

平成 31 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 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 無線式列車制御システムに関する次の記述を読んで、設問 1～3 に答えよ。

D 社は、無線通信を利用して列車速度を制御し、列車の走行の安全を確保するシステム（以下、新システムという）を開発している。

新システムは、中央制御装置と列車間で、列車の走行に関わる制御情報を通信するシステムである。新システムの概要を図 1 に示す。

軌道上を走行する各列車は、無線で中央制御装置と通信している。中央制御装置は、列車の制御対象区間（以下、制御区間という）における各列車の位置（軌道の始点からの距離）を把握している。中央制御装置は、列車が安全に走行できる区間の最遠端の位置を停止限界として列車に送信する。

軌道には、位置情報を通信するための地上子が約 1 キロメートルの間隔で設置されている。列車は、自列車の位置を車軸の回転から算出するが、地上子との近距離無線通信で得た位置情報によって、補正することができる。

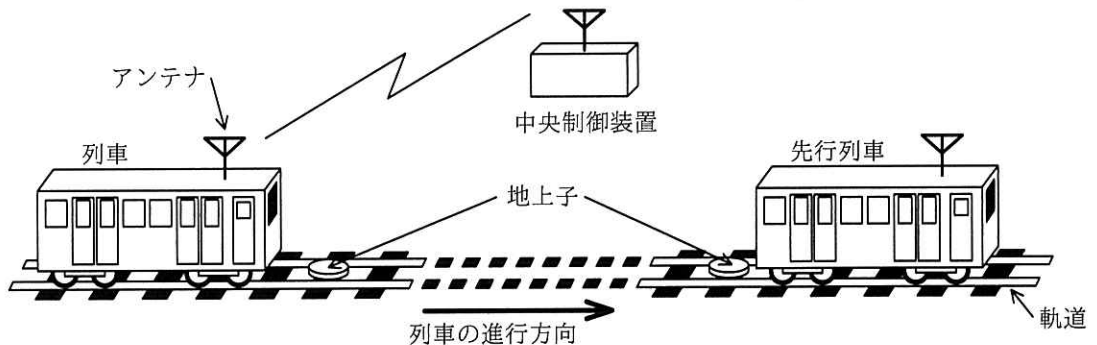
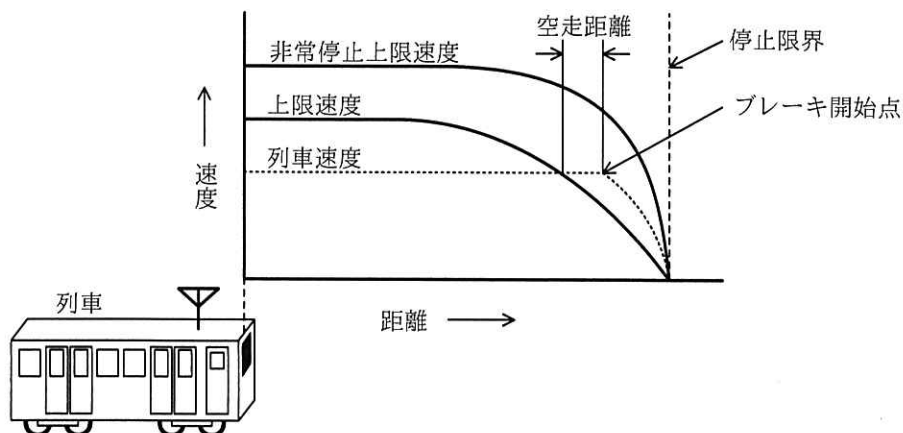


図 1 新システムの概要

各列車は、車両長、ブレーキ性能などの車両情報、位置情報と連携した線路曲線・勾配などの情報、それらから定まる制限速度情報などを内部データとしてっており、それらの情報を利用して上限速度パターンを作成する。

上限速度パターンの例を図 2 に示す。



注記 上限速度パターンは、停止限界までの距離に対して作成される。

図2 上限速度パターンの例

- ・列車を加減速する操作については、基本的に運転士が上限速度を超えないように制御する。また、駅のホームにおける列車の停止などは、運転士の操作で行われることが多い。
- ・列車は、走行地点によって定まる上限速度と現在の列車速度を比較し、列車速度が上限速度を超えた場合には自動的にブレーキを制御して速度を落とし、上限速度以下になれば、自動的にブレーキを解除する。これを自動ブレーキ機能と呼ぶ。
- ・列車速度が上限速度を超えた地点から、実際に自動的にブレーキが動作し始める地点（ブレーキ開始点）までには、空走距離がある。
- ・上限速度パターンには、上限速度よりも大きい速度に設定された非常停止上限速度がある。列車速度が非常停止上限速度を超えた場合には、自動的に“非常停止ブレーキ”が作動して列車を強制的に停止させる。非常停止ブレーキは自動ブレーキ機能とは異なり、列車が停止するまで解除されない。

〔中央制御装置と各列車間の通信〕

中央制御装置は、一定周期で各列車の状態を監視している。中央制御装置と各列車間の通信の様子を図3に、中央制御装置と各列車間の送信データの構成を図4に示す。

- ・通信には、450 MHz 帯の電波を使用しており、実効伝送速度 9,600 ビット/秒である。
- ・中央制御装置の通信周期は 960 ミリ秒であり、この周期を 16 分割して 16 スロットとして使用する。16 スロットのうち、12 スロットは列車制御用であり、4 スロットはその他の制御情報の伝送に使用される。列車制御用の 12 スロットのうち、1 スロットは新規参入列車のために確保されている。
- ・各列車は、独自の列車番号をもっている。列車は、通信時には中央制御装置から付与された ID（以下、通信 ID という）を使用して、通信 ID に応じた通信順序で列車の位置、列車の長さなどを送信している。
- ・中央制御装置は、同一の列車から 3 回連続して応答がなかった場合には、当該列車が故障しているものと判断する。一方、列車は、中央制御装置からの通信を連続して 3 周期以上受信できなかつた場合には、ブレーキを動作させる。

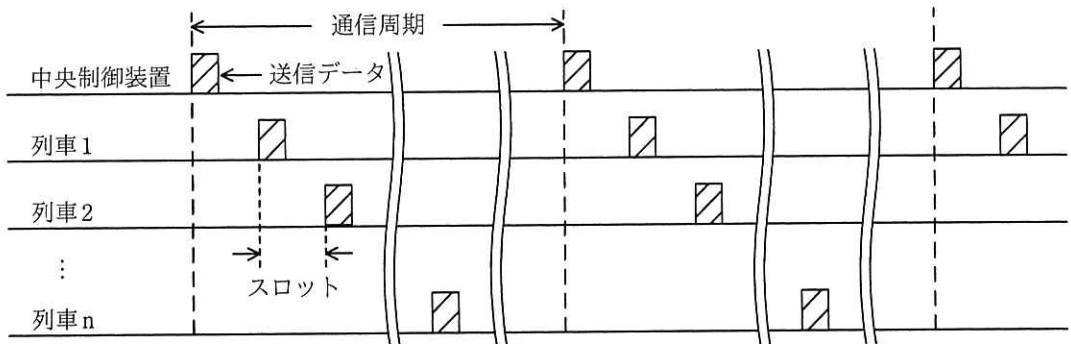


図3 中央制御装置と各列車間の通信の様子

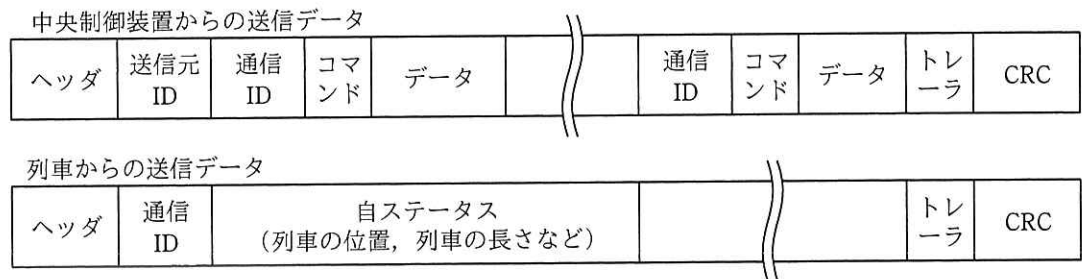
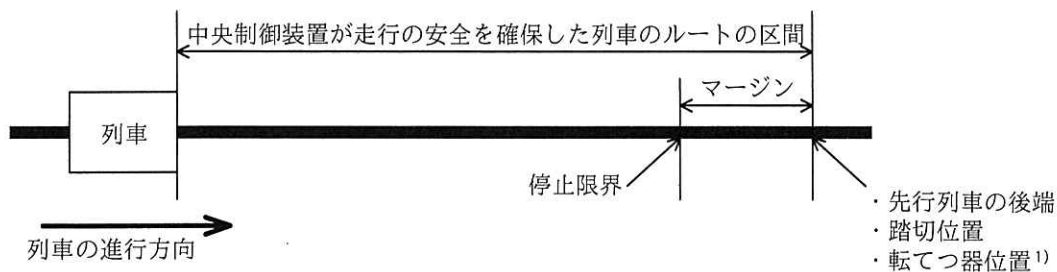


図4 中央制御装置と各列車間の送信データの構成

## 〔中央制御装置による停止限界の設定〕

停止限界が設定された列車のルート为例を，図5に示す。



注<sup>1)</sup> 線路が分岐する区間の分岐開始位置

図5 停止限界が設定された列車のルート为例

中央制御装置は，次の機能によって列車の走行の安全を確保する。

- ・線路の分岐などによる列車の脱線・列車の衝突を防止するための列車のルートの確保
- ・列車相互の衝突を防止する安全間隔の確保

列車の走行の安全を確保する機能を実現するために，先行列車の後端の地点からマージンを減じた地点を停止限界として列車に送信する。また，踏切位置の場合，又は転てつ器位置の場合も，同様に停止限界を送信する。

列車は，受信した停止限界に応じて上限速度パターンを更新する。

停止限界は，次に示すように設定されるが，列車の進行方向の状態に応じて変化する。

- ・先行列車との間に転てつ器又は踏切がない場合には，先行列車の後端までは安全に走行できるものとし，マージンを減じた地点を停止限界として設定する。
- ・転てつ器が列車の進行方向に切り替わっていない場合には，転てつ器位置までは安全に走行できるものとし，マージンを減じた地点を停止限界として設定する。転てつ器が進行方向に切り替わると，停止限界を更新する。
- ・遮断機が下りていない踏切が存在する場合には，踏切位置までは安全に走行できるものとし，マージンを減じた地点を停止限界として設定する。遮断が完了すると，停止限界を更新する。

[新システム以外の列車制御システムとの相互運用性]

列車のルートには、新システム以外の列車制御システム（以下、旧システムという）の運用区間がある。この区間では、旧システムの制御装置から、停止限界・上限速度の情報を、地上子との近距離無線通信及び線路に流す信号電流を使用して伝送している。旧システムの制御区間から新システムの制御区間内へ進入する列車の制御は、相互運用性を確保する。

旧システムと新システムの移行区間の例を、図 6 に示す。

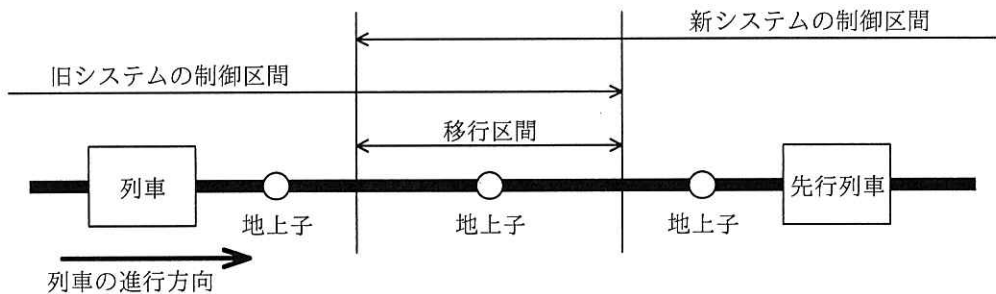


図 6 旧システムと新システムの移行区間の例

旧システムと新システムの相互運用のプロセスは、次のとおりである。

- ・ 移行区間へ進入した列車は、新システムの制御区間へ進入したことを検知すると、新システムの中央制御装置からの受信を試みる。
- ・ 新システムの中央制御装置からの通信を正常に受信できた場合には、新規参入列車のために確保されているスロットを使用して自列車の情報を伝送し、自列車が新規参入列車として新システムの制御区間に入ったことを通知する。
- ・ 新システムの中央制御装置は、通信内容に問題がなければ、通信 ID などを新規参入列車に通知し、新システムの監視下に入ることを承認する。
- ・ 旧システムでは、移行区間の終了地点を停止限界として制御を行っているが、列車が新システムの監視下に入った場合は、新システムの方を優先して、新システムの停止限界に従って上限速度パターンを作成する。

〔車上制御装置〕

列車には、中央制御装置と通信したり、列車速度・ブレーキを制御したりするための車上制御装置が装備されている。新システムの車上制御装置のブロック図を、図7に示す。

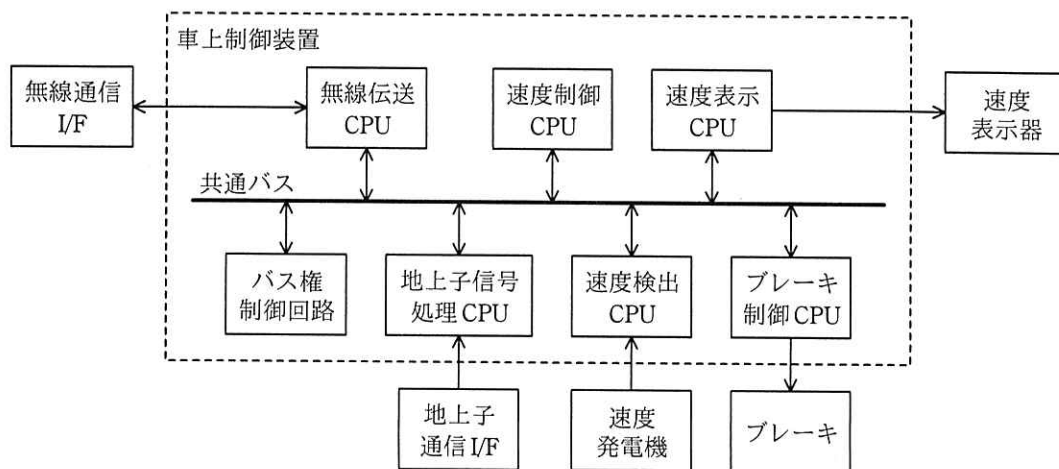


図7 新システムの車上制御装置のブロック図

- ・各 CPU は、共通バスからアクセス可能なデュアルポートメモリ（以下、DPM という）をもち、互いに DPM をアクセスすることによってデータを送受信している。

車上制御装置の主な機能を表1に示す。

表 1 車上制御装置の主な機能

CPU 名	機能	備考
無線伝送	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央制御装置と無線で通信する。状態送信要求、通信 ID の通知、停止指示などのコマンド、及び停止限界などのデータを受信する。また、自列車の位置、列車の長さ、列車速度などのデータを送信する。</li> <li>・前回の実行周期で受信完了したデータに基づき、必要なデータを速度制御 CPU の DPM に書き込む。</li> </ul>	実行周期：480 ミリ秒 演算時間：1 ミリ秒
速度制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中央制御装置からの停止限界、内部データからの制限速度情報などから、上限速度パターンを作成する。演算処理後、ブレーキ制御 CPU の DPM に上限速度を書き込む。</li> <li>・地上子信号処理 CPU と速度検出 CPU からの情報で、自列車の位置を算出し、無線伝送 CPU の DPM に自列車の位置、列車速度を書き込む。</li> <li>・速度表示 CPU の DPM に、上限速度、列車速度を書き込む。</li> </ul>	実行周期：1 ミリ秒 演算時間：100 マイクロ秒
速度表示	<ul style="list-style-type: none"> <li>・速度表示器に、上限速度と列車速度を表示する。</li> </ul>	実行周期：1,000 ミリ秒 演算時間：50 マイクロ秒
地上子信号処理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地上子からの情報を読み取り、演算処理後、速度制御 CPU の DPM に情報を書き込む。</li> </ul>	実行周期：不定 演算時間：500 マイクロ秒
速度検出	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車軸の回転から列車速度を算出し、演算処理後、速度制御 CPU の DPM とブレーキ制御 CPU の DPM に列車速度を書き込む。</li> </ul>	実行周期：100 ミリ秒 演算時間：100 マイクロ秒
ブレーキ制御	<ul style="list-style-type: none"> <li>・速度制御 CPU からの上限速度と、速度検出 CPU からの列車速度を比較し、ブレーキを制御する。</li> </ul>	実行周期：2 ミリ秒 演算時間：100 マイクロ秒

各 CPU は演算処理後、共通バスを占有してアクセス（以下、バスアクセスという）を行う。各 CPU の共通バス占有時間を表 2 に示す。共通バスのバス占有権（以下、バス権という）の調停方式には、次の二つの方式がある。

① 優先度方式

表 2 に示す優先度に従ってバス権を得る。共通バスが占有されていない場合、又はバス権を得た CPU がバス権を放棄した場合は、その時点でバス権を要求していた CPU の中で最も優先度が高い CPU がバス権を得て共通バスを占有する。

② 巡回方式

表 2 に示す CPU の並び順に従ってバス権を得る。バス権が CPU 間を順次移動していき、バス権を要求している CPU に達するとバス権を得て共通バスを占有する。



どちらの方式でも、各 CPU は、バスアクセスを完了した後は必ずバス権を放棄し、再度必要になった場合はバス権を要求する。また、共通バスを占有している間、バス権の移動は発生しない。

表 2 各 CPU の共通バス占有時間

CPU	共通バス占有時間 (マイクロ秒)	優先度 <sup>1)</sup>
速度制御	10	1
無線伝送	100	2
地上子信号処理	50	3
ブレーキ制御	10	4
速度検出	10	5
速度表示	—	6

注<sup>1)</sup> 優先度方式における優先度であり、値の小さい方が高いものとする。

#### [速度発電機]

車軸に取り付けられた速度発電機のパルスから、列車速度及び地上子間での列車の移動距離を求めることができる。列車速度を求めるには、速度発電機からのパルスを一定時間カウントする。地上子間での列車の移動距離は、速度発電機からのパルスのカウント数を累積することによって求める。

速度発電機からのパルスの波形の例を、図 8 に示す。速度発電機からは、位相が 108 (=360×(3/10)) 度ずれた、信号 U と信号 V の二つの信号がデューティ比 60% で出力され、信号 V のハイレベルの中央で信号 U が立ち上がる。

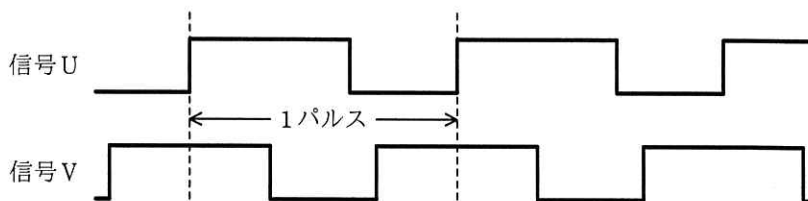


図 8 速度発電機からのパルスの波形の例

車軸が 1 回転すると、信号 U と信号 V にそれぞれ 60 パルスが出力される。ここでは、車軸の 1 回転で列車が 2 メートル進行するものとする。

設問 1 新システムの仕様について、(1)～(3)に答えよ。

(1) ある制御区間では、2 台の列車がともに 72 キロメートル/時で走行しているものとする。この区間で先行列車が中央制御装置からの通信に対して 3 回連続で応答しなかった場合に、先行列車が最後に正常に応答してからその時点までに、後続列車からその停止限界までの距離は、最大で何メートル短くなっているか。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。

なお、列車からの応答が正常か否かの判断はスロットの最後で行うものとする。

(2) 中央制御装置から指示された、ある列車の停止限界の変化について、(a)、(b)に答えよ。

(a) 停止限界は、ほぼ同じような変化が続いていたが、ある時点から同じ値が続くようになった。このとき、先行列車が通過したと考えられる鉄道設備を、本文中の字句を用いて二つ答えよ。

(b) 停止限界は、同じ値が長時間続いていたが、ある時点から急に遠くなった。このとき、鉄道設備に起きたと考えられる状態変化を、(a)で答えた鉄道設備を一つ用いて、40 字以内で述べよ。

(3) 中央制御装置から指示された停止限界は変化していないが、列車がもっているある情報に起因して、上限速度パターンの上限速度及び非常停止上限速度は一定期間、速度を落とす状態が続いた。このときのある情報を答えよ。

設問 2 新システムの性能について、(1)～(4)に答えよ。

(1) バス権の調停方式に優先度方式を使用する場合に、無線伝送 CPU がバスアクセスを行うとき、バス権を得るまでに最大何マイクロ秒掛かるか。また、バス権の調停方式に巡回方式を使用する場合に、速度検出 CPU がバスアクセスを行うとき、バス権を得るまでに最大何マイクロ秒掛かるか。それぞれ整数で答えよ。ここで、共通バスの切替時間は無視できるものとする。

(2) 中央制御装置が停止限界を新たに送信するとき、無線伝送 CPU がデータを受信してから、ブレーキ制御 CPU がブレーキの動作の演算を完了するまでの各 CPU の所要時間に関する次の記述中の  ～  に入れる適切な数値を答えよ。 ～  は整数で求め、 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、バス権の調

停方式は優先度方式を使用するものとする。

- ・中央制御装置からの通信は、無線伝送 CPU の実行周期とは非同期なので、通信の最大待ち時間が無線伝送 CPU の実行周期 2 回分の  ミリ秒である。
- ・無線伝送 CPU の演算時間は 1 ミリ秒である。
- ・無線伝送 CPU がバスアクセスを行う際の最大待ち時間は、地上子信号処理 CPU が既にバスを占有しているとき、 マイクロ秒である。
- ・無線伝送 CPU が速度制御 CPU に停止限界のデータを書き込むためのバスアクセス時間は  マイクロ秒である。
- ・速度制御 CPU が停止限界のデータを使用して演算するまでの最大実行周期待ち時間は  ミリ秒、演算時間は 100 マイクロ秒である。
- ・ブレーキ制御 CPU に指示を書き込むためのバスアクセスの待ち時間は 10 マイクロ秒、バスアクセス時間は 10 マイクロ秒である。
- ・ブレーキ制御 CPU の実行周期待ち時間は 2 ミリ秒、演算時間が 100 マイクロ秒である。したがって、上記の合計は最大  ミリ秒である。

(3) 速度表示器に上限速度と列車速度の両方を表示している理由を 50 字以内で述べよ。

(4) 最大速度 108 キロメートル／時に対応可能な速度発電機からのパルスについて、(a), (b)に答えよ。ここで、速度検出 CPU は、図 8 に示す信号 U と信号 V の信号レベルをソフトウェアで判断するものとする。

(a) 速度発電機が発生するパルスの周波数は最大何 Hz か。答えは小数第 1 位を切り上げて、整数で求めよ。

(b) 信号 U と信号 V の二つのパルスの波形を使用すると、移動距離の分解能は何センチメートルになるか。答えは小数第 3 位以下を切り上げて、小数第 2 位まで求めよ。

設問 3 新システムの安全性、信頼性の向上策に関して、(1)～(3)に答えよ。

(1) 旧システムと新システムの移行区間での列車の動作について、(a), (b)に答えよ。

- (a) 新規に新システムの制御区間に進入した列車が中央制御装置に最初に通知すべき事項を二つ答えよ。
- (b) 新システムの監視下に入ったとき、旧システムでの上限速度と、新システムから通知された停止限界を基に求めた上限速度に差があった場合の処理を 40 字以内で述べよ。
- (2) 車輪はスリップする可能性がある。速度発電機による速度検出の信頼性を向上させるために、スリップした場合の対策を検討することになった。(a)、(b)に答えよ。
- (a) 三つの車軸で速度を計測して、多数決で決定することにした。この方法は、スリップの発生時における車軸間の速度の関係に着目したものである。多数決で決定することにした理由を 40 字以内で述べよ。
- (b) 一つの車軸での速度計測によって、スリップを検出することを検討した。スリップが発生すると、パルスが変動することが考えられる。どのような状況を検出すると、スリップが発生したと判断できるか。25 字以内で述べよ。
- (3) システムの信頼性を向上させるための仕組みについて、(a)、(b)に答えよ。
- システムの信頼性を向上させるためには、システムの多重化が考えられる。そこで、各 CPU を多重化し、バス権制御回路と各 CPU の機能追加を行い、異常と判断された CPU を予備の CPU に置き換えることを検討することにした。
- (a) ある CPU が正常に動作しているかどうかを検出する仕組みを検討した。次の記述中の  ～  に入れる適切な字句を答えよ。

各 CPU には、 機能を組み込む。各 CPU の処理に影響を与えないタイミングで、バス権制御回路が対象の CPU に対して定期的に  の実行を要求する。バス権制御回路は、CPU から  内に正しい  があることを確認することによって、対象の CPU の正常な動作を検出する。

- (b) (a)で示した CPU に対する仕組みを、予備の CPU に対しても適用する。この目的は何か。30 字以内で述べよ。

問2 土砂災害予知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、地滑り、崖崩れなどの土砂災害の予兆を示すデータを収集し、それらを解析することによって、土砂災害の発生を予知するための土砂災害予知システム（以下、予知システムという）を開発している。

予知システムの構成を図1に示す。

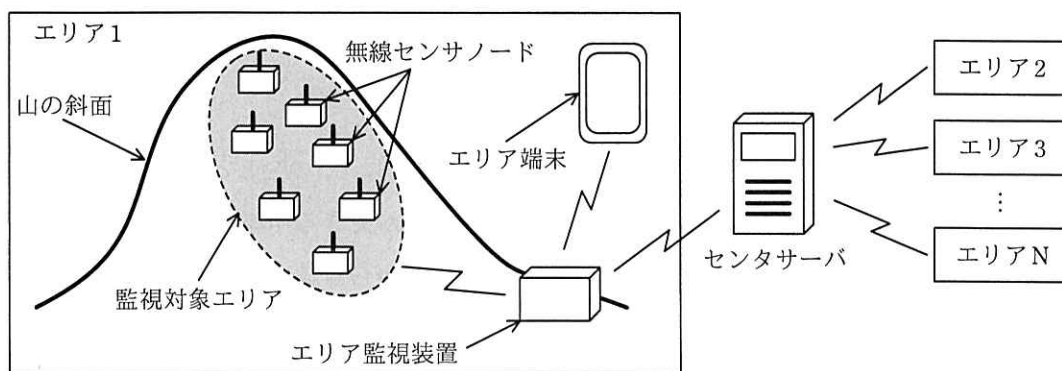


図1 予知システムの構成

予知システムは、次に示す装置から構成される。

- ・ 監視対象エリアに設置される無線センサノード（以下、ノードという）
- ・ ノードが収集したデータを解析し、監視対象エリアの土砂災害発生の危険度（以下、危険度という）を監視するためのエリア監視装置（以下、監視装置という）
- ・ 防災担当者が携帯し、監視装置からの情報を表示するエリア端末
- ・ 複数の監視装置から受信したデータを解析し、危険度を広域かつ高い精度で予知するセンタサーバ（以下、サーバという）

#### 〔ノードの機能及び構成要素〕

ノードは、各種センサを使用して、ノード周辺の状態に関するデータ（以下、センサデータという）を定期的に収集し、収集したときの時刻、ノードの電池残量及びGPS位置情報を付加して監視装置に送信する。センサデータの収集及び送信の周期（以下、データ周期という）は、監視装置から指定される。

ノードの構成要素を表1に示す。

表 1 ノードの構成要素

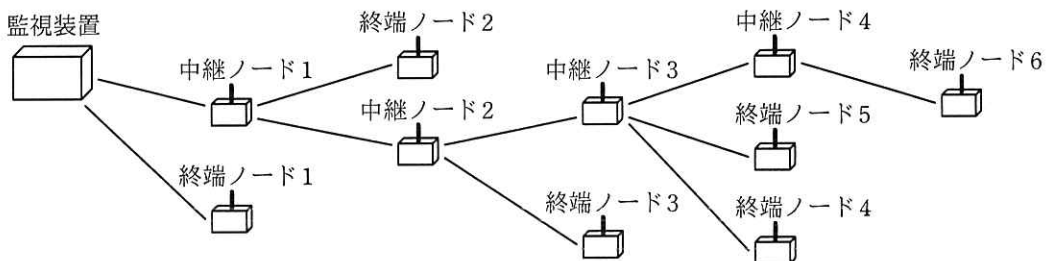
構成要素	機能
ノード制御部	・ RAM, フラッシュメモリ, 日付時刻用タイマ (以下, RTC という) を内蔵する MCU, 及び GPS モジュールから成り, ノード全体の制御を行う。
センサ部	・ 土中水分センサ, 傾斜センサ及び温湿度センサによって, センサデータを取得する。
無線通信部	・ 監視装置又は他ノードとの無線通信を行う。
ノード電源部	・ 電力を供給する一次電池を内蔵する。 ・ ノード制御部から自ノードの電池残量を読み出せる。

〔無線センサネットワークの構成〕

ノード及び監視装置で無線センサネットワーク (以下, WSN という) を構成する。ノードには, 他ノードからの通信を中継することができる中継ノード及び中継することができない終端ノードの種別があり, ノードから無線でデータが届く範囲内に監視装置がない場合, 中継ノードを介して監視装置とデータの送受信を行うことができる。

あるノード又は監視装置から無線でデータが届く範囲内に存在するノード又は監視装置を隣接ノードという。また, WSN 内のノードが監視装置に向けて送信を行うとき, 監視装置と直接無線通信できる場合はその監視装置を, 中継が必要な場合は隣接する中継ノードを親ノードといい, 送信元となるノードを子ノードという。

WSN の構成の例を図 2 に示す。ノードと監視装置間でデータの送受信を行うとき, 経路する中継ノードの数をホップ数という。例えば, 図 2 中の終端ノード 6 のホップ数は 4 である。



注記 実線は, ノード又は監視装置が親ノード・子ノードの関係にあることを示す。

図 2 WSN の構成の例

ノード及び監視装置は、無線でデータを送信するときに他ノードからの送信との衝突を回避する仕組みをもつ。

無線でのデータの送信には、特定の隣接ノードに向けて送信する“個別送信”と、全ての隣接ノードに向けて送信する“同報送信”とがある。個別送信は、送信先ノードからの送達確認によって送信成功・失敗を判別できる。一方、同報送信は、送達確認がないので、送信成功・失敗を判別できない。

#### [WSN の構築手順]

全てのノード及び監視装置に、一意のアドレスが設定されており、次のような手順で WSN を構築する。

##### (1) 親ノードの探索

- ・ノードの電源が投入されると、親ノードを探するために“親ノード探索”を同報送信し、“中継ノード情報”（説明は後述）を待つ。一定時間内に中継ノード情報を受信できなかった場合、再度親ノード探索を送信する。
- ・監視装置及び親ノードが確定している中継ノードは、親ノード探索を受信したら、自ノードのアドレス及び自ノードを親ノードとした場合のホップ数を、中継ノード情報として同報送信する。例えば、図 2 中、監視装置、中継ノード 3 が送信する中継ノード情報に含まれるホップ数は、それぞれ 0, 3 である。

##### (2) 親ノードの選択

- ・親ノード探索を同報送信したノードを含め、中継ノード情報を受信した全てのノードは、次の場合に中継ノード情報の送信元を親ノードとして選択する。
  - 親ノードを選択していない場合
  - 親ノードを選択していて、かつ、受信した中継ノード情報に含まれるホップ数が、自ノードの現在のホップ数よりも小さい場合
- ・親ノードを選択したノードは、“ノード情報”として、自ノードのアドレスを親ノードに個別送信する。さらに、自身が中継ノードの場合、WSN の再構築のために、ノード情報送信後、(ア) 自身の中継ノード情報を同報送信する。

##### (3) 経路情報の構築

- ・親ノードはノード情報を受信したら、その情報に自ノードのアドレスを付加した上で、自身の親ノードにノード情報として個別送信する。これを、監視装置

に到達するまで繰り返す。

- ・ ノード情報を受信した監視装置は、含まれているアドレスから、最初にノード情報を送信したノードに至るまでの経路を経路情報として記憶し、さらに、ノード情報を受信した時刻を WSN に参加した時刻として記憶する。監視装置から任意のノードにメッセージを送信する場合、経路情報を基に、経由する全ての中継ノードのアドレスをメッセージに付加することによって、目的とするノードまでメッセージを到達させる。

#### (4) 個別送信の再送と親ノードの再探索

- ・ 個別送信で送達確認を受信できない場合、再送を行う。規定回数連続して送達確認を受信できない場合、当該データの送信を中止する。さらに、中止したデータの送信が子ノードから親ノードへの送信の場合、子ノードは親ノードを選択していない状態になり、親ノード探索を送信する。

#### [監視装置の構成]

監視装置の概要を図 3 に、監視装置の構成要素を表 2 に示す。

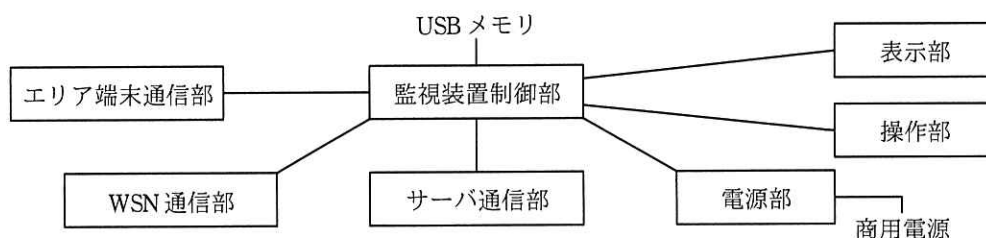


図 3 監視装置の概要



表 2 監視装置の構成要素

構成要素	機能
監視装置制御部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ MPU, RAM, フラッシュメモリ, RTC 及び GPS モジュールから成り, 監視装置の制御を行う。</li> <li>・ USB メモリを接続することができる。</li> </ul>
表示部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 各ノードの状態, WSN の構成などを表示する。</li> </ul>
操作部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ キーボード及びマウスによって, 監視装置及び各ノードに対する各種設定を行う。</li> </ul>
WSN 通信部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ ノードとの無線通信を行う。</li> </ul>
サーバ通信部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ サーバとの無線通信を行う。</li> </ul>
エリア端末通信部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エリア端末との無線通信を行う。</li> </ul>
電源部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 二次電池を内蔵し, 充電しながら電力を供給する。</li> <li>・ 商用電源から電力を供給しているかどうかを示す情報及び二次電池の残量を, 監視装置制御部から読み出すことができる。</li> <li>・ 二次電池だけで, 監視装置を 1 週間稼働させることができる。</li> </ul>

〔監視装置の機能〕

(1) エリア監視機能

- ・ 収集したセンサデータを解析し, 危険度を算出する。算出した危険度がしきい値を超えた場合, 表示部及びエリア端末にエリアアラームとして表示する。
- ・ (イ) 算出した危険度に応じてデータ周期を決定し, ノードに設定する。データ周期は, 2 時間ごと, 30 分ごと, 5 分ごとの 3 段階で, 全てのノードに同一の値, 又はノードごとに異なる値を設定できる。また, 操作部からの指示でもデータ周期を設定できる。このとき, 操作部からの指示で解除されるまでは, 操作部で設定したデータ周期に固定される。

(2) ゲートウェイ機能

- ・ 収集したセンサデータをサーバに送信する。送信間隔は, 監視装置が商用電源で稼働している場合は 5 分, 二次電池で稼働している場合は 30 分である。ただし, 二次電池で稼働している場合であっても, エリアアラームが表示されているときは 5 分間隔である。
- ・ サーバから受信した通知情報 (土砂災害の予知情報など) を, 表示部及びエリア端末にサーバ通知として表示する。

(3) ノード監視機能及び電源監視機能

- ・ WSN の構成， ノードの電池残量及び GPS 位置情報を表示部に表示し， サーバに送信する。また， ノードの電池残量がしきい値以下になった場合， 表示部及びエリア端末に装置アラームとして表示する。
- ・ 各ノードからセンサデータを受信しているか否かによって， ノードとの通信可・不可を判定する。通信不可のノードがあれば， 表示部及びエリア端末に装置アラームとして表示し， サーバに送信する。
- ・ 電源部の状態を監視する。商用電源からの電力供給が停止した場合， 又は二次電池の残量がしきい値以下になった場合に， 表示部及びエリア端末に装置アラームとして表示する。

(4) 表示部制御機能及び操作部制御機能

- ・ 表示部に各種情報を表示する。また， 操作部を制御し， (1)で示したデータ周期を指示する操作などを行う。表示部の表示例を図 4 に示す。

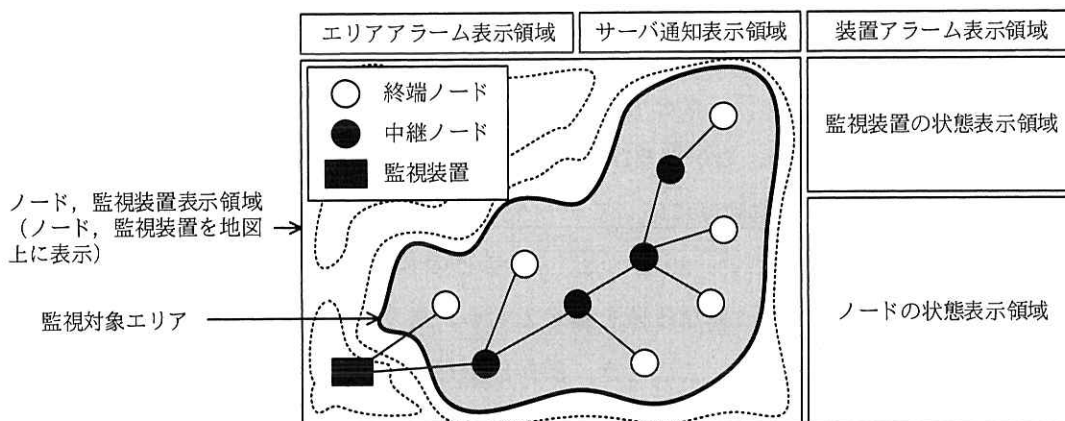


図 4 表示部の表示例

〔監視装置が送受信するメッセージ〕

監視装置が送受信するメッセージを表 3 に示す。ここで， 監視装置とノード間のメッセージは， WSN 内で個別送信によって送受信される。

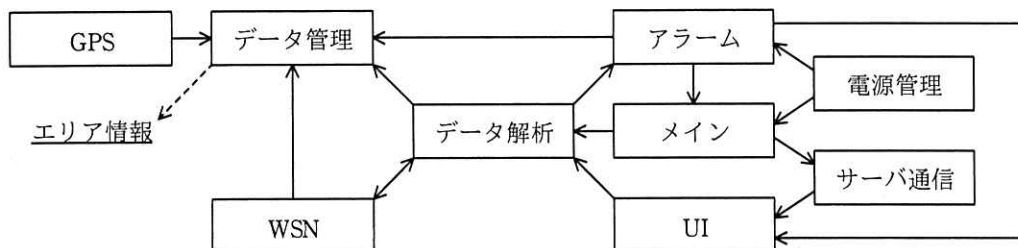
表 3 監視装置が送受信するメッセージ

メッセージ名	送信元	送信先	説明
ノードデータ	ノード	監視装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>ノードの種別、ノードのアドレス、収集したセンサデータ、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">a</span>を送信する。</li> <li>ノードはノード情報を送信してから 5 分後に最初のノードデータメッセージを送信し、以降、データ周期が変更されるまで 5 分周期でノードデータメッセージを送信する。</li> </ul>
ノード設定	監視装置	ノード	<ul style="list-style-type: none"> <li>設定種別（全ノード又は指定ノード）、データ周期を送信する。</li> <li>設定種別が“全ノード”の場合、ノード設定メッセージを中継するノードは、自ノードにも同一のデータ周期を設定する。</li> <li>データ周期が変更されたノードは、新しい周期が経過した時点からノードデータメッセージを送信する。</li> </ul>
ノード設定完了	ノード	監視装置	ノード設定メッセージに対する設定完了を送信する。
センサ情報	監視装置	サーバ	収集したセンサデータを送信する。
WSN 情報	監視装置	サーバ	各ノードの装置アラームの有無及びアラームの内容、各ノードの電池残量及び GPS 位置情報、監視装置の GPS 位置情報、及び WSN の構成を送信する。
サーバ通知情報	サーバ	監視装置	土砂災害の予知情報などの通知情報を送信する。
情報通知	監視装置	エリア端末	エリアアラーム、サーバ通知又は装置アラームを送信する。

注記 WSN を構築するためのメッセージは除く。

〔監視装置制御部のソフトウェア構造〕

監視装置制御部では、リアルタイム OS を使用する。監視装置制御部のタスク構造を図 5 に、監視装置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、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。メモリへのアクセスはタスク間で排他制御を行う。

図 5 監視装置制御部のタスク構造

表 4 監視装置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"> <li>・監視装置制御部全体の制御を行う。</li> <li>・電源部の状態によって、5分間隔又は30分間隔で、データ解析タスクにデータ解析指示を通知し、サーバ通信タスクにサーバ送信指示を通知する。ただし、アラームタスクからエリアアラーム発生のお知らせを受けている場合は、常に5分間隔で通知する。</li> </ul>
WSN	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ノードデータメッセージを受信すると、データ管理タスクにメッセージ内容を通知する。</li> <li>・データ解析タスクからデータ周期の通知を受けると、関連するノードにノード設定メッセージを送信する。ノードからの応答によって、設定されたことを確認し、データ解析タスクに設定成功を通知する。</li> <li>・各ノードと WSN の構築に関する通信を行い、WSN の構成及び各ノードが WSN に参加した時刻をデータ管理タスクに通知する。</li> </ul>
GPS	<ul style="list-style-type: none"> <li>・監視装置の GPS 位置情報を取得し、データ管理タスクに通知する。</li> </ul>
データ管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・WSN タスク、GPS タスク、データ解析タスク及びアラームタスクから通知された情報をエリア情報に保存する。</li> <li>なお、エリア情報には次の情報が含まれる。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- WSN の構成</li> <li>- 各ノードの情報：WSN に参加した時刻、センサデータ、センサデータを収集したときの時刻、データ周期、装置アラームの有無及びアラームの内容、電池残量、GPS 位置情報、ノードの種別</li> <li>- 監視装置の情報：GPS 位置情報</li> </ul> </li> </ul>
データ解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>・UI タスクからデータ周期を指定された場合、指定されたデータ周期を WSN タスクに通知する。WSN タスクから設定成功の通知を受けると、関連するタスクにデータ周期を通知する。</li> <li>・メインタスクからデータ解析指示を受けると、次に示す①～③の処理を行う。 <ol style="list-style-type: none"> <li>① センサデータを基に、危険度を算出する。</li> <li>② 算出した危険度からデータ周期を決定し、データ周期に変更があれば、WSN タスクに通知する。WSN タスクから設定成功の通知を受けると、関連するタスクにデータ周期を通知する。ただし、UI タスクからデータ周期を指定されている場合は、解除通知を受けるまで、危険度から決定したデータ周期を他のタスクに通知しない。</li> <li>③ 算出した危険度及びエリア情報を基に、エリアアラーム及び装置アラームの有無を判断し、必要であれば、エリアアラーム発生、装置アラーム発生をアラームタスクに通知する。</li> </ol> </li> </ul>
サーバ通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メインタスクからサーバ送信指示を受けると、エリア情報を参照し、センサ情報メッセージ及び WSN 情報メッセージをサーバに送信する。</li> <li>・サーバからサーバ通知情報メッセージを受信すると、エリア端末に情報通知メッセージを送信する。また、UI タスクにサーバ通知表示指示を通知する。</li> </ul>
アラーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他のタスクから通知を受けると、エリア端末に情報通知メッセージを送信する。また、UI タスクにアラーム表示指示を通知し、エリアアラーム発生、装置アラーム発生を関連するタスクに通知する。</li> </ul>

表 4 監視装置制御部のタスク処理概要（続き）

タスク名	処理概要
電源管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 商用電源からの電力供給が停止したことを検知した場合、メインタスクに通知し、アラームタスクに装置アラーム発生を通知する。</li> <li>・ 二次電池の残量がしきい値以下になったことを検知した場合、アラームタスクに装置アラーム発生を通知する。</li> <li>・ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">b</span> した場合、メインタスクに通知する。</li> </ul>
UI	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 一定周期ごとに、又は他のタスク若しくは操作部からの指示を受けると、必要な情報を参照し、表示部に表示する。</li> <li>・ 操作部からの指示を基に、関連するタスクに必要な情報を通知する。</li> <li>・ アラームタスクからアラーム表示指示を受けると、表示部のエリアアラーム表示領域又は装置アラーム表示領域に、該当するアラームの内容を表示する。</li> <li>・ サーバ通信タスクからサーバ通知表示指示を受けると、表示部のサーバ通知表示領域に、通知された内容を表示する。</li> </ul>

〔ノードとの通信不可の判定方法〕

データ解析タスクは、エリア情報に保存されたデータ周期と、ある経過時間とを比較し、経過時間の方が 3 分以上長かった場合、ノードとの通信不可と判定する。ここで、データ解析タスクがその判定に使用する経過時間は、次に示す三つの場合のいずれかである。

- (i) ノードが WSN に参加した時刻以降に収集したセンサデータがエリア情報に保存されていない場合、c からの経過時間
- (ii) ノードのデータ周期を変更した時点から、d までの場合、その変更した時刻からの経過時間
- (iii) (i), (ii) 以外の場合、最後にセンサデータを収集した時刻からの経過時間

設問 1 予知システムの仕様について、(1)～(3)に答えよ。

(1) 〔WSN の構築手順〕について、(a), (b)に答えよ。

- (a) WSN が図 6 に示すような構成とする。図 6 中のノード 1 が故障し、終端ノードであるノード 2 がノード 5 を親ノードとして選択している状態で、ノード 1 が故障から回復した。ノード 1 の電源を再投入してから、ノード 2 のノード情報が監視装置に到達するまでの時間は平均何ミリ秒か。答えは整数で求めよ。ここで、WSN 内における個別送信は衝突回避及び送達確認

を含めて平均 100 ミリ秒，同報送信は衝突回避を含めて平均 50 ミリ秒掛かり，ノード及び監視装置の内部処理時間は無視できるものとする。また，WSN 内には WSN を構築するための情報以外送受信されないものとする。

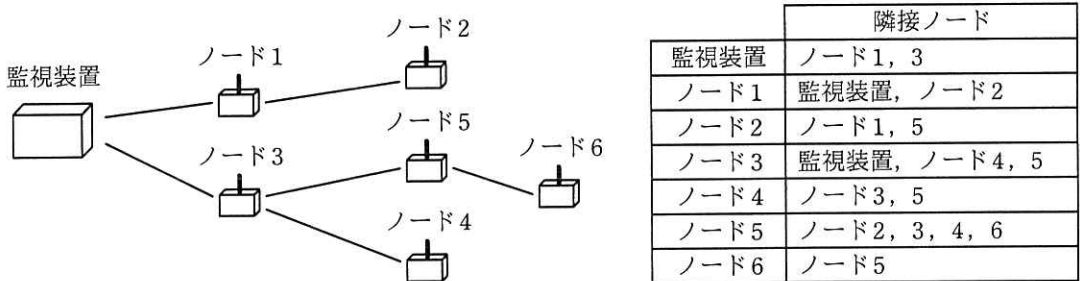


図6 WSNの構成及び隣接ノードの構成

- (b) 本文中の下線（ア）で，中継ノード情報に含まれるホップ数の求め方を，20字以内で述べよ。
- (2) 本文中の下線（イ）で，算出した危険度が低いときにはデータ周期を長くする。その理由をノードの保守の観点から，40字以内で述べよ。
- (3) [監視装置が送受信するメッセージ] について，(a)，(b)に答えよ。
- (a) 表3中の  に入れる適切な情報を，三つ答えよ。
- (b) 次の記述中の  に入れる適切な字句を答えよ。

全てのノードに，できるだけ少ないメッセージ数で同一のデータ周期を設定するために，監視装置は，設定種別が“全ノード”であるノード設定メッセージを，全ての  宛てに送信する。

設問2 監視装置制御部のソフトウェアについて，(1)～(3)に答えよ。

- (1) タスクの処理について，(a)～(c)に答えよ。
- (a) エリア情報の参照だけ行うタスクを，表4中のタスク名で三つ答えよ。
- (b) データ解析タスクが，データ管理タスクに通知する情報を答えよ。
- (c) アラームタスクが，データ管理タスクに通知する情報を答えよ。
- (2) 表4中の  に入れる適切な内容を，25字以内で答えよ。

- (3) [ノードとの通信不可の判定方法] について、c に入れる適切な内容を 15 字以内で、d に入れる適切な内容を 25 字以内で、それぞれ答えよ。

設問3 監視装置制御部のソフトウェアの機能のテストについて、(1)~(3)に答えよ。

ノード、サーバなどの外部装置と監視装置を接続する前に、監視装置制御部のソフトウェアの機能を監視装置単体でテストするため、次の機能を追加した。

- ・監視装置は、テスト用の情報（以下、テストシナリオという）が記録された USB メモリを接続した状態で起動されると、テストシナリオを読み込む。

なお、テストシナリオには、テストの開始時刻を基準とした 100 ミリ秒単位の相対時刻が記述されており、その時刻ごとに、外部装置に関連するイベント（以下、シナリオイベントという）が記述されている。テストシナリオに記述するシナリオイベントの概要（一部）を表5に示す。

表5 シナリオイベントの概要（一部）

対象	イベントの種別	概要
ノード	電源 ON	電源 ON 時の動作をシミュレートする。
	電源 OFF	電源 OFF 時の動作をシミュレートする。
	ノード位置	ノードの GPS 位置情報を設定する。
	電池残量	ノードの電池残量を設定する。
	センサ値	ノードが取得するセンサデータを設定する。
サーバ	メッセージ	サーバ通知情報メッセージの受信を発生させる。

- ・監視装置は、テストシナリオに記述された時刻にシナリオイベントを順次発生させ、自身の処理を駆動することによって、論理的なテストや非同期で発生する外部装置からのイベントに対する動作のテストなど、テストしたい内容を単体で実行する。
- ・シナリオイベントの対象がノードの場合、監視装置は WSN を構成するノードの動作をシミュレートし、WSN 通信部が送受信するメッセージを生成する。
- ・テストシナリオによるテスト時、監視装置は、ノード、サーバ、エリア端末への出力データを USB メモリに記録する。

USB メモリに記録した出力データを PC で解析することによって、期待した動作かどうかを検証する。

監視装置制御部のタスク追加・変更概要を表 6 に示す。各タスクは、シナリオタスクからシナリオイベントを基に生成されたメッセージ（以下、シナリオメッセージという）を受けると、表 5 に示す動作を行う。ここで、シナリオタスク及びノードタスクは新規に追加するタスクである。

表 6 監視装置制御部のタスク追加・変更概要

タスク名	追加・変更概要
メイン	<ul style="list-style-type: none"> <li>・起動時、テストシナリオが記録された USB メモリを接続していることを検知すると、シナリオタスクを起動する。</li> </ul>
シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・起動すると、USB メモリからテストシナリオを読み出し、WSN を構成するノード数分のノードタスクを生成し、関連するタスクにシナリオ開始を通知する。</li> <li>・テストシナリオに記述された時刻になると、シナリオメッセージを関連するタスクに通知する。</li> </ul>
ノード	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源 ON のシナリオメッセージを受けると、引数で指定された各種初期値をセットし、次の動作を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 個別送信とその送達確認、及び同報送信は、タスク間のメッセージ通信を用いて行う。</li> <li>- 電源 OFF のシナリオメッセージを受けると、センサデータの送信を停止し、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">f</span>。</li> </ul> </li> </ul>
WSN	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオタスクからシナリオ開始の通知を受けると、次の動作を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- WSN 通信部との送受信を停止する。</li> <li>- ノードタスクからのメッセージを受ける。</li> <li>- WSN 通信部へ送信するメッセージは、<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">g</span> に通知し、USB メモリに記録する。</li> </ul> </li> </ul>
サーバ通信	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオタスクからシナリオ開始の通知を受けると、次の動作を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- サーバ通信部との送受信を停止する。</li> <li>- エリア端末通信部への送信を停止する。</li> <li>- サーバ及びエリア端末に送信するメッセージを USB メモリに記録する。</li> </ul> </li> </ul>
アラーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>・シナリオタスクからシナリオ開始の通知を受けると、次の動作を実施する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- エリア端末通信部への送信を停止する。</li> <li>- エリア端末に送信するメッセージを USB メモリに記録する。</li> </ul> </li> </ul>

(1) ノードタスクについて、(a)～(c)に答えよ。

(a) 引数で指定される各種初期値のうち、WSN を構築するために必要な情報



が三つあり、一つはノードの種別である。残りの二つをそれぞれ 15 字以内で答えよ。

(b) ノードが送受信できない状態を発生させるためには、テストシナリオをどのような内容で記述すればよいか。表 5 中のイベントの種別を用いて、30 字以内で述べよ。

(c) 表 6 中の 

f
---

 に入れる具体的なタスクの動作を、25 字以内で答えよ。

(2) 表 6 中の 

g
---

 に入れる適切な内容を、15 字以内で答えよ。

(3) シナリオタスク及びノードタスクに、既存タスクよりも高い優先度を設定した。その目的を、40 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、<sup>TM</sup> 及び <sup>®</sup> を明記していません。