

先端研究拠点事業（国際戦略型）の事後評価結果

領域・分科（細目）	数物系科学・天文学（天文学）
拠点機関名	東京大学大学院理学系研究科
研究交流課題名	暗黒エネルギー研究国際ネットワーク
採用期間	平成 19 年 4 月 1 日～平成 24 年 3 月 31 日
日本側コーディネーター（職・氏名）	大学院理学系研究科・教授・須藤 靖
交流相手国 （国・拠点機関・コーディネーター）	英国・エジンバラ大学 （王立国立天文台・教授・John PEACOCK）
	米国・プリンストン大学 （宇宙科学教室・教授・Edwin L. TURNER）
	フランス・パリ天体物理学研究所 （重力宇宙論部門・主任研究員・Jerome MARTIN）

## 1. これまでの交流を通じて得られた成果

当該研究交流課題を実施したことによる国際学術交流拠点の形成、成果の学術的価値、若手人材育成への貢献等につき、どの程度成果があったかへの評価。

<p><b>評 価</b></p>
<p> <input checked="" type="checkbox"/> 十分成果があった。  <input type="checkbox"/> 概ね成果があった  <input type="checkbox"/> ある程度成果があった。  <input type="checkbox"/> ほとんど成果が見られなかった。         </p>
<p><b>コメント</b></p>
<p><b>【国際学術交流拠点の形成】</b></p> <p>本課題は、純粋に理論的研究テーマと考えられていた暗黒エネルギーについて、世界有数の性能を持つ日本のすばる望遠鏡による観測データを用いることにより、理論と観測を有機的に結び付け、天文学者と物理学者が協力してその謎の解明に挑戦する交流拠点を構築しようとする、非常に意欲的な試みである。国内的には、超広視野主焦点カメラ (Hyper Suprime-Cam, HSC) を製作し、すばる望遠鏡を運用する国立天文台、次世代多天体分光器 (主焦点の可視多天体ファイバースペクトログラフ (Wide-Field Multi-Object Spectrograph, WFMOS) から超広視野分光器 (Prime Focus Spectrograph, PFS) へ発展) の製作とサイエンスを牽引する東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構、そして暗黒エネルギーの理論研究を推進する東京大学大学院理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センターという三者の連携体制を構築することができたことが高く評価される。また、国際的には、三者の連携事業の推進母体として日本側拠点機関であるビッグバン宇宙国際研究センターが、理論系研究者を中核として広く国内外の実験・理論研究者との研究交流を重ね、目標のひとつである HSC の国際共同研究を確立した点は十分評価できる。</p> <p>分光サーベイプロジェクト WFMOS がジェミニ天文台の撤退によりキャンセルされてしまい、本事業後の拠点が SuMIRe (すみれ, Subaru Measurement of Imaging and Redshifts) プロジェクトとして協力機関であるカブリ数物連携宇宙研究機構に移ってしまったのは予想外であったが、SuMIRe PFS が国際共同プロジェクトへ発展した基礎を本課題が作ったことは、大いに評価できる。</p> <p><b>【成果の学術的価値】</b></p> <p>暗黒エネルギーの解明は天文学、宇宙論、基礎物理学が挑むべき最重要研究課題の一つであることは誰しも認めるところである。HSC の開発が予定より 1 年ほど遅れた点は残念であるが、本課題は暗黒エネルギーの解明に向けた観測的かつ理論的準備を行うことが目的であり、概ね順調に進展したと考えられる。</p>

**【若手人材育成への貢献】**

日本側拠点機関であるビッグバン宇宙国際研究センターは、本来大学院教育の機能を持つ機関であり、本課題である暗黒エネルギー問題に取り組む知識と技能を持つ若手研究者を効率よく育成している。国際会議、セミナー、サマースクール等を通じて暗黒エネルギーの研究を活性化することに成功しており、拠点機関のみならず国内の他研究機関の若手研究者の育成にも貢献した。これらを通じて、若手人材育成に力を入れたことが認められる。また、国際会議等だけでなく共同研究としても若手研究者を多数派遣することにより、若手の人材育成に大きな成果をもたらしたと言える。

**【情報集約性】**

当該研究交流を通じて、暗黒エネルギーの国際的な研究動向をいち早く把握し、研究の推進に役立ててきたことに加え、ヨーロッパの観測衛星「ユークリッド」との連携体制を構築するなど、機動的な情報集約性を発揮したと考えられる。

**【社会貢献性】**

難しいテーマであるにも関わらず、講演会、書籍、科学雑誌、新聞等を通じて、暗黒エネルギーの解説を行ってきたことから、社会的認知が進み、日本国民の知的生活を豊かなものにするに十分貢献したと考えられる。

2. 事業の実施状況

事業の戦略性、拠点形成に向けた実施体制への評価。

<b>評 価</b>
<input type="checkbox"/> 非常に効果的に実施された。 <input checked="" type="checkbox"/> 概ね効果的に実施された。 <input type="checkbox"/> ある程度効果的に実施された。 <input type="checkbox"/> 効果的に実施されたとは言えない。
<b>コメント</b>
<p><b>【事業の戦略性】</b></p> <p>現状の観測事実のみによる暗黒エネルギーの理論研究の飛躍的な進歩は極めて難しく、様々な観測データの収集は不可欠である。また、どのような観測データが必要かは、理論的な研究に負うところが非常に大きい。本事業は、理論的研究を主に担当するビッグバン宇宙国際研究センターが中心となり、日本のすばる望遠鏡を用いた観測の国際共同研究を開始するという、暗黒エネルギーの解明という目的に対して、極めて合理的なプロジェクトであるといえる。国内での議論と並行して、国外の拠点機関であるプリンストン大、カリフォルニア工科大、パリ天体物理学研究所においてそれぞれ国際会議を開催し、国外機関への共同研究の打診、共同研究の組織作り、分光器のデザインなど観測装置の具体的な仕様の議論、と日本が主導して計画的に事業が進められており、戦略的な取り組みは十分なされていたと評価できる。その中でビッグバン宇宙国際研究センターは、暗黒エネルギーに関する理論的な研究に関して主導的立場で研究グループを形成し成果を上げるとともに、国際共同研究に基づく論文も数多く発表し、日本のプレゼンスを高めるために十分貢献した。</p> <p>このプロジェクトを進めるにあたり、国外研究機関と連携し日本主導の共同研究体制を確立することに成功している。この日本のプレゼンスを高める戦略的な事業推進は、日本のすばる望遠鏡を用いた計画であることと、偶発的ではあるが、ジェミニ天文台と共同で行なう予定であった銀河分光サーベイ観測が、ジェミニ天文台側のキャンセルにより、日本学術振興会最先端研究開発支援プログラム採択課題であるカブリ数物連携宇宙研究機構の村山氏が代表を務める国際共同プロジェクト SuMIRe PFS に受け継がれたことも大きいと思われる。</p> <p>大型予算を必要とするプロジェクトが破綻した場合、過去の事例をみると、その再建は一般に非常に難しいのであるが、ジェミニ天文台との共同で WFMOS を製作する予定であった分光サーベイについては、計画がキャンセルされたにも拘らず、新たな国際協力体制のもとで PFS 製作の大型予算を獲得し、国際共同プロジェクト SuMIRe PFS に受け継がれた。PFS については、現在カブリ数物連携宇宙研究機構が主として推進しているが、本事業を通じて米国のプリンストン大学やカリフォルニア工科大学、さらにはフランスのマルセイユ天文台などの共同研究者らとの連携により PFS の製作体制が整い、研究交流が進行していたことから、スムーズに WFMOS から PFS へ発展的にプロジェクトを再建することが出来たのではないかと推察される。国際観測プロジェクトとしては、カブリ</p>

数物連携宇宙研究機構がより中心的な研究拠点の役割を果たすようになったが、PFS 発足において本事業が果たした役割は大きく、むしろ評価すべきである。

**【拠点形成に向けた実施体制】**

研究会の開催等を通じて国内研究者との広範な連携を図り、国際会議の開催を通じて、国外研究者との連携と協力関係を構築した。また、サマースクールの開催や海外における国際会議への派遣等を通じて若手研究者の育成にも力を注ぎ、宇宙論若手研究者の国際化と層を広げることに貢献してきたことも、拠点形成には大きな役割を果たしたと考えられる。さらに、国外研究拠点とは理論面でも実験でも緊密な共同研究を開始し、それが 2 国間交流事業や博士研究員の交換に発展するなど、本事業が適切に実施され、拠点としての役割を十分果たした。

一方、特に海外との連携における観測プロジェクトの面から言うと、当該研究交流を通じて、ビッグバン宇宙国際研究センターは暗黒エネルギーの理論的解明を目指す研究拠点という性格がますます鮮明になったと考えられる。最終的に検出器製作グループやソフトウェアチームなどを束ねるプロジェクトの組織作りはカブリ数物連携宇宙研究機構、理論面での共同研究支援はビッグバン宇宙国際研究センターとなったが、遠方銀河の撮像と分光サーベイを通じた暗黒エネルギーの性質を解明する国際共同研究の開始という本事業の第一義的目的については、ほぼ達成されたと言える。

## 3. 今後の展望

今後も、複数の学術先進諸国との間で、我が国における先端研究交流拠点として、学術国際交流の発展に継続的な活動が期待できるかどうか、拠点としての代表性への評価。

<p><b>評 価</b></p>
<p> <input checked="" type="checkbox"/> 大いに期待できる。  <input type="checkbox"/> 概ね期待できる。  <input type="checkbox"/> 一層の努力が必要である。  <input type="checkbox"/> 期待できない。         </p>
<p><b>コメント</b></p> <p>【拠点としての代表性】</p> <p>暗黒エネルギー研究の観測的なアプローチとして、遠方銀河の撮像及び分光サーベイは重要な柱の一つである。HSC を製作し、すばる望遠鏡を運用する国立天文台、次世代多天体分光器 (WF MOS から PFS へ発展) の製作とサイエンスを牽引するカブリ数物連携宇宙研究機構、そして暗黒エネルギーの理論研究を推進するビッグバン宇宙国際研究センターという三者の連携体制を構築することができたことが高く評価される。また、本事業の推進により、すばる望遠鏡の HSC と PFS で推進する広域撮像及び分光サーベイは暗黒エネルギーの極めて重要な研究の一つとして、国際的に認知されるに至ったことは特筆に値する。</p> <p>本課題は、複数の外的要因により、検出器の開発を含む観測プロジェクトではカブリ数物連携宇宙研究機構が中心的な役割を果たすこととなったが、本課題においてなされた学術先進国との密な交流と共同研究の推進はビッグバン宇宙国際研究センターの力であり、今後の暗黒エネルギーの研究に大きな礎を築いたと言える。また、観測の推進はカブリ数物連携宇宙研究機構が主導するとしても、理論面での研究拠点としてビッグバン宇宙国際研究センターの果たす役割、期待される成果は大きい。また、ビッグバン宇宙国際研究センターを含む東京大学大学院理学系研究科は多くの優秀な大学院生を擁しており、若手研究者の育成の中心としてその果たす役割は大きい。</p> <p>遅れていた HSC は間もなく観測が開始されるであろうし、分光器 (PFS) も基本設計の段階に入っている。これらの装置は、今後 5~10 年程度に渡って暗黒エネルギーの謎の解明だけでなく、宇宙の進化の謎の解明に大いに貢献することが期待されるだけに、継続的な研究交流拠点の維持・発展が不可欠である。今後は、国立天文台、カブリ数物連携宇宙研究機構、及びビッグバン宇宙国際研究センターのバランスを上手く取りつつ推進していくことが重要となるだろう。HSC 及び PFS によるサーベイの成果が出るまでには、それぞれ 5 年以上、及び 10 年以上の歳月を要する息の長い研究プロジェクトになるが、この継続的な推進により成果が出れば、暗黒エネルギーの研究に大きなブレークスルーをもたらしてくれることが期待される。</p>

## 4. 総合的評価（書面評価）

評 価
<input type="checkbox"/> 当初の目標は想定以上に達成された。 <input checked="" type="checkbox"/> 当初の目標は想定どおり達成された。 <input type="checkbox"/> 当初の目標はある程度達成された。 <input type="checkbox"/> 当初の目標はほとんど達成されなかった。
コメント
<p>本課題は、天文学者と物理学者が緊密に協力しあい、世界有数の性能を持つすばる望遠鏡によるサーベイ観測データを用いて理論と観測を有機的に結び付け、暗黒エネルギーという物理的に本質的な課題に挑戦する交流拠点を構築しようとする、非常に意欲的な試みである。理論的な暗黒エネルギー研究の中心であるビッグバン宇宙国際研究センターが、理論研究者だけでなく、国内外の観測的研究者とも計画段階から密に連携し共同研究をスタートさせようとしたことは、研究の新しい流れを作ったとも言える。</p> <p>すばる望遠鏡の次世代観測装置である HSC 及び PFS による広域撮像及び分光サーベイによる暗黒エネルギーの観測的研究の推進体制を整備し、このプロジェクトの重要性を広く国際的に認識させてきたことは高く評価できる。具体的な成果としては、HSC に関する国際共同研究をスタートさせたこと、および海外との交流を通じての国際共同研究に基づく成果、特に理論的研究の成果を十分出していることがあげられる。HSC が遅れ、未だに観測が始まっていない点や、分光サーベイプロジェクト WFMOS が外的要因でキャンセルされてしまった点は残念であったが、協力機関のひとつであるカブリ数物連携宇宙研究機構が主導する SuMIRe PFS が日本学術振興会最先端研究開発支援プログラムに採択され、本課題の海外拠点機関・協力機関を含む形での新たな国際協力体制のもとで PFS 製作の大型予算が確保されて、プロジェクトが立て直された。同課題での国際交流の推進と共同研究体制の構築が、SuMIRe PFS の基礎作りに本質的な貢献をしたことは確実で、高く評価できるものである。ビッグバン宇宙国際研究センターは、理論的研究の中核として、今後も貢献していくことが期待される。</p> <p>国際的な交流拠点の形成及び若手研究者の育成については、国際会議や研究会、サマースクールの開催、海外への研究者の派遣が積極的に行われ、その目的は達成されたと言える。特に博士課程学生や若手研究者の派遣が多く、この事業による若手研究者育成への貢献は大きい。本事業を通じて確立した国立天文台、カブリ数物連携宇宙研究機構、及びビッグバン宇宙国際研究センターと海外研究拠点との連携体制を維持し、さらに発展・推進していくことにより、暗黒エネルギーの研究に大きなブレークスルーをもたらすことが期待される。</p>