



J-PARCにおける測位センサネットワーク システムの装置と防災用アプリの試験適用

飛島建設：○川端康夫 松田浩朗 松元和伸

関西大学： 田頭茂明

KEK : 石井恒次、大森千尋

岩手大学・東北大学：吉岡正和



研究の背景



J-PARCが2011年3月11日に震災にあった際、MRTトンネル内では複数の研究者が作業していた。近くに非常脱出口があるにもかかわらず、わざわざ数100メートルの距離がある、入域した加速器出入り口から正式な手順を経て脱出した。とっさの判断としては致し方ないことである。このときの教訓として、

⇒**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、どの位置で仕事をしているか？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。**

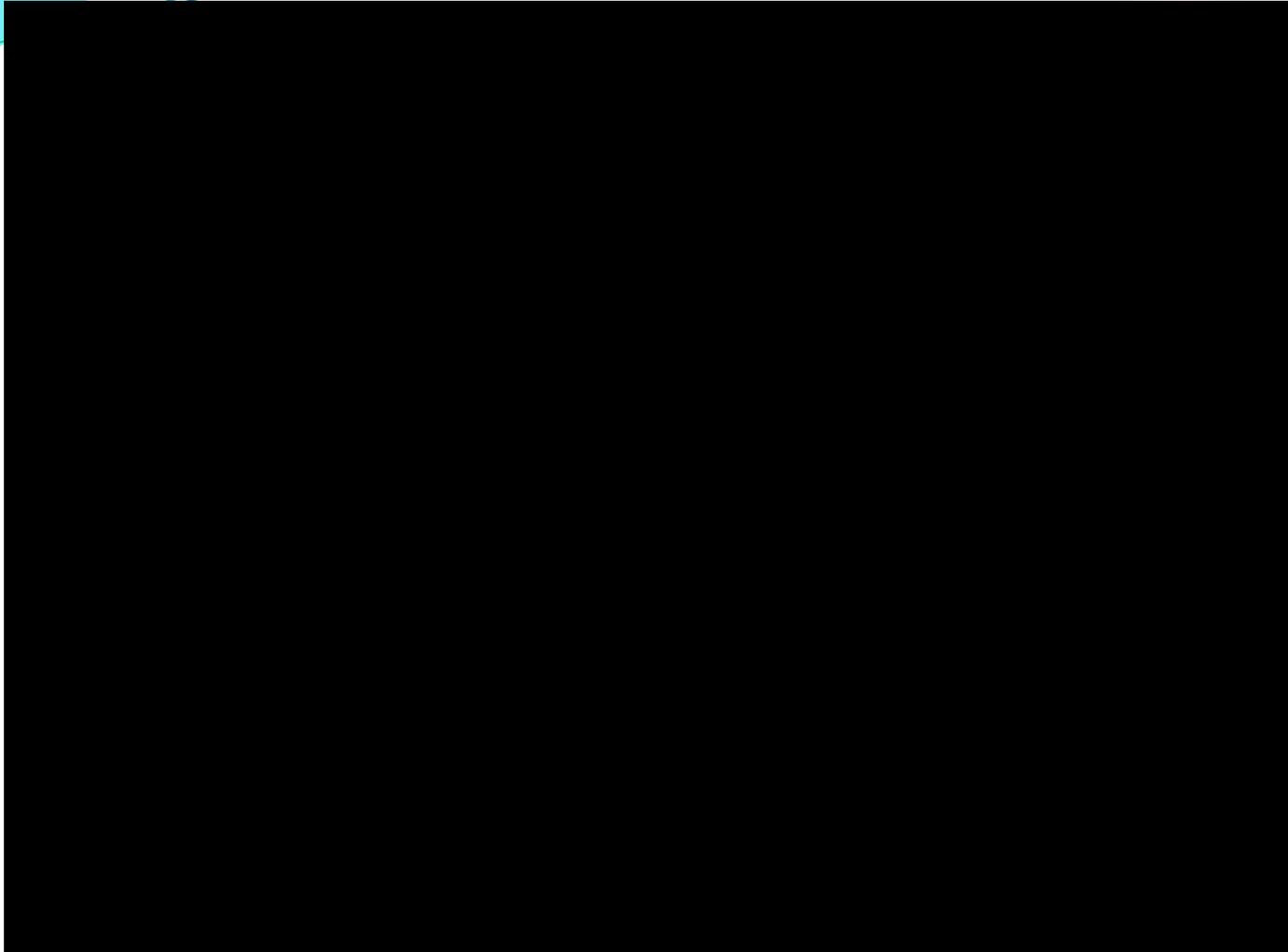
⇒**また、入坑者が情報不足により、適正な判断ができない状況があった。**



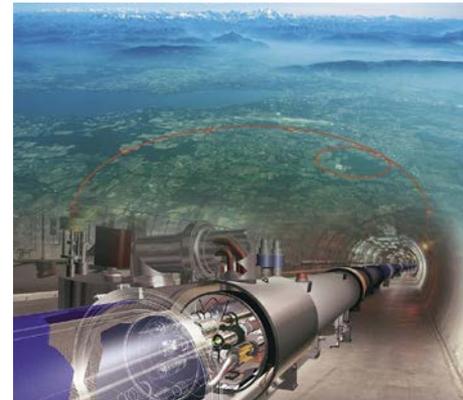
ILCのような広大な施設において、施設利用者の位置やその動線に基づく管理、さらに発災時に適正な避難誘導が行えるシステムが実現できれば、病気や事故、災害時の安全性が大いに高まるものと期待される。



地下での発災事例



多摩の建築工事現場、地下3Fで
火災発生5人死亡
産経ニュース2018.7.26記事



CERNのヘリウムガス漏れ事故
Astro Arts2008.9.26記事
⇒AAA-Civil部会5WG2017調査報告
ヘリウム漏洩箇所より、上部で仕事
をしている場合は、いち早く警報を発
し、低い位置への退避指示が必要



本日の発表内容

1. 今までの実験研究の総括

- 1) 位置管理システムの概要
- 2) いばらき中性子医療研究センター (iNMRC) での検証
- 3) 神戸ベルコントンネルでの測位精度の検証
- 4) 放射線環境下での通信装置の耐久性の検証と使用方法の検討

2. ICT防災アプリの開発、防災システムの実証 (J-PARC)

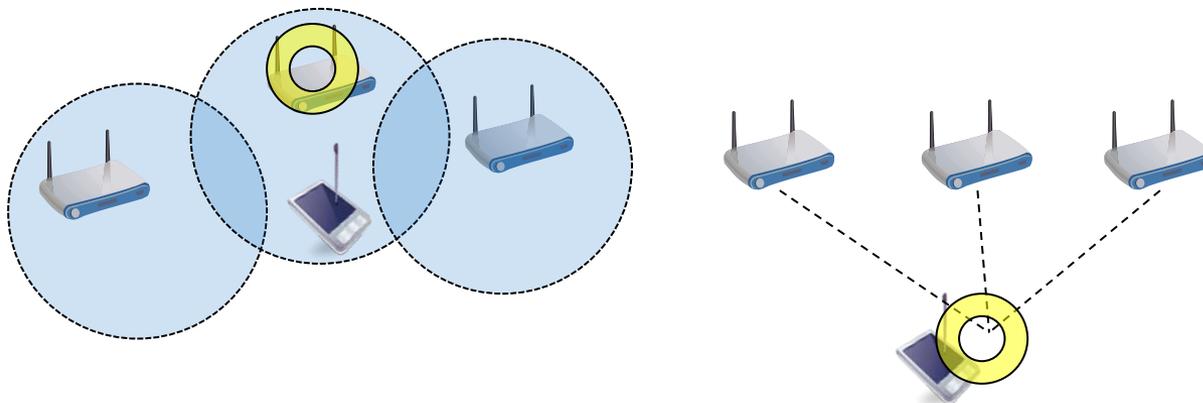
- 1) 地下施設の課題
- 2) ~7) 試験運用



1. 今までの研究の総括

1) 測位センサネットワーク技術を用いた位置管理システムの概要

[測位方式の基本原理は！]



①近接方式（ブロック判別）⇒iNMRC（屋内施設）、J-PARC

一番電波強度の大きい、無線基地局の位置を端末座標

②三角測量方式（座標判別）⇒神戸ベルコントンネル（長大トンネル）

無線基地局座標と推定距離で端末座標を計算

③学習方式（統計判別）

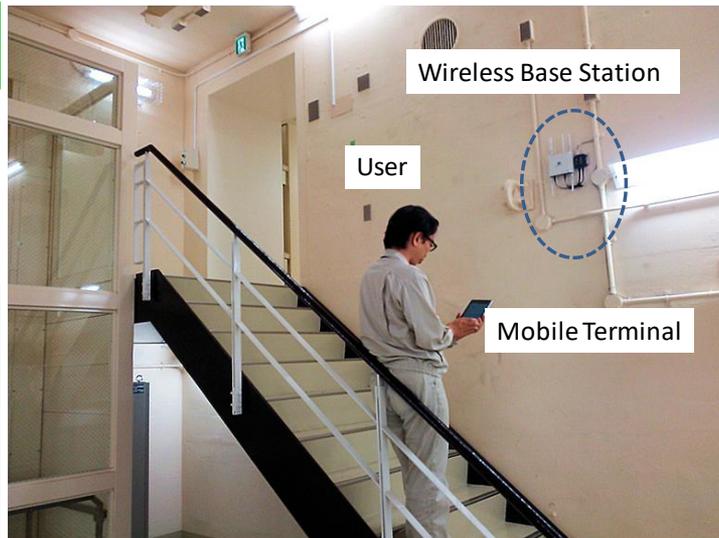
あらかじめメッシュ状に電波強度分布を学習し、統計的に判別



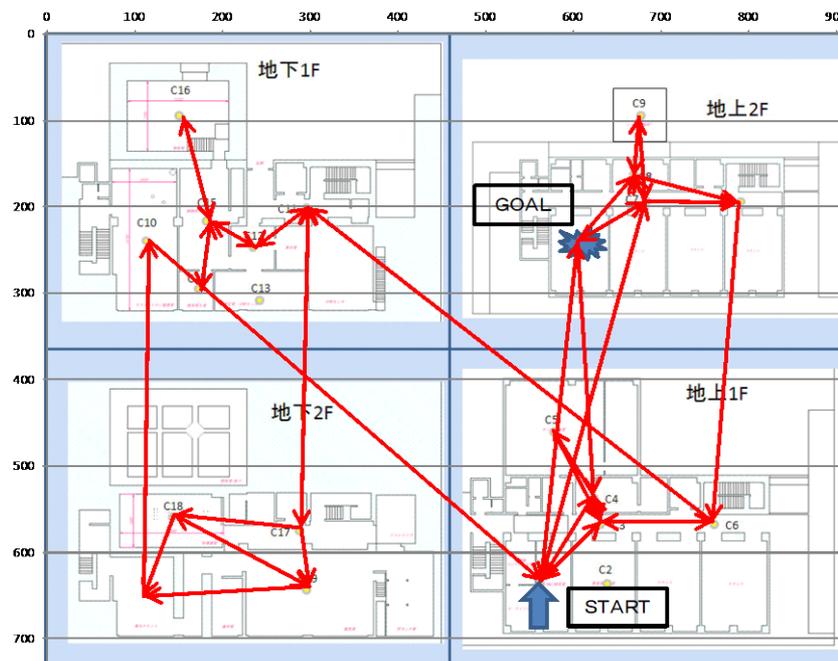
2) iNMRCでの測位精度の検証



無線基地局を20カ所を設置。



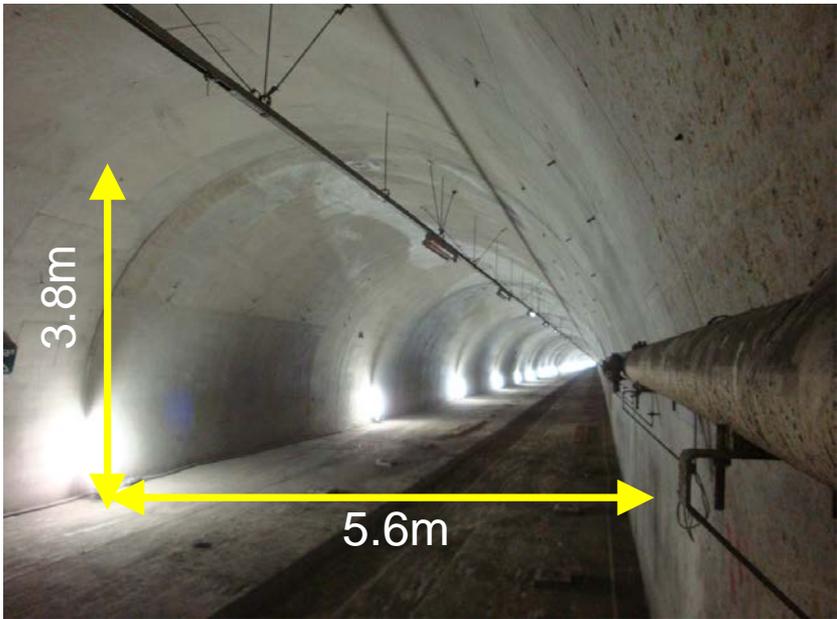
実験者が通過した経路, 入退室時間を忠実に検出した。





3) ベルコントンネルでの位置精度検証

ポートアイランド・六甲アイランド・神戸空港の埋立て用土砂を地中で運搬することを目的とし、昭和37年～平成元年まで運用された。



- 位置精度
 - ・トンネル延長方向で+2.5m程度
 - ・トンネル断面方向で+2.1m程度
- APの間隔100m程度で十分な位置精度が確保できる。

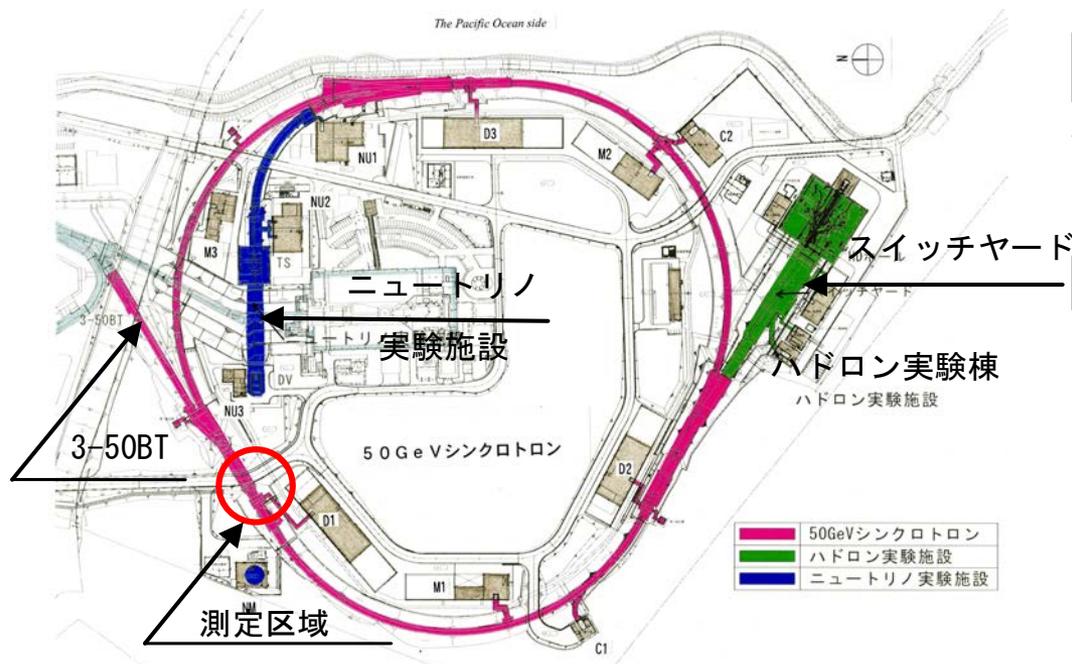
ベルトコンベアトンネルの全体位置図



4) 放射線環境下での耐久性と使用方法の検討

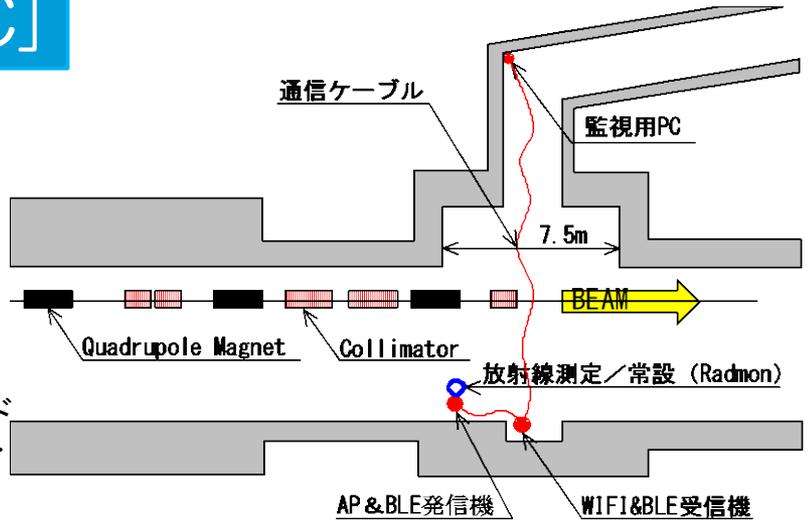
[IN J-PARC]

50GeV シンクロトロン MR



MRトンネルと測定位置

コリメータ部(図中赤丸印)に通信機器(AP)を装置。



測定位置における各装置の配置



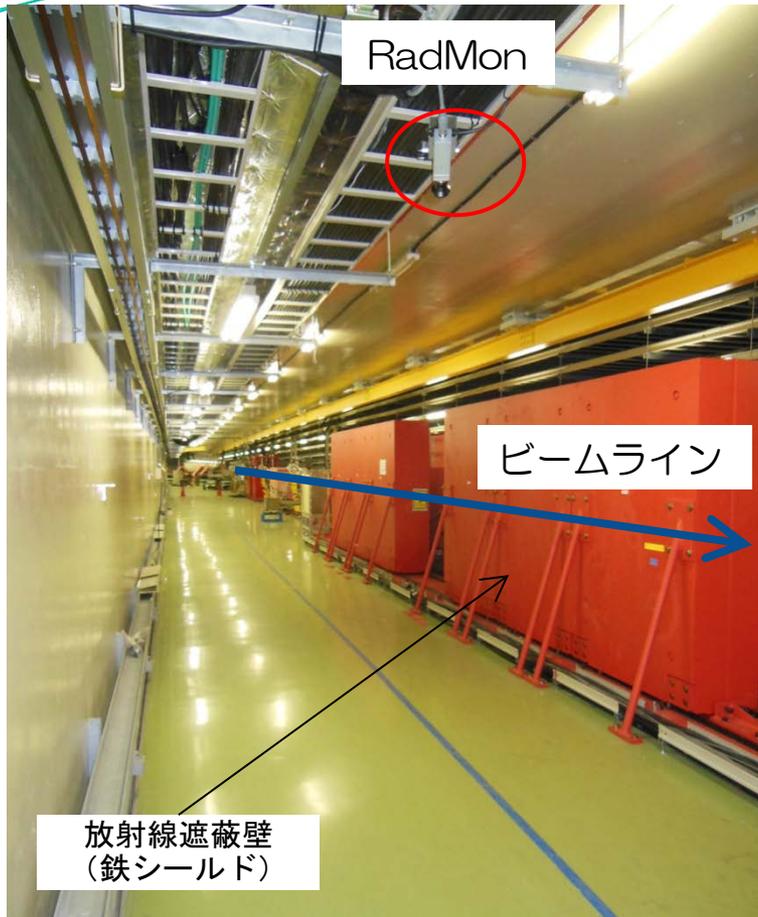
測位機能付きAP

市販AP

通信機器 (AP)



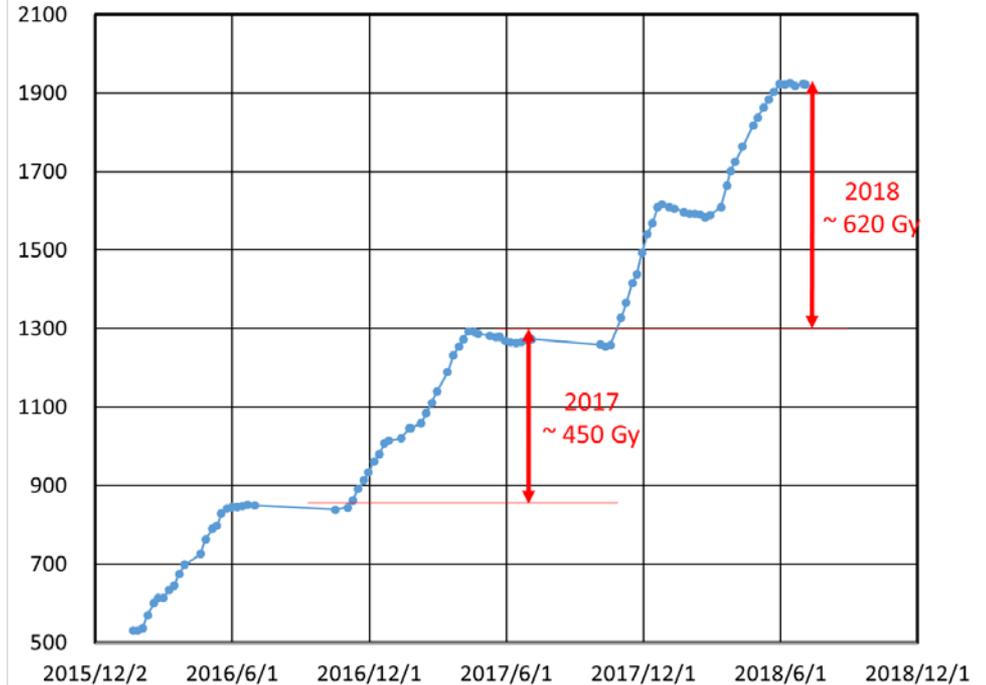
[IN J-PARC]



RadMonでは、以下を計測できる。

- ・線量の合計(Total Ionization Dose/TID)
- ・中性子線量(1MeV-equivalent)
- ・Single Event Upset

Total DOSE (Gy)



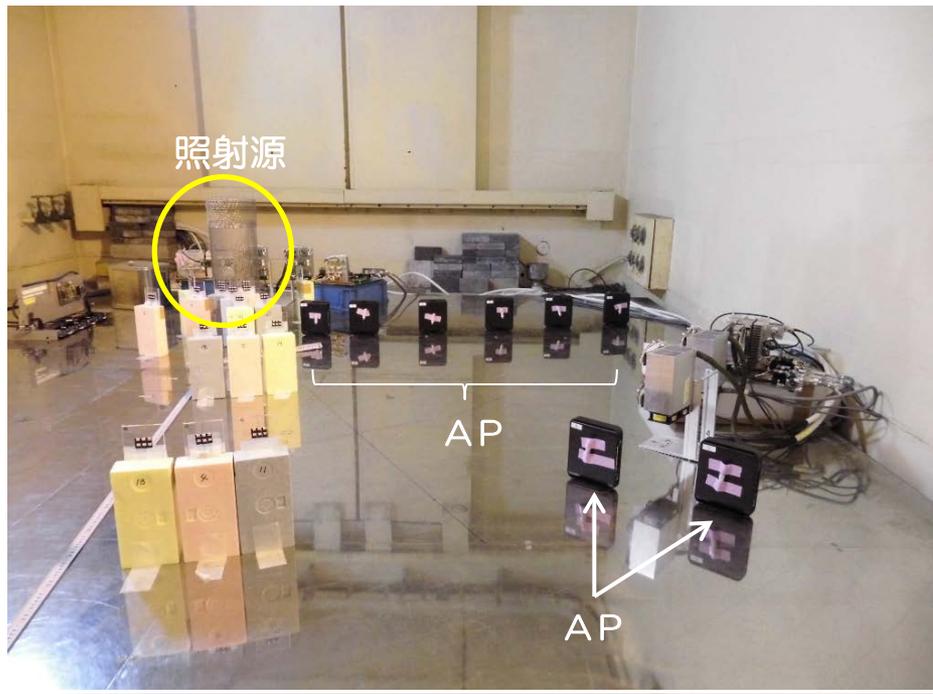
- ビーム(陽子)による物質との相互作用により、高い放射線レベルのガンマ線や中性子線が発生(比率は1:1程度)
- 2016.10~現在(2018.7)までの約2年間(ビーム運転9ヵ月×2回)通信機器(AP)を設置、トータル1070Gyを照射
- ➡加速器の稼働中に電源がOFF状態であれば、AP本体は健全に稼働することを確認した。



4) 放射線環境下での耐久性と使用方法の検討



Co60 ガンマ線照射施設 [IN ATOX/QST]



Experimental result
(Irradiation time /165hour)

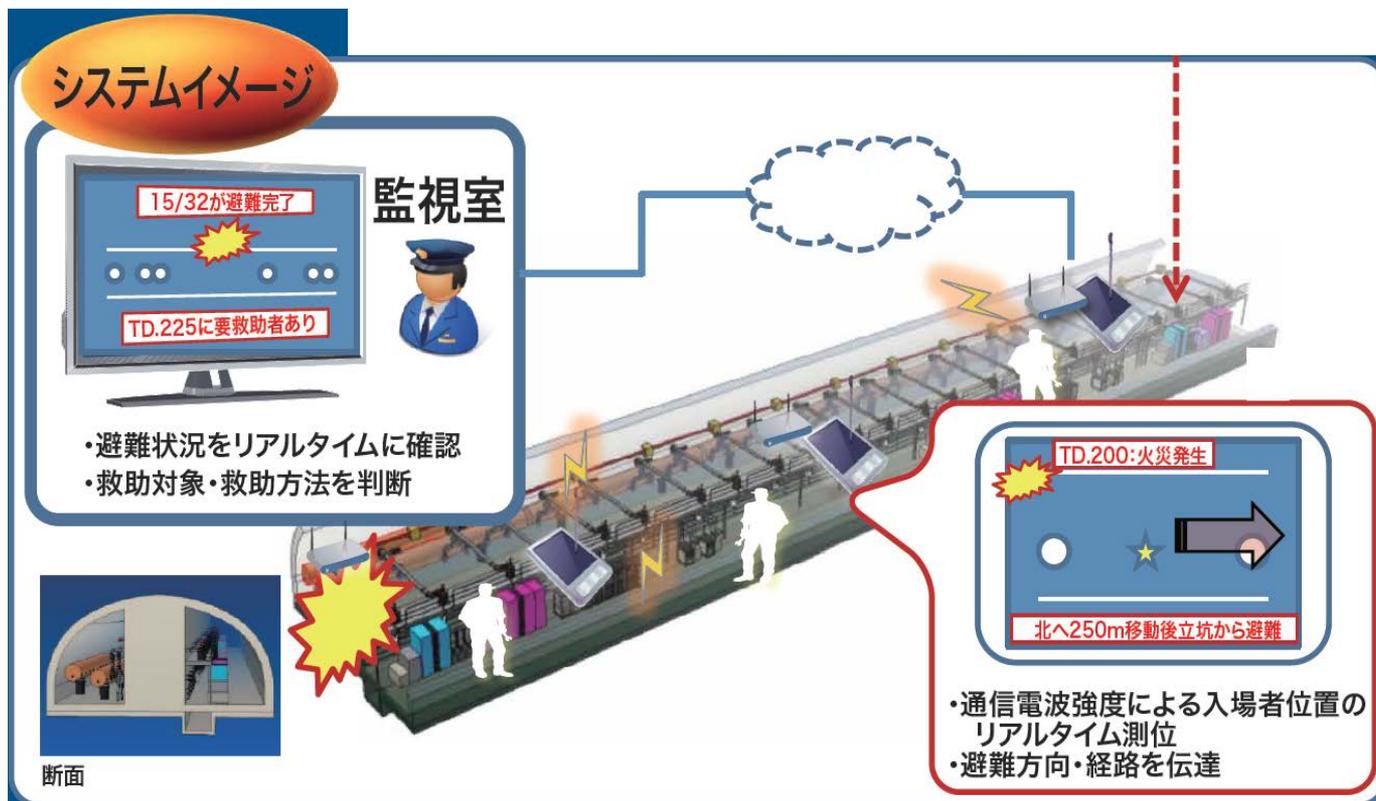
照射量 (Gy/h)	累積照射量 (Gy)	Power (電源)	Wifi (無線)	Wired (アンテナ)
1.5	247.5	○	○	○
3	495	○	○	○
4.5	742.5	○	○	○
6	990	○	○	○
9	1485	○	○	○
12	1980	○	○	○
18	2970	○	×	×
30	4950	×	×	×

The Radiation irradiation facility (inQST)

- ➡ 累積照射量が2000Gy以下の環境の場合、機器がOFF状態を保てれば、市販の機器でも故障することはない。
- ➡ ILCの加速器装置は、ガンマ線で1mSv/h程度の放射線が想定されている。今回の実験により、加速器稼働開始に伴い、機器の電源をOFFする仕組みを取り入れれば、稼働中の放射線に十分に耐えられるシステムの構築が可能である。



2. ICT防災アプリの開発、防災システムの実証



- 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防災システムの構築を目指す。
- 本研究では、ICT (Information and Communication Technology) 防災アプリを開発し、防災システムの実証検証を行った。

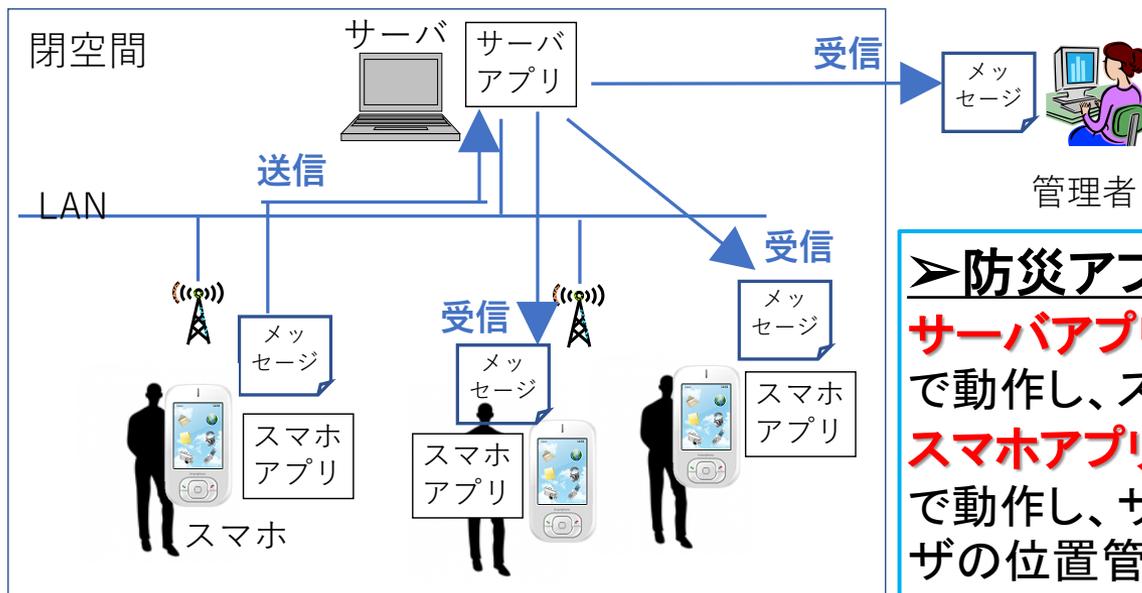


1) 地下施設の課題 / ICT防災アプリのコンセプト



➡ J-PARCなどの地下に建設された巨大な施設(閉空間)の課題

- ①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技術の活用が限定的なものとなっている。
- ②J-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との通話を可能にしているが、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などができない



➤ 防災アプリの構成

サーバアプリ / 閉空間に設置されたサーバ上で動作し、スマホアプリからの要求を処理

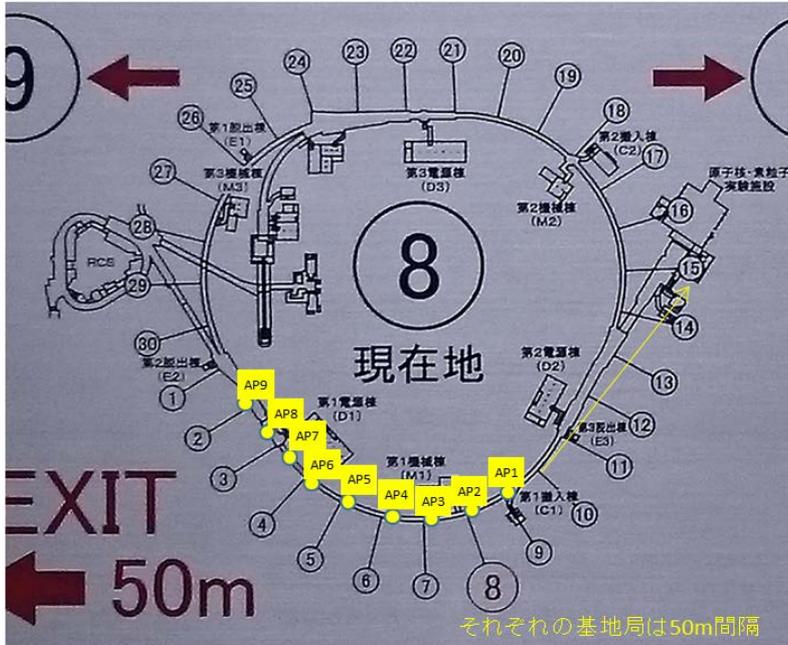
スマホアプリ / ユーザが持つスマートフォン上で動作し、サーバとのメッセージ送受信、ユーザの位置管理や活動管理などを行う。

➤ 防災アプリの機能

- (A)外部と途絶したローカルな環境で動作可能
- (B)無線LANによるユーザ位置の取得機能
- (C)メッセージの送受信機能、送信場所の記録機能、既読機能
- (D)ユーザの状態(定常・異常)監視機能



2) 試験運用／MRトンネル内での通信機器の配置



電源タイマー
(自動電源OFF)



- 全長400m間に9台のAP(アクセスポイント)を約50mピッチで配置。各AP間は通信ケーブルで接続した。
- サーバ用PCは**地上の施設**に設置し、トンネル内のAPとは通信ケーブルで接続した。サーバ用PCは管理者用PCとしても運用。
- モバイルの位置情報は、これまで同様、最も近い(電波強度の強い)APをモバイルの位置として認識する方式を採用。



3) 試験運用/サーバ画面の構成/防災シナリオ①



The screenshot shows a web browser window with the URL 192.168.11.222:8080/spika/#main. The main content area is divided into two parts:

- Left side:** A site map titled "スピカ v2.0" showing a circular layout with various points labeled P1 through P9. A central area is labeled "管理棟" (Management Building) and "ADMIN". Several points (P1-P6) are marked with purple tags, indicating the presence of workers. A red starburst icon is visible in the center of the map.
- Right side:** A chat log titled "JPARC-MR" showing a series of messages. The messages include:
 - ADMIN 16:17 at outside: ADMIN joined to conversation.
 - ADMIN 16:17 at outside: ADMIN joined to conversation.
 - 川端@飛島建設 34 min ago at P3: 川端@飛島建設 joined to conversation.
 - ADMIN 35 min ago at outside: 再起動したられました
 - 川端@飛島建設 34 min ago at P3: つきました
 - 松田@飛島建設 34 min ago at P3: いまからばらけます
 - Koji 32 min ago at P4: 上流に移動します。
 - 川端@飛島建設 33 min ago at P1: 川端は何処にいますか？
 - ADMIN 32 min ago at outside: [unreadable]

➤ 防災シナリオ ①入坑、所在確認、通信開始

This zoomed-in view shows the top of the chat log:

- ADMIN 16:17 at outside: ADMIN joined to conversation.
- ADMIN 16:17 at outside: ADMIN joined to conversation.

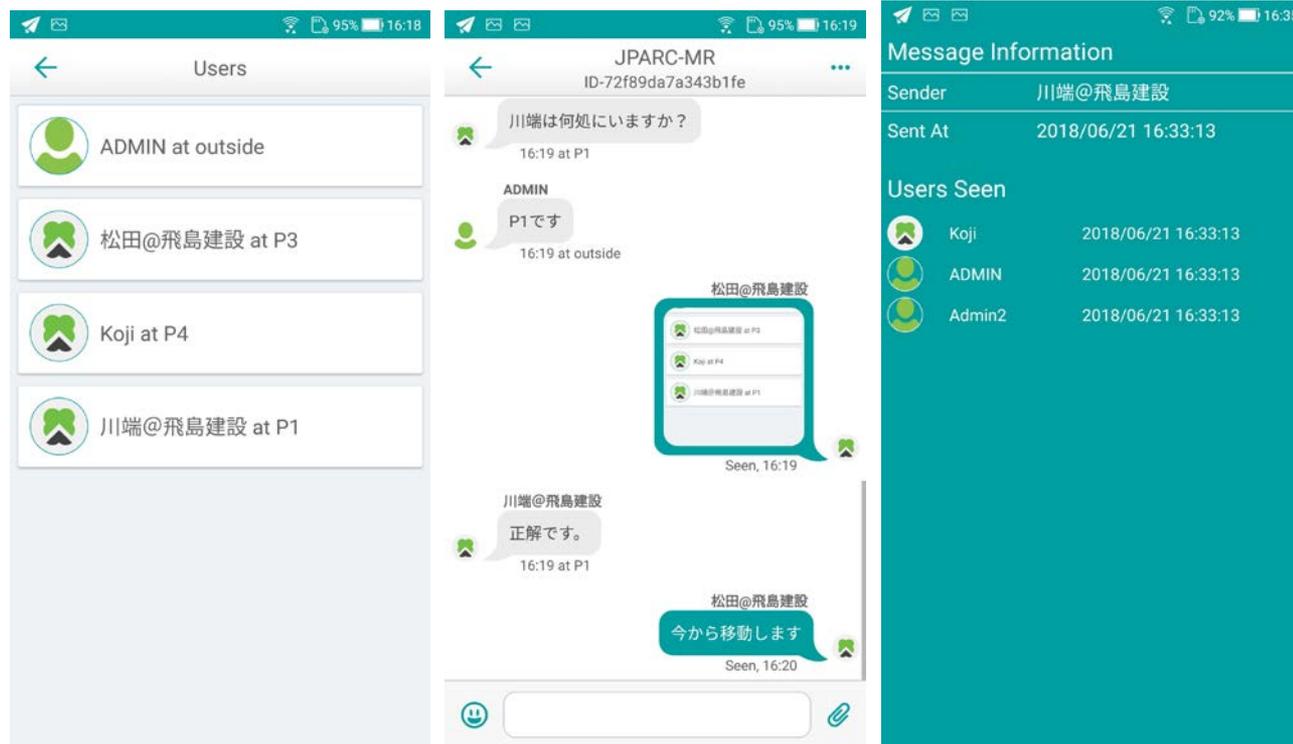
This zoomed-in view shows a section of the site map with points P1 through P6. Purple tags are placed at P1, P2, P3, P4, and P5, indicating the presence of workers. The tags are labeled with names: "川端@飛島建設" at P1, "松田@飛島建設" at P2, "Koji" at P4, and "川端@飛島建設" at P5.

管理者(サーバ)画面

- **左側のMRの平面図**には、入坑者の所在位置が紫のタグで示される。同時に入坑者の状態を示す。(一定期間モバイルに動きがない場合は異常事態を示す警報発令)
- **右側の帯では**、入坑者の動向(入坑者の入退出、入坑者の所在、入坑者の状態、入坑者との交信内容、通信の既読状況)が時系列的に確認できる。



4) 試験運用／モバイル画面の構成



位置管理画面

メッセージ閲覧画面

既読管理画面

市販の 안드로이드
スマホ (ASUS-
nexus 6) を使用

モバイルの使い勝
手は、ほぼスマホ
ソフトの「LINE」を
イメージ

ユーザ(モバイル)画面

- メッセージの時系列的な閲覧と入力ができる。(中央)
- 本人以外の入坑者の所在位置、他者の状態が確認できる。(左側)
- 通信相手のメールの既読の有無が確認できる。(右側)



5) 試験運用／防災シナリオ②入坑者の異常発生

防災シナリオ②入坑者の異常発生時

入坑者が倒れて動かなくなれば、モバイルがその異常を管理者に発信する。管理者は直ちに近傍者に確認の指示を出す。

- 「koji(石井先生)」@P7が動かなくなり、タグが紫から黄色に変色。管理者画面には警報が発令する。
- 管理者は「松田」@P4に確認を依頼。モバイル画面のように「松田」から確認の報告。これらがリアルタイムに実施される。



6) 試験運用／防災シナリオ③災害発生時

④ 川端@飛鳥建設 25 min ago at P3
避難方向です。良いですか？

ADMIN 26 min ago at outside
そちらの方向でよいです。

川端@飛鳥建設 25 min ago at P2
了解です。

① 川端@飛鳥建設 16:31 at P3
正解です。P3付近で火災！どちら

②

③

④

防災シナリオ③災害発生時

災害発生時、管理者は近傍者からの報告を受け、対処方法を指示。その後、避難方向、最近傍の脱出口を指示した上で、入坑者全員が正しく退出に向かっているかを確認する。

- 「川端」@P3から火災発生の連絡①。管理者は状況写真を送るように依頼し、さらに②のように避難方向はP1であることを伝達。
- 管理用PC画面では管理者が「川端」の報告した写真を確認③。また画面上で避難方向が正しいかどうかを確認④後、「川端」に対して正しい方向に避難していることを伝達した。
- これらの報告は他の入坑者も情報を共有しており、同時に避難行動を取ることができる。



7) 試験運用／まとめ



管理者のWorkの様子
管理者と地下施設の利用者との間のコミュニケーションを模擬しながら、議論をしている様子

- 本防災アプリは、「LINE」感覚で利用でき、「メッセージの同時送受信」、「メッセージの送信場所の記録表示」、「メッセージの既読表示」、「ユーザの現在位置の取得」、「ユーザの活動状態監視」等の各種機能が検証できた。
- 「ローカルな環境で動作可能」を実現し、導入やメンテナンスのハードルを低くすると同時に、高度なセキュリティが必要な施設に対しても対応しやすいアプリを実現している。
- 今後はJ-PARCの一般の利用者に一定期間使用してもらい、防災管理システムの基本的な課題の抽出を図ってゆく。



おわりに

将来、ILCのような巨大な加速器施設に応用することを最終目標にしている。

東日本大震災での教訓は、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、どの位置で仕事をしているかまではわからない。従って、適切な避難誘導が出来ないということであった。

ILCトンネルは大深度地下施設であり、非常時の避難・脱出は大きな課題である。入域者の所在に応じた適切な避難誘導を行うことは、さらに重要な課題である。放射線管理と災害時の避難誘導を兼ね備えた本システムは安全上重要な役割を果たすと考える。



ご静聴有り難うございました。