

# 令和3年度事後事業評価書

政策所管部局課室名：消防庁 消防大学校消防研究センター

評価年月：令和3年8月

## 1 政策（研究開発名称）

エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットの研究開発

## 2 研究開発の概要等

### (1) 研究開発の概要

#### ・実施期間

平成26年度～令和2年度（7か年）

消防ロボットの研究開発を平成26年度～平成30年度の5年計画で開始した。この5年間の研究開発の評価を実施するために開催した消防本部職員を含む外部有識者で構成される研究評価会における評価や意見、消防ロボットの完成度、消防本部のニーズ及び配備要望等を踏まえ、消防ロボットを社会実装する段階まで研究開発を進めることとし、令和元年度～令和2年度の2年間で実証配備及びこれに基づく改良等を実施した。

#### ・実施主体

総務省消防庁消防大学校消防研究センター

#### ・総事業費

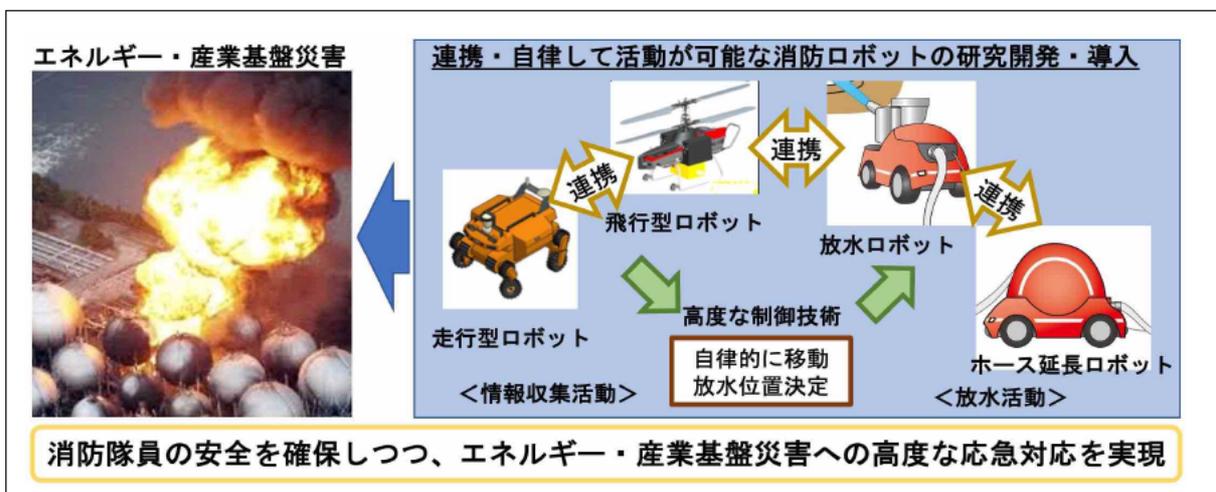
1,497百万円

平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度
205百万円	225百万円	259百万円	347百万円	340百万円	50百万円	71百万円

総額
1,497百万円

#### ・概要

東日本大震災におけるLPガスの大規模な爆発火災、平成24年の姫路市化学プラント爆発火災における消防職員の殉職等の教訓として、消防隊が現場に近づけない過酷な環境となる石油コンビナート災害における活動手段の確保が課題となっている。今後発生が懸念されている南海トラフ巨大地震・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・産業基盤が集積しており、情報収集活動や放水活動を自律的かつ協調連携して行い、実戦において活用できるレベルの消防ロボットシステムを研究開発する。



単体のロボットで大規模な災害に対応することは難しく、複数のロボットやコンピュータが共同で対応する必要がある。このため、「消防ロボットが共同して活動するチーム」を「消防ロボットシステム」という用語を用いて呼ぶこととする。

大規模な火災や爆発危険性の高い事故において災害の拡大を抑制する消防ロボットシステムには主に、以下の3つの技術が必要となる。

- ・協調連携技術：1台のロボットの動きを認識して他のロボットが連動して移動する技術、及び、1台のロボットが得た画像情報を解析し、他のロボットの動作に活かす技術。
- ・耐放射熱技術：本研究では国内で想定される最も高熱となる石油タンク火災を想定し、この火災に対して有効に放水が届く50m程度まで近接して活動が可能となる耐熱技術。
- ・自律技術：大規模災害においては対応が長時間となり、全てを遠隔操縦で行うことは操作者への負担が大きく、また、微妙な操作は遠隔操縦では難しいため、ロボット自身が自ら判断し機能する自律技術。

これらの技術は研究論文レベルでは実現可能とされているものの、災害現場での実運用に耐え得る技術とはなっていない。そこで、これらの技術を災害現場での実運用に耐え得るレベルに引き上げ、実戦レベルで運用可能な消防ロボットシステムを開発する。

消防ロボットシステムは以下の表のとおり構成される。

ロボット等	機能等
飛行型偵察・監視ロボット	上空から災害全体の状況を偵察するとともに消火活動に最適な場所の選定やそこに至る侵入経路の選定に必要な情報を収集する他、放水開始後、放水砲ロボットの放水が届いている地点を監視する。
走行型偵察・監視ロボット	地上を走行しながら、石油化学コンビナート敷地内の通路の状況を偵察し、放水開始後、放水砲ロボットの放水が届いている地点を監視する。
放水砲ロボット	泡を放射及び水を放水することができる放水砲を備え、消火や冷却を行う(*1)。
ホース延長ロボット	必要なホースを積載し、ホースを延長する(消防では、移動しながらホースを敷設することを「延長する」と言うため、以下ホースを延長すると表記する)(*2)。
指令システム	情報を解析するとともに、各ロボットが有効に機能するよう指令を出し、各ロボットが取得した画像などの情報をシステム全体で共有する。
搬送車輛	各ロボット及び指令システムを稼働させるための電源装置等を装備し、消防ロボットシステムを一括して積載し、現場へ搬送する。

(\*1) 原油等を貯蔵している石油タンクの火災は、水では消火することはできず、泡(薬剤を水に混合し泡とする)で空気を遮断し、消火する。また、火災が発生している石油タンクは、火災の熱により強度が低くなり、倒壊する等の危険な状況となる可能性が高いことから、火災が発生している石油タンクに水を放水し冷却する。さらに、火災が延焼することを防ぐために、延焼する危険がある施設に水を放水し冷却する。

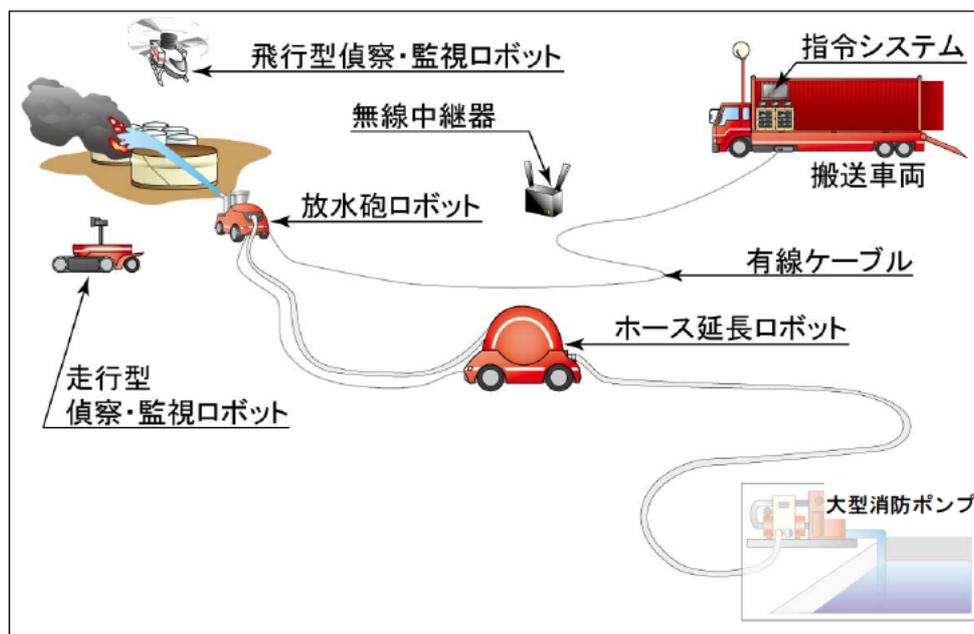
(\*2) これまでの放水ロボットは消防隊員から数十メートル離れて活動する性能しかなく、ホース延長も放水ロボットがホースを引きずってホース延長することが多かった。本研究開発で想定する大規模火災では、放水砲ロボットが石油タンクに対して50mまで近接できるとすると、火災による放射熱が大きいと、消防隊員が活動できる場所は放水砲ロボットから300mの位置となる。このため、放水砲ロボットへ送水する消防ポンプを消防隊員が操作するには、消防隊員が活動できる領域まで自律的にホースを延長する専用のロボットの研究開発が必要となった。このようなホース延長ロボットの研究開発は世界初の試みである。

なお、研究開発に当たっては、消防隊員が活動できる安全な領域での作業は消防隊員が行うものとし、消防ロボットシステムの機能を最小限とした。例えば、消防隊員が活動できる安全な領域までホース延長ロボットがホースを延長してきた後に、ポンプへホースを接続し、ポンプを操作する作業は消防隊員が行うこととした。

令和元年5月24日の石田総務大臣(当時)の閣議後の会見において、消防ロボットシステムを装備した部隊の発足及び、研究開発した消防ロボットシステムについて、「SCRUM FORCE スクラムフォース」と、また、消防ロボットシステムを構成する各ロボットについて、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」と命名することが発表された。

### ○消防ロボットシステム（スクラムフォース）の構成と活動イメージ



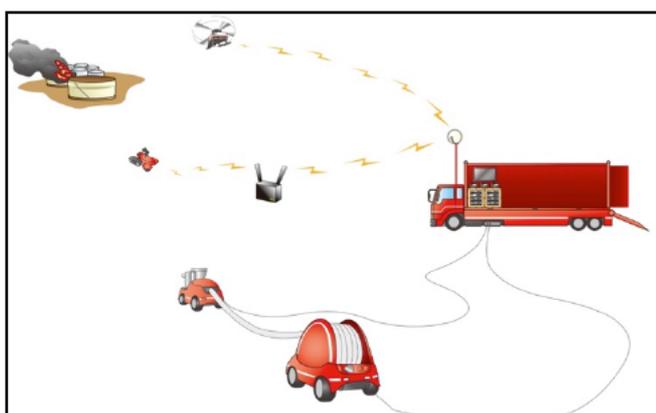
- ①現場に到着後、各ロボットを降ろし、稼働準備する。並行して、指令システムを立ち上げると車輻に取り付けられたGPSで位置を確認し、自動的に石油化学コンビナートの地図を読み込む。
- ②火災が発生している施設を地図上で指定すると、風向きを考慮し、飛行型偵察・監視ロボットの飛行経路を指令システムが提案する。消防隊員が確認ボタンを押すと、自動離陸し、偵察活動を開始する。



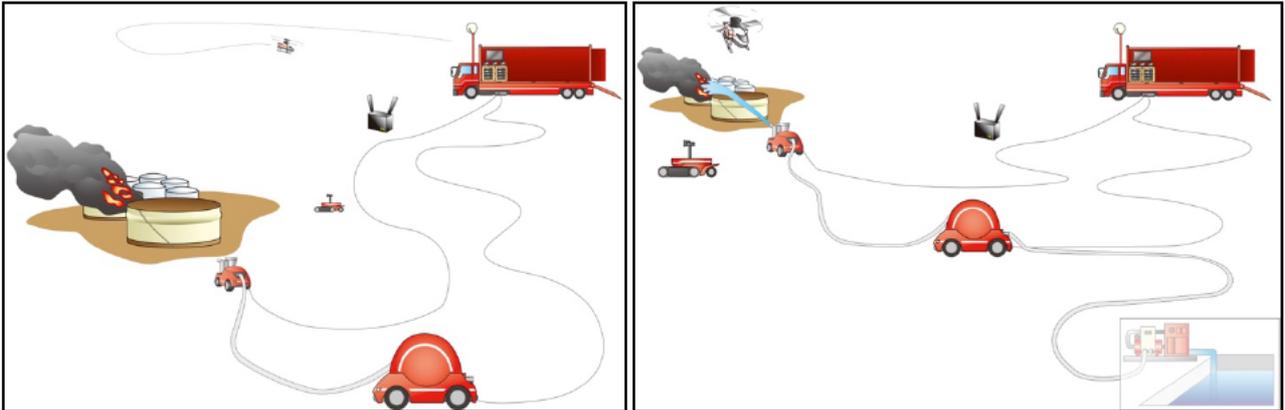
指令システム画面



- ③指令システムが石油タンク火災の消火あるいは延焼防止の冷却のための放水部署位置を提案する（図中のA、B、C）。消防隊員は、走行型偵察・監視ロボットが撮影した画像で道路状況等を確認し、部署位置を決定する。
- ④指定された放水部署位置への移動経路を指令システムが提案する。消防隊員が確認ボタンを押すと、放水砲ロボットが、指定された経路で移動を開始、ホース延長ロボットは放水砲ロボットに自動追従走行し、放水部署位置まで移動する。



- ⑤放水砲ロボットとホース延長ロボットが指定された放水部署位置へ到達すると、ホース延長ロボットは自動追従走行モードからホース延長モードに切り替わり、ホースを置きながら走行し、消防ポンプ（水源）のある場所へ自動走行する。
- 放水砲ロボットは、予め用意されたデータベースから放水する石油タンクの寸法等及び風向・風速を勘案し、放水砲の角度を設定する。
- ⑥ホース延長ロボットが、隊員が活動できる安全な領域に到達すると、消防隊員がホースを消防ポンプに接続し送水を開始する。送水開始後は走行型偵察・監視ロボットが放水を撮影し、指令システムが画像解析し、放水を届けたい場所から逸れないよう放水砲ロボットに継続的に指令を出す。



○研究開発の工程

【フェーズ1】基礎技術研究及び消防ロボットシステムの開発製作

技術の種類	技術開発の概要
基礎技術の研究	<p>主に自律技術、耐放射熱技術(*3)、複数ロボット間の協調連携技術の研究を進め、災害環境下においても現場で機能するレベルで実用化する。</p> <p>「・」技術は各単体ロボットの試作機に導入し、完成度を高め実戦配備型に導入。</p> <p>「◇」技術はより長期の研究が必要と考えられるため、実戦配備型で導入し、実戦配備型の改良において完成度の向上を図る。</p> <p>○協調連携技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ホース延長ロボットは、まず放水砲ロボットに追従して放水砲ロボットが放水する地点まで移動し、ホースを延長しつつ送水ポンプのある地点へ移動する。この時、放水砲ロボットの背面をホース延長ロボットのカメラで撮影し、画像処理によって、放水砲ロボットの位置・距離を判断し、自動的に追従し、放水砲ロボットと連携して走行移動する技術。</li> </ul>  <p>◇放水開始後、走行型偵察・監視ロボットが側方から放水状況を監視し、走行型偵察・監視ロボットから送られる熱画像を解析し、放水が届いている点を推定し、画面上で指定した位置に、放水が届くように放水砲ロボットの放水砲の向きを自動的に修正する技術。</p> 

○自律技術

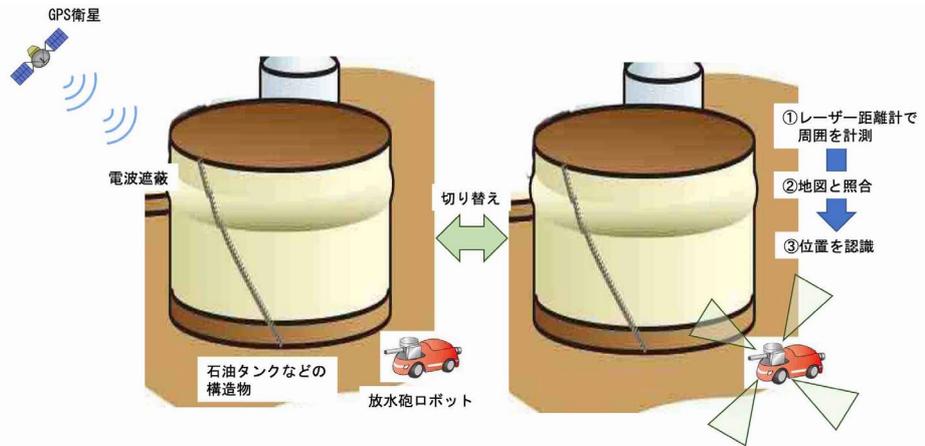
・自律移動技術のうち、飛行型については、上空を飛行するため GPS(\*5) による位置認識で十分に自律移動が可能である。

地上を走行するロボットについては、高精度な GPS (RTK-GPS) (\*6) を利用する。しかし、石油コンビナート内には金属構造物が多いため、GPS の電波が遮蔽され、GPS によってロボットの位置が認識できない領域がある。そこで、

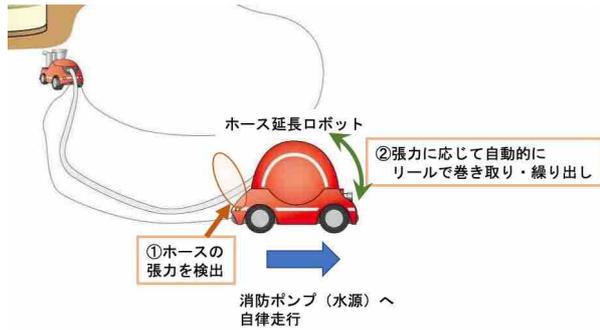
△事前に石油化学コンビナートでロボットを走行させ、回転式のレーザー距離計 (LiDAR: Light Detection and Ranging) を利用し、周囲の建物や構造物、道路状況等の周辺の形状を計測し、計測したデータを基に「ロボットの自律走行用の地図」を作成する。

▲ロボットが自律走行する際に、回転式のレーザー距離計で周辺にある建物や構造物等を計測し、事前に作成した「ロボットの自律走行用の地図」と照合することによりロボットがロボット自身の位置を認識する。

この△地図を作成し、▲地図と照合し位置を認識する技術は SLAM (Simultaneous Localization and Mapping; 自己位置推定と地図の同時作成) と呼ばれる技術である。この技術は大変高度な技術で、推定が上手くいかないことがある。さらに、ロボットに搭載されている、車輪の回転計、加速度計、ジャイロなどを利用して位置を推定する手法 (オドメトリイと呼ばれる) もあるが精度が低い。このため、石油化学コンビナートでは、RTK-GPS での位置計測、SLAM による位置推定、オドメトリイによる位置推定を適宜切り替え自律走行する。



・ホース延長ロボットについては、走行しつつ、ホースの張力を検知し、ホースを引きずることなく、自動的にリールを繰り出し、巻き取りを行う技術。

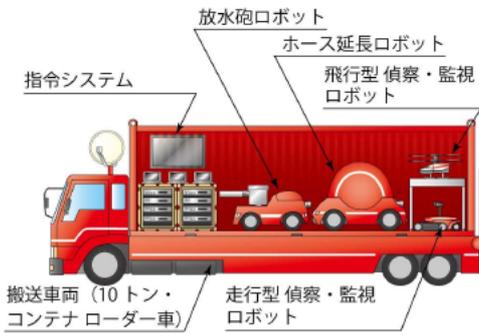


○耐放射熱技術

- ・国内に設置されている最大級の石油タンク (直径 100m と想定) に、燃焼した際の発熱量が最も大きい原油(\*6)を貯蔵している状況において、全面火災(\*7)となった場合に 50m 離れた位置で受ける熱量に安全率を考慮し、20kw/m<sup>2</sup>の放射熱を受け続けてもロボットが機能し続けられる技術の開発。
- ・放水砲ロボットに接続するホース耐熱性も放水砲ロボットの耐熱性能に対応させ、通水後の内圧に耐える強度を保持する技術の開発。
- ・GPS、熱画像カメラ、回転式レーザー距離計など熱に弱い計測機器を熱から守りつつ、システム全体の機能を維持する技術の開発。

試作機の開発  
(各単体ロボット)

全体システムの研究開発の前段階として、消防ロボットシステムを構成する各単体ロボットを試作する。各ロボットには、「基礎技術の研究」において実用化レベルを目指して開発した技術のうち、協調連携技術、自律技術、耐放射熱技術を導入する。なお、協調連携技術については、単体ロボットの試作としているため、「基礎技術の研究」欄に示したとお

	<p>り、一部の技術については、「実戦配備型の開発」において導入するものとする。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">     </div> <p style="text-align: center;">図 消防ロボットシステムを構成する各単体ロボット試作機のイメージ</p>
試作機の評価	<p>消防ロボットシステムを構成する各単体ロボットの試作機について、消防本部において試験評価を実施する。</p>
実戦配備型の開発	<p>消防本部における試作機の評価を基に、実戦配備し実災害環境下で確実に動作し、消防本部での運用に耐え得る「実戦配備型」の開発製作を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自律走行技術の精度の向上、協調連携による放水砲制御技術の導入</li> <li>・実証配備する消防本部管内の大規模石油化学コンビナートにおける災害に、自律走行技術を活かし対応するため、「ロボットの自律走行用地図」を作成する。</li> </ul> <div style="text-align: center;">  <p>図 開発する実戦配備型消防ロボットシステムのイメージ</p> </div>

- (\*3) 放射熱：火炎から電磁波として放射されるエネルギー。大規模火災では熱の大部分が放射熱となる。本研究開発では、大規模な火災を想定しているため、放射熱に対する対策が必要になる。
- (\*4) GPS(Global Positioning System)は、正確には、衛星から発射される電波を受信し位置を特定する、米国が整備しているシステムである。現在は、欧州、ロシア、中国などの衛星も利用されているため、正確にはGNSS(Global Navigation Satellite System)と表記すべきであるが、一般的にGPSと記述されることが多いため、ここではGPSと表記する。
- (\*5) RTK-GPS：Real Time Kinematic GPS、実時間動的GPS。地上に設置した「基準局」で受信した衛星からの電波を解析し、修正情報を組み合わせることによって、高い精度の測位を実現する技術。条件さえ整えば、10cm以下の精度で位置を計測することが可能。
- (\*6) 原油の種類によって燃焼したときの発熱量は異なる。本研究では、国内で想定し得る大規模火災に対応できるよう、最も発熱量が大きい原油を想定した。なお、精製された各種油は原油より発熱量が大きい、大型のタンクで保存されることが少ないため、原油を想定した。
- (\*7) 石油タンクの全面火災：大型の石油タンクの屋根は、貯蔵している油の上にフタが浮いている「浮き屋根」構造となっている。地震による揺れなどの影響で浮き屋根が貯蔵している油の中に沈下してしまうことがある。この状態では、ひとたび火災となると石油タンクの上面全域の火災となる。これを「石油タンクの全面火災」と呼んでいる。これに対して、浮き屋根が正常に油の上にある状況では、油の貯蔵量により浮き屋根が上下する際に必要となる、石油タンクの側板とのわずかな隙間だけの火災となる。これを「石油タンクのリング火災」と呼んでいる。

**【フェーズ2】実戦配備型消防ロボットシステムの実証配備**

技術の種類	技術開発の概要
実証配備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・消防本部へ緊急消防援助隊(*8)の車輛として配置、実証配備する。</li> <li>・消防本部に実証配備し、実戦配備型消防ロボットシステムで対応すべき災害が発生した場合、即応して出動することを前提に訓練を実施する、また、必要があれば実災害に出動する。訓練においては、消防研究センター及び企業と連携し、順次練度を高める。</li> <li>・首都直下型地震に自律走行技術を活かし対応するため、東京湾岸地域の大規模石油化学</li> </ul>

	コンビナートの「ロボットの自律走行用地図」を作成する。 ・上記の運用を通じて、消防本部の現場目線での実用性向上のために必要な改良事項を聴取する。
新技術導入検討	・消防ロボットシステムへの導入を想定し、研究開発開始時に整備されていなかった技術、考慮されていなかった技術について有効性を検討する。
実戦配備型の改良	・実証配備における消防本部の意見聴取から、運用上改良が必要な項目、検討した新技術のうち、有効性が確認された技術について、優先度・実現可能性の観点から検討し、実証配備している実戦配備型の改良、システムの改善を行う。
量産型仕様等のとりまとめ	・各消防本部において、現地の状況に応じて消防ロボットシステムの構成及び機能を選択できるように、複数の仕様をとりまとめる。 ・実証配備における消防本部の意見聴取から必要とされる操作技量維持等手法をとりまとめる。

(\*8) 緊急消防援助隊：大規模災害や特殊災害が発生した場合、被災地からの要請あるいは消防庁長官からの出動の指示などを受けて、各都道府県の消防本部や航空隊が被災地に迅速に出動し、災害に対応する部隊。

### ・スケジュール

本研究開発においては、平成26年度～平成30年度の5年間でフェーズ1の期間として、基礎技術研究及び消防ロボットシステムの開発製作を実施し、令和元年度～令和2年度の2年間でフェーズ2の期間として、社会実装の第一段階として、フェーズ1の最終成果物である実戦配備型消防ロボットシステムを消防本部へ実証配備する計画とした。なお、フェーズ1においては、ユーザーとなる消防本部職員を含む外部有識者で構成される研究評価会を開催し、現場ニーズや高度な科学技術の活用のための助言を得るとともに、事業実施内容の評価を受け、進めることとし、フェーズ2では、実証配備する消防本部との意見交換等によって方向性を定め進めることとした。また、フェーズ1からフェーズ2へ進めるかについては、外部有識者で構成される研究評価会の評価や意見、消防ロボットシステムの完成度、消防本部のニーズ、消防本部からの配備要望等を勘案して判断することとした。

#### 【フェーズ1】

研究開発の工程	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度
基礎技術の研究	自律技術、耐熱技術、協調連携技術			高精度化、協調連携技術	
試作機の開発 (各単体ロボット)	詳細設計	要素技術の試作	試作機の完成		
消防本部による試験評価					
実戦配備型の開発					

注：報告公開は平成29年度と平成30年度に実施される。

#### 【フェーズ2】

研究開発の工程	令和元年度	令和2年度
実証配備	消防本部へ実証配備	
新技術導入検討		
実戦配備型の改良		
量産型仕様のとりまとめ		

注：部隊発足・大臣会見は令和元年度に実施される。

## (2) 達成目標

### 【フェーズ1】

石油化学コンビナート等において大規模な事故・災害が発生すると、消防隊員が災害の現場に接近し、消防活動を行うことができない。そこで、本研究開発のフェーズ1として、ロボット技術等の高

度な技術を活用し、石油化学コンビナート等における大規模な事故・災害に対応し、災害拡大の抑制を図るための消防ロボットシステムを、実戦配備ができるレベルで研究開発することとし、以下の通り達成目標を設定した。

①消防ロボットシステムを構成する各単体ロボット試作機の完成

当初3年間（平成26年度～平成28年度）において、基礎技術の研究を進め、消防ロボットシステムを構成する各単体ロボット（飛行型偵察・監視ロボット、走行型偵察・監視ロボット、放水砲ロボット、ホース延長ロボット）の試作機を完成させる。なお、本研究開発を効率的に遂行し、目標を達成するために、ユーザーとなる消防本部職員を含む外部有識者で構成される研究評価会を開催し、現場ニーズや高度な科学技術の活用のための助言を得るとともに、事業実施内容の評価を受ける。

②実戦配備型消防ロボットシステムの完成

平成29年度～平成30年度の2年間において、試作した各単体ロボットを消防本部に貸与し、試験評価を実施する。試験評価の結果を基に、各種技術を高精度化するとともに、運用上の指摘事項について検討・改良し、消防ロボットシステムを実戦配備が可能なレベルで完成させる。実戦配備型には、試作した4種のロボットに加え指令システム及び搬送車両で構成する。なお、ユーザーとなる消防本部職員を含む外部有識者で構成される研究評価会を継続開催し、現場ニーズや高度な科学技術の活用のための助言を得るとともに、事業実施内容の評価を受ける。

【フェーズ2】

完成させる実戦配備型消防ロボットシステムについて、「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」（\*9）における評価を受けるとともに、消防本部の要望も勘案し、以下の③及び④を達成目標とするフェーズ2に進めるかを判断することとした。フェーズ2に進んだ場合の達成目標を以下の通り設定した。

③実戦配備型消防ロボットシステムの実証配備と高度化

令和元年度～令和2年度の2年間において、社会実装の第一段階として、実戦配備型を消防本部に実証配備し、その運用において消防本部目線からの意見を聴取し、実用性向上のための改良を行う。さらに、研究開発開始時には整備されていなかった新技術の導入検討を行い、有効性が確認され、導入が可能な技術については改良時に導入する。改良後の実戦配備型を消防本部に再度配備し、次年度からの通常配備につなげる。

④複数の仕様とりまとめ

実証配備での成果を基に、令和2年度末までに、今後量産され、配備が進む可能性を見据え、消防本部の状況に応じて選択可能な複数の仕様をとりまとめる。

(\*9) 「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」：災害対応のための消防ロボットの研究開発事業について、研究開発目標をより高度な次元で達成するため、消防本部の意見、社会的ニーズ、科学的及び技術的観点等から、研究進捗及び計画について意見等を聴取し、評価等を受けるために開催した（平成26年度～平成30年度）。詳しくは「6 学識経験を有する者の知見の活用」参照。

○関連する主要な政策

- ・ 困難地形における走行・作業エリア環境認識向上技術C B R N対応遠隔操縦車両システムの環境認識向上技術の研究試作（防衛省防衛装備庁、平成28～令和元年度）

遠隔操縦をより容易にする映像表示等の技術を防衛省防衛装備庁において、自律して機能する技術を消防庁で分担し、配備後の実際の運用における計測機器の堅牢性、搬送機器等に関する技術について情報交換を実施する。なお、本研究の先行研究である「C B R N対応遠隔操縦作業車両システム」外部研究評価委員会（平成28年度）に委員として参画するとともに、本研究開発の研究評価会に当該研究の責任者にオブザーバーとしての参画を依頼し、相互の研究協力を図る。

- ・ ロボット現場検証・評価（国土交通省総合政策局、平成26～27年度）

ロボットによるガレキ等の除去技術を国土交通省総合政策局において、可燃性ガスが滞留する領域でのロボット技術を消防庁で分担し、配備後の実際の運用における計測機器の堅牢性に関する技術について情報交換を実施する。なお、国土交通省が外部へ委託し実施した、「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」、「同委員会災害調査部会」及び「同委員会応急

復旧部会」(平成 26～27 年度、「応急復旧部会」については平成 30 年度にも実施)に委員として参画するとともに、本研究開発の研究評価会に当該研究の責任者をオブザーバーとしての参画を依頼し、相互の研究協力を図る。

・エネルギー・産業基盤災害即応部隊の充実強化(消防庁、平成 26 年度～平成 30 年度)

全国の地域ブロック(6 ブロック)を基本として、石油コンビナート等災害防止法施行令に定める区域に指定されている 12 地域にエネルギー・産業基盤災害即応部隊(ドラゴンハイパー・コマンドユニット)が組織されている。エネルギー・産業基盤災害即応部隊には、本研究開発の消防ロボットシステムに送水する大容量ポンプ車が装備される。

○政府の基本方針(閣議決定等)、上位計画・全体計画等

名称(年月日)	記載内容(抜粋)
世界最先端 IT 国家創造宣言(平成 25 年 6 月 14 日閣議決定) (平成 26 年 6 月 24 日閣議決定) (平成 27 年 6 月 30 日閣議決定)	III. 目指すべき社会・姿を実現するための取組 2. 健康で安心して快適に生活できる、世界一安全で災害に強い社会 (2) 世界一安全で災害に強い社会の実現 ① 命を守る災害関連情報の提供等、防災・減災体制の構築 災害現場に近付けない大規模災害・特殊災害等に際して、IT を活用してリモートで操作できる災害対応ロボット等 2018 年度までに導入し、順次高度化を図る。
世界最先端 IT 国家創造宣言(平成 28 年 5 月 30 日閣議決定)	II. 「国から地方へ、地方から全国へ」 3. [重点項目 3] 超少子高齢化社会における諸課題の解決 (3) IT 利活用による諸問題の解決に資する取組 ④ 安全で災害に強い社会の実現 ・IT を利活用することにより、準天頂衛星などの宇宙インフラや地理空間情報(G 空間情報)等を活用した避難誘導、消防活動、被災者の安否確認や避難所機能の強化等の災害現場対応を可能とする。
「世界一安全な日本」創造戦略(平成 25 年 12 月 10 日閣議決定)	III 戦略の内容 2 G8 サミット、オリンピック等を見据えたテロ対策・カウンターインテリジェンス等 (2) 原子力発電所等重要施設の警戒警備及び対処能力の強化 ③ 緊急事態への対処能力の強化 緊急処理事態を想定した国民保護訓練、原子力発電所等に対するテロ発生を想定した共同訓練等の各種訓練を実施し、関係機関の対処能力強化や関係機関相互の連携強化等を図るとともに、SAT、NBC テロ(核物質、生物兵器及び化学兵器を用いたテロ)対応専門部隊、特別高度救助隊、高度救助隊等の装備資機材の充実を図る。
南海トラフ地震防災対策推進基本計画(平成 26 年 3 月中央防災会議)	第 3 章南海トラフ地震に係る地震防災対策の基本的な施策 第 1 節 地震対策 2 火災対策 ⑧ 緊急消防援助隊等の増強 【具体目標】 ・緊急消防援助隊に配備可能な消防防災ロボット平成 30 年度開発完了を目指す。 第 7 節 様々な地域的課題への対応 4 石油コンビナート地帯及び周辺の安全確保 【具体目標】 ・エネルギー・産業基盤災害即応部隊(ドラゴンハイパー・コマンドユニット)の応急対応に資する消防防災ロボットの研究開発平成 30 年度完了を目指す。
南海トラフ地震防災	第 3 章南海トラフ地震に係る地震防災対策の基本的な施策

<p>対策推進基本計画(令和元年5月31日中央防災会議) (令和3年5月25日中央防災会議)</p>	<p>第1節 地震対策 2 火災対策 ⑧緊急消防援助隊等の増強 ・緊急消防援助隊の消火部隊等の増強や必要な車輛等の整備を図るとともに、航空部隊の充実、消防防災ロボットの導入を図る。 【具体目標】 ・緊急消防援助隊に配備可能な消防防災ロボット平成30年度開発完了を目指す。 ・消防防災ロボットについて、実戦配備を踏まえた機能の最適化、準天頂衛星の活用等新技术の導入を図ることにより、令和2年度末に量産型仕様の策定を目指す。</p> <p>第7節 様々な地域的課題への対応 4 石油コンビナート地帯及び周辺的安全確保 【具体目標】 ①石油コンビナート防災対策の充実等 ・エネルギー・産業基盤災害即応部隊(ドラゴンハイパー・コマンドユニット)の応急対応に資する消防防災ロボットの研究開発平成30年度完了を目指す。 ・消防防災ロボットについて、実戦配備を踏まえた機能の最適化、準天頂衛星の活用等新技术の導入を図ることにより、令和2年度末に量産型仕様の策定を目指す。</p>
<p>国土強靱化基本計画 (平成26年6月3日閣議決定)</p>	<p>別紙1 プログラムごとの脆弱性評価結果 5. 大規模自然災害発生後であっても、経済活動(サプライチェーンを含む)を機能不全に陥らせない 5-3) コンビナート・重要な産業施設の損壊、火災、爆発等 ○コンビナートの災害に備え、エネルギー・産業基盤災害即応部隊(ドラゴンハイパー・コマンドユニット)の体制強化を図るとともに、関係機関との合同訓練の実施、高度な消防ロボットの研究開発等を推進する必要がある。 6. 大規模自然災害発生後であっても、生活・経済活動に必要最低限の電気、ガス、上下水道、燃料、交通ネットワーク等を確保するとともに、これらの早期復旧を図る 6-1) 電力供給ネットワーク(発電所、送配電設備)や石油・LPガスサプライチェーンの機能の停止 ○エネルギー供給施設の災害に備え、エネルギー・産業基盤災害即応部隊(ドラゴンハイパー・コマンドユニット)が新設されたところであり、同部隊の体制整備を図るとともに、高度な消防ロボットの研究開発、関係機関による合同訓練の実施等を推進する必要がある。加えて自衛防災組織の充実強化を図る必要がある。</p>
<p>国土強靱化アクションプラン2014 (平成26年6月3日国土強靱化推進本部)</p>	<p>第3章 各プログラムの推進計画 5. 大規模自然災害発生後であっても、経済活動(サプライチェーンを含む)を機能不全に陥らせない 5-3) コンビナート・重要な産業施設の損壊、火災、爆発等 ○コンビナートの災害に備え、エネルギー・産業基盤災害即応部隊(ドラゴンハイパー・コマンドユニット)の体制強化を図るとともに、関係機関との合同訓練の実施、高度な消防ロボットの研究開発等を推進する。 6. 大規模自然災害発生後であっても、生活・経済活動に必要最低限の電気、ガス、上下水道、燃料、交通ネットワーク等を確保するとともに、これらの早期復旧を図る 6-1) 電力供給ネットワーク(発電所、送配電設備)や石油・LPガスサプライチェーンの機能の停止</p>

	<p>○エネルギー供給施設の災害に備え、エネルギー・産業基盤災害即応部隊（ドラゴンハイパー・コマンドユニット）の体制整備を図るとともに、高度な消防ロボットの研究開発、関係機関による合同訓練の実施等を推進する。</p>
国土強靱化アクションプラン 2015（平成27年6月16日、国土強靱化推進本）	<p>第3章 各プログラムの推進画等</p> <p>5. 大規模自然災害発生後であっても、経済活動（サプライチェーンを含む）を機能不全に陥らせない</p> <p>5-3 コンビナート・重要な産業施設の損壊、火災、爆発等</p> <p>6. 大規模自然災害発生後であっても、生活・経済活動に必要な最低限の電気、ガス、上下水道、燃料、交通ネットワーク等を確保するとともに、これらの早期復旧を図る</p> <p>6-1 電力供給ネットワーク（発電所、送配電設備）や石油・LPガスサプライチェーンの機能の停止</p> <p>○高度な消防ロボットの研究開発等を推進する。</p>
国土強靱化アクションプラン 2016（平成28年5月24日国土強靱化推進本部決定） 2017（平成29年6月6日国土強靱化推進本部決定） 2018（平成30年6月5日国土強靱化推進本部決定）	<p>第3章 各プログラムの推進画等</p> <p>5. 大規模自然災害発生後であっても、経済活動（サプライチェーンを含む）を機能不全に陥らせない</p> <p>5-3 コンビナート・重要な産業施設の損壊、火災、爆発等</p> <p>6. 大規模自然災害発生後であっても、生活・経済活動に必要な最低限の電気、ガス、上下水道、燃料、交通ネットワーク等を確保するとともに、これらの早期復旧を図る</p> <p>6-1 電力供給ネットワーク（発電所、送配電設備）や石油・LPガスサプライチェーンの機能の停止</p> <p>○高度な消防ロボットの試作機の製作を行う。</p> <p>第4章 プログラム推進のための主要施策</p> <p>1. 行政機能／警察・消防等 [警察・消防等]</p> <p>○消防ロボットをはじめ大規模・特殊災害対応車両・資機材等を研究開発・導入する。</p>
国土強靱化年次計画 2020（令和2年6月18日国土強靱化推進本部決定）	<p>2 45 の各プログラムの推進方針及びプログラム推進のための主要施策</p> <p>5. 経済活動を機能不全に陥らせない</p> <p>5-3 コンビナート・重要な産業施設の損壊、火災、爆発等（推進方針）</p> <p>○ドラゴンハイパー・コマンドユニット及び消防ロボットシステム（スクラムフォース）について、関係機関との合同訓練の実施等を通じた運用体制の強化を図る。</p>
科学技術イノベーション総合戦略 2014～未来創造に向けたイノベーションの懸け橋～（平成26年6月24日閣議決定）	<p>第2章 科学技術イノベーションが取り組むべき課題</p> <p>第1節 政策課題について</p> <p>Ⅲ. 世界に先駆けた次世代インフラの構築</p> <p>3. 重点的取組</p> <p>（4）自然災害に対する強靱な社会の構築</p> <p>③2030年までの成果目標</p> <p>・ICTを活用してリモートで操作できる災害対応ロボット等を2018年度までに導入し、順次高度化</p> <p>別表 第2章 科学技術イノベーションが取り組むべき課題 詳細工程表</p> <p>（4）自然災害に対する強靱な社会の構築</p> <p>災害情報の迅速な把握・伝達技術やロボット等による災害対応・インフラ復旧技術</p> <p>2014年度 災害対応消防ロボットの予備設計の完了</p> <p>2015年度 試作機に実装する要素技術の仕様の確定</p>

	<p>2016年度 単体ロボットの試作機完成 2020年までに災害対応・インフラ復旧の自動化・無人化技術の現場への導入</p>
<p>科学技術イノベーション総合戦略2015 (平成27年6月19日閣議決定)</p>	<p>第2部 科学技術イノベーションの創出に向けた2つの政策分野 第2章 経済・社会的課題の解決に向けた重要な取組 Ⅲ. 世界に先駆けた次世代インフラの構築 ii) 自然災害に対する強靱な社会の実現 3. 重点的取組 (3) 「対応力」関連技術 ①取組内容 ・災害時にも適用できる次世代社会インフラ用ロボットの開発(大規模災害現場における情報収集、消火、救助、応急復旧を、安全確保を踏まえて行うためのロボット技術の開発) ②2020年までの成果目標 ・災害対応ロボットについて現場検証を踏まえ順次導入・活用拡大 ・過酷な環境下において、遠く離れた地域から遠隔操縦可能なロボットや高機動パワードスーツの実用化に資する技術の確立</p>
<p>科学技術イノベーション総合戦略2016 (平成28年5月24日閣議決定)</p>	<p>第2章 経済・社会的課題への対応 (2) 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現 Ⅱ 自然災害に対する強靱な社会の実現 3) 「対応力」関連技術 ・災害時にも適用できる次世代社会インフラ用ロボットや応急橋梁技術の研究開発(大規模災害現場における情報収集、消火、救助、応急復旧を、安全確保を踏まえて行うためのロボット技術の開発) 4) 社会実装に向けた主な取組 ・フィールドを活用した技術開発の実用性の検証と技術開発へのフィードバック</p>
<p>科学技術イノベーション総合戦略2017 (平成29年6月2日閣議決定)</p>	<p>第3章 経済・社会的課題への対応 (2) 国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現 ② 自然災害に対する強靱な社会の実現 iii) 「対応力」関連技術 ・災害時にも適用できる次世代社会インフラ用ロボットや応急橋梁技術の研究開発(大規模災害現場における情報収集、消火、救助、応急復旧を、安全確保を踏まえて行うためのロボット技術の開発) (2020年までの成果目標) ・災害対応ロボットについて現場検証を踏まえ順次導入・活用拡大</p>
<p>統合イノベーション戦略(平成30年6月15日閣議決定)</p>	<p>第6章 特に取組を強化すべき主要分野 (1) AI技術 ③ 今後の方向性及び具体的に講ずる主要施策 ii) 戦略的な技術開発等の推進 解決すべき社会課題分野(農業、健康・医療・介護、建設、防災・減災、製造等)において、データ連携基盤を活用したAI技術の社会実装、ロボット技術等と組み合わせた応用開発、現在のAI技術の弱みを克服する基礎・基盤的な研究開発を産学官が一体となって強力に推進する。</p>
<p>統合イノベーション戦略2019(令和元年6月21日閣議決定) 2020(令和2年7月17日閣議決定)</p>	<p>第Ⅱ部 第5章 特に取組を強化すべき主要分野 (5) 安全・安心 ②目標達成に向けた施策・対応策 ii) 育てる (ウ) 自然災害の対応等に資する技術 被災地等における過酷な環境下でも、人命救助やエネルギー供給を</p>

	<p>可能とし、迅速な復旧を実現する技術（例えば、災害時の極限環境でも能力を発揮する遠隔自律ロボット技術、ロボット遠隔制御にも貢献する脳情報通信技術、自然災害時もエネルギーの活用を可能とする蓄電・電源技術、通信ネットワーク復旧のためのコグニティブ通信技術等）</p>
<p>「日本再興戦略」改訂2014－未来への挑戦－（平成26年6月24日閣議決定）</p>	<p>第二 3つのアクションプラン</p> <p>一. 日本産業再興プラン</p> <p>5. 立地競争力の更なる強化</p> <p>5-3. 環境・エネルギー制約の克服</p> <p>(3) 新たに講ずべき具体的施策</p> <p>⑧石油・LPガスサプライチェーン等の維持・強化</p> <p>自然災害の被害想定等を踏まえ、新たな計画の策定等により、これまでにない規模の自然災害にも対応した復旧迅速化対策を推進する。</p> <p>中短期工程表「立地競争力の更なる強化⑩」</p> <p>石油・LPガスサプライチェーン等の維持・強化①</p> <p>2014年度 エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットの研究開発に着手し、実用レベル試作機的设计完了</p> <p>2016年度 単体ロボット一次試作完了</p> <p>2018年度 実用可能なロボット完成</p> <p>2019年度以降 順次導入・高度化</p>
<p>「日本再興戦略」改訂2015－未来への投資・生産性革命－（平成27年6月30日閣議決定）</p>	<p>第二 3つのアクションプラン</p> <p>一. 日本産業再興プラン</p> <p>5. 立地競争力の更なる強化</p> <p>5-3. 環境・エネルギー制約の克服</p> <p>(3) 新たに講ずべき具体的施策</p> <p>⑤国内石油・LPガス供給網等の維持・強化</p> <p>製油所等の災害対応能力の強化に向けた強靱化投資計画の策定等を促す。</p> <p>中短期工程表「立地競争力の更なる強化⑩」</p> <p>石油・LPガスサプライチェーン等の維持・強化②</p> <p>2015年度 エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットの設計に基づき部分試作及び性能検証の完了</p> <p>2016年度 単体ロボット一次試作完了</p> <p>2018年度 実用可能なロボット完成</p> <p>2019年度以降 順次導入・高度化</p>
<p>日本再興戦略2016－第4次産業革命に向けて－（平成28年6月2日閣議決定）</p>	<p>第2 具体的施策</p> <p>I 新たな有望成長市場の創出、ローカル アベノミクスの深化等</p> <p>1. 第4次産業革命の実現</p> <p>(2) 新たに講ずべき具体的施策</p> <p>i) 第4次産業革命の鍵を握る人工知能技術の研究開発と社会実装を加速するための司令塔機能の確立と規制・制度改革、企業や組織の垣根を越えたデータ利活用プロジェクト等の推進</p> <p>② 規制・制度改革、データ利活用プロジェクト等の推進</p> <p>【プロジェクト抽出体制の整備】</p> <p>【個別プロジェクトの実行実現】</p> <p>&lt;BtoCのビジネス領域関連&gt;</p> <p>オ) 次世代ロボットの利活用促進</p> <p>人工知能の研究開発・産業化に向けた取組とも連携しながら、複数のロボットが周囲の環境等も認識した上で、自律的に連携していくといった新たなロボット社会の実現に向け、緊急時を含む人の移動・物の輸送、災害対応、インフラ維持管理などをはじめ、幅広い</p>

	<p>分野における技術開発・実証を進める。技術開発・実証を進める。 中短期工程表「エネルギーミックスの実現と環境・エネルギー投資の拡大⑮」 資源価格の低迷下での資源安全保障の強化等③ 2016年度 エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットの設計、部分試作及び性能検証に基づき、単体ロボットの1次試作を完了 2018年度 実用可能なロボット完成 2019年度以降 順次導入・高度化</p>
<p>未来投資戦略 2017—Society 5.0 の実現に向けた改革— 具体的施策（平成 29 年 6 月 9 日）</p>	<p>中短期工程表「エネルギーミックスの実現と環境・エネルギー投資の拡大⑮」 資源価格の低迷下での資源安全保障の強化等③ 2018年度 実戦型消防ロボットシステムの開発・完成 2019年度以降 順次導入・高度化</p>
<p>未来投資戦略 2018—「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革—（平成 30 年 6 月 15 日）</p>	<p>第2 具体的施策 I. 「Society 5.0」の実現に向けて今後取り組む重点分野と、変革の牽引力となる「フラッグシップ・プロジェクト」等 [1] 「生活」「産業」が変わる 3. 次世代産業システム (3) 新たに講ずべき具体的施策 i) モノのサービス化・ソリューション化 ② ロボット技術の社会実装</p>
<p>ロボット新戦略(2015年2月10日 日本経済再生本部)</p>	<p>第4節 インフラ・災害対応・建設分野 (4) 2020年に目指すべき姿 ③災害対応 人が近づくことの出来ない現場での応急復旧等には遠隔操縦・自律型のロボットを導入する。</p>
<p>首都直下地震緊急対策推進基本計画(平成27年3月31日閣議決定)</p>	<p>7 緊急対策区域における緊急対策の円滑かつ迅速な推進に関し政府が講ずべき措置 ① 計画的かつ早急な予防対策の推進 カ その他の安全確保対策 (ウ) 石油コンビナート等集積地区における安全確保 【具体目標】 ・ エネルギー・産業基盤災害即応部隊（ドラゴンハイパー・コマンドユニット）の応急対応に資する消防防災ロボットの研究開発平成30年度完了を目指す。 ③ 円滑かつ迅速な災害応急対策、災害復旧・復興への備え ア 一人でも多くの命を救うための防災関係機関相互の連携による災害応急体制の整備 【目標】 (i) 緊急消防援助隊等の増強 ・ 緊急消防援助隊の消火部隊等の増強や必要な車輛等の整備を図るとともに、航空部隊の充実、消防防災ロボットの導入を図る。 【具体目標】 ・ 緊急消防援助隊に配備可能な消防防災ロボット平成30年度開発完了を目指す。</p>
<p>経済財政運営と改革の基本方針 2016～600兆円経済への道筋～（平成28年6月2日閣議決定）</p>	<p>第2章 成長と分配の好循環の実現 2. 成長戦略の加速等 (5) 防災・国土強靱化、成長力を強化する公的投資への重点化 ② 国土強靱化 センサー・ロボット・小型無人機（ドローン）による被災状況調査等の国土強靱化に資する技術開発・実証及び導入・普及を積極的に進</p>

	める。
経済財政運営と改革の基本方針 2017～人材への投資を通じた生産性向上～(平成29年6月9日閣議決定)	第2章 成長と分配の好循環の拡大と中長期の発展に向けた重点課題 4. 地方創生、中堅・中小企業・小規模事業者支援 (5) 防災・国土強靱化、成長力を強化する公的投資への重点化 ②防災・減災 南海トラフ地震、首都直下地震などの大規模地震や津波、水害、土砂災害、火山災害などの自然災害に対し、ICTの活用・研究・人材育成を含め、堤防整備、ダム再生など、防災・減災の取組を推進 5. 安全で安心な暮らしと経済社会の基盤確保 (4) 資源・エネルギー 平時有事を問わず、国内の石油・LPガスの安定供給確保に向けたサプライチェーンの維持・強化等に取り組む
経済財政運営と改革の基本方針 2018～少子高齢化の克服による持続的な成長経路の実現～(平成30年6月15日閣議決定)	第2章 力強い経済成長の実現に向けた重点的な取組 7. 安全で安心な暮らしの実現 (2) 資源・エネルギー、環境対策 ②資源・エネルギー 平時有事を問わず、国内の石油・LPガスの安定供給確保に向けたサプライチェーンの効率的維持・強化 (3) 防災・減災と国土強靱化の推進 体制整備に努めつつ、ハード・ソフト両面において防災・減災対策、国土強靱化の取組を進める。
AI戦略 2019～人・産業・地域・政府全てにAI～(令和元年6月11日統合イノベーション戦略推進会議決定)	Ⅲ 産業・社会の基盤作り Ⅲ-1 社会実装 (3) 国土強靱化(インフラ、防災) <具体目標3> 近年多発する自然災害に対応した、AIを活用した強靱なまちづくり(取組) ・大規模・特殊災害の対応強化のための、複数のロボットが連携し自律的に消火活動を行う新技術の実証と機能の最適化、コストダウン等の推進

### (3) 目標の達成状況

#### 【フェーズ1】

##### ①消防ロボットシステムを構成する各単体ロボット試作機の完成

当初3年間(平成26年度～平成28年度)において、基礎技術の研究を進め、消防ロボットシステムを構成する各単体ロボット(飛行型偵察・監視ロボット、走行型偵察・監視ロボット、放水砲ロボット、ホース延長ロボット)の試作機を完成させ、目標を達成した。平成28年度末開催の「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」において、S/A/B/Cの四段階評価のうち、全委員一致で「A」の評価を得た。なお、完成させた各単体ロボットを平成29年4月14日に実演公開した。

##### ②実戦配備型消防ロボットシステムの完成

平成28年度に完成した各単体ロボットの試作機を2箇所の消防本部に各2ヶ月間貸与し、試験評価を実施した。試験評価の結果を基に、基礎技術の研究において開発した技術を高精度化し、実戦にて想定される運用上の課題を検討し、解決することにより、計画通り平成30年度中に消防ロボットシステムを実戦配備が可能なレベルで完成させた。

平成30年度末開催の「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」において、実演公開も実施し、S/A/B/Cの四段階評価のうち「S-」の評価を得た(各委員の評価では、S評価が多く、A評価もあったため、評価会全体の評価としては「S-」とした。)。完成した実戦配備型消防ロボットシステムは、性能、完成度ともに当初の想定より高く、消防本部への配備が可能なレベルとなった。また、消防本部のニーズと合致し、消防本部から配備の要望もあった。

結果として、実証配備する消防本部管轄内における石油化学コンビナート等における爆発が想

定される災害や大規模な火災に対して、自律走行技術機能を活かした実戦対応が、管轄外においては遠隔操縦による走行を基本とした実戦対応が可能となった。

【フェーズ2】

「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」におけるフェーズ1の研究成果である消防ロボットシステムの性能・完成度等の評価、「消防ロボットシステムは、実際に配備した上で、運用上の実用性の向上を実現すべき」との提言、また、消防本部のニーズ及び配備要望等を踏まえ、実戦配備型消防ロボットシステムで対応すべき災害が発生した場合、即応して出動することを前提として、緊急消防援助隊の資機材として消防本部に実証配備し、引き続き運用上の実用性の向上等を進めることとした。

③実戦配備型消防ロボットシステムの実証配備と高度化

東日本大震災において爆発火災が発生した石油化学コンビナートを管轄する消防本部に実証配備し、その運用において消防本部目線からの意見を聴取し、実用性向上のための改良を行い、目標を達成した。さらに、新技術の導入検討を行い、有効性が確認され、可能な技術については導入した。また、消防隊員による消防ロボットシステム操作習熟のより効率的な向上並びに技量維持のため、指令システムシミュレータ及び飛行型偵察・監視ロボットのシミュレータを開発し導入した。

結果として、首都直下地震で想定される石油化学コンビナート等における爆発が想定される災害や大規模な火災に対して、消防隊員がより運用しやすい装備資機材として、自律走行機能を活かした実戦対応が、より広域の災害等の対応においては遠隔操縦による走行を基本とした実戦対応が可能となった。

④複数の仕様とりまとめ

今後の配備を見据え、消防本部の状況に応じて選択可能な3種類の仕様をとりまとめ、目標を達成した。さらに、実証配備において必要性が明らかになった飛行型偵察・監視ロボットの操作員の技量維持プログラム、消防本部から要望があった教官育成プログラムをとりまとめた。これにより、各消防本部における導入が、より容易になった。

【フェーズ1】

技術の種類	技術開発の概要
基礎技術の研究	<p>○協調連携技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・放水砲ロボットの背面をホース延長ロボットのカメラで撮影し、画像処理によって、放水砲ロボットの位置・距離を判断し、自動的に追従し、放水砲ロボットと連携して走行移動する技術を確立した。</li> </ul>  <p>図 連携した自動追従走行の様子</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◇放水開始後、走行型偵察・監視ロボットが側方から放水状況を監視し、走行型偵察・監視ロボットから送られる熱画像を解析し、放水が届いている地点を推定し、画面上で指定した位置に、放水が届くように放水砲ロボットの放水砲の向きを自動的に修正する技術を確立した。(特許出願中)</li> </ul>

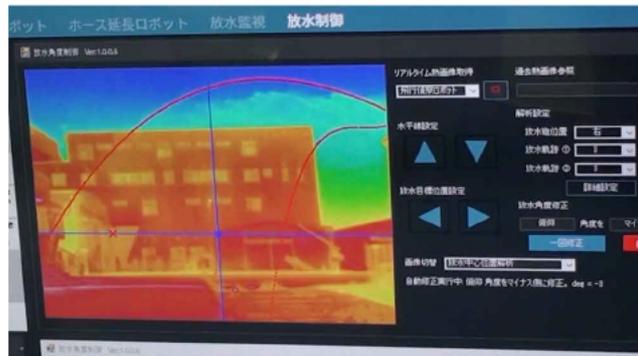


図 熱画像の自動解析による、放水が届いている推定地点の表示

○自律技術

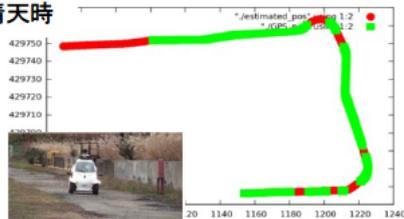
・自律走行技術

RTK-GPS での位置計測、SLAM による位置推定、オドメトリによる位置推定を適宜切り替え自律走行する技術を確立した。



図 石油化学コンビナート内での GPS による位置測定結果  
赤：精度不十分、緑：精度良好

晴天時



雨天時



図 GPS による位置測定結果に対する天候の影響  
赤：精度不十分、緑：精度良好

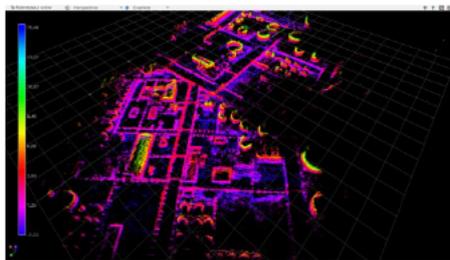


図 ロボットの自律走行用地図作成の一例

・ホース延長ロボットについて、走行しつつ、ホース繰り出し部にあるセンサでホースの張力を検知し、ホースを引きずることなく、自動的にリールを繰り出し、巻き取りを行う技術を実現した。



図 自動リール制御によるホース延長の様子  
(特許取得)

○耐放射熱技術

- ・20kw/m<sup>2</sup>の放射熱を受け続けてもロボットが機能し続けられる技術を開発した。(国内・海外特許出願中)
- ・ロボットの外装をアルミ蒸着布で覆い、約95%の放射熱を反射
- ・ロボットに吸収される残り5%の放射熱による温度上昇を、ロボット内部からアルミ蒸着布に噴霧し、ロボット内部を電子機器が機能できる温度に保つ。なお、放水砲ロボット内部に水タンクを設置し、水が送水されるまでの間も、内部での水噴霧が可能である。



図 小規模耐熱性実験



図 アルミ蒸着布、内部に水噴霧装置を備えた放水砲ロボット

- ・ホースについて、放水砲ロボットの耐熱性能と同等の耐熱性があり、通水後の内圧に耐える強度を保持する技術を開発した。(特許取得)

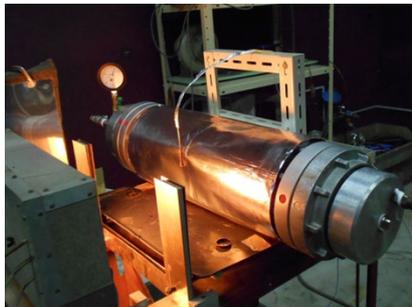
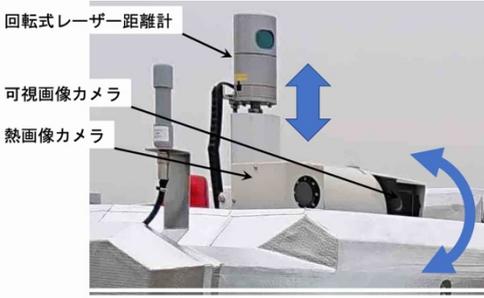


図 内圧をかけた状態でのホースの耐熱実験



図 耐熱性の高いホースを積載したホース延長ロボット

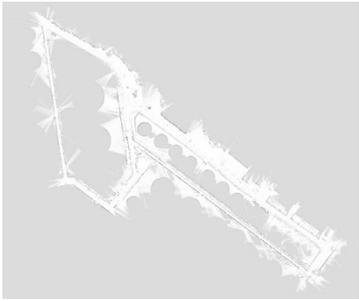
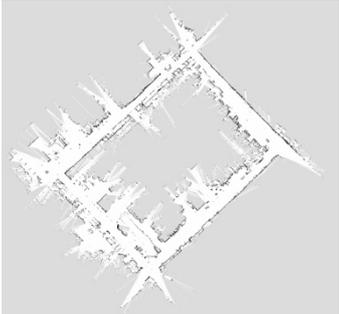
- ・回転式レーザー距離計について、計測の必要に応じて上下させ、保護筒の中に収納する。また、カメラなどのセンサが取り付けられている台は回転式となっており、温度に応じて、ロボット内部に収納し冷却する構造とすることにより、熱から守りつつ、システム全体の機能を維持することを可能にした。

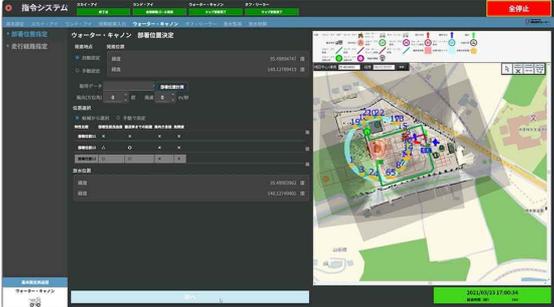
	 <p>図 計測機器を熱から保護する機構</p> <p>○その他の技術</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・単一の放水口を持つ放水ノズルの内部の切り替えによって、広角放水、ストレート放水、泡放射に対応できる放水ノズルを開発した。</li> <li>・泡を放射する際に、風の影響を小さくし、目標位置に泡を届かせる性能、十分な消火性能を持つ泡を発泡する性能を両立させた新機構を開発した。(特許取得)</li> <li>・火災が発生している石油タンクに有効に放水するために適した地点を自動的に計算し、また、その地点への移動経路を自動的に算出する技術を開発した。(特許出願中)</li> </ul>
各単体ロボットの試作機の開発	<p>全体システムの研究開発の前段階として、消防ロボットシステムを構成する各単体ロボットを試作した。各ロボットには、「基礎技術の研究」において実用化レベルを目指して開発した技術のうち、協調連携技術、自律技術、耐放射熱技術を導入した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・連続稼働 10 時間を実現。ただし、飛行型偵察・監視ロボットは、適宜バッテリーを交換し、連続稼働時間の 1/2 以上飛行し、上空からの偵察・監視活動の実施を実現した。</li> </ul>  <p>飛行型 走形型    偵察・監視ロボット 偵察・監視ロボット 放水砲ロボット ホース延長ロボット</p> <p>図 消防ロボットシステムを構成する各単体ロボット試作機</p>
試作機の評価	<p>研究開発する消防ロボットシステムの試作した各単体ロボットについて、消防本部における評価試験を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・消防本部所有の訓練施設等の他、管轄内の石油化学コンビナートにおいて試験を実施。</li> <li>・2消防本部、各2ヶ月間試験を実施。</li> </ul>  <p>放水試験</p>  <p>自律走行・追従走行試験</p> <p>図 消防本部における評価試験の実施状況</p>
実戦配備型の開発	<p>消防本部における試作機の評価を基に、実戦配備し実災害環境下で確実に動作し、消防本部での運用に耐え得る「実戦配備型」の開発製作を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・自律走行技術の精度の向上</li> <li>・実証配備する消防本部管内の大規模石油化学コンビナートの「ロボットの自律走行用地図」を作成した。</li> </ul>

	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 作成した石油化学コンビナートのロボットの自律走行用地図の一例（一部）</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 ロボットによる石油化学コンビナート敷地内の構造物等計測の様子</p> </div> </div> <p>・指令システムの開発、搬送車輛の製作。1台の搬送車輛に消防ロボットシステム全体を積載するために、各ロボットを小型・軽量化した。</p> <div style="text-align: center;">  <p>図 実戦配備型消防ロボットシステム</p> </div>
--	---

**【フェーズ2】**

技術の種類	技術開発の概要
実証配備	<p>・消防本部へ実証配備し、基本的な機能習熟の後、緊急消防援助隊特殊装備小隊として、令和元年5月24日に部隊発足した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <p style="text-align: center;">図 発隊式</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>図 スクラムフォース ロゴマーク</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>図 隊旗</p> </div> </div> <p>・配備当初、実災害対応においては、ロボットの走行は遠隔操縦による走行としたが、首都直下型地震において自律走行技術を活かし対応するため、東京湾岸地域の大規模石油化学コンビナートの「ロボットの自律走行用地図」の整備を進め、また、消防隊員の習熟により、最終的には、実災害対応時においても、自律走行技術を活用できるレベルとなった。</p>

	 <p>図 作成した東京湾岸地域の大規模石油化学コンビナートのロボットの自律走行用地図の一例（一部）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・消防本部に実証配備し、実戦配備型消防ロボットシステムで対応すべき災害が発生した場合、即応して出動することを前提に訓練を実施した。訓練においては、消防研究センター及び企業と連携し、順次練度を高めた。最終的に、現場到着後 15 分で活動開始（最短 10 分程度）、30 分で放水開始を実現した。</li> <li>・上記の運用を通じて、消防本部の現場目線での実用性向上のために必要な改良事項を聴取した。細かい項目も含めると約 40 項目の意見が提示された。</li> </ul>
<p>新技術導入検討</p>	<p>研究開発開始時に整備されていなかった技術、考慮されていなかった技術の有効性を検討した。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・準天頂衛星(*10)を利用した GPS 技術の精度を確認し、RTK-GPS と比較し同程度の精度で位置計測できることを確認した。</li> </ul>  <p>図 精度確認試験に使用した準天頂衛星対応 GPS 受信機</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コスト削減を目指し、平成 30 年に開発されたローコスト回転式のレーザー距離計の性能検証を実施し、2 台用いることによって現在の 1 台と同程度の精度が得られることを確認した。</li> </ul>  <p>図 ローコストレーザー距離計を使用して作成したロボットの自律走行用の地図（消防研究センター構内）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロボットの自律走行用の地図のより効率的な作成法を確立し、必要な計測補助器具を作成した。</li> <li>・消防隊員の消防ロボットシステム操作習熟度の向上・技量維持を図るため、指令システムシミュレータ及び飛行型偵察・監視ロボットのシミュレータを製作し、導入した。</li> </ul>

	 <p>図 製作した指令システムシミュレータ</p>
<p>実戦配備型の改良</p>	<p>消防本部の意見聴取及び新技術の検討を基に、優先度・実現可能性の観点から検討し、実証配備している実戦配備型の改良、システムの改善を行った。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・実証配備における消防本部の意見聴取から、運用上改良が必要な項目について提示された意見のうち約8割の項目に対応した。主な項目は、 <ul style="list-style-type: none"> <li>・指令システムの画面表示について、消防隊員の実用性向上のための配置変更意見に従って変更した。</li> <li>・システムエラー表示に、エラー回避または復旧のための対応手順を表示。これまでエラー表示で進捗しなかった作業が大幅に改善された。</li> <li>・ロボットの動作モードなどの状態は指令システムに表示されるのみであったが、ロボット周辺で作業している作業員が指令システム操作員に確認せずにロボット状態を把握できるよう、ロボットに簡易な表示器を設置。これにより、準備時間を短縮することができた。</li> <li>・一部のロボットだけ使用する場合は、これまで単体操縦装置で実施してきたが、指令システムからも可能とした。</li> </ul> </li> </ul> <p>提示された意見のうち対応できなかった主な項目は、</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ディスプレイが、状況によっては太陽光や反射によって見にくいことがあり、改善希望があったが、既存品を利用しているため対応できなかった。</li> <li>・搬送車輛内のロボットの収納配置の変更の希望があったが、大規模な改修となるため、実現できなかった。</li> </ul>  <p>図 改良した指令システムメイン画面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・検討した新技術のうち、有効性が確認されたもの。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・準天頂衛星技術について今後精度の向上が期待されることから、対応受信機を改良時に走行型偵察・監視ロボットに導入することとした。</li> <li>・ローコストレーザースキャナについては、有効性が確認されたものの、これまで1台であった物と同等な性能とするためには、2台取り付ける必要があり、採用するためにはロボットの大幅な改造が必要であることが判明したため、改良時の導入は見送ることとした。</li> </ul> </li> </ul>
<p>量産型仕様等のとりまとめ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研究開発した消防ロボットシステムは、最大級の火災・災害に対し、現状の技術で実現し得る性能を実現している。一方で、各消防本部において、現地の状況に応じて消防ロボットシステムの構成及び機能を選択できるよう、3種類の仕様をとりまとめた。概要は以下の通りである。 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 改良した実戦配備型を量産化する仕様 <ul style="list-style-type: none"> <li>構成：飛行型偵察・監視ロボット、走行型偵察・監視ロボット、放水砲ロボット、ホース延長ロボット、指令システム、搬送車輛</li> <li>機能：自律移動、自動放水修正（協調連携技術）、高耐熱</li> </ul> </li> <li>2. 放水システムとし、偵察・監視は既存の機器・方法を活用する仕様 <ul style="list-style-type: none"> <li>構成：放水砲ロボット、ホース延長ロボット、指令システム、搬送車輛</li> <li>機能：自律移動、高耐熱</li> <li>導入費用 1型の2/3、維持経費 1型の1/2</li> </ul> </li> <li>3. 放水システムとし、移動を遠隔操縦とする仕様</li> </ol> </li> </ul>

	偵察・監視及びロボットの搬送は既存の機器・方法を活用 構成：放水砲ロボット（遠隔操縦）、ホース延長ロボット（遠隔操縦） 機能：高耐熱 導入費用 1型の1/3、維持経費 1型の1/6 ・飛行型偵察・監視ロボットの操縦技量維持、教官育成プログラムをとりまとめた。概要は以下の通りである。 ・飛行型偵察・監視ロボットの操縦技量維持については、1年に1回、規定の飛行を実施し、ビデオ審査を受けることとした。 ・教官育成プログラムについては、最低飛行時間数を設定し、手動で高度な操縦が可能なこと、機体が不安定になる前に判断し操縦、安定化を図れることなどを盛り込んだ。
--	--

(\*10) 準天頂衛星：都市部における建築物や山間部では山が衛星からの電波を遮蔽し、GPSの電波が受信できないことがあるが、真上に衛星があると常に電波の受信が可能となる。常に日本の真上に衛星があるように整備された衛星が準天頂衛星「みちびき」であり、令和元年11月から本格運用されている。また、基準局で解析された補正データが準天頂衛星からの電波で配信され、GPSの精度の向上が図られる。

### 3 政策効果の把握の手法

実戦配備型消防ロボットシステムの研究開発が完了するまでの期間である平成26年度～平成30年度の5年間、消防本部職員及び学識経験者で構成される「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」を開催し、災害対応のための消防ロボットの研究開発事業について、研究開発目標をより高度な次元で達成するため、消防本部のニーズ、社会的ニーズ、科学的及び技術的観点等から、研究進捗及び計画について意見等を聴取し、評価等を受けた。さらに、「国の研究開発に関する大綱的指針（平成28年12月21日 内閣総理大臣決定）」に基づき、「消防研究センター研究評価委員会」において、研究開発が国民の安心・安全な生活の実現に対する貢献性を考慮し、消防防災活動に資する戦術、資機材等への転化が可能な技術であるかという観点から、事前評価では研究開発の実実施計画に基づき実施すべきか否かについて意見等を聴取し評価を、また、中間評価では研究開発の進捗と計画に基づく研究開発の継続について意見等を聴取し評価を受けた。

さらに、消防ロボットシステムを構成する各単体ロボット試作機について消防本部における試験評価を行うとともに研究開発した消防ロボットシステムを消防本部に実証配備し、実用性の検証を行った。なお、消防ロボットシステムの研究開発事業の実施においては、各地の消防本部における意見交換を行った。

また、外部発表や特許出願件等も調査し、必要性・有効性等を分析した。

### 4 政策評価の観点・分析等

○研究開発による論文・研究発表・特許の実績からの分析

研究開発による論文・研究発表・特許の実績から、合計6件の論文発表（うち5件は海外論文誌発表、さらに今年度1件掲載、2件投稿中を含めると9件）、合計7件の特許出願（うち3件は特許取得済、また1件は海外特許出願）などの成果を挙げている。また、本研究開発に関する依頼講演（うち国際会議2件）が14件、テレビ放映を含む報道掲載が43件（うち4件は海外放送）、専門誌等における依頼執筆が19件と、社会的注目度・期待度の高い研究開発であり、本研究開発の成果物である消防ロボットシステム（スクラムフォース）は、既に社会実装が行われている。以上より、本研究開発は十分な成果を上げており、その必要性、有効性等が認められる。

主な指標	平成26年度	平成27年度	平成28年度	令和29年度
査読付き誌上発表論文数	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）
査読付き口頭発表論文数 （印刷物を含む）	0件（0件）	0件（0件）	0件（0件）	2件（2件）
その他の誌上発表数	2件（0件）	1件（0件）	2件（0件）	4件（0件）
口頭発表数	1件（0件）	2件（0件）	2件（0件）	3件（0件）

講演	5件 (0件)	2件 (0件)	2件 (0件)	4件 (1件)
特許出願数	0件 (0件)	0件 (0件)	2件 (0件)	1件 (0件)
特許取得数	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)
意匠登録	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)
報道発表数	0件 (0件)	0件 (0件)	1件 (0件)	0件 (0件)
報道掲載数	3件 (0件)	2件 (0件)	0件 (0件)	20件 (0件)

主な指標	平成30年度	令和元年度	令和2年度	合計
査読付き誌上发表論文数	0件 (0件)	2件 (2件)	1件 (1件)	3件 (3件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	1件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	3件 (2件)
その他の誌上发表数	3件 (0件)	4件 (0件)	3件 (0件)	19件 (0件)
口頭発表数	0件 (0件)	0件 (0件)	2件 (0件)	10件 (0件)
講演	1件 (1件)	0件 (0件)	0件 (0件)	14件 (2件)
特許出願数	0件 (0件)	1件 (0件)	3件 (1件)	7件 (1件)
特許取得数	0件 (0件)	1件 (0件)	2件 (0件)	3件 (0件)
意匠登録	2件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	2件 (0件)
報道発表数	1件 (0件)	0件 (0件)	0件 (0件)	2件 (0件)
報道掲載数	6件 (2件)	9件 (2件)	3件 (0件)	43件 (4件)

上記の他、

査読付き誌上发表論文数 令和3年度 掲載1件 (1件)、投稿中2件 (1件)

その他誌上发表数 令和3年度 2件

報道発表 平成25年度 1件

書籍掲載 令和元年度 1件、令和3年度 1件、原稿提出中 1件 (発行日未定)

注1：各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注2：「査読付き誌上发表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読(peer-review(論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの))のある出版物に掲載された論文等(Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む)を計上。

注3：「査読付き口頭発表論文数(印刷物を含む)」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集(電子媒体含む)に掲載された論文等(ICC、ECOC、OFCなど、Conference、Workshop、Symposium等でのproceedingsに掲載された論文形式のものなど。ただし、発表用のスライドなどは含まない。)を計上。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等(電子情報通信学会技術研究報告など)は、「口頭発表数」に分類。

注4：「その他の誌上发表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等(査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む)を計上。

注5：PCT(特許協力条約)国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。また、何カ国への出願であっても1件として計上。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

## ○各観点からの分析

観点	分析
必要性	<p>平成15年の十勝沖地震における石油タンク全面火災の発生、平成23年の東日本大震災における市原市の石油コンビナートのLPガスプラント爆発・火災などの事案では、全国の消防の応援による災害応急対応を行ったところであるが、鎮圧するまでに石油タンク全面火災では39時間以上、石油コンビナートのLPガスプラント爆発・火災では8日以上を要するなど、長期間にわたる困難な消火活動を必要とした。また、平成24年の姫路市化学プラント爆発火災事故では、消防隊員を含む36人が負傷し、消防隊員1人が殉職した。このような教訓から、消防隊員の安全を確保しつつ、これらの災害を早期に抑制し、産業活動の早期再開を図るとともに、周囲の住民の安全・安心を確保するためには、消防の資機材等の高度化・高機能化が不可欠である。</p> <p>大規模な自然災害発生時のエネルギー・産業基盤における大規模な火災や爆発等の特殊な災害に対しては、高度な資機材等を装備した全国的な消防の応援により対応する必要がある、緊急消防援助隊</p>

	<p>が国（消防庁長官）の指示等により即応することになるため、緊急消防援助隊資機材として国が研究開発する必要がある。具体的には、緊急消防援助隊が装備する高度な資機材として、高い耐放射熱性能を有し、情報収集活動や放水活動を自律的かつ協調連携して行い、実戦において活用できるレベルの消防ロボットシステムが必要である。</p> <p>「日本再興戦略」2014、2015、2016 において「講ずべき施策」とされ、その工程表において実施計画が明記された。国土強靱化及び震災対策基本計画においては、「国土強靱化基本計画」（平成 26 年度）、「国土強靱化アクションプラン」2014～2018 及び「国土強靱化年度計画」2020 において「プログラム推進のための主要施策」等として位置づけられ、「南海トラフ地震防災対策推進基本計画」並びに「首都直下地震緊急対策推進基本計画」の地震対策を推進する基本計画に「具体目標」として施策が明記された。科学技術研究の面からは、「科学技術イノベーション戦略」2015、2016、2017、並びに「統合イノベーション戦略」2019、2020 において「目標達成に向けた施策・対応策」として位置づけられた。さらに「世界最先端 IT 国家創造宣言」平成 26～28 年において「目指すべき社会・姿を実現するための取組」として位置づけられた。この他に、「ロボット新戦略」「AI 戦略」等においても先端技術の活用という面からも、具体目標に対する取組等として位置づけられた。</p> <p>以上より、本研究開発には必要性があったと認められる。</p>
<p>効率性</p>	<p>石油化学コンビナート等の特殊な災害現場環境下で機能できる自律移動技術の開発が遅れている一方で、消防ロボットシステムを社会実装するためには、要素技術の統合が必要であり、本研究開発による社会実装を見通した研究開発の他に効率的で質の高い代替手段がないのが実情である。</p> <p>研究開発の体制は消防研究センターが中心となり、国土交通省、防衛省、経済産業省等の関係省庁と連携して取り組んだ。消防活動上の留意すべき点については消防本部と、石油化学コンビナート地域における取組については石油化学コンビナート企業との意見交換を頻繁に行うとともに、災害発生現場等の視察を実施した。さらに、先端技術については大学との意見交換に基づき実用可能性について機械製作企業と検討し、機械製作企業が持つ社会実装が可能な完成度の高い技術を利用した。単体ロボットの試作機の試験評価は消防本部において石油化学コンビナート企業の協力も得て実施し、また、社会実装に当たっては災害を経験している消防本部を選定し、それぞれの特質に応じた分担により、効率的に進めてきた。さらに、請負企業側においても、独自に協力を得られる消防本部を選定し、協力の了解を得ることを公募の応募条件とするとともに、業務実施体制について公募応募時に提出を求め、「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」において了承を受けた。放水ノズルの開発企業、飛行型偵察・監視ロボットの開発企業、走行型偵察・監視ロボット及び指令システムの開発企業、放水砲ロボット及びホース延長ロボットの開発企業、先端技術研究は大学、さらに搬送車輛製作企業での分担体制とすることにより高度な技術開発を要する各分野について責任の所在を明確にするとともに、定期的に連絡会議を設け、各分野の連携が円滑に行われるようにした。</p> <p>各年度の公募応募時に予算計画書（全体）及び（各機関）について提出を求め、各年度の第 1 回の「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」において、研究計画とは別に経費執行等の効率性について評価を実施し、いずれの年度も委員全員から「適」評価を受けている。</p> <p>研究開発した実証配備型消防ロボットシステムは、研究開発品ではあるが、その完成度が予想されていたレベル以上に高く、そのまま消防本部へ実証配備できた。</p> <p>以上より、本研究開発には効率性があったと認められる。</p>
<p>有効性</p>	<p>過酷な災害現場環境下でも活用可能な自律移動技術、協調連携技術、高い耐放射熱技術を開発するとともに要素技術を統合し、石油化学コンビナート等における大規模火災や爆発危険性の高い事案に対応可能な消防ロボットシステムを研究開発し、実戦で運用できるレベルに実用性を高めた。また、更なる高度化を目指し、実証配備を基に実用性の更なる最適化及び準天頂衛星技術の導入を図るなど改良を実施した。</p> <p>研究開発の成果物である消防ロボットシステムを装備した部隊は、緊急消防援助隊の特殊装備小隊として発隊した。さらに、大規模な火災や爆発等の特殊な災害に対しては、高度な資機材等を装備した全国的な消防の応援により対応する必要があり、緊急消防援助隊が国（消防庁長官）の指示等により即応することになるため、実証配備を基に石油化学コンビナート等における爆発が想定される災害や大規模な火災に対する実戦対応を可能とした。</p> <p>発生が危惧される首都直下型地震や南海トラフ地震において、エネルギー・産業基盤が被災し大規模火災や爆発危険性が高い事案が発生した場合、消防ロボットシステム（スクラムフォース）を活用することにより、災害の拡大を抑制することが可能となり、周辺の住民の安全・安心の向上はもとより、より早いエネルギー・サプライチェーンの復旧、ひいては災害後の国民生活のより早い復旧・復興に貢献することが期待される。さらには、工場、倉庫やトンネル等における火災に対しても、一般的な消防隊の装備では近接が難しい状況下においても、より早い火災の鎮圧、被害の抑制に貢献が期待される。</p>

	<p>消防本部に実証配備することにより、実戦配備型消防ロボットシステムで対応すべき災害が発生した場合、即応して出動することを前提に訓練を実施し、必要があれば実災害に出動する体制とした。研究期間終了後は通常配備とし、災害に備えている。</p> <p>以上より、本研究開発には有効性があったと認められる。</p>
公平性	<p>研究開発の成果物である消防ロボットシステム（スクラムフォース）を装備した部隊は、緊急消防援助隊の特殊装備小隊として発隊した。大規模な火災や爆発等の特殊な災害に対しては、高度な資機材等を装備した全国的な消防の応援により対応する必要がある、緊急消防援助隊が国（消防庁長官）の指示等により即応することになるため、国民の安全・安心な生活の確保に繋がるものであり、本研究開発の成果は、広く国民の利益になる。</p> <p>平成 26 年度の研究開発に係る業務請負者の選定に当たっては、提案者との利害関係を有しない複数の外部有識者で構成される「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」において企画競争の内容について審査し、最も優れた提案を採択する方式により、競争性を担保した。さらに、平成 27 年度以降は、年度毎の契約として毎年度の業務請負者を公募し、「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」でその応募内容を審査し、業務請負者を決定した。</p> <p>以上より、本研究開発には公平性があったと認められる。</p>
優先性	<p>平成 23 年 3 月に発生した東日本大震災においては、震源地から離れた東京湾岸の千葉県市原市に立地する、我が国のエネルギー・産業基盤の一翼を担う石油化学コンビナートにおいて大規模火災・爆発が発生した。この災害により、周辺地域の住民の安全・安心が大きく脅かされたばかりでなく、国内のエネルギー・サプライチェーンに大きなダメージを与え、震災後の復旧・復興に遅れを生じさせる一因ともなった。</p> <p>現在、首都直下型地震や南海トラフ地震の発生が危惧されており、その被害を抑え、早急に復旧・復興を進めることが、人命の保護を最大限に図り、国民生活の安心・安全を実現するために喫緊の課題とされている。このため、「国土強靱化基本計画」に基づき「首都直下地震緊急対策推進基本計画」及び「南海トラフ地震防災対策推進基本計画」が策定されているところである。</p> <p>本研究開発を実施し、研究開発の成果物である消防ロボットシステムを活用することにより、人命の保護、住民の安全・安心の向上はもとより、より早いエネルギー・サプライチェーンの復旧、ひいては災害後の国民生活のより早い復旧・復興に貢献することが期待される。</p> <p>なお、研究開発した実戦配備型消防ロボットシステムは、消防本部のニーズが高く、そのまま消防本部へ実証配備された。</p> <p>以上より、本研究開発には、優先性があったと認められる。</p>

## 5 政策評価の結果（総合評価）

エネルギー・産業基盤における大規模な火災や爆発等の特殊な災害に対して、災害を早期に抑制するためには、緊急消防援助隊の装備として、高い耐放射熱性能、情報収集活動や放水活動を自律的かつ協調連携する性能を有する高度な資機材が必要である。なお、実災害に対応するためには、これらの性能を有し実戦において活用できるレベルの消防ロボットシステムが必要であり、本研究開発には必要性があったと認められる。

平成 26 年度～平成 30 年度の 5 年間に於いて、協調連携技術、自律移動技術、耐熱技術についての基礎技術の開発を行い、消防ロボットシステムを構成する単体ロボットの試作機を製作した。製作した試作機について消防本部における試験評価を実施し、その結果を基に、実戦配備型の消防ロボットシステムを開発した。研究開発した実戦配備型消防ロボットシステムについては消防本部から配備要望があり、また、研究開発の成果である消防ロボットシステムは、実際に配備した上で、運用上の実用性の向上を実現すべきであるとの「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」の提言を受け、令和元年度～令和 2 年度の 2 年間、消防本部での実証配備を実施した。実証配備においては、消防本部での運用における現場目線での実用上の意見・要望の聴取を実施し、また、並行して新技術等の導入検討も行った。これらの意見聴取及び新技術の導入検討を基に実戦配備型の改良を実施した。最終的に、改良した実戦配備型消防ロボットシステムを消防本部に通常配備し、石油化学コンビナート等における爆発が想定される災害や大規模な火災に対して、災害拡大抑制等の実戦対応が可能となり、当初の目標を達成することができた。

よって本研究開発には、有効性、効率性等があると認められる。

<今後の課題及び取組の方向性>

消防本部の状況に応じた3種類の仕様をまとめた。また、より簡便に消防ロボットシステムの操作を習熟できるシミュレータなどの周辺機器も開発し、飛行型偵察・監視ロボットについては技量維持確認プログラム等も整備した。今後の課題は、研究開発した技術の活用、広範な社会実装である。今後は、災害の発生状況、消防本部のニーズを勘案し検討を進めていくものとする。

## 6 学識経験を有する者の知見の活用

平成26年1月～2月、この分野の有識者と面談、意見交換を実施した。また、同時期に消防本部へ導入されたロボット開発においてアドバイザーを務めた有識者と面談、意見交換を実施し、研究開発計画、研究開発の仕様のとりまとめを行った。

さらに、大規模石油化学コンビナート等を管轄する複数の消防本部において意見交換を行い、現場の要望を把握した。また、大規模石油化学コンビナート等事業者とも意見交換を実施し、現場の状況等を把握した。これらの意見・要望や現場の状況を検討し、消防ロボットシステムの試作機及び実戦配備型の仕様に取り入れた。

「消防ロボットの研究開発事業に係る評価会」を平成26年度～平成30年度の5年間、毎年度3回の計14回（平成30年度に限り2回）開催し、災害対応のための消防ロボットの研究開発事業について、研究開発目標をより高度な次元で達成するため、消防本部の意見、社会的ニーズ、科学的及び技術的観点等から、研究進捗及び計画について意見等を聴取し、評価等を受けた。なお、研究開発する消防ロボットシステムは、最終的に消防本部での実運用されることが目的であり、消防本部のユーザーとしての意見も重要であることから、学識経験者ばかりでなく消防本部職員を委員に含め、その知見を活用した。評価会の概要は以下の通り。

- ・委員構成 外部有識者として、消防本部職員4名、学識経験者5名、計9名が参画
- ・オブザーバーとして、消防庁関係課室、消防本部、関係省庁
- ・評価 S（優）／A（良）／B（可）／C（不可）の4段階で評価を実施
- ・令和元年3月に開催した最終評価会では、完成した実戦配備型の実演を実施。5年間の全体評価として、S：5名、A：4名の評価であった。
- ・「研究開発にとどまらず、社会実装についても取り組むべき」との提言あった。
- ・本評価会での評価及び提言、消防本部のニーズ及び配備要望等を踏まえて令和元年度～令和2年度に実証配備及びこれに基づく改良等を実施することとし、最終評価会において実証配備計画についての了承を得た。

「国の研究開発に関する大綱的指針（平成28年12月21日 内閣総理大臣決定）」に基づき、「消防研究センター研究評価委員会」において、研究開発が国民の安心・安全な生活の実現に対する貢献性を考慮し、消防防災活動に資する戦術、資機材等への転化が可能な技術であるかという観点から、事前評価では研究開発の実実施計画について意見等を聴取し評価を、また中間評価では研究開発の進捗と計画に基づく研究開発の継続について意見等を聴取し、以下の通り評価を受けた。さらに、研究開発終了後において、研究開発が当初の目標通りの成果を達成し、有効な研究開発であったか否かについての評価を受ける。

委員構成 有識者12名、うち第1分科会6名

評価 A：このまま実施／継続して研究を続ける、B：一部修正して実施／研究を続ける、C：研究の実施を見直し／収束に向かわせる、D：研究を中止／中断する の4段階で評価。

### ・事前評価

2014/03/14 平成25年度消防研究センター研究評価委員会 第1分科会

平成26年～平成30年の事前評価 A：6名

主な意見

- ・消防ロボットの研究開発は、今後の災害対応における活用が期待される。
- ・各機関での連携により有意義な研究開発とすべき。

### ・中間評価

2017/06/23 平成29年度第1回消防研究センター研究評価委員会 第1分科会

2018/02/22 平成29年度第2回消防研究センター研究評価委員会 第1分科会

平成26年～平成28年の中間評価 A：6名

令和元年～令和2年の事前評価 A：6名

主な意見

- ・人間とロボットの分担は重要な課題。ロボットに完璧な機能を求めるべきではない。
- ・研究成果を実戦配備できるレベルで完成させ、配備すること期待する。

・事後評価

2021/07/13 令和3年度第1回消防研究センター研究評価委員会 第1分科会

研究の経過及び研究成果の説明

2022/02 令和3年度第2回消防研究センター研究評価委員会 第1分科会（予定）

研究の評価と意見への対応

## 7 評価に使用した資料等

- 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成25年6月14日閣議決定）、工程表（平成25年6月14日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryoul.pdf>  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20130614/siryou4.pdf>
- 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成26年6月24日閣議決定）、工程表改訂（平成26年6月24日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20140624/siryoul.pdf>  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20140624/siryou3.pdf>
- 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成27年6月30日閣議決定）、工程表改訂（平成27年6月30日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryoul.pdf>  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20150630/siryou3.pdf>
- 世界最先端 IT 国家創造宣言（平成28年5月20日閣議決定）、工程表改訂（平成27年6月30日高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部）  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/kettei/pdf/20160520/siryoul.pdf>
- 「世界一安全な日本」創造戦略（平成25年12月10日閣議決定）  
[https://www.kantei.go.jp/jp/kakugikettei/2013/\\_icsFiles/afielddfile/2013/12/09/h251210\\_1.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/kakugikettei/2013/_icsFiles/afielddfile/2013/12/09/h251210_1.pdf)
- 南海トラフ地震防災対策推進基本計画（平成26年3月中央防災会議）  
[http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/34/pdf/34\\_siryol-5.pdf](http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/34/pdf/34_siryol-5.pdf)
- 南海トラフ地震防災対策推進基本計画（令和元年5月31日中央防災会議）  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/nankaitrough\\_keikaku.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/nankaitrough_keikaku.pdf)
- 南海トラフ地震防災対策推進基本計画（令和3年5月25日中央防災会議）  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/nankaitrough\\_keikaku\\_honbun.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/nankaitrough_keikaku_honbun.pdf)
- 国土強靱化基本計画（平成26年6月3日閣議決定）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h240603.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/kk-honbun-h240603.pdf)
- 国土強靱化アクションプラン2014（平成26年6月3日国土強靱化推進本部決定）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/kkap-honbun-h240603.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/kkap-honbun-h240603.pdf)
- 国土強靱化アクションプラン2015（平成27年6月16日国土強靱化推進本部決定）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/ap2015.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/ap2015.pdf)
- 国土強靱化アクションプラン2016（平成28年5月24日国土強靱化推進本部決定）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/ap2015.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/ap2015.pdf)
- 国土強靱化アクションプラン2017（平成29年6月6日国土強靱化推進本部決定）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/ap2017.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/ap2017.pdf)
- 国土強靱化アクションプラン2018（平成30年6月5日国土強靱化推進本部決定）  
[https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/ap2018\\_0605.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/ap2018_0605.pdf)
- 国土強靱化年次計画2020（令和2年6月18日国土強靱化推進本部決定）

- [https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo\\_kyoujinka/pdf/nenjikeikaku2020\\_02.pdf](https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/nenjikeikaku2020_02.pdf)
- 科学技術イノベーション総合戦略 2014～未来創造に向けたイノベーションの懸け橋～（平成 26 年 6 月 24 日閣議決定）本文、詳細工程表  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2014/honbun2014.pdf>  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2014/kotei-3-infra.pdf>
  - ロボット新戦略（2015 年 2 月 10 日日本経済再生本部）  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/robot/pdf/senryaku.pdf>
  - 首都直下地震緊急対策推進基本計画（平成 27 年 3 月 31 日閣議決定）  
[http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/pdf/syuto\\_keikaku\\_20150331.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/pdf/syuto_keikaku_20150331.pdf)
  - 科学技術イノベーション総合戦略 2015（平成 27 年 6 月 19 日閣議決定）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2015/honbun2015.pdf>
  - 科学技術イノベーション総合戦略 2016（平成 28 年 5 月 24 日閣議決定）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2016.html>
  - 科学技術イノベーション総合戦略 2017（平成 29 年 6 月 2 日閣議決定）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2017.html>
  - 統合イノベーション戦略（平成 30 年 6 月 15 日閣議決定）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/index.html>
  - 統合イノベーション戦略 2019（令和元年 6 月 21 日閣議決定）  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2019\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2019_honbun.pdf)
  - 統合イノベーション戦略 2020（令和 2 年 7 月 17 日閣議決定）  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2020\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2020_honbun.pdf)
  - 「日本再興戦略」改訂 2015－未来への投資・生産性革命－（平成 27 年 6 月 30 日閣議決定）本文（第二部）、行程表  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/dai2\\_3jp.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/dai2_3jp.pdf)  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/kouteihyo.pdf>
  - 日本再興戦略 2016－第 4 次産業革命に向けて－（平成 28 年 6 月 2 日閣議決定）本文、行程表  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/zentaihombun\\_160602.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/zentaihombun_160602.pdf)  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/kouteihyo\\_160602.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/kouteihyo_160602.pdf)
  - 未来投資戦略 2017－Society 5.0 の実現に向けた改革－（平成 29 年 6 月 9 日閣議決定）（具体的施策）  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017\\_sisaku.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2017_sisaku.pdf)
  - 未来投資戦略 2018－「Society 5.0」「データ駆動型社会」への変革－（平成 30 年 6 月 15 日閣議決定）（第 2 具体的施策）  
[https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018\\_d2.pdf](https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/miraitousi2018_d2.pdf)
  - 成長戦略フォローアップ（令和元年 6 月 21 日）  
[https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2019\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2019_honbun.pdf)
  - 経済財政運営と改革の基本方針 2016～600 兆円経済への道筋～（平成 28 年 6 月 2 日閣議決定）  
[https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2016/2016\\_basicpolicies\\_ja.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2016/2016_basicpolicies_ja.pdf)
  - 経済財政運営と改革の基本方針 2017～人材への投資を通じた生産性向上～（平成 29 年 6 月 9 日閣議決定）  
[https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2017/2017\\_basicpolicies\\_ja.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2017/2017_basicpolicies_ja.pdf)
  - 経済財政運営と改革の基本方針 2018～少子高齢化の克服による持続的な成長経路の実現～（平成 30 年 6 月 15 日閣議決定）  
[https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2018/2018\\_basicpolicies\\_ja.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/cabinet/2018/2018_basicpolicies_ja.pdf)
  - AI 戦略 2019～人・産業・地域・政府全てに AI～（令和元年 6 月 11 日、統合イノベーション戦略推進会議決定）  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistratagy2019.pdf>
  - 国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成 28 年 12 月 21 日内閣総理大臣決定）

<https://www8.cao.go.jp/cstp/kenkyu/taikou201612.pdf>