

SuperKEKB加速器トンネル内 無線LANシステムの構築

2013/8/5

岩崎昌子, 佐藤政則, 中村達郎, 古川和朗, 三川勝彦
(高エネルギー加速器研究機構)

青山智寛, 田中直樹, 中村卓也, 藤田誠, 吉井兼治
(三菱電機システムサービス (株))

SuperKEKB加速器計画



SuperKEKB加速器計画

KEKでは、Bファクトリー実験用KEKB電子・陽電子ビーム衝突型加速器の高輝度化を目的としてSuperKEKB加速器計画を進めている

KEKB加速器: 11年の運転で 1ab^{-1} のデータを収集
世界最高のルミノシティを記録

→SuperKEKBはさらに40倍高いルミノシティを目指す



SuperKEKB加速器計画

KEKでは、Bファクトリー実験用KEKB電子・陽電子ビーム衝突型加速器の高輝度化を目的としてSuperKEKB加速器計画を進めている

KEKB加速器: 11年の運転で 1ab^{-1} のデータを収集
世界最高のルミノシティを記録

→SuperKEKBはさらに40倍高いルミノシティを目指す



KEKB から SuperKEKBへ

- 2010年6月KEKB運転終了
- 2015年1月運転開始に向け、SuperKEKB建設中



KEKB から SuperKEKBへ

- 2010年6月KEKB運転終了
- 2015年1月運転開始に向け、SuperKEKB建設中



KEKB から SuperKEKBへ

- 2010年6月KEKB運転終了
- 2015年1月運転開始に向け、SuperKEKB建設中



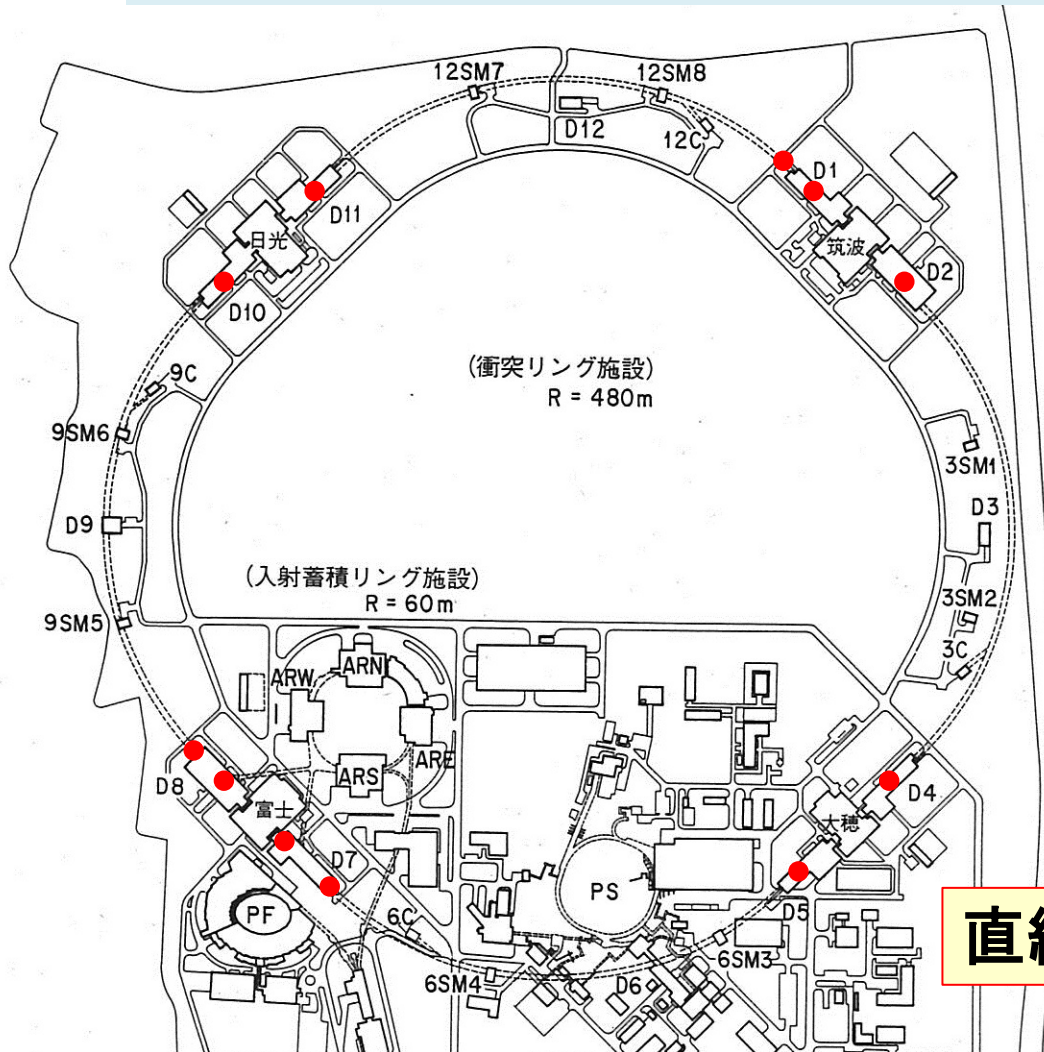
SuperKEKB加速器建設・メンテナンスのため
SuperKEKB加速器全域に無線LANを構築した



2013/07/08

KEKB制御ネットワーク無線LANシステム

2007年3月から2009年3月にかけて、
トンネル内と電源棟にアクセスポイントを設置



KEKB → 電源棟制御室 10カ所
トンネル直線部 11カ所
AR → 6カ所 Linac → 13カ所

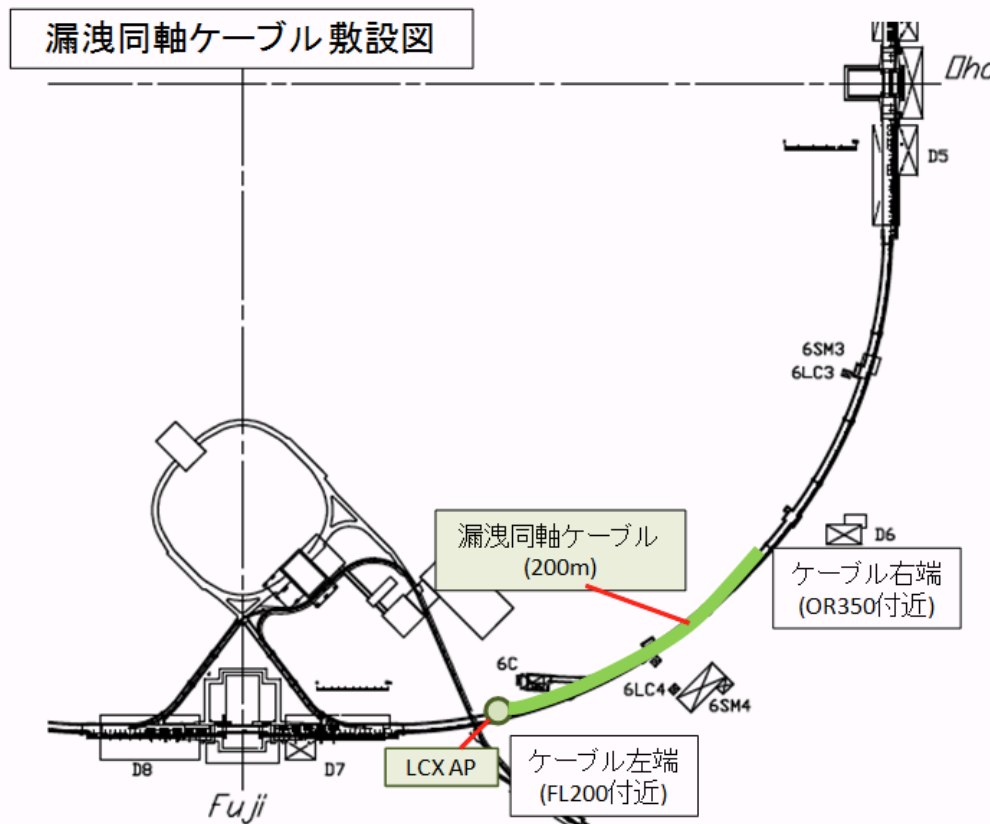
40台のAPはAPコントローラーで
一括管理されている

● KEKBトンネル内アクセスポイント

直線部のみ。アーク部にはなし。

KEKB制御ネットワーク無線LANシステム -漏洩ケーブルアンテナによる無線LAN-

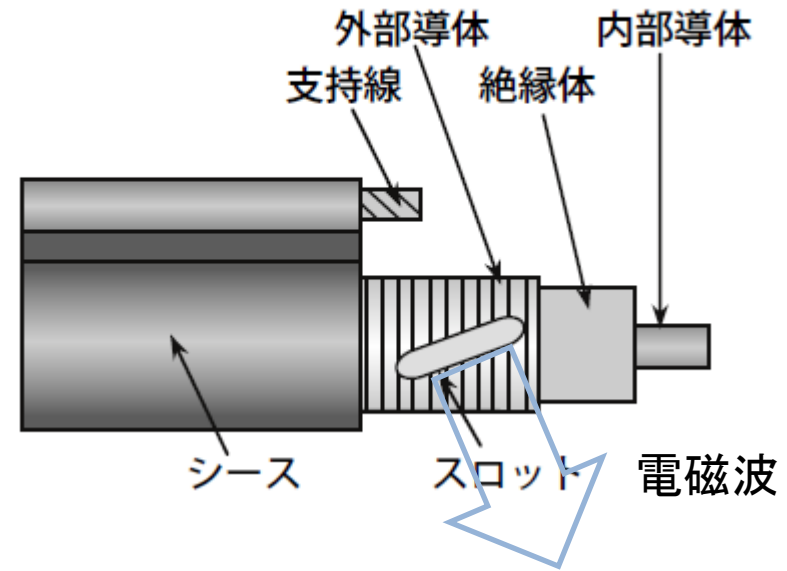
2011年末、KEKB南トンネル(富士-大穂間)富士側アーク部に
試験的に無線LAN用漏洩同軸ケーブル(LCX)を敷設



長さ200m

漏洩同軸ケーブル(LCX: Leaky Coaxial cable)

- 外部導体に規則的なスロット(穴)を設けた同軸ケーブル
- 電波を送受信するアンテナと信号を伝送するケーブルを兼ねている
- 線上アンテナのため、ケーブルに沿って均一な電磁波強度を形成



ケーブルサイズ: 5D型(短尺 ~10m) 10D型(中間長 ~70m) **20D型(長距離 ~100 - 200m)**

LCXを利用した無線LANの特徴

- 閉空間での無線LAN構築が可能
- 安定した無線通信が可能
- 技術基準適合証明が必要

ケーブル型アンテナなので、曲がりくねった空間でも可能
アンテナと端末の距離が短く、空間ノイズの影響が少ない
証明を受けたAPとLCXの組み合わせのみ使用可

制御ネットワーク無線LANシステムの更新

1. SuperKEKB建設、およびそのメンテナンスのため、
SuperKEKBトンネル内全域に、無線LANシステムを導入したい

ここで、アーク部は SR光による放射線レベルが高い
トンネル内に電波の届く距離が短い
電源供給設備が少ない

ため、LCXアンテナを用いた無線LANシステムを導入したい

2. KEKBで使用してきた無線LANシステムは、2016年2月メーカーサポートが終了するので、それらの更新も必要

→ 漏洩ケーブル用APと、通常のAPを一括管理したいので、
通常のAPも、LCXシステムと同じものに更新していきたい

LCXを用いた無線LANシステムは、
技術適合認証を取得したAP + LCXの組み合わせのものしか使用できない
→ 特定のAPしか使用できない

無線LANシステムの選定： ネットワーク通信試験

無線LAN通信における現場環境の影響を検討するため、
既設LCXを利用してネットワーク通信試験を行った

1. 既設LCXの電波受信レベル測定

LCXのAPの位置を基準とし、0m, 100m, 150m, 200m の地点で測定した
測定位置は(ノートPCの位置)は、LCXケーブルから約1.5m(LCX直下)

LCXケーブル電気特性 ケーブル損失量 7.1dB/100m 結合損失量 70dB
測定チャンネル 1ch (IEEE802.11g)

測定結果

測定ポイント	1	2	3	4
LCX地点	0m	100m	150m	200m
受信レベル	-68dB	-75dB	-77dB	-81dB
机上設計値	-70dB	-77dB	-81dB	-85dB

測定値と机上設計がほぼ合致 → 測定データは妥当な値であると判断できる

無線LANシステムの選定： ネットワーク通信試験

無線LAN通信における現場環境の影響を検討するため、
既設LCXを利用してネットワーク通信試験を行った

2. 既設LCXのネットワーク速度測定

LCXのAPの位置を基準とし、0m, 50m, 100m, 150m, 200m の地点で測定した

測定位置は(ノートPCの位置)は、LCXケーブルから約2m離れた所

測定したアクセスポイント(AP)は2種類

AP A :既設20D型LCXとの組み合わせで技術適合認証を取得しているもの

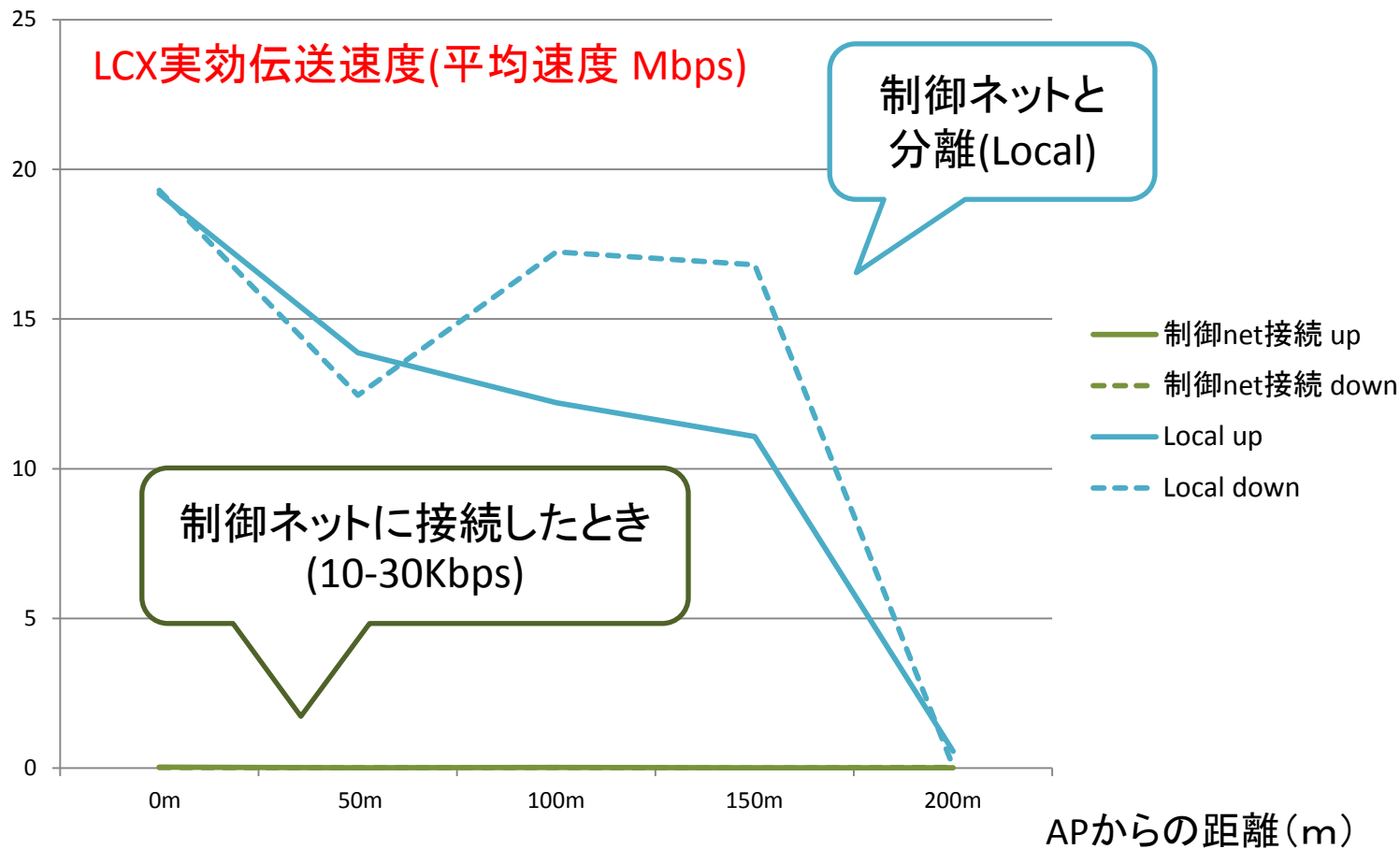
AP B :20D型LCXとの組み合わせで技術適合認証取得が可能なもの

上記の速度試験に加えて以下の通信試験も行った

3. 直線部で、外付けコリニアアンテナを用いたネットワーク速度測定

ネットワーク速度測定結果

1) LCX実効伝送速度測定 (AP A)



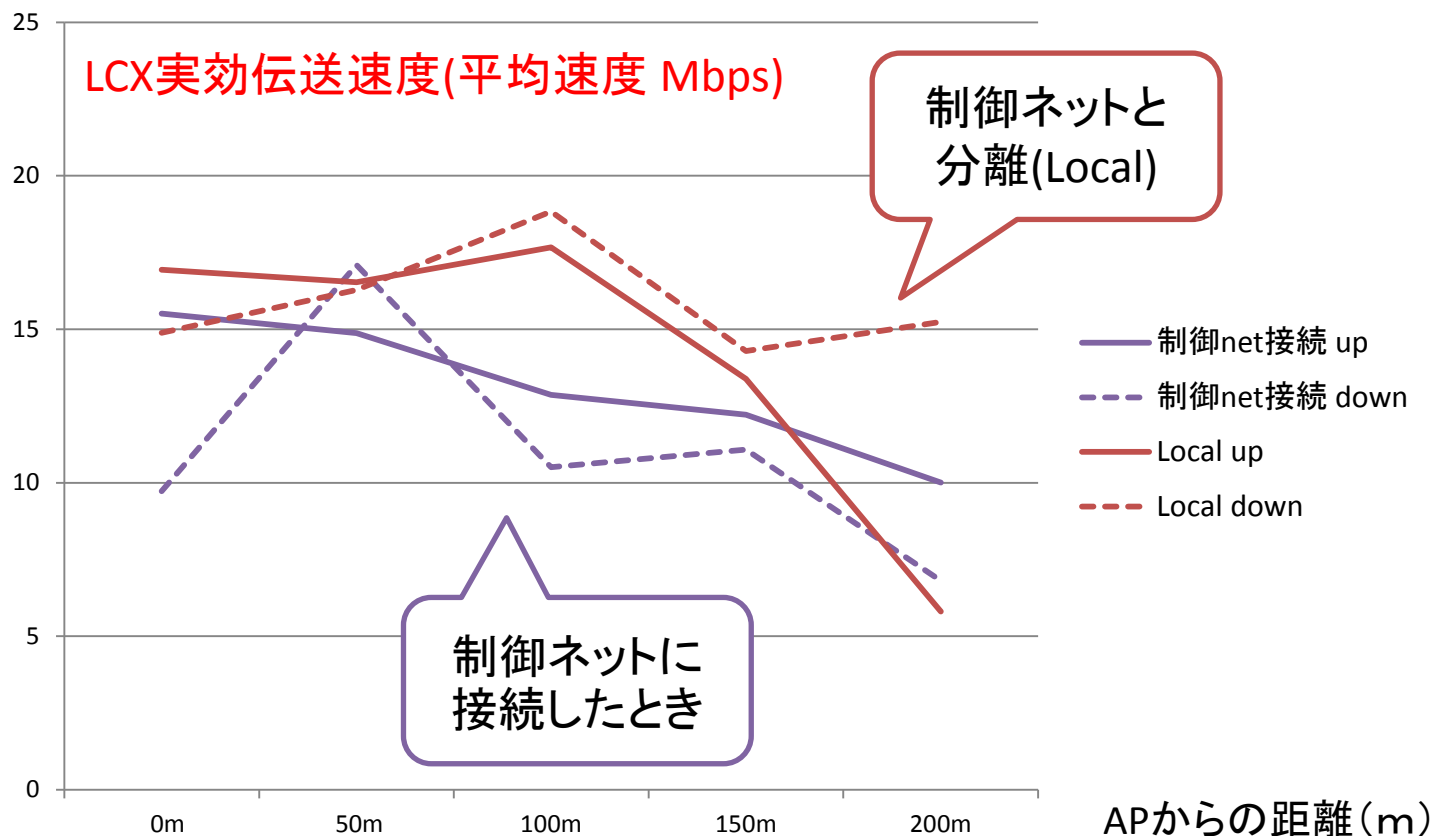
制御ネットワークに接続すると、ネットワーク速度が極端に落ちる

← UDPブロードキャストによる影響

LCX長さ150mを超えると安定したネットワーク速度が得られない

ネットワーク速度測定結果

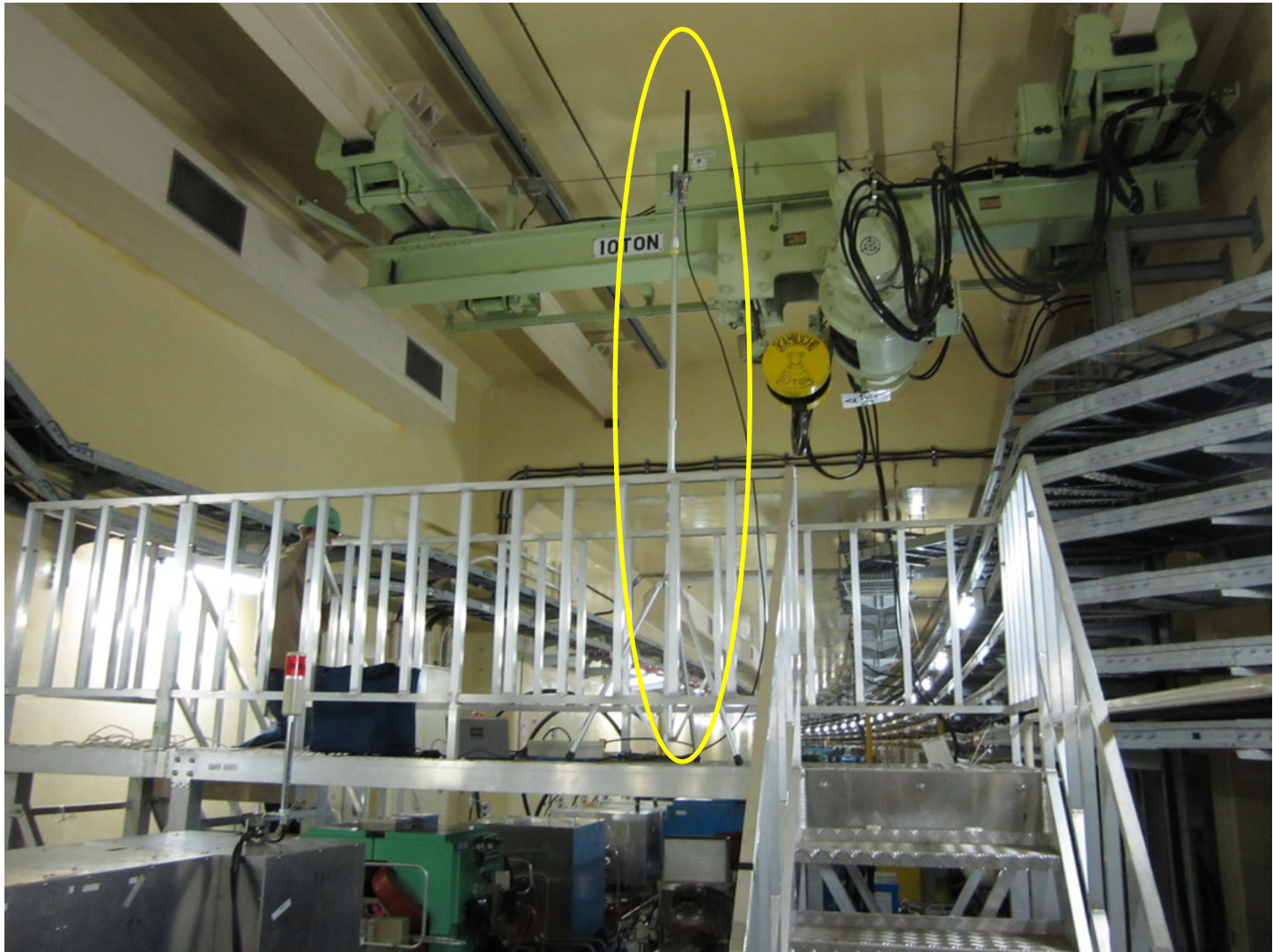
2) LCX実効伝送速度測定 (AP B)



制御ネットワークに接続しても、ネットワーク速度が極端に落ちない
→ APのリソースの差だと考えられる
LCX長さ150mを超えるとネットワーク速度が落ちる

外付けアンテナ速度試験

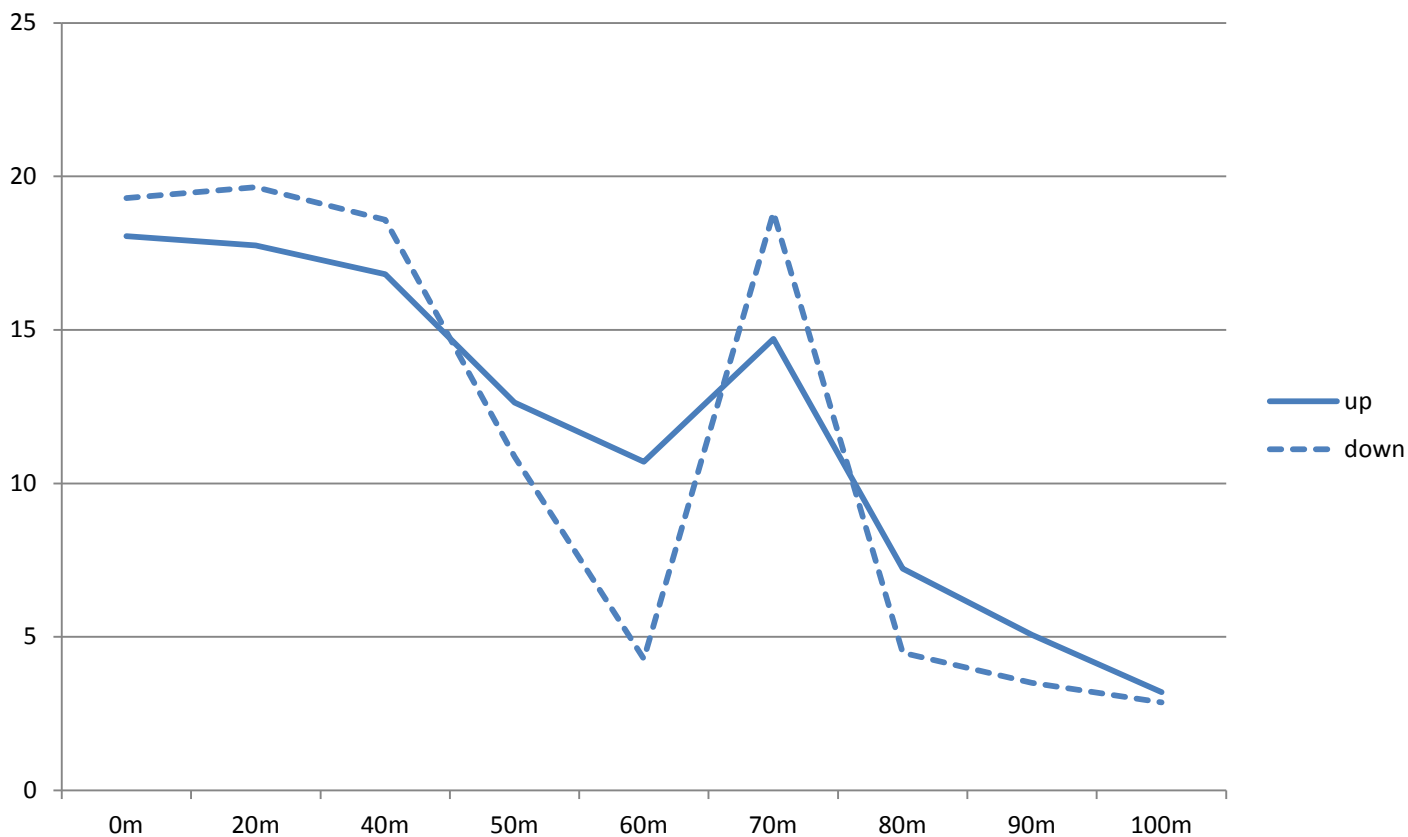
AP B + 10mアンテナ延長ケーブル+コリニアアンテナを富士直線部端部に設置
アンテナの高さ → 床面から3m



外付けアンテナ速度試験

AP B + 10mアンテナ延長ケーブル+コリニアアンテナを富士直線部端部に設置
アンテナの高さ → 床面から3m

外付けアンテナ実効伝送速度(平均速度 Mbps)



片側50mの範囲で、
十分なネットワーク速度(~15Mbps以上)が得られた

APからの距離(m)

ネットワーク通信試験まとめ

1) アーク部 LCXのネットワーク速度測定

- LCXの長さ150mを超えると、ネットワーク通信速度が劣化する
- AP Aは、制御ネットワークに接続すると、通信性能が極度に劣化する
- AP Bは、制御ネットワークに接続しても、安定に動作し、通信性能もあまり劣化しない

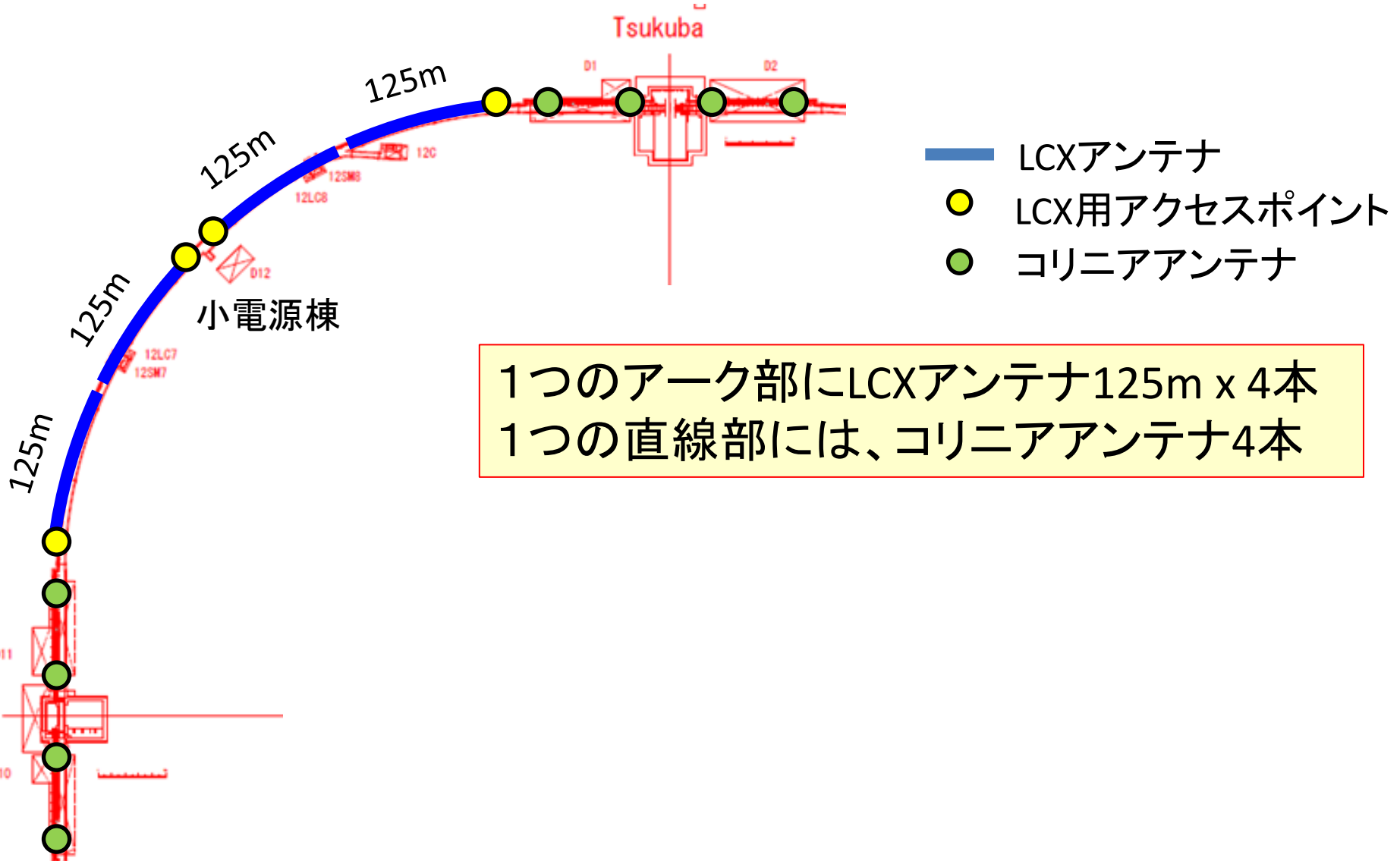
→ KEKBトンネルアーク部(500m)をカバーするLCXアンテナは125m x 4本とした
→ 使用するアクセスポイントは B に選定した

2) 直線部 外付けコリニアアンテナネットワーク速度測定

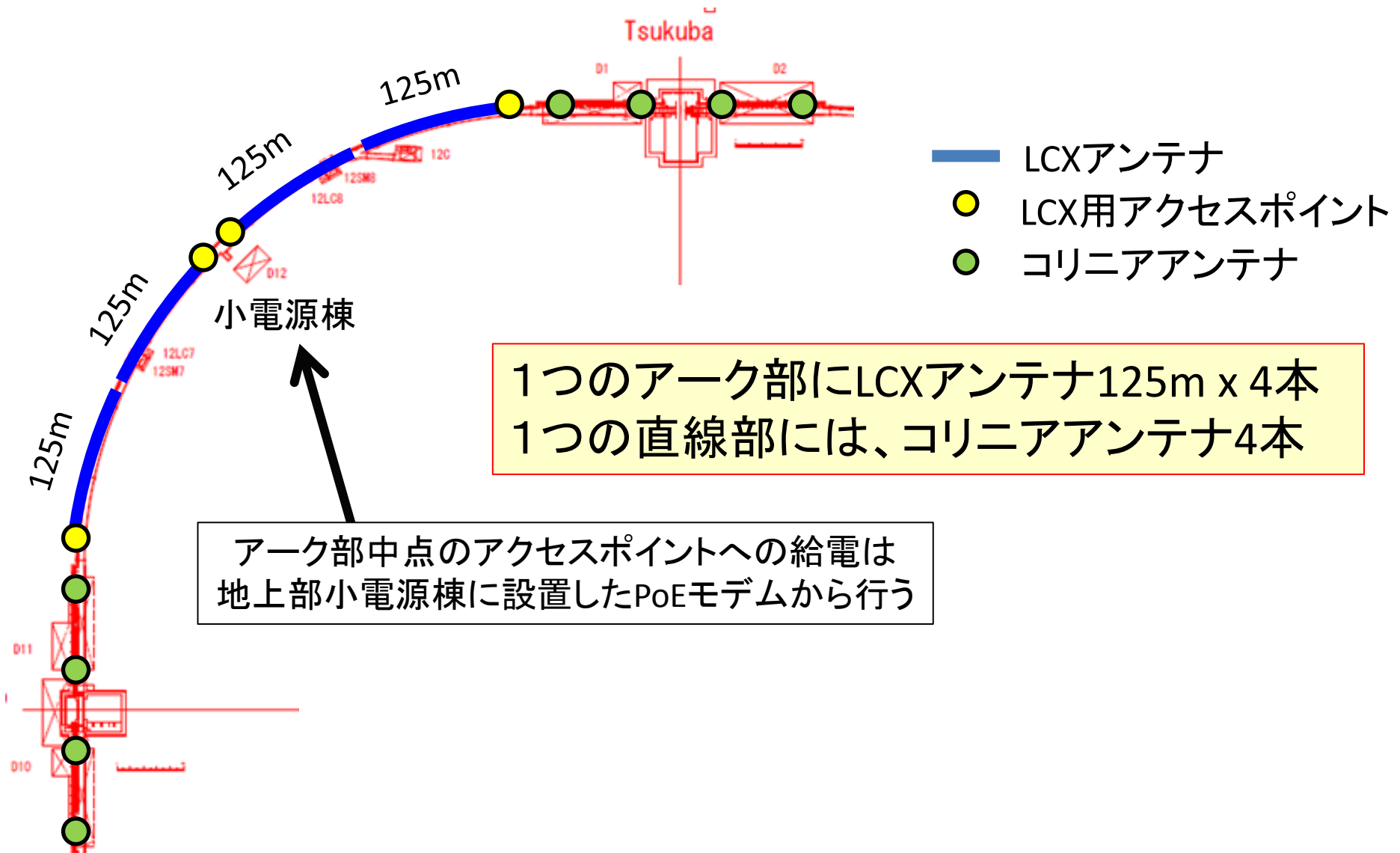
- 片側50mの範囲であれば、十分なネットワーク速度(~15Mbps以上)が得られた

→ KEKBトンネル直線部(片側125m x 2)をカバーするコリニアアンテナは(2本 x 2)

無線LANシステムの導入 - 無線機器のトンネル内配置 -



無線LANシステムの導入 - 無線機器のトンネル内配置 -



無線LANシステムの導入

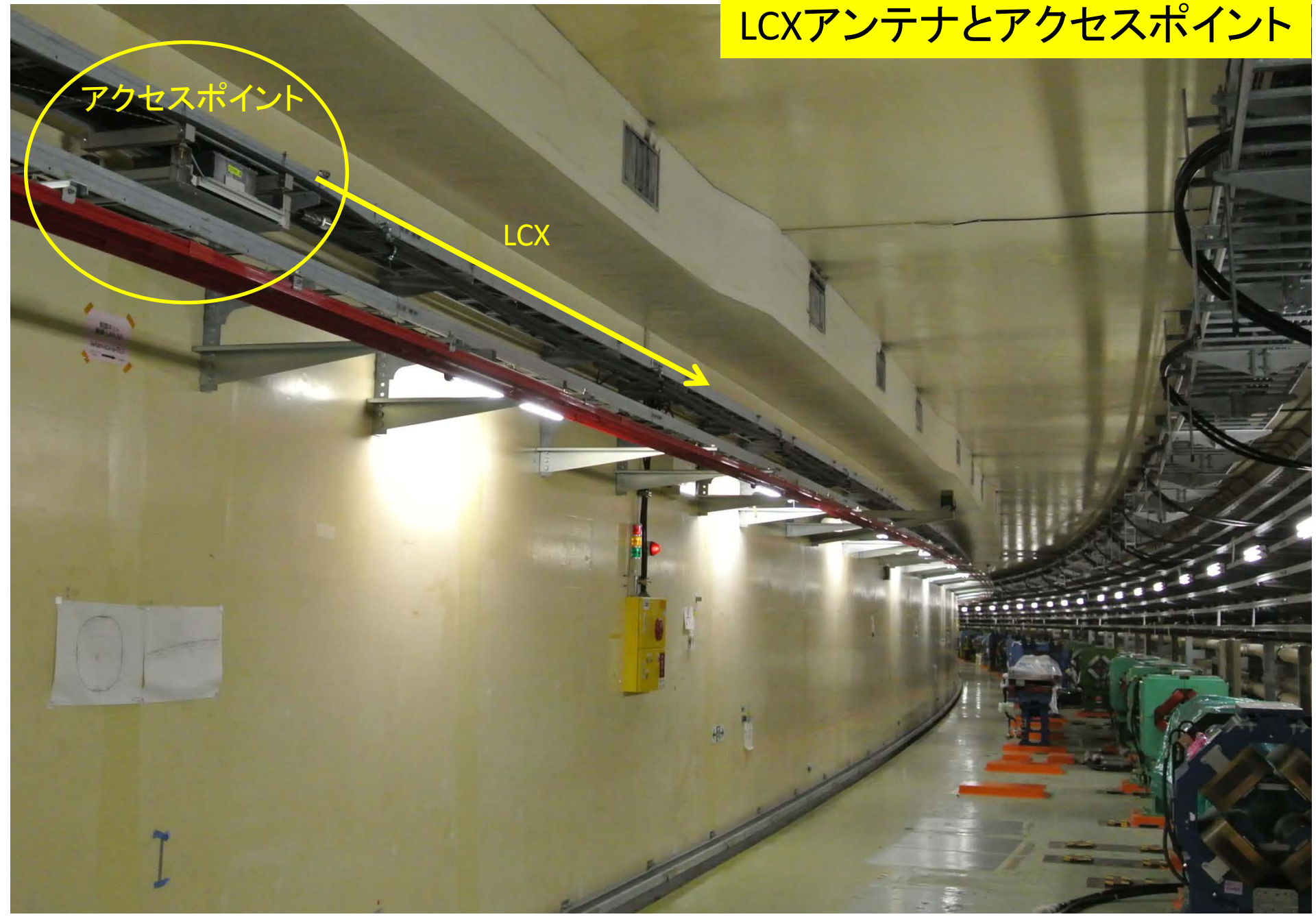
アーク部へLCXケーブルを敷設



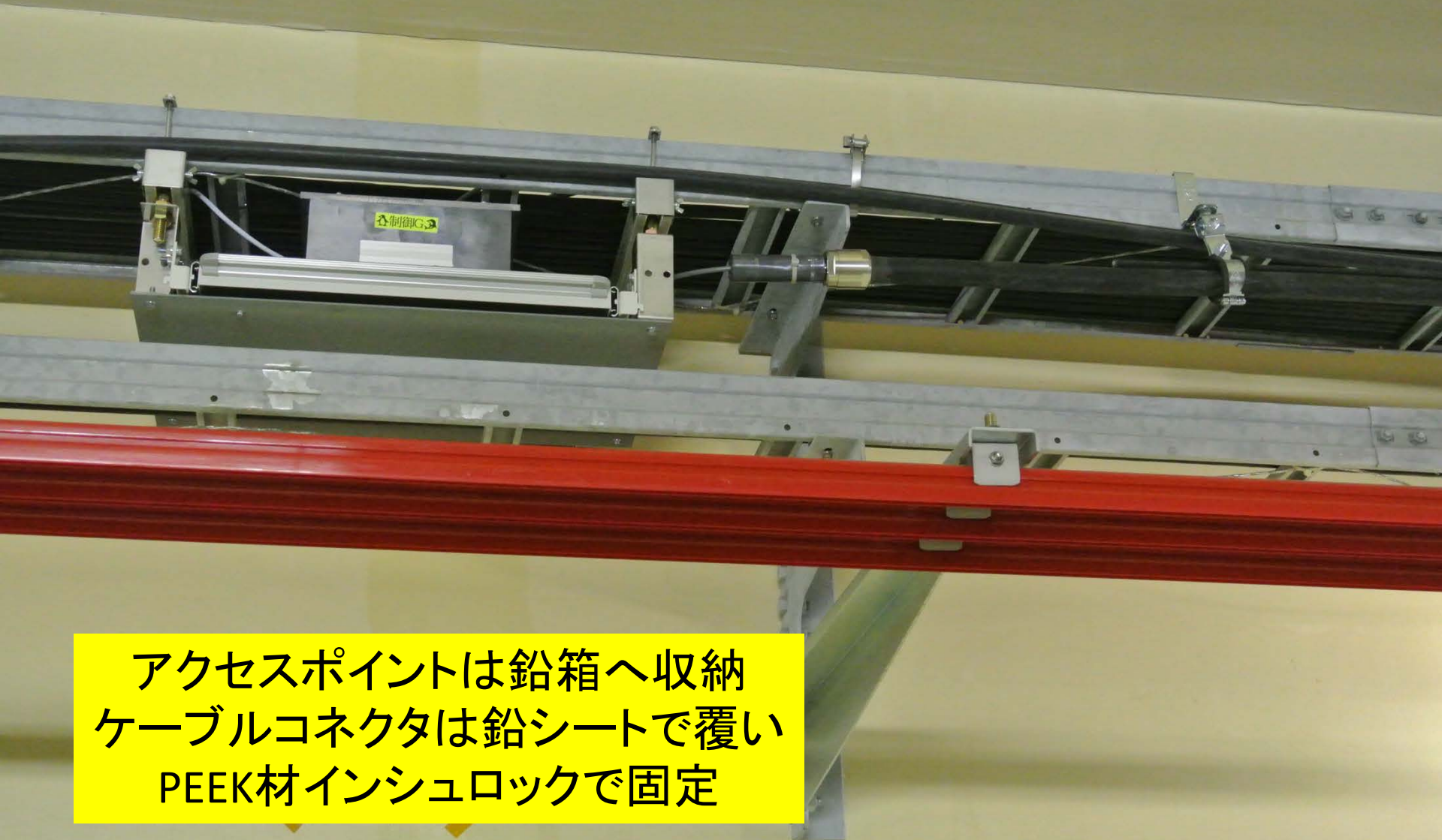
SuperKEKBアーク部に設置した
LCXアンテナとアクセスポイント

アクセスポイント

LCX



SuperKEKBトンネル内へLCXアンテナ16本を設置(計2000m)

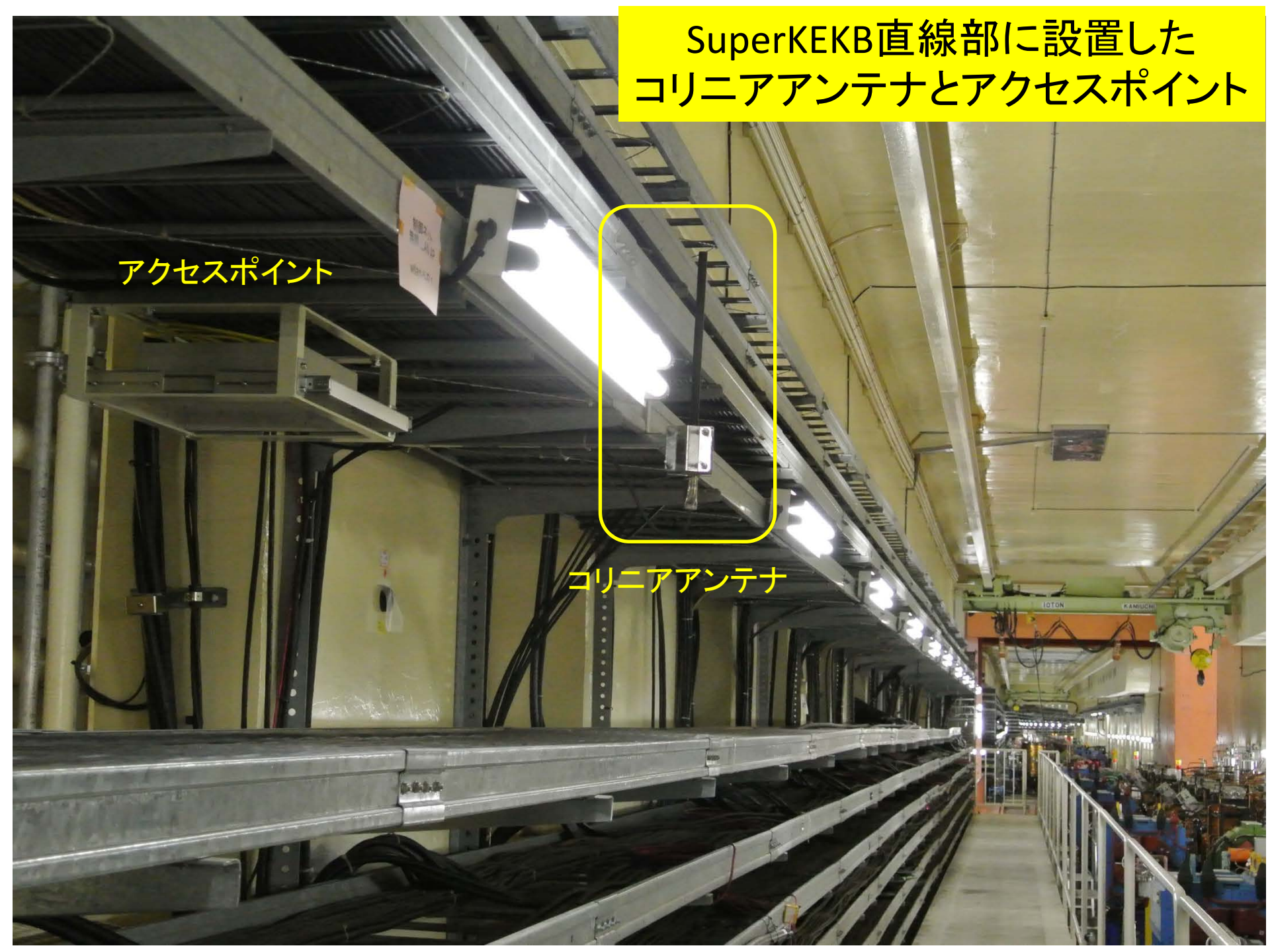


アクセスポイントは鉛箱へ収納
ケーブルコネクタは鉛シートで覆い
PEEK材インシュロックで固定

SuperKEKB直線部に設置した
コリニアアンテナとアクセスポイント

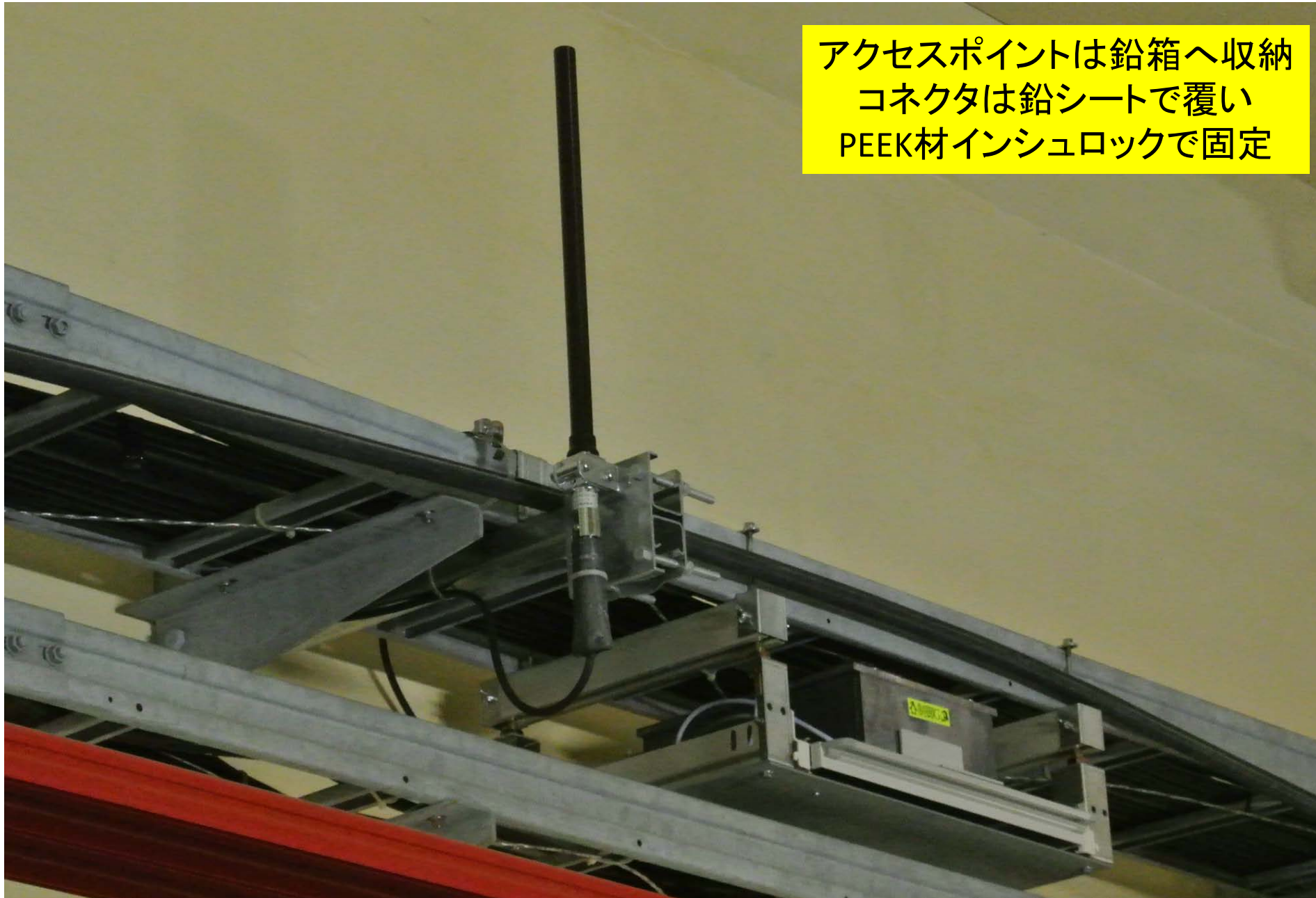
アクセスポイント

コリニアアンテナ



SuperKEKB直線部へコリニアアンテナ16本を設置

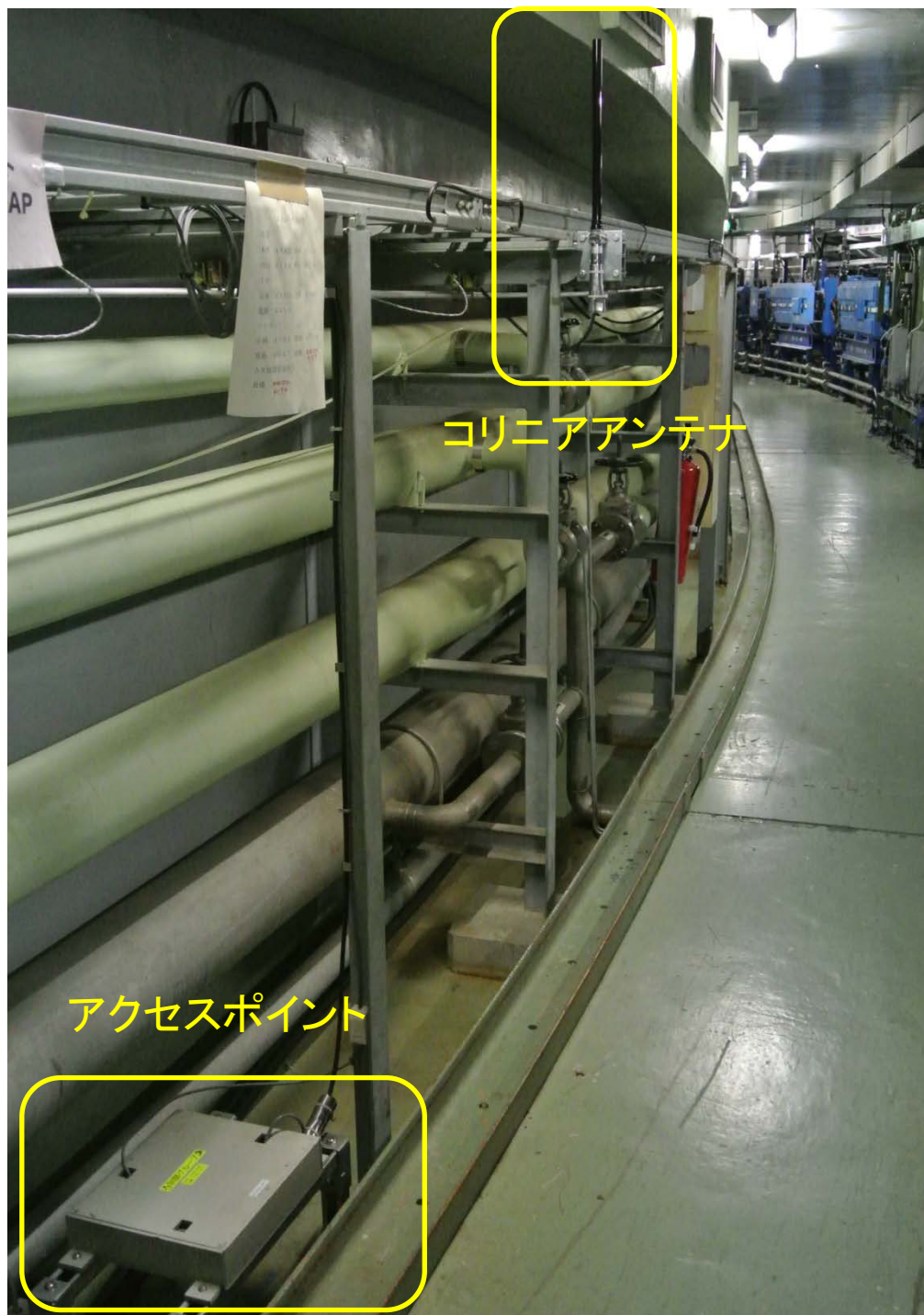
アクセスポイントは鉛箱へ収納
コネクタは鉛シートで覆い
PEEK材インシュロックで固定



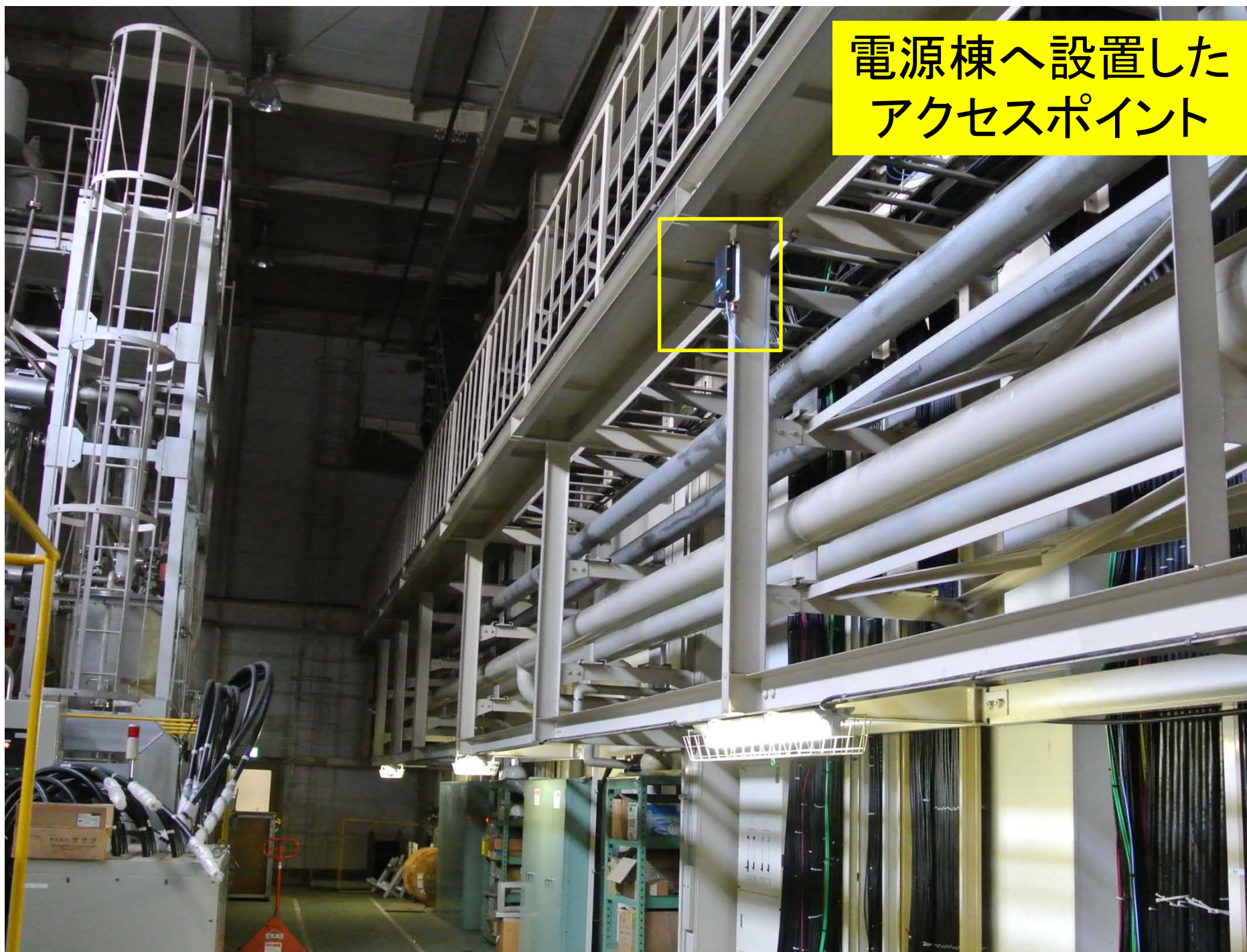
Linacに設置した
外付けアンテナ
APは地上部へ設置



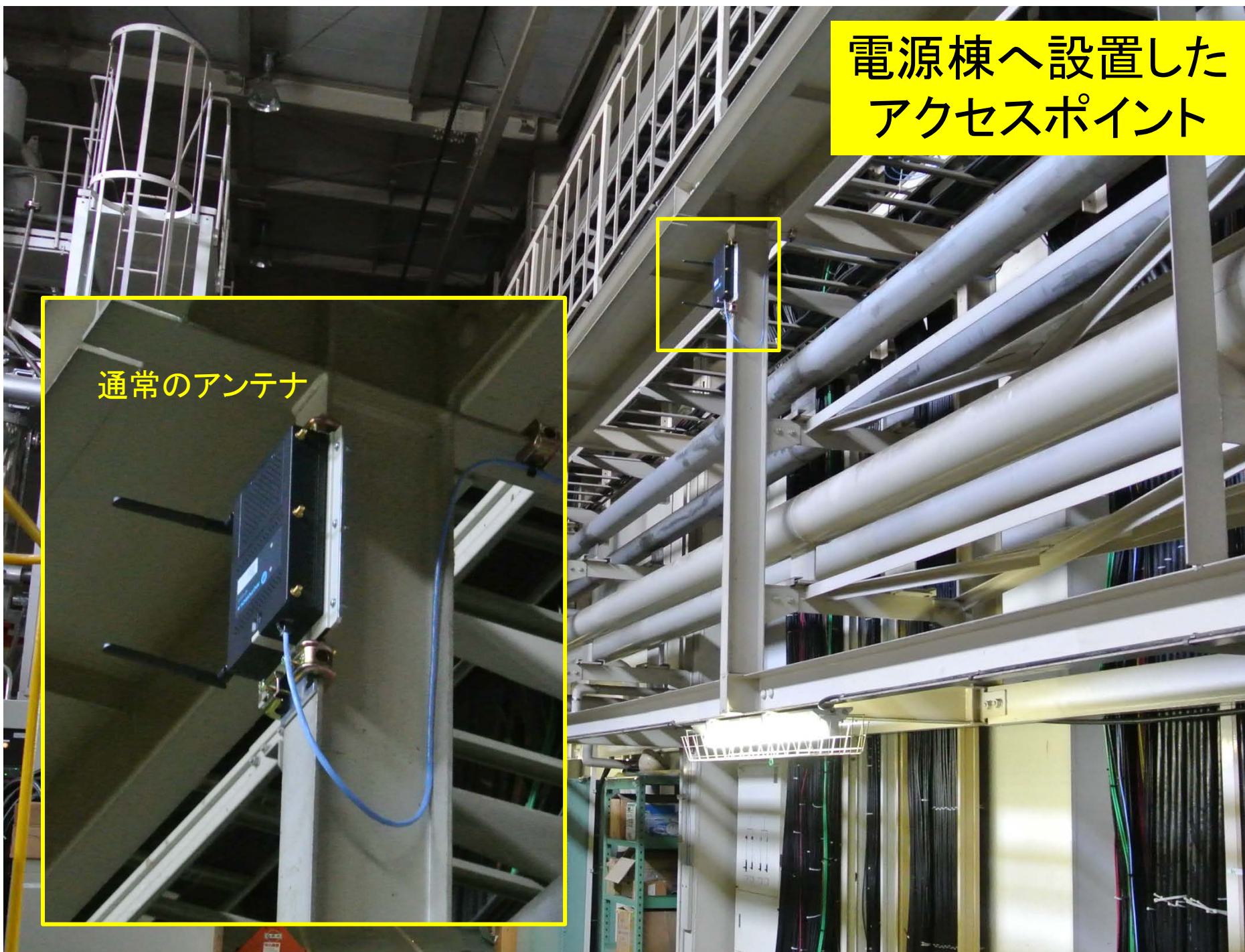
AR加速器の 無線LANシステムを更新



電源棟へ設置した
アクセスポイント

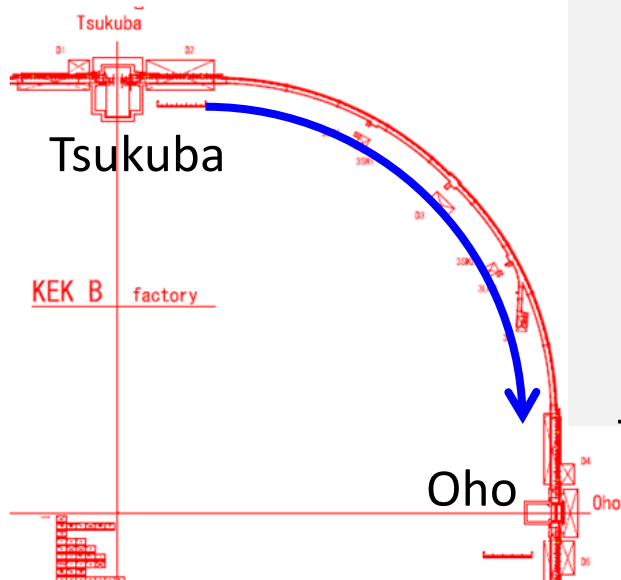


電源棟へ設置した
アクセスポイント

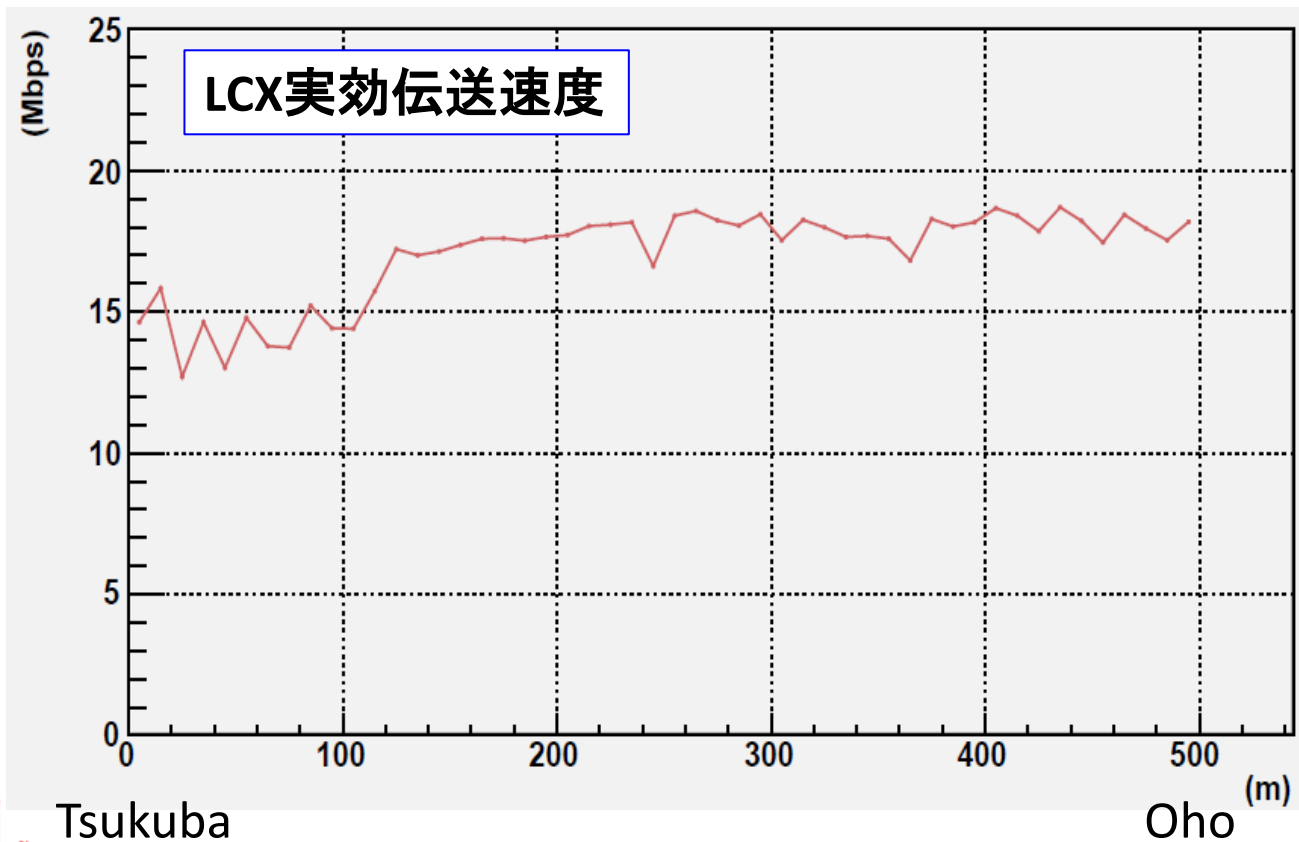


KEKBトンネル内無線LAN通信速度測定

トンネル 全周で~18Mbpsのネットワーク速度が得られるように調整



この区間の測定結果



概ね~18Mbpsの通信速度が得られた
(筑波近辺はチャンネル干渉のため通信性能劣化)

まとめ

SuperKEKB制御ネットワーク無線LANシステムを導入・更新した

- 我々のネットワーク環境に適したアクセスポイントの機種を選定した
加速器内は耐放射線性を考慮して、無線LANシステムを構築した
 - SuperKEKB アーク部 AP+LCXアンテナ16本(2000m)を設置
SuperKEKB 直線部、AR、LinacにAP+コリニアアンテナ32本を設置
SuperKEKB 電源棟電源室・制御室にAPを22台設置
- 70台のアクセスポイントは1台のAPコントローラーで管理されている
- トンネル内・電源棟内で約18Mbpsの通信速度が得られた

**今年の夏からSuperKEKB建設のために、
今回導入した無線LANシステムを本格的に使用する予定**