

3 次元地図を活用した歩行空間における 移動支援サービスの普及・高度化に 向けた取組

国土交通省 政策統括官付 専門調査官 いとう かな 伊藤 加奈

1. はじめに

国土交通省では、誰もが自由に自律的に移動できるユニバーサルな社会の実現に向け、オープンデータの潮流を背景に、段差・縦断勾配等のバリア情報を含むネットワークデータ（以下、「歩行空間ネットワークデータ」という）などをオープンデータ化することで、民間事業者などによる、多様な利用者ニーズに応じた歩行者移動支援サービスの普及促進に向けた取組を2014年度より有識者委員会（ICTを活用した歩行者移動支援の普及促進検討委員会）を設置し、実施している。

昨今、新型コロナウイルスの蔓延による感染防止の観点から宅配需要が増えたことや物流分野における人手不足などを背景に、自動配送ロボットの実用化に向けた検討・社会実装が進んでいる。また、自動運転や測量分野における3次元点群データの整備・活用技術が急速に進展している。

このような背景を踏まえ、歩行者移動支援サービスのさらなる発展・高度化に向け対応していく必要があることから、令和5年3月に有識者委員会により『歩行空間における移動支援サービスのDXによる普及・高度化の実現』に向けた提言が新たに取りまとめられた。

この提言を踏まえ、国土交通省では、令和5年6月に「人・ロボットの移動円滑化のための歩行

空間DX研究会」や、二つのワーキンググループ（以下、「WG」という）を設置している。このうち、歩行空間の移動円滑化データWGでは、人・ロボットが円滑に移動するためのデータのあり方、整備・更新・運用方法、オープンデータ化の普及促進に向け検討を行っている。

また、歩行空間の3次元地図WGにおいては、人・ロボットが円滑に移動するための3次元地図のあり方、整備・更新・運用方法などについて検討を行っている。具体的には、自動配送ロボットのようなLiDARで取得した地図データで自己位置を推定するSLAM技術を活用した車両の走行に必要な3次元点群データの要件や、バリア情報の自動生成等に活用可能な3次元点群データの要件を明らかにすることを目的としている。

このほか、オープンデータ化を支援するためのデータプラットフォームとして歩行空間ナビゲーションデータプラットフォーム（以下、「ほこナビDP」という）を構築することを目指している。また、WGでの検討結果を、ほこナビDPの機能拡充やデータ整備仕様等へ反映することで、全国各地域へ歩行空間における移動支援サービスの普及・展開を目指している（図-1）。

詳しくは、国土交通省ホームページの「歩行空間ナビ・プロジェクト（ほこナビ）」（https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_mn_000002.html）を参照願いたい。

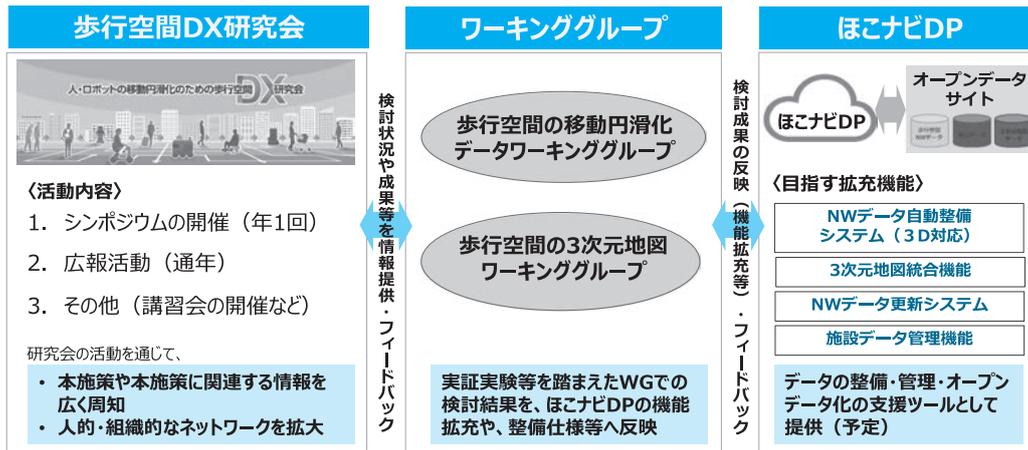


図-1 新たな提言を踏まえた取組概要

2. 歩行空間における移動支援サービスへの3次元地図の活用

(1) 歩行空間ネットワークデータの概要

歩行者移動支援サービスには「歩行空間ネットワークデータ」などのオープンデータ化が必要不可欠である。歩行空間ネットワークデータは、バリアフリー経路の情報提供に必要な歩行経路の幅員、縦断勾配等のバリアに関する情報を付与した「リンク」と、その結節点である「ノード」により構成される（図-2）。

歩行空間ネットワークデータが整備されると、車いすや自動配送ロボット等の安全な運行に必要な運行経路に存在する段差や急勾配などのバリア情報等を把握することが可能となる。

一方、歩行空間ネットワークデータの整備における課題として、各施設管理者等が保有するバリアフリーに関するデータのオープンデータ化は、全国的にまだまだ十分に進んでいないことや、歩行空間ネットワークデータの整備も現地調査などが必要であるため費用と労力がかかり、全国各地に広がっていないことが挙げられる。

また、これまで全国各地において実証実験などで整備した歩行空間ネットワークデータは、経年による現地事情の変化などに対応した更新がされにくいことも課題の一つとして挙げられる。

(2) 3次元地図の活用可能性

3次元地図の整備は、各分野で進んでおり、自動配送ロボット等が走行する際にも活用されている。自動配送ロボット等が走行する際は、自己位

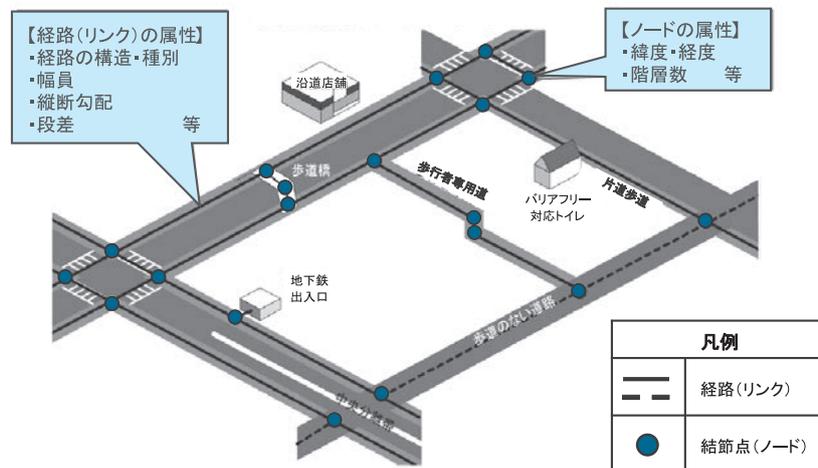


図-2 歩行空間ネットワークデータ

置を推定するために事前に取得したベースマップとなる3次元点群データと、自機搭載したセンサーでリアルタイムに取得する3次元点群データを照らし合わせる必要があります。これまでは、自動配送ロボット事業者等自らによって取得・整備されてきた。

近年では公共測量や道路管理分野等で、既に取得・整備された3次元点群データが存在しており、これらを活用することができれば、歩行空間における人やロボットの移動支援サービスの普及・高度化を効率的に図れる可能性がある。

一方、課題としては、自動配送ロボット等の走行やバリア情報の抽出を目的とした場合に必要な3次元点群データの要件が整理されていないといったこと等が挙げられる。

3. 3次元点群データの要件検討等について

(1) データの取得

3次元点群データは、取得する機器や方法により、データの精度や密度が大きく異なることを踏まえ、図-3に示す機器を使用して、2023年7月にJR川崎駅周辺で歩行空間の3次元点群データを取得した。各機器で取得した3次元点群デー

タの特徴は図-4のとおりである。

(2) 走行実証の概要

(1)にて取得した3次元点群データを統合・フィルタリングし、整備した3次元点群データを活用して、「経路設定への活用」および「自己位置推



図-3 3次元点群データ取得に使用したセンサー



図-4 取得した3次元点群データの特徴



機体分類	電動車椅子
方法	オペレータ搭乗による運転 (緊急時はオペレータが停止)
走行距離	最大2km
自己位置推定方法	ベースマップ + SLAM
SLAM種類	LIDAR SLAM
LIDAR型番	Livox Mid-360
LIDAR計測距離	40m
その他搭載センサー	IMU
備考	走行時にリアルタイムで自己位置推定の情報をPC画面上に表示



図-5 検証機体および走行実証経路

定への活用」の走行実証を行った。検証機体および走行実証経路は図-5のとおりである。

本走行実証の検証項目として、「①点群密度、②ベースマップの整備範囲、③3次元点群データの統合精度、④取得センサー、⑤センサーの取得間隔が自己位置推定に及ぼす影響」の五つの観点を設定した。

(3) 経路設定および自己位置推定に必要なとなる3次元点群データの要件案について

(2)の検証により経路設定および自己位置推定に必要なとなる要件は、次のとおり整理できた(表-1)。

なお、点群密度および点群の取得範囲は、図-6および図-7のとおりである。

表-1 実証を踏まえた3次元点群データの要件案

検証観点	経路設定に必要な要件	自己位置推定処理に必要な要件
点群密度	<ul style="list-style-type: none"> 中密度(400点/m²程度)以上が適している 低密度の点群で識別しづらい車歩道の境界等の情報は、現地確認などの対応が別途必要 	<ul style="list-style-type: none"> 低密度(100点/m²程度)が適している 密度の高い3次元点群データを扱うには、高スペックPCが必要
ベースマップの整備範囲	<ul style="list-style-type: none"> 中範囲以上が必要 GNSSを搭載するロボットは衛星電波の遮蔽状況を確認するため天井、屋根が取れていると良い 	<ul style="list-style-type: none"> 中範囲以上が適している 自己位置推定を行うには一定以上の高さの立体形状が必要(一部の欠損は許容するが、広範囲の欠損は処理が破綻する可能性がある)
3次元点群データの統合精度	<ul style="list-style-type: none"> 複数点群の統合の結果、壁と点字ブロック等の相対位置が間違っている場合は適さない 	<ul style="list-style-type: none"> 低精度でも自己位置推定処理は可能 相対精度に大きな矛盾がないこと 2~3cm程度の統合誤差で滑らかに点群間がつながると良い
取得センサー	<ul style="list-style-type: none"> スマートフォンのデータは取得範囲が狭く、壁面の低いところの点群が少ないため、他のセンサーとの統合によって補完することが必要 	<ul style="list-style-type: none"> スマートフォンのデータは取得範囲が狭く、壁面の低いところの点群が少ないため、他のセンサーとの統合によって補完することが必要
センサーの取得間隔が自己位置推定に及ぼす影響	<ul style="list-style-type: none"> 短い間隔で誤差が生じやすいスマートフォンのデータは扱いに注意が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 整備した範囲においては自己位置推定処理は実施可能

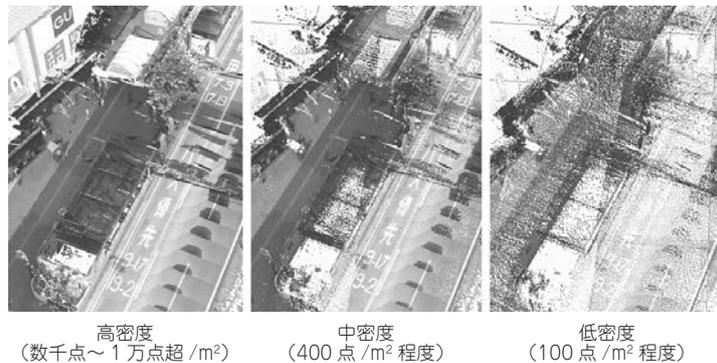


図-6 異なる密度の3次元点群データ

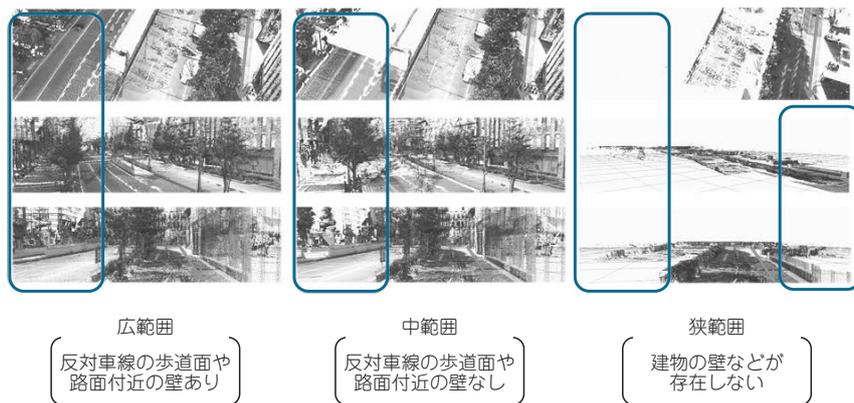


図-7 3次元点群データの取得範囲

点群の密度

- ① 高密度：数千点～1万点超 /m²
- ② 中密度：400点 /m²程度
- ③ 低密度：100点 /m²程度

点群の取得範囲

- ① 広範囲：反対車線の歩道面や路面付近の壁あり
- ② 中範囲：反対車線の歩道面や路面付近の壁なし
- ③ 狭範囲：建物の壁などが存在しない（歩道面のみ）

経路設定では、道路と歩道の境界や展示ブロックなどを視認できるようにする必要があるため、歩行空間の状況を把握できる中密度以上の3次元点群データが適している。一方、自己位置推定処

理では、3次元点群データのデータサイズの観点から低密度が適している。ベースマップの整備範囲は経路設定、自己位置推定処理ともに中範囲以上の整備が必要となる。

(4) バリア情報抽出のための3次元点群データの要件案について

図-3の機器により取得した3次元点群データを用いて統合、解析処理を行い幅員・縦断勾配・段差等のバリア情報を抽出するための3次元点群データの要件案は表-2のとおりとなり、点群を取得する際の「計測要件」と点群からバリア情報を抽出する際の「点群要件」の二つに分けて整理

表-2 バリア情報の自動抽出結果

バリア種別	計測要件	点群要件
幅員	<ul style="list-style-type: none"> ・点群データに欠損がないこと 道路上の地物や車両によるデータ欠損 	<ul style="list-style-type: none"> ・半径5cmの範囲内に2cm以上の高さのバラつきがないこと ・点群密度 1,000点/m²以上を有すること ・歩行者や自転車等の障害物がいないこと
縦断勾配 横断勾配	<ul style="list-style-type: none"> ・点群の高さにバラつきがないこと 道路断面図 (バラつきなし) / 道路断面図 (バラつきあり) 	<ul style="list-style-type: none"> ・半径1mの範囲内に5cm以上の高さのバラつきがないこと ・点群密度 1,000点/m²以上を有すること
段差	<ul style="list-style-type: none"> ・車道と歩道を分離するための構造的な特徴(*1)が抽出できること 	<ul style="list-style-type: none"> ・半径5cmの範囲内に2cm以上の高さのバラつきがないこと ・点群密度 1,000点/m²以上を有すること
視覚障害者誘導用ブロック	<ul style="list-style-type: none"> ・色や反射強度により、視覚障害者誘導用ブロックが識別できること 	<ul style="list-style-type: none"> ・色合い 橙色～黄色の範囲 ・明るさ 道路と比べて明るい状態 ※ 色調は日陰、日向の影響を受ける
屋根	<ul style="list-style-type: none"> ・路面と屋根が同じ計測データに存在していること 	<ul style="list-style-type: none"> ・路面から2m以上上部に点群があり、路面と屋根部分が同時に計測できている
横断歩道	<ul style="list-style-type: none"> ・レーザーに対する光の反射の強さを示した反射強度により、横断歩道を構成する白線が識別できること 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路面（舗装）と横断歩道ペイントの反射強度が、2倍以上あること ※ 反射強度は日陰、日向の影響を受けない

高さ（Z値）については、標高に統一されていることを前提とする（楕円体高の場合は別途変換が必要となる）
 *1 構造的な特徴 … 車道部と歩道部を分離するための段差、ブロック、ガードレール、植栽等

した。

幅員や縦断勾配、段差といった歩行空間ネットワークデータに必須となる情報を抽出するための計測要件は、点群データに欠損がないこと、高さバラつきがないこと、車道と歩道を分離するための構造的特徴を抽出できることが必要である。また点群要件は、点群密度 1,000 点 /m² 以上の高密度な点群データが必要となる。

4. 歩行空間ナビゲーションデータプラットフォーム(ほこナビDP)について

ほこナビ DP は、歩行空間ネットワークデータ、施設データおよび 3 次元地図を整備するシステムで構成を予定しており、データの整備・更新を効率的に実施できるようなシステム設計を行っている (図-8)。

3 次元地図整備システムで統合処理されたデー

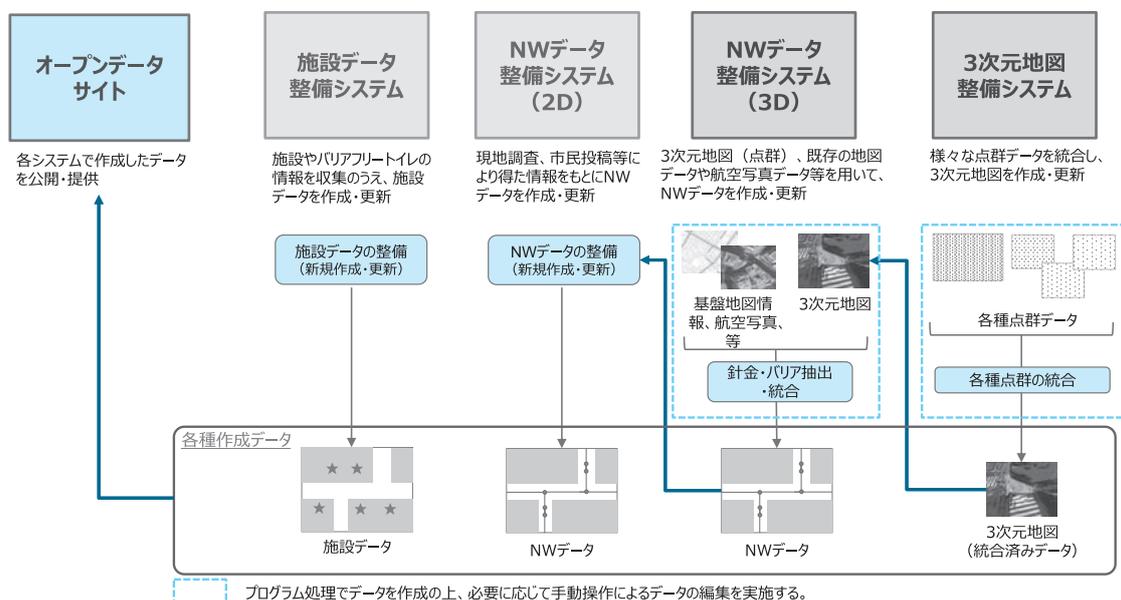


図-8 ほこナビ DP の構成

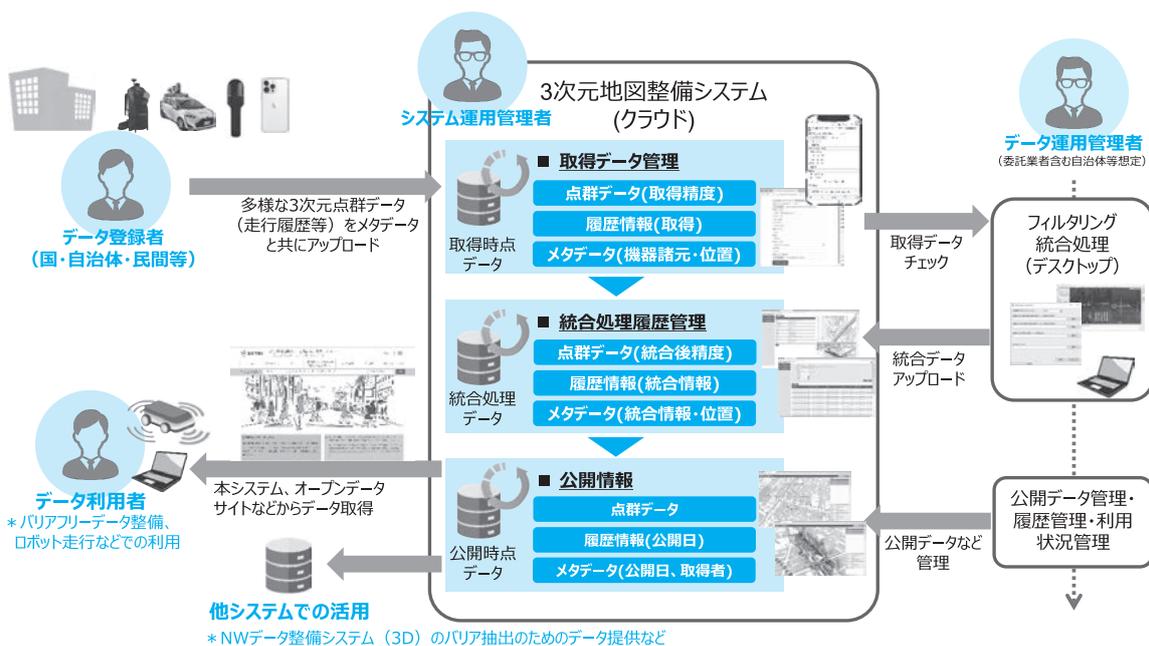


図-9 3次元地図整備システムの全体イメージ

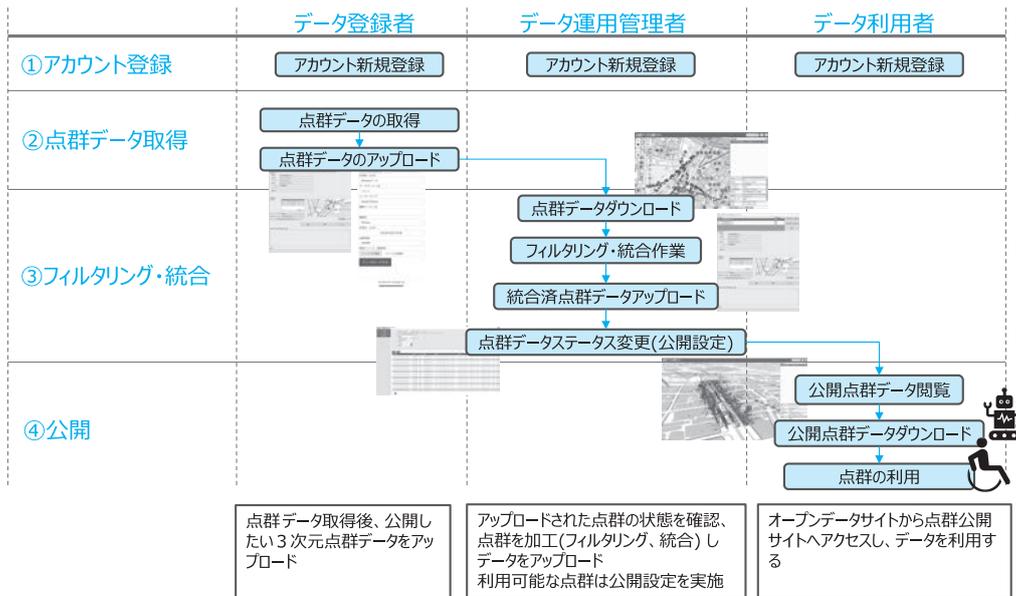


図-10 3次元地図整備システムの一連の流れ

タは、NW データ整備システム (3D) でも活用できるように構成し、プログラム処理により歩行空間ネットワークデータを整備する際の元データとして用いることを想定している。また、NW データ整備システム (3D) で作成された歩行空間ネットワークデータはNW データ整備システム (2D) でも活用できるようにすることで適宜、更新可能にしていく。

ほこナビ DP のシステムのうち、3次元地図整備システムは、多様な3次元点群データを取り込み、統合し、3次元地図を作成・更新するためのシステムであり、昨年度にプロトタイプシステムを構築している (図-9)。

3次元地図整備システムでは、データ登録者のデータアップロードからデータ利用者のデータダウンロードまでの一連の作業を支援できるようなシステム設計を行うとともに、本システムで公開された3次元点群データの情報をオープンデータ

サイトに登録することで、さまざまな活用ができるよう対応していく予定である (図-10)。

5. おわりに

3次元地図の整備は、各分野で進んでおり、公共測量や道路管理分野等で既に取得された多様な3次元点群データをほこナビ DP を用いて統合処理し、歩行空間ネットワークデータや3次元地図として整備、オープンデータ化することができれば、人・ロボットが円滑に移動できる歩行空間における移動支援サービスの普及促進につながると考えられる。

今後は、プロトタイプシステムを構築したほこナビ DP を用いて実証を行いつつ、システム改良や運用方法等の検討を行い、本システムの公開に向け、取り組んでまいりたい。