

令和5年度 地域デジタル基盤活用推進事業 (実証事業)

複数鉄道駅におけるローカル5Gを活用した 鉄道事業者共有型ソリューションの実現 成果報告書

2024年3月15日

住友商事株式会社

目次

- I. 地域の現状と課題認識
 - 1. 地域の現状
 - 2. 地域の抱えている課題
 - 3. これまでの取組状況
- II. 目指す姿
 - 1. 将来的な目指す姿
 - 2. 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ
 - 3. 成果(アウトカム)指標
 - a. ロジックツリー
 - b. 成果(アウトカム)指標の設定
- III. ソリューション
 - 1. ソリューションの概要
 - 2. ネットワーク・システム構成
 - a. ネットワーク・システム構成図
 - b. 設置場所・基地局等
 - c. 設備・機器等の概要
 - d. 許認可等の状況
 - 3. ソリューション等の採用理由
 - a. 地域課題への有効性
 - b. ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ
 - c. 無線通信技術の優位性
 - 4.費用対効果
 - a. ソリューションの費用対効果
 - b. 導入・運用コスト引き下げの工夫
- IV. 実証
 - 1. 実証計画
 - 2. 検証項目・方法・結果
 - a. 効果検証
 - b. 技術検証
 - c. 運用検証
 - 3. 実証に要した経費
 - 4. 実証スケジュール
 - 5. リスクと講じた対応策
 - 6. PDCAの実施方法
 - 7. 実証の実施体制
- V.実装・横展開の計画
 - 1. 実装計画・スケジュール
 - a. 実装に向けた具体的計画
 - b. 実装の体制
 - c. ビジネスモデル
 - 2. 資金計画
 - 3. 他地域への横展開の方策
 - 4. 普及啓発活動
 - 5. 視察会状況

1 地域の現状（東京都 渋谷区～神奈川県 横浜市）

東急線沿線地域
東京都渋谷区～
神奈川県横浜市



特徴 東急線沿線は東京の西南部に位置し、首都圏人口の15%が集積するエリア

人口

総数	551万人 (2022年1月)
構成	0～14歳: 66万人 15～64歳: 368万人 65歳～: 117万人

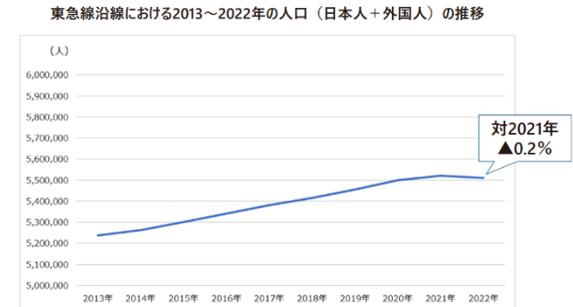
主要産業 第三次産業 (80.9%)

地域の現状の詳細

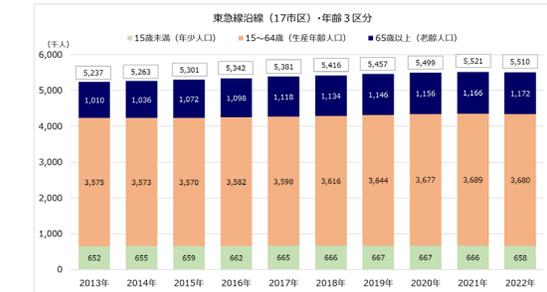
内容

地域状況をイメージできるグラフ・図・表

A (東急線沿線の人口動態)
住民基本台帳にもとづく人口をみると、人口増加が続いていた東急線沿線（17市区）で2022年に入って人口が減少に転じた。



B (年齢3区分による人口推移)
東急線沿線全体での生産年齢（15～64歳）人口が、2022年に減少になった。
年少（14歳未満）人口は2019年を頂点に減少傾向。老齢（65歳以上）人口は増加の一途。



C (年間輸送人員推移)
新型コロナウイルスの流行の影響を受け、2020年度の東急線の年間輸送人員は激減したが、2021年度は他社同様に回復に転じている。



1 地域の現状（九州全域（JR九州沿線））

JR九州沿線地域



特徴

九州は、日本列島の南西部に位置し、全国の人口の11.3%を占める

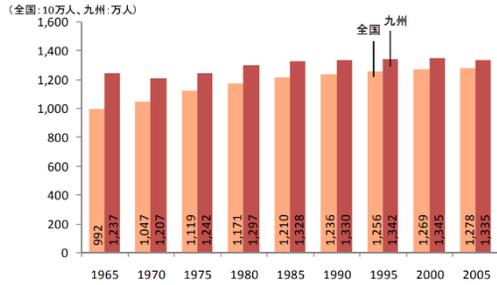
人口

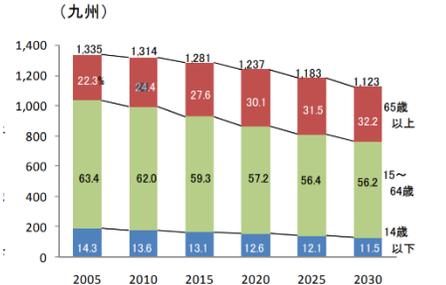
総数	1417万人 (2021年10月)
構成	0～14歳: 188万人 15～64歳: 803万人 65歳～: 427万人

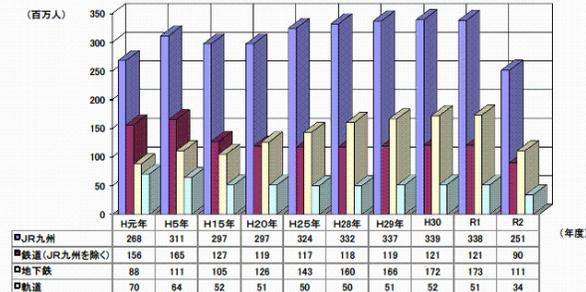
主要産業

半導体関連産業、自動車産業、農林水産業

地域の現状の詳細

<p style="color: orange; font-weight: bold;">A （九州沿線の人口動態）</p> <p>住民基本台帳にもとづく人口をみると、九州沿線全体での人口が、2000年の1,345万人をピークに減少に転じている。</p>	<p style="color: orange; font-weight: bold;">地域状況をイメージできるグラフ・図・表</p>  <p style="font-size: small;">(全国:10万人、九州:万人)</p>
---	---

<p style="color: orange; font-weight: bold;">B （年齢3区分による人口推移）</p> <p>九州沿線全体の65歳以上の高齢者の人口は、2005年の298.4万人、構成比22.3%から、2030年には356.2万人、同32.2%に増加する見通し。</p>	 <p style="font-size: small;">(九州)</p>
---	---

<p style="color: orange; font-weight: bold;">C （年間輸送人員推移）</p> <p>新型コロナウイルスの流行の影響を受け、2020年度以降の年間輸送人員が激減。</p>	 <p style="font-size: small;">(百万人)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <thead> <tr> <th></th> <th>H元年</th> <th>H5年</th> <th>H10年</th> <th>H15年</th> <th>H20年</th> <th>H25年</th> <th>H28年</th> <th>H29年</th> <th>H30</th> <th>R1</th> <th>R2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>JR九州</td> <td>268</td> <td>311</td> <td>297</td> <td>297</td> <td>324</td> <td>332</td> <td>337</td> <td>339</td> <td>338</td> <td>338</td> <td>251</td> </tr> <tr> <td>鉄道(JR九州を除く)</td> <td>156</td> <td>165</td> <td>127</td> <td>119</td> <td>117</td> <td>118</td> <td>119</td> <td>121</td> <td>121</td> <td>121</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>地下鉄</td> <td>88</td> <td>111</td> <td>105</td> <td>126</td> <td>143</td> <td>160</td> <td>166</td> <td>172</td> <td>173</td> <td>173</td> <td>111</td> </tr> <tr> <td>軌道</td> <td>70</td> <td>64</td> <td>52</td> <td>51</td> <td>50</td> <td>50</td> <td>51</td> <td>52</td> <td>51</td> <td>51</td> <td>34</td> </tr> </tbody> </table>		H元年	H5年	H10年	H15年	H20年	H25年	H28年	H29年	H30	R1	R2	JR九州	268	311	297	297	324	332	337	339	338	338	251	鉄道(JR九州を除く)	156	165	127	119	117	118	119	121	121	121	90	地下鉄	88	111	105	126	143	160	166	172	173	173	111	軌道	70	64	52	51	50	50	51	52	51	51	34
	H元年	H5年	H10年	H15年	H20年	H25年	H28年	H29年	H30	R1	R2																																																		
JR九州	268	311	297	297	324	332	337	339	338	338	251																																																		
鉄道(JR九州を除く)	156	165	127	119	117	118	119	121	121	121	90																																																		
地下鉄	88	111	105	126	143	160	166	172	173	173	111																																																		
軌道	70	64	52	51	50	50	51	52	51	51	34																																																		

1 地域の現状（福岡県 福岡市～大牟田市）

天神大牟田線沿線地域
福岡県福岡市～
福岡県大牟田市



特徴 福岡県の主要都市から地方を結ぶ路線

人口

総数	161.2万人 (2020年)
構成	福岡市 0～14歳: 20.5万人 15～64歳: 99万人 65歳～: 33.9万人

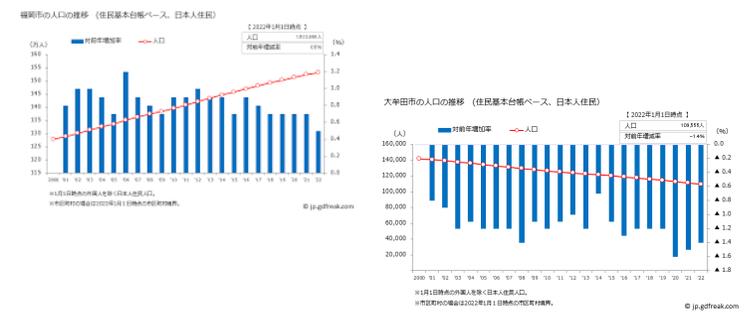
主要産業 第三次産業

地域の現状の詳細

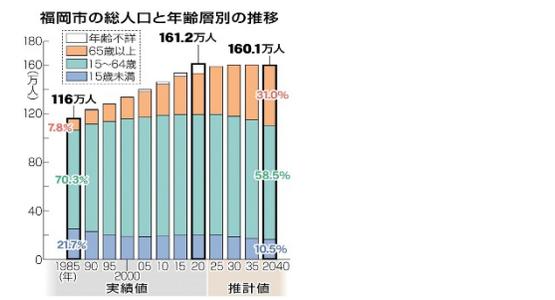
内容

A （天神大牟田線沿線の人口動態）
住民基本台帳にもとづく人口をみると、都心部である福岡市では年々人口が増加しているものの、天神大牟田線南部地域では年々人口が減少している。

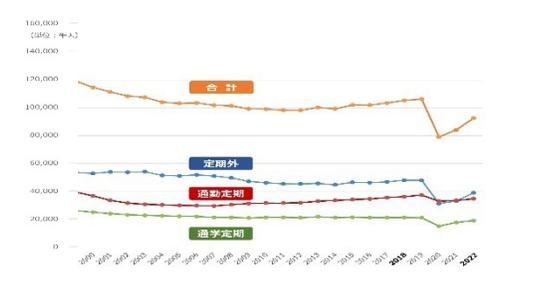
地域状況をイメージできるグラフ・図・表



B （年齢3区分による人口推移）
福岡市の年少（15歳未満）人口は年々減少している一方で高齢（65歳以上）人口は増加傾向にある。



C （年間輸送人員推移）
新型コロナウイルス流行の影響を受けて2020年度の乗車人員は大きく減少したが、2021年度は増加に転じている。2022年度には新型コロナウイルス前の約9割までに回復しているものの、コロナ前の水準までは戻らない見通し。



1 地域の現状（静岡県 伊東市～下田市）



静岡県
伊東市～下田市

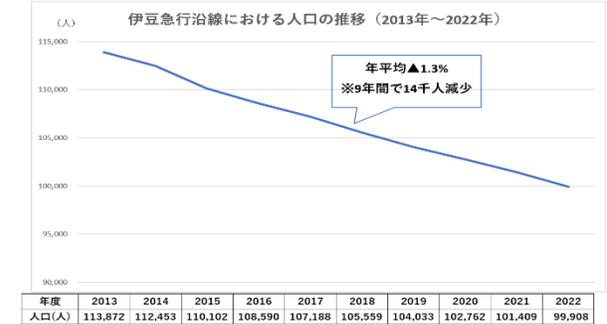
特徴	伊豆急行線は、伊豆半島東海岸線を南北に2市2町の温泉地（伊東市、下田市、東伊豆町、河津町）を結ぶ、定期外旅客が7割を占める観光路線				
人口	<table border="1"> <tr> <td style="background-color: #f4a460; color: white; text-align: center; font-weight: bold;">総数</td> <td>100千人 (2022年10月)</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #f4a460; color: white; text-align: center; font-weight: bold;">構成</td> <td> 0～14歳： 8千人 15～64歳： 48千人 65歳～： 44千人 </td> </tr> </table>	総数	100千人 (2022年10月)	構成	0～14歳： 8千人 15～64歳： 48千人 65歳～： 44千人
総数	100千人 (2022年10月)				
構成	0～14歳： 8千人 15～64歳： 48千人 65歳～： 44千人				
主要産業	第三次産業（79.8%）				

地域の現状の詳細

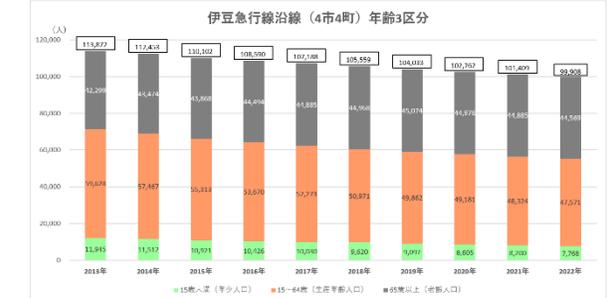
内容

A （伊豆急行線沿線の人口動態）
沿線2市2町（伊東市、下田市、東伊豆町、河津町）の合算人口は、年平均▲1.3%、約1.5千人ずつ減少しており、過疎傾向にある。
※出典：静岡県統計センターしずおか

地域状況をイメージできるグラフ・図・表



B （年齢3区分による人口推移）
2013年から2022年までに0歳～64歳（年少人口+生産年来人口）の比率が62.85%→55.39%に減少し、65歳以上（高齢人口）は37.15%→44.61%と増加しており、少子高齢化が顕著である。



C （年間輸送人員推移）
2011年の東日本大震災以降、減少している輸送人員を取り戻すべく様々な営業施策に取り組んできた最中、2020年の新型コロナウイルス感染症の流行により更に激減。2021年以降は回復基調にあるが、依然厳しい事業状況にある。



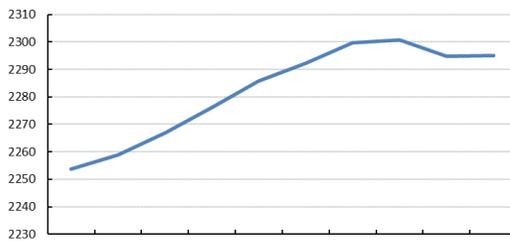
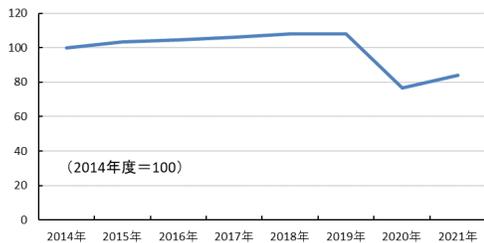
1 地域の現状（愛知県 名古屋市）

愛知県名古屋市



特徴	名古屋市は中部圏の主要都市であり、人口が集中するエリア
人口	総数
	229.5万人 (2022年10月)
人口	構成
	0～14歳: 28万人
	15～64歳: 144.5万人
	65歳～: 57万人
主要産業	第三次産業

地域の現状の詳細

内容	地域状況をイメージできるグラフ・図・表																																																							
<p>A (名古屋市の人口動態)</p> <p>名古屋市が公表している人口のデータより、2019年から人口の増加傾向が収束していることがわかる。</p>	<p>(千人) 名古屋市における人口の推移</p>  <table border="1" style="font-size: small; margin-top: 5px;"> <caption>名古屋市における人口の推移 (千人)</caption> <thead> <tr><th>年</th><th>2013</th><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>人口</td><td>2250</td><td>2260</td><td>2275</td><td>2285</td><td>2295</td><td>2300</td><td>2300</td><td>2295</td><td>2295</td><td>2295</td></tr> </tbody> </table>	年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	人口	2250	2260	2275	2285	2295	2300	2300	2295	2295	2295																																	
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022																																														
人口	2250	2260	2275	2285	2295	2300	2300	2295	2295	2295																																														
<p>B (年齢3区分による人口推移)</p> <p>年少（15歳未満）人口は年々減少している一方で高齢（65歳以上）人口は増加傾向にある。</p>	<p>(千人) 名古屋市・年齢3区分</p>  <table border="1" style="font-size: small; margin-top: 5px;"> <caption>名古屋市・年齢3区分 (千人)</caption> <thead> <tr><th>年</th><th>2013</th><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>2022</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>15歳未満</td><td>292</td><td>290</td><td>290</td><td>289</td><td>288</td><td>288</td><td>286</td><td>284</td><td>281</td><td>276</td></tr> <tr><td>15～64歳</td><td>1451</td><td>1439</td><td>1434</td><td>1434</td><td>1437</td><td>1439</td><td>1445</td><td>1444</td><td>1440</td><td>1445</td></tr> <tr><td>65歳以上</td><td>511</td><td>530</td><td>543</td><td>552</td><td>560</td><td>566</td><td>569</td><td>572</td><td>574</td><td>573</td></tr> <tr><td>総計</td><td>2254</td><td>2259</td><td>2267</td><td>2275</td><td>2285</td><td>2293</td><td>2300</td><td>2300</td><td>2295</td><td>2294</td></tr> </tbody> </table>	年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	15歳未満	292	290	290	289	288	288	286	284	281	276	15～64歳	1451	1439	1434	1434	1437	1439	1445	1444	1440	1445	65歳以上	511	530	543	552	560	566	569	572	574	573	総計	2254	2259	2267	2275	2285	2293	2300	2300	2295	2294
年	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022																																														
15歳未満	292	290	290	289	288	288	286	284	281	276																																														
15～64歳	1451	1439	1434	1434	1437	1439	1445	1444	1440	1445																																														
65歳以上	511	530	543	552	560	566	569	572	574	573																																														
総計	2254	2259	2267	2275	2285	2293	2300	2300	2295	2294																																														
<p>C (年間乗車人員推移)</p> <p>新型コロナウイルス流行の影響を受けて2020年度の乗車人員は大きく減少したが、2021年度は増加に転じている。</p>	<p>名古屋市営地下鉄の乗車人員の推移</p>  <p>(2014年度=100)</p>																																																							

※データはすべて「統計なごやweb版」による

② 地域の抱えている課題（東急電鉄）

課題

対象者	内容
-----	----

a 鉄道事業者

労働力・熟練技術者の減少による対応力低下

- 従業員数の減少（▲1%/年）
- 若手技術者の不足等により技術継承が困難
- ベテラン世代の高齢化（50代のベテラン世代は従業員総数の40%）

b 鉄道事業者

安全性・利便性向上の一方で、設備保守などに要する維持費用は年々増加

- 業界水準を大きく上回る設備投資により設備増
- 鉄道事業に要する費用は、約300億円（約30%）増加 ※2005年度との比較

c 鉄道事業者

新しい生活様式による事業環境の変化

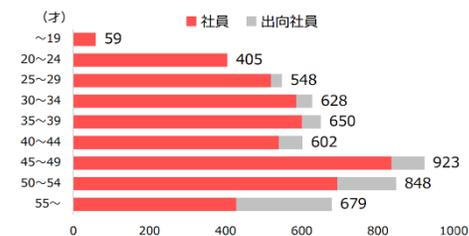
- 新型コロナウイルス感染症の影響により東急電鉄輸送人員は2021年度は2019年度比で約▲24%
- 定期券利用乗客数が従前の水準に戻らない、一方定期外乗客数は戻りつつある。

イメージ

東急電鉄 従業員数推移

年度	従業員数（人）	対前年増減率（%）
2021	3,731	—
2022	3,698	▲1%
2023	3,657	▲1%

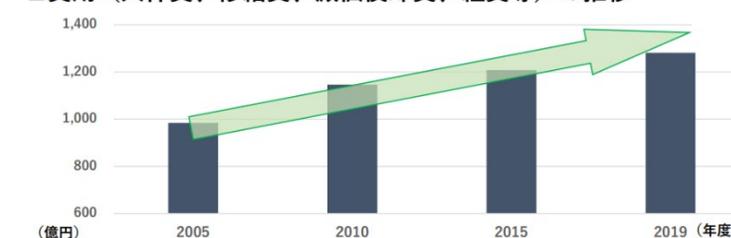
従業員の年齢構成（個別） 2019年3月31日現在



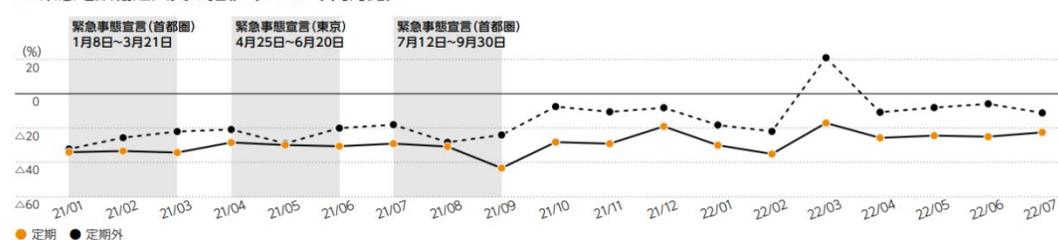
設備投資額の推移



費用（人件費、修繕費、減価償却費、経費等）の推移



東急電鉄輸送人員の推移（2019年同月比）



② 地域の抱えている課題（九州旅客鉄道）

課題

対象者 内容

a 鉄道事業者

- 労働力・熟練技術者の減少
- 従業員数の減少（▲4～5%）
 - 若手技術者の不足等により技術継承が困難
 - 今後も労働人口の減少傾向が続くことが予想され、DX・ICTの取組みによる生産性向上が必要

b 鉄道事業者

- コロナに伴う減収、インフラ管理コストの増
- 鉄道運輸収入は、▲78億円（約30%）減 ※2019年度との比較
 - 2016年度に固定資産の現存処理を行ったものの、以降の設備投資に伴い減価償却費が毎年10億～20億程度の遡増

c 鉄道事業者

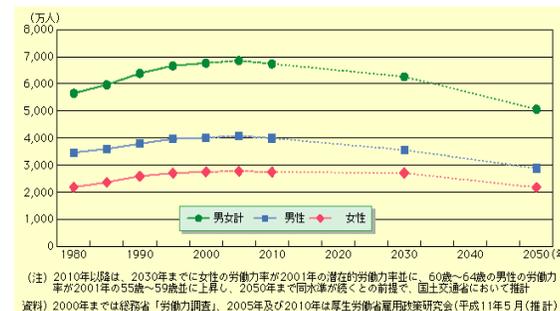
- 激甚化する災害
- 時間降水量80mm以上の「猛烈な雨」が、ここ30年で約1.7倍に増加。
 - 九州島内でも、「平成29年7月九州北部豪雨」「令和2年7月豪雨（人吉地区）」等で、橋りょう等の複数構造物が被災。

イメージ

JR九州 従業員数推移

年度	従業員数 (人)	対前年増減率 (%)
2021	8,017	
2022	7,647	▲5%
2023	7,311	▲4%

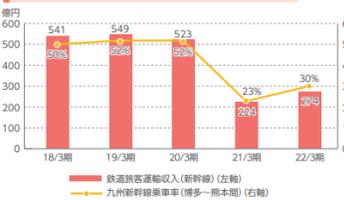
労働人口の推移と見通し



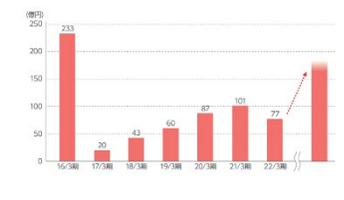
鉄道旅客運輸収入(近距離※)



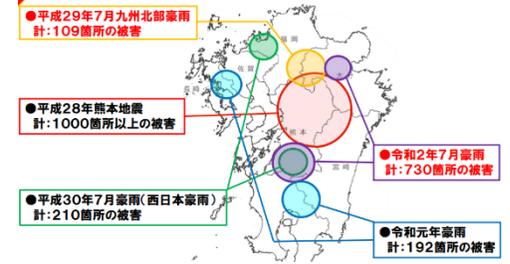
鉄道旅客運輸収入(新幹線) 九州新幹線乗車率(博多～熊本間)



鉄道事業における減価償却費



過去5年間の主な災害発生箇所



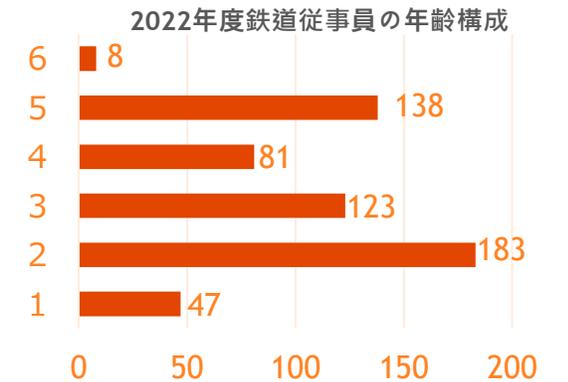
② 地域の抱えている課題（西日本鉄道）

課題	
対象者	内容
a 鉄道事業者	<p>労働力・熟練技術者の減少による対応力低下</p> <ul style="list-style-type: none"> 従業員数の減少（▲5%） 若手技術者の離職 団塊の世代の大量退職 （50/60代のベテラン世代は従業員総数の約40%）
b 鉄道事業者	<p>安全性・利便性向上の声は高まる共に、設備の老朽化による更新工事も控えている。</p> <ul style="list-style-type: none"> 2019年度～2022年度はコロナ禍により、設備投資が抑制されたものの、一時的なもので、今後さらに設備投資増
c 鉄道事業者	<p>新しい生活様式による事業環境の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> 新型コロナウイルス感染症の影響により西鉄輸送人員は2022年度は2018年度比で約▲9% 通勤定期利用者数はコロナ前に戻りつつあるものの、定期外及び通学定期利用者数は従前の水準を下回っている。

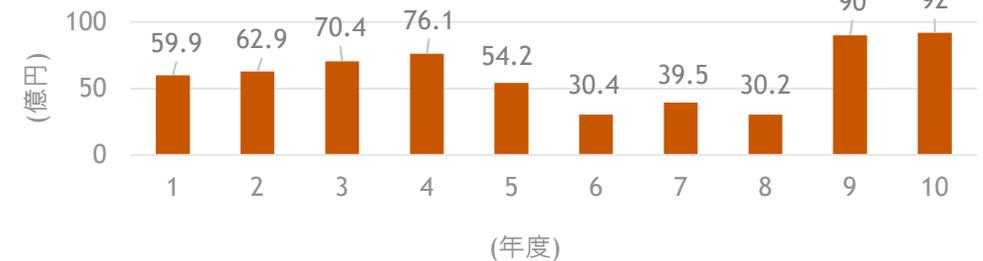
イメージ

西鉄 鉄道従事員数推移

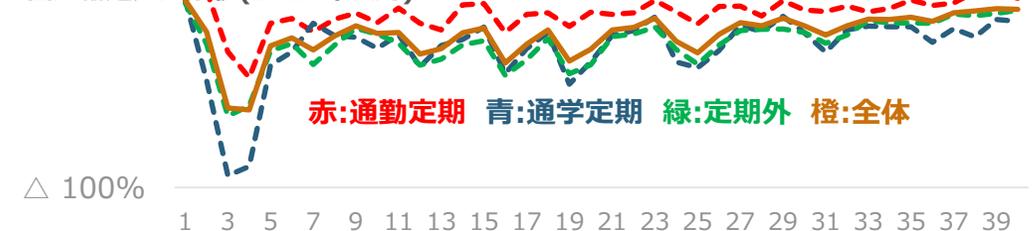
年度	従業員数	対前年増減率
2020	600人	—
2021	606人	1%
2022	580人	▲5%



設備投資の推移



西鉄輸送人員推移(2018年度比)



② 地域の抱えている課題（伊豆急行）

課題

対象者

内容

a 鉄道事業者

必要労働者の確保が困難

- ・鉄道事業者への就労希望者の減少により、近年は必要定員を確保できていない（地元高校性の進学志向、都会志向が顕著）
- ・特に技術系現業区（車両、保線、電気）の採用が困難で、年齢構成も50歳以上が約36%を占め、今後の急激な技術力低下、技術継承の中断が懸念

b 鉄道事業者

甚大化する自然災害の影響

- ・近年頻発する突発型集中豪雨（ゲリラ豪雨）や長期停滞型降雨（線状降水帯）、台風の大規模化等により、列車運転を抑止または速度規制する回数が増加している
- ・静岡県東部においては、南海トラフ巨大地震等の発生とこれに伴う津波被害が予想されており、鉄道への影響は避けられない
- ・これらの対策（法面補強、耐震補強）に平均1億円/年の設備投資を実施しており、鉄道事業者の負担となっている

c 鉄道事業者

社会情勢による鉄道利用の減少

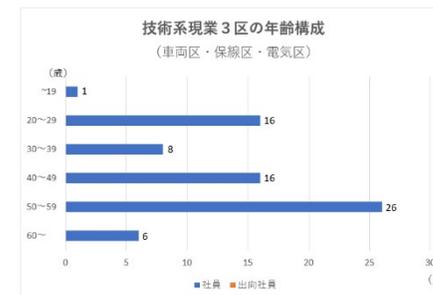
- ・伊豆急行線の利用旅客の比率は、定期：定期外 = 3 : 7
- ・定期旅客は、少子高齢化による学校の統廃合により学校数および生徒数が減少し、微減傾向
- ・定期外旅客 = 観光旅客は、社会情勢や景気の動向に大きく影響を受ける。旅行形態の変化（団体から個人）や2020年以降の新型コロナウイルス感染症のまん延により、2019年から最大▲44%となり、従前の水準まで戻るのには困難と思われる

イメージ

現業区 在籍人員状況

2023年7月1日 現在

現業	定員	在籍人員	不足	充足率	備考
駅	46	51	5	110.9%	出向社員4名含む
運輸区	60	57	▲3	95.0%	
車両区	22	20	▲2	90.9%	
保線区	32	27	▲5	84.4%	
電気区	30	26	▲4	86.7%	
計	190	181	▲9	95.3%	



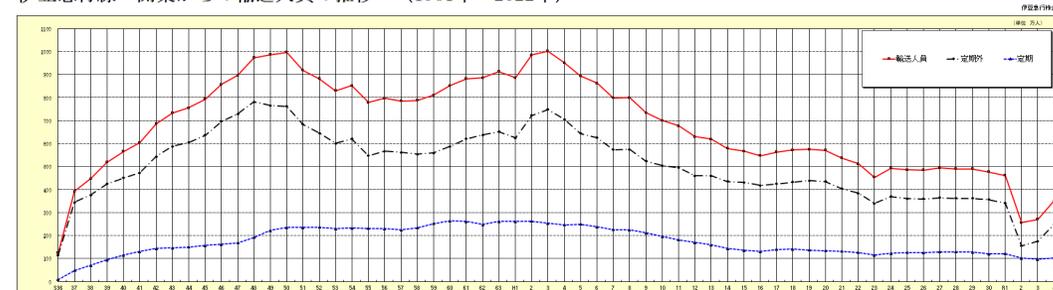
雨量による運転規制 (2018年~2022年)

年度	速度規制		うち運転抑止
	時間31mm以上	連続151mm以上	
2018	10回	6回	
2019	16回	7回	
2020	16回	10回	
2021	15回	6回	
2022	12回	5回	

防災対策工 投資金額

年度	金額 (千円)
2018	143,956
2019	124,100
2020	68,960
2021	137,840
2022	23,140
計	497,996

伊豆急行線 開業からの輸送人員の推移 (1961年~2022年)

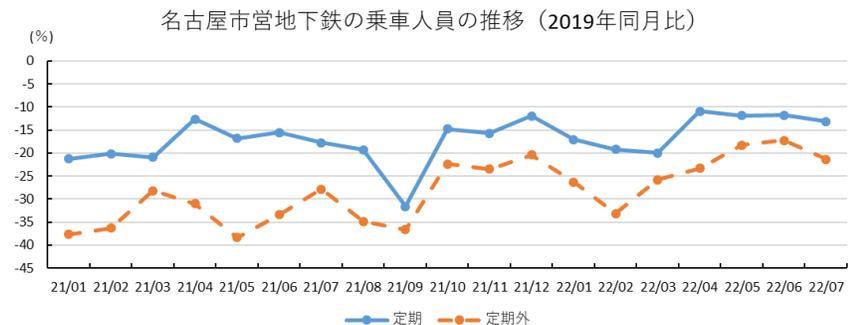
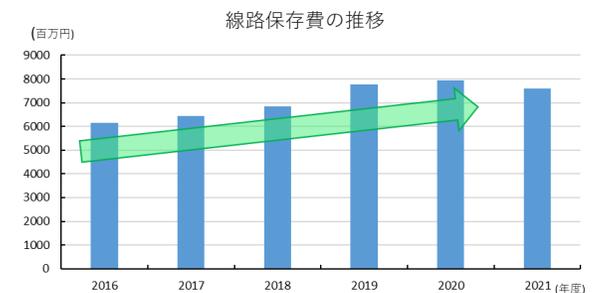
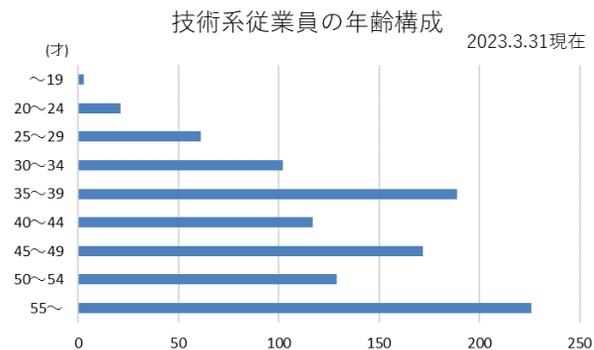


年度	輸送人員 (千人)	定期外 (千人)	定期 (千人)
1961	100	60	40
1962	110	65	45
1963	120	70	50
1964	130	75	55
1965	140	80	60
1966	150	85	65
1967	160	90	70
1968	170	95	75
1969	180	100	80
1970	190	105	85
1971	200	110	90
1972	210	115	95
1973	220	120	100
1974	230	125	105
1975	240	130	110
1976	250	135	115
1977	260	140	120
1978	270	145	125
1979	280	150	130
1980	290	155	135
1981	300	160	140
1982	310	165	145
1983	320	170	150
1984	330	175	155
1985	340	180	160
1986	350	185	165
1987	360	190	170
1988	370	195	175
1989	380	200	180
1990	390	205	185
1991	400	210	190
1992	410	215	195
1993	420	220	200
1994	430	225	205
1995	440	230	210
1996	450	235	215
1997	460	240	220
1998	470	245	225
1999	480	250	230
2000	490	255	235
2001	500	260	240
2002	510	265	245
2003	520	270	250
2004	530	275	255
2005	540	280	260
2006	550	285	265
2007	560	290	270
2008	570	295	275
2009	580	300	280
2010	590	305	285
2011	600	310	290
2012	610	315	295
2013	620	320	300
2014	630	325	305
2015	640	330	310
2016	650	335	315
2017	660	340	320
2018	670	345	325
2019	680	350	330
2020	690	355	335
2021	700	360	340
2022	710	365	345

② 地域の抱えている課題（名古屋市交通局）

課題	
対象者	内容
a 鉄道事業者	<p>労働力・熟練技術者の減少による対応力低下</p> <ul style="list-style-type: none"> 若手技術者の不足等により技術継承が困難。 50歳以上のベテラン世代は従業員総数の約35%を占めており、45歳以上で見ると約52%の職員が該当する。高齢化が著しい状況。
b 鉄道事業者	<p>経年劣化により線路保存に要する費用は年々増加</p> <ul style="list-style-type: none"> 2021年度の線路保存費は新型コロナウイルスの影響を受けて減少しているものの、2016年度～2020年度においては年々増加している。
c 鉄道事業者	<p>新しい生活様式による事業環境の変化</p> <ul style="list-style-type: none"> 新型コロナウイルス感染症の影響により名古屋市営地下鉄乗車人員は2021年度は2019年度比で約▲22% 定期券利用乗客数、定期外乗客数ともに流行前と比べて低い水準で推移している。

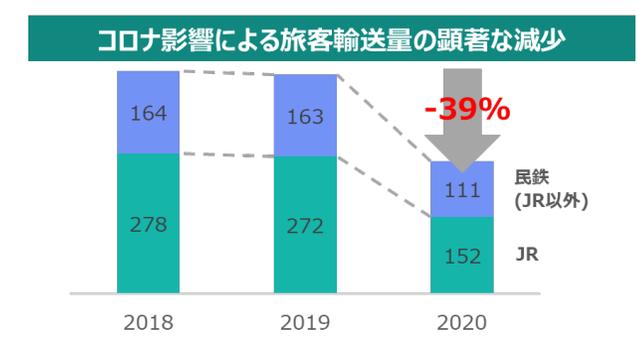
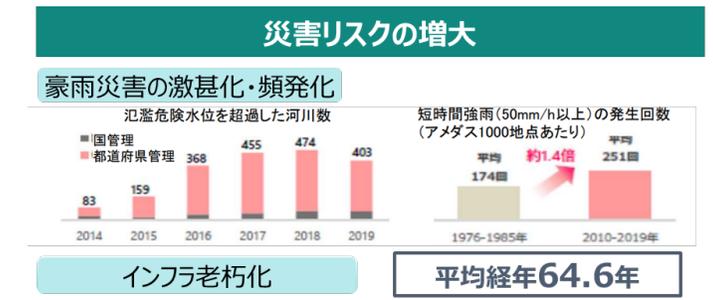
イメージ



② 地域の抱えている課題（鉄道業界全体）

課題	
対象者	内容
a 鉄道事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・労働力・熟練技術者の減少による対応力低下 ・就労希望者の減少による必要定員の確保困難 ・若手技術者の不足等による技術継承困難
b 鉄道事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・甚大化する自然災害の影響 ・設備保守等への維持費用の増加
c 鉄道事業者	<ul style="list-style-type: none"> ・新しい生活様式による事業環境の変化 ・社会情勢による鉄道利用の減少

イメージ



沿線における人口減少や少子高齢化が進む中、鉄道事業者は地域の暮らしを支える鉄道輸送を絶やさず担い、「持続可能な存在」であり続けることが必要である。

3 これまでの取組状況

	2021年度	2022年度
取組概要	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道業界では労働人口減少に伴う人材難への対応と鉄道設備の維持管理体制の構築が急務。「車載カメラ、ローカル5G、AIを活用した沿線設備異常の自動検知システムの構築」により、従来の保守員による線路内目視検査業務の高度化・省力化を目指す実証を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ・「車載カメラ、ローカル5G、AIを活用した沿線設備異常の自動検知システム」の実用化に向け、実証エリアをFY21:自由が丘駅周辺からFY22:東横線・みなとみらい線全域に拡大し、取組継続。乗り入れ先とのソリューション共用化に向けた事業モデルの検討。
成果	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外・日中における車載モニタリングシステム構築 ・列車が駅に到着後約10分で走行区間の設備異常検知可 ・AI画像解析モデル構築（例：道床白色化 検知率90%） ・L5Gアップロード速度（Ave87Mbps） ・簡素なダッシュボード構築 ・導入効果試算 	<ul style="list-style-type: none"> ・季節性/環境条件等にAI適応範囲を広げ、実用化見据え機能追加 ・車載システムのコンパクト化とバッテリー駆動で営業車両にも搭載可能化 ・東急電鉄と乗り入れ先(横浜高速鉄道)にてAIモデル共用化実現 ・東急電鉄と乗り入れ先にて学習データの事業化間共有の仕組み構築 ・他社土地ローカル5G電波漏洩抑制（漏洩エリア：FY21比較 1/2） ・L5Gアップロード速度、ソリューション要求仕様達成（Ave231Mbps）
見えてきた課題	<ul style="list-style-type: none"> ・故障事例が少ないインフラ領域におけるAI精度向上に向けた教師データの収集手法 ・AI画像解析モデルの堅牢性（季節変動による陰日向、雨天、夜間時間帯、トンネル等への変化） ・鉄道駅の鉄道用地における他社土地へのローカル5G電波漏洩及び所要の通信品質・性能を確保するための電波照射手法 	<ul style="list-style-type: none"> ・実運用に資するAI精度確保（1走行で検知率90%以上、複数走行で異常見落とし無し） ・キロ程の表示精度（最大15m程度のズレ） ・地域鉄道への横展開に向けた事業モデルの確立
事業名	<ul style="list-style-type: none"> ・課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証（総務省） 	<ul style="list-style-type: none"> ・課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証（特殊な環境における実証事業）（総務省）

1 将来的な目指す姿

社会基盤の一部かつ、環境負荷が小さい鉄道インフラの安全で持続的な運行維持における課題（就業者不足、熟練技術者の減少、車両・設備の老朽化、異常気象などによる自然災害の増加、事業環境の変化など）に対し、地域の課題と特性を踏まえ先進的な技術を有効活用し、効果的・効率的な鉄道設備維持管理手法を確立することで、持続可能な鉄道インフラを構築するとともに、デジタルの有効活用により人材の役割を変化させつつ、重要業務にリソースをシフトさせていくことで鉄道事業者の持続可能な成長に貢献することを目指す。



② 目指す姿に向けたステップと実証の位置づけ



【車載カメラソリューション】

(東急電鉄およびソリューション共同検証
企業エリアでの実証)

- 多岐にわたる環境条件におけるソリューションの共同利用ならびに機能開発および検証
- 安全安定輸送を前提とした運用を踏まえた効果検証
- 本運行に向けた収支計画の立案

【実装】

(車載カメラソリューションの導入)

- 東急電鉄において、本ソリューションを実装し、実績蓄積、運用検証、課題対応を実施
- コンソーシアムメンバーの鉄道事業者への展開・課題抽出、対応実施

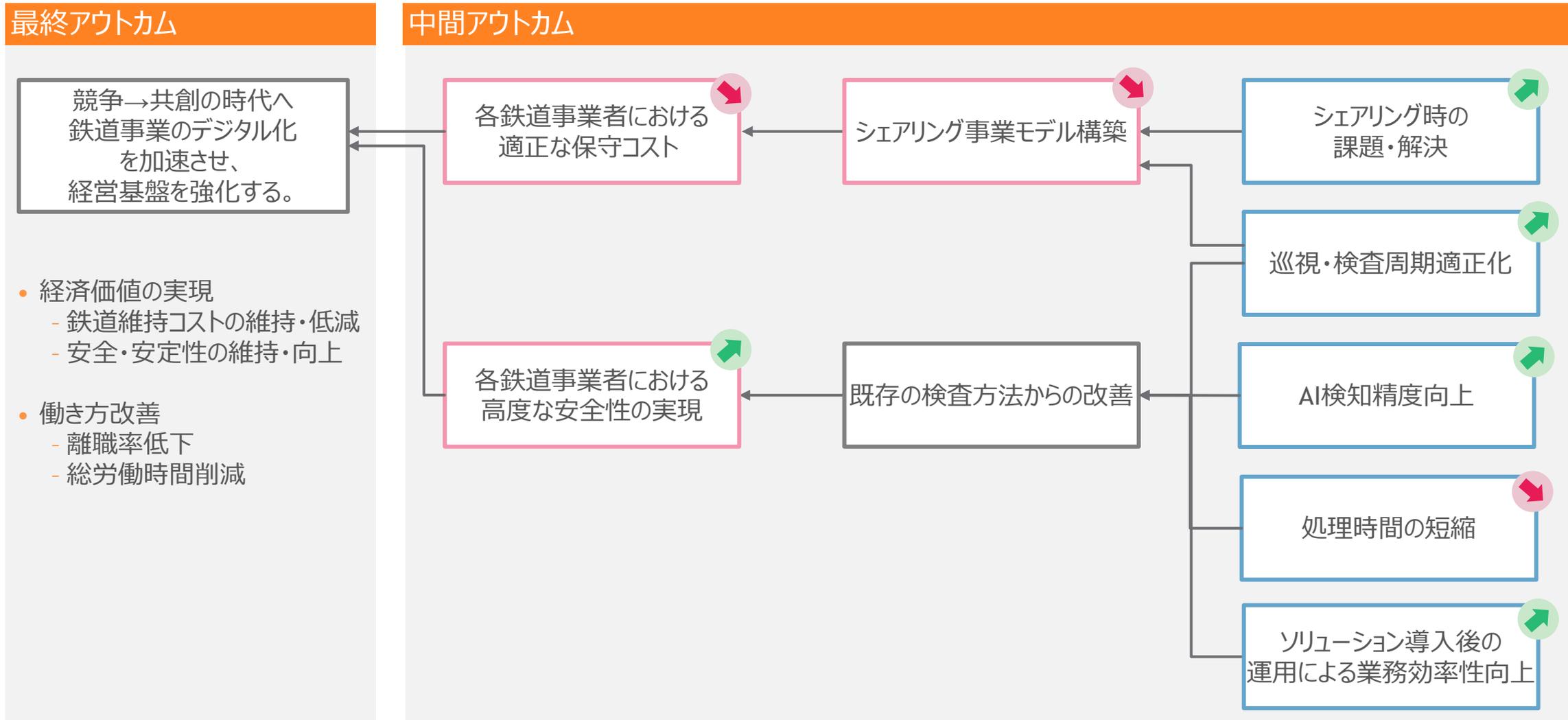
【横展開】

(車載カメラソリューションの横展開)

- コンソーシアムメンバーを足掛かりとした全国鉄道事業者への横展開の実施
- 鉄道事業者以外への横展開の推進

③ 成果 (アウトカム) 指標

a. □ジックツリー



II 目指す姿

③ 成果 (アウトカム) 指標

b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 実装・横展開

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
各鉄道事業者における適正な保守コスト	-	現状値以下 (各事業者で算出)	各鉄道事業者は事業環境が異なるため、事象者毎に現状値に対する低減の目標値を算出し、ソリューション効果を検証する	コンソーシアム各社での見積もりにより算出
各鉄道事業者における高度な安全性の実現	-	100% (2025年)	ソリューション導入により現状より安全性が下がることなく、向上可能な要素もあることの確認	関係者へのアンケートを実施
シェアリング事業モデル構築	-	削減効果 > 導入費用 (2025年~)	複数鉄道事業者における導入効果の算出から、サービス利用料 (SaaS型) のプライシング設定を検証する	コンソーシアム各社での見積もりにより算出

③ 成果 (アウトカム) 指標

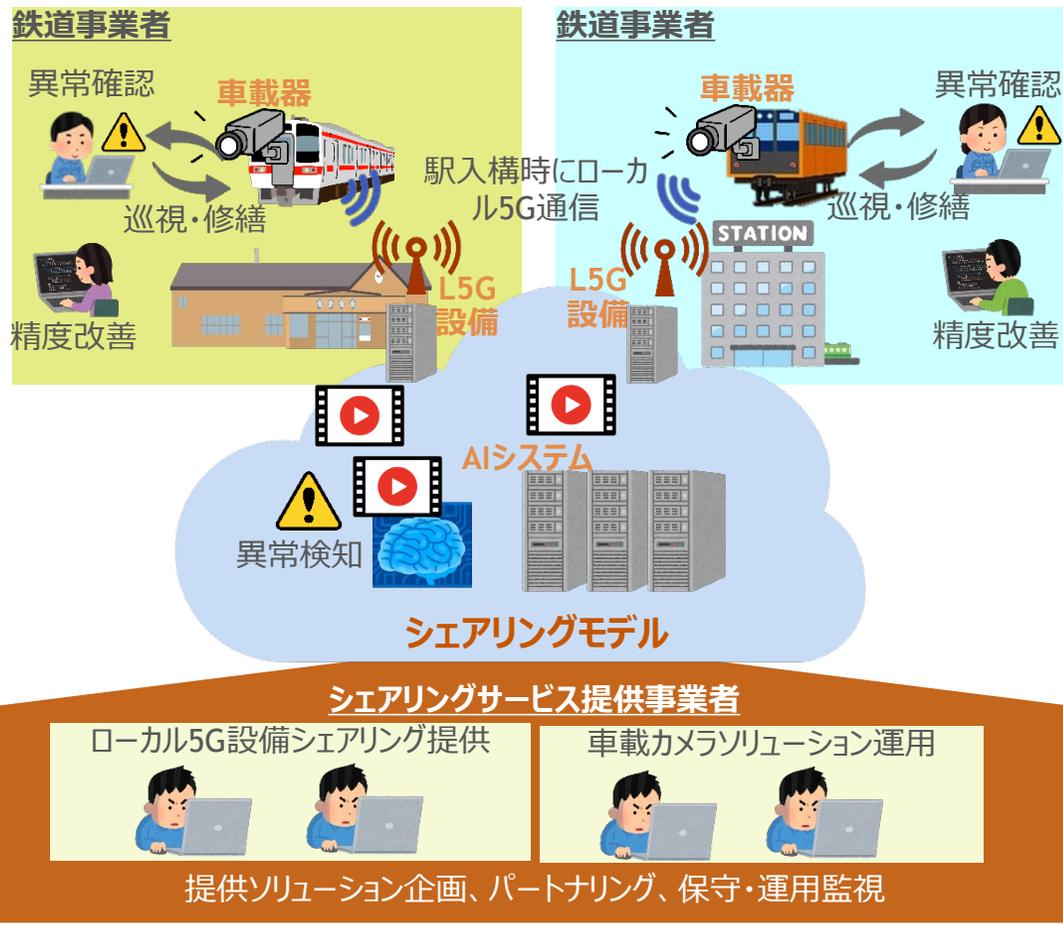
b. 成果 (アウトカム) 指標の設定: 本実証

成果 (アウトカム) 指標	現状値	目標値	目標値設定の考え方	測定方法
シェアリング時の課題・解決	-	-	ソリューションのシェアリングを実現するためには様々な課題が発生すると想定。これらを抽出し、それぞれの解決方針を検討・提示することで現実的な事業モデル構築につなげる	コンソーシアムでの検討
巡視・検査周期適正化 - 人による巡視・検査頻度(周期)	-	現状値以下	各鉄道事業者で巡視・検査頻度が異なるため、事象者毎に現状値に対する低減の目標値を算出し、ソリューション効果を検証する	実証結果を踏まえて、コンソーシアムでの検討
AI検知精度向上 - AI検知精度	83%	90%以上	安全性の維持を前提に、巡視・検査頻度を削減できるよう、AI検知対象を追加（レール傷、差分検知など）し、検知精度を評価する。	実証結果を分析し、算出
処理時間短縮 - 最短処理時間	15分	10分以内	安全性の維持を前提に、巡視・検査頻度を削減できる処理時間を総合的に評価する。	実証結果を分析し、算出
ソリューション導入後の運用による業務効率性向上	-	-	ソリューション導入後の業務オペレーションや働き方を踏まえ、使い勝手や効率性などに関する評価を実施	関係者へのアンケートを実施

1 ソリューションの概要

ソリューションの概要

車載カメラソリューション



中間アウトカム (実証)

定量アウトカム

- 各鉄道事業者における適正な保守コスト
- 各鉄道事業者における高度な安全性の実現
- 巡視・検査適正化効果の評価
- AI検知精度と処理時間の技術評価

定性アウトカム

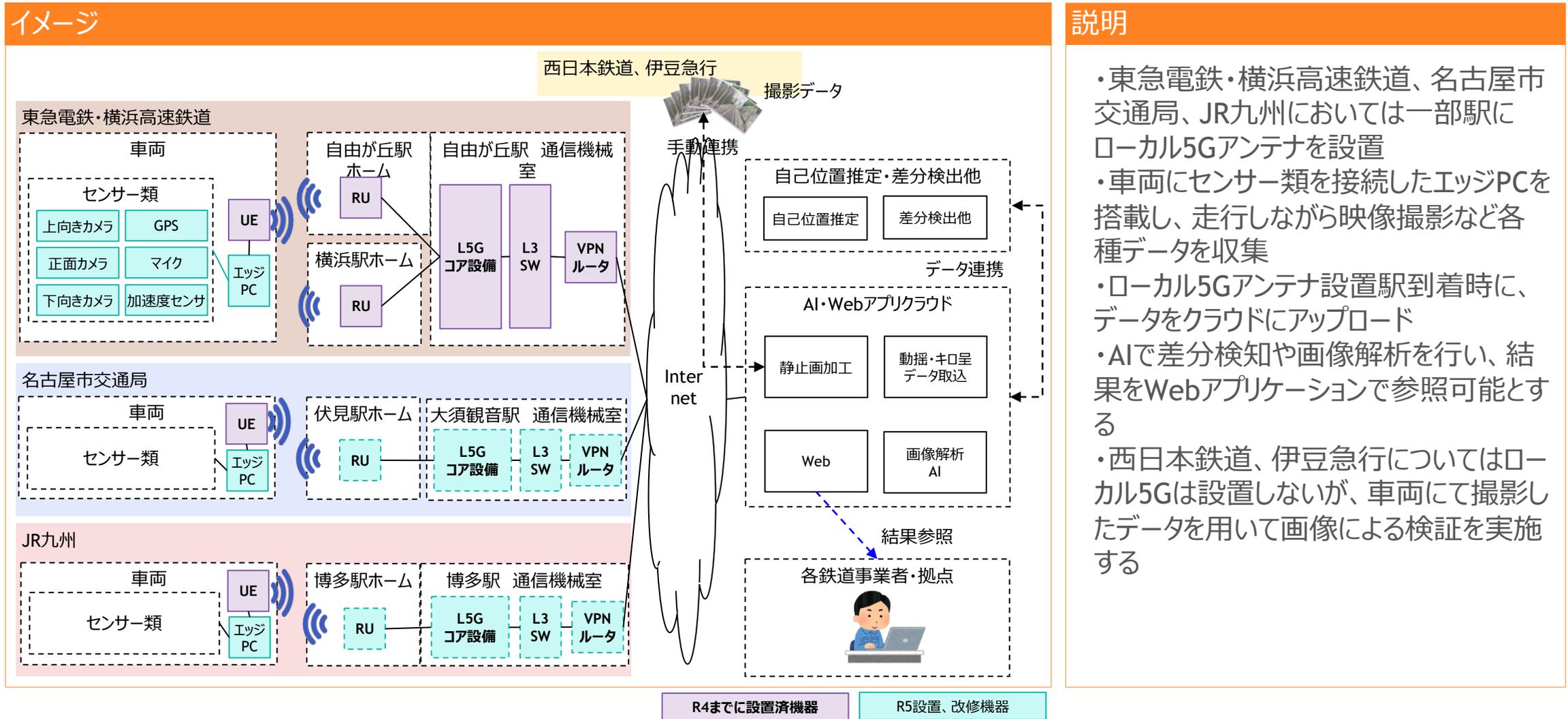
- シェアリング事業モデル構築
- シェアリング時の課題・解決
- ソリューション導入後の運用評価

中間アウトカムを改善するソリューションの価値

- 通信速度やセキュリティ面でメリットあるものの、大きな投資が必要となるローカル5G設備をシェアリングサービスとして提供することで費用を平準化・抑制
- AIシステムや学習データの鉄道事業者間の共用により、費用を抑制しながら検出精度を向上
- 簡素な装置を車載することで、専用車両等の大きな投資、検査スケジュールの大規模な調整などが不要で、ソリューションによる検査の高頻度化
- これらにより、現状の保守にかかるコスト最適化と安全性維持を実現させる

② ネットワーク・システム構成

a. ネットワーク・システム構成図



説明

- ・東急電鉄・横浜高速鉄道、名古屋市交通局、JR九州においては一部駅にローカル5Gアンテナを設置
- ・車両にセンサー類を接続したエッジPCを搭載し、走行しながら映像撮影など各種データを収集
- ・ローカル5Gアンテナ設置駅到着時に、データをクラウドにアップロード
- ・AIで差分検知や画像解析を行い、結果をWebアプリケーションで参照可能とする
- ・西日本鉄道、伊豆急行についてはローカル5Gは設置しないが、車両にて撮影したデータを用いて画像による検証を実施する

② ネットワーク・システム構成

b. 設置場所・基地局等

イメージ

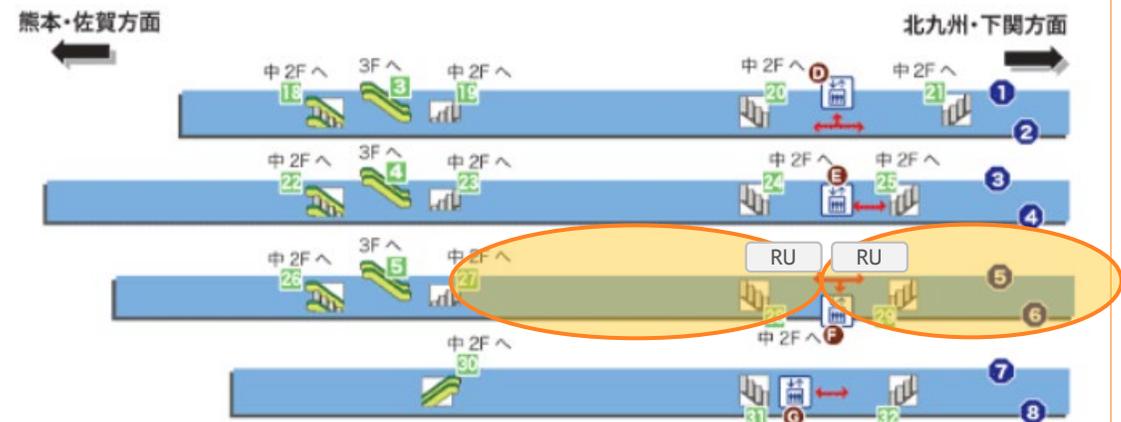
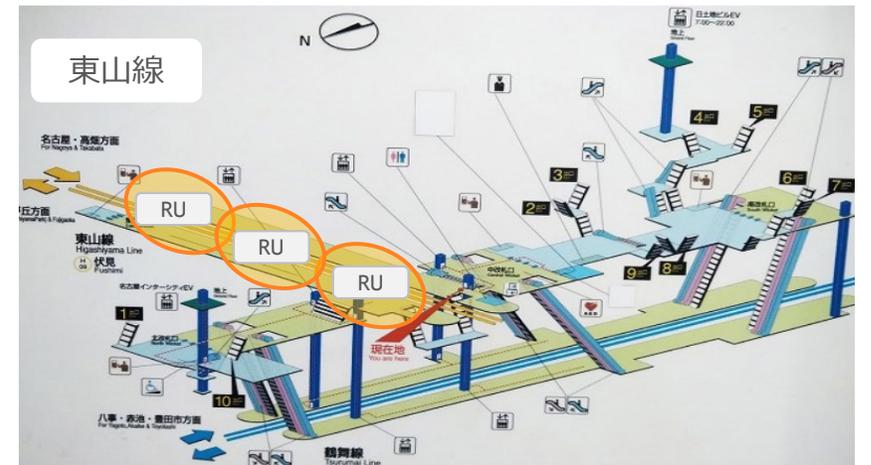
伏見駅

- ・1プラットフォーム2路線のホーム（全長135m）を有する
- ・地下3階建て地下駅（地上からの最深部は17.7m）
- ・乗入れ路線 ①東山線 ②鶴舞線
- ・設置ホーム：東山線
- ・基地局：Sub6 屋内アンテナDAS方式

博多駅

- ・半屋外環境の地上3階建ての駅
- ・駅周辺は福岡市の都心部であり周囲をオフィスビル、商業施設など高層ビルあり
- ・乗入れ3路線 ①JR西日本 ②JR九州 ③福岡市地下鉄
- ・設置ホーム：5番、6番ホーム
- ・基地局：Sub6 屋外アンテナ

構築エリア



Ⅲソリューション

② ネットワーク・システム構成

c. 設備・機器等の概要

別添エクセルで提出

② ネットワーク・システム構成

d. 許認可等の状況

許認可の種類

【ローカル5Gシステム】

- 開発供給計画認定製品
- 認定日付: 令和4年6月13日
- 認定番号
2021開1総経第0002号-2

表.2.5.2.1-(1): 特定高度情報通信技術活用システム

メーカー	種別	型番・型式	主な仕様等(概要)
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-CU	・ CU
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-DU	・ DU
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-RU-O	・ RU ・ 4.8-4.9 GHz 帯用 ・ アンテナ一体型 ・ 屋外設置用
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備	PW300-RU-1	・ RU ・ 4.8-4.9 GHz 帯用 ・ アンテナ分離型 ・ 屋内設置用
富士通	交換設備	PW300-5GC	・ オンプレミス型 ・ 5G SA 方式
富士通	交換設備	PW300-EMS	・ オンプレミス型 ・ 5G SA 方式
富士通	特定基地局以外の基地局の無線設備、交換設備	PW300-SK	・ CU 及び交換設備 ・ オンプレミス型 ・ 5G SA 方式

現在の状況

【自由が丘駅・横浜駅】

- 実験試験局免許取得済
 - ・ 基地局6局
 - ・ 移動局3局

【博多駅】

- 実験試験局免許取得済
 - ・ 基地局2局
 - ・ 移動局3局

【伏見駅】

- 実験試験局免許取得済
 - ・ 基地局1局
 - ・ 移動局3局

許認可取得スケジュール (詳細)

【関東総合通信局 (自由が丘駅・横浜駅)】

- 2023年11月8日 実験試験局免許申請
- 11月16日 実験試験局免許取得
- 12月21日 無線従事者選任

【九州総合通信局 (博多駅)】

- 2023年11月17日 実験試験局免許申請
- 12月5日 実験試験局免許取得
- 無線従事者選任

【東海総合通信局 (伏見駅)】

- 2023年12月7日 実験試験局免許申請
- 12月28日 実験試験局 (基地局) 予備免許取得
- 実験試験局 (移動局) 免許取得
- 2024年1月27日 登録点検
- 1月29日 工事落成
- 2月1日 実験試験局 (基地局) 免許取得
- 2月14日 無線従事者選任

③ソリューション等の採用理由

a.地域課題への有効性

対象の課題

課題a:労働力・熟練技術者の減少による対応力低下

課題b:安全性・利便性向上の一方で、設備・車両等の老朽化の進行に伴う運行支障原因の増加及び設備保守などに要する維持費用の増加

課題c:新しい生活様式による事業環境の変化に伴う利益縮減

課題解決への有効性

列車の運転席に搭載した高精細カメラによるモニタリング映像と各種センサ技術を活用し、AI解析によって「異常が発生している」と推論させ、異常アラートをアウトプットすることで、これまで保守関係の係員が線路内を徒歩または列車に添乗して確認していた設備を、車載カメラなどによる確認方法に移行することができる。これにより、定期的な巡視や検査の頻度を低減し、労働力不足問題や省人効果及び人件費削減の課題解決に寄与する。また、車載カメラとAIによる高頻度のモニタリングにより、鉄道設備の異常を早期に検知することが可能となり、さらなる安全性と安定性の確保に貢献するソリューションである。

ソリューション 車載カメラソリューション

他ソリューションに対する優位性

名称

古河電工「てつてん」

比較

【概要】対象の設備がある路線を走る営業車にドライブレコーダーを搭載し、走行データを取得。その取得データを、古河電鉄独自のRobotic Process Automation(RPA)技術で解析し、鉄道会社が所望する設備の基本情報(全景写真やキロ程、柱番号など)や、巡視点検用の動画をデジタルデータとしてユーザーへ提供することで効率的な設備管理の実現を支援するもの。

【比較】「てつてん」はユーザーが所望する設備の基本情報などを提供、異常の判断は保守員が画像を確認して判断するもの。一方、車載カメラソリューションは撮像したデータをAI分析することで異常状態を自動で検知判断することが出来るため、巡視業務負担の軽減及び安全運転への実現度の観点で優位だと考える。

③ソリューション等の採用理由

b.ソリューションの先進性・新規性、実装横展開のしやすさ

対象の課題

課題a:労働力・熟練技術者の減少による対応力低下

課題b:安全性・利便性向上の一方で、設備・車両等の老朽化の進行に伴う運行支障原因の増加及び設備保守などに要する維持費用の増加

課題c:新しい生活様式による事業環境の変化に伴う利益縮減

先進性・新規性

・車載カメラソリューションの異常検知AIの検知対象/条件の追加
商用化に必要な複数の異常を検知するべく前方及び上方カメラ2台に、下方方向カメラを新たに追加し、全天候・季節・屋内外・時間のAI検知条件に加えて検知対象範囲を拡大する。過年度に開発したAIの精度向上に、新たな検知項目として、レール傷、レール周辺への浸水、余盛(バラストの量)を追加する。更に目視確認の他に音による異常検知機能や、線路敷地内の正常状態から差異(落下物、飛来物等)が発生している箇所を検出する差分検知のAIモデルも開発する点が新規性がある。

・AIの継続的な精度向上プロセスの構築と運用確認
AIを継続的に精度向上していくために、日々の運用で集まったデータを鉄道事業者自らが評価・分析することで、素早く安価に正確な精度向上が見込めると考えており、実運用を意識した鉄道事業者自身が精度評価と再学習を継続できるシステムを構築し、その運用を検証する手法は先進性・新規性があると考えている。

・学習データの事業者間の共有
安定した列車の運行を第一とする鉄道事業者は、学習データ(事故データ)が少ないためデータの取得が困難であることに加え、鉄道業界は自前主義が強い傾向にあるため、学習データの共有はあまり行われていない。この事情を踏まえると、本ソリューションを通じて事業者間での学習データの共有を可能にする点は新規性があると言える。

ソリューション 車載カメラソリューション

実装・横展開のしやすさ

鉄道業界全体では共通の課題があり、ソリューションニーズが高いため横展開しやすいと考えている。しかし各社によって財務体力が違いため、横展開に主眼とした活動(鉄道業界全体に導入できるような汎用性のあるソリューション開発)が必要。本実証では、AIベースモデルを使い、精度検証や学習データの追加により、地域毎/鉄道事業者毎のニーズに対応したカスタマイズモデルを開発。また、ローカル5Gを含む通信インフラの機能性や拡張性、規模や管理形態の異なる条件下での活用可能性を多角的に検討する。さらに、全国でのコンソーシアム企業向けのシェアリング事業者のノウハウを基に地方性を考慮した最適なネットワークのエリア構築やシステム構成、ステークホルダーの役割の整理を行うことで、実証コンソーシアム内での実装にとどまらず、全国での実装・横展開が可能と考えている。

また将来的には、鉄道業界と類似の線状エリアというローカル5G構築環境、且つ、インフラメンテナンス効率化が急務の類似課題を持つ道路/高速道路事業者、空港事業者へのソリューション横展開を目指す。車載カメラソリューションのベースモデル(鉄道業界)を基に他業界のニーズに沿ったマイナーカスタマイズ、機能共用化によるコスト低減等のフレキシビリティを持たせることで他分野への展開を推進していく。

③ ソリューション等の採用理由

c. 無線通信技術の優位性

通信技術	ソリューション実現の要件を満たす通信技術の特徴	他無線通信技術との比較	
ローカル 5G	<p>車載カメラソリューションは、3台の車載カメラで駅間走行中に取得した沿線データを駅停車時間内にアップロードする必要があること、また、列車の短い駅停車時間内に走行区間の大容量のデータ伝送が求められる。伝送する画像データサイズは、駅区間約10分を想定し0.5GB×カメラ3機 = 1.5GBを見込む。また駅でのアップロード可能時間は、停車時間と前後の入構/出構を含め約60秒を見込んでいることもあり、アップリンクのスループットとして200Mbps以上が必要となり、加えて本ソリューションは列車運行に関わるソリューションのため安定性と高度なセキュリティが必要である。</p>	名称	比較結果
		・Wi-Fi	<ul style="list-style-type: none">・トラフィック不安定により、AI判定結果出力までの時間が固定化できず、最適な業務計画が立てられない・ネットワークへの不正侵入により、機微な情報が漏洩する可能性
		・LTE	<ul style="list-style-type: none">・アップロードの速度が遅く、データ伝送が完了しない・トラフィックが混雑する駅において、安定した伝送速度を確保できない・下り通信を優先したリソース配分のため、映像データをAIサーバに伝送する時間がかかりリアルタイムに判定結果が出せない
		・全国 5G	<ul style="list-style-type: none">・パブリックNWのため、セキュリティ要件に合わせた構築のハードルが高い・通信容量が膨大となる（= 多額の通信費用が見込まれる）

1 実証計画

目的

鉄道駅にローカル5G環境を構築し、車載カメラや各種センサから得られるデータのAI解析等により、異常検知と遠隔監視を実現、添乗巡視の頻度を抑制し鉄道保守の効率向上が可能となるかを複数の鉄道会社で横断的に検証する

- 実装に向けて、周期延長効果・費用削減効果や保守関係係員の負担軽減が可能となるかを検証
- 技術的に開発したシステムでの運用が可能かどうか、異常検出の精度を検証
- 実装後において、運用方法や業務オペレーションの改善、横展開時の課題や解決方針を検証

アウトカム

実装・横展開

- 各鉄道事業者における適正な保守コスト
- 各鉄道事業者における高度な安全性の実現
- シェアリング事業モデル構築

本実証

- シェアリング時の課題・解決
- 巡視・検査周期適正化効果の評価
- AI検知精度と処理時間の技術評価
- ソリューション導入後の運用評価



検証の概要

効果検証

車載カメラソリューション

- 高度技術の活用に伴う既存教務の高度化による効果検証
- 保守関係係員の負担軽減や将来的な働き方に関する意識効果の検証
- 安全・安定輸送の持続的な維持に対する意識効果の検証

技術検証

車載カメラソリューション

- AI精度、処理時間、アプリケーションユーザビリティなどの観点で、保線業務の効率化に資する品質を担保できているか
- 音声ベンダーの技術適用により、鉄道車両上での異音検知が可能性

運用検証

車載カメラソリューション

- 実証フェーズでの対象設備に関する評価を踏まえたモニタリング対象設備の拡充や業務オペレーション変革検討、同業他社を踏まえた運用を検証

本実証における検証ポイントと結果

列車運行の安全性を維持しながら、就労環境の改善の可能性や巡視・検査周期の延長の可能性を確認することが出来た

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
車載カメラソリューション (効果検証)	I 【定量】AIを活用した巡視・検査業務の高度化による周期延長効果、費用削減効果を検証	本ソリューションを用いた巡視・検査業務の頻度低減およびコストの低減（現状以下）	総合的な労務削減効果を検査周期の延長や費用の低減効果を確認し、整理・検証を行った。	・巡視・検査周期の延長の可能性が確認できた。 ・高度化、効率化によるコスト効果の可能性が確認できた。
	II 【定性】保守関係係員の負担軽減効果	事業環境別に保守関係係員が負担軽減に向け、本ソリューションを有効として評価（過半数以上のポジティブ評価）	現地での目視検査から本ソリューションの活用による保守事務所での設備状態確認への移行可能かアンケートを実施し検証を行った。	・就労環境の改善の可能性が確認できた。 ・保守関係係員自身が運用を行っていくための抵抗感が低い事・熟練技術者のフォロー体制構築の方針が確認できた。
	III 【定性】列車運行の安全性向上効果	本ソリューションの活用による保守の高度化が図れること	乗務員や運行オペレーション部門を含め、列車の安全な運行に対する貢献効果について、関係部署へヒアリングを実施し検証を行った。	・現状よりも安全性が低下することはない。 ・運用改善後の安全性向上が確認できた。
L5Gシェアリング+車載カメラソリューション (効果検証)	I ソリューションの横展開を踏まえた効果検証（相互直通運転企業及び都市鉄道・地域鉄道におけるソリューションの供用、他鉄道事業者への横展開）	本ソリューションをコンソーシアム各社実装を想定した効果に関する課題抽出・改善	相互直通運転鉄道事業者が導入する場合、ローカル5G機器（コア、DU、CUなど）を共有することで費用を削減できる。同様に、車載カメラソリューションも費用削減の効果があり、地域鉄道への展開においても汎用性を確認できた。	ソリューションの機能面については、地域鉄道への汎用化が確認できた。しかし、地域鉄道特有の環境にさらなる適応が必要であり、ソリューションを導入するための財務体力も考慮する必要がある。地域鉄道が導入できるように、機器コストを抑える工夫（車載カメラをiPhoneに置き換えるなど）が必要である。

本実証における検証ポイントと結果

多くの検証ポイントで目標を達成し、技術面での方向性に問題がないことを確認できた

ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
車載カメラソリューション (技術検証)	I 【定量】AI検知精度	一回の車両走行で90%以上	<ul style="list-style-type: none">道床白色化、架線樹木近接、灯器類視認性については、一回走行での再現率（見落としの少なさ）90%以上レール傷、トンネル漏水滴下は未達成だが対策の方向性について後述差分検知、余盛、遮断桿のズレはさらにデータ追加が必要一回の走行で見逃しがあっても、複数回走行では見逃しが減るケースも確認	<ul style="list-style-type: none">運用を重ね、学習データを増やすことで精度向上が期待できる。厳しい撮影条件の対象物については、撮影方式やパラメータの改善が必要複数回の走行で見逃しの削減傾向が確認できた。適切な時間帯などの条件についても詳しく調査する必要がある。
	II 【定量】処理時間	データアップロードから結果出力まで最短10分以内	<ul style="list-style-type: none">撮影された動画を細分化し、アップロードされたデータを順次処理することで、結果が最短10分で出力可能画像データ量が非常に多く、優先度の高い検知対象については、AI推論サーバを複数起動して並列処理するなどの追加対策が前提となるレール傷等処理負荷の高い検知対象も一部あり、すべてのデータを処理完了するには一定の時間がかかる	<ul style="list-style-type: none">原則順次処理だが、実証では一部一括処理も採用しており、処理単位の細分化を進める検知対象ごとに適切な処理枚数に調整し、利用者ニーズに合わせたリアルタイム性を考慮するなど費用対効果を含めた整理を行う必要がある
	III 【定性】使い勝手	結果確認アプリケーション画面を含む総合的な使い勝手において、使用者から業務適用可能との評価を得る	<ul style="list-style-type: none">結果確認アプリケーションは利用者の声を反映したUIを構築、更なる改善にて業務適用可能との評価を得た自己位置推定はGPS以外に加速度センサーデータや画像を用いて補正することで、屋内でも位置推定をする方式を検証した車載器は専用筐体に機材を一体化、タッチパネルでの操作を可能としたが、設置等の取り回しは引き続き検討要	<ul style="list-style-type: none">結果確認アプリケーションは今後の運用を考慮して、更なる改善を継続する自己位置推定は検証は実施できたが、さらなる高精度のためには改良が必要車載器は、将来的な展開に向けた量産化も視野に、取り回しの課題解決、小型化・軽量化の検討を進める
	IV 【定性】異音検知性能	車両上での集音データによる異音の識別ができる	<ul style="list-style-type: none">車両にマイクを搭載し音声を収録、データ分析を行った添乗点検時に確認している異音を検出できる特徴を持つかどうかを調査した収録データ内に含まれる検知対象音と類似した単発音（継ぎ目音など）を検出できることを確認	<ul style="list-style-type: none">実用化に向けては実際の通知対象の異常音を用いた性能評価を行う必要がある事業者ごとの列車走行音の特性の確認や検出対象の異音の種別、リアルタイム性の確保などを考慮した検討が必要²⁹である。

本実証における検証ポイントと結果

実証期間（短期）での運用検証は、常時運用検証に向けてたくさんの知見を得ることが出来た

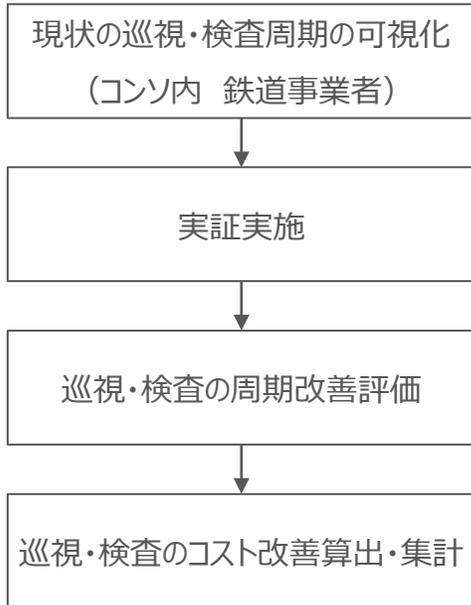
ソリューション	検証ポイント		検証結果	考察
	項目	目標		
車載カメラソリューション (運用検証)	I 運用方法の確立 (現行業務フローとの 変革・改善検証)	本ソリューションを活用 した全自動化、半自 動化業務の区分整 理を行い、業務変革・ 改善を行い、重要業 務にリソースをシフトさ せる	・保守関係係員、施設管理者、コンソーシアムメンバーへの アンケートによる検証を行い、運用方法や現行の業務に対し、 業務効率性向上の観点を検証し、より重要な業務に注力・ シフトできるかを確認するために意見交換を行った。 ・一定の効果が見込まれるが、運用の定着が重要であるとい う結果を得た。	・本ソリューションが目指す姿や業務変革 に向けて、As is to Beを考慮した新しい 業務フローの可視化を行い、意見交換な どを実施。現場の業務にソリューション浸 透させるため、運用検証を継続し、必要 な改善を行っていく。
	II 業務オペレーションを 通じた改善検討（鉄 道事業者による評 価・再学習）	保守関係係員が持 続的に利用・活用可 能なソリューションの確 立	・保守関係係員における、実データ・システムの運用体験を 通じたアンケートによる検証を行い、システムに関しては、好 意的な感想を多く受けることができた。（東急電鉄） コンソーシアムメンバーとの間で運用方に関する意見交換を 行った。	・保守関係係員による運用を考慮したシ ステムは、使いやすさに優れており、直感 的に操作できることが確認できた。操作の 経験を積みながら、運用の定着を目指し ていく。
	III 新たな業務オペレー ションによる技術伝承	ソリューションを活用し た新しい保守業務に おける技術伝承	・ソリューションの運用体験を通じたアンケートによる検証 ソリューション運用による技術伝承に関するコンソーシアムメン バー間での意見交換を行い、技術伝承の効率化・高度化に 貢献することを確認。	・異常データの一元管理と可視化技術は、 技術伝承に大きく貢献する。ただし、デー タだけでは完全には伝えられない要素があ るため、主に技術伝承の高度化に大きな 影響を与えると考える。
L5Gシェアリング+車載 カメラソリューション (運用検証)	I ソリューションの横展開 を踏まえた運用検証 (相互直通運転企業 及び都市鉄道・地域 鉄道におけるソリュー ションの供用、他鉄道 事業者への横展開)	本ソリューションをコン ソーシアム各社実装を 想定した運用に関す る課題抽出・改善、 地域特性による機能 の最適化	・短期間での運用検証では、可搬式車載器での運用を実 施。東急電鉄保線課職員によるトライアルを実施した結果、 初版としてのユーザビリティに関して良好な反応を得ることが 出来た。可搬式車載器は、短時間の停車時間で設置・取 り外せるように、さらなる軽量化が必要である	・ユーザーにとって負担を軽減するために、 車載器を軽量化し、操作画面の視認性 やアクション表示（映像伝送中など）を 改善することが必要である。 来年度の試験運用を経てさらなる知見を 蓄えていく。

② 検証項目・方法・結果

a.効果検証：「業務量低減・コスト効果」

ソリューション	検証ポイント		検証方法・結果	考察
	項目	目標		
車載カメラソリューション	I 【定量】AIを活用した巡視・検査業務の高度化による周期延長効果、費用削減効果を検証	本ソリューションを用いた巡視・検査業務の頻度低減およびコストの低減（現状以下）	総合的な労務削減効果を検査周期の延長や費用の低減効果を確認し、整理・検証を行った。	巡視・検査周期の延長の可能性が確認できた。さらに、高度化と効率化によるコスト削減効果の可能性も確認した。これにより、より長い周期での巡視・検査が可能となり、コストを抑えながら効果的な運用が実現できると考えられる。また、適切なりソースの配分や作業計画の最適化にも繋がり、より効率的な業務遂行が期待できる。

■ 検証フロー



1. アンケートから得られた総合的な評価

精度・機能向上、追加機能付与が必要であるが、安全性の向上は見込める。

2. コンソーシアム企業の意見

- 人間では視界全体の異常を正確に把握することはできず、人によって情報の誤差や異常箇所の見落としが起きる可能性があるため、本ソリューションの導入により、画角全体の微細な変化や異常をカメラで確実に検知できるため、安全性が向上し、巡視・検査業務の高度化が期待できる。
- 従前の技術伝承手法では、教える人によって伝える内容が異なることから、若手の技術力にばらつきが生じる場合があった。本ソリューションの活用により、蓄積されたデータを教育現場でも利用することで、全員が同じ感覚や共通認識を持った現場管理が可能となる。さらに、データを有効に活用した現場改善の声が多くあがることを期待している。
- ソリューション運用が確立した場合、徒歩巡視業務を 1 回/週⇒ 1 回/月、乗車巡視を 1 回/2 日⇒ 1 回/週の頻度に低減できる。

② 検証項目・方法・結果

a.効果検証：「効果最大化」

本ソリューションの効果を最大化するために今後、実装が必要な施策内容

項目	キーワード	施策内容
モニタリング設備の拡充	1対1から1対Nへの移行	鉄道保守係員は、保守対象設備ごとに専門分野人材による分業制（軌道保守員、信号保守員など）にて設備保守を行うことが一般的である。しかし、異なる目的においても、行動（列車添乗や軌道内徒歩巡視等）が同様であれば、1つのシステムで複数の目的を達成する事が可能であり、AI検知対象を拡充することができる柔軟なシステム構成とする。
撮像技術等の高度化	時間帯、天候対応 センシング技術 蓄積データの活用	雨季など撮像条件が厳しい環境下でも、利用可能な先進的な撮像技術を採用し、センシングデータと不足しているデータを補完する仕組みを導入することで、突発的な事象に対するリスクヘッジが可能となる。
システムの運用	熟練技術者の抵抗感 ユニバーサルデザイン	熟練技術者は、高いリスク察知能力を持つが、デジタルに対して、抵抗感を抱くことがある。本システムでは利用者の条件を固定せず、万人がシステム利用に抵抗感を感じにくいユーザードリブンのアプローチでシステム構築に取り組む。
他のソリューションとの組合せ	都市鉄道と地域鉄道の 列車運行環境条件	鉄道の設備劣化進行は、主に環境条件と列車運行本数に影響を受けるが、地域ごとに異なる営業環境が存在するため、ソリューションに対するニーズも異なることもある。 ただし、鉄道事業を取り巻く根本的な課題は共通しているため、各企業は、地域の営業環境に合わせて他のソリューションと組み合わせることで、前述した効果を実現し、業務改善効果を最大限に引き出すことができる。

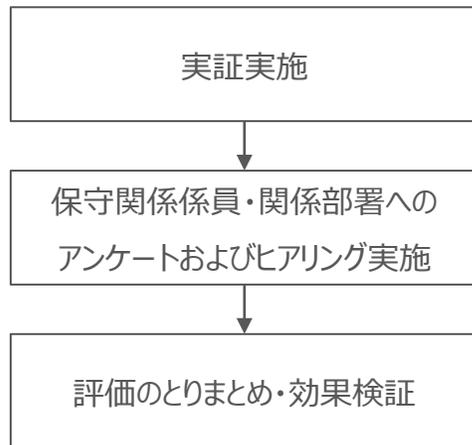
IV実証

② 検証項目・方法・結果

a.効果検証：「業務負担軽減、安全性向上効果」

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察
車載カメラソリューション	II 【定性】保守関係係員の負担軽減効果	事業環境別に保守関係係員が負担軽減に向け、本ソリューションを有効として評価（過半数以上のポジティブ評価）	現地での目視検査から本ソリューションの活用による保守事務所での設備状態確認に移行可能かアンケートを実施し検証を行った。
	III 【定性】列車運行の安全性向上効果	本ソリューションの活用による保守の高度化が図れること	乗務員や運行オペレーション部門を含め、列車の安全な運行に対する貢献効果について、関係部署へヒアリングを実施し検証を行った。

■ 検証フロー



1.アンケートから得られた総合的な評価

安全性の向上及び保守関係係員の働き方が前向きに変化すると見込まれる。

2.コンソーシアム企業の意見

- 精度・機能向上、追加機能付与が必要であるが、設備の故障予知や早期発見などの業務の高度化・効率化に繋がる。
- 異常検出箇所は過去の写真や動画とも比較できるため、現場の状況把握による補修計画の最適化も期待できる。
- 営業列車で定期的な映像取得を行う場合、社員による現地での設備の状態点検・巡視を高頻度でできるようになるため、安全性は向上すると考える。
- 現状、保守関係係員が現地に赴いて確認を行い、紙資料等で保管・管理しているものが、映像・画像として保存できるようになるだけでも、高度化・安全性の向上に寄与する。

② 検証項目・方法・結果

a. 効果検証：「業務負担軽減、安全性向上効果」

■ 業務負担軽減効果（鉄道保守員との意見交換）

東急電鉄（保線係員）ディスカッション状況



■ 安全性向上効果（鉄道保守員との意見交換）

伊豆急行(株)とのディスカッション状況



■ アンケートおよび意見交換による主な意見

- ・ソリューションの運用が実務に定着することで、業務負担が軽減される可能性がある。
- ・将来的な要員不足を考慮すると、デジタル技術の活用は避けられない認識。
- ・ソリューションを導入する初期段階では、既存業務と並行して運用することやAIの精度評価・向上に取り組む必要があり、専属の要員を確保する必要がある。運用が定着することで、デジタルに抵抗のある社員に対するフォロー体制を構築する事も可能だが、専属要員に割けるリソースにも限りがあるため、持続可能な運用方法を見定めていく必要がある。

■ アンケートおよび意見交換による主な意見

- ・ソリューションによる確認は、人による巡回検査では見落とす可能性のある事象を捉えることができ、安全性の向上に貢献することができると考えられる。
- ・巡視業務は季節や天候に関係なく行われるため、AIによる検知対象の設備はより網羅的に対応できる必要がある。将来的には、検知対象をさらに拡充し、路線環境などに応じて対応できるようにすることが望まれる。
- ・巡視業務は、人の五感に頼らず、知見や経験、位置情報などを基にしてリスクを把握している。これらの情報を可視化・数値化することで、より高度な安全性の確保体制が構築できる。
- ・機械検査データの取得は本ソリューション以外でも行われており、一部の領域で重複する部分がある。各事業者は各データの取り扱いについて整理する必要がある。

A I 精度向上サイクル



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：モニタリング対象一覧

検出対象	検出内容	検出対象	検出内容
①レール傷 	レール頭頂部の4種の傷「ゲージコーナー剥離」「普通継目頭部剥離」「シェリング傷」「波状摩耗」を検出する	⑥差分検知 	過去に撮影した特定時点と今回撮影の差異を検出（飛来物や落下物などの検出を想定）
②砕石白色化（あおり） 	道床（レールが敷いてある車両の下部）に巻かれている砕石（低石）が白色化している状態 ※車両の揺れの状態とあわせて確認	⑦余盛 	レール脇に積まれている砕石（余盛）の山が低くなっている状態を検出
③架線樹木近接 	架線に樹木が近接している状態	⑧遮断かんずれ 	踏切の遮断かん（2本の箇所）が水平でなく、先頭がずれている状態を検出
④灯器類視認性（特殊信号発行機：五角形、とうもろこし型） 	特殊信号発行機本体部に樹木が近接して視認性が低下している状態、または支柱部にツル状の植物が巻き付いている状態	⑨異音検知 	車上で録音した音声から線路キズなどに起因する異常音を検出（実証とは別に音声のみで簡易的な検証を実施）
⑤トンネル漏水滴下（天井側、道床側） 	トンネル天井のひびなどから水が染み出し、路面に垂れてレールなどが濡れている状態 ※「トンネル天井の水染み」及び「レール付近の水濡れ」の両方検出された箇所		

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅰ. AI検知精度（①レール傷）」

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察
---------	--------	---------	----

項目	目標
----	----

車載カメラソリューション **Ⅰ** 【定量】AI検知精度 一回の車両走行で90%以上

複数鉄道事業者から集めた学習データで作成したAIモデルで、車載器により撮影したデータを推論。一回の車両走行で再現率70-80%のケースもあったが、そもそも画像にレール傷が映っておらず実際の精度はこれより低いと考えられる。

カメラの選定と撮像調整、さらに複数の鉄道事業者からの学習データの収集により、屋外でもレールの傷を一定程度検知することができた。現時点では他の検知項目と比べて精度はやや低いものの、高画質な撮影と学習データの拡充により、さらなる向上を見込んでいる。

<概要>

- レール頭頂部の異常状態「剥離（ゲージコーナー剥離／普通継目頭部剥離）」「シリング傷」「波状摩耗」を検出する
- 下向きカメラでの撮影映像により検出する
- 走行中の撮影でもできるだけくっきりした画像となるよう、シャッタースピードを高く設定する

<サンプル画像>

普通継目頭部剥離



ゲージコーナー剥離



シリング傷



波状摩耗



② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（①レール傷）」

<モデル単体の精度>

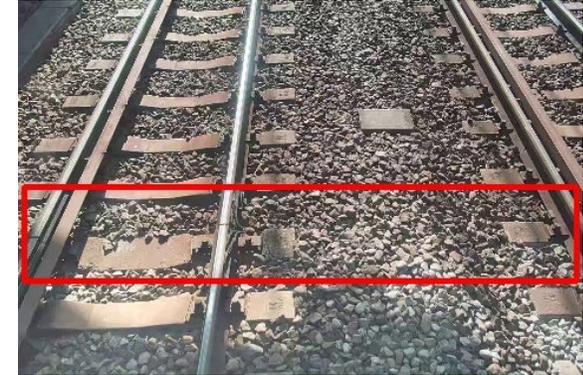
事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～反町駅)	14,016枚	99.75	39.42	48.21	33.33	27	29	54

※上記区間に異常データを追加して評価(異常データが少なく、評価が難しいため)

<精度向上対策例>

- 複数鉄道会社の撮影データを使用
- カメラを下向き画角とし、シャッタースピードを高速にすることで走行時の鮮明さ向上
- 画像増幅
- 画像範囲切り出し
- 除外ラベル追加
- 学習データ精査
- 検証データ比率調整

誤り例：傷のない継目



② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（①レール傷）」

<実証計測における精度>

- 東急電鉄東横線における精度（複数回計測時での評価）
一回の計測で見逃した検出対象を、別計測で検出できたかどうかを評価する

計測回	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目	東横線 (中目黒駅～田園調布駅)	7,357枚	99.22	50.00	42.86	60.00	3	4	2
2回目	東横線 (中目黒駅～田園調布駅)	7,038枚	99.86	61.54	50.00	80.00	4	4	1
3回目	東横線 (中目黒駅～田園調布駅)	6,388枚	99.86	61.54	50.00	80.00	4	4	1

- 他鉄道事業者での評価

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
JR九州	鹿児島本線 (折尾駅～教育大前駅)	7,777枚	99.70	70.13	67.50	72.97	27	13	10
名市交	鶴舞線 (赤池駅～八事駅)	5,723枚	99.95	-	00.00	-	0	3	0

⇒実証期間終盤、東急電鉄でブレを抑制するため、高画質で撮影。改善効果を確認できたため、他鉄道事業者にも横展開可能な成果を得た。

<評価と今後に向けた施策案>

- ✓ 複数回の走行にて5件中、4件の傷の検知に成功も、画像で確認できない傷は実際には見逃している



- ✓ 5駅区間(約7000画像)で4件と誤検知は少ない
✓ 複数回の走行でも見逃しの1件は、検知できず
→立て続けに走行したので撮影条件が近いデータとなっていた。時間帯や別日など更に条件の異なるデータであれば検知できる可能性あり
✓ 走行中に小さなレール傷を人の目で見分けるレベルで撮影すること自体の難易度はやはり高かった
⇒さらに高画質で撮影することではっきりと映り込み、精度向上を確認



- ✓ 全体的に撮影画像からレール傷を視認することが難しく、正しい正解数は把握できていない
✓ その中でもJR九州の精度が再現率72.97と高かった
→学習データ用の事前撮影で条件のよい傷画像が多く確保できたため（傷の内訳ではシリング傷の精度が最も高かった）
✓ 上述の通り、高画質撮影することと実データを蓄積して学習データの拡充を図ることで実用的な精度を目指す
✓ 地下・屋内はレール傷がさらに見づらく検出できなかった
→地下・屋内はカメラを専用で調整することで改善

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（②道床白色化）」

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察
---------	--------	---------	----

項目	目標
----	----

車載カメラソリューション **I** 【定量】AI検知精度 一回の車両走行で90%以上

東急電鉄の学習データで作成したAIモデルで、車載器により撮影したデータを推論。一回の車両走行で再現率90%以上を達成し、他の鉄道事業者でも高い再現率を確認した。

モデルの完成度は非常に高く、精度改善の手法も蓄積されている。さらなる精度向上の余地もある。また、動揺箇所や音声データとの総合的な確認を行うUIにすることで、利用者の使い勝手をさらに改善していくことが可能である。

<概要>

- あおりなどにより、道床碎石が白色化している部分をAIで検出する
- 正面カメラでの撮影映像により道床白色化箇所を検出する
- 典型的な誤検出パターンは除外ラベルとして学習／検出し、検出後に除外している
- アプリ画面上で該当箇所から動画再生を行うことができ、その際に振動グラフをあわせて確認することで実際のあおりかどうかを評価する

<サンプル画像>



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（②道床白色化）」

<モデル単体の精度>

- 当モデルは過年度より実証を行っており、今年度は下記の対策を行うことで精度向上することができた

○2022年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (横浜駅～日吉駅)	2,613枚	98.72	82.4	89.1	76.6	82	10	25

○2023年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (横浜駅～渋谷駅)	6,905枚	99.70	88.77	82.18	96.51	83	18	3

<精度向上対策例>

- 学習データ追加(画像増幅含む)
- 学習データの精査
- 画像範囲切り出し
- 除外ラベル追加 ※1 典型的な誤検出パターンを「除外ラベル」として学習させ、検出後除外を行う
- 検証データ比率調整 ※2 AIモデル学習時に使用する「学習データ」と「検証データ」の比率を調整し、学習データの増加と検証効果の最適化を図る

誤り例：碎石入替により全体が白色



見逃し例：小さめの白色化



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（②道床白色化）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線における精度（複数回計測での評価）

計測回	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目	東横線 (元住吉駅～反町駅)	4,204枚	99.65	66.67	50.00	100.0	15	15	0
2回目	東横線 (元住吉駅～反町駅)	5,434枚	-	-	-	-	-	-	-
3回目	東横線 (元住吉駅～反町駅)	7,989枚	-	-	-	-	-	-	-

※見逃0件のため、2回目／3回目の評価は未実施

○東急電鉄東横線における精度（過去撮影データでの評価）

路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東横線 (渋谷駅～横浜駅)	6,905枚	99.70	88.77	82.18	96.51	83	18	3

○他鉄道事業者での評価

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
JR九州	鹿児島本線	1,013枚	98.52	65.12	58.33	73.68	14	10	5
西日本鉄道	天神大牟田線 (西鉄柳川駅～大牟田駅)	15,049枚	99.75	32.14	19.15	100.0	9	38	0
伊豆急行	伊豆急行線 (伊豆高原駅～伊豆稲取駅)	8,324枚	99.71	40.00	25.81	88.89	8	23	1

<評価と今後に向けた施策案>

- ✓ 該当区間の再現率は100%で異常箇所を全て検出
※当日は比較的異常箇所が少なかった
- ✓ 全区間約4,200枚中、誤り15件と少ないが、正解数も少ないため、適合率、F値が低く出ている
→過去撮影データの異常箇所が比較的多いケースでの評価も実施

- ✓ 約7,000枚の画像で評価
- ✓ 再現率96.51%と高く、見逃し少ない
- ✓ 誤りは18件と上記と大きく変わらないが正解数が多いため、適合率は高い

- ✓ 学習データが東急電鉄のみのモデルであるが、他の鉄道事業者においても、異常箇所は少ないが見逃しは殆ど無く、再現率は高い
- ✓ 誤りの削減には、更に各社の学習データ追加が効果ありと考えられる

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（③架線樹木近接）」

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察
---------	--------	---------	----

項目	目標
----	----

車載カメラソリューション **I** 【定量】AI検知精度 一回の車両走行で90%以上

東急電鉄の学習データで作成したAIモデルで、車載器により撮影したデータを推論。一回の車両走行で再現率90%以上を達成し、他の鉄道事業者でも高い再現率を確認した。

モデルの完成度は非常に高く、高い精度で機能している。ただし、上向きカメラに映り込む太陽の影響は課題だが、複数回の走行によりその影響を回避し、検知することが可能である。今後は、鉄道事業者の異なる周辺環境にも適応できるように改良を進める。

<概要>

- 架線に樹木が繁茂して近接している状態をAIで検出する
- 正面向きカメラによる撮影では架線の背景に近接していない樹木が映り込む場合が多いため、できるだけ実際に近接している樹木が撮影できるようカメラを上向きにして撮影する
※不要部分を除外した切り出し画像にて、架線と樹木の重なりを判定する

<サンプル画像>

正面向きカメラ



上向きカメラ



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（③架線樹木近接）」

<モデル単体の精度>

- 当モデルは過年度より実証を行っており、今年度は下記の対策を行うことで精度向上することができた

○2022年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	7,183枚	99.96	71.40	83.33	62.50	5	1	3

○2023年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	9,259枚	99.98	83.33	83.33	83.33	5	1	1

誤り例：手すりを架線と誤認



<精度向上対策例>

- 画像を事前にセグメンテーション（映っているものの分類）する際のラベル数（種類）を削減

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（③架線樹木近接）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線における精度

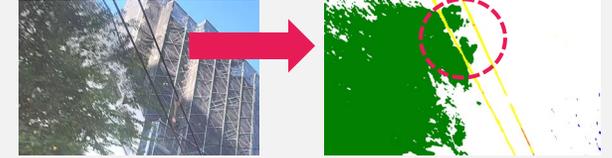
事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	7,934枚	99.99	92.31	85.71	100.0	6	1	0

○他鉄道事業者での評価

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
JR九州	鹿児島本線 (折尾駅～博多駅)	27,808枚	99.90	74.51	63.33	90.48	19	11	2
西日本鉄道	天神大牟田線 (西鉄柳川駅～大牟田駅)	6,105枚	99.98	85.71	75.00	100.0	3	1	0
伊豆急行	伊豆急行線 (伊豆高原駅～伊豆稲取駅)	6,269枚	99.93	92.59	100.0	86.21	25	0	4

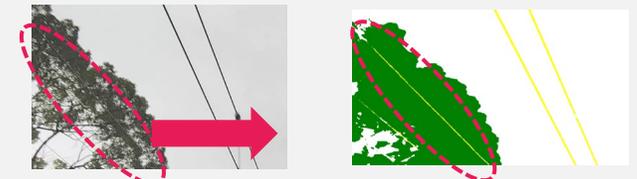
<評価と今後に向けた施策案>

✓ 1回計測にて6件すべての近接箇所の検知に成功。



✓ 東横線全区間(約7800枚の画像)で誤りも1件と、少ない。

- ✓ 学習データが東急電鉄だけのモデルであるが、一般的に良い結果が得られた
- ✓ 伊豆急行は、F値92.59%で最も良かった。
- ✓ 西日本鉄道、JR九州も、再現率は90%を超えていて、西鉄は3件すべての近接箇所の検知に成功。
- ✓ JR九州は撮影区間が長い(約27,000枚の画像)影響もあり、誤りが11件あり。
→架線以外のケーブルを誤検知。対象のケーブル種類を学習データに追加(東横線での対応と同様)



※架線以外のケーブルが樹木と近接

- ✓ 画像内に太陽が映る時間帯に撮影すると、架線や樹木が白飛びしてしまい、精度が下がってしまった。
→複数回走行で、他の時間帯に検出することを期待

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅰ. AI検知精度（④灯器類視認性低下）」

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察
---------	--------	---------	----

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察				
車載カメラソリューション	<table border="1"> <thead> <tr> <th style="background-color: #f4a460;">項目</th> <th style="background-color: #f4a460;">目標</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①【定量】AI検知精度</td> <td>一回の車両走行で90%以上</td> </tr> </tbody> </table>	項目	目標	①【定量】AI検知精度	一回の車両走行で90%以上	<p>東急電鉄で採用の五角形型と、JR九州で採用のとうもろこし型それぞれの特殊信号発行機に対応したAIモデルを開発。車載器により撮影したデータには該当箇所がないためあらかじめ撮影した過去データも使って評価し、90%以上の再現率を得た。</p>	<p>限られた学習データの中で、生成AIも活用して高品質なモデルを開発し、良好な結果を得ることができた。</p>
項目	目標						
①【定量】AI検知精度	一回の車両走行で90%以上						

<概要>

- 標識や灯器類が、繁茂した樹木・ツル状植物等により視認性が悪化している状態をAIで検出する
- 特殊信号発行機本体部に樹木が近接して視認性が低下している状態、または支柱部にツル状の植物が巻き付いている状態を検出する
- 特殊信号発行機（とうもろこし型）は、ツル状植物の巻き付きを検出するため、支柱部を含めて検出する

<サンプル画像>

特殊信号発行機（五角形）



※視認性に支障あり



特殊信号発行機（とうもろこし型）



※視認性に懸念あり



② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（④灯器類視認性低下）」

<モデル単体の精度>

- 当モデルは過年度より実証を行っており、今年度は下記の対策を行うことで精度向上することができた

○2022年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	5,649枚	99.93	33.33	20.00	100.0	1	4	0

※特発（五角形）

○2023年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	10,904枚	99.98	83.33	71.43	100.0	5	2	0
JR九州	鹿児島本線 (博多駅～古賀駅)	8,476枚	99.77	66.67	52.63	90.91	20	18	2

※特発（五角形）

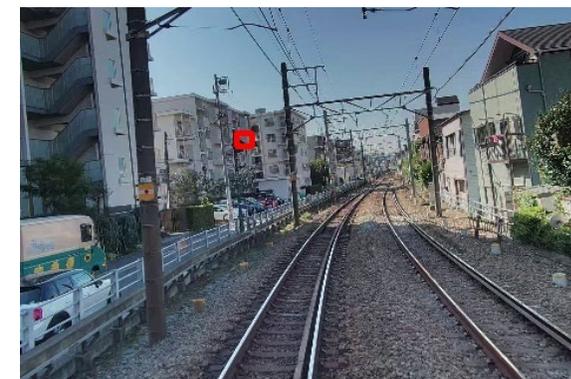
※特発（とうもろこし型）

※上記区間に異常データを追加して評価(異常データが少なく、評価が難いため)

<精度向上対策例>

- 学習データ追加(画像増幅、画像生成AI※)
※実際にはなかなか起きえない（予防的に手入れされる）ため、画像編集や生成AIを活用して学習データを作成
- 除外ラベル追加
- 学習データ精査

誤り例：特発ではあるが樹木近接なし



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（④灯器類視認性低下）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線における精度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	13,236枚	99.88	-	00.00	00.00	0	16	0
東急電鉄	- (過去撮影データ)	151枚	99.98	83.33	71.43	100.0	5	2	0

○他鉄道事業者での評価

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
JR九州	鹿児島本線 (折尾駅～博多駅)	27,846枚	99.93	-	00.00	-	0	20	0
JR九州	- (過去撮影データ)	22枚	99.77	92.54	100.0	90.91	20	0	2

<評価と今後に向けた施策案>

- ✓ 実証時には該当箇所がなかったため、過去撮影データで評価を実施
- ✓ 過去に撮影したデータは、5件すべて検知に成功。



- ✓ 誤検知の更なる削減には、異常データがほぼ集まらないという特性を踏まえ、正常データのみによる学習というアプローチも効果がある可能性あり

- ✓ 実証時には該当箇所がなかったため、誤検知のみとなった。全体枚数が多く、正解率が高い。
- ✓ 過去に撮影した異常データでは、22件中、20件の検知に成功。



- ✓ 誤検知の半数以上(11件)は、特発の背後に雑草が映り込んでいるパターン。
→雑草の生え方のパターンは多いため、実データを更に収集し、学習データを追加する必要がある

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑤トンネル漏水滴下）」

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察
---------	--------	---------	----

項目	目標
----	----

車載カメラソリューション **I** 【定量】AI検知精度 一回の車両走行で90%以上

天井側、レール側それぞれ複数鉄道事業者から集めた学習データで作成したAIモデルで、車載器により撮影したデータを推論。
一回の車両走行での再現率はレール側は90%以上のケースもあるが天井側は60-75%、鉄道事業者によっては低い値。

レール側のAIモデルの完成度は非常に高いことから、天井側の再現率向上に取り組むことで、鉄道事業者間の差異にも対応していくことが期待できる。今後の改善に向けた取り組みを進めることで、より高い精度と安定性を実現することができると考える。

<概要>

- 「トンネル天井の水染み箇所」及び「レール付近の水濡れ箇所」をそれぞれAIで検出し、両方検出された箇所を、トンネル漏水滴下箇所として検出対象とする（天井・レール付近の検出画像を並べて確認できるようにする）
- 「天井の水染み検出」は、前方上向きカメラを使用して撮影する
- 「レール付近の水濡れ検出」は、前方正面向きのカメラを使用して撮影する

<サンプル画像>

コンクリート道床のレール付近水濡れ



トンネル上部の水濡れ



砕石道床のレール付近水濡れ



トンネル上部の水濡れ



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑤-1トンネル漏水滴下【天井の水染み】）」

<モデル単体の精度>

- 当モデルは過年度より実証を行っており、今年度は下記の対策を行うことで精度向上することができた

○2022年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	922枚	-	25.00	16.13	55.56	5	26	4

○2023年度

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄 横浜高速鉄道	東横線・みなとみらい線 (渋谷駅～元町中華街駅)	3,607枚	98.81	79.23	83.67	75.23	82	16	27

<精度向上対策例>

- 複数鉄道会社の撮影データを使用
- 画像増幅
- 画像範囲切り出し（無関係箇所除外、対抗路線除外）
- 明るさ補正、平準化
- 除外ラベル追加
- 学習データ精査
- 検証データ比率調整

検出例



誤り例：天井装置箇所



② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑤-1トンネル漏水滴下【天井の水染み】）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線＋横浜高速鉄道みなとみらい線における精度（複数回計測での評価、屋内全区間）

計測回	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目	東横線(渋谷～代官山)＋ みなとみらい線(全区間)	3,414枚	99.20	68.82	78.05	61.54	32	9	20
2回目	東横線(渋谷～代官山)＋ みなとみらい線(全区間)	3,520枚	99.15	70.21	78.57	63.46	33	9	19
3回目	東横線(渋谷～代官山)＋ みなとみらい線(全区間)	4,184枚	99.18	71.58	79.07	65.38	34	9	18

<評価と今後に向けた施策案>

- ✓ 正解数は1回目で32件、2回目で33件、3回目で34件と徐々にではあるが増えており、複数回計測にて精度向上する傾向は得られた
- ✓ 但し、大幅な向上はせず、正解／誤り／見逃しの箇所は概ね同じ傾向であった
- ✓ 更なる学習データ追加によるモデル単体の精度向上も必要だが、当モデルはレール付近の水濡れ検出後に使用するモデルのため、閾値を下げて見逃しを減らす方向で調整する選択肢もある

○他鉄道事業者での評価

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
名古屋市交通局	東山線 (藤が丘駅～星ヶ丘駅)	2,557枚	92.08	14.35	85.00	7.83	17	3	200
伊豆急行	伊豆急行線 (伊豆高原駅～伊豆稲取駅)	2,034枚	67.19	16.35	87.84	9.02	65	9	656

- ✓ 学習データが東急電鉄だけのモデルであり、一定数の検出はできたものの、見逃しが多数という結果となった
(名古屋市交通局) (伊豆急行)



⇒ トンネル形状の違いや、水染みのパターンが多く、見逃しが多い結果となった。各社のパターンに応じた学習データの追加、あるいは各社用モデルの作成が必要

IV実証

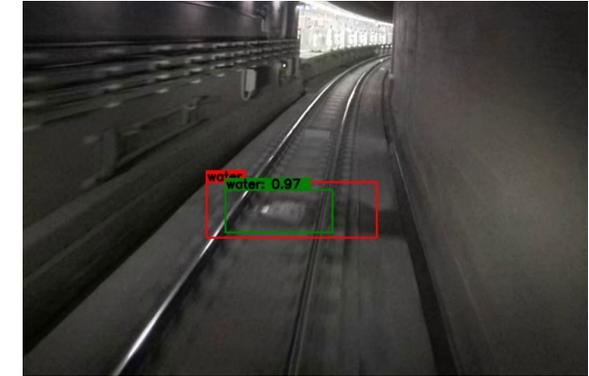
② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑤-2トンネル漏水滴下【レール付近の水濡れ検出】）」

<モデル単体の精度>

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
東急電鉄	田園都市線 (渋谷駅～用賀駅)	3,567枚	99.72	73.68	66.67	82.35	14	7	3

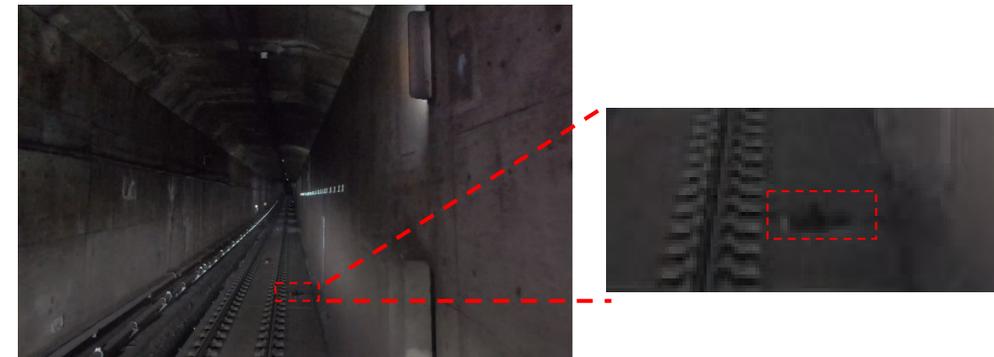
検出例



<精度向上対策例>

- 複数鉄道会社の撮影データを使用
- 画像増幅
- 画像範囲切り出し（無関係箇所除外）
- 除外ラベル追加
- 高解像度画像
- 学習データ精査
- 検証データ比率調整

見逃し例：小さな水濡れ



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑤-2トンネル漏水滴下【レール付近の水濡れ検出】）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線における精度（複数回計測での評価、屋内全区間）

計測回	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	1,469枚	100.0	100.0	100.0	100.0	3	0	0
2回目	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	-	-	-	-	-	-	-	-
3回目	東横線 (渋谷駅～横浜駅)	-	-	-	-	-	-	-	-

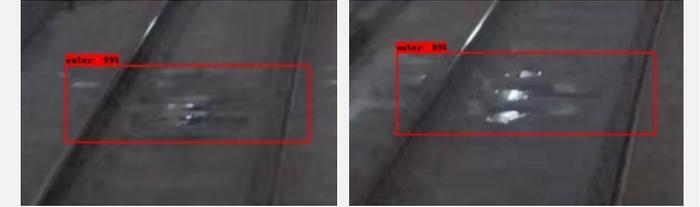
※見逃0件のため、2回目／3回目の評価は未実施

○他鉄道事業者での評価

事業者	路線	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
横浜高速鉄道	みなとみらい線 (横浜駅～元町中華街駅)	2,266枚	100.0	100.0	100.0	100.0	1	0	0
名古屋市交通局	東山線 (藤が丘駅～高畑駅)	12,873枚	99.74	25.00	20.83	31.25	5	19	11
伊豆急行	伊豆急行線 (伊豆高原駅～伊豆稲取駅)	1,984枚	99.19	11.11	100.0	5.88	1	0	16

<評価と今後に向けた施策案>

✓ 適合率／再現率ともに100%であり、異常箇所を全て検出



✓ 誤り／見逃しも0件

✓ 横浜高速鉄道は適合率／再現率ともに100%であり、異常箇所を全て検出。誤り／見逃しも0件



✓ 名古屋市交通局／伊豆急行ともに見逃しが多い
(名古屋市交通局) (伊豆急行)



⇒トンネル内環境差異の影響が大きいと考えられる。類似の異常をグルーピングし、それぞれで学習データを収集・反映することで汎用性を高める。

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑥差分検知）」

ソリューション	検証ポイント		検証方法・結果	考察
---------	--------	--	---------	----

項目	目標
----	----

車載カメラソリューション **I** 【定量】AI検知精度 一回の車両走行で90%以上

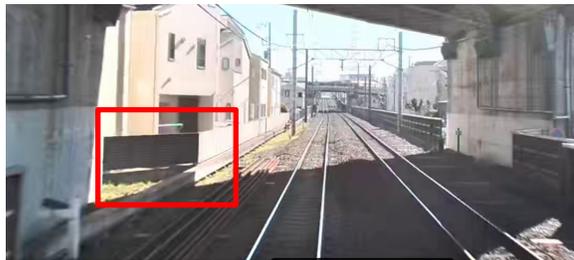
異常検知モデルを活用し単眼カメラで差分のヒートマップ生成に成功。検出閾値を調整することで該当の差分を検出した。閾値調整により、検知したい差分とそうでない差分への適正化をする必要がある。対象を限定して評価を行ったが、閾値が低い場合の再現率は50%以下であった。

異常検知モデルを使用することで、単眼カメラで差分を検知出来ることは検証できた。撮像環境をある程度は吸収できるが、大幅に撮像環境が異なると検出精度は低下する。実用面を考慮するとさらなる改善が必要。

<概要>

- 前方カメラで撮像された動画は5Gネットワークを通してクラウドサーバに送られて保存される。
- 保存された動画はフレーム単位に分割されて、各フレーム(画像)に対して差分検知の推論処理が行われる。
- 推論処理の結果、基準となる撮影画像から「差分がある」と判定された画像を検出する、逆に、「差分がない」と判定された画像は検出対象とならない。
- アプリケーション側はこの推論結果を使用して画面表示を行う。
- ある時点で通常運行している画像を基準画像とする。基準となる画像とは異なる時間で撮像された画像に対して、基準となる画像に比べて一定量の差分がある場合に「差分がある」と判定する。
- この差分の要因として想定される主となるものは「落下物・飛来物等」とする。ただし、主要因以外にも沿線の環境変化によって一定量の差分が発生した場合は「差分」と判定する。なお、一定量の差分に満たない微細な差分については検出の対象としない。
- 検出として、異常度を示すヒートマップを出力する。その後、異常度の大きさに合わせて異常度を判定する。

<サンプル画像>



測定画像(基準画像)



測定画像(基準画像)



判定画像(ヒートマップ処理画像)



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑥差分検知）」

<検証項目>

●実証での測定で一番はじめに測定したデータを基準データとして、そのデータからの差分を検知する検証を行った。基準データからの差分となるので、基準のデータは評価対象とならない。実証で撮影された画像から検知モデルによって差分を検知できるかどうかを検証する。検知対象として、落下物や環境変化(特に建築限界に関する環境変化)について、検出が可能であるか、検出時にどのような課題があるかを検証する。また、画像内でどのぐらいの大きさのものを検知可能かを検証すること、差分量(判定閾値)が検出対象とどのような関係にあるかを検証して、検知モデルでどの程度の差分を検知出来るかの検証を行う。

<検証方法>

●基準となる実証データに対して対象の差分を検出可能かを検証する。あらかじめ指定された差分を検知対象として、検知が出来た場合は正解として、検知が出来なかった場合を不正解とする。検知対象の例としては、資材、樹木や芝(自然物)、対向車、踏切周辺の車両、作業員等である。中でも、特に落下物や周辺環境の変化が検知の対象となる。対向車や作業員などは差分検知の原理上は検知されることになるが、保守上の対象となる異常ではないので、検知しても異常とはならない差分である。

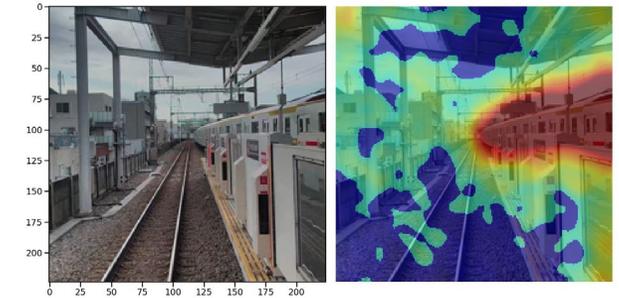
<結果>

●検出画像サイズについての検証を行った結果、全体サイズの2%程の大きさがあれば、検出可能であることがわかった。前方カメラの画角と撮影時の車両スピードにもよるが、車両が対象物に十分に近づけば差分検出のモデルでの検出可能であることを示す。また、差分対象物を指定したときに差分を検出可能であった場合の精度を次ページに示している。差分検出において、検出の閾値をコントロールすると差分が大きいものしか検出しなくなる、一方で、小さな差分でも異常とみなすことが出来る。評価するときには一定の差分があるものを検知対象にした。また、ある程度、撮像環境の画角の違いがあっても差分を検出することがわかった。

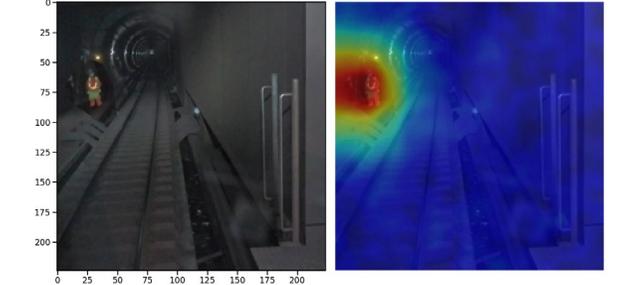
<精度向上対策例>

●異常検知モデルをベースに差分を検出する方法を検証した。検証のモデルでは事前検証の撮像動画は撮像環境がことなるために学習データに含めなかったが、今後、同一カメラで同一撮像環境の画像が増えることでより精度が向上すると思われる。ある程度、撮像環境の画角の違いがあっても検出は可能だが、大幅に違う場合には検出精度が低下してしまうので、アルゴリズムでの工夫が必要となる。

対向車 例：



作業員 例：



差分がない場合 例：



② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑥差分検知）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線における精度（複数回計測時）

1回目の測定データを基準画像として、2回目、3回目に差分があった指定箇所を検出てきているかを評価した。

○条件を限定した場合の参考評価値(検出の該当箇所を指定して評価)

2回目では45箇所を指定して、3回目では38箇所を指定して、この該当箇所が検知出来るかの評価を実施した。

検出閾値を低くして検出を行った場合は、該当箇所を検出出来たが、誤り検出が多くなり適合率が低下した。

一方で、閾値を高くした場合は、検出の見逃しが増えて再現率が低下した。

計測回	閾値	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目(基準)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2回目	低	7,038枚	98.59	61.54	44.44	100.0	40	50	0
3回目	低	6,388枚	98.17	54.26	37.23	100.0	35	59	0
2回目	高	7,038枚	99.35	62.30	90.48	47.50	19	2	21
3回目	高	6,388枚	99.25	55.56	78.95	42.86	15	4	20

○他鉄道事業者での評価

複数回計測した測定データで指定箇所の差分を検出出来ているかを評価した。

○条件を限定した場合の参考評価値(検出の該当箇所を指定して評価)

2回目では33箇所を指定して、限定的な評価を行った。モデルの特性としては同様の結果になった。

計測回	閾値	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目 鹿児島本線	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2回目 鹿児島本線	低	7,700枚	99.10	61.54	44.44	100.0	28	35	0
2回目 鹿児島本線	高	7,700枚	99.48	50.00	83.33	35.71	10	2	18

<評価と今後に向けた施策案>

●差分を検知する際に、閾値を設定して差分として異常にするかどうかを判定している。今回の検証では差分が十分に大きい場合を対象に評価をした。微小な差分を検出するにはさらに閾値の調整が必要となる。

●原理上で差分があるかどうかを検出したが、何か写っているかも判定する必要がある場合、その対象物を検出するモデルを後段に置いて、多段で判定をする。そのようにすることで、異常対象外の検出もすることが出来る。(ただし、検出対象を規定するので、検出できる対象物はあらかじめモデルに組み込まれたもののみになる)

●さらなる検証のために実証データを追加していくことで、検出事象を増やすことができ、差分が発生する事象をより広範に検証することが出来る。

●差分を検知する際に、閾値を設定して差分として異常にするかどうかを判定している。今回の検証では差分が十分に大きい場合を対象に評価をしたが、閾値によって、検出出来る場合と出来ない場合があった。微小な差分を検出するにはさらに閾値の調整が必要となる。

●上記、同様に対象物を検出モデルを後段に追加することで異常対象外も検出することが出来る可能性がある。

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑦余盛）」

ソリューション	検証ポイント	検証方法	検証方法・結果	考察
---------	--------	------	---------	----

項目	目標
----	----

車載カメラソリューション **I** 【定量】AI検知精度 一回の車両走行で90%以上

車両上で実際に撮影した映像を用いてAIモデルを開発。これを用いて車載器で撮影した映像を推論し、結果を確認した。異常を判別出来るている箇所もあるが、すべてパターンを識別するのは難しい場合もあり約65%の再現率となっている。

モデルとして余盛りの場面を判定することは検証できた。しかし、多様なパターンの画像から精緻な高さを検出するためにはさらなる改善とアノテーションデータの整備、データ追加が必要。

<概要>

- 道床(バラスト)はレールや枕木を支え、クッションの役割を果たす。
- 長期間の使用や天候の影響や地盤変動によって、路線が沈んだり位置がずれたりする。
- 余盛りをすることによって、線路のバラストを定期的に増やすことで線路の位置を調整する。
- レール脇の砕石の状況を確認する。
- 正常状態では山盛りになっているが、平らになってくると異常として再度盛りにいく必要がある。

<アノテーション>

- AI学習のために、OK or NGを評価してラベル付けする必要がある。
- 盛りの高さは絶対値で見えており、少し減ったからすぐNGということはない。
- 画角的に地表に近いところの方が判断しやすい可能性もあるが、現状は正面撮影によって判定する。

<サンプル画像>

余盛アリ(OK)



余盛アリ(OK)



余盛ナシ(NG)



余盛ナシ(NG)



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑦余盛）」

<検証項目>

- 前方カメラのモニタリングで余盛りの高さのパターンを検知して保守対象かどうかを判定する検知モデルが可能かどうかを検証する。実証データを余盛りの高さがある画像と高さが無い画像に分類して機械学習のモデルによってこの画像を学習する。この学習した検知モデルを使って、新たに入力された画像がどちらの画像に分類されるかを判定する。
- この判定結果によって、余盛りの高さが無いと判定された画像は異常として検出される。また、この場合、余盛りのない区間は学習データには含まれないため、誤検知として余盛りのない区間を判定してしてしまうことがある。このため、余盛り箇所かどうかの検知モデルを前段に加えることによって、余盛り箇所かどうかの判定を加え誤検知を減らすモデルとしている。

<検証方法>

- 実証データのすべての撮影動画をフレームに分割して入力として、画像推論を行い異常かどうかの判定を行う。異常である場合はアプリケーション上に異常箇所が表示される。評価指標としては適合率またはF値を用いる。F値は適合率と再現率の調和平均をとることによってもっともバランスのよいモデルであるかの評価をするためである。

<結果>

- モデル作成時の評価結果

正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
72.0	72.0	72.0	72.0	36	7	7

<精度向上対策例>

- 学習時のデータ追加、余盛りの低い箇所の学習データが必要であるため、異常となるデータが学習される必要がある。異常データが少ないと、正しく異常箇所を検出できない可能性がある。バラストの異常状態をパターン化して学習させる方法もあるが、こちらの方法をする場合でも異常パターンが必要となる。

誤り例：



高いものを低いと判定している例：



余盛り箇所以外を検出している例：

見逃し例：



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑦余盛）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線における精度（一回計測時）

正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
99.53	76.67	75.68	73.68	28	9	10

○東急電鉄東横線における精度（複数回計測時）

一回の計測で見逃した検出対象を、別計測で検出できたかどうかを評価する。

計測回	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目	8,031枚	99.40	65.71	71.88	60.53	28	9	15
2回目	7,993枚	99.50	71.43	78.13	65.79	30	7	13
3回目	8,093枚	99.58	74.63	83.33	76.57	25	5	12
合計	24,117枚	99.49	70.53	77.66	64.60	73	21	40

○他鉄道事業者での評価

計測回	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
20231212 (鹿児島本線)	7,701枚	97.77	68.84	76.61	62.50	95	29	57
20231214 (鹿児島本線)	7,608枚	97.98	72.20	75.76	68.97	100	32	25
20231213 (天神大牟田線)	8,685枚	98.99	64.52	72.73	57.97	40	15	29
20240125 (伊豆急行線)	2,456枚	95.33	69.15	71.43	67.01	65	26	32

<評価と今後に向けた施策案>

- ✓ 東横線では余盛りの低い箇所が少ないため、学習データに検出対象となるデータが少なくなっている。
- ✓ 見逃しを減らすためには、複数回の測定を行い、見逃しを検出できるようにする必要がある。

- ✓ 余盛りの検出パターンを増やすためには学習データを増やして、モデルがより多くのパターンを検出出来るようにする必要がある。現状のモデルでは余盛りの低い箇所と高い箇所を分類するモデルを使用しており、異常箇所を前方カメラの画像から判定して分類している。このとき、学習データ中に含まれる正常/異常のラベルが正しいことを前提にモデルは学習を行っている。
- ✓ アノテーションを行うときのラベリングの精度を高めることによって対象となる余盛りをより検出できるモデルとすることが出来る。

- ✓ 余盛りの検出パターンを増やすためには学習データを増やして、モデルがより多くのパターンを検出出来るようにする必要がある。
- ✓ 評価をするにあたって、各鉄道事業者のデータを学習データに含める形で評価を行ったので、検出パターンが増えることによって、より様々な異常を検出することが出来るようになる。誤りを減らすためにはデータを増やすとともにラベリングの精度を高めることにより、より対象となる事象を検出できるようになると考えられる。

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑧踏切遮断かんずれ）」

ソリューション	検証ポイント		検証方法・結果	考察
	項目	目標		

車載カメラソリューション **I** 【定量】AI検知精度

一回の車両走行で
90%以上

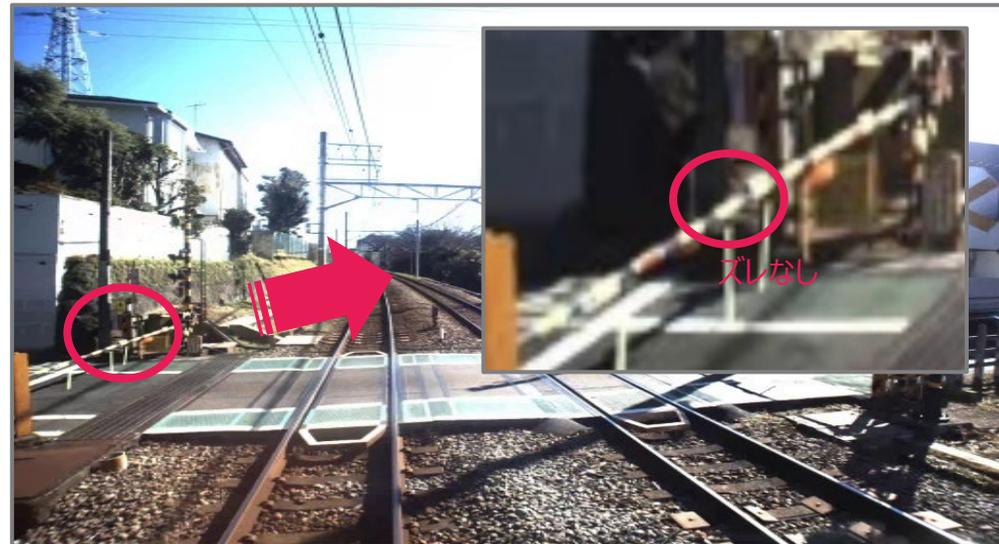
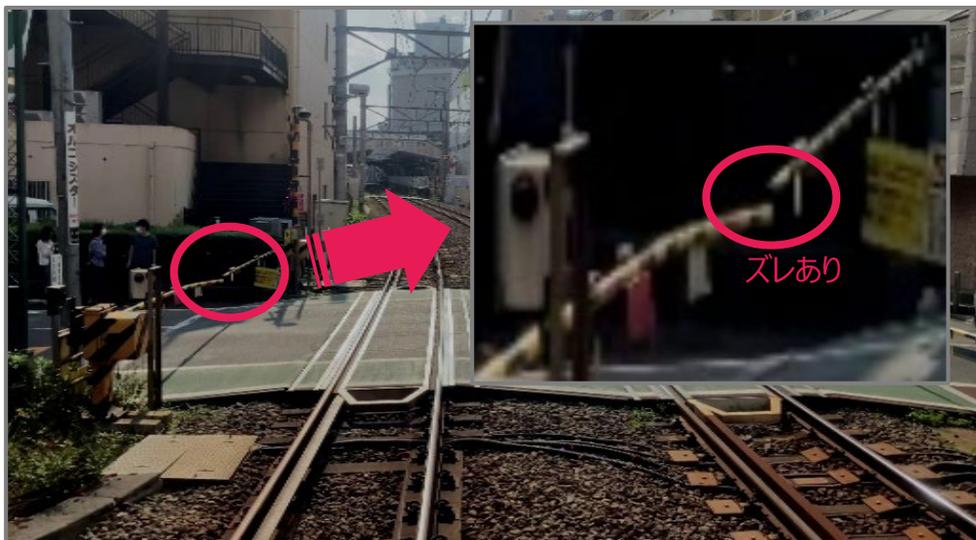
車載器で撮影した映像を推論し、遮断桿ズレの検知を評価した。再現率85%程度であり、一定の精度で遮断桿ズレを検出することを検証できた。各社でも同様の評価精度となり、各社共通したモデルで検出することが出来た。

モデルとして一定の精度を得ることが出来たが、踏切以外を誤検知する場合の誤検知対策は必要であり、さらなるデータ追加によって精度向上が出来ると考える。

<概要>

- 前方カメラで撮像された動画は5Gネットワークを通してクラウドサーバに送られて保存される。
- 保存された動画はフレーム単位に分割されて、各フレーム(画像)に対して差分検知の推論処理が行われる。
- 踏切の遮断桿の保守に活用する。
- 踏切保安設備の保守では遮断桿の水平状態を確認する項目がある。地面から遮断桿までの高さに基準があり、特に遮断桿のズレが生じてないかを確認している。
- 遮断桿ズレを検知して保守対象にする。

<サンプル画像>



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑧踏切遮断かんずれ）」

<検証項目>

●実証データを用いて遮断桿ズレの精度評価を行う。遮断桿ズレの検知モデルに画像を入力して異常を検知出来るかを評価する。遮断桿ズレの検知をする前段階で踏切かどうかを判定するモデルを用いて踏切の判定を行う。このようにすることによって踏切以下の場所を検知する誤検知を防ぐことが出来る。

<検証方法>

- 実証データのすべての撮影動画をフレームに分割して入力として、画像推論を行い異常かどうかの判定を行う。異常である場合はアプリケーション上に異常箇所が表示される。評価指標としては適合率またはF値を用いる。F値は適合率と再現率の調和平均をとることによってもっともバランスのよいモデルであるかの評価をするためである。
- 前年度で試行した精度よりも精度が向上していることを確認する。

<結果>

●R3年度試行結果

正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
97.18	73.61	73.88	73.33	99	35	36

●R5年度 モデル作成時

正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
99.44	87.72	92.59	83.33	50	4	10

<精度向上対策例>

- 遮断桿ズレの学習データ、異常データを追加することによって精度向上を図る
- 踏切箇所を検出するモデルの精度を向上させることにより誤検知を低減させる

誤り例：



見逃し例：



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「I. AI検知精度（⑧踏切遮断かんずれ）」

<実証計測における精度>

○東急電鉄東横線における精度（一回計測時）

正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
99.78	86.79	92.00	82.14	46	4	10

○東急電鉄東横線における精度（複数回計測時）

一回の計測で見逃した検出対象を、別計測で検出できたかどうかを評価する

計測回	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
1回目	8,031枚	99.40	83.56	81.33	85.92	61	14	10
2回目	7,993枚	99.35	84.34	82.35	86.42	70	15	11
3回目	8,093枚	99.46	75.76	64.94	90.91	50	27	5
合計	24,117枚	99.40	81.53	79.74	87.02	181	56	26

○他鉄道事業者での評価

計測回	画像枚数	正解率	F値	適合率	再現率	正解	誤り	見逃
20231212 (鹿児島本線)	7,701枚	98.45	79.31	69.70	92.00	115	50	10
20231214 (鹿児島本線)	7,608枚	98.25	78.18	68.57	90.91	120	55	12
20231213 (天神大牟田線)	8,685枚	99.29	76.34	67.57	87.72	50	24	7
20240125 (伊豆急行線)	2,456枚	93.90	77.29	66.16	92.91	131	67	10

<評価と今後に向けた施策案>

- ✓ 遮断桿ズレの学習データ、異常データを追加することによって精度向上を図る
- ✓ 踏切箇所を検出するモデルの精度を向上させることにより誤検知を低減させる

- ✓ 遮断桿ズレの学習データ、異常データを追加することによって精度向上を図る
- ✓ 踏切箇所を検出するモデルの精度を向上させることにより誤検知を低減させる
- ✓ 学習データを増やすことにより、より多くのパターンを検出出来るようになると同時に、誤りを減らすことに寄与する可能性がある。

- ✓ 遮断桿ズレの学習データ、異常データを追加することによって精度向上を図る。
- ✓ 踏切箇所を検出するモデルの精度を向上させることにより誤検知を低減させる。
- ✓ 学習データを増やすことにより、より多くのパターンを検出出来るようになると同時に、誤りを減らすことに寄与する可能性がある。

IV実証

② 実証結果に対する評価

b.技術検証：「I. AI検知精度」

検出対象	ITベンダーによる評価（考察）	鉄道事業者による評価（考察）
①レール傷	カメラ選定・撮像調整と複数鉄道事業者からの学習データ収集によりレール傷も屋外では一定検知。現時点では他より低い精度も更なる高画質撮影と学習データの拡充により向上の検討を進める。	カメラの選定と撮像調整、さらに複数の鉄道事業者からの学習データの収集により、屋外でもレールの傷を一定程度検知することができた。高画質な撮影と学習データの拡充により、さらなる向上を見込んでいる。
②砕石白色化（あおり）	モデルとしての完成度が高く、他鉄道事業者でも高い再現率を実現。動揺箇所や音声と統合的に確認するUIの拡充で更に改善を進める。	精度改善の手法も蓄積されている。さらなる精度向上の余地もある。また、動揺箇所や音声データとの総合的な確認を行うUIにすることで、利用者の使い勝手をさらに改善していくことが可能である。
③架線樹木近接	モデルとしての完成度が高く、他鉄道事業者でも高い再現率を実現。	高い精度で機能している。ただし、上向きカメラに映り込む太陽の影響は課題だが、複数回の走行によりその影響を回避し、検知することが可能である。
④灯器類視認性	学習データがほとんどない中、生成AIも活用し完成度の高いモデルを開発し良好な結果を得た。	限られた学習データの中で、生成AIも活用して高品質なモデルを開発し、良好な結果を得ることができた。
⑤トンネル漏水滴下	レール側と天井側をそれぞれAI推論し両方とも検知した時のみ対象とする仕組みを構築。トンネル環境差異への対応を引き続き進める。	レール側のAIモデルの完成度は非常に高いことから、天井側の再現率向上に取り組むことで、鉄道事業者間の差異にも対応していくことが期待できる。
⑥差分検知	異常検知モデルを活用し単眼カメラで差分のヒートマップ生成に成功。検出閾値を調整することで該当の差分を検出した。検知したい差分とそうでない差分への適正化を引き続き実施。	撮像環境の一部の変動にもある程度対応できるが、撮像環境が大きく異なる場合には検出精度が低下する。今後の改善に向けた取り組みを継続することで、より高い精度と信頼性を実現することができる。
⑦余盛	異常箇所と正常箇所の特特定とデータ整備が重要であり、ある程度の分類と検知は可能であるがさらなる精度向上は必要であり、精緻に高さを判定するにはさらなるデータ拡充などの検討を進める。	余盛りの判定はある程度の精度を確認出来たが、画像から精緻な高さを検出するためにはさらなる改善とデータの追加が必要である。改善の余地があることが認識された結果である。
⑧遮断かんづれ	遮断桿ズレを検知するモデルの検証をすることができ、前回試行したときよりも精度向上することが確認出来た。誤検知の対策は必要であり、学習データを追加することでさらなる精度向上が見込まれる。	踏切の遮断桿ズレの検知において非常に効果的である。今後は誤検知対策の開発や改善に取り組むことで、精度向上を図っていく。
⑨異音検知	異常音類似の単発音について、非常に高い精度で検知できることを確認。実用化に向けて実際の異常音評価に進めるに十分な成果。	集音状況は確認出来ている。更なる学習データがあれば、環境騒音下での聞き分けも対応可能である。

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅱ.処理時間」

ソリューション	検証ポイント		検証方法・結果	考察
	項目	目標		
車載カメラソリューション	Ⅱ【定量】処理時間	データアップロードから結果出力まで最短10分以内	車両上で撮影したデータをローカル5Gアンテナ設置駅でアップロードし、即時にAI検出処理を実施して処理時間を計測。一部の処理を順次処理、並列処理化することで最短10分程度で画面表示を開始できることを確認。	現状は一部の処理が一括処理や並列数不足で待ちが発生している箇所もある。これらを順次処理化、並列数増強するなど処理構造の最適化を検討していく。

車載器で撮影する動画を各カメラ（3台）ごとに10秒単位に分割し、アップロードされた画像から順次処理を行うようにすることで、結果出力開始までの時間を短縮した。

<動画約100秒あたりの処理時間> アップロードと自己位置推定はアンテナ設置駅間を想定して8分あたりの処理時間

処理内容	処理時間(秒)	概算処理量	単位当たり処理速度	備考
L5Gアップロード※ソリューション処理なし	—	—	300M~400Mbps	バックホール回線（駅からクラウドの通信するためのインターネット回線）でソリューション処理がない場合
L5Gアップロード※ソリューション処理あり	(70)	1296MB	148.5~200Mbps	駅に到着後、車載器からクラウドに直接アップロード
静止画変換・DB登録	10	動画30本	10.4秒/動画	並列処理可能
（自己位置推定）	250	—	—	8分程度ごとに順次処理化する
推論前処理	1	動画30本	0.94秒/枚	並列処理可能
推論処理	325	静止画1000枚	0.7~1.3	並列処理可能 モデルにより処理時間に差異あり。(左記は特発の視認性低下を4並列で処理した場合の時間) ※レール傷検出のみ1件あたり約2.4秒とかなり遅い
表示準備処理	1	検出結果による	0.96秒/回	並列処理可能
画像表示	3	—	—	データ量やネットワーク状態、PCメモリ状態にも依存
合計	590秒 (9分50秒)			L5Gアップロード時間は非加算（アップロード後からの処理時間）

② 検証項目・方法・結果：実証結果に対する評価

b.技術検証：「Ⅱ. 処理時間」

検出対象	ITベンダーによる評価（考察）	鉄道事業者による評価（考察）
ローカル5Gアップロード ／通信状況	L5Gのスループットは約300Mbps出たが、本年度はクラウドまで一気にアップロードする仕組みを採用したため、バックエンド回線の影響を受けて実測値は150～200Mbps程度で昨年度並みを達成。実証時は設定不備や通信端末不良で通信不具合が発生することもあり、不具合発生時に利用者が検知、対応できる仕組みの検討を進める。	実証中の速度に関しては昨年度並みとなっていたが、通信不具合が多く見られた。通信不具合に対応するための仕組み構築が必要という知見が得られた。さらに、マニュアルなどを作成し、適応できる環境を整える必要がある。
AI処理 (データ取込処理全般)	アップロードされたデータから順次表示するため、アップロードから最短10分程度での表示開始が可能。ただし一部の処理は分割や並列数向上などの対策が前提。処理対象の画像サイズ拡大、枚数の増加やAI処理の複雑化などにより全区間の処理終了までは一定程度の時間がかかる。特にレール傷検出は処理負荷が高く処理時間が長い。クラウドの特性を活かし、コスト面には留意しながらも並列処理での時間短縮の検討を進める。	AI処理の複雑化などによりAI処理に時間がかかる。リアルタイム性の向上に向けた検討が必要であり、コストをかけて複数のノードに処理を分散させ並列処理することで処理速度を向上させることが出来るが、アルゴリズムの最適化やキャッシュやメモリの最適化など、処理速度を上げる方法はいくつかあり、他の方法も検討した上で時間短縮の検討を進める必要がある。
画面表示	データ準備完了後は比較的スムーズに画面表示が可能。表示速度均質化のため、1ページにのデータ表示数を固定してページングできる画面構成としたり、動画再生も3画角のうちデフォルト表示は正面映像のみとするなどの改善を図った。 静止画、動画を扱う処理のため、PCのメモリ状況やネットワーク通信速度によっては動きが遅くなる場合もあり、ユーザーインターフェイスを損なわないようバランスを取りながら、取り扱うデータ量の削減も検討を進める。	データ準備完了後の画面表示速度は問題なく、スムーズに表示可能である。ただし、正面、上部、下部の3方向の撮像動画再生時に一部の動画にカクツキや映像の乱れが見られることがあり、この点について改善が必要である。

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

ソリューション	検証ポイント		検証方法・結果	考察
	項目	目標		
車載カメラソリューション	Ⅲ【定性】使い勝手	結果確認アプリケーション画面を含む総合的な使い勝手において、使用者から業務適用可能との評価を得る	AI検出結果を位置情報含めて確認できる結果確認アプリケーションを開発。鉄道事業者にて操作し、使い勝手を含めて業務適用可能かのアンケートを実施した。また車両で計測を行う車載器を開発し、計測操作の実用性を評価した。	結果確認アプリケーションについてはあらかじめ要望を踏まえた開発を行い、機能改善により業務適用可能との評価を得た。車載器はスムーズな取り回しのための改善などに引き続き取り組む。

計測した画像、各種センサーデータの結果を画面に表示するWebアプリケーションを開発し、実際に利用者に使って頂いてアンケートを実施した。

アンケートの項目は以下の通り。

【技術検証】ソリューションの機能面についてお伺いさせていただきます。

1. アプリケーションの全体的な使い勝手について、5段階で評価して下さい。
2. 設問1にて回答して頂いた理由として、特に良かった点、特に悪かった点の記載をお願いいたします。（自由記述）
3. 当ソリューションにおいて機能面で重要度が低いとお考えの項目があれば、選択して下さい（複数選択可）。
4. 当ソリューションにおけるAI検知対象で重要度が低いとお考えの項目があれば、選択して下さい（複数選択可）。
5. 当ソリューションは業務適用可能だと感じましたか。
6. 設問5にて「今後改善・機能追加されれば適用可能」を選択された方にお伺いします。
どのような改善・機能追加があれば業務への適用は可能とお考えですか。設問3の選択肢も参考にご回答ください。

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

<アンケート結果②>

1.総合的な使い勝手

6社平均 3.2点/5点満点

2-1.特に良かった点

回答コメント	備考、補足説明等
<ul style="list-style-type: none"> 道床あおりの状態は、動画と動揺値を同時に確認できるので現場補修計画に活用したい 3方向映像・動揺データ・地点情報を同時に確認できる点 	要望の多い機能であり、更なる使い勝手向上を目指す
<ul style="list-style-type: none"> 画面設計・操作性が容易なのでシステムに慣れていない方でも抵抗なく使ってくれそう 検索条件の入力、出力結果の閲覧等で扱いやすかった アプリケーションの操作性は簡素化されており、PC等の取扱いに不慣れな係員の使用にも問題ないよう配慮されている 	
<ul style="list-style-type: none"> 車両改造が不要であることから、比較的導入ハードルが低い 	ソリューションを導入しやすくする効果がある
<ul style="list-style-type: none"> Webシステムで利用可能な点 	専用ソフトウェアが不要でソリューションを導入しやすくする効果がある
<ul style="list-style-type: none"> 現在は映像・画像による保守データ管理をあまり行っていないため、現地データを蓄積できることが良い 	データ蓄積、参照だけでも効果があるという意見もあった
<ul style="list-style-type: none"> 検索、映像が記録されている日付の強調表示 	要望を受けてリリースに機能追加
<ul style="list-style-type: none"> 静止画だけでなく前後の動画が確認できることは分かりやすい。 	検出結果の静止画から動画にジャンプする機能を用意
<ul style="list-style-type: none"> データ量の割には、動きが軽い。 	動画のストリーミング再生など操作性を考慮

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

<アンケート結果②>

2-2.悪かった点と今後の方向性

回答コメント	備考、今後の方向性等
<ul style="list-style-type: none">確認項目以外の箇所を撮影した誤検知(トンネル・遮断かん・駅・沿線樹木他)が多く見受けられる。また、レール傷を検出した画像を見ても、レール傷の判断がつかない為、カメラの画素数を上げてレール傷の種別を確認できると尚更良い。対象箇所検出の判定基準が曖昧（レール傷で検出した箇所よりも状態の悪い箇所が検出されないことがある）	<p>前者は除外区間設定機能の活用、AI精度向上で対応。後者はレール傷のような小さな対象物はカメラ画質向上による対応を検討</p> <p>判定基準を可視化する。また精度向上、特にレール傷は撮影画像から改善を進める</p>
<ul style="list-style-type: none">軌道のような連続構造物を管理するうえで、非GPS環境下において更なる精度改善が必要検知対象箇所の正確な位置情報（キロ程）、特に上方、下方カメラ画像では位置を特定しにくい	<p>自己位置推定機能の精度向上で対応、また位置情報表示の工夫を検討</p>
<ul style="list-style-type: none">車載機の大きさや設置、撤去が負担である	<p>車両固定で運用頂く形や将来的な小型化、設置撤去の簡素化対応を検討</p>
<ul style="list-style-type: none">実用に向けて更なるリアルタイム性の追求が必要	<p>一括処理の順次処理への分割、並列処理化などで処理速度の改善を検討</p>
<ul style="list-style-type: none">異常検知発報以外に、映像・データを確認できる機能が欲しい（駅間毎にデータが確認できる等）	<p>機能開発としては難しくないため、要望が多ければ実装は可能</p>
<ul style="list-style-type: none">物体検知の赤枠が大きく、特発など対象物が見えなくなっている点	<p>拡大表示機能を実装済</p>
<ul style="list-style-type: none">詳細確認のための拡大を行う際に画面遷移が発生するため、確認に時間がかかる点	<p>一覧画面での拡大表示も検討可能</p>
<ul style="list-style-type: none">検出結果画面で間違えて「誤検知」等の選択をクリックしたときに戻せる機能を付けてほしい	<p>機能開発としては難しくないため、要望が多ければ実装は可能</p>
<ul style="list-style-type: none">動画・詳細・ダウンロード・履歴のメニューが、写真上にカーソルを動かすことで表示されるが、色が薄く分かりづらいので、濃くした方が良い	<p>マウスオーバーで説明を表示するよう実装済。デザイン改善もさらに進める</p>
<ul style="list-style-type: none">検出結果の確認タブでは、進行方向で「未選択」を選択できるが、トップのタブでは出来ないため、出来ることは統一した方が良い	<p>類似箇所の操作感統一など、ユーザビリティ改善をさらに進める</p>

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

<アンケート結果③>

3.機能面における重要な要素

- 画面UI、画質、AI検知の対象種類や精度、自己位置推定や各種センサー精度、車載器など、機能面における重要性について、各社で大きな違いは見られずいずれも重要とのことだった
- 一方で、鉄道事業者によっては結果出力までのリアルタイム性は重要度が必ずしも高くなく、ローカル5Gなしでも使用してみたいという意見が見られた

参考：アンケートに用意した選択項目

- 画面ユーザーインターフェイスの使い勝手
- 画面ユーザーインターフェイスのレスポンス（応答速度）
- 動画、静止画の画質
- 計測から結果確認までの所要時間（リアルタイム性）
- AI検知対象物の種類
- AI精度
- 自己位置推定の精度
- 加速度情報の精度
- 車両からのデータアップロード通信速度（ローカル5G）
- 通信上のセキュリティ（ローカル5G）
- 車載器のサイズ
- 車載器の設置のしやすさ
- 車載器の使い勝手

4.重要なAI検知対象

- 基本的に今回検証した検知対象はいずれも同様に重要という結果となった
- 当然ながら自営業エリアに存在しない対象物は重要でないと、各社それぞれの回答
- またすでに他の検査手法を取り入れている事業者からは、該当区間ではそれは必要でないとの回答を得た

⇒複数鉄道事業者の意見から、妥当なラインアップであることと、適用先鉄道事業者によって希望が異なるであろうことが示唆された

参考：アンケートに用意した選択項目

- レール傷
 - ゲージコーナ剥離
 - 継目部剥離
 - シェリング傷
 - 波状摩耗
- 砕石白色化（あおり）
- 灯器類視認性低下（特殊信号発行機の樹木近接）
- 架線への樹木近接
- 漏水滴下（トンネル天井側水染み）
- 漏水滴下（軌道への滴下）
- 差分検知
- 余盛不足
- 踏切遮断かん水平状態のズレ
- 異音検知

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

<アンケート結果④>

5.業務適用可能性

回答	回答数
(1) 現状のままで適用可能	0
(2) 今後改善・機能追加されれば適用可能	6
(3) 業務への適用は難しい	0

6.回答(2)ので期待される改善・追加機能

- AI精度の向上
- 自己位置推定精度の向上
- カメラ機能、動画・静止画の撮影画質向上(細かなレール傷なども画面上で確認が可能)
- 支障物検知(建築限界支障)、差分検知ができれば、現行の乗車巡視より安全効果も高く業務での適用が可能
- AI検知以外に駅間等でデータ確認できる機能。
- 前回撮影データとの比較検知機能の向上（同時に比較確認が出来る◎）
- 機械化や自動化の投資判断を行うにあたり、現状の業務に要している人員の削減効果が判断基準の一つになる。現地の点検業務の一部(例えば巡視業務のうちの道床状態の確認など)から検討をスタートし、最終的にその業務自体を置き換えることで、判断に繋げやすくなると考える。
- 開発のアプローチとしては、一気に全項目を開発するのは難しいため、検出対象物を優先順位をつけて進める必要があると考えており、最終的に一連の点検対象項目全てを網羅できれば
- 異音検知の精度向上
- 高速軌道検測車と同等の動揺検知

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

可搬型車載器の開発

- 車両改造を行うことなく、運転席にカメラなどのセンサーと記録装置を設置できるよう、可搬型の一体型車載機器を開発した
- 本体にはタッチパネルモニターを採用し、画面にて計測の開始・終了などの操作を行うことが可能

<車載器に求められる要件と実装方針>

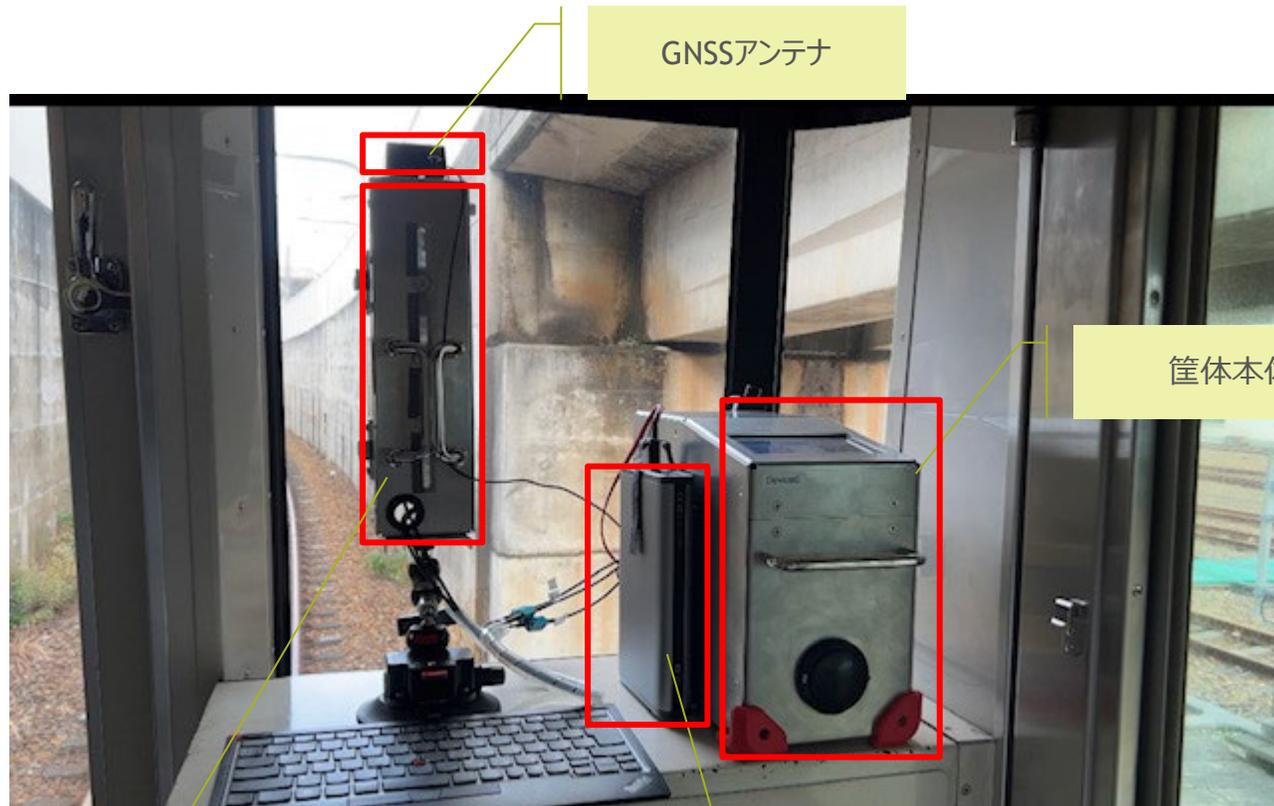
要求事項	実装方針
• 可搬性を持つ一体型筐体	センサー類や制御用コンピュータを金属筐体に収納。設置の柔軟性を確保するためカメラ部分はセパレート型とした。
• トンネル内などの暗い場所で撮影が可能なカメラ	HDR性能の優れるTIER IV社のC2カメラを採用 ※昨年度採用のC1から解像度が向上したC2カメラにバージョンアップ
• 走行中にもブレを抑制した映像撮影が可能なカメラ設定	シャッター速度を2msec～5msecに設定 ※レール傷を撮影する下向きカメラは2msecに設定
• 位置情報の取得	GNSSセンサーを具備（GPS、QZSSなどに対応）
• 車両の動揺把握、自己位置推定に使用するための加速度情報取得	加速度センサーを具備
• 将来的な異音検知に向けた音声の取得	マイクを具備
• ローカル5Gによるデータアップロード	制御用コンピュータにCPEを接続
• 車両から電源を取ることなく稼働	大型モバイルバッテリーへの対応
• 車両上でも容易な操作を実現	タッチパネル操作が可能なGUIを実装

② 検証項目・方法・結果

b. 技術検証：「Ⅲ. 使い勝手」

車載器実装の結果

- ケースに格納した車載器を用いて実証時の計測を実施した
- 計測のために回送列車や検測車を使用できる場合は問題ないが、営業車で短時間での設置には慣れが必要であり更なる改善を検討していく



路線と進行方向を選択

<画面イメージ>



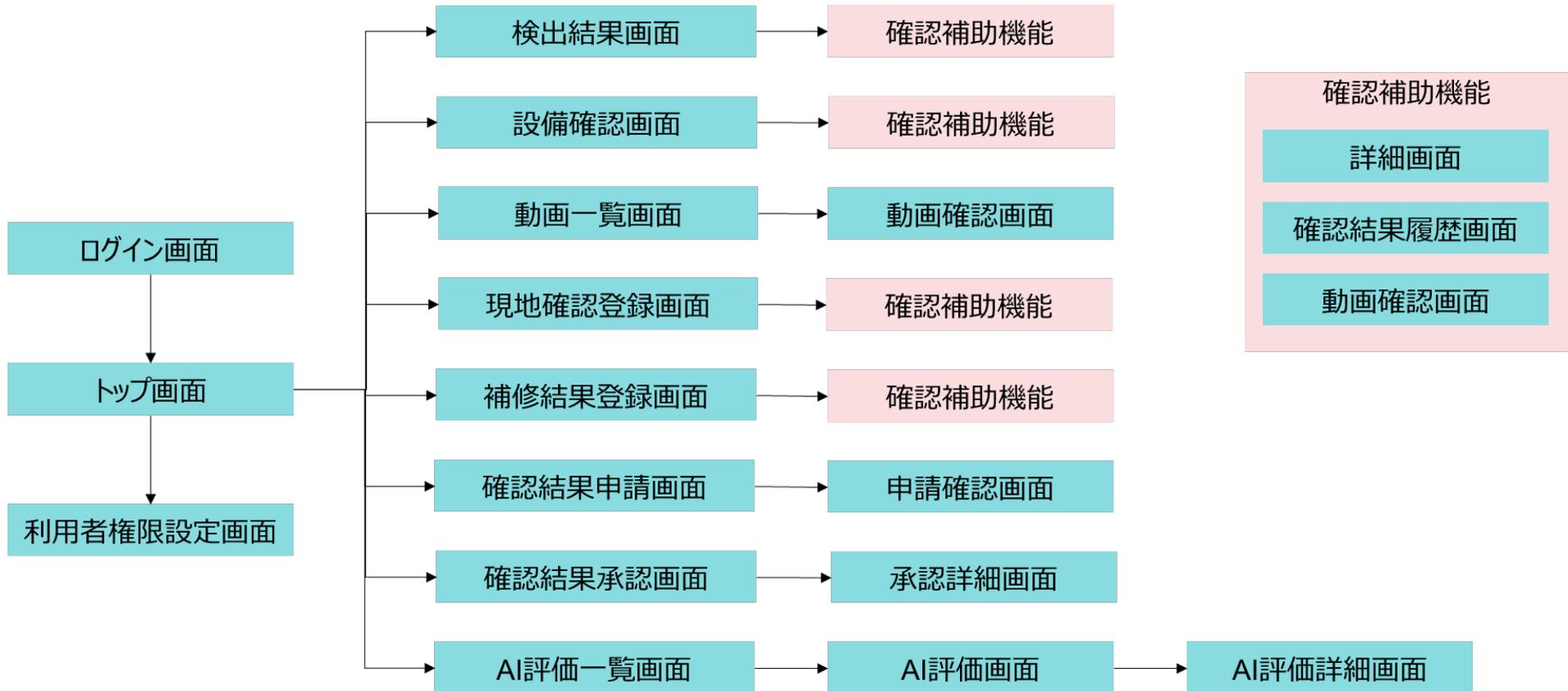
計測開始

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

Webアプリケーション実装内容

- メニューバーと画面遷移図



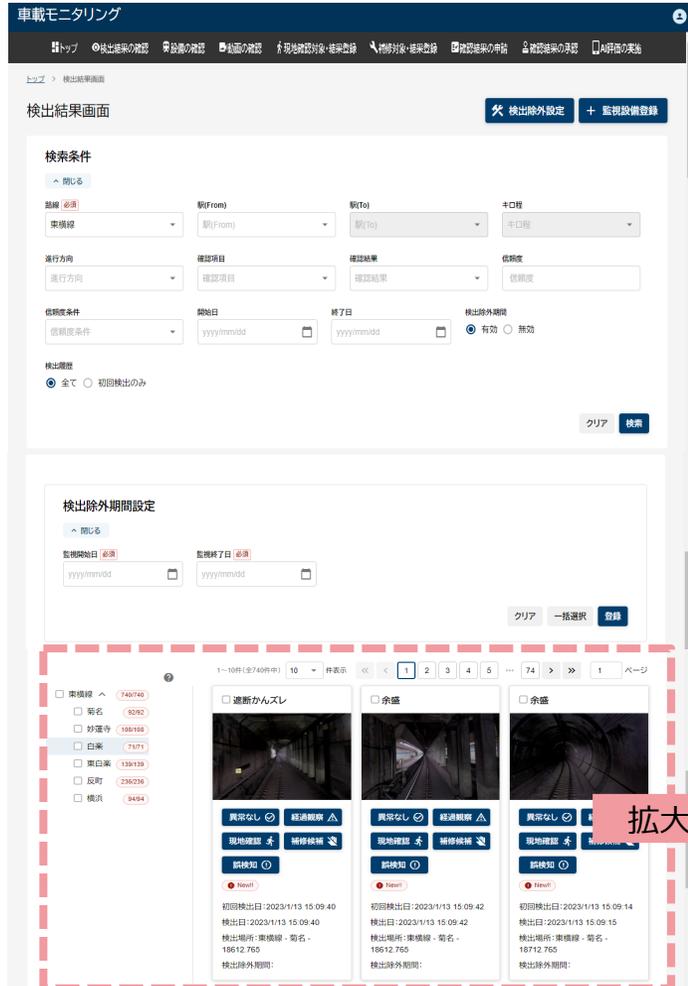
IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

Webアプリケーション実装内容

- 検索条件を入力し、AI検出結果を確認、確認結果を登録することができる



①確認したい場所を選ぶ

②静止画から判断に応じたボタンを押下して、確認結果を登録



③確認結果が現地確認の場合、現地確認登録画面で表示する

拡大

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

Webアプリケーション実装内容

- 動画再生画面では、3つのカメラの動画に加え、振動情報や位置情報を地図上で同時に確認することができる。

チェックボックスを解除することで不要な表示をオフにし、必要な情報の表示領域を確保可能（標準では動画は正面向きのみ）

再生ボタンをクリックすると、全てのメディアを同時に再生する

走行時間中の上下左右の振動情報をグラフ表示

位置情報を地図で可視化

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

Webアプリケーション実装内容

- AI評価画面では、画像ごとにAIの推論結果を評価し、登録することができる。
- 追加学習データとして有用な画像は、ダウンロードすることも可能で、アノテーションを行い、AIベンダーに共有することで精度向上に活かすことが可能

AI評価画面

The screenshot shows a web application interface for AI evaluation. At the top, there's a header '車載モニタリング' and a navigation bar. Below that, a table displays search results. The table has columns for '検出結果' (Detection Results), '評価' (Evaluation), '最終評価者' (Final Evaluator), 'メモ' (Memo), and 'リンク' (Link). The first row is highlighted with a red dashed box, showing a detection of '微妙な異常箇所' (Subtle abnormality) on '東急電鉄' (Keio Railway). A blue arrow points from this row to the detailed evaluation screen.

検出結果	評価	最終評価者	メモ	リンク
	正解	東急電鉄	微妙な異常箇所	評価する
	誤検知	東急電鉄		評価する
	見逃し	東急電鉄		評価する
	誤検知	東急電鉄		評価する
	正解	東急電鉄		評価する
	誤検知	東急電鉄		評価する
	正解	東急電鉄		評価する

検出結果が一覧で表示されるので、画像を確認して評価（正解、誤検知、見逃し、対象外）を入力する。一覧だと画像が小さいので、「評価する」をクリックすると大きな画像で確認、評価の入力ができる。

AI評価詳細画面

The screenshot shows the detailed evaluation screen for a specific image. It features a large image of a train on tracks. A red box highlights a specific area on the tracks, labeled 'AIの検出結果' (AI Detection Result). Below the image, there are four buttons for evaluation: '正解' (Correct), '誤検知' (False Detection), '見逃し' (Missed), and '対象外' (Out of Scope). A callout bubble points to these buttons with the text '評価を入力' (Input Evaluation).

② 実証結果に対する評価

b.技術検証：「Ⅲ.使い勝手」

検出対象	ITベンダーによる評価（考察）	鉄道事業者による評価（考察）
車載器	<p>本体装置一式をケースに組み込み、タッチパネルで容易に操作ができる一体形状（カメラ部分はセパレート型）の車載器が開発できた。一方で形状や取り扱いについて、様々な設置場所を想定した結果、短時間でスムーズな設置にコツが必要となった。また市販機器の組み合わせをベースに金属ケースに組み込んだため、重量やサイズが大きくなってしまった。今後は試験運用を重ね、出てきた課題や意見を踏まえた機能拡充を検討する。</p>	<p>実証期間中、車載器の初期モデルから重量を約3キログラム減らすなど、持続的な軽量化に取り組んだ成果があった。ただし、実際の運用検証では、設置や取り外しに手間がかかり（ケーブルの取り回しも含めて）、列車の折り返しや乗務員交代のわずかな時間の中で対応できず、未計測区間が生じてしまうことが分かった。また、車両ごとにフロントガラスの形状が異なるため、カメラの画角設定に時間がかかることもある。さらに、L5G設置駅への進入時の通信状況や走行中のカメラの動作など、正常に稼働しているかを確認するための表示機能がないため、判断が難しく、これらの課題について改善が必要である。</p>
Webアプリケーション	<p>UI（ユーザーインターフェイス）に関する要望を事前に確認し、リリース後も改善を繰り返すことで使い勝手の向上を図っており、ある程度高い満足度を得た。動画再生画面で位置情報、振動情報も同時に確認できるようにしたが、複数のセンサー情報を統合的に利用できるようするためには更なる改善も必要。今後は様々な業務運用に組み込める結果出力などの外部連携機能なども検討していく。</p>	<p>UIに関しては、直感的な操作性があり、使いやすい。ただし、AIの精度向上のために実装したAI評価機能は操作がやや難しく、運用が定着することで徐々に浸透していくことを期待している。現場の声を基に改良を重ね、より使いやすいUIに改善していく。</p>
自己位置推定	<p>GPSによる位置情報を取得できない地下区間への適用を目指し、加速度センサー取得値による自己位置推定の仕組みを構築した。GPSで位置情報が取得できた場合はそれをういた精度補完にも対応。また画像による駅判定と停止判定のロジックを組み込み精度向上を行った。ロジック改善に加えて、センサーデバイスの機能を追加したり、最新の測位方式を用いるなどハードウェア面からの改善策など、さらなる精度向上に向けて改善手法を検討していく。</p>	<p>屋内での走行時には、GPSセンサーが機能しなくなることを事前に予想しており、加速度センサーを使用した検証を行った。しかし、計測開始地点を誤るとその後のデータが全てずれてしまうという問題があり、定点で自己位置を推定し、補正できるようにするために改良が必要である。現在は、画像を使用した駅の判定や停止判定のロジックを組み込んで精度向上を図っているが、さらなる精度向上に期待する。</p>

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：「異音検知性能」

検証ポイント		検証方法・結果	考察
項目	目標		
IV 【定性】異音検知性能	車両上での集音データによる異音の識別ができる	車両にマイクを搭載し音声を収録、データ分析を行うことで添乗点検時に確認している異音を検出できる特徴を持つかどうかを調査した。	収録データ内に含まれる検知対象音に類似した単発音（継ぎ目音など）を検出することが確認された。しかし、実用化に向けては実際の通知対象の異常音を使用した性能評価が必要であり、各事業者の列車走行音特性の確認や、検出対象の異音の種別、リアルタイム性の確保などを考慮した検討が必要である。

◆評価条件

検出対象	単発音（継ぎ目音、分岐器部通過音、レール剥離）
検出フレーム長	1秒
対象マイク	床下指向性
走行音全体のフレーム数	2,453フレーム
検出対象を含むフレーム数	115 フレーム

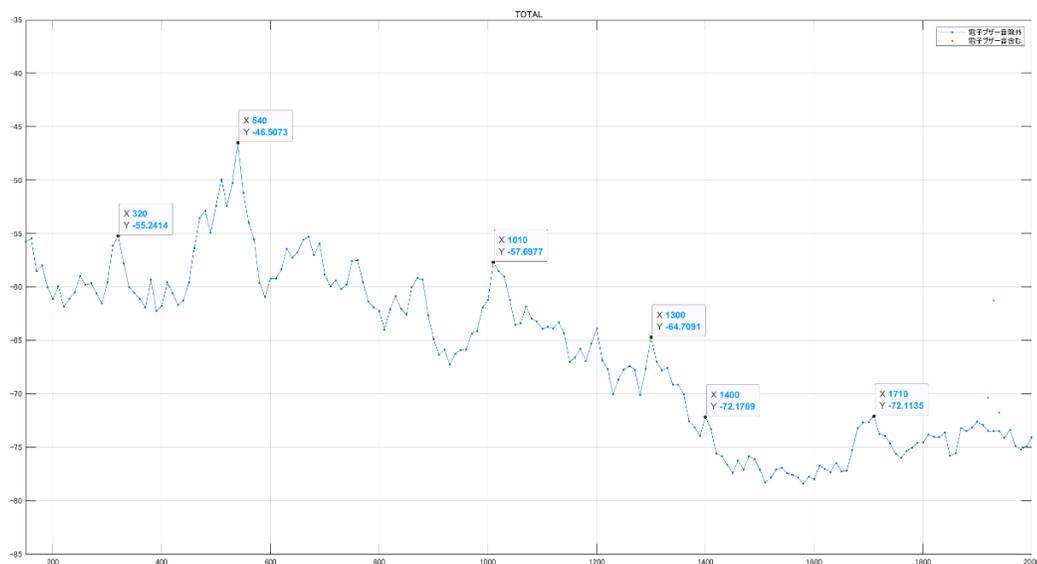
◆評価結果

検出率	100% (115/115)
誤検出率	13% (303/2338)

② 検証項目・方法・結果

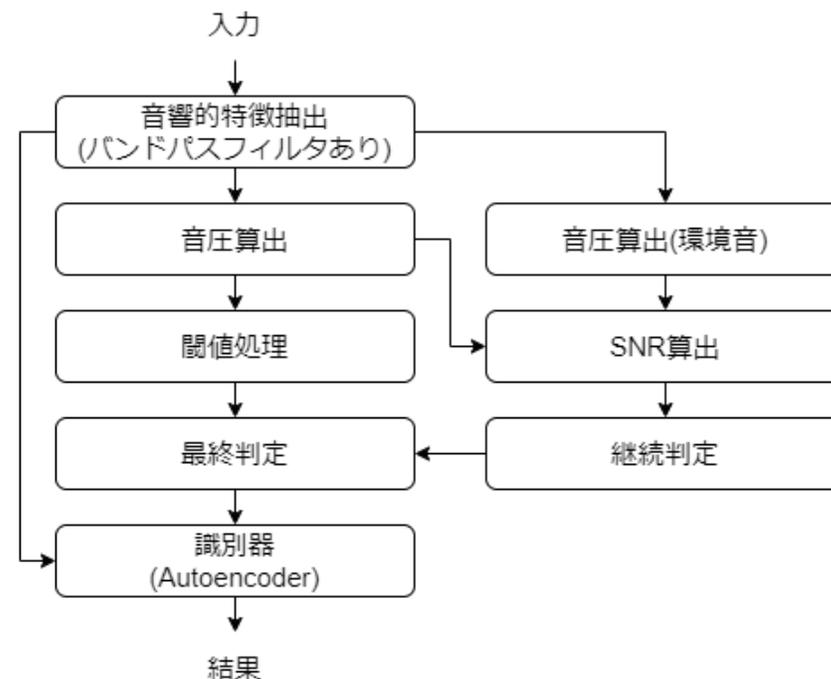
b. 技術検証：「異音検知性能」

◆ 検出対象のスペクトル分析結果



検出対象は500Hz付近の成分が最も大きく、500Hzから周波数が高くなるにつれて成分が小さくなり、1500Hz付近で下げ止まる。また、1700Hz付近や300Hz付近にもピーク成分が確認できるため、バンドパスフィルタの通過域は200～1800Hzとする。

◆ 検出アルゴリズム



入力音に対してバンドパスフィルタによる帯域制限を設けた上で音響的特徴量の抽出、音圧算出および閾値処理、環境音の音圧とのSNR算出および継続判定を行い、一定音圧以上・一定SNR以上・継続音ではない箇所に対して音響的特徴量に対する識別器による異常判定を行う。

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：自己位置推定

1. 背景と目標

＜線路近辺の異常が発見出来ても位置がわからないと保全に行けない
GPSデータは地下では使えない＞

- 位置をGPSを使わず推定することは困難なため他のデータを用いて位置を推定する必要がある
加速度データは取りやすいが、単純な数値積分で速度を推定すると誤差が時間の3乗に比例

＜東急東横線ーみなとみらい線には複数箇所の地下区間が存在＞

- 東横線:渋谷ー中目黒、自由が丘ー多摩川、東白楽ー横浜間
- みなとみらい線:全区間

＜名古屋市交通局ー東山線,鶴舞線も多くの地下区間が存在＞

＜保全員はキロ程表示をベースに位置を確認＞

そのため暫定的な精度目標として100m前後を目指す

- キロ程:概ね100m間隔で置かれる距離指標
- キロ程は物理的に存在しているが位置、形等様々で画像検出は難しい



東横線からの撮影動画
から目視で検出した
キロ程

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：自己位置推定

1. 背景と目標

<線路近辺の異常が発見出来ても位置がわからないと保全に行けない
GPSデータは地下では使えない>

- 位置をGPSを使わず推定することは困難なため他のデータを用いて位置を推定する必要がある
加速度データは取りやすいが、単純な数値積分で速度を推定すると誤差が時間の3乗に比例

<東急東横線ーみなとみらい線には複数箇所の地下区間が存在>

- 東横線:渋谷ー中目黒、自由が丘ー多摩川、東白楽ー横浜間
- みなとみらい線:全区間

<名古屋市交通局ー東山線,鶴舞線も多くの地下区間が存在>

<保全員はキロ程表示をベースに位置を確認>
そのため暫定的な精度目標として100m前後を目指す

- キロ程:概ね100m間隔で置かれる距離指標
- キロ程は物理的に存在しているが位置、形等様々で画像検出は難しい



東横線からの撮影動画
から目視で検出した
キロ程

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b. 技術検証：自己位置推定

2. PoC 内容と方法

<状態空間モデルとSMCを用いた位置、速度、加速度の同時推定>

- 地下の加速度データからも地上部のGPSデータからも位置推定ができる方式
当該時刻のデータだけでなく前後情報を使ったより精度の高い推定が容易

<角速度データから上記内容に追加し姿勢も同時推定する方式も実験>

- 線路勾配により本来観測したい進行方向の加速度に重力加速度が乗る
角速度データから現在の車両の姿勢を同時推定、重力分加速度の影響を除去

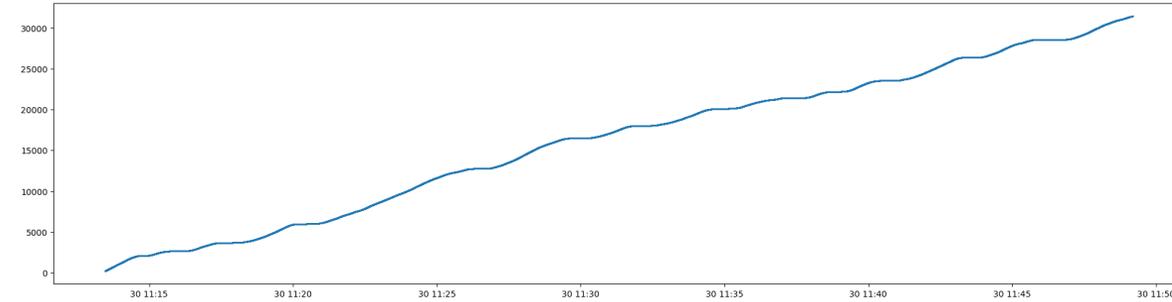
<画像から停止か否かを判定、どこの駅に停止したかを検出GPSデータの補完を行う>

- GPSデータが取得できない地下区間で位置取得を狙う
他の路線での使用、特に地下鉄等全線地下区間の路線にも対応できることを目指す

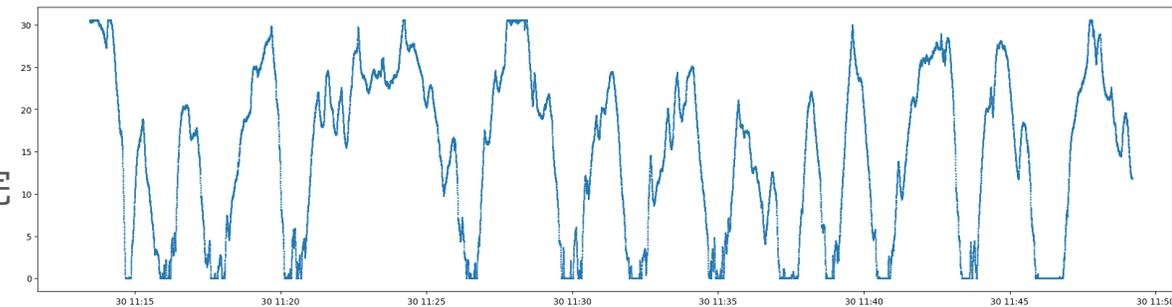
<複数路線からのデータを用いた検証>

- 東急東横線、名市交鶴舞線、同東山線、伊豆急行線で同様の方式で実験

推定位置



推定速度



駅判定

IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：自己位置推定

3. 結果と残課題

<単純な加速度の累積よりもはるかに良い推論結果>

- 単純な数値積分法では停止を判定することが困難だが本手法では可能
異なる路線でも活用可能

<停止駅検出方式は精度向上に大幅に寄与した>

- 角速度の方式はモデルが大きくなりすぎたことも含め期待された作用は得られなかった
類似条件下で駅検出用の写真が撮影しやすい地下で良く働き、GPSと補完的な作用

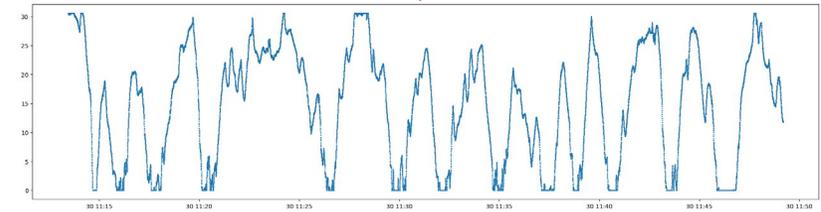
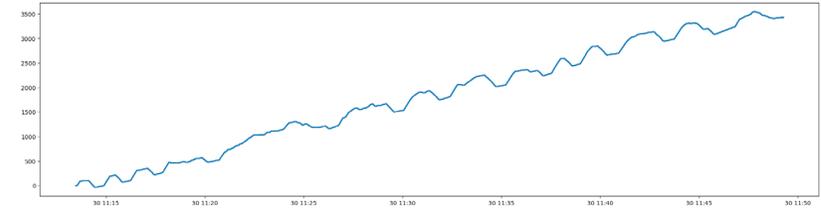
<精度指標の精緻な算出には正解データの自動算出が必要>

- 位置推定に使える情報は既に活用されており、推定結果の精度を自動検証するしくみが
必要になるが、正解のデータを準備する必要がある。この場合、目視によるキロ程検出を
行い、画像から正解データを生成する。これは自動化出来ない場合は、実施可能では
あるもの著しく労力を要することとなる。

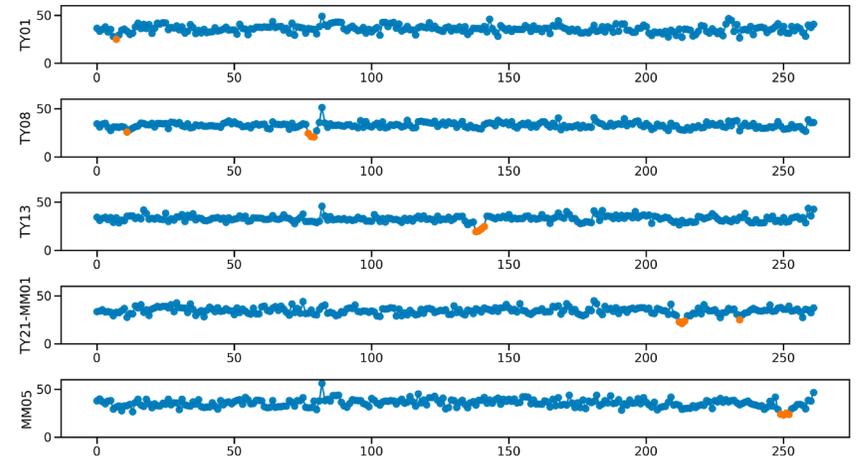
<センサーデータと画像判定による複合的なモデル>

- 本実証では、GPSと加速度センサーデータと画像処理の複合的なモデルを使用することによって、
自己位置推定の精度を高めることを確認することが出来た。今後に向けては、RTK(Real Time
kinematic)測位など、測位精度を高める仕組みを採用するなど、さらに誤差の少ない仕組みを
使用したデータを使用することで推定する位置精度の向上が図られるものとする。

速度推定の改善



駅停止検知方式により、停止と駅を判定



IV実証

② 検証項目・方法・結果

b.技術検証：自己位置推定

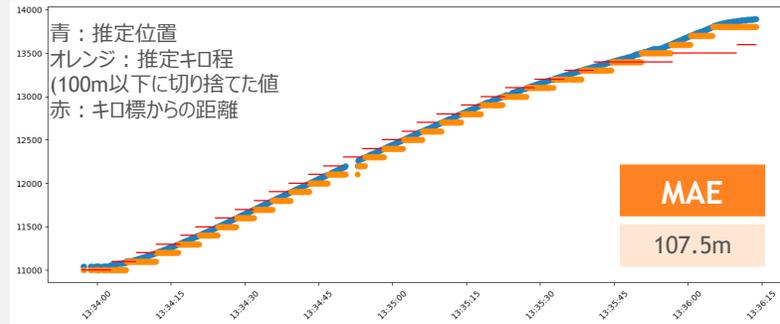
<実証計測における精度>

○前年度実証での評価

GPSと一部センサーを用いた補正を行ったが、精度表示としては最大で±300mとなり誤差量は大きいものとなった。さらに、GPSの電波受信ができない場合では水平誤差は1000mを超えることもあり、地下区間においてGPSのみで車両位置を推定するにはさらなる改善が必要となっていた。

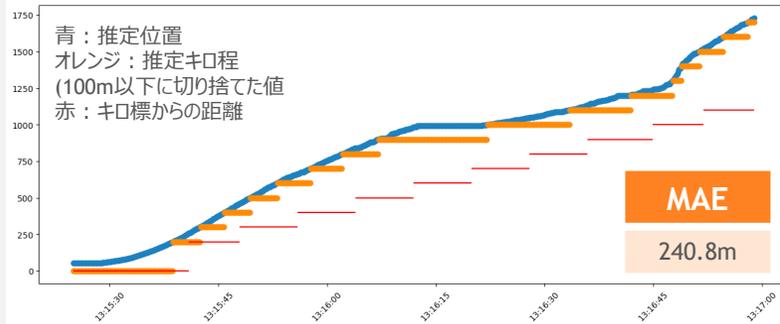
○屋外区間における精度評価

東急東横線におけるの実証データを対象として、精度評価を行った。評価は一駅の区間を指定している。グラフの縦軸は距離で横軸は時間となる。グラフの青色は距離の変化を示す。推定した距離から100m以下に切り捨てた値をオレンジ色で表示している。赤色の線はキロ標からの距離を示している。画像から距離を算出して正解のデータとした。精度評価指標として平均絶対値誤差(MAE)を用いて誤差の評価を行った。



○屋内区間における精度評価

東急東横線におけるの実証データを対象として、精度評価を行った。評価は一駅の区間を指定している。グラフの縦軸は距離で横軸は時間となる。グラフの青色は距離の変化を示す。推定した距離から100m以下に切り捨てた値をオレンジ色で表示している。赤色の線はキロ標からの距離を示している。画像から距離を算出して正解のデータとした。精度評価指標として平均絶対値誤差(MAE)を用いて誤差の評価を行った。



<評価と今後に向けた施策案>

- ✓ GPS受信出来る区間についてはGPSの精度に依存する位置精度となる。ただ、GPSの電波受信状況は場所によって異なるため、受信強度によるところが大きい。
- ✓ 概ね一般的なGPSの精度範囲に収まっているが、受信強度が良ければさらに精度は良くなることが想定される。アンテナ位置による工夫や精度の良いデバイスを使用することによってさらなる精度向上が見込まれる。

- ✓ 屋内区間においてはGPSは受信できない前提で、加速度センサーによる推定が行われる。加速度センサーは勾配の影響を受けるため、設置環境や走行によっても誤差が生まれる要因となっている。
- ✓ 今回の評価では、まったくGPS受信が出来ない場合に比べて一定程度の誤差範囲に収まっている。
- ✓ また、画像による駅位置判定を組み合わせることによって、精度を向上させる検証も行っている。
- ✓ 勾配の影響を削減するためのロジック改善やデバイスの改善をすることによってさらなる精度向上が見込まれる。

② 検証項目・方法・結果

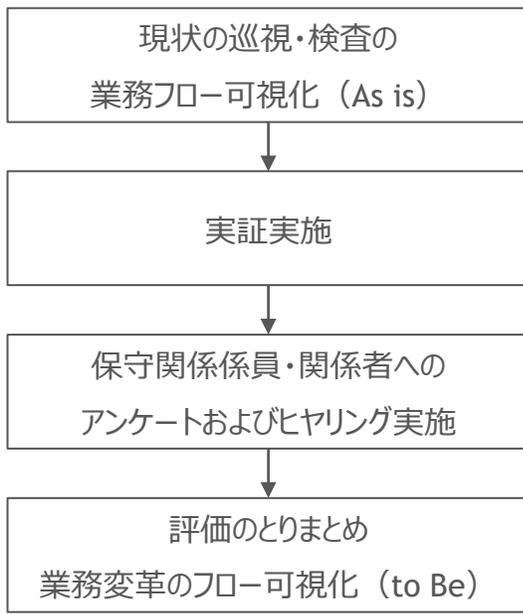
c.運用検証：「業務フロー変革」

ソリューション	検証ポイント	検証方法・結果	考察
---------	--------	---------	----

	項目	目標	
車載カメラソリューション I	運用方法の確立 （現行業務フローとの 変革・改善検証）	本ソリューションを活用 した全自動化、半自動 化業務の区分整理を 行い、業務変革・改善 を行い、重要業務にリ ソースをシフトさせる	・保守関係係員、施設管理者、コンソーシアムメンバーへの アンケートによる検証を行い、運用方法や現行の業務に対 し、業務効率性向上の観点を検証し、より重要な業務に注 力・シフトできるかを確認する意見交換を行った。 ・一定の効果が見込まれるが、運用の定着が重要であると いう結果を得た。

本ソリューションが目指すべき姿や業務変革に向けて、As is to Beの考慮した新しい業務フローを可視化した。それに基づいて意見交換などを実施、現場業務にソリューションを浸透させるため、運用検証を継続し、必要な改善を行っていく予定である。

■ 検証フロー



■ 線路巡視・検査業務の区分

種別	業務目的 ※1	実施頻度 ※2
乗車巡視	動的管理・周辺環境変化	エリア毎に2日/回
徒歩巡視	静的管理・状態監視	エリア毎に1週/回
検査	数値管理	予め定めた検査周期

} 本ソリューション
影響範囲



※1 一般項目のみ記載、目的は事業者毎に設定
 ※2 頻度は列車運行頻度等と加味し、事業者毎に設定

② 検証項目・方法・結果

c.運用検証：「業務フロー変革」



現状

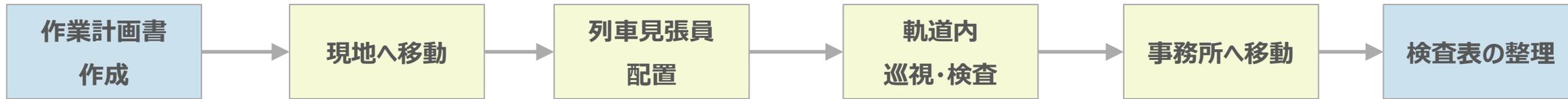


リアルタイムの現地映像を事務所で確認



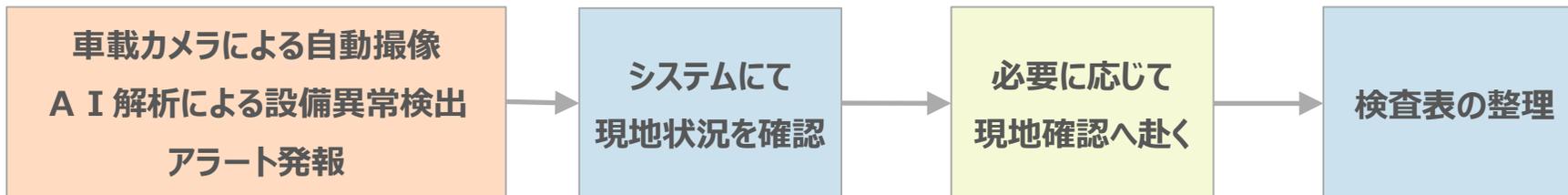
AI解析により設備異常を検出

■ 現状の業務フロー (As is)



リアルタイム性の向上・現地作業量の減少

■ 将来ビジョンの業務フロー (to Be) ※



- ・現状リソースの適正化
- ・重要な業務に注力、シフトする（働き方の変革）

② 検証項目・方法・結果

c.運用検証：「業務フロー変革」

■ アンケート結果

- ・人手不足に直面しており、将来的に労働人口の減少、沿線人口の減少、新しい生活様式の確立と変化に伴う輸送量の減少が予想される中で、既存の業務の早期効率化と高度化が求められている。
- ・列車の動揺、通過時の異常音、建築限界の支障など、乗車巡視で重点的に確認している項目をこのソリューションで代替できれば、乗車巡視の頻度を延長し、業務の効率化が期待できる。
- ・データが蓄積されることによるデータを活用した新たなメンテナンス業務プロセスの創出が期待できる。
- ・センシングデータなどの情報蓄積及びアウトプットの改善と、分析機能の追加を検討することで、業務フローの改善を図る可能性が広がる。
- ・現地での設備点検業務に多大な人手と労力が必要とされている中、本ソリューションを用いることで、事務所や自宅などから点検作業を実施し、技術者が不具合箇所の判断に集中できるようになることが期待される。

■ コンソーシアムメンバー（鉄道事業者）より寄せられた主な意見

- ・国交省との協議が必要であるが、何かを始めると同時に何かを辞めることで、より効率的な取り組みが可能となる。巡視・検査の頻度を減らしたり、項目を見直したりするための協議には準備が必要であるが、前例があれば、よりスムーズな協議が進められる環境を作り出すことができる。
- ・国が求める安全・安定輸送の確保を持続的に行うためには、現時点では人の関与が必須であるが、採用環境は厳しい状態にあり、それを乗り越えるための取り組みを行っている。パートナー企業の技術者数の維持も含め、将来の持続性を確保するために積極的な対策を講じる必要がある。
- ・業務オペレーションの変革にはデジタル技術の活用が期待されているが、鉄道の現場とデジタル技術の推進はユーザードリブンになりやすく、現場での定着に時間がかかる。そのため、早めに取り組むことが重要であり、本ソリューションの継続活用により得られる時間の有効活用は、事業者ごとに事業環境を考慮し、より重要な業務に集中することができるようになる。

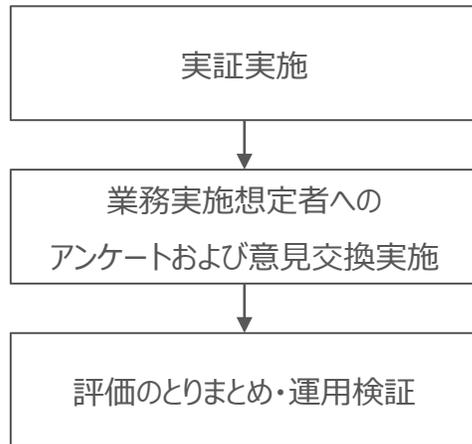
既に人手不足が深刻化しているため、現状の運用体制では持続不可。早急な着手が必要！

② 検証項目・方法・結果

c.運用検証：「業務オペレーション変革効果、技術伝承効果」

ソリューション	検証ポイント		検証方法・結果	考察
	項目	目標		
車載カメラソリューション	II 業務オペレーションを通じた改善検討（鉄道事業者による評価・再学習）	保守関係係員が持続的に利用・活用可能なソリューションの確立	保守関係係員における、実データ・システムの運用体験を通じたアンケートによる検証を行い、システムに関しては、好意的な感想を多く受けることができた。（東急電鉄）コンソーシアムメンバーに対する運用方に関する意見交換を行った。	保守関係係員による運用を考慮したシステムは、使いやすさに優れており、直感的に操作できることが確認できた。操作の経験を積みながら、運用の定着を目指していく。
	III 新たな業務オペレーションによる技術伝承	ソリューションを活用した新しい保守業務における技術伝承	ソリューションの運用体験を通じたアンケートによる検証ソリューション運用による技術伝承に関するコンソーシアムメンバー間での意見交換を行い、技術伝承の効率化・高度化に寄与する事を確認。	異常データの一元管理と可視化技術は、技術伝承に大きく貢献する。ただし、データだけでは完全には伝えられない要素があるため、主に技術伝承の高度化に大きな影響を与えると考える。

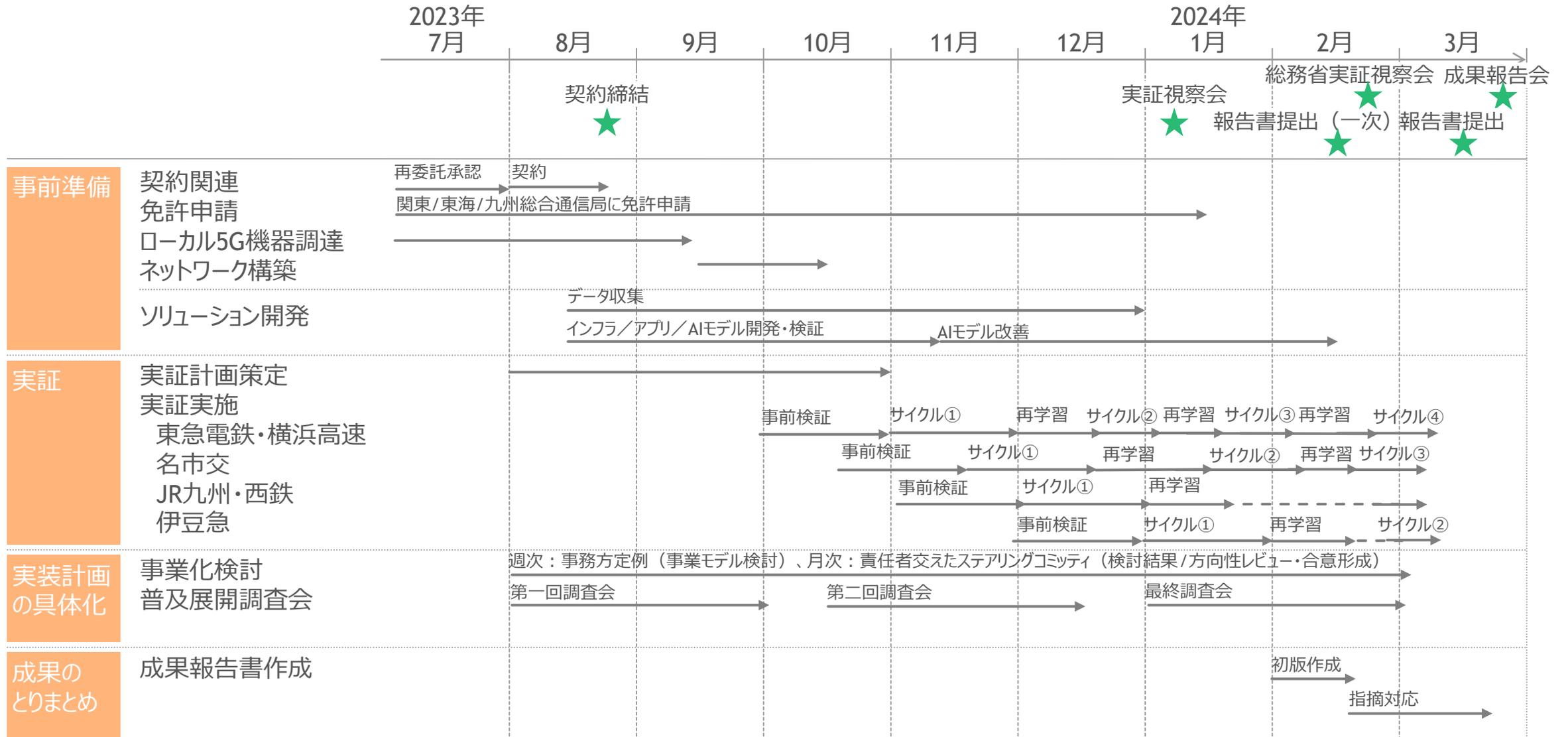
■ 検証フロー



■ 保守関係係員におけるシステム運用体験による主な意見

- ・システムによる設備異常等のアウトプットの確認は、直感的に操作が可能である。
- ・現在の業務とは異なる運用になるため、特にAI精度向上サイクルは受け入れにくいと感じられている。鉄道事業者内での運用定着を目指すためには、専属の社員を配置するなどの検討が必要である。
- ・運用が定着することで、熟練技術者への浸透も期待できる。鉄道技術者の仕事は外勤が多く、肉体的な負担も大きい。働き方の選択肢とし、肉体的負担を減らし、経験を活かす働き方の選択肢が増えることで、就労期間の延長や再雇用の活用などの可能が増え、熟練技術者の蓄積した経験を可視化・伝承することに可能性を感じる。

④ 実証スケジュール



5 リスクと講じた対応策

リスク		講じた対応策	
	項目	概要	
事前準備	無線免許申請	ローカル5Gで使用する無線局に対する免許申請における取り扱いについて、新規エリアとなるため、免許申請・免許交付が計画より遅れ実証スケジュールに影響が生じるリスクがある	免許申請書類の記載方法、実証スケジュールに基づく免許交付希望日程について、各地域の総合通信局と密に打合せを実施し計画通りに免許交付なされるよう取り進めることが出来た。
実証	実証時の気象条件	車両での実証実施時に、想定と異なる気象条件となることで、最適な結果が得られないリスクがある	対象地域の気象予報を事前に確認すると共に、万が一に備え複数の予備日も併せてスケジュールリングした。実証当日の天候以外に実証がうまくいかなかない等の不足な事態に対応できるよう関係者含め予備日の確保、前日のブリーフィングを実施することで準備を講じた。
実装計画の具体化	実装スケジュールの遅れ	24年度に東急東横線で実装・モデルケースを構築し、25年度に横展開の予定であるが、上記リスク要因等影響により本年度成果不足、結果、翌年度のモデルケース構築に支障が出る可能性がある	実証に留まらない実装・普及展開に向けた検討会を関係各社の全階層にて設け（通常検討会は週次、マネジメントを含めた月次、トップマネジメントを含めた四半期で実施）、イシュー管理・リスクミチゲーション等のPDCAサイクル実行、実装の条件明確化・合意形成、事業化構想の深化など議論推進し、24年度からの実装に向けて議論を継続している。
成果のとりまとめ	各実証フィールドでの成果取得	ステイクホルダーが多岐に渡る大規模な共同実証のため、各種調整・課題対応に追われる等の検証リソース分散により各フィールドによる成果にばらつきが出てしまう可能性がある	各地域毎の検証項目を明確化、PDCAサイクルを回しながら進捗を管理、加えて必要に応じて関係各社とリソースアロケーションの調整をしながら進めることで各フィールドでの実証成果の最大化を実施。また、住友商事/東急電鉄を中心に各フィールド毎の成果を取りまとめ、鉄道業界全体に広く展開する為に必要な道筋の整理を実施すると共に、他分野への横展開も見据えた ⁸⁹ 議論を空港事業者等と継続して実施している。

6 PDCAの実施方法

課題把握を実施する体制

対策を立案・実行した体制

通常時

①コンソーシアム全体定例会（週次）

- 方法：Web会議
- 体制：住商主催、コンソーシアム企業全社参加
- アジェンダ
 - 週次準備・進捗の状況確認
 - イシュー/リスク管理表を用いて未然防止施策を議論



- 毎週水曜日10時より(1h)で実施。
- ソリューション及びL5G環境の構築状況、実証結果等を共有。

②ソリューション定例会（週次）

- 方法：Web会議
- 体制：住友商事、東急電鉄、Insight Edge、SCSK、鉄道事業者
- アジェンダ
 - 実証計画擦り合わせ
 - AI開発進捗共有・課題議論



- 以下定例会を週次にて実施。
 - 東急電鉄との実装に向けた定例会。
 - 各鉄道事業者とのソリューション定例会。

③実装・普及横展開に向けた意見交換会（月次）

- 方法：対面会議 or Web会議
- 体制：住商、東急電鉄、東急(株)、鉄道事業者

④事業化検討会（週次、月次、四半期毎）

- 方法：対面会議 or Web会議
- 体制：住商、東急電鉄、東急(株)
- 頻度：通常検討会は週次、マネジメントを含めた月次、トップマネジメントを含めた四半期



- ③実装・普及横展開に向けた意見交換会（週次）
- ④事業化検討会（四半期）

緊急時

緊急即日会議

課題発生時の情報共有（コンソ内即一報を徹底、必要に応じてBCG様/総務省様へご相談）

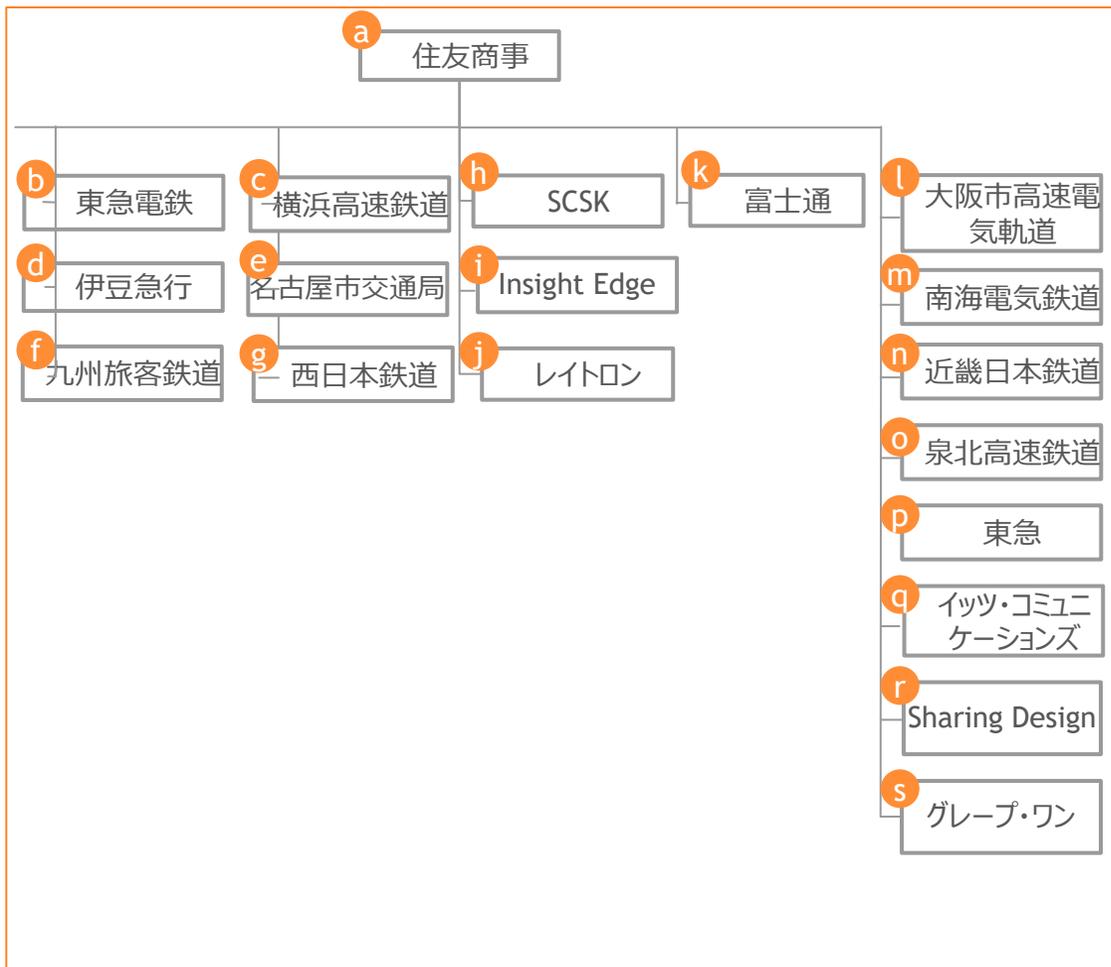
- 実施条件：全体進捗に影響を及ぼす問題が発生した場合
- 方法：メール、必要に応じてweb会議開催
- 体制：住商、東急電鉄 + 当該コンソ企業



- 全体定例会及び個別会議にてマネージ。

7 実証の実施体制

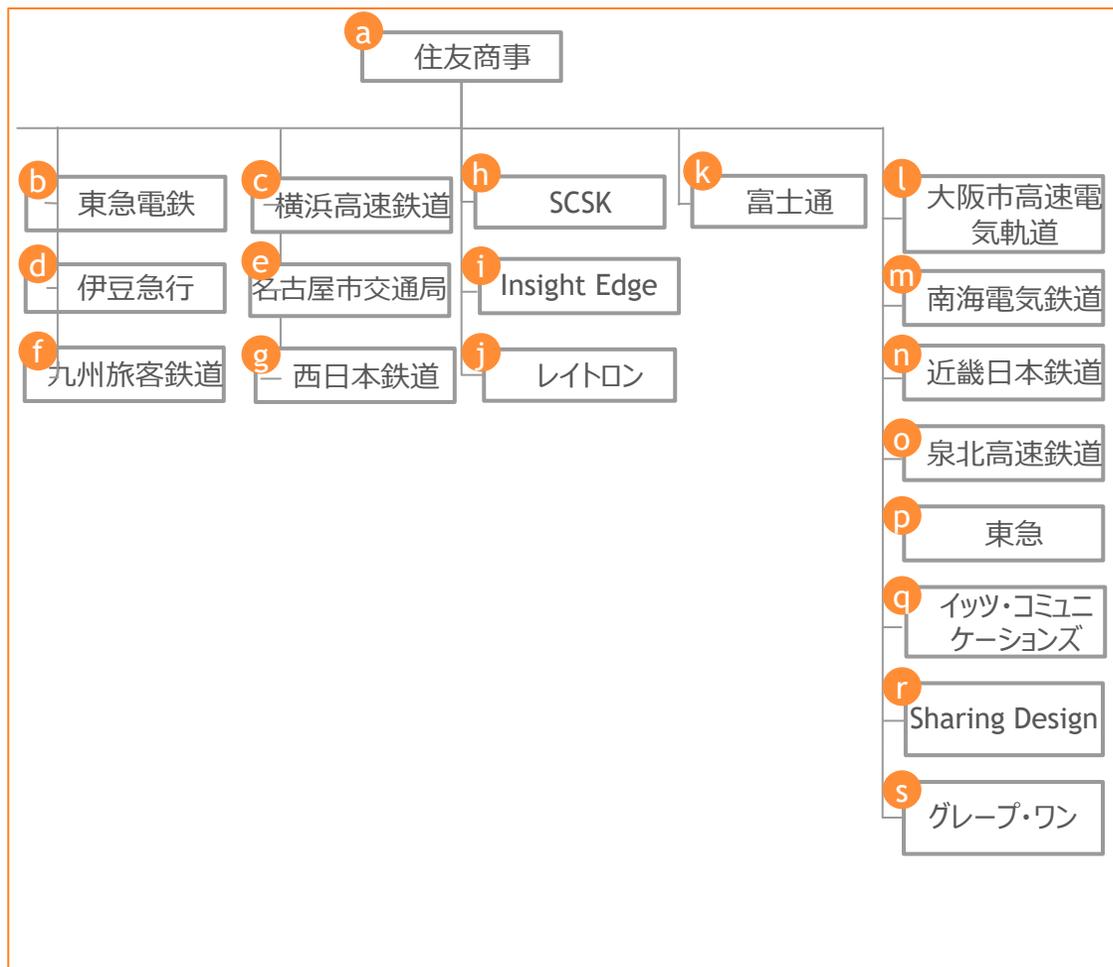
実施体制図



団体名	役割	リソース
a 住友商事	プロジェクトの全体管理、実装展開検討	4名 x 420時間
b 東急電鉄	ソリューション全体マネジメント	2名 x 420時間
c 横浜高速	相互乗入れ路線間での共同利用に関する検証	2名 x 80時間
d 伊豆急行	都市地域鉄道への実装展開検討、実証場所提供	2名 x 120時間
e 名古屋市交通局	都市地域鉄道への実装展開検討、地下鉄道で実証場所の提供	2名 x 280時間
f 九州旅客鉄道	都市地域鉄道への実装展開検討、実証場所の提供	2名 x 280時間
g 西日本鉄道	都市地域鉄道への実装展開検討、実証場所の提供	2名 x 180時間
h SCSK	システム開発マネジメント	10名 x 960時間
i Insight Edge	システム開発・提供・実装	8名 x 455時間
j レイトロン	システム開発・提供	2名 x 220時間

7 実証の実施体制

実施体制図



団体名	役割	リソース
k 富士通	ローカル 5G 機器提供・環境構築	3名 x 145時間
l 大阪市高速電気軌道	鉄道事業者としての横展開に関する意見出し	2名 x 40時間
m 南海電気鉄道	鉄道事業者としての横展開に関する意見出し	2名 x 40時間
n 近畿日本鉄道	鉄道事業者としての横展開に関する意見出し	2名 x 40時間
o 泉北高速鉄道	鉄道事業者としての横展開に関する意見出し	2名 x 40時間
p 東急	事業モデル構築に向けた意見出し	2名 x 40時間
q イツツ・コミュニケーションズ	ローカル 5G システム提供の低コスト化に向けた意見出し	2名 x 40時間
r Sharing Design	ローカル 5G システム提供の低コスト化に向けた意見出し	2名 x 40時間
s グレープ・ワン	ローカル 5G システム提供の低コスト化に向けた意見出し	1名 x 40時間

ソリューションの実装・展開に向けた課題と対応策

2024年度の実装及び2025年度の横展開に向けて地域鉄道を含め新規パートナー早期拡大を進める。

	残課題	対応策	対応する団体名	対応時期
実装に向けて	<ul style="list-style-type: none"> AI検知精度向上 	<ul style="list-style-type: none"> 学習データの蓄積 <ul style="list-style-type: none"> 特に再現率の高い異常の検知画像を確認し、精度を向上 	<ul style="list-style-type: none"> SCSK、IE、東急電鉄、住友商事 	<ul style="list-style-type: none"> 2024年~
	<ul style="list-style-type: none"> 処理時間短縮 <ul style="list-style-type: none"> 最短処理時間 	<ul style="list-style-type: none"> システム構造の見直し <ul style="list-style-type: none"> 処理単位の細分化（解析結果の早期獲得） 	<ul style="list-style-type: none"> SCSK、IE 	<ul style="list-style-type: none"> 2024年~
	<ul style="list-style-type: none"> 巡視・検査周期適正化 <ul style="list-style-type: none"> 人による巡視・検査頻度(周期) 	<ul style="list-style-type: none"> 巡視・検査周期適正化 <ul style="list-style-type: none"> 検知対象物の拡張 	<ul style="list-style-type: none"> 東急電鉄、住友商事 	<ul style="list-style-type: none"> 2024年~
	<ul style="list-style-type: none"> 実運用への落とし込み 	<ul style="list-style-type: none"> 常時運用検証の実施により、実運用に資する運用プロセスの確立 	<ul style="list-style-type: none"> 東急電鉄、住友商事 	<ul style="list-style-type: none"> 2024年~
横展開に向けて	<ul style="list-style-type: none"> 地域鉄道二ーズへの適応 	<ul style="list-style-type: none"> 新規パートナー拡大加速、検知物対象拡大 	<ul style="list-style-type: none"> 住友商事 	<ul style="list-style-type: none"> 2024年~
	<ul style="list-style-type: none"> 地域鉄道向け事業モデルの構築 	<ul style="list-style-type: none"> パートナー拡大による運用費の按分化、持続性の高い事業モデルの検討、地域鉄道の財務体力に則したモデル構築 	<ul style="list-style-type: none"> 住友商事、SCSK、IE 	<ul style="list-style-type: none"> 2025年~
	<ul style="list-style-type: none"> 地域鉄道での運用検証 	<ul style="list-style-type: none"> 東急電鉄の運用検証結果を地域鉄道へ伝達し、効率的に進める 	<ul style="list-style-type: none"> 東急電鉄、住友商事 	<ul style="list-style-type: none"> 2024年~

1 実装計画・スケジュール

a.実装に向けた具体的計画

2023

2024

2025~

本実証（共創文化醸成）

【車載カメラソリューション】

機能検証、運用検証、効果検証を実施。

＜機能検証＞

- 停車時間中における映像データアップロード時間
- AI精度（モデル正解率・適合率、再現率）
- 筐体一体化・簡易操作化 など

＜運用検証＞

- モニタリング対象設備の拡充
- 運用方法の検証（現行業務フローとの変革・改善検証）
- 業務オペレーションを通じた改善検討 など

＜効果検証＞

- AIを活用した巡視・検査業務の高度化による周期延長効果、費用削減効果を検証
- 保守関係係員の負担軽減効果
- 列車運行の安全性向上効果 など

【AIの継続的な精度向上プロセスの構築・運用】

・継続的なAI精度向上のため、日々の運用で集まったデータを鉄道事業者自らが評価・分析、素早く安価にソリューションの精度を向上できる運用を意識しシステムを構築。

【事業化検討】

首都圏のみならず、様々な地域性を有する鉄道事業者による共同検証・意見交換が可能な体制構築を実施。10社のうち6社の実証フィールドでソリューションの汎用化検証を実施。また都市鉄道、地域鉄道に大別される鉄道事業者にソリューションを導入する際に重要なソリューション提供価格についても議論及び精緻化をすすめ、ソリューション横展開に向けて共同検討を実施した。

実装（共創文化熟成）

【東急電鉄一部路線における実装・商用化】

2023年度実証事業結果を踏まえ、東急電鉄の東横線の特定駅において、本ソリューションを実装することで実運用の実績を更に蓄積する。

・稼働状況や運用ポリシーを踏まえた東急電鉄内の他拠点駅や他事業者への展開に向けた運用面での体制構築の課題対応及び他鉄道事業者への展開を開始する。

・地域鉄道での導入障壁を低減する。
都市鉄道よりも保守に課題感を持つ地域鉄道では、活用の余地は極めて大きい一方で、費用感や運用面から導入障壁が高い。機能を取捨選択し、コストを抑え、障壁を低減を図る。

・空港事業者との連携（産業の垣根を超えた案件組成）
他産業、他領域でもソリューションを展開することで、共創の輪を様々な事業者に広げ、技術の民主化を加速させることを目指す。

横展開（共創事例創出）

【東急電鉄での商用運用、他事業者及び他業界への横展開拡大】

本ソリューションの東急電鉄 田園都市線、大井町線、目黒線、池上線、多摩川線における実装・商用運用し、コンソメンバーを足掛かりとした全国横展開を推進するとともに、並行して他業界へ横展開する。

・乗り入れ先とのインフラシェアリング
東横線と東京メトロ副都心線の結節駅である渋谷駅のローカル5G化対応の検討を進める。

・全国鉄道事業者（都市鉄道、地下鉄、地域鉄道）への横展開。

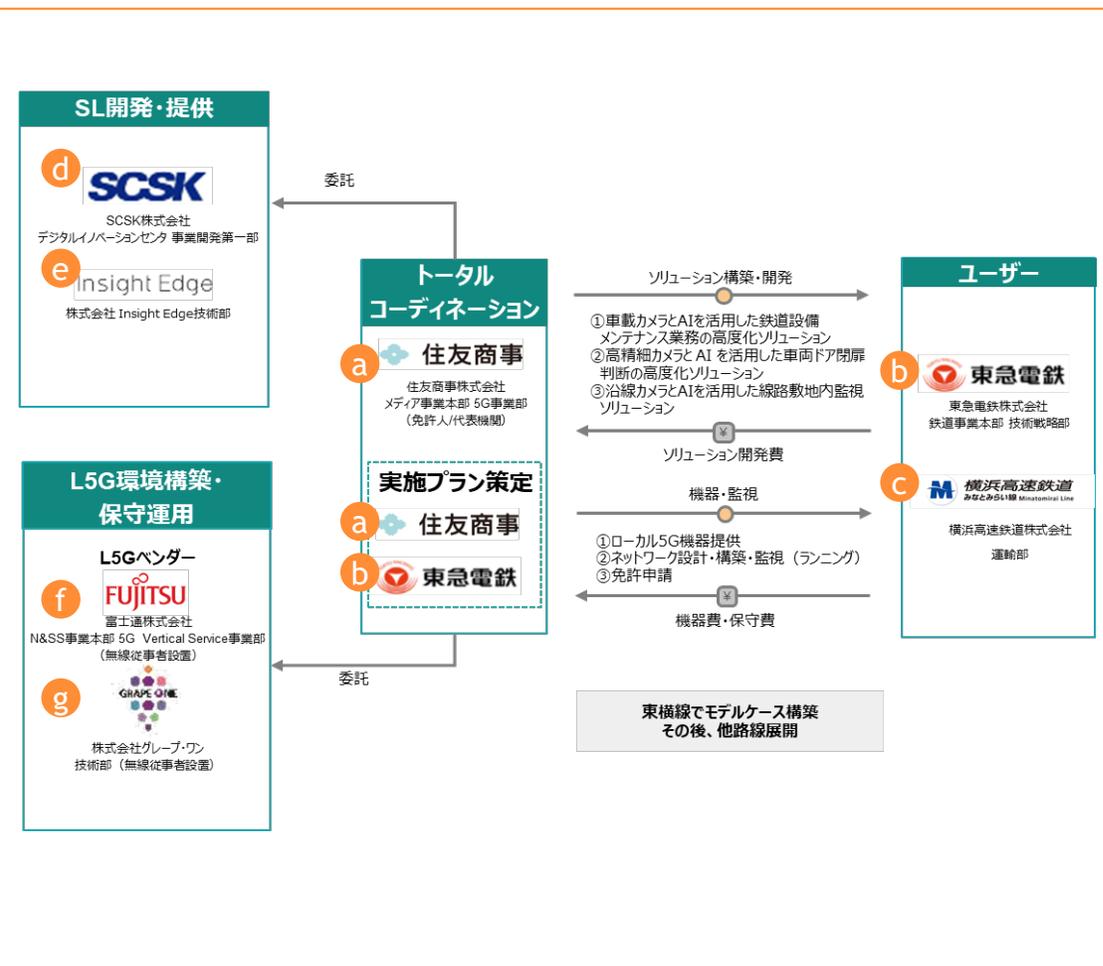
・道路、空港事業者への横展開。

V 実装・横展開の計画

1 実装計画・スケジュール

b. 実装の体制

実施体制図（案）2024年度

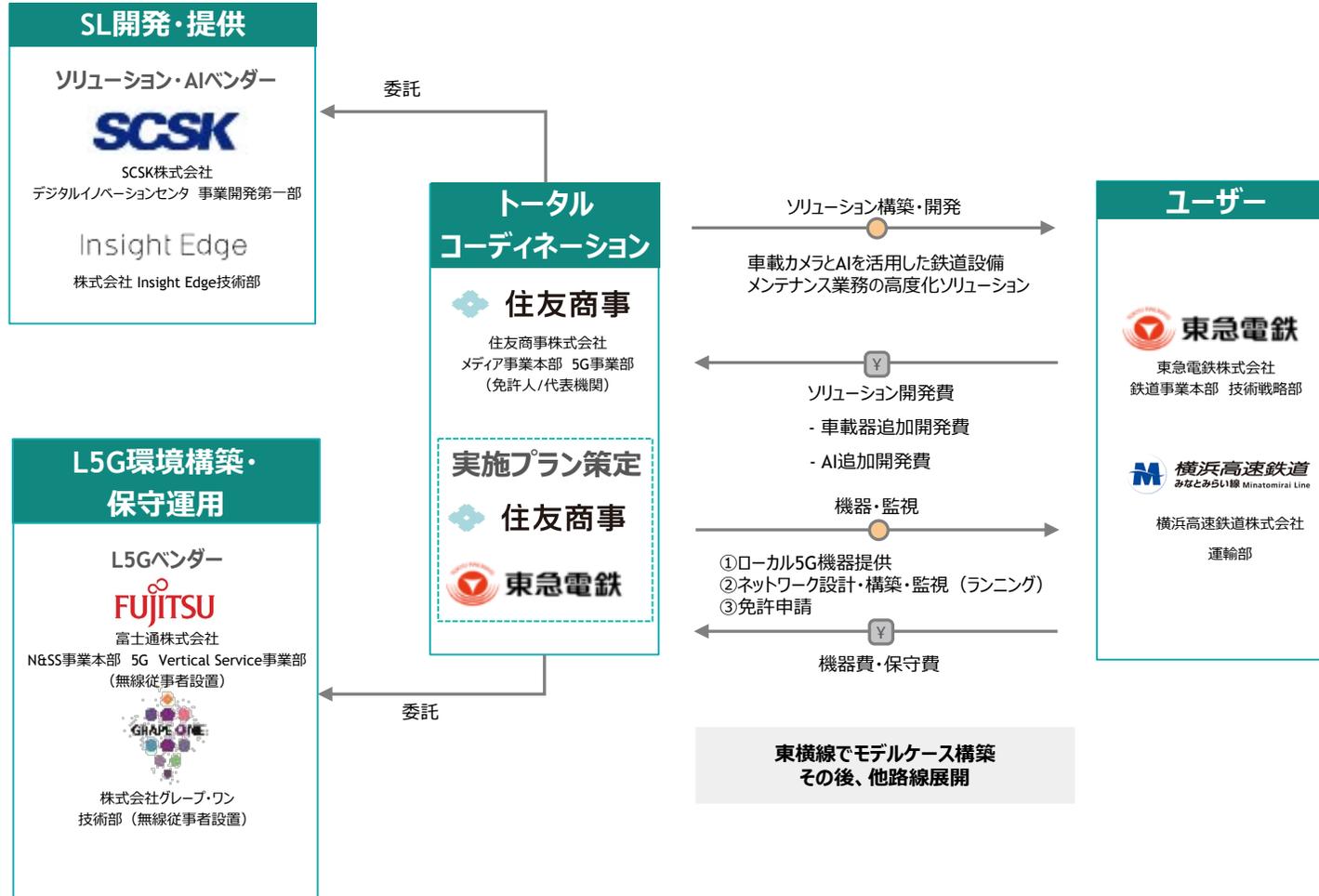


団体名	役割	リソース
a 住友商事	実装展開における全体管理	4名 x 630時間
b 東急電鉄	ソリューションの実装、実運用	2名 x 630時間
c 横浜高速	相互乗入れ路線間での共同利用	2名 x 120時間
d SCSK	システム開発マネジメント、HW/SW調達、システム開発、保守、運用	10名 x 1,440時間
e Insight Edge	HW/SW調達、システム開発、調達	8名 x 668時間
f 富士通	ローカル5G環境構築、機器保守・運用	3名 x 218時間
g グレープ・ワン	ローカル5G環境構築、機器保守・運用	1名 x 60時間

① 実装計画・スケジュール

c.ビジネスモデル

実装・商用化モデル



概要

・住友商事がトータルコーディネーションの役割を担い、ローカル5G、ソリューション、保守運用等の必要な要素を提供する。

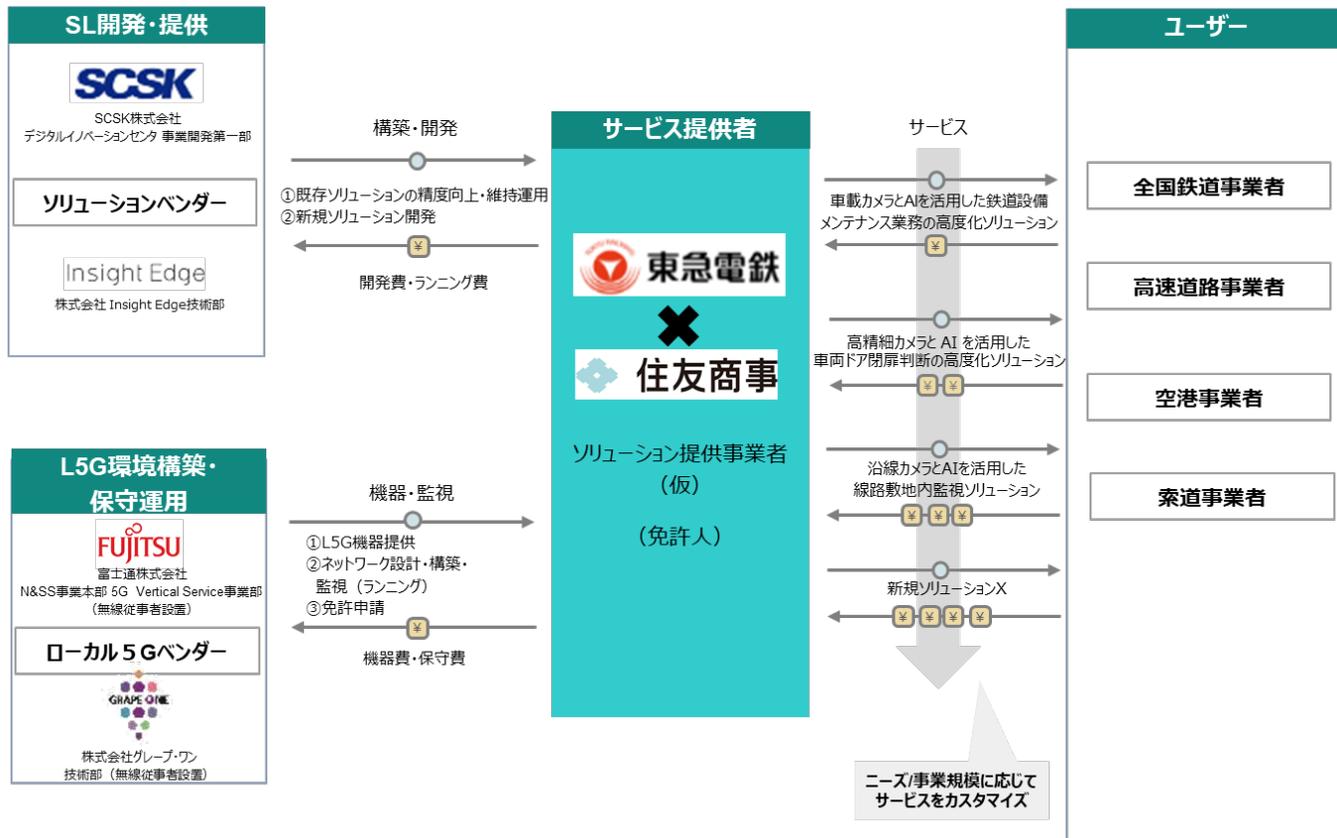
サブスクリプション

収益化モデル

① 実装計画・スケジュール

c.ビジネスモデル

事業化モデル



概要

- ・住友商事・東急電鉄がソリューション提供事業者として、ローカル5G、ソリューション、保守運用等の必要な要素を提供する。
- ・ニーズに応じて、サービス内容(松竹梅)を変更して提供。サブスク型をメインに検討。なお、買い切り型の提供も検討する。

サブスクリプション

収益化モデル

③ 他地域への横展開の方策と状況

対象 (地域・業界団体等)

鉄道事業者 (コンソーシアム各社)

現在の検討状況

都市鉄道、地下鉄環境、地域鉄道といった様々な地域特有の課題・ニーズの存在は把握、実証を通じてより明確なものとなった。明らかとなった課題の解決を含めた将来的なソリューションの共同利用も含め検討を継続している。

今後の取組予定

実証の結果を元に、共同開発事業者は実装に向けて、運用検証ステージに移行し、検証を継続。アドバイザーは実証実験を行う。並行して国交省との導入に向けた議論を推進する。

効果 (定性・定量)

メンテナンス業務の省力化と費用削減が実現できることを実証を通じて証明できた。地方鉄道において増大する自然災害による沿線設備への影響を事前に最小化することで、安全・安定輸送を実現。またソリューションをシェアリングすることで費用も最小化出来る。

鉄道事業者 (地域鉄道) + 索道事業者 (登山鉄道、ロープウェイ)

全国各地の地域鉄道事業者・索道事業者へ本年度実証の成果を共有、地域鉄道における特有の“お困りごと”や本ソリューションに対する期待をヒアリング・協議を継続している。既に3社の地域鉄道、1社の登山鉄道、1社の路面電車が本取り組みへの参加が決定している。

地域鉄道事業者や登山鉄道事業者、索道事業者のニーズを深堀、活用できるAIの汎用化開発を進め、実証実験の実施に向けて検討を推進する。

メンテナンス業務の効率化、費用削減及び運行の効率化が地域鉄道として最優先解決課題であることが見えてきている。安全性維持向上。検査頻度向上による安全性の維持向上に寄与。徒歩巡視、列車添乗巡視の周期延長によるメンテナンス費用の最適化。

空港事業者

1社の大手国際空港事業者のコンソ参画が確定し、営業時間前の滑走路の目視による異常検査業務を本ソリューションにより高度化する検討を実施している (実証実験企画中)。

鉄道事業者と空港事業者がソリューションを共用・汎用化するための実現可能性調査を進め、実証実験を具体化。さらに、この活動に賛同する参加者を募り、費用按分など産業分野を越えた事業モデルを構築する。

メンテナンス業務の効率・省人化、費用削減及び運行の効率化。

産業をまたがることで費用負担低減。

実証や普及啓発活動を通して、導入側から得られた声（横展開に関して）

発言者 (自治体・企業・団体等)	内容
<ul style="list-style-type: none">東急電鉄	<ul style="list-style-type: none">人員確保に苦慮している。将来的にも労働人口減少、沿線人口の減少や新しい生活様式の確立・変化による輸送量減少が見込まれることから、既存業務の効率化・高度化が鉄道業界として求められている。
<ul style="list-style-type: none">伊豆急行	<ul style="list-style-type: none">ソリューション参画または導入事業者の拡大によるコスト低減と情報の共有に期待している。人材不測による点検・巡回頻度の見直し及び点検従事員の経験値の差異による判断・評価のバラツキを解消に期待
<ul style="list-style-type: none">名古屋市交通局	<ul style="list-style-type: none">技術職員の高齢化や技術継承につき課題感あり。デジタル技術による職員技術継承や安全水準維持及び高度化を期待している。軌道と構造物が一緒に安価に確認できるソリューションである点は魅力的である。
<ul style="list-style-type: none">九州旅客鉄道	<ul style="list-style-type: none">鉄道のメンテナンス業務に対する技術開発を自社のみで開発するには限界があるため、共同開発/利用は効果的。現地設備点検には、多大な人手と労力が必要。本ソリューションにより、現地で行う一連の点検を事務所や自宅等で確認することが可能となり、技術者は不具合箇所の判断業務に専念できるようになることを大いに期待する。
<ul style="list-style-type: none">西日本鉄道	<ul style="list-style-type: none">鉄道従事員が不足する中、保守作業の生産性向上は必須であり、本ソリューションがその一助となることを期待している
<ul style="list-style-type: none">コンソーシアムアドバイザー企業 (鉄道事業者)	<ul style="list-style-type: none">隧道内施設のメンテナンスにおいて周期延長を検討中。延長により設備故障等の予兆や不具合が発生したことを捉えることが困難になることが想定され、これらの課題について、営業車両でのモニタリングでそれらの不具合や予兆を捉えることを期待している。最大の課題は人的リソースの確保。本ソリューションでは巡視業務の省力化に期待をしている。現時点で評価できているのは短期間の使用によるパフォーマンス。長期設置による評価（耐久性、時間帯・天候等による検知結果の差異）についても実施できれば実用に近づくと考えられる。

4 普及啓発活動

取組

プレスリリース

- ・東急電鉄
- ・住友商事

全国の鉄道事業者や関連企業が参加する以下鉄道関連のセミナー、総務省主催のセミナーへの登壇及び協会誌論文執筆

- ・鉄道電気セミナー 東京開催(9/8)
- ・地下鉄協議会(9/15)
- ・総務省 地域デジタル基盤活用推進事業セミナー(1/24)
- ・JREA（日本鉄道技術協会）協会誌論文執筆(1/12)
- ・交通新聞社日本交通協会機関紙「汎交通」への執筆(2/22)
- ・スマートIoT推進フォーラム登壇（3/27予定）
- ・サイバネティクス協会誌への執筆(5/20予定)

本事業における実証視察会及びコンソーシアム向け個別成果報告会

実証映像制作（自費制作）
活動ビジョン発信及びソリューションの普及啓発促進に向けた実証に関する映像の制作

概要

実証コンソーシアムの代表機関および鉄道事業者の代表として、この取り組みをメディアと公衆に周知した。

全国の鉄道事業者や関連企業が参加するセミナーにてローカル5Gを活用した実証事業を説明・紹介を実施した。ローカル5Gやソリューションに関する情報共有に加えて、翌年度に応募を検討している企業に向けて本実証事業の特徴を周知した。

普及促進に向けてローカル5Gの導入に関心のある企業や、地方公共団体、関係省庁等に対する普及啓発の一環として、オンライン実証視察会及び対象者毎の現地視察会複数回を主催した。

ローカル5Gの普及の観点から本実証に関する映像制作を自主的に実施した。具体的には、アニメーションを活用して実証内容を分かりやすく表現、さらに関係者インタビューを通じて、視聴者へ現場の声を直接届けた。本映像は代表機関が今後、他鉄道事業者向けに本ソリューションの普及展開を進める際にも利用する予定。

取組効果

鉄道事業関連企業からの本ソリューションへの興味度合いや賛同を得ることが出来た。

鉄道事業関連企業からの本ソリューションへの興味度合いや賛同を得ることが出来、実運用に向けた意見を取得できた。また、本取り組み内容に加えて本実証事業についても周知することが出来た。

ソリューションの有効性を示すことで、同様の課題に直面する鉄道事業者及び他業界（空港）の事業者からの本ソリューションの導入検討の足掛かりとなった。

シェアリング構想及び本ソリューション導入に関心のある企業や、地方公共団体、関係省庁等に対する普及啓発となった。複雑な実証内容を分かりやすく映像に落とし込むことでソリューションの概要理解及びローカル5Gの必然性についての認識を深めることに貢献した。

5 視察会状況

■ 実証視察会概要：

ローカル5Gを活用した線路巡視業務の効率化・高度化ソリューションに関する実証概要・結果等について説明

- ・参加者：総務省様、関東総合通信局様、評価委員様、BCG様
- ・日時：2/26（月）14:00-16:00
- ・参加形式/場所：対面/東急電鉄 東急東横線自由が丘駅
- ・参加人数：合計34名（現地参加 27名、オンライン参加 7名）

■ 実証視察会の実施要項

- ・ご挨拶
- ・実証概要説明
- ・現地視察
- ・ローカル5G環境：設置機器、エリア設計
- ・車載前方モニタリング：異常検知アプリケーション、カメラ一式
- ・意見交換
- ・総括



実証概要説明パートの様子



車載機説明パートの様子

5 視察会状況

質疑の内容

天候の影響などはあるのか。雨天時の際はうまく検知できるのか。

カメラだけではなく、音を検知するとあったが、運転台の上と、床に設置するのでは検知できる音に大きく差異が出ると考える。異常検出上、問題ないのか。

システム自体は非常に優秀だと思うが、このシステムを横展開普及していく際に、ローカル5Gを設置しなければならないのか。映像の伝送だけではなく、他のローカル5Gの使い方の想定はあるか。

回答

天候については初年度苦労した点である。翌年度は雨天時の動画も併せて学習させた。人の目で見て確認できるようなレベルの異常に関しては検知できるように調整を出来ている。しかしながら、道床白色化（砕石白色化）のように、雨天時には色が変化してしまう場合は人の目でも確認が難しいため、検知も難しい。

より細かく異常音を抽出するには床の上の方が有効。今回、運転台の上での検証においても異常音は検知できることが分かった。今後、より高度な検出が必要になる場合は、床に設置することも検討する。そのためにカメラと本体を一体化せず、ケーブルでつなぐ設計としている。

都市鉄道事業者のようにタイムリー性が必要な鉄道事業者はローカル5Gが必須としている一方で、タイムリー性を重要視していない事業者の場合は、車庫などでWi-Fiを使って吸い上げることも想定している。また、駅と隣接している車庫に全国5Gとローカル5Gの共用装置を設置して、両方をエリア化して、車両が車庫に戻ってきた際に列車が持っているデータを吸い上げることや、車庫自体がローカル5Gエリア化されていることを利用して、車庫で行われる目視業務（車両外観点検や台車点検）を効率化する。

質疑を受けた今後の対策案

フロントガラスに水滴が付着するとAIの精度に影響が出ることが分かっているため、対策を検討中。ほとんどの車両には、運転席のフロントガラスのみにワイパーが設置されている状態。ワイパーを新たに設置すると車両改造が必要となるため、AIを調整するなど対応策を検討している。

総括

課題を明確化：通常、関係者間で課題と解決策の共有が困難なものであるなか、 이슈ツリーを活用し、関係者の意識を共有することに成功している。この点が高く評価される。

現場との連携現場との連携：分析内容の詳細化が進み、現場との密接な会話を実施していることが伝わった。現場を巻き込み、理解を得て活動を進めることに成功している点が評価される。

デジタルツールの活用：AIは新しいもの、見えないものが苦手。その点を補うために音や動揺を活用して補完していることが評価できる。AIは活用が難しいが、¹⁰²データを取り込ませることで確実に育っていくもの。その点を理解してデータを集める仕組み（事業者間でデータを共有）を作っている点が評価される。