

令和5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]

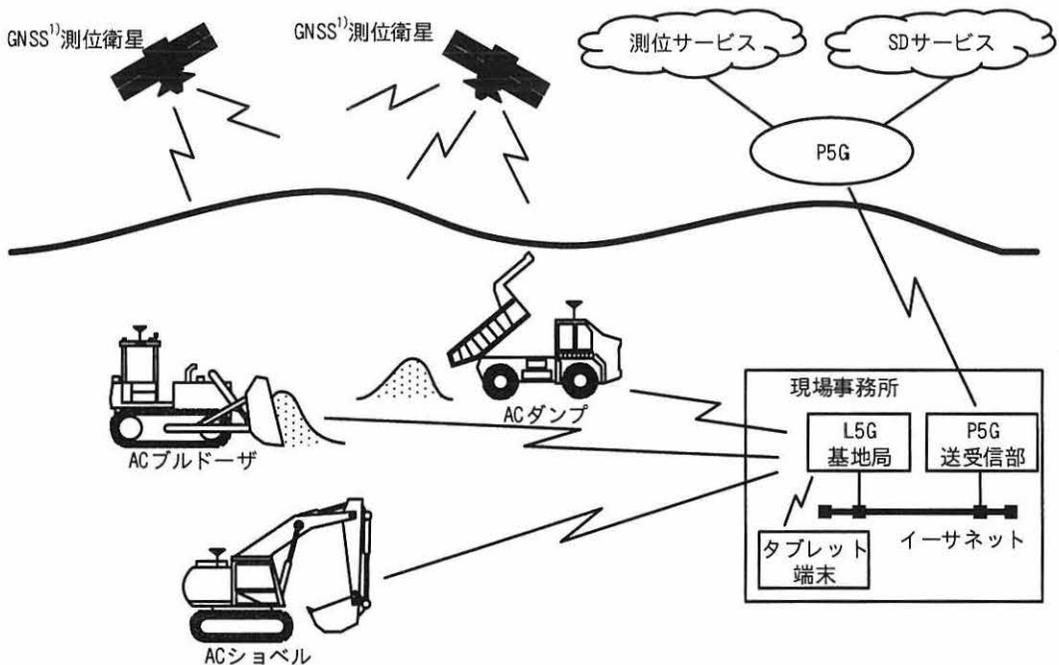
選択欄	
1問選択	問1
	問2

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。

問1 建設機械の自動・自律運転システムに関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

A社は、ICTを活用した自動・自律運転の建設機械が相互に連携して土木工事を行うシステム（以下、SDシステムという）を開発した。SDシステムは、クラウドサービスで工事の計画を立案し、複数台の建設機械の連携動作を管理する（以下、これらをSDサービスという）ことで、大規模な土木工事を少人数で効率的に行うことができる。

山間部にあるダム工事現場内で、SDシステムを用いて、自動・自律運転可能なブルドーザ（以下、ACブルドーザという）、ショベルカー（以下、ACショベルという）、及びダンプカー（以下、ACダンプという）の車両（以下、ACブルドーザ、ACショベル及びACダンプを総称してAC車両という）を連携させて、土木工事を行うことになった。A社で構築したローカル5Gネットワーク（以下、L5Gという）を介して、各AC車両間、タブレット端末、現場事務所のL5G基地局を接続する。また、パブリック5Gネットワーク（以下、P5Gという）を介して、SDサービス、測位サービス、現場事務所のP5G送受信部を接続する。SDシステムのシステム構成を図1に、SDシステムの主な構成要素を表1に示す。



注¹⁾ GNSS (Global Navigation Satellite System)

図1 SDシステムのシステム構成

表 1 SD システムの主な構成要素

構成要素名	説明
AC ブルドーザ	・前方に装着されたブレードで土砂を押すこと（以下、押土 <small>おしど</small> という）によって、土砂の運搬、及び土砂を均す作業を行う整地用の建設機械として用いる車両である。凸凹の多い地形でも走行可能である。
AC ショベル	・アームの先端に装着されたバケットで土砂の掘削・積込み、傾斜部分の整備作業を行う建設機械として用いる車両である。凸凹の多い地形でも走行可能である。
AC ダンプ	・荷台に土砂などを積載し、運搬するほか、荷台を傾斜させることによって土砂を降ろすこと（以下、排土という）ができる車両である。
SD サービス	・各 AC 車両が工事現場で計測したデータなどを取得し、現在の地面の状態を示したデータ（以下、現地盤という）を作成する。 ・各 AC 車両が計測したデータなど、様々な情報を用いて AI とシミュレーション技術によって最適化した、全 AC 車両が連携する 1 日分の工事の計画（以下、工事計画という）を立案する。工事計画は、予定した作業終了時の地面の状態を示した 3D 設計データ（以下、設計地盤という）などのデータで構成されている。
測位サービス	・AC 車両の位置を高精度に測位するための GNSS 補正值データ（以下、測位補強データという）を、各 AC 車両へ送信する。測位補強データによってセンチメートル級の測位が可能となる。
P5G	・5G ネットワークの一つであり、携帯電話通信事業者の回線を用いる。 ・工事現場が山間部にある場合など、一部の場所で通信圏外になることがある。 ・SD サービス、測位サービスと現場事務所の P5G 送受信部とが通信するために使用する。
L5G	・5G ネットワークの一つであり、A 社で構築した SD システム用の専用回線を用いる。 ・工事現場全域で通信可能である。 ・AC 車両、タブレット端末と現場事務所の L5G 基地局とが通信するために使用する。
P5G 送受信部	・P5G の通信に使用する無線通信部である。 ・P5G 送受信部と L5G 基地局は、イーサネットで接続されている。
L5G 基地局	・L5G の通信に使用する無線の基地局である。 ・大容量かつ低遅延の通信が可能であり、通信機器間の時刻の同期が可能である。
タブレット端末	・現場事務所に駐在するオペレーターが、SD システムの監視及び制御に使用するタブレット型のコンピュータである。

〔SD システム導入前の土木工事〕

土木工事の一つに、ブルドーザが、ダンプカーによって排土された土砂山を数回に分けて突き崩し、押土を行いながら設計の内容に従って土砂を均す作業（以下、しきなら敷均しという）がある。

運転者が従来式のブルドーザに搭乗して敷均しを行っていた頃は、設計担当者が作成した工事の計画を基にして、測量担当者が事前に工事現場を測量し、基準地点を設置しておき、運転者がブルドーザを頻繁に乗り降りして設計目標を満たせるように作業結果を目視確認する必要があった。運転者は、ブルドーザの運転席に乗り込み、車速計などの計器と周囲を見ながらレバーなどを操作してブルドーザの運転

を行っていた。凸凹の多い地形を走行するときにはブルドーザの車体が傾斜するので、熟練した運転技術を要した。

[SD システム導入後の土木工事の例]

SD システムでの土木工事では、設計地盤を目標にして、AC ブルドーザでの高精度の敷均しを実現することができる。オペレーターが次の手順で作業を実施する。

- ① オペレーターがタブレット端末で SD サービスに指示を出し、SD サービスから全 AC 車両に起動指令を送信する。各 AC 車両は、自己診断を実施し、異常がないことを確認する。
- ② 各 AC 車両は、SD サービスで作成された工事計画を取り込む。工事計画には、設計地盤のほか、AC ブルドーザの敷均し範囲、AC ダンプが運搬してきた土砂を排土する予定位置（以下、排土位置という）などが複数登録されている。
- ③ オペレーターがタブレット端末で SD サービスに指示を出し、SD サービスから全 AC 車両に工事開始指令を送信する。AC ブルドーザと AC ダンプは、工事開始指令を受信し、自動・自律運転を開始する。
- ④ AC ダンプは、L5G 経由で AC ブルドーザの位置を常時把握し、排土位置まで移動して排土する。
- ⑤ AC ブルドーザも同様に AC ダンプの位置を常時把握し、排土位置に向かって移動し、AC ダンプの排土が完了するまで待機する。
- ⑥ AC ダンプは、排土後に、排土完了を AC ブルドーザに通知し、工事現場内にある所定の土砂の積込み位置まで移動する。
- ⑦ AC ブルドーザは、排土された土砂をブレードで押土しながら走行することによって（以下、押土されている土砂を押土土砂という）、敷均しを実施し、進捗状況を SD サービスに送信する。
- ⑧ AC ダンプは、土砂の積込みが完了すると進捗状況を SD サービスに送信する。
- ⑨ SD サービスは、各 AC 車両の進捗状況を常に把握し、機器故障などによって工事に遅れが発生した場合は、工事計画の見直しを実施して更新された工事計画を各 AC 車両に送信する。

[SD システムの遠隔監視制御]

オペレーターは、AC 車両の近くにいなくてもタブレット端末で SD サービスに指示を出し、SD サービスから AC 車両への起動指令、工事開始指令を送信できるとともに、進捗状況を把握することができる。また、タブレット端末からの AC 車両への非常停止指令は、SD サービスを介さず、送信できる。遠隔監視制御では、SD サービスが、AC 車両などから受信したデータを用いて、設計地盤と現地盤の比較をリアルタイムで行う。その結果に基づき、タブレット端末に、設計地盤を 3D で描画した地図上に工事計画の完了／未完了の箇所を色分けして、工事の進捗状況を表示することができる。さらに、全 AC 車両の位置を表示することができる。

[AC 車両の概要]

AC 車両には、GNSS 受信部、慣性計測ユニット（以下、IMU という）、3D-LiDAR、ステレオカメラ、ミリ波レーダー、L5G 送受信部などの機器が搭載されている。

GNSS 受信部は、GNSS 測位衛星からの電波を受信する。AC 車両では GNSS 測位方式（以下、G-測位という）を採用しており、GNSS 測位衛星から受信したデータを基に、測位サービスが算出した測位補強データを使用して高精度な測位を可能にしている。G-測位では、1 秒周期で車両の位置及び方位を更新する。

車体 IMU は、3 軸加速度、3 軸角速度を計測し、車体の動きを計測するのに使用する。データ更新周期は 1 ミリ秒である。

3D-LiDAR は、光を使ったりリモートセンシング技術を用いて物体検知や対象物までの距離、及び対象物の光の反射率を計測し、敷均しの仕上がり確認などに使用する。計測したデータ（以下、点群データという）を、ほかの機器に送信する。1 台の 3D-LiDAR で 1 秒間に 3M バイトの点群データを送信する。

ステレオカメラ、ミリ波レーダーは、自車の周辺監視に使用する。

L5G 送受信部は、L5G 基地局を介して、ほかの AC 車両及びタブレット端末と通信したり、現場事務所のイーサネットで接続された P5G 送受信部を経由して SD サービス及び測位サービスと通信したりすることができる。

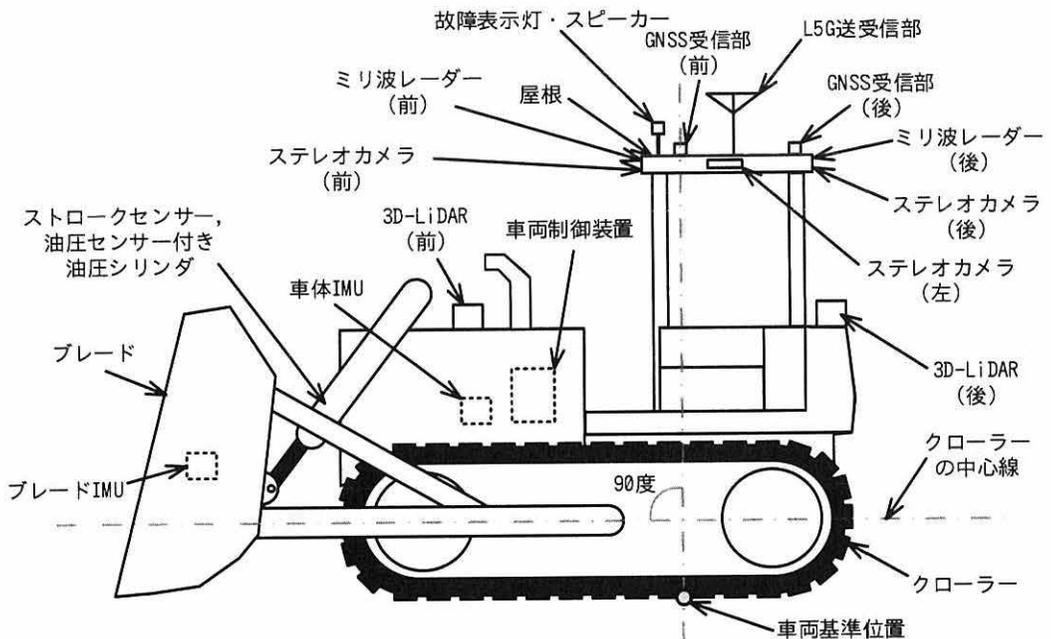
AC 車両は、計測日時データ、3D-LiDAR で取得した点群データ、作業中の工事の内容を示す作業記録データ、機器故障の内容などのデータを記録する。

〔AC ブルドーザの外観及び機器構成〕

AC ブルドーザには、〔AC 車両の概要〕で説明されている機器のほか、次の機器などが搭載されている。

- ・ ブレード IMU は、3 軸加速度、3 軸角速度を計測し、ブレードの動きを計測するために使用する。データ更新周期は 1 ミリ秒である。
- ・ 車両制御装置は、工事計画に基づいて、自車の自動・自律運転の計画（以下、運転計画という）を作成する。運転計画に基づき、走行経路、走行速度及びブレードの位置を自動制御して工事を行い、その結果を基に、運転計画を更新する。
- ・ 油圧シリンダは、ブレードの油圧制御に使用する。また、付属している、ストロークセンサーは車体に対するブレードの上下の位置、油圧センサーはブレードが押土土砂から受ける圧力などの計測に使用する。

AC ブルドーザの外観を図 2 に、AC ブルドーザのシステム構成を図 3 に、AC ブルドーザの車両制御装置の主な構成要素を表 2 に示す。



注記 1 ステレオカメラ (右) は、省略している。

注記 2 車両基準位置は、クローラーの中心線に対し、GNSS 受信部 (前) の位置から直交線を下して、クローラーの底面と交わる位置とする。

図 2 AC ブルドーザの外観

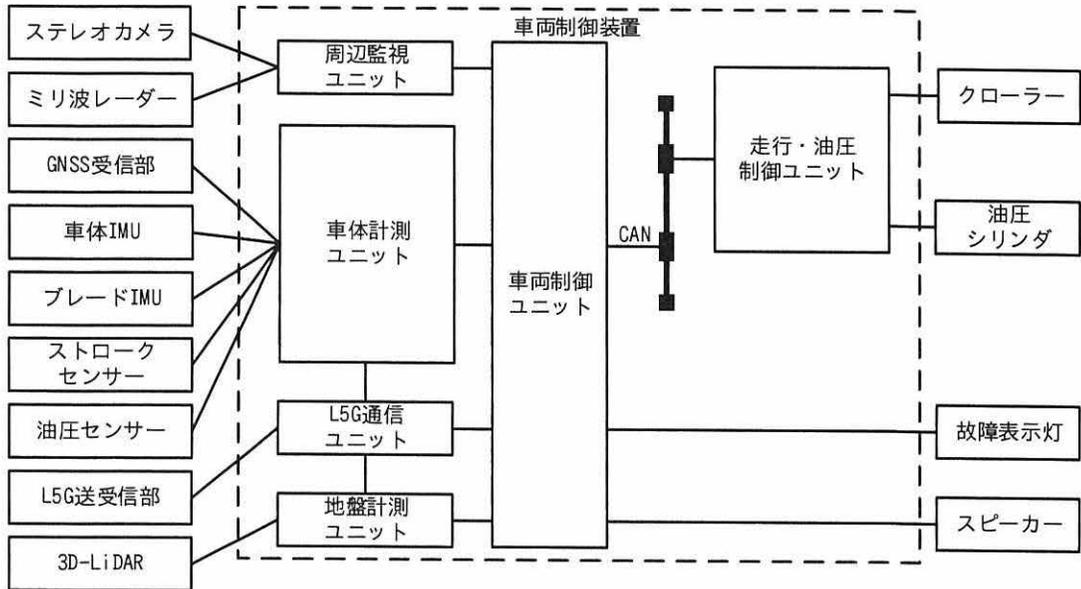


図3 ACブルドーザのシステム構成

表2 ACブルドーザの車両制御装置の主な構成要素

構成要素名	概要
周辺監視ユニット	・ステレオカメラ、ミリ波レーダーからのデータを基に、自車周辺の人、AC車両などの接近を監視する。
車体計測ユニット	・GNSS受信部からの測位データとL5G通信ユニットからの測位補強データ、及び車体IMUからのデータを基に車両基準位置及び方位を算出する。 ・車体IMUからの3軸加速度、3軸角速度のデータを基に車体の動きを計測する。 ・ブレードIMUからの3軸加速度、3軸角速度のデータ、油圧シリンダのストロークセンサーと油圧センサーのデータ、及び車体の動きを基にブレードの動きを監視する。
車両制御ユニット	・運転計画と次の情報・指令を基に、走行・油圧制御ユニットにクローラー制御情報を送信する。 - 周辺監視ユニットからの対人・対物検知情報 - 車体計測ユニットからの位置・方位・動きの情報 - L5G通信ユニットから受信した各種の指令 ・車体計測ユニットからの情報を基に走行・油圧制御ユニットにブレード動作指示情報を送信する。 ・周辺監視ユニットからの対人・対物検知情報を基にスピーカーから警告音を出力する。 ・機器故障、非常停止時に故障表示灯を点滅する。 ・L5G通信ユニットから非常停止指令を受信すると車両の運転を停止する。
走行・油圧制御ユニット	・受信したブレード動作指示情報を基に油圧シリンダの電磁弁を制御する。 ・クローラー制御情報を基にクローラーを制御する。 ・従来式のブルドーザで使用していたユニットのソフトウェアを改修した。
L5G通信ユニット	・工事計画、測位補強データなどをL5G経由で受信する。 ・作業記録データなどをL5G経由で送信する。
地盤計測ユニット	・3D-LiDARからの点群データを基に、土砂の形状、敷均しの仕上がり状態などを計測し、車両制御ユニットに送信する。 ・点群データはデータ量が大きいので、冗長なデータを取り除き、現地盤の作成に必要なデータだけを、L5G通信ユニットを介してSDサービスに送信する。

[AC ブルドーザの自動・自律運転と敷均し基本動作]

オペレーターはタブレット端末で SD サービスに指示を出し、SD サービスから AC ブルドーザに起動指令を送信する。AC ブルドーザの車両制御ユニットは、L5G 通信ユニット経由で起動指令を受信すると、AC ブルドーザを起動する。その後、AC ブルドーザの自動・自律運転は、幾つかある動作パターンを切り替えて実施する。

AC ブルドーザの敷均しを図 4 に示す。敷均しでは、AC ブルドーザは設計地盤が示す地面の形と同じになるように、ブレードの下側の刃先（以下、ブレード下端という）を設計地盤が示す高さの-30mm から+30mm の範囲で高精度に制御して、押土土砂を使って、地盤を整形する。設計地盤が示す地面より現地盤が示す地面が低い場合には押土土砂で埋められ、高い場合には設計地盤が示す地面より上にある土砂が削られる。この動作を繰り返す、敷均しを完成させる。



図 4 AC ブルドーザの敷均し

AC ブルドーザの敷均しの動作パターンの一つの例として、基本パターンの手順を次に示す。

- ① 車両制御ユニットは SD サービスから工事計画及び現地盤を L5G 通信ユニット経由で受信する。
- ② SD サービスから工事開始指令を受信すると、工事計画にある排土位置の近くに移動する。
- ③ AC ダンプから排土完了を通知されると、車両制御ユニットは、工事計画にある設計地盤と現地盤の差分に基づいて運転計画を更新する。
- ④ 車両制御ユニットは、運転計画に従って、走行経路、走行速度を制御するとともに、ブレードの上下、傾斜を制御し、排土された土砂山の土砂を数回に分けて突き崩し、押土を行う。

- ⑤ a ことを検知すると、排土位置の近くに移動する。
- ⑥ 排土された土砂山が残っている場合、その土砂を使って敷均しを継続し、土砂山が残っていない場合、ほかの動作パターンに切り替える。

また、次の処理は、自動・自律運転中、同時並行で実施される。

- ・ 3D-LiDAR で取得した点群データを一部抽出し、SD サービスに送信する。また、AC ダンプから排土された土砂山の形状と土砂量を推定する。
- ・ 推定した土砂山の形状と土砂量を用いて、運転計画の見直しを実施する。
- ・ 自車周辺に人、AC 車両などを検知した場合は、警告音を鳴らして運転を停止する。
- ・ 機械系故障、G-測位の異常などの機器故障が発生した場合は、運転を停止し、SD サービスに機器故障の内容を通知し、故障表示灯を点滅させる。
- ・ L5G 通信異常が発生した場合は、運転を停止し、故障表示灯を点滅させる。

〔AC ブルドーザの車両基準位置測位〕

AC ブルドーザは、GNSS 測位衛星からの電波を受信しやすい屋根に、(ア) 2 台の GNSS 受信部を前後に搭載している。GNSS 受信部の位置を測位して、図 2 に示した車両基準位置を算出する。

AC ブルドーザのブレード下端の高さの制御にも、車両基準位置などの情報を用いる。

設問 1 SD システムの仕様について答えよ。

(1) 事故の予防について答えよ。

- (a) AC ブルドーザは、自車周辺の人、AC 車両などの検知に、ステレオカメラ以外にミリ波レーダーも使用しているのはなぜか。35 字以内で答えよ。
- (b) ある AC ブルドーザだけが故障表示灯を点滅させて運転を停止した。タブレット端末で確認してみると SD サービスに情報を通知していないのは、その AC ブルドーザだけであった。運転が停止した原因は何か。本文中の字句を用いて答えよ。

(2) 〔SD システムの遠隔監視制御〕について答えよ。

- (a) P5G の通信データ量を削減するために、地盤計測ユニットでは、点群データから冗長なデータを取り除き、現地盤の作成に必要なデータを抽出して

いる。AC ブルドーザでは、送信するデータ量を元の点群データに対して、何%としているか。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、AC ブルドーザの 1 日当たりの稼働時間は 8 時間であり、その間に送信するデータ量は 1 台当たり 27G バイトとする。また、1G バイト=1,024M バイトとする。

(b) タブレット端末に全 AC 車両の位置を表示する。P5G 送受信部を介して P5G 経由で受信するデータのうち、AC 車両の位置に関わるデータは何か。本文中の字句を用いて答えよ。

設問 2 SD システムの設計について答えよ。

(1) 排土された土砂山の形状を計測したところ円錐型であった。排土された土砂山の外観を図 5 に示す。土砂山の勾配は何度か求めよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、土砂山の円錐の底面は水平で、かつ、AC ブルドーザの車両基準位置と土砂山の底面の間は水平だったものとする。

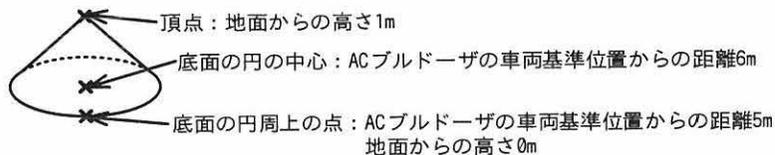


図 5 排土された土砂山の外観

(2) [AC ブルドーザの車両基準位置測位] について答えよ。

(a) [AC ブルドーザの車両基準位置測位] の本文中の下線 (ア) について、車両基準位置を測位する以外にどのような情報を取得するためか、15 字以内で答えよ。

(b) 地面の凸凹にかかわらず屋根に設置された GNSS 受信部 (前) の測位した位置を用いて車両基準位置を正確に算出するには、図 2 中に記載されているどの機器をどのように使用すればよいか、25 字以内で答えよ。

(3) ブレード下端の高さを一定にする制御を 10 ミリ秒周期で実施したい。1 秒周期で更新される車両基準位置及び方位に加え、油圧シリンダのストロークセンサーだけでは計測が間に合わないことが分かった。ブレード下端の高さ

の測位は、どのように行うべきか。30 字以内で答えよ。

(4) [AC ブルドーザの自動・自律運転と敷均し基本動作] について答えよ。

(a) [AC ブルドーザの自動・自律運転と敷均し基本動作] の⑤は、ある機器を用いてある状態になったことを検知する。本文中の a に入れる適切な内容を 40 字以内で答えよ。

(b) ストロークセンサーの値の変化を図 6 に示す。図中の矢印(イ)の時点で、どのようなことが起きたと考えられるか。15 字以内で答えよ。ここで、AC ブルドーザは敷均し中で、ブレードを制御しており、 T_a から T_b の間ブレード下端は設計地盤で示す高さで一致していたものとする。また、設計地盤は水平であったものとする。

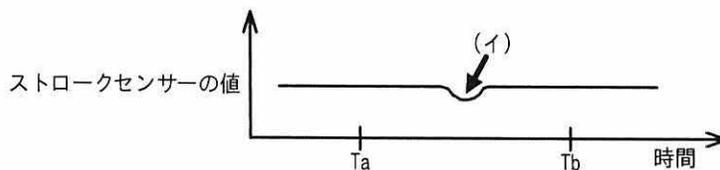


図 6 ストロークセンサーの値の変化

設問 3 SD システムの機能追加について答えよ。

(1) 障害対策について答えよ。

SD システムは、工事に遅れが発生すると、1 日当たり数百万円以上の損失が生じる可能性がある。そこで、ある障害に対応するために、二つの異なる回線の P5G を使用することにした。ここで、新設する P5G を新 P5G とし、既存の P5G を旧 P5G とする。

AC 車両とタブレット端末に新 P5G の送受信部を増設した。AC 車両がセンサーなどで計測したデータを送信する場合、AC 車両は L5G と新 P5G に同じデータを並行して送信する。

(a) 二つの異なる回線の P5G を採用したのは、どのような障害に対策するためか。25 字以内で答えよ。

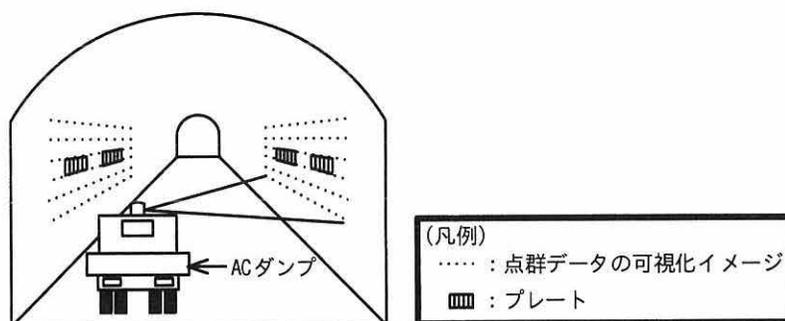
(b) AC ブルドーザが新 P5G の通信圏内の場合でも、ある情報の取得を確実にするためには L5G は欠くことはできないと考えられる。その情報を二つ、本文中の字句を用いて答えよ。

(2) 工事現場内のトンネル内での AC ダンプの自動・自律運転について答えよ。

G-測位が利用できないトンネル内でも、AC 車両を自動・自律運転可能とする機能追加を検討した。曲がりくねった見通しの悪いトンネル内を走行することを想定して、AC ダンプの 3D-LiDAR で自車の周囲 360 度の点群データを取得することにした。

そのため、実稼働の前に準備段階として、トンネルを走行しながら点群データを取得し、トンネル内の 3D マップを作成して、走行経路と対応付けて記録することにした。自動・自律運転時には、3D マップ上に 3D-LiDAR で取得した点群データをマッチングさせて自己位置を推定（以下、自己位置推定という）して走行する。AC ダンプの 3D マップ作成の様子を図 7 に示す。

トンネル内は、L5G の通信は可能である。また、トンネルの左右の壁面には、模様が描かれたプレートが 20m おきに設置する。プレートの模様は、プレートごとに異なり、重複するものはない。



注記 図は、トンネルの直進部分を示している。

図 7 AC ダンプの 3D マップ作成の様子

(a) 壁面に設置した異なる模様のプレートを用いて可能となることは何か答えよ。

(b) 次の記述中の , に入れる適切な字句を答えよ。

AC ダンプに搭載されているセンサー類を使って、センサーフュージョンとして自己位置推定の機能の向上を図りたい。そのために各センサーの , , 及び耐環境性を把握しておく必要がある。

問2 スマートマラソン訓練システムに関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

マラソンとは、42.195kmの距離を走る長距離走である。B社は、所属する陸上チームの選手が20kmの訓練コースで行う走行訓練を支援する、スマートマラソン訓練システム（以下、訓練システムという）を開発している。訓練システムは、選手の記録向上を目的に、訓練中の選手の走行状態を分析し、分析した結果を陸上チームの監督へ知らせ、必要に応じて監督が訓練中に各選手に指示を出すことができる。訓練システムの概要を図1に示す。

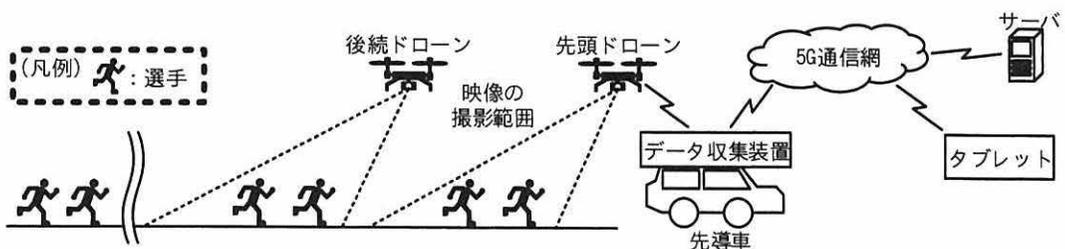


図1 訓練システムの概要

訓練システムは、次の構成要素から成る。

- ・選手を撮影する先頭ドローン及び後続ドローンの2台のドローン
- ・先導車に搭載して選手のデータを収集、分析するデータ収集装置
- ・データ収集装置又はサーバに接続し、選手の映像、分析結果を把握するために監督が使用するタブレット
- ・訓練終了後、データ収集装置が収集、分析した各種のデータを訓練データとして保存するサーバ
- ・選手の腕に装着するスマートウォッチ（以下、ウォッチという）と、選手のトレーニングウェアに埋め込まれている走行フォームを計測するセンサー（以下、フォーム計測センサーという）

〔訓練システムの機能概要〕

訓練システムの機能概要を次に示す。

- ・選手支援機能

訓練中の選手の情報を当該選手のウォッチに表示する。選手の情報には、訓練コース上の位置情報（以下、選手位置情報という）、訓練コースを1km単位で区切った区間ごとの選手の順位（以下、区間順位という）、区間の走行時間（以下、ペ

ースという), あらかじめ計画したペースの目標値及びペースの目標値と実際のペースとの差異(以下, ペース差異という)がある。

・ 走行中の選手のデータ収集・分析機能

選手の心拍数と血中酸素濃度(以下, 選手状態情報という), 選手位置情報, フォーム計測センサーが計測した情報(以下, フォーム計測情報という)を収集し, それらを基に区間順位, ペース差異の算出及び走行フォームの変化の分析を行う。

・ 監督支援機能

タブレットを使って, 選手の区間順位, 前後の選手との距離, ペースとペース差異, 区間の走行フォームの変化(以下, これらをまとめて個人分析結果という), 選手状態情報, 選手位置情報, ドローンからの映像を表示する。さらに, 指定した選手のウォッチに音声の送信を行う。

[訓練システムの構成要素]

訓練システムの構成要素を表1に示す。

表1 訓練システムの構成要素

構成要素名	機能説明
データ収集装置	<ul style="list-style-type: none"> ・ 5G 通信網でウォッチ, タブレットと接続し, データの送受信を行う。 ・ 5.7GHz 帯の無線通信でドローンと接続し, データの送受信を行う。 ・ 選手の区間順位, ペース差異を算出し, 走行フォームを分析する。 ・ 訓練終了後, サーバに訓練データを送信する。
フォーム計測センサー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 選手の腰の動きから走行フォームを計測する。 ・ Bluetooth で接続するウォッチに, 計測した情報を 50 ミリ秒ごとに送信する。
ウォッチ	<ul style="list-style-type: none"> ・ GNSS (Global Navigation Satellite System) 受信機を内蔵する。 ・ 装着する選手の選手 ID が付与されており, 選手状態情報及び選手位置情報を計測する。 ・ 選手 ID, 選手状態情報, 選手位置情報, フォーム計測情報を 100 ミリ秒ごとにデータ収集装置に送信する。 ・ データ収集装置から受信したデータを画面に表示する。 ・ Bluetooth で接続するイヤホンに音声データを送信する。
ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ・ ドローン ID が付与されており, GNSS 受信機, 1 台のカメラ, そのほか飛行に必要なセンサー類を内蔵する。走行中の選手の映像を前方上空から撮影する。 ・ 映像データは, 2,000×1,000 画素, 1 画素当たりのデータ長は 24 ビット, 30 フレーム/秒である。最大 100 分間分の映像データを保存できる。 ・ 最高飛行速度は, 時速 80 km であり, 最大 150 分間飛行できる。 ・ 訓練開始前に, 訓練開始位置から訓練終了位置までの飛行ルートをデータ収集装置から受信し, 保持する。 ・ 自機の現在の位置情報及び飛行速度をデータ収集装置に 1 秒ごとに送信する。 ・ データ収集装置から, 5 秒後に通過することを目標とする位置の情報(以下, 通過目標という)と飛行速度を 1 秒ごとに受信して飛行する。 ・ データ収集装置に, 圧縮した映像データを送信する。転送速度は, 5M ビット/秒である。

表 1 訓練システムの構成要素（続き）

構成要素名	機能説明
タブレット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 訓練コースの 10m 間隔の位置情報、選手数分の選手 ID（最大 20 個）、ペースの目標値、ドローンのドローン ID と飛行ルートを格納したデータ（以下、これらをまとめて訓練計画という）をデータ収集装置に送信する。 ・ データ収集装置が収集、分析したデータにアクセスすることができる。 ・ マイクからの音声を、データ収集装置を介して指定した選手のウォッチに送信する。
サーバ	<ul style="list-style-type: none"> ・ データ収集装置から受信した訓練データを保存する。 ・ タブレットからの要求に従い、保存した訓練データをタブレットに送信する。

〔構成要素間のメッセージ概要〕

構成要素間で送受信する主なメッセージの概要を表 2 に示す。

表 2 構成要素間で送受信する主なメッセージの概要

メッセージ名	送信元	送信先	内容
訓練準備	タブレット	データ収集装置	・ 訓練計画で構成され、訓練の準備を指示する。
撮影準備	データ収集装置	ドローン	・ ドローン ID と飛行ルートで構成され、訓練開始位置への移動を指示する。
訓練準備完了	データ収集装置	タブレット	・ ドローン及びデータ収集装置の準備完了を通知する。
訓練開始	タブレット	データ収集装置	・ 訓練の開始を指示する。
走行指示	データ収集装置	ウォッチ	・ 指定した選手 ID をもつウォッチに走行開始を指示する。
飛行指示	データ収集装置	ドローン	・ ドローン ID と訓練開始時の飛行速度の初期値で構成され、飛行開始を指示する。
飛行計画	データ収集装置	ドローン	・ ドローン ID と通過目標及び飛行速度で構成され、飛行ルート上での飛行を指示する。
ドローン情報	ドローン	データ収集装置	・ ドローン ID とドローンの現在の位置情報及び飛行速度で構成される。
選手情報	ウォッチ	データ収集装置	・ 選手 ID、選手状態情報、選手位置情報及びフォーム計測情報で構成される。
個人分析	データ収集装置	ウォッチ	・ 選手 ID、個人分析結果、選手状態情報、選手位置情報で構成される。
		タブレット	
選手映像	ドローン	データ収集装置	・ ドローン ID とドローンが撮影した映像データで構成される。
	データ収集装置	タブレット	
音声	タブレット	データ収集装置	・ 選手 ID、音声データで構成され、音声の再生を指示する。
	データ収集装置	ウォッチ	
訓練終了	データ収集装置	ウォッチ	・ 訓練の終了を指示する。
		ドローン	

[データ収集装置の動作概要]

(1) 訓練準備・開始

- ・タブレットから“訓練準備”を受信すると、ドローンに“”を送信する。
- ・ドローンから“”を受信し、ドローンが訓練開始位置に移動したことを確認すると、“”をタブレットに送信する。なお、ドローンは、訓練開始位置に到達すると高度を保ったまま前後左右方向の移動を止めた状態（以下、ホバリングという）となる。
- ・タブレットから“訓練開始”を受信すると、ウォッチに“走行指示”を、ドローンに“飛行指示”をそれぞれ送信する。

(2) 訓練中、選手又は監督へ提供する情報

- ・“選手情報”に含まれるフォーム計測情報を基に、走行フォームの変化を選手が区間を通過するごとに分析する。また、“選手情報”に含まれる選手位置情報の変化からペースを計算し、訓練計画のペースの目標値と比較してペース差異を算出する。分析完了後、選手ごとの“個人分析”をそれぞれのウォッチに送信する。タブレットには全選手の“個人分析”を送信する。
- ・訓練中にドローンから“選手映像”を受信し、映像データを保存するとともに、タブレットへ“選手映像”を送信する。
- ・タブレットから“音声”を受信すると、。

(3) ドローンの飛行中の位置制御

- ・先頭を走行する選手の“選手情報”から直近5秒間の走行速度の平均（以下、平均速度という）を算出し、平均速度を先頭ドローンの飛行速度とする。また、先頭の選手が平均速度で走行した場合に5秒後に到達すると推定される位置（以下、推定位置という）を算出し、推定位置から更に30m先を通過目標に設定して、飛行速度を加えた“飛行計画”を作成し、1秒ごとに先頭ドローンに送信する。ただし、訓練開始直後の5秒間はがので、訓練開始時の飛行速度の初期値を使用する。
- ・先頭ドローンの通過目標から飛行ルート上の間隔が300mに保たれる位置を後続ドローンの通過目標とし、飛行速度を加えた“飛行計画”を作成し、後続ドローンに送信する。
- ・ドローンから“ドローン情報”を受信するごとに“飛行計画”と比較し、差分がある場合は、当該ドローンの通過目標及び飛行速度を補正した“飛行計画”

を送信する。

- ・先頭ドローンが訓練終了位置に到達すると、先頭ドローン及び後続ドローンは、その時の位置でホバリングをする。

(4) 訓練終了

- ・“選手情報”を基に全選手がゴール地点に到達するか、訓練開始から1時間30分が経過すると“訓練終了”をウォッチ及びドローンへ送信し、その後、サーバへ訓練データを送信する。ドローンは、“訓練終了”を受信すると撮影を完了し、あらかじめ指定された位置に着陸する。

〔データ収集装置の構成〕

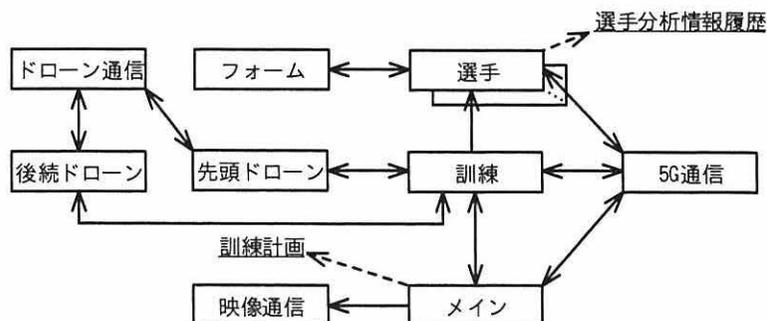
データ収集装置の構成要素の概要を表3に示す。

表3 データ収集装置の構成要素の概要

構成要素名	説明
制御部	・データ収集装置全体を制御する。 ・各ユニットとはシステムバスで接続される。
フォーム分析ユニット	・選手の走行フォームの変化をAIで分析する。フォーム分析は、1区間分のフォーム計測情報を基に、1選手ごとに行う。
映像処理ユニット	・ドローンから受信した映像データをタブレットに送信する。
5.7GHz 通信ユニット	・ドローンとの無線通信を行う。
5G 通信ユニット	・サーバ、ウォッチ及びタブレットとの無線通信を行う。

〔データ収集装置の制御部のソフトウェア構造〕

データ収集装置の制御部ではリアルタイム OS を使用する。データ収集装置の制御部のタスク構造を図2に、データ収集装置の制御部のタスク処理概要を表4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、メモリへの書き込みを示す。ただし、メモリからの読出しは省略している。

図2 データ収集装置の制御部のタスク構造

表 4 データ収集装置の制御部のタスク処理概要

タスク名	処理概要
メイン	<ul style="list-style-type: none"> ・制御部全体を管理する。 ・タブレットから“訓練準備”を受信すると、訓練計画に従って、選手 ID を引数として、選手数分の選手タスクを生成・起動する。 ・タブレットから“訓練開始”を受信すると、訓練タスク及び映像通信タスクに訓練の開始を通知する。 ・訓練タスクから訓練の終了を受けると、訓練中に制御部に格納した全データをサーバに送信する。
訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・訓練を管理する。 ・メインタスクから訓練の開始を受けると、先頭ドローンタスク、後続ドローンタスク及び全ての選手タスクに訓練の開始を通知する。 ・訓練の開始を受けてから訓練の終了を通知するまで次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - タブレットから“音声”を受信すると、該当する選手タスクに音声送信指示を通知する。 - 全ての選手タスクに選手分析送信指示を1秒ごとに通知する。 - 先頭ドローンの飛行計画を作成し、先頭ドローンタスクに1秒ごとに通知する。 - 後続ドローンタスクに、先頭ドローンタスクに通知した飛行計画において、gに保たれる飛行計画を1秒ごとに通知する。 ・全選手がゴール地点に到達するか、又はhしたら、メインタスク、先頭ドローンタスク、後続ドローンタスク及び全ての選手タスクに訓練の終了を通知する。
選手	<ul style="list-style-type: none"> ・1人の選手の情報を管理する。 ・起動されると、選手分析情報履歴を初期化する。選手分析情報履歴には、訓練中に受信する“選手情報”の内容と訓練中に生成する個人分析結果を格納する。 ・訓練の開始を受けると、ウォッチに“走行指示”を送信する。 ・選手分析送信指示を受けると、選手分析情報履歴の個人分析結果を確認し、未送信の個人分析結果があれば、ウォッチ及びタブレットに“個人分析”を送信する。 ・音声送信指示を受けると、ウォッチに“音声”を送信する。 ・ウォッチから“選手情報”を受信すると、次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 選手分析情報履歴に“選手情報”の内容を保存する。 - (ア)ある条件のとき、選手の区間順位、前後の選手との距離、ペース差異を算出して選手分析情報履歴に保存する。また、フォームタスクにフォーム分析指示を通知する。 ・フォームタスクから通知を受けると、通知された情報を選手分析情報履歴に保存する。 ・訓練の終了を受けると、ウォッチに“訓練終了”を送信する。
フォーム	<ul style="list-style-type: none"> ・フォーム分析指示を受けると、受けた情報を基に選手分析情報履歴を参照し、フォーム分析に必要な情報を取得してフォーム分析ユニットに書き込む。 ・フォーム分析ユニットの分析が完了したら、フォーム分析の結果を選手タスクに通知する。
先頭ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ・訓練タスクから飛行計画の通知を受けると、受けた情報と先頭ドローンから受信した情報を基に補正した“飛行計画”を生成し、先頭ドローンに送信する。 ・訓練タスクから訓練の終了の通知を受けると、先頭ドローンに“訓練終了”を送信する。
後続ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ・訓練タスクから飛行計画の通知を受けると、受けた情報と後続ドローンから受信した情報を基に補正した“飛行計画”を生成し、後続ドローンに送信する。 ・訓練タスクから訓練の終了の通知を受けると、後続ドローンに“訓練終了”を送信する。
映像通信	<ul style="list-style-type: none"> ・メインタスクからの指示で、映像処理ユニットに対して映像データの送信を制御する。
ドローン通信	<ul style="list-style-type: none"> ・5.7GHz 通信ユニットを用いてドローンと通信を行う。
5G 通信	<ul style="list-style-type: none"> ・5G 通信ユニットを用いてサーバ、ウォッチ及びタブレットと通信を行う。

設問1 訓練システムについて答えよ。

- (1) 1台のドローンが撮影した1Gバイト分の映像データの撮影時間は何秒になるか。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、1kバイト=1,000バイト、1Mバイト=1,000kバイト、1Gバイト=1,000Mバイトとする。
- (2) 2台のドローンから受信した選手の映像データをデータ収集装置の映像処理ユニットで保存する。映像処理ユニットは、何Gバイトのデータ容量が必要か。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、1Mバイト=8Mビット、1Gバイト=1,000Mバイトとし、2台のドローンから受信した映像データの合計は最大3時間とする。
- (3) [データ収集装置の動作概要]について答えよ。
 - (a) 本文中の ~ , , に入れる適切な字句を答えよ。
 - (b) 本文中の に入れる適切な内容を35字以内で答えよ。
- (4) ドローンについて答えよ。
 - (a) 先頭ドローンが訓練終了位置に到達した後、先頭ドローン及び後続ドローンは、“訓練終了”を受信するまでどのような動作をするか。20字以内で答えよ。
 - (b) 先頭ドローンは、訓練の途中でデータ収集装置からの“飛行計画”をある一定回数連続して受信できなくても、可能な限り飛行し続け、撮影を継続するようにしている。そのためには、どのようにして飛行すべきか。40字以内で答えよ。

設問2 制御部のタスク設計について答えよ。

- (1) 訓練タスクについて答えよ。
 - (a) 訓練の開始を受けてから訓練の終了を通知するまでの間に選手タスクに通知するメッセージを表4中の字句で二つ答えよ。
 - (b) 表4中の に入れる適切な内容を20字以内で答えよ。
 - (c) 表4中の に入れる適切な内容を25字以内で答えよ。
- (2) 選手タスクについて答えよ。
 - (a) 表4中の下線(ア)のある条件とは何か。40字以内で答えよ。

- (b) “個人分析”として送信可能な個人分析結果の作成が完了するのは、どのタイミングか。20字以内で答えよ。
- (3) フォーム分析ユニットの制御は、選手タスクがフォームタスクを介して行っている。その目的を20字以内で答えよ。

設問3 訓練システムの機能追加について答えよ。

選手の安全管理を目的として、体調不良の可能性のある選手（以下、注視選手という）の訓練中の映像を、後続ドローンでクローズアップ撮影し、警告及び注視選手に関する情報をタブレットに表示する機能を追加することにした。ここで、クローズアップ撮影とは、注視選手のうちの1人だけを接近して拡大撮影することである。

[データ収集装置の変更点]

データ収集装置の変更点を次に示す。

- ・選手状態情報又は個人分析結果から体調不良と推測される選手を注視選手と判断する。
- ・注視選手が1人の場合は、その選手をクローズアップ撮影対象（以下、クローズアップ選手という）とする。複数の注視選手が存在するときは、体調不良の度合いが最も高そうな選手をクローズアップ選手とする。
- ・クローズアップ撮影をするとき、クローズアップ選手を対象として先頭ドローンの通過目標と同様の方法で設定した通過目標に、飛行速度を加えた“アップ飛行計画”メッセージを新たに追加し、1秒ごとに後続ドローンに送信する。
- ・注視選手が存在するときは、後続ドローンに“アップ飛行計画”を送信し、注視選手が存在しないときは、。
- ・注視選手及びクローズアップ選手の情報をタブレットに送信するメッセージを新たに追加する。

[ドローンの変更点]

ドローンの変更点を次に示す。

- ・走行中の選手をクローズアップ撮影する機能を追加する。

- ・データ収集装置から“アップ飛行計画”を受信すると、走行中の選手をクローズアップ撮影する。

〔データ収集装置の制御部のタスクの変更概要〕

データ収集装置の制御部のタスクの変更概要を表5に示す。

表5 データ収集装置の制御部のタスクの変更概要

タスク名	処理概要
訓練	<ul style="list-style-type: none"> ・訓練の開始を受けてから訓練の終了を通知するまで次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 選手タスクから注視選手検知を受けると、注視選手のリストを作成し、その中からクローズアップ選手を決定する。 - 注視選手が存在するとき、次の処理を1秒ごとに行う。 <ol style="list-style-type: none"> ① クローズアップ選手をクローズアップ撮影するための飛行計画を生成し、アップ撮影指示として後続ドローンタスクに通知する。 ② 注視選手及びクローズアップ選手の情報をタブレットに送信する。 - 選手タスクから注視選手解除を受けると、次の処理を行う。 <ol style="list-style-type: none"> ① 注視選手解除を受けた選手を注視選手のリストから削除する。 ② 注視選手のリストが空になったとき、後続ドローンタスクにアップ撮影解除を通知する。
選手	<ul style="list-style-type: none"> ・ウォッチから“選手情報”を受信すると、次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 注視選手かどうかを判断する。 - 注視選手と判断したとき、訓練タスクに注視選手検知を通知する。 - 注視選手が注視選手ではなくなったと判断したとき、訓練タスクに注視選手解除を通知する。
先頭ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ・(イ)先頭ドローンに送信する“飛行計画”の情報を、後続ドローンタスクにも通知する。
後続ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ・訓練タスクからアップ撮影指示を受けると、訓練タスクから受けた情報、後続ドローンから受信した情報及び先頭ドローンタスクから受けた“飛行計画”の情報を基に“アップ飛行計画”を生成し、後続ドローンに送信する。 ・訓練タスクからアップ撮影解除を受けると、“アップ飛行計画”の生成を終了し、以後、訓練タスクからの通知に応じて“飛行計画”を生成して後続ドローンに送信する。

- (1) に入れる適切な内容を15字以内で答えよ。
- (2) 先頭ドローンタスクが下線(イ)の処理を行う目的を30字以内で答えよ。
- (3) クローズアップ撮影中、後続ドローンの通過目標が前回の設定値から大きく変化した。それは、どのような場合か。20字以内で答えよ。
- (4) 追加機能の動作検証を実施したところ、クローズアップ撮影が始まらないという状況が発生した。この状況を回避するために変更するタスク名を表5中のタスク名で答えよ。また、タスクの変更内容を35字以内で答えよ。

[× 毛 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。