

加速器運転への取組みと今後の方向性

佐藤 好美*

Our Efforts to Accelerator Operation and Future Plans

Yoshimi SATOH*

1. はじめに

日本の多くの大型加速器では、その運転を委託業務として民間企業が実施している。これは現在日本だけでみられる世界的に見てユニークな方式である。従来、加速器運転業務に期待されていたものは加速器を如何に安定に維持していくかというものであった。しかし、最近の加速器の高度化や加速器を用いた研究の多様化に伴い、運転員も研究者のパートナーの一員としてより高度な技術を求められるようになってきた。

ここでは弊社が現在実施している加速器運転への取組みと、今後更に高度化するであろう加速器運転業務に対応すべく弊社がとるべき方向性について述べる。

2. 当社の加速器運転業務経歴

弊社は従来電機機器関連業務が主であったが、最初の加速器運転業務は、1986年6月に2.5 GeV Linac, 2.5 GeV 放射光蓄積リングにおいて開始された。当初は10名でスタートし、その後、重粒子線医療加速器, 1.2 GeV Linac, 8.0 GeV 放射光蓄積リング, 赤外線 FEL 加速器, 陽子線医療用加速器, 6.5 GeV 放射光蓄積リング及び非対称2リング衝突型加速器へと展開されて来た。

3. 人員の推移と人員構成

業務開始当初は10名であった人員も新たな加速器業務の開始により年々増加して、20年を過ぎた現在では80名に迫ろうとしている。人員の推移を図1に、また、人員構成について理解しやすいよう弊社員員の加速器業務経験年数を図2に示す。

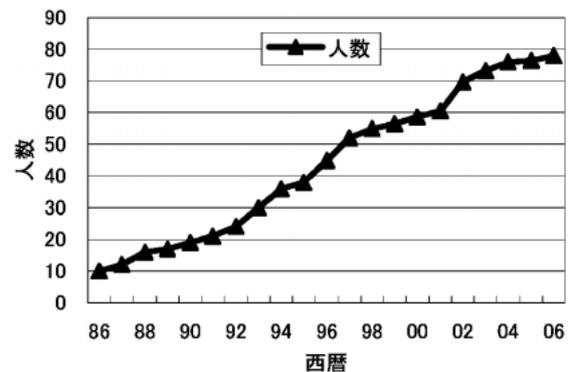


図1 人員の推移

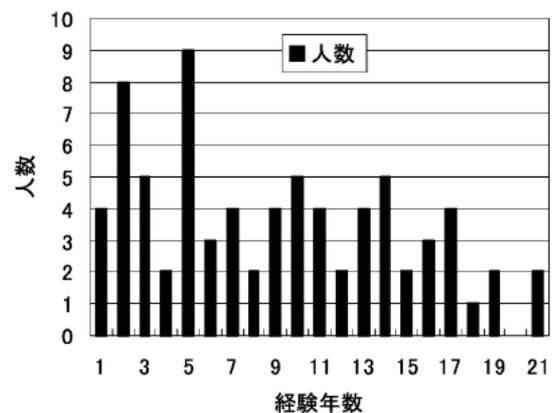


図2 加速器業務経験年数

4. 技術教育体制の充実

加速器の運転は、安全管理、ビーム調整、機器監視、運転記録作成、トラブル処理、入射時間の調整等多岐に渡っており、これら多くの業務を迅速に且つ的

* 三菱電機システムサービス株式会社 加速器技術センター
Accelerator Engineering Center, Mitsubishi Electric System & Service Company
(E-mail: sato-yosimi@melsc.jp)

確に処理していかなければならない。このためには加速器基礎技術とともに各加速器に応じた技術を身に付ける必要がある。

運転業務開始当初は現場 OJT (On-the-Job-Training: 実地訓練) による教育が主であったが、運転の高度化に伴い技術教育体制の充実が重要となってきた。

4.1 加速器の基礎技術講習

加速器初心者が運転を習得するためには、加速の原理、各装置の原理及び構造等を理解することが必要となる。このような基礎技術を習得するための機会として、定期的に基礎技術講習会を開催している。

講習項目としては、以下のとおりである。

- ① 加速器概要 (加速原理を含む)
- ② 粒子線治療装置の概要
- ③ 真空の基礎
- ④ 電磁石の基礎
- ⑤ 高周波の基礎
- ⑥ 高電圧の基礎
- ⑦ 制御の基礎
- ⑧ 放射線の基礎

4.2 加速器業務担当者認定制度

基礎技術講習会開催後、一定の自己学習期間を置き、認定試験を実施している。合格ラインは 100 点満点中 70 点とし、不合格者は業務に就くことが出来ない。認定試験の概要を表 1 に示す。

尚不合格者については、再教育を実施した上で再試験し合格するまで繰り返す。

4.3 運転技術習得基準書による運転員の育成

加速器の基礎的技術を習得できても、実際の加速器を運転することは出来ない。また入射操作一つをとっても加速器ごとに異なっている。

このため、運転員としての必要不可欠な技術習得基準を加速器ごとに作成し配置している。これを基に一定基準に達した運転員を教育担当者として、OJT を基本とした運転員育成教育を実施している。ある加速器における習得基準例を表 2 に示す。

4.4 各種公的資格取得推進

加速器業務は多岐に渡っており、必要に応じた公的資格を必要とする。また各人の技術力向上を目的として資格取得を推進している。主な保有資格は表 3 のとおりとなっており、1 人平均すると 3 資格を保有している。

4.5 各種社外研修会受講

より専門的技術を身に付けることを目的として、種々の社外研修会を受講している。主な受講研修会を表 4 に示す。

表 1 認定試験概要

試験項目	出題数
加速器概要	10
真空	10
電磁石	5
高周波	5
放射線	6
高電圧	6
電気・電子一般	14
制御	3
研究用加速装置	5
粒子線治療装置	5

表 2 習得基準例

習得分類	習得項目
制御ソフト操作	26
各種モード切り替え手順	8
安全管理手順	9
トラブルシューティング	20
各種測定手順	12

表 3 公的資格保有状況

主な保有資格
放射線取扱主任者第 1 種
エックス線作業主任者
医療用具修理業責任技術者
1 級電気工事施工管理技術者
第 1 種・第 2 種電気工事士
甲種・乙種危険物取扱主任者
ソフトウェア開発・基本情報処理技術者
システムアドミニストレーター (初級)
アナログ・デジタル工事担任者
クレーン・フォーク運転士
アーク・ガス溶接技能者

表 4 主な社外研修会受講先

研修会名
日本真空協会真空夏期大学・真空基礎講座
加速器セミナー OHO
マイクロソフト MCA・MCP 講座
NTT-LS 講座 (システム管理・ソフト技術)
海外加速器運転員研修 (米国: SLAC)

表5 研究会発表状況

主な発表先
リニアック技術研究会
日本加速器学会
加速器科学研究会
日本医学物理学会
International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALPECS)
Workshop on Accelerator Operation (WAO)

表6 制御ソフト技術レベル判定基準

レベル	必要条件	保有資格
A	システムに係るソフト構築ができる	ソフトウェア開発技術者
B	特定部位のソフト構築ができる	基本情報処理技術者
C	ソフトウェアの基礎知識がある	なし

4.6 研究会への参加

これまで各種研究会での発表を推進してきた。発表を通じてより深く加速器について学び常に新しい技術を吸収し、これらの経験を業務に反映することができる。主な研究会発表先を表5に示す。

4.7 加速器技術レベル判定基準の設置

真空・電磁石・高周波・制御等の加速器の各要素技術について一定の技術レベル判定基準を設け、各人の加速器技術力及び保有資格から上級(A)・中級(B)・初級(C)に分類して把握している。一例として制御ソフト技術レベル判定基準を表6示す。

以上4.1から4.7の項目を1サイクルとして繰り返す。これにより常に運転員の技術向上を図り、最先端技術が導入されている加速器に対応できるようにしている。

5. 研究支援者としての加速器業務

加速器の高度化、加速器を用いた研究の多様化等が進むにつれ、定常的な運転操作のみを行う業務だけではなく、研究支援者としてより高度な専門技術を必要とする業務が増加してきた。その具体的な内容について以下に述べる。

5.1 運転員による制御ソフト開発

日頃操作を行う運転員の発想を基にしたシンプルで操作し易いGUIプログラムの作成から始まり、現在

表7 主な制御ソフト開発例

件名	使用言語
ルミノシティ調整用モニター	SAD
Beam Position Monitor データ収集	ANSIC
iBump Beam size feedback	Python
低速陽電子データ収集および解析	Visual C++
Klystron Auto Phasing	tcl/tk
Klystron, Magnet ステータス表示	Visual C++

は上位階層のプログラム開発支援を行っている。主な制御ソフト開発例を表7示す。

5.2 ビーム調整技術の向上

実験の多様化により入射パラメータが増え調整の複雑化に伴い運転員の調整技術がこれまで以上に求められている。また衝突型加速器においては、ビーム状態が常に変化するため、安定した実験を行うには常に衝突点付近でのビームを調整し続けなければならない。そこで、調整技術をさらに向上させると同時に、ビームを安定化させるツールの開発にも携わっている。

5.3 設計及び試験業務

研究用加速器では、放射光ビームラインやパルス電源回路の設計・試験業務を実施している。また粒子線治療装置では、主に照射系機器の回路設計・試験業務に従事している。

5.4 解析研究支援

ビームラインの実験補助として、光軸調整・測定プログラム開発等、ユーザーの支援業務を行っている。

5.5 粒子線治療支援

粒子線治療装置の運転業務に加え、線量測定・校正および治療計画シミュレーションを通じ、治療支援を行っている。

6. 今後の方向性

これまで実現してきた業務を踏まえ、今後弊社が重点的に実施する方向性について以下に述べる。

6.1 ソフト開発技術者の育成

加速器の運転では多種多様のソフトが使用されている。制御ソフトの需要に対して制御ソフト開発者の数は多いとは言えない。このため、あらゆるソフトに対応出来る人材を育て、制御ソフト開発分野で更なる貢献が出来るように教育を進める。

そのための第一歩として、現在では、新入社員教育時に基本情報処理資格取得講座の受講及び資格受験を必須としている。

6.2 ビーム理論の習得

基礎知識や経験だけでなく、理論的に最適なビーム調整方法等を提案できる人材の育成を行い、安定した運転及び実験への更なる貢献と質の高い運転員育成を目指す。

6.3 設計、開発技術者の育成

運転業務だけではなく、加速器の設計開発業務まで実施できる技術者を育成することが大切となる。実現するためには、加速器設計部門での教育や人材のローテーションが必要となる。

6.4 加速器建設技術者の育成

より一層高度化される加速器を高いレベルで運転するためには、加速器の建設段階から参加し技術を蓄積することが最も効果的である。このため将来的に計画されている加速器について、建設段階から業務に参加できるよう専門技術の習得を図る。

6.5 幅広い専門分野からの社員採用

以上述べた項目について効率的に実現するためには、社員採用時の専攻学科についても再考する必要がある。弊社は電機機器関連業務が主であるため、加速器業務従事者の7割以上が電気・電子工学系出身者である。今後多様化する加速器業務において専門的技術者を早期に育成するためには、物理や物性あるいは情報系履修者等幅広い専門分野からの採用を推進する必要がある。

以上を推進することにより、運転員としての加速器のメンテナンス業務から、一歩前進した高度な研究支援ができる付加価値を持った運転員を育成すること

に、今後は重点を置いて努力したい。

7. 終わりに

これまで述べてきた人材育成教育などは、短期間で可能なものではない。加速器初心者が運転業務に就くまでの期間には早くても10ヶ月程度を要しているのが現状である。更に技術レベル中級者になるまでには3年以上、上級者になるまでには早くても5年以上の年月を要している。また人材育成中は契約人員外として育成しなければならず、企業としての採算面での難しさもあった。

しかし今後もJ-PARC, Super KEKB, ERL, ILC等、より一層高度化する加速器の稼動が予定もしくは計画されている。

その高度化する加速器にも対応すべく、昨日より今日、今日より明日と常にステップアップしていくことが必要である。そのためには、高いモチベーションを持ち、常に考える習慣を身につけ、旺盛な敢闘精神を持って運転業務に取り組んで行くことが重要となる。

これらを常に意識し、微力ながら日本の加速器の発展に寄与することが使命であると考え、今後も運転員の技術力向上に企業努力を傾注し高度な技術を有する運転員の育成に努める所存である。

謝辞

20年の長期に渡り加速器運転業務に携わることができましたのは、関係諸先生方のご指導のおかげであります。この場をお借りしてお礼申し上げます。