

## - 27 IC タグの軽仮設材管理への利用に関する実験的検討

## Experimental study on Radio Frequency Identification (RFID) technology for light weight temporary facility members

矢吹信喜<sup>1</sup>・尾山寿史<sup>2</sup>

Nobuyoshi Yabuki, Toshifumi Oyama

**抄録**：軽仮設材は、長期間繰り返し利用により経年劣化するため、使用状況や履歴の管理、追跡照会などを目的に IC タグを利用した維持管理システムの構築が望まれている。軽仮設材の管理には、通信距離が長く、金属に貼り付けても数多くの IC タグを一括で読み取れることが必要である。そこで、本研究では、我が国でも使用が 2005 年 4 月から許可された通信距離の長い UHF 帯 IC タグを、単管、足場板、建て枠、クランプに貼り付けて、その読取性能に関する実験を実施した。2.45GHz 帯 IC タグも比較のために同様な実験に使用した。その結果、単管、足場板、建て枠への UHF 帯 IC タグの適用による管理の可能性が高いことが判明した。

**Abstract**: Since light weight temporary facility members are used number of times and are deteriorating over a long period, a maintenance management system using Radio Frequency Identification (RFID) technology has been desired for the purposes of controlling usage and tracking and inquiring usage records. RFID systems suitable for these purposes would need long communication distance between RFID tags and an antenna and should be able to be pasted on metal. Therefore, in this research, experiments were executed by using and pasting Ultra-high Frequency (UHF) RFID tags, of which usage was just allowed since 2005 April in Japan, onto steel pipes, scaffolds, frames, and clamps for investigating the readability. 2.45 GHz RFID system was also used for comparison purpose. The experiment results showed that UHF RFID has a strong potential for applying to controlling and managing pipes, scaffolds, frames of light weight temporary facilities

**キーワード**：IC タグ, UHF 帯, 軽仮設材, 単管, 足場板, 建て枠

**Keywords** : Radio Frequency Identification (RFID), Ultra-High Frequency (UHF) band, light weight temporary facility, pipe, scaffold, frame

## 1. はじめに

土木・建築の本来の工事を行うために仮の構造物等を作る工事を仮設工事と呼び、仮設工事に使用される資材は仮設材と呼ばれる。その中で比較的軽く、概ね人の手で持てる程度の重量のものは軽仮設材と呼ばれている。代表的なものとしては、単管、足場板（正しくは「布」というが、本論では一般的に使われている「足場板」を使う。）、クランプ、枠組、交叉筋交等がある。

軽仮設材は、長期間繰り返し使用されるため、経年劣化し、強度の低下が生ずる。そのため、維持管理が重要であり、また、実際に現場で使用された期間を把握して管理することが求められている<sup>1)</sup>。しかしながら、軽仮設材は、現在ではほとんどリースにより利用されているため、製造者、管理者および使用者が錯綜し、統合的な管理が困難となっている。また、高価な

アルミ製足場については盗難も頻発している。

そこで我々は、今後普及が見込まれている IC タグを用いて、使用状況、履歴管理、追跡照会などが可能となる情報管理システムを構築し、軽仮設材に関する安全性、管理の効率性等の向上を目的とする研究を実施している<sup>2) 3)</sup>。軽仮設材は、同じ種類のものを束ねたり、重ねたりして運搬あるいは保存管理することがほとんどであるため、ある程度離れた場所から複数の部材を一括で読み取れる IC タグの利用が望まれる。また、軽仮設材はほとんど鋼材などの金属を材料としていることから、金属に貼り付けても読みとれる IC タグである必要がある。

現在、我が国で使用可能な IC タグの通信周波数帯は、135kHz 以下、13.56MHz 帯、950MHz 帯、2.45GHz 帯の 4 つである。この中で、135kHz 以下と 13.56MHz 帯は通信距離が小さいため、前述の条件を満たすと期待される IC タグの周波数帯は、UHF 帯 (950MHz 帯)

1 : 正会員 Ph.D. 室蘭工業大学 助教授 工学部建設システム工学科  
(〒050-8585 北海道室蘭市水元町 27-1, Tel :0143-46-5219, E-mail : yabuki@news3.ce.muroran-it.ac.jp)

2 : 学生会員 室蘭工業大学大学院工学研究科建設システム工学専攻

とマイクロ波帯(2.45GHz帯)である。特に UHF 帯は、通信距離が 2.45GHz 帯よりはるかに長いため、本研究では、2005 年 4 月から我が国でも使用許可されるようになった UHF 帯 IC タグについて基本性能を調査する実験を行った後、軽仮設材に種々の方法で貼り付けて、その読取性能を把握する実験を行うこととした。また、比較のために 2.45GHz 帯 IC タグでも同様の実験を行った。UHF 帯 IC タグについては、軽仮設材の厳しい使用環境で継続的に動作することが可能かどうかの耐環境性に関する簡単な実験も行った。さらに軽仮設材管理システムへの応用に関する初期的検討を実施した。

## 2. 実験装置

### (1) UHF 帯 IC タグ実験装置

実験に使用した UHF 帯 IC タグシステムは、952～954MHz 帯パッシブタイプの Alien Technology 950MHz Antenna ALR-7610-75C および Alien Technology 950MHz RFID Reader ALR-7780 である。規格は EPCglobal Class 1 に準拠している。アンテナタイプとしては、直線偏波と左旋円偏波を使用した。直線偏波とは、電界の振動方向が一定の波のことであり、左旋円偏波とは、振幅一定で回転しながら伝播する波のことである。アンテナの大きさは直線偏波、左旋円偏波ともに、24.3cm (W) × 24.3cm (D) × 5.0cm (H) である。IC タグの寸法は、幅 2cm、長さ 9cm で厚さは 1mm 以下である。データ処理装置としては、通常のノートパソコン (Windows XP) を使用した (図-1)。

### (2) 2.45GHz 帯 IC タグ実験装置

実験に使用した 2.45GHz 帯 IC タグシステムは、パッシブタイプの Alien Technology 2.45GHz スマートアンテナ ALR-2640J-L である。アンテナタイプとしては、直線偏波を使用し、左旋円偏波は、距離が直線偏波よりも短くなるので使用しなかった。アンテナの大きさは、約 29.0cm (W) × 22.0cm (D) × 3.5cm (H) である。IC タグの寸法は、幅 1.2cm、長さ 4.2cm で厚さは 1mm 以下である。データ処理装置としては、通常のノートパソコン (Windows XP) を使用した (図-2)。

### (3) 軽仮設材

軽仮設材としては、通常の建設現場で使用されている表-1 に示す資材を使用した。

## 3. 実験項目

本実験では、UHF 帯 IC タグ、2.45GHz 帯 IC タグについて基本性能を調査する実験を行い、また軽仮設材に IC タグを種々の位置や向きにはりつけて、読取可能な最大通信距離を計測した。

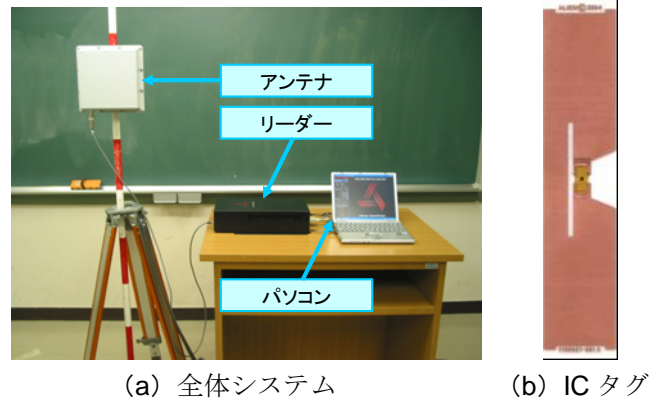


図-1 UHF 帯 IC タグ実験装置

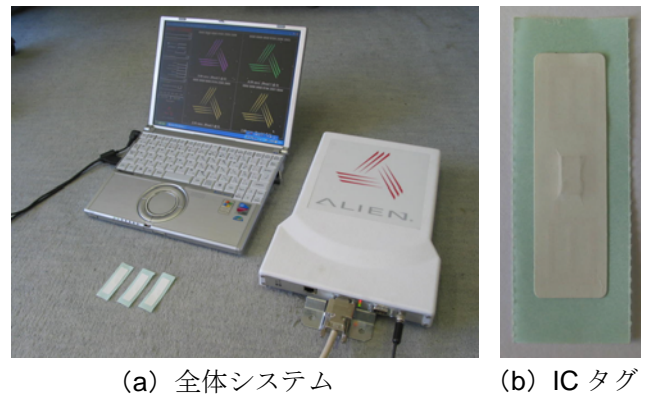


図-2 2.45GHz 帯 IC タグ実験装置

表-1 実験に使用した軽仮設材

項目	寸法・種類など	個数
単管	長さ2,000mm, 外径50mm, 内径46mm	10
鋼製足場板	長さ1,720mm, 幅500mm, 高さ44mm	6
アルミ製足場板	長さ2,000mm, 幅246mm, 高さ44mm	6
建て枠	幅1,260mm, 高さ1,820mm	6
クランプ	角丸自在	10
	角丸直交	10
	兼用自在	10
	兼用直交	10

UHF 帯 IC タグ実験では、基本性能実験として、最大通信距離を調査する実験を行った。次に、IC タグを軽仮設材の種々の位置や向きにはりつけて、読取可能な最大通信距離を計測した。実験項目は、単管単独、単管複数本、鋼製足場板一枚、鋼製足場板複数枚、アルミ製足場板一枚、アルミ製足場板複数枚、建て枠単独、建て枠複数本、クランプ単独、クランプ複数個について行った。さらに、耐環境性については、水分、温度、モルタルの付着を実験項目とした。

2.45GHz 帯 IC タグ実験では、基本性能実験として、最大通信距離を調査する実験を行った。また、IC タグを軽仮設材の種々の位置や向きにはりつけて、読取可能な最大通信距離を計測した。実験項目は、単管単独、鋼製足場板一枚、アルミ製足場板一枚、建て枠単独に

ついて行った。

## 4. 実験方法および結果

### (1) 基本性能実験

IC タグの最大通信距離を測定した。最大通信距離は、床から高さ 1.5m のところに設置したアンテナの直近から、発泡スチロールに貼った IC タグを徐々に離していき、継続して読み取れる範囲として調べた。発泡スチロールは IC タグの通信に影響はない。また、実験には室蘭工業大学 C 棟 3 階の廊下を使用した。廊下の寸法は、幅約 2.25m×高さ約 2.76m である。実験結果を表-2 に示す。

しかし、UHF 帯は周囲の壁からの電波の反射による干渉により、電波が読み取れない領域（ヌル点と呼ばれる）が存在する。また逆に、壁からの反射により、数 10m 離れた地点でも通信できる場合もある。

### (2) 単管

#### a) 実験方法

UHF 帯単管単独実験では、単管の内部に、縦、斜め、管軸方向、円周方向にタグを設置し、単管に対して管軸方向からアンテナをかざして通信距離を測定した（図-3）。また、表面中央部に、管軸方向および円周方向に、紙を金属と IC タグの間に挿入することで、1, 2, 3, 4mm 浮かせてタグを設置し、タグがアンテナに対して 0°の状態にアンテナをかざして通信距離を測定した。同様に、紙の代わりに発泡スチロールを用いて 5mm 浮かせた場合でも測定した。ここで、金属の表面に直接貼り付けた場合や、1mm 程度浮かした場合には IC タグアンテナの間の通信距離は非常に短かった。浮かしを 2, 3, 4, 5mm と大きくするにつれ通信距離は伸びていき 5mm 浮かせた場合には 0.8m 程度の通信が可能であった（表-3）。これよりさらに浮かせれば、もっと通信距離は伸びていくのだが、浮かせすぎると IC タグを貼り付けた部分が容易にはずれる、出っ張りが大きく邪魔になる、あるいは逆に金属表面を大きく凹ませる必要がある、といった問題が発生してしまう。そこで、通信距離と実用性を考慮し、浮かしを 5mm とすることとした。

発泡スチロールを用いて 5mm 浮かせてタグを設置し、タグがアンテナに対して 0, 60, 90, 120, 180°の状態に（図-4）アンテナをかざして通信距離を測定した。尚、タグがアンテナに対して 0°の状態では、タグを浮かさずに金属に直接貼り付けた場合でも測定した。

UHF 帯単管複数実験では、表面中央部に、管軸方向に 1 枚のみ、2 枚（0°, 180°）、3 枚（0°, 120°, 240°）および円周方向に 1 枚の各ケースで、タグを 5mm 浮かせて設置し、横一列 5 本、横一列 10 本（図-5）、二段重ねに並べた各ケースで、タグをいろいろな角度を向かせて、アンテナを上からかざして、複数のタグを同時に読み取れる距離を測定した。

2.45GHz 帯の IC タグにおいてもほぼ同様の実験を行った。

#### b) 実験結果

単管単独実験結果を表-4 に示す。UHF 帯単管単独実験では、タグを管の内部に設置した場合は、縦方向に設置した場合にのみ、短い距離ではあるが、タグを読むことができた。通信距離は、直線偏波で 250mm、左旋円偏波で 183mm であった。斜め方向、円周方向、管軸方向に設置した場合には、タグを読むことはできなかった。管の表面に設置した場合は、タグを浮かさ

表-2 IC タグの最大通信距離

ICタグ	最大通信距離
UHF帯	3,432mm
2.45GHz帯	914mm

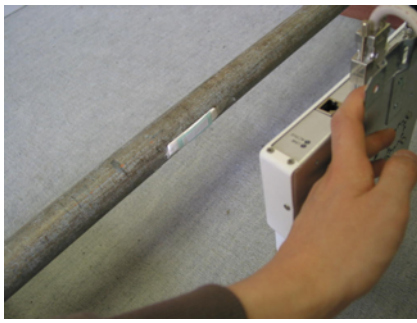
表-3 UHF 帯 タグの単管からの浮かし距離と通信距離の関係

タグの向き	浮かし(mm)	通信距離(mm)	
		直線偏波	左旋円偏波
管軸方向	0	0	0
	1	140	0
	2	251	173
	3	333	235
	4	369	282
	5	655	611
円周方向	0	0	0
	1	0	0
	2	141	27
	3	178	132
	4	341	204
	5	876	441

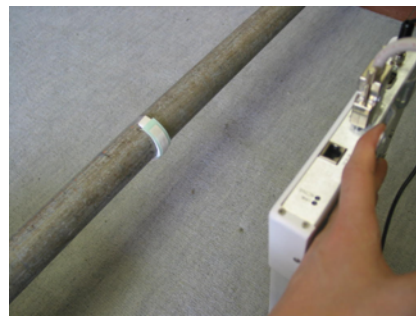


(a) 縦設置 (b) 斜め設置 (c) 円周方向設置 (d) 管軸方向設置 (e) アンテナの向き

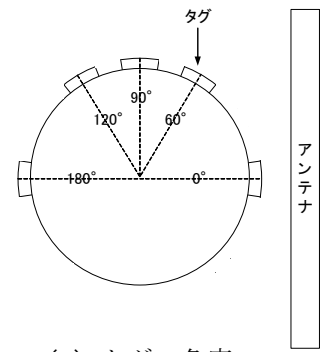
図-3 単管内部の設置方法とアンテナの向き



(a) 管軸方向



(b) 円周方向



(c) タグの角度

図-4 単管表面の設置方法とタグの角度

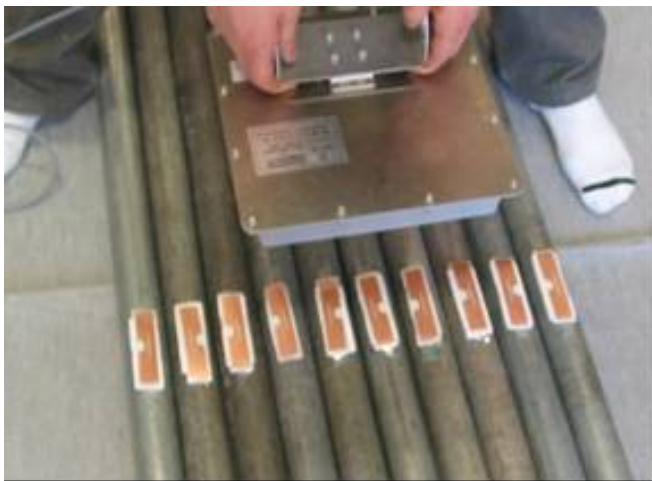


図-5 単管 10 本に IC タグを設置

ずに金属に直接貼り付けた場合では、タグを読むことはできなかった。単管単独実験を通して最も通信距離が大きかったのは、円周方向に 5mm 浮かして設置し、 $0^\circ$  の方向から直線偏波アンテナをかざした場合であった。また、貼付け方向の違いにより  $180^\circ$  の管軸方向に設置した場合には読み取ることができなかつたのに対して円周方向に設置した場合には、アンテナの見えない位置でも読み取ることが可能であった。これは、管軸方向に設置した場合には、タグが管の陰になってアンテナから見えない位置に隠れてしまうのに対して、円周方向に設置した場合は縦に長いタグがアンテナの見える位置まで回り込むためと考えられる。また、円周方向に設置した場合は  $90^\circ$  と  $180^\circ$  で通信距離が逆転しているが、これは  $180^\circ$  ではタグが壁からの反射が影響しやすい向きになることが考えられる。

2.45GHz 帯単管単独実験では、管の内部に設置した場合は読むことができなかった。管の表面に設置した場合は読むことはできたが、最も距離が大きいか場合でも 184mm と短かった。

単管複数実験結果を表-5 に示す。UHF 帯単管複数実験では、横一列 5 本の場合では、タグが読める場合が多かったが、通信距離は短く、電波も安定していな

表-4 UHF 帯・2.45GHz 帯単管単独実験結果

タグの設置場所	タグの向き	アンテナの向き	通信距離 (mm)		
			UHF 帯		2.45GHz 帯
			直線偏波	左旋円偏波	直線偏波
管の内部	縦	管軸方向	250	183	0
	斜め	管軸方向	0	0	0
	円周方向	管軸方向	0	0	0
	管軸方向	管軸方向	0	0	0
管の表面	管軸方向	$0^\circ$	655	611	24
		$60^\circ$	469	416	131
		$90^\circ$	403	309	12
		$120^\circ$	271	233	0
		$180^\circ$	0	0	0
	円周方向	$0^\circ$	876	441	184
		$60^\circ$	414	367	54
		$90^\circ$	44	100	0
		$120^\circ$	221	112	0
		$180^\circ$	752	544	0

表-5 UHF 帯単管複数実験結果

管の配置	タグの設置向き	タグの枚数	タグの向き	通信距離 (mm)	
				直線偏波	左旋円偏波
横一列 5 本	管軸方向	1	上 ( $0^\circ$ )	79-499	101-426
			下 ( $180^\circ$ )	0	0
			横 ( $90^\circ$ )	0	0
		ランダム	0	0	
		2	上 ( $0^\circ$ )	88-885	113-632
			横 ( $90^\circ$ )	0	0
	ランダム		0	0	
	3	上 ( $0^\circ$ )	150-952	153-744	
		$60^\circ$	136-419	193-254	
		ランダム	189-906	167-571	
	円周方向	1	上 ( $0^\circ$ )	79-444	147-366
			下 ( $180^\circ$ )	601	431
横 ( $90^\circ$ )			222-432	256-346	
ランダム		102-298	153		
管軸方向		1	上 ( $0^\circ$ )	263-649	287-511
			下 ( $180^\circ$ )	0	0
	横 ( $90^\circ$ )		0	0	
横一列 10 本	管軸方向	2	上 ( $0^\circ$ )	235-340	210-250
			横 ( $90^\circ$ )	0	0
			ランダム	0	0
	3	上 ( $0^\circ$ )	268-538	223-258	
		$60^\circ$	0	0	
		ランダム	0	0	
円周方向	1	上 ( $0^\circ$ )	0	0	
		下 ( $180^\circ$ )	0	0	
		横 ( $90^\circ$ )	0	0	
ランダム	0	0			

かった。横一列 10 本の場合では、タグが広い範囲に配置されるため、横一列 5 本の場合に比べてタグが読めないケースが多く、通信距離も短かった。横一列 5 本

および横一列 10 本の実験結果を表-5 に示す。二段重ねの場合には、タグを円周方向に設置し、上に向けた場合にのみ読むことができた。通信距離は、直線偏波で 342mm, 左旋円偏波で 261mm であった。2.45GHz 帯については最大通信距離が短い場合のため複数本の場合は、読み取れないので実施しなかった。

**(3) 鋼製足場板**

**a) 実験方法**

UHF 帯鋼製足場板一枚実験では、足場板の表面、裏面にタグを縦、横に 0, 5mm 浮かせて設置し、タグに対して垂直にアンテナをかざして通信距離を測定した。また、側面にタグを 5mm 浮かせて設置し、タグに対して垂直、水平（上、横）にアンテナをかざして通信距離を測定した。

UHF 帯鋼製足場板複数実験では、足場板の表面、裏面にタグを縦、横に 5mm 浮かせて設置し、足場板を 6 枚重ねた状態で、タグに対して垂直にアンテナをかざして通信距離を測定した。また側面にタグを 5mm 浮かせて設置し、足場板を 6 枚重ねた状態で、タグに対して垂直、水平（上、横）にアンテナをかざして、複数のタグを同時に読み取れる距離を測定した（図-6）。

2.45GHz 帯鋼製足場板一枚実験では、足場板の表面、裏面にタグを縦、横に 5mm 浮かせて設置し、タグに対して垂直にアンテナをかざして通信距離を測定した。また、側面にタグを 5mm 浮かせて設置し、タグに対して垂直、水平（上、横）にアンテナをかざして通信距離を測定した。

**b) 実験結果**

鋼製足場板一枚実験結果を、表-6 に示す。UHF 帯の IC タグを足場板の表または裏に、横向きに 5mm 浮かして設置し、直線偏波アンテナをタグに対して垂直にかざした場合に、通信距離が大きかった。また、浮かしなしで読めるケースはほとんどなかった。

鋼製足場板複数実験では、足場板の長い側面に水平方向に 5mm 浮かして設置した場合は、読むことができた。通信距離は、直線偏波で 156-293mm, 左旋円偏

波で 159-295mm であった。それ以外のケースでは読めなかった。

実用性を考えると、物理的な衝撃を受けにくい裏面か側面が望ましく、単体での読み取りに関しては側面より裏面の方が通信距離は大きいですが、裏面では足場を重ねておいた場合、複数枚を同時に読み取ることはできない。そのため実用性については側面が最も適していると思われる。

**(4) アルミ製足場板**

**a) 実験方法**

鋼製足場板と同様である。

**b) 実験結果**

アルミ製足場板一枚実験結果を表-7 に示す。鋼製足場板一枚実験に比べると、全体的に通信距離がやや大きかった。また、UHF 帯の IC タグを足場板の裏に、縦向きに 5mm 浮かして設置し、直線偏波アンテナをタグに対して垂直にかざした場合に、最も通信距離が大きく、約 1.2m だった。

UHF 帯アルミ製足場板複数実験では、タグを短い側面に設置し、タグに対して垂直にアンテナをかざした場合に、直線偏波で 100-571mm, 左旋円偏波で 137-422mm の範囲でタグを読むことができた。また、足場板の長い側面に設置し、縦方向からアンテナをかざした場合では、直線偏波アンテナでは読むことができたが、左旋円偏波では読むことができなかった。直線偏波アンテナでの通信距離は 232-362mm であった。

表-6 UHF 帯・2.45GHz 帯鋼製足場板一枚実験結果

タグの設置場所	浮かし(mm)・タグに対するアンテナの方向	通信距離(mm)		
		UHF帯		2.45GHz帯
		直線偏波	左旋円偏波	直線偏波
表面縦	0	122-159, 168-311	149-192	-
	5	709	0-81, 98-584	178
表面横	0	0	0	-
	5	1078	0-90, 112-665	69
裏面縦	0	0	0	-
	5	1046	627	202
裏面横	0	0	0	-
	5	1235	690	120
長い側面	垂直	673	511	31
	水平(横)	0	0	0
	水平(上)	383	345	173
短い側面	垂直	619	488	31
	水平(横)	0	0	0
	水平(上)	67-351	110-282	199



(a) タグに対してアンテナ垂直 (b) タグに対してアンテナ水平(横) (c) タグに対してアンテナ水平

図-6 鋼製足場板の短い側面に IC タグを設置

また、それ以外のケースでは読むことができなかった。

鋼製足場板と同様、裏面は複数読み取りには適しておらず側面が最も適している。

### (5) 建て枠

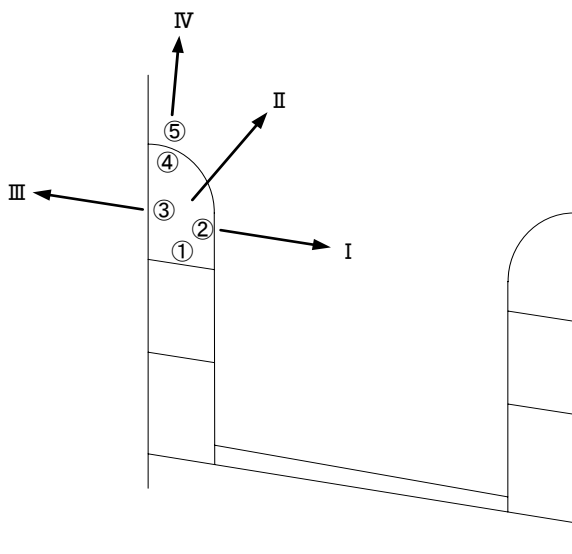
#### a) 実験方法

UHF 帯建て枠単独実験では、**図-7**に示すような、建て枠の、①、②、③、④、⑤（①～④はパイプの内側、⑤は④に対向する反対側）の部分にタグを管軸方向および円周方向に 5mm 浮かせて設置し、直線偏波および左旋円偏波アンテナを I、II、III の方向（I、III は同一平面上で、II はそれに対して直角方向）からかざして、最大通信距離を測定した。

UHF 帯建て枠複数実験では、建て枠の①、②、③、④、⑤の部分にタグを管軸方向および円周方向に 5mm 浮かせて設置し、建て枠を 6 枚重ねて置いて、直線偏波および左旋円偏波アンテナを I、II、III の方向からかざして、最大通信距離を測定した。また、⑤に設置

**表-7** UHF 帯・2.45GHz 帯アルミ製足場板一枚  
実験結果

設置場所	浮かし(mm)・タグに対するアンテナの方向	通信距離(mm)		
		UHF帯		2.45GHz帯
		直線偏波	左旋円偏波	直線偏波
表面縦	0	424	243	-
	5	956	662	251
表面横	0	157	139	-
	5	1093	720	98
裏面縦	0	549	0	-
	5	1212	871	312
裏面横	0	916	674	-
	5	1132	997	153
長い側面	垂直	525	417	30
	水平(横)	0	0	0
	水平(上)	509	536	195
短い側面	垂直	755	726	29
	水平(横)	298	319	0
	水平(上)	758	617	225



**図-7** 建て枠実験のタグの設置場所とアンテナの方向

した場合にはIVの方向からも測定した（**図-8**）。

2.45GHz 帯建て枠単独実験では、建て枠の①、②、③、④、⑤の部分にタグを管軸方向および円周方向に 5mm 浮かせて設置し、直線偏波アンテナを I、II、III の方向からかざして、最大通信距離を測定した。

#### b) 実験結果

建て枠単独実験結果を**表-8**に示す。タグを管軸方向に②の場所に 5mm 浮かせて設置し、直線偏波アンテナを II の方向からかざした場合に最も通信距離が大



**図-8** 建て枠（③の円周方向設置、I方向から）

**表-8** UHF 帯・2.45GHz 帯建て枠単独実験結果

タグの向き	設置場所	アンテナの方向	通信距離(mm)		
			UHF帯		2.45GHz帯
			直線偏波	左旋円偏波	直線偏波
管軸方向	①	I	0	0	0
		II	904	590	101
		III	0	0	0
	②	I	563	261	0
		II	1602	901	110
		III	64-386	161-204	0
	③	I	545	107-205	35
		II	727	579	88
		III	171	97-146	0
	④	I	241	244	31
		II	1131	815	89
		III	311	195	21
	⑤	I	303	248	0
		II	1127	1010	124
		III	224	208	0
円周方向	①	I	※1	705	79
		II	428	146	60
		III	1243	507	65
	②	I	※2	602	70
		II	249	252	39
		III	1038	519	88
	③	I	813	456	44
		II	144	214	0
		III	849	492	55
	④	I	861	451	49
		II	492	355	0
		III	841	633	59
	⑤	I	685	599	72
		II	200	238	0
		III	636	361	71

※1は945mm以上1115mm未満で通信が途切れた。  
(ビティの手すりの部分が障害になって測定できなかった)

※2は867mm以上1077mm未満で通信が途切れた。  
(ビティの手すりの部分が障害になって測定できなかった)

大きく、約 1.6m だった。また、2.45GHz 帯では、タグを管軸方向に⑤の場所に 5mm 浮かせて設置し、アンテナをⅡの方向からかざした場合に最も通信距離が大きかったが、124mm と距離は短かった。管軸方向に設置した場合は全体的にⅠとⅢに比べてⅡの方向の方が通信距離は大きかった。これは、ⅠとⅢの方向はタグがパイプの陰になって見えない方向(180°)になっており、Ⅱの方向は90°の方向になっているため距離に差がでたと考えられる。また円周方向に設置した場合はⅡに比べてⅠとⅢの方向の方が通信距離は大きく、単管実験で90°と180°のケースで通信距離が逆転したのと同様の傾向がみられた。単管や建て枠実験における円周方向設置の場合はタグとアンテナの角度が0°や180°に比べ90°の方向は読みにくいということがわかった。

建て枠複数実験結果を表-9に示す。いくつかのケースで読み取ることができる場合もあったが、全体的に読めないことが多かった。タグを読むことができたのは、①の場所に管軸方向に設置し、Ⅱの方向からアンテナをかざした場合に直線偏波で104mm、左旋円偏波で109mm、⑤の場所に管軸方向に設置し、Ⅱの方向からアンテナをかざした場合に直線偏波で233mm、⑤の場所に管軸方向に設置し、Ⅰの方向からアンテナをかざした場合に直線偏波で353mm、左旋円偏波で230-305mm、同じく⑤の場所に管軸方向に設置し、Ⅳの方向からアンテナをかざした場合に直線偏波で127-230mmであった。その他は読むことができなかった。管軸方向に設置した場合は①、⑤の箇所に貼付け、Ⅱの方向のみで読み取れた。これはⅡの方向は床に対して垂直であり、床の反射の影響が大きいと考えられる。ⅠとⅢの方向で読めないのは、複数枚重ねると①~④に設置した場合、図-8に見られるようにタグが内側に隠れてしまうことが原因であると考えられるが、⑤のような外側でも読むことができない場合があり、タグが広い範囲に配置されることも原因のひとつであると思われる。しかし円周方向に設置した場合は⑤のような外側が読みやすい様であった。⑤のうちⅡの方向は90°の方向になっているため、Ⅲの方向はパイプが妨害するため読めなかったと考えられる。全体的に読めるケースでも30cm程度までの短い距離であった。

(6) クランプ

a) 実験方法

UHF 帯クランプ単独実験では、角丸自在クランプ、角丸直交クランプ、兼用自在クランプ、兼用直交クランプの表面に、タグを0mm および5mm 浮かせて設置し、直線偏波および左旋円偏波アンテナをタグに対して垂直にかざして、最大通信距離を測定した。

UHF 帯クランプ複数実験では、角丸自在クランプ、

角丸直交クランプ、兼用自在クランプ、兼用直交クランプの表面に、タグを5mm 浮かせて設置し、各種類毎に5、10個のクランプをランダムに配置し、直線偏波および左旋円偏波アンテナを上からかざして、5、10枚のタグを同時に読み取れる最大通信距離を測定した(図-9)。2.45GHz 帯についての実験は行わなかった。

b) 実験結果

UHF 帯クランプ単独実験結果を表-10に示す。兼用自在クランプに5mm 浮かせて設置した場合に、直

表-9 UHF 帯建て枠複数実験結果

タグの向き	設置場所	アンテナの方向	通信距離(mm)	
			直線偏波	左旋円偏波
管軸方向	①	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	104	109
		Ⅲ	0	0
	②	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
	③	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
	④	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
	⑤	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	233	0
		Ⅲ	0	0
Ⅳ		0	0	
円周方向	①	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
	②	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
	③	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
	④	Ⅰ	0	0
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
	⑤	Ⅰ	353	230-305
		Ⅱ	0	0
		Ⅲ	0	0
Ⅳ		127-230	0	

表-10 UHF 帯クランプ単独実験結果

種類	浮かし(mm)	通信距離(mm)	
		直線偏波	左旋円偏波
兼用自在	0	0	0
	5	235	266
兼用直交	0	0	0
	5	737	324
角丸自在	0	0	0
	5	685	491
角丸直交	0	0	0
	5	338	247

線偏波で 235mm, 左旋円偏波で 266mm, 兼用直交クランプに 5mm 浮かせて設置した場合に, 直線偏波で 737mm, 左旋円偏波で 324mm, 角丸自在クランプに 5mm 浮かせて設置した場合に, 直線偏波で 685mm, 左旋円偏波で 491mm, 角丸直交クランプに 5mm 浮かせて設置した場合に, 直線偏波で 338mm, 左旋円偏波で 247mm であった. 0mm の浮かしでは, タグを読むことはできなかった.

UHF 帯クランプ複数実験では, タグは全く読めなかった. ランダムに配置したため, タグが隠れてしまったり読みにくい方向を向いていたりしたためだと考えられる.

**(7) 耐環境性**

**a) 実験方法**

耐環境性実験は, UHF 帯 IC タグについてのみ実施した. 耐水性実験では, IC タグをティッシュペーパーにくるみ, 霧吹きで水を 1 回ずつかけていき, 最大通信距離の変化を調べた.

耐熱性実験では, 炉乾燥機内にタグを置き, 100, 150, 200℃の各温度でタグを取り出し, 直線偏波および左旋円偏波アンテナをタグに対して垂直にかざして, 通信可能か調べた.

耐セメント性実験では, タグを透明ビニルでまいて, 表面にモルタルを 1, 5, 10, 15, 20mm の厚さで盛り, 0, 1, 2, 12, 24 時間経過した時点で, 直線偏波および左旋円偏波アンテナをタグに対して垂直にかざして, 通信可能か測定した.

**b) 実験結果**

耐水性実験では, 表-11に示すように, 霧吹きで湿らせた程度ではほとんど影響が見られなかったが, 水分を多く含むと急激に通信距離が短くなった. しかしティッシュペーパーが完全に水に浸った状態でも 1m ほどの通信距離があり, 読み取れなくなるほどの影響はないことがわかった.

耐熱性実験の結果は, 100℃で 2 枚のタグを取り出した場合は 2 枚のタグに異常は見られなかった. 150℃で 1 枚のタグを取り出した場合は異常は見られなかった.

200℃で 3 枚のタグを取り出した場合は 1 枚のタグには異常は見られなかったが, 2 枚のタグは読み取れなかった. 実験結果から 150℃までは安全であると考えられる.

耐セメント性実験では, 図-10に示すように, 全体的に経過時間が大きくなるにつれて, モルタルの水分が減少するため, 通信距離が大きくなる傾向が見られた.

**(8) 枠組足場組み立て実験**

**a) 実験方法**

建て枠の, 図-7に示す⑤の部分に円周方向に UHF 帯 IC タグを 5mm 浮かせて設置し, また鋼製足場板の短い側面と長い側面の中央部にタグを水平方向に 5mm 浮かせて設置する. これらの建て枠とクランプを組み立てた状態で通信可能か測定した (図-11).

**b) 実験結果**

実験結果を表-12に示す. 同時に複数のタグと通信することはできなかったが, 部材一つずつであれば, 鋼製足場板の長い側面や, 建て枠の⑤の場所など, 貼る場所によって読み取り可能であった. しかし, 鋼製足場板の短い側面は, 部材一つずつであっても通信できなかった. これは, 建て枠のパイプが IC タグの前にあり, 障害になっているためと考えられる (図-11(a)).

表-11 UHF 帯耐水性実験結果

	直線偏波	左旋円偏波
霧吹きの回数(回)	距離(mm)	距離(mm)
0回	3068	2124
1回	3029	2131
2回	3036	2129
3回	3026	2121
4回	3037	2126
5回	3045	2103
10回	3037	2037
裏からも10回	2076	1189
水に浸してから引き出す	1084	646



(a) IC タグを貼り付けたクランプ



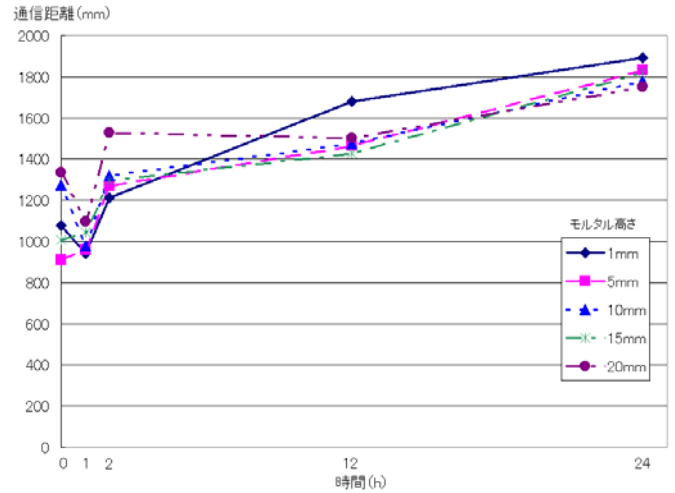
(b) 10 個のクランプを配置

図-9 クランプ実験

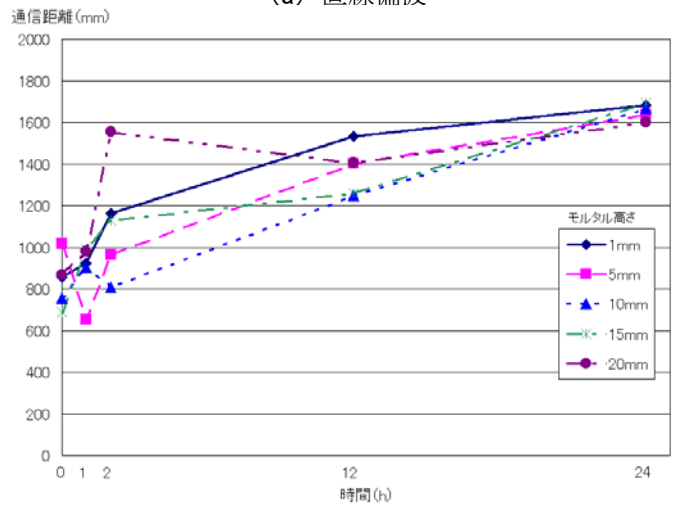
## 5. 実験から得られた知見

本実験によって、以下のような知見が得られた。IC タグの読取性能については、以下のとおりである。

- 全体を通して、UHF 帯 IC タグの方が 2.45GHz 帯 IC タグよりも通信距離が長く、一括読み取りにより適している。以下は UHF 帯 IC タグを対象とした知見である。
- 単管については、管の内部に挿入した IC タグは読み取れず、単管表面に発泡スチロール等で 5mm 程度の金属表面から離して装着すると、UHF 帯 IC タグの場合、数 10 センチメートルの距離から読み取れる。
- 複数の単管を重ねて置いた場合、下の層にある単管の IC タグを読み取ることはできない。また、上の層にある単管でも、IC タグがアンテナから見える位置にないと読み取ることができない。従って、単管それぞれに、IC タグを複数枚、どの角度からでも読めるよう設置する必要がある。鋼製足場板については、表面から 5mm 程度浮かせて設置すれば、読み取れるが、複数枚の足場板を重ねて置いた場合は、長手方向の側面に貼り付ければ良いことがわかった。どの方向からでも読み取れるよう、また、IC タグが破損したり剥がれたりした場合を想定して、それぞれのサイドに複数枚設置したほうが良いと考えられる。
- アルミ製足場板は、鋼製足場板より、若干、IC タ



(a) 直線偏波



(b) 左旋円偏波

図-10 経過時間と通信距離の関係



(a) 足場枠の短い側面に貼り付けた IC タグ



(b) 建て枠の⑤の位置に貼り付けた IC タグ

図-11 枠組足場組み立て実験

表-12 UHF 帯枠組足場組み立て実験結果

部材	設置場所	タグの向き	アンテナの方向	通信距離 (mm)	
				直線偏波	左旋円偏波
建て枠1	⑤	円周方向	II	250	175
建て枠2				200	-
鋼製足場板1	側面(長い)	水平方向	タグに対して垂直	530	420
	側面(短い)		タグに対して垂直	0	0
鋼製足場板2	側面(短い)		斜め下	0	0
			タグに対して垂直	0	0
			斜め下	0	0

グの読取距離が大きかったが、傾向としては、同様である。

- 建て枠については、重ねて設置した場合の読取性能などから、内側の細い部分（⑤の位置）に5mm程度浮かして円周方向に設置することが良いことがわかった。
- クランプについては、単独の場合は、5mm程度浮かせることにより読み取りは可能であるが、複数個をまとめた場合は困難である。
- 枠組足場を組み立てた状態では、ICタグとアンテナの間に金属が入るような設置状況では、読取は困難となる。

次に、耐環境性についての知見をあげる。

- 雨に濡れた程度の水の量であれば、読取には影響はほとんどなかった。
- 実験に使用した Alien 社の IC タグは、150℃程度までは十分耐熱性がありそうで、200℃では故障することがわかった。
- 実験前は、モルタル内に含まれる水分により、モルタルが固まるまでは、ICタグの読取距離が短く、固まるに連れて距離が伸びると予想されたが、実験ではあまり影響はなかった。但し、経過時間が24時間までの実験なので、7日、28日といった長期間経過した場合の状況は今後、測定していく必要があると考えられる。

以上より、単管、足場板及び建て枠については、UHF帯であればICタグの設置方法を工夫することにより、複数の一括読み取りが可能であることがわかった。クランプについては単体では可能であるが複数個では困難であった。但し、ICタグ設置箇所が出っ張っていると、作業の邪魔になったり、はがれたりする可能性があるため、軽仮設材の製造方法を含めて、ICタグの設置方法を工夫する必要がある。

## 6. ICタグを用いた軽仮設材管理への応用案

ICタグは貼り付けた物の情報とリンクさせ、その情報を管理するシステムを構築してはじめて効果があがる。本論では、ICタグを用いた軽仮設材の情報管理システムの一案を示す。

各ICタグにはグローバルで単独のIDがあるが、その他にユーザーが独自のIDを持たせることもできる。各軽仮設材に同一のIDを持った複数のICタグを貼り付け、IDと関連付けて、製造者、製造日、所有会社、リース先、リース開始日、リース終了日、使用履歴などの情報を、維持管理情報サーバに保存しておく。これにより仮設材に貼り付けたICタグをリーダーで読み取った際に、その仮設材に該当するデータをサーバから取り出し、どのような使用状況、使用履歴にあるかをすぐに確認することができ、仮設材の総合的な維持管理が可能となる。

## 7. おわりに

UHF帯ICタグは使用が許可されたばかりであり、また、ICタグの特性は利用環境によって異なり、実はその性能や機能がまだよく分かっていないのが現状である。今回は、主にUHF帯ICタグの軽仮設材に貼り付けた場合の読取性能に関する基本的な実験を中心に、耐環境性についても多少の実験を実施した。また、2.45GHz帯との簡単な比較も行った。その結果、UHF帯ICタグの方が2.45GHz帯よりも一括読み取りに適していること、貼り付け方の違いによる通信距離の変化や、耐環境性についてある程度把握することができた。今後は、この実験結果を生かして、現場の実態に即したICタグの取り付け方や耐環境性について、詳細に検討を行い、また、軽仮設材管理への応用について、より具体的な案を示したいと考えている。

## 参考文献

- 1) 労働省労働基準局長：経年仮設機材の管理について、1996.
- 2) ICタグの建設分野での活用に関する研究会：平成16年度ICタグの建設分野での活用に関する研究会活動報告書（概要版）、<<http://www.jacic.or.jp/topics/2005072601/gaiyo.pdf>>、(2005.8入手) pp.41-44, 2005.4.
- 3) 矢吹信喜, 益倉克成, 塚原弘一, 河内康, 児玉直樹：ICタグの建設分野での活用に関する基礎的調査検討, 土木情報利用技術講演集, Vol.30, pp.13-16, 2005.10.

(2006.5.19受付)