



ImPACT Program Manager

田所 諭 Satoshi TADOKORO

1984年 東京大学 工学系研究科 精密機械工学専門課程修了
 1993年 神戸大学助教授
 2005年～東北大学大学院情報科学研究科 教授/副研究科長
 2014年～ImPACTプログラム・マネージャー
 (東北大/JST間のジョイントプロジェクト)

2002年NPO国際レスキューシステム研究機構設立。阪神淡路大震災直後よりレスキューロボットの研究開発分野の創成に貢献。2002～2006年文科省大大特レスキューロボットPM、2006～2010年NEDO戦略先端ロボットPIなどを勤め、福島第一原発事故では原子炉建屋内調査の国産ロボット第一号として冷温停止状態の実現に貢献。

< 研究開発プログラムの概要 >

未知で状況が刻一刻と変化する極限災害環境であっても、へこたれず、タフに仕事ができる遠隔自律ロボットの実現を目指して、屋外ロボットのキー基盤技術を競争的環境下で研究開発し、未来の高度な屋外ロボットサービス事業の開拓への礎を築く。

< 非連続イノベーションのポイント >

フィールド試験により、能動ロバスト性、大規模実時間情報、生物機械融合の技術を高度化。極限環境でタフに働ける遠隔自律ロボティクスを確立。

能動ロバスト性

柔軟・しなやか 無駄がある冗長分散協調
 超小型高出力アクチュエータ
 失敗を許す設計と計画 ロバスト性のための求解

非連続タフ技術

- ・ 極限環境アクセシビリティ
- ・ 極限センシング
- ・ 理解・推定
- ・ 失敗時リカバリ
- ・ 極限環境適合性

大規模 実時間情報
 タフ・ロボティクス

予兆と気配を捉える
 仮想試行と検証の繰り返し

動物非侵襲インタフェース
 一体融合ヒューマンインロープ

生物機械融合

< 期待される産業や社会へのインパクト >

ロボットを災害緊急対応・復旧・予防に活用して、我が国や世界の安全安心に貢献。未来の高度な屋外ロボットサービスの事業化・普及への道を拓く。



PMの挑戦と実現した場合のインパクト

- **頻発する自然災害・人為災害・ロボットは情報収集・対策の切り札**
 - 災害の予防・緊急対応・復旧, 人命救助, 人道貢献のために
 - 人間では不可能な作業, 人間には危険な作業, 作業の迅速化・効率化
- **「タフで, へこたれない」ロボット実現のために** ← ひ弱な優等生ロボット
- **災害極限状況で効果を発揮できる「タフな」基盤技術 を創る**
 - 極限環境アクセシビリティ ← 現場で移動できない (動けない)
 - 極限センシング ← 災害状況が不明 (見えない, 聞こえない)
 - 作業失敗時リカバリ ← 失敗すると全体が破綻 (やりなおせない)
 - 極限環境適合性 ← 作業条件が合わない (ここではできない)
- **挑戦する非連続イノベーションと, 実現した場合のインパクト**
 - **災害極限環境でも効果が上げられる**基盤システム技術・コンポーネント技術, すなわち, 災害をはじめ様々な**フィールドサービスのための基盤技術**を創る.
 - ロボットと要素技術の**フィールド試験を繰り返し**, 災害の予防減災・緊急対応・復旧へのソリューションを示す. ユーザや事業者がフィールド試験を見て感じることによって, ロボットと技術の**導入障壁を下げる**.
 - 成果を活用したロボット・要素技術・サービスの**事業化**を図り, **災害ロボティクスと企業独自の事業創造との技術循環**を促進する.

成功へのシナリオと達成目標

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・待ったなしの対策

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

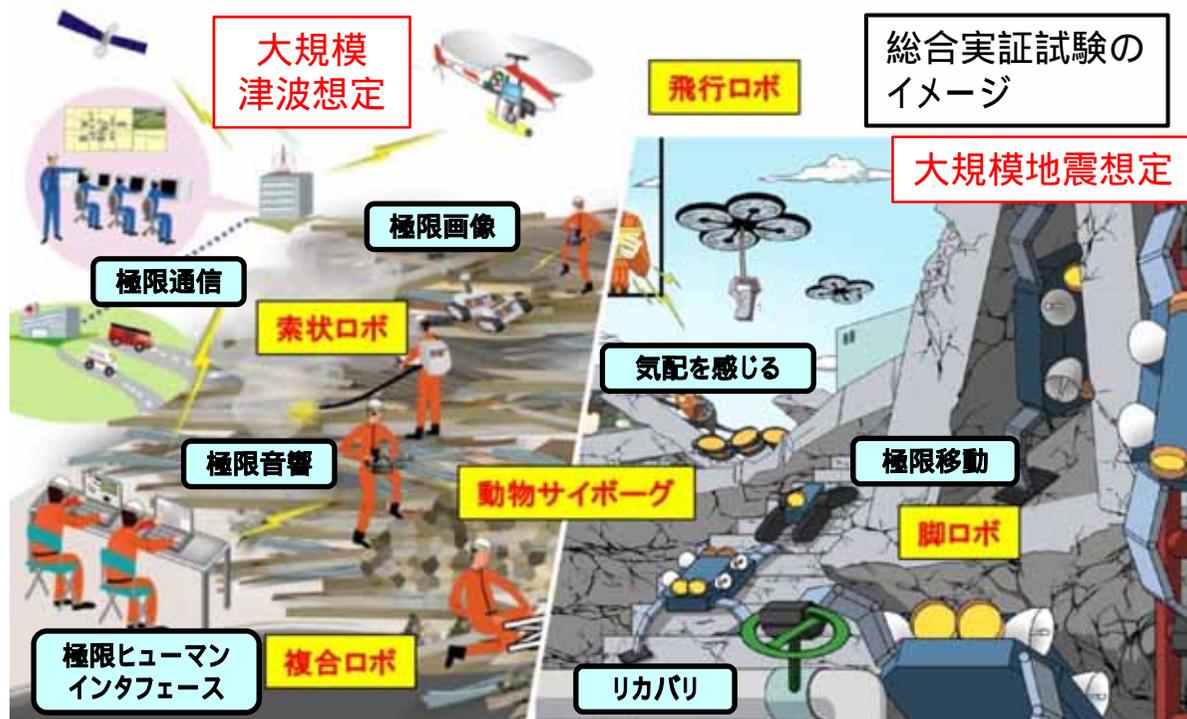
成功へのシナリオと達成目標

達成目標

技術的目標：能動ロバスト性・大規模実時間情報・生物機械融合の研究，5種類のロボットボディに搭載し，災害環境でも効果を発揮するタフ・ロボティクスを確立する。

産業的目標：コンポーネント・サービス・ロボットの新規事業創出．災害ロボットの技術・事業循環．

社会的目標：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．



成功へのシナリオ

研究開発

- 5種類のロボットボディ
- 視界不良での画像認識
- 騒音下での音源分離
- 困難状況での移動
- 救助犬の反応理解と制御
- 多種センサ情報の超解像化
- 気配を感じるビッグデータ
- 人間との対話と自律で行動
- 触覚で人間に状況を伝える
- 故障から復旧できるタフさ
- しなやかで強靱な肉体
- システムインテグレーション

実証試験

- 模擬試験フィールド検証
要素技術試験，モックアップ
試験，総合試験
- ユーザニーズの反映，ユーザ
へのソリューション提案
- ビジネス・インサイトの喚起

技術成果を上げるための方法論

- 出口イメージと評価基準の明確化
 - 課題, 要求, 現場状況, 制約条件を, 目に見える形で
 - COCNのニーズ課題調査, ユーザ (産官) の密接な関与
 - 大規模災害の調査と, 実際の現場への適用
- 競争的環境の構築
 - 公開評価
 - 性能評価基準 (国際調達基準) の明確化, 定期的見直し
基準となる模擬現場フィールドでの成果評価
Technology Readiness Level の明確化
 - 競争的環境での評価
 - 競争的協調環境の醸成
 - 良い成果を上げた人はヒーローになる. 事業化する
- 産学官民連携の強化
 - 技術研究 × システム・部品試作 × 事業化 × 現場適用
 - ビジネスマッチング, 事業化への直結
 - 平時ビジネスへの技術循環 (減災技術→民生技術)



災害調査 (タクロバン)



災害現場適用 (米国)



模擬現場フィールド



Disaster City (米国) 5

性能評価試験による市場開拓と技術循環促進

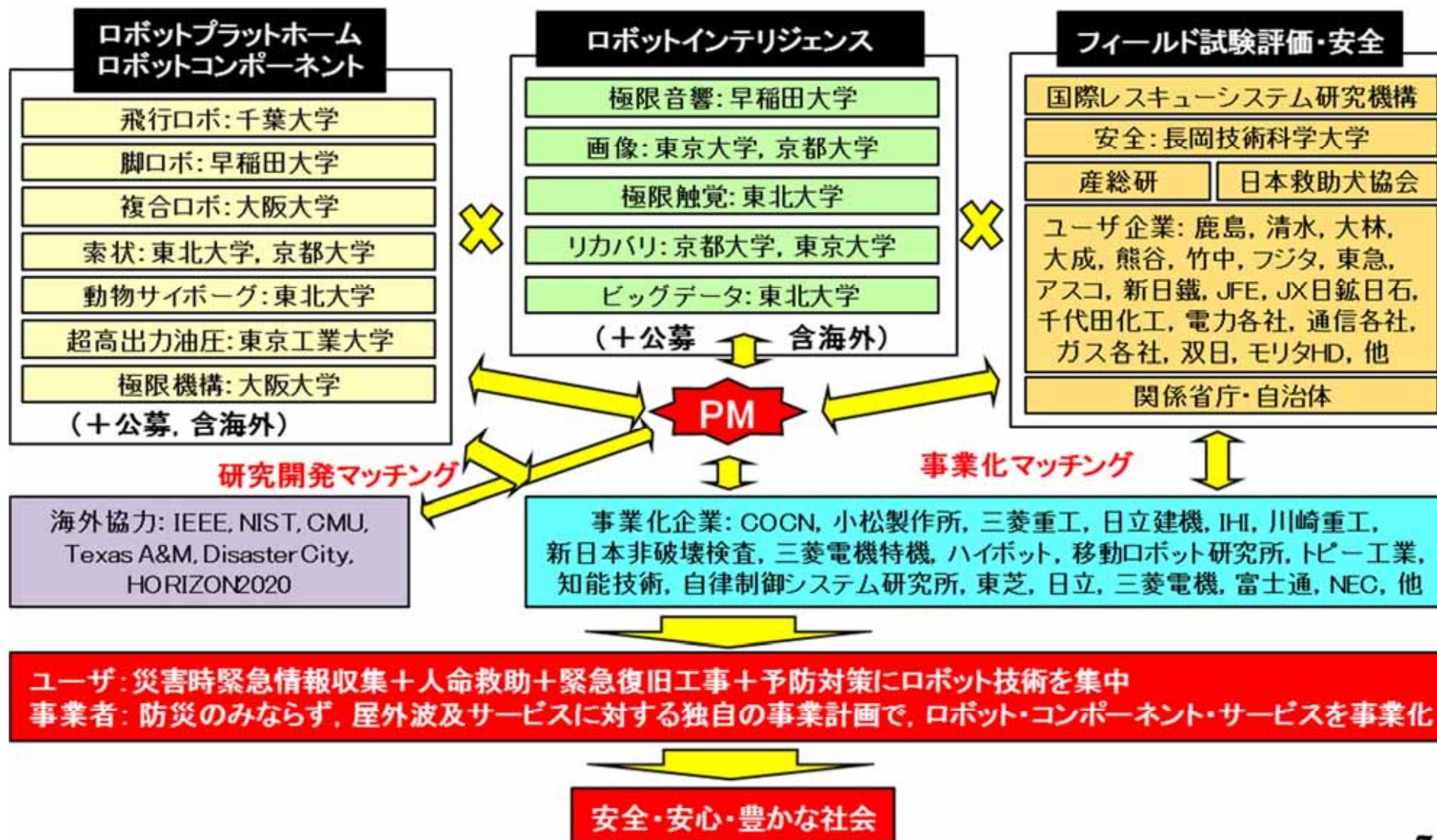
- 防災ユーザへのショーケース
 - 災害緊急対応・災害復旧・災害予防の事業
→ ユーザの配備計画に依存, 国際市場への展開
 - ユーザが性能を知る
→ 自主的に活用法を模索, 自主的に調達計画
- 企業（メーカー, サービス事業）へのショーケース
 - 企業独自の事業創造（新規事業, 既存事業の差別化）との結合
→ システム, コンポーネント, 波及製品, 屋外サービスへの事業展開
 - 新規事業へのビジネスインスピレーションの種を醸成
→ 破壊的イノベーション
- 若手研究者へのショーケース
 - 研究の方向性を定める, 「未来への夢」と「社会ベネフィット」を一致させる
- 一般国民へのショーケース
 - 科学技術理解, 政策・必要性の理解, 社会に対する安心感

使ってみて, 試してみれば,
何が出来るか実感できる,
使い方がわかる,
ビジネスのアイデアも湧く,
興味も湧く,
ファンにもなれる

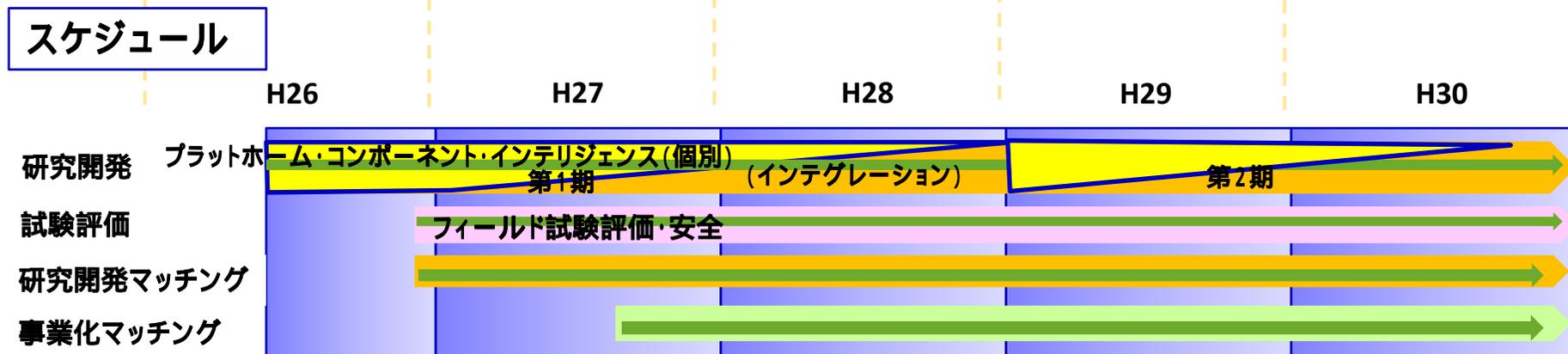
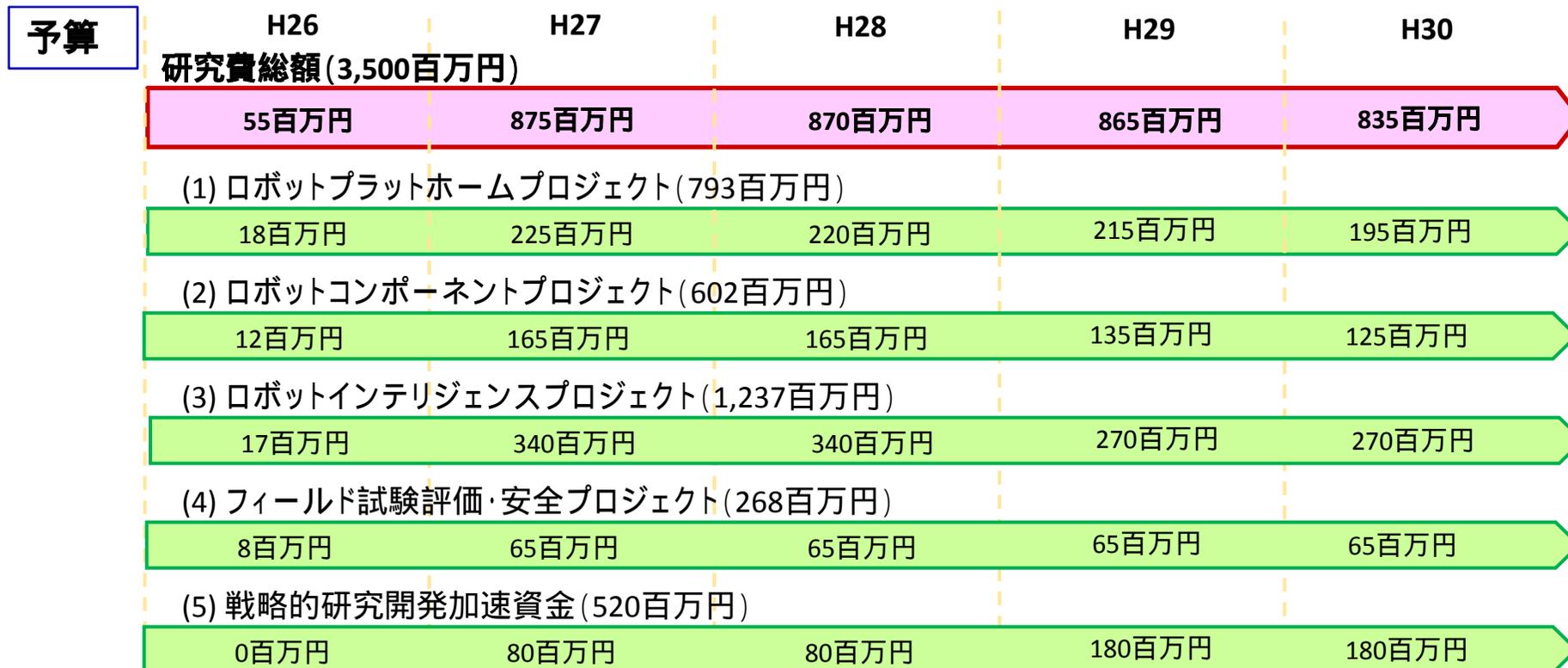
社会的ニーズは高いが, 確立した市場によって駆動されない,
Ill-posed分野における技術循環モデルと破壊的イノベーション

PMのキャスティングによる実施体制

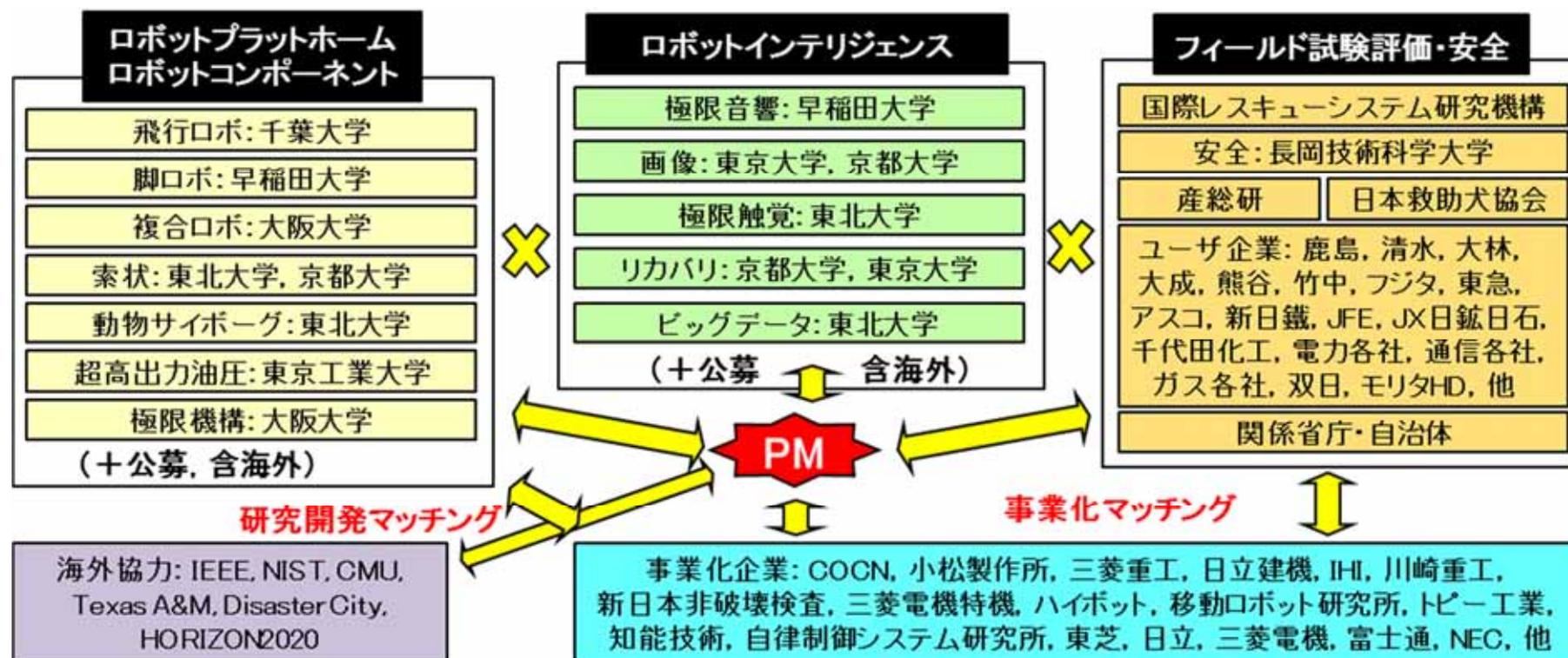
世界トップクラスの最先端技術を持つ研究機関 × 事業化に意欲を持つ企業・ユーザ
 ・ フィールド評価にもとづいた，研究開発と事業化のマッチング



研究開発プログラム予算（予定）とスケジュール



研究開発運営体制



運営のための委員会

1. 運営委員会 (TRC全体の運営と研究内容について議論)
2. プラットホーム推進委員会 (主査：田所)
3. コンポーネント推進委員会 (主査：鈴木)
4. インテリジェンス推進委員会 (主査：松野)
5. フィールド評価安全推進委員会 (主査：木村)
6. 事業化推進委員会 (各研究者と企業等とのマッチングを議論)
7. 公募審査委員会
8. アドバイザリ委員会

課題の達成アプローチに応じた実施機関の考え方

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り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。

利害関係・外国機関に対する選定理由

東北大学：PMの所属大学

◆ ロボットプラットフォーム

- ・ 世界トップクラスの瓦礫内・管内調査用の索状体ロボットの研究担当．倒壊災害適用実績．
- ・ 災害救助犬にセンサ等を搭載したサイボーグ化の研究を行っている国内で唯一の機関．

◆ ロボットインテリジェンス

- ・ 触覚による直観的ヒューマンインタフェースの研究担当．遠隔指令に有効な仮想力覚でトップ．
- ・ 離散数学・統計学的手法によるビッグデータ解析の研究担当．東日本大震災等に適用実績．
- ・ ディープラーニング・時空間解析によるロボットビジョンの研究開発担当．国内トップクラスの実績．

国際レスキューシステム研究機構：PMが設立したNPO

◆ フィールド評価

- ・ 災害ロボットのフィールド評価・標準化の知見と実績を持つ国内で唯一の機関．

早稲田大学・長岡技術科学大学：PMと共同研究を実施

◆ ロボットインテリジェンス

- ・ 音源定位・分離・認識の技術の研究担当．ロボット聴覚の世界レベルでのパイオニア．

◆ ロボット安全

- ・ 災害ロボットの安全研究を行っている国内で唯一の機関．

✓ 利益誘導，利益相反の懸念に対するPMの考え方，対応策

「革新的研究開発推進プログラム運用基本方針取り扱い要領」に定める利益相反の取り扱いに従い対応する．PM活動を行う上で利益相反が生じるおそれがある場合には，JSTに設置する利益相反マネジメントアドバイザーに助言を得るなどの対応を行う．JSTの役職員倫理規定を順守する．

指名する利害関係の無い機関

ロボットプラットフォーム

- ・ 千葉大学，(株)自律制御システム研究所：飛行ロボットのプラットフォームの研究開発を担当．ミニ・サーベイヤ・コンソシアムを主催し，マルチロータの実用化と社会適用を推進してきており，高度なプラットフォームの提供に最も期待できる．
- ・ 早稲田大学：脚型ロボットのプラットフォームの研究開発を担当．脚ロボットの世界の第一人者で，WABOT，ソニー-QURIOなど数多くの実績を有するため，最適任である．
- ・ 大阪大学，(株)小松製作所：複合型ロボットのプラットフォームの研究開発を担当．多くの建設ロボットの実用化の実績を有するため，早い実用化が可能なプラットフォームの提供が期待できる．

ロボットコンポーネント

- ・ 東京工業大学：高出力油圧アクチュエータのコンポーネントの研究開発を担当．アクチュエータ研究の第一人者で柔軟多自由度アクチュエータFMAなどの世界的な実績を有するため，最適任．
- ・ 大阪大学：極限機構のコンポーネントの研究開発を担当．全方位移動機構などで世界的に知られている若手で，高度な成果が期待できる．

ロボットインテリジェンス

- ・ 東京工業大学，京都大学，熊本大学：早稲田大学と共同でロボット聴覚を研究開発．HARKなど世界的な実績を有し，最適任である．
- ・ 東京大学：失敗からのリカバリー，劣悪環境下での画像処理の研究開発を担当．自律分散の第一人者であり，ロボット画像処理で世界的に知られており，最も成果が期待できる．
- ・ 京都大学：失敗からのリカバリーの研究開発を担当．レスキューロボットの研究開発，東日本大震災への適用の世界的実績を有するため，最適任である．