

## 1. 消防防災技術に係る研究開発の方向性

### （1）消防防災科学技術高度化戦略プラン 2018

消防庁では、研究開発等に係る中期的なマスタープランとして「消防防災科学技術高度化戦略プラン」を策定し、概ね5年ごとに改訂している。平成30年3月に改訂した「消防防災科学技術高度化戦略プラン2018」においては、自然災害リスクの増大や社会の脆弱化への対応に加え、研究成果の社会実装の推進を主眼としている。

### （2）統合イノベーション戦略等を踏まえた対応

我が国全体の科学技術政策の中期的なマスタープランである「科学技術基本計画」を踏まえ、政府において科学技術のイノベーションに関する総合戦略が毎年策定されており、直近では令和元年6月21日に「統合イノベーション戦略2019」が閣議決定されている。同戦略においては、Society 5.0の実現のため、AI やロボット等についてイノベーションに資する研究開発を推進するとともに、研究成果の社会実装化を推進していくこととされている。

また、総務省においても、「Society 5.0時代の地方」をキーワードとして革新的な技術の実装例や導入施策を全国の自治体に共有する取組を実施しているところである。さらに、「地方自治体における業務プロセス・システムの標準化及びAI・ロボティクスの活用に関する研究会」において、令和元年5月に報告書が取りまとめられ、スマート自治体への転換に向けた取組が進められている。

消防庁では、以上を踏まえ、消防防災行政に係る課題解決や重要施策推進のための「消防防災科学技術研究推進制度」（以下、本特集において「競争的資金」という。）における研究課題として AI やロ

ボット等に関連した案件を重点的に採択するとともに、研究成果の社会実装化を推進しているところである。

また、消防研究センターにおいても、多様化・大規模化する火災や自然災害に対応して、火災予防や消火・救助活動等の向上を目的に研究・開発を実施している。

## 2. 研究開発の状況

以下では、現在消防庁において取り組んでいる AI やロボット等を利用したシステム等に関する研究開発の事例について紹介する。

### （1）消防ロボットシステム（スクラムフォース）の配備

#### ア 目的及び概要

今後発生が懸念されている南海トラフ地震及び首都直下地震の被害想定地域には、我が国有数のエネルギー・産業基盤が集積し、石油コンビナートにおける大規模・特殊な災害が発生した際には、消防隊が現場に近づけない等の大きな課題がある。そこで耐熱性が高く、災害状況の画像伝送や放水等の消防活動を行う AI 技術を活用した消防ロボットシステムの研究開発を平成26年度から進めている。

消防ロボットシステムは、消防隊員による操縦の必要がなく、システムが複数提案する移動経路や放水する位置の判断及び指示を入力するだけで、半自律的<sup>\*1</sup>に爆発抑制や火災の延焼防止のための冷却活動や消火活動を行うことができる。消防ロボットシステムの活動イメージを**特集4-1 図**に示す。消防隊員が災害現場から十分離れた安全な領域から指示を入力し、消防ロボットシステムが機能する。

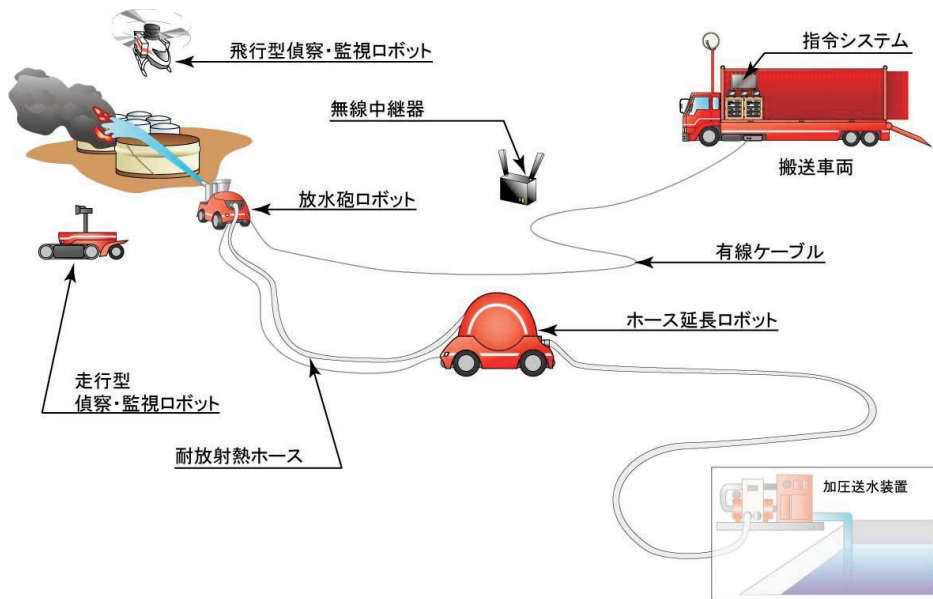
具体的には、空中や地上から偵察・監視するロボットの情報を基に、放水砲ロボットの最適な放水

\*1 半自律的：自律は自らが判断して行動すること。一部を消防隊員が判断し、指示することを半自律としている。

位置を導出し、放水砲ロボット及びホース延長ロボットがそれぞれの活動を行う。消防ロボットシ

テムによる消防活動を効率的に実施するために、以下のような高度な技術を活用している。

#### 特集 4-1 図 消防ロボットシステムの活動イメージ



(ア) 大規模火災に対する有効な消防活動を実施するために、AI 技術を活用し、複数のロボットに機能を分散させ、情報を共有し、協調連携して活動させる技術

(イ) 消防隊員からより離れた場所で半自律的に活動するために、AI 技術を活用し、過酷な状況においても画像認識や空間認識などを機能させる先端技術

(ウ) 大規模火災に近接した高熱な領域において消防活動を行うための耐熱技術

大規模災害に対応するために複数のロボットが協調連携して活動するが、一方でシステムの一部のロボット、例えば偵察・監視ロボットだけでも機能することも考慮し、研究開発を進めてきた。

本研究開発では、各単体のロボットの試作機を完成させ、試作したロボットに協調連携や自律化といった高度な機能を取り込み、平成 30 年度に実戦配備可能な消防ロボットシステムを完成させた。

#### イ 実戦配備型の完成

飛行型偵察・監視ロボットは、プロペラが上下に 2 つ重なり、逆向き方向に回転する「二重反転機構」を採用している。この機構により、テールローター\*2を要さず小型化が可能になり、また、プロペラが吹き下

ろす気流は、ロボット本体の冷却にも効果的に利用できる。走行型偵察・監視ロボットは飛散物が散乱した状況での走行も想定し、車輪、クローラー(履帯)\*3の 2 つの走行機構を備えている。クローラーは、悪路や障害物に対する走破性能は高いが移動速度が遅く、自律走行精度が低い。そこで、障害物等が検出されない範囲では、車輪で走行する。放水砲ロボット及びホース延長ロボットは、サスペンション機構を備えた 4 輪駆動であり、農業用機械を応用し、地盤の液状化が発生した場所等においても走行が可能である。



放水砲ロボットとホース延長ロボット

放水砲ロボットに装備されているノズルは新たに開発したもので、広角噴霧放水、ストレート放水、泡放射をノズルの形状切り替えだけで実現してい

\*2 テールローター：ヘリコプターの方向を制御するための後方にある小型のプロペラ

\*3 クローラー：建設機械等に用いられているベルトを使った移動機構

る。泡放射は、放水軌跡の安定性並びに泡による消火性能を両立できる方式を採用している。消防隊が所有する最大級のポンプで送水可能な放水量 4,000 L/min、放水圧 1.0 MPa に対応したノズルである。

各ロボットは自律的に動作するが、最終的な判断は消防隊員が指令する。指令を各ロボットへ統合的に伝達する指令システムが搬送車両に設置されている。なお、消防ロボットシステムは 1 台の車両に収納し現場へ搬送する。

また、本研究開発の実施にあたり、有識者及び消防本部の担当で構成される外部評価会を設置し、評価会における意見も反映させつつ、研究開発を的確かつ効率的に推進してきた。

### ウ 部隊発足と実証配備

平成 30 年度末に完成した消防ロボットシステムを市原市消防局に緊急消防援助隊車両として配備した。市原市は、習熟期間を経て、令和元年 5 月 24 日に当該ロボットシステムを装備した特殊装備小隊を発足させた。この部隊発足式に合わせ、消防ロボットシステムをスクラムフォース、飛行型偵察・監視ロボットをスカイ・アイ、走行型偵察・監視ロボットをランド・アイ、放水砲ロボットをウォーター・キャノン、ホース延長ロボットをタフ・リーラーと命名し、スクラムフォースのロゴ・マークを発表した。今後、緊急消防援助隊として、全国の大規模災害対応等に活用する。



緊急消防援助隊部隊旗授与



部隊発足式での放水デモンストレーション



**SCRUM FORCE**

スクラムフォースのロゴ・マーク



実戦配備型消防ロボットシステム



## (2) 迅速な救急搬送を目指した救急隊運用最適化の研究開発

### ア 研究概要

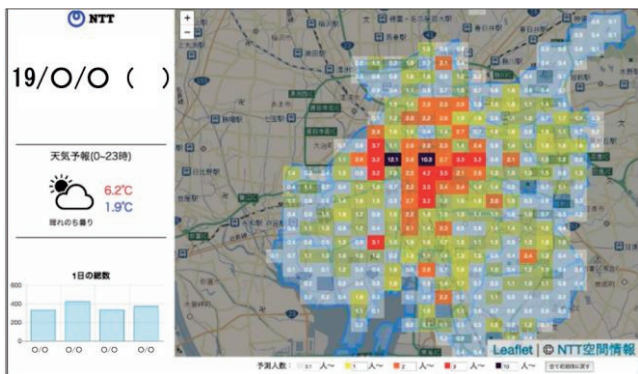
救急自動車による現場到着所要時間は全国平均で8.7分(平成30年)、病院収容所要時間は全国平均で39.5分(平成30年)となり、救急出動件数の増加とともに救急活動時間は延伸傾向にある(第2-5-4図参照)。

この課題に対してこれまで#7119 等様々な対策を行っているが、新しい取組としてAIを活用して救急隊の効率的な運用を行うことにより、現場到着所要時間を短縮する手法の研究開発を行っている。

この手法は、消防本部で既に所有している救急活動データ(発生日時、発生曜日、発生場所、年齢、性別、傷病名、対応救急隊名等)と気象予報(気温、天気)の関係性を分析した結果を用いて救急需要が多く見込まれる地域をリアルタイムにメッシュで予測し、当該地域に事前に救急隊を移動配置させる(以下「救急隊の最適配置」という。)ことにより効率化を図り、現場到着時間を短縮することを目指している。

これまでに名古屋市消防局の協力により過去9年間の救急活動データ(約100万件分)を分析して救急需要を予測するプログラムのプロトタイプを研究開発した(特集4-2図)。

### 特集4-2図 救急需要のメッシュ予測(色の濃いメッシュは救急需要が多いと予測したところ)



あわせてプログラムについて実証実験を行い、需要予測結果及び画面表示の視認性の検証を行った。(特集4-3図、特集4-4図)。

また、救急隊の最適配置では救急隊に特化した最適配置モデルを検討し、その現場到着時間短縮効果

の検証を行っている(特集4-5図)。

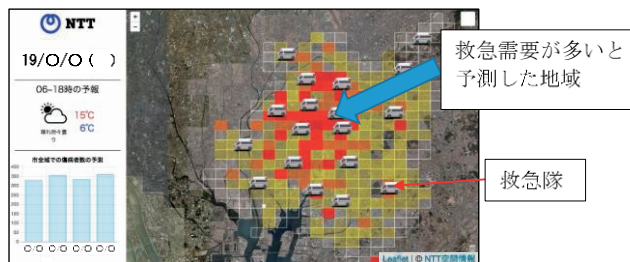
### 特集4-3図 実証実験状況(名古屋市消防局の救急車)



### 特集4-4図 実証実験状況(名古屋市消防局の指令室)



### 特集4-5図 救急隊の最適配置のイメージ図(救急需要が多い場所(色が濃いところ)に救急隊を集中して配置したと仮定)



### イ 今後の研究方針

今後、実用化に向けてより詳細な実証実験を進め、令和2年度の完成を目指して研究を進めていく予定である。

### (3) 消防防災活動におけるドローンの活用

#### ア 概要

消防研究センターでは、近年、めざましく進歩しているドローンを消防の活動に役立てるには、何が必要でどのように使えば有効なのか、特に土砂災害の現場では、搜索範囲の絞り込みや危険性の把握のために、全体状況の把握が早急に必要である。一方で、道路の土砂災害や倒木等による移動障害のため、状況把握が困難な場合が多い。そのため、航空写真やヘリコプターからの偵察に加え、ドローンの活用が有効である。その活用方法の研究を行っている。

#### イ 北海道胆振東部地震での技術支援

消防研究センターは、平成30年9月7日から11日までの間、北海道胆振東部地震で発生した土砂災害による行方不明者の搜索救助活動現場において、二次災害危険の評価及び回避方策に係る技術的助言を行った。

名古屋消防航空隊の協力を得て胆振東部消防組合消防本部に7日7時に到着し、その時点で搜索救助活動が行われていた吉野地区、富里地区及び幌内地区の2つの合わせて4現場について、現地調査及びドローンによる上空偵察を行い、二次災害となり得る事象の洗い出しとそのおそれの定性的な評価及び監視等の着眼点について検討した。その結果は現地で活動中の緊急消防援助隊及び北海道内応援隊の指揮隊へ伝達したほか、同じ現場で活動中の警察及び自衛隊各隊へも伝達した。

#### (ア) 富里地区での活動

9月7日には、富里地区の現場の危険評価を行った。全体として切迫した危険性は見られないが、搜索救助活動の地点のすぐ上にある道路に変状があり土砂も堆積していることから、二次的な崩落に警戒が必要であった。また、斜面の表層崩壊の土砂の一部が地下水とともに泥となって少しずつ流れて中腹に貯まりつつある場所があり、降雨時には斜面下方へ泥が流れ出してくるおそれがあった。以上の結果を活動隊へ伝達した(特集4-6図)。

#### (イ) 幌内地区での活動

9月8日には、幌内地区の2つの現場のうち北側の第一現場の危険性評価を行った。現場周辺では、地盤が軟弱で重機の転倒の懸念の他は特段の危険因子を見いださなかったが、帰り道に、自衛隊員2人が緊急退避してくるところへ居合わせた。沢から道路に鉄砲水が出てきたとのことであったことから、ドローンを用いて上流を調べたところ、2箇所に小規模な土砂ダムを認めた。下流のものは、画角から見て道路から約130mの地点にあった。これらの土砂ダムに水がたまり決壊した場合に、下流に土石流となってくるおそれが考えられた。この沢の位置から見て搜索現場には影響はないものの、行き帰りの隊員が通行する場所であることから、要注意と判断し活動隊へ伝達した(特集4-7図)。



幌内地区の2つの現場のうち北側の第一現場におけるドローン調査の様子



特集 4-6 図 富里地区の現場の状況と危険性評価の結果

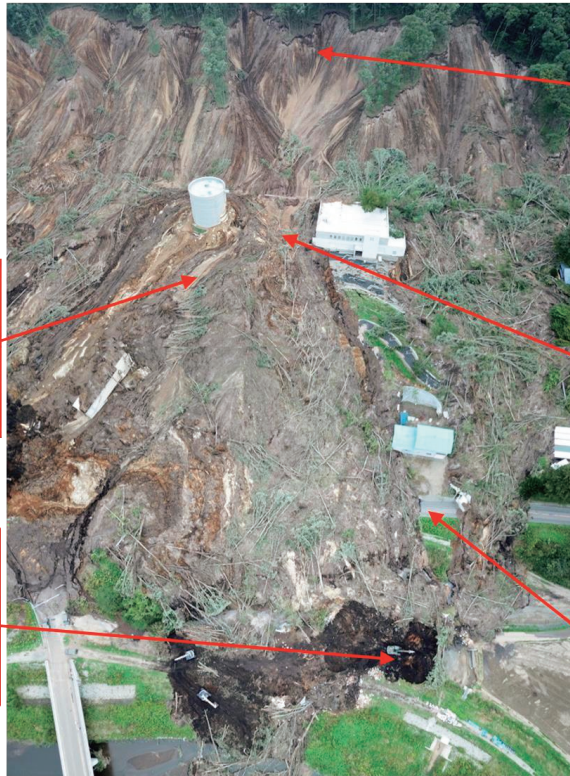
富里地区の災害状況及び危険性評価（ドローン及び現地踏査に基づく）



浄水場の地盤の崩壊



捜索・救助活動地点



斜面表層の崩壊。家屋を埋没したのはこの崩壊ではなく、浄水場の地盤の崩壊



貯まりつつある泥。雨が降ったときに流れ下るおそれ。



捜索現場の上の道路の変状（亀裂・傾斜）

特集 4-7 図 幌内地区の北側の現場の隣の溪流における土砂ダムのドローンによる確認

幌内移動ルートの小規模な土砂ダム



ドローン空撮画像により、崩壊地中腹部で2箇所の小さな水たまりを確認。降雨が無い状態で水たまりが形成しているのは、湧水が出ている可能性が高く、今後二次崩壊の危険性がある。救助活動における主要ルート上のため、注意が必要と提言。



家屋の材料が堆積した場所における捜索の状況。谷間の活動で上流と斜面の両方に注意が必要であった。写真左上に監視員が3人見える（相模原市）。



谷間の捜索場所をドローンで撮影した画像に監視場所などを追記。上流（写真左）には堰堤で捕捉された土砂による池があったので、せき止め土砂とともに監視対象とした。写真右上の監視場所からは、その対岸の谷の崖（写真中央から右手）を監視した（相模原市）。

ウ 令和元年台風第 19 号による相模原市緑区牧野地区における技術支援

消防研究センターは、令和元年 10 月 12 日 22 時前に発生した相模原市緑区牧野地区の土砂災害現場での捜索救助活動における安全管理に係る技術的助言のため、同市消防局の要請に基づき、技術支援を実施した。10 月 14 日～16 日に 2 人、10 月 19 日～21 日に 1 人の土砂災害を専門とする研究官を派遣し、危険要因の抽出及びそれに対する対策の提案並びに降雨時の活動停止基準の設定などの活動全般に関する助言を行った。

エ 今後の課題

ドローンによる全体状況把握は今回の土砂災害



の現場の規模では有効であることが明らかになった。一方、現場だけを見ているとその周辺の二次的な土砂移動に対する備えが不十分になることが明らかになった。また、より詳細に危険性を評価するためには、対象の大きさや斜面の傾斜などの定量的な情報が必要である。さらには、レーザーレーダーを用いた被災後の 3D データの取得技術の確立など今後の研究開発の新たな課題として取り組む必要があると考えている。

#### (4) G 空間情報と ICT を活用した大規模防火対象物における防火安全対策の研究開発 (競争的資金)

本研究は、消防庁の競争的資金制度により、令和

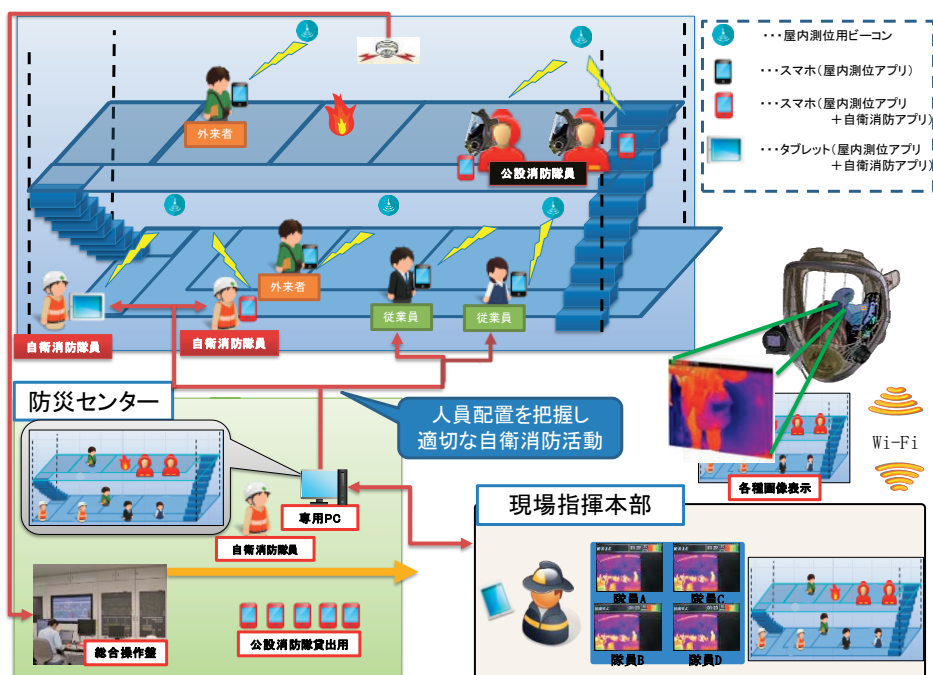
元年度から 2 か年計画でさいたま市消防局、千葉市消防局の協力のもと進められている委託研究である。

#### 目的及び概要

本研究開発は、大規模な防火対象物の火災時等において、G 空間情報や ICT を活用し防火対象物内の在館者や自衛消防隊員・公設消防隊員の屋内測位情報を防災センター等で把握するとともに、スマートマスク (地図情報や赤外線画像等を表示できる面体) やタブレットにより、現場の公設消防隊員と情報共有し、効率的かつ安全に消防活動を行うためのシステム「防災支援システム (仮称)」の開発を目的としている。

研究の概要について列挙するとともに、システム概要図を特集 4-8 図に示す。

特集 4-8 図 防災支援システム概要図



#### (ア) 「G 空間自衛消防支援システム」の構築

スマートフォンやタブレットを活用し画像やテキスト等を取り扱い、事業所の自衛消防隊と防災センター間の情報を共有し、自衛消防活動を支援する機能と、在館者 (自衛消防隊員を含む) の所在位置を特定する屋内測位機能を連携させた「G 空間自衛消防支援システム」を構築し、更に防災センターに集約される災害情報等を組み合わせることで、災害発生場所から近い位置にいる自衛消防隊員の検知や、逃げ遅れ者の所在の検知、的確な初動対応の指示などを通じて、自衛消防隊の活動をより効果的なものとする事ができる。

#### (イ) 「現場活動支援システム」の開発

「現場活動支援システム」は、空気呼吸器用マスクに赤外線カメラやディスプレイ等を付加することでスマートマスクとして多機能化を図り、さらに通信機能を付加することでタブレット等を介し、現場の消防隊員と後方の指揮者 (隊長) 間で情報の共有を行う。

また、「G 空間自衛消防支援システム」と「現場活動支援システム」間で連携を図り、自衛消防活動の実施状況、火災進展状況等の情報をスマートマスク等で共有を行うことで、自衛消防隊及び公設消防隊の活動を支援する「防災支援システム (仮称)」の構築を目指している。