

厚生労働科研費補助金

労働安全衛生総合研究事業

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）

令和 2 年度 総括研究報告書

研究代表者 石井 恒次

令和 3（2021）年 5月

目 次

I. 総括研究報告	
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）	-- 1
石井 恒次	
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 4

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斉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。

初年度に開始出来なかった防災システムのユーザ利用を 2020 年 7 月の運用開始を目標に整備する。また初年度に開発研究を行った停電時の対策・電源棟の AP 整備・放射線測

定との連携をさらに発展させ、防災システムの増強を行う。さらに災害時対策の充実や日常使用の利便性向上の研究開発を行い、ユーザ利用の促進を図る。

C. 研究結果

予定通り 2020 年 7 月にユーザ利用の運用を開始した。マニュアル等の整備も行き、トンネル入域者は誰でも防災アプリが導入されたスマホを携帯してトンネル内で活用できる。一方で携帯の義務化まではしていない。また安全システムへの組み込みには、スマホと携帯者との紐づけやスマホを携帯していないと入域できない仕組み等が必要である。これらの解決は今後の課題となっている。

各電源棟と搬入棟に AP を整備して光配線を開通させ、主要な建屋で防災システムが利用可能にした。また停電時対策としてリチウム蓄電池を地上建屋に配備し、全 AP とサーバー PC に対して蓄電池を介して電源供給するようにした。切り替えしないのでサーバー PC がダウンして防災アプリが使用できないという状況は起こりにくい。2020 年 7 月 4 日の計画停電（J-PARC 地区を含む JAEA 全所停電）では、蓄電池により防災システムが停電後 12 時間以上稼働することを確認した。また AP の放射線耐性に必要なビーム運転時における電源 OFF 行う装置を開発し、運転に同期して自動で AP 電源を ON/OFF することが可能になった。防災システムの信頼性が向上したと考えられる。

放射線測定との連携についてもアプリ開発を行って利用可能な状態にした。2020 年 6 月 10 日のメンテナンス日に専用の放射線測定器とスマホを携帯してトンネル内に入域し、通路の残留放射線量測定を行った。測定器とスマホを USB 接続してアプリを立ち上げるだけで、1 分毎に測定された放射線量がサーバーに自動記録される。取得データを表示させるソフトも整備し、既知の残留線量と比較を行った。記録された位置と放射線測定量に乖離等はなく、正確にトンネル内通路の各点での残留放射線量が測定されたことが確認された。

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

なお使用した専用の放射線測定器はきちんと校正された測定器との測定値比較を行い、問題ない範囲で一致することを確認している。

2020年度は当初予定になかった映像通信の研究開発も実施した。映像通信は放射線管理区域であるトンネル内作業の遠隔支援を可能にし、無用な被爆を避け、またコロナ時代にマッチした利便性向上ツールとも言える。スマホ付属カメラを活用することで、1対1ではあるが複数回線も可能にした映像通話を実現している。2020年7月31日に行われた防災訓練では、仮想事故現場にスマホをセットしてライブ配信を行い、事故指揮所で遠隔地である仮想事故現場をモニターすることも行っている。また360度VRカメラをネットに接続して作業支援等を実施することも可能にした。Virtual Realityの実現までには至っていないが、トンネル内機器の無人通電時における監視等に大いに役立つものと考えている。

D. 考察

予定通りユーザ利用が開始できたのは喜ばしい。放射線測定との連携や映像通信等で日常使用の利便性向上が進んだことも非常に良かったと考えている。災害時対策についてはまだ課題が残っているが、必須であった停電対策が完成したことは大きな成果である。防災システムの体は成したと考える一方、多くの課題が残っているのも事実である。特に利用者数が伸びていないのは大きな問題と捉えている。コロナ禍で最低限のトンネル内作業に絞っていることも影響しているものと考えているが、義務化していない中で携帯率が半分程度というのは少し寂しい。有用性を感じている作業者は必ず利用しているようなので、利用促進させるための講習会等を開いて周知に努めたいと考えている。

安全システムへの組み込みも大きな課題が横たわっている。既に述べたように、スマホと携帯者との紐づけや、スマホを不携帯だと入域できない仕組み等の開発が必要である。

技術的には顔・指紋認証等を導入することで可能と考えられるが、実現には時間と費用が多大にかかるが見込まれている。また既存の安全システムへの組み込みにはこれらに加えて高度な信頼性が必要となり、統合はさらにハードルが高い。視点を変え、独立した安全システムとしての構築を模索している。

他施設への展開（広報活動）に関してはコロナ禍の影響で進んでいない。収束後の精力的な展開を進めるべく、防災システム利用の実績作りに傾注している。

E. 結論

防災システムとして一応の完成をみた。一方で解決すべき課題も多く残っており、今後も研究開発を継続し、安全管理システムとしての完成を推進する。

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、山本昇、別所光太郎、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、P *Proceedings of the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan*, P845-849, 2020.9

2. 学会発表

第17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

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書 籍 名	出版社名	出版地	出版年	ページ

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
川端康夫、松田浩朗、松元和伸、田頭茂明、石井恒次、山本昇、別所光太郎、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	Proceedings of the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	第17回日本加速器学会年会	845-849	2020

「厚生労働科学研究費における倫理審査及び利益相反の管理の状況に関する報告について
(平成26年4月14日科発0414第5号)」の別紙に定める様式

令和 3 年 5 月 2 4 日

厚生労働大臣
~~(国立医薬品食品衛生研究所長)~~ 殿
~~(国立保健医療科学院長)~~

機関名 大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

所属研究機関長 職 名 機構長

氏 名 山内 正則

次の職員の 令和 2 年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 厚生労働科学研究費補助金 (労働安全衛生総合事業)
2. 研究課題名 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)
3. 研究者名 (所属部局・職名) 加速器研究施設 ・ 准教授
(氏名・フリガナ) 石井 恒次 ・ イシイ コウジ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

「厚生労働科学研究費における倫理審査及び利益相反の管理の状況に関する報告について
(平成26年4月14日科発0414第5号)」の別紙に定める様式

令和 3 年 5 月 2 4 日

厚生労働大臣
~~(国立医薬品食品衛生研究所長)~~ 殿
~~(国立保健医療科学院長)~~

機関名 大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

所属研究機関長 職 名 機構長

氏 名 山内 正則

次の職員の 令和 元 年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 厚生労働科学研究費補助金 (労働安全衛生総合事業)
2. 研究課題名 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)
3. 研究者名 (所属部局・職名) 加速器研究施設 ・ シニアフェロー
(氏名・フリガナ) 山本 昇 ・ ヤマモト ノボル

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。

「厚生労働科学研究費における倫理審査及び利益相反の管理の状況に関する報告について
(平成26年4月14日科発0414第5号)」の別紙に定める様式

令和 3 年 5 月 2 4 日

厚生労働大臣
~~(国立医薬品食品衛生研究所長) 殿~~
~~(国立保健医療科学院長)~~

機関名 大学共同利用機関法人
高エネルギー加速器研究機構

所属研究機関長 職 名 機構長

氏 名 山内 正則

次の職員の 令和 元 年度厚生労働科学研究費の調査研究における、倫理審査状況及び利益相反等の管理については以下のとおりです。

1. 研究事業名 厚生労働科学研究費補助金 (労働安全衛生総合事業)
2. 研究課題名 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)
3. 研究者名 (所属部局・職名) 共通基盤研究施設 ・ 准教授
(氏名・フリガナ) 別所 光太郎 ・ ベッショ コウタロウ

4. 倫理審査の状況

	該当性の有無		左記で該当がある場合のみ記入 (※1)		
	有	無	審査済み	審査した機関	未審査 (※2)
ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
遺伝子治療等臨床研究に関する指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
人を対象とする医学系研究に関する倫理指針 (※3)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
厚生労働省の所管する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
その他、該当する倫理指針があれば記入すること (指針の名称:)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>

(※1) 当該研究者が当該研究を実施するに当たり遵守すべき倫理指針に関する倫理委員会の審査が済んでいる場合は、「審査済み」にチェックし一部若しくは全部の審査が完了していない場合は、「未審査」にチェックすること。

その他 (特記事項)

(※2) 未審査の場合は、その理由を記載すること。

(※3) 廃止前の「疫学研究に関する倫理指針」や「臨床研究に関する倫理指針」に準拠する場合は、当該項目に記入すること。

5. 厚生労働分野の研究活動における不正行為への対応について

研究倫理教育の受講状況	受講 <input checked="" type="checkbox"/> 未受講 <input type="checkbox"/>
-------------	---

6. 利益相反の管理

当研究機関におけるCOIの管理に関する規定の策定	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究機関におけるCOI委員会設置の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合は委託先機関:)
当研究に係るCOIについての報告・審査の有無	有 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> (無の場合はその理由:)
当研究に係るCOIについての指導・管理の有無	有 <input type="checkbox"/> 無 <input checked="" type="checkbox"/> (有の場合はその内容:)

(留意事項) ・該当する□にチェックを入れること。
・分担研究者の所属する機関の長も作成すること。