

2014年9月

平成18年度～平成25年度

# 外部評価報告書

福井大学

遠赤外領域開発研究センター



# 遠赤外領域開発研究センター外部評価報告書

## 目 次

1. 序文	1
2. 今回の外部評価について	3
3. 外部評価委員会の構成	6
4. 外部評価項目一覧	7
5. 外部評価委員会による評価結果	9
1) 前文	9
2) 評価本文	9
3) 評価全体のまとめ	22
4) 提言	23
6. 参考資料	25
第1回評価委員会資料	25
第2回評価委員会資料	45
第2回外部評価委員会席上配布資料	79
第2回外部評価委員会パワーポイント資料（研究関係を除く）	93
平成18年度～25年度（8年間）の外部評価資料	111
外部評価資料本編	117



## 1. 序文：遠赤外領域開発研究センター8年間(H18-H25)の外部評価について

福井大学遠赤外領域開発研究センター  
センター長 谷 正彦

今回の遠赤外領域開発研究センター（以下センター）の外部評価はセンターが平成11年（1999年）4月に設立されてから2回目で、平成18年から25年の8年間に対するものである。この期間は斉藤輝雄教授がセンターに着任され、センター長を務められた期間とちょうど重なっている（斉藤教授は平成26年度よりセンターの研究主幹）。このような経緯があり、外部評価のとりまとめ作業は実質的には斉藤教授にやっていただいた。またこの8年間のうち平成20年からの6年間は、ほぼ同時期に谷とともにセンター着任した山本晃司准教授と谷がテラヘルツ波科学に関する研究をセンターの遠赤外応用技術部門において立ち上げ、推進した期間である。従って今回の外部評価は従来の高出力遠赤外光源（ジャイロトロン）開発とその応用研究に加えてテラヘルツ科学研究に対する評価を含む最初のものとなる。

一方、センターの外に目を転じると、センターの置かれた環境は非常に厳しいものがあると認識せざるを得ない。現在の日本の大学は少子化による学生数の減少、また日本経済の低迷を反映して、非常に厳しい環境に置かれている。国立大学法人においては、いわゆる運営費交付金は年率1.3%減の措置がとられ、また大学の改革なくしてはその存在そのものが危うくなってきている。そして福井大学の改革は、センターの改革と密接に関係していることはいうまでもない。

センターに関連した重要な動きとして、昨年文科省による工学系ミッション再定義で、遠赤外領域分野が「我が国唯一で世界最高水準のジャイロトロン」による先端的な研究実績があるとして、重点研究分野として認められたことがあげられる。また福井大学においては教育組織と研究組織を分離して、再編する議論と作業が始まっているが、議論がまだ収束しておらず、大学としてもまだその方向性が定まっていない感がある。

組織再編については、センター内においても議論を開始しており、今年度初めに若手教員を中心として将来計画検討ワークグループを立ち上げ、問題点の検討、今後のセンターとしての組織の在り方、組織としての研究の進め方などについて議論を開始した。まず学内外の連携と人材交流の強化を目的としてセンター内に「連携研究企画室」を設置することを決め、その内規案の作成を行った。次いで医学部と遠赤外光の医療応用研究について連携強化を図るため、4番目の協力研究部門の立ち上げを議論することになっている。

このような状況で外部評価が行われたことは非常にタイムリーであるとともに、その評価結果と報告書で述べられていることはセンターの今後の運営にとっては極めて重要である。センターはジャイロトロンを中心とした高出力の遠赤外光源の開発とその応用研究を推進している我が国唯一の研究機関であり、そのミッションは「センターは、遠赤外領域

の基礎技術，応用技術及び新技術等の開発・活用に関する研究を推進するとともに，遠赤外領域の研究拠点としての役割を果たし，もって本学における教育研究活動の活性化を図ることを目的とする」とセンター規定にも記載されている。このミッションと高出力の遠赤外光源の国際研究拠点としての機能を果たすことがセンターとしての義務である。

センターは現在，重要な岐路にあり，問題は山積しているが，その義務を果たすため，本報告書を羅針盤として，センターにとって最適な方向性を見出し，センター教員全員が認識を共有し，センターの発展のためにさらに一層の努力を重ねることが重要と思われる。

最後に，長期間にわたり貴重な時間を割いて評価の任にあたっていただいた委員の先生方に本紙面を借りてお礼申し上げます。また本外部評価を実施するに当たり，ご支援いただいた福井大学事務局とくに研究推進課の職員の方々，ならびに学内外の関係者の皆さんに感謝の意を表す。

平成 26 年 8 月 17 日 記

## 2. 今回の外部評価について

このたび、遠赤外領域開発研究センター（以後、センターという。）設立後3回目の外部評価を行った。1回目は、2003年に行われた外国人研究者による国際外部評価、2回目は2006年に行われた国内研究者による外部評価である。今回の外部評価では、2006年度～2013年度（平成18年度～25年度）の8年間が評価対象期間である。今回の評価の位置づけ、考え方および意義について、簡単にまとめておきたい。

位置づけではいくつかの面がある。まず、センターは1999年に設立されており、評価期間の前半3年間（平成18年度～20年度）は、センター設立後の10年計画における仕上げの3年間であり、後の5年間（平成21年度～25年度）は、新たな10年間の前半に当たる。センター設立時の目標の達成状況と新たな目標に向けて踏み出して半ばでの成果の確認の意味がある。第二の位置づけは、本学において研究活動を主任務とするセンターとしての外部評価である。センターは、本学において主として研究を推進することが任務である「特定領域推進施設」に指定されている。特定領域推進施設では、研究活動状況点検のため、概ね3年ごとの自己点検評価とともに、概ね7年ごとの外部評価の実施が義務づけられている。今回、評価対象期間は8年間であるが、概ね7年ごとの外部評価としての位置づけである。第三の位置づけは、文部科学省から配分された経費による研究事業の成果評価である。センターでは、平成18年度から4年間の継続事業として特別教育研究経費の研究推進分、平成23年度から3年間の継続事業として特別経費のプロジェクト分を実施した。これらの事業の達成度の評価である。評価委員の皆様には、複雑な位置づけの評価をお願いしたが、各位置づけに対して全く異なる観点からの評価が必要になるわけではなく、研究成果を評価していただくことが基本と考えている。

といっても、8年間の業績リストを示して、「さあ評価してください。」では、いかに研究経験豊かな評価委員の皆様でもどうしようもない。そこで、本報告書でも示している外部評価項目を整理した。これは、本学が作成している全部局共通の標準的評価項目リストに準拠しつつ、センターの特色・ミッションの観点からの評価をしていただけるように、項目の取捨選択や追加等を行って作成したものである。まずセンターが原案を作成し、第1回評価委員会において、評価委員の皆様にご議論いただき、最終的な評価項目リストとした。

次に、センターでは評価をしていただくための資料（評価資料）を作成した。毎年発行されている成果報告書、評価期間中の自己点検評価報告書、その他の記録を基資料としたが、評価期間を通じた資料収集・整理・統一性の確保には多大な労力を要した。これには、センター教員全員が、分担した役割に従って働いた。そのおかげで、評価資料としてだけ

ではなく、センターの過去8年間の活動を示す資料となった。この評価資料を2月末に評価委員の皆様にお送りし、4月2日と3日の第2回評価委員会の前に目を通していただいた。

評価資料は本編と資料編に分かれている。このわけ方と資料のまとめ方は、評価資料送付に際して添付させていただいた「福井大学遠赤外領域開発研究センター外部評価資料の送付について」に書かれているが、ここでも簡単に示しておく。単に業績リストなどの資料をエビデンスとして示しただけでは、日々センター内で活動しておられない方には、内容がよくわからないので、本編と資料編に分けた。本編には、資料の見方と分析を記載した。また、各項目の評価の観点に基づいて、ある種の自己評価も加えた。特に、研究成果の部分では積極的に自己評価を示した。これは、我々としての研究の位置づけ示すことによって、評価作業の助けになること、第2回評価委員会において、評価委員とセンター側の間でダイナミックな議論の基になることを期待したためである。しかし、このことは評価に当たっての方向付けを意図したものではない。評価委員の皆様には、忌憚のない、また、当事者では気づくことの出来ない観点での評価をお願いした。

センターの活動を評価していただくに当たって、最重要項目は研究活動と成果である。センターの研究内容の特色が出るように、

- 1) ジャイロトロンの開発・高度化
- 2) ジャイロトロン応用展開
- 3) 遠赤外領域の材料・物性研究
- 4) テラヘルツ波科学

の4項目とし、この4項目に対する評価をお願いした。

さらに、国際性と拠点性もセンターの特色として重要である。国際性は、センター設立以来強く意識され、研究者の招聘・派遣、国際共同研究、その成果としての国際共同論文、国際コンソーシアム・多数の海外研究機関との間で締結されている学術交流協定・共同研究覚書等に基づくセンターの国際拠点化、として現れている。国内の拠点性としても、センターを中心とする多くの共同研究によって強められている。特に、平成23年度から開始した公募型共同研究が、国内拠点性を強化したと考えている。これらの観点からの評価もお願いした。

評価資料の大部分が文字で埋まっている。評価委員のご要望もあり、グラフ・表・図式的説明を入れるべく努力したが、評価資料まとめの段階では、十分に実現することができなかった。その替わり、4月2日と3日の第2回評価委員会では、できるだけグラフィックな要素を入れたパワーポイントスライドによる説明を目指した。本報告書では、第2回

評価委員会の記録として掲載している。

各項目の評価では、いわゆる評価文とともに、5段階の数値評価をお願いした。これは、項目毎の達成度を際立たせることによって、今後センターが努力すべき事項がよりわかりやすくなると期待したためである。さらに、評価文によって、まさに外部の目によるセンターの活動を分析していただき、これからのセンターの方向性を考える上での拠り所にさせていただくことを期待している。

今回の外部評価に当たっては、評価委員の皆様には多くのことをお願いした。深く感謝いたします。また、研究推進課の皆様およびセンター事務職員の働きにも感謝します。同時に、センター教員も多大な時間とエネルギーを費やして評価資料、パワーポイント資料を準備した。外部評価のよりまとめ役としてお礼申し上げます。

今回の外部評価が、今後のセンター活動の指針となり、その活力を一層高め、ミッション遂行の基になることを願っています。

平成26年6月

遠赤外領域開発研究センター研究主幹  
斉藤輝雄

### 3. 外部評価委員会の構成

委員長

久保 伸 教授 核融合科学研究所・ヘリカル研究部

委員

太田 仁 教授 神戸大学・分子フォトサイエンス研究センター

萩行 正憲 教授 大阪大学・レーザーエネルギー学研究センター

藤原 敏道 教授 大阪大学・蛋白質研究所

## 4. 外部評価項目一覧

### 1.理念・目標

- 1-1 大学の理念と役割, 目的等を踏まえたセンターの理念・目的の適切性
- 1-2 研究分野と理念・目的等の適切性
- 1-3 福井大学における位置づけ
- 1-4 センターの歴史を踏まえた評価

### 2.組織及び人事構成

- 2-1 研究分野と組織の適切性
  - ・ 教員構成と研究分野の適切性
  - ・ 若手研究者の採用と育成
- 2-2 研究支援体制
  - ・ 事務支援体制
  - ・ 研究支援職員の配置

### 3.教育への貢献

- 3-1 人材育成
  - ・ 学部・修士課程・博士課程学生教育への貢献
  - ・ 教育上の特色

### 4.研究活動及び研究成果

- 4-1 研究活動の評価
  - ・ 研究課題ごとの評価
    - ジャイロトロン開発・高度化
    - ジャイロトロンの応用展開
    - 遠赤外領域の材料・物性研究
    - テラヘルツ波科学
    - 研究推進プロジェクトの評価
- 4-2 研究業績(特許も含む)
  - 研究業績の評価
- 4-3 学・協会等の褒賞等
  - 学・協会等の褒賞等の評価
- 4-4 成果の発信・広報活動
  - 成果の発信・広報活動の評価
- 4-5 コミュニティのサポート状況
  - コミュニティのサポート状況の評価

### 5.国際性(国際的活動, 外国人教員, 客員研究員, 国際会議関連)

- 5-1 国際的位置づけ
  - ・ センターの目標に対して世界の中での地位、今後の方向、拠点性

- 5-2 国際交流
  - ・ 外国人教員及び外国人研究者等の招聘とその効果
  - ・ 国外研究機関への派遣
  - ・ 国際会議等への参加
- 5-3 留学生の受け入れの適切性
  - ・ 外国人留学生の受け入れ状況
  - ・ 学生の海外派遣・受け入れ実績
- 5-4 国際貢献
- 6. 社会貢献
  - 6-1 共同研究の状況の評価・公的研究機関との共同研究・受託研究等外部との連携
    - ・ 民間企業との共同研究・受託研究等外部との連携
  - 6-2 教員の社会的活動・貢献
  - 6-3 イベント(主催シンポジウム, 研究発表会, 公開講座等)
  - 6-4 学術研究を目的とするセンターとしての地域貢献の適切性
- 7. 研究費・研究設備
  - 7-1 研究費の適切性
    - ・ 運営費交付金関係
    - ・ 科学研究費補助金
    - ・ 奨学寄付金
    - ・ 共同研究費, 受託研究費, 他省庁研究費等
  - 7-2 施設
  - 7-3 主な研究設備
- 8. 大学の支援状況
  - 予算的支援・人的支援、福井大学の重点研究領域への指定
- 9. 将来展望
  - 9-1 教育・研究分野の展望
  - 9-2 研究拠点化への取り組み
    - ・ 国内共同研究拠点への取り組み
    - ・ 国際共同研究拠点への取り組み
- 10. 前回外部評価への対応

## 5. 外部評価委員会による評価結果

### 1) 前文

平成25年8月20日に第1回外部評価委員会が開催され、外部評価資料作成に関する意見交換が行われ、評価項目の策定、さらに、それに対応する資料の作成について議論がおこなわれた。その議論に基づき、平成26年3月初旬に福井大学遠赤外領域開発研究センターから添付のような外部評価資料が前記評価委員全員に配布された。平成26年4月2日と3日の二日間に渡り、第2回外部評価委員会が開催され、これらの資料の詳細説明と質疑応答と現場の見学が行われた。その後、外部評価委員各自がそれぞれの立場で評価を独立に行い、委員長がそれらを集約する形で評価報告書としてまとめることが大筋で合意された。これらの過程において、進展が目覚ましいテラヘルツ、サブテラヘルツの領域において、国内のみならず、国外でも高く評価されている福井大学遠赤外領域開発研究センターの活動を目の当たりにして、本評価の意義と重要性を再認識した。

各評価委員は多忙を極める中で、膨大な資料からその成果を読み取り、それぞれ以下の項目に従ってコメント記入するとともに1から5までの5段階で5：優れている、4：やや優れている、3：普通、2：やや劣っている、1：劣っている。として数値化した評価を付した。ここでは、各委員のコメントを併記し、評点は平均値を記すことにした。

本評価が、センターの活動がより活性化され、更なる研究分野の発展と新たな展開が行われる一助となることを願うものである。

### 2) 評価本文

#### 1. 理念・目標

**総合評価平均 5.0**

- 大学の理念と役割目的を踏まえたセンターの理念・目的は適切に設定されており、その成果は、それを十二分に満たしている。センターの歴史においても、当初のミリ波からサブテラヘルツへのジャイロトロンの高周波数化、高出力化、また、それらの多分野に渡る応用展開、さらに、近年のテラヘルツ波科学への展開が、研究の進展、世界の研究動向に応じて適切に行われていると評価できる。また、サブテラヘルツ研究の国内外の中心拠点、先端研究拠点として十分に機能している。
- センターの理念「高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発研究と新しい学術研究への応用と遠赤外領域の高出力光源を用いた新技術開発を通して社会に貢献する。これらの研究を国内外の研究者・研究機関との連携を通して進め、高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発・応用分野において、国際的な研究拠点として機能する。」は、その設立の歴史的経緯や、その後の実績から非常に適切であるということが出来る。また、福井大

学の工学分野のミッション再定義で、重点5分野の中に位置づけられていることから福井大学において高く評価されていることが窺える。大学の次期中期計画においても重点分野として位置づけることを提言したい。

- 福井大学の中期計画の中に、遠赤外領域の開発が明確に記述されており、大学として推進する意思が明確に示されている。高周波ジャイロトロンの研究を始点として、遠赤外領域の研究を着実に拡大・高度化してきており、それに合わせて組織の拡大が実現されている。地方大学としてありがちな、単に地域密着型の研究領域設定ではなく、世界的な拠点を目指している点は、高く評価できる。
- 地方大学ではあるが、先端的な特徴のある研究拠点は今後の発展に寄与するだろう。福井大学の事情によるだろうが、もう少しセンターの規模を大きくして研究開発の先端性が強調できると大学とセンターの両者に貢献するだろう。

## 2. 組織及び人事構成

### 総合評価平均 3.8

- 研究分野と組織は、世界的な研究の進展、要請に適切に対応して形成されており、教員の構成も現状では適切である。しかし、昨今の研究機関の共通の課題となっている若手研究者の採用と育成を行うには、助教クラスのポストの増員が望まれる。また、この分野では特に必要とされる超微細精密加工技術のノウハウを有する技術職員のサポートが望まれる。
- 基幹（4）、客員（2）、協力（3）研究部門の設定は適切である。ただ、遠赤外応用技術部門が他の部門とより密接な協力を行えばより発展的と思われる。事務支援体制は、改善されてきている（特に外国人招聘を国際課国際係が担当するようになった）が、規模から考えてより一層の事務的支援強化が望ましい。また、概算要求等で獲得された機器の維持費は運営費交付金に法人化時にふくまれているというのが文科省の見解であるので、学内で更新時（例：ヘリウム液化機）に維持費相当経費を再配分しなおすシステムの構築が大学本部に望まれる。
- テラヘルツ分野は近年飛躍的な発展を遂げている。このため、ジャイロトロンの研究に特化した研究のみでは、十分な成果を得にくい時代となっている。センターでは、高周波・高強度のジャイロトロンの開発と応用研究に加えて、時間領域分光法などの比較的最近出現した分野も新たに設置し、トータルとしての研究パワーの向上を図ってきている。従って分野的には適切と考えられる。ただ、人事が固定しがちで、若手研究者が能力・年齢に応じて昇進できるシステムにはなっていない感がある。

研究支援体制については、共同研究の増大に伴い、研究職員の負担が増大しているように思われる。大学によるさらなる事務支援に期待したい。

- 予算的な制約からやむをえないと思うが、助教クラスに専任教員がいると研究の量や継続性の点からは望ましいと思う。

### 3. 教育への貢献

総合評価平均 4.0

- 修士課程の学生教育は概ね適正に行われており、センターの規模に見合う以上の学生の教育が行われている、しかし、いずれの分野でも共通する課題として、博士後期課程への進学者の減少があり、研究者の育成の観点からのさらなる貢献が期待される。
- 研究センターの本来の目的である研究の推進を考えれば、センターの教員は十二分に福井大学工学系の教育に貢献していると思われる。その背景には、センター設立時やその後の拡充時に定員が、物理工学系から主に来ていることや、それと引き換えに卒研究生や大学院生をえるという意図があると容易に推察される。100%純増でセンターが設立されていない以上、帝大系以外では避けられない課題である。このバランスは難しい問題であるが、このセンターが真に世界における拠点を目指すなら、もう少し研究に重点を置き、教育の負担を減らすことを提言したい。
- 学生の受け入れは、学部、修士は十分であるが、博士課程への進学が少ない。地方大学としてやむおえない感はあるが、海外、特にアジア地域からの博士課程学生を受け入れる努力が必要であろう。この方向の努力はある程度すでになされていると評価はできる。学生は、センターの中での交流により、遠赤外領域の広い分野について学ぶ機会があり、広い視点を有する研究者・技術者として成長できる特色がある。
- センターでの先端的研究が教育に結びつけられていて、教育上よい。博士課程の院生は少ない。

### 4. 研究活動および研究成果

総合評価平均 4.0

- 遠赤外領域におけるジャイロトロンの開発研究において次々と世界記録を更新するとともにその装用展開においても着実に広がりを見せており、今後のさらなる応用展開が期待される。また、テラヘルツ科学分野においても、電気光学サンプリング法を始めとする多くの新領域が開拓されている。しかし、大電力を試行するジャイロトロン開発と微弱テラヘルツ光の研究の接点が弱く、今後の新展開において両者の融合、複合による協同的な発展が望まれる
- これまで、研究プロジェクトを含めてジャイロトロン開発・高度化およ

び応用展開はおおいに進展し、その点は非常に高く評価できる。今後は、そのベースを踏まえた材料・物性研究およびテラヘルツ波科学への応用が、マンパワーおよび協力関係の部門間強化が課題となってくるように思う、特にマンパワーに関しては大学本部のさらなる特任助教の配置など積極的な関与を期待したい。

- ジャイロトロンを中心とて、研究のレベルは高いと評価できる。ジャイロトロンの高周波・高度化の研究路線を選択したことは、核融合用の開発とは一線を画す意味で、センターの存在感を世界的に示すこととなり、この分野を代表する国際会議、赤外、ミリ波、および、テラヘルツ波に関する国際会議での度重なる招待講演の理由づけとなっている。応用面では、DNP、ポジトロニウムなどの研究が高度でユニークである。ただ、まだ、十分な成果があがっていない、あるいは、これからの研究も見受けられる。

#### 4-1 研究活動の評価

##### ① ジャイロトロン開発・高度化

総合評価平均 5.0

- 大電力、コヒーレントな高周波発振源としてのジャイロトロンの開発において、常にその高周波数領域で、大電力化、周波数可変性などの高機能化が図られ、サブテラヘルツ領域では、出力が世界最高値を更新するとともにその発振機構の解明を行って来た。また、周波数もジャイロトロンとしては初めてとなる1テラヘルツの発振を実現した。これらの成果は、世界をリードするものであると同時に、ジャイロトロンの開発の方向性を示すものとして世界でも注目を集めている。
- 連続発振で1 THzのブレイクスルー、ジャイロトロン的高度化、小型化など研究課題の多くが達成され、おおいに評価できる。今後は、むしろ応用展開に重点が移っていくのかという印象を持った。
- ジャイロトロンとして世界初の1THz越えをはじめとして、コンパクト化、ガウスビーム出力などの高度化、電子銃設計など、この分野を牽引する成果をあげている。外国の研究グループとの共同研究を効率的に行っており、研究を加速させている。
- ジャイロトロンは中心的な研究開発として、世界的にも優れている。

##### ② ジャイロトロン応用展開

総合評価平均 4.3

- ジャイロトロンの大電力性、コヒーレンス性、周波数可変性等の高機能性が着実におこなわれ、応用展開を意識したジャイロトロン

ン開発は高く評価できる。無冷媒マグネットや、半導体電源の導入により、これらの研究における利便性がはかれているが、今後もさらなる機器の標準化、コンパクト化を行い、取り扱いの簡便化をはかることで、開発にかかるマンパワーの削減、個々の応用に要請される特殊性に対応力を向上させ、ひいてはさらなる応用領域の拡大がはかれるのではないかと。

- ジャイロトロン応用の展開は順調に推移している。特に「ジャイロトロンの高出力テラヘルツ分光への応用」のうち DNP による NMR の感度向上およびポジトロニウム超微細構造の直接測定は高く評価できる。特に DNP による NMR の感度向上のさらなる発展を期待したい。一方「ジャイロトロン出力の加熱効果の応用」は医学系という異分野との共同開発で難しい点があるかと思うが、一層の成果を期待したい。
- 動的各分極(DNP) [1] やポジトロニウム超微細構造への応用など、先進的かつユニークなジャイロトロン応用が展開されている。ハイパーサーミアなどの医療分野への応用も積極的に行っており、今後の発展が期待される。特に、ポジトロニウムの研究は、素粒子物理学への応用ということで、大変すばらしい研究であり、各種賞を受賞している。
- ジャイロトロンは進歩に引き続いてサブミリ波の伝送や制御も進められているが、応用に即して強化等が望まれる。

### ③ 遠赤外領域の材料・物性研究

総合評価平均 3.8

- ジャイロトロン応用の材料・物性の研究も共同研究をベースに大きな成果を上げていることは多めに評価できるが、マンパワーの不足によって、現状では、ジャイロトロンユーティリティ提供に終始してしまう恐れがあるのではないだろうか、それぞれの分野において要請されるジャイロトロン性能向上がはかられているが、応用展開の所でも述べたように、操作性の向上、コンパクト化をはかり、スタッフもより独自の材料・物性研究に集中できる環境を作ることで、あらたな展開が生まれるのではないだろうか？
- 先の2研究課題に比べ、課題が発散的でマンパワーが不足している印象を持った。PD などの人員をテコ入れするか、身丈にあった課題数に絞り込む必要はないか。ジャイロトロンの高強度をいかせ、国内では他が追随できない例えば ESR エコーシステムや DNP にフォーカスした方がいいのではないかと。ご検討いただきたい。

- 電子スピン共鳴の物性研究への応用を主体として、DNP、量子コンピュータ、セラミックス材料焼結などへの応用も積極的に展開している。新しい応用については、まだ十分成果が出ているとは言い難いが、今後の発展を期待したい。
- 着実な研究が進んでいて、応用など今後に期待できる。

#### ④ テラヘルツ波科学

総合評価平均 4.4

- 電気光サンプリング、非線形テラヘルツ光学など、時代の要請に適った、かつ、画期的なアイデアを含む開発研究が行われており、その成果も高く評価できる。この分野での進展をジャイロトロンと組み合わせて新たな領域の展開をはかるべきではないか。
- 本部門がおこなっているテラヘルツ波分光・計測を中心とした「テラヘルツ波科学」は、先端研究であり、行われている研究内容は高く評価できる。一方、ジャロトロンを直接用いていないため、他部門との協力関係が希薄であるとの印象はぬぐえない。この点は、今後の課題としてご検討いただきたい。
- センターとしては比較的新しい分野で、レーザー励起テラヘルツ波を利用した時間領域分光法の先端的研究を行っている。谷教授は、我が国におけるこの分野の草分けであり、センターに着任後も順調に研究を発展させている。高強度テラヘルツ分野とのある程度の融合研究も期待したい。
- テラヘルツ波分光・科学の進んだ研究開発が進んでいる。他の課題との相乗的な研究開発があればここでしかできないユニークな研究になるだろう。

#### ⑤ 研究推進プロジェクトの評価

総合評価平均 4.4

- テラヘルツ波光源の開発と高機能化およびその応用展開の二つのプロジェクトが有機的に機能していると思われるが、マンパワーの関係から特に応用展開において共同研究に負うところが大きく、センターとして光源の提供に留まっている感が否めない。共同研究の活用は重要であるが、ジャイロトロンのシステムとしてのコンパクト化部品の共通化、可搬性、汎用性をより良くすることが望まれる。
- テラヘルツ帯高出力光源-ジャイロトロンの開発による研究推進- (H18-H21)」と「高出力遠赤外領域研究の推進と国際研究拠点の充実-ジャロトロン画期的新研究への応用- (H23-H25)」のプロジェクト推進はおおいに評価できる。これによりベースとなるジャイロトン技術が確立したといえる。今後は応用に軸足が移る

のかもしれないが、その場合科研費等と異なるプロジェクト経費の性格をどう与えるかが今後課題となると思われる。

- 2つの特別経費のもと、ジャイロトロン的高度化・先進化、そして多様な応用が展開された。これらの研究は、ジャイロトロン技術的な進展のみならず、新たな応用を獲得してジャイロトロン性能に対する新たな要求を生み出すという意味で、正のフィードバックがかかっているように考えられる。
- 特別経費などでジャイロトロンを主にして特徴のある開発から応用への研究が進められていて評価できる。

#### 4-2 研究業績

#### 総合評価平均 4.3

- 各研究プロジェクトにおいて、適切な研究業績が上がっていると考えられる。分野の性格上、難しさはあるが、もう少しメジャーな雑誌への投稿を増やす努力をする必要があるのではないかと？
- 8年間で、原著論文 141、国際会議発表 433（内 46 招待講演）、国内会議発表 680（内 22 招待講演）、著書等 61 と申し分ない。PRL, APL, Optics Express などもあり、問題ない。今後応用展開の中で、さらにトップジャーナルへの投稿がふえることが期待される。
- ジャイロトロン自体の研究、DNP やポジトロニウムへの応用については十分な成果が得られていると考える。量子コンピュータなどの新しい応用については、まだ成果があまり上がっておらず、今後の研究の加速と成果公表が必要と考える。医学応用については、試験段階から医学の発展に着実に繋がる成果への展開に期待する。全体的には、ジャイロトロン的高度化と応用という最も重要なテーマで予想以上の成果が得られており、業績は十分と考える。
- 国際会議や原著論文等で積極的な研究発表がなされている。

#### 4-3 学・協会等の褒賞等

#### 総合評価平均 4.1

- 文部大臣表彰や福井県科学技術大賞また、多くの学生論文発表賞を受賞している。
- 文部大臣表彰「科学技術賞（研究部門）」や福井県科学学術大賞などをはじめ、研究員や学生の受賞をあわせて合計 20 件の受賞が 8 年間にあり、十分評価できる。
- 賞は多いとは言えないが、文部科学大臣表彰、福井県科学学術大賞などを得ており、分野の規模を考えると、納得できる褒賞結果である。
- 文部大臣表彰「科学技術賞（研究部門）」や福井県科学学術大賞などをはじめ、研究員や学生の受賞をあわせて合計 20 件の受賞が 8 年

間にあり、十分評価できる

- 文部科学大臣表彰など優れた褒賞がある。

#### 4-4 成果の発信・広報活動

総合評価平均 4.1

- 成果の発信・広報活動はセンターの規模を考えると適正におこなわれていると評価できる
- 5件の国際会議開催／主催をはじめ、年報、Annual Report、センターweb、多数の新聞報道など十分評価できる。
- 成果の発信・広報活動はセンターの規模を考えると適正におこなわれていると評価できる
- 毎年、成果報告書、Annual Reportなどを出版・配布しており、また、国際ワークショップやシンポジウムを定期的で開催している。センターの規模を考えると、十分な情報発信であると評価できる。
- 国際会議の組織や年報などで当該分野の発展に寄与する活動が行われている。

#### 4-5 コミュニティのサポート状況

総合評価平均 4.3

- 学会活動においても、領域代表や主要委員を努めるなど、積極的な関わりを見せており、良好な関係を構築し、その存在感を示している。
- 文科省の共同利用・共同研究拠点認定に際して、8学協会のサポートレターをえるなどコミュニティのサポートは得ている。これは、センター教員が40件もの関連学協会の委員・世話人としての貢献に負うところが大きい。今後もさらに幅広いサポートを得る努力を期待したい。
- ジャイロトンの高度化と応用については、限られた大きさのコミュニティではあるが、形成に成功しつつある。より大きな遠赤外(テラヘルツ波)分野一般のコミュニティに対しても存在感を示しており、文科省の拠点申請に関しても支持を得ている。
- センターの規模から考えて十分なコミュニティ形成活動などがなされている。

### 5. 国際性

総合評価平均 4.4

- 国際遠赤外ワークショップを頻繁に（ここ数年は毎年）主催し、テラヘルツのジャイロトロン分野においてはまさに国際研究拠点としての機能を十分に果たしていると言える
- 国際コンソーシアムの組織、海外との学術交流協定11件、共同研究覚書10件、国際ワークショップ（IW-FIRT）の開催3回、国際シンポジウ

ムの開催1件、および政府間プロジェクト4件と学振2国間交流事業など、非常に活発であり、非常に高く評価できる。今後、IRMMW-THz 国際会議を誘致するなど国際コミュニティにおける地位をさらに高める目標を提案したい。

- 高強度のチューナブルな単色遠赤外光源としては、自由電子レーザー(FEL)が一般的であり、諸外国でも何台かが稼働している。遠赤外センターのジャイロトロンは、周波数のチューナビリティは限られているが、広い応用を目指すものとしては、世界的にもユニークな位置を占めている。ジャイロトロンの応用は一気に広がるとは考えにくいので、これまでの研究のように地道に広く世界を見ながら、ひとつひとつ積み上げていくのが適切と考える。国際交流については、センターの規模を考えると、高く評価できる。留学生については、もう少し募集に努力して、数を増やす必要があるだろう。国際貢献も十分と考えるが、少数の教授に集中している傾向があるので、負担の平坦化の意味も含めて改善の余地はあろう。
- 以下の項目の評価から国際的な拠点として積極的に活動していると評価できる

#### 5-1 国際的位置づけ

総合評価平均 4.4

- サブテラヘルツテラヘルツ領域におけるジャイロトロンの研究をおこなっているのは、世界的にみても数組織があるのみであるが、なかでも、本センターの研究はその質、多様性からみて卓越した位置を占めており、その応用展開においても多くの海外の研究所と共同研究がおこなわれて、高く評価されている。
- 海外6機関、国内2機関による国際コンソーシアム「国際連携による「サブミリ波ジャロトロンの開発と応用」に関する研究推進」等により研究の世界的ネットワークを組織し、これを主催する中核としての役割を担っており、非常に高く評価できる。その運営会議を兼ねた国際シンポジウムも福井で開催されている。今後もこの方向で進展することをおおいに期待したい。
- ジャイロトロンの開発と応用に関する国際コンソーシアムの形成は大いに評価できる。これからは、このコンソーシアムの強化を図りつつ、他の高強度遠赤外光源である FEL、電子バンチによるコヒーレント放射、フェムト秒レーザー励起の高ピーク強度放射、などとも連携をとりつつお互いの発展を期す方向が望ましい。
- 欧米の相当する研究機関と同等な研究と交流がなされている

## 5-2 国際交流

総合評価平均 4.4

- 毎年4名の客員教授を招き、ここ数年間は毎年国際ワークショップを主催して、海外からも多くの出席者を招き、本センターからも多くの国際会議への出席がなされており、積極的な国際交流がおこなわれている。
- 海外との学術交流協定11件、共同研究覚書10件、国際ワークショップ（IW-FIRT）の開催3回、国際シンポジウムの開催1件、および政府間プロジェクト4件と学振2国間交流事業、外国人客員研究者の招聘など、その国際交流は非常に活発であり、また共著論文もでており、非常に高く評価できる。また、年平均21名の研究者を海外に派遣し、年平均15名を海外から招聘している。今後も同様に推移することを期待したい。
- 交流協定、交流事業、国際ワークショップ、研究者の交流、いずれも大変活発である。海外の研究者との個人的な関係も強い。一方、出原点センター長の長年の個人的な努力の結果という面もあるので、今後、それをうまく引き継いでいくしくみを作る必要がある。
- 国際協定や主催するシンポジウム、JSPSの交流事業などを通じて研究交流が十分行われている

## 5-3 留学生受け入れの適切性

総合評価平均 3.1

- 分野の広がり、国際交流の活発さからすると博士課程学生、PDの受け入れが若干少ない。海外学生の勧誘や、PDの海外枠の拡大をはかるべき
- 留学生の受け入れ実績は、博士号取得1名、卒業研究学生2名である。研究を主体としたセンターの性格上難しい部分はあるが、大学全体としての授業の英語化や情報発信の強化など今後の取り組みに期待したい。
- 留学生の受け入れについては、卒業研究生が計2名、博士号取得者が1名となっており、十分とはいえない。留学生受け入れのより積極的な努力が期待される。学生の国際会議への派遣は適切な数と考えるが、より一層の努力を期待する。
- センターの規模から考えて十分な外国人博士研究員などを受け入れている

## 5-4 国際貢献

総合評価平均 4.3

- この分野で世界を成果でリードすると同時に上記のように積極的に国際交流をおこなっており、特にセンター主催で行われる国際ワークショップの評価は非常に高い。

- 外国人客員教員との共著論文が計 44, その他の国際共同研究による論文が計 42 であり, おおいに評価できる。また, 国際学術誌 International Journal of Infrared and Millimeter Waves の編集を 2004 年から約 5 年担当し, Review paper の企画などを行ったことは高く評価できる。センター外の国際会議への貢献もあり, この点も高く評価できる。
- この分野の主要な雑誌である J. Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves の編集局をセンターに受け入れ, 編集長を務めたことは, コミュニティへの貢献として大いに評価できる。国際会議に委員などとしても貢献しており, 評価できる。
- 国際学術雑誌や国際会議の主催など優れた寄与をしている

## 6. 社会貢献

総合評価平均 3.8

- センター規模に共同研究の件数も多く, 特に, センターの理念であるジャイロトロンへの応用展開における共同研究の成果は高く評価できる。また, 地域産業との連携も積極的になされている。
- センターの運営費で国内共同研究(公募型)を実施し, 共同研究を増加させている努力は評価できる。また, 西日本における強磁場研究の拠点強化を阪大・神戸大と開始した点も評価できる。今後の展開を期待したい。また, 学協会の幹事や世話人はほぼ出かけていかなければいけない地域性から考えて 44 件はがんばっていると思う。一方, 地域へのアウトリーチ活動が少ないのは福井大としては意外である。今後の課題かもしれない。
- センターの自助努力による公募型の共同研究の開始は, ジャイロトロンを中心とする高強度遠赤外光への応用拡大を狙う意味で大きな意味がある。社会貢献・学外教育活動、地域貢献はあまり特徴が感じられない。センターは学術面を重視することになっていることによるためであると推定され、止むを得ないかもしれない。
- 公募型共同研究などもおこない積極的な協力した研究が行われている

## 7. 研究費・研究設備

総合評価平均 4.0

- ジャイロトロンへの開発費用を考えると十分とは言えないが概ね適切な運営費、科研費の運用が行われている。施設としても適正な規模である。研究設備もセンターの人員を考えると適正であると言える
- 研究推進事業をはじめ大型の省庁研究費を獲得してきたことはおおいに評価できる。科研費や JST 受託も増加傾向にあり, ここの大きく評価で

きる。一方、年 1.3% 共通経費が削減されるのは他大学でも共通の課題であり、これを補填する外部資金の獲得に奔走する原因となっている。施設や設備は、ジャイロトン関係を中心に充実しており、むしろそれを使うマンパワーの強化が課題であると思う。

- 年当たり 2.36 億円の経費(人件費含む)は、十分な額と言える。科研費や JST からの外部獲得資金も適切である。これまでの研究は、研究費が潤沢ということもあって、様々な機能のジャイロトンを作り続けることでアクティビティが維持されてきたように見えるが、今後は、研究費の少ない時にもアクティビティを維持するよう、幅広い応用面の開拓が必要になると考える。一方では、ジャイロトン自体の基本技術は既に確立したと考えられるので、機能を高度化していく研究の他、革新的な原理に基づく高強度テラヘルツ波発生源の開発にも着手すべきではないか、また、そのための資金作りが必要となってくるのではないかと考えられる。
- 地方大学にあるセンターの教員数から考えて研究費や施設は十分優れている。

## 8. 大学の支援状況

総合評価平均 3.4

- 学内重点経費が軒減しているのが気になる
- 概算要求を毎年通すことは不可能であるので、大学からの恒常的予算の支援は必須である。その中で、学内重点配分経費が減って来ていることは気になる。工学部から助手 1，工学部附属極低温施設から助教授 1 を移管し、定員削減も受けていないので、人的支援に関しては充実している。しかし、マンパワーはまだ不足しており、福井大学の重点研究領域に位置づけるならさらなる人的支援が必要と思われる。
- 工学部とも良好な関係を保ちつつ、福井大学の重点研究領域として、比較的手厚い支援を大学から得てきたように思われる。ただ、支援額が年々減少しつつあるのが気にかかる。
- 最近の厳しい大学予算から考えて、優遇されていると思う。

## 9. 将来展望

総合評価平均 3.6

- 研究分野の展望として他に類を見ない光源開発センターとしてジャイロトン既知の応用分野を進める方向性が示されている。また、新たな分野の開拓を行う素地は出来上がっていると考えられる。今後の新領域への展開を期待すると共に、国内外の若手人材の発掘を行い斬新なアイデアを進めることを期待する

- 4 研究部門を高度化と応用の 2 部門に改革するのは、外からわかりやすくなるという意味で利点があるかもしれない。人事の流動性はこういう規模のセンター共通の課題であるが、任期付助教ポストの配置は有効で、大学本部や工学部の決断に期待したい。国内の共同利用・共同研究拠点認定は困難が予想されるので、実質的な拠点化を目指すのが現実的と思われる。その際、公募型共同研究の予算を何らかの方法で手に入れることが充実させるための課題である。国際拠点化のためにアジアと連携するのはひとつの方向であるが、2 国間交流など予算の裏付けを得ないとアジアはこちらの負担が増えるばかりになる恐れはないか。最後に、強力光源を用いたパルス ESR の開発は米国 UCSB の FEL などがリードしており、現状以上のマンパワーの投入が必要かと思われる。
- 教育についてはあまり述べられていないが、これまでどおり、工学部、できれば、医学部の学生も受け入れて、研究を通じて高度な教育を行うのがよしいと考える。国内拠点化については、センター自身の研究に支障がでないように支援体制に注意しながら行うべきだと考える。センター職員が、自分の研究ができなくなるような拠点ではあまり意味がない。国際拠点については、ジャイロトロンのみに限定するかどうかは議論の余地があるのではないか。
- 研究分野としては十分将来性があり、それを取り込む研究開発展望が描けている

#### 10. 前回外部評価への対応

総合評価平均 4.0

- 人的資源の不足に関しては教員の増員等なされたが、ポストの不足は否めない。その中でも、テラヘルツ科学分野を強化し、すでにその成果が得られていることは評価できる。外部資金においても、科研費採択数、受託研究や企業との共同研究が増加している。博士課程学生に関しては、国内学生の増加は望めないかもしれないが、アジアの新興国からの学生をもっと勧誘すべきではないか、地域との連携は成果が上がっている。将来構想に関しては、マンパワーを考慮すれば十分に実現されているとすべきではないか。長期将来計画については、大学内での位置づけ、限界の中で可能な限りの努力がなされている。
- 人的資源不足の指摘に対しては、1 部門増による 2 名の定員増や特任教授や特命助教の雇用など、センターとして可能な努力はしてきたと思う。ただ、今後応用展開していくためには、その分野の若手研究者を確保する方策が必要。人事に関しては、センターが独立の人事委員会ですすめられるなら、定員の元部局に教育面で相談するのはいたしかたないかと

思われる。むしろ、そのような努力で定員増を獲得した点に敬意を表したい。前回の将来構想（四年間）に関する指摘は、限られたマンパワーを重点的な課題に絞り込んで投入することかと思われるが、これは現在も検討の余地があるのではないか。最後に、センターの発展の経緯や立場から、センター長の国際公募や物性研のような外部委員による人事委員会は難しいと思われる。恐らくその趣旨は、それらを例題としたような思い切った施策を検討する必要があるということかと推察する。

- 前回の外部評価に対しては、可能な点については概ね対応がなされつつあると考える。センター長の国際公募は、現実を考えるならば、時期尚早であろう。博士課程学生の不足は、地方大学であり将来の就職先を考えると、なかなか難しい点がある。アジア地域を中心に、諸外国の優秀な学生を勧誘する努力を続けるのが望ましい。
- センターの規模やおかれている予算環境を考えると、十分ではないにしても必要な対応がなされている

### 3) 評価全体のまとめ

全体を通して、理念・目標に関しては、評価委員が揃って評価を5としているように、理念・目標設定に関しては申し分なく、十分にその機能が果たされている。しかし、前回の指摘にもあったように、組織・人事構成に関しては、逆に全員が、特に助教クラスのポスト確保や・PD等若手の育成に関して改善の余地があるとし、教育に関しても、博士後期課程学生の確保・増大を図る必要性を指摘している。

研究活動及び研究成果に関しては、ジャイロトロンの開発、応用展開、テラヘルツ波科学分野の評価は非常に高評価となっている一方で、遠赤外材料・物性分野では、研究活動や研究成果そのものの評価は高いが、テーマが多岐に渡り、マンパワー不足によって、若干の散漫性が指摘されている。国際性に関しては、国際的活動、外国人教員、客員研究員、国際会議関連など、いずれも十分な活動、受け入れが行われている。社会貢献については、センターの性質を考えれば、適正に行われていると考えられる。研究費・研究設備に関しても、ジャイロトロン開発に関わる巨大な費用に対しては十分と言えないまでも、マンパワーを考えると適正な規模であると判断できる。大学の支援状況については、福井大学の重点化領域としての扱いを受けているが、工学部、医学部等学内共同研究を一層強化するなど、より支援を受けやすい体勢にして行く必要がある。将来展望に関しても、概ね良好であると判断できる。前回外部評価への対応についても、可能な限りの対策は講じられているが、一部構造的な指摘に関しても今後も検討課題として議論して行く必要があるだろう。

今回のほぼすべての項目に関して、評価が高いため、相対的に評点が低くなっている項目が若手や留学生の受け入れ状況である。国内外のPDや学生の受け入れ二

関して、国際会議等で PD や学生の積極的な勧誘、奨学金の獲得など、学生の動向・社会情勢にも大きく依存する部分であるが、地道な努力をお願いしたい。

#### 4) 提言

- ジャイロトロンは、原理的にも構造的にも、コンパクト化が難しいものであるが、マグネット、電源、伝送システム等、可能な限り部品の標準化を行うことで、可搬性、操作性に優れたシステムとする努力を行い、それを多くの、潜在的ユーザーに情報提供を行うことで、センター内外での共同研究の更なる活発化、応用分野の拡大、開発を行ってはどうか、また、テラヘルツ科学の進展に応じた受信感度の向上や高時間分解能特性とジャイロトロンの大電力性を生かした協同的な展開を推進するべきではないか。
- センターは今回更新されるヘリウム液化機のように維持費を必要とする装置を多数もっている。文科省は、このような維持費は法人化のうちに運営費交付金におりこみ済みという見解なので、学内で15年以上経過した装置の維持費は停止し、新たに概算要求等で得た装置の維持費に振り替えるシステムを大学本部が構築する必要がある。大学本部の配慮を希望する。 2) 大型予算を獲得するため多くの課題を設定する必要がある、人的資源の不足を招くというジレンマが生じる。今後も地道に人的資源の確保をすすめる必要はあるが、今後応用展開にシフトしていくなら、そちらにマンパワーの重心を移す必要があるのでは。特に、強力光源を用いたパルス ESR の開発には、現状以上の若手研究者の投入が必要である。 3) 博士課程学生や若手 PD の確保のためには、外国人へのシフトしか打開策はないように思われる。そのためには、センター内の文書や会議はすべて英語にするような思い切った施策を検討する必要があるかもしれない。一方、文科省特別経費などは日本語が必要であり、外国人センター長は難しいかと思われる。
- 高強度ジャイロトロン的高度化と多様な応用の開発を中心として、センターを発展させ、国内外の拠点とする方向性は、妥当であると思われる。ただ、ジャイロトロンだけに集中するのがよいかどうか、行き詰まることはないのか、も考えてみる必要がある。もっと、革新的な光源を目指す部門は必要ないか、ということである。最初から、ジャイロトロンありき、ということの説明・議論がなされ、他の光源の特質などと比較してどうか、という説明が不十分だったように思われる。周波数可変性の試みもあったが、FEL などに比較して基本的に固定周波数源と見做される。このような光源には、応用の限度があるのではないか。今のところ、たまたま見つかった応用に進む、というようなことになっているように見える。最終的に、ジャイロトロンのみ、という解に到達するにせよ、時々、他の光源研究との交流を持ちつつ、真剣に考える機会を持つのも悪くはないであろう。時間領域分光を用いたテラヘルツ科学との融合は、まだまだこれから、という感

じであるので、是非とも努力して欲しい。テラヘルツ科学部門がセンター内にあるのは、単に、周辺分野として存在しているのではなく、ジャイロトロンとのなんらかの融合により、より特色ある分光などが可能になるからであろう。物性・材料科学については、たくさん新しい試みがなされているが、有望な分野でしかもセンターが主導権をとれるテーマに集中するほうがよろしいと考える。拠点化にあたっては、センター自身がやりたいこととのバランスを保って、得失を考えつつやってほしい。

- 現在の規模から考えて十分な成果が出て運営が行われている。実施している共同研究や拠点としての活動から、共同利用・共同研究拠点に認定される能力はあるだろう。ただ他の拠点に比べると規模は小さい。認定されるには、運営協議会のような外部研究者の意見を反映させる組織があれば、他の拠点と形式的には同等になるだろう。規模の拡大という点では、工学分野でも物理・電子分野以外に化学分野や、医学分野の研究者も何らかの形で取り込んで、大学として再組織化する必要があるだろう。

# 第 1 回外部評価委員会関係資料



2013年8月20日

## 第1回外部評価委員会

### 配付資料

1. 第1回外部評価委員会（8月20日）での相談事項、意見交換の手順（案）  
（事前送付）
  2. 福井大学における自己点検評価・外部評価に対する部局毎の扱い
  3. 福井大学における外部評価基準
  4. 遠赤外領域開発研究センター外部評価項目（案）  
（事前送付）
  5. 前回外部評価時の指摘事項（要約）
  6. 前回外部評価時の評価資料、評価報告書（冊子体）
  7. 自己点検評価報告書（2回分）（冊子体）
  8. 遠赤外領域開発研究センター規程
  9. センターパンフレット（冊子体）
  10. 本日のパワーポイント資料
  11. 外部評価委員名簿
- 参考資料 年度別成果報告書（冊子体）

### 議事次第

1. 外部評価委員会委員長の選出（互選による）
2. センターからの全体説明
  - 1) 今回外部評価の位置づけ
  - 2) 外部評価に対するセンターの考え方
3. 評価項目案に関する意見交換
4. 作業手順、スケジュール（案）の打ち合わせ
5. 委員の希望により、施設見学

## 第1回外部評価委員会議進行及び議事メモ（案）

- I 日 時 平成25年8月20日（火）13:30～15:10
- II 場 所 遠赤外領域開発研究センター 6階会議室
- III 出席者 <外部評価委員>  
久保委員（核融合科学研究所）、藤原委員（大阪大学蛋白質研究所）、萩行委員（大阪大学レーザーエネルギー学研究センター）、太田委員（神戸大学分子フォトサイエンス研究センター）  
<本学教員等>  
齋藤センター長、小川教授、光藤教授、出原特任教授、堂研究推進課補佐

### IV 議事（進行及び議事メモ）

（文中、○＝外部評価委員 →＝齋藤センター長等）

議事に先立ち、齋藤センター長から本学教員の紹介。

#### 1. 外部評価委員会委員長の選出（互選による）

→核融合科学研究所 久保先生にお願いする。

#### 2. センターからの全体説明

##### 1) 今回外部評価の位置づけ

①福井大学の部局に求められるものとしての外部評価の位置づけの説明

部局としての遠赤センターの位置づけ、福井大学評価委員会の方針

概ね7年ごとの外部評価 前回平成17年度 今回は平成18-25年度、8年間分

自己点検評価ともリンク、自己点検評価は概ね3年ごとに実施

→3年間の自己点検評価を基に外部評価を実施することとしている。

②平成18-21年度文科省特別教育研究経費事業、平成23-25年度文科省特別経費事業の成果に

対する評価としての位置づけ

→国際拠点の機能を充実することとして3年間のプロジェクトを実施している。

##### 2) 外部評価に対するセンターの考え方

前回外部評価結果、課題指摘事項の説明

外部評価委員会への要望事項

#### 3. 評価項目案に関する意見交換

○前回の評価項目より多いが。

→前は大学で決めている外部評価基準がなかったため、センター独自で作ったもの。

○何か達成目標があって、それに対しての評価を行ったと聞いたが、それぞれの目標はあるのか。

→評価項目の項目自体が目標となり、具体的な数値目標は難しい。センターの在り様としてこういう所が足りないとかこうした方がよい等の評価をお願いしたい。今後につながる評価にしたい。

- 前回は客観的なデータを使ってエビデンス的な評価をいただいた。今回は、例えば、初めに大きい項目に対する評価を示していただいた後、その根拠として細目に沿った評価を付けていただく、というようなまとめ方にさせていただけるとありがたい。
- 大学自体の支援がどうかまで踏み込んでいいのか。
    - 構わない。福井大学の中期目標・計画に結びついているのかも視点とされたい。
  - サイエンスティックなセンターとして設立したバックグラウンドはあるのか。地域貢献が目的なのか。
    - 歴史的にはジャイロトロンの開発であり、周波数を高めるために低温技術、超電導マグネット技術を基盤として成長していった経緯があり、サブミリ波の領域の開発に結びついていた。
  - 地方大学でありながら、ピュアな形で出来上がっていることは凄い。女性の研究者がいるのかも視点にもなりうると思う。
  - 広報活動の視点で、web がしっかりしているのか等、項目に入れたい。
  - 毎年、役員の評価はあるのか。
    - 自己点検評価時に役員等が評価する。共同利用拠点となると別途文科省から評価されることとなる。概ね3年と5年の評価のみである。
  - 大きな目標は、拠点となることか。
    - 手段ではあるが、そのとおりである。
  - ミッションの再定義には遠赤が入っているか。
    - 工学部の5つのミッションに入っている。文科省とのすり合わせも終わっており概ね確定している。
  - 定員の削減はあるのか。
    - ポイント制で管理されており、その中で動いている。大学の支援という意味では、減らされていないことが支援ともいえる。
  - コミュニティとの形成の観点で説明が課題となっているが、遠赤は全体でカバーしているので問題ないか。
    - 評価の観点では重要ではないと考えている。全国共同利用申請時にはサポートレターを数々頂戴している。
    - 今いただいた意見を基に、評価資料を作成することとしたい。こういう資料を入れていただきたいというのがあればお聞きしたいが、数日おいて意見があればメール等でいただけるとありがたい。
  - メールで互いに議論することとしたい。

#### 4. 作業手順、スケジュール（案）の打ち合わせ

- 平成 25 年 8 月 20 日
  - 第 1 回評価委員会 評価方針、進め方に対する意見交換
- 平成 25 年 8 月～平成 26 年 1 月-2 月
  - この間、外部評価のための資料まとめ、必要に応じて意見交換
- 平成 26 年 1～2 月
  - 評価委員への評価用資料送付

→期間の幅を持たせているが、作業に入ってみないとなんとも言えないが、2 月半ばを目標にファイリングし送付することとしたい。追加資料等あればお聞きし、できるだけ早く対応することとする。基本、紙媒体とするが電子媒体も同時にお送りする。

- 平成 26 年 2 月下旬～3 月中  
評価委員による評価資料検討期間
- 平成 26 年 4 月 1 日（火）～5 日（土）  
第 2 回評価委員会 外部評価実施

→授業が始まる前のこの期間で、何卒お願いしたい。この間でプレゼンテーションを行いたい、2 日（水）～3 日（木）で確定したい。

○評価項目に対する資料を集めていただいて、項目ごとに評価する手法でよいか。

→それで構わない。ただ、文科省等に見せるときに理解しやすい評価がよいと考える。

○文書の羅列ではなく、グラフ等で示せば見やすいので工夫願いたい。論文リストは仕方がない。

→4 月以降のスケジュールは、再度来福いただくか、メール等でのやりとりをするかを含め、おいおい決めることとしたい。

- 平成 26 年 4 月以降  
追加資料提出、質問事項への回答
- 平成 26 年 5 月～6 月  
第 3 回評価委員会  
外部評価報告書案のすり合わせ（評価委員会内、センターと評価委員会）
- 平成 26 年 7 月～8 月  
評価報告書とりまとめ、印刷公表

## 5. その他

○センター全体の評価か、或いは部門ごとの評価となるか。

→基本センター全体の評価をお願いしたい。その中で部門のことに触れられてもよい。

○世界的な状況や位置付け等、分かるようなものがあればよい。比較して、センター長がどう思われているのか、センターとして何を目指すのか、具体的なものがあれば分かりやすい。

○周波数はトップか。

→ジャイロトロンではトップである。資料の中に盛り込むこととしたい。センターとして何を目指すかは、そのエビデンスも必要であれば添付する。

○事務局が作った今回の議事メモに今後外部委員方々のメールでの議論結果を加え、作業を進めていくこととしたい。

○評価資料の作り方野相談など、必要な場合は評価委員長とセンターの間で相談する。

（本会終了後、センター内の施設見学を実施。）

第1回外部評価委員会（8月20日）での相談事項、意見交換の手順（案）

1. 外部評価委員会委員長の選出（互選による）

2. センターからの全体説明

1) 今回外部評価の位置づけ

①福井大学の部局に求められるものとしての外部評価の位置づけの説明

部局としての遠赤センターの位置づけ、福井大学評価委員会の方針

概ね7年ごとの外部評価 前回平成17年度 今回は平成18-25年度、8年間分

自己点検評価ともリンク、自己点検評価は概ね3年ごとに実施

②平成18-21年度文科省特別教育研究経費事業、平成23-25年度文科省特別経費事業の成果に対する評価としての位置づけ

2) 外部評価に対するセンターの考え方

前回外部評価結果、課題指摘事項の説明

外部評価委員会への要望事項

3. 評価項目案に関する意見交換

4. 作業手順、スケジュール（案）の打ち合わせ

平成25年8月20日

第1回評価委員会 評価方針、進め方に対する意見交換

平成25年8月～平成26年1月-2月

この間、外部評価のための資料まとめ、必要に応じて意見交換

平成26年1～2月

評価委員への評価用資料送付

平成26年2～3月

評価委員による評価資料検討期間

平成26年4月1日～5日

第2回評価委員会 外部評価実施 よくある形態でやる？

平成26年4月以降

追加資料提出、質問事項への回答

平成26年5月～6月

第3回評価委員会（早すぎ？）

外部評価報告書案のすりあわせ（評価委員会内、センターと評価委員会）

平成26年7月～8月

評価報告書とりまとめ、印刷公表

本学の改革推進における「全学運営体制の改革」中の  
学内各センターの統合と再編に係る対応について

平成18年 5月17日  
役 員 会 承 認

対応

(1) 前回の検討結果も踏まえた基本方針

- ① 学内共同教育研究施設等（以下の(2)参照。以下センターと称す。）については、既存及び今後の新設も含め、一定期間ごとに活動状況、業務の達成状況等を評価。
- ② 上記の評価結果に基づき、役員会が改廃も含めた必要な見直しを実施。

(2) 上記基本方針に基づく具体の取扱い

- ① 次の区分により点検・評価を実施し、全学的視点から見た当該センターの在り方に関する意見等を添えて役員会に報告。

ア 高エネルギー医学研究センター、遠赤外領域開発研究センター及び生命科学複合研究教育センターの研究センター

高エネルギー医学研究センター及び遠赤外領域開発研究センターについては、当該センターが行う自己点検・外部評価結果に基づき、研究推進委員会において活動状況等を評価。

生命科学複合研究教育センターについては、平成19年度に自己点検・評価を行い、当該結果に基づき、研究推進委員会において活動状況等を評価。

イ 産学官連携推進機構が総括する地域共同研究センター、VBL、知的財産本部、大型研究プロジェクト推進本部等の産学官連携関係センター

各センターが概ね3年ごと（直近では平成19年度）に自己点検・評価を行い、当該結果に基づき、産学官連携推進機構企画会議において活動状況等を評価。

ウ 附属図書館並びに総合情報処理センター、アドミッションセンター、留学生センター、総合実験研究支援センター、保健管理センター（以上旧省令施設等）地域環境研究教育センター及び共通教育センター

各センターが概ね3年ごと（直近では平成19年度）に自己点検・評価を行い、当該結果に基づき、役員会において活動状況等を評価。

※ 参考

下線のセンター等は、人事上の「教育研究に係る政策推進施設」に位置付けられ、専任教員等の人事は、役員会の議を経て、学長が選考。

- ② 評価担当の各委員会等からの報告等を受けた役員会は、中長期的な視点から、見直し内容を最終決定。
- ③ 各センターは、上記に限らず、適宜自己点検・評価等を行い、その結果に基づく改革案の提案に努める。

## 福井大学における外部評価基準

### (趣旨)

第1 この基準は、福井大学（以下「本学」という。）の外部評価（本学が実施した自己点検・評価の結果及びその他の活動状況に対する学外者による検証をいう。以下「外部評価」という。）の実施に関し必要な事項について定める。

### (目的)

第2 外部評価は、本学の教育研究活動等の状況について、学外者による検証を行うことにより本学の教育水準の向上と研究活動及び医療の活性化を図り、かつ本学の目標及び社会的な使命の達成に資することを目的とする。

### (外部評価を受ける組織の単位)

第3 外部評価を受ける組織の単位は、学部、大学院、医学部附属病院及び学内共同教育研究施設（以下「学部等」という。）とする。

### (外部評価の時期)

第4 外部評価は、学部等ごとに、おおむね7年ごとに受けるものとする。

### (外部評価の項目)

第5 外部評価の主要な評価項目は、次のとおりとする。

- (1) 学部等の理念・目標・将来構想とそれに向けた研究及び診療分野
- (2) 組織及び人事構成
- (3) 教育方法及び教育内容
- (4) 研究活動及び研究成果
- (5) 医療活動
- (6) 国際性（国際的活動，外国人教員，客員研究員，国際会議関連）
- (7) 社会貢献
- (8) 教育・研究設備，教育・研究費
- (9) その他学部等において必要と思われる事項

### (外部評価方法)

第6 外部評価は、次の方法により実施する。

- (1) 自己点検・評価報告書及び資料による調査
- (2) 学部等の長，学科長，各教員，当該学部等所属学生に対するヒアリング
- (3) 実地調査

### (委員会)

第7 外部評価を実施する場合は、それぞれの学部等に委員会を設置するものとする。

### (改善)

第8 各学部等は、外部評価の結果に基づき、改善が必要なものについては、改善のための方策を講じなければならない。

### (報告)

第9 各学部等の長は、外部評価の結果を学長に報告しなければならない。

### (公表)

第10 外部評価の結果については、刊行物その他の方法により学内外に公表するものとする。

## 基準第5に定める外部評価項目に係る細分類項目

### 1. 学部等の理念・目標・将来構想とそれに向けた研究及び診療分野

- ア. 大学の理念と役割, 学部・研究科・医学部附属病院の理念, 目的等を踏まえた学内共同教育研究施設, 学科, 専攻, 部門等の理念・目的の適切性
- イ. 医学部附属病院, 学内共同教育研究施設, 学科, 専攻, 部門等の研究及び診療分野と理念・目的等の適切性
  - ・学部・研究科・医学部附属病院・学内共同教育研究施設の理念と目的役割
  - ・学部・研究科・医学部附属病院・学内共同教育研究施設の構成
  - ・医学部附属病院及び学科・専攻等の理念と目的役割・展望
  - ・医学部附属病院及び学科・専攻等の教育・研究分野

### 2. 組織及び人事構成

- ア. 医学部附属病院, 学内共同教育研究施設, 学科, 専攻, 部門等の研究及び診療分野と組織の適切性
- イ. 教員の研究及び診療分野と組織の適切性
- ウ. 教員構成の適切性 (外部経験, 年齢, 出身大学等)
  - ・医学部附属病院, 学科・専攻等の組織 (講座等の構成) と研究及び診療分野 (講座等に所属する教員の研究・教育及び診療分野)
  - ・教授・助教授・講師等の現教員組織
- エ. 若手研究者の採用と育成
  - ・採用年齢と現年齢等年齢に関する適切性
  - ・助手等の構成
  - ・助手の採用に関する基本方針と採用方法
  - ・助手等の若手研究者育成の特別な配慮事項

### 3. 教育方法及び教育内容

- ア. 学内共同教育研究施設, 学科, 専攻, 部門等の理念・目的と大学院・学部カリキュラムの適切性
- イ. 教育上の特色と教育方法の適切性
  - ・教育理念と人材養成の目的
  - ・学科・専攻等のカリキュラムの特徴
  - ・学科・専攻等の特記すべき教育活動
  - ・他大学等との単位互換, 既修得単位の認定制度実績
  - ・学士・修士・博士の学位授与方針
  - ・学生の課外活動
- ウ. 学部・大学院の入学者選抜についての評価
  - ・学部入学者数と出身地
  - ・大学院修士課程入学者数と出身大学
  - ・大学院博士課程入学者数と出身大学
  - ・大学院飛び級進学
- エ. 社会人, 帰国子女, 学部編入学生の入学評価
  - ・学部編入学者数と出身学校
  - ・社会人の入学方式と実績
  - ・社会人学生に対する教育・研究指導の配慮
  - ・研究生の受け入れ実績
- オ. 大学院と学部人材育成と人材供給 (学生の就職等)
  - ・学部・修士課程・博士課程学生教育の適切性
  - ・学部・修士課程・博士課程学生の就職状況及びキャリア・パス形成の評価
  - ・他大学・公的研究機関への就職・移籍状況の評価
  - ・在籍博士課程学生の研究テーマの評価

#### 4. 研究活動及び研究成果

- ア. 研究活動の評価
- イ. 研究が及ぼす社会への効果の評価
- ウ. 教員の研究業績の評価
- エ. 学・協会等の褒賞等の評価

#### 5. 医療活動

- ア. 診療機能の評価
  - ・医療の質の向上
  - ・患者安全の確保
  - ・患者サービス・院内アメニティの向上
  - ・高度先進医療等・地域医療の充実
  - ・卒後臨床研修（前・後期）
  - ・国家的施策・政策への関与
- イ. 経営基盤の確立評価
  - ・経営体制の確立
  - ・収支の向上
- ウ. 病院ガバナンスの確立評価
  - ・病院長のリーダーシップの確立
  - ・戦略的マネジメントの実施
  - ・説明責任の遂行
  - ・コンプライアンスの向上

#### 6. 国際性（国際的活動，外国人教員，客員研究員，国際会議関連）

- ア. 学生の留学及び留学生の受け入れの適切性
  - ・外国人留学生の受け入れ状況
  - ・留学生に対する教育研究及び医療指導への配慮
  - ・外国大学・大学院等への留学状況
- イ. 外国人教員・客員研究員等の国際交流の評価
  - ・外国人教員及び外国人研究者
  - ・客員研究員及び客員教授等
  - ・国際会議等への参加
  - ・国際活動（レフリー，チェアマン，招待講演，技術指導等）

#### 7. 社会貢献

- ア. 社会的活動の評価
  - ・教員の社会的活動・貢献
- イ. 共同研究の状況の評価
  - ・共同研究・受託研究等外部との連携
- ウ. 研究成果の社会への反映（特許等）の評価
  - ・現任教員の特許取得
- エ. 学科・専攻等のイベント，主催シンポジウム，研究発表会，公開講座等

#### 8. 教育・研究設備，教育・研究費

- ア. 研究費の適切性
  - ・運営費交付金関係
  - ・科学研究費補助金
  - ・奨学寄付金
  - ・共同研究費，受託研究費，他省庁研究費等
- イ. 寄附講座・寄附研究部門
- ウ. 学科・専攻等の建物
- エ. 主な研究設備

9. その他学部等において必要と思われる事項

- ア. 学部等の理念と役割, 目的等を踏まえた学部等附属施設の理念・目的の適切性
- イ. 学部等附属施設の設置目的と理念・目的の適切性
- ウ. 学部等附属施設の組織及び人事構成

## 遠赤外領域開発研究センター外部評価項目(案)

### 1. 理念・目標

- 1-1 大学の理念と役割, 目的等を踏まえたセンターの理念・目的の適切性
- 1-2 研究分野と理念・目的等の適切性
- 1-3 福井大学における位置づけ
- 1-4 センターの歴史を踏まえた評価

### 2. 組織及び人事構成

- 2-1 研究分野と組織の適切性
  - ・教員構成と研究分野の適切性
  - ・若手研究者の採用と育成
- 2-2 研究支援体制
  - ・事務支援体制
  - ・研究支援職員の配置

### 3. 教育方への貢献

- 3-1 人材育成
  - ・学部・修士課程・博士課程学生教育への貢献
  - ・教育上の特色

### 4. 研究活動及び研究成果

- 4-1 研究活動の評価
  - ・研究課題ごとの評価
  - ・研究プロジェクトの評価
- 4-2 研究業績の評価(特許も含む)
- 4-3 学・協会等の褒賞等の評価
- 4-4 成果の発信・広報活動
- 4-5 コミュニティのサポート状況

### 5. 国際性(国際的活動, 外国人教員, 客員研究員, 国際会議関連)

- 5-1 国際的位置づけ
  - ・センターの目標に対して世界の中での地位、今後の方向
- 5-2 国際交流
  - ・外国人教員及び外国人研究者等の招聘とその効果
  - ・国外研究機関への派遣
  - ・国際会議等への参加
- 5-3 留学生の受け入れの適切性
  - ・外国人留学生の受け入れ状況
  - ・学生の海外派遣・受け入れ実績
- 5-4 国際貢献

### 6. 社会貢献

- 6-1 共同研究の状況の評価
  - ・公的研究機関との共同研究・受託研究等外部との連携
  - ・民間企業との共同研究・受託研究等外部との連携
- 6-2 教員の社会的活動・貢献
- 6-3 イベント(主催シンポジウム, 研究発表会, 公開講座等)
- 6-4 学術研究を目的とするセンターとしての地域貢献の適切性

## 7. 研究費・研究設備

### 7-1 研究費の適切性

- ・ 運営費交付金関係
- ・ 科学研究費補助金
- ・ 奨学寄付金
- ・ 共同研究費，受託研究費，他省庁研究費等

### 7-2 施設

### 7-3 主な研究設備

## 8. 大学の支援状況

予算的支援・人的支援、福井大学の重点研究領域への指定

## 9. 将来展望

### 8-1 教育・研究分野の展望

### 8-2 研究拠点化への取り組み

- ・ 国内共同研究拠点への取り組み
- ・ 国際共同研究拠点への取り組み

## 10. 前回外部評価への対応

前回の外部評価で指摘された点 (要約)

出原

(この外部評価は、2006年に行われたものであり、その時点での指摘点を要約したものである。すでに7年が経過し、改善された項目もある。その点を考慮してご覧下さい。出原)

- 1) センターの目的(または mission)を達成するために人的資源が不足している。
- 2) 協力教員の数が増える方向で大学の将来計画を立てられるべきである。
- 3) センター人事委員会は、センターの活動を高める立場で研究者の人事を行う体制を築くべきである。
- 4) センターの研究内容の充実を担保する、外部資金獲得のレベルアップが望まれる。
- 5) 最先端の研究活動がなされているセンターにしては、博士課程の学生が少ない。
- 6) 研究活動に関する評価(省略): 研究課題ごとに詳細な評価がなされている。  
添付した資料「前回の外部評価で指摘された点」をご覧下さい。
- 7) 国際交流、国際貢献、地域貢献、国内交流、民間企業との協力: 地場産業との結びつきが深まればもっと有意義であると考えられる。
- 8) 将来構想(四年間)について: 「ミリ波・サブミリ波 ESR および強磁場磁性研究」では、7件の計画いずれもすばらしい。しかしながら、現在の人員配置でこれだけのことを4年間でこなすのは非常に困難ではないかと危惧する。  
「THz タイムドメイン分光および生物学・医学への応用」においては、装置そのものはある程度完成されたものであり、当センターが寄与できる部分はほとんど無い。したがってその応用が重要になるが、分光および生物学・医学への応用はすでに多くの研究機関で当センターよりももっと大々的にやっており、それらに打ち勝つような研究を行うためには多人数の優秀な専門家の確保が必要である。  
これだけのことを4年間でこなすのは非常に困難ではないか。
- 9) 長期将来計画評価: 世界における遠赤外領域研究の中心として、総合的に、装

置開発とその応用を大々的に発展させるためには、きちんとしたビジョンが必要である。センター長を国際公募にするなど、斬新な発想であり、高く評価できる。また新センターにおける国際共同利用装置に関してもリーズナブルであると理解できる。超低温物性実験施設との将来的な組織再編成によりセンターの機能充実に努める構想は是非実現すべきものである。専任教官として外国人研究者の採用が望ましい。センターの人事委員会の構成員として外部委員を委託し、より幅広い視点から人事構想に有益な助言等を頂くことが望ましいことである。

世界における遠赤外領域研究の中心として、総合的に、装置開発とその応用を大々的に発展させるためには、きちんとしたビジョンが必要である。

福井大学遠赤外領域開発研究センター規程

平成16年4月1日

福大規程第43号

(趣旨)

第1条 この規程は、福井大学学則（平成16年福大規則第1号）第8条第3項の規定に基づき、福井大学遠赤外領域開発研究センター（以下「センター」という。）の組織及び運営に関し、必要な事項を定める。

(目的)

第2条 センターは、遠赤外領域の基礎技術、応用技術及び新技術等の開発・活用に関する研究を推進するとともに、遠赤外領域の研究拠点としての役割を果たし、もって本学における教育研究活動の活性化を図ることを目的とする。

(業務)

第3条 センターは、前条の目的を達成するため、次の業務を行う。

- (1) 遠赤外光の発生、受信、伝送等遠赤外基礎技術の開発研究に関すること。
- (2) 物性研究、核融合理工学研究及び新素材開発研究への遠赤外応用技術の開発・活用研究に関すること。
- (3) その他遠赤外領域新技術の開発研究に関すること。
- (4) 国内外の研究組織との協力により、遠赤外研究の最前線を究め、この分野の研究拠点の役割を果たすこと。
- (5) その他前条の目的を達成するために必要な業務

(職員)

第4条 センターに、次の各号に掲げる職員を置く。

- (1) 遠赤外領域開発研究センター長（以下「センター長」という。）
- (2) 副センター長
- (3) 専任教員
- (4) その他必要な職員

2 センター長、副センター長及び専任教員の選考に関する必要な事項は、別に定める。

(職務)

第5条 センター長は、センターの業務を掌理する。

2 副センター長は、センター長を補佐し、センター長に事故があるときは、その職務を代行する。

3 専任教員は、センターの業務を処理する。

4 その他の職員は、センターの業務に従事する。

(兼任教員)

第6条 センターに、兼任教員を置くことができる。

2 兼任教員は、学長が任命し、センターの業務に協力する。

3 その他兼任教員に関し必要な事項は、第8条に規定する運営委員会が定める。

(客員教授等)

第7条 センターに、客員教授又は客員准教授（以下「客員教授等」という。）を置くことができる。

2 客員教授等の任期は、1年以内とし、再任を妨げない。

3 客員教授等の選考は、国立大学法人福井大学客員教授及び客員准教授選考規程（平成16年福大規程第24号）の定めるところによる。

(運営委員会)

第8条 センターの円滑な運営を図るため、福井大学遠赤外領域開発研究センター運営委員会（以下「運営委員会」という。）を置く。

2 運営委員会に関する必要な事項は、別に定める。

(庶務)

第9条 センターの庶務は、総務部研究推進課において処理する。

(雑則)

第10条 この規程に定めるもののほか、センターに関し必要な事項は、別に定める。

附 則

この規程は、平成16年4月1日から施行する。

附 則

この規程は、平成16年6月2日から施行する。

附 則（平成17年4月1日福大規程第45号）

この規程は、平成17年4月1日から施行する。

附 則（平成18年3月30日福大規程第38号）

この規程は、平成18年4月1日から施行する。

附 則（平成18年12月6日福大規程第85号）

この規程は、平成19年4月1日から施行する。

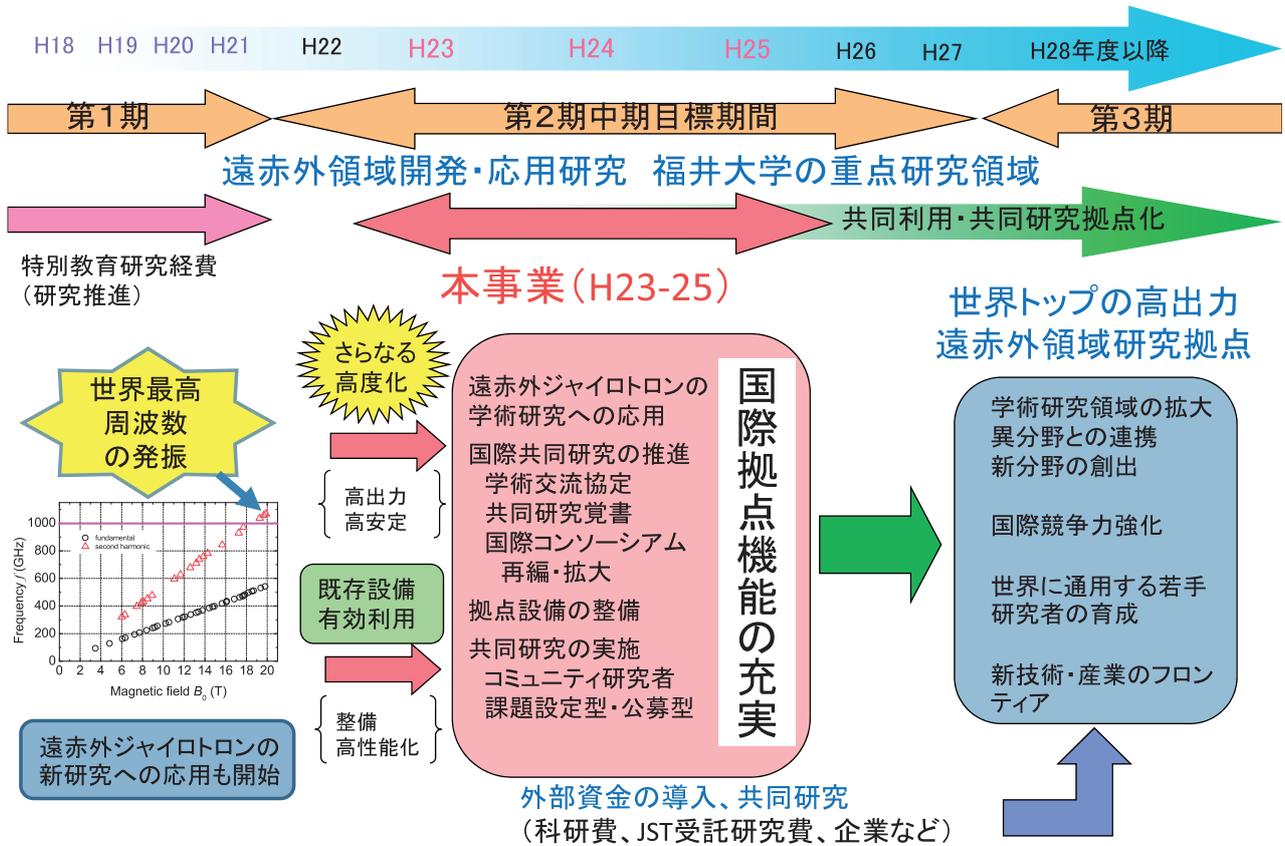
# 遠赤外領域開発研究センターの外部評価を お願いするに当たって

1. 今回外部評価の位置づけ
  - (1) 福井大の部局評価として
  - (2) 文部科学省特別教育研究経費、特別経費事業の成果に対する評価
2. 外部評価に対するセンターの考え方
  - (1) 評価の観点の設定について
  - (2) 外部評価委員にお願いしたいこと
3. 作業手順、スケジュールに関して

## 今回外部評価の位置づけ

- (1) 福井大の部局評価として
  - センターは概ね7年ごとの外部評価実施を求められている。
  - 前回実施、平成17年度
  - 今回、平成18年度－25年度、8年間の活動に対する評価
- (2) 文部科学省特別教育研究経費、特別経費事業の成果に対する評価
  - 平成18年度－22年度 特別教育研究経費(研究推進)
  - 平成23年度－25年度 特別経費(プロジェクト分)
- (3) 参考
  - 自己点検評価 概ね3年ごと
  - 今回外部評価期間に関わる自己点検評価
  - 平成17年度－19年度
  - 平成20年度－23年度

## 事業実施計画と事業終了後の展開



## 外部評価に対するセンターの考え方

- (1) 評価の観点の設定について  
福井大学評価委員会が決定した外部評価基準を基に、センターの目的・特徴を加味して、案を作った。
- (2) 外部評価委員にお願いしたいこと  
実質的な評価と有用な提言を求め、今後活かしたい。  
忌憚のない意見、提言をお願いします。
- (3) 評価の観点に関して  
部門評価は入るだろう。  
センターの特色(共同研究・国際性など)に関する評価
- (4) 項目毎の評価の仕方  
評価報告書のまとめ方にもつながる。  
外部評価委員で相談願いたい。

## 第1回外部評価委員会





## 第2回外部評価委員会関係資料



遠赤外領域開発研究センター外部評価手順

4月2日(水)

10時～ 出張書類など事務手続き

10時30分 評価作業の手順確認  
必要に応じて修正

11時 理念・目標 報告20分、質疑20分  
斉藤 組織及び人事構成

教育貢献は資料提示のみとする。

12時 昼食

13時 研究活動及び研究成果  
立松 ジャイロトロン開発 報告30分、質疑15分

13時45分 ジャイロトロン応用研究 報告30分、質疑15分  
出原

14時30分 休憩

15時 設備見学 約1時間30分  
研究成果報告と関係の強い設備を主体とする。  
研究設備の説明資料も配布し、その場で説明する。

16時30分 休憩

17時 物性・材料開発 報告30分、質疑15分  
光藤

17時45分 テラヘルツ科学 報告30分、質疑15分  
谷

18時30分 4月2日分終了

4月3日(木)

9時	研究活動及び研究成果全体に対する質疑	
齊藤 谷	冒頭短時間で、プロジェクト研究としての成果のまとめを示す。 研究業績、広報活動等	
10時	国際性	報告25分、質疑15分
藤井		
10時40分	共同研究及び社会貢献	報告20分、質疑15分
小川		
11時15分	研究費・研究設備	報告15分、質疑15分
山本		
12時	昼食	
13時	大学の支援状況	報告15分、質疑15分
光藤		
13時30分	将来展望	報告15分、質疑15分
谷		
14時	前回外部評価への対応	報告15分、質疑15分
齊藤		
14時30分	休憩	
15時	全体に対して質疑	
16時	報告書のとりまとめ手順相談	
17時	終了	

## 第2回外部評価委員会議進行及び議事メモ

- I 日 時 [1日目]  
平成26年4月2日(水) 10:00～18:40  
[2日目]  
平成26年4月3日(木) 9:00～17:00
- II 場 所 遠赤外領域開発研究センター 5階コロキウム室
- III 出席者 <評価委員>  
久保委員長、藤原委員、萩行委員、太田委員  
<本学教員等>  
谷センター長、斉藤教授、小川教授、光藤教授、立松准教授、藤井准教授、山本准教授、  
出原特任教授  
山口研究推進課長(1日目のみ)、堂研究推進課課長補佐(1日目のみ)、田口専門職員、  
中川係員(2日目のみ)

### IV 議事(進行及び議事メモ)

開催に先立ち、斉藤から開会挨拶の後、久保委員長から挨拶があった。

次いで、斉藤より、今回の評価委員会のスケジュールと評価作業の手順が諮られ、評価委員の了解が得られた。

[評価作業手順]

1. 第1回外部評価委員会において定めた「外部評価項目」の順に、本学遠赤外領域開発研究センター(以下「遠赤センター」という。)の教員がパワーポイントを用いて説明を行い、各事項終了後に質疑応答を行う。
2. 全ての説明が終わった後、全体に対する質疑応答を行う。
3. 外部評価報告書のまとめ方について確認を行い、概ねのスケジュールを決定する。

(評価作業手順に従い、進行)

1. 遠赤センターの研究活動等について、外部評価項目に従い各教員がプレゼンテーション(説明)を行った。

1) 斉藤が以下2項を説明した。教育貢献については配付資料を参考していただくこととした。

- ・理念・目標
- ・組織・人事構成

この後質疑応答

2) 立松による、ジャイロトロン開発・高度化に関する研究活動及び研究成果の説明

- ・センターにおけるジャイロトロン開発の意義・方向性・目的
- ・ジャイロトロン開発の研究成果
- ・国際共同研究による成果
- ・ジャイロトロン開発のさらなる高度化の方向

この後質疑応答

(午前の部終了)

3) 出原による、ジャイロトロンの応用展開に関する研究活動及び研究成果の説明

- ・ジャイロトロンの特徴に基づく応用展開
- ・ジャイロトロンの分光課題への応用
- ・ジャイロトロンの加熱効果に基づく応用
- ・量子ビーム融合による研究計画

この後質疑応答

4) 設備見学

5) 光藤による、物性・材料開発に関する研究活動及び研究成果の説明

- ・高周波電磁波を用いた磁気共鳴現象に関する開発研究
- ・ジャイロトロン光源を用いた ESR エコーシステムの開発の進展
- ・電磁波プロセッシングに関する開発・研究

この後質疑応答

6) 谷による、テラヘルツ波科学に関する研究活動及び研究成果の説明

- ・センターにおけるテラヘルツ波科学研究の位置づけと研究項目
- ・各研究項目で得られた成果
- ・共同研究・産学連携の状況

この後質疑応答

(外部評価委員会の初日終了)

(2日目の議事)

1. 昨日に引き続き、遠赤センターの研究活動等について、外部評価項目に従い各教員がプレゼンテーション(説明)を行った。

1) 斉藤による、文科省特別教育研究経費、特別経費によるプロジェクト研究事業の説明

- ・プロジェクトの位置づけ
- ・成果・波及効果

2) 谷による、センターの研究活動の説明

- ・学会・協会等の褒賞等の評価
- ・成果の発信・広報活動(論文、学会発表以外)
- ・コミュニティのサポート状況(コミュニティからのサポート、コミュニティ形成の活動)

この後質疑応答

また、評価委員の招待講演の件数を明示的に示す方がよいとの指摘があった。

3) 藤井による、センターの国際性の説明

- ・国際コンソーシアム、学術交流協定、共同研究覚書による国際共同研究とセンターの主導性
- ・国際交流状況(受け入れと派遣)、国際貢献
- ・国際共同研究による論文発表状況

この後質疑応答

4) 小川による、共同研究及び社会貢献の説明

- ・国内共同研究の状況、公募型共同研究の開始と進展
- ・社会貢献・学外教育活動
- ・シンポジウム・研究発表会・公開講座等
- ・地域貢献

この後質疑応答

5) 山本による、研究費の概要と設備整備状況の説明

- ・センターの経費総額
- ・校費、特別経費、外部資金等の内訳と分析
- ・評価期間中に整備された主な設備

この後質疑応答

(午前の部終了)

6) 光藤による、大学からの支援状況の説明

- ・予算的支援
- ・人的支援
- ・福井大学の重点研究領域への指定

この後質疑応答

評価委員より、事務的支援の状況が見える資料が必要との指摘があり、追加資料として提出することとした。

7) 谷センター長による、将来展望の説明

- ・初めに、評価委員からの要求である招待講演のデータを提示
- ・センターの基本目標
- ・5年先を目指すミッション
- ・センター改革の方向性
- ・学内連携の強化
- ・センターの拠点化・国際化

この後質疑応答

併せて、これまでの報告事項、センターの研究活動全体に対して、質疑応答を行った。

8) 斉藤前センター長による、前回外部評価における指摘事項への対応状況の説明

- ・センターの目的を達成するために人的資源不足への対応
- ・センターの活動を高める立場で研究者の人事を行う体制を築くこと
- ・外部資金獲得のレベルアップの必要性への対応
- ・博士課程の学生数確保の必要性への対応
- ・地場産業との結びつきへの対応
- ・将来構想（4年間）の実行状況
- ・長期将来計画の実行状況

この後質疑応答

2. 外部評価報告書のまとめ方と外部評価の今後の進め方として、以下の方針を決定した。

- (1) 基本は大項目に評価する。ただし、研究活動は報告項目ごとに評価する。
- (2) 評価委員は評価案を委員長に送り、委員長が文章として取りまとめる。
- (3) 基本的には、評価項目の点数評価を行う。
- (4) 学内他部局の報告書における点数評価の形態を調査して、評価委員にお知らせする。
- (5) 質疑応答自体は、記載しない。
- (6) 報告中の質疑のポイントをセンターでまとめ評価委員に送付。
- (7) 報告ファイルを pdf にして評価委員に送付。
- (8) 各報告のまとめを抜粋し、評価委員に送付。

また、具体的なスケジュールは以下のとおりとした。

- 評価委員長から評価委員に評価案の送付を依頼する。
- 文章の体裁は、評価委員長に決めていただく。
- 5月2日までに、評価委員長から評価委員に評価案の体裁を送付。
- 5月連休明けに評価案を評価委員長に集約。
- 2週間程度で（～5月中に）で委員間の意見交換、5月末を目標に評価案の取りまとめ。
- 取りまとめた後、評価委員長からセンターに送っていただく。
- 評価委員会とセンター間で意見交換。
- センターの今後に向けての提言を評価委員にまとめていただく。

（基本的には、福井大学に集まっていただくことはしない。必要な場合は知らせていただいて、知恵を出すこととしたい。）

委員会開催は今回で終了とし、今後はメールベースを進める。

どうしても集まっていただく必要があるときは、評価委員が集まりやすい場所にある貸会議室などを利用することなどを考える。

以上

## 遠赤外領域開発研究センター外部評価項目(案)

### 1. 理念・目標

- 1-1 大学の理念と役割, 目的等を踏まえたセンターの理念・目的の適切性
- 1-2 研究分野と理念・目的等の適切性
- 1-3 福井大学における位置づけ
- 1-4 センターの歴史を踏まえた評価

### 2. 組織及び人事構成

- 2-1 研究分野と組織の適切性
  - ・ 教員構成と研究分野の適切性
  - ・ 若手研究者の採用と育成
- 2-2 研究支援体制
  - ・ 事務支援体制
  - ・ 研究支援職員の配置

### 3. 教育方への貢献

- 3-1 人材育成
  - ・ 学部・修士課程・博士課程学生教育への貢献
  - ・ 教育上の特色

### 4. 研究活動及び研究成果

- 4-1 研究活動の評価
  - ・ 研究課題ごとの評価
  - ・ 研究プロジェクトの評価
- 4-2 研究業績の評価(特許も含む)
- 4-3 学・協会等の褒賞等の評価
- 4-4 成果の発信・広報活動
- 4-5 コミュニティのサポート状況

### 5. 国際性(国際的活動, 外国人教員, 客員研究員, 国際会議関連)

- 5-1 国際的位置づけ
  - ・ センターの目標に対して世界の中での地位、今後の方向、拠点性
- 5-2 国際交流
  - ・ 外国人教員及び外国人研究者等の招聘とその効果
  - ・ 国外研究機関への派遣
  - ・ 国際会議等への参加
- 5-3 留学生の受け入れの適切性
  - ・ 外国人留学生の受け入れ状況
  - ・ 学生の海外派遣・受け入れ実績
- 5-4 国際貢献

### 6. 社会貢献

- 6-1 共同研究の状況の評価
  - ・ 公的研究機関との共同研究・受託研究等外部との連携
  - ・ 民間企業との共同研究・受託研究等外部との連携
- 6-2 教員の社会的活動・貢献
- 6-3 イベント(主催シンポジウム, 研究発表会, 公開講座等)
- 6-4 学術研究を目的とするセンターとしての地域貢献の適切性

## 7. 研究費・研究設備

### 7-1 研究費の適切性

- ・ 運営費交付金関係
- ・ 科学研究費補助金
- ・ 奨学寄付金
- ・ 共同研究費，受託研究費，他省庁研究費等

### 7-2 施設

### 7-3 主な研究設備

## 8. 大学の支援状況

予算的支援・人的支援、福井大学の重点研究領域への指定

## 9. 将来展望

### 8-1 教育・研究分野の展望

### 8-2 研究拠点化への取り組み

- ・ 国内共同研究拠点への取り組み
- ・ 国際共同研究拠点への取り組み

## 10. 前回外部評価への対応

平成 26 年 4 月 2 日、3 日 第 2 回外部評価委員会質疑応答の記録

この記録は、センターからの報告に対してなされた質疑応答に対して、センター教員のメモを持ち寄り、一部記憶による補いも含めて作成した。発言者もできる限り記載したが、一部不明なところもある。

○評価の項目について

2013 年 8 月 20 日の第 1 回評価委員会で提出した評価項目に対して、国際性のなかでセンターの国際的位置づけにおいて、国際的拠点性を評価項目に加えていただきたい。(斉藤) 了解した。(評価委員)

○理念、目標 (斉藤)

- ・ ミッションの再定義との関係は？ (太田)

遠赤外領域が工学分野の重点 5 分野の 1 つに指定されている。

○組織・人事 (斉藤)

- ・ 機関研究員とは PD のことか？ (太田)

然り。

- ・ 教育地域科学部とは？ (太田)

昔の教育学部で、全国の教育学部と同じく、地域とか文化何とかという修飾語のついた学部名になっている。

- ・ 福井大学役員からのヒアリングの観点は何か？ (久保)

ジャイロトロン成果はわかる。その応用展開と今後の計画、拠点化の見通しを示せ、である。

○ジャイロトロン開発 (立松)

- ・ FU CWIII のパワーはいくらか (萩行)

10 W 程度 (出原)

- ・ マグネットの振動は問題ないか

ジャイロトロンに関しては、現在のわれわれの課題の範囲内では問題となっていない。

- ・ DNP-NMR ではマグネットの振動が問題になるかもしれない。

- ・ ジャイロトロンはマグネットと独立か。

ジャイロトロンとマグネットは一体ではないので、振動が問題になる場合は、ジャイロトロン設置時にマグネット間に緩衝材を使用して振動を吸収する等工夫することはできる。

・ 1 THz を超えたのに何らかの物理のブレークスルーはあったか。(久保)

1 THz 超の達成は、20 T という強磁場のマグネットを導入できたことと、この強磁場で 2 次高調波発振したことで、特別な物理のブレークスルーではない。

・ 世界で、中型・小型のジャイロトロン開発の競合機関は 3 つほどであるのは少ない。それはジャイロトロンの有効性がみとめられていないためか。(萩行)

もともとジャイロトロンは核融合加熱用に開発されたものである。中型、小型ジャイロトロンが何に應用できるかが、まだまだ浸透していない。ポジトロニウムの例では、もし、素粒子物理学分野のアメリカの競争相手が MIT と手を組むと、競争相手として脅威になる可能性があるが今のところその動きはない。

・ MIT 等が本気をだしたら太刀打ちできないか(萩行)

ジャイロトロンそのものの開発という意味では MIT に負けることはないが、応用実験を行う側に依存する。

MIT も専任スタッフとしては Temkin さんと Shapiro ぐらいであり、これに優秀なポスドクを雇用して研究力を強めている(斉藤)

ロシアの IAP は手強い競争相手である(出原)

・ 周波数連続可変のメカニズムはなにか。(萩行)

Gyro-BWO 発振による、電子ビームの進行方向と反対方向に進行する波とのみの相互作用で、磁場強度を連続的に変化させると、波の電場構造が連続的に変化し、周波数も連動的に変わる。

・ NMR は電波領域で周波数、出力、位相の制御が出来て研究が進んでいる。ジャイロトロンに関して、これらの要素が重要ではない(藤原)

・ ジャイロトロンシステムを小型化できた要因は何か(久保)

小型のマグネットができたこと。

このため、クライオスタットボア径が小さくなった ( $\phi 52$ ) が、それに対応できる電子銃、モード変換器を設計するスキルを我々がもっていること。

・ 多周波数発振ジャイロトロンのモード同定は周波数で行ったのか(久保)

その通り。

・ モード変換器のガウスビームへの効率は(萩行)

Vlasov launcher を用いているので 70% 程度

・ モード変換器の変換効率をあげるにはどのようにするか(萩行)

核融合加熱用では導波管壁にモジュレーションを与える Denisov launcher によりガウスビームへの変換効率が 90% を超えている。ただし、福井大で扱うような高周波数ジャイロトロンでは、ランチャー径が細くなるので、実際に製作できるかを検討する必要がある。

・ 1 THz を超える高出力高原の利用課題は何かあるか?

テラヘルツ実験分野との融合、非線形分光実験で当面は 230 GHz 程度で実験を予定しているが、ゆくゆくはもっと高い周波数 ( $> 1 \text{ THz}$ ) が必要とされると考えている。

- ・電子銃設計は世界の他機関と比べてすぐれているか？

電子銃計算はどこでもやられており、他と比べて特にすぐれているとか劣っているわけではない。

#### 評価委員のコメント

- ・小型化の占有面積は漏れ磁場の領域も考慮すべき。(藤原)
- ・漏れ磁場をなくすためには、磁気シールドを備えたマグネットを考えるべき。(藤原)
- ・DNP-NMRには周波数可変が必要。(藤原)
- ・大型化すると学術研究のみではむずかしい。(藤原)
- ・企業と連携するべき。(藤原)

ジャイロトロンの研究開発、ジャイロトロン製造企業、応用研究者、応用研究機器の製造企業の4社が連携すると強い。

米国ではMITとCPI、Brukerが連携している。

- ・DNP-NMRでは周波数をあげると分解能があがる。(藤原)
- ・ジャイロトロンさらなる高周波化の観点では、日本ではないが高温超伝導線材を用いて25Tマグネットは2~3年後に出来る。この場合、NMR周波数は約1.07 GHz, DNP-NMR用ジャイロトロン周波数は約700 GHz。30Tのマグネットも近いうち出来るだろう。この場合、NMR周波数は約1.3 GHz, DNP-NMR用ジャイロトロン周波数は約840 GHz。(藤原) (周波数は、斉藤が改めて評価)
- ・FEL (Free Electron Laser)とジャイロトロン機能の整理をすべき。(萩行)

#### ○ジャイロトロン応用 (出原)

- ・ポジトロウム若手奨励賞の受賞分野は？若手奨励賞の受賞者は東大の学生か？(太田) 然り。素粒子実験分野である。
- ・間接測定が合わない理由はなにか。ポジトロニウムの実験に関して。これまでの測定はいかなる方法でなされたか。(萩行)

203 GHz帯に高出力の光源がなかったために、磁場中でゼーマン効果を用いて状態間のエネルギー準位差を変えて高出力光源のある周波数帯へ移行する手法で間接的に測定された。

- ・ポジトロニウム実験でサブテラヘル波をon/offしたほうがよい(藤原)。
- 確かに。考慮の必要あり。(現実にはon/offが用いられている。斉藤)
- ・エネルギー準位差の測定に改善はあったのか？

現段階では、高出力の203 GHz帯サブテラヘルツ光を用いて、直接測定が可能になった点に意義がある。測定の改善のために、今後、測定の精度をあげる必要がある。この実験では、他にも、共鳴カーブの幅からオルソ状態の寿命の初の直接測定に、また、遷移確率の最高値からアインシュタインのA係数の初の直接測定に成功した。

・X線円二色法による磁化過程の高時間分解測定について。ジャイロトロン出力照射の役割は？（萩行）

ESRにより磁化の垂直成分を付与することである。

・ハイパーサーミアを用いた新癌治療技術について。サブテラヘルツ光を用いる利点は？ローカルな照射が可能であること。将来体内に伝送する必要がある場合に、カテーテルで対応できるメリットもある。

がん治療で、ローカルに加熱することが本質か？テラヘルツ光を用いるのは収束性がよいからか。

・加熱効果に対してジャイロトロンを用いる有利性はなにか？（藤原）

ローカルな照射が可能であること。将来体内に伝送する必要がある場合に、カテーテルで対応できるメリットもある。

・量子ビーム融合化による新医療技術について。ジャイロトロン出力照射の効果は、前課題とは異なるのか？単なる加熱効果ではないと思われる。（萩行）

ボロンの拡散効果に対してテラヘルツ波をつかうことにメリットがあるのか？（久保）

前課題での役割は、加熱効果による温度制御により癌組織の温度を43度に保持することであり、本課題では、テラヘルツ波の照射による、投与した薬剤の癌組織内での拡散増大により、薬剤の様な分布を実現することにより、中性子ビーム照射によるBNCTの効果を高めることである。

・現在のカテーテルで入れているパワーはいくらか？

内径2mmのカテーテルの特性実験で、数Wから10Wの伝送が確認されている。

・ポジトロニウム実験の今後の展開は？（藤原）

周波数換算で6MHzのエネルギー差の有意性が判定できる測定精度が必要。そのため、照射出力の測定精度の向上、測定周波数点を多くしなければならない。

#### ○物性・材料開発（光藤）

・将来的ロードマップはどうなっているかを明確にするほうがよい。（萩行）

ラジカルや量子スピンのデコヒーレントなどの物理をやっていきたいと思っているが、明確なロードマップというのはないので、検討する。

・ジャイロトロンの特徴を生かすといういみでも、パルスESRやDNPをやってほしい（太田）

・シンチレーターに関して、加熱で緻密化すると透明化できるのか？（萩行）

焼結環境をヘリウムガスや真空にすることで通常加熱ではできている。空気中の現状では十分な透光性は得られそうにないので、今後は粉体や焼結環境を変えて透光性の達成を目指す。

・カンチレバーは他のところとどうちがうか（萩行さん）太田さんのところでよくやっているようなトルクとは違い、磁場勾配を使う形でやっていた。

神戸大も最近は磁場勾配の方法をやっている。(太田)

・パルス ESR でパルス幅に対する精度はどの程度必要か (萩行)

それほど重要ではないようだ, 90 度パルスが一番エコー強度は強くなるが, そうでなくてもエコーの測定はできる.

○テラヘルツ波科学 (谷)

・金属 V 溝 20 倍は振幅か? (萩行)

然り。

・ラフネス 光領域でギャップを小さくしていくとしみこむ。そのランダムバージョン V 溝にジャイロトロン光をいれてどの程度の強度になるか? 光領域では導体への浸み込みがあるがテラヘルツ帯ではない。Metal-insulator-metal のようにも考えられるし、導体表面の周期構造による遅波効果にランダム構造版とも考えられる。(萩行)

導体表面の周期構造は電子管で言えば遅波構造である。これに電子ビームを入れればミス・パーセル放射にもつながる。

実質 6 年で谷さんの成果多い (斉藤)

非線形テラヘルツ分光は、試行済み→ 成果が出ず (谷)

同期困難、周波数可変性が低い。

・FEL:ものづくりできない? ただし、FEL ではバチバチと放電するのを見た。(萩行)

非線形テラヘルツ分光用 (波長可変) の Gyrotron の作成が必要 (出原)

「マイクロ秒 Gyrotron パルス+繰り返し上げる」ような Gyrotron の作成は可能だろう (斉藤)

・テラヘルツ波分光技術は学術的に興味があるが、社会的なインパクトは? (藤原)

社会的応用として、イメージングがある。ただ、欠点:高い。(谷) 薬の検査を検討したが、実用化はしていない。

超強度電界による分子制御 (斉藤)

超強度電界による分子制御の成果が、ぼつぼつ出だしている。(谷)

・超強度テラヘルツ電界で非線形効果が出るのは当たり前だろう。そうではなくて、コントロールは? (萩行)

分子コントロールになると難しいだろう。

学術振興会で、テラヘルツ波で化学反応やモノづくりの部門として、第 188 委員会が立ち上がった。(萩行)

福井大学の学内で、化学反応と Gyrotron の融合を図っている。(光藤)

・Coherent Raman は、普通のラマン測定と比較して特徴は? (萩行)

ノッチフィルターの性能が上がっているなので、通常の低振動数ラマンを測定するなら通常ラマン測定のほうがいい。ただし、イメージングの測定の場合は、Coherent Raman の方が優れている。(谷)

・ベンチャーとセンター長の職は、谷さんが大丈夫か？（萩行）

斉藤が10年以上を続けるのは、センターの運営・方針固定化で不適。その一方、当面は斉藤が積極的に補助をする。

○研究推進プロジェクト（斉藤）

斉藤のメモに記載無し、また質疑の記憶も無し。

○研究業績（谷）

・センター教員が招待された国際会議の招待講演数の資料を整理してほしい。（太田）

外部評価期間中に資料を示した。

・賞に対して、センターで組織的に応募することを考えるべき。センター内での賞などはあるか？（例：技術に関するもの）（萩行）

センターの回答、ない。少人数に対する賞設定の意味も考える必要がある。

技術職員は、制度上センター所属ではないので難しい面がある。

○国際性（藤井）

・海外からのPDの受け入れの予算は何か？（久保）

基本的には研究機関研究員としての非常勤給与である。ただし、先方予算の場合もあり、例えば学振の二国間交流事業では、お互いの派遣元が派遣費用を受け持つルールになっている。

・海外への学生派遣の予算は何か？（久保）

基本的に教員の個人経費（科研費を含む）から捻出している。その時々で使える資金を使っている。

・招聘教授は専門の研究者が常時滞在するのか？（藤原）

然り。常時1名が滞在している。

・大学院生が来る場合の受け入れの制度は？（藤原）

センターの独自制度はない。その時々で利用可能な支援を活用している。その他に、JSPSの特別研究員によって現在は2名居る。

・国際共同研究は、国内共同研究のように応募しないのか？（藤原）

センター予算にも限りがあり、現在は国内共同研究と同じような枠組みは用意していない。

・外国人招聘のための事務手続きは？（萩行）

国際係、研究推進課、センター専任事務職員（非常勤）が協力してあたっている。かつては、センター教員が直接ビザなどの手続きをしに行ったこともある。数年前までは、非常に混乱があった。遠赤センター主導で事務手順を整理し、国際交流担当部署に示してから、比較的なめらかに進んでいる。それでも担当部署の人事異動時には混乱も生じる。実際の対応について、センター専任事務職員（非常勤）の貢献が大きい。

- ・ 招聘教授用の宿舎は準備されているか？（藤原）

文京キャンパス内の牧島荘に併設されている。夫人同伴の滞在も可能。

- ・ 福井大の他の部局で常時ゲスト用宿舎を必要としているところはあるか？（藤原）

文京キャンパスでは、遠赤センター以外にないだろう。松岡キャンパス（医学部系）では外国人用の宿舎があるはずである。（未確認）

- ・ 事務的サポートについての情報が見えるように整理されている必要あり（太田）

承知した。評価報告書作成時に、評価資料に、そのように追加する。

#### ○共同研究等（小川）

- ・ 公募型とそうでない共同研究は重なることもあるのか？（藤原）

テーマ的に差異がないものもある。両者の違いは公募型が学内措置として、予算を計上し、共同研究委員会の所掌で行っていることである。

- ・ 息が長い研究の場合、外部資金だけに頼ると資金があるときはよいが途切れることもあり、そのときに公募型の共同研究があると助かる。（藤原）

- ・ 公募型の予算は、どのように使われているのか？（藤原）

70%程度は旅費に使われている。

配分の方針は共同研究委員会が決める。センターの研究の活性化になることを想定しており、センターに来て研究を実施するというので、旅費に使われるというのは自然である。（斉藤）

- ・ 応募の件数の採択率は？（萩行）

共同研究としての条件を満たしたものは全部採択している。

- ・ 1 課題の配分額は？（萩行）

今年度は 32 件採択で、総採択額は 300 万円弱で、1 件当たり 8 万円程度である。

- ・ 液体ヘリウムを使う場合、センターが経費をもつのか？（太田）

基本的には、共同研究予算からの支出になる。

遠赤センターからの寒剤利用に補助もしている。（斉藤）

例えば、200MHzNMR-DNP の研究課題ではそれなりの寒剤代が補助されている。

- ・ 公募型では、受け入れた場合、大きな負担にならないか？（萩行）

センター内世話人と研究代表者が連絡を取り合い行っていることと、研究推進課の事務サポートがあり負担が軽減されている。

センター内世話人の負担はそれなりにある。（光藤）

- ・ 遠方の研究者への経費の配慮はあるか？（藤原）

遠方ということで配慮はしていないが、旅費配分のウエートを高くしているので、現在、山形大学が最も遠方であるが 2 回程度の出張はできている。

- ・ 国内研究者の宿泊施設はどうなっているか？（藤原）

福井大学内にある牧島荘は、安価に利用できる。

・牧島荘だとどのくらいで利用できるか？（藤原）

1泊 2500円で、二日目はより安価になる。

・満杯で利用できないということはないか？（藤原）

大学で特別なイベントがなければ、大抵利用できている。

・社会貢献で、地元の人に施設をオープンキャンパス等で公開しているのか、それと別の個別にも行っているのか？（久保）

最近では、オープンキャンパスは高校生への入試説明会を行っている。（光藤）

物理工学科から頼まれて施設の見学をすることもある。（藤井）

・施設の公開は年1回くらいか？（太田）

年3~4回実施することもある。（山本）

高校から訪問して見学するということもある。（藤井）

例えば、事務職員の新任研修の一環で見学することもある。

・民間企業との共同研究の件数はどのくらいあるか？（藤原）

あまり多くはない。年5件程度である。

この種の共同研究は、民間企業と契約を結び、一旦大学に研究費が納められる。（斉藤）

ジャイロトロン研究が多いか？（藤原）

ジャイロトロンに限らず、色々なテーマがある。

民間企業との共同研究は、奨学寄付金としてカウントされているものの中にもあるので、それらも民間企業との共同研究に示すのがよい。（斉藤）

・民間からの（共同研究でなく）共同利用のシステムを整えると文科省からお金がとれるかも（藤原）

ジャイロトロン研究は学術的な要素が強いので、共同利用は負担が増すだろう（萩行）

#### ○研究費・研究設備（山本）

・遠赤センター教員は、外部資金の獲得に努めている。大学として、申請に対するインセンティブはあるか？大阪大学では、ステップアップの申請（基盤C→基盤Bなど）をして採択されなかった場合でも、申請の半分の研究費が大学から支給される。（萩行）

センター：間接経費の3%が奨励金として支払われるだけ。科研費申請しない場合は、ペナルティーがある。センターでは、科研費申請は当然の義務として捉えられている。

・科研費申請、採択率向上に向けた支援はあるか？

福井大学では、URA オフィスが担当している。計画調書の添削指導などがある。

・高圧ガス回収システムやヘリウム液化装置など、装置維持費が大学から配分されているか？（太田）

大学からの特殊装置維持費として配分されているのではなく、センター運営費として配分されている中から、センター内で分けている。ただし、福井大学の財務会計システムにおいて、別コードとして見えるようにして、つまり、必要性が見えるようにしている。

・新しい設備が導入されたとき維持費はどうするのか？ヘリウム液化機の維持はどうするのか？（太田）

現在、その分の配分はない。

・神戸大学では、文科省から来た運営費交付金の特殊装置維持分を、大学で組み替え、再配分している。装置が10年たてば、維持費が大きく減額される。維持費は、20年まで。文科省の方針は、「すでに、運営費交付金に維持費が含まれているので、大学がやりくりする」ということである。神戸大学では、特殊装置維持費が、明示的に額が示される。特に、神戸大学では、法律に関する事項（液化機の開放検査など）は本部と交渉して、維持費を獲得している。遠赤センターも、維持費に関して大学からの支援を要請すべき。（太田）

・また、ヘリウム液化機等では法定の定期検査が求められる。この費用はどうしているのか？（太田）

受益者負担として、寒剤の課金分に含めている。

これは、法定検査としての義務費であるから、大学に要求すべきである。（太田）

・8年間は、センターとして十分な研究費を獲得してきた。（萩行）

・遠赤センター実験施設のヘリウム回収システムなど、どのようなものがある、どの資金で維持されているか？（藤原）

遠赤センター棟内には、ヘリウム回収配管や窒素ガス配管、循環水システムがある。これらはセンター資金で維持費を賄っている。遠赤センター外も含めたヘリウム回収管に弱いところがあったが、ヘリウム液化機の更新に合わせて、かなり改善できた。

・間接経費、どのような用途に対して付くか？（萩行）

大学から実験室の整備等、実験環境改善予算要求の提出要請が各部局に来る。遠赤センターでは、これまで間接経費で、空調交換や部屋の間仕切りを行った。H24年度まではこのような間接経費があったが、H25年度はなし。

○大学の支援状況（光藤）

・H22から学生当たりが増えているのは？（太田）

博士後期課程学生を確保するため、博士後期課程学生当たりの配分が増えたためだろう。（斉藤）

・センター専任の事務職員は何名か？（太田）

1名である。ただし、非常勤。他に、センター専任ではないが研究推進課の2名が支援に当たっている。（斉藤）

・現状は満足であると考えているか？（萩行）← 下部全体意見での※につながる。

十分とは言えないとしても、招聘教授・機関研究員給与、間接経費による支援、定員の維持、等で大学として可能な支援は支援は受けている、と考えている。今後も、是非とも維持してもらう必要がある。

・PDの経費は増額要求をしているか？（久保）

時間単価が決まっています、簡単ではない。現状では極めて給与が低く、優秀な人材確保の障害になっている。

#### ○将来展望（谷）

- ・学内融合で工学部内で遠赤領域のデマンドほどの程度あるか？（久保）
- ・工学部の中にコアとなる人がいないか？（久保）

工学部との共同研究は拡大している。しかし、遠赤外領域を中心テーマにする人はいない。たんなり共同研究ではない、実質的な組織改革が必要だろう。

- ・遠赤外領域を研究するセンターが世界で他にないか？（萩行）

ジャイロトロンの高周波化を達成し、多くの機能を持つジャイロトロンを開発した結果、当センターのジャイロトロンを応用課題に活用することができた。他の機関では、応用課題数は多くはないが、MIT, IAP が DNP-NMR への応用を行っている。当センターでは、ここに掲げた課題以外にも、早い時期にプラズマ計測への応用に成功している。

遠赤外分野の大きさ（狭さ）からいうと教員の適切数は？（萩行）

- ・国内コミュニティの広がり？ 連携、周辺部（萩行）
- ・コミュニティの大きさは？（萩行）
- ・テラヘルツ部門が小さいのでは？（萩行）

ジャイロトロンとテラヘルツ分野の融合を図ってゆく。

- ・教員の任期制はあるか？（萩行）

ない。助教ポストがあれば、若い人を任期制で採用できるのだが。

・この分野を増やしていく工夫、センター教員が外に出て分家を広げることが出来ればよい。（萩行）

テラヘルツのコンソーシアム形成の可能性の1つ（出原）

- ・研究内容の品揃えがほしい。（萩行）

#### ○前回外部評価の対応（斉藤）

- ・人事委員会に福井大内のセンター外委員は？（太田？）

電気・電子工学専攻長、物理工学専攻長が役職指定で入っている。センター発足時の経緯により、ポストによっては、人事方針に対して、電気・電子工学専攻あるいは物理工学専攻の意見を聞くことになっている。福井大の外にまで広げるのは制度的にできない。

- ・センター専任教員はどの程度教育にかかわっているのか？（太田）

センター発足時の定員振り替えの状況にもよるが、工学研究科専任教員とほぼ同等の教育貢献である。センター専任教員は工学研究科教授会メンバーである。ただし、工学研究科の採用・承認人事に関する投票権はない。

- ・学生の配属数は？（萩行）

センターということによる上限設定はない。むしろ、学生居室等の事情で、センター側の上限設定している。

- ・センター長の国際公募は、センターの運営を考えると元々無理であったらう。

#### ○評価委員の全体意見

- ・制度的に外部の専門家、コミュニティの意見を聞くところ、機会があるか？（藤原）

それはない。共同研究の成果報告会で意見を聞くこともできるが、全員が出席するわけでもない。

・遠赤外領域が重点領域であるが、工学部・工学研究科の予算の中で大学からの支援部分と※遠赤センターへの大学からの支援部分を比較すると、どのくらいの割合の予算が割り当てられているか？すなわち、例えば教員1人当たりの大学からの支援予算を比較すると、重点度の指標になるのではないか？（藤原）

・病院を除いて、福井大学全体の予算に対して、遠赤センターの予算割合は？（藤原、萩行）

・センターの研究推進において文科省の特別経費が極めて重要であることがわかった。逆に、これがないと厳しい（太田）。

然り。科研費等の外部資金も重要であるが、予算目的、規模も違い、特別経費の代替にはならない（センター）。

## 1. 理念・目標

理念とは、(1) 設立経緯も踏まえたセンター存立の基本であり、(2) センターの活動を具体化するための基準、である。

この意味において、センターの理念は

- 1) 高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発研究と新しい学術研究への応用と遠赤外領域の高出力光源を用いた新技術開発を通して社会に貢献すること。
  - 2) これらの研究を国内外の研究者・研究機関との連携を通して進め、高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発・応用分野において、国際的な研究拠点として機能すること。
- である。

センターの活動目標

### 1) 遠赤外領域開発研究センター規程として

(目的)

第2条 センターは、遠赤外領域の基礎技術、応用技術及び新技術等の開発・活用に関する研究を推進するとともに、遠赤外領域の研究拠点としての役割を果たし、もって本学における教育研究活動の活性化を図ることを目的とする。

(業務)

第3条 センターは、前条の目的を達成するため、次の業務を行う。

- (1) 遠赤外光の発生、受信、伝送等遠赤外基礎技術の開発研究に関すること。
- (2) 物性研究、核融合理工学研究及び新素材開発研究への遠赤外応用技術の開発・活用研究に関すること。
- (3) その他遠赤外領域新技術の開発研究に関すること。
- (4) 国内外の研究組織との協力により、遠赤外研究の最前線を究め、この分野の研究拠点の役割を果たすこと。
- (5) その他前条の目的を達成するために必要な業務

### 2) 福井大学の中期目標・中期計画目標とセンターミッションとして

第一期 平成16年度～21年度の関連する福井大学の中期目標

(略) 基礎研究を重視しつつ、高エネルギー医学、遠赤外領域、原子力の安全分野での世界的水準の研究を始めとした独創的な研究(略)を実践することによって、地域はもとより国及び国際的にも貢献し得ることを目標とする。

センターのミッション (一部省略)

- (1) 国内外の研究機関との共同研究で(略)国際的な研究拠点として先導的な役

割を果たす研究を行う。

(2) 遠赤外領域の基礎技術、応用技術及び新技術の開発・活用に関する研究を行い、遠赤外領域の総合的開発研究の推進と世界拠点としての役割を果たす。

第二期 平成 22 年度～27 年度の関連する福井大学の中期目標

独創的でかつ特色のある重点研究を推進し、国際・国内研究拠点の形成を目指す。

センターのミッション（多数の項目を整理）

拠点化に加えて、以下の計画を推進

- (1) 遠赤外ジャイロトロン的高度化研究を推進
- (2) ジャイロトロン応用研究、高出力遠赤外領域の学術研究を展開
- (3) テラヘルツ波分光の高度化とその応用研究を推進

具体的な研究推進プロジェクトとして、以下の 2 事業を実施した。

平成 18 年度～21 年度事業

事業名 テラヘルツ帯高出力光源 ―ジャイロトロン開発による研究推進―

事業概要

福井大学で独自に開発している唯一無二のテラヘルツ帯高出力光源「ジャイロトロン」のさらなる高周波化を行い、1 テラヘルツのブレイクスルーを達成すると共に、緊急の課題「テラヘルツ帯を含む遠赤外領域の高出力技術開発研究」推進のため、各々の技術に特化した光源開発を行う。

平成 23 年度～25 年度事業

事業名 高出力遠赤外領域研究の推進と国際研究拠点の充実―ジャイロトロン画期的新研究への応用―

事業概要

高出力遠赤外光源「ジャイロトロン」の一層の高度化を実現し、高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・新機能材料開発・エネルギー科学等の多様な分野において画期的新研究に応用するとともに、当センターの国際的研究拠点機能を充実する。

## 2. 組織・人事

報告したとおりであり、特にまとめはないが、教員数の不足、若手人材の確保の問題がある。

## 3. 教育方への貢献

センター教員は工学部の一般教育、物理工学科および電子・電気工学科の専門教育を担当している。また、物理工学科および電子・電気工学科から卒業研究生を受け入れて、卒業研究を指導している。さらに、センター教員は物理工学専攻および電気・電子工学専攻

の大学院生の指導に当たっている。

年度別の受け入れ学生数は、センター教員の半数が入れ替わった平成 18 年度、19 年度を除いて、毎年平均 14 名の卒業研究生を受け入れ、指導を行っている。評価期間中の学位・卒業論文の延べ数は、卒業論文 103 編、修士論文 47 編、博士論文 1 編にのぼり、十分な教育貢献をしている。また、学外における学会発表にも学生を積極的に参加させている。

センターにはジャイロトロンシステムやテラヘルツ分光装置などの世界最先端の実験装置が充実しており、学生の研究に対しては、これらを用いた質の高い研究テーマを提供できる環境にある。また、教育上の特色として、工学部、工学研究科の教育方針に則って、1 人の学生に対して、複数の教員でチームをつくって指導を行っている。

センター教員は、物理工学科、電子・電気工学科の専任教員とほぼ同等の授業を担当している。受け入れ卒業研究生、大学院生の数も、物理工学科、電子・電気工学科の専任教員に対して違いはない。

#### 4. 研究活動及び研究成果

##### 4-1 研究活動の評価

##### 1) ジャイロトロン開発・高度化

研究成果まとめ

##### 1-1) ジャイロトロンによる世界初のテラヘルツ発振の実現

20 T マグネット、2 次高調波発振で、1 THz を越える発振周波数を達成

##### 1-2) 連続発振ジャイロトロンの開発

～25 台の連続発振ジャイロトロンを実現

##### 1-3) 周波数連続可変性の実証

$f = 134 \sim 140$  GHz,  $\Delta f \sim 6$  GHz の連続可変実現

##### 1-4) コンパクトジャイロトロンの実現

全長 0.815 m、システム占有面積 3 m<sup>2</sup>

##### 1-5) モードコンバータ内蔵ジャイロトロンの開発・モードコンバータの動作実証

10 台のモード変換器内蔵ジャイロトロンを実現

##### 1-6) PID 制御による連続動作ジャイロトロンの長時間に亘る出力安定化

10 時間にわたり出力変動率 < 1.5 % 実現

##### 1-7) サブテラヘルツ帯高出力発振ジャイロトロン開発

300 GHz 帯で、230 kW, 400 GHz 帯で、2 次高調波 83 kW 達成 (世界最高出力)

##### 1-8) 電子銃設計

$\Delta \alpha$ ,  $\Delta R_b < 10$  % となる電子銃をジャイロトロン毎に実現

##### 1-9) 国際共同研究による理論・設計研究

20 件を超える学術論文で発表

学術研究に応用できる遠赤外ジャイロトロンを開発して、様々な応用課題に適用した。評価期間の後半では、ジャイロトロン高度化プロジェクトを実施して、センターにおけるジャイロトロン開発が新しい段階に進み、センターのジャイロトロン開発能力が飛躍的に向上した。

## 2) ジャイロトロンの応用展開

### まとめ 将来展望

#### 1) 高出力サブテラヘルツ光源としての特長を活かした分光技術への応用展開

DNPによるNMR分光の高感度化 - 285MHz NMRにおいて60倍、600 MHz NMRにおいて50倍の感度向上を達成（大阪大学蛋白質研究所、Warwick 大学との協力）。600 MHzにおけるDNP-NMR分光装置は、平成22年当時の世界最高周波数記録である。

#### 2) ポジトロニウムの超微細構造の初の直接測定

200GHz帯ジャイロトロンの出力照射時のガンマ線のエネルギー分布測定から、超微細構造の直接測定に成功（東京大学素粒子物理国際センターとの協力）。この研究は、ジャイロトロンを用いて初めて可能になったものであり、ジャイロトロンの学術応用の顕著な成功例である。

#### 3) X線円二色法による磁化過程の高時間分解測定（XDMR）

センターのジャイロトロンを光源として提供し、フランスのグルノーブルにあるESRFとの共同研究としてX線円二色法の高時間分解能を活かしたX-ray Detected Magnetic Resonanceの研究を行った。この応用研究課題も新たな学術研究における測定法を創成する可能性を示した。

4) 半導体超格子への高出力テラヘルツ光照射によるブロッホ発振の可能性追求、（東京大学産業技術研究所との協力）これまでに、ジャイロトロンによる高出力サブテラヘルツ光の半導体超格子への照射により、ブロッホ発振を阻害する高電界ドメインを消滅させることに成功し、新たなテラヘルツ光源開発へ発展する可能性を示した。

5) サブテラヘルツ光の加熱効果を利用したハイパーサーミアによる癌治療技術の開発（福井大学医学部との協力）ジャイロトロン出力（周波数203 GHz, 出力ほぼ200 W）を集光して、マウスの足に植え付けた癌組織に局所照射することにより、癌組織が消滅することが示された。更なる実験例の蓄積と臨床試験の実施を経て、実用化が期待される成果である。

#### 6) 中性子ビームとテラヘルツ光ビームの融合化による新医療技術の開発計画

中性子ビーム照射によるBNCTの効果を、ジャイロトロンから出力されるテラヘルツ光ビーム照射によるホウ素を含む薬剤の拡散の効果によって増強する技術の開発計画である（国立癌センター（柏市）との協力）。センターで開発したコンパクトジャイロトロンの応用として期待できる。

### 3) 物性・材料開発

#### 3-1) ジャイロトロン光源を用いた ESR エコーシステムの開発研究

○Gyrotron CW VII A と準光学伝送系の開発とによるガウスビームを形成した。

○ジャイロトロンに最適化した光駆動半導体スイッチの開発を行い、ジャイロトロン光のコヒーレントな二つの超短パルス化に成功した。

#### 3-2) 動的核偏極核磁気共鳴(DNP-NMR)測定に関する開発研究

○X-band DNP-NMR 装置の開発とそれを用いた測定を行い、溶媒に依存する DNP 効果を観測するとともに、オーバーハウザー効果に基づく理論モデルの妥当性を示した。

○200MHz DNP-NMR の開発を行い H-NMR 信号の増大(32 倍)を得るとともに、世界に先駆けて高分子ナノ粒子の表面構造を表面からの距離の関数として精密に解析できることを示した。

#### 3-3) 超低温強磁場磁気共鳴測定によるスピン系の研究

○量子スピン系, 低次元系, フラストレーション系の磁気状態について磁気共鳴等の測定を行い、量子ゆらぎが低次元性やフラストレーション効果と結びついて現れる新奇な相転移現象等を明らかにした。

○固体量子コンピューター候補デバイスである P-doped Si の低温強磁場中でのスピンドイナミクスを、DNP 効果を用いて ESR の計測から明らかにした。

#### 3-4) 磁気共鳴力顕微鏡に関する開発研究

○磁気共鳴力顕微鏡(MRFM)の開発を行い、300 GHz ジャイロトロンを用いて、 $10^7$  スピンの磁気共鳴を検出できる高感度測定に成功した。これは 2008 年当時の世界最高周波数 MRFM 装置である。

○X-band(10 GHz)に於いて磁気共鳴力による電子スピン共鳴の観測に成功し、市販の高感度 ESR 装置の 10000 倍の感度( $10^6$  spins)を達成した。

#### 3-5) 300 GHz 材料プロセッシングシステムの開発・研究

○世界最高周波数の高出力サブミリ波による電磁波プロセッシング装置を開発した。

#### 3-6) テラヘルツデバイスの開発と原子力システムの高信頼化への応用研究

○精密電鍍技術を応用して、300 GHz 帯コルゲート導波管とコルゲートホーンの開発に成功した。

○電磁波プロセッシング装置を用いた炭化ホウ素セラミックスの焼結と 2000°C を超える高温下での劣化試験が行えることを示した。

#### 3-7) サブミリ波帯でのジルコニアおよびアルミナセラミックスの焼結に関する研究

○サブミリ波電磁波プロセッシングによりジルコニアおよびアルミナの焼結を行い、緻密化曲線を明らかにした。

○アルミナの電磁波焼結において、緻密化の周波数依存性は見かけの活性化エネルギーの違いにより説明できることを示した。

○材料特性(硬さ・靱性)の焼結周波数による違いは、粒径や気孔形成の周波数依存性を

反映していることを明らかにした。

### 3-8) 電磁波焼結法によるシリカのキセロゲルからシリカガラスセラミックスを成型する熱処理プロセスの研究

○サゴヤシの廃棄物から精製したキセロシリカゲルに対する熱処理を行い、ガラス化結晶化を行うと共に、電磁波加熱の影響や材料特性の評価を行った。さらに、アルミナを添加したムライトの合成について電磁波加熱と通常加熱を行い、合成されたムライトの特性を明らかにした。

### 3-9) 電磁波加熱によるスズ酸亜鉛マグネシウム蛍光体微粒子の合成

○電磁波加熱により発光効率が增加することを見出し、これは電磁波加熱による不純物の分布粒径の違いの影響によることを見出した。

以上を要約すると、

高出力遠赤外技術の応用展開として、磁気共鳴分光応用および電磁エネルギー応用に取り組んできた。動的核偏極核磁気共鳴(DNP-NMR)・磁気共鳴力 ESR 分光・高周波 ESR 分光にジャイロトロンを応用した装置開発に成功し、磁気共鳴応用における優位性と磁気共鳴研究にジャイロトロンを使う可能性を明らかにした。これらの研究から、ジャイロトロンを研究用の光源として用いる場合の直線偏光性・出力安定性・周波数可変性等の必要性が示された。またこれらの分光法を用いて磁性研究を行い、特異な量子状態による磁性を解明した。電磁エネルギー応用については、世界で唯一のサブミリ波プロセッシング装置において、マルチモードアプリアケーターによる加熱の均一化、準光学アンテナでのスポット加熱、高温測定システム整備、パルス照射化などの高度化を行い、世界で唯一のサブミリ波帯での電磁波効果について多くの結果を得た。電磁波効果の周波数依存性では最適値の存在を明らかにした。2.45 GHz から 300 GHz までの広範囲の電磁波プロセッシングを広範囲の材料プロセスに適用できる唯一の研究施設として民間との共同研究もを行い、電磁エネルギー応用研究の進展に貢献した。

## 4) テラヘルツ波科学

平成 20 年度以降、谷および山本教員の遠赤外応用技術部門への着任後、外部資金の積極的な活用および、国内外の研究グループとの多様な共同研究を通じて「テラヘルツ波科学」の研究活動を展開している。例えば、JST の先端計測分析技術・機器開発事業により、光伝導アンテナ素子の高効率化や高速サンプリング手法などを開発している。また、ロシアやフィリピンの研究グループとの国際共同研究で成果を上げている。以下の 4-1)～4-4)を部門のミッションに沿った主要な研究テーマとして位置づけ、研究開発に取り組んできた。各テーマにおける成果の概要を箇条書きにして以下に示す。

### 4-1) 電気光学サンプリング法の高度化研究

○チェレンコフ位相整合を用いた電気光学 (EO) サンプリング法を開発。

○新方式のヘテロダイン E0 サンプリング法を開発。

#### 4-2) テラヘルツ帯プラズモニクス及び金属導波路研究

○金属導波路で約 20 倍の THz 波 E0 サンプリング検出感度増強を達成。

○金属導波路表面の粗さ制御により、THz 波の位相速度制御可能であることを発見。

○金属導波路を利用した分光手法を開拓。

#### 4-3) 凝縮系・溶液系のテラヘルツ帯ダイナミクス研究

○窒化物半導体 AlInN の電気伝導率虚部 ( $\text{Im}\sigma$ ) が負になることから、キャリアの局在化を実証。

○弱い水素結合 [C-H $\cdots$ O] の形成を DMSO/ cyclohexane 混合溶液を用いて確認することに成功。

#### 4-4) テラヘルツ帯コヒーレントラマン分光研究

○周波数チャープさせた広帯域フェムト秒レーザーパルスを励起光に用いた新方式の「テラヘルツ時間領域コヒーレントラマン分光法」を開発。

○半導体などの固体試料のみでなく、有機液体、電解水溶液の THz 帯コヒーレントラマン分光に成功。

産学連携にも積極的に取り組んでおり、谷が 2013 年 4 月に福井大学 13 番目のベンチャー企業を設立した。

## 5. 国際性

- 1) 国際コンソーシアムの展開、学術交流協定や共同研究覚書の締結、客員教員（招へい教授等）の長期滞在、政府間プロジェクト等の枠組みにより、数多くの国際共同研究が推進されている。
- 2) 教員個人ベースの国際共同研究も展開しており、いくつかは学術交流協定や共同研究覚書に発展している。
- 3) 海外からセンターへ、センターから海外へ、ともに積極的に国際交流がはかられている。
- 4) 博士研究員、学生の受け入れ、派遣等を通して、人材育成に貢献している
- 5) 学術雑誌の編集、国際会議開催への貢献等、国際的な学会コミュニティへ貢献している。

これから、国際的な研究拠点として認知され、評価期間中その機能強化が進んだ。

## 6. 共同研究及び社会貢献

### 6-1. 共同研究のまとめ

- 1) 遠赤センターで実施している、国内共同研究、国内共同研究（公募型）、民間との共同研究は、センターの研究活動の活性化に貢献している。
- 2) 平成 23 年度以降、学内措置で実施している国内共同研究（公募型）では、センター

予算による自助努力として共同研究体制が構築され、年々その規模が拡大している。平成25年度には、約50の機関に所属する研究者約80人が参加し、センター来訪の延べ人数は約900人・日である。この共同研究により、外部からアイデアと人をセンターに呼び込みセンターの研究活動の活性化に寄与するとともに、センターの拠点機能強化・共同研究実績の向上につながっている。センターの財政的事情から平成26年度の国内共同研究（公募型）の継続が危ぶまれたとき、本共同研究を所掌している共同研究委員会は、共同研究参加者の総意を集約し、センターに対して共同研究継続について強い要望を表明した。この要望を背景に、センターは大学および工学研究科に財政的支援を要請し、共同研究を継続できることになった。このことは、実質的な拠点としてのセンターに対する強い期待を示すものであるとともに、本共同研究が研究コミュニティ形成に貢献している現れである。センターが拠点機能を一層強化する上で、国内共同研究（公募型）の枠組みの継続・発展が重要である。さらに、福井大学にとっては、学内部局間の連携の促進や研究機能の強化とともに大学院学生・学部学生が参加することによる教育貢献につながっている。

- 3) 西日本における強磁場研究の拠点強化の一環として、三センター間の連携・協力協定の締結により、高出力遠赤外技術のさらなる展開が期待される。

#### 6-2. 社会貢献・学外教育活動

アウトリーチ的な社会貢献や学外の教育活動にも積極的に参加

- 1) 一般市民向けの公開講座、2) 施設公開、3) 他大学での授業担当、4) 学外の小中高生向けの講義や理科教室が実施されている。

実績

- 1) 公開講座（大学の一般公開、大学際のイベントで依頼）

37件（平成18年度から平成25年度）、社会貢献が評価された教員がいる。

- 2) 兼業 44件、学術研究コミュニティに貢献（多数の学協会の幹事や世話人）

#### 6-3. シンポジウム、研究発表会、公開講座等

- 1) 公開セミナー「FIR Center セミナー」をおよそ月1回のペースで開催

共同研究に発展・研究コミュニティ形成に寄与

- 2) 研究会・セミナー（センターが協賛あるいは後援）（年数回）

量子スピン系研究会、福井セミナーは定期的で開催

#### 6-4. 地域貢献

- 1) 学術研究を主なミッションとしている本センターでは意図した活動を積極的には行っていないが、公開講座、地元の小中学高校生を対象とした理科教室などを通じて、地域社会、地域教育への貢献を適切なレベルで行っている。

- 3) センター教員が役員（取締役または代表取締役）であるベンチャー企業

2社（大学全体13社） 企業活動を通じて地域経済に貢献

## 7. 研究費・研究設備

研究比較特状況、研究設備整備状況を報告した。

研究経費では、科研費等の外部資金の加え学内経費、および、文科省特別経費を獲得して、研究資金を確保し手研究を進めた。外部資金、学内支援経費、および、補正予算による設備整備費補助金等により研究設備を整備した。

## 8. 大学の支援状況

### 予算的支援

- 1) 定常的な校費は効率化計数分の減額にとどまっている。また、教員・学生あたりの研究費は従来どおり維持されている。
- 2) 評価期間中の施設・設備の整備としては約9千万円が措置された。
- 3) 学長裁量による研究費は21年度以降減少しているが、全学的な予算状況による。

### 人的支援

- 1) 遠赤外超低温物性研究部門の設立が認められ、教授1准教授1の増員があった。
- 2) 客員教授 III 種1名, I 種1名, 研究機関研究員3名, 研究支援推進員2名についてもH18年から同様の継続して予算措置が行われている。
- 3) 専任教員の定員削減はおこなわれていない。

### その他の支援

- 1) 中期目標・中期計画において福井大学の重点研究領域に位置づけられている。
- 2) ミッションの再定義において、福井大学工学分野の重点研究分野5分野の一つに位置づけられている。

## 9. 将来展望

### 5年先を目指すセンターミッション

文部科学省特別経費事業として概算要求中

高出力遠赤外領域研究の飛躍的展開と国際研究拠点機能の強化 – 高度化 ジャイロトロンによる応用研究の先導 –

### 事業概要

学内人材の融合により福井大学の強み・特色である遠赤外分野の研究機能強化と高度化遠赤外ジャイロトロンの先導的研究応用により、高出力遠赤外光を用いる研究を牽引し、この分野の学術研究拡大と新研究領域の創成を目指す。同時に、国際的研究拠点機能も一層向上する。

### 取り組み内容

- 1) 高度化遠赤外ジャイロトロンをパルス電子スピン共鳴計測法や非線形分光法等の先導的計測法開発に適用→ 高出力遠赤外領域研究を牽引、新研究領域の創成
- 2) 学内人材の融合・国内外の主要研究機関との連携強化→ 高出力遠赤外領域研究にお

いて、国際的拠点機能を一層強化

3) 先進ジャイロトロンの開発研究→ 高度化する応用研究に対応

4) 波長変換技術など、新規光源技術を開発

#### センターの改革

学内連携の構築・強化、協力研究部門の活用・実質化を図る。

連携研究企画室の設置 → 医学部も含めた全学的連携体制の構築

特に、工学研究科との連携強化、遠赤外領域研究はミッション再定義による工学系重点5分野の1つ

基幹部門の中身の見える化、同時に課題毎に柔軟にグループ構成

#### 人事

センター構成員の流動性向上、若手研究者の確保策が必要。一方、福井大学の組織再編と連動し、センターとして独自の方向を出すことが困難である。

→ むしろ、方向性の提言をいただきたい。

#### センターの拠点化に対して

##### ・国内拠点化への取り組み

文科大臣の指定する共同利用・共同研究拠点認定は現在の陣容では困難か？

→ 実質的な拠点化を目指す。

公募型共同研究の充実も必要であるが、自助努力予算には限りがある。

##### ・国際拠点化への取り組み

海外研究機関との国際共同研究体制の強化・発展

学術交流協定・共同研究覚書。国際コンソーシアムを通して進める。

→ 連携の実質化が重要、アジア諸国との連携強化

#### 10. 前回外部評価への対応

##### 1. センターの目的を達成するために人的資源が不足

平成18年度に基幹研究部門4の新設、専任教員2名増、特任教授の雇用

それでも、人的不足は解消していない。特に、能力のある若手研究者の確保策が必要

##### 2. 協力教員の数が増える方向で大学の将来計画が立てられるべき

これはセンターとしての取り組み事項ではない。

##### 3. センターの活動を高める立場で研究者の人事を行う体制を築くべき

センター設立時の人員構成から、定年退職・転出に伴う人事により、テラヘルツ波科学分野を強化

##### 4. 外部資金獲得のレベルアップ

科研費採択数は増加、受託研究・企業との共同研究も増えている。文科省特別経費は、広い意味での外部資金と考えられる。

5. 博士課程の学生数

博士の学生数が少ないのは福井大学としての構造的な問題であり、センター独自で解決できることではない。この補いの一環として、学術交流協定を活用した留学生の受け入れを積極的に行っている。若手による研究力強化の観点では機関研究員等で補っているが、十分ではない。

6. 研究活動に対する評価、研究活動報告を参照していただきたい。

7. 地場産業との結びつき

センターの重要項目ではないが、地元企業との連携によるベンチャービジネス企業2社の設立。

8. 将来構想(四年間)について

出来る限りの努力をしたが、人員不足による限界もあった。

9. 長期将来計画

高出力遠赤外光／テラヘルツ波光源の開発と応用をキーワードとして、研究計画を立案・実施してきた。国内・国際拠点の形成・強化にも努めた。

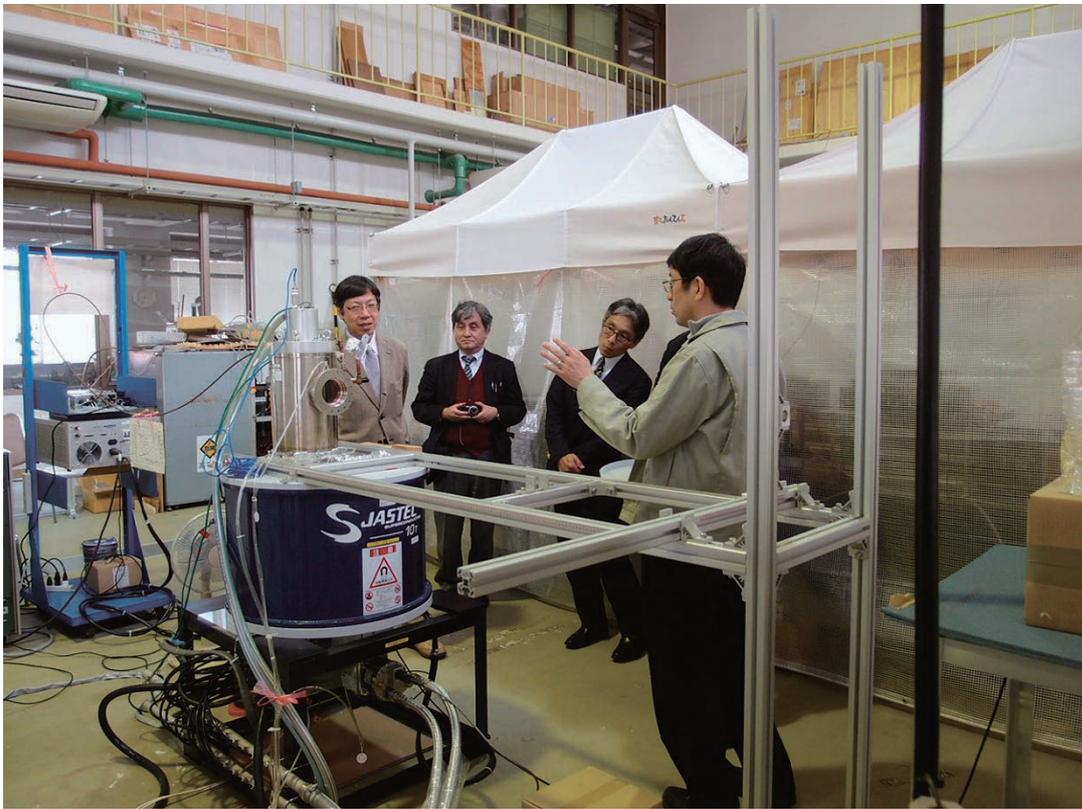
センター長の国際公募実現していない。外国人センター長はセンター運営上難しいのではないか。

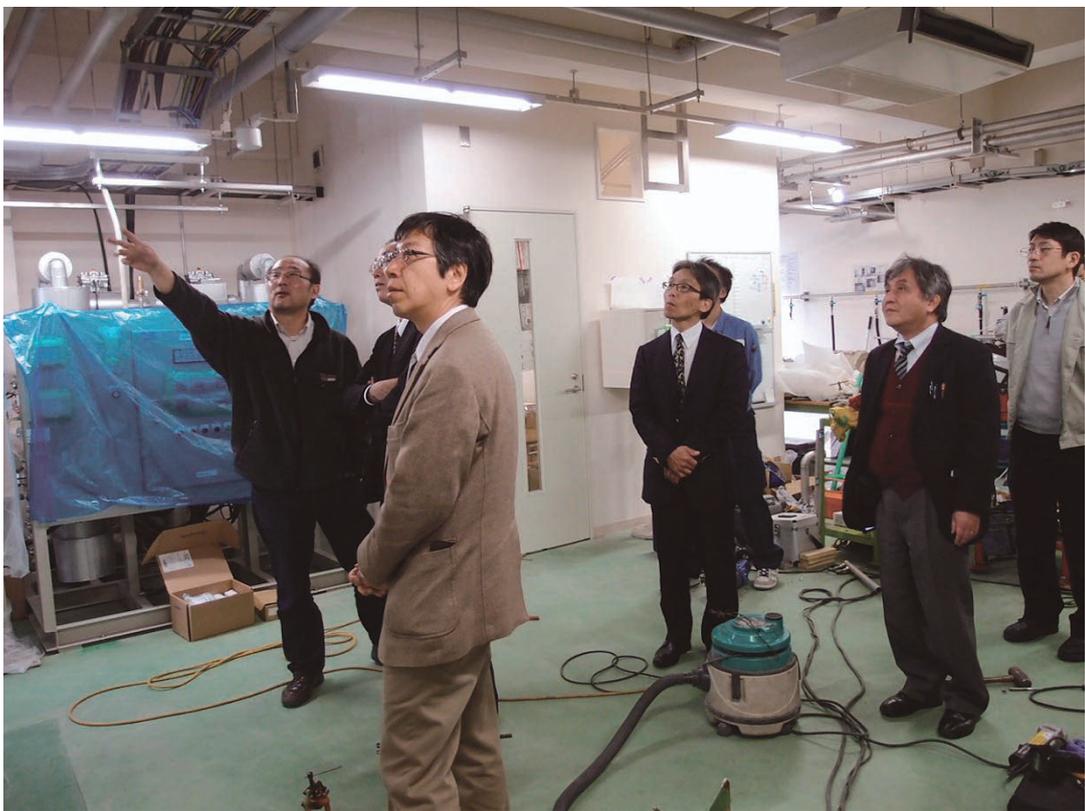
センター人事委員会に外部委員を委託について

頻繁に人事案件が発生するわけではない。 制度整備が必要

## 第2回外部評価委員会









## 第2回外部評価委員会席上配布資料



## 福井大学遠赤外領域開発研究センター運営委員会要項

平成18年3月30日  
センター長裁定

第1 この要項は、福井大学遠赤外領域開発研究センター規程（平成16年福大規程第43号）（以下「規程」という。）第8条第2項の規定に基づき、福井大学委員会規程（平成16年福大規程第36号）（以下「委員会規程」という。）で定めるもののほか、福井大学遠赤外領域開発研究センター運営委員会（以下「運営委員会」という。）について、必要な事項を定める。

第2 運営委員会は、次の各号に掲げる事項を審議する。

- (1) 福井大学遠赤外領域開発研究センター（以下「センター」という。）の運営に関する事項
- (2) センターの事業計画に関する事項
- (3) 客員教授等、非常勤職員の選考に関する事項
- (4) その他センターに関する必要な事項

第3 委員会規程別表3に掲げる運営委員会委員構成における工学部の関係専攻長は、次の各号に掲げる専攻長とする。

- (1) 電気・電子工学専攻長
- (2) 物理工学専攻長

第4 委員長は、必要と認めるときは、運営委員会に委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

附 則

この要項は、平成15年12月9日から施行する。

附 則

この要項は、平成18年4月1日から施行する。

## 福井大学遠赤外領域開発研究センター将来構想検討小委員会要項

平成18年3月30日

センター長裁定

第1 福井大学委員会規程（平成16年福大規程第36号）第5条第9項の規定により、「遠赤外領域開発研究センター将来構想検討小委員会」（以下、「小委員会」という。）を設ける。

第2 小委員会は、遠赤外領域開発研究センター運営委員会（以下、「運営委員会」という。）の諮問に応じて、遠赤外領域開発研究センターの将来構想を企画・立案することを目的とする。

第3 小委員会は、次の各号に掲げる委員をもって構成する。

- (1) センター長
- (2) 工学部電気・電子工学専攻長
- (3) 工学部物理工学専攻長
- (4) 運営委員会委員からセンター長が指名する者 若干名

2 センター長は、小委員会を招集し、その議長となる。

附 則

この要項は、平成15年12月9日から施行する。

附 則

この要項は、平成18年4月1日から施行する。

遠赤外領域開発研究センター将来構想小委員会 構成員

セ ン タ ー 長  
工学部電気・電子工学専攻長  
工学部物理工学専攻長  
センター運営委員会委員

//

//

## 福井大学遠赤外領域開発研究センター共同研究委員会内規

平成23年5月13日

センター長裁定

### (趣旨)

第1 福井大学遠赤外領域開発研究センター規程（平成16年福大規程第43号）第10条の規定に基づき、福井大学遠赤外領域開発研究センター共同研究委員会（以下「委員会」という。）に関し必要な事項を定める。

### (目的)

第2 委員会は、福井大学遠赤外領域開発研究センター（以下「センター」という。）におけるわが国の研究者との共同研究を公正かつ円滑に実施し、センターの研究活動の向上を図る。

### (審議事項)

第3 委員会は、第2の目的を達成するため、福井大学遠赤外領域開発研究センター運営委員会（以下「運営委員会」という。）の要請に応じ、センターにおいて、次の各号に掲げる事項を審議する。

- (1) 共同研究課題の企画・立案
- (2) 共同研究課題の公募
- (3) 共同研究課題の審査
- (4) 共同研究成果の評価、報告及び公表
- (5) その他必要と認める事項

### (組織)

第4 委員会は、次の各号に掲げる委員をもって組織する。

- (1) センター専任教員（センター長は除く） 若干名
- (2) センター専任教員以外の福井大学の教授又は准教授 若干名
- (3) その他委員会が必要と認めた者

2 前項の委員は、運営委員会の推薦に基づき、センター長が委嘱する。

3 第1項の委員の任期は、2年とし、再任を妨げない。ただし、欠員が生じた場合の補欠委員の任期は、前任者の残任期間とする。

### (委員長)

第5 委員会に委員長を置き、委員の中から運営委員会が指名する者をもって充てる。

2 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。

3 委員長に事故があるときは、あらかじめ委員長が指名した委員がその職務を代行する。

(定足数)

第6 委員会は、委員の3分の2以上が出席しなければ、議事を開き、議決することができない。

2 委員会は、委員が欠席するときは、当該委員が指名した代理の者の出席を認め、定足数に含めるとともに、議事に加えることができる。

(議決)

第7 委員会の議事は、出席した委員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(委員以外の者の出席)

第8 委員会は、必要と認めるときは、委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

(庶務)

第9 委員会の庶務は、総合戦略部門研究推進課において処理する。

(その他)

第10 この内規に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会が別に定める。

附 則

1 この内規は、平成23年5月13日から施行する。

2 この内規の施行後、最初に委嘱される第4第1項に掲げる委員の任期は、第4第3項本文の規定にかかわらず、平成25年3月31日までとする。

福井大学遠赤外領域開発研究センター寒剤供給セクション内規

平成18年3月30日

センター長裁定

(趣旨)

第1条 この内規は、福井大学遠赤外領域開発研究センター規程第10条の規定に基づき、遠赤外領域開発研究センター（以下「センター」という。）の寒剤供給セクション(以下「セクション」という。)の組織及び運営に関し、必要な事項を定める。

(目的)

第2条 セクションは、寒剤の取り扱いに関する安全教育を行い、寒剤製造・貯蔵・回収機器を維持管理すると共に、学内における寒剤の安定供給と安全確保を目的とする。

(業務)

第3条 セクションは、前条の目的を達成するため、次の業務を行う。

- (1)寒剤の取り扱いに関する安全教育
- (2)寒剤製造・供給業務
- (3)寒剤製造・貯蔵・回収機器の維持管理
- (4)その他前条の目的を達成するために必要な業務

(組織)

第4条 セクションは、セクション長（センター専任教員）と派遣技術職員で組織する。

(運営委員会)

第5条 セクションの円滑な運用を図るため、寒剤供給セクション運営委員会(以下「運営委員会」という)を置く。

2 運営委員会に関する必要な事項は、別に定める。

附 則

この内規は、平成18年4月1日から施行する。

福井大学遠赤外領域開発研究センター寒剤供給セクション運営委員会内規

平成18年3月30日

センター長裁定

(目的)

第1条 この内規は、福井大学遠赤外領域開発研究センター寒剤供給セクション内規第5条第2項の規定に基づき、寒剤供給セクション運営委員会(以下「運営委員会」という。)について、必要な事項を定める。

(審議事項)

第2条 運営委員会は、以下の各号に掲げる事項を審議する。

- (1)寒剤供給セクションの円滑な運用に関する事。
- (2)寒剤の安全な取り扱いについての教育実施に関する事。
- (3)寒剤製造・供給業務に関する事。
- (4)寒剤製造・貯蔵・回収機器の維持管理に関する事。
- (5)その他、寒剤供給セクションに関する事項。

(組織)

第3条 運営委員会は、以下の各号に掲げる委員をもって組織する。

- (1)セクション長
- (2)高圧ガス保安統括者
- (3)本学の教員 若干名
- (4)派遣技術職員
- (5)その他、運営委員会が必要と認める者。

(委員長)

第4条 運営委員会に委員長を置き、セクション長をもってあてる。

(会議)

第5条 委員長は、運営委員会を召集し、その議長となる。

2 運営委員会は、委員の2分の1以上の出席がなければ開くことができない。

(議決)

第6条 議事は、出席者の過半数をもって決し、可否同数のときは、委員長が決する。

(委員以外の者の出席)

第7条 委員長は、必要と認めるときは、運営委員会に委員以外の者の出席を求め、意見を聴くことができる。

(庶務)

第8条 運営委員会の庶務は、総務部研究推進課において処理する。

附 則

この内規は、平成18年4月1日から施行する。

## 学内共同教育研究施設等の教員人事に関する取扱いについて

〔 平成 24 年 9 月 10 日 〕  
人事委員会合意事項

第 1 この取扱いは、国立大学法人福井大学職員人事規程（平成 16 年 4 月 1 日福大規程第 5 号）第 5 条第 1 項及び第 12 条第 1 項の規定に基づき、学内共同教育研究施設等の大学教育職員の採用及び昇格のための選考に関する事項を定める。

第 2 次の各号に掲げる学内共同教育研究施設を人事上「特定領域推進施設」と位置付け、これ以外の学内共同教育研究施設等を人事上「教育研究に係る政策推進施設」と位置付ける。

- (1) 附属国際原子力工学研究所
- (2) 高エネルギー医学研究センター
- (3) 遠赤外領域開発研究センター
- (4) 子どものこころの発達研究センター

第 3 特定領域推進施設の大学教育職員の採用及び昇格は、各施設運営委員会又は関連する部局の教授会の選考を経て、人事委員会の議に基づき学長が選考する。ただし、学長が必要と認めた場合には、人事委員会の議に基づき、別の取扱いをすることができる。

第 4 教育研究に係る政策推進施設の大学教育職員の採用及び昇格に関する事項は、別に定める。

### 付 記

- 1 この取扱いは、平成 24 年 10 月 1 日から実施する。
- 2 学内共同教育研究施設等の教員人事に関する事項の取扱いについて（平成 17 年 5 月 9 日人事委員会合意事項）は、廃止する。

遠赤外領域開発研究センターの専任教員人事に関する事項の取扱いについて

平成 17 年 6 月 21 日  
一部改正 平成 19 年 6 月 6 日  
人事委員会合意事項

遠赤外領域開発研究センター（以下「センター」という。）の専任教員（以下「教員」という。）の選考は、次のとおり行うものとする。

1. 教員の選考は、センター長から推薦のあった候補者について、人事委員会の議を経て学長が行う。
2. 候補者の推薦にあたっては、センター運営委員会委員のうち教授職にある委員で組織するセンター人事委員会において、教員人事に関する方針を決定する。
3. センター長は、センター人事委員会に次の委員で組織する教員選考委員会を設置し、センター人事委員会が決定した方針に基づき、候補者の選定及び適格審査を行う。
  - (1) センター長
  - (2) 工学部電気・電子工学科長及び物理工学科長
  - (3) センターの専任教授
4. 教員選考委員会は、別記「教員選考基準」に従い、候補者の資格、業績、経歴及び人物等を総合的に審査し、その結果をセンター人事委員会に報告する。
5. センター長は、センター人事委員会の承認を得て候補者を人事委員会に推薦する。
6. 人事委員会において、否決された候補者は、その日から1年を経過した後でなければ、再び候補者となることはできない。
7. 退職が予定されている教員の後任の選考は、事前に行うことができる。

## 別 記

### 教 員 選 考 基 準

#### 1 教授

各号の一に該当する者

- (1) 博士の学位（日本における博士の学位と同等と認められる外国の学位を含む。以下同じ。）を有し、研究上の業績があり、教育上の経験又は識見を持っている者
- (2) 公刊された著書、学術論文、作品、報告等により博士の学位を有する者に匹敵する研究上の業績があると判断され、教育上の経験又は識見を持っている者
- (3) 専門分野において、特に優れた知識及び経験を有する者

#### 2 准教授

教授の資格に準ずる。

#### 3 講師

准教授の資格に準ずる。

#### 4 助教

講師の資格に準ずる。ただし、博士の学位取得見込者を含むことができるものとする。

#### 5 助手

当分の間この職は置かないこととする。

#### 付 記

この取扱いは、平成19年6月6日から実施し、平成19年4月1日から適用する。

学内共同教育研究施設等の教員人事に係る審議等取扱い

H24.9.10



根拠規程等

位置付け	施設名	採用、昇格などの選考	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
特定領域推進施設	附属国際原子工学研究所	採用、昇格などの選考									
	高エネルギー医学研究センター	休職									
	遠赤外線領域開発研究センター	特任教授などの選考								◎	
	子どものこころの発達研究センター	特任教授などの選考									◎
		客員教授等の称号付与								◎	◎

※規程上、明文化されていないが便宜的に報告を求めている。

位置付け	施設名	採用、昇格などの選考	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
教育研究に係る政策推進施設	産学官連携本部	採用、昇格などの選考									
	総合情報基盤センター	休職									
	アドミッションセンター	特任教授などの選考									◎
	留学生センター	特任教授などの選考									◎
	ライフサイエンス支援センター	客員教授等の称号付与								◎	◎

※規程上、明文化されていないが便宜的に報告を求めている。

位置付け	施設名	採用、昇格などの選考	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎
教育研究に係る政策推進施設	産学官連携本部	採用、昇格などの選考									
	総合情報基盤センター	休職									
	アドミッションセンター	特任教授などの選考									◎
	留学生センター	特任教授などの選考									◎
	ライフサイエンス支援センター	客員教授等の称号付与								◎	◎

注：◎は審議事項を表し、○は報告事項を表す。

## センターに関する業務と関係する事務担当

総合戦略部門 研究推進課(課長1名、課長補佐1名の下に各係担当・係が配置されている)

研究施設担当(常勤専門職員1名、非常勤事務補佐員1名)  
(遠赤外領域開発研究センター担当であるが、学内他施設も見ている。)

業務	業務内容
◆センター総務、 予算、委員会関係	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総務(自己点検評価、年度計画、出勤簿管理)</li> <li>・予算管理業務</li> <li>・委員会開催業務(日程調整、開催通知、資料作成・印刷、議事要旨作成)</li> <li>・勤務時間管理(勤務状況報告書の作成)</li> <li>・FIRセミナー、講演会謝金支出業務【学外施設への依頼書送付、旅行命令簿作成、実施計画・報告書作成】</li> <li>・研究成果報告書作成業務【成果報告書に関するデータ収集(経営戦略課への依頼又は総合DBからのデータ排出)】</li> <li>・国際ワークショップ支援業務、国際シンポジウム支援業務</li> <li>・出張依頼書作成・送付、旅行依頼書作成、学生アルバイト謝金支出業務、報告書作成依頼】</li> <li>・外国人研究者招聘業務(旅行依頼簿作成、人事関係事務)</li> <li>・非常勤研究員・職員人事及び会計業務</li> </ul>
◆国内共同研究 (平成23年度～)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総務、予算管理・委員会開催業務・公募案内業務</li> <li>・研究者来学のための業務(様式Cによる出張依頼・旅行依頼作成)</li> <li>・研究成果報告会開催業務【1回/年開催】・成果報告書作成業務(提出依頼、取り纏め)</li> </ul>
◆寒剤供給 セクション支援	<ul style="list-style-type: none"> <li>・総務、予算管理業務・委員開催業務・ユーザーへの連絡業務</li> <li>・液体ヘリウム・窒素の月別一覧の管理・高圧ガス保安教育開催</li> <li>・寒剤供給使用料の個別請求、請求書発行業務・寒剤供給セクションの財源管理業務</li> <li>・高圧ガス製造施設等定期検査・完成検査申請関係業務</li> </ul>

以下の各係は非常勤職員を含む数名～10名で構成され、全学対応

### 総合戦略部門 研究推進課 研究協力係

業務	業務内容
外部資金の申請	・科学研究費等外部資金申請業務

### 総合戦略部門 研究推進課 産学官連携係

業務	業務内容
企業との共同研究 使途特定寄付金	<ul style="list-style-type: none"> <li>・企業との共同研究契約業務</li> <li>・使途特定寄付金申請業務</li> </ul>

### 国際課 国際係

業務	業務内容
外国人研究員招 へい	・外国人研究員招へい関係申請業務(パスポート発給等)

センター経費で雇用している教務補佐員1名

センター教職員・学生に直接対応し、予算管理、出張対応、外国人招聘実務、その他極めて多様な事務処理を行っている。

招待講演のカウント

v invited talk (センター内部者が筆頭)

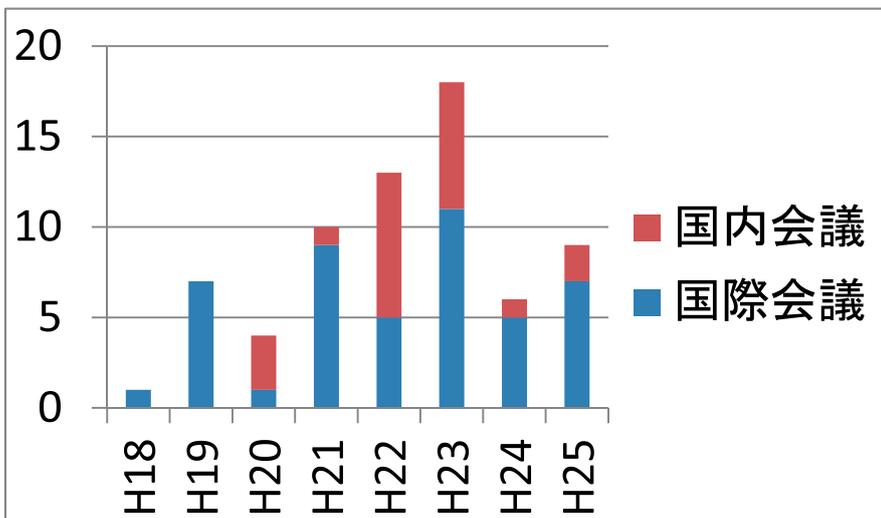
x invited talk (センター内部者が共著)

国際会議等 invited talk

		国際会議	国内会議
H25 v7, x0	H18	1	0
H24 v5, x3	H19	7	0
H23 v11, x0 (加えてIW-FIRT2012でv12, x8)	H20	1	3
H22 v5, x3	H21	9	1
H21 v9, x2 (加えてIW-FIRT2010でv9, x4)	H22	5	8
H20 v1, x0	H23	11	7
H19 v7, x0	H24	5	1
H18 v1, x0	H25	7	2

国内学会等 招待講演 (FIR Centerセミナーを除く)

H25 v2, x0  
 H24 v1, x1  
 H23 v7, x2  
 H22 v8, x1 (加えて FIR Centerセミナー v2, x0)  
 H21 v1, x0  
 H20 v3, x0  
 H19 v0, x0  
 H18 v0, x0



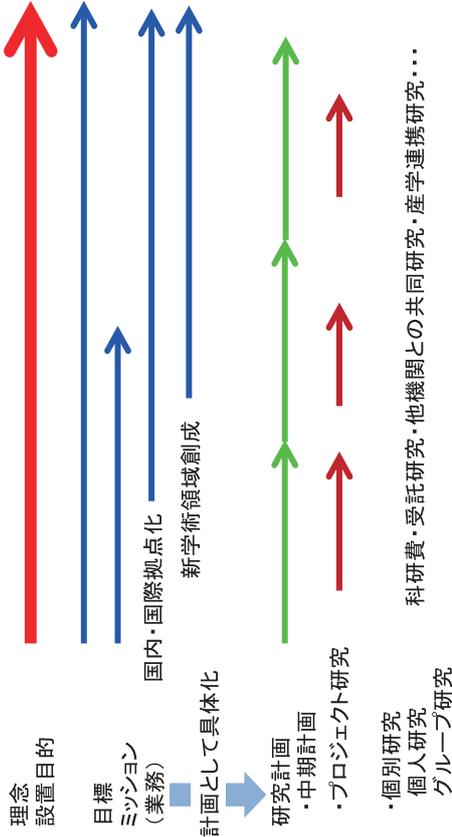


第2回外部評価委員会  
パワーポイント資料  
(研究関係を除く)



## 理念・設置目的・ミッション・研究計画

理念・設置目的は、重層的構造として実現される。  
層間・層内のCoherency・Consistencyが重要



## 遠赤外線領域開発研究センターの理念

- 理念とは
- ・ 設立経緯も踏まえたセンター存立の基本
  - ・ センターの活動を具体化するための基準
- センターの理念は、
- ・ **高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発研究と新しい学術研究への応用**と遠赤外線領域の高出力光源を用いた**新技術開発を通して社会に貢献**
  - ・ これらの研究を**国内外の研究者・研究期間との連携**を通して進め、高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発・応用分野において、**国際的な研究拠点として機能**する。

## 遠赤外線領域開発研究センターの活動目標

遠赤外線領域開発研究センター規程(期限を区切ったものではない)

- (目的)  
第2条 センターは、**遠赤外線領域の基礎技術、応用技術及び新技術等の開発・活用**に関する研究を推進するとともに、**遠赤外線領域の研究拠点としての役割**を果たし、もって**本学における教育研究活動の活性化を図る**ことを目的とする。
- (業務)  
第3条 センターは、前条の目的を達成するため、次の業務を行う。  
(1) 遠赤外光の発生、受信、伝送等遠赤外線基礎技術の開発研究にすること。  
(2) 物性研究、核融合理工学研究及び新素材開発研究への遠赤外線技術の開発・活用研究にすること。  
(3) その他遠赤外線領域新技術の開発研究にすること。  
(4) 国内外の研究組織との協力により、遠赤外線研究の最前線を究め、この分野の研究拠点の役割を果たすこと。  
(5) その他前条の目的を達成するために必要な業務

## 中期目標・中期計画 — 福井大学の目標とセンターミッション —

- 第一期 平成16年度～21年度 このうち外部評価期間は、平成18年度～21年度  
関連する福井大学の中期目標  
(略) 基礎研究を重視しつつ、高エネルギー医学、遠赤外線領域、原子力の安全分野での世界的水準の研究を始めとした**独創的な研究(略)**を実践することによって、**地域はもとより国及び国際的にも貢献し得る**ことを目標とする。  
センターのミッション(一部省略)  
○ 国内外の研究機関との共同研究で(略)国際的な研究拠点として先導的な役割を果たす研究を行う。  
○ 遠赤外線領域の基礎技術、応用技術及び新技術の開発・活用に関する研究を行い、遠赤外線領域の総合的開発研究の推進と世界拠点としての役割を果たす。
- 第二期 平成22年度～27年度 このうち外部評価期間は、平成22年度～25年度  
関連する福井大学の中期目標  
独創的にかつ特色のある重点研究を推進し、国際・国内研究拠点の形成を目指す。  
センターのミッション(多数の項目を整理)  
拠点化に加えて  
○ 遠赤外ジャイロロンの高度化研究を推進  
○ ジャイロロンの応用研究、高出力遠赤外線領域の学術研究を展開  
○ テラヘルツ波分光の高度化とその応用研究を推進

# 研究推進プロジェクト

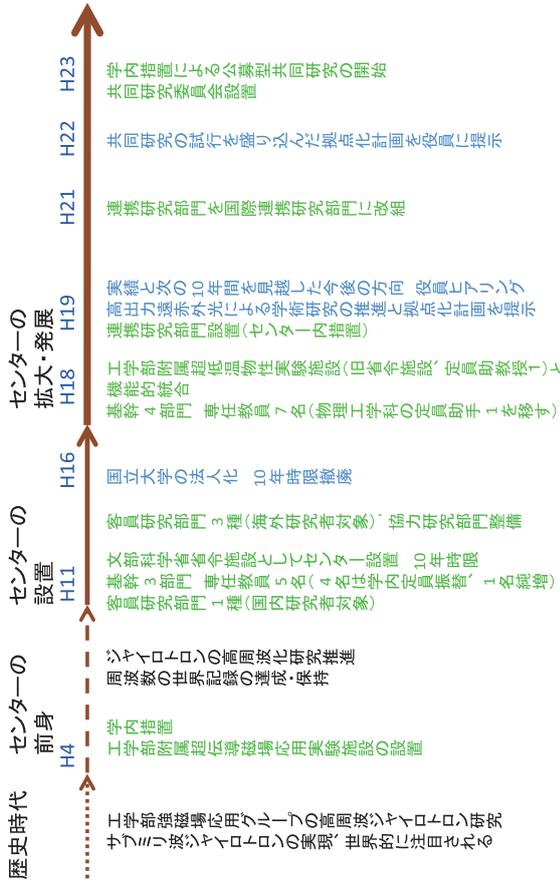
評価期間中、運営費交付金によるプロジェクト事業2件を進めた。  
概算要求による 特別教育研究経費(第一期)、特別経費(第二期)

平成18年度～21年度事業の概要  
**事業名 テラヘルツ帯高出力光源** **— ジャイロトロン**の開発による**研究推進**—  
 福井大学で独自に開発している唯一無二のテラヘルツ帯高出力光源「ジャイロトロン」のさらなる高周波化を行い、1テラヘルツのブレークスルーを達成すると共に、緊急の課題「テラヘルツ帯を含む遠赤外線領域の高出力技術開発研究」推進のため、各々の技術に特化した光源開発を行う。

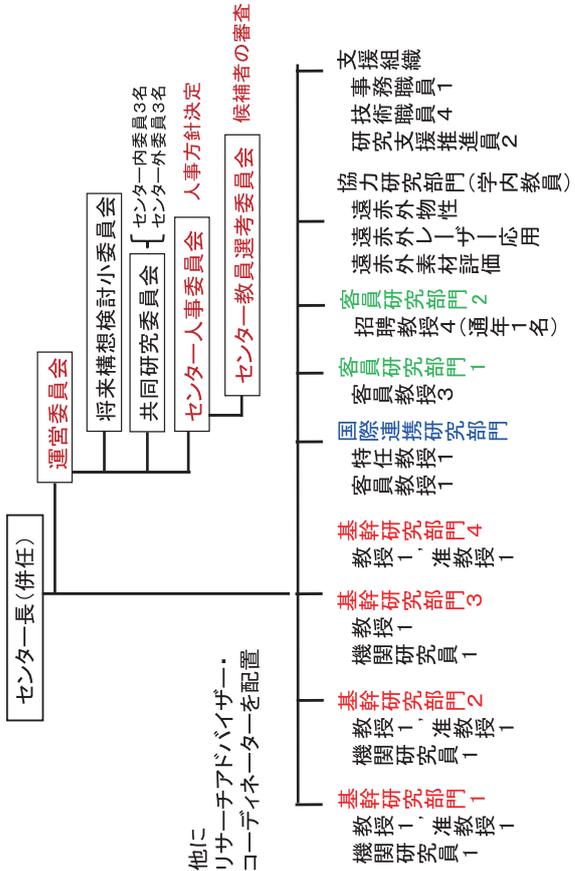
平成23年度～25年度事業の概要  
**事業名 高出力遠赤外線領域研究の推進と国際研究拠点の充実—ジャイロトロン**の**画期的新研究への応用**—  
 高出力遠赤外線「ジャイロトロン」の一層の高度化を実現し、高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・新機能材料開発・エネルギー科学等の多様な分野において**画期的新研究**に応用するとともに、当センターの**国際的研究拠点機能**を充実する。

以上の観点での取り組みと成果は、4月3日に報告する。

# 現在のセンター組織に至るまで

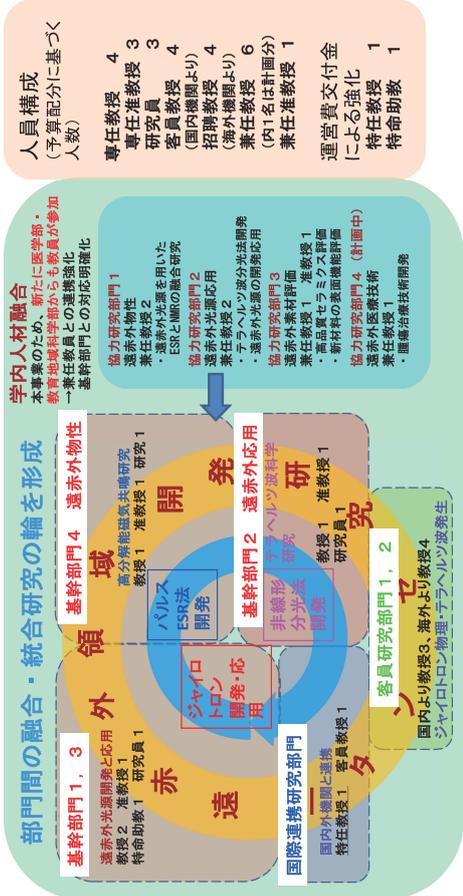


# センターの組織・人事



# センターのプロジェクト研究実施体制・学内協力

遠赤外ジャイロトロンの開発・高度化と応用研究、  
磁性研究・テラヘルツ波科学との統合研究を実施



# 研究推進プロジェクト(1)

平成18年度～21年度事業  
事業名 テラヘルツ帯高出力光源 - ジャイロトロンの開発による研究推進 -  
事業の概要

福井大学で独自に開発している唯一無二のテラヘルツ帯高出力光源「ジャイロトロン」のさらなる高周波化を行い、1テラヘルツのプレークスルーを達成すると共に、緊急の課題「テラヘルツ帯を含む遠赤外線領域の高出力技術開発研究」推進のため、  
各々の技術に特化した光源開発を行う。

## 取り組み内容

- 1) 福井大学で独自に開発したテラヘルツ帯で安定に動作する高出力光源である「テラヘルツ帯ジャイロトロン」の更なる高周波化を行い、現在、我々が保持しているジャイロトロンの世界最高周波数記録を大幅に更新するため 1THz のプレークスルーを達成して、世界のジャイロトロン開発分野でのステイタスを確立する。
- 2) それぞれの技術開発に適合した高出力光源技術を活用することにより、緊急の課題であるテラヘルツ帯高出力技術開発を推進する。
- 3) 国内2機関、海外6機関との連携による国際連携(国際コンソーシアム)によって、本プロジェクトを推進する。

# 事業の成果・波及効果

- < ジャイロトロンの高性能化 >
  - 1テラヘルツを超えるジャイロトロンのパルス発振に引き続き、  
1テラヘルツを超える周波数での連続発振を世界で初めて実証
  - テラヘルツ帯ジャイロトロンの長時間連続動作の実証



- < 高性能ジャイロトロンによる新技術開発への応用展開 >
  - 国内外の研究機関と共同研究を展開
  - 高分子蛋白質解析装置開発に適用、分析感度の  
60倍以上向上達成、500倍以上の早通し。
  - ハイパーサーミア法低侵襲がん治療法開発研究に  
適用、マウスを用いて有効性の実証
  - ポジトロニウムにおいて世界初の誘導遅延の直接  
計測に成功基礎物理学でも新研究の創成
- < 国際研究拠点機能の強化 >
  - 高出力テラヘルツ技術開発において、我が国の主導性を強化



# 研究推進プロジェクト(2)

平成23年度～25年度事業  
事業名 高出力遠赤外線領域研究の推進と国際研究拠点の充実 - ジャイロトロンの画期的新研究への応用 -  
概要

高出力遠赤外線光源「ジャイロトロン」の一層の高度化を実現し、高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・新機能材料開発・エネルギー科学等の多様な分野において画期的新研究に応用するとともに、当センターの国際的研究拠点機能を充実する。

## 取り組み内容

- 1) 福井大学独自の高出力遠赤外線ジャイロトロンを一層高度化(出力・周波数の安定化、周波数の連続可変性・放射分布の軸対称化など)し、学術研究・応用研究に適用する上での課題を解決する。
- 2) 高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・基礎物理学・新機能材料開発・エネルギー科学等、多様な分野において画期的新研究に応用するとともに、ジャイロトロンを用いた新しい非線形分光法の開発を進める。
- 3) 国内外の主要研究機関との連携・共同研究を拡大・強化し、高出力遠赤外線領域研究の国際的研究拠点を充実する。
- 4) 高度化ジャイロトロンの応用課題を共同研究として推進し、ジャイロトロン高度化の波及効果を拡大する。

## 18-21事業から23-25事業へのつながり

### 18-21事業

ジャイロトロンの高周波化 → 応用研究への発展  
 CW III 1 THz超で準連続発振実現  
 応用研究への発展 課題に対応したCWジャイロトロン開発  
 CW I, II, IV, V, VI, VII  
 応用研究の種をまき、芽が出る。  
 国際拠点機能強化  
 国際共同研究、国際ワークショップ開催

### 23-25事業

18-21事業の成果を基盤に、より発展させる  
 ジャイロトロン 高度化  
 高度化ジャイロトロンの新研究への応用  
 CW II → GII 脈大DNP-NMR実験に適用  
 CW V → GI ボジトロニウム実験  
 CW IV, VI の結果(周波数連続可変)  
 → 理論・設計解析ツールを整備、CW X, GIV  
 国内外共同研究拡大・国際拠点機能充実  
 公募型国内共同研究開始  
 国際共同研究、国際ワークショップ開催2回  
 国際コンソーシアム会議

## 23-25年度特別経費事業による実績

**世界最高性能の遠赤外線ジャイロトロン 群を開発**  
ニーズにより仕様を任意に選定可

**高度化ジャイロトロンの成果**

- サブテラヘルツ世界最高出力  
ジャイロトロン  
0.4 THz 683 kW, 0.3 THz 220 kW  
Physical Review Letters誌に発表
- ジャイロトロン共振の物理  
モード間相互作用の理論を裏証  
Physical Review Letters誌に発表
- 周波数連続可変性の実現  
周波数連続可変性の理論予想と実験  
による裏証  
日本赤外線学会優秀発表賞
- 高性能電子銃設計手法開発  
コンパクト化・高出力化を実現  
フランス・核融合学会優秀発表賞

**さらなる機能の付加**

- 多周波発振  
汎用ジャイロトロン  
応用研究への利用拡大
- 短パルス、高繰返し  
1 μsec 10<sup>11</sup> kHz
- 周波数超安定化  
< 5 MHz
- ガウスビームへの変換効率向上  
> 90 %
- 周波数の広帯域化  
~ 10 GHz  
適用研究領域の拡大

先進的計測法開発  
・パルスESR法  
・非線形テラヘルツ分光法

**学術研究に応用し、新領域の創成を開始**

- NMR計測精度の飛躍的向上: 60倍達成、500倍向上の見込み
- ボジトロニウム計測への適用: 世界初の陽電子遷移の直接測定
- 半導体超格子への照射: プロトタイプ開発、江崎博士提案を実現
- X線円偏光法への適用: 物質の強化学超超高分解計測
- アルミナ・シリコニアの焼結・テラヘルツ帯電磁波による焼結
- パルスESR用光源・伝送系開発、パルス整形の成功

## 4-3 学・協会等の褒賞等の評価

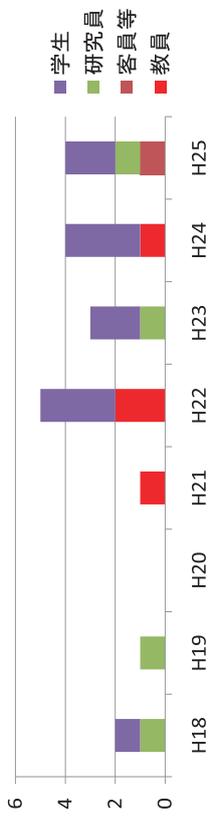
平成21年4月: 出原、小川、光藤が「高出力テラヘルツ光源—高調波ジャイロトロン  
研究」業績によって科学技術分野の文部科学大臣表彰「科学技術賞  
(研究部門)」を受賞

平成23年1月: 谷が「リフレッシュ理科教室」等による貢献により、応用物理学会関西  
支部第3回支部貢献賞を受賞

平成23年5月: 出原が福井県科学学術大賞(福井県のノーベル賞)を受賞

平成25年4月: 谷がAPEX/JJAP編集貢献賞を受賞

その他、リサーチアドバイザー(1件)、研究員の学会賞(4件)、学生の学会発表賞や  
「大学院優秀学生」賞(3件)、など合計20件の受賞



## 4-4 成果の発信・広報活動(論文, 学会発表以外)

- ✓ 研究成果報告書(年報)(年1回)
- ✓ Annual Report(原著論文集)(年1回)
- ✓ センターWebページ
- ✓ 新聞報道(資料集参照)
- ✓ 第3回(2010年), 第4回(2012年), 第5回(2014年) 遠赤外技術  
に関する国際ワークショップ(International Workshop on Far-  
Infrared Technologies, IW-FIRT)を 開催(各回約80名規模)
- ✓ 2013年3月, 国際シンポジウム, International Symposium on  
Development of Terahertz Gyrotrons and Applicationsを開催(約  
40名)
- ✓ 2012年11月にFrontier in Terahertz Technology (FTT 2012)を共  
同主催

## 4-5 コミュニティのサポート状況

### 1. コミュニティからのサポート

文部科学省の共同利用・共同研究拠点認定申請時に、8学協会のサポートセンター(要望書)を得た。

### 2. コミュニティ形成の活動

- 海外6機関、国内2機関と、「国際連携による「サブミリ波ジャイロトロン」の開発と応用」に関する研究推進のための国際コンソーシアムを結成 → 2013年3月の国際シンポジウム開催
- FIR Center セミナーの開催(年10回前後)
- 関連学協会によるセミナーの共催、協賛(センターで開催する場合はセンター会議室、設備を供与)
- 教員個人ベースの共同研究およびH23年度より実施している公募型共同研究
- 国内の研究者の客員教授としての採用(各年度4~5名)、海外研究者の「招聘教授」(年間3~5名)としての招聘(常時1名滞在)、国内・海外研究者の短期招聘を通じた、研究コミュニティにおける研究交流と研究活動の活性化

### 3. 学協会への貢献

- 教員による関連学協会の委員、世話人として貢献(兼業40件)
- 賛助会員としての支援(センターはH24年度よりテラヘルツ・テクノロジーフォラムの「一般会員」)



FIR FU

遠赤外領域開発研究センター外部評価  
(評価期間2006(H18)-2013(H25)年度)

## 5. 国際性

外部評価資料 本文 5.国際性  
資料編 国際交流状況

国際的枠組みのイメージ

センターを中心とする国際共同研究の輪



第5回遠赤外技術に関する国際ワークショップ参加者

## 目次(評価項目に従って)

- 5-1 国際的位置づけ (評価項目に「拠点性」を追加)
- 5-2 国際交流、国際共同研究
- 5-3 留学生受け入れ, 学生の海外派遣・受け入れ
- 5-4 国際貢献

## センターの理念より(本文1-1)

…国内外の研究者・研究機関との連携を通して進め、高出力遠赤外/テラヘルツ波光源の開発・応用分野において、**国際的な研究拠点として機能する。**



# 国際コンソーシアム

## 国際コンソーシアム

課題名 「国際連携による「サブミリ波ジャイロトロン」の開発と応用に関する研究推進」

### 中核機関

福井大学 遠赤外領域開発研究センター

### 参画機関

海外6機関、国内2機関

テラヘルツジャイロトロン開発応用に関する  
国際シンポジウム International Symposium  
on Development of Terahertz Gyrotrons and  
Applications of the Opening

二 国際コンソーシアムの運営会議を兼ねる  
日程 2013(平成25)年3月14日～15日



### 国際コンソーシアム会議サマリーの要約

- 1) 遠赤外ジャイロトロンは、広範な研究分野において新しい研究を可能にした。今後、全く新しい研究への応用が切り開かれるだろう。
- 2) センターは遠赤外ジャイロトロン開発と応用研究において、国際的な拠点である。今後、国際的なCOEとしての機能強化を求めらる。



# 学術交流協定・共同研究覚書(資料編参照)

## 学術交流協定11件

【大学間交流協定】  
ロシア・ロシア科学アカデミー-応用物理学研究所  
主な研究課題 「ジャイロトロン」の開発と高感度赤外分光の応用研究

【船舶間交流協定】

オーストラリア・シドニー大学 School of Physics

主な研究課題 「サブミリ波ジャイロトロン」の開発と応用

ロシア・D.Y. Efremov 電気物理研究所精密工学センター

主な研究課題 「強力粒子ビーム及び電磁波の発生と応用」

ドイツ・フランクフルト大学-高出力ハルツマイクロ波研究所

主な研究課題 「極限条件下で動作するジャイロトロン」の開発

超高出力ジャイロトロンと超高出力マイクロ波の発生と応用

中国・中国電子科技大学プラズマ研究所

主な研究課題 「高出力ジャイロトロン」の開発

ドイツ・ジュネンガルト大学プラズマ研究所

主な研究課題 「高品質ジャイロトロンと高出力サブミリ波伝送系の開発」

ブルガリア・ブルガリア科学アカデミー-電子工学研究所

主な研究課題 「コシバク電子線照射装置とサブミリ波ジャイロトロン」の開発

インドネシア・ハルオレオ大学 教員、自然科学部

主な研究課題 「高出力遠赤外光を用いた材料・物性に関する研究」

韓国・ソウル大学テラヘルツバイオ応用システムセンター

主な研究課題 「テラヘルツ帯ジャイロトロン」の開発と生命科学への応用

フィンランド・国立イリビン大学-物理学研究所

主な研究課題 「半導体テラヘルツ発生装置の開発」

ラトビア国・ラトビア大学固体物理学研究所

主な研究課題 「ジャイロトロン」の開発と応用に関する研究

## 共同研究覚書10件

● ドイツ・ジュネンガルト大学プラズマ研究所

課題名 高品質ジャイロトロンと高出力サブミリ波伝送系の開発

● ドイツ・フランクフルト大学-高出力ハルツマイクロ波研究所

課題名 極限条件下で動作するジャイロトロン

● フルガリア・ブルガリア科学アカデミー-電子工学研究所

課題名 コシバク電子線照射装置とサブミリ波ジャイロトロン

● フランス・国立宇宙空間研究所

課題名 サブミリ波ジャイロトロンを用いた磁場閉じ込め高温プラズマの診断に関する研究

● ロシア・D.Y. Efremov 電気物理研究所精密工学センター

課題名 強力粒子ビーム及び電磁波の発生と応用

● 中国・中国電子科技大学プラズマ研究所

課題名 高出力ジャイロトロン

● 米国・プリンストン大学プラズマ物理研究所

課題名 ジャイロトロンを光源とするトカマク装置の散乱計測

● 英国・ワーウリック大学NMR研究センター

課題名 国際連携による「サブミリ波ジャイロトロン」の開発と応用に関する研究の推進

● 欧州放射線施設(ESRF)

課題名 サブテラヘルツ光照射下における磁気共鳴のX線検出のための高出力電子サイクロトロン共同ユーザー(ジャイロトロン)の開発と関連動作

● ウクライナ・科学アカデミー-USikov 高周波物理、電子工学研究所 (IRE NASU)

課題名 サブミリ波サブミリ波領域で動作する発振器の開発と応用



# 政府間プロジェクト, 二国間交流事業

## 国外機関との学術交流・共同研究を支える制度として

- ・ 政府間プロジェクト
  - 日・ブルガリア科学技術協力プロジェクト1件
  - 日露科学技術協力プロジェクト2件
  - 日米科学技術協力事業(核融合分野)1件
- ・ 日本学術振興会 二国間交流事業 3件(ロシア、韓国、ルーマニア)
  - が採択されている。

# 遠赤外技術に関する国際ワークショップ

研究成果の発信による国際研究拠点機能の強化 2010, 2012, 2014年開催

## 第3回ワークショップ (IW-FIRT 2010) の開催

日程 2010年3月15日-17日

参加者数 80名 国外12名、国内68名



## 第4回ワークショップ (IW-FIRT 2012) の開催

日程 2012年3月7日-9日

参加者数 75名 国外15名、国内60名



## 第5回ワークショップ (IW-FIRT 2014) の開催

日程 2014年3月6日-7日

参加者数 84名 国外14名、国内68名



## 国際シンポジウム「テラヘルツテクノロジー」の最新動向の開催

日本学術振興会「テラヘルツ波科学技術と産業開拓第182委員会」およびテラヘルツテクノロジーフォーラムと共催

・開催期間: 2012年11月26日～29日

・開催場所: 真大寺総合文化センター(奈良市)

・発表件数: 141件

・参加者数: 225人

## 国際シンポジウム「テラヘルツ分光法の最先端III ~テラヘルツ領域の次世代技術と高感度分光・計測への応用~」の開催

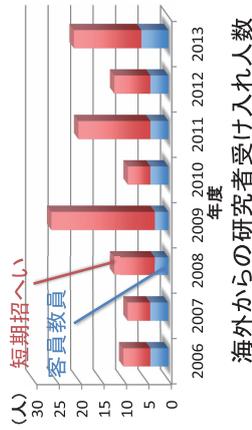
日程 2009年10月22日～23日



FIR FU

## 国際交流状況（海外からの受け入れ）

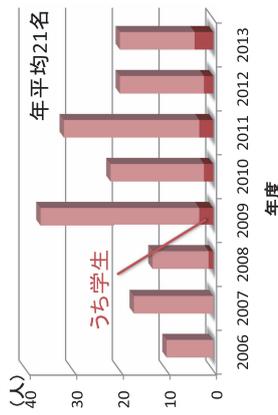
- FIR Center セミナー
  - 評価期間において講演127件、うち76件(約60%)が外国人による講演
- 海外からの研究者受け入れ
  - 外国人客員教員(客員教授Ⅲ種/招へい教授)が常時滞在
  - 多数の短期招へい



FIR FU

## 国際交流状況（海外への派遣）

- センターから海外研究機関への派遣
  - 国際会議発表
  - 共同研究の推進
  - 国際的人脈の構築



年平均21名



FIR FU

## 国際共同研究の成果

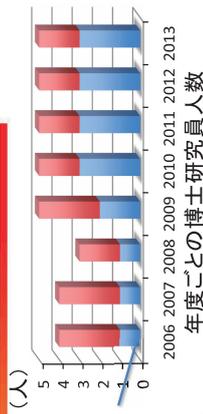
- 外国人客員教員とセンター教員との共著論文
  - 客員教員が筆頭著者(実質筆頭著者を含む) **25編**
  - 筆頭以外 **19編**
- 国際共同研究による論文(外国人客員教員関係論文を除く)
  - 外国人研究者が筆頭著者 **18編**
  - 日本人が筆頭著者 **34編**
- ❖ 具体的な成果については資料(本文 5. 国際性)および研究成果に関するプレゼンテーションを参照
- ❖ 各年度における国際的な共同研究課題名の一覧は、資料編「共同研究一覧」の「大学や公的研究機関及び企業との共同研究」に記載(近年は毎年**20件以上**の国際共同研究が進行している)



FIR FU

## 博士研究員、学生の国際交流

- 外国人博士研究員
  - ほぼ常時1名以上滞在
- 留学生の受け入れ
  - 博士号取得1名(平成25年度)
  - 卒業研究学生2名(平成22年度, 24年度 各1名)
- 海外研究機関所属学生の受け入れ
  - のべ6名がセンターにおいて研究活動を行った
- 学生の海外派遣状況
  - 学会発表、共同研究等の目的でのべ15名海外へ派遣した
- 客員教授による長期にわたる特別講義(平成18年度, 1件)



効果 若手の国際交流、国際的な人材育成



## 国際貢献

### ● 国際学術誌の編集担当

**International Journal of Infrared and Millimeter Waves** (2009年1月号以降) **Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves** の編集事務局(Editorial Office) を当センター内に設置、編集長(Editor in Chief) を出原センター長(当時) が担当

期間 2004年6月から2009年12月まで

主な実績 845編の論文を採択・掲載

新企画: Review papers と最新のトピックを Special issue として刊行

### ● 国際会議の vice chairman 等

当センターの教員が、国際会議の Vice chairman を3回、International board member を6回務め、国際会議開催のために貢献した。



## まとめ

- 国際コンソーシアムの展開、学術交流協定や共同研究覚書の締結、客員教員(招へい教授等)の長期滞在、政府間プロジェクト等の枠組みにより、数多くの国際共同研究が推進されている。
- 教員個人ベースの国際共同研究も展開しており、いくつかは学術交流協定や共同研究覚書に発展している。
- 海外からセンターへ、センターから海外へ、ともに積極的に国際交流がはかられている
- 博士研究員、学生の受け入れ、派遣等を通して、人材育成に貢献している
- 学術雑誌の編集、国際会議開催への貢献等、国際的な学会コミュニケーションへ貢献している。



**国際的な研究拠点として認知され、その機能が強化されている。**

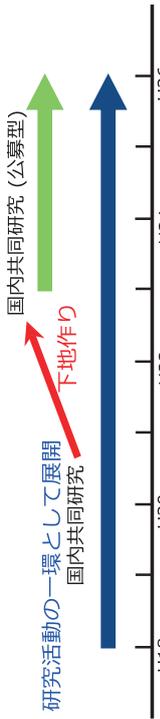
遠赤外線領域開発研究センター外部評価  
4月3日(木)

6. 共同研究及び社会貢献
  - 6-1. 共同研究の状況
  - 6-2. 社会貢献・学外教育活動
  - 6-3. シンポジウム、研究発表会
  - 6-4. 地域貢献

### 6-1. 共同研究の状況

- (1) 国際共同研究  
(「5. 国際性(国際的活動, 外国人教員, 客員研究員, 国際会議関連)」に関する資料)
- (2) 国内共同研究
- (3) 公募型国内共同研究(国内共同研究(公募型))
- (4) 民間との共同研究(委託研究・開発の性格)  
(「7. 研究費・研究設備」に関する資料)
  - ・ 民間企業が提供する研究資金により研究実施
  - ・ 研究課題と期間は共同研究契約により決定
- (5) 西日本における強磁場研究の拠点強化  
三センター間の連携・協力に関する協定を締結し、強磁場に関する共同研究(強磁場コラボトリー(日本の強磁場物性研究ネットワーク))を推進する。
  - ・ 大阪大学理学研究科附属先端強磁場科学研究中心
  - ・ 神戸大学自然科学系先端融合研究環分子フォトサイエンス研究センター
  - ・ 福井大学遠赤外線領域開発研究センター

学内措置のプログラムとして展開



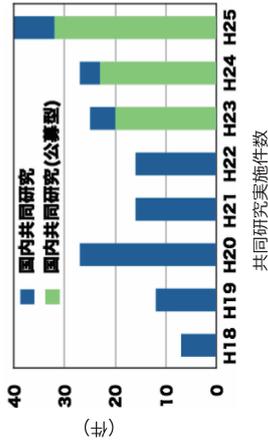
国内共同研究

- H19年度～H22年度、毎年15件前後実施
- 一教員が複数の共同研究を実施
- 国内共同研究(公募型)に取り込まれ、件数が減少
- 残された課題は萌芽的な共同研究が多い。

国内共同研究(公募型)

- 共同研究経費(センター運営費から)
- 共同研究委員会(所掌)で実施
- (公募案内策定、申請課題審査、採択額)支援事務(研究推進課)

- 共同研究の実案件数の増大
- 複数の研究機関が参加する共同研究が出現



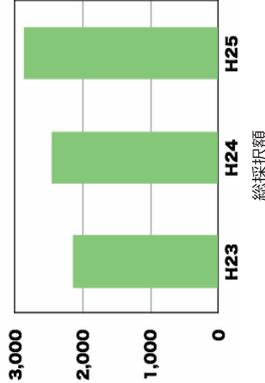
3

研究成果

論文

- H23年度～H24年度 7件
- 国際会議論文
- H23年度～H24年度 3件
- 総採択額
- 増大(採択課題の増加)

(円)



所属機関数

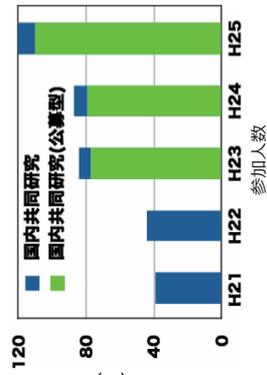
- 増大(共同研究の広がり)

研究代表者の所属

	H23	H24	H25
・福井大学	5	6	7
・福井大学以外	15	17	25
計	20	23	32

- 他機関 75%

4



参加人数

- 増大(100人以上の研究者が参画)

参加延べ人数

- 増大(年間の延べとして約900人・日が参加)
- 外部からアイデアと人の呼び込み
- 実質的研究拠点としての機能

福井大学にとって

- 学内部局間の連携の促進
- 研究機能の強化
- 大学院学生や学部学生が参加することにより教育貢献
- 学術研究の発展に貢献

5

## 6-1. 共同研究のまとめ

- 遠赤センターで実施している、国内共同研究、国内共同研究(公募型)、民間との共同研究は、センターの研究活動の活性化に貢献している。
- 特に、学内措置として実施している国内共同研究(公募型)は、外部からアイデアと人の呼び込み、実質的研究拠点としての機能を果たしている。
- 国内共同研究(公募型)は、研究コミュニティ形成に貢献している。
- 福井大学にとっては、学内部局間の連携の促進、研究機能の強化、大学院学生や学部学生が参加することによる教育貢献、学術研究の発展に貢献している。
- 西日本における強磁場研究の拠点強化の一環として、三センター間の連携・協力協定の締結により、高出力遠赤外技術のさらなる展開が期待される。

6

## 6-2. 社会貢献・学外教育活動

- アウトリーチ的な社会貢献や学外の教育活動にも積極的に参加
- ・一般市民向けの公開講座
- ・施設公開
- ・他大学での授業担当
- ・学外の小中高生向けの講義や理科教室

### 実績

- ・公開講座(大学の一般公開, 大学際イベントで依頼) 37件(平成18年度から平成25年度)
- ・顕著に多くはないが, 社会貢献が評価された教員がいる。(理科教育活動で学会から受賞)
- ・兼業 44件
- ・学術研究コミュニティに貢献(多数の学協会の幹事や世話人)

7

## 6-3. シンポジウム, 研究発表会, 公開講座等

- 公開セミナー「FIR Center セミナー」
- ・およそ月1回
- ・共同研究に発展したり, 研究者交流を通じて, 研究コミュニティ形成
- 研究会・セミナー(センターが協賛あるいは後援)(年数回)(センター教員が世話人, 会場を提供)
- ・量子スピンス研究会, 福井セミナー(定期的開催)

## 6-4. 地域貢献

- ・学術研究を主なミッションとしている本センターでは, 意図した活動を積極的には行っていない。
- ・公開講座, 地元の小中高校生を対象とした理科教室などを通じて, 地域社会, 地域教育への貢献を適切なレベルで行っている。
- ・センター教員が役員(取締役または代表取締役)であるベンチャー企業 2社(大学全体13社)
- ・(企業活動を通じて地域経済に貢献)

8

## 研究費の概要と設備

文部科学省, 日本学術振興会, 科学技術振興機構から競争的外部資金

- 科学研究費補助金 (26 課題)
- 受託研究費 (26 課題)

国際共同研究資金

- 二国間交流事業 (3 課題)

民間からの研究費

- 民間との共同研究 (8 件)
- 財団などからの奨学寄付金 (32 件)

学内競争的資金

- 学内重点配分経費 (36 件)

## 7-1. 研究費

特別教育研究経費

- 連携融合事業 (平成17年度～19年度)
- 研究推進事業 (平成18年度～21年度)
- 特別経費 (プロジェクト分) (平成23年度～25年度) (※)

(※) 設備費相当分が、平成22年度および平成24年度補正予算で措置

～～～導入設備～～～

高出力ジャイロトロン等の研究を展開するための設備の導入

- 高出力ジャイロトロン管
- ジャイロトロン用超伝導マグネットシステム
- ジャイロトロン駆動用電源装置
- ジャイロトロン用電子銃

高出力ジャイロトロンサブテラヘルツ波発生技術と時間領域テラヘルツ波技術との融合のための導入

- フェムト秒パルスレーザーシステム

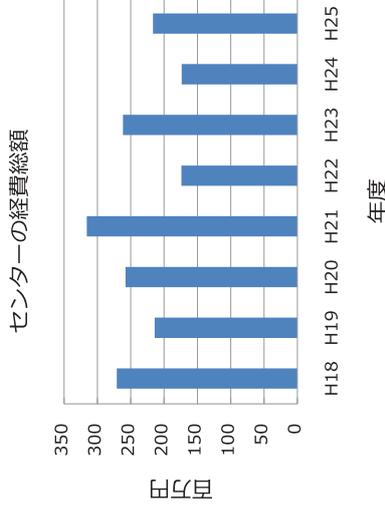
(平成21年度補正予算分、センターで予算管理をしない形で予算配分。センター経費として含まれていない)

超低温物性実験施設棟の改修と設備整備

- 高圧ガス回収システムや回収用ヘリウムガス圧縮機の更新

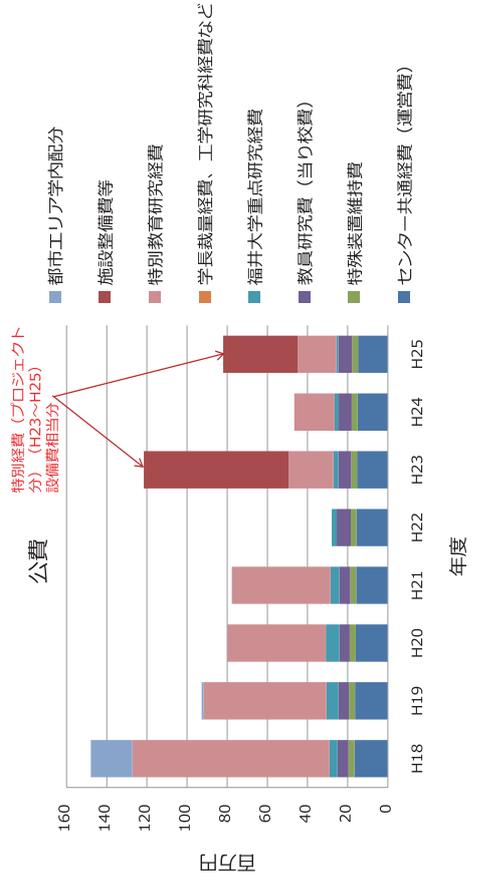
# センターの経費総額

H18～H25 総額：18.85億円 (平均：2.36億円/年)  
(専任教員人件費を含む)



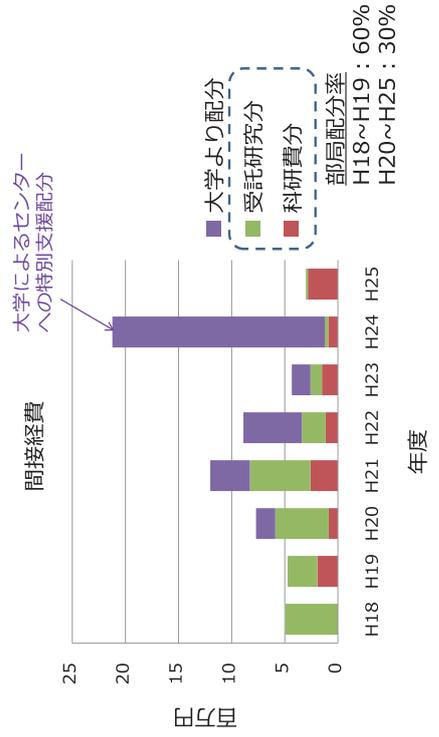
# 校費

H18～H25 総額：7.03億円



# 間接経費

H24年度：大学からの支援経費



## 特別教育研究経費（文部科学省）

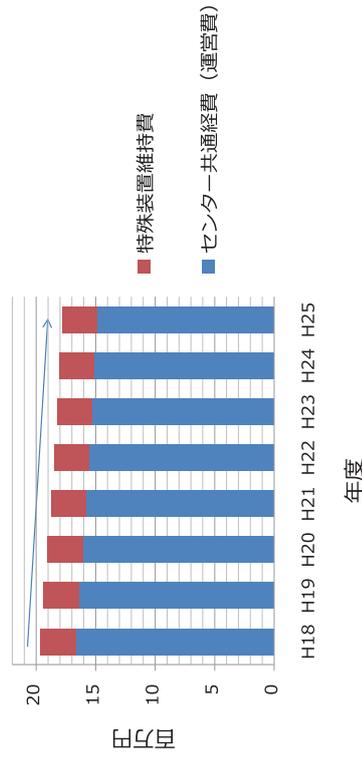
事業種別	期間	研究課題名	交付額
連携融合事業	17年度 ～19年度	地域研究機関との連携による原子力エネルギー半導体安全教育研究（代表者：福井卓雄）（分担者：出原敏孝）	21,600 千円
事業種別	期間	研究課題名	交付額
研究推進事業	18年度 ～21年度	テラヘルツ帯高出力光源シミュレーションの開発による研究推進	230,182 千円
事業種別	期間	研究課題名	交付額
文部科学省特別経費（※） （プロジェクト分） （国際的に卓越した教育研究拠点機能の充実）	23年度 ～25年度	高出力遠赤外線領域研究の推進と国際研究拠点の充実－シミュレーションの画期的新研究への応用－	98,820 千円

（※）平成22年度および平成24年度補正予算で措置された  
補正予算総額：109,192 千円

## センター共通経費（運営費） + 特殊装置維持費

H18～H25 総額：1.49億円

☑年1.3%削減

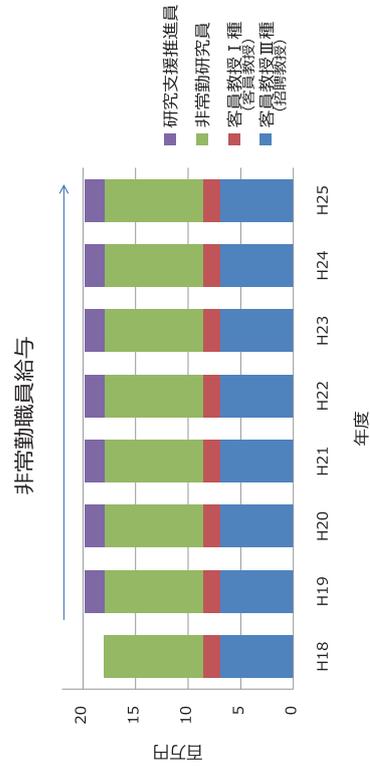


## 非常勤職員給与

H18～H25 総額：1.57億円

（H19以降：年0.20億円）

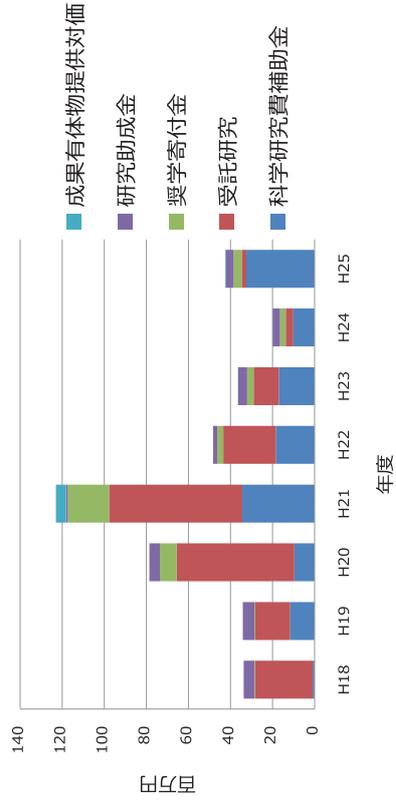
☑定額が維持



## 獲得外部研究費

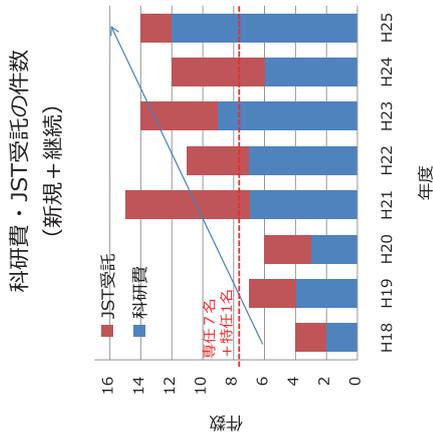
H18～H25 総額：4.16億円

獲得外部研究費



## 科研費・JST受託の件数

- 科研費（採択数）
- ☑ 基盤A : 1 件
  - ☑ 基盤B : 7 件
  - ☑ 基盤C : 6 件
  - ☑ 若手B : 6 件
  - ☑ 挑戦的萌芽 : 3 件
  - ☑ 特定領域（公募） : 1 件
  - ☑ 海外特別研究員奨励費 : 2 件

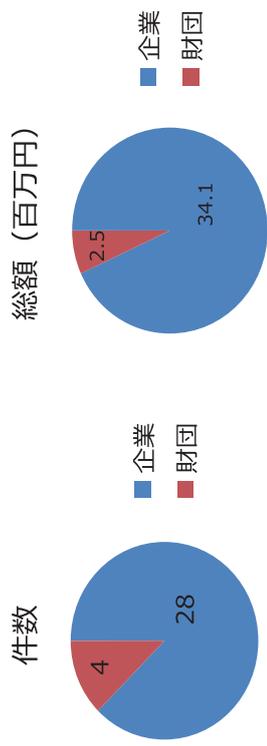


## 企業との共同研究（奨学寄付金分）

H18~H25年度の奨学寄付 : 32件

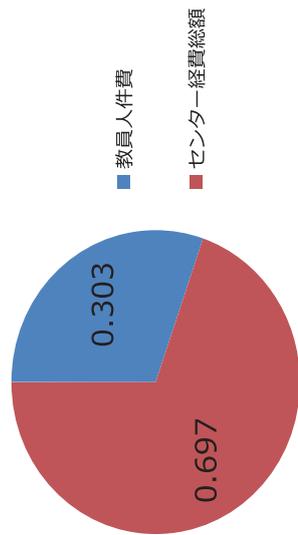
☑企業 : 28件

☑財団 : 4件



## 経費総額に対する教員人件費の割合

H18~H25年度における経費総額に対する  
教員人件費の割合（平均）



## 7-2. 研究設備の概要

# 実験施設

## センターの施設

- 遠赤外線領域開発研究センター棟（6階）
- 超低温物性実験施設（3階）（H18～）

## 実験施設

### <センター棟>

- 1階：テラヘルツ電磁波伝送実験用の電磁シールド室
- 1～3階：テラヘルツジャイロトロン開発・応用のための実験室
- 4～5階：パルステラヘルツESR測定、DNP-NMR測定、ジャイロトロン焼結、テラヘルツ時間領域測定の実験室

### <超低温物性実験施設>

- 1階：ヘリウム液化システム、および、寒剤供給システム、高感度のNMR測定、テラヘルツESR測定、超高分解能マイクロ波分光測定の実験室

# 研究施設

## 研究室・事務室

- <センター棟の5階と6階>
  - 専任教員室、センター長室、客員教授室、非常勤研究室、大学院生・学部学生の居室、遠赤センター事務室
- <超低温物性実験施設の3階>
  - 専任教員室

## 会議室

- センター棟の5階と6階：コロキウム室と図書室

居室、実験施設、会議室が同一内または近接する施設内に配置させることで、センターに所属する教員や学生が、効率よく研究を遂行できる環境にある。

# 7-3. 平成18～25年度における設備・施設の整備

H18～H25で導入された装置：24台  
(300万円以上)

## 本編参照

# 研究設備一覧（資料編）

## 研究設備一覧

表7-1. ジャイロトロン関連設備

設備名	設置場所
1. ハウスジャイロトロン5号機	センター棟301室
2. ハウスジャイロトロン6号機	センター棟301室
3. ジャイロトロンRCW 01	センター棟301室
4. ジャイロトロンRCW 02A	センター棟203室
5. ジャイロトロンRCW 02B	センター棟102室
6. ジャイロトロンRCW 02C	センター棟203室
7. ジャイロトロンRCW 02D	センター棟203室
8. ジャイロトロンRCW 02E	センター棟203室
9. ジャイロトロンRCW 02F	センター棟203室
10. ジャイロトロンRCW 02G	センター棟203室
11. ジャイロトロンRCW 02H	センター棟406室
12. ジャイロトロンRCW 02I	センター棟401室
13. ジャイロトロンRCW 02J	センター棟401室
14. ジャイロトロンRCW 02K	センター棟203室
15. ジャイロトロンRCW 02L	センター棟203室
16. ミリ波伝送装置	センター棟301室
17. ミリ波伝送装置	センター棟203室
18. 遠赤外線装置	センター棟203室
19. 超伝導マグネット1台	
20. 超伝導マグネット3台	
21. 10 Tヘリウムフリー超伝導マグネット2台	
22. 10 Tヘリウムフリー超伝導マグネット2台	
23. 8 Tヘリウムフリー超伝導マグネット4台	
24. 8 Tヘリウムフリー超伝導コンパクトマグネット1台	

表7-2. 磁気共鳴・シントリリング関連設備

設備名	設置場所
1. 200 MHz セラミック磁石装置	センター棟101号室
2. ジャイロトロンセラミック磁石装置 24 GHz	センター棟505号室
3. サブミリ波帯 ESR 分光装置	センター棟203号室
4. テラヘルツマイクロネットワークラックアライナー	超低温物性実験施設
5. THz ESR 装置	超低温物性実験施設
6. 200 MHz DNP-NMR 装置	センター棟406号室

表7-3. 時間領域テラヘルツ計測・分光関連設備

設備名	設置場所
1. 10 psピコメーター(10 fs, 5 ps)	センター棟404号室
2. フォトリソグラフィ機	センター棟404号室
3. 紫外線リソグラフィ機	センター棟404号室
4. 繰り返し動作可能なフォトマスク露光装置	センター棟404号室
(1.05 μm 基本波および780 nm SBL出力)	
5. 自己電子同期型フォトマスク露光装置	センター棟404号室
(1.05 μm 基本波および780 nm SBL出力)	
6. 自己電子同期型フォトマスク露光装置	センター棟404, 405号室
(100 fs, ps)	
7. テラヘルツ時間領域分光装置 (THz-TDS)	センター棟405号室
8. 原子層力顕微鏡	センター棟405号室
9. 中高エネルギー分光装置	センター棟405号室

- ☑ ジャイロトロン関連
  - ：24設備
- ☑ 磁気共鳴・シントリリング関連
  - ：6設備
- ☑ 時間領域テラヘルツ計測・分光関連
  - ：9設備

## 8. 大学の支援状況

### 予算的支援

資料 ○ 研究経費のまとめ

平成18年度～25年度 年度別経費一覧

センター運営費(百万円)



校費①のうち センター共通経費, 特殊装置維持費, 教員研究費の和

センターの運営費としては効率化係数分(1.3%)の減額が行われているが, 教員研究費には, 指導学生数に応じた研究費が工学部より移算されている。

### 予算的支援 設備・施設の整備に関する主な予算的支援

[7-3平成18-25年度における設備・施設の整備]のうち以下のものが措置された。

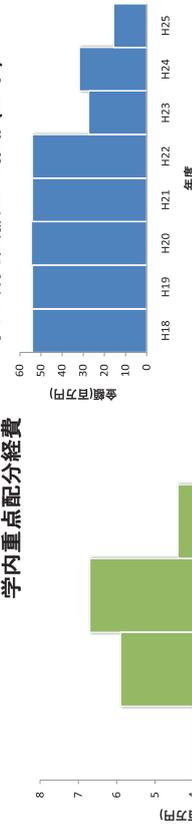
- 3) 平成21年度補正予算, 教育研究高度化のための支援体制整備事業(設備費173,792千円)による整備分(49,822千円)
  - フェムト秒パルスレーザーシステム
  - 高圧ガス回収システム(長尺カードール)
- 5) 平成21年度 超低温物性実験施設棟の改修と設備整備(約20,000千円)
- 6) 平成23年度学長裁量経費(9,980千円)
  - 回収用ヘリウムガス圧縮機の更新
- 7) 平成24年度間接経費(20,000千円)
  - 10 T 超伝導マグネット

このほかに, 間接経費⑥による, 施設の環境整備(部屋の間仕切りや空調の改善等)の支援がおこなわれている。

### 予算的支援

学長裁量による学内重点配分経費

学内研究支援金の推移(全学)



資料 ○ 学内重点配分経費 ○ 研究経費のまとめ

21年度まではプロジェクト分として2,000～3,000千円の支援があった

### 人的支援

資料 研究経費のまとめ

- H18年の遠赤外超低温物性研究部門の設立
  - 工学部物理工学科
  - 助手ポスト1名 -> 准教授 1
  - 工学部付属超低温物性実験施設
  - 助教授ポスト1名 -> 教授 1

定員削減は行われておらず, H18年から専任教員7名を維持している。

客員教授11種1名, 1種1名, 研究機関研究員3名, 研究支援推進員2名についてもH18年から同様の予算措置が行われている(約20,000千円/年)

### 事務的な支援

- 総合戦略部門研究推進課
- 課長1 課長補佐1 専門職員1 非常勤1
- 研究面での支援
- 工学部技術部より4名の技術職員の派遣

### 福井大学の重点研究領域への指定

第一期中期目標・中期計画、第二期中期目標・中期計画において**福井大学の重点研究領域**に位置づけられている。

H25年度の工学分野におけるミッションの再定義において**福井大学工学分野の重点研究分野5分野の一つ**として遠赤外領域分野があげられている。



評価期間中、22年度を除いて、特別教育研究経費や特別経費の概算要求経費が通っていた

## 8. 大学の支援状況のまとめ

### 予算的支援

- ・ 定常的な校費は効率化計数分の減額にとどまっている、学生あたりの研究費は従来どおり維持されている。
- ・ 施設、設備の整備としては約9千万円が措置された。
- ・ 学長裁量による研究費は21年度以降減少している(全学的にも)

### 人的支援

- ・ 遠赤外超低温物性研究部門の設立が認められ、教授1、准教授1が認められた。
- ・ 客員教授11種1名、1種1名、研究機関研究員3名、研究支援推進員2名についてもH18年から同様の予算措置が行われている
- ・ 定員削減はおこなわれていない。

### その他の支援

- ・ 中期目標・中期計画において福井大学の重点研究領域に位置づけられている。
- ・ ミッションの再定義において福井大学工学分野の重点研究分野5分野の一つに位置づけられている。

## 9. 将来展望

### センターの基本目標として、

- ・ 高性能の高出力遠赤外光源の開発とその光源を応用する  
学術研究を飛躍・発展させ、新研究領域を創出すること
- ・ また、この分野の国内・国際両面の拠点機能を果たすこと  
は変わらない。

## 5年先を目指すセンターミッション

### 高出力遠赤外領域研究の飛躍的展開と国際研究拠点機能の強化

- 高度化、ジャイロトロンによる応用研究の先導  
(文部科学省特別経費事業 概算要求中)

### 事業概要

「学内人材の融合により福井大学の強み・特色である遠赤外分野の研究機能強化と高度化遠赤外ジャイロトロン先の研究応用により、高出力遠赤外光を用いる研究を牽引し、この分野の**学術研究拡大と新研究領域の創成**を目指す。同時に、**国際的研究拠点機能も一層向上**する。」

### 取り組み内容

- 1) 高度化遠赤外ジャイロトロンをパルス電子スピコン共鳴計測法や非線形分光法等の**先進的計測法開発**に適用  
→ **高出力遠赤外領域研究を牽引、新研究領域の創成**
- 2) 学内人材の融合・国内外の主要研究機関との連携強化  
→ 高出力遠赤外領域研究において、**国際的拠点機能を一層強化**
- 3) **先進ジャイロトロン**の開発研究  
→ 高度化する応用研究に対応
- 4) 波長変換技術など、新規光源技術を開発



## センターの拠点化に対して

- ・国内拠点化への取り組み  
文科大臣の指定する共同利用・共同研究拠点認定  
現在の陣容では困難か？  
→ 実質的な拠点化を目指す？  
公募型共同研究の充実  
しかし、自助努力予算には限りがある。
- ・国際拠点化への取り組み  
海外研究機関との国際共同研究体制の強化・発展  
学術交流協定・共同研究覚書  
国際コンソーシアム  
→ 連携の実質化が重要  
アジア諸国との連携強化

## センターを中心とする国際共同研究の輪を拡大・強化



## 10. 前回外部評価への対応

1. センターの目的を達成するために人的資源が不足  
平成18年度に基幹研究部門4の新設 専任教員2名増  
特任教授の雇用  
それでも、人的資源不足は解消していない。  
特に、能力のある若手研究者の確保策が必要
2. 協力教員の数が増える方向で大学の将来計画が立てられるべき
3. センターの活動を高める立場で研究者の人事を行う体制を築くべき  
センター設立時の人員構成から、定年退職・転出に伴う人事により、  
テラヘルツ波科学分野を強化
4. 外部資金獲得のレベルアップ  
科研費採択数は増加、委託研究・企業との共同研究も増えている。  
文科省特別経費は、広い意味での外部資金
5. 博士課程の学生数  
福井大学としての構造的問題  
機関研究員等で補っているが、十分ではない。

## 前回外部評価への対応(つづき)

7. 地場産業との結びつき  
センターとしては重要項目ではないが、ベンチャービジネス企業2社  
が地元企業と連携している。
8. 将来構想(4年間に)について  
出来る限りの努力をしたが、人員不足による限界もあった。
9. 長期将来計画  
高出力遠赤外線/テラヘルツ波光源の開発と応用をキーワードとし  
て、研究計画を立案・実施してきた。  
国内・国際拠点の形成・強化にも努めた。  
センター長の国際公募 実現していない。  
外国人センター長 センター運営上難しいのではないかと  
センター人事委員会に外部委員を委託  
頻繁に人事案件が発生するわけではない。  
制度整備が必要

平成18年度～25年度（8年間）  
の外部評価資料

福井大学  
遠赤外領域開発研究センター



平成 26 年 2 月 28 日

福井大学遠赤外領域開発研究センター外部評価委員の皆様

遠赤外領域開発研究センター  
センター長 齊藤輝雄

福井大学遠赤外領域開発研究センター外部評価資料の送付について

当センターの外部評価では大変お世話になっています。2月12日に、メールにてお知らせしておりました外部評価資料をお送りいたします。年度末のお忙しいときに申し訳ありませんが、お目通しいただきますようお願いいたします。

この資料は以下の考え方で構成されています。

1. この資料は、4月2日、3日に予定しています外部評価の前に、評価対象期間中の当センターの活動実績をまとめたものです。事前にご覧いただき、外部評価作業が効率的に行えることを期待しています。

2. 本編と資料編に分かれている。

エビデンスとしての資料編だけをお送りしても、日々当センター内で活動しておられない方には、内容がよくわからないと思われます。そこで、前に本編を付けました。

本編は、資料の見方と分析を記載しています。また、この分析と昨年8月20日の第1回評価委員会で決めていただきました評価の観点に基づいて、ある種の自己評価を加えたところもあります。特に、研究成果の部分では自己評価を行っています。これは、我々としての研究の位置づけを示させていただくことによって、評価作業の助けになることを期待したものです。

しかし、当然ではありますが、このことは外部評価をしていただくに当たっての方向付けを意図したものではありません。忌憚のない、また、当事者では気づくことの出来ない観点での評価をお願いします。

3. 本編・資料編ともに、評価項目に基づいて分類しています。

本編を読んでいただいて、書いてあることが本当かどうかを資料でご確認いただく、あるいは、資料自体で、数値的達成度を評価していただく、などをお願いします。

文字や数字だけではなく、グラフィックな資料の準備も心がけたのですが、膨大な資料をまとめることで手一杯で、グラフィックな資料が極めて少なくなりました。4月

2日、3日の評価時には、わかりやすい説明を心がけますので、ご容赦お願いします。

なお、補足や要修正点、追加すべき資料等がある場合は、ご連絡いただければ、出来るだけ対応いたします。

お忙しいところ申し訳ありませんが、この資料をご覧いただき、4月2日、3日には有意義な評価をしていただけますように願っています。

この資料に関するお問い合わせは

斉藤輝雄 E-mail : [saitot@fir.u-fukui.ac.jp](mailto:saitot@fir.u-fukui.ac.jp)、電話 0776-27-9762

あるいは

谷 正彦 E-mail : [tani@fir.u-fukui.ac.jp](mailto:tani@fir.u-fukui.ac.jp)、電話 0776-27-8659

をお願いします。

# 目次

## I. 本編

1. 遠赤外領域開発研究センターの理念・目標
  - 1-1. センターの理念
  - 1-2. センターの目標・目的
2. 組織及び人事構成
  - 2-1. 研究分野と組織
  - 2-2. 研究支援体制
3. 教育方への貢献
  - 3-1. 人材育成
4. 研究活動及び研究成果
  - 4-1. 研究活動と成果の概要
  - 4-2. 特別教育研究経費による研究プロジェクトの成果
  - 4-3. 学・協会等の褒賞等の評価
  - 4-4. 成果の発信・広報活動
  - 4-5. コミュニティのサポート状況
5. 国際性（国際的活動，外国人教員，客員研究員，国際会議関連）
  - 5-1. 国際的位置づけ
  - 5-2. 国際交流
  - 5-3. 学生の国際交流状況
  - 5-4. 国際貢献
6. 共同研究及び社会貢献
  - 6-1. 共同研究の状況
  - 6-2. 社会貢献・学外教育活動
  - 6-3. シンポジウム，研究発表会，公開講座等
  - 6-4. 地域貢献

- 7. 研究費・研究設備
  - 7-1. 研究費
  - 7-2. 研究設備の概要
  - 7-3. 平成 18~25 年度における設備・施設の整備
  
- 8. 大学の支援状況
  
- 9. 将来展望
  - 9-1. 研究分野の展望
  - 9-2. センターの拠点化に対して
  
- 10. 前回外部評価への対応

## II. 資料編

平成 18 年度から平成 25 年度の研究成果の公表の状況

国際交流状況

研究費一覧

研究設備一覧

共同研究一覧

社会貢献・学外教育活動一覧

学位（博士・修士）・卒業論文リスト

遠赤外領域開発研究センター組織

新聞切抜き



# 外部評価資料本編



## 1. 遠赤外領域開発研究センターの理念・目標

今回の外部評価をお願いするに当たって、遠赤外領域開発研究センター（以後、センターと呼ぶ。）の理念・目標および後で示す将来展望を整理した。それらを具体的に示す前に、本外部評価資料における理念・目標および将来展望に対する考え方を述べておきたい。

まず、センターの理念とは、その設立経緯も踏まえたセンター存立の基本である。また、センターの活動を具体化するための基準である。ただし、必要に応じた見直しは行う。ここで示すものは、現時点の理念である。

目標は、理念を具体化していろいろな形・成果として見えるものにするため、何をどのように実現すべきであるかを整理したものがある。これには 10 年以上の長期間を見据える目標もあれば、中期目標・中期計画のように、数年間を区切った重点課題やセンターのミッションとして設定するものもある。また、拠点形成や国際連携の推進など、より高次の目標を達成するための活動も含む。

この目標は、それ自体が評価対象であると同時に、評価期間内のセンターの活動を評価していただくための基準である。そのため、中期目標・中期計画の中で設定したセンターのミッション、予算要求等のために設定したセンターの活動目標など、対外的に公表したものを示す。中期目標・中期計画は平成 18 年度から平成 25 年度までのものであり、第一期中期目標期間と第二期中期目標期間にわたっている。

### 1-1 センターの理念

福井大学は、その特色強化のために昭和 46 年（1971 年）に設置された工学部附属「超低温物性実験施設」を基盤として、世界に先駆けて超伝導マグネットを用いた遠赤外ジャイロトロンの開発を開始し、ジャイロトロンの高周波化研究において常に世界をリードしてきた。センターはこの実績評価に基づき、平成 11 年（1999 年）に設立された。平成 18 年（2006 年）には超低温物性実験施設との機能的統合を実現し、さらに、新着想のテラヘルツ波科学研究も開始している。

この経緯を踏まえ、センターは、高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発研究と新しい学術研究への応用を進めるとともに、遠赤外領域の高出力光源を用いた新技術開発を通して社会に貢献する。また、センターは、これらの研究を国内外の研究者・研究期間との連携を通して進め、高出力遠赤外／テラヘルツ波光源の開発・応用分野において、国際的な研究拠点として機能する。

## 1-2 センターの目標・目的

### 遠赤外領域開発研究センター規程第2条および第3条に示されるもの

第2条 センターは、センターは、遠赤外領域の基礎技術、応用技術及び新技術等の開発・活用に関する研究を推進するとともに、遠赤外領域の研究拠点としての役割を果たし、もって本学における教育研究活動の活性化を図ることを目的とする。

第3条 センターは、前条の目的を達成するため、次の業務を行う。

- (1) 遠赤外光の発生、受信、伝送等遠赤外基礎技術の開発研究に関すること。
- (2) 物性研究、核融合理工学研究及び新素材開発研究への遠赤外応用技術の開発・活用研究に関すること。
- (3) その他遠赤外領域新技術の開発研究に関すること。
- (4) 国内外の研究組織との協力により、遠赤外研究の最前線を究め、この分野の研究拠点の役割を果たすこと。
- (5) その他前条の目的を達成するために必要な業務

### 中期目標・中期計画として設定したもの

(年度計画も含めた内容は、「センター目標に関する詳細資料」に示す。)

#### I. 第一期中期目標・中期計画より

##### 2 研究に関する目標を達成するための措置

- (1) 研究水準及び研究の成果等に関する目標を達成するための措置

遠赤外領域開発研究センターでは、学術交流協定・共同研究覚書を締結している国内外の研究機関との共同研究を展開し、高出力遠赤外光源の開発と遠赤外領域の総合的開発研究に関して、世界の最先端の研究を牽引する役割を果たす。

- (2) 研究実施体制等の整備に関する目標を達成するための措置

遠赤外領域開発研究センターは、遠赤外領域の基礎技術、応用技術及び新技術の開発・活用に関する研究を行い、遠赤外領域の総合的開発研究を推進するとともに、遠赤外領域研究の世界拠点としての役割を果たす。

#### II. 第二期中期目標・中期計画より

##### 【2-4】

世界的に優れた高出力遠赤外光源開発、遠赤外新分光・計測研究、遠赤外領域物性研究及び高出力遠赤外新技術開発研究を推進する。

##### 1205

遠赤外領域開発研究センターでは、遠赤外ジャイロトロン的高度化研究及び応用研究を推進するとともに、高出力遠赤外領域の学術研究を展開する。また、テラヘルツ波分光の高度化とその応用研究を推進する。

### 特別教育研究経費、特別経費事業の目標として設定したもの

以上の目標・計画を達成するための方策として、文部科学省の特別教育研究経費及び特別経費

事業を実施した。

#### 平成 18 年度～21 年度事業の概要

福井大学で独自に開発している唯一無二のテラヘルツ帯高出力光源「ジャイロトロン」のさらなる高周波化を行い、1 テラヘルツのブレイクスルーを達成すると共に、緊急の課題「テラヘルツ帯を含む遠赤外領域の高出力技術開発研究」推進のため、各々の技術に特化した光源開発を行う。

#### 取り組み内容

- 1) 福井大学で独自に開発したテラヘルツ帯で安定に動作する高出力光源である「テラヘルツ帯ジャイロトロン」の更なる高周波化を行い、現在、我々が保持しているジャイロトロンの世界最高周波数記録を大幅に更新するため 1THz のブレイクスルーを達成して、世界のジャイロトロン開発分野でのステイタスを確立する。
- 2) それぞれの技術開発に適合した高出力光源技術を活用することにより、緊急の課題であるテラヘルツ帯高出力技術開発を推進する。
- 3) 国内 2 機関、海外 6 機関との連携による国際連携によって、本プロジェクトを推進する。

#### 平成 23 年度～25 年度事業の概要

高出力遠赤外光源「ジャイロトロン」の一層の高度化を実現し、高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・新機能材料開発・エネルギー科学等の多様な分野において画期的新研究に応用するとともに、当センターの国際的研究拠点機能を充実する。

#### 取り組み内容

- 1) 福井大学独自の高出力遠赤外ジャイロトロンを一層高度化（出力・周波数の安定化、周波数の連続可変性・放射分布の軸対称化など）し、学術研究・応用研究に適用する上での課題を解決する。
- 2) 高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・基礎物理学・新機能材料開発・エネルギー科学等、多様な分野において画期的新研究に応用するとともに、ジャイロトロンを用いた新しい非線形分光法の開発を進める。
- 3) 国内外の主要研究機関との連携・共同研究を拡大・強化し、高出力遠赤外領域研究の国際的拠点機能を充実する。
- 4) 高度化ジャイロトロンの応用課題を共同研究として推進し、ジャイロトロン高度化の波及効果を拡大する。

## 2. 組織及び人事構成

### 2-1 研究分野と組織

現在の遠赤センターの組織構成は、基幹研究部門(4部門)、客員研究部門(2部門)、協力研究部門(3部門)、国際連携研究部門からなる。

#### ○基幹研究部門(4部門)

基幹研究部門は専任の教員で構成される部門で、遠赤外基礎技術部門(教授 1, 准教授 1), 遠赤外応用技術部門(教授 1, 准教授 1), 遠赤外新技術部門(教授 1), 遠赤外超低温物性研究部門(教授 1, 准教授 1)の体制のもと綿密に連携を図り、センターの主要な研究推進の責任部門となっている。

特に遠赤外超低温物性研究部門は遠赤外領域開発研究センターと工学部附属超低温物性実験施設の機能的統合により H18 年に新設され、学術研究の必要性が高まりつつある遠赤外領域物性研究の最先端を担う体制が整備された。

専任教員についても H18 年から遠赤外基礎技術部門では齊藤輝雄 教授, 立松芳典 准教授の体制が本格的に機能すると共に、前述の遠赤外超低温物性研究部門では光藤誠太郎 教授, 藤井裕准教授が着任した。H20 年は遠赤外応用技術部門の教員の定年退職と転出に伴い、谷 正彦教授, 山本晃司准教授を迎え新体制で研究がスタートした。

#### ○客員研究部門(2部門)

客員研究部門は福井大学外部の国内および国外の研究者を招へいしグローバルな研究を実施する部門で、客員研究部門 1(客員教授 I 種), 客員研究部門 2(客員教授 III 種(招へい教授))で構成されている。各客員研究部門は、それぞれ 4 名の客員教授を採用し、4 基幹部門と綿密に連携し、研究を推進している。

#### ○協力研究部門(3部門)

協力研究部門は遠赤外領域の幅広い分野を総合的に研究開発するため、福井大学の工学部および教育地域科学部兼任教員で構成される部門で、協力研究部門 1(遠赤外物性), 協力研究部門 2(遠赤外レーザー応用), 協力研究部門 3(遠赤外素材評価)からなる。

#### ○国際連携研究部門

国際連携研究部門は H19 年に連携研究部門(高出力テラヘルツ技術)として、主に企業との連携強化に向けて設置された、その後、福井大学産学官連携研究開発機構などが整備されたこともあり、遠赤センターの国際研究拠点としての国際コンソーシアム強化のため H21 年に連携研究部門を国際連携研究部門として改組した。

#### ○寒剤供給セクション

遠赤外領域開発研究センターと工学部附属超低温物性実験施設の統合に伴い、超低温物性実験施設の担ってきた寒剤供給業務を遠赤センターとして行うセクションとして H18 年に設置された。

#### ○コーディネータ

H18 年からの制度として、客員研究部門や非常勤研究員の任期が終了後も、継続的な協力連携関係を維持し、研究をスムーズに進めるために設置されている。

#### ○研究機関研究員・特命助教

研究機関研究員として 3 名、またプロジェクト研究の推進のため 1 名の特命助教を採用している。H18-H25 では研究機関研究員として延べ 13 名、特命助教として延べ 3 名の若手研究者を採用し、遠赤外領域の研究開発を行った。

## ○委員会

センターの管理と円滑な運営を行うため以下の委員会が置かれている。

### 遠赤外領域開発研究センター運営委員会

センター長を委員長とし、センター専任教員、センター兼任教員等を構成メンバーとし、センターの運営に関する事項、センターの事業計画に関する事項等を審議する。

### 遠赤外領域開発研究センター運営委員会将来構想検討小委員会

センター運営委員会の中に設置された部会で、センター長、電気電子工学科長、物理工学科長、運営委員 3 名を構成メンバーとし、センターの将来構想を審議する。

### 遠赤外領域開発研究センター人事委員会

センター長、電気電子工学科長、物理工学科長、運営委員のうちの教授を構成メンバーとし、センター人事の基本方針を審議する。

### 遠赤外領域開発研究センター教員選考委員会

センター長、電気電子工学科長、物理工学科長、センター専任教授を構成メンバーとし、別記「教員選考基準」に従い、候補者の資格、業績、経歴及び人物等を総合的に審査し、その結果をセンター人事委員会に報告する。

センター長は、センター人事委員会の承認を得て候補者を福井大学人事委員会に推薦する。

### 遠赤外領域開発研究センター教員会議

センター専任教員、センター特任教授を構成メンバーとし、センターの業務について議論する。

### 遠赤外領域開発研究センター広報委員会

センター長、センター専任教員、センター派遣技術職員、研究機関研究員、特命助教を構成メンバーとし、センター年報、センター紹介冊子、センターレポートの発刊等、センターの広報に関する業務を実践する。

## 2-2 研究支援体制

### ○事務支援体制

教務補佐員一名を雇用し、専任でセンターの事務にあたってもらっている。また総合戦略部門研究推進課がセンター事務支援にあたっている。

### ○研究支援職員

工学部技術部より 4 名の技術職員の派遣を受け、研究開発および寒剤供給の支援にあたっている。またセンターで研究支援推進員 1 名を雇用し、主に寒剤供給の業務の支援を行っている。

### 3. 教育方への貢献

#### 3-1 人材育成

センター教員は、工学部の一般教育、物理工学科および電子・電気工学科の専門教育を担当している。また、物理工学科および電子・電気工学科から卒業研究生を受け入れて、卒業研究を指導している。さらに、センター教員は、大学院工学研究科の授業担当・研究指導担当資格を認定されており、物理工学専攻および電気・電子工学専攻の大学院生の指導に当たっている。

年度別の受け入れ学生数の推移を図 3-1-1 に示す。平成 18 年度から 19 年度は、センター教員の半数が入れ替わった時期のため、卒業研究生の受け入れ人数は一時的に少なくなったが、平成 20 年度以降は毎年平均 14 名の卒業研究生を受け入れ、指導を行っている。図 3-1-1 に平成 18 年度～25 年度の間学生が執筆した卒業・学位論文数を示す。この間の学位・卒業論文の延べ数は、卒業論文 103 編、修士論文 47 編、博士論文 1 編にのぼり、十分な教育貢献をしている。資料編の「学位（博士・修士）・卒業論文リスト」に年度毎に論文タイトルをまとめた。また、学外における学会発表にも学生を積極的に参加させている（資料編「平成 18 年度から平成 25 年度の研究成果の公表の状況」の「国際会議発表」および「国内会議発表」の欄参照）。学生の海外研究機関、国際会議への派遣および留学生の受入も積極的に行っている（「5. 国際性」の「5-3 学生の国際交流状況」の記述および表 5-2 参照）。

表 5-2 「国外研究機関への派遣、外国人研究者の招聘」参照）。

センターにはジャイロトンシステムやテラヘルツ分光装置などの世界最先端の実験装置が充実しており、学生の研究に対しては、これらを用いた質の高い研究テーマを提供できる環境にある。また、教育上の特色として、工学部、工学研究科の教育方針に則って、1 人の学生に対して、複数の教員でチームをつくって指導を行っている。

センターの教員が担当する講義数は、物理工学科、電子・電気工学科の専任教員に比べるとその負担は軽くなっている。ただし、受け入れ卒業研究生の数は、物理工学科、電子・電気工学科の専任教員と同程度の数を担当している（表 3-1-1 の「年度別学生受け入れ数」を参照）。

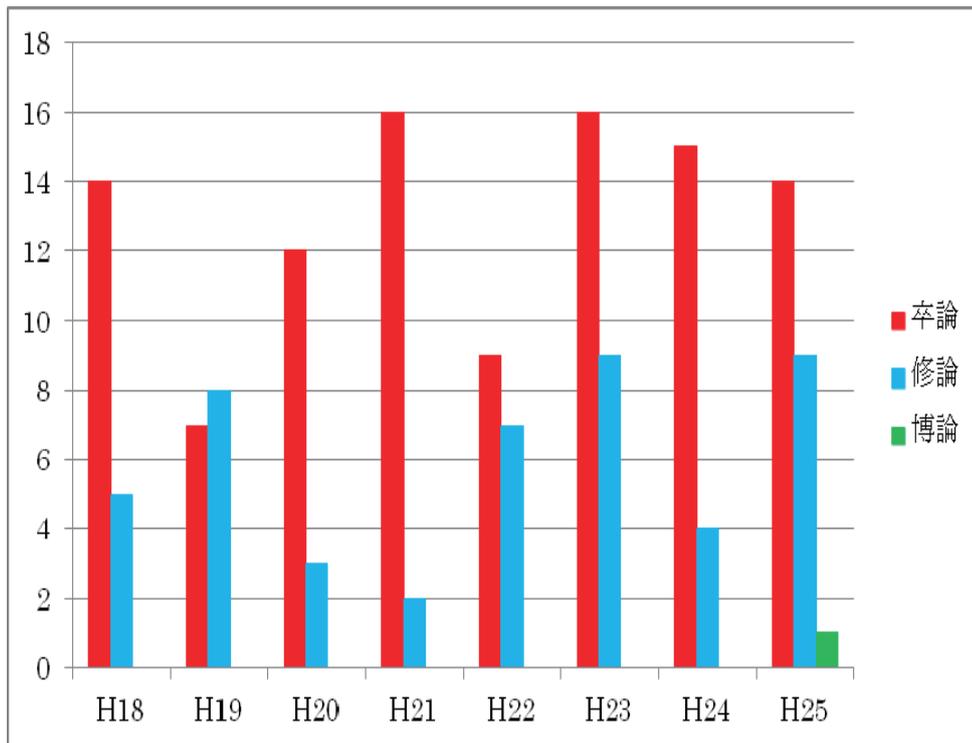


図 3-1-1. 指導学生の卒業・学位論文の年度別執筆数

表 3-1-1. 年度別学生受け入れ数

年度	学科専攻	4年生	修士1年	修士2年	博士	計
18	物理学	9	3	4	0	16
	電気電子	5	3	1	0	9
	計	14	6	5	0	25
19	物理学	2	3	3	0	8
	電気電子	3	3	3	0	9
	計	5	6	6	0	17
20	物理学	8	1	3	0	12
	電気電子	4	1	0	0	5
	計	12	2	3	0	17
21	物理学	12	7	1	0	20
	電気電子	4	2	1	0	7
	計	16	9	2	0	27
22	物理学	6	7	7	1	21
	電気電子	5	3	2	0	10
	計	11	10	9	1	31
23	物理学	12	2	8	1	23
	電気電子	5	2	3	0	10
	計	17	4	11	1	33
24	物理学	11	6	2	2	21
	電気電子	4	3	2	0	9
	計	15	9	4	2	30
25	物理学	10	5	6	2	23
	電気電子	4	2	3	0	9
	計	14	7	9	2	32
8年 延べ 人数	物理学	70	34	34	6	144
	電気電子	34	19	15	0	68
	計	104	53	49	6	212

## 4. 研究活動及び研究成果

### 4-1 研究活動と成果の概要

センターでは遠赤外領域の高出力光源であるサブ THz～THz 発振のジャイロトロン開発と応用研究、および広帯域の THz 波パルスの分光・計測技術を中心とした研究開発が行われてきた。その研究課題は以下に示す4つテーマに分けることができる。

- 1) ジャイロトロンの開発・高度化
- 2) ジャイロトロンへの応用展開
- 3) 遠赤外領域の材料・物性研究
- 4) テラヘルツ波科学

次ページにまず研究課題一覧を示し、そのあとにそれぞれの研究課題の成果の概要を記述する。個々の成果のエビデンスとしては原著論文と国際会議論文（査読有）を上げるようにした。なお、引用文献番号は「資料編」の成果リストの文献番号に対応している。原著論文と国際会議論文（査読有）の各年度ごとの発表件数を図 4-1-1 に示す。原著論文の平均年間発表数は 17.6 件、国際会議論文（査読有）を含めると年間 22 件となっている。

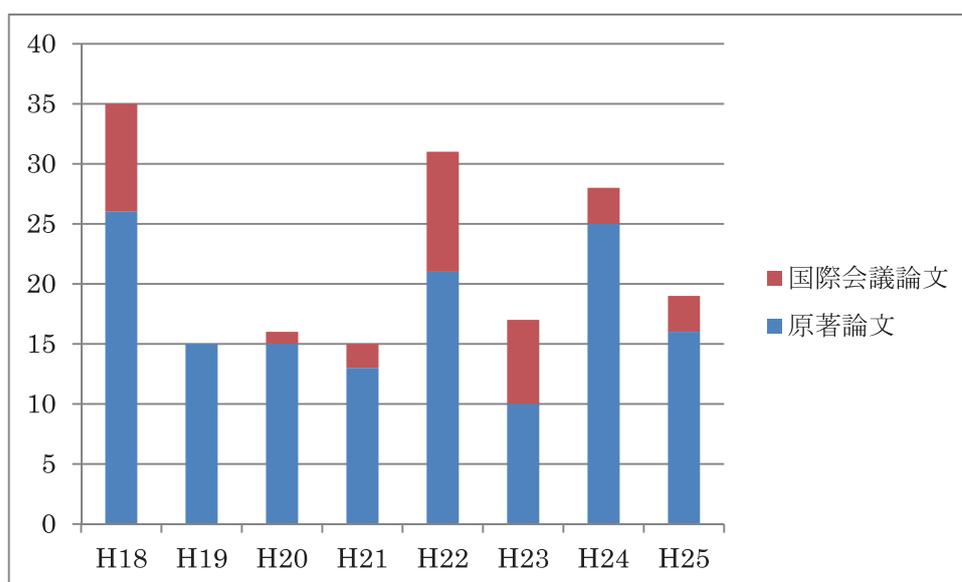


図 4-1-1. 原著論文と国際会議論文（査読有）の年度ごとの発表件数。

#### 研究課題 一覧

- 1) ジャイロトロンの開発・高度化
  - 1-1) ジャイロトロンによる世界初のテラヘルツ発振の実現
  - 1-2) 連続発振ジャイロトロンの開発
  - 1-3) 周波数連続可変性の実証
  - 1-4) コンパクトジャイロトロン

1-5) モードコンバータ内蔵ジャイロトロンの開発

1-6) PID 制御による連続動作ジャイロトロンの高出力安定化

1-7) サブテラヘルツ帯高出力発振ジャイロトロン開発

1-8) 電子銃設計

1-9) 国際共同研究による理論・設計研究

2) ジャイロトロン応用の展開

2-1) 動的核偏極(DNP)による核磁気共鳴(NMR)の感度向上(DNP-NMR 分光)

2-2) ポジトロニウムの超微細構造の直接測定

2-3) X線円二色法を用いた磁化過程の高時間分解計測 (XDMR)

2-4) ブロホ発振実現のための基礎研究

2-5) ハイパーサーミアを用いた新癌治療技術

2-6) 高出力テラヘルツビームと他の量子ビームとの融合による新技術開発

3) 遠赤外領域の材料・物性研究

3-1) ジャイロトロン光源を用いた ESR エコーシステムの開発研究

3-2) 動的核偏極核磁気共鳴 (DNP-NMR) 測定に関する開発研究

3-3) 超低温強磁場核磁気共鳴測定によるスピン系の研究

3-4) 核磁気共鳴力顕微鏡に関する開発研究

3-5) 300 GHz 材料プロセッシングシステムの開発・研究

3-6) テラヘルツデバイスの開発と原子力システムの高信頼化への応用研究(都市エリア事業)

3-7) サブミリ波帯でのジルコニアおよびアルミナセラミックスの焼結に関する研究

3-8) 電磁波焼結法によるシリカのキセロゲルをシリカガラスセラミックスにする熱処理プロセスの研究

3-9) 電磁波加熱によるスズ酸亜鉛マグネシウム蛍光体微粒子の合成

4) テラヘルツ波科学

前文 テラヘルツ波科学研究のこれまでの経緯

4-1) 電気光学サンプリング法の高度化研究

4-2) テラヘルツ帯プラズモニクス及び金属導波路研究

4-3) 凝縮系・溶液系のテラヘルツ帯ダイナミクス研究

4-4) テラヘルツ帯コヒーレントラマン分光研究

## 1) ジャイロトロンの開発・高度化

この課題では、平成18年度から21年度までの文部科学省特別教育研究経費事業として、連続発振ジャイロトロンの開発を進めた。これまでに、FU CW series として、FU CW I から FU CW IX まで、それぞれ特色あるジャイロロンが開発されている。さらに、平成23年度からは文部科学省特別経費事業により、ジャイロトロンの高度化研究が推進されている。他にも、科学研究費・受託研究費等でも研究が進められた。以下、主な成果をまとめる。

### ジャイロロンによる世界初のテラヘルツ発振の実現

ジャイロロンによる世界で初めての1 THzを超える発振に挑戦した。まず、21.5 テスラの強磁場発生が可能なパルスマグネットを用いて、2次高調波による1 THzを超える発振を目指した。その結果、パルス幅100  $\mu$ sの短パルス発振であるものの、世界で初めて1,014 THzの発振に成功し、テラヘルツブレークスルーを達成した(平成18年度原著論文4,9)。次いで、20 テスラ超伝導マグネットを用いて連続動作ジャイロロン(Gyrotron FU CW III)の実験を行い、2次高調波で連続動作を達成した(平成19年度原著論文1,4,9)。これにより、パルス発振だけではなく連続発振においても1 THzを超える発振に成功し、それまでの世界最高記録であった889 GHz (Gyrotron FU IVAによる成果)を大幅に更新する新たな世界記録を樹立した。

この成果に引き続いて、液体ヘリウムフリー超伝導マグネットを用いて1 THzを超える発振を実現するため、3次高調波発振ジャイロトロンの開発計画を進めており、モード競合の抑制につながる電子銃を国際共同研究で設計した(平成25年度原著論文7)。

原著論文 平成25年度

7. M. Glyavin, V. Manuilov, T. Idehara  
*A double-beam magnetron-injection gun for third-harmonic CW 1-THz gyrotron*  
Physics of Plasmas, Vol. 20 (2013), 123303. (Published on line December 2013)

原著論文 平成19年度

1. La Agusu, T. Idehara, H. Mori, T. Saito, I. Ogawa and S. Mitsudo  
*Design of a CW 1THz Gyrotron (Gyrotron FU CW III) Using a 20 T Superconducting Magnet*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **28**, No. 5, 315-328 (2007).
4. Osamu Watanabe, Hirotsuka Tsuchita, Hideaki Mori, La Agusu, Seitaro Mitsudo, Isamu Ogawa, Teruo Saito and Toshitaka Idehara  
*Development of a Tera Hertz Gyrotron as a Radiation Source*  
Plasma and Fusion Research 2, S1043 (2007).

9. T. Idehara, T. Saito, H. Mori, H. Tsuchiya, La Agusu and S. Mitsudo  
*Long Pulse Operation of the THz Gyrotron with a Pulse Magnet*  
 Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **29**, No. 2, pp.131-141 (2008).
- 原著論文 平成 18 年度
4. T. Idehara, I. Ogawa, S. Mitsudo, O. Watanabe, M. Kamada, La Agusu, S. Watanabe, J. Kimura, N. Sato  
*Development of high frequency gyrotrons using high harmonics and high magnetic field*  
 Plasma Devices and Operations **14**, 3 (2006) pp. 237-242.
9. T. Idehara, H. Tsuchiya, La Agusu, S. Mitsudo, H. Murase, H. Mori, T. Kanemaki and T. Saito  
*Development of a THz gyrotron with 20 T pulsed magnet*  
 Journal of Physics: Conference Series vol. 51, pp. 553-556 (2006).

#### 連続発振ジャイロトロンの開発

連続発振ジャイロトンでは、FU CW I, CW II, CW III, CW V, CW VII 等が開発され、現在は CW X まで開発が進んでいる。FU CW I は、ロシア応用物理学研究所との国際共同研究により開発された周波数 300 GHz でキロワットオーダーの出力を持つ完全連続発振ジャイロトンである（平成 19 年度原著論文 5）。世界で唯一のサブミリ波帯セラミックシンタリング装置の光源に用いられ、電磁波によるセラミック焼結過程の研究が進められている。また、インドネシアとの国際共同研究でも成果が上がっている（平成 23 年度原著論文 1）。FU CW I はモード変換器を内蔵し、窓からガウシアンビームを直接出力できる。このジャイロトンの発振特性を調べることで、福井大学においてモード変換器内蔵ジャイロトンを独自に開発する道を開いた（平成 25 年度原著論文 11, 平成 19 年度原著論文 3, 6, 7）。FU CW II は 400 GHz 帯の 2 次高調波発振ジャイロトンであり（平成 19 年度原著論文 2）、いち早く大阪大学に移設されて蛋白質の構造解析に用いる NMR 計測の高感度化研究に貢献した（平成 20 年度原著論文 1,5）。FU CW III は 20 T のマグネットを用いて、2 次高調波で 1 THz を超える発振を達成した（平成 19 年度原著論文 1）。FU CW V は、203 GHz 帯基本波発振ジャイロトンであり、数 100 W の連続発振が可能である。東京大学との共同研究であるポジトロニウムの超微細準位構造の直接計測をするための光源に用いられている（平成 24 年度原著論文 2, 9, 平成 22 年度原著論文 20）。この研究では、物理学分野でもっとも権威のある Physical Review Letters 誌に成果発表がなされた（平成 24 年度原著論文 2）。FU CW VII は、英国 Warwick 大学との共同研究のために開発され、実際、Warwick 大学に移転されて成果を上げる基本になっている（平成 22 年度原著論文 8）。

原著論文 平成 25 年度

11. 立松芳典, 齊藤 輝雄

「モード変換器内蔵ジャイロトロン FU CW I の発振特性の解析」

日本赤外線学会誌, Vol.23 (2013), No.1, pp.93-99 (June 2013).

原著論文 平成 24 年度

2. T. Yamazaki, A. Miyazaki, T. Suehara, T. Namba, S. Asai, T. Kobayashi, H. Saito, I. Ogawa, T. Idehara, S. Sabchevski  
*Direct Observation of the Hyperfine Transition of Ground-State Positronium*  
Physical Review Letters, **108**, 253401 (5 pages) (June 2012)
9. S. Asai, T. Yamazaki, A. Miyazaki, T. Suehara, T. Namba, T. Kobayashi, H. Saito, T. Idehara, I. Ogawa, S. Sabchevski  
*Direct Measurement of Positronium HyperFine Structure: ~ A New Horizon of Precision Spectroscopy Using Gyrotrons ~*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 766-776 (July 2012)

原著論文 平成 23 年度

1. Haji Aripin, Seitaro Mitsudo, I. Nyoman Sudiana, Shinji Tani, Katsuhide Sako, Yutaka Fujii, Teruo Saito, Toshitaka Idehara, Sliven Sabchevski  
*Rapid Sintering of Silica Xerogel Ceramic Derived from Sago Waste Ash Using Sub-millimeter Wave Heating with a 300 GHz CW Gyrotron*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **32**, 867-876 (Jun, 2011)

原著論文 平成 22 年度

20. Akira Miyazaki, Takayuki Yamazaki, Taikan Suehara, Toshio Namba, Shoji Asai, Hruo Saito, Hruo Saito, Toshitaka Idehara, Isamu Ogawa, Yuichi Urushizaki, Svilen Sabchevski  
*New Experiment for the First Direct Measurement of Positronium Hyperfine Splitting with sub-THz Light*  
Materials Science Forum **666**, 133-137 (Jan 2011)
8. T. Idehara, K. Kosuga, La Agus, I. Ogawa, H. Takahashi, M. E. Smith, R. Dupree  
*Gyrotron FU CW VII for 300 MHz and 600 MHz DNP-NMR Spectroscopy*  
Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves **31**, 763-774 (Jul 2010)

原著論文 平成 20 年度

5. T. Idehara, T. Saito, I. Ogawa, S. Mitsudo, Y. Tatematsu, La Agus, H. Mori and S. Kobayashi  
*Development of Terahertz FU CW Gyrotron Series for DNP-NMR*  
Applied Magnetic Resonance **34** (2008) 265-275.
1. T. Idehara, I. Ogawa, T. Saito, S. Mitsudo, Y. Tatematsu, La Agus, H. Mori and S. Kobayashi  
*Development of THz gyrotrons and application to high power THz technologies*  
Terahertz Science and Technologies, Vol. 1, No.2, pp.100-106 (2008).

原著論文 平成 19 年度

1. La Agusu, T. Idehara, H. Mori, T. Saito, I. Ogawa and S. Mitsudo  
*Design of a CW 1THz Gyrotron (Gyrotron FU CW III) Using a 20 T Superconducting Magnet*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **28**, No. 5, 315-328 (2007).
2. T. Idehara, I. Ogawa, La Agusu, T. Kanemaki, S. Mitsudo, T. Saito, T. Fujiwara and H. Takahashi  
*Development of 394.6 GHz CW Gyrotron (Gyrotron FU CW II) for DNP/NMR at 600 MHz*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **28**, No. 6, 433-442 (2007).
3. Teruo SAITO, Tomoaki NAKANO, Seitaro MITSUDO, Isamu OGAWA and Toshitaka IDEHARA  
*Observation of Simultaneous Oscillation of Multiple Modes in a CW 300 GHz Gyrotron*  
Plasma and Fusion Research: Rapid Communications **2**, 024 (2007).
5. V. Zapevalov, V. K. Lygin, O. V. Malygin, M. A. Moiseev, V. I. Khizhnyak, V. P. Karpov, E. M. Tai, T. Idehara, S. Mitsudo, I. Ogawa and T. Saito  
*High power oscillator of continuous electromagnetic radiation with a frequency of 300 GHz*  
Radiophysics and Quantum Electronics **50** 420-427 (2007)
6. T. Saito, T. Nakano, H. Hoshizuki, K. Sakai, Y. Tatematsu, S. Mitsudo, I. Ogawa, T. Idehara, and V. E. Zapevalov  
*PERFORMANCE TEST OF CW 300 GHz GYROTRON FU CW I*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **28**, No. 12, 1063-1078(2007).
7. S. Sabchevski, T. Saito, T. Idehara, T. Nakano and Y. Tatematsu  
*Simulation of Mode Interaction in the Gyrotron FU CW I*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **28**, No. 12, 1079-1093 (2007).

周波数連続可変性の実証

この課題ではまず、FU CW IV において、発振周波数の連続可変性が実験的に示された。この現象は、台湾国立精華大学との国際共同研究として理論解析され、その原理がジャイロトロンにおける後進波発振であることが明らかになった（平成 21 年度原著論文 3）。続いて、FU CW VI によって 600 MHz NMR の高感度化研究に適合する周波数 400 GHz 帯において周波数連続可変性の実証された（平成 22 年度原著論文 9）。これらの研究成果は平成 23 年度から進めているジャイロトロン的高度化研究において周波数連続可変機能を持つジャイロトロン完成を目指す上での学術的基盤となっており、その基盤の上に現在 FU CW X が開発されている。

原著論文 平成 22 年度

9. Toshitaka Idehara, Kosuke Kosuga, La Agusu, Ryosuke Ikeda, Isamu Ogawa, Teruo Saito, Yoh Matsuki, Keisuke Ueda, Toshimichi Fujiwara  
*Continuously Frequency Tunable High Power Sub-THz Radiation Source—Gyrotron FU CW VI for 600 MHz DNP-NMR Spectroscopy*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **31**, 775-790 (Jul 2010)

原著論文 平成 21 年度

3. T. H. Chang, T. Idehara, I. Ogawa, L. Agusu, S. Kobayashi  
*Frequency tunable gyrotron using backward-wave components*  
Journal of Applied Physics, **105**, 063304 (2009)

#### コンパクトジャイロトロン

幅広い分野でジャイロトロンの応用性を向上するため、ジャイロトロンのコンパクト化が重要である。その 1 号機として、Gyrotron FU CW CI を開発した(平成 24 年度原著論文 6)。このジャイロトロンは NMR 計測の高感度化だけではなく、量子ビーム応用など今後幅広く展開することが期待されている。現在 2 号機まで開発されている。

原著論文 平成 24 年度

6. Toshitaka Idehara, Jagadish C. Mudiganti, La Agusu, Tomohiro Kanemaki, Isamu Ogawa, Toshimichi Fujiwara, Yoh Matsuki, Keisuke Ueda  
*Development of a compact sub-THz gyrotron FU CW CI for application to high power THz technologies*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 724-744 (July 2012)

#### モードコンバータ内蔵ジャイロトロンの開発

ジャイロトロンのコンパクト化とともに、ジャイロトロン内で発振する複雑な空間構造をもつ電磁波を、応用に適したガウシアンビームとして取り出すことは極めて重要である。このため、ジャイロトロン高度化研究の中で、ガウシアンビームに変換するモードコンバータ設計コードをセンターで独自開発した。これまでにモードコンバータ内蔵ジャイロトロンとして、Gyrotron FU CW GI, GII, GIII を製作し、いずれも良好なガウシアンビーム取り出しを実証した(平成 25 年度原著論文 3, 平成 23 年度原著論文 10)。GI はポジトロニウム研究に(平成 25 年度原著論文 8)、GII は大阪大学に移転し、NMR 計測の高感度化研究に応用されている。GIII は、ジャイロトロン高度化の課題である出力安定化研究に用いられている。現在、これらに続く Gyrotron FU CW GIV, GV を開発している。

原著論文 平成 25 年度

3. Yoshinori Tatematsu, Yuusuke Yamaguchi, Toshitaka Idehara, Tatsuru Kawase, Ryoichi

Ichioka, Isamu Ogawa, Teruo Saito, Toshimichi Fujiwara

*Development of second harmonic gyrotrons, Gyrotron FU CW GII and Gyrotron FU CW GIII, equipped with internal mode converters*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **35** (2014) pp.169–178.

8. Akira Miyazaki, Takayuki Yamazaki, Taikan Suehara, Toshio Namba, Shoji Asai, Tomio Kobayashi, Haruo Saito, Toshitaka Idehara, Isamu Ogawa, Yoshinori Tatematsu  
*The Direct Spectroscopy of Positronium Hyperfine Structure Using a Sub-THz Gyrotron*  
Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, **35** (2014) pp. 91–100

原著論文 平成 23 年度

10. Y. Tatematsu, Y. Yamaguchi, T. Idehara, T. Ozeki, R. Ikeda, T. Kanemaki, I. Ogawa, T. Saito  
*Development of a kW Level-200 GHz Gyrotron FU CW GI with an Internal Quasi-optical Mode Convertor*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 292-305 (Mar, 2012)

#### PID 制御による連続動作ジャイロトロンの長時間に亘る出力安定化

連続動作するジャイロトロン(Gyrotron FU CW Series) を DNP-NMR 等のテラヘルツ分光技術の光源として用いるためには、10 時間を超える長時間にわたり、出力が安定していなければならない。このため、PID 制御の手法を用いて電子銃のフィラメント電流を制御することによる電子ビーム電流の安定化を行った上で、三極電子銃の陽極電圧を制御することによるジャイロトロン出力の速い変動の安定化も試みた。この結果、二重 PID 制御により、11 時間にわたる長時間、出力変動率を $\pm 1.5$  パーセント以下に押さえることに成功した(平成 25 年度原著論文 4)。これにより、大阪大学との共同研究で進めている 600 MHz DNP-NMR の長時間実験に有効な光源を実現した。なお、この研究は Institute of Radiophysics and Electronics of National Academy of Science of Ukraine からの招聘教授 Alexei Kuleshov 氏との国際共同研究に基づいている。

原著論文 平成 25 年度

4. Toshitaka Idehara, Alexei Kuleshov, Keisuke Ueda, Eduard Khutoryan  
*Power-stabilization of high frequency gyrotrons using a double PID feedback control for applications to high power THz spectroscopy*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves**35**,pp.159-168 ( 2014 Feb).

#### サブテラヘルツ帯高出力発振ジャイロトロン開発

ジャイロトロンエネルギー科学への展開として、超高密度核融合プラズマ計測に用いることのできるサブテラヘルツ帯高出力発振ジャイロトロン開発も進められた(平成 20 年度原著論文 10、平成 21 年度原著論文 1)。この結果、サブテラヘルツ帯 2 次高調波発振と

しては世界最高出力 83 kW の達成に成功した（平成 23 年度原著論文 6、平成 24 年度原著論文 3）。また、この過程で発振モード間の様々な相互作用現象を観測し、2 次高調波モードの存在により基本波モードが硬発振領域の磁場において非線形的に発振する現象を実証した（平成 24 年度原著論文 14）。なお、平成 21 年度原著論文 1 と平成 24 年度原著論文 14 は *Physical Review Letters* 誌に発表されたものである。

さらに高出力で安定発振を目指して、基本波モードを用いるジャイロトロンが開発された。その結果、パルス発振であるものの 295 GHz で 234 kW が達成された（平成 25 年度原著論文 6）。この成果で、国際会議 IRMMW – THz 2013 において招待講演を行った。

原著論文 平成 25 年度

6. Yuusuke YAMAGUCHI, Teruo SAITO, Yoshinori TATEMATSU, Shinji IKEUCHI, Jun KASA, Masaki KOTERA, Isamu OGAWA, Toshitaka IDEHARA, Shin KUBO, Takashi SHIMOZUMA, Masaki NISHIURA and Kenji TANAKA  
*Experiment for Over 200 kW Oscillation of a 295 GHz Pulse Gyrotron*  
*Plasma and Fusion Research*, **8**, 1205165 (3 pages) (December 2013).

原著論文 平成 24 年度

14. T. Saito, Y. Tatematsu, Y. Yamaguchi, S. Ikeuchi, S. Ogasawara, N. Yamada, R. Ikeda, I. Ogawa, T. Idehara  
*Observation of Dynamic Interactions between Fundamental and Second-Harmonic Modes in a High-Power Sub-Terahertz Gyrotron Operating in Regimes of Soft and Hard Self-Excitation*  
*Physical Review Letters*, **109**, 155001 (5 pages) (October 2012)
3. Teruo Saito, Naoki Yamada, Sinji Ikeuchi, Shinya Ogasawara, Yoshinori Tatematsu, Ryosuke Ikeda, Isamu Ogawa, Toshitaka Idehara, Vladimir N. Manuilov, Takashi Shimozuma, Shin Kubo, Masaki Nishiura, Kenji Tanaka, and Kazuo Kawahata  
*Generation of high power sub-terahertz radiation from a gyrotron with second harmonic oscillation*  
*Physics of Plasmas*, **19**, 063106 (9 pages) (June 2012)

原著論文 平成 23 年度

6. T. Saito, S. Ogasawara, N. Yamada, S. Ikeuchi, Y. Tatematsu, R. Ikeda, I. Ogawa, V. N. Manuilov  
*New Power Records of Sub-Terahertz Gyrotron with Second-Harmonic Oscillation*  
*Plasma and Fusion Research*, **7**, 1206003 (Jan, 2012)

原著論文 平成 21 年度

1. T. Notake, T. Saito, Y. Tatematsu, A. Fujii, S. Ogasawara, La Agusu, I. Ogawa, T. Idehara, V. N. Manuilov  
*Development of a Novel High Power Sub-Terahertz Second Harmonic Gyrotron*

Physical Review Letters, **103**, 225002(1) – 225002(4) (2009)

原著論文 平成 20 年度

10. Takashi NOTAKE, Teruo SAITO, Yoshinori TATEMATSU, Akihito FUJII, Shinya OGASAWARA, La AGUSU, Vladimir N. MANUILOV, Isamu OGAWA and Toshitaka IDEHARA  
*Achievement of high power sub-terahertz radiations with a second harmonic gyrotron*  
Plasma Fusion Res. 4 (2009) 011 (2 pages).

#### 電子銃設計

ジャイロトロンにおいて電子銃はその性能を左右する極めて重要な要素である。特に、上記高出力ジャイロトロンの実現には、大電流の高品質電子ビームの生成が求められる。このため、国際共同研究とセンター独自の研究を有機的に結合して、設計の信頼度を確保しつつスピードも重視した高性能電子銃の設計研究が行われ、その製作が可能になった（平成 25 年度原著論文 6, 平成 24 年度原著論文 18, 平成 23 年度原著論文 5, 11, 平成 20 年度原著論文 8）。

原著論文 平成 25 年度

6. Yuusuke YAMAGUCHI, Teruo SAITO, Yoshinori TATEMATSU, Shinji IKEUCHI, Jun KASA, Masaki KOTERA, Isamu OGAWA, Toshitaka IDEHARA, Shin KUBO, Takashi SHIMOZUMA, Masaki NISHIURA and Kenji TANAKA  
*Experiment for Over 200 kW Oscillation of a 295 GHz Pulse Gyrotron*  
Plasma and Fusion Research, **8**, 1205165 (3 pages) (December 2013)

原著論文 平成 24 年度

18. Yuusuke Yamaguchi, Yoshinori Tatematsu, Teruo Saito, Ryosuke Ikeda, Jagadish C. Mudiganti, Isamu Ogawa, Toshitaka Idehara  
*Formation of a laminar electron flow for 300GHz high-power pulsed gyrotron*  
Physics of Plasmas, **19**, 113113 (6 pages) (November 2012)

原著論文 平成 23 年度

5. Y. Yamaguchi, Y. Tatematsu, T. Saito, R. Ikeda, J. D. Mudiganti, I. Ogawa, T. Idehara  
*Formation of Laminar Electron Flow for a High-Power Sub-THz Gyrotron*  
Plasma and Fusion Research, **7**, 1205004 (Jan, 2012)

原著論文 平成 22 年度

11. V. Manuilov, M. Glyavin, T. Idehara, T. Saito  
*Electron Optical System of the Sub-terahertz Coaxial Gyrotron with Continuous Frequency Tuning*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **31**, 912-918 (Aug 2010)

原著論文 平成 20 年度

8. V. N. Manuilov, T. Idehara, T. Saito, La Agusu, T. Hayashi and I. Ogawa  
*Electron gun for powerful short pulse gyrotron with operating magnetic field 8T*  
Int. J. Infrared and Millimeter Waves 29 no.12, pp.1103-1112.

国際共同研究による理論・設計研究

周波数連続可変性、コンパクト化、発振の高効率化、高次高調波発振による高周波化など、ジャイロトロン的高度化のための理論・設計研究が国際共同研究として進められた（平成 25 年度原著論文 7, 平成 24 年度原著論文 20, 平成 22 年度原著論文 3, 11, 12, 15, 平成 21 年度原著論文 2, 3, 平成 20 年度原著論文 3, 8, 9, 平成 19 年度原著論文 5, 8, 平成 18 年度原著論文 1, 2, 3）。また、ポジトロニウム実験のための共振器の設計研究も行われた（平成 22 年度原著論文 19）。これらの研究は、ジャイロトロン応用において強力なサポートを与えた。

国際共同研究として進められたジャイロトロンにおける諸現象の物理的考察では、空洞共振器後の相互作用についての考察、モード競合における履歴現象についての考察、ジャイロデバイスの周波数可変機構についての考察、等を行い原著論文及び国際会議にて公表した（平成 24 年度原著論文 15, 17, 平成 21 年度原著論文 4, 平成 19 年度原著論文 7, 10）。これらの研究は、平成 23 年度以降進めてきたジャイロトロン的高度化研究に対する理論的基盤になるとともに、ジャイロトロン物理としての学術的知見を豊にした。

また、ジャイロトロンを用いた応用のための理論研究として、放射性物質の遠隔探査に関する国際共同研究を行った（平成 25 年度原著論文 1）。

原著論文 平成 25 年度

1. Gregory S. Nusinovich, Dmytro G. Kashyn, Yoshinori Tatematsu, Toshitaka Idehara  
*Effect of atmospheric conditions on operation of terahertz systems for remote detection of ionizing materials*  
Physics of Plasmas, **21**, 013108 (2014).
7. M. Glyavin, V. Manuilov, T. Idehara  
*A double-beam magnetron-injection gun for third-harmonic CW 1-THz gyrotron*  
Physics of Plasmas, Vol. 20 (2013), 123303. (Published on line December 2013)

原著論文 平成 24 年度

15. Olgierd Dumbrajs, Toshitaka Idehara, Teruo Saito, Yoshinori Tatematsu  
*Calculations of Starting Currents and Frequencies in Frequency-Tunable Gyrotrons*  
Japanese Journal of Applied Physics, **51**, 126601 (4 pages) (November 2012)
17. Olgierd Dumbrajs, Toshitaka Idehara  
*Analysis of Aftercavity Interaction in European ITER Gyrotrons and in the Compact Sub-THz*

*Gyrotron FU CW CI*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 1171-1181 (November 2012)

20. Svilen Petrov Sabchevski, Toshitaka Idehara, Shintaro Ishiyama, Norio Miyoshi, Toshiaki Tatsukawa

*A Dual-Beam Irradiation Facility for a Novel Hybrid Cancer Therapy*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **34**, 71-87 (January 2013)

原著論文 平成 22 年度

3. Nai-Ching Chen, Tsun-Hsu Chang, Ching-Pin Yuan, Toshitaka Idehara, Isamu Ogawa

*Theoretical investigation of a high efficiency and broadband subterahertz gyrotron*

Appl. Phys. Lett. **96**, 161501 (May 2010)

11. V. Manuilov, M. Glyavin, T. Idehara, T. Saito

*Electron Optical System of the Sub-terahertz Coaxial Gyrotron with Continuous Frequency Tuning*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **31**, 918-918 (Aug 2010)

12. Svilen Petrov Sabchevski, Toshitaka Idehara

*Design of a Compact Sub-Terahertz Gyrotron for Spectroscopic Applications*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **31**, 934-948 (Aug 2010)

15. Olgierd Dumbrajs, Toshitaka Idehara, Svilen Sabchevski

*Design of an Optimized Resonant Cavity for a Compact Sub-Terahertz Gyrotron*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **31**, 1115-1125 (Aug 2010)

19. Olgierd Dumbrajs, Toshitaka Idehara

*Frequency Tunable Gyrotron FU CW VA for Measuring Hyperfine Split of Positronium*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **31**, 1265-1270 (Nov 2010)

原著論文 平成 21 年度

2. M. Glyavin, T. Idehara, V. N. Manuilov, T. Saito

*Studies of Continuous-Wave Submillimeter-Wave Gyrotrons for Spectroscopy and Diagnostics*

*of Various Media*

Radiophysics and Quantum Electronics, **52**, 7, 500-510 (2009)

3. T. H. Chang, T. Idehara, I. Ogawa, L. Agus, S. Kobayashi

*Frequency tunable gyrotron using backward-wave components*

Journal of Applied Physics, **105**, 063304 (2009)

4. O. Dumbrajs, M. Yu. Glyavin, T. Idehara, Z.C. Ioannidis, V.I. Khizhnyak, A. G. Luchinin, M. V. Morozkin, T. Saito, I. G. Tigelis

*Continuously Tunable Coaxial Gyrotros*

Strong Microwaves: Sources and Applications, **1**, 139-143 (2009)

原著論文 平成 20 年度

3. M. Glyavin, V. Khizhnyak, A. Luchinin, T. Idehara and T. Saito  
*The Design of the 394.6 GHz Continuously Tunable Coaxial Gyrotron for DNP Spectroscopy*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **29**, No. 7, pp. 641-648 (2008).
9. V. Bratman, M. Glyavin, T. Idehara, Y. Kalynov, A. Luchinin, V. Manuilov, S. Mitsudo, I. Ogawa, T. Saito, T. Tatematsu, V. Zapevalov  
*Review of Subterahertz and Terahertz Gyrodevices at IAP RAS and FIR FU*  
IEEE Trans. Plasma Sci. 37, no.1, pp.36-43 (2009).
8. V. N. Manuilov, T. Idehara, T. Saito, La Agusu, T. Hayashi and I. Ogawa  
*Electron gun for powerful short pulse gyrotron with operating magnetic field 8T*  
Int. J. Infrared and Millimeter Waves 29 no.12, pp.1103-1112.

原著論文 平成 19 年度

5. V. Zapevalov, V. K. Lygin, O. V. Malygin, M. A. Moiseev, V. I. Khizhnyak, V. P. Karpov, E. M. Tai, T. Idehara, S. Mitsudo, I. Ogawa and T. Saito  
*High power oscillator of continuous electromagnetic radiation with a frequency of 300 GHz*  
Radiophysics and Quantum Electronics 50 420-427 (2007)
7. S. Sabchevski, T. Saito, T. Idehara, T. Nakano and Y. Tatematsu  
*Simulation of Mode Interaction in the Gyrotron FU CW I*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **28**, No. 12, 1079-1093 (2007).
8. S. Sabchevski and T. Idehara  
*Resonant cavity for frequency tunable gyrotrons*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **29**, No. 1, pp.1-22 (2008).
10. O. Dumbrajs and T. Idehara  
*Hysteresis in Mode Competition in High Power 170 GHz Gyrotron for ITER*  
Hysteresis in Mode Competition in High Power 170 GHz Gyrotron for ITER  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **29**, No. 3, pp.232-239 (2008).

原著論文 平成 18 年度

1. V. L. Bratman, T. Idehara, Yu. K. Kalynov, V. N. Manuilov, S. V. Samsonov and N. A. Zavolsky  
*Design of a Powerful and Compact THz Oscillator*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **27**, No. 7 (2006).
2. O. Dumbrajs, La Agusu and T. Idehara  
*Influence of magnetic field inhomogeneity on operation of the THz gyrotron with a pulse magnet*  
Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **27**, No. 9 (2006).
3. V. N. Manuilov, T. Idehara, M. Kamada, T. Hayashi, La Agusu, T. Kanemaki, K. Yatsui and

Wiehwa Jiang

*ELECTRON GUN FOR LARGE ORBIT GYROTRON (LOG) WITH DECREASED INFLUENCE OF CATHODE PLASMA ON ELECTRON BEAM PROPERTIES*

Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **27**, No. 9 (2006).

## 2) ジャイロトロンの応用展開

高出力テラヘルツ技術のための光源として開発した Gyrotron FU Series 及び FU CW Series を用いて、以下の応用展開を図った。

### 動的核偏極(DNP)による核磁気共鳴(NMR)の感度向上(DNP-NMR 分光)

当センターにおいて、Gyrotron FU CW IV の 130GHz 出力を用いた 200 MHz 帯 DNP-NMR 分光の開発を行い、感度向上率 40 倍を達成し(平成 24 年度原著論文 8)、将来、DNP 効果をマイクロ秒まで単パルス化することにより、高分子材料の表面解析に応用するための光源として活用するための基盤を確立した。

また、大阪大学蛋白質研究所及び日本電子株式会社との共同研究として、Gyrotron FU CW II の 395GHz 出力を用いた 600 MHz DNP-NMR 分光の研究が進展した。ジャイロトロンの周波数一定の下で NMR の磁場をかえることにより、誘導吸収と誘導放射による感度向上を測定し、DNP-NMR のメカニズムを解明したのを始め、感度向上率 50 倍を達成した(平成 24 年度原著論文 7, 11, 平成 22 年度原著論文 4)。平成 22 年度には、周波数可変 395GHz 帯 Gyrotron FU CW VI を用いて、ジャイロトロンの周波数を最適化することを試み、日本電子株式会社が開発した低温(30K 付近)で動作するプローブの導入と相俟って、感度向上率 600 の目途が得られている。平成 23 年度には、計測のさらなる感度向上を目指してガウシアンモードで出力するモードコンバータ内蔵の Gyrotron FU CW GII を用いた研究を開始した。将来、複雑な構造をもつ膜蛋白質分子の構造解析に応用する予定である。次の目標として 700MHz NMR の DNP による感度向上を目指して、そのための光源として 460 GHz 2 台の開発を行った。

海外の研究機関との共同研究への展開として、英国(UK)の Warwick 大学 NMR センターと 300MHz 帯及び 600 MHz 帯 DNP-NMR 分光の研究を行っている。当センターで開発した Gyrotron FU CW VII (平成 23 年度原著論文 7, 平成 22 年度原著論文 8)をセンター発ベンチャー会社 Gyro Tech 株式会社を通して同大学に納入し、600 MHz NMR 装置に設置して NMR 分光の感度向上の研究を行った。これまでに、285 MHz 帯で感度向上率 60 倍を達成し(平成 23 年度原著論文 7)、主として、化学反応の研究へ応用展開を計画している。

これらの研究には、DNP による NMR 感度向上を有効に起こさせるために、W 級の高出力サブテラヘルツ光源が必要であり、現段階では、ジャイロトロンが唯一の光源である。

原著論文 平成 24 年度

7. Yoh Matsuki, Keisuke Ueda, Toshitaka Idehara, Ryosuke Ikeda, Kosuke Kosuga, Isamu Ogawa, Shinji Nakamura, Mitsuru Toda, Takahiro Anai, Toshimichi Fujiwara  
*Application of Continuously Frequency-Tunable 0.4 THz Gyrotron to Dynamic Nuclear Polarization for 600 MHz Solid-State NMR*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 745-755 (July 2012)
8. F. Horii, T. Idehara, Y. Fujii, I. Ogawa, A. Horii, G. Entzminger, F. D. Doty *Development of DNP-Enhanced High-Resolution Solid-State NMR System for the Characterization of the Surface Structure of Polymer Materials*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 756-765 (July 2012)
11. Yoh Matsuki, Keisuke Ueda, Toshitaka Idehara, Ryosuke Ikeda, Isamu Ogawa, Shinji Nakamura, Mitsuru Toda, Takahiro Anai, Toshimichi Fujiwara  
*Helium-cooling and -spinning dynamic nuclear polarization for sensitivity-enhanced solid-state NMR at 14 T and 30 K*  
Journal of Magnetic Resonance, **225**, 1-9 (September 2012)

原著論文 平成 23 年度

7. Kevin J. Pike, Thomas F. Kemp, Hiroki Takahashi, Robert Day, Andrew P. Howes, Eugeny V. Kryukov, James F. MacDonald, Alana E. C. Collis, David R. Bolton, Richard J. Wylde, Marcella Orwick, Kosuke Kosuga, Andrew J. Clark, Toshitaka Idehara, Anthony Watts, Graham M. Smith, Mark E. Newton, Ray Dupree, Mark E. Smith  
*A spectrometer designed for 6. 7 and 14. 1 T DNP-enhanced solid-state MAS NMR using quasi-optical microwave transmission*  
Journal of Magnetic Resonance, **215**, 1-9 (Feb, 2012)

原著論文 平成 22 年度

4. Yoh Matsuki, Hiroki Takahashi, Keisuke Ueda, Toshitaka Idehara, Isamu Ogawa, Mitsuru Toda, Hideo Akutsu, Toshimichi Fujiwara  
*Dynamic nuclear polarization experiments at 14.1 T for solid-state NMR*  
Physical Chemistry Chemical Physics **12**, 5799-5803 (May2010)
8. T. Idehara, K. Kosuga, La Agusu, I. Ogawa, H. Takahashi, M. E. Smith, R. Dupree  
*Gyrotron FU CW VII for 300 MHz and 600 MHz DNP-NMR Spectroscopy*  
Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves **31**, 763-774 (Jul 2010)

#### ポジトロニウムの超微細構造の直接測定

ポジトロニウムは、電子と陽電子からなる最も軽量の “分子” であり、両者のスピンの向きの違いによって、二つの状態、パラ- 及び オルソ- 状態があり、オルソ状態のエネルギー準位がパラ状態より約 203.4 GHz 高いことが理論的に示されている。しかし、この周波数帯に高出力光源がなかったため、このエネルギー準位差を直接測定する手段がなく、

ゼーマン効果を用いた低周波数での間接的な測定の結果しかなかった。この測定結果は、理論予測と有為な違いがあり、直接測定による決着が求められている。センターでは、サブテラヘルツジャイロトロン (Gyrotron FU CW V)を用いて、東京大学国際素粒子物理研究センターとの共同研究として、このエネルギー準位差の直接測定の研究に着手した。このための基礎となる過程及びその計測は、203 GHz 付近の強力なサブテラヘルツ光をポジトロニウムに照射することにより、誘導放出によりオルソ状態からパラ状態への遷移を起こさせ、短寿命のパラ状態が崩壊する際に発生するガンマ線を測定して、エネルギー準位差の決定を行うことである。この実験を周波数 203.3 GHz, 出力 0.5 kW の Gyrotron FU CW V を用いて実施し、状態間遷移の初の直接測定に成功した(平成 25 年度原著論文 8, 平成 24 年度原著論文 9, 平成 24 年度国際会議論文 3, 平成 22 年度原著論文 20)。この成果により、遠赤外領域では世界最大の国際会議で受賞した他、物理学分野でもっとも権威のある *Physical Review Letters* 誌に成果が報告された (平成 24 年度学術原著論文 2)。

さらに、ガウシアンモード出力の Gyrotron FU CW GI (平成 23 年度原著論文 10)を用いて、空洞共振器を取り替えることにより、出力周波数を変化させ、エネルギー順位差の正確な測定を行う実験を行った。203 GHz 近傍で周波数を 7 点変えて状態間の遷移確率を測定し、その周波数依存性からエネルギー準位その初の直接測定に成功した。

#### 原著論文 平成 25 年度

8. Akira Miyazaki, Takayuki Yamazaki, Taikan Suehara, Toshio Namba, Shoji Asai, Tomio Kobayashi, Haruo Saito, Toshitaka Idehara, Isamu Ogawa, Yoshinori Tatematsu  
*The Direct Spectroscopy of Positronium Hyperfine Structure Using a Sub-THz Gyrotron*  
Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, Vo.35, pp. 91–100 (Published on line 25 July 2013)

#### 原著論文 平成 24 年度

2. T. Yamazaki, A. Miyazaki, T. Suehara, T. Namba, S. Asai, T. Kobayashi, H. Saito, I. Ogawa, T. Idehara, S. Sabchevski  
*Direct Observation of the Hyperfine Transition of Ground-State Positronium*  
Physical Review Letters, **108**, 253401 (5 pages) (June 2012)
9. S. Asai, T. Yamazaki, A. Miyazaki, T. Suehara, T. Namba, T. Kobayashi, H. Saito, T. Idehara, I. Ogawa, S. Sabchevski  
*Direct Measurement of Positronium HyperFine Structure: ~ A New Horizon of Precision Spectroscopy Using Gyrotrons ~*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 766-776 (July 2012)

#### 国際会議論文 平成 24 年度

3. T. Yamazaki, A. Miyazaki, T. Suehara, T. Namba, S. Asai, T. Kobayashi, H. Saito, Y. Urushizaki, I. Ogawa, T. Idehara, S. Sabchevski

*First Observation of o-Ps to p-Ps transition and first direct measurement of positronium hyperfine splitting with sub-THz light*

Hyperfine Interaction **212**, 141-147 (December 2012). (Proceedings of the 10th International Conference on Low Energy Antiproton Physics (LEAP 2011), TRIUMF, Vancouver, Canada, 27 April - 1 May 2011, PART I/II)

原著論文 平成 23 年度

10. Y. Tatematsu, Y. Yamaguchi, T. Idehara, T. Ozeki, R. Ikeda, T. Kanemaki, I. Ogawa, T. Saito

*Development of a kW Level-200 GHz Gyrotron FU CW GI with an Internal Quasi-optical Mode Convertor*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 292-305 (Mar, 2012)

原著論文 平成 22 年度

20. Akira Miyazaki, Takayuki Yamazaki, Taikan Suehara, Toshio Namba, Shoji Asai, Hruo Saito, Hruo Saito, Toshitaka Idehara, Isamu Ogawa, Yuichi Urushizaki, Svilen Sabchevski  
*New Experiment for the First Direct Measurement of Positronium Hyperfine Splitting with sub-THz Light*

Materials Science Forum **666**, 133-137 (Jan 2011)

#### X 線円二色法を用いた磁化過程の高時間分解計測 (XDMR)

フランスのグルノーブルにある世界 3 大放射光施設である欧州放射光施設(European Synchrotron Radiation Facility, ESRF) との共同研究として X 線円二色法の高時間分解能を活かした X-ray Detected Magnetic Resonance (XDMR)の共同研究を行っている。この研究のために、当センターで開発した Gyrotron FU II を ESRF のビームライン BL-12 に設置し、同施設の 17 T 超伝導マグネットを用いた ESR 装置に 100GHz から 354 GHz に至る周波数範囲のサブテラヘルツ光を供給し、試料に照射することによる磁化の過程を磁場のまわりを旋回する磁化から円偏光した X 線への応答を時間分解して測定することにより解明する。これまでに、計 3 回のマシンタイムが与えられ、現状で ESR の基礎的な実験と X 線照射による測定を行った(平成 24 年度原著論文 10)。

原著論文 平成 24 年度

10. A. Rogalev, J. Goulon, G. Goujon, F. Wilhelm, I. Ogawa, T. Idehara

*X-Ray Detected Magnetic Resonance at sub-THz frequencies using a high power gyrotron source*

Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 777-793 (July 2012)

#### ブロッホ発振実現のための基礎研究

超格子を用いたブロッホ発振は、テラヘルツ波領域の周波数可変固体光源開発の重要な候補である。しかしながら、半導体超格子(SL)の高電界ドメインの形成が江崎等によって40年前に提案されたブロッホ発振を阻んできた。この問題を回避して、ブロッホ発振を実現するため、東京大学産業科学研究所平川研究室の提案により、ジャイロトロンからの強力なサブテラヘルツ光を照射することにより、超伝導体超格子における電流抑制効果により、高電界ドメインを消滅させる実験に取りかかった。SLに結合したアンテナにより、Gyrotron FU CW IIAからのサブテラヘルツ出力(周波数396GHz, 最高出力100W, パルス幅50マイクロ秒, デューティ5%)の照射時に、I-V特性が測定され、入射パワーが0から68Wまで増加するとき、電流が約20%抑制されるのが観測された。この結果は、高電界ドメインが消滅し、ブロッホ発振器実現の可能性を示している。また、この結果は、大振幅動作モードの理論と一致している。

#### ハイパーサーミアを用いた新癌治療技術

癌組織は、ほぼ43°Cまで加熱することにより、数分間に死滅する。ジャイロトロン出力(周波数203GHz, 出力ほぼ200W)を集光して、癌組織に局所照射することにより、加熱し43°Cに到達した後、約10分間この温度を維持しながら照射し続けることにより、癌組織にダメージを与える技術の開発を行った。具体的には、マウスの両腿に癌組織を移植し、一方の癌組織にのみジャイロトロン出力の照射処理をし、その後の経過を観測した。13例の実験結果から、ほぼすべての場合に、照射しなかった方の組織は、成長して、20日後に体積が約10倍に達したが、照射した方の組織は、20日後に消滅し、再発はしなかった。この結果から、照射の効果は歴然と認められ、癌組織の除去のためのポジティブな結果が得られている。

#### 高出力テラヘルツビームと他の量子ビームとの融合による新技術開発

中性子ビームの癌組織への照射により、BNCT(Boron Neutron Capture Therapy)による癌治療技術にDDD(Direct Drag Delivery)重じょうすることによる新たな癌治療技術に高出力テラヘルツビームを加えることにより、DDDに活性化を促し、癌治療の効率を高める研究を開始した。この研究には、国立癌研究センター(柏市)のコンパクト中性子ビーム発生装置とコンパクトCWジャイロトロンFU CW C-Iを用いて、”量子ビーム融合化事業”の一つとして推進する(平成24年度原著論文6, 20)。

原著論文 平成24年度

6. Toshitaka Idehara, Jagadish C. Mudiganti, La Agusu, Tomohiro Kanemaki, Isamu Ogawa, Toshimichi Fujiwara, Yoh Matsuki, Keisuke Ueda  
*Development of a compact sub-THz gyrotron FU CW CI for application to high power THz technologies*

- Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 724-744 (July 2012)
20. Svilen Petrov Sabchevski, Toshitaka Idehara, Shintaro Ishiyama, Norio Miyoshi, Toshiaki Tatsukawa  
*A Dual-Beam Irradiation Facility for a Novel Hybrid Cancer Therapy*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **34**, 71-87 (January 2013)

### 3) 遠赤外領域の材料・物性研究

#### 3-1) ジャイロトロン光源を用いた ESR エコーシステムの開発研究

半導体・光スイッチによる超短パルス化システムの開発を行い、コールドテストとして低出力のミリ波をナノ秒オーダーの超短パルスに成型し、スピンエコーに必要な  $\pi$  及び  $\pi/2$  パルスを得ることができた。また、光源となるジャイロトロンの開発では、半導体・光スイッチを利用でき、直線偏光ガウスビームが発生可能な高出力ミリ波光源 Gyrotron FU CW VIIA を開発した。ESR エコーの分光システムについては、システムに必要な分光デバイスであるマーチンパレット干渉計の開発を行った。

#### 3-2) 動的核偏極核磁気共鳴 (DNP-NMR) 測定に関する開発研究

ジャイロトロンからの遠赤外高出力光を 200 MHz-NMR 装置に導入することにより、DNP-NMR による NMR 信号の増大を示した。特に、約 90 K までの低温において、CP/MAS を用いた固体高分解能 NMR の性能を維持しつつ DNP-NMR 測定を行うことができる装置開発に成功し、世界に先駆けて高分子ナノ粒子の表面構造が表面からの距離の関数として精密に解析できることを明らかにした (平成 24 年度原著論文 8)。また、低磁場域での DNP-NMR 測定装置を開発することは、高磁場・高周波数域での DNP-NMR 測定と相補的な関係にある。そこで、核スピン偏極の時間変化を測定出来る約 0.3 T の X バンド DNP-NMR 装置の開発を行った。開発したシステムを用いて、低磁場での DNP-NMR について、そのスピンダイナミクスが理論的に示唆されたモデルに従うことを示した (平成 20 年度原著論文 6)。

原著論文 平成 24 年度

8. F. Horii, T. Idehara, Y. Fujii, I. Ogawa, A. Horii, G. Entzminger, F. D. Doty  
*Development of DNP-Enhanced High-Resolution Solid-State NMR System for the Characterization of the Surface Structure of Polymer Materials*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 756-765 (July 2012)

原著論文 平成 20 年度

6. M. Toda, Y. Fujii, S. Mitsudo, I. Ogawa, T. Idehara, T. Saito, H. Ito and M. Chiba  
*X-band  $^1\text{H}$ -DNP Experiments and High-Power Subterahertz Wave Irradiation Effect on BDPA-Doped Toluene Solution*

### 3-3) 超低温強磁場磁気共鳴測定によるスピン系の研究

希薄ドープ領域の P-doped Si を用いた磁気共鳴型固体量子コンピュータモデルが注目を集めている。P-doped Si の量子コンピューティング応用の可能性を調べることを目的として、希薄ドープ P-doped Si 試料の強磁場電子スピン共鳴(HF-ESR)によるスピンドイナミクスの研究を2度にわたる韓国 (KAIST および KBSI) との二国間共同研究事業として行い、平成 24 年度以降はさらにフィンランド・トゥルク大学との共同研究も開始した。具体的には、極低温域における HF-ESR 測定、および、ESR と核磁気共鳴(NMR)との二重磁気共鳴測定を行った。ドナー電子スピンドイナミクスが低磁場域での測定から予想されていたものと一致することを示すと共に、DNP 効果による数百倍の核偏極の増大を示した。また、 $^{31}\text{P}$  の核スピンドイナミクスを ESR 測定から間接的に測定した (平成 22 年度原著論文 2)。さらに、フィンランド・トゥルク大学、京都大学、兵庫医科大学と共同で、量子コンピュータ実現のための必須条件とされる 0.1 K 程度の超低温域での実験を行うために、希釈冷凍器を用いた二重磁気共鳴装置を開発している。

ベクトルネットワークアナライザーを用いた強磁場中での ESR 測定、および NMR 測定、磁化測定等によりスピン系の量子効果と低次元性・フラストレーション効果の相乗効果に関する研究等を行った。三本鎖磁性体  $\text{Cu}_3(\text{OH})_4\text{SO}_4$ 、蜂の巣格子磁性体  $\text{InCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$ 、ホールドープしたスピン鎖  $\text{Ca}_{6+x}\text{Y}_{2-x}\text{Cu}_5\text{O}_{10}$  などの量子スピン低次元系や、カゴメ格子磁性体  $\text{Zn}_x\text{Cu}_{4-x}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$ 、五角形を含む格子をもつ反強磁性体  $\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_4$ 、巨大磁気抵抗効果を示す硫化物スピネル化合物  $\text{Cu}(\text{Cr}_{1-x}\text{Zr}_x)_2\text{S}_4$  等のフラストレーション系について、量子ゆらぎが低次元性やフラストレーション効果と結びついて現れる新奇な相転移現象について明らかにした (平成 25 年度原著論文 12, 13, 平成 22 年度原著論文 18, 平成 20 年度原著論文 11, 12, 平成 19 年度原著論文 11, 12, 平成 18 年度原著論文 20, 22, 23, 24, 26, 平成 23 年度国際会議論文 2, 3, 平成 21 年度国際会議論文 1, 2)。これらの多くは福井大学工学研究科や国内外の研究機関との共同研究である。特に、三角格子磁性体  $\text{Cs}_2\text{CuBr}_4$  については、フランス・グルノーブルにある強磁場実験施設との共同研究により、超低温と 30 T までの強磁場を組み合わせた多重極限環境における NMR 測定を行い、強磁場域で現れる 2/3 磁化プラトーについてスピン構造に対して重要な知見を得た (平成 19 年度原著論文 13, 平成 18 年度原著論文 25)。

原著論文 平成 25 年度

12. Y. Fujii, Y. Ishikawa, H. Kikuchi, Y. Narumi, H. Nojiri, S. Hara, H. Sato  
*Magnetic property of a single crystal of spin-1/2 triple-chain magnet  $\text{Cu}_3(\text{OH})_4\text{SO}_4$*   
Journal of the Korean Physical Society, Vol. 62 (2013), No. 12, pp. 2054-2058 (June

2013).

13. H. Kikuchi, Y. Nguyen Thi Tinh, Y. Fujii, A. Matsuo, K. Kindo  
*Magnetic properties of the frustrated magnet  $\text{Cu}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})_4$  on a peculiar spin network composed of pentagons and triangles*  
Journal of the Korean Physical Society, Vol. 62 (2013), No. 12, pp. 2037-2040 (June 2013).

原著論文 平成 22 年度

2. Myeonghun Song, Minki Jeong, Byeongki Kang, Soonchil Lee, Tomohiro Ueno, Akira Matsubara, Takao Mizusaki, Y. Fujii, S. Mitsudo, M. Chiba  
*Spin dynamics of isolated donor electrons in phosphorus-doped silicon from high-frequency electron spin resonance*  
J. Phys.: Condens. Matter **22**, 206001(1)-(9) (Apr 2010)
18. E. Canévet, B. Grenier, Y. Yoshida, N. Sakai, L.-P. Regnault, T. Goto, Y. Fujii, T. Kawae  
*Strong interplay between magnetic and structural properties in the spin-1/2 chain molecular compound  $D\text{-F}_5\text{PNN}$*   
Phys. Rev. B **82**, 132404(1)-(4) (Oct 2010)

原著論文 平成 20 年度

11. H. Kikuchi, Y. Kubo, Y. Fujii  
 *$^1\text{H-NMR}$  study of  $S = 1/2$  frustrated antiferromagnet  $\text{Zn}_x\text{Cu}_{4-x}(\text{OH})_6\text{Cl}_2$  varying from kagomé ( $x = 1$ ) to pyrochlore ( $x = 0$ )*  
J. Phys.: Conf. Series **145** (2009) 012009 (4 pages)
12. Y. Fujii, Y. Azuma, H. Kikuchi, Y. Yamamoto  
 *$^1\text{H-NMR}$  study of the idle-spin magnet  $\text{Cu}_3(\text{OH})_4\text{SO}_4$*   
J. Phys.: Conf. Series **145** (2009) 012061 (4 pages)

原著論文 平成 19 年度

11. 藤田敏之, 藤本好邦, 光藤誠太郎, 出原敏孝, 齊藤輝雄  
「巨大磁気抵抗効果を示す硫化物スピネル化合物  $\text{Cu}(\text{Cr}_{1-x}\text{Zr}_x)_2\text{S}_4$  の ESR」  
日本赤外線学会誌, 16, pp.86-90 (2007).
12. Y. Yasuda, H. Nakamura, Y. Fujii, H. Kikuchi, M. Chiba, Y. Yamamoto, H. Hori, G. Petrakovskii, M. Popov and L. Bezmaternikh  
 *$^{11}\text{B-NMR}$  study of low-temperature phase transition in  $\text{CuB}_2\text{O}_4$*   
J. Phys.: Condens. Matter **19**, 145277 (5pp), (2007).
13. Y. Fujii, H. Hashimoto, Y. Yasuda, H. Kikuchi, M. Chiba, S. Matsubara and M. Takigawa  
*Commensurate and incommensurate phases of the distorted triangular antiferromagnet  $\text{Cs}_2\text{CuBr}_4$  studied using  $^{133}\text{Cs}$  NMR*  
J. Phys.: Condens. Matter **19**, 145237 (5pp), (2007).

原著論文 平成 18 年度

20. Y. Yoshida, O. Wada, Y. Nakaie, T. Kawae, N. Sakai, N. Kawame, Y. Fujii, Y. Hosokoshi, B. Grenier, J-P. Boucher  
*Deuteration effects on specific heat of an alternating chain system: F5PNN*  
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **310**, pp. 1215-1217 (March 2007)
22. Y. Yasuda, H. Nakamura, Y. Fujii, H. Kikuchi, M. Chiba, Y. Yamamoto, H. Hori, G. Petrakovskii, M. Popov, L. Bezmaternikh  
*Magnetic successive phase transitions of  $\text{CuB}_2\text{O}_4$  probed by  $^{11}\text{B}$ -NMR technique*  
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **310**, pp. 1392-1393 (March 2007)
23. T. Sasaki, Y. Fujii, H. Kikuchi, M. Chiba, Y. Yamamoto, H. Hori  
*NMR study of spin ladder compound  $(\text{CPA})_2\text{CuBr}_4$*   
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **310**, pp. 1260-1262 (March 2007)
24. H. Kikuchi, M. Chiba, Y. Fujii, Y. Yamamoto, W. Higemoto, K. Nishiyama  
*Low temperature magnetism of gapless  $S=1$  bond-alternating antiferromagnet studied by NMR and  $\mu\text{SR}$*   
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **310**, pp. e400-e402 (March 2007)
25. Y. Fujii, H. Hashimoto, Y. Yasuda, H. Kikuchi, M. Chiba, S. Matsubara, M. Takigawa  
*Nuclear magnetic relaxation of  $^{133}\text{Cs}$  of distorted triangular antiferromagnet  $\text{Cs}_2\text{CuBr}_4$*   
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **310**, pp. e409-e411 (March 2007)
26. T. Goto, T. Ishikawa, Y. Shimaoka, Y. Fujii  
*Quantum spin dynamics studied by the nuclear magnetic relaxation of protons in the Haldane-gap system  $(\text{CH}_3)_4\text{NNi}(\text{NO}_2)_3$*   
Phys. Rev. **B 73**, 214406 (11pp) (June 2006)

国際会議論文 平成 23 年度

2. M. Fujisawa, H. Kikuchi, Y. Fujii, S. Mitsudo, A. Matsuo, K. Kindo  
*New category of the frustrated quantum magnets composed of spin-1/2 triple-chains*  
J. Phys. Conf. Ser., **320**, 012031 (Sep, 2011)
3. H. Kikuchi, Y. Fujii, D. Takahashi, M. Azuma, Y. Shimakawa, T. Taniguchi, A. Matsuo, K. Kindo  
*Spin gapped behavior of a frustrated delta chain compound euchroite*  
J. Phys. Conf. Ser., **320**, 012045 (Sep, 2011)

国際会議論文 平成 21 年度

1. Y. Fujii, H. Kikuchi, T. Arai, Y. Tanabe, K. Kindo, A. Matsuo  
*High-Field Magnetization and  $^1\text{H}$ -NMR Study of the Dimer Compound  $\text{CoSeO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$*   
J. Phys.: Conf. Series, **200**, 022009(1) - 022009(4) (2010)
2. Y. Fujii, D. Takahashi, Y. Kubo, H. Kikuchi, A. Matsuo, K. Kindo, S. Okubo, H. Ohta  
 *$^{51}\text{V}$ -NMR Study of Honeycomb Lattice Antiferromagnet  $\text{InCu}_{2/3}\text{V}_{1/3}\text{O}_3$*

J. Phys.: Conf. Series, **200**, 022010(1) - 022010(4) (2010)

国際会議論文 平成 18 年度

5. M. Toda, T. Fujita, S. Mitsudo, T. Idehara, Y. Fujii, H. Kikuchi, M. Chiba, J. H. Choi and J. T. Markert  
*Millimeter wave ESR experiments on  $Ca_{6+x}Y_{2-x}Cu_5O_{10}$*   
AIP Conference Proceedings vol 850, pp. 1023-1024.

### 3-4) 磁気共鳴力顕微鏡に関する開発研究

磁気共鳴力顕微鏡は微小なカンチレバーを用いて磁気共鳴によって生じる磁化の微小な変化を力として高感度で検出する、新しいタイプの磁気共鳴顕微鏡である。ピエゾステージの自作によって小さな極低温空間にカンチレバー等をセットすることに成功し、300 GHz のジャイロトロン光を用いて、 $10^7$  個の電子スピンの磁気共鳴を検出できる高感度を達成した (平成 18 年度原著論文 21)。

原著論文 平成 18 年度

21. M. Toda, N. Ohno, T. Fujita, T. Kanemaki, S. Mitsudo, T. Idehara, Y. Fujii, M. Chiba, Y. J. Lee, J. T. Markert  
*Development of an X-band magnetic resonance force microscope*  
Journal of Magnetism and Magnetic Materials, **310**, pp. 2713-2715 (March 2007)

### 3-5) 300 GHz 材料プロセッシングシステムの開発・研究

世界最高周波数の高出力サブミリ波を用いた電磁波プロセッシング装置の開発を行った。周波数の増加に伴い電磁波がアプリケーションの曲面で集光されマルチモードによる均一加熱が困難になっていた。アプリケーションに挿入し、アプリケーション内の電磁波を均一に散乱する反射板の開発を行い、300 GHz の高周波電磁波においても均一なマルチモードで電磁波加熱がおこなえるようになった (平成 19 年度原著論文 3, 5, 6, 平成 18 年度原著論文 10)。また電源システムのパルス化を行い数ミリ秒～連続までパルス照射による材料プロセッシングを可能とし、セラミックスのミリ波帯焼結実験に応用した (平成 22 年度国際会議論文 7, 8)。

原著論文 平成 19 年度

3. Teruo SAITO, Tomoaki NAKANO, Seitaro MITSUDO, Isamu OGAWA and Toshitaka IDEHARA  
*Observation of Simultaneous Oscillation of Multiple Modes in a CW 300 GHz Gyrotron*  
Plasma and Fusion Research: Rapid Communications **2**, 024 (2007)
5. V. Zapevalov, V. K. Lygin, O. V. Malygin, M. A. Moiseev, V. I. Khizhnyak, V. P. Karpov, E.

M. Tai, T. Idehara, S. Mitsudo, I. Ogawa and T. Saito

*High power oscillator of continuous electromagnetic radiation with a frequency of 300 GHz*

Radiophysics and Quantum Electronics 50 420-427 (2007)

6. T. Saito, T. Nakano, H. Hoshizuki, K. Sakai, Y. Tatematsu, S. Mitsudo, I. Ogawa, T. Idehara, and V. E. Zapevalov

*PERFORMANCE TEST OF CW 300 GHz GYROTRON FU CW I*

Int. J. of Infrared and Millimeter Waves **28**, No. 12, 1063-1078(2007).

原著論文 平成 18 年度

10. S. Mitsudo, H. Hoshizuki, T. Idehara and T. Saito

*Development of material processing system by using 300 GHz CW gyrotron*

Journal of Physics: Conference Series vol. 51, pp. 549-552 (2006)

国際会議論文 平成 22 年度

7. T. Idehara, I. Ogawa, S. Mitsudo, Y. Tatematsu, T. Saito

*High power THz technologies using gyrotrons as high power THz radiation sources*

Proc. of the 2nd Intern. Symp. on THz Science and Technology between Japan and Sweden, pp.114 -127 (Oct 2010)

8. T. Idehara, T. Saito, I. Ogawa, S. Mitsudo, Y. Tatematsu

*DEVELOPMENT OF HIGH FREQUENCY GYROTRONS AND APPLICATION TO HIGH POWER THz TECHNOLOGIES*

Vestnik Novosibirsk State University. Series: Physics **5**, 32-29 (Oct 2010)

### 3-6)テラヘルツデバイスの開発と原子力システムの高信頼化への応用研究(都市エリア事業)

都市エリア(発展型)事業として地元企業と連携し、高出力電磁波の応用において必要となる THz 帯のコルゲートアンテナ、およびコルゲート導波管の開発を行い、電気鋳造法を用いて最高周波数 600 GHz まで使用可能な製品の製造技術、および特性試験方法の確立がなされた。また、2000°C以上の高温焼結が必要な原子炉制御棒材である炭化ホウ素の焼結及び、高温劣化の試験を行った(平成 18 年度国際会議論文 8)。

国際会議論文 平成 18 年度

8. S. Mitsudo, H. Hoshizuki, K. Matsuura, T. Saji, T. Idehara, M. Y. Glyavin, A. G. Ereemeev, T. Honda, Y. Iwai, A. Kitano, J. Ishibashi and H. Nishi

*Ultra high temperature sintering by using 24 GHz gyrotron*

Proc. of 15 th Int. Conf. On High-Power Particle Beams (Beams 2004), Saint-Petersburg, Russia, July 18-28, 2004, pp.528-531. (Published in 2006)

### 3-7) サブミリ波帯でのジルコニアおよびアルミナセラミックスの焼結に関する研究

サブミリ波帯でのジルコニアセラミックスの焼結を可能となり、また 28 GHz, 2.45 GHz の電磁波焼結実験を行った。これにより焼結曲線の周波数依存性を明らかにした。そこで、サブミリ波では電磁波加熱の特種効果がミリ波より小さくなることを示した。さらに、サブミリ波での電磁波加熱の特種効果の低下は高周波化に伴う電磁波の浸透深さの低下でほぼ説明できることを示した(平成 20 年度 資料・解説 15)。次に、ジルコニアより高温焼結が必要なアルミナセラミックスについて、サブミリ波帯でのアルミナセラミックスの焼結をおこなった。その結果、アルミナセラミックスの焼結曲線の周波数依存性を明らかにした。またジルコニアと同様にサブミリ波では電磁波加熱の特種効果がミリ波より小さくなることを示した。さらに、CIP(Cold Isostatic Press)を用いることでサブミリ波では電磁波加熱の特種効果がミリ波より顕著に増大することを見出した。(平成 25 年度原著論文 15, 16)

原著論文 平成 25 年度

15. Seitaro Mitsudo, Shunsuke Inagaki, I Nyoman Sudiana, Kazumasa Kuwayama  
*Grain Growth in Millimeter Wave Sintered Alumina Ceramics*  
J. Adv. Mat. Res., **789**, pp. 279-282 (2013).
16. I Nyoman Sudiana, Ryo Ito, Shunsuke Inagaki, Kazumasa Kuwayama, Katsuhide Sako, Seitaro Mitsudo  
*Densification of Alumina Ceramics Sintered by Using A Submillimeter Wave Gyrotron*  
Int. J. of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves **34**, pp.627-638 (2013).

### 3-8) 電磁波焼結法によるシリカのキセロゲルをシリカガラスセラミックスにする熱処理プロセスの研究

インドネシア・ハルオレオ大学との共同研究として、インドネシアで多く生産されているサゴヤシの廃棄物から取り出されたシリカキセロゲルを電磁波で熱処理することによりシリカガラスセラミックスを得ることができた。また、電磁波加熱法を用いることにより通常の熱処理温度より 200℃程度低温で可能であることがわかった(平成 24 年度原著論文 16, 21, 平成 23 年度原著論文 1, 11)。

原著論文 平成 24 年度

16. H. Aripin, S. Mitsudo, E. S. Prima, I. N. Sudiana, S. Tani, K. Sako, Y. Fujii, T. Saito, T. Idehara, S. Sano, B. Sunendar, S. Sabchevski  
*Structural and Microwave Properties of Silica Xerogel Glass-Ceramic Sintered by Sub-millimeter Wave Heating using a Gyrotron*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 1149-1162 (November 2012)
21. H. Aripin, S. Mitsudo, I. N. Sudiana, E. S. Prima, K. Sako, Y. Fujii, T. Saito, T. Idehara,

S. Sano, B. Sunenfar, H. Hernawan, S. Sabchevski

*Microstructural and Thermal Properties of Nanocrystalline Silica Xerogel Powders  
Converted from Sago Waste Ash Material*

Materials Science Forum, **737**, 110-118 (January 2013)

原著論文 平成 23 年度

1. Haji Aripin, Seitaro Mitsudo, I. Nyoman Sudiana, Shinji Tani, Katsuhide Sako, Yutaka Fujii, Teruo Saito, Toshitaka Idehara, Sliven Sabchevski  
*Rapid Sintering of Silica Xerogel Ceramic Derived from Sago Waste Ash Using Sub-millimeter Wave Heating with a 300 GHz CW Gyrotron*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **32**, 867–876 (June, 2011)
11. Haji Aripin, L. Lestari, L. Agus, I.N. Sudiana, N. Jumsiah, I. Rahmatia, Bambang, Sunendar, L. Nurdiwijayanto, S. Mitsudo, S. Sabchevski  
*Preparation of Porous Ceramic with Controllable Additive and Firing Temperature*  
Advanced Materials Research, **277**, pp. 151-158 (July 2011)

### 3-9) 電磁波加熱によるスズ酸亜鉛マグネシウム蛍光体微粒子の合成

福井高専高校との国内の共同研究としておこなった。安価で光効率のセラミックスシンチレーターの開発として、電磁波加熱によりスズ酸亜鉛マグネシウム蛍光体微粒子の合成ができることを示した。また、電磁波加熱により合成したスズ酸亜鉛マグネシウム蛍光体微粒子は通常加熱により合成されたものより発光効率が高いことが分かった(平成 21 年度原著論文 13)。

原著論文 平成 21 年度

13. Mamoru Kitaura, Shinji Tani, Seitaro Mitsudo, Kazutoshi Fukui  
*Characterization of zinc magnesium stannate phosphor fine particles synthesized by electromagnetic wave heating*  
J. Vac. Sci. Technol. B **28**, C2C20-C2C25 (March 2010)

## 4) テラヘルツ波科学

平成 20 年度よりセンターにおいては近年進歩が著しいテラヘルツ波分光を用いたテラヘルツ波科学の研究に着手した。平成 22 年度よりスタートした第 2 期中期目標・中期計画においては「テラヘルツ波を用いた凝縮系のダイナミクス研究」、「非線形テラヘルツ分光を目的とした高ピーク強度テラヘルツ光源の開発」を研究・開発目標に掲げている。

まず平成 20 年度には谷および山本教員が着任し、テラヘルツ時間領域分光装置など基盤設備の立ち上げを行った。谷、山本教員が中心となり、外部資金を積極的に活用した研究プロジェクトを積極的に推進した。例えば、大型の外部資金としては、平成 20 年度の後半

より科学技術振興機構（JST）の先端計測分析技術・機器開発事業「超高速テラヘルツ波品質管理センサーの開発」（H20～H23）の助成金を得て、高速かつ高感度なテラヘルツ波分光器の開発を行った。システム感度で約 2 桁（原著論文平成 22 年度 7）、測定速度として 3 ミリ秒／波形を達成した（原著論文平成 24 年度 23）。また本プロジェクトにおいては光伝導ギャップが従来よりも短い 2 $\mu\text{m}$  幅の素子を用いて 1.55 $\mu\text{m}$  通信波長帯で動作する高感度テラヘルツ波検出器を開発した（平成 24 年度原著論文 1）。そのほかテラヘルツ波科学関連では、JST からの助成金（さきがけ 2 件、A-STEP FS 探索タイプ 3 件）、科研費（基盤研究(B) 2 件、基盤研究(C) 1 件、若手研究(B) 2 件、海外特別研究員奨励費 2 件）などの外部資金を獲得し、積極的な研究展開を行っている。

またテラヘルツ波科学の研究を加速するため、国内外の研究機関と積極的に共同研究を実施した。H23 年度から始まったセンター公募型共同研究では、H23 年度は 5 件（全 20 件）、H24 年度は 6 件（全 23 件）、H23 年度は 10 件（全 32 件）がテラヘルツ波科学に関するものである。また国際的な共同研究として、ロシアのニジノブゴロド州立大学（非線形光学効果によるテラヘルツ波の発生と検出の効率化）（平成 25 年度原著論文 14、平成 23 年度原著論文 3、平成 22 年度原著論文 13、17、平成 21 年度原著論文 12）、台湾国立精華大学および台湾国立交通大学（液晶によるテラヘルツ波偏光制御）（平成 22 年度原著論文 14）などと国際共同研究を実施した（国際共同研究成果詳細については本活動概要 5．国際交流、国際貢献、社会貢献に記載）。平成 23 年度には国立フィリピン大学・物理学研究所と新規な「半導体テラヘルツ波素子の開発」のための学術協定を締結し（共同研究成果：平成 25 年度原著論文 2、平成 24 年度原著論文 19、25、平成 23 年度原著論文 8）、平成 25 年度内にはフィリピンのデ・ラ・サール大学理学部と部局間の共同研究覚書を締結する予定である。平成 25 年度後半からは日本学術振興会による二国間交流事業（ルーマニア）もスタートさせている。

産学連携も積極的に推進しており、テラヘルツ波科学に関する民間企業・財団との共同研究は 2 件（センター教員が分担者になっているものを含めると 4 件）を実施、奨学寄附金は 8 件を受け入れた。また平成 25 年 4 月には谷教員が JST の先端計測分析技術・機器開発事業等によって開発した技術シーズおよび特許を元に、テラヘルツ分光装置およびその関連製品を開発・製造・販売する福井大学発ベンチャーを企業した（代表取締役 谷正彦）。

原著論文 平成 25 年度

2. Elizabeth Ann P. Prieto, Sheryl Ann B. Vizcara, Armando S. Somintac, Arnel A. Salvador, Elmer S. Estacio, Christopher T. Que, Kohji Yamamoto, Masahiko Tani  
*Terahertz emission enhancement in low-temperature-grown GaAs with an n-GaAs buffer in reflection and transmission excitation geometries*  
Journal of the Optical Society of America B, Vol. 31 Issue 2, pp.291-295 (published

January 17, 2014)

14. Masahiko Tani, Tetsuya Kinoshita, Tomohiro Nagase, Kazuki Horita, Christopher T. Que, Elmer Estacio, Kohji Yamamoto, and Michael I. Bakunov  
*Non-ellipsometric detection of terahertz radiation using heterodyne EO sampling in the Cherenkov velocity matching scheme*  
Optics Express, Vol. 21 (2013), No. 7, pp. 9277–9288. (Published 8 April 2013).

原著論文 平成 24 年度

1. Masahiko Tani, Kohji Yamamoto, Elmer S. Estacio, Christopher T. Que, Hidekazu Nakajima, Masakazu Hibi, Fumiaki Miyamaru, Seizi Nishizawa, Masanori Hangyo  
*Photoconductive Emission and Detection of Terahertz Pulsed Radiation Using Semiconductors and Semiconductor Devices*  
Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, **33**, 393-404 (April 2012)
19. Cyril Sadia, Aleena Maria Laganapan, Mae Agatha Tumanguil, Elmer Estacio, Armando Somintac, Arnel Salvador, Christopher Que, Kohji Yamamoto, Masahiko Tani  
*Intense terahertz emission from MBE-grown GaAs/GaSb(001)*  
Journal of Applied Physics, **112**, 123514 (5 pages) (December 2012)
23. Takashi Furuya, E.S.Estacio, Kazuki Horita, Christopher T. Que, Kohji Yamamoto, Fumiaki Miyamaru, Seiji Nishizawa, Masahiko Tani  
*Fast-Scan Terahertz Time Domain Spectrometer Based on Laser Repetition Frequency Modulation*  
The Japanese Journal of Applied Physics, **52**, 022401 (5 pages) (February 2013)
25. Jasher John Ibanes, Ma. Herminia Balgos, Rafael Jaculbia, Arnel Salvador, Armando Somintac, Elmer Estacio, Christopher T. Que, Satoshi Tsuzuki, Kohji Yamamoto, Masahiko Tani  
*Terahertz emission from GaAs-AlGaAs core-shell nanowires on Si (100) substrate: effects of applied magnetic field and excitation wavelength*  
Applied Physics Letters, **102**, 063101 (3 pages) (February 2013)

原著論文 平成 23 年度

3. Masahiko Tani, Kazuki Horita, Tetsuya Kinoshita, Christopher T. Que, Elmer Estacio, Kohji Yamamoto, Michael I. Bakunov  
*Efficient electro-optic sampling detection of terahertz radiation via Cherenkov phase Matching*  
Optics Express, **19**, 19901-19906 (Sep, 2011)
8. Elmer S. Estacio, Christopher T. Que, Fritz C. B. Awitan, Jan Issac Bugante, Francesca Isabel de Vera, Jonathan Azares, Jessica Afalla, Jeffrey de Vero, Armando S. Somintac, Roland V. Sarmago, Arnel A. Salvador,

Kohji Yamamoto, Masahiko Tani

*Terahertz emission from Indium Oxide films grown on MgO substrates using sub-bandgap photon energy excitation*

Optics Express, **20**, 4518-4524 (Feb, 2012)

原著論文 平成 22 年度

6. Fumiaki Miyamaru, Yu Saito, Kohji Yamamoto, Takashi Furuya, Seizi Nishizawa, Masahiko Tani

*Dependence of emission of terahertz radiation on geometrical parameters of dipole photoconductive antennas*

Appl. Phys. Lett. **96**, 211104 (May 2010)

13. M. I. Bakunov, R. V. Mikhaylovskiy, M. Tani, C. T. Que

*A structure for enhanced terahertz emission from a photoexcited semiconductor surface*

Appl. Phys. B **100**, 695-698 (Aug 2010)

14. Chan-Shan Yang, Chia-Jen Lin, Ru-Pin Pan, Christopher T. Que, Kohji Yamamoto, Masahiko Tani, Ci-Ling Pan

*The Complex Refractive Indices of the Liquid Crystal Mixture E7 in the THz Frequency Range*

J. Opt. Soc. Am. B **27**, 1866-1873 (Aug 2010)

17. M. I. Bakunov, R. V. Mikhaylovskiy, M. Tani

*Strong interference enhancement of terahertz emission from a photoexcited semiconductor surface*

Optics Express **18**, 22406-22411 (Oct 2010)

原著論文 平成 21 年度

12. M. I. Bakunov, M. V. Tsarev, M. Tani, S. B. Bodrov

*Strongly subluminal regime of optical-to-terahertz conversion in GaP*

J. Appl. Phys., **105**, 8, 083111(1) - 083111(9) (2009)

#### 4-1) 電気光学サンプリング法の高度化研究

平成 22 年度以降、非線形光学効果（電気光学効果）を用いた新たなテラヘルツ波検出法にとりくみ、チェレンコフ位相整合を用いた電気光学（EO）サンプリング法を開発した（原著論文平成 24 年度 3）。この手法により、従来用いることが困難だった通信波長帯の 1.55 $\mu\text{m}$  波長のフェムト秒レーザーでも、従来と同等な感度でテラヘルツ波を EO サンプリング検出することが可能になった。さらに偏光制御素子が不要な、ヘテロダイン EO サンプリング法を独自開発した（原著論文平成 24 年度 12, 原著論文平成 25 年度 14）。

原著論文 平成 25 年度

14. Masahiko Tani, Tetsuya Kinoshita, Tomohiro Nagase, Kazuki Horita, Christopher T. Que, Elmer Estacio, Kohji Yamamoto, and Michael I. Bakunov  
*Non-ellipsometric detection of terahertz radiation using heterodyne EO sampling in the Cherenkov velocity matching scheme*  
 Optics Express, Vol. 21 (2013), No. 7, pp. 9277–9288. (Published 8 April 2013).
- 原著論文 平成 24 年度
3. Masahiko Tani, Kazuki Horita, Tetsuya Kinoshita, Christopher T. Que, Elmer Estacio, Kohji Yamamoto, Michael I. Bakunov  
*Efficient electro-optic sampling detection of terahertz radiation via Cherenkov phase Matching*  
 Optics Express, **19**, 19901-19906 (Sep, 2011)
12. Masahiko Tani, Michael Bakuov, Kohji Yamamoto, Kazuki Horita, Tetsuya Kinoshita, Tomohiro Nagase  
*Detection of Terahertz Pulsed Radiation by using Heterodyne Electro-Optic Sampling Scheme*  
 IEEE Transactions on Fundamentals and Materials, **132**, 727-733 (September 2012) (In Japanese)

#### 4-2) テラヘルツ帯プラズモニクス及び金属導波路研究

平成 23 年度に、金属表面プラズモンを利用した、金属導波路による電磁波のサブ波長領域への「超集束」現象の解明とその応用研究に着手した。金属導波路内のテラヘルツ波伝搬に関する特異な位相遅延現象の発見、サブ波長サイズの試料の測定、サブ波長領域への電磁波閉じ込めによる電界増強効果を利用したテラヘルツ電磁波の電気光学サンプリング検出感度の飛躍的な増大などの成果を上げつつある（平成 25 年度内に投稿予定）。金属導波路を用いることで、回折限界を超えたテラヘルツ波の応用展開を進めた。

#### 4-3) 凝縮系・溶液系のテラヘルツ帯ダイナミクス研究

凝縮系のテラヘルツ帯ダイナミクス研究として、生体高分子や有機純溶媒のテラヘルツ分光を行い、構造とダイナミクスに関する新たな報告を行った（平成 22 年度原著論文 1）。また、溶液系のテラヘルツ帯ダイナミクス研究として有機混合溶液のテラヘルツ分光を行い弱い水素結合の証拠と思われるテラヘルツ帯の吸収スペクトルを世界に先駆けて観測することに成功した。窒化物半導体のテラヘルツ領域のキャリア応答を調べることで、非ドローデ型応答が観測されることを報告した（平成 21 年度原著論文 10）。

水溶液状態の生体分子のテラヘルツ帯振動スペクトルの観測を目的とした、「テラヘルツ帯時間領域コヒーレントラマン分光法」（科研費基盤 B および JST さきがけ研究による外部資金を獲得）の開発とその高度化に取り組み、信号対雑音比の改善および測定スペク

トル帯域の大幅な拡大（～15THz）に成功した（平成23年度学術原著論文9）。

原著論文 平成23年度

9. Masahiko Tani, Masakazu Hibi, Kohji Yamamoto, Mariko Yamaguchi, Elmer S. Estacio, Christopher T. Que, Masanori Hangyo  
*Low-Frequency Coherent Raman Spectroscopy Using Spectral-Focusing of Chirped Laser Pulses*  
Vibrational Spectroscopy, Chapter 7, 153-168 (Feb, 2012)

原著論文 平成22年度

1. Atsuo Tamura, Takashi Uchino, Kohji Yamamoto, Ohki Kambara, Keisuke Tominaga  
*Terahertz time-domain spectroscopy of poly-L-lysine*  
Biopolymers **93**, 735-739 (2010)

原著論文 平成21年度

10. T. T. Kang, M. Yamamoto, M. Tanaka, A. Hashimoto, A. Yamamoto, R. Sudo, A. Noda, D. W. Liu, K. Yamamoto  
*Terahertz characterization of semiconductor alloy AlInN: negative imaginary conductivity and its meaning*  
Optics Letters, **34**, 16, 2507-2509 (2009)

#### 4-4) テラヘルツ帯コヒーレントラマン分光研究

テラヘルツ領域での生体高分子の分光は、生体分子が機能を発現する水溶液状態では、水の強い吸収に阻害されて、生体分子固有のスペクトルを観察することが一般に困難である。そこで、吸収分光と相補的な関係にあるラマン分光法をテラヘルツ領域の水溶液状態の生体分子分光に適用することで、テラヘルツ領域の吸収スペクトルに加え、より多くのスペクトル情報を得ることができると考えられる。コヒーレントラマン分光は分子の固有振動数に対応する差周波変調光で分子を強制振動させ、強いラマン散乱信号を得る手法であるが、テラヘルツ領域の生体分子のラマン分光およびラマン分光イメージングを目的として、ピコ秒周波数チャープパルスを用いたテラヘルツ帯コヒーレントラマン分光法（テラヘルツ時間領域コヒーレントラマン分光法）の開発を行った（原著論文平成23年度9，原著論文平成22年度10）。本研究については、JSTの「さきがけ」、科研費の基盤研究（B）などの外部資金獲得により実施した。これまでに半導体有機液体、純水、電解水溶液のコヒーレントラマンスペクトルの取得に成功し、分光イメージングへの応用にむけた研究に取り組んでいる。

原著論文 平成23年度

9. Masahiko Tani, Masakazu Hibi, Kohji Yamamoto, Mariko Yamaguchi, Elmer S. Estacio,

Christopher T. Que, Masanori Hangyo

*Low-Frequency Coherent Raman Spectroscopy Using Spectral-Focusing of Chirped Laser Pulses*

Vibrational Spectroscopy, Chapter 7, 153-168 (Feb, 2012)

原著論文 平成 22 年度

10. Masahiko Tani, Toshiyuki Koizumi, Hisashi Sumikura, Mariko Yamaguchi, Kohji Yamamoto, Masanori Hangyo

*Time-Domain Coherent Anti-Stokes Raman Scattering Signal Detection for Terahertz Vibrational Spectroscopy Using Chirped Femtosecond Pulses*

Applied Physics Express **3**, 072401 (Jul 2010)

## 4-2 特別教育研究経費による研究プロジェクトの成果

文部科学省は、国立大学の法人化以後、人件費や大学の運営のための経常経費である一般運営費交付金とは別に、各大学の特色ある活動の支援のため、各大学からの概算要求に基づいて、特別運営費交付金として特別教育研究経費（後に特別経費と改称）を措置している。遠赤外領域開発研究センターでは、平成18年度以降、この特別教育研究経費による研究プロジェクト2件を推進した。4-1で記述した研究活動は、研究は科研費などの外部資金により実施したものもあるが、文部科学省への概算要求による特別教育研究経費の研究プロジェクトとして実施したものも多い。また、国際連携や国内の共同研究も大きな役割をはたしているの、それらとの関連での研究成果を以下に概括する。

### I. 平成18年度～平成21年度 特別教育研究経費によるプロジェクト

(出典 平成18年度～平成21年度 特別教育研究経費（研究推進）成果報告書)

この経費は、特別教育研究経費の研究推進分として配分された。

事業名：テラヘルツ帯高出力光源－ジャイロトロンの開発による研究推進－

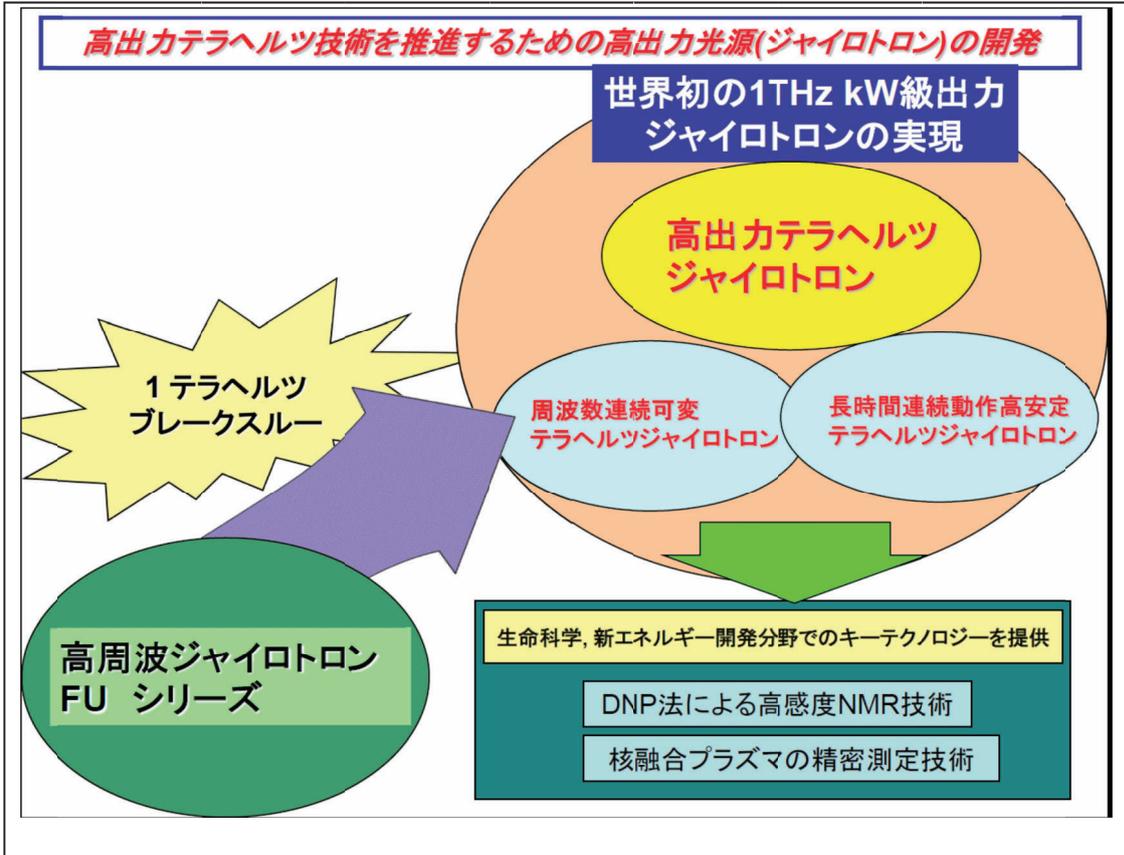
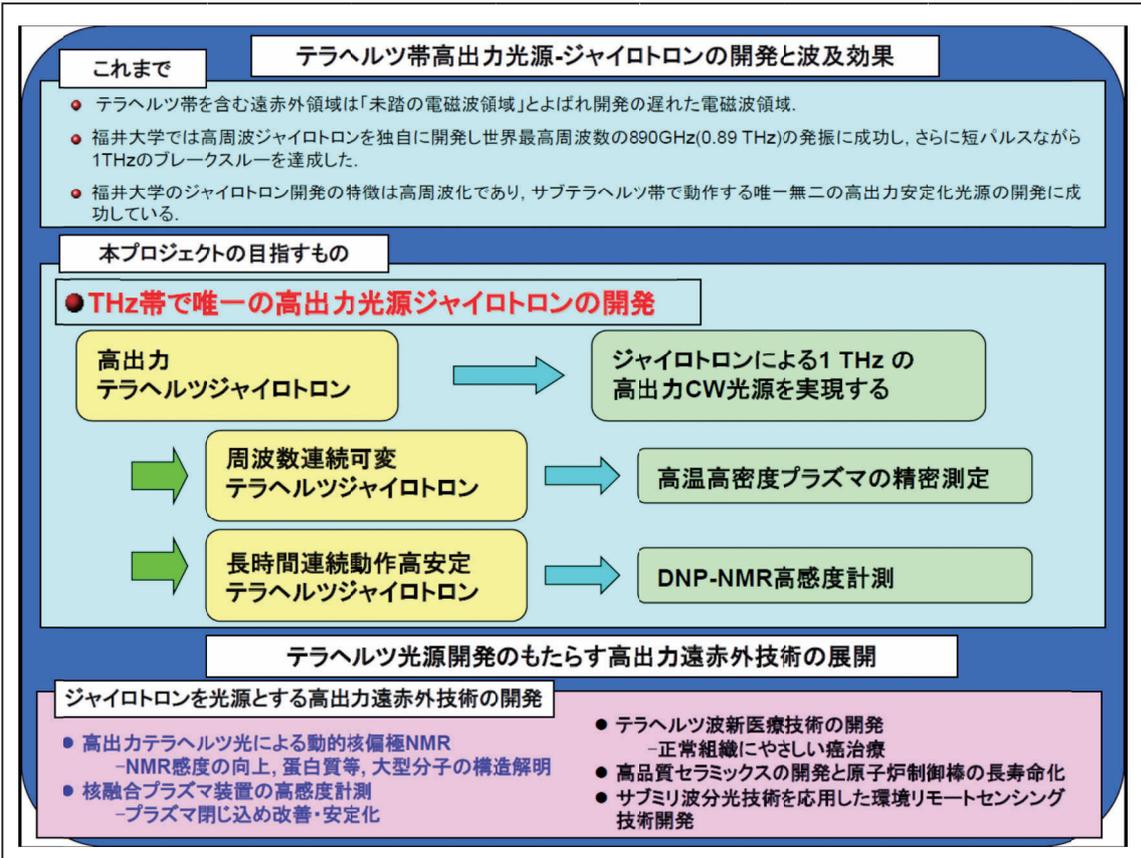
その概要は、

「福井大学で独自に開発している唯一無二のテラヘルツ帯高出力光源「ジャイロトロン」のさらなる高周波化を行い、1テラヘルツのブレイクスルーを達成すると共に、緊急の課題である「テラヘルツ帯を含む遠赤外領域の高出力技術開発研究」を推進するため、各々の開発技術に特化した光源の開発を行う。」

ことであり、取り組み内容は以下の通りである。

- 1) 福井大学で独自に開発したテラヘルツ帯で安定に動作する高出力光源である「テラヘルツ帯ジャイロトロン」の更なる高周波化を行い、現在、我々が保持しているジャイロトロンの世界最高周波数記録を大幅に更新するため1THzのブレイクスルーを達成して、世界のジャイロトロン開発分野でのステータスを確立する。
- 2) それぞれの技術開発に適合した高出力光源技術を活用することにより、緊急の課題であるテラヘルツ帯高出力技術開発を推進する。
- 3) 国内2機関、海外6機関との連携による国際連携によって、本プロジェクトを推進する。

このプロジェクトの内容を示すパワーポイントスライドを次ページに示しておく。



## プロジェクトの経費

平成 18 年度	運営費交付金	78,000	千円
平成 19 年度	運営費交付金	54,600	千円
平成 20 年度	運営費交付金	49,140	千円
平成 21 年度	運営費交付金	49,140	千円
計	運営費交付金	230,880	千円

## 主な購入設備

### 平成 18 年度

ジャイロトロン用 20T 超伝導マグネット	49,980	千円
テラヘルツ受信器用アンテナ一体型 SBD	2,980	
Even Harmonic Mixer	1,260	
デジタル・オシロスコープ	4,977	
Nd : YAG レーザー	2,997	
直流高圧安定化電源高圧部	2,940	

### 平成 19 年度

テラヘルツ受信器用 S B D	1,500	千円
無冷媒超伝導マグネットシステム	27,999	
CMP 排気ユニット	1,653	
交直両用高圧アンプリファイア	1,999	
高電圧発生装置	2,992	
ジャイロトロン駆動用電源装置	7,087	

### 平成 20 年度

超伝導マグネットシステム	29,977	千円
ジャイロトロン駆動用電源装置	6,300	
直流安定化電源	1,570	

### 平成 21 年度

交直両用高圧アンプリファイア	1,942	千円
15T 超伝導マグネットシステム	27,999	
ジャイロトロン用電子銃コレクター付	3,129	
ジャイロトロン用電子銃コレクター付	3,129	
ハイパージャイロトロン	3,990	

## プロジェクトの成果

1. 国際コンソーシアムを活用したグローバルな研究実施体制の整備、本研究推進プロジェクトを実施するに当たり、遠赤外領域開発研究センターを中核機関として、国内 2 機関、

海外 6 機関を参画機関とする国際コンソーシアムにより、グローバルな研究実施体制を整備した。

参画機関：長岡技術科学大学極限エネルギー密度工学研究センター、大阪大学蛋白質研究所、カールスルーエ研究センター(ドイツ)、シュツットガルト大学プラズマ研究所(ドイツ)、ロシア科学アカデミー応用物理学研究所(ロシア)、ブルガリア科学アカデミー電子工学研究所(ブルガリア)、ウォービック大学 NMR 研究センター(英国)、プリンストン大学プラズマ物理研究所(米国)、

コンソーシアムの趣旨：中核機関と各参画機関との間に研究協力協定を締結し、「サブミリ波ジャイロトロンの開発と応用」に関する研究を各機関が応分の研究経費を負担して独自に実施し、研究成果・情報を交換して、グローバルな立場から研究課題達成のために貢献する。

## 2. テラヘルツ帯高出力光源-ジャイロトロンの開発に関する成果概要：

- 1) 1テラヘルツのブレイクスルーの達成とジャイロトロンの高周波数動作の世界記録達成、21テスラの高磁場を発生するパルスマグネットを開発し、これを用いたパルスジャイロトロンを製作して、2次高調波動作により、1テラヘルツを超える高周波数で動作するジャイロトロンを世界に先駆けて開発した。この成果に基づき、20テスラ超伝導マグネットを用いた、連続動作ジャイロトロンを開発し、連続(CW)動作でも1テラヘルツのブレイクスルーを達成した。
- 2) 無冷媒型超伝導マグネットを用いた長時間安定化動作CWジャイロトロンGyrotron FU CW Series の開発、8テスラ -、10テスラ -、12テスラ - 無冷媒型超伝導マグネットを用いた長時間安定化動作するCWジャイロトロン(Gyrotron FU CW Series) の開発を行い、高出力テラヘルツ技術に最適化したジャイロトロンの整備を行った。
- 3) 8テスラ超伝導マグネットを用いた短パルスジャイロトロンを開発し、出力50 KW の好結果を得た。今後、この光源の改良と核融合プラズマ計測への応用に展開する。

## 3. テラヘルツ帯高出力光源-ジャイロトロンへの応用展開に関する成果概要

使用に耐える高出力安定化光源がないため開発の遅れているテラヘルツ帯の新技术の開発のために、本事業で開発した Gyrotron FU CW Series を光源として活用している。

- 1) 大阪大学蛋白質研究所との協力により、Gyrotron FU CW II を光源とする600 MHz DNP-NMRの研究を、ウォービック大学NMR研究センター(英国)との協力により、Gyrotron FU CW VII を光源とする300 MHz 及び 600 MHz DNP-NMRの研究を、福井大学遠赤外領域開発研究センターで Gyrotron FU CW IV を光源とする200 MHz DNP-NMR の研究を行い、蛋白質分子の構造解析及び高分子材料の表面解析への応用展開を目指している。
- 2) 欧州放射光施設(ESRF) との協力により、同施設のビームライン BL-12 に設置した Gyrotron FU II を光源とするX線の円二色法を用いた磁気共鳴現象の高時間分解計測技

術(XDMR)の研究を行っている。

- 3) 東京大学素粒子物理国際研究センターとの協力により、Gyrotron FU CW V を光源とするポジトロニウムの超微細構造解明の研究を行っている。
- 4) 福井大学遠赤外領域開発研究センターでは、Gyrotron FU CW VIIAを光源とするテラヘルツ帯ESRエコーの研究を行っている。
- 5) 福井大学医学部との協力により、ハイパーサーミアによる新たな癌治療技術の開発をGyrotron FU CW Vを光源として行っている。
- 6) 福井大学遠赤外領域開発研究センターで、Gyrotron FU CW I を光源とする世界初の300 GHz セラミック焼結装置を開発し、高品質セラミックスの開発と原子炉制御棒材の長寿命化の研究を行っている。

これらの研究課題は、高出力テラヘルツ光源-ジャイロトロンを用いることによってのみ開発可能な高出力テラヘルツ新技術であり、将来、バイオ分野、新素材開発分野、物質科学分野等への応用展開が期待される。

## II. 平成23年度～平成25年度 特別経費によるプロジェクト

この経費は、特別経費のプロジェクト分として配分された。

事業名：高出力遠赤外領域研究の推進と国際研究拠点の充実—ジャイロトロンの画期的  
新研究への応用—

プロジェクト種別—国際的に卓越した教育研究拠点機能の充実—

本プロジェクト研究は、平成18年度～平成21年度に実施したプロジェクト研究「テラヘルツ帯高出力光源—ジャイロトロンの開発による研究推進—」の成果を受け、さらに発展させるものとして推進した。

その概要は、

「高出力遠赤外光源「ジャイロトン」の一層の高度化を実現し、高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・新機能材料開発・エネルギー科学等の多様な分野において画期的新研究に応用するとともに、当センターの国際的研究拠点機能を充実する。」

ことであり、取り組み内容は以下の通りである。

- 1) 福井大学独自の高出力遠赤外ジャイロトロンを一層高度化（出力・周波数の安定化、周波数の連続可変性・放射分布の軸対称化など）し、学術研究・応用研究に適用する上での課題を解決する。
- 2) 高度化ジャイロトロンを生命科学・物質科学・基礎物理学・新機能材料開発・エネルギー科学等、多様な分野において画期的新研究に応用するとともに、ジャイロトロンを用いた新しい非線形分光法の開発を進める。
- 3) 国内外の主要研究機関との連携・共同研究を拡大・強化し、高出力遠赤外領域研究の国際的拠点機能を充実する。
- 4) 高度化ジャイロトロンの応用課題を共同研究として推進し、ジャイロトン高度化の波及効果を拡大する。

このプロジェクトの内容を示すパワーポイントスライドを次ページに示しておく。

# 高出力遠赤外ジャイロトロンの開発と応用

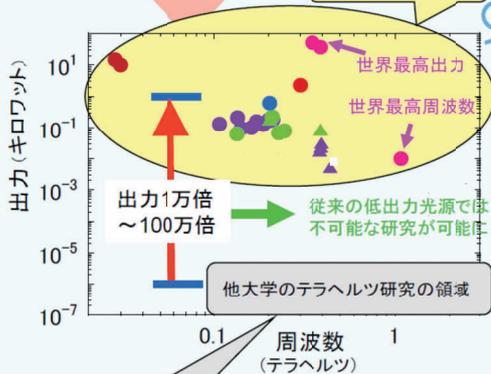
福井大学の特色ある研究

低温、超伝導、強磁場 → 遠赤外(高周波)ジャイロトロンの開発

**国の支援・外部資金による成果**  
高出力遠赤外ジャイロトン群の開発

平成21年度文部科学技術大臣表彰  
「科学技術賞(研究部門)」  
第6回福井県科学学術大賞  
世界をリードする研究業績

福井大学の研究が  
生み出した領域



ジャイロトン以外の  
低出力光源を用いた研究

現状の課題

高出力・高周波は達成  
実用的応用にはさらなる高度化が必要

さらなる国の支援

遠赤外ジャイロトロン  
の飛躍的高度化

周波数連続可変  
出力・周波数の高安定化  
高周波化、高出力化  
ジャイロトロンコンパクト化  
高品位・高効率伝送

国際共同研究  
国際コンソーシアム  
学術交流協定  
共同研究覚書  
ジャイロトロン  
の高性能化  
応用研究

課題解決

高性能ジャイロトロンを  
応用研究に適用

他分野の研究者  
共同研究

高出力遠赤外領域の画期的新研究・新技術開発

・新成長戦略  
グリーンイノベーション、ライフィノベーション、科学・技術立国の実現

## 遠赤外ジャイロトロン の飛躍的高度化 - 基本技術は我々の手元にある -

現状

遠赤外光は上方に放射  
→ 高所作業が必要  
複雑な放射分布の変換や  
長時間安定性も課題



放射分布  
の例



高所作業中

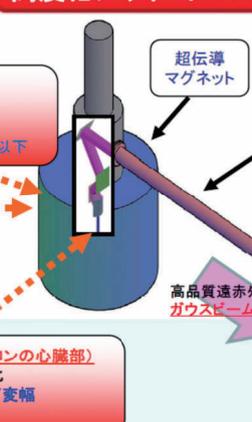
**高度化1**  
横方向に軸対称分布で放射  
モードコンバータで実現  
基本設計は完了



ジャイロトン  
に組み込む

**高度化2**  
安定化電源の適用  
出力変動 1%以下  
周波数変動 100kHz以下

高度化ジャイロトン



**高度化4 高性能伝送系**  
超低損失・高品位伝送  
伝送中の分布の乱れを防ぐ



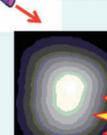
内層に微細加工  
超低損失伝送

0.254 mm

0.254 mm

福井の企業  
と共同開発

**高度化5 高性能アンテナ**  
放射ビーム形状の制御  
モードコンバータによる分布  
をさらに対称にする



遠赤外光の放射分布  
予備設計計算

画期的  
新研究

**高度化6 コンパクト化**  
テーブルトップジャイロトン

高さ 70 cm



コンパクトマグネット試作完了

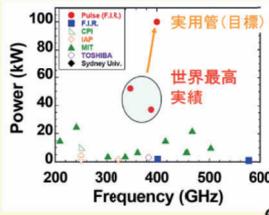


装着

設計完了

**高度化7 高出力化**  
300~400 GHz,  
100 kW以上

核融合  
プラズマ  
計測



プロジェクトの経費

平成 22 年度補正予算	72,098	千円
(設備整備費補助金 23 年度に繰り越し執行)		
平成 23 年度 運営費交付金	22,320	千円
平成 24 年度 運営費交付金	20,088	千円
平成 24 年度補正予算	37,094	千円
(設備整備費補助金 25 年度に繰り越し執行)		
平成 25 年度 運営費交付金	19,216	千円
計	170,816	千円

主な購入設備

平成 23 年度

ジャイロトロン用 12T 超伝導マグネット	30,861	千円
ジャイロトロン安定化用高度化電源	14,910	
コンパクトジャイロトロン CII	7,507	
パルスジャイロトロン	7,927	
CW ジャイロトロン GIII	7,171	
エコチラー	1,260	

平成 25 年度

高出力 265GHz ジャイロトロン管	9,975	千円
小型高度化ジャイロトロン GIV	7,507	
高圧電源装置	3,496	
ハーモニックミキサー	1,492	
高圧アンプリファイア	1,995	
140GHz ESR 用コルゲート HE11 円形導波管	4,588	
140GHz ESR 用 ファラデイ・ローテーター	1,236	
395GHz ESR 用 ファラデイ・ローテーター	1,236	

## プロジェクトの成果

### (1) ジャイロトロン的高度化研究

ジャイロトロン的高度化研究は本研究プロジェクトの中心課題であり、サブテラヘルツからテラヘルツに至る周波数帯の連続発振ジャイロトロンが開発された平成 18 年度～平成 21 年度のプロジェクト研究の成果を発展させるものである。しかし、これらのジャイロトロンでは、上部の真空窓から、発振モードの形状のまま上方に出力が放射されるため、そのままでは応用に大きな支障が残っていた。そこで、ジャイロトロン的高度化研究として、1) ガウスビームを水平方向に放射するモードコンバータ内蔵ジャイロトロンの実現、2) フィードバック制御によるジャイロトロン出力の高安定化、3) 基本波とともに 2 次高調波においても広帯域の周波数可変性の実現、4) コンパクト化による多様な応用への可能性増大、5) 核融合プラズマ計測への応用を目指した高出力パルスジャイロトロンの開発を進めた。研究課題毎の成果に示すとおり、各課題とも所定の成果を上げている。

### (2) 高度化ジャイロトロン画期的新研究への応用

平成 18 年度～平成 21 年度のプロジェクト研究期間から開始されたジャイロトロンの応用研究が発展するとともに、新しい応用研究も始まっている。DNP 法による NMR 分光の感度向上では、引き続き大阪大学蛋白質研究所との共同研究が行われ、感度が大きく向上した。これには、ジャイロトロン高度化の準備研究として開発された FU CW GII が用いられている。さらに、周波数可変性など新たな機能を付加したジャイロトロンも用いられる予定である。ポジトロニウムの長微細構造準位計測は、特筆すべき成果である。FU CW V を用いた実験から始まり、FU CW GI を用いた実験で微細構造準位間エネルギーが初めて直接計測された。FU CW GI はセンターでモードコンバータ内蔵ジャイロトロンを開発ための試験管として製作されたジャイロトロンであり、連続可変ではないものの、複数周波数の発振を実現している。新しく応用研究では、半導体超格子を用いたブロッホ振動の基礎研究が始まっている。これは、ブロッホ振動によるテラヘルツ帯発振器につながる可能性を持っている。また、ジャイロトロンのコンパクト化の応用として、テラヘルツ波と中性子等の量子ビーム融合研究も開始されようとしている。

### (3) 高出力遠赤外領域研究の国際的拠点機能の充実

本プロジェクト期間内に、国際ワークショップ IW-FIRT 2012 および 2014 を平成 23 年 3 月および伊勢 25 年 3 月に開催し、センターの研究成果を発信するとともに、多数の国内外研究者が集合して活発な研究討論を展開した。また、「サブミリ波ジャイロトロン開発と応用」を課題として、国内 2 機関、海外 6 機関を参画機関とする国際コンソーシアムを中心とする国際シンポジウム“International Symposium on Development of Terahertz Gyrotrons and Applications”を平成 24 年 3 月に開催して、国際コンソーシアムの強化を図った。また、プロジェクト期間内に新たに海外研究機関との学術交流協定を 2 件、共同研究

覚書を1件締結した。学術交流協定のうち1件の締結先はフィリピンの大学である。22年度には韓国の大学との間に、平成21年度にはインドネシアの大学との間に学術交流協定を締結しており、アジア諸国との連携も強めている。さらに、学術交流協定締結機関を中心に海外研究機関から、滞在期間原則3ヶ月の招聘教授として毎年4名以上の研究者を招聘している。この取り組みは国際共同研究の発展には極めて有効であり、多数の国際共同研究論文として成果がまとめられている（課題毎の成果まとめとともに、5. 国際性の資料も参照）。以上の取り組みにより、センターの国際的拠点機能は年々強化されている。

#### （4）国内共同研究の取り組み

センターは国内の拠点としての機能強化も目指している。そのため、本プロジェクトの初年度である平成23年度から公募型国内共同研究を開始した。この詳細は、6. 社会貢献に対する資料においてまとめられているので、ここではセンターの拠点機能強化としての観点から、その概要を示す。この共同研究は学内措置として、センターの運営費を原資としている。平成23年度は21件、24年度は23件、25年度は大きく増えて32件の課題を採択している。研究課題はジャイロトロン of 学術研究への応用とともに、遠赤外領域の物性研究等の課題も含まれている。さらに、平成20年度以降強化しているテラヘルツ波科学分野においても多くの共同研究課題が採択されている。ジャイロトロン関連だけではなく、遠赤外・テラヘルツ波科学分野から多数の研究者が共同研究に参加しており、センターが実質的研究拠点として機能していることを示している。

#### 4-3 学・協会等の褒賞等の評価

2009年(平成21年)4月にセンターの3教員(出原, 小川, 光藤)は「高出力テラヘルツ光源—高調波ジャイロトロン」の研究業績によって平成21年度科学技術分野の文部科学大臣表彰「科学技術賞(研究部門)」を受賞している。また出原特任教授は2011年(平成23年)福井県科学学術大賞を受賞している。これらの受賞は評価期間以前からのたゆみない研究活動の実績が評価されたものと言える。このほか谷教授は2011年1月に応用物理学会関西支部における支部活動、特に「リフレッシュ理科教室」推進に対する功績により「応用物理学会関西支部第3回(2010年度)支部貢献賞」を受賞、さらに同教授は2013年4月に2012年度APEX/JJAP編集貢献賞を受賞しており、これらは関連学協会における活発な活動と、学術コミュニティへの寄与を示している。また、センター教員が指導する学生、研究員は国内外の学会において発表賞を多数受賞している。これら学生、研究員による受賞は間接的にセンターにおける研究活動が一定の評価を得ている証左といえる。

#### 4-4 成果の発信・広報活動

通常の学会および学術誌における研究成果の公表に加え、センター発行の研究成果報告書（年報）、Annual Report（原著論文集）をはじめとして、センター紹介パンフレット、センターWeb ページ、新聞報道、取材への協力等により。成果の発信と広報活動を行っている。また、数年に一度開催している国際ワークショップ（International Workshop on Far-Infrared Technologies, H18~H25 で3回開催）および国際シンポジウム（International Symposium on Development of Terahertz Gyrotrons and Applications を2013年3月に開催）においては著名な研究者を招聘するとともに、センター教員、研究員が講演し、研究成果を発信している。

#### 4-5 コミュニティのサポート状況

コミュニティからのサポートとしては、文部科学省の共同利用・共同研究拠点認定に際して、8学協会のサポートレター（要望書）を得ることができた。またセンターは海外6機関、国内2機関と、「国際連携による「サブミリ波ジャイロトロンの開発と応用」に関する研究推進」のための国際コンソーシアムを結成し、海外の研究コミュニティからの支援も得ている。H24年度は、この国際コンソーシアムの運営会議を兼ねる形で、International Symposium on Development of Terahertz Gyrotrons and Applications(2013年3月14日-15日、福井大学・遠赤センター)を開催した。また、The International Workshop on Far-Infrared Technologies (IW-FIRT)を1999年(平成11年)、2002年(平成14年)、2010年(平成22年)、2012年(平成24年)に開催した。第5回目のIW-FIRTを2014年3月に開催予定である。これらの国際シンポジウムおよび国際ワークショップ開催は、海外研究コミュニティからのサポートであるとともに、センターからの海外コミュニティへのサポートであると言える。

コミュニティへのサポートとしては、以下があげられる。

- ・FIR Center セミナーの開催（不定期に関連研究領域の研究者を招聘して遠赤センターで行うセミナー）
- ・関連学協会によるセミナーの共催，協賛（センターで開催する場合はセンター会議室，設備を供与）
- ・教員個人ベースで行っている海外および国内の研究者との共同研究・研究交流およびH23年度より実施している公募型共同研究
- ・国内の研究者の客員教授としての招聘（年間3~5名），海外研究者の「招聘教授」（年間3~5名）としての招聘，国内・海外研究者の短期招聘を通じた，研究コミュニティにおける研究交流と研究活動の活性化
- ・教員が兼任する関連学協会の委員，世話人として貢献，賛助会員としての支援（センターはH24年度よりテラヘルツ・テクノロジーフォーラムの「一般会員」）

以上のようにセンターは学術研究コミュニティからの多大な支援を得るとともに、センターからも学術研究コミュニティに貢献する努力を行っている。

## 5. 国際性（国際的活動，外国人教員，客員研究員，国際会議関連）

### 5-1 国際的位置づけ

本センターは、高出力遠赤外／テラヘルツ波技術の開発を推進する世界的な拠点の一つとして認知されている。センターは国際コンソーシアム等により研究の世界的ネットワークを組織し、これを主宰する中核としての役割を担っている。本センターにおける遠赤外領域の総合的開発研究を推進し、この分野における最先端の研究施設として世界をリードし続けるためには、センターに閉じた研究体制でなく国内外に開かれた体制の維持が必要である。このため、国内外の研究機関との交流・協力は不可欠である。

#### ・共同研究覚書，部局間または大学間学術協定

##### これまでの経過

センター設置後，第一期3年計画中（平成11～13年度）に，ロシア科学アカデミー応用物理学研究所 IAP-RAS 及びオーストラリアのシドニー大学 School of Physics との学術交流協定を締結したのを皮切りに，ドイツのカールスルーエ研究センターパルス出力マイクロ波研究所 FZK-IHM，ロシアの D.Y. Efremov 電気物理研究所精密理工学センター NIIEFA，ドイツのシュツットガルト大学プラズマ研究所 IPF-US，ブルガリア科学アカデミー電子工学研究所 IE-BAS，中国電子科技大学プラズマ研究所及びブラジル国立宇宙空間研究所 INPE と相次いで学術交流協定・共同研究覚書を締結し，実質的な共同研究を実施した。

これに加えて，第二期3年計画中（平成14～16年度）に，平成15年度には，米国プリンストン大学プラズマ物理研究所 PPPL との共同研究覚書を締結し，同研究所のスフェロマック NSTX のサブミリ波散乱計測にわれわれの開発したジャイロトロン(Gyrotron FU II)を光源として用いるための共同研究を行った。これらの機関との協力・共同研究は，第三期（平成17～19年度）以降も引き継がれ進展している。

また，特別教育研究経費による研究推進事業「テラヘルツ帯高出力光源-ジャイロトロン」の開発による研究推進」を実施するに当たり，当センターを中核機関として，以下に示す海外6機関，国内2機関からなる「サブミリ波ジャイロトロン」の開発と応用に関する国際コンソーシアム」を結成し，サブミリ波領域の研究をグローバルに推進する枠組みを構築した。

国際コンソーシアム「国際連携による「サブミリ波ジャイロトロン」の開発と応用」に関する研究推進」参加機関

福井大学遠赤外領域開発研究センター(中核機関)

長岡技術科学大学極限エネルギー密度工学研究センター

大阪大学蛋白質研究所  
カールスルーエ研究センターパルス出力マイクロ波研究所(ドイツ)  
シュツットガルト大学プラズマ物理学研究所(ドイツ)  
ロシア科学アカデミー応用物理学研究所(ロシア)  
ブルガリア科学アカデミー電子工学研究所(ブルガリア)  
ウォーウィック大学 NMR 研究センター(英国)  
プリンストン大学プラズマ物理研究所(米国)

#### 平成 18 年度～25 年度の経過

英国のウォーウィック大学 NMR センターとの共同研究として、DNP を用いた NMR の高感度の研究を開始し、第三期 3 年計画中の平成 19 年度には、同センターとの共同研究覚書を締結した。この研究にも、394GHz, CW, 高出力ジャイロトロンが光源として用いられる。その後も、海外機関との共同研究の推進、研究者の相互派遣、学術情報の交換を進めるため、これまでの交流実績に基づいて、平成 21 年度にインドネシア・ハルオレオ大学数理・自然科学部、平成 22 年度に韓国・ソウル国立大学テラヘルツバイオ応用システムセンター、平成 23 年度にフィリピン・国立フィリピン大学・物理学研究所、平成 24 年度にラトビア国・ラトビア大学固体物理学研究所と相次いで部局間学術交流協定を締結し、それぞれ、応用展開に関連した課題において共同研究を推進している。また、平成 20 年度に欧州放射光施設 (ESRF)、平成 24 年度にウクライナ・科学アカデミー Usikov 高周波物理・電子工学研究所 (IRE NASU) との間で共同研究覚書を締結した。

平成 25 年 3 月には、国際コンソーシアムの運営会議を兼ねる形で、国際シンポジウム「International Symposium on Development of Terahertz Gyrotrons and Applications」を開催した(詳細は本編 5-2.国際交流 に記載)。

#### ・政府間技術協力プロジェクト、二国間交流事業等

国外機関との学術交流・共同研究を支える制度として、日・ブルガリア科学技術協力プロジェクト 1 件、日露科学技術協力プロジェクト 2 件、日米科学技術協力事業(核融合分野)1 件が採択されている(資料編「国際交流状況」の「政府間科学技術協力プロジェクト」参照)。特に、ロシア科学アカデミー応用物理学研究所との共同研究「高出力テラヘルツジャイロデバイスの開発と高出力遠赤外技術への応用」は、日本学術振興会のロシアとの二国間交流事業によって、二年間(平成 18,19 年度)にわたってサポートされた。また、韓国との二国間交流事業「固体量子コンピュータへの応用を目指した Si:P 結晶の超低温・強磁場下の磁気共鳴」によって二年間にわたり(平成 23 年 7 月～25 年 6 月)共同研究がサポート

された（資料編「研究費一覧」の「学外からのその他研究資金」参照）。

・平成 18 年度～平成 25 年度における主な国際共同研究

海外機関・研究者との共同研究が以下に示すように進展した。なお、各年度における国際的な共同研究課題名の一覧は、資料編「共同研究一覧」の「大学や公的研究機関及び企業との共同研究」に記載されている。

(1) 英国のウォーウィック大学 NMR センターとの動的核偏極(DNP)による NMR 分光の感度向上の研究

同大学 NMR 研究センターとの間に平成 19 年度に共同研究覚書を締結し、DNP を用いた NMR の高感度化の共同研究を開始した。394GHz, CW, 高出力ジャイロトロン(Gyrotron FU CW VII)を同大学の 600MHz 及び 300MHz NMR 装置に設置した。これまでに、ジャイロトロンの TE13 モードでのサイクロトロン基本波動作による 187 GHz の出力を試料に照射することにより、284 MHz NMR 分光の感度を約 60 倍向上することに成功している(平成 24 年度学術原著論文 7, 11, 平成 23 年度学術原著論文 7 など)。この結果は、平行して進めている大阪大学蛋白質研究所との 600MHz DNP-NMR 分光の共同研究及び当センターで独自に進めている 200MHz DNP-NMR 分光の研究の成果と比較検討され、磁場強度 4.7T から 14.1T に及ぶ広範囲の DNP-NMR のデータとして公表された。(詳細は本編 4-1 研究活動と成果の概要 2) ジャイロトロンの応用展開 参照)

(2) 欧州放射光施設(ESRF, フランス)との X 線円二色法を用いた磁気共鳴現象の共同研究

同施設と共同で、高出力サブテラヘルツ光を試料に照射したときに電子スピン共鳴により発生する物質の磁化を X 線円二色法を用いて計測する XDMR の研究を開始した。このため高出力サブテラヘルツ光源として、当センターで開発した Gyrotron FU II を同施設のビームライン BL-12 に設置し、同施設の 17T ESR 分光装置を用いた研究を行った。ジャイロトロンの出力周波数を 76 GHz 及び 138 GHz に設定し、YIG ( $Y_3Fe_5O_{12}:Gd$ )の強磁性共鳴を確認した。これを受けて、直線偏光した X 線円二色法をもちいて、磁化の変化を測定する実験を開始した(平成 24 年度学術原著論文 10 など)。(詳細は本編 4-1 研究活動と成果の概要 2) ジャイロトロンの応用展開 参照)

(3) ロシア科学アカデミー応用物理学研究所(IAP-RAS)との共同研究によるテラヘルツジャイロトロンの開発と応用展開に関する研究

同研究所とは、これまでに Gyrotron FU CW I の開発、高次高調波で動作する大半径電子

ビームジャイロトロンの開発，ジャイロトロンを光源とする物質加工に関する共同研究を実施してきたが，さらに，高磁場パルスマグネットを用いたテラヘルツジャイロトロンの開発，3次高調波で動作する大半径電子ビームジャイロトロンを開発を協力して行ってきた。当センターでテラヘルツのブレイクスルーをパルス動作とCW動作の双方で達成したのを皮切りに，IAP-RASでもテラヘルツのブレイクスルーを達成し，センターとIPA-RASの共同研究により，ジャイロトロンの高周波化の課題で世界をリードする結果が得られた（平成20年度学術原著論文9など）。（詳細は本編4-1 研究活動と成果の概要1）ジャイロトロンの開発・高度化参照）さらに，液体ヘリウムフリーの超伝導マグネットを用いる実用的なテラヘルツジャイロトロンを開発に向けて，3次高調波ジャイロトロン用の電子銃を共同研究で設計するなど，共同研究が拡大している（平成25年度学術原著論文7）。

(4) 韓国科学技術院(KAIST)，韓国基礎科学研究院(KBSI)，トゥルク大学（フィンランド）

との共同研究による量子コンピュータの候補デバイス P-doped Si に関する基礎研究

希薄ドープ領域の P-doped Si を用いた磁気共鳴型固体量子コンピュータモデル実現の可能性を調べることを目的として，P-doped Si の強磁場電子スピン共鳴(HF-ESR)によるスピンドYNAMIXの研究を2度にわたる韓国(KAIST および KBSI)との二国間共同研究事業として行い，平成24年度からはさらにフィンランド・トゥルク大学との共同研究も開始した。主に，韓国は試料作成と基礎物性評価，センターでは極低温域までの ESR 測定および核磁気共鳴(NMR)と ESR との二重磁気共鳴測定，フィンランドでは希釈冷凍機を用いた ESR 測定を行った。動的核偏極(DNP)効果を含むスピンドYNAMIXに関する知見を得るとともに， $^{31}\text{P}$ の核スピンドYNAMIXを ESR 測定から間接的に測定した（平成22年度原著論文2など）。さらに，トゥルク大学，京都大学，兵庫医科大学と共同で，量子コンピュータ実現のための必須条件とされる 0.1 K 程度の超低温域での実験を行うために，希釈冷凍器を用いた二重磁気共鳴装置を開発している。（詳細は本編4-1 研究活動と成果の概要3）遠赤外領域の材料・物性研究参照）

(5) 海外から招聘した客員教員（客員教授または招聘教授）との共同研究

(5-1) 清華大学（台湾）から招聘した Chang 教授との「周波数連続可変ジャイロトロン (Gyro-BWO) の開発研究」

空洞共振器内の後進波成分と電子ビームの相互作用を用いた周波数連続可変ジャイロトロン(Gyro-BWO)の開発研究を行った。周波数 130 GHz 帯で周波数可変幅 5 GHz (Gyrotron FU CW IV)（平成21年度学術原著論文3），周波数 395 GHz 帯で周波数可変幅 1.5 GHz (Gyrotron FU CW VI)，出力 10 W 以上を達成した（平成22年度学術原著論文3,9）。また，

共同の理論研究も行っている(平成 22 年度学術原著論文 3)。さらに、200 GHz 帯で周波数可変幅 3GHz, 出力 kW 級の Gyro-BWO の実現を目指して、ジャイロトロン管の設計を完了している。

(5-2) ニジノブゴロド州立大学(ロシア)から招聘した Manuilov 教授との「ジャイロトロン用電子銃の最適化の研究」

ニジノブゴロド州立大学(ロシア)の Manuilov 教授との共同研究として、高出力 2 次高調波ジャイロトロンのための電子銃を設計・製作し、2 次高調波での単独動作で 50 kW を超える高出力化に成功した(平成 21 年度学術原著論文 1, 平成 20 年度学術原著論文 10 など)。この成果を基盤として、100 kW に至るさらなる高出力化の研究へと発展している(平成 24 年度学術原著論文 3, 平成 23 年度学術原著論文 6 など)。また、周波数連続可変性をもつジャイロトロンや高出力短パルス発振ジャイロトロンのための電子銃の最適化研究を行った(平成 22 年度学術原著論文 11, 平成 20 年度学術原著論文 8)。さらに、IAP-RAS も含めた共同研究により、3 次高調波を用いた CW 動作の 1 THz ジャイロトロンのための電子銃設計を行った(平成 25 年度学術原著論文 7)。

(5-3) ラトビア大学固体物理研究所から招聘した Dumbrajs 教授との「ジャイロトロン内の諸物理現象に関する共同研究」

当センターで開発した Gyrotron FU Series 及び Gyrotron FU CW Series に含まれるジャイロトロンで観測される諸物理現象について、同教授の解析結果と実験結果の対比を基本とする共同研究を実施し、周波数の高速切り替え・周波数変調・ジャイロトロンにおける履歴現象・周波数の連続可変機構の研究等を行った(平成 24 年度学術原著論文 15, 17, 平成 22 年度学術原著論文 15, 平成 21 年度学術原著論文 4, 平成 19 年度学術原著論文 10 など)。

(5-4) ブルガリア科学アカデミー電子工学研究所 (IE-BAS) から招聘した Sabchevski 教授との「高調波ジャイロトロンの開発とテラヘルツ技術への応用展開に関する研究」

ジャイロトロン共振器における周波数可変性やモード競合のシミュレーションに関する研究(平成 20 年度学術原著論文 7, 平成 19 年度学術原著論文 7), および、ジャイロトロンを応用展開する上で重要なジャイロトロンコンパクト化設計、ポジトロニウム計測のためのジャイロトロンとともに計測系の設計等で成果を得た。これらは当センターで開発した高調波ジャイロトロンの高出力テラヘルツ技術の応用展開の基盤となるものであり、その後の多くの成果に結びついた(平成 24 年度学術原著論文 2, 9, 16, 20, 21, 平成 23 年度学術原著論文 1, 平成 22 年度学術原著論文 20 など)。また、この応用展開についてレビューし、論文とし

て公表した（平成 24 年度学術原著論文 5, 平成 20 年度学術原著論文 7 など）。（詳細は本編 4-1 研究活動と成果の概要 1）ジャイロトロンの開発・高度化 および 2）ジャイロトロン  
の応用展開 参照）

(5-5) ニジニノブゴロド州立大学（ロシア）から招聘した Bakunov 教授との「非線形光学  
効果を用いた高出力テラヘルツ電磁波放射の理論的研究」

同教授との共同研究として、非線形光学結晶の一種である GaP からのテラヘルツ波放射  
について理論的な検討を行い、その成果を論文として公表した（平成 21 年度学術原著論文  
12）。また半導体表面をフェムト秒レーザー励起した際に放射されるテラヘルツ波の増強法  
について理論的な検討を行い、その成果を論文として公表した（平成 22 年度学術原著論文  
13 および 17）。テラヘルツ波放射のみではなく検出法として、チェレンコフ位相整合を利用  
した高効率なテラヘルツ波検出のための電気光学（EO）サンプリング技術を開発し、論  
文として公表した（平成 23 年度学術原著論文 3）。さらに従来の EO サンプリングでは波長  
板などの偏光制御素子を必要としていたが、偏光素子を用いないヘテロダイン EO サンプリ  
ング技術も開発した（平成 25 年度学術原著論文 14）。

(5-6) 国立フィリピン大学物理学研究所（フィリピン）から招聘した Salvador 教授、  
Estacio 准教授、およびデ・ラ・サール大学理学部（フィリピン）の Santos 准教授と  
の「半導体からのテラヘルツ電磁波放射の研究」

同教授らとの共同研究として、In<sub>0</sub> をバンドギャップ以下の光子エネルギーを持つフェム  
ト秒レーザーで励起して得られる特異的なテラヘルツ波放射についての研究を行い、その  
成果を論文として公表した（平成 23 年度学術原著論文 8）。また、GaAs 薄膜等の種々の試  
料に対して、高強度のテラヘルツ放射を観測した成果を論文として公表した（平成 25 年度  
学術原著論文 2, 平成 24 年度学術原著論文 19, 25）。なお国立フィリピン大学物理学研究  
所とは部局間の学術交流を締結しており、当センター所属の大学院生 2 名を 2013 年 10 月  
に約 3 週間短期留学させた。また 2014 年 3 月に同研究所所属の大学院生 2 名を約 3 週間、  
短期留学生として当センターに受け入れる予定である。Santos 准教授の属するデ・ラ・サ  
ール大学理学部とは H25 年度内に部局間の共同研究覚書を締結する見込みである。また  
Santos 准教授との銀-錫酸化膜評価についての共著論文が年度内に海外学術誌（Coatings）  
に掲載される予定である。

(5-7) 国立研究評議会神経生物学分子医学研究所（Institute of Neurobiology and  
Molecular Medicine, Italian National Research Council）（イタリア）から招聘し

た Alfonsina Ramundo-Orlando 研究員との「テラヘルツ時間領域分光法によるタンパク質 2 量体とその構造変化の研究」

同研究員との共同研究として、テラヘルツ時間領域分光法によるタンパク質 2 量体である AA0 (Ascorbic Acid Oxidase) の水溶液状態でのテラヘルツ時間領域分光を行い、その成果を国際会議で公表した (平成 22 年度国際会議論文 35)。

(5-8) 台湾国立清華大学から招聘した Pan 教授および台湾国立交通大学から招聘した Chao 教授との「液晶のテラヘルツ分光研究」

同教授らとの共同研究として液晶の一種である E7 のテラヘルツ帯での複素屈折率測定をテラヘルツ時間領域分光法を用いて行い、その成果を論文で公表した (平成 22 年度学術原著論文 14)。

(5-9) ハルオレオ大学から招聘した Aripin 教授との「高出力遠赤外光を用いた材料・物性の研究」

インドネシアで多く生産されているサゴヤシの廃棄物から取り出されたシリカキセロゲルを電磁波で熱処理することによりシリカガラスセラミックスを得ることができた。また、電磁波加熱法を用いることにより通常の熱処理温度より 200°C 程度低温で可能であることがわかった。(平成 24 年度学術原著論文 16, 21, 平成 23 年度学術原著論文 1 など) (詳細は本編 4-1 研究活動と成果の概要 3) 遠赤外領域の材料・物性研究 参照)

(5-10) ウクライナ国立科学アカデミー電波物理電子工学研究所から招聘した Kuleshov 教授との「周波数可変サブテラヘルツ光源の開発」

PID 制御による連続動作ジャイロトロン of 長時間に亘る出力安定化に成功し、DNP-NMR 等のテラヘルツ分光の長時間実験に有効な光源を実現した (平成 25 年度原著論文 4)。(詳細は本編 4-1 研究活動と成果の概要 1) ジャイロトロン of 開発・高度化 参照)

(5-11) メリーランド大学電子工学応用物理学研究所から招聘した Nusinovich 教授との「ジャイロトロン of 開発・応用の研究」

ジャイロトロン of 応用の理論的研究として、放射性物質の遠隔探査に関する共同研究を行い、論文に公表した (平成 25 年度原著論文 1)。

(5-12) ロシア科学アカデミー固体物理学研究所から招聘した Misochko 教授との「テラヘルツ帯におけるコヒーレントフォノン振動の研究」

同教授を客員教授 III 種（現在の外国人招聘教授）として 2011 年 1 月～3 月に招聘し、テラヘルツ帯におけるコヒーレントフォノン振動について共同研究を実施した。

## 5-2 国際交流

### ・外国人教員及び外国人研究者等の招聘とその効果

国内外の大学，国立研究所，企業から多数の研究者を招いて，表 5-1 のとおり年 11～25 件のセミナー(FIR Center Seminar)を開催した。各講演の詳細は資料編「平成 18 年度から平成 25 年度の研究成果の公表の状況」の「セミナー・研究会等開催」に掲載している。センター教員が世話教員として，当該分野の第一線研究者を招聘して最新の研究結果やトピックスを紹介していただいている。セミナーを機に共同研究に発展するケースもあった。なお，外国人客員教員にも，研究トピックスやセンター教員との共同研究の成果を話していただいている。また，主として大学院学生のために，客員教授による長期にわたる特別講義が平成 18 年度に 1 件開催された。

外国人客員教員（客員教授または招聘教授）は，表 5-2 の通り年 4 名程度が各 3 ヶ月程度滞在する形で常時 1 名が滞在している。遠赤外領域に係わる先端研究者が継続的に来せし，集中的な共同研究活動を通して，センターの開発研究の推進に寄与している。各客員教員との共同研究の詳細は上述（平成 18 年度～平成 25 年度における主な国際共同研究の 5）の通りである。

その他に，外国人博士研究員が非常勤研究員，研究機関研究員，学術振興会研究員，特命助教等として，ほとんどの期間において 1 名以上滞在しており，センターの国際的な教育研究活動の推進に貢献している（表 5-3）。また，センターはこれらの研究活動を通して国際的な人材育成に貢献している。

表 5-1：FIR Center Seminar 開催回数，講演件数，うち外国人研究者による講演件数

年度(西暦)	FIR Center Seminar 開催回数 (講演件数)	うち外国人研究者による講演件数
平成 18(2006)年度	18 回(18 件)	12 件
平成 19(2007)年度	10 回(10 件)	6 件
平成 20(2008)年度	20 回(25 件)	8 件
平成 21(2009)年度	19 回(20 件)	15 件
平成 22(2010)年度	16 回(19 件)	10 件
平成 23(2011)年度	9 回(9 件)	6 件
平成 24(2012)年度	11 回(11 件)	10 件
平成 25(2013)年度 (26 年 3 月末現在)	15 回(15 件)	9 件

表 5-2：国外研究機関への派遣，外国人研究者の招聘（いずれものべ人数）。詳細は資料編「国際交流状況」の「センター関連教員・学生等の海外派遣・海外出張」および「海外からの研究者の招聘・訪問」。

年度(西暦)	海外に派遣 (括弧内：うち学生数)	海外からの受け入れ（客員教員を含む） (括弧内：うち学生数)	海外から招聘した客員教員
平成 18(2006)年度	10	10	4
平成 19(2007)年度	17	9	4
平成 20(2008)年度	13 (1)	12 (1)	3
平成 21(2009)年度	37 (3)	26 (3)	3
平成 22(2010)年度	22 (2)	9 (0)	4
平成 23(2011)年度	32 (3)	20 (1)	4
平成 24(2012)年度	20 (2)	12 (0)	4
平成 25(2013)年度 (予定を含む)	20 (4)	21 (1)	6

表 5-3：センターに採用された外国人博士研究員の人数（博士研究員は年度途中の着任，退職を含む）。詳細は資料編「遠赤外領域開発研究センター組織」。

年度(西暦)	博士研究員	うち外国人
平成 18(2006)年度	4	1
平成 19(2007)年度	4	1
平成 20(2008)年度	3	1
平成 21(2009)年度	5	2
平成 22(2010)年度	5	3
平成 23(2011)年度	5	3
平成 24(2012)年度	5	3
平成 25(2013)年度	5	3

- ・ 国外研究機関への派遣（詳細は資料編「国際交流状況」の「センター関連教員・学生等の海外派遣・海外出張」および「海外からの研究者の招聘・訪問」）

これらの研究機関との共同研究を推進するため，また，海外研究調査のため，下表のように平均で年 21 名の研究者を本センターから海外に派遣し，海外から平均で年 15 名の研究者を本センターへ招聘した（表 5-2）。これらの国際会議への参加，国際共同研究の推進を通じて，国際的な学会コミュニティーへ貢献するとともに，国際交流が積極的に行われている。

- ・ 国際ワークショップの開催（詳細は資料編「国際交流状況」の「国際ワークショップ・国際シンポジウムの開催」）

平成 11 年度に，センター設立を記念して，国際ワークショップ International Workshop on

Far Infrared Technology (IW-FIRT) を開催し、3年後の平成14年には第2回ワークショップを福井大学50周年記念事業の一環として開催して、遠赤外技術開発の現状と今後の展開についての議論を行った。以来、8年が経過し、この間にテラヘルツ技術の開発を含む遠赤外技術開発が長足の進展が達成された状況を踏まえて、平成22年3月に第3回の会議を、平成24年3月に第4回の会議を本センターにおいて開催した。両会議ともに、3日間の熱心な議論が展開され、遠赤外技術の現状と問題点を抽出し、今後の展開に有効な会議となった。平成26年3月には第5回の会議の開催を予定しており、さらなる進展が期待される。

その間、平成25年3月にはテラヘルツジャイロトロンの開発応用に関する国際シンポジウム International Symposium on Development of Terahertz Gyrotrons and Applications を、国際コンソーシアムの運営会議を兼ねる形で、本センターにおいて開催した。2日間にわたりジャイロトロンの開発と応用に関する現状と今後への期待が熱心に議論された。シンポジウムのサマリーにおいて、遠赤外ジャイロトロンの開発と様々な分野への応用による研究の発展の意義とこれからの方向性が議論された。また、センターを中心とする国際共同研究体制の重要性が確認され、今後、センターが世界的な拠点としての機能を一層強化することが求められた。

また、センターは、平成24年11月に国際シンポジウム「テラヘルツテクノロジーの最前線」(International Symposium on Frontiers in THz Technology (FTT 2012)) を日本学術振興会「テラヘルツ波科学技術と産業開拓 第182委員会」およびテラヘルツテクノロジーフォーラムと共催した。平成21年10月には、国際シンポジウム「テラヘルツ分光法の最先端Ⅲ ～テラヘルツ領域の次世代技術と高感度分光・計測への応用～」を日本分光学会テラヘルツ分光部会の主催、センターの後援として開催した。

### 5-3 学生の国際交流状況

- ・外国人留学生の受け入れ状況（資料編「学位（博士・修士）・卒業論文リスト」参照）

卒業研究学生として2名（平成22年度、24年度に各1名）を受け入れた。大学院工学研究科物質工学専攻博士課程学生として下記の1名を受け入れ、当該学生は平成25年度に博士号を取得した。

#### 学位取得 留学生

平成25年度 福井大学博士

氏名 I Nyoman Sudiana（インドネシア出身）

博士論文「Study of Millimeter and Sub-Millimeter Wave Sintering on High Purity Alumina Ceramic」(高純度アルミナセラミックスにおけるミリ波・サブミリ波焼結の研究)

- ・海外からの学生の受け入れ状況

表 5-2 のとおり、平成 18～25 年度の間、海外の研究機関に所属する学位取得前の学生が、のべ 6 名センターにおいて研究活動を行った。

- ・学生の海外派遣状況

表 5-2 のとおり、平成 18～25 年度の間、遠赤センターに所属している学生をのべ 15 名海外へ派遣した。

#### 5-4 国際貢献

2004(平成 16)年 6 月に、国際学術誌 *International Journal of Infrared and Millimeter Waves* の編集事務局(Editorial Office) を当センター内に設置し、遠赤外領域を含む赤外からミリ波領域の研究に従事する世界中の研究者へのサービスを行った。編集長(Editor in Chief) を当時のセンター長出原教授が、初代編集長である MIT の Button 教授から引き継ぎ、2004 年 9 月号(Volume 25, Number 9) から編集業務を行った。2009 年 1 月号(Volume 30, Number 1) から学術誌名を *Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz Waves* に変更した。2010(平成 22)年 12 月号(Volume 31, Number 12) までに、845 編の論文を採択・掲載した。また、新たな企画として、Review papers と最新のトピックを Special Issue として刊行することを Editorial Board Meeting に提案し決定した。編集事務局の業務を通して、赤外からミリ波及びテラヘルツ波領域における世界の研究活動のために貢献した。2010 年末をもって、約 6 年半続いた編集長の業務を終了し、Marlburg 大学(ドイツ)の Koch 教授にその任を引き継ぎ、編集事務局を閉じた。

また、平成 18 年度から 25 年度の間、当センターの教員が、国際会議の Vice chairman を 3 回、International board member を 6 回務め、国際会議開催のために貢献した。

## 6. 共同研究及び社会貢献

この項目ではセンターの研究活動の一環として行っている共同研究活動、およびセンター教員の社会貢献・学外教育活動について概括する。

### 6-1 共同研究の状況

本センターは、高出力遠赤外/テラヘルツ波技術の総合的開発研究を展開するため、国内外の大学や公的研究機関及び民間企業との共同研究を推進している。国際共同研究については、「5. 国際性（国際的活動、外国人教員、客員研究員、国際会議関連）」に関する資料で述べられているので、そちらを参照してほしい。ここではまず大学等公的研究機関との国内共同研究について述べる。

「資料編」の「共同研究一覧」に「大学や公的研究機関との共同研究」の一覧を示す。これらの研究は主にセンター教員個人（もしくは複数の教員）と他の公的機関の個人（もしくは複数の教員）によるサブグループによって実施されているものが多い。この場合、研究施設はセンターの施設を利用する場合、先方の研究施設を利用する場合、あるいはその両方を利用する場合があるが、その多くはセンターの施設を利用している。研究資金は科研費などの外部資金を獲得して行うもの、先方の研究機関の公募型研究プログラム（核融合科学研究所や大阪大学レーザーエネルギー学センターの共同研究など）に応募し研究資金を得ているものもあるが、萌芽的な共同研究は主として双方の研究機関の自己負担によるものが多い。後者のような「手弁当的」な共同研究は網羅するのが難しく、必ずしもそのすべてが資料編に示されているわけではない。

このことに留意しつつ内容を分析すると、公的研究機関との共同研究として、平成 18 年度には 6 件が実施され、平成 19 年度から平成 22 年度まで毎年 15 件前後の共同研究が実施されており、一教員が複数の共同研究を実施していることが分かる。平成 23 年度からは高出力遠赤外光源開発とその応用研究を中心とした研究コミュニティ形成と、センターの中核的研究拠点（COE）化を意図した公募型国内共同研究プログラムを開始している。従来の手弁当的な個人研究者間の共同研究は公募型共同研究課題の下地作りの役割を果たしていた。このため、個人研究者間の共同研究は公募型共同研究に取り込まれる傾向があるため、その件数は減る傾向にある。したがって、平成 23 年度以降の公的研究機関との共同研究は、先方の共同研究プログラムへ応募したもの、および萌芽的な共同研究が多い。民間との共同研究（「7. 研究費・研究設備」を参照）は、民間企業と共同研究契約を結び、企業が提供する研究資金により研究を実施するもので、契約により具体的な研究課題と期間が定められている。このため委託研究・開発の性格が強い。

ここで平成 23 年度から開始した公募型共同研究プログラムについて、その背景と目的を説明しておく。センターが行ってきた高出力遠赤外光源およびテラヘルツ波技術の研究は一定の成果を上げたが、その技術の応用のすそ野を拡げ、センターの研究活動を一層飛躍させるには、国内研究コミュニティの形成と、センターを中心とする研究拠点を形成することが重要である。センターがこのような問題意識を持っているときに、科学技術学術審議会学術分科会研究環境基盤部会では、国立大学の法人化後、各大学の論理によって共同研究拠点の維持・発展が左右される恐れがあることに危惧を持ち、新たに文部科学大臣による「共同利用・共同研究拠点」の指定制度を提言し、文部科学省が制度を整備した。センターは平成 21 年度認定に申請したが、不認定で

あった。その理由の1つとして、共同研究の実績不足が指摘された。そこでセンターは、これまでの個人間の共同研究ではなく、学内措置ではあるものの、エビデンスが残せる形態の公募型共同研究に取り組むこととした。学内で規則整備後、平成23年度より公募型国内共同研究を開始した。この実績は、平成25年度の「共同利用・共同研究拠点」認定申請において、エビデンスとして示した。残念ながら本申請も不認定であったが、文部科学省学術機関課でも、自助努力による共同研究体制を構築して年々その規模を拡大しているとして高く評価されている。

公募型共同研究は、センター外の教員も参加する共同研究委員会によって、公募・公募方針に基づく課題採択の審議と採否の決定・研究費配分額の決定がなされている。さらに、研究成果の評価も共同研究委員会によってなされている。共同研究経費はセンターの運営費から捻出されている。これによる運営費の不足分は、文部科学省の特別経費の一部を光熱費・事務職員の人件費等に充てることによって補われている。

平成23年度の開始時21件であった採択課題数は年々増加し、平成25度には32件（学外から26件）となっている。この共同研究には約30の機関から約80人の研究者が参画し、年間の延べとして約900人・日が参加している。実績作りのために開始した面もあったが、現在では、外部からアイデアと人を呼び込み、センターにとっては実質的研究拠点としての機能を高める役割を果たしている。福井大学にとっては、学内部局間の連携を促進し、福井大学の研究力を強化する機能をもたらしている。また、この共同研究は、高出力遠赤外光を応用する学術研究の発展に貢献している。さらに、共同研究に大学院学生や学部学生が参加することにより教育貢献も果たしている。

## 6-2 社会貢献・学外教育活動

センターの教員、研究員はアウトリーチ的な社会貢献や学外の教育活動にも積極的に参加している。活動の種類としては、一般市民向けの公開講座、施設公開、他大学での授業担当、学外の小中高生向けの講義や理科教室などがある。平成18年度～25年度までの活動履歴一覧を「資料編」の「社会貢献・学外教育活動一覧」に示す。平成18年度から平成25年度までの期間に公開講座が37件実施されている。これらは件数としては、顕著に多いわけではないが、理科教育に関する活動で学会から賞を授与され、社会貢献の評価を得た教員もいる（〔平成18年度から平成25年度の研究成果の公表の状況；受賞〕参照）。センター教員は、平成18年度から平成25年度までの期間に44件の兼業に従事し、学協会の幹事や世話人を多数引き受けており（資料編の「平成18年度から平成25年度の研究成果の公表の状況」の「兼業」一覧を参照）、これらの兼業を通じて、学術研究コミュニティに貢献している。

## 6-3 シンポジウム、研究発表会、公開講座等

学内外から研究者を招へいし（学外招へいの際には旅費を支給）、不定期ではあるがおおよそ月1回のペースで、「FIR Center セミナー」と称する公開セミナーを開催している。このセミナーは共同研究に発展したり、研究者交流を通じて、研究コミュニティ形成に役立っている。

FIR Center セミナーのようにセンターが主催して行う研究会のほか、センターが協賛あるいは後援して行うもの（センター教員が世話人となったもの、もしくは会場としてセンター施設を提供したものを指す）も年数回開催している。定期的に行っているものとしては量子ス

ピン系研究会や、学生の夏期研修を兼ねてセンター教員およびセンター協力教員が世話人となって毎年行っている「福井セミナー」（世話人代表 福井工業大学 桑島准教授）などがある。以上のセミナー、研究会等については資料編の「平成 18 年度から平成 25 年度の研究成果の公表の状況」、 「セミナー・研究会等開催」に一覧を記載した。

公開講座はセンターが主催して定期的に行っているものはないが、大学の一般公開や大学際の中なかでのイベントとして、あるいは大学からの依頼でセンター教員が講師となって開催している。これまでにセンターが主催し、あるいはセンター教員が講師となって開催した公開講座の一覧は、資料編の「社会貢献・学外教育活動一覧」に記載した。

センターが主催して開催した国際ワークショップおよびシンポジウムについては「5. 国際性（国際的活動，外国人教員，客員研究員，国際会議関連）」に記載したので、そちらを参照して欲しい。

#### **6-4 地域貢献**

学術研究を主なミッションとしている本センターでは、地域貢献を意図した活動を積極的に行っているわけではないが、先ほど述べた公開講座、地元の小中学高校生を対象とした理科教室などを通じて、地域社会、地域教育への貢献を適切なレベルで行っている。またセンター教員が役員（取締役または代表取締役）となって企業したベンチャー企業は 2 社（大学全体では 13 社）あり、これらの企業活動を通じて地域経済に小なりといえども貢献している。

## 7. 研究費・研究設備

### 7-1 研究費

文部科学省，日本学術振興会，科学技術振興機構から科学研究費補助金（26 課題）や受託研究費（26 課題）の競争的外部資金，二国間交流事業（3 課題）の国際共同研究資金を継続的に獲得した。また，民間との共同研究（8 件）の実施や，財団などからの奨学寄付金（32 件）により民間からの研究費を獲得した。学内からも，学内重点配分経費（36 件）を継続的に得た。また，文部科学省からの運営交付金に加えて，特別教育研究経費として，連携融合事業（平成 17 年度～19 年度），研究推進事業（平成 18 年度～21 年度）および特別経費（プロジェクト分）（平成 23 年度～25 年度）を得た。これらの獲得した研究費の詳細は「資料編」の「研究費一覧」に記載した。また運営費交付金の内訳は，資料編「研究費一覧」の最後に「研究経費のまとめー平成 18 年度-25 年度 年度別経費一覧の年度別経費一覧」として記載した。

平成 18 年度から 25 年度で，上記の資金を基に，高出力ジャイロトロン管，ジャイロトロン用超伝導マグネットシステム，ジャイロトロン駆動用電源装置，ジャイロトロン用電子銃などの高出力ジャイロトロンの研究を展開するための設備を導入するとともに，高出力 CW ジャイロトロンサブテラヘルツ波発生技術と時間領域テラヘルツ波技術との融合を目指してフェムト秒パルスレーザーシステムを導入した。超低温物性実験施設棟の改修と設備整備を行い，高圧ガス回収システムや回収用ヘリウムガス圧縮機を更新した。

### 7-2 研究設備の概要

センターは，遠赤外領域開発研究センター棟（6 階），および，極低温物性実験施設（3 階）に配置した施設からなる。

実験施設として，センター棟の 1 階にはテラヘルツ電磁波伝送実験用の電磁シールド室を，1～3 階にはテラヘルツジャイロトロン開発・応用のための実験室を，4～5 階にパルステラヘルツ ESR 測定，DNP-NMR 測定，ジャイロトロン焼結，および，テラヘルツ時間領域測定の実験室を配置している。極低温物性実験施設の 1 階には，ヘリウム液化システム，および，寒剤供給システムを配備している。極低温物性実験施設では，高感度の NMR 測定，テラヘルツ ESR 測定，超高分解能マイクロ波分光測定の実験室を配置している。

センター棟の 5 階と 6 階には，専任教員室，センター長室，客員教授室，非常勤研究員室，大学院生・学部学生の居室，遠赤センター事務室を配置し，また，極低温物性実験施設の 3 階には専任教員室を配置している。また，センター棟の 5 階と 6 階には，研究報告や会議に利用するコキウム室と図書室を配置している。

居室，実験施設，会議室が同一内または近接する施設内に配置させることで，センターに所属する教員や学生が，効率よく研究を遂行できる環境にある。

センターおよび極低温物性実験施設の主な研究設備の一覧を「資料編」の「研究設備一覧」表 7-1～7-3 に示す。

### 7-3 平成 18~25 年度における設備・施設の整備

以下に平成 18~25 年度に整備した主な研究設備，施設の用途とその導入効果について記述する。

#### 1) 平成 18 年度から 4 年継続の特別教育研究経費「テラヘルツ帯高出力光源 - ジャイロトロン」の開発による研究推進」により整備した設備

平成 18 年度

##### ○ ジャイロトロン用 20 T 超伝導マグネット

最高磁場強度 20 T

<導入効果> ジャイロトロンの高周波化の研究を促進し，1 THz のブレイクスルーを達成した FU CW III ジャイロトロンの開発のために使用した。新たな世界記録 1050 GHz を CW モードで達成した。

##### ○ デジタル・オシロスコープ

最大サンプリングレート 20 GS/s，メモリー長 32 MW

<導入効果> 本設備により，数マイクロ秒のパルス幅で発振するジャイロトロンに対しても周波数の精密測定やスペクトル幅が可能になった。この結果，サブテラヘルツ帯に 2 次高調波発振で世界最高周波数を達成したジャイロトロンの周波数が精度よく計測され，モード同定に成功した。また，非線形モード競合の研究にも活用され，学術研究としての成果につながっている。

平成 19 年度

##### ○ 無冷媒超伝導マグネットシステム

最高磁場強度 15 T の液体ヘリウムフリーの超伝導マグネット

<導入効果> 600 MHz DNP-NMR 用ジャイロトロンとして基本波動作で 394.6 GHz を達成し，周波数連続可変により，DNP の最適周波数設定に貢献した。

##### ○ ジャイロトロン駆動用電源装置

最高電圧 30 kV，最高出力電流 0.5 A の高電圧 VW 電源

<導入効果> 高周波 CW ジャイロトロンの開発のための電源として使用した。

平成 20 年度

##### ○ 超伝導マグネットシステム

8テスラ超伝導マグネットシステム 3 台

<導入効果> 本マグネットシステムを用い，Gyrotron FU CW Series 及び高出力パルスジャイロトロンの開発を行った。高出力パルスジャイロトロンは 2 次高調波発振として世界最高出力に発生に成功した。この応用として，600 MHz DNP - NMR の研究，ブロッホ発振器の可能性追究実験，サブテラヘルツ帯 ESR エコーの研究へと展開している。

## ○ ジャイロトロン駆動用電源装置

高電圧直流電源 (最高出力電圧: 30 kV, 最高出力電流: 0.5 A)

<導入効果> Gyrotron FU CW IIA, Gyrotron FU CW GI 及び GII の開発に使用した。FU CW IIA はブロッホ発振器の可能性追究実験のために、FU CW GI はポジトロニウムの超微細構造の研究のために、FU CW GII は 600 MHz DNP-NMR の研究のための光源として応用されている。

平成 21 年度

## ○ 超伝導マグネットシステム

15テスラ超伝導マグネットシステム 1 台

<導入効果> 本マグネットシステムを用いて、基本波発振の 400 GHz 帯周波数可変ジャイロトロン FU CW VI を開発し、周波数の連続可変帯域 1.8 GHz を達成した。このジャイロトロンを 600 MHz DNP-NMR のための光源として応用して、NMR の感度を 60 倍向上することに成功した。NMR プローブをヘリウム温度にすることにより、600 倍の感度向上を達成する目途が得られた。

## ○ 交直両用高圧アンプリファイア

ジャイロトロン電子銃の陽極電圧高速制御用高電圧電源

<導入効果> 高出力テラヘルツ技術開発のため、Gyrotron FU CW IIA 及び FU CW VIIA の動作のために使用している。

## ○ ジャイロトロン用電子銃コレクター付

封じきりジャイロトロン管 2 台

<導入効果> Gyrotron FU CW II を基調として開発した封じ切りジャイロトロン FU CW IIB はハイパーサーミアによる癌治療の新技術開発のための光源として応用している。Gyrotron FU CW V を基調として開発した封じ切り型周波数連続可変ジャイロトロン FU CW IX はポジトロニウムの超微細構造研究のための光源及び他の量子ビームとの融合化による新技術開発への応用展開を予定している。

## 2) 平成 18 年度から\_\_年継続の JST 先端計測事業, 大阪大学 蛋白質研究所との共同研究

平成 18 年度

## ○ 10Tヘリウムフリー超伝導マグネットシステム

最高磁場強度 10T, 液体ヘリウムフリー

<導入効果> 130 GHz 帯で周波数可変(可変幅 4 GHz)ジャイロトロン FU CW IV を開発するためのマグネットとして使用, 200 MHz DNP-NMR 分光の感度向上 50 倍を超える成果を実現した。

平成 19 年度

## ○ 8Tヘリウムフリー超伝導マグネットシステム

最高磁場強度 8T のコンパクト超伝導マグネット

<導入効果> Compact Gyrotron FU CW CI 及び FU CW CII を開発, 全高 1.5 m, 床占有面積 3 平方メートルのコンパクト化を実現した, 周波数 0.4 THz (二時高調波)及び 0.2 THz (基本波), 対応する出力 0.5 kW 及び 0.1 kW を達成した。

3) 平成 21 年度補正予算, 教育研究高度化のための支援体制整備事業による整備分(重点研究としての大学からの支援経費)

○ フェムト秒パルスレーザーシステム

中心波長 : 780nm~820nm

繰返し周波数 : 1kHz (1kHz 以下で可変)

パルス幅 : 半値全幅で約 35fs (分散補償最適時)

出力 : 4mJ/pulse

波長変換装置 : 非線形光学素子により 240nm~2600nm の波長範囲に変換

<導入効果> 非線形テラヘルツ分光手法として開発したテラヘルツ帯時間領域コヒーレントラマン分光法の光源として使用し, 従来測定スペクトル帯域が約 5 THz であったが, 約 15 THz に拡張することができた。チェレンコフ位相整合を用いたテラヘルツ波発生と検出の光源として用い, それぞれ高効率化に成功した。

○ 高圧ガス回収システム

高圧容器 8 本 (500 L, 16.2Mpa)

8 本組 He カードル 一基

<導入効果> 本システムは, 本学の重点研究のひとつ「遠赤外領域開発・応用研究」に係るものであり, 超伝導磁石による強磁場利用や超低温実験研究に不可欠の液体ヘリウムの供給・回収システムが強化された。この強化によりヘリウムガスの貯蔵能力は 740 m<sup>3</sup> から 1,159 m<sup>3</sup> (老朽化設備の廃棄等を含む) に 1.6 倍増強され, 世界水準の高度な研究支援設備として整備できた。なお, 本システムはセンターのみならず文京地区全体の教育・研究を支援するものであり, 多数の研究者・学生が利用している。

4) 平成 22 年度補正予算による整備分

平成 23 年度から 3 年間継続の文部科学省特別経費事業プロジェクト分「高出力遠赤外領域研究の推進と国際研究拠点の充実—ジャイロトロン画期的振研究への応用—」に対する 23 年度分設備費が, 平成 22 年度補正予算の設備整備費補助金として先行措置された。これにより整備した設備は

○12 テスラ超伝導マグネット

○ジャイロトロン高度化用安定化電源

○高度化ジャイロトロン 3 台

である。

<導入効果> 12 テスラ超伝導マグネットの整備により, 0.3 THz 帯において基本波発振を用い

て 100 kW 以上の高出力ジャイロトロンを開発することが可能になった。ジャイロトロン高度化用安定化電源は、ジャイロトロン高度化の重要な課題である出力の安定化実現に用いられる。高度化ジャイロトロン 3 台は、0.3 THz 帯で 100 kW 以上の高出力を目指す「高出力パルスジャイロトロン」、幅広い応用分野においてジャイロトロンの適用性を高めるための「コンパクトジャイロトロン」およびガウスビーム出力、完全連続運転と出力の安定化を実現するための「モードコンバータ内蔵ジャイロトロン」から構成される。なお、「高出力パルスジャイロトロン」および「コンパクトジャイロトロン」においても、内蔵モードコンバータ開発の結果を取り入れることにより、モードコンバータを内蔵したガウスビーム出力型型としている。コンパクトジャイロトロンは既に様々な応用が期待されている。「高出力パルスジャイロトロン」と「モードコンバータ内蔵ジャイロトロン」は、3 年間の事業期間中、さらなる高度化研究を経て、最終形として完成する予定である。

#### 5) 超低温物性実験施設棟の改修と設備整備 (平成 21 年度) (大学からの支援経費)

昭和 46 年に建てられた超低温物性実験施設の耐震改修工事が認められ、また本工事にともない、液化量の増大に伴い大型化したヘリウム液化回収システムにより手狭になっていたヘリウム液化回収スペースや実験スペースの見直しがおこなわれた。なお、本工事期間に寒剤の供給を止めて教育研究に支障が出ることを避けるため、外部からの液体ヘリウム購入のための予算処置がおこなわれるなど、改修工事に関連する予算措置では福田学長および真弓研究担当副学長の支援を得た。

<導入効果> この工事により、高圧ガスの製造・貯蔵に関する防災上の強化がなされると共に、効率的な寒剤供給が可能となった。また、超電導磁石を地下に配置可能な電磁シールド室が整備され、高感度の NMR や ESR の実験の実施が可能となった。

#### 6) 平成 23 年度学長裁量経費(大学からの支援経費)

##### ○ 回収用ヘリウムガス圧縮機の更新

回収用ヘリウムガス圧縮機 GSSWL-43B 1 台

吐出圧力 14.7 Mpa

吐出容量は 25 Nm<sup>3</sup>/h

<更新効果> 更新以前の物は 1980 年に設置された後 30 年以上にわたって使用しているものである。このため保守用部品も製造中止となり、一旦故障すると修理不能になる。すなわち、本学文京地区の液体ヘリウム供給システムが破綻し、本学の超低温科学の教育・研究の継続にとって危険性を絶えず孕んでいた。本装置の更新により、本学の液体ヘリウムリサイクルシステムの安定性と継続性が確保され、寒剤を用いた強磁場利用や超低温実験研究などの高度な研究を推進できる体制が強化された。なお、旧装置の廃棄費用、および、高圧ガス製造施設としての変更許可申請・検査申請に係る費用は遠赤外領域開発研究センターが負担した。

#### 7) 平成 24 年度間接経費(大学からの支援経費)

##### ○ 10 T 超伝導マグネット

中心で最大 10 T の磁場強度

<導入効果> 10 テスラ超伝導マグネットの整備により、平成 22 年度に導入したジャイロトロン高度化用安定化電源と組み合わせて用いることで 0.265 THz 帯において基本波発振を用いた 1 kW 以上の高出力連続発振ジャイロトロンの運転が可能になった。

#### 8) 平成 24 年度補正予算高出力遠赤外ジャイロトロン

##### ○ 高出力 265GHz ジャイロトロン管

発振周波数 265 GHz, 出力 1.3 kW, ガウスビーム出力, 連続発振可

##### ○ 高圧電源装置 スペルマン ハイ・ボルテージ

加速電源部 0 ~ -20 kV 可変・最大電流 600 mA, フィラメント電源部 最大 10 Vdc  
・0 ~ 10 A 可変

##### ○ 小型高度化ジャイロトロン GIV 新日本無線(株) マイクロ波事業

発振周波数 395 GHz 周波数可変幅 1GHz 出力 50 W ガウスビーム出力

<導入効果> 平成 23 年度から継続の文部科学省特別経費事業プロジェクト「高出力遠赤外領域研究の推進と国際研究拠点の充実—ジャイロトロンの画期的振研究への応用—」において進めてきたジャイロトロン的高度化の成果が、高出力 265GHz ジャイロトロン管および小型高度化ジャイロトロン管として結実した。これらのジャイロトロンは高度化で目標としたサブテラヘルツ帯発振, 高出力発振, ガウスビーム出力, 周波数可変性, 小型化といった機能のうち, 複数の機能を同時に備えている。

高出力 265GHz ジャイロトロン管は、平成 24 年度間接経費で調達した 10 T 超伝導マグネットに挿入することで、ガウスビーム出力で、発振周波数 265 GHz の 1 kW を超える高出力を実現した。また、このジャイロトロンは、10 以上の異なる周波数でも高出力のガウスビームを出力できるという、これまでのジャイロトロンにない汎用性を持ち合わせており、今後、このジャイロトロンを用いた応用研究の適用範囲を広げることを期待できる。

小型高度化ジャイロトロンは、ガウスビームを出力し、395 GHz 帯で 1 GHz 以上の周波数の可変幅をもつ。この周波数帯にわたって出力は 50 W 以上あり、DNP-NMR 分光の光源として使用できる。高圧電源装置は、小型高度化ジャイロトロンの仕様を実現するのに十分な仕様を満たしており、その電源として用いられている。

##### ○ ESR 用コルゲイト HE11 円筒形導波管

中心周波数 140 GHz, 低温で使用可能

<導入効果>

154 GHz ジャイロトロンを光源とするパルス電子スピン共鳴装置開発において、低温・強磁場中にある試料に高純度ガウスビームを照射し ESR を行うことができる。このことにより、電磁波の偏光特性を利用した高度な分光システムの構築が可能となり、ESR エコー信号と励起パルスを効率的に分離することが可能となり、微弱な ESR エコー信号の観測が可能となる。

## 8. 大学の支援状況

### 予算的支援

センターの運営費（資料編の「研究費一覧」の「研究経費のまとめ」参照）より各年度のセンター共通経費、特殊装置維持費、教員研究費の和は図 8-1 に示すように推移している。センターの運営費としては効率化係数分の減額が行われているが、教員研究費には、指導学生数に応じた研究費が工学部より移算されている。

また経常費以外の非常勤給与とともに、設備整備、研究環境改善、国際交流等のために、大学からかなりの金額が配分されている。また、ここ 2～3 年は減っているが、平成 18 年度から数年間は、重点研究経費のうち、センターの研究に対してプロジェクト経費として、年額 350 万～250 万円 が配分されていた。低研の建物改修の時には、1,000 万円以上の支援があった。さらに、26 年度分はうまく行かなかったものの、評価期間中、22 年度を除いて、特別教育研究経費や特別経費の概算要求経費が通っていたということは、間接的ながら大学の支援、あるいは重点研究領域に位置付けられていた結果と言える。

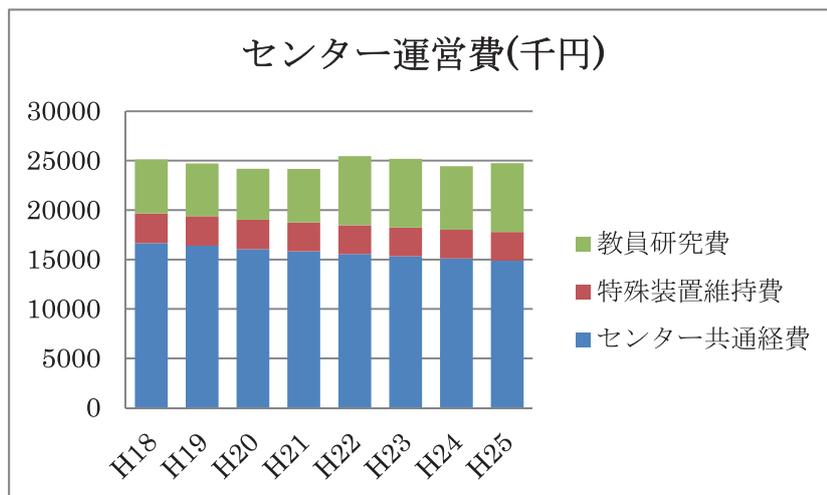


図 8-1 遠赤センターの運営のための大学からの配分額の年度別推移  
(センター共通経費+特殊装置維持費がいわゆる運営費としての配分、教育研究経費は、  
教員に配分される基盤的経費と学生の教育に伴って配分される経費の合計)

設備・施設の整備に関する主な予算的支援として前章の[7-3 平成 18~25 年度における設備・施設の整備]のうち以下のものが措置された。

- 3) 平成 21 年度補正予算，教育研究高度化のための支援体制整備事業による整備分
  - フェムト秒パルスレーザーシステム
  - 高圧ガス回収システム
- 5) 超低温物性実験施設棟の改修と設備整備(平成 21 年度)

- 6) 平成23年度学長裁量経費
  - 回収用ヘリウムガス圧縮機の更新
- 7) 平成24年度間接経費
  - 10 T 超伝導マグネット

このほかに、間接経費による、施設の環境整備(部屋の間仕切りや空調の改善等)の支援がおこなわれている。

学長裁量による学内重点配分経費は期間内に 36 件であり図 8-2 に各年度の経費の状態を示す。

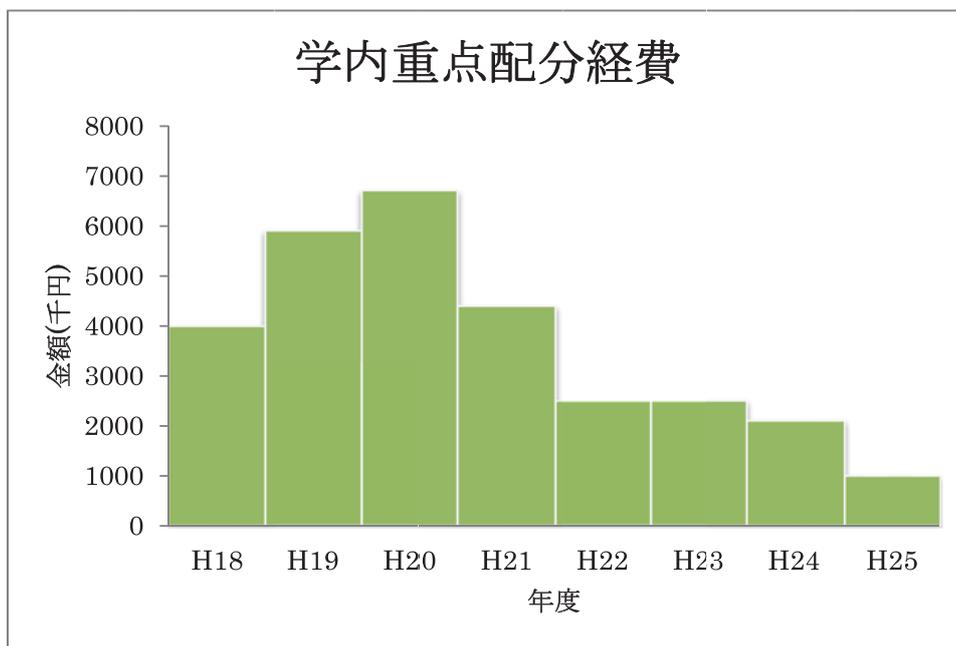


図 8-2 学内重点配分経費

### 人的支援

H18 年の遠赤外超低温物性研究部の設立にあたり、工学部物理工学科から助手ポスト 1 名、工学部附属超低温物性実験施設の助教授ポスト 1 名をセンターに移し、教授 1 名、准教授 1 名で運用している。また、定員削減は行われておらず、H18 年から専任教員 7 名を維持している。客員教授、研究機関研究員、研究支援推進員についても H18 年から同様の予算措置が行われている(資料編の「研究費一覧」の「研究経費のまとめ」参照)。

センター運営の事務的な支援は総合戦略部門研究推進課がおこなっている。

研究面での支援は工学部技術部より 4 名の技術職員の派遣を受け、研究開発および寒剤供給の支援にあたっている。

## 福井大学の重点研究領域への指定

第一期中期目標・中期計画，第二期中期目標・中期計画において福井大学の重点研究領域に位置づけられている。また H25 年度の工学分野におけるミッションの再定義において福井大学工学分野の重点研究分野 5 分野の一つとして遠赤外領域分野があげられている。

## 9. 将来展望

ここでは、将来展望を、センターの掲げている理念・目標にたいして、現在から5年先、10年先の達成レベルを設定すること、また、それらをどのように、どういう方策により実体化すべきかを示すことと位置づける。これには、理念・目標の実現に向けて望ましい組織のありようや変革の方向性も含む。

センターの基本目標は、高性能の高出力遠赤外光源の開発とその光源を応用する学術研究を飛躍・発展させ、新研究領域を創出することである。また、この分野の国内・国際両面の拠点機能を果たすことも重要な役割である。

以下に、この基本目標に向けて、センターのミッションとして組織的に取り組むことを示す。センター構成員は自身のミッションとしてセンターミッションに参画する。センター構成員は同時に、科研費等による個別の課題にも取り組むべきである。センターミッションと個別課題が有機的に組み合わせられて、成果が最大化する。

### 9-1 研究分野の展望

#### 1) 5年先を目指すセンターミッション

平成23年度から3年間継続した文部科学省特別経費事業「高出力遠赤外領域研究の推進と国際研究拠点の充実—ジャイロトロン画期的新研究への応用—」の成果を受け、平成27年度からの3年間の文部科学省特別経費事業として「高出力遠赤外領域研究の飛躍的展開と国際研究拠点機能の強化—高度化ジャイロトロンによる応用研究の先導—」の概算要求を進めている。

この事業の概要は、

「学内人材の融合により福井大学の強み・特色である遠赤外分野の研究機能強化と高度化遠赤外ジャイロトロン先導的研究応用により、高出力遠赤外光を用いる研究を牽引し、この分野の学術研究拡大と新研究領域の創成を目指す。同時に、国際的研究拠点機能も一層向上する。」

ことであり、取り組み内容として、

- 1) 高度化遠赤外ジャイロトロンをパルス電子スピン共鳴計測法や非線形分光法開発等の先導的計測法開発に適用し、ジャイロトロン高度化研究の成果を学術研究に活かすとともに、高出力遠赤外領域研究を牽引する。
- 2) 学内人材の融合により高出力遠赤外光の応用研究力を強化・活性化するとともに、国内外の主要研究機関との連携も強化し、福井大学の高出力遠赤外領域研究の国際的拠点機能を一層強化する。

3) 応用研究において一層高度なジャイロトロンが求められることに対応するため、先進ジャイロトロンの開発研究を進める。また、波長変換技術など、新規光源技術を開発する。

を掲げている。

以下に、さらに詳しい年度別取り組みを示す。

「平成27年度」

1) ジャイロトロン高度化の成果を活かし、高出力遠赤外領域における先導的研究を行う。(～平成29年度)

具体的には、

①パルス電子スピン共鳴計測法の開発を開始する。

②テラヘルツ波科学との融合による非線形分光法開発のための装置設計を行う。

2) 高度化ジャイロトロン応用に必要な遠赤外光の伝送系を整備する。

3) 先進ジャイロトロン開発のための準備研究を行う。ここで、国際コンソーシアム・学術交流協定・共同研究覚書締結機関等との国際共同研究体制を活用する。

4) 学内各分野の人材融合による高出力遠赤外光応用研究を拡大するとともに、国内研究機関との共同研究を推進する。

5) 国際コンソーシアムを強化して、本事業を国際連携で進める基礎固めを行う。

6) 若手研究者育成プログラムを開始する。(～平成29年度)

「平成28年度」

1) 非線形分光法に最適化した先進ジャイロトロンの開発研究を進める。(～平成29年度)

2) 波長変換素子を含め、非線形分光装置の開発に着手する。

3) 開発したパルス電子スピン共鳴装置を有効に用いて高出力遠赤外領域研究を先導する。(～平成29年度)

4) 既設高度化ジャイロトロンを整備し、応用課題への適用を進める。

5) 関連コミュニティによるネットワークを強化し、高出力遠赤外領域の国内共同研究を拡大する。(～平成29年度)

6) 高出力遠赤外領域の国際ワークショップを開催し、本事業を世界に発信するとともに、福井大学の国際研究拠点機能の強化を図る。

「平成29年度」

1) パルス電子スピン共鳴装置に加え、非線形分光装置も有効に用いて、高出力遠赤外領域の先導研究を推進する。

2) 既設高度化ジャイロトロンを幅広い応用研究に適用し、先導研究とも合わせて高出力遠赤外領域における新研究を切り開く。

- 3) 引き続き先進ジャイロトロンの開発を進め、高出力遠赤外光応用研究の高度化に対応する。
- 4) 高出力遠赤外領域の国際共同研究を推進し、センターの国際的拠点機能を強化する。
- 5) 本事業の成果に対して国際的外部評価を実施し、次のフェーズへの展開戦略を明確にする。

本事業が採択されれば、4年後の29年度が終了年度であるが、引き続き1年間で事業による成果をより拡大・実質化することを考えれば、この取り組みがこれから5年間のセンターミッションである。

ただし、平成27年度からの特別経費事業は概算要求中であり、事業予算が確定的に裏付けられているわけではない。

## 2) 10年先に目指すこと

引き続き5年間を加えて10年後に目指す到達度を具体的に示すのは難しい。しかし、先導的応用研究が、高出力遠赤外領域における学術研究・応用研究が飛躍する突破口となるべく、これからの5年間で最大限の努力が必要である。パルス ESR 計測などの先導的計測法に基づく学術研究に基盤を形成することにより、高出力遠赤外光を用いる新しい学術研究領域の創成に貢献しなければならない。非線形分光法に代表されるジャイロトロンとテラヘルツ波科学の融合を実現出来るのも、センターのみである。このことにより、センターは、高出力遠赤外光源の開発・応用において、国内・国際両面の拠点を形成することを目指すべきである。

## 3) 学内連携の構築・強化

センターには兼任教員による協力研究部門が設置されている。今後は、学内協力・連携を一層強化・実質化する。さらに、医学部教員の協力研究部門への参加も進める。

全学が学内連携先ではあるが、センターは工学研究科との家計が最も密接である。さらに、本学工学分野のミッション再定義において、高出力遠赤外光を用いる研究領域は、工学分野の研究における主要5分野の1つに指定されている。よって、工学研究科との連携が最も重要である。センター発足の経緯と卒業研究生及び大学院生の配属物理もあり、工学専攻及び電気・電子工学専攻とは、連携体制にある。今後、この連携をさらに強化・拡大することが必要であるが、工学部・工学研究科自身の再編が見込まれる。福井大学全体の改革に合わせて学内連携を構想しなければならない。

## 4) センターの改革・人事

### 4-1) 部門構成の見直し

センターミッションの遂行にはセンターの改革が並行すべきであろう。ミッション遂行、課題達成を担うのは構成員1人1人であるから、構成員の意欲・能力が高ければ、体制は本質的な問題ではないかも知れない。特に、センターのような少人数組織では、構成員の意欲・能力の要素が大きい。しかし、ミッションや課題達成に対して適切な体制が構築されれば、得られる成果もより大きいだろう。この意味で必要なセンターの改革として、研究部門構成の見直しがある

現在は、4基幹研究部門として、遠赤外基礎技術部門、遠赤外応用技術部門、遠赤外新技術部門および遠赤外超低温物性研究部門がある。これでは、各部門の中身が見えない。遠赤外ジャイロトロンの開発高度化を進める部門と先導的計測技術開発を進める部門に再編することが考えられる。現在でも、課題毎に部門を超えたグループが構成されているが、部門再編により、これからのミッション達成をよりスムーズにすると期待できる。

当面考えられることは、遠赤外基礎技術部門と遠赤外新技術部門を統合して、遠赤外ジャイロトロンの開発研究を行う部門を明確にすることである。また、ジャイロトロン以外の高出力遠赤外光源開発も視野に入れるべきである。遠赤外応用技術部門と遠赤外超低温物性研究部門はそれぞれ、テラヘルツ波科学研究と磁気共鳴による物性研究を進める。

また、兼任教員の見直し、医学部との協力体制構築も重要課題である。これは学内連携強化の面からも進める必要がある。

#### 4-2) 人事のありかた

センター専任教員は7名と少ないため、構成員が固定すると、年々年齢が上昇してゆく。また、任期の設定された助教ポストが無いため、若手研究者の確保が困難である。センターミッション達成には、学内部局としてのセンター組織自体の存続は不可欠であるが、構成員の流動性も必要である。センターの独自性を保ちつつ、構成員の流動性実現に取り組みなければならない。特に、若手人材の確保は極めて重要である。

#### 5) 研究資金・研究設備に関して

センター予算では、いわゆる運営費、非常勤職員の給与費、外部資金に応じた間接経費が大学から配分される。他に、文部科学省の特別経費及び補正予算等による設備整備補助金と科研費に代表される外部資金がある。

運営費は毎年1%強の割合で減額され、センターの運営が圧迫されている。現状では、非常勤職員給与費の減額はないが、今後も保証されるとは限らない。特別経費・設備整備補助金はセンターの研究遂行に極めて重要な役割を果たした。しかし、文部科学省予算としての特別経費枠は圧縮されている。27年度概算要求の採択に全力を挙げることが極めて重要である。この状況から、外部資金の獲得にも最大限の努力が必要である。

センターには専用の建物がある。しかし、実験室には限りがあるから、研究プロジェクトの進捗に応じて、実験スペースの見直し・再配置による有効活用が必要である。また、

工学部附属超低温物性実験施設（低研）との機能的統合により、センターが低研等の管理責任を持っている。低研棟内実験室の有効活用も重要である。

## 9-2 センターの拠点化に対して

### ・国内拠点化への取り組み

拠点化には2つの方策がある。1つは、文部科学大臣に指定する共同利用・共同研究拠点認定されることである。共同研究を今後どのようにしたいのか、公募型の体制をとり続けるのか、実質的に共同研究が出来ればいいのか。センターはこれまで2回認定申請をしたが、いずれも不認定であった。共同研究の実績不足や研究の方向性が不明確であるなどの不認定理由が示されているが、センター専任教員数、事務的支援体制、技術職員の配置状況等の不足も非常に大きい理由であったと推測される。特に、専任教員数不足は致命的である。今後、専任教員が強化されないと、再申請の機会があっても認定され見込みは小さいと思われる。

そのため、センターは実質的な拠点化を目指すことがよいと思われる。すでに公募型共同研究を開始している。これは、共同利用・共同研究拠点認定に向けての実績作りの面もあったが、現在はセンターの拠点化に貢献している。

### ・国際拠点化への取り組み

また、多数の海外研究機関との学術交流協定・共同研究覚書の締結、国際コンソーシアム等により、国際的な拠点形成も進んでいる。今後も強化と実質化が必要である。その方向に1つがアジア諸国との連携強である。過去数年会で、インドネシア、フィリピン、韓国の大学や研究機関と学術交流協定を締結した。27年度概算要求事業においても、若手研究者育成プログラムの創設を挙げている。主として学術交流協定締結機関との間で、その機関の学生・若手研究者と福井大学の学生・若手研究者との双方向的な交流を進める。

海外の著名研究者を招聘する招聘教授は、センターの研究強化に極めて大きく貢献している。また、センターの国際拠点としての実質化にも貢献している。これからも存続できるように最大限努力する必要がある。

国際コンソーシアムについては、構成機関の見直し・再編も含めて、実質化を進める必要がある。

## 10. 前回の外部評価で指摘された点への対応

前回の外部評価で指摘された点(下線の部分)についてのセンターとしての対応について、以下に概要をまとめる。

- 1) センターの目的(または mission)を達成するために人的資源が不足している。
- 2) 協力教員の数が増える方向で大学の将来計画が立てられるべきである。

1) 及び 2) は、ほぼ共通の指摘点である。

センターの目的を達成するため、新たに「遠赤外超低温物性研究部門」を加えることにより、基幹部門を 3 部門から 4 部門に増強した。これによって、専任教員は 5 名から 7 名に増員された。ただし、基幹研究部門 3 が教授 1 名のままである。また、福井大学の制度を活用し、非常勤であるが、特任教授 1 名・特命助教 1 名も雇用している。また、特任教授は国際連携研究部門に配置されている。協力研究部門は、学内共同研究を進めるなど、実質化を図っている。このように、センターの人的資源を最大限に活用する方策を講じ、センターの研究組織を整備した。

- 3) センター人事委員会は、センターの活動を高める立場で研究者の人事を行う体制を築くべきである。

基幹研究部門 1 及び 2 の教授が定年退職し、基幹研究部門 2 の助教授が転出したのを期に、ジャイロデバイス開発分野およびテラヘルツ分光分野の研究者を採用し、センター専任教員の研究分野を遠赤外・テラヘルツ科学分野に集中する体制を整備した。センターは独立の人事委員会により、センターの活動を高めることを優先する立場で人事を行っている。ただし、教育面において、物理工学専攻および電気・電子工学専攻と相談する取り決めは残っている。

- 4) センターの研究内容の充実を担保する、外部資金獲得のレベルアップが望まれる。

当センターは、外部資金獲得のための最大限の努力を行っている。資料編の「研究費一覧」に示すように、運営費交付金によるプロジェクト研究予算の配分、科研費採択数の増加に加えて、JST からの「先端計測分析技術・機器開発事業によるプロジェクト 2 件の採択 (内 1 件は参画機関として) により、「ジャイロトロンの開発及び応用」及び「テラヘルツ分光技術開発」の分野の研究に画期的な進展がもたらされた。

- 5) 最先端の研究活動がなされているセンターにしては、博士課程の学生が少ない。

センターとしては、工学研究科博士後期課程物質工学専攻の学生を受け入れているが、特に最近では、同専攻に入学を希望する学生は減少し、いわば母数が減少する中、センターへ所属する学生の確保は困難な状況になっている。これはセンターだけではなく福井大学全体の問題でもある。外国人学生のセンターへの所属に努めた結果、外部評価実施後、若干名の学生の受け入れが実現している。

- 6) 研究活動に関する評価(省略): 研究課題ごとに詳細な評価がなされている。添付した資料「前回の外部評価で指摘された点」をご覧ください。

省略。研究成果の項を参照のこと。

- 7) 国際交流, 国際貢献, 地域貢献, 国内交流, 民間企業との協力:地場産業との結びつきが深まればもっと有意義であると考えられる。

磁場産業との結びつきとして、センター発ベンチャー企業 2 社(株式会社ジャイロテック及び株式会社アイスペック・インスツルメンツ)が福井県の中堅企業と連携している。株式会社ジャイロテックは、地場企業の研究開発センターの一角(約 100 m<sup>2</sup>)を当センターの分室として無料で借用し、コンパクトジャイロトロンの開発のためのスペースとして使用し、センターの研究スペースを補完している。

- 8) 将来構想(四年間)について: 「ミリ波・サブミリ波 ESR および強磁場磁性研究」では、7 件の計画いずれもすばらしい。しかしながら、現在の人員配置でこれだけのことを 4 年間でこなすのは非常に困難ではないかと危惧する。「THz タイムドメイン分光および生物学・医学への応用」においては、装置そのものはある程度完成されたものであり、当センターが寄与できる部分はほとんど無い。したがってその応用が重要になるが、分光および生物学・医学への応用はすでに多くの研究機関で当センターよりももっと大々的にやっており、それらに打ち勝つような研究を行うためには多人数の優秀な専門家の確保が必要である。これだけのことを 4 年間でこなすのは非常に困難ではないか。

3) の対応で述べたように、基幹部門 2 の教授及び助教授が退職・転出したのを機に、テラヘルツ波科学分野の第一線で活躍する研究者を 2 名採用し、この研究分野の強化を図った。現在は、THz-TDS の手法の他、新しいテラヘルツ波の発生・検出法の開発、応用研究を進めている。今後、ジャイロトロンの高出力テラヘルツ光と組み合わせた非線

形テラヘルツ分光など、本センターでのみ実施可能な新しい計測法の開発を進める計画である。また、高出力テラヘルツ光ビームと中性子ビームを融合化することによる新医療技術の開発研究を行う企画もある。

- 9) 長期将来計画評価:世界における遠赤外領域研究の中心として、総合的に、装置開発とその応用を大々的に発展させるためには、きちんとしたビジョンが必要である。センター長を国際公募にするなど、斬新な発想であり、高く評価できる。また新センターにおける国際共同利用装置に関してもリーズナブルであると理解できる。超低温物性実験施設との将来的な組織再編成によりセンターの機能充実に努める構想は是非実現すべきものである。専任教官として外国人研究者の採用が望ましい。センターの人事委員会の構成員として外部委員を委託し、より幅広い視点から人事構想に有益な助言等を頂くことが望ましいことである。

世界における遠赤外領域研究の中心として、総合的に、装置開発とその応用を大々的に発展させるためには、きちんとしたビジョンが必要である。

平成 18 年度以降、サブテラヘルツからテラヘルツに至るジャイロトロンとして、連続発振管の開発から応用に向けた高度化研究を進めてきた。また、新たにテラヘルツ波科学研究分野を整備した。超低温物性研究施設との統合は実現し、遠赤外光を応用する物性研究部門が整備された。センターでは高出力をキーワードとして研究を進めており、高出力遠赤外光・テラヘルツ波光源開発と応用展開が可能な国内唯一の拠点を目指してきた。実際、公募型国内共同研究の開始、共同研究にも活用できる設備の整備、共同研究による学術研究の推進等を進めてきた。この国内拠点性が国際研究拠点としての基盤である。運営費交付金によるプロジェクト研究においても、国際拠点機能の充実を柱に据え、予算面でも常に国際化を意識してきた。

直接的な国際拠点機能の強化として、平成 18 年度以降、学術交流協定 4 件・共同研究覚書 2 件を締結している。客員部門の一つは、海外からの研究者を年間 4 名招聘し、センターの国際化を目的としている。招聘教授は、ジャイロトロンの開発・応用、テラヘルツ分光、新素材開発研究の国際化に重要な役割を果たしている。また、平成 23 年度以降隔年で開催している国際ワークショップ IW-FIRT および平成 24 年度に開催した国際コンソーシアム強化のための国際シンポジウムが、センターの国際性を強化している。これらは運営費交付金により実施した。

センター長の国際公募は実現していない。これは、センターの国際共同研究センターへの改組が実現していないことにもよるが、法人化後の国立大学を取り巻く環境の

激変にあつて、部局の運営には執行部と日本語で十分な意思疎通の出来るセンター長が必要であつたと思われる。この状況は当分は変わらないだろう。外国人専任教員の採用はセンターの国際化には望ましいが、専任教員の定員が限られているため、これも実現していない。この実現には、大学の特別な支援が必要であらう。

平成 18 年度以降、3 件の専任教員採用人事が行われた。これらは福井大学の教員採用に関する規程等、及びセンターの専任教員採用に関する取り決めの枠内で行うため、センター人事委員会の構成員として外部委員への委託は出来なかつた。現在、センターの教員人事は、福井大学職員人事規程に基づき、学長が委員長を務める福井大学の人事委員会が決める「学内共同教育研究施設棟の教員人事に関する取り扱いについて」、に基づきセンター運営委員会の選考を経て学長が選考する。センター運営委員会はセンター人事委員会を設置し、センター長がセンター人事委員会内に設置する教員選考委員会が、センター人事委員会が決定した方針に基づき、候補者の選定及び適格審査を行うという手順になっており、各階層の委員会において外部委員への委託が出来る規程とはなっていない。外部委員への委託は、その是非の検討の後、外部委員への委託手順の整備が必要である。

平成18年度～平成25年度

## 外部評価報告書

発行年月：平成 26 年(2014 年) 9 月

発行者：福井大学遠赤外領域開発研究センター

福井市文京3-9-1

TEL：0776-27-8680, 8657

FAX：0776-27-8770

印刷・製本：株式会社エクシート