

平成 19 年度 春期
テクニカルエンジニア（エンベデッドシステム）
午後Ⅱ 問題

試験時間 14:10 ～ 16:10（2 時間）

注意事項

1. 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。
2. 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。
3. 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。
4. 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 2
選択方法	1 問選択

5. 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) 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) 選択した問題については、次の例に従って、選択欄の問題番号を○印で囲んでください。

〔問 2 を選択した場合の例〕

なお、○印がない場合は、採点の対象になりません。2 問とも○印で囲んだ場合は、はじめの 1 問について採点します。

- (5) 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。
- (6) 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。

選択欄
問 1
問 2

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 自動車用予測安全システムに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

B社は、自動車制御及びナイトビジョン制御を統合した予測安全システムを開発している。ナイトビジョンの機能は、夜間における自動車と歩行者との事故を未然に防止することを目的とし、遠赤外線カメラ（以下、カメラという）によって車両前方の歩行者を検知してアラームを出すことで、運転者に注意を喚起するものである。2台のカメラが車両前部に設置されており、それらの画像から、赤外線を放射する対象物を検知し、対象物の位置や動きを判断する。

〔予測安全システムの構成〕

車内に4台のElectronic Control Unit (ECU) が搭載されており、各ECUは、データ伝送速度が1Mビット/秒の車内伝送バスで接続されている。予測安全システムの構成を図1に示す。ECU1は予測安全システム全体の管理用であり、ECU2はカメラ制御用、ECU3はエンジン制御用、ECU4はブレーキなどの制御用である。

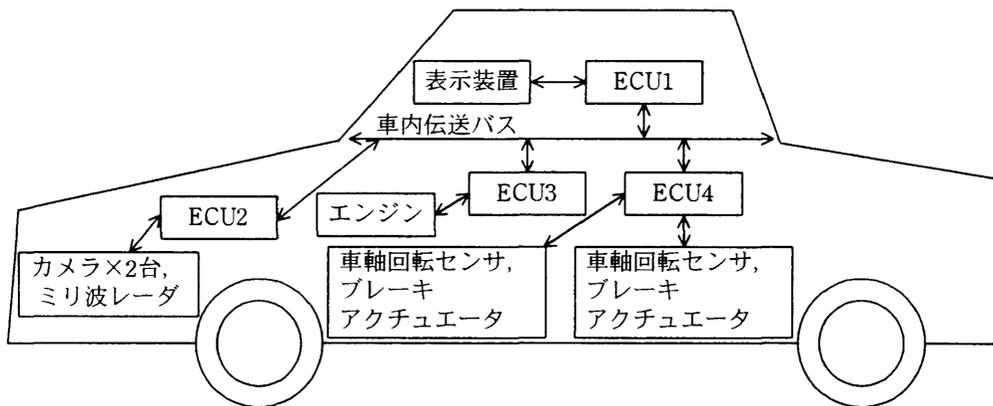


図1 予測安全システムの構成

ECU2がカメラ画像を処理して歩行者の像を検知し、その検知した歩行者データをECU1に伝送する。ECU1は、表示装置に歩行者データなどを表示するとともに、歩行者データから歩行者の位置や動きを算出する。そして、衝突予測処理として、これらの算出した値と自動車の走行速度、進行方向などを演算して、5秒以内に自動車

と歩行者が衝突すると予測された場合にアラームを出すことでナイトビジョンの機能を実現する。ECU4 は、車軸回転センサ及びブレーキアクチュエータを制御しており、タイヤのスリップを検出したときなどに、ブレーキアクチュエータを制御するとともに、エンジンのトルクを制御する指示を ECU3 へ送信する。

各 ECU の制御内容を表 1 に、カメラの仕様概要を表 2 に示す。

表 1 各 ECU の制御内容

ECU 名	制御内容
ECU1	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全体管理, ECU 統括, 伝送制御 ・ 表示装置制御 ・ 衝突予測アラーム出力
ECU2	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遠赤外線画像解析 ・ ミリ波レーダによる車間距離監視 ・ センタライン検出
ECU3	<ul style="list-style-type: none"> ・ エンジン制御
ECU4	<ul style="list-style-type: none"> ・ ブレーキ制御 ・ 車両安定制御 ・ ステアリング角度検出 ・ 車軸回転速度検出

表 2 カメラの仕様概要

項目	仕様
画素数	640×480 ドット
階調	8 ビット/画素
撮像速度	30 フレーム/秒
画像出力方法	専用シリアル伝送 (10M ビット/秒)

車内伝送バスを使用した ECU 間のデータ伝送は、ECU1 がマスタ局となり、ほかの ECU がスレーブ局となってポーリング方式でデータを伝送する。ポーリング方式によるデータ送受信の様子を図 2 に示す。ECU1 が自局の送信処理を実行した後、20 ミリ秒のデータ更新周期で、ECU2 ~ ECU4 の順に送信指示を出力していく。ある局が送信したデータは、ほかの全局で同時に受信可能である。送信指示は 8 バイト、送信データは最大で 1,024 バイトである。ある ECU からほかの ECU に対して送信を要求するデータ種別やデータ量などの情報は、送信データ内に格納されている。

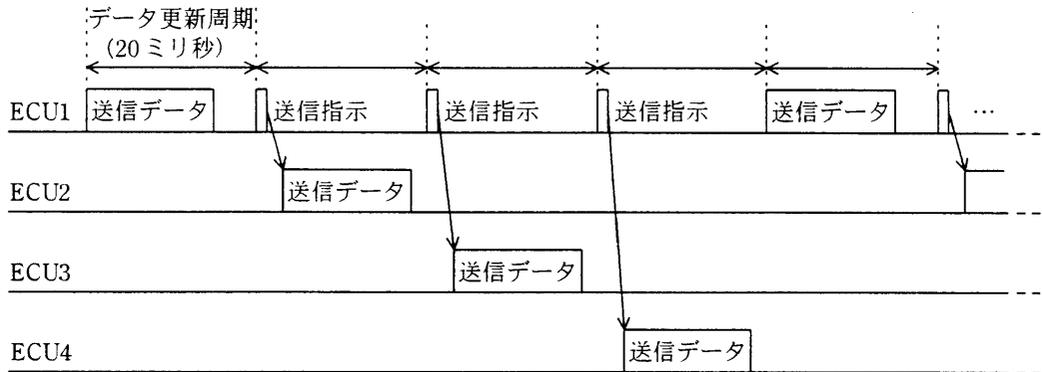
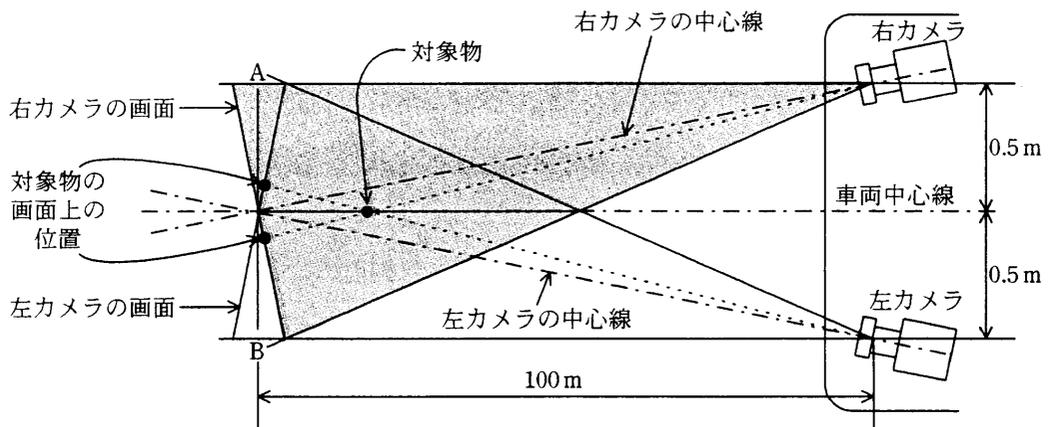


図2 ポーリング方式によるデータ送受信の様子

設問1 ナイトビジョンでの車両周辺情報の収集について仕様を検討する。車両周辺情報の収集のために2台のカメラを搭載する。2台のカメラとその画像の関係を図3に示す。2台のカメラの設置間隔は1mである。100m前方でその中心線が車両中心線と交差するように設置されているので、左右のカメラの設置されている角度の差は小さい。そこで、対象物が車両前方100mの平面AB上にある場合には、左右のカメラで得られる画像上での位置は同じと考えてよい。対象物が平面ABからずれると、左右のカメラで得られる画像は、ずれの大きさに応じて差が出てくる。



注 網掛け部は、右カメラのとらえる範囲を示す。

図3 2台のカメラとその画像の関係

- (1) 2 台のカメラからの画像データの処理方法について検討する。次の記述中の ~ に入れる適切な字句を答えよ。

車両中心線上に対象物がある場合について検討する。100 m 前方にある対象物の画像は左右のカメラとも中央になるが、100 m 前方からずれると中央からずれてくる。100 m よりも手前にあれば では中央より左にずれ、 では中央より右にずれる。その左右のずれの大きさは なる。

次に、対象物が車両中心線上からずれた場合について検討する。100 m 前方付近にある対象物の、左右のカメラでとらえた画像の位置がずれているときには、 を対象物の想定位置とし、画像の によって 100 m 前方からの距離を計算し、 によって近いか遠いかを判断する。また、ECU2 では得られた画像の形によって対象物が歩行者かそのほかの物体かを判断することができる。

- (2) 対象物の位置をできるだけ正確に検知し、さらに、できるだけ広い範囲の画像を取り込む必要がある。そこで、カメラの水平方向の視野角を約 45 度と広くし、この範囲を三つの部分に分割して画像を取り込むことにした。中央の 400 ドットは 100 m 前方では 16 m の幅に対応しており、この領域の分解能は一樣で、対象物の位置の検知に使用される。両側の各 120 ドットは対象物の存在の検知や大まかな運動方向の検知だけに使用される。この部分は一様にはなっていない。

(a) 100 m 前方にある対象物が画面のほぼ中央にとらえられた。その画像の横方向の 1 ドットが何 cm に相当するかを求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。

(b) 200 m 前方にあり、右カメラの画像では画面の中央に位置する対象物は、左カメラの画像では画面の中央からどちらの方向に、何ドット離れているか求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。

- (3) カメラは路面から約 50 cm の高さに水平に設置されている。そのときの車両の進行に伴う垂直方向の画面変化について検討する。

(a) 水平な道路上で、赤外線を発する対象物の画面上の高さが対象物へ接近するに従って徐々に低くなっていくのはどのような場合か。30 字以内で述べよ。

(b) 緩やかな上り坂の頂上の先に歩道橋があり，そこを歩行者が渡っていたので，頂上の手前で衝突すると予想されるコース上に歩行者の画像がとらえられた。衝突するかしないかは，歩行者の画像から得られるどのような情報を用いて判断すればよいか。歩行者までの距離情報以外の情報を，20 字以内で述べよ。

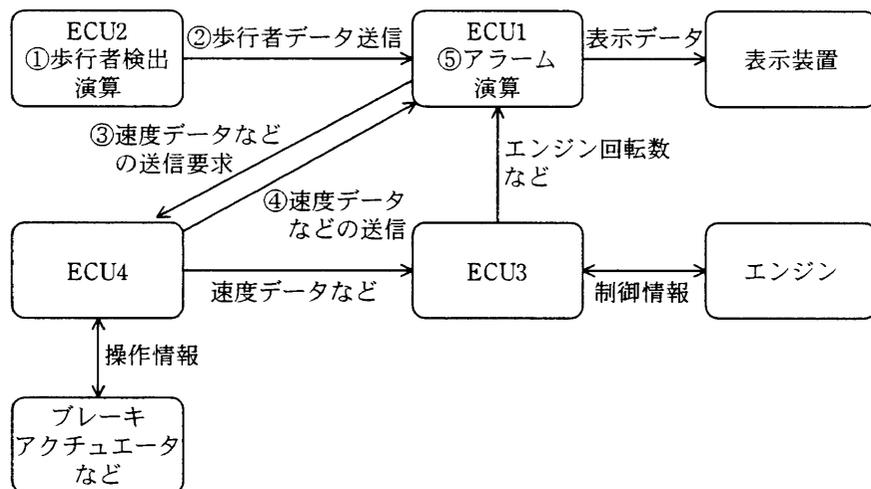
(4) 異常時の走行距離，累積走行距離，走行速度，ハンドル操作量，アクセル操作量，ブレーキ操作量などの車両情報と併せて，画像情報を運転情報としてドライブレコーダに記録する。ドライブレコーダは車両の運転時に運転情報を記録し，記録領域が満杯になると古い情報が格納された領域に上書きしながら記録する。ドライブレコーダは，加速度センサで異常を検出したときには，その前後一定時間の運転情報を残す。残された運転情報は記録再開の指示があるまでは保持され，読み出すことができる。補助電源を内蔵することで，異常検出から一定時間の運転情報を記録できるよう考慮してある。圧縮した画像情報も含めて記録情報は 2 M バイト/秒である。ドライブレコーダとしては年間 200 時間使用して，10 年間は交換することなしに使用できるものとし，記録媒体としては 10 万回までの書換え回数が保証されたフラッシュメモリを使うことで検討する。

(a) 年間 200 時間使用して 10 年間は交換不要にするには，フラッシュメモリの容量は少なくとも何 M バイト必要か求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して，整数で求めよ。

(b) 64 M バイトのフラッシュメモリを採用して，異常検出の前後それぞれ 10 秒分の運転情報は残すことにした。しかし，そのまま単純にフラッシュメモリに記録したのでは信頼性に問題が生じる。その対策について検討し，通常の運転時は 10 秒分の運転情報を RAM に記録しておき，異常検出時にフラッシュメモリへの書込みを開始することにした。このようにしたのは信頼性を維持するために何を考慮したからか。40 字以内で述べよ。

設問2 アラーム出力の処理について検討する。アラーム出力に関連して各 ECU 間で送受信される制御データを図4に、歩行者検出後の処理内容を表3に示す。

なお、以降の検討において、送信指示に対するデータの送信は、データ量が1,024バイト以内であれば、データ更新周期内に確実に完了できるものとする。



注 ①～⑤は処理順序を示す。

図4 各 ECU 間で送受信される制御データ

表3 歩行者検出後の処理内容

処理 順序	処理内容	実行 ECU 又はデータ通信方向	通信データ量 (バイト)	処理時間 (ミリ秒)
①	歩行者検出演算	ECU2	—	10
②	歩行者データ送信	ECU2→ECU1	1,800	—
③	速度データなどの送信要求	ECU1→ECU4	32	—
④	速度データなどの送信	ECU4→ECU1	32	—
⑤	アラーム演算	ECU1	—	10

(1) 表3の処理に要する時間を検討する。

ECU2 が送信指示を受けたときに歩行者データをもっている場合は、ECU1 からの送信要求がなくとも、歩行者データの送信を開始できる。このとき、ECU2 から ECU1 に歩行者データを送信完了するまでに要する最小データ更新周期は、5 データ更新周期となる。

- (a) ECU1 は、ECU4 に対して速度データなどの送信を要求する。ECU2 から歩行者データを受信した後、ECU1 が送信要求内容を ECU4 へ送信するまでに要する最小データ更新周期は何周期か求めよ。答えは、整数で求めよ。
- (b) ECU4 は、ECU1 からの送信データによって次に送信するデータの内容を指定される。ECU1 が速度データを要求してから ECU4 がデータを送信完了するまでに要する最小データ更新周期は何周期か求めよ。答えは、整数で求めよ。
- (c) カメラが歩行者の画像データを ECU2 に送ってからアラームが出力されるまでの時間は、最短で何ミリ秒になるか求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。
- (2) アラーム出力に要する時間を短縮するためには、アラーム演算の直前に受信していた速度データなどを使用する方法が考えられる。この場合に、アラーム出力に要する時間は何ミリ秒短縮できるか求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。
- (3) さらに、アラーム出力に要する時間を短縮するためには、必要なデータによってポーリング順序を変更する方法などがある。そのほかの方法として、ECU 間のデータ伝送をどのように変更すればよいか。送信指示について、効果があると考えられる方法を、30 字以内で述べよ。

設問3 走行距離、累積走行距離、走行速度、ハンドル操作量、アクセル操作量、ブレーキ操作量などの車両情報は SRAM に記録していたが、電源の瞬時低下の影響で内容が破壊されることを避けるために定期的にシリアル EEPROM（以下、EEPROM という）に保存することを検討する。ECU1 内部での同期式シリアルインタフェースと EEPROM との接続を図5に示す。

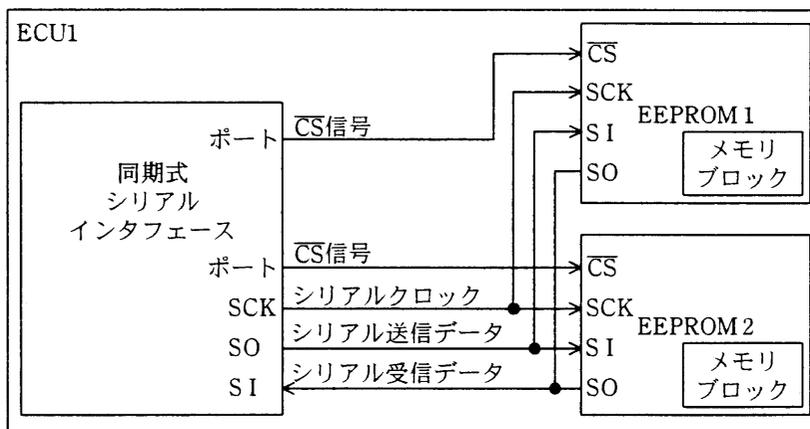


図5 ECU1 内部での同期式シリアルインタフェースと EEPROM との接続

EEPROM との通信はバイト単位で行う。シリアル転送のタイミング例を図6に示す。 \overline{CS} 信号をローレベルにすることで EEPROM が選択され、書込みや読出しが可能になる。その状態で、同期式シリアルインタフェースにデータを書き込むと転送がスタートする。転送は同期式シリアルインタフェースが出力するシリアルクロックで制御される。シリアルクロックは、基準となる連続したクロックに同期して変化する。データを転送していないときにはシリアルクロックはハイレベル状態を保っている。転送開始時のシリアルクロックの立下がりは基準となる連続したクロックの立下がりに同期する。EEPROM への書込みの場合には、同期式シリアルインタフェースに EEPROM への書込みデータを書き込むと、次のシリアルクロックの立下がりのタイミングで同期式シリアルインタフェースがデータをシリアル送信データに出力する。このときの転送速度は5Mビット/秒で、8ビット目のシリアルクロックの立上がりで、同期式シリアルインタフェースは転送完了の割込みを発生する。転送完了割込みに応答し

て次のデータを書き込むと、次のシリアルクロックの立下がりのタイミングで同期式シリアルインタフェースは転送を開始する。図 6 では転送完了割込みから 200 ナノ秒で次のデータを書き込んでいるが、転送は基準となる連続したクロックの立下がりによって開始している。EEPROM は、 \overline{CS} 信号がハイレベルのときにはシリアルクロックが入力されても通信動作を行わず、SO 端子をハイインピーダンスに保つ。

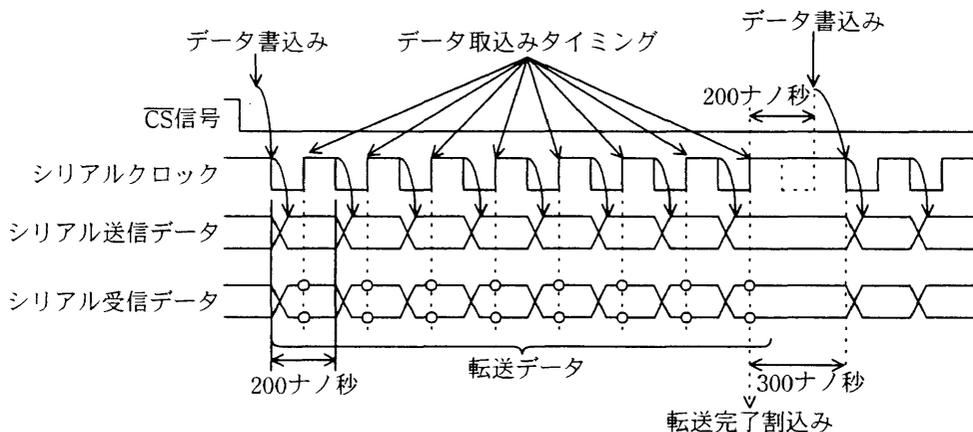


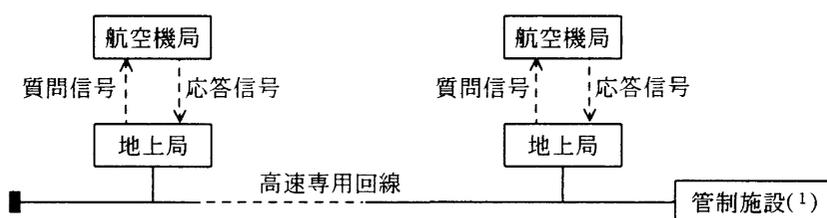
図 6 シリアル転送のタイミング例

- (1) 車両情報を保存するための EEPROM との通信について検討する。
 - (a) 転送完了割込み発生からデータ書き込みまでの所要時間を 1 マイクロ秒とした場合に、100 バイトのデータの転送開始から転送完了までの所要時間は何マイクロ秒になるか求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。
 - (b) 図 6 に示すシリアル転送のタイミング例では、1 バイトごとの転送の間に割込み応答による遅延が発生するので転送効率の低下が考えられる。その対策として、送信バッファがダブルバッファとなった同期式シリアルインタフェースを使用することにした。具体的には、ダブルバッファにし、さらに、ある信号を追加した。その信号は何か。40 字以内で述べよ。
- (2) EEPROM に書き込むときに、同期式シリアルインタフェースが \overline{CS} 信号をローレベルにしてデータを転送し、 \overline{CS} 信号をハイレベルにすると、EEPROM は転送されたデータを実際にメモリブロックに書き込む。実際のメモリプロ

ックへの書込み処理に必要な時間は、5 M ビット／秒でのデータ転送時間に比べて数倍になる。図 5 の構成で、EEPROM への書込み時間の中の、実際にメモリブロックに書き込む時間の影響をできるだけ少なくするためには、EEPROM にどのようにアクセスすればよいか。50 字以内で述べよ。

問2 航空機監視用レーダシステムに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

C社では、空港から離れた航空交通管制区内に設置される、二次レーダ方式を用いた航空機監視用レーダシステムを開発している。二次レーダ方式とは、航空機に搭載された無線通信装置（以下、航空機局という）と地上局が無線通信を行い、航空機の位置を特定する方式である。この航空機監視用レーダシステムは、複数の地上局と管制施設から構成される。航空機監視用レーダシステムの構成を図1に示す。



注⁽¹⁾ 管制施設には、各地上局に対して指示を行う操作卓や、各地上局から送信されてくる、航空機の位置情報を表示するレーダスコープなどが設置されている。

図1 航空機監視用レーダシステムの構成

航空機が航空機監視用レーダシステムの監視空域に進入すると、航空機局は地上局から送信される同報質問信号と呼ぶ質問信号を受信する。同報質問信号を受信した航空機局は、航空機識別番号や飛行高度、飛行速度及び飛行方向を応答信号として送信する。地上局はこの応答信号を受信することで、監視空域に進入してきた航空機を捕そくする。地上局は捕そくした航空機の航空機局に対して、同報質問信号に対する応答信号で得られた航空機識別番号を用いて、個別質問信号と呼ぶ質問信号を送信する。航空機局は、同報質問信号に対する応答信号をいったん送信すると、以後同報質問信号に対する応答信号は送信せずに、自局あての個別質問信号に対してだけ応答信号を送信する。地上局は個別質問信号に対する応答信号を受信することで、その航空機を監視対象機として監視する。

なお、個別質問信号に対する航空機局からの応答信号は、同報質問信号に対する応答信号と同じである。

[地上局を構成する各ユニットの主な機能]

地上局のユニット構成を図2に示す。

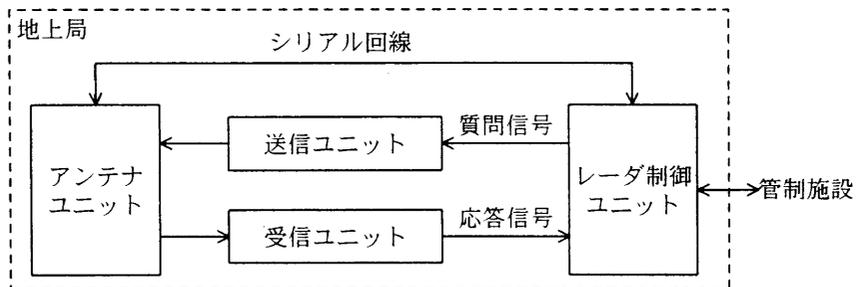


図2 地上局のユニット構成

(1) アンテナユニット

アンテナユニットは、レーダ制御ユニットからシリアル回線を介してアンテナの回転開始指示を受けると、1分間に10回転の速度でアンテナの回転を開始する。アンテナユニットはアンテナの回転開始後、アンテナの角度を真北の方向を0度として、3度ごとにシリアル回線を介してレーダ制御ユニットにアンテナの角度情報を通知する。地上局のアンテナから見た航空機局との電波による送受信可能範囲を図3に示す。

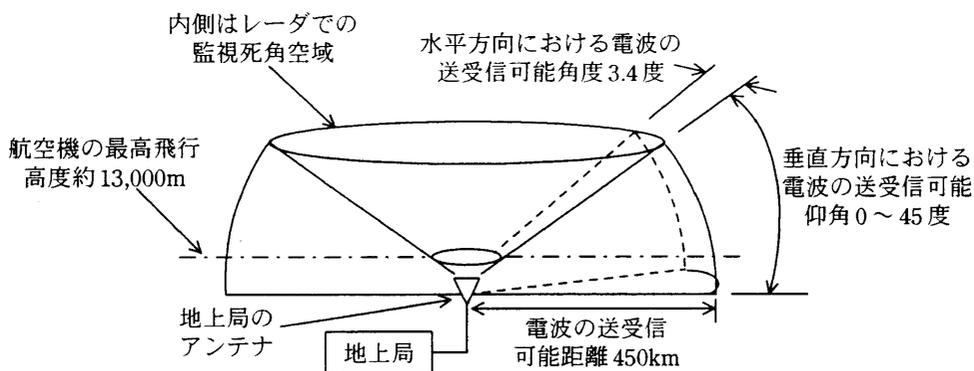


図3 地上局のアンテナから見た航空機局との電波による送受信可能範囲

(2) 送信ユニット

レーダ制御ユニットから受けた質問信号をアンテナユニットへ送る。

(3) 受信ユニット

アンテナユニットから受けた応答信号をレーダ制御ユニットへ送る。

(4) レーダ制御ユニット

レーダ制御ユニットは、地上局全体を制御するユニットで、その主な機能を次に示す。

① 航空機局の監視機能

レーダ制御ユニットは、アンテナユニットからのアンテナの角度情報を得るごとに、質問信号の送信と応答信号の受信を行うことによって航空機局を監視する。電波の送受信タイミングを図4に示す。

なお、アンテナの回転角度が3度に相当する期間を1ビーム期間と呼び、1ビーム期間は $t_1 \sim t_3$ を1サイクルとする4サイクル分で構成される。

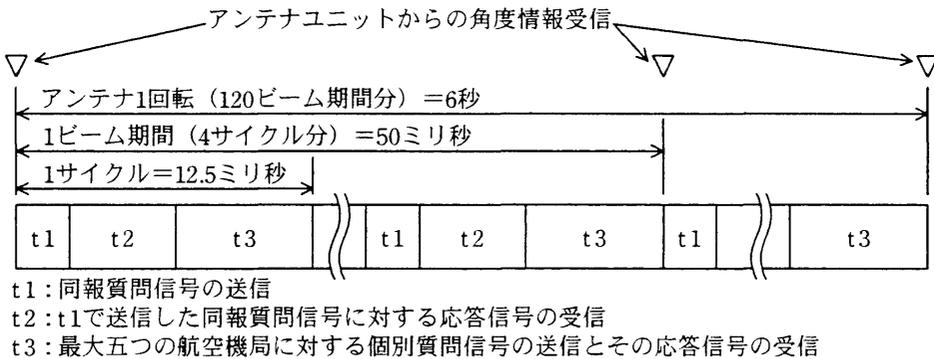


図4 電波の送受信タイミング

t_1 で同報質問信号を送信してから航空機局の応答信号を t_2 で受信するまでの時間と、その受信した応答信号の内容、及び同報質問信号を送信したときのアンテナの角度情報を基に、応答信号を送信した航空機局の位置を特定する。

同報質問信号に対する応答信号によって位置を特定できた航空機局に対しては、アンテナが1回転して、次に、アンテナが航空機局の方向を向くと予想される1ビーム期間（以下、正対ビーム期間という）4サイクルのうち、いずれか一つのサイクル中の t_3 で、1回の個別質問信号を送信する。一つの t_3 では最大5機分の個別質問信号を送信できるので、4サイクルでは最大20機を監視できる。以後、アンテナが1回転するごとに、アンテナが正対ビーム期間内で1回

の個別質問信号を送信することで、航空機局の位置を確認し続ける。

レーダ制御ユニットにおける監視状態遷移図を図 5 に、航空機局における被監視状態遷移図を図 6 に示す。

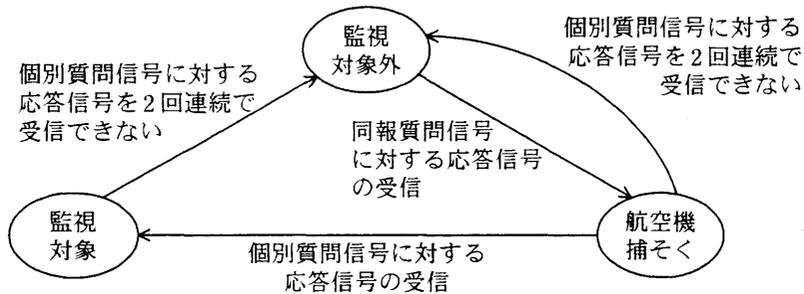


図 5 レーダ制御ユニットにおける監視状態遷移図

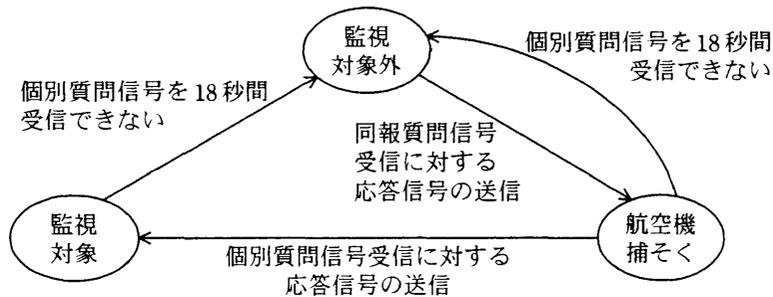


図 6 航空機局における被監視状態遷移図

② 地上局間をまたがった監視機能

航空機監視用レーダシステムは、個別質問信号による監視対象の航空機局がその地上局の送受信可能範囲から外れる場合、管制施設によって地上局間をまたがった監視を行う機能をもつ。レーダ制御ユニットは、管制施設からの航空機識別番号を含んだ監視中止の指示を受けたときは、その航空機局への個別質問信号の送信を中止して監視をやめる。

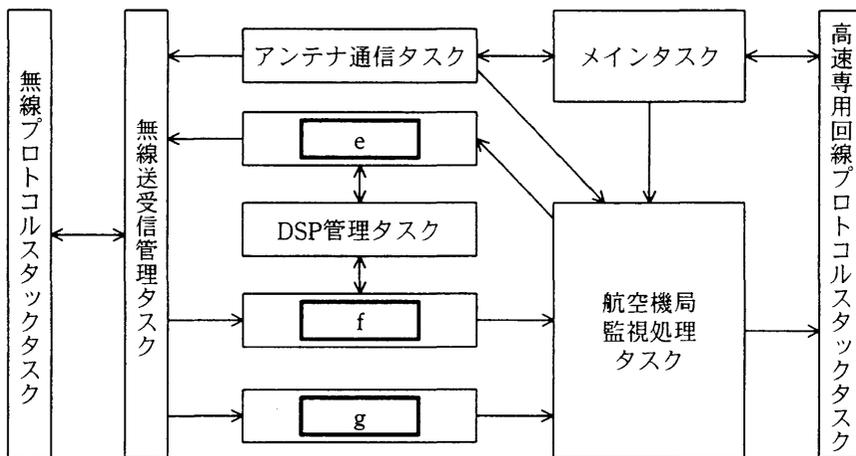
また、監視対象外の航空機局に対して管制施設から航空機識別番号とその航空機に関する位置情報を含んだ継続監視開始の指示を受けると、正対ピーム期間内で個別質問信号を送信し、その応答信号を受信することで航空機局の監視を開始する。

③ 航空機局と管制施設間での通信機能

航空機監視用レーダシステムは、特定の航空機局と管制施設間で地上局を介して情報の通信を行う機能をもつ。レーダ制御ユニットは、管制施設から航空機識別番号を指定した航空機局あての情報送信依頼を受けると、その情報を航空機局に対して個別質問信号を用いて送信する。また、個別質問信号に対する応答信号に管制施設あての情報が含まれている場合は、その情報を管制施設へ送信する。

[レーダ制御ユニットのソフトウェア仕様]

レーダ制御ユニットにおけるソフトウェアは、1個のMPUと1個のDSPで実行される。レーダ制御ユニットのタスク構成を図7に、各タスクの処理概要を表1に示す。また、リアルタイム性が要求されることから、リアルタイムOS（以下、RTOSという）を使用する。RTOSのシステムコール一覧を表2に示す。



注 図中の矢印は、タスク間メッセージの通信方向を示す。

図7 レーダ制御ユニットのタスク構成

表1 レーダ制御ユニットの各タスクの処理概要

タスク名	処理概要
メインタスク	レーダ制御ユニット全体の管理を行う。例えば管制施設からの動作開始指示を受けると、関連するタスクへアンテナの回転開始指示や、同報質問信号の送信開始指示を通知する。
アンテナ通信タスク	シリアル回線を介して、アンテナユニットへの制御情報の送信や、アンテナユニットからアンテナの角度情報の受信を行う。受信したアンテナの角度情報は、航空機局監視処理タスクと無線送受信管理タスクへ通知する。
同報質問応答処理タスク	同報質問信号に対する応答信号で受信したデータの処理を行い、航空機識別番号、位置、飛行高度及び飛行方向を航空機局ごとに航空機局監視処理タスクへ通知する。なお、高速演算処理が必要な処理はDSP管理タスクへ依頼する。
個別質問応答処理タスク	個別質問信号に対する応答信号で受信したデータの処理を行い、航空機識別番号、位置、飛行高度及び飛行方向を航空機局ごとに航空機局監視処理タスクへ通知する。
航空機局監視処理タスク	1 ビーム期間ごとに、同報質問信号と最大 20 個の個別質問信号の送信依頼を送信スケジューリング情報生成タスクへ通知する。なお、送信スケジューリング情報生成タスクへの通知は、送信スケジューリング情報生成タスクの処理速度を考慮すると、送信するビーム期間の 60 ビーム期間前までに行う必要がある。 監視中の航空機に関する位置情報などを管制施設へ送信する。
送信スケジューリング情報生成タスク	1 ビーム期間ごとに、個別質問信号の送信スケジューリング情報を生成し、同報質問信号と個別質問信号の送信依頼を無線送受信管理タスクへ通知する。個別質問信号送信スケジューリング情報の生成は、地上局と航空機局の距離や、航空機局同士の距離などを考慮して応答信号が混信しないように行う。なお、高速演算処理が必要な処理はDSP管理タスクへ依頼する。
無線送受信管理タスク	送信スケジューリング情報生成タスクからの同報質問信号及び個別質問信号の送信依頼と、アンテナ通信タスクからのアンテナ角度情報の受信によって、同報質問信号と送信スケジュールに従った個別質問信号の送信を行う。受信した応答信号を、同報質問応答処理タスク又は個別質問応答処理タスクのいずれかに通知する。
DSP 管理タスク	ほかのタスクからの DSP への演算処理依頼を管理するとともに、DSP に対して演算処理を行わせ、その演算結果を依頼元のタスクに通知する。
無線プロトコルスタックタスク	航空機との無線通信のための通信プロトコルスタック
高速専用回線プロトコルスタックタスク	管制施設との通信のための通信プロトコルスタック

表2 RTOS のシステムコール一覧

システムコール名	引数	処理概要
act_tsk	tno	tno で指定したタスクを生成して起動する。
ext_tsk	-	自タスクを終了させる。
abo_tsk	tno	tno で指定した他タスクを終了させる。
set_evf	pattern	pattern で指定したイベントフラグをセットする。 指定できるイベントフラグは 64 個 (ビット) までである。
clr_evf	pattern	pattern で指定したイベントフラグをクリアする。 指定できるイベントフラグは 64 個 (ビット) までである。
wait_evf	pattern, mode	pattern で指定したイベントフラグがセットされるのを待つ。 指定できるイベントフラグは 64 個 (ビット) までである。 複数のイベントフラグを指定した場合、mode によって AND (指定したすべてのイベントフラグがセットされるのを待つ) 条件、又は OR (指定したイベントフラグのうち、1 個以上セットされるのを待つ) 条件を指定できる。複数のタスクが同じイベントフラグを指定できる。この場合、指定した条件を満たしたすべてのタスクが、実行可能状態となる。
poll_evf	pattern, mode	pattern で指定したイベントフラグがセットされているかどうかをチェックする。mode の指定方法は wait_evf と同じである。 指定できるイベントフラグは 64 個 (ビット) までである。
get_evf	evfbuf	すべてのイベントフラグを evfbuf に読み出す。
get_sem	sem	sem で指定したセマフォを獲得するまで待つ。
poll_sem	sem	sem で指定したセマフォを獲得できるかどうかをチェックし、獲得できる場合は獲得する。
rel_sem	sem	sem で指定したセマフォを解放する。
send_mbx	mbox, mailp	mbox で指定したメールボックスに、mailp で示されるメールを送る。
recv_mbx	mbox, mailbuf	mbox で指定したメールボックスからメールを受信するまで待つ。メールを受信すると、mailbuf にメールへのポインタを格納する。
poll_mbx	mbox, mailbuf	mbox で指定したメールボックスにメールが届いているかどうかをチェックする。メールを受信していれば、mailbuf にメールへのポインタを格納する。
dly_tsk	time	time で指定した時間だけ、呼出し元のタスクを待たせる。
get_mem	size, membuf	size で指定したバイト数分のメモリ領域を、メモリプールから確保する。確保したメモリ領域の先頭アドレスを membuf に格納する。
rel_mem	mempt	get_mem で確保したメモリ領域を解放する。解放するメモリ領域の先頭アドレスを mempt で指定する。

設問 1 航空機監視用レーダシステムの仕様について検討する。

- (1) 本システムでは、質問信号を送信してから応答信号を受信するまでの時間を基に航空機までの距離を算出する。この時間測定は、レーダ制御ユニット内のハードウェアによって実現される。このハードウェアを応答時間測定タイマと呼ぶ。

電波の速度を毎秒 30 万 km としたとき、航空機までの距離を求める処理に関する次の記述中の , に入れる適切な数値を、整数で答えよ。

ある航空機に対して質問信号を送信したところ、質問信号送信開始から応答信号受信完了まで 2 ミリ秒かかった。質問信号送信に要する時間、応答信号受信に要する時間、及び航空機局が質問信号受信を完了してから応答信号送信を開始するまでに要する時間を合計 1 ミリ秒として、これを差し引くと航空機までの片道を電波が到達するのに要した時間は 500 マイクロ秒となる。したがって、航空機までの距離は 150 km と分かる。

図 4 に示す t_1 と t_2 の合計時間は、本レーダシステムで監視可能な最大距離が 450 km であるので、少なくとも 4 ミリ秒必要である。

また、応答時間測定タイマによる航空機までの距離算出誤差を最大でも 150 m とするためには、応答時間測定タイマの周期を最大でも マイクロ秒とする必要がある。したがって、質問信号送信開始から応答信号受信完了までの時間をタイマで計測する場合、応答時間測定タイマは最小でも ビットのタイマが必要となる。

- (2) 監視対象の航空機が地上局の送受信可能範囲から外れる場合、管制施設によって地上局間の監視の引継ぎが行われる。管制施設は、レーダ制御ユニットからの情報によってレーダスコープへの位置情報の点灯表示を航空機ごとに更新するが、13 秒間以上情報を受信しなくなった航空機の位置情報は点滅表示する。

- (a) 継続監視開始の指示を受けた地上局は、航空機局監視処理タスクがこれを受けることによって正対ビーム期間を計算し、個別質問信号の送信を開始する。この個別質問信号の送信を開始するために、継続監視開始の指示には航空機識別番号、飛行速度のほかにどのような情報が必要か。二つ挙

げ、それぞれ 10 字以内で答えよ。

- (b) 次の記述中の , に入れる適切な字句を答えよ。

管制施設から監視中止の指示は出せたが、監視を引き継がせるべき地上局に対して継続監視開始の指示を出せず引継ぎを失敗した場合、管制施設のレーダスコープ上の位置情報の表示は、管制施設が最後に情報を受けてから 13 秒後に点滅表示となり、その後 の応答を受信すると 表示となる。

設問 2 レーダ制御ユニットのソフトウェア設計について検討する。

- (1) レーダ制御ユニットのタスク設計を行う。

- (a) 図 7 中の ~ に入れる適切なタスク名を、表 1 中に示すタスク名で答えよ。

- (b) タスク構成の検討段階で、DSP 管理タスクの必要性を検討した。次の記述中の , , に入れる適切なシステムコール名を、表 2 中に示す名称で答えよ。また、 , , に入れる適切な字句を答えよ。

当初、DSP 管理タスクがない構成で設計を開始した。DSP 管理タスクがない場合、複数のタスクが同時に DSP を使用しないように排他制御を行う。この排他制御に を用いると、ほかのタスクが既に DSP を使用していた場合、DSP の処理完了まで待たされることになる。また、この完了待ちを回避するため、 の前に を用いて状態を判定する方法も考えられたが、判定処理が繰り返されることによる全体の処理速度の低下が懸念された。

そこで、更に検討した結果、DSP 管理タスクを追加することにした。DSP 管理タスクは、DSP への処理依頼を を用いて受け付けることによって、 による排他制御が不要となり、それぞれのタスクの処理も簡略化できる。また、DSP 管理タスクへ処理を依頼するタスクは、処理依頼送信後に DSP の処理の完了を で待てばよく、 の処理中でもほかの処理が可能になる。ただし、DSP 管理タスクのタスク優先度は、その依頼元タスクのタスク優先度よりも しなければならない。

- (c) メインタスクから航空機局監視処理タスクへのメッセージ通信には、電源投入時などにおける最初の監視開始の指示以外に二つのメッセージがある。そのうちの一つを、35字以内で述べよ。
- (d) 監視空域内の航空機局の監視を行う場合を考え、アンテナ通信タスク、送信スケジューリング情報生成タスク、同報質問応答処理タスク、個別質問応答処理タスクの中で、アンテナ通信タスクのタスク優先度を一番高くした。その理由を、25字以内で述べよ。
- (2) 航空機局監視処理タスクは、同報質問応答処理タスクと個別質問応答処理タスクから得られた情報を基に、監視情報を生成し、送信スケジューリング情報生成タスクへ通知する。監視情報を生成するために、監視対象の航空機局については、管理テーブルを使用することにした。管理テーブルがもつ項目を図8に示す。

なお、管理テーブルの航空機局の情報は、個別質問応答を受けたアンテナ角度をキーにして格納される。

アンテナ角度	航空機識別番号	...	位置情報
--------	---------	-----	------

図8 管理テーブルがもつ項目（抜粋）

- (a) 管理テーブルから航空機局の情報が削除されるのは、どのような事象が発生したときか。二つ挙げ、それぞれ30字以内で述べよ。
- (b) 管理テーブルの情報の格納方法で、航空機識別番号をキーとした場合と比較して、アンテナ角度をキーとした格納方法では、航空機局監視処理タスクのどのような処理が速くなるか。45字以内で述べよ。
- (c) 管理テーブル内の全件検索を行わなければならないときがある。管制施設からの監視継続と監視中止以外で全件検索を行うのはどのようなときか。30字以内で述べよ。

設問3 航空機監視用レーダシステムの不具合とその対策について検討する。

無線送受信管理タスクはアンテナ角度3度ごとに送信スケジューリング情報を格納するテーブルをもち、送信スケジューリング情報のメッセージを受信す

ると該当する角度のテーブルに上書きで記録し、アンテナ角度情報のメッセージを受信すると該当する角度のテーブルに従った質問信号の送信を開始するものとする。

(1) アンテナユニットとレーダ制御ユニット間の通信回線に通信障害が発生し、3度ごとに通知される角度情報が1回だけ異常データとなって廃棄される事象が発生した。この場合、地上局の処理としてどのような事象が起きるか。50字以内で述べよ。

(2) (1)における不具合を解決するため、通常3度ごとに受信する角度信号を、 $50 + \alpha$ ミリ秒のタイムアウト監視を行い、そのタイムアウト発生時には角度情報を受けなくとも送信を開始するようにした。

さらに、アンテナユニットにアンテナが0度のときだけ5ミリ秒間ONとなる信号出力（以下、0度信号という）を追加し、レーダ制御ユニットはその0度信号がONとなったときに割込みを発生させて、送信タイミングの補正を行うこととした。

(a) この機能変更を行う場合、どのタスクに機能追加を行えばよいか。表1中に示すタスク名で答えよ。

(b) 通常1ビーム期間は4サイクルであるが、この機能変更によって、1回転の最終ビーム期間だけ1サイクルなくなり、3サイクルとなった。このため、1回転のうち1回でも角度情報を受信できなくなった場合、最後のビーム期間だけ1ビーム期間の最大監視機体数を3サイクルの中に詰めてスケジューリングすることとした。ただし、1ビーム期間内におけるスケジューリング対象のすべての航空機局を、3サイクルの中にスケジューリングができなかった場合、そのスケジューリングができなかった航空機局を2回連続でスケジューリング対象から外さないことを条件とする。

この機能変更を行う場合、(a)で答えたタスク以外に、どのタスクに機能追加を行えばよいか。表1中に示すタスク名で答えよ。

6. 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	14:50 ~ 16:00
--------	---------------

7. 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。
8. 問題冊子の余白などは、適宜利用して構いません。
9. 電卓は、使用できません。
10. 試験終了後、この問題冊子は持ち帰ることができます。
11. 答案用紙は、白紙であっても提出してください。
12. 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。

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。