

平成 28 年度 春期
エンベデッドシステムスペシャリスト試験
午後 II 問題

試験時間 14:30 ~ 16:30 (2 時間)

注意事項

- 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。
- 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。
- 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つてから始めてください。
- 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

- 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。
 - 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。
 - 受験番号欄に受験番号を、生年月日欄に受験票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。生年月日欄については、受験票の生年月日を訂正した場合でも、訂正前の生年月日を記入してください。
 - 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。○印がない場合は、採点されません。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。
 - 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。
 - 解答は、丁寧な字ではつ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。

[問 2 を選択した場合の例]

選択欄	
1 問 選 択	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 自動車の運転支援システムに関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

D 社は、自動車のヘッドライト制御、運転者への通知、走行速度の制御などを行う自動車運転支援システム（以下、運転支援システムという）を開発している。

[運転支援システムの制御・通知対象と構成]

運転支援システムは、ステレオカメラ、ミリ波レーダ、LED アレイヘッドライト（以下、ヘッドライトという）、メータなどを、電子制御ユニット（以下、ECU という）で制御する。運転支援システムの制御・通知対象を図 1 に示す。

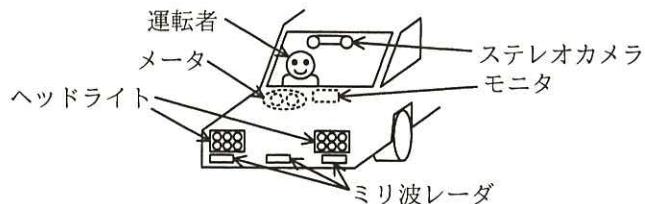


図 1 運転支援システムの制御・通知対象

運転支援システムの主要部の構成を図 2 に、ECU の機能を表 1 に示す。CAN の伝送速度は全て 500k ビット／秒である。

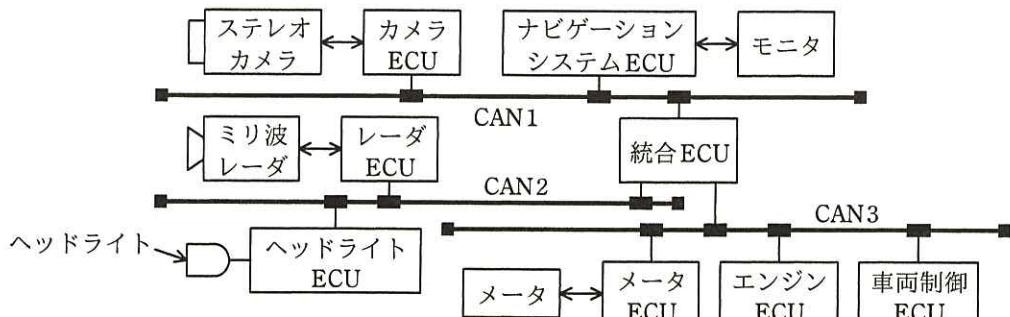


図 2 運転支援システムの主要部の構成

表1 ECUの機能

名称	主な機能
カメラ ECU	・ステレオカメラを制御する。ステレオカメラで検知したデータ及び CAN から取得した情報を基に処理した結果を、CAN に送信する。
ナビゲーションシステム ECU	・地図、自車の現在位置及び車両の状態をモニタに表示する。
レーダ ECU	・ミリ波レーダを制御する。対象物の方向・距離データを CAN に送信する。
統合 ECU	・各 ECU の情報を基に、車両全体を制御する。各メッセージを適切なネットワークに転送するため、CAN のブリッジ機能をもつ。
ヘッドライト ECU	・ヘッドライトを構成する LED を個別に制御する。
メータ ECU	・メータへの表示内容を制御する。
エンジン ECU	・統合 ECU からの指示でエンジンを制御し、エンジンの状況を統合 ECU に送信する。
車両制御 ECU	・サスペンション、ブレーキ、ウィンカなどを制御する。

〔運転支援システムの機能〕

運転支援システムの機能を表2に示す。

表2 運転支援システムの機能

機能	概要
オートライト	・ステレオカメラで周囲の明るさを検知し、自動的にヘッドライトを点灯・消灯させる。 ・ステレオカメラでトンネルの内外を判断して、自動的にヘッドライトを点灯・消灯させる。
オートロービーム	・オートライト機能によってヘッドライトを点灯して走行又は停止しているときに、ステレオカメラで対向車又は先行車を検知すると、その車両の運転者がまぶしくないように、ヘッドライトの照射方向を自動的に切り替える。
歩行者危険通知	・ステレオカメラ又はミリ波レーダで、自車の進行方向に飛び出す可能性が高い歩行者を検知すると、日中でも歩行者に危険を通知するために、ヘッドライトを自動的に点灯させる。
道路標識通知	・ステレオカメラで道路標識を確認して、最高速度、車両通行止め、指定方向外進行禁止などを運転者に通知する。
車線逸脱通知	・ステレオカメラで車線の境界（白線など）を検知し、ワインカを点滅させずに車線からはみ出て走行しそうなときに、運転者に通知する。
衝突被害軽減	・ステレオカメラ又はミリ波レーダで、車両、歩行者、ガードレール、障害物などに衝突する危険性を検知すると、自動的にブレーキを掛けた減速し、衝突を回避したり、衝突の被害を軽減したりする。
オートクルーズ	・アクセルペダルを踏まなくても、一定速度で走行させる。 ・ステレオカメラ又はミリ波レーダで先行車を検知すると、走行速度を調整する。

[ステレオカメラの動作原理]

フロントガラス上部に設置されたステレオカメラ（基準カメラ及び比較カメラ）は、人間の目と同じように物体の形状及び物体との距離を認識する。ステレオカメラの動作原理を図3に示す。

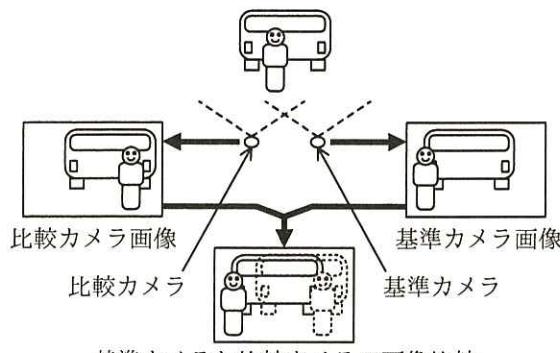


図3 ステレオカメラの動作原理

基準カメラと比較カメラの画像を重ねたときの左右のずれは、近くの物体ほど大きく、遠くの物体ほど小さい。このずれの度合いから、物体との距離を測定する。

[ステレオカメラ及びカメラ ECU の構成・仕様]

ステレオカメラ及びカメラ ECU の構成を図4に示す。カメラ ECU は、画像処理に FPGA を使用し、対向車、先行車及び歩行者の位置などを算出する。

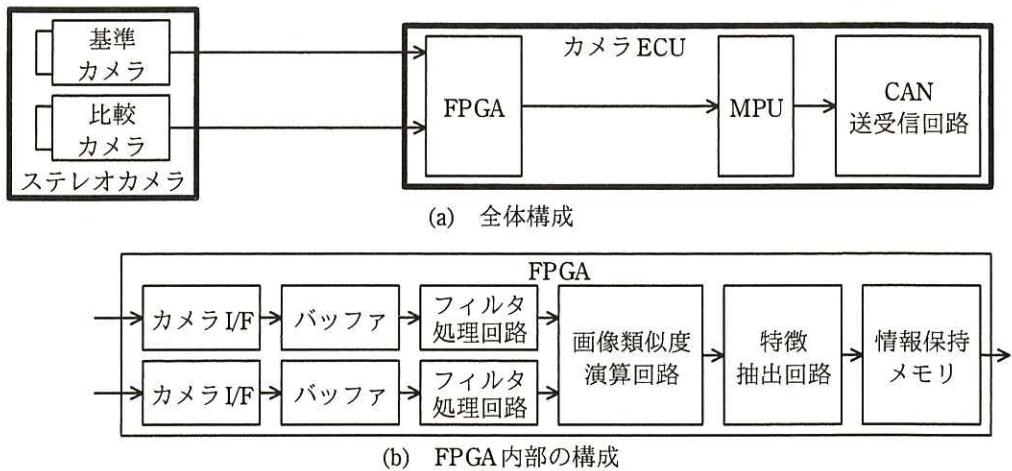


図4 ステレオカメラ及びカメラECUの構成

ステレオカメラ及びカメラECUの処理と仕様を表3に示す。

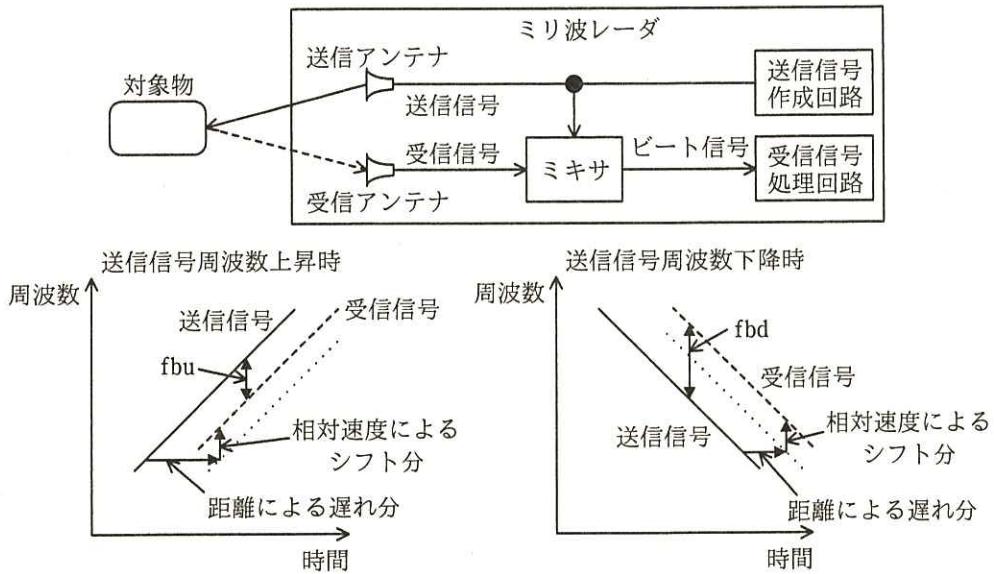
表3 ステレオカメラ及びカメラECUの処理と仕様

項目	処理	仕様
基準カメラ及び比較カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 外部トリガ信号を使用して、基準カメラ及び比較カメラで同期した画像を撮影する。 カメラからの信号は、常に一定のデータレートで出力する。 	<ul style="list-style-type: none"> 画素数：横2,000、縦1,000 1フレーム：1/30秒 1画素：16ビット
カメラI/F	・基準カメラ又は比較カメラで撮影した画像情報を受信する。	・伝送速度：960Mビット/秒
バッファ	・カメラからの信号を途切れなく後段に受け渡す。カメラごとに2フレーム分の容量のメモリで構成され、画像受信用エリアとフィルタ処理用エリアを切り替えて使用する。	・容量：4Mバイト/フレーム
フィルタ処理回路	<ul style="list-style-type: none"> 画像データにフィルタ要素を演算して、ランダムなノイズの除去、輪郭抽出、コントラスト調整などの処理を行う。 処理中は、バッファのフィルタ処理用エリアを使用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 処理時間：15ミリ秒/フレーム
画像類似度演算回路	・フィルタ処理された基準カメラ画像と比較カメラ画像が入力されると、二つの画像を比較し、画像の類似度から、撮影された物体の推定処理を行う。	・処理時間：30ミリ秒/処理
特徴抽出回路	・撮影された物体から、物体認識情報、白線認識情報、標識認識情報及び明るさ認識情報を演算する。高速に演算するため、複数の回路で並列に信号処理を行う。	・処理時間：20ミリ秒/処理
情報保持メモリ	<ul style="list-style-type: none"> 1処理分の物体認識情報、白線認識情報、標識認識情報及び明るさ認識情報を、画像認識データとして保持する。 MPUから要求されたとき、画像認識データを送信する。 	<ul style="list-style-type: none"> 容量： 最大1kバイト/データ MPUへの伝送速度： 1Mビット/秒
MPU	<ul style="list-style-type: none"> 情報保持メモリから、画像認識データを周期的に取得する。取得を開始するタイミングは、設定した周期から最大で約1ミリ秒前後することがある。 FPGA又はCAN経由で取得した情報から、動体予測情報、車線逸脱予測情報、標識指示情報、ヘッドライト点灯指示情報及び障害物情報をカメラ検知データとして演算処理する。 内蔵CANコントローラで、CAN送受信回路を経由してメッセージを送受信する。カメラ検知データごとに、カメラ検知メッセージとしてメッセージを生成し、CANコントローラで保持する。CANコントローラは送信周期ごとに、保持している全てのメッセージを送信する。 	<ul style="list-style-type: none"> 情報保持メモリからのデータ取得周期：1/30秒 データ取得からCAN送信準備完了までの処理時間：最大20ミリ秒 カメラ検知メッセージ送信周期：20ミリ秒 カメラ検知メッセージ長：100ビット/メッセージ
CAN送受信回路	・CANバスとの間で信号を送受信する。	・伝送速度：500kビット/秒

[ミリ波レーダ]

ミリ波レーダは、送信アンテナから対向車、先行車、後続車、前方の障害物、路上の物体などの対象物に信号を送信し、その反射波を受信して、対象物と自動車間の距離・相対速度を算出する。

ミリ波レーダの構成と動作例を図5に示す。



注記 fbu : 送信信号の周波数が上昇している期間の、ビート信号の周波数
fbd : 送信信号の周波数が下降している期間の、ビート信号の周波数

図 5 ミリ波レーダの構成と動作例

- ・送信アンテナから、周波数を時間とともに直線的に上昇又は下降させた信号を送信する（送信信号の周波数を上昇させてから元に戻すまでの時間を、1変調周期とする）。
- ・送信アンテナから送信した信号は、送信アンテナと対象物間の距離及び対象物と受信アンテナ間の距離に応じた時間だけ遅れて受信アンテナで受信される。
- ・受信信号の周波数は、送信信号の周波数に対して、ミリ波レーダと対象物間の相対速度に応じた分だけシフトしていることになる。
- ・送信信号と受信信号をミキサに入力して、ビート信号（周波数の差分）を出力する。

送信信号の周波数が上昇している期間のビート信号の周波数 (fbu) と、送信信号の周波数が下降している期間のビート信号の周波数 (fbd) を使用して、対象物との距離・相対速度を算出する。送信信号の1変調周期で測定が1回できる。

- ・距離周波数 f_d と速度周波数 f_s は、次の式で表される。

$$f_d = (| f_{bu} | + | f_{bd} |) / 2 \quad \dots \dots \text{式(1)}$$

$$f_s = (| f_{bu} | - | f_{bd} |) / 2 \quad \dots \dots \text{式(2)}$$

- ・対象物までの距離 R は、送信信号の変調周波数を f_m 、定数を A として、次の式

で表される。

$$R = fd / (A \times fm) \quad \dots \text{式 (3)}$$

ミリ波レーダの配置を図 6 に示す。6 個のミリ波レーダによって、周辺の 6 方向の対象物との距離・相対速度を測定できる。

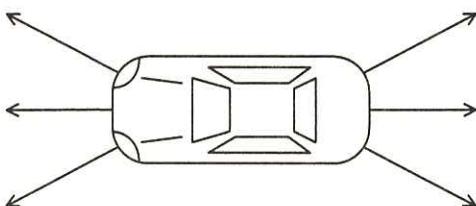


図 6 ミリ波レーダの配置

[ヘッドライトの動作]

ヘッドライトは、照射方向が異なる 12 個の LED を個別に点灯・消灯する。ヘッドライトの照射方向・範囲を図 7 に示す。

- ・ヘッドライト内部の LED は、上下に 2 個並び、水平方向に 6 組配置されている。
- ・ヘッドライトの照射方向は、上下方向の照射（以下、ハイビームという）、下方だけの照射（以下、ロービームという）を切り替えることができる。
- ・対向車も先行車もいないとき、歩行者を発見しやすくするなど夜間走行における視認性を向上させるために、ハイビームにする。対向車又は先行車がいるとき、その車両の運転者がまぶしくないようにするために、ロービームにする。

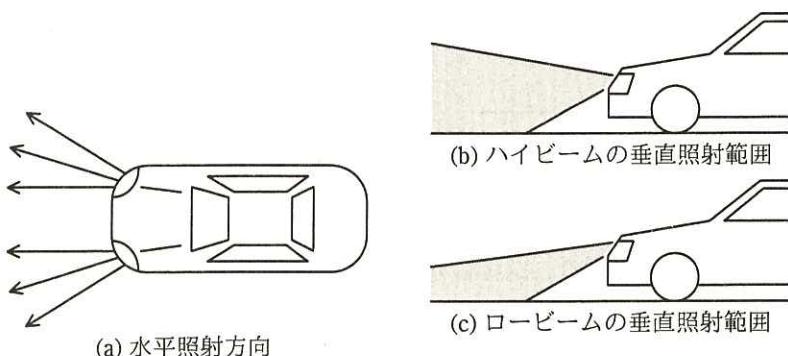


図 7 ヘッドライトの照射方向・範囲

ヘッドライト点灯時の照射範囲の例（自車の前方）を図 8 に示す。

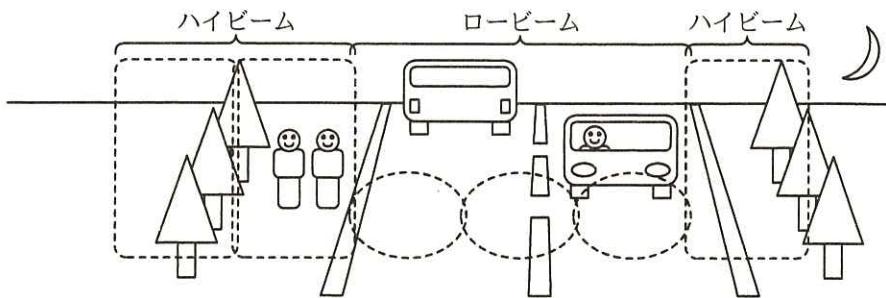


図8 ヘッドライト点灯時の照射範囲の例（自車の前方）

[ヘッドライトの操作・制御]

運転者は、運転席に設置された二つのスイッチを使用して、ヘッドライトを操作する。一つは、手動消灯、自動点灯・自動消灯、手動点灯のいずれか一つを選ぶことができる点灯スイッチである。もう一つは、手動点灯時のハイビーム又はロービームのどちらかを選ぶことができるハイロースイッチである。

ヘッドライト ECU は、スイッチ、カメラ ECU などで判定した状態などを基に、ヘッドライトの LED を個別に制御する。自動点灯・自動消灯では、ステレオカメラなどの情報を基に、ヘッドライトを制御する。ヘッドライトの操作要因の状態・操作条件を表4に、ヘッドライトの LED への制御指令を表5に示す。

表4 ヘッドライトの操作要因の状態・操作条件

操作要因	状態	操作要因の状態が True になる条件（それ以外は False）
点灯 スイッチ	A1	手動消灯が選択されているとき
	A2	自動点灯・自動消灯が選択されているとき
	A3	手動点灯が選択されているとき
ハイロー スイッチ	B1	ハイビームが選択されているとき
	B2	ロービームが選択されているとき
対向車・ 先行車	C1	照射方向に対向車又は先行車がいるとき
	C2	照射方向に対向車も先行車もいないとき
明るさ	D1	車両の周囲が暗いとき
	D2	車両の周囲が明るいとき
トンネル	E1	トンネル内にいるとき
	E2	トンネル内にいないとき
飛び出し	F1	照射方向に、飛び出す可能性が高い歩行者がいるとき
	F2	照射方向に、飛び出す可能性が高い歩行者がいないとき

表5 ヘッドライトのLEDへの制御指令

制御指令	条件
ハイビーム点灯	次の論理式が True のとき $A2 \cdot C2 \cdot (D1+E1+F1) + A3 \cdot B1$
ロービーム点灯	次の論理式が True のとき $A2 \cdot C1 \cdot (D1+E1+F1) + A3 \cdot B2$
消灯	上記以外

[カメラ・ヘッドライト系統の故障]

カメラ ECU は、正常に動作していることを示すメッセージ（以下、ALIVE メッセージという）を、一定周期で CAN 1 に送信する。ヘッドライト ECU、メータ ECU 及びナビゲーションシステム ECU（以下、ナビ ECU という）でカメラ・ヘッドライト系統の故障を検知したとき、次のようにして運転者に故障が通知される。

- ・ヘッドライト ECU は、ALIVE メッセージを一定時間以上受信しないとき、故障と判断し、カメラ・ヘッドライト系統の故障を示すメッセージ（以下、FAIL メッセージという）を、CAN2 に送信する。
- ・メータ ECU 及びナビ ECU は、ALIVE メッセージを一定時間以上受信しないとき、又は FAIL メッセージを受信したとき、次の動作を行う。

メータ ECU：メータに、カメラ・ヘッドライト系統の故障マークを点灯する。
ナビ ECU：モニタに、カメラ・ヘッドライト系統の警告を表示する。運転者はモニタを操作して、警告の詳細を認識する。

設問1 ステレオカメラの仕様及びヘッドライトの動作について、(1)～(4)に答えよ。

- (1) 表3の仕様のステレオカメラを使用して、道路標識上の文字又は図形をどの程度の細かさまで読み取れるか調べる。カメラの画角を、50 メートル前方で垂直方向に 10 メートルの範囲を撮影できるように調整したとき、カメラの1画素は、50 メートル前方にある道路標識上の文字又は図形の垂直方向で何ミリメートルに当たるか。答えは小数第1位を切り捨てて、整数で求めよ。ここで、レンズなどによる像のゆがみなどはないものとする。
- (2) 図2の構成で ECU は複数の CAN バスに接続され、統合 ECU のブリッジ機能で CAN メッセージを転送できる。しかし、統合 ECU は CAN 3 の送信メッ

セージについては CAN 2 に転送していない。転送しない方がよいと判断した理由として考えられることを、30 字以内で述べよ。

(3) ヘッドライトの点灯状態の遷移を検討する。

(a) 自動点灯・自動消灯で、ヘッドライトの 6 方向の点灯状態が全てハイビームのとき、対向車を検知した。この場合、ヘッドライトの点灯状態はどのようになるか。30 字以内で述べよ。

(b) 自動点灯・自動消灯でヘッドライトが消灯しているとき、トンネルに入った。対向車はないが、先行車を検知した。この場合、ヘッドライトの点灯状態はどのようになるか。45 字以内で述べよ。

(c) 自動点灯・自動消灯でトンネルを出たとき、ヘッドライトが自動的に消灯になる条件を 50 字以内で述べよ。

(4) 周囲が明るいときに走行していて、自動点灯・自動消灯でヘッドライトが消灯しているとき、走行中の自車の前方の様子が図 9 のようになったことを検知した。この場合、ヘッドライトの点灯状態はどのようになるか。30 字以内で述べよ。

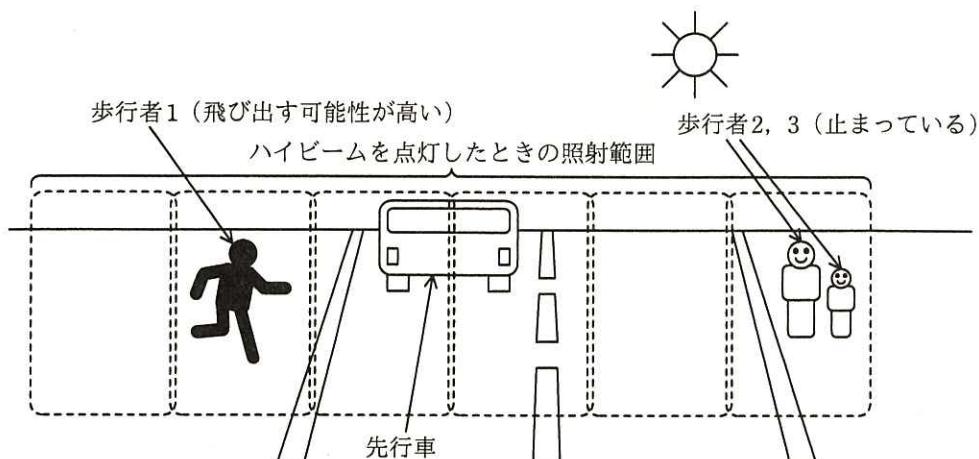


図 9 走行中の自車の前方の様子

設問2 ヘッドライト，ステレオカメラ及びミリ波レーダについて，(1)～(3)に答えよ。

(1) ミリ波レーダの動作について，(a)，(b)に答えよ。

(a) 次の記述中の a ~ c に入れる適切な字句を答えよ。

図5に示すように，ミリ波レーダで，送信信号の周波数を変調することでアンテナと対象物間の距離・相対速度を測定している。式(1)，(2)に示したように， f_{bu} と f_{bd} の平均値を基に，アンテナと対象物間の a を求めることができる。また， f_{bu} と f_{bd} の差を基に，自動車と対象物間の b を求めることができる。

ステレオカメラの撮影タイミングとミリ波レーダの測定タイミングを図10に示す。

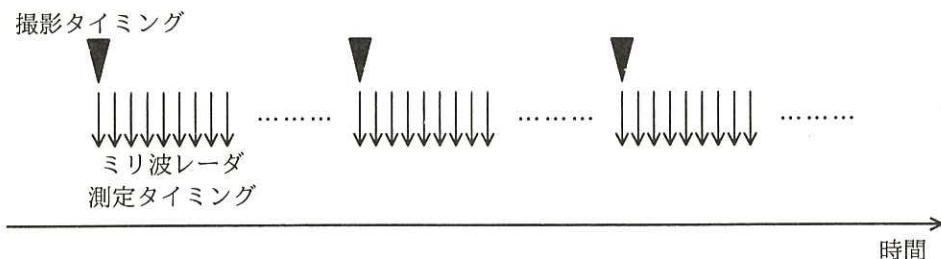


図10 ステレオカメラの撮影タイミングとミリ波レーダの測定タイミング

ステレオカメラでの撮影周期の間に，ミリ波レーダで距離を16回測定して，対象物との距離の変化をリアルタイムに測定したい。このとき，送信信号の変調周波数は， c Hz になる。

(b) ステレオカメラの片方のカメラが故障しても，他の要素を利用することによって，画像上の対象物との距離・相対速度を推定することができる。その理由を50字内で述べよ。

(2) 図2のシステム構成において，統合ECUの伝送処理時のCPU占有率を30%以下にしたい。このとき，1バイト当たりの送受信処理時間を何マイクロ秒以下にすべきか。答えは小数第2位を切り捨てて，小数第1位まで求め

よ。ここで、1k バイトは 10^3 バイトとする。

(3) 図 4 及び表 3 を使用して、ステレオカメラ及びカメラ ECU の処理時間について検討する。

(a) 対向車のヘッドライトがステレオカメラの撮影範囲に入つてから、情報保持メモリに画像認識データが入るまで、最大で何秒掛かるか。答えは小数第 3 位を切り上げて、小数第 2 位まで求めよ。ここで、カメラの撮影開始からデータ出力までに要する時間は無視できるものとする。

(b) 情報保持メモリに画像認識データが入つてから、MPU がカメラ検知メッセージの送信準備ができるまで、最大で何ミリ秒掛かるか。答えは小数第 1 位を切り上げて、整数で求めよ。ここで、1M バイトは 10^6 バイト、1k バイトは 10^3 バイトとする。

設問 3 ステレオカメラの機能拡張及び【カメラ・ヘッドライト系統の故障】について、(1), (2) に答えよ。

(1) ステレオカメラ及びカメラ ECU に追加するドライビングレコーダ機能について検討する。

基準カメラの画像データだけを連続的に SD メモリカードに格納する。図 4 のバッファとフィルタ処理回路間のデータバスからデータを取り出し、SD メモリカードに全フレームのデータを格納するものとする。このとき、画素を間引いてバッファから SD メモリカードへのデータ転送速度を 10 M バイト／秒以下に抑えるには、1 フレームの画像データを何画素以下にすべきか。答えは小数第 1 位を切り捨てて、整数で求めよ。ここで、1M バイトは 10^6 バイトとする。

(2) カメラ・ヘッドライト系統の故障について検討する。

(a) カメラ ECU が ALIVE メッセージを送信していたにもかかわらず、メータだけにカメラ・ヘッドライト系統の故障が表示された。この場合、図 2 中で故障している可能性がある ECU を全て答えよ。ただし、CAN の通信負荷異常、及び CAN バス自体の異常は、発生しないものとする。

(b) メータ ECU 及びナビ ECU だけで故障を検知する場合に比べ、ヘッドライト ECU でも故障を検知する場合では、判断可能な対象が増える。ヘッドライト ECU 以外に判断可能な対象を、図 2 中から選んで全て答えよ。

問2 資源調査用無人海底探査機に関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

E社は、海底の鉱物資源調査を目的とした、無人海底探査機（以下、探査機という）を開発している。探査機は自律航行可能であり、洋上中継機（以下、中継機という）を経由して、地上局と通信しながら海底の鉱物資源の有無を調査する。探査機を用いたシステムの概要を図1に示す。

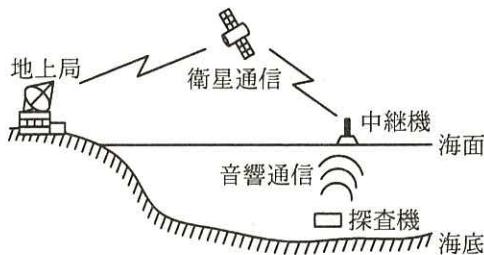


図1 探査機を用いたシステムの概要

探査機を用いたシステムでは、次の項目に関する情報を収集する。

- ・海底の地形に関する計測情報（以下、地形情報という）
- ・水温、濁度、海中に含まれる各種化学物質など、鉱物資源の有無を示す計測情報（以下、化学情報という）

[探査機の外観と構成]

探査機は、海水を噴射することで推進力を得る駆動装置（以下、スラスタという）を用いて姿勢及び向きを制御しながら移動する。探査機の外観を図2に、探査機の主な構成要素を表1に示す。

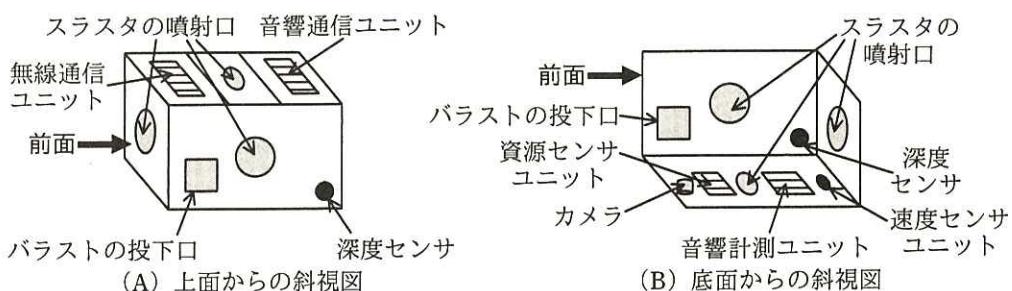


図2 探査機の外観

表 1 探査機の主な構成要素

構成要素	構成要素の説明
制御部	・探査機全体を制御する。制御部は MPU によって制御される。
音響計測ユニット	・音波の反射を利用して、海底までの距離を計測する。
資源センサユニット	・化学情報を計測する。
カメラ	・海底面の静止画を撮影する。
情報記憶ユニット	・地形情報、化学情報、カメラからの静止画を、収集した時刻及び収集した地点の緯度、経度、深度とともに記録する。
スラスター	・海水を噴射することによって、探査機の姿勢及び向きを制御しながら移動する。スラスターは噴射角が変えられるので、任意の方向への移動が可能である。
速度センサユニット	・加速度センサ、角速度センサ、地磁気センサ及び対地速度センサが内蔵されている。これらを使用して探査機の姿勢、向き及び位置を求める。
深度センサ	・探査機の海中での深度を水圧で計測する。
音響通信ユニット	・中継機による探査機の測位、及び中継機との通信に使用する。
無線通信ユニット	・探査機への各種設定、及び情報記憶ユニット内の情報の取出しに使用する。
バッテリ	・最大 10 時間、探査機を動作させる。
バラストユニット	・探査機を海中に潜航させるための重り（以下、バラストという）、及びバラストを探査機外に投下するためのバラスト駆動系を格納する。

[中継機による探査機の測位と探査機・中継機間通信の概要]

(1) 音響測位

中継機は質問信号を音波で送信し、受信した探査機は直ちに応答信号を音波で返信する。中継機は、受信した音波の到達時間と角度を分析して、中継機に対する探査機の相対位置を求める。さらに、中継機は、搭載された GPS で、探査機の緯度・経度を求める。

(2) 音響通信

探査機と中継機間で音響通信を使用して、デジタルデータの送受信を行う。音響通信と音響測位は同時にを行うことができる。音響通信で送受信するデータの種別を表 2 に示す。

表2 音響通信で送受信するデータの種別

データ種別	通信方向	データの説明
位置通知	中継機→探査機	・音響測位で求めた探査機の緯度・経度を通知する。
制御要求	中継機→探査機	・地上局から送信された、浮上など探査機の航行に関する指示、及びカメラ撮影の指示を中継する。
制御応答	探査機→中継機	・制御要求に対する制御結果を送信する。
計測通知	探査機→中継機	・収集したデータを送信する。

[資源調査の概要]

探査機は、次の3ステップで資源調査を行う。

(1) 投入ステップ

- ① 無線通信を使用して、予定している探査機の通過地点の緯度、経度、深度（以下、通過地点情報という）、及び通過地点間の移動速度から構成される探査計画データを、探査機に設定し、探査開始を探査機に送信する。
- ② 探査機に二つのバラストを搭載して海中に投入する。探査機は自重で潜航を開始し、音響通信が可能な深度に到達すると、音響通信を有効にする。
- ③ あらかじめ設定された深度に到達すると、バラストを一つ投下し、自重と浮力が釣り合った状態で待機し、中継機から位置通知を受信したら、調査ステップに移行する。一定時間内に位置通知が受信できなければ回収ステップに移行する。
- ④ ② 及び ③ で、地上局からの浮上指示を制御要求で受信した場合、回収ステップに移行する。

(2) 調査ステップ

- ① 探査計画データの最初の通過地点まで自律航行する。
- ② 探査計画データの次の通過地点を目指して自律航行しながら、資源調査を行う。
- ③ 次の場合に回収ステップに移行する。
 - ・探査計画データの最後の通過地点まで到達した場合
 - ・地上局からの浮上指示を制御要求で受信した場合
 - ・自律航行できないような装置状態を検出した場合

(3) 回収ステップ

- ① 探査機は全てのバラストを投下し、浮上する。
- ② 探査機は回収された後、無線通信で情報送信要求を受信すると、情報記憶ユニットに記録されているデータを送信する。

[探査機の位置の管理と自律航行の制御方法]

探査機は次に示す手順で、現在の緯度、経度、深度（以下、現在位置という）を求め、管理する。

- ① 海中に投入された探査機は、中継機から最初に受信した位置通知に含まれる緯度・経度、及び深度センサで計測した深度を現在位置として設定する。
- ② 以降、速度センサユニットから得られる加速度及び速度を積分して、1秒ごとに現在位置の緯度・経度を更新する。また、深度センサを使用して1秒ごとに現在位置の深度を更新する。
- ③ 探査機は、中継機から60秒ごとに位置通知を受信する。②において求めた緯度・経度は、時間とともに誤差が蓄積するが、位置通知の緯度・経度はそれよりも精度が高いので、探査機は、現在位置の緯度・経度として設定する。
- ④ 何らかの要因によって、位置通知が受信できない場合でも②の手順で現在位置の更新を継続する。

探査機は、探査計画データと現在位置から3秒後の緯度、経度、深度（以下、目標位置という）を定め、3秒後に目標位置に到達できるようにスラスターを制御して移動する。これを繰り返して自律航行する。また、中継機から位置通知を受信した時点で、3秒後の目標位置を再設定する。

[資源調査で収集する情報]

探査機では、次の3種類の情報を収集する。

(1) 地形情報

音響計測ユニットを使用して2秒ごとに計測する。1回の計測で、探査機の前面に対して左右55度までの範囲の海底を、1.0度刻みに分割して得られる、110の区間と探査機との距離をそれぞれ16ビット長、合計1,760ビットのデータを取

得する。音響計測ユニットによる計測を図3に示す。

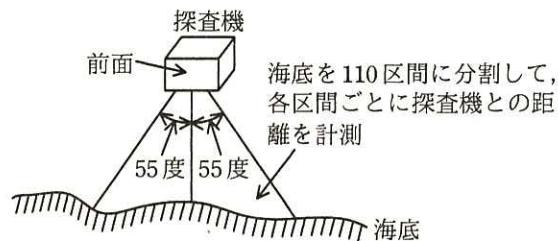


図3 音響計測ユニットによる計測

(2) 化学情報

資源センサユニットを使用して 10 秒ごとに計測する。データのサイズは、1 回の計測で 1,900 バイトである。

(3) 静止画情報

地上局からの指示で、カメラを使用して海底面の静止画を撮影する。

探査機は、収集したデータをそれぞれ、現在位置及び計測時刻、合わせて 20 バイトを付加した上で暗号化し、情報記憶ユニットに記録するとともに、計測通知で中継機にも送信する。

中継機は、受信した計測通知を地上局に中継する。地上局では、オペレータがデータを見ながら、適切なタイミングで探査機に制御要求で指示を送るので、探査機は収集したデータを、できるだけ早く地上局に送信する必要がある。

計測通知で送信できるデータのサイズは最大 240 バイトで、240 バイトを超えるデータは分割して送信する。計測通知のデータフォーマットを図4に示す。

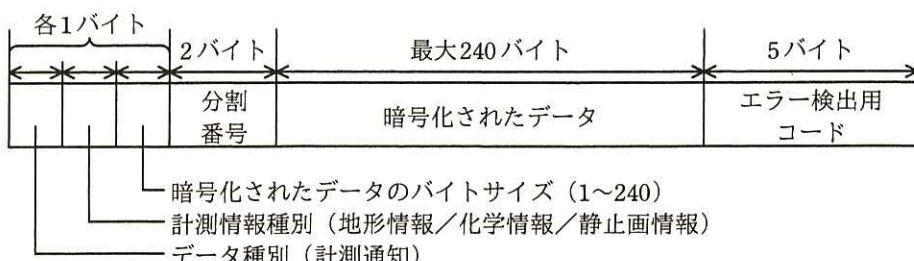


図4 計測通知のデータフォーマット

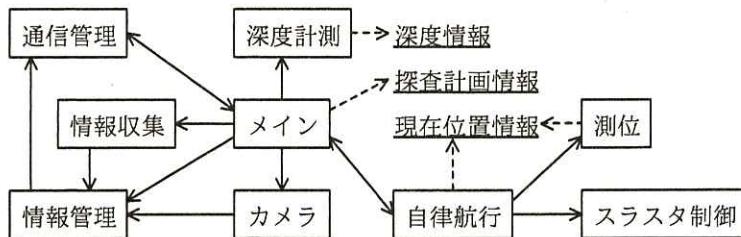
図 4 中の分割番号は、最上位ビットが分割による継続データ有無を、残りのビットが 0 から始まる分割のシーケンス番号を示す。例えば、3 分割する場合、分割番号として 16 進数で、8000, 8001, 0002 の計測通知を順に送信する。

複数の計測情報種別の計測通知が同時に送信可能になった場合、地形情報、化学情報、静止画情報の順に送信する。

何らかの要因によって、中継機との通信が中断した場合、中断していた期間の計測通知は送信しない。

[制御部のソフトウェア構造]

制御部では、リアルタイム OS を使用する。制御部の主なタスクのタスク構造を図 5 に、制御部の主なタスクの処理概要を表 3 に示す。



注記 1 実線の矢印は、メールボックスを使用したタスク間のメッセージ通信の方向を示す。

注記 2 破線の矢印は、情報のメモリへの書き込みを示す。ただし、メモリからの読み出しは省略している。

なお、現在位置情報は複数の情報で構成されるので、書き込み又は読み出しは、一つの資源として排他制御を行う。

図 5 制御部の主なタスクのタスク構造

表3 制御部の主なタスクの処理概要

タスク名	処理概要
メイン	<ul style="list-style-type: none"> ・投入ステップ、調査ステップ、回収ステップで構成される資源調査全体の制御、バッテリの残量監視、パラスト投下の制御など、探査機全体を制御する。
自律航行	<ul style="list-style-type: none"> ・メインタスクから最初の位置通知を受信すると自律航行を開始し、次に示す①～④の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> ① 位置通知で受信した緯度、経度、及び深度計測タスクが書き込んだ深度情報を、現在位置情報に書き込む。 ② 測位タスクに測位開始を送信する。 ③ 探査計画情報及び現在位置情報を基に、3秒後の目標位置までのスラスタを制御する情報を求め、スラスタ制御タスクに駆動開始を送信して、3秒間の経過を待つ。 ④ 3秒間の経過後、現在位置情報の内容によって、次に示すいずれかの処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 最初の通過地点又は最後の通過地点でなければ、③の処理から繰り返す。 - 最初の通過地点であれば、メインタスクに通過地点到達を送信し、③の処理から繰り返す。 - 最後の通過地点であれば、測位タスクに測位終了を、スラスタ制御タスクに駆動終了を、メインタスクに自律航行終了を送信し、自律航行を終了する。 ・③と④の繰り返し実行中に、メインタスクからメッセージを受信すると、メッセージの内容によって、次に示すいずれかの処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 新たな位置通知を受信すると、測位タスクに測位終了を送信し、スラスタ制御タスクに駆動終了を送信して、①の処理から実行する。 - 自律航行停止を受信すると、測位タスクに測位終了を送信し、スラスタ制御タスクに駆動終了を送信して、自律航行を終了する。
測位	<ul style="list-style-type: none"> ・測位開始を受信すると、現在位置情報を起点として測位を開始し、それ以降は1秒周期で速度センサユニットからのデータと深度情報を基に新たな現在位置を求め、求めた現在位置を現在位置情報に書き込む。 ・測位終了を受信すると、測位を終了する。
スラスタ制御	<ul style="list-style-type: none"> ・駆動開始を受信すると、指示された内容でスラスタを駆動する。 ・駆動終了を受信すると、スラスタの駆動を終了する。
深度計測	<ul style="list-style-type: none"> ・深度計測開始を受信すると、0.5秒周期で深度センサからのデータを基に深度を計測し、深度情報を書き込む。
情報管理	<ul style="list-style-type: none"> ・他のタスクから記録依頼を受けた情報に、現在位置情報及び時刻を付加後暗号化して、情報記憶ユニットに記録するとともに、音響通信で送信する情報はメモリに書き込み、通信管理タスクに音響通信での送信を依頼する。 ・情報送信要求を受信すると、送信する情報を情報記憶ユニットから取得してメモリに書き込み、通信管理タスクに無線通信での送信依頼を送信する。
情報収集	<ul style="list-style-type: none"> ・情報収集開始の受信から情報収集終了の受信までの間、2秒周期で音響計測ユニットを制御し、10秒周期で資源センサユニットを制御して、情報を収集する。
カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ・静止画の撮影指示を受信すると、静止画データを取得する。
通信管理	<ul style="list-style-type: none"> ・無線通信ユニット又は音響通信ユニットを介した通信において、各通信ユニットからの受信データをメインタスクに送信したり、他のタスクからの送信要求を管理したりする。 ・他のタスクから音響通信開始を受信すると、音響通信を有効にする。

設問 1 探査機の仕様について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 探査機の海中での状態遷移を図 6 に示す。図 6 中の a ~ e に入れる適切な遷移条件を答えよ。ここで、遷移条件として、探査機が自律航行できないような装置状態の検出は除く。

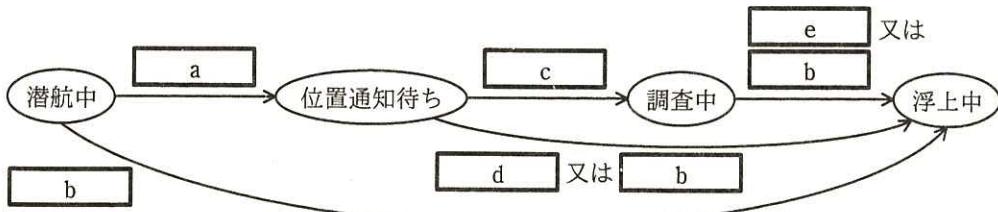


図 6 探査機の海中での状態遷移

- (2) 調査ステップにおける探査機の仕様について、(a)～(d)に答えよ。

- (a) 探査機の各構成要素は自己診断機能をもち、故障を検出することができる。探査機が自律航行できないような装置状態と判断できるのは、どの構成要素の故障を検出した場合か。制御部、バッテリ及びバラストユニットを除いて、表 1 の構成要素から選んで全て答えよ。
- (b) ある時刻において目標位置を設定したが、3 秒後の現在位置は、3 秒前に設定した目標位置と大きくずれていた。3 秒間に発生したと考えられる事象を、探査機の故障、及び海流など海中環境の影響を除いて、25 字以内で述べよ。
- (c) 中継機との通信が中断していた間に収集したデータを、通信再開後に送信する仕様にした場合、考えられる問題点を 60 字以内で述べよ。
- (d) 図 4 中の分割番号によって、分割による継続データの有無だけでなく、分割のシーケンス番号を識別できる。このような仕様にした目的を、40 字以内で述べよ。

- (3) 収集したデータの送信時間について、次の条件下で、(a), (b)に答えよ。

- ・図 4 のフォーマットで示される探査機から中継機への計測通知は、8,000 ビット／秒で送信される。
- ・化学情報の計測と地形情報の計測が同時に完了した。

- ・収集したデータの暗号化前と暗号化後で、データサイズは変わらない。
 - ・音響計測ユニット、資源センサユニットからのデータの転送時間及び制御部内の処理時間は、無視できるほど小さい。
 - ・制御部内の位置通知、制御要求、制御応答処理時間は、無視できるほど小さい。
- (a) 地形情報の計測が完了してから、探査機がこのデータから生成した、全ての計測通知を送信し終わるまでの所要時間は何秒か。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。
- (b) 化学情報の計測が完了してから、探査機がこのデータから生成した、全ての計測通知を送信し終わるまでの所要時間は何秒か。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。

設問2 制御部のタスク設計について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) タスクの処理について、(a)～(c)に答えよ。
- (a) 探査機の電源がONされてから、最初の位置通知を中継機から受信するまでの、メインタスクの処理に関する次の記述中の f ~ j に入れる適切な字句を答えよ。

- ① 探査機の電源がONされると、メインタスクは通信管理タスクからの探査計画データの受信待ちとなる。
- ② メインタスクは、通信管理タスクから探査計画データを受信すると、受信した探査計画データをメモリ内の f に書き込む。
- ③ メインタスクは、探査計画データが f に書き込まれた状態で通信管理タスクから g を受信すると、h タスクに i を送信し、送信後1秒経過後から1秒ごとに深度情報の読み取りを開始する。
- ④ メインタスクは、音響通信が可能な深度情報を読み取ると、音響通信を有効にした後、深度情報を読み取ることに、一つ目のバラストを投下する深度かどうか判断する。
- ⑤ メインタスクは、一つ目のバラストを投下する深度に到達したことを検出すると、一つ目のバラストを投下して、通信管理タスクからの

j の受信待ちとなる。

- (b) 現在位置情報を読み出すタスクは三つある。三つのタスク名を、表 3 中のタスク名で答えよ。
- (c) 通信管理タスク以外のタスクは、音響通信が中断したことを把握しなくてもよいソフトウェアの構造とする。この場合、音響通信が中断したときに通信管理タスクが行うべき処理を、30 字以内で述べよ。
- (2) タスク間メッセージについて、(a)～(c)に答えよ。
- (a) メインタスクが自律航行タスクに送信するメッセージは、二つある。二つのメッセージを、表 3 中の字句で答えよ。
- (b) メインタスクが情報収集タスクに情報収集開始のメッセージを送信するのは、どのタスクからどのような内容のメッセージを受信したときか。35 字以内で述べよ。
- (c) メインタスクが情報管理タスクに送信するメッセージを、表 3 中の字句で答えよ。
- (3) 自律航行タスクと測位タスクの優先度の関係について、(a)～(c)に答えよ。

二つのタスクの優先度は、要求する処理性能からどちらかを高くしなければならないという必要性は特にない。しかし、表 3 に示す自律航行タスクの処理概要から、どちらかを高くしないと現在位置情報の内容に不都合が生じる場合がある。

- (a) 現在位置情報の内容に不都合が生じないようにするには、どのような関係にすればよいか。35 字以内で述べよ。
- (b) 現在位置情報の内容に不都合が生じる優先度の関係の場合、どちらかがどのような処理をしていて、その時にどちらかがどのようなメッセージを受信して、不都合が生じるのか。75 字以内で述べよ。
- (c) (b)において生じた不都合を、65 字以内で述べよ。

設問 3 二つの仕様を追加する要求が発生した。要求に応えるための追加仕様について、(1)，(2)に答えよ。

- (1) 一つ目の追加仕様は、制御部の MPU（以下、主 MPU という）に異常が発生した場合、及びバラストを投下するバラスト駆動系に異常が発生した場合

に、探査機を極力浮上させるものである。

そのために、異常時に全てのバラストを投下して浮上だけを行う副 MPU を追加し、主 MPU と副 MPU 間をシリアル通信で接続することにした。その追加仕様の内容を、次に示す。

- ・バラストユニット内のバラスト駆動系を、主 MPU 系と副 MPU 系とで二重化する。
 - ・深度センサの値を、副 MPU からも読み出せるようにする。
 - ・探査機の電源が ON にされると、主 MPU は制御部が正常であれば、副 MPU に対して一定周期で“動作中”を送信する。
 - ・副 MPU は、主 MPU からの“動作中”を受信するごとに、受信応答を送信する。
 - ・副 MPU は、最初の“動作中”を受信した後、“動作中”的受信間隔が下限値～上限値の範囲外のとき、主 MPU の異常と判断し、全てのバラストを投下する。
 - ・制御部のタスクに、MPU 間通信タスクを追加する。
 - ・MPU 間通信タスクは、メインタスクから通信開始を受信すると、副 MPU に対して一定周期で“動作中”を送信する。
- (a) 主 MPU が回収ステップを実行中に、深度センサの値が減少せず浮上していないと判断したとき、主 MPU は副 MPU にバラストを投下させて浮上を試みたい。そのために、メインタスクが MPU 間通信タスクに送信するメッセージを追加して、対応することにした。この場合に追加すべきメッセージを、20 字以内で述べよ。
- (b) 副 MPU は、“動作中”的受信間隔が下限値～上限値の範囲外のとき、主 MPU の異常と判断する。これは、主 MPU におけるソフトウェアに関する異常を検出するためである。その異常とはどのようなことか。20 字以内で述べよ。
- (2) 二つ目の追加仕様は、音響通信において認証を行うことで秘匿通信を行い、セキュリティを強化するものである。その追加仕様内容を次に示す。
- ・収集したデータの暗号化は、仕様追加前と同様に行う。
 - ・探査機は、次に示す手順で認証を行う。

- － 音響通信開始時に、探査機から認証要求を送信する。
 - － 認証要求を受信した中継機は、認証要求に含まれる乱数値を基に認証コードを生成し、探査機に送信する。
 - － 探査機は認証コードを確認することで、認証が成功したと判定する。
- ・ 認証が成功した以降の通信は、認証要求に含まれる乱数値を基に生成された暗号鍵を使用して、秘匿通信を行う。
- ・ 修正するタスクは、通信管理タスクだけとする。
- (a) 秘匿通信を行わない場合に考えられるセキュリティ上の問題を、表 2 中の字句を用いて 35 字以内で述べよ。
- (b) 通信管理タスクが認証要求を送信するように、通信管理タスクを修正する。認証要求を送信するのは、どのタスクからどのようなメッセージを受信したときか。25 字以内で述べよ。
- (c) 追加した仕様において、認証に失敗したとき再認証を数回試みても、認証できなかった場合、探査機はどのような処理を行えばよいか。また、その理由は何か。それぞれ 15 字以内で述べよ。

[メモ用紙]

[× 用 紙]

6. 退室可能時間に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	15:10 ~ 16:20
--------	---------------

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. 試験時間中、机上に置けるものは、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、黒鉛筆及びシャープペンシル（B 又は HB）、鉛筆削り、消しゴム、定規、時計（時計型ウェアラブル端末は除く。アラームなど時計以外の機能は使用不可）、ハンカチ、ポケットティッシュ、目薬

これら以外は机上に置けません。使用もできません。

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、いかなる場合でも提出してください。回収時に提出しない場合は、採点されません。

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、それぞれ各社又は各組織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。