

Title	革新的研究開発プログラムの制度・運営における課題 : DARPA Robotics Challengeからの示唆
Author(s)	小山田, 和仁
Citation	年次学術大会講演要旨集, 30: 160-165
Issue Date	2015-10-10
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/13249
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

1 F 0 6

革新的研究開発プログラムの制度・運営における課題：DARPA Robotics Challenge からの示唆

○小山田和仁（政策研究大学院大学）

1. 背景

従来の技術の延長線を越えて既存の技術システムを変革するような革新的な成果を生み出すことを目的とした、研究開発プログラムへの関心が高まっている。我が国においても 2014 年より内閣府のもと革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）が開始された。このような革新的な成果を生み出すことを目的とする研究開発プログラムにおいては、野心的な目標設定とプログラムマネージャー（PM）への強い権限の付与が重要な要素であるとされる[1]。しかしながら、このような要件が即、革新的成果を生み出す研究開発につながる訳ではない。研究成果が社会的・経済的な価値を生み出し、経済社会システムに変革を起こすには、研究開発の成果が移転され製品やサービスとして提供されなければならない。また、長期的視点では、いわゆる「ハイリスク・ハイリターン」な研究開発をする組織自体が、それを取り巻く制度的・社会的環境の中で持続的に活動し、それを担う人材の育成と活用がなされなければ、イノベーションシステムの中に組み込まれずに、一時的な取組で終わってしまうことになる。

そこで本稿では、革新的研究開発を担う組織としてしばしば参照され、また ImPACT のモデルともなった、米国高等研究開発局（Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA）を取り上げる。DARPA は過去 40 年以上に亘り、数多くの革新的な技術開発に関わり、その中には軍事面だけでなく、インターネットに代表されるように、それまでの経済・社会のあり方を根本的に変えるようなものも含まれる。その一方で、陸海空の三軍の研究機関とは独立した形で存在が許され、かつ長年にわたりハイリスク・ハイリターンな研究を行う事を許容されてきたという歴史を持つ¹。このような歴史と実績を持つ DARPA の制度及び研究開発プログラムのマネジメント等の詳細を分析することは、今後の我が国における同種の研究開発プログラムの設計と運用においても重要な示唆を得ることができると想定される。

2. 研究方法

本調査では、通常の文献調査、関係者へのインタビュー調査に加え、文部科学省委託調査「科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」の推進に向けた試行的実践」の一環として、DARPA の執行部及び PM 経験者、及び DARPA やその他革新的研究開発プログラムに知見を有する専門家を交えたワークショップを開催した[4]。また具体的な研究開発プログラムの事例として DARPA Robotic Challenges 及びロボット関連のプログラムに焦点を当てた事例調査を行った。

3. 検討の視点

本調査では、革新的研究開発プログラムの制度設計及び運営に関して重要と思われる以下のような点に焦点を置き調査・検討を行った[5]。

1) 実施組織構造及びマネジメントの体制

DARPA の組織の構造及びマネジメント体制はどのようなものか。またそれが研究開発プログラムの運営にどのような影響を与えるのか。

2) 意志決定プロセス

¹ 特に米国では、OTA(Office of Technology Assessment) や ATP (Advanced Technology Program) の廃止などのように、議会における党派対立の影響を受け制度の廃止につながる場合もあり、政治的緊張関係の中でも与党・野党双方に必要性を認識してもらうことが制度や組織が持続する上では必要不可欠である[2][3]。

DARPA における研究開発プログラムの企画立案や組織運営についての意志決定はどのようなプロセスで行われているのか。執行部によるトップダウンと PM からのボトムアップの双方がどのように関係するのか。また、マネジメントの階層におけるそれぞれの担当者の担当業務と責任はどのようなになっているのか。

3) 研究開発プログラムの企画・運営

DARPA における研究開発プログラムはどのような方法・プロセスで企画立案・運営されているのか。対象となる技術課題の設定の仕方や、PM の役割、想定されるユーザー（軍）等との関係はどのようなものか。また研究開発プログラムにおいて、個別の研究開発プロジェクトはどのようなプロセスを経て選定されるのか。そこにおける PM の役割はどのようなものか。

4) PM のキャリアパスと求められる要件

PM は DARPA の根幹をなす重要な要素であるとされるが、どのようなキャリアもつ人材がどのようなプロセスを経て採用されるのか。また PM に求められる要件はどのようなものか。さらに任期を終えた後どのようなキャリアパスを歩むのか。

5) 技術移転の仕組み

多くの研究開発プログラムと同様、DARPA も研究開発の成果を民間企業や軍に移転することにより、大きな社会的・経済的インパクトを産みだしているが、具体的にはどのような方法・経路でそれが行われているのか。またそれをより効果的に行うためにはどのような取組がなされているのか。

6) 組織の安定性・継続性の確保

DARPA のような革新的研究開発プログラムを実施する組織がイノベーションシステムに組み込まれ、十分に成果をあげるには、組織そのものが安定している必要があるが、いかにしてそれが確保されているのか。公的機関としての説明責任を果たしつつ、外部からの不必要な政治的介入を排除する仕組みは何か。

4. 革新的研究開発プログラムとそれを実施する組織の要件：ワークショップでの議論から

ワークショップ参加者からの事前の意見集約及び当日の議論から、革新的研究開発プログラムとそれを実施する組織の要件として以下の点が抽出された。

1) フラットな組織構造

DARPA の組織構造は、長官/副長官 (Director/Deputy Director)、室長 (Office Director)、PM の 3 層によって構成される非常にフラットな組織である。各層の主な役割は以下の通りである。

長官/副長官 (Director/Deputy Director)

DARPA に関する全責任を負う。DARPA が組織全体として追求すべきビジョンや優先課題を踏まえた研究開発戦略を示すとともに、DARPA 全体の研究開発ポートフォリオを管理する²。局長は議会や国防総省、軍等の政策決定者や国民に対して DARPA の果たす役割について説明し支持を得ることが求められる。このようなコミュニケーションを通じて信頼を確保することは、DARPA に対する不必要な政治的介入を予防することにもつながる。

室長/副室長 (Office Director/Office Deputy Director)

室長は各室の運営と室が担当する研究開発プログラムに責任を負う。室長は各室が担当する分野の戦略を立案しそれを実現できる能力を有する PM を採用する。室長は PM が研究開発プログラムを立案する際に助言・監督を行う。また研究開発プログラムにおけるファンディングには室長の認可が必要である。

² 研究開発戦略やポートフォリオは、より端的には室 (Office) の構成に反映される。これまでの 6 つの室に加え、技術移転促進 (Adaptive Execution Office)、長距離対艦ミサイル (Long Range Anti-Ship Missile Deployment Office)、航空機 (Aerospace Projects Office) の 3 つのオフィスが新設されている。

<http://www.darpa.mil/about-us/offices/special-projects-technology-transition>

プログラママネージャー (Program Manager: PM)

PM は長官及び室長が示す DARPA 全体のビジョンと当該分野の戦略に基づき研究開発プログラムを企画立案するとともに、実施が承認された研究開発プログラムを管理する。PM には担当プログラムのもとで実施される各プロジェクトの進捗状況の把握・管理、また必要に応じてプロジェクトの見直しや中止を行うことのできる権限を有する。

DARPA には、約 1000 名の人員がおり、うち政府職員は 200 名である。そのうちの半数の約 100 名がプログラママネージャーであり、残り半数が管理部門及び各軍からの出向者である。残り 800 名は契約職員であり、その中には博士号を持つ研究者や技術者、元 PM などが含まれており、専門的立場から PM を支援している。

2) PM のキャリアパスと求められる能力・要件

PM は米国内の科学者、技術者の中から非常に優秀な人材が採用される。採用の方法は、室長等が持つ人的ネットワークを介したリクルート、前任の PM による推薦や一般公募などがある。PM の任期は通常 3～5 年であり、PM を務めた後のキャリアパスとしては、大学や研究機関出身者の場合は元の職場や同様の大学・研究機関に戻る場合もあるが、防衛産業等の民間企業の研究開発マネージャーなどに転出するケースが多い。また独立の技術コンサルタントとして企業等へのコンサルティング業務に従事するものもある。これらの中には、DARPA の契約職員として PM を補佐する者もいる。

PM に求められる能力・要件としては、ワークショップでは、技術的専門性、研究の実施経験、マネジメントの経験、関連する技術分野における幅広い視点、技術開発できるという結果に対する楽観性と様々なアイデアに対して疑問を常に持つ慎重さ、等が挙げられた。また、PM としての職務を遂行する上で重要な点としては、明確でかつ現実的な目標設定ができること、プログラムの評価にあたっては明確な指標やマイルストーンを設定し進捗管理を行えること、必要な時に研究実施者に対して技術的支援や助言が行えること（ただし、研究実施者の専門性に対して敬意を払うこと）、より大きな目標に向かってプログラム自体の目標修正を行うことができること、謙虚であること、などが指摘された。

3) 研究開発プログラムの企画

DARPA における研究開発は大きく 2 つのタイプに分けられ、それぞれに応じた担当室 (Office) が設置されている。

技術オフィス (Technology Offices) が担当するプログラムの目標は、新しい装置やシステムの構成要素、物質やプロセスに関する概念実証 (Proof of Concept) を行うこと。具体的には先端材料や計算技術、半導体、合成生物学等が挙げられる。技術オフィスの研究開発プログラムの各プロジェクトは、基礎的な研究が中心になることから大学の研究者によって行われることが多い。

システムオフィス (Systems Offices) が担当するプログラムの目標は、新しい概念実証を伴うシステムを作り出すことである。例としては、無人機 (UAV) や小型 GPS 受信機などが挙げられる。これらのプロジェクトは複雑なシステムが対象となることから、企業や国の研究機関等の技術者が中心となったチームによって実施されるが多い。

これらの研究開発プログラムの目標設定は、徹底した課題解決志向により行われる。プログラムのもととなるアイデアは PM 自身が DARPA に採用される前から温めている場合もあれば、PM として着任後に半年程度の時間をかけて徹底したリサーチを行って設定する場合もある。どちらにおいても重要なことは、想定されるユーザーである軍や専門家コミュニティとのコミュニケーションである。PM はユーザーとなりうる軍関係者に対して、真に技術的な解決が必要な長期的課題について徹底したヒアリングと調査を行う。また、専門家コミュニティとの意見交換を通じて長期的な研究開発のトレンドや課題を把握する。これらにより、PM は、根本的に重要な具体的技術課題を特定しそれを解決するための研究開発プログラムを企画立案する。

4) 研究開発プログラムの運営

研究開発プログラムが決まった後、プロジェクトの公募が行われる。プロジェクトの選定にあたって PM は、専門家からなる評価チームを組織する。評価チームは提案内容に対する評価シートを作成するとともに、専門的観点からの PM に対する助言を行うが、採択に関する意志決定には関わらない。PM はこれらの評価も踏まえて、候補となるプロジェクトのリストを作成する。これらのリストは、室長の承認を経て、最終的な実施プロジェクトが決定される。

プロジェクトの実施段階でも PM に大きな権限が与えられている。PM は各プロジェクトの実施者と密に連絡を取り合い、また必要に応じて訪問し意見交換を行うなどにより各プロジェクトの実施状況を適宜把握している。DARPA の研究開発プログラムはリスクが高いため、当初の想定通りに進まないことはたびたび起こりえる。そのため DARPA にはあらかじめ定まった評価手法にもとづく統一的な評価はない。その代わりに、各プロジェクトの進捗を把握するため、明確な目標とマイルストーン、評価指標を設定し各プロジェクトの進捗を管理する。PM は、プロジェクトの進捗がそれらの指標に照らしてあわせて芳しくない場合は適宜、助言や技術的な支援を行うが、これ以上進めても期待された成果が得られないと判断した場合には、当該プロジェクトを中止することができる。

また、PM は当該プログラムの中での各プロジェクト同士の関係も管理する。プロジェクト同士を競争させることでプログラムの目標を達成使用とする場合もあれば、逆に相互に協力させることにより課題解決を図る場合もある。どのような運営方針をとるかは当該プログラムの内容による。

さらに、研究プロジェクトが進むにつれて、当該プログラムが当初想定していた技術課題や目標が必ずしも適切なものではなくなる場合も、ハイリスクな研究開発では起こる場合がある。そのような場合は、プログラムの目標自体をより適切なものに変更・修正する場合もある。

いずれの場合にも、PM はプログラムの運営にあたってこのような意思決定を、所属室長や専門家チーム、研究実施者等と密接にコミュニケーションをとりつつ行っている。

5) 技術移転

DARPA が目的とする防衛における技術的なサプライズを実現するためには、研究開発プログラムによって概念実証された技術やシステムが、最終的なユーザーである軍によって使われるか、民間企業によって製品化され、それが軍によって調達されることが必要である。これを実現するための DARPA の取組について、技術戦略、知的財産、ユーザーとの関係構築、コミュニティの形成の 4 点について述べる。

プログラム企画時からの技術移転戦略の構築

DARPA においては、新規の研究開発プログラムの企画段階から、その目的とする成果について明確な技術移転の戦略を構築することが求められる。新規の研究開発プログラムの提案時には、当該プログラムによって生み出される技術やシステムが、実際に活用される上で、想定される技術移転先、マイルストーン、想定される障害とそれへの対抗策等について、具体的なレベルでの戦略を作ることが求められる。

知的財産

DARPA の研究開発プログラムは基礎研究レベルであり、バイ・ドール法の対象となることから、プロジェクトの成果を踏まえて実施者（パフォーマー）である大学や企業、研究者等が特許を取得することができる。これにより、まず、これらの実施者が自分たちで技術移転先を見つけ出し、特許の譲渡やライセンス、起業（とその後の買収・合併）などの様々なチャンネルを通じて、技術移転の担い手となる。

ユーザーとの関係構築

DARPA は、研究開発プログラムにおいて実施されている内容について、常に将来のユーザーである国防総省や軍と情報共有を行っている。また、これまでの DARPA が長年にわたって取り組んで来た実績に基づいた高い信頼があることから、プログラムによって開発された技術やシステムを受け入れる土壌が、国防総省や軍の中にできている。

また、このような形で軍での調達の可能性が高まると、民間企業においても研究開発における先行投資のリスクが低減するため、企業への技術移転の可能性が高まることが期待できる。

コミュニティの形成

DARPA が新しい技術についての研究開発プログラムを実施する場合、PMはプロジェクトの実施者だけでなく、関連する大学、研究機関、企業、学会、軍等の関係者によるコミュニティづくりにも取り組む。これにより、研究開発プログラムに参画する実施者だけでなく、より広いコミュニティの関係者全員が、当該技術やシステムに関心を有し、それらの発展に貢献することを促している。

これらのコミュニティは、技術移転においても重要な役割を担う。つまりコミュニティの関係者は、DARPA がそのプログラムを通じて何を実現したいかについてよく熟知しており、常に情報を把握しようとしている。このため、その成果が自分たちにとって有益なものであると判断した場合には、すぐにそれを取り入れようとする。

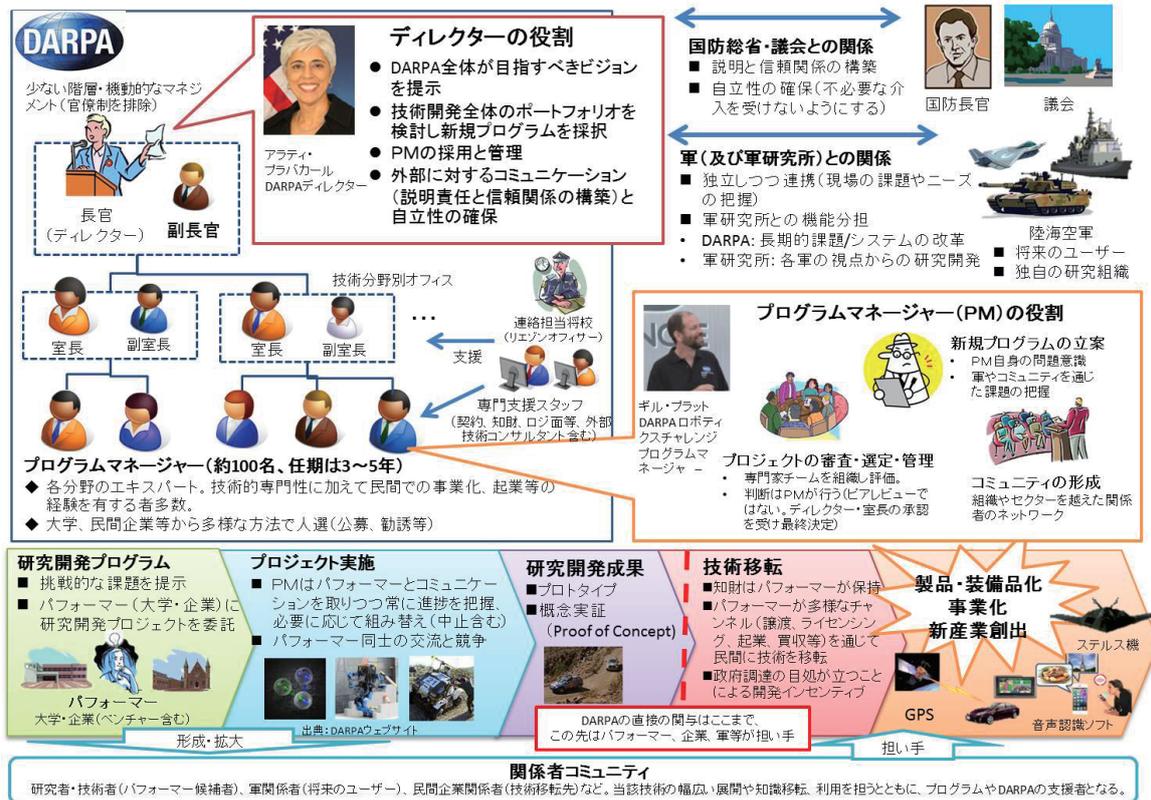


図 DARPA の組織及び研究開発プログラムのマネジメント ([2] p.177 の図を一部改変)

5. 事例研究：DARPA Robotics Challenges からの示唆

以上のような DARPA の組織及び研究開発プログラムのマネジメントの特徴を、より具体的な文脈で理解するため、2012 年から 2015 年に実施された DARPA Robotics Challenges (DRC) を取り上げる。紙幅の都合上、ここでは概要のみにとどめる。

1) DARPA Robotics Challenges について

DARPA Robotics Challenges (DRC) は、2011 年 3 月の東日本大震災によって生じた福島第一原子力発電所事故を踏まえて企画が行われたプログラムである [6]。同事故においては、高放射線や高温・高圧の水蒸気環境などの苛酷な条件が人による作業を妨げ、事故の悪化の要因となったことから、DRC ではテロや自然災害等による過酷事故の条件下でも対応出来るロボットの開発を目的としている。

DRC では、福島原子力発電所事故等を分析して抽出した多数のタスク（自動車の運転、不整地踏破、階段登りなど）が設定され、最終的には一連のタスクを無線コントロールでクリアすることが求められた。DRC に対して DARPA は米国内だけでなく、世界各国のチームに参加を呼びかけ、米国、日本、韓国、ドイツ、イタリア等の大学、企業等の 100 チーム以上が参画した。参加チームは、ロボットも含めた全システムを開発して参画するグループと、DARPA が提供するロボット Atlas をもとに、独自のプログラムと改修を施して参画するグループに分かれて参加し、約 2 年半という期間中に設けられた各ステージ（シミュレーション空間でのテスト、中間トライアル）を経て絞り込まれ、2015 年 6 月に開催された最

終選においては、韓国 KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology) を中心とするチームが優勝し賞金 200 万ドルを獲得した。

2) チャレンジシステムについて

DRC では通常のファンディングではなく、チャレンジシステム（アワードシステム）が採用された。これは、達成したい技術目標やクリアすべき課題を設定し、それに挑戦する実施者を募るものである[7]。DARPA におけるチャレンジシステムの採用は、2004 年に実施された自動走行技術の開発を目的とした DARPA Grand Challenge であった。2004 年に実施された第 1 回では、荒野に設定されたコースを完走することが目的であったが結果としてはどのチームも完走出来なかったが、翌年開催された第 2 回では、スタンフォード大学を含む 5 チームが完走するとともに、今日の自動走行技術の礎を築くこととなった⁶。このようなチャレンジシステムの成功を受けて、DARPA では多くのチャレンジシステムを導入したプログラムが実施されている。

3) DARPA にとっての DRC の意味

DARPA にとっても DRC 自体が重要なプログラムとして位置づけられている。まず対象として従来の研究開発プログラムと異なり、明確に全世界を対象としたチームの募集を呼びかけたことが挙げられる。これまでは防衛技術開発というミッション上、国内の大学・研究機関、企業に所属する関係者を対象にしてきたが、諸外国特に新興国における研究開発の興隆と総体的な米国の研究開発の世界に占める割合の低下を踏まえ、世界各国から最先端の知識・人材を集めた形でプログラムを実施し、その中で米国の能力の向上・底上げと、当該技術全体の潮流を把握しリードするという DARPA 全体の戦略の転換が見られる⁷。また、技術移転という観点からは、DRC に関係した企業（中間トライアルで 1 位通過した東京大学発のベンチャー企業であるシャフトや、DRC に標準機体を提供した Boston Dynamics など）が、Google に買収されたことに関しても、DARPA としては、これらの技術移転が米国全体の技術的優位性につながり、将来の防衛技術の基盤を作るという意味で成功例として認識している。そのほかにもロボット技術のデュアルユース性を踏まえ、国土安全保障省や NASA などの民生分野の機関とも連携した更なる展開を検討しているようである。

この他にも DARPA は DRC 自体を PR のツールとしても用いており、トライアル、ファイナルともに長官以下 DARPA 総局を挙げての運営に参加し、国民に対する DARPA の活動を積極的に発信するなどの取組も行っている。

参考文献

- [1] 内閣府総合科学技術・イノベーション会議資料「革新的研究開発推進プログラムの概要について」
<http://www8.cao.go.jp/cstp/sentan/kakushintekikenkyu/outline.pdf>
- [2] W. B. Bonvillian, The Problem of Political Design in Federal Innovation Organization, K. H. Fealing, J. I. Lane, J. H. Marburger III, S. S. Shipp, The Science of Science Policy: A Handbook, Stanford University Press, 302-326 (2011).
- [3] W. B. Bonvillian, Evolution of U.S. Innovation Organization: From the Pipeline Model, to the Connected Model, to the Problem of 'Political Design', " 第 45 回 GIST セミナー(2013 年 4 月 15 日).
http://gist.grips.ac.jp/events/2013/04/document/gistseminar_45.pdf
- [4] P. Windham, Briefing Book for Workshop on How to Support Disruptive Change: Lessons from DARPA Model (2014 年 2 月 25 日).
- [5] 小山田和仁, デュアルユースに利用可能な科学技術プロジェクトの推進のあり方, 平成 25 年度文部科学省委託事業「科学技術イノベーション政策における「政策のための科学」の推進に向けた試行的実践」調査研究結果, 167-178(2014).
<http://www.jst.go.jp/crds/scirex/resources/download/grips9.pdf>
- [6] DARPA Robotics Challenges: Overview: <http://www.theroboticschallenge.org/overview>
- [7] P. Stephan, Funding for Research, How Economics Shapes Science, Harvard University Press, 111-150 (2012).

⁶ 2005 年のチャレンジで優勝したスタンフォード大学のチームは、その後 Google に買収され、Google カープロジェクトにつながっている。また米国の企業とのジョイントベンチャーで参加したイスラエルはその後独自に技術を発展させ、現在、空港や重要施設、国境線の警備に自動走行車が活用されている。

⁷ DRC Final での Arati Prabhakar DARPA 長官の関係者向け説明会での発言等に基づく。