

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

学校法人名	京都産業大学	大学名	京都産業大学
研究プロジェクト名	赤外線高分散分光天文学研究拠点 Infrared Spectroscopy Laboratory の形成		
研究観点	研究拠点を形成する研究		

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

天文学者である荒木俊馬を学祖とする京都産業大学では、装置開発を基盤とした研究教育拠点として神山天文台を平成22年度に設置し、研究・教育の要として位置付け、世界最高水準の機器開発を中心に研究を推進してきた。特に、これまで未開拓であった波長 $1\mu\text{m}$ 帯域における天体分光の分野では、世界最高水準の性能を誇る近赤外線高分散分光器の開発を行い、これを活用した観測天文学的成果を上げている。神山天文台は装置開発／観測研究の両面から、近赤外線波長域における高分散分光研究において国内で重要な位置を占めつつある。本研究では、「近赤外線高分散分光器の高分散化およびこれを活用した天体の精密化学分析・動力学的研究」を中核とし、赤外線高分散分光天文学およびその関連装置／基礎技術開発のための国内拠点を形成する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

本研究プロジェクトでは関連研究テーマの実施にあたり近赤外線高分散分光を専門とする研究者をPD(研究員)として雇用し、平成26年度より、神山天文台の口径 1.3m 望遠鏡に搭載した波長 $1\mu\text{m}$ 帯($0.9\text{--}1.35\mu\text{m}$)の高分散分光器 WINERED の機能強化・性能向上をはかってきた。また、それとともに同望遠鏡による集中的な観測を実施することで、これまでに十分な知見が得られていない波長 $1\mu\text{m}$ 帯における様々な天体の高分散分光スペクトルを得ることに成功してきた。WINERED の機能強化・性能向上については、従来は波長分解能($R=\lambda/\Delta\lambda$)が $30,000$ であったものを、 $80,000$ にまで向上させることに成功している。これに伴うデータ処理方式の確立も進行中であり、すでにいくつかの天体において、同波長域で過去に類を見ない高精度が高分散分光スペクトルを得ることに成功した。高波長分解能によってより詳細な吸収線分析が高い S/N 比で可能になるだけでなく、複数の速度成分の分離なども新たに可能となっている。主な成果としては星間空間に存在する未知の大型有機分子が引き起こす Diffuse Interstellar Bands を $1\mu\text{m}$ 帯で多数発見しており、そのキャリア分子の同定にむけて取り組んでいる。また、WINERED を平成28年度中には南天の La Silla 天文台口径 3.6m 望遠鏡に移設して利用可能な状態となった。これにより更に S/N 比の高いデータが得られるだけでなく、La Silla 天文台の高晴天率・良好な気象条件によって、より質の高いデータを取得できるようになった。現在、観測が進行中である。一方、次世代の超大型地上望遠鏡に装着できる赤外線高分散分光器の実現に必要な基礎技術の開発にも注力しており、適切な光学材料やコーティングの検討などを行い、Ge を材料とする極めて高効率なイマージョン回折格子の開発にも成功した。

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

**平成26年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

- 1 学校法人名 京都産業大学 2 大学名 京都産業大学
- 3 研究組織名 京都産業大学神山天文台
- 4 プロジェクト所在地 京都市北区上賀茂本山
- 5 研究プロジェクト名 赤外線高分散分光天文学研究拠点 Infrared Spectroscopy Laboratory の形成
- 6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
河北 秀世	神山天文台	神山天文台長

- 8 プロジェクト参加研究者数
- 16
- 名

- 9 該当審査区分
- 理工・情報
- 生物・医歯
- 人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
河北 秀世	神山天文台・台長、理学部・教授	太陽系始原物質における同位体比	太陽系天文学研究の推進、装置開発
鈴木 信三	理学部・教授	DIB(拡散状星間吸収バンド)の起源解明	宇宙化学、分子分光学研究の推進
高木 征弘	理学部・准教授	惑星大気の化学動力学	惑星大気物理学研究の推進
佐川 英夫	理学部・准教授	惑星大気の化学分析	惑星大気物理学研究の推進
近藤 莊平	神山天文台・研究員	大質量星における化学進化過程の解明	恒星物理学研究の推進、装置開発
藤代 尚文	神山天文台・研究員	可視・近赤外線補償光学装置の開発	高分散化の為の補償光学装置実現
新井 彰	神山天文台・研究員	質量放出現象の解明	時間変動天体の観測的研究、高分散分光器開発
濱野 哲史	神山天文台・研究員	DIB(拡散状星間吸収バンド)の起源解明	星間空間における赤外線DIBの観測的研究
鮫島 寛明	神山天文台・研究員	大質量星ラインリスト整備、AGNの物理環境解明	地球大気吸収の高精度補正方式の確立

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

福江 慧	神山天文台・研究員	セファイド型変光星による化学動力学	LDR 法による恒星大気物理状態の解明
(共同研究機関等) 小林 尚人	東京大学大学院・准教授	キューサー吸収線系を用いた宇宙化学進化史解明および次世代高分散分光素子の開発	宇宙進化史の解明、高分散分光器開発統括
松永 典之	東京大学大学院・助教	セファイド型変光星による化学動力学	銀河天文学の推進と解析パイプライン開発
安井 千香子	国立天文台・助教	原始惑星系円盤の化学動力学	星間星周天文学の推進とパイプライン開発
池田 優二	Photocoding・代表	晩期型星外層の物理解明、次世代高分散分光素子の開発	恒星天文学の推進、高分散分光素子製作に関する基礎技術開発
猿楽 祐樹	東京大学大学院・特任研究員	赤外線用分散素子材料の光学測定	赤外線分光器の高分散分光素子開発
泉 奈都子	国立天文台 チリ観測所・研究員	原始惑星系円盤の化学動力学	次世代赤外線高分散分光器の開発

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

追加

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	神山天文台・研究員	新井 彰	時間変動天体の観測的研究、高分散分光器開発

(変更の時期:平成 26 年 11 月 1日)

追加

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	神山天文台・研究員	濱野 哲史	星間空間における赤外線 DIB の観測的研究

(変更の時期:平成 27 年 4月 1日)

追加

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	神山天文台・研究員	鮫島 寛明	地球大気吸収の高精度補正方式の確立

(変更の時期:平成 27 年 4月 1日)

追加

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	神山天文台・研究員	新崎 貴之	分光器の光学設計検討

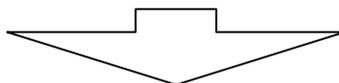
(変更の時期:平成 27 年 4月 1日)

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
大質量星における化学進化過程の解明	神山天文台・専門員	近藤 荘平	恒星物理学研究の推進、装置開発

(変更の時期:平成 27 年4月1日)



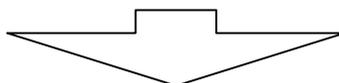
新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
神山天文台・専門員	神山天文台・研究員	近藤 荘平	恒星物理学研究の推進、装置開発

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
赤外線用分散素子材料の光学測定	宇宙航空研究開発機構・研究員	猿楽 祐樹	赤外線分光器の高分散分光素子開発

(変更の時期:平成 27 年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
宇宙航空研究開発機構・研究員	東京大学大学院・特任研究員	猿楽 祐樹	赤外線分光器の高分散分光素子開発

削除

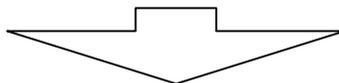
プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
次世代赤外線高分散分光器の開発	東京大学大学院・特任研究員	三戸 洋之	赤外線分光器の機械光学系開発

(変更の時期:平成 28 年3月 31 日)

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
可視・近赤外線補償光学装置の開発	神山天文台・専門員	藤代 尚文	高分散化の為の補償光学装置実現

(変更の時期:平成 28 年4月1日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
神山天文台・専門員	神山天文台・研究員	藤代 尚文	高分散化の為の補償光学装置実現

追加

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	神山天文台・研究員	福江 慧	LDR 法による恒星大気物理状態の解明

(変更の時期:平成 28 年5月1日)

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

追加

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
	国立天文台 チリ観測所・研究員	泉 奈都子	次世代赤外線高分散分光器の開発

(変更の時期:平成 28 年7月1日)

削除

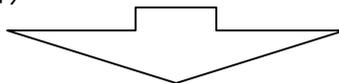
プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
次世代・赤外線高分散分光器の開発	神山天文台・研究員	新崎 貴之	分光器の光学設計検討

(変更の時期:平成 29 年2月 28 日)

旧

プロジェクトでの研究課題	所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
原始惑星系円盤の化学動力学	東京大学大学院・特任研究員	安井 千香子	星間星周天文学の推進とパイプライン開発

(変更の時期:平成 28 年 4 月 1 日)



新

変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
東京大学大学院・特任研究員	国立天文台・助教	安井 千香子	星間星周天文学の推進とパイプライン開発

11 研究進捗状況(※ 5枚以内で作成)

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

天文学者である荒木俊馬を学祖とする京都産業大学では、装置開発を基盤とした研究教育拠点として国内私立大学として最大口径の望遠鏡を有する神山天文台を平成 22 年度に設置し、これを研究・教育の要として位置付け、世界最高水準の機器開発を中心に研究を推進してきた。特に、これまで未開拓であった波長 $1\mu\text{m}$ 帯域における天体分光の分野では、世界最高水準の性能を誇る近赤外線高分散分光器の開発を行い、これを活用した観測天文学的成果を上げている。神山天文台は装置開発／観測研究の両面から、近赤外線波長域における高分散分光研究において国内で重要な位置を占めつつある。本研究では、「近赤外線高分散分光器の高分散化およびこれを活用した天体の精密化学分析・動力学的研究」を中核とし、赤外線高分散分光天文学およびその関連装置／基礎技術開発のための国内拠点を形成する。

神山天文台の過去の研究活動の中では、「独自の観測装置を開発し、これを用いて世界最高水準の研究を推進する」という戦略が成功しており、開発／研究活動と学生教育を一体化したスタイルによって、人材の育成にも取り組んでいる。平成 25 年度より、波長 $1\mu\text{m}$ 帯で世界最高性能を誇る近赤外線高分散分光器を用いた開発／研究にリソースを集中投資し、観測研究ならびに装置開発を推進してきた。このような研究業績を背景に、今後、近赤外線波長域におけるイメージング回折格子や高ブレイズ角回折格子など赤外線高分散分光天文学の発展に不可欠となる基礎技術の開発を含め、赤外線高分散分光器の開発拠点およびこれを用いた研究拠点として神山天文台を更に発展させることで、京都産業大学の独自性を打ち出すとともに、国内における関連研究の発展を支援することができる。特に波長 $1\mu\text{m}$ 付近での高分散化は、各種回折格子など分光器に必要な分散素子の開発のみならず、可視～近赤

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

外線波長域における補償光学技術の開発なども密接に関連しており、未だ十分には開拓されていない困難かつ重要な研究・開発課題であると言える。赤外線波長域での高分散化は、宇宙における各種元素組成比、同位体比などの決定に重要な役割を果たし、かつ、天の川銀河の中心方向のようなダストによる減光が大きな領域であっても透過性が高いという観点から、また、遠方の形外銀河などについては、遠く過去の情報を得ることができるという観点からも、研究上の重要性が極めて高い課題であると言える。本研究プロジェクトの学術的な特色は、赤外線波長域の高分散化基盤技術を開発し、これを応用した独自の天体観測装置を用いて、各種天体の化学／動力学を手がかりとして宇宙の化学進化史を明らかにするという点にある。更に、この研究プロジェクトを推進することで、国内に赤外線高分散分光天文学の研究拠点を形成し、各研究機関における関連装置の開発を業務委託等の形で支援できる体制が整う。

研究プロジェクトでは①観測天文学的研究と②関連する装置および基礎技術開発を、歩調を合わせて推進する。いずれも京都産業大学神山天文台において実施する研究・教育の要であり、既に、ある程度の設備が整っていることがメリットである。国内では、観測装置関連技術の高度化に伴い、赤外線天文学における高分散分光学の発展が遅れている。赤外線高分散分光天文学の推進のためには関連する観測装置・基礎技術の開発が必要であり、また技術開発が天文学的研究テーマと乖離しないためにも、観測天文学的研究と一体となった推進体制が必要である。天文学の発展において分光学が果たして来た役割は非常に大きい。特に、赤外線波長域では原子だけでなく多種多様な分子の遷移が観測されることが特徴である。分子の形では各種同位体元素の存在比が観測しやすくなる等の利点の他、銀河系中心方向など星間塵のシビアな減光に隠されている領域についても観測が可能となるメリットがある。観測される分子の多様性という点からは、電波領域では観測できないような対称性の高い分子でも、近赤外線領域の振動または電子遷移によって観測が可能となる。このように利点の多い波長域ではあるものの、効率の良い天体用高分散分光器の発展が可視光線波長域に比べて遅れたため、未だに高分散分光学的視点からの研究が十分には進んでいない波長域でもある。赤外線高分散分光天文学のメリットは、まさにここにある。

(2) 研究組織

本研究では、京都産業大学神山天文台が中心となって研究を実施している。神山天文台には台長の河北をはじめ、研究員として赤外線波長域での高分散分光学的研究および関連装置開発を主たる研究テーマとするスタッフが揃っている。また、神山天文台は平成 25 年度に東京大学大学院と近赤外線高分散分光器の開発等を目的として研究協定を結び、両組織の研究者が神山天文台における装置開発および当該施設を活用した観測研究を推進してきた。更に、客員研究員として国内装置開発の有力者を招いて研究を実施しており、国内における高分散赤外線天文学の研究者が一堂に会するといった様相を呈している。以上の陣容に加え、神山天文台と教育面で連携を図っている京都産業大学理学部物理科学科から分子分光学に造詣の深いスタッフを迎えており、実験室分光学分野を強化した。また、本研究では若手研究者中心に更にスタッフを採用し、国内における当該分野の将来に向けた強化を図っており、平成28年度にはPD 研究員 7 名が研究プロジェクトに参加している。また、PD 研究員に加えてリサーチアシスタント(RA)の雇用も行い、当該分野の将来を担う博士課程在籍者の育成にも取り組んできた。毎年1-2名の RA を雇用している。

研究代表者は、神山天文台長として当該研究組織の全体を統括する一方で研究プロジェクトの中で太陽系天文学の分野を担当し、観測研究を推進してきた。また、総勢16名になる研究者の分担や責任体制については、毎週ミーティングを実施し、各担当の報告および今後についての議論を継続し、担当者の責任を明確にする体制をとっている。前述のように RA とし

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

て2名程度を雇用する一方、修士課程在籍の大学院生および学部学生が定常的に5-10名程度、研究プロジェクトに参加しており、その教育的効果も含め、研究の活性化に繋がっている。研究支援体制については、神山天文台が属する本学・研究機構事務職員による各種物品調達、予算執行、アウトリーチ活動などの業務についての支援体制をとっており、研究者と事務職員との連携によって、きわめて効率的かつ速やかな研究遂行を可能としている。共同研究機関である東京大学大学院とはスタッフの綿密な連携を実現しており、共同研究基幹の研究スタッフが前述の定例ミーティングにも参加している。

(3) 研究施設・設備等

研究施設としては神山天文台(平成21年度完成、1,889m²)および万有館 B209 実験室ならびに B204 実験室(平成25年度完成、合計 168m²)を利用している。それぞれ、平均30名および10名程度の研究者が利用している。これらは既に本研究プロジェクト開始前に整備ができており、プロジェクト開始当初から利用を続けている。

主な研究装置・設備については、本研究プロジェクト開始前に整備が済んでいるもの以外では以下のとおりとなっている。

- ・赤外線検出器(Eng.級)【平成27年度】、利用時間:4000時間
- ・イマージョン回折格子(波長1 μm、装置搭載用)【平成27年度】、利用時間:4000時間
- ・赤外線検出器(Sci.級)【平成28年度】、利用時間:700時間
- ・イマージョン回折格子(MIR、装置搭載用)【平成28年度】、利用時間:1400時間
- ・中間赤外線用エシェルメーター【平成28年度】、利用時間1000時間

平成28年度に整備した研究装置・設備については、完成時期の関係でまだ十分には利用されていないが、今後、継続的な利用が進むことになる。これらはいずれも現行の観測装置 WINERED の機能強化および次世代高分散分光器の技術要素開発に利用しており、実験室での利用が主であるため、今後は、更に利用時間が伸びる。

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

本研究プロジェクトの目的は、国内における近赤外線高分散分光天文学の拠点を京都産業大学に形成し、これをもって同分野を牽引することにある。

人材面では、プロジェクト開始の平成26年度当初から国内のおもだった天文・惑星科学の研究者で近赤外線高分散分光手法を活用した研究を行っている或は行いうる観測・装置開発および理論分野の人材を集めることができ、京都産業大学の常勤スタッフあるいは客員研究員として研究チームを構成することができた。また、物理科学分野(とくにフラーレン、カーボンナノチューブなど)の専門家を組み込むことで、赤外線 DIB の探査および起源解明(以下、<特に優れた研究成果>を参照)について研究を大きく進めることが出来た事などを鑑みれば、当該分野を牽引しうる人材を確保できていると考えている。

研究成果面では、近赤外線高分散分光技術の基礎技術開発に注力し、当該分野の発展に寄与することが本研究プロジェクトの大きな目的のひとつである。この点については、「近赤外線高分散分光器 WINERED の高効率・高分散化」という技術的課題の解決、および「赤外線波長用・高効率イマージョン回折格子の製作技術の確立」ならびに「赤外線波長用イマージョン回折格子に適した光学材料の選定に必要な、高精度吸収効率測定技術の開発」という面で、大きな成果を上げる事ができた(以下、<特に優れた研究成果>を参照)。従来の同波長帯をターゲットとした高分散分光器が効率約20%以下にとどまるのに対し、WINERED は最大で効率50%を達成しており、極めて高効率な観測を実現できた。また、イマージョン回折格子は理論的な限界効率を達成することに成功しており、これも従来の製作手法に比べて大きく効率の向上に成功している。現在、Ge 製のイマージョン回折格子を用いた波長

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

2-5 μm 帯の赤外線高分散分光器の開発に必要な基礎技術開発を行っており、当初の研究目標を順調に達成できている。

また、近赤外線高分散分光器 WINERED を用いた波長 1 μm 帯の赤外線天文学の新展開という目標も順調に達成しつつあり、特に前述の赤外線 DIB の探査に関する進捗は著しい。これまで赤外線波長で発見された DIB は 10 本程度であったが、WINERED を用いた観測によって、これを数倍以上のサンプル数に増加させることができた。可視光線では得られなかった大型有機分子に関連した情報が得られると期待され、実験室での研究と協調する形で、今後の展開が期待できる。観測研究面では、「高効率」を大きな特徴とする同装置によって高 S/N 比のスペクトルを得ることが本質的に重要となっており、それによって研究面でも大きなブレークスルーを達成しつつある。従来は分光器光学系の問題(フリッジ・パターン)や地球大気吸収線の除去などが問題となって最大で S/N 比 100 程度のスペクトルを得ることが普通であったのに対し、WINERED では S/N 比 500 を達成することは全く難しくない。しかも、それらの成果は口径 1.3m の小口径望遠鏡で達成されており、現在、口径 3.6m の望遠鏡に移設したことにより、更に大きな進展が達成されつつある。研究計画にあった海外大型望遠鏡への移設についても、予定より早めの実現できており、残る 2 年間に多くのデータを得ることができると考えている。また、前述の高 S/N スペクトルを得るために必要な「地球大気吸収線の高精度除去」についても着実に問題を解決しており、その成果は、今後の赤外線高分散分光天文学の発展に大きく寄与するものである。

以上、当初研究計画の目的を着実に(期待以上に)達成しており、残る 2 年間での更なる進展が期待できる。

<特に優れた研究成果>

①多数の赤外線 DIB を発見(<雑誌論文>*6、*19: <学会発表>*1、*15、*17、*18)

DIBs (Diffuse Interstellar Bands:ぼやけた星間吸収線)は、星間空間に存在する大型有機分子による吸収バンドであると考えられているが、可視光線波長域で数百本以上の DIB が見つかっているにもかかわらず、そのうちでキャリア分子が同定されたのは C_{60}^+ のみである(2015年に実験室での測定が成功して同定された)。一方、赤外線波長域での DIB 探査はほとんど進んでおらず、我々のグループがサーベイを開始する以前には波長 1 μm 帯で 5 本の DIBs が見つかっていたのみであった。我々の研究グループでは、口径 1.3m の望遠鏡に取り付けた WINERED による集中的な観測によって、波長 1 μm 帯での赤外線 DIB サンプルを一気に数倍に増やす事に成功している。一般的に波長が長いほど大型の分子の電子遷移を見ていることになるため、宇宙における大型有機分子の生成過程について、その astrobiology 的な視点からの興味も含めて、キャリア同定の試みを続けている。特に、様々な環境(紫外線等の放射強度やガス密度、温度に対する依存性)を探ることを通じて、キャリア分子に制限を付けてきた。

②赤外線波長用・高効率イマージョン回折格子の開発(<雑誌論文>*2、*8、*18)

現在、次世代の地上大型望遠鏡(TMT など)や宇宙望遠鏡における赤外線高分散分光器の実現について、大きな技術的問題を抱えている。口径 30m といった大型地上望遠鏡における赤外線高分散分光器は原理的に装置全体のサイズが巨大化しすぎ、全体を冷却するクライオスタットの実現や巨大な光学素子の実現が極めて困難である。そこで、全体のサイズを小型化できる分散素子として、イマージョン回折格子が注目を浴びており、これが赤外線高分散分光器の実現に不可欠であると考えられている。赤外線波長で現在、実現されているイマージョン回折格子は、Si を用いたものであるが、その階段状の回折面を加工するために、Si の結晶構造を利用してエッチング技術による加工を行っており、階段形状を自由には設定

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

できないという欠点がある。そのため、回折格子としての効率は十分ではなく、自由な形状での加工を実現することが、高効率なイメージョン回折格子の実現に不可欠であった。そこで我々のグループでは、切削加工に適した赤外線光学材料の選定を自ら行い(次項目)、切削に関する技術的な課題はメーカーとの協働によって克服することに成功した。その結果、波長5–20 μm に最適な CZT を材料として、理想的な形状を持つ(=理論的な限界効率を実現できる)赤外線用イメージョン回折格子を製作することに成功している。また、この開発手法が確立したことで、さらに Ge を用いたイメージョン回折格子の開発にも成功し、波長2–5 μm の近赤外線領域において、従来の分光器に比べて 1/64 という驚異的なダウンサイジングを可能とする光学素子を誕生させることに成功している。

③赤外線材料の高精度透過率測定手法の開発(〈雑誌論文〉*5、*11:〈学会発表〉*3)

前出の②に関連して、赤外線波長域で切削が可能かつ大型の結晶インゴットが入手可能な光学材料について、赤外線波長域での吸収係数の高精度な測定が必要であった。しかも、その測定は材料の温度による変化もありえるため、最終的には赤外線高分散分光器の運用温度である極低温での測定が必要となる。そこで、そうした高精度吸収係数測定の手法およびセットアップを構築し、実際に複数の光学材料について測定を行った。その結果を用いて、上述の②ではイメージョン回折格子を製作している。こうしたデータは、波長ごとに最適な素材が異なることを明らかにしており、今後、天文学コミュニティにデータを公開することで、関連分野での装置開発の進展に寄与することを目指している(既に常温での測定結果については一部を論文文化している)。

〈問題点とその克服方法〉

本研究では高分散かつ高 S/N 比なスペクトルによってサイエンスを進めており、そのためには、地球大気による吸収線を高 S/N 比を実現できるように高精度に除去する必要がある。そこで本研究プロジェクトでは、A 型星のスペクトルを観測ターゲットと同日に取得し、そのデータおよび地球大気に関する輻射輸送問題を理論的に解いた結果と比較しながら、より精度の高い吸収線除去手法について検討を行ってきた。最終的には S/N 比~500のスペクトルを得ることができるレベルにまで到達しており、前述の赤外線 DIB 探査を含め、微妙な吸収線の測定を可能としている。これにより、恒星大気の微量成分の吸収線なども観測が可能となり、化学組成の測定などにも威力を発揮している。(〈学会発表〉*6、*8)

〈研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見直しを含む。)〉

本研究プロジェクトで開発した基礎技術(Ge 製・高効率イメージョン回折格子)の応用として、次世代超大型地上望遠鏡(TMT など)のための赤外線高分散分光器開発を促進できると考えている。また、別研究プロジェクトで進んでいる宇宙望遠鏡用高分散分光器に必要な高分散化のための基礎技術開発研究との連携が可能である。

〈今後の研究方針〉

波長 1 μm 帯高分散分光器 WINERED を引き続き La Silla 天文台(チリ共和国)において運用し、集中的な観測の実施と、日本からは観測不可能なマゼラン銀河中の恒星や DIB を観測することで、金属量の違いによる化学進化への影響を、我々の銀河系における結果との比較を通じて、系統的に調べる。

また、関連要素技術開発においては、光学系実現に必要な理想的な設計コンセプトとして超低膨張セラミックによるアサーマルな光学系を検討し、そのための基礎技術開発を進める。

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

＜今後期待される研究成果＞

WINERED による観測は、現在、チリの La Silla 天文台(口径3.6m 望遠鏡)に移行している。これにより、従来の神山天文台における観測に比べ、はるかに精度の高い測定が可能となった。特に、我々の銀河系の近傍にあるマゼラン銀河が観測対象になることから、金属量が我々の銀河系と異なるマゼラン銀河における赤外線 DIB 探査が最も重要な観測テーマのひとつとなる。我々の銀河系との比較によって、金属量の与える影響などが明らかになる。また、南天からの観測が可能となり、セファイド型変光星を用いた銀河系中心方向の化学動力学進化の研究が本格化する。以上、ふたつのテーマが今後2年間のハイライトになると期待できる。また、一方で、赤外線高分散分光技術の基礎開発としては、光学系全体を同じ超低膨張セラミックスで構成するというアイデアを元に、冷却時にアライメント・フリーなアサーマル光学系を実現するというアイデアが神山天文台における別プロジェクトで進行しており、その成果を次世代・近赤外線高分散分光器の実現に応用するため、具体的なコリメータ光学系やカメラ光学系の設計・試作を試み、その成果を広く天文学コミュニティと共有することで、将来の次世代・超大型地上望遠鏡や宇宙望遠鏡における赤外線高分散分光器実現の環境を整える。

＜自己評価の実施結果及び対応状況＞

神山天文台運営委員会(委員長:神山天文台長)において、毎年、次年度研究計画について報告・審議を行っている。

＜外部(第三者)評価の実施結果及び対応状況＞

神山天文台の上部組織である研究機構運営委員会(委員長:学長)及び研究機構評価委員会において、中間結果の報告を行っている。

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 高分散分光技術 (2) 赤外線天文学 (3) 回折格子
 (4) 恒星大気 (5) 星間物質 (6) 化学進化
 (7) 太陽系起源 (8) _____

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付すこと。

＜雑誌論文＞

- 論文名: High dispersion spectroscopy of Venus at 1.0 μm using WINERED at Koyama Astronomical Observatory、著者名: Sagawa, Hideo; Hamano, Satoshi; Kawakita, Hideyo; Ikeda, Yuji; Otsubo, Shogo; Lee, Yeon Joo、掲載誌名: American Astronomical Society、査読の有無: 無、巻: DPS meeting #48、最初と最後の頁: id.216.14、発表年: 2016 年
- 論文名: Immersion Gratings for Infrared High-resolution Spectroscopy、著者名: Sarugaku, Yuki; Ikeda, Yuji; Kobayashi, Naoto; Kaji, Sayumi; Sukegawa, Takashi; Sugiyama, Shigeru; Nakagawa, Takao; Arasaki, Takayuki; Kondo, Sohei; Nakanishi, Kenshi; Yasui, Chikako; Kawakita, Hideyo、掲載誌名: American Astronomical Society、査読の有無: 有、巻: DPS meeting #48、最初と最後の頁: id.123.40、発表年: 2016 年(*)
- 論文名: A lack of classical Cepheids in the inner part of the Galactic disc、著者名: Matsunaga, Noriyuki; Feast, Michael W.; Bono, Giuseppe; Kobayashi, Naoto; Inno, Laura; Nagayama, Takahiro; Nishiyama, Shogo; Matsuoka, Yoshiki; Nagata, Tetsuya、掲載誌名: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society、査読の有無: 有、巻: Volume 462 Issue 1、最初と最後の頁: p.414-420、発表年: 2016 年
- 論文名: Low-metallicity Young Clusters in the Outer Galaxy. II. Sh 2-208、著者名: Yasui, Chikako; Kobayashi, Naoto; Saito, Masao; Izumi, Natsuko、掲載誌名: The Astronomical Journal、査読の有無: 有、巻: Volume 151 Issue5、最初と最後の頁: article id. 115、発表年: 2016 年

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

- 5.論文名: Infrared Attenuation Spectrum of Bulk High-Resistivity CdZnTe Single Crystal in Transparent Wavelength Region Between Electronic and Lattice Absorptions、著者名: Sarugaku, Yuki; Kaji, Sayumi; Ikeda, Yuji; Kobayashi, Naoto; Sukegawa, Takashi; Nakagawa, Takao; Kataza, Hirokazu; Kondo, Sohei; Yasui, Chikako; Nakanishi, Kenshi; Kawakita, Hideyo、掲載誌名: Journal of Electronic Materials、査読の有無: 有、巻: Vol. 46、最初と最後の頁: DOI: 10.1007/s11664-016-4917-3、発表年: 2016年(＊)
- 6.論文名: Near Infrared Diffuse Interstellar Bands Toward the Cygnus OB2 Association、著者名: Hamano, Satoshi; Kobayashi, Naoto; Kondo, Sohei; Sameshima, Hiroaki; Nakanishi, Kenshi; Ikeda, Yuji; Yasui, Chikako; Mizumoto, Misaki; Matsunaga, Noriyuki; Fukue, Kei; and 9 coauthors、掲載誌名: The Astrophysical Journal、査読の有無: 有、巻: Volume 821, Issue 1、最初と最後の頁: article id. 42、発表年: 2016年(＊)
- 7.論文名: VINROUGE: a very compact 2–5um high-resolution spectrograph with germanium immersion grating、著者名: Arasaki, T.; Ikeda, Y.; and 5 authors、掲載誌名: Proceedings of the SPIE、査読の有無: 無、巻 Volume 9908:、最初と最後の頁: DOI:10.1117/12.2233739、発表年: 2016年
- 8.論文名: Cryogenic performances of high-efficiency germanium immersion grating、著者名: Sarugaku, Y.; Kaji, S.; Ikeda, Y.; and 7 authors、掲載誌名: Proceedings of the SPIE、査読の有無: 無、巻 Volume 9906:、最初と最後の頁: id. 990637、発表年: 2016年(＊)
- 9.論文名: High-sensitivity, wide coverage, and high-resolution NIR non-cryogenic spectrograph: WINERED、著者名: Ikeda, Y.; Kobayashi, N.; and 24 authors、掲載誌名: Proceedings of the SPIE、査読の有無: 無、巻 Volume 9908:、最初と最後の頁: DOI:10.1117/12.2230886、発表年: 2016年
- 10.論文名: First high-efficiency and high-resolution NIR spectroscopy with high-blazed Echelle grating: WINERED HIRES-mode w/R80,000 commissioned、著者名: Ootsubo, S.; and 15 authors、掲載誌名: Proceedings of the SPIE、査読の有無: 無、巻: Volume 9908、最初と最後の頁: DOI:10.1117/12.2233845、発表年: 2016年
- 11.論文名: The development of a cryogenic FTIR system for measuring very small attenuation coefficients of infrared material、著者名: Kaji, S.; and 8 authors、掲載誌名: Proceedings of the SPIE、査読の有無: 無、巻: Volume 9912、最初と最後の頁: DOI:10.1117/12.2233943、発表年: 2016年(＊)
- 12.論文名: Herbig Ae/Be Candidate Stars in the Innermost Galactic Disk: Quartet Cluster、著者名: Yasui, C.; Kobayashi, N.; Hamano, S.; Kondo, S.; and 3 authors、掲載誌名: The Astrophysical Journal、査読の有無: 有、巻: Volume 817、最初と最後の頁: article id. 181、発表年: 2016年
- 13.論文名: Low-metallicity Young Clusters in the Outer Galaxy. I. Sh 2-207、著者名: Yasui, C.; Kobayashi, N., and 3 authors、掲載誌名: The Astronomical Journal、査読の有無: 有、巻: Volume 151、最初と最後の頁: article id. 50、発表年: 2016年
- 14.論文名: Line-depth Ratios in H-band Spectra to Determine Effective Temperatures of G- and K-type Giants and Supergiants、著者名: Fukue, Kei; Matsunaga, Noriyuki; Yamamoto, Ryo; Kondo, Sohei; Kobayashi, Naoto; Ikeda, Yuji; Hamano, Satoshi; Yasui, Chikako; Arasaki, Takayuki; Tsujimoto, Takuji; Bono, Giuseppe; Inno, Laura .、掲載誌名: The Astrophysical Journal、査読の有無: 有、巻: Volume 812 Issue 1、最初と最後の頁: article id. 64、発表年: 2015年
- 15.論文名: Performance Estimation of the Mid-Infrared Camera and Spectrometer Aboard SPICA、著者名: Kataza, Hirokazu; Sakon, Itsuki; Wada, Takehiko; Sarugaku, Yuki; Fujishiro, Naofumi; Ikeda, Yuji; Mitani, Shinji; Ohyama, Youichi; Kobayashi, Naoto.、掲載誌名: Journal of Astronomical Instrumentation、査読の有無: 有、巻: Volume 4、最初と最後の頁: Issue 1n02, id. 1550001、発表年: 2015年
- 16.論文名: High-resolution spectroscopy of the CN red system in comet C/2013 R1 (Lovejoy) using WINERED at Koyama Astronomical Observatory、著者名: Kawakita, Hideyo; Shinnaka, Yoshiharu; Kondo, Sohei; Hamano, Satoshi; Sameshima, Hiroaki; Nakanishi, Kenshi; Kawanishi, Takafumi; Nakaoka, Tetsuya; Otsubo, Shogo; Kinoshita, Masaomi; Ikeda, Yuji; Yamamoto, Ryo; Izumi, Natsuko; Fukue, Kei; Yasui, Chikako; Mito, Hiroyuki; Sarugaku, Yuki; Matsunaga, Noriyuki; Kobayashi, Naoto、掲載誌名: American Astronomical Society、査読の有無: 無、巻: DPS meeting #47、最初と最後の頁: id.415.15、発表年: 2015年
- 17.論文名: A Warm Near-Infrared High-Resolution Spectrograph with Very High Throughput (WINERED)、著者名: Kondo, Sohei; Ikeda, Yuji; Kobayashi, Naoto; Yasui, Chikako; Mito, Hiroyuki; Fukue, Kei; Nakanishi, Kenshi; Kawanishi, Takafumi; Nakaoka, Tetsuya; Otsubo, Shogo; Kinoshita, Masaomi; Kitano, Ayaka; Hamano, Satoshi; Mizumoto, Misaki; Yamamoto, Ryo; Izumi, Natsuko; Matsunaga, Noriyuki; Kawakita, Hideyo.、掲載誌名: eprint arXiv:1501.03403、査読の有無: 無、最初と最後の頁: 1501.03403、発表年: 2015年
- 18.論文名: Machined immersion grating with theoretically predicted diffraction efficiency、著者名: Ikeda, Y., Kobayashi, N., Sarugaku, Y., et al.、掲載誌名: Applied Optics、査読の有無: 有、巻: vol. 54, issue 16、最初と最後の頁: 5193-5202、発表年: 2015年(＊)

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

- 19.論文名: Near-infrared Diffuse Interstellar Bands in 0.91–1.32 μm 、著者名: Hamano, S., Kobayashi, N., Kondo, S., et al.、掲載誌名: The Astrophysical Journal、査読の有無: 有、巻: Volume 800、最初と最後の頁: article id. 137、発表年: 2015年(*)
- 20.論文名: Kinematics of Classical Cepheids in the Nuclear Stellar Disk、著者名: Matsunaga, N., Fukue, K., Yamamoto, R., et al.、掲載誌名: The Astrophysical Journal、査読の有無: 有、巻: Volume 799、最初と最後の頁: article id. 46、発表年: 2015年
- 21.論文名: ZnSe immersion grating in the short NIR region、著者名: Ikeda, Y., Kobayashi, N., et al.、掲載誌名: Proceedings of the SPIE、査読の有無: 無、巻: Volume 9151、最初と最後の頁: doi: 10.1117/12.2055378、発表年: 2014年
- 22.論文名: The precise measurement of the attenuation coefficients of various IR optical materials applicable to immersion grating、著者名: Kaji, S; Ikeda, Y., et al.、掲載誌名: Proceedings of the SPIE、査読の有無: 無、巻: Volume 9147、最初と最後の頁: doi: 10.1117/12.2055644、発表年: 2014年

<図書>

該当無し

<学会発表>

- 学会名: IAUS 332: Astrochemistry VII – Through the Cosmos from Galaxies to Planets、発表者: Hamano, S.、発表標題名: A Survey of Near-infrared Diffuse Interstellar Bands、開催地: Puerto Varas, Chile、発表年月: 2017.3.20–24(*)
- 学会名: 日本天文学会 2017年春季年会、発表者: 河北秀世、新中善晴、WINERED グループ、発表標題名: WINERED による彗星 CN 分子バンド輝線の高分散分光観測、開催地: 九州大学、発表年月: 2017.3.15–18
- 学会名: 日本天文学会 2017年春季年会、発表者: 加地紗由美、猿楽祐樹、池田優二、小林尚人、助川隆、中西賢之、近藤荘平、河北秀世、発表標題名: 赤外線光学材料の低温度減光係数測定のための高精度 FTIR システムの開発と初期測定結果、開催地: 九州大学、発表年月: 2017.3.15–18(*)
- 学会名: 日本天文学会 2017年春季年会、発表者: 大坪翔悟、近藤荘平、池田優二、小林尚人、渡瀬彩華、福江慧、吉川智裕、濱野哲史、鮫島寛明、竹中慶一、村井太一、坂本匡子、河北秀世、Giuseppe Bono、松永典之、WINERED グループ、発表標題名: 近赤外高分散分光器 WINERED: NTT 搭載時における総合性能の評価、開催地: 九州大学、発表年月: 2017.3.15–18
- 学会名: 日本天文学会 2016年春季年会、発表者: 福江慧、松永典之、山本遼、小林尚人、安井千香子、近藤荘平、池田優二、濱野哲史、新崎貴之、辻本拓司、G. Bono、L. Inno、発表標題名: 近赤外線高分散分光による銀河系中心セフィアの金属量の導出、開催地: 首都大学東京、発表年月: 2016.3.14–17
- 学会名: 日本天文学会 2016年春季年会、発表者: 鮫島寛明、池田優二、近藤荘平、濱野哲史、河北秀世、小林尚人、松永典之、福江慧、発表標題名: 近赤外線高分散分光器 WINERED: 大気吸収線の補正、開催地: 首都大学東京、発表年月: 2016.3.14–17(*)
- 学会名: 日本天文学会 2016年春季年会、発表者: 鮫島寛明、吉井謙、発表標題名: クェーサーで探る [Mg/Fe] 組成比の宇宙論的進化と星形成史、開催地: 首都大学東京、発表年月: 2016.3.14–17
- 学会名: 第 21 回天体スペクトル研究会、発表者: 鮫島寛明、発表標題名: 近赤外線高分散スペクトルでの大気吸収線の高度な補正、開催地: 甲南大学、発表年月: 2016.2.27–28(*)
- 学会名: 第 5 回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ、発表者: 大坪翔悟、小林尚人、池田優二、松永典之、近藤荘平、鮫島寛明、濱野哲史、河北秀世、発表標題名: 近赤外高分散分光器「WINERED」: 広帯域モードの性能と R80,000 モードの搭載、開催地: 東北大学、発表年月: 2015.12.07–09
- 学会名: 近赤外高分散分光研究会、発表者: 近藤荘平、発表標題名: 近赤外高分散分光器「WINERED」: 広帯域モードでの初期成果、開催地: 国立天文台、発表年月: 2015.11.24–26
- 学会名: 近赤外高分散分光研究会、発表者: 大坪翔悟、発表標題名: 近赤外高分散分光器「WINERED」: 広帯域モードの性能と超高分散モードの搭載、開催地: 国立天文台、発表年月: 2015.11.24–26
- 学会名: 日本天文学会 2015年秋季年会、発表者: 水本岬希、発表標題名: 近赤外高分散分光観測で迫る LBV 星の周辺構造、開催地: 甲南大学、発表年月: 2016.9.9–11
- 学会名: 日本天文学会 2015年秋季年会、発表者: 安井千香子、小林尚人、泉奈都子、斎藤正雄、Alan T. Tokunaga、発表標題名: 銀河系外縁部における低金属量星生成領域 Sh 2–207 の近赤外深撮像、開催地: 甲南大学、発表年月: 2016.15.9–11

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

- 14.学会名:日本天文学会 2015 年秋季年会、発表者:泉奈都子, 小林尚人, 安井千香子, 濱野哲史, 斎藤正雄, Alan T. Tokunaga.、発表標題名:WISE データを用いた銀河系最外縁領域における星生成領域探査、開催地:甲南大学、発表年月:2016.9.9-11
- 15.学会名:日本天文学会 2015 年秋季年会、発表者:濱野哲史.、発表標題名:WINERED を用いた Cyg OB2 association の赤外線高分散分光観測-DIB の環境依存性-、開催地:甲南大学、発表年月:2016.9.9-11(*)
- 16.学会名:日本天文学会 2015 年秋季年会、発表者:大坪翔悟.、発表標題名:近赤外線高分散分光器 WINERED: high-blazed echelle grating を用いた超高分散化 開催地:甲南大学、発表年月:2016.9.9-11
- 17.学会名:From Interstellar Ices to Polycyclic Aromatic Hydrocarbons A Symposium to Honor Lou Allamandola's Contributions to the Molecular Universe、発表者:.Satoshi Hamano、発表標題名:The Survey of Near-Infrared Di use Interstellar Bands、開催地:Annapolis、発表年月:2015.9.13-17(*)
- 18.学会名:The 8th meeting on Cosmic Dust、発表者:.Satoshi Hamano、発表標題名:The interstellar medium viewed by the AKARI far-infrared all-sky survey、開催地:Tokyo、発表年月:2015.8.17-21(*)
- 19.学会名:Frontiers of Stellar Spectroscopy、発表者:.Noriyuki Matsunaga、発表標題名:Kinematics of classical Cepheids in the Nuclear Stellar Disk、開催地:Heidelberg、発表年月:2015.04.27-30
- 20.学会名:Frontiers of Stellar Spectroscopy、発表者:Sohei Kondo.、発表標題名:Studies of late type stars with z-, Y-, J- bands high-resolution spectrograph, WINERED、開催地:Heidelberg、発表年月:2015.04.27-30
- 21.学会名:Frontiers of Stellar Spectroscopy、発表者:.Misaki Mizumoto、発表標題名:Near-Infrared 0.91-1.32 μ m High-resolution Spectroscopy of Luminous Blue Variable Stars with WINERED、開催地:Heidelberg、発表年月:2015.04.27-30

<研究成果の公開状況>(上記以外)

シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

ホームページにおける成果公開

- ・<http://merlot.kyoto-su.ac.jp/LIH/> (研究プロジェクト全体のホームページ)
- ・http://merlot.kyoto-su.ac.jp/LIH/topics/sarugaku_160918.html
- ・http://merlot.kyoto-su.ac.jp/LIH/topics/hamano_160525.html
- ・http://merlot.kyoto-su.ac.jp/LIH/topics/ikedada_150709.html
- ・http://merlot.kyoto-su.ac.jp/LIH/topics/hamano_150216.html

<これから実施する予定のもの>

該当無し

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

該当無し

15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

<「選定時」に付された留意事項>

該当無し

<「選定時」に付された留意事項への対応>

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 訳						備考
		法人負担	私学助成	共同研究機関負担	受託研究等	寄付金	その他()	
平成26年度	施設	0						
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	9,385	5,495	3,890				
平成27年度	施設	0						
	装置	49,896	24,948	24,948				
	設備	21,206	7,873	13,333				
	研究費	26,324	22,796	3,528				
平成28年度	施設	0						
	装置	149,640	74,820	74,820				
	設備	0						
	研究費	52,693	38,246	14,447				
総額	施設	0	0	0	0	0	0	0
	装置	199,536	99,768	99,768	0	0	0	0
	設備	21,206	7,873	13,333	0	0	0	0
	研究費	88,402	66,537	21,865	0	0	0	0
総計	309,144	174,178	134,966	0	0	0	0	

17 施設・装置・設備の整備状況(私学助成を受けたものはすべて記載してください。)

《施設》(私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。)(千円)

施設の名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
神山天文台	H21	1,880m ²		30			
万有館(B209実験室 およびB204実験室)	H25	168m ²		10			

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

0 m²

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

《装置・設備》(私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。)

(千円)

装置・設備の名称	整備年度	型番	台数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究装置) イメージン回折格子 (波長1μm、装置搭載用)	H27		1台	4000 h	49,896	24,948	私学助成
赤外線検出器(Sci.級)	H28		1台	700 h	49,978	24,989	私学助成
イメージン回折格子 (MIR、装置搭載用)	H28		1台	1400 h	49,982	24,991	私学助成
中間赤外線用エシエル メーター	H28		1台	1000 h	49,680	24,840	私学助成
(研究設備) 赤外線検出器(Eng.級)	H27		1台	4000 h	21,206	13,333	私学助成
(情報処理関係設備)				h h h h h			

18 研究費の支出状況

(千円)

年度	平成 26 年度			
小科目	支出額	積算内訳		
		主な使途	金額	主な内容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消耗品費	664	消耗品費	664	プリンタ消耗品(148)、中間赤外線偏光フィルター他(516)
光熱水費	0		0	
通信運搬費	0		0	
印刷製本費	164	論文投稿掲載料	164	論文投稿掲載料(164)
旅費交通費	2,240	国外旅費、国内旅費	2,240	国外旅費(1,444)、国内旅費(796)
報酬・委託料	2,235	謝金、業務委託費	2,235	謝金(70)、業務委託費(2,165)
(支払手数料)	7	送金手数料	7	送金手数料(7)
計	5,310			
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)	358	アルバイト代	358	時給1,000円・年間358時間 実人数 4人
教育研究経費支出	0		0	
計	358			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	2,343	3Dプリンタ	2,343	3Dプリンタ Projeto1000システム(2,343)
図書				
計	2,343			
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント	1,374			学内3人
ポスト・ドクター	0			
研究支援推進経費	0			
計	1,374			

法人番号	261003
プロジェクト番号	S1411028

年 度	平成 27 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	972	消耗品費	972
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	139	輸送費	139
印 刷 製 本 費	206	論文投稿掲載料	206
旅 費 交 通 費	2,478	国外旅費、国内旅費	2,478
報 酬 ・ 委 託 料	2,358	謝金、業務委託費	2,358
(支払手数料)	15	送金手数料	15
(諸会費)	161	学会参加費	161
(公租公課・保険料)	150	空港税ほか	150
計	6,479		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)	708	アルバイト代	708
教育研究経費支出	0		0
計	708		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	0		0
図 書	0		0
計	0		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	1,857		学内2人
ポスト・ドクター	17,280		学内4人
研究支援推進経費	0		
計	19,137		

年 度	平成 28 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,335	消耗品費	1,335
光 熱 水 費	0		0
通 信 運 搬 費	10,067	輸送費	10,067
印 刷 製 本 費	158	論文投稿掲載料	158
旅 費 交 通 費	7,534	国外旅費、国内旅費	7,534
報 酬 ・ 委 託 料	9,845	謝金、業務委託費	9,845
(諸会費・出版物費)	323	学会参加費・出版物費	323
(公租公課・保険料)	261	空港税ほか	261
(支払手数料)	107	送金手数料	107
計	29,630		
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)	586	アルバイト代	586
教育研究経費支出	0		0
計	586		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	2,321	真空ポンプほか	2,321
図 書	0		
計	2,321		
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	236		学内1人
ポスト・ドクター	19,920		学内5人
研究支援推進経費	0		
計	20,156		