

---

革新的研究開発推進プログラム (ImPACT)  
「タフ・ロボティクス・チャレンジ」  
全体計画について

プログラム・マネージャー  
田所 諭  
2016.6.30

# 研究開発プログラム構想

## 解決すべき課題等

- ・世界中で多発する大規模災害は、人類の安全安心を脅かしている。
- ・災害への緊急対応（人命救助など）、災害復旧（緊急工事の迅速化・低コスト化など）、未然に被害を防ぐための予防減災（点検修繕の迅速化・低コスト化など）は、人類にとっての緊急課題である。

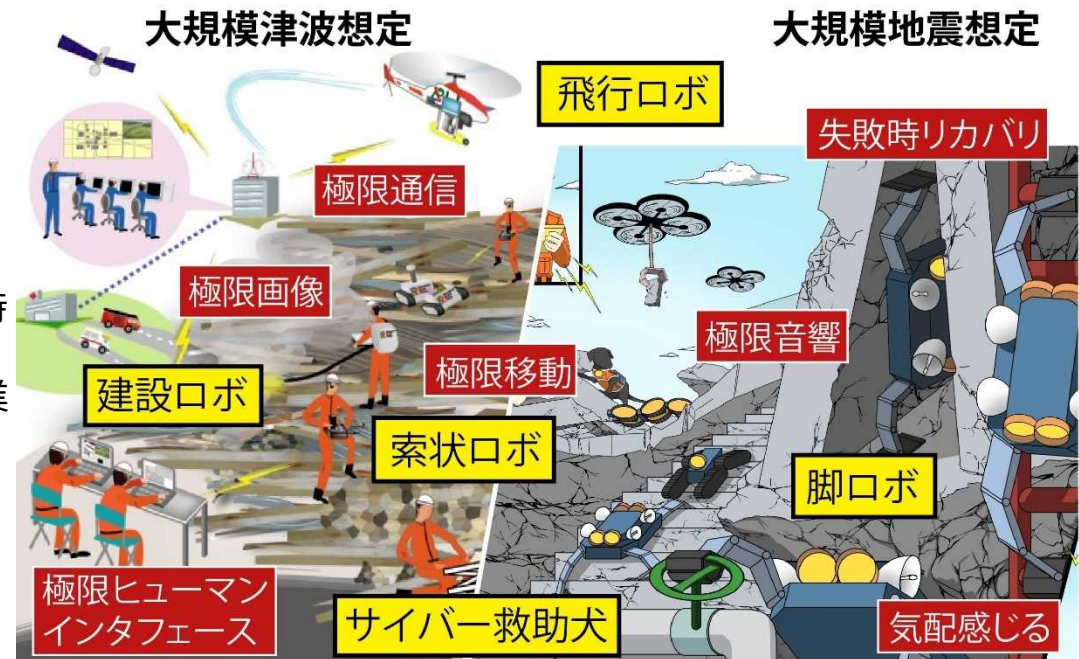
## PMの挑戦と実現したときのインパクト

### ・概要・背景

- ✓ 災害環境で効果を発揮するタフロボ技術の開発（技術的非連続イノベーション）
  - ← 5種類のボディ（サイバー救助犬、飛行ロボ、索状ロボ、脚ロボ、建設ロボ）に開発技術を搭載  
模擬試験フィールドで検証
- ✓ 安全安心で豊かな社会の実現（社会的非連続イノベーション）
  - ← 自然災害・人為災害の被害の低減、  
産業基盤のリスク低下
- ✓ ロボティクス活用の新しい屋外サービス（産業的非連続イノベーション）
  - ← 災害ロボットと、経済原理による平時  
サービスとの技術循環  
タフロボ技術を活用した屋外高度産業

### ・産業や社会に与えるインパクト

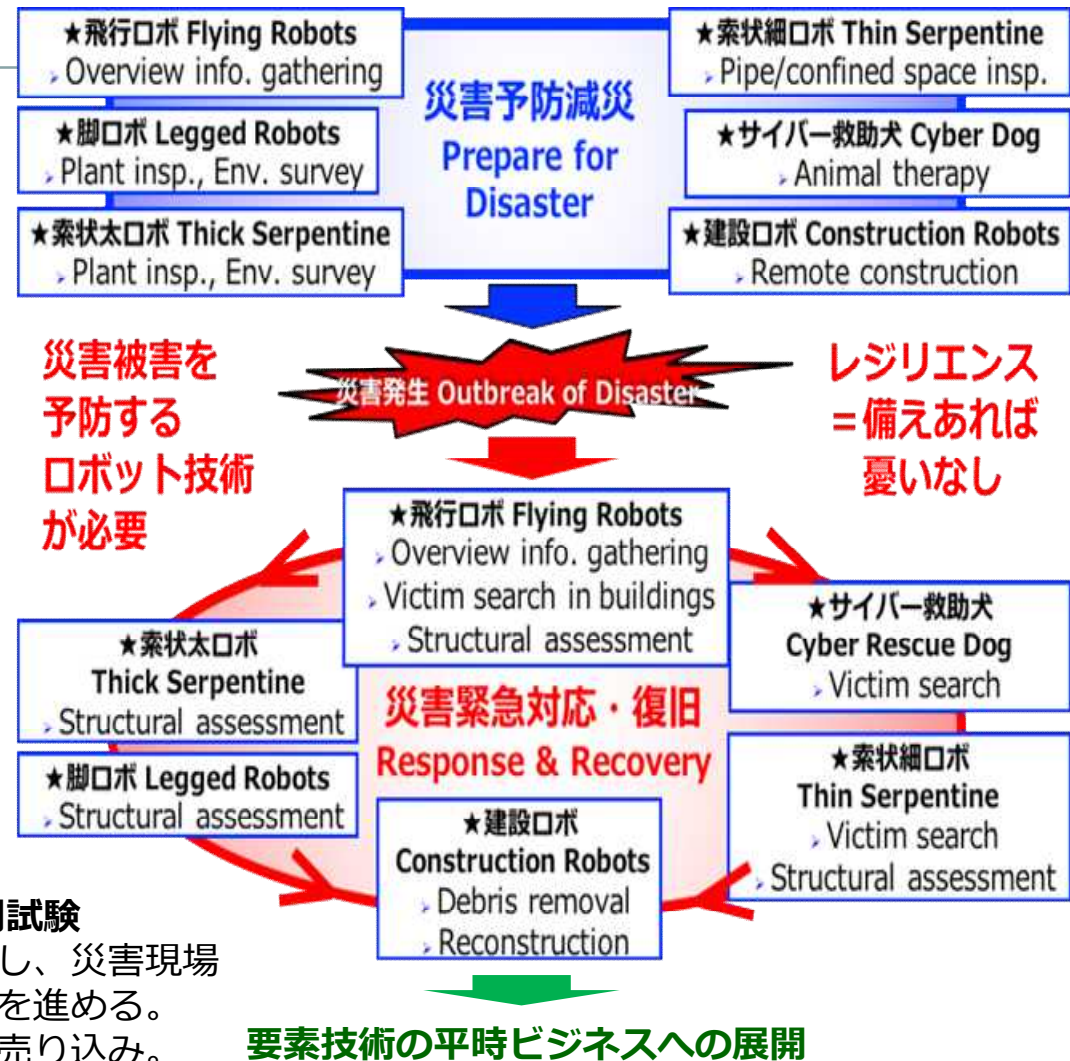
- ✓ 従来困難だった環境条件下でも、情報収集や作業を可能にする減災ソリューションを提供（社会的インパクト）
- ✓ コンポーネント・サービス・システムの新規事業創出、災害ロボットの技術や事業の循環（産業的インパクト）



# 研究開発プログラムの出口目標

## 産業や社会のあり方を変革するシナリオ

- 2014～（本格化2015～）：技術開発**  
 極限環境アクセシビリティ、極限センシング・状況理解・推定、作業失敗時リカバリ、極限環境適合性の技術開発。5種類のロボットボディに搭載し、災害環境で効果を発揮できるタフ・ロボティクスを確立する。
- 2015～：フィールド評価試験**  
 公開・非公開でフィールド評価試験を年2回開催。防災ユーザに対するショーケースとし、活用法の模索、調達計画の立案を支援。メーカー、サービス事業者へのショーケースとし、企業独自の事業創造との結合、新規事業へのビジネスインスピレーションの種を醸成する。
- 2014～（本格化2015～）：企業共同開発**  
 企業との共同開発を促進し、研究成果を活用しながら、具体的な問題解決のための研究開発を進める
- 2016～（本格化2017～）：ユーザとの共同試験**  
 世界中のユーザとの共同現場試験訓練を実施し、災害現場適用。現場からのフィードバックを得て改良を進める。ユーザとの活用技術の共同開発。ユーザへの売り込み。
- 2016～（本格化2018～）：製品化・事業活用**  
 研究成果の製品化、事業活用を進める。
- 2018～（本格化2020～）：破壊的イノベーション**  
 実災害での使用、災害緊急対応・復旧・予防減災に一定の効果。平時ビジネスの展開。





# 研究開発プログラムの出口目標 (参考図)

産業や社会のあり方を変革するシナリオ

## タフ・ロボティクス・チャレンジ = 極限環境の遠隔自律ロボティクス

現状・課題

多発する大規模災害・脅かされる安全安心・待たなしの対策

緊急対応(人命救助・応急工事・緊急搬送; 困難を可能化, 迅速化, 安全化)  
 復旧(緊急工事・物資搬送; 安全化, 低コスト化, 省力化, 迅速化)  
 予防減災(点検・補強・修繕; 迅速化, 低コスト化, 省力化)

地震・津波・風水害・火山災害  
 インフラ・プラント・ビル老朽化  
 福島原発事故・除染・廃炉

「ひよわな優等生」ロボットの問題点を, 根本的に解決 → ロボティクスの集中・先端技術の集中が必要

現場で動けない

1) 極限環境アクセシビリティの課題解決  
 → 極限機構, 高出力アクチュエータ, ロバスト戦略, 人機融合, 他

現場の状況が不明

2) 極限センシング・状況理解・推定の課題解決  
 → 冗長分散, 能動センシング, 実時間ビッグデータ, 気配検知, 他

失敗すると全体が破綻

3) 作業失敗時リカバリの課題解決  
 → 予兆検知, 想定外ロバスト計画, 人機融合, 自己適応, 他

作業条件が合わない

4) 極限環境適合性の課題解決  
 → 安全性, 防爆, 無線, 天候, 防塵防水, 耐久性, 信頼性, 他

解決のための構想

タフさの根源 = 能動ロバスト性・大規模実時間情報・生物機械融合

(1) ロボットプラットフォームPJ:

飛行, 脚, 複合, 索状ロボ, 動物サイボーグの5種類のロボットプラットフォームを研究開発. 各種技術をシステムインテグレーション.

(2) ロボットコンポーネントPJ:

超高出力油圧, 極限機構等のハードウェアコンポーネント技術を研究開発

(3) ロボットインテリジェンスPJ:

極限センシング・解析, リカバリ, ヒューマンインタフェース等のソフトウェアとセンサ技術を研究開発

(4) フィールド試験評価・安全PJ:

研究成果をフィールド試験, 安全性を研究

研究者間の競争的協調

企業独自の事業創造との結合

ユーザの評価・活用・導入障壁を下げる

イノベーション

安全・安心・豊かな社会 = 自然災害被害低減, 原発問題解決, 屋外高度産業, 産業基盤リスク低下  
 ロボットを活用した新しい屋外サービス, 災害ロボットと平時サービスとの技術循環

# プログラム構想のブレークスルー

## 非連続イノベーション、リスクの大きさ

### 【技術的非連続イノベーション】

| 項目          | ブレークスルー                   | 解決法(共通:フィールド評価試験)                  | 困難点(共通:試験による問題認識)                  |
|-------------|---------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| サイバー<br>救助犬 | 世界初の救助犬のための計測・<br>認識・制御   | ロボティクスを活用したサイバースーツ開<br>発・犬の性質活用、統合 | 活動を妨げないスーツ、制御法、ユーザと<br>のヒューマンファクター |
| 飛行<br>ロボ    | 世界有数の環境ロバスト性能と<br>リカバリ性能  | ロバスト制御、ロボ構造方式・センシング・<br>通信方式開発、統合  | 急激な風条件変化、構造物の狭い障害物の<br>移動          |
| 索状<br>ロボ    | 世界一の瓦礫内・配管内での運<br>動・計測・認識 | 新しい運動方式、狭所マッピング・認識技術<br>開発、統合      | 狭所と大きなギャップとの両立、高速化、<br>狭所の3次元認識    |
| 脚<br>ロボ     | 世界初のプラント梯子環境での<br>移動と重作業  | 高出力4脚構造、ハンド、操作インタフェー<br>ス、認識技術、統合  | 移動方式、高効率、操作環境認知、システ<br>ムインテグレーション  |
| 建設<br>ロボ    | 世界初の遠隔双腕重作業と世界<br>有数の移動性能 | 高出力双腕構造、操作インタフェース、認識<br>技術、統合      | 操作環境認知、人間機械系、システムイン<br>テグレーション     |
| タフ<br>油圧    | 世界有数の油圧コンポーネント            | 高圧コンポーネント、低摺動摩擦、高制御性、<br>ロボへの組込評価  | シール方式、材料、高効率、状態推定                  |

### 【社会的非連続イノベーション】

- ✓ ブレークスルー：これまで不可能だった困難条件  
での情報収集・作業を可能にする
- ✓ 解決法：フィールド評価試験を通じて、災害ユー  
ザが研究開発成果の導入を検討、調達計画を検討  
開始する
- ✓ 困難点：ユーザニーズ（特に制約条件）の正確な  
認識、成果情報（特に限界）の正確な伝達

### 【産業的非連続イノベーション】

- ✓ ブレークスルー：タフロボティクスの技術を活用し  
た新しい事業・製品・サービス・コンポーネント
- ✓ 解決法：フィールド評価試験を通じて、事業化企業  
が研究開発成果の活用を検討し、独自の発展共同研  
究開発を行う
- ✓ 困難点：非災害ニーズと研究開発成果のマッチング、  
事業への適用有効性の検証

# 達成目標

## 達成目標（プログラム終了時の具体的アウトプット・具体的達成目標の実現に向けた戦略・シナリオ）

| 項目      | 用途                               | 技術的達成目標   | 実現に向けた戦略・シナリオ  |
|---------|----------------------------------|---|--|
| サイバー救助犬 | 要救助者搜索                           | 救助犬の行動と状態の計測・伝送・認識・マッピング（運動・映像・声・生体信号）と制御による、救助活動支援                       | フィールド実証評価(2015-)、世界の救助隊へのサイバースーツ貸出・評価フィードバック(2017-)、商品化(2019-) |
| 飛行ロボ    | 災害広域情報収集<br>構造被害情報収集<br>構造物・設備点検 | 悪環境下でのロバスト飛行（風15m/s、雨100mm/h、構造物近傍30cm）と状況の計測・伝送・認識・マッピングによる、作業支援         | ミニサーベイヤコンソ、フィールド実証評価(2015-)、商品搭載(2016-)                        |
| 索状ロボ    | 瓦礫内搜索<br>構造被害情報収集<br>構造物・設備点検    | アクセスが困難な瓦礫内（倒壊家屋等）とプラント内（配管のジャングル等）の移動と、状況の計測・伝送・認識・マッピングによる、救助活動と点検作業の支援 | フィールド実証評価(2015-)、現場適用(2018-)                                   |
| 脚ロボ     | 構造物・設備点検<br>構造物・設備修理             | プラント内の移動（含はしご・階段昇降）と非破壊検査（UT）、修繕作業（ボア穴開）の実現                               | フィールド実証評価(2015-)、要素技術商品化(2016-)                                |
| 建設ロボ    | 災害復旧工事<br>瓦礫排除、修理                | 従来の遠隔自律建機が不可能な移動（ギャップ越え、登坂など）と双腕作業（ドアこじ開けなど）による、作業支援                      | フィールド実証評価(2016-)、現場試験(2018-)、ロボットオリンピック適用(2020)                |
| タフ油圧    | 高出力ロボット用<br>コンポーネント              | 従来を飛躍的にしのぐ高出力・高精度の油圧コンポーネントと制御技術開発と商品化                                    | フィールド実証評価(2016-)、ロボ組込(2017-)、商品化(2017-)、                       |
| 産業波及    |                                  | 研究開発成果を災害以外の産業に波及   | フィールド実証評価(2015-)、  |

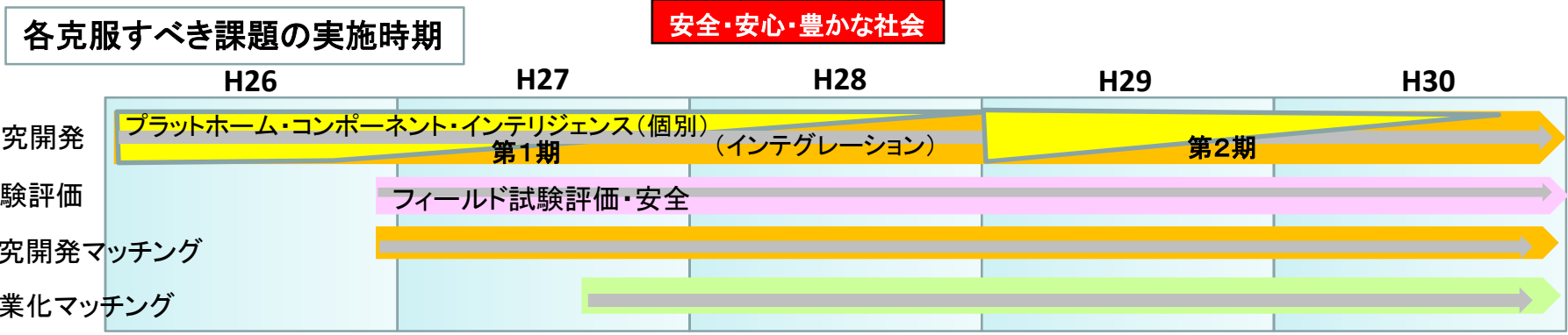
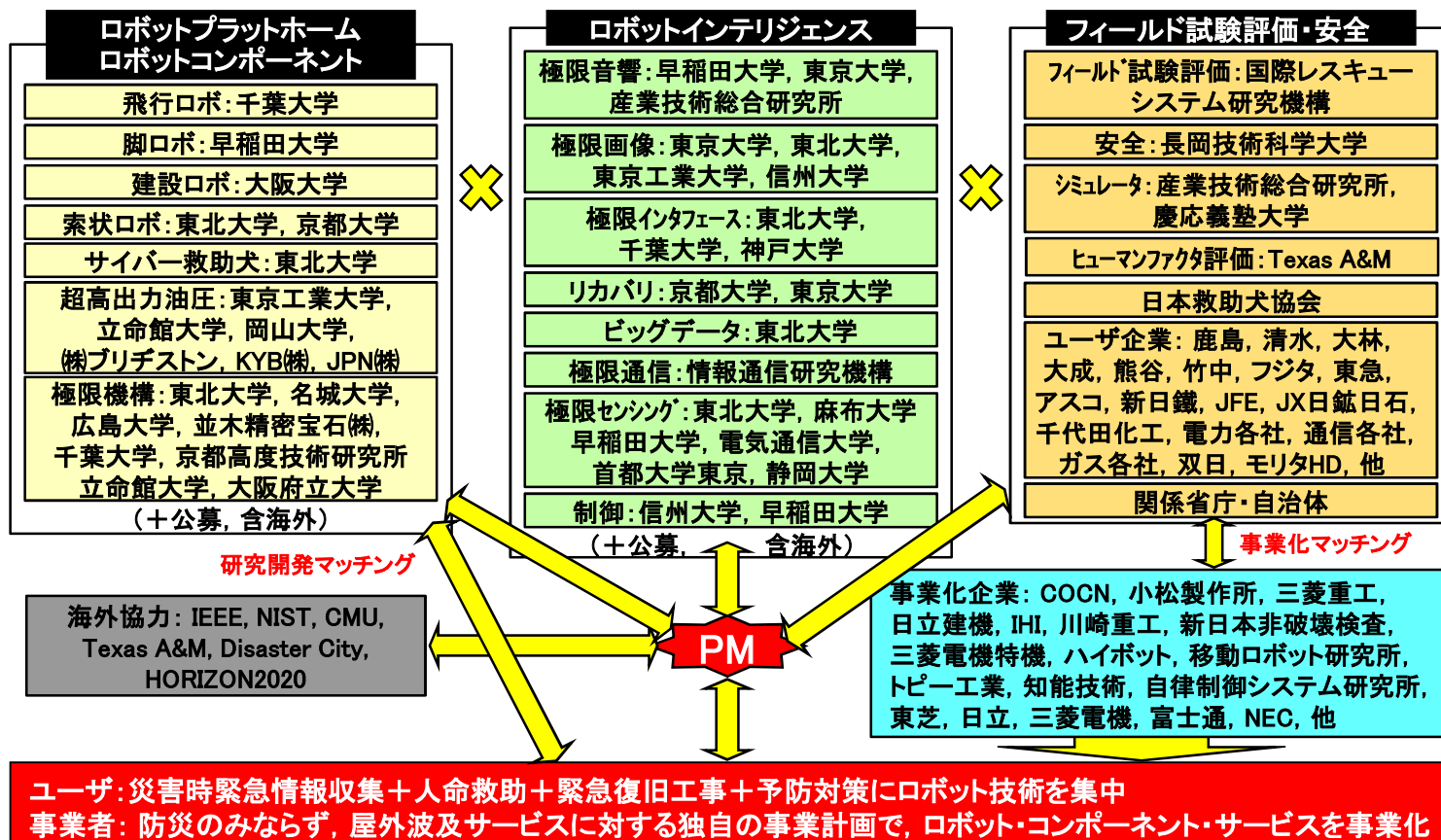


# プログラム構想・全体像の明確化

## 戦略・シナリオを克服すべき課題へブレークダウン・克服すべき課題目標の達成アプローチ

| 項目      | 克服すべき課題   | 達成アプローチ   |
|---------|---|---|
| サイバー救助犬 | 救助犬の活動を妨げないサイバースーツ開発、犬の状態推定・認識・制御、ユーザ・システムのヒューマンファクター         | 装着評価を繰り返した改良、画像・信号認識と動物認知心理からのアプローチ、ユーザとの繰り返し訓練による利用法開拓とギャップの解析 |
| 飛行ロボ    | 悪条件下に適応できるロボ構造・制御方式、悪条件下でのセンシング・通信方式開発、統合                     | 機械航空的アプローチ、ロバスト制御、3次元計測推定、画像センシング、無線中継、フィールド評価を繰り返した改良          |
| 索状ロボ    | 瓦礫内・配管内外移動、高速化、状況の計測・伝送・認識・3次元マッピング、ヒューマンインタフェース              | 飛行跳躍・巻き付きによる狭所とギャップの移動の両立、狭所画像・音響認識方式、触覚インタフェース、フィールド評価に基づく改良   |
| 脚ロボ     | プラント内移動のための高出力ボディ・ハンド設計、制御、周囲環境認識、遠隔自律操作、高速化、穴開け作業、非破壊検査作業の実施 | 4脚機構開発、ボディ安定化制御方式、高出力高効率ハンド開発、透明HI、操作環境認知、SI、フィールド評価に基づく改良      |
| 建設ロボ    | 高出力双腕構造建機ボディ、高精度制御、高臨場感操作インタフェース、作業認識、困難移動方式、双腕作業方式、統合        | 高精度油圧システム、マルチモーダルインタフェース、人間機械系、視点・時間移動、移動安定性制御、操作環境認知、フィールド評価   |
| タフ油圧    | 高圧コンポーネント、低摺動摩擦、高制御性、ロボへの組込評価                                 | シール方式、材料、加工方式、高効率制御方式、状態推定補償、適用システム設計、フィールド評価                   |

# 研究開発プログラム全体構成





# 各プロジェクトで選定する実施機関の考え方

## 研究開発機関選定に際して重要視するポイント等

ロボットプラットフォームPJ:  
5種類のロボットプラットフォームに関する世界的な実績を持ち、アクセシビリティ、環境ロバスト性等に関する最先端の研究成果が出せる見込みが高く、かつ、プロジェクト全体に対してプラットフォームを提供でき、かつ、拠点実験フィールドを確保できる可能性が高いこと。

ロボットコンポーネントPJ:  
タフロボットを構成するためのボトルネックとなっている種々のハードウェアに関する高い実績を持ち、最先端の研究成果を出せる見込みが高く、プラットフォームへの組み込み、フィールド試験評価などによって非連続イノベーションを示すことができる可能性が高いこと。

ロボットインテリジェンスPJ:  
タフロボットを構成するための種々のソフトウェアコンポーネント、センシング技術に関する高い実績を持ち、最先端の研究成果を出せる見込みが高く、プラットフォームへの組み込み、フィールド試験評価などによって非連続イノベーションを示すことができる可能性が高いこと。

フィールド試験評価・安全PJ:  
研究開発成果を評価するための模擬環境フィールド・評価法・評価試験、および、タフロボットの安全性に関する高い実績を持ち、フィールド評価試験を運営でき、事業的・社会的非連続イノベーションにつなげるための中心的な役割を果たせる可能性が高いこと。

## 選定に至る考え方・理由

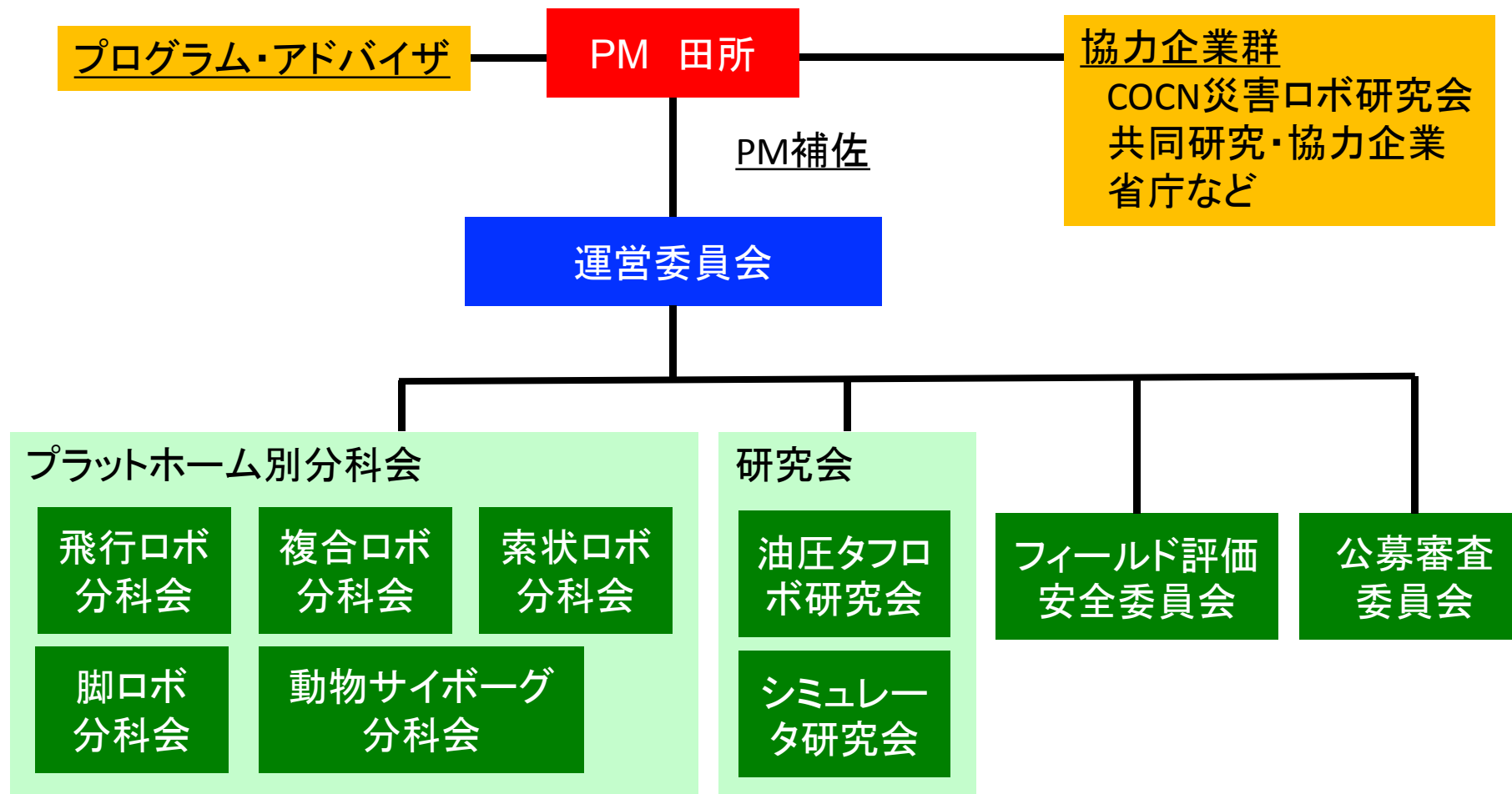
この能力を併せ持つ研究者は限られている。千葉大学は飛行ロボットでミニ・サーベイヤ・コンソシアムの実績、早稲田大学は脚ロボットでWABOTの実績、大阪大学は自律建設機械の実績、東北大学と京都大学は能動スコープカメラ等の索状ロボットの実績、東北大学は災害救助犬のサイボーグ化の実績を有する。これらはいずれも国内随一または唯一であり、指名により参画依頼する必要がある。

公募を行い、広く叡智を結集する。超高出力油圧システムについては、研究者と業界の協力が得られる必要があり、東京工業大学がロボットアクチュエータで国内随一の実績を持つことから、指名により参画を依頼する。先端機構については、大阪大学の若手研究者が実績を上げており、公募研究も含めてプロジェクト全体をリードし、研究機関の間に競争的協調環境を作り出すことが成果を上げるために必要であるため、指名により参画を依頼する。

公募を行い、広く叡智を結集する。早稲田大学はHAWKなどロボット音響に、東京大学・東北大学はロボットビジョンに、東北大学は触覚インタフェースに、京都大学・東京大学はロボットのリカバリのための自律分散に、東北大学は災害環境のビッグデータ解析に、それぞれ高い実績を有している。これらの機関は国内随一の研究者を有することから、公募研究も含めてプロジェクト全体をリードし、研究機関の間に競争的協調環境を作り出すことが成果を上げるために必要であることから、指名により参画を依頼する。

災害ロボットのフィールド試験評価については、国際レスキューシステム研究機構が10年以上の実績を持ち、国内唯一の機関であることから、指名により参画を依頼する。災害ロボットの安全性は長岡技術科学大学システム安全専攻が国内唯一の実績を有しており、共同で安全の講習会や認証を推進しているため、指名により参画を依頼する。

# 研究開発プログラム全体の体制図



# 研究開発プログラム予算の想定

|                                    | H26     | H27      | H28      | H29      | H30      |
|------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| <b>研究費総額(3,500百万円)</b>             | 70.7百万円 | 787.5百万円 | 846.1百万円 | 938.5百万円 | 857.2百万円 |
| (1) ロボットプラットフォームプロジェクト(937.3百万円)   | 48.3百万円 | 274.0百万円 | 194.0百万円 | 210.0百万円 | 211.0百万円 |
| (2) ロボットコンポーネントプロジェクト(562.2百万円)    | 2.8百万円  | 173.8百万円 | 144.9百万円 | 132.4百万円 | 108.2百万円 |
| (3) ロボットインテリジェンスプロジェクト(1,192.9百万円) | 11.5百万円 | 259.8百万円 | 262.1百万円 | 351.6百万円 | 307.9百万円 |
| (4) フィールド試験評価・安全プロジェクト(298.3百万円)   | 8百万円    | 80百万円    | 85.7百万円  | 64.6百万円  | 60百万円    |
| (5) 戦略的研究開発加速資金(599.4百万円)          | 0百万円    | 80.0百万円  | 159.4百万円 | 180.0百万円 | 180.0百万円 |
|                                    | H26     | H27      | H28      | H29      | H30      |