

先進的技術やデータを活用した
スマートシティの実証実験（その5）

報告書〔最終〕

令和3年9月

柏の葉スマートシティコンソーシアム

国土交通省 都市局

先進的技術やデータを活用したスマートシティの実証実験（その5）

第1章 はじめに

- 1.1. 都市の課題について
- 1.2. コンソーシアムについて

第2章 目指すスマートシティとロードマップ

- 2.1. 目指す未来（ビジョン）
- 2.2. ロードマップ
- 2.3. KPI

第3章 実証実験の位置づけ

- 3.1. 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ内の位置づけ
- 3.2. ロードマップの達成に向けた課題
- 3.3. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

第4章 実験計画

- 4.1. パブリックスペース（予防保全型維持管理）の実験計画
- 4.2. ウェルネス（遠隔チェックイン）の実験計画

第5章 実験実施結果

- 5.1. パブリックスペース（予防保全型維持管理）の実験実施結果
- 5.2. ウェルネス（遠隔チェックイン）の実験実施結果

第6章 横展開に向けた一般化した成果

- 6.1. 予防保全型維持管理に向けて
- 6.2. 院内システムのコスト削減

第 1 章

はじめに

第1章 はじめに

1.1. 都市の課題について

1.1.1. 柏の葉エリアの概要

つくばエクスプレス沿線が進む、柏北部中央地区一体型特定土地地区画整理事業の区域、並びに、すでに事業が完了し、大学や研究機関等が立地する柏通信所跡土地地区画整理事業の区域を含む、柏の葉キャンパス駅を中心とする半径 2km 圏を対象区域とする。

エリア内には、県立柏の葉公園、東京大学、千葉大学、国の研究機関など、様々な施設が立地しており、柏市の都市拠点と位置付けられている。



図 1-1 対象区域図

1.1.2 柏の葉エリアの課題

柏の葉エリアの課題は以下に示す通りである。

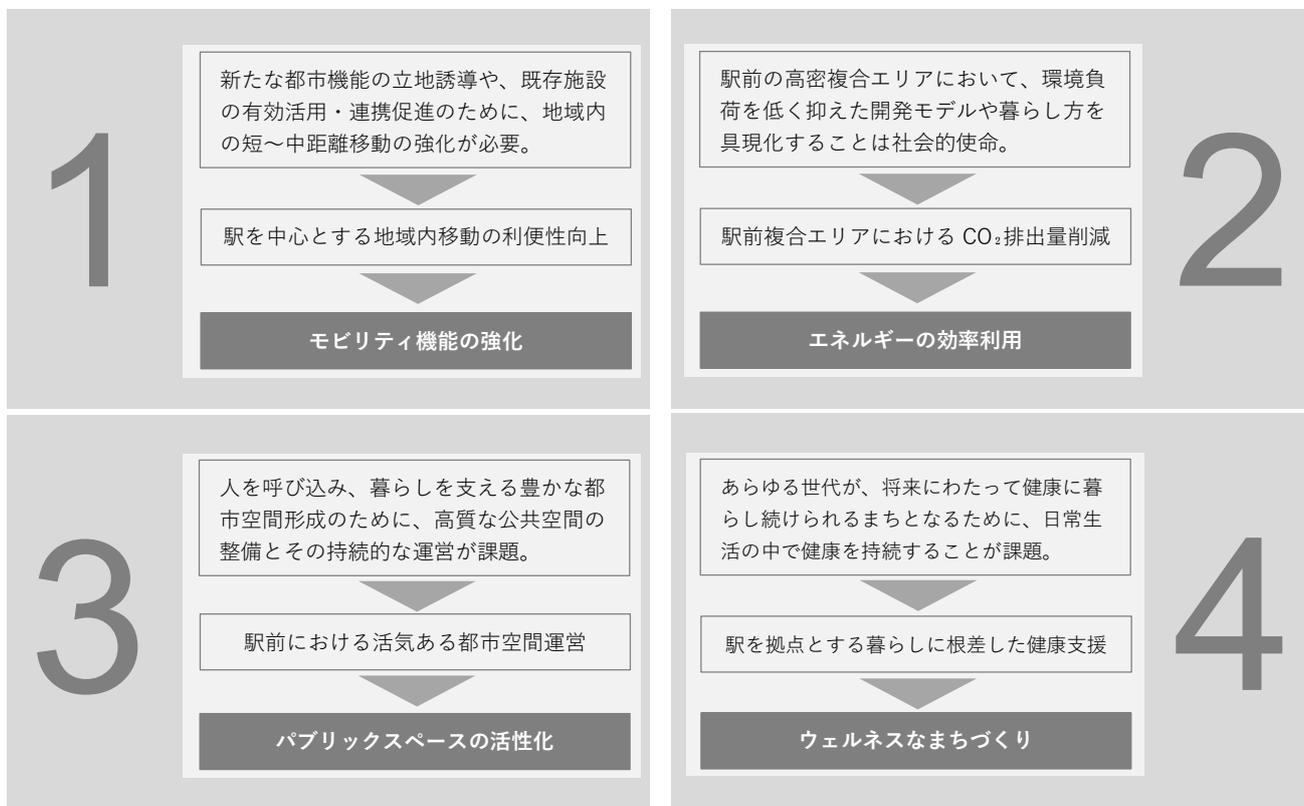


図 1-2 計画区域の課題

1.2. コンソーシアムについて

柏の葉スマートシティコンソーシアムは、参加企業・団体が相互に情報交換・共有を行うことにより、連携・協力しながら柏の葉スマートシティの構築を推進することを目的に組織されている。

公・民・学連携でまちづくりを行ってきた柏の葉の特徴を生かし、連携のプラットフォームである柏の葉アーバンデザインセンター（UDCK）を事務局とし、まちづくりの中核を担う柏市、三井不動産、UDCK（UDCK タウンマネジメント含む）が幹事を担当している。

全体企画等は各分野で日本を代表する企業を中心に担当し、まちでの実証や実装は地元根差した実績ある企業やUDCKが役割を担うという、全国とローカルがバランスよく連携する仕組みとしている。加えて、5つの分野の専門家であり学識者にアドバイザーとしてご参加頂いている。

表 1-1. コンソーシアム参加団体（2021年7月30日時点 26団体）

地方公共団体代表	柏市																														
民間事業者等代表	三井不動産株式会社																														
構成企業等 (五十音順)	<table border="0"> <tr> <td>(株)アイ・トランスポート・ラボ</td> <td>アステラス製薬(株)</td> </tr> <tr> <td>(株)奥村組</td> <td>柏 ITS 推進協議会</td> </tr> <tr> <td>柏の葉アーバンデザインセンター(UDCK)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>川崎地質(株)</td> <td>国立がん研究センター東病院</td> </tr> <tr> <td>東京海上日動火災保険(株)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>産業技術総合研究所</td> <td>首都圏新都市鉄道(株)</td> </tr> <tr> <td>東京大学高齢社会総合研究機構(IOG)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(株)長大</td> <td>凸版印刷(株)</td> </tr> <tr> <td>(株)日建設計総合研究所</td> <td>日本電気(株)</td> </tr> <tr> <td>日本ユニシス(株)</td> <td>(株)nemuli</td> </tr> <tr> <td>パシフィックコンサルタンツ(株)</td> <td>日立製作所(株)</td> </tr> <tr> <td>日立東大ラボ</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(株)富士通交通・道路データサービス</td> <td>(株)読売広告社</td> </tr> <tr> <td>(一社)UDCK タウンマネジメント</td> <td></td> </tr> </table>	(株)アイ・トランスポート・ラボ	アステラス製薬(株)	(株)奥村組	柏 ITS 推進協議会	柏の葉アーバンデザインセンター(UDCK)		川崎地質(株)	国立がん研究センター東病院	東京海上日動火災保険(株)		産業技術総合研究所	首都圏新都市鉄道(株)	東京大学高齢社会総合研究機構(IOG)		東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構		(株)長大	凸版印刷(株)	(株)日建設計総合研究所	日本電気(株)	日本ユニシス(株)	(株)nemuli	パシフィックコンサルタンツ(株)	日立製作所(株)	日立東大ラボ		(株)富士通交通・道路データサービス	(株)読売広告社	(一社)UDCK タウンマネジメント	
(株)アイ・トランスポート・ラボ	アステラス製薬(株)																														
(株)奥村組	柏 ITS 推進協議会																														
柏の葉アーバンデザインセンター(UDCK)																															
川崎地質(株)	国立がん研究センター東病院																														
東京海上日動火災保険(株)																															
産業技術総合研究所	首都圏新都市鉄道(株)																														
東京大学高齢社会総合研究機構(IOG)																															
東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構																															
(株)長大	凸版印刷(株)																														
(株)日建設計総合研究所	日本電気(株)																														
日本ユニシス(株)	(株)nemuli																														
パシフィックコンサルタンツ(株)	日立製作所(株)																														
日立東大ラボ																															
(株)富士通交通・道路データサービス	(株)読売広告社																														
(一社)UDCK タウンマネジメント																															

表 1-2. 分野別アドバイザー

モデル事業分野	アドバイザー
モビリティ	須田 義大（東京大学生産技術研究所 教授）
エネルギー	赤司 泰義（東京大学大学院工学系研究科 教授）
パブリック スペース	出口 敦（東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授）
	花里 真道（千葉大学予防医学センター・健康都市空間デザイン学 准教授）
ウェルネス	飯島 勝矢（東京大学高齢社会総合研究機構 教授）
	花里 真道（千葉大学予防医学センター・健康都市空間デザイン 准教授）
データ プラットフォーム	柴崎 亮介（東京大学空間情報科学研究センター 教授）
	持丸 正明（国立研究開発法人産業技術総合研究所 人間拡張研究センター 研究センター長）

第 2 章

目指すスマートシティ とロードマップ

第2章 目指すスマートシティとロードマップ

2.1. 目指す未来（ビジョン）

将来ビジョン「駅を中心とするスマート・コンパクトシティ」の実現のため、「TRY the Future—進化し続けるまち—」というコンセプトのもと3つの戦略を掲げ、まちづくりを推進する。なお、先進的技術やデータを活用したスマートシティの実証実験（その5）（以下「本実証実験」という。）は、取組3-2および取組4-3の推進を図るために行うものである。

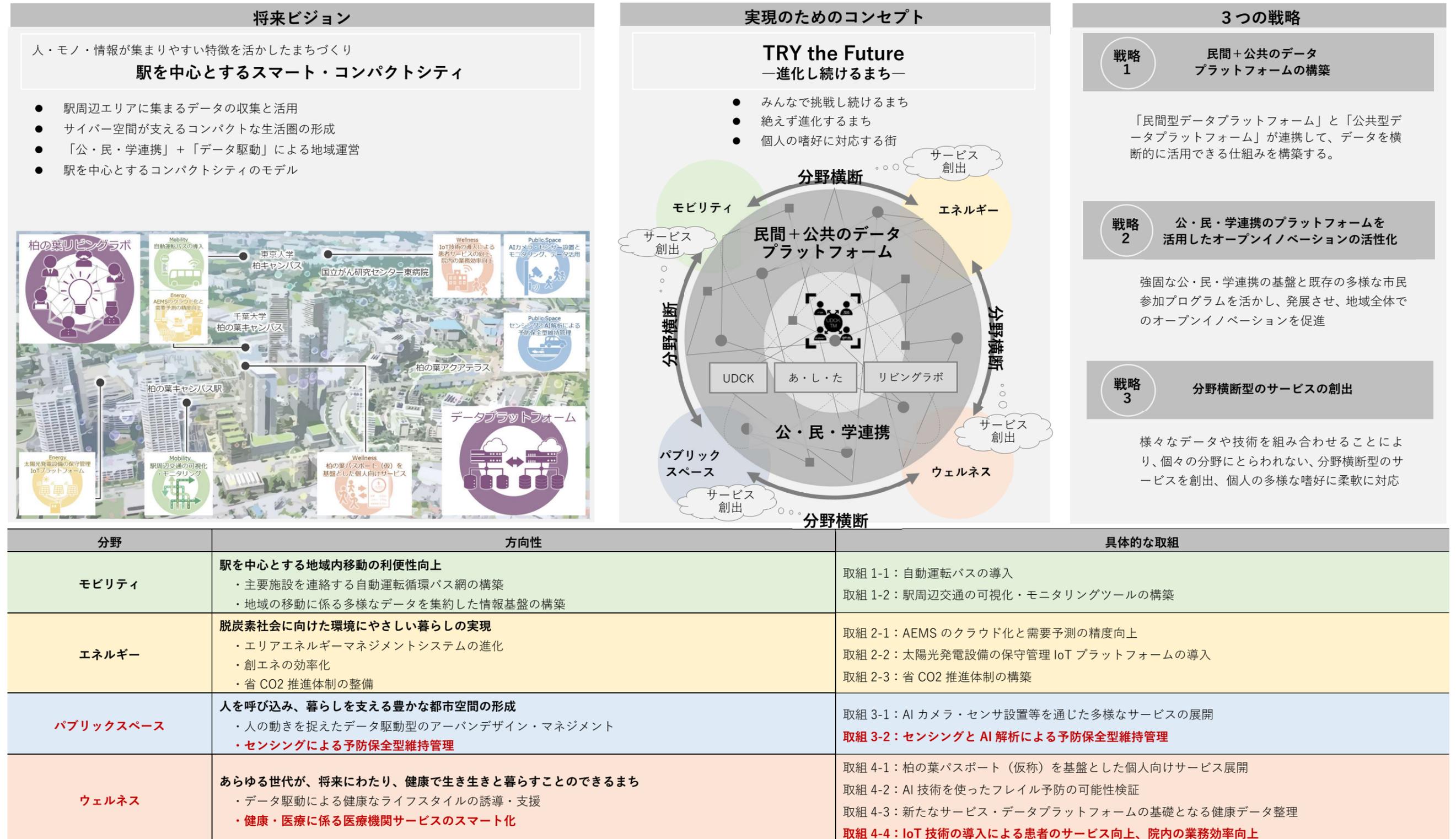


図 2-1 計画区域のコンセプトと戦略

2.2. ロードマップ

当初実行計画に定めている、将来ビジョン実現のための体制、全体スケジュールは下記の通りである。(: 今回の実証実験)

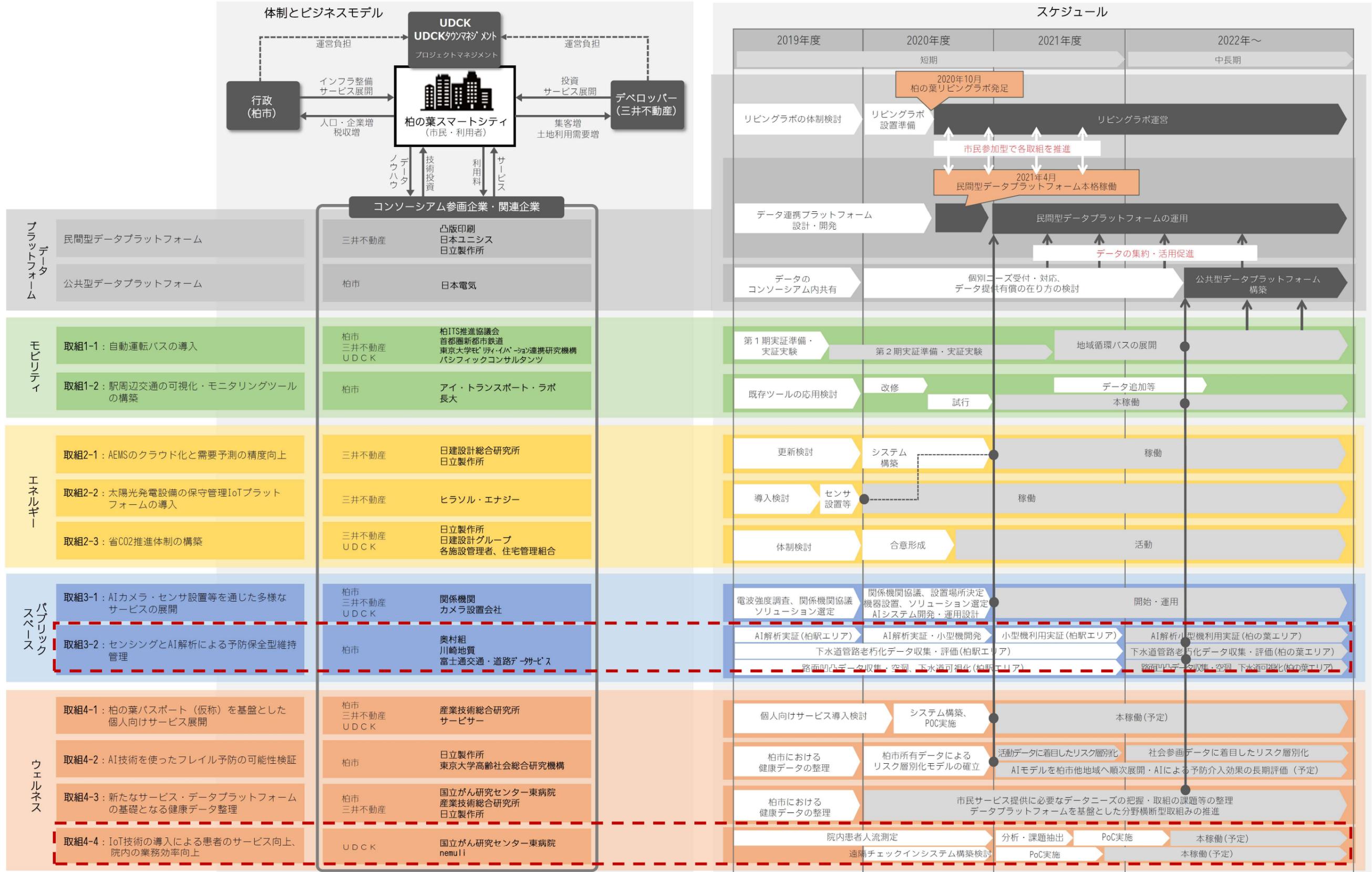


図 2-2 推進体制とスケジュール

2.3. KPI

地域全体のビジョン及び各分野別のビジョンの取組と達成度合いを測る KPI は下記のとおりである。(: 今回の実証実験)

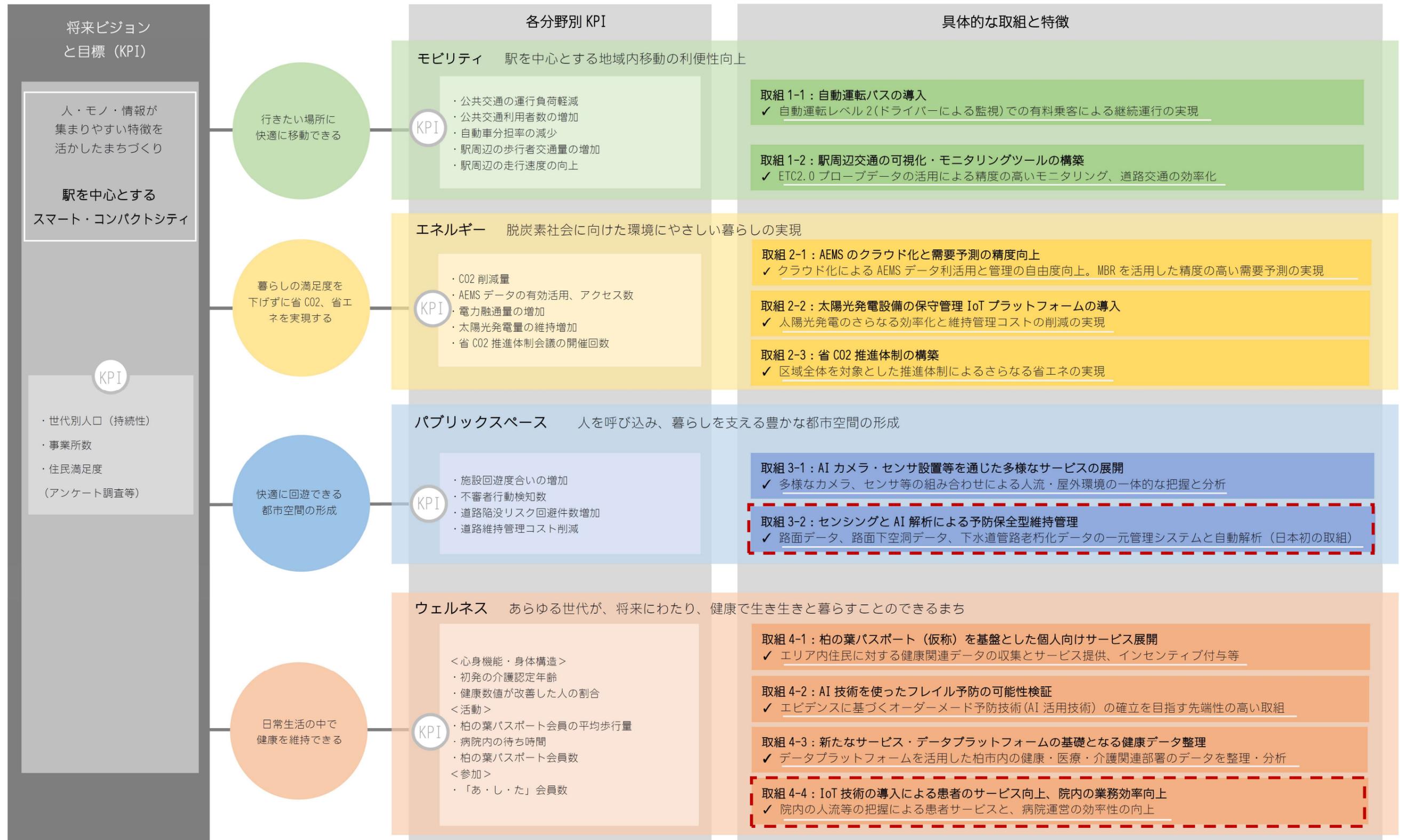


図 2-3 取組分野別のビジョンと目標 (KPI)

第 3 章

実証実験の位置づけ

第3章 実証実験の位置付け

3.1. 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ内の位置付け

3.1.1. 実証実験の概要

本実証実験の概要は下記のとおりである。

なお、「取組 4-4 IoT 技術の導入による患者サービスの向上、院内業務効率向上」については、以降「遠隔チェックイン」として記載する。

	(1) パブリックスペース (取組 3-2：予防保全型維持管理)	(2) ウェルネス (取組 4-4：IoT 技術の導入による患者サービスの向上、院内の業務効率向上)
将来ビジョン	<ul style="list-style-type: none"> 事後保全から予防保全への移行による事故等リスク低下 維持管理の低コスト化、効率化、スマート化 	<ul style="list-style-type: none"> まち全体で患者をサポートする仕組みの構築 病院運営の効率化並びに、患者の満足度の向上
現在の取組み	<ul style="list-style-type: none"> 下水道老朽化が著しいエリアで、路面下空洞・平坦性の評価、AI 解析の精度向上のための実証実験中 小型路面下探査装置を開発中 	<ul style="list-style-type: none"> 病院内の人流計測を実施済み 待ち時間の実態について分析済み
今回の実証実験の実施方針	<ul style="list-style-type: none"> 大型車通行が多いエリアで、路面ひび割れと路盤含水比を同時計測する。 ひび割れ評価 (AI による解析) と路盤特性を関係整理し、路盤調査の低コスト化、効率化を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> ビジョン実現に向けた次の展開として、遠隔チェックインシステムの PoC を実施し、スマート決済・スマート処方、地域交通連携、滞在・在宅ケアのシステムの基盤を構築する。
実施フロー	<ol style="list-style-type: none"> ①地中レーダ探査車両に汎用のドライブレコーダー搭載 ②ひび割れと電磁波速度を同時計測 ③従来技術 (FWD 調査と路面性状調査) との精度等の検証 ④ひび割れと電磁波速度の関係整理・結果まとめ 	<ol style="list-style-type: none"> ①遠隔チェックインのシステム構築、既存システムと連携 ②治験患者から実証実験参加を募る ③実証実験の実施 <ul style="list-style-type: none"> ・チェックインアプリをダウンロード →スマートフォンで駅周辺 (GPS) と病院 (端末) でのチェックイン (PoC) ④カルテ情報との照合など、データ解析・傾向分析を行う
実施体制	<p>【実施主体】 川崎地質</p> <p>【実施協力】 富士通交通・道路データサービス</p>	<p>【実施主体】 nemuli</p> <p>【実施協力】 国立がん研究センター東病院</p>

	<p>【全体取りまとめ・調整等】</p> <p>柏の葉アーバンデザインセンター（UDCK）</p>
--	---

3.1.2. ロードマップ内の位置付け

実行計画で定めるロードマップにおける、本実証実験の位置付けは下記のとおりである。

(1) パブリックスペース（予防保全型維持管理）

本実証実験は、予防保全型維持管理をより幅広く実現するために実施するためのものである。特に、補修優先度検討の際に調査される道路の路面のひび割れについて、簡易な調査技術によるデータ取得は可能か実験を行う。加えて地盤特性も予防保全型維持管理に活用できるか実験を行う。

スマートシティ実行計画の路面下空洞探査で既に使用中の地中レーダ探査装置を活用し、本装置に市販のドライブレコーダーを取り付け、路面を撮影、同時にひび割れ状況も取得することで、中長期における可視化、将来実装されるサービスの高度化を図る。

取組 3-2：予防保全型維持管理

参画企業		短期			中長期
		2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度～
AI 解析と 機材開発	現行機 + 現行 AI	AI 解析実証実験 (柏駅エリア)	AI 解析実証実験 (柏駅エリア)		
	N-GPR (小型機) + 強化 AI		小型機開発 AI 強化	AI 解析小型機利用 実証実験 (柏駅エリア)	AI 解析小型機利用実証実験 (柏の葉エリア)
下水道老朽化データ収集・評価		下水道管路老朽化データ収集・老朽化評価 (柏駅エリア)			下水道管路老朽化データ収集・老朽化評価 (柏の葉エリア)
凹凸、空洞、下水道の可視化 ひび割れ・地盤特性の可視化 【本実証実験】		路面凹凸データ収集・空洞、下水道の可視化 (柏駅エリア) ひび割れ・地盤特性データ収集・評価			路面凹凸データ収集、空洞、下水道の可視化 ひび割れ・地盤特性の可視化 (柏の葉エリア)

(2) ウェルネス（遠隔チェックイン）

本実証実験は、遠隔チェックインにより、患者サービスの向上や院内業務の効率化を図るものである。将来的には、病院内外の人流データなどとの連携により、駅周辺や近隣施設の人流との相互展開も目指す。

取組 4-4：遠隔チェックイン

		短期			中長期	
		2019 年度	2020 年度	2021 年度	2022 年度～	
取組 4-4	IoT 技術の導入に	院内患者人流測定		分析 課題抽出	POC 実施	本稼働 (予定)
		遠隔チェックインシステム 構築検討		POC 実施		本稼働 (予定)

よる患者のサービス向上、院内の業務効率向上				
-----------------------	--	--	--	--

3.2. ロードマップの達成に向けた課題

(1) パブリックスペース（予防保全型維持管理）

人を呼び込み、暮らしを支える豊かな都市空間を形成し持続するためには、都市経営の観点から、道路などのインフラを効率的に維持管理し、事故を未然に防ぐことのできる予防保全型維持管理の実現が重要である。

予防保全型維持管理は、小規模補修を数多く行う必要があり、簡易かつ安価な補修、ならびに優先順位や最も効果的な補修時期の検討や計画が不可欠であり、これらを決定する安価な調査方法が必要である。

(2) ウェルネス（遠隔チェックイン）

人口増や高齢化を背景として、今後さらに医療機関への利用者の集中が見込まれるなか、快適な診察・治療のための案内やサービスの効率化が課題である。

現状は病院内の待ち時間が長く、来院者のストレスとなっている。コロナ禍においては再来受付や診察室においては混雑していることが多く、密状態を生みやすい状況である。

3.3. 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

(1) パブリックスペース（予防保全型維持管理）

予防保全型維持管理を導入し、路面変状へのクレームを低減するとともに住民サービスの向上するためには、従来よりも簡易で安価な調査が必要となる。予防保全型維持管理は、全国の自治体でもますます実施されていくものと考えられ、新しい調査方法のニーズは高い。

本実験により、路面のひび割れおよび地盤特性が予防保全型維持管理に活用できれば、スマートシティ事業で実施中の路面凹凸や路面下空洞と合わせて評価することで、さらに効果的な補修優先度や補修時期の選定に役立つと考えられる。

本実験では、すでにスマートシティ事業の路面下空洞探査で使用中の地中レーダ探査装置を活用する。さらに、本装置に市販のドライブレコーダーを取り付け、路面を撮影することで、同時にひび割れ状況も取得する。

将来的には、路面下空洞探査に加え、地盤特性とひび割れ状況を交通規制なく同時に取得し、簡易かつ安価な調査につながると考えられる。

(2) ウェルネス（患者の待ち時間軽減）

病院での不要な待ち時間を解消し、病院施設への負担軽減、待ち時間を柏の葉のまちで有効活用につなげる。将来的には、病院への交通誘導（駐車場案内、バス案内）との連携を目指す。

医療現場で発生している患者や病院施設・医療者への負荷を、地域との連携によって地域経済への波及に転換して、病院、地域、ユーザー（患者）それぞれに無理や非効率性をなくすことで、病気と闘う患者をまち全体でサポートする仕組みを構築し、超高齢化社会における地域と連携した病院運営のあり方を提示する。

第 4 章

実 験 計 画

第4章 実験計画

4.1. パブリックスペース（予防保全型維持管理）の実験計画

4.1.1. 実験で実証したい仮説

本実験では、交通規制を伴う掘削調査をしなくても、舗装のひび割れと地盤特性との関連性を推測できることを仮説とし、実証を目指す。ひび割れが多発している区間と地盤が軟らかい区間に関連性があれば、路面だけではなく地盤も補修することで、路面劣化の一因を効果的に取り除くことにつながり（路面の補修だけだと、軟らかい地盤によるひび割れが再発する可能性がある）、予防保全型維持管理の質的向上に発展するものと考ええる。

舗装のひび割れは、車両交通や風化により目に見える路面で生じるものと、目には見えない路面下の地盤を原因として生じるものが考えられる。硬い地盤と軟らかい地盤を比較した場合、路面異状を多く発生させるのは軟らかい地盤であると考えられる。

軟らかい地盤の特徴としては、水分を多く含むことや空隙が多いことが推察される。この特徴は、すでにスマートシティ事業で実施している地中レーダ探査装置が利用している電磁波で計測することができる。電磁波は土の水分が多くなると速度が遅くなり、空隙が多いと速度が速くなる性質がある。

ひび割れ撮影は、市販のドライブレコーダーを地中レーダ探査装置に設置することで、電磁波速度ならびに路面状況を同時に計測できる。本実験が地中レーダ探査装置のみで実証できれば、今後、路面下空洞探査と同時に地盤特性ならびにひび割れ計測ができ、道路管理者による効率的かつ持続的なデータ取得が可能となると考える。

4.1.2. 実験内容・方法

(1) 電磁波速度ならびに受信振幅値の測定

①測定

地盤特性を評価するために、図 4-1 に示すように、地中レーダ探査装置を用いて受信振幅値ならびに電磁波速度（以下、振幅値）の測定を行う。測定は、時速 15～20km 程度で走行しながら、レーダアンテナから送信され地盤から反射した電磁波を、同じくレーダアンテナで受信するものである。

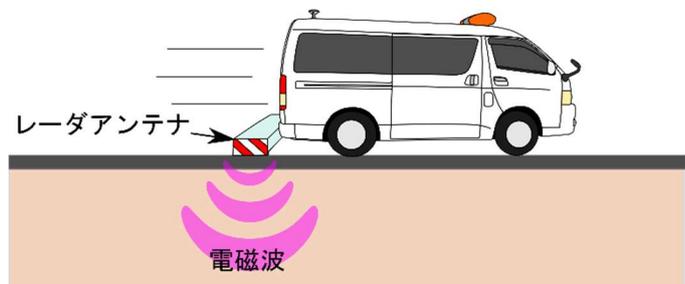


図 4-1 実証実験イメージ

②使用する装置

本実験で使用した地中レーダ探査装置の外観を図 4-2 に示し、表 4-1 に仕様を添付する。

表 4-1 装置の仕様

名 称	MGPR-K003	
仕 様	レーダアンテナ数	5ch
	探査幅	2.0m程度
	送信周波数	50MHz~1,100MHz
	位置情報取得	探査距離計、前左右のビデオカメラシステム、Trimble社BX935+INS（座標取得）
	寸法	長さ4.84m×幅1.88m×高さ2.26m
性 能	探査可能最大深度	2m~3m程度
	最大走行速度	50km/h程度
	特記事項	道路維持作業車登録済み



図 4-2 装置外観と実験状況

③電磁波速度および振幅値の算出方法

地中レーダ探査装置により取得された探査データを用いて、図 4-3 に示す概念にて、各地点の電磁波速度を算出する（同時に共通反射点の振幅値も算出する）。送信アンテナや受信アンテナの座標を基に、共通反射点からの反射波の走時 $1n$ および走時 $2n$ を観測することにより、共通反射点の深度および電磁波速度を算出することが可能となる。同時に、走時 $1n$ の振幅値についても算出する。

得られた各地点の電磁波速度値（電磁波振幅値）を適用して、地盤特性評価を行う。

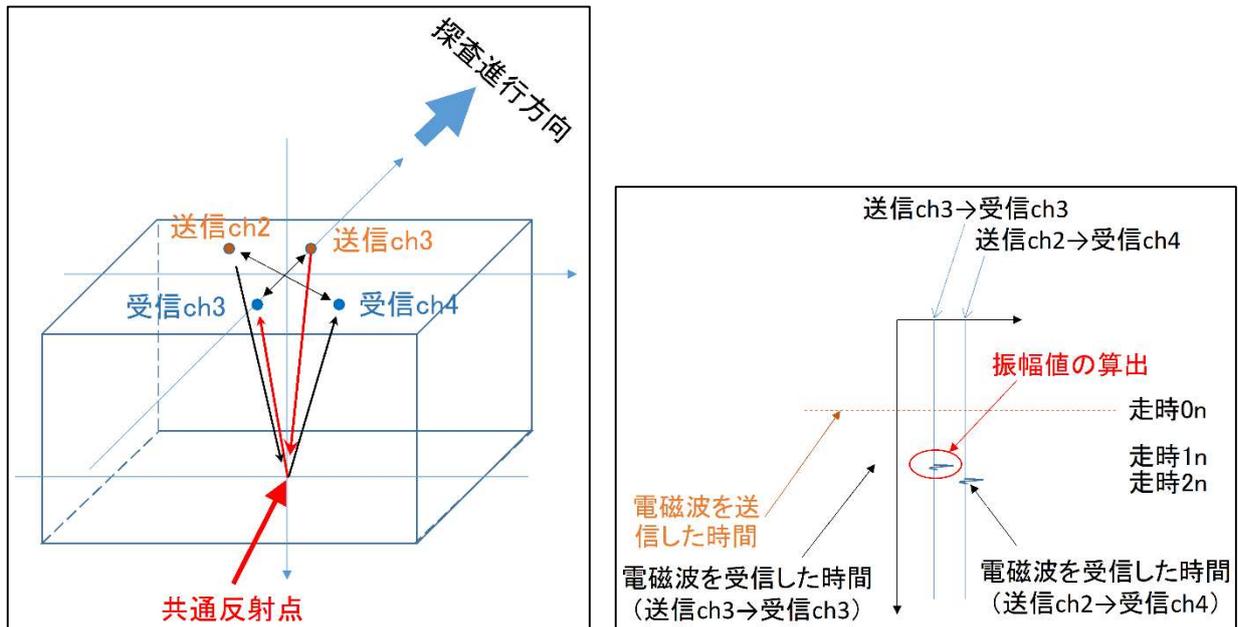


図 4-3 電磁波速度および振幅値の算出概念

(3) 評価項目

①調査手法の精度

本調査手法の精度について、以下の観点で検証する。

- 柏市が地盤特性を把握するために実施している FWD 調査との整合性の検証
→たわみ量が大きい区間（または小さい区間）と何%整合しているか。
- 柏市が路面性状を把握するために測定しているひび割れ率との整合性の検証
→ひび割れ率が何%整合しているか。

②調査及び解析にかかる時間

- FWD 調査との比較
→何%程度の時間短縮ができたか。
- 路面性状調査との比較
→何%程度の時間短縮ができたか。

③調査及び解析にかかる費用

- FWD 調査との比較
→何%程度のコスト削減ができたか（km あたり）。
- 路面性状調査との比較
→何%程度のコスト削減ができたか（km あたり）。

④代替調査の可能性

上記 3 つの比較項目のバランスから、従来の調査方法と比較して、まちづくりや人々の生活のについてのメリット、活用方法を考察し、従来技術からの代替技術として可か不可か検証する。

4.2. ウェルネス（遠隔チェックイン）の実証実験結果

4.2.1. 実験で実証したい仮説

本実験では、遠隔チェックインシステムを活用することで再来受付処理を省くことができ、再来受付機に並ぶフローを避けることでコロナ禍での密の回避ならびに待ち時間の軽減にどれだけ寄与できたかを検証する。また、スマートホンを用いた遠隔チェックインシステムを活用することで再来受付機や呼び出し機のコストの削減（イニシャル、ランニング、人件費）、院内スタッフ業務の効率化が期待できるものとする。

4.2.2. 実験内容・方法

(1) アプリケーションの開発

スマートホンの位置情報機能（GPS）を用いた遠隔チェックインアプリケーションを開発。

ユーザビリティを考慮し、WEBアプリケーションで開発を進めた。チェックインエリア、病院到着エリアを設定し、指定エリアからチェックイン可能とした。また、患者予約管理機能を搭載し患者情報と予約情報を管理可能とした。

①チェックインエリア設定

チェックインエリアは柏の葉キャンパス駅、柏駅の2箇所を設定し、チェックインエリア内に入ることによって病院へのチェックインが可能となる。



図 4-6 チェックインエリア

②病院到着エリア設定

病院到着エリアは病院到着時に患者が病院側へ到着通知を発信できるように病院敷地内に設定した。



図 4-7 病院到着エリア

③患者予約管理機能

予約管理機能では患者情報、予約情報を管理可能とした。

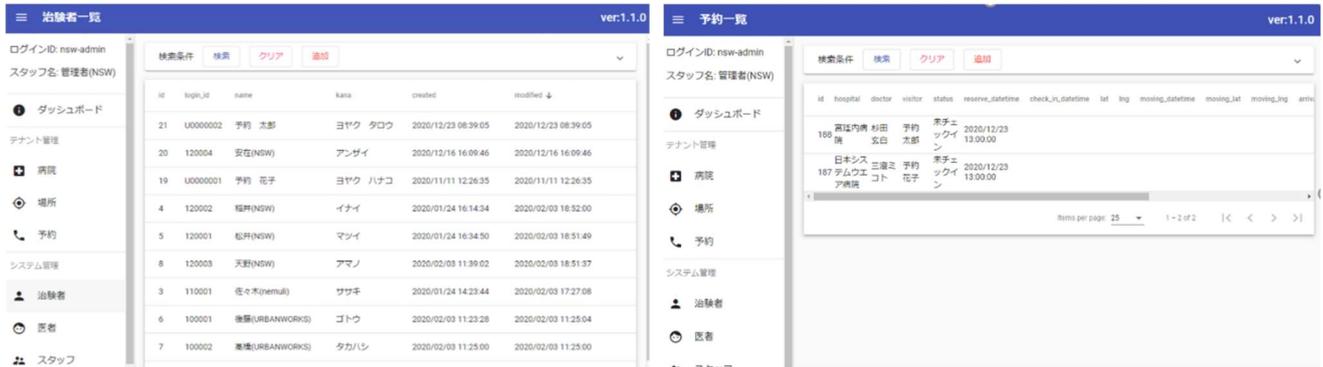


図 4-8 患者の予約管理システム

④GPS を用いた来院ステータス管理

位置情報と患者管理機能を持たせることで患者来院状況の把握が可能で来院ステータス管理機能を実装した。



図 4-9 GPS ラインステータス管理フロー

(2) 実験概要

外来受診に訪れる患者を対象として柏の葉キャンパス駅もしくは柏駅周辺に到着次第 GPS を活用した遠隔チェックインアプリにて再来受付（遠隔チェックイン）を行う。遠隔チェックインを実施したことによる病院スタッフや患者への影響をチェックインアプリに記録されたタイムスタンプやアンケートにより評価を行う。また、病院情報システムとの連携を想定した場合にシステムに与える影響についても試算する。

(3) 実証実験対象者

実証実験対象者は2021年3月1日(月)以降の内視鏡検査、治療患者10名程度とし、スマートフォンを所持しており柏の葉キャンパス駅もしくは柏駅利用者とする。

(4) 実証実験の流れ

①オリエンテーション

職員が受診日のタイミングで対象患者に実証実験の説明を行い、参加の同意を得る。患者は付与されたID、PASSを用いてスマートフォンより遠隔チェックインアプリに接続して動作を確認する。

患者情報(名前や診療ID)は保持せず、匿名化したIDを発行する。遠隔チェックインシステムには発行したIDに対して予約名称、予約日時のみを紐付けする。

②検査日

患者は柏の葉キャンパス駅もしくは柏駅周辺に到着後、遠隔チェックインアプリを起動し、遠隔チェックインを行う。予約時間に間に合うタイミングで適宜病院へ移動を開始する。「移動ボタン」押す。

③職員が再来受付(病院情報システムとの連携を想定した処理)

職員は遠隔チェックイン管理端末にて患者がチェックインしたことを確認し、再来機にて再来受付を済ませ、受診票を当該受付に持参する。部署職員は検査準備を開始する。

④検査実施

患者は来院後、「到着ボタン」を押す。再来受付を通さず、当該窓口へ向かう。再来受付に並ぶことや検査の待ち時間無くスムーズに検査、治療を実施できる。

⑤アンケート回答、終了

検査終了後はアンケートを実施し遠隔チェックインシステムの評価を行う。

NCCHEでの検証概要

患者さんの受診、検査および検査後の対応に関して想定されるオペレーション

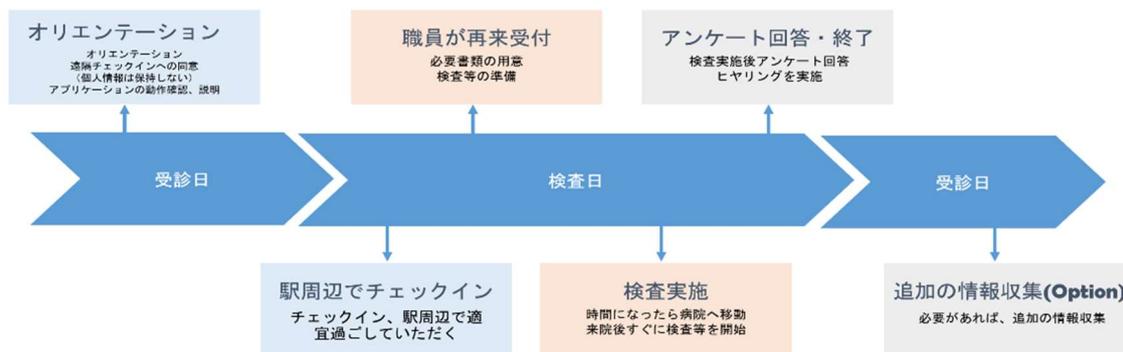


図 4-10 遠隔チェックイン実証フロー

(5) 評価項目

①電子カルテデータ、遠隔チェックインシステムのデータより以下を評価する。

- ・ 来院時間比較（通常再来時、遠隔チェックイン利用時）
- ・ 患者待ち時間の比較（通常再来時、遠隔チェックイン利用時）

上記を比較することで遠隔チェックインでの短縮時間を算出する。参加ユーザーの合計時間を算出し1日に何名が利用することで病院全体での待ち時間の減少量を仮算出する。

②患者アンケートより以下項目を評価する。

- ・ 性別 ・ 年齢 ・ 移動手段（駅～当院まで） ・ 満足感
- ・ 待ち時間 ・ 使用感（使いやすさ） ・ 追加で欲しい機能 ・ また利用したいか など

③システム化すべき部分を明確化する。

- ・ 再来受付システムとの連携
- ・ 予約システムとの連携
- ・ 患者呼び出しシステムとの連携
- ・ その他追加すべきシステムについて

④業務効率化

- ・ 既存システムのオペレーションと比較して業務効率化

⑤コスト削減

- ・ 再来受付機のコスト算出（1台でも不要になった場合の費用削減効果）

(6) 研究倫理審査

本実証実験を患者対象として実施するにあたり、当院の研究倫理審査委員会の審議にて倫理審査不要の通知を受領した。

(7) 混雑測定

外来エリア、患者休憩エリアにスマートホンからの Wi-fi、Bluetooth の電波を検知可能な AI ビーコンを設置し院内の混雑状況を測定した。

①設置機器：AI ビーコン、アクセスポイント

AI ビーコン：スマートホンの電波を識別し収集する。

アクセスポイント：AI ビーコンで取得した情報を外部サーバーに送信する。



図 4-11 AI ビーコンとアクセスポイント

②測定エリア

外来エリアは「1F エントランスホール」、「1F 外来」、「2F 外来」、「2F 採血室」とした。
患者休憩エリアは「さくらテラス、さくらラウンジ」、「9F 食堂」とした。

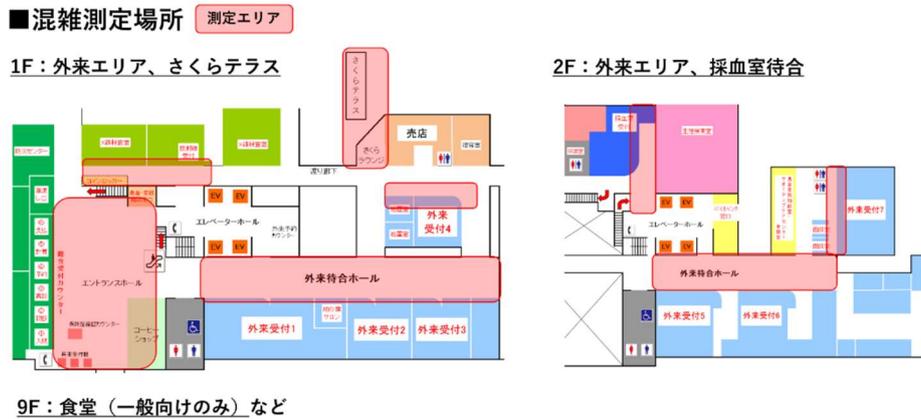


図 4-12 AI ビーコンによる混雑度測定場所マップ

③管理画面

測定日時、測定場所、エリア滞在人数が確認できる。

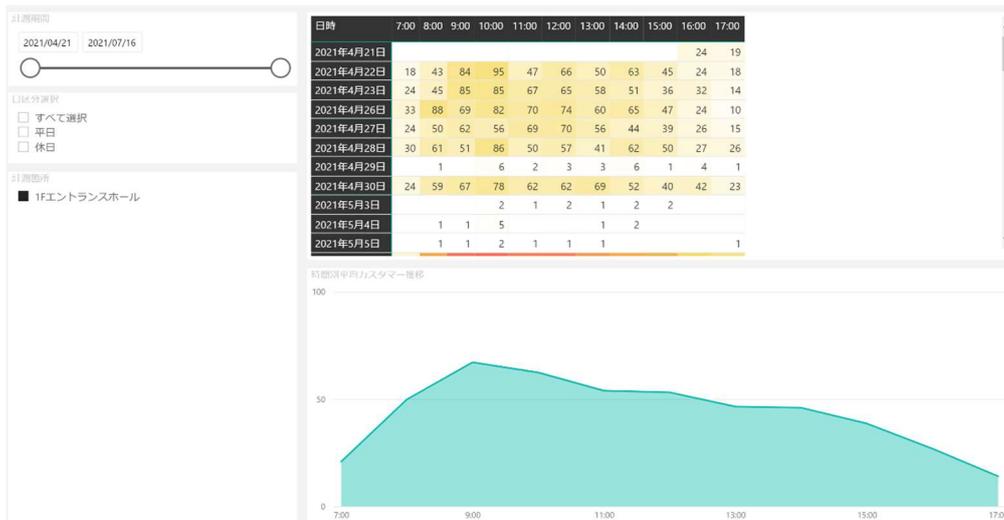


図 4-13 管理向けダッシュボード

③検知対象除外基準

院内の無線機器、職員のスマートホンなどがカウントに含まれないよう除外基準を設けて測定を行う。1日1か所につき2～3時間連続で測定されたものが2回以上の場合に排除することとした。

④患者への同意取得

本調査は個人を特定しないこと、識別番号から院内での行動履歴を追跡しないことを明記した掲示物をエントランスホールに掲示した。バンダーとは取得したデータはデータ提供元のプライバシーポリシーに則り取り扱い、統計処理後は破棄する趣旨の契約を行った。

第 5 章

実験実施結果

第5章 実験実施結果

5.1. パブリックスペース（予防保全型維持管理）の実験実施結果

5.1.1. 実施結果まとめ

（1）地盤特性の推定

- ・ 実験方法：地中レーダ探査装置を活用して時速 20km 程度で走行しながら、電磁波速度と電磁波受信振幅により地盤特性を推定した（5.1.3 章を参照）。調査結果は、地盤特性を把握するための既存の Falling Weight Deflectometer（以下、FWD）によるたわみ調査結果と比較した（5.1.4 章を参照）。
- ・ 研究成果：電磁波速度とたわみ量は、正の相関があることが認められた。電磁波速度と受信振幅から評価した地盤特性区間は、顕著なたわみ区間と 6 割以上一致していた（5.1.4 章および 5.15 章を参照）。コスト・調査時間を比較すると、本調査技術の方が約 6 倍の調査延長を実施できることが分かった（5.1.6 章を参照）。精度やコスト・調査時間を勘案すると、維持管理上問題となる著しい劣化箇所もしくは、これから劣化が進行しやすいと考えられる場所を把握するための新技術として、実用化の可能性は十分にあるものと判断した（5.1.7 章を参照）。
- ・ 課題：他自治体での展開を考えた場合、検証データの拡充が課題であるため、今後は多様な地盤のデータを含めて精度の検証を進めていく（5.1.7 章を参照）。

（2）ひび割れ撮影

- ・ 実験方法：ドライブレコーダーで撮影した動画から、AI を使ってひび割れを自動抽出した。調査結果は、過去に実施した路面性状調査のひび割れ結果との比較を行った。
- ・ 研究成果：3 路線の平均一致率は 6 割程度だったが、路線②を除けば 7～8 割一致しており、動画を再確認しても妥当な結果であった（5.1.8 章を参照）。路線②は一致率こそ低いが、動画を再確認した結果、誤検知も一部あるものの、AI 解析結果が妥当と思われる部分も多くある。コスト・調査時間を勘案すると、維持管理上問題となるひび割れの有無を確認するという点においては実用に足りる精度が確保できていると判断した（5.1.9 章と 5.1.10 章を参照）。
- ・ 課題：AI による誤検知をなくし、一致率の精度を向上させていくことが課題である。したがって、今後は AI の学習方式変更も検討しつつ、教師データ拡充により精度を向上させていく（5.1.10 章を参照）。

（3）地盤特性とひび割れ箇所の関連性

顕著なひび割れ箇所は、地盤特性も悪いと評価される箇所に整合する傾向が認められた。一方で地盤特性は悪いが、ひび割れは多くない箇所が認められており、今後ひび割れが比較的早く進行する可能性が考えられる。本技術を組み合わせることにより、従来技術よりも精度は劣るものの、劣化が著しい場所や今後劣化の進行が速いと推定される場所を、早く安く広範囲に発見することができるとともに、簡易に複数回の調査が可能であることから、予防保全的な維持管理技術として実用化できる可能性が見出された（5.1.11 章を参照）。

5.1.2. 既存資料整理結果

(1) 実験路線

実験路線を図 5-1 に示す。路線の選定理由は、路面劣化が進行しており、今後の舗装補修工事が決まっているためである。各路線の延長および調査延長（上下線考慮）は以下のとおりである。

- ① 路線延長 760m（調査延長 1,520m）（1 級市道 0 1 0 1 5 号線）
- ② 路線延長 350m（調査延長 700m）（2 級市道 0 2 0 8 0 号線）
- ③ 路線延長 250m（調査延長 500m）（1 級市道 0 1 1 1 0 号線）



図 5-1 実験路線

(2) 既存資料整理

舗装の補修路線は、路面点検である路面性状調査結果と詳細調査である FWD (Falling Weight Deflectometer) 調査結果をもとに検討されている。路面性状調査では、ひび割れ率、わだち掘れ量、IRI (International Roughness Index) を求め、FWD 調査では、路面たわみ量を測定することで、舗装の支持力が十分であるか、また解析によりどの層が損傷しているかを間接的に推定することができる。本実験で参考にした資料は、以下のとおりである。

- ・ 路面性状調査業務委託（平成 29 年報告書）
- ・ 道路補修工法策定業務委託（平成 30 年報告書）
- ・ 道路補修工法策定業務委託（その 2、令和 2 年報告書）

本研究は令和 2 年 7 月～8 月で実施しており、既往結果とは時期ずれがあることに留意が必要である。

図 5-2 に路線①のひび割れ率と FWD 結果を示す。図中の矢印方向が下りである。

ひび割れ率では、上り線の終点（図左側）にひび割れ率の高い区間が認められる。

FWD 結果では、補正した D_0 （路盤）のたわみ量が許容値（グラフの黒線）より大きい。すなわち、本路線の路盤特性が全体的に悪いと判断される。

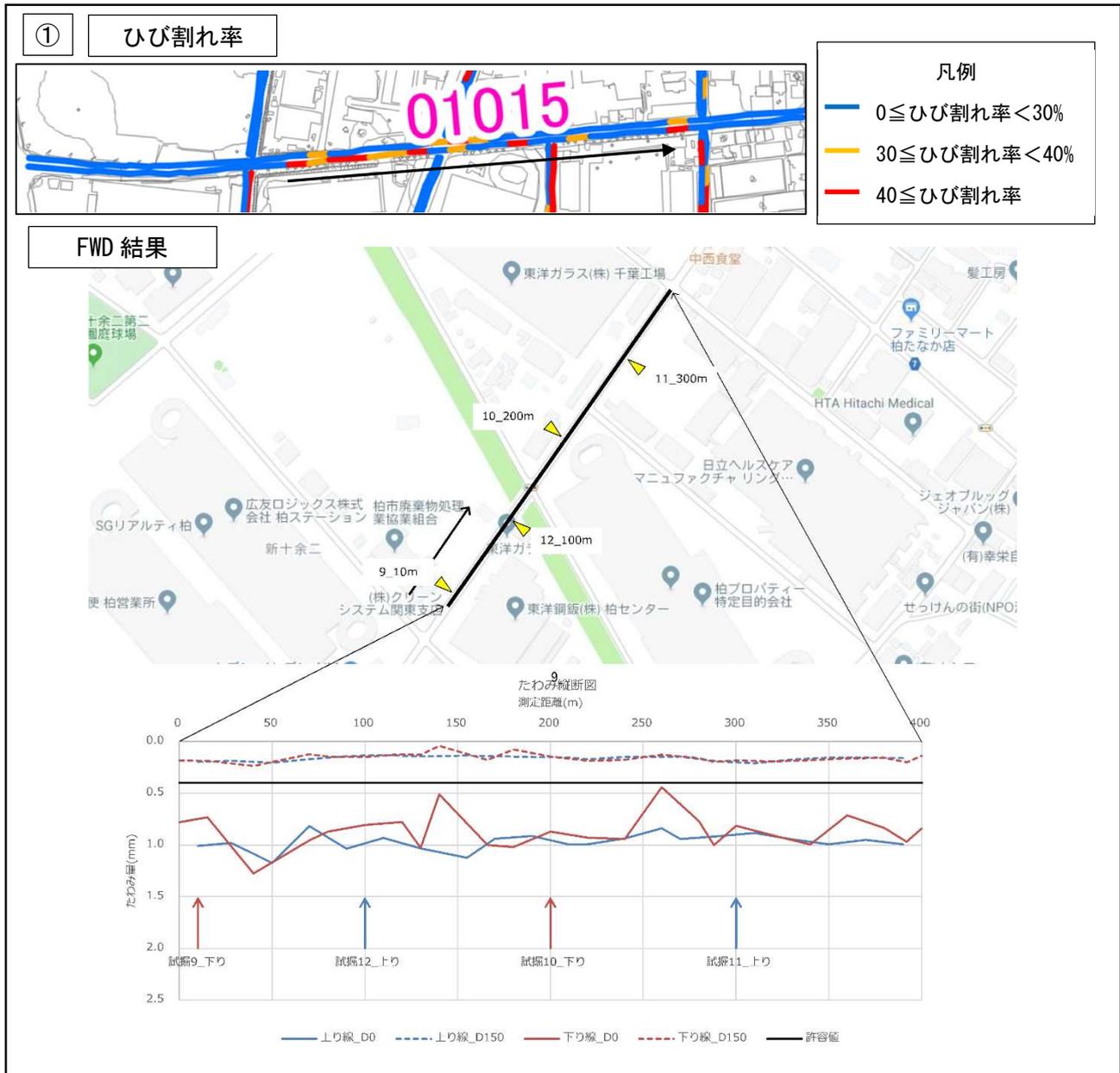


図 5-2 路線①における過年度調査結果

図 5-3 に路線②のひび割れ率と FWD 結果を示す。図中の矢印方向が下りである。

ひび割れ率では、上下線ともに 100m 付近および 170m 付近にひび割れ率の高い区間が認められる。

FWD 結果では、下り路線においていずれも D_0 のたわみ量が許容値（グラフの黒破線）より大きい。上り線においては、190m 付近までは D_0 のたわみ量が許容値（グラフの黒破線）より大きい。特に 100m 付近まで著しくたわんでいることが確認される。全体的な傾向として、路盤特性が悪いと判断される。

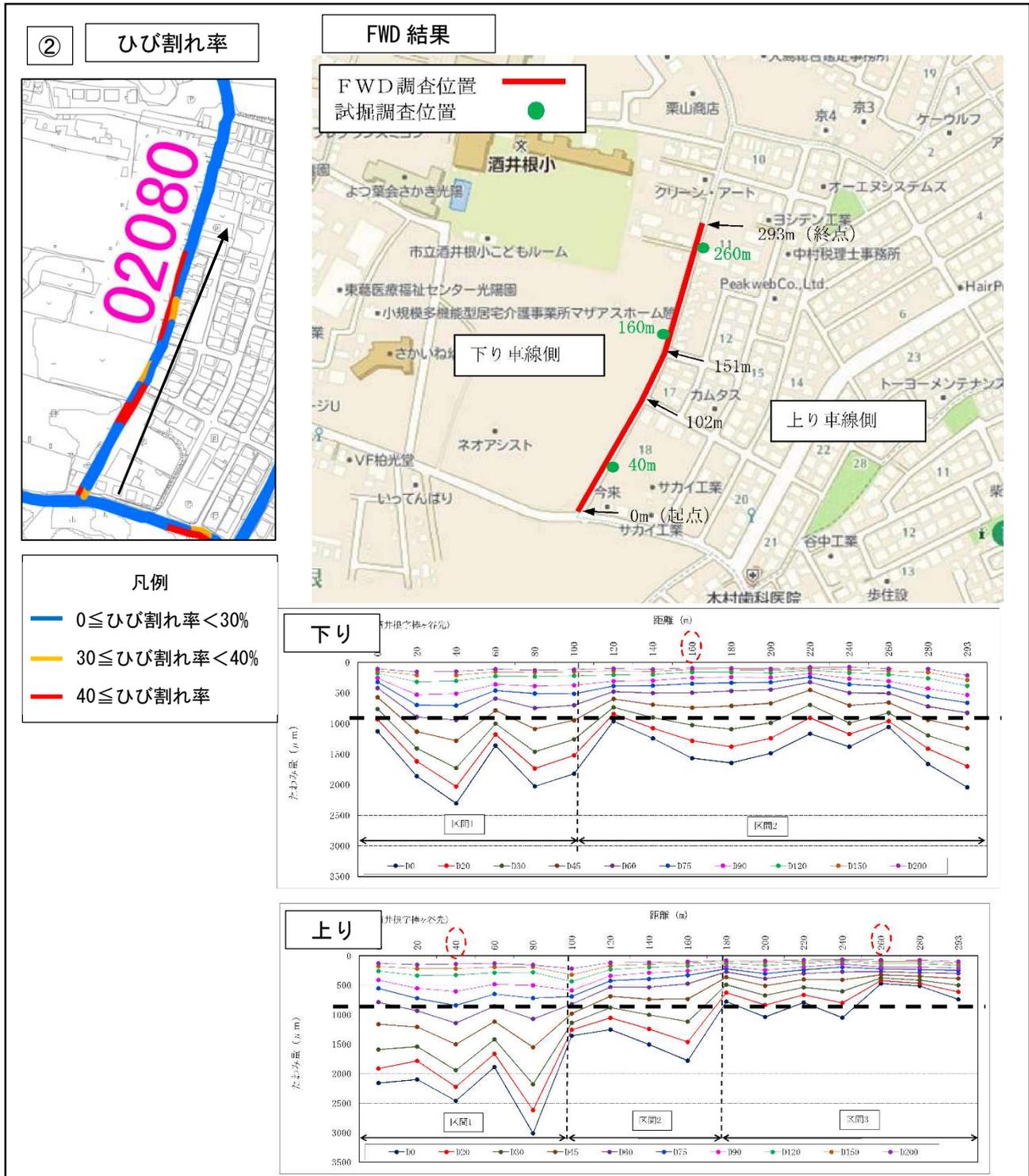


図 5-3 路線②における過年度調査結果

図 5-4 に路線③のひび割れ率と FWD 結果を示す。図中の矢印方向が下りである。
 ひび割れ率では、下り線の中央にひび割れ率の高い区間が認められる。
 FWD 結果では、下り線の終点側以外のほとんどで、D₀のたわみ量が許容値（グラフの黒破線）を上回っている。全体的な傾向として、路盤特性が悪いと判断される。

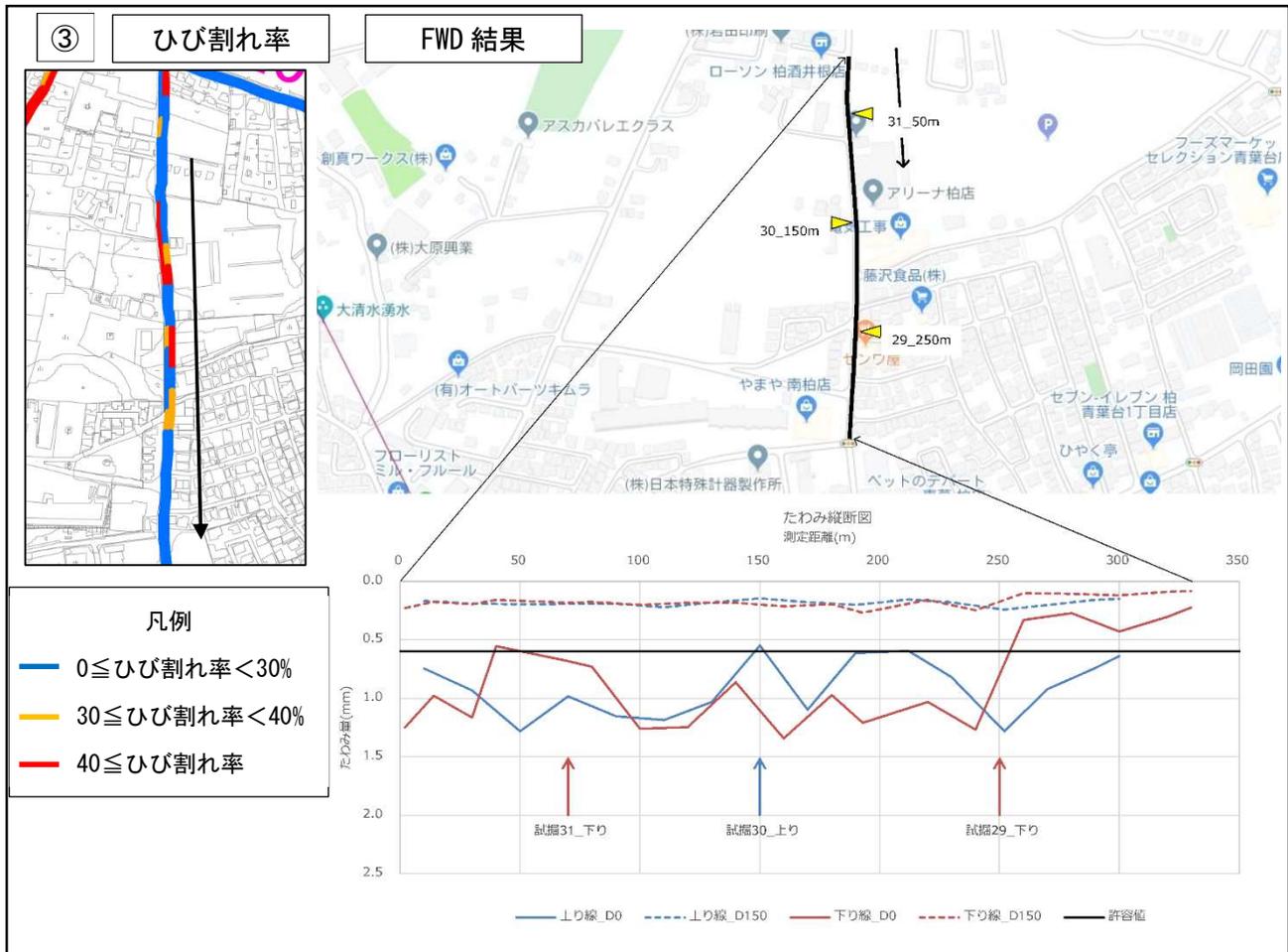


図 5-4 路線③における過年度調査結果

5.1.3. 電磁波速度とひび割れの同時計測

図 5-5 に示すように、電磁波速度とひび割れの同時計測を行った。10cm 間隔で電磁波速度の計測を行った場合、時速 20km 程度で連続的な計測が可能であった。計測間隔を 20cm とすれば、時速 30km 程度での計測が可能となる。



図 5-5 電磁波速度とひび割れの同時計測

5.1.4. 地盤特性とたわみの一致率

本研究で対象とした3路線において、FWDを実施した112地点のたわみ量 (D_0)、地盤特性（電磁波速度と振幅値）を整理した。得られた電磁波速度と振幅値については、表5-1に示すように平均値と標準偏差、平均値±標準偏差を整理し、たわみ判定（許容値を超えた箇所）との一致率を算出した。ここでの一致とは、たわみ量が許容値以上のときに、以下の条件の通りとした。

<電磁波速度>

- ・平均値より遅い（含水比が比較的高いと考えられる）
- ・ $\mu - \sigma$ より遅い（含水比が高いと考えられる）
- ・ $\mu + \sigma$ より速い（含水比が低いと考えられる）

<振幅値>

- ・平均値より小さい（比較的砂質土に近いと考えられる）
- ・ $\mu - \sigma$ より小さい（砂質土に近いと考えられる）
- ・ $\mu + \sigma$ より大きい（粘性土に低いと考えられる）

たわみ判定（たわみ量が許容値オーバー）と電磁波速度ならびに振幅値の一致率（表5-2のTRUE）は、平均値±標準偏差で約25%であった。平均値で比較した場合において、電磁波速度とたわみ量の一致率は2/3程度（66%）であり、半数を超えていることから、比較的整合しているものと考えられる。振幅値は50%を若干超える一致率であった。

表 5-1 地盤特性とたわみの一致率

項目		電磁波速度 (m/10-8s)	振幅 (V)	備考
平均値 (μ)	値	0.968	-0.374	電磁波速度： μ より遅い 振幅： μ より小さい
	たわみ判定との一致箇所（率）	74 (66.0%)	58 (51.7%)	
標準偏差 (σ)		0.136	0.197	—
$\mu - \sigma$	値	0.833	-0.571	電磁波速度： $\mu - \sigma$ より遅い 振幅： $\mu - \sigma$ より小さい
	たわみ判定との一致箇所（率）	23 (20.5%)	30 (26.7%)	
$\mu + \sigma$	値	1.104	-0.177	電磁波速度： $\mu + \sigma$ より早い 振幅： $\mu + \sigma$ より大きい
	たわみ判定との一致箇所（率）	27 (24.1%)	25 (22.3%)	

図 5-6 は、たわみ量、電磁波速度と振幅値の散布図である。この結果、電磁波速度とたわみ量には正の相関があると判断され、振幅値とたわみ量には弱い負の相関があると判断される。

FWD を実施した 112 地点のたわみ量 (D₀)、電磁波速度と振幅値の整理結果は、表 5-3 に示す。

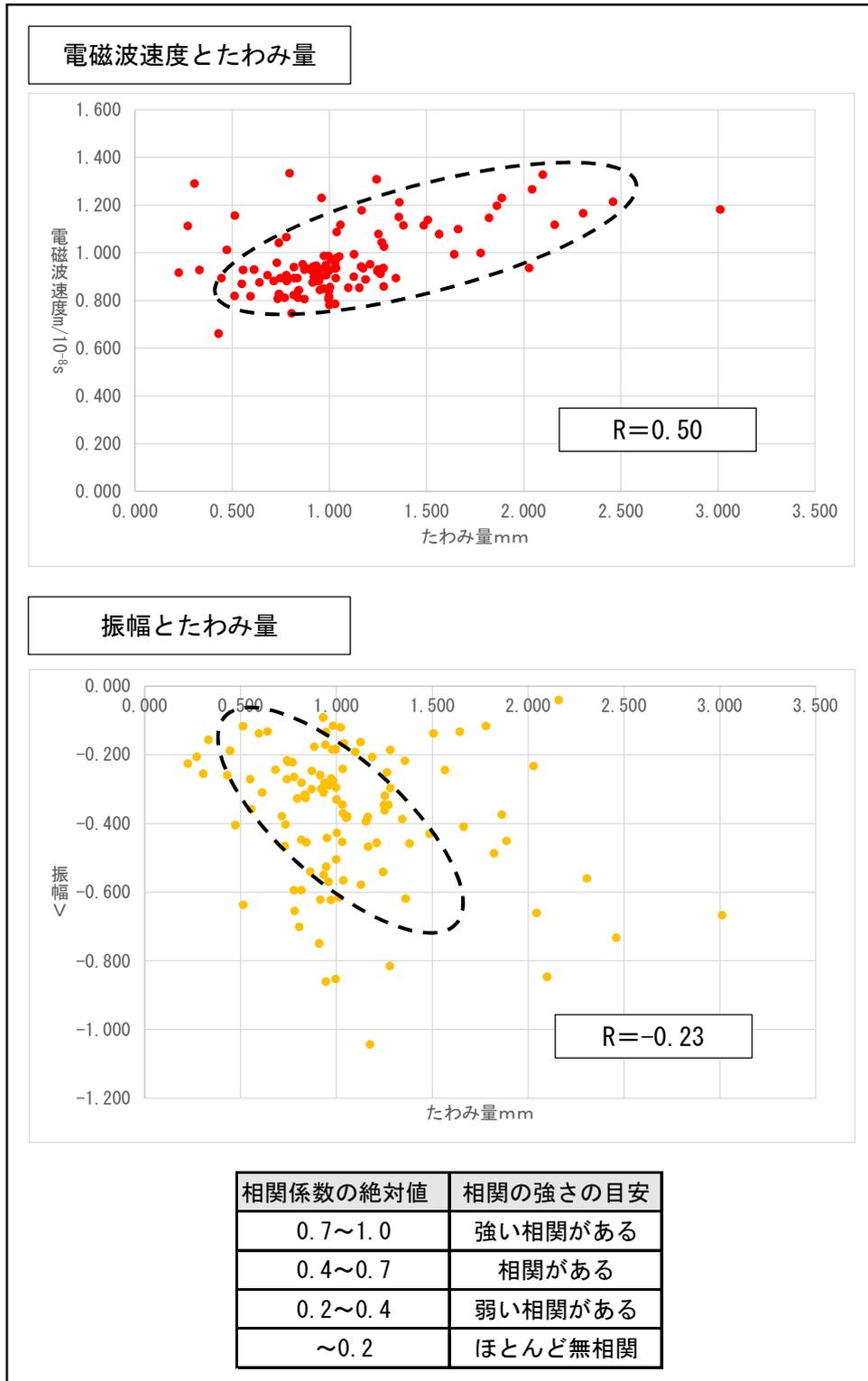


図 5-6 たわみ量、電磁波速度と振幅値の相関

表 5-2 たわみ量、電磁波速度と振幅 (1)

地点	DO (mm)	たわみ 判定	電磁波速度 (m/10 ⁻⁸ s)	たわみ判定と 電磁波速度一致箇所			振幅 (V)	たわみ判定と 振幅一致箇所		
				≥ μ	≤ μ - σ	≥ μ + σ		≤ μ	≤ μ - σ	≥ μ + σ
1	1.011	×	0.972	TRUE	FALSE	FALSE	-0.615	TRUE	TRUE	FALSE
2	0.982	×	0.950	FALSE	FALSE	FALSE	-0.115	FALSE	FALSE	TRUE
3	1.174	×	0.937	FALSE	FALSE	FALSE	-1.043	TRUE	TRUE	FALSE
4	0.817	×	0.941	FALSE	FALSE	FALSE	-0.594	TRUE	TRUE	FALSE
5	1.036	×	0.978	TRUE	FALSE	FALSE	-0.565	TRUE	FALSE	FALSE
6	0.933	×	0.912	FALSE	FALSE	FALSE	-0.310	FALSE	FALSE	FALSE
7	1.034	×	0.937	FALSE	FALSE	FALSE	-0.370	FALSE	FALSE	FALSE
8	1.125	×	0.900	FALSE	FALSE	FALSE	-0.163	FALSE	FALSE	TRUE
9	0.941	×	0.900	FALSE	FALSE	FALSE	-0.170	FALSE	FALSE	TRUE
10	0.914	×	0.876	FALSE	FALSE	FALSE	-0.259	FALSE	FALSE	FALSE
11	0.997	×	0.840	FALSE	FALSE	FALSE	-0.295	FALSE	FALSE	FALSE
12	0.995	×	0.807	FALSE	TRUE	FALSE	-0.183	FALSE	FALSE	FALSE
13	0.938	×	0.900	FALSE	FALSE	FALSE	-0.281	FALSE	FALSE	FALSE
14	0.839	×	0.812	FALSE	TRUE	FALSE	-0.325	FALSE	FALSE	FALSE
15	0.944	×	0.930	FALSE	FALSE	FALSE	-0.860	TRUE	TRUE	FALSE
16	0.916	×	0.943	FALSE	FALSE	FALSE	-0.622	TRUE	TRUE	FALSE
17	0.884	×	0.935	FALSE	FALSE	FALSE	-0.176	FALSE	FALSE	TRUE
18	0.946	×	0.882	FALSE	FALSE	FALSE	-0.526	TRUE	FALSE	FALSE
19	0.995	×	0.924	FALSE	FALSE	FALSE	-0.853	TRUE	TRUE	FALSE
20	0.950	×	0.845	FALSE	FALSE	FALSE	-0.442	TRUE	FALSE	FALSE
21	0.995	×	0.988	TRUE	FALSE	FALSE	-0.185	FALSE	FALSE	FALSE
22	0.781	×	0.882	FALSE	FALSE	FALSE	-0.654	TRUE	TRUE	FALSE
23	0.734	×	0.809	FALSE	TRUE	FALSE	-0.403	TRUE	FALSE	FALSE
24	1.277	×	0.937	FALSE	FALSE	FALSE	-0.815	TRUE	TRUE	FALSE
25	0.957	×	0.900	FALSE	FALSE	FALSE	-0.570	TRUE	FALSE	FALSE
26	0.871	×	0.930	FALSE	FALSE	FALSE	-0.300	FALSE	FALSE	FALSE
27	0.806	×	0.747	FALSE	TRUE	FALSE	-0.701	TRUE	TRUE	FALSE
28	0.778	×	0.907	FALSE	FALSE	FALSE	-0.594	TRUE	TRUE	FALSE
29	1.029	×	0.787	FALSE	TRUE	FALSE	-0.454	TRUE	FALSE	FALSE
30	0.512	×	0.819	FALSE	TRUE	FALSE	-0.117	FALSE	FALSE	TRUE
31	1.000	×	0.782	FALSE	TRUE	FALSE	-0.330	FALSE	FALSE	FALSE
32	1.022	×	0.935	FALSE	FALSE	FALSE	-0.120	FALSE	FALSE	TRUE
33	0.871	×	0.807	FALSE	TRUE	FALSE	-0.247	FALSE	FALSE	FALSE
34	0.930	×	0.884	FALSE	FALSE	FALSE	-0.091	FALSE	FALSE	TRUE
35	0.944	×	0.935	FALSE	FALSE	FALSE	-0.134	FALSE	FALSE	TRUE
36	0.444	×	0.895	FALSE	FALSE	FALSE	-0.188	FALSE	FALSE	FALSE
37	0.770	×	0.812	FALSE	TRUE	FALSE	-0.222	FALSE	FALSE	FALSE
38	1.002	×	0.856	FALSE	FALSE	FALSE	-0.428	TRUE	FALSE	FALSE
39	0.816	×	0.824	FALSE	TRUE	FALSE	-0.448	TRUE	FALSE	FALSE
40	0.909	×	0.926	FALSE	FALSE	FALSE	-0.749	TRUE	TRUE	FALSE
41	0.998	×	0.817	FALSE	TRUE	FALSE	-0.505	TRUE	FALSE	FALSE
42	0.714	×	0.882	FALSE	FALSE	FALSE	-0.379	TRUE	FALSE	FALSE
43	0.836	×	0.895	FALSE	FALSE	FALSE	-0.316	FALSE	FALSE	FALSE
44	0.970	×	0.851	FALSE	FALSE	FALSE	-0.623	TRUE	TRUE	FALSE
45	0.842	×	0.844	FALSE	FALSE	FALSE	-0.455	TRUE	FALSE	FALSE
46	0.747	×	0.894	FALSE	FALSE	FALSE	-0.220	FALSE	FALSE	FALSE
47	0.933	×	0.947	FALSE	FALSE	FALSE	-0.550	TRUE	FALSE	FALSE
48	1.281	×	1.027	TRUE	FALSE	FALSE	-0.297	FALSE	FALSE	FALSE
49	0.983	×	0.906	FALSE	FALSE	FALSE	-0.275	FALSE	FALSE	FALSE
50	1.154	×	0.854	FALSE	FALSE	FALSE	-0.394	TRUE	FALSE	FALSE
51	1.186	×	0.889	FALSE	FALSE	FALSE	-0.206	FALSE	FALSE	FALSE
52	1.033	×	0.895	FALSE	FALSE	FALSE	-0.241	FALSE	FALSE	FALSE
53	0.549	○	0.871	TRUE	TRUE	TRUE	-0.271	TRUE	TRUE	TRUE
54	1.097	×	0.854	FALSE	FALSE	FALSE	-0.191	FALSE	FALSE	FALSE
55	0.612	×	0.930	FALSE	FALSE	FALSE	-0.310	FALSE	FALSE	FALSE
56	0.594	○	0.818	TRUE	FALSE	TRUE	-0.138	TRUE	TRUE	FALSE
57	0.817	×	0.895	FALSE	FALSE	FALSE	-0.281	FALSE	FALSE	FALSE

表 5-3 たわみ量、電磁波速度と振幅 (2)

地点	DO (mm)	たわみ判定	電磁波速度 (m/10 ⁻⁸ s)	たわみ判定と電磁波速度一致箇所			振幅 (V)	たわみ判定と振幅一致箇所		
				≥ μ	≤ μ - σ	≥ μ + σ		≤ μ	≤ μ - σ	≥ μ + σ
58	1.280	×	0.860	FALSE	FALSE	FALSE	-0.186	FALSE	FALSE	FALSE
59	0.921	×	0.900	FALSE	FALSE	FALSE	-0.299	FALSE	FALSE	FALSE
60	0.741	×	0.829	FALSE	TRUE	FALSE	-0.216	FALSE	FALSE	FALSE
61	0.640	×	0.876	FALSE	FALSE	FALSE	-0.132	FALSE	FALSE	TRUE
62	1.250	×	0.930	FALSE	FALSE	FALSE	-0.362	FALSE	FALSE	FALSE
63	0.978	×	0.935	FALSE	FALSE	FALSE	-0.184	FALSE	FALSE	FALSE
64	1.163	×	0.943	FALSE	FALSE	FALSE	-0.381	TRUE	FALSE	FALSE
65	0.556	○	0.929	TRUE	TRUE	TRUE	-0.359	TRUE	TRUE	TRUE
66	0.681	×	0.906	FALSE	FALSE	FALSE	-0.243	FALSE	FALSE	FALSE
67	0.730	×	0.959	FALSE	FALSE	FALSE	-0.466	TRUE	FALSE	FALSE
68	1.262	×	0.912	FALSE	FALSE	FALSE	-0.251	FALSE	FALSE	FALSE
69	1.247	×	0.923	FALSE	FALSE	FALSE	-0.345	FALSE	FALSE	FALSE
70	0.863	×	0.953	FALSE	FALSE	FALSE	-0.541	TRUE	FALSE	FALSE
71	1.342	×	0.894	FALSE	FALSE	FALSE	-0.387	TRUE	FALSE	FALSE
72	0.972	×	0.988	TRUE	FALSE	FALSE	-0.268	FALSE	FALSE	FALSE
73	1.209	×	0.953	FALSE	FALSE	FALSE	-0.456	TRUE	FALSE	FALSE
74	1.030	×	0.959	FALSE	FALSE	FALSE	-0.345	FALSE	FALSE	FALSE
75	1.270	×	1.045	TRUE	FALSE	FALSE	-0.346	FALSE	FALSE	FALSE
76	0.331	○	0.929	TRUE	TRUE	TRUE	-0.157	TRUE	TRUE	FALSE
77	0.271	○	1.114	FALSE	TRUE	FALSE	-0.206	TRUE	TRUE	TRUE
78	0.429	○	0.662	TRUE	FALSE	TRUE	-0.260	TRUE	TRUE	TRUE
79	0.305	○	1.291	FALSE	TRUE	FALSE	-0.255	TRUE	TRUE	TRUE
80	0.224	○	0.918	TRUE	TRUE	TRUE	-0.225	TRUE	TRUE	TRUE
81	1.127	×	0.994	TRUE	FALSE	FALSE	-0.578	TRUE	TRUE	FALSE
82	1.862	×	1.198	TRUE	FALSE	TRUE	-0.375	TRUE	FALSE	FALSE
83	2.306	×	1.167	TRUE	FALSE	TRUE	-0.560	TRUE	FALSE	FALSE
84	1.360	×	1.212	TRUE	FALSE	TRUE	-0.619	TRUE	TRUE	FALSE
85	2.027	×	0.937	FALSE	FALSE	FALSE	-0.233	FALSE	FALSE	FALSE
86	1.822	×	1.147	TRUE	FALSE	TRUE	-0.487	TRUE	FALSE	FALSE
87	2.159	×	1.118	TRUE	FALSE	TRUE	-0.040	FALSE	FALSE	TRUE
88	2.098	×	1.328	TRUE	FALSE	TRUE	-0.847	TRUE	TRUE	FALSE
89	2.459	×	1.214	TRUE	FALSE	TRUE	-0.733	TRUE	TRUE	FALSE
90	1.887	×	1.231	TRUE	FALSE	TRUE	-0.451	TRUE	FALSE	FALSE
91	3.011	×	1.182	TRUE	FALSE	TRUE	-0.667	TRUE	TRUE	FALSE
92	0.960	×	1.231	TRUE	FALSE	TRUE	-0.289	FALSE	FALSE	FALSE
93	1.243	×	1.308	TRUE	FALSE	TRUE	-0.541	TRUE	FALSE	FALSE
94	1.565	×	1.079	TRUE	FALSE	FALSE	-0.244	FALSE	FALSE	FALSE
95	1.642	×	0.994	TRUE	FALSE	FALSE	-0.133	FALSE	FALSE	TRUE
96	1.486	×	1.116	TRUE	FALSE	TRUE	-0.430	TRUE	FALSE	FALSE
97	1.165	×	1.178	TRUE	FALSE	TRUE	-0.467	TRUE	FALSE	FALSE
98	1.380	×	1.116	TRUE	FALSE	TRUE	-0.458	TRUE	FALSE	FALSE
99	1.056	×	1.118	TRUE	FALSE	TRUE	-0.380	TRUE	FALSE	FALSE
100	1.662	×	1.100	TRUE	FALSE	FALSE	-0.409	TRUE	FALSE	FALSE
101	2.043	×	1.267	TRUE	FALSE	TRUE	-0.661	TRUE	TRUE	FALSE
102	1.357	×	1.151	TRUE	FALSE	TRUE	-0.217	FALSE	FALSE	FALSE
103	1.252	×	1.080	TRUE	FALSE	FALSE	-0.319	FALSE	FALSE	FALSE
104	1.506	×	1.138	TRUE	FALSE	TRUE	-0.137	FALSE	FALSE	TRUE
105	1.779	×	1.000	TRUE	FALSE	FALSE	-0.116	FALSE	FALSE	TRUE
106	0.778	○	1.066	FALSE	TRUE	TRUE	-0.265	TRUE	TRUE	TRUE
107	1.038	×	1.088	TRUE	FALSE	FALSE	-0.167	FALSE	FALSE	TRUE
108	0.795	○	1.334	FALSE	TRUE	FALSE	-0.327	TRUE	TRUE	TRUE
109	1.051	×	0.985	TRUE	FALSE	FALSE	-0.383	TRUE	FALSE	FALSE
110	0.472	○	1.013	FALSE	TRUE	TRUE	-0.405	FALSE	TRUE	TRUE
111	0.513	○	1.156	FALSE	TRUE	FALSE	-0.637	FALSE	FALSE	TRUE
112	0.740	○	1.043	FALSE	TRUE	TRUE	-0.271	TRUE	TRUE	TRUE

各値の一元化グラフを図 5-7 に示す。

たわみ量 (D_0) に注目すると、路線②で突出して大きいことが分かる。電磁波速度に注目すると、路線①と路線③は、ほとんどの地点で $1.0\text{m}/10^{-8}\text{S}$ 未満である。一方で、路線②はほとんどの地点で $1.0\text{m}/10^{-8}\text{S}$ 以上となっていることが認められる。このことから、たわみ量が多いと速い電磁波速度を示す可能性が示唆される。

振幅値では、電磁波速度とたわみ量のように大局的に見て、関連がありそうな傾向は認められない。ただし、路線①や路線②では、振幅値がマイナス側に大きくなる傾向がある。

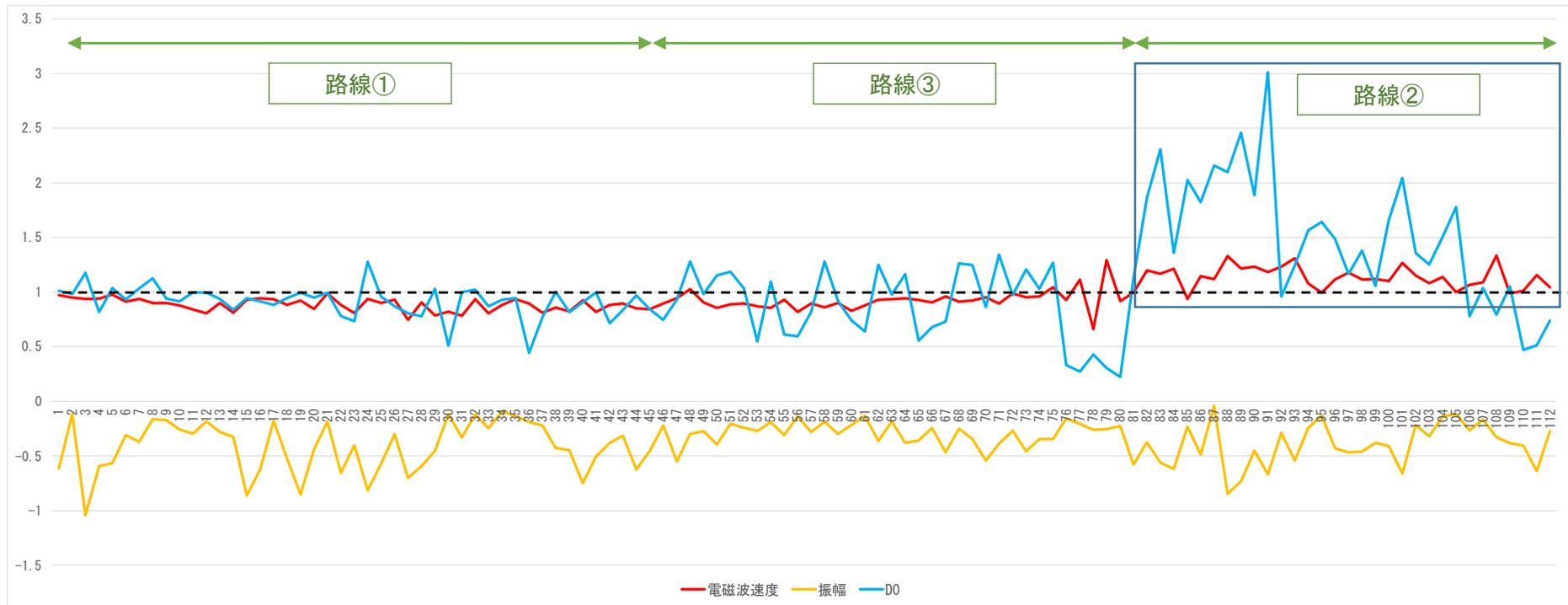


図 5-7 たわみ量、電磁波速度と振幅の一元化グラフ

5.1.5. 地盤特性の評価

現場で得られたデータから、FWD によるたわみ量から把握されている地盤特性に関して、たわみ量が大
きいと速い電磁波速度を示す可能性、マイナス側に大きく振幅値が振れる可能性が示唆された。また、電
磁波速度とたわみ量に関しては、正の相関が認められている。振幅値とたわみ量に関しては、弱い負の相
関が認められている。

本研究では、たわみ量と相関が認められる電磁波速度と振幅値から、地盤特性を評価する方法を検討す
る。電磁波速度と振幅値の 2 つの変数を用いることから、縦軸に電磁波速度、横軸に振幅値を用いた図
5-8 に示すようなクロスプロット図により、地盤特性を評価する方法を活用することとした。

本研究の調査結果から、たわみ量が大、すなわち路盤や路床が劣化していると考えられる箇所は、
電磁波速度が速く、振幅値もマイナス側に大きい傾向があるものと考えられる。したがって、本研究結果
からは図 5.1.5.1 に示す領域 1 が最も地盤特性が良く、領域 3 が最も地盤特性が悪いと考えられる。領
域 2 は本研究結果からよし悪しの判断は難しいが、領域 1 と 3 の中間であるものと評価した。これらの
領域を区分する各軸は、一致率が高い平均値とした。

また、これらの領域に応じて地盤特性評価値を 1～3 で設定した。

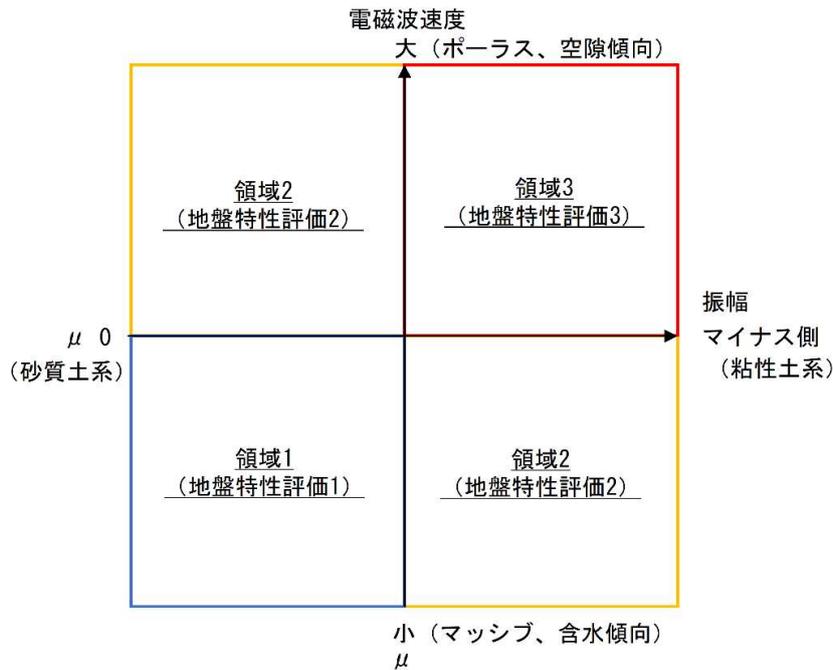


図 5-8 電磁波速度と振幅値のクロスプロット評価基準

図 5-9 は、地盤特性評価値をグラフ化したものである。また、たわみ量をたわみ量が小さい箇所、大き
い箇所、その中間の 3 領域に区分し、グラフに重ね合わせた。小さい箇所等の閾値は下記に示す標準偏差
と平均値の関係から判断した。

評価値を比較した結果、たわみ量が評価 3 (劣化が大きい) となる箇所では、地盤特性評価も 3 となる
傾向が認められた。このことから、レーダ探査により地盤特性を調査し、評価 3 となった箇所は地盤特性
が悪い可能性がある。

表 5-4 にたわみ量が $\mu + \sigma$ (1.53mm) を超えた箇所と地盤特性評価値の比較結果を示す。この結果から、14 箇所中 9 箇所で評価 3 となり 64%の一致率である。このことから、著しいたわみとレーダ探査を活用した地盤特性調査は比較的整合する可能性がある。

活用方法として、例えば図 5.1.4.2 の地点 1 付近は地盤特性評価 3 となっており、現状ではたわみ量は大きくはないが、今後劣化する可能性が高い場所であると推察される。

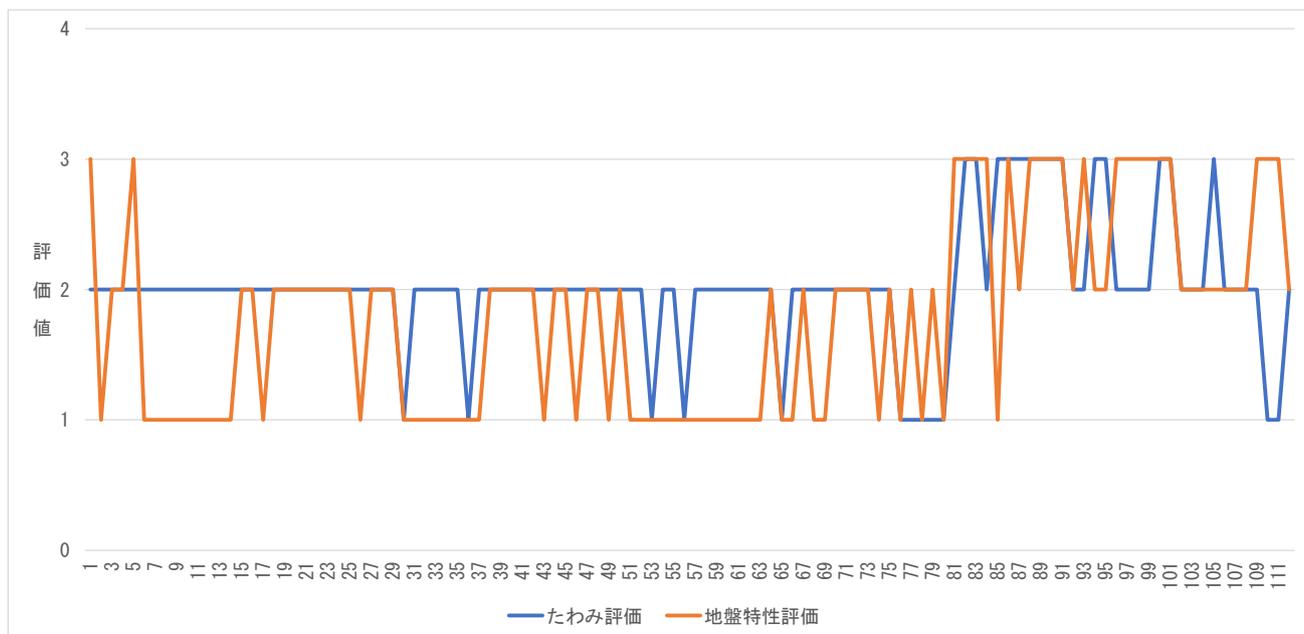


図 5-9 地盤特性評価値とたわみ評価値グラフ

表 5-4 たわみ量 (1.53mm 以上) と地盤特性評価値の比較結果

たわみ量 (mm)	地盤特性評価値
1.862	3
2.306	3
2.027	1
1.822	3
2.159	2
2.098	3
2.459	3
1.887	3
3.011	3
1.565	2
1.642	2
1.662	3
2.043	3
1.779	2

項目	値	備考
平均値 (μ)	1.067	
標準偏差 (σ)	0.457	
$\mu - \sigma$	0.610	領域①と領域②の閾値
$\mu + \sigma$	1.523	領域②と領域③の閾値

5.1.6. 地盤特性調査のコスト、調査時間比較

電磁波速度調査とたわみ量調査のコスト、時間の比較を行った。表 5-5 は、柏市が実施した過去 3 年程度の業務コストと調査日数である。たわみ量調査は、FWD 調査におけるコストや日数を参考にした。電磁波速度調査は実施実績がないため、電磁波速度調査に使用するレーダ探査装置を活用し調査されている、路面下空洞調査（レーダ探査）のコストや日数を参考とした。なお、業務には調査と解析が含まれるが、解析が何日かかったかを特定することは困難であるため、解析は考慮せずに調査延長と調査日数、全体費用で比較したことに留意が必要である。

表 5-5 柏市が実施した過去 3 年程度の業務コストと調査日数

調査方法	年度	件名	金額(円)	調査延長(km)	現場調査日数	コスト@km	調査日数@km
FWD	H30	道路補修工法策定業務委託(その2)	11,134,800	12.0	3	927,900	0.25
	R1	道路補修工法策定業務委託	1,895,400	2.9	2	653,586	0.69
	R1	道路補修工法策定業務委託(その2)	6,411,900	7.7	2	832,714	0.26
	R2	道路補修工法策定業務委託(その1)	1,672,000	1.5	2	1,100,000	1.32
	平均						878,550
レーダ探査	R1	路面下空洞調査業務委託	3,997,000	11.9	2	335,882	0.17
	R2	路面下空洞調査業務委託	5,980,000	17.6	2	339,773	0.11
	平均						337,828

比較結果を表 5-6 に示す。FWD に対するレーダ探査の 1km あたりの調査コスト縮減率は、約 60%であった。同様に、調査日数縮減率は約 80%であった

すなわち、FWD とレーダ探査を比較する場合、労力とコストともに非常に高い効果があることが確認された。

表 5-6 FWD とレーダ探査のコストと調査日数の比較結果

調査方法	コスト@km	調査日数@km
①FWD	878,550	0.63
②レーダ探査	337,828	0.14
比較(②/①)	38%	22%
縮減率	62%	78%

例えば、道路上における地中レーダ探査は道路延長 20km を標準歩掛として、費用が積算される（全国地質調査業協会連合会の場合）。これに基づき、各調査方法で実施した場合を比較すると、表 5-7 のようなコストおよび現場調査日数と試算される。

表 5-7 FWD 調査を全面的にレーダ探査に代替した場合のコストと調査日数の比較結果

調査方法	調査延長 (km)	費用	現場調査 日数
①FWD	20	17,571,000	13
②レーダ探査	20	6,756,560	3
比較 (②/①)		38%	22%
縮減率		62%	78%

ただし、本研究でも述べたように、比較した調査方法では調査対象とする物性値が異なるため、全面的な代替は難しい。本研究で指摘したように、予防保全的な調査手法で一部を代替するような複合調査が望ましいと考える。

例えば、劣化の疑いが高い箇所を絞って新技術を実施する方法が考えられ、表 5-8 のように測定範囲の 25%を新技術に置き換える場合でも、費用および調査日数を削減できる可能性がある。

表 5-8 FWD 調査とレーダ探査の複合調査のコストと調査日数の比較結果

調査方法	調査延長 (km)	費用	現場調査 日数
①FWD	15	13,178,250	9
②レーダ探査	5	1,689,140	1
③合計	20	14,867,390	7
縮減率		15%	44%

縮減率：FWD20kmに対して③を比較した場合

5.1.7. 地盤特性調査の代替技術としての可能性

(1) 代替技術としての可能性

たわみ量という地盤の硬軟に関わる事項と電磁波速度という含水比に関わる事項では、検知している物性値が異なる。そのため現状では、技術として完全に代替することは難しいと考えられる。これに関しては、含水比と地盤の締固め度の関連性をオーソライズする必要があると考える。

上記のことが前提であるものの、精度の整合性、時間・コスト比較に関しては以下の通りの結果である。

- ・電磁波速度とたわみ量は、正の相関がある。
- ・電磁波速度と振幅を考慮した地盤特性評価は、たわみ量が大きい箇所と 64%の一致率である。
- ・FWD と同じコスト・時間でレーダ探査により地盤特性を調査した場合、約 6 倍の調査が可能である。

これらのことから、レーダ探査による地盤特性調査は、FWD とある程度相関がある結果を約 6 倍の調査延長で取得することが可能であることが示唆された。

本研究の結果から、FWD との完全な代替は困難であるものの、ある程度の相関が認められたため、FWD 調査地点間の補完技術として実施できる可能性が見出された。例えば、図 5-10 のように地図に調査結果をプロットすることによって、劣化が著しい箇所もしくは、今後さらに劣化する場所の想定が可能である。そのため FWD 調査区間選定にあたって、優先度のスクリーニング調査として地盤特性調査を活用することで、膨大な道路ストックに対してより効果的な予防保全型維持管理ができる可能性がある。

また、すでに劣化が想定される箇所については、FWD の調査箇所数が削減できる可能性がある。これによって、交通規制日数を減らすことで渋滞緩和等、住民の道路利用に関してサービス向上が図られるものと考えられる。



図 5-10 地盤特性評価プロット

本研究では、FWD の調査箇所（約 20m 間隔）とピンポイントのレーダ探査結果とのデータを比較した。レーダ探査で得られるデータは 0.1m 間隔であり、FWD に比べて非常に密である。例えば、これらの密なデータを 1m 間隔で平均化するなどし、地図上に表示することで FWD よりも高精度なデータを提供することができる。

このことから、精度は FWD 調査に劣るが、安く・広範囲に密なデータ数で調査でき、早く劣化箇所の推定できる予防保全型の技術として、実用化できると考えられる。

(2) 今後の課題

●データ量の課題

本研究では、約 100 箇所のデータでたわみ量とレーダを活用した地盤特性の整合性を比較した。今回使用したデータはたわみ量が比較的大きく、路盤の健全度判定として NG 箇所が多い路線であった。そのため、母集団が劣化しているところを中心となってしまう傾向があると考えられる。そのため今後は、データを拡充するとともに、健全箇所と劣化箇所のデータが半分程度の割合となるような母集団で検証する必要がある。

●地盤の課題

また、柏市の地盤は主にローム層である。横展開の可能性を追究していくには、砂質土地盤など地盤特性の異なる路線で検証していくことが今後の課題となる。

5.1.8. ひび割れ調査の一致率

ひび割れ調査に関しては、以下の3路線について、路面性状調査の結果との比較を行った。

- ①路線延長 760m (調査延長 1,520m) (1級市道 01015 号線)
- ②路線延長 350m (調査延長 700m) (2級市道 02080 号線)
- ③路線延長 250m (調査延長 500m) (1級市道 01110 号線)

ドライブレコーダーで撮影した動画から、ひび割れを自動抽出する AI により解析した結果を、路面性状調査業務委託 (平成 29 年報告書) のデータと比較した。ドライブレコーダーによるひび割れ解析は、評価区間長 50m、路面性状調査の評価区間長は 20m であるため、それぞれを 5 分割、2 分割し、10m 単位での比較を行っている。

一致する区間数を集計すると、一致率は 6 割程度となっているが、その原因は、

- a) 区間長が異なることにより、AI による解析が、平均化され低めの値となっている。
- b) AI による解析が、白線や影を誤検知している区間があると考えられる。

a) は解析区間長を変更することにより改善が期待できる。また、b) は教師データの充実による改善を検討中である。ただし、路線②は AI 解析された画像を見る限り、ひび割れが多く見受けられ、AI 解析の結果が正しいようにも見える。

路面性状調査と AI 解析の検知基準が異なることが原因の可能性はある。

表 5-9 に比較結果の一覧を示す。

表 5-9 路面性状調査との比較結果

路線①	上り	下り	合計
一致	55	68	123
不一致	23	10	33
一致率	70.5%	87.2%	78.8%
路線②	上り	下り	合計
一致	28	14	42
不一致	38	52	90
一致率	42.4%	21.2%	31.8%
路線③	上り	下り	合計
一致	49	39	88
不一致	16	26	42
一致率	75.4%	60.0%	67.7%
3路線	上り	下り	合計
一致	132	121	253
不一致	77	88	165
一致率	63.2%	57.9%	60.5%

図 5-11 に路線①の路面性状調査と AI 解析のひび割れ率比較結果を示す。

比較的ひび割れの少ない路線であり、一致している区間が多い。

①の区間では AI でもひび割れを捉えているが、前後に良好な区間があるため平均化されている。

②の区間では AI でもひび割れを捉えている。

③④の区間では部分的なひび割れ、損傷もあるが、その前後を含めると良好に見える。

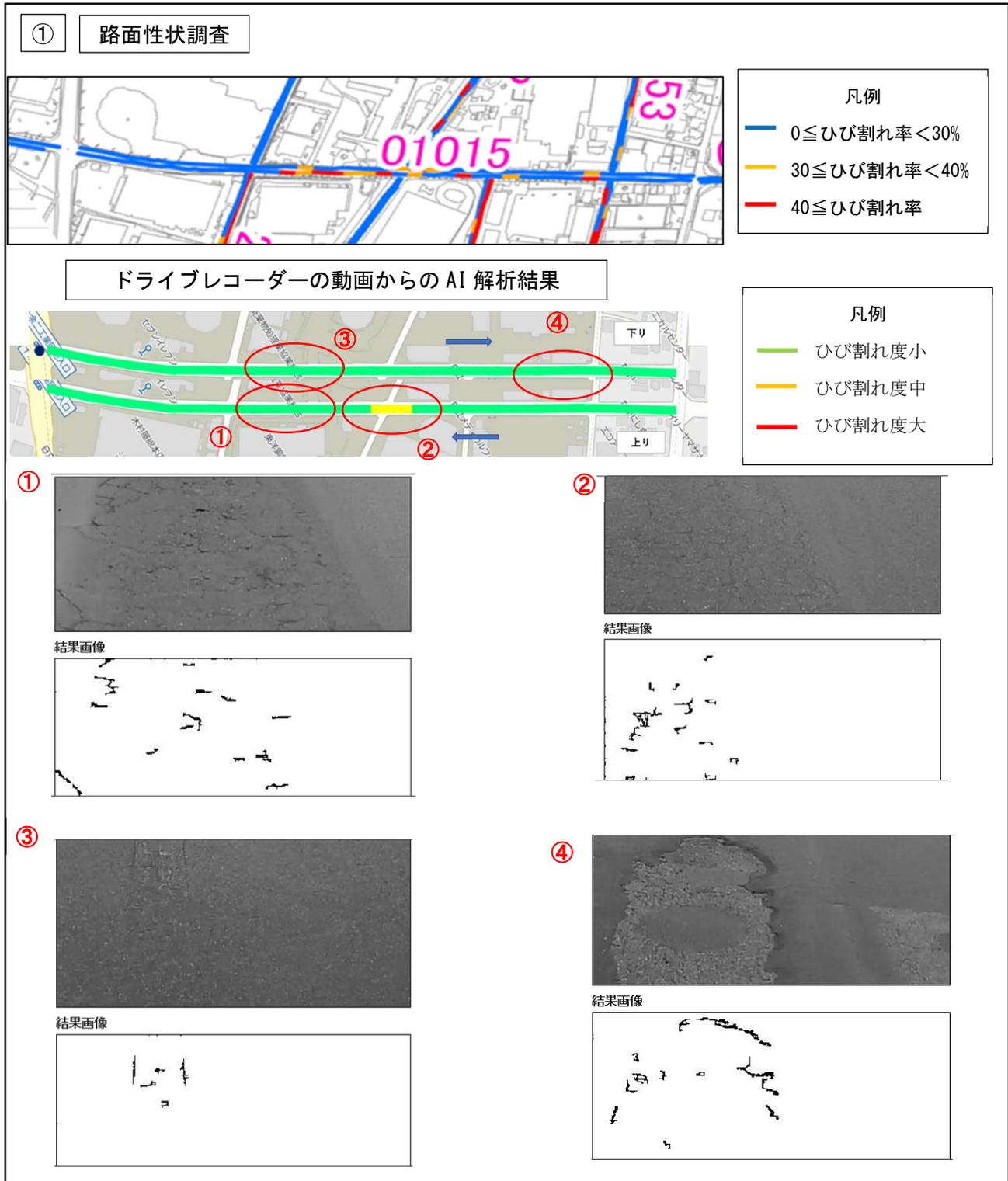


図 5-11 路線①におけるひび割れ比較結果

図 5-12 に路線②の路面性状調査と AI 解析のひび割れ率比較結果を示す。

AI 解析では比較的ひび割れの多い路線となっており、一致率は低い。しかし、①～④の区間の画像を見る限り、ひび割れは多く見受けられる。

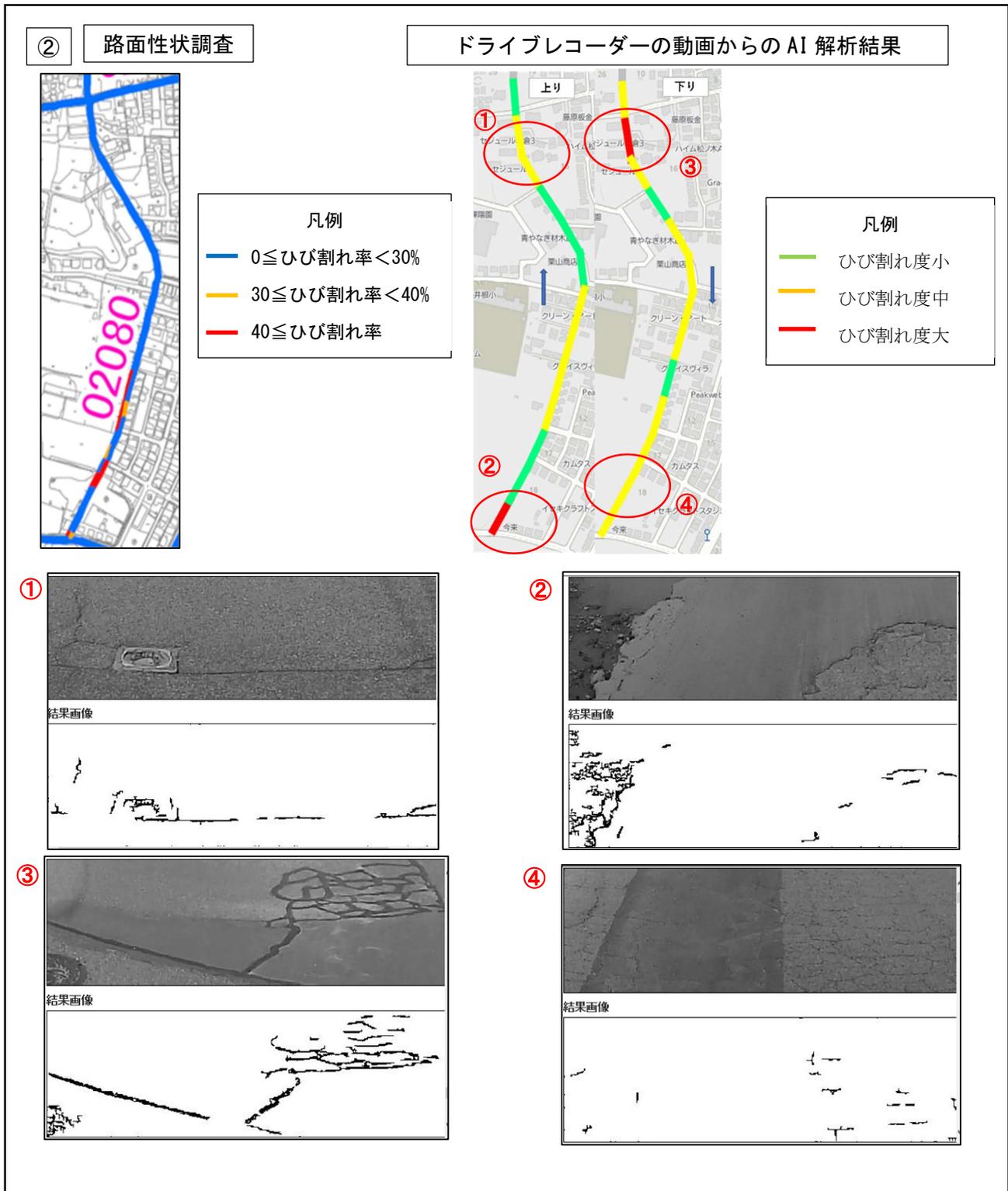


図 5-12 路線②におけるひび割れ比較結果

図 5-13 に路線③の路面性状調査と AI 解析のひび割れ率比較結果を示す。

AI 解析では比較的ひび割れは少ない路線となっており、一致率は中程度である。

①②の区間では AI でもひび割れを捉えているが、前後に良好な区間があるため平均化されている。

③の区間では AI でもひび割れを捉えている。

④の区間では前方の車両の影をひび割れと誤認識している。その前後は良好に見える。

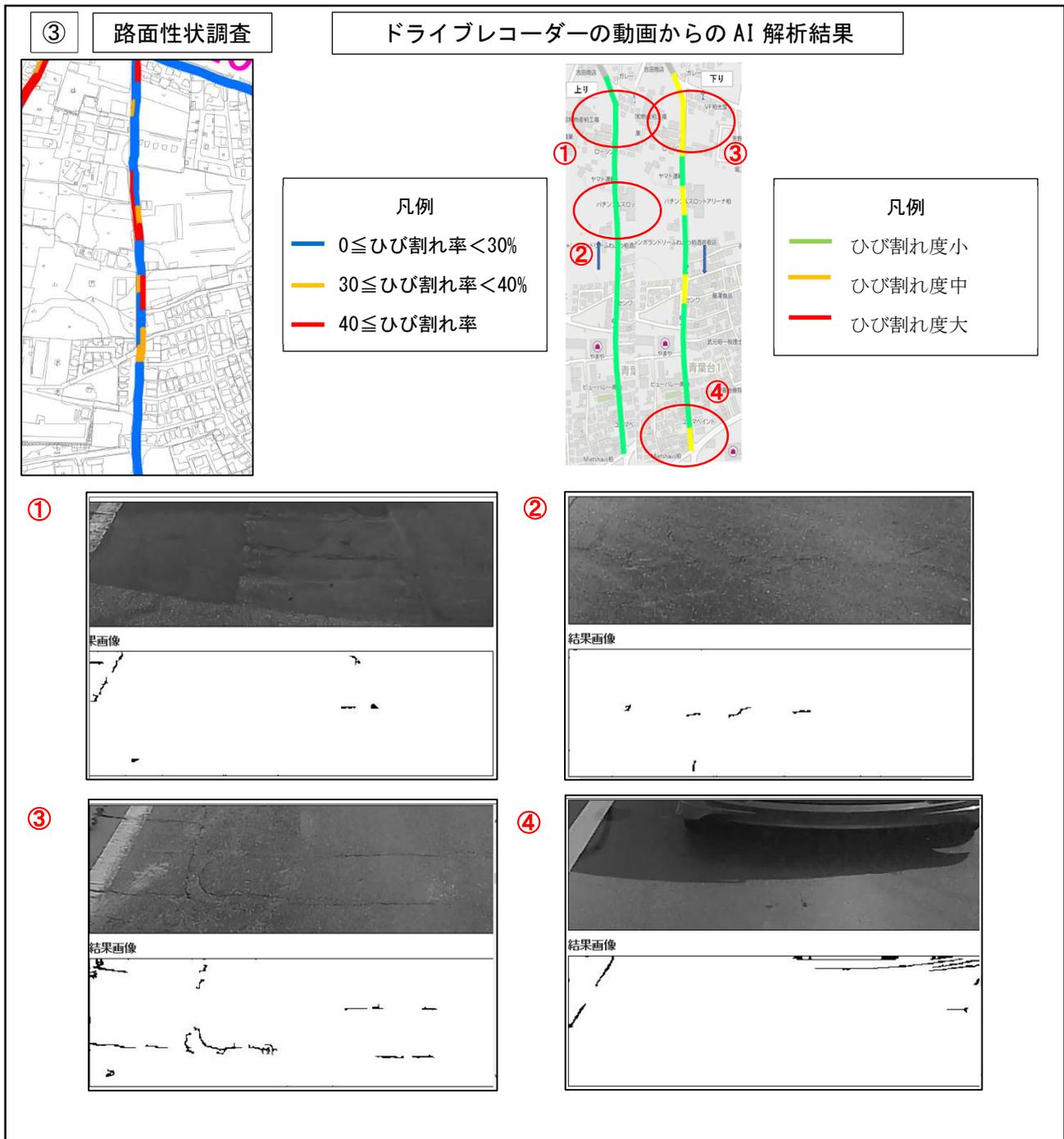


図 5-13 路線③におけるひび割れ比較結果

5.1.9. ひび割れ調査のコスト、調査時間比較（ひび割れ解析）

ドライブレコーダーで撮影した動画から、ひび割れを自動抽出する AI により解析した結果と、路面性状調査のコスト、時間の比較を行った。表 5-10 は、柏市が実施した令和 2 年に実施した路面性状調査業務のコストと調査日数である。AI によるひび割れ解析は、他の自治体で実際の調査に要したコストと日数を参考とした。なお、業務には調査と解析が含まれるが、解析が何日かかったかを特定することは困難であるため、解析は考慮せずに調査延長と調査日数、全体費用で比較したことに留意が必要である。

表 5-10 柏市が実施した路面性状調査業務のコストと調査日数

年度	件名	金額（円）	調査延長（km）	工期	現場調査日数	コスト@km
R 2	路面性状調査業務委託	27,500,000	568	7/17~2/26	32	48,415

比較結果を表 5-11 に示す。路面性状調査に対する AI によるひび割れ解析の 1km あたりの調査コスト縮減率は、約 90%あった。同様に、調査日数縮減率は約 60%であった。さらに、本研究のように地盤特性調査の車両に搭載し同時撮影することにより、調査労力は 100%削減することができる。

すなわち、路面性状調査と AI によるひび割れ解析を比較する場合、労力とコストともに非常に高い効果があることが確認された。なお、実際に調査実施から結果が出るまでの日数は、AI によるひび割れ解析が数日で可能なのに対して、路面性状調査は数か月を要すること、AI によるひび割れ解析は、調査延長が長くなれば単価が大幅に下がることを加味する必要がある。

表 5-11 路面性状調査と AI によるひび割れ解析のコストと調査日数の比較結果

調査方法	コスト@km	調査日数@km
①路面性状調査	48,415	0.06
②AIによるひび割れ解析	4,284	0.02
比較 (②/①)	9%	38%
縮減率	91%	62%

例えば、全面的に路面性状調査を AI によるひび割れ解析に代替した場合、表 5-12 のようなコストおよび現場調査日数となる。

表 5-12 路面性状調査を全面的に AI によるひび割れ解析に代替した場合のコストと調査日数の比較結果

調査方法	調査延長（km）	費用	現場調査日数
①路面性状調査	568	27,500,000	32
②AIによるひび割れ解析	568	2,433,590	12
比較 (②/①)		9%	38%
縮減率		91%	62%

実際には、全面的に新技術に置き換えることが難しい場合も多い。そのような場合は、従来技術と新技術を併用し、段階的に置き換える案が考えられる。

例えば、表 5-13 に示すように測定範囲の 2 分の 1 を新技術に置き換える場合でも、費用および調査日数は大幅に削減できることから、順次新技術に置き換える案が現実的と言える。

表 5-13 路面性状調査と AI によるひび割れ解析を半分ずつ実施した場合のコストと調査日数の比較結果

調査方法	調査延長 (km)	費用	現場調査 日数
①路面性状調査	284	13,750,000	16
②AIによるひび割れ解析	284	1,216,795	6
③合計	568	14,966,795	22
縮減率		46%	31%

縮減率：路面性状調査568kmに対して③を比較した場合

5.1.10. AIによるひび割れ解析の代替技術としての可能性

(1) 代替技術としての可能性

ドライブレコーダーで撮影した動画から、ひび割れを自動抽出するAIにより解析する技術は、従来の路面性状調査と比較して、精度面では劣るものの、実用に足りる精度は確保できており、

- ・専用車ではなく、道路巡回車にドライブレコーダーを搭載するだけで調査が可能
- ・日頃の道路パトロールで走行したデータが活用可能
- ・道路管理者自らが解析処理を行うことが出来る
- ・調査から数日で解析結果が判明する

という利点があり、手軽に迅速に調査を行うという点では、管理路線延長の長い自治体ではメリットが大きいと考える。費用についても、専用の機器が不要で、調査延長が多くなればなるほどkm当たりの単価が安くなるため、コスト面のメリットも大きい。

精度については、教師データの拡充と再学習により改善することが見込めるため、今後、効果的な予防保全型維持管理に貢献できるものと考えられる。

(2) 今後の課題

AIによる誤検知をなくし、一致率の精度を向上させていくことが課題である。したがって、今後はAIの学習方式変更も検討しつつ、教師データ拡充により精度を向上させていく。

5.1.11. 地盤特性とひび割れの関連性

ひび割れ度「大」が分布する路線②において、地盤特性評価との関連性を整理した。図 5-14 に比較図を示す。

ひび割れ度「大」の区間は、地盤特性評価「3」となり悪いと判断される。地盤特性を評価した区間内では、ひび割れ度「大」は1区間しかないが、逆に、対象路線全体ではひび割れ度「大」と地盤特性評価「3」が少ない傾向である。したがって、地盤特性とひび割れ度は比較的整合する傾向にある。

上り車線では地盤特性は悪いものの、ひび割れ度が「中」である。このような場所は、今後、下り線と同様にひび割れ度が「大」に進行する可能性があると考えられる。つまり、他の箇所よりも補修優先度が高いものと考えられる。このように、補修優先度を評価することは予防保全型の維持管理にとっては非常に重要な事項である。

これらのことから、本研究で実証した地中レーダ探査装置を活用した地盤特性推定技術および、ドライブレコーダーとAIを活用したひび割れ調査は、従来技術よりも精度は劣るものの、劣化が著しい場所や今後劣化の進行が速いと推定される場所を、早く安く広範囲に発見することができることと併せて簡易に複数回の調査が可能であることから、予防保全的な維持管理技術として実用化できる可能性が見出された。

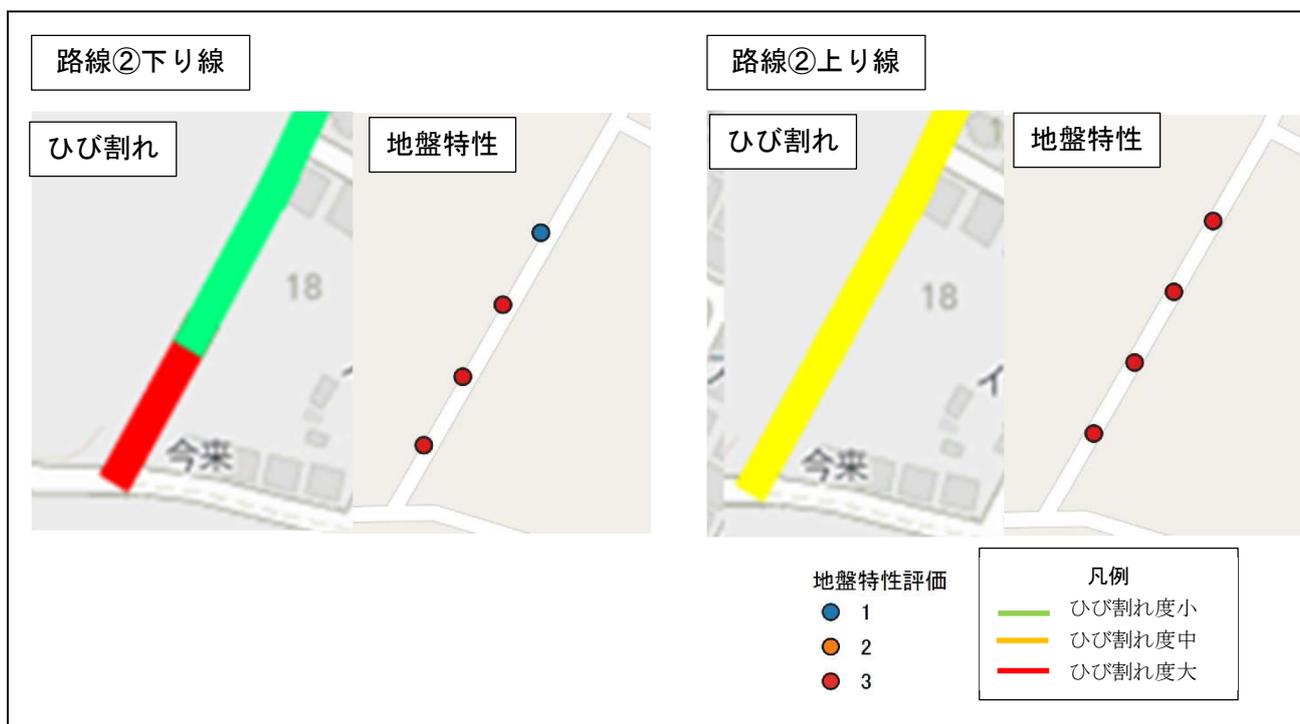


図 5-14 ひび割れ度と地盤特性評価の比較

5.2. ウェルネス（遠隔チェックイン）の実証実験結果

5.2.1. 実験結果

当院通院患者 10 名に対して実証実験の参加について説明、同意を取得し、外来通院時に以下の流れで遠隔チェックインアプリを使用して来院してもらった。参加者からはアプリ使用感、チェックイン状況、来院時間等のデータをアプリとアンケートから取得し、遠隔チェックインの活用、コロナ禍での密回避と待ち時間の軽減、コスト削減とスタッフの業務効率化の 3 点について検証した。

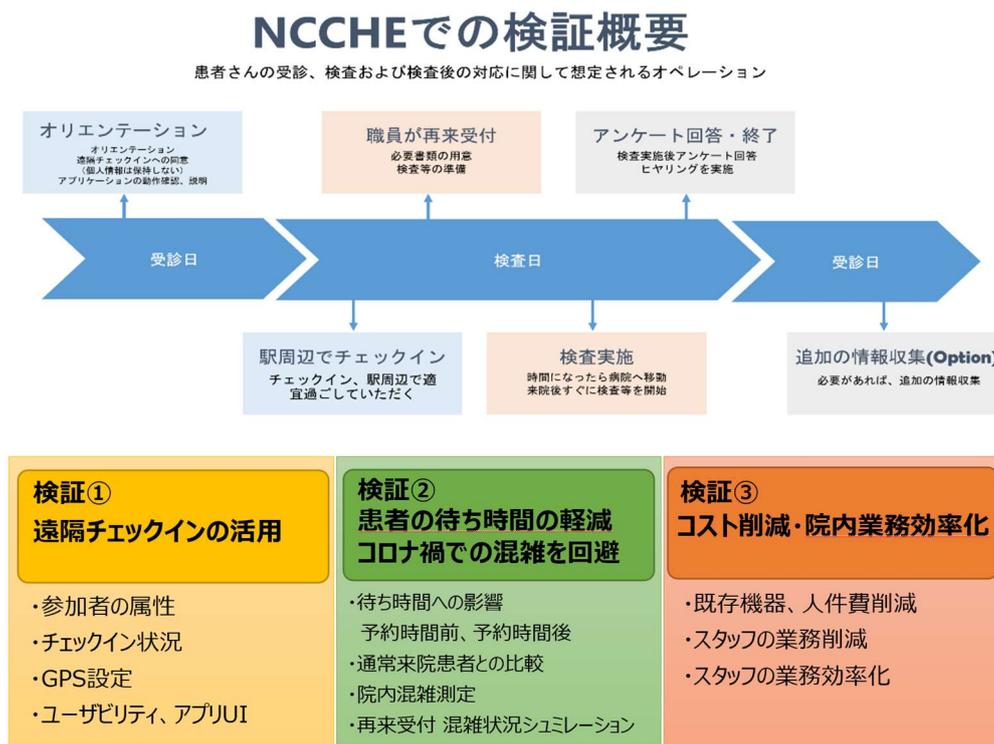


図 5-15 検証概要（フロー）

5.2.1.1. 遠隔チェックインの活用

本実証実験での遠隔チェックインアプリ利用者は 40～60 歳代であった。利用者のほとんどはアプリを用いてチェックインができたが、一部利用者は以下の理由でチェックインが出来なかった。

- ・GPS の精度
- ・操作性の問題
- ・体調の変化

アプリの使用感はシンプルな設計で利用者から好評であったが、チェックイン操作については課題が残った。チェックインエリアの拡大や GPS 以外でのチェックイン手法も模索検討していく。

70 歳以上の方はスマートホンの所持率も低く、所持していても普段積極的に使用されていない方が多く、参加同意が得られなかった。スマートホンユーザーの中でも、アプリを使いこなす自信がないなどデジタルサービスへのハードルも一定見られた。高齢の方に向けた普及促進策についても今後検討する必要がある。

以下、遠隔チェックインの活用についての詳細結果について報告する。

(1) 参加者の属性、チェックイン状況

参加同意が得られた患者 10 名は 40～60 歳代であった。70 歳以上の方はスマートフォンの所持率は低く、所持していても普段使いしていないという理由で参加同意が得られなかった。

参加者の利用駅は柏の葉キャンパス（7 割）、柏駅（3 割）であった。7 割の参加者はチェックインできたが、3 割の参加者は以下の理由でチェックインが出来なかった。

WEB アプリケーションのブラウザ上での位置情報の取得方法の差異、GPS の精度、体調の変化。

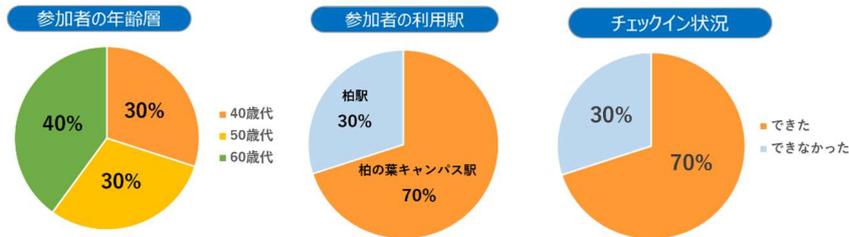


図 5-16 参加者の属性・利用駅・チェックイン状況

(2) GPS 設定の見直し

遠隔チェックインアプリのチェックインポイントの GPS 情報を調査した結果、チェックインできた症例においてもエリア枠ぎりぎりの場所でチェックインしていることが分かった。GPS の精度の問題を考慮し、チェックインエリアを拡大して対応した。その後は GPS の問題でチェックインが出来なかった症例は無かった。



図 5-17 チェックインエリア拡大範囲

(3) ユーザビリティ、アプリ UI

参加者のアンケート結果について以下に示す。アプリの操作性について「使いやすい」、「やや使いやすい」と回答した参加者が 9 割であった。改善点としてはチェックイン操作の簡素化をあげる回答が多かった。また、全参加者が今後も活用したいと回答しており、遠隔チェックインを利用することで再来機に並ぶことなく、直接予約場所に行くことができる点が高評価であった。

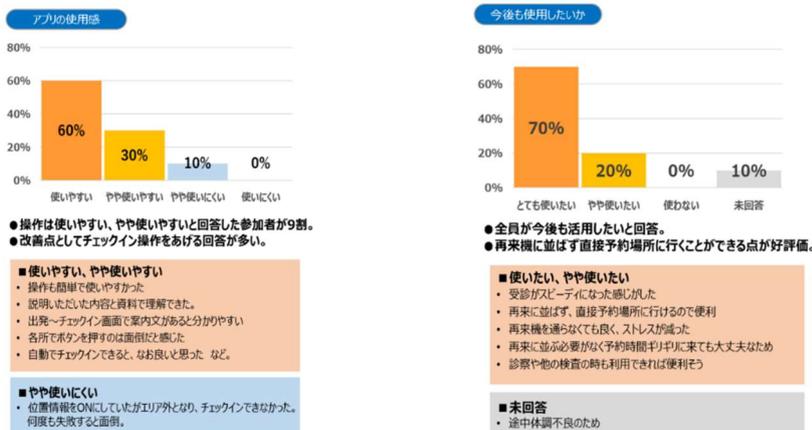


図 5-18 チェックインアプリ利用に関するアンケート調査結果

5.2.1.2. 患者の待ち時間の軽減、コロナ禍での混雑を回避

遠隔チェックイン利用者の来院時間は予約時間の約 10 分前に来院しており、予約時間前の待ち時間は通常来院患者に比べて約 20 分減少した。一方で、本実証実験は院外から院内のチェックインを実装するものであり、症例数も少なかったため、病院到着後の待ち時間に関しては変化がなかった。

利用者の意向として、病院到着後の待ち時間に対して不満を持つ患者が多く、待ち時間を院外で過ごしたいという希望が多かった。現在の院内の既存の呼び出しシステムでは院外で待つことは不可となっており、院外からチェックインし院外で開始時間まで待つことを患者は望んでいることが分かった。

外来エリア、患者休憩エリアの混雑状況について IoT 技術を用いたセンシング技術により可視化することができた。データクレンジング作業によりデータ測定から受領までにラグが生じたが、技術的にはタイムリーなデータ提供も可能であるため遠隔チェックインアプリと連携することで、来院患者に院内の混雑状況を提示することも可能であると考えられる。

混雑状況シミュレーション結果より、遠隔チェックインを利用することで再来機の混雑を 3 割程度軽減でき、列に並ぶフローを避けコロナ禍での密回避に繋がることが明らかとなった。今後高齢者のスマートホン利用者増加に伴い、より混雑の改善に繋がることが示唆された。

以下、患者の待ち時間の軽減、コロナ禍での混雑を回避についての詳細結果について報告する。

(1) 待ち時間への影響（予約時間まで）

外来患者の予約時間までの待ち時間について遠隔チェックイン利用者と非利用者で来院時間の比較を行った。遠隔チェックイン利用者についてはアプリで取得しているタイムスタンプからデータを抽出し、非利用者については電子カルテデータから抽出を行った。

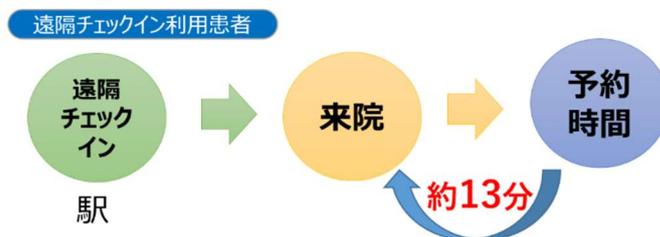
①遠隔チェックイン利用者の待ち時間（予約時間前）

遠隔チェックイン利用者のアプリから抽出したタイムスタンプデータを以下に示す。

表 5-10 遠隔チェックイン利用者アプリのタイムスタンプデータ

参加者	駅	予約時間	出発時間	チェックイン	移動開始	到着	予約-到着
1	柏の葉キャンパス	10:30	9:44	10:03	10:04	10:20	0:10
2	柏の葉キャンパス	10:30	9:09	10:12	10:12	10:35	0:00
3	柏の葉キャンパス	10:30	8:32	10:16	10:18	10:30	0:00
4	柏の葉キャンパス	10:30	9:04	9:57	10:13	10:20	0:10
5	柏の葉キャンパス	10:30	8:52	9:44	9:57	10:03	0:27
6	柏の葉キャンパス	10:00	8:22	9:40	9:47	9:53	0:07
7	柏	9:30	6:48	7:55	7:55	8:33	0:57 (予約前採血、CT)
8	柏の葉キャンパス	10:00	9:11	9:40	9:45	9:55	0:05
9	柏	9:30	6:45	6:45	8:13	8:57	0:33
10	柏	13:00	11:32	なし	なし	12:52	0:08

予約時間に対して病院到着時間は、予約時間ちょうどから予約時間の35分前に到着していた。参加者7については予約時間前に検査が入っていたため予約時間の約1時間前に到着していた。全症例（7は除く）の平均病院到着時間は予約時間より13分前であった。



②非遠隔チェックイン利用者（通常来院患者）

非利用者については2020年10月分の内視鏡検査、治療患者954件の病院到着時間を電子カルテデータより抽出し算出した。非利用者の病院到着時間の平均は、予約時間より33分前に到着していることが分かった。



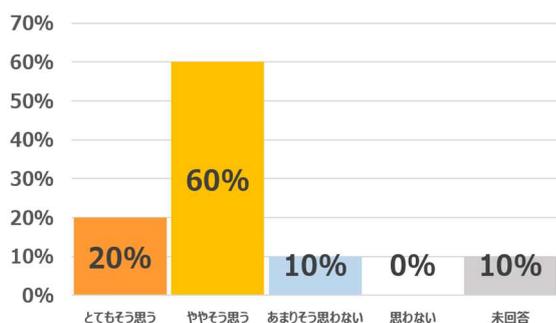
③遠隔チェックイン利用者、非利用者での待ち時間の比較

遠隔チェックイン利用者の方が非利用者に比べ予約時間前の到着時間が20分程度遅かった。結果、予約時間前に到着して院内での待ち時間が減少した。

④待ち時間についての意見

アンケート結果より8割の利用者から遠隔チェックインアプリを利用することで待ち時間が軽減したと回答した。アプリを来院の度に繰り返し利用することで予約時間前の待ち時間の減少が期待できるという回答が多かった。1回の利用では効果を実感できないという回答も得られた。

待ち時間の軽減



- 待ち時間が軽減したと思うという回答が大半。
- 繰り返し使用することで効果を実感するという意見が複数あった。

■とてもそう思う、ややそう思う

- ・受診の度に使えたらトータル待ち時間は結構減ると思う。
- ・複数使用することで実感すると思う。
- ・少し軽減したように感じる。何回か使っていくとより実感すると思う。
- ・再来機に並ばないでよいため、気持ち減ったと感じる。

■あまりそう思わない

- ・今回だけでは、待ち時間が減ったか何とも言えない。

図 5-19 待ち時間についてのアンケート調査結果-1

(2) 待ち時間への影響（予約時間後）

アンケートより患者は病院到着後の待ち時間に対して不満を感じていることが分かった。また、待ち時間は全員が病院で過ごしていると回答したが、患者の希望としてはショッピングモールや飲食店など院外で待ち時間を過ごしたいという希望が多かった。

本実証実験は院外から院内のチェックインを実装するものであったため、病院到着後の待ち時間に関しては変化がなかった。

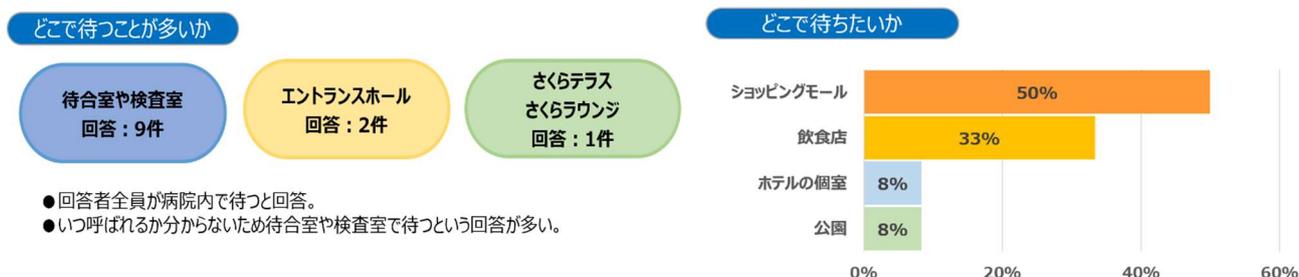


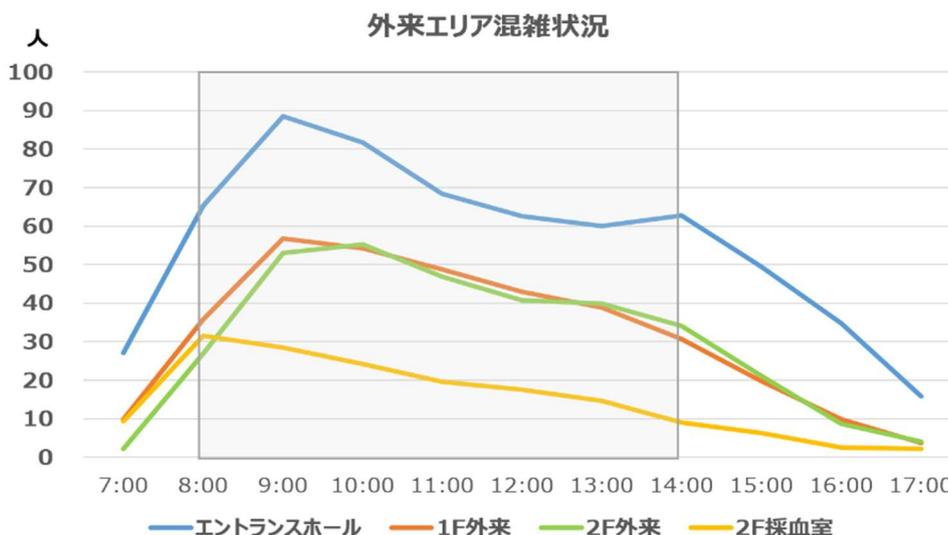
図 5-20 待ち時間についてのアンケート調査結果-2

(3) 院内混雑測定

2021年6月1日～30日（開院日数計22日）の各測定エリアでの時間ごとの滞在人数を測定し、平均値を算出した。AIビーコンの精度は6～8割ほどとされており、当院は高齢者が多く、スマートフォン非所持者も多い状況である。以下の計算式で実数値に近い人数となった。

$$\text{AI ビーコンでの測定数} \times 1.5 \approx \text{実患者数}$$

外来エリア、患者休憩エリアの時間帯毎の滞在人数の推移を以下に示す。



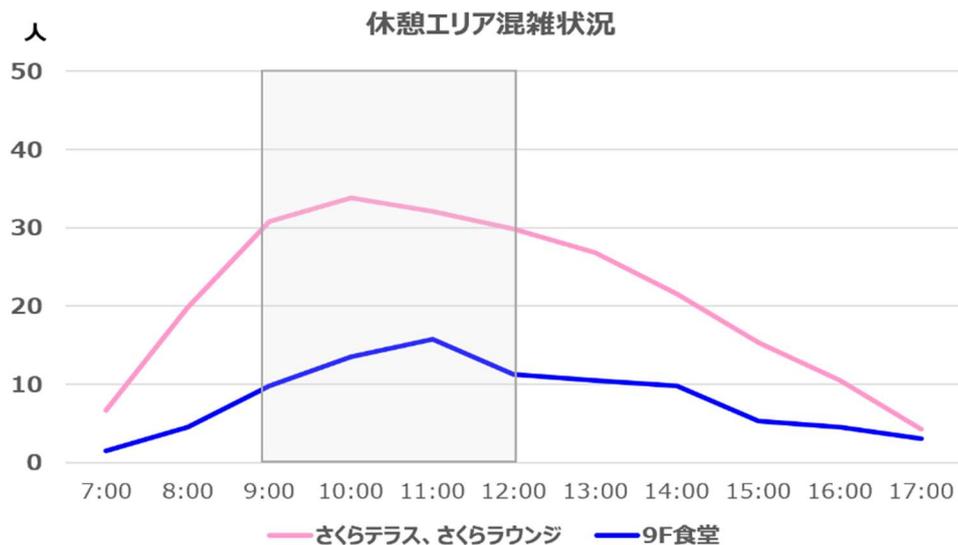


図 5-21 院内の混雑状況

外来エリアは 8 時頃～14 時頃まで混んでいることが分かった。エントランスホールは再来受付が 8 時～10 時頃まで混雑しており、10 時頃～14 時頃まで会計待ちで混雑している。

患者休憩エリアは 9 時頃～12 時頃まで混むが、9F 食堂は比較的空いていることが分かった。今回の測定では混雑状況について可視化し、傾向を分析することはできた。しかし、データクレンジング作業を実施後、データを受領しているためタイムリーな混雑状況の把握と対策の提案までは実施できなかった。

(4) 再来受付機 混雑状況シュミレーション

当院では通常来院患者は再来受付機を通して受付処理をしなければならない。受付処理を患者が実施することで来院済みステータスとなり、検査や診察を開始できる。当院では 3 台再来受付機を設置しており、時間帯によっては受付処理をするための行列が発生しており、混雑している状況である。

外来通院患者が遠隔チェックインアプリを利用した想定で再来受付機周囲の混雑状況の変化を比較した。2020 年 10 月分（開院日数計 22 日）の外来通院患者 21,643 名分の再来受付時間のデータを電子カルテより抽出した。抽出対象データは再来受付時間、患者年齢とし、来院患者におけるスマートフォン利用状況について通信利用動向調査（総務省より）を参考に来院患者年齢割合に対してスマートフォン利用割合から来院患者のスマートフォン利用人数を算出し、遠隔チェックインの利用の有無での再来受付機の混雑状況についてシュミレーションを実施した。

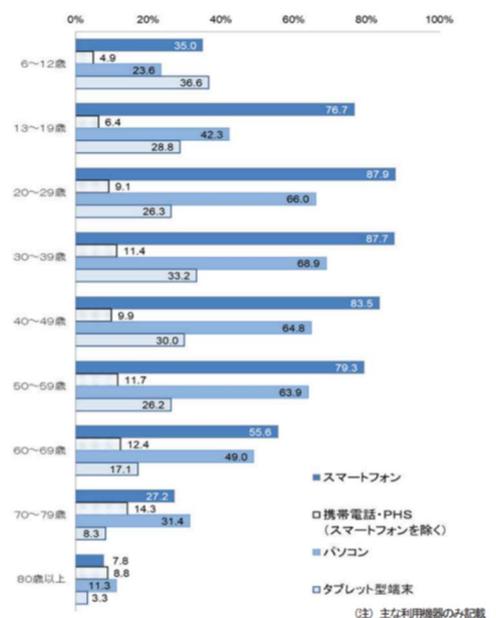


図 5-22 通信利用動向調査（総務省）

東病院における来院患者年齢割合とスマートフォン利用割合に対する遠隔チェックイン利用割合を下記に示す。

表 5-11 遠隔チェックイン利用割合

年齢(歳)	来院患者 年齢割合	年齢別(人)	スマホ利用割合 (通信利用動向調査結果)	来院患者 スマホ利用数(人)
~5	0%	0	0.00%	0.0
6~12	0.06%	12	35.00%	4.2
13~19	0.13%	28	76.70%	21.5
20~29	0.91%	198	87.90%	174.0
30~39	2.22%	481	87.70%	421.8
40~49	8.25%	1785	83.50%	1490.5
50~59	14.20%	3073	79.30%	2436.9
60~69	24.19%	5236	55.60%	2911.2
70~79	38.47%	8325	27.20%	(2264.4)
80~	11.57%	2505	7.80%	(195.4)
合計	100.00%	21643		7460.1
遠隔チェックイン利用割合				34.47%

実証実験参加状況の年齢を加味し、70歳以上の患者については遠隔チェックイン利用割合に含まないこととした。当院の遠隔チェックイン利用割合は34.47%となった。

次に1日の再来受付機の受付状況について通常時と通院患者の34.47%が遠隔チェックインを利用した際の混雑状況を比較し、時系列推移で示す。

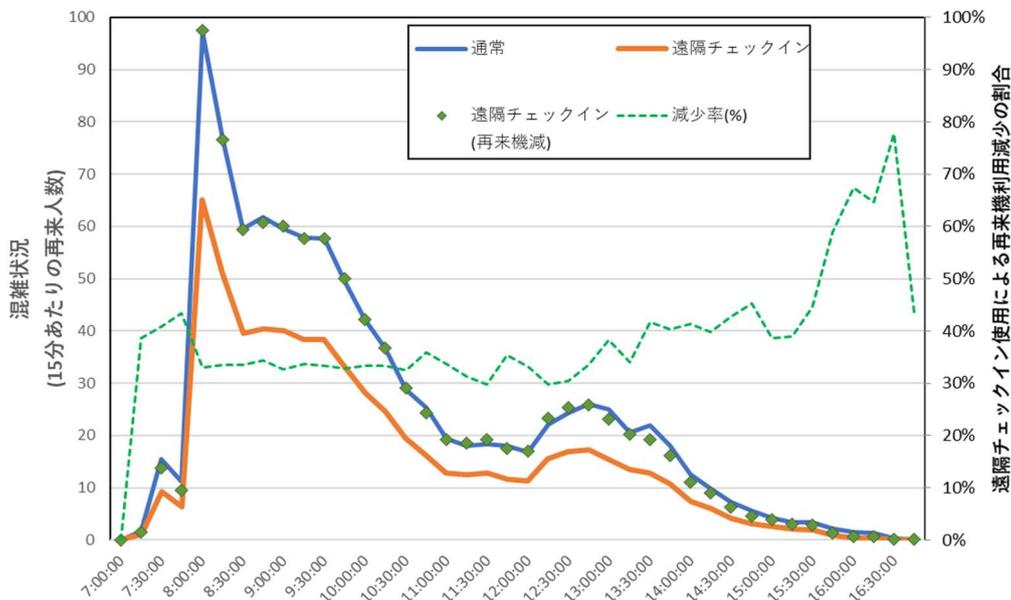


図 5-23 遠隔チェックインと院内混雑状況の時系列推移

通常時の再来受付機は8時頃~10時頃まで混雑している。約34%の外来患者が遠隔チェックインを利用した場合、ピーク時の再来受付機の混雑が3割程度減少した。また、約34%の通院患者が遠隔チェックインを利用し、現在3台運用の再来受付機を1台減らした場合、現状とほぼ同等の混雑状況であった。

5.2.1.3. コスト削減、業務効率化

当院の外来通院患者が遠隔チェックイン利用を想定した場合（約34%の外来患者）、再来受付システムやそれに係る人件費等のコスト削減が期待できる。また、通院患者の来院状況が可視化されることで、窓口受付業務や看護業務などの負担軽減やスムーズな検査や治療の進行に繋がることが期待できる。

以下、コスト削減、業務効率化についての詳細結果について報告する。

前項の再来受付機混雑状況シュミレーションより遠隔チェックインを外来通院患者が利用したと想定し、既存機器や誘導人員に係る費用の削減状況について試算した。

表 5-12 遠隔チェックインによる既存システムの費用削減効果

削減対象	現在数	削減数
再来受付機	3台	1台
患者呼び出し機 (電子ペーパー)	700台	250台
再来機保守費用	3台分	1台分
誘導人員	3名	1名

遠隔チェックインシステムを導入することでの業務の効率化について以下2点があげられる。

(1) 再来機周囲の業務削減

遠隔チェックインシステムを導入することで再来機、電子ペーパーが削減でき、システムメンテナンス業務、呼び出し機清掃業務、呼び出し機補充業務の削減が期待できる。

(2) 受付業務、看護業務効率化

遠隔チェックインシステムによる来院ステータス管理により患者の到着時間の目安が付き、検査や治療などの事前準備に繋がることが期待できる。

今回の実証実験では、症例数が少ないため実運用を想定した業務の効率化の評価までは至らなかった。また、本実証実験では病院情報システムと病院情報システムと連携を想定した実証のため、実際に院内で運用している予約システムや再来受付システムとの連携は未実施である。今後実運用を行うにあたっては、遠隔チェックインシステムと病院情報システムとのデータ連携は必須である。

5.2.2. 課題

実証実験を終了して明らかとなった今後の課題は以下である。

(1) 遠隔チェックインの活用

アプリのUI/UXは概ね好評であったが、アプリの操作性を改善（よりシンプルで使いやすく）することや、70歳以上の方への普及促進やPR方策の検討が必要である。

(2) 患者の待ち時間の軽減、コロナ禍での混雑を回避

実証実験を拡大し、通院患者が駅（柏の葉キャンパス）に到着した時点で遠隔チェックインを行い、病院での不要な待ち時間を解消し、病院施設への負担軽減と予約時間後の待ち時間の過ごし方を柏の葉の街での有効活用に繋げる。

病院到着後の患者の人流を測定、分析し滞留箇所の特定制と改善策を検討し、待ち時間の減少と混雑状況の緩和に繋げる。混雑状況のタイムリーなデータ連携と病院の混雑状況をフィードバックし予約時間後の待ち時間を街で過ごすことができる仕組みを構築していく。

柏の葉キャンパス駅周辺に整備されるAIカメラ等の人流データを活用し、通院患者の病院に至るまでの動線を把握することで病院への交通誘導等のサービス拡充に向け、分野横断的取り組みを目指す。

(3) コスト削減、業務効率化

当院で本運用していく際には、遠隔チェックインシステムと病院情報システムとのデータ連携の実施。主に予約システム、再来受付システムとの連携が必要である。

第 6 章

横展開に向けた
一般化した成果

6.1 予防保全型維持管理に向けて

現在、当コンソーシアムでは図 6-1 に示すように地中レーダ探査装置、スマートホン、自走式 TV カメラ装置等のセンシング技術を活用し、路面下空洞、路面段差、下水道老朽化箇所の点検を実施し、得られた情報を GIS による一元管理方法を検討している。

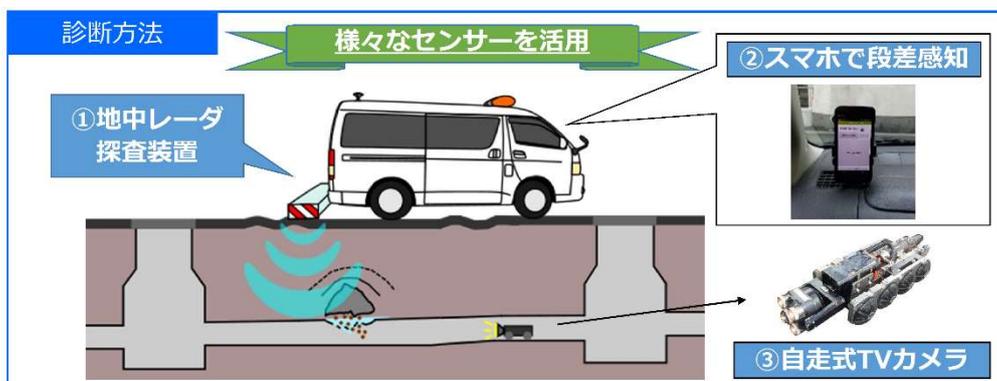


図 6-1 当コンソーシアムで実施中の維持管理調査の概要

本研究で実用化の可能性が見出された地盤特性およびひび割れ調査技術と、すでに事業を進めている空洞、段差、下水道老朽化の情報を、例えば図 6-2 のように地図上に一元表示することによって、路面、地盤、管渠といった総合的なインフラ維持管理ができる可能性がある。

上記の管理方法は当コンソーシアムに限らず、多様な自治体が抱えている膨大なインフラストックに対して、早く安く広範囲な予防保全型維持管理に適用できる技術であると考えている。まずは、本実証研究で実績のある柏市と類似した地盤条件の自治体への展開が考えられる。

本研究の調査方法は、個々の技術では従来技術よりも精度は劣るものの、一元管理により様々な情報を組み合わせることで、維持管理精度を向上させることもできると考えており、今後の実用化に向けてさらに取組を進めていく。



図 6-2 劣化情報の一元管理イメージ

6.2 院内システムのコスト削減

6.2.1. 再来受付機の削減に関するシュミレーション

遠隔チェックインシステムを活用することで生じるコストメリット（コスト削減）は、本施策の横展開における重要なポイントと位置づけている。

（1）再来受付機の混雑シュミレーション

何%の患者が遠隔チェックインを利用すると再来受付が削減できるかをシミュレーション。

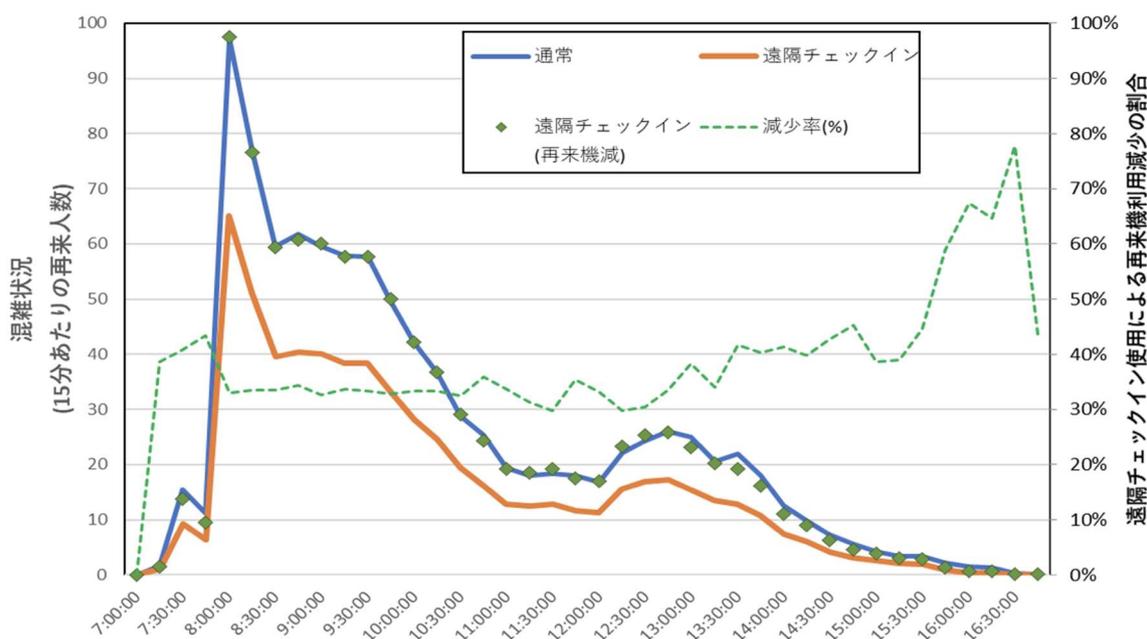


図 6-3 再来受付機 混雑状況シミュレーション結果

約 34%の外来患者が遠隔チェックインを利用すると、再来機の混雑が 3 割以上改善が見込め、再来受付機を一台削減しても、混雑状況に大きな変化はないと試算した。

（2）削減されるコストの精査

上記約 34%の遠隔チェックイン利用率を実現することで、再来受付機 1 台を削減可能である。現在利用している機器・人件費などのコスト削減が期待できる。

表 6-1 削減効果

削減対象	現在数	削減数
再来受付機	3台	1台
患者呼び出し機 (電子ペーパー)	700台	250台
再来機保守費用	3台分	1台分
誘導人員	3名	1名

6.2.2. 課題

(1) 遠隔チェックイン導入コスト

本 PoC では GPS を活用した遠隔チェックインシステムを構築しており、ユーザーのフィードバックを得たものの、そのまま活用できる仕組みではなく病院側のシステムとの連携も完成版には至っていない。削減されるコストとシステム導入の差分が最終的なコストメリットとして計上されるため、横展開可能なシステム構築を検討する必要がある。

(2) スマートシティとの連携

本 PoC では病院のみの効率化を検証する施策であるため、スマートシティとして分野横断型の連携を検証する必要がある。

院内だけではなく、院外の人流データと連携することで待ち時間の軽減だけではなく、街全体を病院の待合室に拡張していくスマートシティとしての機能性を検証する必要がある。

(3) マネタイズモデルの構築

横展開する際に、独自のマネタイズモデルを構築する必要がある。

①院内コストの削減

- ・遠隔チェックインの仕組みを導入することで生じるコストメリット。
- ・院内業務効率化によるコストメリットやリソース確保。

②患者さんからの直接課金

遠隔チェックインだけではなく、予約機能や通知機能、など多機能サービスにすることで利用者が使用料を支払うモデルとして成立するか検証する。

③街の商業施設に対するマーケティングメリット

本施策は「大規模病院がある都市部」をフィールドとして、医療機関・デベロッパー・商業施設などへ対して導入を展開していくと検討中である。

遠隔チェックインを行った患者さんを商業施設に誘導することで各企業のマーケティングメリットにどれだけ寄与するかを検証する。

先進的技術やデータを活用したスマートシティの実証実験（その5）

報告書 [最終]

令和3年9月

柏の葉スマートシティコンソーシアム

国土交通省 都市局