

衛星受信不感区間における高精度測位 技術公募結果の公表について

国土交通省 関東地方整備局
関東道路メンテナンスセンター

令和3年6月

技術公募の目的

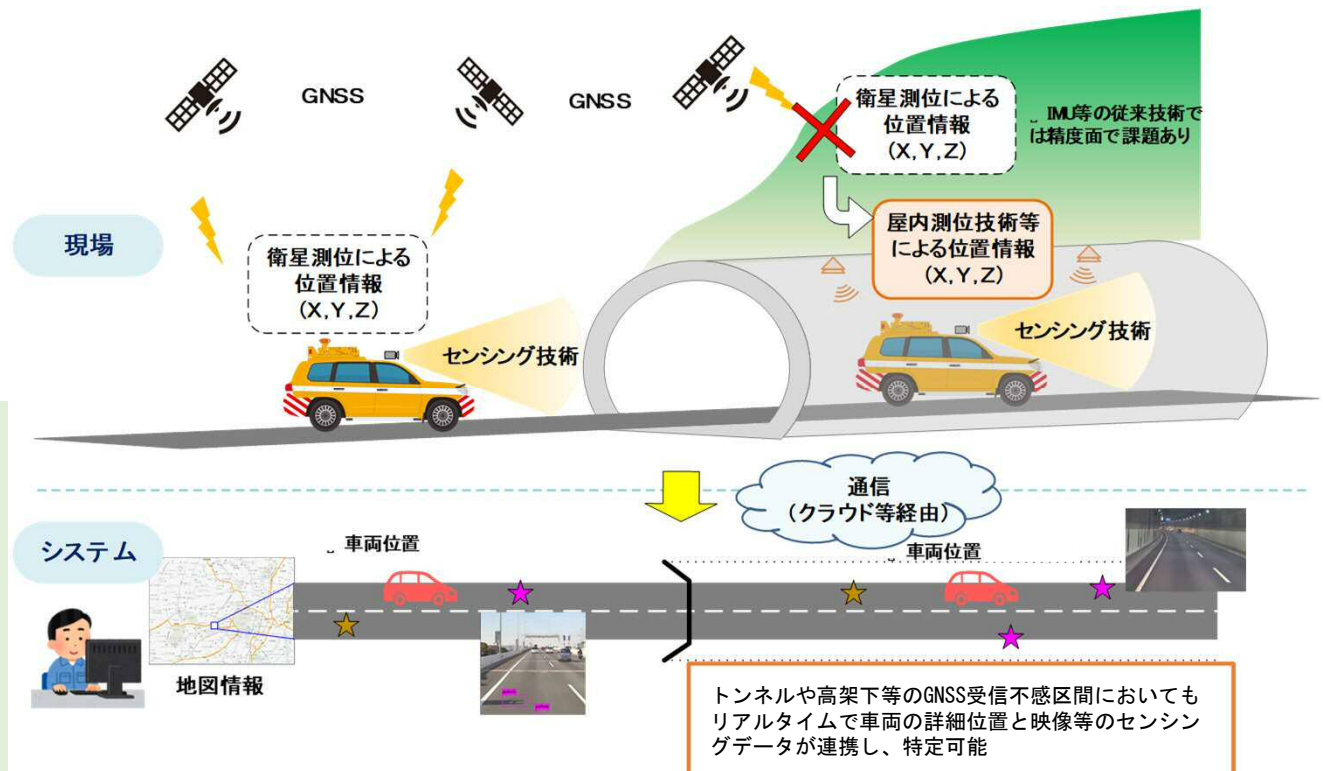
トンネル内や高架下などの衛星受信不感区間でも測位可能な技術について技術公募を行い、応募技術について現場フィールドにて技術検証することで、センシング技術(走行映像、3D点群)を活用したインフラ管理技術の構築や生産性向上に向けた技術実装を推進させる

利用ニーズ

- ・点検員測位
(概ね0~8km/h)
- ・点検車両・UAVの測位
(概ね20~30km/h)
- ・一般車両測位
(概ね60km/h)

スケジュール

- ・令和2年 9月 技術公募開始
- ・令和2年10月 技術公募締切
- ・令和2年11月 応募技術の審査
- ・令和2年12月 特定、契約
- ・令和3年 1月 技術検証
- ・令和3年 2月 データ整理
- ・令和3年 5月 とりまとめ



ユースケースと評価

ユースケース	速度	評価の視点
徒歩点検	0～4km/h	徒歩での測位精度(x,y) ゆらぎ
低速点検	20km/h	20km/hでの測位精度(x,y)
ドローン点検	20km/h	20km/hでの測位精度(x,y,z) 小型軽量化可能
巡回点検(平面)	40km/h	40km/hでの測位精度(x,y)
巡回点検(立体)	40km/h	40km/hでの測位精度(x,y,z)
一般車両での利用	60km/h	60km/hでの測位精度(x,y) 汎用機器での利用可能

測位精度の評価レベル		要求する精度
◎	変状位置が特定可能	誤差 1m程度
○	大体の変状位置把握	誤差 10m程度
△	実用には改良を要する	誤差 10m以上

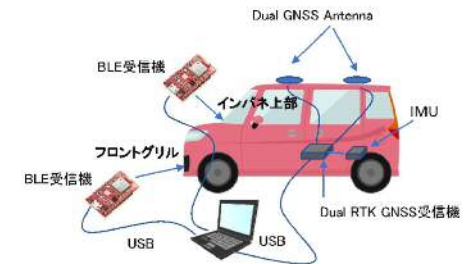
導入に関する視点からの評価レベル				
評価	導入容易性	コスト性	メンテナンス性	汎用性
◎	路側機器を要しない	現状の測位製品 ^{*1} よりも安価	特に必要ない	既存技術 ^{*2} を利用し、汎用製品で利用可能
○	簡易な路側機器設置が必要	現状の測位製品 ^{*1} と同程度	電力配線、機能動作確認が必要	既存技術を利用し、汎用製品への組込みが可能
△	大がかりな路側機器の設置が必要	現状の測位製品 ^{*1} よりも高価	定期的な電池交換、定期的な清掃等が必要	汎用製品への組込みに課題あり

*1)現在利用可能な屋外での汎用測位サービスのコスト

*2)既存技術: GNSSや加速度センサー、Bluetooth/WiFi等の汎用製品(スマートフォン、カーナビ等)に実装されている技術

応募技術(7応募者)

リアルタイムでの移動体(車両等)の測位(位置情報を取得)を目的に、慣性センサーを用いた自律測位技術および路側に設置したビーコン/アンテナ機器から発信された電波を車両側で受信する技術を活用。



車載機の例(スペースエッジラボ)

申し込み技術名/応募代表者	技術概要
AI Beaconマーケティング 株式会社アドインテ	明かり部 なし 不感区間 Bluetooth [®] -コン
高精度衛星測位からシームレスに高精度インドア測位に切り替える手法の提案 株式会社スペースエッジラボ	明かり部 GNSS 不感区間 自律測位 +Bluetooth [®] -コン
GNSS/INS統合ナビゲーション及び ポジショニングテクノロジー ゴールドンバーグ株式会社	明かり部 GNSS 不感区間 自律測位
慣性航法及びマップマッチング位置補正による高精度測位 株式会社ゼンリンデータコム	明かり部 GNSS 不感区間 自律測位+マップマッチング [®]
仏Syntony社製トンネル内GPS測位システムSubWAVE Continuous [®] ステルスコンサルティング株式会社	明かり部 なし(GNSS) 不感区間 疑似GNSS信号
慣性センサーと疑似GNSS複合によるデッドレコニング技術 多摩川精機株式会社	明かり部 GNSS+自立測位 不感区間 疑似GNSS信号 +自立測位
カメラ可視光通信Picalicoを用いた、LED可視光通信の位置指標による自己測位 カシオ計算機株式会社	明かり部 なし 不感区間 可視光通信

現場フィールドでの技術検証の概要

1. 検証場所

国土技術政策総合研究所の実大トンネル施設において技術検証を実施



対象技術Ⅰ 高架下等
マルチパスによる影響が考えられるルーバー区間

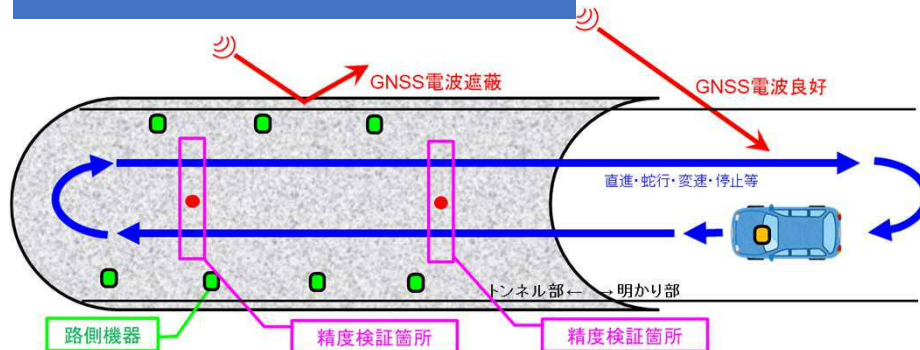


対象技術Ⅱ トンネル内
衛星信号が届かない鉄筋コンクリート構造トンネル内



実大トンネル実験施設

2. 検証方法



測位機器を稼働(車両走行・歩行)させて、**技術検証**を行う

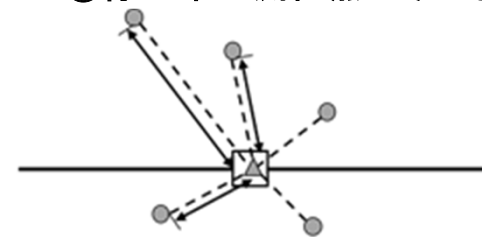


3. 検証項目

①測位精度の確認

設定パターンで歩行・走行し、トンネル内に設けた2か所の検証ポイントでの高速ビデオカメラ映像から真値(車両の走行位置)を観測し、測位データのズレ(誤差)を評価

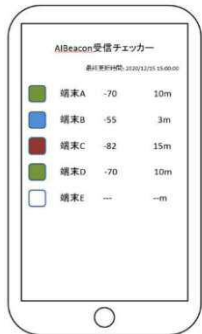
②停止中の測位点のゆらぎの検証



検証ポイントで停止するパターンにおいて、ゆらぎ量を計測し評価

- : センターライン (歩行・走行するライン)
- : 各測位手法による測位点
- : 精度検証点 (既知点)
- ▲: 位置測位装置の設置位置

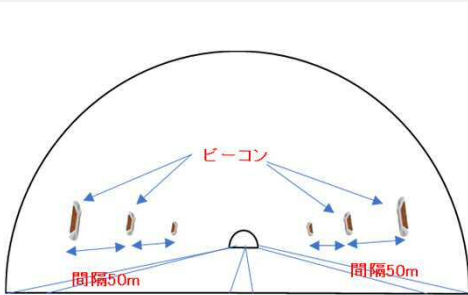
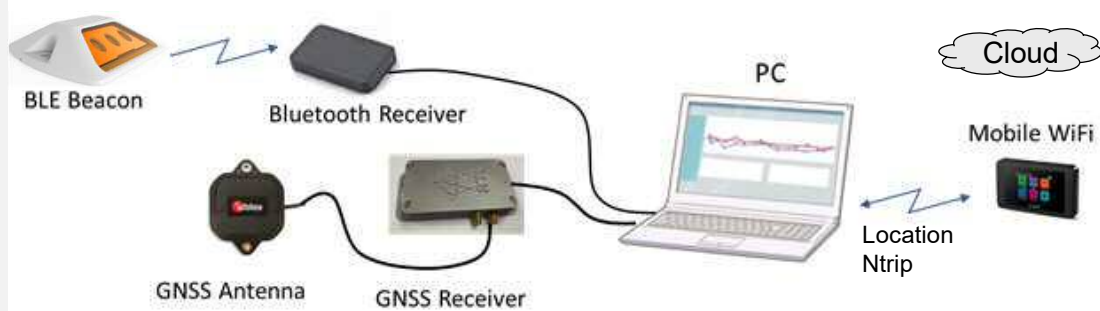
インフラ管理高度化に向けた衛星受信不感区間における高精度測位技術に関する公募

技術名称	A I B e a c o nマーケティング							
応募者	株式会社アドインテ [担当：セールスプランニングDiv.]							
適用場所	○ 高架下等 GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間			トンネル内等（閉空間） GNSS衛星信号が受信できない空間				
技術区分	明かり部での測位：システムに含まず / 高架下での測位：ビーコン（WIFI/Bluetooth）							
技術概要	- ビーコン（WIFI/Bluetooth）を路側に連続的に設置し、スマートフォンにより測位を行う技術である。 - ビーコンから発信される電波をスマートフォンで受信し、その際の受信電波強度から各ビーコンとスマートフォンの距離を推定する。アウトプットは各ビーコンからの半径である。 - 各ビーコンの位置は既知であるため、各ビーコンとの距離から、スマートフォンの位置を計算することは可能である。 - 車両等移動体の位置座標を出力するシステムではなく、スマートフォンと連動しビーコンからの一定エリアでの存在／通過確認が可能なシステム							
画像等	【アプリイメージ】   ファミリー、学生など、店舗内にスマートフォンを持って訪れたユーザーの行動を収集し一元管理を行うことで、訪問ユーザーの行動履歴を管理画面にヒートマップ形式で表示。来場客の導線がひと目で判り、過去との比較も出来ます。  ご提供予定の管理画面（見本）  例えば上記のように店舗内にAI Beaconを設置した場合、概ね店舗内の導線把握が期待できます。							
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]				導入に関する視点からの評価			
	75パーセンタイル値 (第3四分位数)	停止時*1 2.0m 標準偏差 1.8	—		導入容易性	○	メンテナンス性	△
ユースケース 対応	徒歩点検	低速点検	ドローン点検	巡回点検（平面）	巡回点検（立体）	左記の評価基準については3頁に記載 —：対象外（今回データ取得なし等）		
	△	△	—	△	—			
導入に向けて の課題	- 受信機が存在捕捉の確実性についての検証 - 道路の環境（粉塵、湿度等）に応じた、機器の耐候性の向上 - ビーコンからの半径を測位結果とするシステムから、位置座標を出力できるシステムへの移行が必要				評価点・ 実用可能性	- Bluetoothによる測位精度（距離測定）には限界があるが、一定エリアの存在確認には優れている - 狭いエリアであれば、設置機器が少なく比較的安価な費用での導入が可能 - 高架下で応募された技術だが、確実性および耐候性の向上が進めば、トンネル内での点検員の入退場管理や一般車の災害時の場所特定等での活用可能性がある		

*1)フィールド検証において、歩行(蛇行)パターンの停止時に観測された測位誤差(ただし、最も近いビーコンからの最大半径(出力結果)と実際の距離の差を誤差として事務局にて推定)また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

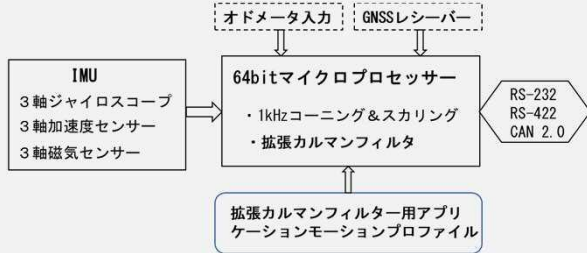
技術名称	高精度衛星測位からシームレスに高精度インドア測位に切り替える手法の提案										
応募者	株式会社スペースエッジラボ、株式会社ランプライト、Asia Technology Industry Co.,Ltd										
適用場所	○ 高架下等 GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間					トンネル内等（閉空間） GNSS衛星信号が受信できない空間					
技術区分	明かり部での測位：GNSS / 高架下等での測位：IMU+ビーコン(Bluetooth)										
技術概要	- Beacon、GNSS、IMUを使用して、屋内と屋外のリアルタイム測位を実現する。GNSSのレシーバーにはIMUが組み込まれており、GNSSで得られた位置測位結果を補正し、正確な屋外測位を提供する。 - ただし、GNSSが一部遮閉されるガード下ではマルチパスが支配的になり測位誤差が大きくなる。そのためIMUを使った慣性航法で測位を行うが、時間の経過に伴うドリフトのため、IMUと車両の車速パルスによる測位は誤差が大きくなる。したがって、本実証実験はこのIMUエラーを克服するために50mの距離間隔で既知点にBeaconを設置し、Beaconからの電波強度を使って測量された平面位置情報をもとに、IMUエラーを補正し正確な慣性航法測位を提供する。										
画像等											
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]						導入に関する視点からの評価				
		停止時*1		20km/h走行		40km/h走行	導入容易性	○	メンテナンス性	△	
	75パーセンタイル値 (第3四分位数)	4.3m	○	2.1m	○	2.5m	○	コスト性	△	汎用性	○
	標準偏差 1.2							上記4項目の評価基準については3頁に記載			
ユースケース 対応	徒歩点検	低速点検		ドローン点検		巡回点検（平面）	巡回点検（立体）	左記の評価基準については3頁に記載 －：対象外（今回データ取得なし等）			
	－	○		－		○	－				
導入に向けて の課題	- 測位精度へのビーコンの関与度合いを明確にし、ビーコンによる測位補正の向上が必要 - 一定の精度を確保するアルゴリズムの改善とその検証が必要					評価点・実用可能性 - 低速点検、巡回点検に対応できる精度が概ね確保されている - 最も接近した（受信強度最大となった）ビーコンの平面位置情報を用いてIMUを補正し位置を特定するため、マルチパス環境下でも精度が確保できる - Bluetoothビーコンに加えて、GNSSを併用する事で、マルチパス環境においても、時刻情報を用いて精度向上が可能。GNSS電波が断続的に存在する場所でも有利。 - 現状の精度では道路巡回への適用が考えられる。 - 今後の課題解消により、安定した精度が確保されれば、道路点検（構造物点検含む）への適用可能性あり					

*1)フィールド検証において、20km/h走行（直進）パターンでの停止時に観測された測位誤差、また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

技術名称	高精度衛星測位からシームレスに高精度インドア測位に切り替える手法の提案														
応募者	株式会社スペースエッジラボ、株式会社ランプライト、Asia Technology Industry Co.,Ltd														
適用場所	高架下等 GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間						○ トンネル内等（閉空間） GNSS衛星信号が受信できない空間								
技術区分	明かり部での測位：GNSS / トンネル内等での測位：IMU+ビーコン(Bluetooth)														
技術概要	- Beacon、GNSS、IMUを使用して、屋内と屋外のリアルタイム測位を実現する。GNSSのレシーバーにはIMUが組み込まれており、GNSSで得られた位置測位結果を補正し、正確な屋外測位を提供する。 - ただし、GNSSが遮断されるトンネル内ではGNSS測位が困難となる。そのためIMUを使った慣性航法で測位を行うが、時間の経過に伴うドリフトのため、IMUと車両の車速パルスによる測位は誤差が大きくなる。したがって、本実証実験はこのIMUエラーを克服するために50mの距離間隔で既知点に Beaconを設置し、Beaconからの電波強度を使って測量された平面位置情報をもとに、IMUエラーを補正し正確な慣性航法測位を提供する。														
画像等	 														
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]								導入に関する視点からの評価						
			停止時*1		20km/h走行		40km/h走行		導入容易性		○	メンテナンス性		△	
	75パーセンタイル値 (第3四分位数)		14.5m	△	9.8m	○	18.4m	△	コスト性		△	汎用性		○	
			標準偏差 5.2						上記4項目の評価基準については3頁に記載						
ユースケース 対応	徒歩点検		低速点検		ドローン点検		巡回点検（平面）		巡回点検（立体）		左記の評価基準については3頁に記載 ー：対象外（今回データ取得なし等）				
	-		○		-		△		-						
導入に向けて の課題	- 高架下等と同等の精度が得られない原因を究明し解決することが必要 - 測位精度へのビーコンの関与度合いを明確にし、ビーコンによる測位補正の向上が必要						評価点・ 実用可能性		- 最も接近した（受信強度最大となった）ビーコンの平面位置情報を用いてIMUを補正し位置を特定する測位が可能 - トンネル内等と高架下等の両方に適用できる技術であるため、GNSS電波が遮断される環境とマルチパス環境が断続的に存在する場所にも適用可能 ➢ 精度補正、安定化の改善により道路点検（構造物点検含む）への適用可能性あり						

*1)フィールド検証において、20km/h走行（直進）パターンでの停止時に観測された測位誤差、また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

インフラ管理高度化に向けた衛星受信不感区間における高精度測位技術に関する公募

技術名称	GNSS/INS統合ナビゲーション及びポジショニングテクノロジー																	
応募者	ゴールデンバーグ株式会社　[担当：IoTデバイス開発統括部門]																	
適用場所	○　高架下等　GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間					トンネル内等（閉空間）GNSS衛星信号が受信できない空間												
技術区分	明かり部での測位：GNSS　／　高架下等での測位：IMU																	
技術概要	- GNSS電波が受信可能な場所ではGNSSによる測位を行い、GNSS電波がない（トンネル区間）/不安定の区間（マルチパス受信環境下）では、三軸ジャイロスコープと三軸加速度に基づいたIMUにより自律測位を行う技術であり、衛星からの信号が反射する場所（マルチパス受信環境下）での位置測位も可能である。 - IMUでは三軸ジャイロスコープと三軸加速度を高度処理を行うことで車両などの取り得る位置を予測し、動く度に予測位置を確率的に絞り込み予測の精度向上を行うものである。 - オドメーターから走行距離のデータを読みこむ機能があり、GNSSやIMUのドリフトを抑え、精度向上を行うものである。 - GNSS衛星信号のロストもしくはマルチパスの状況化で求める測位精度に応じて、GNSSのシングルアンテナとデュアルアンテナの選択を行うものである。																	
画像等	 慣性航法装置外観一例  慣性航法装置コネクタ一例  ブロックダイアグラム																	
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]							導入に関する視点からの評価										
			停止時*1		20km/h走行		40km/h走行		導入容易性		◎	メンテナンス性		◎				
	75パーセンタイル値 （第3四分位数）		8.7m 標準偏差 15.1		○	46.5m		△	31.4m		△	コスト性		△	汎用性		○	
上記4項目の評価基準については3頁に記載																		
ユースケース 対応	徒歩点検		低速点検		ドローン点検		巡回点検（平面）		巡回点検（立体）		左記の評価基準については3頁に記載 －：対象外（今回データ取得なし等）							
	△		△		△機器の小型化を要す		△		△									
導入に向けて の課題	- マルチパス受信環境下での測位精度を向上させる改善が必要 10m程度以内の精度を実現する技術改善が必要 （※検証後に、ユースケースに特化したカルマンフィルタを開発・実装した）										評価点・ 実用可能性		- 路側機器を必要としない - 作業員等による機器の携帯が可能 - 今回の検証で見られた精度低下を解決するため、ユースケースに応じたアルゴリズムの改良を実施中 - トンネル区間でも使用できる可能性あり - 測位精度を向上させる改善が成されれば、道路巡回への適用の可能性あり					

*1)フィールド検証において、20km/h走行（直進）パターンでの停止時に観測された測位誤差、また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

技術名称	慣性航法及び マップ マッチング 位置補正 による高精度測位											
応募者	株式会社ゼンリンデータコム [担当：事業推進室]											
適用場所	○ 高架下等 GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間					トンネル内等（閉空間） GNSS衛星信号が受信できない空間						
技術区分	明かり部での測位：GNSS / 高架下等での測位：IMU+マップマッチング											
技術概要	- GNSS電波が受信可能な場所ではGNSS（QZSS/GPS等）により測位し、GNSS不感区間では、三軸ジャイロスコープと三軸加速度に加えて、車両のOBD IIポートを介して正確な車両速度情報も取得し、IMUによる自律測位を行う技術である。 - さらに測位結果を高精度地図の道路データを用いてマップマッチングして走行ルートを算出し、位置情報の誤差を積算補正する事でより高精度な測位を行う。											
画像等												
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]							導入に関する視点からの評価				
			停止時*1		20km/h走行		40km/h走行		導入容易性	◎	メンテナンス性	◎
	75パーセンタイル値（第3四分位数）		4. 6m		6. 0m		12. 7m		コスト性	○	汎用性	○
	標準偏差 10. 8		○		○		△		上記4項目の評価基準については3頁に記載			
ユースケース 対応	徒歩点検		低速点検		ドローン点検		巡回点検（平面）		巡回点検（立体）		左記の評価基準については3頁に記載 －：対象外（今回データ取得なし等）	
	－		○		－		○		－			
導入に向けて の課題	- マップマッチングのための高精度地図データの取得が必要 - マップマッチングによる位置補正であるため、道路横断方向の測位精度はもともと対象外であることを考慮することが必要					評価点・ 実用可能性		- 道路点検に適用できる測位精度が概ね確保されている - 路側機器を必要としない - トンネル内等と高架下等の両方に適用できる技術であるため、GNSS電波が遮断される環境とマルチパス環境が断続的に存在する場所でもシームレスに利用可能 ➢ 高精度地図データが具備され、車線判別も可能な精度が確保されれば、道路点検に適用する可能性もある。ただし、マップマッチングを行うため、道路車線外での測位は困難である				

*1)フィールド検証において、20km/h走行（直進）パターンでの停止時に観測された測位誤差、また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

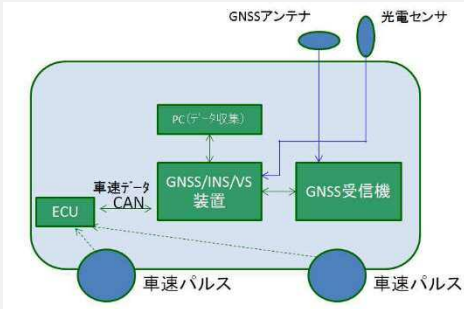
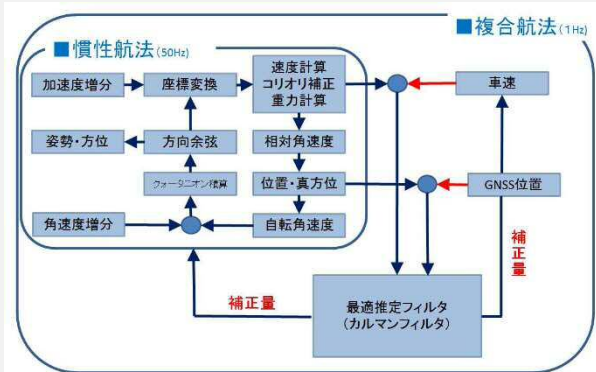
技術名称	慣性航法及び マップ マッチング 位置補正 による高精度測位										
応募者	株式会社ゼンリンデータコム [担当：事業推進室]										
適用場所	高架下等 GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間					☐ トンネル内等（閉空間） GNSS衛星信号が受信できない空間					
技術区分	明かり部での測位：GNSS / トンネル内等での測位：IMU+マップマッチング										
技術概要	- GNSS電波が受信可能な場所ではGNSS（QZSS/GPS等）により測位し、GNSS不感区間では、三軸ジャイロスコップと三軸加速度に加えて、車両のOBD IIポートを介して正確な車両速度情報も取得し、IMUによる自律測位を行う技術である。 - さらに測位結果を高精度地図の道路データを用いてマップマッチングして走行ルートを算出し、位置情報の誤差を積算補正する事でより高精度な測位を行う。										
画像等											
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]					導入に関する視点からの評価					
		停止時*1		20km/h走行		40km/h走行		導入容易性	◎	メンテナンス性	◎
	75パーセンタイル値 (第3四分位数)	4.5m 標準偏差 1.9	☐	5.5m	☐	7.6m	☐	コスト性	○	汎用性	○
ユースケース 対応	徒歩点検	低速点検	ドローン点検	巡回点検（平面）	巡回点検（立体）	左記の評価基準については3頁に記載 －：対象外（今回データ取得なし等）					
	－	☐	－	☐	－						
導入に向けて の課題	・マップマッチングのための高精度地図データの取得が必要 ・マップマッチングによる位置補正であるため、道路横断方向の測位精度はもともと対象外であることを考慮することが必要				評価点・ 実用可能性	・道路点検に適用できる測位精度が概ね確保されている ・路側機器を必要としない ・トンネル内等と高架下等の両方に適用できる技術であるため、GNSS電波が遮断される環境とマルチパス環境が断続的に存在する場所でもシームレスに利用可能 ➢ 現状の精度では道路巡回への適用が考えられる。 ➢ 高精度地図データが具備され、車線判別も可能な精度が確保されれば、道路点検に適用する可能性もある。ただし、マップマッチングを行うため、道路車線外での測位は困難である					

*1)フィールド検証において、20km/h走行（直進）パターンでの停止時に観測された測位誤差、また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

技術名称	仏Syntony社製トンネル内GPS測位システム SubWAVE Continuous [®]												
応募者	ステルスコンサルタント株式会社、SYNTONY SAS(サントニー簡易株式組織会社)、一般財団法人衛星測位利用推進センター 一般社団法人測位航法学会、一般財団法人日欧産業協力センター												
適用場所	高架下等 GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間					○	トンネル内等（閉空間） GNSS衛星信号が受信できない空間						
技術区分	明かり部での測位：システムに含まず / トンネル内での測位：シミュレートGNSS信号												
技術概要	- 外部のGNSS信号が全く受信できないトンネル内において、トンネル内に設置した漏洩同軸ケーブルから照射される疑似的なGNSS信号をユーザーが受信することによって、自己の位置が分かる技術である。 - ユーザーがトンネル外からトンネル内（或いはトンネル内からトンネル外）へと移動しても、シームレスにGNSS測位計算を続行できる。 - ユーザー側は特別な受信装置やアプリケーションを準備する必要がなく、一般利用者が持つ標準的なGNSS受信機がそのまま利用できる。 - 欧州では地下鉄トンネルを中心に実績が豊富である。												
画像等	 SubWAVE システムの構成					 SubWAVE モバイルアプリ画面（黒線：トンネル、赤点：ユーザー位置）							
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差] 注記)						導入に関する視点からの評価						
	停止時*1		20km/h走行		40km/h走行		導入容易性		△	メンテナンス性		○	
	75パーセンタイル値 (第3四分位数)		12.0m 標準偏差8.2	△	7.3m	○	3.6m	○	コスト性		△	汎用性	
上記4項目の評価基準については3頁に記載													
ユースケース 対応	徒歩点検		低速点検		ドローン点検		巡回点検（平面）		巡回点検（立体）		左記の評価基準については3頁に記載 ー：対象外（今回データ取得なし等）		
	△		○		ー		○		ー				
導入に向けて の課題	- 完全な「衛星受信不感区間」（欧州で実施済）での位置精度の再検証が必要 - 同軸ケーブルを新たに敷設すると高価になる可能性があるため、導入目的に応じた費用対効果の検証が必要					評価点・ 実用可能性		- 道路管理者や一般利用者の標準的なGNSS受信機をそのまま利用可能であることから、トンネル内外で同一受信機によるシームレスな測位を実現できる - マルチパスを含むGNSS衛星信号が完全に受信出来ない環境であれば、山岳トンネル・長大トンネル等の道路トンネルへの適用も可能である - 現状の精度では道路巡回への適用が考えられる - 位置精度の再検証及び費用対効果の検証により、トンネル区間での分岐案内・SOS発報など一般車両のカーナビに対するサービス向上や道路点検への適用の可能性はある（但し、完全な衛星受信不感区間か否かの事前調査は必須）					

注記) 本システムは、外部GNSS信号が完全に遮断されたトンネル内で稼働するためのシステムである。今回のテスト環境のように外部のGNSS信号が漏洩する環境下において、本来の性能を十分に発揮できなかった。

*1) フィールド検証において、20km走行（直進）パターンでの停止時に観測された測位誤差（車両内で外部GNSS信号の影響が比較的小さい環境）また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

技術名称	慣性センサと疑似GNSS複合によるデッドレコニング技術						
応募者	多摩川精機株式会社　[担当：スペースロニックス研究所　慣性システム課]						
適用場所	高架下等　GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間				○　トンネル内等（閉空間）　GNSS衛星信号が受信できない空間		
技術区分	明かり部での測位：GNSS+INS+車速　／　トンネル内での測位：IMU+車速+疑似GNSS信号						
技術概要	・　GNSS 受信不可時間の経過に伴い位置誤差の増大が不可避であるGNSS/INS/VS※を補正する方法として、たとえばトンネル内等のGNSS受信不可区間において定期的に正規の位置をGNSS/INS/VSに入力することが考えられる。 ・　提案技術はこの位置入力方法としてソフトウェア無線による疑似GNSS信号を利用する技術である。 ・　高価となる疑似衛星を用いるシステムに代わり、本技術により安価なシステムを実現することが可能である。 ※GNSS/INS/VS：GNSS（衛星測位）、INS（慣性航法）、VS（車速）の複合装置						
画像等	  						
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]					導入に関する視点からの評価	
	75パーセンタイル値 （第3四分位数）	停止時*1 4.1m 標準偏差 1.4	○	20km/h走行 7.0m ○	40km/h走行 18.0m △	導入容易性 △	メンテナンス性 ○
ユースケース 対応	徒歩点検	低速点検	ドローン点検	巡回点検（平面）	巡回点検（立体）	左記の評価基準については3頁に記載 －：対象外（今回データ取得なし等）	
	－	○	○	△	△		
導入に向けて の課題	・ 測位精度低下要因の除去による測位精度の向上（明かり部でのGNSS測位精度確保、トンネル内の疑似信号受信の迅速性と精度確保）が必要 ・ 中速・高速時の測位精度の向上（後解析で要因掴み精度向上確認済み）が必要				評価点・ 実用可能性	・ 低速点検に求められる測位精度が概ね確保されている ➢ 今後の課題の解消により、測位精度の向上が成されれば、道路点検（構造物点検含む）に適用可能 ➢ 中速・高速時の測位精度が向上し、汎用受信機での検証ができれば、一般車両のカーナビのサービス向上に寄与する（トンネル区間での分岐案内等）可能性がある	

*1)フィールド検証において、20km/h走行（直進）パターンでの停止時に観測された測位誤差、また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

技術名称	Picalicoを用いた、LED可視光通信の位置指標による自己測位																			
応募者	カシオ計算機株式会社　[担当：イメージング開発統轄部　企画部　企画室]																			
適用場所	高架下等　GNSS衛星信号が受信できないもしくは測位精度が著しく低下する空間					○	トンネル内等（閉空間）　GNSS衛星信号が受信できない空間													
技術区分	明かり部での測位：システムに含まず　／　トンネル内での測位：可視光通信																			
技術概要	・路側に設置した三色LEDと受信カメラとの可視光通信により大域自己位置推定を行う技術である。GNSSおよびその他電波は測位にいっさい用いない。 ・受信カメラの画像解析から得られる情報（可視光通信LEDのID、およびその画像内座標位置）により、三次元幾何計算を行うことで測位を行う。 ・各三色LEDは点滅パターンで固有のIDを示しており、それぞれの位置（平面位置・高さ位置）は既知である。 ・LEDの設置に制約はなく、設置の高さや間隔をそろえる必要はない。密度や配置によって、測位精度が変わる。																			
画像等	カシオ製LED送信機 PM01 <table><tr><th>項目</th><th>仕様・内容</th></tr><tr><td>送信ID</td><td>固定</td></tr><tr><td>設定可能ID数</td><td>フォーマット設定により 約　1,000個　または、 約 1,000,000個</td></tr><tr><td>電源</td><td>単1電池　／　USB給電</td></tr><tr><td>寸法</td><td>直径113mm×高さ158mm</td></tr></table> GigEカメラ PC上のPicalicoソフト Picalico(ピカリコ)とは Picalicoは、カシオ独自のカメラ可視光通信を使った屋内位置測位システムです。色変化パターンで情報を表すLEDを送信機、カメラを受信機とし、ID情報、位置情報を収集します。 ID=1 ID=2 LED送信機 ID=3 受信カメラ ID=1、X=200、Y=120、Z=40 ID=2、X=113、Y=550、Z=50 ID=3、X=845、Y=832、Z=65 広範囲、高精度*な屋内位置測位 電波を使わない測位技術 色の変化する点が信号、1カメラで100個受信 ※測位範囲が50m四方で、10φ×10cmの送信機をHD解像度カメラ、90度画角レンズを使用して測位した場合、測位誤差±60cm以下										項目	仕様・内容	送信ID	固定	設定可能ID数	フォーマット設定により 約　1,000個　または、 約 1,000,000個	電源	単1電池　／　USB給電	寸法	直径113mm×高さ158mm
項目	仕様・内容																			
送信ID	固定																			
設定可能ID数	フォーマット設定により 約　1,000個　または、 約 1,000,000個																			
電源	単1電池　／　USB給電																			
寸法	直径113mm×高さ158mm																			
検証結果	測位精度[リアルタイム測位誤差]						導入に関する視点からの評価													
			停止時*1		20km/h走行		40km/h走行		導入容易性	△	メンテナンス性	△								
	75パーセンタイル値 (第3四分位数)		0.58m 標準偏差　0.23		0.30m		0.36m		コスト性	△	汎用性	△								
ユースケース 対応	徒歩点検		低速点検		ドローン点検		巡回点検（平面）		巡回点検（立体）		左記の評価基準については3頁に記載 －：対象外（今回データ取得なし等）									
	－		◎		－		◎		－											
導入に向けて の課題	・三色LEDの設置間隔の改善（設置工事の省力化・経済性向上）が必要 ・道路の環境（排気ガス、粉塵、湿度等）に応じた機器の耐候性 ・GNSS測位技術等の明かり部の測位技術とのシームレス化が必要 ・道路への導入費用の算出が必要					評価点・ 実用可能性		・高い測位精度が確保されている ➢ 現状の精度で道路点検（構造物点検含む）に適用可能 ➢ 将来的には、機器の設置間隔の改善、耐候性の向上、情報発信LEDとトンネル照明を兼用した技術の開発、導入費用の受容性確保が成されれば、導入促進が見込まれる												

*1)フィールド検証において、20km/h走行（直進）パターンの停止時に観測された測位誤差、また、標準偏差はデータのゆらぎを確認するための参考値

応募技術の検証のまとめ

- 衛星受信不感区間において、応募された技術を導入することにより、道路巡回でのリアルタイムな位置情報等の取得が可能となることが確認された。
- 応募技術には、1m以内での高精度を達成するものも存在した。また、汎用機器（スマホ等）で利用可能な技術も含まれ、それらが導入されれば一般ユーザへの展開も期待される。
- 精度向上に向けて、点検員や車両の振動特性に合わせたフィルター等アルゴリズムの開発や、複数の測位方法（IMU、電波（Bluetooth信号、疑似GNSS信号））を精度良く選択可能なシステム開発等の必要性が確認された。
- また、測位精度面のみならず、電波発信機の耐久性能、環境性能などの課題を克服していく必要性や路側機器の設置に向けた費用面での課題も確認された。
- 本技術検証の結果を公表することにより、今後の開発が進み、より安価に道路巡回・構造物点検に適用できる測位技術の実装が期待される。