

平成 20 年度 秋期
ソフトウェア開発技術者
午後 I 問題

試験時間

13:00 ～ 15:00 (2 時間)

注意事項

1. 試験開始及び終了は、監督員の時計が基準です。監督員の指示に従ってください。
2. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開いて中を見てはいけません。
3. この注意事項は、問題冊子の裏表紙に続きます。必ず読んでください。
4. 答案用紙への受験番号などの記入は、試験開始の合図があってから始めてください。
5. 問題は、次の表に従って解答してください。

問題番号	問 1 ～ 問 6
選択方法	必須

6. 答案用紙の記入に当たっては、次の指示に従ってください。
 - (1) B 又は HB の黒鉛筆又はシャープペンシルを使用してください。
 - (2) 受験番号欄に、受験番号を記入してください。正しく記入されていない場合は、採点されません。
 - (3) 生年月日欄に、受験票に印字されているとおりの生年月日を記入してください。正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。
 - (4) 解答は、問題番号ごとに指定された枠内に記入してください。
 - (5) 解答は、丁寧な字ではっきりと書いてください。読みにくい場合は、減点の対象になります。

注意事項は問題冊子の裏表紙に続きます。
こちら側から裏返して、必ず読んでください。

問 1 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。

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。

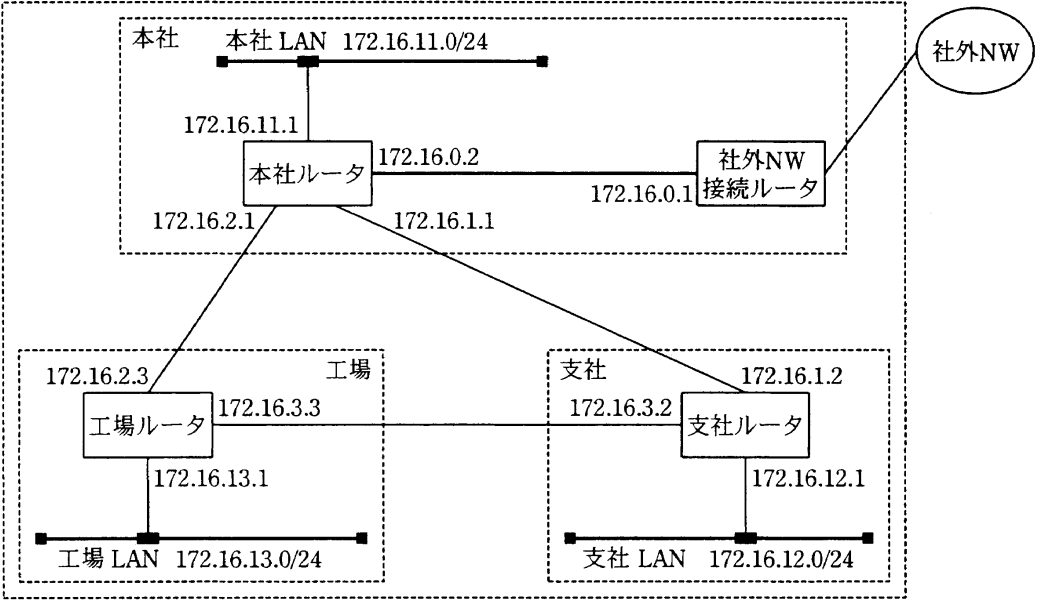


図 1 専用線で接続された Y 社ネットワーク

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	c
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、支社と工場間の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間に通信障害が発生した場合にだけ、ISDNを用いてダイヤルアップ接続し、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間の回線は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h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。

問2 ソフトウェア品質管理に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

M社は、家電製品の組込みソフトウェアの開発を行っている。M社の開発部門では、図に示すV字モデルを使って、開発工程の各フェーズの流れと、上流工程の成果物と下流工程のテストとの関係を定義している。

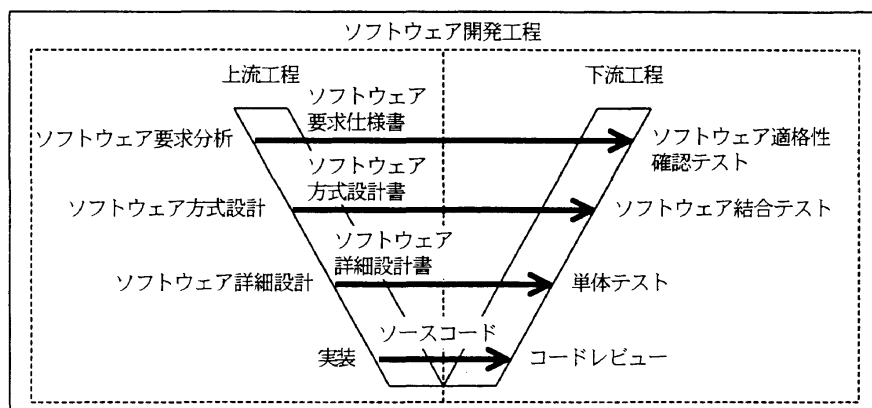


図 V字モデル

近年、家電製品の機能は増加の傾向にある。それに伴い、システムは大規模化、複雑化している。このような現状で、組込みソフトウェアの品質を向上させるために、M社は品質管理部門を発足させた。品質管理部門は、開発部門とは独立して、テストの計画、設計、実施を行う。

品質管理部門は、M社でのテストの現状を調査、分析した。その結果、上流工程、下流工程のいずれについても、M社としてのソフトウェアの品質基準が不明確であることが判明した。品質管理部門では、テストの標準化が最優先の課題と考え、そのための方策について検討を行った。

〔テスト計画の標準化〕

(1) 仕様の漏れや不具合が下流工程で発見され、手戻りが発生している。

対策として、仕様の漏れや不具合を上流工程で取り除くために、開発部門内で、ソフトウェア要求仕様書に対して、aを実施することを義務付けた。

開発担当者は、機能や制御の流れを、最初から順を追って説明していく。参加者

は、説明に沿ってソフトウェア要求仕様書を点検し、不明点や問題点を指摘する。

- (2) 既存のソフトウェアに新機能を追加するための変更を繰り返してきた結果、全体の設計が複雑になり、保守性が低下している。

対策として、設計の複雑さを改善するために、ソフトウェア方式設計書やソフトウェア詳細設計書に対して、を実施することにした。

品質管理部門が、設計の複雑さを指摘するチェックシートを作成し、モデレータと呼ばれる推進役を決める。モデレータは適切なメンバを選出し、メンバ全員がチェックシートと照らし合わせて、ソフトウェア方式設計書やソフトウェア詳細設計書をチェックする。設計の欠陥は問題記録表に記録するとともに、開発担当者に対して指摘し、欠陥が処置されるまでを追跡する。

- (3) 単体テストについては、テストケースの作成基準がないので、開発担当者によってはテストケースが不足し、テストの品質にばらつきが出ている。

対策として、十分な数のテストケースを作成するために、の考え方とグラフを使用することにした。

は、分岐を引き起こすすべての条件の組合せをテストするのではなく、それぞれの分岐方向を少なくとも1回はテストするテストケースを作成する方法である。グラフとは、入力と出力の関係を表す図表である。

- (4) ソフトウェア結合テストやソフトウェア適格性確認テストで発生した障害の修復が、ほかの機能に影響を与えた結果として、別の障害を発生させることになり、重大な問題となっている。

対策として、プログラム変更を行った内容が、ほかの機能に影響を与えていないことを確認するために、障害が発生したテストケース以外に、以前にテストを終了したテストケースも再実施するテストの実施を義務付けた。

〔テスト設計と実施の標準化〕

これまで、下流工程のテストケースは、下流工程の各フェーズの開始時に、開発担当者がV字モデルの矢印で関連付けられた上流工程の成果物を基にして作成していた。今後は、上流工程の各フェーズの開発担当者の作業と並行して、関連付けられた下流工程のテストケースを品質管理部門が作成することにした。これによってとを目指す。

下流工程の各フェーズにおいて、すべてのテストケースに合格することが、該当フェーズの終了基準である。

〔今後の課題〕

M 社では、ソフトウェアの品質に関して解決すべき課題がまだ残っている。品質管理部門が対応を検討している今後の課題を、次に示す。

- (1) 家電製品の機能の多様化に伴い、非機能要件を満たさなくなる可能性が出てきている。
- (2) 家電製品の機能の増加に伴い、機能の組合せによってテストケースの数が膨大になっている。
- (3) コーディングルールが守られていないので、ソースコードの保守性や移植性が低下している。

設問 1 本文中の a ～ e 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 イテレーション | イ インспекション | ウ ウォークスルー |
| エ ウォータフォール | オ 回帰 | カ 境界値 |
| キ 原因結果 | ク 構造設計 | ケ 条件網羅 |
| コ データ設計 | サ 同値 | シ ブラックボックス |
| ス 分岐網羅 | セ ホワイトボックス | ソ 命令網羅 |

設問 2 本文中の f , g 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 下流工程での作業の効率向上 | イ 下流工程での設計の構造化 |
| ウ 下流工程での設計の品質向上 | エ 下流工程でのフェーズの多様化 |
| オ 上流工程での作業の効率向上 | カ 上流工程での設計の構造化 |
| キ 上流工程での設計の品質向上 | ク 上流工程でのフェーズの多様化 |

設問3 〔今後の課題〕の(1)～(3)のそれぞれについて、有効な対策を解答群の中から一つ選び、記号で答えよ。

解答群

- ア 状態遷移図を使用する。
- イ 静的解析ツールを使用する。
- ウ 性能、操作性を十分に検証する。
- エ ソフトウェア信頼度成長曲線を使用する。
- オ 直交表を使用する。
- カ ユーザへのヒアリングを行う。

問3 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。

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）。

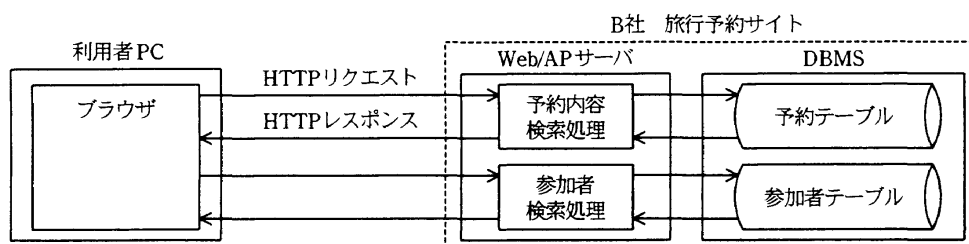


図1 予約確認にかかわる処理の概要

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旨を指摘した。

- (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。

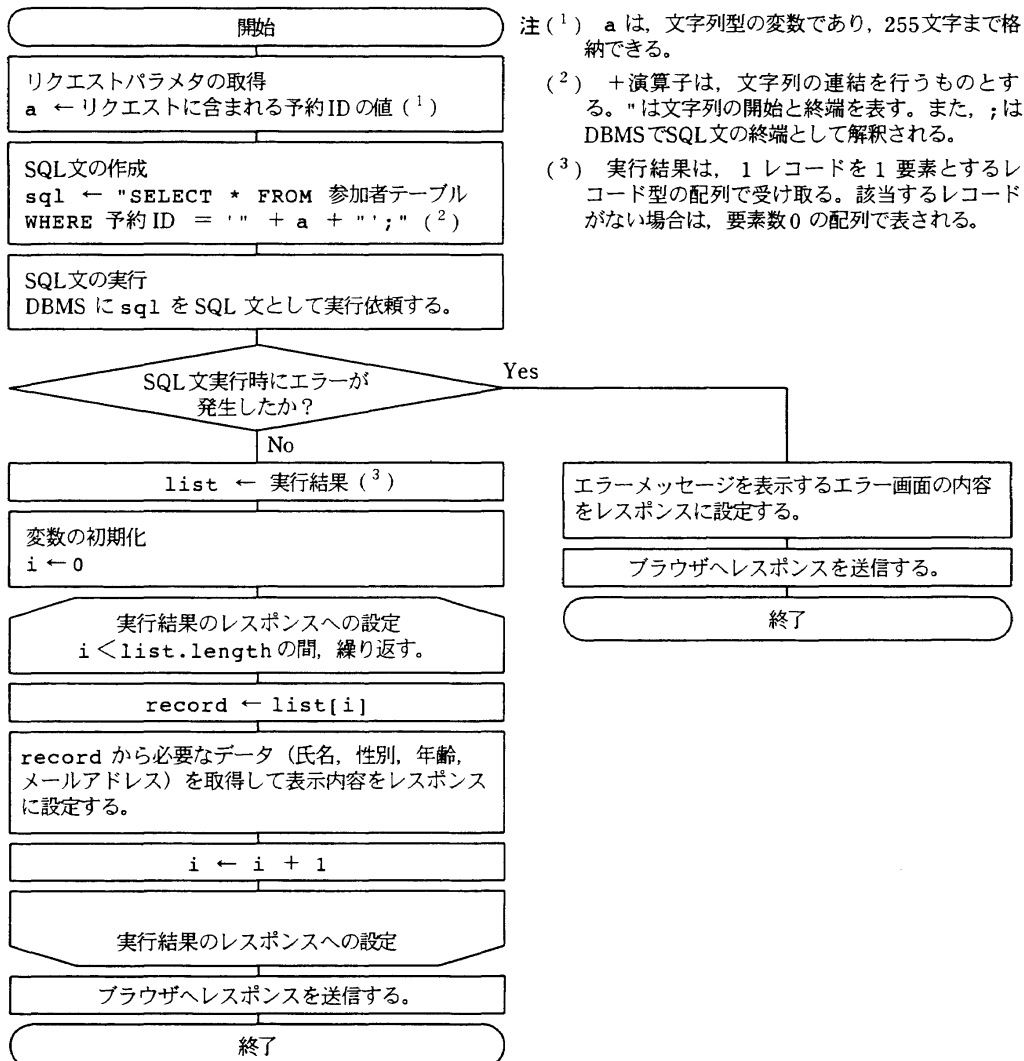


図 3 参加者検索処理の流れ図

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。

問4 ソフトウェア開発のプロセスアセスメントに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

ソフトウェア開発会社であるD社では、ソフトウェアの品質及び開發生産性の継続的な向上を経営方針としている。完成したソフトウェアを評価するだけでは、品質及び開發生産性の継続的な向上には限界があると考え、ソフトウェア開発プロセスの現状を把握し、改善することにした。そこで、D社では、ソフトウェア開発のプロセスアセスメント（以下、アセスメントという）を行った。ソフトウェア開発プロセスのモデルは“共通フレーム2007”を用いる。“共通フレーム2007”のプロセスを表1に、その中の開発プロセスのアクティビティを表2に、管理プロセスのアクティビティを表3に示す。

表1 “共通フレーム2007”のプロセス

番号	プロセス	
1	主 ライ フ サイ クル プ ロ セ ス	取得プロセス
2		供給プロセス
3		契約の変更管理プロセス
4		企画プロセス
5		要件定義プロセス
6		開発プロセス
7		運用プロセス
8		保守プロセス
9	支 援 ライ フ サイ クル プ ロ セ ス	文書化プロセス
10		構成管理プロセス
11		品質保証プロセス
12		検証プロセス
13		妥当性確認プロセス
14		共同レビュープロセス
15		監査プロセス
16		問題解決プロセス
17	組 織 に 関 する ライ フ サイ クル プ ロ セ ス	ユーザビリティプロセス
18		管理プロセス
19		環境整備プロセス
20		改善プロセス
21		人的資源プロセス
22		資産管理プロセス
23		再利用プログラム管理プロセス
24		ドメイン技術プロセス
25	システム監査プロセス	
26	修整プロセス	

表2 開発プロセスのアクティビティ

番号	アクティビティ
1	プロセス開始の準備
2	システム要件定義
3	システム方式設計
4	ソフトウェア要件定義
5	ソフトウェア方式設計
6	ソフトウェア詳細設計
7	ソフトウェアコード作成及びテスト
8	ソフトウェア結合
9	ソフトウェア適格性確認テスト
10	システム結合
11	システム適格性確認テスト
12	ソフトウェア導入
13	ソフトウェア受入れ支援

表3 管理プロセスのアクティビティ

番号	アクティビティ
1	開始及び管理対象の定義
2	計画立案
3	測定
4	実行及び管理
5	レビュー及び評価
6	終了

〔アセスメントの目的〕

アセスメントの本来の目的は、a こと及び b ことであるが、アセスメントが世の中から注目されるようになったので、c ためだけにアセスメントを実施する企業も出てきている。

D 社は、経営方針に沿って、a ためにアセスメントを実施した。

〔アセスメントの実施〕

アセスメントのインタビュー実施時に、D 社のソフトウェア開発の担当者の 1 人である E 君がインタビューを受けたときのやり取りの一部を次に示す。インタビューする人は N 氏である。

N 氏：あなたの仕事と、それをどのように行っているかを教えてください。

E 君：プログラムのコーディングからユニットテストまでを行っています。

①プログラムは、詳細設計書を見ながら、自分で過去に作成したことがあるプログラムを探して、流用するようにしています。適当なプログラムがない場合は、先輩などに相談し、流用できるプログラムを見つけます。自分で作成したプログラムを、先輩やチームリーダに見てもらうことは、特にありません。

ユニットテストを行う前に、テスト項目のチェックリストを作成します。チェックリストは、プログラムと同じように、過去のを流用しています。

N 氏：作成するプログラムとその作成期限は、どのように決めていますか。

E 君：毎回、作成対象のプログラムと作成期限を指示され、詳細設計書を渡されます。

通常は、設計書の枚数を見て、作成期限を調整してもらっています。時々、②プログラムを作成している間に、新たなプログラムの作成指示を受けることもあります。このように、同時期に複数のプログラムを割り当てられると、残業しても作成期限に間に合わないことがあります。

N 氏：プログラムがどの程度できているかといった報告は、どのようにしていますか。

E 君：③コーディングしたステップ数と所要時間を、毎日チームリーダに報告しています。

N 氏：ユニットテストは、どのように行い、その状況はどのように報告していますか。

E 君：テスト項目のチェックリストを作成し、それに合わせたテストデータを用意します。ユニットテストでは、プログラムごとの総テスト項目数及びテストを実

施したテスト項目数を毎日報告しています。

テストを実施し、④バグが見つかった場合は、バグを記録するバグ管理票に、該当プログラムとバグの内容、修正予定内容、修正結果、修正日を記入して、チームリーダーに報告しています。

N氏：プログラムは、どのように管理していますか。

E君：プログラムのコーディングが完了するまでは、自分に割り当てられた PC 内のローカルなフォルダで管理しています。

⑤ユニットテストに入るときにソースプログラムの共有サーバにチェックインし、ユニットテストでバグが見つかり修正するときにチェックアウトします。修正が完了するとチェックインしてからテストを再開します。

〔アセスメントの評価〕

インタビューの結果から、E君が実施している“ソフトウェアコード作成及びテスト”アクティビティでは、次の(1)～(4)が分かる。

- (1) 下線①から、プロジェクトとして、表 1 の組織に関するライフサイクルプロセスの中の“d”，及び支援ライフサイクルプロセスの中の“共同レビュープロセス”は実施されていない。
- (2) 下線②から、表 3 の管理プロセスの“計画立案”アクティビティは不十分である。
- (3) 下線③、④から、表 3 の管理プロセスの“e”アクティビティ及び“実行及び管理”アクティビティは実施されている。
- (4) 下線⑤から、表 1 の支援ライフサイクルプロセスの中の“f”は実施されている。

〔改善〕

管理プロセスの“計画立案”アクティビティの改善策を検討した。

チームリーダーのアクティビティとして、見積り、スケジュール及びリソースの観点から、次のことを決め、実施することにした。

(1) 見積りの観点

チームリーダーは、詳細設計時に作成するプログラムの一覧を作成し、プログラム単位のステップ数の見積りを行う。

(2) スケジュール及びリソースの観点

チームリーダは、プログラム単位の見積りを基に、作成及びテストするプログラム別に、 ごとのスケジュール作成を行う。

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。

解答群

- ア アセスメント結果を企業の評価としてアピールする
- イ 個人の給与や昇進の参考とする
- ウ 組織のソフトウェア開発プロセスに関する経営者の成熟度レベルを測定する
- エ 組織のソフトウェア開発プロセスの状態を理解し、その組織のソフトウェア開発プロセスを改善する
- オ 調達を受けるに際して、自社のソフトウェア開発プロセスでの能力レベルを示すことができるようにしておく

設問 2 本文中の ～ に入れる適切なプロセス又はアクティビティを表 1～3 から選び、プロセス名又はアクティビティ名を答えよ。

なお、プロセス名は、ライフサイクルプロセス名ではなく“取得プロセス”や“供給プロセス”といった詳細なプロセス名を答えよ。

設問 3 本文中の に入れる適切な字句を答えよ。

なお、本文中の〔アセスメントの実施〕で使われている字句を用いること。

問5 ヒープに関する次の記述を読んで、設問1～5に答えよ。

次の条件1を満たす二分木を考える。

条件1：根から最も遠い葉の深さを d としたとき、葉の深さがすべて d であるか、 d と $d-1$ の2種類に限られていて、深さ d の葉が左側から詰められている。

条件1を満たす二分木が、次の条件2を満たすとき、これをヒープと呼ぶ。

条件2：葉を除くすべてのノードの値が、その子のノードの値より大きいか、又は等しい。

ヒープの例を図1に示す。各ノードの左上の数値はノードの番号を、ノード内の数値はノードの値を、それぞれ示す。ノードの番号は、次の規則で付ける。

- ・根には番号1を付ける。
 - ・番号 k のノードの左の子には番号 $2k$ 、右の子には番号 $2k+1$ を付ける。
- 以下、番号 n のノードを、ノード n という。

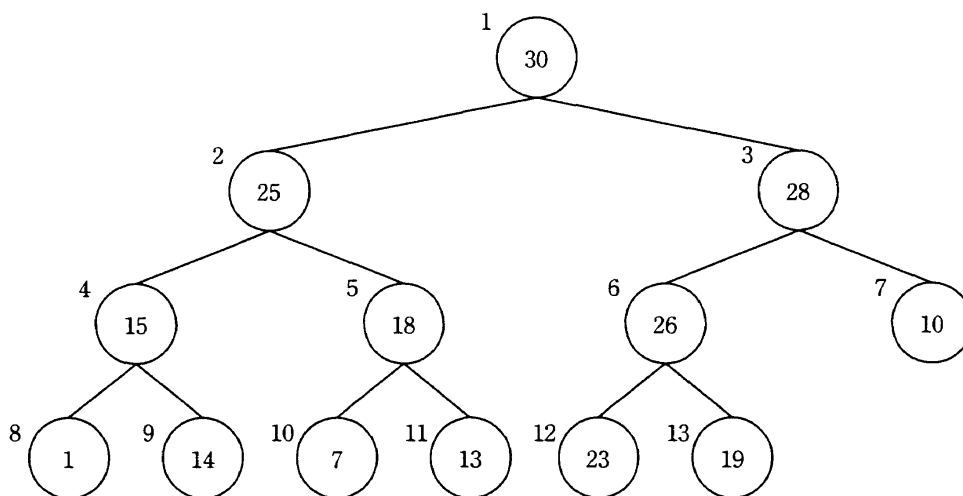


図1 ヒープの例

[heap_correct のアルゴリズム]

heap_correct は、条件 1 を満たす二分木の中のノード i が条件 2 を満たさない場合に、親ノードの値が子ノードの値より大きいか等しくなるように親子の値を入れ替える操作を、ノード i を根とする部分木が条件 2 を満たすようになるまで、ノード i から葉へ向かって繰り返し行う処理である。このとき、ノード i の子ノードを根とする部分木は、あらかじめ条件 2 を満たしているものとする。heap_correct の実行例を図 2, 3 に示す。

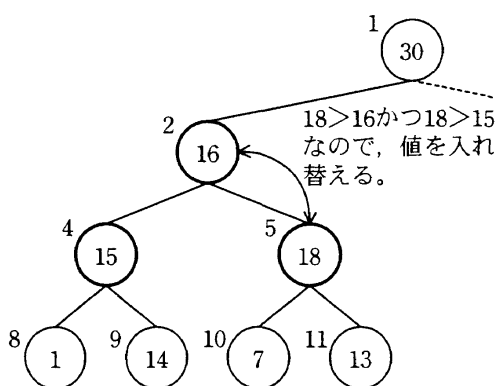


図2 heap_correct 実行例 1

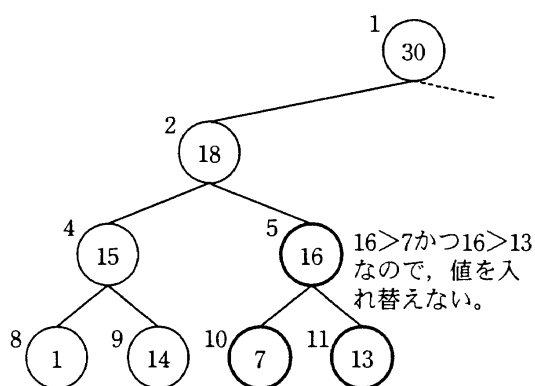


図3 heap_correct 実行例 2

図 2, 3 は、ノード 2 に対して heap_correct を実行した例である。ノード 2 の子であるノード 4 及びノード 5 を根とする部分木は、条件 2 を満たしている。ノード 2 は、ノード 5 より小さい値をもつので、条件 2 を満たしていない。heap_correct は、ノード 2 が条件 2 を満たすように、図 2 の矢印で示すように、ノード 2 の値とノード 5 の値を入れ替える。その結果を図 3 に示す。

図 3 では、ノード 2 と値を入れ替えたノード 5 が、heap_correct の次の処理対象となる。ノード 5 の値は、その左右いずれの子ノードの値よりも大きく、条件 2 を満たしているので、heap_correct は親子のノードの値を入れ替えずに処理を終える。

図 4 に heap_correct のプログラムを示す。二分木を表すデータ構造には、十分に大きい 1 次元配列 A を用いる。配列 A の添え字は 1 から始まり、要素 A[i] はノード i の値を表す。表に、heap_correct で使用する変数とサブルーチンを示す。

表 heap_correct で使用する変数，サブルーチン

変数／サブルーチン	変数の意味／サブルーチンの機能
LENGTH	二分木のノード数を格納する大域変数
exchange(A, x, y)	配列 A の x 番目と y 番目の要素の値を入れ替える。

```

heap_correct(A, i)
    largest ← i
    L ← i * 2
    R ← i * 2 + 1
    if(L が LENGTH 以下である かつ A[L]が ア )
        largest ← L
    endif
    if(R が LENGTH 以下である かつ イ )
        largest ← R
    endif
    if(largest が i と等しくない)
        exchange(A, i, largest)
        heap_correct(A, largest)
    endif
endif

```

図 4 heap_correct のプログラム

[heap_make のアルゴリズム]

heap_correct を用いて、条件 1 を満たす任意の二分木をヒープにするプログラム heap_make を作成する。heap_make は、根からの深さが最も深い葉の中で右端にあるノードの親ノードを始点に、その深さにあるすべてのノードに対し、右から左へ順番に heap_correct を実行する。左端のノードまで処理し終わると、更にその親の深さに移動し、右端から左端へと順番に heap_correct を実行する。これを繰り返して、最後に根に対して heap_correct を実行する。図 5 は heap_make のプログラムである。floor(n)は、数値 n を超えない最大の整数値を表す。

```

heap_make(A)
  n ← floor(LENGTH / 2)
  for(i を n から 1 まで 1 ずつ減らす)
    heap_correct( ウ , エ )
  endfor

```

図 5 heap_make のプログラム

図 6 の二分木を使って、heap_make の実行例を示す。図 6 の二分木を表す配列を B とする。heap_make(B)を実行すると、LENGTH=15 であるから、ノード 7 から始めて根に至るまで、ノードの番号の降順に heap_correct を実行する。根まで処理を行った結果、根の値は オ になる。途中、heap_correct がノード i を処理する際に、ノード i とその左右の子ノードの値を比較し、子の中にノード i の値 カ 値をもつものがあれば、heap_correct は再帰的に呼び出される。したがって、図 6 で、ノード 7 からノード 4 まで処理を終えた時点で、heap_correct は再帰呼出しを含めて キ 回実行される。

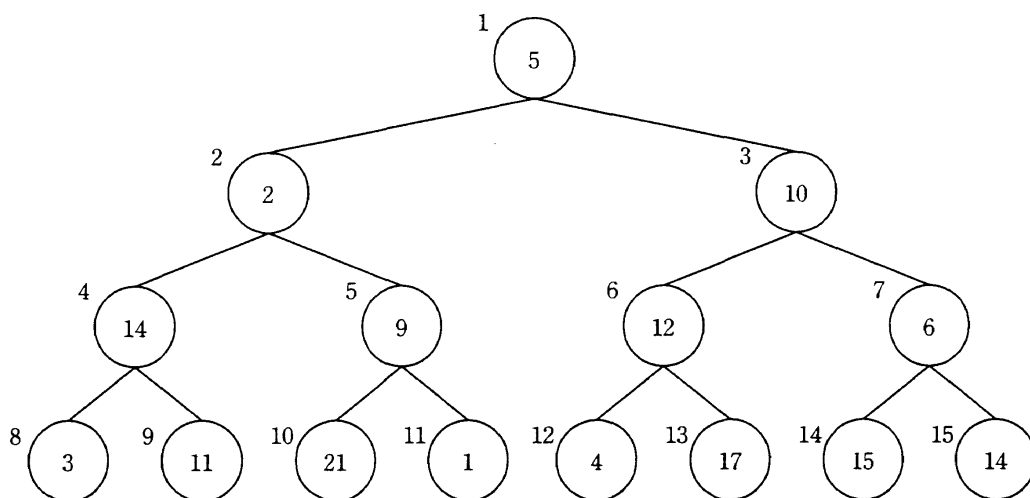


図 6 heap_make の実行例で対象となる二分木 B

設問 1 図 4 中の , に入れる適切な字句を答えよ。

設問 2 図 5 中の , に入れる適切な字句を答えよ。

設問 3 本文中の , に入れる適切な数値を答えよ。

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 と等しい イ より大きい ウ より小さい

設問 5 heap_correct 及び heap_make の計算量について考える。処理対象となる配列 A の表す二分木のノード数を N とするとき、次の①、②の計算量として適切な式を、それぞれ解答群の中から選び、記号で答えよ。処理対象となる二分木は、条件 1 を満たしているものとする。

① 二分木の根に対して heap_correct を実行した場合の、heap_correct の計算量。
このとき、二分木の根の子ノードを根とする部分木は、条件 2 を満たしているものとする。

② 配列 A の要素が降順にソートされている場合の heap_make(A)の計算量。

解答群

ア $O(1)$ イ $O(\log N)$ ウ $O(N)$ エ $O(N \log N)$ オ $O(N^2)$

問6 IC カード乗車券の利用実績データを用いた乗客の行動分析に関する次の記述を読んで、設問1～4に答えよ。

鉄道会社であるP社では、最近、ICカードによる乗車券（以下、ICカード乗車券という）が広く普及してきたことを背景に、ICカード乗車券の利用実績データから乗客の行動を分析するためのデータベースシステムの開発に着手することになった。

〔乗客行動分析用データベースシステム〕

乗客がいつ、どの駅から乗って、いつ、どの駅で降りたかのデータを自動改札機システムから取得し、データベースに蓄積する。このデータベースを用いて、乗客の行動に関する様々な分析を行う。

〔ICカード乗車券〕

- ・ICカード乗車券とは、ICカードを切符又は定期券として使用するもので、乗客は、入場時と出場時にICカードを自動改札機にかざすことによって、鉄道を利用することができる。切符として用いる場合には、ある金額をあらかじめICカードにチャージしておく。使用の都度、当該区間の運賃がチャージ額から自動的に差し引かれる。定期券を定期区間外で使用した場合も同様である。
- ・ICカード乗車券には、個々のカードを識別するためのカードIDが付与されている。

〔取得されるデータ〕

- ・出場時に、自動改札機によって、カードID、入場駅コード、入場年月日、入場時刻、出場駅コード、出場時刻、運賃の各データが取得され、データベースシステムに送信される。
- ・データベースシステムでは、1日分（始発列車から最終列車まで）のデータを受信した後、それらを蓄積し、鉄道利用実績テーブルに1日分のデータを追加する。その際、入場時刻、出場時刻が0時以降である場合、その時刻に24時を加える。また、入場時刻が0時以降である場合、入場年月日は、前日の日付に修正する。これらの処理は、日をまたがる入出場データをなくすために行う。
- ・P社では、夜行列車の運行は行っていない。

- ・ IC カード乗車券を使用した場合、必ずこれらのデータが取得され、取得漏れはない。
- ・ 不正使用はないものとする。

〔通勤ライナー〕

- ・ P 社では、通勤ライナーと呼ぶ座席指定列車を 18～23 時の間、1 時間間隔で運行している。通勤ライナーは、主要駅だけに停車し、始発駅だけで乗車できる。
- ・ 通勤ライナーの座席指定券は、発車時刻の 1 時間前から発車時刻直前まで、始発駅のホームの自動券売機だけで発売され、IC カード乗車券で購入可能である。
- ・ 1 枚の IC カード乗車券では、同一の通勤ライナーについて、座席指定券を 1 枚だけ購入することが可能である。
- ・ 座席指定券が購入されると、カード ID、購入年月日、購入時刻、列車番号がデータベースシステムに送信される。

〔乗客行動分析用データベース〕

P 社が構築しようとしているデータベースの E-R 図及びテーブル構成を、それぞれ図 1 及び表 1 に示す。

なお、表 1 のカレンダーテーブルの“休日区分”は、その日のダイヤが平日ダイヤか休日ダイヤかを示し、平日ダイヤの場合には 0、休日ダイヤの場合には 1 となる。

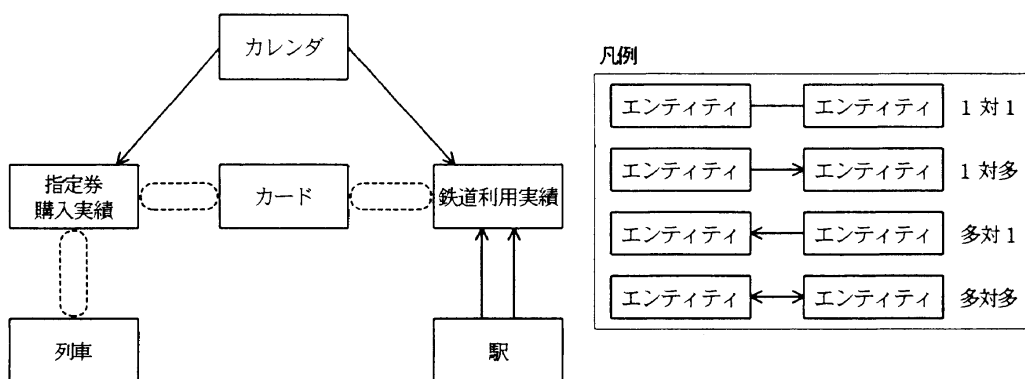


図 1 E-R 図（作成途中）

表 1 テーブル構成（作成途中）

テーブル名	列名
カード	<u>カード ID</u> ，発行日
鉄道利用実績	カード ID，入場駅コード，入場年月日，入場時刻， 出場駅コード，出場時刻，運賃
指定券購入実績	カード ID，購入年月日，購入時刻，列車番号
列車	<u>列車番号</u> ， <u>運行日付</u> ，始発駅発時刻
駅	<u>駅コード</u> ，駅名
カレンダー	<u>日付</u> ，曜日，休日区分

注 下線は，主キーを示す。

〔乗客行動分析用データベースの活用〕

通勤ライナーは，主要駅にしか停車しないので，乗客が通勤ライナーを降りた駅で実際に出場するとは限らない。P 社では，次期ダイヤ改正で通勤ライナーの停車駅を乗客の実際の行動に，より合致したものとするために，通勤ライナーの乗客が実際にどの駅で出場しているのかを知りたいと考えている。そのために，図 2 のような処理を考えた。ただし，この処理では，通勤ライナーを 1 日に 2 度以上利用することは考慮していない。また，ダイヤに乱れが発生した日は，処理対象としない。

Step1 次の条件すべてに合致する鉄道利用実績テーブルの行を選び出す。

条件 1：鉄道利用実績テーブルのカード ID と指定券購入実績テーブルのカード ID が一致する。

条件 2：鉄道利用実績テーブルの入場年月日と指定券購入実績テーブルの購入年月日が一致する。

条件 3：鉄道利用実績テーブルの入場時刻が指定券購入実績テーブルの購入時刻よりも小さい。

条件 4：条件 1～3 を満たす行の中で，入場時刻が最も大きい。

Step2 選り出した行を出場駅ごとにカウントする。

図 2 通勤ライナー使用状況分析の処理案

この処理を実行したところ，通勤ライナーの始発駅で出場したとする結果が含まれていた。分析の結果，これは，早めに座席指定券を購入し，いったん出場した後，再度入場して通勤ライナーを利用した乗客がいるからであることが分かった。

設問 1 図 1 中の破線部にリレーションシップを追記して、E-R 図を完成させよ。

設問 2 表 1 のうち、鉄道利用実績テーブルと指定券購入実績テーブルの主キーに下線を引いて示せ。

設問 3 乗客行動分析用データベースに対する SQL 文について、(1)、(2)に答えよ。

- (1) 乗車人数が 500 人以上であった通勤ライナーの運行日付、列車番号及び乗車人数のリストを出力するための次の SQL 文中の a ～ c に入れる適切な字句を答えよ。

```
SELECT  a ,  b , COUNT(*) AS ライナー乗車人数
FROM 指定券購入実績
GROUP BY  a ,  b 
 c  COUNT(*) >= 500
```

- (2) 平日の 8～9 時の間に X 駅（駅コードは X）を出場する人の数がホスト変数 :shutsujo 以上である年月日を求めるための次の SQL 文中の d ～ h に入れる適切な字句を答えよ。

```
SELECT  d .入場年月日
FROM (SELECT  e , COUNT(*) AS 出場人数
      FROM 鉄道利用実績,  f 
      WHERE 出場時刻 >= '08:00' AND 出場時刻 <= '09:00'
      AND 出場駅コード = 'X'
      AND  g  = 入場年月日
      AND 休日区分 = 0
      GROUP BY  e  ) AS 日別出場人数
WHERE 日別出場人数.  h  >= :shutsujo
```

設問 4 座席指定券購入後に始発駅でいったん出場した場合のデータを出力しないようにするためには、図 2 の条件 1～3 のいずれか一つの条件を修正すればよい。次の (1)、(2)に答えよ。

- (1) 条件 1～3 のどれを修正すればよいか。
(2) 修正した条件を 40 字以内で述べよ。

〔 メ モ 用 紙 〕

7. 途中で退室する場合には、手を挙げて監督員に合図し、答案用紙が回収されてから静かに退室してください。

退室可能時間	13:40 ～ 14:50
--------	---------------

8. 問題に関する質問にはお答えできません。文意どおり解釈してください。
9. 問題冊子の余白などは、適宜利用して構いません。
10. 試験中、机上に置けるもの及び使用できるものは、次のものに限ります。
なお、会場での貸出しは行っていません。
受験票、黒鉛筆又はシャープペンシル、鉛筆削り、消しゴム、定規、時計（アラームなど時計以外の機能は使用不可）、ハンカチ、ティッシュ
これら以外は机上に置けません。使用もできません。
11. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ることができます。
12. 答案用紙は、いかなる場合でも、すべて提出してください。回収時に提出しない場合は、採点されません。
13. 試験時間中にトイレへ行きたくなったり、気分が悪くなったりした場合は、手を挙げて監督員に合図してください。
14. 午後Ⅱの試験開始は 15:30 ですので、15:10 までに着席してください。

試験問題に記載されている会社名又は製品名は、それぞれ各社の商標又は登録商標です。

なお、試験問題では、® 及び ™ を明記していません。