

厚生労働科研費補助金（労働安全衛生総合研究研究事業）

総括研究報告書

加速器トンネルにおける位置情報を活用した防災アプリの開発（19JA1002）

研究代表者 石井 恒次 高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 准教授

研究要旨： 加速器トンネルのような巨大な閉空間での使用が可能な防災アプリを開発する。双方向通信により、避難経路指示といったような一方的な情報伝達だけでなく、災害時の情報を関係者で瞬時に共有、トンネル内の全作業員の位置をリアルタイムで把握、災害近傍の作業員からの写真等によるフィードバック等も可能にする。開発した防災アプリを実際に J-PARC MR 加速器トンネルで使用して有用性を実証すると共に、同じような閉空間を持つ施設等への適用を模索する。また放射線測定を付け加えて位置測定と連動させて機能統合するといった、防災アプリの発展性についても研究する。

山本昇：高エネルギー加速器研究機構
加速器研究施設・シニアフェロー

別所光太郎：高エネルギー加速器研究機構
共通基盤研究施設・准教授

A. 研究目的

東日本大震災で申請者が J-PARC Main Ring (MR) 加速器トンネル内で被災したことが、本研究の発端となっている。残念ながら震災時においては、適確な避難誘導が実施されたとは言い難い。従来からの加速器トンネル入域システムとして、ビーム運転時に入域者がいないことを担保する **Personal Protection System (PPS)** と、放射線防護の為にフィルムバッジとアラーム線量計を携帯するシステムが連携して動作して、安全を担保している。震災以降、これとは別に地上で作業監視員を設け、病気や事故、災害発生時に迅速な対応を取る体制を敷いているが、十分とは言えない。最大の問題点は、1.5 km 以上もの長さを持つ円形トンネル内の、「どこ」に「何人」の作業員が居るかが、地上でリアルタイムに把握できていない点にある。

2015 年より申請者はトンネル内での防災に多くの経験を有する飛鳥建設と共同研究を行い、地下防災システムにおける無線 LAN 測位システムの耐放射線性能の検証を行ってき

た。本測位システムでは、モバイル端末を測位センサとして利用し、情報通信と同時にモバイル端末の通信位置を特定する。既にトンネル等の建設現場において活用されている技術であるが、加速器トンネルに適用するためには放射線耐性を検証する必要がある。共同研究では、ビーム運転中は測位システムの電源をオフすることでデバイスの寿命を有意に伸ばすことが実証され、放射線環境下での使用に目途が付いた。

本開発研究では労働安全衛生総合研究の方向性である IoT を活用した安全管理システムの開発を行う。システムを MR の加速器トンネル全周に展開し、入域者全員に防災アプリが導入されたモバイル端末を携帯してもらうことで安全性の飛躍的な向上を目指す。多くの作業員に利用してもらってフィードバックをかけ、安全システムの一部として運用可能な領域まで開発を行う。並行して広報活動に努め、国内外の加速器施設はもとより、工場等、同様の閉空間を持つ施設等への適用を提言する。なお大規模加速器施設に限れば、ドイツにある DESY 研究所の European XFEL 研究施設が唯一、位置モニタリングを用いた入域者管理を行っているが、本研究で開発する双方向通信が可能な防災アプリまでの導入は行っていない。J-PARC で導入されれば世界初の事例になるものと考えられる。

厚生労働科研費補助金（労働安全衛生総合研究研究事業）

総括研究報告書

B. 研究方法

J-PARC MR 加速器トンネルでは年間に 100 名を超す作業員が入域し、延べ千人日を超える作業が実施されている。この研究施設において位置モニタリングシステムを有した防災アプリの実証実験を行い、開発した安全管理システムの有効性を評価する。本防災アプリの特徴である位置モニタリングシステムと双方向情報伝達システムは災害時において、管理者からの避難指示等を一齐に配信して情報伝達するだけでなく、既読機能による作業員の応答確認、位置モニターによる避難状況の確認が可能である。過去を含む全ての情報は管理者や作業員を問わず共有されて閲覧することができ、作業員側から災害現場等を映像撮影して配信することも可能である。平常時においても、心拍数等をモニターすることで作業員の安全管理をサポートし、また各作業員の動線を可視化することで作業の効率化を図ることもできる。以上のような方法で世界中にある加速器施設での展開のみならず、多数の作業員が働く工場や介護施設等、屋内施設における安全管理システムとして活用可能と考えられる。さらに放射線測定（個人線量計測定）との統合が実現できれば、医療現場などの放射線環境下における安全や作業効率を向上させるのにも役立つと期待する。

防災アプリは有事の際に使用されなければ意味がない。東日本大震災の際、筆者は数十メートルの距離にトンネル脱出棟があったにもかかわらず、数百メートル先の入域場所から避難した、苦い経験がある。頭には入ってはいっても普段使用していないと、咄嗟の際には思いつかない、良い教訓と言える。防災アプリについても同様なことが言え、管理者と作業員の双方が本アプリを平常時にも活用していることが、有事の際に威力を発揮するものと確信している。このような考えの下、可能な限り早い利用開始を目指し、アクセスポイント（AP）を MR 全周に展開すると作業員に携行してもらってスマートフォンの準備を行う。

C. 研究結果

初年度は利用開始を目標にしていたが、導入前の複数回行った試験のそれぞれで課題が見つかり、次々と新バージョンを導入する事態に陥った。アプリ自身の見た目が毎回かなり変わるため、ユーザが混乱するとの判断から利用開始は見送られてきたが、最近ようやく収束が見られ、満足できるバージョンが完成した。現状はマニュアルを整備中で、最終的な準備の最中である。少なくとも 1 年程度はこのバージョンでの利用を継続し、最終年度の前にバージョンアップを行って、システムとしての完成を目指す予定である。

他の研究としては、停電時の対策・電源棟の AP 整備・放射線測定との連動等を実施した。当初計画では非常発電の電気系に組み込むことを考えていたが、トンネル内だけでなく管理者端末やサーバ等、複数個所で停電対策をしなければならず、追加工事が高額になることがわかった。そこで近年のリチウム電池の発達に伴い、3～5 年程度だった寿命が 10 年程度まで延びた UPS（無停電電源装置）の利用を検討し、問題なく使用できることを確認した。全所停電（計画停電）時にフルの実証試験を実施する予定である。

電源棟の AP 整備は、試験で判明した使い勝手の良さから出てきた課題である。メンテナンス中に、トンネル内電磁石を地上の電源で通電して試験することが頻繁に行うが、本アプリを活用すれば、より安全な通電試験が可能になることがわかった。グループ内の通信手段として使用するだけでなく、他グループのトンネル内作業員にとっても通電されている電磁石の場所や情報が容易に得られ、感電事故の防止に大いに役立つ。使い勝手を向上するには 3 か所ある電源棟に複数の AP を整備する必要があり、既存の光配線を増強することで整備する予定である。

放射線測定との連動に関しては、研究分担者の山本が開発に着手し、小型の放射線測定装置から読み出しをスマホ上で行い、スマホ位置での放射線量測定が完成した。

厚生労働科研費補助金（労働安全衛生総合研究研究事業）

総括研究報告書

D. 考察

J-PARC MR トンネルにおける予定していた防災アプリシステムの本格的な利用が開始できていないが、開発した防災アプリが平常時にも活用されるような方向で準備を進め、すぐにも導入できるような状態まで完了した。今後は講習会等を開き、開発したアプリの利用促進を行い、作業者が日常的に広く活用してもらおうことができるよう、推進していく考えである。

放射線測定に関しては、近いうちにトンネル内での放射線量測定を敢行し、高残留放射線があるコリメータ領域とそれ以外との違いを試験的に測定する予定である。さらに将来的には測定された放射線量の見える化を行い、トンネル内作業の労働災害防止に役立つ方向に持っていきたい。

本研究の重要な柱である普及活動に関しても、当初予想と比較してあまり進んでいるとは言いがたい。ユーザ利用が開始していないのでインパクトが小さいのと、安全というより便利なアプリという認識しかされずにいるようである。これまで安全系の研究者を中心に宣伝してきたが、ユーザ側の研究者にも宣伝の展開を検討している。またコロナ禍による会議の延期等も懸念している。英文論文を投稿する予定であった国際的な加速器学会

（IPAC2020・5月・フランス）は中止が決まった。国内・国外問わず、研究所等に訪問することも憚られる状況であり、今年の広報活動について懸念している。当面はJ-PARC MRでの利用開始に傾注し、有益な活用結果を溜め、時期をみて活発な広報ができるようにしたいと考えている。

E. 結論

進捗には差異が見られるが、前倒しで研究が進んでいるものもあり、概ね順調に開発が進んでいると判断している。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

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における測位センサネットワーク装置と防災用アプリの全域実装、Proceedings of the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, P253-257, 2019.8

2. 学会発表

第16回日本加速器学会年会

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし