

2025 年度

AI を含むデジタル技術の活用による
地下インフラの効率的な整備・運用に関する調査研究

報 告 書

地下インフラの防災・危機管理機能向上に資する
AI を含むデジタル技術の活用に関する調査研究
(第 3 部会)

2026 年 3 月

一般財団法人エンジニアリング協会
地下開発利用研究センター

地下インフラの防災・危機管理機能向上に資する AI を含むデジタル技術の活用に関する
調査研究（第 3 部会）

委員名簿

部 会 長	安藤 拓	清水建設株式会社
副部会長	村瀬 澄江	株式会社竹中工務店
委 員	森 清隆	株式会社安藤・間
委 員	渡辺 慎太郎	基礎地盤コンサルタンツ株式会社
委 員	岩竹 要	大日本ダイヤコンサルタント株式会社
委 員	堂園 浩一	鉄建建設株式会社
委 員	船場 翔	東電設計株式会社
委 員	塩崎 泰翔	株式会社ブルーアースセキュリティ
事 務 局	反町 早季	一般財団法人エンジニアリング協会 (2025 年 12 月まで)
	神山 靖	一般財団法人エンジニアリング協会 (2026 年 1 月から)

活動内容

2025 年度は「地下インフラの防災・危機管理機能向上に資する AI を含むデジタル技術の活用」について、その現状や近年研究されている内容に関する調査を行った。

下表に示すとおり、2025 年度は 6 回の部会を開催した。また、デジタル技術活用の現状などについて仙台市、警備会社（ALSOK 株式会社）に、ヒアリングを実施した。

第 3 部会の活動状況

回	開催日	主要議事
第 1 回	2025 年 6 月 18 日	・今年度テーマについて
第 2 回	2025 年 7 月 18 日	・各委員による調査結果の報告
第 3 回	2025 年 8 月 26 日	・報告書目次および各章担当者の決定 ・ヒアリング先候補の選定
第 4 回	2025 年 9 月 24 日	・各章の執筆方針、内容の報告、調整 ・ヒアリング先からの回答
第 5 回	2025 年 11 月 26 日	・各章の執筆状況の報告 ・テンプレートなど報告書書式の確認
第 6 回	2026 年 1 月 16 日	・執筆内容についての最終調整、提出期限の確認 ・次年度の活動方針

**AI を含むデジタル技術の活用による
地下インフラの効率的な整備・運用に関する調査研究 報告書**

**地下インフラの防災・危機管理機能向上に資する
AI を含むデジタル技術の活用に関する調査研究**

目 次

2025 年度地下利用推進部会 第 3 部会 委員名簿
活動内容

1. はじめに	6
2. 地下インフラにおける防災・危機管理の現状分析	8
2.1 地下インフラの種類と特性	8
2.2 地下施設における主な災害リスクと AI に必要な機能	8
2.3 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）：スマート防災ネットワーク	9
2.3.1 SIP スマート防災の概要	9
2.3.2 地下施設における具体的な防災技術とその応用	9
2.3.3 SIP の課題と展望	10
2.4 課題解決に向けた今後の方向性現状の防災対策	11
2.4.1 施設老朽化に伴う構造的課題	11
2.4.2 予防保全・維持管理の課題	11
2.4.3 避難誘導計画の課題	11
2.4.4 緊急避難施設としての機能不足	11
2.4.5 災害情報共有システムの課題	12
2.4.6 セキュリティ・監視体制の課題	12
3. 予防保全のための AI 診断システム	13
3.1 背景と課題認識	13
3.1.1 背景	13
3.1.2 課題認識	13
3.2 予防保全と AI の役割	14
3.3 導入事例	15
3.4 効果・メリット	16
3.5 課題と今後の展望	17
3.5.1 現状の課題	17

3.5.2 今後の展望	18
4. AI を活用した避難誘導計画の策定	19
4.1 避難誘導に関する現状	19
4.1.1 近年の避難情報について	19
4.1.2 個別避難計画策定の努力義務化	20
4.1.3 避難に関するデジタル技術活用状況	24
4.2 避難誘導に関する主な課題	30
4.2.1 情報は届いているが行動に結びつかない	30
4.2.2 避難するかしらないかは自己判断に依拠する傾向	30
4.2.3 要配慮者対応の遅れ	31
4.2.4 デジタル化の現状	32
4.3 AI を活用した避難誘導の今後の方向性	34
4.3.1 AI によるリアルタイム危険判定（火災・洪水・土砂、群集危険など）	35
4.3.2 AI による避難最適ルートの提示	35
4.3.3 AI を活用した避難を促す仕組み（正常性バイアス対策）	36
5. 緊急避難施設としての地下インフラ活用	37
5.1 地下インフラ施設の避難施設としての評価	37
5.1.1 避難者・帰宅困難者の想定	37
5.1.2 避難施設としての活用実績	38
5.1.3 避難施設としての課題	39
5.2 避難施設における AI の活用	40
5.2.1 情報伝達システム	41
5.2.2 エネルギーと備蓄	44
5.2.3 警備監視システム	45
5.2.4 医療・救助システム	45
5.3 避難施設における AI 活用の期待される効果	45
6. 高度な災害情報共有システムの構築	47
6.1 災害情報共有の現状と問題点	47
6.2 AI を含むデジタル技術による災害情報共有の高度化	48
6.2.1 情報収集の高度化	48
6.2.2 情報分析・予測の高度化	51
6.2.3 情報伝達・共有の高度化	52
6.3 高度な災害情報共有システムに求められる機能と要件	54
7. AI 監視システムによるセキュリティ強化	56
7.1 地下施設における監視システムの現状	57
7.1.1 地下環境がもたらす監視制約	57
7.1.2 DARPA SubT による自律探索技術の実証	58
7.1.3 地下可視化技術の転換点：SubT の成果	59

7.2 AI 画像認識による異常行動検知	59
7.2.1 ディープラーニングによる逸脱検知	59
7.2.2 SubT で実証された検知能力と応用可能性	59
7.3 顔認証・生体認証技術の活用	60
7.3.1 マルチモーダル生体認証の進化	60
7.3.2 セキュリティとプライバシーのジレンマ	60
7.3.3 匿名性と識別性を両立する新技術	61
7.4 統合監視プラットフォームの構築	62
7.4.1 地下空間を俯瞰する「オペレーショナルピクチャー」	62
7.4.2 地下環境における通信ネットワークの確保	62
7.4.3 「起きた瞬間に封じ込める」即応体制	63
7.5 管理作業の省力化効果	64
7.5.1 人海戦術からの脱却	64
7.5.2 危険エリアへの立ち入り最小化	64
7.5.3 予兆保全とダウンタイム削減	64
7.5.4 ロボットを「先兵」とする安全管理	65
7.6 総括	65
7.6.1 二つの技術系譜の融合	65
7.6.2 残された技術的・倫理的課題	66
8. ヒアリング報告（現地調査まとめ）	67
8.1 仙台市におけるヒアリング調査結果	67
8.1.1 仙台防災枠組 2015-2030 について	67
8.2 警備会社および鉄道駅における AI 活用事例	77
9. まとめ	82

図目次

図 4-1 内閣府：新たな避難情報に関するポスター・チラシ	19
図 4-2 避難行動要支援者名簿の更新状況	21
図 4-3 個別避難計画の作成状況	22
図 4-4 避難支援等実施者に関する記載のイメージ	23
図 4-5 東京都防災アプリ	24
図 4-6 渋谷区防災アプリ	25
図 4-7 横浜市避難ナビ	26
図 4-8 かわさき防災アプリ	27
図 4-9 名古屋市防災アプリ	28
図 4-10 福岡市防災アプリ「ツナガル+」	28
図 4-11 緊急地震速報や避難指示で避難しなかった理由	30
図 4-12 災害派遣福祉チーム「DWAT」	32
図 4-13 スマホに防災系アプリをインストールしている割合	33
図 4-14 SIP 4 D 基盤的防災情報流通ネットワーク	34
図 4-15 国土交通省「川の防災情報」	35
図 5-1 首都直下型地震 想定避難者・帰宅困難者数（中央防災会議）	37
図 5-2 南海トラフ巨大地震 想定避難者・帰宅困難者数（中央防災会議）	37
図 5-3 川崎地下街アゼリア 一時避難施設の概要	38
図 5-4 札幌駅前通地下歩行空間（チ・カ・ホ）一時避難施設の概要	39
図 5-5 デジタルツインを活用した避難所の選定と避難誘導	41
図 5-6 災害情報ならびに避難所の開設情報や混雑情報の収集と発信	41
図 5-7 デジタルサイネージの活用	42
図 5-8 災害情報発信設備（インバウンド対応）	43
図 5-9 帰宅困難者対策オペレーションシステム	43
図 5-10 スマート備蓄管理システム	44
図 5-11 物資支援システム（B-Pro）	44
図 5-12 自動移動型警備ロボット	45
図 5-13 災害ダッシュボード	45
図 6-1 L アラートの概要	47
図 6-2 「エリアレイン」の全体構成	48
図 6-3 NTN を活用したネットワークサービスのイメージ	49
図 6-4 災害デジタルツインの概要	51
図 6-5 デジタル技術を活用した防災情報の提供例	52
図 6-6 MR（複合現実）防災訓練実証実験の概要	53
図 6-7 新総合防災情報システム（SOBO-WEB）の概要	55
図 7-1 米軍の知見と DARPA の技術融合が拓く未来	56

図 7-2 コースに進入する四足歩行ロボットの例	57
図 7-3 地下空間で自律走行しマッピングを行うロボットの例	58
図 7-4 地下空間の異常検知と安全確保	60
図 7-5 ErasableMask の保護シナリオ	62
図 7-6 地下施設の統合監視プラットフォーム構築	63
図 7-7 地下施設管理における省力化・安全管理効果	65
図 8-1 市民のための「仙台防災枠組 2015-2030」表紙	67
図 8-2 防災環境“周遊”都市・仙台モデル推進事業における取組内容	68
図 8-3 DATA SENDAI プラットフォームの事業内容	69
図 8-4 福祉避難所への最適避難ルート作成のイメージ	73
図 8-5 気仙沼市立病院附属本吉医院での診療カーによるオンライン診療実証事業	76
図 8-6 警備・案内のコミュニケーションロボット REBORG-Z	78

表目次

表 3-1 導入事例	16
表 4-1 認知バイアスの例	31
表 4-2 サービス別防災系アプリのインストール率（年代別）	33
表 5-1 主な避難に活用可能な AI を含むデジタル技術	40
表 6-1 高度な災害情報共有システムを形成する上で想定される機能と要件	54
表 8-1 仙台市ヒアリング内容(環境防災への取り組み(1/2))	70
表 8-2 仙台市ヒアリング内容(データ連携基盤(1/2))	72
表 8-3 仙台市ヒアリング内容(災害 DX)	74
表 8-4 仙台市ヒアリング内容(今後の取り組み, その他)	75
表 8-5 地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用事例(警備会社： ALSOK 株式会社) (1/2)	79
表 8-6 地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用事例(鉄道駅：京王電 鉄株式会社)	81

1. はじめに

日本には多種多様な地下インフラが存在し、我々の日常生活を支えるものとなっている。これらは大きく以下のものに分類される。

1. ライフライン（地下埋設物）：上下水道、ガス、電力、通信など
2. 交通施設：地下鉄、道路トンネルなど
3. 公共・商業地下施設：地下街、地下駐車場など

特に都市域においては、地上に市街地が発達している中で、限られた空間を有効活用するため地下鉄、地下街が発達し、地上と連携した三次元的な人流・物流ネットワークを形成している。東京都には約 63,000 ケ所（個人宅の地下室など小規模なものを除く）の地下空間が存在し、その約 4 割が不特定多数の利用者が集まる地下街や地下鉄、商業ビルである¹。また都内 8 ケ所の代表的な地下街の合計延床面積は約 214,000m²にも上り²、最も利用者が多い八重洲地下街の利用者は約 15 万人/日にも及んでいる。

そこで第 3 部会では、地下街などの多数の人々が日常的に使用している地下インフラに着目し、これらの施設における防災・危機管理機能の向上に資するデジタル技術の活用に関する調査研究を行うこととした。国土交通省の「国土交通白書 2023」においても「防災分野のデジタル化施策」と題された節において、“防災・減災対策を飛躍的に向上させていくためには、従来の対応のみでは限界があり、デジタル技術を活用した情報分野での取り組みが必要不可欠である”と記されており、この調査研究を通じてデジタル技術の有用性やその活用方法などを具体化することは、社会的な有用性が極めて高いものと考ええる。

一方、地下インフラの防災への活用においては、地下インフラそれ自体が災害を受けるリスクについても留意する必要がある。特に近年ではゲリラ豪雨や線状降水帯により、従来では想定し得ないような多量の降水が短時間に発生する事例が増加している。気象庁は 1 時間あたり降水量 80mm 以上を猛烈な雨（恐怖を感ずる）と定義しており、この猛烈な雨の発生件数は最近 10 年で 24 回/年とそれ以前の 10 年間の平均件数の約 1.7 倍に増加している³。特に 2025 年 9 月の四日市市の地下駐車場が水没した事例では、1 時間降水量が同地点の観測史上最大の 123.5mm を記録している。また一般的な都市部の下水道整備においては雨水流出率 50%、時間最大降水量 50mm を計画の基本としており、現状整備されているインフラでは近年の豪雨に対応するのが困難である。このようなリスクの増大に対応するため、2025 年 9 月に改定された「東京都地下空間浸水対策ガイドライン」では、避難経路・避難誘導の意思決定や浸水リスク判定に ICT、AI 技術を活用することが提言されている。

このような状況を踏まえ、本報告書においては地下インフラにおける防災・危機管理の

¹ 東京消防庁：東京消防庁統計書，2006

² 東京都防災会議：東京都地域防災計画震災編（平成 19 年修正）[別冊資料]，2007

³ 気象庁：気候変動ポータル-大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化(参照 2026.2)

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

現状分析を行い、具体的には以下の技術について調査研究を行うこととした。

- ・ 予防保全のための AI 診断システム
- ・ AI を活用した避難誘導計画の策定
- ・ 緊急一時避難施設としての地下インフラ活用
- ・ 高度な災害情報共有システムの構築
- ・ AI 監視システムにおけるセキュリティ強化

また現状分析と将来ニーズの把握などを目的とし、「仙台防災枠組 2015-2030」を策定した仙台市および警備ロボットなどのデジタル技術活用を進めている警備会社（ALSOK 株式会社）に対するヒアリングを実施した。

2. 地下インフラにおける防災・危機管理の現状分析

2.1 地下インフラの種類と特性

インフラとは、交通・通信・エネルギー・水道・衛生・教育・医療など、社会の機能を支えるために必要な基盤や設備のことを指し、例として、道路・橋・鉄道・空港・通信ネットワーク・電力供給システム・上下水道などがあるが、このうち本報告書で扱う地下インフラとしては、人の活用する空間としての地下鉄構内や地下街、またそれを支えるための共同溝や上下水道の2種類が挙げられ、その特性に合わせた防災・危機管理が必要となる。各施設は、下記のような利用が想定される。

- ・地下鉄・地下道路：都市交通の重要な基盤
- ・地下街・地下駐車場：商業・生活空間として機能
- ・共同溝：電気、ガス、水道、通信ケーブルなどを収容
- ・上下水道・雨水貯留施設：都市の給排水システム

2.2 地下施設における主な災害リスクと AI に必要な機能

災害対策基本法において、災害として定義されているものは、「暴風、竜巻、豪雨、豪雪、洪水、崖崩れ、土石流、高潮、地震、津波、地盤の液状化、噴火、地滑りその他の異常な自然現象又は大規模な火事若しくは爆発その他」と定められている。また、これら自然災害に加え、人為的リスクについても、災害リスクとして対策する必要がある。

主な災害と引き起こされる被害の例を下記に挙げる。

（自然災害）

- ・地震：構造物の損傷、津波・地盤の液状化、停電
- ・水害：浸水、冠水による機能停止

（人為的リスク）

- ・テロ・犯罪：閉鎖空間での被害拡大
- ・事故：ガス漏れ、感電、構造物の劣化による崩落
- ・火災：煙の充満、避難困難、延焼リスク

これらのリスクは、単独、または複合的な被害を与えるため、それらから人を守るために、AIには様々な機能が求められる。

まず初めに、地下施設内部の危険を知らせ、施設から安全に地上に避難するための機能も必要である。自動火災警報や排煙設備など火災から安全に避難するための対策や、停電時には視認性が著しく悪化する地下空間において、いかに犯罪やテロの発生を監視し迅速に伝える対策が必要である。特にセキュリティの分野については、アメリカで最新のAI技術を活用した技術が進んでおり、日本の地下施設にも導入できる可能性がある。

次に、地下施設を支える地下インフラの維持管理機能である。これらが災害時に有効に

機能するよう、維持保全する必要があるが、地下に埋設されているために、老朽化や被災により破損している状況を早期に発見しにくい状況にある。AIを活用して、それらを早期に発見する取組んだ事例がいくつか出始めている。

最後に、避難施設としての機能である。地下施設を避難施設として指定している自治体は多く、逃げ込みやすく、逃げ込んだ後も一定期間、滞在できる機能が求められる。そのために、AIを活用して、避難誘導や被災情報の共有、安否確認などを行うほか、アプリを使った避難所管理を行う自治体の事例もふえてきている。地下街を中心に、都心における避難施設そのものの機能を担わされている地下施設も多いため、その維持管理のためにAIを活用している事例もある。

さらに、これらの機能を支えるために、国ではJアラートなど様々な災害情報を発信しており、SIP 防災・減災研究開発においても、情報共有の研究が進み、実践でのAI技術の成果が期待されている状況である。少子化の中、災害を乗り越えるためには、AI技術を活用することが欠かせない状況にある。

2.3 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）：スマート防災ネットワーク

2.3.1 SIP スマート防災の概要

内閣府が推進する戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)において、「レジリエントな防災・減災機能の強化」(スマート防災)が重要課題として位置づけられ、平成30年度から令和2年度まで第2期プログラムとして実施された⁴。本プログラムでは、ICT技術やビッグデータを活用した先進的な防災システムの構築が目指され、その中で都市部における地下施設の防災対策が重要なテーマの一つとして取り上げられた。

都市部の地下空間は、地下鉄、地下街、地下駐車場など多様な施設が複雑に接続しており、災害時には浸水リスクや避難困難といった課題を抱えている。特に近年の気候変動による集中豪雨の頻発化に伴い、地下施設への浸水被害が深刻化しており、効果的な防災対策の確立が急務となっている。SIP スマート防災では、こうした地下施設特有のリスクに対応するため、センサー技術やシミュレーション技術を活用した研究開発が進められた。

2.3.2 地下施設における具体的な防災技術とその応用

地下施設の防災において、SIP スマート防災で開発されている技術は多岐にわたる。

第一に、浸水対策技術が挙げられる。近年、気候変動に伴う集中豪雨の頻発により、地下施設への浸水リスクが高まっている。これに対し、気象データと地形データを統合した高精度な浸水予測システムが開発されている。このシステムは、降雨の状況から数十分後の浸水範囲と深さを予測し、地下施設管理者や利用者に対して早期警報を発信する機能を有している。

⁴内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム（SIP） スマート防災ネットワークの構築 社会実装に向けた戦略及び研究開発計画、2025

第二に、避難誘導システムの高度化がある。地下空間は構造が複雑であり、災害時には利用者が避難経路を見失いやすい。SIPの研究では、デジタルサイネージやスマートフォンアプリを活用し、リアルタイムで最適な避難経路を提示するシステムが開発されている。このシステムは、災害の種類や規模、現在の混雑状況を考慮し、個々の利用者に最適な避難ルートを動的に計算する。

第三に、地下構造物のモニタリング技術がある。光ファイバーセンサーや振動センサーを地下構造物に設置することで、常時その健全性を監視し、地震などによる損傷を早期に検知することが可能となっている。これにより、二次災害の防止や迅速な復旧作業の開始が実現される。

さらに、これらの個別技術を統合したプラットフォームの構築も進められている。各種センサーからのデータを一元的に収集・分析し、災害対応機関や施設管理者が状況を共有できる体制の整備が重要視されている。

2.3.3 SIPの課題と展望

SIP スマート防災における地下施設関連の研究開発では、技術的な成果とともに、いくつかの課題も明らかとなった。

第一に、地下施設は管理主体が多岐にわたり、地下鉄は鉄道事業者、地下街は商業施設管理者、地下道は自治体といった具合に、情報共有や連携体制の構築に困難が伴うことが指摘された。災害時に効果的な対応を行うためには、これら異なる管理主体間での情報連携基盤の整備が不可欠である。

また、既存施設への技術導入も課題である。新規建設される施設においては設計段階から最新の防災技術を組み込むことが可能であるが、既存の地下施設に後付けでセンサーやシステムを導入する際には、コストや施工上の制約が障壁となる。特に老朽化した施設においては、構造的な補強と防災技術の導入を同時に進める必要があり、総合的な改修計画の策定が求められる。

第二に、地下施設の三次元構造の複雑性が、浸水シミュレーションの精度向上における技術的課題となっている。地下空間は階層構造を持ち、通路や階段で複雑に接続されているため、浸水経路を正確に予測するには詳細な三次元データが必要となる。SIPでは、こうした詳細データの整備と、それを活用した高精度シミュレーション技術の開発が進められたが、全国の地下施設へ展開するにはさらなるデータ整備が求められる。

第三に、避難誘導システムの実効性確保には、平常時からの訓練や周知活動が重要であることが確認されている。技術的に優れたシステムであっても、利用者がその存在や使用方法を理解していなければ、災害時に十分に機能しない。SIPの実証実験では、地域住民や施設利用者を対象とした訓練が実施され、システムの認知度向上と操作習熟の必要性が明らかとなった。

今後の展望として、SIPで開発された技術を社会実装していくためには、自治体や施設管理者との継続的な連携が不可欠である。開発された浸水予測システムや避難誘導技術を、既存の防災体制に組み込み、実運用可能な形で展開していくことが求められる。また、地

下施設のデジタルツイン化を進め、平常時の施設管理から災害時の対応まで一体的に管理できるプラットフォームの構築も、今後の重要な課題として位置づけられている。SIP スマート防災における地下施設関連の研究開発は、都市防災の高度化に向けた重要な基盤技術を提供するものであり、今後の継続的な研究開発と社会実装の推進が期待される。

2.4 課題解決に向けた今後の方向性現状の防災対策

2.4.1 施設老朽化に伴う構造的課題

国土交通省の2019（令和元）年10月の調査によると、全国79箇所の地下街のうち、耐震対策をしている施設は約8割を占めるが、一部では60年以上が経過している地下街もあり、構造的安全性の確保が喫緊の課題となっている⁵。

特に深刻なのは、主要構造部のみならず、天井廻りなどの非構造部分の耐震対策である。これらは避難時の安全確保に直接的な影響を与える可能性が高く、また換気設備、排水設備、照明、非常用電源などの設備老朽化も進行しており、緊急時の機能維持に支障をきたすリスクが増大している。

2.4.2 予防保全・維持管理の課題

給水管や下水道管などの地下インフラの維持管理も大きな課題である。これまで、地下インフラは事後保全的なアプローチが中心で、定期点検による目視確認が主体となっており、潜在的な劣化や損傷の早期発見には限界がある。特に、地下という環境特性上、湿度や温度変化、地下水の影響などにより、構造物や設備の劣化進行が地上施設とは異なるパターンを示すことが多い。施設の老朽化進行により、より効率的で予測的な保全手法の導入が求められている。これらの特性を踏まえた科学的・客観的な診断手法の確立が急務となっており、第3章で論じるAI診断システムの活用が期待される。

2.4.3 避難誘導計画の課題

地下街や地下鉄などにおける避難誘導は、地上とは大きく異なる特殊性を有している。限られた出入口、複雑な構造、方向感覚の喪失リスクなど、地下特有の課題が存在する。現在の避難誘導計画は、主に静的な避難経路の設定に留まっており、災害や攻撃の種類、被害状況、混雑状況などに応じた動的な誘導計画の策定が不十分である。

また、多言語対応や障害者などへの配慮、パニック状態での適切な誘導など、多様な利用者特性を考慮した避難誘導システムの構築も課題となっている。これらの課題解決には、第4章で検討するAIを活用した避難誘導計画の策定が有効と考えられる。

2.4.4 緊急避難施設としての機能不足

国民保護法における緊急一時避難施設として4,233箇所の地下施設が指定され、緊急一

⁵国土交通省：地下街の安心避難対策ガイドライン（改訂版）、2020

時避難施設全体の人口カバー率は 155.2%であるが、地下施設の人口カバー率は 5.5%にとどまっており、令和 3～7 年度の 5 年間は地下施設（地下街・地下駅舎など）の指定を進める集中取組期間に設定されている⁶。しかし、地下施設は、新たに新設された 2 週間程度の長時間滞在への対応能力を確保する「特定臨時避難施設」、1～2 時間程度ミサイル攻撃などの爆風などから直接の被害を軽減するための「緊急一時避難施設」のどちらの用途を想定しているのか明確ではなく、特に、長期滞在に必要な生命維持機能（空気清浄、給排水、電源確保など）、情報通信機能、備蓄物資の管理機能などが十分に整備されていない施設が多い。第 5 章では、これらの機能強化による緊急一時避難施設としての地下インフラ活用について詳述する。

2.4.5 災害情報共有システムの課題

現在の地下インフラにおける災害情報共有は、各施設管理者や関係機関間での個別対応が中心となっており、統一的で効率的な情報共有システムが構築されていない。このため、災害発生時の迅速な情報伝達や意思決定に支障をきたすリスクが高い。また、利用者への情報提供についても、従来の館内放送や掲示による方法では、多言語対応や個別ニーズへの対応が困難である。さらに、外部の関係機関（消防、警察、自治体など）との情報連携体制も十分に整備されておらず、総合的な災害対応能力の向上が求められている。第 6 章では、これらの課題を解決する高度な災害情報共有システムの構築について検討する。

2.4.6 セキュリティ・監視体制の課題

現在の地下施設におけるセキュリティ体制は、主に人的監視に依存しており、24 時間 365 日の完全な監視体制の構築には限界がある。特に、テロや武力攻撃などの脅威に対する早期発見・対応能力の不足が指摘されている。従来の防犯カメラシステムでは、異常事態の自動検知機能が限定的であり、監視員の経験と判断に依存する部分が多い。

また、複数の地下施設間での情報共有体制も不十分であり、広域的な脅威に対する連携対応が困難な状況にある。これらの課題は、第 7 章で詳述する AI 監視システムによるセキュリティ強化の必要性を示している。

⁶ 内閣府：緊急一時避難施設の指定状況（令和 7 年 4 月 1 日時点）（参照 2026.2）

https://www.kokuminhogo.go.jp/pdf/02_R7bunseki_kekka.pdf

3. 予防保全のための AI 診断システム

社会インフラや建築・産業設備の老朽化が進行する中、従来の事後保全や定期点検中心の維持管理では、突発的な故障や機能停止による社会的・経済的損失を十分に防ぐことが難しくなっている。こうした課題に対応するため、設備や構造物の状態データを取得し、AIを活用して劣化や異常の兆候を早期に検知・予知する「予防保全型」維持管理への転換が求められている。AI診断システムは、点検データ、センサー情報、過去の故障履歴などを解析することで、最適な補修・更新時期の判断を可能とし、安全性の向上、維持管理コストの最適化、インフラの長寿命化を実現する重要な技術基盤となっている。以下に、AI診断システムの技術・導入事例・効果・今後の展望について述べる。

3.1 背景と課題認識

3.1.1 背景

(1) 社会インフラ老朽化の進行

我が国の道路、橋梁、トンネル、上下水道、鉄道構造物などの社会インフラは、高度経済成長期に集中的に整備されたものが多く、供用開始から 50 年以上を経過する施設が年々増加している。これに伴い、構造物の劣化進行や性能低下が顕在化し、維持管理および更新に要する費用の増大が大きな課題となっている。

(2) 従来型維持管理の限界

従来の維持管理は、定期点検を基本とし、損傷や機能低下が顕在化した後に補修・更新を行う事後保全型が中心であった。しかし、この方法では、突発的な損傷の発生や供用停止などのリスクを十分に低減することが難しく、結果として社会的影響やコストの増大を招く可能性がある。

(3) 技術者不足と点検業務の高度化

少子高齢化の進行により、維持管理業務を担う熟練技術者の減少が進んでいる。点検・診断業務は依然として技術者の経験や知見に依存する部分が大きく、点検品質の均一化や業務効率の確保が困難となりつつある。

(4) AI 技術活用への期待

近年、センサー技術、IoT、画像解析、機械学習などの進展により、点検・計測データを活用した AI 診断技術が実用化段階に入りつつある。AI 診断システムを活用することで、構造物の健全度評価や劣化進行の予測を定量的に行い、適切な時期に補修・更新を行う予防保全型維持管理の実現が期待されている。

3.1.2 課題認識

(1) データ整備・品質に関する課題

AI 診断システムの精度は、学習に用いるデータの量および品質に大きく左右される。しかし現状では、点検データの記録様式や評価基準が管理者ごとに異なり、過去データ

が紙媒体や非構造化データとして散在しているケースも多い。このため、AI 学習に適したデータ基盤の整備が十分に進んでいない。

(2) 技術者の経験知の活用に関する課題

劣化診断や補修判断には、熟練技術者の経験や暗黙知が大きく影響するが、これらを AI に反映させるための形式知化は容易ではない。AI 診断結果と技術者の判断との整合性をどのように確保するかが重要な課題である。

(3) 診断結果の説明性・信頼性

AI による診断結果がブラックボックス化し、判断根拠が十分に説明できない場合、管理者や発注者が意思決定に活用することが難しくなる。特に公共インフラ分野においては、説明責任や合意形成が求められるため、診断結果の説明性および信頼性の確保が不可欠である。

(4) 導入および運用コストの課題

AI 診断システムの導入には、センサー設置、通信環境整備、システム構築・運用などの初期投資が必要となる。一方で、補修費削減や事故防止といった効果を定量的に評価することは難しく、費用対効果を明確に示しにくい点が導入の障壁となっている。

(5) 既存維持管理体制との整合性

AI 診断システムは、既存の点検制度や維持管理計画、予算・発注制度と整合した形で運用されなければ、現場で十分に活用されないおそれがある。現行制度を踏まえた運用ルールの整理と段階的導入が必要である。

3.2 予防保全と AI の役割

予防保全（Preventive Maintenance）とは、定期点検や部品交換などで、故障を未然に防ぐ保全手法のことである。予防保全の導入において、AI に期待される役割には以下のものがある。

(1) 属人性の低減と判断の高度化

技術者の経験や勘に依存していた劣化判断を補完して、属人性を低減する。

(2) データに基づく客観的・定量的評価

点検・計測・画像などの多様なデータを統合的に分析し、劣化状況を客観的かつ定量的に把握する。

(3) 異常兆候の早期検知によるリスク低減

劣化や異常の兆候を早期に検知し、重大な損傷や故障の発生を未然に防止する。

(4) 将来リスク予測と対策時期の最適化

劣化進行や将来リスクを予測し、補修・更新時期の最適化を支援する。

(5) 維持管理コストの合理化

過剰保全や事後対応を抑制し、ライフサイクルコスト全体での維持管理コスト縮減を図る。

(6) 限られた経営資源の最適配分

限られた予算・人材を効率的に配分するための、合理的な意思決定を支援する。

(7) 点検・診断業務の標準化と品質向上

点検・診断結果の標準化を通じて、維持管理業務の品質向上と均一化を実現する。

(8) 予防保全型維持管理体制の確立

安全性確保とライフサイクルコスト低減を両立する予防保全型維持管理の基盤を構築する。

3.3 導入事例

予防保全に AI を導入した事例を表 3-1 に示す。AI 診断により、故障や異常の予測が可能となり、保守コスト削減・品質改善・故障停止時間の低減・保全作業の計画性向上が効果としてみられる。一方で技術的課題には、故障データ不足・異常の定義・誤判断の管理などが挙げられる

表 3-1 導入事例

事例	業種	内容・技術構成	効果・成果	課題・留意点
予知保全 AI による振動データ の学習	部品製造業	製造設備から振動データを取得し、予測保全 AI モデルを構築。故障の予兆を検知することで、突発的な故障発生前に対策。	突発的な故障による営業損失の低減。 保守コストの削減。	故障データが少ない（不十分なデータ）こと、定期的なモデルの再校正が必要。
AI 診断プラットフォーム	繊維製造業	AI 診断プラットフォームを導入し、多変量統計的プロセス管理により異常の早期検知と原因分析を実施。	異常発見の精度向上、品質ロスの削減。 原因究明に要する時間の大幅短縮	オペレーターの経験に依存していた体制からの脱却が困難。 異常の定義や閾値設計の難しさ。データ整備が重要。
自動旋盤の AI 異常予測	工作機械 （自動旋盤）	自動旋盤のス핀ドルベアリングを対象に、複数センサー（振動など）を取り付けてデータを収集。AI モデルで異常を予測することで、軸受けの故障前交換を可能にした。	定期交換だけではない「状態監視型保全」への移行。 不要な交換部品の削減。 故障による停止時間の低減。	センサー設置コスト、データのノイズや外乱の影響、モデルの誤警報の管理が課題。
モーターの AI 故障予測	紙製造業	ペーパーメーカーで“Smart Motor Sensor”を導入。 モーターの運転状態を定量的に監視し、AI で故障予測を実施。	モーターの異常を早期に発見できるようになり、突発的な停止が減少。 保全作業の計画性向上。操業安定化。	モーター／用途ごとに異なる運転環境があり、それらをモデルに取り込む必要がある。 センサー故障やデータ取りこぼしが影響。

3.4 効果・メリット

(1) 劣化・異常の早期発見による事故・災害リスクの低減

AI 診断システムは、センサーデータ、点検画像、振動・ひずみ・音響などの多様なデータを常時監視・解析し、人の目では見逃しやすい微小な変化や劣化兆候を検知できる。これにより、構造物の重大な損傷や機能低下が顕在化する前に対策が可能となり、事故・災害の未然防止と社会的リスクの低減に寄与する。

(2) 点検・維持管理の高度化と品質の平準化

従来の点検は、技術者の経験や主観に依存する部分が大きく、判断のばらつきが課題であった。AI 診断の導入により、過去データや統計的・機械学習的知見に基づく定量的・客観的評価が可能となり、点検品質の標準化・平準化が実現する。特に熟練技術者不足

が進む中で、技術継承を補完する手段としても有効である。

(3) ライフサイクルコスト（LCC）の低減

AIによって劣化進行を予測し、最適な補修時期や補修内容を判断できるため、不要な過剰補修の抑制や著しい劣化発生後の高額な事後対応の回避が可能となる。結果として、維持管理コストの最適化と、構造物全体のライフサイクルコスト低減につながる。

(4) 計画的・戦略的な維持管理の実現

AI診断システムは、劣化予測結果をもとに、構造物ごとの健全度推移を可視化できる。これにより、中長期の補修・更新計画を立案ができ、限られた予算・人員の重点配分が可能となる。さらに場当たりの維持管理から戦略的アセットマネジメントへの転換を促進する。

(5) 点検・保全業務の省人化・効率化

ドローン、ロボット、IoTセンサーとAIを組み合わせることで、危険箇所や高所・狭隘部の遠隔点検データ整理・診断作業の自動化が可能となる。これにより、作業員の安全性向上とともに、人手不足への対応や業務効率の大幅な向上が期待できる。

(6) データに基づく説明責任と合意形成の強化

AI診断結果は、数値・グラフ・劣化予測として可視化できるため、管理者、発注者、住民などに対して、補修の必要性や優先順位を客観的根拠に基づいて説明しやすくなる。これは、公共インフラにおける説明責任の向上と合意形成の円滑化に寄与する。

(7) インフラの長寿命化と社会的価値の向上

予防保全を前提としたAI診断の活用により、構造物の健全性を長期間維持でき、安定した社会インフラが提供されるため、将来世代への負担軽減につながる。結果として、インフラの社会的・経済的価値の最大化が実現される。

予防保全のためのAI診断システムは、「安全性向上」、「コスト最適化」、「維持管理の高度化・効率化」を同時に実現する中核技術であり、老朽化インフラと人材不足という構造的課題を抱える我が国において、不可欠な基盤技術である。

3.5 課題と今後の展望

3.5.1 現状の課題

予防保全のためのAI診断システムは、高い有効性を有する一方で課題もある。現状の課題を以下に示す。

(1) データ確保の難しさ

AI学習に必要な高品質かつ十分な量のデータ確保が難しい点が挙げられる。インフラ分野では、点検手法や記録様式が統一されておらず、異常データも限定的であるため、学習精度に影響を及ぼす。

(2) ブラックボックス化

AIの診断結果がブラックボックス化しやすく、判断根拠を技術者や管理者が十分に理解できない場合があり、現場での意思決定や責任分担、発注者への説明において障害となる。

(3) 運用面での不整合

AI 診断と現行の点検・維持管理業務との制度・運用面での不整合が挙げられる。点検基準、設計基準、発注方式が従来型の目視点検や事後保全を前提としており、AI 診断結果を正式な判断材料として位置付けにくい現状が存在する。

(4) 運用体制の未整備

導入初期コストや人材不足、AI を適切に使いこなすための技術理解・運用体制の未整備も課題である。

3.5.2 今後の展望

点検データの標準化やデータ連携基盤の整備が進むことで、AI 診断の精度と汎用性が向上すると期待される。今後の展望を以下に示す。

(1) 劣化予測の信頼性向上

IoT センサー、ドローン、ロボット点検などと連携した多様なデータの統合解析により、より信頼性の高い劣化予測が可能となる。

(2) XAI の導入効果

説明可能な AI (XAI: Explainable AI) の導入が進むことで、診断根拠の可視化や技術者の判断支援が強化され、AI と人の協調による意思決定が主流となる。これにより、AI は「代替」ではなく「補完」する技術として現場に定着していく。

(3) 経営・管理基盤への発展

アセットマネジメントや BIM/CIM、デジタルツインとの連携により、AI 診断は単なる点検支援ツールから、中長期の維持管理戦略を支える経営・管理基盤へと発展することが見込まれる。

(4) 持続可能で高信頼なインフラ運営の実現

制度面の整備や発注方式の高度化と相まって、予防保全型維持管理が社会インフラ全体に定着し、持続可能で高信頼なインフラ運営の実現に貢献すると考えられる。

4. AI を活用した避難誘導計画の策定

ここでは「AI を活用した避難計画誘導の策定」についての調査を報告する。まずは避難誘導に関する現状と課題について、さらに今後の方向性として AI を活用した避難の今後の方向性について調査した。

4.1 避難誘導に関する現状

4.1.1 近年の避難情報について

(1) わかりやすい避難情報への改正⁷

日本では毎年のように、大雨や台風などによる洪水や土砂災害、高潮などが発生し、多くの被害が発生している。平成 30 年 7 月豪雨では 200 名を超える死者・行方不明者が発生するなど、各地で甚大な被害が発生した。気象庁から注意報や警報が、市町村から避難勧告や避難指示（緊急）など様々な情報が出されているが、受け手である住民に正しく理解されていたかなど、様々な課題があった。こうしたことを踏まえ、住民が災害発生危険度を直感的に理解し、的確な避難行動をとることができるよう、避難に関する情報や防災気象情報などの防災情報を 5 段階の「警戒レベル」を用いて伝えることとした（令和元年（2019 年）6 月）。しかしながら、令和元年台風第 19 号においても、多くの人が避難の遅れなどにより被災したことから、住民の「自らの命は自らが守る」意識を一層徹底するとともに、避難情報のさらなる見直しを行うこととなり、令和 3 年（2021 年）4 月に災害対策基本法が改正され、同年 5 月から新たな避難情報を用いて避難情報を伝えることとなった。これにより、これまでの「避難勧告」は廃止され、警戒レベル 4 で「避難指示」に一本化。高齢者等には警戒レベル 3 で早期避難を促す仕組みが導入された。



図 4-1 内閣府：新たな避難情報に関するポスター・チラシ

⁷ 政府広報（参照 2025.6）：<https://www.gov-online.go.jp/article/201906/entry-7786.html>

(2) 警戒レベル別の行動

1) 警戒レベル 1「災害への心構えを高める」

災害発生危険性の危険性はまだ低い段階であるが、気象庁から警戒レベル 1「早期注意情報」が発表された場合には最新の防災気象情報などに留意するなど、災害への心構えを高める。

2) 警戒レベル 2「ハザードマップなどで避難行動を確認」

気象庁から警戒レベル 2「大雨注意報」や「洪水注意報」などが発表され、災害発生に対する注意が高まる段階。ハザードマップで災害の危険性のある区域や避難場所、避難経路、避難のタイミングの再確認など、避難に備え自らの避難行動を確認しておく。

3) 警戒レベル 3「危険な場所から高齢者等は避難」

市町村から警戒レベル 3「高齢者等避難」が発令された段階。避難に時間がかかる高齢者や障害者、避難支援者などは危険な場所から安全な場所へ避難する。また、土砂災害の危険性がある区域や急激な水位上昇のおそれがある河川沿いの住民も準備が整い次第、この段階での避難が強く望まれる。また、それ以外の住民も普段の行動を見合わせたり、いつでも避難できる準備をしたり、危険を感じたら自主的に避難する。

4) 警戒レベル 4「対象地域住民のうち危険な場所にいる人は全員避難」

市町村から警戒レベル 4「避難指示」が発令された段階。対象地域の住民は全員速やかに危険な場所から避難する。

5) 警戒レベル 5「命の危険。直ちに安全確保」

市町村から警戒レベル 5「緊急安全確保」が発令された段階。既に災害が発生しているか又は災害発生直前か、確認できていないもののどこかで既に発生していてもおかしくない状況。命が危険な状況であり、直ちに安全な場所で命を守る行動をとる。警戒レベル 5 になってからでは、安全な避難が難しい状況であるため、予定していた避難場所への避難が危険な場合には、自宅の上の階や、崖から離れた部屋に移動するなど、その場で少しでもできる身の安全を確保するための行動をとる。

4.1.2 個別避難計画策定の努力義務化⁸

東日本大震災の教訓として、障害者、高齢者、外国人、妊産婦などの方々について、情報提供、避難、避難生活など様々な場面で対応が不十分な場面があったことを受け、こうした方々に係る名簿の整備・活用を促進することが必要とされたことから、平成 25 年(2013 年)の災害対策基本法(昭和 36 年 法律第 223 号)の改正により、災害時に自ら避難することが困難な高齢者や障害者などの避難行動要支援者について、避難行動要支援者名簿を作成することが市町村の義務とされた。

その後、令和元年(2019 年)台風 19 号などの近年の災害においても、多くの高齢者や

⁸ 内閣府防災情報(参照 2025.7):

<https://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/yoshiensha.html>

障害者などの方々が被害に遭われている状況を踏まえ、災害時の避難支援などを実効性のあるものとするためには個別避難計画の作成が有効とされたことから、令和3年(2021年)の災害対策基本法の改正により、避難行動要支援者について、個別避難計画を作成することが市町村の努力義務とされた。以下、個別避難計画の策定状況について調査した。

(1) 行動要支援者名簿の作成に係る取組状況(令和7年4月1日現在)⁹

避難行動要支援者名簿は全国1,741団体において、すべて作成済となっている。以下の名簿の更新状況について図4-2に示す。

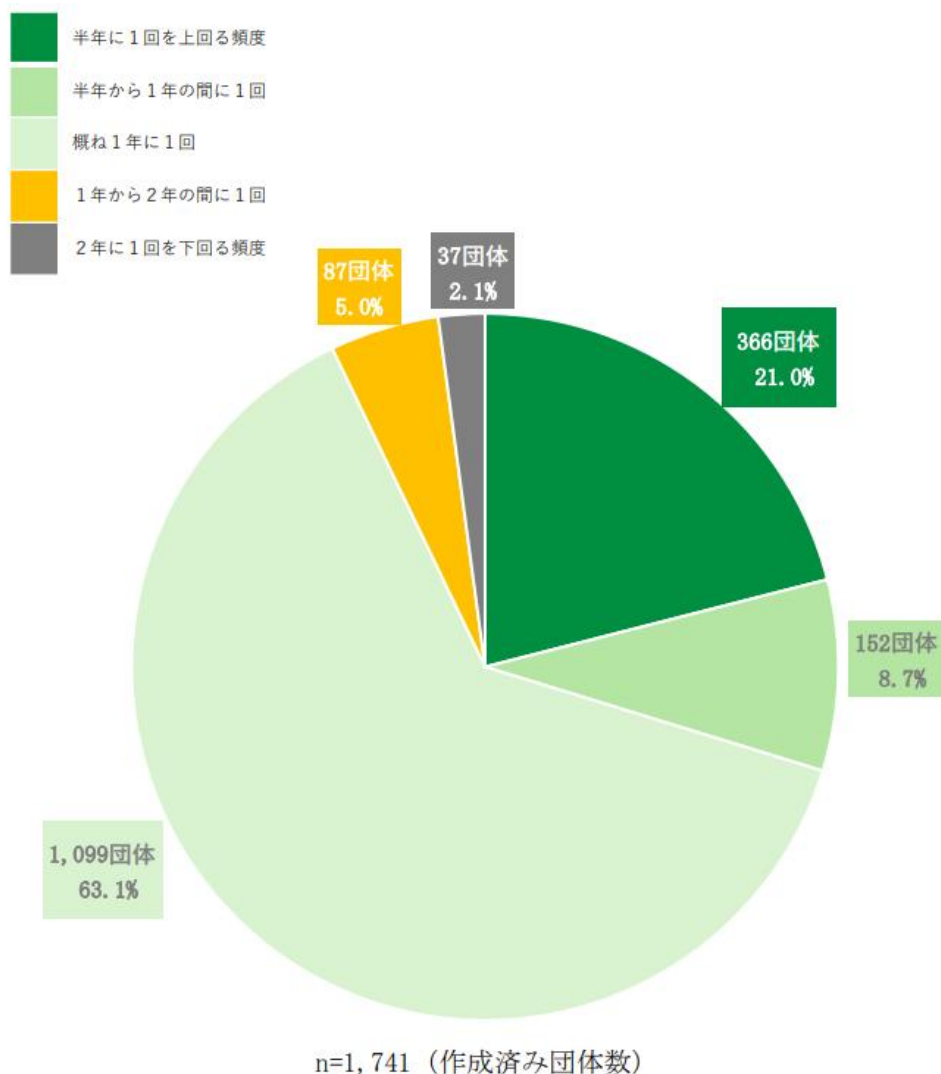


図4-2 避難行動要支援者名簿の更新状況

これより全国1,741団体の93%以上が1年に1回は名簿を更新し、要配慮支援者を把握していることが確認できた。

⁹ 内閣府および消防庁報道(参照2025.7):

https://www.soumu.go.jp/main_content/001016124.pdf

(2) 個別避難計画の策定状況

個別避難計画に関しては、避難行動要支援者に自宅の災害リスクや避難先の確認から始め、庁内外との連携を図り、優先度が高い方から計画の作成が進められており、本人のことをよく知るケアマネジャーなどの福祉専門職や地域の関係者の協力を得て取り組まれている。

2025 年 4 月 1 日時点で個別避難計画を作成している団体は 1,691 団体、未作成の団体は 50 団体（2.9%）と前年度調査時（141 団体）の約 3 分の 1 となっている（図 4-3）。未作成の団体においては、作成に向けて対象者（避難行動要支援者）に自宅の災害リスクや避難先を確認してもらうこと、また、作成に向けた体制整備として庁内の関係部局、課室や、庁外の福祉専門職や住民との関係づくり、避難先の確保などに取り組んでおり、多くの団体で作成に向けて対象者の特定など、具体的な作業を進めている。

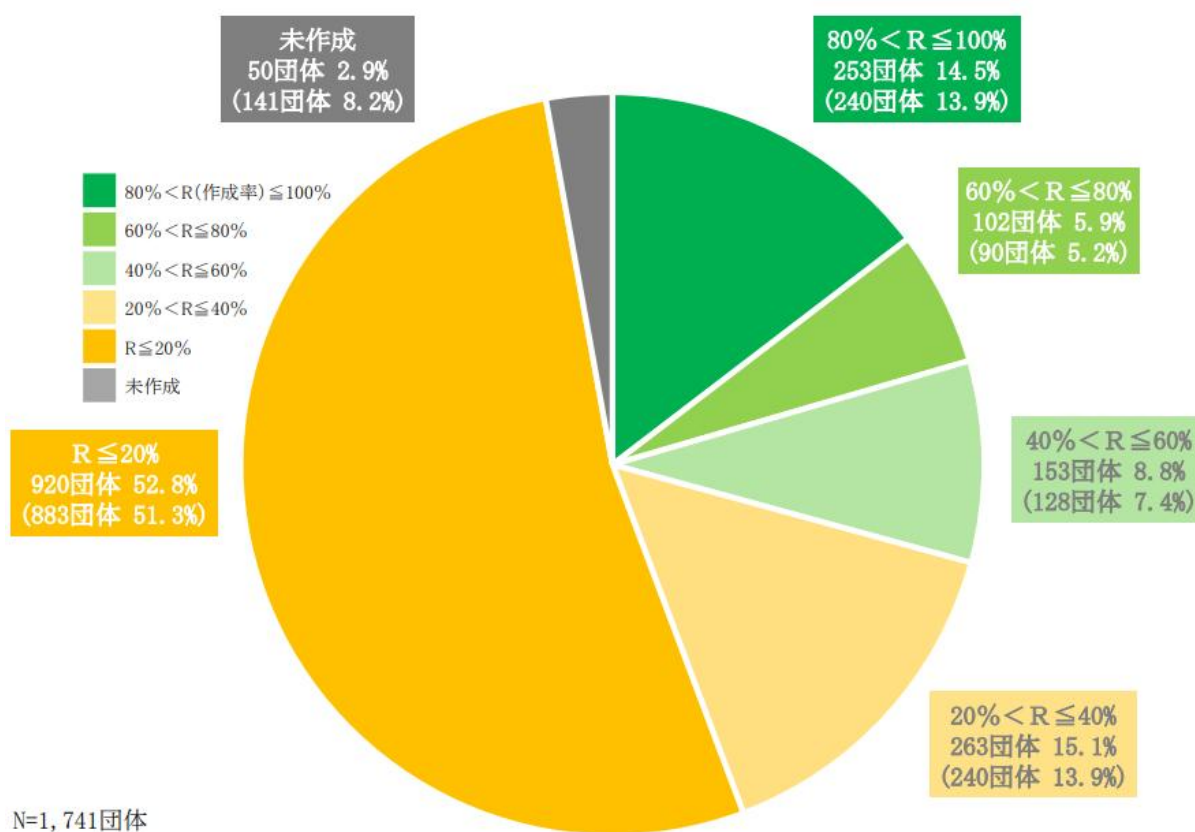


図 4-3 個別避難計画の作成状況

しかし作成率（避難行動要支援者名簿に記載された人のうち、個別避難計画が作成済みの人の割合）の観点からみると、2 割以下の階級が過半数を占めており、個別避難計画の策定はあまり進んでいないことがうかがえる。個別避難計画の対象は自力で避難が困難な高齢者や障害者、要介護者などとなり、計画内容は誰が支援するか、どこへ避難するか、どのような配慮をするかについて、優先度の高い者（ハザードリスク・独居・重度障害など）から作成し、改正法施行後おおむね 5 年程度で優先者分を完了することが望ましいと

されている。個別避難計画作成イメージを図 4-4 に示す。

避難支援等実施者に関する記載等のイメージ					
(個別避難計画のイメージ)					
● ● 町 個 別 避 難 計 画					
避難行動要支援者		個別避難計画に記載等された情報（計画情報）は、避難支援等の実施に必要な形で消防や警察等の避難支援関係者に提供されることとなります。計画に記載等された情報の一部は消防や警察等の避難支援関係者に提供することも可能で、提供先でも必要以上に共有することがないようにするなど、情報漏洩の防止などの対応に努めます。			
ふりがな	ばんどう たろう	計画情報や避難支援等関係者に提供することに同意します	生年月日	平成●●年●●月●●日	
氏 名	坂東 太郎	✓	性 別	男 女	
住所又は居所	●●町字◆◆23番地		避難するときに必要な支援の内容		
電話番号その他の連絡先	●●●-●●●-1234		聞こえに関して支援していただきたいです		
避難支援等実施者					
避難支援等実施者本人やその家族等の生命及び財産の安全を守ることが大前提です。また、個別避難計画は、あくまで避難の円滑化や避難行動への支援の可能性を高めるためのものであり、避難支援等実施者に対して、避難支援等の結果について、法的な責任や義務を負わせるものではありません。避難支援等実施者は個人である必要はありません。組織や団体で記載等することも可能です。					
ふ り が な	ふくし うめこ	計画情報や避難支援等関係者に提供することに同意します	できること		
氏名又は名称	福祉 梅子	✓	☒ 高齢者等避難などの避難情報の伝達 ☐ 避難しているかの確認 ☐ 避難先と一緒に行く ☒ その他 ※具体的に書いてください メールやFAXで、避難しているかを確認		
住所又は居所	●●町字◆◆35番地				
電話番号その他の連絡先	●●●-●●●-5678				
ふ り が な	しかくしかくじちかい	計画情報や避難支援等関係者に提供することに同意します	できること		
氏名又は名称	◆◆自治会	✓	☐ 高齢者等避難などの避難情報の伝達 ☒ 避難しているかの確認 ☒ 避難先と一緒に行く ☐ その他 ※具体的に書いてください		
住所又は居所	●●町字◆◆78番地				
電話番号その他の連絡先	●●●-●●●-7891				
1名や1団体でも経験ありません。2以上の場合、相互協やしたり、関係や連携を活用してください。					
避難先・避難経路・その他					
避難経路は災害時にとることを予定される経路を書いてください。災害の状況によっては、記載のとおり避難できない場合があります。その場合は、当日の状況に応じて避難経路や避難先を変更してください。					
避 難 先		避 難 経 路		そ の 他	
自宅（※屋内安全確保の場合） ◆◆公民館（※立退き避難の場合）		自宅→町道●号線を渡る→◆◆公民館 （通称はさみ自治会） ※自宅前に立退き場があります。音が鳴らっている時手には見えにくいので気を付けてください。		玄関先に必要なお薬を入れている非常用持ち出し袋を準備しているの、忘れず持ち出すよう、みんなで声かけしてください。	
災害時の御相談先：●●町●●課●●係 ●●●-●●●-●●●●					

図 4-4 避難支援等実施者に関する記載のイメージ¹⁰

上述したように個別避難計画の作成は、全国約7百万人の対象者に対し、計画作成完了者は約百万人にとどまり、作成率は約14%程度となっている。作成が進まない要因として、対象者数が膨大であること、ケアマネジャーや福祉施設職員の人的・時間的負担が大きいこと、情報共有制約の観点から名簿情報の提供には本人の同意が必要であることなどが挙

¹⁰内閣府（参照 2025.8）

https://www.bousai.go.jp/taisaku/hisaisyagyousei/pdf/230302_hinan.pdf

げられる。

4.1.3 避難に関するデジタル技術活用状況

近年、自然災害が激甚化・頻発化する中、デジタル技術を活用した防災対策（防災 DX）への注目が高まっている。政府や自治体、民間企業が連携し、AI や IoT、クラウド技術などを駆使して災害への備えと対応力を向上させる取り組みが全国で展開されている。以下、複数の事例を挙げる。

(1) 避難誘導・安否確認の自動化事例

スマートフォンの普及に伴い、自治体が防災に関する独自のアプリ（iOS, Android 対応）を開発し、様々な情報を住民に発信する事例が増えている。以下にこれらアプリの例とその機能について示す。

1) 東京都：東京都防災アプリ¹¹

東京都はこれまで防災ブック「東京くらし防災」、「東京防災」（最新版は 2023 年 9 月に発行）を都内全世帯に配布したり、東京都防災ホームページを通じて防災情報を発信してきた。このような防災情報を常に最新に保ち、実際の災害発生時に活用できるよう、様々な機能を追加した「東京都防災アプリ」が開発された。アプリは 2018 年 3 月から配信が開始され、その後も機能拡充を行い、2024 年 3 月には大幅なリニューアルが実施されている。



図 4-5 東京都防災アプリ

このアプリは「あそぶ」、「まなぶ」、「つかう」をコンセプトに、従来の「東京くらし防災」、「東京防災」のコンテンツに加え、様々な機能が追加されている。主な追加

¹¹ 東京都防災ホームページ（参照 2026.2）

<https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/1028747/index.html>

機能を以下に示す。

- ・防災クイズ：リニューアルした防災ブックの内容を踏まえたジャンル別のクイズから、防災を学ぶ。
- ・防災シティ：アプリの利用により獲得できるポイントを使って、まちの防災力を高めていくゲーム形式のコンテンツ。
- ・防災マップ：水害リスク・地域危険度等の情報、各種防災施設や災害時帰宅支援ステーション等の位置が確認できる。
- ・チェックリスト：備えておきたい食品や、室内の備えを品目ごとに消費期限を設定して管理することができ、期限間近のアイテムをアラートで知らせる。
- ・避難シミュレーション：自宅や学校などの指定した場所から、目的地までのルートをストリートビューや実際に歩いて確認できる。
- ・最新の災害情報：自分が登録したエリアと東京都内の「避難情報」「気象情報」「地震情報」「国民保護情報」等が確認できる。

また災害時のインフラ障害に備えて一部の機能はオフラインでも利用でき、「キッズモード」、「シニアモード」の搭載や、多言語対応（英、中、韓、やさしい日本語）など、幅広い利用者層に配慮した内容となっている。

2) 渋谷区：渋谷区防災アプリ¹²

渋谷区では区民、来街者を問わず、誰でも利用できる防災ツールとして、渋谷区防災アプリを配信している。



図 4-6 渋谷区防災アプリ

¹² 渋谷区防災アプリ（参照 2026.2）

https://www.city.shibuya.tokyo.jp/bosai/bosai/bosai-potal/app_bosai.html

主な機能として、渋谷区が発信する各種災害情報をリアルタイムで受信できるほか、家族や友人間での情報共有、オフラインでの防災マップの確認などが可能である。

区民のみならず、通勤、通学などの渋谷区民以外の来街者も対象としているのが特徴であり、区民には避難所・自主避難施設、来街者には帰宅困難者受入施設の情報を提供するなど、利用者に応じた活用が可能となっている。

また東京都防災アプリとの関係については、東京都防災アプリについて防災についての知識を学習し、実際の災害時には避難所チェックイン機能を備える渋谷区防災アプリにしたがって避難するなどの使い分けを行うことが想定される。

3) 横浜市：横浜市避難ナビ¹³

「横浜市避難ナビ」は、一人ひとりの避難行動を平時から災害時まで一体的にサポートする「避難」に特化したアプリである。主な機能は以下のとおりである。

- ・意識の醸成：ARを活用し浸水時の疑似体験ができる。
- ・事前の備え：ハザードマップや避難所の確認、今いる場所の危険性を自動判定し、マイ・タイムラインが作成できる。
- ・避難行動の支援：災害時にマイ・タイムラインと連動した避難情報をプッシュ通知し、開設している避難場所やルートを確認できる。



図 4-7 横浜市避難ナビ

このような AR による意識の醸成を始めとした、事前の備えから避難行動までを一体的に支援するアプリは、公開時の 2022 年 3 月時点で全国初であり、その開発は産官学（産：システムの構築、官：マイ・タイムライン等のノウハウ、学：AR 技術の提供）

¹³ 横浜市避難ナビ（参照 2026.2）<https://www.city.yokohama.lg.jp/bousai-kyukyu-bohan/bousai-saigai/moshimo/wagaya/20220215102136089.html>

の連携により実施された。

4) 川崎市：かわさき防災アプリ¹⁴

「かわさき防災アプリ」は、防災行政無線の放送内容や、緊急時の各種災害情報をリアルタイムに受信でき、発令中の避難情報や避難所情報を地図上で確認できるアプリである。



図 4-8 かわさき防災アプリ

防災行政無線に対応しているのが特徴であり、無線の放送後にプッシュ通知を送るとともに、その内容を文字と音声で確認可能であり、これまでの屋内で防災無線を聞き取れなかったなどの課題を克服している。

また「渋谷区防災アプリ」と同様に、来街者に対して帰宅困難者一時滞在施設開設情報の提供も可能となっている。

5) 名古屋市：名古屋市防災アプリ¹⁵

「名古屋市防災アプリ」は、「東京都防災アプリ」と同様に災害への備えや災害時に役立つ多くのコンテンツを利用できるアプリである。平常時は災害リスクや避難場所を確認しながら、マイ・タイムラインを作成し災害時に備えることができる。災害時には気象情報や避難情報などの緊急情報がプッシュ通知され、作成したマイ・タイムラインを確認しつつ、警戒レベルに応じた避難行動をチェックすることができる。

¹⁴ かわさき防災アプリについて（参照 2026.2）

<https://www.city.kawasaki.jp/601/page/0000111816.html>

¹⁵ 名古屋市防災アプリ（参照 2026.2）

<https://www.city.nagoya.jp/bousaportal/jouhou/1036430/1013493.html>

また名古屋市では、市が保有するハザードマップ GIS データを始めとする防災情報オープンデータを広く公開することを通じて、教育・研究や民間事業者の活動等における利活用を促進することを目的に、「なごや防災オープンデータカタログサイト¹⁶」を公開している。データはクレジット表記することにより二次利用が可能であり、名古屋市防災アプリでもこのデータが活用されている。



図 4-9 名古屋市防災アプリ

6) 福岡市：防災アプリ「ツナガル+」¹⁷

福岡市の「ツナガル+」は、平常時には近くの避難所位置や設備一覧、避難所へのルートを地図上で確認でき、災害時には他の利用者や市との状況共有が可能なアプリである。



図 4-10 福岡市防災アプリ「ツナガル+」

¹⁶ なごや防災オープンデータカタログサイト（参照 2026.2）

<https://nui-ngy-bosai.jp/>

¹⁷ 防災アプリ『ツナガル+』（参照 2026.2）

https://www.city.fukuoka.lg.jp/shimin/t_bousai/tsunagaru_plus.html

本アプリの特徴である災害時における情報共有機能としては、以下のものがある。

①指定外の避難所から市への情報発信

やむを得ない理由で指定避難所に入れず、公園や駐車場などに避難した場合でも、アプリ内で指定外の避難所を作成し、市に避難場所や被災状況を発信することができる。

②市からの支援情報を入手

在宅でも、アプリを通じて市からの物資支援などの情報を入手できる

③避難所の電子掲示板として情報共有

通勤や通学などで避難所を不在にしている、アプリ上で情報を発信、共有できる。

またこのアプリでは基本的な機能はアカウント登録不要で利用でき、平常時のハードルを下げている。

(2) 避難所混雑状況リアルタイム把握システムの事例

災害発生時、避難所の混雑状況をリアルタイムで把握できるシステムも構築されている。

1) VACAN（バカン）避難者マネジメントシステム¹⁸

全国 200 以上の自治体で導入されている。避難所の混雑度をリアルタイム配信し、過集中やたらい回しを防止することに有効である。QR 受付で避難者の名簿管理や物資在庫の管理、地図連携で設備状況を表示している。

2) らくらく避難所くん（テレネット）¹⁹

避難者のマイナンバーカードや運転免許証などをかざすことや、事前のスマホ入力で基本 4 情報（氏名、住所、生年月日、性別）を迅速に受付し、全避難所の避難者情報の自動集計、連携、MAP での混雑状況表示、行方不明者の検索（希望者のみ）ができるシステムである。他のシステムへの API 連携、出力も可能となっている。

3) 仙台 BOSAI-TECH「AI 位置情報アプリ」²⁰

「AI 位置情報アプリ」はリアルタイムの災害情報と避難所案内を通じ、緊急時の安全確保をサポートする。「L アラート」システムとの連携により、特別な設定をせずとも日常的に訪れる場所で災害情報を直接受け取ることができる。電話が困難な状況でも家族や友人の安全や居場所を把握できる。自治体は避難所の混雑状況や避難指定場所以外に避難者が集まっている場所が見える化、他部門と共有することが可能となる。

¹⁸ VACAN（参照 2025.12） https://corp.vacan.com/column/bousai_dx.html

¹⁹ TELENET（参照 2025.12） <https://telenet.co.jp/rakurakuhinan/>

²⁰ SENDAI BOSAI TECK（参照 2025.12）
<https://sendai-bosai-tech.jp/news/detail/---id-191.html>

4.2 避難誘導に関する主な課題

4.2.1 情報は届いているが行動に結びつかない

日本赤十字社「防災の日に関する意識調査 2024」²¹によると、過去、気象庁からの緊急地震速報や自治体からの避難指示などが発出された際に、実際に「避難したことがある」人は7.4%にとどまり、78.4%の人は「避難したことがない」状況であることが分かっている。なお、2023年の調査で同様の質問をした際は、「避難したことがない」と答えた人は78.1%、「避難したことがある」人は10.3%という結果であり、避難したことがない人の割合は変わっていない。避難しなかった理由で最も多かったのは「自宅にいた方が安全だと思ったから（30.4%）」、次いで「大した状況ではないと思ったから（26.8%）」や「近隣の人や知人が避難していなかったから（9.9%）」（図 4-11）と、自身の解釈や周囲の行動に影響を受けていることがわかる結果となっている。

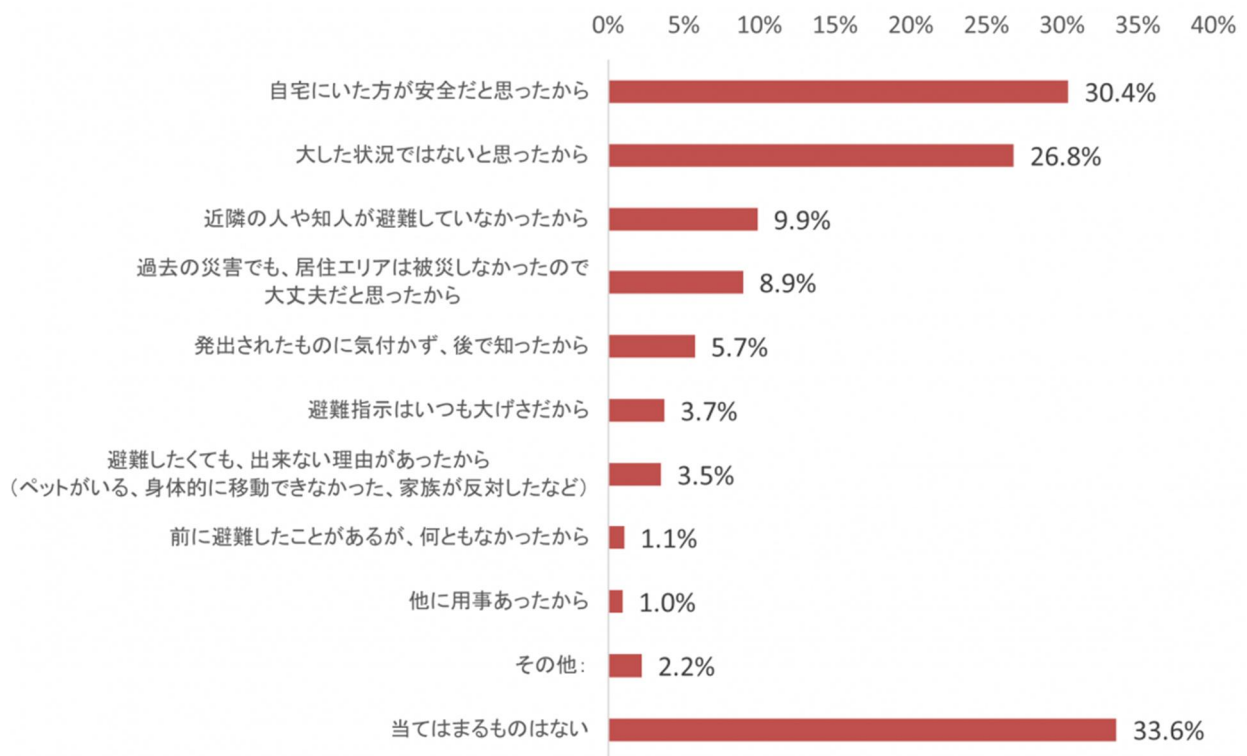


図 4-11 緊急地震速報や避難指示で避難しなかった理由

4.2.2 避難するかしないかは自己判断に依拠する傾向

避難勧告などの情報を入手したにも関わらず、「自分が被害を受けとは思わなかった」との理由から避難しない住民が少なくない。このように「これまで大丈夫だったから」や「今回は大丈夫」と危険を平時と同じように扱う心理的な「正常性バイアス」が避難しない課題に挙げられる。正常性バイアスは緊急時にはデメリットとして働くことに注意が必

²¹ 日本赤十字社（参照 2025.12） https://www.jrc.or.jp/press/2024/0829_042546.html

要となる。その事例としていくつか挙げる。

(1) 東日本大震災（2011 年）

津波警報が発令されても、多くの住民が避難せず、津波を目で確認してから避難を開始した石巻市大川小学校などで避難の遅れがあった。

(2) 西日本豪雨（2018 年）

気象庁が大雨特別警報を出したにも関わらず、住民は「前回も大丈夫だった」「堤防があるから安全」と考え、避難行動が遅れ、多数が被災した。

(3) 御嶽山噴火（2014 年）

噴火が始まって登山者が現地にとどまり、写真撮影を続けた結果、多くの犠牲者が出たが、これは「異常を正常として受け止めてしまう」典型ケースとなる。

このように、正常性バイアスとは、日常生活では起こりえない事態に陥った時、「それほど深刻ではない」「まだ大丈夫なレベルだ」と判断し、冷静さや安心感を保とうとする心理メカニズムのことを指す。正常性バイアスは、人間の持つ認知バイアスの一種で、認知バイアスとは、“過去の経験や価値観から判断し、合理的でない意思決定をしようとしてしまう”という心理傾向を指し、正常性バイアスのほかにも、表 4-1 のように複数種類存在する。

表 4-1 認知バイアスの例²²

種類	概要	具体例
集団同調性バイアス	どのように判断・行動するかで答えが出せない時、周囲と同じ選択をする	緊急時の警報が鳴っているにも関わらず、周りが逃げ出さないことを理由にその場にとどまる
確証バイアス	自分にとって都合の良い情報だけを選び、反対する情報を軽視または排除する	血液型や星座の傾向を自分や他人の性格に当てはめ、反論されても考えを改めない
内集団バイアス	自分と親しい仲間や自分が所属する集団、国民性や人種に対して優越感を持ち、それ以外の人間関係や集団を劣ると考える	学歴や家柄、会社の地位などにこだわり、異なる環境の相手を見下す

4.2.3 要配慮者対応の遅れ

災害時における要配慮者（高齢者、障害者、妊産婦、外国人など）対応の遅れについて、具体的な課題を挙げる。

(1) 情報取得と伝達の遅れ

聴覚障害者は音声による避難警報が届かず、発災時に取り残されやすい。視覚障害者や日本語非母語話者にも情報伝達手段（字幕・手話・多言語）が不十分で、SOS や避難案内が届きにくい。

²²空飛ぶ捜索医療団（参照 2025.12） <https://arrows.peace-winds.org/journal/12423/>

(2) 福祉避難所・福祉支援体制の不備

福祉避難所の設置数が不足し、人材の確保ができず、市町村によっては開設がほとんど進まない。厚生労働省「災害時の福祉支援体制の整備に向けたガイドライン」に基づき DWAT（Disaster Welfare Assistance Team：災害派遣福祉チーム）の派遣体制の整備が進められているが、能登半島地震のように初動が遅れるケースがあり、支援到着までに時間がかかる。

(3) 人的支援リソースの不足

地域での被災時対応担い手（自治会、ボランティア、専門職など）は高齢化や担い手不足が進み、支援が間に合わないケースが増加している。特別養護施設や高齢者施設などでも、災害発生直後に職員だけで避難支援を完遂するのは困難で、外部人材の協力体制が不十分である。

(4) 避難所環境・生活支援の課題

避難所では段差、トイレ、睡眠環境などが要配慮者に適していないケースが多く、避難生活中の体調悪化や災害関連死が多数報告されている。認知症や持病がある高齢者の場合、避難所での生活が長引けば精神的・身体的な負担が増大し、不活発病や悪化リスクが高まる。

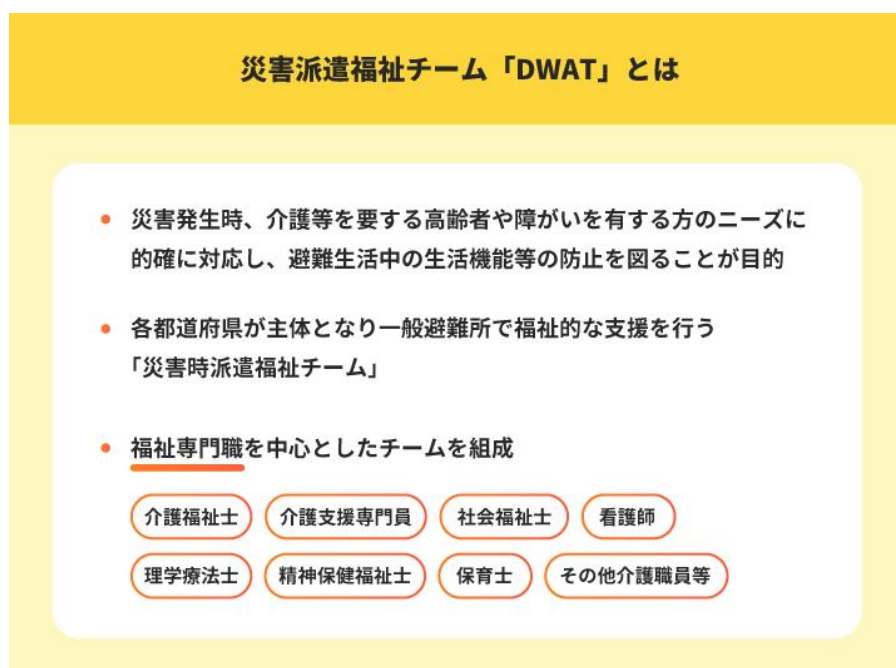


図 4-12 災害派遣福祉チーム「DWAT」²³

4.2.4 デジタル化の現状

(1) 防災アプリのインストール状況

スマホを所有している人を対象に「防災系アプリ」のインストール状況を調査した結果、全体の約半数が何らかのアプリをインストールしている。年代別に見ると、シニア層のイ

²³ SOMPOGROUP ND ソフトウェア（参照 2025.12）<https://www.ndsoft.jp/column/257964>

インストール率が最も高く、65～79歳では55%の人がアプリをインストールしている²⁴。

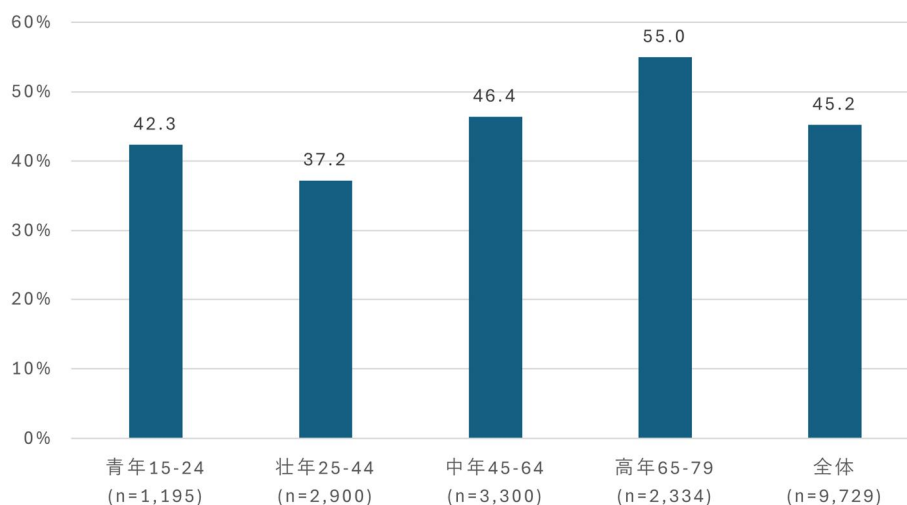


図 4-13 スマホに防災系アプリをインストールしている割合

どのようなアプリがインストールされているかについて、表 4-2（全体で3%以上のアプリを示す）にまとめる。年代によってインストールされているアプリの種類に違いが見られる。また自治体で作成したアプリのインストール率が低いことが分かる。

表 4-2 サービス別防災系アプリのインストール率（年代別）

	青年15-24 (n=1,195)	壮年25-44 (n=2,900)	中年45-64 (n=3,300)	高年65-79 (n=2,334)	全体(n=9,729)
Y a h o o ! 防災速報	19.7	18.6	25.3	22.8	22.0
ウェザーニュース	17.0	15.6	19.4	26.3	19.6
N H K ニュース・防災	10.0	9.9	16.2	27.7	16.3
自治体で作成したアプリ	5.4	4.2	6.0	11.7	6.8
t e n k i . j p	5.3	3.4	3.5	4.0	3.8
特務機関N E R V 防災	8.2	4.4	2.0	0.7	3.2
その他	15.5	10.1	7.4	7.7	9.3

各年代順位 ■・・・1位 ■・・・2位 ■・・・3位

以上より、身近なスマホを使って情報を得ようとする傾向はあるが、まだまだ半数程度であり、また自分の住む自治体の作成したアプリは活用されていないことが課題としてあることが分かる。

(2) 避難情報に関するデジタル技術の主な課題

1) 通信インフラの脆弱性

東日本大震災時には携帯電話や防災無線が大規模に途絶し、避難所・行政との連絡が数日間断絶された事例もあり、通信インフラの信頼性確保が課題となっている。衛

²⁴モバイル社会研究所（参照 2025.12）

<https://www.moba-ken.jp/project/disaster/disaster20250205.html>

星通信や移動通信機器による補完が進められているものの、普及範囲には限度がある。

2) システム導入費用と維持管理コスト

自治体の約 60%が、システム構築・運用にかかる初期コストやランニングコストの高さを課題として挙げている。小規模自治体では独自導入が難しく、広域システム依存や導入できないケースも多く見られる。

3) 人材不足と専門スキルの欠如

DX 推進に必要な技術人材や運用スキルが不足しており、約 75%の自治体が「専門人材不足」を実感している。デジタル化のための教育や定着化に時間を要する。

4) システム間連携・情報共有の未整備

多様な機関（自治体、消防、防災組織など）との情報共有体制が整っておらず、初動時の統一的な情報蓄積・発信に課題がある。地方自治体と国・都道府県レベルとの間で SIP4D（Shared Information Platform for Disaster Management：災害対応に必要とされる情報を多様な情報源から収集し、利用しやすい形式に変換して迅速に配信する機能を備えた、組織を越えた防災情報の相互流通を担う基盤的ネットワークシステム）²⁵のような情報連携基盤整備が進むものの、試験運用中であり開発途中である。

5) 通信混雑・災害情報の届きにくさ

災害時は通信回線がパンク状態となり、プッシュ通知・アプリ起動が阻害され、避難情報が届きにくくなる場合がある。J アラートや L アラートなど多層的な情報伝達経路整備が進む一方で、利用者の認知と普及が課題となる。

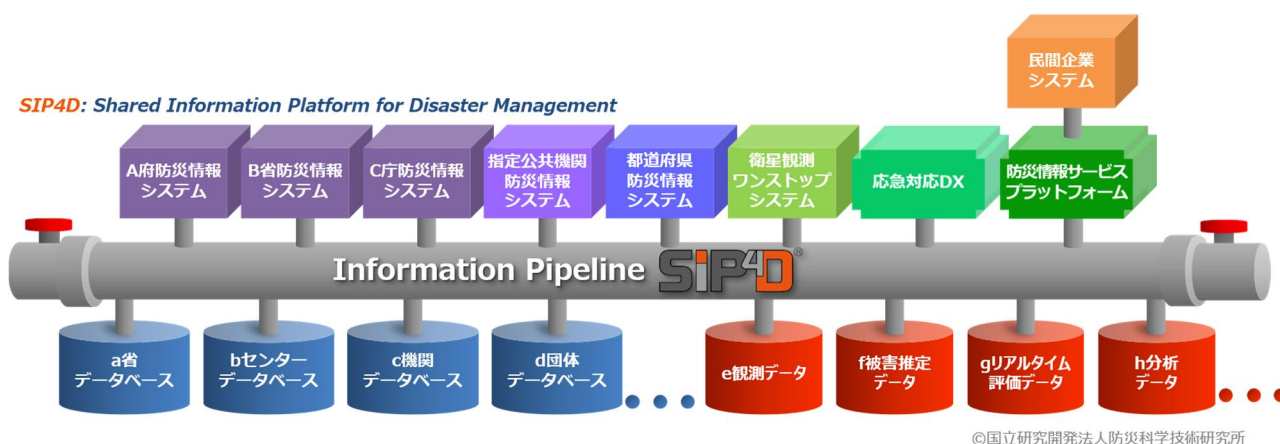


図 4-14 SIP 4 D 基盤的防災情報流通ネットワーク

4.3 AI を活用した避難誘導の今後の方向性

これまで避難誘導に関する現状と課題について調査してきた。ここでは避難誘導における AI の活用について今後の方向性をいくつか調査した。

²⁵ 防災科研（参照 2025.12） <https://www.sip4d.jp/outline/>

4.3.1 AI によるリアルタイム危険判定（火災・洪水・土砂、群集危険など）

(1) 火災時の危険判定

建物や森林火災時、カメラ映像＋深層学習で避難者検出・追跡を行い、デジタルツイン上で状況認識（人流・火災延伸速度など）を可視化し、避難誘導の意思決定に活用していく。センサー＋エッジ AI で煙・熱・ガスなどをセンサーによりハイブリッド検知し、エッジ AI 側で推論することによる検知遅延や誤報低減の効果について、海外で学術報告がなされている。またドローン映像を 5G エッジで解析し、煙・火の勢い・周辺リスクを即時検知して現場連携する実証結果（野外火災や広域監視向け）も報告されている。

(2) 洪水・津波・土砂災害

国や地方自治体の防災オープンデータ（河川水位、洪水予報、気象警報など）と AI による高度な予測（例：河川水位の数時間先の確率予測など）を統合し、住民の危険度を時々刻々と推定可能とする活用も可能と考えられる。



図 4-15 国土交通省「川の防災情報」²⁶

4.3.2 AI による避難最適ルートの提示

(1) 動的経路探索

海外では AI や遺伝的アルゴリズム（GA：進化的アルゴリズムの一派。自然界の強力な最適化プロセスである「進化」に着想を得た最適解の探索）、蟻コロニー最適化（ACO：群知能アルゴリズム。生物の集団心理、集団行動を模して問題解決を行う）など危険度・混雑度を重み付けし、安全性と所要時間のバランスを取るルーティングが可能となる研究やそれらを IoT、エッジ、クラウド連携の枠組みで実装した研究も公開されている。

(2) デジタルツイン×経路最適化、要配慮

海外においては、建物や街区の 3D モデル上で人流や火の勢い・水位などを反映し、個人（健康被害最小化）とコミュニティ（総避難時間短縮）を同時に最適化する経路提

²⁶ 国土交通省「川の防災情報」（参照 2025.12） <https://www.river.go.jp/index>

示の枠組みが提案された実例もある。日本国内でも属性連動のパーソナライズ避難情報（PAD）の実証（スマホアプリで個別最適な避難先・経路・タイミングを提供）や、避難行動要支援者の個別避難計画をデジタル共有するサービスも実現しつつある。官民連携の「スマート避難誘導」実証では、水位計・避難所混雑・ハザードを統合し、高齢者優先誘導・満員回避などのルートをリアルタイムに提示するフィールドテストが行われている。

4.3.3 AI を活用した避難を促す仕組み（正常性バイアス対策）

(1) パーソナライズされたアラートと文言設計

AI が地域や個人属性に応じた緊急連絡文を生成し、強調表現（例：避難遅れは命に関わります）や損失フレーム（利益でなく損失に焦点を当てて伝達）を活用することで、避難意識を高める効果が実証されている。海外では AI を用いた警告文の自動生成により、緊急時のメッセージ作成スピードと伝達品質が向上するとの報告がある。また、災害状況に応じた会話シミュレーションから、最適な避難誘導メッセージを設計し、その効果が人の避難意図に反映されることが示唆されている。

(2) ロボットや LLM を使った避難促進

コーネル大学の研究では、「ロボットが物理的介入で避難を促す（pull 誘導）」方式が、相対的に従わない人を効率的に避難させることが実験で確認されている。また「よくある行動を期待して待つロボット」よりも、積極的なアプローチの方が効果的との報告もある。

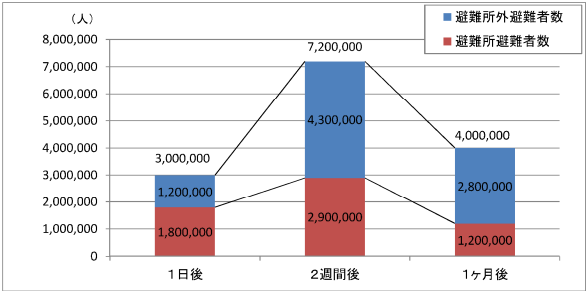
ジョンズ・ホプキンス大学の研究では、事故後サーベイ＋行動モデルを LLM（大規模言語モデル）＋強化学習で読み取り、「この人が避難を起こすか」を推定し、その上で個別にメッセージや支援を出す設計を提案している。

5. 緊急避難施設としての地下インフラ活用

5.1 地下インフラ施設の避難施設としての評価

5.1.1 避難者・帰宅困難者の想定

東日本大震災では、首都圏を中心に約 515 万人の帰宅困難者が発生し、都市機能の一時的な麻痺と安全確保が大きな課題となった。中央防災会議によると、今後発生が懸念される首都直下型地震や南海トラフ巨大地震においては、これを上回る規模の避難者・帰宅困難者の発生が予測されており、我が国において、避難者・帰宅困難者を安全に保護する避難所・一時避難場所の確保と、運用体制の構築が喫緊の課題となっている。

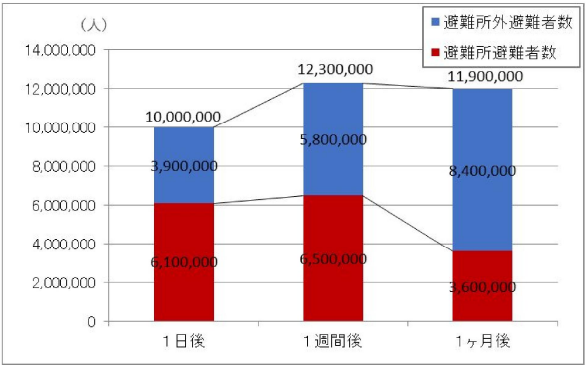


	公共交通機関	その他(自動車、二輪車、自転車、徒歩)	合計
埼玉県	約 310,000	約 360,000	約 670,000
千葉県	約 350,000	約 470,000	約 820,000
東京都	約 3,400,000	約 480,000	約 3,900,000
神奈川県	約 730,000	約 390,000	約 1,100,000
1都3県合計	約 4,800,000	約 1,700,000	約 6,500,000

(資料) 東京都市圏パーソントリップ調査 (H10 年) 及び国勢調査より作成

(注) 数値は四捨五入により表示しているため、各数値の合計値は、合計の欄の値と一致しない場合がある。

図 5-1 首都直下型地震 想定避難者・帰宅困難者数 (中央防災会議)



	自宅のあるゾーン外への外出者数(自宅からの距離別)							帰宅困難者数 (人)
	10km未満	10～20km	20～30km	30～40km	40～50km	50km以上	合計	
中京圏	約2,300,000	約1,100,000	約390,000	約190,000	約86,000	約83,000	約4,100,000	約1,100,000 ～約1,200,000
近畿圏	約2,200,000	約2,400,000	約1,000,000	約420,000	約210,000	約290,000	約6,600,000	約2,200,000 ～約2,800,000

(注) 中京圏は、岐阜県、愛知県、三重県

近畿圏は、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県

図 5-2 南海トラフ巨大地震 想定避難者・帰宅困難者数 (中央防災会議)

5.1.2 避難施設としての活用実績

過去の大規模地震において、地下インフラ施設は一時避難場所として実際に機能し、その有効性が証明されている。

平成 23 年東日本大震災において、川崎地下街アゼリアでは帰宅困難者を想定していなかったものの、一時避難施設として開放し、暖房を継続しながら毛布や段ボールを配布するなどの対応を行い、約 3,000 人の帰宅困難者が滞在した。また、大規模停電が発生し札幌都市部の交通機関がマヒした平成 30 年北海道胆振東部地震において、平成 26 年に札幌市の一時避難施設に位置付けられた札幌駅前通地下歩行空間（チ・カ・ホ）では、多くの帰宅困難者がチ・カ・ホに避難し、3 日間で延べ約 350 万人の帰宅困難者が一時滞在している。

地下街を始めとした地下インフラ施設は、地上より地震の揺れを受けにくい、雨や風、暑さや寒さなどの気象現象から守ることができる、建物の倒壊・火災の延焼のリスクが低い、都市中心部においても大規模なスペースが確保できるなどの利点が多く、帰宅困難者の一時避難場所、延いては避難所としての活用が期待される。

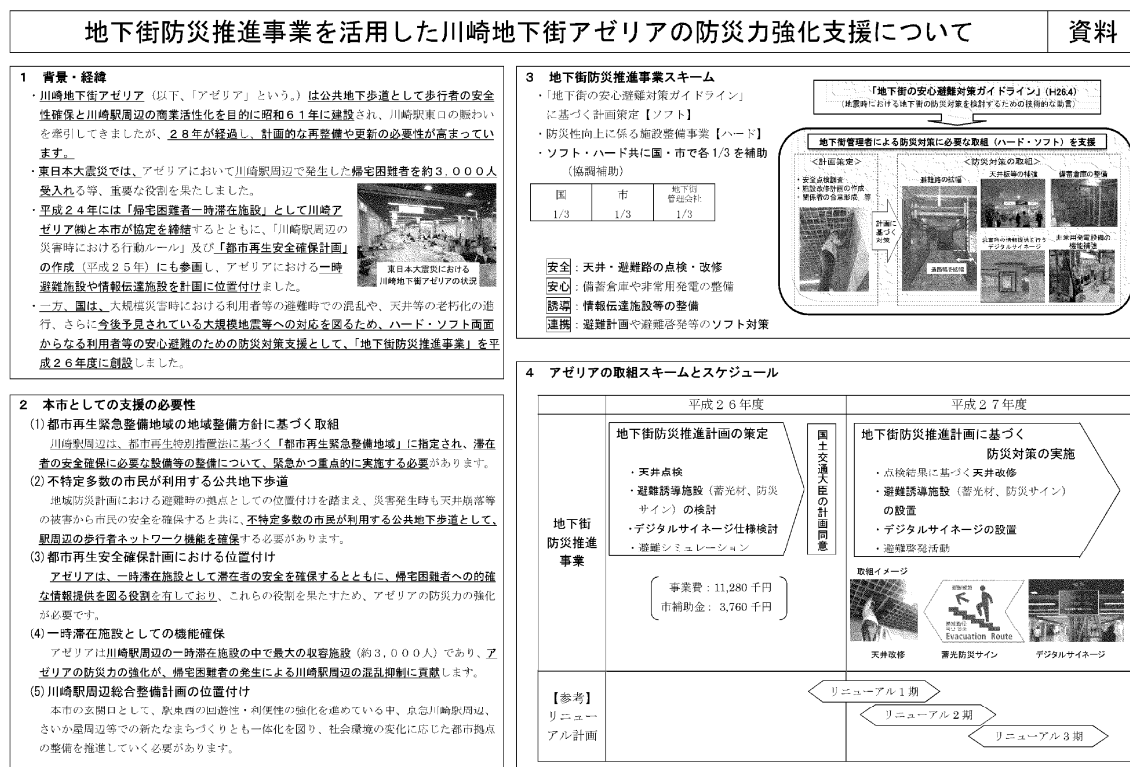


図 5-3 川崎地下街アゼリア 一時避難施設の概要



図 5-4 札幌駅前通地下歩行空間(チ・カ・ホ)一時避難施設の概要

5.1.3 避難施設としての課題

地下インフラ施設が避難所・一時避難場所として多くの避難者・帰宅困難者の受け入れが期待できる一方で、大量の避難者を受け入れるための膨大な電力の確保や大量の備蓄品の管理と物資支援、通信環境の維持が必要となる。また、津波や洪水などから守る止水対策、大量の避難者を受け入れることによる混乱や人為的事故への対策、地下空間が及ぼす心的不安の解消など、地下インフラの活用にあたり、大量の避難者・帰宅困難者の受け入れや地下空間の及ぼす課題が懸念される。

そのため、今後想定される災害時における避難者・帰宅困難者に対応するため、地下インフラ施設において、安全で円滑な避難環境の確保と災害発生時を想定した対策が求められると同時に、AIを含むデジタル技術の活用による自動化や最適化が期待される。

5.2 避難施設における AI の活用

現在提供・開発が進められている AI を含むデジタル技術について、地下インフラ施設を避難所・一時避難場所とした際の有効活用できる技術について整理する。

表 5-1 主な避難に活用可能な AI を含むデジタル技術

項 目	AI を含むデジタル技術	期待される効果
情報デジタルシステム	・ デジタルツインを活用した避難所の選定と避難誘導 ・ アプリを通じた災害情報、避難所の開設情報、混雑情報の収集と発信 ・ デジタルサイネージの活用 ・ 災害情報発信設備 ・ 帰宅困難者対策オペレーションシステム	・ 安全で迅速な避難誘導 ・ 避難者の混乱防止とストレス緩和 ・ インバウンド対応 ・ 一時避難者の一斉帰宅による混乱防止
エネルギーと備蓄管理・供給システム	・ スマート備蓄管理 ・ AI による省エネ制御 ・ 物資支援システム (B-Pro) ・ 自動走行ロボットによる物資支援	・ 迅速かつ円滑な物資支援 ・ 省エネ制御
警備・監視システム	・ 自動移動型警備ロボット ・ AI による検知システム	・ 要救助者の迅速な救助 ・ 人為的な事故防止
医療・救助システム	・ 災害ダッシュボード	・ 迅速な負傷者の救助
空調・照明設備システム	・ AI による換気・空調管理システム ・ AI による照明管理システム	・ 熱中症や酸欠防止 ・ 移住性向上
メンタルケア	・ AI アバターによる心理的ケア ・ AI による照明管理	・ 心理的ストレス緩和

以下に現在活用されているデジタル技術の具体的な例を示す。

5.2.1 情報伝達システム

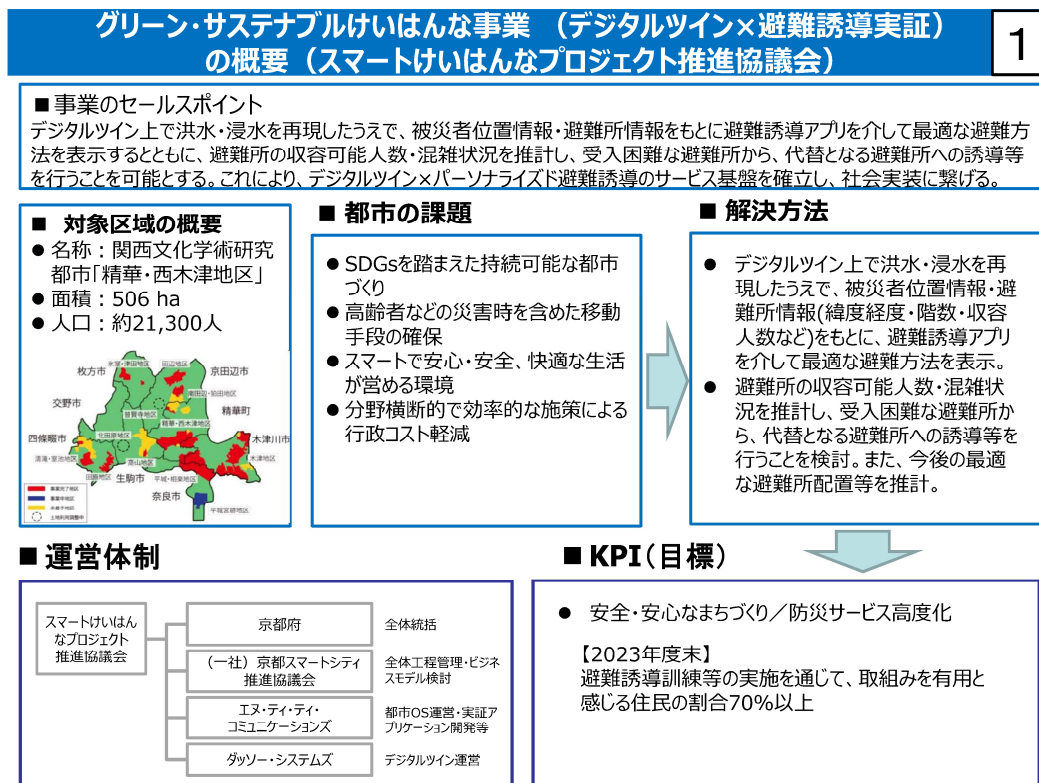


図 5-5 デジタルツインを活用した避難所の選定と避難誘導

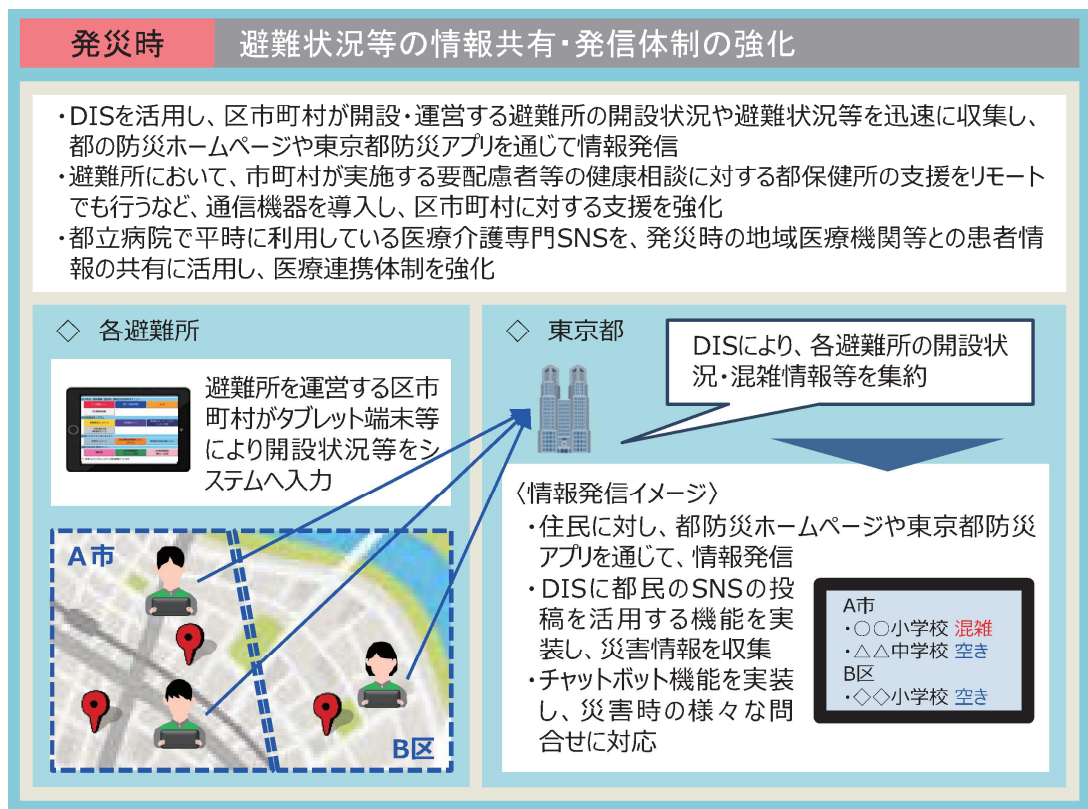


図 5-6 災害情報ならびに避難所の開設情報や混雑情報の収集と発信

■取組事例：デジタルサイネージの導入ー2

- 避難施設（緊急時情報提供設備）の形式は、タッチパネル式、大型のマルチスクリーン、プロジェクターなど様々なものがあります。設置場所や利用者が使い易い工夫をして、使用する際に効果が発揮されるようにすることが大切です。（写真2.14、2.15）（図2.17）



写真2.14 広場に設置されたタッチパネル式のデジタルサイネージ（エスカ）

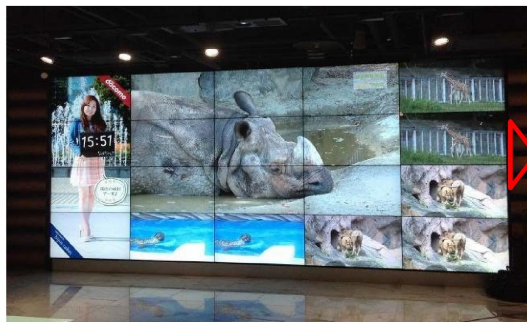


写真2.15 壁面を最大限に利用したマルチスクリーンによる災害情報発信（地下街減災研究会）



平常は館内や店舗等の商業的な案内や広告が写しだされている。非常時は、館内や店舗等から避難する方向や文字情報が流れる

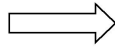
図2.17 プロジェクターを利用した災害情報発信可能なデジタルサイネージのイメージ

図 5-7 デジタルサイネージの活用

■取組事例：災害時の情報発信設備（インバウンド対応）

- ・実際に地下街ではインバウンド対応を含めて避難や災害情報伝達の方法を多言語対応（スピーカーや館内放送）に切り替えている事例があります。（写真2.12、図2.14）

【防災センター】



【地下街】に放送

非常放送発信
多言語で放送
(手動で切り替え操作)

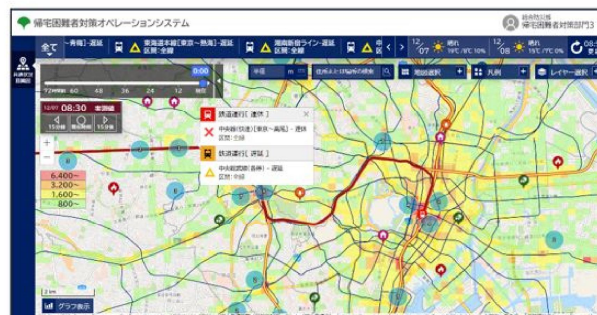


写真2.12 非常放送の多言語対応（ユニモール）

図 5-8 災害情報発信設備（インバウンド対応）

都や区市町村等の災害対策本部を支援する「作戦地図」機能

都内の混雑状況や鉄道運行情報、SNSでの被害投稿情報等をリアルタイムに可視化し、地図上に重ねて表示することで、発災後、直ちに自治体や関係機関による迅速・円滑・正確な状況把握を可能にし、効率的な作戦立案や情報共有を支援します。



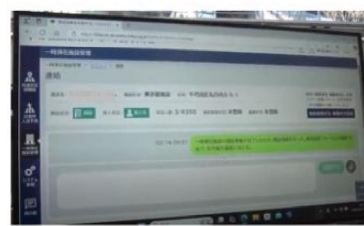
作戦地図（イメージ）

一時滞在施設の管理者を支援する「施設運営管理」機能

帰宅困難者を受け入れる一時滞在施設が実施する、発災時の自治体で報告や帰宅困難者情報の集約にかかる作業について、デジタルフォームを活用することで省力化しました。さらに本システム上のチャット機能でコミュニケーションも行うことができ、災害対策本部や現場の負担を軽減します。



施設開設報告画面



チャット画面

図 5-9 帰宅困難者対策オペレーションシステム

5.2.2 エネルギーと備蓄

BxLink®（ビーリンク）主な特長

1.クラウド上のサーバーでデータを一元管理。変更履歴も自動記録

BxLinkはクラウド上で動くサービスのため、パソコンやスマートフォンがあればどこからでもアクセスできます。

これは災害発生時に事務所にいるとは限らない防災担当者、避難所運営担当者にとっては重要なことです。

また、アクセスや操作の記録を自動的に記録するため、いつ、誰が、何を変更したのかを容易に把握することができます。

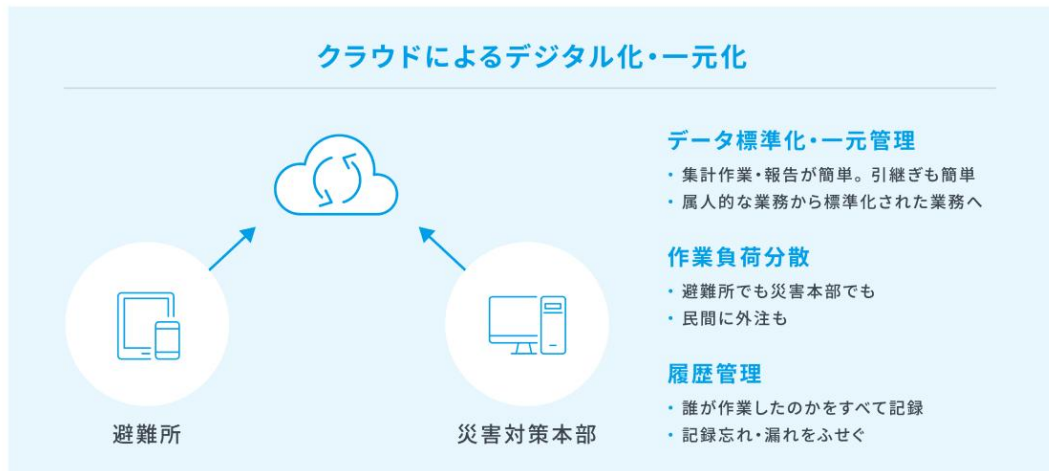


図 5-10 スマート備蓄管理システム

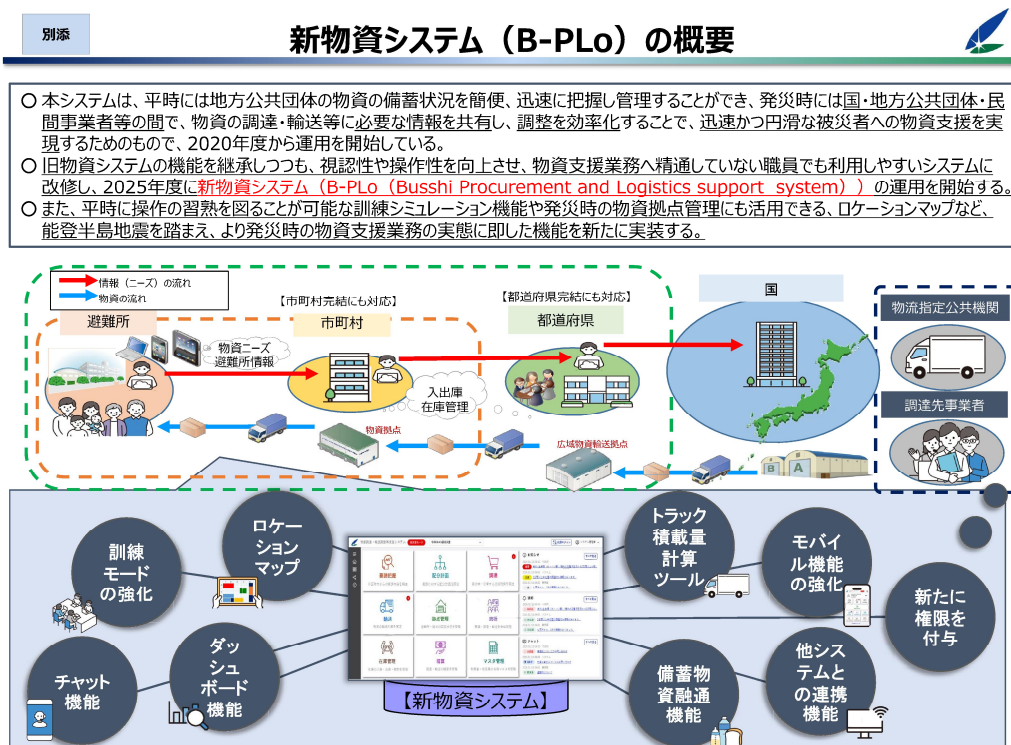


図 5-11 物資支援システム（B-Pro）

5.2.3 警備監視システム



図 5-12 自動移動型警備ロボット

5.2.4 医療・救助システム

「災害ダッシュボード2.0」 屋内電子地図上での情報共有 国土交通省

■災害ダッシュボードへ屋内電子地図を組み込み、専用アプリを搭載したスマートフォンの位置情報を活用し、固定カメラや巡回警備員からのLIVE映像による周辺状況と合わせ、災害対策要員や負傷者等の位置情報を俯瞰。



画面イメージ

2

図 5-13 災害ダッシュボード

5.3 避難施設における AI 活用の期待される効果

地下インフラ施設の避難所・一時避難場所としての活用は、多くの避難者・帰宅困難者の受け入れが期待できる。その一方で、大量の避難者を受け入れることによる混乱や、地下空間が及ぼす心理的不安などの課題があるが、AIを含むデジタル技術を活用することによって、以下の効果が期待できる。

- ・ 省人化：管理者不足に対して、AI が自動で判断・サポートを行うことにより、発災初期の迅速な避難所開設と運用体制の構築が期待できる。
- ・ 迅速な物資供給：多くの避難者・一時帰宅困難者に対しても、AI を活用したデジタル技術による迅速で円滑な物資の供給により、避難者・一時帰宅困難者を安全に保護することが期待できる。
- ・ 心理的ストレス緩和：閉鎖的な地下空間が及ぼす心理的ストレスに対して、AI を活用したデジタル技術による情報提供、空調・照明管理システムによる移住性の向上、AI アバターによる心理的ケアなどにより、避難者・一時帰宅困難者の心理的ストレスの緩和が期待できる。

地下インフラ施設は、地上より地震の揺れを受けにくい、雨や風、暑さや寒さなどの気象現象から守ることができる、建物の倒壊・火災の延焼のリスクが低い、都市中心部においても大規模なスペースが確保できるなどの利点が多く、また、AI を含むデジタル技術の活用することによって避難者・帰宅困難者を安全に保護し、迅速かつ円滑な運用体制の構築が期待される。

6. 高度な災害情報共有システムの構築

社会基盤の中核を担うインフラは、人々の生活と経済活動を支える上で不可欠な存在である。しかし、ひとたび大規模災害が発生した際には、甚大な被害と広範な影響をもたらすリスクを内包している。本章では、従来の災害情報共有の現状、そして災害情報共有をさらに向上するために不可欠な高度な情報共有技術や次世代のシステムの必要性について述べる。

6.1 災害情報共有の現状と問題点

未曾有の災害対応と社会の持続可能性の重要性を受け、日本の防災研究開発は、先端 ICT を活用した災害対応システムの社会実装が急速に進展しており、各ハザードの研究も総合的視点を重視し、各府省で様々な防災・減災施策が展開中である。また、リモートセンシング、IoT ネットワーク、小型センサー、データプラットフォームといった周辺技術の開発・整備も着実に進み、L アラート（図 6-1）をはじめとしたデジタル防災情報サービスも展開されている。これにより、災害対応におけるデジタル技術の活用はますます重要性を増しており、SIP 防災・減災研究開発においても、予防・観測フェーズに加え、政府内や自治体への情報共有・意思決定支援まで含めた取り組み（第 1 期：レジリエントな防災・減災機能の強化、第 2 期：国家レジリエンス（防災・減災）の強化）を進めてきた。

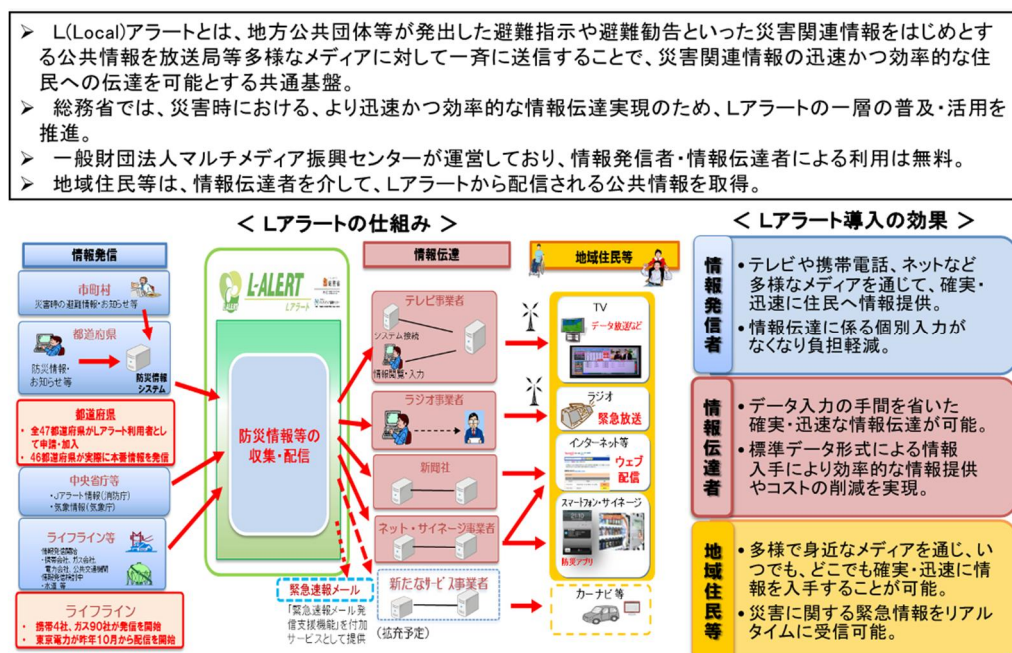


図 6-1 L アラートの概要²⁷

一方、近年では度重なる災害を受け、被害最小化には迅速な広域詳細被害把握と的確な

²⁷ 総務省：L アラートの現状（参照 2025.11）

https://www.soumu.go.jp/main_content/000563080.pdf

初動が必要である。住民や企業が危険を過小評価し被害が拡大するケースもあり、自分事として受け止められるリスク情報の生成とリスクコミュニケーションが求められている。また、高齢化・人口減による地域防災力の低下も深刻で、効率的な災害対応のためには、先端 ICT・AI を活用した高度な災害情報共有システムの構築が急務である。

6.2 AI を含むデジタル技術による災害情報共有の高度化

高度な災害情報共有システムを構築するには、災害発生時における被害状況の迅速かつ正確な把握、それに基づく適切な意思決定を実施するには多角的かつリアルタイムな情報収集・伝達が不可欠である。また、AI（人工知能）を含むデジタル技術の導入により、災害対応の迅速性、正確性、効率性を飛躍的に向上させる必要がある。以下に目的に応じた AI を含む高度化されたデジタル技術について記載した。

6.2.1 情報収集の高度化

(1) IoT センサーの活用

地下に埋設されたインフラ（上下水道管、ガスパイプ、電力・通信ケーブル、地下構造物など）に対し、ひずみセンサー、漏水検知センサー、ガス検知センサー、圧力センサー、振動センサー、水位センサーといった多様な IoT センサーを常時設置し、健全性を継続的に監視できる。例えば、横浜駅では、「エリアレイン」と呼ばれる降雨・水位・潮位などの情報を自動収集し、危険度判定や関係者への通知、可視化を行うシステムを一部試験的に導入している（図 6-2）。これにより、災害による損傷や老朽化に起因する予兆を早期に捉え、被害が拡大する前に的確な対応を講じることが可能となる。

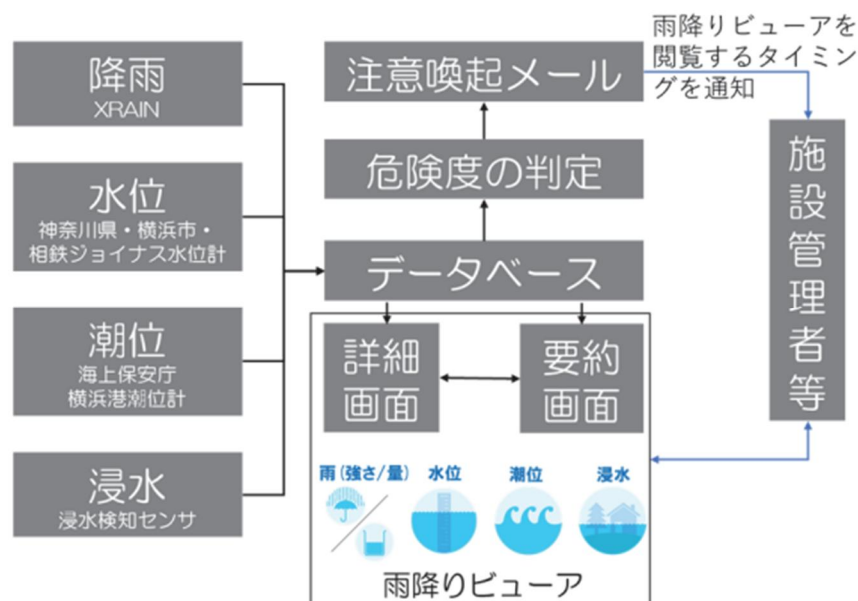


図 6-2 「エリアレイン」の全体構成²⁸

²⁸ 小林亘・大原美保，避難確保・浸水防止のための水防情報システム開発と横浜駅西口エリアへの適用-，土木学会論文集 F5，Vol.76，No.1，84-97，2020

(2) 自律型ロボット・ドローン

人間が立ち入ることが困難または危険な場所（陥没した地下トンネル、破損した管路内部、高所構造物など）の調査には、自律型のロボットやドローンが有効である。これらの機器には、カメラ、サーモグラフィー、超音波センサー、ガス検知センサーなどが搭載され、AIによる自動操縦で内部を巡回・飛行し、損傷状況（ひび割れ、変形、漏水箇所など）を自動で撮影・記録・特定できる。AIが取得した画像データから異常箇所を自動で認識し、被害の程度を評価することで、人間の目視に頼る従来の点検作業に比べて、迅速かつ高精度な情報収集を可能にする。

(3) 衛星データ・GIS連携

広域災害発生時、地上インフラの被害状況（道路陥没、建物倒壊、土砂崩壊など）は、地下インフラへの間接的な影響を示す重要な情報となる。高分解能の光学衛星やSAR（合成開口レーダー）データを用いることで、広範囲の地上変動や損傷を迅速に把握できる。

特に、Beyond 5G/6G時代のNon-Terrestrial Network (NTN)は、地上通信網が寸断された災害時においても、衛星通信を介してIoTセンサーのデータやドローンからの映像、そして衛星データそのものを途切れることなく収集・送信する基盤を提供することが期待される（図 6-3）。これにより、地上の被害情報を地理情報システム（GIS）上に重ね合わせ、地下インフラの埋設マップと連携させることで、潜在的な被害箇所や影響範囲を高精度に推定し、的確な初動対応を支援する。NTNは、災害時における通信の信頼性と可用性を飛躍的に向上させ、情報収集のボトルネックを解消する上で極めて重要な役割を担うこととなる。

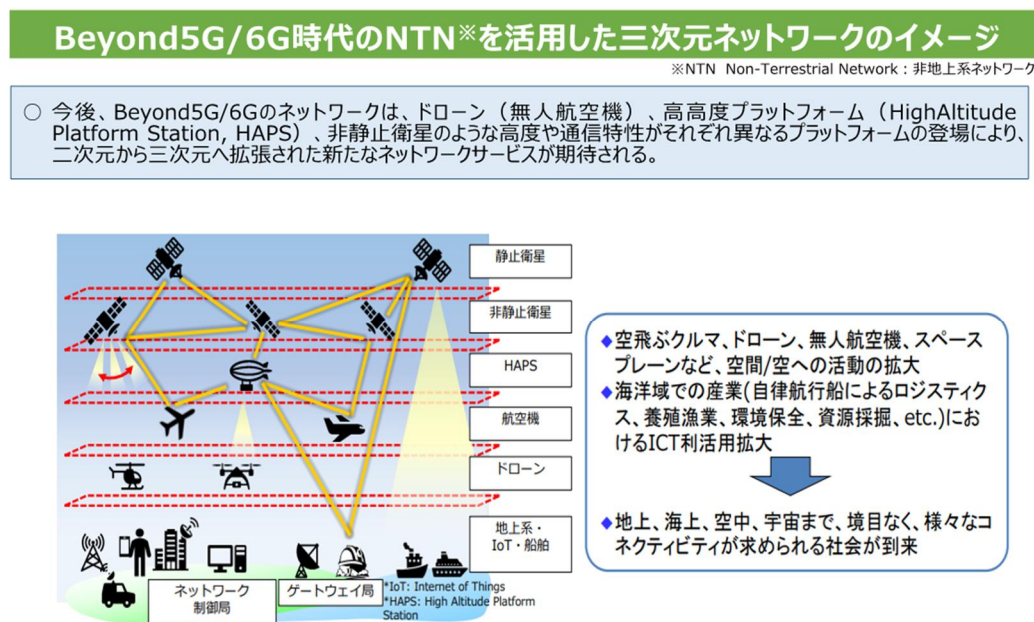


図 6-3 NTN を活用したネットワークサービスのイメージ²⁹

²⁹ 内閣府：首都直下地震を見据えたデジタル技術の活用の現状等（参照 2025.11）
https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg_02/4/pdf/siryol.pdf

(4) SNS・公開情報分析

災害発生時には、SNS（X、Facebook など）を通じて大量の情報が発信される場合がある。AI はこれらの膨大な情報の中から、地下インフラの被害に関連する投稿（例：「〇〇通りでガス臭がする」「〇〇交差点で道路が陥没している」といった目撃情報）をリアルタイムで自動抽出し、デマや不正確な情報を AI の自然言語処理能力や過去のデータとの照合により排除することが可能となる。抽出された信頼性の高い情報は、AI によって緊急度や切迫度が評価され、地理情報システム（GIS）上に自動でマッピングされることで、被害発生箇所を迅速に特定し、現場への対応指示を支援する。

6.2.2 情報分析・予測の高度化

(1) AI による被害予測・影響評価

過去の災害（地震、豪雨、洪水など）データ、各インフラの老朽化データ、リアルタイムの気象・地震データ（震度分布、降水量、雨量予測など）をAIが多角的に解析を実施する。これにより、特定の条件下での被害発生確率、被害の空間的拡大予測、および周辺の他のインフラ（電力、通信、交通など）への波及影響をシミュレーションすることが可能となると考えられる。

(2) デジタルツイン・BIM/CIM 連携

BIM/CIM（Building Information Modeling/Construction Information Modeling）で作成された精緻な 3D モデルを地下インフラの設計・施工段階から基盤とし、デジタルツイン（現実空間のインフラを仮想空間に再現したもの）を構築する。このデジタルツイン上に、リアルタイムのIoTセンサーデータ、ドローンやロボットによる被害情報、SNS からの情報などを統合し、仮想空間上で被害状況を可視化する（図 6-4）。AI は、このデジタルツイン上で復旧作業のシミュレーションを行い、最も効率的な復旧経路、必要な資材、最適な作業手順などを提案することで、現場での復旧活動を強力に支援する。

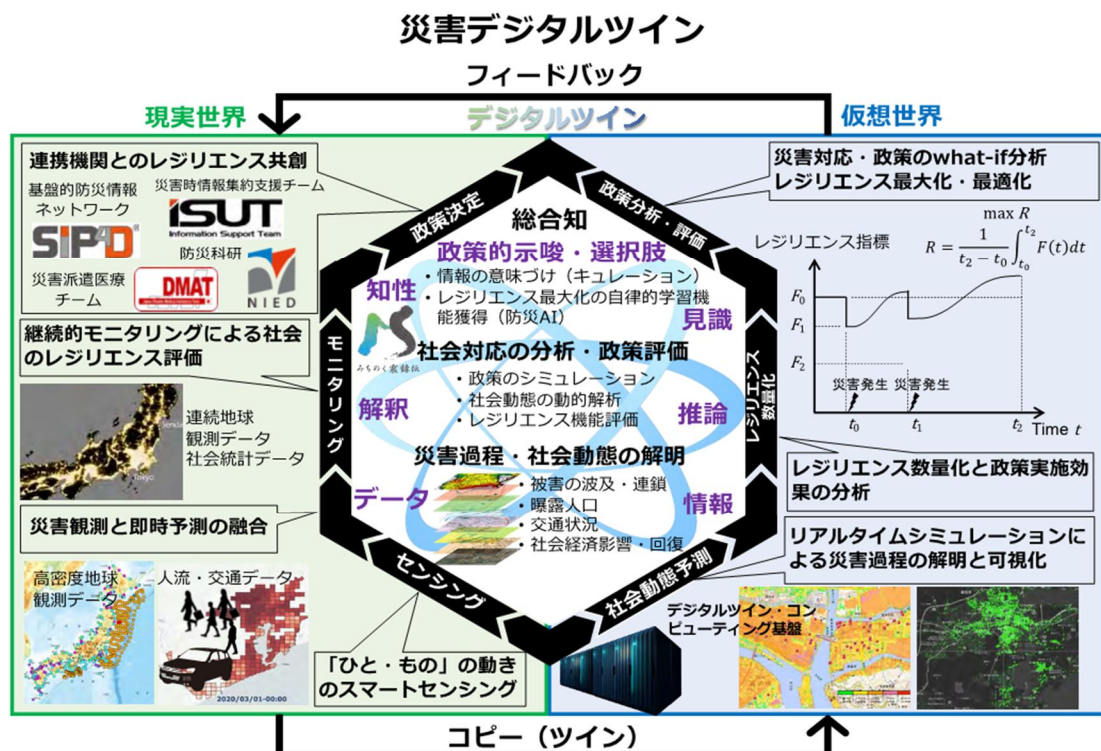


図 6-4 災害デジタルツインの概要³⁰

³⁰ 内閣府：科学技術・イノベーション 「総合知」 ポータルサイト（参照 2026.1）
https://www8.cao.go.jp/cstp/sogochi/jirei/shiryou1-5_koshimura.pdf

6.2.3 情報伝達・共有の高度化

(1) Web-GIS プラットフォーム

災害対応に関わる多様な機関（自治体、各インフラ事業者、警察、消防、自衛隊、医療機関、ボランティア団体、住民など）が、統合された被害情報、復旧計画、関係機関の活動状況などをリアルタイムで共有できる共通の Web-GIS プラットフォームの構築は喫緊の課題である。このプラットフォームは、地理情報システム（GIS）を基盤としており、地図上で被害箇所、避難所の開設状況、交通規制情報、ライフラインの復旧状況などを一元的に可視化できる。

例えば、東京都が提供する「東京都防災アプリ」は、災害時の広域停電情報やハザードマップ、避難所の開設状況、安否登録機能などを住民に提供する重要な役割を担っている（図 6-5）。このコンセプトを、多機関連携型の Web-GIS プラットフォームへと発展させることで、例えば、地下インフラのデジタルツイン上で検知された損傷情報を電力会社、ガス会社、水道局、自治体の担当者が同時に確認し、復旧作業の進捗を共有、連携して対応計画を調整することが可能となる。

デジタル技術を活用した防災情報の提供

○ 様々な主体から、災害への備えや災害時に役立つ情報が得られる防災アプリが提供されている。

【東京都防災アプリ】



東京都防災アプリのスクリーンショット。左側には「一般・キッズ・シニアの3つのモード選択」と「やさしい日本語」の追加ボタンがある。中央には「防災をまなぶ」と「災害時につかう」の2つのタブがあり、それぞれに防災に関する情報が表示されている。右側には「日頃からそなえる」のセクションがあり、防災グッズのチェックリストが示されている。下部には「誰もが使いやすいアプリにリニューアル」というメッセージと「東京都防災アプリ」のロゴがある。

・東京都防災アプリコンテンツの一例

出典：東京都
<https://www.bousai.metro.tokyo.lg.jp/1028747/index.html>

【足立区防災アプリ】



足立区防災アプリのスクリーンショット。中央には「足立区防災」のロゴがあり、その下に「このアイコンが目印！」と記載されている。右側には「足立区防災」のアプリのアイコンが表示されている。下部には「足立区防災アプリの機能」というセクションがあり、避難所の開設・混雑状況、非常時の情報プッシュ通知、GPS機能による位置確認、およびハザードマップの搭載が紹介されている。

・足立区防災アプリコンテンツの一例

出典：足立区
<https://www.city.adachi.tokyo.jp/saigai/bosai/bosai/bousai-application.html>

図 6-5 デジタル技術を活用した防災情報の提供例³¹

³¹ 内閣府：首都直下地震を見据えたデジタル技術の活用の現状等（参照 2025.11）
https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg_02/4/pdf/siry01.pdf

(2) AR/VR 技術

建設現場の作業員は AR（拡張現実）グラスやタブレットを装着することで、地下に埋設された配管やケーブルの位置、損傷状況、手順書、過去の点検データなどを現実の風景に重ねて視覚的に確認できる。これにより、経験の浅い作業員でも、正確な作業指示を受けながら安全かつ効率的に作業を進めることが可能になる。また、AR/VR 技術を用いた MR（複合現実）としての防災訓練も導入され始めており、MR 防災訓練アプリを利用した実証実験が実施されている（図 6-6）。

名古屋市ナディアパークでのMR（複合現実）防災訓練アプリ 実証実験（2025年）

実際の場所でバーチャルな避難訓練が可能～現実映像に炎や仮想避難者を重畳表示

避難訓練アプリケーションとして

- 実際の場所でバーチャルな避難訓練が可能
- 現実映像に、火災発生や煙の充満、スプリンクラーの作動など、現実には再現が難しい災害発生時のリアルな様子を重畳表示させることでリアルな訓練が可能
- GPSでは取得困難な屋内位置情報を MR ゴーグルの空間認識技術を使って取得



図 6-6 MR（複合現実）防災訓練実証実験の概要³²

(3) 自動翻訳・多言語対応

災害時には、外国人住民や国際的な支援機関との連携が必要となる場合がある。Web-GIS プラットフォームや AR/VR システム、各種情報提供ツールに AI を活用した自動翻訳機能を統合することで、情報の多言語対応を強化できる。これにより、外国人住民への避難情報や生活支援情報の提供、国際協力機関との円滑な情報共有と意思疎通が可能となり、災害対応における包摂性を高め、国際的な協力体制の構築を支援できることが期待される。

³² 経済産業省：イクスアール株式会社, AR/MR グラスで実現する次世代現場ソリューション（参照 2026.1）

<https://www.chubu.meti.go.jp/b35innovation/meetupchubu/event/pdf/slide70-4.pdf>

6.3 高度な災害情報共有システムに求められる機能と要件

前節で挙げた AI を含むデジタル技術（IoT センサー、自律型ロボット・ドローン、衛星データ・GIS 連携、SNS 分析、デジタルツインなど）を統合することで、高度な災害情報共有システムを形成することが期待される。高度な災害情報共有システムを形成する上で、表 6-1 が求められると想定される。

表 6-1 高度な災害情報共有システムを形成する上で想定される機能と要件

求められると想定される機能	機能に対する要件
データ統合・標準化機能	IoT センサー、ドローン、Beyond 5G/6G 時代の NTN を介した衛星データ、SNS、BIM/CIM など、多様な情報源からの膨大なデータを一元的に収集し、共通のデータモデルで管理することで、情報間の相互運用性を確保できること
リアルタイムモニタリング・異常検知機能	IoT センサーなどからのデータを AI が常時監視し、異常値や危険な兆候を自動検知して即座にアラートを発報できること
空間情報連携・可視化機能	GIS、BIM/CIM、デジタルツインを活用し、被害状況、インフラ情報、復旧状況を 2D/3D モデルで可視化できること
AI による意思決定支援機能	AI によって過去の災害データ、インフラの老朽化、リアルタイムの気象・地震データを解析し、被害予測、影響評価、復旧優先順位付けを行い、限られたリソース下での最適な判断を導き出せること
多機関・外部システム連携機能	自治体、インフラ事業者、警察、消防、住民などが安全かつ確実に情報共有でき、J アラートや既存の防災システム、交通情報、ライフライン各社のシステムとセキュアな共通プラットフォームを構築できること
セキュリティ・信頼性確保機能	機密性の高い情報を保護するためのサイバーセキュリティ対策、ブロックチェーン技術による情報の改ざん防止などにより、災害時でもシステムの安定稼働を保証できること
情報発信・広報機能	Web や SNS など多様なチャネルを通じて、住民や報道機関へ適切かつ迅速な情報を提供できること
操作性・UI/UX	災害時の極限状況下でも誰もが直感的にシステムを使いこなせるよう、シンプルかつアクセシビリティに配慮した設計であること

表 6-1 に示す機能と要件に近い災害情報共有システムとして、令和 6 年度より運用が開始された「新総合防災情報システム（通称 SOBO-WEB）」が挙げられる（図 6-7）。災害対応のための情報の集約・加工・蓄積・分析・連携・配信機能が実装されており、効率的かつ効果的な災害対応の基盤となることが期待される。

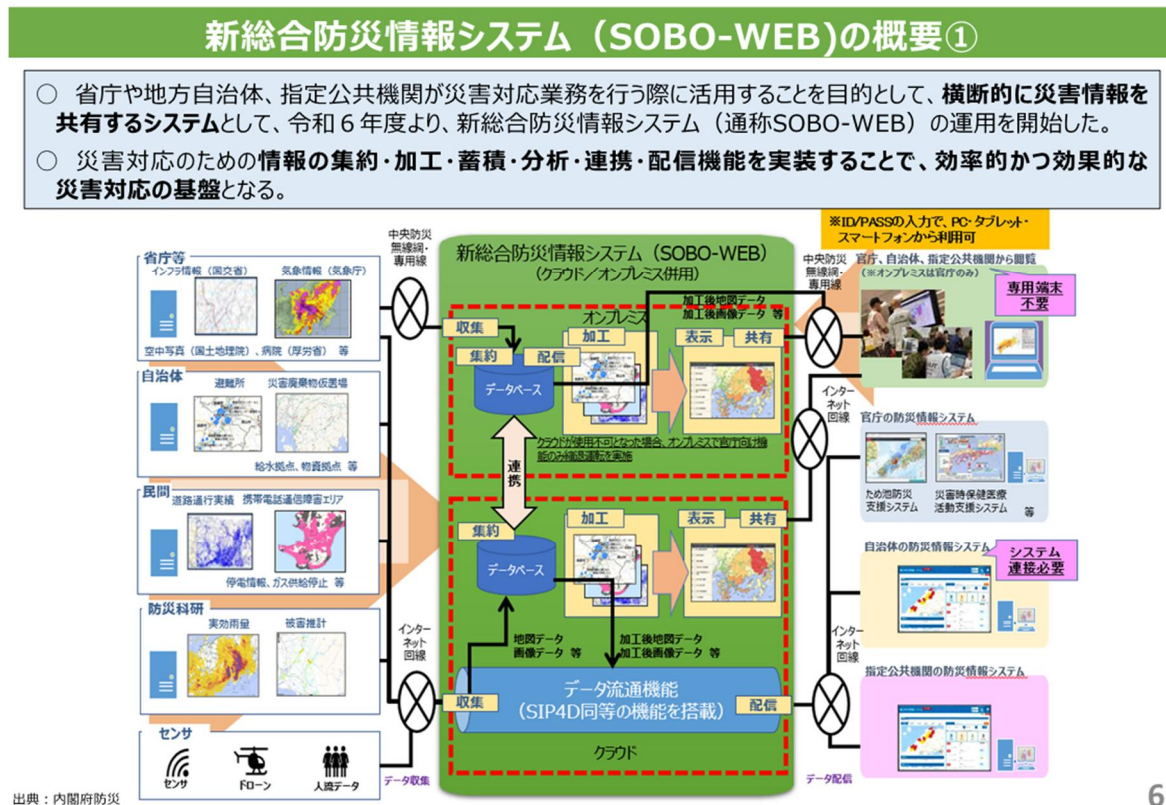


図 6-7 新総合防災情報システム（SOBO-WEB）の概要³³

³³ 内閣府：首都直下地震を見据えたデジタル技術の活用の現状等（参照 2025.11）
https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg_02/4/pdf/siry01.pdf

7. AI 監視システムによるセキュリティ強化

ヒントは米軍の戦場データ活用にある。米軍ではドローンやセンサーが捉える膨大な監視データを Palantir（パランティア・テクノロジーズ社）のプラットフォームで統合し、AI 解析を組み合わせることで意思決定を飛躍的に加速した。例えば軍用 AI プロジェクト「Project Maven」では、AI による映像解析と Palantir のデータ基盤を組み合わせ、従来は人間の目視に頼っていた敵の発見・識別をリアルタイム化している³⁴。このシステムにより標的の把握や攻撃判断が劇的に高速化され、戦場での安全性と優位性が大きく高まった。実際、Maven を導入した指揮官は従来の約 3 倍の速度で標的を処理できたと報告されており、AI が戦術判断のボトルネックを解消している。

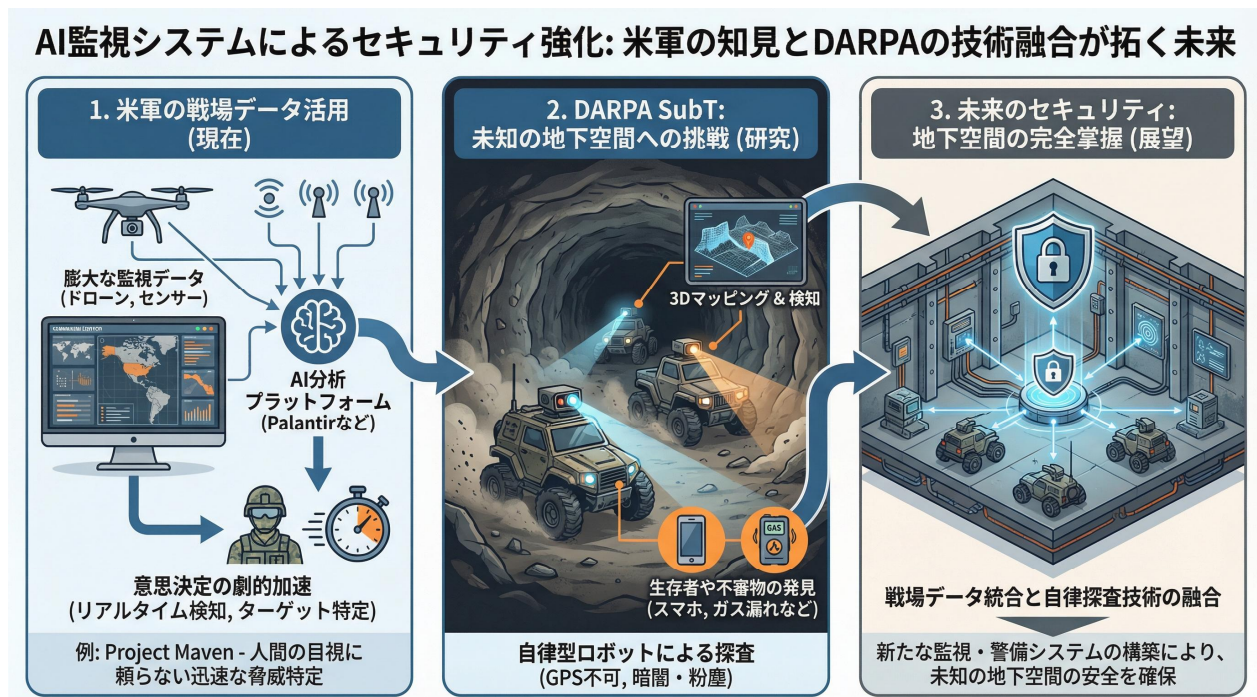


図 7-1 米軍の知見と DARPA の技術融合が拓く未来

同じ発想を「未知の地下」に応用すればどうなるだろうか。地下空間は GPS も届かず暗闇と粉塵に覆われ、人間にとって「見えない」領域である。この未知なる地下を探索・監視するため、DARPA (米国国防高等研究計画局) による地下チャレンジイベント「Subterranean Challenge (SubT)」が開催された。この SubT は災害現場や戦場となりうる過酷な地下環境でのロボット自律探索技術を競う最先端の挑戦である。複数の自律ロボットが LiDAR (レーザー測量) やカメラを駆使して完全に未知の地下空間を地図化し、生存者や不審物 (携帯電話やガス漏れなど) を検知するというもので、参加チームは暗闇・粉塵・崩落など人間には困難な状況でロボットを走破させた。この競技で培われたロボット群制御やマッピ

³⁴ Business Insider : Palantir grabbed Project Maven defense contract after Google left the program: sources (参照 2026.1)
<https://www.businessinsider.com/palantir-took-over-from-google-on-project-maven-2019-12>

ングのアルゴリズムは、地下施設の監視と安全確保に直結する。つまり、米軍の戦場データ統合における Palantir の実績と、DARPA SubT で切り拓かれた地下ロボット自律探索技術という二つの系譜を組み合わせることで、未知の地下空間を制する新たなセキュリティの未来像が描けるであろう。



図 7-2 コースに進入する四足歩行ロボットの例³⁵
(DARPA SubT Challenge、チーム Cerberus の ANYmal)

7.1 地下施設における監視システムの現状

7.1.1 地下環境がもたらす監視制約

地下施設は、GPS 信号が届かず通信も断絶しがちな暗黒の空間である。閉ざされたトンネルや大深度空間では照明も限られ、人間の五感だけが頼りでは死角が多すぎる。従来、地下監視と言えば固定カメラ映像のモニタリングや、作業員による定期巡回が主だった。しかし暗闇と迷路のような構造の中で人間が 24 時間監視し続けるのには限界がある。カメラも視野の及ぶ範囲しか映せず、死角で何が起きているか把握できないこともしばしばである。また、有事の際に人間が直接地下空間に踏み込むことは危険を伴い、救助活動で二次被害を招く可能性もある。

³⁵ IEEE Spectrum : Inside DARPA's Subterranean Challenge (参照 2026.1)
<https://spectrum.ieee.org/darpa-subterranean-challenge-2657170650>

7.1.2 DARPA SubT による自律探索技術の実証

この状況に一石を投じたのが、DARPA が 2018～2021 年に実施した Subterranean Challenge (SubT)である。参加チームは複数種類のロボット（ドローン、四足歩行ロボット、走行車両型など）を投入し、障害物だらけの未知の地下構造物を自律的に踏破・探索する技術を競った³⁶。ロボットたちは事前に与えられた地図も GPS もない状態からスタートし、センサーで周囲をスキャンして逐次マップを構築する。その過程で遭難者に見立てたマネキン人形や、落下したバックパック、スマートフォン（Wi-Fi 信号を発する）や二酸化炭素ガス漏れ箇所など、「アーティファクト」と呼ばれる手がかりを発見・特定していった³⁷。各チームは独自のソフトウェア基盤で複数ロボットの膨大なセンサーデータを統合し、一枚の地図上に可視化した。まさに複数のロボットによる“分散した目”を、一つの統合プラットフォームで束ねて地下全域を見通す試みと言える³⁸。その結果、最優秀チームは人間の専門家チームが数日かけて作成した地図とほぼ同等（<1%差）の精度で、広大な地下構造のマップをわずか 1 時間足らずで自動生成することに成功した。これは未知の地下を“見える化”する上で画期的な第一歩であり、現在は DARPA 自身や米軍がこの技術を戦場の地下トンネルや要塞での状況把握能力向上に役立てようとしている。

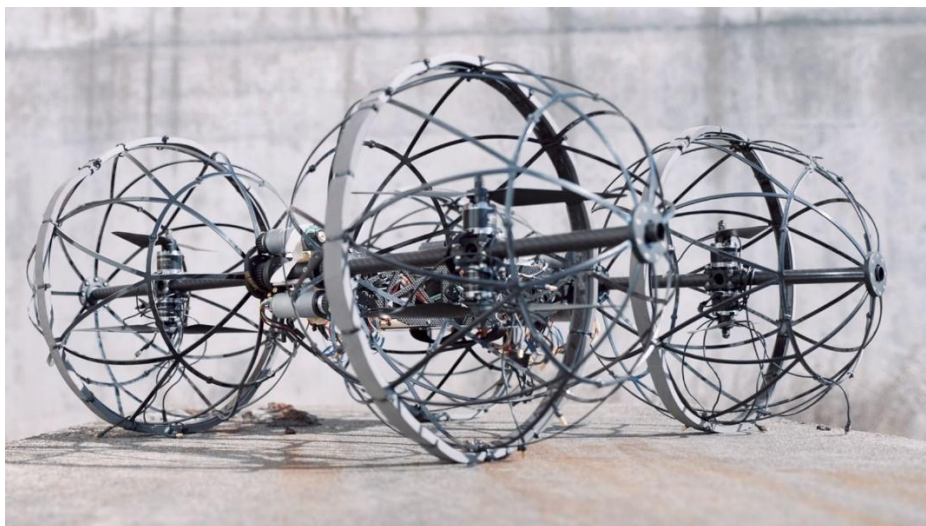


図 7-3 地下空間で自律走行しマッピングを行うロボットの例³⁹
(DARPA SubT Challenge、NASA/JPL チームの Drivocopter)

³⁶ Flyability : Team CERBERUS wins DARPA Subterranean Challenge,takes home \$2 million in prize money (参照 2026.1) <https://www.flyability.com/news/darpa-subt-challenge>

³⁷ DARPA : Subterranean Challenge (参照 2026.1) <https://www.darpa.mil/research/challenges/subterranean>

³⁸ ACM : Robot Teams Win DARPA Subterranean Challenge (参照 2026.1) <https://cacm.acm.org/news/robot-teams-win-darpa-subterranean-challenge/>

³⁹ NASA : Robots Autonomously Navigate Underground in DARPA Challenge (参照 2026.1) <https://www.nasa.gov/centers-and-facilities/jpl/robots-autonomously-navigate-underground-in-darpa-challenge/>

7.1.3 地下可視化技術の転換点：SubT の成果

このように、これまでブラックボックス同然だった地下空間でも、先進的な AI ロボット群とデータ統合技術を組み合わせることで、まるで地上のようにリアルタイムな監視網を構築できる可能性が見えてきた。地下施設の現場では依然として人手と限定的なセンサーに頼る状況が続いているが、SubT で示された技術はその現状を打破しつつある。今後は地下空間専用に最適化された監視ロボットと、全センサー情報を一元管理する AI プラットフォームを導入することで、「見えない地下」を可視化し、安全管理の空白地帯を埋めていくことが期待される。

7.2 AI 画像認識による異常行動検知

7.2.1 ディープラーニングによる逸脱検知

地下に潜むリスクは、多種多様かつ突発的である。例えば人が転倒する、立入禁止区域に侵入する、あるいは天井や壁が崩落するといった異常事態は、一瞬のうちに発生する。こうした予兆のないイベントを人間の監視員がすべて見張るのは困難だが、AI 画像認識技術はここで強力な“第六感”となる。ディープラーニングによる映像解析（CNN や Vision Transformer モデルなど）は、通常時の人や設備の動きを学習し、それからの逸脱をリアルタイムに検知できる。カメラ映像に写る人物の行動や群衆の挙動パターン、機械の振動や音などを常時モニターし、「いつもと違う」兆候があれば即座にアラームを発する。例えば人物の転倒であれば姿勢の急激な変化を捉え、侵入者であれば既知の従業員データベースに無い顔を認証し、不審動作であれば通常の動きから外れた軌跡を検出するというものである。人間では見過ごすような小さな変化や、一度に複数箇所で起こる事象も、AI ならば並列かつ高速に検知できる。これは地下施設の安全監視にまさにうってつけの能力と言えるだろう。

7.2.2 SubT で実証された検知能力と応用可能性

実際、DARPA SubT での成果もこの AI 異常検知の有効性を証明した。競技では、ロボットたちが暗闇の中でセンサーと AI を駆使し、倒れて動かない被災者（温かいマネキン）や放置されたスマートフォン（Wi-Fi 信号を発する）、充滿する二酸化炭素ガス（ガス漏れ）、落下物であるバックパックなどを自動で発見している。これらは従来、人間の救助隊が手探りで搜索するしかなかった手がかりだが、AI 搭載ロボットは広範囲をくまなく探索し、パターン認識で見つけ出した。また、不安定な足場や段差をカメラと LiDAR で察知し、転落や転倒を避ける経路計画アルゴリズムも開発されている。SubT を通じて得られた「凹凸の激しい地形でのロボット走破」や「環境内の物体（生存者や危険物）のリアルタイム検知」といった技術は、地下施設の異常監視にそのまま応用可能である。例えば、大規模地下街で人混みに紛れた不審者の行動を検知したり、トンネル内の構造異常（ひび割れや漏水）を映像から早期発見したりといったことが期待できる。AI が地下空間の番人となり、人の目が届かない領域で発生する異変も即座に捉えることで、事故や犯罪の未然防止につながるのである。



図 7-4 地下空間の異常検知と安全確保

7.3 顔認証・生体認証技術の活用

7.3.1 マルチモーダル生体認証の進化

地下施設のセキュリティでは、「誰がそこにいるのか」を正確に把握することが極めて重要である。許可された人間だけが立ち入れるようにするため、顔認証をはじめとする生体認証技術の活用が進んでいる。近年の顔認証システムはディープラーニングの力で精度が飛躍的に向上しており、肉眼では見分けがつかない双子のようなケースでも識別できるレベルに達している。また、より堅牢な認証のため複数の生体情報を組み合わせるマルチモーダル認証も現れている。具体的には、顔写真と虹彩パターン、指紋、静脈パターン、歩容（歩き方）などを同時に確認する多要素認証や、深度センサーを用いた3D顔認証（顔の立体形状を捉えて照合する技術）などである。地下の重要施設では入口ゲートで顔とIDカード照合を行い、加えて指紋や虹彩もチェックするといった多重プロセスで不正侵入を防いでいる。これにより他人の写真やマスクを使ったなりすましを防止し、許可された人物かどうかを高信頼に確認できる。

7.3.2 セキュリティとプライバシーのジレンマ

一方で、プライバシー保護と監視社会化への懸念にも配慮が必要である。顔認証は強力な監視ツールであるがゆえに、悪用されれば市民のプライバシー侵害につながりかねない。そのため世界的に法律や指針の整備が進んでおり、EUでは一般データ保護規則(GDPR)で生体データの扱いを厳格に制限するとともに、さらに包括的なAI規制法案(AI Act)でリアルタイム遠隔顔認証の原則禁止を打ち出している⁴⁰。AI Actによれば、公共の場で警察

⁴⁰ iapp : Biometrics in the EU: Navigating the GDPR, AI Act (参照 2026.1)

<https://iapp.org/news/a/biometrics-in-the-eu-navigating-the-gdpr-ai-act>

が行うリアルタイムの遠隔生体識別（防犯カメラ映像から AI で個人を特定するようなシステム）は厳格に禁じられており、その他の用途でも高リスク技術に位置づけられて厳しい人間の監督やデータガバナンスが義務づけられる。これは企業や施設による顔認証システムにも大きな影響があるが、そのような規制環境下でもセキュリティとプライバシーの両立を目指す技術開発が活発である。

7.3.3 匿名性と識別性を両立する新技術

最近の研究では、「Protego」や「ErasableMask」といったユーザー視点のプライバシー保護スキームが提案されている。Protego は顔画像にごく自然な 3D マスク状のフィルターをかけることで、インターネット上に写真を公開しても本人特定ができないようにしつつ（不特定多数による顔検索を防止しつつ）、必要に応じて本人がそのマスクを外して元の顔を復元できる仕組みである⁴¹。一方、ErasableMask は顔認証 AI を攪乱する微細なノイズを画像に重畳し、第三者による不正な顔認証を無力化しながらも、信頼できる当局（認証システム）には元の高品質な顔画像を再現できる自己消去型の対抗例を生成する技術である⁴²。この技術では本人が「保護された顔画像」を公開しても、悪意ある攻撃者は顔照合に失敗し、一方で正当な権限を持つ機関だけが隠された情報を消去して正確な本人確認を行える。これらのプライバシー保護技術が実用化すれば、地下施設の監視カメラ映像にも匿名加工を施しつつ、必要時には個人を特定できるという両立が可能になると見込まれる。すなわち「誰か」であることを確かめるための科学技術と、「誰でもない個人」としてのプライバシーを守る倫理をどう両立するかが鍵である。適切なガバナンスの下でこれらを導入すれば、地下施設内の入退管理や不審者検知において、安全と自由のバランスを取ることができる。

⁴¹ arXiv : Protego: User-Centric Pose-Invariant Privacy Protection Against Face Recognition-Induced Digital Footprint Exposure（参照 2026.1）

<https://www.arxiv.org/abs/2508.02034>

⁴² arXiv : ErasableMask: A Robust and Erasable Privacy Protection Scheme against Black-box Face Recognition Models（参照 2026.1）

<https://arxiv.org/html/2412.17038v1>

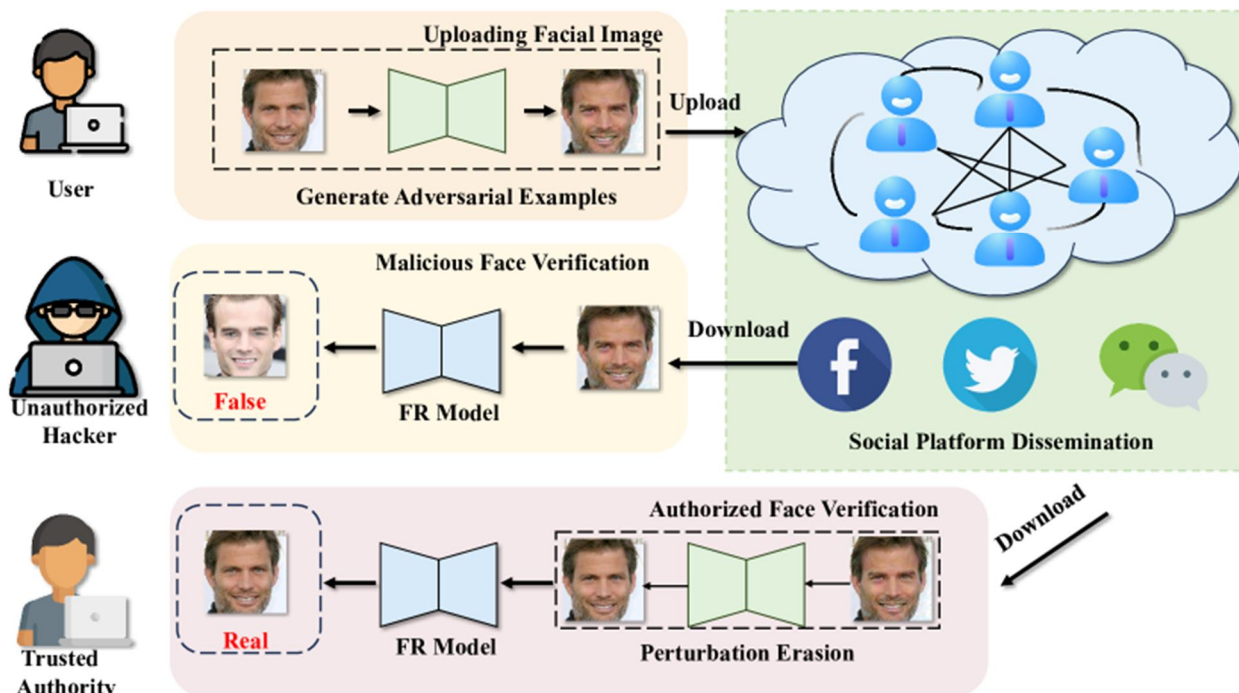


図 7-5 EraseableMask の保護シナリオ

7.4 統合監視プラットフォームの構築

7.4.1 地下空間を俯瞰する「オペレーショナルピクチャー」

地下施設のセキュリティを飛躍させるには、あらゆるセンサー情報を一元的に扱う統合監視プラットフォームの構築が不可欠である。設置された監視カメラ映像、ロボットやドローンの LiDAR スキャンによる地形データ、環境センサーが検知した音・振動・温度・ガス濃度情報——こうした断片化しがちなデータをリアルタイムで集約し、一つの「地下空間デジタルツイン」のような地図上に重ね合わせて表示する。まるで航空管制のレーダー画面のように、地下施設内の状況を俯瞰できるダッシュボードを用意するのである。米軍でいうところの Palantir Foundry や米北方軍の Maven Smart System のようなデータ融合基盤があれば、膨大なセンサーデータを解析・統合し、人間には把握困難な「今この瞬間地下で何が起きているか」を可視化できる。実際、米軍では陸軍のデータプラットフォーム（Army Vantage）と Maven の統合により、センサーから司令部までデータがシームレスに共有され、指揮官が単一の作戦図（“オペレーショナルピクチャー”）上で状況判断できるようになった。これと同様に、地下施設でも統合プラットフォームがあれば、オペレーターは一画面でカメラ映像やロボットの位置、環境センサー値などを同時に監視でき、異常発生時には見落とすことなく即応できる。

7.4.2 地下環境における通信ネットワークの確保

もっとも、地下では通信断絶の問題もある。無線が届かない長大なトンネルや遮蔽物の多い空間では、せっかくロボットやセンサーが検知したデータも地上に届かない恐れがある。そこで重要になるのが中継ノードやメッシュネットワークの配置である。DARPA SubT

でも各チームが工夫を凝らし、無線中継用の小型ノードをロボットが自律的にドロップ(設置)しながら前進したり、あるいは有線のイーサネットケーブルでロボットと基地局を繋ぐことで、通信が途切れないよう対策していた。この中継ノードを適宜設置する「パンくずリレー」のアプローチによって、GPS 不通・通信困難な地下でもデータを逐次アップリンクでき、遠隔地の司令室でリアルタイムモニタリングが可能となる。

7.4.3 「起きた瞬間に封じ込める」即応体制

統合プラットフォームの威力は、自動的な異常検知から対処までのオーケストレーション(複数のシステムを連携させ、ソフトウェアやサービスの構築・管理におけるタスクを自動化する仕組み)にも発揮される。各種センサーが異常を感知すると(7.2.1 節で述べたような不審行動や環境異常の検知)、プラットフォームが即座に関連するシステムに指示を出す。例えば地下通路のカメラが不審者を検知した場合、自動で警報を発すると同時に、その人物の現在位置をマップ上にマーキングし、近くの警備ロボットに追跡・威嚇するよう命令を出す。必要に応じて非常口をロックし、施設管理者や警備員の端末に閉鎖区画と状況を通知する。数秒以内には人間のオペレーターにも情報が集約され、監視センターではその場の映像やセンサー値を確認しながら対処方針を判断できる。異常検知→アラート発信→関係者通知→物理的な遮断措置→ロボット出動といった一連の流れを、可能な限り自動化する。これにより、人間が気付いて指示を出すまでのロスをなくし、「事が起きてから対処」ではなく「起きた瞬間に自動対処」が可能となる。地下空間全体が一種の「操作可能な情報空間」となり、センサーとアクチュエータ(ロック機構やロボット)が連携してセキュリティインシデントを封じ込めるのである。

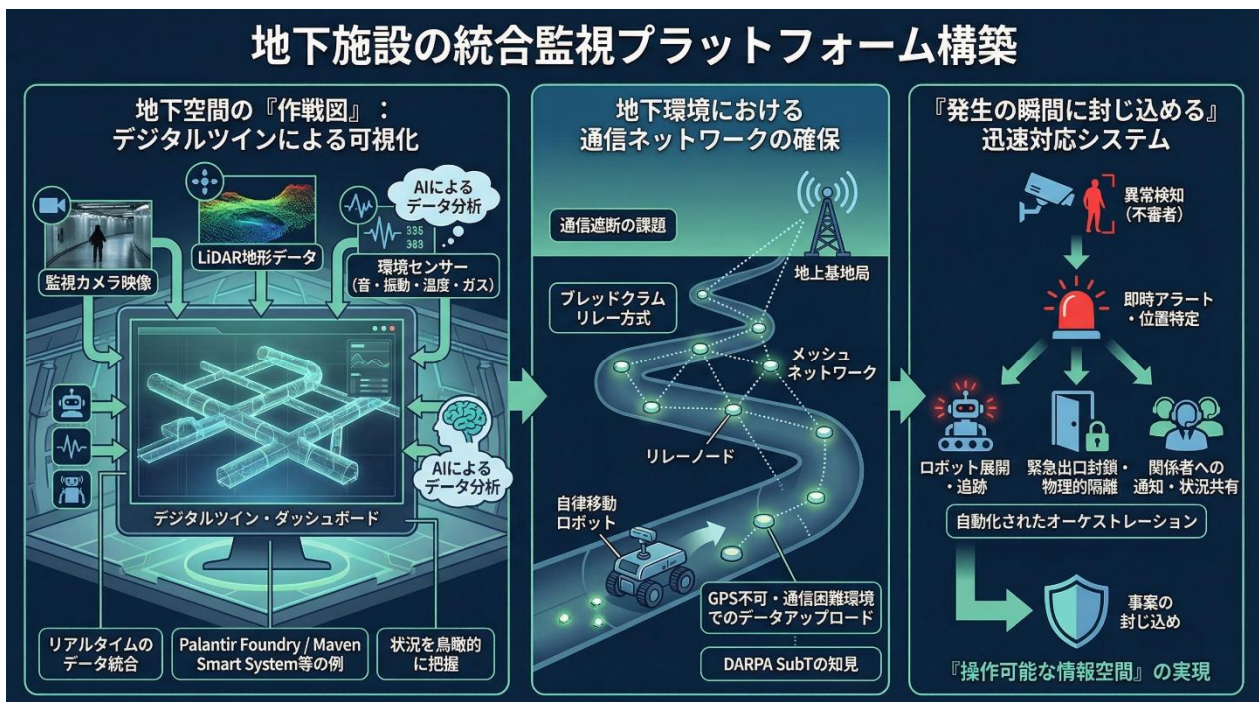


図 7-6 地下施設の統合監視プラットフォーム構築

7.5 管理作業の省力化効果

7.5.1 人海戦術からの脱却

AIとロボットを活用した地下監視システムは、人間の負担を大幅に軽減しつつ安全性を向上させるポテンシャルを持っている。まず、常時監視という重荷からの解放が挙げられる。これまで監視カメラ映像をチェックしたり現場巡回したりするために多くの人員が必要だったが、AIが24時間体制で異常検知を行ってくれるため、人間は必要な時に確認・対応するだけで済む。実際、米軍の例では従来2,000人規模で運用していた標的分析部隊を、AI統合プラットフォーム導入後は20人程度で同等以上の成果を上げられるようになったとの報告がある⁴³。地下施設でも、モニタールームに張り付く要員や巡回警備員の数を削減でき、少人数で広大な地下をカバーできるようになるであろう。

7.5.2 危険エリアへの立ち入り最小化

次に、巡回点検の効率化である。従来は人間が隅々まで歩いて点検していたものも、固定センサーや移動ロボットが常にデータを収集しAIが分析するため、異常の疑いがある場所だけを重点的に人間がチェックすれば済むようになる。ロボットが先行して危険箇所を調べ、人間は安全が確認されたエリアのみ赴けばよいので、作業効率も安全性も飛躍的に高まる。DARPA SubTでも「ロボットが危険に先行し、人間は安全圏で判断する」未来像が示唆されており、地下施設の保守管理もまさにその方向へシフトしていくであろう。

7.5.3 予兆保全とダウンタイム削減

さらに、予兆保全（予知保全）的なコスト削減効果も見逃せない。AIはセンサーから得られる微細な兆候を解析し、故障や事故の予兆を早期に察知できる。振動や温度のわずかな変化から機器劣化を検出し、重大なトラブルが起こる前にメンテナンスを実施することが可能である。米国の産業界ではPalantir Foundry（パランティア・テクノロジーズ社のデータ分析・統合プラットフォーム）を用いて膨大な設備データを分析し、部品故障の予測モデルをダッシュボードに組み込んで、予兆を検知したら即座に作業指示（ワークオーダー）を自動発行するシステムを導入した例もある⁴⁴。地下インフラでも同様に、ポンプの異音や配管の振動増加をAIが検出して担当者に知らせ、計画外のダウンタイムや災害を未然に防ぐとともに、無駄な点検を減らしてコスト最適化を図れるであろう。

⁴³ NGA : GEOINT 2025 Symposium “Building a Secure Tomorrow Together”（参照 2026.1）
https://www.nga.mil/news/VADM_Whitworth_Delivers_Keynote_at_2025_GEOINT_Sym.html

⁴⁴ System Soft Technologies : Real World Use Cases of Palantir Foundry（参照 2026.1）
<https://ssotech.us/real-world-use-cases-of-palantir-foundry/>

7.5.4 ロボットを「先兵」とする安全管理

総じて、AI 監視システムは「人間では見落とす異常を逃さず、そして人間には過剰な負担だった雑務から解放する」という二面でメリットをもたらす。人員削減や効率化により生まれたリソースを、より高度な判断や訓練に振り向けることで、組織全体の即応性とレジリエンス（回復力）が向上する。そして何より、人命を危険に晒すことなく地下の異常に対処できることは大きな価値である。かつて炭鉱事故などでは救助隊員自身が二次災害に巻き込まれる悲劇もあったが、今後はロボットと AI が“尖兵”となることで、そのようなリスクを極小化できる。

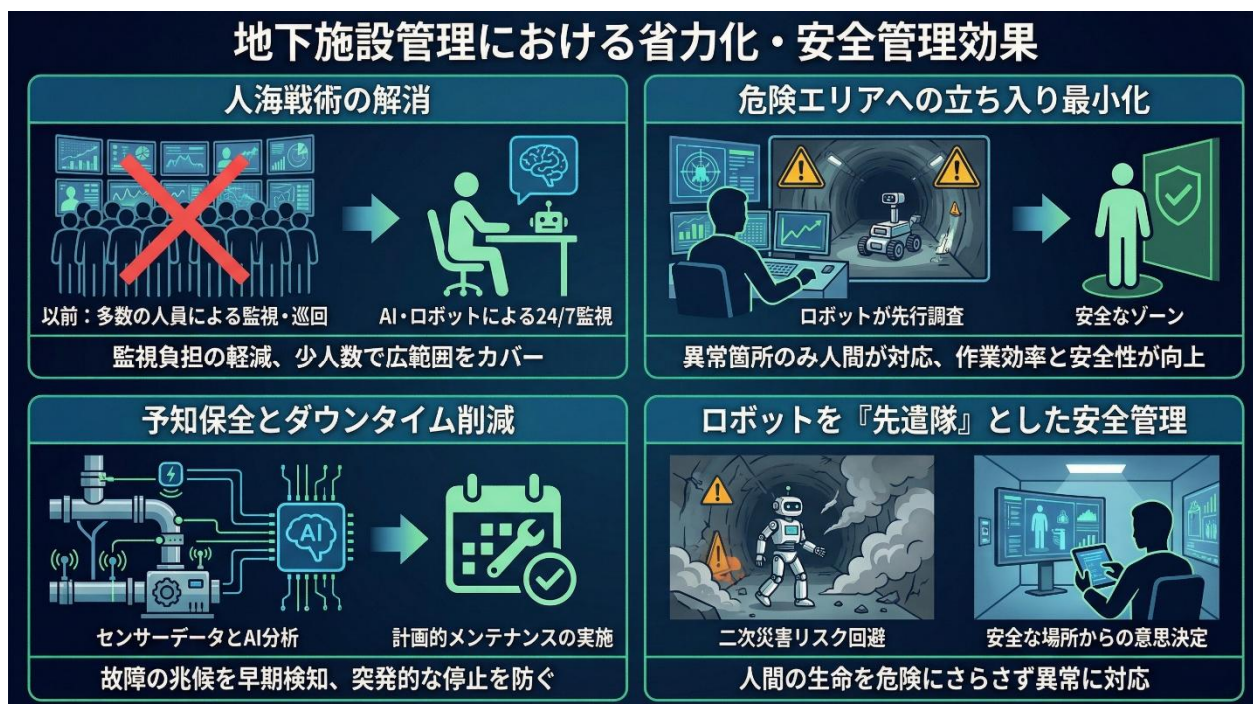


図 7-7 地下施設管理における省力化・安全管理効果

7.6 総括

7.6.1 二つの技術系譜の融合

未知の地下——それは究極のフロンティアである。暗黒に覆われ、人知れず広がる地下空間を安全かつ秩序だった場所へ変えていく鍵が、AI 監視システムの高度化にある。米軍が戦場で築いたデータ統合プラットフォーム Palantir の系譜と、DARPA SubT で花開いた自律ロボット群制御の系譜が交差するところに、地下セキュリティの未来が見えてくる。暗闇にロボットの群れが分散し、センサーの網を張り巡らせ、そこで得た情報がリアルタイムに統合基盤へ集約されるさまは、まさに「地下の目」を人類が手にした瞬間と言えるであろう。AI が地下空間の異変を即座に察知し、必要な対処を自律的に行い、人間は安全な場所でそれを監督・意思決定する。このような形で地下を“征服”できれば、新たな社会インフラや防災・防衛上の安心が生まれる。

7.6.2 残された技術的・倫理的課題

もっとも、課題も残されている。AI の誤検知や過検知による誤作動リスク、地下特有の通信途絶やセンサー故障への対策、そしてプライバシーや倫理への配慮などである。しかしこれらの課題に対しては、技術面ではフェイルセーフ設計や精度向上の研究が進み、制度面でも前述の EU AI Act のように国際的なルール整備が進みつつある。標準化と法規制によって乱用を防ぎつつ、安心して技術を使える枠組みができれば、地下監視システムは社会に受け入れられ、広く普及すると予測される。その暁には、地下空間はもはや人知の及ばない恐怖の領域ではなくなる。代わりに、安全と秩序が保たれた新たなフロンティア——都市の地上と同じように管理・活用可能な領域へと変貌するに違いない。我々は今まさに、その未来への道筋をつけ始めているのである。

8. ヒアリング報告（現地調査まとめ）

本報告書における検討，および今後の調査研究に資すると判断される AI を含むデジタル技術の活用による地下インフラにおける防災・危機管理の事例については、事例の所管部署に問い合わせを行うヒアリングやプレスリリースの調査を行うこととした。

- ・「仙台防災枠組 2015-2030」の開催都市である仙台市におけるヒアリング調査結果
- ・警備会社および鉄道駅における AI 活用事例

8.1 仙台市におけるヒアリング調査結果

8.1.1 仙台防災枠組 2015-2030 について

仙台防災枠組 2015-2030 とは、2015 年 3 月 14 日から 18 日まで日本の宮城県仙台市で開催された第 3 回防災世界会議において採択された、東日本大震災の経験と教訓が取り入れられた防災・減災に対する枠組のことである。仙台防災枠組には、復興過程における「より良い復興（BuildBack Better）」などの新しい考え方が示されたほか、これからの防災・減災の推進に向けては女性や若者のリーダーシップ、市民社会や学術機関、企業やメディアなどの多様な主体（マルチステークホルダー）が参画し、連携することの重要性などが明記されており、一部の専門家や政府関係者のものではなく、一般市民に開かれた内容かつ世界の方々と防災について一緒に考えることができる共通の枠組である。

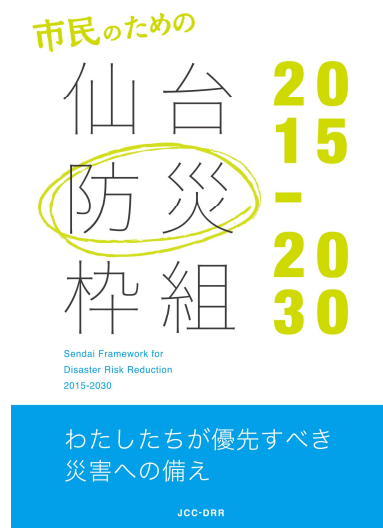


図 8-1 市民のための「仙台防災枠組 2015-2030」表紙⁴⁵

⁴⁵ 防災環境都市・仙台ホームページ（参照 2026.1）

https://sendai-resilience.jp/media/pdf/sfdr_2.pdf

仙台防災枠組 2015-2030 の採択後、仙台市殿が取り組まれている様々な事業の中で、本報告書で特に注目するのは、次に挙げる 2 施策である。

A. 防災環境“周遊”都市・仙台モデル推進事業

防災・減災の備えや情報発信を日常生活に織り込みながら、日常と災害時などの非日常を「フェーズフリー」につなぎ、市民や来街者が必要な情報やサービスにアクセスできる共通インターフェース、人々の“行きたい”を創出するため「デジタルマップ」「情報のプッシュ通知」、「行ける」・“行かなくてよい”を実現するため「デマンド交通」「オンライン診療」「シェアサイクル」を実装するという、デジタル技術による防災・減災および情報発信を具体的に活用している取り組みとして注目すべき事業である。

防災環境“周遊”都市・仙台モデル推進事業における取組内容を図 8-2 に示す。

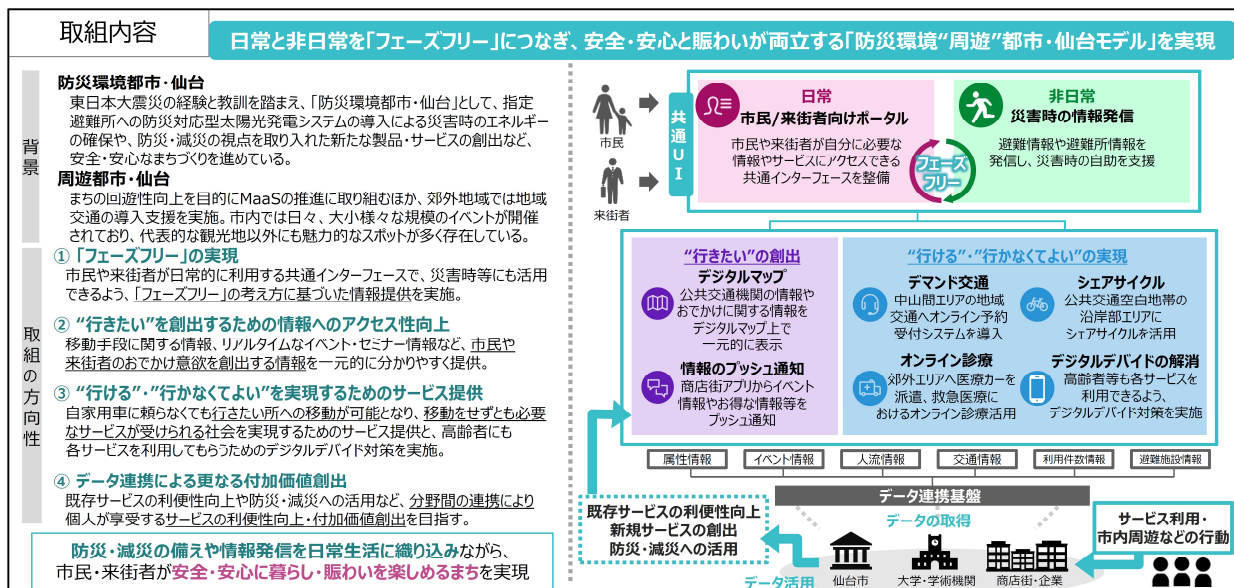


図 8-2 防災環境“周遊”都市・仙台モデル推進事業における取組内容⁴⁶

⁴⁶ 仙台市：令和 5 年度防災環境“周遊”都市・仙台モデル推進事業「オープンデータダッシュボード」構築・運用業務委託公募型提案審査随意契約（プロポーザル方式）による受託候補者選定実施要領 【別紙 2】 デジタル田園都市国家構想交付金実施計画（概要抜粋版）（参照 2026.1）

<https://www.city.sendai.jp/project/digiden/documents/keikakugaiyou.pdf>

B. DATA SENDAI プラットフォーム

産官学がデータとアイデアを持ち寄り、掛け合わせることで、地域の課題解決や、市民の QOL 向上を目指し、データ連携基盤の実証・データ利活用事例の創出・会員間の連携を推進する取り組みであり、災害リスク削減のための戦略的パートナーシップ構築の為のデータ連携基盤（FIWARE）構築の取り組みとして本研究に資するものである。

DATA SENDAI プラットフォームの事業内容を図 8-3 に示す。

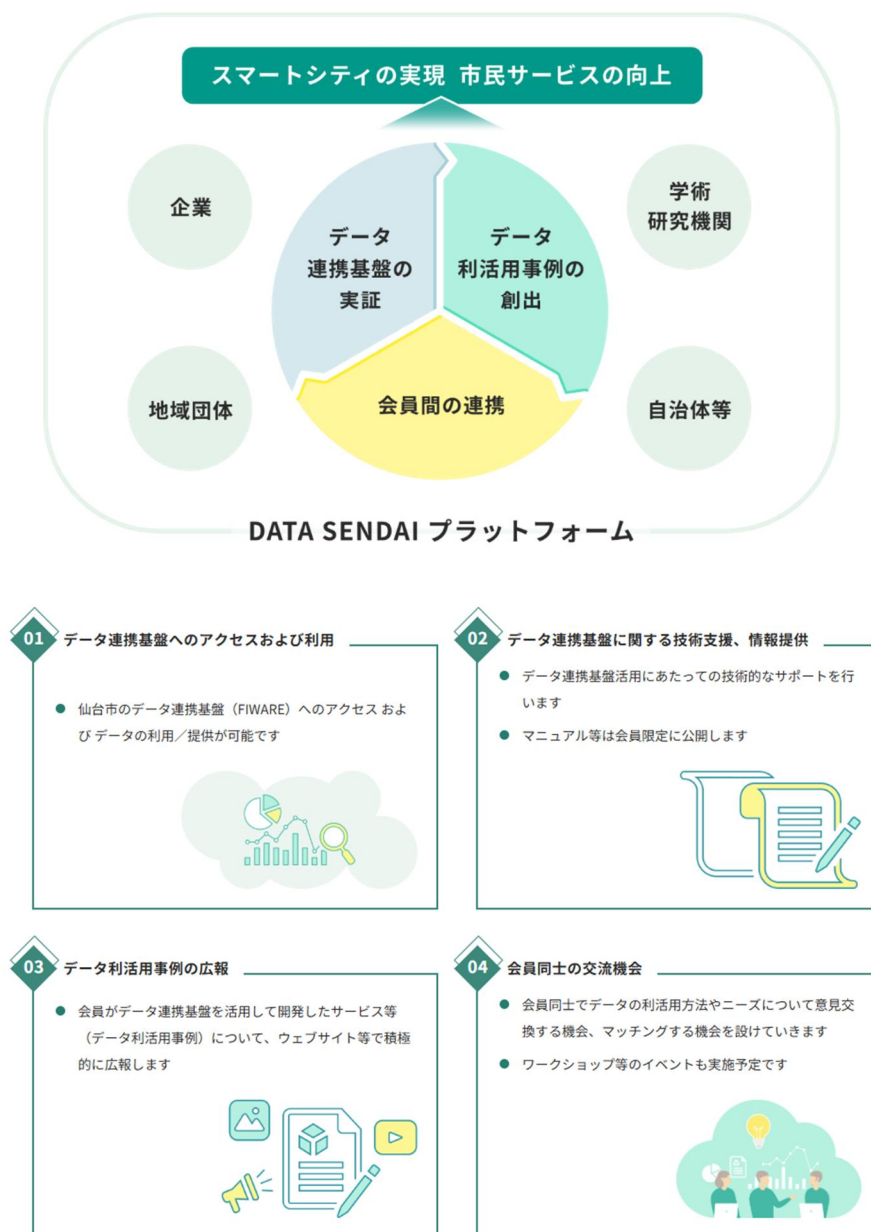


図 8-3 DATA SENDAI プラットフォームの事業内容⁴⁷

⁴⁷ 仙台市：DATA SENDAI プラットフォームとは（参照 2026.1）

<https://data-sendai-platform.jp/about.html>

本項目では本地下利用推進第3部会が実際に書面によって仙台市にヒアリングした内容をそのまま表 8-1～表 8-4 に転載する。また、ヒアリングの御回答の中で拝聴した貴重な事例、情報については、転載元を明記した上で本項に掲載し、今後の本地下利用推進第3部会の調査研究に役立てていくこととする。

表 8-1 仙台市ヒアリング内容(環境防災への取り組み(1/2))

1. 環境防災を推進する仙台市の取り組みについて			
NO.	質問事項	回答	備考
1-1	2015 年の仙台防災枠組が採択されてから 10 年、総務省「令和 3 年度 データ連携促進型スマートシティ推進事業」におけるデータ連携基盤（FIWARE）の構築や、R5 年度デジタル田園都市国会構想交付金（デジタル実装タイプ）TYPE2 事業など、様々な取り組みをされていますが、『防災環境“周遊”都市・仙台モデル』のコンセプトや特徴などをお聞かせください。	・当事業は、防災・減災の備えや情報発信を日常生活に織込みながら、日常と災害時等の非日常を「フェーズフリー」につなぎ、安全・安心と賑わいが両立する「防災環境“周遊”都市・仙台モデル」の実現を目指すもの。 ・少子高齢化や人口減少等、課題が多い東北、その中核都市である仙台で、産学官の連携を深め、世界を目指す「ひと」の後押しとともにデジタル技術の積極的な活用を進めることにより、社会を変えるイノベーションを創出していくというねらいがある。	
1-2	これまでの取り組みの中での目標やそれに対する課題などあれば、お聞かせください。	事業ごとに当該サービスの利用者数等の KPI を設定の上、進捗管理を行っているところ。	

表 8-1 仙台市ヒアリング内容(環境防災への取り組み(2/2))

NO.	質問事項	回答	備考
1-3	災害や環境対策からまちづくり、デジタル化と、取り組みが多岐にわたりますが、どのような体制で取り組まれているのでしょうか？	・産学官連携として、東北大学や民間企業など、30 を超える関係団体と連携しながら事業を行っている。 ・仙台市の政策部門である、まちづくり政策局政策企画部プロジェクト推進課がとりまとめを行っている。	
1-4	特に地下インフラについて、取り組まれてきたことはございますか？	弾道ミサイル飛来時の一時的な避難施設として、コンクリート造りの建物や地下施設を「緊急一時避難施設（国民保護法に基づく避難施設）」として指定しており、地下駅舎や地下道、地下駐車場等を指定している。	
1-5	データ連携基盤活用モデル事例創出事業（R5 年度）の一環として、「① 防災データの利活用」に関するプロジェクトを募集されていますが、その後の進展についてお聞かせいただけますでしょうか？ （～のプロジェクトが選定され、現在、～のようなサービスの提供を想定している等）	創出されたモデルケースのサービス実装などについては把握していないが、DATA SENDAI プラットフォームのホームページを通じプロジェクトにて創出されたモデルケースとして公開中。	

表 8-2 仙台市ヒアリング内容(データ連携基盤(1/2))

2. データ連携基盤（FIWARE）の構築について			
NO.	質問事項	回答	備考
2-1	データ連携基盤（FIWARE）のアーキテクチャやコンセプト、主要機能についてお聞かせください。	非パーソナルのデータ連携基盤のなかで推奨モジュールとして国に指定されているもの コンテキスト管理、オープンデータポータルサイト、コンテキスト履歴データストレージ、プロトコル変換等	
2-2	基盤と連携しているデータはどのようなものがありますか？それらのデータ提供に関する契約形態や、個人情報保護、セキュリティについては、どのような対応が取られていますか？	イベントデータや人流データを取り扱っている。 基盤へのアクセスおよび利用に関しては、DATASEND AI プラットフォームへ会員登録する必要がある、同プラットフォームは仙台市の情報セキュリティポリシーに準拠している。	
2-3	標準化への取り組みがあればお聞かせください。他都市や国との連携はあるのでしょうか？	宮城県データ連携基盤共同利用ビジョンに従い、検討を進めている。	
2-4	基盤の運用体制と維持管理はどのように行われているのでしょうか？	システムの運用・維持管理は仙台市からシステム会社に委託している。 データ連携基盤の実証・データ利活用事例の創出・会員間の連携を推進する「DATASEND AI プラットフォーム」の運営についても仙台市から外部へ委託している。	

表 8-2 仙台市ヒアリング内容(データ連携基盤(2/2))

NO.	質問事項	回答	備考
2-5	地下鉄や地下街などとの連携はありますか。災害時の避難などへの活用はあるのでしょうか。災害の対象は地震や水害など多岐にわたりますか？	地下鉄（地下街）との連携はない。駅舎や地下道等に係る取り組みは1-4 記載のとおり。	
2-6	デジタルツインの構築などは行っていますか？それは、どのように活用されていますか？	実施していない。	
2-7	スマートシティ推進の第一段階として、データ連携基盤の構築に取り組まれています。その次の段階として、どのようなデータ連携を前提とした最先端サービスを想定していますか。またその中で、防災に活用できるサービスはありますか？	データ連携基盤ユースケースを創出しその内容を公開することで、データ連携基盤に連携されるデータを活用した新たなサービスの実装を促進することを目的として、例年データ連携基盤ユースケース創出業務を公募している。 過去には上記「福祉避難所への最適避難ルート作成」のように防災に活用できるサービスも採択したことがあり、今後とも防災に活用できるサービスが創出される可能性がある。	

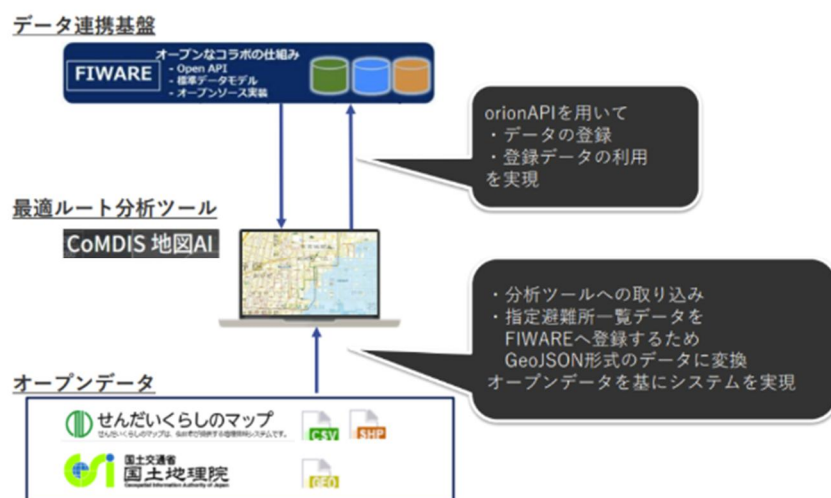


図 8-4 福祉避難所への最適避難ルート作成のイメージ⁴⁸

⁴⁸ 仙台市：福祉避難所への最適避難ルート作成（参照 2026.1）

<https://data-sendai-platform.jp/contents/case/48.html>

表 8-3 仙台市ヒアリング内容(災害 DX)

3.災害 DX への対応について			
NO.	質問事項	回答	備考
3-1	災害発生時の市民の避難路設定や観光者への避難情報通知の方法について何か計画などがありますでしょうか？	市民や旅行者への情報伝達手段等については、下記のホームページの「情報を入手する」に紹介している。 https://www.city.sendai.jp/kikikanri/sonae.html	
3-2	災害が発生した際に、デジタルマップ/ポータルより、具体的にどのような情報が閲覧できるのでしょうか。あるいは、どのようなサービスの提供を想定していますか？	災害時の避難情報発令や市民へのお知らせ等は、市ホームページや、3-1 の各伝達手段等で周知する。各種の「ハザードマップ」については下記に掲載。 https://www.city.sendai.jp/kikikanri/kurashi/anzen/saigaitaisaku/hazardmap/map.html	
3-3	群衆避難時の混雑対策など何か計画がありますでしょうか？	「帰宅困難者対策」を下記ページに紹介している。 https://www.city.sendai.jp/anzen/suisin/kurashi/anzen/saigaitaisaku/torikumi/kitaku.html	
3-4	AI を活用した防災情報発信など何か計画はありますか？	特になし。	
3-5	災害時の通信環境整備などはされているのでしょうか。災害発生時は、ネットが繋がりにくい事象が発生することもある想定されますが、何か対策はありますか？	携帯電話網の輻輳など東日本大震災の教訓を踏まえ、多様な情報伝達手段を確保しているほか、輻輳の影響を受けにくい伝達手段の整備にも取り組んできた。	

表 8-4 仙台市ヒアリング内容(今後の取り組み, その他)

4.今後の取り組み			
NO.	質問事項	回答	備考
4-1	2030 年あるいはその先に向けて、『防災環境“周遊”都市・仙台モデル』として、取り組んでいきたいことは何でしょうか？	各事業について引き続き産学官で連携して実施していきたいと考えている。	
4-2	今後、取り組んでいくにあたっての課題などがあれば、お聞かせください。	引き続き KPI のフォローアップや持続可能な運営がなされているか進捗管理を行っていく。	
4-3	仙台での取り組みを、全国や海外へ広げていく構想はありますか？他の地域で展開する場合の障壁などはあると思いますか？	特にオンライン診療の取り組みに関しては、今年度は広域展開を視野に、宮城県との連携を行っている。	
5.その他			
NO.	質問事項	回答	備考
5-1	『防災環境“周遊”都市・仙台モデル』や総務省に取り組まれている施設などを見学させていただくことはできないでしょうか。	視察の対象としている施設等の該当は無いが、オンライン診療の取り組みについては、11 月 26 日の TOHOKU DX GATEWAY (https://tohoku-dx-gateway.jp/) へ診療カーを出展する予定。	

気仙沼市立病院附属本吉医院にて診療カーによるオンライン診療の実証事業を行います

本市では、将来想定される医師不足への対応や、患者の医療アクセス向上のため、令和5年11月より診療カーによるオンライン診療サービスを、複数の医療機関の連携による仙台モデル[※]として実施しています。

このたび、当サービスの持続可能な運営体制を構築するため、広域展開に向けて宮城県と連携することとなりました。その取り組みの一環として、日本郵便の協力を得て、気仙沼市立病院附属本吉医院（以下、「本吉医院」）と、大谷郵便局の敷地内に駐車した診療カーを繋いだオンライン診療のデモを行います。

※ 診療カーによるオンライン診療サービス（仙台モデル）

医療アクセスに課題を抱える患者宅等へ、医療機器を搭載した診療カーを派遣し、遠隔で診察を行う。

仙台市では、看護師が患者のそばにいて、患者と医師の双方で安全・安心でより質の高い診察が可能となる「DtpWithN（D：Doctor（医師）、P：Patient（患者）、N：Nurse（看護師））型」を全国に先駆けて採用。また、複数医療機関での車両のシェアリングを行うなど、費用負担の分散化や車両の効率的な利用に資する取り組みを行っている。



気仙沼市本吉地区地図



図 8-5 気仙沼市立病院附属本吉医院での診療カーによるオンライン診療実証事業⁴⁹
※謝辞

御多忙の中、本地下利用推進第3部会の質問事項についてご回答頂き、また具体的な取り組みの事例についてもご紹介いただいた仙台市まちづくり政策局プロジェクト推進課および危機管理局危機対策課に謝意を表します。

⁴⁹ 仙台市：記者発表資料 2025 年度 10 月（参照 2026.1）

<https://www.city.sendai.jp/project/online/online2510.html>

8.2 警備会社および鉄道駅における AI 活用事例

地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用事例として警備会社および鉄道駅を代表的な事例として調査する。これを代表的な事例として選択した理由として、警備会社のターゲットとする分野は、災害予測の為にシステムを構築する上で、AI などのシステムによる過去の災害事例のデータ基盤解析の援用、画像認識などによる状況の監視および異常な状態の検知などが効果的な分野であること、また鉄道駅は、それら警備システムを必要とする地下インフラの中でも最も多くの人間が利用する施設であることによる。

地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用事例として警備会社（ALSOK 株式会社）の事例を表 8-5 に、鉄道駅(京王電鉄株式会社)の事例を表 8-6 に示す。

これら地下インフラ他における防災・危機管理における AI 活用事例では

- ・画像認識による状況の検知および通報，ならびに警戒を要する際の自動的な対処
- ・検知した情報を過去のビックデータの蓄積から分析し，近未来を予測

といった機能を有するものが多い。またこれらの機能を活かしたシミュレーションによる教育訓練システムなどにも用いられている。

AI 活用事例としてこれから有望と思われるのは、鉄道駅などに配置されているコミュニケーションロボットである。一例を図 8-6 に示す。主な役割は、顔認証機能による犯罪予防や各種センサーによる災害検知，および訪問客に対するコンシェルジュであるが，最大の特徴は三次元的な空間把握によって自律的にマシンが動作を実行するという，フィジカル AI（Physical AI）の特徴を併せ持つことである。

これまでの地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用と言え、インターネット他の膨大なテキストデータ他のデータを活用した生成 AI モデル（Generative AI）によるものが主流であったが，ハード面での地下インフラの維持管理に多大な労力や費用が掛かる現在，こうしたフィジカル AI の活用によるソフト面での減災は注目に資するものであり，今後多くの災害データプラットフォームと連携するなどして，事前の災害リスク削減の為に喚起や，災害後の避難・救援活動の援助に大きな役割を果たすことが期待される。

警備・案内のコミュニケーションロボット

REBORG-Z リボーグゼット

AI技術を活用し、警備機能と案内機能をさらに強化！

高度化した犯罪への対応と常駐警備の効率化を実現します



主な仕様	
寸法	700mm(W) × 700mm(D) × 1,530mm(H)
重量	180kg程度
速度	最大:4.6km/h 最小:0.16km/h
登坂確度	±5度(車椅子用スロープと同様)
動力	リチウムイオンバッテリー
連続走行時間	2時間程度
足回り	6輪タイヤ走行

図 8-6 警備・案内のコミュニケーションロボット REBORG-Z⁵⁰

⁵⁰ ALSOK：パンフレット（参照 2026.1）

<https://www.alsok.co.jp/corporate/list/pdf/alsok-reborgz.pdf>

表 8-5 地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用事例(警備会社：ALSOK 株式会社) (1/2)

題名	内容	参考 URL
道路冠水事故防止 「アンダーパス監視 サービス」	・冠水センサー、監視カメラ、通報装置での監視や気象データの確認を、絶え間なく監視 ・遠隔操作可能なエアー遮断機を設置、要請に応じて遠隔起動させることにより、迅速かつ安全、確実に、アンダーパスへの車両の進入を防止	https://www.alsok.co.jp/corporate/service/under_pass/
顔認証による 出入管理システム	・あらかじめ顔を登録することで、出入り口に設置した顔認証カメラで、本人認証を行い関係者以外の立ち入りを防止 ・同時に複数名の認証可，視覚により容易に確認可，特別な動作は不要	https://www.alsok.co.jp/corporate/face_id/
火山災害対策ソリューション	・避難計画策定から火山や土石流の監視・撮影、現地職員の安全対策まで、多彩なサービスで、火山防災をトータルにサポート ・火山学に精通する専門スタッフが多く所属するアジア航測株式会社と提携	https://www.alsok.co.jp/corporate/service/volcanic_disaster/
河川・ため池の 防災管理・監視システム	・中小河川や農業用ため池の氾濫を防止するために複数の水位計メーカーと連携し、溢れる前の段階で水位を把握し、迅速な水防活動を実施 ・水位計、監視カメラ、雨量計などの観測機器について、クラウドシステムの死活監視機能（機器の通信障害）や、機器の定期点検によって、突発的な不具合を予防 ・収集した水位情報およびカメラ画像のデータの最新情報を WEB ページ（動画配信サイト YouTube など）において構築・運用・公開し、住民に注意喚起を促すことが可能	https://www.alsok.co.jp/corporate/river_disaster/

表 8-5 地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用事例(警備会社：ALSOK 株式会社)(2/2)

題名	内容	参考 URL
緊急地震速報システム	・気象庁が震源に近い観測点（地震計）で得られた初期微動（P 波）と主要動（S 波）の伝播速度を使って、震源、地震の規模および各地の震度を推定し、到達時間や震度を迅速に利用者に提供 ・NTT コミュニケーションズ(株)の IPv6 網を利用したマルチキャスト方式（一斉同報）による配信で、遅延なく確実に緊急地震速報を受信可能 ・各地点の地盤強度に応じた揺れの割合（地盤増幅率）により震度を補正し、より正確に予測 ・想定震度や予測時間などから放送設備やエレベーター設備など、様々な設備の制御と連動が可能	https://www.alsok.co.jp/corporate/service/earthquake.html
災害図上訓練	・地域で大きな災害が発生する事態を想定し、地図上に危険が予測される地帯または事態を地図の上に書き込んでいく訓練 ・建物図面や周辺地図を利用し、勤務時間帯に発生する災害を想定 ・震災による被害状況を時系列で提示し実際の震災に即したリアルな状況を体感可能	https://www.alsok.co.jp/corporate/service/disaster_training/
施設管理者向け 水害対策・浸水防止	・ワークショップ形式により施設の水害リスク評価、被害想定を検討を行い、より実効性の高い浸水防止計画書の作成を支援 ・作成した計画書に基づき、緊急時を想定した情報伝達の模擬訓練や、浸水対策設備の使い方や避難順路の確認訓練、図面と想定シナリオを用いて被害やリスク、対応策を検討する訓練など、実践に即した訓練を実施	https://www.alsok.co.jp/corporate/service/flood_prevention/
警備・案内ロボット 「REBORG-Z」	・顔認証機能による不審者の検知，異常音検知および通報，ガス検知・火災検知による避難誘導，多言語による施設案内およびナビゲートなどが可能 ・各種センサーによる、不審者や特定人物の早期発見が可能であり，警戒ラインを越えた際に、警告を発したり、威嚇灯を点灯させることも可能	https://www.alsok.co.jp/corporate/robot/reborg-x/

表 8-6 地下インフラにおける防災・危機管理における AI 活用事例(鉄道駅：京王電鉄株式会社)

題名	内容	参考 URL
カメラ映像などの管理・運用について	・効率的なメンテナンス実施やデータに裏付けされた施策 検討などを行うため、カメラ映像・カメラ画像を活用 ・テロ行為や迷惑行為などの未然防止、犯罪の抑止 ・車内の状況確認（混雑状況など） ・踏切事故の防止や事故発生時の状況確認	https://www.keio.co.jp/news/update/announce/announce2024/pdf/20241213_bouhan.pdf
保安体制強化に向けた AI 画像解析技術の試験導入	・現在駅構内に設置されている防犯カメラと、AI 画像解析システムを連携させて、転倒・不審物の置き去りなどの異常行動や不審行動を AI によりリアルタイムに検知 ・白杖・車いす利用者への適切な案内への活用も検討 ・AI 画像解析技術によって常時監視を行い、トラブルを早期に発見し、事故や輸送障害などの未然防止・被害軽減および保安体制の強化を図る	https://www.keio.co.jp/news/update/news_release/news_release2025/pdf/nr20250606_securitycamera.pdf
人工知能（AI）搭載の小型床洗浄ロボット （H A P i i B O T （ハピボット））	・清掃エリア内の走行経路や速度のほか、洗浄水量やパッド圧などを事前のティーチング（当該洗浄ロボットに記憶させる）により、自動で清掃 ・エリア内に歩行者や障害物があった場合はセンサーなどで認識し、その場で停止後に回避ルートを再設定して清掃を続行 ・安全性確保のため、複数のセンサーを搭載しており、自動走行中周囲にいる人に向けて、音声案内やウィンカーなどで注意喚起	https://www.keio-setsubi.co.jp/keitakun_seisou_robot.pdf

9. まとめ

本報告では、地下インフラの効率的な整備・運用、特に防災・危機管理機能の向上に資する AI を含むデジタル技術の活用について、その現状と将来展望を調査・分析した。その結果を以下にまとめる。

日本には多種多様な地下インフラが存在し、都市機能や人々の日常生活を支える上で不可欠である。しかし、これらの施設は老朽化が進行し、近年頻発するゲリラ豪雨や線状降水帯による浸水、地震などの自然災害およびテロなどによる人為的リスクに対する脆弱性が課題となっている。これらに対し従来の事後保全や人的監視に依存した維持管理、静的な避難計画では、増大するリスクに対応しきれないことが明らかとなった。

これらリスクに対応するための AI を含むデジタル技術の導入には、データ整備・品質の課題、技術者の経験知の形式知化、診断結果の説明性・信頼性の確保、導入・運用コストといった課題が存在する。また、プライバシー保護や倫理的側面への配慮も必要である。これらを解決するには、共通プラットフォームとして活用するためのデータの標準化、BIM/CIM・デジタルツインとの連携などがある。また AI の活用においては、現状はその技術的側面に焦点が当たっているが、プライバシーへの配慮など法整備などについても留意する必要がある。

現状では地下インフラに対するデジタル技術の導入は進みつつあるが、AI 技術の活用については未だその端緒に有り、他分野における研究成果を取り込みつつ、ニーズとシーズを探りつつある段階にあると思われる。よって次年度においては、本報告の成果を基に地下インフラにおける AI を含むデジタル活用の将来を見据えた研究を実施する予定である。