

令和3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II 問題

試験時間

14:30～16:30 (2時間)

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 駅でサービスを行うロボットに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

D社は、駅構内で様々なサービスを提供するロボットを開発している。ロボットには、鉄道の乗降者を含めた駅の利用者（以下、利用者という）に施設などを案内するロボット（以下、案内ロボという）、駅構内を警備するロボット（以下、警備ロボという）、利用者の移動を支援するロボット（以下、移動ロボという）がある。

駅構内は、改札のあるフロア（以下、改札階という）とホームのあるフロア（以下、ホーム階という）の2階分のフロアで構成されている。各ロボットは、改札の内外を含めて改札階だけで稼働する。ロボットの外観を図1に、駅構内の平面図を図2に、駅構内の主な設備を表1に示す。

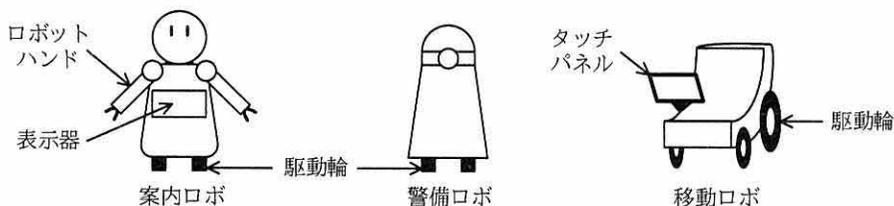
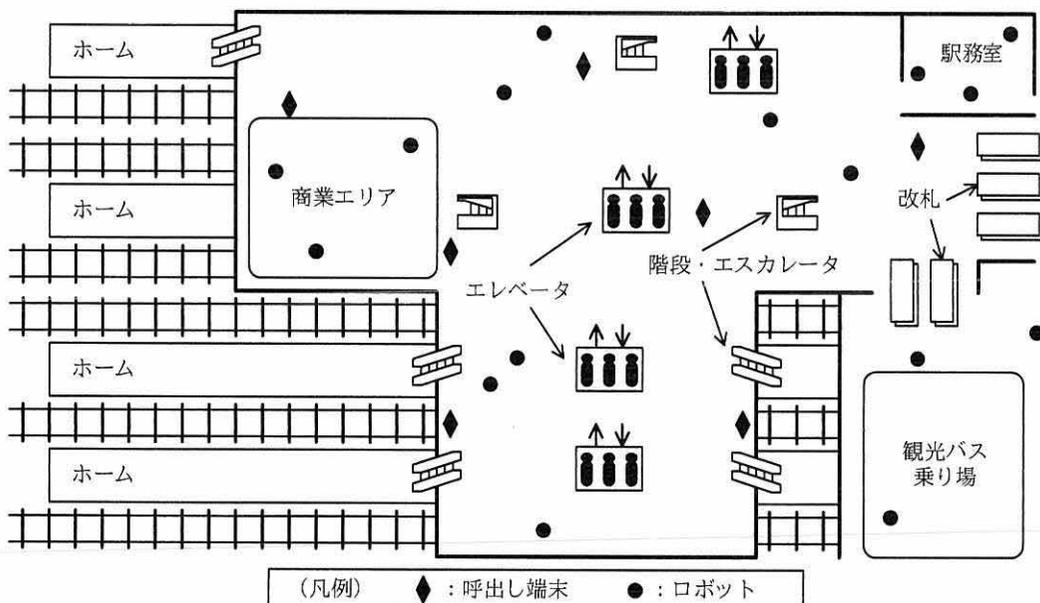


図1 ロボットの外観



注記1 表1に示す設備のうち、監視カメラ、出口案内板、及びロボット管理サーバ（以下、Rサーバという）は省略している。また、改札の外にある観光バス乗り場は、改札と同じ階にある。

注記2 ロボットのいる位置は一例である。

図2 駅構内の平面図

表 1 駅構内の主な設備

設備	説明
階段・エスカレータ、エレベータ	利用者がホーム階と改札階への移動に用いる。ロボットは利用しない。
呼出し端末	ボタンとスピーカを備え、利用者が案内ロボの呼出しに用いる。利用者がボタンを押すと、Rサーバと通信し、案内ロボが到着するまでの予想時間を音声で伝える。
監視カメラ	駅構内の全ての階段・エスカレータに複数台設置されている。撮影画像は、駅務室で閲覧したり、Rサーバで処理して利用したりすることができる。また、連続した撮影画像に対しAIを用いることによって、階段・エスカレータを上り下りする利用者を個別に認識して追跡することができる。
Rサーバ	駅務室に設置されている。駅構内には無線LANが整備されており、無線LANを介して、各ロボットの状態を監視する。また、駅員からの操作を受け、各ロボットに指示を送信する。自社の鉄道の運行を管理しているサーバと通信し、鉄道の運行情報などを得ることができる。
出口案内板	駅の出口と付近の施設を示した案内板であり、改札の内外の数か所に設置されている。

〔ロボットが実施するサービス〕

案内ロボが5台、警備ロボが10台、移動ロボが1台、それぞれ稼働可能であり、各種サービスを実施する。ロボットが実施するサービスを表2に示す。

表 2 ロボットが実施するサービス

サービス名	内容
施設案内サービス	案内ロボが、駅構内及び付近の施設を利用者に案内する。
宣伝サービス	案内ロボが、駅構内の商業エリアの店舗内で、店舗及び取扱商品を宣伝する。
巡回案内サービス	案内ロボが、駅構内を巡回しながら、案内を求めている利用者を探して声を掛ける。
警備サービス	警備ロボが、駅構内を巡回しながら監視する。AIを用いて不審者を探し、Rサーバに通知する。また、駆け付けを要求する指示をRサーバから受信すると、指示された位置に駆け付ける。
移動支援サービス	移動ロボが、歩行の不自由な利用者に乗せ、駅構内を自律移動する。移動ロボは、音声又はタッチパネルで利用者からの指示を受け、指示された位置まで利用者を運ぶ。

〔施設案内サービス〕

施設案内サービスでは、案内ロボは、利用者の要求に応じて、音声による対話と表示器での情報表示によって、駅構内及び付近の施設を利用者に案内する。さらに、案内ロボは、利用者の希望があれば、駅構内の目的の施設まで当該利用者を先導する。

[巡回案内サービス]

- (1) 案内ロボは、後述の〔利用者の行動認識処理〕を用いて、利用者の状態を次のように認識する。
 - ・利用者が留まっている場合を“ステイ”，歩行が不自由である場合又はゆっくり歩いている場合を“リンプ”，足早に歩いている場合を“ウォーク”とする。
- (2) 利用者の位置が駅構内のどの辺りかによって，“出口案内板の前”，“通路”，“商業エリア”など，利用者の位置を区別する。
- (3) 案内ロボは，利用者に近づき，声を掛ける。声を掛ける内容は，利用者の状態及び位置によって異なる。その内容を表3に示す。

表3 声を掛ける内容

利用者の状態	利用者の位置	内容
リンプ	通路	移動支援サービスが必要かどうか。
リンプ	商業エリア	施設案内サービスが必要かどうか。
ステイ	商業エリア	施設案内サービスが必要かどうか。
ステイ	出口案内板の前	施設案内サービスが必要かどうか。

該当する利用者が複数いる場合は，案内ロボに最も近い利用者を対象とする。
声を掛けた後，利用者から“サービスは不要”と言われたら，対象から外す。

[案内ロボのステータス]

- (1) 案内ロボには，次に示す四つのステータスがあり，待機中を除いたステータスについては，案内ロボが実施するサービスに対応している。
 - 接客中：施設案内サービスを実施している状態
 - 宣伝中：宣伝サービスを実施している状態
 - 巡回中：巡回案内サービスを実施している状態
 - 待機中：案内ロボが実施するサービスをいずれも実施しておらず，駅務室で充電をしている状態
- (2) 駅員は，宣伝サービス用の案内ロボの台数及び待機させる案内ロボの台数をそれぞれ R サーバに設定することで，稼働させる案内ロボの台数を調整することが

できる。

- (3) R サーバは、全ての案内ロボのステータスを監視する。R サーバは、接客中、宣伝中、待機中、巡回中のステータスの順で優先して台数を確保し、台数が不足となった場合は、ステータスを割り当て直す。
- (4) 接客中以外の案内ロボに対し、利用者が話し掛けると、案内ロボ自身でステータスを接客中に変更し、R サーバに通知する。また、接客中の案内ロボは利用者への対応が終わると R サーバに通知し、ステータスが更新される。

[案内ロボの割当て]

- (1) 利用者が呼出し端末のボタンを押すと、R サーバは、巡回中の案内ロボのうち 1 台に接客中のステータスを割り当てる。このとき、もし巡回中の案内ロボがいなければ、待機中及び宣伝中の案内ロボのうち、最も短時間でその呼出し端末に移動可能な案内ロボ 1 台に接客中のステータスを割り当てる。割当て後、R サーバは、案内ロボが到着するまでの予想時間を呼出し端末のスピーカで利用者に知らせる。

なお、全ての案内ロボのステータスが接客中の場合、R サーバは、接客中以外の案内ロボが見つかるまで割当てを保留し、呼出し端末のスピーカで現在対応できる案内ロボがないことを利用者に知らせる。

- (2) 宣伝中の案内ロボの台数が R サーバに設定した台数より少なければ、R サーバは、巡回中の案内ロボのうち 1 台に宣伝中のステータスを割り当てる。このとき、もし巡回中の案内ロボがいなければ、待機中の案内ロボのうち 1 台に宣伝中のステータスを割り当てる。割当て後、商業エリアの店舗内で当該案内ロボに宣伝させる。

なお、巡回中及び待機中の案内ロボが 1 台もいなければ、巡回中又は待機中の案内ロボが見つかるまで処理を行わない。

- (3) 待機中の案内ロボの台数が R サーバに設定した台数より少なければ、R サーバは、巡回中の案内ロボのうち 1 台に待機中のステータスを割り当てる。割当て後、当該案内ロボを駅務室に移動させる。

なお、巡回中の案内ロボが 1 台もいなければ、巡回中の案内ロボが見つかるまで処理を行わない。

[警備サービス]

警備ロボは、決められたルートを巡回する。不審者を見つけた場合、Rサーバに通知するとともに、一定の距離を保ちながら追跡する。また、Rサーバから駆付けを要求する指示を受信すると、指示された位置まで駆け付ける。

なお、警備ロボは、緊急時でも安全のために、駅構内の 3D 高精度地図情報（以下、構内マップという）に基づいて移動速度の制限を守る。

[共通プラットフォームによる効率的なロボットの開発]

各ロボットの開発コストを抑えるため、各ロボットは、後述の〔LIDAR (light detection and ranging) による計測処理〕,〔DSP の処理〕,〔ロボット間の情報共有処理〕,〔利用者の行動認識処理〕,〔自律移動の経路の算出処理〕及び〔駆動部の処理〕を共通プラットフォーム（以下、ロボ PF という）として開発する。案内ロボの表示器など、ロボ PF に含まれない各ロボットに固有の構成要素は、追加要素としてロボ PF に接続することができる。

ロボ PF の構成を図 3 に、ロボ PF の主な構成要素と機能を表 4 に示す。

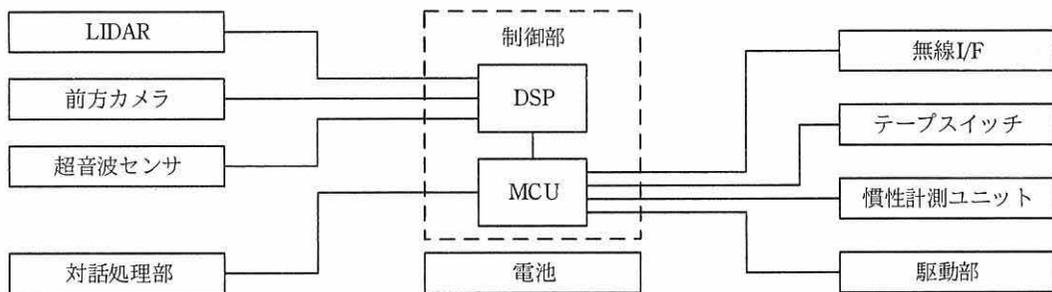


図 3 ロボ PF の構成

表 4 ロボ PF の主な構成要素と機能

構成要素名	機能
LIDAR	赤外レーザー光を用いたりモートセンシング技術の一つであり、ロボットの本体に設置されている。レーザー光を周囲に照射し、反射光が遮蔽物に当たって返ってくるまでの時間から、周囲 360 度の遮蔽物との距離を高精度に測定することができる。ただし、色を識別することはできず、隣接する物体を区別することは難しい。
前方カメラ	単眼カメラであり、ロボットの前面に設置されている。前方 120 度の範囲の画像（以下、前方画像という）を撮影する。画像分解能が高い。
超音波センサ	超音波を用いた距離計測センサであり、ロボットの前後左右の 4 か所に設置されている。近距離の障害物検知に優れている。指向性は広いが、垂直方向・水平方向の分解能が低い。
テープスイッチ	ロボットが障害物に接触したことを ON/OFF 信号で検知するセンサであり、ロボットの周囲に設置されている。
慣性計測ユニット	3 軸加速度、3 軸ジャイロ及び 3 軸コンパスをもち、3D 空間でのロボットの動きを計測する。
MCU	ロボット全体の処理を行う。また、自律移動の制御、利用者の行動の認識を行う。
駆動部	駆動輪、走行用モータ、ロータリエンコーダなどで構成され、ロボットを移動させる。
対話処理部	マイク、スピーカを内蔵する。音声認識、音声合成などの会話の処理技術によって、音声で利用者と対話する。
無線 IF	ロボットと R サーバとの通信に使用する。ロボット同士で直接通信することはできない。

〔LIDAR による計測処理〕

LIDAR は、取付方向が縦方向に異なる 32 本のレーザー光の送受信機、及び送受信機を水平回転させる回転機構をもつ。送受信機を水平回転させることによって、LIDAR の周囲 360 度、半径 200 メートルをレーザー光で計測し、遮蔽物との距離から 3D 情報（以下、点群という）を測定できる。LIDAR による計測の様子を図 4 に示す。

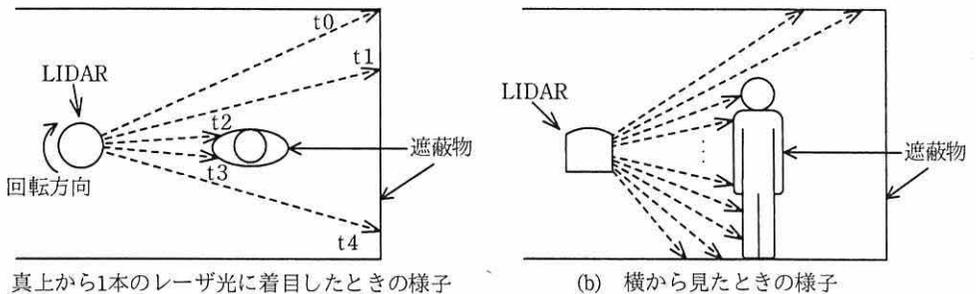


図 4 LIDAR による計測の様子

- ・ LIDAR は、32 個の送信機をもち、送信機を順次切り替えつつ、レーザ光を同時に複数本照射する。合計 32 本のレーザ光を扱う。
- ・ 32 本のレーザ光で、遮蔽物までの距離を 1 秒間に合計 1,152,000 ポイント計測する。
- ・ LIDAR は、5～20 回転／秒で水平回転することで、水平方向の角度分解能を調整する。

[DSP の処理]

(1) 物体の認識処理

LIDAR の点群からは、物体の大きさや形状によって、人間などの物体を認識できる。色を識別できないので、隣接する物体を区別することは難しい。

前方カメラで撮影した前方画像からは、人間、障害物などの物体を正確に捉えたり、小さな物体を検出したりできるが、正確な距離を推定することは難しい。

DSP は、点群及び前方画像をまとめて AI で解析し、物体を認識する（以下、認識した物体をオブジェクトという）。

(2) オブジェクトの位置推定処理

オブジェクトの位置推定処理では、(ア) LIDAR, 前方カメラ, 超音波センサなどで取得したデータから、一つ一つのオブジェクトとの相対位置・対地速度を推定する。

[ロボット間の情報共有処理]

半径 20 メートル以内にいるロボット同士は、R サーバを介してリアルタイムに情報を共有する。共有される利用者 1 人当たりの利用者オブジェクト情報を表 5 に、利用者オブジェクト情報の通信方式を図 5 に示す。

表 5 利用者 1 人当たりの利用者オブジェクト情報

項目名	説明	単位	バイト
オブジェクト ID	ロボットがオブジェクトに付加した ID		4
推定位置	オブジェクトの構内マップでの座標情報		6
サイズ	オブジェクトの大きさ		6
そのほかの属性	オブジェクトに付加された、そのほかの属性		6
認識精度	認識したオブジェクトの認識精度		3

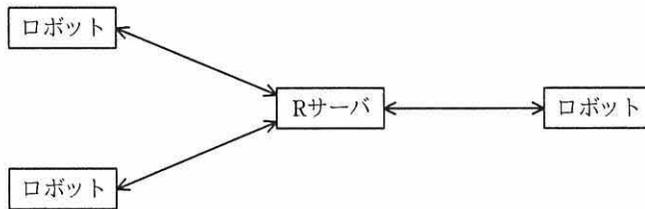


図 5 利用者オブジェクト情報の通信方式

各ロボットは、ロボットが認識した利用者に対して、表 5 に示す情報を 1 秒周期で更新し、無線 LAN を介して R サーバに送信する。R サーバは、送信したロボットの半径 20 メートル以内にいるロボットに、受信した情報を転送する。

〔利用者の行動認識処理〕

利用者の様子を前方カメラなどで捉え、AI を用いて利用者の行動を認識する。

〔自律移動の経路の算出処理〕

構内マップ上で移動したい位置まで最も短時間で移動できる経路（以下、経路計画という）、及び各種センサでの計測が有用と思われる今後数秒間分の移動経路（以下、行動計画という）を算出する。

- ・経路計画では、ロボットが構内マップ上の自身の位置を推定し、通路などの構内マップの情報を用いて、移動したい位置までの移動経路を決定する。
- ・行動計画では、今後数秒間に移動する予定の経路を経路計画から切り出し、（イ）物体の認識処理、オブジェクトの位置推定処理などを用いて移動経路を補正する。

〔駆動部の処理〕

左右二つの駆動輪がそれぞれ独立した走行用モータによって回転する。ロボットの駆動制御は、行動計画に基づいて行われる。ロータリエンコーダを用いて、移動した距離を測定できる。

設問 1 ロボットが実施するサービスについて、(1)～(3)に答えよ。

(1) 巡回案内サービス及び施設案内サービスについて、(a), (b)に答えよ。

(a) 巡回案内サービスを実施している案内ロボが、表 6 に示す 3 人の利用者を認識している。3 人のうち、利用者 2 に声を掛けた。その理由を 40 字以内で述べよ。

表 6 案内ロボが認識している利用者

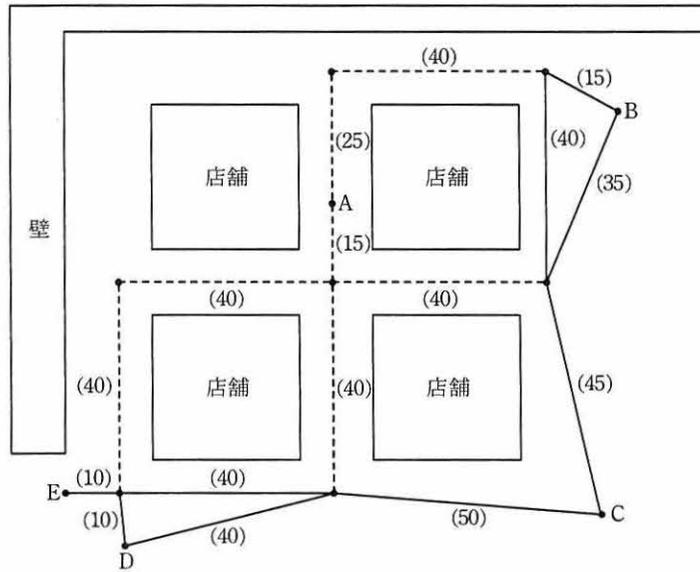
		単位	メートル
名称	利用者の行動	案内ロボと利用者の距離	
利用者 1	通路を足早に歩いている。	5	
利用者 2	出口案内板の前に立って、じっくりとのぞき込んでいる。	7	
利用者 3	商業エリア内で立ち止まって、店舗をのぞき込んでいる。	10	

(b) 施設案内サービスで利用者の先導を終えた案内ロボが、R サーバに通知した。通知直後、R サーバの指示によって、ステータスが接客中に更新される場合がある。どのような場合か。40 字以内で述べよ。

(2) 駅員は、5 台の案内ロボのうち、宣伝サービス用に案内ロボが 3 台、待機させる案内ロボが 1 台となるように、R サーバに台数を設定した。この設定でサービスが実施されているとき、1 台の巡回中の案内ロボが利用者から話し掛けられ、ステータスが巡回中から接客中になった。その数秒後、呼出し端末のボタンが押されたので、宣伝中の案内ロボのうち 1 台が接客中になり呼出し端末に移動するように指示された。呼出し端末のボタンが押された後、R サーバは宣伝中以外の案内ロボにも指示する。R サーバは、どのステータスの案内ロボに、どのような指示をするか。45 字以内で述べよ。ここで、駅員が R サーバに台数を設定した時点で、接客中の案内ロボはいなかったものとする。

(3) 商業エリア付近で、5 台の警備ロボが警備サービスを実施している。そのう

ちの 1 台の警備ロボ A が図 6 に示す位置で何者かに倒され、R サーバに通知した。このとき、警備ロボ A を除く、A の位置に早く到着できる警備ロボ 2 台に指示し、A の位置に駆け付けさせたい。(a), (b)に答えよ。



注記 1 英字 A～E は、警備ロボ A～E を示す。

注記 2 ()内の数字は、距離を表し、単位はメートルである。

注記 3 警備ロボは、実線及び破線に沿って移動する。また、警備ロボの移動速度の制限は、実線では 1.25 メートル/秒、破線では 0.5 メートル/秒とする。

図 6 警備ロボ A が倒された時点の様子

(a) 図 6 中のどの警備ロボに指示すべきか。B～E の英字で二つ答えよ。

(b) 最も早く到着できる警備ロボは、A の位置に到着するまで最低何秒掛かるか。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、警備ロボが方向転換する時間は無視するものとする。

設問 2 ロボ PF を備えたロボットについて、(1)～(5)に答えよ。

(1) ロボットが、隣接する複数の利用者を認識するために、LIDAR と同時に使用すると、誤認識が発生しにくくなると考えられる構成要素を、表 4 中の構成要素名で一つ答えよ。また、その理由を 35 字以内で述べよ。

(2) LIDAR の水平方向の角度分解能を 0.1 度にした。このときの回転速度を、

単位（回転／秒）で答えよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。

- (3) 本文中の下線（ア）について、オブジェクトの対地速度を推定するため、ロボット自身の対地速度を計測する必要がある。ロボット自身の対地速度が、LIDAR, 前方カメラ, 超音波センサ以外で計測できると考えられる方法を二つ挙げ、表 4 中の構成要素名を用いて、それぞれ 30 字以内で述べよ。
- (4) 本文中の下線（イ）について、行動計画は、経路計画だけでは対応できないある事象を回避するために実施されていると考えられる。ある事象とは、どのようなことか。30 字以内で述べよ。
- (5) 〔ロボット間の情報共有処理〕について、(a), (b)に答えよ。
- (a) ロボット同士が利用者オブジェクト情報を交換することによる利点は何か。25 字以内で述べよ。
- (b) あるロボット（ロボット X）の半径 20 メートル以内に 10 台のロボットがいて、利用者オブジェクト情報の授受を行っている。そこに、別の 1 台のロボットが半径 20 メートル以内に入った場合、ロボット X が 1 秒間に、送信及び受信する利用者オブジェクト情報は、それぞれ何バイト増加するか。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、各ロボットは、16 人分の利用者オブジェクト情報を送信しているものとする。また、増加しない場合は、0 バイトとする。

設問 3 新しいサービスの提供について、(1)～(3)に答えよ。

交通機関にかかわらず、旅行者の移動に関するサービスをより良くするために、ツアー客を対象として、駅での乗換えに関するサービス（以下、乗換え支援サービスという）を新しく提供することになった。乗換え支援サービスでは、ツアー客を二つのグループに分け、健康な人をグループ A、杖などをついている歩行が不自由な人をグループ B とする。また、ホームから観光バス乗り場までのツアー客の移動をロボットが自主的に支援する。

D 社は、乗換え支援サービスに対応するために、“ロボットのエレベータでの移動”，“ツアーバッジの配布”，及び“監視カメラと案内ロボによるサービス連携”の機能を追加開発した。乗換え支援サービスの内容を表 7 に示す。

表 7 乗換え支援サービスの内容

項目名	内容
出迎え	・グループ A 及びグループ B を乗せた特急電車が駅に到着するまでに、案内ロボ及び移動ロボは、エレベータを使ってホームに行き、指定席の乗車位置付近で待つ。また、別の案内ロボが改札階の階段・エスカレータの近くで待つ。
チェックイン	・特急電車が駅に到着すると、ホームの案内ロボはグループ A 及びグループ B を呼び集める。 ・グループ A 及びグループ B が近くに来ると、案内ロボは、ロボットハンドを使ってツアーバッジを配り、グループ A 及びグループ B の利用者に装着するように指示する。 ・ホームの案内ロボは、グループ A には階段・エスカレータで改札階に移動するように指示し、グループ B には移動ロボに乗るように指示する。
エレベータ移動	・グループ B を乗せた移動ロボは、エレベータを使って改札階まで移動する。
改札階待合せ	・R サーバは、監視カメラの撮影画像から、改札階の階段・エスカレータ付近で人の少ない場所を探し、待合せ場所として改札階の案内ロボ及び移動ロボに通知する。 ・グループ A が階段・エスカレータを利用している間は、グループ A の利用者が案内ロボの視界から外れる可能性が高いため、R サーバは、監視カメラの撮影画像から、ツアーバッジを装着したグループ A を追跡し、改札階の案内ロボに通知する。 ・改札階の案内ロボは、グループ A を待合せ場所に全員誘導する。 ・移動ロボは、待合せ場所に到着したら、改札階の案内ロボに通知する。
改札階移動	・改札階の案内ロボは、グループ A 及びグループ B を観光バス乗り場まで先導する。

ツアー客は 10 人で、そのうち、9 人がグループ A、1 人がグループ B の場合を検討した。ツアー客は、事前に購入したツアーチケットに付属した特急電車の指定席券を使って、ツアー客全員が同じ駅に一度に着くものと想定した。ここで、検討したツアー客 10 人以外の利用者は、ツアーバッジを装着していないものとする。

- (1) ロボットがエレベータから降りた場合、新たに必要となる処理がある。どのような処理か。20 字以内で述べよ。
- (2) ツアーバッジの追跡に加え、AI を使って、“ツアーバッジの装着”という属性が付加された利用者オブジェクトを追跡することにした。この結果、改善されることは何か。45 字以内で述べよ。
- (3) 待合せ場所に集合したグループ A の人数が不足した場合、不足分の利用者を捜したいが、待合せ場所の案内ロボは、集合したグループ A の利用者への対応で捜すことができない。不足分の利用者を捜すために、どのような方法が良いと考えられるか。45 字以内で述べよ。

問2 生産ラインの可視化システムに関する次の記述を読んで、設問1～3に答えよ。

E社は、ロット生産を行う加工工場向けに、生産ライン（以下、ラインという）の可視化システム（以下、本システムという）を開発している。ロット生産とは、同一の製品をまとまった単位数（ロット）で生産する生産方式である。本システムは、ラインに設置した各種センサからの情報を収集することで、ライン内の各生産工程（以下、工程という）の稼働状況や生産状況を可視化する。ラインの生産状況をリアルタイムに把握できない、旧型の生産設備（以下、設備という）を使用している工場に本システムを導入することで、工程管理の能力を向上させることができる。

[本システムの構成]

本システムの概要を図1に、本システムの構成要素を表1に示す。

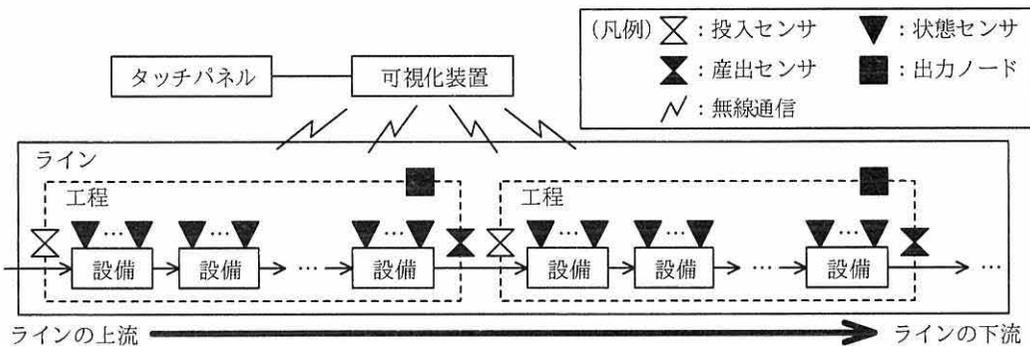


図1 本システムの概要

表1 本システムの構成要素

構成要素名	説明
投入センサ	各工程の投入部分に設置する無線センサで、工程への投入有無又は投入量を出力する。
産出センサ	各工程の産出部分に設置する無線センサで、工程からの産出量を出力する。
状態センサ	各工程で稼働する設備に設置する無線センサで、設備の状態を示す情報を出力する。
可視化装置	各種センサから情報を収集し、分析して必要な指示を行う。
タッチパネル	可視化装置で分析した結果の表示、及び各種ボタンのタッチ操作によって指示を行う。
出力ノード	出力ポートを備えており、各工程に設置し、設備などの異常時に可視化装置からの指示によって出力する。本出力を使用して、設備の緊急電源断、警告灯の点灯などを行う。

[本システムの適用例]

ネジの製造を行う S 工場への本システムの適用例を示す。S 工場では、表 2 に示すネジの生産ラインの工程において、圧造工程及び転造工程を行い、以降の工程は他工場で実施している。S 工場で使用される各種センサを表 3 に示す。

表 2 ネジの生産ラインの工程

工程名	説明	
圧造工程	圧造機を使用する。1 ロット分の線材から、ネジ 1 個分の所定の長さを切り出してネジの成形を行う。圧造機から産出された状態のネジをブランクという。	
転造工程	転造機を使用する。ブランクを 2 枚の金属板で挟み、圧力を加えながら転がすようにスライドすることによってネジ山を成形する。	
熱処理工程	熱処理機を使用する。ネジに対して焼入れ・焼戻しを行い、ネジの強度・硬度を高める。	
表面処理工程	さび及び腐食の防止のために電気メッキなどの処理を行う。	

表 3 S 工場で使用される各種センサ

工程名	センサ名	センサの種類	説明
圧造工程	投入センサ	光センサ	圧造機に投入した線材の有無によって ON/OFF を出力する。
	状態センサ	振動センサ	圧造機のモータの振動を計測する。
		電流センサ	圧造機のモータに流れる電流を計測する。
圧造工程	産出センサ	光センサ	圧造機から産出されるブランク 1 個ごとにパルスを出力する。
転造工程	投入センサ	光センサ	転造機に投入されるブランク 1 個ごとにパルスを出力する。
	状態センサ	振動センサ	転造機のモータの振動を計測する。
		電流センサ	転造機のモータに流れる電流を計測する。
転造工程	産出センサ	光センサ	転造機から産出されるネジ 1 個ごとにパルスを出力する。

注記 S 工場では、圧造機が圧造工程内に 1 台、転造機が転造工程内に 1 台設置されている。

[本システムの機能概要]

可視化装置は各種センサから無線で情報を収集し、分析する。収集した情報を収集情報、分析した情報を分析情報という。分析情報の内容と求め方を次に示す。

(1) 状態センサが設置された設備の稼働状態を次のように決定する。

- ・状態センサ (S 工場の事例では、振動センサ又は電流センサ) から得られた値を

分析し、しきい値と比較することで、“停止”、“動作”又は“異常”の三つの状態のうち、いずれかに分類する。

- ・設備の稼働状態を、表4に示す条件で決定する。

表4 設備の稼働状態を決定するための条件

設備の稼働状態	決定するための条件
設備停止	1台の設備に設置された、一つ以上の状態センサから得られる状態が“停止”であり、かつ、“停止”以外の全ての状態センサから得られる状態が“動作”
設備動作	1台の設備に設置された、全ての状態センサから得られる状態が“動作”
設備異常	1台の設備に設置された、一つ以上の状態センサから得られる状態が“異常”

- (2) (1)で決定した設備の稼働状態を基に、工程及びラインの稼働状態を、表5に示す条件で決定する。

表5 工程及びラインの稼働状態を決定するための条件

工程・ラインの稼働状態		決定するための条件
工程	工程停止	工程内の全ての設備が“設備停止”
	工程動作	工程内の一つ以上の設備が“設備動作”であり、かつ、一つも“設備異常”がない
	工程異常	工程内の一つ以上の設備が“設備異常”
ライン	ライン停止	ライン内の全ての工程が“工程停止”
	ライン動作	ライン内の一つ以上の工程が“工程動作”であり、かつ、一つも“工程異常”がない
	ライン異常	ライン内の一つ以上の工程が“工程異常”

- (3) (1)、(2)で決定した稼働状態と、各工程の投入量及び産出量を基に、表6に示す生産指標をロットごとに算出した上で、タッチパネルに表示する。

表6 可視化装置が算出するロットごとの生産指標

生産指標	説明
工程生産量	工程からの産出量
工程生産能力	工程生産量 ÷ (工程の稼働状態が“工程動作”であった時間)
ライン生産量	ラインの最後の工程における産出量
ライン生産能力	ライン生産量 ÷ (ラインの稼働状態が“ライン動作”であった時間)
工程間滞留量	工程生産量 - 次の工程への投入量

[可視化装置の構成]

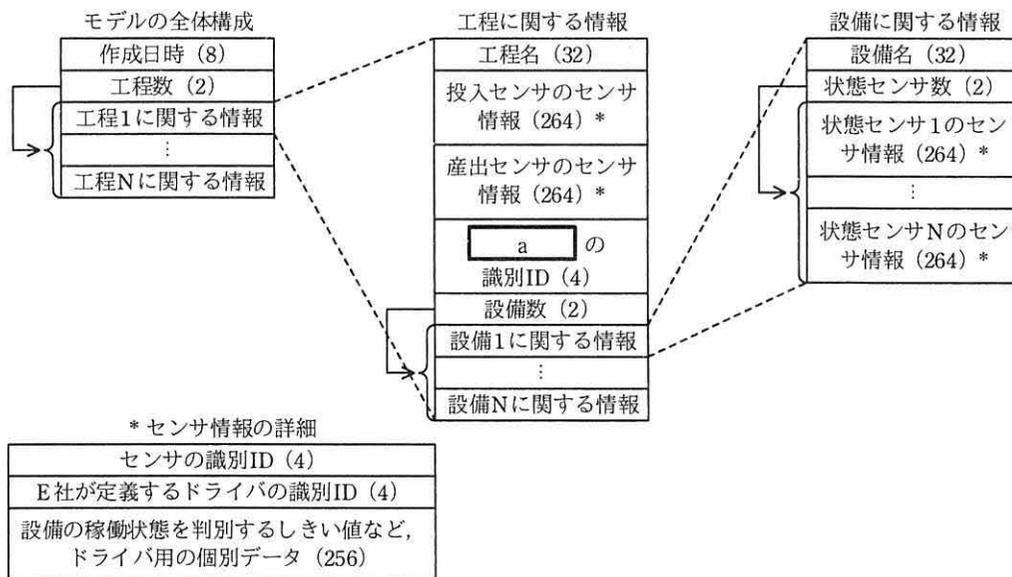
可視化装置は、一つのシステムバスに、MPU などの複数の構成要素が接続されている。可視化装置の構成要素を表 7 に示す。

表 7 可視化装置の構成要素

構成要素名	説明
MPU	ROM, RAM, 日付時刻用タイマなどを内蔵し、可視化装置全体を制御する。
フラッシュメモリ	可視化装置の制御プログラム（以下、制御プログラムという）、センサドライバプログラム（以下、ドライバという）、収集情報及び分析情報、各種制御データを格納する。
USB I/F	タッチパネルと通信する。
無線センサ I/F	各種センサ及び出力ノードと無線で通信する。
SD カード I/F	SD カードと通信する。
無線 LAN I/F	(省略)

[ラインのモデル化]

可視化装置は、ラインをモデル化するデータ（以下、モデルという）を SD カードから読み込み、モデルに従って処理する。モデルの構成及び構成要素を図 2 に示す。



注記 1 () 内の数値は構成要素のバイト数を示す。

注記 2 * は、“センサ情報の詳細”を示す。

注記 3 工程、設備はラインの上流から順に並んでいる。

図 2 モデルの構成及び構成要素

[可視化装置の起動時（再起動時も含む）及びタッチパネル操作時の動作概要]

- (1) 出荷時のフラッシュメモリには、標準的なドライバが書き込まれている。モデルは書き込まれていない。
- (2) MPUのROMには、起動時（再起動時も含む）に動作するブートプログラムが書き込まれている。ブートプログラムは、フラッシュメモリから制御プログラムを読み込み、RAMに展開後、制御プログラムに制御を移す。
- (3) 制御プログラムは、表8に示すモデルの読み込み処理を行う。

表8 モデルの読み込み処理

	フラッシュメモリにモデルがない状態	フラッシュメモリにモデルがある状態
SD カード未挿入、又はSDカードにモデルがない状態	タッチパネルにエラーを表示した後、再読み込みボタンをタッチすると、モデルの読み込み処理を行う。	フラッシュメモリからモデルを読み込み、RAMに展開する。
SDカードにモデルがある状態	SDカードからモデルを読み込み、RAMに展開する。	b

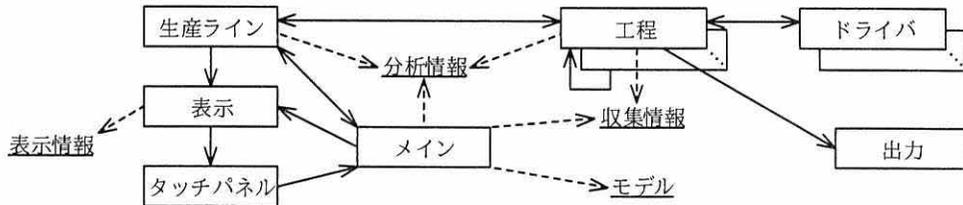
注記 複数のモデルが存在した場合は、作成日時が最も新しいモデルを読み込み、RAMに展開する。

- (4) 制御プログラムは、RAMに展開されたモデルに記述されている識別IDのドライバをフラッシュメモリから読み込み、RAMに展開する。ただし、SDカードに当該ドライバがある場合、SDカードから読み込み、RAMに展開する。フラッシュメモリ及びSDカードに当該ドライバがなければ、タッチパネルにエラーを表示する。再読み込みボタンをタッチするとSDカードからドライバの読み込みを行う。
- (5) モデルの処理に必要とされる全てのドライバを展開したら、次の処理を行った後、各種センサからの情報を収集し、分析を開始する。
 - ・ ①モデル又はドライバをSDカードから読み込んだ場合、当該モデル又は当該ドライバをフラッシュメモリに書き込む。
 - ・ フラッシュメモリに収集情報及び分析情報が保存されている場合は、RAMに展開する。
- (6) タッチパネルの各種ボタンをタッチすることによって、次の操作ができる。
 - ・ 中断ボタンをタッチすると、再開ボタンをタッチするまで、情報の収集及び分析を中断する。
 - ・ 保存ボタンをタッチすると、RAMにある収集情報及び分析情報をフラッシュメモ

メモリに保存する。

〔制御プログラムのソフトウェア構造〕

制御プログラムには、リアルタイム OS を使用する。制御プログラムの主なタスク構成を図 3 に、制御プログラムの主なタスクの処理概要を表 9 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 3 制御プログラムの主なタスク構成

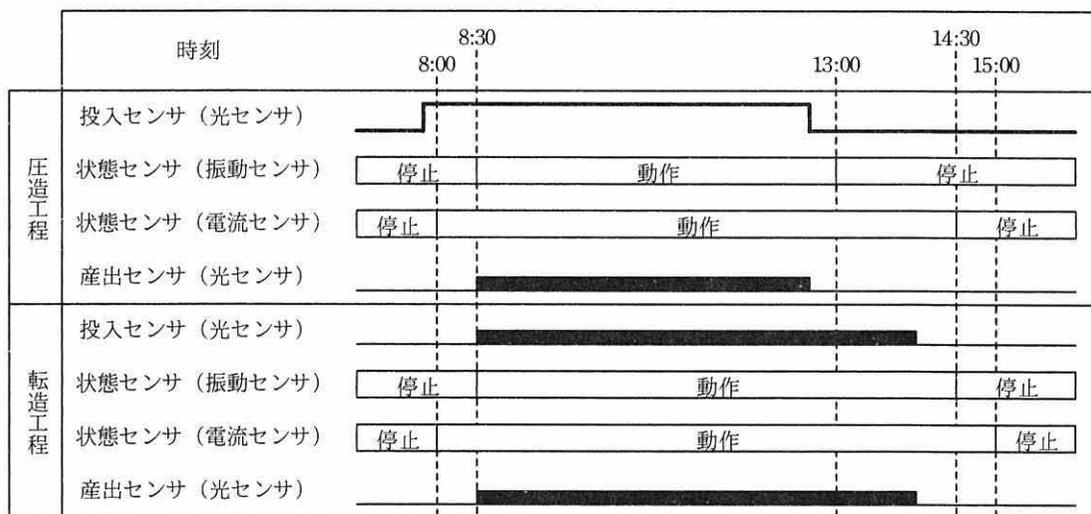
表 9 制御プログラムの主なタスクの処理概要

タスク名	処理概要
メイン	<ul style="list-style-type: none"> ・可視化装置の状態を管理する。 ・モデル、ドライバ、収集情報及び分析情報について、RAM への展開及びフラッシュメモリへの保存を行う。エラーが発生した場合、エラーを表示するために表示タスクに通知する。 ・タッチパネルタスクから“ボタン押下 (ボタン名)”の通知を受けると、次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - ボタン名が“中断”のとき、生産ラインタスクに“中断”を通知する。 - ボタン名が“再開”のとき、生産ラインタスクに“再開”を通知する。 - ボタン名が“保存”のとき、収集情報及び分析情報を保存する。
生産ライン	<ul style="list-style-type: none"> ・起動されると、モデルに従い、工程の数だけ工程タスクを生成して起動する。 ・メインタスクから“中断”，“再開”を受けると、全ての工程タスクに転送する。 ・工程タスクから“工程情報通知”を受けると、通知に含まれる工程情報¹⁾を用いて、ラインの稼働状態の判定、分析情報の更新、及び表示タスクへの表示更新通知を行う。通知元がラインの最後の工程における工程タスクである場合は、分析情報の更新の前に、ライン生産量及びライン生産能力の算出を行う。
表示	<ul style="list-style-type: none"> ・受けた通知に従って、表示情報を作成する。 ・作成した表示情報を、タッチパネルタスクを介してタッチパネルに表示する。
タッチパネル	<ul style="list-style-type: none"> ・表示タスクからの指示に従って、表示情報をタッチパネルに表示する。 ・タッチパネルから、押されたボタンの情報を受信すると、“ボタン押下 (ボタン名)”をメインタスクに通知する。
工程	<ul style="list-style-type: none"> ・起動されると、モデルに従い、自工程に所属する全てのセンサのドライバタスクを生成して起動する。 ・1 秒ごとに、工程情報を生産ラインタスクに“工程情報通知”で通知する。次の工程が存在する場合は、工程間滞留量を算出して“工程情報通知”を通知する。 ・ドライバタスク又は次の工程の工程タスクから通知を受けると、通知に応じて収集情報又は分析情報を更新する。さらに、通知に応じて次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 通知元が、状態センサのドライバである場合、設備及び工程の稼働状態を決定する。決定した稼働状態が“設備異常”の場合は、出力タスクに“出力指示”を通知し、続いて生産ラインタスクに“工程情報通知”を通知する。 - 通知元が投入センサのドライバで、かつ、前の工程が存在する場合、通知された投入量を、前の工程の工程タスクに“投入量通知”で通知する。 ・“中断”，“再開”を受けると、起動した全てのドライバタスクに通知する。
出力	<ul style="list-style-type: none"> ・工程タスクから“出力指示”を受けると、出力ノードに指示を送信する。
ドライバ	<ul style="list-style-type: none"> ・起動されると、生成時に受け取ったパラメタに従って、管理対象のセンサを初期化する。 ・初期化が完了したら、次の動作を繰り返す。 <ul style="list-style-type: none"> - 管理対象のセンサからセンサ値を取得する。 - 取得したセンサ値について、c を基に、投入センサであれば投入量に変換し、産出センサであれば産出量に変換し、状態センサであれば“停止”，“動作”又は“異常”のいずれかを示す値に変換し、工程タスクに通知する。 ・“中断”を受けると、工程タスクへの通知を中断する。 ・“再開”を受けると、工程タスクへの通知を再開する。

注¹⁾ 工程情報とは、投入量、産出量、設備及び工程の稼働状態と、その状態に変化した時刻、次の工程との間の工程間滞留量を総称したものである。

設問 1 本システムの仕様について、(1)～(3)に答えよ。

- (1) 図 2 中の a に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 可視化装置の動作概要について、(a), (b)に答えよ。
 - (a) 表 8 中の b に入れる適切な処理を 70 字以内で述べよ。
 - (b) 本文中の下線①の処理を行う目的を 30 字以内で述べよ。
- (3) [本システムの適用例]における S 工場では、ネジ 10,000 個を 1 ロットとする生産を行っている。1 ロットを生産した場合の、投入センサ、状態センサ及び産出センサが示す状態を図 4 に示す。図 4 において、1 時間当たりの圧造工程の工程生産能力、1 時間当たりのライン生産能力、及び工程間滞留量の最大値を答えよ。答えは小数第 1 位を四捨五入して、整数で求めよ。ここで、圧造工程から転造工程へのネジの移動時間は、滞留時間を除いて無視できるものとする。



注記 圧造機は 1.5 秒に 1 個のブランク、転造機は 2 秒に 1 個のネジを製造できる。また、圧造工程と転造工程間にはブランクを滞留できる機構があり、その機構から 1 個ずつ、転造機の生産速度に合わせて転造工程へ投入される。

図 4 投入センサ、状態センサ及び産出センサが示す状態

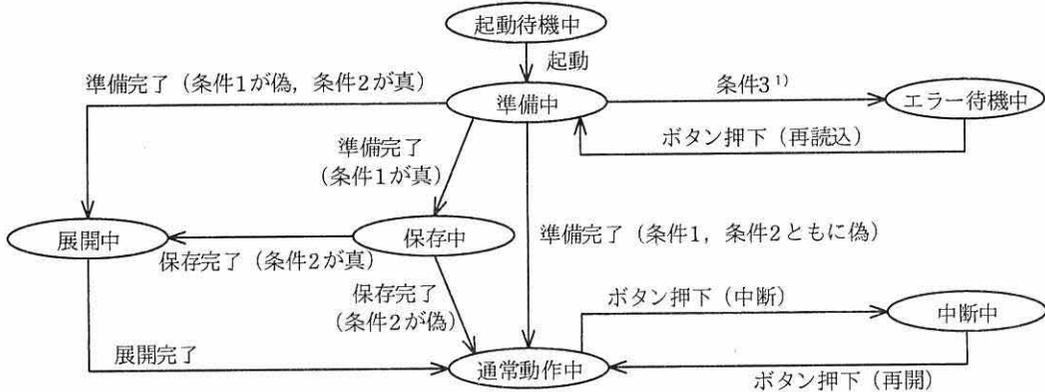
設問 2 制御プログラムについて、(1)～(3)に答えよ。

- (1) ドライバタスクについて、(a), (b)に答えよ。
 - (a) ドライバタスクの生成時にパラメタとして受け取る必要がある情報を、

二つ答えよ。

(b) 表 9 中の c に入れる適切な字句を 15 字以内で答えよ。

(2) メインタスクの状態遷移を図 5 に、メインタスクの各状態の概要を表 10 に示す。(a), (b)に答えよ。



注¹⁾ 条件 3 は “モデル又はモデルに記述されている識別 ID のドライバが、フラッシュメモリにも SD カードにも存在しない場合” である。

図 5 メインタスクの状態遷移

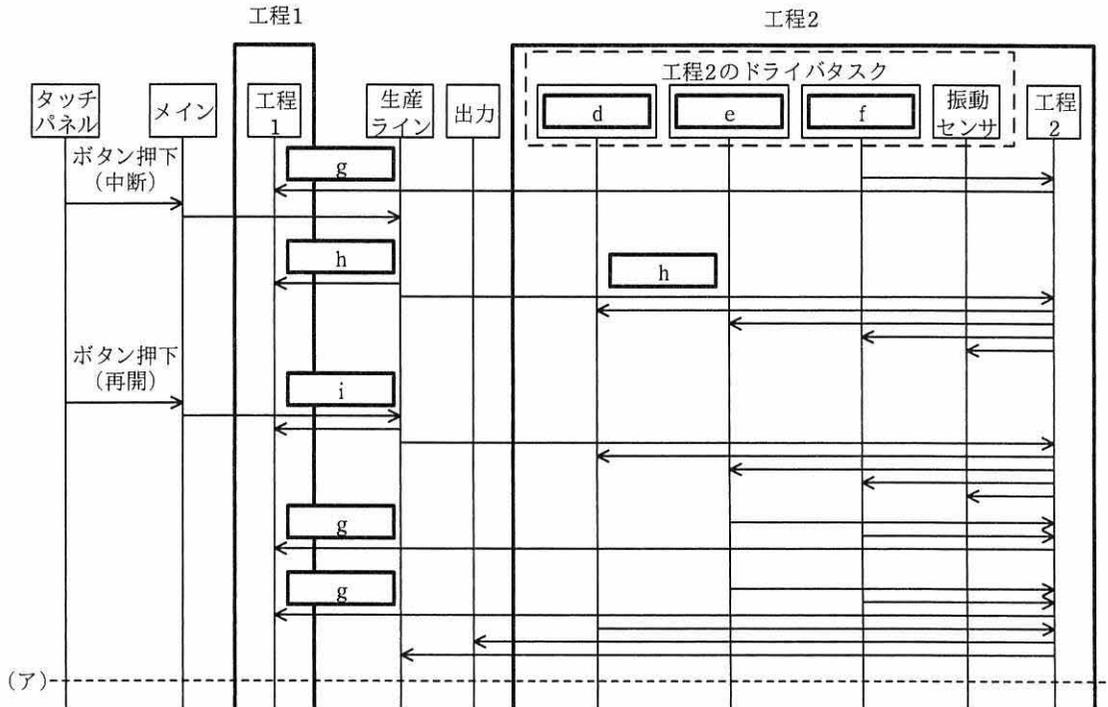
表 10 メインタスクの各状態の概要

状態	概要
起動待機中	制御プログラムが RAM に展開された後、起動を待っている状態
準備中	モデル及びドライバを RAM に展開している状態
エラー待機中	エラーを表示し、利用者が適切な SD カードを挿入するのを待っている状態
保存中	フラッシュメモリへの書込みを行っている状態
展開中	フラッシュメモリから読出しを行っている状態
通常動作中	収集及び分析を行っている状態
中断中	収集及び分析を中断している状態

(a) 図 5 中の条件 1 について、適切な内容を 30 字以内で述べよ。

(b) 図 5 中の条件 2 について、適切な内容を 35 字以内で述べよ。

(3) [本システムの適用例] の S 工場に設置された可視化装置におけるタスク間通信シーケンスの例を図 6 に示す。(a)~(d)に答えよ。



注記1 工程1のドライバタスク、及び工程タスクが1秒ごとに通知する工程情報通知は省略している。

注記2 タスクがメッセージを受け、対応する処理を行ってから他タスクにメッセージを通知している場合、メッセージを受けてから通知までの間に、他メッセージを受けない。

図6 タスク間通信シーケンスの例

- (a) 図6中の ~ について、どのセンサを管理するドライバタスクか。 ~ に入れる適切な字句を、投入センサ、電流センサ、産出センサのうち、いずれかで答えよ。
- (b) 図6中の ~ に入れる適切なメッセージ名を答えよ。
- (c) 図6中の工程1、工程2のうち、どちらが圧造工程か。工程1又は工程2のいずれかで答えよ。また、その理由を25字以内で述べよ。
- (d) 図6中の破線(ア)のタイミングにおける、工程2の稼働状態及びラインの稼働状態を、それぞれ表5中の工程・ラインの稼働状態で答えよ。ここで、工程1の稼働状態は“工程動作”であるものとする。

設問3 本システムの機能追加について、(1)、(2)に答えよ。

複数の工場で分担しているラインにおいて、E社が設置する情報共有サーバ

(以下、サーバという)と、それぞれの工場にある可視化装置をインターネットを介して接続し、統合して可視化したい。そのため、可視化装置には、自工程の工程情報をサーバに送信する機能と、他工場の工程情報をサーバから受信する機能を追加する。機能追加後の本システム(以下、新システムという)の概要を図7に示す。

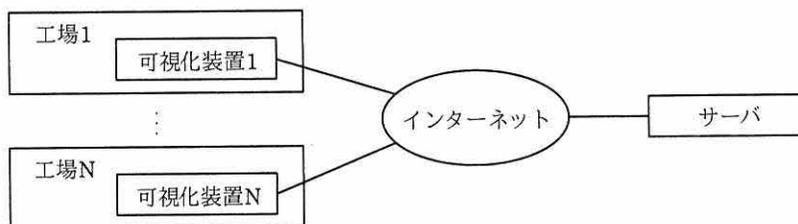


図7 新システムの概要

[モデルの変更点]

モデルの変更点を次に示す。

- ・ 作成日時の上に、64 バイトの“サーバへの接続情報”を追加する。サーバに接続しない場合は、“サーバへの接続情報”の先頭バイトを0にする。
- ・ 他工場が担当する工程は、工程名の先頭に“@”を付加する。
- ・ 他工場が担当する工程は、工程名の次に、その工程を担当する工場の識別子(以下、工場IDという)を追加する。工場IDは4バイトである。
- ・ 他工場が担当する工程は、投入センサのセンサ情報、産出センサのセンサ情報、設備数及び設備に関する情報を記述しない。

[制御プログラムのタスク変更概要]

制御プログラムのタスク変更概要を表11に示す。ここで、他工場工程タスク及びサーバ接続タスクは新規に作成するタスクである。他工場工程タスクは、他工場が担当する工程ごとに起動され、工程情報をサーバから取得して、生産ラインタスクに通知するタスクである。

表 11 制御プログラムのタスク変更概要

タスク名	変更概要
生産ライン	<ul style="list-style-type: none"> ・モデルの工程名の先頭に“@”が付いている場合、他工場工程タスクを起動する。 ・メインタスクから“中断”，“再開”を受けても、他工場工程タスクには転送しない。
工程	<ul style="list-style-type: none"> ・“<input type="text" value="j"/> ”をサーバ接続タスクにも通知する。 ・“投入量通知”は、他工場工程タスクには通知しない。
他工場工程	<ul style="list-style-type: none"> ・起動されると、10 秒ごとに、他工場が担当している工程の工程情報を、サーバ接続タスクを介してサーバから受け取り、収集情報及び分析情報を更新する。更新したら、その工程情報を生産ラインタスクに通知する。また、<input type="text" value="k"/> 場合、投入量を転送する。
サーバ接続	<ul style="list-style-type: none"> ・<input type="text" value="l"/> でない場合、無線 LAN I/F を介して、サーバと通信する。

- (1) [本システムの適用例]におけるネジの生産ラインについて、S 工場が圧造工程及び転造工程を、T 工場が熱処理工程を、U 工場が表面処理工程をそれぞれ担当する。各工場は、既に導入されている本システムを、新システムに更新する。(a)～(c)に答えよ。
- (a) S 工場の可視化装置におけるモデルのバイト数は、新システムに更新すると、何バイト増加又は減少するか。増加を正、減少を負として、正又は負の整数で答えよ。
- (b) 表 6 で示す生産指標のうち、S 工場と T 工場の可視化装置で稼働する工程タスクでは算出するが、U 工場の可視化装置で稼働する工程タスクでは算出しない生産指標が一つある。表 6 中の生産指標で答えよ。
- (c) ライン及び全ての工程について、表 6 中の生産指標を各工場のタッチパネルに表示している。S 工場が稼働し、T 工場が休業していると、S 工場のタッチパネルでは、転造工程の工程間滞留量はどのように表示されるか。15 字以内で答えよ。
- (2) 制御プログラムのタスク変更について、(a)～(c)に答えよ。
- (a) 表 11 中の に入れる適切なメッセージ名を答えよ。
- (b) 表 11 中の に入れる適切な字句を 25 字以内で述べよ。
- (c) 表 11 中の に入れる適切な字句を 25 字以内で述べよ。

[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	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。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、マスク
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、TM 及び [®] を明記していません。