

厚生労働科研費補助金 総合研究報告書表紙

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）

平成31年度～令和4年度 総合研究報告書

研究代表者 石井 恒次

令和5（2023）年 5月

厚生労働科研費補助金 総合研究報告書目次

目 次

I. 総合研究報告	
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	
（資料1）発表資料抜粋	
（資料2）J-PARC プレスリリース	
（資料3）2021 at KEK Annual Report	
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 55

厚生労働科研費補助金（労働安全衛生総合研究研究事業）

総合研究報告書

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がたい。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島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）

総合研究報告書

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者の応答確認、位置モニターによる避難状況の確認が可能である。作業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、地上の管理者を含めた関係者が災害状況の共有を可能にするシステムを導入する。

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。本防災アプリについても同様なことが言え、管理者と作業者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。早い段階でシステムの運用を開始し、利用者からのフィードバックを得てシステムを段階的に発展させる。また研究発表等を通し、国内外の加速器施設等へシステムの普及活動を行い、他の研究施設への展開を促進することも予定している。

防災アプリの運用開始後は、1) 災害時対策の充実へ向けての研究開発、2) 安全システムへの組み込みに向けての研究開発、3) 日常使用の利便性向上、4) 他施設への展開（広報活動）の 4 本柱で研究を進める。防災システムの完成という観点からは、特に 2) の研究開発が重要となってくる。既存の安全システムは主に放射線防護を念頭に構築されているためとても高度なものとなっている。当初は防災アプリを既存の安全システムに組

み込むことを考えていたが、莫大なコストと安全性の確認に数年程度かかることが判明し、適当な協力会社も見つからないことから、独立した安全システムの構築を目指すことに変更し、研究開発を行った。

C. 研究結果

初年度（2019 年度）からの運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運用開始は 1 年見送り、バージョンを固定しての暫定運用をグループ内の作業者に利用してもらう形で行った。グループ内作業者からはフィードバックをお願いし、日常使用の利便性向上を図った。また防災に必要な不可欠な停電時対策も並行して整備した。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ー等、地上建屋の複数個所で組み込み改修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。

ユーザからのフィードバックとして、地上建屋の電源棟での無線 LAN Access Point (AP) 整備が提案された。加速器の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われるが、本アプリを活用すればより安全な通電試験が可能である。通電に関係のない作業者であっても、トンネル入域の際、本アプリが導入された専用のスマホ端末を持っていれば、通電されている電磁石に近づくと端末からバイブレーション等で通電中である旨の警告を発することができ、感電事故の防止に大いに役立つ。そこで電源棟間にある既存の光回線網を利用し、電源棟内の光配線も整備、また注意喚起機能のアプリ拡張開発も開始した。

厚生労働科研費補助金（労働安全衛生総合研究研究事業）

総合研究報告書

次年度（2020 年度）の 7 月よりユーザ利用の運用を開始した。マニュアル等の整備を行い、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。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。停電時対策と AP 電源自動 ON/OFF を導入できたことで、防災システムとして完成したと考えている。

当初からの予定であった、防災アプリの位置測定と放射線測定との連携も開発を実現して導入した。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。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。また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。

なお 2020-2021 年はコロナ禍で研究開発が滞った時期でもあった。ここまで記述した研究は主にコロナ禍前に計画・設計したものであり、開発・試験は遅れが多少生じるものの大きな影響は受けていない。問題は開発を協力してもらっている研究者が現場である J-PARC に来所するのが難しい状況が続き、現場状況に即した開発が進まない結果となってしまったことである。防災システムの運用開始後は B. 研究計画で挙げた 4 本柱を念頭に研究開発を行う予定であったが、やむを得ずいくつかの部分で修正を行い、また繰越申請も行って 2022 年度も研究開発を継続し、本防災システムの発展性について展望が見渡せるところまで完成するよう計画を修正した。

2021 年度のコロナ禍状況でも 3) の日常利便性向上は進展することができた。既に過年度に開発した放射線測定との連動だが、さらに QR コードを導入してスキャンすることで位置の精度を上げ、QR コードに紐づけた位置とその時の放射線測定値を自動記録するようにして、作業の利便性を向上させた。また映像通信についても 360° カメラを導入してトンネル内の無人監視や高放射線環境下での作業監督も実現、被爆抑制を含めた作業の省力化を行っている。さらにユーザフィードバックで得られた注意喚起機能を開発して導入した。トンネル内の残留放射線量が高い領域や通電が行われる区域を予めアプリ内で設定できるようにし、危険区域に近づいた場合は自動的に警告を発してスマホ端末携帯者に知らせる機能を防災アプリ付加している。スマホ端末から詳細な情報を得られると共に、トンネル内に不慣れた作業員でも危険に対して注意を促すような仕組みにし、防災システムとしての性能向上を果たした。

厚生労働科研費補助金（労働安全衛生総合研究研究事業）

総合研究報告書

難題であった 2) の安全システムへの組み込みについては 2021-2022 年度に精力的な研究開発を実施した。B. 研究計画で既に述べたように、独立した安全システムの構築の方向で検討を進めているが、そこで問題になってくるのはスマートフォンの携帯率である。防災アプリを利用するためには専用のスマートフォンを携帯する必要があるが、トンネル内に入域するのに携帯を義務付けることを現状は行っていない。使い勝手の良いように改良を継続しているが、残念ながら携帯率は半分程度に留まっている。この状況を打開するため、我々は自動追尾が可能なロボットの活用に着目した。作業者に追尾するロボットに情報端末を携帯させれば、作業者自身が端末を携帯する必要はなくなる。この他ロボットに見回り巡回させてトンネル内の映像を取得し、自動で映像解析を行って通常と違う異常を検知する試みも開始した。この着想の下、2021 年度にロボットを MR トンネル内に持ち込んで自律走行の試験を行った。またロボットが行くことができない区域をカバーするため、ドローンのトンネル内試験飛行を実施した。ロボットやドローンが取得した映像の解析も行い、自動解析・異常検知の検討も行っている。いくつか技術的な課題が見つかったため 2022 年度も継続して試験等を継続した。特にコスト的な問題を解決すべく、台車ロボットの独自開発を行って試験を実施した。市販の台車ロボットにカメラと LiDAR (Light Detection And Ranging) を搭載し、人検知追随や指定位置自動移動を実現させる試みを行った。また台車ロボットにドローン基地（充電スタンド）を運搬させ、ドローン飛行継続時間の課題解決を図った。ソフト・ハード共に更なる作り込みが必要と考えられる結果となったが、ロボット・ドローン活用の有効性は認められ、展望的に期待が持てる結果となった。

1) の災害時対策の充実はアナウンスの自動文字化や地震情報の自動文字配信等を検討した。技術的には問題ないと考えられるのと、

将来的に音声の自動文字化の技術は飛躍的に進むと考えられるため、我々はより課題の多いロボット・ドローンの開発に専念して研究を推進している。

4) の広報活動については積極的に論文発表を行うと共に、異業種を含めた研究会等に参加する予定であった。しかしながらコロナの影響で会議等は延期やリモート開催となってしまった。本研究は議論が活発な特定主題を取り扱う研究会での発表に適しているものと考えられ、2022 年度になっても発表の機会が少ない状況にある。このような状況下であるが 2019-2022 年度の 4 年間で 8 件の学会発表（内 3 件の国際会議発表）、学会発表に付随する 5 件の論文発表（内 1 件の英語論文）、報道機関に向けたプレスリリース 1 件（J-PARC 会場に 7 社が参加、数社が記事）、そして高エネルギー加速器研究機構の 2021 at KEK Annual Report でも英文で紹介された。学会発表の際に用いたものの抜粋を資料 1、J-PARC プレスリリースを資料 2、KEK Annual Report での該当ページのコピーを資料 3 として添付する。

D. 考察

早い段階でユーザ利用が開始され、停電時対策等の整備が進んで防災システムとして実証できたことは大変嬉しい。またユーザからのフィードバックを受け、当初予定になかった機能を持たせることに成功したことも大変有意義だったと考えている。一方で利用率は半分程度に留まったため、少しでも作業者が負担を感じるようなものは強制力無しでは難しいと実感した。放射線安全が主目的の現行安全システムに対し、統合ではなく独立の方向性を考え、かつ強制力の必要ないロボット・ドローンの活用に見出し、開発と試験を繰り返して将来の活用に目途を付けた。加速器トンネル等の研究施設や工場等において、災害時の安全を担保する防災システムの在り方に一つの解を示したと考えている。

厚生労働科研費補助金（労働安全衛生総合研究研究事業）

総合研究報告書

E. 結論

防災アプリとしては2年以上の期間に渡り安定に稼働しており、完成したと見なすことができる。今後も継続して使用することで、ユーザからのフィードバックを得て、将来の防災システム構築への指針に充てたい。また研究会などの機会を捉えて、J-PARC MR 加速器トンネルで実現した防災システムの宣伝や議論を行い、他研究施設等で採用されるよう働きかけていく所存である。さらに独立した安全システム構築を念頭にロボット・ドローンの活用を視野に入れ、将来、他研究施設等で採用されて導入が実現するよう、継続して努力を行う予定でいる。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表（5件）

- 1-1. 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
- 1-2. 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, P845-849, 2020.9
- 1-3. K. Ishii, N. Yamamoto, K. Bessho, S. Tagashira, Y. Kawabata, H. Matsuda, K. Matsumoto, M. Yoshioka, “DEVELOPMENT OF DISASTER PREVENTION SYSTEM FOR ACCELERATOR TUNNEL”, in Proc. 12th Int. Particle Accelerator Conf. (IPAC'21), Campinas, SP, Brazil, May

2021, pp. 2228–2230.
doi:10.18429/JACoW-IPAC2021-TUPAB315

- 1-4. 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 防災システムの発展、Proceedings of the 18th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, P18-22, 2021.8
- 1-5. 川端康夫、松田浩朗、松元和伸、田頭茂明、富井洋平、石井恒次、山本昇、別所光太郎、吉岡正和、加速器トンネルでのロボット活用の検証、Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, P83-87, 2022.10
2. 学会発表（8件）
 - 2-1. International Technical Safety Forum 2019 (ITSF2019)
 - 2-2. 第16回日本加速器学会年会（2019）
 - 2-3. 第17回日本加速器学会年会（2020）
 - 2-4. 12th International Particle Accelerator Conference (IPAC2021)
 - 2-5. 第18回日本加速器学会年会（2021）
 - 2-6. SAT テクノロジー・ショーケース 2022
 - 2-7. 第19回日本加速器学会年会（2022）
 - 2-8. International Technical Safety Forum 2022 (ITSF2022)
3. プレスリリース（1件）
 - 3-1. 2022 年 3 月 30 日 J-PARC にて発表。

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



飛島建設



関西大学
KANSAI UNIVERSITY

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)

KEK : 石井恒次、山本昇、別所光太郎

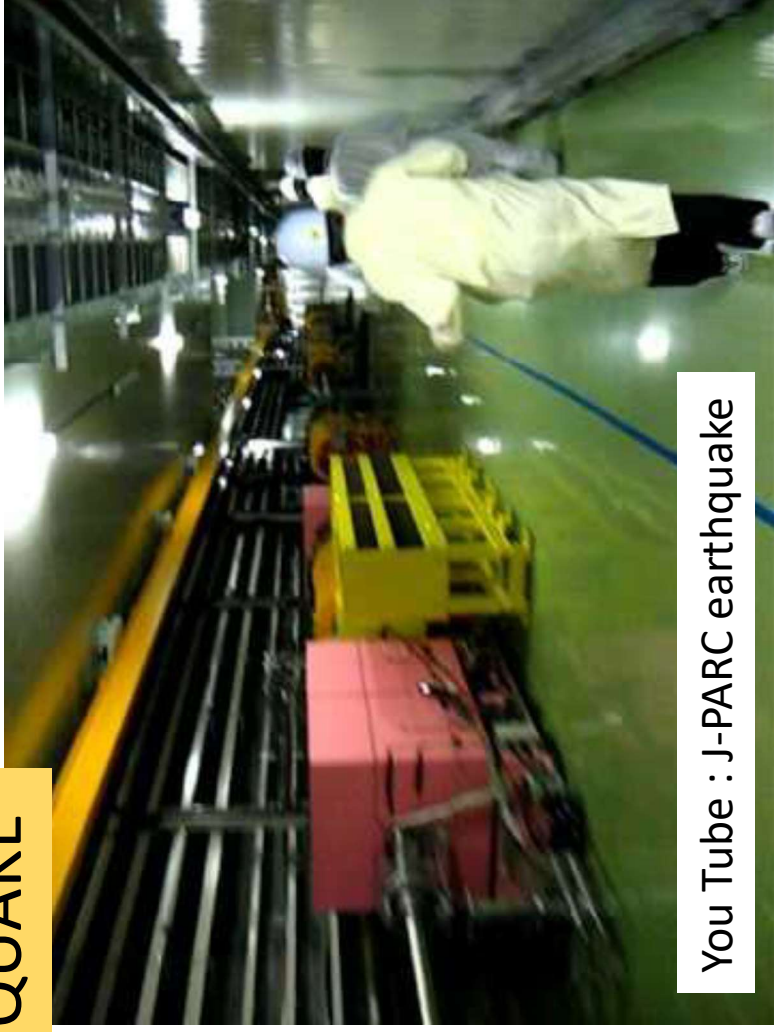
関西大学 : 田頭茂明

飛島建設 : 川端康夫、松田浩朗

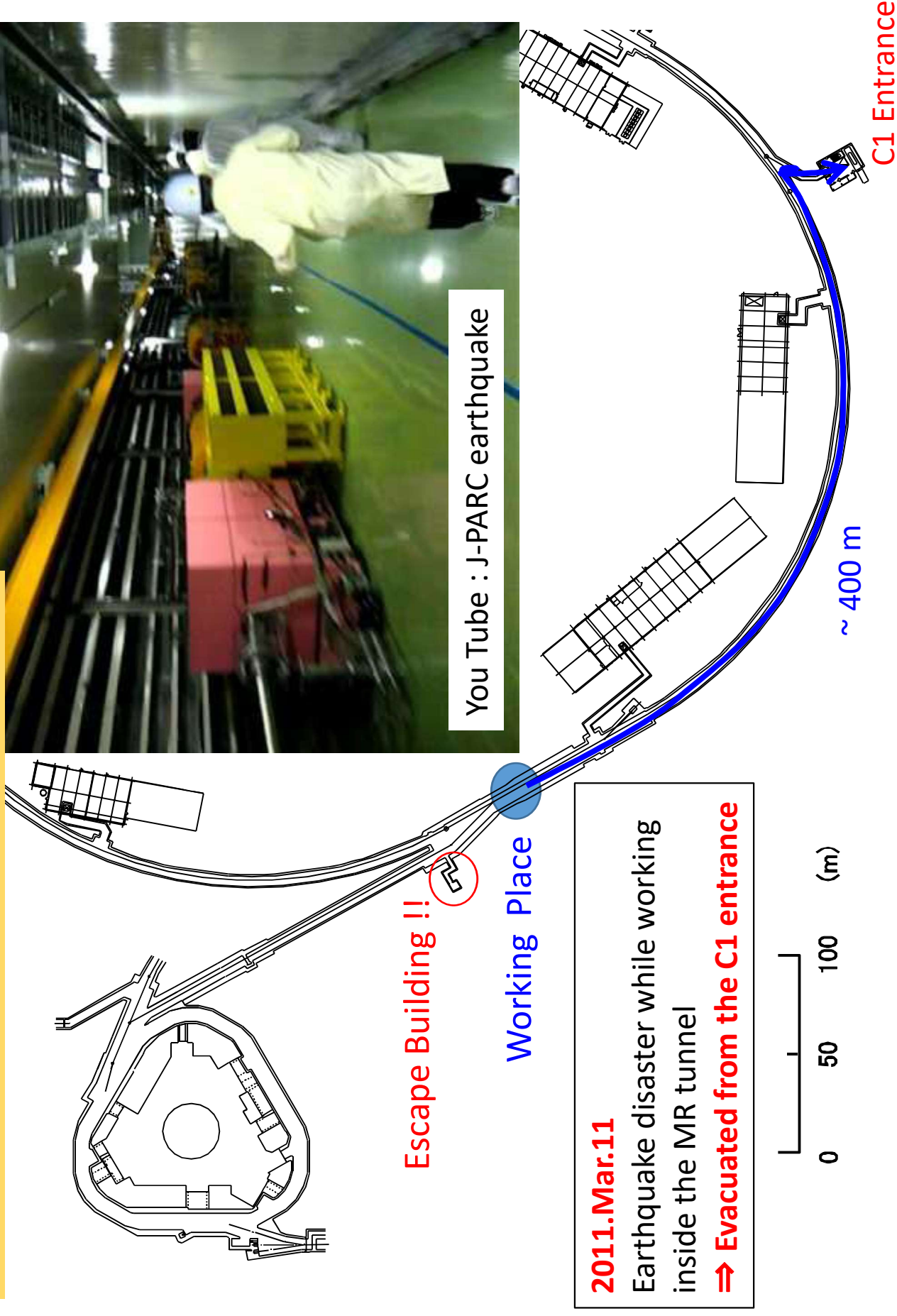
ALSOK : 富井洋平

帳
指
1)

2011 EAST JAPAN EARTHQUAKE



You Tube : J-PARC earthquake



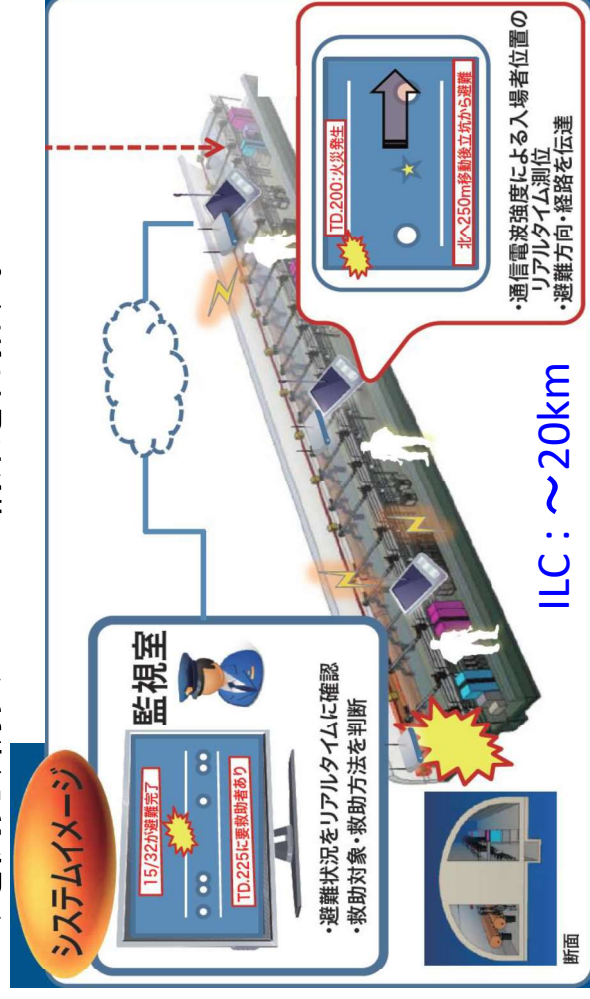
研究の背景

■ 東日本大震災のJ-PARCでの教訓として、管理区域に誰が入域中であるかは、現システムでもわかるが、どこで仕事をしているか？どのような状態なのか？まではわからない。従って、適切な避難誘導等が出来ない状況にあった。また、入坑者が情報不足により、適正な判断ができない状況があった。

■ J-PARCやILCの様な広大な加速器施設において、施設利用者の位置やその動線の把握、さらに発災時に適正な避難誘導が行えるシステムが実現できれば、事故や災害時の安全性が大いに高まるものと期待される。

ICT 防災システムの目標

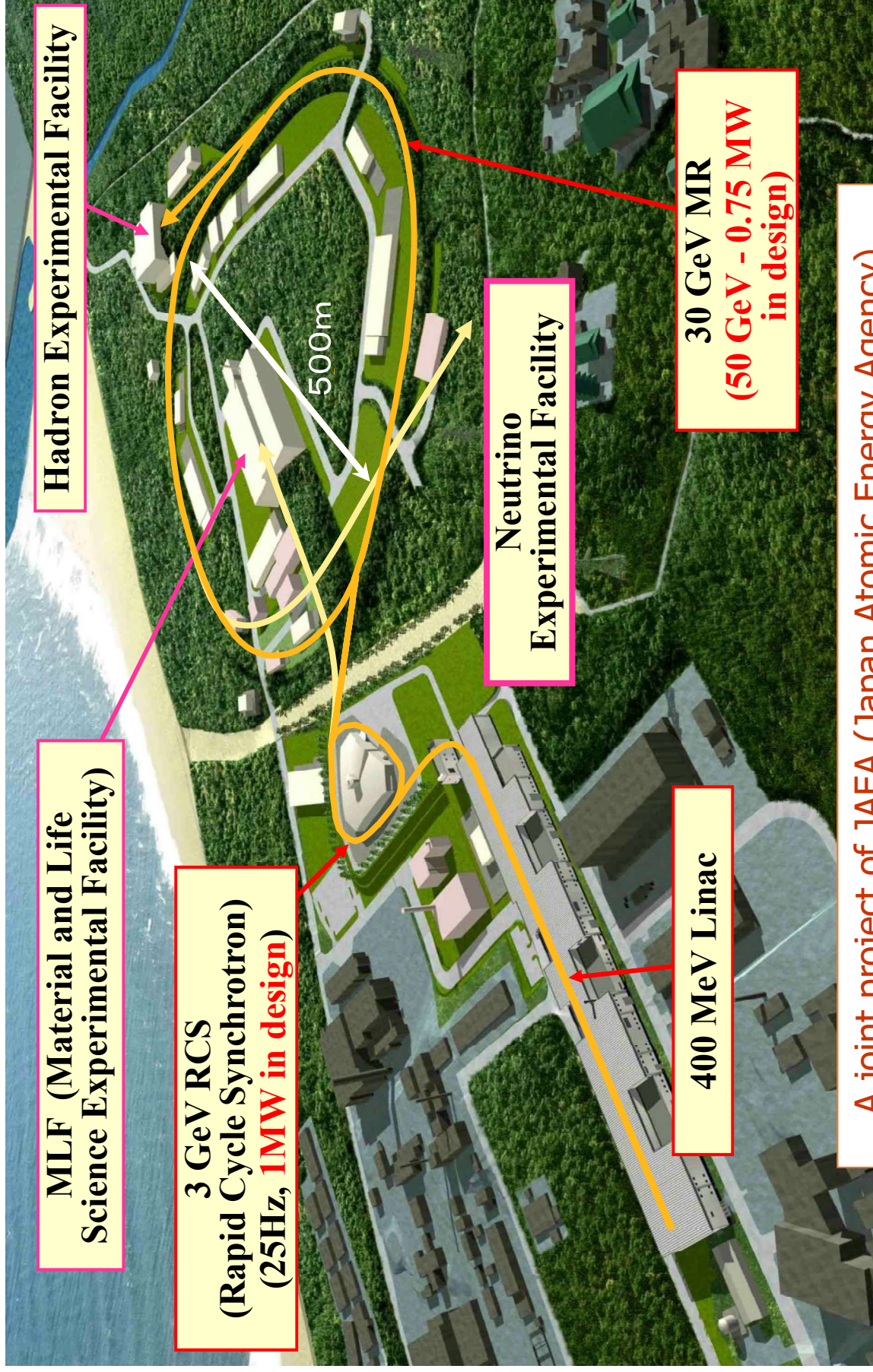
■ 閉鎖空間である大規模な加速器施設内の運用において、モバイル端末を活用して作業者の位置を特定するとともに、緊急時に管理者と作業者が効率よくコミュニケーションがとれるICT 防災アプリを開発、防災システムの構築を目指す。



開発の経緯

- ~2018: ICT防災アプリを開発、J-PARCで試験運用、課題抽出、改良改善
- 2019-2021: 厚生労働省科学研究補助金労働安全衛生総合研究事業(期間3年)に採択、J-PARC MR本格運用
- 2020: MRフィールドでの活用により、システムの冗長性、利便性の向上を図った。さらに、放射線測定と本防災アプリとの連動によって、放射線量の見える化を目指した。

J-PARC Facilities



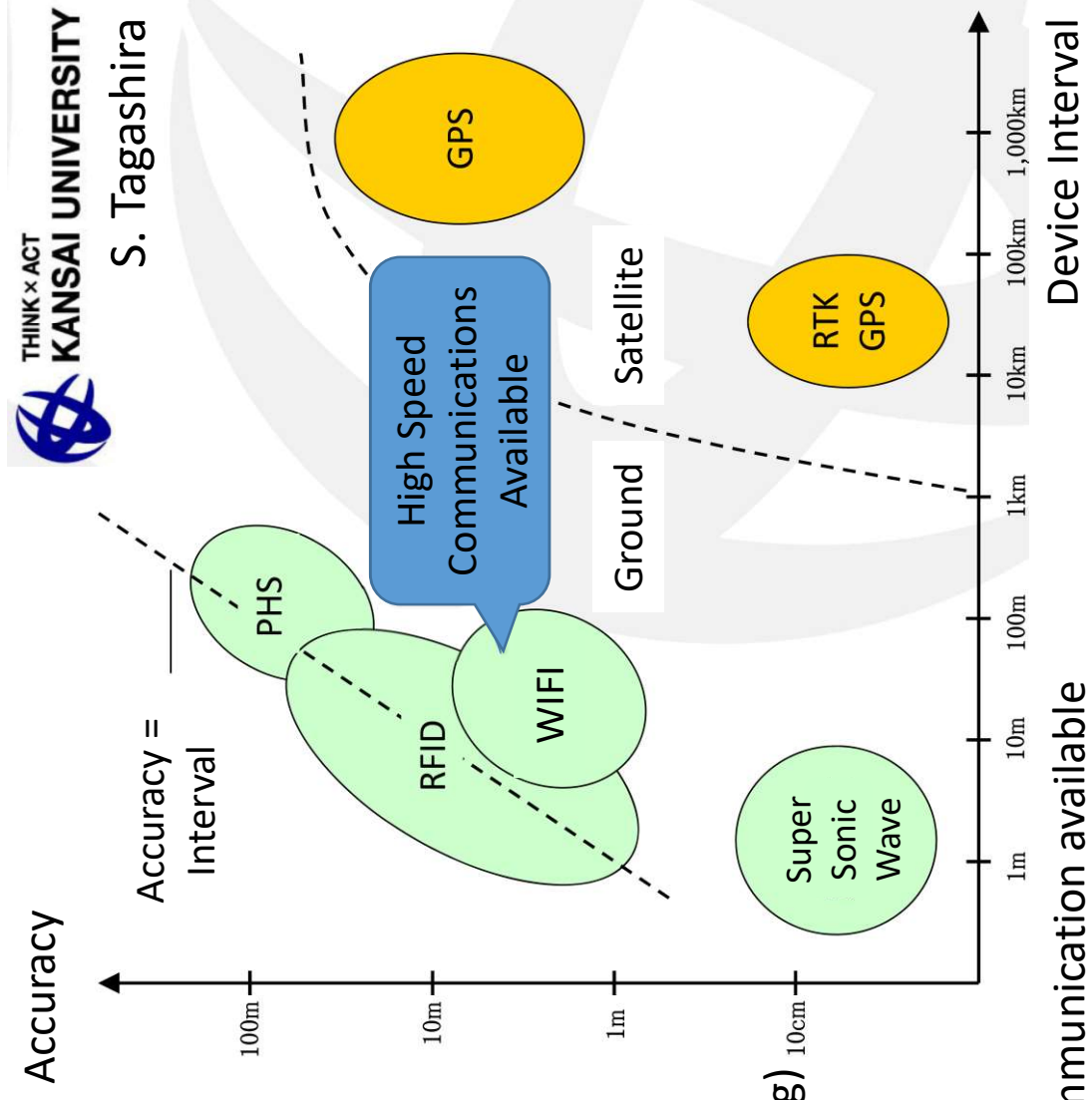
A joint project of JAEA (Japan Atomic Energy Agency) and KEK (High Energy Accelerator Research Organization)

双方向コミュニケーションが取り易いWiFiを選択

Technology Choice

Recent Indoor Positioning System

- Wifi
a few m accuracy
- BLE (Bluetooth Low Energy)
~ 1 m accuracy
- UWB (Ultra Wide Band)
less than 1 m accuracy
- PDR (Pedestrian Dead Reckoning)
~ 1 m accuracy
- ...



⇒ We choose the **Wifi** having communication available

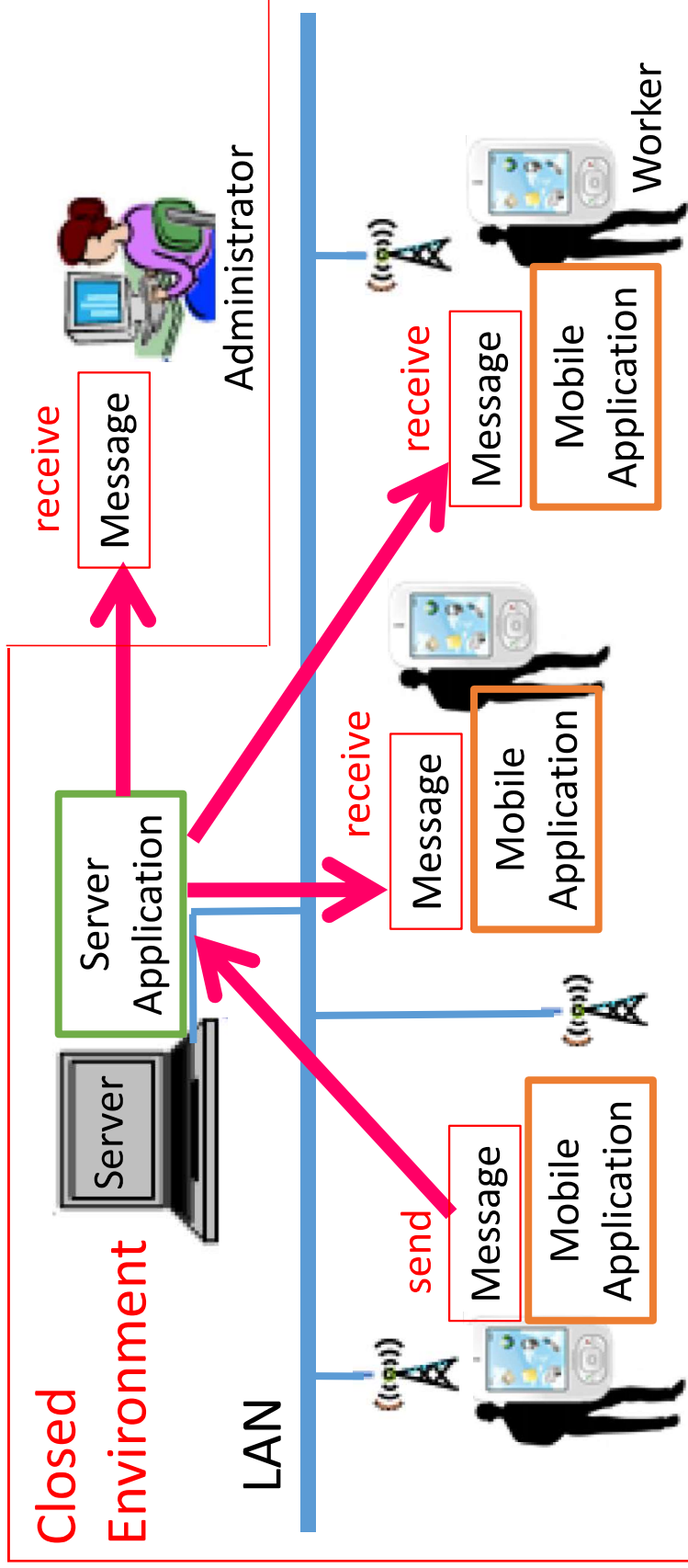
In the J-PARC there is an issue of **the radiation**

(Even if at the ILC we need to investigate radiation hardness of the system)

➤ PRTEVENTION Application 我々の開発コンセプト

Server App. : On the server in closed network, processing requests from the mobile

Mobile App. : On the mobile (smartphone), sending / receiving messages with the server, management of worker position and activities



- (A) It can be operated in a **local closed environment** that is disconnected from the outside (from a security point) ⇒ In the future **automatic acquisition of earthquake information etc.**
- (B) Function to get **worker positioning by wireless LAN**
- (C) **2 ways communication**, message recording, and marked as **read function**
- (D) **Worker status (abnormality) monitoring function**

J-PARC MR における ICT 防災システム

■コンセプト

- ・Wifiを用いることで単なるユーザー位置情報取得だけでなく、リアルタイムで同時多数のユーザーに必要な情報を伝達して共有。
- ・完全に独立したネットワーク網を構築し、高度なセキュリティ環境を実現。
- ・災害時だけでなく日常的に使用されるシステムを目指し、作業支援等の機能を充実。

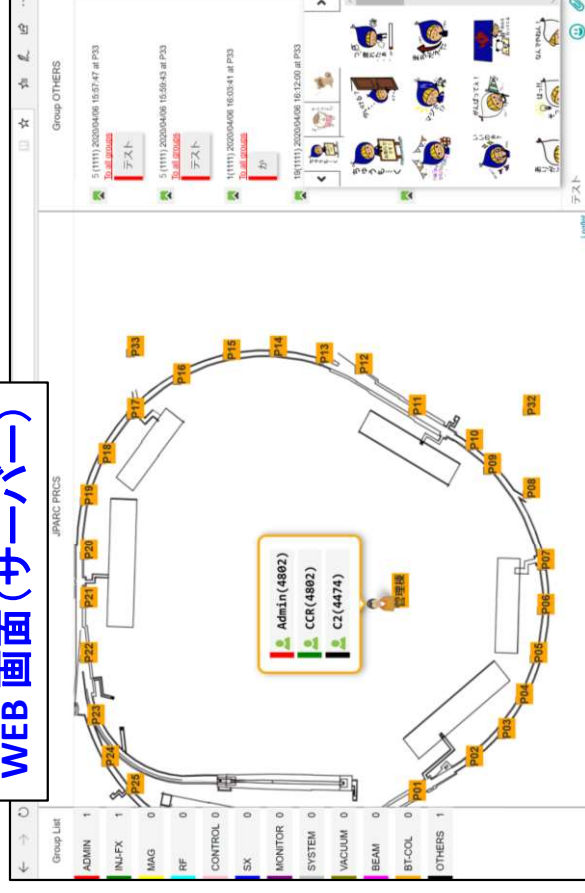
■システム構築

- ・AP(アクセスポイント)をMRトンネル内の全周に沿って30ヶ所(およそ50m毎)設置。
- ・専用スマホと時計型ウェアラブルを導入。
- ・**停電時対策としてリチウム蓄電池を用い、APとサーバーの電力を数時間以上供給。**
- ・APは中央制御棟だけでなく電源棟・搬入棟にも設置して日常使用の利便性を向上。

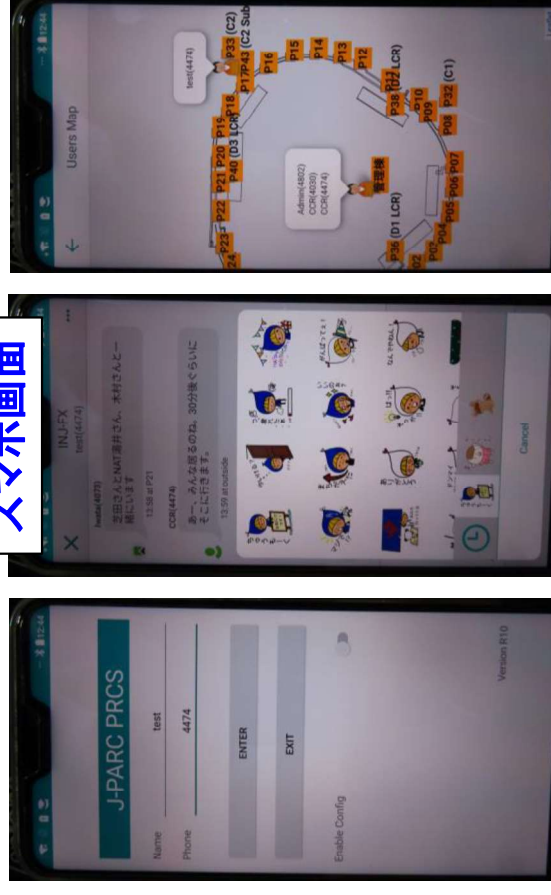
■アプリ機能

- ・ユーザー位置のリアルタイム表示。
- ・メッセージの送受信(記録)と既読機能。
- ・**映像通話による遠隔作業支援機能を追加。**
- ・**放射線測定を組み込み、どここの位置でどれぐらいの線量があるかを自動記録。**

WEB 画面(サーバー)



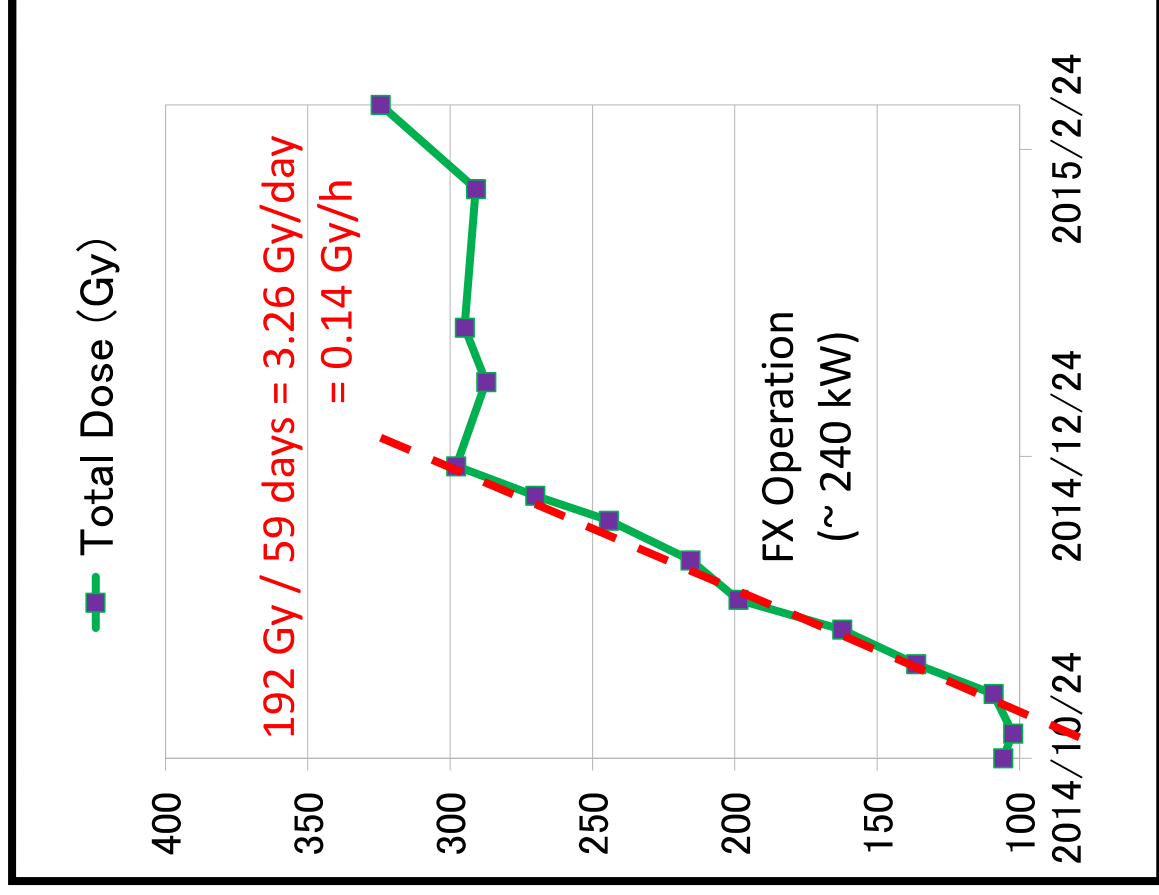
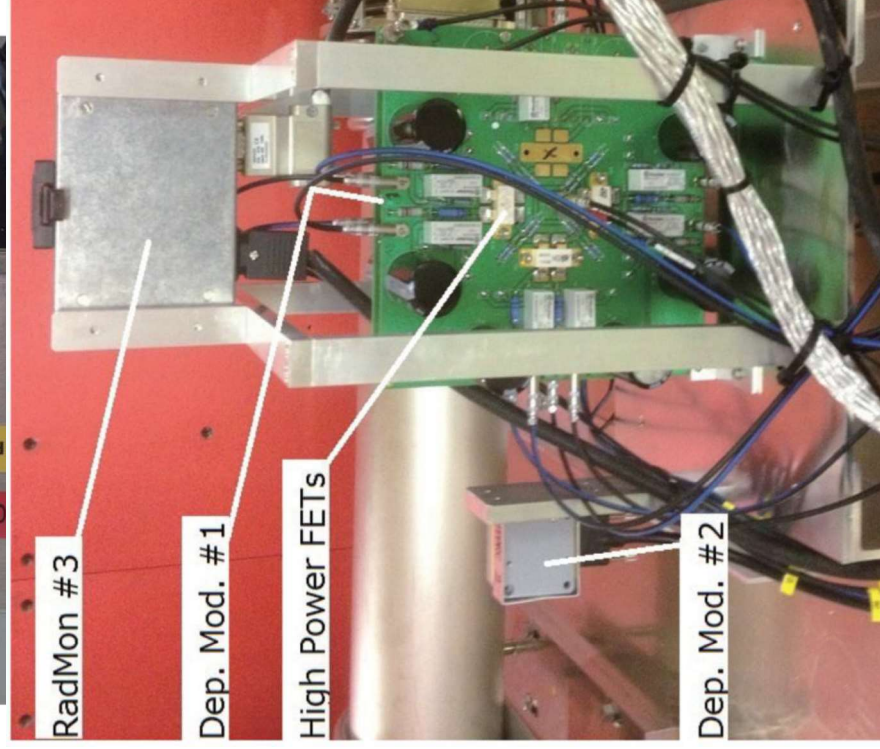
スマホ画面



2) 放射線耐性試験

Radiation Monitor (provided by CERN)

放射線測定器の説明
(γ線と中性子線、両方測定可能)



2015.October Irradiation test @ MR tunnel

1回目の耐放射線試験の結果
(瞬く間に故障)

less than 0.1 Gy

Broken Date/Time

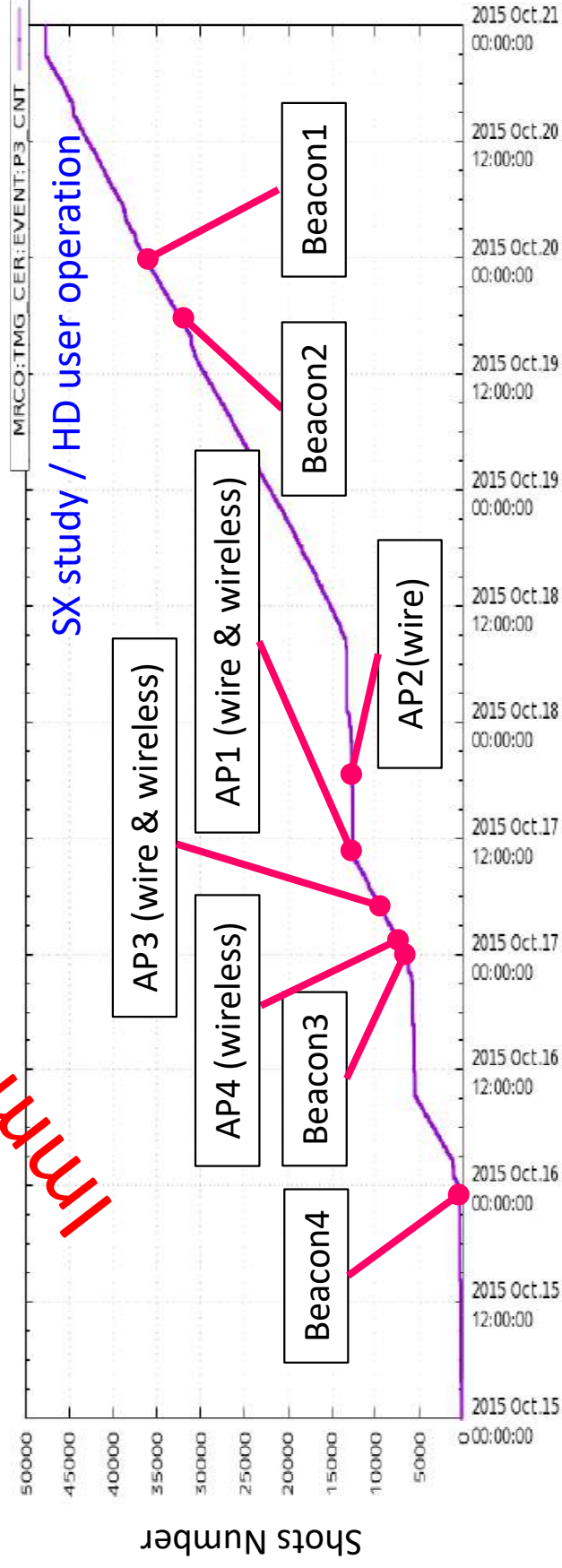
2015/10/15 22:28
2015/10/17 0:54
2015/10/17 1:55
2015/10/17 5:33
2015/10/17 9:04
2015/10/17 19:53
2015/10/19 18:05
2015/10/20 0:44

Device

Beacon4
Beacon3
AP4 (wireless)
AP3 (wire & wireless)
AP1 (wire & wireless)
AP2 (wire) & AP4 (wire)
Beacon2
Beacon1

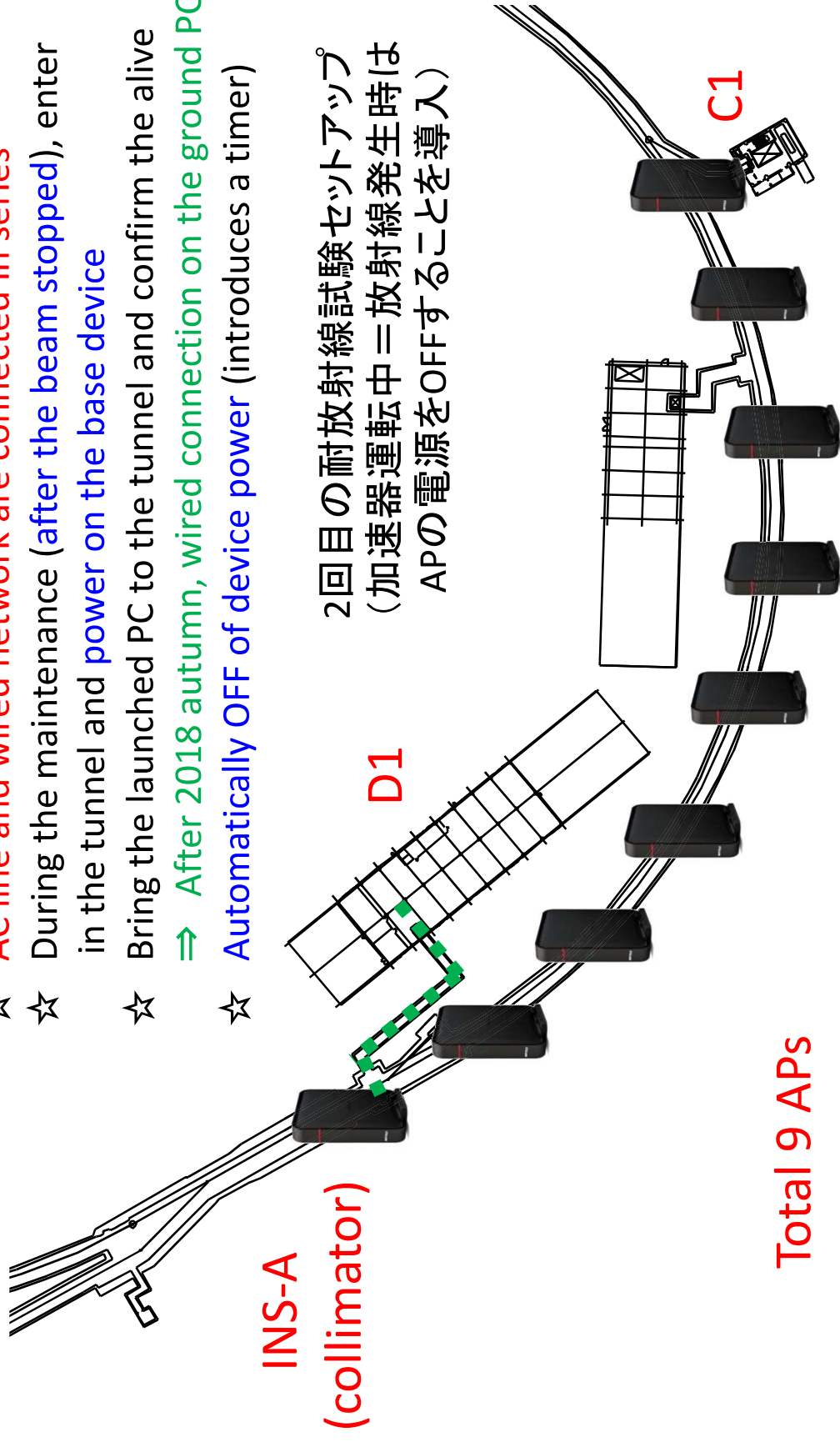
Total number of shots

~ 0.5k shots (HD supply)
~ 7k shots (HD supply)
~ 8k shots (HD supply)
~ 10k shots (HD supply)
~ 12k shots (HD supply)
~ 12k shots (SX study)
~ 29k shots (HD supply)
~ 32k shots (HD supply)



2016 Summer ~ 2019 Summer Irradiation test @ MR tunnel

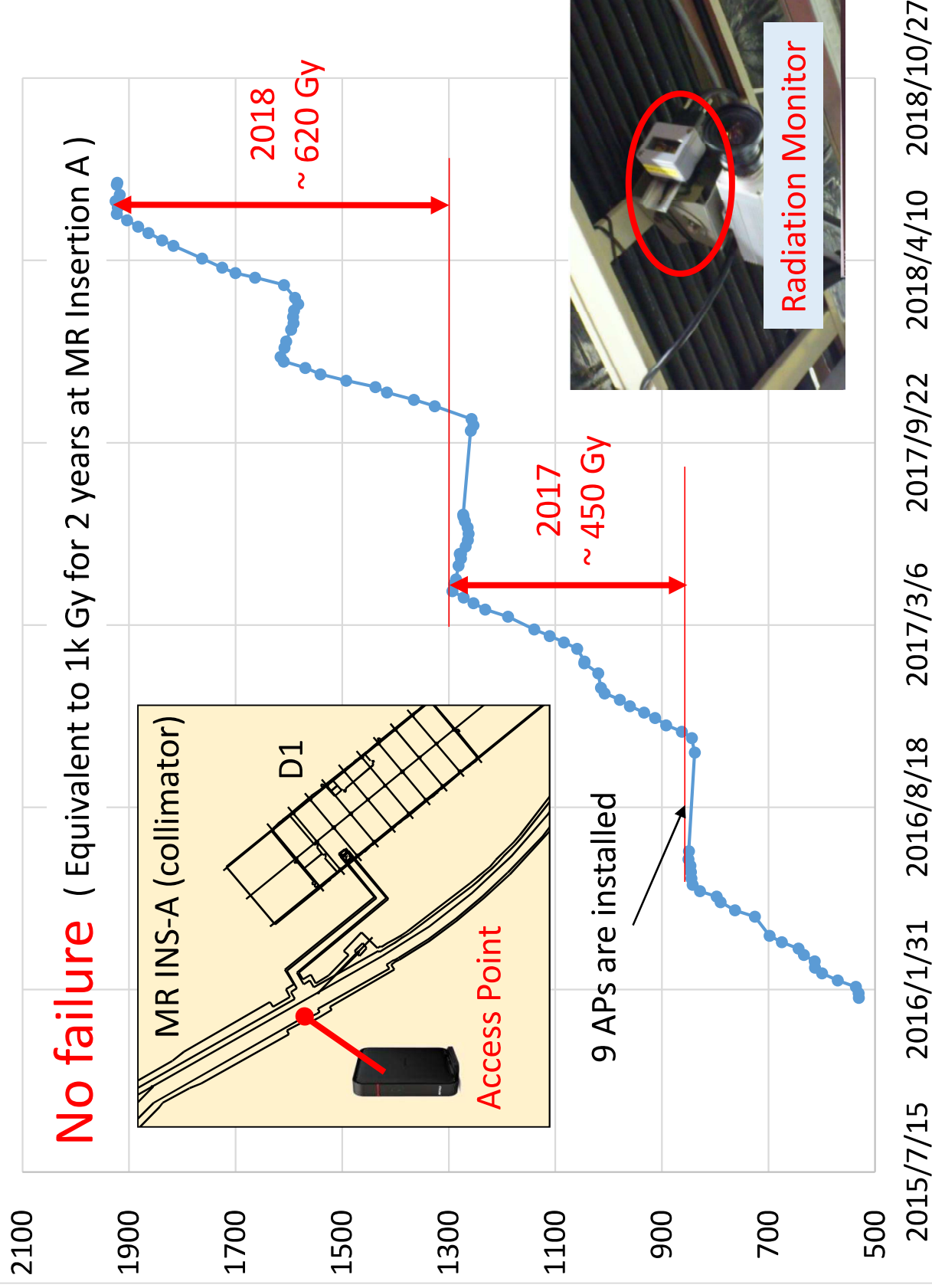
- ☆ Every 50 m from C1 to INS-A a total of 9 APs is installed
- ☆ AC line and wired network are connected in series
- ☆ During the maintenance (after the beam stopped), enter in the tunnel and power on the base device
- ☆ Bring the launched PC to the tunnel and confirm the alive
- ⇒ After 2018 autumn, wired connection on the ground PC
- ☆ Automatically OFF of device power (introduces a timer)



2回目の耐放射線試験セットアップ
(加速器運転中＝放射線発生時は
APの電源をOFFすることを導入)

2回目の結果
(2年以上稼働)

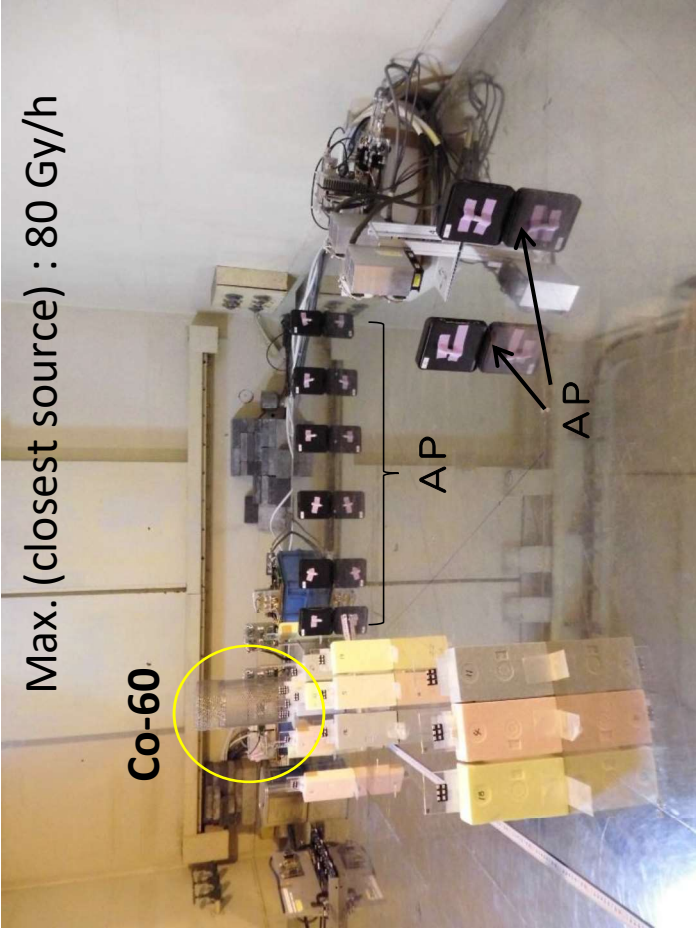
Total DOSE (Gy) measured by the Radiation Monitor



2017.June γ-ray irradiation test @ QST

「線（コバルト60）照射施設による試験

National Institutes for Quantum and
Radiological Science and Technology

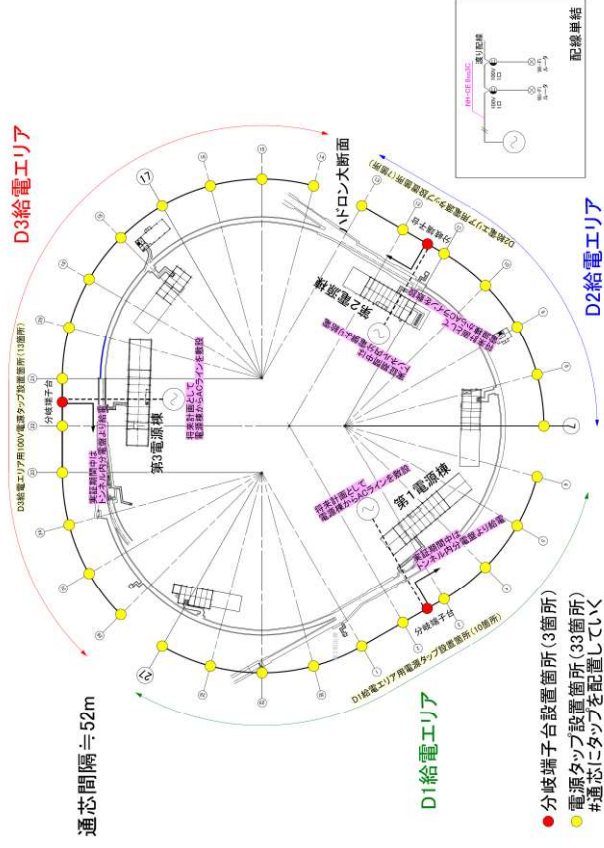
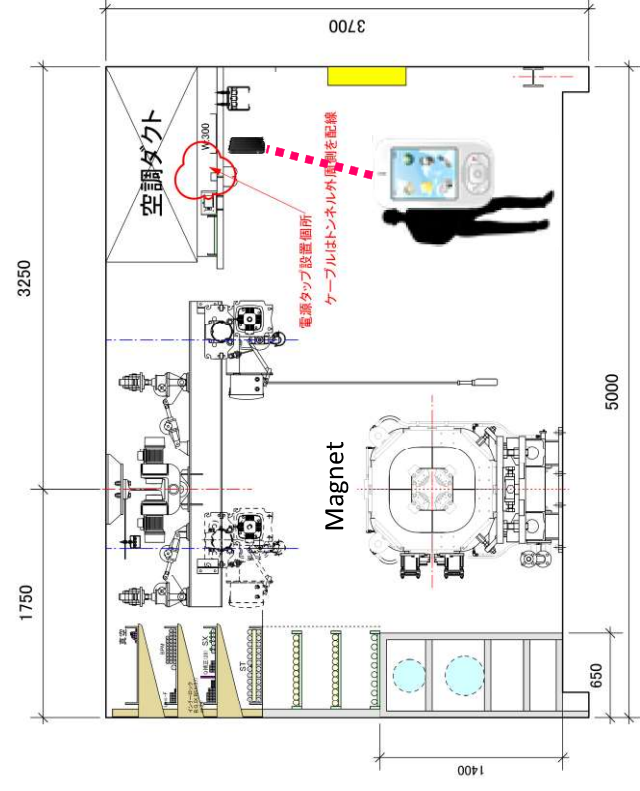


Experimental result
(Irradiation time /165 hours)

Dose Rate (Gy/h)	Total Dose (Gy)	Power	Wireless (Wifi)	Wired
1.5	247.5	O	O	O
3	495	O	O	O
4.5	742.5	O	O	O
6	990	O	O	O
9	1485	O	O	O
12	1980	O	O	O
18	2970	O	x	x
30	4950	x	x	x

In the environment of total γ-ray irradiation dose is under 2k Gy or less, if power of device is OFF state, it will not be broken even with a commercial one. (ILC: less than 1 mGy/h = million hours are OK)

3) 防災アプリ導入(2019年)



防災システム PC 画面 (WEBアクセス)

ADMIN2

INJ-FX3

MAG0

RF0

CONTROL0

SX0

MONITOR0

SYSTEM0

VACUUM0

BEAM0

BT-COL0

OTHERS0

Group List

ADMIN2

INJ-FX3

MAG0

RF0

CONTROL0

SX0

MONITOR0

SYSTEM0

VACUUM0

BEAM0

BT-COL0

OTHERS0

JPARC PRCS

CCR (4030)

ISHII PC (4474)

yui (4937)

a (4073)

Admin (4802)

管理棟

Group INJ-FX

yui(4937) 2020/10/02 15:16:21

yui(4937) 2020/10/05 11:31:43

yui(4937) 2020/10/06 09:54:24

メッセージを入力してください

ここに力を入れて検索

15:43 2020/10/07

防災アプリで何ができる？

- 1) MRトンネル内の「今・どこに」作業者が居るかが、専用LANに繋いだPC等でわかる。
- 2) LINE のようなアプリになっており、トンネル内作業者と情報交換ができる。

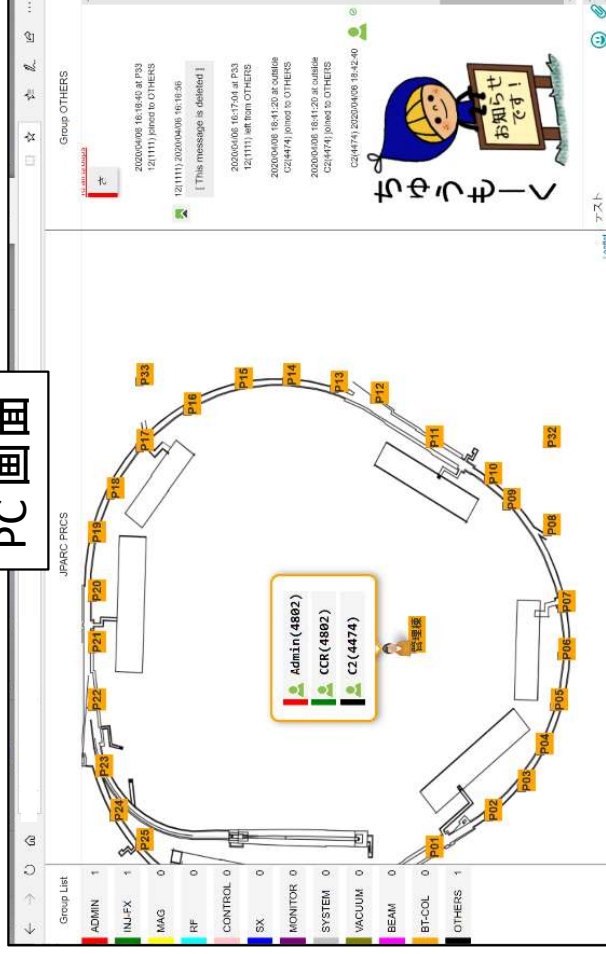
作業者： 専用スマホの携帯が必要（管理上、個人スマホへのアプリ導入は不許可）

情報交換： 既読がわかる、文字・スタンプ・写真添付等の通知（グループ内or全員）

スマホ 画面

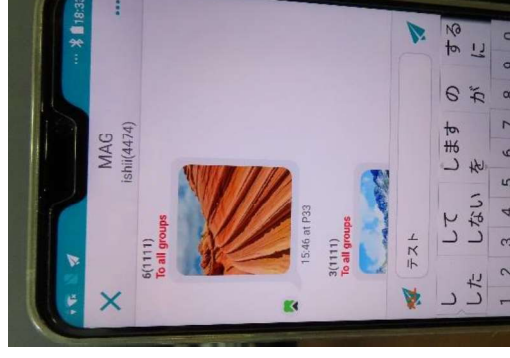
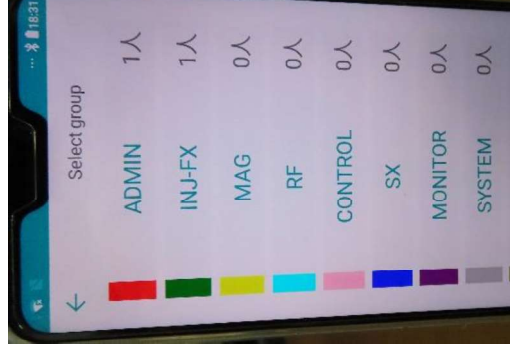
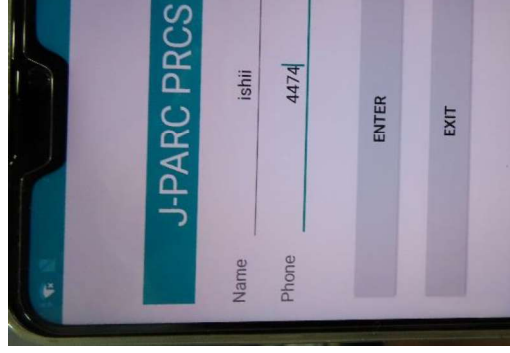
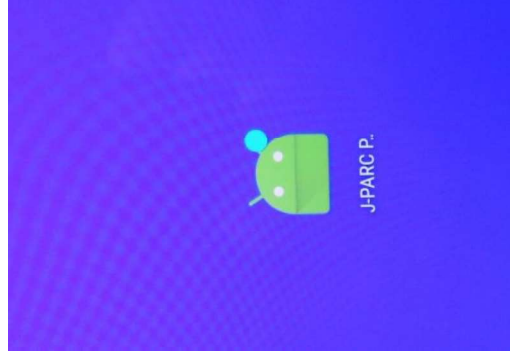


PC 画面



専用スマホの使い方(トンネル内作業者を想定)

- 1) C2の専用カート上にある、スマホとウォッチ(必ず同じ番号のもの)をお取りください。
(カートは現在C2地上にあり、スマホとウォッチは18セット準備してあります。)
- 2) スマホ電源を入れてアプリを立ち上げて下さい。ウォッチは電源入れるだけでOKです。
ローマ字で名前と持参するPHSの番号を入力します。その後、グループを選択します。
- 3) 返却する際は、専用カート付近で、アプリ内左上の×印からログアウトしてください。
(スマホ・ウォッチ共に電源OFFする必要はありません。)
その後、カート上の各番号充電器の所定場所に置いて、充電させて下さい。
(必ず同じ番号に戻してください。違う番号のものを見つけたら直して下さい。)



PCでの使い方(主に地上に居る管理者を想定)

- 1) Wi-Fi 接続 (SSID): *** アクセスキー: ***
ページアドレス: ***
- 2) 表示名 (名前等のローマ字で)、PHS番号 (4030等)、グループを選択してログイン
(Adminで入域者全員と情報通信・他グループだとグループ内ののみ)
- 3) ページを閉じればログアウト

The screenshot displays the JPARC PRCS web interface. On the left, a 'Group List' sidebar shows various groups: ADMIN (2), INJ-FX (1), MAG (0), RF (0), CONTROL (0), SX (0), MONITOR (0), SYSTEM (0), VACUUM (0), BEAM (0), BT-COL (0), and OTHERS (0). The main area shows a floor plan of the JPARC PRCS facility with various rooms labeled P01 through P25. A pop-up window titled 'メッセージ詳細' (Message Details) is open, showing a message from 'isii(4474)' at 2020/04/08 18:45:37. Another pop-up window titled 'グループ' (Group) is open, showing a list of groups: ADMIN, INJ-FX, MAG, RF, CONTROL, SX, MONITOR, SYSTEM, VACUUM, BEAM, BT-COL, and OTHERS. The 'ADMIN' group is selected.

映像通話 Linphone (遠隔作業支援)

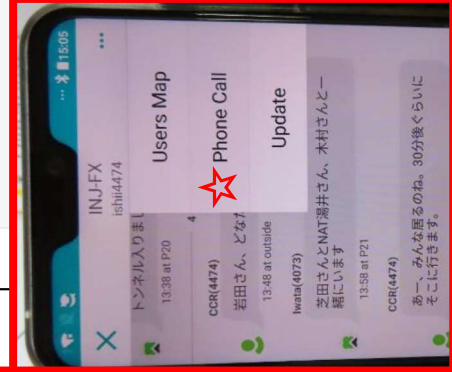
スマホ ☆ Phone Call を選択 ⇒ 相手を選んで、電話かけられるだけ

- PC(Web) ① 電話マークをクリック(信頼ないサイトにアクセスが出るが、無視して続行)
 ② Initial Setup をクリック(同様に続行し、動作していないページ出たら閉じる)
 ③ Login して Connected ⇒ ④ 相手を選んで、Call するだけ

The screenshot shows the Linphone web interface. On the left, there's a 'Group List' with three entries: ADMIN (2), INJ-FX (1), and MAG (2). Below it is a map of JPARC PRCS with various points labeled P17 through P25. On the right, there's a 'Call control' panel with a video feed showing a person in a white lab coat and green helmet. The panel includes buttons for 'Call', 'HangUp', 'Mute', 'Transfer', 'KeyPad', 'FullScreen', and 'In Call'. A blue arrow points from the 'select' button in the group list to the 'Call' button in the call control panel.

① ② ③ ④

PC (Web)



4) 防災システムの拡充 (2020年・2021年)

停電時対策

既存の非常発電網では発電機が立ち上がるまでにデッドタイムを生じるため、**サーバー再立ち上げが必要**となる。⇒ **UPS 型リチウム蓄電池**の使用を検討。

CCR と D3: トンネル内APやサーバー等、防災システムの根幹を形成する装置
⇒ **大容量(2 kWh)の蓄電池(定格 800 W出力 × 2.5 時間)**

C1・C2・D1・D2: 各搬入棟(出入口)等 ⇒ 汎用の蓄電池(700Wh)

CCR



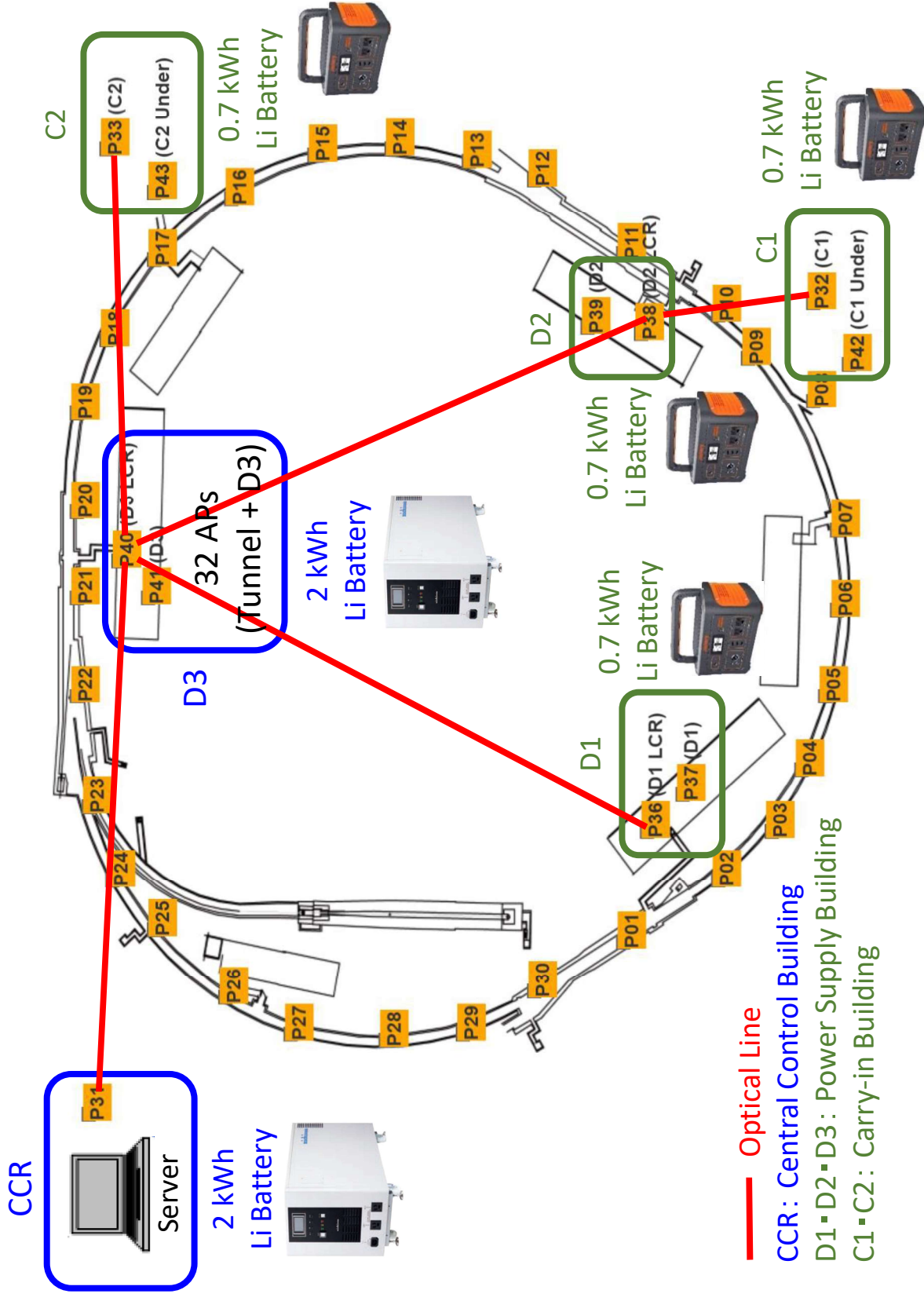
D3



C1・C2・D1・D2



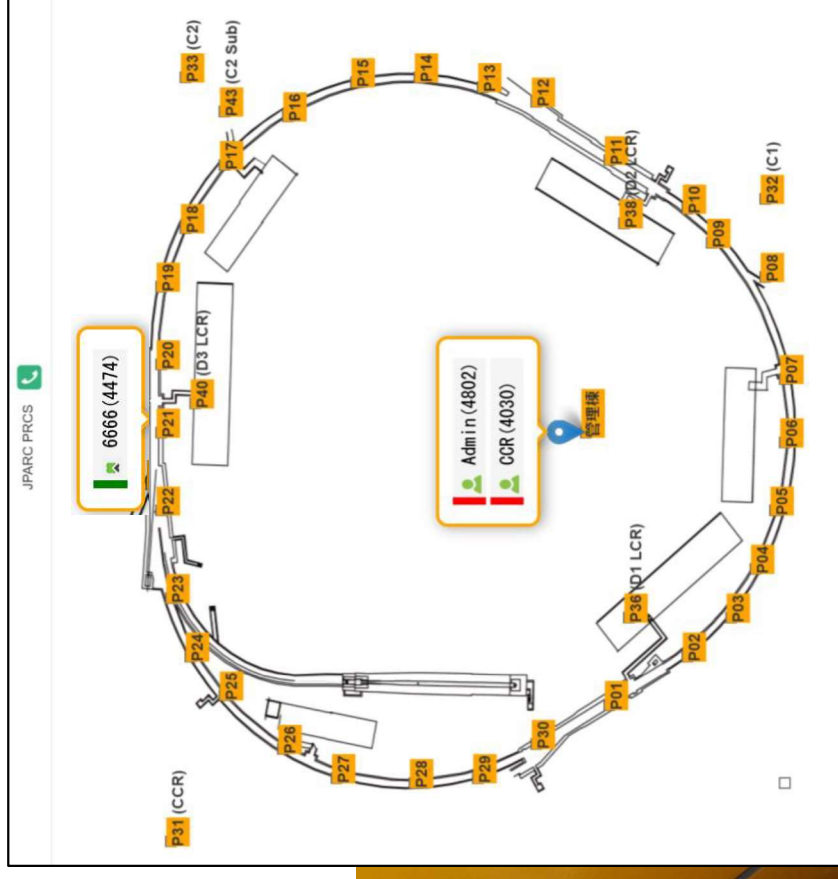
Use of Li battery as against the power outages



防災アプリと放射線測定

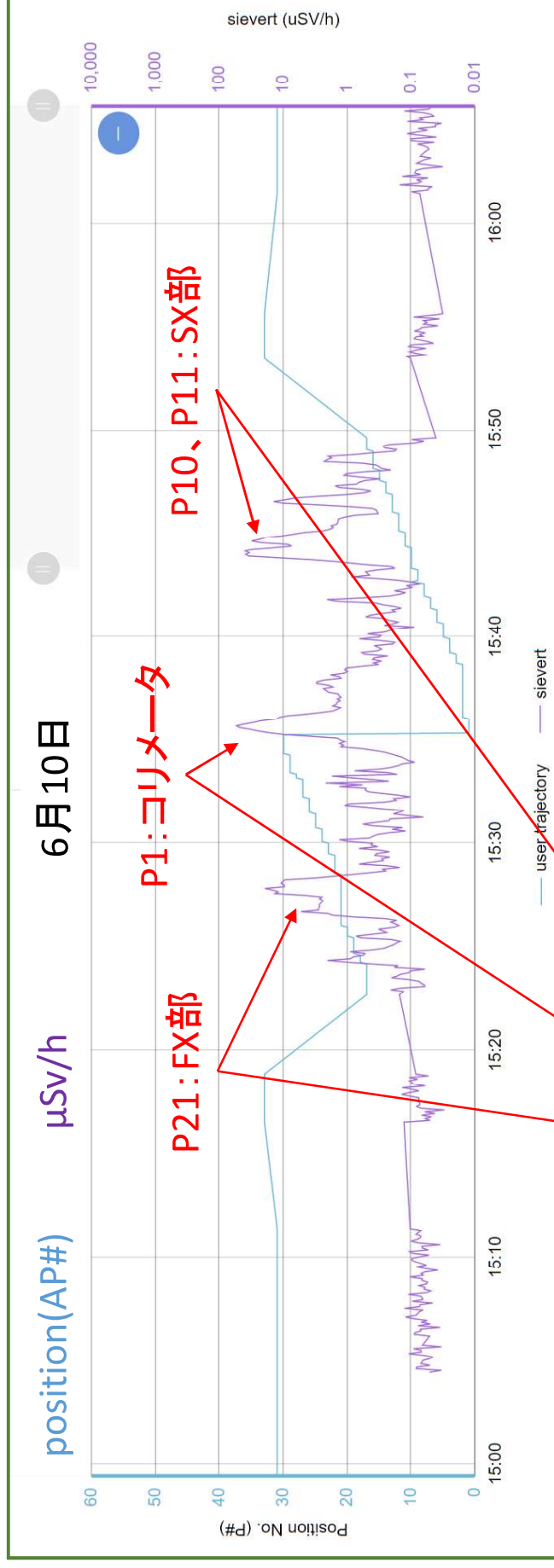
Hamamatsu C12137
30 keV ~ 20 MeV
0.01 ~ 100 $\mu\text{Sv/h}$

Q-mag
コイル



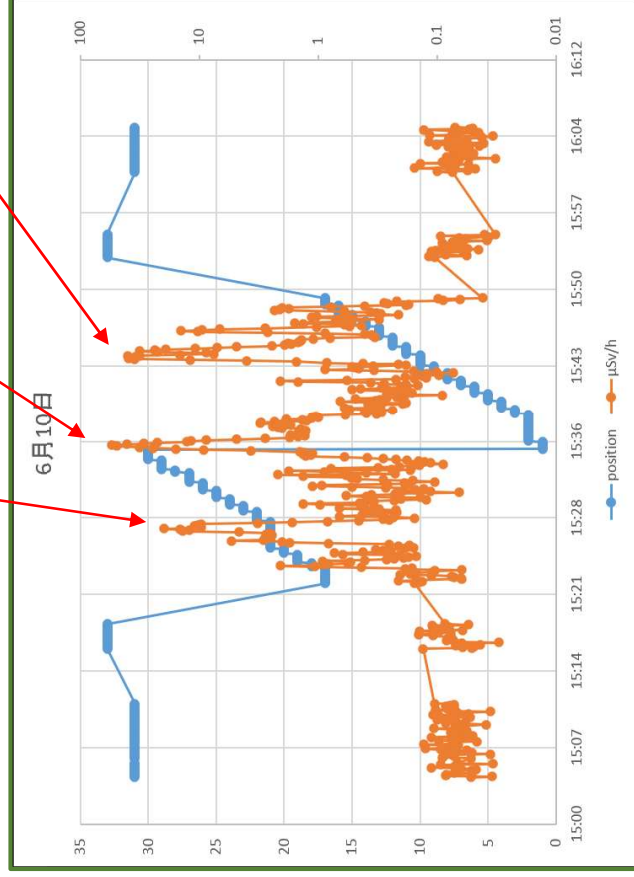
CANBERRA RADIAGEM
40 keV ~ 1.5 MeV
0.3 $\mu\text{Sv/h}$ ~ 100 mSv/h

位置データ付き放射線量表示



Web表示

2020年6月10日
SX運転終了後、
放射線モニターを持って、
MRトンネル内を一周



データ解析(エクセルで表示)

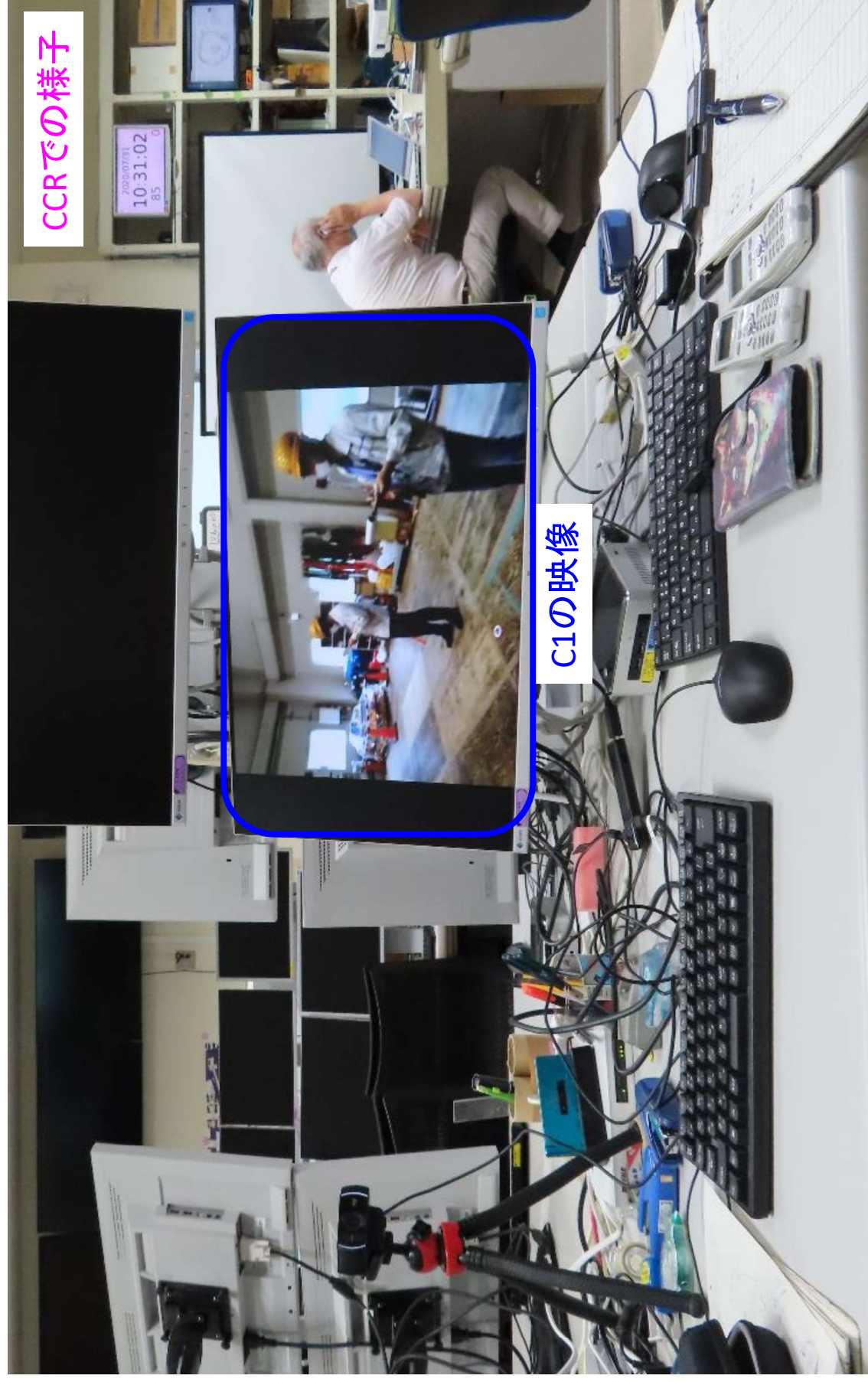
遠隔作業支援：映像通話

中央制御棟からMRトネル内への作業支援／将来に向けた働き方改革の第一歩

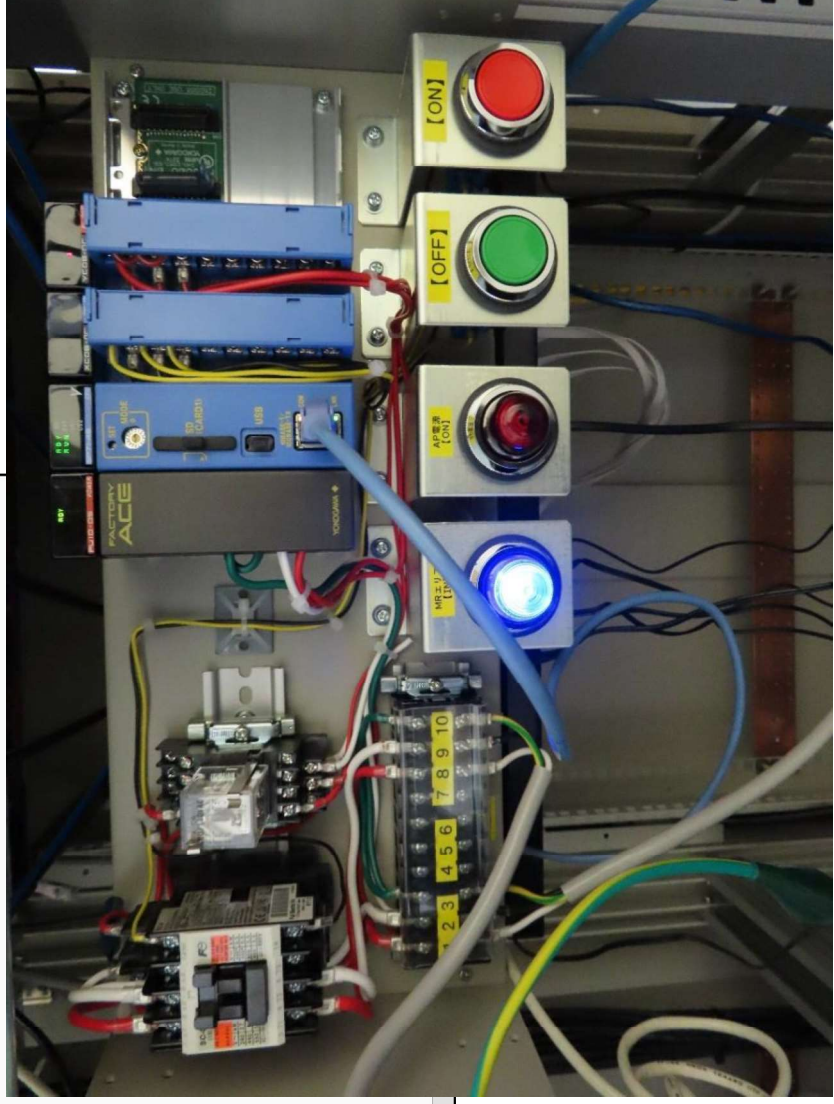
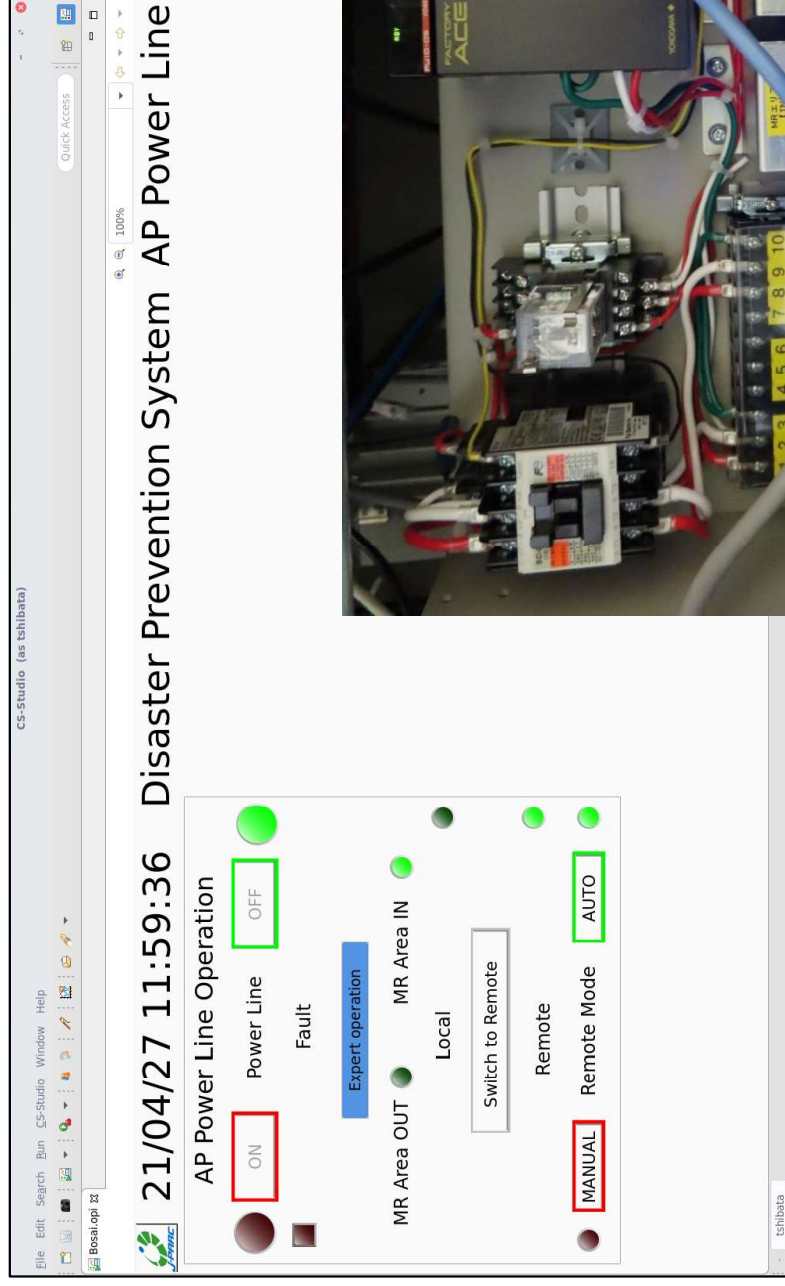


映像通話の活用

2020年7月31日・MR 火災訓練時にCCRとC1を結んで試験を行った。



AP電源ライン ON/OFF 器



MRエリアが組み込まれると
ビーム運転が可能になるが、
その情報を用いてトンネル内
のAP電源をON/OFFする装置

5) ロボット・ドローンの活用 (2022年)

持ち物がどんどん重くなる・・・

Make it more convenient and safer ...

Lots of (surveillance) cameras ? 監視カメラ？



😊 Image recognition with cameras has advanced, it is possible to automatically detect equipment abnormalities.

😞 If you install a lot of cameras, monitors, goods, etc. in the accelerator tunnel, maintenance is difficult.

ドローンの活用

Drone is the solution ?

室内ドローン

In recent years, indoor drones have been developed.



Drone can be confirmed even in the blind spot of the devices.



Limit of the battery (flight duration) and load (carry weight).

バッテリー問題

ロボットも活用

What about using robots ?

警備ロボット

運搬ロボット
(ドローン)



High-performance security robots are very expensive.

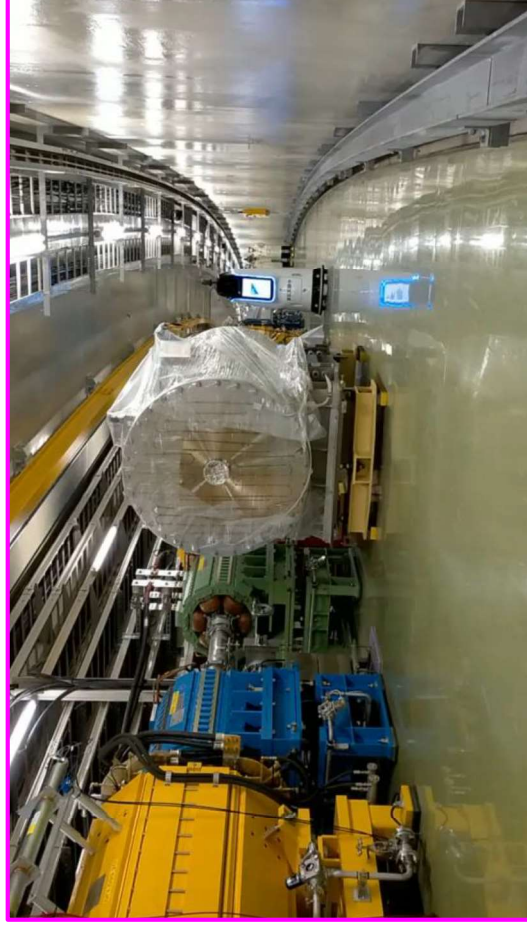
高額



Have a delivery robot bring the drone, tablet, oxygen mask, AED etc. ?

Robot autonomous running demo in J-PARC MR tunnel

Easy mapping and no problem avoiding obstacles



REBORG-Z :

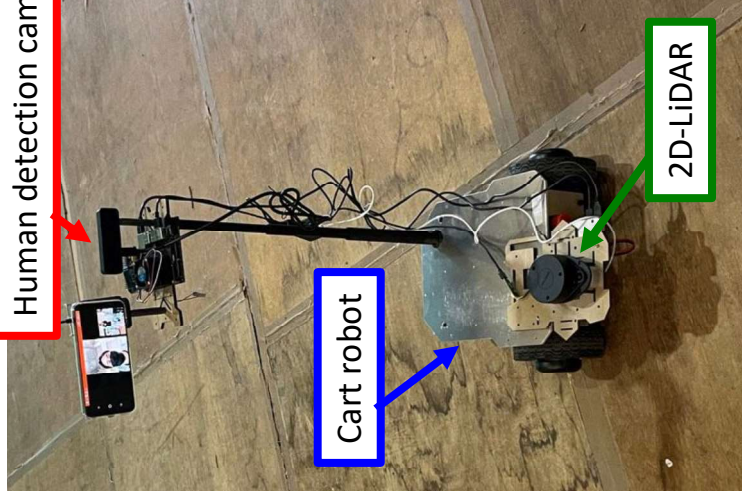
ALSOK :

Security robot developed by ALSOK

One of two largest security companies in Japan

運搬ロボット試験

Testing of cart robots



In-house production
(cost suppression)



Followability to workers
(need improvement)



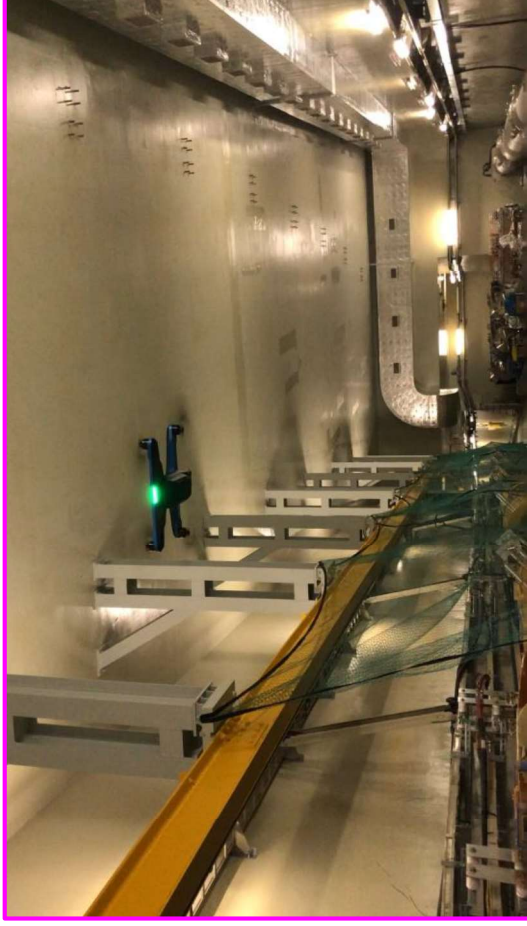
Drone base on the cart robot
(Charge drone with the robot battery)

ドローン試験@MRTンネル(自動飛行)

Drone autonomous flight in accelerator tunnel

Propertied by ALSOK
(Made by Skydio)

The flight itself is easy, but the network connection is an issue.



Drone built-in camera

Access to the data server is necessary for autonomous flight.

⇒ A network connection is required, but for some reason it is incompatible with our server.
(Under investigation due to the technical)

6) まとめ(発表論文等)

2019

[Presented at ITSF \(International Technical Safety Forum\) meeting](#)

**FULL-SCALE IMPLEMENTATION OF POSITIONING SENSOR NETWORK DEVICES
AND DISASTER PREVENTION APPLICATION IN J-PARC MR**

By Yasuo Kawabata, Hiroaki Matsuda, Kazunobu Matsumoto, TOBISHIMA Corp.,
Shigeaki Tagashira, Kansai Univ.,

Koji Ishii, Noboru Yamamoto, Kotaro Bessho, KEK,
Masakazu Yoshioka, Tohoku Univ., Iwate Univ.

**Presented at the 16th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan,
2019, Kyoto, Japan In proceedings pp. 253-257**

2020

**CONSTRUCTION OF DISASTER PREVENTION SYSTEM BY DEDICATED NETWORK
DEVICES AND MOBILE APPLICATION IN J-PARC MR**

By Yasuo Kawabata, Hiroaki Matsuda, Kazunobu Matsumoto, TOBISHIMA Corp.,
Shigeaki Tagashira, Kansai Univ.,

Koji Ishii, Noboru Yamamoto, Kotaro Bessho, KEK,
Masakazu Yoshioka, Tohoku Univ., Iwate Univ.

**Presented at the 17th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan,
2020, Online In proceedings pp. 845-849**

黒字：国内学会発表論文（日本語）

青字：発表のみ

赤字：国際学会発表論文（英語）

2021

DEVELOPMENT OF DISASTER PREVENTION SYSTEM FOR ACCELERATOR TUNNEL

By K. Ishii, N. Yamamoto, K. Bessho, KEK/J-PARC, Tokai, Japan,
S. Tagashira, Kansai University, Takatsuki, Japan,
Y. Kawabata, H. Matsuda, K. Matsumoto, Tobishima Corp., Tokyo, Japan,
M. Yoshioka, Tohoku University, Sendai, Japan, and Iwate University, Morioka, Japan
Presented at IPAC2021, Campinas, SP, Brazil
doi:10.18429/JACoW-IPAC2021-TUPAB315

PROGRESS OF J-PARC MR DISASTER PREVENTION SYSTEM

By Yasuo Kawabata, Hiroaki Matsuda, Kazunobu Matsumoto, TOBISHIMA Corp.,
Shigeaki Tagashira, Kansai Univ.,
Koji Ishii, Noboru Yamamoto, Kotaro Bessho, KEK,
Masakazu Yoshioka, Tohoku Univ., Iwate Univ.
Presented at the 18th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan,
2021, Online(Takasaki), Japan In proceedings pp. 18-22

J-PARC プレスリリース(2022.03.31) J-PARC MRにおけるICTを活用した防災システムの開発

KEK Annual Report (2021 4-17 P78-79)

2022

Presented at ITSF (International Technical Safety Forum) meeting

VERIFICATION OF ROBOT UTILIZATION IN ACCELERATOR TUNNEL

By Yasuo Kawabata, Hiroaki Matsuda, Kazunobu Matsumoto, TOBISHIMA Corp.,
Shigeaki Tagashira, Kansai Univ.,
Yohei Tomii, Alsok

Koji Ishii, Noboru Yamamoto, Kotaro Bessho, KEK,
Masakazu Yoshioka, Tohoku Univ., Iwate Univ.

Presented at the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan,
2022, Online(Kyushu), Japan In proceedings pp. 83-87

2023

日本加速器学会 発表予定

黒字：国内学会発表論文（日本語）

青字：発表のみ

赤字：国際学会発表論文（英語）

News Release

J-PARC MR における ICT を活用した防災システムの開発

飛島建設株式会社（代表取締役社長：乗京 正弘）、J-PARC センター（センター長：小林 隆）、総合警備保障株式会社（代表取締役社長：青山 幸恭）、関西大学総合情報学部田頭研究室は、共同で加速器トンネルにおける防災システムの開発を行い、J-PARC MR（メインリング）加速器トンネルに導入しました。



写真-1 J-PARCの全景

〔背景〕

トンネル内で火災等の事故が起きた際、避難経路の選択は生死に直結します。東日本大震災では J-PARC MR トンネル内で作業員が被災しましたが、適切な脱出経路を選択することができませんでした。100 m 以内に脱出棟があったにもかかわらず、500 m 以上離れた入域箇所から避難をしたのです。幸い津波は J-PARC を襲いませんでしたが、避難誘導という観点からは大きな課題が残ってしまいました。作業員の安全確保は防災システム上、極めて重要なテーマです。作業員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、リアルタイムでの作業員位置情報がキーポイントとなります。

〔加速器施設の安全管理の現状〕

放射線防護の観点から、ビーム運転中は加速器が設置されているエリアは立ち入り禁止となります。ビーム運転により一部の装置は放射化し、放射化した装置の残留放射線の影響でトンネル内は放射線環境下となります。したがって加速器施設の安全管理は、入退域管理と被ばく管理を主眼に行っています。

News Release

[J-PARC などの地下に建設された巨大な加速器施設（閉空間）の課題]

- ・電波が届かないため、セルラー網による通信や GPS による測位ができず、ICT の活用が限定的なものとなっています。
- ・J-PARC では施設構内に PHS 基地局を設置し、施設内にいるユーザ同士の通話を可能にしていますが、データ通信、ユーザの現在地の把握、同時に多数のユーザへの情報伝達等が難しい状況です。
- ・高いセキュリティー環境（対サイバー攻撃）が求められるため、外部の通信網との直接のアクセスを避けなければなりません。
- ・ビーム運転中は高放射線環境下になり、設置する機器の耐放射線性が必要となります。

[ICT を活用した防災システムの概要]

①独立したネットワーク網の構築

閉空間においてもアプリが稼働する仕組みとし、高度なセキュリティー環境を提供するだけでなく、発災時においても稼働するロバストな防災システムを目指しました。

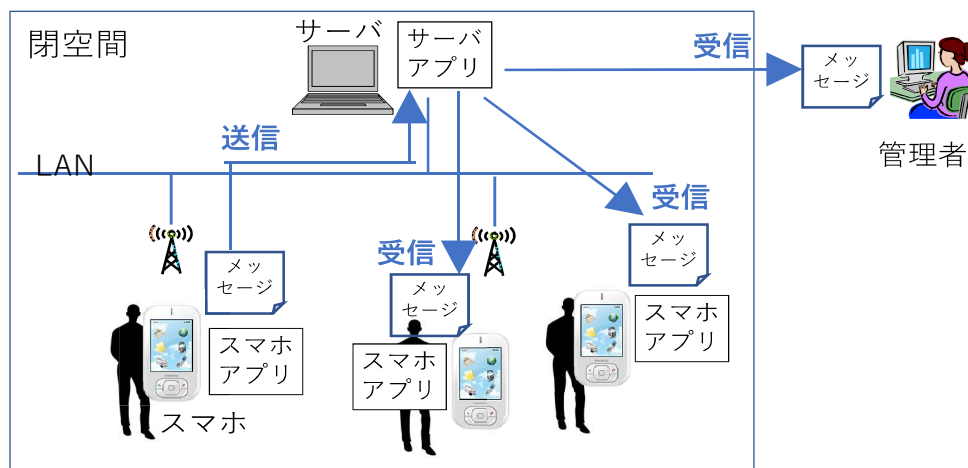


図-1 閉じられた空間でのネットワークの構築

②施設利用者の位置や動線の把握、発災時に適正な避難誘導が行えるシステムの構築

- ・AP（アクセスポイント）を MR トンネル内の全周に沿って 30 ヶ所（50m 毎）設置
- ・専用スマホと時計型ウェアラブルを導入
- ・AP は中央制御棟だけでなく電源棟・搬入棟にも設置して日常使用の利便性を向上
- ・停電時対策としてリチウム蓄電池を用い、AP とサーバーの電力を数時間以上供給
- ・AP 電源は、加速器稼働・停止時に対し、自動的にシステムの ON/OFF を行うことで、システムの耐放射線性能を確保

News Release

③閉鎖空間である大規模な加速器施設内の運用において、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緊急時に管理者と作業者が効率よくコミュニケーションがとれる ICT 防災アプリ、システムの構築

- ・坑内作業者位置の取得、リアルタイム表示
- ・坑内作業者のメッセージの送受信（記録）、既読機能、送信場所の記録機能
- ・坑内作業者の状態（定常・異常）監視機能
- ・他の入域者の認知機能
- ・スタンプ活用による情報伝達

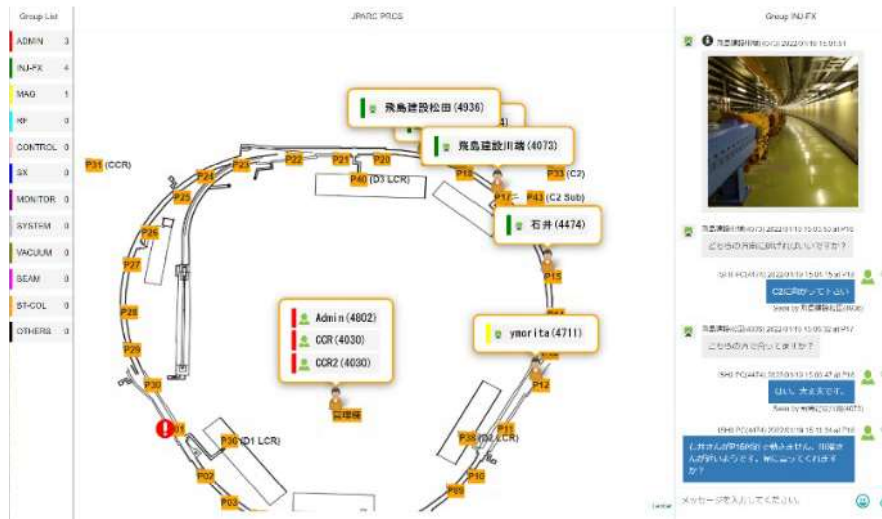


写真-2 サーバアプリ画面



写真-3 モバイルアプリ画面

News Release

④日常的に活用できるアプリ機能の付加による汎用性の向上

- ・映像通話による遠隔作業支援機能



写真-4 遠隔作業支援状況

- ・放射線測定に QR コードを活用、放射線量の自動記録



QRコードを使用した放射線測定の様子



QRコード取得画面

写真-5 QR コードの活用による放射線量の自動記録

- ・高放射線領域や通電試験等の作業箇所、日時の注意喚起アラートの発出

News Release

⑤自律走行ロボット“REBORG-Z”（警備や支援の自動化ロボット）に映像、熱赤外線、放射線量などのセンサを搭載し、防災システムとの連携（試行中）



写真-6 REBORG-Zによるメインリング内の自律走行・巡回状況



写真-7 REBORG-Zによる放射線量の自動記録

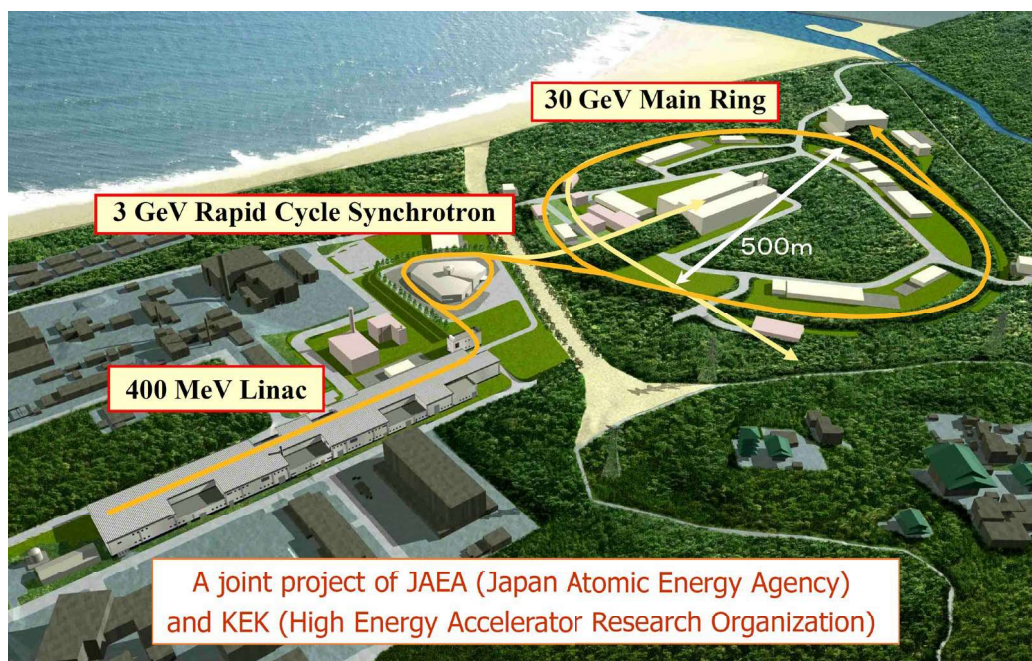
News Release

[開発の経緯]

- ・ ～2018 / ICT 防災アプリを開発、J-PARC で試験運用、課題抽出、改良改善
- ・ 2019-2021 / 厚生労働省科学研究補助金労働安全衛生総合研究事業（期間 3 年）の採択を受け、J-PARC MR で防災システムの本格運用

[今後の展開]

- ・ 防災システムの更なる機能増強を予定しています。
- ・ J-PARC MR に続く、ニュートリノやハドロン施設への拡張、リニアック/ RCS 等、他の J-PARC 施設での採用を目指します。



- ・ 国内外の加速器施設への展開を検討します。
- ・ ILC (International Linear Collider) / 東北への誘致が計画されている / トンネル延長 20km 以上、複雑な地下空洞群からなる研究施設への導入を目指します。

ニュースリリースに関するお問い合わせ

飛島建設株式会社 企画本部 広報室 TEL : 03-6455-8312

技術・資料に関するお問い合わせ

飛島建設株式会社 土木事業本部リニューアル統括部 TEL : 03-6455-8324



関西大学
KANSAI UNIVERSITY

News Release

【本件リリース先】

筑波研究学園都市記者会、茨城県政記者クラブ、国土交通省記者会、国土交通省建設専門紙記者会

報道解禁日：2022 年 3 月 31 日 14 時

Disaster prevention system for accelerator tunnels utilizing ICT

The Great East Japan Earthquake in 2011 struck J-PARC when some researchers were in its Main Ring (MR) tunnel for regular maintenance. Fortunately, the tsunami at J-PARC was 4.5 m high, and everyone escaped safely from inside the tunnel. However, they escaped from the entrance, which was several hundred meters away, and not from the nearby escape exit. Although all the workers were aware of the existence of the escape exit, they could not use it. This suggests that the display, education, and training were insufficient. However, from the manager's viewpoint, it is difficult to guide and rescue the workers if they do not know where they are in real-time. Based on this experience, we decided to develop a system that can identify the real-time position of a worker in the accelerator tunnel. J-PARC, Tobishima Corporation, and Kansai University Tagashira Laboratory have been working on the research and development of this system since 2015.

Since the accelerator tunnel is underground, GPS is ineffective. In addition to identifying the location of workers, it is desirable to have a character-based record that can be distributed simultaneously for communication purposes instead of using the personal handy-phone systems (PHS). To build a robust system that operates reliably even in the event of a disaster, we installed a dedicated LAN, feeder, and access points (APs) and use a lithium-ion battery to protect the system from power outages. Moreover, an application was developed for commercial smartphones and PC servers, allowing workers to enter the tunnel carrying the dedicated smartphone. To achieve stable operation of the system, all the devices, except for the application to be developed, rely on commodity products. We have developed a system that makes the best use of existing

information and communication technology (ICT) and made it a system that can be expanded in the future.

The radiation resistance of the AP equipment installed in the tunnel is the primary concern for the introduction of the developed system to J-PARC. The J-PARC is a proton accelerator, and the inside of the tunnel during beam operation is a high radiation environment. During beam operation, the radiation dose is enough to kill a person who stays inside the tunnel for a day. According to the simulation, gamma and neutron rays are irradiated at a ratio of about 1:1. Generally, devices with semiconductors are vulnerable to radiation, and the damage caused by neutron rays is particularly severe. In fact, in a test conducted in 2015, the APs placed inside the MR tunnel broke immediately after the beam operation started. Since human entry is not permitted during beam operation, the APs do not have to be turned on during beam operation either. The radiation resistance will improve when the power is off. Experiments were conducted from 2016 to 2018 to measure the radiation resistance of the APs. It was confirmed that the resistance improved to approximately 2000 Gy when the power was turned off, while it failed at 1 Gy or less with the power on. The maximum radiation level at the location of the APs in the MR tunnel is estimated to be 600 Gy, so the APs do not need to be replaced for about two years. Details of this disaster prevention system are described in reference [1].

In 2019, APs were installed all around the MR tunnel, the developed application was installed on the smartphones, and a disaster prevention system was introduced. In 2020, we expanded the system to include video calls, work support using 360° cameras, and automatic recording of position and radiation meas-

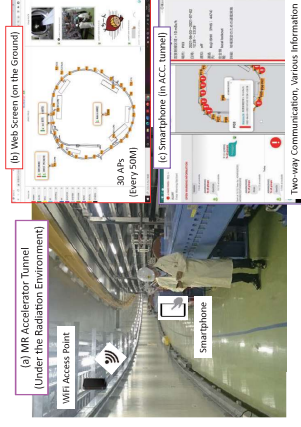


Fig. 1. a) Highlight of the Wi-Fi access point and the smartphone in the MR tunnel. b) Web screen of the developed application. c) Various images of the smartphone.

urements. Figure 1 shows the inside of the tunnel of the disaster prevention system and screenshots of the developed application. Thirty APs were placed at approximately every 50 m in the tunnel. The location of the workers was the location of the nearest AP. APs were also placed in facilities on the ground, such as the central control building, where an administrator stays. Ten dedicated smartphones were available at each of the two entry points. Workers could easily use the application as it enabled character-based information exchange similar to LINE. Additionally, to avoid interference with the work, a wearable device was prepared and connected to a smartphone to display the text information on it.

With the aim of future development of the system, we tried robots and drones in 2021. Although it is necessary to carry a dedicated smartphone to use the disaster prevention system, it is not obligatory to carry it to enter the tunnel. The system is being continuously improved for user-friendliness, but only half of the workers carry it. To overcome this situation, we are focusing on the use of robots that are capable of automatic tracking. If the robot that tracks the worker carries the information terminal, the worker does not have to carry it. Additionally, we have started an attempt to detect abnormalities different from the usual by having a robot patrol to acquire images inside the tunnel and automatically analyze them. The drone complements the action range of the robot and is intended to cover the range that the robot cannot reach owing to obstacles. Figure 2 shows the images of the drone and robot



Fig. 2. a) Drone test in the MR tunnel. b) Video from the drone. c) Robot demo in the MR tunnel.

tests performed in the MR tunnel. The test was conducted with the cooperation of Sohgo Security Services (ALSOK Co., Ltd. Many issues have been observed in these experiments. The reflection of light on the floor made the automatic analysis of the floor challenging. Moreover, it was observed that the drone had a problem with automatic flight. Further modifications are planned to continue development in the future. A press release was issued at the end of FY2021 to summarize the development so far. Seven members of different media companies participated in the press release. Figure 3 presents the images from the press release. We will continue to utilize the latest ICT to prevent disasters.



Fig. 3. a) Picture of the press release on March 30, 2022. b) The MR tunnel tour at the press release.

Reference

- [1] K. Ishii *et al.*, Proc. 12th Int. Particle Acc. Conf. (IPAC2021), 2228 (2021), doi:10.18429/JACoW-IPAC2021-TUPAB315.

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
なし							

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、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	第16回日本加速器学会年会	253 -257	2019
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
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 防災システムの進展	Proceedings of the 18th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	第18回日本加速器学会年会	18 -22	2021
川端康夫、松田浩朗、松元和伸、田頭茂明、富井洋平、石井恒次、山本昇、別所光太、吉岡正和	加速器トンネルでのロボット活用の検討	Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	第19回日本加速器学会年会	83 -87	2022
K. Ishii, N. Yamamoto, K. Bessho, S. Tagashira, Y. Kawabata, H. Matsuda, K. Matsumoto, M. Yoshioka	DEVELOPMENT OF DISASTER PREVENTION SYSTEM FOR ACCELERATOR TUNNEL	Proceedings of the 12th International Particle Accelerator Conference	IPAC2021	2228 -2230	2021