

令和7年度 秋期
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
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) 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。
 - (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。

〔問 2 を選択した場合の例〕

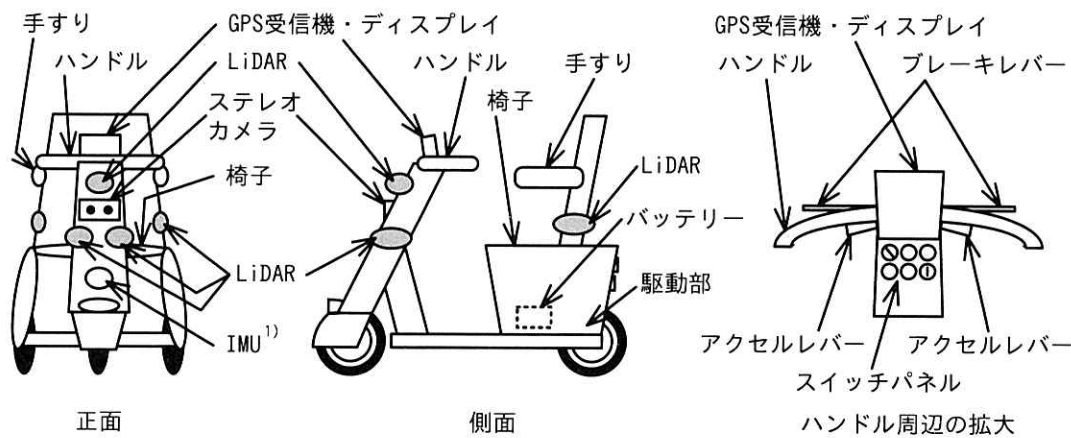
選択欄	
1 問選択	問 1
	問 2

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。

〔 メ モ 用 紙 〕

問 1 次世代一人乗り電動車椅子に関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

A 社は、高齢者を乗せて歩道を走行する一人乗り電動車椅子を開発及び製造する企業である。今回開発する高齢者用次世代一人乗り電動車椅子（以下、シニアカーという）は、普段走行する道路の走行データとクラウド上の 3D 地図作成システムとを連携し、様々な安全運転支援機能を実現する。シニアカーの外観を図 1 に、シニアカーの主要要素の説明を表 1 に示す。



注 1) 慣性計測ユニットを示す。

図 1 シニアカーの外観

表 1 シニアカーの主要要素の説明

要素	説明
ディスプレイ	・ 速度、地図、ステレオカメラで撮影した画像などの情報を表示する。地図を使用し、自宅の登録や、目的地の登録ができる。 ・ タッチパネル機能がある。 ・ スピーカーを搭載し、異常発生時などは音声によって、利用者に知らせる。
灯火器	・ 制動灯、ウインカー、前照灯で構成される。
椅子部	・ 利用者が座る椅子と利用者の落下を防止する手すりで構成される。
GPS 受信機、IMU	・ シニアカーの位置や進行方向を特定するために使用する。
LiDAR, ステレオカメラ	・ シニアカーの周囲の物体や道路環境を把握するために使用する。 ・ ステレオカメラは、前方を向いており、その画角は水平方向に 180 度である。 ・ 5 個の LiDAR によってシニアカーの周囲 360 度にある物体などを検出する。

表1 シニアカーの主要要素の説明（続き）

要素	説明
操作部	・操作部は、ハンドル、ブレーキレバー、アクセルレバー、スイッチパネルで構成される。スイッチパネルには最大速度切替えスイッチ、警笛スイッチ、バックボタン、解錠・施錠ボタン、パーキングボタン、安全運転支援機能無効化ボタンなどが配置される。 ・ハンドルを利用者が握り、曲がる方向へハンドルを回す。 ・ブレーキレバーは、両手側にあり、片側だけの操作でもシニアカーを減速できる。 ・アクセルレバーは、両手側にあり、片側だけの操作でも速度を調整できる。 ・最大速度切替えスイッチによって 1 km/時単位で最大速度を切り替えられる。走行中の速度の上限は、6 km/時である。 ・バックボタンを押下すると、駆動用モーターの回転が逆方向になりバック走行できる。バック走行中の速度の上限は、2 km/時となる。 ・キーをもった利用者が近づくと解錠・施錠ボタンが利用できる。 ・パーキングボタンを押下すると、パーキングブレーキの ON と OFF が切り替わる。 ・安全運転支援機能無効化ボタンを押下すると、安全運転支援機能が無効になる。安全運転支援機能無効化ボタンを再び押下するか、又は施錠後再び解錠されると、安全運転支援機能は有効となる。
駆動部	・駆動用モーターを使用して、走行するための機構である。 ・利用者の操作、又は安全運転支援機能からの指示を受け車輪を回転、又は停止させる。
バッテリー	・シニアカーの電力を供給する。 ・バッテリーが満充電されているときの最大走行距離は 15 km である。

〔シニアカーの操作〕

シニアカーの操作を次に説明する。

① 乗車

- ・キーをもった利用者が手すりを上方向に跳ね上げて乗車し、解錠・施錠ボタンを操作し、解錠するとシニアカーが利用できるようになる。
- ・パーキングブレーキを OFF にしてから走行を始める。

② 走行

- ・アクセルレバーを押すと加速し、離すと減速する。ブレーキレバーを握るとブレーキが掛かる。
- ・ハンドルを手動で回して進みたい方向に向けると進行方向が変わる。内蔵のハンドル用モーターでシニアカーが自動でハンドルを回すことがある。
- ・バックボタンを押下し、アクセルレバーを押すとバックする。

③ 駐車

- ・停車後パーキングボタンを押下するとパーキングブレーキが ON となる。

〔シニアカーの安全運転支援機能の概要〕

シニアカーの安全運転支援機能の概要を表 2 に示す。

表 2 シニアカーの安全運転支援機能の概要

機能	説明
緊急ブレーキ機能	シニアカーが障害物と衝突する危険を検知すると、自動的にブレーキを掛け、シニアカーを停止させる機能である。
坂道・カーブ減速機能	坂道やカーブを走行する際に安全性向上のために減速し、シニアカーの転倒を防ぐ機能である。
障害物回避機能	道路周辺の側溝又は段差、若しくはシニアカーの通行の妨げになる障害物を検知・回避し、シニアカーの転落又はシニアカーと障害物との接触を防ぐ機能である。
信号補助機能	信号機に接近・通過する際に利用者を支援する機能である。
歩行者追従機能	先導する歩行者（以下、先導者という）に対し、距離を一定に保ったまま追従して走行する機能である。

これらの機能を実現するために、自車周辺の物体及び物体の動き、信号機までの距離及び信号灯色などを認識する。また、自車位置を推定し、自車周辺の 3D 地図を利用し、100 ミリ秒後に到達すべき位置に到達可能な目標速度や、そのために必要なハンドルの舵角（以下、目標舵角という）を算出し、制御に利用する。

〔シニアカーのシステム構成要素〕

シニアカーの主なシステム構成を図 2 に、シニアカーの主なシステム構成要素の概要を表 3 に示す。

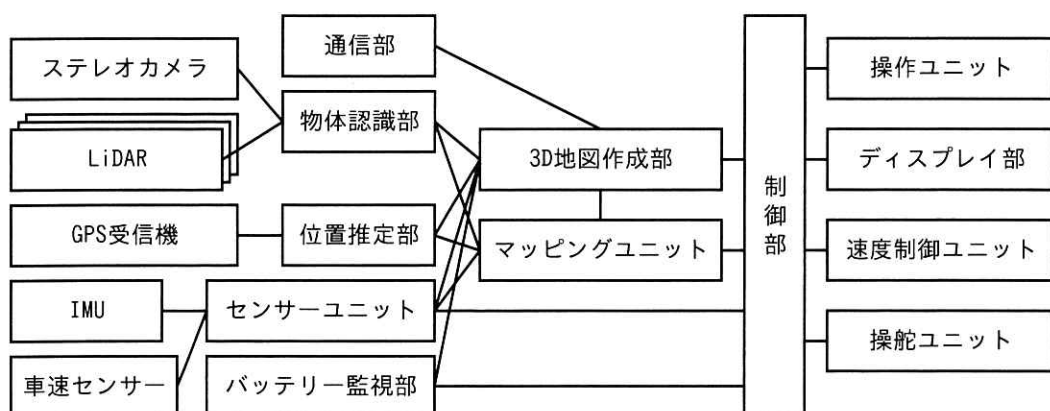


図 2 シニアカーの主なシステム構成

表3 シニアカーの主なシステム構成要素の概要

構成要素名	概要
物体認識部	・ステレオカメラは一つのユニットにカラーカメラが2台含まれる。それぞれのカメラの画素数は1,200×700画素で、1画素当たり24ビットの色情報をもつ。100ミリ秒周期で撮影した画像を使用し、主に色情報を含んだ物体の認識に用いる。 ・LiDARは色情報をもたず、主に形状や距離に関する認識に用いる。 ・ステレオカメラ、LiDARからの情報を基に自車と周囲の物体などとの相対位置及び相対速度を検出し物体認識情報を作成する。物体認識情報は、3D地図作成部、及びマッピングユニットに100ミリ秒周期で送信する。 ・物体認識情報には、次の認識結果も含まれる。 - 自車周辺の物体（歩行者、自転車、ベビーカー、ペットなど）の動きの予測 - 信号機までの距離及び信号灯色 - 側溝、段差、ガードレール、電柱などの位置
位置推定部	・GPS位置情報を基に、自車の位置を推定位置情報として算出する。 ・推定位置情報を3D地図作成部、及びマッピングユニットに100ミリ秒周期で送信する。
センサーユニット	シニアカーの進行方向、速度、車体の傾斜（以下、これら三つを合わせてセンサー情報という）を計測し、3D地図作成部、マッピングユニット、及び制御部に50ミリ秒周期で送信する。
3D地図作成部	・物体認識情報、推定位置情報、センサー情報、バッテリー残量を通信部経由でクラウド上の3D地図作成システムへ送信する。 ・シニアカー停車時、クラウドから3D地図データをダウンロードする。 ・3D地図上には、車道及び道路の端の位置、歩道の位置、信号の位置などが記録される。 ・3D地図データをマッピングユニットに100ミリ秒周期で送信する。 ・バッテリー監視部からバッテリー残量を受信する。 ・バッテリー残量の範囲で往復可能な道路、走行可能な場所情報（以下、走行可能場所情報という）を制御部及びマッピングユニットに100ミリ秒周期で送信する。
マッピングユニット	次に示すように自車の現在位置、速度、進行方向に関する情報を求めて、制御部に送信する。 ・3D地図作成部から3D地図データを受信する。 ・物体認識情報、推定位置情報、センサー情報を基に3D地図上に位置をマッピングして自車位置情報を算出する。 ・制御部から安全運転支援機能の開始を受信すると、自車位置情報、センサー情報、物体認識情報、走行可能場所情報から、100ミリ秒後に到達すべき位置に到達可能な目標速度、そのために必要な目標舵角を算出し、制御部へ送信する。 ・物体認識部から受信した情報を基に障害物と衝突する危険が高いかどうかを判定する。
制御部	MPU、RAM、フラッシュメモリ、RTCなどから構成され、操舵ユニット、操作ユニット、ディスプレイ部、速度制御ユニットの制御を行う。 ・目標速度と目標舵角を受信すると、次に示す処理を行う。 - 目標速度及び車体の傾斜角度を速度制御ユニットに送信する。 - 目標舵角を操舵ユニットに送信する。 ・バッテリー監視部からバッテリー残量を受信し、ディスプレイ部へ送信する。 ・バッテリー監視部に単位時間当たりの走行距離を送信する。 ・バッテリー監視部から1km当たりの電力消費量を受信する。

表3 シニアカーの主なシステム構成要素の概要（続き）

構成要素名	概要
操舵 ユニット	・ハンドル用モーターが搭載されている。 ・制御部から受信した目標舵角になるように、ハンドルを制御することがある。
操作 ユニット	・最大速度切替えスイッチ、警笛スイッチ、バックボタン、パーキングボタン、安全運転支援機能無効化ボタン、解錠・施錠ボタン、アクセルレバー、ブレーキレバーの状態を取得し、制御部へ送信する。 ・ウインカー、前照灯のON/OFFが設定できる。 ・警笛を鳴らすことができる。
ディスプレ イ部	・速度表示、バッテリー残量表示、前照灯の状態表示がある。 ・過去に走行したルートや走行速度及びその際に消費した電力量を基に、出発時点におけるバッテリー残量の範囲で往復できる領域を地図上に示す。 ・障害物回避などが発生した場合、警報を表示する。 ・スピーカーが搭載されており、異常発生時の音声などを出力する。 ・歩行者追従機能のON/OFF及び先導者の選択ができる。
速度制御 ユニット	・制御部から指示された目標速度になるように、駆動用モーターの回転量の制御、駆動用モーターのトルクの制御及びブレーキの制御を行う。
通信部	・電波の届かない場所を少なくするために4Gと5Gのハイブリッド通信を行う。 ・シニアカーのプログラムアップデートを行う。 ・3D地図作成部からデータを受信し、3D地図作成システムへ送信する。 ・3D地図作成システムから受信した3D地図データを3D地図作成部へ送信する。 ・3D地図作成システムと平均ダウンロード速度100Mビット/秒、平均アップロード速度20Mビット/秒で通信する。
バッテリー 監視部	・バッテリー残量を制御部、3D地図作成部に100ミリ秒周期で送信する。 ・制御部から単位時間当たりの走行距離を受信し、1km当たりの電力消費量を計算して制御部へ送信する。

〔シニアカーの安全運転支援機能の詳細〕

開発中のシニアカーの安全運転支援機能の詳細を次に説明する。

① 緊急ブレーキ機能

- ・ステレオカメラで撮影した障害物を物体認識部で検出した場合、マッピングユニットが緊急ブレーキの要否の判定を行う。緊急ブレーキが必要と判定した場合、制御部へ指示を出し、制御部は緊急ブレーキを掛けて停止させ、衝突被害を軽減する。緊急ブレーキの際、音声によって利用者に警告する。
- ・緊急ブレーキの判定を行う際の対象との距離は3m以内である。
- ・緊急ブレーキ機能は、障害物回避機能とは独立で動作し、緊急ブレーキが優先して作動する。
- ・横断歩道を通行中は緊急ブレーキ機能と障害物回避機能は無効になる。

② 坂道・カーブ減速機能

- ・シニアカーが坂道に差し掛かると、センサー及び 3D 地図の情報を基に坂道の勾配を検知する。
- ・シニアカーが接近するカーブの半径などの情報をセンサー及び 3D 地図の情報を基に算出する。
- ・下り坂での過剰な速度を防ぎ、カーブでの安定した走行をサポートする。下り坂及びカーブ区間では、ブレーキによって速度を自動的に 2 km/時まで減速させ、シニアカーの安全を確保する。なお坂道やカーブを走行中は、歩行者追従機能よりも坂道・カーブ減速機能が優先的に機能する。

③ 障害物回避機能

- ・LiDAR によって道路上の障害物を物体認識部で検出した場合、センサー情報と合わせマッピングユニットが障害物回避の判定を行う。障害物回避が必要と判定した場合、制御部へ指示を出し、障害物を回避させるようにハンドルの自動制御を行う。さらに、音声によって利用者に障害物回避を行うことを知らせる。
- ・回避を行う障害物対象は半径 10m 以内であって、そのまま走行すればシニアカーと接触する可能性のある場合に限る。
- ・障害物回避を行うには、3D 地図データがダウンロードされている状態で、かつ、物体認識部の最新の算出結果から障害物を回避できる安全な場所がある場合に限る。
- ・横断歩道を通行中は緊急ブレーキ機能と障害物回避機能は無効になる。

④ 信号補助機能

- ・ステレオカメラで撮影した映像を基に、マッピングユニットで自車位置の前方に信号及び横断歩道があるかどうか判断する。
- ・電球式と LED 式の信号機に対応している。LED 式信号機は東日本では 100Hz、西日本では 120Hz で点滅している。
- ・前方に、歩行者用又は自動車用信号機が存在する場合に、音声によって利用者に注意を促す。物体認識部によって横断歩道の手前で信号機の点灯状態を認識し、青点灯であれば通行する。青点灯以外であれば、横断歩道の手前の安全な位置で停止する。

⑤ 歩行者追従機能

- ・物体認識部で先導者を認識する。利用者が、ディスプレイから追従する先導者

を選択すると、シニアカーは追従を開始する。

- ・ 追従制御を行う際、マッピングユニットが、センサー情報から車速を把握し、先導者との距離を一定に保つようにフィードバック制御を行う。
- ・ 先導者の単位時間当たりの位置の変化から先導者の進行方向と速度を物体認識部が算出し、センサー情報から現在の車速を取り出し、マッピングユニットへ送信する。マッピングユニットはシニアカーの目標速度と目標舵角を制御部へ送信する。
- ・ マッピングユニットは、先導者との距離を確認して制御部に新たな目標速度を送信する。
- ・ 速度制御ユニットは、制御部からの指示を受け、示された速度になるように駆動モーターを制御する。

設問 1 シニアカーの仕様について答えよ。

- (1) シニアカーは、バッテリー残量を基に走行可能な領域の目安をディスプレイ部に示すが、過去のデータから算出した領域よりも狭い領域を表示させるようにした。このような仕様とした理由を 50 字以内で答えよ。
- (2) 信号補助機能で信号の認識に LiDAR を使用せずにステレオカメラを使用している理由を 35 字以内で答えよ。
- (3) シニアカーが横断歩道を通行中は、緊急ブレーキ機能を動作させない仕様としている。その理由を 30 字以内で答えよ。
- (4) 安全運転支援機能は、3D 地図作成を除きクラウドのシステムを使用せずにシニアカーで実現している。その理由を通信の観点から 35 字以内で答えよ。
- (5) 坂道・カーブ減速機能は、歩行者追従機能よりも優先的に機能させている。このような仕様としない場合に起きると想定される事象を 35 字以内で答えよ。

設問 2 シニアカーの機能について答えよ。

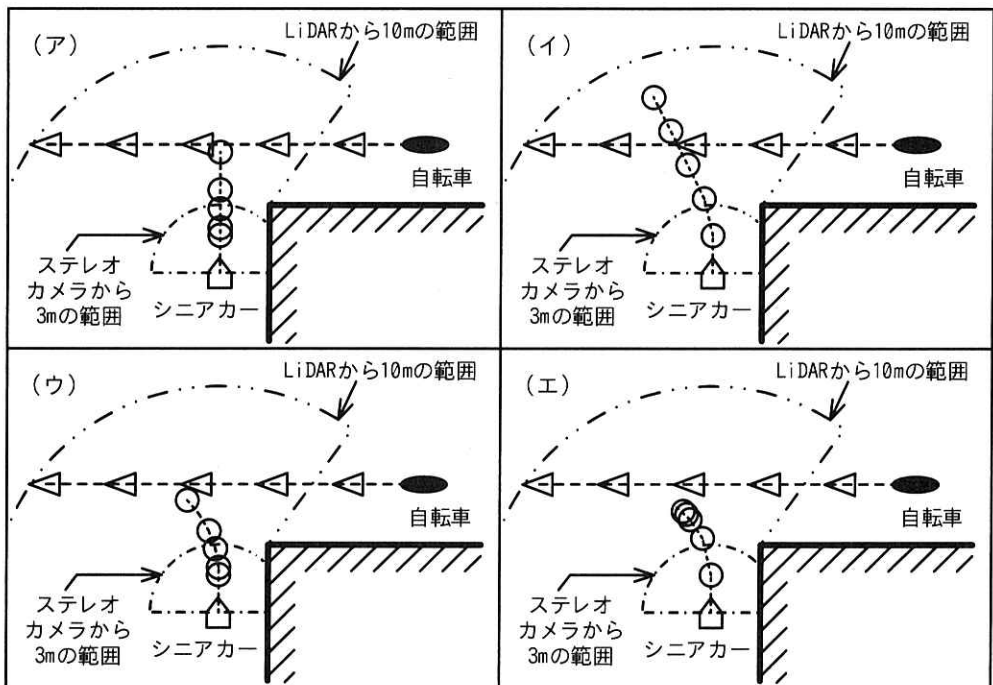
- (1) ステレオカメラで撮影した画像データを物体認識部に送信して物体認識を行っている。送信データ量に関する次の記述中の

 ,

 に入れる適切な数値を答えよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、1M バイトは 1,000,000 バイトとする。

ステレオカメラから送信するデータは圧縮されておらず、カラーカメラ1台当たり画像1枚につき a バイトのデータを物体認識部に周期的に送信している。つまり、カラーカメラ2台では物体認識部には b M バイト/秒でデータを送信している。

(2) 図3は、シニアカーが直進中に、物体認識部が、LiDARを用いて、見通しの悪い交差点で飛び出して来た自転車を障害物として検知してからの様子を、その1秒前より示したものである。シニアカーの安全運転支援機能が正常に機能した場合の軌跡を描いたものはどれか。図3の(ア)～(エ)から選び記号で答えよ。また、その時のシニアカーの動作を50字以内で答えよ。ここで、利用者は操作を行わず、坂道・カーブ減速機能は動作しなかったものとする。また、シニアカーの左側には十分なスペースがあり障害物はなく、自転車は一定速度で直進したものとする。



(凡例) ◁ : 1秒ごとの自転車の走行位置 ● : 1秒前の自転車の走行位置
○ : 1秒ごとのシニアカーの走行位置 △ : 1秒前のシニアカーの走行位置

注 LiDARとステレオカメラの範囲は、1秒前のシニアカーの走行位置のものを示す。

図3 シニアカーが自転車を検知した1秒前からの関係図

(3) 歩行者追従機能を使用し、シニアカーが直進する先導者と距離 5m を維持して追従する際の速度と経過時間を調査した。シニアカーは追従開始の際、2 km/時で道路上を走行し、先導者はシニアカーの 10m 前方を 5 km/時の一定速度で歩行していた。今回の調査結果を確認したところ、先導者に追従したシニアカーの速度の変化のグラフは次の図 4 のようになった。グラフの(オ)に示す区間で追従しているシニアカーにおいて、どのような場所でどのような機能が働いていたか 30 字以内で答えよ。周囲に障害物はなく、利用者は追従中にアクセルレバー、ブレーキレバー、及びスイッチパネルを操作していないものとする。

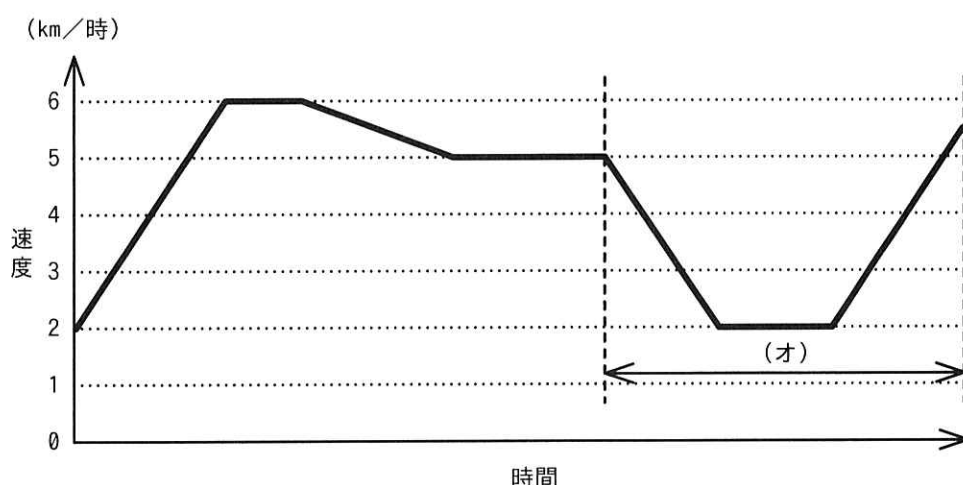


図 4 シニアカーが追従走行を行った際の速度と経過時間の関係図

設問 3 シニアカーの機能追加について答えよ。

シニアカーは手軽に遠方まで移動することが可能な移動手段であるが、試乗してもらった結果、利用者が遠方まで行ってしまい、帰宅が遅くなることで同居家族が心配するケースが発生した。さらにシニアカーの転倒や側溝等への転落事故の発生も考えられるので、問題が発生した際に速やかに家族等へ連絡して欲しいという要望が出ていた。

そのため A 社は、シニアカー前方を撮影する前方カメラ、利用者の顔が映るように配置した顔画像カメラ、及びクラウド上の行動内容確認システムを追加し、新たな機能を実現することにした。

① アラート送信機能

何か問題が発生した場合に送信先に登録している家族等へアラートを送信する。

② 映像共有機能

前方カメラ及び顔画像カメラが撮影した映像をリアルタイムに家族等へ送信する。

③ ドライブレコーダー機能

事故等が発生した際の状況記録を保存する目的で、前方カメラの映像を記録する。

アラート送信機能及び映像共有機能は、通信部経由でクラウド上の行動内容確認システムに必要な情報を送信して実現している。

追加するシステム構成要素を表4に、追加機能の機能概要を表5に示す。

表4 追加するシステム構成要素

構成要素名	概要
位置・状態取得ユニット	・シニアカーの解錠・施錠の状態及び自転車位置情報を通信部経由で行動内容確認システムに送信する。
録画・合成ユニット	・前方カメラの映像を1,250×800画素、1画素当たり24ビット、27.5フレーム／秒の動画データとして受信する。 ・受信した前方カメラの動画データを30フレーム／秒に変換し、制御部から受信した時刻情報を画像合成し、非可逆圧縮方式の動画ファイルに変換してSDカードに保存する。 ・顔画像カメラの映像を320×240画素、1画素当たり24ビット、30フレーム／秒の動画データとして受信する。 ・前方カメラと顔画像カメラの映像を合成し、非可逆圧縮方式で動画データに変換する。

表 5 追加機能の機能概要

機能名	概要
アラート送信機能	・行動内容確認システムは、次の場合、送信先に登録している家族等アラートを送信する。 - 通常と異なるシニアカーの走行パターンを検知した場合 - シニアカーに問題が発生したことを検知した場合 - 急停止などの利用者の安全に影響がある動作を検知した場合 ・アラートの例を次に示す。 - 自車位置情報が普段走行している範囲を大きく外れた。 - 転倒、急停止、追突などの利用者の安全に影響がある動作を検知した。 - 解錠された状態のとき、同じ位置に長時間留まっていた。 - 解錠された状態のとき、行動内容確認システムが自車位置情報を一定時間以上受信できなかった。
映像共有機能	・録画・合成ユニットで合成した前方カメラと顔画像カメラの動画データを通信部経由で行動内容確認システムに送信する。 ・行動内容確認システムが受信した映像は家族等に再送信され、PC やスマートフォン等で確認することができる。
ドライブレコーダー機能	・録画・合成ユニットが受信した前方カメラの映像を動画で保存する。 ・映像は 50 秒ごとに一つのファイルとして SD カードに保存する。

- (1) アラート送信機能では、シニアカーが解錠された状態のとき、行動内容確認システムが自車位置情報を一定時間以上受信できなかった場合に、アラートを送信する。通信断を一定時間以上とした目的を 35 字以内で答えよ。
- (2) 録画・合成ユニットでは、シニアカーの前方カメラの映像を 30 フレーム／秒にすると、取得した映像にある問題があったので、27.5 フレーム／秒で受信して 30 フレーム／秒に変換する仕様にした。前方カメラで撮影した何の映像に問題があったのか。〔シニアカーの安全運転支援機能の詳細〕中の字句を用いて答えよ。また、問題が起きた理由を 45 字以内で答えよ。
- (3) ドライブレコーダー機能で保存する動画ファイル一つの平均サイズは何 M バイトになるか。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、動画に変換した際の平均圧縮率は 2%とし、ファイルヘッダーは含めない。また、1M バイトは 1,000,000 バイトとする。

問2 超小型人工衛星を用いた建設進捗状況を監視するシステムに関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

B社は、超小型人工衛星（以下、衛星という）を用いて、日本国内におけるダム建設や大規模宅地造成など、建設現場の建設進捗状況を監視するシステム（以下、本システムという）を開発している。衛星は軌道上において自律的に動作し、建設現場の上空通過時に画像の撮影を行い、日本国内で衛星の運用を行う地上局の上空通過時に画像データを送信する。衛星の利用によって、建設現場の状況を時系列に沿って確認しながら、周囲環境への影響も確認することができる。本システムの概要を図1、衛星の外観を図2、本システムの構成要素の概要を表1に、それぞれ示す。

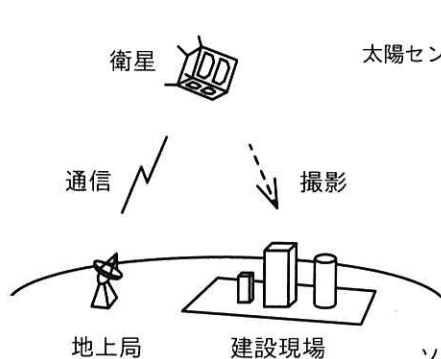


図1 本システムの概要

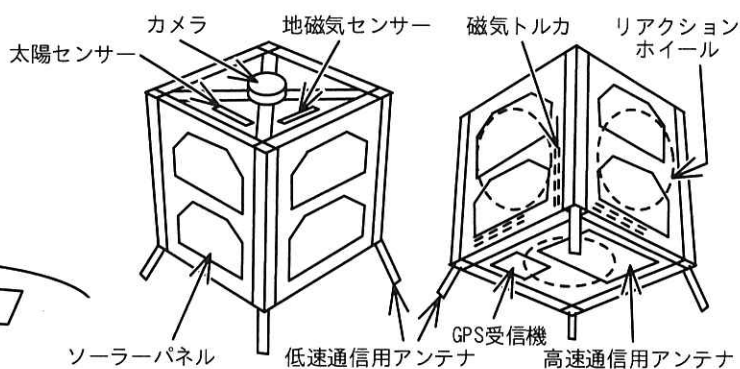


図2 衛星の外観

表1 本システムの構成要素の概要

構成要素名	概要
衛星	・一辺10cmの立方体の形状であり、衛星を構成する全部品が搭載されている。 ・国際宇宙ステーションから放出され、真円軌道を7.5km/秒で飛行するものとする。 ・昼と夜に1回ずつ、建設現場の上空及び地上局の上空を通過する。 ・建設現場の上空通過時に、カメラを用いて建設現場の撮影を行う。 ・地上局の上空通過時に、衛星の状況を示すデータ（以下、テレメトリデータという）又は画像データを送信することができる。
地上局	・衛星から受信した建設現場の画像データを用いて、建設の進捗状況を監視する。 ・衛星から受信したテレメトリデータを分析し、衛星に不具合がないか確認する。 ・衛星に指示（以下、コマンドデータという）を送り、衛星の設定を変更する。
建設現場	・本システムで監視対象とする、上空から撮影可能な建設現場である。

衛星は、衛星自体の制御を行う衛星バスモジュールと、建設現場の撮影を行うミッションモジュールとで構成される。衛星の主な構成要素を図3に、衛星の主な構成要素の概要を表2に示す。

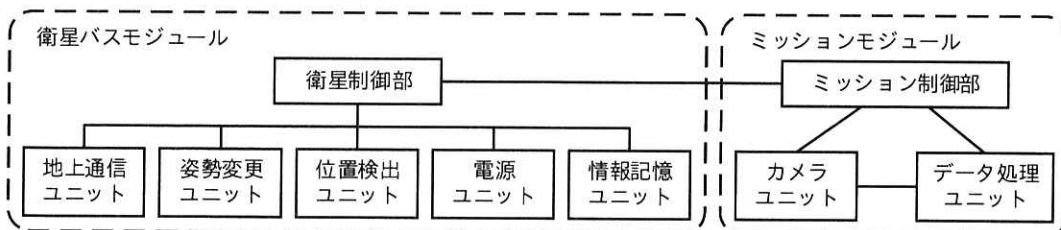


図3 衛星の主な構成要素

表2 衛星の主な構成要素の概要

構成要素名	説明
衛星制御部	・衛星バスモジュール全体の管理を行う。 ・ミッション制御部と双方向に通信を行うことができる。
地上通信ユニット	・高速通信用アンテナ及び低速通信用アンテナを介して、地上局と通信する。
姿勢変更ユニット	・次の各部品を用いて衛星の姿勢を変更する。 －リアクションホイール：内蔵する円盤の回転の反作用で姿勢変更を行う。 －磁気トルカ：電磁石と地球磁場との作用で姿勢変更を行う。 ・リアクションホイールと磁気トルカは、3軸の回転を制御するために、各3台搭載されている。
位置検出ユニット	・次の各センサー及び受信機からの入力を分析して、現在時刻、衛星の位置及び姿勢から成る情報（以下、リアルタイム位置姿勢情報という）を生成する。 －太陽センサー：太陽の方向を検出することで衛星の姿勢角を求める。 －地球センサー：地球大気からの放射赤外線を検出することで地球に対する衛星の姿勢を検知する。 －地磁気センサー：地磁気を検出することで方位を検知する。 －角速度センサー：衛星の回転や向きの変化を角速度として検知する。 －GPS受信機：GPS衛星からの信号を受信する。 ・衛星制御部からの要求に応じて、リアルタイム位置姿勢情報を送信する。
電源ユニット	・次の各部品で構成され、衛星全体に電力を供給する。 －バッテリー：蓄電・給電を行う。 －ソーラーパネル：太陽光で発電して、バッテリーを充電する。 ・衛星制御部からの要求に応じて、衛星の消費電力、発電量、バッテリー残量及びバッテリー温度を送信する。
情報記憶ユニット	・取得したテレメトリデータなどを内蔵するストレージに保存する。
ミッション制御部	・ミッションモジュール全体の管理を行う。 ・衛星制御部と双方向に通信を行うことができる。 ・定期的に衛星制御部からリアルタイム位置姿勢情報を受信する。
カメラユニット	・カメラを用いて地上を撮影する。
データ処理ユニット	・撮影した画像を非可逆圧縮して内蔵するストレージに保存する。 ・ミッション制御部からの要求に応じて、画像データを送信する。

〔衛星と地上局間の通信概要〕

衛星と地上局間の通信は、地上局からコマンドデータを送信するアップリンク、衛星からコマンドデータに対する応答（以下、コマンド応答データという）及びテレメトリデータを送信する低速ダウンリンク、衛星から画像データを送信する高速ダウンリンクによって実現される。通信速度は、アップリンク及び低速ダウンリンクが38,400ビット／秒、高速ダウンリンクが1Mビット／秒である。高速ダウンリンクと低速ダウンリンクの同時利用には対応しない。

衛星は24時間に2回、地上局と10分間の通信が可能な軌道上の区間（以下、通信可能範囲という）を通過する。通信可能範囲内で通信条件が良好な5分間（以下、高速通信範囲という）に、衛星が高速通信用アンテナを地上局に向ける姿勢を取っている場合に限り、高速ダウンリンクを利用できる。低速ダウンリンクは、衛星の姿勢にかかわらず利用できる。

〔衛星と地上局間の通信メッセージと通信プロトコル〕

衛星と地上局は、コネクションレス型のパケット通信方式で通信を行う。パケットの到達は保証されない。衛星と地上局間の通信メッセージを表3に示す。

表3 衛星と地上局間の通信メッセージ

メッセージ種別	通信チャンネル	説明
テレメトリデータ送信	低速ダウンリンク	- 通信可能範囲において、衛星が地上局に向けて一方的に送信する。地上局は応答しない。 - 画像データの送信時は、テレメトリデータの送信を行わない。
画像データ送信	高速ダウンリンク	高速通信範囲において、衛星が地上局に向けて一方的に送信する。地上局は応答しない。
コマンドデータ送信	アップリンク	- 必要な場合、衛星が通信可能範囲を飛行中に、地上局が衛星に向けて送信する。 - 送信後、地上局は衛星から送信されるコマンド応答データの受信を待つ。応答が受信できない場合、地上局で原因を分析し、次に行う通信内容を決定する。
コマンド応答データ送信	低速ダウンリンク	- 衛星が地上局からコマンドデータを受信すると、コマンドデータの処理を試み、処理結果を地上局に送信する。地上局は応答しない。 - テレメトリデータ又は画像データの送信中の場合、送信を一時停止し、コマンド応答データの送信を優先する。

パケットには、エラー検出訂正符号（以下、ECC という）を付与する。ECC は対象とするバイト列及び付与した ECC 自身に対して、バイト単位でエラーの検出と訂正を行う。その際、付与した ECC のバイト数の半分のバイト数まで、エラーの検出と訂正が保証される。加えて、テレメトリデータ及び画像データの送信時は、設定によって同一パケットを繰返し送信することができる。パケットのフォーマットを表 4 に示す。

表 4 パケットのフォーマット

構成要素		バイト数	説明
ヘッダー部	データ種別	2	・テレメトリデータ、画像データ、コマンドデータ、コマンド応答データを区別可能にする ID
	送信者 ID	2	・送信元の衛星 ID 又は地上局 ID
	受信者 ID	2	・受信先の衛星 ID 又は地上局 ID
	データ部長	2	・データ部の総バイト数
	分割データ長	2	・分割データのバイト数
	ECC1	10	・ヘッダー部の先頭から 10 バイトに対応する ECC
データ部	分割データ	最大 1,280	・分割データ長で設定される 4 の倍数のバイト長 ・端数が生じた場合は終端まで 0 埋めで補完
	ECC2	最大 2,560	・分割データに対応する ECC ・データ部から分割データを除いた 4 の倍数のバイト長

〔衛星の姿勢管理〕

衛星制御部は、リアルタイム位置姿勢情報、テレメトリデータ及び撮影と通信のスケジュール情報を基に、表 5 に示す衛星の姿勢モードのいずれかを選択する。各姿勢モードには、充電姿勢モードの選択中を除き、表 5 に示す姿勢モードへの移行トリガーが成立すると直ちに移行する。

表 5 衛星の姿勢モード

姿勢モード	説明	衛星の姿勢図
撮影姿勢モード	・日本標準時で 6 時から 18 時の間（以下、昼間という）に建設現場手前の上空に差し掛かったことを移行トリガーとして、撮影姿勢モードに移行する。 ・カメラを設定された撮影方向に向ける姿勢（以下、撮影指定姿勢という）になるように、姿勢を変更する。 ・撮影の完了を移行トリガーとして、周回姿勢モードに移行する。	
通信姿勢モード	・送信待ち画像が存在する場合、日本標準時で 18 時から翌 6 時（以下、夜間という）に通信可能範囲の手前に差し掛かったことを移行トリガーとして、通信姿勢モードに移行する。 ・高速通信用アンテナを地上局に向ける姿勢（以下、通信最適姿勢という）になるように、姿勢を変更する。 ・高速通信範囲で通信最適姿勢を取ることができている場合に、高速ダウンリンクによる画像データの送信ができる。 ・画像データ送信の完了を移行トリガーとして、周回姿勢モードに移行する。	
充電姿勢モード	・バッテリー残量が一定値を下回ったことを移行トリガーとして、充電姿勢モードに移行する。 ・バッテリーの充電効率を高めるように、太陽に対する姿勢を制御する。 ・バッテリー残量が一定値を超えるまでは、衛星が充電を行えない軌道を飛行中の場合も含め、他の姿勢モードへの移行を行わない。 ・バッテリー残量が一定値を超えたことを移行トリガーとして、周回姿勢モードに移行する。	
周回姿勢モード	・発電量を確保し、機体各部の温度を一定範囲内に保ちつつ、姿勢を安定させるために、機体を回転させながら飛行する。 ・衛星の起動時は周回姿勢モードが選択される。	

〔各姿勢モードにおける衛星の姿勢変更〕

衛星制御部は、現在の姿勢モードとリアルタイム位置姿勢情報に基づいて、衛星が次取るべき姿勢（以下、目標姿勢という）を周期的に決定し、目標姿勢が前回と異なる場合には、姿勢変更ユニットに目標姿勢への姿勢変更を指示する。

姿勢変更ユニットは、姿勢変更が完了すると、衛星制御部に姿勢変更完了を送信する。姿勢変更完了は、指定どおりの姿勢変更が完了した場合は正常終了とし、そ

れ以外の場合は異常終了とする。姿勢変更が完了する前に、新たな姿勢変更が指示された場合は、現在の姿勢変更を異常終了として即時中止し、新たに指示された姿勢変更を開始する。

姿勢モードの移行及び姿勢変更の結果はテレメトリデータとして保存する。

〔建設現場の撮影〕

ミッション制御部には、撮影位置及び撮影指定姿勢を示すデータ（以下、撮影設定という）が保存されている。衛星制御部は、ミッション制御部から撮影設定を受信し、衛星は次の３ステップで建設現場を自律的に撮影する。

- ① 衛星制御部は、昼間に建設現場手前の上空に差し掛かると、撮影姿勢モードに移行し、撮影指定姿勢を姿勢変更ユニットに送信する。衛星制御部は、姿勢変更ユニットから姿勢変更完了を受信すると、正常終了か異常終了かにかかわらず、ミッション制御部に姿勢変更完了を送信する。
- ② ミッション制御部は、衛星の姿勢変更が正常終了したら、撮影位置と衛星制御部から定期的に送信されるリアルタイム位置姿勢情報とを比較し、撮影位置に到達すると、カメラユニットを用いて画像１枚の撮影を行う。
- ③ カメラユニットは撮影した画像データをデータ処理ユニットに送信する。データ処理ユニットは、ストレージ内の画像データを削除したのち、今回撮影した画像データを圧縮してストレージに保存する。保存が完了すると、ミッション制御部に画像保存完了を送信し、ミッション制御部は衛星制御部に撮影完了を送信する。衛星制御部は周回姿勢モードに移行する。

撮影対象とする建設現場を変更したい場合、地上局は新たな撮影設定をコマンドデータとして衛星に送信することで、衛星に保存された撮影設定を更新できる。

〔画像データの送信〕

衛星は、次の３ステップで撮影した画像を自律的に地上局に送信する。

- ① 衛星制御部は、夜間に通信可能範囲に接近すると、ミッション制御部に送信待ち画像確認要求を送信する。ミッション制御部は、データ処理ユニットから得られた送信待ち画像有無情報を衛星制御部に応答する。送信待ち画像が存在する場

合、衛星制御部は通信姿勢モードに移行し、通信最適姿勢を姿勢変更ユニットに送信する。姿勢変更ユニットは、姿勢変更が完了すると、姿勢変更完了を衛星制御部に送信する。

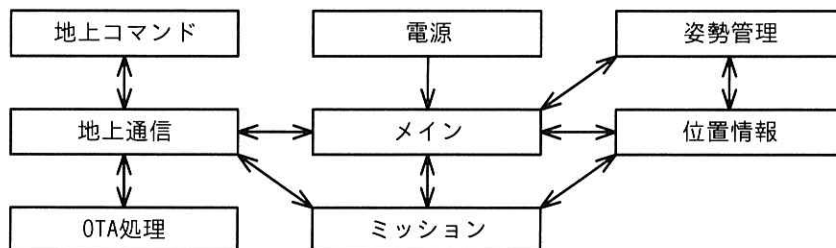
- ② 衛星の姿勢変更が正常終了し、衛星が高速通信範囲に到達すると、衛星制御部は、画像データの先頭から、指定した容量ごとに分割した画像データ（以下、画像ブロックという）をミッション制御部に順次要求する。ミッション制御部はデータ処理ユニットから画像ブロックを受信し、衛星制御部に送信する。衛星制御部は、順次、地上通信ユニットに各画像ブロックに対応するパケットの送信を要求する。
- ③ 全画像ブロックの送信が完了すると、衛星制御部はミッション制御部に画像送信完了を送信し、ミッション制御部は送信が完了した画像データをデータ処理ユニットから削除する。画像データの送信途中で高速通信範囲の終端に到達した場合、衛星制御部は以降の画像ブロックの送信を取りやめる。衛星制御部は周回姿勢モードに移行する。

〔衛星制御部のソフトウェア更新〕

衛星は、地上局との通信によって、軌道上での衛星制御部のソフトウェア更新（Over The Air 以下、OTA という）を実現する機能をもつ。

〔衛星制御部のソフトウェア構成〕

衛星制御部では、リアルタイム OS を使用する。衛星制御部の主なタスク構成を図 4 に、衛星制御部の主なタスクの処理概要を表 6 に、それぞれ示す。



注記 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。

図 4 衛星制御部の主なタスク構成

表 6 衛星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	・各タスクからの情報及び要求を調停して、衛星の状態を管理する。 ・姿勢モード変更の要求を一括管理し、姿勢管理タスクに通知する。 - 起動時に、周回姿勢モード要求を通知する。 - 撮影前に撮影姿勢モード要求を通知し、撮影完了後に周回姿勢モード要求を通知する。 - 地上局への画像データ送信前に通信姿勢モード要求を通知し、送信完了後に周回姿勢モード要求を通知する。 - (ア) バッテリー残量低下の通知を受けると、充電姿勢モード要求を通知する。 - バッテリー残量回復の通知を受けると、a 要求を通知する。 ・次のように地上通信タスクに通信の開始及び停止を通知する。 - 夜間に通信可能範囲に入ると、通信開始及びテレメトリ送信開始を通知する。 - 夜間に高速通信範囲に入ると、b、及び画像送信開始を通知する。 - 夜間に高速通信範囲から出ると、画像送信停止、及びcを通知する。 - 夜間に通信可能範囲から出ると、テレメトリ送信停止及び通信停止を通知する。 ・姿勢管理タスクから受けた撮影用の姿勢変更完了を、ミッションタスクに通知する。
電源	・バッテリー残量が一定値を下回ると、メインタスクにバッテリー残量低下を通知する。 ・バッテリー残量が一定値まで回復すると、メインタスクにバッテリー残量回復を通知する。
位置情報	・位置検出ユニットの状態とリアルタイム位置姿勢情報を情報記憶ユニットに保存する。 ・各タスクからのリアルタイム位置姿勢情報要求に応答する。
姿勢管理	・メインタスクから受けた姿勢モード要求を次のように調停し、姿勢モードを選択する。 - 充電姿勢モード要求を受けると充電姿勢モードを選択し、a 要求を受けるまで、他の姿勢モード要求を無視する。 - 充電姿勢モード終了要求を受けると、周回姿勢モードを選択する。 - 周回姿勢モード要求、撮影姿勢モード要求、及び通信姿勢モード要求を受けると、要求された姿勢モードを選択する。 ・現在の姿勢モードに対応するdを決定して、姿勢変更ユニットに送信する。 ・姿勢変更ユニットから受信した姿勢変更完了をメインタスクに通知する。
地上通信	・テレメトリ送信開始を受けると、地上通信ユニットを介してテレメトリデータを順次送信する。テレメトリ送信停止又は通信停止を受けると、送信を停止する。 ・画像送信開始を受けると、画像データの分割範囲を指定して、順次ミッションタスクに画像ブロック要求を通知し、地上通信ユニットを介して送信する。画像送信停止又は通信停止を受けると、現在送信中のパケットを最後に、画像データの送信を停止する。 ・地上通信ユニットが受信した、OTA に関連するコマンドデータ（以下、OTA コマンドという）を OTA 処理タスクに通知し、その他のコマンドデータを地上コマンドタスクに通知する。 ・コマンド応答データ送信要求を受けると、他のパケット送信を一時停止し、地上通信ユニットにコマンド応答データの送信を要求する。 ・通信停止を受けると、現在送信中のパケットを最後に、送信を停止する。 ・(イ) OTA コマンド受信時に、建設進捗状況の監視が阻害されないようにする調停を行う。
地上コマンド	・コマンドデータに対応する処理を行い、コマンド応答データ送信要求を地上通信タスクに通知する。通知したら、送信完了まで待機する。
OTA 処理	・OTA コマンドに対応する処理を行い、コマンド応答データ送信要求を地上通信タスクに通知する。通知したら、送信完了まで待機する。
ミッション	・ミッション制御部との通信を行う。 ・取得したミッションモジュールの状態情報を情報記憶ユニットに保存する。 ・定期的にリアルタイム位置姿勢情報をミッション制御部に送信する。 ・eの通知及び撮影中止の通知をミッション制御部に送信する。 ・ミッション制御部から受信した撮影完了をメインタスクに通知する。 ・画像ブロック要求を受けると、画像ブロックを地上通信タスクに通知する。

設問 1 本システムの仕様について答えよ。

- (1) 撮影位置に到達するまでに姿勢変更を完了させるには、撮影姿勢モードへの移行トリガーを、撮影位置から軌道上の距離として何 km 以上手前に設ける必要があるか。答えは小数第 2 位を切り上げて、小数第 1 位まで求めよ。ここで、衛星は、0.5 秒周期で目標姿勢を決定し、決定後、最大 15 秒で機体を指定の方向に回転させ停止させることができるものとする。
- (2) 衛星の運用を開始し、地上局による画像データの受信確認後、衛星が夜間の上空通過時に通信姿勢モードに移行せず、画像データの送信を行わない場合、いつ、どのような事象が発生したと考えられるか。データ処理ユニット内に送信待ち画像が存在する場合について、30 字以内で答えよ。ここで、地上局からのコマンドデータ受信、姿勢変更の異常終了、衛星の各部品の故障及び外乱を原因とする誤動作は生じていないものとする。
- (3) パケットについて答えよ。
- (a) ECC を ECC1 と ECC2 に分割せず、ヘッダー部とデータ部を統合してエラーの検出と訂正を行う単一の ECC を付与する仕様と比較して、ヘッダー部に独立した ECC1 を付与する仕様は、どのような点で優れているか。ヘッダー部に生じたエラーが、データ部のエラー訂正に及ぼす影響の観点から、45 字以内で答えよ。
- (b) 5M バイトの画像データを、5,000 パケットに分割して地上局に送信する。1 パケットのサイズは 1,500 バイトとし、各パケットには画像ブロックに加えて、画像の識別と画像ブロックのシーケンス番号の識別のために、それぞれ 4 バイトのメタデータを含めるものとする。各パケットにおいて、データ部に対して訂正が保証されるエラーバイト数の割合は何%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、1M バイトは 1,000,000 バイトとし、同一パケットの繰返し送信は行わないものとする。

設問 2 衛星制御部のソフトウェア設計について答えよ。

- (1) 表 6 中の a ～ e に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) タスクの優先度設計について述べた次の文章中の f ～ i に入れる適切な字句を答えよ。

コマンド応答データを他のデータに優先して送信する目的は、建設進捗状況の監視と地上局による運用効率の両立である。メインタスク、地上通信タスク、地上コマンドタスクに、高、中、低の異なるタスク優先度を割り当てた。地上コマンドタスクの優先度に を割り当てることによって、地上通信タスクとの間では、 によって が阻害されることを防ぐことができ、メインタスクとの間では、 によって が阻害されることを防ぐことができる。

- (3) 表 6 中の下線 (ア) について、メインタスクは充電姿勢モード要求を通知する前に、二つのタスクに通知を行う必要がある。それぞれのタスクに対してどのような通知を行うか。30 字以内で答えよ。

設問 3 OTA について答えよ。

衛星制御部の OTA は次の 3 ステップで実施する。

- ① 衛星が通信可能範囲を飛行中に、地上局は更新する衛星制御部のソフトウェア（以下、OTA データという）を分割し、OTA コマンドとして送信する。衛星制御部は、受信したデータを情報記憶ユニット内の専用の領域に保存したのち、地上局に完了を示すコマンド応答データを送信する。地上局は、完了を受信すると次のデータを送信する。
- ② 地上局は、全 OTA データに対応する完了を受信すると、保存された OTA データの検証を衛星に指示する。衛星制御部は、検証成功又は検証失敗を地上局に応答する。
- ③ 地上局は、検証成功を受信すると、衛星が通信可能範囲を飛行する運用上適切な時点で、受信した新たなソフトウェアの実行を目的とした衛星制御部の再起動を指示する。

- (1) 建設現場が撮影時に衛星と地上局が通信可能な範囲に立地している場合であっても、OTA コマンド受信時に建設進捗状況の監視が阻害されないようにすることを目的として、表 6 中の下線 (イ) で行う調停の内容を 45 字以内で答えよ。

(2) 衛星の軌道投入後，地上通信ユニットに障害が発生し，高速ダウンリンクの利用ができなくなった。建設進捗状況の監視を継続するために，テレメトリデータの送信を昼間の上空通過時に変更し，夜間の上空通過時に，低速ダウンリンクの通信帯域を最大限活用して，高圧縮した画像データを送信するソフトウェア（以下，低速画像送信ソフトという）を開発し，OTA を行うこととした。低速画像送信ソフトにおける，衛星制御部のタスク処理変更の概要を表 7 に示す。

表 7 衛星制御部のタスク処理変更の概要

タスク名	処理変更点の説明
メイン	・姿勢管理タスクに対する姿勢モード変更の要求の通知について，次の変更を行う。 - 高速ダウンリンクを利用しないので，j ・地上通信タスクに対する，通信の開始及び停止の通知を，次のように変更する。 - 昼間に通信可能範囲に入ると，通信開始及びテレメトリ送信開始を通知する。 - 夜間に k - 昼間に通信可能範囲から出ると，テレメトリ送信停止及び通信停止を通知する。 - 夜間に通信可能範囲から出ると，画像送信停止及び通信停止を通知する。
地上通信	・画像データ送信時は，地上通信ユニットを介して低速ダウンリンクによって送信する。

(a) 表 7 中の j，k に入れる適切な内容を，それぞれ 35 字以内で答えよ。なお，画像データの圧縮率，データ部長及び分割データ長の設定は，地上局からのコマンドデータ送信によって変更できるものとする。

(b) 低速ダウンリンクで画像データの送信を行うため 1 パケットのサイズを 512 バイトに変更し，通信可能範囲の 80% を画像データの送信に割り当てるものとした。パケットのヘッダー部のサイズは表 4 のままとし，画像の識別と画像ブロックのシーケンス番号の識別のために付与するメタデータのサイズはそれぞれ 4 バイト，ECC2 は 64 バイトとする。送信可能な画像データの最大サイズは何 M バイトか。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，1M バイトは 1,000,000 バイトとし，同一パケットの繰返し送信は行わないものとする。

[メモ用紙]

〔 メ モ 用 紙 〕

[メモ用紙]

6. 退室可能時間中に退室する場合は、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。
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、TM 及び [®] を明記していません。