

平成 30 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 I 問題

試験時間 12:30 ~ 14:00 (1 時間 30 分)

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. 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, 問 3
選択方法	必須	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) 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、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。
  - (3) 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。

[問 3 を選択した場合の例]

選択欄	
必須	問 1
1 問選択	問 2
	問 3

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 静止画及び動画を撮影する、自撮り用の自律式小型マルチコプタに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

A社は、4個のプロペラを備え、機体を傾げることによって移動する、自撮り用の自律式小型マルチコプタ（以下、ドローンという）を開発することになった。ドローンは、スマートフォンで操作され、関連法令などによる使用制限が少なくなるように、本体の重量を200グラム未満（バッテリーを含む）にすることを優先に開発する。

ドローンのブロック図を図1に示す。

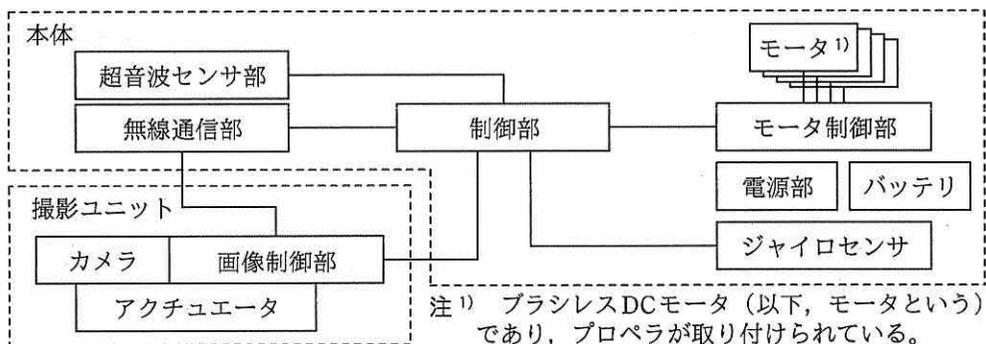


図1 ドローンのブロック図

[本体の主なシステム構成]

本体は、モータとバッテリー以外に次の要素で構成される。

- ・無線通信部：カメラで撮影した画像（以下、画像という）を変換した情報のスマートフォンへの送信，スマートフォンからの指示の制御部への通知，スマートフォンからの無線信号の強度の測定などを行う。
- ・制御部：スマートフォンからの指示に従って撮影するために、ドローンの移動制御，離陸制御，着陸制御，障害物検知時の回避処理などを行う。さらに，その場で高度を維持しつつ静止又は回転している状態（以下，ホバリングという）及び移動時の姿勢制御も行う。
- ・モータ制御部：制御部からの指示によって四つのモータの回転数を制御する。
- ・超音波センサ部：障害物の検知，ドローンの高度の計測などを行う。

- ・ジャイロセンサ：ドローンの姿勢制御に使用し、3次元の加速度も測定できる。
- ・電源部：バッテリーからの電力を、内部に供給する。

#### [撮影ユニットのシステム構成と自撮り制御]

撮影ユニットは、カメラ、アクチュエータ及び画像制御部から構成されている。

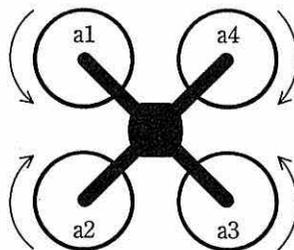
アクチュエータは、カメラの光軸を垂直方向に動かす。画像制御部は、画像を MPEG4 の動画情報及び JPEG の静止画情報に変換し、本体の無線通信部を介してスマートフォンに送信する。

画像制御部は、撮影者が保持しているスマートフォンの赤外線が発光位置を 100 ミリ秒に 1 回確認する。さらに、その発光位置が画像の中心付近になるように、アクチュエータを制御したり、画像の水平方向における発光位置の情報（以下、水平発光位置情報という）を制御部に送信したりして、自撮り制御を行う。

#### [ドローンの自律飛行制御]

制御部は、自律飛行するためにモータを制御する。揚力を得るためにプロペラを回転させると、その反作用で機体は、プロペラの回転の向きと a に回転しようとする。プロペラの回転の向き（真上から見た図）を図 2 に示す。図 2 に示すように a1～a4 を回転させることによって、反作用の影響を少なくする。

空中で高度を維持するには、a1～a4 からの b が c と釣り合うようにモータの回転数を制御する。



注記 4個のプロペラは、それぞれa1, a2, a3, a4で表す。

図2 プロペラの回転の向き（真上から見た図）

#### [ドローンの運動]

ドローンの運動とプロペラの回転数（比率）の関係を表 1 に示す。ここで、a1～a4

の回転数は、ホバリング中（機体の回転が静止）の各プロペラの回転数を 10 とした場合の比率で示す。各プロペラで得られる揚力は回転数に比例するものとする。

表 1 ドローンの運動とプロペラの回転数（比率）の関係

プロペラ	ホバリング中 (機体の回転が静止)	ホバリング中 (真上から見て、機体が右回転)	上昇	下降
a1	10	11	12	8
a2	10	f	12	8
a3	10	g	12	8
a4	10	9	12	8

〔制御部のソフトウェア概要〕

制御部ではリアルタイム OS を使用する。制御部のタスクの処理概要を表 2 に示す。

表 2 制御部のタスクの処理概要

タスク名	処理概要	Pr <sup>1)</sup>
メイン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・制御部全体を制御する。</li> <li>・他のタスクから受けた情報又は警告を、関連するタスクに通知する。</li> </ul>	4
高度測定・障害物検知	<ul style="list-style-type: none"> <li>・超音波センサ部からの情報を基に、ドローンの高度を算出する。</li> <li>・障害物の有無及び方向を検知し、障害物情報として移動先指定タスクに通知する。</li> </ul>	1
移動先指定	<ul style="list-style-type: none"> <li>・100 ミリ秒周期で動作する。</li> <li>・カメラタスク及び通信タスクから受けた情報を基に、ドローンを移動させる向き（以下、移動方向という）を求める。</li> <li>・障害物情報を確認し、移動方向に障害物があった場合は、警告をメインタスクに通知して、ホバリングの指示を姿勢制御タスクに通知する。移動方向に障害物がなかった場合は、移動方向を姿勢制御タスクに通知する。</li> </ul>	3
姿勢制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・25 ミリ秒周期でジャイロセンサの値を取得し、ドローンの姿勢を安定させるための各モータの回転数をモータ制御部に送信する。</li> <li>・移動先指定タスクからの通知を受けると、ドローンの姿勢を安定させながら、移動先指定タスクから受けた移動方向に移動させるための各モータの回転数、又はホバリングに移行させるための各モータの回転数を、モータ制御部に送信する。</li> </ul>	2
カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・撮影ユニットから受信した水平発光位置情報を、移動先指定タスクに通知する。</li> <li>・メインタスクから受けた情報を、撮影ユニットに送信する。</li> </ul>	3
通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>・無線通信部を介して、スマートフォンからの情報を、メインタスクに通知する。</li> <li>・無線通信部を介して、メインタスクからの情報又は警告を、スマートフォンに送信する。</li> <li>・スマートフォンからの無線信号の強度を、移動先指定タスクに通知する。</li> </ul>	3

注<sup>1)</sup> Pr はタスクの優先度を示し、値が小さいほど高い。

被写体を自動追尾するために、被写体とドローン間の距離を一定に保つための距離制御を実施する。自動追尾時におけるタスクの動作シーケンスの例を図 3 に示す。移動先指定タスクは、スマートフォンからの無線信号の強度を基に推定した被写体までの距離、撮影ユニットから受信した水平発光位置情報などを基に、移動方向を決定する。その後、姿勢制御タスクは、移動方向に移動させるための各モータの回転数、又はホバリングに移行させるための各モータの回転数を、モータ制御部に送信して、自動追尾の動作を実現する。

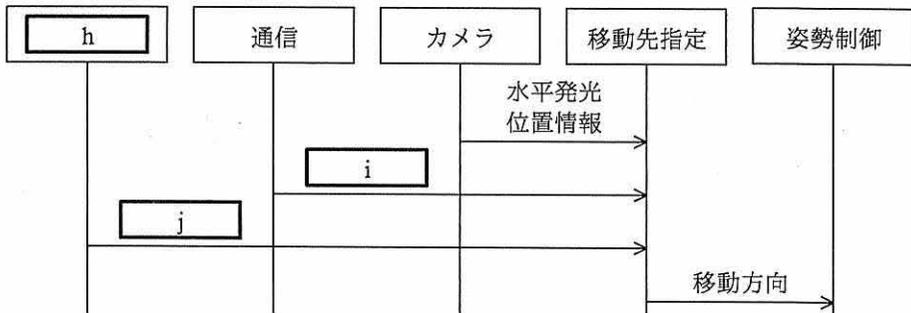


図 3 自動追尾時におけるタスクの動作シーケンスの例

設問 1 ドローンの自律飛行について、(1), (2)に答えよ。

- (1) 〔ドローンの自律飛行制御〕の本文中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 次の記述中の  ,  に入れる適切な字句を答えよ。

コストを抑えたことによって、プロペラの形状にはばらつきがある。ばらつきの影響を吸収し、同じ揚力を得るためにはプロペラごとにモータの回転数を補正する必要がある。離陸前に、ドローンは、工場出荷時に制御部のフラッシュメモリに記録した各プロペラのばらつきに対する  を読み出して、各モータに指定する  を求めてモータを駆動することによって、揚力を調整する。

設問 2 自撮り制御について、(1), (2)に答えよ。

- (1) 画像の水平方向の位置合わせの制御には、アクチュエータを使用せず、撮

影ユニットから本体に情報を渡して、本体で処理する。このとき、撮影ユニットから本体に渡す情報を、10字以内で述べよ。また、その情報を受け取った本体が水平方向の位置合わせのために行う制御を、20字以内で述べよ。

(2) 表1中の  ,  に入れる適切な数値を答えよ。

設問3 ソフトウェアによるドローンの自動追尾制御について、(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) ドローンが移動の状態からホバリングに移行するまでに時間が掛かることが分かった。そこで、高度測定・障害物検知タスクは、障害物があった場合、姿勢制御タスクにも障害物情報を通知することにした。そのために、姿勢制御タスクに追加する処理内容として、次の記述中の  ,  に入れる適切な字句を、それぞれ15字以内で答えよ。

障害物情報の通知を受けた場合、  ときには、ドローンを  ための各モータの回転数をモータ制御部に送信する。

問2 道路などの冠水を防ぐ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、雨水専用の下水道管（以下、雨水管という）から流入した水を貯水槽にためて、ポンプで河川に排水することによって、道路などの冠水を防ぐシステム（以下、冠水防止システムという）を開発している。冠水防止システムの構成を図1に示す。

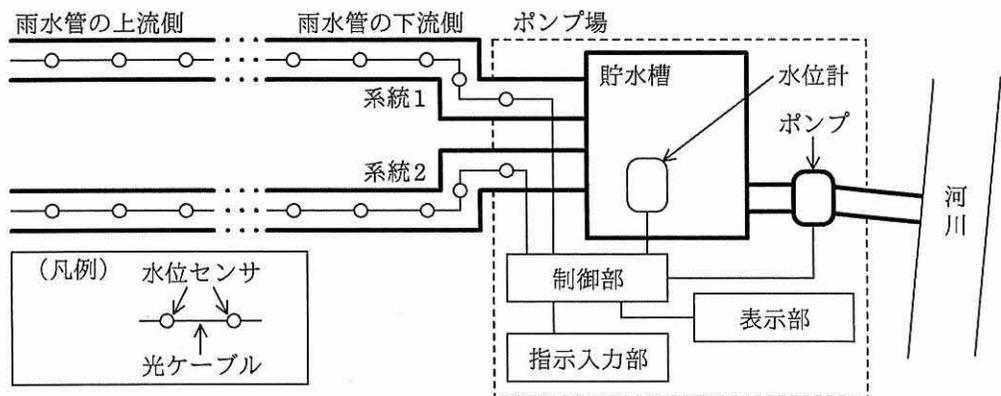


図1 冠水防止システムの構成

冠水防止システムは、水位計を備えた貯水槽、ポンプ、制御部、表示部、指示入力部、光ケーブルで制御部と接続された水位センサ、及び雨水管から構成されている。雨水管は、2系統あり、直方体の形状をした深さ10メートルの貯水槽につながっている。貯水槽は、2系統の雨水管から流入する水が最大流量のまま流入し続け、ポンプが稼働しないと仮定すると、貯水槽に水がない状態から20分で満杯になる。

[冠水防止システムの構成要素の機能]

冠水防止システムの主な構成要素の機能概要を表1に示す。

表 1 冠水防止システムの主な構成要素の機能概要

構成要素名	機能概要
制御部	・ 内部に RAM 及びフラッシュメモリを搭載し、冠水防止システムの制御を行う。
ポンプ	・ 貯水槽の水を河川に排水する。 ・ 貯水槽に水がない状態で 30 秒以上稼働すると、故障する可能性がある。 ・ 稼働指示を受信してから排水を開始するまでに 3 分掛かり、停止指示を受信してから排水を停止するまでに 1 分掛かる。 ・ 雨水管から貯水槽に新たに水が流入しない場合、稼働指示を受信してから満杯の貯水槽の水を全て排水するのに 28 分掛かる。
水位計	・ 制御部からの指示で、貯水槽の水位を計測して結果を制御部に送信する。
水位センサ	・ 制御部からの指示で、雨水管の水位を計測して結果を制御部に送信する。 ・ 2 系統の雨水管の水位センサを合わせると 50 台ある。
指示入力部	・ 表示部に表示する内容を指示する。
表示部	・ ポンプが稼働中か、停止中かを示すポンプの稼働状況、各水位センサの計測値、貯水槽の水位、貯水槽の水位の予測値（以下、予測水位という）、及びこれらの履歴情報の表示が可能である。

〔冠水防止システムの動作〕

冠水防止システムは、雨水管の水位と貯水槽の水位を 5 分ごとに計測する。計測結果に基づいて、貯水槽の水位を予測してポンプを制御する。

〔貯水槽の水位の予測方法及びポンプの稼働・停止〕

制御部は、5 分ごとに、次のように予測水位の算出及びポンプの稼働・停止の制御を行う。

(1) ポンプが停止中でポンプに稼働指示を送信していない場合

① 今後 5 分間の各系統の雨水管から貯水槽に流入する水量を予測し、その水量の合計値（以下、貯水槽予測流入量という）を算出する。今後 5 分間、ポンプが稼働しないと仮定して、貯水槽の最新の水位と貯水槽予測流入量を基に、5 分後の貯水槽の水位を予測する。

② ①で予測した 5 分後の貯水槽の水位によって次の制御を行う。

(i) 5 分後の貯水槽の水位が 3 メートル以上のとき

・ 貯水槽の最新の水位と①で予測した 5 分後の貯水槽の水位から、貯水槽の水位が 3 メートルになる時刻を算出する。ここで、今後 5 分間の貯水槽の

水位の変化率は一定であると仮定している。算出した時刻になるとポンプに稼働指示を送信する。

- ・ 貯水槽の最新の水位，貯水槽予測流入量，ポンプに稼働指示を送信する時刻，ポンプが排水を開始するまでの時間，及びポンプの排水能力を基に，5分後の予測水位を算出する。

(ii) 5分後の貯水槽の水位が3メートル未満のとき

- ・ ①で予測した5分後の貯水槽の水位を5分後の予測水位とする。

(2) 既にポンプに稼働指示を送信しているが，ポンプが排水を開始していない場合

貯水槽の最新の水位，貯水槽予測流入量，ポンプに稼働指示を送信した時刻，ポンプが排水を開始するまでの時間，及びポンプの排水能力を基に，5分後の予測水位を算出する。

(3) ポンプが稼働中でポンプに停止指示を送信していない場合

① 今後5分間，ポンプが稼働すると仮定して，貯水槽の最新の水位，貯水槽予測流入量，及びポンプの排水能力を基に，5分後の貯水槽の水位を予測する。

② ①で予測した5分後の貯水槽の水位によって次の制御を行う。

(i) 5分後の貯水槽の水位が1メートル未満のとき

- ・ 貯水槽の最新の水位と①で予測した5分後の貯水槽の水位から，貯水槽の水位が1メートルになる時刻を算出する。ここで，今後5分間の貯水槽の水位の変化率は一定であると仮定している。算出した時刻になるとポンプに停止指示を送信する。

- ・ 貯水槽の最新の水位，貯水槽予測流入量，ポンプに停止指示を送信する時刻，ポンプが排水を停止するまでの時間，及びポンプの排水能力を基に，5分後の予測水位を算出する。

(ii) 5分後の貯水槽の水位が1メートル以上のとき

- ・ ①で予測した5分後の貯水槽の水位を5分後の予測水位とする。

(4) 既にポンプに停止指示を送信しているが，ポンプが排水を停止していない場合

貯水槽の最新の水位，貯水槽予測流入量，ポンプに停止指示を送信した時刻，ポンプが排水を停止するまでの時間，及びポンプの排水能力を基に，5分後の予測水位を算出する。

### [メモリへのデータ保存]

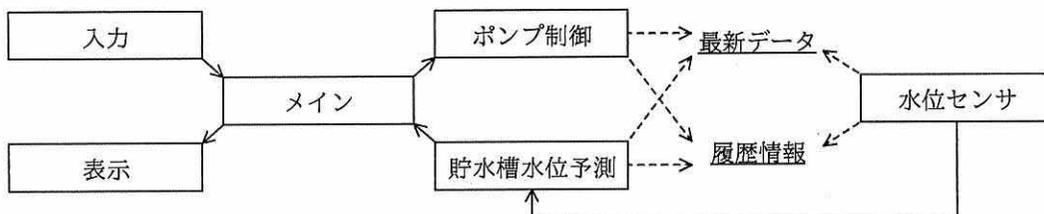
制御部は、RAM とフラッシュメモリに、次のようにデータを保存する。

- ・ RAM には、ポンプの最新の稼働状況、各水位センサの最新の計測値、貯水槽の最新の水位、最新の貯水槽予測流入量、及び 5 分後の予測水位の最新値を、“最新データ”として保存する。
- ・ フラッシュメモリには、RAM のデータを書き換えたときに、書換え前のデータを、“履歴情報”として保存する。

なお、容量不足にならないように、容量が十分に大きいフラッシュメモリを使用している。

### [制御部のソフトウェア構成]

制御部では、リアルタイム OS を使用する。制御部のタスク構成を図 2 に、制御部のタスクの機能概要を表 2 に、それぞれ示す。



- 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、メモリへの書込みを示す。ただし、メモリからの読出しは省略している。  
注記 3 タスクが最新データ又は履歴情報にアクセスするときは、排他制御を行っている。

図 2 制御部のタスク構成

表 2 制御部のタスクの機能概要

タスク名	機能概要	Pr <sup>1)</sup>
メイン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1 秒ごとに、入力タスクから受けた指示に基づいて、表示部に表示する画面の作成に必要な情報を表示タスクに通知する。</li> <li>・ 貯水槽水位予測タスクから、ポンプへの指示内容及びポンプにその指示を送信する時刻を受け、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">a</span>。</li> </ul>	3
表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メインタスクから受けた情報を基に画面を作成した後、表示部に表示する。</li> </ul>	4
入力	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 指示入力部から指示を受信すると、指示内容を判断し、表示内容の変更指示をメインタスクに通知する。</li> </ul>	2
水位センサ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 5 分ごとに、次の処理を行う。               <ol style="list-style-type: none"> <li>① 各水位センサに、計測指示を送信し、計測値を受信する。</li> <li>② 最新データ及び履歴情報に含まれる水位センサの計測値を更新する。このデータのサイズは、水位センサ 1 台当たり 2 バイトである。</li> <li>③ 各水位センサの最新の計測値を基に、貯水槽予測流入量を算出する。</li> <li>④ 最新データ及び履歴情報に含まれる貯水槽予測流入量を更新する。このデータのサイズは、4 バイトである。</li> <li>⑤ 貯水槽水位予測タスクに通知する。</li> </ol> </li> </ul>	2
貯水槽水位予測	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水位センサタスクから通知を受けると、次の処理を行う。               <ol style="list-style-type: none"> <li>① 貯水槽の水位を計測する。</li> <li>② 最新データ及び履歴情報に含まれる貯水槽の水位を更新する。このデータのサイズは、2 バイトである。</li> <li>③ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">b</span>、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">c</span> 及び必要に応じてポンプの排水能力を基に、ポンプへの指示が必要かどうか判断し、必要であれば、ポンプへの指示内容及びポンプにその指示を送信する時刻を、メインタスクに通知する。</li> <li>④ 必要に応じて、貯水槽の最新の水位、最新の貯水槽予測流入量、ポンプに指示を送信する時刻、ポンプが排水を開始又は停止するまでの時間、及びポンプの排水能力を基に、5 分後の予測水位を算出する。</li> <li>⑤ 最新データ及び履歴情報に含まれる 5 分後の予測水位を更新する。このデータのサイズは、2 バイトである。</li> </ol> </li> </ul>	2
ポンプ制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ メインタスクからポンプの稼働指示又は停止指示を受けると、次の処理を行う。               <ol style="list-style-type: none"> <li>① ポンプに稼働指示のメッセージ又は停止指示のメッセージを送信する。</li> <li>② ポンプが排水を開始又は排水を停止するまでの時間が経過すると、最新データ及び履歴情報に含まれるポンプの稼働状況を更新する。このデータのサイズは、1 バイトである。</li> </ol> </li> </ul>	1

注<sup>1)</sup> Pr はタスクの優先度を示し、値が小さいほど高い。

設問 1 冠水防止システムについて、(1)~(3)に答えよ。

- (1) ポンプが稼働中でポンプに停止指示を送信していない場合、制御部は、貯水槽の水位が 1 メートルになると予測した時刻に、ポンプに停止指示を送信する。0 メートルになると予測した時刻に停止指示を送信しない理由を、50

字以内で述べよ。

- (2) ポンプに稼働指示を送信した後、ポンプが実際に稼働していることを、制御部はどのようにして判断すればよいか。40字以内で述べよ。
- (3) ポンプが停止中でポンプに稼働指示を送信していない場合、貯水槽の5分前の水位が0.5メートルであり、5分前に予測した5分後の貯水槽の水位が2.5メートルであった。貯水槽の最新の水位は、この予測値と同じである。各水位センサの計測値は、5分前から最後に水位を計測した時刻まで一定の値であり、更に今後5分間、同じ値が続くと仮定して、(a)、(b)に答えよ。
- (a) ポンプに稼働指示を送信する時刻は、最後に水位を計測した時刻から何分後か。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) ポンプが排水を開始するまでの時間を考慮して、最後に水位を計測した時刻の5分後の予測水位(メートル)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。ここで、制御部の処理時間及びポンプに稼働指示を送信してからポンプが稼働指示を受信するまでの時間は無視できるものとする。

設問2 制御部のソフトウェアについて、(1)~(4)に答えよ。

- (1) 履歴情報を読み出すタスクを、表2中のタスク名で答えよ。
- (2) 表2中の 

a
---

 に入れる適切な内容を、50字以内で述べよ。
- (3) 表2中の 

b
---

 , 

c
---

 に入れる適切な字句を答えよ。
- (4) ある日の14時00分に、水位センサタスクが各水位センサの計測値を受信した。この日の14時00分から、16時00分に水位センサタスクが各水位センサの計測値を受信するまでの間に、各タスクが更新した履歴情報のデータのサイズの合計は何バイトになるか。整数で求めよ。ここで、ポンプは14時00分から16時00分まで停止していたものとする。

設問3 冠水防止システムの機能追加について、(1)、(2)に答えよ。

冠水防止システムのシミュレーションを実施したところ、集中豪雨時に予測値と計測値が大きくずれ、ポンプの稼働が遅れることがあった。これを防ぐために、外部の雨量監視システムの情報(以下、雨量データという)を利用する機能を追加して、貯水槽予測流入量の予測精度を高めることにした。

そのために行った、制御部の主なタスク変更の概要を表3に示す。ここで、

LAN 通信タスク及び雨水流入量予測タスクは、新たに追加したタスクである。

表 3 制御部の主なタスク変更の概要

タスク名	機能概要	Pr <sup>1)</sup>
LAN 通信	・雨量監視システムからの通知によって起動し、雨量データを履歴情報に書き込み、雨水流入量予測タスクに通知する。	3
雨水流入量予測	・LAN 通信タスクからの通知を受けると、次の処理を行う。 ① 履歴情報から雨量データを読み出して、各系統の雨水管に入る水量（以下、予測雨水流入量という）を算出する。 ② 最新データ及び履歴情報に含まれる予測雨水流入量を更新する。	3
水位センサ	・貯水槽予測流入量を算出するときの処理を、次のように変更する。 ① 最新データから <input type="text" value="d"/> を読み出す。 ② <input type="text" value="d"/> 及び <input type="text" value="e"/> を基に、貯水槽予測流入量を算出する。	2

注<sup>1)</sup> Pr はタスクの優先度を示し、値が小さいほど高い。

- (1) 表 3 中の  ,  に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 変更後の冠水防止システムをテストしたところ、表示部の表示の更新が停止するという不具合が発生した。そこで、制御部のタスクの動作を調査した結果、最新データ及び履歴情報にアクセスするときの各タスクの処理手順が、表 4 に示すようになっていた。この不具合の対策を 70 字以内で述べよ。ここで、機器の故障は発生していないものとする。

表 4 最新データ及び履歴情報にアクセスするときの各タスクの処理手順

タスク名	処理手順
水位センサ, 貯水槽水位予測, ポンプ制御	① 最新データのセマフォを獲得する。 ② 最新データにアクセスする。 ③ 履歴情報のセマフォを獲得する。 ④ 最新データ及び履歴情報にアクセスする。 ⑤ 履歴情報のセマフォを解放する。 ⑥ 最新データのセマフォを解放する。
雨水流入量予測	① 履歴情報のセマフォを獲得する。 ② 履歴情報にアクセスする。 ③ 最新データのセマフォを獲得する。 ④ 最新データ及び履歴情報にアクセスする。 ⑤ 最新データのセマフォを解放する。 ⑥ 履歴情報のセマフォを解放する。

問3 無人自動運転トラックを含むトラック隊列走行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社は、トラック隊列走行システム（以下、隊列走行システムという）の開発を行っている。隊列走行システムは、高速道路において、運転手が先頭車両を運転し、無人の後続車両が先頭車両に自動で追従して隊列走行を行うための運転制御システムである。隊列走行は、先頭車両を含めた最大4台のトラックで構成される。隊列走行の様子を図1に示す。

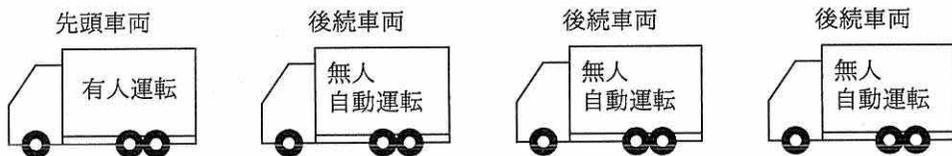


図1 隊列走行の様子

[隊列走行システムを使用した隊列走行の方法]

隊列走行システム専用のトラックステーション（以下、ステーションという）が高速道路のパーキングエリアに併設されている。隊列走行は、このステーション間だけで行い、各車両の出発地点からステーションまで及び最後のステーションから目的地までは有人運転で走行する。ステーションに到着した車両は2～4台ごとにまとめられ、自車の前方及び自車の後方の車両の情報を設定することによって隊列を組む。隊列となった後続車両は、無人かつ自動で車間距離を4メートル程度に保ちながら隊列走行を行う。

[隊列走行システム専用の車両仕様]

隊列走行システムの自動運転の制御は、隊列走行システム専用の車両に搭載した隊列走行システム用コントローラで行う。また、車両は、寸法が全て、全長12メートル、全幅2.5メートルであり、先頭車両にも後続車両にも使用できる。

[隊列走行システム用コントローラの構成]

隊列走行システム用コントローラは、車間距離の調整、目標の車線を走行するための制御などを行う複数の電子制御ユニット（以下、ECU という）、各種センサなどで構成されている。隊列走行システム用コントローラの主なブロックの構成を図 2 に、主なブロックの概要を表 1 に、それぞれ示す。

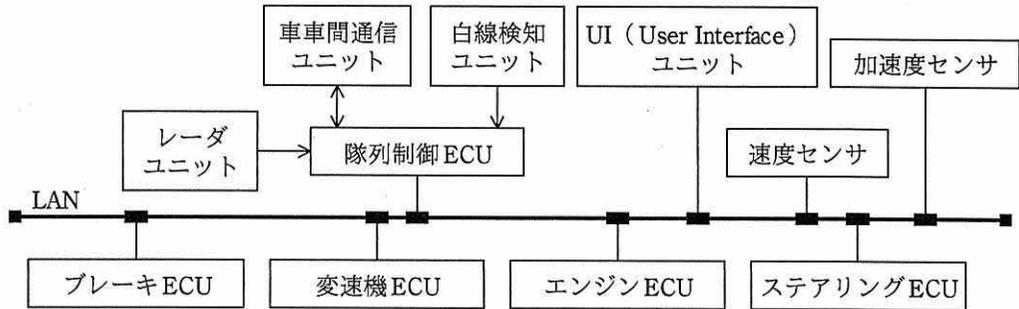


図 2 隊列走行システム用コントローラの主なブロックの構成

表1 主なブロックの概要

ブロック名	概要
隊列制御 ECU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車車間通信ユニットを使用して、隊列走行に必要な情報を他の車両と送受信する。</li> <li>・ レーダユニットから、前方及び隣車線後方の車両との距離を取得する。</li> <li>・ 白線検知ユニットから、車線に対する自車の位置を取得する。</li> <li>・ 後続車両の隊列制御 ECU は、前方の車両との距離、受信した先頭車両の速度の情報、及び受信した先頭車両の加速度の情報から、自車の速度と加速度の目標値を決定し、エンジン ECU、変速機 ECU 及びブレーキ ECU を制御する。また、先頭車両の指示、車線に対する自車の位置などから操舵角を決定し、目標の車線を走行するようにステアリング ECU を制御する。</li> <li>・ 他の車両から受信した情報を、関連する ECU に通知する。</li> <li>・ 制御ソフトウェアは、20 ミリ秒周期で起動し、処理時間が 15 ミリ秒である。</li> </ul>
車車間通信ユニット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 無線通信と光通信で、各車両と車車間通信を行う。無線通信機は車両の後方に搭載され、光通信機は車両の前方と後方にそれぞれ搭載されている。</li> </ul>
レーダユニット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 前方 3D レーザレーダと前方ミリ波レーダで、前方の車両との距離を測定する。</li> <li>・ 周辺監視ミリ波レーダで、隣車線後方の車両との距離を測定する。</li> </ul>
白線検知ユニット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 車線の境界（白線など）を検知する白線検知カメラと白線検知 3D レーザレーダが、車両の両側面に搭載されており、車線に対する自車の位置を測定する。</li> </ul>
UI ユニット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 隊列走行中の状態表示を行う。</li> <li>・ 運転手が隊列走行に必要な情報を入力し、隊列制御 ECU に通知する。</li> </ul>
エンジン ECU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 隊列制御 ECU からの指示で、エンジンの出力を制御する。</li> </ul>
変速機 ECU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 隊列制御 ECU からの指示で、変速機の制御を行う。</li> </ul>
ブレーキ ECU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 隊列制御 ECU からの指示で、ブレーキの制御を行う。積載量にかかわらず、制動距離が一定になるようにブレーキを制御する。</li> </ul>
ステアリング ECU	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 隊列制御 ECU からの指示で、ステアリングの制御を行う。</li> </ul>
速度センサ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自車の速度を、関連する ECU に通知する。</li> </ul>
加速度センサ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自車の加速度を、関連する ECU に通知する。</li> </ul>

〔車車間通信の仕様〕

無線通信と光通信は、次に示すように異なる通信方式で同じ内容のデータを送信する。1 車両分のデータは 50 バイトである。

無線通信は、隊列走行中の各車両が同一チャンネルで同報通信を行う。全車両が通信周期 20 ミリ秒で、1 回に 50 バイトのデータを送信する。通信可能距離は 60 メー

トル、伝送速度は4Mビット/秒である。

光通信は、通信周期 20 ミリ秒で、自車の前方又は自車の後方の車両と全二重通信を行う。1 対 1 の通信なので、自車の前方又は自車の後方の車両から受信したデータを中継する。中継するデータは、受信が完了したときの通信周期の次の通信周期で送信する。中継するデータがない場合、ダミーデータを送信する。データ量は、ダミーデータを含めて 1 回に 150 バイトである。通信可能距離は 20 メートル、伝送速度は 1Mビット/秒である。受信側は、正常に受信できた場合、ACK (1 バイト) を返す。送信側は、ACK を受信できなかった場合、通信周期内で再送する。

自車と後方の車両との光通信のシーケンス例を図 3 に示す。

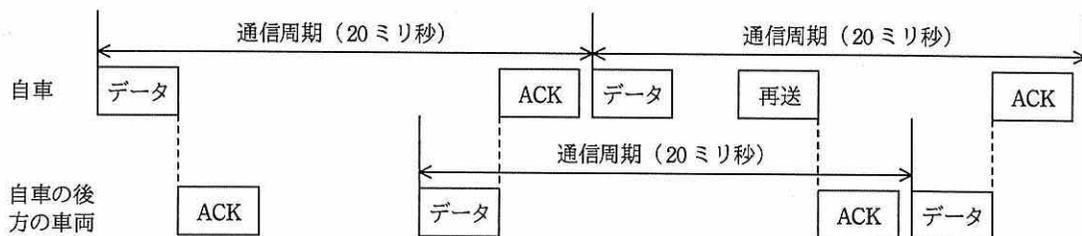


図 3 自車と後方の車両との光通信のシーケンス例

[レーダの仕様]

レーダユニットに搭載しているレーダの仕様と特性を表 2 に示す。

表 2 レーダの仕様と特性

名称	仕様と特性
前方ミリ波レーダ	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大検知距離：160 メートル、距離分解能：0.5 メートル、検知角度：18 度</li> <li>車両の前方に搭載する。</li> <li>空間分解能が低く、物体の形状を判別できないが、電波の反射率が低い雨などの影響は受けにくい。</li> </ul>
前方 3D レーザレーダ	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大検知距離：50 メートル、距離分解能：0.02 メートル、検知角度：120 度</li> <li>車両の前方に搭載する。</li> <li>赤外線レーザ光で距離を測定する。空間分解能が高く、物体の形状も判別できる。電波を反射しなくても光を反射する物体であれば、検知できる。</li> </ul>
周辺監視ミリ波レーダ	<ul style="list-style-type: none"> <li>最大検知距離：60 メートル、距離分解能：0.3 メートル、検知角度：120 度</li> <li>車両の両側面に搭載し、隣車線の後方 60 メートルまで監視できる。</li> <li>空間分解能が低く、物体の形状を判別できないが、電波の反射率が低い雨などの影響は受けにくい。</li> </ul>

### [ 隊列制御 ECU の安全機構 ]

隊列制御 ECU では、安全に隊列走行ができるように自己診断機能をもつ CPU が二重化されている。隊列制御 ECU の構成を図 4 に示す。CPU 1 と CPU 2 には、それぞれ自己診断機能を実行するためのファームウェアが内蔵されている。CPU 1 と CPU 2 は、同じ処理を同期して実行する。各 CPU からアクセスするバスの情報を、バスバッファを経由して比較回路で比較する。比較結果が一致している間はバスへのアクセスを許可し、一致しなかった場合は CPU の故障と判断し、割込み信号によって自己診断機能を実行する。

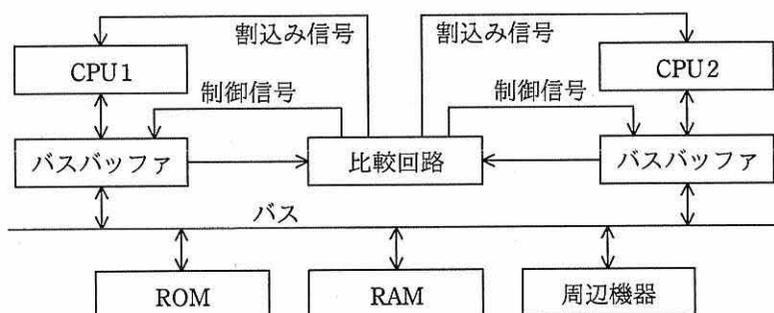


図 4 隊列制御 ECU の構成

### [ 車線変更時の処理 ]

隊列走行中、各車両は、 レーダで測定した隣車線後方の車両との距離を、 ユニットを使用して、通信周期ごとに先頭車両に送信する。

パーキングエリアから高速道路の本線へ進入する場合など、隊列が車線を変更する場合は、次に示す手順で、最後尾の車両から順次、車線変更を行う。

- ① 運転手は、各車両から送信された隣車線後方の車両との距離の情報を  ユニットで確認する。車線変更可能と判断した場合、 ユニットを使用して、最後尾の車両に車線変更を指示する。
- ② 最後尾の車両の  ECU は、 ECU に指示を送信し、車線変更を行う。このとき、最後尾の車両は、 レーダを使用して、元の車線を走行している前方の車両との距離を一定に保つ。ただし、車線変更中に、隣車線の後方に衝突の可能性がある障害物を検知したときは、車線変更を行わない。
- ③ 運転手は、最後尾の車両の車線変更が完了したことを  ユニットで確

認する。車線変更が完了していない後続車両がある場合は、車線変更が完了した車両の一つ前の車両の車線変更を指示し、その車両の車線変更が完了したことを  ユニットで確認する。

- ④ 運転手は、先頭車両の一つ後ろの車両の車線変更が完了したことを  ユニットで確認した後、自車の車線変更を行う。

設問 1 隊列走行システムの仕様について、(1)、(2)に答えよ。ここで、隊列走行は、先頭車両を含めた 4 台のトラックで構成されているものとする。また、 $1 \text{ M ビット} = 10^6 \text{ ビット}$ とする。

(1) 光通信で車車間通信を行った場合、先頭車両がデータの送信を開始してから、最後尾の車両がデータの受信を完了するまでは、最大何ミリ秒掛かるか。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。ここで、光通信は、通信周期内で正常に行われ、再送は行われなかったものとする。

(2) 全車両が一定速度で走行しているとき、先頭車両が  $6 \text{ m/s}^2$  で減速した。先頭車両の一つ後ろの車両が車車間通信からの情報だけで加速度の目標値を決定したときの処理について、(a)、(b)に答えよ。

(a) 先頭車両が減速を開始してから、先頭車両の一つ後ろの車両の隊列制御 ECU が関連する ECU の制御を開始するまで、最大何ミリ秒掛かるか。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。ここで、無線通信による通信は、正常に行われるものとする。また、先頭車両の隊列制御 ECU の制御ソフトウェアの処理時間は無視できるものとする。

(b) 車間距離が 4 メートルの場合、車車間通信に異常が発生し、先頭車両が減速を開始してから、先頭車両の一つ後ろの車両の隊列制御 ECU が加速度の目標値を決定するまでに 500 ミリ秒掛かった。このとき、先頭車両とその一つ後ろの車両の車間距離は、何メートルになるか。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。

設問 2 隊列走行システムの制御について、(1)~(3)に答えよ。

(1) 先頭車両が速度を変更した場合、後続車両が車間距離を一定に保つために、後続車両の隊列制御 ECU が関連する ECU の制御に使用する情報を、レーダユニットで測定した前方の車両との距離以外に二つ答えよ。

(2) 「車線変更時の処理」について、本文中の  ～  に入る適切な字句を答えよ。

(3) 車線変更を行う車両の前方の車両には、後方の車両が車線変更をしていることを周辺監視ミリ波レーダで継続的に認識させている。その目的を 40 字以内で述べよ。

設問3 隊列走行システムの安全対策について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 車車間通信ユニットとレーダユニットは、機器の故障の対策以外に、信頼性を向上させるために異なる通信方式・測定方式で多重化している。異なる通信方式・測定方式にしている理由を 55 字以内で述べよ。

(2) 隊列制御 ECU は、CPU を二重化している。CPU 1 と CPU 2 の処理結果が一致しなかった場合でも、隊列走行中に急に処理を停止できないので、正常な CPU だけで一時的に処理を行い、車両を安全に停止させるための制御に移行する。CPU 1 と CPU 2 の処理結果が一致しなかった場合の処理に関する次の記述中の  ～  に入れる適切な字句又は数値を答えよ。

それぞれの CPU は、処理結果の不一致を通知する  信号によって起動した  処理内で  機能を実行する。 の結果によって故障と判断した CPU の処理を停止するとともに、比較回路による  の比較も停止する。正常な CPU は、 発生時の処理を再開し、関連する ECU の制御を継続させる。CPU の処理を処理周期で実行するためには、 機能の実行時間を割込みのオーバーヘッドを含め、 ミリ秒以内にする必要がある。

(3) 車車間通信に対するセキュリティ上の脅威として、虚偽メッセージを発信する別車両による、先頭車両のなりすましが考えられる。先頭車両のなりすましによって想定される隊列走行中の車両への影響を、40 字以内で述べよ。また、なりすましを防止するための対策を 30 字以内で述べよ。

[ メモ用紙 ]

[ メモ用紙 ]

[ × 毛 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	13:10 ~ 13:50
--------	---------------

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。ただし、問題冊子を切り離して利用することはできません。
9. 試験時間中、机の上に置けるものは、次のものに限りです。  
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  
これら以外は机の上に置けません。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。
13. 午後Ⅱの試験開始は **14:30** ですので、**14:10** 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。