

# J-PARC (大強度陽子加速器施設) MR (メインリングシンクロトロン) 加速器トンネルにおける ICT 防災システムの開発

Development of ICT Disaster Mitigation in MR (Main Ring Synchrotron)  
Accelerator Tunnel of J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex)

川 端 康 夫<sup>\*1</sup>      松 田 浩 朗<sup>\*2</sup>  
Yasuo Kawabata      Hiroaki Matsuda  
松 元 和 伸<sup>\*2</sup>      田 頭 茂 明<sup>\*3</sup>  
Kazunobu Matsumoto      Shigeaki Tagashira  
富 井 洋 平<sup>\*4</sup>      石 井 恒 次<sup>\*5</sup>  
Yohei Tomii      Koji Ishii

## 【要旨】

2019年より J-PARC MR 加速器トンネルにおいて、作業者のリアルタイム位置情報や双方向情報伝達などを実現した ICT 防災システムを運用している。J-PARC MR 加速器トンネルの入坑者にとって有効なシステムとなるよう、これまで様々な機能等を付加してきた。また、更なる安全性や作業効率の向上を実現するため、ロボットの活用を検討した。本論文では、放射線環境下での無線通信機器の耐久性を検証結果や、開発した ICT 防災システムの特長について示す。また、自律走行ロボットと ICT 防災システムとの連携についての試行結果を示す。

【キーワード】 加速器 ICT 防災 J-PARC

## 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災において、J-PARC MR 加速器トンネル(地下10mのトンネルに建設された1周1567.5mの円形加速器)内の作業者が被災したが、適切な脱出経路が用いられなかった。作業者は被災時点の位置から100m以内に脱出棟があったにもかかわらず、500m以上離れた入域箇所から、通常の手続きを経て避難をした。幸い津波は J-PARC を襲わなかったが、避難誘導という観点から大きな課題が残った。作業者の安全確保のために、作業者がトンネル内のどこに居るのか、どの方向へ逃げているのか、あるいは動けなくて助けを求めているのかといった、リアルタイムでの作業位置情報の把握や、その作業者との双方向のコミュニケーションが重要である。

これまでの加速器施設では放射線防護の観点から、「入退域管理」と「被ばく管理」を主眼としてきた。前者は PPS(Personal Protection System)<sup>1)</sup> と呼ばれ、鍵管理により入域時(鍵が抜き取られた状態)には加速器運転が不可の状態になる。後者はフィルムバッジとアラーム線量計を併用し、個人の被ばく総線量とリアルタイム線量を管理している。これらに加え作業者の位置や動線がわかる

システムが実現できれば、病気や事故、災害時の安全性が大いに高まるものと期待される。

ここで問題となるのは、トンネル内では GNSS (Global Navigation Satellite System) による測位が出来ず、新たな測位網の構築が必要であること、また、加速器施設は重要施設であり、高度なセキュリティが求められるといった特殊性があることである。

一方、近年 ICT の飛躍的な進歩が見られる中、GNSS が届かない屋内空間における測位技術も格段の進歩を遂げてきた。筆者らも、モバイル端末を利用した屋内測位センサネットワーク技術の開発<sup>2,3)</sup>に取り組んでいる。

本研究は、この成果を応用し、閉鎖空間である大規模な加速器トンネルにおいて、緊急時にモバイル端末を活用して作業者の位置を特定するとともに、管理者と作業者が効率よくコミュニケーションができる ICT 防災システムを開発することを目的としている。

本論文では、J-PARC MR 加速器トンネルを対象とした ICT 防災システムの開発に関する取り組みを示す。

## 2. 放射線環境下での無線通信機器の耐久性

開発する ICT 防災システムでは、モバイル端末の通信の

1.土木本部 リニューアル統括部    2.技術研究所 研究開発 G 第一研究室    3.関西大学 総合情報学部  
4.総合警備保障株式会社    5.高エネルギー加速器研究機構





図-5 放射線測定状況の一例



図-6 REBORG-Zによる放射線測定状況の一例



図-4 遠隔作業支援状況の一例（中央制御棟）



図-7 REBORG-Zによる自律走行状況の一例

ッセンジャーアプリである Spika を基に開発しており、前節で示した位置情報と、他利用者とのメッセージや、画像、ビデオ通話といったコミュニケーションが可能である。

本システムによる遠隔作業支援状況の一例を図-4に示す。中央制御棟の管理者が、トンネル内などの映像を遠隔で確認しながらトンネル内作業員へ作業指示することが可能である。

### 3.4 放射線量測定機能

本システムでは、USB 接続方式の放射線検出モジュールをモバイル端末に接続することで、放射線量を測定できる機能を有している。本システムによる放射線測定状況の一例を図-5に示す。本システムによる放射線測定は、デジタル線量計と同様に実施することが可能で、測定値も同等となっている。また、前述の位置情報管理機能と組み合わせることで、それぞれの位置に対する放射線量が自動的に測定可能である。

## 4. 加速器トンネルでのロボットの活用

加速器トンネル内は放射線管理区域であり、人の立ち入りが制限されている。トンネル内での安全性や作業効率の向上を目的に、ロボット・ドローンの活用が期待されている。

自律走行ロボット REBORG-Z<sup>9)</sup>と ICT 防災システムとの連携を試行した。REBORG-Z に搭載したモバイル端末と放射線検出モジュールによる放射線測定状況の一例を図-6に示す。また、REBORG-Z による加速器トンネル内の自律走行の状況を図-7に示す。事前のマップ作成と REBORG-Z に搭載されている周辺障害物検知センサにより、狭隘で強力な電磁石が多数設置されている加速器トンネル内においても自律走行が可能で、障害物や入坑者に対して接触することなく対象範囲内全域を走行可能であった。ICT 防災システムによる放射線測定との連携により、対象範囲内の放射線量が自動的に測定した。放射線管理区域である J-PARC MR 加速器トンネルでのロボットによる自動放射線測定の可能性を示した。

## 5. おわりに

本論文では、J-PARC MR 加速器トンネルを対象とした ICT 防災システムの開発に関する取り組みを示した。

開発した ICT 防災システムは J-PARC MR 加速器トンネルにおいて運用され、作業員の安全性や作業効率の向上に有効であることを示している。

今後は、更なる安全性や作業効率の向上を目的に、ロボットやドローンと ICT 防災システムとの連携を進めていく予定である。

### 【参考文献】

- 1) 榊泰直, 中村直樹, 吉川博, 上田晋司: J-PARCLINAC

- 用高速インターロックシステムの設計, Proceedings of 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, pp.467-469, 2003.
- 2) S. Tagashira, Y. Kanekiyo, Y. Arakawa, T. Kitasuka, and A. Fukuda : Collaborative Filtering for Position Estimation Error Correction in WLAN Positioning Systems, IEICE Trans. on Communications, Vol.E94-B, No.03, pp. 649-657, 2011.
  - 3) 松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明 : 無線 LAN 測位の測位精度に関する研究, 土木学会第 67 回年次学術講演会講演概要集, pp.549-550, 2012.
  - 4) 小野田忍 : 半導体に対する三つの放射線影響とその照射試験, (取得日 2022.7.28 : [http://www.vlsi.es.kit.ac.jp/SERconf/2011/3-2\\_onoda.pdf](http://www.vlsi.es.kit.ac.jp/SERconf/2011/3-2_onoda.pdf)) .
  - 5) 川端康夫, 松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明, 石井恒次, 吉岡正和 : 測位センサネットワークシステムの放射線環境下における耐久性の検討, 第 12 回日本加速器学会年会, pp.125-128, 2015.
  - 6) 川端康夫, 松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明, 石井恒次, 吉岡正和 : 測位センサネットワークシステムの放射線環境下 (J-PARC) における耐久性の検証報告, 第 13 回日本加速器学会年会, 2016.
  - 7) 川端康夫, 松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明, 石井恒次, 大森千広, 芝田達伸, 吉岡正和 : 放射線環境下 (J-PARC) における測位センサネットワークシステムの耐久性と防災用アプリの適用計画, 第 14 回日本加速器学会年会, 2017.
  - 8) 川端康夫, 松田浩朗, 松元和伸, 田頭茂明, 石井恒次, 大森千広, 吉岡正和 : J-PARC MR における専用ネットワーク装置とモバイルアプリによる防災システムの構築, 第 17 回日本加速器学会年会, 2020.
  - 9) ALSOK : 警備・案内ロボット「REBORG-Z」 | ALSOK の法人向けセキュリティ・防犯対策, (取得日 2022.7.28 : <https://www.alsok.co.jp/corporate/robot/reborg-x/>) .

**Summary** The ICT disaster mitigation system that realized the transmission of real time position information and the bidirectional transmission of information for workers is operated in the J-PARC MR accelerator tunnel from 2019. We have added a variety of different functions so far so that it is an effective system for pit workers in the J-PARC MR accelerator tunnel. In addition, we studied the utilization of robots in order to further realize safety and improve work efficiency. This paper shows the verification results of the durability of radio communication equipment under a radiation environment and the advantages of the developed ICT disaster mitigation system. In addition, it shows the results of the trial cooperation between the autonomous traveling robot and the ICT disaster mitigation system.

**Key Words :** Accelerator, ICT, Disaster Mitigation, J-PARC