

平成 20 年度 春期
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

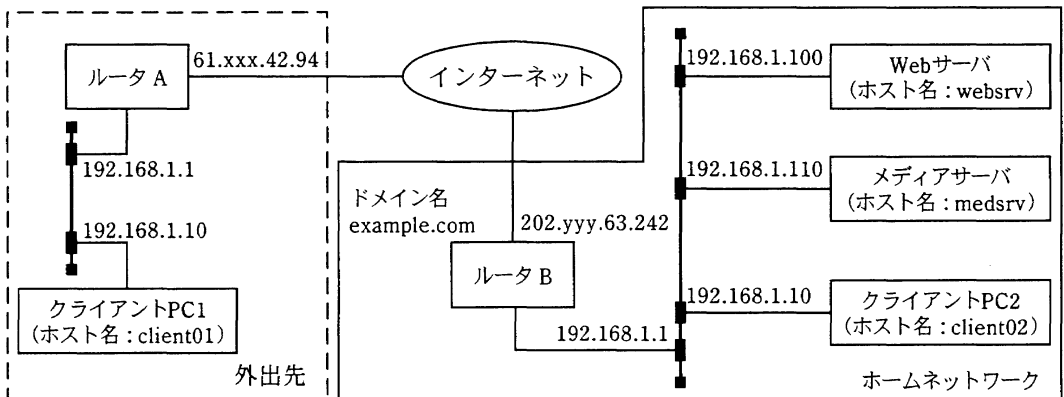
6. 答案用紙の記入に当たっては、次の指示に従ってください。
 - (1) B 又は HB の黒鉛筆又はシャープペンシルを使用してください。
 - (2) 受験番号欄に、受験番号を記入してください。正しく記入されていない場合は、採点されません。
 - (3) 生年月日欄に、受験票に印字されているとおりの生年月日を記入してください。正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。
 - (4) 解答は、問題番号ごとに指定された枠内に記入してください。
 - (5) 解答は、丁寧な字ではっきりと書いてください。読みにくい場合は、減点の対象になります。

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 ルータの静的アドレス変換に関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

インターネット環境が普及するに従って、Web サイトの開設やメールの送受信、映像の配信に必要なサーバを、自宅で運用する人も出てきている。自宅に設置されているルータに静的アドレス変換の設定をすることで、外出先から自宅のネットワーク（以下、ホームネットワークという）上のサーバにアクセスすることができる。

K 君は、図のような構成で、ホームネットワーク上のサーバをインターネットに公開することにした。図中の example.com は公開サーバ用に取得したドメイン名である。ドメイン名の名前解決のためには、プロバイダが提供する DNS サービスを利用する。公開サーバの用途とプロトコルは、表 1 のとおりである。



注 61.xxx.42.94 及び 202.yyy.63.242 は固定割付けされた IP アドレスである。

図 ネットワーク構成

表 1 公開サーバの用途とプロトコル

公開サーバ	用途	公開ポート番号	使用プロトコル
Web サーバ	個人用 Web ページ	80	HTTP
メディアサーバ	ストリーミング配信	52000	独自プロトコル
	設定管理用 Web ページ	52080	HTTP

Web サーバは、個人用 Web ページをインターネットに公開する。

メディアサーバは、独自のプロトコルでビデオや音声のコンテンツをクライアントにストリーミング配信する。また、メディアサーバに設置されている設定管理用 Web ページによって、K 君は外出先からメディアサーバの設定管理を行うことができる。

K 君は、外出先ではクライアント PC1 から、ホームネットワーク内ではクライアント PC2 から、公開サーバにアクセスする。

[ルータ B の静的アドレス変換の仕組み]

インターネット上の任意のクライアントから公開サーバにアクセスする場合を考える。クライアントは、アクセス要求のパケットをルータ B のグローバル IP アドレスに送信する。ルータ B は、表 2 のアドレス変換表に設定されたルールに従ってパケットの内容を書き換え、公開サーバに送信する。

要求のパケットを受け取った公開サーバは、応答のパケットをルータ B に送信する。ルータ B は、応答パケットの内容を書き換え、クライアントに送信する。

なお、ルータ B の静的アドレス変換の機能は、インターネット上のホストから公開サーバへのアクセスとその応答に対してだけ機能するようになっている。

クライアント PC1 から、メディアサーバの設定管理用 Web ページにアクセスする場合のアクセス経路とアドレス変換の例を表 3 に示す。

表 2 ルータ B のアドレス変換表

公開ポート番号	転送先 IP アドレス	転送先ポート番号
80	192.168.1.100	80
52000	192.168.1.110	52000
52080	192.168.1.110	80

表 3 アクセス経路とアドレス変換の例

アクセス経路		送信元 IP アドレス	送信元 ポート番号	送信先 IP アドレス	送信先 ポート番号
要求	client01 → ルータ A	192.168.1.10	1500	202.yyy.63.242	52080
	ルータ A → ルータ B	a	3363	b	52080
	ルータ B → medsrv	a	5127	192.168.1.110	80
応答	medsrv → ルータ B	192.168.1.110	80	c	d
	ルータ B → ルータ A	b	52080	c	e
	ルータ A → client01	202.yyy.63.242	52080	192.168.1.10	1500

注 ポート番号 1500、3363 及び 5127 は、クライアント及びルータが自動的に割り付けた番号である。

〔クライアント PC1 から公開サーバへの、ドメイン名を用いたアクセス〕

K 君は、ドメイン名 example.com がそのままルータ B のグローバル IP アドレスに対応するように、DNS の設定を行った。

なお、DNS に example.com に対するエイリアス（別名）を設定しておく、別名でも同じ IP アドレスにアクセスできるようになるが、ここではエイリアスは設定していない。

この状態で、クライアント PC1 から個人用 Web ページ、及びメディアサーバの設定管理用 Web ページに、次の URL でアクセスできることを確認した。

個人用 Web ページ : http:// /index.html

設定管理用 Web ページ : http:// /index.html

〔クライアント PC2 から公開サーバへの、ドメイン名を用いたアクセス〕

K 君は、クライアント PC2 の Web ブラウザから個人用 Web ページにアクセスしようとしたが、http:// /index.html ではアクセスすることができなかった。

Web ブラウザは に対して要求のパケットを送信するが、この場合は、 が機能せず、パケットが Web サーバに到達できないからである。

〔クライアント PC1 とクライアント PC2 で同一の URL を使うための設定〕

K 君は、インターネットからでもホームネットワークからでも、公開サーバにアクセスするときに同じドメイン名を使えるようにするために、次の設定を行った。

(1) DNS にエイリアスを追加し、次のいずれの表現を用いても、example.com と同一の IP アドレスにアクセスできるように設定した。

www.example.com

medsrv.example.com

(2) DNS よりも優先される、クライアント PC2 独自の名前解決のルールとして、表 4 の設定を追加した。

表 4 追加した設定

IP アドレス	ドメイン名
192.168.1.100	www.example.com
192.168.1.110	medsrv.example.com

このように設定することで、クライアント PC1 とクライアント PC2 で同一の URL を使うことができるようになる。しかし、設定を行った後でも、 の URL を同一にすることはできない。これは、インターネットからのアクセスとホームネットワークからのアクセスで、使用される が違うからである。

設問 1 静的アドレス変換について、表 3 中の ～ に入れる適切な字句を答えよ。

なお、同じ字句が入る場合もある。

設問 2 本文中の , に適切な字句を入れ、ドメイン名を用いた URL を完成させよ。

なお、特定のポート番号を用いてサーバにアクセスする必要がある場合、アクセス先は次の形式で表記する。

ドメイン名：ポート番号

設問 3 本文中の ～ について、(1)～(3)に答えよ。

(1) に入れる適切な字句を、IP アドレスの形式で答えよ。

(2) 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 HTTP

イ エイリアス

ウ 静的アドレス変換

エ 名前解決

オ ルーティング

(3) , に入れる適切な字句を答えよ。

問2 モデル検査に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

モデル検査とは、プログラムの論理的な振る舞いをプログラムの状態遷移として表現し、その状態遷移を解析することで不具合を見つけ出す検査手法である。

プログラムの論理構造を状態遷移モデルに変換し、続いて不具合が存在しない条件を式で表し、この式を評価する。すなわち、状態遷移の組合せを総当たりで検証し、この式を満足しない遷移を探す。これには、状態遷移評価ツールを使用する。式を満足しない遷移があれば、プログラムに不具合が存在する可能性があることになる。

あるシステムで、システムテストを行っているときに、関数 $f(x)$ の実装に不具合が見つかった。見つかった不具合は、戻り値がエラーコードでも識別子でもなかったことである。この関数は、従来方式のテストに合格しているので、モデル検査で調べることにした。

〔関数 $f(x)$ の概要〕

関数は、引数 x に与えられるメモリ長に対して、それ以上の長さのメモリブロックを割り当てるもので、メモリブロックの割当てが行えたときには、その識別子を返し、割当てが行えなかったときには、エラーコードを返す。

メモリブロックは、4種類のメモリプール（以下、プールという）で管理される。各プールには、固定長のメモリブロックを用意している。関数 $f(x)$ は、このプールを、ブロック長の小さいものから順に調べて未使用ブロックを探す。

〔結合テストまでの検査〕

このシステムでは、単体テストにおいては、プログラムの内部構造を解析したうえで
行う a ボックステストを、結合テストでは、内部構造を調べない b
ボックステストを行っている。

a ボックステストは、すべての制御パスを検証するか、又はすべての条件判定を網羅するテストが推奨されている。

しかし、実際には、これらの網羅テストはほとんど行われていない。特に問題となりそうな部分を重点的にテストするだけで、すべてのパスや条件判定の組合せをテストすることは、ほとんどない。

関数 $f(x)$ に関して、結合テストで実施したテストケースは、通常の運用を想定して仕様書から作成した次の(1)～(3)である。関数 $f(x)$ の実装は、これらにすべて合格している。

- (1) 一番大きなブロック長を超える要求を行って、エラーになること
- (2) 各プールに未使用ブロックがある状態で、適切なメモリ長を指定することによって、それぞれのプールから割り当てられること
- (3) 最小のブロック長のプールだけをすべて割当て済みとし、最小のブロック長以下のメモリ長を指定したときでも、ブロックを割り当てられること

〔モデル検査〕

論理構造を調べるために、この関数のソースプログラムから、図 1 に示した流れ図を自動作成する。次に、図 1 の流れ図に沿って処理を分割し、それぞれの処理を行っている状態を P1～P6 と名付ける。さらに開始と終了を表す状態 P0, PE を付加し、図 2 の状態遷移図を作る。

状態 P1, P3, P4 からは、次に遷移可能な状態が複数ある。P4 では、プログラムで使用しているカウンタの値によって遷移先の状態が決まるよう、カウンタの状態遷移図（図 3）を追加する。

次に、戻り値は、P0 では未定義であり、P5 で識別子、P6 でエラーコードが設定されるので、戻り値の状態遷移図（図 4）を追加する。

不具合を見つけ出すために、不具合が存在しない場合の条件を表す式として“状態 c において、戻り値が d 又は戻り値が e である”（式 1）を作成する。

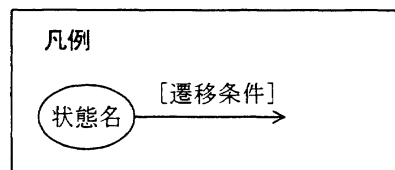
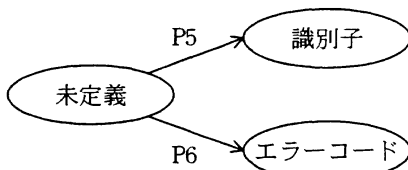
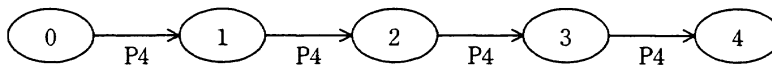
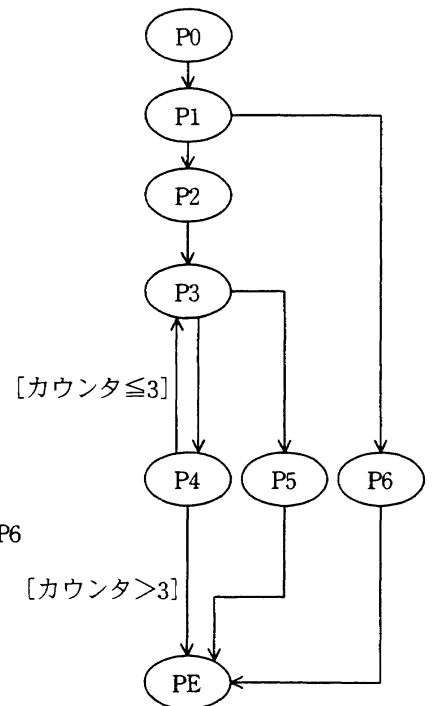
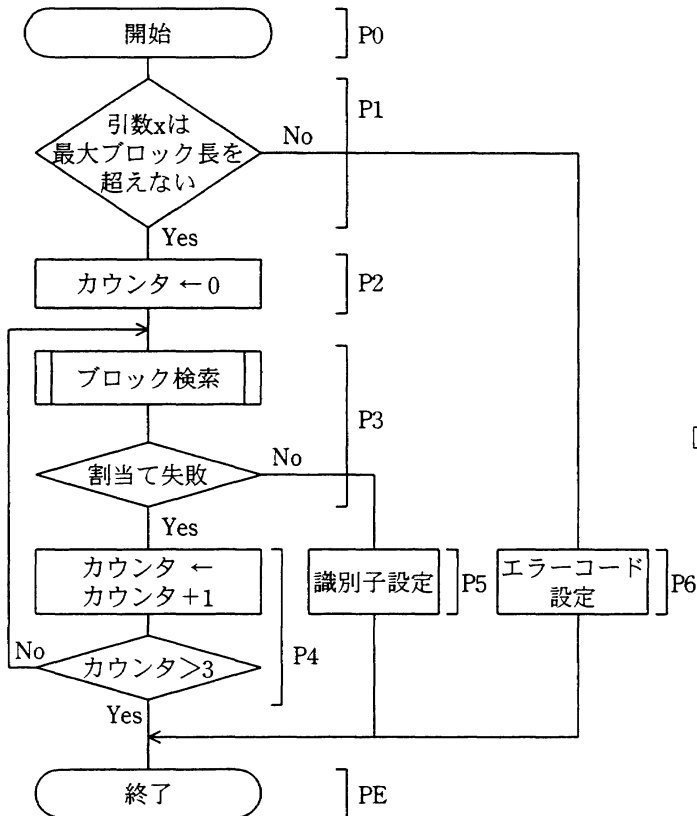
状態遷移評価ツールで調べると、 $P0 \rightarrow P1 \rightarrow P2 \rightarrow P3 \rightarrow P4 \rightarrow P3 \rightarrow P4 \rightarrow P3 \rightarrow$ f $\rightarrow PE$ と遷移したときに、式 1 を満足しないので、不具合が存在する可能性があることになる。

〔モデル検査の特徴〕

このように、モデル検査では、従来のテストのような g を必要とせず、状態遷移図の作成と不具合を見つけるための式の記述、つまりモデル化を行えばよい。

モデル化が適切であれば、従来のテストでは発見が困難であった、h や複雑な条件が重なって発生する不具合が存在する可能性を発見することができる。

しかし、モデル化が不適切で、例えばモデル化したときに省略した部分に不具合があれば、その不具合は見つけることができない。また、状態遷移の数が多いと検査に膨大な時間を要することになる。



設問 1 関数 $f(x)$ の結合テストまでの検査について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 結合テストで用いたテストケースは、最少何ケースか。
- (2) 本文中の a , b に入れる適切な字句を、それぞれ 5 字以内で答えよ。
- (3) 一般に a ボックステストは、すべてのケースについて行われない場合が多い。すべてのテストケースのうち、実施が困難なものはどのようなテストケースか。25 字以内で答えよ。ただし、ハードウェアの故障や障害などによって発生する実行困難なものは除くものとする。

設問 2 モデル検査について、(1), (2)に答えよ。

- (1) 本文中の c ～ e に入れる適切な状態名を、図 1～4 中の字句を用いて答えよ。
- (2) 本文中の f に適切な状態遷移を追記し、式 1 を満足しない状態遷移を完成させよ。

設問 3 モデル検査の特徴について、g , h 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 アルゴリズムが単純なシステムの不具合
- イ 状態遷移変換ツール
- ウ テストデータ
- エ 発生頻度の高い不具合
- オ 発生頻度の低い不具合
- カ ほかのスレッドと干渉しない単純なスレッドの不具合

問3 シングルサインオンに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

A社では、Web・インタフェースを用いた複数の社内システムを運用している。それぞれのシステムは管掌部門が異なり、運用に関する要件もそれぞれ異なっている。

〔社内システムの現状〕

(1) 販売管理システム

営業部や製品開発部、経理部などの社員が販売状況の確認、各種伝票発行処理などに用いる。全社員が利用可能であり、ログイン時のIDには全社員に与えられているメールアドレスを用いている。

(2) 勤怠管理システム

全社員が日々の就業時間を入力する。この情報を基に、給与支給額の計算が行われる。IDには社員番号を用いている。

(3) 出納システム

経理部社員だけに利用を限定しているので、システム管理を行っている情報システム部門に申請し、IDとパスワードの発行を受ける。この申請は経理部社員しか行えない。

業務活動の統制の観点から、各社内システムのセキュリティ確保の問題が重要視されており、全社的に統一された認証情報の管理、統一されたアクセス制御の実施が望まれている。また、利用者である社員からも、個々のシステムを利用する際に、その都度IDとパスワードの入力を求められることの不便さを訴えられている。

情報システム部門では、こうした要求に応じるために、シングルサインオンの導入によって、利用者の利便性向上と統一的なセキュリティ管理を図ることにした。

〔シングルサインオンの導入〕

情報システム部門では、現状の各社内システムの構成と、分散している認証情報の分析を行った結果、次の方針に従い、図1左【シングルサインオン導入前】に示す構成から図1右【シングルサインオン導入後】に示す構成に移行し、シングルサインオンを導入することにした。

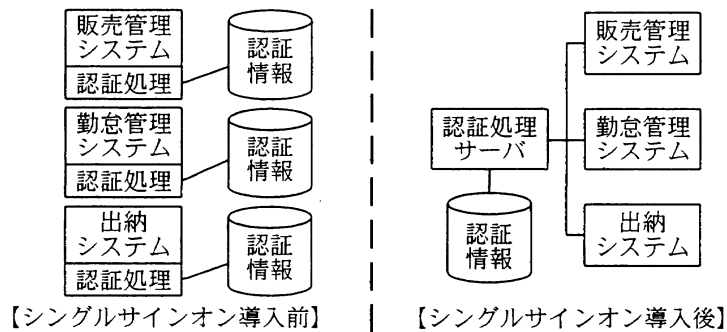


図1 社内システムの概要

(1) 認証情報の統一

- ・統一された認証情報として、ID には各社員の社員番号を利用する。パスワードには有効期限を設け、社員自身が更新できるようにする。
- ・認証情報は LDAP（Lightweight Directory Access Protocol）対応のディレクトリに格納する。

(2) 認証処理サーバの追加

新たに追加する認証処理サーバで行われる認証処理の方式を次に示す。また、その処理の流れを図2に示す。

- ・認証処理サーバは、社員の Web ブラウザと各社内システムサーバとの間の要求や応答を中継し、その過程において認証情報の検証を行う。
- ・認証処理サーバは、認証情報の検証に成功した場合に限り、要求を社内システムサーバに中継する。
- ・Web ブラウザからの要求に認証済チケットが付加されていない場合、認証処理サーバは要求元に対してログインを促す。
- ・ログインが成功した場合や業務処理の応答を返す場合、認証処理サーバは認証済の情報を格納した認証済チケットを発行して応答に付加し、Web ブラウザに返す。
- ・ログインを促された Web ブラウザは、ログインが成功した後、再度要求を送る。
- ・認証済チケットを受け取った Web ブラウザは、それを保存しておき、次の要求にはそれを付加する。
- ・2 回目以降の応答時にも、認証処理サーバは、その都度認証済チケットを発行して応答に付加し、Web ブラウザに返す。

認証処理で用いられる認証済チケットの内容を表に示す。

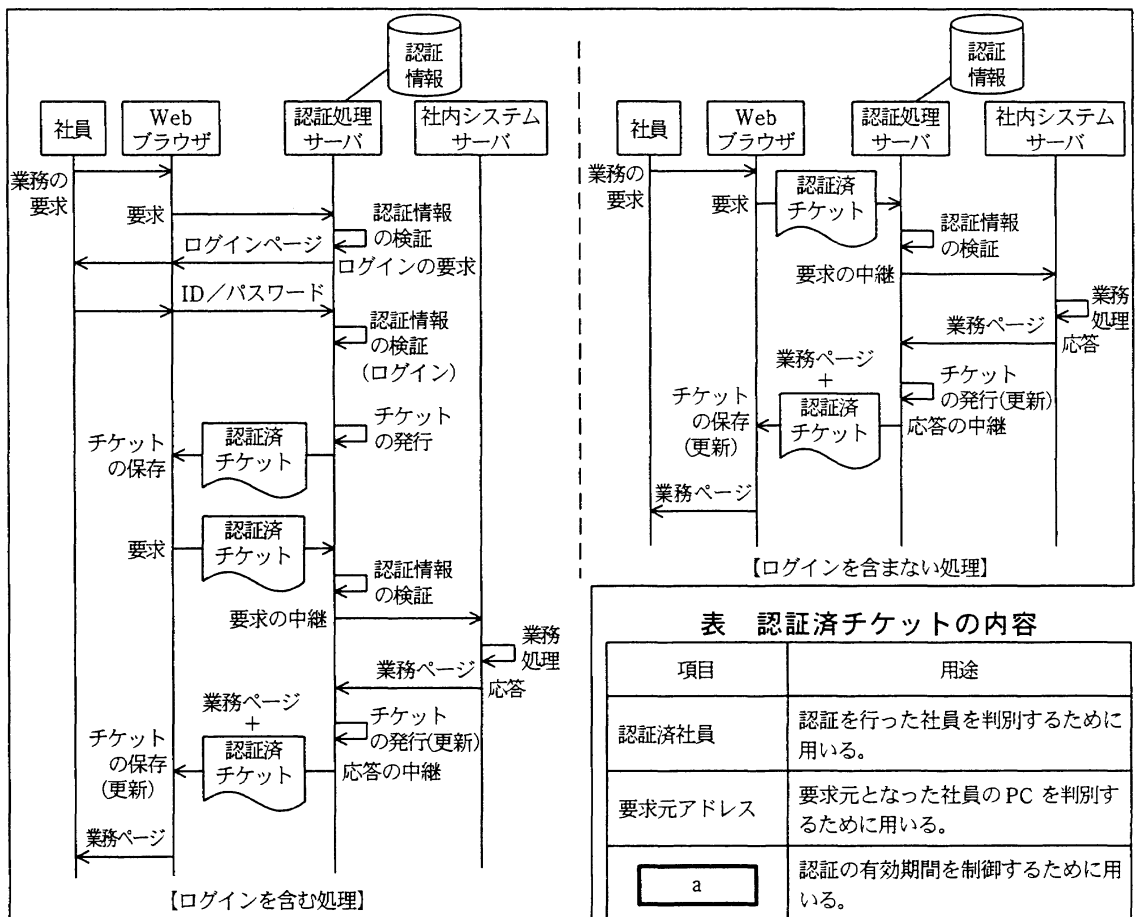


図2 認証処理の流れ

〔有効期間の制御〕

情報システム部門では、社員がPCの操作中にそのまま長時間離席してしまうことが多いことから、利用者が5分間何も操作を行わないと自動的にそれまでの認証を無効とし、再度ログインを求めることにした。

これを実現するために、認証済チケット中の **a** を利用し、次の処理を認証処理サーバで行うことにした。

- ① 要求に付加された認証済チケットに含まれる **a** を取り出す。
- ② **b** と **a** を比較する。
- ③ 差が5分以内の場合、要求を社内システムサーバに中継し、応答の中継時に、認証済チケット中の **a** 部分の内容を **b** で置き換え、要求元に返す。
- ④ 差が5分を超える場合、要求元に対する認証を無効とし、**c** を行う。

設問 1 図 2 のようなシングルサインオンの実現方式を何と呼ぶか。解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア エージェント方式 イ 公開鍵方式 ウ チャレンジレスポンス方式
エ パズール方式 オ リバースプロキシ方式

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。また、 に入れる適切な字句を図 2 中の字句を用いて答えよ。

a, b に関する解答群

- ア Web ブラウザが認証済チケットを保存した時刻
イ 社員が Web ブラウザで要求を行った時刻
ウ 社内システムサーバが応答した時刻
エ 認証処理サーバが認証済チケットを発行した時刻
オ 認証処理サーバが認証情報の検証を行った時刻
カ 認証処理サーバの現在時刻

設問 3 本文で述べたシングルサインオンの導入では、ある社内システムに関し、認証情報の統一だけでは導入前に比べ運用上の問題があるので、アクセス制御の処理を見直す必要がある。

(1) 問題が発生する社内システムを解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- ア 勤怠管理システム イ 出納システム
ウ 販売管理システム エ すべてのシステム

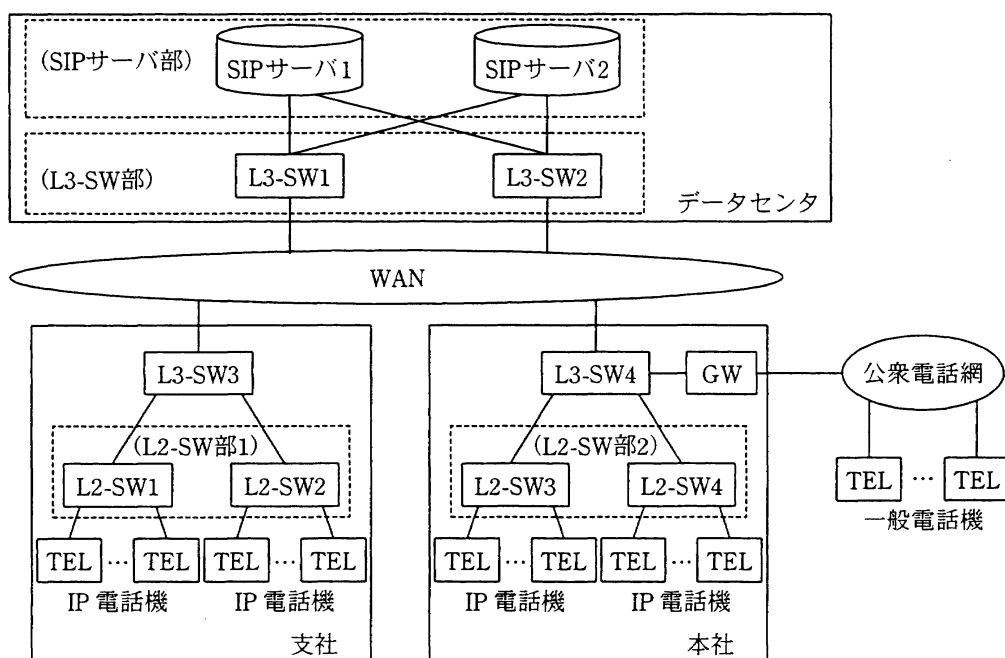
(2) どのような運用上の問題があるのか。25 字以内で答えよ。

問4 IP電話システムの信頼性評価に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

Y社では、現在、社内電話の交換装置としてデジタルPBXを利用しているが、通話料と運用コストの削減、及び業務の効率化を目的として、SIP（Session Initiation Protocol）を用いた、図に示す二重化方式のIP電話システムの導入を検討することにした。

このIP電話システムは、内線番号を用いた通話接続の場合には、次の手順で通話を行う。

- (1) IP電話機は、INVITE（招待）メッセージをSIPサーバに送信する。
- (2) SIPサーバは、応答信号をIP電話機に送信する。
- (3) IP電話機は、通話先の電話番号を送信する。
- (4) SIPサーバは、通話先の電話番号に対応したIP電話機のIPアドレスを抽出する。
- (5) SIPサーバは、通話先のIP電話機にINVITEメッセージを送出し、呼出し処理が行われる。
- (6) 通話先のIP電話機が応答すると、SIPサーバは、成功を発信元のIP電話機に伝え、通話が始まる。



注 L2-SW：レイヤ2スイッチ
L3-SW：レイヤ3スイッチ
GW：ゲートウェイ

図 二重化方式のIP電話システム

また、公衆電話網に接続されている一般電話機に接続する場合には、手順(4)で IP 電話システムと公衆電話網の中継を行うゲートウェイ（GW）の IP アドレスを抽出し、GW 経由で公衆電話網に接続し、一般電話機を呼び出す。

なお、この GW は、SIP サーバの機能のうち、手順(2)、(5)、(6)に準じる動作を行うことによって、公衆電話網に接続されている一般電話機に接続することも可能である。

図のデータセンタの SIP サーバ 1 と SIP サーバ 2 及び L3-SW1 と L3-SW2 は、それぞれ、一方がアクティブ状態、他方がスタンバイ状態で動作しており、アクティブ状態の装置が故障した場合には、SIP サーバと L3-SW が独立で良好な装置へ短時間で切り替わって、処理を継続することができる。また、IP 電話機には、INVITE メッセージなどの SIP 信号の送信先として、複数の IP アドレスを設定することができる。

この IP 電話システムの信頼性について、表に示す三つの信頼性指標で評価することにした。

表 信頼性指標

信頼性指標	説 明	式
a	故障設備が修理されてから、次に故障するまでの動作時間の平均値であり、数値が大きいほど、システムの信頼性が高い。	b
c	故障した設備を運用可能状態へ修理するために必要な時間の平均値であり、数値が小さいほど、保守性が高い。	d
稼働率	設備が正常に動作している割合であり、稼働率を大きくするためには、 a を大きくするか、 c を小さくすればよい。	e

〔WAN が故障した場合の対策〕

図で WAN が故障して、IP パケットを伝送できない場合には、IP 電話機と一般電話機との通話及び IP 電話機同士の通話ができなくなってしまう。このような WAN 故障の場合でも、本社の IP 電話機と一般電話機との通話接続を可能とするためには、 に SIP サーバの IP アドレスに加え、SIP サーバ故障時のルーティング先として の IP アドレスを設定しておく。

さらに、本社の IP 電話機同士で、内線番号を用いた通話接続を可能とするためには、 を移設して、 に接続するように変更する。

設問1 表中の a ～ e に入れる適切な字句又は式を答えよ。

a , c については、解答群の中から選び、記号で答えよ。
b , d , e については、図の IP 電話システムにおいて、ある期間での総稼働時間を T、総故障件数を F、総修理時間を R とした場合の式を答えよ。

a, c に関する解答群

- | | | |
|--------|--------|---------|
| ア MTBF | イ MTTR | ウ RASIS |
| エ TCO | オ 安全率 | カ 故障率 |

設問2 図の IP 電話システムにおいて、SIP サーバ1台当たりの稼働率を S、L3-SW 1台当たりの稼働率を X、WAN の稼働率を W、L2-SW 部1及びL2-SW 部2の稼働率をそれぞれ L とした場合、次の(1)～(3)の確率を表す式を解答群の中から選び、記号で答えよ。ただし、ここでは、IP 電話機の故障については考えない。

- (1) データセンタの SIP サーバ部の稼働率
- (2) データセンタの L3-SW 部の稼働率
- (3) 本社と支社の間の内線通話が行えない確率

解答群

- | | |
|--------------------------|--------------------------------|
| ア $2S$ | イ $2X$ |
| ウ S^2 | エ X^2 |
| オ $(2-S)S$ | カ $(2-X)X$ |
| キ $1-WL^2S^2X^4$ | ク $1-(S^2+X^2)WL^2X^2$ |
| ケ $1-2WL^2S^2X^3$ | コ $1-(2S+2X)WL^2X^2$ |
| サ $1-(2-S)(2-X)SWL^2X^3$ | シ $1-\{(2-S)S+(2-X)X\}WL^2X^2$ |

設問3 本文中の f ～ i に入れる適切な装置名を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

- | | | |
|----------|----------|------------------------|
| ア GW | イ IP 電話機 | ウ L3-SW1 又は L3-SW2 |
| エ L3-SW3 | オ L3-SW4 | カ SIP サーバ1 又は SIP サーバ2 |
| キ WAN | ク 一般電話機 | ケ 公衆電話網 |

問5 マージソートに関する次の記述を読んで、設問1～4に答えよ。

マージソートは、並べ替えたい配列の分割と併合（マージ）を繰り返して、最終的に整列（ソート）を完成させていく方法である。

図1に、要素数が1になるまで分割を繰り返し、その後、併合して昇順の整列を完成させていく例を示す。

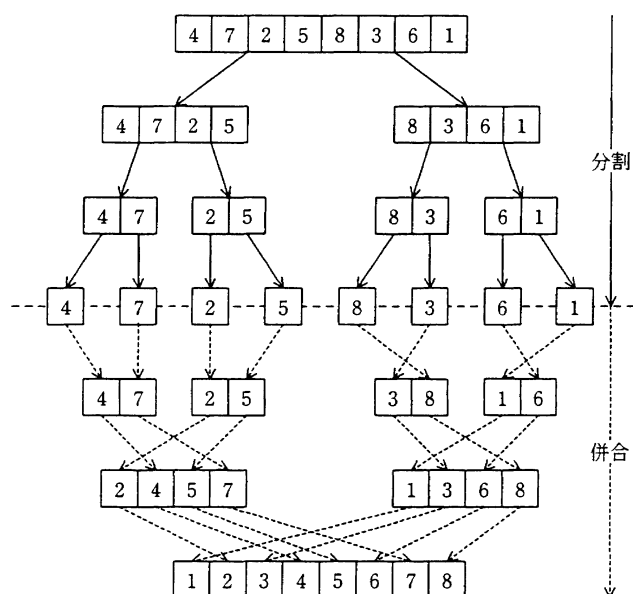


図1 マージソートの処理例

要素数が1になるまで分割を繰り返し、その後、併合して整列を完成させていくマージソートのアルゴリズムは、次の(1)～(4)の再帰的な処理として定義できる。

〔マージソート〕

- (1) 並べ替えたい配列の要素数が1であれば整列済配列とし、呼出し元に処理を戻す。
2以上であれば、次に続く。
- (2) 配列を前半と後半に分割する。
- (3) 分割された配列を前半、後半の順でそれぞれ〔マージソート〕によって整列する。
- (4) 整列された前半、後半の配列の要素を、比較しながら併合する。

なお、本問では、並べ替える配列の要素に重複した値がないものとする。

設問1 (1)～(4)で定義されたアルゴリズムを図1のマージソートの例に適用した場合、
 分割、併合の処理順序はどのようなになるか。解答群の中から選び、記号で答えよ。
 なお、図1の分割、併合の各処理を図2中の①～⑭として定義する。

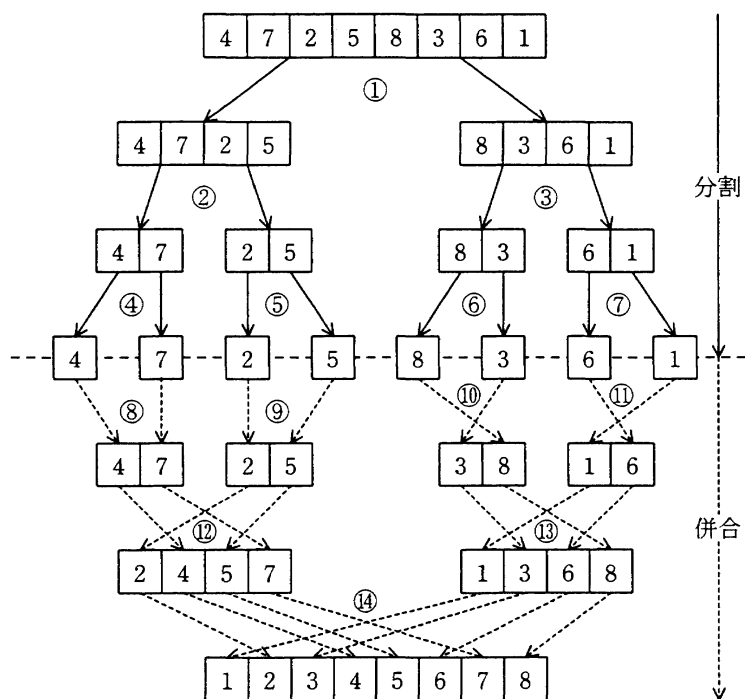


図2 各処理に記号を付与した処理例

解答群

- ア ①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩→⑪→⑫→⑬→⑭
 イ ①→②→④→⑤→③→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩→⑪→⑫→⑬→⑭
 ウ ①→②→④→⑤→⑧→⑨→⑫→③→⑥→⑦→⑩→⑪→⑬→⑭
 エ ①→②→④→⑧→⑤→⑨→⑫→③→⑥→⑩→⑦→⑪→⑬→⑭

設問 2 (4)では、分割された整列済配列それぞれの先頭データを比較し、小さい方のデータを順に取り出して一つの配列とすることで、整列され併合された配列を作成する。

この処理を実装した、前半の配列 `first` と後半の配列 `second` を併合して配列 `A` を作成する関数 `merge` のアルゴリズムを図 3 に示す。図 3 中の ア ~ エ に入れる適切な字句を答えよ。

なお、配列の添字は 0 から始まるものとし、配列の長さを“配列名.length”と表記する。また、配列 `A` は併合された配列のための領域が確保された変数である。さらに、論理演算“`x` 又は `y`”において、`x` が真の場合、`y` は評価されず、論理演算“`x` かつ `y`”において、`x` が偽の場合、`y` は評価されないものとする。

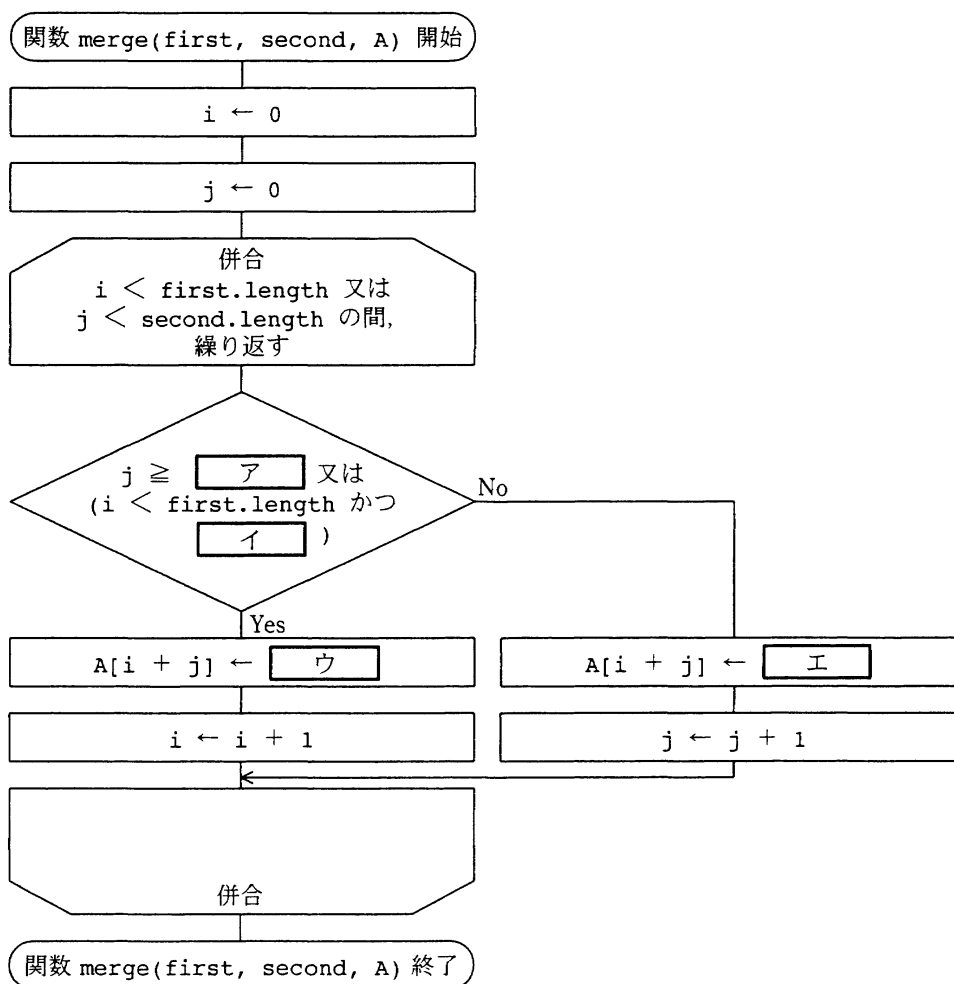


図 3 関数 `merge` のアルゴリズム

設問3 設問2で定義した関数 merge を利用し，(1)～(4)で定義されたアルゴリズムを実装した，配列 A をマージソートする関数 merge_sort を図4に示す。図4中の オ ～ ケ に入れる適切な字句を答えよ。

なお，大きさ n の配列を確保する手順を，“new 配列名(n)”と表記する。また，整数の除算結果は小数点以下が切り捨てられるものとする。

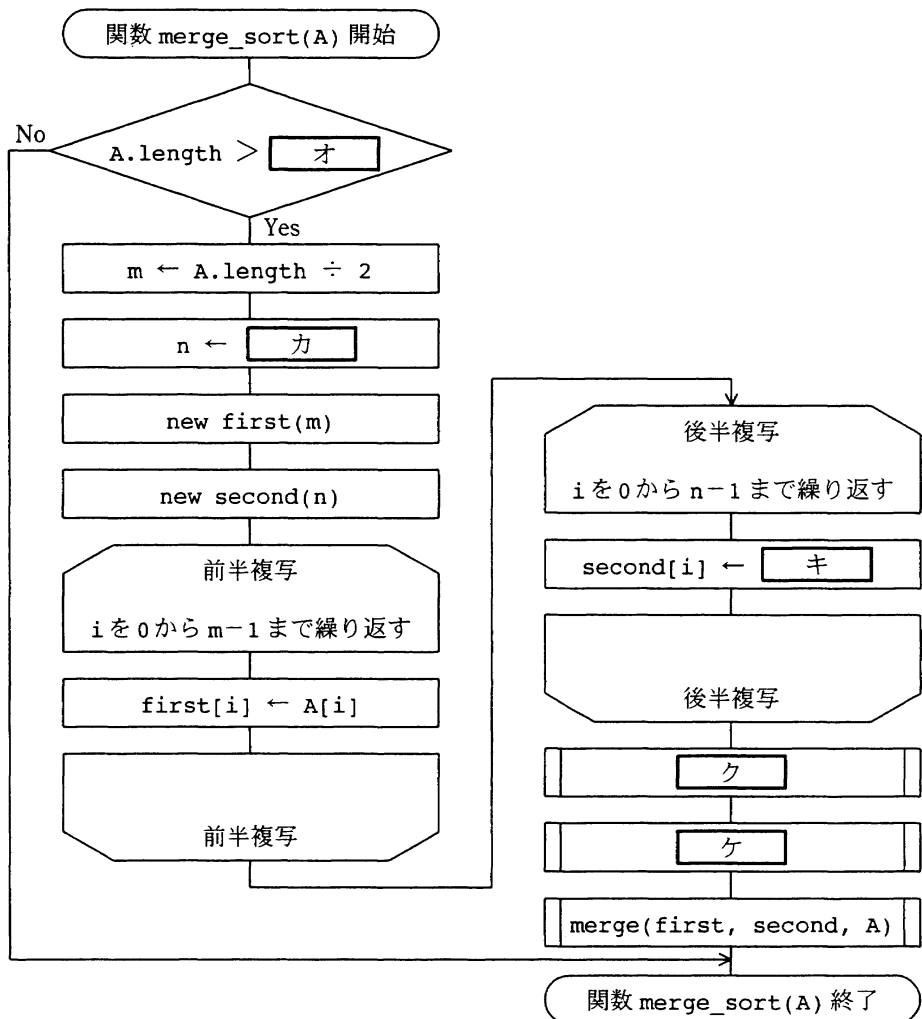


図4 関数 merge_sort のアルゴリズム

設問 4 設問 2 及び 3 で作成した関数 `merge_sort` の評価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 作業用メモリは並べ替えたい配列よりも多くの領域が必要だが，計算量は $O(n^2)$ に比べて少ない。
- イ データ構造にリストやスタックを用いることで，作業用メモリは並べ替えたい配列よりも多く必要だが，計算量を少なくすることが可能である。
- ウ 入力された配列が整列済の場合，作業用メモリは並べ替えたい配列よりも少なくなるが，計算量が多くなる。
- エ 配列を分割する位置を決める際にハッシュ関数を用いることで，計算量のばらつきをなくす必要がある。

問6 ポイントサービスに対応した小売店チェーンの販売システムに関する次の記述を読んで、設問1～4に答えよ。

小売店チェーンを営むC社では、ポイントサービスを導入するに当たって、販売システム（以下、本システムという）をリニューアルすることになった。

本システムは、本部に設置された本部サーバ及び店舗のレジに設置されたPOS端末から構成される。本部サーバとPOS端末は、互いにネットワークで接続されている。店舗で販売する商品には、商品コードを表すバーコードが付けられ、POS端末のバーコードリーダーで読むことができる。

ポイントサービスの会員になった顧客には、会員番号を表すバーコードを印刷したポイントカードを発行し、買い物をするたびに現金での支払額に応じたポイントを付与する。ポイントを付与する率は固定であり、本システムで定数としてもつ。

ポイントは本システムで記録し、ポイントカードには記録しない。付与したポイントは翌日から有効とし、蓄積されたポイントは当該会員が買い物の支払に当たって、現金の代わりに使うことができる。ポイントは全店舗で共通である。

POS端末での販売処理では、まずポイントカードから会員番号を読み、当該会員の蓄積されたポイント数を表示する。次に、購入される商品のバーコードを順次読んで、販売価格の合計を求める。会員から現金又はポイント（混合も可）で支払を受け、付与ポイント数や使用ポイント数を含む販売データを記録する。ポイントを使用した場合は、当該会員の蓄積されたポイント数から使用した分を即時に減算する。

各商品について、全店舗共通の標準価格を商品データとして設定するが、店舗ごとに期間を定めて、標準価格とは異なる、実際に販売する価格を設定することができる。ただし、実際に販売する価格の設定は事前に行い、期間の途中では変更できない。

商品は、食料品や雑貨などの商品分類に分類される。各店舗はすべての商品分類を扱っているとは限らず、店舗ごとに扱う商品分類の範囲は定められている。

毎日早朝、当日の営業を開始する前に、本システムでは前日の販売処理の後処理と当日の販売処理の準備のためのバッチ処理を行う。

なお、本システムは、販売処理のほか、全店舗の販売実績についての即時に近い統計の把握や分析を行う統計処理の機能ももつ。

本システムのE-R図を図に示す。

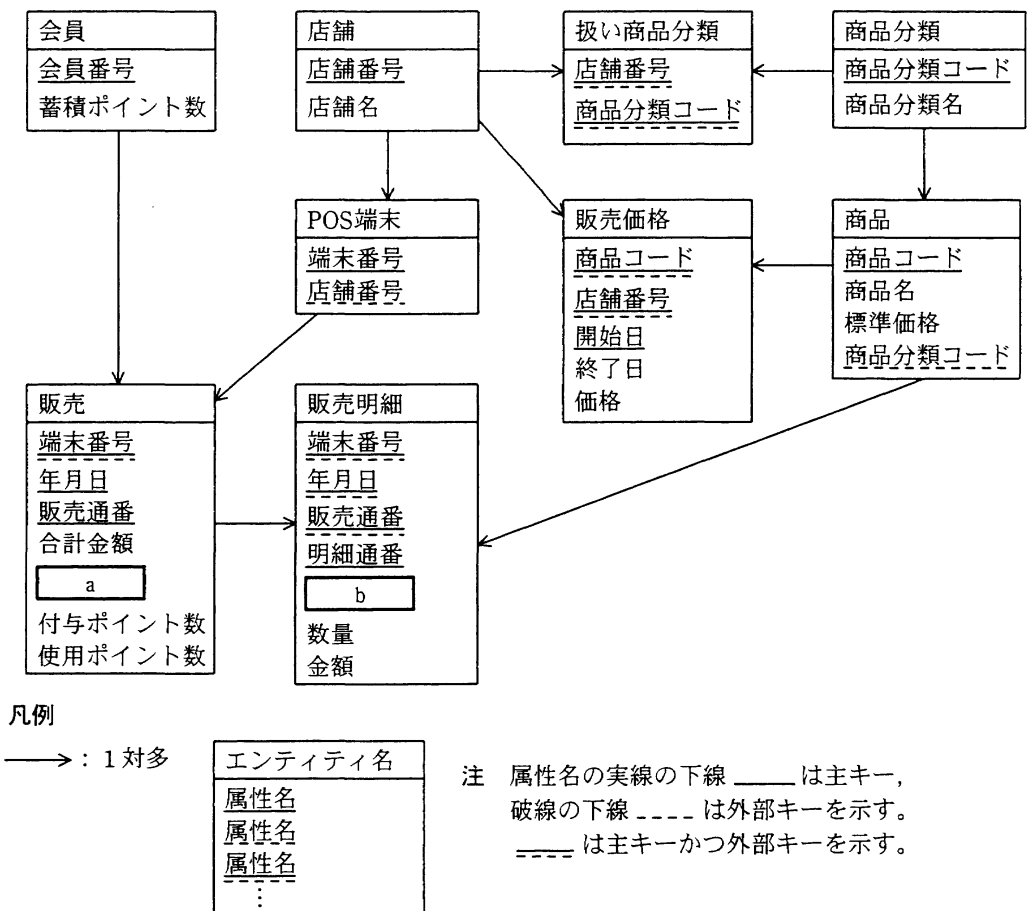


図 本システムのE-R図

本システムでは、E-R図のエンティティ名を表名、属性名を列名とし、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。

本部サーバ及びPOS端末の両方にデータベースを備え、販売処理ではPOS端末と本部サーバのどちらのデータベースも読み書きできる。各表のデータはどちらか一方のデータベースでもつが、表によっては処理の都合上、他方でもその複製をもつ。ただし、複製を原本とは異なる形でもつこともある。

複製はデータベース管理システムに付属しているレプリケーション（複製）機能を利用して作成、更新する。このレプリケーション機能では、一つ又は複数の複製元の表から別の表を作成し、それを複製先の表とすることも可能である。

本システムでは、販売処理における応答時間短縮と本部サーバやネットワークの一時的障害に対する可用性向上のために、販売処理はできるだけ POS 端末内でもつデータで効率的に行えるように複製をもつことにし、主な原本及び複製のデータを表 1 に示すように配置する。

各 POS 端末でもつ複製は、販売処理に必要な列だけの表とし、当該端末で当日必要な最少限のレコードに限定する。

販売実績についての統計処理は、本部サーバ内にもつデータで行う。

業務処理と複製処理は非同期に行われ、複製元又は複製先の一方のデータベースの障害時でも他方を使用している業務処理は続行できる。

複製処理のタイミングと複写するデータの範囲は、データ更新のタイミングや処理負荷、ネットワーク負荷を考慮して、次のどちらかとする。

方式 1：頻繁（例えば 3 分ごと）に継続的に、差分データを複写する。

方式 2：毎日 1 回早朝のバッチ処理時に、必要な全データを複写する。

表 1 主な原本及び複製のデータの配置

原本（複製元）		複製（複製先）		複製方式
場所	表名	場所	表名	
本部サーバ	商品	POS 端末	当日販売価格	c
本部サーバ	販売価格			
本部サーバ	扱い商品分類			
POS 端末	販売	本部サーバ	販売保存	d
POS 端末	販売明細	本部サーバ	販売明細保存	d
本部サーバ	会員	—	—	—
本部サーバ	店舗	—	—	—

注 —：複製を行わない

表名：POS 端末での販売処理で読み書きするデータ

設問1 図中の , に入れる適切な属性名を答えよ。主キーや外部キーの場合は、図の凡例に倣って示せ。

設問2 表1中の , に入れる適切な方式を解答群の中から選び、記号で答えよ。

解答群

ア 方式1

イ 方式2

設問3 ある日のある店舗に設置された POS 端末でもつ複製“当日販売価格”(列：商品コード、商品名、価格、商品分類コード)のデータを作成するための次の(1)～(3)に示す一連の SQL 文中の ～ に入れる適切な字句を答えよ。ただし、当日の年月日はホスト変数“:年月日”に、当該店舗の店舗番号はホスト変数“:店舗番号”に格納されているものとする。“当日販売価格”の初期状態は空である。“一時作業表”(列：商品コード、商品名、価格、商品分類コード、標準価格)は一時的に使用する表で、初期状態は空である。

なお、“当日販売価格”における価格は、“販売価格”に当日に有効なデータがあればその価格とし、なければ“商品”の標準価格とする。

(1) INSERT INTO 一時作業表

(商品コード、商品名、価格、商品分類コード、標準価格)

SELECT 商品.商品コード, 商品.商品名, 販売価格.価格,
商品.商品分類コード, 商品.標準価格

FROM (商品 INNER JOIN 扱い商品分類

ON 商品.商品分類コード = 扱い商品分類.商品分類コード

AND)

OUTER JOIN 販売価格

ON

AND 販売価格.店舗番号 = :店舗番号

AND :年月日 BETWEEN 販売価格.開始日 AND 販売価格.終了日

(2) UPDATE 一時作業表 SET WHERE 価格 IS NULL

(3) INSERT INTO 当日販売価格 (商品コード、商品名、価格、商品分類コード)

SELECT 商品コード, 商品名, 価格, 商品分類コード FROM 一時作業表

設問 4 営業中に本部サーバ側で障害が発生した場合、POS 端末単独で販売処理を行おうとしても、表 1 に示すデータのもち方では、一部の①業務の実行は不可能である。これらの業務も実行できるようにするために、POS 端末側に②複製を一つ追加し、本部サーバ側の障害時には販売処理でその複製を使用する方法が考えられる。ただしその場合、本部サーバ側に障害が発生したときの③買い物の行われ方によっては、データの不整合による販売上の問題が発生する可能性がある。

(1) 下線部①で、実行不可能な業務を解答群の中からすべて選び、記号で答えよ。

解答群

- ア 商品の販売価格の取得 イ 蓄積されたポイント数の表示
ウ ポイントの使用 エ ポイントの付与

(2) 下線部②で、追加する複製の原本の表名を答えよ。

(3) 下線部③で、問題が発生する可能性がある買い物の行われ方の条件について、40 字以内で答えよ。

〔 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が付いているものは不可）、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。