

令和4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つ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3
選択方法	2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。3問とも○印で囲んだ場合は、はじめの2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。

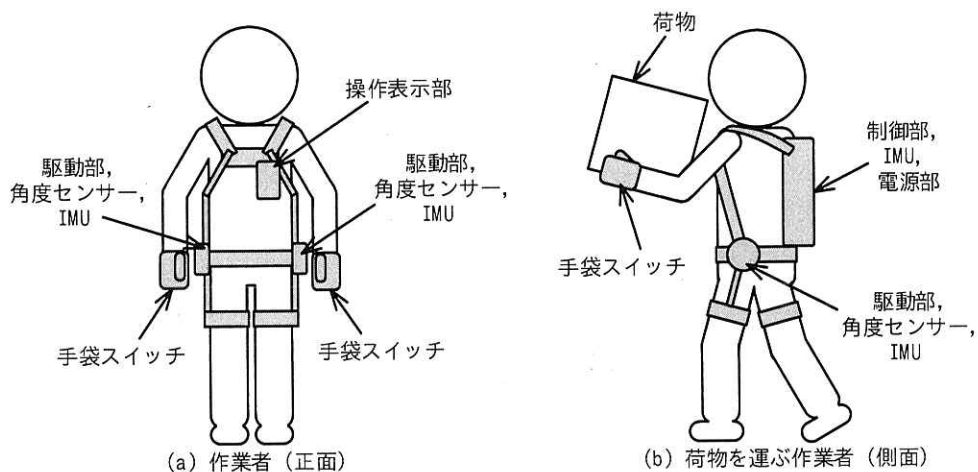
〔問1、問3を選択した場合の例〕

選択欄	
2 問 選 択	問1
	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 パワーアシストスーツに関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

A社は、物流倉庫などで働く作業者が、荷物を持つとき及び運ぶときの腰又は下肢の負担を軽減するパワーアシストスーツ（以下、PAスーツという）を開発している。PAスーツの外観を図1に示す。



注記 IMU は、加速度センサー、角速度センサーなどを一つのパッケージに統合した慣性計測ユニットを示す。

図1 PAスーツの外観

PAスーツは、各種センサーから取得した値によって、作業者の動作を判定する。判定した動作に応じて駆動部を制御して、腰又は下肢の負担を軽減するアシストを行う。

[PAスーツの構成]

PAスーツの構成を図2に、PAスーツの主な構成要素の機能概要を表1に示す。

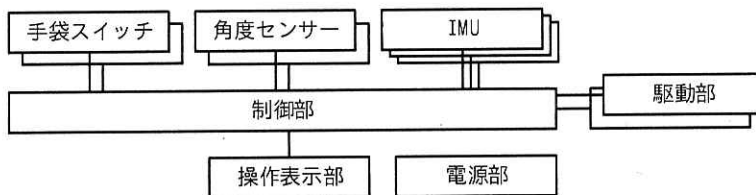


図2 PAスーツの構成

表 1 PA スーツの主な構成要素の機能概要

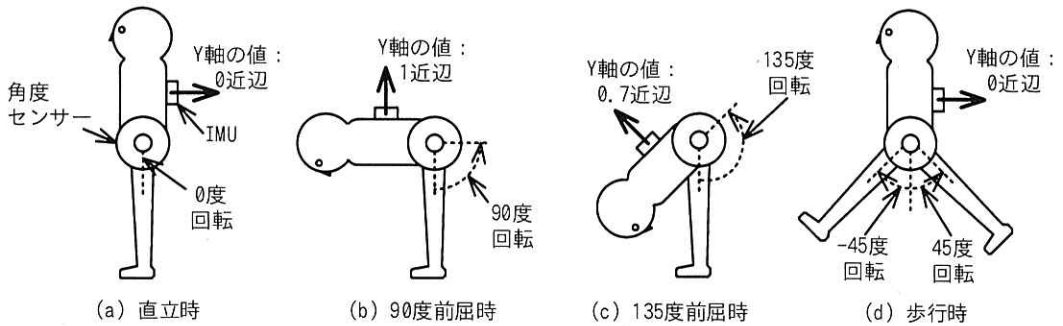
構成要素名	機能概要
制御部	<ul style="list-style-type: none"> ・ MCU, RAM, 複数のシリアル I/F などが搭載され, PA スーツ全体を制御する。 ・ シリアル I/F に, 三つの IMU と二つの角度センサーと二つの手袋スイッチ¹⁾が接続されている。 ・ 角度センサーから左右の下肢の角度を取得し, 背中にはある IMU から 3 軸の重力加速度を取得することによって, 姿勢の判定を行う。 ・ 腰の左右にある IMU から角速度を取得し, 左右の下肢の姿勢の変化を検出する。 ・ 二つの手袋にある手袋スイッチから, 手が荷物などの物体と接触していることを検出する。 ・ 各種センサー情報によって, アシストの内容を決定及びトルクの算出を行う。
駆動部	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一つの駆動部は一つのモーターをもつ。 ・ 制御部から指示を受け, モーターを制御してトルクを発生させる。
操作表示部	<ul style="list-style-type: none"> ・ PA スーツの電源を投入するための電源スイッチがある。 ・ ボタン操作によって, アシストのレベル (以下, アシストレベル²⁾という) を調整する。 ・ 7セグメント LED に現在のアシストレベルなどを表示する。

注¹⁾ 手袋スイッチは, 手が物体と接触している場合は ON を, 接触していない場合は OFF を出力する。

注²⁾ アシストレベルには 1~5 の段階があり, 1 が最も弱く, 5 が最も強くアシストを行う。3 を初期値とする。

〔姿勢とセンサーの関係〕

横から見た姿勢と角度センサー及び背中にはある IMU の値との関係を図 3 に示す。



注記 Y 軸の値は, 背中にはある IMU の 3 軸の重力加速度のうち Y 軸の値を示す。

図 3 横から見た姿勢と角度センサー及び背中にはある IMU の値との関係

〔アシストの概要〕

PA スーツは, 荷物の持ち上げ及び持ち下げ時は腰の負担の軽減を行い, 歩行時は下肢の負担の軽減を行う。PA スーツの状態と動作概要を表 2 に示す。

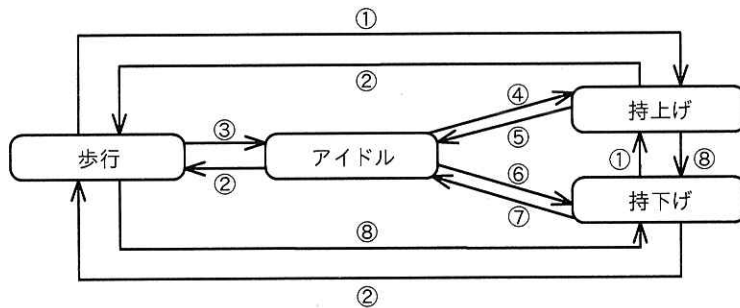
なお, 荷物を持っていても直立しているときには, PA スーツの状態はアイドル状態となり, アシストを行わない。

表 2 PA スーツの状態と動作概要

PA スーツの状態	動作概要
アイドル	アシストしていない状態
持上げ	荷物を持ち上げるときに、直立にするように腰をアシストしている状態
持下げ	荷物を下ろすときに、前にかがむように上半身を支え、腰をアシストしている状態
歩行	歩行しやすくするように、下肢をアシストしている状態

注記 持上げ、持下げと歩行は同時に行わないものとする。

PA スーツの状態遷移を図 4 に、PA スーツの状態遷移の条件一覧を表 3 に示す。図 4 の遷移の番号は表 3 の項番に対応している。



注記 電源が投入されたときの初期状態はアイドル状態となる。

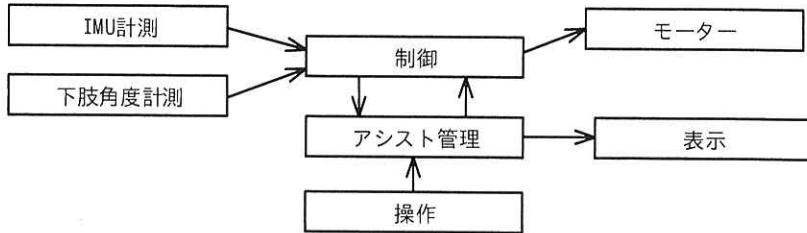
図 4 PA スーツの状態遷移

表 3 PA スーツの状態遷移の条件一覧

項番	遷移条件
①	手袋スイッチが ON, かつ, 角度センサーの値が減少するとき, かつ, a
②	一定時間, 左右の角度センサーの値が交互に増減を繰り返したとき
③	一定時間, 左右の角度センサーの値が変化しなかったとき
④	手袋スイッチが ON, かつ, 角度センサーの値が持上げ開始角度内 (80 度~90 度) から減少するとき, かつ, a
⑤	手袋スイッチが OFF, 又は, 角度センサーの値が 0 度近辺であり, 背中にある IMU の Y 軸の値が 0 近辺のとき
⑥	手袋スイッチが ON, かつ, 角度センサーの値が持下げ開始角度内 (0 度~10 度) から増加するとき
⑦	手袋スイッチが OFF を検出したとき
⑧	手袋スイッチが ON, かつ, 角度センサーの値が増加するとき

〔制御部のソフトウェア構成〕

PA スーツの制御部では、リアルタイム OS を使用する。制御部の主なタスクの構成を図 5 に、制御部の主なタスクの処理概要を表 4 に示す。



注記 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 5 制御部の主なタスクの構成

表 4 制御部の主なタスクの処理概要

タスク名	処理概要	Pr ¹⁾
制御	<ul style="list-style-type: none"> ・ (ア) あるタスクから特定の通知を受けると、次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - IMU 計測タスクから IMU の計測値の通知を受けていた場合、IMU 計測情報を更新する。 - 手袋スイッチの状態、下肢の角度情報、及び IMU 計測情報から PA スーツの状態を判定する。 - PA スーツの状態が違う状態に移移したときは、アシスト管理タスクに通知する。 - アシスト管理タスクから b の通知を受けていた場合、保存していた情報を更新する。 - PA スーツの状態及び b からアシスト強度を算出し、モータータスクに通知する。 ・ 実行時間は最大 500 マイクロ秒である。 	1
アシスト管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 操作タスクからボタン操作の通知を受けると、ボタンの操作内容からアシストレベル情報を 1～5 の範囲で更新し、制御タスクに通知する。 ・ 制御タスクから c の通知を受けると、保存していた情報を更新する。 ・ PA スーツの状態及び b から表示情報を作成し、表示タスクに通知する。 ・ 実行時間は最大 3 マイクロ秒である。 	3
IMU 計測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 500 マイクロ秒間隔の OS タイマーによって起動される。 ・ IMU の計測値を収集し、制御タスクに通知する。 ・ 実行時間は 10 マイクロ秒である。 	2
下肢角度計測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 ミリ秒間隔の OS タイマーによって起動される。 ・ 角度センサーから下肢の角度情報を収集し、制御タスクに通知する。 ・ 実行時間は 5 マイクロ秒である。 	1
モーター	<ul style="list-style-type: none"> ・ 制御タスクからアシスト強度の通知を受けると、トルクを算出し、駆動部に送信する。 ・ 実行時間は 10 マイクロ秒である。 	1
表示	<ul style="list-style-type: none"> ・ アシスト管理タスクから表示情報の通知を受けると、操作表示部の 7 セグメント LED の表示を更新する。 ・ 実行時間は 1 マイクロ秒である。 	4
操作	<ul style="list-style-type: none"> ・ 操作表示部のボタンが押されると、アシスト管理タスクにボタン操作を通知する。 	5

注¹⁾ Pr はタスクの優先度であり、小さい値ほど高いものとする。

設問1 PAスーツのシステム仕様について答えよ。

(1) 持上げ状態のとき角度センサーの値が増えると、どの状態に遷移するか。

表2中のPAスーツの状態で答えよ。

(2) PAスーツの状態の判定について、(a)、(b)に答えよ。

(a) 表3中の の条件を入れなかった場合、肘掛^{ひじ}のある椅子に座った状態で、椅子の肘掛けに両手を置き、立ち上がろうとしたときに、PAスーツの状態は持上げ状態に遷移した。その理由を、45字以内で答えよ。

(b) (a)の遷移を防ぐために追加した条件 を30字以内で答えよ。

設問2 制御部のソフトウェアについて答えよ。

(1) 表4中の下線(ア)の通知について、どのタスクから何の情報の通知を受けるか。タスク名と情報を答えよ。

(2) 表4中の , に入れる適切な字句を答えよ。

(3) 下肢角度計測タスクが起動してから、モータータスクの動作完了までの実行時間は最大何マイクロ秒か。ここで、OSの処理時間は無視できるものとする。

設問3 PAスーツの改良について答えよ。

作業者がアシストレベルを操作表示部で設定する手間を省くために、荷物の重量に応じてアシストレベルが自動で追従する機能(以下、自動追従機能という)と、過負荷やふらつき動作による作業者の危険状態に対する安全対策の機能を追加することにした。そのための機能変更とハードウェア変更の内容を次に示す。

- ・自動追従機能は、操作表示部のボタンの操作によって、有効と無効の切替えができるようにする。
- ・作業者の作業負荷を計測するために足裏荷重センサーを備えた靴を追加する。足裏荷重センサーは、制御部のシリアル I/F に接続する。
- ・作業者の筋肉への負荷を計測するために腰と大腿部^{だいたい}付近に筋電位センサーを追加し、制御部のシリアル I/F に接続する。筋電位センサーは筋肉への負荷が増えるほど大きい値を返す。
- ・(イ)ある情報を用いて、作業者のふらつきなどの危険動作を検出する。
- ・作業中止を促すためのブザーを制御部に追加する。

制御部のタスクの変更概要を表 5 に示す。ここで、筋電位計測及び足裏荷重計測タスクは、新規に追加するタスクである。

表 5 制御部のタスクの変更概要

タスク名	変更概要	Pr
制御	<ul style="list-style-type: none"> ・ 通知¹⁾を受けると、次の処理をアシスト強度の算出の前に追加で行う。 <ul style="list-style-type: none"> - アシスト管理タスクから自動追従機能が有効の通知を受け、筋電位計測及び足裏荷重計測タスクから筋電位情報と足裏荷重情報の通知を受けていた場合、次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> + 自動追従機能が有効になった直後、足裏荷重情報を体重として設定する。 + PA スーツの状態がアイドル状態から持上げ状態に移したとき、d。 + 荷物の重量を基にアシストレベル情報を決定する。荷物の重量が保存されていないときは、初期値とする。 - 筋電位情報の値の変化を基に、e を計測する。 - 一定時間、e が高い状態を検出した場合や、ふらつきの検出によって作業の継続が危険と判定された場合、ブザーを鳴らし、作業中止を促す。 	1
アシスト管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 操作タスクからボタン操作の通知を受けると、ボタンの操作内容から自動追従機能の有効／無効とアシストレベル情報を 1～5 の範囲で更新し、制御タスクに通知する。 ・ 自動追従機能の有効／無効、PA スーツの状態、及びアシストレベル情報から表示情報を作成し、表示タスクに通知する。 	3
筋電位計測及び足裏荷重計測	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 ミリ秒間隔の OS タイマーによって起動される。 ・ 筋電位センサーの値と足裏荷重センサーの値を読み取り、筋電位情報と足裏荷重情報を制御タスクに通知する。 	3

注¹⁾ この通知は、表 4 中の下線 (ア) と同じ通知である。

(1) 本文中の下線 (イ) のある情報とは何か、表 4 中の字句から選んで答えよ。

また、その理由を、30 字以内で答えよ。

(2) 表 5 中の d に入れる適切な処理を 35 字以内で答えよ。

(3) 表 5 中の e に入れる適切な字句を 10 字以内で答えよ。

問2 競泳計時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、50m×8レーンの競泳競技用プールに設置され、競技の審判、計時、記録、及び競技結果の表示を行う、競泳計時システム（以下、本システムという）を開発している。本システムは、審判計時機、競技サーバ、電光掲示板、合図機、スタート台、及びタッチ板で構成される。本システムの概要を図1に、本システムの主な構成要素を表1に、審判計時機の構成を図2に、それぞれ示す。

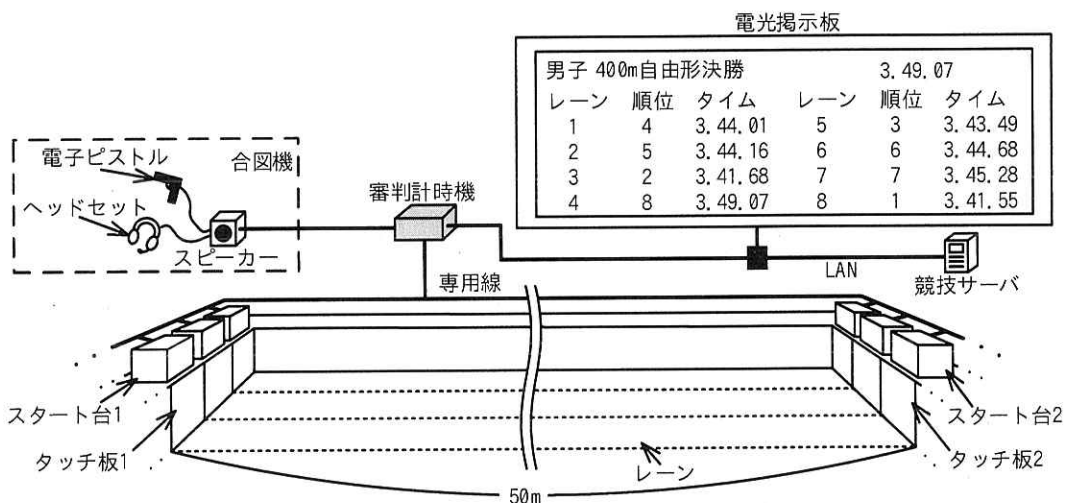
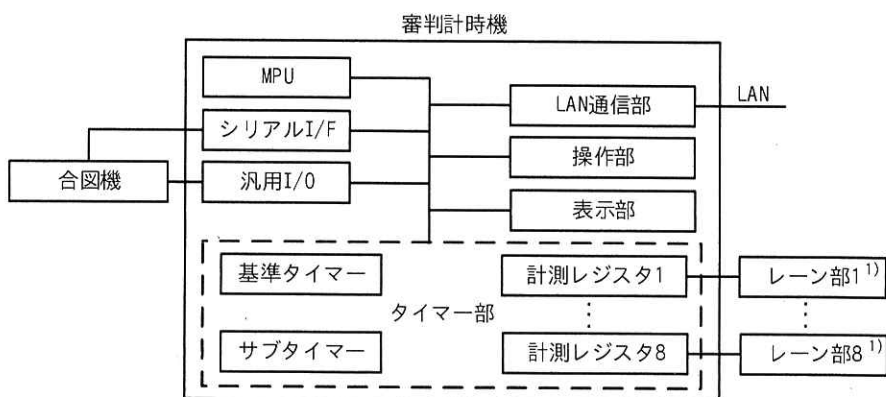


図1 本システムの概要

表1 本システムの主な構成要素

構成要素名	機能概要
競技サーバ	・ 競技の開始予定時刻、種目、距離、使用するレーン、過去の記録、参加選手及び競技結果といった、競技に関する情報（以下、競技情報という）を管理する。
審判計時機	・ 競技サーバから取得した競技情報に従って、競技の進行、審判、計時を行う。
合図機	・ スピーカー、ヘッドセット、電子ピストルで構成される。 ・ 審判計時機からシリアル I/F を介して音声出力の指示を受けると、ヘッドセット又はスピーカーから音声を出力する。 ・ 電子ピストルのトリガーが引かれると、審判計時機の汎用 I/O に信号を入力する。
スタート台 1, 2	・ 選手が乗っているか否かの状態が変化するたびに、審判計時機のタイマー部に信号を入力する。 ・ スタート台 1 は競技の最初のスタート側、スタート台 2 はその対面側に設置される。
タッチ板 1, 2	・ 触れられると、審判計時機のタイマー部に信号を入力する。 ・ タッチ板 1 は競技の最初のスタート側、タッチ板 2 はその対面側に設置される。
電光掲示板	・ 競技サーバからの指示で、情報を表示する。



注¹⁾ レーン部1からレーン部8には、それぞれスタート台1, 2とタッチ板1, 2が備わっている。スタート台1, 2及びタッチ板1, 2は、それぞれ信号線でレーン番号に対応した計測レジスタと接続されていて、状態の変化を検知すると、計測レジスタの値が更新される。

図2 審判計時機の構成

〔競技の流れ〕

本システムを使用した、競技の流れを次に示す。

- (1) 競技サーバには、その日に行われる、全ての競技の競技情報が保存されている。
- (2) 審判員は、審判計時機の操作部にある“準備”ボタンを押し、競技準備を始める。
- (3) 合図員は、合図機のヘッドセットを装着し、電子ピストルを携える。
- (4) 審判計時機の表示部に“準備完了”が表示されたことを確認した審判員が、操作部にある“選手セット”ボタンを押すと、合図機のスピーカーからホイッスル音出力される。ホイッスル音を合図に、競技に参加する選手はスタート台に乗る。全ての選手がスタート台に乗ると、合図機のヘッドセットからセット完了音出力される。
- (5) 合図員は、選手に構えるよう号令し、全ての選手がスタート姿勢で静止したことを確認したら、電子ピストルのトリガーを引く（以下、開始合図という）。
- (6) 合図機のスピーカーからスタート音出力され、競技が開始される。
- (7) 審判計時機の表示部及び電光掲示板に、競技開始からの経過時間（以下、競技時間という）が、1/100秒ごとに更新・表示される。また、選手がタッチ板に触れて折り返すと、折返し区間までの経過時間（以下、途中経過タイムという）が表示部及び電光掲示板に表示される。計測単位は、いずれも1/100秒である。

- (8) 開始合図よりも先に、又はリレー競技において前の選手がタッチ板に触れるよりも先に、選手がスタート台を離れると、フライングと判定される。フライングした選手又はチームは、ゴールした後に失格となる。
- (9) 全ての選手がゴールしたら、競技開始から選手又はチームがゴールするまでの経過時間（以下、競技タイムという）又は失格の情報が、審判計時機の表示部及び電光掲示板に表示される。以後、最終競技の終了まで、(2)からの手順を繰り返す。

〔審判計時機のタイマー部〕

審判計時機のタイマー部の仕様を次に示す。

- ・基準タイマーは 20 ビットのカウンタアップタイマーで、サブタイマーの値が 0 になるたびにカウンタアップする。サブタイマーは 16 ビットのカウンタダウンタイマーで、1/32 ミリ秒でカウンタダウンする。
- ・どちらのタイマーも MPU から読み書き可能である。読み出すとタイマーのカウンタ値が得られ、値を書き込むと、その値を初期値として、タイマーが動作する。
- ・基準タイマーがカウンタアップしたとき、MPU に“基準タイマー割込み”が入力される。
- ・サブタイマーは値が 0 になると、又は基準タイマーは値が 16 進数で FFFFF になると、どちらも、次にカウンタダウン又はカウンタアップをするまでの間に初期値がリロードされる。
- ・計測レジスタ 1～8 は 23 ビットのレジスタで、接続されたスタート台及びタッチ板から信号が入力されるたびに、上位 3 ビットに信号の出力元を表す値（以下、出力元 ID という）が、下位 20 ビットにそのときの基準タイマーの値がそれぞれ入る。
- ・計測レジスタ 1～8 は、値を更新したら“計時割込み 1～8”を MPU に入力する。計測レジスタ 1～8 の上位 3 ビットに入る出力元 ID の一覧を表 2 に示す。

表 2 出力元 ID の一覧

出力元 ID	000	001	100	101	110	111
出力元	タッチ板 1	タッチ板 2	スタート台 1 (無)	スタート台 2 (無)	スタート台 1 (乗)	スタート台 2 (乗)

注記 1 010, 011 の出力元 ID は存在しない。

注記 2 “(無)”は選手が乗っていないこと，“(乗)”は選手が乗っていることを表す。

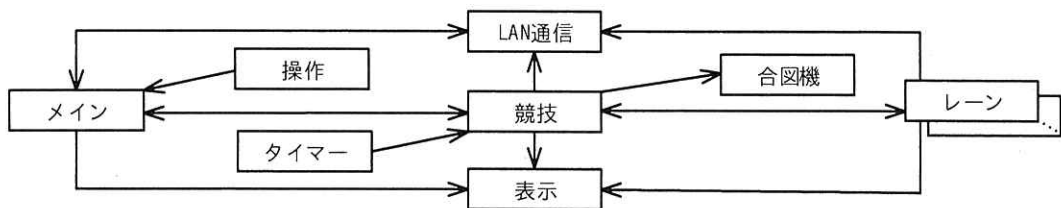
〔競技開始時の故障判定とフライング判定〕

競技開始時の故障判定とフライング判定の処理を次に示す。

- (1) “準備” ボタンが押されたら、競技開始時の故障判定とフライング判定を行うために、基準タイマーに 16 進数 80000 を、サブタイマーに 1/100 秒で 0 となる値を書き込む。
- (2) 電子ピストルのトリガーが引かれたら、合図機から汎用 I/O に信号が入力され、割込みが発生する。この割込みを検知したら、基準タイマーの値が 16 進数 80000 より大きくなっていることを確認する。確認できたら基準タイマーに 0 を、サブタイマーに 1/100 秒で 0 となる値を書き込んで、合図機にスタート音の出力を指示する。確認できなかった場合は、故障と判断して表示部に“故障”を表示する。
- (3) 選手がスタート台に乗った後で、計時割込みを検知したら、対応する計測レジスタの値を読み出す。出力元 ID が 100 で、下位 20 ビットが 16 進数で 80000 以上であれば、そのレーンのスタートはフライングと判定する。

〔審判計時機のソフトウェア構成〕

審判計時機のソフトウェアには、リアルタイム OS を使用する。審判計時機的主要なタスク構成を図 3 に、審判計時機的主要なタスクの処理概要を表 3 に示す。



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 3 審判計時機的主要なタスク構成

表 3 審判計時機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"> ・ 審判計時機全体を管理し、起動時に他タスクの生成・起動を行う。 ・ 操作タスクを介して、操作部からの操作を受け付ける。 <ul style="list-style-type: none"> - “準備” ボタン押下を受けると、次の競技の競技情報を競技サーバから取得して、競技タスクに“準備開始”で通知する。 - [a] を受けると、競技タスクに“選手セット開始”を通知する。 ・ [b] から “[c] ”を受けると、表示タスクに“故障”を表示させる。
競技	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 回ごとの競技について、準備から終了までを管理する。 ・ メインタスクから“準備開始”を受けると、受けた競技情報に従って、使用するレーンのレーンタスク（以下、使用タスクという）に、そのレーンに関する競技情報を、“準備開始”で通知する。使用しないレーンのレーンタスクには“休止”を通知する。 ・ 全ての使用タスクから“準備完了”を受けると、[d] に [e] を指示する。 ・ メインタスクから“選手セット開始”を受けると、[f] に [g] を指示する。 ・ 全ての使用タスクから“選手セット完了”を受けると、[f] に [h] を指示する。 ・ 合図機からの割込み通知を受けると、基準タイマーの値を確認し、異常と判断した場合は、メインタスクに“タイマー異常”を通知する。異常がなければ、[f] にスタート音の出力を指示する。 ・ 競技中にタイマータスクからの通知を受けると、基準タイマーの値を読み出し、表示タスク及び LAN 通信タスクに指示して競技時間を表示させる。 ・ [i] から、“[j] ”を受けると、競技結果をまとめて競技サーバに送信する。
レーン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1～8 の八つのタスクが生成され、一つのタスクが一つのレーンを担当する。 ・ 競技タスクから“準備開始”を受けると、競技情報を確認して変数の初期化などの準備を行い、競技タスクに“準備完了”を返す。 ・ [k] と、競技タスクに“選手セット完了”を返す。以後、自レーンの計測レジスタから入力される計時割込みの通知に従い、途中経過タイムの計測、フライング及びゴールを判定する。 ・ ①途中経過タイムが更新されたとき、及び競技タイムが確定したとき、表示タスク及び LAN 通信タスクに指示してタイムを表示させる。 ・ 選手がゴールしたら、“競技終了”を競技タスクに通知する。 ・ 競技タスクから“休止”を受けると、以後“準備開始”を受けるまで、ほかの通知を受けても無効にする。
タイマー	<ul style="list-style-type: none"> ・ 競技タスクからの要求で、基準タイマーに指定された値を、サブタイマーに 1/100 秒で 0 となる値を書き込む。 ・ “基準タイマー割込み”を受けると、競技タスクに通知する。
LAN 通信	<ul style="list-style-type: none"> ・ 競技サーバとの通信を行う。
合図機	<ul style="list-style-type: none"> ・ 競技タスクから出力を指示された音声を、合図機に出力させる。
操作	<ul style="list-style-type: none"> ・ 操作部が受け付けた操作を、メインタスクに通知する。
表示	<ul style="list-style-type: none"> ・ 他タスクからの指示に従い、表示データを作成して表示部に表示させる。

設問 1 本システムについて答えよ。

(1) タイマー部について、(a)、(b)に答えよ。

(a) サブタイマーに設定する値は幾つか。10 進数の整数で答えよ。

- (b) 基準タイマーの最上位ビットを競技開始時のフライング判定に用いている。基準タイマーで計測できる競技時間は最大何分となるか。答えは小数点以下を切り捨て、10進数の整数で答えよ。ここで、16ビットで表現できる最大の数は65,535である。
- (2) 4×100m リレー競技の引継ぎにおいて、フライングを検出する方法を、計測レジスタの出力元IDを踏まえて40字以内で答えよ。ここで、4×100m リレー競技とは、50m プールを4人の選手が1人1往復ずつ泳ぐ競技である。

設問2 審判計時機のタスクについて答えよ。

- (1) メインタスクについて、表3中の ~ に入れる適切な字句を答えよ。
- (2) 競技タスクについて、表3中の ~ に入れる適切な字句を答えよ。
- (3) レーンタスクについて、(a)~(c)に答えよ。
- (a) 表3中の に入れる適切な内容を25字以内で答えよ。
- (b) 表3中の下線①の処理を行うのは計測レジスタの値がどのようなときか。15字以内で答えよ。
- (c) 競技タスクに、失格の有無を通知するのはどのタイミングか。20字以内で答えよ。

設問3 審判計時機の機能追加について答えよ。

可用性を向上させるため、審判計時機を2台設置して、一方を主機、他方を補機として、主機が故障しても補機によって競技を続けられるようにする。スタート台、タッチ板、及び合図機は、主機と補機の双方に等しく接続し、主機と補機を4本の信号線で接続する。4本の信号線のうち2本は、主機で“準備”ボタン又は“選手セット”ボタンが押されたことを補機に伝える、操作通知信号線として用いる。1本は、主機から補機に定期的に割込みを入力することで、正常動作していることを伝える監視用信号線として用いる。残りの1本は、補機の汎用I/Oから主機のMPUのリセット信号に接続され、主機が故障したと判断した補機が、主機のMPUを動作させないように信号出力するために使用する。

審判計時機は、電源投入後1分以内に“準備”ボタンと“選手セット”ボタンが同時に押された場合は補機として、それ以外は主機として動作させる。主

機、補機どちらも競技の進行、審判、計時の動作を行うが、合図機への指示及び競技サーバへの競技時間、途中経過タイム、競技結果の送信は、主機だけが
 行い、補機は、主機が故障したと判断したら、主機の動作を代行する。

審判計時機の主なタスクの変更概要を表 4 に示す。ここで、機器間通信・監視タスクは新規に追加するタスクである。

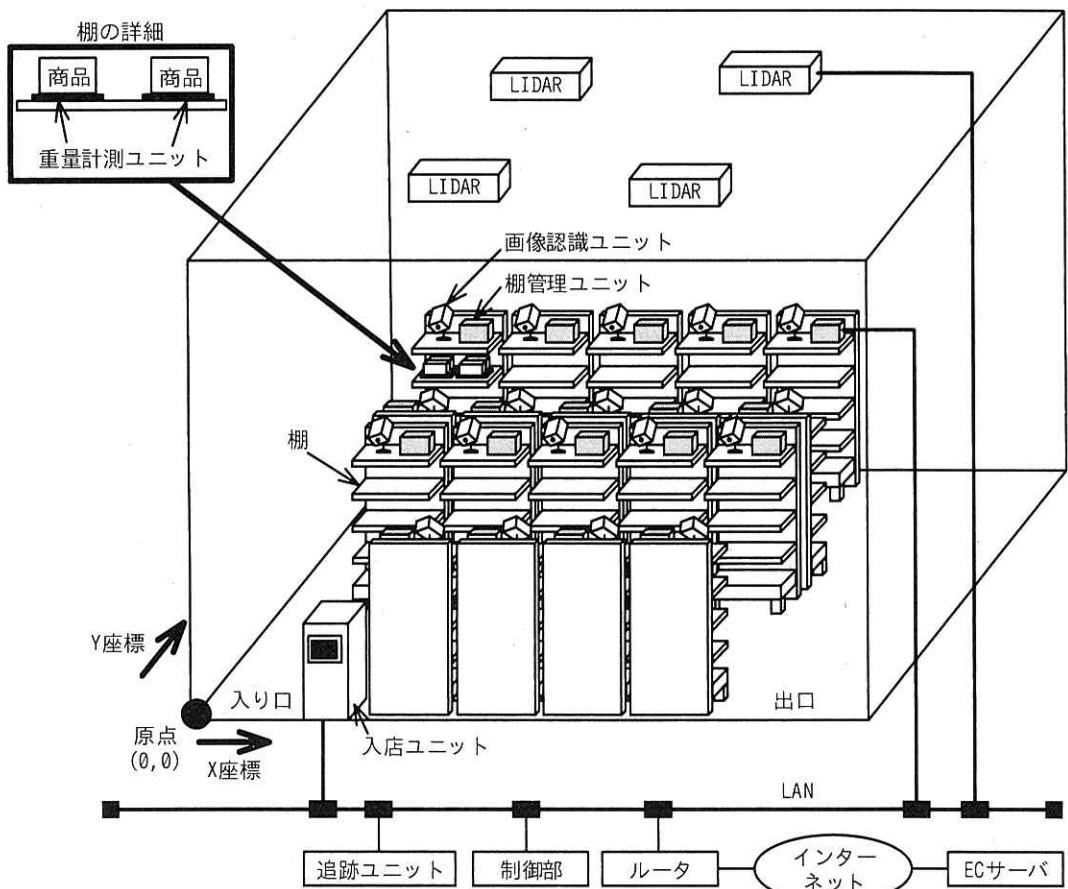
表 4 審判計時機の主なタスクの変更概要

タスク名	変更概要
メイン	<ul style="list-style-type: none"> ・起動時は操作タスクだけを生成し、1 分間、操作タスクからの通知を待ってから他タスクの生成を行う。この間に、“準備” ボタンと“選手セット” ボタンが同時に押されているという通知を受けると、補機として動作する。 ・主機として動作中、操作を受けたら、操作情報を機器間通信・監視タスクに通知する。 ・補機として動作中、機器間通信・監視タスクから操作情報を受けると、操作タスクを介して操作を受け付けるのと同様の処理を行う。また、“異常検知”を受けると、必要な各タスクに通知して、以後、主機として動作する。
競技	<ul style="list-style-type: none"> ・補機として動作するときは、<input data-bbox="659 842 755 871" type="text" value="l"/>。
機器間通信・監視	<ul style="list-style-type: none"> ・主機として動作する場合は、次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 操作情報を受けると、操作通知信号線にパルスを出力して補機に通知する。 - 基準タイマー割込みを通知されると、監視用信号線にパルスを出力して、補機の MPU に割込み信号を入力する。 ・補機として動作する場合は、次の処理を行う。 <ul style="list-style-type: none"> - 操作通知信号線に入力されたパルスによる割込みを受けると、操作情報をメインタスクに通知する。 - 監視用信号線の割込み回数をカウントする変数を用意し、監視用信号線の割込み信号が入力されるたび、回数を 1 増やす。 - 基準タイマー割込みを通知されると、監視用信号線の割込み回数をカウントする変数の値を、前回の値と比較する。2 回連続で同じ値ならば、主機の MPU のリセット信号を出力し、メインタスクに“異常検知”を通知する。
タイマー	<ul style="list-style-type: none"> ・起動されると、1/100 秒ごとに“基準タイマー割込み”が発生するように、基準タイマー及びサブタイマーを開始する。 ・基準タイマー割込みを機器間通信・監視タスクにも通知する。
LAN 通信	<ul style="list-style-type: none"> ・補機として動作中は、<input data-bbox="598 1373 694 1402" type="text" value="m"/>、<input data-bbox="728 1373 824 1402" type="text" value="n"/> から受けた通知を無効にする。

- (1) メインタスクが、主機・補機の変更を通知するタスクを全て答えよ。
- (2) 表 4 中の に入れる変更点を 20 字以内で答えよ。
- (3) 表 4 中の 、 に入れる適切なタスク名を答えよ。

問3 無人店舗システムに関する次の記述を読んで、設問に答えよ。

C社は、オンラインショップと連携する無人店舗システムを開発している。オンラインショップに登録済みの来店者（以下、利用者という）が、オンラインショップで使用するID情報（以下、会員IDという）を用いて入店すると、無人店舗システムは、利用者が購入したい商品を持って退店するだけで自動的に決済を行う。さらに、店内での利用者の行動（以下、行動情報という）を収集して、オンラインショップで活用する。無人店舗システムの概略図を図1に、無人店舗システムの主な構成要素を表1に示す。



注記1 棚管理ユニット及びLIDAR (Light detection and ranging) は全てLANに接続されているが、簡略化のために、一部の接続だけ図に示している。

注記2 全ての棚には商品が陳列され、商品の下には重量計測ユニットが設置されているが、簡略化のために、1か所だけ図に示している。

注記3 店舗の左下を原点としたXY座標系で店内における利用者の位置を管理する。

図1 無人店舗システムの概略図

表 1 無人店舗システムの主な構成要素

構成要素名	説明
入店ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・店舗の入り口に設置され、QR コードリーダーが付いている。 ・QR コードから読み取った会員 ID を制御部に送信する。
重量計測ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・棚の各商品の下に設置されており、1g 単位での重量の測定が可能である。 ・あらかじめ設定した値以上の重量の変化を検知した場合に棚管理ユニットに送信する機能と、棚管理ユニットからの要求で現在の重量を送信する機能がある。 ・同じ棚に設置された全ての重量計測ユニットは、その棚の棚管理ユニットと共通のバスで接続されている。データの送受信が競合した場合、データは保証されない。 ・付属する重量センサーは、重量に比例した電圧を出力し、この電圧から重量を測定する。
画像認識ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての棚に 1 台ずつ設置されており、同じ棚に設置されている棚管理ユニットと接続されている。 ・カメラで撮影した画像を基に、棚に手を伸ばした利用者の座標と、棚上の手の位置を検出して、棚管理ユニットに送信する。
棚管理ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての棚に 1 台ずつ設置されている。 ・重量計測ユニット及び画像認識ユニットから受信した情報を基に、利用者が棚から手に取った、又は戻した商品とその個数を算出し、それを実施した利用者の座標と紐づけて、制御部に送信する。
LIDAR	<ul style="list-style-type: none"> ・赤外レーザー光を用いた距離センサーであり、店内の天井に複数台設置されている。 ・赤外レーザー光を周囲に照射し、物体に当たった光が反射光として返ってくるまでの時間から、物体との距離を高精度に測定する。 ・画角は 120 度であり、1 秒間に 32 回の頻度で点群データ¹⁾を取得し、追跡ユニットに送信する。
追跡ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・全ての LIDAR から点群データを受信し、それらを併せて一つの座標空間にマッピングする。マッピングした点群データなどを基に利用者の位置を検知し、XY 座標系で追跡する（以下、利用者の検知から追跡までの処理を含めて追跡処理という）。 ・追跡した利用者の座標情報を制御部に送信する。 ・各処理を、1 コアのプロセッサで順に実行する。
制御部	<ul style="list-style-type: none"> ・各ユニットから受信した情報を基に、利用者の買い物の状況を管理し、また、店内の行動情報を収集する。 ・利用者の退店時に、各種情報を EC サーバに送信する。
EC サーバ	<ul style="list-style-type: none"> ・会員 ID、個人情報及び購買情報などを管理しているサーバであり、商品代金などの決済処理も行う。

注¹⁾ 赤外レーザー光が物体に当たった点ごとに 3 次元の情報を保有しており、その点のデータ及びその集合を表す。

〔無人店舗システムの動作概要〕

- ① 利用者がオンラインショップ用アプリケーションプログラムに表示された QR コードを入店ユニットにかざして入店すると、制御部はその利用者の買い物の状況を管理するための仮想のカート（以下、仮想カートという）を割り当て、追跡ユニットによる追跡処理及び行動情報の収集を開始する。

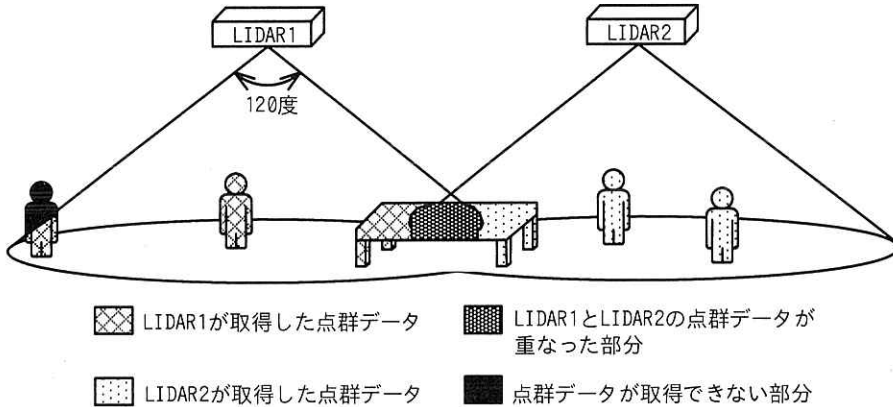
- ② 利用者が棚から商品を手に取ると、制御部は、棚管理ユニットが検知した利用者の座標と追跡ユニットで検知した利用者の座標を突き合わせることで会員 ID との紐づけを行い、その利用者の仮想カートに、手に取った商品の情報を登録する。商品が棚に戻された場合も同様の手順で会員 ID との紐づけを行い、その利用者の仮想カートからその商品の情報を削除する。
- ③ 追跡ユニットの情報から利用者の退店を検知すると、制御部はその利用者の仮想カートの情報及び行動情報を EC サーバに送信する。
- ④ EC サーバで決済が完了すると、利用者のオンラインショップ用アプリケーションプログラムに決済の情報が通知される。

なお、無人店舗システムでは、利用者が商品を手に取りそのまま自分の鞆かばんに入れることは問題ないが、ほかの利用者の QR コードによる入店、(ア) 店内でほかの利用者への商品の手渡し、別の棚に商品を戻すことは禁止している。

[追跡処理]

店内の天井には複数の LIDAR が設置されている。追跡ユニットでは、まず、各 LIDAR から点群データを収集し、フィルタリング処理、同じ座標空間へのマッピング処理などの前処理を実施する。これによって、店内全体を一つの座標空間として把握することができる。次に、この座標空間にマッピングされた点群データ及び入店後の利用者の座標などから追跡処理を実施する。最後に、制御部へのデータの送信などの後処理を行っている。各処理の処理時間は、前処理が最大 20 ミリ秒、後処理が最大 10 ミリ秒であり、追跡処理は 1m² 当たり最大 0.2 ミリ秒である。さらに、利用者の追跡を行うためには、追跡ユニットの一連の処理を 1 秒間に 16 回実施する必要がある。

なお、LIDAR の点群データが十分に取得できない部分では正常に利用者を検知できない。利用者を検知するためには少なくとも床から 50cm 以上の高さまで赤外レーザー光が照射されている必要がある。また、複数の LIDAR の照射範囲が重複するように設置することで、隙間なく広い範囲での追跡処理が可能である。複数 LIDAR の照射範囲の例を図 2 に示す。



注記1 死角になる位置の点群データは取得できないが、説明を分かりやすくするために図では描画している。また、床面は省略している。

注記2 LIDARは、照射部を頂点とした円すい形状の空間内に赤外レーザー光を照射する。

図2 複数LIDARの照射範囲の例

〔行動情報〕

利用者の退店時に EC サーバに送信される行動情報の電文フォーマット及びデータサイズを表2に示す。

表2 行動情報の電文フォーマット及びデータサイズ

要素名	説明とデータサイズ
ヘッダ	・行動情報のヘッダ情報(8)
会員ID	・オンラインショップと共通して使用する会員固有のID(8)
入店日時	・店舗への入店日時(8)
退店日時	・店舗からの退店日時(8)
立寄り情報	・5秒以上立ち止まった棚の数(2) ・{棚の座標(4) + 滞在時間(4)} × 5秒以上立ち止まった棚の数
手に取った商品の情報	・手に取った商品の種類数(2) ・商品のID(4) × 手に取った商品の種類数
購入した商品の情報	・購入した商品の種類数(2) ・{商品のID(4) + 商品数(2)} × 購入した商品の種類数

注記1 同じ棚で複数回にわたって立ち止まった場合は、滞在時間を加算する。

注記2 ()内の数字は、バイト数を表す。

設問1 無人店舗システムの仕様について答えよ。

- (1) 各商品の下にある重量計測ユニットは、利用者が商品を手に取った、又は戻したことを検知する以外に、ほかの業務にも活用可能である。どのようなことに活用可能か。25字以内で答えよ。

(2) 行動情報について、(a)、(b)に答えよ。

(a) 利用者が店内で次に示す行動をしたとき、退店時に EC サーバに送信される行動情報のデータサイズは何バイトか。整数で答えよ。ここで、各棚には異なる種類の商品が置かれているものとする。

5 か所の棚の前で 5 秒以上立ち止まり、うち 4 か所の棚でそれぞれ一つの商品を手に取り、三つの商品を鞆に入れ、一つの商品は棚に戻す。その後、立ち止まらずに上記とは異なる棚から一つの商品を手にとって鞆に入れ、退店する。

(b) 購入した商品だけではなく手に取った商品の情報も EC サーバに送信することで、オンラインショップのどのような機能に活用できるか。25 字以内で具体的に答えよ。

(3) 本文中の下線 (ア) について、この行為を行った場合、システム上、利用者の意図しない状態になる可能性がある。どのような状態か。35 字以内で答えよ。

設問 2 無人店舗システムの処理について答えよ。

(1) 重量計測ユニットでは、重量センサーが出力する電圧を基に重量を測定する。重量計測ユニットに 10kg の物を置いたときの重量センサーの出力が 15 ミリ V だった場合、重量計測ユニットでは、何マイクロ V の分解能で測定できる必要があるか。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。

(2) 棚管理ユニットが、重量計測ユニットからデータを収集する方式を検討した。重量計測ユニットが重量の変化を検知した際に棚管理ユニットに送信する方式ではなく、棚管理ユニットから各重量計測ユニットに順番に問い合わせる方式を採用した。その理由を 15 字以内で答えよ。

(3) [追跡処理] について、(a)、(b)に答えよ。

(a) LIDAR を 2.5m の高さに設置した場合、1 台の LIDAR で測定可能な追跡処理の範囲は何 m^2 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、円周率は 3.14 とし、死角はないものとする。また、LIDAR

の厚みは無視できるものとする。

(b) 追跡ユニットでは、それぞれの処理に最大の処理時間が掛かるとした場合、最大で何 m^2 測定可能か。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、本文に記載した処理以外の処理時間は無視できるものとする。

設問 3 追跡処理の性能改善について答えよ。

追跡処理が全体の処理のボトルネックになっていることから、より広い範囲に対応するために、追跡ユニットの CPU を 4 コアのプロセッサに変更して、追跡処理を並列に実施する次の二つの方式について検討した。

方式 1 は、従来の処理をそれぞれのコアで順番に実施する方式である。各コアでは、次の点群データを受信するまでの時間が長くなるので、追跡処理に掛ける時間を長くすることができる。

方式 2 は、前処理でマッピングした座標空間を二等分に分割して、分割した座標空間ごとにコアを割り当てて追跡処理を並列に実施する方式である。ただし、分割した座標空間のつなぎ合わせの処理（以下、つなぎ合わせ処理という）が必要となるので、全体の座標空間の 5%分を重複して処理する必要がある。さらに、つなぎ合わせ処理として 2 ミリ秒の処理時間が追加で必要となる。

検討した二つの方式について、各コアの処理の流れを図 3 に示す。ここで、前処理と後処理の処理時間及び追跡処理の処理速度は、1 コアのプロセッサのときと同じとし、記載した処理以外の処理時間は無視できるものとする。

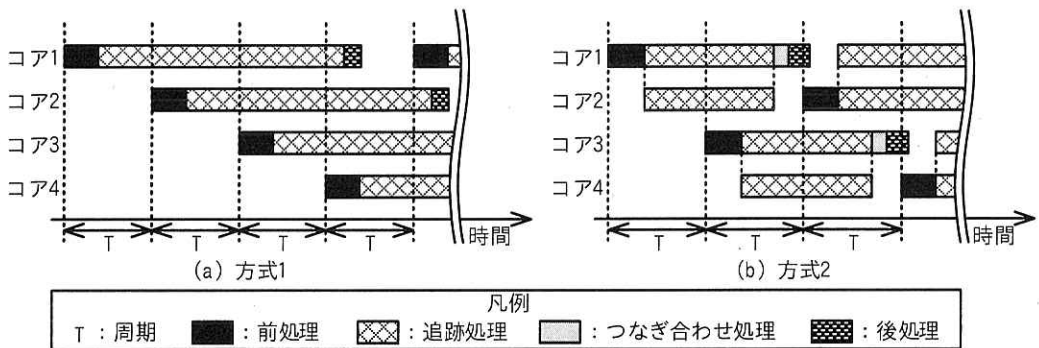


図 3 各コアの処理の流れ

(1) 方式 1 と方式 2 を比較した場合、同じ LIDAR の台数でより広い範囲の測定

が可能なのはどちらの方式か。

(2) 方式 1 と方式 2 を比較した場合，方式 2 が優れている点は何か。20 字以内で答えよ。

(3) 方式 2 の測定範囲について，次の記述中の ～ に入れる適切な数値を，小数第 1 位を四捨五入して整数で答えよ。

それぞれの処理に最大の処理時間が掛かるとした場合，1 回の追跡処理の処理時間は ミリ秒であり，その時間内に 1 コアが測定可能な範囲は m^2 である。方式 2 では一部の範囲を重複して処理するため，追跡ユニットが実際に測定可能な範囲は最大 m^2 である。

[× 毛 用 紙]

[× 毛 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。