

ビーコンによる位置確認システムの基礎研究

鉄建建設(株) 正会員 ○中村 征史, 正会員 長尾 達児  
 日本電気通信システム(株) 三木 敏光, 藤井 浩一

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入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。

2. システム概要

本システム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的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。

3. 性能確認試験概要

性能確認試験は図-1 に示すように軌道中心間隔4mの3線軌道を想定し、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(写真-1 参照)。

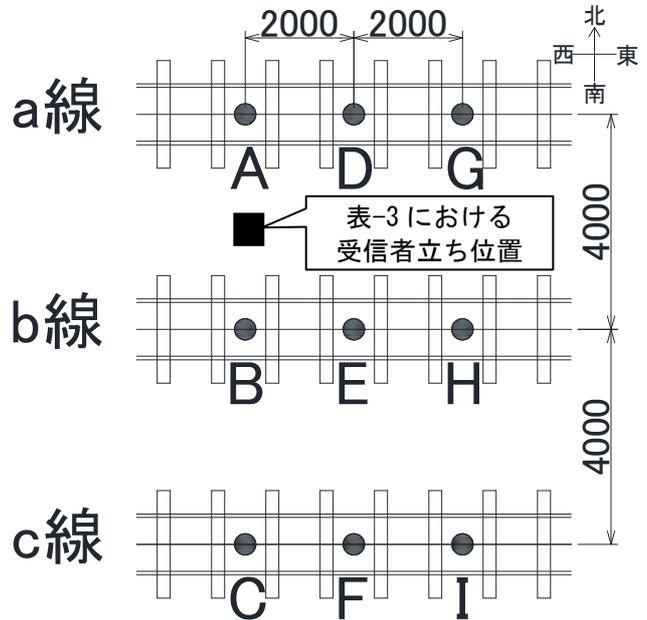


図-1 性能確認試験ビーコン配置図

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 ※1	受信機収納位置
1, 5, 9	強 または 中 または 弱	北	胸ポケット
2, 6, 10		南	
3, 7, 11		北	ズボンポケット
4, 8, 12		南	

※1: 軌道は東西方向に敷設されている



写真-1 性能確認試験状況

キーワード ビーコン, 位置確認, 立入禁止措置

連絡先 〒286-0825 千葉県成田市新泉9-1 鉄建建設(株) 建設技術総合センター TEL0476-36-2359

4. 試験結果

(1)位置精度

ビーコンから発せられる電波には振幅があり常時一定しない。発信強度毎に1m間隔の離隔で一定時間の平均値を採取した例を表-2に示す。表-2ではビーコンから離れるにしたがって電波強度は低下しているが、表中の下線部のように数値が接近していたり、強度が逆転したりする場合も見受けられ単体での位置測定は難しいことが判った。複数のビーコンからの電波を受信し、それぞれの電波強度を解析し、受信機位置の推定を行ったが電波強度に振幅があることから、ピンポイントに位置推定をするにはさらなる改良が必要であると判断した。

ただし、受信機を移動させながらデータ収集をしたところ、図-2に示すように電波強度を近似曲線で表現することができた。これによると、電波強度に振幅があっても受信者がビーコンに近づくと電波強度が高くなり、遠ざかると低くなる傾向が現れ、複数のビーコンの電波強度を比較することでどのビーコンに最も近いかを判断できそうであることが判った。今後、データを蓄積・解析することでそれぞれのビーコンにメッシュ状の担当エリアを設定し(図-3参照)、立入禁止エリアへの侵入を判定できる可能性があると言える。

(2)収納場所や向きによる電波強度の差異

受信機の収納位置を変えて電波強度の比較を行った。その結果、収納位置や受信者の向きの違いによって電波強度の差異が認められた(表-3参照)。特にビーコンと受信機の間を受信者の体が入るとその影響は顕著であった。位置確認に当たっては受信者の向きに関わらず影響がないように受信機の収納位置を統一する必要があると考えられる。

5. まとめ

今回の性能確認試験の結果より、ビーコン単体で位置確認をすることは難しいが、複数のビーコンから電波を受信することで、エリア単位での位置確認はできると考えられる。また、受信機の収納位置を統一することで精度が向上することも期待できる。

今後は立入禁止エリアへの進入を即時に判断し、警報が発せられるよう短時間での解析手法の開発やデータ蓄積による精度向上などシステムの深度化を図り、現場導入を目指す。

表-2 ビーコンからの電波強度例

発信強度	ビーコンからの離隔				
	1m	2m	3m	4m	5m
強	-56.91	-66.30	-71.46	-83.49	-86.12
中	-71.40	-73.74	-88.75	<u>-91.56</u>	<u>-91.59</u>
弱	-77.47	-82.27	-92.59	-95.37	-97.71

電波強度単位：dBm

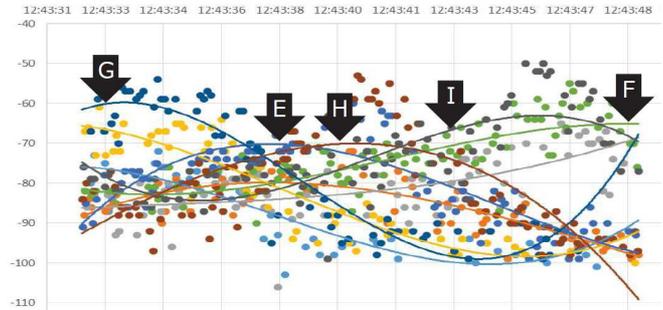


図-2 電波強度近似曲線

(図-1のビーコンGからIに向かって歩行)

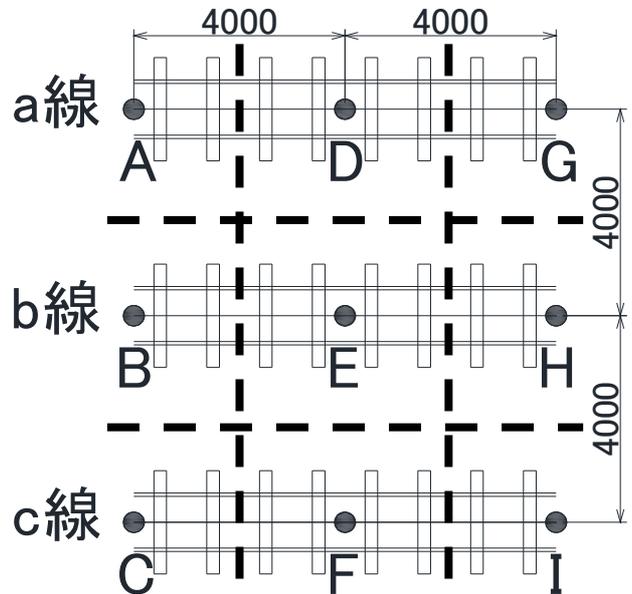


図-3 ビーコン毎のエリア設定例

表-3 収納場所や向きによる電波強度の差異

受信者の位置：ビーコンAとBの間(図-1参照)			
受信者の向き：北		受信者の向き：南	
胸ポケット	ズボンポケット	胸ポケット	ズボンポケット
A-68.50	B-76.26	E-64.91	E-74.50
D-72.73	C-80.00	B-66.69	A-75.29
B-78.27	A-80.02	H-70.58	D-76.92
G-81.92	F-82.66	I-75.69	I-78.26
E-88.91	E-87.18	G-77.92	H-80.01
H-90.86	D-89.22	C-80.93	F-81.11
F-91.40	I-90.15	D-82.75	G-83.37
C-91.65	G-93.60	F-85.83	B-84.65
I-93.17	H-95.90	A-86.35	C-88.98

電波強度単位：dBm