

## ビーコンによる位置確認システムの基礎研究

中村 征史\*1

## 概 要

鉄道工事現場において発生する事故のうち、列車との接触は重大災害に直結する事象であり防止対策を徹底することが重要である。現状は線路防護網による立入禁止措置等で対策をしているが、ヒューマンエラーによる立ち入り禁止エリアへの侵入リスクがある。都市部の複々線以上の線路が存在する箇所においては線別に線路閉鎖手続きを行い、隣接する線路では列車が運行している状況での施工もあり、そのリスクはさらに高いものとなる。

そこで、ビーコンと受信機を用いて精度よく位置確認をすることで立入禁止エリアに侵入した人や物を検知するシステムを考案した。

本稿は、考案したシステムの有効性を確認するために実施した性能確認試験について示すものである。

キーワード：ビーコン、位置確認、立入禁止措置

## BASIC RESEARCH OF A BEACON – BASED POSITION IDENTIFY

Seishi NAKAMURA\*1

## Abstract

There are various types of accidents at railway construction sites, including situations where workers contact a moving train — a potentially serious disaster. Therefore, it is important to take extreme preventive measures. Currently, entry into the railway is restricted by installing track protection nets and other measures, but there is still a risk of entry into the off-limits area due to human error. In urban areas, at places where two or more railway tracks are laid, railway construction is started by closing the line under construction, while keeping the adjacent line in service. In such cases, the risk becomes even higher.

To cope with this problem, we have created a new system using beacons and receivers, which is able accurately to locate people and objects which have entered off-limits areas.

This paper reports the test we conducted to check for the effectiveness of the system we have devised.

Keywords: beacon, location check, off-limits restrictions

---

\*1 Construction Technology Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

## ビーコンによる位置確認システムの基礎研究

中村 征史\*1

### 1. はじめに

鉄道工事現場において発生する事故のうち、列車との接触は重大災害に直結する事象であり防止対策を徹底することが重要である。現状は線路防護網による立入禁止措置等で対策をしているが、ヒューマンエラーによる立ち入り禁止エリアへの侵入リスクがある。都市部の複々線以上の線路が存在する箇所においては線別に線路閉鎖手続きを行い、隣接する線路では列車が運行している状況での施工もあり、そのリスクはさらに高いものとなる。

そこで、ビーコンと受信機を用いて精度よく位置確認をすることで立入禁止エリアに侵入した人や物を検知するシステムを考案した。

本稿はその有効性を確認するために実施した性能確認試験について報告するものである。

### 2. システム概要

本システム（図-1）はビーコンから発信される電波を受信機で受信し、その電波強度から離隔を解析して受信機の位置を特定することを基本としている。ビーコン設置位置はアプリケーションを用いて管理することができるため、複数のビーコンからの電波を受信・解析することで、高精度な位置計測システムが構築できると考えられる。解析の結果、特定された位置が立入禁止エリアの場合やその近傍で立入禁止エリアへの侵入が見込まれる場合は、直ちに警報を受信者に直接発することで事故を未然に防ぐことができる。

本システムの実現性を確認するため、一定間隔で配置した複数のビーコンから受信する電波強度を解析する性能確認試験を実施した。

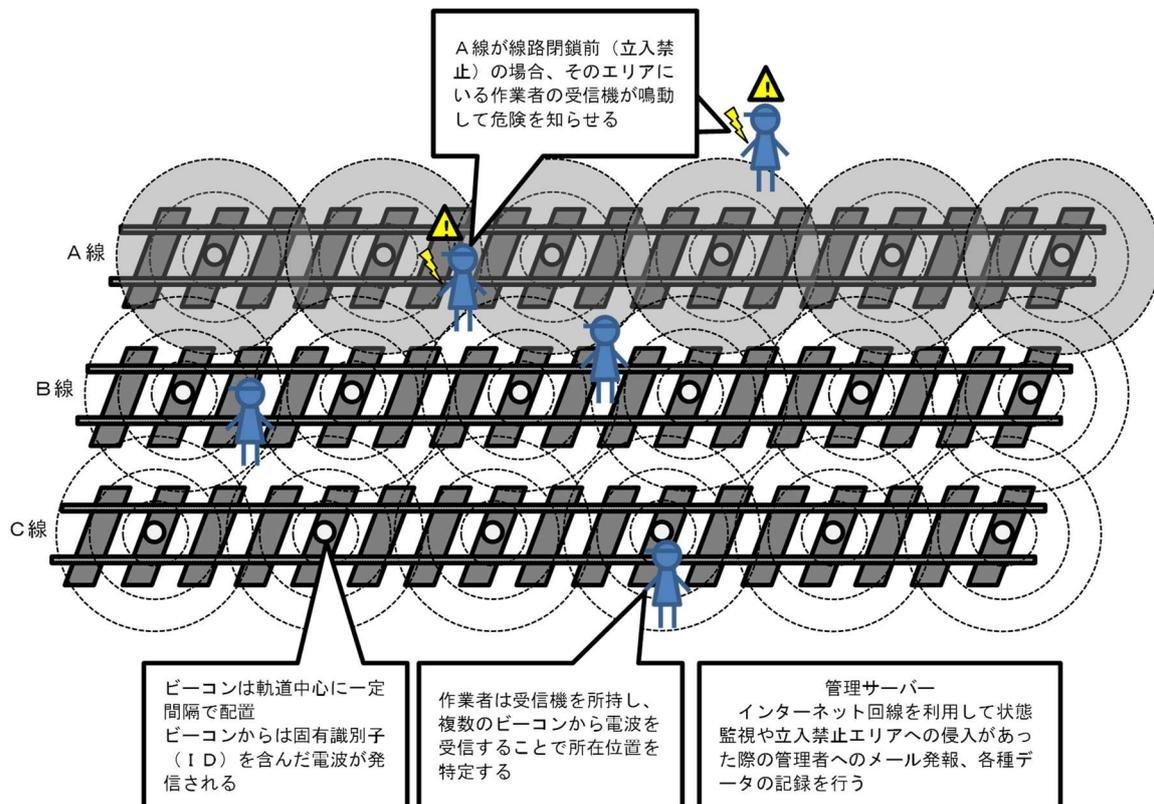


図-1 システム概要図

\*1 建設技術総合センター 研究開発センター 施工技術グループ

### 3. 性能確認試験

性能確認試験は図-2に示すように軌道中心間隔4mの3線軌道を想定し、当社の研修軌道を使用して行い、ビーコンは軌道中心に2m間隔に3台配置した。ビーコンが発する電波は互いの干渉の有無を確認するために強・中・弱の3段階で比較し、受信者の向き、受信機の収納位置等を考慮し、表-1に示す全12パターンでデータ収集を実施した。試験状況を写真-1に示す。

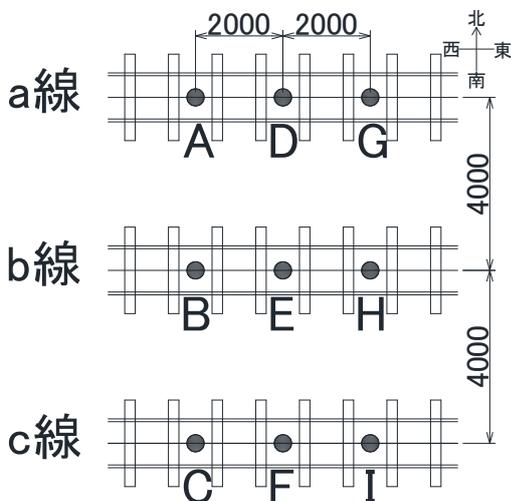


図-2 ビーコン配置平面図

表-1 性能確認試験パターン一覧

パターン	発信強度	受信者向き	受信機収納位置
1, 5, 9	強	北	胸
2, 6, 10	または中	南	
3, 7, 11	または弱	北	ズボン尻ポケット
4, 8, 12		南	



写真-1 性能確認試験状況

### 4. 試験結果

#### 4.1 ビーコンからの距離による変化

各パターンにおいて様々な離隔を取って電波強度のデータ収集を行った。その一例としてビーコンからの距離が2.0mと2.5mの結果を比較して表-2に、6mと10mの結果を比較して表-3に示す。距離が近ければ電波強度が強くなると予想していたが、実際には4mの差があっても逆転する瞬間(表中の下線部)があり、電波強度のばらつきが大きいことが判った。

表-2 距離による電波強度比較例1

パターン 電波強度	離隔	発信ビーコン (単位: dBm)		
		A	D	G
1 電波強	2.0m	-68.50	<u>-71.39</u>	-66.60
	2.5m	-74.49	<u>-67.28</u>	-71.83
5 電波中	2.0m	-79.83	<u>-86.23</u>	-78.29
	2.5m	-80.11	<u>-80.32</u>	-80.56
9 電波弱	2.0m	-86.88	-88.26	-82.09
	2.5m	-92.73	-91.81	-84.34

表-3 距離による電波強度比較例2

パターン 電波強度	離隔	発信ビーコン (単位: dBm)		
		6m : B 10m : C	6m : E 10m : F	6m : H 10m : I
2 電波強	6m	-84.04	-81.34	-85.81
	10m	-86.58	-84.92	-87.06
6 電波中	6m	<u>-95.98</u>	-92.05	<u>-96.64</u>
	10m	-95.74	-97.13	-92.28
10 電波弱	6m	非受信	-96.34	非受信
	10m	非受信	-96.06	非受信

### 4. 2 受信機の収納位置による変化

各パターンにおいて受信者の立ち位置を固定して、9 台のビーコンからの電波強度を強い順に並べた例を表-4 に示す。電波強度は受信者の体の向きによって異なり、受信機とビーコンの間に人体が介在する場合は電波強度が弱くなる傾向があることが判った。そのため、受信機の収納位置をどのように設定するかも重要な課題となる。

### 4. 3 受信者が移動中の場合

ビーコンの電波強度にはばらつきがあることから、受信者が移動しながら電波強度の収集を行い、それぞれのビーコンから発信される電波強度を近似曲線で表したものを図-3 に示す。近似曲線を用いることで、受信者がどのビーコンに最も接近しているかを判定できることが判った。

## 5. まとめ

本試験を通して、以下の知見を得ることができた。

- ・電波強度にはばらつきがある
  - ・最も近いビーコンからの電波が常に強いとは限らない
  - ・受信者の立ち位置が同じでも受信機の収納位置によって電波強度に差が生じる
  - ・受信機とビーコンの間に人体が介在するとビーコンからの電波は弱くなる
  - ・電波強度を近似曲線で表すことで受信者の位置を特定することができる
- また、以下のことが課題として挙げられる。
- ・電波強度の近似解析方法  
短時間で位置解析ができるシステムの構築
  - ・受信機収納位置の統一  
ヘルメットに内蔵する等、人体の影響を受けない位置に収納位置を統一する

今後、様々な角度から検討を行い、現場への導入が可能なシステムの構築を目指していく方針である。

表-4 収納位置による電波強度比較例

パターン	1	2	3	4
電波強度	電波強			
体の向き	体の向き 		体の向き 	
収納位置	胸	ズボン	胸	ズボン
電波強度昇順 (単位: dBm)	D-71.39	E-66.11	E-65.24	D-69.55
	G-72.23	B-69.71	H-67.30	G-70.55
	A-76.14	F-76.84	B-73.29	H-79.23
	B-76.37	H-78.17	I-73.93	I-84.95
	H-87.56	I-82.16	G-78.42	A-86.02
	F-89.18	C-83.80	F-80.08	F-87.73
	E-89.26	G-84.50	C-81.83	E-88.12
	I-90.28	A-84.80	D-89.05	C-93.33
	C-91.97	D-87.56	A-91.24	B-93.93
イメージ図				

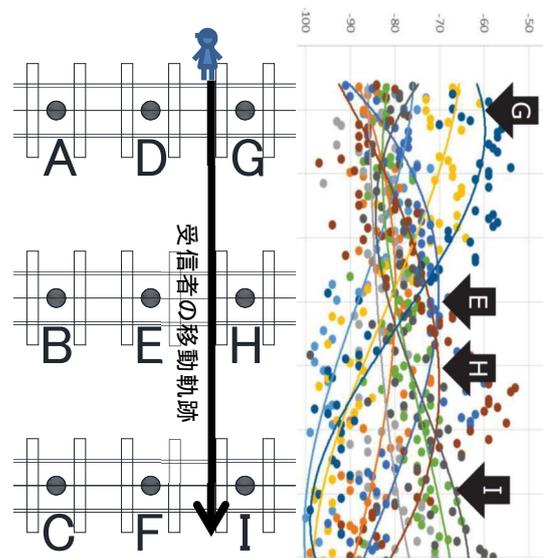


図-3 移動中の電波強度