

KEK Progress Report 2011-8  
March 2012  
A/H/M/R/D

KEK  
技術職員報告集  
(2009[H21], 2010[H22]年度)

高エネルギー加速器研究機構

技術部門連絡会議



High Energy Accelerator Research Organization

© **High Energy Accelerator Research Organization (KEK), 2012**

KEK Reports are available from:

High Energy Accelerator Research Organization (KEK)  
1-1 Oho, Tsukuba-shi  
Ibaraki-ken, 305-0801  
JAPAN

Phone: +81-29-864-5137

Fax: +81-29-864-4604

E-mail: [irdpub@mail.kek.jp](mailto:irdpub@mail.kek.jp)

Internet: <http://www.kek.jp>

K E K

# 技術職員報告集

(2009[H21], 2010[H22]年度)

高エネルギー加速器研究機構

技術部門連絡会議



はじめに

技術部門連絡会議  
技術調整役 寺島 昭男

3.11 東日本大震災では、幸いにして人的被害は無かったものの、つくばキャンパス、東海キャンパスともに甚大な被害を受けました。平成 23 年度は、この震災からのスタートとなり、厳しい電力事情の中での復興を最優先課題として取り組んできました。

その結果、年内に放射光科学研究施設での運転再開、年明けには J-PARC でのビーム運転実施を行うまでになっています。あらためて関係各方面の励ましと、ご支援に感謝いたします。他機関から、驚きの声が聞こえるほどの短期間での復旧に、技術職員の大きな貢献があったものと思います。

技術職員の役割は、機構が推進する原子核・素粒子研究、物質・生命科学の研究に基盤となる技術を提供することにあります。また、技術部門は研究部門と一体となって運営されていることから、研究所・施設の運営にも責任ある役割を果たす必要があります。

さらに公的資金で運営される機関の職員であれば、社会的な責任として自ら積み重ねた技術の積極的な発信、成果の公表も求められるところであろうと考えます。このような技術職員の諸々の活動を網羅して記録するため、「技術職員報告集」が隔年で出版されるようになりました。今回は学会等での成果報告の状況や、技術指導・技術移転、他機関との技術協力の実施状況等、機構外での活動についての調査も実施しています。

技術部門、技術職員自らの現在位置を確認するとともに、将来への指針とするためにも、日常的にこの冊子への関心を持っていただき、積極的な情報提供をしていただくことが望まれます。

技術部門、技術職員の活動が皆様の連携協力により、さらに充実していくことを願っています。



## 目次

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| 1. 技術部門の諸活動                                             |    |
| 1.1 技術交流会                                               | 3  |
| 1.2 技術セミナー                                              | 8  |
| 1.3 技術研究会                                               | 9  |
| 1.4 技術職員シンポジウム                                          | 11 |
| 1.5 受け入れ研修                                              | 12 |
| 1.6 専門課程研修                                              | 14 |
| 1.7 語学研修                                                | 16 |
| 1.8 日本-CERN 技術職員海外派遣研修                                  | 18 |
| 1.9 機構広報室担当                                             | 20 |
| 1.10 SMG グループ                                           | 21 |
| 1.11 機構委員会への参加                                          | 22 |
| 2. 科研費、知財、産学連携                                          |    |
| 2.1 科研費                                                 | 27 |
| 2.2 特許等                                                 | 28 |
| 2.3 イベント出展                                              | 29 |
| 2.4 共同研究                                                | 30 |
| 3. 科研費採択者紹介                                             |    |
| 3.1 特定領域研究（公募）「高精度 TDC-ASIC の開発と再利用化」                   | 34 |
| 3.2 基盤研究（C）「高放射線環境下における $10\mu\text{m}$ 超高分解能薄膜観察装置の開発」 | 44 |
| 3.3 基盤研究（C）「光ファイバを用いた高精度同期技術の開発研究」                      | 53 |
| 4. 受賞報告                                                 |    |
| 4.1 KEK 技術賞                                             | 63 |
| 4.2 IPAC10 Prize for JACoW Collaboration                | 70 |
| 5. アンケート                                                |    |
| 5.1 アンケートの目的と分析                                         | 73 |
| 5.2 開発・研究および業務での成果報告についてのアンケート結果                        | 74 |
| 5.3 講師および技術指導・技術協力についてのアンケート結果                          | 79 |
| 5.4 考察                                                  | 81 |
| 6. 資料                                                   |    |
| 6.1 アンケート用紙                                             | 85 |
| 6.2 受入研修参加報告書                                           | 88 |
| 6.3 技術部門の諸活動に関する委員会名簿                                   | 96 |

編集後記

編集委員





# 1.技術部門の諸活動



## 1.1 技術交流会

技術交流会は機構内技術職員の技術交流を目的とした会合であり、毎年各研究所・研究施設による持ち回りによって開催されている。分科会が設定されている通常の学会・研究会と異なり、機構内の他分野の技術職員に自分の発表を聴いてもらう、あるいは発表が聴けるよい機会となっている。

平成 21 年度は「技術の継承」、22 年度は「KEK を支える技術」という観点でテーマが設定された。

### 1.1.1 平成 21 年度技術交流会

物質構造科学研究所の担当で平成 22 年 3 月 3 日に開催され、報告集「KEK Proceedings 2010-5」を発行した。

テーマ：技術の継承 ～ 研究を支え培ってきた技術、新天地から始める技術 ～

日時：平成 22 年 3 月 3 日（水）13 時 30 分～16 時 50 分

場所：つくば：4 号館 1 階セミナーホール

東海：計算センター24 室・大会議室（TV 会議）

講演題目と講演者、講演概要は次の通りである。

#### (1) 時間分解 XAFS 法と化学反応のその場観察技術 丹羽 尉博（物構研）

時間分解 XAFS（X-ray Absorption Fine Structure）は化学反応進行下での X 線吸収スペクトルの変化を時分割で測定することができるテクニックであり、材料化学などの分野を中心に広く用いられている。近年では検出器技術の発達により時間分解能はサブナノ秒にまで及ぶようになったが、一方では試料に摂動を与えてから平衡状態に達するまでの時間が時間分解能に対して非常に遅くなるという新たな問題も明らかとなっている。本発表では特に触媒反応用の時間分解 XAFS セルを中心として、その場観察（in situ）を行うために開発された技術を紹介する。

#### (2) KENS に着任しての一年間と、これから 瀬谷 智洋（物構研）

早い物で、私が KENS の技術職員として着任してから 1 年がたちました。今回の技術交流会では、これまでに身につけてきた基本的な技術と、今後身につけるべき技術について発表したいと思います。

#### (3) KEK 物構研 NML 実験系の安全機器の変遷について 小林 庸男（物構研）

現在、高エネルギー加速器研究機構（KEK）と日本原子力研究開発機構（JAEA）は、共同で大強度陽子加速器計画（J-PARC）を展開している。KEK の物構研中性子科学研究施設およびミュオン科学研究施設は、つくばキャンパスにて中性子中間子研究施設（NML）として実験を行ってきたが、J-PARC 計画の発足に伴い、物質生命科学実験施設（MLF）へと発展的移転を行った。

新旧実験施設においては、各々に対応した放射線被爆の防止策をはじめ、各機器の安全性の確保など様々な防護策が採用されている。今回は、新旧実験施設の安全制御機器を比較し、両者の安全機器の変遷を紹介する。

(4) PF に異動してきて感じたこと

田中 宏和 (物構研)

昨年の 4 月に PF に異動してきて、いろいろな方にお世話になりました。現在、真空紫外光～軟 X 線のビームラインの建設とそれに引き続く調整を行っており、今までとの違いと共通することなど、感じたことと、これから身につけたい技術について発表します。

(5) 超伝導空洞の電解研磨装置の建設に携わって

舟橋 義聖 (共通)

ILC (国際リニア加速器) の建設でメイン加速器を超伝導で建設することになり、空洞の電解研磨工程が必須になった。機械工学センターは、STF 棟の南西の一室に研磨から縦測定用の組み立て工程までの作業をクリーンな状態で維持できる電解研磨システムを 2 基製作設置することになった。最初のクリーンルーム建設から 2 基目の建設まで経験する事ができた。この研磨システムの建設過程を報告する。

(6) J-PARC の建設に携わって

工藤 喜久雄 (加速器)

2002 年から 2009 年にかけて 7 年ほど J-PARC の PPS (Personnel Protection System 人的安全保護システム) いわゆる加速器の安全系のインターロックシステムの構築に携わってきた。

J-PARC の加速器は LINAC, RCS, MR と多段の加速器であり、各施設が完成したあと順次運転に入るといったスケジュールで建設が行われたため、それに合わせて PPS も構築していくことになった。そのため J-PARC の PPS は、KEKB と同様に各施設ごとにシステムを分散して設置する方式を採用した。この様なシステム構成は KEBK の前身である TRISTAN の建設時に前任者が考案したもので、中央と複数のローカル (LINAC, RCS, MR などの各施設) にそれぞれシステムを設置し、中央から 3 の状態 (KEKB では FREE, LIMIT, KEEPOUT、J-PARC では AA, CA, NA) をローカルに指示することで、全体のシステムがそれに沿った動きをするというもので、システムの追加やメンテナンスにうまく対応することが出来るシステムである。

このシステムとの関わりは TRISTAN-MR の建設途中からで、その設計思想やシステムについて TRISTAN の終了まで、前任者から十分な指導を受け KEBK の開始とともに引継いだ。このような経歴であったためか J-PARC での PPS の構築という大変な仕事を引き受けることになった。また引き受けたのが途中からであったため、PPS の重要性とその機能についての説明やグループとしての立上げも早急に行なうなど、その作業量は多かった。J-PARC での PPS の構築に当たっては、当初からこの加速器が陽子加速器であり、その建設場所の考慮等から、国内の加速器の PPS としては初めてと思われる 2 重化したシステムの採用や入退出のための 2 重ドアの設置など新しい試みを取り入れた。そのため今までの PPS と比べて 3 倍もの作業量となってしまったが、関係者及び関係各社の協力を得てシステムを完成に持っていくことが出来た。

ここでは、ここに至るまでの経過とシステム全体の構成などについて簡単に説明したあと、PPS の構築過程で生じた受注業者の技術の格差や、指導不足によって生じた間違いなど幾つかの問題を例として取り上げ、経験を含めた技術の継承が如何に大切かについて述べる。

40 年を振り返って

安 芳次 (素核研)

KEK に入所してから 40 年近くになります。データ収集用計算機 PDP11/45 と読み出し回路 CAMAC に接し始めてからデータ収集分野にさまざまに関わってきました。この歴史を振りかえり、今回のテーマである「技術の継承」として、若い人たちに何かメッセージを残せたら、と思います。

### 1.1.2 平成 22 年度技術交流会

加速器研究施設の担当で平成 23 年 3 月 2 日に開催され、報告集「KEK Proceedings 2011-2」を電子出版した。この製本出版は 23 年度版とまとめて出版される。出席者は 73 名であった。

テーマ : KEK を支える技術

日 時 : 平成 23 年 3 月 2 日 (水) 13 時 00 分～17 時 00 分

場 所 : 4 号館 1 階セミナーホール

講演題目と講演者、講演概要は次の通りである

#### (1) KEKB における振動測定と解析

山岡 広 (素核研)

KEKB 加速器にとって衝突頻度(ルミノシティ)の大きさは物理実験の上で非常に重要な項目である。このルミノシティを向上させる方法の一つとして、ビームサイズの極小化があげられる。垂直方向の大きさはトリスタン加速器では $\sim 10\mu\text{m}$ であったが、KEKB 加速器になるとそれが  $1\mu\text{m}$  まで小さくなった。次期計画の SuperKEKB では更に小さく  $50\text{nm}$  程度になる予定である。もし床面や機械振動によるノイズが大きい場合、振動の影響により衝突頻度が損なわれてしまう可能性があり、衝突頻度向上のためには振動レベルの把握及び許容値以下への抑制やフィードバックが必要になってくる。このためにまず床面や各機器上での振動レベルの測定をおこない、それを分析することで振動の大きさや特徴を把握すると共にその原因を調査した。また、モーダルインパルス試験によりマグネット支持システムの固有振動数やモード形状を測定した。一方で、有限要素法を用いた振動解析を行う事で床面振動に対するシステムの応答レベルを計算し、測定された振動特性との比較をおこなった。

#### (2) 超伝導ソレノイド電磁石用冷凍機の運転および保守管理

根本 靖久 (物構研)

J-PARC ミュオン施設では  $3\text{GeV}$  陽子がグラファイト標的に衝突する際、原子核の陽子および中性子との核反応からパイ中間子が創られ、このパイ中間子が崩壊してミュオンが得られる。こうして生成したミュオン粒子をできるだけ多く実験エリアまで導くためには、超伝導ソレノイドによる大きな磁場が必要となる。超伝導ソレノイドは長さ  $50\text{cm}$  ボア径  $12\text{cm}$  の 12 連の超伝導コイルからなり、中心磁場  $5\text{T}$  を  $6\text{m}$  にわたって発生させることが可能である。その強い軸方向の磁場で飛行中のパイ中間子を閉じ込めながらミュオンに変換させる。超伝導コイル (NbTi 線材で構成) のまわりは 2 重の温度シールド (6K シールド、80K シールド) が配され、外部からの熱侵入に対しての保護となっている。このような高磁場を発生させる超伝導ソレノイド電磁石の冷却回路は上流部の 6 つのコイル ( $\mu 1$  コイル) と下流部の 6 つのコイルおよび 6K シールド ( $\mu 2$  コイル) の 2 つに分けら

れている構造になっている。その冷却にヘリウム冷凍機システムが使われる。

(3) ビームシャッター外部開閉操作機構の開発

齊藤 裕樹 (物構研)

物質構造科学研究所放射光実験施設の実験用ビームラインには安全に実験が行えるよう、ビームラインインターロックシステム (BLIS) が設置され、インターロック集中管理システム (CCS) によって統合的に管理されている。これまで、実験者がビームシャッター (MBS、BBS) 開閉をする際には必ず BLIS のステーションコントローラ (OPC) の操作パネルを使用しなければならなかったが、高度な実験が行えるよう実験計測システムからビームシャッターを開閉したいという要望があり、安全に外部からビームシャッターを開閉できるシステムが必要となった。本報告はビームシャッター外部開閉操作機構 (External Mode) の詳細である。

(4) カートリッジヒーターを用いた真空炉の製作

原 和文 (加速器)

一般的に真空炉に用いられる加熱ヒーターは、発熱体の常温運転温度の高いもので、割合大きな真空炉用しか見つからず、我々が求めている小さい真空炉に利用できる物が見当たらなかった。そこで、比較的手に入りやすいカートリッジ・ヒーターを使用すること、その加熱ヒーター本体の固定方法を工夫し 800℃以上の高温まで真空炉を加熱できること、断線やショートが起こりにくい加熱ヒーターを使用すること、メンテナンスしやすいこと、出来るだけ小さい装置にすることを目標として真空炉を製作したので報告する。さらに、その真空炉を使用して真空銀ロウ付けを行なった熱交換器を紹介する。

(5) SuperKEKB 用超伝導電磁石の捲き線治具の製作

東 憲男 (共通)

現在、KEK では KEKB 加速器のアップグレード計画 SuperKEKB に向けて、ビーム衝突点で使用する超伝導電磁石の設計検討が進められている。この超伝導電磁石システムは 8 台の主 4 極電磁石から構成され、その 1 つの超伝導電磁石 QC1RP の R&D を行う為に、これまでより小型の捲き線機を製作した。当該の捲き線を製作するに当たって、市販の回転台機構を改造する事で、主要な構造設計の省力化を図った。本報告は、捲き線機の設計製作について行う。

(6) KEKmail での迷惑メール対策

押久保 智子 (共通)

現在の電子メール環境は、送信者側にとってはコストが低く、受信者側のコストが高いという方式であるため、迷惑メールは増大する一方である。ISP(Internet Service Provider)が扱うメールの 70%以上が迷惑メールであるといわれている。研究や業務に支障をきたさないためにも、メールシステムを構築するにあたっては、外部からの迷惑メールに対する防御と、外部に対しては迷惑メールサイトとならないよう考慮することが不可欠である。今回は、迷惑メールの定義と一般的な迷惑メールの対策技術、2009 年 12 月共通情報計算機システムの一部として導入したメールシステム KEKmail (研究系メールシステム PostKEK と管理局系メールシステム MailKEK を総称してこのように記す)で導入している迷惑メール対策について述べる。

(7) ILC 計画のためのニオブ製 9 セル超伝導空洞

宍戸 寿郎 (加速器)

2004 年、ILC (International Linear Collider) 計画では超伝導空洞を採用する事が決定された。この決定を受けて KEK では 2005 年より 1.3 GHz 9 セル超伝導空洞の研究開発を開始した。加速電場  $25 \pm 5$  MV/m を開発当初の目標として進め、2007 年 2 月には MHI\_02 空洞で目標を上回る 29 MV/m を達成した。2010 年 11 月から 12 月にかけて行われた MHI\_12 空洞と MHI\_13 空洞の測定において、ILC での目標仕様 ( $Q_0 > 1.0 \times 10^{10} @ 31.5$  MV/m、 $Q_0 > 0.8 \times 10^{10} @ 35$  MV/m) を満たし、かつ最大加速電場 40.7 MV/m (MHI\_12)、36 MV/m (MHI\_13) を実現した。

(8) STF の低電力高周波源の整備

片桐 広明 (加速器)

高エネルギー加速器研究機構の超伝導 RF 試験施設 (STF) では、国際リニアコライダー計画 (ILC) における技術開発の一環として 2010 年 7 月から 2011 年 2 月まで国際研究協力による S1 グローバルと呼ばれる試験が行われた。この試験はステージ 1 からステージ 3 の 3 段階に大別され、ステージ 1 では 1 台のクライストロンで 8 台の超伝導空洞を、ステージ 2 ではクライストロン 2 台で 4 空洞ずつ励振する構成がとられた。さらにステージ 3 では 1 台のクライストロンで 2 空洞を励振する分布型 RF システム (DRFS) の評価を行った。ILC で求められる加速電界の振幅及び位相安定性を達成するためデジタルフィードバック (FB)・フィードフォワード (FF) 制御が必要とされ、ステージ 2 まではコンパクト PCI を基にした FPGA ボードを、ステージ 3 では新たに開発された  $\mu$  TCA を用いたシステムを採用した。また RF のモニタとしてはパワーメータによる計測のほか、今後より多くの信号の取り込みが求められることから、FB/FF 用ボードを転用して 1 つの ADC で複数の信号を計測可能とした IF (中間周波数) ミックス方式と、34 チャンネルの ADC を搭載した FPGA ボードとを性能評価のため併用した。これら STF における低電力高周波系 (LLRF) についてステージ 3 での様子を中心に報告する。

(9) 技術とのかかわり

鈴木 善尋 (素核研)

この文章はちょっと奇異に感ぜられる事でしょう。技術交流会ということですので、本来の趣旨、この技術交流会の第一回が 1975 年にあったのですが、そこでの交流会の目標、研究所内における技術者の横のつながりを持つこと、技術者の得た知識、技術の交換及び問題解決の場としたい。貴重な知識、技術、データ等を文書にし、蓄積し、今後の技術活動に役立てる、それに近い形になるようにしました。今回のテーマは「KEK を支える技術」と大変大きく、どのような内容にまとめるかといろいろな事を考えました。ともかくまとめましたが、内容があちこちと飛びます。中ほどには、初期の頃の交流会での馬場斉技術部長の談話、録音テープから書き取った部分があります。その当時、交流会の内容をまとめて出版するかの議論もあったのですが、技術部に予算がついたら・・・ということで出版されなかった物です。で、今回、陽の目を見ることとなりました。そこからは、その当時の技術職員の立場、仕事への取り組みが分かります。技術職員皆様の仕事への取り組みの参考になれば幸いです。

## 1.2 技術セミナー

技術セミナーは技術職員の技術の研鑽や幅広い知識の習得を目的として、外部の専門家等を招いて開催する講演会である。技術職員の海外派遣（CERN）研修の帰朝報告も本セミナーにおいて行われている。

### 1.2.1 平成 21 年度技術セミナー

演 題 CERN 海外派遣研修報告  
講演者 片桐 広明（加速器研究施設 加速器第五研究系）  
日 時 平成 22 年 2 月 3 日（木）14:00～15:00  
場 所 つくば：4 号館セミナーホール  
東海：11 号館 4 階会議室（TV 会議）  
講演概要 2008 年 11 月より 1 年間「日本 - CERN 技術職員海外派遣研修」を行ってきました。  
CERN では BE-RF グループに所属し、LHC や LINAC4 の低電力高周波源デジタル制御系の開発に携わりました。  
ここでは、仕事に内容に加え、普段の生活の様子などを交えて報告いたします。

### 1.2.2 平成 22 年度技術セミナー

演 題 低温測定制御セミナー  
液体ヘリウム（4.2K）、液体窒素（77K）レベルでの低温測定のノウハウの紹介  
講演者 山口 政紀 氏（株）東陽テクニカ 汎用計測営業部  
日 時 7 月 5 日（月）15:00～16:30  
場 所 4 号館 1 階セミナーホール  
講演概要 低温磁場中で誤差の少ない温度測定をするにはどうしたらよいのでしょうか。  
高い温度安定性を持ったクライオシステムの構築には何が大切なのでしょう。  
本セミナーでは正しい温度センサーの選び方や温度制御技術の解説を通してこれらの疑問にお答えします。低温用センサーを使ったデモンストレーションもあり、また周辺機器やアクセサリの実物もご覧いただけます。低温機器を使っている皆様が抱く日頃の疑問を解く場にしたいと思いますので、皆様にご参加いただけますようご案内申し上げます。



## 1.3 技術研究会

技術研究会は技術職員の更なる技術向上と交流を目的として大学・高等専門学校・大学共同利用機関の技術職員によって年一回開催される研究会である。

各機関の持ち回りによって運営されており、いくつもの分科会が設けられる。発表形式は口頭とポスターがある。技術職員にとって日常業務の成果を発表する場の一つであり、発表内容は機械工作、低温、計測制御、装置関連、情報など広範囲にわたっている。

### 1.3.1 平成 21 年度技術研究会

平成 21 年度は、平成 22 年 3 月 18 日（木）、19 日（金）の両日、高エネ研において開催された。開催分野は、以下の 5 分科会であった。

- 第 1 分科会 機械工作技術
- 第 2 分科会 低温技術
- 第 3 分科会 計測・制御・回路技術
- 第 4 分科会 装置関連技術
- 第 5 分科会 情報・ネットワーク技術

同時期に琉球大学において機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会が開催されたためか、参加者数は例年に比べて少なかった。参加者、発表件数は表の通りである。

|     | 参加者   | 口頭発表 | ポスター発表 |
|-----|-------|------|--------|
| 全体  | 297 名 | 65 件 | 35 件   |
| KEK | 79 名  | 22 件 | 8 件    |

### 1.3.2 平成 22 年度技術研究会

平成 22 年度は、平成 23 年 3 月 17 日（木）、18 日（金）の両日、熊本大学黒髪キャンパスにて「熊本大学総合技術研究会」が開催された。開催分野は、次の 11 分科会と 5 集中技術交流セッションであった。

- 第 1 分科会 機械工作・ガラス工作技術分野
- 第 2 分科会 装置関係技術分野
- 第 3 分科会 回路・計測・制御技術分野
- 第 4 分科会 極低温技術分野
- 第 5 分科会 情報・ネットワーク技術分野
- 第 6 分科会 生態・農林水産技術分野
- 第 7 分科会 生命科学技術分野
- 第 8 分科会 分析・評価技術分野

第9分科会 実験・実習技術、地域貢献分野

第10分科会 建築・土木技術分野

第11分科会 環境・安全衛生管理技術分野

集中技術交流セッション

テーマA 里山・里地・里海の生態系と環境技術

テーマB 各種法規と倫理に対する取組み

テーマC エコ・エネルギー

テーマD マイコン活用技術の事例と応用

テーマE 走査型電子顕微鏡の新展開

参加者は表の通りである。

|              | 参加者                 |
|--------------|---------------------|
| 大 学          | 59 機関 601 名         |
| 高等専門学校       | 24 機関 91 名          |
| 研究所<br>(KEK) | 9 機関 70 名<br>(23 名) |
| その他          | 108 名               |
| 合 計          | 870 名               |

口頭発表は214件、ポスター発表は209件であった。

### 1.3.3 今後の開催予定

平成23年度 自然科学研究機構分子科学研究所

期日：平成24年3月8日、9日 於：岡崎コンファレンスセンター

開催分野：機械・ガラス工作技術（機械・ガラス・セラミック工作技術）

回路技術（計測・制御技術、アナログ・デジタル信号処理技術）

極低温技術（低温機器装置の維持・管理、低温技術）

情報・ネットワーク技術（システム運用管理、情報処理、通信技術）

装置運用技術（加速器等研究施設関連技術、実験装置の設計）

平成24年度 愛媛大学

期日：平成25年3月7日、8日

開催分野は8分野を予定

平成25年度 自然科学研究機構核融合科学研究所

平成26年度 北海道大学

## 1.4 技術職員シンポジウム

技術職員シンポジウムは大学、高等専門学校、大学共同利用機関等における技術職員のいっそうの技術向上と活性化に向けて、自らの組織運営や将来計画といった中長期展望について議論するべく当機構の主催により開催する討論会である。

北海道から沖縄まで多くの機関からの技術職員が参加しており、各機関における組織の運営体制、業務の効率化や課題に対する取り組みなど情報共有と意見交換の場となっている。

近年は再雇用や新人採用といった人員計画に関する題目が取り上げられることが多くなっている。

### 1.4.1 平成 21 年度 第 10 回 KEK 技術職員シンポジウム

平成21年度は、KEK技術研究会の前日の午後、テーマを絞って開催された。各大学とも組織作りが終わってきているためか、参加者が少なかった。高専からの参加は沖縄高専のみであった。地域毎の交流会も行われているようであるが、全国レベルのシンポジウムの開催を望む声も大きく、今後とも継続して開催することになった。

開催日時 平成22年3月17日（水）13時00分～16時30分

開催場所 高エネルギー加速器研究機構 4号館セミナーホール

シンポジウム内容

技術職員の人員計画等について（新人採用、再雇用、・・・）

参加機関・人数 28 機関 78 名

### 1.4.2 平成 22 年度 第 11 回 KEK 技術職員シンポジウム

第11回KEK技術職員シンポジウムでは、技術職員の人員計画を昨年に引き続きおこない、特に再雇用と新人についておこなった。また、2010年度からの第二期における各大学等の中期目標における技術組織についておこなった。報告後には質問・意見等が出され積極的な意見交換がなされた。各大学等の現状について認識を深め、自分たちの技術組織・技術職員にどのように生かしていくかを考える場となった。

開催日時 平成23年1月12日（水）13時00分～13日（木）15時00分

開催場所 高エネルギー加速器研究機構 研究本館 小林ホール

シンポジウム内容

(1) 技術職員の人員計画について 2（再雇用、新人教育等について）

(2) 第二期中期目標における技術組織の進め方

参加機関・人数 24 機関 68 名

## 1.5 受け入れ研修

受入研修は大学・高等専門学校・大学共同利用機関において、受入機関が他機関の技術職員に対して実施する技術研修である。機関内で実施される研修に対するメリットとして、受講者にとっては広く外部に講師を求めることが出来ること、講師にとっては外部への技術継承が挙げられる。また、受講は1名から受け付けているため、マンツーマンの指導を受けられる場合も少なくなく、技術研鑽の場として非常に有効である。

研修の一連の流れとしては、1) 世話人が研修内容や講師等の研修環境を整え他機関に受講案内を行う、2) 受講希望者は受入機関との調整により日程を決定する、3) 受講者は一定期間研修を受講し研修の成果として報告書を提出する、のように進められる。本研修はその性格上、受講者が一定期間受入機関に滞在するため、他機関の技術職員同士のまたとない技術交流の場であり、これを機会とした機関同士の交流のいっそうの促進が期待される。今後も積極的に実施されることが望まれる。

### 1.5.1 平成 21 年度受け入れ研修

#### (1) 研修題目：放射光ミラー冷却システムについての技術打ち合せ

研修概要： 放射光の高輝度化に伴いミラー等の光学素子は高熱負荷にさらされることとなり、ビームラインの性能を発揮するためにいかに熱歪が生じない冷却方式を検討することが重要となってくる。

現在放射光を用いてシャックハルトマン法によるミラー表面形状の測定を行っているが、先日核融合研に行き有限要素法 **ansys** を用いてその熱解析等を行った。そこで今回受け入れ研修として解析を行ったミラーの実機を見てもらい解析結果等をふまえて打ち合せを行い、最適なミラー冷却方式の確立を目指そうと考えている。

受 講 者： 核融合科学研究所 林 浩己  
村瀬 尊則

研修期間： 2009 年 5 月 7 日～2009 年 5 月 8 日 (2 日間)

世 話 人： 三科 淳 (加速器研究施設)

講 師： 内田 佳伯 (物質構造科学研究所)

#### (2) 研修題目：電子出版に関する受け入れ研修

研修概要： 最近では文書のオンライン化が進み電子出版に関する技術は更に重要になってきている。また、技術研究会等での研究会でも電子出版作業を行う場面が多くなってきている。

本研修では、電子出版に関する知識を習得し、また実際の電子出版作業を体験する事で、研究会の電子出版作業で必要となる知識・技術について学習する。

受 講 者： 熊本大学工学部技術部 技術専門職員 谷口 勝紀  
技術職員 山口 倫

研修期間： 2010 年 1 月 18 日～2010 年 1 月 21 日 (4 日間)

世 話 人： 三科 淳（加速器研究施設）  
講 師： 濁川 和幸（物質構造科学研究所）  
小菅 隆（物質構造科学研究所）

#### 1.5.2 平成 22 年度受け入れ研修

研修題目： 真空溶接の習得

研修概要： 加速器施設で真空の基礎を、半日、講義実習し、残りの 3.5 日は機械工学センターで、機械工学センター施設見学、機械工学センターの役割、真空容器の製作工程(スライド)、真空容器の部品加工（座学・実技）、溶接実技（機器の説明等）、溶接実技(色々な形状での溶接等、) 真空漏れ試験（リークテスト）、漏れがあった場合の対処、復習（総括）、レポート提出を行った。

受 講 者： 一関工業高等専門学校技術室 技術職員 阿部 慶子

研修期間： 2010 年 9 月 13 日～2010 年 9 月 17 日（5 日間）

世 話 人： 久松 広美（加速器研究施設）

講 師： 小林 芳治（機械工学センター）

## 1.6 専門課程研修

専門課程研修は主として機構内技術職員を対象に実施される技術研修である。

従来行われていた古典力学や電磁気学のような基礎研修は現場では役に立たないとの反省から、現在では実習の導入など現場で直接役立つ技術者のための研修として位置づけられるようになっている。

研修内容は技術職員で構成される委員会によって企画・立案され、年に数件実施される。研修の期間としては、週1回2時間程度、数回から10回程度にわたることが多い。研修終了後は以降の研修実施に役立てるため、受講者にアンケートを実施している。

### 1.6.1 平成21年度専門課程研修

平成21年度は長期の研修として「材料力学入門」を実施し、短期の研修として、当初「工業計測入門」と「工業材料入門」を別々に開催予定であったが講師の都合により二つ合わせての実施となった。

今年度から新しい試みとして講義の内容をビデオ撮影した。撮影を行うに当たってはやり方や、データの保存方法など試行錯誤であった。撮影されたビデオは、最終的に計算科学センターのサーバ（研究情報Web）に保管されることとなった。ビデオについては、撮影後のデータの取り扱いについて委員の負担が大きい、ビデオが有効利用されるのか疑問だ、など委員からは否定的な意見が多かった。

#### (1) 研修題目 「材料力学入門」

研修目的： 構造体の設計や部品の選定、機械要素の選択時、材料強度にかかる項目を明確にすべきことが多い。このようなときに、材料力学の立場から計算、解析等の基礎的な設計評価ができることは、重要なことです。また、ANSYSなどの解析手法へ容易に取り組むことができると思われる。このような観点から材料力学入門を講義します。

講師： 上野健治（共通基盤研究施設 機械工学センター長）

研修期間： 平成21年5月12日（火）～ 8月4日（火） 全10回 20時間

受講者数： 受講者 9 名 聴講 2 名

#### (2) 研修題目 「工業計測入門、工業材料入門」

研修目的： 工業計測入門では、対象物の寸法、形状、ひずみ、硬度、粗さ等の基本的な項目に関して個々に対応できることを狙いとするが、全体に関係する計測の意味、誤差とその評価、精度の高め方、計量法、トレーサビリティについて理解を深める。この観点から工業計測入門を講義します。なお、最後に実際に機械工学センター内の装置で、計測実習をします。

工業材料入門では、設計時点に最適材料が速やかに選定できる手助けとなる基礎的な材料の知識、とその熱処理について鋼材、ステンレス材、銅材、アルミ材、レアメタル等について工業材料入門を講義します。

講 師： 上野健治（共通基盤研究施設 機械工学センター長）

研修期間： 平成21年9月29日（火）～ 12月15日（火） 全10回 20時間

受講者数： 受講者7名 聴講1名

### 1.6.2 平成 22 年度専門課程研修

平成 22 年度は 2 つの研修を行った。

以下に研修の日程と概要を示す。

#### (1) 研修題目 「C++入門」

講 師： 藤井 啓文 （素粒子原子核研究所 教授）

研修期間： 2010 年 6 月 3 日～8 月 5 日

受 講： 7 名

聴 講： 4 名（計 11 名）

##### [概要]

C++入門はプログラミング言語 C との互換性を強く意識して作られたコンパイル型（プログラムを書いた後、言語処理プログラムで機械語に翻訳させ、実行用のファイルを作る）の言語である。実行の高速性を求められる場合や、メモリーや周辺デバイスなどのコンピュータ資源を細部にわたり制御しながら利用したい場合などによく用いられる。その分敷居も高く、また危険な落とし穴も数多く存在し、利用には知識と経験が要求される。C++は膨大な言語である。

本講義は、その入門としてデータ処理を念頭に置いて、そこで必要となる知識や落とし穴を中心に解説していく。

#### (2) 研修題目 「STARS」

講師（1）： 小菅 隆 （物質構造科学研究所 技師）

講師（2）： 濁川 和幸（物質構造科学研究所 技師）

研修期間： 2011 年 1 月 18 日～2 月 15 日

受 講： 4 名

聴 講： 2 名（計 6 名）

##### [概要]

STARS (Simple Transmission and Retrieval System) は高エネルギー加速器研究機構放射光研究施設（以下 PF）で開発されて非常にシンプルかつ応用範囲の広いメッセージ配信システムで、比較的小規模な制御システム構築には大変有効である。実際に STARS は PF においては多くのビームラインに導入され、成果を上げている。更に、入退出管理システムやキー管理システムなどにも導入されるなど、応用範囲は非常に広く、受講者は様々な場面へ応用する事が期待できる。

本研修では STARS の概要及び、導入、実際の利用法等について学習する。

## 1.7 語学研修

技術職員および事務職員を対象として、業務上必要なレベルの英会話、読み方などを習得することを目的に実施されている。初級レベル、中級レベルを隔年で実施することにより、レベルに応じた学習機会を多くすることおよびステップアップに向けた連続性に配慮されたものとなっている。平成 21 年度は中級、平成 22 年度は初級を実施した。

なお、この研修以外にも、つくばの研究所職員を対象とした英会話の研修が実施されており各機関からの推薦を得て受講する機会が設けられている。

### 1.7.1 英語（初級）

#### (1) 目的

本機構は様々な形での国際交流を進めており、多数の外国人研究者および共同利用実験者等を受け入れている。これを支援する事務職員および技術職員についても英語力が必要となっている。このため、当該業務を円滑に遂行する上で業務上必要なレベルの英会話、英文の書き方、読み方等を習得させることを目的とする。

最初のステップとして初級レベルを受講し、修得後さらにレベルアップを図っていく。

#### (2) 対象者

事務系職員および技術職員のうち、各研究所長・研究施設長、管理局各部長、東海管理課長および企画室長から推薦され、総務部長が受講を認めた者とする。

#### (3) 人員

平成 22 年度は 12 名（各年度定員 10 名）で実施され、以下の技術職員が受講した。なお、施設系技術職員、研究所所属の特別技術職の方も受講されたが、運営の違いにより氏名は割愛させて頂いた。

|           |       |
|-----------|-------|
| 素粒子原子核研究所 | 牧 宗慶  |
| 物質構造科学研究所 | 坂口 将尊 |

#### (4) 期間

平成 22 年 9 月中旬 ～ 12 月中旬      全 25 回      50 時間

#### (5) 研修内容

外部講師による指導の下、職務上必要な英語での自己表現能力および実践的コミュニケーション能力を養う。受講最終回は受講生によるプレゼンテーション、質疑応答を英語にて行った。

#### (6) その他

受講者は、研修終了後、平成 23 年 1 月頃実施される TOEIC 試験（会場 KEK）を受験した。



### 1.7.2 英語（中級）

#### (1) 目的

本機構は様々な形での国際交流を進めており、多数の外国人研究者および共同利用実験者等を受入れている。これを支援する事務職員および技術職員についても語学力は必要である。業務上必要な中級レベルの英会話、読み方などを修得し、もって当該業務の円滑な遂行が図られることを目的とする。

#### (2) 対象者

英語研修初級を終了または同等程度以上の語学力を有する事務系職員および技術職員のうち、各研究所長・研究施設長、管理局各部長、東海管理課長および企画室長から推薦され、総務部長が受講を認めた者とする。

また、上記の受講予定者に対してレベル合わせを実施した結果をもって受講者を決定している。

#### (3) 人員

平成 21 年度は 11 名（定員 10 名）で実施され、以下の技術職員が受講した。なお、施設系技術職員、研究所所属の特別技術職の方も受講されたが、運営の違いにより氏名は割愛させて頂いた。

|           |       |
|-----------|-------|
| 素粒子原子核研究所 | 山岡 広  |
| 物質構造科学研究所 | 瀬谷 智洋 |
| 共通基盤研究施設  | 飯田 好美 |

#### (4) 期間

平成 21 年 9 月上旬 ～ 12 月上旬      全 25 回      50 時間

#### (5) 研修内容

外部講師による指導の下、職務上必要な英語での自己表現能力および実践的コミュニケーション能力を養う。

#### (6) その他

受講者は、研修終了後 TOEIC 試験を受験した。

#### 参考 研究交流センター英語研修受講者（一般Ⅰ～ⅢB、初級）

|          |           |       |
|----------|-----------|-------|
| 平成 21 年度 | 物質構造科学研究所 | 小菅 隆  |
|          | 同         | 塩屋 達郎 |
|          | 同         | 濁川 和幸 |
|          | 同         | 齋藤 裕樹 |
| 平成 22 年度 | 物質構造科学研究所 | 小菅 隆  |
|          | 同         | 濁川 和幸 |

## 1.8 日本-CERN 技術職員海外派遣研修

日本-CERN 技術職員海外派遣研修（通称 CERN 研修）制度は欧州合同原子力研究機関（CERN）が推進している LHC 計画への建設協力を契機に始められたもので、KEK から技術協力を行う目的で技術者を 1 年程度の期間に亘り派遣するものである。教員の研究協力に倣い「海外派遣研修」という名称を使用している。

平成 13 年度から募集を開始して、翌 14 年度に最初の派遣を行った。今日まで 9 名の技術職員（1 名は現在派遣中）がこの制度を利用して CERN に滞在し、技術協力を行った。

派遣候補者は、技術レベルと語学力が一定程度以上であることを基準として CERN での技術協力の効果等を考慮して機構の技術部門の選考委員会で選考される。

期間、派遣先グループ、仕事の内容、実施後の感想、苦労した点、今後派遣される者へ伝えたいことについて、前回技術職員報告集への掲載が間に合わなかった平成 20 年度の研修者に報告していただいたのでご紹介する。

なお、平成 21 年度と平成 22 年度の日本-CERN 技術職員海外派遣研修は事情により中断したが、平成 23 年度より再開した。

### 1.8.1 平成20年度海外派遣研修

片桐広明 加速器研究施設 技師

派遣期間 平成20年11月1日～平成21年10月31日

派遣先グループ BE-RF グループ FB(RF Feedbacks and Beam Control) セクション

派遣内容

LINAC4 の低電力高周波源（LLRF）のためのデジタルフィードバック系の開発。デジタル回路の設計ツールである Visual Elite を使用し、FPGA に組み込む IQ 検出器（352.2MHz の高周波信号から 17.61MHz にダウンコンバートした中間周波数信号を ADC でサンプリングする）やデジタルフィルタなどの回路設計、シミュレーション。KEK の STF（超伝導高周波試験施設）で試験中の、高周波信号を直接サンプリングする方式の回路についても、Visual Elite にて設計・シミュレーションを行った。

感想

LLRF 制御系のハードウェアの多くは CERN 内部で設計・製作を行っていた。FPGA に組み込む回路の開発に Visual Elite を使用する利点は、FPGA のベンダーに依存しない設計が可能で、一旦作成した回路の再利用がしやすいことであるという。将来的にハードウェアや組み込み回路の変更が必要になった際に対応が容易とのことである。実際に作成されたデータやドキュメントは複数のユーザー間で共有されており、効果的な運用がなされている印象を受けた。KEK での業務では Xilinx 製の FPGA のみを扱っていることから、開発も Xilinx 製の統合ツールである ISE で行なってきた。限られたリソースを活用するため、使用する FPGA チップに特化した設計を行なうことも多く、CERN の RF グループとの方針の違いを感じた。

## 苦勞した点

スイスにアパートを借りる必要があったが物件が少なく、慣れない土地で言葉のハンデもあるなかで入居するまでは苦勞の連続であった。現地に住所が無いと銀行に口座を持てず、給与担当者からも「給与振込みできないから早く口座を開設するように」とプレッシャーをかけられた。

RF グループのオフィスがあるフランス側のサイトは交通の便が悪く、車を持つまではスイス側と行き来するのにシャトルバスサービスを利用していた。朝夕の定時便以外はドライバーに電話して（もちろんフランス語で）迎えに来てもらわなければならないが、最初はなかなか通じなかった。

## 今後の方に伝えたいこと

色々と苦勞することも多いのですが、それ以上に得るものがあると思います。

## 1.9 機構広報室担当

2009、2010 年度における機構の広報体制に関する特筆すべき点は、2009 年 11 月に広報企画委員会が発足したこと、そしてこの委員会の元に新 web ワーキンググループが設置されたことである。前者は機構内外の広報に関して企画立案することが任務である。後者の目的は機構によって位置づけられた web 編集方針の策定や、各プロジェクトからの情報吸い上げの組織化である。これにより機構 web が充実し、外部に KEK の研究活動を的確に宣伝できるものと期待される。

この間の活動では、通常の機構要覧を初めとする各種パンフレットの製作、KEK 紹介 VTR の企画製作、外部機関で開かれる展示会への出展等以外に、小林ホール建設のため展示が休止していたコミュニケーションプラザが 2010 年 4 月 1 日にリニューアルオープンした。新たな展示物も加わり、現在では月平均 1,117 人の来場者を数えている。また基本的には職員の出身地や出身校で KEK の研究活動を紹介する出前授業（KEK キャラバン）が 2010 年 6 月から始まり、2011 年の 3 月まで計 24 回行われている。上述した新 web ワーキンググループにより、機構 web 日本語版リニューアルのための準備が進められている。

この 2 年間で、機構 web 上の技術職員に関する記事としては、(1)KEK 技術賞表彰式・発表会、(2)KEK 技術職員シンポジウム、(3)KEK 技術研究会を伝える計 4 件の写真付トピックスが掲載された。外部機関の方が参加される行事に関する記事は出張報告等に利用されるため、開催後迅速に公開されることが重要である。また、機構 web 上でこれらの案内へのアクセスに時間がかかるという苦情も出ている。これについては技術職員のホームページばかりでなく、一般向けや、研究者向けページにある「お知らせ」等のページでも併せて案内する等の改善をすることも必要と思われる。

## 1.10 SMG グループ

技術部 SMG グループ (Server Management Group) は平成 8 年から技術部の Web ページを作り、技術職員に関する情報の提供を行ってきた。平成 16 年 4 月から機構の法人化に伴い、技術部組織が無くなったが、技術部門のページとして存続している。サーバーについては、自前サーバーから機構 Web サーバーへと移行した。

技術部門のメーリングリストについても、自前のサーバーを廃止し、平成 22 年 10 月より機構、並びに各研究所等のサーバーへと移行した。

現在の技術職員連絡用メーリングリストは、素粒子原子核研究所、物質構造科学研究所、加速器研究施設、共通基盤研究施設に分かれており、メンバーの編集は各研究所、施設ごとに行われている。

Web ページの更新作業は、随時、行っているが、平成 21 年度 KEK 技術研究会の開催にあたっては、新たにホームページを作成し、情報の発信、参加申し込みの受け付けを行った。現在は、同ホームページ上で、報告集、当日の写真、特別講演ビデオを公開している。

以下に、平成 21 年度から 22 年度までの技術部門 Web ページの主な更新記録を示す。

|            |                                  |
|------------|----------------------------------|
| 平成 21/4/19 | お知らせに 2008 年度技術交流会を追加。           |
| 6/22       | お知らせに平成 21 年度 KEK 技術研究会を追加。      |
| 7/3        | お知らせに機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会を追加。   |
| 11/27      | お知らせに技術職人事交流希望調査を追加。             |
| 平成 22/1/21 | お知らせに 2009 年度技術交流会を追加。           |
| 6/9        | お知らせに技術職員公募を追加。                  |
| 12/8       | 研修に H23 年度 CERN 研修を追加。           |
| 12/16      | お知らせに技術職人事交流希望調査を追加。             |
| 12/21      | お知らせに平成 22 年度 KEK 技術職員シンポジウムを追加。 |
| 平成 23/1/27 | お知らせに平成 22 年度技術交流会を追加。           |

## 1.11 機構委員会への参加

機構の各種会議・委員会に平成 21 年度、平成 22 年度は以下の人数の技術職員が参加している。

### 1.11.1 機構の運営上必要な会議

|    | 委員会名          | 平成 21 年度 | 平成 22 年度 |
|----|---------------|----------|----------|
| 1  | 機構システム検討委員会   | 1        | 1        |
| 2  | 人事検討タスクフォース   | 3        | 3        |
| 3  | 技術部門検討タスクフォース | 6        | 6        |
| 4  | 機構会議          | 1        | 1        |
| 5  | 連絡運営会議        | 4        | 7        |
| 6  | 技術部門連絡会議      | 6        | 6        |
| 7  | 技術職員専門課程研修委員会 | 8        | 8        |
| 8  | 技術職員語学研修委員会   | 5        | 5        |
| 9  | 技術職員受入研修委員会   | 4        | 4        |
| 10 | 技術職員技術研究会     | 10       |          |

### 1.11.2 法令などにより設置が必要な会議

|    | 委員会名                  | 平成 21 年度 | 平成 22 年度 |
|----|-----------------------|----------|----------|
| 11 | 男女共同参画企画推進委員会         | 4        | 3        |
| 12 | 地球温暖化対策連絡会            | 1        | 1        |
| 13 | セクシュアル・ハラスメント防止・対策委員会 | 1        | 1        |
| 14 | セクハラ相談員               | 2        | 2        |
| 15 | 苦情相談員                 | 2        | 2        |
| 16 | 衛生委員会                 | 4        | 4        |
| 17 | 東海キャンパス衛生委員会          | 5        | 5        |

### 1.11.3 機構の活動上必要な会議

|    | 委員会名             | 平成 21 年度 | 平成 22 年度 |
|----|------------------|----------|----------|
| 18 | 図書出版委員会          | 0        | 1        |
| 19 | 福利厚生委員会          | 3        | 4        |
| 20 | 営繕連絡会            | 8        | 8        |
| 21 | エネルギー利用計画委員会     | 1        | 1        |
| 22 | 電力ピーク調整連絡会       | 2        | 3        |
| 23 | 省エネルギー連絡会        | 2        | 3        |
| 24 | 計算機・ネットワーク業務委員会  | 9        | 9        |
| 25 | 一般公開実行委員会        | 5        | 6        |
| 26 | 安全委員会            | 2        | 2        |
| 27 | 化学専門部会           | 5        | 5        |
| 28 | 機械専門部会           | 7        | 7        |
| 29 | 電気専門部会           | 4        | 4        |
| 30 | 交通専門部会           | 3        | 3        |
| 31 | 防災・防火専門部会        | 2        | 2        |
| 32 | 東海キャンパス安全委員会     | 2        | 2        |
| 33 | KEK コンサート企画委員会   | 1        | 1        |
| 34 | 遺伝子組み換え実験安全委員会   | 1        | 1        |
| 35 | 高圧ガス安全審議委員会      | 1        | 1        |
| 36 | 環境報告書作成ワーキンググループ | 0        | 3        |





## 2. 科研費、知財、産学連携



## 2.1 科研費

科研費には文部科学省・日本学術振興会から交付される基盤研究(S、A、B、C)、若手研究(S、A、B、スタートアップ)、奨励研究等がある。過去に応募の多い基盤研究は、期間が3年から5年で選択ができ、基盤研究(C)は500万円以下、同(B)は500万円から2000万円以下等と予算の範囲が決められている。研究機関に採用されたばかりの研究者が1人で行う若手研究(スタートアップ)は期間が2年で150万円以下、39歳以下の研究者が1人で行う研究である若手研究(A、B)は期間が2-4年でAが500万円から3000万円、Bが500万円以下となっている。採択率は年によって変化するが平均では25%程度である。平成15年度以前は、技術職員は研究者番号を持っていなかったため、奨励研究を除く科研費の申請はできなかったが、平成16年度に技術職員の研究者登録がなされ、平成17年度の申請以降、研究者として科研費申請が行われた。

図1は科研費の応募及び採択状況である。平成21年度の応募13件に対して採択2件、平成22年度は16件の応募に対して4件の採択となっており、この中の3件は平成21年度からの継続となっている。

新規採択では平成21年度に平成18年度以来採択のなかった基盤研究(B)が採択されている。また平成22年度ではこれまでなかった特定領域研究（公募研究）が採択されている。

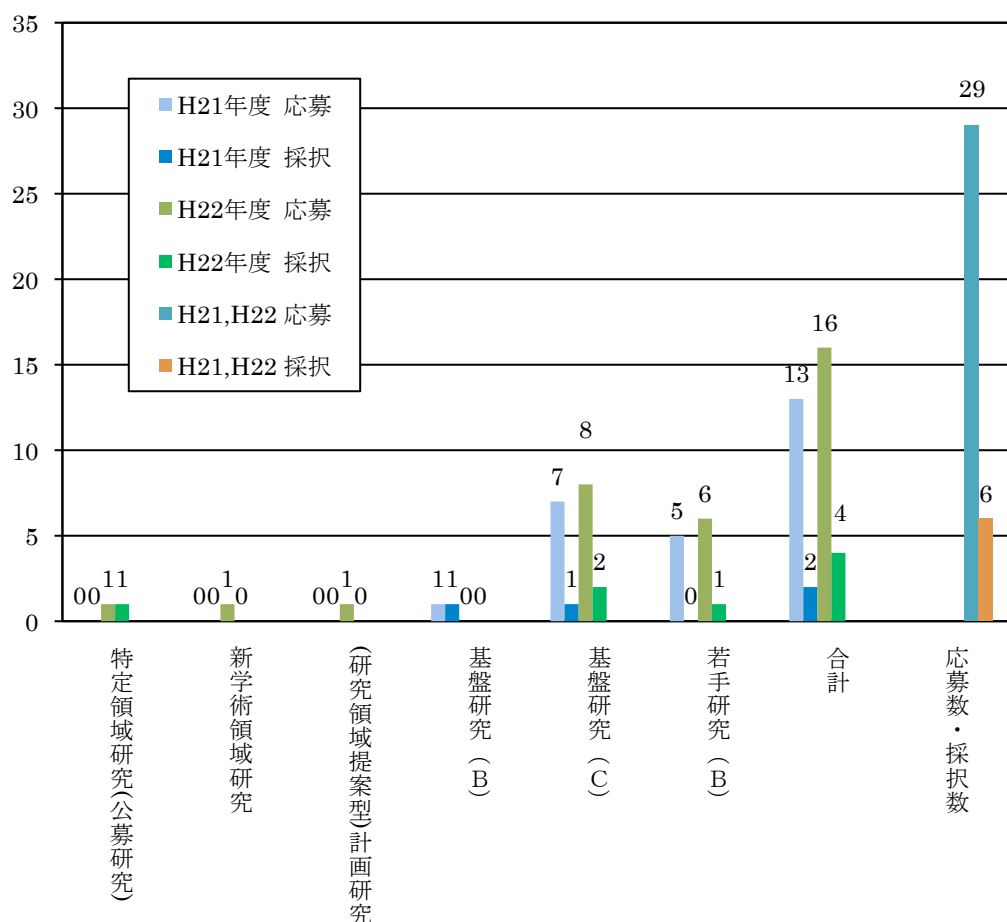


図1 科研費の応募・採択状況

## 2.2 特許等

発明届は特許出願の前手続きである。法人化後(平成 16 年度)から手続きが整備されたもので、毎年 20 件程度の届け出がある。表 1 は発明届、表 2 は著作権届の件数を示している。発明届だけで平成 16 年度は 17 名だったが、徐々に減少して平成 20 年度は 0 名であった。しかし平成 21 年度、22 年度はそれぞれ 1 名、3 名の技術職員が関わっている。

著作権については、発明届同様法人化後に整備されたものである。全件数は年度によってばらつきはあるが、平成 20 年度から 22 年度においては技術職員が関わった件数の割合が過半数を超えるが、関わる人数はほぼ横ばいとなっている。

表 1 発明届

| 年度  | 全届出件数 | 内技術職員に係る件数(技術職員<br>のみの件数) | 技術職員数 | 内訳  |       |
|-----|-------|---------------------------|-------|-----|-------|
|     |       |                           |       | 発明者 | 共同発明者 |
| H16 | 38    | 15(11)                    | 17    | 13  | 4     |
| H17 | 22    | 12(5)                     | 14    | 9   | 5     |
| H18 | 21    | 5(2)                      | 6     | 3   | 3     |
| H19 | 12    | 2(0)                      | 2     | 2   | 0     |
| H20 | 15    | 0(0)                      | 0     | 0   | 0     |
| H21 | 19    | 1(0)                      | 1     | 0   | 1     |
| H22 | 18    | 3(1)                      | 3     | 2   | 1     |

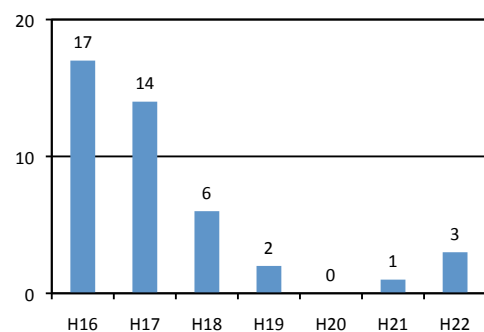


図 2 発明届 (技術職員)

表 2 著作権届

| 年度  | 全届出件数 | 内技術職員に係る件数(技術職員<br>のみの件数) | 技術職員数 | 内訳  |       |
|-----|-------|---------------------------|-------|-----|-------|
|     |       |                           |       | 創作者 | 共同創作者 |
| H16 | 0     | 0                         | 0     | 0   | 0     |
| H17 | 0     | 0                         | 0     | 0   | 0     |
| H18 | 10    | 8(2)                      | 12    | 3   | 9     |
| H19 | 0     | 0                         | 0     | 0   | 0     |
| H20 | 4     | 3(0)                      | 3     | 3   | 0     |
| H21 | 6     | 4(2)                      | 4     | 2   | 2     |
| H22 | 1     | 3(0)                      | 3     | 0   | 3     |

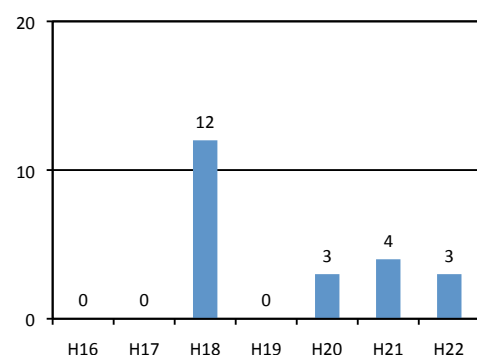


図 3 著作権届 (技術職員)

## 2.3 イベント出展

イベントへの出展ではイノベーションジャパン、つくばテクノロジー・ショーケース (TX テクノロジー・ショーケース in つくばに名称変更) 及びつくば産学連携推進市がある。特にイノベーションジャパンと TX テクノロジー・ショーケース in つくばには、KEK から平成 16 年度以降継続的に出展されている。これらの出展の多くは大学や公的研究機関の研究者であり、大学や公的研究機関の技術シーズを発表して技術移転を促すために行われている。表 3 にイベント出展件数をまとめた (比較のため 16 年度より掲載)。平成 21 年度は 7 件の出展に対して技術職員は入っていないが、平成 22 年度では 5 件の出展に対して 1 件が出展代表者、また 4 名が出展者となっている。

表 3 イベント出展

| 年度  | 全出展件数 | 内技術職員に係る件数(技術職員<br>のみの件数) | 技術職員 | 内訳  |       | イベント名                |
|-----|-------|---------------------------|------|-----|-------|----------------------|
|     |       |                           |      | 出展者 | 共同出展者 |                      |
| H16 | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | イノベーションジャパン2004      |
|     | 10    | 1(0)                      | 2    | 1   | 1     | つくばテクノロジー・ショーケース     |
|     | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | 産学官連携ビジネス交流会         |
| H17 | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | イノベーションジャパン2005      |
|     | 2     | 1(0)                      | 1    | 0   | 1     | TXテクノロジー・ショーケース      |
| H18 | 1     | 1(1)                      | 1    | 1   | 0     | イノベーションジャパン2006      |
|     | 4     | 3(2)                      | 5    | 3   | 2     | TXテクノロジー・ショーケース      |
|     | 3     | 1(1)                      | 1    | 1   | 0     | JST新技術説明会            |
| H19 | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | イノベーションジャパン2007      |
|     | 3     | 2(2)                      | 5    | 2   | 3     | TXテクノロジー・ショーケース      |
| H20 | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | いばらき産業大県フェア2008      |
|     | 3     | 0                         | 0    | 0   | 0     | イノベーションジャパン2008      |
|     | 4     | 1(0)                      | 2    | 0   | 2     | TXテクノロジー・ショーケース      |
|     | 1     | 1(0)                      | 2    | 0   | 2     | つくば産学連携推進市           |
| H21 | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | イノベーションジャパン2009      |
|     | 5     | 0                         | 0    | 0   | 0     | TXテクノロジー・ショーケースinつくば |
|     | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | つくば産学連携推進市           |
| H22 | 1     | 1(1)                      | 4    | 1   | 3     | イノベーションジャパン2010      |
|     | 3     | 0                         | 0    | 0   | 0     | TXテクノロジー・ショーケースinつくば |
|     | 1     | 0                         | 0    | 0   | 0     | つくば産学連携推進市           |

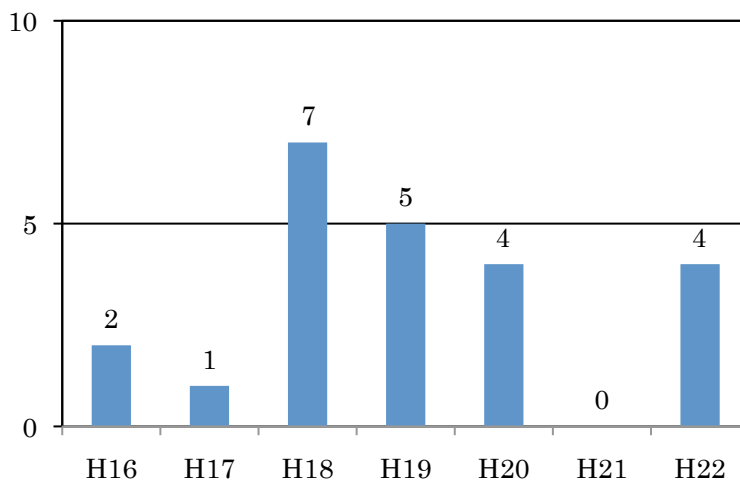


図 4 イベント出展 (技術職員)

## 2.4 共同研究

KEK で行われているいわゆる共同研究には民間等との共同研究、受託研究、共同研究に関する覚書、共同研究契約、共同開発研究、大学等連携支援事業など様々な形がある。

民間等との共同研究は、企業など外部機関の研究者と、産学の立場で独創的な研究を行う。共同研究に関する覚書は、共同研究のために研究機関の間で結ばれるものである。受託研究では民間や公的機関を問わず受けることができるが、共同開発研究は民間を除く公的研究機関研究者が共同して研究を行うことを目的とするものである。また、科研費、科学技術振興機構(JST)、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)など競争的資金に係る共同研究も広い意味での共同研究である。

これらの共同研究には以前から多くの技術職員が関わってきた。しかし、一部例外(共同研究に関する覚書)を除き、従来からこれらの研究の研究代表は教員のみだった。法人化前は、実質的に研究を代表しても技術職員は研究者番号を持っておらず、研究者の一員として認めてもらえなかったので、代表者にはなれなかった例もある。しかし法人化後、技術職員も研究者番号を持つことができるようになって状況は変化しつつあり、平成 18 年度に 1 件、技術職員が代表者となって共同研究が行われたのを始め、平成 22 年度にも 1 件行われている。また毎年 20 人前後の技術職員が共同研究に関わっている。

表 4 共同研究参加数

|     | 共同研究件数総数 | うち技術職員参加<br>共同研究件数 | 参加技術職員数 |
|-----|----------|--------------------|---------|
| H18 | 60       | 18                 | 22      |
| H19 | 60       | 21                 | 25      |
| H20 | 53       | 17                 | 24      |
| H21 | 42       | 9                  | 16      |
| H22 | 53       | 12                 | 21      |

※参加技術職員数は、各共同研究に参加している人数であり、同じ者が複数の共同研究に参加している場合、複数でカウント。

### 3. 科研費採択者紹介





平成 21,22 年度科研費新規採択における研究課題名及び採択者の内容は以下の通りです。

1) 平成 21 年度採択

- a) 基盤研究(B) 大強度加速器における磁場共有型静電粒子分離装置の完成・・・皆川 道文 (素核研)
- b) 基盤研究(C) データ収集ミドルウェアを使ったワークフローシステムの研究開発・・・井上 栄二 (素核研)

2) 平成 22 年度採択

- a) 特定領域研究(公募研究) 高精度 TDC-ASIC の開発と再利用化・・・・・・・田内 一弥 (素核研)
- b) 若手研究(B) 大強度ビームの熱吸収体を利用したプロファイル測定方法の研究・・・上利 恵三 (素核研)
- c) 基盤研究(C) 高放射線環境下における  $10\mu\text{m}$  超高分解能薄膜観察装置の開発・武田 泰弘 (加速器)
- d) 基盤研究(C) 光ファイバを用いた高精度同期技術の開発研究・・・・・・・内藤 孝 (加速器)

今回この中の 3 人の方から内容掲載の承諾を得ましたので紹介します。はじめに田内一弥氏の「高精度 TDC-ASIC の開発と再利用化」、そのあと武田泰弘氏の「高放射線環境下における  $10\mu\text{m}$  超高分解能薄膜観察装置の開発」、内藤 孝氏の「光ファイバを用いた高精度同期技術の開発研究」です。なお年度をまたいでいる方で、既に紹介された方や掲載を辞退された方は掲載していません。今後科研費の申請をされる方は、参考にしてください。

### 3.1 特定領域研究 公募研究「高精度 TDC-ASIC の開発と再利用化」

田内 一弥 素核研

平成22年度(2010年度)

|       |                     |                |     |
|-------|---------------------|----------------|-----|
| 研究種目  | 特定領域研究              | 公募研究 (H22～H23) | 公募  |
| 分野    | 数物系科学               |                |     |
| 分野    | 物理学                 |                |     |
| 細目    | 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理    |                |     |
| 研究課題名 | 高精度TDC-ASICの開発と再利用化 |                |     |
| 研究者代表 | 田内一弥                | エフォート          | 30% |
| 研究分担者 | その他                 | エフォート          | 70% |
| 研究期間  | 平成 22～24 年度         |                |     |

## 研究概要

### (1) 研究目的等

〔 特定 (公募) - 2、3 (研究目的)、6 (今回の研究計画を実施するに当たっての準備状況等)、7 (これまでに受けた研究費とその成果等) の内容を簡潔にまとめて記述してください。 〕

#### 研究目的

本研究において高時間分解能時間測定装置の重要要素である TDC とその要素を開発する。開発する TDC 仕様としては時間分解能 30psec 未満、記録時間 10  $\mu$  sec である。

#### 準備状況と成果

研究代表者は今まで下記の研究を行ってきた

- FPGA を使用したドリフトチェンバー用 TDC

これは時間分解能 1nsec の TDC を FPGA 上で製作したものである。技術的特徴としては 1) FPGA の種類によらず同じファームウェアを使用できる。2) システムクロックが速くなればそのまま時間分解能が向上する (ただし 1GHz のクロックを使用しているわけではない)。があげられる。

- シリコンプロセスを使用した TOF 用 TDC 集積回路の基礎開発

上記の製作を行う以外に TSMC のプロセスを使用し TDC の基本要素となる遅延回路、PLL 等を研究開発してきた。現在は PLL の開発を行っている。

このように時間測定回路に関し経験を積んできており本研究を遂行するにあたっては十分な技術的蓄積がある。

### (2) 研究計画・方法

〔 特定 (公募) - 4、5 (研究計画・方法) の内容を簡潔にまとめて記述してください。 〕

上記の目標を遂行するに当たり年度毎記述する。

#### 22年度

現在設計中の要素 (遅延回路及びそれを使用した発振回路、PLL の基本要素であるローパスフィルター、位相検出器、電流積分器等) を SOI プロセスで製作し測定する。

ここで重要であるのは PLL の設計でありこれのジッタを最小に抑えるように設計を行う必要がある。

#### 23年度

前述の要素技術を組み合わせ TDC 回路を製作し評価する。

ここで重要な技術は以下のとおりである。

- 1、タイムメモリセル方式を採用し低消費電力を目指す。
- 2、2つの TDC の差分をとることで 30psec 以下の時間分解能を達成する。

|       |         |       |               |         |      |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|
| 領域略称名 | フレイバー物理 | 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 田内一弥 |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|

## 研究目的

本欄には、研究の全体構想及びその中での本研究の具体的な目的について、適宜文献を引用しつつ記述し、特に次の点については、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください（記述に当たっては「科学研究費補助金における評価に関する規程」（公募要領 82 頁を参照）を参考にしてください。）。

- ① 研究の学術的背景（本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ、応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯、これまでの研究成果を発展させる場合にはその内容等）
- ② 研究期間内に、何をどこまで明らかにしようとするのか
- ③ 当該領域の推進に貢献できる点
- ④ 応募者の専門としている研究分野と当該領域の研究が有機的に結びつくことにより新たな研究の創造が期待できる点
- ⑤ 当該分野におけるこの研究(計画)の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義
- ⑥ 平成 22 年度において継続して科学研究費補助金又は科学研究費補助金以外の研究費(府省・地方公共団体・研究助成法人・民間企業等からの研究費)の助成を受ける予定がある場合は、当該継続研究課題と本研究課題との相違点

## 学術的背景

本研究の研究代表者は現在までに時間測定システムの研究を行ってきた。具体的には下記の 2 つがあげられる

- ・ FPGA を使用したドリフトチェンバー用 TDC

これは時間分解能 1nsec の TDC を FPGA 上で製作したものである。

技術的特徴としては

- 1) FPGA の種類によらず同じファームウェアを使用できる。
- 2) システムクロックが速くなればそのまま時間分解能が向上する。

- ・ シリコンプロセスを使用した TOF 用 TDC 集積回路の基礎開発

上記の製作を行う以外に TSMC0.18um のプロセスを使用し TDC の基本要素となる遅延回路、PLL 等を研究開発してきた。現在は PLL の設計を行っている。

これらの測定性能を図 1 に示す。

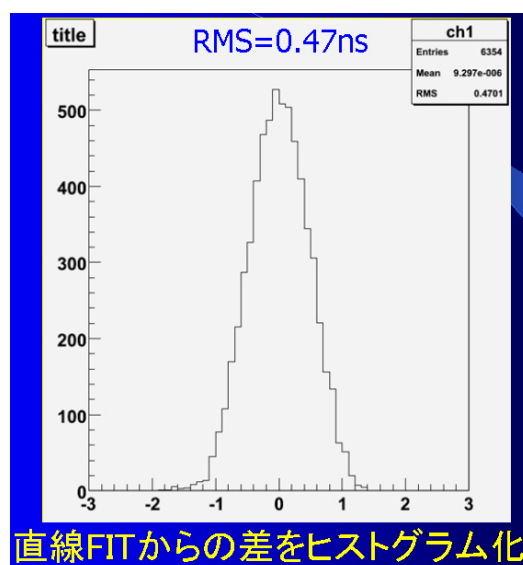


図 1

一方国内外では FPGA を使用した時間測定回路として同様の手法を用いて設計された報告がフェルミ加速器研究所であるが FPGA 上のファームウェアの書き方が一般的でないためどの FPGA でも同様なファームウェアで使用できるというわけではない。集積回路上でこのような時間測定回路を展開する場合、実験ごとで仕様が異なるためかなり汎用性を高めないとかえって使えないものが出来上がる。実際 BELLE および J-PARC において ATLAS 実験用 TMC を使用したが使い方が異なるためにシステム設計が困難になり一部ボードの作り変え等が生じてしまった。これを避けるためには、今回製作した TDC の要素ブロックをライブラリ化し他の人たちが使用できるようにすることである。

## 研究目的（つづき）

研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか

この研究では時間分解能 30psec 以下の多チャンネル TDC の開発研究を行いその結果をライブラリ化し学術用途で広く使用できるようにすることである。具体的には現在デザイン中の高精度 TDC は複数のデジタルブロックからなっておりその部分を別々にブロック化しテストを行い完成度を上げる。そのうえで TDC を製作し全体をブロック化したうえでインターフェース信号等を明確にし、外部回路が容易に接続できるように設計しておく。

このようにすることで

- ・ 外部回路の変更に柔軟に対応できるようにし、ASIC 製作、FPGA への接続等が容易にできる
- ・ ブロック毎で性能を上げることができると他のグループとの共同開発によりブロックごとでアップグレードを行うことが可能となり、皆がその成果を共有できる。

当該領域の推進に貢献できる点

高エネルギー加速器実験では時間測定回路は非常に重要な要素技術である。実際 TOF、TOP 検出器では検出装置の特徴を最大限に生かすために 50psec 未満の時間分解能を持つ時間測定回路が必要とされている。これを実現するためには本技術も含め次の 3 種類の方法がある。

- 1、本技術
- 2、TAC と呼ばれる方式
- 3、波形サンプルによる時間抽出方式

それぞれ特質があるが現在の加速器実験では高インテンシティー/ルミノシティーかつ多チャンネル読み出し、高トリガーレートを勘案した場合、時間分解能が 50psec という性能以外に忘れてはならないのは下記の点である。

- A) トリガーディシジョン用レイテンシー補償時間可変、イベントバッファ内蔵等のシステム化
- B) 他の半導体プロセスに容易に移行できるか

今後多くの実験に使用されるためにはただ単に性能が満たされるだけでは使用できず、より重要性を増すのはデジタル機能を組み込んでより汎用化するかもしれない実験にカスタマイズが容易なブロックにしておくことである。

その観点からみてよりデジタル回路化しやすい部分を多く含んでいるのは本技術である。これは将来 FPGA のようになる可能性を含んでいるということでありユーザーが自由に書き換えることが可能な状況になればより自分たちの実験に合わせてカスタマイズしやすくなる。まとめるとただ単に時間測定装置に組み込めるようになるだけでなくこの技術を発展させていく延長線上により実験を実現しやすい方向性が見えてくるということである。

研究の創造が期待できる点：

前述のように実験ごとにカスタマイズしやすいということは従来我慢してきたシステム設計時の不満を解決できるということであり、研究を遂行する上で実験がやりやすくなるということで場合によっては実験装置自身の性能を上げることが可能となる。

特色・独創的な点と結果及び意義

時間分解能が 30psec を目標に開発する以外に、前述のようにこの時間分解能を達成するには幾つかのアプローチがあるが、本研究では開発した回路等をブロック化し再構成可能なようにしていくことで必要なものを設計しやすくすることを念頭に置いている。これがやりやすのは回路ブロックのほとんどがデジタル回路でできているためであり、そのため高集積化しやすく外部回路とも接続しやすい。この研究の延長線上には FPGA のような TDC 構成技術が存在している。

平成 22 年度において継続して他の助成を受ける予定：該当なし

|       |         |       |               |         |      |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|
| 領域略称名 | フレーバー物理 | 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 田内一弥 |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|

## 研究計画・方法

＜平成 22 年度の計画と 23 年度の計画に分けて記述してください。＞

本欄には、研究目的を達成するための具体的な研究計画・方法について、平成 22 年度の計画と平成 23 年度の計画に分けて、適宜文献を引用しつつ焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。ここでは、研究が当初計画どおりに進まない時の対応など、多方面からの検討状況について述べるとともに、研究計画を遂行するための研究体制について、研究分担者とともに研究計画である場合は、研究代表者、研究分担者の具体的な役割（図表を用いる等）、学術的観点からの研究組織の必要性・妥当性及び研究目的との関連性についても述べてください。

また、研究体制の全体像を明らかにするため、連携研究者及び研究協力者（海外共同研究者、科学研究費への応募資格を有しない企業の研究者、大学院生等（氏名、員数を記入することも可））の役割についても必要に応じて記述してください。

製作する 30psec 時間分解能 TDC の時間測定部のブロックダイアグラムは図 2 に示す。

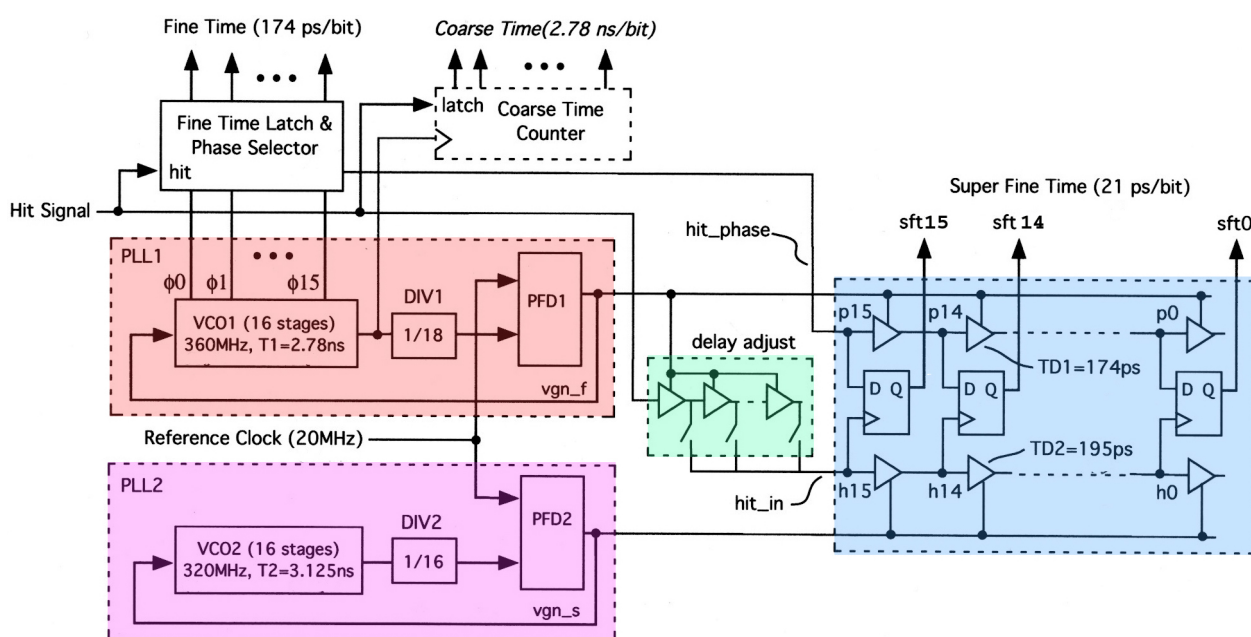


図 2 : TDC の時間測定部のブロックダイアグラム

この TDC の要素としては 2 つの発振周波数の異なる PLL (Phase Locked Loop: オレンジ色のブロックとピンク色のブロック) およびその差分を記録する回路 (水色のブロック) からなる。それぞれの PLL は VCO (Voltage Controlled Oscillator) と書かれたインバーターからなる発振器と位相差検出回路および位相差電圧変換回路よりなる。

この TDC は 30psec 未満を目標とするため 2 つの PLL の引き算により時間をさらに細かく分割しているが、時間分解能が数百 psec でよい場合は PLL ひとつで充分であるし、供給するクロックが安定していれば PLL でなく 2 種類のクロックを直接水色のブロックに入れてやることで回路を簡単にするだけで外部からの制御等も簡単にできる。

更に PLL は時間測定以外にタイミング調整（特に検出器システム用クロックの遅延補償等）に使用されるなど個別に実験に使用する場合も多い。

実用的な TDC を作ろうとする場合は図 2 に更にイベントバッファ、トリガー等の信号分配回路等の実験に依存したデジタル回路を更に付け足すことになる。実際これらの実験に依存する回路はチャンネル数が多くなければ FPGA で製作したほうが良い場合も多い。一方 ASIC で製作する場合でさえ時間分解能や取り扱いやすさ等を考えた場合に図 2 で示したブロックがすべて必要でない場合もある。更にそれぞれの要素回路は個別に再利用可能であるということもあるため、幾つかのブロックを個別に分解し製作し性能を評価したうえで、再利用できるように再構成することでより汎用の時間測定回路が実現できる。

研究計画・方法（つづき）

22年度

前述のようにそれぞれの要素を別々に製作し評価を行う。具体的には

- ・ Voltage Controlled Oscillator
- ・ 位相差検出回路
- ・ それらの結合された Phase Locked Loop
- ・ 差分記録回路（水色のブロック）

を SOI  $0.2\mu\text{m}$  プロセスによって製作する。

評価のポイントとしては、

- ・ VCO の動作周波数範囲の広さ（図3）
- ・ 位相差検出回路の不感領域の幅

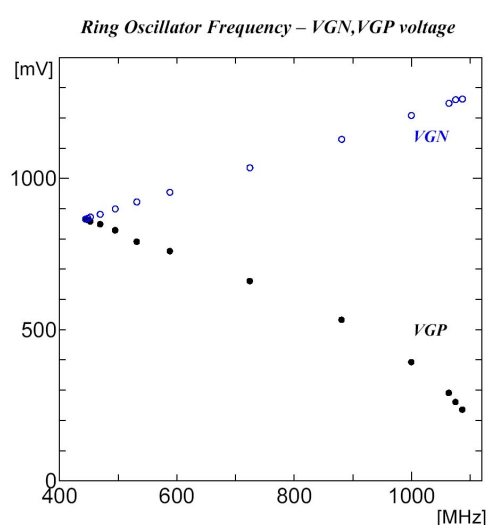


図3：VCO 動作周波数範囲

であり、PLLに使用している個別の回路ブロックをテストすることでよりPLLが誤動作したとしても容易にデバッグが可能である。また万が一全体が動作しなくても性能は差分記録回路を動作させることで性能の見積もりができる。

23年度

前年度で理解できた個別回路の問題点を修正したうえで図2を製作する。出力はFPGAに接続できるようにしておきユーザーがファームウェアで自由に設計できるようにしておく。こうすることで最大限の自由度をもたせ多くの実験に使用できる高精度TDCを供給する。更にここで製作したライブラリをオープンにし再利用可能にすれば、ADCとの結合等多くのバリエーションが出てくるだけでなく、多チャンネル、高トリガーレート下の実験で必須のフロントエンドアナログASICとの結合による検出器近傍への組み込みも容易となる。

|       |         |       |               |         |      |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|
| 領域略称名 | フレーバー物理 | 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 田内一弥 |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|

## 今回の研究計画を実施するに当たっての準備状況等

本欄には、次の点について、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。

- ① 本研究を実施するために使用する研究施設・設備・研究資料等、現在の研究環境の状況
- ② 研究分担者がいる場合には、その者との連絡調整の状況など、研究着手に向けての状況（連携研究者及び研究協力者がいる場合についても必要に応じて記述してください。）

本研究を行うためにはデザインツールとして ASIC 製作用の CAD ツールとして CADENCE 社の Virtuoso custom design platform L が必要である。また製造するために半導体プロセス会社との NDA（秘密保持契約）を交わしていることが必須である。

デザインツールに関して

現在高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・エレクトロニクスシステムグループでは組織内で ASIC 設計を行っており必要とするデザインツールはハードウェア・ソフトウェアともそろっているだけでなく、ツール使用上の問題点とその解決法および回路及びレイアウト設計上の注意等の情報は他の研究者と交換できる状況にあるため全く問題がない。

さらに TDC デザインに関しては FPGA および ASIC でのデザインを持っておりそれをベースに今回の開発研究を行う。

NDA に関して今回使用予定の OKI-SOI 0.2  $\mu$  m プロセスでの試作はすでに締結してあるため、いつでも製作可能となっている。



## これまでに受けた研究費とその成果等

本欄には、研究代表者がこれまでに受けた研究費（科学研究費補助金、所属研究機関より措置された研究費、府省・地方公共団体・研究助成法人・民間企業等からの研究費等。なお、現在受けている研究費も含む。）による研究成果等のうち、本研究の立案に生かされているものを選定し、科学研究費補助金とそれ以外の研究費に分けて、次の点に留意し記述してください。

- ① それぞれの研究費毎に、研究種目名（科学研究費補助金以外の研究費については資金制度名）、期間(年度)、研究課題名、研究代表者又は研究分担者の別、研究経費（直接経費）を記入の上、研究成果のほか、中間・事後評価及び研究進捗評価（当該研究費の配分機関が行うものに限る。）の結果を簡潔に記述してください。
- ② 科学研究費補助金とそれ以外の研究費は線を引いて区別して記述してください。

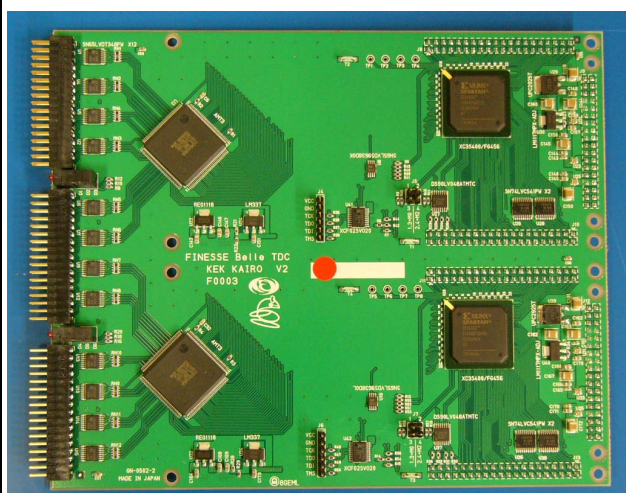
### 科学研究費補助金における成果

当該研究課題においては今まで科学研究費補助金を使用して研究した実績はない。

### 上記以外の研究費における成果

#### 所属機関より措置された研究費

##### BELLE 用 TDC－FINESSE 開発

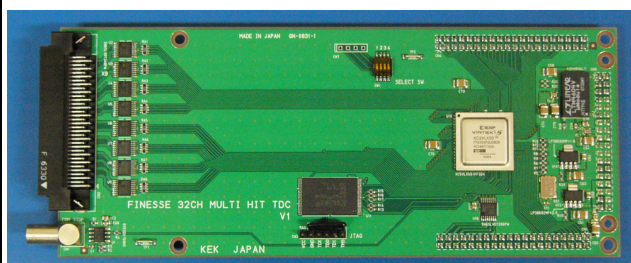


##### 仕様

48ch LVDS/ECL(34pin コネクター x 3)  
 時間分解能 0.73nsec/bit  
 チャンネル数 48  
 ダイナミックレンジ 17bit  
 Double hit resolution 10nsec  
 最大ヒットレート 500kHz  
 入力システムクロック 10～70MHz  
 L1 トリガー対応  
 マルチヒット対応  
 L1 トリガー用バッファ深さ 256W  
 トリガーバッファ 8 W  
 読み出し用バッファ 6 4 W

##### J-PARC 用 FPGA－TDC 開発及び TDC-FINESSE 開発

##### 仕様



時間分解能 1nsec/bit  
 ダイナミックレンジ : 65us(16bit)  
 input ECL/PECL/LVDS 32ch (68pin ハーフピッチコネクタ)

LEMO: COMMON START/STOP  
 FIFO 深さ(HIT 数):1023hit/ch  
 Double pulse resolution 32ns

output data : 16bit counter の値。ch0 から ch31 まで 1trigger 当りの HIT のあった個数だけ出力  
 外部トリガー入力が入るまで FINESSE 上 FIFO へ全ての HIT を記録  
 外部トリガーが入った後 COPPER 上 FIFO ヘデータを転送

|       |         |       |               |         |      |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|
| 領域略称名 | フレーバー物理 | 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 田内一弥 |
|-------|---------|-------|---------------|---------|------|

## 人権の保護及び法令等の遵守への対応（公募要領 3 頁参照）

本欄には、研究計画を遂行するに当たって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取り扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究など法令等に基づく手続きが必要な研究が含まれている場合に、どのような対策と措置を講じるのか記述してください。

例えば、個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査、患者から提供を受けた試料の使用、ヒト遺伝子解析研究、組換え DNA 実験、動物実験など、研究機関内外の倫理委員会等における承認手続きが必要となる調査・研究・実験などが対象となります。

なお、該当しない場合には、その旨記述してください。

集積回路開発ではプロセス会社と秘密保持契約を結ぶ必要があるが、本研究代表者は既に会社と結んでいるため問題はない。

## 研究経費の妥当性・必要性

本欄には、「研究計画・方法」欄で述べた研究規模、研究体制等を踏まえ、様式「特定（公募）－ 9」以降に記入する研究経費のうちで、特に重要な経費の妥当性・必要性・積算根拠について記述してください。

また、研究計画のいずれかの年度において、各費目（設備備品費、旅費、謝金等）が全体の研究経費の 90% を超える場合及びその他の費目で、特に大きな割合を占める経費がある場合には、当該経費の必要性（内訳等）を記述してください。

研究経費はすべて CMOS プロセスを用い集積回路を製作・テストを行うために使用する。1 回のプロセス費用は通常数百万するが、マルチチッププロジェクトを行っているため、幾つかの研究所、部署で費用を分担することで金額が下がっている。

## 研究業績

特定（公募）－１０－（ ）

本欄には、研究代表者及び研究分担者が最近５カ年間に発表した論文、著書、産業財産権等、招待講演のうち、本研究に関連する重要なものを選定し、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり、発表年（暦年）毎に線を引いて区別（線は移動可）し、通し番号を付して３頁以内で記入してください。なお、学術誌へ投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限りです。

また、必要に応じて、連携研究者の研究業績についても記入することができます。記入する場合には、二重線を引いて区別（二重線は移動可）し、研究者毎に、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり記入してください。（発表年毎に線を引く必要はありません。）。

| 発表年                      | 研究代表者・<br>分担者氏名<br>(所属研究機関・<br>部局・職) | 発表論文名・著書名等<br>(例えば発表論文の場合、論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください。)<br>(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。著者名が多数にわたる場合は、 <u>主な著者を数名記入し以下を省略(省略する場合、その員数と、掲載されている順番を○番目と記入)しても可。なお、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付してください。また、corresponding author には左に＊印を付してください。)</u>                                                                                    |
|--------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2009以降                   |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2008                     |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2007                     |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2006                     |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2005                     | 田内一弥                                 | 1)“A Common Data Acquisition System for High-Intensity Beam Experiments”, <u>K.Tauchi</u> (14 番目) 他 16 名,IEEE Transactions on Nuclear Science(査読有),52 巻,2866-2871 頁(2005 年)<br>2)“Modular pipeline readout electronics for the SuperBelle drift chamber”,T.Higuti, <u>K.tauchi</u> (13 番目)他 24 名,IEEE Transactions on Nuclear Science(査読有),52 巻,1912-1917 頁(2005 年) |
| 連携研究者氏名<br>(所属研究機関・部局・職) |                                      | 発表論文名・著書名等<br>(研究代表者及び研究分担者の研究業績として上欄に記載したものは記載しないでください。)                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                          |                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

### 3.2 基盤研究 (C)

#### 「高放射線環境下における $10\ \mu\text{m}$ 超高分解能薄膜観察装置の開発」

武田 泰弘      加速器

平成22年度(2010年度)

|             |                                              |
|-------------|----------------------------------------------|
| 研究種目        | 基盤研究 (C)                                     |
| 分野          | 数物系科学                                        |
| 分野          | 物理学                                          |
| 細目          | 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理                             |
| 細目表キーワード    | 加速器                                          |
| 細目表以外のキーワード | 薄膜                                           |
| 研究課題名       | 高放射線環境下における $10\ \mu\text{m}$ 超高分解能薄膜観察装置の開発 |
| 研究者代表       | 武田 泰弘      エフォート      50%                    |
| 研究分担者       | 菅井 勲      エフォート      10%                     |
| 研究分担者       | 入江 吉郎      エフォート      10%                    |
| 研究期間        | 平成 22～24 年度                                  |

## 研究目的

本欄には、研究の全体構想及びその中での本研究の具体的な目的について、冒頭にその概要を簡潔にまとめて記述した上で、適宜文献を引用しつつ記述し、特に次の点については、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください（記述に当たっては、「科学研究費補助金（基盤研究等）における審査及び評価に関する規程」（公募要領 56 頁参照）を参考にしてください。）。

- ① 研究の学術的背景（本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ、応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯、これまでの研究成果を発展させる場合にはその内容等）
- ② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか
- ③ 当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義

## 研究目的（概要）：

粒子加速器の荷電変換、ビームモニタや実験に使われる炭素薄膜は大電流ビーム照射により、1800K 以上の高温になる。この高温によって炭素薄膜は変形やピンホールを形成し、短時間に破損する。しかし、薄膜の破損に到る変形メカニズムを観察法を用いて明らかにする研究は、長時間高放射線環境に対応できる 10 $\mu$ m 以下の高分解能を持つ観察機器がなく、その開発研究は進んでいない。そこで、ビーム照射時における変形やピンホールの形成過程や挙動を詳細に観察出来る 10 $\mu$ m 以下の超高分解能で、高放射線環境でも画像劣化のほとんどない高耐久観察装置を開発する。この観察装置を用いて薄膜の破損変形メカニズムを解明し、高温損傷を受けにくい長寿命炭素薄膜の開発を行う。

## ① 研究の学術的背景

シンクロトロン加速器への荷電変換入射、ビームモニタや原子核実験で使われる薄膜ターゲットは高温に耐えられる炭素薄膜が使われている。最近の加速器の高性能化により、大電流ビームが照射され、薄膜は熱による伸縮等著しい変形やピンホールが形成され（図 1）、すぐに破損に至る。破損すれば新しい膜に交換をしなければならず、作業時の放射線被曝が避けられない。また、膜の破損が加速器の運転や実験計画の妨げとなるため、非常に問題となっている [1]。

熱や放射線ダメージによる薄膜の破損過程の研究は、今まで多方面で行われてきた。薄膜は高放射線環境施設で使用されていることから、撮影機器の放射線劣化のため詳細な観察が難しい。このため、破損過程の観察は行うことが出来ず、現在も十分な研究が行われているとはいえない。

薄膜の高温損傷は、短寿命化を引き起こす主要原因であるが、その破損メカニズムはよく知られていない。薄膜の変形はごく微細であるため、解明を行う為には、10 $\mu$ m 以下の高分解能でビーム照射中の薄膜の挙動を詳細に観察する必要がある。

このため、我々は原子炉などの高放射線施設で開発を行っている観察方法を調査した。現在まで開発されている耐放射線 CCD カメラによる直視、耐放射線石英ファイバースコープ観察、ペリスコープ観察など様々な観察方式の特徴を比較検討してみたが、いずれも短時間に光学部品の放射線劣化が起り、当該用途では使用できない。そこで、高分解能で常時観察のできる放射線劣化の少ない新しい観察方式の手法が要求される。1) 累積線量 10MGy 以上の耐久性を持ち、2) 10m の長距離から被写体を 10 $\mu$ m 以下の高分解能で観察できる装置を検討した結果、我々は望遠鏡の原理を応用した全く新しいシステムを考案した [2]。

最終的に、この観察装置を用いて、薄膜の変形損傷メカニズムを解明し、測定から得られたデータから熱や変形に強い薄膜を製作することで、薄膜の長寿命化を目指すことを研究目的とする。高放射線施設で 10m 先の被写体を 10 $\mu$ m 以下の超高分解能を得られるシステムは世界でも類を見ないものであり、世界トップ技術である。また、このシステムを用いた薄膜の高温における変形損傷メカニズムの解明は、加速器運転や実験の高効率化に重要な役目を果たす。

## ② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか

加速器構成機器で使われる色々な材料、制御や放射線の測定に使われる各種の線材や電子部品は強い放射線にさらされると、その性質が変わり（レンズのブラウニングや半導体の整流特性の変化）、多くの場合、永久的に性能が劣化する。我々は、放射線環境下での長時間観察の実現のために問題点を見直した結果、放射線の影響を受けやすいレンズや CCD カメラなどの半導体部品等を放射線環境下に置かない全く新しいシステムを開発に成功した。すなわち、放射線環境下には行路を曲げるために放射線ダメージを受けにくい単結晶ミラーや金属ミラーのみを配置し、放射線のない場所に画像を収束させるための放射線ダメージの受けやすいレンズや CCD カメラなどを設置する望遠鏡の原理を応用したシステムを考案した。

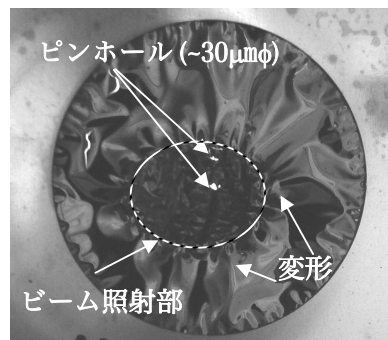


図1 ビーム照射により、変形、ピンホール形成した炭素薄膜

研究機関名 高エネルギー加速器研究機構

研究代表者氏名 武田泰弘

## 研究目的(つづき)

市販の光学部品では、シンチレーションや光学精度の問題など、光路に与える様々な影響により、高分解能や満足のいく鮮明度は得ることが出来ない。また、有限光学系であるため天体用の対無限遠光学レンズの使用ができない、可視光領域全ての波長を色収差なしに伝送する設計など実現には大きな乗り越えなければならない壁がある。

そこで、まず、以下の高放射線下で高分解能観察するために解決すべき問題点の解決を行った。1) 光学部品における反射率の低下や材質表面の放射線劣化を比較し、最適材料を選択2) ミラーと観察部のレンズの面精度を表面研磨法の改善を行い、レイリー限界まで達する設計を行ってきた。上記の技術革新をもとに一昨年より、10m先の80x80mm角被写体を125 $\mu$ mの分解能で観察するシステムを実際に組み上げ、分解能と色収差などの光学性能評価を行った。光学測定により、目指した分解能以上の125 $\mu$ mに達成していることを確認した。

しかし、薄膜の変形やピンホールの成長は微小であるため、このメカニズムを解明するためには、さらなる高分解能(10 $\mu$ m以下)システムを構築しなければならない。そこで、我々は、光学計算をより詳細に行い、光学部品の材質や性能を見直しながら、10 $\mu$ m以下の高分解能システムの設計を行っている。現在の装置で使用する光学部品はレイリー限界まで達しているため、改善の余地はほとんどない。そこで、元の性能を維持し、色収差も補正でき、最大限の分解能を得る方法として、観察部の焦点にできる像を拡大レンズで拡大する方法が考えられる。現在の観察部のミラーを切替式にすることで、現状の80x80mm角の被写体の大きさを維持しながら4倍の拡大レンズを取り付けた新しい観察部を設置する。この方式を用いることで、観察像は現状の最大2倍から8倍になり、10 $\mu$ m以下の極限の分解能が得られることになる。

本機設置後には、分解能や色収差の確認などの光学性能が所定通り出ていることを確認する。最終的にビーム照射している薄膜を実際に観察し、変形やピンホールの発生過程や成長を測定することで、高放射線環境施設で常時観察できる超高分解能観察機器として使用できることを実証する。

### ③当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義

遠くの真空内の被写体を望遠鏡の原理を使い、超高分解能を長時間維持しながら観察する装置は、世界で初めての試みである。通常望遠鏡は無限遠光学系で使用するものあり、本研究のような有限遠には使用しない。我々はレンズ配置など詳細に光学系を検討し、有限遠光学系でも高分解能で観察できることを見出した[2]。顕微鏡で得られる像が望遠鏡で得られた画期的な手法である。この望遠鏡の原理を用いることで、1) 1つの観察部からミラーの切り替えを行うことで複数の被写体を観察できる、2) ズーミングシステムにより、その用途に合わせ拡大縮小ができるというユニークな特徴を持つ。本研究ではレンズにより収束された像を高分解能レンズで拡大することで、さらにピンホール形成過程の観察できる高分解能(1mm以下)を目指し、今までにない極限の観察装置を開発する。

本研究の高放射線環境下監視技術の開発が成功すれば、加速器施設内での1) 荷電変換フォイルのビーム照射中の表面状態監視、2) ビームモニタとしての使用、3) 加速器機器の健全性の確認、4) 定期的点検、5) 保守作業時の状態監視の他、原子炉など放射線に関わる施設の他分野にも利用できる。特に従来、常時監視が困難であった高放射線環境下の機器を詳細に監視することで、放射線や加速器イオンビームのダメージによる物質や機器の変化を常に観察でき、放射線環境下に強い新しい機器の開発に道筋をつけることができる。また、常時観察できることで、薄膜や機器などが破損する前に交換が出来ることになり、安全面でも寄与する。

現在、過酷な放射線環境とされる国際熱核融合実験炉ITER計画では、炉内観察システムの開発にペリスコープ方式とファイバー方式が検討されている[3]。しかし、放射線環境下にレンズやファイバーを組み込む必要があり、上述したように放射線劣化による光学部品のブラウニングが大問題となり、結果として画像の鮮明度が劣化する。他にも様々な放射線環境での観察法は検討されているが、どの方法も技術的には確立されていない。本研究では、“望遠鏡の原理”を最大限生かすことで長時間、超高分解能を維持することにより、画像変化のない安定な・高耐久薄膜観察システムを開発実現する。高放射線環境下における10 $\mu$ mもの超高分解能の観察技術の報告はなされていないので、開発に成功すれば、高放射線環境施設という過酷な環境下での常時高分解能観察を可能にし、加速器分野以外の多分野での応用が期待される。

[1] Development of Hybrid Type Carbon Stripper Foils with High Durability at >1800K for RCS of J-PARC  
I. Sugai他, Proc. Particle Accelerator Conference PAC 2007

[2] Exchange and observation system for charge stripper foils at the J-PARC 3GeV-RCS  
Y. Takeda他, Nucl. Instr. and Meth. A590 p.213-220

[3] 炉内計測・観察システムの開発 小原他 プラズマ・核融合学会誌 第73巻第1号 P42-53

## 研究計画・方法

本欄には、研究目的を達成するための具体的な研究計画・方法について、冒頭にその概要を簡潔にまとめて記述した上で、平成22年度の計画と平成23年度以降の計画に分けて、適宜文献を引用しつつ、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。ここでは、研究が当初計画どおりに進まない時の対応など、多方面からの検討状況について述べるとともに、研究計画を遂行するための研究体制について、研究分担者とともに研究計画である場合は、研究代表者、研究分担者の具体的な役割（図表を用いる等）、学術的観点からの研究組織の必要性・妥当性及び研究目的との関連性についても述べてください。

また、研究体制の全体像を明らかにするため、連携研究者及び研究協力者（海外共同研究者、科学研究費への応募資格を有しない企業の研究者、大学院生等（氏名、員数を記入することも可））の役割についても必要に応じて記述してください。

### 研究計画・方法（概要）：

現光学システムを10 $\mu$ m以下の超高分解能にするためには、詳細な光学計算と光学設計を行う必要がある。光学計算ソフトZEMAXを使用し、光学設計の限界（レイリー限界）を目指した設計を行う。同時に高放射線環境施設で使用でき、高分解能に対応できる光学部品をガンマー線放射線照射実験を行いながら選定する。10 $\mu$ mの超高分解能を得るためには光学計算、光学設計、光学部品の全てを満足できなければならない。次に、光学メーカーと協力しながら、光学部品の表面精度を $\lambda/16$ （ $\lambda$ ＝光の波長：633nm）の現在の最高技術で光学部品作りを行う。製作された光学部品は現光学システムへ精巧に組み込み、光学調整を行いながら、分解能、透過度、色収差の光学評価を行う。最終年度には、ビーム照射中の炭素薄膜の挙動を詳細に観察し、変形やピンホールが形成する過程の調査を始める。

### 平成22年度

平成22年度前期は、10 $\mu$ m以下の高分解能を目指して詳細な光学計算を行いながら光学設計を行う。現状の光学システムの改造のため、限られた条件で設計を行わなければならない、設計には十分注意を払い、その中でも最良の設計を行う。同時に光学材料の放射線照射実験を行い、本年度後期より製作開始する。

設計コンセプトを次のように定め、開発を行っていく。1）光学部品精度をレイリーリミット以下の高精度仕様とする、2）硝材、反射コート膜に最適材を用いる。光学部品への負荷を最小にとどめる機構の採用、3）外部からの熱などの画像への影響を除外するため、光路内は常温、常圧、気密仕様とする、4）最先端技術を取り入れた光学設計、研磨法の採用、5）残留放射線に強いチタン、SUSを使用する、6）可能箇所の自動化、7）設計変更にも柔軟に対応できる設計構造

#### 1）光学設計

本研究では、高放射線環境施設で良好な観察機能を維持することが要求される。光学系の形状と主な光学仕様値は、全体構成、観察範囲、ミラー構成、照明、分解能を考慮し、以下のとおり設定した。観察部は直視と高解像度カメラの2方式で観察を行う。

#### 設計条件：

A）全体構成：現在、設置している観察装置の性能をなるべく維持したまま改造する。放射線環境下のミラー、APOレンズ、REDレンズはレイリー限界に達しているため、現状のものを使用。観察部付近の構造を中心に改造。光路長は約10m。

B）観察範囲（被写体の大きさ）：大きさ 80x80mm (Zooming:1倍時)、材質 炭素（黒色）と想定

C）分解能：10m先の被写体を10 $\mu$ m以下（現状125 $\mu$ m）

上記の設計条件より、ミラー、レンズの面精度  $\lambda/16$ 以上、色収差を抑えるレンズ構成、設計が絶対条件となる。

#### 2）放射線照射試験

光学部品の放射線による劣化試験を日本原子力研究機構で<sup>60</sup>Coガンマー線照射装置にて行う。照射後の部品を表面観察した後、反射率、透過率等の光学測定を行い、劣化度を判定する。測定結果より、放射線に強い適材を選択する。

#### 3）光学部品の製作

ミラーとレンズの面精度は一般的に、 $\lambda/8$ で十分とされている。しかし、我々は更なる高分解能の観察システムを目指すため、現在の技術レベルの最高である $\lambda/16$ の面精度に挑戦した。昨年、表面研磨の会社と共同研究を行い、研磨剤と研磨液、研磨技術の最適化を図り、 $\lambda/16$ の面精度を実現した。この技術を今回の光学部品の製作にも生かし、高精度の光学部品を製作する。高精度加工であるため、部品手配から製作まで約半年を要する。製作する部品の主なものを以下に示す。

|       |               |         |      |
|-------|---------------|---------|------|
| 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 武田泰弘 |
|-------|---------------|---------|------|



## 研究計画・方法（つづき）

光学部品：4倍拡大レンズ（50mmφ、5枚組、面制度 $\lambda/16$ 、F3.2、マルチコート）

光学付属部品：電動ミラー切替装置、電動ミラー角度微調整装置（マニピュレータ内臓）

## 平成23年度以降

平成23年度に、まず、製作した光学部品を慎重に観測装置に組み込む。そして、光学部品を微調整した後、光学調整を行う。平成24年度にかけて、分解能、透過度を測定し、総合的な性能評価を行う。最後に成果をまとめ、成果発表を行う。

## 1) 光学部品の組み込み

光軸のずれは、分解能に大きく影響するため、組み込み精度は慎重に行う。ミラーには角度微調整装置を設け、鏡筒による光軸の多少のずれは吸収できるように設置する。角度の微調整はマニピュレータを駆動させ調整を行う。観察部切り替えは、鏡筒外に設置したDCモーターで行う。

## 2) 光学調整

光軸の中心が個々のミラーの中心になるようにレンズを微調整し、観察部での画像が最高画像になるようにミラーの角度を調整する。必要に応じて、光学調整機械を使用する。

## 3) 光学性能評価

設計通りの性能が出ているか、分解能、透過度、色収差の測定評価を行う。

A) 分解能評価：被写体に分解能測定用の用紙（グレーチング）を置き、観察部より直視や高解像度カメラで撮影することで、判定用の線が完全に分解できているか評価する。

B) 透過率評価：被写体に一定の光を当て、観察部での光量を光量計で計測し、透過率を評価する。

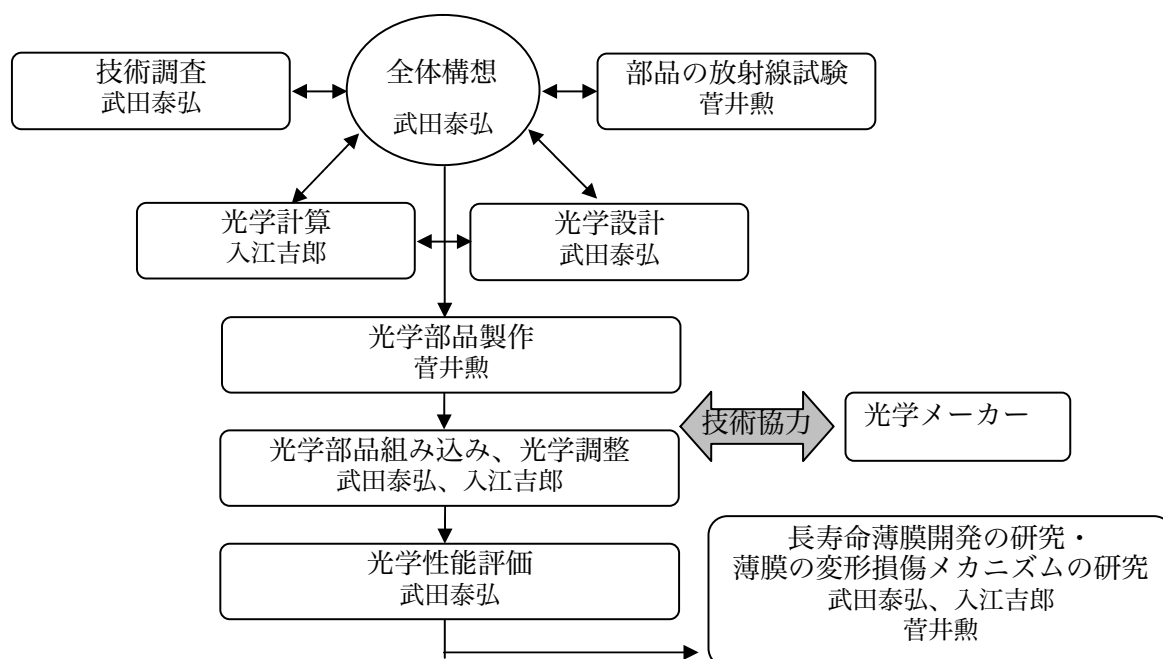
C) 色収差評価：映像機器の色識別用の用紙（フルフィールドカラーバー）を用意し、観察部での観察した色に変化がないことを確認する。色彩輝度計を用いて全体の光学系の評価を行う。

光学性能を確認した後、ビームを照射している薄膜を観察して、薄膜の破損過程の研究を開始する。

## 4) まとめ、成果発表

本研究は、今までにない新しい発想を用いた機器である。10m先の被写体を10 $\mu$ m以下の高分解能と他に類を見ないほど高性能である。今後の発展のためにも、成果を論文にまとめ、学会等で広く発表を行う。

役割分担を図示する





### 今回の研究計画を実施するに当たっての準備状況等

- 本欄には、次の点について、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。
- ① 本研究を実施するために使用する研究施設・設備・研究資料等、現在の研究環境の状況
  - ② 研究分担者がいる場合には、その者との連絡調整状況など、研究着手に向けての状況（連携研究者及び研究協力者がいる場合についても必要に応じて記述してください。）
  - ③ 本研究の研究成果を社会・国民に発信する方法等

- 1) 本研究の超高分解能機器の実現の為に光学設計を行っている。レンズの配置の最適化を行うことで本研究の目的をほぼ実現できることがわかった。解像度分解能が2215本/1”すなわち、11 $\mu$ mの分解能が得られる。今後は、更なる高分解能を得られるようにレンズの素材の選択とコーティング剤、被写体への照明の効率化を行う必要がある。
- 2) また、本研究は、光学部品を最高レベルで製作しなければ、実現は出来ない。このため、光学部品の研磨に関しては、最高品質を目指すために専門的な意見を積極的に取り入れ、研磨技術を持つ業者と協力しながら製作を進めていく。
- 3) 光学部品の耐放射線性は、今まで<sup>60</sup>Coによる $\gamma$ 線照射試験を行ったものを中心に、さらなるデータ化を目指す。
- 4) 本研究で製作した超高分解能観察装置は、最終的にJ-PARCの荷電変換部に取り付け、分解能、透過率、色収差の測定を行う予定で、各担当者間の任務分担、総合連絡と責任体制は問題なく進んでいる。
- 5) 高放射線環境下において、10m先の被写体を10 $\mu$ mの高分解能で観察できる装置は世界に存在しない。本研究の10 $\mu$ m分解能が実現したら、論文あるいは学会誌を通して知らせる。

### 研究計画最終年度前年度の応募を行う場合の記入事項（該当者は必ず記入してください（公募要領16頁参照））

本欄には、研究代表者として行っている平成22年度が最終年度に当たる継続研究課題の当初研究計画、その研究によって得られた新たな知見等の研究成果を記述するとともに、当該研究の進展を踏まえ今回再構築して本研究に応募する理由（研究の展開状況、経費の必要性等）を記述してください。（なお、本欄に記述する継続研究課題の研究成果等は、基盤C（一般）-8の「これまでに受けた研究費とその成果等」欄に記述しないでください。）

| 研究種目名 | 審査区分 | 課題番号 | 研究課題名 | 研究期間             |
|-------|------|------|-------|------------------|
|       |      |      |       | 平成 年度～<br>平成22年度 |

#### 当初研究計画及び研究成果等

#### 応募する理由

|       |               |         |      |
|-------|---------------|---------|------|
| 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 武田泰弘 |
|-------|---------------|---------|------|

| 研究業績                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>本欄には、研究代表者及び・研究分担者が最近5か年間に発表した論文、著書、産業財産権、招待講演のうち、本研究に関連する重要なものを選定し、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり、発表年（暦年）毎に線を引いて区別（線は移動可）し、通し番号を付して記入してください。なお、<u>学術誌へ投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限り</u>ます。</p> <p>また、必要に応じて、連携研究者の研究業績についても記入することができます。記入する場合には、二重線を引いて区別（二重線は移動可）し、研究者毎に、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり記入してください（発表年毎に線を引く必要はありません。）。</p> |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 発表年                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 研究代表者・分担者氏名         | 発表論文名、著書名 等<br>（例えば発表論文の場合、論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年（西暦）について記入してください。）<br>（以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。 <u>著者名が多数にわたる場合は、主な著者を数名記入し以下を省略（省略する場合、その員数と、掲載されている順番を○番目と記入）しても可。</u> なお、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付してください。）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2009以降                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 武田泰弘<br>菅井勲<br>入江吉郎 | <p>1) MEASUREMENT OF LIFETIMES OF THIN CARBON STRIPPER FOILS PRODUCED BY FOCUSED ION BEAM SPUTTERING<br/><u>YASUHIRO TAKEDA</u>, <u>ISAO SUGAI</u>, AKIRA TAKAGI, YOSHIRO IRIE, MICHIMIRO OYAIZU, HIROKANE KAWAKAMI, TOSHIYUKI HATTORI, KATSUNORI KAWASAKI、VACUUM、査読有、IN PRESS、2009</p> <p>2) MEASUREMENTS OF THE TEMPERATURE ON CARBON STRIPPER FOILS BY PULESD 650KEV H<sup>-</sup> ION BEAMS<br/>A. TAKAGI, <u>I. SUGAI</u>, <u>Y. IRIE</u>, <u>Y. TAKEDA</u>, PROC. PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE PAC、査読無、TU6RRFP055、2009</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2008                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 武田泰弘<br>菅井勲         | <p>3) Exchange and observation system for charge stripper foils at the J-PARC 3GeV-RCS<br/><u>Y. Takeda</u>, M. Kinsho, J. Kamiya, <u>I. Sugai</u>, Y. Irie, O. Takeda and H. Takahashi, Nucl. Instr. and Meth.、査読有、A590、p.213-220、2008</p> <p>4) Lifetime improvement of slackened thin cluster carbon stripper foils by suppression of carbon buildup<br/><u>I. Sugai</u>, <u>M. Oyaizu</u>, <u>Y. Takeda</u>, H. Kawakami, T. Hattori and K. Kawasaki, Nucl. Instr. and Meth.、査読有、A590、p.32-36、2008</p> <p>5) Measurement of carbon sputtering yield by N<sup>+</sup> ion beam and lifetime dependence of resulting foils on thickness<br/><u>I. Sugai</u>, <u>M. Oyaizu</u>, <u>Y. Takeda</u>, H. Kawakami, T. Hattori and K. Kawasaki Nucl. Instr. and Meth.、査読有、A590、p.37-42、2008</p> <p>6) First results of target preparation by the HIVIPP method in pressures higher than one bar<br/><u>I. Sugai</u>, <u>Y. Takeda</u>, M. Oyaizu, H. Kawakami, K. Sasa, S. Ishii and K. Shima, Nucl. Instr. and Meth.、査読有、A590、p.83-90、2008</p> <p>7) Improvement of thickness and uniformity of isotopically enriched <sup>12</sup>C targets on backings by the HIVIPP method<br/><u>I. Sugai</u>, <u>Y. Takeda</u>, H. Kawakami, Y. Nagai, and K. Ohta, Nucl. Instr. and Meth.、査読有、A590、p.164-170、2008</p> |
| 連携研究者氏名<br>(所属研究機関・部局・職)                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                     | 発表論文名・著書名 等<br>(研究代表者及び研究分担者の研究業績として上欄に記載したものは記載しないでください。)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

| 研 究 業 績 (つづき) |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |
|---------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 発<br>表<br>年   | 研究代表者<br>・分担者氏名     | 発表論文名・著書名 等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |
| 2008          | 武田泰弘<br>菅井勲<br>入江吉郎 | <p>8) Temperature rise of the multi-layered HBC-stripper foil by high intensity H- beam irradiation<br/> <u>Y. Takeda</u>, <u>I. Sugai</u>, <u>Y. Irie</u>, A. Takagi, M. Oyaizu, Proc. 4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia, VASSCAA-4、査読無、29P71、2008</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
| 2007          | 武田泰弘<br>菅井勲<br>入江吉郎 | <p>9) Development of Hybrid Type Carbon Stripper Foils with High Durability at &gt;1800K for RCS of J-PARC<br/> <u>I. Sugai</u>, H. Kawakami, M. Oyaizu, A. Takagi, <u>Y. Takeda</u>, <u>Y. Irie</u>, T. Hattori, K. Kawasaki, Proc. Particle Accelerator Conference PAC 2007、MOPAN039、査読無、2007</p> <p>10) Comparative Study on Lifetime of Stripper Foil using 650keV H-Ion Beam<br/> A. Takagi, <u>I. Sugai</u>, <u>Y. Takeda</u>, <u>Y. Irie</u>, M. Plum, R. Shaw, C. Feigerle, Proc. Particle Accelerator Conference PAC 2007、査読無、MOPAN040、2007</p> <p>11) J-PARC 3GeV RCS用荷電変換膜製作とその交換システム<br/> <u>武田泰弘</u>、<u>菅井勲</u>、金正倫計、竹田修、高橋博樹、<u>入江吉郎</u>、Accelerator and Related Technology for Application ALTA 2007、査読無、p.23-26、2007</p> <p>12) Spallation Neutron Source (SNS) Diamond Stripper Foil Development<br/> R. Shaw, M. Plum, L. Wilson, <u>Y. Irie</u>, <u>I. Sugai</u>, A. Takagi, M. J. Borden, T. Spickermann, C. Feigerle, Proc. Particle Accelerator Conference PAC 2007、MOPAS081、査読無、2007</p> <p>13) J-PARC RCS用荷電変換膜と膜の安定運用のための交換装置と高精度高分解能観察装置の開発<br/> <u>武田泰弘</u>、ヴァンデグラフ実験室研究会、査読無、p.54-61、2007</p> |              |
|               | 入江吉郎<br>菅井勲         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |
|               | 武田泰弘                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |
| 2006          | 武田泰弘<br>菅井勲<br>入江吉郎 | <p>14) Development of thick hybrid-type carbon stripper foils with high durability at 1800K for RCS of J-PARC<br/> <u>I. Sugai</u>, <u>Y. Takeda</u>, M. Oyaizu, H. Kawakami, <u>Y. Irie</u> (他7名、1、2、5番目)、Nuclear Instruments and Methods in Physics Research、査読有、A561、p.16-23、2006</p> <p>15) J-PARC 3GeV-RCS用荷電変換膜交換装置の製作<br/> <u>武田泰弘</u>、<u>菅井勲</u>、荒木田是夫、金正倫計、高橋博樹、<u>入江吉郎</u>、吉本政弘、第3回加速器学会、査読無、WP57、2006</p> <p>16) Preparation of thick enriched isotopic Si targets by the HIVIPP method<br/> <u>I. Sugai</u>, <u>Y. Takeda</u>, H. Kawakami, Nucl. Instr. and Meth. 査読有、A561、p.38-44、2006</p> <p>17) 荷電変換膜観察のための光学設計<br/> <u>武田泰弘</u>、神谷潤一郎<br/> 第3回加速器学会、査読無、TP51、2006</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |              |
|               | 菅井勲<br>武田泰弘         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |
|               | 武田泰弘                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |              |
| 2005          | 武田泰弘<br>菅井勲<br>入江吉郎 | <p>18) J-PARC用荷電変換駆動システムのデザイン<br/> <u>武田泰弘</u>、<u>菅井勲</u>、荒木田是夫、<u>入江吉郎</u>、金正倫計、第2回加速器学会年会、査読無、p.678-680、2005</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |              |
| 研究機関名         |                     | 高エネルギー加速器研究機構                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 研究代表者氏名 武田泰弘 |

### 人権の保護及び法令等の遵守への対応（公募要領3頁参照）

本欄には、研究計画を遂行するに当たって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取り扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究など法令等に基づく手続きが必要な研究が含まれている場合に、どのような対策と措置を講じるのか記述してください。

例えば、個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査、患者から提供を受けた試料の使用、ヒト遺伝子解析研究、組換えDNA実験、動物実験など、研究機関内外の倫理委員会等における承認手続きが必要となる調査・研究・実験などが対象となります。

なお、該当しない場合には、その旨記述してください。

該当しない

### 研究経費の妥当性・必要性

本欄には、「研究計画・方法」欄で述べた研究規模、研究体制等を踏まえ、次頁以降に記入する研究経費の妥当性・必要性・積算根拠について記述してください。また、研究計画のいずれかの年度において、各費目（設備備品費、旅費、謝金等）が全体の研究経費の90%を超える場合及びその他の費目で、特に大きな割合を占める経費がある場合には、当該経費の必要性（内訳等）を記述してください。

#### 設備備品費、消耗品費：

4倍拡大レンズは、レンズ5枚組みの配置となっており、高分解能を得るためにそれぞれのレンズの面精度を現在の加工レベルの最高技術（ $\lambda/16$ ）で表面研磨する必要がある。表面加工は光学メーカーと共に研磨技術改善を行い、技術レベルを上げた後に行う。

電動ミラー切替え装置、電動ミラー角度微調整装置は本研究に適合する市販品がない。その為、既製品は使えず、特注となる。そのため、製作費用は市販に比べて多く要する。

高解像度観察用カメラは、光学装置で得られた画像をロスなしに伝送するために用いる。そのため、光学装置の分解能より細かい画素でなければならず、2000万画素以上の撮像機器が必要である。

ハード設備は、本研究の実現には必要不可欠のものである。他の光学開発に必要な設備は、手持ちで対応できるので何とか行ける。

光学性能測定実験に必要な色彩輝度計は光学調整時に頻繁に使用しなければならないため購入する。性能測定に必要な他の機器は、レンタルで使用する。申請した予算では不足だが、手持ちの機器を最大限活用することで対応する。

**旅費（国内・調査研究旅費）：**初年度に光学メーカーとの打ち合わせを行うため

**旅費（海外・成果発表）：**最終年度に成果を国際学会で発表し、論文にまとめ投稿する。

**印刷費：**最終年度に成果を論文としてまとめ、印刷する。

### 3.3 基盤研究 (C)「光ファイバを用いた高精度同期技術の開発研究」

内藤 孝      加速器

平成22年度(2010年度)

|          |                                   |
|----------|-----------------------------------|
| 研究種目     | 基盤研究 (C)                          |
| 分野       | 数物系科学                             |
| 分野       | 物理学                               |
| 細目       | 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理                  |
| 細目表キーワード | 加速器                               |
| 研究課題名    | 光ファイバを用いた高精度同期技術の開発研究             |
| 研究者代表    | 内藤 孝                  エフォート   30% |
| 研究期間     | 平成 22～23 年度                       |

**研 究 目 的**

本欄には、研究の全体構想及びその中での本研究の具体的な目的について、冒頭にその概要を簡潔にまとめて記述した上で、適宜文献を引用しつつ記述し、特に次の点については、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください（記述に当たっては、「科学研究費補助金（基盤研究等）における審査及び評価に関する規程」（公募要領 56 頁参照）を参考にしてください。）。

- ① 研究の学術的背景（本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ、応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯、これまでの研究成果を進展させる場合にはその内容等）
- ② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか
- ③ 当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義

**研 究 目 的（概要）※ 当該研究計画の目的について、簡潔にまとめて記述してください。****研究課題名「光ファイバを用いた高精度同期技術の開発研究」**

本研究は、主に粒子加速器に於ける加速粒子と加速装置の時間関係を高精度に保つための同期技術の開発に関する研究である。この技術は加速器及び実験装置の信号同期、さらには電波望遠鏡（VLBI）の基準信号伝送、高精度時間標準の分配システム等、多くの分野で必要とされる技術である。この技術によって加速器を使った省エネルギー研究、バイオ研究の進展が期待され、また宇宙物理等の研究に寄与することを目的としている。

**① 本研究の学術的背景**

高エネルギー物理実験や大型放射光利用に用いられる加速器では、加速装置は km 以上離れた場所に分散配置される。この間を加速粒子はほぼ光速で移動する。加速粒子の移動に同期して安定した電界を与えることによって加速粒子は高エネルギーに達する。通常、電界は高周波によって与えられるが、高周波の加速粒子に対する位相安定性が必要となる。その基準信号の精度は ps ( $10^{-12}$  秒) オーダーが要求される。

長距離に渡りこの安定度を実現するには通常同軸ケーブルでは不可能であり、我々は温度変動に対して伝送時間の極めて安定な位相安定化光ファイバーケーブルを開発し、実用化してきた。[1] この位相安定化光ファイバーケーブルは、国内外の多くの加速器で使われ（KEKB, ATF, Spring8, JPARC, LEP など）、また、国立天文台野辺山電波望遠鏡の基準信号伝送にも用いられた。

近來の加速器技術はさらなる高安定な加速を実現するために、安定度は  $10^{-13}$  秒から  $10^{-14}$  秒が要求されるようになってきた。現在、世界各国で建設が進められている X 線 FEL の実験のための同期信号には、この安定度が重要なため盛んに研究が進められている。[2][3] また、高エネルギー物理で計画されている SuperKEKB、リニアコライダー等将来加速器でも安定な加速の実現のために必要な技術となっている。電波望遠鏡（VLBI）は複数のアンテナでミリ波（数 GHz～数十 GHz の高周波）を使い電波干渉計を構成する。その精度は電波干渉計の位相安定性に依るため加速器と同様に安定な高周波伝送が必要とされる。この分野でも ALMA (Atacama Large Millimeter/sub-millimeter Array) など巨大化するシステムにさらなる安定度が求められている。高精度時間標準の分配に於いては、原子時計により生成された時間標準信号を必要とする場所へ伝送するために精度を劣化させずに伝送する技術の一つとして光ファイバーを使った技術が使われている。この安定性を実現するにはフィードバックによる位相補償をする必要がある。このフィードバック技術に関しては、産業技術総合研究所計測標準研究部門に於いて高精度時間標準の分配システムとして研究されてきた。[4][5] 産業技術総合研究所との共同研究により位相安定化光ファイバーケーブルとフィードバック技術を融合することによって、さらなる安定な基準信号伝送を実現することを目指している。

研究機関名 高エネルギー加速器研究機構

研究代表者氏名 内藤 孝

**研 究 目 的（つづき）****② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか**

初年度（平成22年）にはテストベンチに於いて、何種類かあるフィードバック方式の評価を行い到達安定度の指標を得る。必要なフィードバック部品の安定化を行う。また、既に敷設されている位相安定化光ファイバーケーブルを用いて安定度のテストを行う。

次年度以降（平成23年）には、既存、KEKB 加速器または、PF-AR 加速器に於いて実際に加速システムで使用実験を行い  $10^{-13}$  秒以下の安定度の測定を目指す。PF-AR 加速器で行われている放射光を用いたポンププローブ実験では、その安定度を指標化して評価することが出来る。また、現在開発研究が進められている ERL (Energy Recovery Linac) の試験加速器 (Compact ERL (C-ERL)) がビーム試験を予定している。この C-ERL のビームとの同期実験によって本システムの実用性が実証される予定である。

**③ 当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義**

位相安定化光ファイバーケーブルはメーカーと共同開発によって、世界に先駆けて我々が加速器で実証した。フィードバックによる位相補償の技術は産業技術総合研究所計測標準研究部門での実績がある。本研究は、これら二つの技術を融合することによって高精度伝送を可能にする点に特色がある。他ではなされていない試みである点に独創性がある。

この技術は、特に X 線 FEL の実験のための同期信号としては実験の精度を決定するために不可欠の技術となっている。この技術により高精度の時間応答の測定が可能になり、物性研究の進展が予想されている。特にタンパク質などの高分子解析に大きな進展が期待される。加速器のみならず電波望遠鏡分野でこの技術を使用することによって性能が向上し、宇宙の起源の解明が期待されている。高精度時間標準の分配の分野でも、この技術によって高精度時間標準が多く場所で使用される可能性がある。

位相安定化光ファイバーケーブルを使用した技術は我々が最初に開発し、工業技術としても日本が世界に先駆けて、外国の加速器等に輸出したものである。この技術を発展させることは学術的に世界的に優位に立てると共に、工業技術としても日本のケーブルメーカー（住友電工、古河電工）が優位に立てる結果となり、技術立国を目指す日本の方向性と合致する。

[1] Naito, et. al., “RF reference distribution using fibre-optic links for KEKB accelerator” The 2001 Particle Accelerator Conference (PAC2001), Chicago, Illinois, U.S.A., June 18-22, 2001

[2] F. Loehl, et. al., “EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE TIMING STABILITY OF THE OPTICAL SYNCHRONIZATION SYSTEM AT FLASH”, Proceedings of EPAC08, Genoa, Italy, (2008) p1386

[3] H. Maesaka, et. al., “DEVELOPMENT OF THE OPTICAL TIMING AND RF DISTRIBUTION SYSTEM FOR XFEL/SPRING-8”, Proceedings of FEL08, Gyeongju, Korea, Aug(2008) p2636

[4] 雨宮正樹, “光ファイバーを用いた時間・周波数標準の供給及び比較技術に関する調査研究”, 産総研計量標準報告(2005). 2, pp551-558

[5] S. Foreman, et. al., “Remote transfer of ultra stable frequency reference via fiber network”, Rev. of Sci. Inst. 78, 021101 (2007)

## 研究計画・方法

本欄には、研究目的を達成するための具体的な研究計画・方法について、冒頭にその概要を簡潔にまとめて記述した上で、平成22年度の計画と平成23年度以降の計画に分けて、適宜文献を引用しつつ、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。ここでは、研究が当初計画どおりに進まない時の対応など、多方面からの検討状況について述べるとともに、研究計画を遂行するための研究体制について、研究分担者とともに研究計画である場合は、研究代表者、研究分担者の具体的な役割（図表を用いる等）、学術的観点からの研究組織の必要性・妥当性及び研究目的との関連性についても述べてください。

また、研究体制の全体像を明らかにするため、連携研究者及び研究協力者（海外共同研究者、科学研究費への応募資格を有しない企業の研究者、大学院生等（氏名、員数を記入することも可））の役割についても必要に応じて記述してください。

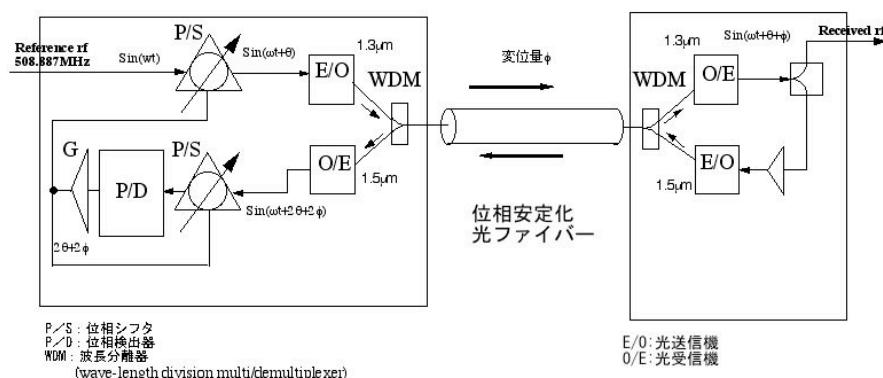
**研究計画・方法（概要）※ 研究目的を達成するための研究計画・方法について、簡潔にまとめて記述してください。**

本研究の開発計画として、1) 基準信号フィードバックに関する要素開発、2) 実際の加速器環境に於ける安定度の評価、3) 長期運用に於ける安定度の評価に分けられる。1) については産業技術総合研究所、高エネルギー加速器研究機構のテストベンチで行い、2) 3) については高エネルギー加速器研究機構の加速器に於いて行う。研究開発途中に関する諸問題については独立法人・産業技術研究所計測標準研究部門と連携し、議論を進めながら解決してゆく予定である。

平成22年度

基準信号フィードバックに関する要素開発（責任者：内藤孝、雨宮正樹）

既に要素開発は高エネルギー加速器研究機構、産業総合研究所、双方で進められており、テストベンチでの結果が出始めている。[1] しかし、フィードバックの方式、使用するデバイスの種類は何種類かがあり、加速器の信号伝送に最も適した方式、デバイスの選定のためにテストベンチでのテストを行う必要がある。このテストにより、ほぼ到達安定度は計算することが出来る。高エネルギー加速器研究機構で以前行った結果では[2]、設定条件で  $10^{-12}$  秒に近い値が得られているため、デバイスの選定が難しいとしてもフィードバックのパラメータの最適化で  $10^{-13}$  秒を実現することは目処がたっている。代表的なフィードバックの構成図を図1に示す。この構成では位相安定化光ファイバーの長さの変動を波長を変えて往復した信号により検出し、伝送端の位相の変動量を送り側で補正することによって伝送端の位相を安定化させている。



[1] 雨宮他、「光ファイバによる周波数標準の高精度供給装置」、電気学会誌（ECT09-073）

[2] Naito, et. al., “RF reference distribution using fiber-optic links for KEKB accelerator” The 2001 Particle Accelerator Conference (PAC2001), Chicago, Illinois, U.S.A., June 18-22, 2001

|       |               |         |      |
|-------|---------------|---------|------|
| 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 内藤 孝 |
|-------|---------------|---------|------|



**研究計画・方法 (つづき)**

平成 22 年度

実際の加速器環境に於ける安定度の評価 (責任者: 内藤 孝)

加速器に於ける安定度の評価は、KEKB リニアック-中央制御棟間の位相安定化光ファイバーケーブル約 800m を使用して行う。実際の環境での温度変動の影響に対し、どれだけの安定度を実現出来るかを評価する。実装に関する諸問題に関しては高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・海老原清一講師の助言を仰ぎ進める予定である。システムに問題があれば 1 の要素開発に戻し、評価と開発を繰り返す。

平成 23 年度

長期運用に於ける安定度の評価 (責任者: 内藤 孝、照沼 信浩)

実際の加速器の基準信号として開発したシステムを使用し、長期変動の測定を行う。加速器は、試験加速器(ATF), KEBB を使用する。システムに問題があれば 1 の要素開発に戻し、評価と開発を繰り返す。また、PF-AR 加速器で行われている放射光を用いたポンププローブ実験で実際に使用し、その安定度を評価する。C-ERL が稼働した時点で、C-ERL のビームとの同期実験によって性能を実証する。C-ERL への実装に関する諸問題に関しては高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・足立伸一準教授の助言を仰ぎ進める予定である。

**今回の研究計画を実施するに当たっての準備状況等**

- 本欄には、次の点について、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。
- ① 本研究を実施するために使用する研究施設・設備・研究資料等、現在の研究環境の状況
  - ② 研究分担者がいる場合には、その者との連絡調整状況など、研究着手に向けての状況（連携研究者及び研究協力者がいる場合についても必要に応じて記述してください。）
  - ③ 本研究の研究成果を社会・国民に発信する方法等

①本研究を実施するために使用する研究施設  
高エネルギー加速器研究機構・KEKB, 先端加速器(ATF)を使用する。ATFはリニアコライダー開発の研究装置として国際協力で実験・開発が進められている装置であり、本研究を進めるにあたり最も適した装置環境にある。

②連携研究者との連絡調整状況  
研究代表者、連携研究者、共につくば地区の研究機関に属しており連絡は密に行える環境にある。

③本研究の研究成果を発信する方法  
本研究の研究成果は学術ジャーナル等に出版される予定であり、また、研究成果は高エネルギー加速器研究機構ホームページ( <http://lcdev.kek.jp/> )に於いて順次紹介されている。

**研究計画最終年度前年度の応募を行う場合の記入事項（該当者は必ず記入してください（公募要領 16 頁参照））**

本欄には、研究代表者として行っている平成 22 年度が最終年度に当たる継続研究課題の当初研究計画、その研究によって得られた新たな知見等の研究成果を記述するとともに、当該研究の進展を踏まえ今回再構築して本研究を応募する理由（研究の展開状況、経費の必要性等）を記述してください。（なお、本欄に記述する継続研究課題の研究成果等は、基盤 C (一般) -8 の「これまでに受けた研究費とその成果等」欄に記述しないでください。）

| 研究種目<br>名 | 審査区<br>分 | 課題番<br>号 | 研 究 課 題 名 | 研究期間               |
|-----------|----------|----------|-----------|--------------------|
|           |          |          |           | 平成 年度～<br>平成 22 年度 |

**当初研究計画及び研究成果等**

**応募する理由**

|       |               |         |      |
|-------|---------------|---------|------|
| 研究機関名 | 高エネルギー加速器研究機構 | 研究代表者氏名 | 内藤 孝 |
|-------|---------------|---------|------|

| 研究業績                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>本欄には、研究代表者及び・研究分担者が最近5カ年間に発表した論文、著書、産業財産権、招待講演のうち、本研究に関連する重要なものを選定し、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり、発表年（暦年）毎に線を引いて区別（線は移動可）し、通し番号を付して記入してください。なお、学術誌へ投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限り、ます。</p> <p>また、必要に応じて、連携研究者の研究業績についても記入することができます。記入する場合には、二重線を引いて区別（二重線は移動可）し、研究者毎に、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり記入してください（発表年毎に線を引く必要はありません。）。</p> |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 発表年                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 研究代表者・分担者氏名 | 発表論文名、著書名 等<br>(例えば発表論文の場合、論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年（西暦）について記入してください。)<br>(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。著者名が多数にわたる場合は、主著者を数名記入し以下を省略(省略する場合、その員数と、掲載されている順番を○番号と記入)しても可。なお、研究代表者には二重下線、研究分担者には一重下線、連携研究者には点線の下線を付してください。)                                                                                                                                                                                               |
| 2009以降                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 内藤 孝        | 1. <u>内藤孝</u> , (1 番目)<br>“加速器に於ける基準信号伝送システム”, 第 29 回天文学に関する技術シンポジウム、国立天文台水沢 VLBI 観測所 (査読 無)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2008                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 内藤 孝        | 2. <u>T. Naito</u> , (1 番目)<br>“ATF Diagnostics”, PAL-KEK mini-linac workshop 10/02/7 (査読 無)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2007                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 内藤 孝        | 3. <u>内藤孝</u> , (他 1 名・1 番目)<br>“KEK-ATF における反射型干渉計による微小ビームサイズの測定”, 第 24 回 PF シンポジウム、高エネルギー加速器研究機構 (査読 無)<br>4. <u>T. Naito</u> , (他 4 名・1 番目)<br>“Development of a 3ns rise and fall time strip-line kicker for the International Linear Collider”, Nuclear Instruments and Methods A 571(2007) 599-607 (査読 有)                                                                                                                 |
| 2006                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 内藤 孝        | 5. <u>T. Naito</u> , (他 1 名・1 番目)<br>“Very small beam-size measurement by a reflective synchrotron radiation interferometer”, PHYSICAL REVIEW SPECIAL TOPICS - ACCELERATORS AND BEAMS 9, 122802 (2006) (査読 有)<br>6. <u>T. Naito</u> , (他 1 名・1 番目)<br>”Very Small Beam Size Measurement by Reflective SR Interferometer at KEK-ATF”, European Particle Accelerator Conference, Edinburgh, Scotland, 26-30 June 2006 p1142(査読 無) |
| 2005                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 内藤 孝        | 7. <u>T. Naito</u> (他 14 名・1 番目)<br>“Damping wiggler study at KEK-ATF”, Particle Accelerator Conference, Knoxville USA, May 2005(査読 無)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 連携研究者氏名<br>(所属研究機関・部局・職)                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | 発表論文名・著書名 等<br>(研究代表者及び研究分担者の研究業績として上欄に記載したものは記載しないでください。)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 雨宮 正樹<br>(産業総合研究所計測標準研究部門主任研究員)                                                                                                                                                                                                                                                                                   |             | 1. <u>M. Amemiya</u> (他 7 名・1 番目)<br>“Time and Frequency Transfer and dissemination Methods Using Optical Fiber Network” IEEJ Trans. FM Vol.126 No.6, 2006(査読 有)<br>2. <u>M. Amemiya</u> , (他 5 名・1 番目)<br>”Precise Frequency Comparison System Using Bi-directional Optical Amplifiers” IEEE, Trans. Instrum.Meas. 2009 (掲載決定) (査読 有)                                                                                          |



## 4.受賞報告



## 4.1 KEK 技術賞

KEK 技術賞は、高エネルギー加速器研究機構における技術上の優れた業績を表彰し、もって広く技術の発展に資することを目的として平成 12 年度に創設された。この賞は、審査基準として 1) 技術への取り組みが創造的である。2) 技術の具体化への貢献、成果が顕著である。3) KEK の推進する研究計画への技術貢献が顕著である。4) 技術伝承への努力が積み重ねられている。を基本的な考え方としている。推薦された技術賞候補案件は、各研究所、研究施設、技術部門及び管理局から選出された委員による「KEK 技術賞専門部会」において審査される。審査は各推薦者によるそれぞれの技術内容紹介と技術開発現場における候補者本人による内容説明を必ず行なった上、部会において審議を行なう。その際、より十分な検討を行なうため、追加資料を本人から提出してもらうこともある。技術賞は、こうした審査を経て所長会議に答申される。

上記の審査を経て、専門部会は、平成 21 年度に 5 件、平成 22 年度に 6 件の KEK 技術賞の推薦を行った。

平成 21, 22 年度の技術賞の内容は KEK Internal 2010-2 及び KEK Internal 2011-1 に収録されている。以下にその要旨と項目を紹介する。

### 4.1.1 平成 21 年度技術賞(KEK Internal 2010-2)より

#### (1)J-PARC におけるミュウオン生成標的の開発

牧村俊助(物構研)

##### 要旨

J-PARC ミュウオン科学研究施設 (J-PARC/MUSE) では 3GeV、333  $\mu$  A の陽子ビームによって世界最強強度のパルス状ミュウオンを発生させ、様々な素粒子物理実験を実施します。ミュウオン生成標的は物質生命科学実験施設内の中性子標的上流に位置し、ミュウオン標的を貫通した、陽子ビームは中性子標的まで輸送されるのでミュウオンと中性子を同時に用いた実験が可能になっています。本報告では、本報告では J-PARC におけるミュウオン生成標的に関して報告いたします。第一章はミュウオン生成標的の概要および世界に対する位置づけを述べ、第二章ではミュウオン標的の設計で留意した点、特に静解析について述べます。第三章ではミュウオン標的の製作方法を述べ、第四章では J-PARC における 300KW 運転でのミュウオン標的での挙動を報告します。最後に第五章では、まとめおよび今後の予定を述べます。

##### 項目

1. はじめに
2. ミュウオン標的の設計
3. ミュウオン標的の製作
4. J-PARC における運転状況
5. まとめ、参考文献

## (2)水素炉を用いた金属接合技術の開発

工藤 昇（共通）

### 要旨

KEK の水素炉を用いて、常伝導Xバンドリニアコライダー用、加速管製作技術確立を目標に行ってきた。この加速管製作は、拡散接合と金ロウでのロウ付けが重要な技術である。KEK で確立した技術を基礎に民間大型炉で3本の実加速管を製作し、また KEK でも小型加速管や多くの真空装置などを製作したので、これらを開発した技術を報告する。

### 項目

1. はじめに
2. Xバンド加速管への要求
3. 加速管の製作工程
4. 拡散接合条件
5. 加速管製作
6. KEK の水素炉での接合
7. まとめ
8. 謝辞、参考文献

## (3)T O チョッパー制御・計測システムの開発

下ヶ橋秀典(物構研)

### 要旨

T O チョッパーは、実験に悪影響を与える、(高エネルギー中性子) ビームノイズを回転遮蔽体によって遮断する装置である。これにより実験に悪影響を与える、バックグランドノイズを軽減し、実験データの質向上に寄与することで、高エネルギー素励起を明らかにする。よってこの装置は中性子科学の質的改革をもたらすものである。T O チョッパーは J-PARC において KEK の物質生命科学実験施設が担当し、機械工学センターの共同開発研究により、2002 年度から開始された。T O チョッパーは、120kg の遮蔽物を 100Hz で回転させ、その回転位相の精度は $\pm 5 \mu s$  で、中性子発生と同期させなければならない。また、この装置は中性子施設の基幹となるデバイスであり、十分長期間にわたり、安定、安全に連続運転出来なければならない。T O チョッパーの制御計測システムは実用に満足するもので現在順調に稼働しており、当初の目的を達成した。

### 項目

1. はじめに
2. 装置本体と仕様
3. T O チョッパーの制御開発条件
4. 制御システム
5. 加減速マスタークロック同期回路
6. パルス列生成回路
7. ドリフト位相設定回路
8. 動作検証関係の回路開発
9. 長時間無人運転試験のための開発



10. 実機用 T O チョッパ制御盤の試作
11. 回転精度の検証
12. 中性子ビームを用いた効果の検証
13. まとめ 参考文献

#### (4) EPICS on F3RP61 の開発と応用

小田切 淳一（加速器）

##### 要旨

Experimental Physics and Industrial Control System (EPICS) をベースにした加速制御システムのための Input/Output Controller(IOC)として PLC を利用する技術を開発した。同技術は、Linux を OS として採用した横河電機社製 FA-M3PLC 用の CPU モジュール (F3RP61) と I/O モジュールを利用する。EPICS のコア・プログラムを F3RP61 の上で直接実行することにより、VME/VxWorks ベースの IOC の下に従来型の PLC を配置したため両者をイーサネット越しに通信させる必要がなくなり、IOC と PLC の機能を F3RP61/Linux、ベースの IOC 統合することができるようにした。その結果、制御ソフトウェアの開発期間が短縮され、維持費用が軽減された。この技術は現在稼働中の加速器の制御システムにおいて実用に供され、F3RP61 とその上で動作する EPICS (EPICS on F3RP61) の安定性が実証されている。本稿では EPICS on F3RP61 の開発と応用、および今後の展開について述べる。

##### 項目

1. はじめに
2. EPICS とは
3. 組み込み EPICS の必要性
4. EPICS on F3RP61 の開発
5. 加速器制御への応用
6. 今後の展開
7. まとめ 参考文献

#### (5) J-PARC Main Ring のシステムコミショニング

大越 隆夫（加速器）

##### 要旨

J-PARC Main Ring (以下 MR と称す) は初期取り出しビームエネルギー 30GeV、周長 1.6km の大型陽子シンクロトロンである。加速器トンネルは、地下約 10m にあり、地上部には付属施設として電源棟 3 棟、機械棟 3 棟、搬入棟 2 棟と脱出棟 3 棟が配置されている。MR は 3 か所の直線部と曲線部から構成されており、各直線部は、○上流からのビームを受ける入射部、○ハドロン施設にビームを供給出射部、○ビームを加速する加速部とニュートリノへの出射部の役割持つ。本報告は MR への大量の磁石設置、ケーブル敷設、冷却水配管等に関する事である。作業にあたり「安全」「メンテナンス」「確実」「効率」「工期」を心掛けた。

## 項目

1. はじめに
2. トンネルへの機器インストール
  - 2.1 モックアップ
  - 2.2 電磁石ベースプレート
  - 2.3 セラミックアンカー
  - 2.4 セラミックアンカーの放射線照射
  - 2.5 インストール前の確認
3. ケーブル敷設
  - 3.1 ケーブルの敷設、選定
  - 3.2 主電磁石の給電
4. 電磁石の対称化
5. 最後に 謝辞 参考文献

### 4.1.2 平成 22 年度技術賞(KEK Internal 2011-1)より

#### (6) 2ギャップバンチャーを用いた鋸歯状波電圧による新バンチング技術の開発

岡田 雅之(加速器)

## 要旨

KEKと日本原子力開発機構(JAEA)の共同研究施設である短寿命核加速実験装置(TRIAC)で行われた $^{12}\text{C}(\alpha, \gamma)^{16}\text{O}$  反応の断面積測定実験では、大強度且つ時間的に漏れの無い 2~4MHz のバンチビームが必要であった。そこで、2 Gap 型プリバンチャーと多層チョッパーで構成されるプリバンチシステムを開発した。

2 Gap プリバンチャーではドリフトチューブ長を通常の  $\beta \lambda/2$  から前後にずらし基本波に加え2倍 3 倍の高調波を印加する新しい手法を開発し、その結果 3 波による擬似鋸歯状波と同等のバンチ効果を与えることに成功した。また、チョッパーでは電極を多層化することにより低電圧で切れの良いチョッピングを可能とした。

このシステムにより 1 バンチ内の粒子が通常運転の約 5 倍でバンチ前のバックグラウンドが  $1/10^4$  以下の 2MHz バンチビームを作ることが出来た。

## 項目

1. 開発背景
2. TRIAC
3. プリバンチャー
  - 3.1 2Gap鋸歯状波プリバンチャー
  - 3.2 多層チョッパー
  - 3.3 プリバンチシステム
4. ビームテスト
5. まとめ 参考文献

## (7)International Linear Colliderのための超高速キッカーの開発

内藤 孝(加速器)

### 要旨

International Linear Collider(ILC)ダンピングリングで使用するキッカーは、通常の入出射の機能と共にバンチ間隔の変更を行うという非常に特殊な役割を担っており、この機能を実現するためには高速の立上がり、立ち下がり特性の電磁場を生成する必要がある。しかし既存のキッカーシステムではこの機能を実現することが出来ず、新しい考えに基づいたキッカーを開発する必要があった。

KEKではストリップライン電極を用いたキッカーを複数ユニット用いる方法を設計し、ATF に於いてビームテストを行い30バンチのビームを安定に取り出す技術を確認した。

### 項目

1. はじめに
2. ストリップラインによるビーム取り出しの構成
  - 2.1 高速キッカーの立上がり
  - 2.2 補助Septum Magnet
  - 2.3 ローカルバンプ軌道の生成
3. ビーム取り出し試験
4. まとめ、謝辞、参考文献

## (8)J-PARCハドロンビームラインにおける大強度ビームダンプの開発

上利 恵三(素核研)

### 要旨

J-PARCハドロンホールにあるビームダンプは陽子ビームのほとんどを吸収する銅、放射線遮蔽体として鉄、コンクリートから構成され、J-PARC のフルビーム (50GeV・15  $\mu$  A)を安全に吸収できるように設計されている。ビームダンプでは陽子ビームのエネルギー寄与による多大な熱が発生するため、冷却装置を開発しなければいけない。その冷却装置はガンドリルで長穴を掘り、それを水路とする方式で、直接冷却が行われるため高い熱伝達係数を確保できる。

またビームダンプの中心には熱電対が設置され、温度上昇を計測することにより、ビームプロファイルが測定できる。ビームダンプ上流にある残留ガスプロファイルモニタと比較することによりダンプでのビームプロファイルが正確に測定できることが確認された。

### 項目

1. はじめに
2. ビームダンプ
3. 冷却装置
  - 3.1 概要
  - 3.2 数値シミュレーション
  - 3.3 冷却装置の選択
  - 3.4 実機サイズでの冷却試験
4. 移設設計
  - 4.1 移設設計目標

- 4.2 移設装置
- 4.3 移設方法の確立と走行時間
- 5. 建設
  - 5.1 建設手順
  - 5.2 設置質量
- 6. ビームプロファイルモニター
  - 6.1 目的
  - 6.2 測定方法
  - 6.3 ビーム条件
  - 6.4 ビームダンプ周辺装置
  - 6.5 ビーム中心位置
- 7. まとめ 謝辞 参考文献

## (9)ギガビットネットワークを持つ時間測定システムの開発 -COPPER-LITE と FINESSE TDC-

田内 一弥、斉藤 正俊（素核研）

### 要旨

高エネルギー物理実験等の測定器に要求される1 nsec/LSB 時間分解能のMulti-hit TDC (Time to Digital Converter) をCOPPER DAQシステム上で動作するフロントエンド・カードとして開発した。従来は特定実験用に開発されたASICを用いていたが今回はFPGAのファームウェアのみで TDC 機能を実現しており、ファームウェアを差し替えることにより各種の実験に対応することができるようになった。これに合わせて、Belle実験等で使われているCOPPER-II ボードを改良して、データ転送速度とオンボード・イベントビルド処理を高速化したCOPPER-Liteも開発した。このボードでは、COPPER-II 搭載のCPUカードが実行していたデータ出力用Ethernet のTCP/IP処理をハードウェアで実行することにより、外部へのデータ転送を高速化した。

### 項目

- 1. はじめに
- 2. 回路仕様
  - 2.1 COPPER-LITE
  - 2.2 FINESSE TDC
- 3. 設計
  - 3.1 回路構成
  - 3.2 FINESSE TDC
- 4. 開発で得た教訓
- 5. まとめ 謝辞 参考文献

## (10)J-PARCニュートリノ超伝導ビームライン用He冷凍機システム省エネ運転モードの構築

大畠 洋克(共通)

### 要旨

加速器をはじめとする大型の低温設備では、予冷日数の制限や再予冷時間の短縮の観点から定常時の熱負荷に対してかなりのマージンを加味して設計され、余剰寒冷は全て制御ヒーターで補償して運転を行っている。本ニュートリノ超伝導ビームライン用ヘリウム冷凍設備でも冷凍能力は、将来予測されるビームロスを加えても、十分な能力があり、生成する寒冷の半分以上を液面制御ヒーターで補償し、結果として無駄な圧縮機動力を消費していた。

そこで圧縮機の無駄な運転を減らすため、状況変化に対応して、安全に省電力運転を実行できる冷凍機制御シーケンスの構築・開発を行い、年間を通した電力代の節約と CO<sub>2</sub> 排出量の削減を実現した。

### 項目

1. はじめに
2. J-PARC超伝導ビームラインHe冷凍機システム
3. 熱負荷内訳及び削減調整目標
4. 冷凍能力の調整：フロンVSヘリウム冷凍機
5. 自動化省エネ運転シーケンス構築のポイント
6. 実際の自動化省エネ運転シーケンス
7. 自動化省エネ運転動作結果
8. まとめ 謝辞

## (11)メッセージ配信システム STARS の開発と放射光ビームライン制御システムへの応用

小菅 隆(物構研)

### 要旨

STARS (Simple Transmission and Retrieval System)は比較的小規模な制御システム等に向けたミドルウェア的なソフトウェアであり、TCP/IP ソケットとテキストベースのメッセージ交換を採用する事で、シンプルかつ高い拡張性を実現している。STARS を利用すると、パーソナルコンピュータ(PC)1 台ですべてを制御するシステムから、ネットワークを用いて複数の PC が協調しながら動作するシステムまで様々な形態の制御システムの構築が可能で、一度開発した機能を再利用すれば、システム構築の時間およびコストを大きく削減する事ができる。

放射光ビームライン制御システムに応用して制御システムの統一化とSTARSの基本的なコマンドの統一化を図った。

### 項目

1. STARSの概要
2. STARSの開発に至るまで
3. STARS開発のコンセプト
4. STARSの特徴
5. ビームライン制御システムの応用
6. 支援と協力体制
7. まとめと今後の課題 参考文献

## 4.2 IPAC'10 Prize for JACoW Collaboration

2010 年に京都で開かれた第 1 回世界加速器会議 (International Particle Accelerator Conference, IPAC'10) において JACoW(Joint Accelerator Conferences Website)が運営に参加し、賞を受けた。そのメンバーに KEK の技術職員も含まれている。以下に参加メンバー及び所属を紹介する。

|       |       |
|-------|-------|
| 小菅 隆  | (物構研) |
| 濁川 和幸 | (物構研) |
| 田中 宏和 | (物構研) |
| 荒木 栄  | (加速器) |
| 片桐 広明 | (加速器) |
| 白川 明広 | (加速器) |
| 中島 啓光 | (加速器) |
| 平 雅文  | (共通)  |

なお賞については以下の通りである。

The IPAC'10 Organizing Committee, with members from Asia, Europe and the Americas, awarded an exceptional prize to the Joint Accelerator Conferences Website (JACoW) Collaboration, for its service to the accelerator community. Volker Schaa, GSI and Christine Petit-Jean-Genaz, CERN, respectively Chair and Deputy Chair of the JACoW Collaboration, received the prize on behalf of the whole Collaboration, many of whom worked in the IPAC'10 Proceedings Office Editorial Team.

## 5.アンケート





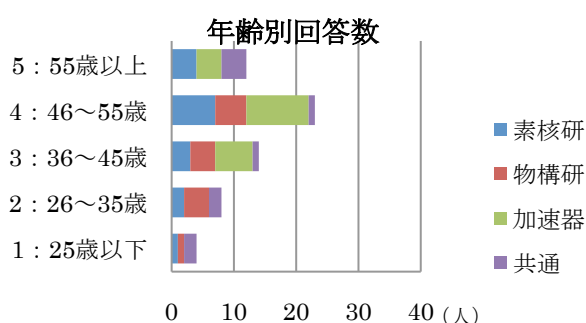
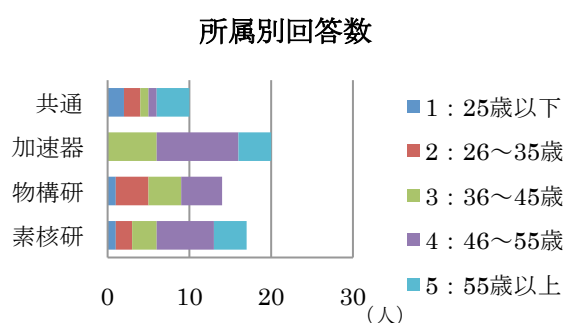
# 技術職員の社会への貢献度調査

## 5.1 アンケートの目的と分析

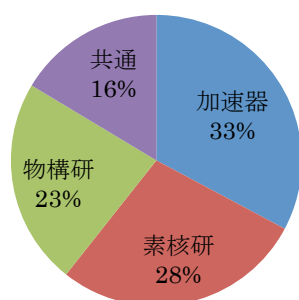
高エネルギー加速器研究機構のような大型科学研究を推進するためには、社会に対して研究の必要性をアピールし、理解してもらうことが必要です。そのため、機構でも”K E Kキャラバン”や各種の講座、セミナーなど一般の方々との交流を促進し、研究から得た知の資産を幅広い対象の方々に伝えるためいろいろな形で発信をおこなっています。技術職員においても機構内でおこなう業務以外に、様々な形で外部（社会）への貢献をおこなっています。これらはあまり周知されていないため、今回「平成 21 年度、平成 22 年度 技術職員報告集」を作成するにあたり、外部に対しておこなっている内容をアンケート調査し技術職員の社会への貢献度としてまとめることとしました。

調査内容は、「開発・研究および業務での成果報告」と「講師および技術指導・技術協力」についておこないました。前者では機構の技術職員がおこなった学会・研究会等の成果報告について調べ、学術的な貢献度を調査しました。後者では、技術職員のおこなっている講師および技術指導・技術協力など機構内外でおこなっている技術支援的な貢献度を調査しました。

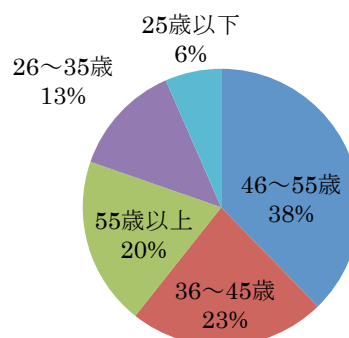
アンケートは平成 23 年 9 月 16 日～平成 23 年 10 月 31 日にかけておこないました。回答率は 47% で全体の 5 割にはわずかに達しませんでした。回答者の所属、年齢構成は職員全体の割合に近い傾向を知ることは十分に可能だと考えます。また、今後これらをおこなう方の指針になると思いますので、アンケート結果を本報告集に記載することとしました。



回答全体の所属別回答率



回答全体の年齢別回答率

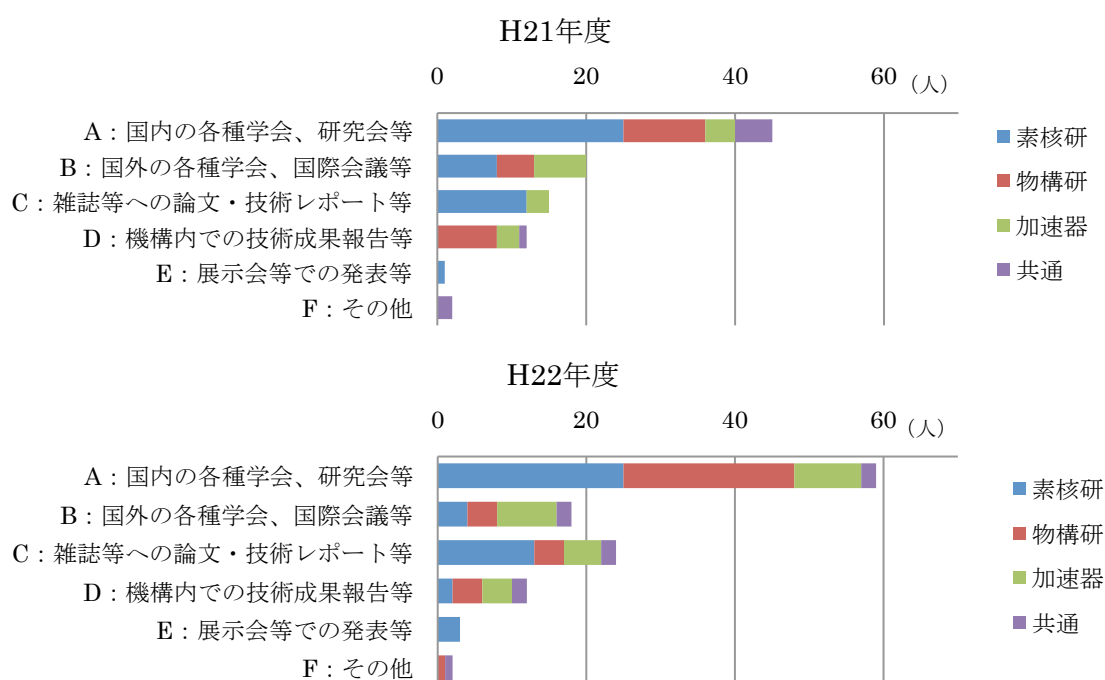


## 5.2 開発・研究および業務での成果報告についてのアンケート結果

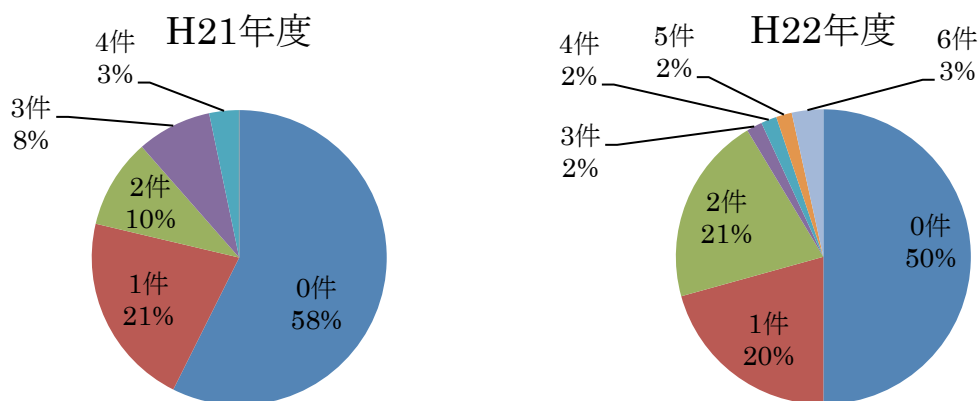
ここでは、技術職員がおこなった学術的な貢献度について調査しました。やはり、国内の学会・研究会への成果発表数が多くなっています。件数が多かったのは、物理学会、加速器学会、技術研究会で、その他でも多くの学会・研究会でも報告されています。また、国外の各種学会・研究会への報告も多くおこなわれています。その反面、機構内での報告件数があまり伸びていませんでした。

個人別での発表件数では年 6 件を報告されている方もおり、技術職員の仕事内容が多様性に富んでいることがうかがえます。また、所属別での発表件数割合も特出したものはなくまんべんなく報告されています。年齢別では 46～55 歳が半数を占めていました。

### Q1.1 平成 21 年度、平成 22 年度の成果発表の件数

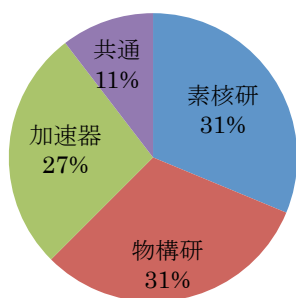


### Q1.1 集計結果

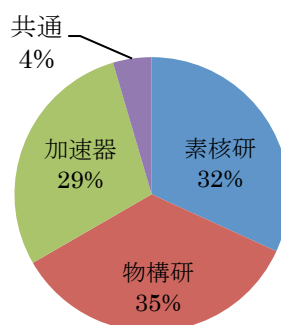


Q1.1 年度別の一人当たりの成果発表件数割合

H21年度

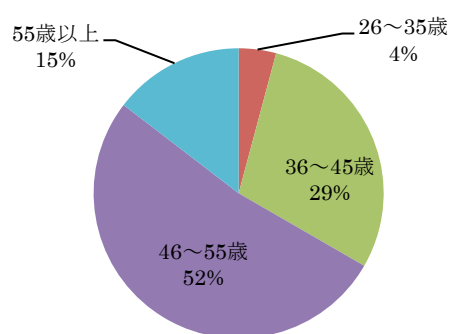


H22年度

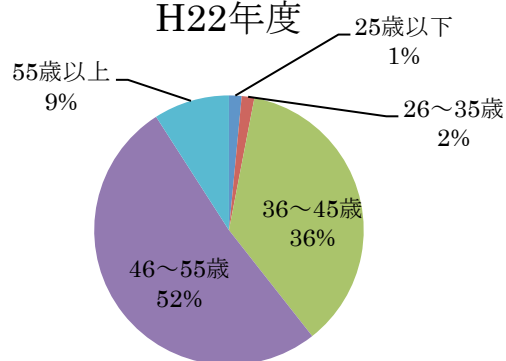


Q1.1 所属別成果発表件数割合

H21年度



H22年度



Q1.1 年齢別成果発表件数割合

Q1.2 国内外で発表された学会、研究会の名称および年度

|                                                                                                       | H21 年度 | H22 年度 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------|
| 日本物理学会                                                                                                | 10 件   | 8 件    |
| 日本加速器学会                                                                                               | 6 件    | 10 件   |
| 日本中性子科学会                                                                                              | 3 件    | 3 件    |
| 技術研究会                                                                                                 | 9 件    | 11 件   |
| MLF シンポジウム                                                                                            | 2 件    | 3 件    |
| PF シンポジウム                                                                                             | 2 件    | 2 件    |
| IPAC : International Particle Accelerator Conference                                                  | 1 件    | 6 件    |
| 低温工学・超伝導学会                                                                                            | 1 件    | 2 件    |
| 放医研報告会                                                                                                | 1 件    | 1 件    |
| ICANS : international conference on amorphous and nanocrystalline semiconductor, アモルファスおよびナノ結晶半導体国際会議 | 1 件    | 1 件    |
| LCWS : Linear Collider workshop                                                                       | 1 件    | 1 件    |
| ILD Workshop : Interacting with Linked Data workshop                                                  | 1 件    | 2 件    |
| 核破砕中性子源材料の研究会                                                                                         | 1 件    | 1 件    |

その他の学会および研究会等

1. AsCA : アジア結晶学連合
2. ICALEPCS : International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems
3. ICIS : イオン源に関する国際会議
4. IEEE : The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc
5. ILD/CMS Engineering Meeting
6. PAC : Particle Accelerator Conference
7. SRI : International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, 放射光装置技術国際会議
8. 放射線安全管理学会
9. International Vacuum Congress, 真空に関する国際会議
10. Linac Conference
11. CHEP2010 : The International Conference on Computing in High Energy and Nuclear Physics
12. ICCHENP : International Conference on Computers Helping People, 障害者のための計算機技術
13. International workshop on Linear Collider
14. IWAA : International Workshop on Accelerator Alignment, 国際加速器アライメント研究会
15. NASCES : Neutron Applications on Strongly Correlated Electron Systems
16. Open-It PCB-FPGA 研究会
17. TCC
18. Workshop TYL10: Toshiko YUASA Laboratory
19. 光センサワークショップ
20. 電磁石国際会議 MT22
21. 物構研シンポジウム

Q1.3 雑誌等に投稿された論文の雑誌名、論文等のタイトルおよび発表時期

(回答内容そのまま記載)

1. 平成 21 年度 Functionality of DAQ-Middleware, IEEE Trans.Nucl.Sci. 57 (2010)
2. 平成 21 年度 Development of DAQ-Middleware, J.Phys.Conf.Ser. 219 (2010)
3. 平成 21 年度 DAQ-Middleware for MLF/J-PARC, Nucl. Instr. and Meth. A623 (2010)
4. 第 6 回加速器学会年会(2009)プロシーディングス
5. Proceedings of the 23rd Particle Accelerator Conference (2009)
6. Proceedings of the 12th Int'l Conf. on Acc. and Large Experimental Phys. Control Systems (2009)
7. Proceedings of the 12th Int'l Conf. on Acc. and Large Experimental Phys. Control Systems (2009)
8. 第 7 回加速器学会年会(2010)プロシーディングス

9. 加速器学年会プロシーディングス「J-PARC ハドロン実験施設における地震後の電磁石位置の  
測量結果とその復旧計画
10. IEEETrans.Appl.Supercond にのる予定「Radiation-Resistant Magnets for the Neutrino  
Beam Line at J-PARC」
11. 中性子検出器読み出し回路システム、佐藤節夫、応用物理学会放射線分科会－放射線、Vol.36  
No.3、2010 年 9 月号
12. 中性子検出器のエレクトロニクス、佐藤節夫、日本中性子科学会－波紋、Vol.20 No.3、2010  
年 8 月号
13. 2011 年 3 月真空ジャーナル No135 研究室紹介 幸田彰宏、牧村俊助共著
14. 科研費・基盤 B・成果報告書：大強度ビームのための 2 次元実像ビームプロファイルモニター  
の検出器の開発研究番号：18340078
15. VACUUM、Effect of impurities in the charge-exchange carbon foil upon the foil thickness  
reduction、2011
16. IPAC-Proceedings 、 ULTRA-HIGH RESOLUTION OBSERVATION DEVICE FOR  
CARBON STRIPPER FOIL、2011
17. 加速器学会-Proceedings、Development of ultra-high resolution observation device、2011
18. 熊本大学総合技術研究会-Proceedings、高放射線下における超高分解能薄膜観察装置の設計、  
2011
19. 日本物理学会誌、1800K 高耐熱性ハイブリッド型長寿命炭素フォイルの開発、2010
20. VACUUM、Measurement of lifetimes of thin carbon stripper foils produced by focused ion  
beam sputtering、2010
21. IPAC-Proceedings、Lifetime Measurement of HBC Stripper Foil using 3.2 MeV Ne+ for  
RCS of J-PARC、2010
22. 平成 22 年度 KEK 技術賞受賞論文集
23. J-PARC ニュートリノ超伝導ビームライン用 He 冷凍システム 省エネ運転モードの構築
24. 2010 年 11 月 加速器学会誌 超伝導加速器空洞の高電界化に向けた研究（その 1）（その 2）

#### Q1.5 発表された展示会等の名称および主催者

1. H22 年度 イノベーションジャパン 2010  
主催:科学技術振興機構(JST)、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)
2. H22 年度 産総研オープンラボ（産総研）

#### Q1.6 その他で成果報告をおこなった会議

1. 毎日コミュニケーションズ理系の選択マイナビ 2010 職場紹介
2. H21 年度 ISGC
3. H21 年度 iRODS workshop
4. H22 年度 FJKPPL

Q1.7 今後、成果発表をおこないたい学会・研究会等

日本物理学会（3名）、技術研究会（2名）、加速器学会、IPAC、IEEE 関連学会、CHEP、HEPiX、放射光学会、超伝導低温工学学会、建築や冷凍空調関連の研究会など

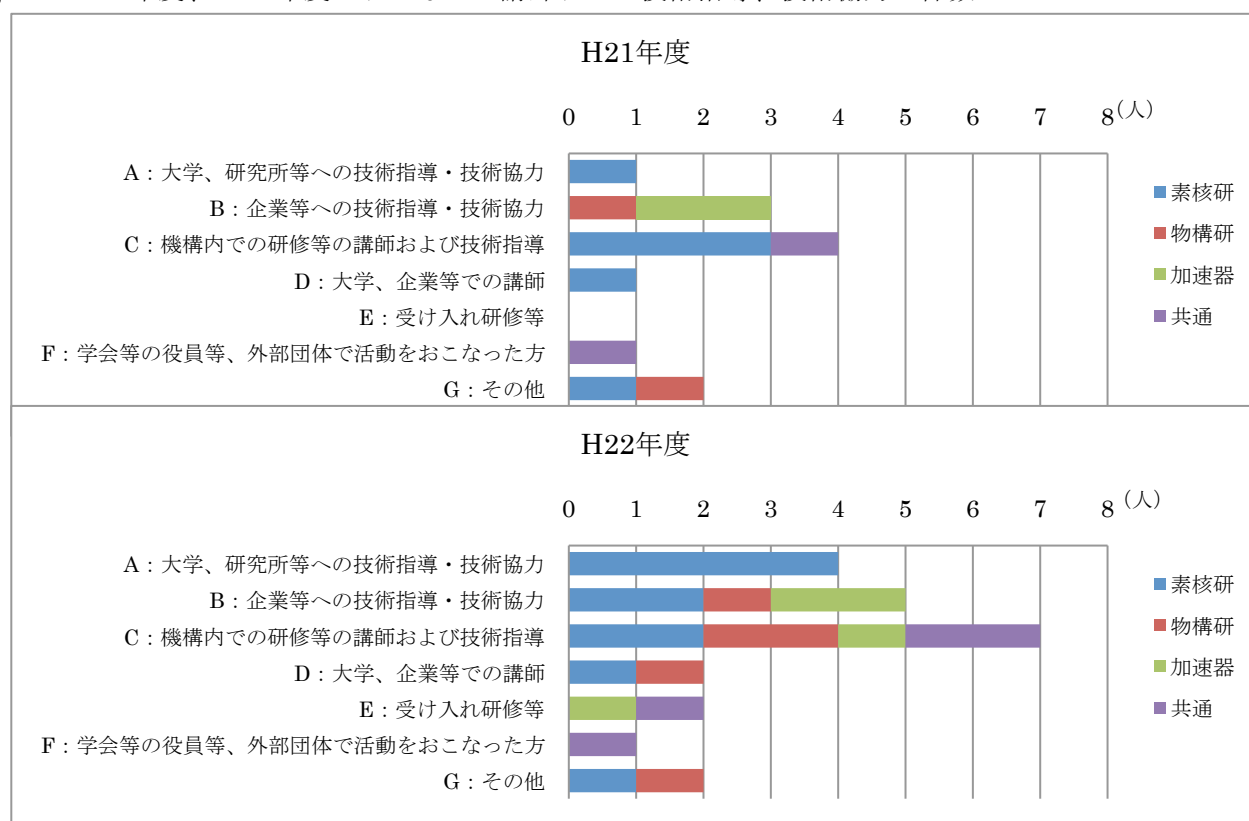
### 5.3 講師および技術指導・技術協力についてのアンケート結果

技術職員においては業務で培った専門性の高い技術を習得しており、これらの技術指導・協力を機構内外に対しておこなっています。また、それらの技術を伝承することが求められています。これらの内容はあまり知られていないため、今回機構内外に対しておこなった技術指導・技術協力の調査をおこないました。

今回の結果、講師および技術指導・技術協力等の件数は、H21年度が12件、H22年度が23件で、H22年度が多くなっているものの成果報告の件数に比べると全体的に少なくなっています。また、機構内での研修等の講師および技術指導の件数があまり多くありませんでした。

内容では大学、企業などへ専門的な技術指導・協力や講義や授業もおこなわれていることが分かりました。また、高校生の受け入れ研修もおこなわれていることが分かりました。

#### Q2.1 H21年度、H22年度におこなった講師および技術指導、技術協力の件数



Q2.1 集計結果

#### Q2.2 技術指導・技術協力をおこなった大学、研究所および企業等の名称とその内容

1. BBT：高密度実装技術、マニピレーターの利用・操作技術
2. BBT：ワイヤーボンディング技術
3. 物構研、東京大学、京都大学、東北大学：実験用電子回路の開発
4. 東芝電子管デバイス：中性子検出器用処理回路の共同研究
5. 有明マテリアル：H21-22 350×400 mm セラミックフレーム焼結および回路配線パターン焼成時の炉内の温度分布の焼結・招請に与える影響についての基礎実験を行い、製品への適用方法

を提案した。

6. ミノトス：H21・22 2 ミクロン・グラファイト薄膜を平坦にセラミックフレームへの貼り付けのための基礎実験を行い、製品への適用方法を確立した。

### Q2.3 機構内でおこなった研修等の名称とその内容

講習会：5 件

| 研修名                            | 内容                              |
|--------------------------------|---------------------------------|
| DAQ 講習会                        |                                 |
| H21 年度 DAQ-Middleware 講習会      | DAQ-Middleware のセットアップ、開発方法等の解説 |
| H22 年度 DAQ-Middleware 講習会      | DAQ-Middleware のセットアップ、開発方法等の解説 |
| FPGA セミナー2009                  | プリント基板開発、半田付けの講義と半田付け実習の指導      |
| Open-It FPGA トレーニングコース<br>2010 | プリント基板開発、半田付けの講義と半田付け実習の指導      |

新人研修：5 件

| 研修名                   | 内容    |
|-----------------------|-------|
| H21 年度 技術職員新任研修講師 2 名 | 講義&実習 |
| H22 年度 技術職員新任研修講師 3 名 | 講義&実習 |

### Q2.4 大学・企業に対しておこなった講師

| 大学・企業名 | 内容            |
|--------|---------------|
| 北海道大学  | データ収集システム概論   |
| 筑波技術大学 | 計測測定技術、15 回授業 |

### Q2.5 受け入れ研修をおこなった受け入れ機関先および研修内容

| 大学・企業名               | 内容      |
|----------------------|---------|
| 高校生等実習受け入れ(一関高等専門学校) | 真空溶接の基礎 |
| 職場体験 (高校生)           | 加工体験    |

### Q2.6 学会等の役員等、外部団体の活動について外部団体名、活動内容

| 大学・企業名                                                   | 内容 |
|----------------------------------------------------------|----|
| サイエンティフィック・システム研究会<br>大規模ストレージ WG 委員(2009/3/4-2011/2/17) |    |

### Q2.7 上記以外におこなった講師および技術指導・技術協力

1. サマーチャレンジの手伝い
2. IPAC10 における電子出版作業
3. H21 技術研究会における原稿の編集作業への協力



#### Q2.9 今後おこないたい講師および技術指導・技術協力等

H21-H23 ではありませんが、H23 に雑誌 Nuclear Instruments and Methods (NIM)-A の Reviewer をやらせていただきましたが、このような貢献もあると思います。

### 5.4 考察

技術職員の成果報告・技術指導については、個人レベルでは高く評価されているものの、技術職員全体では見えにくくなっております。そこで今回、技術職員の社会への貢献度としてアンケート調査をおこないました。

成果発表については件数も多く内容也多岐にわたりおこなわれていることが分かりました。また、国際会議など国外への成果報告も多くグローバルに活動がおこなわれていることも分かりました。個人別での件数に差があることから技術職員の仕事内容の多様性がうかがえます。

講師および技術指導・技術協力等の件数は成果報告の件数に比べると全体的に少なくなっています。機構内での研修等の講師および技術指導の件数が予想より少ない結果となりました。技術職員間の交流や技術向上を図るためにも機構内での研修や講義などの技術支援が必要ではないかと思われます。また、内容については大学、企業などへ専門的な技術指導・協力や、高校生の受け入れ研修などの講義や授業もおこなわれており、幅広く活動されていることが分かりました。

アンケートへのご協力ありがとうございました。



## 6.資料



## 6.1 アンケート用紙

技術職員各位

### 技術職員の社会への貢献度調査

平成 23 年 9 月 16 日

技術職員報告集編集委員会

今後、KEK など大型科学研究を推進するためには社会への積極的な貢献が必要となっておりま  
す。

今回「平成 21 年度、平成 22 年度 技術職員報告集」を作成するにあたり、技術職員の社会への貢献度  
についての現状の調査と今後の社会貢献の促進のためにアンケートをお願いすることにしました。調査  
の目的をご理解いただき、項目 1.1、2.1 については最低限回答していただきたいと考えております。な  
お、個人名はアンケート結果には載せません。また、調査書は本調査以外使用しません。

お問合せおよび調査書は下記宛に電子メールにてお送りください。

返信先 [Ghokokusyu@ml.post.kek.jp](mailto:Ghokokusyu@ml.post.kek.jp)

\*所内便で送付する場合は宛名を“4 号館 1F 高富”でお願いします。

アンケートの締切りは 9 月 30 日（金）とさせていただきますので宜しくお願いします。

ご協力のほどよろしく申し上げます。

\*\*\*\*\*

アンケート

\*\*\*\*\*

氏名：\_\_\_\_\_

所属：\_\_\_\_\_（1：素核研、2：物構研、3：加速器、4：共通）

年齢：\_\_\_\_\_（1：25 歳以下、2：26～35 歳、3：36～45 歳、4：46～55 歳、5：55 歳以上）

#### 1. 開発・研究および業務での成果報告について

1.1 平成 21 年度、平成 22 年度の成果発表の件数をお書きください。

|                   | 平成 21 年度 | 平成 22 年度 |
|-------------------|----------|----------|
| A：国内の各種学会、研究会等    | 件        | 件        |
| B：国外の各種学会、国際会議等   | 件        | 件        |
| C：雑誌等への論文・技術レポート等 | 件        | 件        |
| D：機構内での技術成果報告等    | 件        | 件        |
| E：展示会等での発表等       | 件        | 件        |
| F：その他             | 件        | 件        |

1.2 A および B に回答された方は発表された学会、研究会の名称および年度をお書きください。  
(例：H21 加速器学会、H21 IEEE)

---

---

1.3 C に回答された方は雑誌名、論文等のタイトルおよび発表時期をお書きください。

---

---

1.4 D に回答された方は、その研究会、会議等の名称および年度をお書きください。

---

---

1.5 E に回答された方は、展示会等の名称および主催者および年度をお書きください。

---

---

1.6 その他で成果報告をおこなった方は会議名称および年度をお書きください。

---

---

1.7 今後、成果発表をおこないたい学会・研究会等があればお書きください。

---

---

1.8 技術職員の成果発表についてご意見等があればお書きください。

---

---

1.9 その他ご意見等があればお書きください。

---

---

## 2. 講師および技術指導・技術協力について

2.1 平成 21 年度、平成 22 年度におこなった講師および技術指導、技術協力の件数をお書きください。

|                      | 平成 21 年度 | 平成 22 年度 |
|----------------------|----------|----------|
| A：大学、研究所等への技術指導・技術協力 | 件        | 件        |
| B：企業等への技術指導・技術協力     | 件        | 件        |
| C：機構内での研修等の講師および技術指導 | 件        | 件        |
| D：大学、企業等での講師         | 件        | 件        |

|                          |   |   |
|--------------------------|---|---|
| E：受け入れ研修等                | 件 | 件 |
| F：学会等の役員等、外部団体で活動をおこなった方 | 件 | 件 |
| G：その他                    | 件 | 件 |

2.2 A および B に回答された方には技術指導・技術協力をおこなった大学、研究所、企業等の名称および内容をお書きください。

---

---

---

---

2.3 C に回答された方は研修等の名称および技術指導の内容をお書きください。

---

---

---

2.4 D に回答された方は技術指導・技術協力をおこなった大学、企業の名称、内容をお書きください。

---

---

---

2.5 E に回答された方は受け入れ機関先および研修内容をお書きください。

---

---

---

2.6 F に回答された方は外部団体名、活動内容をお書きください。

---

---

---

2.7 上記以外におこなった講師および技術指導・技術協力があればその内容をお書きください。

---

---

---

2.8 講師および技術指導・技術協力をおこなう上での注意点など申し送り事項があればお書きください。

---

---

---

2.9 今後おこないたい講師および技術指導・技術協力等、その他ご意見等があればお書きください。

---

---

---

---

ご協力ありがとうございました。

## 6.2 受け入れ研修参加報告書

### 6.2.1 平成 21 年度受け入れ研修 1

平成 21 年 5 月 14 日

#### 技術交流研修報告書

殿

自然科学研究機構 核融合科学研究所  
技術部 装置技術課 村瀬尊則 林 浩己

#### 放射光ミラー熱解析に関する技術打合せ報告書

【打ち合わせ項目】放射光ミラー熱解析に関する技術打合せ

【期 間】平成 21 年 5 月 7 日（木）～8 日（金）

【場 所】高エネルギー加速器研究機構（茨城県つくば市）

【受け入れ職員】高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 内田佳伯技術職員

【目 的】平成 21 年 1 月における技術交流（核融合研）において「放射光ミラーの熱解析」おこなった。今回は、実際に使用している実験装置を見学させていただき、放射光実験の知識を深めるとともに、今後のさらなる発展的な解析をおこなうための議論もおこなう。

#### 【内 容】

| 日程            | 項目                                           | 写真  |
|---------------|----------------------------------------------|-----|
| 1 日目<br>(5/7) | 放射光実験施設見学、実験準備室の見学、ミラー冷却システムの改善検討、解析に関する議論など | 図 1 |
| 2 日目<br>(5/8) | 実験制御室の見学、今後の解析に関する議論                         | 図 2 |

#### 【詳 細】

1 日目、午後から放射光実験施設（放射線管理区域）を見学させていただいた。放射光を取り出すためのビームライン、さらにはその放射光を計測するための実験ステーションと呼ばれる計測室が所狭しと立ち並ぶ実験室を見せていただいた。そして、開発試験用のミラーを見せていただいた。実際に見て感じたのは、コの字型のミラー枠が固定用の締め付けボルトで若干開いているように見えること。これについてはやはり開き防止構造が必要であると感じた。その後、別棟にある実験準備室を見学させていただいた。ここには様々な実験装置、試験体などが保管されており、核融合研における管理準備室のような場所である。最後に内田さんの居室に戻り、ミラーの冷却構造や熱解析に関する議論をした。

2 日目、初めに放射光を作り出す、制御室（PF コントロール室）を見学させていただいた。ここは LHD の制御室のような場所で、24 時間運転を維持している場所である。その後、五十嵐准教授居室に移動して今後の解析（冷却水を含めたミラーの熱ひずみ解析）について実際に試験体を見ながら議論をした。



【総 括】

実際に技術交流で解析を行った試験体を拝見させていただき、解析モデルに対するイメージを明確にすることができた。それにより、冷却システムの改善方法などについてもより深く議論することができた。また、冷却水—ミラー系の流体—熱の連成解析についても、今後の方針を含めて議論することができた。



図 1 放射光実験室の見学



図 2 制御室の見学

## 6.2.2 平成 21 年度受け入れ研修 2

### 技術打合せ実施報告書

平成 22 年 1 月 21 日

高エネルギー加速器研究機構長殿

所属 熊本大学 工学部 技術部

職名 技術専門職員

氏名 谷口 勝紀

下記のとおり技術打合せを実施しましたので報告いたします。

研修期間 平成 22 年 1 月 18 日(月)～21 日(木)

研修部門 技術部門

研修報告（研修の内容や成果等）

1日目

「電子出版の概要と進め方」

「電子出版に使用するツール類」

「施設見学」

2日目、3日目

「実際の作業を含めた実習」

4日目

「復習とまとめ」

その他（研修の感想等）

H21 高エネルギー加速器研究機構技術研究会の報告集原稿を収集し、PDF での電子ファイル公開を行う作業にあたり、背景として技術研究会を開催するには技術情報ネットワーク（SNS）への原稿登録が必要となったことなどを踏まえて電子化の意義について説明していただいた。

電子出版(原稿の PDF 化)においての一般的な注意点や実作業を通しての作業は、H22 年度に予定している熊本大学総合技術研究会での参考として非常に役立つものであった。来年度の作業ではこの経験を活かして取り組んでいきたい。また、Photon Factory や電子陽電子入射器棟等を見学させて頂いたが、大学で見ることができない壮大な国家レベルの先端科学研究施設であり、とても感動した。

本講習にあたり、IT 作業 WG の皆さま、講習のみならず様々な面でお世話頂いた濁川・小菅様には心より感謝いたします

### 6.2.3 平成 21 年度受け入れ研修 3

#### 技術打合せ実施報告書

平成 22 年 1 月 21 日

高エネルギー加速器研究機構長殿

|    |              |
|----|--------------|
| 所属 | 熊本大学 工学部 技術部 |
| 職名 | 技術職員         |
| 氏名 | 山口 倫         |

下記のとおり技術打合せを実施しましたので報告いたします。

研修期間 平成 22 年 1 月 18 日(月)～21 日(木)

研修報告（研修の内容や成果等）

#### 1日目

「電子出版の概要と進め方」

「電子出版に使用するツール類」

「施設見学」

#### 2日目、3日目

「実際の作業を含めた実習」

#### 4日目

「復習とまとめ」

その他（研修の感想等）

KEK で平成 21 年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会の開催に先駆けて、報告集を電子出版するというので、平成 22 年度熊本大学総合技術研究会を開催する熊本大学のために電子出版に関する研修を開催していただいた。

今回の研修で、なぜ電子出版を行うのか、電子出版を行う際にどのようなツールを使えば便利なのか、ツールでどのようなことができるのか、どのようなことに注意しなければいけないのかなどを知ることができ、来年熊本大学で開催する技術報告会で役立つ情報が沢山得られた。

また、施設見学では PF、PR-AR、KEKB の外観、電子陽電子入射器等を見せていただいた。自分の専門分野ではないため説明していただいた内容すべてを理解できなかったが、見たことのない施設ばかりでとても興味深かった。

#### 6.2.4 平成 22 年度受け入れ研修 1

##### KEK 技術研修受講報告書

研修題目：真空溶接

期 間：平成22 年9 月13 日(月)～平成22 年9 月17 日(金) 5 日間

一関工業等専門学校 技術室 阿部慶子

#### 1. はじめに

真空とは大気圧より低い圧力の気体で満たされた空間内の状態であり，現在その技術は工業的に多くの場面で利用されている．食品や液晶テレビ，保温ボトルなど，私たちの生活に身近なものとなっている．大気圧が非常に低い状態では日常生活では見ることのできない現象が起こる．工学の研究においてはこの状態中で様々な実験が行われており，真空技術は欠かせない技術である．その真空容器の製作は溶接で行われており，高い技術が必要とする．

報告者は現在，教育・研究支援の業務に従事しており，工作機械等を使用して部品製作をすることもある．今回は，研究支援に必要な技能を修得する目的で今回の研修に臨んだ．

#### 2. 研修内容

事前に受け入れ先の担当者より研修の予定を計画してもらった（表1）．

表 1 日程表

|      |                                                      |
|------|------------------------------------------------------|
| 1 日目 | 真空に関する講義<br>機械工学センター施設見学<br>機械工学センターの役割<br>真空容器の製作工程 |
| 2 日目 | 真空容器の部品加工（座学・実技）<br>溶接実技（機器の説明等）                     |
| 3 日目 | 溶接実技（様々な形状での溶接）                                      |
| 4 日目 | 真空漏れ試験（リークテスト）<br>漏れがあった場合の対処法                       |
| 5 日目 | 報告書作成                                                |

#### 1日目（9 月13 日）

加速器久松氏より KEK 全体の案内と真空容器・真空技術についての講義を受けた．広い構内を自動車で巡り，限られた時間の中，多くの設備を案内していただいた．さすが世界規模の研究がおこなわれているところであり，装置の大きさに圧倒した．久松氏の研究所（大穂実験棟）にて，実際に機材を見ながら真空ポンプや真空部品についての講義を受けた．KFフランジを使用してリーク試験の実験を，さらにはビッカース硬度試験器を使用して真空フランジに使用するシール材の硬度を測定させていただいた．

午後からは機械工学センターにて翌日から行う技術研修の案内を受けた．機械工学センター長上野教授よりセンターの役割について説明を受けた．現在ここでどんな研究がおこなわれているのか大まかな理解ができた．続いて，この研修で多くお世話になる小林氏に工作棟全体を案内して戴いた．製作するものが大きいので，学校と比較すると，機械も大

きい。また、特殊な状態での研究を行うため、ニオブやチタン、エアロジェルなど、普段見ることのない材料の加工も行われていた。現場は清潔に保たれ、すぐに加工ができるように整理・整頓されていた。工具管理室には工具のストックが保管されており、入れ替わり式の棚があった。これは多くの工具保管ができ、使いたい時にあちこち探すこともなく、便利である。ここから今年度から機械工学センターに勤務している亀谷さんと一緒に研修を受けた。まずは真空溶接についての製作方法をスライドで学習した。真空装置用JIS フランジはO リング用の溝も設計されている。製作の仕方はひと通りではないが、溶接棒を加えない方法で容器の内側を溶接して製作を行う。なお、材料はSUS304 を使用する。真空容器製作の職人の動画を見て、過去に仕事を教えてもらった師匠が重なった。

## 2日目（9 月14 日）

機械加工（池貝A-25）を使用してフランジの加工を行った。パイプは寸法にばらつきがあるため、寸法に余裕を持たせて加工を行う。フランジは既製品を追加加工するため、加工側を間違えないように注意が必要である。シール側のほうが仕上面は精密であり、ネジ側のほうは面取りが大きくしてある。また、フランジ穴の同調を取るため、加工後にケガキ線を入れておく。ケガキ作業は、ボルト用の穴に等径のドリルを差し込み、マス形ブロックに乗せて作業を行った。この方法で一度に大量に短時間で作業ができる。

溶接前の準備として、アルコールで材料に付着した油分を拭き取った。その後基本的な溶接の練習を行った。使用する溶接機はダイヘンマイクロTIGであり、アルゴンガスでシールドして溶接する。電極はタングステンで直径1.5mmを使用した。もっとも大切なことはトーチの保持と安定した姿勢である。仮付けとビードを置く練習をし、この日は終了した。

## 3日目（9 月15 日）

この日が溶接作業のコアの日となった。課題の基本的な製作方法から行う。

まずは手溶接での製作法を教わった。手順としては、仮付け、隙間の調整、本付け、焼け取りである。仮付けはケガキ線を入れた側を行う。パイプは前日の作業でもわかったとおり、寸法が均一でないことから、隙間をなるべく一定にする必要がある。作業の際はシール材が付く面が傷つくのを防ぐため、銅板やアルミニウム箔で保護する。仮付けはあまり長く行ってはならない。「溶ける瞬間」を見極める必要があるが、電極の先端でどこを温めるかがポイントとなる。基本的には母材の境界面の中心に向かってアークを当てるが、厚さに差があるときは厚いほうを若干多く温めるとよい。はじめは点で、慣れてきたら溶接部を5mmくらいに伸ばして仮付けとする。仮付けが終わったらハンマで叩いて隙間を調整し、本付けに入る。重要なのは溶接中に電極が振れないことである。そのため安定した作業大勢を確保する必要がある。作業台の上に枕木やブロックなどで手首を安定させ、慣れないうちは両手でトーチを保持すると安定する。アークを放出して接合線上の一点が溶けたら、電極と母材の間隔を保ち、一定の速度でトーチを送る。溶接の繋ぎ目は5mmほど重ね、末尾のクレータはパイプ側へ逃がす。後に漏れ試験（リークテスト）を行うが、溶接時のピンホールが原因となるので確実にを行う必要がある。

この作業方法で、直管型、L型、T型の容器を製作した。ユニバーサルポジショナーを使用して材料を保持し、作業を行うと熟練していない者でも比較的容易に外観も美しく、さらには短時間であげられる(図1)。パイプの溶接が多い場合はこの装置があるのと無いのでは全く作業効率が違うので、需要に応じて導入したほうがよい。作業を重ねてわかったことだが、作業中は遮光シールドを被っているため視界が悪くなる。機械加工の段階では、溶接部に製品として影響のない範囲で段差をつけておいたほうが溶接線をよく見えるので、溶接作業を行いやすい。溶接中、電極を母材に接触させてしまうことが多く、先端は徐々に丸くなる。グラインダで砥いで先端を尖らせるが、先端のテーパ部は長いほうが良いそうだ。

この日の早朝、自転車でKEK構内を一周し、モチベーションが上がった。作業の中で、ピンバイスが便利であることを知り、最寄りのホームセンターで入手した。



図1 ユニバーサルポジショナーを使用した  
溶接作業



図2 リークテスト

#### 4日目 (9月16日)

この日は、早朝から雨が降っていた。本職は湿度が高い日の作業は避けるという。前日失敗のあった溶接部の修正と、前日に引き続いて様々な形状の溶接、溶接棒を使用した溶接を行った。集中力が乱れるとすぐにミスをしてしまうので体中のすべての神経を電極の先に注ぎ込まなければならない。苦手なところは決まっていたパイプ同士の溶接である。溶接線の形状が楕円であり、ポジショナーは使えない。複雑な形状でも電極の保持ができれば溶接できる。しかしそれをスムーズに行うには熟練が必要である。技能は簡単に習得できるわけではなく、一度修得しても普段行っていないと感覚も鈍る。溶接に限ったことではないが、少しずつでも常に積み重ねることが大切である。この研修が終わるとしばらく溶接の機会はなくなってしまうが、場を見つけて継続したい。

午後からは漏れ試験（リークテスト）を行い（図2）、製品を修正した。リークディテクターは真空状態を作り容器内の圧力を測定する装置である。リークの検査にはヘリウムガスを使用する。リークがあるとヘリウムガスが流入し、真空圧が上がるという原理である。

リークディテクターに製作した容器を装着し、真空状態にする。画面に示す数値が $10^{-10}$ 台になれば合格とする。ヘリウムガスは検査品の上部から当てていく。リークの原因とし

ては、フランジシール面やOリングの損傷、異物混入、溶接部のクラック・ピンホール、材料の欠陥が代表的である。漏れがあると数値が大きくなると、箇所を特定するのは困難である。溶接部に微量のヘリウムガスを当て、検出箇所を探る。ガス注入から検出までの時間によってリーク箇所を限定していく。大きな製品の場合、修正作業に2日ほども要することもあるという。直管型フランジは漏れがなかったが、L型、T字型のフランジはリーク箇所の特定が困難であり、検査と修正を繰り返し容器を完成させた。

ひととおり研修内容を終え、検品済の材料は一関に発送した。

この日は、9月5日(日)に行われた一般公開の慰労会があり、17:30より会議室で行われた。当初予定していたバーベキューは雨天のためできなかったが、サンマが出てきた。様々なことが話題になり、楽しいひと時となった。

### 5日目 (9月17日)

ひととおりの研修を終え、報告書の作成を行った。

### 3. まとめ

今回は真空溶接技術という内容で研修を行っていただいたが、技術以外にも深いものに気づかされた。それは研究者と技術者の違いについてである。KEKは世界水準の研究所であり、研究者を交えた研究会も定期で行われている。その組織では技術職でも研究的視点を持っているのが常識だと思っていたが、そうではない。研究を行うのではなく、研究支援を行うのが本来の姿なのであると。指摘されればそのとおりであり、高水準な研究所ほどその傾向が強いと感じた。ものづくりが確実に行われ、それが研究実績につながっているのである。

五感を使った職場体験ができたので大変参考になった。さらには高専の卒業生も勤務しているということで、さらに意欲的に研修に取り組めた。

今回の研修の趣旨とは異なるが、高専での工作実習は多くは低学年時で行うことが多く、高学年での使用は研究室や課外活動（一関の場合はロボコンや自動車部など）による。しかし就職率を誇る機械系で卒業生は製造に配属されることも多く、汎用機やNC工作機械を使用する確率が高い。また近年では、技能検定など資格取得支援の動きもあることから、実技科目の内容充実が求められる。今回の研修で学んだことを今後の教育支援に活かしたい。

最後に、今回事務手続きからいろいろお世話して戴いた久松さん、たくさんの技術指導をしてくださった小林さんをはじめ、親切に接してくださった機械工学センターのみなさま、研修生活を支えてくださったKEKスタッフの方々には大変お世話になりました。ご紹介いただいた可部さん、佐藤さん、このような機会を与えてくださって本当に貴重な体験ができました。深く感謝申し上げます。

## 6.3 技術部門の諸活動に関する委員会名簿

### 6.3.1 平成21年度委員会名簿（○印は委員長）

|                         | 技術部門連絡<br>会議への窓口                                                   | 素粒子原子<br>核研究所        | 物質構造科<br>学研究所        | 加速器研究<br>施設           | 共通基盤研究<br>施設          |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 専門課程研修                  | ○菊池貴司                                                              | 仲吉一男<br>上利恵三         | 下ヶ橋秀典<br>菊池貴司        | 荒川 大<br>荒木 栄          | 中村貞次<br>渡辺勇一          |
| 語学研修                    | ○徳本修一                                                              | 千代浩司                 | 上田 明                 | 白川明広                  | 中村 一                  |
| 受入研修                    | ○穂積憲一                                                              | 村上 武                 | 三科 淳                 | 久松広美                  | 穂積憲一                  |
| 技術研究会<br>技術職員シンポジウ<br>ム | 舟橋義聖<br>浅岡聖二                                                       | 高力 孝<br>川井正徳<br>池野正弘 | 濁川和幸<br>内山隆司<br>小菅 隆 | 宍戸寿郎<br>末野 毅<br>田中宏和  | 飯田好美<br>○平 雅文<br>安島泰雄 |
| 技術交流会・セミナー              | 佐藤節夫（物）、藤森 寛（物）、小山 篤（物）、三科 淳（加）<br>浅岡聖二（加）、山野井豊（素）、佐藤昌史（加）、小池重明（共） |                      |                      |                       |                       |
| CERN派遣研修                | 平山英夫<br>勝田耕作<br>安 芳次<br>徳本修一                                       | 春山富義<br>山野井豊         | 池田 進<br>佐藤節夫         | 榎本收志<br>可部農志          | 平山英夫<br>舟橋義聖          |
| 機構広報室                   | 本間博幸                                                               |                      |                      |                       |                       |
| SMG                     | ○平 雅文                                                              | 鈴木祥仁                 | 斉藤裕樹                 | 荒木 栄                  | 平 雅文                  |
| 技術職員報告集<br>平成18～20年度    | 安 芳次                                                               | 山野井豊<br>池野正弘         | 森 丈晴                 | ○本間博幸<br>田原俊央<br>本間輝也 | 押久保智子<br>吉岡 綾<br>高橋一智 |

### 6.3.2 平成22年度委員会名簿

|                     | 技術部門連絡<br>会議への窓口        | 素粒子原子核<br>研究所 | 物質構造科学<br>研究所 | 加速器研究施<br>設          | 共通基盤研究<br>施設 |
|---------------------|-------------------------|---------------|---------------|----------------------|--------------|
| 専門課程研修              | ○荒川 大                   | 仲吉一男<br>広瀬恵理奈 | 下ヶ橋秀典         | 秋山篤美<br>荒川 大<br>岡田雅之 | 田中賢一<br>中村貞次 |
| 語学研修                | ○徳本修一                   | 千代浩司          | 上田 明          | 白川明広                 | 中村 一         |
| 受入研修                | ○久松広美                   | 斉藤正俊          | 三科 淳          | 久松広美                 | 中村 一         |
| 技術研究会<br>技術職員シンポジウム | ○大越隆夫                   | 高力 孝<br>川井正徳  | 濁川和幸          | 大越隆夫<br>宍戸寿郎         | 田中賢一<br>飯田好美 |
| 技術交流会・セミナー          | 久松広美（加）、坂井 浩（加）、柿原和久（加） |               |               |                      |              |
| 機構広報室               | 本間博幸                    |               |               |                      |              |
| SMG                 | ○平 雅文                   | 鈴木祥仁          | 斉藤裕樹          | 荒木 栄                 | 平 雅文         |



## 編集後記

平成 23 年度は 100 年に一度といわれる 3 月 11 日の大震災および原子力発電所事故の影響で、東海キャンパス、つくばキャンパスともに大きな被害があり、技術職員の皆さんも復旧のため、放射線測定のため等に変多忙な一年であったことと推察します。

今回の技術職員報告集編集委員会の初めての招集は夏にずれ込み、また、編集委員の人数もいつもと比べ少ないため、印刷物としては年度内に報告集の発行をすることができませんでした。

当初編集委員会で、今回はアンケートはやめたらどうかとの意見も出ましたが、技術職員のいろいろな分野での活躍を調査するためには、今まで続けてきた基本的アンケートはやはり必要であり、続けることが重要との考えでアンケートは行うことにしました。

そこで、近年言われることが多くなっている社会貢献に注目してアンケートを行いました。

この報告集は平成 21 年度と平成 22 年度の技術職員の活動について報告するものです。従いまして震災関係の社会貢献は 3 月の半月ほどのまとめとなるため、ほとんどは次回の報告集へ持越しとなってしまう、今回のアンケートには集約できなかったと思われますが、多方面での技術発表や技術指導を通じて多くの技術職員が機構への貢献と社会への貢献をしていることがわかります。また今後更なる技術職員の活躍を期待するものです。

終わりに、震災の復旧の仕事で忙しいにもかかわらず、アンケートに回答していただいた方々、科研費申請資料の掲載に快く承諾していただいた方々、技術部門の諸活動の各報告原稿を執筆していただいた方々に深く感謝いたします。

最後に、編集委員自身も震災復旧で忙しく編集委員会開催日にほとんどの委員が集まらないこともありました。当初から人数不足ではありましたが、この報告集をまとめ上げてくれた編集委員の皆様に感謝いたします。

編集委員長 池野正弘

## 編集委員

|           |      |      |
|-----------|------|------|
| 技術部門連絡会議  | 染谷宏彦 |      |
| 素粒子原子核研究所 | 藤田陽一 | 池野正弘 |
| 物質構造科学研究所 | 森 丈晴 |      |
| 加速器研究施設   | 佐藤吉博 |      |
| 共通基盤研究施設  | 高富俊和 | 穂積憲一 |