

2C07 産学官連携宇宙開発プロジェクトによる波及効果に対する評価

○川原武裕（科学技術振興機構），熊田 憲（東北大）

1. 序論

日本の宇宙開発政策は1990年代から、世界の宇宙開発における民間主体の産業化促進やIT分野の技術発展、また国内経済の低迷など、国内外の様々な環境変化を受け、社会経済発展や国民生活の質の向上を目指した従来の科学技術志向から産業化志向へと方向転換してきた。これを受ける形で従来から政府主導で行われてきた宇宙開発分野において、中小企業を中心とする民間企業にも主体的に新産業創出や地域活性化を目的とした宇宙産業参入や宇宙利用に取り組む動きが現れてきている。しかしロケットや人工衛星に代表される宇宙開発においては、その技術的特徴や長期開発期間・高コストといったプロジェクトの特性がある。このため一部の大企業を除き民間企業が宇宙開発に取り組むためには、宇宙開発に必要な資金や技術、人材を補う必要がある。それを支援する施策として、国や大学が民間企業をサポートする産学官連携活動が重視されるようになり、独立行政法人宇宙航空研究開発機構（以下JAXA）にはその司令塔的部門として「産学官連携部」が設置されるに至った。現在はJAXAによって技術移転や支援、宇宙開発利用促進など、様々な産学官連携活動が実施されている。

産学官連携活動を含むJAXAの活動の成果に対しては、アカウンタビリティの観点からも適切な評価の実施が必要であると考えられる。近年の研究開発成果評価における重要課題の1つとして、科学技術分野における科学技術的成果のみならず経済的・社会的波及効果の評価の必要性が指摘されている。産学官連携による宇宙開発プロジェクトには、例えば衛星の開発を最終目的とした場合でも、その目的にとどまらない、地域活性化などの様々な経済的・社会的波及効果の創出を期待した、あるいは目標としているものも存在する。しかしながら、このような波及効果は直接的結果を評価対象とした従来の評価枠組みでは適正な評価が困難であると考えられる。そこで本稿では、東大阪の産学官連携による小型衛星開発プロジェクトを事例とし、宇宙開発分野の研究開発プロジェクトによる経済的・社会的波及効果に対する評価の新しい枠組みを提案する。

2. 東大阪小型衛星開発プロジェクトの概要

東大阪市内で実施されている小型衛星開発プロジェクトは、民間企業が主体となり産学官が連携した宇宙開発プロジェクトの代表的な例である。このプロジェクトには「官」の立場としてJAXAが、衛星開発のための技術支援・技術移転から衛星の打ち上げに至るプロジェクトの一連に関与している。そしてプロジェクトの目的は、衛星開発・打ち上げ・量産化による宇宙産業の地場産業への取り組み、製造業企業の若い世代への技術伝承促進、システムレベルの技術の習得による中小企業の競争力向上、「メイド・イン・東大阪ブランド」の確立、さらに、これらをきっかけとした地域活性化に置かれている。

上記の目的を達成するため2002年に東大阪市内の中小企業群によって東大阪宇宙開発協同組合（以下SOHLA）が設立された。SOHLAは「将来、汎用性のある新しいタイプの小型衛星『PETSAT(Panel

ExTension Satellite)』の開発・製造を行い、雷雲の観測を行う予定である。『PETSAT』を実現するに先立ち、まずは基礎的な人工衛星の開発・製造を行いながら、モノづくり職人が持つ技能を宇宙技術へ適応させる。そして、1号機「SOHLA-1」、発展系モデルの2号機「SOHLA-2」の開発・製造を経て、将来は「PETSAT」を用いた宇宙ビジネスを目指している」とされている。

そして、この東大阪小型衛星開発プロジェクトを遂行するにあたり、以下のような産学官連携体制が形成されている（2005年11月時点）。

産：SOHLAは組員企業による部品の製造、組み立てを統括しており、組員企業が衛星の各システムの製造、加工等を担当している。

官：JAXAは成果普及及び活用促進の一環として、SOHLA間との「小型衛星技術の協力に関する取り決め」の下で、SOHLA及び関連中小企業群に対し、技術支援・技術移転を行っている。またプロジェクトは独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下NEDO）の「基盤技術研究促進事業」に採択され、平成15年度から19年度まで合計7億円の資金が投入されている。

学：大阪府立大学、大阪大学、東京大学が、NEDOの上記事業においてSOHLAより再委託を受け、それぞれ衛星の設計や組立、ミッションに係る研究開発、「PETSAT」の開発に取り組んでいる。

3. 日本の宇宙開発における評価体制の現状と問題点

日本の宇宙開発において成果の評価を実施する役割を持つ組織は、総合科学技術会議、宇宙開発委員会、文部科学省独立行政法人評価委員会である。

評価を行う最上位に位置する組織は、内閣府に設置されている総合科学技術会議となる。総合科学技術会議は日本の宇宙開発における最高意思決定機関として位置づけられており、任務の一つとして大規模あるいは国家的に重要な研究開発の評価を行うこととされている¹⁾。これは総合科学技術会議がJAXAの活動に対する評価に関して、大規模あるいは国家的に重要な宇宙開発プロジェクトのみを評価の対象とすることを意味する。

文部科学省にある宇宙開発委員会は「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（総合科学技術会議、2005）及び「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（改定案）（文部科学省、2005）を踏まえて策定した「宇宙開発に関するプロジェクトの評価指針」（宇宙開発委員会、2005）に基づき、JAXAの行う宇宙開発プロジェクトと宇宙科学研究における研究プロジェクト、かつ原則として多額の財政支出を伴う大規模なものを評価対象としている。

第3者機関として産学官連携活動を含むJAXAの活動全般について評価しているのは、文部科学省独立行政法人評価委員会（以下、法人評価委員会）である。法人評価委員会は、文部科学省所管の独立行政法人の各事業年度における業務の実績の評価、また中期目標に係る業務の実績

に関する評価を実施している。事業年度評価においては中期計画に定められた各項目の毎事業年度の実施状況について、中期目標期間評価においても中期目標及び中期計画に定められた各項目に関する達成度について、項目を定め段階的評定及び項目別評価を総括する記述式の評価を行っている。

国主体の産学官連携による宇宙開発プロジェクトは、JAXA が主体となり実施するため、法人評価委員会（あるいは宇宙開発委員会、総合科学技術会議）による評価の対象となる。しかし民間主体の産学官連携による宇宙開発プロジェクトは「JAXA が実施するプロジェクト」とはならないため、プロジェクト全体から生まれる成果を評価対象とすることはできない。つまりプロジェクトにおいて JAXA が直接関与している部分のみが評価対象となる。このため既存の評価体制では複数組織が寄与して創出される波及効果が存在する場合に、それらに対して評価をする体制が整っていないことが指摘できる。

表 1 は JAXA の活動実績の評価の一例である。表 1 が示すように評価は直接的な結果（共同研究の件数、特許出願数など）が出たか否かに限られ、社会的・経済的波及効果に関する項目がないことがわかる。

表 1：JAXA の活動実績の評価

評価項目	
大項目	II. 国民に対して提供するサービスその他の業務の質の向上に関する目標を達成するためにとるべき措置
中項目	9. 産業化、関係機関及び大学との連携・協力の推進
小項目	(1) 産学官による研究開発の実施 (評価の視点) 産学官連携の中核となる組織を設けるとともに、連携により行う研究開発業務を行う拠点を設けたか。
評価	
評価-A：産業連携会議、宇宙ベンチャー制度、成果活用促進制度、地域拠点等を着実に運用したほか、442 件の共同研究（年度計画：370 件）、109 件の特許出願（年度計画：100 件）、93 件の施設設備共用（年度計画：45 件）を行うなど、年度計画を達成したものと考えられる。	

（文部科学省独立行政法人評価委員会による『独立行政法人宇宙航空研究開発機構の平成 16 年度に係る業務の実績に関する評価』より一部抜粋）

4. 研究開発における成果の概念と区分の整理

「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（総合科学技術会議、2005）や「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（改定案）（文部科学省、2005）などによれば、研究開発の成果は多元的・多面的に把握されるべきとされ、評価においては成果の形式的側面ではなく内容的側面が重要であることが指摘されている。また、「研究開発の種類によっては直接的成果だけではなく間接的な波及効果が重要である場合もあり、その適用は対象や状況に依存的である」（文部科学省、2005）とされている¹⁰。成果の区分は「評価の際に区分を意識して行わなければ特定の種類の成果のみに焦点が置かれて評価が局限されてしまうことから必要である」（林、2002）¹¹。そこで、東大阪小型衛星開発プロジェクトにおける成果の調査・把握に先立ち、成果概念と区分の整理を行う。

（1）アウトプット、アウトカム、インパクト

上述のように研究開発成果には様々な概念や区分の仕方があるが、それらは国内外の研究者・文献によって異なる。Airaghi et al.(1999)¹²は、アウトプットを「RTD（研究技術開発）から生まれる直接的成果」と定義しており、純粋に科学的なもの（論文）や中間物（特許やプロトタイプ）

プ）、最終物（新製品、プロセス、サービス等）などがこれにあたる。そして「アウトプットと経済または社会との相互作用から生まれるもの」をインパクトと定義している。ここでは特に RTD プログラムにおいては、プロジェクトのアウトプット発生後、様々なタイムスケジュールからインパクトが生じるという理由から、インパクトを短期的・長期的なものに区別している。例えば、短期的インパクトは市場の状況が変化した際に突然終わることもあること、アウトプットの中には数年間経過した後に重要なインパクトを生む例もあることを挙げている。また、インパクトの生じる領域を科学、社会経済、政策立案の 3 つに区分している。

Fahrenkrog et al.(2002)¹³は、アウトプットを「政策介入の結果直接生産される財やサービス」、アウトカムを「政策介入の結果として起こる長期的な効果で通常広義の社会経済的結果、意図した効果を達成するために必要なプロジェクトのアウトプットの直接的かつ中間的な効果」、そしてインパクトを「社会への政策介入の効果を表す一般的な言葉。最終目的と一貫したより長期の成果で、介入なしには起こりえないもの」と定義している。時系列的にはアウトカムがインパクトに比べ短期的で、意図的な効果であると考えられる。また、ここではインパクトを科学・技術的、経済的、社会的、政策的の 4 つに区分している。さらにマイナスのインパクトについても述べており、例えば、プロジェクトが終了すると同時にかなりの数の参加者が研究開発を続けないことを決断すれば、それは資源の潜在的損失としてマイナスのインパクトとなりうるとする。このようなマイナスのインパクトは、プロジェクトから生まれる一般知識や学習機会とバランスがとられる必要があることが指摘されている。

（2）スピルオーバー

成果概念には、アウトプット、アウトカム、インパクトの他にスピルオーバーという概念が存在する。スピルオーバーは、例えば「産学官の各アクターが当初の目的を達成すべく連携する際に、経済的、社会的、ひいては文化的な付加価値がしばしば派生的に生み出される波及効果のことをいう。一部を産、学、あるいは官が回収することもあるが、多くの場合、受益者は社会全体である。またこの波及効果を事前に特定することは難しい」（原山、2005）¹⁴。

（3）事例において適用すべき成果概念と区分

アウトプットの内容については多くの文献で共通しており、研究開発における「直接的な成果」と位置づけられている。この定義を用いると、東大阪の小型衛星開発プロジェクトにおけるアウトプットは、小型人工衛星そのものや、その打ち上げとなる。本プロジェクトは 2002 年に開始され、現在 SOHLA-1 を開発中であり、調査時点（2005 年 11 月）では完成、打ち上げに至っておらず、アウトプットは発生していない。このためアウトカムやインパクトは、アウトプットが発生した後に創出する効果であるため本稿の事例では対象としない。そこでアウトプットが発生する以前の波及効果について、スピルオーバーの概念を用いることとした。図 1 に示すようにスピルオーバーは時系列的な制約を受けないため「プロジェクト発足以降全て」の波及効果を対象とすることが可能となるためである。また、スピルオーバーを様々な視点で把握するため、上記の先行研究に基づき科学的・経済的・社会的の 3 つに区分し、調査を行うこととした。



図 1：時系列的に異なる成果概念

5. 事例の波及効果に対する調査

2005年11月、12月に東大阪小型衛星開発プロジェクトの現状及びスピルオーバーの把握を目的とし、産、官のプロジェクトの関係者に対するインタビュー調査を実施した。本項では以上のインタビューをもとにしたスピルオーバーに係る調査結果を示す。

図2は、プロジェクトという枠組み（点線内）の時系列的な変化を、小型衛星開発を巡るこれまでの経緯と体制を基に表したものである。プロジェクト発足以降、中小企業や大学が連携してSOHLAが設立され、その後JAXAが連携し、プロジェクトがNEDOの事業に採択され、現在の産学官連携体制が構築されるに至った。

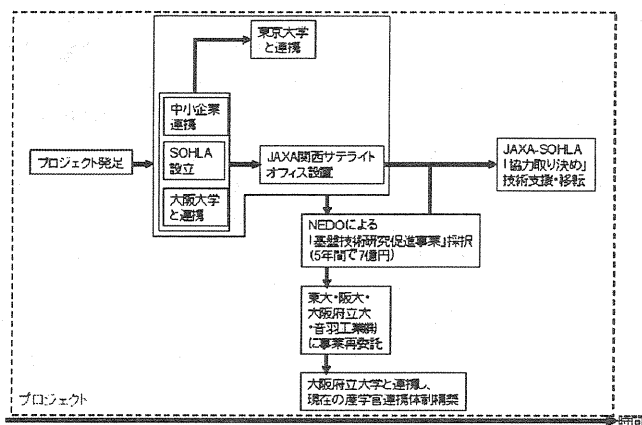


図2：プロジェクトの枠組み

また、図3では図2の「プロジェクトの枠組み」を起点として発生したスピルオーバーの連関関係を示した。この図では、確認されたスピルオーバーを産学官の主目的としている分野「地域活性化」、「教育・研究開発」、「宇宙開発」3つのカテゴリーに分けて区分した。2つの領域の境界線にあるスピルオーバーは両方に関連していることを意味し、図の右に位置するスピルオーバーほど2次、3次的に派生した効果であることを意味している。

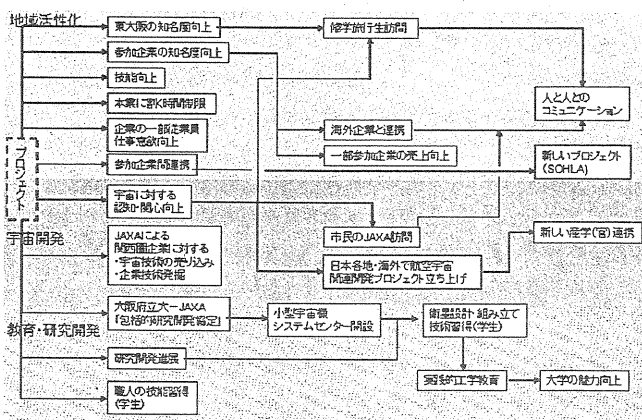


図3：スピルオーバー連関図

6. 考察

(1)「地域活性化」に関するスピルオーバー

小型衛星開発プロジェクトが発足したことにより、報道によって東大阪の知名度が向上した。また従来政府主導で行われてきた宇宙開発に中小企業群が挑戦していることや、JAXAの関西サテライトオフィスの設置により、宇宙に対する認知や関心が向上したことがきっかけで、一般市民や修学旅行生など多数の人々が東大阪を訪れるようになったと考えられる。プロジェクトに参加している参加企業の知名度向上は、海外企業との技術交流及び連携のきっかけとなった。一部参加企業の売上向上は知名度向上が一因であると考えられる。また、プロジェクトはSOHLAを含め企業間の連携関係を構築することにつながり、ロボット関連の新しいプロジェクトを発足させるに至った。その他、プロジェクトは技術支援・技術移転等を通じた技能向上や、企業の一部従業員の仕事意欲向上にも影響を及ぼしたことが考えられる反面、少人数で多数の業務に対応しなければならない中小企業の本業に割く時間を制約したというマイナスのスピルオーバーを発生させる要因にもなったと考えられる。

(2)「宇宙開発」に関するスピルオーバー

関西サテライトオフィスの設置によって、関西圏企業に対する航空宇宙技術の売り込みや、企業技術の発掘といった宇宙利用促進活動及び技術相談などが可能となったことが挙げられる。また、中小企業群による地域活性化を目指した宇宙開発への取り組みは、宇宙に対する認知・関心の向上に寄与するとともに、日本及び海外など他地域に刺激を与え、多くの産学官連携による航空宇宙関連プロジェクトの発足に影響を与えたと考えられる。これにより、各地域の活性化及び、宇宙開発における産業化が期待されていると考えられる。さらに、学生が衛星開発を通して実践的な宇宙工学を学ぶ機会を得たことにより、今後の宇宙開発技術の底上げが図られていることも宇宙開発に関するスピルオーバーである。

(3)「教育・研究開発」に関するスピルオーバー

プロジェクトをきっかけに、製造業の中小企業の職人が持つ技能を学生が修得する機会を得たことが挙げられる。また、NEDOの事業採択によって大学の研究開発に資金が投入され、研究開発が進められることで、学生の衛星設計や組み立てなどの技術の習得が進むと考えられる。大阪府立大学に関しては、JAXAとの間で結ばれた「包括的研究開発協定」により、大学内に小型宇宙機システムセンターが開設されることとなった。そして、JAXA技術者による衛星設計授業が行われることとなり、宇宙工学の実践的な教育が展開され、学生の技術習得に貢献することが考えられる。従来日本の大学の航空宇宙工学関連学科では、多くの場合理論中心の授業が行われていたが、実践的な工学教育の展開は大学の魅力の向上にも貢献すると考えられる。

本プロジェクトにおいて小型衛星の開発や打ち上げというアウトプットを目指す過程でも、様々なスピルオーバーが派生している。今回確認されたスピルオーバーは、産学官が連携した結果生まれており、それらは産学官のアクター間の相互作用によるものと考えられる。例えば「技能向上」はJAXAが中小企業群に対して技術支援・技術移転を行う過程で生まれており、「新しいプロジェクト」もSOHLAや企業間で連携した結果発足したものである。また、今回確認されたスピルオーバーの中には、プロジェクト参加者に限定される「技能の向上」や「企業知名度の向上」などのミクロレベルのもののみでなく、「宇宙に対する認知・関心の向上」や「各地の航空宇宙関連プロジェクトの発足」、「実践的工学教育」のようなプロジェクトの参加者に限定されないマクロレベルで影響を及ぼしているものもある。

また、「我が国の宇宙開発の中長期戦略」(宇宙開発委員会、2000)では「国民が科学技術活動全般について社会とのかかわりにおいて必要な情報を把握、理解し、その方向性について自らの考えを持つことができる素養(国民の科学技術リテラシー)を発揮することが重要」であり、「宇宙開発活動には、科学技術全般への国民の関心を喚起する絶好の契機を提供する可能性がある」ことや、「宇宙開発で得られた知識を青少年の学習に反映させることにより、若い世代が科学技術活動の分野に挑戦する原動力となり、科学技術離れ防止に貢献することが期待される」ことが述べられている。本プロジェクトから生まれた「宇宙に対する認知・関心の向上」というスピルオーバーは、人々の科学技術全般への関心の喚起や、若い世代の科学技術離れ防止に貢献するものと考えられる。

「各地で航空宇宙関連プロジェクトの発足」というスピルオーバーは、長期的に見て日本の航空宇宙産業に影響を及ぼすと予想される。現在北海道や九州では大学と中小企業群が連携して小型衛星を開発しており、宇宙産業の参入を目指している。また、神奈川県京浜地区では中小企業群が航空宇宙部品調達支援プロジェクトの一事業として JASPA 株式会社を立ち上げ、JAXA や航空宇宙機器メーカー向けに、国内中小企業より調達した部品・製品の信頼性に関する品質保証を行っている¹⁰⁾。これらのプロジェクトが中小企業群の航空宇宙産業参入のさきがけとなり、ビジネスモデルができる可能性がある。そして、より多くの企業が航空宇宙産業に参入することにより、日本国内で産業内での競争が活発化すれば、国内外からの航空宇宙関連製品の受注が増加する可能性がある。その結果、日本の航空宇宙産業の国際競争力が高まると考えられる。また、東大阪と同様に、各地域で地域活性化を見据えて産学官が連携してプロジェクトを推進することにより、様々なアクター間の相互作用によって新しいスピルオーバーが発生することが考えられる。

また、「実践的工学教育」は人材育成による宇宙技術の底上げにつながると考えられる。近年まで、日本の大学の宇宙工学教育においては理論中心の教育が行われ、学生がプロジェクトを通して衛星やロケットの開発を学ぶことはあまりなされていなかった。より多くの学生が実践を通して衛星やロケットの設計・組み立て技術を身に付けることにより、将来的に宇宙技術の底上げが期待される。また、「実践的工学教育」はものづくりや衛星やロケット開発に関心をもつ学生を喚起することが予想され、大学の魅力向上につながることも考えられる。

これらのようなマクロレベルのスピルオーバーは当初プロジェクトの目標として捉えていなくとも、産学官連携施策によって生まれたスピルオーバーとして評価の際に重要視されるものであると考えられる。

7. 結論

本稿では、科学技術的成果のみでなく、社会的・経済的成果の創出も目的とし、民間企業を主体として産学官が連携した宇宙開発プロジェクトの成果評価に焦点を当てた。上述したように国の文書では、科学技術分野において、科学技術的成果のみならず社会的・経済的な波及効果の評価の必要性が指摘されている。本稿では、それにもかかわらず、宇宙開発における産学官連携活動の成果評価においてそれらの評価項目が明確にされていないことを問題点として捉え、「産学官が連携した宇宙開発プロジェクトの成果評価における新しい枠組みを提案すること」を目的とし、事例の調査を試みた。

事例として取り上げた東大阪の小型衛星開発プロジェクトにおける JAXA の活動は、「JAXA のプロジェクト」ではなく、国の産学官連携の基本的考え方及び、宇宙開発政策に基づいた「施策」の一環として行われている。本稿における調査では、プロジェクトから派生した「関西圏

の宇宙利用促進活動」、「日本各地の宇宙開発プロジェクト立ち上げ」、「宇宙に対する理解増進」等、マクロレベルのスピルオーバーが発生していることが明らかとなった。これらは日本の宇宙開発の評価体制の分析結果に照らし合わせると、総合科学技術会議、宇宙開発委員会、法人評価委員会のいずれにおいても評価対象となっていない。

最後に、図3で示した産学官がそれぞれ主目的としている地域活性化、宇宙開発、教育・研究開発で区分したスピルオーバーを、先行研究レビューにより整理した成果の区分に基づき、技術的視点、経済的視点、社会的視点で評価項目として抽出し、事例以外の例にも適用できるように言葉を置き換えることにより、新しい成果評価の枠組みとして表2が提出できる。

表2：産学官連携による宇宙開発プロジェクトにおける
スピルオーバー区分

	宇宙開発	教育・研究開発	地域活性化
科学・技術的スピルオーバー	人材育成・宇宙に対する敷居低下	実践的工学教育 研究開発進展	ネットワーク形成
経済的スピルオーバー	宇宙利用促進・宇宙産業拠点の増加	(特許収入) (大学発ベンチャー)	売上・企業知名度向上
社会的スピルオーバー	宇宙開発の理解増進	大学の魅力向上	地元の知名度向上

() 内のスピルオーバーは確認されていないが、今後予想されるものとして記入した。

8. おわりに

東大阪の小型衛星開発プロジェクトの場合、「官」の立場として JAXA のみでなく経済産業省管轄の NEDO も関与している。このため、スピルオーバーが一つの省(文部科学省)の管轄内で評価されるならば、NEDO の関与をスピルオーバーの帰属先として含めることができない。このように、表2に示されるようなスピルオーバーは、産学官の様々なアクターが係っているために帰属先の特定が困難であり、各々について一機関の寄与度を測ることは難しい上、マクロレベルで影響を及ぼすものも存在する。このため、これらは実施機関レベルやプロジェクトレベルではなく、より上位の政策レベルで評価されることが望ましく、今後は府省横断的に評価が実施される必要がある。

参考文献

- ¹¹⁾ SOHLA HP (<http://www.sohla.com/>)
- ¹²⁾ 総合科学技術会議 HP (<http://www8.cao.go.jp/cstp/>)
- ¹³⁾ 文部科学省、研究開発のアウトカム・インパクト評価体系 プレス発表資料(2005)
- ¹⁴⁾ 林、「欧州における研究評価の教育コースの現状」、調査と情報、470号、(2002)
- ¹⁵⁾ Airaghi, A et al. (1999), Options and Limits for Assessing the Socio-Economic Impact of European RTD Programmes
- ¹⁶⁾ Fahrenkrog, G et al. (2002), RTD Evaluation Toolbox -Assessing the Socio-Economic Impact of RTD Policies
- ¹⁷⁾ 原山、産学官連携とは？、産学官連携ジャーナル、Vol.1 No.7、(2005).
- ¹⁸⁾ 宇宙航空研究開発機構、産学官連携活動の現状について、(2005).