

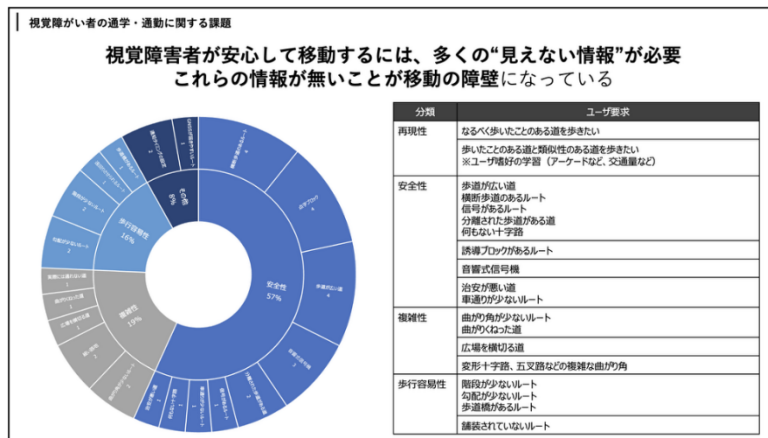
事業成果報告書

事業の名称	視覚障害者の日常生活における移動支援のための最適歩行ルートの精製技術の研究開発
事業の概要	視覚障害の当事者に対して歩きやすいルートを生成し、弊社の歩行ナビゲーションサービスである「あしらせ」サービスに組み込むことを目的とする。

1. 視覚障害者の移動に関する社会的課題

視覚障害者にとって、教育や就労の場に通うためには単独で移動できることが条件となっている場合が多い。日々の通勤・通学ではガイドヘルパーの利用が制限されており、また介護者の45%が離職を余儀なくされるなど、家族の負担も大きい。健常者であれば自然に得られる視覚情報が「見えない／見えにくい」ことにより著しく制限されていることが根本的な課題である。

視覚障害当事者へのヒアリングを通じて、安心して移動するために必要な情報を調査した結果、大きく「再現性」「安全性」「複雑性」「歩行容易性」の4つの分類にわたる多様な要求があることが明らかとなった。特に安全性の観点では、「歩道が広い道」「横断歩道のあるルート」「信号があるルート」「分離された歩道がある道」「誘導ブロックがあるルート」「音響式信号機」といった要求が挙げられた。



さらに、信号機に関する具体的なニーズとして、「信号機の位置を案内してもらえることで歩行位置のランドマークとして使えるようになる」「渡る場所の信号有無の読み上げだけでなく、信号機が近くにあるということを教えてほしい」「横断する道の名前（職安通り、など）も同時に教えてほしい」「設定によって案内のOn/Offを切り替えられるようにしてほしい」「音響式信号機の有無、歩車分離式かどうかなどの参考情報も教えてほしい」といった意見が得られた。

2. 研究開発の実施内容

本研究開発は以下の4つの研究開発領域で構成される。

No	タイトル	内容
1	歩行者信号機情報の収集と解析手法の確立	車載カメラ映像を活用し、機械学習モデルを用いた歩行者信号機の位置検出技術を開発。主要都市でのデータ収集を実施し、精度検証を行う。
2	歩行者信号機情報を活用したルート生成アルゴリズムの開発	検出した歩行者信号機の位置情報をもとに、信号機のある横断歩道を優先するルートを生成するアルゴリズムを開発。
3	ユーザー評価	視覚障害者を対象に、実際の歩行環境でナビゲーション機能を検証。
4	歩行者信号機情報を組み込んだナビゲーション機能のリリース	歩行者信号機情報を活用したルート案内機能を「あしらせ」に実装し、限定ユーザー向けにβ版をリリース。

（1）車載カメラによる走行データの収集【領域1】

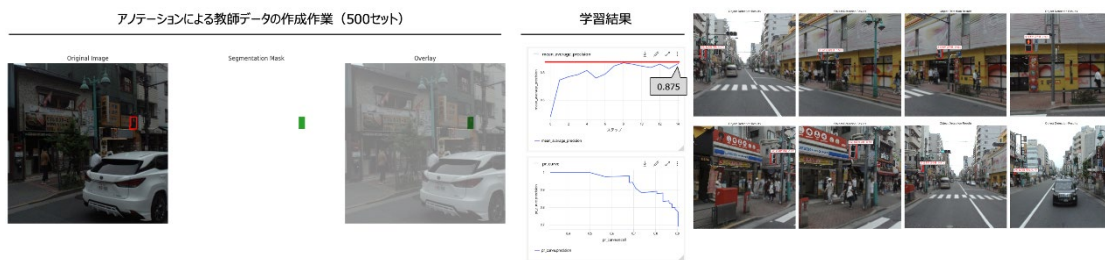
新宿区を対象エリアとして、車両の屋根に設置したパノラマカメラ（エクイレクタングラー画像を撮影するカメラ）を用いてデータベース化を進めた。本プロジェクトでは株式会社ゼンリン（以下「ゼンリン」）より購入した車載カメラ画像を使用した。



（2）歩行者用信号機検出AIモデルの開発【領域1】

車載カメラの画像から歩行者用信号機を自動検出するAIモデルを開発した。学習アルゴリズムとして物体検出の代表的な手法である「Faster R-CNN（ResNet50-FPN）」を採用した。Faster R-CNNとは、画像内の物体の位置と種類を高速かつ高精度に推定する深層学習モデルである（別紙 図6参照）。

教師データ（AIが学習するための正解付きデータ）の作成では、車載カメラ画像に対して東京都市大学側に作業を委託して人手でアノテーション（歩行者用信号機の領域を手動で囲む作業）を行い、500セットの教師データを作成した。この教師データを用いてAIモデルの学習を行った結果、AIの検出性能を示す指標であるmAP（Mean Average Precision：平均適合率）が0.875に達した。これは一般的な画像AIの精度としては十分に高い水準であり、高精度なAIモデルが構築できていることを確認した。



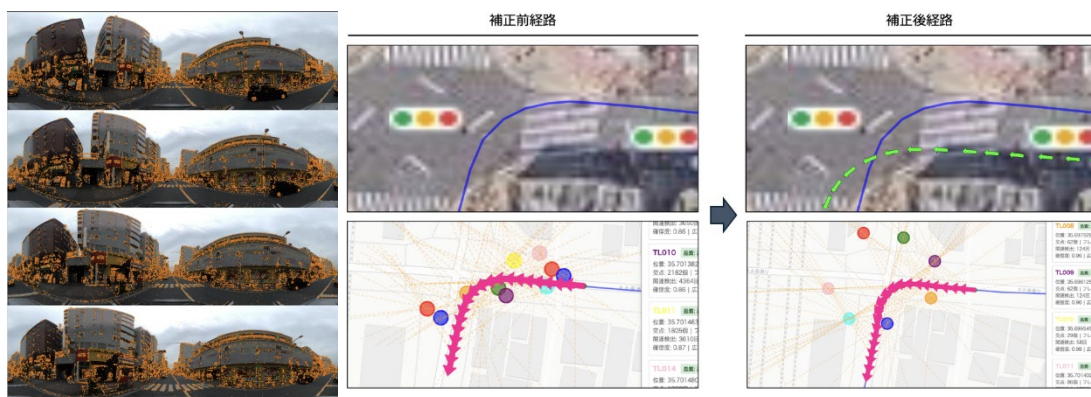
また、本プロジェクトにおけるAI学習/推論作業はAzureクラウドサービス上の処理基盤で実施した。

（３）車両ポーズ補正技術の開発【領域1】

車載カメラの画像から検出した物標を地図上に正確にプロットするためには、撮影時の車両の位置と向き（車両ポーズ）を高精度に把握する必要がある。GPSのみでは数メートルの誤差が生じるため、複数フレームの画像間で共通する特徴点（エッジやコーナーなどの画像上の特徴的な点）を検出・マッチングし、バンドル調整と呼ばれる最適化手法を用いて車両ポーズを補正する技術を開発した。

この補正により、GPS単体では道路上を蛇行していた走行軌跡が、実際の道路形状に沿った滑らかな軌跡に修正され、位置精度が大幅に向上した。

補正された車両ポーズと、AIモデルによる物標検出結果を統合し、物標の地理空間上の位置（緯度・経度）を推定する技術を開発した。複数フレームから同一物標を検出した場合、各フレームからの推定方向ベクトルの交点を算出し、交点領域のクラスタリング（類似する推定位置をグループ化する処理）を行うことで、最終的な物標位置を特定した。

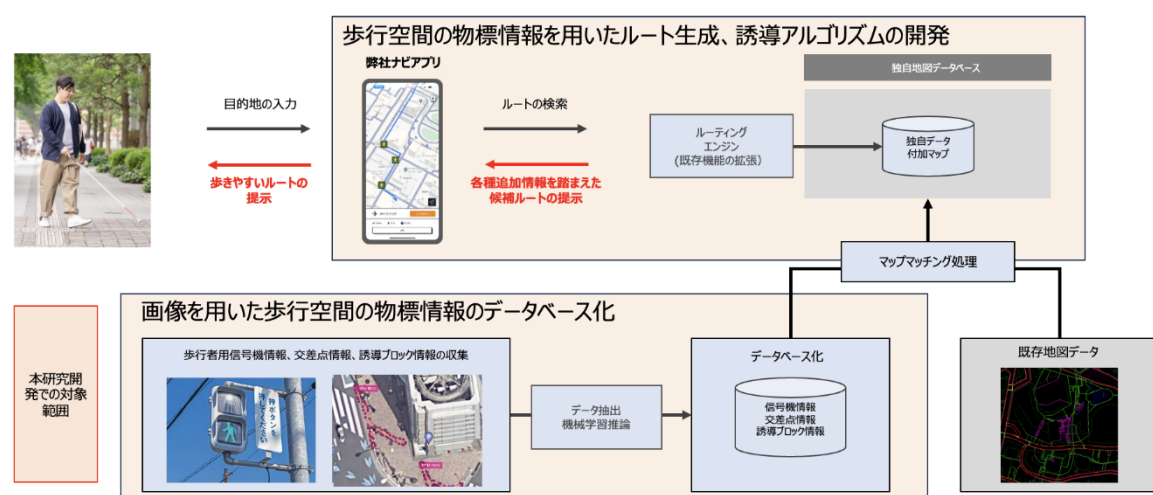


これらの一連の補正処理（特徴点群抽出、バンドル調整）に関してもAzureクラウドサービス上で処理を実行した。

（４）歩行者信号機を活用したルート生成アルゴリズムの開発【領域2】

検出した歩行者用信号機の位置情報を活用し、視覚障害当事者にとって「歩きやすい」ルートを生成する独自のアルゴリズムを開発した。本アルゴリズムは、「歩いたことのある道」「曲がり角が少ない道」「大通り沿いの道」といった当事者の歩きやすさを考

慮したルート生成に加え、歩行者用信号機のある横断歩道を優先するルートを提案する。システム構成としては、あしらせマップサーバ上にユーザ歩行ログ、独自マップデータ（信号機位置情報を含む）、および外部マップデータ（ゼンリン歩行者ネットワークデータ）を統合し、ルート検索時にこれらのデータを組み合わせてルート生成処理を行う仕組みとした。ルート最適化のための評価指標を設定し、視覚障害者の歩行における安全性・利便性の向上を図った。



(5) あしらせアプリへの機能実装【領域4】

検出した歩行者用信号機の位置情報を活用し、弊社の歩行ナビゲーションサービス「あしらせ」アプリに以下の機能を実装した。

第一に、歩行者用信号機の案内有無の設定機能である。利用者が歩行者用信号機、交差点、踏切それぞれについて、音声案内のオン・オフを設定できる機能を追加した。

第二に、歩行者用信号機を考慮したルート選択機能である。複数のルート候補を提示する際に、歩行者用信号機がある道を優先するルートを提案する機能を実装した。これにより、視覚障害者がより安全に横断できる経路を選択できるようになった。

第三に、近くにある信号機の音声案内機能である。ナビゲーション中に歩行者用信号機に近づいた際、「近くに〇〇通りを横断する信号機があります」といった音声案内を自動的に行う機能を実装した。



（６）視覚障害当事者による実証試験【領域3】

開発した歩行者信号機データを活用したナビゲーション機能の有用性を検証するため、2026年3月7日、8日、14日に、高田馬場エリアにて視覚障害当事者18名を対象とした実証試験を実施した。

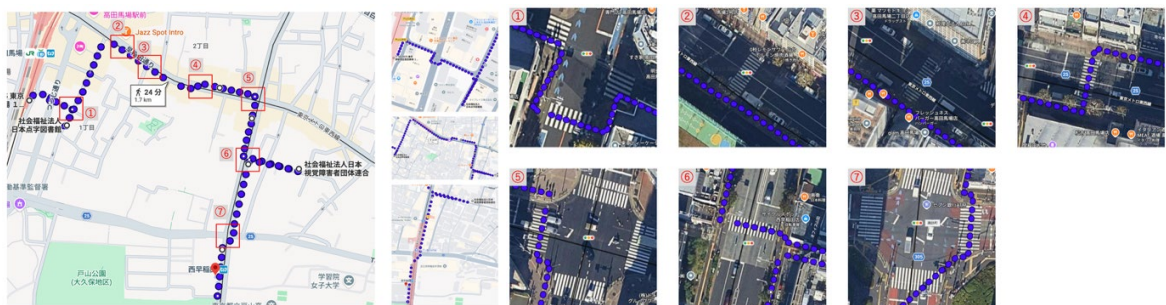
実証に伴い、評価方法、評価ルート、当事者選定、分析手法などを東京都市大学に検討を依頼し、既存の研究手法と整合性を持った評価を実施した。

また、当事者の選定、事前説明などはシグナリア・パートナーズの協力のもと準備を進めた。

実施シナリオ

実証試験では、以下の5つのシナリオを設定し、各シナリオにおける信号機接近通知機能の有用性を評価した。シナリオ1（単路部横断）では一本道で信号機のある横断歩道を渡る場面、シナリオ2（信号機横過）では信号機を横断せずに通過する場面、シナリオ3（十字路横断）では十字路で一方向を横断する場面、シナリオ4（信号機手前屈曲）では信号機の手前で進路を変える場面、シナリオ5（十字路2回横断）では十字路で2方向を順次横断する場面をそれぞれ検証した。

評価は-3～+3の7段階で実施し、各シナリオで横断歩道の特定容易性、現在位置把握、信号機の活用度、周囲状況の認識、接近通知タイミングの適切性、安心感を計測した。試行後には、信号機種別（横断を伴う・伴わない）・経路習熟度（慣れている・慣れていない）を軸に事後総合評価を実施した。



【試験シナリオの構成】

試験は複雑さの異なる5シナリオで構成し、評価は -3～+3 の7段階尺度で実施した。

No.	シナリオ名	内容	n
S1	単路部横断	一本道で信号機のある横断歩道を渡る	16
S2	信号機横過	信号機の前を横断せずに通過する	18
S3	十字路横断	十字路で一方向を横断する	18
S4	信号機手前屈曲	信号機の手前で進路変更を伴う横断をする	18
S5	十字路 2 回横断	十字路で 2 方向を順次横断する	18

主な評価結果

全シナリオで安心感スコアは統計的に有意に正であった（1標本t検定、いずれも $p < 0.001$ ）。シナリオ別の安心感と接近通知タイミング評価を下表に示す。

シナリオ	安心感 平均 (SD)	安心感 95%CI	タイミング 平均 (SD)
S1 単路部横断	1.69 (1.25)	[1.08, 2.30]	1.31 (1.70)
S2 信号機横過	2.00 (1.24)	[1.43, 2.57]	1.78 (1.31)
S3 十字路横断	1.89 (1.23)	[1.32, 2.46]	1.33 (1.85)
S4 信号機手前屈曲	2.39 (0.70)	[2.07, 2.71]	1.67 (1.61)
S5 十字路 2 回横断	1.78 (1.22)	[1.22, 2.34]	1.17 (1.89)

特にS4では安心感の分散（SD=0.70）が最小であり、参加者間で一致した高評価が得られた。一方、タイミング評価はシナリオによってばらつきが大きく（SD=1.31～1.89）、一律の通知タイミングでは全場面に対応しきれないことが示された。

【主な定性評価】

参加者の78%（14/18名）が具体的な有用場面を挙げた。「信号機の位置が前もってわかることで安心して横断できる」「行きすぎたことに気づけた」「不慣れな場所でのランドマークとして役立つ」といった肯定的評価が得られた。一方、接近通知タイミングの改善（67%）、押しボタン位置・音響設備に関する情報追加（39%）、方向案内の相対化（22%）といった改善要望も寄せられた。

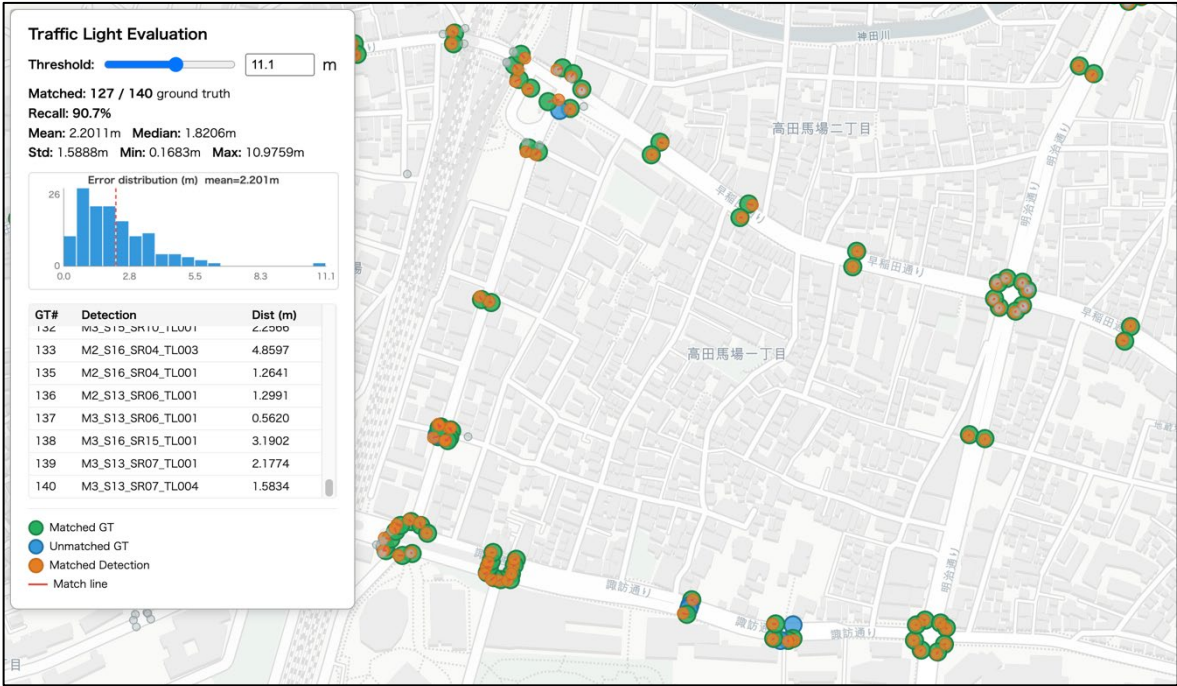
4. 当初目標に対する達成度

（1）新規性

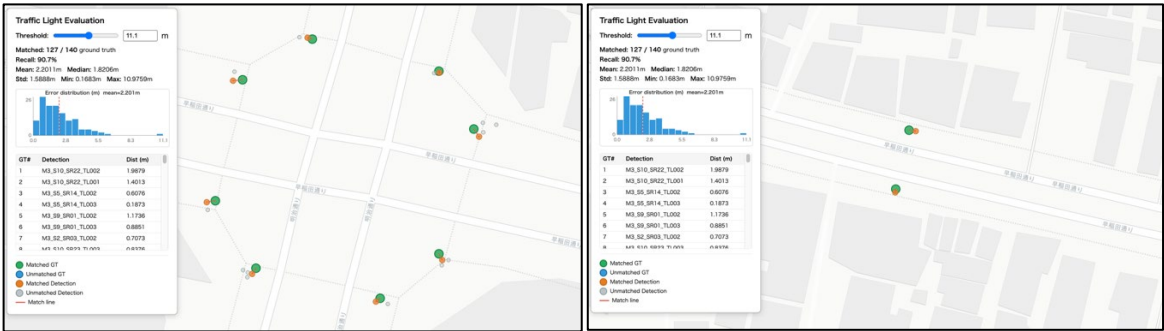
車載パノラマカメラとAI技術のみで歩行空間上の物標位置を高精度に自動検出する手法を開発し、検出した歩行者信号情報を歩行ナビゲーションのルート生成に直接活用する点は従来にない取り組みである。実証エリアである新宿区においては、グラウンドトゥールースとの照合により140件中127件を正しく検出（再現率90.7%）し、検出位置の平均誤差は2.2011mであった。この精度をもって新宿区、渋谷区、千代田区、港区、品川区の全域において歩行者信号機の検出を実施した。位置精度2.2011mは、国土交通省PLATEAUが定める歩行者ネットワーク整備基準（1～3m）を満たし、Google MapsやOpenStreetMapといった商用・オープン地図データと同等の標準地図精度に相当する。従来、同等精度の

信号機位置データをMMS（Mobile Mapping System）専用車両で取得する場合、1km走行あたり数万円～数十万円のコストを要するのに対し、本手法は汎用車載カメラのみで同水準を実現しており、データ取得コストの大幅な低減という点において新規性を有する。

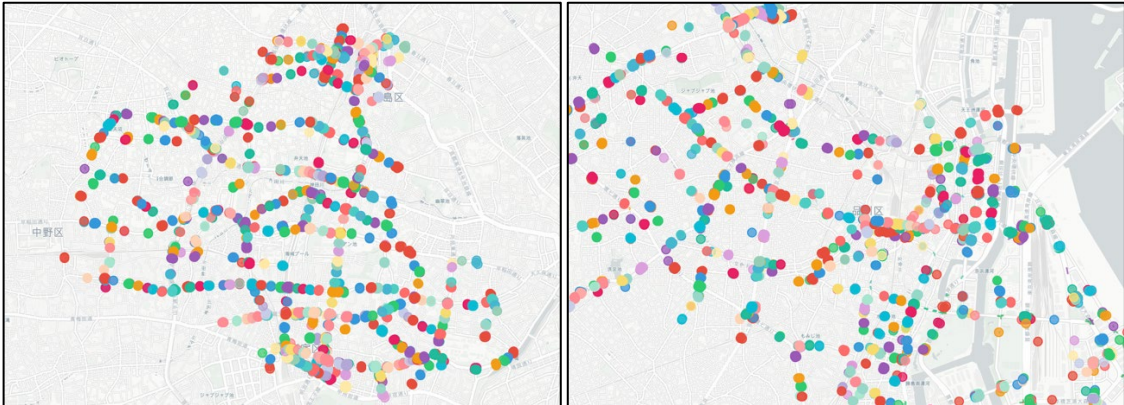
高田馬場周辺エリアでの検出結果（東京都市大学による実地調査結果との突合）



交差点近傍での検出位置拡大図



新宿区、および品川区全域での検出結果



（２）波及性

本技術により、走行データさえ収集すれば全国規模で歩行空間上の物標データベースを構築することが可能となる。車載カメラ映像は、タクシー、バス、営業車両等の既存の車両からも取得可能であり、将来的にはこれらの車両を活用した低コスト・広域のデータ収集が見込まれる。また、検出対象を歩行者用信号機だけでなく、横断歩道端、音響装置（音の出る信号機）、誘導用ブロック、歩道の有無、樹木・障害物等の歩行空間上の他の物標にも拡大していく。

本手法が実現する「低コストかつ標準地図精度での物標データベース化」は、歩行者ナビゲーション分野における既存のデータ整備上の制約を根本的に解消するものである。現在、全国の歩行者ネットワークデータは整備コストの高さから多くの地域で未整備のままであり、視覚障害者・高齢者・車いす利用者が安全に移動するための基盤データが存在しない。本技術はこの空白を低コストで埋める手段として、福祉・交通・都市計画など複数の行政領域に横断的な波及効果をもたらすことが期待される。

さらに、国土交通省が推進する3D都市モデル（PLATEAU）の歩行者ネットワーク層への貢献や、自治体が整備するバリアフリーマップへのデータ提供など、公共インフラとしての活用も視野に入る。

（３）有益性

実証試験により、本機能の有益性が定量・定性の両面から確認された。

【事後総合評価スコア（n=18、7段階尺度）】

評価項目	横断を伴う信号機	横断を伴わない信号機
有益性（慣れた経路）	+2.33 (SD 0.84)	+1.61 (SD 1.54)
有益性（慣れていない経路）	+2.22 (SD 0.73)	+1.06 (SD 1.92)
安心感向上（慣れた経路）	+2.17 (SD 0.99)	+2.22 (SD 0.81)
安心感向上（慣れていない経路）	+2.28 (SD 1.02)	+1.89 (SD 1.08)

将来利用意向	慣れた経路	慣れていない経路
平均 (SD)	+1.61 (1.46)	+2.50 (0.62)
中央値	2.0	3.0

慣れていない経路での将来利用意向は平均+2.50・中央値3.0と極めて高く、初訪問地での移動支援としての有用性が特に強く支持された。また不慣れた経路では「横断を伴う信号機」と「横断を伴わない信号機」の有益性に統計的な有意差が認められ（対応t検定、 $p=0.026$ ）、横断を伴う信号機への通知が優先的に有用であることが裏付けられた。

5. 得られた課題と今後の研究開発の方向性

（1）検出精度の統計的検証

現時点の検出精度評価はサンプリングによる暫定調査結果であり、今後は対象エリアを拡大したうえで統計的に有意な定量評価を実施する必要がある。具体的には、検出正答率、過検出率、位置精度の統計値（平均誤差、標準偏差等）を算出し、信頼性の高い評価を行う。当初目標として歩行者信号機の検出精度80%以上を掲げており、暫定結果ではこれを大幅に上回る結果が得られているが、統計的な裏付けを強化する。

（2）対象エリアおよび検出対象の拡大

現在は新宿区を対象としているが、今後は東京都内全域、さらに全国主要都市への展開を目指す。また、検出対象を歩行者用信号機だけでなく、横断歩道端、音響装置（音の出る信号機）、誘導用ブロック、歩道の有無、樹木・障害物等の歩行空間上の他の物標にも拡大していく。

（3）データ更新体制の構築

本技術の大きな利点は、車載カメラ映像を再度収集するだけでデータの更新が可能な点にある。今後は、定期的なデータ更新のための走行計画の策定、および更新処理の自動化を進め、常に最新の物標情報を提供できる体制を構築する。

（4）実証試験で得られた課題

実証試験を通じて、以下4点が技術・UX上の主要課題として明らかとなった。

【課題の概要と優先度】

#	課題	言及者数	優先度
①	接近通知タイミングの動的最適化	12/18名 (67%)	高
②	信号機の補足情報拡充（押しボタン位置・音響設備）	7/18名 (39%)	高
③	横断を伴わない信号機通知の個別化対応	8/18名 (44%)	中
④	十字路での横断対象信号機の明確化	6/18名 (33%)	中

① 接近通知タイミングの動的最適化

信号機手前屈曲シナリオでは「遅い」、十字路2回横断シナリオでは「早すぎる」との意

見が混在した。案内テキストの長さ（道路名・交差点名の有無）やシナリオの複雑さ（屈曲の有無・横断回数）に応じてリードタイムを可変とする仕組みが必要である。

② 信号機に関する補足情報の拡充

押しボタンの位置（左右）・音響設備の有無・方向案内の相対化（東西南北→前後左右）の要望が複数名から寄せられた。いずれも本研究開発で構築した信号機位置データベースへの付加情報として追加収集・整備することで対応可能と考えられる。

③ 横断を伴わない信号機通知の個別化対応

「情報過多・不要」（5名）と「ランドマークとして有益」（3名）の意見が混在した。現状のON/OFF設定に加え、経路習熟度に応じた段階的な通知粒度の制御（例：不慣れな経路ではON、慣れた経路ではOFF）の実装が求められる。

④ 十字路での横断対象信号機の明確化

「渡るべき信号機と通過するだけの信号機の案内が混在して混乱する」との指摘が6名から得られた。進路指示と横断指示をひとつの文脈として案内する統合ナビゲーション設計（例：「左折してから横断です」）と、横断対象信号機を明確に区別する案内文ロジックの実装が今後の開発課題である。

別紙：主要な専門用語の解説

エクイレクタングラー画像：球面（360度全方位）の映像を平面に展開した画像形式。パノラマカメラで撮影される画像の標準的な形式であり、上下左右全方向の情報が1枚の画像に含まれる。

mAP（Mean Average Precision）：物体検出AIの精度を示す総合的な評価指標。0から1の値をとり、1に近いほど高精度であることを示す。一般に0.8以上は実用的な精度とされる。

Faster R-CNN：画像内の物体の位置（バウンディングボックス）と種類（クラス）を同時に推定する深層学習モデル。Region Proposal Network（候補領域生成ネットワーク）を内蔵し、高速かつ高精度な物体検出を実現する。

バンドル調整（Bundle Adjustment）：複数視点から撮影された画像群において、カメラの位置・向きと3次元の特徴点位置を同時に最適化する手法。コンピュータビジョン分野で広く用いられる。

LiDAR（Light Detection And Ranging）：レーザー光を照射してその反射から対象物までの距離を計測するセンサー技術。高精度な3次元地図の作成に用いられるが、機器が高価である。

MMS（Mobile Mapping System）：車両に搭載したカメラ、GPS、LiDAR等の計測機器を用いて、走行しながら道路周辺の3次元空間情報を取得するシステム。

高度化PICS（Pedestrian Information and Communication Systems）：歩行者等支援情報通信システム。歩行者に対して信号情報などを提供する高度な交通システム。

エスコートゾーン：横断歩道上に設置された視覚障害者誘導用の突起体。視覚障害者が横断歩道の中央付近を安全に渡れるよう誘導するための設備。