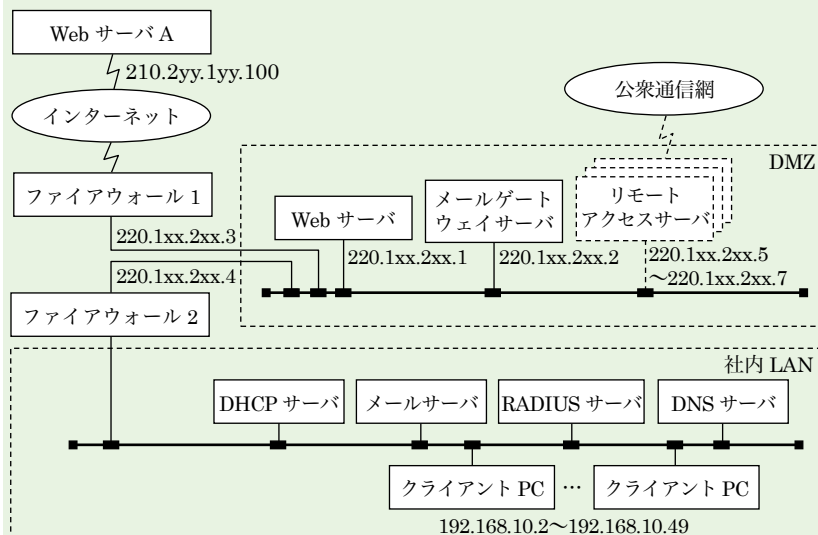


演習問題 ● Exercise

問2 ファイアウォールの設定に関する次の記述を読んで、設問1～4に答えよ。

(H21 春・AP 午後問9)

Q社のネットワーク構成を図1に示す。なお、図中のリモートアクセスサーバは、現在はまだ設置されていない。また、WebサーバAは、外部のサーバである。



注 210.2yy.1yy.100 及び 220.1xx.2xx.1～220.1xx.2xx.7 は IP アドレスである。

図1 Q社のネットワーク構成

Q社では、次の情報セキュリティポリシーに基づいて、ファイアウォールの設定などを行っている。

〔情報セキュリティポリシー〕

- ・インターネットからは、自社の Web サーバ及びメールゲートウェイサーバあての通信のほか、社内 LAN からインターネット上の Web サーバを参照したときの応答の通信を通過させる。
- ・社内 LAN からは、電子メールを送受信するための通信及びインターネット上の Web サイトを参照するための通信だけを許可する。
- ・インターネットへ送信する電子メールは、メールサーバからメールゲートウェイサーバを経由して送信される。また、インターネットから受信した電子メールはメールゲートウェイサーバを経由し、直ちにメールサーバに転送される。
- ・ファイアウォール 1 及び 2 のアクセスログを毎日チェックし、異常なアクセスがあれば、その対応策を検討するとともに、ファイアウォールの設定変更などを行う。

ファイアウォール 1 及び 2 における通信制御のための設定は、次のとおりである。

〔ファイアウォール 1 の設定〕

(1) 静的パケットフィルタリング機能

インターネットから a への通信、及び社内 LAN からインターネットへの通信は、いずれも送信先 IP アドレス、送信先ポート番号及びプロトコルを参照して、アクセスを制御している。また、b から社内 LAN への通信は、次の動的パケットフィルタリング機能によって通過させるもの以外、すべて遮断する。

(2) 動的パケットフィルタリング機能

社内 LAN 上のクライアント PC から、TCP を使ったインターネット上の Web サイト参照に関しては、フィルタリングテーブルが表のように設定されている。クライアント PC から図 1 の Web サーバ A を参照した際の応答のパケットを通過させるために、例えばクライアント PC (192.168.10.5) からフィルタリングテーブルの行番号 10 によって許可されるパケットを送信すると、動的パケットフィルタリング機能では行番号 10 と行番号 20 の間に行番号 15 の行を挿入する。行番号 15 の行は、TCP セッションの終了パケット受信後に削除する。

表 フィルタリングテーブル (抜粋)

番号	向き	送信元 IP アドレス	送信先 IP アドレス	プロトコル	送信元 ポート番号	送信先 ポート番号	処理
10	OUT	e	anywhere	TCP	any	80	許可
20	OUT/IN	anywhere	anywhere	TCP	80	any	遮断
15	IN	d	220.1xx.2xx.4	TCP	80	1024	許可

注 anywhere は任意の IP アドレス, any は任意のポート番号, “OUT/IN” は OUT と IN のいずれかを, それぞれ意味している。

(3) ステートフルインスペクション機能

社内 LAN からインターネット上のサイトを参照したときの応答の
パケットを通過させる際に, パケットの順番を管理する TCP ヘッダ
のシーケンス番号の妥当性を確認して通過させる。これによって,
e の脅威からネットワークを防御する。

[ファイアウォール 2 の設定]

(1) 静的パケットフィルタリング機能

メールゲートウェイサーバとメールサーバの間の通信は, 双方向と
も許可する。それ以外の通信は, f 及び DMZ 上のサーバか
ら g へは, 次の動的パケットフィルタリング機能によって
通過させるもの以外, すべて遮断し, g からは, いずれも送
信先 IP アドレス, 送信先ポート番号及びプロトコルを参照して許可
するか遮断するかを決定する。

(2) 動的パケットフィルタリング機能

ファイアウォール 1 の設定と同様の設定を適用する。

(3) IP アドレスの変換機能

社内 LAN からインターネットへの同時複数通信を可能にするため
に, NATP を利用して, プライベート IP アドレスからグローバル IP
アドレスへ変換する。これは, グローバル IP アドレス数の不足を解
消するとともに, h という効果も実現している。

〔アクセスログの監視記録〕

アクセスログを基に、ある日にファイアウォール 1 で遮断された通信を送信元 IP アドレス別に分析し、図 2 のようなレポートを作成した。この結果から、 の危険性が認められるので、ファイアウォールの設定を直した。

送信元 IP アドレス	送信先 IP アドレス	プロトコル	送信先ポート番号	受信件数
220.2zz.1zz.40	220.1xx.2xx.1	TCP	1	210
220.2zz.1zz.40	220.1xx.2xx.1	TCP	2	212
220.2zz.1zz.40	220.1xx.2xx.1	TCP	3	211
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
220.2zz.1zz.40	220.1xx.2xx.1	TCP	65534	211
220.2zz.1zz.40	220.1xx.2xx.1	TCP	65535	210

図 2 アクセスログ分析レポート

〔携帯電話を経由したリモートアクセス接続計画〕

Q 社では、営業活動の効率を上げるために、営業員にノート PC を携帯させ、携帯電話を経由して社内 LAN にアクセスできる環境を構築することを計画している。その際のセキュリティ対策は、次のとおりである。

- ・複数の営業員からの同時接続を可能にするために、ダイヤルアップ接続に利用するリモートアクセスサーバを DMZ に 3 台設置する。同サーバには認証機能をもたせず、社内 LAN に設置されている で認証を行う。これによって、認証情報の安全性を確保するとともに、 を可能にする。
- ・ファイアウォール 2 では、リモートアクセスサーバと 及びリモートアクセスを許可された社内 LAN 上のサーバとの通信を許可するように、パケットフィルタリングの設定を追加する。

設問 1 本文中の , , , に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。解答は重複して選んでもよい。

解答群

ア DMZ イ インターネット ウ 社内 LAN

設問 2 本文中の , , に入れる適切な字句

を答えよ。なお、 には、図 1 中にあるサーバの名前が入る。

設問3 本文中の には、社内 LAN のセキュリティを維持するのに有効な機能に関する字句が、 には、 が果たすべき役割に関する字句がそれぞれ入る。 に入れる適切な字句を 30 字以内で、 に入れる適切な字句を 20 字以内で答えよ。

設問4 本文中の と に入れる攻撃手法を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- | | |
|------------------|----------------|
| ア IP スプーフィング | イ SQL インジェクション |
| ウ クロスサイトスクリプティング | エ パスワードクラッキング |
| オ ポートスキャン | |

【解説】

この問題は、パケットフィルタリングのほか、NAPT、RADIUS サーバ、攻撃手法など、幅広い観点からの出題である。特に、パケットフィルタリングでは、静的フィルタリングと動的フィルタリングの違い、ステートフルインスペクションの機能までも問われているので、正確な技術知識を有していることが要求される。また、RADIUS サーバが持つ機能については、認証機能や課金機能のほか、アクセスサーバを複数台、設置したとき、認証情報を一元的に管理できることなどについても理解しておきたい。なお、パケットフィルタリングについては、従来、静的フィルタリングに関するものが多かったが、平成 21 年春の応用情報技術者試験で、動的フィルタリング、ステートフルインスペクションまで適切な内容で出題されたことは、技術の正確な理解を深める意味においても、大いに評価できるといえる。

〔設問1〕

空欄 a, b は、[ファイアウォール 1 の設定]の「インターネットから への通信、及び社内 LAN からインターネットへの通信は、いずれも送信先 IP アドレス、送信先ポート番号及びプロトコルを参照して、アクセスを制御している。また、 から社内 LAN への通信は、次の動的パケットフィルタリング機能によって通過させるもの以外、すべて遮断する」という記述の中にある。また、[情報セキュリティポリシー]では、「インターネットからは、自社の Web サーバ及びメールゲートウェイサーバへの通信のほか、社内 LAN からインターネット上

の Web サーバを参照したときの応答の通信を通過させる」と記述されている。

図 1 の「Q 社のネットワーク構成」では Web サーバ及びメールゲートウェイサーバは DMZ に設定されているので、インターネットから DMZ への通信は、許可することが必要になる。したがって、空欄 a には DMZ (ア) が入る。また、「社内 LAN からインターネット上の Web サーバを参照したときの応答の通信を通過させる」とあるので、空欄 b には、インターネット (イ) が入る。

空欄 f, g は、[ファイアウォール 2 の設定] の「メールゲートウェイサーバとメールサーバの間の通信は、双方向とも許可する。それ以外の通信は、f 及び DMZ 上のサーバから g へは、次の動的パケットフィルタリング機能によって通過させるもの以外、すべて遮断し、g からは、いずれも送信先 IP アドレス、送信先ポート番号及びプロトコルを参照して許可するか遮断するかを決定する」という記述の中にある。また、[情報セキュリティポリシー] では、「社内 LAN からは、電子メールを送受信するための通信及びインターネット上の Web サイトを参照するための通信だけを許可する」と記述されている。このため、インターネット及び DMZ から、社内 LAN への通信は、動的パケットフィルタリング機能によって通過させるもの以外、すべて遮断する必要がある。したがって、空欄 f, g には、それぞれインターネット (イ)、社内 LAN (ウ) が入る。

[設問 2]

表の「フィルタリングテーブル (抜粋)」は、ファイアウォール 1 の動的パケットフィルタリングに関するものである。社内 LAN のクライアント PC から、インターネット側にある Web サーバにアクセスするには、まず、ファイアウォール 2 でグローバル IP アドレスの“220.1xx.2xx.4”にアドレス変換される。これは、[ファイアウォール 2 の設定] の「(3) IP アドレスの変換機能」で「社内 LAN からインターネットへの同時複数通信を可能にするために、NAPT を利用して、プライベート IP アドレスからグローバル IP アドレスへ変換する」と記述されていることから確認できる。このため、ファイアウォール 1 のルールとして、“220.1xx.2xx.4”を送信元 IP アドレスとし、送信先ポート番号が“80”の IP パケットは通過を許可する必要がある。したがって、空欄 c には“220.1xx.2xx.4”が入る。

次に、この IP パケットが、Web サーバ A にアクセスし、TCP コネクションが確立されると、行番号 15 のルールが追加される。このルールについては、送信元 IP アドレスが Web サーバ A (210.2yy.1yy.100)、送信先 IP アドレスがファイアウォール 2 (220.1xx.2xx.4) となる。したがって、空欄 d には“210.2yy.1yy.100”が入る。

空欄 j は、〔携帯電話を経由したリモートアクセス接続計画〕の「複数の営業員からの同時接続を可能にするために、ダイヤルアップ接続に利用するリモートアクセスサーバを DMZ に 3 台設置する。同サーバには認証機能をもたせず、社内 LAN に設置されている j で認証を行う」という記述の中にある。図 1 の社内 LAN に設定されているサーバのうち、認証機能を持つサーバは、RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) サーバである。したがって、空欄 j には“RADIUS サーバ”が入る。

[設問 3]

空欄 h には、NAPT (Network Address Port Translation) を利用することによって、社内 LAN のセキュリティを維持するのに有効な機能に関する字句が入る。NAPT を利用すると、インターネット側に流れる IP アドレスは、NAPT を行った装置の IP アドレスだけとなり、社内 LAN 上にある機器の IP アドレスが外部ネットワークに流れていかない。このため、社内 LAN のセキュリティを維持するのに有効であるといわれている。したがって、空欄 h には「社内 LAN 上にある機器のアドレス情報を隠す」旨の字句を入れることができる。

空欄 k は、「複数の営業員からの同時接続を可能にするために、ダイヤルアップ接続に利用するリモートアクセスサーバを DMZ に 3 台設置する。同サーバには認証機能をもたせず、社内 LAN に設置されている RADIUS サーバで認証を行う。これによって、認証情報の安全性を確保するとともに、 k を可能にする」という記述の中にある。仮に、リモートアクセスサーバで認証を行った場合、リモートアクセスサーバは公衆通信網から直接、アクセスされるので、認証情報の安全性が確保できないばかりか、認証情報が変更になったりすると、3 台とも修正する必要がある。しかし、RADIUS サーバで認証を行えば、RADIUS サーバにアクセスできるのは、リモートアクセスサーバに限定できるほか、認証情報の変更についても、RADIUS サーバで変更すればよいので、認証情報の一元的な管理ができることになる。したがって、空欄 k には「認証情報の一元的な管理」などの字句を入れることができる。

[設問 4]

動的パケットフィルタリングでは、TCP コネクションが確立している間、送信元 IP アドレスが一致すれば、応答パケットを通過させる。このため、攻撃者が IP パケットを盗聴し、その送信元 IP アドレスに設定されている IP アドレスを使用すれば、ファイアウォールを通過してしまう。そこで、応答パケットを通過させる際に、

パケットの順番を管理する TCP ヘッダのシーケンス番号の妥当性を確認して通過させるというステートフルインスペクション機能が用いられる。このため、ステートフルインスペクション機能によって防御できる攻撃は、偽の IP アドレスを使用する IP スプーフィングということになる。したがって、空欄 e には IP スプーフィング (ア) が入る。

図 2 の「アクセスログ分析レポート」を見ると、送信元と送信先 IP アドレスが同一で、しかも、送信先ポート番号が 1 から 65535 まで連続的に変化させてアクセスしている。これは、送信先でどのようなポートが開いている（どのようなサービスが行われている）かを調べるポートスキャンと呼ばれる攻撃手法である。したがって、空欄 i にはポートスキャン (オ) が入る。

【解答例】

[設問 1] (a) ア (b) イ (f) イ (g) ウ

[設問 2] (c) 220.1xx.2xx.4 (d) 210.2yy.1yy.100 (j) RADIUS サーバ

[設問 3] (h) 社内 LAN 上にある機器のアドレス情報を隠ぺいする
(k) 認証情報の一元的な管理

[設問 4] (e) ア (i) オ



演習問題 ● Exercise

問3 Webシステムの性能評価に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

(H22 秋・AP 午後問 4)

P 社は、社内業務システム（以下、本システムという）を開発中である。本システムは、社内にあるクライアントからのリクエストを受信すると、リクエストに応じた処理を行い、処理結果をリクエスト元のクライアントに返す Web システムである。その際、必要に応じてデータベースサーバ（以下、DB サーバという）にアクセスする。システム構成を図に示す。

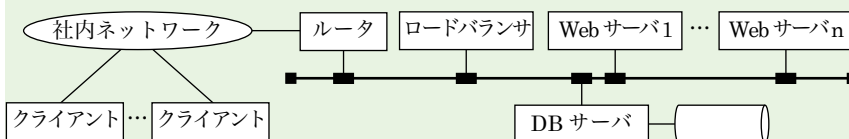


図 システム構成

クライアントからのリクエストは、Web サーバ上のリクエストキューにいったん入れられ、そこから業務スレッドに渡されて処理が行われる。Web サーバの設定で業務スレッド数を指定することができ、業務スレッドが複数存在する場合は、並行して処理が行われる。本システムの性能要件は、最大スループットが 60 件/秒で、そのときの平均応答時間が 0.5 秒以内である。

Web サーバの必要台数を、次の手順で決定することにした。

- ① プロトタイププログラムを作成して負荷テストを実施し、リクエスト 1 件当たりの平均処理時間と、Web サーバ 1 台当たりの業務スレッド数の最適値を求める。
- ② ①の結果と待ち行列理論を用いて、Web サーバの必要台数を算出する。

〔プロトタイプによる計測〕

Web サーバ 1 台、DB サーバ、テスト用クライアントの構成で、テスト用クライアント上の負荷テストツールから、Web サーバへリクエストを送信して、処理時間を計測する。処理時間は、リクエストが業務スレッドに渡された時点から、業務スレッドが処理結果をテスト用クライアントに返す直前までを計測する。Web サーバの設定で、業務スレッド数を 1 から順に増加させ

て、最適値を求める。このとき、業務スレッドがアイドル状態にならないように、負荷テストツールから十分な数のリクエストを送信する。

計測結果を表 1 に示す。この結果から、Web サーバ 1 台当たりの業務スレッド数の最適値は 4 で、そのときの平均処理時間は 0.2 秒であることが分かった。

表 1 プロトタイプでの計測結果

Web サーバの業務スレッド数		1	2	3	4	5	6
平均処理時間 (秒)		0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6
Web サーバ	OS 以外の CPU 使用率 (%)	10	20	30	40	5	5
	メモリ使用率 (%)	24	48	72	96	100	100
	ディスク入出力 (M バイト/秒)	0	0	0	0	10	10
DB サーバ	OS 以外の CPU 使用率 (%)	3	5	8	10	2	2
	メモリ使用率 (%)	20	20	20	20	20	20
	ディスク入出力 (M バイト/秒)	5	10	15	20	3	3

〔待ち行列理論による算出〕

計測結果から、Web サーバの業務スレッド数を 4 に設定することにした。この状態は、サービス窓口が四つの待ち行列モデルに相当し、M/M/4 モデルを用いて解析できる。窓口数が 4 で、平均処理時間を 1 に正規化した場合の窓口利用率と平均待ち時間の関係を表 2 に示す。

ここで、窓口利用率＝平均到着率×平均処理時間／窓口数 とする。

表 2 窓口数 4 の場合の正規化した平均待ち時間

窓口利用率	平均待ち時間	窓口利用率	平均待ち時間
0.05	0.000	0.55	0.126
0.10	0.000	0.60	0.179
0.15	0.001	0.65	0.253
0.20	0.003	0.70	0.357
0.25	0.007	0.75	0.509
0.30	0.013	0.80	0.746
0.35	0.023	0.85	1.149
0.40	0.038	0.90	1.969
0.45	0.058	0.95	4.457
0.50	0.087	0.98	11.950

ネットワーク上の転送時間は無視し、DB サーバでの処理時間は平均処理時間に含まれるものとして、Web サーバが1台、スループットが18件/秒の場合を考える。このとき、平均到着率は18件/秒、平均処理時間は0.2秒、窓口数は4なので、窓口利用率は となる。表2から、窓口利用率が で、平均処理時間が1の場合の平均待ち時間は であるので、平均処理時間が0.2秒の場合の平均待ち時間は 秒となり、平均応答時間は 秒となる。

次に、本システムの性能要件を満たす、Web サーバの最小必要台数を考える。

本システムのロードバランサは、システム全体での平均到着率を λ とすると、Web サーバが n 台の場合、1台当たりの平均到着率が λ/n となるようにリクエストをWeb サーバに振り分ける。ロードバランサのオーバーヘッドは無視するものとする。

本システムの最大スループットは60件/秒であるので、Web サーバが 台の場合、Web サーバ1台当たりの平均到着率は 件/秒となる。そして、窓口利用率は で、平均応答時間は 秒となり、性能要件である平均応答時間0.5秒以内を満たしている。

設問1 本文中の ～ に入れる適切な数値を答えよ。答えは、小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めよ。

設問2 本文中の に入れる最小の整数を答えよ。

また、そのとき ～ に入れる適切な数値を答えよ。答えは、小数第3位を四捨五入して小数第2位まで求めよ。

設問3 表1のプロトタイプでの計測結果から、業務スレッド数を5又は6にした際に、Web サーバでどのような現象が発生していると推測できるか。その現象名を解答群の中から選び、記号で答えよ。また、このWeb サーバにどのような改善を施せば、その現象が発生しなくなるかを10字以内で述べよ。

解答群

- | | |
|--------------|--------------|
| ア ガーベジコレクション | イ スイッチング |
| ウ スラッシング | エ フラグメンテーション |
| オ メモリリーク | |

【解説】

待ち行列を使用した性能評価問題である。待ち行列の数が 1、窓口数が 4 の場合のモデルである、M/M/4 の待ち行列が出題されているが、基本的な M/M/1 の待ち行列モデルの知識があれば、解答できる問題である。

まずは、よく出題される M/M/1 の待ち行列モデルの公式について整理しておく。

- ・平均到着時間間隔 (Tr)：待ち行列に到着する時間間隔の平均である。
- ・平均到着率 (λ ；ラムダ)：Tr の逆数である。

$$\lambda = 1 / \text{Tr}$$

- ・平均処理時間 (Tp)：平均サービス時間。窓口（システム）で処理が行われる時間の平均である。
- ・平均サービス率 (μ ；ミュー)：Tp の逆数である。

$$\mu = 1 / \text{Tp}$$

- ・窓口の利用率 (ρ ；ロー)：システムの利用率。注意する点は、 ρ は 1 より小さいことをチェックすることである。もし、 ρ が 1 を超えると、待ち行列が長くなり、最悪の場合、システムはダウンしてしまう。そのため、 ρ が 1 を超えた場合、前提条件や ρ の計算を間違っていないかを確認する。

$$\rho = \lambda / \mu$$

これを、Tr と Tp で表現すると次のようになる。

$$\rho = \text{Tp} / \text{Tr}$$

- ・平均待ち時間 (Tw)：待ち行列の中に並んで、じっと待っている時間である。処理中の時間、又はサービスを受けている時間 (Tp) を含まない。

$$(\text{Tw}) = \rho / (1 - \rho) \times \text{Tp}$$

- ・平均応答時間 (Ts)：待ち行列の中で待つ、サービスを完了するまでの平均時間。

平均応答時間はサービス中を含む待ち時間でもある。

平均応答時間＝サービス中を含む平均待ち時間

＝（純粋な）平均待ち時間＋平均処理時間

$$(\text{Ts}) = \text{Tw} + \text{Tp} = \rho / (1 - \rho) \times \text{Tp} + \text{Tp} = 1 / (1 - \rho) \times \text{Tp}$$

$$= \text{Tp} / (1 - \rho)$$

この問題では、M/M/4 が出題されているが、表 2「窓口数 4 の場合の正規化した平均待ち時間」を使用することによって、平均待ち時間や平均応答時間を求めることができる。

〔設問 1〕

設問 1 では、〔プロトタイプによる計測〕の結果を受けて、Web サーバが 1 台で、業務スレッド数が 4 の場合の、平均待ち時間と平均応答時間を M/M/4 モデルを適用して求めている。なお、スループットは 18 件/秒の場合であり、平均到着率も 18 件/秒と与えられている。

- ・空欄 a：窓口利用率が入る。〔待ち行列理論による算出〕に窓口利用率の求め方が示されている。

$$\text{窓口利用率} = \text{平均到着率} \times \text{平均処理時間} / \text{窓口数}$$

この式に必要な値を代入して求めればよい。平均到着率の 18 件/秒、平均処理時間の 0.2 秒、窓口数の 4 を代入すると、次のようになる。

$$\text{窓口利用率} = 18(\text{件/秒}) \times 0.2(\text{秒}) / 4 = 0.9$$

「小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ」と設問文にあるので注意する。よって、0.90 となる。

- ・空欄 b：平均処理時間が 1 の場合の平均待ち時間が入る。この時間は、表 2 の窓口利用率=0.90 の行に示されているので、簡単に 1.969 と求めることができる。「小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ」と設問文にあるので、1.97 となることに注意する。
- ・空欄 c：平均処理時間が 0.2 秒の場合の平均待ち時間が入る。表 2 は、「窓口数が 4 で、平均処理時間を 1 に正規化した場合の窓口利用率と平均待ち時間の関係」である。したがって、(b)で、表 2 から求めた平均待ち時間は、あくまでも平均処理時間が 1 の場合の時間である。平均処理時間が 0.2 秒の場合の平均待ち時間は、表 2 で求めた平均待ち時間を 0.2 秒/1 秒で掛けて補正する必要がある。よって、 $1.97 \times 0.2 / 1 = 0.394$ となるが、「小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ」と設問文にあるので、答えは 0.39 となる。
- ・空欄 d：平均応答時間が入る。M/M/1 の例で解説したように、次の式が成り立つ。

$$\text{平均応答時間} = \text{平均待ち時間} + \text{平均処理時間}$$
 平均待ち時間の 0.39、平均処理時間の 0.2 をそれぞれ代入する。

$$\text{平均応答時間} = 0.39 + 0.2 = 0.59$$
 よって、0.59 となる。

[設問 2]

本システムの性能要件を満たすための Web サーバの台数を考え、それを基に平均応答時間を求め、性能要件を満たしているかを、検証する問題である。ロードバランサは負荷分散装置とも呼ばれ、クライアントからのリクエストを複数の Web サーバに振り分ける装置である。なお、問題の条件によってロードバランサのオーバヘッドは考慮する必要はない。

空欄 e には、本システムの性能要件（0.5 秒未満）を満たすための、Web サーバの台数 (n) が入る。本システムの最大スループットは 60 件/秒であり、ロードバランサによって、Web サーバ 1 台当たりの平均到着率が λ/n になるように振り分けられる。

さて、Web サーバの台数（空欄 e）であるが、設問 1 ではスループットが 18 件/秒（平均到着率も 18 件/秒）の場合を考察している。(d) で求めたように、この場

合の平均応答時間は 0.59 であり、性能要件である 0.5 秒以内を満たさない。したがって、性能要件を満たすためには、個々のサーバに振り分けられる要求の平均到着率は、18 件/秒よりも小さくする必要があることが分かる。

では、キリのよいところで、15 件/秒について調べてみる。 $60(\text{件/秒}) \div 15(\text{件/秒}) = 4$ であり、Web サーバが 4 台の場合に、平均到着率が 15 件/秒になる。そして、個々のサーバの状況は、設問 1 と同様と考えられるので、M/M/4 モデルを適用した表 2 を使って平均待ち時間を求めることに注意する。

まず、Web サーバ 1 台当たりの平均到着率（空欄 f）については、ロードバランサによって、Web サーバ 1 台当たりの平均到着率が λ/n に振り分けられるが、Web サーバの台数を 4 と仮定しているので、 $60(\text{件/秒}) \div 4 = 15(\text{件/秒})$ になる。

次に、窓口利用率（空欄 g）であるが、窓口（スレッド）数は、設問 1 と同様に 4 であり、「窓口利用率＝平均到着率×平均処理時間／窓口数」によって求められる。平均処理時間は、プロトタイプの計測結果から 0.2 秒なので、窓口利用率＝ $15(\text{件/秒}) \times 0.2(\text{秒}) / 4 = 0.75$ になる。

最後に、平均応答時間（空欄 h）を求めるが、設問 1 の (d) と同様に「平均応答時間＝平均待ち時間＋平均処理時間」を使うので、まず、平均待ち時間を求める。前述のように M/M/4 モデルを適用するので、表 2 から窓口利用率＝0.75 の場合の平均待ち時間を求めると、0.509 となる。これに、設問 1 の (c) と同様に平均処理時間が 0.2 秒の場合の平均待ち時間に補正すると、 $0.509 \times 0.2(\text{秒}) / 1(\text{秒}) = 0.1018$ になる。そして、平均処理時間は 0.2 秒なので、平均応答時間＝ $0.1018 + 0.2 = 0.3018(\text{秒})$ になり、性能要件である 0.5 秒未満を満たしていることが分かる。このことから、空欄 e の Web サーバの台数 (n) が 4 である仮定が正しいことが確認できた。したがって、空欄 e は「4」であり、以降の空欄は小数第 3 位を四捨五入して、小数第 2 位まで求めることに注意すると、空欄 f が「15.00」、空欄 g が「0.75」、空欄 h が「0.30」になる。

なお、最小台数が問われているので、サーバ数が 3 の場合が気になるが、3 台の場合には、各サーバの平均到着率が 20 件/秒 ($= \lambda/n = 60/3$) になる。したがって、平均応答時間は、設問 1 で求めた平均到着率 18 件/秒の 0.59 秒よりも大きくなるので、性能要件を満たさないことは明らかである。

[設問 3]

表 1 によって、Web サーバの業務スレッド数が 4 を超えた時点から、平均処理時間が急に大きくなる傾向が分かる。また、Web サーバの CPU の使用率は大きく下がっているが、逆にメモリ使用率は 100%に増加し、ディスク装置の入出力も 0 (M バイト/秒) から 10 (M バイト/秒) に増加している。メモリ使用率は 100%である

点と、ディスク装置の入出力が増加している点に着目すると、実メモリが不足状態となり、仮想記憶のページスワップによってディスク装置が頻繁に動作しているものと推測される。これは、スラッシングと呼ぶ現象である。一般に、このスラッシングは、メモリを大量に使用するプログラムを実行した場合や、過度の多重度でプログラム（プロセス、スレッド）を同時実行した場合などに発生する。この問題の場合には、Web サーバの業務スレッド数を 5 以上にした場合に発生しているので、スレッド数の増加に伴うメモリ不足がその原因と考えられる。

そのためスラッシングの改善策として、メモリを増設すればよい。よって、現象名はスラッシング（ウ）となり、改善策は「メモリを増設する」となる。ちなみに、スレッド数が最適値の 4 の場合でも、メモリ使用率が 96% と非常に高い値を示しており、このことからメモリの増設は必要である。

解答群の用語についても解説しておく。

（ア）のガーベジコレクションは、メモリ上の不要となった変数領域などを、自動的に解放することである（プログラマが意図的に、使用済みで不要となった変数領域などを、解放する場合もある）。すると、メモリ上の空き領域が飛び飛びになり、連続した大きな領域が確保できなくなる場合がある。これをメモリのフラグメンテーション（エ）や断片化と呼ぶ。解消するには、メモリコンパクションという使用中の領域を並び替えて整理する作業が必要である。ガーベジコレクションや、メモリコンパクションを実行すると、CPU からメモリへのアクセスが頻発するので、OS の CPU の使用率が上がるはずである。言い換えると、その分、OS 以外の CPU の使用率が下がる。しかし、表 1 を見ると OS 以外の CPU の使用率は下がっているが、同時にディスクの入出力が発生している。ガーベジコレクションや、メモリコンパクションの処理では、メモリへのアクセスとなるため、それだけでは、ディスクの入出力が発生するとは考えにくい。

（オ）のメモリリークは、役目が終わった変数領域などを解放しないために、使用可能なメモリの空き空間が圧迫される現象である。本来はプログラマが意図的に解放すべきところを、記述せずに忘れてしまうと、発生するバグである。メモリリークが発生するとメモリ不足によって、システムが不安定になる場合がある。その結果、スラッシングが発生する可能性も捨てきれない。設問には、「業務スレッド数を 5 又は 6 にした際に」と記述されているが、もし、メモリリークのバグが存在すると仮定すれば、スレッド数が 1 の場合からでも発生しているはずである。なお、（イ）のスイッチングは、スレッドが切り替わることである。スレッドのスイッチングが発生しても、実メモリに余裕があれば、スラッシングは発生しない。

【解答例】

- [設問 1] (a) 0.90 (b) 1.97 (c) 0.39 (d) 0.59
[設問 2] (e) 4 (f) 15.00 (g) 0.75 (h) 0.30
[設問 3] 現象：ウ 改善策：メモリを増設する。



演習問題 ● Exercise

問4 データ分析処理の並列化に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

(H24 秋・AP 午後問 4)

K 社は、様々な商品の売行きを調査し分析した結果を、顧客企業に提供している。K 社で使用しているアプリケーションプログラムの全体の流れを図 1 に示す。変換処理には変換サーバを、分析処理には分析サーバを用いている。変換処理の結果は、ファイル転送処理によって、変換サーバから分析サーバにファイル転送される。

最近では、分析対象となるデータの種類や量が増加するだけでなく、分析結果をより短時間で提供することが求められている。そこで K 社では、処理時間を大幅に短縮する方策を検討することにした。

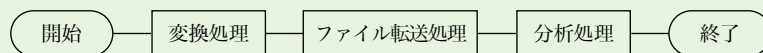


図 1 アプリケーションプログラムの全体の流れ

〔変換処理プログラムの改良〕

変換処理は、分析処理がしやすいように入力ファイルを加工する処理であり、入力ファイルごとに異なるレコードフォーマットやコードを統一する。変換処理のステップを図 2 に示す。

変換処理の時間を短縮するために、プログラムの改良を実施した。改良前の各ステップの処理時間の比率は、フォーマット変換処理が 20%、コード変換処理が 30%であった。プログラムの改良によって、フォーマット変換処理の時間は $1/4$ に、コード変換処理の時間は $1/3$ に短縮された。その他の処理のプログラムは変更せず、処理時間の短縮もない。これによって変換処理は

a

倍の性能向上が達成された。

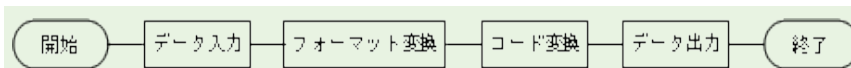


図2 変換処理のステップ

〔分析処理の並列化〕

分析処理は、変換処理が出力した結果ファイルを基に、顧客に合わせた分析レポートを出力する。従来は、1 台のサーバで全ての処理を逐次実行してきた。処理 1 件当たりの処理時間は、顧客からの処理要件や、データの種類や量によってその都度異なるが、最短で 1 時間、最長で 3 時間である。

分析処理の時間を短縮するために、分析サーバを 3 台用意し、処理を並行して実行することにした。ただし、各分析サーバに割り当てられた処理は逐次実行し、1 件の処理を複数のサーバに分散して実行することはない。複数の処理を 1 台のサーバで並行実行することもない。

3 台の分析サーバに処理を割り当てる方法として、方法 A と方法 B を考えた。

(1) 方法 A

各分析サーバで実行する件数が均等になるように処理を割り振る (図 3)。



図3 分析処理の割当方法 A

(2) 方法 B

分析サーバ間の処理時間のばらつきが小さくなるように、b した分析サーバに、順次、次の処理を割り当てる (図 4)。

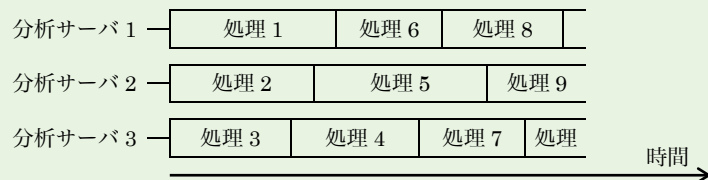


図4 分析処理の割当方法 B

方法 A の場合、①分析サーバ間の処理時間のばらつきが大きくなり過ぎて、予想していた時間内に分析処理が完了しないことがある。一方、方法 B の場合、割り当てられた全部の処理を完了する時間が最も長く掛かる分析サーバでも、他の分析サーバよりも最大で c 時間長く掛かるだけで済む。

分析処理全体の処理時間の短縮を考え、方法 B を採用した。

[システム構成の検討]

システム構成案として、分析処理のデータの入出力方法が異なる構成案 1 と構成案 2 を考え、ファイル転送処理と分析処理における特徴について考察した。

(1) 構成案 1

個々の分析サーバがもつ内蔵ディスクでデータの入出力を行う (図 5)。

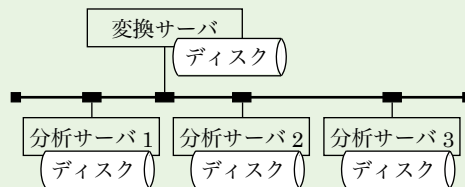


図 5 システム構成案 1

(2) 構成案 2

どの分析サーバからもアクセスできるファイルサーバでデータの入出力を行う (図 6)。

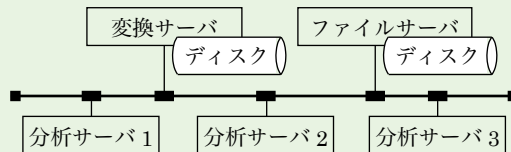


図 6 システム構成案 2

ファイル転送処理において、構成案 1 では、変換処理結果のファイルを、全分析サーバに対し、それぞれ別々にファイル転送する。変換サーバは、ファイル転送時間の短縮のために、複数のファイル転送処理を同時に実行する。しかし、分析サーバが増えた場合は、変換サーバの内蔵ディスクからの読みみや d がボトルネックにならないか考慮する必要がある。一方、構成案 2 の場合、変換処理の結果は、ファイルサーバにだけファイル転送すればよいので、分析サーバが増えた場合でもこれらがボトルネックになることはない。

分析処理において、構成案 1 の場合、分析に必要なデータは個々の分析サーバの内蔵ディスクにあるので、分析サーバが増えても d はボトルネックにならない。一方、構成案 2 の場合、データはファイルサーバにあるので、分析サーバが増えた場合は、d だけでなく e についても、ボトルネックにならないか考慮する必要がある。

ある分析サーバに障害が起きたときは、別の分析サーバが処理を引き継ぐ。その際の処理時間の遅延は無視できるとした場合、構成案 2 におけるシステム全体の稼働率は、変換サーバ及び各分析サーバの稼働率を x 、ファイルサーバの稼働率を y としたとき、f と表すことができる。ファイルサーバの稼働率がシステムの稼働率に大きく影響するので、②可用性向上のために対策を施す必要がある。

設問 1 本文中の a に入れる適切な数値を答えよ。答えは、小数第 2 位を切り捨てて、小数第 1 位まで求めよ。

設問 2 〔分析処理の並列化〕について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 本文中の下線①について、15 件の分析処理を行う場合、分析サーバごとの処理時間の差は最大で何時間になるか。数値を答えよ。
- (2) 本文中の b に入れる適切な字句を 10 字以内で答えよ。
- (3) 本文中の c に入れる適切な数値を答えよ。

設問3 「システム構成の検討」について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 本文中の , に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア ネットワークの帯域
- イ ファイルサーバのディスクの入出力
- ウ 分析サーバの CPU 処理能力
- エ 分析サーバの内蔵ディスクからの読み込み
- オ 変換サーバの内蔵ディスクへの書き込み

- (2) 本文中の に入れる適切な式を答えよ。ここで、ネットワークの稼働率は1とする。

- (3) 本文中の下線②について、ファイルサーバの稼働率を高めるための対策として適切なものを、解答群の中から全て選び、記号で答えよ。

解答群

- ア ファイルサーバのディスクコントローラ装置を二重化する。
- イ ファイルサーバのディスクを、よりシークタイムが短いものに交換する。
- ウ ファイルサーバのディスクを RAID0 で構成する。
- エ ファイルサーバのディスクを RAID1 で構成する。
- オ ファイルサーバのディスクを RAID6 で構成する。

【解説】

データ分析処理の並列化に関する問題である。ファイルごとにレコードフォーマットやコードが異なる多量のデータ（いわゆるビッグデータ）の分析処理を行うシステムを題材に、サーバの冗長化（並列処理化）による性能向上や稼働率（信頼性）などが問われている。通常のシステムアーキテクチャの問題とは、ややイメージが異なっているが、内容的に大きな違いはない。並列処理の性能評価に関する設問は、問題文をよく読めば解答できる。また、信頼性に関する設問は、稼働率の計算、RAID など、実際の試験にもよく出題される内容である。

[設問1]

空欄 a は、[変換処理プログラムの改良] の記述中にあり、プログラムの改良によ

る処理時間の短縮によって変換処理の性能が向上した割合（倍率）が入る。プログラムの改良によってフォーマット変換処理とコード変換処理は、処理時間が短くなっている。一方、その他の処理については、プログラムを改良せず、処理時間に変化はない。プログラムの改良前後の処理時間に関する条件を整理すると表 Z のようになる。

表 Z 変換処理プログラムにおける、改良前後の処理時間の比率

ステップ		改良前の処理時間の割合 ※1	改良後の処理時間 ※2	改良後の処理時間の割合 ※1
フォーマット変換		20%	1/4	5%
コード変換		30%	1/3	10%
その他の処理	データ入力	50%	1 ※変化なし	50%
	データ出力			
(合計)		100%		65%

※1 変換処理全体の処理時間に対する各ステップの処理時間の比率

※2 改良前の各ステップの処理時間に対する改良後の各ステップの処理時間の割合（倍率）

表 Z から分かるように、プログラムの改良によって、変換処理の処理時間が 65% に短縮されている。例えば、処理時間が 50%、つまり、 $1/2$ に短縮された場合、性能は 2 倍に向上したと考えるので、性能が向上した倍率は、短縮された処理時間の 65% の逆数を取って $1 \div 0.65 = 1.53 \cdots$ 倍である。そして、小数点第 2 位を切り捨て、小数第 1 位まで求めるので、「1.5」倍となる。

[設問 2]

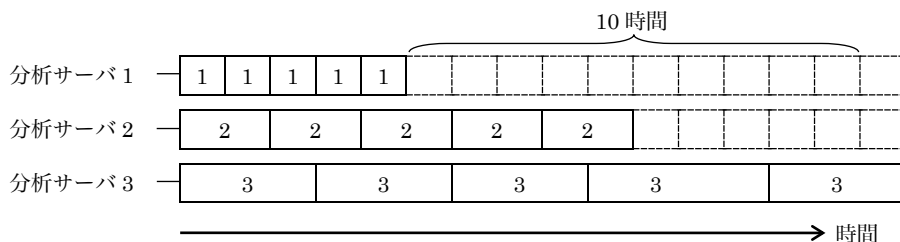
〔分析処理の並列化〕とは、「分析サーバを 3 台用意し、処理を並行して実行すること」で処理時間を短縮するというものである。このときの、サーバに対する処理を割り当てる方法 A (図 3) と方法 B (図 4) の評価に関する設問である。(2) 方法 B に、(2) で問われている空欄 b が含まれているので、先に (2) から考えていく。なお、処理 1 件当たりの処理時間は、「最短で 1 時間、最長で 3 時間」というように、ばらつきがある点に注意したい。

(2) まず、図 3 の方法 A と図 4 の方法 B の違いについて考察する。図 3 の方法 A は、各分析サーバで実行する件数が均等になるように処理を割り振る方法である。

この方法は、処理の件数があらかじめ判明している場合、各分析サーバで実行する件数が均等であるため、処理の実行スケジューリングを静的に決めることができる。一方、図4の方法Bは、「b」した分析サーバに、順次、次の処理を割り当てる」という記述から推測できるように、「何らかの処理」が完了した分析サーバ（空きのサーバ）に、順次、処理を割り当てる、すなわち動的な実行スケジューリングである。ここで、「何らかの処理」とは、分析サーバが行う処理なので、分析処理しかない。したがって、空欄bに入る字句は「分析処理が完了」などとなる。なお、試験センターが発表した解答例は「分析処理が終了」となっている。

- (1) 「下線①について、15件の分析処理を行う場合、分析サーバごとの処理時間の差は最大で何時間になるか」問われている。下線①を含む記述には、「方法Aの場合、①分析サーバ間の処理時間のばらつきが大きくなり過ぎて、予想していた時間内に分析処理が完了しないことがある」とあるので、処理時間のばらつきが大きくなりやすい、状況を考える。

方法Aの場合、分析サーバごとの処理件数は同じである。したがって、全体で15件の処理を行う場合、1台当たり5件を均等に処理することになる。1件当たりの処理時間は、最短1時間、最長3時間の差があるので、極端にばらつきが出るパターンは図Aのように、1時間の処理が特定のサーバに偏り、3時間の処理が別のサーバに偏った場合である。この場合には、1時間の処理を5件行うサーバの処理時間は5時間、3時間の処理を5件行うサーバの処理時間は15時間であり、その差は10時間である。したがって、「10」時間となる



分析サーバ1に1時間の処理が5件、分析サーバ3に3時間の処理が5件割り当てられた場合の処理時間

※四角は処理を、その中の数字は処理時間を示す。

図A 方法Aにおいて特定のサーバに偏りがあった場合

- (3) 空欄 c を含む記述は「一方、方法 B の場合、割り当てられた全部の処理を完了する時間が最も長く掛かる分析サーバでも、他の分析サーバよりも最大で c 時間長く掛かるだけで済む」というものである。方法 B の場合、処理時間のばらつきが小さくなるように、処理を動的に割り当てる。図 B のように、処理が理想的に割り当てられて、3 台の分析サーバが同じタイミングで処理を完了した時点で、3 時間の処理が 1 件だけ残った場合を考えると、残りの処理は最大 3 時間長くかかるだけで済むことになる。したがって、「3」(時間) となる



図 B 方法 B において、処理時間の差が最も大きくなる場合の例

[設問 3]

〔システム構成の検討〕では、データの入出力方法が異なる、システム構成案 1 (図 5) とシステム構成案 2 (図 6) を基に、ファイル転送処理と分析処理における特徴について考察している。図 C は、構成案 1 (図 5) のファイル転送を矢印で示したもの、図 D は構成案 2 のファイル転送と分析処理でのディスクアクセスを矢印で示したものである。

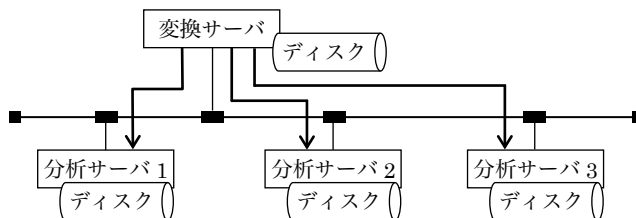


図 C 構成案 1 のファイル転送

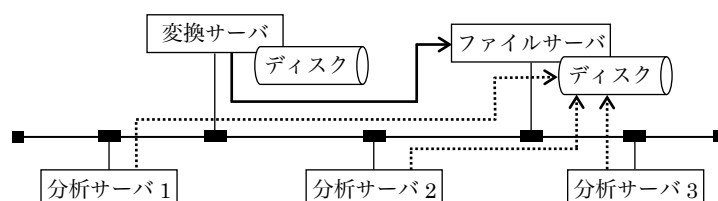


図 D 構成案 2 のファイル転送（実線）と分析処理時のアクセス（点線）

- (1) 空欄 d, e に入れる適切な字句を解答群から選ぶ。

空欄 d には、構成案 1 で分析サーバが増えた場合のボトルネックとなる要因が入る。この空欄は複数箇所があり、構成案 2 ではこの要因はボトルネックにならないということである。「構成案 1 では、変換処理結果のファイルを、全分析サーバに対し、それぞれ別々にファイル転送する」。このとき「変換サーバは、ファイル転送時間の短縮のために、複数のファイル転送処理を同時に実行する」。このとき、図 C に示すように、複数のファイル転送が同時に発生するので、当然ながらネットワークの帯域を消費する。分析サーバが増えた場合は、更にファイル転送量が増えるので、ネットワークの帯域がボトルネックになる可能性がある。一方、構成案 2 の場合、変換処理の結果は、図 D の実線の矢印で示すようにファイルサーバだけに、ファイル転送すればよいので、分析サーバが増えても、ファイル転送処理に関してはネットワークの帯域がボトルネックになることはない。したがって、空欄 d は、(ア) の「ネットワークの帯域」となる。

空欄 e には、構成案 2 で分析サーバが増えた場合に、空欄 d (ネットワークの帯域) とともにボトルネックにならないかを考慮すべき要因が入る。図 D の点線の矢印で示すように、構成案 2 では、各分析サーバが、ファイルサーバにアクセスしディスクからデータ読み出すことになる。図 D の矢印がファイルサーバに集中していることから推測できるように、分析サーバが増えた場合、ネットワークの帯域を消費することに加え、ファイルサーバへのアクセスも増え、ファイルサーバのディスクからのデータの入出力も増えると考えられる。したがって、空欄 e には、(イ) の「ファイルサーバのディスクの入出力」が入る。

- (2) 構成案 2 におけるシステム全体の稼働率の式が問われている。まず、3 台ある分析サーバの稼働率について考察する。ある分析サーバに障害が起きたときは、別の分析サーバが処理を引き継ぐので、3 台ある分析サーバのうち 2 台に障害が発生した場合でも 1 台が正常であれば、分析サーバは稼働しているとみなせる。1 out of 3 システムと呼ばれる並列系のシステム構成である。

変換サーバ及び各分析サーバの稼働率は x であるから、1 台の分析サーバが

稼働していない（障害発生中の）確率は $(1-x)$ であり、3 台すべての分析サーバが同時に障害発生中である確率は、次のようになる。

$$(1-x) \times (1-x) \times (1-x) = (1-x)^3$$

そして、3 台のうち、少なくとも 1 台の分析サーバが稼働しているのは、3 台すべてが同時に障害発生中であるときを除いたときなので、その確率は次のようになる。

$$1 - (1-x)^3$$

システム全体の稼働率は、図 1 から分かるように直列系のシステムと見なすことができる。なお、ネットワークの稼働率は 1 とするので、考慮する必要はない。したがって、変換サーバの稼働率 x と分析サーバの稼働率 $1 - (1-x)^3$ とファイルサーバの稼働率 y を掛け合わせたものが、システム全体の稼働率である。

$$x \times (1 - (1-x)^3) \times y = x (1 - (1-x)^3) y$$

- (3) 可用性向上のためファイルサーバの稼働率を高めるための対策として適切なものを選ぶ。適切なものをすべて選ぶ問題なので、選択肢を順に検討していく。

ア：ファイルサーバのディスクコントローラ装置を二重化する。

ディスクコントローラ装置を二重化することによって、1 台のディスクコントローラに障害が発生しても、もう 1 台で稼働できるので、ファイルサーバの稼働率を高めることができる。

イ：ファイルサーバのディスクを、よりシークタイムが短いものに交換する。

シークタイムが短いものに交換しても、ディスクへのアクセス時間が短くなるだけであり、性能向上にはなるが、稼働率の向上にはならない。

ウ：ファイルサーバのディスクを RAID0 で構成する。

RAID0 は、ストライピングと呼ばれ、複数のディスク装置にデータを分散し、同時に読み書きすることによって、アクセスの高速化を図る技術である（図 E）。1 台のディスク装置の障害によって、RAID0 構成全体が障害となるため、稼働率は 1 台のときよりも下がる。そのため、性能は向上するが、可用性面では悪化する。

エ：ファイルサーバのディスクを RAID1 で構成する。

RAID1 は、ミラーリングとも呼ばれ、同じデータを複数のディスク装置に書き込み冗長化を図るものである。1 台のディスク装置に障害が発生しても、残りのディスク装置によって処理を継続できるため、稼働率は 1 台のときよりも向上する。

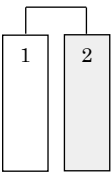
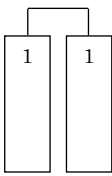
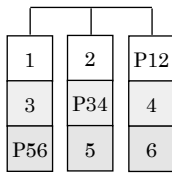
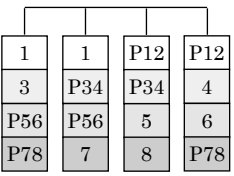
オ：ファイルサーバのディスクを RAID6 で構成する。

RAID6 は、性能向上と稼働率向上の両方を実現する RAID5 の改良版である。

RAID5 は、3 台以上のディスク装置の組合せで構成され、それぞれのディスク装置を複数の領域に区切り、データの分散書き込み（ストライピング）による

高速化と、パリティデータによるデータの冗長化を図る技術である。RAID5では、2 台のディスク装置に障害が発生した場合、データが失われ、処理を継続することができない状態になる。そこで、パリティの書込み先を2 台のディスク装置に増やしたのが、RAID6 である。RAID5 も RAID6 も稼働率を高めるための対策として有効である。

よって、稼働率を高めるための対策として有効なものは、(ア)、(エ)、(オ) となる。

RAID0	RAID1	RAID5	RAID6
			
(ストライピング)	(ミラーリング)	(ストライピング +パリティ)	(ストライピング +2重パリティ)
分散してデータを書き込み最も高速であるが、1 台のディスクの障害で、RAID 全体が障害となる。	同じデータを 2 台のディスクに書き込む。信頼性 (稼働率) が最も高い。	1 台のディスク装置を複数の領域に分割。3 台以上のディスク装置を使用し、異なる領域に分散して、データとパリティを書き込む。	RAID5 を改良し、パリティを 2 重にしたもの。4 台以上のディスク装置が必要。

※数字はデータ領域を示す。同じ数字は同じデータである。
P はパリティを格納する領域を示す。

図 E RAID の構成と特徴

【解答例】

[設問 1] 1.5

[設問 2] (1) 10
(2) 分析処理が完了 (試験センター発表は「分析処理が終了」)
(3) 3

[設問 3] (1) (d) ア (e) イ
(2) $x(1-(1-x)^3)y$
(3) ア, エ, オ



演習問題 ● Exercise

問5 インターネットを介した情報提供システムに関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。
(H22 春-AP 午後問 4)

Z 社は、利用者が希望する映画のタイトル、あらすじ、上映館、上映期間などの映画情報を表示する情報提供サービスを行っており、平均待ち時間の目標値を 40 ミリ秒以下としている。このサービスに使用する情報提供システムの現在のシステム構成を図 1 に示す。

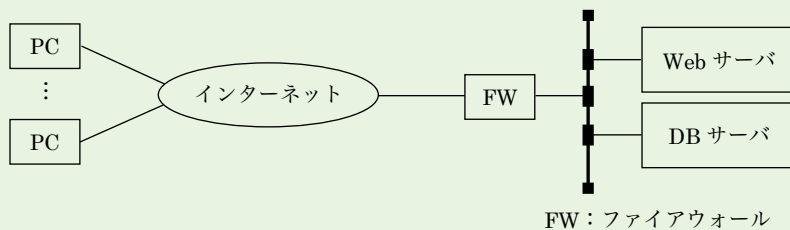


図 1 現在のシステム構成

Web サーバとデータベースサーバ（以下、DB サーバという）を一体のシステムとして、現在のシステムの状況を調査したところ、1 分当たりのアクセス数は平均 600 件、1 アクセス当たりの平均処理時間 T_p は 40 ミリ秒であった。また、アクセス頻度はおおむね a 分布に、処理時間はおおむね b 分布に従っていたので、M/M/1 の待ち行列モデルによって評価することにした。

〔システム構成の見直し〕

アクセス数が順調に増加しているので、現在のシステム構成のままでは、将来、平均待ち時間が Z 社の目標値を超えてしまう可能性のあることが分かった。

そこで、この問題に対処するために、情報提供システムのシステム構成を見直して、図 2 に示すように、負荷分散装置を介して現行 Web サーバと同等の処理能力を有する Web サーバ 3 台に負荷分散するシステム構成を検討することにした。

見直し後のシステムの負荷分散装置では、次の(i)～(v)の負荷分散方式のいずれかを選択することができる。

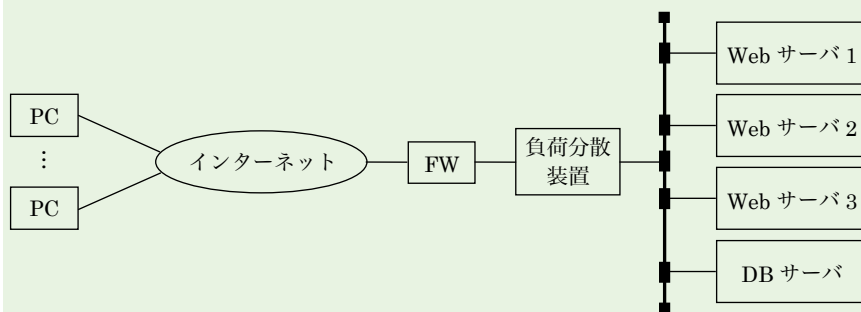


図 2 見直し後のシステム構成

- (i) ラウンドロビン方式：あらかじめ決めた順序で各 Web サーバにアクセスを振り分ける。
- (ii) 加重ラウンドロビン方式：Web サーバの処理能力に応じて、アクセスを振り分ける。
- (iii) 最少クライアント数方式：接続中のクライアント数が最も少ない Web サーバにアクセスを振り分ける。
- (iv) 最小データ通信量方式：データ通信量が最も少ない Web サーバにアクセスを振り分ける。
- (v) 最小負荷方式：CPU 使用率が最も低い Web サーバにアクセスを振り分ける。

Z 社では、負荷分散方式としては、設定の容易なラウンドロビン方式を採用することにした。

しかし、図 2 の見直し後のシステム構成においても、①アクセス数が一定数

を超過すると、Web サーバが高負荷状態となり、待ち時間が長くなるなどの事象が発生することから、更なる対処が必要と考えた。

〔新サービスの追加〕

Z 社では、〔システム構成の見直し〕後に、利便性を向上するため、今までのサービスに加えて、Web サーバにかかる負荷が大きい新サービスも提供することになった。この新サービスの提供では、Web サーバが DB サーバから取得して PC へ送信する、1 アクセス当たりのデータ量が増加するので、Web サーバでの CPU 処理時間も増加する。そこで、見直し後のシステムで採用していたラウンドロビン方式について再評価したところ、②複数の利用者がほぼ同時にアクセスしているとき、同じサービスを要求した利用者同士でも応答時間に大きなばらつきが生じ、平均待ち時間が目標値を超える場合があることが判明したので、③負荷分散方式の設定を変更することにした。

なお、DB サーバについては、性能的に十分な余裕があり、システム全体の性能に影響を与えることはないことが分かっている。

設問 1 現在の Z 社の情報提供システムについて、本文中の a，b に入れる適切な字句を答えよ。

設問 2 現在の Z 社の情報提供システムについて、(1)～(4)に答えよ。ただし、(1)は、整数で答えよ。(2)～(4)は、小数第 2 位を四捨五入して小数第 1 位まで求めよ。

- (1) 平均到着時間間隔 T_r (ミリ秒) を求めよ。
- (2) 利用率 ρ を求めよ。
- (3) 平均待ち時間 T_w (ミリ秒) を求めよ。
- (4) 平均応答時間 T_s (ミリ秒) を求めよ。

設問 3 〔システム構成の見直し〕の下線①の対処として、次の(1)、(2)のそれぞれに該当する具体的方策を解答群の中からすべて選び、記号で答えよ。

- (1) 情報提供システムへのアクセスをすべて受け付ける対処

- (2) 情報提供システムへのアクセスのうち同時に受け付ける数を制限する対処

解答群

- ア Web サーバの故障を検出し、故障していない Web サーバへ振り分ける。
- イ Web サーバの通信用バッファを大きくする。
- ウ 現行 Web サーバと同等の処理能力をもつ Web サーバを増設する。
- エ 現行 Web サーバより高い処理能力をもつ Web サーバに取り替える。
- オ “混雑しているので後ほどアクセスしてください” と表示する装置を設置する。

設問4 [新サービスの追加] について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の下線②について、なぜこのような問題が発生するのか。その原因について、50 字以内で述べよ。
- (2) 本文中の下線③について、どの負荷分散方式を設定することが適切か。本文中の負荷分散方式から二つ選び、(i)～(v)の番号で答えよ。

【解説】

設問 1, 2 は、M/M/1 待ち行列モデルの基礎的な知識を問う問題である。応用情報技術者試験で出題される待ち行列モデルは、単純な M/M/1 がほとんどであり、基本的な知識を身につけておけば、得点できる問題が多い。ここで M/M/1 待ち行列モデルの問題を解くにあたって、必要な知識を簡単にまとめておく。数学的な説明は難解になるため省略している。

M/M/1 の冒頭の M は、システムへの到着が規則性がなくランダムに到着すること（ポアソン分布に従う）、次の M は、システムのサービス時間（処理時間）が、ばらついており、直前のサービスの影響を受けないこと（指数関数に従う）、最後の 1 は、窓口が 1 個であることを示している。このような M/M/1 などの表記をケンドール表記と呼ぶ。

次に、M/M/1 待ち行列にモデルの問題に出題される記号や公式について解説する。

- ・平均到着時間間隔 (Tr)：待ち行列に到着する時間間隔の平均である。
- ・平均到着率 (λ ；ラムダ)：Tr の逆数である。

$$\lambda = 1 / \text{Tr}$$

- ・平均処理時間 (T_p) : 平均サービス時間。窓口 (システム) で処理が行われる時間の平均である。
- ・平均サービス率 (μ ; ミュー) : T_p の逆数である。

$$\mu = 1 / T_p$$

- ・窓口の利用率 (ρ ; ロー) : システムの利用率。注意する点は, ρ は 1 より小さいことをチェックすることである。もし, ρ が 1 を超えると, 待ち行列が長くなり, 最悪の場合, システムはダウンしてしまう。そのため, ρ が 1 を超えた場合, 前提条件や ρ の計算を間違っていないかを確認する。

$$\rho = \lambda / \mu$$

これを, T_r と T_p で表現すると次のようになる。

$$\rho = T_p / T_r$$

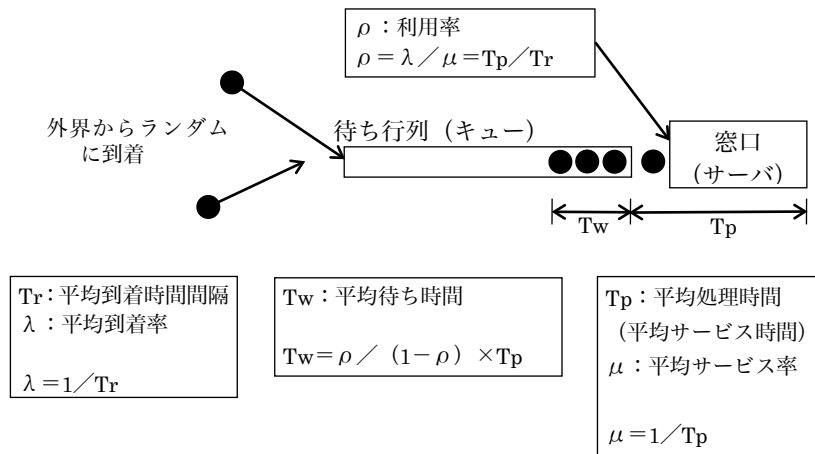
- ・平均待ち時間 : 待ち行列の中に並んで, じっと待っている時間である。処理中の時間, 又はサービスを受けている時間 (T_p) を含まない。

$$(T_w) = \rho / (1 - \rho) \times T_p$$

- ・平均応答時間 : 待ち行列の中で待って, サービスを完了するまでの平均時間。

$$(T_s) = T_w + T_p = \rho / (1 - \rho) \times T_p + T_p = 1 / (1 - \rho) \times T_p$$

(注 ここでは T_r , T_p , T_s などの表記を問題文に合わせているが, 他の表現を使う場合もある。)



M/M/1 モデル 解説図

[設問1]

図1のシステムで、WebサーバとDBサーバを一体として考え、M/M/1の待ち行列モデルで評価する問題である。M/M/1の待ち行列モデルの場合、ポアソン分布に従って到着し、指数分布に従ってサービスが行われることが前提となる。

よって、空欄aは「ポアソン」、空欄bは「指数」となる。

[設問2]

M/M/1の待ち行列モデルの公式に当てはめればよい。

- (1) 平均到着時間間隔 (T_r) を求める問題である。

1分当たりのアクセス数は平均600件であるから、平均到着率 (λ) は1分間(60秒)当たり600件、すなわち10件/秒となる。平均到着時間間隔 (T_r) は平均到着率の逆数 ($T_r = 1/\lambda$) によって、平均到着時間間隔 (T_r) $= 1/10$ (件/秒) $= 0.1$ 秒となる。ミリ秒で求める必要があるから、100ミリ秒が解答になる。

- (2) 問題文から1アクセス当たりの平均処理時間 (T_p) は、40ミリ秒である。よって、利用率は $\rho = T_p/T_r$ の公式に当てはめて $\rho = 40$ ミリ秒/100 ミリ秒 $= 0.4$ となる。

- (3) 平均待ち時間 (T_w) $= \rho / (1 - \rho) \times T_p$ に当てはめて、 $T_w = 0.4 / (1 - 0.4) \times 40$ ミリ秒 $= 26.666\cdots$ (ミリ秒) となる。解答は、小数第2位を四捨五入して、小数第1位まで求める必要があるため、26.7 (ミリ秒) となる。

- (4) 平均待時間 (T_s) $= T_w + T_p$ であるから、 $26.666\cdots$ (ミリ秒) $+ 40$ (ミリ秒) $= 66.666\cdots$ (ミリ秒) となる。解答は、小数第2位を四捨五入して、小数第1位まで、求める必要があるため、66.7 (ミリ秒) となる。

[設問3]

図2の見直し後のシステム構成(負荷分散方式としては、設定の容易なラウンドロビン方式を採用)においても、アクセス数が一定数を超過することから、更なる対処が必要と考えた。対処として、次の(1)、(2)のそれぞれに該当する具体的方策を問われている。

- (1) 情報提供システムへのアクセスをすべて受け付ける対処であるので、全体での性能の向上が必要である。解答群の中で、処理能力を向上させるものは、次の二つである。

ウ：現行Webサーバと同等の処理能力をもつWebサーバを増設する。

エ：現行Webサーバより高い処理能力をもつWebサーバに取り替える。

よって、解答は(ウ)、(エ)となる。

- (2) 情報提供システムへのアクセスのうち同時に受け付ける数を制限する対処を行うには、情報提供システムへのアクセスを拒否した場合に、何らかの通知が必要である。

ア：「Web サーバの故障を検出し、故障していない Web サーバへ振り分ける」については、信頼性、又は可用性の向上と考えられる。

イ：「Web サーバの通信用バッファを大きくする」については、Web サーバの通信用バッファが、具体的に何のバッファであるか明示されていないが、待ち行列の問題なので、Web サーバソフトウェアレベルのアクセスを受け付けるためのバッファを意味していると考えられる。バッファを大きくすることによって、アクセス待ちの待ち行列を長くすることができ、その分多くのアクセスを受け入れることができる。しかし、Web サーバそのものの性能を向上させない状態で、バッファ容量だけを大きくしても、処理が追いつかないため、アクセス待ちの待ち行列が長くなり、やがては溢れる可能性がある。

オ：「混雑しているので後ほどアクセスしてください」と表示する装置を設置する」となる。これが、アクセスを拒否した場合の通知であり、解答は（オ）となる。

[設問4]

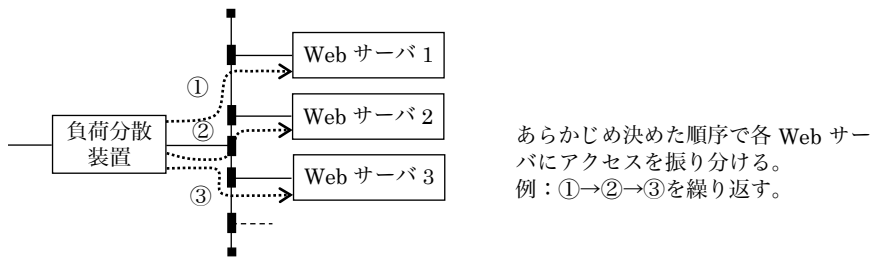
- (1) 下線②の原因を述べる問題である。「②複数の利用者がほぼ同時にアクセスしているとき、同じサービスを要求した利用者同士でも応答時間に大きなばらつきが生じ、平均待ち時間が目標値を超えることがあることが判明した」とある。見直し後のシステムで採用していたラウンドロビン方式は、負荷分散装置によって、あらかじめ決められた順番に、単純にアクセスを振り分ける方式である。利用者が Web サーバの新サービスを利用する時間はばらつきがあるためラウンドロビン方式では特定の Web サーバに新サービスの処理が集中し、高負荷状態になる可能性がある。アクセスを行うユーザ側から見ると、高負荷状態の Web サーバに接続されてしまった場合、待ち時間が大きくなってしまう。

よって、解答例は、「特定の Web サーバに新サービスの処理が集中した場合に、待ち時間が長くなることがある」となる。

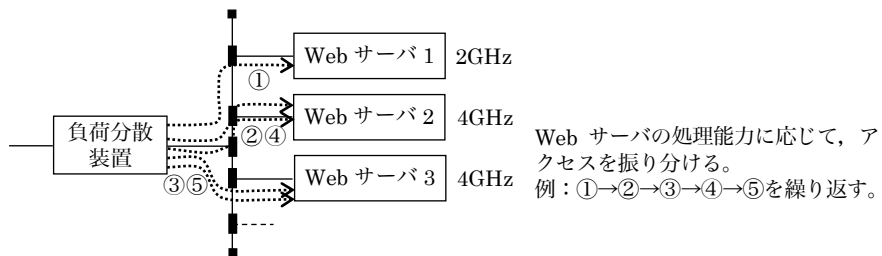
- (2) 負荷分散方式の設定を変更する場合、どの負荷分散方式を設定することが適切であるかが問われている。なお、DB サーバについては、性能的に十分な余裕があり、考慮する必要はない。問題は、(1)で解説したように、同じサービスを利用した同士でも待ち時間に大きなばらつきが生じることである。すなわち、アクセスを高負荷状態の Web サーバに振り分けてしまうことが問題である。

これを避けるためには、ラウンドロビン方式をやめて、他の負荷分散方式を検討する必要がある。

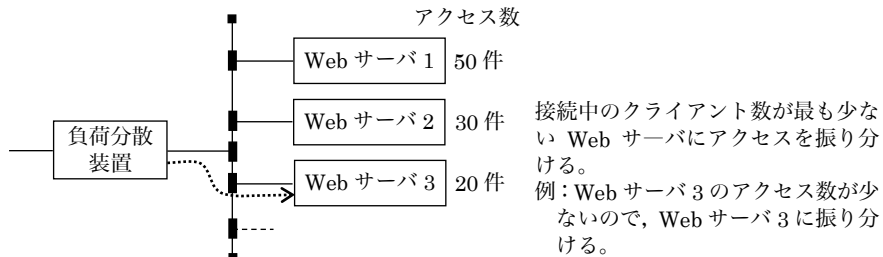
次に、各負荷分散方式の特徴を図示する。



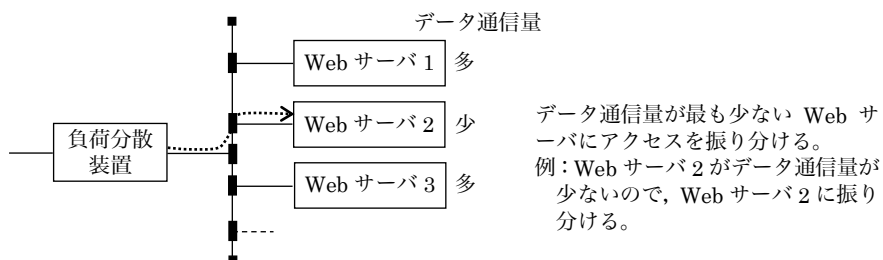
(i) ラウンドロビン方式



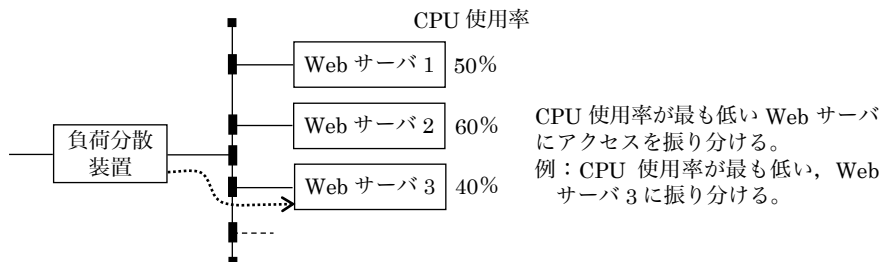
(ii) 加重ラウンドロビン方式



(iii) 最少クライアント数方式



(iv) 最小データ通信量方式



(v) 最小負荷方式

これらのうちで、負荷分散装置がサーバの負荷状態をみて、振り分けるのは、(v) 最小負荷方式である。設問では、二つ選べとあるので、もう一つを考える。候補に挙がるのは、(iii) 最少クライアント数方式、(iv) 最小データ通信量方式である。

〔新サービスの追加〕には、「1 アクセス当たりのデータ量が増加するので、Web サーバでの CPU 処理時間も増加する」と記述がある。一般的には、データ通信量と CPU 処理時間との間に、因果関係があるとは言いきれないが、このシ

ステムの場合は、データ通信が多いと負荷が高いと考えてよい。接続中のクライアント数が少なくても、データ量が多ければ、Web サーバの負荷が高い。そのため、負荷分散の方式としては、(iii) 最少クライアント数方式よりも、データ量に着目した (iv) 最小データ通信量方式の方がより適している。なお、(ii) 加重ラウンドロビン方式は、サーバの負荷状態にかかわらず振り分けを行うため、不適切である。

よって、解答は、(iv)、(v) となる。

【解答例】

[設問 1] a: ポアソン b: 指数

[設問 2] (1) 100 (ミリ秒) (2) 0.4
(3) 26.7 (ミリ秒) (4) 66.7 (ミリ秒)

[設問 3] (1) ウ, エ (2) オ

[設問 4] (1) 特定の Web サーバに新サービスの処理が集中した場合に、
待ち時間が長くなることがある。
(2) (iv)、(v)



演習問題 ● Exercise

問6 携帯電話サービスを使った無線 WAN に関する次の記述を読んで、
設問 1～4 に答えよ。

(H24 春・AP 午後問 5)

S 社は建設会社である。ある日、情報システム部の T 氏は、新規に建設するビルの工事現場に建てた仮設事務所と本社の間で通信を行うために、図 1 に示す要件を満たす方法を検討するよう指示を受けた。

1. 仮設事務所に LAN を構築し、仮設事務所と本社の間に WAN を構築する。
2. 仮設事務所内の LAN には PC（以下、現場 PC という）を 1 台設置する。
3. WAN 構築の主目的は、次の 2 種類のファイル転送である。
 - ① 本社のファイルサーバから現場 PC に、建築図面の CAD ファイルをダウンロードする。
 - ② 現場 PC から本社のファイルサーバへ、写真の画像ファイルをアップロードする。
4. 仮設事務所の駐在者は、現場 PC で電子メールの送受信を行う。
5. 仮設事務所の開設期間は 6 か月間であり、工事の進捗状況に応じて、期間中に仮設事務所をビルの敷地内で移設することを想定している。
6. WAN の利用開始は本日から 1 週間後とする。

図 1 仮設事務所と本社の間の通信に関する要件

T 氏が早速、有線回線の利用開始可能日を通信業者に問い合わせたところ、要件 6. を満たさないことが判明したので、今回は有線のブロードバンドネットワークサービスでなく、携帯電話サービスを利用した無線 WAN を構築することに決めた。また、別の要件から、a の容易さにおいても携帯電話サービスを利用する方が有利であると判断した。図 2 にネットワーク構成を示す。現場 PC は、無線 LAN／無線 WAN 対応ルータを経由して、本社のルータと VPN 接続をする。

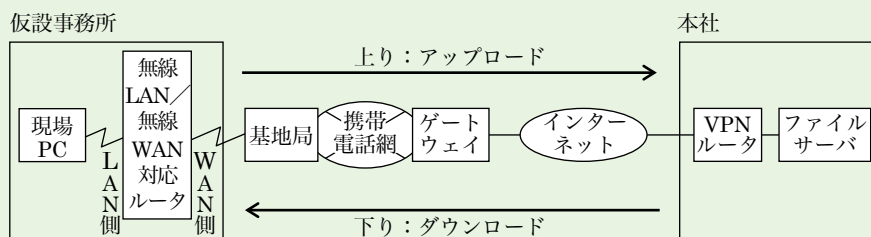


図2 仮設事務所と本社の間のネットワーク構成

無線 WAN の利用を開始したところ、日常の電子メールの送受信に特に支障はなかった。しかし、主目的であるファイル転送において、ファイルサイズが数十 M バイトと大きい場合に時間が掛かり、業務に支障を来していた。今回採用した 3G 携帯電話サービスはベストエフォート方式であり、通信速度の理論値は、下りが最大 7.2M ビット/秒、上りが最大 5.7M ビット/秒である。① 実際の通信速度は、電波状況が良好な場合でも、他の利用者の利用状況によって理論値の数分の 1 になることをあらかじめ想定していた。なお、ゲートウェイと本社の VPN ルータの間には十分な帯域を確保できている。

T 氏は、ファイル転送に時間が掛かる原因を調査した。ネットワークに遅延が生じていると考え、現場 PC から本社のサーバに向け、ping コマンドを用いてサーバまでの往復遅延時間 (RTT: Round Trip Time) を測定したところ、800 ミリ秒であった。

TCP ネットワークでは、最大スループットは、“TCP ウィンドウサイズ ÷ RTT” で求められる。TCP ウィンドウサイズを大きくすることができれば、最大スループットを大きくすることができる。現在、現場 PC の TCP ウィンドウサイズの上限値を 64k バイトに設定している。今回の 3G 携帯電話サービスの利用において TCP ウィンドウサイズを更に大きくすると、大容量データが頻繁に再送されてしまい逆効果になりかねない。そこで、TCP ウィンドウサイズの変更は対策の候補から除外することにした。

また一方、② RTT を小さくすることができれば、最大スループットを大きくすることができる。しかし、今回は有線のブロードバンドネットワークサービ

スなどの他のサービスに切り替えることが難しいので、T氏はすぐにRTTを小さくする方法をとることができなかった。

仮設事務所と本社の間のネットワークにおいて、RTTが800ミリ秒の場合の最大スループットは、 kビット／秒と計算される。

このままではファイル転送に必要なスループットが不足するので、T氏は“分割ダウンロード”機能をもつFTPクライアントソフトを使うことを試みた。分割ダウンロードは、一つのファイルを分割し、複数のTCPコネクションで同時並行に分割ファイルをダウンロードした後、元の一つのファイルに結合する機能である。分割ダウンロード機能を使わない場合のダウンロードにおける実効スループットが450kビット／秒であった場合、分割ダウンロード機能を使って60MバイトのCADファイルのダウンロード時間を4分以内にするには、ファイルを

個に分割すればよい。

なお、pingコマンドを使ったRTTの測定の前に、現場PCから外部の速度測定サイトへアクセスして調べたところ、電波強度の状況は良好であり、下りで2～3Mビット／秒程度の速度が計測されていた。速度測定サイトでの速度測定には、TCPでなく を使っているので、RTTの影響を受けずに十分な速度が出ていたものと推測した。

設問1 今回採用した携帯電話サービスについて、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の に入れる適切な字句を20字以内で答えよ。
- (2) ベストエフォート方式で、本文中の下線①のようになる理由を、図2中の字句を用いて35字以内で述べよ。

設問2 TCPネットワークの最大スループットについて、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の に入れる適切な数値を整数で答えよ。ここで、1kバイトは1,000バイトとする。
- (2) 本文中の下線②と同様に、スループットに関する考察として適切なものを解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア RTT が変わらなくても、携帯電話サービス回線の帯域が広がれば、最大スループットの値は大きくなる。
- イ RTT が変わらなければ、携帯電話サービス回線の帯域が広がっても、スループットはある値以上にならない。
- ウ 携帯電話サービス回線の帯域によらずスループットの値は変わらない。

設問3 本文中の に入れる最小の整数を答えよ。ここで、1M バイトは 1,000k バイトとする。また、ファイルの分割・結合など、ダウンロード以外に要する時間は無視できるものとする。

設問4 本文中の に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- | | | |
|--------|--------|---------|
| ア DHCP | イ HTTP | ウ HTTPS |
| エ SMTP | オ SNMP | カ UDP |

【解説】

本問の各設問に正解していくには、通信サービスにおけるベストエフォート方式、往復遅延時間 (RTT) の考え方などについて理解していることが必要なものがある。しかし、問題の記述内容に従って考察していけば、正解を導くことができるものもあるので、知識がないからといってあきらめるのではなく、冷静に取り組んでいくことが大切である。また、例年のネットワーク分野の問題に比べると、設問数が少ないので、許された時間を有効に使ってミスをしないようにすることも大切である。

〔設問 1〕

- (1) 空欄 a は、「別の要件から、a の容易さにおいても携帯電話サービスを利用の方が有利であると判断した」という記述の中にある。また、この記述の前には、「要件 6. を満たさないことが判明したので、……、携帯電話サービスを利用した無線 WAN を構築することに決めた」と記述されている。そして、携帯電話サービスを利用したネットワーク構成は図 2 に示されており、それを見ると、仮設事務所内の現場 PC は、無線 LAN／無線 WAN 対応ルータと無線 LAN によって接続されている。

そこで、空欄 a に入れる字句としては、図 1（仮設事務所と本社との間の通信に関する要件）で示された要件 1 から要件 5 の中から、現場 PC を無線 LAN によって接続する方が有利となるものを探していけばよい。そうすると、要件 5 に「工事の進捗状況に応じて、期間中に仮設事務所をビルの敷地内で移設することを想定している」と記述されている。要件 1～4 が無線、有線という伝送手段に無関係な内容であるのに対し、仮設事務所を移設すれば、有線の場合には LAN を移動させることが必要となるが、無線の場合にはその必要はない。したがって、空欄 a には「仮設事務所の移設に伴う LAN の移動」などの字句を入れるとよい。

- (2) 下線①は、「実際の通信速度は、電波状況が良好な場合でも、他の利用者の利用状況によって理論値の数分の 1 になる」という記述である。そして、この設問では、ベストエフォート方式で、下線①のようになる理由を、図 2 中の字句を用いて 35 字以内で記述することが求められている。

まず、通信サービスにおけるベストエフォート方式とは、ユーザが利用する通信サービスの品質を保証しないサービスのことである。例えば、限られたネットワーク資源の共用では、利用者が 1 人しかいない場合、使用できる通信帯域を占有でき、高速な通信が可能である。しかし、利用者が多くなってくると、各利用者が使用できる通信帯域が少なくなり、通信速度も低下してくる。ベストエフォートとは、このようなサービス形態のことである。

図 2 の中で、複数の利用者による共用で、ボトルネックになる可能性のあるネットワーク設備を探すと、携帯電話と無線通信を行う基地局を見つけ出すことができる。一つの基地局で使用できる最大速度の理論値は、一つの端末が基地局を占有した場合の最大速度になることから、基地局の利用者が増えると、それに

伴ってそれぞれの端末が利用できる通信速度は低下することになる。したがって、解答としては「理論値は1端末が基地局を占有した場合の最大速度である」旨を答えるとよい。

なお、問題文には「ゲートウェイと本社のVPNルータの間には十分な帯域を確保できている」と記述されているので、この部分に対する指摘は不適切である。また、携帯電話網には、非常に多くの基地局が収容されているが、一つの基地局の帯域がすべて使用されたとしても、携帯電話網全体に対して、それが大きな影響を与えることにはならないので、携帯電話網に対する指摘も不適切である。

〔設問2〕

- (1) 空欄bは、RTTが800ミリ秒の場合の最大スループットを求めるものである。問題文には「TCPネットワークでは、最大スループットは、“TCPウィンドウサイズ÷RTT”で求められる」と記述されているので、まず、現場PCのTCPウィンドウサイズは、幾らに設定されているかを問題文で確認する。すると、「TCPウィンドウサイズの上限値を64kバイトに設定している」と記述されている。このため、最大スループットは、

$$\begin{aligned}\text{最大スループット} &= 64 \text{ (kバイト)} / 800 \text{ (ミリ秒)} \\ &= 64 \times 8 \text{ (kビット)} / 800 \times 10^{-3} \text{ (秒)} \\ &= 640 \text{ (kビット/秒)}\end{aligned}$$

となる。したがって、空欄bには“640”が入る。

- (2) 下線②とは、「RTTを小さくすることができれば、最大スループットを大きくすることができる」である。前述のように、最大スループットは、“TCPウィンドウサイズ÷RTT”で求められるので、分母に当たるRTTが小さくなれば、当然、最大スループットは大きくなる。

通信におけるRTT (Round Trip Time; 往復遅延時間) とは、送信側がデータを送信した後、受信側から、そのデータを受け取ったという確認応答が返されてくるまでに要する時間のことである。この問題の例では、現場のPCがウィンドウサイズの上限值である64kバイトのファイルをアップロードし、ファイルサーバから、そのデータを受信したという確認応答が返ってくるまでの時間が相当する。

携帯電話サービスの帯域が広くなれば、データの送信時間はある程度短縮できる。しかし、ファイルサーバがデータを受け取るための時間は、帯域が広がっても変わらない。また、確認応答のデータ長は短いので、帯域が広がったとしても、送信時間の短縮がほとんど期待できない。つまり、RTTは携帯電話サービスの帯域が幾ら広がったとしても、ある一定の時間よりも小さくすることができないのである。このため、携帯電話サービス回線の帯域が広がっても、RTTが変わらなければ、スループットはある値以上にならない。したがって、解答は(イ)となる。

なお、その他の選択肢には、次のような誤りがある。

ア：最大スループットは，“TCP ウィンドウサイズ÷RTT”で求められる。このため、RTTが変わらなければ、携帯電話サービス回線の帯域が広くなっても、最大スループットは変わらない。

ウ：携帯電話サービス回線の帯域が広くなれば、データ送信時の伝送遅延時間が小さくなるので、RTT も小さくなる。このため、スループットの値は大きくなる。

[設問3]

空欄 c は、分割ダウンロード機能を使って 60 M バイトの CAD ファイルのダウンロード時間を 4 分以内にするために、ファイルを幾つに分割すればよいかを求めるものである。

まず、分割ダウンロード機能とは、一つのファイルを分割し、複数の TCP コネクションを使って、分割されたそれぞれのファイルを同時にダウンロードした後、元の一つのファイルに結合する機能である。また、一つの TCP コネクションの実効スループットを 450 k ビット/秒として計算するので、60 M バイトの CAD ファイルを n 個に分割し、それぞれが 4 分 (240 秒) 以内で送信できるようにすればよい。そのためには、次の式を満たす n を求めるとよい。

$$\frac{60 \times 10^6 \times 8 \text{ (ビット)}}{n \times 450 \times 10^3 \text{ (ビット/秒)}} \leq 240 \text{ (秒)}$$

この式を整理すると、

$$\frac{60 \times 10^3 \times 8}{450 \times 240} \leq n$$

となり、更に約分すれば、

$$\frac{200}{45} = \frac{40}{9} = 4.44\cdots \leq$$

となる。したがって、 n は 5 以上にすればよいので、空欄 c には “5” が入る。

[設問4]

空欄 d は、「速度測定サイトでの速度測定には、TCP でなく d を使っているので、RTT の影響を受けずに十分な速度が出ていたものと推測した」という記述の中にある。TCP (Transmission Control Protocol) の通信方式では、相手側から確認応答を受け取るまでは、次のデータを送信することができないので、確認応答を受け取るまでに要する時間である RTT の影響を受ける。しかし、トランスポート層に位置するもう一つのプロトコルである UDP (User Datagram Protocol) には、相手からの確認応答を待つ必要がないので、UDP を使用すれば、RTT の影

響を受けることなく、データを送信できる。したがって、空欄 d には (カ) の “UDP” が入る。なお、UDP でデータを送信すると、RTT の影響を受けない半面、相手側からの応答確認がないことにより、送信側では、相手にデータが正しく届いたかどうかの確証が得られない。

【解答例】

- [設問 1] (1) (a) 仮設事務所の移設に伴う LAN の移動
 (2) 理論値は 1 端末が基地局を占有した場合の最大速度であるから
- [設問 2] (1) (b) 640 (k ビット/秒)
 (2) イ
- [設問 3] (c) 5 (個)
- [設問 4] (d) カ



演習問題 ● Exercise

問7 ネットワークの経路情報を動的に決定するダイナミックルーティングに関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。
(H20 秋-SW 午後1問1)

製造業 Y 社のネットワークは、図 1 に示すように、3 拠点の LAN 上のルータを専用線で接続した構成になっている。社外ネットワーク（以下、社外 NW という）へは、本社ルータに接続された社外 NW 接続ルータを介して接続している。

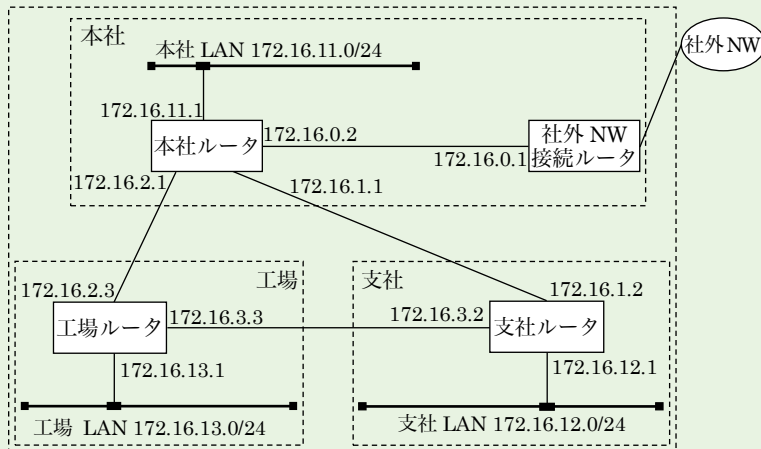


図 1 専用線で接続された Y 社ネットワーク

Y 社の各拠点に設置したルータは、ダイナミックルーティングプロトコルの一種である距離ベクトル型ルーティングプロトコルの RIP (Routing Information Protocol) を使って、隣り合うルータへ経路情報を伝えている。経路情報 (図 2) は、通信先である“あて先ネットワーク”に到達するまでの、方向と距離で表される距離ベクトルである。方向は、情報を伝える隣接ルータの IP アドレスである“ネクストホップ”で表し、距離は、通過するルータの数である“ホップ数”で表す。ただし、ルータに直結しているあて先ネットワークのホップ数は 1 とする。

あて先ネットワーク	ネクストホップ	ホップ数
-----------	---------	------

図 2 経路情報

支社 LAN (172.16.12.0/24) への距離ベクトルが工場ルータ上で形成されるまでのルータ間での経路情報のやり取りは、次のとおりである。

- (1) 1 回目の経路情報の伝達で、支社 LAN に直結している支社ルータは、自分自身を 1 として数えたホップ数 1 を、ネクストホップ 172.16.1.2 から本社ルータへ、ネクストホップ 172.16.3.2 から工場ルータへ、それぞれ伝える。
- (2) 本社ルータと工場ルータは、ホップ数 1 に 1 を加えたホップ数 2 を、距離ベクトルデータベース（以下、距離ベクトル DB という）に書き込む。
- (3) 2 回目の経路情報の伝達で、本社ルータは、ホップ数 2 を、ネクストホップ 172.16.2.1 から工場ルータへ伝える。
- (4) 工場ルータは、ホップ数 2 に 1 を加えたホップ数 3 を、距離ベクトル DB に書き込む。

同様に、支社 LAN (172.16.12.0/24) 以外のあて先ネットワークへの経路情報も各ルータへ伝達され、各ルータ内に、距離ベクトル DB が作られる。正常時における、工場ルータの距離ベクトル DB の一部を表 1 に示す。

表 1 工場ルータの距離ベクトル DB（一部）

あて先ネットワーク	ネクストホップ	ホップ数
172.16.13.0/24	直結	1
172.16.11.0/24	172.16.2.1	a
172.16.11.0/24	172.16.3.2	b
172.16.12.0/24	172.16.2.1	3
172.16.12.0/24	172.16.3.2	2

距離ベクトル DB の中に、同じあて先ネットワークをもつ距離ベクトルが複数ある場合、ホップ数が最小の距離ベクトルを経路として決定し、経路制御表を作る。

経路情報は、隣接ルータから 30 秒間隔で伝えられる。180 秒間伝わらないと障害とみなし、当該ルータをネクストホップとする距離ベクトルを距離ベクトル DB から削除し、経路制御表を作り直す。

正常時における，工場ルータの経路制御表の一部を表 2 に示す。

表 2 工場ルータの経路制御表（一部）

あて先ネットワーク	ネクストホップ	ホップ数
172.16.13.0/24	直結	1
172.16.11.0/24	172.16.2.1	e
172.16.12.0/24	172.16.3.2	2

ある日，支社 LAN（172.16.12.0/24）上の PC から本社 LAN（172.16.11.0/24）上のサーバへの通信が遅くなったとの報告が届いた。本社ルータの経路制御表を調べてみると，表 3 のようになっていた。

表 3 本社ルータの経路制御表（一部）

あて先ネットワーク	ネクストホップ	ホップ数
172.16.11.0/24	直結	1
172.16.12.0/24	172.16.1.2	d
172.16.13.0/24	172.16.1.2	3

表 3 から，e に障害が発生している可能性のあることが分かり，対処した。

Y 社は，今回の障害をきっかけに，RIP の使用を見直した。RIP は f ので，経路に障害が発生した場合などに，経路のう回路を見つけるのに時間がかかることが分かった。

次に，支社と工場の間専用線のトラフィックがほかの専用線に比べて少ないので，経費削減のために，支社と工場の間を，高速で高価な専用線から，低速だが安価な ISDN に切り替えることを検討した。支社と工場の間は，平常時は本社経由で高速な専用線を用いて通信を行い，本社と支社の間又は本社と工場の間通信障害が発生した場合にだけ，ISDN を用いてダイアルアップ接続し，通信を継続する。

この場合，RIP を使用すると，g ので，平常時も支社と工場の間のお線は ISDN が選ばれる。この対策として，ダイナミックルーティングプロトコルとして，リンク状態型ルーティングプロトコルである OSPF に切り替えることを検討した。

OSPF は，あて先までの回線コストの総和が最小となるパスを経路として

選択する。回線コストは に反比例した式で計算される。

設問1 表1～3中の ～ に入れる適切な数値を答えよ。

設問2 本文中の に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア 本社ルータと支社ルータの間の専用線 (172.16.1.0/24)
- イ 本社ルータと工場ルータの間の専用線 (172.16.2.0/24)
- ウ 支社ルータと工場ルータの間の専用線 (172.16.3.0/24)

設問3 本文中の , に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア クラスレスインタードメインルーティング (CIDR) を用いたネットワークへの対応ができない
- イ 経路がループしていることを検出できない
- ウ 経路情報伝達を一定時間間隔でしか行わない
- エ ネットワークの回線速度を考慮することができない

設問4 本文中の に入れる適切な字句を5字以内で答えよ。

【解説】

ネットワークの経路情報を動的に決定するダイナミックルーティングに関する問題である。ダイナミックルーティングのプロトコルとしては RIP (Routing Information Protocol) が使われているが、事前に RIP についての知識がなくても、問題文の記述に従うとほとんどの設問は解ける。一部、知識が必要な設問もあるが、全体的に難易度は低い。ネットワーク分野では頻出のルーティングに関する問題なので、この問題に出てくる考え方をきちんと理解することで、新しい問題にも対応できるようにしよう。

[設問1]

表1「工場ルータの距離ベクトル DB (一部)」のホップ数を解答する。問題文にある(1)～(4)のルータ間のやり取りを RIP の仕組みを考えながら、一つずつ丁寧にトレースする。

- ・空欄 a, b：工場ルータの距離ベクトル DB に関する問題である。あて先ネットワーク 172.16.11.0/24 は、本社ルータに接続されている本社 LAN のネットワークアドレスである。「支社 LAN (172.16.12.0/24) への距離ベクトルが工場ルータ上で形成されるまでのルータ間での経路情報のやり取り」を参考に、本社 LAN への距離ベクトルが工場ルータ上で形成されるまでを追っていく。
- (1) 1 回目の経路情報の伝達で、本社 LAN に直結している本社ルータは、自分自身を 1 として数えたホップ数 1 を、ネクストホップ 172.16.1.1 から支社ルータへ、ネクストホップ 172.16.2.1 から工場ルータへ、それぞれ伝える。
- (2) 支社ルータと工場ルータは、ホップ数 1 に 1 を加えたホップ数 2 を、距離ベクトル DB に書き込む。
- (3) 2 回目の経路情報の伝達で、支社ルータは、ホップ数 2 を、ネクストホップ 172.16.3.2 から工場ルータへ伝える。
- (4) 工場ルータは、ホップ数 2 に 1 を加えたホップ数 3 を、距離ベクトル DB に書き込む。

図示すると、図 A のような流れになる。

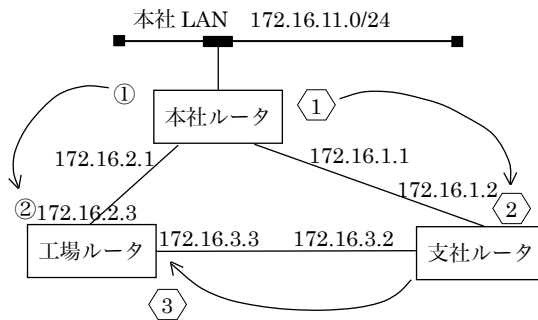


図 A 本社ルータから工場ルータへの距離ベクトル

このような流れで、あて先ネットワーク LAN 172.16.11.0/24 (本社 LAN) への距離ベクトル DB は、ネクストホップ 172.16.2.1 からはホップ数 2、172.16.3.2 からはホップ数 3 となる。したがって、(a)は「2」、(b)は「3」となる。

- ・空欄 c：表 1 から表 2「工場ルータの経路制御表 (一部)」を作成する。あて先ネ

ットワーク 172.16.11.0/24（本社 LAN）への距離ベクトルは、(a)、(b)を埋めると次のようになる。

あて先ネットワーク	ネクストホップ	ホップ数
172.16.11.0/24	172.16.2.1	2
172.16.11.0/24	172.16.3.2	3

表 1 の次に「距離ベクトル DB の中に、同じあて先ネットワークをもつ距離ベクトルが複数ある場合、ホップ数が最小の距離ベクトルを経路として決定し、経路制御表を作る」とあるため、ホップ数の小さい、ネクストホップ 172.16.2.1 のホップ数 2 のほうが経路として経路制御表に採用される。したがって、「2」となる。

- ・空欄 d：本社ルータの距離ベクトル DB は(a)、(b)の解説でトレースした問題文の(1)～(4)と、ほぼ同等のやり取りの結果、作成される。そして、あて先ネットワークが 172.16.12.0/24（支社 LAN）のものを考えると次のようになる。

あて先ネットワーク	ネクストホップ	ホップ数
172.16.12.0/24	172.16.1.2	2
172.16.12.0/24	172.16.2.3	3

このうち、ネクストホップが 172.16.1.2 となっているもののホップ数は 2 となるので、「2」が入る。

[設問 2]

障害が発生している箇所を特定する問題である。表 3 の経路制御表の元となる本社ルータの距離ベクトル DB（設問 1(c)に示した内容はここからの抜粋）を考えてみると、次のようになる。

あて先ネットワーク	ネクストホップ	ホップ数
172.16.11.0/24	直結	1
172.16.12.0/24	172.16.1.2	2
172.16.12.0/24	172.16.2.3	3
172.16.13.0/24	172.16.1.2	3

172.16.13.0/24	172.16.2.3	2
----------------	------------	---

これを表 3「本社ルータの経路制御表（一部）」と比べてみると、172.16.11.0/24（本社 LAN）、172.16.12.0/24（支社 LAN）の経路は最小ホップ数が選ばれているが、172.16.13.0/24（工場 LAN）への経路では、172.16.2.3 からの最小ホップ数 2 が選ばれていない。このことから、ネクストホップ 172.16.2.3（工場ルータ）から本社ルータへの経路情報が届いていないということが分かる。

したがって、障害の起こった箇所は、本社ルータと工場ルータの間のどこか、ということになるが、他の経路からは経路情報が流れているため、工場ルータ自体が故障しているとは考えにくい。したがって、本社ルータと工場ルータの間の専用線（172.16.2.0/24）で障害が発生している可能性が最も高い。したがって、(イ)の「本社ルータと工場ルータの間の専用線（172.16.2.0/24）」を選ぶ。

[設問 3]

RIP の問題点に関する設問である。RIP についての知識が必要なため、他の設問に比べるとやや難易度が高い。しかし、問題文をよく読めば推測できる内容である。なお、解答群の(ア)～(エ)の四つは、いずれも RIPv1（RIP バージョン 1）の特徴としては正しいものであるため、この中から状況に応じて選んでいく。

- ・空欄 f：RIP を使用すると、経路障害が発生した場合になどに、経路のう回路を見つけるのに時間がかかる理由が問われている。解答群の内容は、その理由、つまり、う回路を見つけるための方法や経路情報の伝達時間など、時間がかかる理由に該当するものは(ウ)しかない。したがって、この(ウ)が正解の候補となる。実際、RIP では、隣接ルータに対して、経路情報を順に伝達していく。通常、RIP では、1 回目の経路情報の伝達から 2 回目の経路情報の伝達まで 30 秒かかる。つまり、30 秒ごとという一定時間間隔でしか経路情報伝達を行わないのである。したがって、ホップ数が増えると、経路情報の伝達に多くの時間がかかってしまうため、障害が起きてもそれが伝達されるのに時間がかかる。したがって、(ウ)の「経路情報伝達を一定時間間隔でしか行わない」ことを選ぶ。
- ・空欄 g：RIP を使用すると、平常時でも支社と工場間の回線は ISDN が選ばれる理由が問われている。また、その場合の問題点として、平常時の支社と工場間は、本社経由で高速な専用線を用いて通信を行い、この通信路に障害が発生した場合にだけ、ISDN 回線による通信を行うことを想定していたが、

そのようにならないことが挙げられている。また、この問題点の対策としては、RIP からあて先までの回線コストの総和が最小となるパスを経路として選択する方式の OSPF に切り替えるとしている。一方、これまで考えてきたように、RIP の場合の経路選択は、経由するルータの数であるホップ数によって行われる。したがって、ホップ数では不都合があり、回線コストであればよい理由を考える。回線コストという内容が正確には分からないかもしれないが、解答群の中には回線の月額料金などのコスト（費用）に関する内容は無いので、ここでいう回線コストとは、伝送時間などのことであることは想像できるだろう。そして、これに関連する内容は(エ)しかないなので、これが正解であることが分かる。

また、この空欄については、設問 4 の内容を考えると、更に解答に確信が持てるだろう。

[設問 4]

OSPF (Open Shortest Path First) での回線コストに関する問題である。OSPF では経路に回線コストを設定し、あて先までの回線コストの総和が最小となるパスを経路として選択する。回線コストを用いて、本問のようにホップ数の少ない ISDN 回線を避けるようにするためには、本社と支社、本社と工場間の専用線の回線コストを低く、ISDN を用いたダイヤルアップ接続の回線コストを高く設定すればよい。このとき、「回線コストは $\frac{1}{h}$ に反比例した式で計算される」とあるため、反比例させる元の値は、専用線のほうが値が大きいものを使用する必要がある。問題文には専用線は「高速で高価」とあり、設問 3 では RIP の弱点として「ネットワークの回線速度を考慮することができない」とあるため、専用線のほうが、より高速である回線速度を使用するのが適当である。したがって、「回線速度」が入る。

【解答例】

[設問 1] (a) 2 (b) 3 (c) 2 (d) 2

[設問 2] イ

[設問 3] (f) ウ (g) エ

[設問 4] 回線速度



演習問題 ● Exercise

問8 データベースの設計と実装に関する次の記述を読んで、設問 1, 2 に答えよ。
(H23 春・AP 午後問 6)

Y 社は、インターネットで個人向けに書籍を販売する書籍販売サイトを運営している。書籍販売サイトでの顧客からの注文を受け付ける注文管理システム（以下、現行システムという）では、書籍情報、注文情報に加えて、顧客の会員情報を管理している。現行システムの E-R 図を図 1 に示す。現行システムでは、E-R 図のエンティティ名を表名、属性名を列名にして、適切なデータ型で表定義した関係データベースによって、データを管理している。

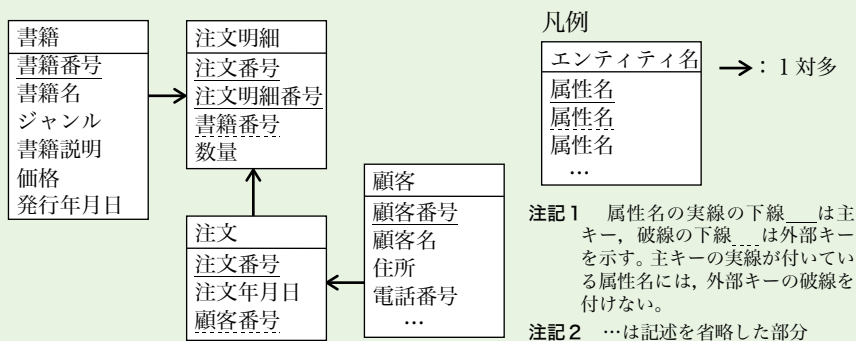


図 1 現行システムの E-R 図

〔新刊お薦め機能の追加について〕

Y 社では、販売促進のために“新刊お薦め機能”を書籍販売サイトに追加することにした。新刊お薦め機能は、顧客の購入履歴から顧客が興味をもつ書籍ジャンルを推定し、そのジャンルで過去 60 日以内に発行された書籍（以下、新刊という）をすべてお薦め商品として表示する機能である。ここで、過去 180 日間に購入した書籍の“総冊数に占めるジャンルごとの冊数の割合”（購入割

合) が 10% を超えているものを、その顧客が興味をもつ書籍ジャンルとする。同一書籍を複数購入した場合も、その冊数をそのまま集計する。新刊お薦め機能は、次の三つの手順によって実現するものとする。

[手順 1] 全書籍から新刊だけを抽出する。

[手順 2] 今日を含めて過去 180 日以内の購入履歴から、顧客ごと、書籍ジャンルごとの購入冊数を求める。

[手順 3] 今日を含めて過去 180 日以内の、その顧客の購入割合が 10% を超えているジャンルについて、そのジャンルの新刊をお薦め商品として表示する。

[手順 1] を実現するために、新しいエンティティ “新刊” を追加し、“新刊” に対応するテーブルを作成するための SQL 文と、データを挿入するための SQL 文を作成した。エンティティと SQL 文を図 2 に示す。ここで、“: 今日” は、SQL 実行時の年月日を格納するホスト変数である。図 2 中の“発行年月日 + 60 > : 今日” は、発行年月日が SQL 実行時の年月日を含めて過去 60 日以内であることを示す。また、現行システムで年月日を格納する列と、年月日を格納するホスト変数は、基準日からの日数を値としている。

エンティティ テーブル作成用 SQL 文

新刊
書籍番号

```

a 新刊 (書籍番号 INTEGER, ジャンル INTEGER,
b (書籍番号),
FOREIGN KEY (書籍番号)
REFERENCES 書籍 (書籍番号))

```

データ挿入用 SQL 文

```

DELETE FROM 新刊;
INSERT INTO 新刊 (書籍番号, ジャンル)
SELECT 書籍番号, ジャンル FROM 書籍 WHERE 発行年月日 + 60 > : 今日;

```

図 2 エンティティ “新刊” とその SQL 文

[手順 2] を実現するために、新しいエンティティ “購入傾向” を追加し、“購入傾向” に対応するテーブルを作成するための SQL 文と、データを挿入

するための SQL 文を作成した。エンティティと SQL 文を図 3 に示す。

エンティティ テーブル作成用 SQL 文

購入傾向	a 購入傾向
顧客番号	(顧客番号 INTEGER, ジャンル INTEGER, 購入冊数 INTEGER,
ジャンル	b (顧客番号, ジャンル),
購入冊数	FOREIGN KEY (顧客番号)
	REFERENCES 顧客 (顧客番号))
データ挿入用 SQL 文	
DELETE FROM 購入傾向 ;	
INSERT INTO 購入傾向 (顧客番号, ジャンル, 購入冊数)	
SELECT 注文.顧客番号, 書籍.ジャンル, c	
FROM 注文, 注文明細, 書籍	
WHERE d	
AND 注文.注文番号 = 注文明細.注文番号	
AND 注文明細.書籍番号 = 書籍.書籍番号	
GROUP BY e , f ;	

図 3 エンティティ “購入傾向” とその SQL 文

[手順 3] を実現するために、お薦め商品の情報を抽出する SQL 文を作成した。SQL 文を図 4 に示す。ここで、“：顧客番号” は指定された顧客の顧客番号を、“：購入総冊数” は指定された顧客が今日を含めて過去 180 日以内に購入した総冊数を格納するホスト変数である。

SELECT 書籍.書籍番号, 書籍.書籍名, 書籍.書籍説明 FROM 書籍, 新刊, 購入傾向
WHERE 書籍.書籍番号 = 新刊.書籍番号
AND 購入傾向.顧客番号 = :顧客番号
AND 書籍.ジャンル = 購入傾向.ジャンル
AND g > :購入総冊数

図 4 お薦め商品の情報を抽出する SQL 文

[新刊お薦め機能の改善について]
Y 社では新刊お薦め機能を構築し、一部の顧客に対して試験的に導入した。しばらく試験運用を続けた結果、新刊お薦め機能を利用している複数の顧客が

ら，“商品購入後にはすぐにお薦め商品が更新された方が使いやすい”との指摘を受けた。

そこで，毎日バッチ処理で実行していた〔手順 2〕の処理に加えて，顧客が商品を購入したタイミングで，その顧客に対する“購入傾向”にその時購入した商品の情報を追加することにした。その更新処理のための SQL 文を図 5 に示す。ここで，“：顧客番号”はその顧客の顧客番号を，“：注文番号”はその顧客の直前の注文に対応する注文番号を，“：注文明細番号”はその注文のうちの一つの注文明細に対応する注文明細番号を格納するホスト変数である。

```
UPDATE 購入傾向 SET 購入冊数 =
(SELECT 購入傾向.購入冊数 + 注文明細.数量 FROM 注文明細, 書籍
WHERE 注文明細.注文番号 = :注文番号 AND 注文明細.注文明細番号 = :注文明細番号
AND 注文明細.書籍番号 = 書籍.書籍番号 AND 書籍.ジャンル = 購入傾向.ジャンル)
WHERE 購入傾向.顧客番号 = :顧客番号
AND 購入傾向.ジャンル IN
(SELECT 書籍.ジャンル FROM 注文明細, 書籍
WHERE 注文明細.注文番号 = :注文番号 AND 注文明細.注文明細番号 = :注文明細番号
AND 注文明細.書籍番号 = 書籍.書籍番号)
```

図 5 商品購入時に購入傾向テーブルの情報を更新する SQL 文

図 5 の更新処理の動作確認のために，図 6 及び図 7 に示すテストデータを用意した。図 6 は〔手順 2〕の結果として“購入傾向テーブル”に格納するテストデータである。図 7 は，顧客が新たに購入した書籍に関するテストデータである。

顧客番号	ジャンル	購入冊数
100010	1	3
100010	2	1
100010	3	4
100020	1	1
100020	3	2

図 6 購入傾向テーブルに格納するテストデータ

顧客番号	注文番号	注文明細番号	書籍番号	ジャンル	数量
100010	101	1	902011	2	1
100020	102	1	803023	2	1
100020	102	2	502063	3	1

図 7 顧客が新たに購入した書籍に関するテストデータ

設問1 三つの手順を実現するためのエンティティと SQL 文について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 図2中の , に入れる適切な字句を答えよ。

(2) 図3中の ～ に入れる適切な字句を答えよ。

ここで、SQL 実行時の年月日はホスト変数“:今日”に格納されているものとする。

(3) 図4中の に入れる適切な字句を答えよ。

設問2 図6及び図7のテストデータで図5の更新処理の動作確認を行った結果について、(1)、(2)に答えよ。

(1) 図6のテストデータが格納された購入傾向テーブルに対して、図7のテストデータを用いて図5の更新処理を行った結果、図6のテストデータのうち、更新されたすべてのレコードの更新後の内容（顧客番号、ジャンル、購入冊数）を答えよ。

(2) (1)の結果から、図5の更新処理では一部の商品を購入したときに購入傾向テーブルが変更されないことが分かった。どのような商品を購入したときにこの問題が起こるか。35字以内で述べよ。

【解説】

書籍販売サイトの“新刊お薦め機能”を実現するための SQL に関する問題である。設問 1 では SQL 文の基本的な書式の知識や抽出条件を問題文から読み取る力が、設問 2 では SQL の実行結果をシミュレートして問題点を見つけだす力がそれぞれ求められている。

[設問 1]

- (1) 図 2 中の空欄 a, b が問われている。図 2 で空欄のある部分は、“テーブル作成用 SQL 文”となっていることから、テーブル作成用の SQL 文の書式に従って空欄に入るべきキーワードを考えればよい。

【テーブル作成用の SQL 文の書式】

```
CREATE TABLE テーブル名
(
  属性名 1 型 1 [制約 1],
  属性名 2 型 2 [制約 2],
  . . .
  属性名 n 型 n [制約 n],
  PRIMARY KEY ( 主キー ),
  FOREIGN KEY ( 外部キー ) REFERENCES 参照先テーブル名 ( 参照先主キー )
)
```

※ []内は省略可能

- ・空欄 a：右側に作成すべき“新刊”というテーブル名が続いていることから、「CREATE TABLE」である。
- ・空欄 b：右側に“(書籍番号)”が続いている。図 2 のエンティティを見ると、書籍番号は新刊テーブルの主キー属性となっていることから、空欄 b は、主キーであることを示す「PRIMARY KEY」である。

- (2) 図 3 中の空欄 c～f が問われている。図 3 は、[手順 2] の「今日を含めて過去 180 日以内の購入履歴から、顧客ごと、書籍ジャンルごとの購入冊数を求める」という部分を実現するための購入傾向テーブルの作成と、作成した購入傾向テーブルへデータを挿入するための SQL 文である。データ挿入用の SQL 文では、INSERT 文の中で SELECT 句の結果を利用することで、既に存在する注文テーブル、注文明細テーブル、書籍テーブル中のデータを加工して、購入傾向テーブルへデータを挿入する。

[手順 2] は、顧客ごと、書籍ジャンルごとの購入冊数となっているが、これは、同じ顧客が購入した同一ジャンルの書籍の冊数を集計するという意味である。したがって、同一の顧客番号、かつ、同一のジャンルをもつ行をグループ化し、それらの冊数（数量）の合計値を求める必要がある。しかし、図 1 の E-R 図を見ると、注文明細テーブルには顧客番号やジャンルが含まれていないため、注文明細テーブルと顧客番号をもつ注文テーブル、ジャンルをもつ書籍テーブルを注文明細テーブルを結合し、その結果を集計する必要がある。

- ・空欄 c: INSERT 文中の SELECT 句の一部であり、購入傾向テーブルの項目の並びから、購入冊数に該当する項目が入ることが分かる。そして、前述のように、この購入冊数は、該当する行の数量を合計することで算出できる。合計は SUM 関数によって求められ、数量は注文明細テーブルの属性なので、「SUM (注文明細.数量)」が正解である。
- ・空欄 d: WHERE 句中の条件である。空欄 d 以外の条件には「注文.注文番号=注文明細.注文番号」、「注文明細.書籍番号=書籍.書籍番号」の二つがあり、それぞれ注文テーブルと注文明細テーブル、注文明細テーブルと書籍テーブルを結合するためのものである。そして、FROM 句を見ると、使用するテーブルは注文テーブル、注文明細テーブル、書籍テーブルの三つであることから、結合のための条件はこの二つで十分であることが分かる。したがって、空欄 d には別の抽出条件などが入ることが分かる。そこで、[手順 2] からほかの条件を探すと、「今日を含めて過去 180 日以内の購入履歴から」という抽出条件がある。購入した日の情報は図 1 のエンティティから注文テーブルの注文年月日が該当するが、これを使って「過去 180 日以内」という条件を、図 2 の WHERE 句の書き方に当てはめると「注文.注文年月日 + 180 > :今日」となる。
- ・空欄 e, f: GROUP BY 句によるグループ化の条件である。[手順 2] には「顧客ごと、書籍ジャンルごとの購入冊数」とあるので、グループ化に指定するのは、顧客番号とジャンルである。よって、空欄 e は「注文.顧客番号」、空欄 f は「書籍.ジャンル」である。

(3) 図 4 中の空欄 g が問われている。

- ・空欄 g: 図 4 は、[手順 3] の「今日を含めて過去 180 日以内の、その顧客の購入割合が 10%を超えているジャンルについて、そのジャンルの新刊をお勧め商品として表示する」という部分を実現するための SQL 文である。そして、空欄 g は WHERE 句の条件であり、右側には「> :購入総冊数」と記述されている。この購入総冊数をヒントに問題文を読むと、購入割合は「総冊数に占めるジャンルごとの冊数の割合」という記述があり、購入割合に購入冊数が関連していることが分かる。このことから [手順 3] の「購入割合が 10%を超えているジャンル」に該当する条件文であると考えられる。ジャンルごとの購入冊数は購入傾向テーブルの

購入冊数であるため、「購入傾向.購入冊数÷:購入総冊数>0.1」が、「購入割合が10%を超えているジャンル」を示す条件となる。しかし，“>”の右辺が「:購入総冊数」であることから、この条件を変形して「購入傾向.購入冊数*10>:購入総冊数」とする必要がある。よって、空欄 g は「購入傾向.購入冊数*10」が正解である。

[設問2]

- (1) 顧客からの要望に基づき、購入直後新刊お薦め機能に情報を反映するために、購入傾向テーブルを更新する SQL 文が図 5 に示されている。この UPDATE 文の実行結果を、図 7 のテストデータを使ってシミュレートすればよい。

まず、図 5 の SQL 文を解説する。図 5 の SQL 文には、SET 句及び WHERE 句の中にそれぞれ下記の SELECT 文が含まれている。

(a) SET 句に含まれる SELECT 文

```
SELECT 購入傾向.購入冊数 + 注文明細.数量
FROM 注文明細, 書籍
WHERE 注文明細.注文番号 = :注文番号
      AND 注文明細.注文明細番号 = :注文明細番号
      AND 注文明細.書籍番号 = 書籍.書籍番号
      AND 書籍.ジャンル = 購入傾向.ジャンル
```

(b) WHERE 句に含まれる SELECT 文

```
SELECT 書籍.ジャンル
FROM 注文明細, 書籍
WHERE 注文明細.注文番号 = :注文番号
      AND 注文明細.注文明細番号 = :注文明細番号
      AND 注文明細.書籍番号 = 書籍.書籍番号
```

(a)と(b)の SELECT 文は、(a)の WHERE 句の最後に“書籍.ジャンル=購入傾向.ジャンル”という条件が多いだけで FROM 句以降の内容は同じである。この SELECT 文は、注文明細テーブルと書籍テーブルを書籍番号で結合したのから、特定の注文番号、注文明細番号をもつ行だけを抽出する。図 1 から、注文明細テーブルと書籍テーブルを書籍番号で結合すると、注文番号、注文明細番号、書籍番号、数量、ジャンルの属性を得ることができ、これは図 7 のテストデータから顧客番号を除いたものに当たる。

一方、(a)の SELECT 文では、抽出された注文明細テーブルの数量と購入傾向

テーブルの購入冊数を加算した結果が得られる。そして、図 5 の UPDATE 文は、その結果から購入傾向テーブルの購入冊数を更新している。また、(b) の SELECT 文では書籍テーブルのジャンルが得られ、図 5 の UPDATE 文の WHERE 句は、得られたジャンルと一致するジャンルでかつ、特定の顧客番号の行だけを更新するための条件となっていることが分かる。

これらから、次のシミュレート手順で更新結果を得ることができる。

1. 図 7 のテストデータから 1 行取り出す（注文明細テーブルと書籍テーブルを書籍番号で結合したものから特定の注文番号、注文明細番号の行を抽出する）。
2. 取り出した図 7 のテストデータの顧客番号とジャンルが一致する行を、図 6 のテストデータの中から探す（(b) の SELECT 文を含む WHERE 句の処理に該当）。
3. 図 6 のテストデータの該当行の購入冊数に、手順 1 で取り出した図 7 のテストデータの数量を加算する（(a) の SELECT 文を含む SET 句の処理に該当）。
4. 図 7 のテストデータがなくなるまで手順 1 から 3 を繰り返す。

図 7 の 1 行目から、図 6 の購入傾向テーブルの顧客番号が“100010”，ジャンルが“2”の行の購入冊数が更新される。図 7 の数量が 1 であることから、更新後は該当行の購入冊数が 1 から 2 となる。

図 7 の 2 行目から、図 6 の購入傾向テーブルの顧客番号が“100020”，ジャンルが“2”の行の購入冊数が更新される。しかし、該当する行が図 6 には存在しないため、更新は行われない。

図 7 の 3 行目から、図 6 の購入傾向テーブルの顧客番号が“100020”，ジャンルが“3”の行の購入冊数が更新される。図 7 の数量が 1 であることから、更新後は該当行の購入冊数が 2 から 3 となる。

よって、(100010, 2, 2), (100020, 3, 3) が解答となる。

- (2) (1)から「一部の商品を購入した時に購入傾向テーブルが変更されないことがなかった」とあるので、(1)のシミュレートに当たって、更新が行われなかったケースを考えればよい。

(1)では、図 7 の 2 行目のデータに対する更新が行われなかった。これは、図 6 の購入傾向テーブルのテストデータに、購入した顧客番号、ジャンルの組合せに一致する行が存在しなかったためである。図 5 の SQL 文は UPDATE 文であるため、既に購入傾向テーブルに存在する行の更新はできるが、新たな行を追加することはできない。購入傾向テーブルは〔手順 2〕にあるように過去 180 日以内の購入履歴だけを参照しているため、過去 180 日以内に購入履歴がない場合にこの問題が発生する。よって、「過去 180 日以内にその顧客が購入したことがないジャンルの商品」が解答となる。

ただし、そこまで詳細に解答しなくても“購入傾向テーブルにデータが存在しない”という発生条件さえ満たしていれば十分であるため、単に「購入傾向テ

ブルにその顧客のデータがないジャンルの商品」も別解となる。

【解答例】

- [設問1] (1) (a) CREATE TABLE (b)
PRIMARY KEY
(2) (c) SUM(注文明細.数量) (d) 注文.注文年月日 + 180 > :今日
(e) 注文.顧客番号 (f) 書籍.ジャンル (e, fは順不同)
(3) (g) 購入傾向.購入冊数*10
- [設問2] (1) ① (顧客番号, ジャンル, 購入冊数) : (100010, 2, 2)
② (顧客番号, ジャンル, 購入冊数) : (100020, 3, 3)
(2) 過去180日以内にその顧客が購入したことがないジャンルの商品
<別解>
購入傾向テーブルにその顧客のデータがないジャンルの商品



演習問題 ● Exercise

問9 販売管理システムで使用する SQL 文の検証に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

(H22 春・AP 午後問 6)

X 社は、輸入インテリアの販売を行っており、全国に店舗を展開している。現在、店舗ごとの受注・出荷は販売管理システムで管理している。新たに、インターネットで販売を行う Web ショップを開設することになり、それに合わせて、Web ショップでの受注も管理できる販売管理システムを構築することにした。

新システムの開発に当たって、システム部の Y 君が初めてデータベースの設計・開発を任せられ、Z 係長が指導をすることになった。

〔新システムの機能概要〕

- ・ Web ショップで受注した商品は、顧客の住所を基に在庫のある最寄り店舗から出荷する。
- ・ 受注情報には受注店舗の情報を持ち、受注明細には出荷店舗の情報をもつ。
- ・ 実店舗での販売においては、受注情報と受注明細の店舗は、販売した実店舗とする。
- ・ Web ショップでの販売においては、受注情報の店舗は Web ショップとし、受注明細の店舗は出荷を行う最寄り店舗とする。
- ・ Web ショップも含めた全店舗の売上を、月次で店舗ごとに集計する。
- ・ Web ショップで販売した商品の売上については、出荷した実店舗に配分する。したがって、Web ショップの売上を、月次で受注明細の出荷店舗ごとに集計する。
- ・ Web ショップの店舗番号は“A09999”とする。

〔新システムで使用する SQL 文の検証〕

(1) テーブル設計

Y 君は、新システムのデータベースのテーブルを設計した。設計したテーブルの一部を図 1 に示す。

店舗 (店舗番号, 店舗名, 店舗住所)
 顧客 (顧客コード, 氏名, 住所, 電話番号)
 受注 (受注番号, 受注日付, 受注店舗番号, 顧客コード)
 受注明細 (受注番号, 明細番号, 商品番号, 出荷店舗番号, 受注数, 受注金額)
 在庫 (商品番号, 店舗番号, 在庫数)

注 下線は主キーを示す。

図 1 テーブル設計 (一部)

(2) SQL 文の作成

Y 君は、店舗ごとの売上を月次で集計する図 2 の SQL 文と、Web ショップの売上を出荷店舗ごとに月次で集計する図 3 の SQL 文を作成した。
 “:指定月開始日”, “:指定月終了日” は、それぞれ集計対象月の開始日, 終了日を表す埋込み変数である。

```
SELECT t.店舗番号, t.店舗名, SUM(m.受注金額) AS 金額
FROM (店舗 t INNER JOIN (SELECT j.受注店舗番号, j.受注番号 FROM 受注 j
      WHERE j.受注日付 BETWEEN :指定月開始日 AND :指定月終了日) p
      ON t.店舗番号 = p.受注店舗番号)
      INNER JOIN 受注明細 m ON p.受注番号 = m.受注番号
GROUP BY t.店舗番号, t.店舗名
ORDER BY t.店舗番号
```

図 2 店舗ごとの売上を集計する SQL 文

```
SELECT m.出荷店舗番号, SUM(m.受注金額) AS Web 売上分
FROM 受注明細 m, 受注 j
WHERE (j.受注店舗番号 = a ) AND ( b = c ) AND
      (j.受注日付 BETWEEN :指定月開始日 AND :指定月終了日)
GROUP BY m.出荷店舗番号
ORDER BY m.出荷店舗番号
```

図 3 Web ショップの売上を出荷店舗ごとに集計する SQL 文

(3) テストデータの作成

Y 君は、SQL 文の検証のためにテストデータを作成した。作成したテストデータのうち、店舗、受注、受注明細の各テーブルのデータを表 1~3 に示す。

表 1 店舗テーブルのテストデータ

店舗番号	店舗名	店舗住所
A01001	銀座店	東京都中央区
A01002	新宿店	東京都新宿区
A01003	渋谷店	東京都渋谷区
A03001	名古屋店	名古屋市千種区
A05001	難波店	大阪市中央区
A09999	Web ショップ	本社 WebSystem

表 2 受注テーブルのテストデータ

受注番号	受注日付	受注店舗番号	顧客コード
50001	2010-03-03	A01002	11001
50002	2010-03-08	A01001	11002
50003	2010-03-12	A01002	11003
50004	2010-03-13	A03001	12002
50005	2010-03-19	A09999	12003
50006	2010-03-21	A09999	13202
50007	2010-03-21	A05001	13203
50008	2010-03-29	A09999	11003

表 3 受注明細テーブルのテストデータ

受注番号	明細番号	商品番号	出荷店舗番号	受注数	受注金額
50001	1	765933	A01002	1	50400
50001	2	432879	A01002	2	7200
50002	1	102004	A01001	1	50000
50003	1	664589	A01002	2	25000
50003	2	107013	A01002	1	60500
50004	1	432879	A03001	1	3600
50005	1	168234	A01002	1	113000
50006	1	666028	A01001	1	36700
50007	1	293041	A05001	1	15000
50008	1	813556	A01002	1	120000

(4) SQL 文の実行

表 1～3 のテストデータを用いて、指定月開始日を 2010 年 3 月 1 日、指定月終了日を 2010 年 3 月 31 日として図 2 の SQL 文を実行した結果、図 4 の出力が得られた。

店舗番号	店舗名	金額
A01001	銀座店	50000
A01002	新宿店	143100
A03001	名古屋店	3600
A05001	難波店	15000
A09999	Web ショップ	269700

図 4 店舗ごとの売上を集計する SQL 文の実行結果

Z 係長は図 4 の出力された結果を見て、この SQL 文では、集計の対象となる期間に 店舗の場合は、店舗ごとの売上の集計に出力されないことを指摘した。Y 君が SQL 文を図 5 のように修正して実行したところ、期待された結果が得られた。

```
SELECT t.店舗番号, t.店舗名, SUM(m.受注金額) AS 金額
FROM 店舗 t 
    (SELECT j.受注店舗番号, j.受注番号 FROM 受注 j
     WHERE j.受注日付 BETWEEN :指定月開始日 AND :指定月終了日) p
    INNER JOIN 受注明細 m ON p.受注番号 = m.受注番号
    ON t.店舗番号 = p.受注店舗番号
GROUP BY t.店舗番号, t.店舗名
ORDER BY t.店舗番号
```

図 5 修正後の店舗ごとの売上を集計する SQL 文

設問 1 図 3 の SQL 文について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 図 3 中の ～ に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 図 3 の SQL 文を、指定月開始日を 2010 年 3 月 1 日、指定月終了日を 2010 年 3 月 31 日として表 1～3 のテストデータを用いて実行した結果のデータ項目名とデータの値を答えよ。

設問 2 本文中の に入れる適切な字句を 15 字以内で答えよ。

設問 3 図 5 の SQL 文について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 図 5 中の に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア EXCEPT イ INNER JOIN ウ INTERSECT
エ LEFT OUTER JOIN オ UNION

- (2) 図 5 の SQL 文を表 1～3 のテストデータを用いて実行したときの結果と、図 2 の SQL 文で出力した図 4 の実行結果を比較し、新たに出力される行をすべて答えよ。なお、答案用紙の行はすべて埋まるとは限らない。

【解説】

販売管理システムの月次集計用 SQL 文の検証と改善に関する問題である。SQL 文の問題では、データを組み合わせて、新しい結果を得るための SQL 文を作る能力が求められる。

設問 1(1)は、集計用の SQL 文の穴埋め問題である。部分的に記述されている条件式と求める結果を得るために必要な条件式を基に、不足している条件式を解答する。また、(2)では、(1)の解答で得られた SQL 文に問題文で与えられた条件を適用した場合の検索結果が求められている。

設問 2 は、SQL 文の不備を解答する問題である。SQL 文の条件に誤りや過不足がないかを吟味して解答する必要がある。

設問 3 は、設問 2 で指摘した不備を解消する SQL 文の作成とその SQL 文の実行結果を導出する問題である。同じ条件を複数の表現方法で SQL 文にできることが求められている。

SQL 文に関する問題は、具体的なテストデータを基に実行結果をシミュレートできれば解答できることが多い。

〔設問 1〕

(1) 図 3 の SQL 文の条件式の穴埋め

図 3 は、Web ショップの売上を出荷店舗ごとに集計する SQL 文である。この SQL 文の WHERE 句は、次の①～③の条件式が AND 演算子で繋がれている。

```
FROM 受注明細 m, 受注 j
WHERE (j.受注店舗番号 = ( a )) AND ( ( b ) ) = ( c ) AND
      ①                               ②
      (j.受注日付 BETWEEN :指定月開始日 AND :指定月終了日)
      ③
```

まず、①は、左辺が j.受注店舗番号であることから、受注店舗番号に関する条件であることが分かる。そこで、この SQL 文で受注店舗番号に関するどのような条件式が必要かを考える。〔新システムの機能概要〕に「Web ショップでの販売においては、受注情報の店舗は Web ショップ」と「Web ショップの店舗番号は「A09999」とする」とあることから、Web ショップの受注情報に絞り込むための①は j.受注店舗番号 = 'A09999' となり、空欄 a は 'A09999' となる。

次に WHERE 句の前行にある FROM 句に注目すると、SQL 文の条件式には、少なくとも受注明細テーブルと受注テーブルを結合するための条件式が必要となる。③は BETWEEN 述語を使用した受注日付による集計期間を指定する条件式となっているため、②が受注テーブルと受注明細テーブルの結合条件であることが分かる。図 1 から受注テーブルと受注明細テーブルを結合するためのキーは受注番号であることが分かるため、「j.受注番号 = m.受注番号」という結合条件が導かれる。よって、空欄 b は j.受注番号、空欄 c は m.受注番号となる（順不同）。

(2) SQL 文の実行結果

まず、実行結果のデータ項目名を考える。

SQL 文の SELECT 句には「SELECT m.出荷店舗番号, SUM(m.受注金額) AS Web 売上分」とあり、出荷店舗番号と受注金額の合計が出力されることが分かる。実行結果のデータ項目名は、特に指定がなければ SELECT 句で指定された列名がそのまま出力されるが、「列名 AS 列別名」を使用することで列名の代わりに指定した列別名をデータ項目名として出力できる。SQL 文では「SUM(m.受注金額) AS Web 売上分」とあるため、データ項目名は「出荷店舗番号」と「Web 売上分」となる。

次に出力結果を考える。設問文には「指定月開始日を 2010 年 3 月 1 日、指定月終了日を 2010 年 3 月 31 日として」という条件を SQL 文の条件式に適用し、設問 1(1)の解答を加味すると、表 2 のレコードの中で受注店舗番号が 'A09999' でかつ受注日付が 2010 年 3 月 1 日～2010 年 3 月 31 日の間である行だけが残る、次の結果が得られる。

受注番号	受注日付	受注店舗番号	顧客コード
50005	2010-03-19	A09999	12003
50006	2010-03-21	A09999	13202
50008	2010-03-29	A09999	11003

表 3 から受注番号がこの結果と一致する受注明細を取り出すと、次の結果が得られる。

受注番号	明細番号	商品番号	出荷店舗番号	受注数	受注金額
50005	1	168234	A01002	1	113000
50006	1	666028	A01001	1	36700
50008	1	813556	A01002	1	120000

最後に、GROUP BY 句および ORDER BY 句を見て集計する。

GROUP BY 句には「m.出荷店舗番号」とあることから、受注明細テーブルの出荷店舗番号で集計されることが分かる。また、ORDER BY 句には同じく「m.出荷店舗番号」とあり、出力結果は出荷店舗番号でソートされることが分かる。ソートには昇順（ASC）と降順（DESC）の指定があるが、特に指定がない場合は昇順にソートされることに注意する。これらから、解答は次のようになる。

データ項目名	出荷店舗番号	Web 売上分
データの値	A01001	36700
	A01002	233000

[設問 2]

問題文の Z 係長の指摘とは、図 2 の SQL 文には集計の対象となる期間中に特定の条件に合う店舗が出力されないということである。しかし、表 2 のテストデータに含まれている受注店舗番号は、図 4 の出力結果にはすべて含まれているため、図 4 の結果だけでは問題点は分からない。

そこで、図 2 の SQL 文を見る。

```
SELECT t.店舗番号, t.店舗名, SUM(m.受注金額) AS 金額
FROM (店舗 t INNER JOIN (SELECT j.受注店舗番号, j.受注番号 FROM 受注 j
①
WHERE j.受注日付 BETWEEN :指定月開始日 AND :指定月終了日) p
ON t.店舗番号 = p.受注店舗番号)
INNER JOIN 受注明細 m ON p.受注番号 = m.受注番号
GROUP BY t.店舗番号, t.店舗名
ORDER BY t.店舗番号
```

図 2 の SQL 文は、FROM 句に複数の INNER JOIN が含まれているため、まず分解して段階的に SQL 文を解説する。

①は、BETWEEN 述語を使用して、受注テーブルの受注日付が指定月開始日から指定月終了日までの受注実績を出力する SQL 文である。FROM 句内では、「テーブル名 別名」と記述することでテーブル名に別名を付けることができ、この SQL 文では①の出力結果を新たなテーブルとして p という別名をつけている。ここで、①を別名 p で置き換えると、FROM 句は次のようになる。

```
FROM (店舗 t INNER JOIN p
      ② ON t.店舗番号 = p.受注店舗番号)
      INNER JOIN 受注明細 m ON p.受注番号 = m.受注番号
```

②は、INNER JOIN を使用して店舗テーブルと①の出力結果 p を結合している。INNER JOIN は内部結合といい、「テーブル名 1 INNER JOIN テーブル名 2 ON 結合条件」という形式で記述され、テーブル名 1 とテーブル名 2 のうち、結合条件に合うレコードだけを出力する結合方法である。②の結合条件は「t.店舗番号 = p.受注店舗番号」であるため、②は店舗番号で店舗テーブルと①の出力結果 p を結合し、店舗情報を結合した受注実績が出力される。

(a) テーブル名 1

支店番号	支店名
1	A 支店
2	B 支店
3	C 支店

(b) テーブル名 2

顧客番号	申込日付	申込支店番号
X0001	2010-05-06	2
X0002	2010-05-07	1
X0003	2010-05-10	2
X0004	2010-05-10	4

(c) テーブル名 1 A INNER JOIN テーブル名 2 B ON A.支店番号 = B.申込支店番号

支店番号	支店名	顧客番号	申込日付	申込支店番号
2	B 支店	X0001	2010-05-06	2
1	A 支店	X0002	2010-05-07	1
2	B 支店	X0003	2010-05-10	2
3	C 支店	null	null	null
null	null	X0004	2010-05-10	4

対応する支店番号がテーブル 1 に存在しないため出力さ

対応する申込支店番号がテーブル 2 に存在しないため出力

図 A INNER JOIN の結合結果例

ここで、②の出力結果を仮に q とすると FROM 句は次のようになり、②の出力結果 q と受注明細テーブルを受注番号で内部結合し、受注明細を結合した受注実績が出力されることが分かる。

```
FROM q INNER JOIN 受注明細 m ON p.受注番号 = m.受注番号
③
```

次に、問題点がないかを考える。

①は、BETWEEN 述語を使用して集計期間中の受注レコードの絞込みを行っている。集計期間は指定月開始日から指定月終了日までであり、①の条件式に問題は見受けられないため、②と③に着目する。

②および③で使用されている INNER JOIN は、図 A の例で示したように結合条件に合わないレコードは出力されないため、②と③の結合条件に照らし合わせて考える。

②の場合、店舗テーブルが①の出力結果のどちらか一方にしか存在しない店舗番号は出力されない。①の出力結果は集計期間中の受注実績であるため、②の出力結果には集計期間中に受注がない店舗は出力されないことが分かる。

同様に③について考えると、②の出力結果か受注明細テーブルのどちらか一方にしか存在しない受注番号は出力されない。しかし、②の出力結果は受注実績であり、受注のない受注明細や受注明細のない受注は存在しないため、③の結合においては欠落する情報はないと考えられる。

よって、解答は「受注情報が存在しない」、または「売上がない」となる。

[設問3]

(1) 図5のSQL文の穴埋め

設問2の結果から、「受注情報が存在しない」または「売上がない」店舗も集計結果に出力されるようにSQLを修正する必要がある。

まず、図5のSQL文のFROM句を、設問2と同様にして整理する。

```
FROM 店舗 t e
( SELECT j.受注店舗番号, j.受注番号 FROM 受注 j
①
WHERE j.受注日付 BETWEEN :指定月開始日 AND :指定月終了日 ) p
INNER JOIN 受注明細 m ON p.受注番号 = m.受注番号
ON t.店舗番号 = p.受注店舗番号
```

①の出力結果を別名 p で置き換える。


```
FROM 店舗 t e
      p INNER JOIN 受注明細 m ON p.受注番号 = m.受注番号
②
ON t.店舗番号 = p.受注店舗番号
```

②の出力結果を別名 q で置き換える。

```
FROM 店舗 t e q ON t.受注番号 = p.受注店舗番号
③
```

③のSQL文は、「テーブル名1 e テーブル名2 ON 結合条件」という形となっている。選択肢ア～オの書式は次のとおりであり、③の形式に合うのは（イ）の INNER JOIN 又は（エ）の LEFT OUTER JOIN であることが分かる。なお、INNER JOIN は JOIN と、LEFT OUTER JOIN は LEFT JOIN と省略可能である。

ア：（形式）SQL 文1 EXCEPT SQL 文2……EXCEPT は差集合演算を意味するが、中級SQL 以上の内容であり、出題されたことはない。

イ：（形式）テーブル名1 INNER JOIN テーブル名2 ON 結合条件

ウ：（形式）SQL 文1 INTERSECT SQL 文2……INTERSECT は交差（共通積）集合演算を意味するが、中級SQL 以上の内容であり、出題されたことはない。

エ：（形式）テーブル名1 LEFT OUTER JOIN テーブル名2 ON 結合条件

オ：（形式）SQL 文1 UNION SQL 文2……UNION は和集合演算であり、両側の問合せ結果を足し合わせる。

設問2で説明したように、INNER JOIN の場合は結合条件に合わないレコードは出力されない。一方、OUTER JOIN は結合条件に合わないレコードであっても出力される。テーブル名1にだけ存在するレコードを出力する場合はLEFT OUTER JOIN（左外部結合）を、テーブル名2にだけ存在するレコードを出力する場合はRIGHT OUTER JOIN（右外部結合）を使用する。設問2では、「受注情報が存在しない」または「売上がない」店舗が出力されないことが問題視されていたため、店舗テーブルに含まれるレコードをすべて出力するためにはLEFT OUTER JOINを使用しなければならない。よって、解答は（エ）となる。

(a) テーブル名 1

支店番号	支店名
1	A 支店
2	B 支店
3	C 支店

(b) テーブル名 2

顧客番号	申込日付	申込支店番号
X0001	2010-05-06	2
X0002	2010-05-07	1
X0003	2010-05-10	2
X0004	2010-05-10	4

(c) テーブル名 1 A LEFT OUTER JOIN テーブル名 2 B ON A.支店番号 = B.申込支店番号

支店番号	支店名	顧客番号	申込日付	申込支店番号
2	B 支店	X0001	2010-05-06	2
1	A 支店	X0002	2010-05-07	1
2	B 支店	X0003	2010-05-10	2
3	C 支店	null	null	null
null	null	X0004	2010-05-10	4

テーブル名 1 にだけ存在するレコードも出力される。

図 B LEFT OUTER JOIN の結合結果例

(d) テーブル名 1 A RIGHT OUTER JOIN テーブル名 2 B ON A.支店番号 = B.申込支店番号

支店番号	支店名	顧客番号	申込日付	申込支店番号
2	B 支店	X0001	2010-05-06	2
1	A 支店	X0002	2010-05-07	1
2	B 支店	X0003	2010-05-10	2
3	C 支店	null	null	null
null	null	X0004	2010-05-10	4

テーブル名 2 にだけ存在するレコードも出力される。

図 C RIGHT OUTER JOIN の結合結果例

(2) 図 5 の SQL 文の実行結果と図 4 の結果との差分

図 5 の SQL 文は、図 4 の SQL 文がもつ問題点である「集計の対象となる期

間中に実店舗での受注情報がない店舗が集計結果に含まれないこと」を修正したものであることから、図4の結果との差分は「集計の対象となる期間中に実店舗での受注情報がない店舗の集計結果」である。このことから、図4の結果と表1の店舗テーブルの内容を見比べて、集計結果にない店舗を出力すればよい。

よって、解答は次のようになる。金額については、データなし（null）を集計することになるため、SUM関数の結果もデータなし（null）となる点に注意が必要である。

店舗番号	店舗名	金額
A01003	渋谷店	null

【解答例】

[設問1] (1) (a) 'A09999'

(b) j.受注番号 (c) m.受注番号 (b, c は順不同)

(2)

データ項目名	出荷店舗番号	Web 売上分
データの値	A01001	36700
	A01002	233000

[設問2] ・受注情報が存在しない
・売上がない

[設問3] (1) エ

(2)

店舗番号	店舗名	金額
A01003	渋谷店	null



演習問題 ● Exercise

問 10 テキストマイニングツールを活用したシステムへの機能追加における設計と実装に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H25 春・AP 午後問 6)

D 社は、家電製品を製造販売する大手企業であり、顧客サポートシステムとホームページを運用している。顧客サポートシステムでは、製品に対する問合せや回答を管理している。ホームページでは、顧客と社員が発言を書き込める製品別の掲示板や活用事例が用意されている。D 社では、サポート内容や製品の活用事例を検索するためのキーワードをマスタとして一元管理している。

今回、更なる製品販売・活用推進、顧客満足度向上のために、テキストマイニングツール（以下、ツールという）を導入し、顧客サポートシステムとホームページの機能を強化した新顧客サポートシステム（以下、新システムという）を構築することになった。このツールによって、掲示板への発言内容とキーワードを、キーワードマスタを用いて関連付ける。また、発言内容を分析し、肯定的か否定的かを自動的に判別する。製品に対する問合せや回答の内容、製品の活用事例についても同様に、ツールとキーワードマスタを用い、キーワードを関連付ける。運用方法としては、毎日、夜間にツールで処理した結果を新システムに取り込む。

新システム全体の E-R 図の抜粋を図 1 に、各エンティティの概要を表 1 に示す。

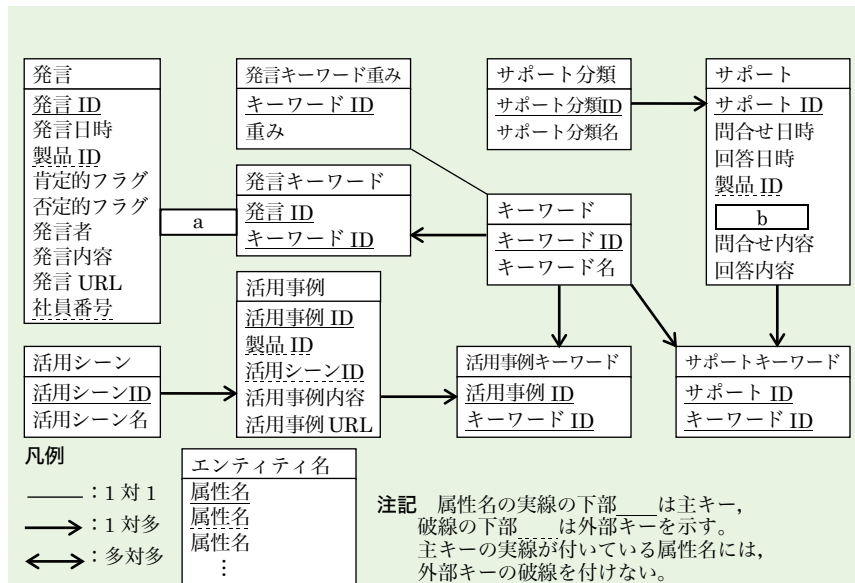


図 1 新システム全体の E-R 図 (抜粋)

表 1 各エンティティの概要

エンティティ名	概要
キーワード	サポート内容や活用事例を検索するためのキーワードマスタ。
発言	ツールで処理された掲示板上の発言。肯定的フラグ属性には、肯定的な発言内容の場合は '1' が、そうでない場合は '0' が入る。否定的フラグ属性には、否定的な発言内容の場合は '1' が、そうでない場合は '0' が入る。両方のフラグに '1' が入る場合もある。一つの発言内容は 200 文字以内なので、複数の話題が入ることは少ない。社員番号属性には、社員の発言の場合は社員番号が入り、社員以外の顧客による発言の場合は、NULL が入る。
発言キーワード	ツールによって、掲示板上の発言とキーワードを関連付けた結果。一つの発言に対して一つ以上のキーワードが関連付けられる。
発言キーワード重み	掲示板上の発言中での出現頻度を基に算出されたキーワードの重み。
サポート	顧客からの問合せと回答を管理するもの。
サポート分類	顧客からの問合せ内容を分類するためのマスタ。
サポートキーワード	ツールによって、顧客からの問合せとキーワードを関連付けた結果。
活用事例	ホームページ上で公開する、製品の活用事例の詳細な内容。

活用シーン	活用事例をその利用シーン別に分類するためのマスタ。
活用事例キーワード	ツールによって、活用事例とキーワードを関連付けた結果。一つの活用事例に対して一つ以上のキーワードが関連付けられる。

新システムでは、E-R図のエンティティ名を表名にし、属性名を列名にして、適切なデータ型で表定義した関係データベースによって、データを管理する。

〔発言キーワードへの重み付け〕

発言キーワードの重みを、掲示板上の社員以外の顧客による発言のうち、そのキーワードを含む発言数と定義する。つまり、登録されたキーワードを含む発言数が多いほど話題性が高く、重要度の高いキーワードであると定義する。発言キーワード重み表にその重みの値を集計するためのSQL文を図2に示す。ただし、掲示板上の発言にはなく、キーワード表だけに存在するキーワードの重みは0として集計する。また、発言キーワード重み表のレコードは集計の前に削除されている。

なお、関数 COALESCE(A, B)は、A が NULL でないときは A を、A が NULL のときは B を返す。

```

INSERT INTO 発言キーワード重み (キーワードID, 重み)
SELECT キーワード.キーワードID, COALESCE (OMOMI.CNT, 0)
FROM キーワード
    ( SELECT 発言キーワード.キーワードID, COUNT (*) AS CNT
      FROM 発言キーワード
        INNER JOIN 発言 ON 発言.発言ID = 発言キーワード.発言ID
        WHERE 
          GROUP BY 発言キーワード.キーワードID ) OMOMI
ON キーワード.キーワードID = OMOMI.キーワードID

```

図2 発言キーワード重みを集計するためのSQL文

〔顧客サポートシステムの機能強化〕

顧客サポートシステムでは、電話やインターネットからの問合せや回答を管理している。掲示板に書き込まれた否定的な発言を、含まれるキーワードの重みの総和が大きいものから順にリストアップする機能を追加する。そのリスト

の上位から順に、各発言に対する回答を記入する画面を開き、回答履歴から類似した内容を照会して、適切な回答を担当者が掲示板に書き込むことで、顧客満足度向上を目指す。

否定的な発言を、含まれるキーワードの重みの総和が大きいものから順に出力するための SQL 文を図 3 に示す。

```
SELECT 発言.発言 ID, SUM(発言キーワード重み.重み) AS WEIGHT
FROM 発言
      INNER JOIN 発言キーワード ON 発言.発言ID = 発言キーワード.発言 ID
      INNER JOIN 発言キーワード重み
      ON 発言キーワード.キーワードID = 発言キーワード重み.キーワードID
WHERE 
GROUP BY 発言.発言ID

```

図 3 否定的な発言を重みの総和が大きいものから順に出力するための SQL 文

[活用事例コンテンツの充実]

ホームページのコンテンツの一つとして、各製品の用途に応じた活用事例紹介がある。活用事例が検索されやすくするために、活用事例ごとにキーワードを登録するだけでなく、活用シーンにもキーワードを関連付けることによって、よりの確に活用シーンを検索できるようにする。

ビデオカメラの活用事例の画面例を図 4 に、活用シーンに登録されているキーワードの例を表 2 に示す。図 4 の活用事例は学校行事の活用シーンなので、表 2 に登録されている運動会や文化祭といったキーワードでも、この活用事例が検索されるようにしたい。

活用事例 ID : KJXXXXX 製品名 : ビデオカメラ J
活用シーン : 学校行事
キーワード : 運動会, 校庭, 玉入れ, リレー, 手ぶれ
内容 :

運動会で、我が子の活躍をバッチリ撮影する
秘けつを伝授します！
：

図 4 活用事例の画面例

表 2 キーワードの例

活用シーン	キーワード
旅行	海外旅行
	国内旅行
	遺跡めぐり
学校行事	運動会
	文化祭
スポーツ	運動会
	野球
	サッカー

設問1 図1のE-R図中の , に入れる適切な属性名及びエンティティ間の関連を答え、E-R図を完成させよ。

なお、エンティティ間の関連及び属性名の表記は、図1の凡例に倣うこと。

設問2 図2中の , に入れる適切な字句又は式を答えよ。

設問3 図3中の , に入れる適切な字句又は式を答えよ。

設問4 図1のE-R図には、〔活用事例コンテンツの充実〕を実現するために必要なエンティティを一つ追加する必要がある。解答欄中央の空白のエンティティに、そのエンティティ名として格納するデータの意味を表す名前を付け、その属性を全て挙げよ。さらに、関連するエンティティ名を解答欄左右のエンティティに記入し、解答欄中央のエンティティとの関連を図1の凡例に倣って示せ。

【解説】

データベース設計と SQL 文に関する問題である。どちらも頻出テーマなので、確実に理解しておきたい。特に、設問 2 の“OUTER JOIN”を指定した外部結合は、平成 21 年春と平成 22 年春にも出題されており、きちんと理解する必要がある。

設問 1 は、問題文をきちんと読めば解答できるだろう。また、図 1「新システム全体の E-R 図（抜粋）」に関しては、主キーと外部キーに注目して考えるとよい。設問 2 の SQL 文は、外部結合と NULL 判定に関する知識が要求される。設問 3 の SQL 文も、問題文の内容を把握すれば解答できるが、構文のスペルを確実に覚えておきたい。設問 4 は、図 1 において、キーワードのエンティティと他のエンティティとの関連を参考にすれば解答できる。

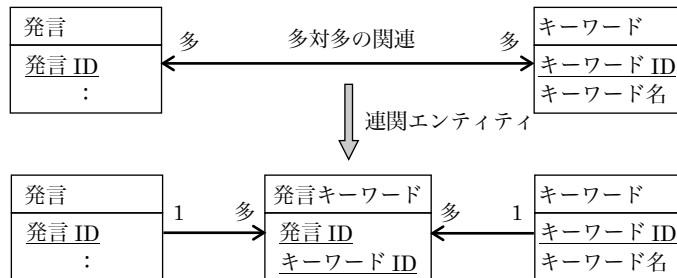
[設問 1]

E-R 図の関連と属性名を答える定番の問題である。

- ・空欄 a：表 1「各エンティティの概要」に「一つの発言に対して一つ以上のキーワードが関連付けられる」と記述されている。したがって、発言と発言キーワードとの関連は、1 対多の「→」になる。

また、主キーと外部キーに注目して考えてもよい。E-R 図での二つのエンティティは、通常、主キーと外部キーで関連付けられ、主キー側が 1、外部キー側が多になる。なぜなら、主キーの値はユニークであるが、外部キーが同じ値の行は、複数存在することがあるためである。ここでは、発言キーワードの発言 ID とキーワード ID は、二つ合わせて主キー（複合キー）になるが、発言 ID だけ、又はキーワード ID だけで見ると外部キーになる。そのため、発言 ID が主キーの発言が 1、発言 ID が外部キーの発言キーワードが多になる。

なお、発言とキーワードとの関連を考えると、多対多になる。一つの発言において一つ以上のキーワードが使われるとともに、一つのキーワードが複数の発言で使われることがあるためである。発言キーワードは、この多対多の関連をエンティティに変換したもので、連関エンティティという。これによって、E-R 図から多対多の関連がなくなり、各エンティティをそれぞれ一つの表として定義して、関係データベースとして実装できるようになる。



- ・空欄 b：サポート分類は、顧客からの問合せと回答を管理するサポートを、その問合せ内容によって分類したものである。そのため、どのサポート分類に分類されるかを示すサポート分類 ID が、サポートの属性として必要になる。また、サポート分類 ID は、サポート分類の主キーなので、サポートではサポート分類を参照する外部キーになる。したがって、「サポート分類 ID」が入る。これは、サポート分類とサポートとの関連について、サポート分類 ID が主キーのサポート分類が 1、サポート分類 ID が外部キーのサポートが多になることから確認できる。

[設問 2]

図 2 の SQL 文は複雑であるが、まず、FROM 句の下にあるカッコ中の SELECT 文で、キーワードごとの発言数を集計し、その結果を OMOMI という名の一時表としている。この OMOMI には、発言で一度も使われていないキーワードは含まれない。なぜなら、OMOMI の基になる発言キーワード表は、発言内容とキーワードを関連付けたもので、発言にないキーワードを含まないためである。しかし、問題文にあるように、発言にはなく、キーワード表だけに存在するキーワードも、重みを 0 として集計する必要がある。そこで、次に、キーワード表と OMOMI をキーワード ID で外部結合し、キーワード表だけに存在するキーワードの重みを 0 にして追加している。

- ・空欄 c：結合には“INNER JOIN”を指定した内部結合と、“OUTER JOIN”を指定した外部結合がある。内部結合は、二つの表の両方にある行だけが出力される。一方、“LEFT OUTER JOIN”を指定した外部結合では、内部結合の出力結果に加え、左側に記述した表だけにしかない行も出力される。また、“RIGHT OUTER JOIN”と指定すると、その逆で右側に記述した表だけにしかない行も出力される。更に、“FULL OUTER JOIN”とすると、左側及び右側に記述した表だけにしかない行も、両方出力される。

この SQL 文では、左側に記述したキーワード表と、右側に記述した OMOMI をキーワード ID で結合している。ここでは、発言で一度も使われ

ていないキーワード、つまり、キーワード表だけに存在する行も出力させるため、「**LEFT OUTER JOIN**」を指定する。なお、このとき、キーワード表には存在せず、OMOMI にだけ存在する属性の CNT には NULL が入る。そのため、関数 COALESCE を用いて、NULL を 0 に変えている。

- ・空欄 d：発言数の集計対象は、社員以外の顧客による発言である。また、顧客による発言の場合、発言表の社員番号に NULL が入る。したがって、「発言.社員番号 **IS NULL**」と指定し、顧客の発言だけを抽出する。なお、NULL かどうか判定する場合は、「列名 = NULL」ではなく「列名 **IS NULL**」としなくてはならないことに注意する。

[設問3]

発言表、発言キーワード表、及び発言キーワード重み表を結合し、発言ごとの重みを合計している。これによって、否定的な発言に対し、そこで使われたキーワードの重みの総和を求めている。

- ・空欄 e：否定的な発言だけが、処理の対象である。したがって、「発言.否定的フラグ = '1'」と指定する。
- ・空欄 f：キーワードの重みの総和が大きい順に出力する指定である。大きい順に出力する場合は、「ORDER BY 列名 DESC」と指定する。小さい順に出力する場合は、「DESC」を省略するか「ASC」を指定する。また、列名の代わりに、SELECT 句で記述した列の何番目かを示す数字を指定してもよい。したがって、「ORDER BY WEIGHT DESC」となる。別解として「ORDER BY 2 DESC」としてもよいだろう。なお、「SUM (発言キーワード重み.重み)」の集合関数の結果は項目名ではないので、標準 SQL の場合 ORDER BY 句には指定できない。

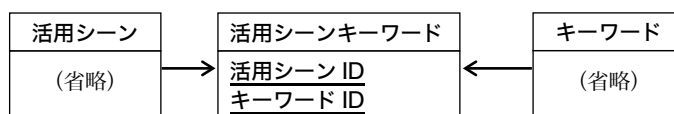
[設問4]

図1のE-R図は、エンティティ数が多く複雑そうに見えるが、キーワードのエンティティを中心に他のエンティティとの関連を整理すると理解しやすい。キーワードは、発言、サポート、及び活用事例との間に、それぞれ発言キーワード、サポートキーワード、及び活用事例キーワードによって、関連付けられており、この三つは基本的に同じ構造である。違いは、サポートにはサポート分類が、活用事例には活用シーンが更に関連付けられている点である。

このE-R図に、キーワードと活用シーンとの関連付けを追加する。その構造は、上記の三つと同じにすればよい。したがって、追加するエンティティは“活用シーンキーワード”で、その属性は“活用シーンID”と“キーワードID”となり、主キーは、この二つを合わせた複合キーである。また、“活用シーンキーワード”は、“活用シーン”及び“キーワード”とそれぞれ1対多の関連をもつ。これをE-R図で表現すると、解答例のようになる。

【解答例】

- [設問1] a: → b: サポート分類ID
[設問2] c: LEFT OUTER JOIN d: 発言.社員番号 IS NULL
[設問3] e: 発言.否定的フラグ = '1'
f: ORDER BY WEIGHT DESC
[設問4] 太字, 太矢線部分が解答となる。





演習問題 ● Exercise

問11 ソフトウェアのテストに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

(H26 秋・AP 午後問 8)

J社は、自社の販売管理システムを再構築するプロジェクトを実施している。プロジェクトでは、設計者が要件定義、方式設計を行った後、ソフトウェアコンポーネント（以下、コンポーネントという）の詳細設計を行う。その後、構築において、開発者がコンポーネントを構成するソフトウェアユニット（以下、ユニットという）のコード作成と単体テストを行う。そして、結合において、コンポーネント内のユニット間、及びコンポーネント間の結合テストを行う。K君はプロジェクトマネージャを務めている。

販売管理システムは、出荷管理、顧客管理、受注管理、見積り管理の四つのコンポーネントから成る。表1に、これらのコンポーネントのステップ数を示す。

表1 販売管理システムのコンポーネントのステップ数

コンポーネント	ステップ数
出荷管理	20,000
顧客管理	10,000
受注管理	21,000
見積り管理	51,700

〔単体テストの実施と結果の分析〕

J社では、単体テストとして、ホワイトボックステストとブラックボックステストを行う。テスト項目の件数は、ユニットへの入力の数でカウントし、その目標を1kステップ当たり100以上と定めている。ただし、回帰テストのために同じテスト項目を複数回実行しても重複してカウントしない。テストにおいて期待どおりの処理結果とならない場合には、その原因となる欠陥を特定し、ユニットごとにその欠陥件数をカウントする。

出荷管理、顧客管理、受注管理は、コンポーネントを構成するユニットの単体テストを予定どおりに完了し、結合テストを実施中である。見積り管理は、

他よりも遅れて単体テストを完了し、K 君がテスト結果を確認中である。表 2 は、見積り管理の各ユニットの単体テストで検出された欠陥件数である。

表 2 見積り管理の単体テストで検出された欠陥件数

ユニット ID	ステップ数	テスト項目数	欠陥件数	欠陥密度 (件/k ステップ)
P1	3,600	456	58	16.1
P2	5,500	490	55	10.0
P3	4,800	558	42	8.8
P4	5,400	730	27	5.0
P5	7,200	828	81	11.3
P6	6,300	660	89	14.1
P7	5,700	600	39	6.8
P8	4,200	450	42	10.0
P9	5,400	600	24	4.4
P10	3,600	390	63	17.5

K 君は表 2 を基に図 1 の欠陥密度の管理図を作成した。この図の縦軸は欠陥密度、横軸はユニット ID である。管理図分析では、しきい値モデルを使用し、データの分布が UCL (Upper Control Limit : 上部管理限界) と LCL (Lower Control Limit : 下部管理限界) に対してどの位置にプロットされるかを見て、データが正常値であるか異常値であるかを判断する。K 君は、J 社の単体テストで検出された欠陥密度の過去の実績値の四分位点を利用し、LCL に第 1 四分位点の値を、中央値に第 2 四分位点の値を、UCL に第 3 四分位点の値を置いた。J 社の過去の実績値から中央値は 11 件/k ステップ、UCL は 14 件/k ステップ、LCL は 8 件/k ステップである。

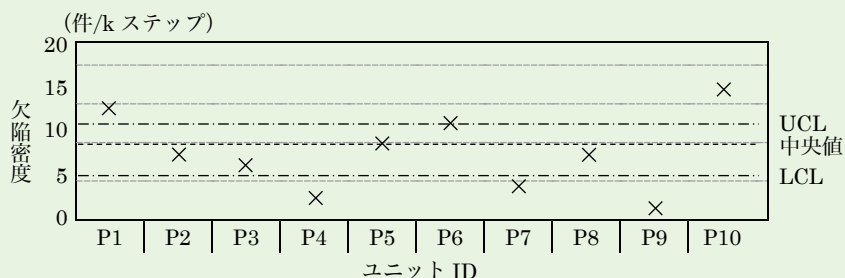


図 1 見積り管理の単体テストで検出された欠陥密度の管理図

管理図から、K 君は、欠陥密度が UCL を大きく超過しているユニット P10 は、品質に問題がある可能性が高いと考えた。P10 の構築を担当したのは、入社 2 年目の L 君である。L 君にヒアリングしたところ、テスト開始当初から多くの欠陥を検出し、テスト項目を 50% 消化した時点で、重大な欠陥を検出し、ユニット全体に影響するメイン機能の大きな修正を行っていた。そして、その修正を完了した後、直ちに、未消化のテスト項目を実施していた。K 君は、① L 君の単体テストの実施方法に問題があると考え、やり直しを指示した。

〔結合テストの実施と欠陥発生状況の分析〕

見積り管理を除く三つのコンポーネントについて、結合テストを実施中である。K 君は、結合テストにおいて、品質の低いコンポーネントを早い時点で検出して対策を取ることで、工程の遅延を防ぐことを考えた。そこで、テストの実施中から、欠陥の検出状況を、管理図を用いて確認することにした。図 2 は、結合テストで検出された累積欠陥密度の管理図である。この図の縦軸は、各コンポーネントの結合テストで検出された累積欠陥密度であり、横軸は、結合テストの日程である。結合テストは 9 月 29 日の週から開始し、11 月 17 日の週に完了する予定である。J 社の結合テストで検出された累積欠陥密度の過去の実績値から、中央値は 1.4 件/k ステップ、UCL は 1.7 件/k ステップ、LCL は 1.2 件/k ステップである。現在、11 月 9 日であり、週初日が 11 月 3 日の週を終えたところである。結合テストのテスト項目数は J 社の目標値を満たしており、消化状況も予定どおりである。

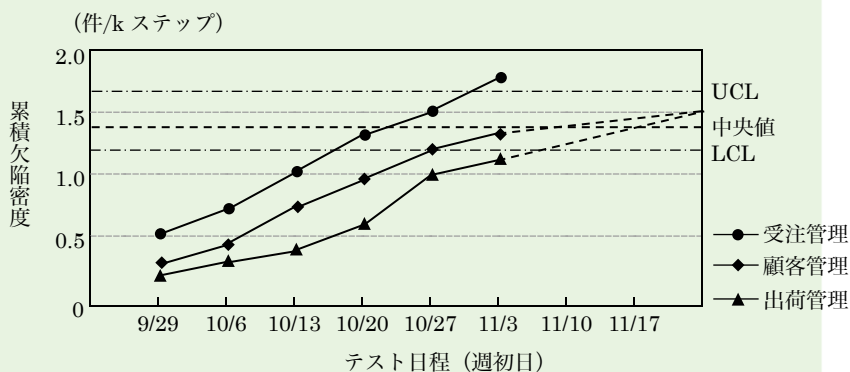


図 2 結合テストで検出された累積欠陥密度の管理図

K 君は、受注管理が既に UCL を超えているので、原因を調査することにした。表 3 は、受注管理の結合テストで検出された欠陥の内訳である。

表 3 受注管理の結合テストで検出された欠陥の内訳

欠陥分類	欠陥内容	欠陥件数
仕様不良	要件定義漏れ	1
	詳細設計漏れ（詳細設計での機能定義漏れ）	3
	詳細設計誤り（詳細設計での機能の設計誤り）	4
	インタフェース誤り	12
ユニットのコード不良	コード漏れ（必要なコードの記述漏れ）	14
	コード誤り（コードの記述誤り）	0
その他	その他	4

表 3 のインタフェース誤りは、全て受注管理から出荷管理へのデータ連携テストで検出されたもので、全て双方のコンポーネントのユニットに修正が必要な欠陥であったが、欠陥件数は、データの送出側である受注管理だけに計上していた。

K 君は、出荷管理と顧客管理について、図 2 の破線のように、10 月 27 日と 11 月 3 日の週の累積欠陥密度を直線で結び、11 月 17 日以降まで延長させて、11 月 17 日の週の累積欠陥密度を推測した。そして、両コンポーネントの累積欠陥密度は、ともに、結合テストが完了する予定の 11 月 17 日の週でも、UCL と LCL の間に収まると予想した。

設問 1 単体テストの方法について、ホワイトボックステスト、ブラックボックステストのテスト項目の作成方法に該当するものを、解答群の中からそれぞれ全て選び、記号で答えよ。

解答群

- ア ユニット内の条件判定の組合せ全てを少なくとも 1 回は実行する。
- イ ユニットの全ての分岐を少なくとも 1 回は実行する。
- ウ ユニットの全ての命令を少なくとも 1 回は実行する。

- エ ユニットへの入力データの値の範囲を分割し、各代表値で実行する。
- オ ユニットへの入力と出力の因果関係を網羅するよう実行する。

設問2 見積り管理の単体テスト結果について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 図1の管理図に対する分析結果として正しいものはどれか。解答群の中から全て選び、記号で答えよ。

解答群

- ア P1は、UCLを超えており、調査が必要なユニットである。
 - イ P2, P3, P5, P8は、管理限界に収まっているので、品質が保証される。
 - ウ P4, P9は、欠陥が少なく、品質が高い。
 - エ P6は、UCLをわずかに超えているだけなので、今は調査に時間を掛けず、結合テストで経過を監視する。
 - オ P7は、テスト項目の精査を行うべきユニットである。
- (2) 表2において、J社の基準に従うと、欠陥密度以外の観点でテストに問題があると考えられるユニットがある。そのユニットのユニットIDを答えよ。また、その理由を20字以内で述べよ。
- (3) 本文中の下線①の、L君が行ったユニットP10の単体テストにおける問題点は何か。30字以内で具体的に述べよ。

設問3 見積り管理を除く三つのコンポーネントの結合テストにおいて、現状では、検出された欠陥件数が正しく計上されておらず、欠陥件数を修正すると、管理図分析の結果として問題があると考えられるコンポーネントがある。そのコンポーネントを答えよ。また、問題があると考えられる理由を、本文中の字句を用いて20字以内で述べよ。

【解説】

応用情報技術者試験が始まった平成 21 年春以降、問 8 の情報システム開発では、ほぼ毎回設計に関する問題が出題され、その中でも、UML (Unified Modeling Language) を使用した出題が多かった。しかし、平成 26 年秋のこの問題は、テストに関する問題であった。テストに関する問題は、平成 21 年春以降、平成 21 年秋に出題されただけだったが、今後の出題も想定される。そのため、設計に加え、テストについても理解しておきたい。

設問 1 は、ホワイトボックステストとブラックボックステストに関する基本的な知識があれば解答できるが、設問 2 の(1)と(3)は、応用力が要求される。設問 2 の(2)は、設問に関係する問題文をきちんと把握する必要がある。設問 3 も、設問に関係する問題文の内容を確実に理解すれば解答できるだろう。

〔設問 1〕

ホワイトボックステストとブラックボックステストに関する基本的な問題である。ホワイトボックステストは、ユニット（プログラム）の内部構造に注目して実行するテスト方法である。ユニット（プログラム）内での条件判定の組合せ、分岐条件の真偽、全ての命令など、幾つかの網羅基準があり、プロジェクトなどで求められている網羅基準に従ってテスト項目を作成する。

一方、ブラックボックステストは、ユニット（プログラム）の内部構造とは関係なく、外部から見て仕様書どおりの機能をもっているか確認するテスト方法である。例えば、仕様書の入力条件に注目して、入力データの値の範囲を分割し、それぞれの範囲の代表値によってテストを実行する。これを同値分割という。また、同値分割で得た入力データを原因と捉え、その出力結果との因果関係を矢印で結んだグラフとして記述し整理することで、因果関係を網羅するようにテストを実行する原因結果グラフと呼ばれる技法もある。

したがって、ホワイトボックステストは、(ア)、(イ)、(ウ)、ブラックボックステストは、(エ)、(オ)になる。

〔設問 2〕

単体テストの結果について分析する問題である。

- (1) テスト工程で行う管理図分析とは、過去のソフトウェア開発におけるテストの実績値に基づき、現在のテスト状況に問題がないか判断する手法である。図 1 の管理図では、欠陥密度を過去の実績値として、中央値、UCL（上部管理限界）、及び LCL（下部管理限界）を設定している。そして、見張り管理の各ユニットの欠陥密度を、この図にプロットすることで、現在のテスト状況を管理する。

そして、プロットした位置が、UCL と LCL の間にあれば正常値、UCL を超過、

又は LCL を下回れば異常値と判断する。ここで、UCL を超過した場合は、欠陥が多く、品質に問題がある可能性が高いと考える。一方、LCL を下回った場合は、欠陥が少なく品質がよいと判断せず、テスト方法に問題があり、欠陥を発見できていないのではないかなど、下回った原因を調査・分析する。

ア：P1 は、UCL を超えているので、品質に問題がある可能性が高く、調査が必要である。正しい記述である。

イ：P2, P3, P5, P8 は、UCL と LCL の間なので、テスト結果の欠陥密度としては正常値と判断できる。しかし、欠陥が残っている可能性もあり、品質が保証されるわけではない。

ウ：P4, P9 は、LCL を下回っているが、必ずしも品質が高いとは判断できない。テスト方法に問題があり、欠陥を発見できていないかなど、下回った原因を調査する必要がある。

エ：P6 のように、UCL を少しでも超えていれば、調査は必要である。そして、ソフトウェアの修正コストは、工程が進むほど大きくなるので、結合テストで経過を監視するのではなく、単体テストの段階できちんと調査すべきである。

オ：P7 は、LCL を下回っているため、テスト項目に問題がないか調査する必要がある。「精査を行うべき」と紛らわしい表現がなされているが、精査とは詳しく調べることなので、正しい記述である。

- (2) [単体テストの実施と結果の分析] に、テスト項目の件数は、「目標を 1k ステップ当たり 100 以上と定めている」と記述されている。この目標とする基準値に従い、表 2 のステップ数とテスト項目数を調べてみる。その結果、ユニット P2 が「ステップ数 5,500、テスト項目数 490」となっており、1k ステップ当たり 89 ($490 \div 5.5k$) のため、この基準値を満たしていないことが分かる。これに対して、P2 以外のユニットは、全て基準値の 100 以上である。したがって、ユニット ID は「P2」、理由は「テスト項目数が目標値よりも少ない」などと解答する。
- (3) テストで欠陥を検出した結果、ユニット（プログラム）の機能を修正した場合、修正した新しい機能に対するテストの再実行が必要である。更に、この例のように、ユニット全体に影響するメイン機能の大きな修正を行ったのであれば、意図しない影響が出ていないことを確認するために、既に消化したテスト項目についても再実行すべきである。しかし、下線①の直前に、「その修正を完了した後、直ちに、未消化のテスト項目を実施していた」と記述されている。したがって、「メイン機能の修正前に消化したテストの再実行をしていない」などと解答する。なお、試験センターの発表した解答例は「メイン機能修正後に回帰テストを行っていない」となっており、既に消化したテストの再実行を回帰テストと表現している。

[設問 3]

[結合テストの実施と欠陥発生状況の分析] から、インタフェース誤りに関して、

出荷管理の欠陥件数は受注管理の欠陥件数と同じであるにもかかわらず、受注管理だけに計上し、出荷管理に計上していないことが分かる。これに対し、出荷管理にも欠陥件数を正しく計上するように修正すると、出荷管理の累積欠陥密度が増加する。その増加数は、出荷管理のステップ数が 20,000（表 1）、インタフェース誤りの欠陥件数が 12（表 3）なので、 0.6 件/k ステップ （ $12 \div 20 \text{ k}$ ）となる。また、図 2 から、11 月 3 日の週の出荷管理の累積欠陥密度は、 1.2 件/k ステップ と読み取れる。この二つの値から、修正した出荷管理の累積欠陥密度は、 1.8 件/k ステップ （ $1.2 + 0.6$ ）となり、UCL の 1.7 件/k ステップ を超えてしまう。したがって、コンポーネントは「出荷管理」、理由は「累積欠陥密度が UCL を超えるから」などと解答する。

【解答例】

[設問 1] ホワイトボックステスト：ア，イ，ウ
 ブラックボックステスト：エ，オ

[設問 2] (1) ア，オ
 (2) ユニット ID：P2
 理由：テスト項目数が目標値よりも少ない。
 (3) メイン機能の修正前に消化したテストの再実行をしていない

[設問 3] コンポーネント：出荷管理
 理由：累積欠陥密度が UCL を超えるから



演習問題 ● Exercise

問 12 探索アルゴリズムであるハッシュ法の一つ、チェーン法に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H21 春・AP 午後問 2)

配列に対して、データを格納すべき位置（配列の添字）をデータのキーの値を引数とする関数（ハッシュ関数）で求めることによって、探索だけではなく追加や削除も効率よく行うのがハッシュ法である。

通常、キーのとり得る値の数に比べて、配列の添字として使える値の範囲は狭いので、衝突（collision）と呼ばれる現象が起こり得る。衝突が発生した場合の対処方法の一つとして、同一のハッシュ値をもつデータを線形リストによって管理するチェーン法（連鎖法ともいう）がある。

8 個のデータを格納したときの例を図 1 に示す。

このとき、キー値は正の整数、配列の添字は 0～6 の整数、ハッシュ関数は引数を 7 で割った剰余を求める関数とする。

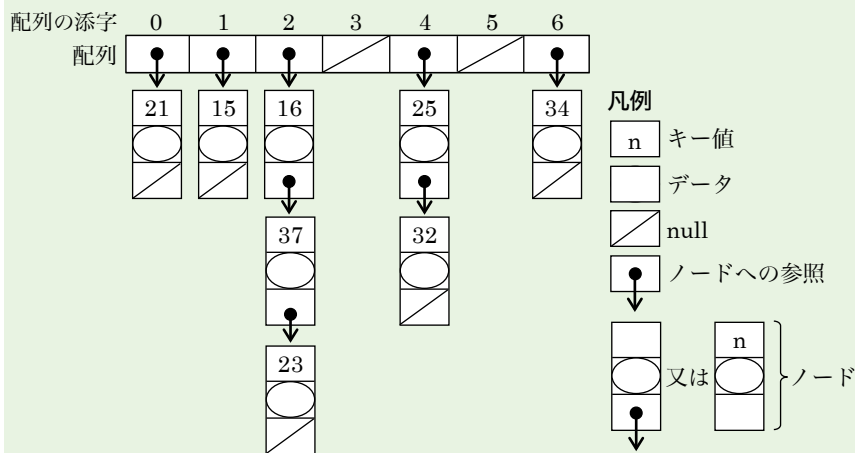


図 1 チェイン法のデータ格納例

このチェーン法を実現するために、表に示す構造体、配列及び関数を使用する。

表 使用する構造体、配列及び関数

名称	種類	内容
Node	構造体	線形リスト中の各ノードのデータ構造で、次の要素から構成される。 key…キー値 data…データ nextNode…後続ノードへの参照
table	配列	ノードへの参照を格納する。この配列をハッシュ表という。配列の各要素は、table[n]と表記する（n は配列の添字）。配列の添字は 0 から始めるものとする。各要素の初期値は null である。
hashValue(key)	関数	キー値 key を引数として、ハッシュ値を返す。

構造体を参照する変数からその構造体の構成要素へのアクセスには“.”を用いる。例えば、図 1 のキー値 25 のデータは table[4].data でアクセスできる。また、構造体の実体を生成するには、次のように書き、生成された構造体への参照が値になる。

```
new Node(key, data, nextNode)
```

〔探索関数 search〕

探索のアルゴリズムを実装した関数 search の処理手順を次の(1)～(3)に、そのプログラムを図 2 に示す。

- (1) 探索したいデータのキー値からハッシュ値を求める。
- (2) ハッシュ表中のハッシュ値を添字とする要素が参照する線形リストに着目する。
- (3) 線形リストのノードに先頭から順にアクセスする。キー値と同じ値が見つければ、そのノードに格納されたデータを返す。末尾まで探して見つからなければ null を返す。

```

function search(key)
  hash ← hashValue(key);           // 探索するデータのハッシュ値
  node ← table[hash];              // 着目する線形リストへの参照
  while (node が null でない)
    if(  )
      return node.data;           // 探索成功
    endif
     ;           // 後続ノードに着目
  endwhile
  return  ;           // 探索失敗
endfunction

```

図 2 探索関数 search のプログラム

[追加関数 addNode]

データの追加手続を実装した関数 addNode の処理手順を次の(1)～(3)に、プログラムを図 3 に示す。図 3 中の , には、図 2 中の , と同一のものが入る。

- (1) 追加したいデータのキー値からハッシュ値を求める。
- (2) ハッシュ表中のハッシュ値を添字とする要素が参照する線形リストに着目する。
- (3) 線形リストのノードに先頭から順にアクセスする。キー値と同じ値が見つければ、キー値は登録済みであり追加失敗として false を返す。末尾まで探して見つからなければ、リストの先頭にノードを追加して true を返す。

```

function addNode(key, data)
  hash ← hashValue(key);           // 追加するデータのハッシュ値
  node ← table[hash];              // 着目する線形リストへの参照
  while (node が null でない)
    if(  )           // このキー値は登録済み
      return false;
    endif
     ;           // 後続ノードに着目
  endwhile
  tempNode ← new Node(  ); // ノードを生成
   ← tempNode;      // ノードを追加
  return true;
endfunction

```

図 3 追加関数 addNode のプログラム

〔チェイン法の計算量〕

チェイン法の計算量を考える。

計算量が最悪になるのは、 場合である。しかし、ハッシュ関数の作り方が悪くなければ、このようなことになる確率は小さく、実際上は無視できる。

チェイン法では、データの個数を n とし、表の大きさ（配列の長さ）を m とすると、線形リスト上の探索の際にアクセスするノードの数は、線形リストの長さの平均 n/m に比例する。 m の選び方は任意なので、 n に対して十分に大きくとっておけば、計算量が となる。この場合の計算量は 2 分探索木による $O(\log n)$ より小さい。

設問 1 衝突 (collision) とはどのような現象か。“キー”と“ハッシュ関数”という単語を用いて、35 字以内で述べよ。

設問 2 〔探索関数 search〕について、(1), (2)に答えよ。

(1) 図 1 の場合、キー値が 23 のデータを探索するために、ノードにアクセスする順序はどのようになるか。“key1→key2→…→23”のように、アクセスしたノードのキー値の順序で答えよ。

(2) 図 2 中の ～ に入れる適切な字句を答えよ。

設問 3 〔追加関数 addNode〕のプログラム、図 3 中の , に入れる適切な字句を答えよ。

設問 4 〔チェイン法の計算量〕について、(1), (2)に答えよ。

(1) に入れる適切な字句を 25 字以内で答えよ。

(2) に入れる計算量を O 記法で答えよ。

【解説】

探索アルゴリズムであるハッシュ法の一つ、チェイン法に関する問題である。ハッシュ法は、データのキーの値を引数とするハッシュ関数によって求めた値（ハッシュ値）を、配列の添字として、その位置にデータを格納することで、データの管理（追加や削除）や探索を効率良く行う手法である。このハッシュ法では、異なるキーの値に対するハッシュ値が同じとなる衝突 (collision) と呼ばれる現象が起こることがある。そして、衝突が発生した場合にはデータの格納位置も衝突してしま

うので、その対処として同一のハッシュ値を持つデータを線形リストでつないで管理するのが本問で取り上げられているチェイン法（連鎖法）であり、他に順次、配列の空き領域を探して格納するオープンアドレス法がある。

まず、表や周辺の記述をもとに、チェイン法を実現するために、使用するデータ構造や関数などについて確認する。

(1) データ構造

① Node（構造体）

線形リスト中の各ノードのデータ構造で、key（キー値）、data（データ）、nextNode（後続ノードへの参照）の要素で構成される。nextNode（後続ノードへの参照）の値は、後続ノードへのポインタ又は null（何も指さない）となる。

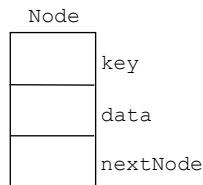


図 A 構造体 Node

② table（配列）

ノードへの参照（ノードへのポインタ）を格納するデータ構造で、この配列をハッシュ表という。配列の各要素は、table[n]と表記され、配列の添字 n は 0 から始まる。各要素の初期値は null である。

(2) 関数

関数 hashValue(key) は、ハッシュ関数で、キー値 key を引数として、ハッシュ値を返す。図 1 の例では、「ハッシュ関数は引数を 7 で割った剰余を求める関数」となっている。

(3) 構造体の構成要素の参照

構造体を参照する変数と“.”を用いて表す。例えば、図 1 のキー値 25 のノードのデータを参照する場合は、table[4].data とする。

(4) 構造体の実体の生成

構造体 Node の実体であるノードを生成するには、new Node(key, data, nextNode) と書く。このとき、新しく生成されたノードへの参照（生成されたノードへのポインタ）がその値になる。また、引数としては、key には新たに生成されるノードが持つキー値、data には同様にデータを、そして、nextNode には新たに生成されるノードの後続ノードへの参照を設定する。なお、この部分が、

設問3で扱う追加関数 addNode において重要となる。

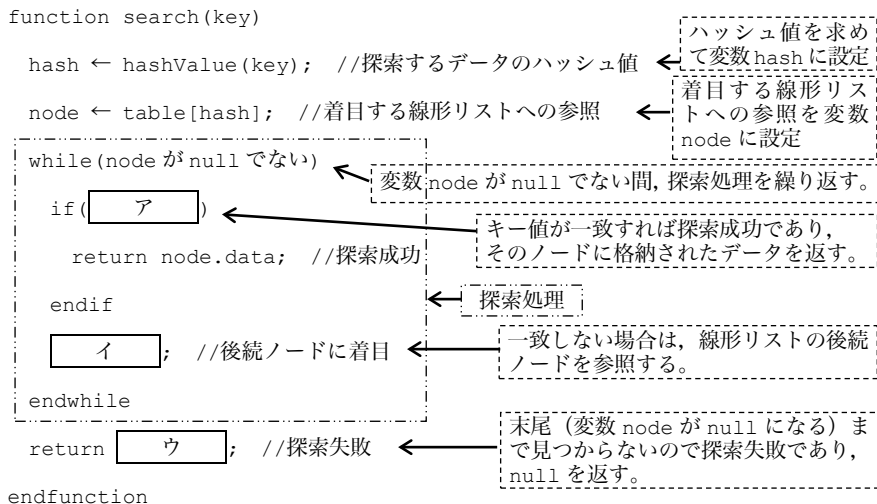
[設問1]

衝突 (collision) は、キーのとり得る値に比べて、配列の添字として使える値の範囲が狭いために起きる現象で、具体的には、異なるキーの値に対して、関数 hashValue の返すハッシュ値が一致することである。これを“キー”と“ハッシュ関数”という単語を用いて字数でまとめると、解答は「違うキーの値でも、ハッシュ関数を適用した結果が同じ値になること」などのようになる。なお、衝突 (collision) を起こすキーを、互いにシノニムの関係にあるという。

[設問2]

図2に挙げる〔探索関数 search〕のプログラムに関する問題である。

- (1) 同一のハッシュ値を持つノードは同じ線形リストによって管理されているので、図1の場合にキー値23のデータを探索するためには、該当する線形リストの先頭のノード（キー値16）から順にたどり、16→37→23となる。
- (2) 〔探索関数 search〕にある処理手順に従い、プログラム中のコメントに注意しながら考えると、図2の探索関数 search のプログラムの概要は図Bに示すようになる。ここで、変数 hash はハッシュ値を、変数 node は線形リスト中のノードへの参照を格納するために用いられている。



図B 探索関数 search のプログラムの概要

- ・ 空欄ア：着目する線形リスト中に、探索対象のデータのキー値と等しいキー値のノードがあるかどうかを調べる探索処理の中にある。探索処理に先立ち、探索対象データのキー値からハッシュ値を求め、ハッシュ表のハッシュ値を添字とする要素が参照する線形リストの先頭を変数 `node` が指すようにする。探索処理では、変数 `node` が `null` でない間、すなわち線形リスト中にノードが存在する間、探索対象データのキー値と等しいキー値を持つノードが存在するかどうかを調べる。(ア)の次の行で、探索成功であるときの処理を行っていることから、(ア)には線形リスト中のノードのキー値 (`node.key`) が探索対象データのキー値 (`key`) と等しいかどうかという条件を設定すればよいことが分かる。したがって、「`node.key が key と等しい`」が入る。
- ・ 空欄イ：(ア)の条件を満たし探索が成功した時点で、関数はそのノードに格納されたデータを返して終了する。したがって、(イ)に処理が進むのは、値を比較したノードのキー値が、探索対象データのキー値と一致しない場合である。そして、その時には、線形リスト中の後続ノードをアクセスする必要があるので、変数 `node` の値が、現時点のノードの後続ノードへの参照となるようにする。現時点のノードの後続ノードへの参照は、`node.nextNode` の値なので、この値を変数 `node` に設定する。したがって、`node ← node.nextNode` が入る。
- ・ 空欄ウ：直前の `while` ループでキー値を探索した結果、末尾まで探して見つからなかった(変数 `node` が `null` になった)場合、すなわち探索失敗のときの処理である。この場合は、探索関数 `search` の処理手順(3)に「`null` を返す」と示されているので、`null` が入る。

[設問3]

図3に挙げる追加関数 `addNode` のプログラムに関する問題である。追加関数 `addNode` 中の(ア)、(イ)には、探索関数 `search` 中の(ア)、(イ)と同一のものが入る。二つの関数はプログラムの構造が似ているが、追加関数 `addNode` は、追加したいデータのキー値と同一の値が線形リスト中に見つかれば、キー値は登録済みであるので追加失敗として `false` を返し、線形リストを末尾まで探しても見つからなければ、リストの先頭に追加したいデータのノードを追加して成功を示す `true` を返すというように、探索関数 `search` とは成功・失敗が逆である。なお、このプログラムで使用されている変数 `tempNode` は、新しく生成されたノードを一時的に指すためのものである。

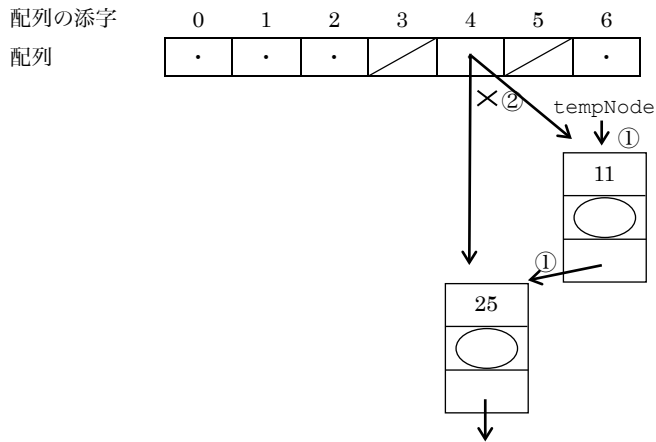
- ・空欄エ：該当する線形リストを末尾まで探しても、追加したいデータのキー値と一致するノードが見つからなかった場合の処理の一部である。見つからなかった場合は、新たにノードを生成し、線形リストに追加するが、新たに生成されたノードは線形リストの先頭に追加される（追加関数 `addNode` の処理手順(3)）。

この解説の「(4)構造体の実体の生成」で述べたとおり、新しくノードを生成するには `new Node(key, data, nextNode)` と書き、このとき、新しく生成されたノードへの参照がその値になる。ここで指定する引数としては、`key` と `data` の部分に関数 `addNode` に引数で渡される変数 `key` と変数 `data` を、`nextNode` の部分には新たに生成されるノードの後続ノードへの参照を設定する。新たに生成されたノードは線形リストの先頭に追加されるので、後続ノードはそれまでの先頭ノードとなり、その参照を設定する `nextNode` の部分は `table[hash]` となるので、`key, data, table[hash]` が入る。また、新しく生成されたノードへの参照は、変数 `tempNode` に格納される。ここまでで、図 C の I 及び II の①部分が行われたことになる。

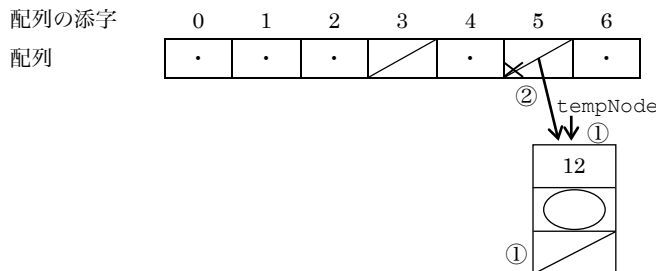
- ・空欄オ：一つ上の（エ）を含む処理が終わった時点では、新たに生成されたノードが線形リストの先頭に追加されただけである。更に、ポインタのつけ替えを行って、このときのハッシュ値を添字とする `table[hash]` から先頭にノードが追加された新たな線形リストを参照できるようにするのが（オ）を含む処理である。新たに生成されたノードへの参照は変数 `tempNode` に格納されているので、この値（参照）を `table[hash]` に設定することで、新しい線形リストを参照できるようになる。したがって、`table[hash]` が入る。この段階で、図 C の I 及び II の②部分まで終了したことになる。

ここで、ノードの生成と線形リストへの追加について、図 1 の状態をもとにした例によって確認する。例えば、追加したいデータのキー値が 11 ならばハッシュ値は 4 となり、`table[4]` が参照する線形リストの先頭にキー値 11 のノードを追加する。この場合、`nextNode` に `table[4]` を設定すると、キー値 11 のノードは、図 C-I の①のようにキー値 25 のノードを後続ノードとするようになり、更に②のようにポインタのつけ替えを行うことで、`table[4]` が参照する線形リストに追加される。また、追加したデータのキー値が 12 ならばハッシュ値は 5 となるので、`table[5]` にキー値 12 のノードを追加する。この場合は、該当する線形リストはない（空）なので `table[5]` の値は `null` であるが、`nextNode` にその値を設定することで、追加したキー値 12 のノードは、図 C-II の①のように後続ノードへの参

照が null となり、リストの最後尾を示すことになる。そして、②の設定で table[5]が参照する線形リストが完成する。



I table[4]が参照する線形リストに追加する場合



II table[5]が参照する線形リストに追加する場合

図 C ノードの生成と線形リストへの追加

[設問4]

チェイン法の計算量を考える問題である。

探索、追加ともに計算量が大きくなるのは、探索対象となる線形リストのノード数が多いときであり、その要因は、キー値から求めたハッシュ値の偏りである。その中でも最悪となるのは、すべてのキー値に対するハッシュ値が一致する場合で、すべてのノードが一つの線形リストにつながれて管理される場合である。この場合、探索や追加において比較処理の回数が増え、データの個数を n とすれば、最悪

n 回の比較処理を必要とする。したがって、(カ)は「すべてのキーについてハッシュ値が同じになる」などと解答する。しかし、ハッシュ関数の作り方が悪くなければ、このような極端な例が発生する確率は小さく、実際上は無視できる。

次に、現実的な計算量の考え方を考察する。データの個数を n 、表の大きさ（配列の長さ）を m とすると、線形リストの長さの平均は n/m となる。表の大きさ m がデータの個数 n に対してある程度十分な大きさの数であるとする、最初の例のように極端に偏る場合を除けば、線形リスト上の探索の際にアクセスするノードの数は、たかだか n/m の定数倍である、つまり線形リストの長さの平均 n/m に比例すると考えられる。そして、通常 $m < n$ であるが、 m の選び方は任意なので、 n に対して十分に大きくとっておく、という問題の記述から、 $1 \ll m < n$ であると考えられる（“ \ll ” は違いが著しいことを意味する）。また、この三つの関係は、次のように変形できる。

$$1 \ll m < n$$

$$(\text{両辺逆数をとって}) \quad 1 \gg 1/m > 1/n$$

$$(\text{両辺に } n \text{ をかけて}) \quad n \gg n/m > 1$$

線形リストの探索の際にアクセスするノードの数とその探索のための計算量は、線形リスト中のノード数に比例するので、計算量は定数 k を用いて $k \cdot (n/m)$ と表すことができるが、 $n \gg n/m > 1$ (n/m は n より著しく小さい) であることから、 n/m は n の値には依存せず、ほとんど定数となるため、定数としてみなすことができる。したがって、探索のための計算量 $k \cdot (n/m)$ も定数として評価できることになる。そして、この計算量を O 記法で表すと (キ) は $O(1)$ となる。また、次の図 D のグラフでも明らかなように、 n が十分大きければ、チェイン法の計算量 $O(1)$ のほうが、2 分探索木の計算量 $O(\log n)$ より小さい。

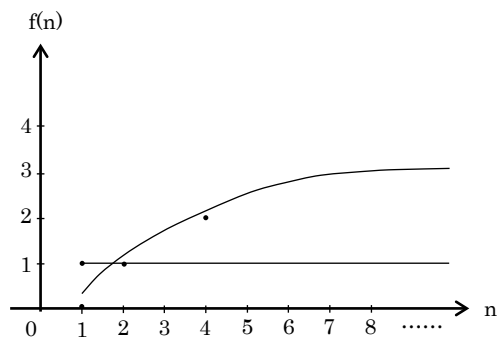


図 D $f(n)=1$ と $f(n)=\log n$ のグラフ ($n \geq 1$)

【解答例】

- [設問1] 違うキーの値でも、ハッシュ関数を適用した結果が同じ値になること
- [設問2] (1) $16 \rightarrow 37 \rightarrow 23$
(2) (ア) `node.key` が `key` と等しい
(イ) `node ← node.nextNode`
(ウ) `null`
- [設問3] (エ) `key, data, table[hash]`
(オ) `table[hash]`
- [設問4] (1) (カ) すべてのキーについてハッシュ値が同じになる。
(2) (キ) $O(1)$



演習問題 ● Exercise

問 13 N クイーン問題に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

(H24 秋-AP 午後問 2)

N クイーン問題とは、 $N \times N$ マスの盤上で互いの利き筋に当たらないような N 個のクイーンの配置を見つける問題である。クイーンは、縦・横・斜めのいずれか一方方向にどこまでも移動することができ、一度に移動できる範囲をクイーンの利き筋という。8×8 マスの盤上の行 5 列 6 に配置したクイーンの利き筋を、図 1 に示す。また、8×8 マスの場合の N クイーン問題の解の一つを図 2 に示す。

なお、N クイーン問題の解は存在しないこともあるし、複数存在することもある。

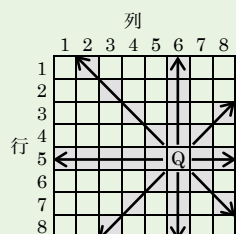


図 1 クイーンの利き筋

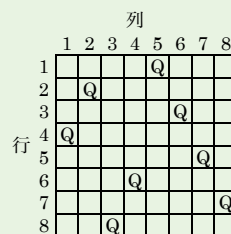


図 2 8×8 マスの解の例

注記 マス上の“Q”は
クイーンの位置を表す。

N クイーン問題に対し、空の盤上にクイーンを配置し、その配置したクイーンの利き筋に当たらない位置を探索しながら、行順にクイーンを配置するという、次のような解法を考えた。

〔N クイーン問題の解法〕

- ・ 1 行目において、1 列目にクイーンを配置する。次にこの 1 行目のクイーンの利き筋に当たらない 2 行目の列を 1 列目から順に探索し、クイーンを配置する。同様に次の行以降も、既に配置したクイーンの利き筋に当たらない列を探索し、クイーンを配置する。

- ・ N 行目までクイーンが配置できた場合は、解の一つが見つかったとして終了する。
- ・ ある行でクイーンが配置できる列が見つからなかった場合は、一つ前の行に戻り、その行のクイーンを取り除く。取り除いたクイーンの次の列以降で、クイーンが配置できる列を探索する。それでも列が見つからなかった場合は、更に前の行に戻り、同様に繰り返す。
- ・ 1 行目においてもクイーンが配置できる列がなくなった場合は、この N クイーン問題の解はないということで終了する。

〔利き筋の判定〕

行 i 列 k のマスが既に配置したクイーンの利き筋に当たるか否かを容易に判別できるよう、盤面の利き筋の方向別に配列 `col` (列方向)、`upwd` (斜め上方向) 及び `downwd` (斜め下方向) を用意した (図 3~5)。解法では、一つの行には一つしかクイーンが配置されないので、行方向の判別は行う必要がない。

各配列の要素の値は、その方向にまだクイーンが配置されていないとき `FREE` となり、既に配置されているとき `NOT_FREE` となる。各要素の初期値は `FREE` である。

図 3~5 の矢印の先の番号は、各配列の添字に対応する。N×N マスの場合、配列 `col` の大きさは N であり、`upwd` と `downwd` の大きさはともに

ア である。

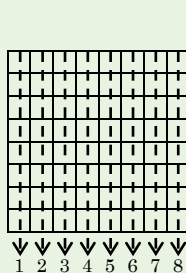


図 3 列方向の配列
`col` (8×8 マスの場合)

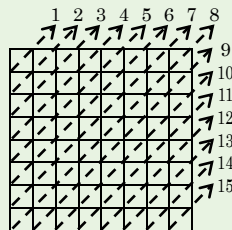


図 4 斜め上方向の配列
`upwd` (8×8 マスの場合)

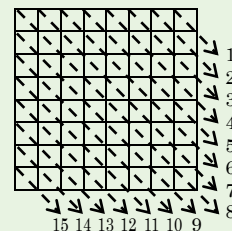


図 5 斜め下方向の配列
`downwd` (8×8 マスの場合)

例えば、図 6 のように 8×8 マスの盤上の行 1 列 1 と行 2 列 3 のマスにクイーン

ンを配置した場合は、 $\text{col}[1]$ 、 $\text{col}[3]$ 、 $\text{upwd}[1]$ 、 $\text{upwd}[4]$ 、 $\text{downwd}[7]$ 及び $\text{downwd}[8]$ の値がNOT_FREEとなる。一般に $N \times N$ マスの盤上の行 i 列 k のマスにクイーンを配置した場合は、 $\text{col}[k]$ 、 $\text{upwd}[i + k - 1]$ 及び $\text{downwd}[\text{イ}]$ の値がNOT_FREEとなる。

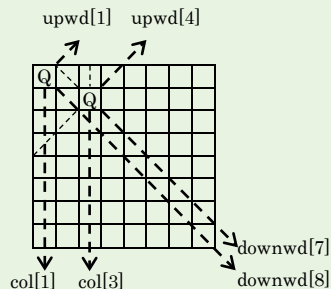


図6 クイーンの配置と利き筋の例 (8×8 マスの場合)

[N クイーン問題の解法のプログラム]

i 行目以降についてクイーンの配置の仕方を探索する再帰関数 `search` のプログラムを図7に、メインプログラムを図8に示す。

関数 `search` は i 行目以降のクイーンの配置の仕方が見つかった場合に `SUCCESS` を、見つからなかった場合に `FAILURE` を戻す。

配列 `pos` は、行番号を添字とし、その行に配置したクイーンの位置 (列番号) を値とする。配置されていない場合の値は0である。

```

function search(i)
  for (  を  から  まで1ずつ増やす)
    if ( col[k] と upwd[i+k-1] と downwd[  ] が全て FREE と等しい ) then
      // クイーンを配置する
      
      col[k] ← NOT_FREE
      upwd[i+k-1] ← NOT_FREE
      downwd[  ] ← NOT_FREE
      if ( i と N が等しい ) then
        return SUCCESS
      else
        if ( search(  ) と SUCCESS が等しい ) then
          return SUCCESS
        else
          // クイーンを取り除く
          pos[i] ← 0
          col[k] ← FREE
          upwd[i+k-1] ← FREE
          downwd[  ] ← FREE
        } ①
      endif
    endif
  endfor
  // クイーンが配置できる列が見つからなかった
  return FAILURE
endfunction

```

図7 関数 search のプログラム

```

// メインプログラム
配列 pos を初期化する
配列 col, upwd 及び downwd を初期化する
if ( search(  ) と SUCCESS が等しい ) then
  解となるクイーンの配置を印字する
else
  “解が見つからなかった” と印字する
endif

```

図8 メインプログラム

設問1 $N \times N$ マスの場合、本文中の ア に入れる適切な字句を答えよ。

設問2 $N \times N$ マスの場合、本文及び図7中の イ に入れる適切な字句を答えよ。

設問3 [Nクイーン問題の解法のプログラム] について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 図7中の ウ ～ キ に入れる適切な字句を答えよ。

(2) 図8中の ク に入れる適切な字句を答えよ。

(3) 4×4 マスの場合、このプログラムによる解を図9に示す。この結果が得られるまでに、図7中の①の部分は何回実行されるか答えよ。

	列			
	1	2	3	4
1		Q		
2				Q
3	Q			
4			Q	

図9 4×4 マスの解

【解説】

N クイーン問題とは、 $N \times N$ マスの盤上で互いの利き筋に当たらないような N 個のクイーンの配置を考えるものである。本問では、空の盤上の適切な位置に 1 個ずつクイーンを配置する解法が示されているので、まず、その解法を実現するプログラムの内容を理解し、実行回数の考察を行う。

(1) クイーンの利き筋

まず、クイーンの利き筋について、問題の図 1 に示されている例を基に説明する。

「クイーンは、縦・横・斜めのいずれか一方方向にどこまでも移動することができ、一度に移動できる範囲をクイーンの利き筋という」。例えば、図 1 のように、クイーン（“Q” で表す）を 5 行目の 6 列目（以下、行 5 列 6 と表す）のマスに置いた場合は、縦・横・斜めの方向に、それぞれ矢印のように移動することができ、網掛け部分（■）をクイーンの利き筋と呼ぶ。

クイーンが互いの利き筋に当たるとは、行 5 列 6 のマスにクイーンを配置するときに、網掛け部分のいずれかの位置に既にクイーンが配置されていることで、例えば、行 1 列 2 のマスにクイーンが存在するような場合である。行 5 列 6 は、行 1 列 2 のクイーンの利き筋に当たるため、このような配置は N クイーン問題の解として適切ではない。一方、既に配置されたクイーン的位置が行 1 列 1 であれば、行 5 列 6 は、その利き筋に位置しないので、利き筋に当たらず、クイーンを配置することができる。

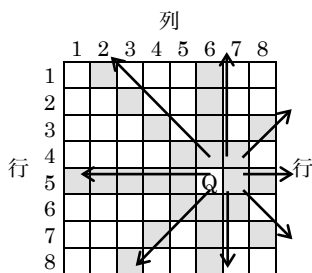


図 1 クイーンの利き筋

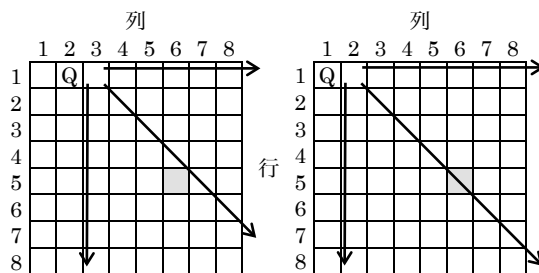


図 A 行 1 列 2 のクイーンの利き筋と
行 1 列 1 のクイーンの利き筋

(2) N クイーン問題の解法

① 基本的な考え方

はじめに、行 1 列 1 のマスにクイーンを配置し、1 行目のクイーンの利き筋に当たらないよう 2 行目の 1 列目から適切な位置を探して 2 行目のクイーンを配置する。同様に、既に配置されているクイーンの利き筋に当たらないよう各行にクイーンを配置し、N 行目までクイーンが配置できた場合は、解の一つが見つかったとして終了する。

② 後戻り

N クイーン問題の解法では、行 1 列 1 のマスから仮にクイーンを配置していき、ある行でクイーンを配置できる列が見つからなかった場合は、一つ前の行に戻り、その行のクイーンを、その列以降の別の列に配置し直し、次の行のクイーンについて再度配置する位置の探索を行う。それでも列が見つからなかったら、更に前の行に戻り、同様に探索を繰り返す。そして、1 行目の N 列まで調べてもクイーンを配置できる列が見つからなかった場合は、「この N クイーン問題の解はない」ということで終了する。このように、ある状況の下で仮に進めていき、うまくいかなかったら後戻りをして再度別の状況で試行していく考え方をバックトラック法という。

③ 利き筋の判定に用いる配列

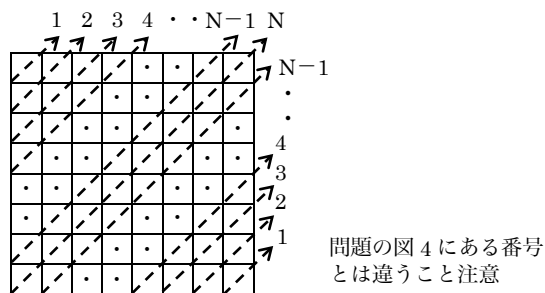
行 i 列 k のマスが既に配置したクイーンの利き筋に当たるか否かを容易に判別できるよう、その方向に既にクイーンが配置されているかどうかを要素の値としてもつ配列を、利き筋の方向別に表のとおり用意する。利き筋の方向は、縦・横・斜めであるが、一つの行には一つしかクイーンが配置されないで、横（行）方向の判定を行うための配列は不要である。また、斜め方向は、斜め上方向（右上がり）、斜め下方向（右下がり）の 2 種類を用意する。「各配列の要素の値は、その方向にまだクイーンが配置されていないとき FREE となり、既に配置されているとき NOT_FREE となる」。

表 利き筋の判定用の配列

配列名	説明	初期値
col	縦（列）方向のクイーンの配置状況を示す。	FREE
upwd	斜め上方向のクイーンの配置状況を示す。	
downwd	斜め下方向のクイーンの配置状況を示す。	

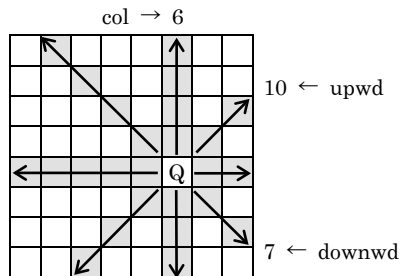
〔設問 1〕

空欄アには、 $N \times N$ マスの盤上の場合に必要な配列 upwd と downwd の大きさが入る。空欄の直前には「配列 col の大きさは N であり」という説明があるが、配列 col は縦（列）方向にクイーンが配置されているかどうかを示す配列なので、大きさは列数の N になる。一方、配列 upwd と downwd は、斜め方向の利き筋にクイーンが配置されているかどうかを示す配列なので、斜め方向に利き筋がいくつ存在するかを数える必要がある。問題の図 4 にある配列 upwd を例にとり、左上と右下からそれぞれ斜め方向の利き筋を数えると、 N 番目の利き筋が同じものを指すことになるので、全体では斜め方向の利き筋は $N \times 2 - 1 = 2N - 1$ となる。配列 downwd も配列 upwd と向きが異なるだけで、数え方は全く同じなので、これらの配列の大きさは $2N - 1$ となる。したがって、空欄には「 $2N - 1$ 」が入る。例えば、 8×8 マスの盤上の場合、 $2 \times 8 - 1 = 15$ となるが、問題の図 4、5 でも配列 upwd と downwd の大きさは 15 となっている。

図 B 斜め上方向の配列 upwd の大きさ ($N \times N$ マスの場合)

[設問2]

空欄イには、行 i 列 k のマスにクイーンを配置したときに、値を NOT_FREE にする配列 downwd の添字が入る。問題の図 1 のように、 8×8 マスの盤上の行 5 列 6 のマスにクイーンを配置した場合は、col[6], upwd[10], downwd[7] の値を NOT_FREE にする。



問題の図 1 クイーンの利き筋

一般に $N \times N$ マスの盤上の行 i 列 k のマスにクイーンを配置した場合、 k 列の縦(列)方向は利き筋となるので col[k] の値は NOT_FREE にする。空欄には、斜め下方向の利き筋の判定用配列 downwd の添字が入るが、考え方に共通点があるので、まず、斜め上方向の利き筋判定用配列 upwd の添字から説明する。

① 配列 upwd の添字

$N \times N$ マスの盤上の 1 列目 ($k=1$) のマス (図 C の網掛け部分) にクイーンを配置する場合、図から分かるようにその位置が i 行目であれば、配列 upwd の添字は i になる。そ添字、2~ N 列目のマス (図 C の白地の部分) にクイーンが配置される場合は、行 i 列 1 のマスを基にそこから何列右に位置するかを加算すれば、配列 upwd の添字を求めることができる。

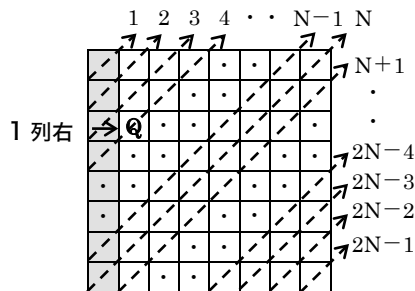


図 C 配列 upwd の添字

例えば、行 3 列 2 のマスにクイーンが配置されるときを考えてみる。行 3 列 1 のマスであれば配列 `upwd` の添字は 3 であるが、行 3 列 2 のマスは、そこから 1 ($=2-1$) 列右の位置となるので、配列 `upwd` の添字は基になる行 3 列 1 のマスに対する添字 3 に 1 を加えて $3+1=4$ となる。そして、一般に行 i 列 k のマスについては、行 i 列 1 のマスから数えて $k-1$ 列右に位置することから、配列 `upwd` の添字は基になる行 i 列 1 のマスに対する添字 i に加算分 $k-1$ を加えた $i+k-1$ となり、`upwd[i+k-1]` の値を `NOT_FREE` にする。

② 配列 `downwd` の添字

斜め下方向の判定に用いる配列 `downwd` では、盤上の 1 行目 ($i=1$) のマス (図 D の網掛け部分) にクイーンを配置する場合、図から分かるように $k=1\sim N$ に対して、配列 `downwd` の添字は $N\sim 1$ と、列番号の逆順になるので、行 1 列 k のマスであれば配列 `downwd` の添字は $N+1-k$ になる。そして、 $2\sim N$ 行目 (図 D の白地の部分) にクイーンを配置する場合は、行 1 列 k のマスを基にしてそこから何行下に位置するかを加算すれば配列 `downwd` の添字を求めることができる。例えば、配列 `upwd` の場合と同様に、行 3 列 2 のマスにクイーンが配置されるときを考えてみる。行 1 列 2 のマスであれば配列 `downwd` の添字は $N+1-2=N-1$ であるが、行 3 列 2 のマスは、そこから $3-1=2$ 行下の位置になるので、配列 `downwd` の添字は基になる行 1 列 2 のマスに対する添字 $N-1$ に 2 を加えた $(N-1)+2=N+1$ になる。そして、一般に行 i 列 k については、行 1 列 k のマスから数えて $i-1$ 行下に位置することから、配列 `downwd` の添字は基になる行 1 列 k のマスに対する添字 $N+1-k$ に加算分の $i-1$ を加えた $(N+1-k) + (i-1) = N+i-k$ となり、`downwd[N+i-k]` の値を `NOT_FREE` にする。したがって、空欄には「 $N+i-k$ 」が入る。なお、試験センターが発表した解答例は、問題文の中での配列 `upwd` の添字に準じて、アルファベット順に並べ換えた「 $i-k+N$ 」となっている。試験中にそれだけの余裕がもてるように心掛けたいものではあるが、式の表記順によって誤答となることはないので、「 $N+i-k$ 」でも正解である。

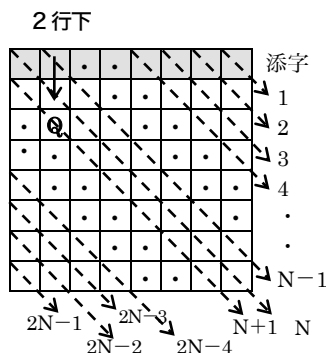


図 D 配列 downwd の添字

[設問 3]

N クイーン問題の解法のプログラムは、 i 行目以降についてクイーンを配置する位置を探索する関数 `search` と、初期設定や関数 `search` の最初の呼出しを行うメインプログラムからなる。プログラム中では、 $N \times N$ マスの盤上の行番号を変数 i で、列番号を変数 k で表している。また、関数 `search` は i 行目以降のクイーンを配置する位置が見つかった場合に `SUCCESS` を、見つからなかった場合に `FAILURE` を返す。

プログラムでは、設問 1 と 2 で考えた利き筋判定用の配列の他に、配列 `pos` を用いる。配列 `pos` は、各行のクイーン的位置を格納するためのもので、その行に配置したクイーンの列番号を、行番号を添字とした要素に格納する。なお、配置されていない場合の値は 0 である。例えば、「図 2 8×8 マスの解の例」の場合の配列 `pos` の内容は、図 E のようになる。

添字

1	2	3	4	5	6	7	8
5	2	6	1	7	4	8	3

列

	1	2	3	4	5	6	7	8
1					Q			
2		Q						
3						Q		
4	Q							
5							Q	
6				Q				
7								Q
8			Q					

行

```

function search(i)
  for (  を  から  まで1ずつ増やす )
    if ( col[k]と upwd[i+k-1]と downwd[  ]が全て FREE と等しい )
then
  (イ)
  //クイーンを配置する
  
  col[k] ← NOT_FREE
  upwd[i+k-1] ← NOT_FREE
  downwd [  ] (イ) ← NOT_FREE
  if ( i と N が等しい ) then
    return SUCCESS ←
  else
    if ( search(  )と SUCCESS が等しい ) then
      return SUCCESS ←
    else
      //クイーンを取り除く
      pos[i] ← 0
      col[k] ← FREE
      upwd[i+k-1] ← FREE
      downwd [  ] (イ) ← FREE
    endif
  endif
endif
  //クイーンが配置できる列が見つからなかった
  return FAILURE
endfunction

```

利き筋に当たらないので、そのマスにクイーンを配置し、利き筋判定用の各配列に NOT_FREE を設定する。

i が N に等しければ、N 行目までクイーンが配置できたので、SUCCESS を返す。

配置できた場合

配置できない場合に、i 行目のクイーンを取り除く。

第 i 行の次の行に、クイーンが配置できたかどうかで、処理が分かれる。

第 i 行にクイーンを配置できる列が見つからなかったため、FAILURE を返す。

図 F 関数 search の概要

```
//メインプログラム
配列 pos を初期化する
配列 col, upwd 及び downwd を初期化する
if ( search( ク ) と SUCCESS が等しい ) then
    解となるクイーンの配置を印字する
else
    “解が見つからなかった”と印字する
endif
```

クイーンの位置を格納する配列 pos と、利き筋判定用の配列 col, upwd, downwd の初期化
関数 search の呼出しと、結果の印字

図 G メインプログラムの概要

メインプログラムでは、関数 search の呼出しに先立ち、配列 pos の要素の値を 0 に、配列 col、配列 upwd、及び配列 downwd の要素の値をそれぞれ FREE に初期化している。その後、1 行目からクイーンの配置を行うために関数 search の呼出しを行う。

関数 search では引数として渡された i 行目以降のクイーンの配置の仕方の探索を、再帰呼出しによって第 N 行まで行う。そして、すべての行で後戻りが発生しない単純なパターンでは、呼出しの構造は図 H のようになる。図 H のような呼出しの順序の場合、メインプログラムから関数 search を 1 行目から N 行目まで順次再帰呼出しを行い、N 行目までクイーンを配置し終わったら、逆順に SUCCESS を戻していき、メインプログラムまで戻ってクイーンの配置を印字して終了する。

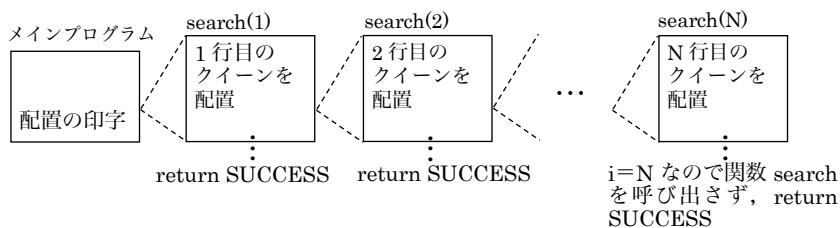


図 H 基本的な呼出しの構造

(1) 関数 search のプログラム (図 7) 中にある空欄ウ〜キに入れる適切な字句が問われている。

- ・空欄ウ〜オ: 関数 search の中心的な処理を行う for 文の制御変数の部分である。

関数 search は i 行目以降のクイーンの配置の仕方を探索するものであるか

ら、for 文では引数で渡された i 行に関して、利き筋に当たらない列を調べて適切な位置にクイーンを配置し、 i 行目の次の行に対して関数 `search` の呼出しを行う。このとき、問題に示された解法に従えば、利き筋に当たらない i 行目の列を 1 列目から順に N 列目まで探索していくことになるので、この for 文では、列番号を表す変数 k を 1 から N まで 1 ずつ増やすようにする。したがって、空欄ウは **k**、空欄エは **1**、空欄オは **N** となる。なお、この for 文を終了した後 (`endfor` の次の行) で、クイーンを配置できる列が見つからなかったときの処理 (`return FAILURE`) を行っていることから、for 文で i 行目の 1 から N 列目までのすべての列を調べていることが確認できる。

- ・空欄カ：直前の if 文の条件「`col[k]` と `upwd[i+k-1]` と `downwd[N+i-k]` (イ) が全て **FREE** と等しい」が真のとき、すなわち利き筋に当たらない位置 (列番号 k) が見つかった場合に行われる、 i 行目のクイーンを配置する処理の冒頭にある。そして、空欄の下 3 行では、利き筋の判定用の配列 `col`、`upwd`、及び `downwd` にクイーンが配置されたことを示す **NOT_FREE** を設定しているので、この空欄では配列 `pos` にクイーンを配置する位置 (列番号) を設定する。配列 `pos` は、行番号を添字とし、その行に配置したクイーンの列番号を値とするので、クイーンを配置するのが行 i 列 k のマスであれば、`pos[i] ← k` となる。したがって、空欄には「`pos[i] ← k`」が入る。
- ・空欄キ： i 行目のクイーンの配置に関する処理が終了し、まだ N 行目までのクイーンの配置が終わっていない場合に、次の行に対する関数 `search` の呼出しを行う部分である。この空欄を含む if 文では、条件が真であれば「`return SUCCESS`」を、偽であれば「クイーンを取り除く処理」を行うことから、条件としては、次の行にクイーンが配置できたかどうかという内容を指定すればよい。 i 行目の次の行、つまり $i+1$ 行目にクイーンが配置できるかどうかは、 $i+1$ 行目に対する関数 `search` の呼出しを行い、利き筋の判定を行った結果、**SUCCESS** が戻されればよいので、if 文の条件は「`search(i+1)` と **SUCCESS** が等しい」となる。したがって、空欄には「`i+1`」が入る。

- (2) メインプログラム (図 8) 中の空欄クに入れる適切な字句が問われている。

「図 H 基本的な呼出しの構造」の左端メインプログラムからの関数 `search` の呼出し部分である。ここでは、はじめに 1 行目以降のクイーンの配置の仕方の探索を行うために、1 行目に対する関数 `search` を呼出す。したがって、空欄には「**1**」が入る。

なお、`search(1)` として呼び出された関数 `search` は、再帰呼出しによって 1 行目以降のクイーンの配置位置を探索し、 N 行目までクイーンが配置されれば **SUCCESS** が戻され、解となるクイーンの配置を印字して終了する。一方、

search(1)が SUCCESS と等しくない場合、すなわち 1 行目にクイーンが配置できる列が見つからなかった場合は、“解が見つからなかった”と印字して終了する。

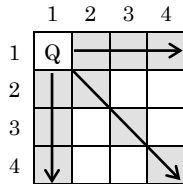
- (3) 4×4 マスの場合に、問題の図 9 のような解が得られるまでに、図 7 中の①の部分は何回実行されたかが問われている。①の部分は、次の行でクイーンが配置できる列が見つからなかったときに、一つ前の行に戻って一度配置したクイーンを取り除くために、配列 pos と利き筋判定用の配列の該当要素の値を FREE に戻す処理である。

4×4 マスの場合について、まず、行 1 列 1 にクイーンを配置したところから、順に関数 search のプログラムをトレースしていくと、図 I に示す手順 I ～Ⅷのようにクイーンが配置され、①の部分は「4」回実行されることが分かる。

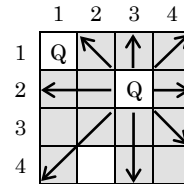
		列			
		1	2	3	4
行	1		Q		
	2				Q
	3	Q			
	4			Q	

図 9 4×4 マスの解

I 行1列1のマ스에 Q を配置する。

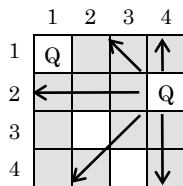


II 行2列3のマ스에 Q を配置する。

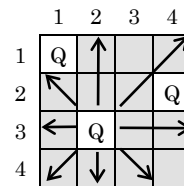


行3列1は、行1列1のクイーンの利き筋、行3列2~4はこのクイーンの利き筋なので、次の行3には配置するマスがない。

III IIの3行目に Q を配置できないので、2行目の Q を取り除く(①実行_1回目)。1の状態に戻り、Q を行2列4のマ스에 配置し直す。



IV 行3列2のマ스에 Q を配置する。



行4列4は、行2列4のクイーンの利き筋、行4列1~3はこのクイーンの利き筋なので、次の行4には配置するマスがない。

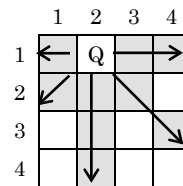
V IVの4行目に Q を配置できないので、3行目の Q を取り除く(①実行_2回目)。3行目に配置できる列がないの

で、2行目の Q を取り除く(①実行_3回目)。

(行3列3~4は、行2列4のクイーンの利き筋)

2行目に配置できる列がないので、1行目の Q を取り除く(①実行_4回目)。

(2行目のクイーンは4列目にあるので、配置する列は残



VI 行2列4のマ스에 Q を配置する。

VII 行3列1のマ스에 Q を配置する。

VIII 行4列3のマ스에 Q を配置する。

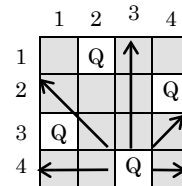
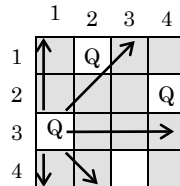
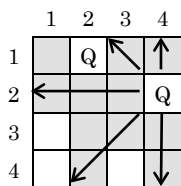


図 I の手順を実行する関数 `search` の呼出しの様子は図 J のようになる。

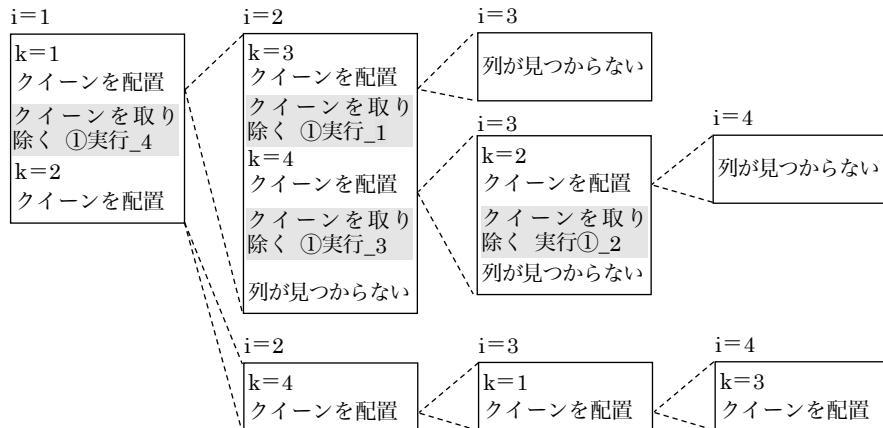


図 J 関数 `search` の呼出しの様子

【解答例】

[設問 1] $2N-1$

[設問 2] $i-k+N$

[設問 3] (1) (ウ) k (エ) 1 (オ) N
 (カ) $\text{pos}[i] \leftarrow k$ (キ) $i+1$
 (2) 1
 (3) 4



演習問題 ● Exercise

問 14 タクシーの料金メータの設計に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

(H22 春・AP 午後問 7)

S 社は、タクシーの料金メータ（以下、タクシーメータという）を開発している。S 社では、ソフトウェアの品質向上を図るために、設計後のレビューを強化することにした。実施したレビューにおいて、タクシーメータのソフトウェアに不具合が見つかった。

〔ソフトウェア構成〕

タクシーメータは、リアルタイム OS（以下、RTOS という）を使用している。RTOS 上では、表示タスク、料金計算タスク、操作パネルタスク、走行距離通知タスク及び RTOS のタイマタスクが動作する。これらのタスク実行中は、特に指定がない限り、すべての割込みが許可されている。

タクシーメータは、タイマ割込み及び操作パネル割込みを使用している。これらの割込みは、タイマ割込みハンドラ及び操作パネルハンドラで処理される。各ハンドラは、それぞれタイマタスク及び操作パネルタスクを起動する。

タクシーメータのタスク一覧を表に示す。

表 タクシーメータのタスク一覧

タスク	処理内容	優先度
表示タスク	料金などを LCD に表示する。	低
料金計算タスク	走行距離と走行時間に応じた料金を計算する。	中
操作パネルタスク	操作パネルハンドラで起動される。操作パネルからの指示を受け取り、各タスクに通知する。	高
走行距離通知タスク	所定距離を走行したことを通知する。 ・料金計算タスクから“走行通知要求”を受け、指定された距離を走行したら、イベントフラグをセットする。 ・“走行通知要求”を受けた後、イベントフラグをセットするまでの間に取消し要求を受けた場合は、“走行通知要求”を取り消し、イベントフラグをセットしない。 ・既にイベントフラグをセットした要求に対する取消し要求があった場合、この取消し要求を無視する。	高
タイマタスク	タイマ割込みハンドラで起動される。このタスクは、RTOS に対する要求のうち、時間に関する処理を行う。	高

〔RTOS の仕様（一部）〕

- (1) タスクは、優先度によって実行が決定される。優先度は変更することができる。
- (2) タスク同期制御にイベントフラグを使用する。イベントフラグの操作にはセット及びクリアがある。
- (3) タスクはイベントフラグのセット待ち要求を行うと、イベントフラグがセットされるまで待ち状態となる。既にイベントフラグがセットされている場合は、セット待ち要求を行っても、待ち状態にはならない。
 セット待ち要求では、タイムアウトの設定ができる。タイムアウトになると、指定時間内にイベントフラグがセットされなくても、待ち状態が解除される。
- (4) タスクごとに、特定又はすべての割込みに対して、割込み禁止及び割込み許可を指定できる。

〔タクシーメータの仕様〕

操作パネルで“賃走”を指定すると、最初に“ L_0 メートル走行するまで”又は“ T_0 秒経過するまで”料金は P_0 円である。これを初乗りという。

初乗りの条件を過ぎると、“ L_1 メートル走行する”又は“ T_1 秒経過する”ごとに、料金が P_1 円ずつ加算される。 L_0 、 T_0 、 P_0 、 L_1 、 T_1 、及び P_1 は特

別な装置によって設定可能である。

料金の計算は、操作パネルで“支払い”ボタンが押されるまで続けられる。

〔料金計算タスク〕

料金計算タスクの処理の流れを図に示す。料金計算タスクは、初乗りから“支払い”ボタンが押されるまでの間、図の②～⑦の処理を続ける。

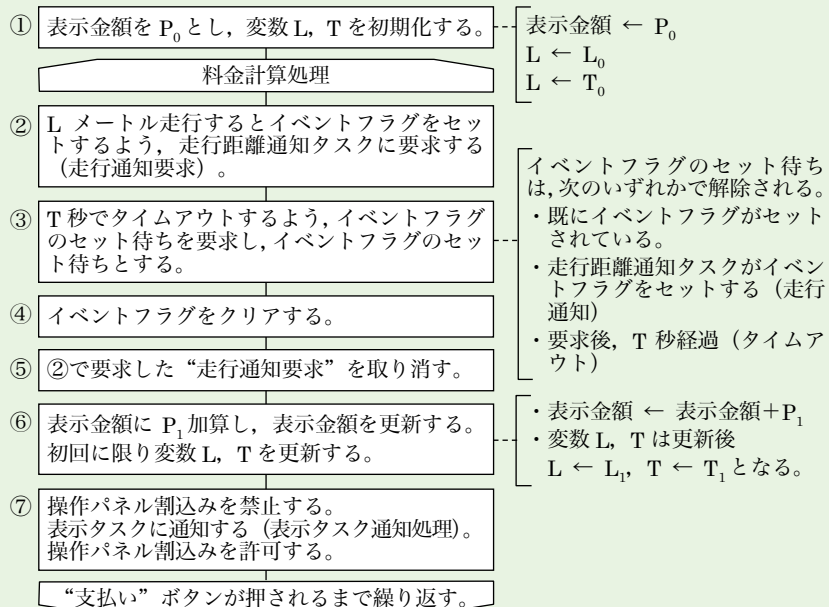


図 料金計算タスクの処理の流れ

〔不具合の指摘〕

レビューを実施したところ、次の二つの指摘があった。

(1) イベントフラグのセット待ち方法の不具合とその対策

料金計算タスクにおいて、イベントフラグのセット待ちを要求しても、待ち状態にならないことがある。その結果、表示金額の計算が過大となってしまう。

この不具合は、a の直後に、b が起きると発生する。a によって c が解除され、料金計算タスクは実行状態となり、イベントフラグを d する。この直後に b

があると、イベントフラグがセットされてしまい、次のイベントフラグのセット待ちで待ち状態にならない。

この不具合は、図中の と⑤とを入れ替えることで回避できる。

(2) 操作パネル割込み制御の不具合とその対策

図中の処理⑦では、表示タスク通知処理の開始から終了までの間、操作パネル割込みは禁止されているので、操作パネル割込みは実行されないはずである。しかし、次のような場合に、操作パネル割込みを実行してしまう。

操作パネル割込みを禁止した直後に が発生すると、 ハンドラによって が起動され、料金計算タスクは処理が中断される。

起動されたタスクは、操作パネル割込みを許可しているので、 が発生すると受け付けてしまう。

現在の処理を大きく変更せずにこの不具合を回避するには、表示タスク通知処理実行中は、タスクの優先度をタイマタスクの優先度と同じにするか、又は表示タスク通知処理を行う間は、すべての割込みを禁止すればよい。

設問1 イベントフラグのセット待ち方法の不具合について、(1)、(2)に答えよ。
ただし、表示タスク通知処理では、ほかのタスクを起動することはないものとする。

(1) 本文中の ～ に入れる適切な字句を答えよ。

(2) 本文中の に入れる、図中の処理の番号を答えよ。

設問2 操作パネル割込み制御の不具合について、 ～ に入れる適切な字句を答えよ。

設問3 操作パネル割込み制御の不具合とその対策で示したように対処する場合、表示タスク通知処理の実行時間をできるだけ短くしなければならない。その理由を 30 字以内で述べよ。

【解説】

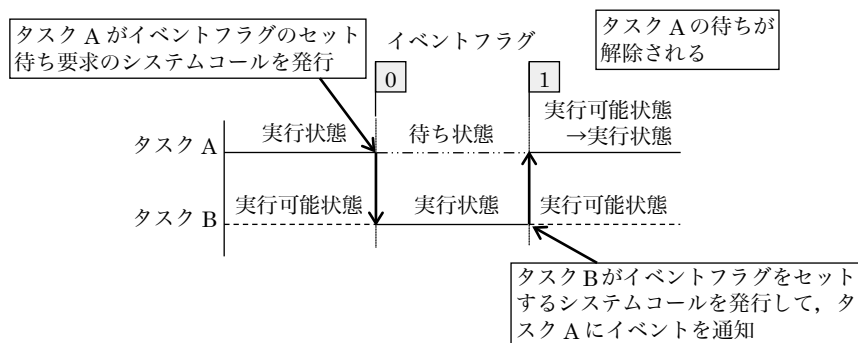
決められた時間内に処理を行うことが要求される組込み系のシステムでは、OS にリアルタイム OS (RTOS) を使用することが多い。そして、RTOS 上では、タスク間でタイミングを通知する場合、イベントフラグを利用する。

まずは、イベントフラグについて解説をしておく。

イベントフラグは、RTOS でタスク間の同期制御を行うために、よく使われる機能で、RTOS ではシステムコールとして提供されている。その名のとおり「フラグ」であり、セット (1 にする)、又はクリア (0 にする) によって、タスク間でイベント発生タイミングを通知する。

イベントフラグのシステムコールには、イベントフラグのセット待ちを要求するもの、イベントフラグをセットするもの、イベントフラグをクリアするものがある。次に、一般的なイベントフラグの使い方である、タスク A がタスク B からのイベント通知を待つ (タイミングを合わせる) 事例を説明する。

タスク A がイベントフラグのセットを待っている状態において、タスク B がイベントフラグをセットして、タスク A にイベント通知する場合
(優先度は、タスク A の方が高いものとする)



この例では、イベントフラグ待ちが解除され実行可能状態になったタスク A は、タスク B よりも優先度が高いため、タスク B をプリエンプションし、すぐさま実行可能状態から実行状態に遷移している。

図 A イベントフラグの使い方の例

イベント発生のタイミングを待つ方のタスク A は、先に、イベントフラグのセット待ち要求を発行し、自ら待ち状態となり、イベントフラグがセットされるまで待つ。その間に、タスク B が処理を行い、イベントフラグをセットするシステムコールを発行して、タスク A にイベントの発生を通知する。すると、タスク A の待ち状態（イベントフラグ待ち状態）が解除されて、タスク A は実行可能状態となる（あくまで、実行可能状態であり、すぐさま実行状態になるわけではない点に注意する。実行状態に遷移するか否かは、タスクの優先度による）。図 A の事例の場合、タスク A の優先度が高いため、タスク B がプリエンプションされて実行権をはく奪され、待ちが解除されたタスク A が実行可能状態からすぐに実行状態に遷移する。

イベントフラグを使用する場合、次の 2 点に注意する。

- ・ イベントフラグがセットされたら、適切なタイミングで、クリアする必要がある。
- ・ 既にイベントフラグがセットされている場合は、セット待ち要求を行っても、待ち状態にはならない。

すなわち、フラグの状態を適切に操作しないと、同期制御ができずに、思わぬ不具合が発生する場合がある。

〔設問 1〕

レビューによって発見したイベントフラグのセット待ち方法の不具合に関する問題である。

(1) 問題文の〔不具合の指摘〕の穴埋め問題である。

図「料金計算タスクの処理の流れ」を参照して、タスクの動作を考え、不具合を検討する必要がある。まずは、料金計算タスクの処理を考察する。

RTOS を使用したタスク問題の場合、図以外のタスクや割り込みハンドラ、更には RTOS 自体も、切り替わりながら平行に動作しているので、処理の流れだけに注目していても、解答が導けないこともある。常に、タスクが切り替わり、別のタスクに制御が移る可能性があることを前提に考える必要がある。

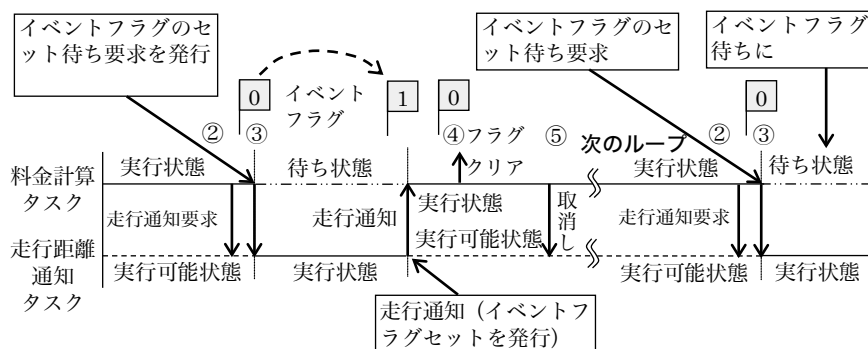


図 B(a) 正常に動作している場合

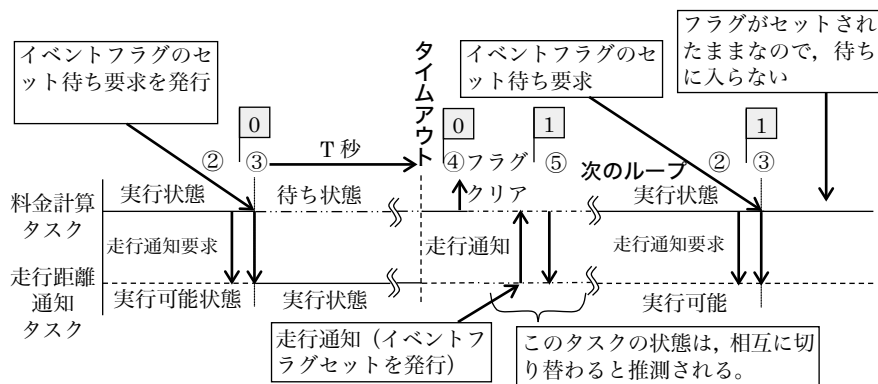


図 B(b) 不具合が発生する場合

図 B(a)は、処理が正常である場合の料金計算タスクと、走行距離通知タスクのタイミングチャートである。図 B と図「料金計算タスクの処理の流れ」（以下、流れ図）の②～⑤は対応しており、③のタイミングで、料金計算タスクがイベントフラグのセット待ちを要求している。その後、料金計算タスクは、（イベントフラグ）待ち状態に遷移する。流れ図だけでは読み取りにくいですが、③と④の間には時間が空くことになる。そして、走行通知要求を受けている走行距離通知タスクが実行され、走行距離通知タスクが、指定された距離の走行を検知したら、イベントフラグをセットする（走行通知）。これによって、料金計算タスクの待ち状態が解除され、優先度の高い料金計算タスクが、すぐに実行可能状態から実行状態へ遷移する。

その後、④で、イベントフラグをクリアし、⑤で走行通知要求を取り消している。

ここで、この問題のイベントフラグは、タイムアウト付きであるため、タイムアウトになると、イベントフラグがセットされなくても、待ち状態が解除される点に注目したい。もし、③イベントフラグのセット待ちを要求した後、セットされないまま T 秒間が過ぎ、タイムアウトが発生した場合を考えてみる。

図 B(b)は、タイムアウトが発生して、不具合が発生する場合のタイミングチャートである。

問題文には、タスクの状態遷移が明記されていないが、一般的には、タイムアウトによって、料金計算タスクのイベントフラグのセット待ちが解除され、料金計算タスクは、実行可能状態となり、優先度が高いため、すぐに実行状態となると推測される。すると、④でイベントフラグをクリアする。そして、もし、イベントフラグをクリアした直後（処理④と⑤の間）に、走行距離通知タスクがイベントフラグをセット（走行通知）した場合、どうなるだろうか（走行距離通知タスクは、まだ、⑤の処理で“走行通知要求”の取消しが実行されていないため、このような現象が発生する可能性がある）。

処理は、⑤、⑥、⑦と進み、次のループで②と進む。そして③で、イベントフラグのセット待ちを要求したときに、既にイベントフラグがセットされているので、待ち状態とはならない。③で待ち状態にならない場合、すぐに次の処理へ進み、⑥によって表示金額が異常に加算されるという、不具合が発生することになる。

これを問題文に沿って整理すると、「この不具合は、タイムアウト(a)の直後に、走行通知(b)が起きると発生する。タイムアウト(a)によってイベントフラグのセット待ち(c)が解除され、料金計算タスクは実行状態となり、イベントフラグをクリア(d)する。この直後に走行通知(b)があると、イベントフラグがセットされてしまい、次のイベントフラグのセット待ちで待ち状態にならない」となる。

- (2) この不具合は、⑤の処理で“走行通知要求”の取消し処理を先に実行させて、その後、④のイベントフラグのクリアを実行することで、回避できる。このため、

④と⑤を入れ替えればよい。よって、解答は④となる。

[設問2]

図の処理⑦では、表示タスクに通知処理の開始から終了までの間、操作パネル割込みは禁止状態である。しかし、操作パネル割込みが実行されてしまうという、不具合に関する問題である。

〔RTOSの仕様（一部）〕に、「(4)タスクごとに、特定又はすべての割込みに対して、割込み禁止及び割込み許可を指定できる」と、記述されている。すなわち、あるタスクで、割込み禁止をしていても、何らかの要因で他のタスクに切り替わった場合、そのタスクでは同じ条件で割込み禁止になっているとは限らない点である。

次に、問題文に沿って、空欄に当てはまる答えを考察する。

空欄 f の後には、「ハンドラ」が続くので、何らかの割込みが当てはまる。操作パネル割込みは禁止されているので、可能性がある割込みは、タイマ割込みだけである。そして、タイマ割込みハンドラによって起動するのは、タイマタスクであるため、空欄 g は、タイマタスクとなる。タイマタスクは、操作パネル割込みは禁止していない（許可している）ので、タイマタスク実行中は、操作パネル割込みが発生すると受け付けてしまう。よって、空欄 h には、操作パネル割込みが当てはまる。

[設問3]

〔不具合の指摘〕の最後には、次の2点が示されている。

- ・表示タスク通知処理実行中は、タスクの優先度をタイマタスクの優先度と同じにする。
- ・表示タスク通知処理を行う間は、すべての割込みを禁止すればよい。

これらの対策を行う場合、表示タスク通知処理の実行時間をできるだけ短くしなければならないが、その理由を解答する。

表示タスク通知処理の実行中、料金計算タスクの優先度をタイマタスクの優先度と同じ「高」にすると、料金計算タスクがタイマタスク実行を阻害する（遅延させる）可能性がある。これは、一般的な RTOS では、優先度が同じタスクの場合、到着順でスケジューリングされ、先に実行しているタスクの実行が終わってから、次のタスクが実行される。すなわち、料金計算タスクが先に実行した場合、料金計算タスクの表示タスク通知処理の実行が完了して優先度を元に戻すまで、タイマタスクが待たされることになる。

タイマタスクは、時間に関する処理を行っている。タイマタスクの実行が遅れると、システム全体のリアルタイム性が破たんする可能性がある。それを避けるためには、優先度を一時的に「高」にする、料金計算タスクの表示タスク通知処理実行は、タイマタスクへの影響が出ないように、できるだけ短くする必要がある。

また、表示タスク通知処理中は、すべての割込みを禁止にする方法についても、

すべての割込みが禁止であるから、当然、タイマ割込みの受付けも禁止されてしまう。

いずれの場合も、料金計算タスクの表示タスク通知処理実行をできるだけ短くしないと、タイマタスクの実行遅れによって、システム全体のタイミングが遅れ、リアルタイム性が低下してしまう。よって、「タイマタスクの実行が遅れないようにするため」というように解答すればよい。

【解答例】

[設問1] (1) (a) タイムアウト

(b) 走行通知

(c) イベントフラグのセット待ち（又は、待ち状態）

(d) クリア

(2) (e) ④

[設問2] (f) タイマ割込み (g) タイマタスク (h) 操作パネル割込み

[設問3] タイマタスクの実行が遅れないようにするため



演習問題 ● Exercise

問 15 LED を使用したデジタル時計の設計に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

(H23 春・AP 午後問 7)

Z 社では、6 個の 7 セグメント LED で年月日及び時分秒を表示するデジタル時計の設計を行っている。

〔デジタル時計の機器構成〕

デジタル時計のブロック図を、図 1 に示す。このデジタル時計は、LED、MPU、クロックカウンタ、リアルタイムクロック（以下、RTC という）、機械的な押しボタン式スイッチ（以下、SW という）、及びプログラムで入出力を設定できるプログラマブル入出力装置（以下、PIO という）で構成される。

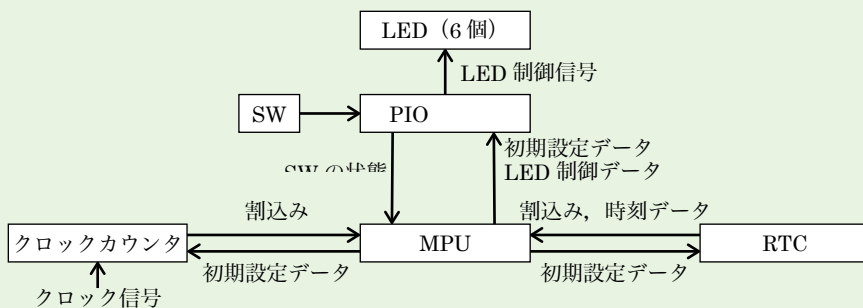


図 1 デジタル時計のブロック図

〔デジタル時計の動作〕

- (1) 電源を入れると、初期化プログラムによって RTC、クロックカウンタ、PIO にそれぞれ初期設定データを書き込み、初期化する。SW を押しているときは年月日を表示し、押していないときは時分秒を表示する。
- (2) RTC は年月日、時分秒データ（以下、時刻データという）を保持し、RTC 自身が時刻を更新する。RTC は 1 秒ごとに MPU に割り込みを行い、RTC 割り込みハンドラを起動する。RTC 割り込みハンドラは、RTC から時刻データを

読み込む。読み込んだデータは、配列 Date に、西暦年の下 2 けた、月、日が格納され、配列 Time に、時、分、秒が格納される。例えば、読み込んだ時刻データが 2011 年 4 月 17 日、12 時 34 分 56 秒ならば、Date[0]～Date[5] に 1, 1, 0, 4, 1, 7 が、Time[0]～Time[5] に 1, 2, 3, 4, 5, 6 が格納される。

- (3) クロックカウンタは、クロックをカウントし、1 ミリ秒ごとに MPU に割込みを行い、クロックカウンタ割込みハンドラを起動する。

[PIO]

PIO の構成を図 2 に示す。PIO は、それぞれ 16 ビットで構成される入出力制御レジスタ（以下、PIO_R という）とデータレジスタ（以下、PIO_D という）から成る。PIO には 16 個の入力又は出力の設定が可能な端子があり、それぞれ PIO_D の 1 ビットに割り当てられる。

- (1) PIO_R は、PIO_D の各ビットを入力にするか出力にするかを定める。

PIO_R のビット Ri を 1 にすると PIO_D のビット Di は出力に指定され、0 にすると入力に指定される。

- (2) PIO_D にデータを書き込むと、PIO_R によって出力に指定されたビットのデータだけが端子から出力される。一方、PIO_D のデータを読み込むと、PIO_R によって入力に指定された端子のデータだけが読み込まれる。入力に指定されていないビットのデータを読み込むと不定の値となる。

PIO_R	R ₁₅	R ₁₄	R ₁₃	R ₁₂	R ₁₁	R ₁₀	R ₉	R ₈	R ₇	R ₆	R ₅	R ₄	R ₃	R ₂	R ₁	R ₀
PIO_D	D ₁₅	D ₁₄	D ₁₃	D ₁₂	D ₁₁	D ₁₀	D ₉	D ₈	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
端子																

図 2 PIO の構成

- (3) PIO_D の D₁₄ に割り当てられた端子には、SW が接続される。SW を押し続けている間はオンとなり、そのとき PIO_D を読み込むとそのビットは 1、SW がオフのときそのビットは 0 となる。PIO_D を読み込むとそのときの D₁₄ の値が SW の状態となる。

〔ダイナミック点灯方式〕

このデジタル時計で使用している LED の表示方法は、ダイナミック点灯方式である。ダイナミック点灯方式は、短時間に一つの LED だけを点灯し、点灯する LED を順に切り替え、あたかも全体が点灯しているかのように見せる方式である。

図 3 に LED のセグメント割当てを、図 4 に LED 表示部の構成を示す。

- (1) PIO_D の下位 8 ビット $D_0 \sim D_7$ のうち、 $D_0 \sim D_6$ には LED のセグメント a \sim g を割り当て、 D_7 には小数点 dp を割り当てる。具体的には、 D_0 を LED のセグメント a に、 D_1 を b に、..., D_6 を g に割り当てる。
- (2) PIO_D の上位 8 ビット $D_8 \sim D_{15}$ のうち、 $D_8 \sim D_{13}$ には、LED0 \sim LED5 を割り当て、 D_{14} には SW を割り当てる (D_{15} は使用しない)。具体的には、 D_{13} を LED5 に、 D_{12} を LED4 に、..., D_8 を LED0 に割り当てる。
- (3) LED を点灯するためには、点灯するセグメントに対応するビット $D_0 \sim D_7$ に 1 を書き込み、点灯する LED に対応するビット $D_8 \sim D_{13}$ に 1 を書き込む。

例えば、表示する時分秒のうち、“分”の 10 分台の数字は LED3、1 分台の数字は LED2 である。LED3 に 4 を表示させるためには、PIO_D に 16 進数 0866 を書き込む。

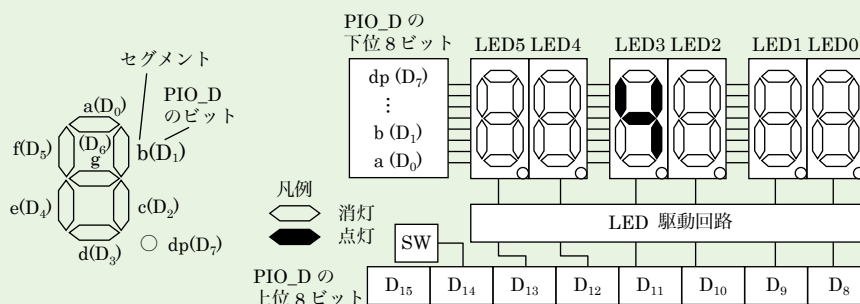


図 3 セグメント割当て

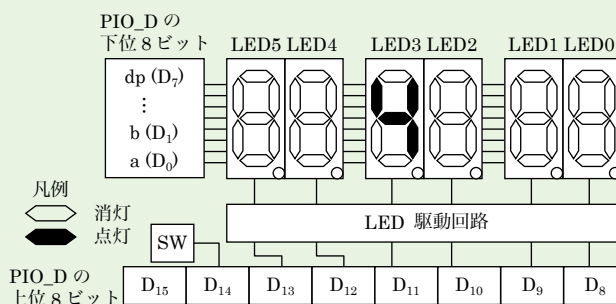


図 4 LED 表示部の構成

〔クロックカウンタ割込みハンドラ〕

クロックカウンタ割込みハンドラは、ダイナミック点灯の制御及び SW の入力の判定を行う。その流れ図を図 5 に示す。

配列 Pattern[0]～[9]はそれぞれ 16 ビットの符号なし整数で、LED に 0～9 を表示するための点灯セグメントの情報を格納する。例えば、Pattern[4]は LED に 4 を表示するため、16 進数 0066 を格納している。

i は LED を示すカウンタ、cnt は SW の切替え時に状態が安定するまで待ち合わせるためのカウンタで、それぞれ 16 ビットの符号なし整数であり、初期値はいずれも 0 である。

swState は SW の状態を表す 1 ビットの変数であり、prev は直前の割込み処理で検出した SW の値を表す 1 ビットの変数である。初期値はいずれも 0 である。

work 及び pwork は、16 ビット符号なし整数であり、作業用の変数である。

図 5 中の①の処理は、SW の状態が変化したときに、状態が安定するまで待ち合わせる処理である。

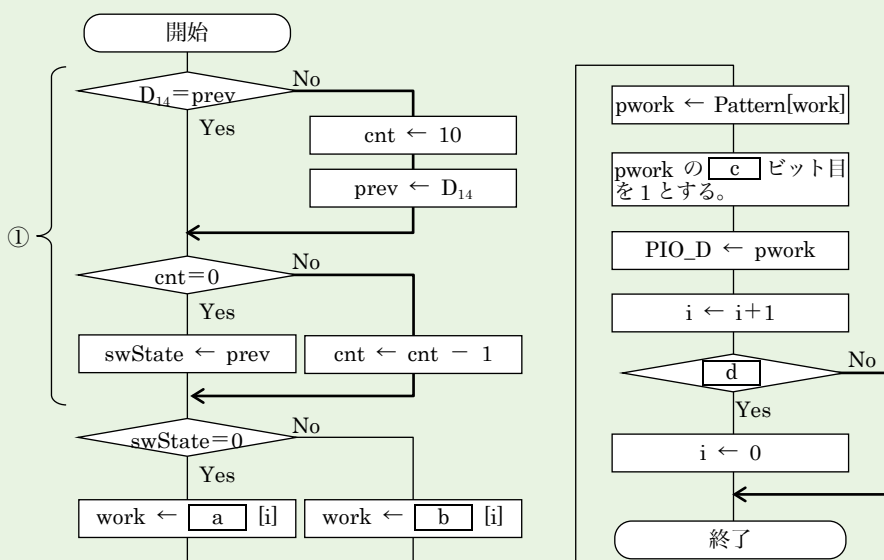


図 5 クロックカウンタ割込みハンドラの流れ図

設問 1 初期化プログラムによって、PIO_R を初期化する設定値を 16 進数 4 けたで答えよ。ただし、PIO_D の未使用のビットは入力として設定すること。

設問 2 図 5 中の

a

 ～

d

 について、(1), (2)に答えよ。

(1)

a

 ,

b

 に入れる適切な配列名を答えよ。

(2)

c

 ,

d

 に入れる適切な式を答えよ。

設問 3 図 5 中の①の処理で、SW の状態を直ちに反映しない理由を、30 字以内で述べよ。

【解説】

6 桁の 7 セグメント LED を使用したデジタル時計の設計に関する問題である。7 セグメント LED は、LED（発光ダイオード）を使用した数字の表示器で、図 3 のように a～g の七つの LED セグメントとドットポイント（dp）を使用して数字と小数点を表すことができるデバイスである。家電製品や OA 機器の表示機器などの組込みシステムでよく使用される。情報処理技術者試験でも、過去の第 1 種情報処理技術者試験の時代から出題テーマとなっており、最近では、H22 春の基本情報試験の午前問 23 でも関連問題が出題されている。

まず、7 セグメント LED の点灯方式について解説する。




スタティック点灯方式と呼ばれる方式では、LED の各セグメントに対して、1 ビット（この問題では一つの端子）の I/O ポートを割当てる。この方式の場合、1 個の 7 セグメント LED を点灯させるには、全部で 7 ビット必要となる（dp を使用する場合は、dp 用にも 1 ビット必要である）。さらに、複数の 7 セグメント LED を点灯させるためには、7 ビット×LED 個数のビット数を持つ I/O ポートが必要となる。ハードウェアで常時、LED のセグメントに電流を流して点灯させるので、ちらつきが少なく、輝度を高くすることができる。また、LED セグメントの点灯パターンを I/O ポートに書き込むだけで点灯させることができるので、プログラム制御が簡単であり、CPU に負担をかけない。

しかし、この問題の題材である 6 桁の表示器を使用するデジタル時計では、7 セグメント LED を 6 個使用するので、スタティック点灯方式を採用すると 42 ビットという多くのビット数をもつ I/O ポートが必要となり、ハードウェアのコストが高くなるという欠点がある。そこで、この問題の点灯回路では、I/O ポートのビット数を節約するために、ダイナミック点灯方式を採用している。ダイナミック点灯方式は、瞬間的には、特定の 1 個の 7 セグメント LED だけを選択して点灯させ、複数の LED を順次切り替えて点灯させることによって、すべての LED を点灯させる。そして、この方式の場合、複数の 7 セグメント LED から点灯させる 1 個を選択するための I/O ポートと、1 個の LED 用のセグメント点灯パターンを出力する I/O ポートだけで済むため、使用する I/O ポートのビット数を節約できる利点がある。しかし、高速に LED を切替えて表示しないと LED がちらついて見えることがあること、また、常時ソフトウェアで、点灯させる LED を切り替えながら、選択した LED の点灯パターンを I/O ポートに出力する必要があることなど、スタティック点灯方式に比べ、CPU に負荷をかけてしまうという欠点もある。

さて、問題文の図 4 の LED 表示部の構成を参照しながら、ダイナミック点灯方式を解説する。なお、この問題では、16 個の端子（16 ビット）をもつ、プログラム可能な I/O ポート（PIO）を使用している。プログラム可能な I/O ポートとは、入出力制御レジスタ（PIO_R）の設定によって、対応する I/O ポート（PIO_D）の各ビット（端子）の用途を、入力又は出力に切り替えられる I/O ポートである。

7 セグメント（LED0～LED5）LED の a～g の各セグメントは、それぞれ、PIO_D

の $D_0 \sim D_6$ の各ビットに割り当てられている。また、dp（ドットポイント）は D_7 に割り当てられている。よって、 $D_0 \sim D_7$ は、セグメントの点灯パターンを出力するための I/O ポートである。一方、 $D_8 \sim D_{13}$ の各ビットは、LED0～5 の選択のために用いられ、LED 駆動回路を介して、LED0～LED5 を選択して駆動している。よって、 $D_8 \sim D_{13}$ は、点灯させる LED を選択するための出力を行う I/O ポートである。

図 4 では、LED3 に  を表示させる場合を示している。 を表示させるには、図 3 の b, c, f, g の各セグメントを点灯させる必要がある。そして、セグメントを点灯させるには、対応する $D_0 \sim D_7$ に 1 を出力（すなわち PIO_D に書き込む）する必要がある。セグメントの点灯パターンデータの D_1 , D_2 , D_5 , D_6 の各ビットを 1 にする。また、LED3 を選択するには、対応する D_{11} のビットを 1 にする必要がある。よって、LED3 を選択して  を表示させる場合のデータは、2 進数で 0000 1000 0110 0110 となる。これを、16 進数で表現すると、0866 となる。

〔設問 1〕

初期化プログラムで、PIO_R を初期化するときの設定値を答える問題である。

前述のように、PIO_D の $D_0 \sim D_7$ はセグメントの点灯パターン、 $D_8 \sim D_{13}$ は LED0～5 の選択のために使用され、いずれも出力である。一方、 D_{14} には、SW（押しボタンスイッチ）が割り当てられているので、入力に設定する必要がある。ここで、未使用の D_{15} をどうするか問題になるが、設問文には「PIO_D の未使用のビットは入力として設定すること」とあるので、未使用の D_{15} は入力に設定する必要がある。この内容を PIO に設定することになるが、〔PIO〕には「PIO_R のビット R_i を 1 にすると PIO_D のビット D_i は出力に指定され、0 にすると入力に指定される」という記述がある。よって、16 ビットの PIO_R へ書き込みデータは、2 進数で 0011 1111 1111 1111 となり、16 進数では、「3FFF」となる。

ちなみに、一般的にも、プログラムで入出力を設定できる入出力装置（PIO）の未使用の端子は、入力に設定することが多い。これは、出力に設定すると、未使用の端子の配線の如何によっては、PIO が壊れる場合がある。例えば、未使用の端子が GND（0V）に配線処理されている場合、出力が 1（すなわち出力電圧が H レベル）になると、大電流が流れてしまい PIO が焼損する場合がある。入力にしておくと、このようなことは発生しない。また、実際の組み込み用マイコンに内蔵されている PIO は、デフォルトで入力になっているものも多い。

〔設問 2〕

クロックカウンタ割込みハンドラの流れ図中の空欄 a～d を埋める問題である。

〔クロックカウンタ割込みハンドラ〕に記述されているように、クロックカウンタ割込みハンドラは、ダイナミック点灯の制御及び SW の入力の判定を行うプログラムである。また、図 1 と〔デジタル時計の動作〕(3)の記述から、ハードウェアのクロックカウンタから 1 ミリ秒ごとに発生する割込みによって起動される。つま

り、クロックカウンタ割込みハンドラは、1 ミリ秒ごとに繰り返して起動される処理であることに注意したい。図 5 の流れ図に、解説用に A～J の記号を付けたものを図 A に示す。

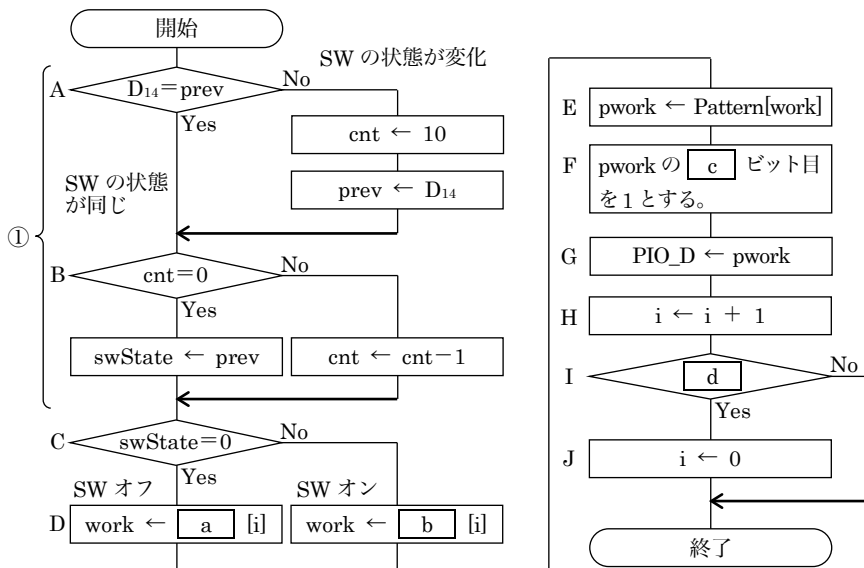


図 A

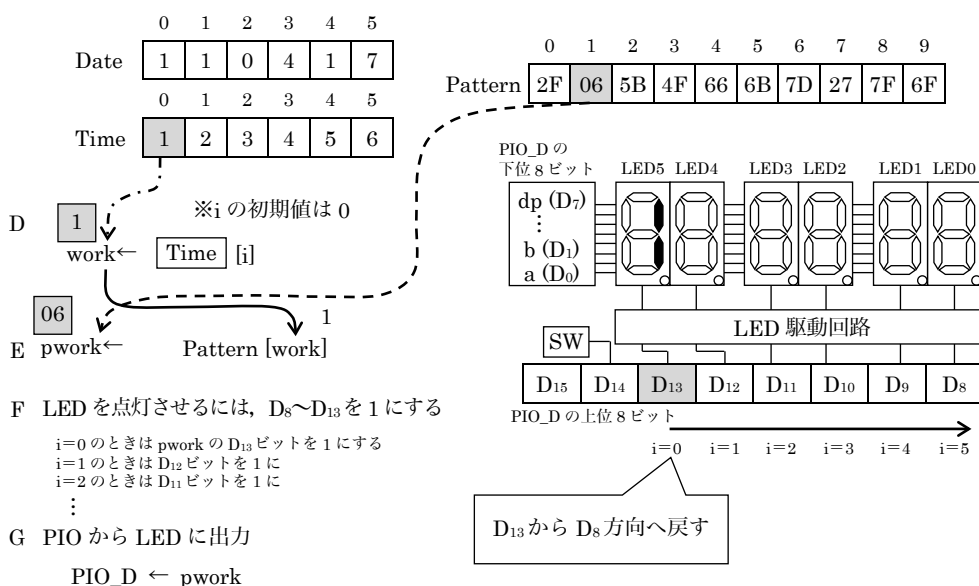
図 A の A の分岐では、SW の状態を表す D_{14} と $prev$ との値の比較を行っている。ここで $prev$ は、直前の割込み処理で検出した SW の値を表す変数であり、読み込んだ SW の値 (D_{14}) が直前の値と同じであれば B へ、SW の値が変化した場合、 cnt に 10 を設定し、 $prev$ の値を読み込んだ SW の状態 (値) に更新している。なお、 cnt は、SW の切替え時に状態が安定するまで待ち合わせるためのカウンタであり、設定値の 10 が待合せ時間の指定である。

前述のようにこのハンドラは 1 ミリ秒ごとに起動されるが、そのたびに cnt の値を調べ、0 でないときには、 cnt の値から 1 減算し、変化前の状態に対応した処理を行う。そして、これが繰返され $cnt=0$ になる ($cnt=10$ に相当する時間が経過する) と、 $swState$ に SW の状態をセットして、変化後の SW の状態に対応した処理を行う。このように SW の状態が変化してから一定時間、変化後の状態に対応した処理を開始しないことが、待合せということである。なお、 cnt が 0 以外のとき (待合せ中) にも、変化前の SW の状態に応じた処理を行うのは、待合せのために何もせずに処理を中断してしまうと、LED の表示が継続されないためである。

これら一連の処理は、後述のチャタリング現象による SW の誤った状態を読み込むことを防止するためのものである。こうして取り込んだ `swState` の値は安定した SW の状態であり、SW が押されてオンになると `PIO_D` の `D14` は 1 に、オフだと 0 であり、`swState` にもその値がセットされる。

〔デジタル時計の動作〕の記述から、SW が押された (1) 場合は年月日、押していない (0) 場合は時分秒を表示する。したがって、SW が押されていない (`swState` = 0) のときに行われる、`D` の空欄 `a` の処理は、時分秒を表示するためのものであり、空欄 `b` の処理は、年月日を表示するためのものであると判断できる。また、空欄 `a`、`b` については、設問に配列名を答えよと指示されていることから、解答内容は配列名である。したがって、空欄 `a` は「Time」、空欄 `b` は「Date」が入る。なお、配列 `Time` と `Date` には、RTC 割込みハンドラによって、それぞれ表示すべき値 (年月日や時分秒) が設定されている。

図 B に配列 `Date` と配列 `Time` の説明と `D`～`G` の LED 表示処理を示す。`i` の初期値は 0 であるため、時刻表示の場合には、まず、`Time[0]` の 1 が `work` に設定されるところと考えられる。



図B

work は 16 ビットの変数であり、次の処理で配列 Pattern の添字となり、Pattern[work]を pwork に代入している。これについては、[クロックカウンタ割込みハンドラ]の記述から、配列 Pattern[0]～[9]の値は、LED に 0～9 を表示させるための点灯セグメントの情報であり、配列 Pattern の添字として表示する値（数字）である work を指定することによって、0～9 の LED に表示させたい値に対応する点灯セグメントの情報が pwork に設定される。これにより、pwork には、LED に表示させたい点灯パターンが格納されるが、そのまま PIO_D から出力しても、LED が選択されていないため、LED を点灯させることはできない。そのため、F で pwork に点灯させたい LED に対応するビットを 1 にする。

点灯させる LED を示すカウンタである i の初期値は 0 であるが、一番左の LED から表示させるので、初期値の 0 によって、D₁₃のビットを 1 にする必要がある（D₈と勘違いしやすいので、注意が必要である）。また、i はその後、1 ずつ加算されていくが、LED の表示が順に右にずれていくようにするためには、1 にするビットを D₁₂、D₁₁…とマイナス方向に減らしていく必要がある。よって、空欄 c は、「13-i」となる。

このあと、G で pwork を PIO_D に出力し、H で i の値を進めているが、I の分岐の後の J で、i を 0 に戻している。これは、LED を示すカウンタである i を初期値に戻すものなので、6 個の LED を順に点灯し終えたときである。このときカウンタ i の値は 6 になっているので、空欄 d には、「i>5」又は「i≥6」又は「i=6」が入る。

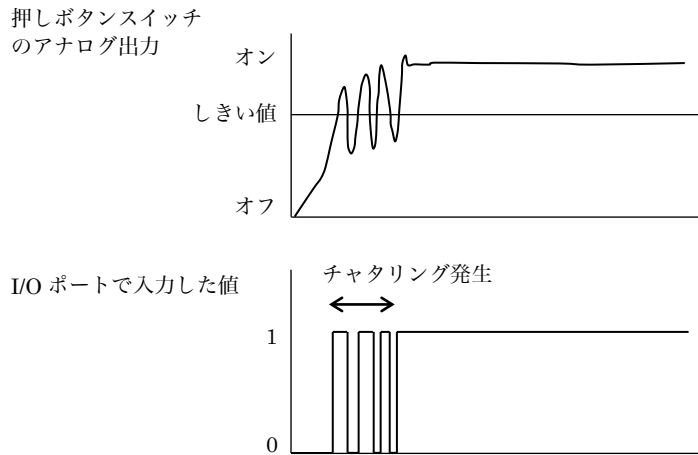
ここでクロックカウンタ割込みハンドラはいったん終了するが、この割込みハンドラは 1 ミリ秒ごとに起動される。そして、次の割込みハンドラの起動時には、カウンタ i が 1 進んでいて、Time[1]の 2 が取り出され、E によって pwork には 2 を表示させるための 16 進数 5B がセットされる。F で 13-i によって、pwork の D₁₂のビットを 1 にセットし、G で PIO_D に出力することによって LED4 が点灯する。そして、H で i が 3 に進めて終了する。この一連の処理を、1 ミリ秒ごとに繰り返すことによって、6 桁の LED 表示を実現している。

〔設問 3〕

図 5①の処理では、SW の状態をすぐに反映させず、SW が安定していることを判断してから SW の状態を反映させている。つまり SW の状態が変化してから、11 回目の割込みの間に、SW の状態が変化していないときだけ SW の状態をセットして、新たな SW の値に応じた処理を開始する。

このとき、割込みの周期は 1 ミリ秒であるため、11 ミリ秒以上 SW の状態が安定していることになる。このような処理をしている理由は、機械式の押しボタンスイ

ツチでは、オン・オフ切替え後にチャタリング現象という、数ミリ秒にわたって値が変動する不安定な状態が発生することがあるためである。



図C

チャタリング対策をしないと、不安定な SW の状態を読み込むことになり、誤動作の原因となる。したがって、解答は、「スイッチオン・オフ時は不安定な状態になるので」となる。また、単に「SW の状態が不安定なので」や、チャタリングという用語を入れて、「チャタリングによって、状態が不安定なので」などでもよいだろう。

【解答例】

〔設問 1〕 3FFF

〔設問 2〕 (a) Time (b) Date (c) $13-i$ (d) $i>5$ (又は $i\geq 6$) (又は $i=6$)

〔設問 3〕 スイッチオン・オフ時は不安定な状態になるので
<別解>

- ・ SW の状態が不安定なので
- ・ チャタリングによって、状態が不安定なので



演習問題 ● Exercise

問 16 EVM (Earned Value Management) に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H22 春・AP 午後問 10)

A 社では、顧客のニーズにきめ細かく対応し、マーケティングを強化するために、CRM (Customer Relationship Management) システムを導入することを決定した。

CRM システムの構築プロジェクトでは、できるだけ早期の完了を目指し、プロジェクトには A 社のほかに、IT ベンダとして B 社、C 社が参加する。

構築する CRM システムにはソフトウェアパッケージを用いる。B 社は導入するパッケージのカスタマイズと、開発完了後の操作説明会の実施を担当し、C 社はインフラの構築とハードウェアの納入を担当する。

作業の進捗は、A 社で定期的に行われる進捗会議において、B 社及び C 社からの報告内容を基に、EVM で管理することにした。

EVM では、主に PV (計画価値)、EV (出来高)、AC (実コスト) を用いてプロジェクトの進捗を管理する。PV、EV 及び AC から、次の式で、コストとスケジュールのそれぞれに関する効率指数を算出できる。

$$\begin{aligned} \text{CPI (コスト効率指数)} &= \boxed{\text{a}} \div \boxed{\text{b}} \\ \text{SPI (スケジュール効率指数)} &= \boxed{\text{a}} \div \boxed{\text{c}} \end{aligned}$$

$\boxed{\text{a}}$ はタスクごとの予算に進捗率をかけて算出する。進捗にわずかな遅れが生じた場合も含め、すべてに対応策をとることは効率が悪いので、今回のプロジェクトでは進捗に当初計画比 15% よりも大きな遅れが認められたタスクがあるときに、計画変更などの対応策を検討することにした。

〔プロジェクトの計画〕

プロジェクトを完了させるために必要なタスクを表 1 に示す。各社について、表 1 のリソース欄に値が入っていないタスクは作業スコープ外である。

また、表 1 を基に作成したアローダイアグラムを、図に示す。

表 1 タスク一覧

タスク	先行 タスク	予定工数 (人月)			リソース (人)		
		A 社	B 社	C 社	A 社	B 社	C 社
t1	要件定義, 基本設計	なし	2.0	1.0	1.0	2.0	1.0
t2	ソフトウェア設計	t1		6.0		3.0	
t3	ライブラリ機能追加	t2		3.0		2.0	
t4	アプリケーション機能追加	t3		4.0		2.0	
t5	インフラ導入計画立案	t1	1.0		1.0		1.0
t6	ハードウェア選定, 調達	t5			2.0		1.0
t7	機器設置, 環境設定	t6			1.0		1.0
t8	インストール, テスト	t4, t7	3.0	3.0		1.0	1.0
合計		6.0	17.0	5.0			

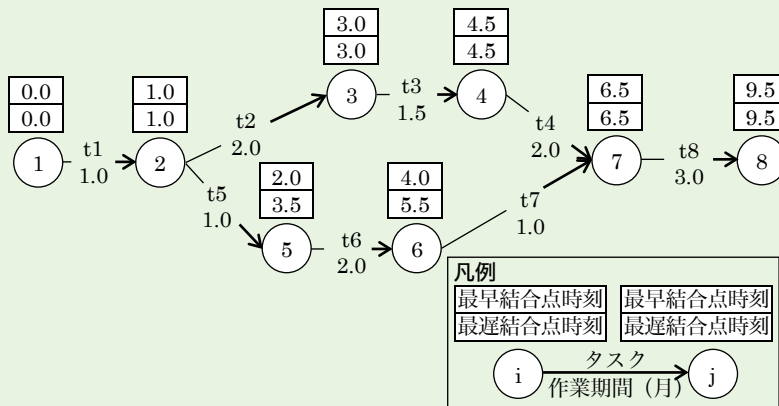


図 アローダイアグラム

今回のプロジェクトでは、工期を延ばすと開発完了後の操作説明会の日程調整に影響する危険性が高まってしまうので、計画を変更する必要がある場合でも、開発の工期はできるだけ延ばさない方針とした。

[プロジェクトのコントロール]

プロジェクト開始から3か月の時点で、A社、B社、及びC社から報告された進捗率をもとに、EVMで用いる値を算出し、表2を作成した。

なお、AC は実投入工数を人件費に換算したものであり、B 社、C 社の人月当たりの人件費は、B 社スタッフが 90 万円、C 社スタッフが 万円である。

表 2 中で算出された値から、プロジェクトの計画変更などの対応策を検討する必要があると判断できる。

表 2 プロジェクト開始 3 か月後の進行状況

タスク	PV (万円)	進捗率 (%)		EV (万円)	AC (万円)	CPI	SPI
		当初計画	実績				
t1 要件定義，基本設計	350	100	100	350	400	<input type="text" value="e"/>	1.00
t2 ソフトウェア設計	540	100	80	432	450	0.96	0.80
t3 ライブラリ機能追加	0	0	0	0	0	—	—
t4 アプリケーション機能追加	0	0	0	0	0	—	—
t5 インフラ導入計画立案	190	100	100	190	190	1.00	1.00
t6 ハードウェア選定，調達	120	50	<input type="text" value="f"/>	60	60	1.00	0.50
t7 機器設置，環境設定	0	0	0	0	0	—	—
t8 インストール，テスト	0	0	0	0	0	—	—
プロジェクト全体	1,200			1,032	1,100	0.94	0.86

プロジェクトの計画変更を検討するに当たって、表 2 の内容からは、次のことが分かる。

- (1) B 社、C 社のいずれも、 が小さすぎるタスクは存在しないので、タスク自体の進め方を変える必要はない。
- (2) C 社のタスクのうち、進行中のものは、当初のスケジュールと比べて日程に遅れが出ていても、 上にはないので、全体のスケジュールに影響を与える状況には至っていない。

これらを踏まえて、タスク t3、t4 を並行作業で実施できるように調整することにした。それによって、コストが多少増大したとしても、期間内に作業を完了させることができる。

設問 1 本文中の ～ に入れる適切な略号を答えよ。

設問2 本文中の ～ に入れる適切な数値を答えよ。答えは、, は整数で、 は小数第 3 位を四捨五入して小数第 2 位まで求めよ。

設問3 タスク t1～t8 について、本文中の下線部のように判断できる理由を、表 2 中で算出された値を根拠として 35 字以内で述べよ。

設問4 プロジェクトの計画変更について、本文中の , に入れる適切な字句を答えよ。

【解説】

プロジェクトマネジメントの EVM (Earned Value Management) に関する問題である。設問 1 は EVT (Earned Value Technique アーンドバリュー法) を使ったプロジェクトのコストを管理する方法についての基本式を問う問題である。EVT についての用語や式について理解していないと解けない問題である。設問 2～設問 4 では、アローダイアグラムとプロジェクトの進行状況の図表から、プロジェクトの計画変更についての検討が求められる。数値の計算は難しくないが、アローダイアグラムとクリティカルパス、CPI や SPI などについて理解しておくことが、大切である。

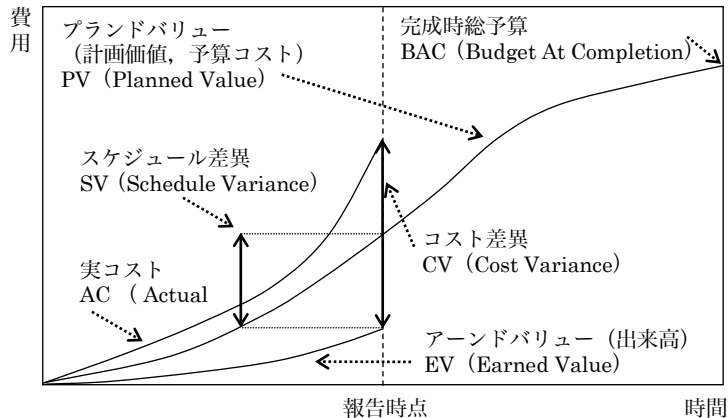
[設問 1]

EVM とは、EVT を使ったプロジェクトのコストを管理する方法である。ここで基本となるのは PV, EV, AC という三つの数値である。

- ・ PV (ブランドバリュー；計画価値，予算コスト)：ある時期までにプロジェクトに割り当てられた計画予算である。
- ・ EV (アーンドバリュー；出来高)：ある時期までに実施した作業に割り当てられていた予算の合計値である。
- ・ AC (実コスト)：ある時期までにプロジェクトのために実際に支出された費用の累計値である。

また、計画と実績との差異に関しては、次のような指標が用いられる。

- ・ CV (コスト差異) = $EV - AC$
- ・ SV (スケジュール差異) = $EV - PV$
- ・ CPI (コスト効率指数) = EV / AC
- ・ SPI (スケジュール効率指標) = EV / PV



- ・空欄 a, b: CPI (コスト効率指数) はある時期までに着手した作業に割り当てられた予算値 (出来高) EV と実際に支出されたコスト AC の比率である。このコスト比率が 1 より小さいと出来高に比べて実コストが多いことになる、コスト比率が 1 より大きいと出来高に比べて実コストが少ないことになる。計算式は $CPI = EV / AC$ で表される。したがって、(a)は EV, (b)は AC となる。
- ・空欄 c: SPI (スケジュール効率指数) は、ある時期までに着手した作業に割り当てられた予算値 (出来高) EV と当初計画価値 PV との比率である。この SPI が 1 より小さいと作業が遅れている傾向になり、SPI が 1 より大きいと作業が早く進んでいることになる。計算式は $SPI = EV / PV$ で表される。したがって、(c)は PV となる。

[設問2]

- ・空欄 d: 表 1 と表 2 から、各社の予定工数を見て考える。分かっているのは「B 社スタッフが 90 万円」である。

タスク t1 の予定工数は、A 社 2 人月、B 社 1 人月、C 社 1 人月で、PV (ブランドバリュー) は 350 万円である。このうち B 社の 1 人月分 90 万円を引くと残りは 260 万円で、そのうち A 社、C 社の人月当たりの人件費を、それぞれ x, y とすると次のようになる。

$$2x + y = 260 \quad \cdots \cdots \textcircled{1}$$

また、タスク t5 の予定工数は、A 社 1 人月、C 社 1 人月で、PV は 190 万円である。A 社、C 社の人月当たりの人件費を、それぞれ x, y とすると次のようになる。

$$x+y=190 \quad \cdots \cdots \textcircled{2}$$

①と②の二つの式を使って x を求める。

②式から $x=190-y$ を、①の式に代入する。

$$2(190-y) + y = 260$$

$$y = 120$$

C 社スタッフの月当たりの人件費は 120 万円、したがって、120 が入る。

・空欄 e: $CPI = EV/AC$ から、タスク t1 の各数値を当てはめる。

$$CPI = 350/400 = 0.875$$

小数第 3 位を四捨五入するので、0.88。したがって、0.88 が入る。

・空欄 f: タスク t6 の当初計画における実績を示す。実績は SPI (スケジュール効率指数) $= EV/PV$ で求めることができる。

$$\text{タスク t6 の } SPI = 60/120 = 0.5 \cdots \cdots 50\%$$

しかし、タスク t6 は進捗率が当初計画の 50% なので、 SPI もその 50% の 25% となる。したがって、25 が入る。

[設問 3]

表 2 のような数値を示されたときに、何らかの対応策を考える必要性をどのように判断するかということを問われている。こうした判断の根拠となるのは、計画と実績の差異を表現する数値、すなわち CPI と SPI である。問題文の冒頭部分には CPI と SPI の式があり、その後で、「進捗にわずかな遅れが生じた場合も含めて、すべてに対応策をとることは効率が悪いので、今回のプロジェクトは進捗に当初計画比 15% より大きな遅れが認められたタスクがあるときは、計画変更などの対応策をとることにした」と記述されている。表 2 においてタスクごとの進捗の遅れを表現しているのは SPI の数値である。当初計画比 15% より大きな遅れとなるのは SPI が 0.85 より小さい場合であり、これらは現在着手中のものでもあるので、直ちに対策を検討していくべきものと判断される。したがって、「現在進行中のタスクの SPI が 0.85 未満だから」、「タスク t2 とタスク t6 の SPI が 0.85 を下回っているから」という解答が得られる。なお、t2 はクリティカルパス上のタスクなので、進捗遅れの影響が最も心配される。もともと 0.85 を基準にした判断はたまたまこのケースで前提として挙げられているだけであり、一般的な EVM の適用においては、しっかり定義された基準値とはいえないので、「クリティカルパス上の t2 について SPI が 0.8 であるから」という解答もよいのではないと思われる。

[設問 4]

・空欄 g: 表 2 で分かるように現時点 (3 か月目) までに実行されたり、計画されたりしているタスクは B 社については t1 と t2、C 社については t1 と t5、t6 がある。設問 3 で述べた進捗面の問題はあるものの、 CPI を見ると、いずれ

も順調，又はやや問題ありというレベルであり，作業そのものに対する本質的な問題は生じていないと考えられる。すなわち，B 社，C 社のタスクである t1，t2 の CPI は，それぞれ 0.88，0.96 と小さ過ぎるとはいえない。したがって，「CPI」となる。

- ・空欄 h：C 社が単独で担当しているタスクは t6，t7 であり，そのうち進行中のものはタスク t6 である。全体スケジュールに影響を与えるのは，クリティカルパス上にあるタスクである。しかし，タスク t6 は図のアローダイアグラムにおいては，クリティカルパス上にない。したがって，「クリティカルパス」となる。

【解答例】

[設問 1] (a) EV (b) AC (c) PV

[設問 2] (d) 120 (e) 0.88 (f) 25

[設問 3] ・タスク t2 とタスク t6 の SPI が 0.85 を下回っているから
 ・現在進行中のタスクの SPI が 0.85 未満だから

[設問 4] (g) CPI (h) クリティカルパス



演習問題 ● Exercise

問17 会計パッケージの調達に関する次の記述を読んで、設問1～4に答えよ。

(H23 秋-AP 午後問10)

外食産業のC社は、関東地方にファミリーレストランのチェーンを展開している。C社は、月次決算導入のために、会計パッケージの更改を決定し、新会計システム導入プロジェクトを開始した。概要スケジュールは図1のとおりである。プロジェクトマネージャ（PM）には情報システム課のD氏が任命された。

D氏は、会計パッケージの調達について、複数のベンダに提案を依頼し、提案内容の評価結果を比較した上で1社に決定することにした。

なお、C社の社内規程には、調達の手続を公正・公平に進めるための条項が最近追加されている。

項目	月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
要件定義	フィット&ギャップ分析	■									
	業務プロセス設計		■								
	プロトタイプ検証			■							
	導入工程の正式見積り			▲							
導入工程	アドオン設計・開発				■	■					
	結合テスト						■				
	移行開発				■	■					
	マスタ設定						■				
	全体統合テスト							■	■		
受入・運用テスト										■	
本番稼働開始											▲

図1 新会計システム導入プロジェクトの概要スケジュール

〔契約形態の検討〕

現行の会計パッケージを導入したときは、C社自らは管理責任を負わず、要件定義から本番稼働までを一括してベンダに委ねる体制とし、固定額の請

負契約を結んだ。そのプロジェクトは、ベンダがスケジュール遵守を最優先に進めたので、要件定義の際に、利用部門の経理課の担当者から、C社独自の業務手順を十分聞き取らないまま、次の導入工程に進んでしまった。その結果、本番稼働後の業務効率を低下させ、改善に想定外の費用を要した。

D氏は、今回のプロジェクトでは、①要件定義と受入・運用テストは、C社が完了を判断し、状況に応じて期間を延長するなど柔軟なスケジュールで実施する方針とした。導入工程は、ベンダに委ねる体制とし、請負契約を結ぶことにした。

〔提案の依頼〕

D氏は、あらかじめC社の要件に近いと思われる会計パッケージの幾つかを調査した。有力と判断した3種類のパッケージそれぞれのベンダL社・M社・N社の3社を納入候補として、要件定義から本番稼働までの概算見積を含む提案を依頼した。

提案依頼の数日後、L社から、C社固有の要件を盛り込んだ月次の管理帳票に関する質問があった。D氏は、その回答として、経理課の内部検討資料から提示可能な部分を抜粋してL社に送付した。また、同時に、②同じ資料を他の納入候補2社にも送付した。

〔提案の1次評価〕

C社では、過去のプロジェクトにおいて、不適切な提案評価が原因の幾つかのトラブルを経験していた。あるプロジェクトでは、提案を見積金額だけで評価した結果、業務知識が不足したベンダを選んでしまい、受入・運用テストで要件のくい違いが発覚して多大な手戻りが発生した。また、別のプロジェクトでは、PMが自分の意思を優先し、自分が強い関心をもつ一部の機能だけに注目してパッケージを選定した結果、パッケージの標準機能と要求機能とのギャップが想定以上に大きく、アドオンの開発費用が予算を大幅に超過した。このようなトラブルを避けるために、D氏は、提案内容をできるだけ客観的に評価できるように、提案評価表を作成した。提案評価表には、あらかじめ評価項目を選定し、評価項目ごとに評価の基準と重みを定めておいた。

D氏は、納入候補の3社から届いた提案書について、提案書の記載内容から判断できる範囲で1次評価を実施した。提案評価表を用いた評価の結果は表1のとおりである。

表 1 提案評価表（1 次評価の結果）

評価項目	評価基準	重み	L 社		M 社		N 社	
			提案内容	評点	提案内容	評点	提案内容	評点
要求機能に対するパッケージの標準機能の適合度	要求数 50 に対する適合数 80%以上：4, 60%以上：2, 60%未満：0	20	適合数：42	80	適合数：44	80	適合数：32	40
ベンダの業務知識	高：4, 中：2, 低：0	30	高	120	低	0	高	120
ベンダのプロジェクト管理能力	高：4, 中：2, 低：0	20	高	80	高	80	中	40
見積金額 ※パッケージの価格を含む要件定義から本番稼働までの概算見積り	C 社予算上限 5,000 万円に対し、80%以下：4, 100%以下：2, 100%超：0	30	4,700 万	60	3,800 万	120	4,500 万	60
総合評価				340		280		260

提案の 1 次評価の結果は、パッケージの標準機能の適合度が高く、業務知識も豊富な L 社が最も有力であった。

〔最終評価と決定〕

続いて D 氏は、提案内容の詳細確認と、それに基づく最終評価を実施した。

C 社固有の要件を盛り込んだ月次の管理帳票について、M 社及び N 社の提案はいずれもアドオンで開発するという内容であった。しかし、L 社の提案は、オプション帳票によって代替する案となっていた。オプション帳票に出力する月次の経営指標の算出方法は、特殊なケースが発生した場合だけ手作業による補正を行えば、指標本来の目的は満たせるという内容であった。オプション帳票の価格は 50 万円で、L 社の見積金額に含まれている。

D 氏が経理課に確認したところ、オプション帳票を採用するかどうかは、要件定義のフィット&ギャップ分析で判断したいとの回答であった。D 氏は、③今の時点で導入工程部分の見積金額の明細全てを確認する必要はないと考えていた。しかし、④オプション帳票を採用しないで、代わりに、C 社固有の要件を盛り込んだ月次の管理帳票をアドオンで開発する場合の金額の確認だけは必要だと考えた。L 社に確認し、提案評価表を再評価したところ、アドオンで開発する場合でも総合評価の評点は変わらなかったのも、正式に L 社を納入者に決定した。

設問1 本文中の下線①について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 下線①の方針に対応して、要件定義と受入・運用テストの体制をどのようにすべきか、15字以内で答えよ。また、ベンダと締結する契約の形態をどのようにすべきか、“～契約”の形式で答えよ。
- (2) 下線①の方針において、スケジュールを固定とした場合に比べて発生の確率が高まると考えられるリスクとして該当するものを、解答群の中から全て選び、記号で答えよ。

解答群

- ア 稼働後に障害が発生するリスク
- イ コストが予算を超過するリスク
- ウ 本番稼働開始が計画よりも遅れるリスク
- エ 要件の取込み漏れが発生するリスク

設問2 [提案の依頼]において、D氏が、下線②の対応を行った目的は何か。本文中の表現を用いて20字以内で述べよ。

設問3 [提案の1次評価]について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 表1のような提案評価表を用いるメリットとして最も適切なものはどれか。解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア PMの意思を優先してベンダを決定できる。
 - イ 判定の根拠を経営者など重要なステークホルダに対して明確に示することができる。
 - ウ 評価者の関心が強い重要な機能に絞ってパッケージを評価できる。
 - エ 見積金額を低く抑えることができる。
- (2) D氏が、仮に、見積金額の最も低いベンダを納入先として選択した場合、どのような問題の発生が懸念されるか。過去のトラブル事例から20字以内で述べよ。

設問4 [最終評価と決定]について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) D氏が下線③のように考えたのはなぜか。20字以内で述べよ。
- (2) 下線④の確認の結果、月次の管理帳票をアドオンで開発する部分の金額について、L社の回答は何万円以下であったと考えられるか。

【解説】

新たな会計システムの導入に伴って、会計パッケージを調達することとなるが、その際のベンダ選定に関する問題である。ユーザはシステム開発プロジェクトを行う際には調達先であるベンダを公正・公平かつ客観的に評価し、選定しなければならない。本問ではそのプロセスを一連の流れの中で説明しており、顧客との責任分担や契約形態、作業の進め方、ベンダ選定評価基準など、コスト増加等の問題を発生させないようなプロジェクトの立上げに関する知識、対応について問われている。問題文の記述や一般的な知識に基づいて、解答を容易に導くことができる。

〔設問1〕

〔契約形態の検討〕の記述から解答を考える。

(1) 下線①について、要件定義と受入・運用テストの体制、契約形態について解答する。本来、要件定義はユーザニーズに基づいてシステムの要件を決めるプロセスであり、そこではユーザが主体となって作業を進めるべきものである。経済産業省が取りまとめた「情報システム・モデル取引・契約書」によると要件定義と受入・運用テストの実施主体はユーザ側であり、ベンダ側は支援を行い、契約形態は準委任契約が基本である。一方、設計・開発を行う導入工程の実施主体はベンダ側であり、請負契約が基本であるとされている。

したがって、要件定義と受入・運用テストの体制は「C社が管理責任を負う」体制などとなり、契約形態は「準委任」契約となる。

(2) 下線①の方針において、スケジュールを固定した場合に比べて発生の確率が高まると考えられるリスクについて解答する。固定しない柔軟なスケジュールで実施することで、要件定義を十分に検討する時間や受入・運用テストで十分に検証する時間を設けることができるが、その逆にスケジュールの遅延や、それに基づくコスト増加といったリスクを背負うことになる。

したがって、発生の確率が高まるリスクは（イ）の「コストが予算を超過するリスク」、（ウ）の「本番稼働開始が計画よりも遅れるリスク」の二つとなる。なお、（ア）の「稼働後に障害が発生するリスク」、（エ）の「要件の取込み漏れが発生するリスク」はいずれも発生の確率が低減する可能性の高いリスクである。

〔設問2〕

〔提案の依頼〕において、下線②の対応を行った目的について解答する。問題

文の冒頭には「C社の社内規程には、調達の手続を公正・公平に進めるための条項が最近追加されている」とある。質問があったL社だけに、C社固有の月次の管理帳票に関する情報を提供したのでは、公正・公平なベンダ選定を行うことはできない。

したがって、「調達の手続を公正・公平に進めるため」などと解答すればよい。

〔設問3〕

〔提案の1次評価〕の記述から解答を考える。

(1) 表1のような提案評価表を用いるメリットを選ぶ。これは一般的な知識から解答する設問である。見積金額だけに基づいたベンダ選定や主観的にベンダ選定を行うと、手戻り等で、かえってコストが増大する可能性がある。リスクがないように客観的にベンダを選定するため、また、その選定根拠をプロジェクトに着手する前に経営者をはじめとするステークホルダに論理的に説明する必要があるため、提案評価表を用いる必要がある。したがって、(イ)の「判定の根拠を経営者など重要なステークホルダに対して明確に示すことができる」となる。

(2) 見積金額の最も低いベンダを納入先として選択した場合に発生する可能性がある問題点について、過去のトラブル事例を基にして解答する。〔提案の1次評価〕の冒頭には「あるプロジェクトでは、提案を見積金額だけで評価した結果、業務知識が不足したベンダを選定してしまい、受入・運用テストで要件のくい違いが発覚して多大な手戻りが発生した」とある。見積金額だけで評価すると、同様の問題が発生する可能性がある。

したがって、発生の懸念される問題は「要件のくい違いによる多大な手戻り」などと解答すればよい。

〔設問4〕

〔最終評価と決定〕の記述から解答を考える。

(1) D氏が下線③のように考えた理由を解答する。前回のプロジェクトでは要件定義から本番稼働までを一括請負契約として実施したが、その反省を踏まえて今回は要件定義、導入工程、受入・運用テストの工程に分けたフェーズ分けの契約としている。また、図1のスケジュールを確認すると、要件定義でフィット&ギャップ分析をはじめとした作業で必要な機能を見極め、導入工程の作業見積りすることとなっており、要件定義の最後に「導入工程の正式見積り」という項目が挙げられている。つまり、C社固有の要件を盛り込んだ月次の管

理帳票をオプション帳票で対応できるのか、それともアドオン開発をする必要があるのかは、要件定義のフィット&ギャップ分析で見極め、要件定義の終盤に行う導入工程の正式見積りに反映させればよいはずである。

したがって、「要件定義の結果で正式見積りを行うため」などと解答すればよい。

(2) 下線④の結果、月次の管理帳票をアドオンで開発する場合の当該開発費用について解答する。下線④の直後に「L 社に確認し、提案評価表を再評価したところ、アドオン開発する場合でも総合評価の評点は変わらなかった」とある。つまり、L 社がアドオン開発費用を含めて再提示した見積り金額全体は評価基準2に対応して60という評点を得る5,000万円以内の提示だったことになる。L 社が最初に提示した、オプション帳票を採用した場合の見積り金額全体は4,700万円であり、この中にはオプション帳票の価格50万円が含まれている。よって、オプション帳票の価格を含めない場合は4,650万円となり、月次管理帳票のアドオン開発費用は、 $5,000 \text{ 万円} - 4,650 \text{ 万円} = \text{「350」万円}$ 以下であったと考えられる。

【解答例】

- [設問1] (1)体制：C社が管理責任を負う
契約形態：準委任
(2)イ、ウ
- [設問2] 調達の手続を公正・公平に進めるため
- [設問3] (1)イ
(2)要件のくい違いによる多大な手戻り
- [設問4] (1)要件定義の結果で正式見積りを行うため
(2)350 (万円)



演習問題 ● Exercise

問 18 サービスサポート業務のインシデント管理における作業プロセスの改善に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。 (H22 春・AP 午後問 11)

〔R 社のサービスサポートの概要〕

機械製造業の R 社では、システムの開発と改修はシステム開発課が行い、システムの運用管理はシステム運用課が行っている。システム運用課は、総責任者の S 課長の下に、運用責任者の T 主任、問合せ窓口の U 君がいる。

利用者からの問合せは、U 君が電子メールか電話で受け付けている。

これまでは、障害が発生すると図 1 の 1 件 1 葉の障害記録票を作成していた。同一の障害に関するものと思われる問合せは 1 件の障害記録票にまとめ、都度の問合せ記録の作成は省略できる運用ルールになっている。

しかし、障害記録票が増えて過去の記録との照合が大変になってきたので、図 2 の一覧形式の問合せ管理簿を作成し、問合せ記録を管理することにした。同時に、調査後に更に対応が必要なものについてだけ、障害記録票を作成するように運用ルールを変更した。問合せ状況は、毎日、T 主任が問合せ管理簿で確認することにした。

管理番号	受付日	受付担当	問合せ部署	問合せ担当	調査担当	調査終了日
問合せ内容						
調査結果						
					改修要否	要 / 否
予定工数	改修担当	検証担当	検証終了日	運用移行承認	運用移行日	
改修内容	改修開始日		改修完了予定日		改修完了日	

図 1 障害記録票

管理番号	受付日	問合せ部署	受付担当	概要	調査担当	調査終了日	改修完了日	運用移行日
0001	2010-03-11	出荷	U	…	U	2010-03-17	2010-03-27	2010-04-11
0002	2010-03-20	営業 1 課	U	…	U	2010-03-21		
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

図 2 問合せ管理簿

〔発生した問題 1〕

運用を開始して約 1 か月が経過したある日、営業部担当者の入力ミスで、誤って旧製品を出荷し、顧客に指摘されて返品されるという問題が発生した。

問題の收拾に当たった営業部担当者は、顧客に謝罪と経緯の説明を行い、当日中に納品することを約束し、納品も完了した。この問題への対応に当たって、システム運用課では、入力ミスによる処理の回復作業を行い、正しい出荷伝票の再出力を行った。

後日、顧客から再発防止策の提示を求められた営業部長は、この問題について報告を受けていなかったのもので、システム運用課の S 課長のところに確認に訪れた。

S 課長は誤った出荷を行った問題について、障害記録票を調査し、入力ミスによる処理の回復作業の実施、入力データのチェック機能強化の改修と操作マニュアルの改訂が記載されていることを確認した。S 課長は更に、営業部長にこの問題が報告されていなかった原因を分析し、発生した問題について、運用担当者からも関係者に直接報告することや、関係者との情報共有が必要であると結論付けた。

そこで、問題の再発を防止するために、障害記録票に必要な項目を追加し、運用ルールに次の手順に則った ルールを追加した。

- ① 問題発生時に を調査し、調達先・営業部・顧客など具体的に記入する。
- ② 金額・信用・品質などの区分ごとに を評価し、数値化して記入する。
- ③ 問題の と に応じて関係部門の の職位の管理者まで速やかに報告し、判断を仰ぐ。

〔発生した問題 2〕

その翌週、営業 1 課から、端末が応答しなくなったとの連絡が入った。

U 君はネットワーク業者に連絡して調査を依頼した結果、営業部に設置しているハブが故障しており、交換が必要なことが判明したので、業者にハブの交換作業を依頼した。その直後、営業 2 課の利用者から「出荷指示の入力操作ができない。」との電話連絡があった。U 君は、「調査して折り返し結果を知らせる。」と答えて電話を置き、営業 1 課の障害と同一の原因であるかどうか見極めてから問合せ管理簿に記入することにして、すぐに調査に着手した。

U 君が調査のためにネットワーク業者に電話で照会しているところに、先ほどの営業 2 課の利用者から再度電話があり、T 主任が対応した。営業 2 課の利用者は「先ほどの件で、出荷指示の入力操作ができないのでお客様に待ってもらっている。早急に回復のめどを知りたい。」と尋ねた。T 主任は問合せ管理簿を確認したところ、最新の問合せの記録は現在対応中の営業 1 課のネットワーク障害であったので、①同一の障害であると判断し、「ネットワークに障害が発生している。現在、故障したハブの交換作業中で、もうすぐ回復する。」と答えた。

U 君は、ネットワーク業者からの回答によって、営業 2 課は故障したハブの影響を受けないことを確認した。原因は前日にリリースした出荷指示のプログラムであると見当をつけて、システム開発課に確認を取り、問合せ管理簿の記入と障害管理票の作成を行った。そして、少なくとも本日には回復できないことを営業 2 課の利用者に連絡したところ、「さっき、T 主任からもうすぐ回復すると聞いたので、まだ顧客に待ってもらっている。時間がかかると分かっていたらすぐに手作業で処理したのに。今からでは出荷が間に合わない。」ときつく言われた。

2 日後に営業 2 課から連絡があり、U 君が不在であったので T 主任が対応した。「先日障害があった出荷指示入力機能は、早ければ翌日には使用可能になると聞いていたが、今日になっても使用できず、連絡もない。どうなっているのだ。」という問合せがあった。調べてみると、システム開発課での改修作業に時間がかかっていることが判明した。T 主任は、毎日、問合せ管理簿を確認していたが、この件は概要が簡単に書かれているだけで、②調査は終了していたので、既にクローズしていると思っていた。対応に必要な③改修が遅れていることには全く気が付いていなかった。

設問1 本文中の a ～ d に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- | | | |
|------|--------|------------|
| ア 運用 | イ 影響範囲 | ウ エスカレーション |
| エ 下位 | オ 協議 | カ 重要度 |
| キ 上位 | ク 他部門 | ケ 利害関係 |
| コ 利便 | | |

設問2 T 主任が下線①の誤った判断をした原因について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 直接の原因となった、問合せ管理簿に欠落していた情報を答えよ。
- (2) 誤った判断をする原因となった、運用ルールの問題点を 25 字以内で答えよ。

設問3 問合せ管理簿について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) T 主任が下線②のように思った原因のうち、問合せ管理簿に起因するものを 20 字以内で答えよ。
- (2) 下線③のような事態が再発することを防止するために、問合せ管理簿に追加すべき管理項目を、障害記録票の項目名で答えよ。

【解説】

IT サービスマネジメント分野で、ITIL version-2 のサービスサポートの各プロセスをテーマとする出題である。

ITIL の知識を前提とする問題があるので、ITIL の概要を確認しておこう。

ITIL (Information Technology Infrastructure Library) は、IT サービスマネジメントのための IT システムの保守運用にかかわるベストプラクティス集で、英国商務局がまとめた。2001 年に策定された version-2 は、サービスサポート、サービスデリバリーを中心とする 7 冊の書籍で構成される。サービスサポートは日常的なサービス運用手順、サービスデリバリーは中長期的な視点での運用管理プロセスを対象にする。

サービスサポートとサービスデリバリーの内容は次の 11 分野で構成される。

■サービスサポート

- ①サービスデスク：問合せなどに対するユーザとの単一窓口を提供する機能
- ②インシデント管理：インシデント（障害や事故）時にサービスを復旧させ

る暫定措置を実施するプロセス

③問題管理：インシデントの根本原因を分析し，恒久的な再発防止策を実施するプロセス

④構成管理：IT 資産や構成を明確にして，他のサービスマネジメントプロセスを支援するプロセス

⑤変更管理：変更を確実に効率的に行い，変更に起因するインシデントの影響を最小化するプロセス

⑥リリース管理：IT システムに対する変更を確実に実施するプロセス

■サービスデリバリ

⑦サービスレベル管理：SLA（Service Level Agreement；サービスレベルに関する合意）に基づき，サービスレベルの維持・向上のために活動するプロセス

⑧IT サービス財務管理：IT サービスの予算，コスト，効果，課金を管理するプロセス

⑨キャパシティ管理：IT システムのリソースを管理し，最適なキャパシティを提供するプロセス

⑩IT サービス継続性管理：災害やシステム障害などの緊急時の業務継続性を維持するプロセス

⑪可用性管理：IT サービスの可用性，信頼性を維持するために，リソースを管理するプロセス

ITIL は 2007 年に version-3 として改訂され，IT サービスの戦略策定から運用・破棄に至るまでのライフサイクル全体を包含するように拡張された。ここでは IT サービスのライフサイクルを次の五つに分けて説明している。

- i サービスストラテジ（サービス戦略）
- ii サービスデザイン（サービス設計）
- iii サービストランジション（サービス実装）
- iv サービスオペレーション（サービス運用）
- v 継続的サービス改善

それぞれに対応する 5 冊の書籍には，様々なガイダンスやプロセスマネジメントのベストプラクティスが記述されている。

情報処理技術者試験の試験要綱（Ver1.2）には，「サービスサポート」や「サービスデリバリ」といった用語が示されている。これらは version-2 の用語で，

version-3 には登場しない。したがって、ITIL の用語は当面 version-2 を学習する必要がある。ただし、今後、version-3 に関する出題もあり得るので、それに対する備えも必要になりそうである。

〔設問 1〕

空欄の前後関係に注意をして、最もふさわしいものを探すとよい。導き出せるものから順に解答していくとよいであろう。

まず、空欄 a には、発生した問題の再発を防止するために運用ルールに追加したルールの名称が入る。追加したルールは、「次の手順に則った」ものと記述されているため、①～③の手順に該当する名称を考える。

① 問題発生時に b を調査し、調達先・営業部・顧客など具体的に記入する。

問題発生時に調査する項目で、調達先・営業部・顧客などが具体的に該当する項目を考えると、(イ)の「影響範囲」が該当する。

② 金額・信用・品質などの区分ごとに c を評価し、数値化して記入する。

数値評価できる項目で、金額・信用・品質などの区分ごとに評価できる項目を考えると、(カ)の「重要度」が該当する。

③ 問題の b と c に応じて関係部門の d の職位の管理者まで速やかに報告し、判断を仰ぐ。

職位を表す言葉と考えられるので、「上位」、又は「下位」のどちらかに絞られる。「判断を仰ぐ」という表現から、(キ)の「上位」がふさわしいと判断できる。

①～③は、最終的には上位管理者の判断を仰ぐ手順となっている。このように上位管理者に報告をして、判断を仰ぐことを「エスカレーション」と呼ぶ。したがって、空欄 a は (ウ) となる。

〔設問 2〕

T 主任が誤った判断をした原因について問われている。原因を探求する際には、問題文から因果関係を分析して、発生した問題に対する原因となった事象を抽出していくとよい。

(1) T 主任が判断を誤った直接の原因となった、問合せ管理簿に欠落していた情報が問われている。T 主任の判断誤りとは、電話で受けた問合せは問合せ管理簿に記録されている障害と同一の障害ではないのに、同一の障害であると判

断してしまったことを指している。判断を誤った理由は、①の直前の「最新の問合せの記録は現在対応中の営業1課のネットワーク障害であった」ことになる。このことを視点を変えて見ると、「T主任が電話対応をした営業2課の利用者からの問合せについては問合せ管理簿に記録されていなかった」ために判断を誤ったと考えられる。

したがって、直接の原因となった、問合せ管理簿に欠落していた情報とは、「営業2課の問合せに対する調査中の情報」と理解できる。

(2)誤った判断をする原因となった、運用ルールの問題点を指摘することが求められている。誤った判断をした直接の原因は、前述のとおりである。この設問では、どのような運用ルールになっていたために、営業2課の利用者からの問合せについて問合せ管理簿に記録されなかったのか、ということを答えればよい。

営業2課の利用者から初めに電話を受けたU君が問合せ管理簿にその問合せについて記入しなかったのは、[発生した問題2]の「営業1課の障害と同一の原因であるかどうか見極めてから問合せ管理簿に記入すること」のためである。そこで、なぜそのようにしたのかを、更に原因追求してみる。

すると、[R社のサービスサポートの概要]の第3段落に「同一の障害に関するものと思われる問合せは1件の障害記録票にまとめ、都度の問合せ記録の作成は省略できる運用ルールになっている」という記述がある。調査の結果、同一の障害であることが判明すれば問合せ管理簿への記入は必要ないため、U君が「営業1課の障害と同一の原因であるかどうか見極めてから問合せ管理簿に記入すること」にしたという行動は当然なことであると考えられる。

したがって、誤った判断をする原因となった運用ルールの問題点とは、「同一と思われる問合せは記録を省略できる」ということになるだろう。

[設問3]

問合せ管理簿の問題を解答する。問題文に記述されている問題点をよく理解した上で、どのようなことが把握できていれば問題が発生しなかったのではないか、ということを考え、図2の問合せ管理簿の項目と付き合わせていくとよいであろう。

(1)T主任が、システム改修中で、まだ完了していないが問題がクローズしたものと勘違いしてしまった原因として、問合せ管理簿に起因するものを挙げる。

下線②の「調査は終了していたので」という記述から、問合せ管理簿の調査終了日は記入されていたものと考えられる。改修が完了していないことから、

改修完了日と運用移行日はblankになっていたはずである。この状態であるのに、T主任はこの問題がクローズしたものと勘違いしたと解釈できる。

そこで、この状態（調査終了日までが記入済みとなった状態）で実際に問題がクローズするケースがあるのかを考えてみる。すぐに分かることは、改修が必要のないものについては、改修完了日を記入する必要はなく、改修を行わなければ、運用移行日も記入されることがないということである。

実際に、調査終了日までしか記入されていないことによって、T主任が問題対応がクローズしたと判断してしまうような状況であったのかを、確認してみよう。[R社のサポートサービスの概要]には、「調査後に更に対応が必要なものについてだけ、障害記録票を作成するように運用ルールを変更した」と記述されている。T主任が障害記録票を見れば、改修中であることが判断できたと考えられるが、下線②の直前には、「T主任は、毎日、問合せ管理簿を確認していた」としか記述されていないことから、障害記録票は見えていなかったようである。

したがって、問合せ管理簿には、調査後に更に対応が必要かどうか記入されていないため、T主任は問題対応がクローズしたものと勘違いしたと考えられる。したがって、解答は「改修の要否を記録する欄がないから」となる。

(2)下線③には、「改修が遅れていることには全く気が付いていなかった」とある。このような事態が再発することを防止するために、問合せ管理簿に追加すべき項目を、障害記録票の項目名で答えることが求められている。つまり、改修が遅れていることを気づかせるようにするために、問合せ管理簿に障害記録票のどの項目を追加すればよいか、ということである。

遅れているかどうかを把握するためには、改修作業の進捗を評価すればよい。したがって、障害記録票の中で改修作業の進捗を評価するために役に立つ項目で、かつ問合せ管理簿にはない項目を探せばよい。進捗の評価は、具体的にはスケジュール上の予定と実績を比べて評価することになる。実績は改修完了日ということになるが、これは問合せ管理簿に既に存在している項目である。一方、予定が把握できる項目は「改修完了予定日」ということになる。これは、問合せ管理簿には存在していない項目であるため、これが追加すべき項目ということになる。

【解答例】

[設問1] (a) ウ (b) イ (c) カ (d) キ

[設問2] (1) ・営業2課の問合せに対する調査中の情報
・営業2課の問合せの状態

(2) 同一と思われる問合せは記録を省略できる。

[設問3] (1) 改修の可否を記録する欄がないから

(2) 改修完了予定日



演習問題 ● Exercise

問 19 SLA (Service Level Agreement) に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H21 春・AP 午後問 11)

T 社は、健康食品の製造・販売業を営んでいる。2006 年 1 月にインターネット販売システム（以下、販売システムという）を自社で構築し、システム運用・保守を行ってきた。2008 年 4 月、システムの企画、開発及び保守の業務を自社に残し、システム運用業務を U 社に委託した。当時両社は、2009 年 4 月に正式な SLA を締結することを目指して 1 年間試行することに合意し、表 1 に示す SLA 案を作成した。

表 1 SLA 案（抜粋）

〔前提条件〕

- ・ 1 年間のシステム稼働日数を 360 日とする。
- ・ オンラインサービス（オンライン処理）は、1 日当たり 20 時間（システム稼働日の 4 時から 24 時まで）、年間予定稼働時間は 7,200 時間とする。サービス時間延長は行わない。
- ・ バッチ処理は、オンラインサービス終了後速やかに開始し、3 時まで完了させる。
- ・ 2008 年度（2008 年 4 月～2009 年 3 月）の販売システムへのアクセス予想件数は、5,000 万件とする。
- ・ オンラインサービス、バッチ処理を問わず、システム障害が発生した場合は、障害連絡網によって、10 分以内に T 社システム担当者に障害通知する。

〔委託業務の範囲〕

- ・ T 社販売システムに係る次のシステム運用業務
運用管理、入力管理、データ管理、出力管理、ソフトウェア管理、ハードウェア管理、ネットワーク管理、構成管理、建物・関連設備管理

〔役割と責任分担〕

- ・ 販売システムの企画、開発及び保守の業務は、T 社の役割とする。
- ・ 販売システムに係る建物・関連設備、ハードウェア及びソフトウェアは、T 社が提供する。

〔サービスレベル〕

“サービスレベルの要求水準” 参照

(以下、省略)

“サービスレベルの要求水準”を表2に示す。

表2 サービスレベルの要求水準（抜粋）

項番	サービスレベル 評価項目	評価項目説明	要求水準
a	オンライン業務サーバの可用性	年間予定稼働時間のうち、正常に利用できた時間の比率	99.4%以上
b	バッチ処理完了時限遵守率	バッチ処理が3時までに完了できた日数の比率	95.0%以上
c	システム障害通知遵守率	システム障害発生後10分以内にT社に障害通知できた回数の比率	100.0%

注 自然災害、停電などライフライン障害の事由によるものは、免責事項として設定し、両社で合意している。

業務委託開始から1年を経過した2009年4月に、U社はT社に対し、2008年度システム運用業務の活動実績を次のとおり報告した。

〔2008年度活動実績報告（要旨）〕

- ・販売システムへのアクセス件数は、6,500万件であった。
- ・オンライン業務サーバは、年間予定稼働時間のうち、36時間サービスを停止した。
- ・バッチ処理の平均完了時刻は、2時42分であった。
- ・バッチ処理を3時までに完了できなかった日が27日あった。
- ・56件のシステム障害が発生した。そのうち、障害発生後10分以内にT社に障害通知できなかった件数は、3件であった。

T社は、U社の活動実績報告を基に、サービスレベルの要求水準に対する達成度の評価を行った。その結果をU社に通達したが、バッチ処理完了時限遵守率の評価について、両社合意に至らなかった。数日後、U社は次のような追加報告を行った。

〔2008年度活動実績追加報告（要旨）〕

- ・バッチ処理を3時までに完了できなかった27日のうち、19日はT社提供のプログラム設計不良に起因するもので、8日はU社のオペレーションミスに

起因するものであった。

- ・ バッチ処理の平均完了時刻は，2007 年度と比較して平均 22 分遅かった。また，2 時 50 分台で完了した日は，全体の 30%を超えていた。
- ・ 障害通知を 10 分以内にできなかった原因は，次の二つである。

原因①：深夜のバッチ処理での障害発生において，運用オペレータが自分で復旧できると判断し，独自に障害対応オペレーションを試みたが，結局復旧できずに障害通知が遅れたケースが 2 件あった。運用オペレータは，T 社システム担当者の手間を考え，オペレーション手順書には記載されていない手順で障害対応を試みた。

原因②：オペレーション室に張られていた障害連絡網が最新版でなかったので，T 社システム担当者になかなか連絡を取れなかったケースが 1 件あった。後日 T 社に問い合わせたところ，T 社の障害連絡網原本は更新されていたが，T 社側でオペレーション室に最新版コピー（紙）の配付を漏らしていたことが判明した。障害連絡網の配付方法は特に定められていなかったが，過去に配付が漏れたことは一度もなかった。

T 社は，U 社の追加報告を考慮した上で再評価を行い，今度は U 社と合意した。また，T 社は，2009 年度の事業見通しを次のように語った。

- ・ インターネット販売キャンペーンを展開したことによって，2008 年度の販売件数は当初予想比 3 割増となった。2009 年度も更に 3 割増になると見込んでいる。

設問 1 T 社が，U 社に業務委託をする際に，SLA を締結することによって享受できるメリットを，解答群の中から 二つ 選び，記号で答えよ。

解答群

- ア 最重要なコア業務に経営資源が集中できる。
- イ サービス提供者の ^{かど} 瑕疵担保責任範囲が限定できる。
- ウ サービスに対する不透明な部分が明確になる。
- エ サービス品質の向上が期待できる。
- オ 保守業務における生産性向上が期待できる。

設問2 サービスレベルの評価について、(1)、(2)に答えよ。

(1) 表2の項番a, bに関して、評価項目説明とU社の初回の活動実績報告に基づいて、2008年度の要求水準に対する実績値(%)を求めよ。

答えは、小数第2位を四捨五入して小数第1位まで求めよ。

(2) 表2の項番bに関して、初回報告では要求水準に達していなかったが、追加報告の内容を考慮した結果、要求水準を達成することができた。これを踏まえ、2009年度のSLA締結において要求水準を設定する際に明確にすべき事項を、30字以内で述べよ。

設問3 表2の項番cに関して、障害通知を10分以内にできなかった原因①、②に対する是正処置としてふさわしいものを、解答群の中から一つずつ選び、記号で答えよ。

原因①に関する解答群

ア 運用オペレータが独自の判断で適切に障害に対応できるように、教育する。

イ 運用オペレータに対し、オペレーション手順書に記載された範囲で業務を行うよう周知徹底する。

ウ 運用オペレータに対し、独自に障害対応オペレーションをしたときはT社に報告することを周知徹底する。

エ 深夜の運用オペレータを増員する。

原因②に関する解答群

ア オペレーション室に現時点の最新版障害連絡網を配付する。

イ オペレーション室の障害連絡網を紙ではなく電子媒体に保管する。

ウ 主だったT社システム担当者の緊急連絡先を、運用オペレータに教える。

エ 障害連絡網の変更管理ルール(改訂、配付方法など)を定め、周知徹底する。

設問4 T社の2009年度事業見通しから、表2のサービスレベルの要求水準を維持するための予防処置として有効なものを、解答群の中から二つ選び、記号で答えよ。

解答群

- ア U社への業務委託範囲を拡大する。
- イ SLAに、ペナルティ条項、インセンティブ条項を追加する。
- ウ ジョブ構成見直しなど、バッチ処理時間が短くなる対策を実施する。
- エ ハードウェアの稼働状況を調査し、必要機器の増強を行う。
- オ マシン室分電盤の二重化など、災害対策システムの強化を実施する。

【解説】

問題のテーマである SLA (Service Level Agreement ; サービスレベル合意書) とは, JIS Q 20000-1:2007 の 2.13 に「書面にしたサービス提供者と顧客との合意であって, サービス及び合意したサービスレベルを記述したもの」と定義されている。また, この問題でのサービスとサービスレベルについては, 表 2 のサービスレベルの要求水準が該当し, これに加えて表 1 の SLA 案 (抜粋) のような文書化を行い, 双方で合意したものが SLA であると考えると分かりやすい。

[設問 1]

T 社が, U 社に業務委託する際に, SLA を締結することによって享受できるメリットであるから, 委託元である T 社にとってのメリットであること, また, SLA を締結しないと享受できないメリットであることが選択基準となる。選択肢の内容をチェックしていく。

ア: T 社は, 健康食品の製造・販売業を営んでいるので, コア業務は健康食品の製造と販売である。したがって, システムの開発や運用・保守というのは, 最重要なコア業務とは言い難い。したがって, その一部である運用を U 社に委託し, コア業務に経営資源を集中することは, T 社にとってのメリットである。しかし, そのメリットを得る (業務委託をする) ために, SLA の締結は必須ではない。

イ: 瑕疵担保責任とは, 受託側が提供するサービスについて欠陥や欠点あった場合に, 受託側が委託側に対して負う責任である。「瑕疵担保責任範囲が限定できる」と記述されているが, 限定できるのは受託側である U 社が負う責任なので, U 社のメリットである。

ウ: 表 1 には, 前提条件, 業務委託の範囲, 役割と責任分担など, 不透明になりがちなサービス内容が文書として記述されている。また, 表 2 のサービスレベルの評価項目と要求水準は, 数値化され, 更に具体化された内容である。こうした契約の明確化は, 委託側, 受託側両者にとってメリットがある。また, この問題では SLA を締結することが, こうした文書や数値によって契約内容 (サービスレベル) を明確化することを意味しているので, SLA を締結が必要であると考えられる。

エ: サービス品質の向上は, T 社にとってメリットであることは明らかであろう。また, サービス品質に限らず品質というのは, 好き嫌いなど直感的によるところも多いが, 直感など定性的な評価では, なかなかその向上は望めない。

向上のためには、その品質に対して数値化された指標を設定し、その目標値と実際値を管理していく必要がある。したがって、SLA の締結は必要である。

オ:U社に委託するのは運用業務だけなので、保守業務の生産性が向上すれば、保守業務を行うT社にとってメリットである。しかし、委託業務外であるため、SLA の締結とは直接関係はない。また、SLA の締結によって運用業務のサービスレベルが向上しても、保守業務の生産性向上につながるかどうかは分からない。

これらの評価から、T社がSLAを締結することで享受できるメリットは(ウ)と(エ)であることが分かる。

[設問2]

(1)表2の項番aとbについて、それぞれの評価項目説明とU社の初回の活動実績報告に基づいて計算する。

・項番a: 評価項目説明には「年間予定稼働時間のうち、正常に利用できた時間の比率」と記述されている。したがって、年間で正常に利用できた時間を年間予定稼働時間で割ればよい。表1の〔前提条件〕から、年間予定稼働時間は7,200時間である。一方、正常に利用できた時間については、年間予定稼働時間から正常に利用できなかった時間を引けばよいが、〔2008年度活動実績報告(要旨)〕には「オンライン業務サーバは、年間予定稼働時間のうち、36時間サービスを停止した」とあるので、正常に利用できなかった時間は36時間である。したがって、年間で正常に利用できた時間は7,164時間(=7,200-36)であり、99.5%(=7,164÷7,200×100)であることが分かる。

・項番b: 評価項目説明には「バッチ処理が3時までに完了できた日数の比率」と記述されている。したがって、バッチ処理が3時までに完了できた日数をシステム稼働日数で割ればよい。表1の〔前提条件〕から、システム稼働日数は360日である。一方、バッチ処理が3時までに完了できた日数については、システム稼働日数からバッチ処理が3時までに完了できなかった日数を引けばよい。〔2008年度活動実績報告(要旨)〕には「3時までに完了できなかった日が27日」なので、3時までに完了できた日数は333日(=360-27)である。項番bは、92.5%(=333÷360×100)であることが分かる。

(2)項番bの要求水準に対する実績を上げるような要因を、〔2008年活動実績追加報告(要旨)〕の内容から探し、30字以内で記述する。追加報告には、三つの報告内容が記述されているが、該当するのは先頭の、完了できなかった27日のうち、19日はT社の要因によるもので、U社のミスは8日だけというも

のである。そして、U社の要因のものだけを未完日として考えてみると、達成率は 0.978 ($\div 352 \div 360 \times 100$) となり、要求水準を満たす。このことから、U社要因のものだけに限定する、T社要因のものは除くなどが解答の要旨となると思われるが、具体的な記述内容としては、表2の注にある「自然災害、停電などライフライン障害の事由によるものは、免責事項として設定し、両社で合意している」が参考となる。これに準じて「T社の責任に帰すべき障害は、免責事項とすること」などと解答すればよいだろう。

[設問3]

障害通知を10分以内にできなかった原因に対する是正処置が問われている。原因自体の記述を読んで、その原因における問題点を把握し、その問題点を念頭に解答群から適切なものを選択する。

・原因①：障害発生に対して、運用オペレータがオペレーション手順書には記載されていない独自の障害対応オペレーションを試みたが、結局、復旧できずに障害通知が遅れたという内容が原因とされている。遅れという問題だけを考えれば、運用オペレータのスキルが高く、どんな障害に対しても単時間で対応オペレーションができればよいので、教育によってオペレーションスキルを上げるという方法もある。しかし、運用オペレータはオペレーション手順書の記載に従ってオペレーションを行い、独自の判断でのオペレーションを行わないことが原則であるため、(ア)、(ウ)のように運用オペレータ独自の障害対応(オペレーション)を認めるものは、正解としては不適切である。また、オペレータの人員不足についても触れられていないので、(エ)も不適切であろう。したがって、(イ)が正解となるが、この原因記述の主旨は、障害対応に時間がかかり過ぎたということではなく、即座に障害通知を行わなかったことが原因であると指摘していると考えれば、その是正処置としてふさわしいといえる。

・原因②：オペレーション室に張られていた障害連絡網が最新版ではなかったことが原因とされている。更に、その原因はオペレーション室への配付漏れで、これまでは配付漏れはなかったが、配付方法は定められていなかったと記述されている。そして、その是正方法であるが、(ア)のように正しく配付されれば問題はないのであるが、それができなかったために問題が発生したのである。また、これまでにはこうした配付漏れがなかったことから、当然、最新版を配付するようにしていたのであろう。したがって、(ア)では是正処置とはいえない。また、(イ)、(ウ)のように媒体を変えても、漏れがあれば同じである。したがって、(ア)～(ウ)は不適切である。一方、(エ)は障害連絡網の変更管

理ルール（改訂，配付方法）の制定と周知徹底であるが，前述のとおり，配付方法について定められていなかったことを記述してあるので，是正処置として（エ）は，ふさわしいものといえる。ルールを定めても守られなければ意味はないが，会社をまたがるような事柄についてルールがないというのは，それ以前の問題であるから，ルールを定めて，周知徹底することが重要である。

〔設問4〕

設問文の「T社の2009年度事業見通しから」という記述に注目する。つまり，〔2008年度活動実績追加報告（要旨）〕の最後にある「2008年度の販売件数は当社予想比3割増となった。2009年度も更に3割増になると見込んでいる」という記述から考えて，表2のサービスレベルの要求水準を満たさなくなるような要因を見つけて，予防処置を講じることが問われている。

2008年度も予想比3割増で，2009年度も3割増という見通しという内容であるが，この内容から表2のサービスレベルの要求水準に影響を及ぼすのは，販売件数の大幅な増加であり，項番a，bに影響があると思われる。項番aについては，障害発生の予防処置ということになるが，販売件数が増える，つまり，データ量，処理量が増える場合，ディスク容量不足や，コンピュータや周辺機器の使用率が過度になることが障害発生の要因として懸念される。これに対する予防処置としては，（エ）が適切である。

また，項番bはバッチ処理の完了時限遵守率であるが，〔2008年度活動実績追加報告（要旨）〕には「バッチ処理の平均完了時刻は，2007年度と比較し平均22分遅かった。また，2時50分台で完了した日は，全体の30%を超えていた」という記述がある。この記述の前半部分は，データ量が増えるとバッチ処理の終了時刻が遅くなるということであり，後半の部分は，2008年度の販売件数でもバッチ処理の完了時限ぎりぎりで終了した日が30%もあったということなので，データ量が更に3割増となる2009年度には，障害が発生しなくとも完了時限である3時に完了しない日があるだろうということが項番bへ悪影響を与える要因として懸念される。その予防処置としては，システム全体としての性能を向上させる（エ）もあるが，バッチ処理独自でバッチ処理時間を短くする対策として（ウ）も適切である。

なお，（ア），（イ）は基本的にU社との契約内容の見直しである。作業効率やオペレーション精度の向上につながる可能性はあるが，ハードウェアの性能限界やバッチ処理の処理能力限界という物理的な障害要因がある以上，これらを先に見直す必要があるので，解答としては不適切である。また，（オ）につい

では、項番 a のサービスレベルを上げるという点では、それなりの意味がある。
しかし、データ量の増加という要因による障害に限定した対策ではないので、
不適切である。

【解答例】

〔設問 1〕 ウ, エ

〔設問 2〕 (1)(a) 99.5(%) (b) 92.5(%)

(2) 次のうち、一つが挙げられていればよい。

- ・ T 社の責任に帰すべき障害は、免責事項とすること
- ・ T 社が提供する資源の不良に起因するものは免責事項とすること
- ・ U 社の責任に帰すべき障害だけを評価対象とすること

〔設問 3〕 原因①：イ

原因②：エ

〔設問 4〕 ウ, エ



演習問題 ● Exercise

問 20 販売管理システムの問題管理に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

(H26 秋・AP 午後問 10)

M 社は、西日本の複数の地域で営業を展開している食品流通卸業者である。

M 社は、基幹システムである販売管理システムを 5 年前に再構築した。取引量の多い食品スーパー数社との協業によるインターネット経由の共通 EDI の導入をきっかけに、それまでの地域別の分散システムを、単一システムに統合した。その際にサーバや周辺機器も全面刷新し、食品スーパーからの POS データ連携を新たに始め、取扱いデータ量の大幅な増加に対応できるように、新規に多数のハードディスクドライブ（以下、ディスクという）を導入した。

再構築後の 3 年間は、目立った障害もなく安定して稼働したが、一昨年度と昨年度に 1 度ずつディスク障害が発生し、ディスクを交換した。今年度は、上半期に既に 2 度ディスクを交換している。

販売管理システムの運用及びサービスデスクは、情報システム部の運用課が担っている。先月から問題管理を担当することになった N 君は、情報システム部長の指示を受けて、ディスク障害についての調査を開始した。

情報システム部長の今回の指示は、先日行われたシステム監査の報告会が契機となっている。システム監査において、販売管理システムのディスク障害の対応についてはインシデントの管理に終始しているので、予防処置について検討するようにとの指摘を受けていた。

〔運用課の問題管理手順〕

運用課では、これまでに発生した問題に関して、事象の詳細、問題を調査・分析して a を特定した経緯と結果、暫定的な解決策（以下、暫定策という）、恒久的な解決策（以下、恒久策という）などの項目を問題管理データベースに記録して、新たに問題が発生した際の調査及び診断に使用している。

N 君はまず、運用課での問題管理手順を確認した。

- ・問題の特定は、サービスデスクからの問題の通知によることが多いが、異常を示すシステムメッセージのメール通知など、サービスデスクを経由しない場合もある。特定した問題は、問題管理データベースに記録する。
- ・記録した問題を分類し、緊急度と影響度を評価して優先度を割り当てる。
- ・問題の **a** を特定するための調査及び診断を行う。初めに、問題管理データベースから **b** を参照して、過去に特定された問題でないか確認する。
- ・調査及び診断の結果、問題に対する暫定策又は恒久策は、問題管理データベースに、**b** として記録する。
- ・問題の恒久策実施のために、何らかの変更が必要な場合、変更要求（RFC）を発行する。
- ・問題の恒久策が有効で、再発防止を確認できたら、問題を終了する。
- ・問題のうち重大なものは、将来に向けた学習のためのレビューを行う。

上述の内容をフロー図にまとめると図1のとおりとなる。

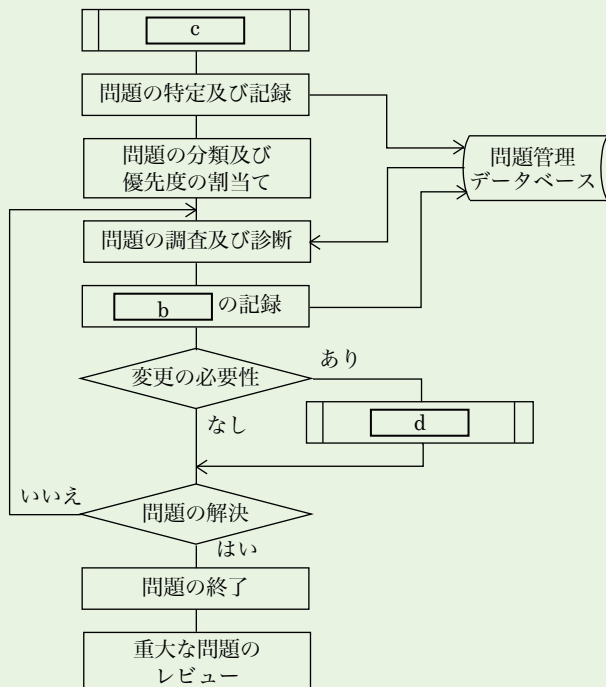


図1 運用課の問題管理フロー図

〔ディスク障害の記録の確認〕

N 君は、問題管理データベースを参照し、これまでのディスク障害の記録を調査した。記録の内容はいずれも類似しており、障害の事象は、RAID コントローラがディスクの書込み時のエラーを検出したというもので、分析の結果は、ディスクの経年不良となっていた。恒久策として、障害を起こしたディスクを交換すると記載されていた。交換後、データ再構築処理の完了を確認して、問題は終了とされていた。N 君は、①ディスク障害の問題に対して、障害を起こしたディスクの交換は恒久策にはならないと考えた。

〔ディスクの運用管理の確認〕

続いて N 君は、販売管理システムを中心に、M 社でのディスクの運用管理について、運用課メンバへのヒアリングなどの調査を行い、次の情報を得た。

- ・販売管理システムのディスク装置は、ホットスワップ対応機器による RAID6 構成を採っており、同一構成内で 2 台までのディスク障害であれば、システムを停止せずにディスクの交換が可能である。これまでに発生したディスク障害では、即時の対応を重視し、定期保守を待たず、日中、システムを停止せずにディスクを交換し、データ再構築処理を行っていた。なお、販売管理システムの定期保守は、週次に、システムを停止して実施している。
- ・販売管理システム再構築時に多数導入したディスクは、M 社がそれまで使用してきた、メインフレームにも用いられる高信頼性モデルではなく、PC などにも使用される汎用のモデルであった。機器単体では、高信頼性モデルの半分程度の寿命と言われている。
- ・N 君は、これまでに確認した、機器メーカーや利用者からの報告などから、販売管理システムのディスクのように、同一の製造ロットで、同じように使用されているディスクは、障害も同時期に起こす確率が高いという情報を得ていた。また、これまで障害回復として実施していた、RAID6 構成でシステムを停止せずにディスク交換した場合のデータ再構築処理は、高頻度のディスクアクセスを伴うので、機器に対する負荷が高く、二次的な障害の危険性が増すという情報も得ていた。
- ・N 君が、販売管理システムのシステムメッセージを記録したログを調べると、ディスクの読取りエラーや書込みエラーの障害が発生したディスクに、障害

の兆候を示す不良セクタの代替処理発生メッセージが、障害発生の数日前から頻発していた。販売管理システムのメッセージ監視機能は、ディスクの読取りエラーと書込みエラーのエラーメッセージを検出すると問題管理担当者にメールで通知する設定になっているが、不良セクタの代替処理発生メッセージを検出してもメールで通知する設定にはなっていなかった。

N 君は、情報システム部長に、販売管理システムのディスクについては、これまでの、ディスク障害が発生してから交換するやり方を改め、②障害の兆候を検出して、障害が発生する前に交換する方式を提案しようと考えた。また、同時に、③障害の兆候を検出したディスクの交換の実施時期についての改善も必要と考えた。

設問1 [運用課の問題管理手順] について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の に入れる適切な字句を、5 字以内で答えよ。
- (2) 本文及び図 1 中の ～ に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。
- なお、 及び には、サービスマネジメントのプロセス名称が入る。

解答群

- | | |
|--------------------|--------------|
| ア インシデント及びサービス要求管理 | ウ キャパシティ管理 |
| イ 既知の誤り | オ 構成管理 |
| エ 記録 | キ 情報セキュリティ管理 |
| カ 暫定策 | ケ リリース及び展開管理 |
| ク 変更管理 | |

設問2 本文中の下線①で、N 君が、ディスク交換は恒久策にならないと考えたのはなぜか。40 字以内で述べよ。

設問3 [ディスクの運用管理の確認] について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の下線②を実現するために必要となる、販売管理システムのメッセージ監視機能の設定に関する変更点を 40 字以内で述べよ。
- (2) 本文中の下線③について、N 君が考えた改善とはどのようなことか。30 字以内で述べ

【解説】

ディスク障害を対象とした問題管理に関する問題である。問題管理は、インシデント管理や変更管理など他のプロセスとのつながりも深いため、インシデントが発生したときの一連のプロセスの流れとして理解しておくことが望まれる。実業務においても、問題管理だけを担当することは稀であり、幾つかのプロセスを実施することが必要となる。インシデントは発生してから対応するよりも、発生する前に予防活動を行う方が望ましいのは言うまでもない。どのようにインシデントの予防ができるのか、日頃からサービスの品質と可用性の維持を考えておくことが重要である。

[設問1]

- (1) 空欄 a は問題文に二つある。二つ目の記述から、空欄 a に入る字句は調査、及び診断を行うことによって特定できるものであることが分かる。また、一つ目の記述に問題管理データベースに登録した項目が列挙されており、問題管理データベースに登録すべき項目のうち、問題文に表れていない項目が解答であると判断できる。

問題に対する解決策を導き出すためには、問題の原因を特定する必要がある。

したがって、「根本原因」が入る。これは、問題文に記述されていない。

- (2) 運用課の問題管理手順の空欄を検討していく。

- ・空欄 b：空欄 b は三つある。一つ目の記述から、過去に特定された問題でないか確認するために問題管理データベースから参照する項目であることが分かる。また、調査及び診断の結果、問題に対する暫定策、恒久策を問題管理データベースに空欄 b として記録するということが分かる。
過去に発生した問題は「既知の誤り」となり、問題管理データベースに登録される。したがって、(イ) が入る。
- ・空欄 c：空欄 c については、設問文に「サービスマネジメントのプロセス名称が入る」とある。図 1 の先頭にあることから、問題管理の前に実施するプロセスであると判断できる。
問題管理は発生したインシデントの根本原因解決やインシデント発生の予防プロセスであり、「インシデント及びサービス要求管理」から問題管理へとつながっていく。したがって、(ア) が入る。
- ・空欄 d：空欄 d についても、空欄 c 同様のサービスマネジメントのプロセス名称が入る。図 1 のフロー図の条件判断から空欄 d は変更の必要性がある場合に実施するプロセスであることが分かる。したがって、(ク) の「変更管理」が入る。

[設問2]

下線①で N 君がディスク交換は恒久策にならないと考えた理由が問われている。

恒久策とは、問題の再発を防ぐための根本的な対策を意味する。障害を起こしたディスクを交換しても経年不良によるディスク障害の再発を防ぐことはできない。したがって、解答は「経年不良によるディスク障害は、他のディスクにも発生する確率が高いため」などとなる。

[設問3]

- (1) 下線②の「障害の兆候を検出して、障害が発生する前に交換する方式」を実現するために必要となる販売管理システムのメッセージ監視機能の設定に関する変更点を解答することが求められている。

〔ディスクの運用管理の確認〕の四つ目の記述を基に考えてみよう。後半部分に「販売管理システムのメッセージ監視機能は、ディスクの読取りエラーと書込みエラーのエラーメッセージを検出すると問題管理担当者にメールで通知する設定になっている」とある。これは、障害が発生した後の通知なので、このメッセージを契機に対応しては、障害の兆候を検出して、障害が発生する前にディスクを交換することはできない。

しかし、この前半部分には「販売管理システムのシステムメッセージを記録したログを調べると、ディスクの読取りエラーや書込みエラーの障害が発生したディスクに、障害の兆候を示す不良セクタの代替処理発生メッセージが、障害発生の数日前から頻発していた」という記述がある。更に、その後の部分には「不良セクタの代替処理発生メッセージを検出してもメールで通知する設定にはなっていなかった」という記述もある。不良セクタの代替処理発生メッセージを問題管理担当者にメールで通知すれば、障害の徴候を事前に検出して、障害が発生する前にディスクを交換することが可能となる。したがって、解答は「不良セクタの代替処理発生メッセージを問題管理担当者にメールで通知する」となる。

- (2) N君が考えた、障害の兆候を検出したディスクの交換の実施時期についての改善とはどのようなことが求められている。〔ディスクの運用管理の確認〕の記述を基に考えてみる。ディスク交換については、一つ目の記述に「これまでに発生したディスク障害では、即時の対応を重視し、定期保守を待たず、日中、システムを停止せずにディスクを交換し、データ再構築処理を行っていた」という記述がある。また、三つ目の記述に「システムを停止せずにディスク交換した場合のデータ再構築処理は、高頻度のディスクアクセスを伴うので、機器に対する負荷が高く、二次的な障害の危険性が増す」という記述もある。この点が、改善を要する問題点であると判断できる。システムを停止せずにディスクを交換することが問題であれば、システムを停止させてディスクを交換すればよい。

更に、この一つ目の記述には、「販売管理システムの定期保守は、週次に、システムを停止して実施している」という記述もある。このときにディスク交換を実施すればよいと判断できる。したがって、解答は「週次の定期保守を行う際のシステム

停止中にディスクを交換する」となる。

【解答例】

[設問1] (1) a: 根本原因

(2) b: イ c: ア d: ク

[設問2] 経年不良によるディスク障害は、他のディスクにも発生する確率が高いため

[設問3] (1) 不良セクタの代替処理発生メッセージを問題管理担当者にメールで通知する。

(2) 週次の定期保守を行う際のシステム停止中にディスクを交換する。



演習問題 ● Exercise

問 21 DB 監査ツールを利用したシステム監査に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H21 春・AP 午後問 12)

G 社は、生活用品の製造・販売業を営んでいる中堅企業である。全国の百貨店、総合スーパーでの店頭販売を主としていたが、数年前にインターネット販売システム（以下、販売システムという）を構築した。G 社の販売システム構成を図に示す。

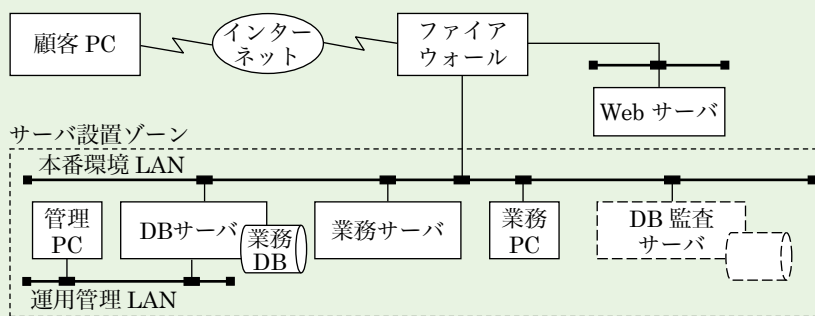


図 G 社の販売システム構成

〔販売システム概要〕

- (1) 販売システムのサーバは、Web サーバ、業務サーバ、DB（データベース）サーバで構成される。
- (2) インターネットを流れるデータは、暗号化されている。サーバ設置ゾーンだけを流れるデータは、暗号化されていない。

〔販売システム利用内容〕

- (1) インターネットを介した顧客からの注文データなどは、まず Web サーバ経由で業務サーバにアクセスしてユーザ認証が行われる。認証できたデータは、業務サーバで処理され、必要に応じて DB サーバ上の業務 DB の参照・更新が行われる。
- (2) 顧客管理業務を行っている業務部の担当者は、各自のアカウント ID 及びパスワードを用いて、業務 PC から業務サーバ、DB サーバにアクセスする。

- (3) 販売システムへの上位アクセス権限をもつシステム部の DB 管理者は、管理 PC から業務 DB の保守ができる。

内部監査室の W 室長は、販売システムの監査を実施するために、内部監査室の X 君をリーダーとする監査チームを作った。これまでのシステム監査は、内部監査室が主管部署となり、DBMS の機能を利用してログを収集し、監視していた。しかし、W 室長は、昨今の“個人情報保護法”や“内部統制報告制度”（いわゆる J-SOX）への対応を考慮すると、現在の監視機能だけでは不十分であると考えた。検討の結果、疑わしいアクセスに対する警告機能やレポート機能に優れている DB 監査ツールを導入することにした。

DB 監査ツール導入に際してシステムスキルが必要になったので、W 室長はシステム部の Y 部長に応援を要請した。Y 部長は、販売システムの DB 管理者であるシステム部の Z 君を、技術担当として監査チームメンバーに任命した。W 室長は、Z 君にこれまでの経緯を伝え、DB 監査ツール導入検討を行うように依頼した。また X 君は、表に示す販売システム監査計画を立案し、これを W 室長に報告し、承認を受けた。

表 販売システム監査計画（抜粋）

〔監査目的〕

- ・販売システムにおける安全性の確保状況：セキュリティに関する予防処置、是正処置の適切性を監査する。
- ・個人情報保護法の遵守状況：アクセスコントロールの適切性を監査する。

〔監査対象システム〕

- ・販売システム（Web サーバ、業務サーバ、DB サーバ、本番環境 LAN、運用管理 LAN）

〔監査対象部署〕

- ・業務部、システム部

〔監査日程〕

- | | | | |
|----------|--------|---|--------|
| ① 予備調査： | ××月××日 | ～ | ××月××日 |
| ② 本調査： | ××月××日 | ～ | ××月××日 |
| ③ 評価・結論： | ××月××日 | ～ | ××月××日 |

（以下、省略）

Z 君が採用した DB 監査ツールの情報取得方式は、図中の破線で示すように DB 監査サーバを設置し、DB サーバに本番環境 LAN 経由で送られてくるパケットを監視してアクセス情報を記録するものである。この方式

は、これまでの DBMS の機能を利用した方式と比較すると、ログ取得の際に サーバへの負荷が発生せず、稼働中の サーバに手を加える必要がないので短期間での導入が可能であるという特長がある。

Z 君は、監査に備えて特別な行動をされることを回避するために、業務部に事前に申し入れずに DB 監査ツールを導入した。その後、監査チームは、表の〔監査日程〕に従って監査を開始した。まず、業務部における販売システムのアカунツ ID 及びパスワードの取扱いに関して、業務部のアカウント管理者にヒアリングした。

〔業務部のアカウント管理者へのヒアリング結果（抜粋）〕

- (a) 業務部のアカウント管理者は、業務部の担当者のアカウント ID に関する登録、変更及び削除の管理を適切に行っている。
- (b) 業務部の担当者は、各自のパスワードを 3 か月ごとに変更するルールになっていて、それを遵守している。
- (c) 顧客の個人特定情報へのアクセスは、業務部の中でも特別な権限を付与された担当者だけが行える。この権限の付与は、業務部長の承認を必要とする。

設問 1 本文中で、“監査の独立性”，及び“監査手続の正当性”のそれぞれの観点から見て不適切な行動がある。それぞれ，“だれ”が“何をした”（40 字以内）かを述べよ。

設問 2 監査チームは表の〔監査日程〕に従って監査を実行した。監査チームが実施した作業のうち、〔監査日程〕①～③に該当するものを、解答群の中から一つずつ選び、記号で答えよ。

解答群

- ア DB 監査ツールで取得したアクセスログやレポートから、アクセスコントロールの存在を確認し、証跡を採取した。
- イ 監査実行中に問題ありと判断した事項を、指摘事項として監査報告書に記載し、報告した。
- ウ 監査対象部署での改善活動状況において、改善計画どおりに行われているかどうかを定期的に確認した。
- エ 監査手続の内容、時期、範囲などについて、計画を立案した。
- オ 販売システム設計書を読み、アクセスコントロール機能の内容を把握した。

設問3 DB 監査ツールの情報取得方式について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の a に入れる適切な字句を、図中の名称で答えよ。
- (2) 販売システムにおいて、Z 君が採用した DB 監査ツールの情報取得方式では取得することができない業務 DB へのアクセス情報は何か。20 字以内で述べよ。

設問4 監査チームは、業務部のアカウント管理者に業務部の担当者のアカウント ID などの管理状況をヒアリングした。本文中のヒアリング結果(a)～(c)のそれぞれに関する証跡を採取するために、DB 監査ツールで取得すべき記録はどれか。解答群の中から一つずつ選び、記号で答えよ。

解答群

- ア DB 管理者による業務 DB 保守作業の記録
- イ 業務部の担当者の販売システムアクセス累計時間の記録
- ウ 業務部の担当者のパスワードが変更された記録
- エ 顧客の個人特定情報にアクセスを行った業務部の担当者の記録
- オ 顧客のパスワードが変更された記録
- カ 退職した業務部の担当者のアカウント ID が削除された記録

【解説】

システム監査手続やセキュリティに関する基本的な知識を要求される問題である。難易度としては普通程度であろう。

〔設問1〕

“監査の独立性”，及び“監査手続の正当性”の観点から見た不適切な行動を，問題文からそれぞれ見つけ，“だれ”が“何をした”という形式で記述する。まず，“監査の独立性”については，システム監査人に対して「外観的独立性」と「精神的独立性」の二つが求められている。前者は，監査人が被監査部門に所属していないということで，後者は，監査結果に対し，何らかのプレッシャーを感じるような立場（例えば，監査部門の長が元の上司である場合など）にないということである。この問題の場合，監査チームメンバに任命された Z 君が，被監査部門であるシステム部に所属しているし，監査対象である販売システムの運用にも携わっているので，「外観的独立性」を満たさないことになる。これを問題の求めに応じて，“だれ”が“何をした”という形式で記述すると，“だ

れ”に対しては任命を行った「Y 部長」，“何をした”という部分では「システム部の Z 君を技術担当として監査チームメンバに任命した」ということになる。次の“監査手続の正当性”とは，システム監査人が行う監査手続に関して正しく承認を受けているということである。問題文からこの正当性に反する部分を探すと，「Z 君は，監査に備えて特別な行動をされることを回避するために，業務部に事前に申し入れずに DB 監査ツールを導入した」という記述が見つかる。つまり，販売管理部門の主管部門である業務部の承認なしに DB 監査ツールの導入を行っているということなので，当然，正当性に反することになる。したがって，解答としては，“だれ”に対しては「Z 君」，“何をした”という部分では，「監査対象部署である業務部に事前に申し入れずに DB 監査ツールを導入した」ということになる。

[設問2]

解答群の監査チームが実施した作業の中から，①予備調査，②本調査，③評価・結論に該当するものを，それぞれ一つずつ選択する。まず，予備調査とは，監査対象業務の実態を調べ，どのようなコントロールが存在するかを明確に把握し，本調査での監査証拠の収集方法を確認する活動である。解答群からこの内容に該当するものを探すと，「アクセスコントロールの機能の内容を把握」している（オ）が該当する。

次の本調査とは，「監査手続を実施し，証拠を採取」する活動である。解答群では，「アクセスコントロールの存在を確認し，監査証拠を採取」している（ア）が該当する。そして，評価・結論とは，採取した監査証拠を分析して結論を導き，それを報告書としてまとめる活動のことなので，結論を出し，それを監査報告書に記載，報告している（イ）が該当する。

なお，一般的なシステム監査は，監査計画の作成 → 予備調査 → 本調査 → 評価・結論 → フォローアップ，という流れで行われるが，（ウ）は監査のフォローアップ，（エ）は監査の計画に該当する。

[設問3]

(1)DB 監査ツールに関して，これまで利用した DBMS の機能を利用するものと，導入した LAN 上のパケットを監視する方式のものとの違いについての空欄を埋める。空欄の直後はサーバとなっているので，空欄には DB (サーバ)，業務 (サーバ)，DB 監査 (サーバ) のいずれかが入ることになるが，空欄前後の内容によれば，導入した DB 監査ツールの場合には，ログ取得の際に空欄の

サーバに負荷が発生せず、稼働中に手を加える必要もないということである。前述のように、この部分の記述は、これまでの DBMS の機能を利用した DB 監査ツールとの比較なので、逆に考えると、DBMS の機能を利用した場合には、空欄のサーバに負荷が発生し、手を加える必要があるということである。したがって、DB（サーバ）が正解である。ちなみに、導入した DB 監査ツールは、LAN 上のパケットを監視するもので、DB サーバ上で稼働させる必要がないため、DB サーバに手を加える必要もなく、負荷も発生させない。

(2)DB 監査ツールの情報取得方式では取得することができない業務 DB へのアクセス情報が問われている。問題文には、DB 監査ツールは本番環境 LAN 経由で送られてくるパケットを監視すると記述されている。したがって、この LAN を経由しないパケットに関する情報を取得することができない。一方、図を見ると、管理 PC と DB サーバが運用管理 LAN で結ばれおり、〔販売システム利用内容〕の(3)には「DB 管理者は、管理 PC から業務 DB の保守ができる」とある。このため、「管理 PC から業務 DB へのアクセス情報」を取得することができないと分かる。

〔設問4〕

〔業務部のアカウント管理者へのヒアリング結果（抜粋）〕の(a)～(c)の内容について、それぞれの監査証跡として DB 監査ツールで取得すべき記録を解答群から選ぶ。まず、(a)は、業務部の担当者アカウント ID に関する登録、変更及び削除の管理を適切に行っていることに対する監査証跡なので、(カ)の「退職した業務部の担当者アカウント ID が削除された記録」が該当する。退職という特定のケースだけを対象にしていることが少し気になるが、解答群の中には、アカウント ID の登録、変更及び削除に関するものは他にはない。

次の(b)は、パスワードを3か月ごとに変更していることに対する監査証跡なので、(ウ)の「業務部の担当者のパスワードが変更された記録」が該当する。そして、(c)は、「顧客の個人特定情報にアクセスを行った業務部の（特別な権限を与えられた）担当者」だけしかできないことに対する監査証跡なので、(エ)の「顧客の個人特定情報にアクセスを行った業務部の担当者の記録」が該当する。

なお、(ア)、(オ)については、業務部が管理するアカウントとは関係がないし、(イ)は不正操作や不正アクセスに対する監査証跡とはなるが、問われている(a)～(c)の内容とは関係がない。

【解答例】

[設問1]

監査の独立性

だれ： Y 部長

何をした：システム部の Z 君を技術担当として監査チームメンバーに任命した。

監査手続の正当性

だれ：Z 君

何をした： 監査対象部署である業務部に事前に申し入れずに DB 監査ツールを導入した。

[設問2]

① オ ② ア ③ イ

[設問3]

(1) (a) DB
(2) 管理 PC から業務 DB へのアクセス情報

[設問4]

(a) カ (b) ウ (c) エ



演習問題 ● Exercise

問 22 購買業務の監査に関する次の記述を読んで、設問 1～5 に答えよ。

(H23 秋・AP 午後問 12)

R 社は、電子機器の製造・販売を営む大手企業である。消耗品、ノベルティ用品、PC などの間接材の購買業務（以下、購買業務という）の費用削減と内部統制の充実のために、最近、購買ワークフローシステム（以下、購買システムという）を導入し、従来各部門で行われていた発注を本社の購買課に集中するよう購買業務プロセスを変更した。

R 社の購買業務の手続は、購買規程で定められている。購買規程には、申請金額によって最終承認者が異なること、実際の購入金額が承認された申請金額を超える場合、購買の再申請・再承認が必要であることなどが記載されている。

R 社の内部監査部は、新しい購買業務プロセスの設計・運用が適切に実施されているかどうかを確認するために、内部監査部の S 君をリーダーにして、購買システムの業務処理統制を含めた購買業務の監査を行った。

〔新しい購買業務プロセスの概要〕

R 社の新しい購買業務プロセスは、次のとおりである。

(1) 取引先審査

新規取引先については、購買課長が、取引先の信用調査などをして承認する。

(2) 取引先登録

購買課の取引先審査で承認を受けた後、経理課担当者が、取引先の会社名・銀行口座・支払条件などの情報を取引先マスタに仮入力する。経理課長が承認すると、仮入力した情報が取引先マスタに反映される。

(3) 購買の申請

物品の購買を希望する申請部署は、購買課に依頼し、登録取引先から見積書を取った後、購買システムに取引先、物品、数量、単価、希望納期などの情報を入力し、購買を申請する。購買の申請は、申請者の直属上司が購買システムで承認する。申請金額が直属上司の承認権限を超えている場合は、申請金額に応じた承認者が自動的に追加される。

(4) 発注

承認者が購買の申請を承認した後、購買課は購買の申請と を照合し、間違いがないかどうかを確認する。間違いがあれば申請者に差し戻す。間違いがなければ、購買システムから発注書を出力した後、取引先にファックスで発注書を送付するとともに、写しを申請部署と経理課に送る。

(5) 物品の検収

申請部署は、取引先から物品が届くと、 (写し) の内容と照合して届いた物品を検収する。申請部署が検収した数量を購買システムに入力すると、検収した内容が記された検収書が作成される。検収書を取引先に送るとともに、写しを経理課に送る。取引先の都合などで分納されることもあり、数量が合わないこともあるので、購買システムは数量のチェックをしない。数量以外の情報の変更や追加入力はできない。

(6) 請求書の検証

取引先からの請求書は、発注した物品が全て納入された後に、経理課に届く。経理課は請求書、 (写し) 及び (写し) を確認し、購買システム上の取引先、物品、単価、数量などの情報をチェックする。単価や数量の増加によって請求書に記載された購入金額が増えている場合は、申請部署に差し戻し、購買の再申請・再承認を指示する。その他の場合は、購買システム上の該当データの支払ステータスを支払可に変更する。ステータスを支払可に変更されたデータは、夜間バッチ処理で会計システムに送られる。

(7) 支払

資金課では、会計システムに送られた支払可のデータを確認し、取引先に物品の代金を振り込む。

〔購買システムのアクセス権管理〕

業務上の必要性から、システム課長と、購買システムを担当するシステム課の2人の合計3人の社員が、購買システムに、高いレベルのアクセス権をもつアカウント（以下、特権アカウントという）をもっている。システム課長は、特権アカウントをもったユーザリストとアクセスログを、購買システムから四半期ごとに出力し、アクセス権が適切に付与されているかどうか、アカウント

が適切に使用されているかどうかを確認している。なお、特権アカウントの新規登録、変更、削除については、システム課長の承認を必要としている。

〔システム間データ転送〕

購買システムと会計システムとの間のデータのやり取りは、一連の夜間バッチ処理の中で、ファイル転送によって行われている。両システムの文字コードが異なるので、ファイル転送プログラムのオプション機能を使用し、ファイル転送と同時に文字コード変換も行っている。変換できない文字があれば、該当レコードは破棄される。システム課では、夜間バッチ処理について、個々のジョブが開始され、正常に終了していることを、夜間バッチコントロールシステムを使って毎日モニタリングしている。

〔購買業務の監査結果〕

監査リーダの S 君は、監査で判明した購買業務の問題点をまとめ、内部監査部長に報告した。

- (1) 最近、経理課は、データを集計した際、会計システムのデータの合計金額が購買システムのデータの合計金額と異なっているという異常が起きていたことに気付いた。夜間バッチ処理の該当ジョブの開始・終了は正常なので、ファイル転送の異常について経理課から指摘があるまでシステム課は気付かなかった。

再発防止のために、夜間バッチ処理のジョブの開始・終了をチェックするだけでなく、ファイル転送の誤りがなかったかどうかをチェックするべきである。

- (2) 申請部署が取引先に対して口頭発注を行うことが原因で、承認量を超える数量の物品が検取され、購入金額が承認された申請金額を超過するという事象が、請求書の検証時に多く発生していることが分かった。

口頭発注は禁止である旨の申請部署への周知徹底と併せて、請求書の検証の前にこのような①金額超過を防止するシステム機能を追加すべきである。

- (3) 購買業務に関する R 社の職務分離方針は次のとおりとなっている。

- ・購買に関する各業務を兼任することはできない。ただし、次の業務は例外とする。

a) 発注を行う部署は、取引先審査と取引先登録の業務を兼任できる。

b) 購買の申請を行う部署は、物品の検収の業務を兼任できる。

これに準拠せず、例外とした業務以外にも兼任している業務があることが分かった。

このような業務のうちで、他部署に移管できる業務は移管し、不適切な兼任を解消すべきである。

S 君の報告を受けた内部監査部長は、S 君の報告に加え、現状の購買システムのアクセス権管理では、②不正を発見できないおそれがあると指摘した。

設問1 本文中の a ～ c に入れる適切な字句を、本文中の書類名で答えよ。

設問2 「購買業務の監査結果」の(1)にあるファイル転送の誤りを検出する方法として有効な策を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

ア 送信ファイルと受信ファイルのデータ件数を比較する。

イ データの暗号化を行う。

ウ データマイニングを行う。

エ ファイル転送の前にパリティビットを付加し、受信時にこれをチェックする。

設問3 本文中の下線①について、(1)、(2)に答えよ。

(1) 追加すべきシステム機能は、新しい購買業務プロセスのどの業務に組み込むべきか。解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

ア 取引先審査 イ 取引先登録 ウ 購買の申請 エ 発注

オ 物品の検収 カ 請求書の検証 キ 支払

(2) 追加すべきシステム機能を 30 字以内で述べよ。

設問 4 「購買業務の監査結果」の(3)にある他の部署へ移管すべき業務に関して、どの部署から、どの部署へ、どの業務を移管すべきか。それぞれ解答群の中から選び、記号で答えよ。

部署に関する解答群

ア 経理課 イ 購買課 ウ 資金課 エ 申請部署

業務に関する解答群

ア 取引先審査 イ 取引先登録 ウ 購買の申請 エ 発注
オ 物品の検収 カ 請求書の検証 キ 支払

設問 5 本文中の下線②について、なぜ不正を発見できないおそれがあるのか。35 字以内で述べよ。

【解説】

購買業務の監査に関する問題である。単なるシステム監査だけでなく業務プロセスの設計・運用が適切に実施されているかどうかを確認する目的があるので、業務プロセスがどうあるべきかを確実に理解していることが求められる。その上で、設問の指示に従って、企業の方針に対して問題文に述べられている現状業務内容の中から不適切な運用を発見することが重要である。

〔設問 1〕

空欄 a～c に入れる適切な字句を答える設問である。「本文中の書類名で答えよ」という指定があるので、解答を絞り込みやすいといえる。

・空欄 a：発注前に、購買課が購買の申請と照合すべき書類名が問われている。それ以前に申請部署では登録取引先から見積書を取っているので、購買の申請と照合して申請内容が適切であるかどうかを判断するためにはこの見積書を使うことが妥当である。したがって、「見積書」が入る。

・空欄 b：取引先から物品が届き、申請部署が届いた物品を検収する際に用いられる書類名が問われている。検収業務は、発注したとおりの物品が正しく納品されていることを確認するものである。発注書を取引先に送付するときには写しをとって申請部署と経理課に送っているため、その写しの内容と物品とを照合すればよい。したがって、「発注書」が入る。

・空欄 c：経理課で請求書の検証をする際に確認すべき書類名が問われている。空欄 c の書類以外には請求書と発注書（空欄 b）があるので、その他に照合す

べき書類を挙げる。請求内容は最終的に検収された内容と照合すべきであり、物品の検収の際に検収書の写しが経理課に送られるので、「検収書」が入る。

〔設問2〕

〔購買業務の監査結果〕(1)では、「会計システムのデータの合計金額が購買システムのデータの合計金額と異なっているという異常が起きていた」ことが示されており、この原因となるファイル転送の誤りを検出する方法として有効な策が問われている。

また、〔システム間データ転送〕に、「変換できない文字があれば、該当レコードは破棄される」という記述があり、文字コード変換はファイル転送プログラムのオプション機能で行われているので、このケースが発生したとすれば送信データ件数と受信データ件数が異なることが想定される。(ア)のように「送信ファイルと受信ファイルのデータ件数を比較する」ことは、前述のケースによってデータ破棄があったことを検出できるので、ファイル転送の誤りを検出する方法として有効である。したがって、(ア)が有効な策である。

他の選択肢は次の理由で正解にならない。

イ：「データの暗号化を行う」ことは、通信経路での盗聴を防ぐことが目的であり、ファイル転送の誤りを検出することにはならない。

ウ：データマイニングとは、大量のデータからその関連性を見つけ出し、知識を得ることである。データマイニングはファイル転送の誤りの検知には使われない。

エ：「パリティビットを付加し、受信時にチェックする」ことは、通信制御の中で行われるエラー制御である。前述の記述で想定されるようなレコード破棄は検出できないので、ファイル転送の誤りがなかったかどうかのチェックとしては有効ではない。

〔設問3〕

下線①に示されている、金額超過の防止のために追加すべきシステム機能に関する設問である。

(1)追加すべきシステム機能を組み込む業務が問われている。金額超過が発覚するのは請求書の検証業務の際であるので、それ以前にシステム機能によって金額超過が防止されていなければならない。また、金額超過は承認された購買金額に対して超過するものであり、購買の申請以前にシステム機能を入れても意味がない。発注業務においては、購買課が間違いないことを確認した上で発注

書を発行するので、追加機能を組み込むべき対象業務は「物品の検収」だと考えられる。したがって、(オ)が正解である。

(2) [新しい購買業務プロセスの概要] (5) 物品の検収に「分納されることもあり、数量が合わないこともあるので、購買システムは数量のチェックをしない」とある。数量以外の情報の変更入力にはできないので、金額超過が起きるのは口頭発注によって承認量を超える数量の物品が検収されているのに、購買システムが数量のチェックをしていないので全額超過が発見されないためだと考えられる。したがって、こうしたチェックを行って承認額を超えた数量が検収対象となっている場合、直ちに購買の申請を差し戻して、いったん承認されていた承認額を見直す手続きを取らせるのがよさそうである。したがって、「承認額を超えた場合に購買の申請を差し戻す機能」などと解答する。

[設問4]

不適切な兼任を解消するため、他部署に移管できる業務が問われている。〔購買業務の監査結果〕(3)のaに「発注を行う部署は、取引先審査と取引先登録の業務を兼任できる」とあり、取引先審査と取引先登録は同じ部署で行うことは問題ないと考えられる。しかし、通常業務において取引先審査は購買課長が行い、取引先登録は経理課で行っている。経理課は、請求書の検証業務を行っているので、不適切な兼任となる。したがって、移管元の部署は(ア)の「経理課」、移管先の部署は(イ)の「購買課」、移管する業務は(イ)の「取引先登録」となる。

[設問5]

内部監査部長がS君の報告に加え、「現状の購買システムのアクセス権管理では、不正を発見できないおそれがある」と指摘した根拠が問われている。

〔購買システムのアクセス権管理〕において、システム課長が特権アカウントをもつことが示されている。更に、システム課長はアカウント管理を行っていることが記述されている。特権アカウントをもつということは特権アカウントを行使して不正を実行できるということであり、同じ人物がアカウント管理を行っているとするれば、チェックの機能が働かないため不正を発見することが困難になってしまう。

したがって、「特権アカウントの管理と行使の権限が同一人に付与されているから」といった解答をする。

【解答例】

- [設問1] (a) 見積書
(b) 発注書
(c) 検収書
- [設問2] ア
- [設問3] (1) オ
(2) 承認額を超えた場合に購買の申請を差し戻す機能
- [設問4] 移管元の部署：ア
移管先の部署：イ
業務：イ
- [設問5] 特権アカウントの管理と行使の権限が同一人に付与されているから



演習問題 ● Exercise

問 23 家電量販店の営業戦略の策定に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H23 秋・AP 午後問 1)

E 社は、全国展開している家電量販店であり、PC、生活家電、AV 機器、カメラ、ゲーム関連機器などの商品を扱っている。E 社では、一人一人の客のニーズに応える豊富な品ぞろえと良質な接客を企業方針としている。

E 社は、首都圏の X 駅前にも複数の店舗を構え、X 駅周辺の人口増加に伴い、これらの店舗の売上を順調に伸ばしてきた。

X 駅前は再開発を終え、既存ビルのテナントスペースにも空きがなく、これ以上の新規出店や店舗拡張の余地はない。そのような中、X 駅前の最後の一面を購入していた競合の F 社が、家電量販店を出店する計画を発表した。F 社が出店すれば、X 駅前での競争が激化する。しかし、X 駅前に魅力ある店舗が増えることで、他地区から来店する客が増えることも予想されるので、E 社の戦略室は、戦略次第ではピンチをチャンスに変えることができると考えている。E 社の戦略室の G 課長は、H 君に、F 社の出店に対抗する E 社の採るべき営業戦略を検討するように指示した。

〔価格戦略〕

H 君は、X 駅前への F 社の出店に合わせて、E 社が採るべき価格戦略について検討した。

E 社と F 社のそれぞれが、現行の価格に対して価格据置と 10%値下げのいずれかの戦略を採ったときに、両社の利得がどうなるかをシミュレーションによって求め、その結果を表 1 の利得表にまとめた。

表 1 利得表

		F 社の価格戦略	
		価格据置	値下げ
E 社の 価格戦略	価格据置	① 5 億円, 3 億円	② 4 億円, 5 億円
	値下げ	③ 6 億円, 2 億円	④ 3 億円, 4 億円

注記 左：E 社の利得，右：F 社の利得

E 社にとっては、③>①>②>④の順で利得が大きく、F 社にとっては、
a の順で利得が大きい。一方で、相手がそれぞれ、どの戦略を採るか
 を考えてみると、F 社は、E 社がどのような戦略を採ろうと、b の戦
 略を採った方がよい。E 社は、F 社の戦略に応じて採るべき戦略が変わってく
 る。しかし、F 社が採るであろう戦略を前提に考えると、c の戦略を
 採った方がよい。したがって、両社の戦略の組合せは、利得表の d 欄
 となることが考えられる。

〔値下げが繰り返されたときの対応〕

価格戦略の検討とは別に、値下げが繰り返されたときの対応も検討した。も
 しも値下げが繰り返されると、価格が下落し、最終的には利益がなくなってし
 まい、両社にとって好ましくない状況に陥ってしまう。これを避けるために、
 H 君は、次の対策 1～8 を考えた。

- 対策 1 客が欲しい商品をすぐに見つけられる店舗レイアウトへの変更
- 対策 2 客に魅力ある商品を知ってもらうための広告の充実
- 対策 3 客の商品選びをサポートする店舗の説明要員の商品知識・接客スキルの向上
- 対策 4 購入後のサポート強化のためのアフターサービスの充実
- 対策 5 他社の価格がE社より低い場合に客の申告に応じて行う他社と同価格での販売
- 対策 6 メーカーとの協力による客の欲しい商品を実現するオリジナル商品の開発
- 対策 7 在庫コストを減らすための売れ筋商品に特化した品ぞろえ

対策 8 E 社の得意としている PC 専門店の X 駅前への新規出店

①G 課長は、これらの対策の中の、対策 7 と対策 8 については対象外とし、それ以外の対策について、更に詳細な検討をするように指示した。その際、特に、接客スキルの向上に力を入れることと併せて、リピータの獲得についても検討することを指示した。

〔接客スキルの向上〕

接客スキルの向上策として、客が商品を購入するまでの心理状態の推移を把握し、それに適した接客を行うことができるように、販売員の接客トレーニングを検討した。具体的には、客が商品を購入するまでの心理状態が、“注意”→“興味”→“欲求”→“行動”の順で推移するというモデルに着目し、例えば“注意”の段階では、“広告などにひかれて店に入ってきた客が、販売員に気を使わず自分のペースで店内を見て回れるように気を配る。”といった、各段階の心理状態に適した接客トレーニングを立案した。

〔リピータの獲得〕

一般的に、上位 2 割の客が利益の 8 割を占めると言われていることから、自社の利用度の高いリピータをできるだけ優遇して、リピータの E 社への支持度合いや信頼度を高め、固定化を推し進めることにする。

これを実現するために、三つの指標を使用する RFM 分析を行うことにした。

設問 1 〔価格戦略〕について、(1)～(3)に答えよ。

- (1)

a

 に入れる表 1 の①～④の番号の適切な順番を答えよ。
- (2)

b

 ,

c

 に入れる適切な字句を答えよ。
- (3)

d

 に入れる適切な表 1 中の番号を答えよ。

設問 2 〔値下げが繰り返されたときの対応〕について、(1), (2)に答えよ。

- (1) 本文中の下線①について、G 課長が対策 7 と対策 8 を対象外とするように指示した理由を、それぞれ 25 字以内で述べよ。
- (2) H 君が考えた対策 1～6 の中から、マーケティングの観点で付加価

値のない戦略を選び、番号で答えよ。

設問3 [接客スキルの向上] について，“興味”，“欲求”，“行動”の各心理状態に適した接客を解答群にそれぞれ一例ずつ示した。このうち，“興味”に該当するものを選び、記号で答えよ。

解答群

- ア アフターサービス，商品の手入れ方法，支払方法について説明する。
- イ 客の想像を邪魔せず，商品に対する肯定的な感情を共有するような言葉を掛けてアプローチする。
- ウ 実施中のキャンペーン情報を説明し，条件の良い価格を提示する。

設問4 [リピータの獲得] について，(1)，(2)に答えよ。

- (1) E社が検討しているリピータの獲得のためのマーケティング手法を何と呼ぶか。解答群の中から選び，記号で答えよ。

解答群

- ア エリアマーケティング イ ダイレクトマーケティング
- ウ ニッチマーケティング エ マスマーケティング
- オ ロイヤルティマーケティング

- (2) 三つの指標として，どのようなデータを集めればよいか，それぞれ10字以内で答えよ。

【解説】

家電量販店における営業戦略の策定とマーケティングに関する問題である。

問題文の〔価格戦略〕に関しては，ゲーム理論をベースにした問題となっており，〔値下げが繰り返されたときの対応〕では，企業の内部環境・外部環境分析や，マーケティングの観点からの付加価値について問われている。更に，〔接客スキルの向上〕に関しては，消費者の購買行動を示すAIDAモデルをベースにした問題となっており，〔リピータの獲得〕では，優良顧客のセグメンテーション等を行うRFM分析について問われている。このように，営業戦略とマーケティングについて，幅広い見識が求められる総合問題となっている。

〔設問1〕

E社の価格戦略について、ゲーム理論に基づく出題である。ゲーム理論とは、ある特定の条件下で、互いに影響を及ぼし合う複数の主体間で生じる戦略的な相互関係を示すものであり、一般に、表1のような利得表を用いて説明される。

- (1) 表1における①～④の右側の金額がF社の利得を表しており、F社の利得は、①では3億円、②では5億円、③では2億円、④では4億円である。よって、F社にとって、②5億円>④4億円>①3億円>③2億円の順で利得が大きい。したがって、空欄aには「②>④>①>③」が入る。

- (2) 空欄b, cを埋めるには、E社とF社の利得について理解する必要がある。

まず、F社がどのような戦略を採れば利得が最大になるかを考える。

- ・E社の価格戦略が「価格据置」である場合

F社が価格戦略として、「価格据置」を採ると利得は3億円となり、「値下げ」を採ると利得は5億円となる。よって、F社は3億円と5億円を比較して、利得が大きい5億円である「値下げ」を価格戦略として採用する。なお、ゲーム理論では、相手の戦略下において当方の利得を最大化させる戦略を最適反応戦略といい、この場合、F社の最適反応戦略は「値下げ」となる。

- ・E社の価格戦略が「値下げ」である場合

F社が価格戦略として、「価格据置」を採ると利得は2億円となり、「値下げ」を採ると利得は4億円となる。よって、F社は2億円と4億円を比較して、利得が大きい4億円である「値下げ」を価格戦略として採用する。この場合、F社の最適反応戦略は「値下げ」となる。

したがって、E社が価格戦略として「価格据置」、「値下げ」のいずれの戦略を採ろうと、F社は「値下げ」を価格戦略として採用することが分かる。空欄bには「値下げ」が入る。

なお、ゲーム理論では、相手がどのような戦略を採用するかに関係なく、当方がより大きな利得を得るために常に決まっている戦略のことを支配戦略といい、この場合、F社にとって「値下げ」が支配戦略である。

次に、E社がどのような戦略を採れば利得が最大になるかを考える。

- ・F社の価格戦略が「価格据置」である場合

E社が価格戦略として、「価格据置」を採ると利得は5億円となり、「値下げ」を採ると利得は6億円となる。よって、E社は5億円と6億円を比較して、利得が大きい6億円である「値下げ」を価格戦略として採用する。この場合、E社の最適反応戦略は「値下げ」となる。

- ・F社の価格戦略が「値下げ」である場合

E社が価格戦略として、「価格据置」を採ると利得は4億円となり、「値下げ」を採ると利得は3億円となる。よって、E社は4億円と3億円を比較して、利得が大きい4億円である「価格据置」を価格戦略として採用する。この場合、E社の最適反応戦略は「価格据置」となる。

したがって、E社は、F社の戦略に応じて採るべき戦略が変わってくることになる。しかし、F社の支配戦略は「値下げ」であるので、F社が採るであろう戦略は「値下げ」であり、これを前提に考えると、「価格据置」をE社は採るべきということとなる。空欄cには「価格据置」が入る。

- (3) (1), (2)から、E社が価格戦略として「価格据置」、「値下げ」のいずれの戦略を採ろうと、F社は「値下げ」を価格戦略として採用し、F社が「値下げ」を価格戦略として採用する場合、E社は「価格据置」を価格戦略として採用することが分かる。よって、両者の戦略の組合せは、E社が「価格据置」、F社が「値下げ」となる。これは、利得表の②欄となる。したがって、空欄dには「②」が入る。

なお、ゲーム理論では、双方が採る戦略がそれぞれの最適反応戦略になっている戦略の組合せのことをナッシュ均衡といい、この場合、利得表②の組合せがナッシュ均衡となる。

[設問2]

- (1) E社の内部環境, E社を取り巻く外部環境をしっかり把握している必要がある。

問題文の第1段落に「一人一人の客のニーズに応える豊富な品ぞろえと良質な接客を企業方針としている」というE社の内部環境に関する記述がある。よって、対策7のように「在庫コストを減らすための売れ筋商品に特化した品ぞろえ」としたのは、「一人一人の客のニーズに応える豊富な品ぞろえ」という企業方針に反することになる。したがって、G課長が対策7を対象外とした理由は、「企業方針である豊富な品ぞろえに反するから」となる。

次に、第3段落に「X駅前には再開発を終え、既存ビルのテナントスペースにも空きがなく、これ以上の新規出店や店舗拡張の余地はない」というE社を取り巻く外部環境に関する記述がある。よって、対策8のような「E社の得意としているPC専門店のX駅前への新規出店」は、不可能ということになる。したがって、G課長が対策8を対象外とした理由は、「X駅前には、これ以上の新規出店の余地はないから」となる。

- (2) マーケティングの観点から「付加価値のない戦略」を選ぶに当たり、マーケティングの観点から「付加価値のある戦略」を考える。「付加価値のある戦略」とは、E社が新たに付加した、顧客にとってメリットのあるものと考えることができる。

この点から、対策1～6を検討する。

- ・対策1：欲しい商品をすぐに見つけることができるという顧客にとってのメリットをE社が付加したものといえる。
- ・対策2：魅力のある商品を知ることができるという顧客にとってのメリットをE社が付加したものといえる。
- ・対策3：商品選びをサポートしてもらうことができるという顧客にとってのメリットをE社が付加したものといえる。
- ・対策4：購入後のサポートと、アフターサービスを充実してもらえるという

顧客にとってのメリットを E 社が付加したものといえる。

- ・対策 5：他社の価格と同じ価格でしか E 社で買うことができないため、他社の価格より有利であるというような顧客にとってのメリットを E 社は何ら付加していない。
- ・対策 6：欲しい商品を実現してもらえという顧客にとってのメリットを E 社が付加したものといえる。

これから、対策 1, 2, 3, 4, 6 はマーケティングの観点から付加価値のある戦略であり、マーケティングの観点で付加価値のない戦略は、「5」となる。

[設問 3]

消費者の購買行動モデルに関する問題である。消費者が購買に至るまでの意思決定プロセスが“注意”（Attention）→“興味”（Interest）→“欲求”（Desire）→“行動”（Action）の 4 段階を経るという考え方は、AIDA モデルと呼ばれている。解答群にある三つのプロセスがどれに該当するかを示す。

ア：「アフターサービス、商品の手入れ方法、支払方法について説明する」のは、消費者が商品を買う段階、すなわち“行動”の段階の心理状態に適した接客である。

イ：「客の想像を邪魔せず、商品に対する肯定的な感情を共有するような言葉を掛けてアプローチする」のは、消費者に商品に興味をもってもらう段階、すなわち“興味”の段階の心理状態に適した接客である。

ウ：「実施中のキャンペーン情報を説明し、条件の良い価格を提示する」のは、消費者に商品を買いたいという欲求が湧いてくる段階、すなわち“欲求”の段階の心理状態に適した接客である。

したがって、“興味”に該当するのは、（イ）となる。

[設問 4]

(1) マーケティング手法に関する問題である。

「リピータの獲得のためのマーケティング手法」のことを、「ロイヤルティマーケティング」と呼ぶ。ここで、ロイヤルティとは忠誠心、愛顧の度合いのことをいう。したがって、解答は（オ）となる。

なお、その他の用語の意味は、次のとおりである。

ア：エリアマーケティング……画一的な全国一律のマーケティングではなく、自然環境や風土・歴史などから形成される地域性（エリア）に基づいて顧客ニーズにきめ細かく対応したマーケティングのことをいう。

イ：ダイレクトマーケティング……不特定多数のものを対象とするのではなく、特定の個人あるいは法人を対象として直接アプローチするといったマーケティングのことをいう。

ウ：ニッチマーケティング……市場全体を対象とするのではなく、特定の小さな

市場セグメントに焦点を当てたマーケティングのことをいう。なお、ニッチとは隙間（すきま）という意味である。

エ：マスマーケティング……対象を特定せず、すべての消費者を広くとらえて対象にし、画一化された方法によって実施する大量販売的なマーケティングのことをいう。

(2) RFM 分析に関する問題である。

RFM 分析とは、顧客を、①最新購買日 (Recency)、②購買頻度 (Frequency)、③累計購買金額 (Monetary) の三つの指標から分類し、優良顧客を選別する分析のことをいう。この三つの頭文字を取って、RFM 分析と呼ばれる。一般に、RFM のランクが高い顧客ほど優良顧客といえる。

したがって、三つの指標は、「最新購買日」、「購買頻度」、「累計購買金額」となる。

【解答例】

[設問 1] (1) (a) ②>④>①>③

(2) (b) 値下げ (c) 価格据置

(3) (d) ②

[設問 2] (1) 対策 7：企業方針である豊富な品ぞろえに反するから
対策 8：X 駅前には、これ以上の新規出店の余地はないから

(2) (対策) 5

[設問 3] イ

[設問 4] (1) オ

- (2) ・最新購買日
- ・購買頻度
- ・累計購買金額



演習問題 ● Exercise

問 24 マーケティング戦略の立案に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H21 春・AP 午後問 1)

〔B 社の概要〕

B 社は資本金 3,000 万円、年商約 21 億円の食品スーパーで、大都市周辺のベッドタウン C 市内に 3 店舗を展開している。店舗は、C 市内にある私鉄の三つの駅の近辺に広がる住宅地に 1 店ずつ配置されている。B 社は経営環境の変化に伴う経営見直しのために、新たなマーケティング戦略を立案することにした。

各店舗とも、全来店客に占める、近隣の住宅地に住むシルバー世代の割合が高いので、シルバー世代向けに総菜の充実、日用雑貨の販売などによるワンストップショッピングを実現している。そのほかには商品の品揃えに特徴を設けてはいない。

B 社は生鮮野菜や鮮魚について独自の仕入れルートをもっており、一般的な食材以外に競合他店では仕入れが困難な高級食材や珍しい食材の入手も可能である。しかし、低価格での販売を店舗コンセプトにしているので、現在はそのような食材の仕入れ・販売はしていない。また、一部の店舗で実施していた対面販売も、売場が対面販売向けに作られていなかったもので使い勝手が悪く、現在では行っていない。

店舗面積は各店とも 300m² 程度で品揃えの拡大には限界がある。駐車場も 30 台分程度と狭い。

〔外部環境〕

B 社は外部環境の調査を専門企業に依頼して、次の事実を把握した。

- ・商圏内の人口分布では 60 歳以上が 27% を占めており、高齢化が進んでいた。しかし、最近私鉄の路線が更に延長され、大幅な増便で便利になったことから、大型マンションや家族寮の建設が相次ぎ、車離れの傾向が見られる若い世帯や 30～40 代の DINKs (子供をもたない共働き世帯) の流入が顕著になってきた。
- ・30～40 代の DINKs のうち 35% の人は、自分で調理して食事を楽しみ

たいと考えているが、そのうちの 55%は調理方法に詳しくない。

- ・シルバー世代は自分で調理する人は少ないが、食事にこだわりをもつ傾向は強い。

〔競合環境〕

- ・B社の店舗がある住宅地の近辺には、総合スーパーが2店ある。いずれも店舗面積は2,000m²以上で、大型駐車場を併設している。品揃えは幅広く、特定の分野には特化していない。2店とも低価格での販売を競っており、店舗運営コストを抑えるために、対面販売は一切行っていない。幅広い年齢層をターゲットにしているが、最近はシルバー世代をねらった品揃えを充実させている。
- ・コンビニエンスストアは年々店舗数が増え、現在B社の商圈内に8店点在している。いずれも売れ筋の食料品や日用品に特化した品揃えで、弁当や総菜も充実させている。

〔マーケティング戦略の立案プロセス〕

このような競合環境から、B社では近隣住民の年齢構成の変化を踏まえて、シルバー世代の固定客を維持しつつ、新たな顧客層の開拓を目指したマーケティング戦略を立案することにし、次の1～3の手順に従って進めた。

1. 市場の細分化

外部環境の調査結果などから、B社の商圈内の顧客を同質のニーズや類似した購買傾向をもつグループに細分化して分析した結果、まず次の四つのグループ（以下、Ⅰ～Ⅳで表す）をターゲット市場の候補として選定した。

- Ⅰ 店舗の徒歩圏（半径1km以内）に住む世帯
- Ⅱ 可処分所得に余裕がある30～40代のDINKs
- Ⅲ 車をもっていない世帯
- Ⅳ 自分で調理して食事を楽しみたいと考えている世帯

2. ターゲット市場の選定

市場の細分化によって選定した四つの候補の中から、B社の企業体力を考慮して、最も有望な1グループに絞り込んで新たなターゲット市場を選定することにした。候補を絞り込むために、次の五つの視点から各グループの有効性を分析し、評価した。

- ・ は適正で成長性があるか

I	国勢調査の結果から、 <input type="text" value="a"/> は適正であると判断された。
II	外部環境の調査結果から、 <input type="text" value="a"/> は適正であると判断された。
III	外部環境の調査では分析・評価ができなかった。
IV	外部環境の調査結果から、 <input type="text" value="a"/> は十分ではないと判断された。

- ・ 市場の収益性は高いか

I	現在以上の高い収益性は見込めない。
II	購入平均単価が高く、高い収益性が期待できる。
III	現在以上の高い収益性は見込めない。
IV	このグループにとって、高級食材は <input type="text" value="b"/> が低いので、高い収益性が期待できる。

- ・ の高さはあるか

I	購入商品の配送サービスを安価で提供できれば可能だが、採算性に問題がある。
II	特に期待できない。
III	購入商品の配送サービスを安価で提供できれば可能だが、採算性に問題がある。
IV	珍しい食材の品揃えや対面販売の再開によって高くすることが可能である。

- ・ 他店との競合状態は厳しいか

I	同程度と見られる。
II	同程度と見られる。
III	同程度と見られる。
IV	このような世帯に特化している競合店はないので厳しくはない。

- ・ 現在の主要顧客との は期待できるか

I	現在の主要顧客との重複が大きいのので、 <input type="text" value="d"/> はある程度期待できる。
II	特に期待できない。
III	現在の主要顧客との重複が大きいのので、 <input type="text" value="d"/> はある程度期待できる。
IV	豊かな食事へのこだわりが強い点で共通性があり、 <input type="text" value="d"/> は若干期待できる。

以上の結果、ターゲット市場をIVに絞り込むことにしたが、 が十分ではなく、かつ、シルバー世代の固定客への配慮が不十分だと判断した。シルバー世代の固定客を維持することも考慮して、“自分で調理して食事を楽しみたい世帯”と“手間をかけずに食事を充実させたい世帯”を併せてターゲット市場に選定した。

3. 店舗コンセプトの策定

選定したターゲット市場にふさわしい店舗コンセプトとして、“豊かな食の提供”を掲げることにした。この店舗コンセプトに合致する店づくりを、B社の企業体力から、価格ではなく品揃えとサービスの両面から

実現する。具体的には、調理の楽しみと豊かな食の実現に必要な食材や総菜をアピールした品揃えに特化することによって、 店舗コンセプトを強調する。また、他店では仕入れが困難な生鮮野菜や鮮魚の品揃えと調理の提供、対面販売の再開によって競合他店では模倣しにくい優位性を実現する。

以上の検討結果に基づいて、新たなマーケティング戦略の具体的な施策を進めることにした。

設問1 市場の細分化、ターゲット市場の選定について、(1)、(2)に答えよ。

(1) 今回の分析では、細分化の基準（変数）として、解答群の四つの変数を使用した。分析の対象とした可処分所得、調理と食事の楽しみ、来店頻度は、それぞれどの変数に該当するか。解答群の中から選び、記号で答えよ。

(2) 本文中の下線部の理由を、“経営資源”の観点から30字以内で述べよ。

解答群

- | | |
|---------|-----------|
| ア 行動的変数 | イ 人口統計的変数 |
| ウ 心理的変数 | エ 地理的変数 |

設問2 ターゲット市場の選定について、本文中の ～ に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- | | | |
|--------------|------------|----------|
| ア 価格弾力性 | イ コアコンピタンス | ウ サンクコスト |
| エ 参入障壁 | オ 市場規模 | カ シナジー効果 |
| キ ライフタイムバリュー | | |

設問3 店舗コンセプトの策定について、本文中の に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア 競合他店との違いが訴求できる
- イ 競合他店との同質化が促進できる
- ウ チャネルパワーが拡大できる
- エ ブランドエクイティが高まる

設問4 新たなマーケティング戦略における具体的な施策として、“品揃えを拡充するための健康補助食品，医薬部外品の取扱い”を検討したが採用しなかった。採用しなかった理由を，本文中の〔マーケティング戦略の立案プロセス〕での記述を勘案して，30字以内で述べよ。

【解説】

マーケティング戦略の立案とそのプロセスに関する問題である。マーケティングは，企業活動の一つであり，顧客が真に求める商品やサービスを作り上げ，その情報を伝え，顧客がその商品を得られるようにすることである。企業の経営資源（人，物，金，技術）は有限であるため，最も効率的に自社資源を投入すべきであるが，そのためには，ターゲットにすべき市場の分野を決定する必要がある。そして，このために行われるのが市場の細分化であり，これもマーケティングの一環である。

この細分化には切り口となる基準（変数）が必要となる。米国の経営学者であるフィリップ・コトラーは市場の細分化の基準として，行動的変数，人口統計的変数，心理的変数，地理的変数の四つを提唱した。そして，これらの変数は更に細分化され，例えば，人口統計的変数であれば，年齢，性別，所得などがある。企業は細分化されたこれらの変数をもとに，企業固有の状況にあった細分化の基準（変数）を設定する。そして，その企業固有のターゲット市場の候補を検討する。

候補に挙がったターゲット市場は最終的には一つ絞られることになる。この絞り込みの過程において評価要因の設定が重要になる。評価要因の例としては，市場規模，市場の収益性，参入障壁の高さ，他社との競合状況に厳しさ，顧客がファンになる可能性などがある。これらの評価要因に基づいてターゲット市場の分析評価を行い，更に見直しが行われ，最終的なターゲット市場が選定される。ターゲット市場が選定されたら，その市場に相応しいコンセプトを樹立させ，新たなマーケティング戦略の具体的な施策を進めていく。

〔設問1〕

(1)解答群にある四つの変数は，前述のコトラーが提唱したものであり，具体的な内容を次に示す。

ア：行動的変数……購買頻度，追求される利益，使用率，ロイヤリティなど

イ：人口統計的変数……年齢，性別，家族状況，所得，職業，教育水準，宗教など

ウ：心理的変数……社会階層，ライフスタイル，パーソナリティ(性格・個性)など

エ：地理的変数……地域，都市の規模，人口密度，気候など

この内容から，可処分所得は人口統計的変数(イ)，調理と食事の楽しみは心理的変数(ウ)，来店の頻度は行動的変数(ア)になる。

しかし，本問では四つの変数について具体的な説明がされていないので，コトラーが提唱した内容を知らない場合は，人口統計的，心理的などの言葉のイメージから判断することが求められる。可処分所得については，単に所得だけではなく，年齢や家族構成などによって異なるので人口統計的変数である。また，調理と食事の楽しみは，個人の好みに関するものなので心理的変数である。そして，来店の頻度は行動を表すものなので行動的変数になる。

(2)問題文の下線部は「最も有望な1グループに絞り込んで新たなターゲット市場を選定することにした」である。この理由を“経営資源”の観点から述べる問題である。これは，市場の細分化の理由そのものであるが，市場の細分化の理由はターゲット市場を明確化して，有限の自社の経営資源を適切に配分するためである。

なお，下線部の直前には「B社の企業体力を考慮して」という記述がある。また，〔B社の概要〕にある資本金や年商，店舗数，そして，店舗面積や駐車場の規模，そして，〔競合環境〕にある総合スーパー2店との対比が記述されているが，これらの内容は，この設問のヒントになっている。「経営資源を集中的に投入することを可能にする」，「ターゲット市場を明確にし，経営資源の適性配分を図る」などと解答すればよい。

〔設問2〕

解答群にある用語の意味を示す。

ア：価格弾力性……一般的には，商品の価格が下がれば需要は増加し，上がれば減少するが，その程度を示す指標が価格弾力性で，需要の変化率／価格の変化率の絶対値で表される。米や野菜などの生活必需品は価格が上がったとしても需要の変化は少ないので価格弾力性は低い。一方，宝飾品などの嗜好品は，価格の変化に伴う需要の変化が大きいのので，価格弾力性が高い。

イ：コアコンピタンス……他社に真似できないその企業の核となる能力のことであり，競争優位性の源泉となる。企業は，このコアコンピタンスを高めることによって，競合他社からの参入障壁（後述）を高めることができる。

ウ：サンクコスト (sunk costs) ……サンク (sunk) は sink (沈む) の過去分詞であり、沈んでしまったと言う意味で、埋没費用と訳される。投下した資金のうち、どのような決定 (活動の縮小・中止など) を行っても回収できない費用のことである。

エ：参入障壁……ある市場へ加わろうとするとき、その参入を妨げる障害のことであり、これが高いほど参入が困難である。企業にとっては、新規企業の市場参入は脅威になる。そこで、ブランド力、技術力などのコアコンピタンスを武器にして参入障壁を高めることが求められる。

オ：市場規模……文字どおり、市場の大きさのことであるが、一般的には、ユーザが1年間にその市場に費やした金額の総計で表される。

カ：シナジー効果……相乗効果のことをいう。企業が合併したとき、利益が合併前の和よりも合併後のほうが大きいときはシナジー効果があるといえる。

キ：ライフタイムバリュー……顧客生涯価値と訳される。平均寿命を持った1人の顧客が、生涯を通じてある企業の製品やサービスに支払うお金の総額を意味する。

ターゲット市場の選定のために行った五つの視点からの分析、評価に関する内容に設定されている空欄 a～d の内容を解答群から選ぶ。なお、五つの視点からの分析・評価については、I～IVの四つのグループごとに行われているが、次のとおりである。

I：店舗の徒歩圏 (半径 1km 以内) に住む世帯

II：可処分所得に余裕のある 30～40 代の DINKs

III：車をもっていない世帯

IV：自分で調理して食事を楽しみたいと考えている世帯

・空欄 a：「適正で成長性があるか」という分析・評価を国勢調査や専門企業に依頼して行った外部環境調査の結果をもとにしている。そして、その結果、グループ I、II は適正で、III は分析・評価ができず、IV は十分ではないと判断されている。まず、国勢調査の結果からは、人口やその増減、年齢、家族構成の割合などなので、グループ I に対しては、徒歩圏に居住する人口などが分かる。また、[外部環境] の調査結果からは、グループ II について商圏内への流入が顕著であることと、その「35% の人は、自分で調理して食事を楽しみたい」こと、そして、「そのうち 55% が調理方法に詳しくない」ことが分かる。これらの内容と、分析・評価の結果から考えると、この空欄に入る内容は、対象者の数と

関係するものであることが想像できる。Ⅳの「外部環境の調査結果から、(a)は十分ではないと判断され」、シルバー世帯の固定客を維持することを考慮していることも、そのことを裏付けている。解答群の中で対象者の数に関係するのは、市場規模(オ)であり、「適正」、「成長性」といった評価の観点にも合致する。

・空欄 b：市場の収益性に関する評価で、Ⅳにあるように「高級食材は(b)が低いので、高い収益性が期待できる」としている。Ⅳは、自分で調理して食事を楽しみたいと考えている世帯であるが、高級食材によって高い収益性が確保できるということなので、このグループが高級食材を購入するであろうということである。そして、その結果として、高い収益性が確保できるのであるから、収益、つまり、コストに対する利益が大きいということである。コストという観点では(ウ)のサンクコスト(埋没費用)があるが、前述のようにこれは回収不能となったコストのことなので、たとえ低くとも存在する以上、収益は見込めないので誤りである。

一方、[外部環境]の最後に、「シルバー世代は自分で調理する人は少ないが、食事にこだわりをもつ傾向は強い」という記述がある。食事にこだわりをもつとは、多少高くてもよいものを食べるということで、これがヒントになる。つまり、一般的に、高級食材は値段によって需要の変わる価格弾力性の高い商品であるが、Ⅳのグループに属する人は、多少高くてもよいもの、つまり、高級食材を購入する傾向が強いということであるから、高級食材の価格弾力性が低いということである。したがって、価格弾力性(ア)が入る。価格弾力性が低い、つまり、多少高くても買うのであれば、高い収益性が期待できる。

・空欄 c：「高さ」という評価に対して、可能であれば B 社にとって都合がよい内容であることが分かるであろう。「高いことがよい」ことを示す指標には、(イ)、(エ)、(カ)、(キ)が該当する。Ⅰ、Ⅲに対する分析・評価から、「配送サービスを安価で提供」すること、また、Ⅳには「珍しい食材の品揃えや対面販売の再開によって」確保できる、つまり、他では真似のできないサービスの提供によって、高くすることが可能とある。この点から考えると(イ)、(エ)が候補となるが、B 社は食品スーパーであるから、安価な配送サービスの提供がコアコンピタンス(イ)とはいえない。したがって、参入障壁(エ)が正解である。なお、参入障壁の高さが確保できれば、他社の新規参入が難しいため、B 社にとって有利となる。ちなみに、[マーケティング戦略の立案プロセス]の「3. 店舗コンセプトの策定」に「他店では仕入れが困難な生鮮野菜や鮮魚の品揃えと調理の提供、対面販売の再開によって競合他店では模倣しにくい優

位性を実現する」という記述があり、これも大きなヒントになるだろう。

・空欄 d：現在の主要顧客とⅠ～Ⅳの間で期待できるかどうかの評価である。重複が大きい場合には「ある程度期待」でき（Ⅰ，Ⅲ），共通性がある場合には「若干期待」できる（Ⅳ）という分析・評価結果である。解答群の中で二つのものの間で期待できるものは，シナジー効果（カ）しかない。分析・評価結果に反しないことも確認する。今後のターゲット市場とこれまでの主要顧客の重複が大きい場合，ターゲット市場に配慮した品揃え，サービスを提供すれば，重複している部分の顧客に対しては，更なる売上と，シナジー効果が期待できる。したがって，分析・評価結果とは反していない。

〔設問3〕

空欄前後は「……アピールした品揃えに特化することによって， e 店舗コンセプトを強調する」となっている。一般に，品揃えによるアピールの対象は顧客であるので，店舗コンセプトを強調する対象も顧客であると考えられる。したがって，空欄の内容は顧客に対して強調することで，B社にとってメリットのある内容である。また，空欄に続く記述は「……競合他店では模倣しにくい優位性を実現する」となっている。したがって，「競合他店との違いが訴求できる」（ア）が入ることになる。

なお，その他は，それぞれ次のような点がそぐわない。

イ：B社の店舗独自のコンセプトを強調するのであるから，他店との同質化ではない。

ウ：チャンネルパワーとは，生産者，問屋，小売店，購買者など，その商品の流通経路における自社の優位性のことである。高級素材に関してある程度の売上を恒常的に確保できれば，問屋などに対する影響力が強まり，チャンネルパワーは拡大できるかもしれないが，それを顧客にアピールするメリットはあまり大きくない。

エ：ブランドエクイティとは，ブランドの持つ無形の資産価値のことで，ブランドイメージなどのことである。他店で扱わないような高級食材を中心に扱うことによって，ブランドエクイティは高まることになる。しかし，顧客に対して高まったブランドエクイティを強調することは意味があるが，高まることを強調してもあまりメリットはない。

〔設問4〕

B社の掲げる店舗コンセプトは“豊かな食の提供”である。また，その実現

のために、「3. 店舗コンセプトの策定」の「この店舗コンセプトに合致する店づくり」という記述の後に、「具体的には、調理の楽しみと豊かな食の実現に必要な食材や惣菜をアピールした品揃えに特化」と続く。一方、設問文には「新たなマーケティング戦略における具体的な施策として、“品揃えを拡充するための健康補助食品，医薬部外品の取扱い”を検討」とある。まず，“品揃えの特化”に対して，“品揃えを拡充”という具体策は矛盾している。更に，品揃えの拡充のための商品が「健康補助食品」，「医薬部外品」とされている点についても考えてみる。健康補助食品とは，一般にサプリメントなどと呼ばれている商品で，通常の食事では不足しがちな栄養素などを補うための食品である。また，医薬部外品として思いつくのは，ドリンク剤などと呼ばれる商品であろう。そして，いずれの商品も食事以外の方法で必要なものを補うことを目的としている。したがって，品揃えの特化ということだけではなく，“豊かな食の提供”という店舗コンセプトに反した商品であることが分かる。店舗コンセプトまでに言及し，「店舗コンセプトに合致する品揃えが維持できなくなるから」，“豊かな食の提供”という B 社の店舗コンセプトに反するため」などが解答になる。

【解答例】

〔設問 1〕 (1)可処分所得：イ

調理と食事の楽しみ：ウ

来店の頻度：ア

(2)経営資源を集中的に投入することを可能にする。

〔設問 2〕 (a) オ (b) ア (c) エ (d) カ

〔設問 3〕 ア

〔設問 4〕 店舗コンセプトに合致する品揃えが維持できなくなるから。



演習問題 ● Exercise

問 25 料理教室チェーンの経営戦略に関する次の記述を読んで、設問 1～4 に答えよ。

(H25 春-AP 午後問 1)

X 社は、料理教室のチェーンである。今までは、大都市圏を避け、全国の中規模都市を中心に数十教室を展開し、講師と生徒との一体感を醸し出す雰囲気などを強みにしていた。さらに、IH コンロを使用したレシピをいち早く用意したことが雑誌などにも紹介され、都市ガスが未整備で IH コンロ利用者が多い地域において急速に教室数を伸ばしてきた。現在、教室の 9 割以上に IH コンロや電気オープンなどのオール電化機器を配置している。

しかし、類似したレシピや教え方で競合する料理教室が増加し、従来の事業運営では、人口が限られた中規模都市で、これ以上の売上の増加が難しくなっている。教室設備の規模に応じて、生徒の定員は決まってしまうので、売上を増加させるためには、各教室の広さを拡大するか、教室数を増やす必要がある。

大都市圏では、既に、大規模チェーンから個人経営まで様々な形態の料理教室があり、競争は激しいものの、人口が多い。このことから、新たな生徒を確保し、売上を伸ばせる可能性が高いと考え、大都市圏における新規の教室の展開を検討することにした。

なお、既存の中規模都市の教室については、従来の事業運営の方針を変更しない。

〔調査結果〕

X 社は、大都市圏に料理教室を新たに開設するに当たって、調査会社に外部環境の調査を委託し、次のような結果を得た。

- ・ 中心的な顧客と見込まれる主婦層を対象にしたアンケート調査では、新しい設備を備えていること、授業料が安く月額制であること、少人数制で親切に教えてくれることなどが要望として挙がっていた。

- ・特定の地域において、全家庭数に対する、ある種類のコンロを所有する家庭数の割合を普及割合と呼ぶ。都市ガス供給エリアでは IH コンロよりもガスコンロの方が経済的なので、IH コンロの普及割合は、現時点では、中規模都市ほど高くない。5 年間はこの傾向が続くが、その先においては、IH コンロとガスコンロの普及割合は予測できない。
- ・IH コンロと同じように、調理時間を設定できるタイマ機能を備え、IH コンロにはない、強い火力をもつ高機能ガスコンロの普及割合が、中規模都市と比較して高い。
- ・高機能ガスコンロを設置している料理教室は少ない。

〔現状の問題〕

料理教室では顧客が他のチェーンの教室へ移る障壁が低いので、顧客の要望を取り入れることは重要である。しかし、X社が、大都市圏で新規に教室を展開するときには、次の問題があり、顧客の要望の全てを取り入れることはできない。

- ・新規に教室を開設する際には、多額の資金が必要である。
- ・既存教室の設備の更改も必要であるので、①財務面における安全性指標から、新たな設備投資が制約される。
- ・講師を多くし、安い授業料を設定すると、教室の新規開設に要した資金を回収するのに時間が掛かる。

〔戦略策定〕

X社では、現状の問題を踏まえた上で、大都市圏への教室の開設に関する戦略を策定するために、ファイブフォース分析を実施したところ、次のとおりであった。

- ・顧客が教室を移る障壁が低いことは、a の交渉力が強いことを示している。
- ・一定の需要がある一方で、サービスの b が難しいので、業界内の競争が激しい。

また、ファイブフォース分析を提唱した M. E. ポーターによる戦略策定方針を参考にして、今後の事業戦略の方向性を、次のように定めた。

- ・ の交渉力を強めるおそれはあるが、競合する教室との関係上、顧客の要望に応え、中規模都市では 3～6 か月分の前払制だった授業料を月額制にする。
- ・ 火力が強い高機能ガスコンロを設置してレシピの充実を図り、サービスの につなげる。

新規に教室を開設するのに必要な資金の確保については、次の方針とした。

- ・ サービス品質を維持するために、材料費や光熱費などの変動費の抑制は実施しない。
- ・ これ以上の借入れや株式発行ができないこと、及び資本提携では経営の自由度が狭まることを踏まえ、②設備投資を抑制する。

[X 社の標準教室の状況]

X 社では、教室開設の計画や中期的な事業計画を策定するに当たり、平均的な広さや設備をもつ教室（以下、標準教室という）を設定している。

高機能ガスコンロやガスオープンを配置した場合の、標準教室における収支の内訳を次のとおり算出した。年間経費については、開設時の投資の減価償却費を含めており、X 社では管理会計上、固定費と変動費に明確に区分している。

- ・ 最大生徒数 100 人、入会金なし、授業料月額 2 万円
- ・ 年間経費：固定費 720 万円、変動費 1,600 万円（最大生徒数のとき）

また、X 社では、調理機器などの販売は実施していないが、香辛料など入手しにくい食材は、現金で販売している。教室の壁には、生徒がよく見る教育コースのスケジュールや新しい教育コースの案内を掲示している。壁には、まだ空きスペースがある。

[提携内容]

X 社は、設備投資を抑制する対策の一つとして、ガスを使った調理の良さをアピールしようとしているガス会社との提携を考えた。

数社のガス会社と交渉した結果、大都市圏のガス会社 Y 社と、次に示す条件で提携することにした。

- ・新規の教室については、全てのコンロやオーブンをガス機器とし、ガス会社が無償で提供する。
- ・X社は、ガス機器の高度な機能を活用したレシピを開発する。

Y社は、自社ではガス機器の製造・販売をしておらず、イメージ広告や新しいガス機器などの広告宣伝によって、家庭でのガス使用量の増加を狙っている。③X社の教室に新しいガス機器を設置することなどで、広告宣伝効果が得られると判断した。

この提携によってX社は、今後、標準教室においては、減価償却費を年間80万円減らすことができると試算した。しかし、提携が継続したとしても、④5年から10年先の将来を見通した場合に機器への設備投資が必要になるリスクがあると考えている。

設問1 X社の事業環境について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 本文中の a に入れる適切な字句を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- | | | |
|---------|-------|-------|
| ア 売り手 | イ 買い手 | ウ 競合者 |
| エ 新規参入者 | オ 代替品 | |

- (2) 本文中の b に入れる適切な字句は何か。5字以内で答えよ。

設問2 X社の財務状況について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 標準教室において、Y社との提携によるガス機器の提供を受けた場合の損益分岐点の生徒数を求めよ。
- (2) 本文中の下線①に用いられる安全性指標を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- | | | |
|-----------|-----------|--------|
| ア 売上債権回転率 | イ 固定長期適合率 | ウ 当座比率 |
| エ 労働分配率 | | |

- (3) 本文中の下線②によって直接影響を受けるキャッシュフローを答えよ。

設問3 提携内容について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) Y社にとって、本文中の下線③以外にも広告宣伝効果を期待できる方策がある。〔提携内容〕を勘案し、X社の教室の資源を活用することによって、情緒に訴えるイメージ広告よりも高い効果が期待できる方策を、35字以内で述べよ。
- (2) (1)で記述した方策について、効果がある理由を30字以内で述べよ。

設問4 本文中の下線④に記述されているX社のリスクは、どのような場合に対応策の検討が必要になるか。30字以内で述べよ。

【解説】

料理教室チェーンの経営戦略に関する問題である。

設問1は、ファイブフォース分析に関する出題となっており、設問2で、損益分岐点の計算、財務分析指標、キャッシュフローについてと続いていく。更に、設問3では、広告宣伝効果の高い具体的な方策とその理由に関して問われている。設問4では、リスクマネジメントにおけるSWOT分析を脅威(Threats)の切り口から読み取ることができるかという問題になっている。このように、事業戦略を策定していく上では、どのような観点が重要であるかを理解し、財務分析を実施し、具体的な方策を立てるといったことが重要である。設問を通して、幅広い見識が求められる総合問題となっている。

〔設問1〕

- (1) マイケル・E・ポーターのファイブフォース分析に関する設問である。

ファイブフォース分析とは、ハーバード・ビジネススクール教授マイケル・E・ポーターによって、1980年初めに著書『競争の戦略』で提唱され、業界における企業の競争優位性、又は競争戦略を分析するものである。この分析の目的は、業界の構造及び収益性や魅力度、自社企業の参入可能性、事業戦略の適合性、競争優位構築の可能性を分析することにある。この分析のフレームワークは、業界における競争要因となる次の五つから構成される。

- ① 新規参入企業の脅威
- ② 競争企業間の敵対関係
- ③ 代替製品・サービスの脅威
- ④ 買い手（バイヤ）の交渉力
- ⑤ 売り手（サプライヤ）の交渉力

- ・空欄 a：〔戦略策定〕の空欄 a の直後は、「の交渉力」となっている。前述のファイブフォース分析のうち、「交渉力」は、④「買い手（バイヤ）の交渉力」と⑤「売り手（サプライヤ）の交渉力」で使われており、「買い手」か「売り手」のどちらかが入ることになる。

一つ目の空欄 a の直前は「顧客が教室を移る障壁が低いことは」とあり、顧客が X 社の教室から簡単に他の競合相手の教室に替わってしまうことを意味する。これは、顧客の交渉力が強いことを示しており、顧客とは「買い手」を指していると考えられる。二つ目に「買い手」を入れてみると、「買い手の交渉力を強めるおそれはあるが、競合する教室との関係上、顧客の要望に応え、中規模都市では 3～6 か月分の前払制だった授業料を月額制にする」という記述にも適切である。したがって、(イ)の「買い手」が入る。

- (2) マイケル・E・ポーターの競争優位の戦略に関する問題である。

ポーターは、競争優位の戦略として、コストリーダーシップ（低コスト）と差別化を挙げている。

- ・空欄 b：〔戦略策定〕の二つ目の空欄 b の前は、「火力が強い高機能ガスコンロを設置してレシピの充実を図り、サービスの」という記述である。火力が強い高機能ガスコンロを設置してレシピの充実を図ることは、料理教室の設備の差別化を図ることである。「差別化」を入れての一つ目の空欄 b を確認する。「一定の需要がある一方で、サービスの差別化が難しいので、業界内の競争が激しい」という記述が適切であることが分かる。したがって、「差別化」が入る。

[設問 2]

- (1) 損益分岐点分析に関する計算が問われている。

損益分岐点とは、文字通り、「損」と「益」の分岐を表す点であり、利益もないが損失も被らないという状態である。すなわち、売上から総費用を控除した利益が 0 になる点（売上と費用が等しくなる点）ということである。

ここでは、標準教室において、Y 社との提携によるガス機器の提供を受けた場合の損益分岐点の生徒数を x 人とする。

〔X 社の標準教室の状況〕に、「入会金なし、授業料月額 2 万円」と記述されているので、年間の生徒 1 人当たりの売上は、次のように表される。

$$\text{売上} = 2 \text{ 万円} / \text{月} / \text{人} \times 12 \text{ 月} = 24 \text{ 万円} / \text{人}$$

生徒数が x 人なので、年間の売上 $= 24 \text{ 万円} / \text{人} \times x \text{ 人} = 24x \text{ 万円}$ となる。

次は年間の変動費を計算する。〔X 社の標準教室の状況〕に「最大生徒数 100 人」、「変動費 1,600 万円（最大生徒数のとき）」と記述されているので、年間の生徒 1 人当たりの変動費は、次のように計算される。

$$\text{年間の生徒 1 人当たりの変動費} = 1,600 \text{ 万円} \div 100 \text{ 人} = 16 \text{ 万円} / \text{人}$$

生徒数が x 人なので、年間の変動費 $= 16 \text{ 万円} / \text{人} \times x \text{ 人} = 16x \text{ 万円}$ となる。

更に、「固定費 720 万円」、〔提携内容〕の最後の段落に「減価償却費を年間 80 万円減らすことができる」と記述されているので、変動費と固定費を合わせた総費用は、次のように計算される。

$$\text{総費用} = 16x \text{ 万円} + 720 \text{ 万円} - 80 \text{ 万円}$$

損益分岐点では、売上から総費用を控除した利益が 0 になるので、利益 $= \text{売上} - \text{総費用}$ から次のように式が展開される。

$$24x \text{ 万円} - (16x \text{ 万円} + 720 \text{ 万円} - 80 \text{ 万円}) = 0$$

$$8x \text{ 万円} = 640 \text{ 万円}$$

$$x = 80 \text{ 人}$$

したがって、損益分岐点の生徒数は「80」（人）が正解である。

(2) 財務分析指標のうち、安全性指標に関する設問である。

安全性指標とは、財務的に支払能力がどれだけあるかを意味するもので、具体的には、資金の流れが円滑であるか、調達した資金は期限内に支払うことができるのか、運用に供された資金は円滑に還流することができるのかといったことを表す指標である。解答群のうち、安全性指標であるのは、(ア)の「売上債権回転率」、(イ)の「固定長期適合率」、(ウ)の「当座比率」である。(エ)の「労働分配率」は企業の成長力を示す生産性指標である。

〔現状の問題〕の下線①を含む記述は「財務面における安全性指標から、新たな設備投資が制約される」となっている。設備投資に関連する安全性指標は、「固定長期適合率」と関係している。固定長期適合率とは、自己資本と社債や長期借入金などの固定負債によって、どの程度の固定資産が賄われているかを示す指標であり、「固定長期適合率 (%) $= \text{固定資産} \div (\text{自己資本} + \text{固定負債}) \times 100$ 」という計算式で求められる。この指標の値が小さいほど、安全性の観点から企業にとってよいと判断される。新たな設備投資を行うと、この指標の値が大きくなる。したがって、(イ)が正解である。

ア：売上債権回転率とは、売上債権が何回売上として回収されたかを示す指標であり、「売上債権回転率 (回/年) $= \text{売上高} \div \text{売上債権 (受取手形 + 売掛金)}$ 」という計算式で求められる。この指標の値が大きいほど、安全性の観点から企業にとってよいと判断される。

ウ：当座比率とは、短期的な負債を支払う当座資産がどれくらいあるかを示す指標であり、「当座比率 (%) $= \text{当座資産 (現金・預金 + 受取手形 + 売掛金 + 有価証券)} \div \text{流動負債} \times 100$ 」という計算式で求められる。この指標の値が大きいほど、安全性の観点から企業にとってよいと判断される。流動比率を補完し、換金性の高い当座資産と 1 年以内に支払期限が到来する流動負債との比率であり、即時（短期）の支払能力を表す指標である。流動性を測る、より厳密な基準という解釈から酸性試験比率とも呼ばれる。

エ：労働分配率とは、付加価値に占める人件費の割合、すなわち、人件費の負担

を示す指標であり、「労働分配率（％）＝人件費÷付加価値額×100」という計算式で求められる。この指標は、加工高対人件費率とも呼ばれ、人件費の適正水準を把握する生産性指標である。

- (3) キャッシュフローに関する設問である。

キャッシュフローには次の三つがあり、これらは財務諸表の一つである「キャッシュフロー計算書」では、次のように用いられている。

- ① 営業活動によるキャッシュフロー

営業損益計算の対象となった取引のほか、投資活動及び財務活動以外の取引によるキャッシュフローが記載される。

- ② 投資活動によるキャッシュフロー

固定資産の取得及び売却、現金同等物に含まれない短期投資の取得及び売却等によるキャッシュフローが記載される。

- ③ 財務活動によるキャッシュフロー

資金の調達及び返済によるキャッシュフローが記載される。

下線②の「設備投資を抑制する」というのは固定資産の取得を抑制することであるため、「設備投資を抑制する」ことによって直接影響を受けるキャッシュフローは、三つのうち、「投資活動によるキャッシュフロー」である。したがって、「投資活動による」が正解である。

[設問3]

- (1) 事業戦略に関して、具体的に広告宣伝効果を期待できる方策を問われている。

設問文には、「〔提携内容〕を勘案し」という指示があるので、確認する。提携条件の二つ目に「X社は、ガス機器の高度な機能を活用したレシピを開発する」という記述がある。また、設問文では、提携先のY社にとって、「X社の教室の資源を活用することによって」という指示があるので、「〔X社の標準教室の状況〕の最後にある「教室の壁には、生徒がよく見る教育コースのスケジュールや新しい教育コースの案内を掲示している。壁には、まだ空きスペースがある」という記述を確認する。これらから、〔提携内容〕を勘案し、X社の教室の資源を活用することによって、情緒に訴えるイメージ広告よりも高い効果が期待できる方策は、「教室の空いている壁に新しいガス機器などのポスターを掲示する」という解答になる。また、「教室の壁の空きスペースにガス機器の高度機能を活用したレシピを掲示する」という別解も考えられる。

- (2) 事業戦略に関して、具体的な広告宣伝効果を期待できる方策の理由を問われている。

〔提携内容〕のY社については、「Y社は、自社ではガス機器の製造・販売をしておらず、イメージ広告や新しいガス機器などの広告宣伝によって、家庭でのガス使用量の増加を狙っている」という記述がある。「教室の空いている壁に新しいガス機器などのポスターを掲示する」ことによって、家庭でのガス使用量を増

加させることが期待できるので、「広告内容が、ガス機器を使用する主婦層に直接届くから」が正解となる。また、(1)の別解に合わせ「レシピの紹介で家庭でのガス使用量の増加が見込めるため」などとしてもよいであろう。

[設問4]

リスクマネジメントにおける SWOT 分析から、脅威について事例を読み取ることができるかを問う設問である。

経営をとりまく環境には、大別すると、内部環境と外部環境がある。SWOT 分析では、自社の内部環境を「強み」と「弱み」という視点で分析し、外部環境を「機会」と「脅威」という視点で分析する。四つの頭文字をとって SWOT 分析と呼ぶ。

- ① 強み (Strengths)：自社の内部環境における強み
- ② 弱み (Weaknesses)：自社の内部環境における弱み
- ③ 機会 (Opportunities)：自社を取り巻く外部環境における機会
- ④ 脅威 (Threats)：自社を取り巻く外部環境における脅威

下線④では「機器への設備投資が必要になるリスク」という記述がある。そこで、X 社が大都市圏に料理教室を新たに開設するに当たって調査会社に外部環境の調査を委託した〔調査結果〕において、いわゆる SWOT 分析における外部環境に関する「機会」や「脅威」に相当するものを探してみる。すると、「機会」に相当するものとして、二つ目の項目の「IH コンロの普及割合は、現時点では、中規模都市ほど高くない」という記述や、三つ目の項目の「高機能ガスコンロの普及割合が、中規模都市と比較して高い」という記述がある。これらは、大都市圏において高機能ガスコンロを設置した新規の教室を展開する X 社にとって、追い風要因であり、外部環境としてはプラス要因であることが分かる。

「脅威」に相当するものとして、〔調査結果〕の二つ目の項目の「5 年間はこの傾向が続くが、その先においては、IH とコンロガスコンロの普及割合は予測できない」という記述がある。これは、大都市圏において高機能ガスコンロを設置した新規の教室を展開する X 社にとって、向かい風要因であり、外部環境としてはマイナス要因であることが分かる。更に、下線④には「5 年から 10 年先の将来を見通した場合」という記述があるので、X 社が対応策の検討をする必要があるリスクとは、「将来 IH コンロの普及割合が高くなる場合」であることが分かる。

【解答例】

- [設問 1] (1) イ
(2) 差別化
- [設問 2] (1) 80 (人)
(2) イ
(3) 投資活動による
- [設問 3] (1) 教室の空いている壁に新しいガス機器などのポスターを掲示する。
(2) 広告内容が、ガス機器を使用する主婦層に直接届くから
- [設問 4] 将来 IH コンロの普及割合が高くなる場合