



飛島建設



Always Security OK



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

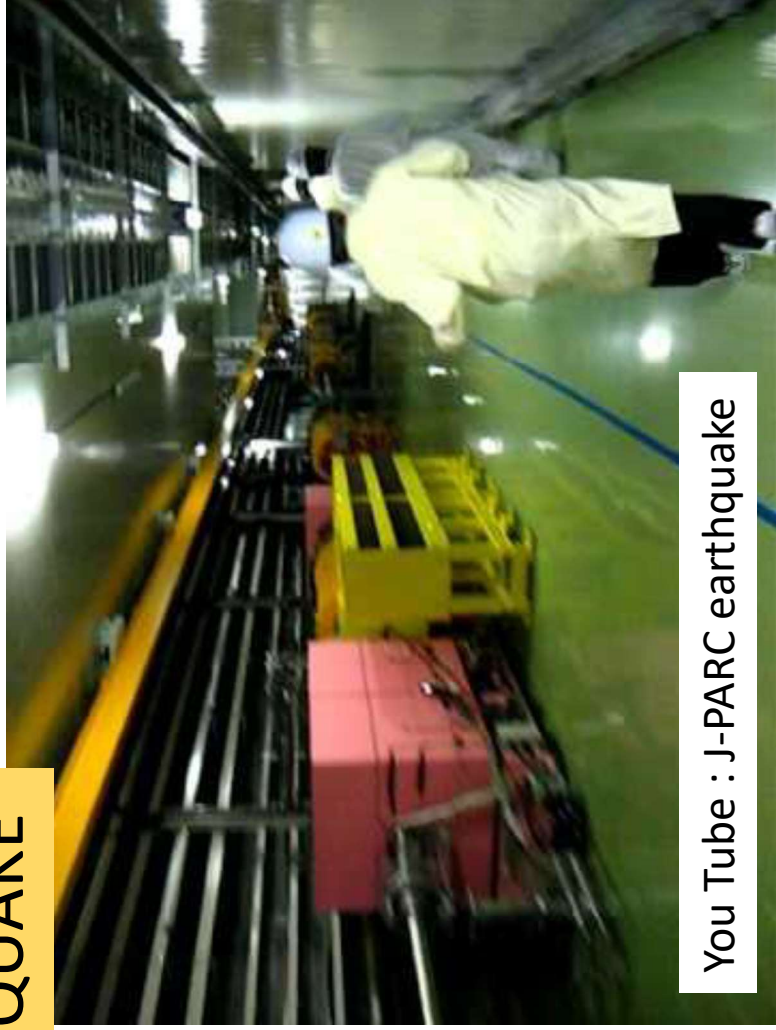
関西大学 : 田頭茂明

飛島建設 : 川端康夫、松田浩朗

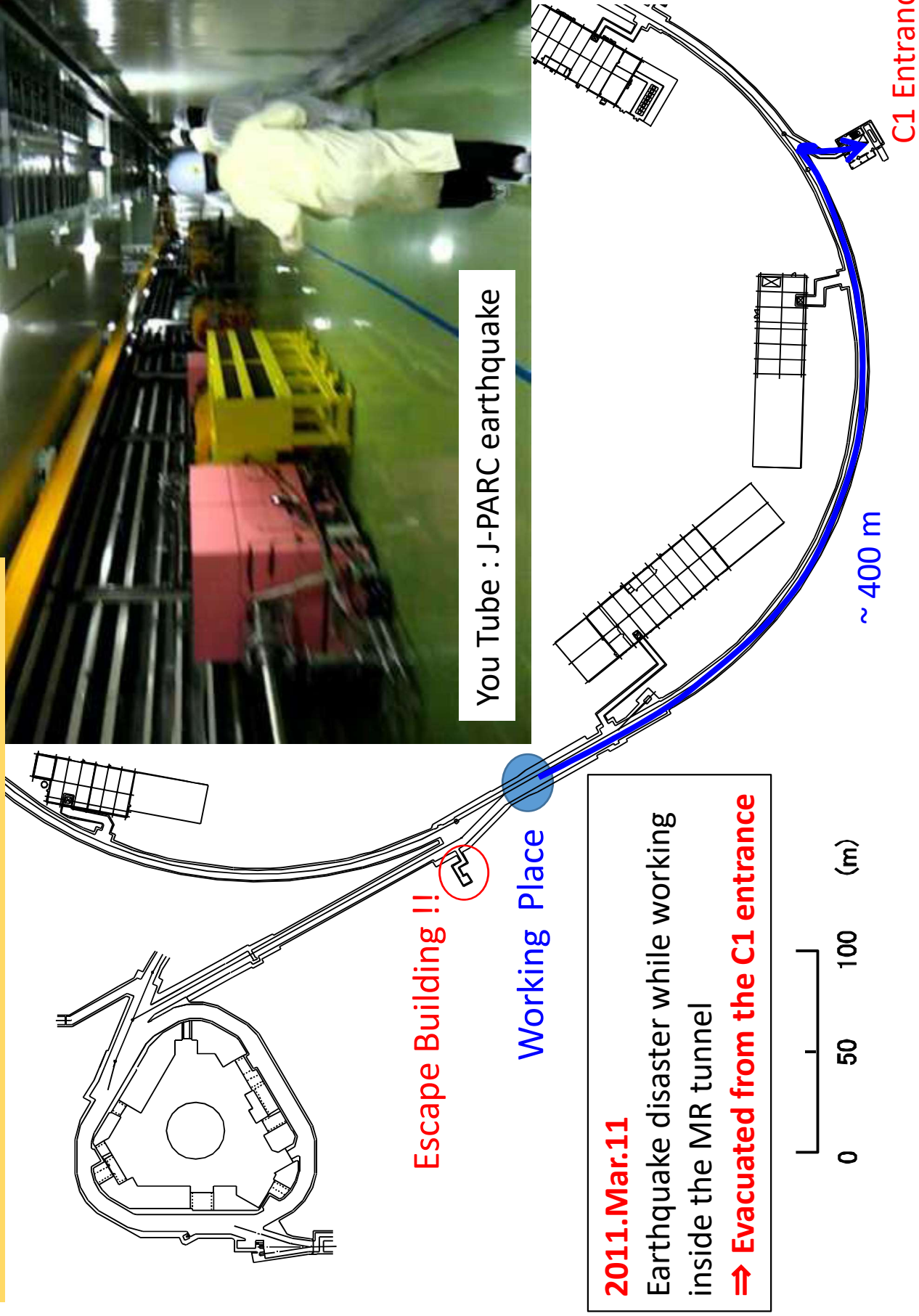
ALSOK : 富井洋平

# 1) 背景

# 2011 EAST JAPAN EARTHQUAKE



You Tube : J-PARC earthquake



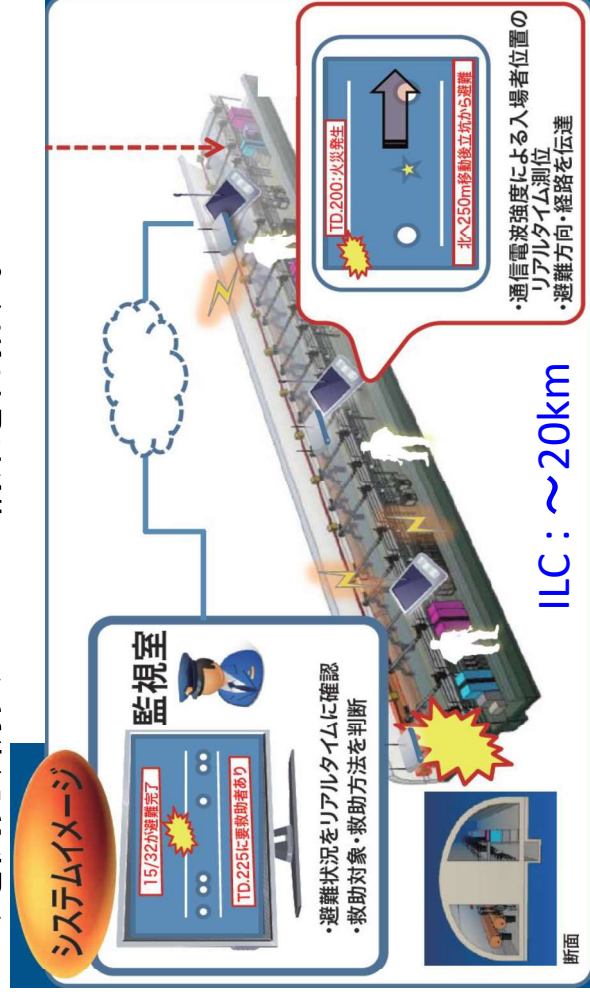
**2011.Mar.11**  
Earthquake disaster while working  
inside the MR tunnel  
⇒ **Evacuated from the C1 entrance**

## 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、適正な判断ができていない状況**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)

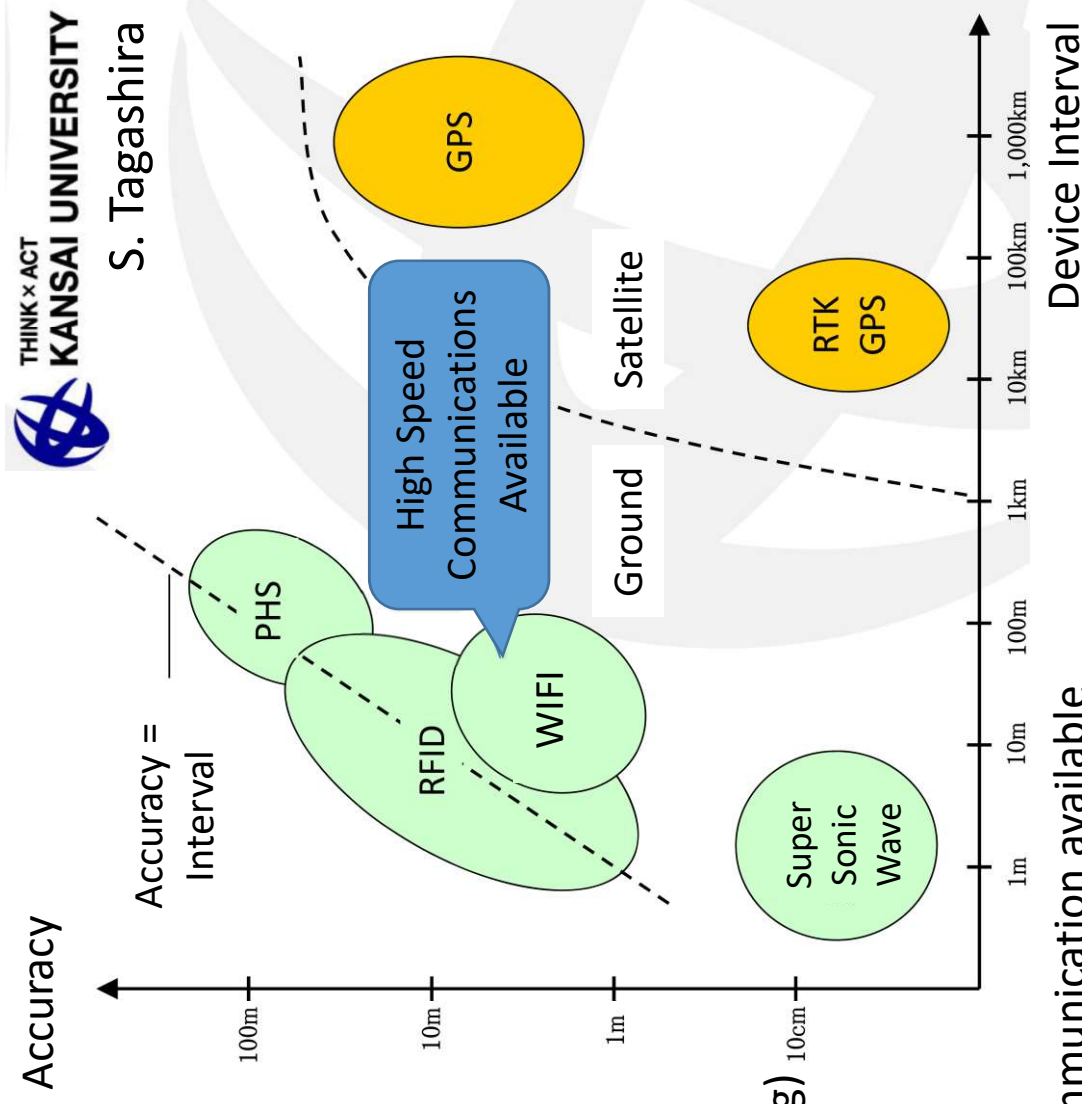
# 双方向コミュニケーションが取り易い、WiFiを選択

## 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
- ...

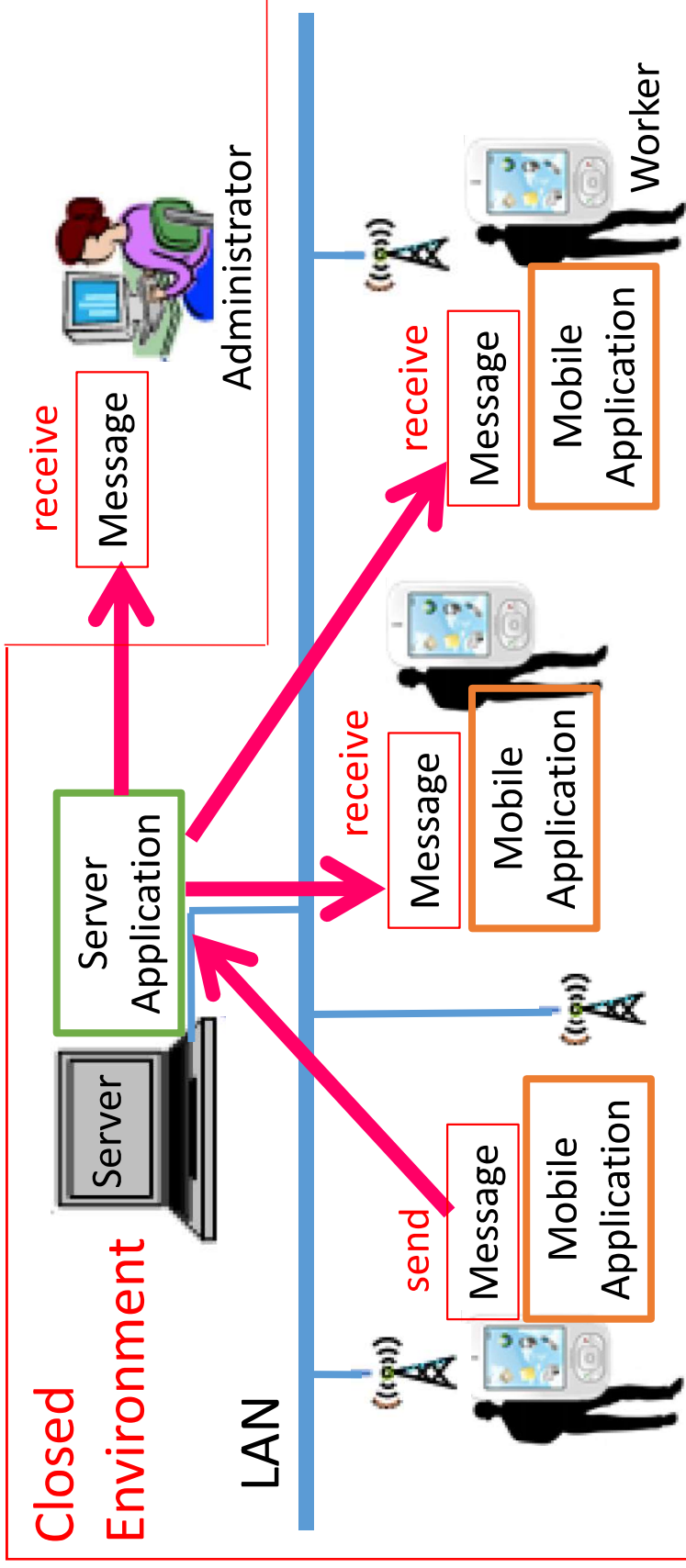
⇒ We choose the **Wifi** having communication available



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 )

## ➤ PREVENTION 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旨指し、作業支援等の機能を充実。

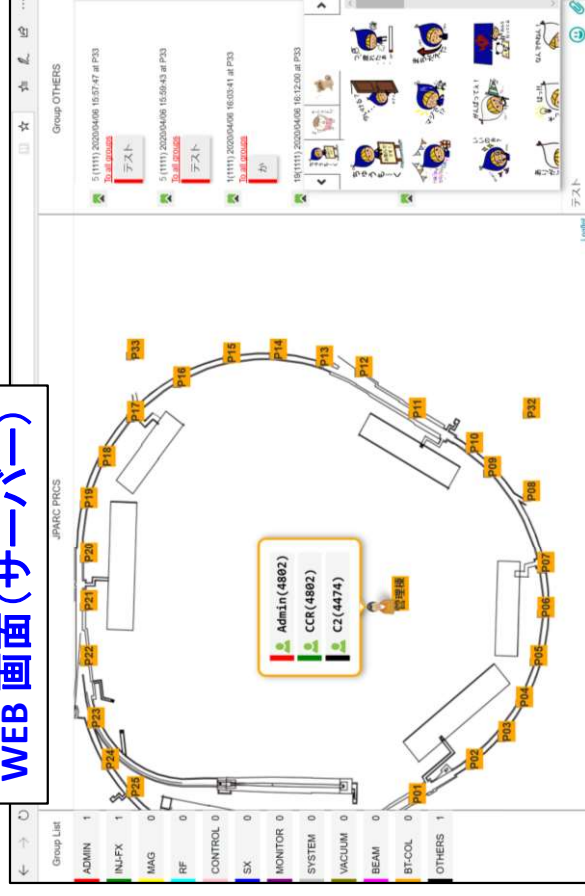
### ■システム構築

- ・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。

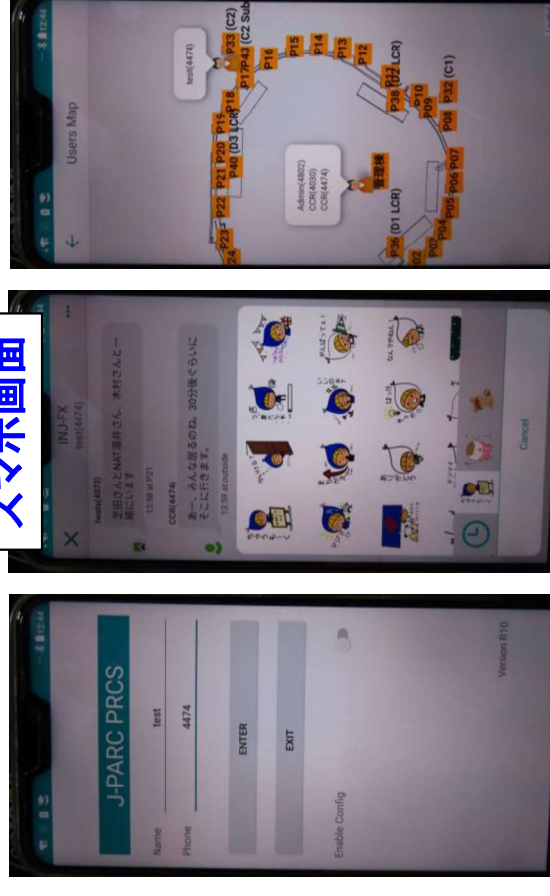
### ■アプリ機能

- ・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、どこも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

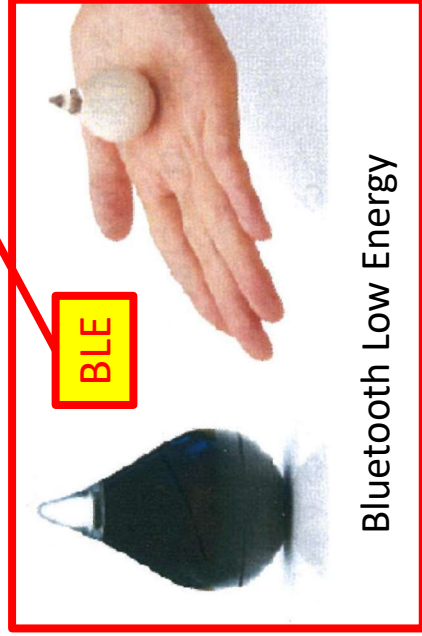
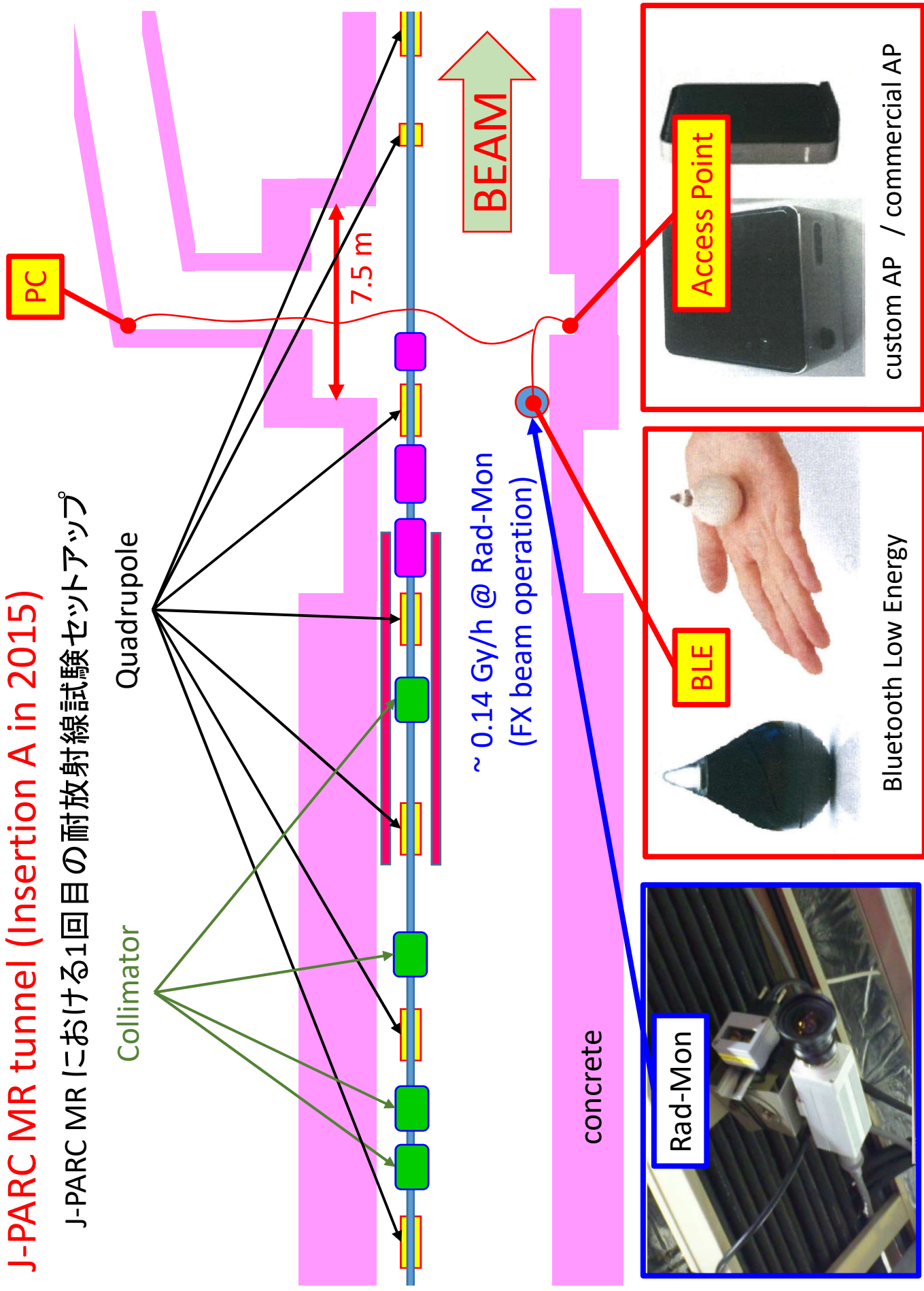




## 2) 放射線耐性試験

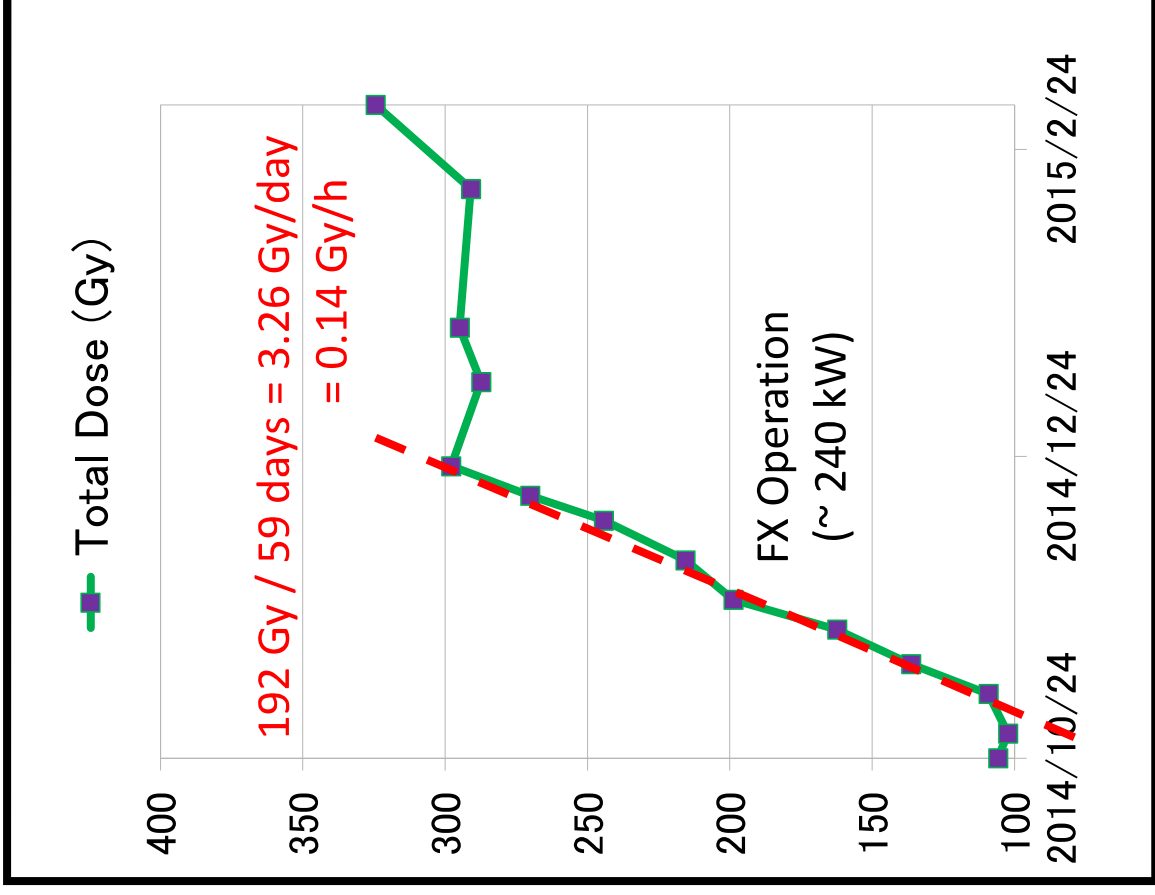
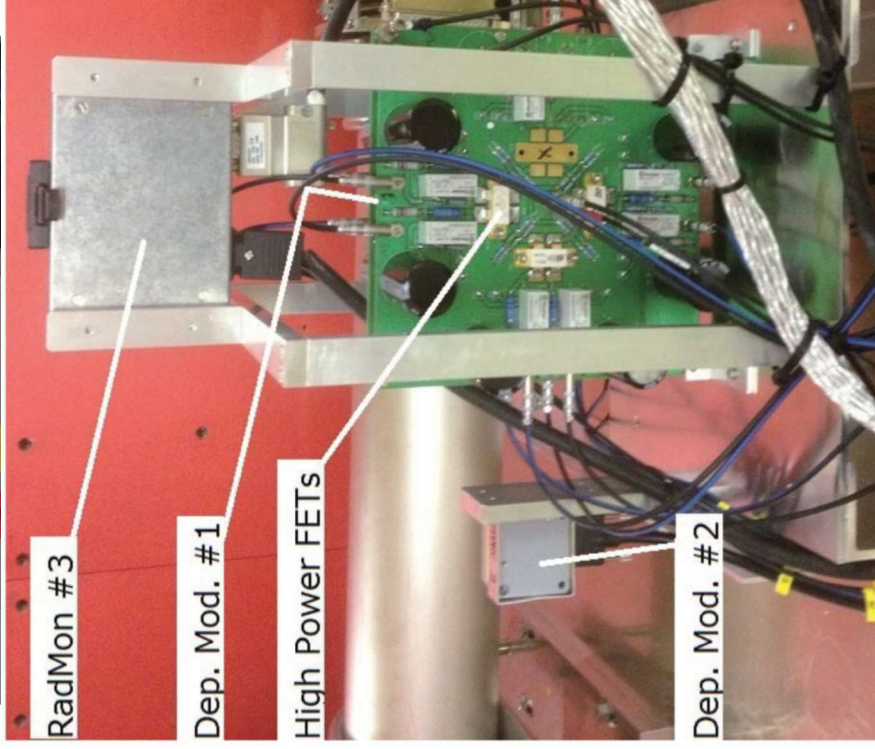
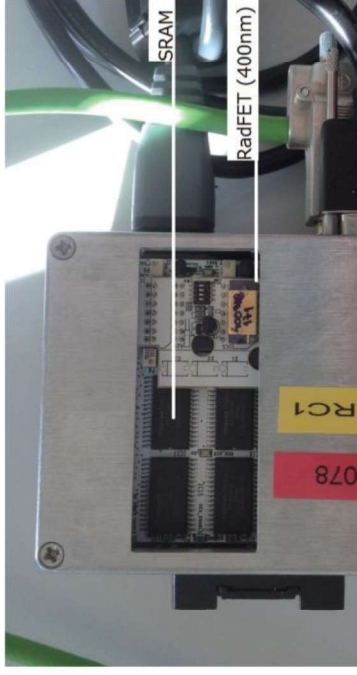
# J-PARC MR tunnel (Insertion A in 2015)

J-PARC MR における1回目の耐放射線試験セットアップ



# 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)

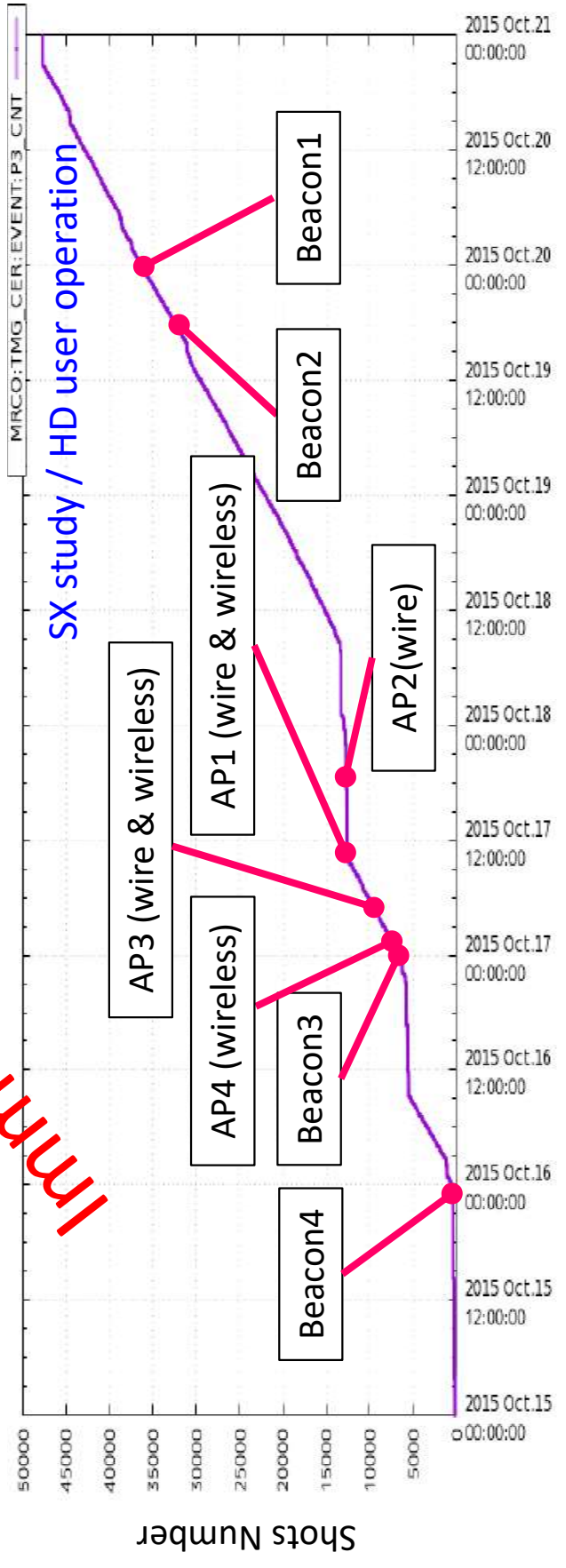


1回目の耐放射線試験の結果  
(瞬く間に故障)

less than 0.1 Gy

2015.October Irradiation test @ MR tunnel

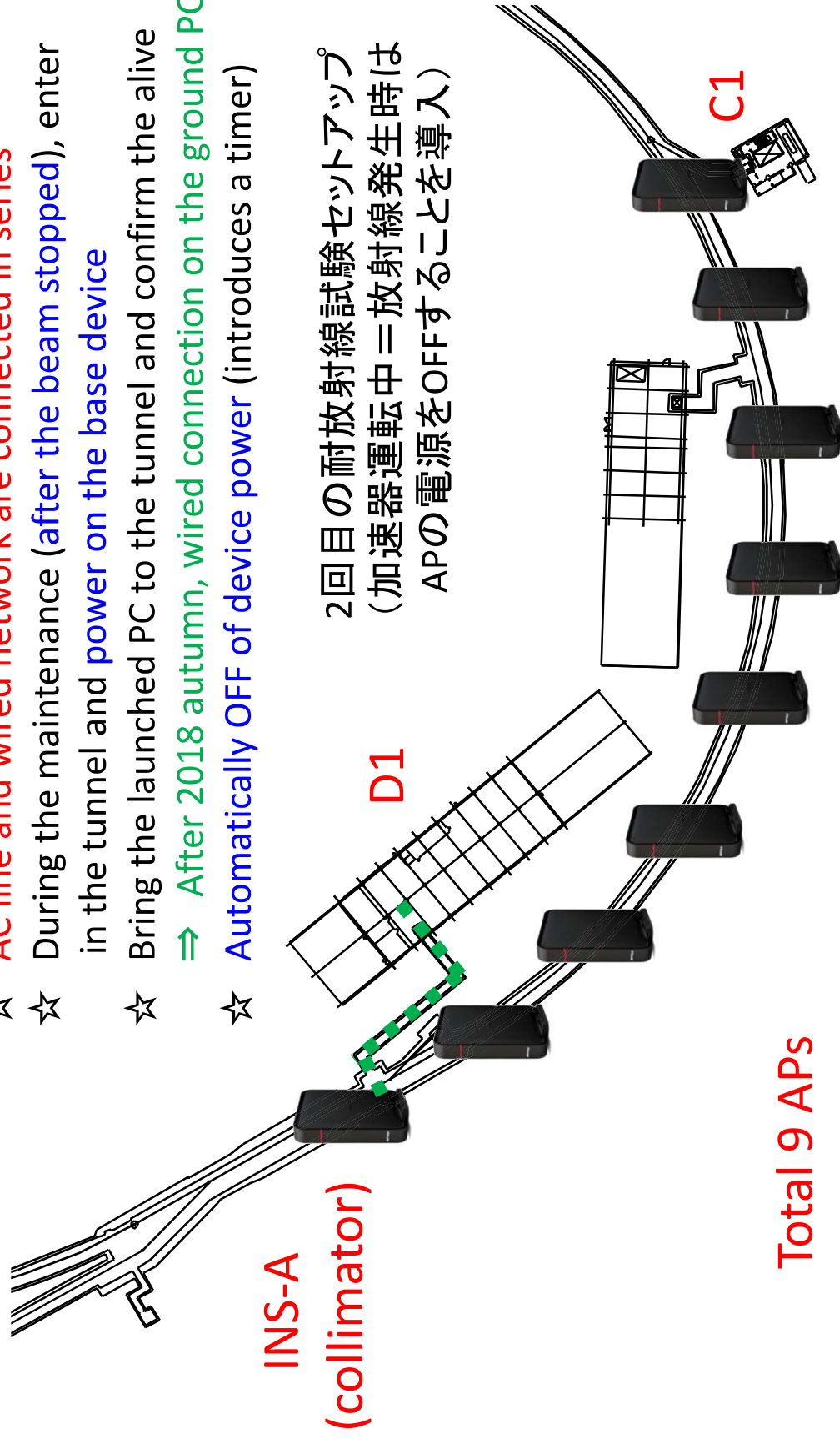
Broken Date/Time	Device	Total number of shots
2015/10/15 22:28	Beacon4	~ 0.5k shots (HD supply)
2015/10/17 0:54	Beacon3	~ 7k shots (HD supply)
2015/10/17 1:55	AP4 (wireless)	~ 8k shots (HD supply)
2015/10/17 5:33	AP3 (wire & wireless)	~ 10k shots (HD supply)
2015/10/17 9:04	AP1 (wire & wireless)	~ 12k shots (HD supply)
2015/10/17 19:53	AP2 (wire) & AP4 (wire)	~ 12k shots (SX study)
2015/10/19 18:05	Beacon2	~ 29k shots (HD supply)
2015/10/20 0:44	Beacon1	~ 32k shots (HD supply)



Immediate Breakdown

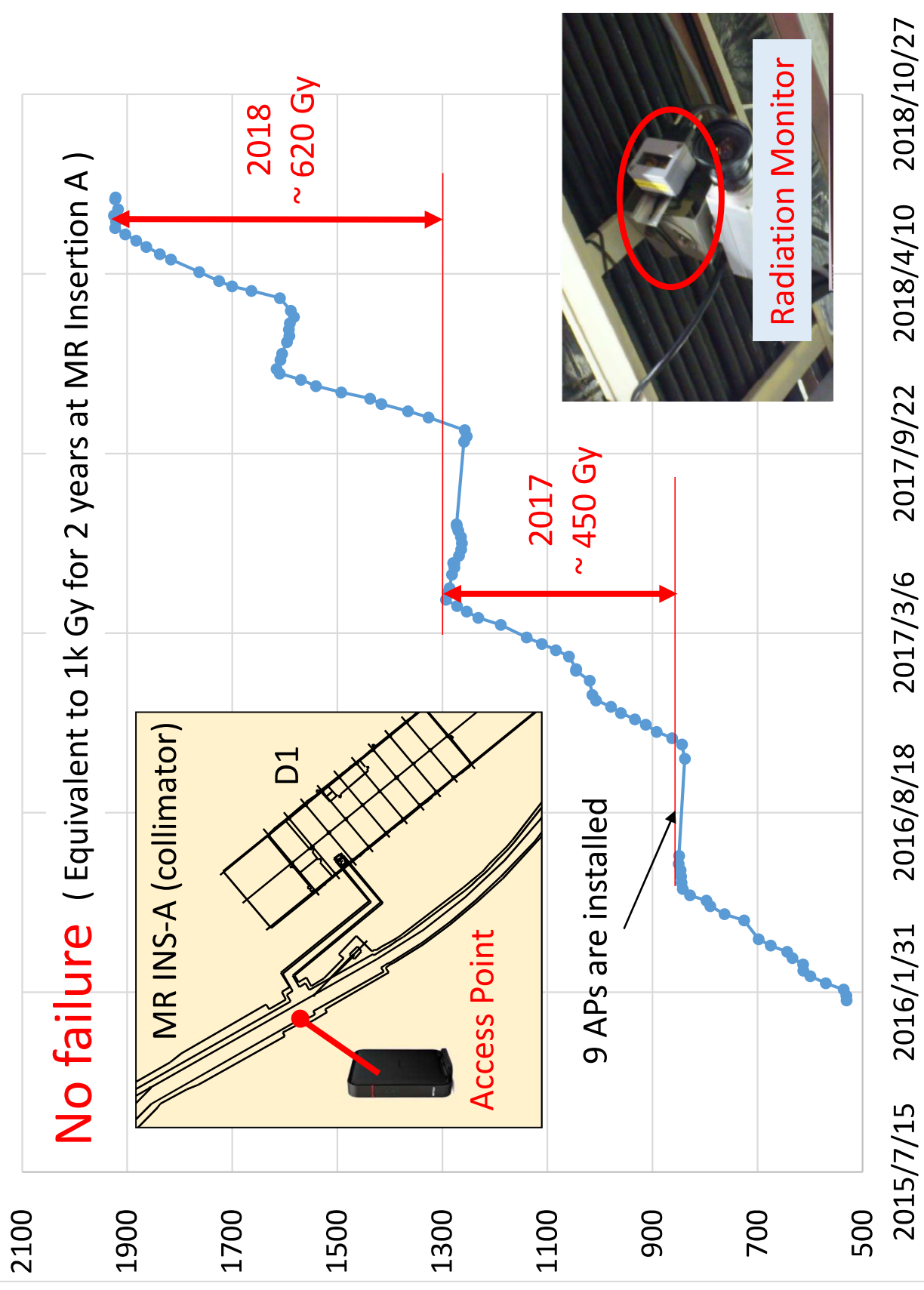
## 2016 Summer ~ 2019 Summer Irradiation test @ MR tunnel

- ☆ 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回目の結果  
(2年以上稼働)

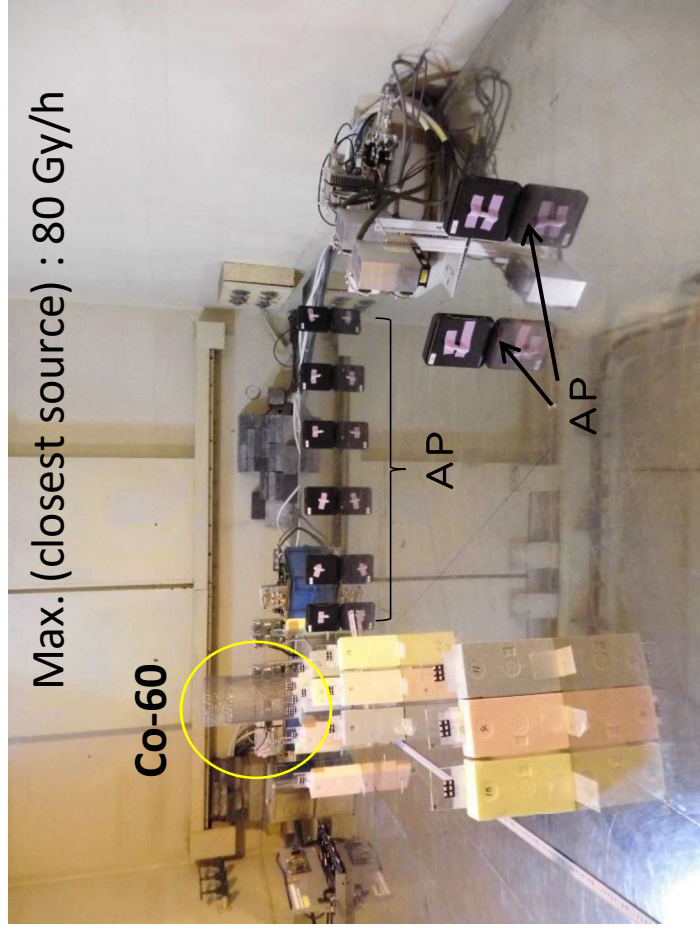
Total DOSE (Gy) measured by the Radiation Monitor (2 years at MR Insertion A)



## 2017.June $\gamma$ -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



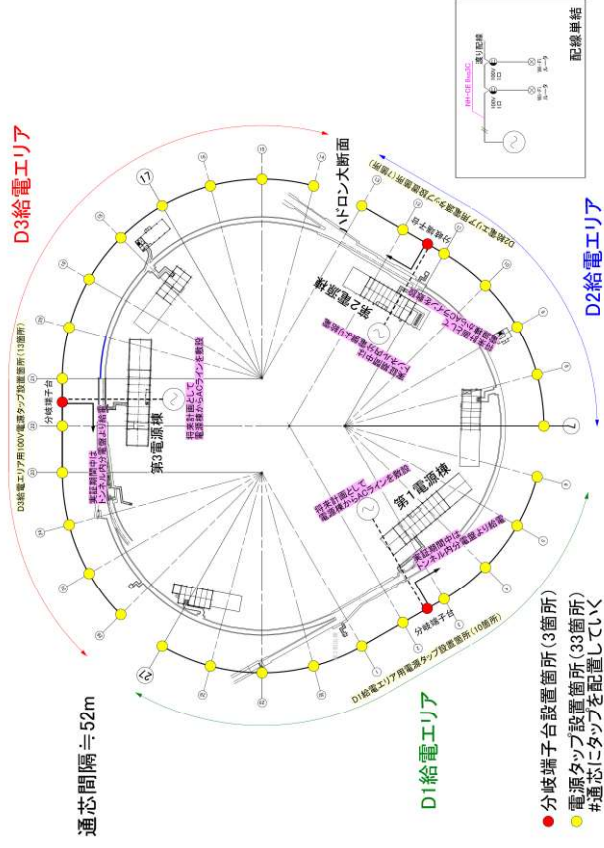
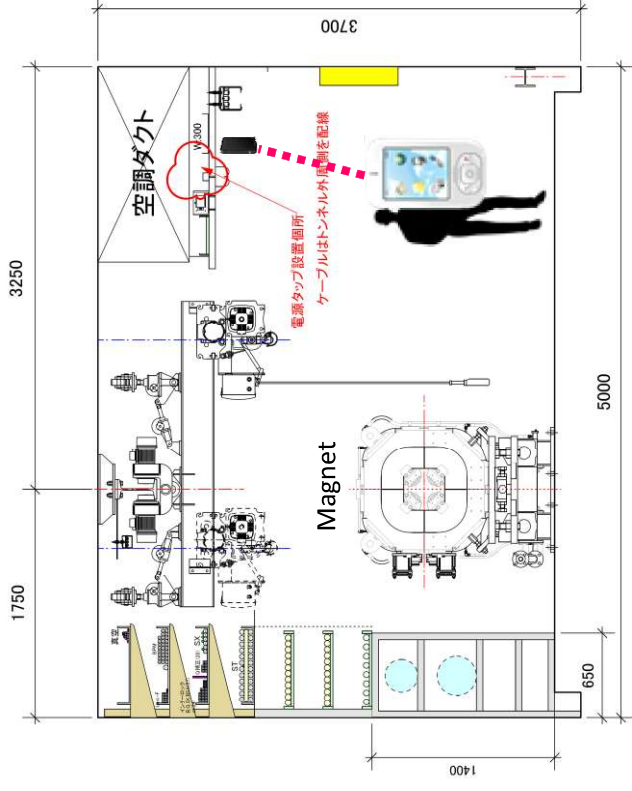
## Experimental result ( Irradiation time /165 hours)

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

In the environment of total  $\gamma$ -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)

Group List

ADMIN	2
INJ-FX	3
MAG	0
RF	0
CONTROL	0
SX	0
MONITOR	0
SYSTEM	0
VACUUM	0
BEAM	0
BT-COL	0
OTHERS	0

JPARC PRCS

Group INJ-FX

15:43 2020/10/07

ここに入力して検索

# 防災アプリで何ができる？

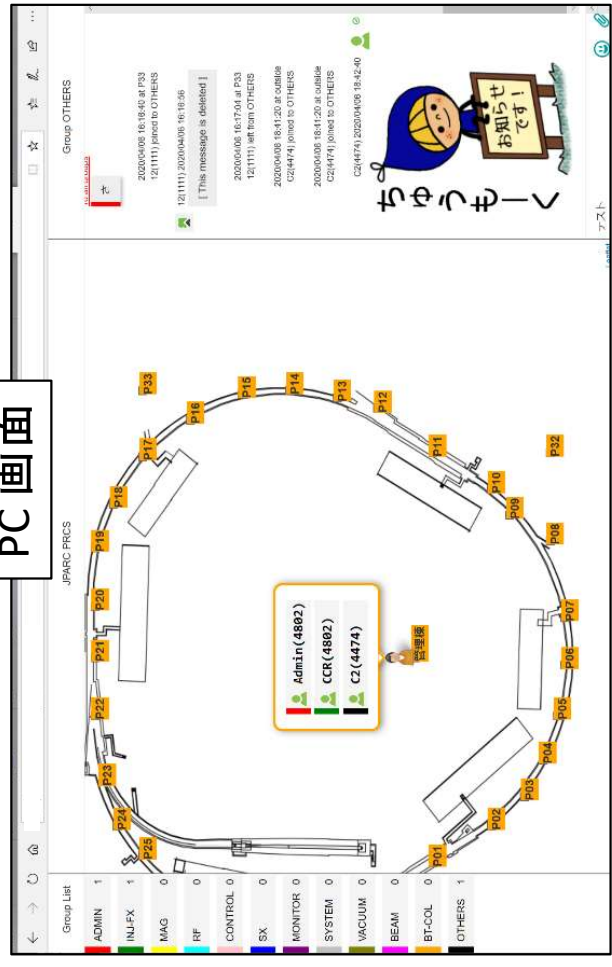
- 1) MRトンネル内の「今・どこに」作業者が居るかが、専用LANに繋いだPC等でわかる。
- 2) LINE のようなアプリになっており、トンネル内作業者と情報交換ができる。

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

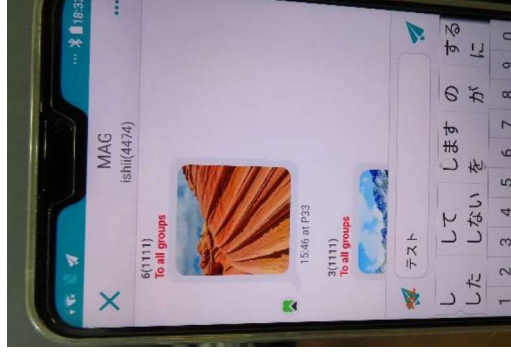
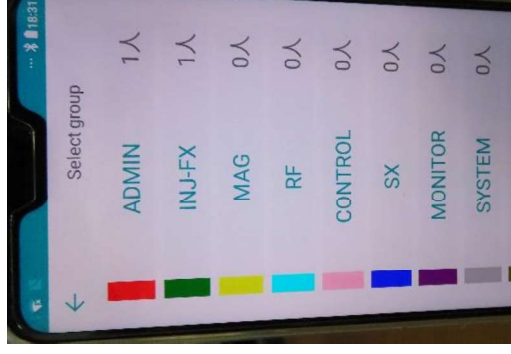
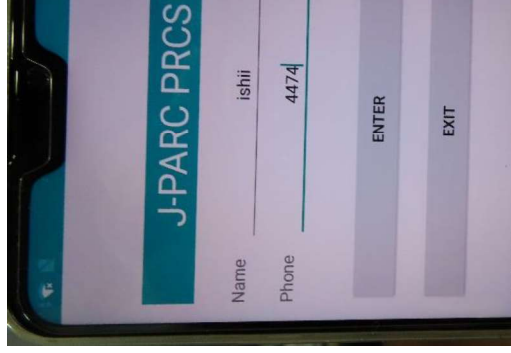
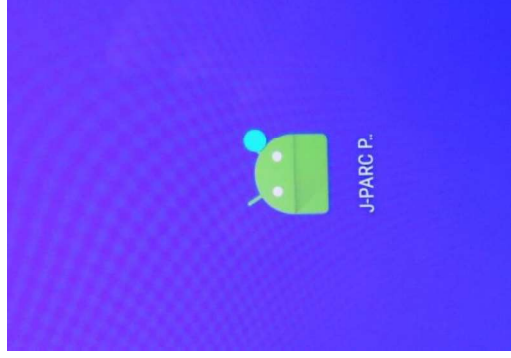


PC 画面



## 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み)
- 3) ページを閉じればログアウト

The screenshot displays the JPARC PRCS mobile application interface. At the top, there is a 'Group List' with various categories: 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). Below this, there is a 'メッセンジャー詳細' (Message Detail) window showing a list of messages from 'isii(4474)' and 'Admin(4892)'. The bottom part of the screen shows a floor plan of the JPARC PRCS facility with various rooms labeled P01 through P33. A pop-up window shows the status of three users: Admin(4892), isii(4474), and CCR(4892).

# 映像通話 Linphone (遠隔作業支援)

- ☆ **Phone Call** を選択 ⇒ **相手を選んで、電話かけるだけ**
- 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 is a site map for 'JPARC PRCS' with various points labeled P17 through P25. Below the map is a 'Group List' table:

Group	Name	IP	Group	Extention
ADMIN	Admin(4802)		ADMIN	no reg
CCR	CCR(4030)		ADMIN	no reg
INU-FX	ISHII PC(4474)		INU-FX	no reg
MAG	下川哲司(4776)		MAG	1005

At the bottom right, there is a 'Call control' window showing a video call in progress. The 'In Call' status is active, and the 'Call' button is highlighted with a blue arrow. The 'Call' button is labeled with a circled '4'. The 'HangUp' button is also visible.

On the left side of the interface, there is a 'Registration' section showing the IP address 192.168.11.158. The 'Login' button is highlighted with a green arrow and a circled '3'. The 'LogOut' button is also visible. The 'Initial Setup' and 'Config' buttons are also present.

At the bottom right, there is a 'PC (Web)' label. Below the main interface, there are two smartphone screenshots. The top one shows the 'Phone Call' option selected in the app's menu. The bottom one shows a video call in progress on a smartphone screen, with the text 'スマホ' (Smartphone) written in red at the bottom.

#### 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(2kWh)の蓄電池(定格800W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

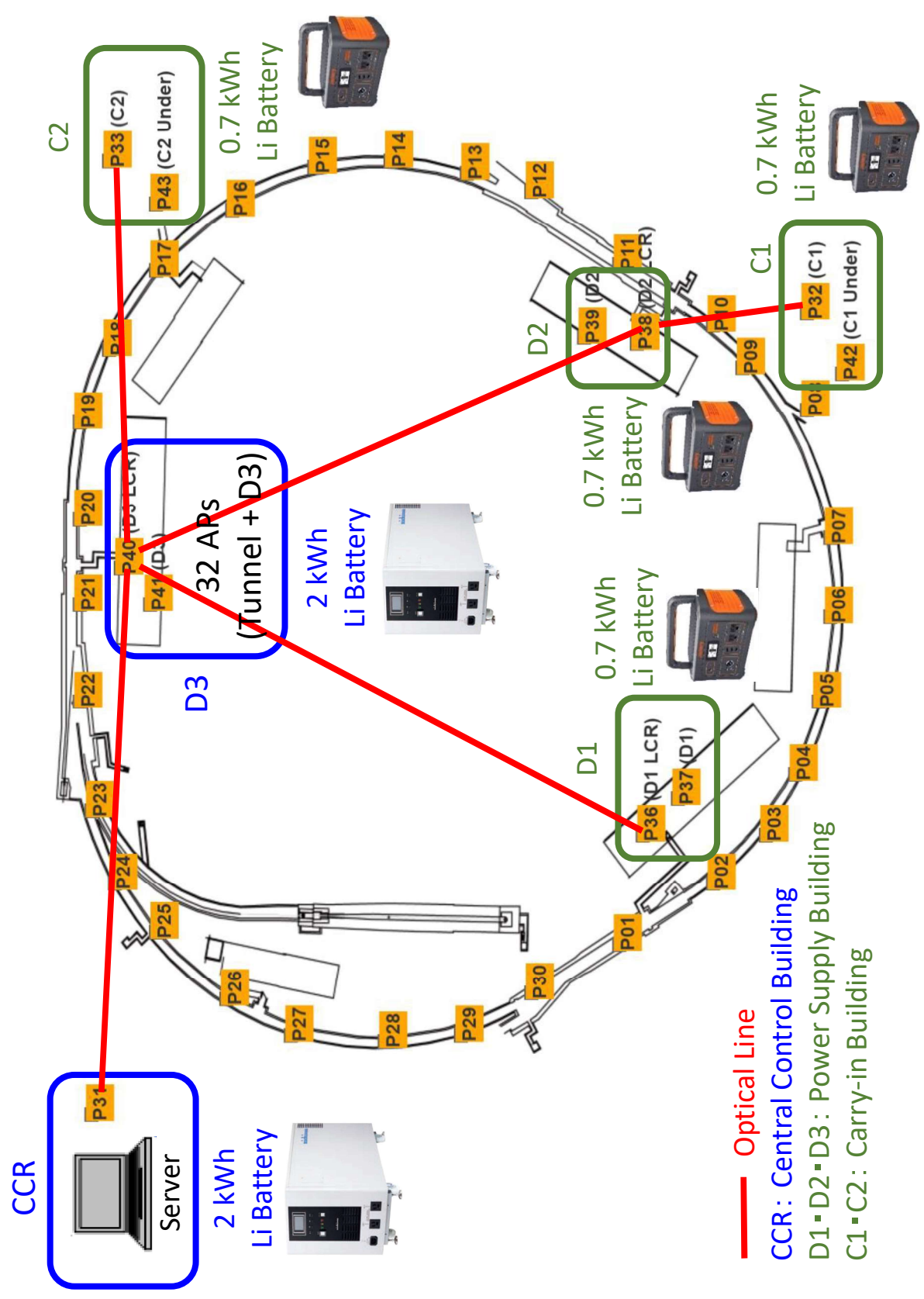


C1・C2・D1・D2





# Use of Li battery as against the power outages



— Optical Line

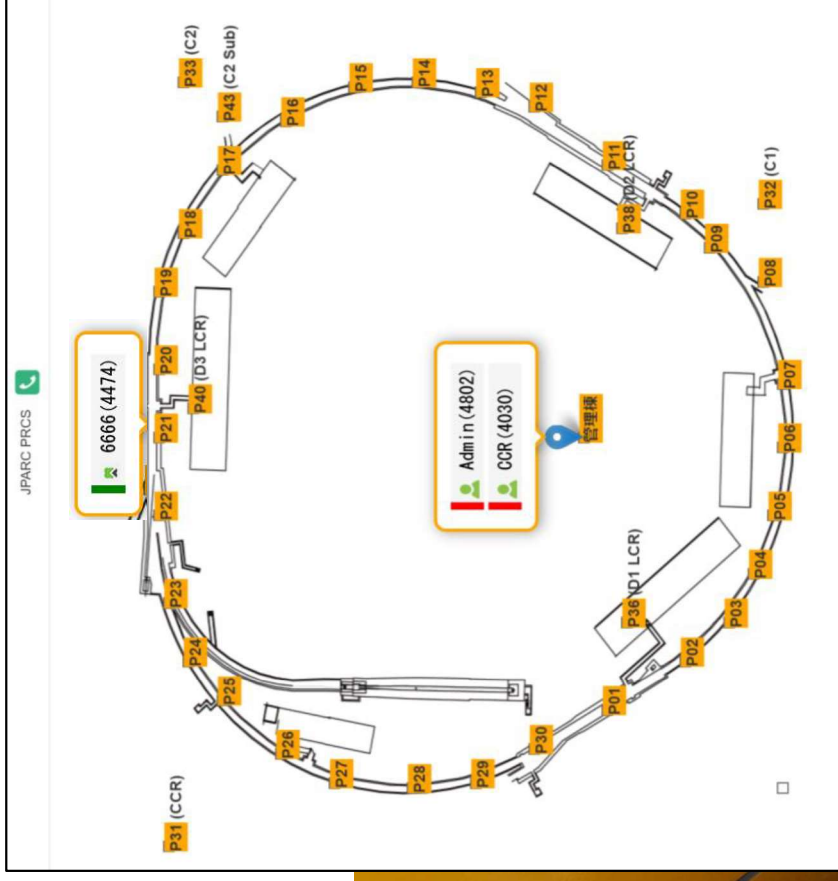
CCR: Central Control Building

D1 - D2 - D3: Power Supply Building

C1 - C2: Carry-in Building

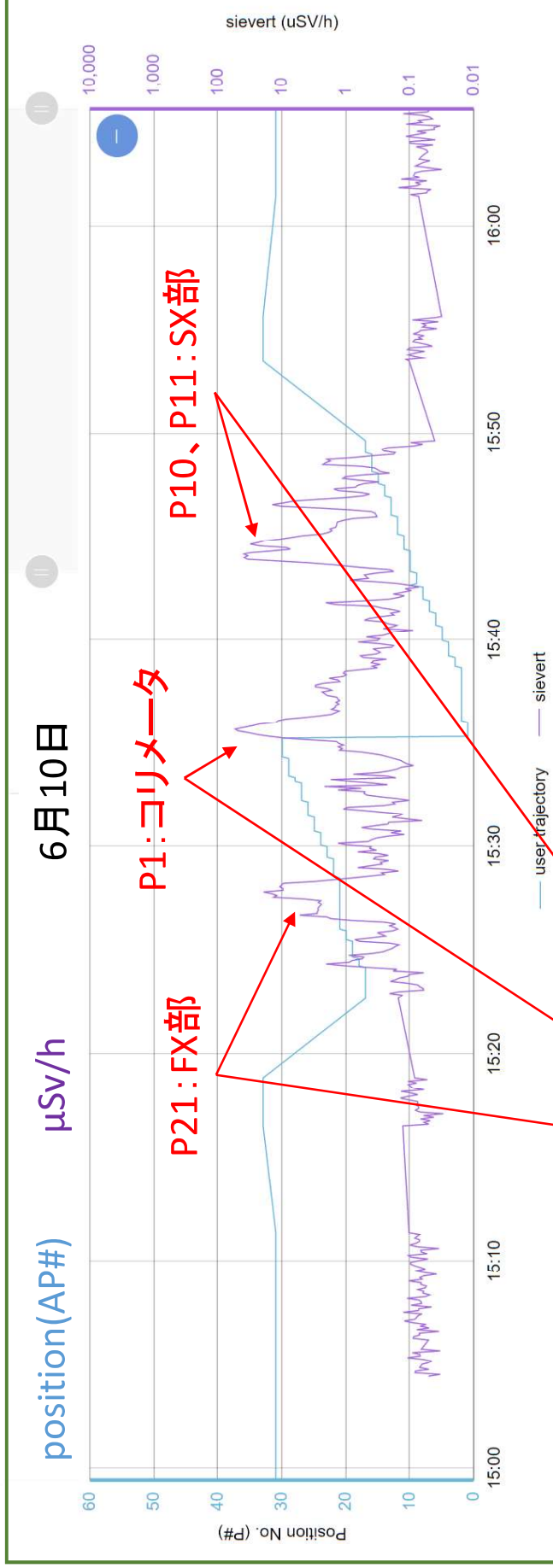
防災アプリと放射線測定

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



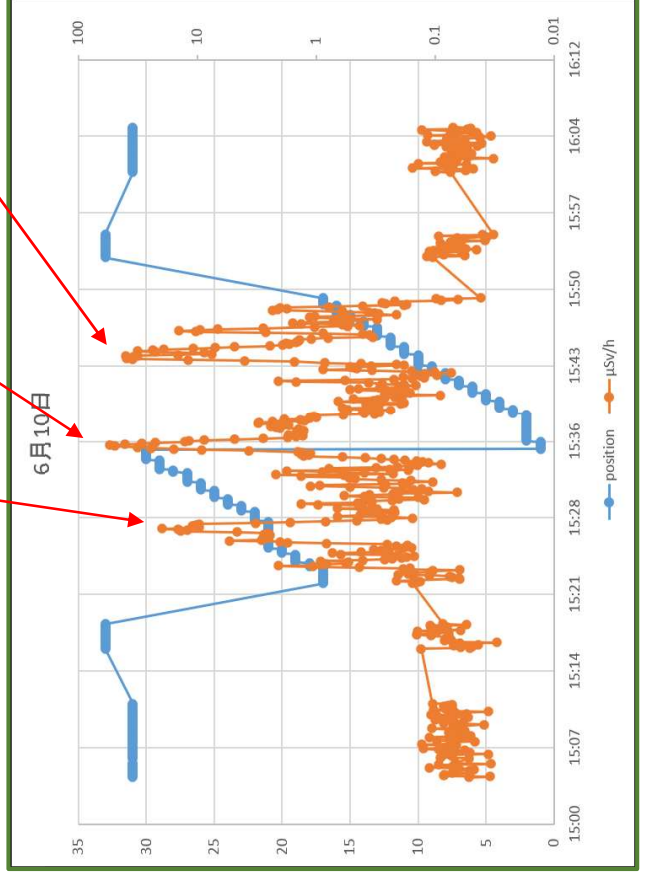
CANBERRA RADIAGEM  
40 keV ~ 1.5 MeV  
0.3  $\mu$ Sv/h ~ 100 mSv/h

# 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

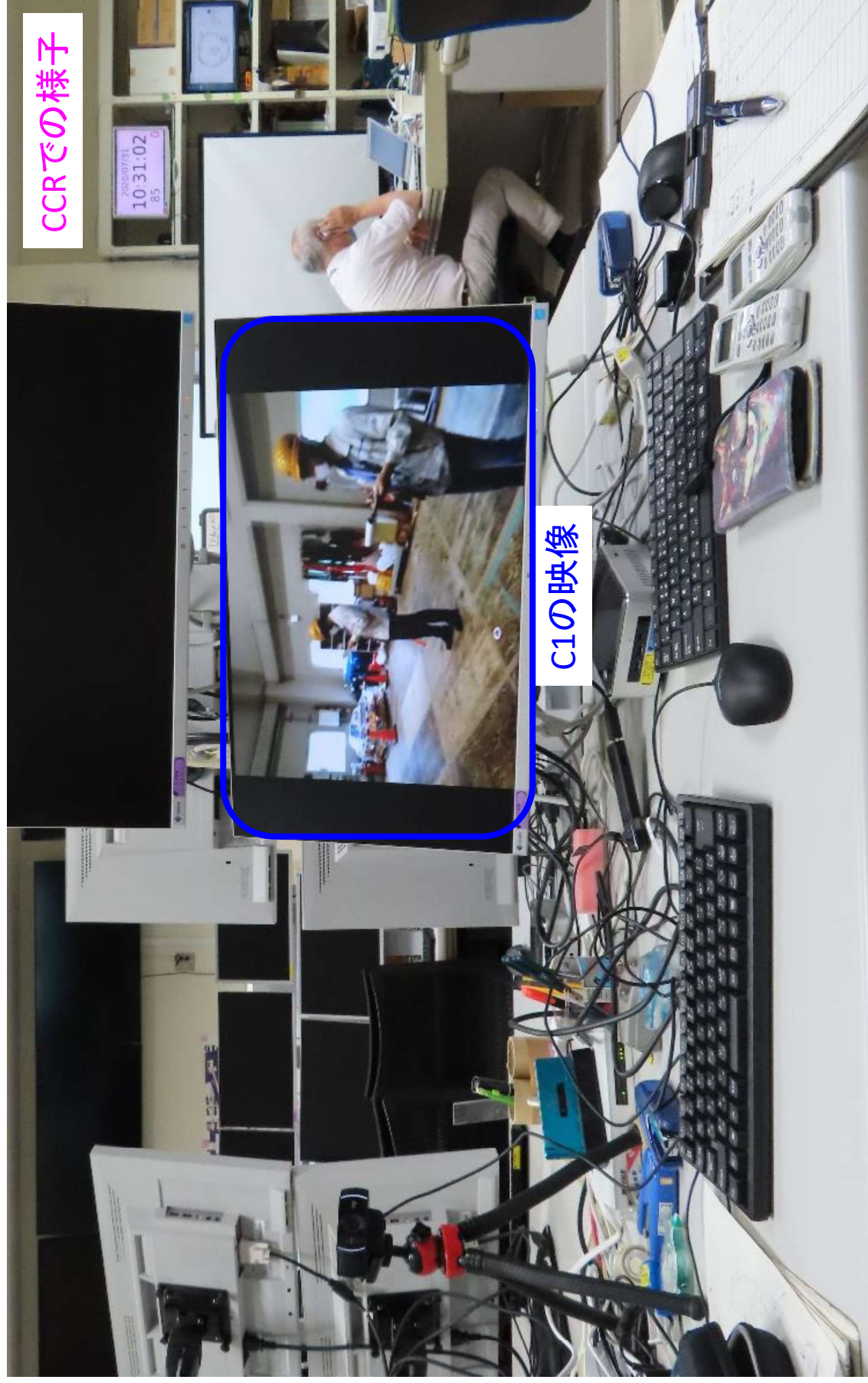
中央制御棟からMRトネル内への作業支援／将来に向けた働き方改革の第一歩



複数回線を開いて  
違うアングルでも視聴可能

## 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

CS-Studio (as tshibata)

21/04/27 11:59:36 Disaster Prevention System AP Power Line

AP Power Line Operation

ON OFF

Power Line OFF

Fault

Expert operation

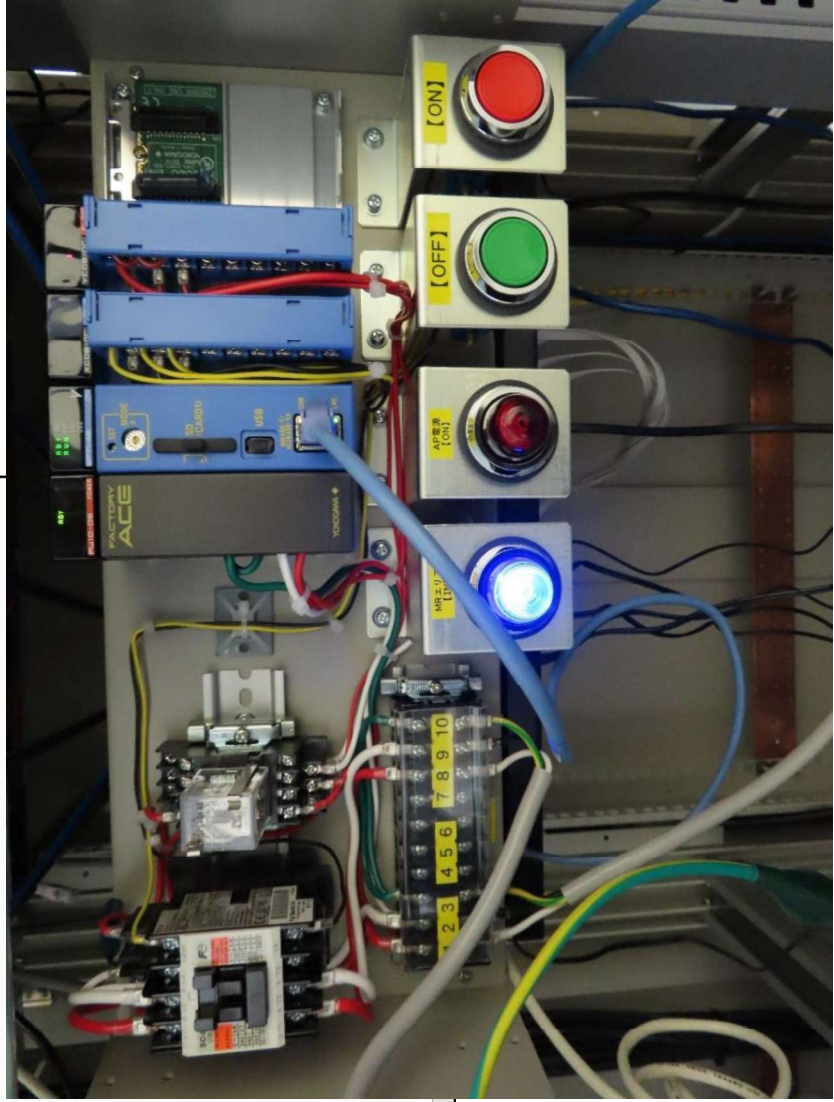
MR Area OUT MR Area IN

Local

Switch to Remote

Remote

MANUAL Remote Mode AUTO



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.

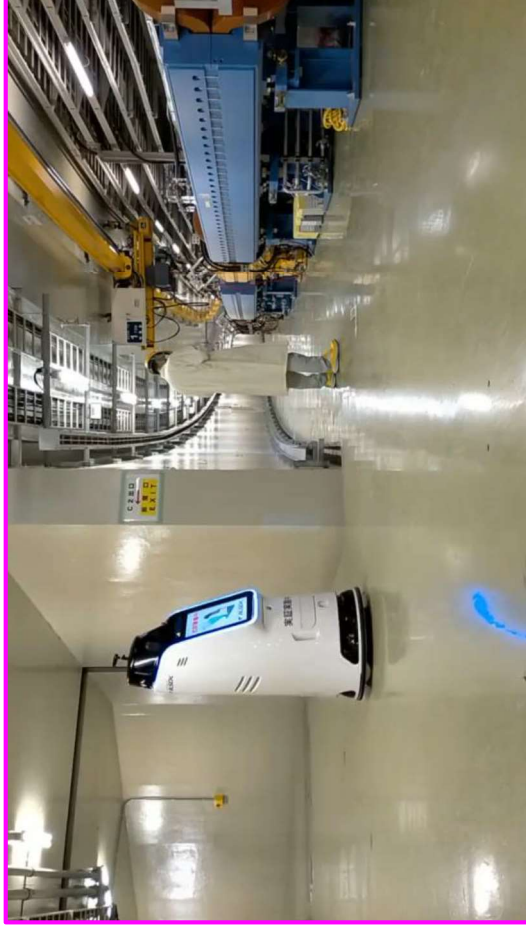
高額



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 :

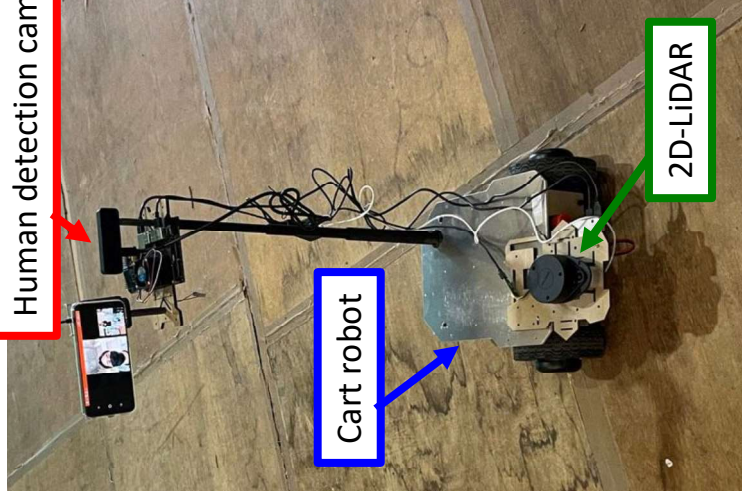
ALSOK :

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)



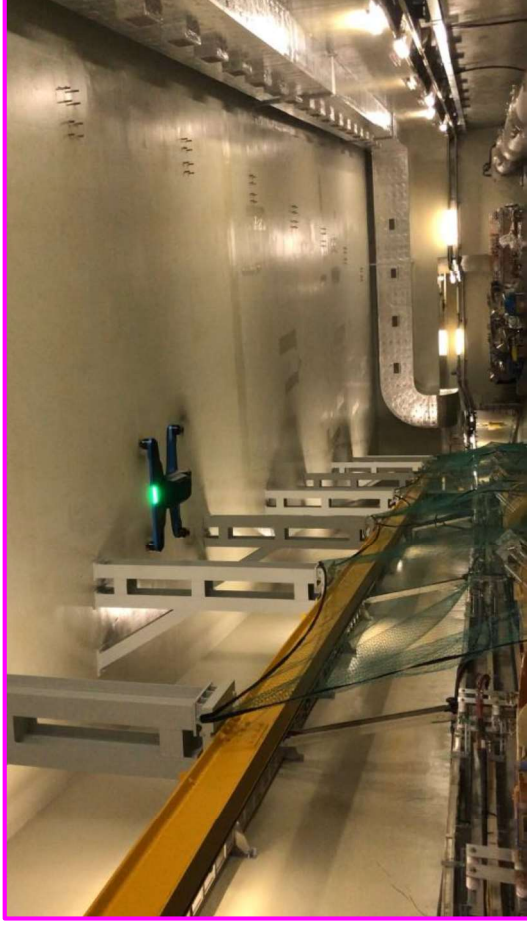
Drone base on the cart robot  
(Charge drone with the robot battery)

## 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)**

黒字： 国内学会発表論文(日本語)

青字： 発表等

赤字： 国際学会発表論文(英語)



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)