

□利用実証提案書  
 ■利用実証計画書

平成 年 月 日 Ver.1

テーマ	平成 28 年度戦略的イノベーション創造プログラム(自動走行システムの実現に向けた衛星測位情報活用に係る調査) ※SIP 自動走行システム	
実証参加機関 (共同機関)	アイサンテクノロジー株式会社 (一般財団法人衛星測位利用推進センター・東京海洋大学、早稲田大学・中部大学)	
目的	自動走行システムの実現に向けた基礎調査 車車間通信における車両位置情報標準化に向けた基礎調査	
期間	全体	2016 年 12 月 21 日 ~ 2016 年 12 月 27 日
	時間・頻度	●時間:8 時~18 時 ●頻度:2 日(測位実験ア) +1 日(測位実験イ)
実施場所	●地名:常磐道 桜土浦~谷田部間 (測位実験ア) 栃木県 JARI 外周コース (測位実験イ) ●環境:都市間高速/テストコース ●その他:少雨実施(測位実験ア) 雨不可(測位実験イ)	
構成 ※必要に応じて構成図等を次ページ以降に添付	別紙に記載	
内容 ※必要に応じて次ページ以降に添付	●実証概要 別紙に記載 ●実証の確認及び評価(利用効果の定量的評価方法) 別紙に記載 ●確認時期 ・リアルタイム/後処理 ・後処理のためのデータが必要	
受信信号	●使用する測位信号名を記載 ・GPS:L1C/A、L1C、L2C、L2P、L5 ・QZS:L1C/A、L1C、L1-SAIF、L1S 相当、L2C、L5、L6 相当、L6 ・GLONASS:L1、L1.2 ・Galileo:E1、E5a ・BeiDou:B1、B2 ・SBAS:L1	
受信設備	●使用する測位信号受信機などを記載 <input type="checkbox"/> 貸与品目/数(CLAS 受信機/一式 L1S 受信機/二式) <input type="checkbox"/> 持込品目/数(搬送波測位受信機、コード受信機/複数、他)	
ソフトウェア	●測位結果確認ソフトウェア <input type="checkbox"/> RTKLib 他オリジナルの解析ソフト <input type="checkbox"/> GNSS-Explorer 測位評価アプリケーション	
実証前の要求事項	機材・コースの日程調整が必要な為、候補日の早目の提示をお願いします。	
実証時の要求事項	特になし	
実証後の要求事項	特になし	
その他		

平成28年度戦略的イノベーション創造プログラム  
(自動走行システムの実現に向けた衛星測位情報活用に係る調査)

---

実施計画

実施機関

代表機関: アイサンテクノロジー

共同機関: 海上・港湾・航空技術研究所、東京海洋大学

協力機関: 衛星測位利用推進センター、早稲田大学、中部大学

## 目次

1. 事業目的	.....	3
2. 実施期間	.....	4
3. 実施内容	.....	5
3.1 概要	.....	5
3.2 実施項目	.....	6
3.3 実施フロー	.....	7
3.4 履行体制	.....	8
3.5 実施スケジュール	.....	9
4. 実施計画	.....	10
4.1 総合的な衛星測位誤差の調査	.....	10
4.2 データ信頼度の測定方法の検討	.....	31
5. 成果物	.....	33
6. 経費項目の積算	.....	34
7. 連絡先	.....	34
付録1:使用機器情報	.....	35
付録2:衛星飛来予測	.....	38

# 1. 事業目的

省エネルギーの一層の加速が不可欠である中、運輸部門については、特にエネルギー消費の大部分を占める自動車分野における新たな対応が必要である。

また、自動車の普及に伴う交通事故や交通渋滞は、世界中で甚大な社会的損失をもたらしており、今後の世界的な人口増大に伴う自動車保有の増加や高齢化、都市の過密化の進展により、こうした問題も深刻さを増すものと考えられる。

例えば、交通死者数は、近年減少傾向にあったが、去年は15年ぶりの増加となっており、事故低減に向けた更なる取組が必要である。こうした中、自動車分野における新たな取り組みである自動走行への期待は大きい。

自動走行システムの実現に向けては、ダイナミックマップ上での高度な自律センサと地物による位置標定を前提とした上で、これを補完するために衛星測位情報を活用することが検討されており、欧州では、衛星測位情報のセキュリティについて標準化の議論がすでに始まっている。また、今後、車車間通信の普及が見込まれるが、その際には自動車同士の位置情報の標準化(誤算の考え方の標準化など)が必要であり、将来は国際的な標準化の議論になることが想定される。

本事業では、測位実験により衛星測位情報の精度に関するデータを収集し、その精度を評価する。また、衛星測位情報の信頼度の評価方法を検討するとともに、衛星測位情報のセキュリティ対策のための試験方法や検知方法について調査検討を行う。これにより、衛星測位情報の活用方法の検討につなげるとともに、位置情報や衛星測位情報のセキュリティの国際的な標準化の議論に貢献していく。

# 1. 事業目的

社会的背景 省エネルギー、高齢化、都市過密化に伴う交通事項、交通渋滞等の対策として、自動走行システムに期待

自動走行システム実現に向けた検討 ダイナミックマップ上での高度な自律センサ地物による位置標定を前提 + 補完するために衛星測位情報の活用

衛星測位情報活用するための標準化 衛星信号のセキュリティの標準化 自動車同士の位置情報の標準化 → 国際的な標準化の議論を想定

事業実施の目的

- 測位実験により衛星測位精度に関する情報を収集。
- 収集したデータを評価。
- 衛星測位情報の信頼度の検討。
- 衛星測位情報のセキュリティ対策のための試験方法や検知方法について調査検討。

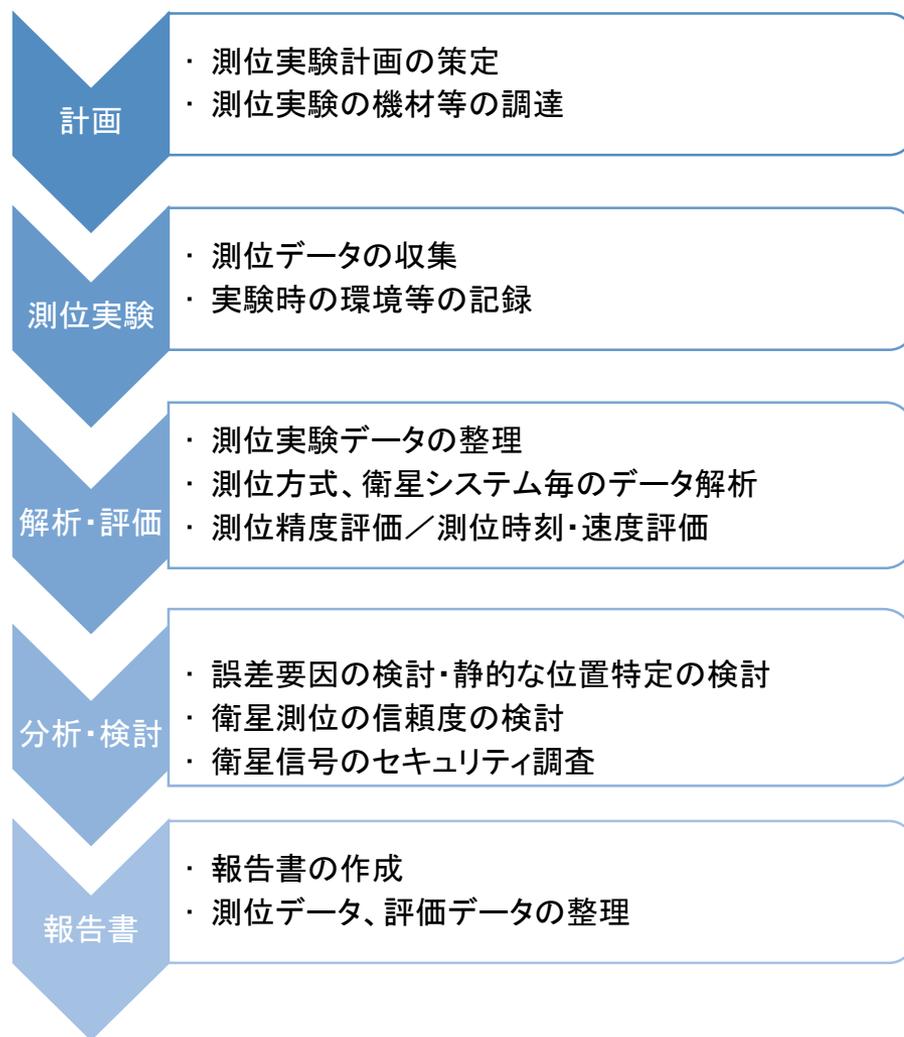
衛星測位情報の活用方法の検討。  
位置情報や衛星測位情報のセキュリティの国際的な標準化の議論に貢献。

# 2. 実施期間

受託契約締結日から平成29年3月17日(金)まで

## 3. 実施内容

### 3.1 概要



本事業実施にあたり、自動走行により貢献できる調査が実施できるよう、自動車関連企業と情報交換を行い、調査、検討を実施する。

従来通りの調査を行うことで、衛星システムのアップデート、実用化準天頂衛星の最新の状態での衛星測位の可用性、測位精度を評価するだけでなく、時刻と衛星測位による位置情報の関係を明確にすることで、自動車同士の位置情報の標準化の議論に貢献できる調査分析を行う。

また、ダイナミックマップとの整合性を考慮したうえで、衛星測位と空間情報の整合性の課題を明らかにし、衛星測位による空間情報更新の可能性を検討する。さらに、自動走行システムで利用するためには、衛星測位の信頼性は重要であり、国際的な標準化の議論に貢献できるよう、測位精度の信頼性評価の手法、および信号のセキュリティ評価の手法等を調査、検討を行う。

測位実験及び分析・検討結果は自動走行システムの研究開発機関での利用が可能なように、データの整理を行う。

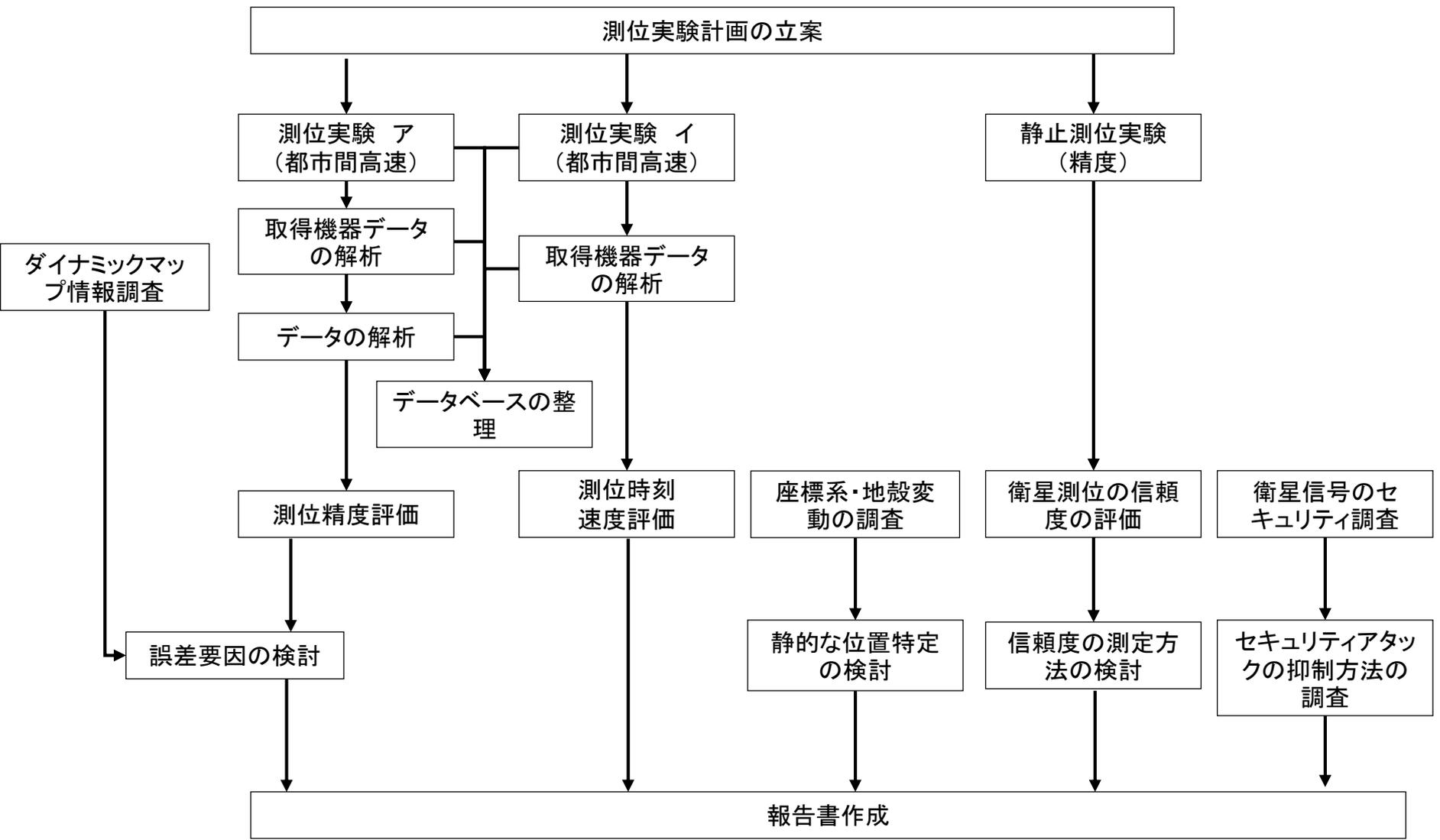
### 3. 実施内容

#### 3.2 実施項目

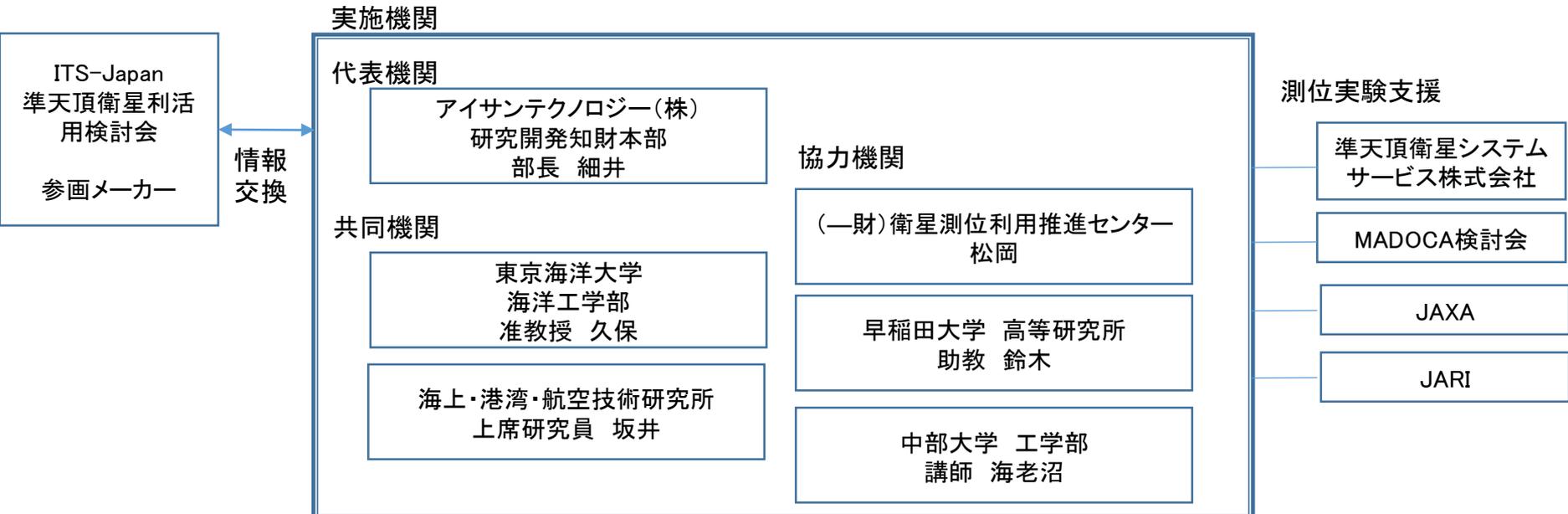
1. 統合的な衛星測位誤差調査		
1.1 測位実験計画の立案		
1.1.1	測位実験 ア	位置精度評価のための測定
1.1.2	測位実験 イ	受信機遅延等も含めた移動体測位誤差測定
1.1.3	静止測位実験	マルチパス評価のための測定(衛星測位の信頼度の評価 用)
1.2 測位実験の実施		
1.3 実験データの整理・解析・評価・検討		
1.3.1	データベースの整理	取得データのデータベース化、不要データ削除、タイムスタンプ、リスト化等を実施
1.3.2	走行位置取得機器データの解析	精度評価にあたり、真値(正解データ)として取り扱うため、各測位結果と比較可能なデータを作成
1.3.3	データの解析	測位・補強方式、対象衛星の組み合わせについて、評価を行い、測位結果の算出を実施
1.3.4	測位精度評価	測位精度(横方向・縦方向)および可用性(測位率)の評価
1.3.5	測位時刻・速度評価	時刻を比較し、縦方向の精度を評価
1.3.6	誤差要因の検討	ダイナミックマップ上での測位情報の誤差要因を総合的に検討
1.3.7	静的な位置特定の検討	地殻変動のゆがみの検出方法を検討 高精度地図の更新等への活用可能性を検討
2. データ信頼度の測定方法の検討		
2.1	衛星測位の信頼度の検討	環境影響度等の信頼度の評価方法を検討 他のセンサ類を利用する事による衛星測位の信頼度の評価方法を検討
2.2	衛星信号のセキュリティ調査	セキュリティアタックの方式を調査 各セキュリティアタックの判断方法の調査検討

# 3. 実施内容

## 3.3 実施フロー



# 実施体制



アイサンテクノロジー(株)	測位実験、精度評価分析、静的な位置特定の検討、報告書とりまとめ
(一財)衛星測位利用推進センター	測位実験支援
東京海洋大	解析とりまとめ、RTK方式の解析
早稲田大学	衛星測位の信頼度の検討
中部大学	衛星信号のセキュリティ調査
海上・港湾・航空技術研究所	データ解析(1周波コード測位、多周波コード測位、DGPS方式)

- ITS-Japan準天頂衛星利活用検討会の参加企業と情報交換を行い、自動走行支援に必要な調査を行う。
- 準天頂衛星利用に関して、内閣府宇宙戦略室及び準天頂衛星システムサービス(株)と調整を行う。  
※補強信号配信に関しては、コンソーシアム内での調整が可能であるが、利用に関しては内閣府との連携をとる。
- 測位航法学会より最新の衛星測位技術動向の情報収集を行いながら実施する。

# 3. 実施内容

## 3.5 実施スケジュール

		2016					2017				
		担当	12月			1月			2月		3月
1. 統合的な衛星測位誤差調査											
1.1 測位実験計画の立案											
	1.1.1 測位実験 ア	A	■								
	1.1.2 測位実験 イ	A	■								
	1.1.3 静止測位実験	A	■								
1.2 測位実験の実施											
	測位実験 ア	A.S.K			■						
	測位実験 イ	A.S.K				■					
	静止測位実験	A.S.K.W				■					
1.3 実験データの整理・解析・評価・検討											
	1.3.1 データベースの整理	A.S				■	■	■	■		
	1.3.2 走行位置取得機器データの解析	K					■	■			
	1.3.3 データの解析	A.K.E					■	■	■		
	1.3.4 測位精度評価	A						■	■		
	1.3.5 測位時刻・速度評価	A						■	■		
	1.3.6 誤差要因の検討	A							■	■	
	1.3.7 静的な位置特定の検討	A							■	■	
2. データ信頼度の測定方法の検討											
	2.1 衛星測位の信頼度の検討	W					■	■	■		
	2.2 衛星信号のセキュリティ調査	T					■	■	■		
報告書作成										■	■

# 4. 実施計画

## 4.1 総合的な衛星測位誤差調査

### 4.1.1 測位実験 ア

#### 1) 測位実験条件

走行経路	<ul style="list-style-type: none"> <li>2015年度実施した都市間高速測定ルートを含むルートで実施。</li> </ul>
測定日数・時間帯	<ul style="list-style-type: none"> <li>2日間の測位実験を実施。</li> <li>衛星飛来予測システムを利用し、衛星配置を考慮した時間帯で実施。</li> </ul>

#### 2) 対象となる測位・測位補強、衛星システム

##### a) リアルタイム測位

測位・補強方式	衛星システム
一周波コード測位	GPS+QZSS
	GPS+QZSS+GLONASS
QZSS L1S (DGPS) 補強	GPS+QZSS
多周波コード測位	GPS+QZSS+GLONASS
RTK	GPS+QZSS+GLONASS
QZSS L6 (CLAS) 補強	GPS+QZSS
MADOCA-PPP AR	GPS+QZSS+GLONASS

##### b) 後処理

測位・補強方式	衛星システム
一周波コード測位	GPS
	GPS+QZSS
	GPS+QZSS+GLONASS
QZSS L1S (DGPS) 補強	GPS
	GPS+QZSS
多周波コード測位	GPS
	GPS+QZSS
RTK	GPS
	GPS+QZSS
	GPS+QZSS+GLONASS
	GPS+QZSS+GLONASS+BeiDou+Galileo

- ✓ 一周波コード測位(リアルタイム測位)は2種類の受信機をそれぞれ2台使用して実施する。
- ✓ 後処理は全て同じ受信機(Trimble NetR-9)のデータを基に実施する。
- ✓ Galileoに関しては信号の状態を見て、計算に利用可能か検討を行う。

# 4. 実施計画

## 3) 実験機器

実験車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>MMS-TypeS220(車種:トヨタ アルファード)</li> </ul>
受信機	<ul style="list-style-type: none"> <li>1周波コード測位受信機(マルチGNSS対応/QZSS対応)</li> <li>多周波コード測位受信機(マルチGNSS対応/QZSS対応)</li> <li>高精度搬送波測位受信機(マルチGNSS対応/多周波対応)</li> <li>CLAS 用受信機</li> <li>MADOCA-PPP用受信機</li> </ul>
アンテナ	<ul style="list-style-type: none"> <li>各受信機に同じ信号を送るため分配機を用いて可能な限りアンテナをまとめる。</li> <li>各アンテナは車両自己位置からのオフセット量を計測し、評価を実施する。</li> <li>高精度搬送波測位受信機用及びL6用アンテナは、ルーフに設置(測量用アンテナ)</li> <li>1周波コード測位受信機用アンテナはダッシュボードに設置(パッチアンテナ)</li> </ul>
電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>MMS及び、L6用機材は車両電源を使用。</li> <li>PCは大型外部電源を使用。(複数台)</li> <li>受信機等は各機材の内部バッテリーを使用。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両搭乗者数:3名(ドライバー、MMS技術者、機材オペレーター)</li> <li>機材搭載:MMS後部</li> <li>天空カメラを設置</li> </ul>

## 4) 走行コース

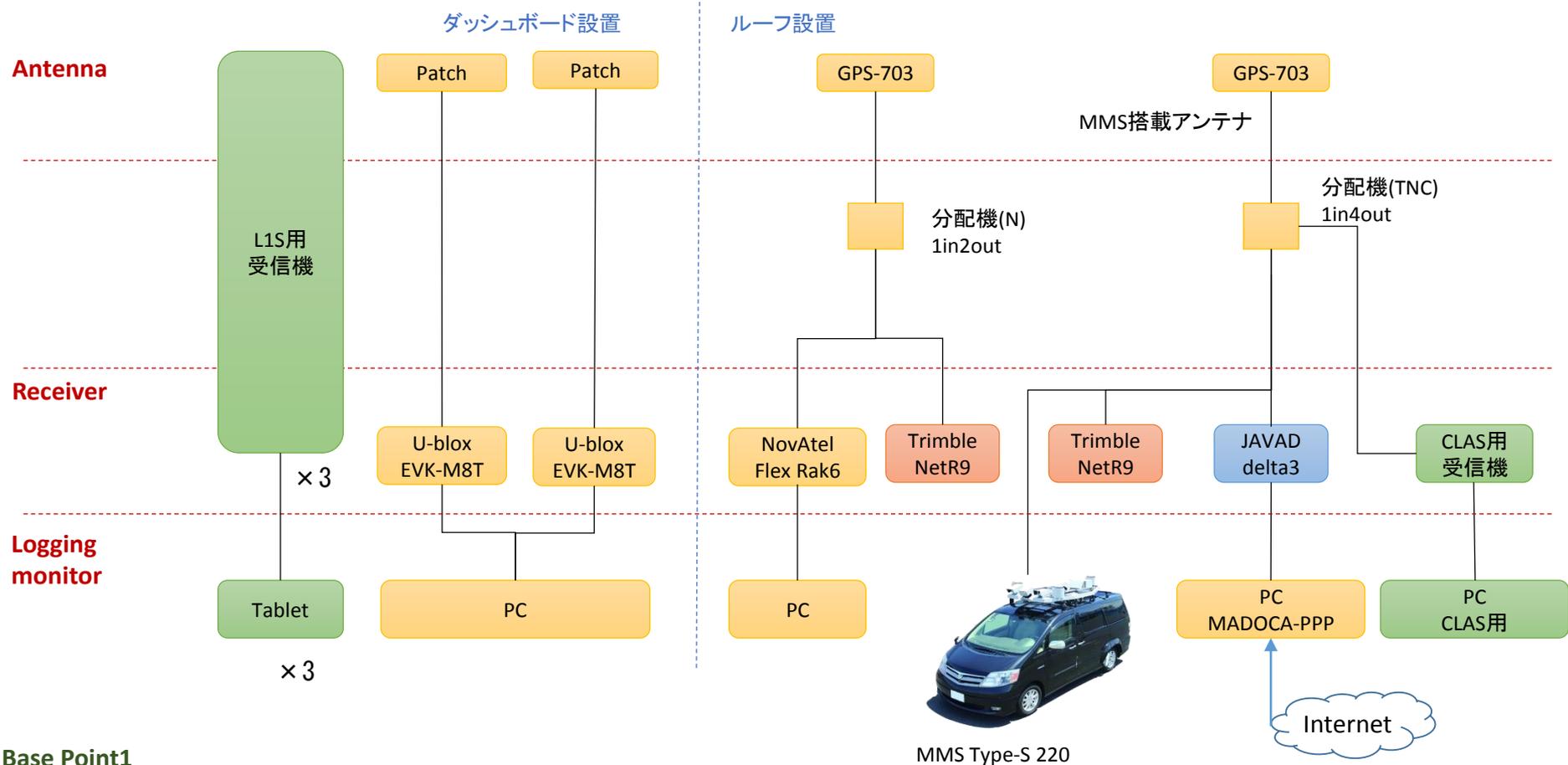


26年度、27年度と同じ都市間高速道路で、測位実験を実施。桜土浦IC～つくばJCT間は比較的オープンスカイの箇所であり、測位精度評価に適した区間となる。一方、つくばJCT～谷田部IC間は法面、橋梁が多くあり、様々な地上環境による影響を評価するのに適した区間となる。またつくばJCT～つくば中央IC間は、桜土浦～谷田部間が北東-南西方向の移動に対し、北西-南東方向の移動の区間になる。都市間高速における、様々な要素を含むコースとして、設定した。コースは6つのセクションに分けて評価を行う。

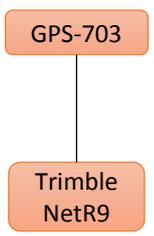
# 4. 実施計画

## 5) 機器構成

使用機材に関しては(「付録1:使用機器情報」参照)



**Base Point1**  
(東京海洋大:越中島)



**機材担当**

- アイサンテクノロジー
- QSS(NEC/MELCO)貸与品
- SPAC
- 東京海洋大学

※L6様に別途アンテナが必要な場合は、追加で構成します。

# 4. 実施計画

## 4.1.2 測位実験 イ

### 1) 測位実験条件

走行経路	• 車両位置を路側から測定するための機器を安全に設置できる環境として、走行実験用コースを借りて実施。
測定日数・時間帯	• 1日間の測位実験を実施。
走行速度	• 複数の速度帯での走行実験を実施。

### 2) 対象となる測位・測位補強、衛星システム

#### a) リアルタイム測位

測位・補強方式	衛星システム
一周波コード測位	GPS+QZSS
	GPS+QZSS+GLONASS
QZSS L1S (DGPS) 補強	GPS+QZSS
多周波コード測位	GPS+QZSS+GLONASS
RTK	GPS+QZSS+GLONASS
QZSS L6 (CLAS) 補強	GPS+QZSS
MADOCA-PPP AR	GPS+QZSS+GLONASS

#### b) 後処理

時刻の計測を伴うため、後処理では行わない。

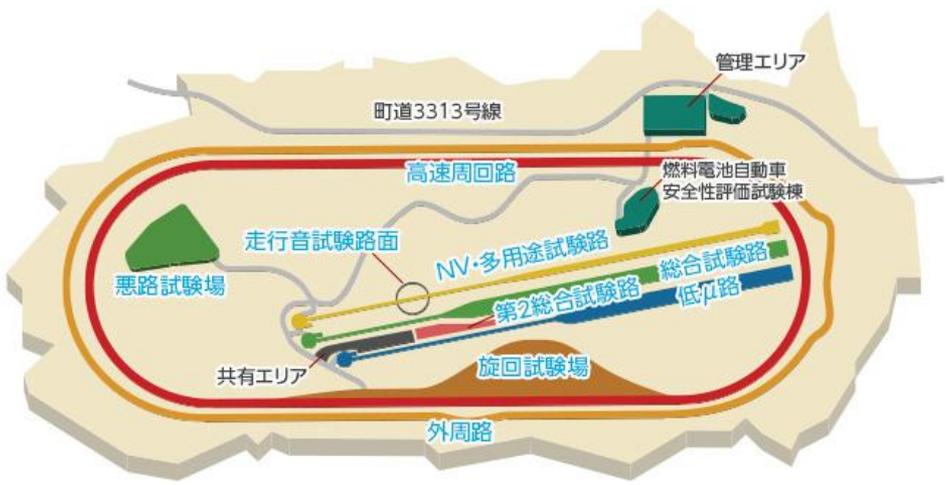
- ✓ 一周波コード測位は2種類の受信機をそれぞれ2台使用して実施する。

# 4. 実施計画

## 3) 実験機器

実験車両	<ul style="list-style-type: none"> <li>レンタカーを利用(機材搭載の関係上ワゴンタイプ)</li> </ul>
受信機	<ul style="list-style-type: none"> <li>1周波コード測位受信機(マルチGNSS対応/QZSS対応)</li> <li>多周波コード測位受信機(マルチGNSS対応/QZSS対応)</li> <li>高精度搬送波測位受信機(マルチGNSS対応/多周波対応)</li> <li>CLAS受信機</li> <li>MADOCA-PPP用受信機</li> </ul>
アンテナ	<ul style="list-style-type: none"> <li>各受信機に同じ信号を送るため分配機を用いて可能な限りアンテナをまとめる。</li> <li>各アンテナは車両自己位置からのオフセット量を計測し、評価を実施する。</li> <li>高精度搬送波測位受信機用及びL6用アンテナは、ルーフに設置(測量用アンテナ)</li> <li>1周波コード測位受信機用アンテナはダッシュボードに設置(パッチアンテナ)</li> </ul>
電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>PC及び一部の受信機は大型外部電源を使用。(複数台)</li> <li>通常の受信機等は各機材の内部バッテリーを使用。</li> </ul>
その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>車両搭乗者数:2名(ドライバー、機材オペレーター)</li> <li>機材搭載:車両後部</li> <li>天空カメラを設置</li> </ul>

## 4) 走行コース



JARI HPより

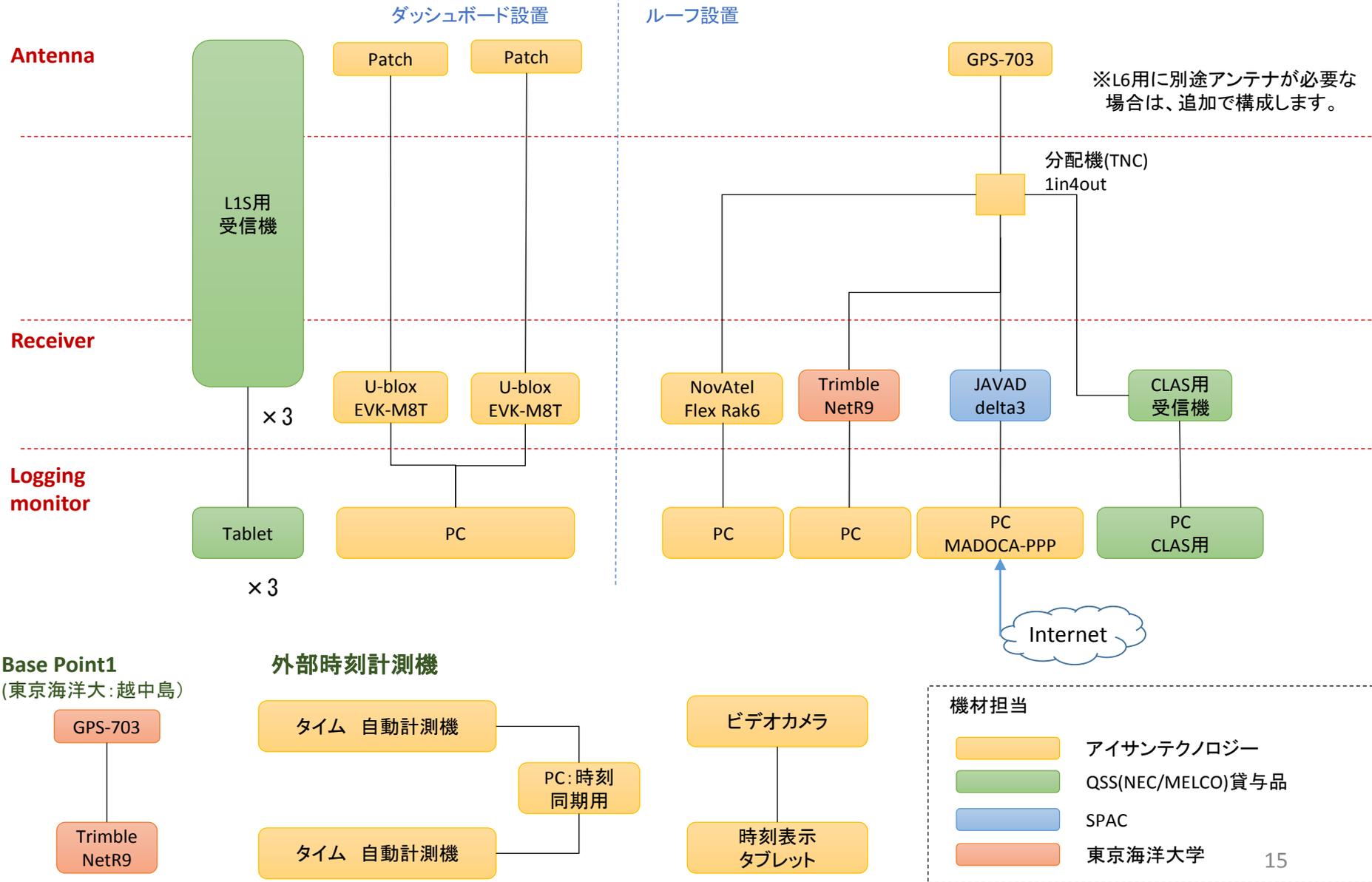
路側に通過時間計測用の機器を設置すること様々な速度帯で測位実験を実施するため、一般財団法人日本自動車研究所(JARI)のテストコース(城里テストセンター)の外周路を借りて実施する。

- アスファルト舗装
- 周長:5,722 m、幅:7 m
- 横断勾配
  - 直線部は両勾配 2 %
  - 曲線部は片勾配 2 ~ 3 %
- 縦断勾配:最大 5.9 %
- 最小曲線半径:60 m
- 設計輪荷重:5 ton

# 4. 実施計画

## 5) 機器構成

使用機材に関しては(「付録1:使用機器情報」参照)



## 4. 実施計画

### 5) 時刻の計測・記録方法(1/2)

#### ■ 車両通過時刻の計測方法

- 通過時刻計測には、ジムカーナ・陸上等で利用される光電管計測機を利用する。
- 計測ポイントとして3カ所のゲートの通過時間を計測。
- 各ゲートは事前に、測量用機器で通過ラインの位置測位を実施。
- ゲートには、通過時刻がわかるように、タブレット(自社開発の時刻表示アプリケーション)が写り込むように、ビデオカメラを設置。(実施の実績あり。)
- データの記録は計測用の専用プリンターを使用。(陸上競技で使用されているもの。)
- 計測単位は1/100秒で実施。

#### ■ 衛星測位時刻の計測方法

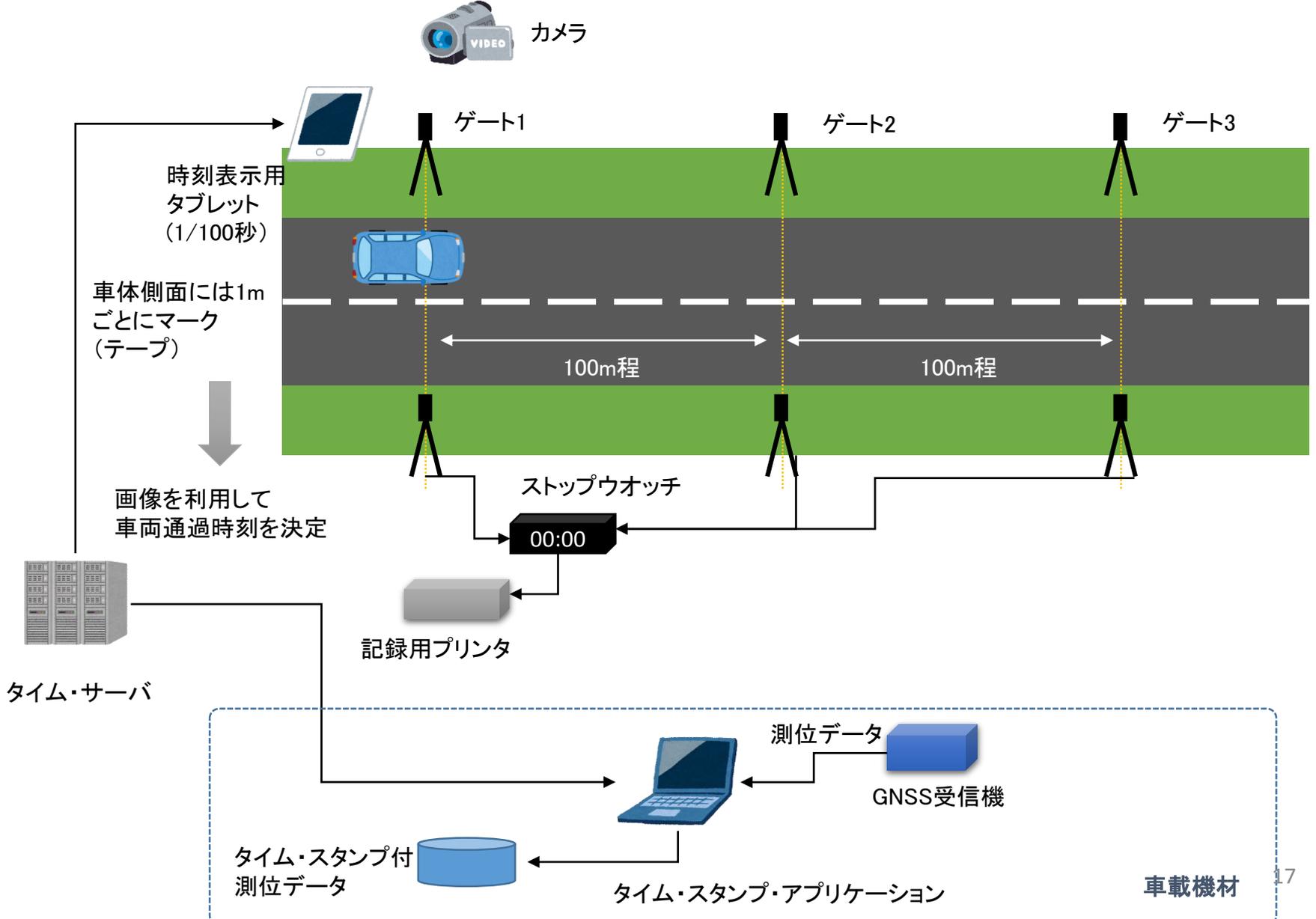
- データログに使用するパソコンおよびタブレットに、受信機からデータが届いたタイミングの時刻を記録するタイムスタンプ用アプリケーションを準備して利用。
- 測位結果データ(NMEA形式)に時刻タグを追加し、データ受信時刻を記録。
- 車両通過時刻計測に用いる時刻表示タブレット、データログ用パソコンおよびタブレットは予め、同じタイムサーバーで時刻同期を実施。

#### ■ その他

- 走行自体の速度目安は車載速度計を基準に実施するが、解析時の速度はRTK測位で得られる計測情報を基に算出する。

# 4. 実施計画

## 5) 時刻の計測・記録方法(2/2)



# 4. 実施計画

## 4.1.3 測位実験 : 静止測位

静止測位は、「2. データ信頼度の測定方法の検討①衛星測位の信頼度の検討」において、建物の影に隠れた不可視衛星からのNLOS (Non Line of Signal) の調査・検証を目的に実施する。

### 1) 測位実験条件

走行箇所	• マルチパスの想定される地点。
測定日数・時間帯	• 1時間の連続観測。

### 2) 対象となる測位・測位補強、衛星システム

#### a) リアルタイム測位

※信号到達の調査目的のため、測位ではなく信号情報自体の評価を行う。

#### b) 後処理

測位・補強方式	衛星システム
RTK	GPS
	GPS+QZSS
	GPS+QZSS+GLONASS
	GPS+QZSS+GLONASS+BeiDou+Galileo

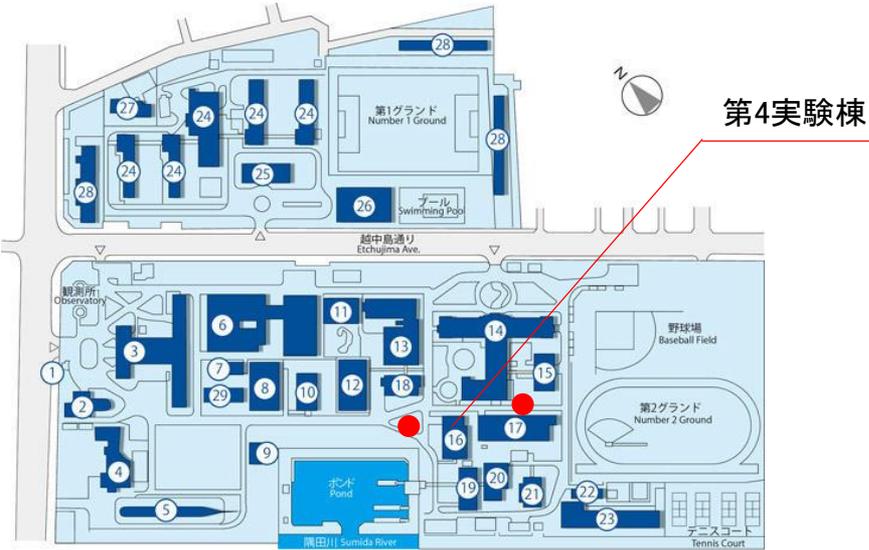
### 3) 実験機器

受信機	• 高精度搬送波測位受信機(マルチGNSS対応/多周波対応)
アンテナ	• 三脚(測量用)上に測量用アンテナを設置
電源	• 受信機の内部バッテリーを使用
その他	• 天空カメラを設置

# 4. 実施計画

## 4) 計測箇所

東京海洋大学越中島キャンパス内第4実験棟(測位航法学会)の周辺で静止観測を実施する。



越中島キャンパスマップ

## 5) 機器構成

Antenna

GPS-703

Receiver

Trimble NetR9

機材担当

- アイサンテクノロジー
- 東京海洋大学

使用機材に関しては(「付録1:使用機器情報」参照)

# 4. 実施計画

## 4.1.4 測位実験 スケジュール

測位実験の実施に関しては、準天頂衛星の補強信号配信計画と調整を実施。

※12月の準天頂衛星配信計画は11月22日最終決定

	走行実験	午前	午後	備考	本部
12/20	ア			実験ア用機材の搭載と機器テスト	東京海洋大
12/21		1回	3回		JAXAつくば
12/22		2回	2回	計測終了後、海洋大にて機器の取り外し	JAXAつくば

12/26	イ			マルチパス評価用静止測量 実験イ用の機器搭載と機器テスト	東京海洋大
12/27		準備	3	速度を変えて3セット実施	JARI(城里)

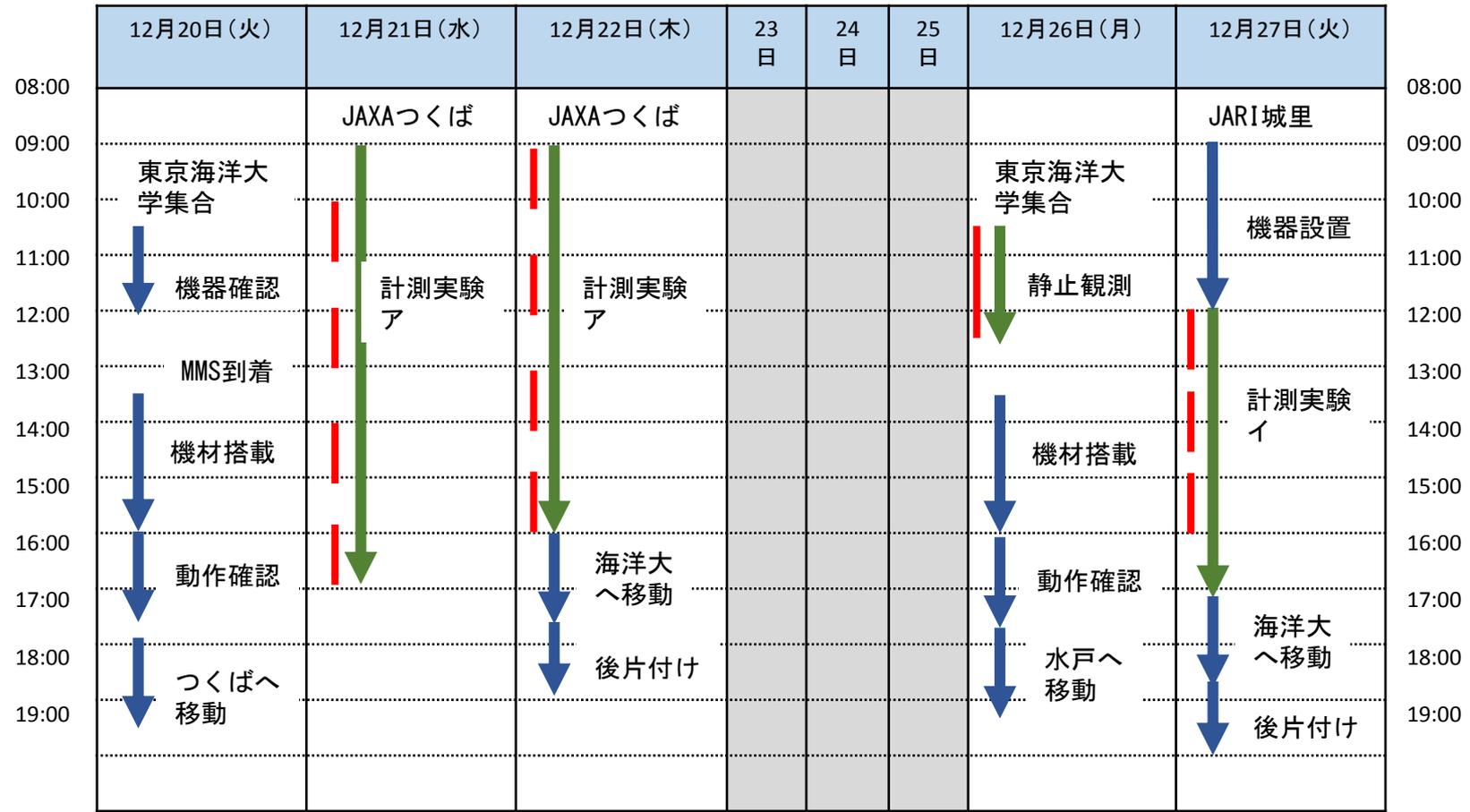
### 測位実験実施時間帯の決定方法

- 測定走行の時間帯は衛星(GPS)の 配置情報(DOP値)を基に設定を行う。
  - 従来のGPSのみの衛星測位とマルチGNSSによる衛星測位の差異を観測するために、GPSの衛星配置を基準に時間帯の設定を行う。
  - GPS衛星の配置状態は水平DOP(HDOP)および垂直DOP(VDOP)の値を参照する。この時、測量作業規程に準じて仰角マスクは15° とする。
  - 最終的に測定走行日程近く(2週間ほど前)に、最新衛星軌道情報からミュレーションを行い決定。
- Galileo及びL5信号を配信する衛星(GPS Block II F/QZSS/Galileo)は数が少ないため、時間帯を考慮して計測を実施する。

# 4. 実施計画

## 5) 計測スケジュール

測位実験 アの実施に関しては、準天頂衛星の補強信号配信計画と調整を行っている。  
 現段階では12月20日～27日で予定をしている。  
 ※12月の準天頂衛星配信計画は11月22日最終決定



— 計測実施時間帯(「付録2:衛星飛来予測」参照)

## 4. 実施計画

### 4.1.4 実験データの整理・解析・評価・検討

#### 1) データベースの整理

- 測位実験の取得データは再利用可能なように、インデックスおよびデータリストを作成し、データベースとして整理、保管を行う。
- 各ファイルおよびフォルダーは命名規則を設定し、ファイル名から対象となる測位場所、測位方法、利用衛星等が判断できるようにする。

#### 2) 走行位置取得機器データの解析

##### 走行実験 ア

- MMSの走行データ解析を行い、精度評価の真値(正解データ)を作成する。
- 搬送波位相受信機のRAWデータを解析し、各測位計算ができるようRINEXデータを作成する。
- 走行実験の際に設置したアンテナ位置とMMSの自己位置(IMU搭載箇所)のオフセット量を計算し、IMUにより得られた車体姿勢を利用して測位用のアンテナ位置と自己位置の位置誤差を修正することで、比較可能なデータを作成する。

##### 走行実験 イ

- コース上のゲートを計測した測量結果を解析し、ゲートの位置情報を決定する。
- 画像、通過時刻計測用機器のデータを基に、車両がゲートを通過した時刻を解析する。
- 衛星測位のロガー情報から、衛星測位上の時刻でのゲート通過時刻を解析する。

##### 静止観測

- 搬送波位相受信機のRAWデータを解析し、測位計算ができるようRINEXデータを作成する。
- 天空画像を解析し、天空率及び天空マスクを作成する。

# 4. 実施計画

## 3) データの解析

測位方式	マルチGNSS				
	GPS	QZSS	GLO	BDS	GAL
1周波コード測位(L1)	○				
	○	○			
	○	○	○		
	○	○	○	○	○
L1S相当(DGPS)	○				
	○	○			
多周波コード測位	○				
	○	○			
RTK	○				
	○	○			
	○	○	○		
	○	○	○	○	○

走行位置取得機器データの解析結果をもとに、以下の組み合わせの測位結果の算出を行う。  
(後処理)

※リアルタイム計測は、各受信機の測位アルゴリズムを利用し、各受信機からの測位結果を使用するためデータの解析は不要。

評価に必要な解析データの組み合わせ。

データ取得の組み合わせ

走行コース	
C1	都市間高速
C2	JARI外周路

×

走行時間帯	
Tx	x回目

×

データ解析の組み合わせ

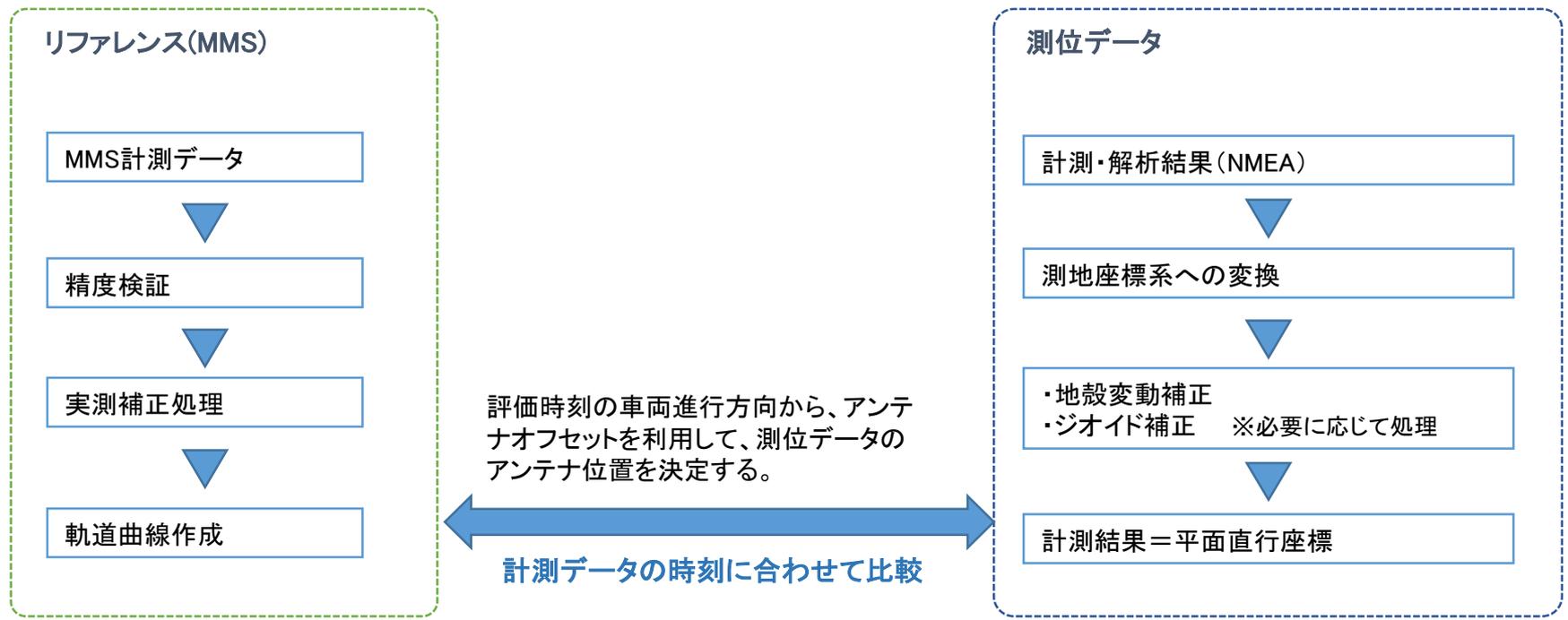
測位方式	
M1	1周波コード測位
M2	QZSS L1S相当
M3	多周波コード測位
M4	RTK
M5	QZSS L6相当
M6	MADCOCA-PPP

×

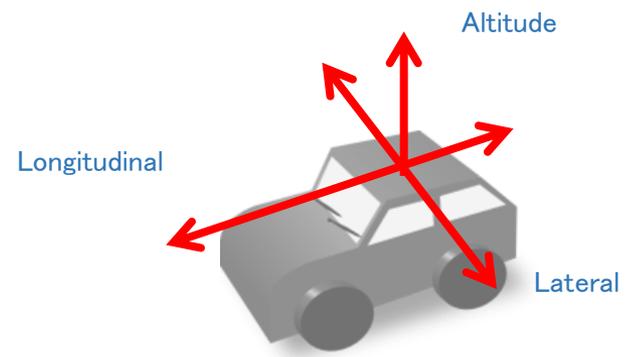
利用衛星システム	
S1	GPS
S2	GPS+QZSS
S3	GPS+QZSS+GLO
S4	GPS+QZSS+GLO+BDS+GAL

# 4. 実施計画

## 3) 測位精度評価



### 比較評価の対象



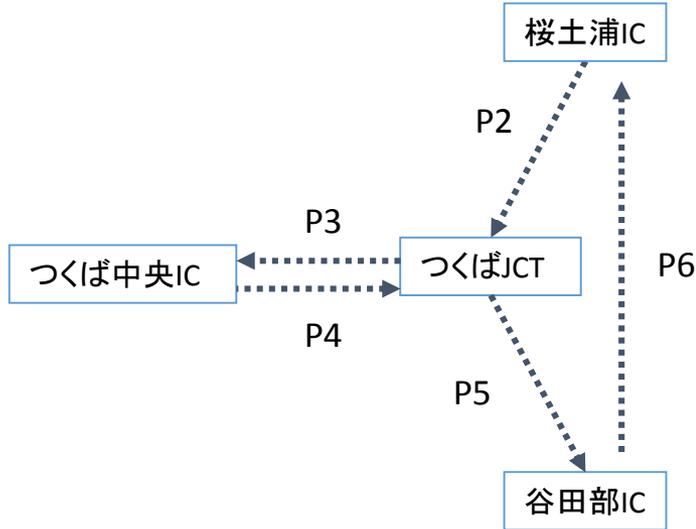
- Time(UTC)
- Reference coordinates(MMS)
- Coordinates
- Speed(Estimation)
- Number of satellites in use
- HDOP

# 4. 実施計画

## コースのパート化

測位実験で利用するコースは、精度評価を実施する際に、都市間高速全体と、各ICおよびJCT間で5パートの合わせて6パートに分けて実施する。  
ただし、つくばJCTは一部重複したパート分けを行う。

コース		パート	
C1	都市間高速	P1	全体
		P2	桜土浦IC~つくばJCT
		P3	つくばJCT~つくば中央IC
		P4	つくば中央IC~つくばJCT
		P5	つくばJCT~谷田部IC
		P6	谷田部IC~桜土浦IC



## 精度評価の組み合わせ

走行コース	
C1	都市間高速

走行パート	
P1	都市間高速全体
P2	桜土浦IC-つくばJCT
P3	つくばJCT-つくば中央IC
P4	つくば中央IC-つくばJCT
P5	つくばJCT-谷田部IC
P6	谷田部IC-桜土浦IC

×

走行時間帯	
T1	1回目
T2	2回目
T3	3回目
T4	4回目
T5	5回目
T6	6回目
T7	7回目
T8	8回目

×

測位方式	
M1	1周波コード測位
M2	QZSS L1S相当
M3	多周波コード測位
M4	RTK
M5	QZSS L6相当
M6	MADOCA-PPP

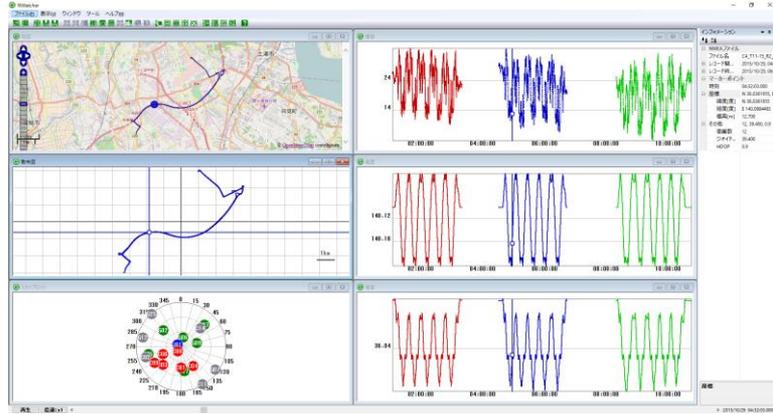
×

利用衛星システム	
S1	GPS
S2	GPS+QZSS
S3	GPS+QZSS+GLO
S4	GPS+QZSS+GLO+BDS+GAL

# 4. 実施計画

## 測位精度評価ツールの利用

精度評価分析には専用のツールを利用して実施することで、人為的なミスなく効率的に実施する。各評価内容を可視化(グラフ化)することで、網羅的な評価分析を実施する。評価ツールはアイサンテクノロジー製のGNSS-Explorerを利用する。



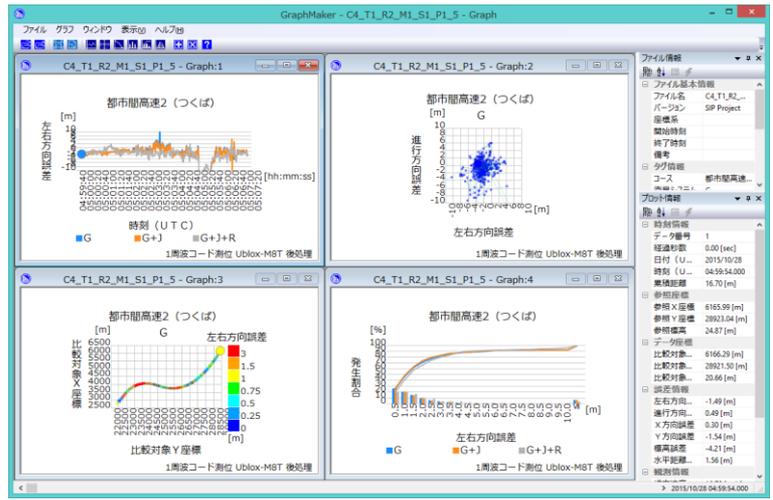
### NWatcher

測位結果(NMEA)可視化ツール  
緯度・経度等の観測結果をグラフ化するほか、移動軌跡を地図上に表示。  
時間指定、範囲指定で分析用のデータ抽出が可能。



### Mobcat

測位結果とMMS等のリファレンスを比較評価するツール。  
時刻同期、地殻変動補正、ジオイド、アンテナオフセットを考慮した評価データの作成が可能。



### GraphMaker

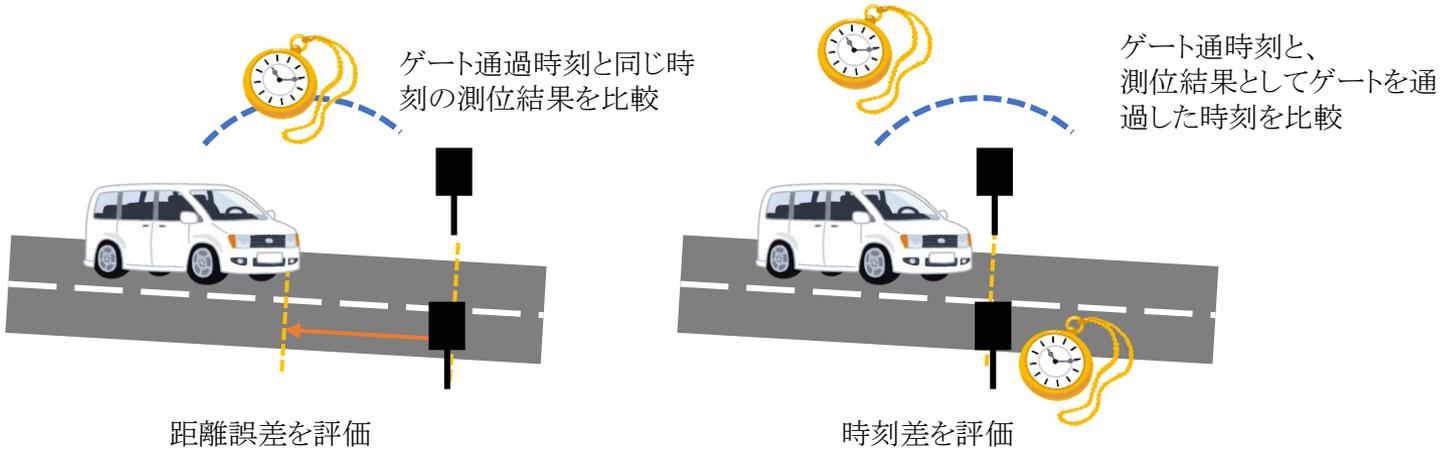
評価データのグラフ化と統計データを作成するツール。  
折線、分布図、軌跡、ヒストグラム、累積等により、各評価データを比較分析するための情報を作成することが可能。

# 4. 実施計画

## 4) 測位時刻・速度評価

縦方向の精度評価は二つの視点から評価を実施。

- 時刻を基準とした評価
  - 外部計測機によって得られた車のゲート通過時刻と、測位結果から得られた位置情報を基に計算したゲート通過時刻の時刻を比較評価。
  - 測位結果の時刻は、衛星測位による時刻と記録時のタイムスタンプによる時刻双方を評価。
- 位置を基準とした評価
  - 外部計測機によって得られた車のゲート通過時刻における、車両位置を測位結果から算出し、ゲートからの差異を評価。
  - 測位結果の時刻は、衛星測位による時刻と記録時のタイムスタンプによる時刻双方を評価。



# 4. 実施計画

## 精度評価の組み合わせ

走行コース	
C2	JARI外周

走行時間帯	
T1	1回目
T2	2回目
T3	3回目

×

走行速度帯	
V1	20km/h
V2	40km/h
V3	60km/h
V4	80km/h
V5	100km/h

×

通過ライン	
P1	ゲート1
P2	ゲート2
P3	ゲート3

×

測位方式	
M1	1周波コード測位
M2	QZSS L1S相当
M3	多周波コード測位
M4	RTK
M5	QZSS L6相当
M6	MADOCA-PPP

×

利用衛星システム	
S1	GPS
S2	GPS+QZSS
S3	GPS+QZSS+GLO
S4	GPS+QZSS+GLO+BDS+GAL

## ■ 対象データ数

解析対象 データ数

走行コース	解析	解析データ数
測位実験ア	リアルタイム	72
	後処理	104
測位実験イ	リアルタイム	135
	後処理	—
計		311

測位精度評価対象データ数

走行コース	解析	解析データ数
測位実験ア	リアルタイム	432
	後処理	624
計		1,056

測位時刻・速度評価対象データ数

走行コース	解析	解析データ数
測位実験イ	リアルタイム	405
	後処理	0
計		405

## 4. 実施計画

### 5) 誤差要因の検討

ダイナミックマップの位置情報  
精度に係るものの調査

「ダイナミックマップ構築に向けた、試作評価に係る調査検討」(平成27年度 内閣府実施)の報告書及び、独自の調査により以下の項目を調査する。

- ダイナミックマップの位置情報の基準
- 作成時における位置情報の決定手法
- ダイナミックマップの位置情報の品質基準

衛星測位の誤差要因の調査

「衛星測位活用に向けた基礎評価に関する調査」(平成27年度 経済産業省)の報告書及び、今年度実施の測位実験の結果を利用し、以下の誤差要因を調査する。

- 可視衛星数と測位精度の関係の調査
- 衛星の幾何配置と測位精度の関係の調査
- 上空視界と測位精度の関係の調査
- 車速と測位精度の関係の調査

ダイナミックマップ上での衛星  
測位による位置情報の誤差要  
因の検討

上記各調査結果をもとに、衛星測位の誤差要因とダイナミックマップの位置情報品質、位置情報の基準等を統合的に検討し、ダイナミックマップ上で衛星測位による位置情報の誤差要因の検討を行う。

検討の深堀として、誤差認識に関して検討する。

ダイナミックマップ上での衛星  
測位の誤差の認識手法の検  
討

誤差要因の検討結果をもとに、ダイナミックマップ上で衛星測位が誤差を生じていることを認識する手法を検討する。

## 4. 実施計画

### 6) 静的な位置特定の検討

#### 位置情報の基準に関する調査

衛星測位により得られる位置情報と、測量・地図に利用される静的な日本測地系の位置情報の違いを調査。

- 日本測地系と衛星測位の位置情報の基準に関する調査
- 日本測地系の位置の決定手法の調査

#### 時間軸における位置情報の変化と、日本測地系の位置情報の間に生じるゆがみの調査

地殻変動等の時間軸における空間上の位置情報の変化と、日本測地系の位置情報の間に生じるゆがみを調査。

- 測地系の変更、セミダイナミック補正、PatchJGD等の位置情報の整合に係る技術を調査
- 電子基準点網(GEONET)並びに、セミダイナミック補正、PatchJGDの各パラメータを利用し、地殻変動等による日本測地系上のゆがみを時系列で調査。

#### 高精度地図と衛星測位の整合性手法の検討

上記調査をもとに、高精度地図情報と衛星測位による位置情報のゆがみを明らかにし、これら位置情報の整合性手法を検討することで、高精度地図更新手法に関して検討する。

#### 高精度地図情報と衛星測位の整合性手法の評価

#### 位置整合性手法の評価

電子基準点等の位置情報を利用して、検討した整合性手法が有効であるかの評価を実施する。

# 4. 実施計画

## 4.2 データ信頼度の測定方法の検討

### 4.2.1 衛星測位の測位信頼度の検討

静止試験によるGNSS観測データの取得

測位解の誤差分散と実際の測位誤差の関係を明らかにするために、位置が既知の環境にGNSSアンテナを設置し、静止状態でのデータ取得実験を実施する。

魚眼カメラによる天空画像の取得

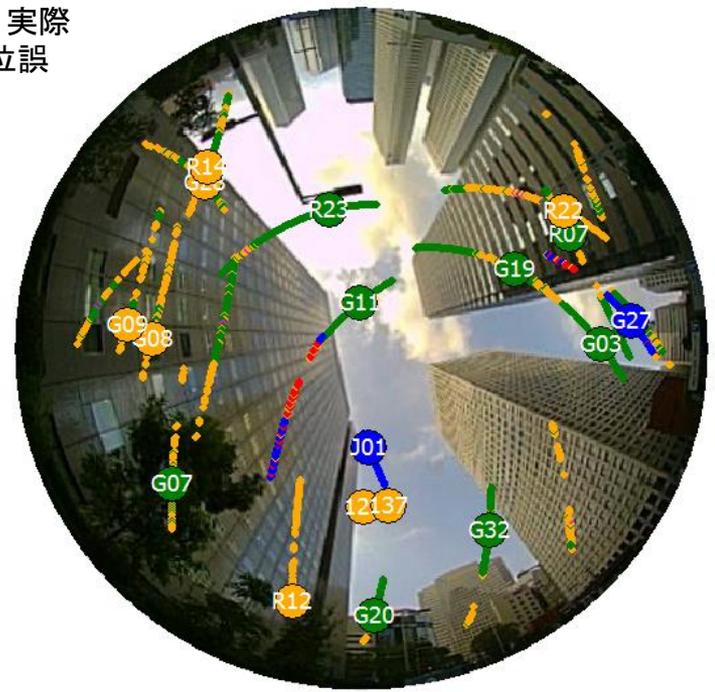
魚眼カメラを用いて周囲の建物の配置を取得し、実際に受信した衛星信号からNLOS信号の検出と測位誤差の関係性を明らかにする。

慣性センサによる衛星測位の信頼度推定の検討

IMU(Inertial Measurement Unit: 慣性センサ)を用いた、衛星測位の信頼度の推定手法について検討を行う。IMUを用いて、測位解の時間的な相関を調べることで、衛星測位の外れ値の検出が可能かを明らかにする。

信頼度の測定方法の検討

衛星測位とIMU, カメラ, 三次元地図などを複合することにより、NLOS信号の検出とNLOS信号の有無を指標にした衛星測位の信頼度の測定方法を検討する。



## 4. 実施計画

### 4.2.2 衛星信号のセキュリティ調査

セキュリティアタックの方式の調査・  
セキュリティアタックの事例の調査

調査によって得られた各種セキュリティアタックや事例について、技術的な容易性、影響範囲、想定される被害規模などの項目について評価し、将来的な危険度について分析を行う。

セキュリティアタックの判断方法の  
調査

調査によって得られた各セキュリティアタックに対する判断方法について、検知能力、システム規模などの項目について評価し、実装の容易性や信頼度について分析を行う。

セキュリティアタックの抑制方法の  
調査

提案されている各種抑制方法をそれに用いられている技術で分類し、それらの抑制能力、システム規模などの項目について調査することで、将来的な実用可能性について分析を行う。

文献調査だけでなく、アタックによる影響の実験を実施

すでに市販されているデバイス  
(jammaer, anti-jammer)の調査

シミュレータによる市販受信機のjamming, spoofing耐性の簡易的実験。



### 調査報告書電子媒体(CD-ROM)1式

- 調査報告書(PDFおよびWord)
  - ✓ 測位精度評価結果
  - ✓ 測位時刻・速度評価結果
  - ✓ 誤差要因の検討結果
  - ✓ 静的な位置特定の検討結果
  - ✓ 衛星測位の信頼度検討結果
  - ✓ 衛星信号のセキュリティ調査結果
- 調査報告書概要版(PDFおよびPower Point)
- 委託調査報告書公用書誌情報(Excel)
- 二次利用未承諾リスト(Excel)

### データベース(HDD)1式

- 測位実験で得られたデータ(Raw Data/RINEX/MMS計測 Data等)
- 各方式で解析した測位結果(NMEA等)
- 精度評価データ(精度評価シート、統計データ、グラフ等)
- その他検討時に作成したデータ等

## 6. 経費項目の積算

<別紙:経費支出計画書>

## 7. 連絡先

アイサンテクノロジー株式会社  
研究開発知財本部  
部長 細井 幹広

TEL 052-950-7500 / FAX 052-950-7507

E-mail [m.hosoi@aisantec.co.jp](mailto:m.hosoi@aisantec.co.jp)

# 付録1:使用機器情報

受信機名	メーカー	特徴	
QZ-1	NEC/QSS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1周波コード測位受信機</li> <li>• マルチGNSS対応 (GPS/QZSS/GLONASS)</li> <li>• QZSS L1S対応</li> </ul>	
EVK-M8T	U-Blox	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1周波コード測位受信機</li> <li>• マルチGNSS対応 (GPS/GLONASS/BeiDou/QZSS)</li> <li>• RAWデータによる後処理可</li> </ul>	
Flex Pak6	NovAtel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多周波搬送コード測位受信機</li> <li>• マルチGNSS対応 (GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo/QZSS)</li> </ul>	
NetR9	Trimble	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多周波搬送波位相測位受信機</li> <li>• マルチGNSS対応 (GPS/GLONASS/BeiDou/Galileo/QZSS)</li> <li>• 測量業務等で利用される高い信頼性</li> </ul>	
AQLOC(仮)	三菱電機	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多周波搬送波位相受信機</li> <li>• GPS/QZSS対応</li> <li>• QZSS L6(CLAS)対応</li> </ul>	
Delta3	JAVAD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 多周波搬送波位相測位受信機</li> <li>• マルチGNSS対応 (GPS/GLONASS/Galileo/QZSS)</li> </ul>	

# 付録1:使用機器情報

衛星システム	信号	1周波コード		多周波コード	搬送波位相測位		
		QZ-1	M8T	Flex Pack6	NetR9	AQLOC	Delta3
GPS	L1 C/A	○	○	○	○	○	○
	L2P			○	○	○	○
	L2C			○	○		○
	L5			○	○		○
QZSS	L1 C/A	○	○	○	○	○	○
	L2C			○	○	○	○
	L5			○	○		○
	L1S	○					○※2
	L6					○	○※2
GLONASS	L1	○	○※1	○	○		○
	L2			○	○		○
Galileo	E1		○※1		○		○
	E5a				○		○
BeiDou	B1		○※1		○		○
	B2				○		○
SBAS	L1 C/A	○	○	○	○		○
出力	NMEA	○	○	○		○	
	RAW		○	○	○	○	○

※1 「EVK-M8T」はGLONASSとBeiDouおよびGalileoの同時取得は不可。(他の衛星システムは同時取得可)

※2 受信できますが、計算処理はできません。

# 付録1:使用機器情報

## MMS Type S220R



GPS×3、IMU、オドメータを搭載。  
 高精度レーザスキャナ、カメラを利用し、  
 走行しながら10cm程度の精度で3次元  
 空間情報を取得。  
 Type Sはアルファードベースであるため、  
 ルーフ、室内が広く今回の機材搭載には  
 適している。

項目	標準仕様	備考
計測車両	MMS-Type-S220R	カメラ2台、レーザー2台、高密度レーザー
道路種別	一般道路	舗装面
走行速度	20km/h~40km	法定速度
レーザー計測	実施	前方上方/路面
画像撮影	実施(2方向) 前方正面、左前方	500万画素
画像撮影ピッチ	m/枚	一般道:2m/枚、高速道路:5m/枚
走行車線	左車線	一般道:対向、高速道路:走行車線

## Patch アンテナ(1周波コード受信機用)



チタン酸バリウム、チタン酸マグネシウム等からなる誘電体セラミックスを構造体に持ち、上下に電極を形成し、給電ピンを取り付けた構成。  
 アンテナ部質量 約40g  
 " 寸法 約35 × 40 × 8mm  
 ※受信帯域の関係上、基本的に受信機付属のアンテナを利用

## Novatel-703(搬送波位相測位用)



L1,L2,L5の3バンドに対応したチョークリング・アンテナ  
 マルチパスによる影響が少ないため、高精度測位に適している。  
 質量 500g  
 寸法 185Φ × 69mm(直径×高さ)

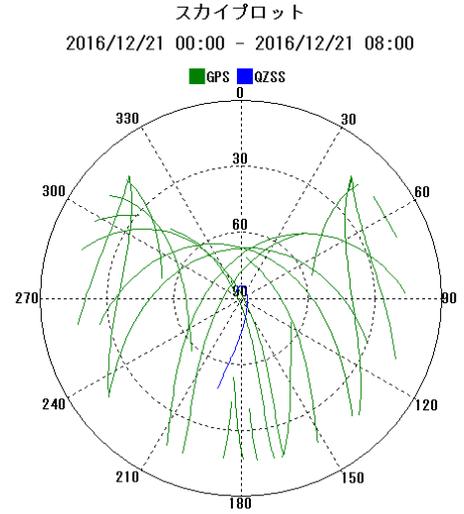
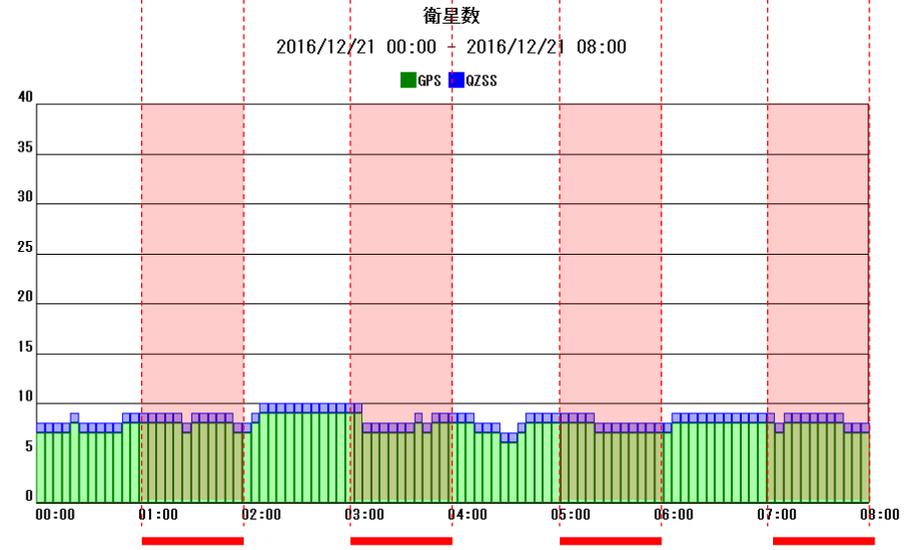
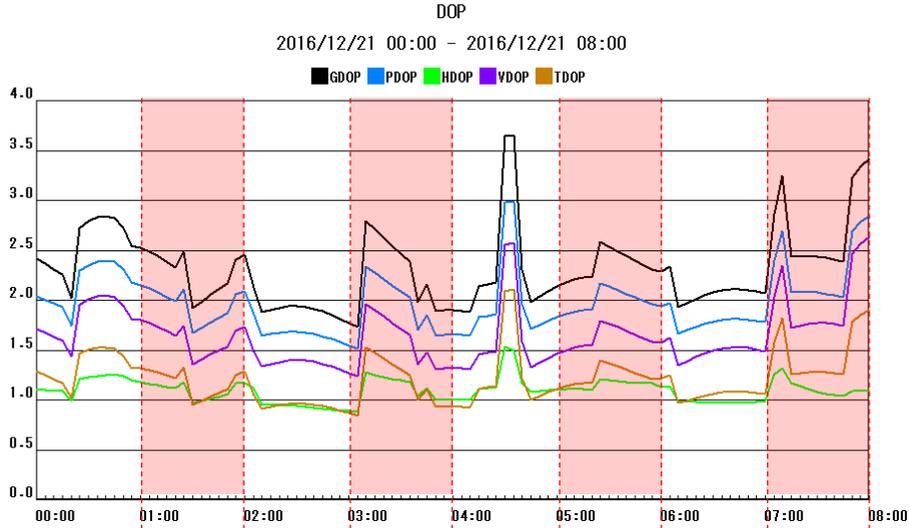
## SVAS007 光電管計測機



1/100秒計測:10時間計  
 最大300メモリー/感熱式プリンター付  
 スタートから区間・ゴールまでの2カ所の計測が可能

# 付録2:衛星飛来予測

12月21日 0:00~08:00(UTC) つくば  
GPS + QZSS 衛星飛来予想

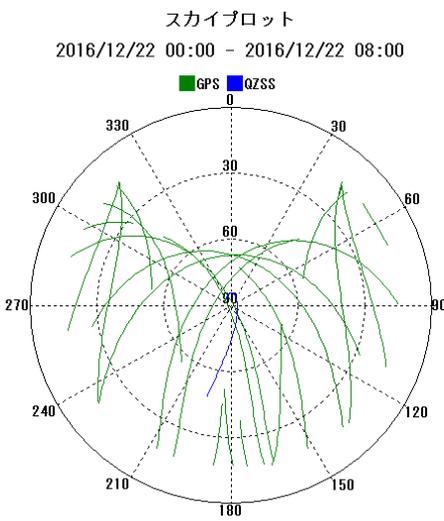
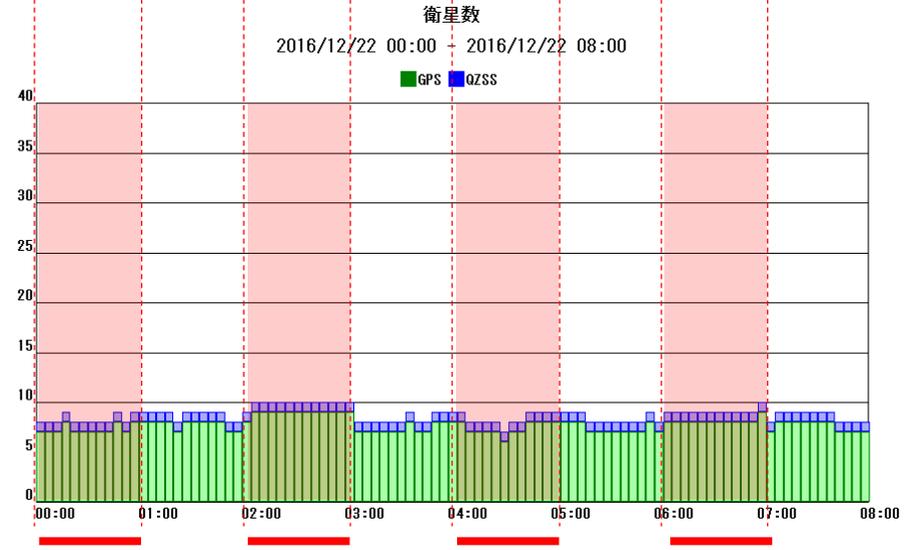
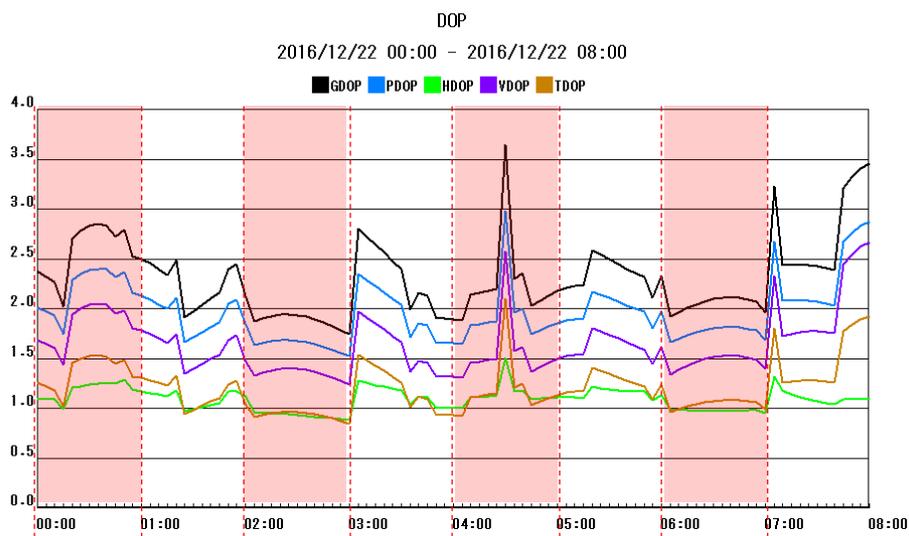


## 計測時間

	JST	衛星配置状況
1	10:00-11:00	普通
2	12:00-13:00	やや悪い
3	14:00-15:00	普通
4	16:00-17:00	普通

# 付録2:衛星飛来予測

12月22日 0:00~08:00(UTC) つくば  
GPS + QZSS 衛星飛来予想

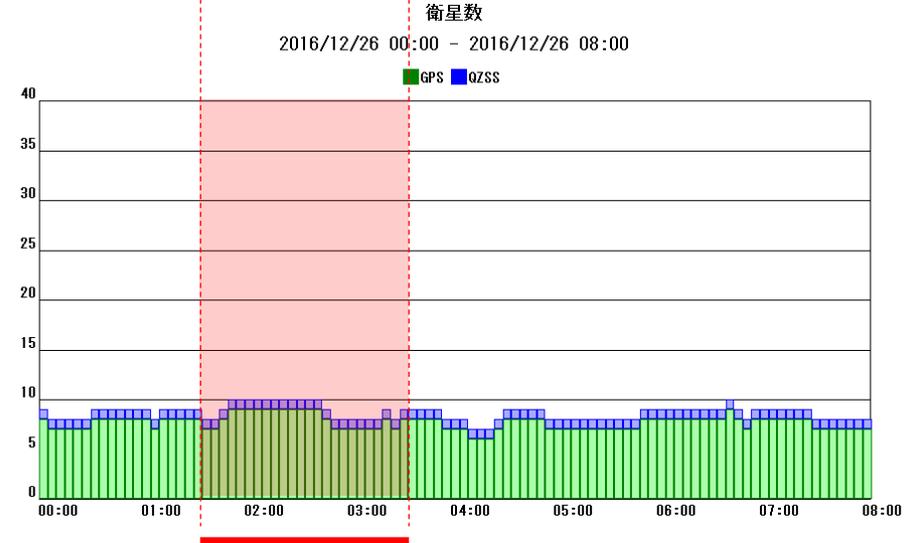
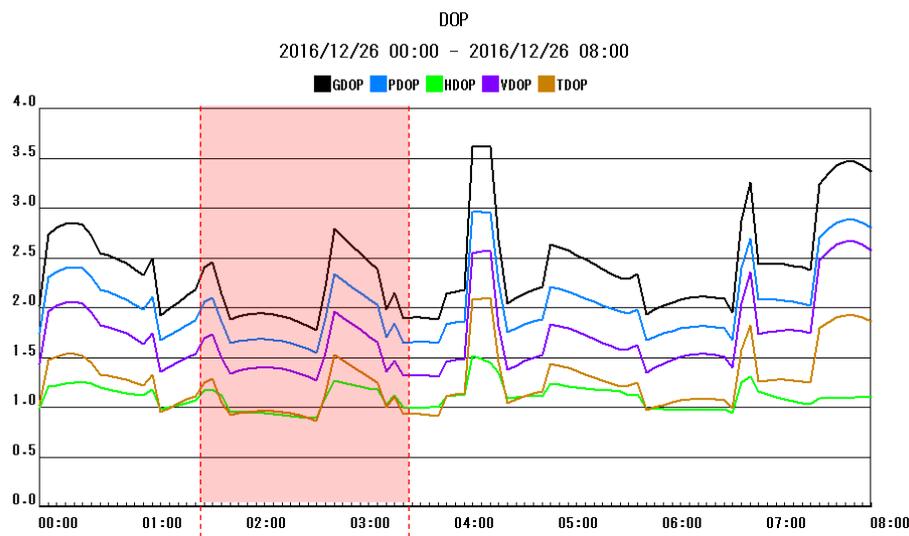


## 計測時間

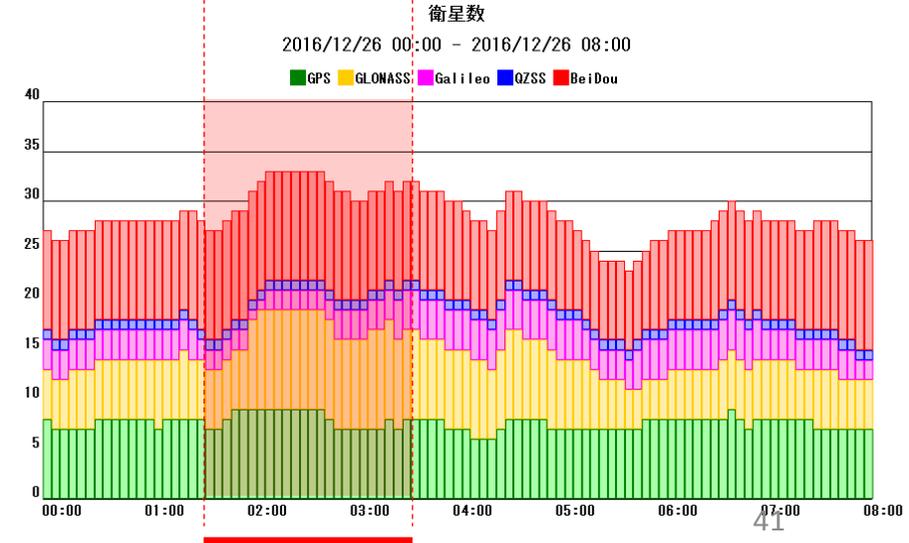
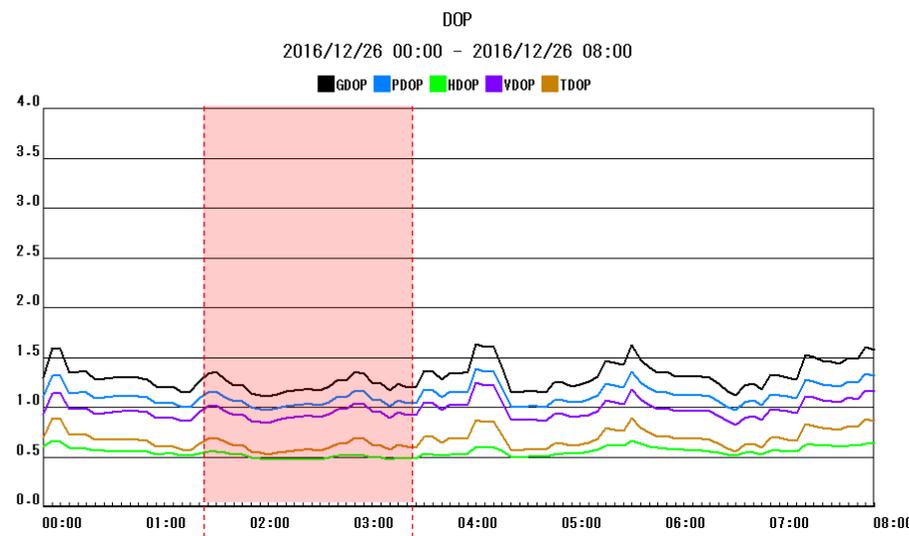
	JST	衛星配置状況
5	9:00-10:00	普通
6	11:00-12:00	良
7	13:00-14:00	悪
8	15:00-16:00	やや良

# 付録2:衛星飛来予測

12月26日 0:00~08:00(UTC) 東京海洋大学越中島  
GPS + QZSS 衛星飛来予想

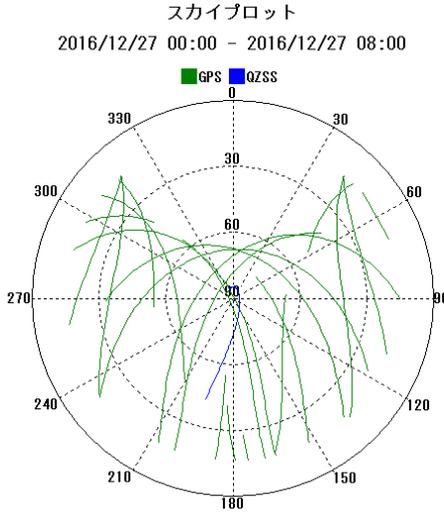
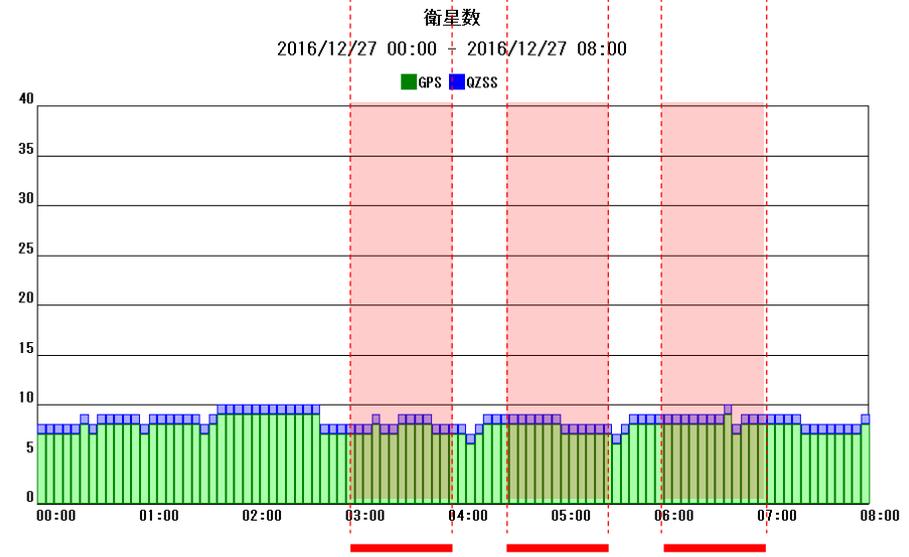
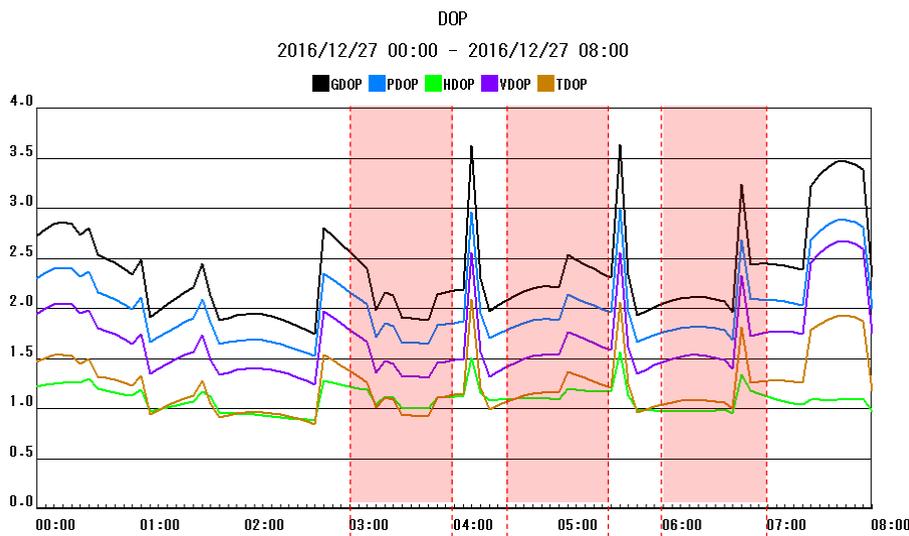


GPS + QZSS+GLONASS+BeiDou+Galileo 衛星飛来予想



# 付録2:衛星飛来予測

12月27日 0:00~08:00(UTC) 城里  
GPS + QZSS 衛星飛来予想



### 計測時間

	JST	衛星配置状況
1	12:00-13:00	普通
2	13:30-14:30	普通
3	15:00-16:00	悪