

金属製ICタグを用いた 軽仮設材の情報管理手法に関する基礎的研究

室蘭工業大学 矢吹信喜*¹
室蘭工業大学 尾山寿史*²

By Nobuyoshi Yabuki and Toshifumi Oyama

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、実際に現場で使用された期間を把握し、定められた期間を過ぎた場合は使用を止めることが望ましいが、現状ではそうした管理は行われていない。著者らは以前、UHF帯のパッシブICタグを用いて軽仮設材に貼り付けた場合のID番号の読取り実験を行ったが、使用したICタグは柔らかく、衝撃に弱かったため、被覆を工夫する必要があった。今般、耐衝撃性に優れた金属で被覆された2.45GHz帯パッシブICタグが開発されたことから、本研究では、軽仮設材に設置し、その読取り性能に関する実験を実施した。その結果、軽仮設材に利用可能であることがわかった。さらに、ICタグをベースにした軽仮設材情報管理用データベースシステムのプロトタイプを開発した。データベースにはリレーショナルデータモデルを採用し、各部材に関するデータとリースに関するデータ等5個の表を作成した。本システムを複数の仮設材の読取り実験に使用し、実使用期間算定および通知による維持および廃棄管理が可能であることを示した。

【キーワード】 軽仮設材, ICタグ, RFID

1. はじめに

土木や建築の本工事を行うために、作業用の橋や足場など仮の構造物を作る工事、すなわち仮設工事に使用される資材は仮設材と呼ばれる。仮設材の中で比較的軽く、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」を用いる）、クランプ、建て枠、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、実際に現場で使用された期間を把握し、定められた年数以上使用しないよう、管理することが求められている。単管や足場板等は実利用期間 8 年が限界とされている¹⁾。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、

リース会社は仮設材の統合的な情報管理を行っていない。そのため、実際に使用された期間を把握できず、安全性の面で問題である。

個々の軽仮設材を情報管理する手法としては、個々の軽仮設材に特定の番号を付けて、軽仮設材がリース会社で出荷された日と返却された日を帳簿に記入して実利用年数を計算するのが基本となる。しかし、この方法では時間がかかり過ぎるので、バーコードを付けて情報管理を効率化することが考えられる。しかし、バーコードは汚れが付着すると読み取れず、剥がれたり、破損したりする可能性がある。また、バーコード一つ一つを読み取る作業はかなり時間がかかる。そこで、筆者らは、数年前から土木分野でも注目され始めた IC タグ（電子タグ、RFID（Radio Frequency Identification）タグ）を用いて、使用状況や使用履歴の管理、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

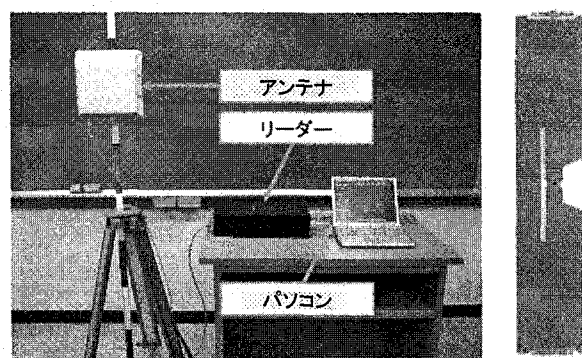
*1 工学部建設システム工学科, 0143-46-5219, yabuki@news3.ce.muroran-it.ac.jp

*2 大学院工学研究科建設システム工学専攻博士前期課程

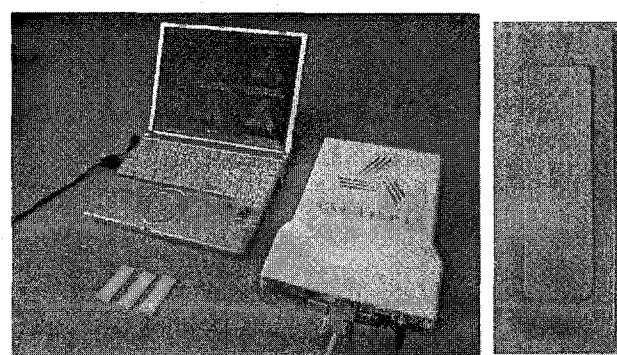
全性、情報管理の効率性等の向上を目的とする研究を実施してきている^{2) 3)}。軽仮設材は、通常、各工事現場で非常に多く使用する、また、同じ種類のものを束ねたり、重ねたりして運搬あるいは保管することがほとんどであるため、ある程度離れた場所から相当数の部材を一括で読み取れる IC タグの利用が望まれる。また、軽仮設材はほとんど鋼材などの金属を材料としていることから、金属に貼り付けても読みとれる IC タグである必要がある。

IC タグには、電池を内蔵しないパッシブ型と内蔵するアクティブ型があるが、軽仮設材の管理には、電池交換の必要がなく、長年使用できるパッシブ型の方が適している。現在、我が国で使用可能なパッシブ型 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 帯はリーダー／ライターと IC タグとの間の通信距離が小さいため、ある程度離れた場所から相当数の部材を一括で読み取り、金属に貼り付けても読みとれるという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）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、筆者らは 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、軽仮設材に IC タグを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以前の研究で行った⁴⁾。その結果については 2 章で紹介するが、使用した IC タグは柔らかく、保護する皮膜がなかったため、何らかの防護策を検討する必要があった。また、UHF 帯の IC タグの方が 2.45GHz 帯よりも通信距離は大きく、便利であるのだが、逆にそのため IC タグのアンテナが 24.3cm×24.3cm×5.0cm、リーダーが 20.4cm×36.2cm×8.4cm と大きく、重量があることも課題であった。

そこで、本研究では、最近開発された金属に貼り付けられ、外部からの衝撃に優れている金属で覆われた小型の 2.45GHz 帯パッシブ IC タグを用いて、基本的な読取性能実験を行い、軽仮設材に設置して読取実験を行うこととした。さらに、軽仮設材情報管理用データベースシステムのプロトタイプを開発し、個々の仮設材のリース開始日と返却日をデータ入力することにより実利用期間を管理する方法を提案す

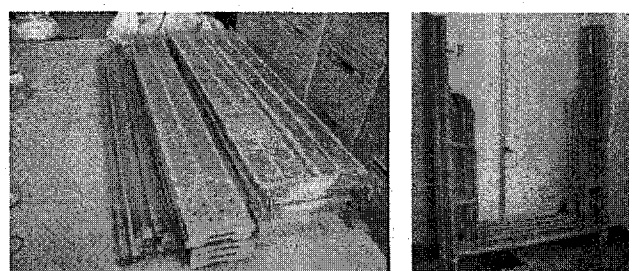


(a) UHF 帯 IC タグ実験装置 (右は IC タグ)



(b) 2.45GHz 帯 IC タグ実験装置 (右は IC タグ)

図-1 実験装置



(a) 単管、鋼製足場板、アルミ製足場板 (b) 建て枠

図-2 軽仮設材

ることとした。

2. 既往の実験的研究の結果

筆者らは、Alien社製のUHF帯ICタグを用いて、単管、鋼製足場板、アルミ製足場板、建て枠、クランプの各部材に対して、ICタグを種々の位置や向きに貼り付けて、単体、複数の場合で読取可能な最大通信距離を計測する実験を行った。またAlien社製の2.45GHz帯ICタグを用いて、単管、鋼製足場板、アルミ製足場板、建て枠の各部材に対して、UHF帯ICタグと同様の貼り付け方について、単体の場合で読取可能な最大通信距離を計測した（図-1，図-2）。



図-3 ICタグの設置方法

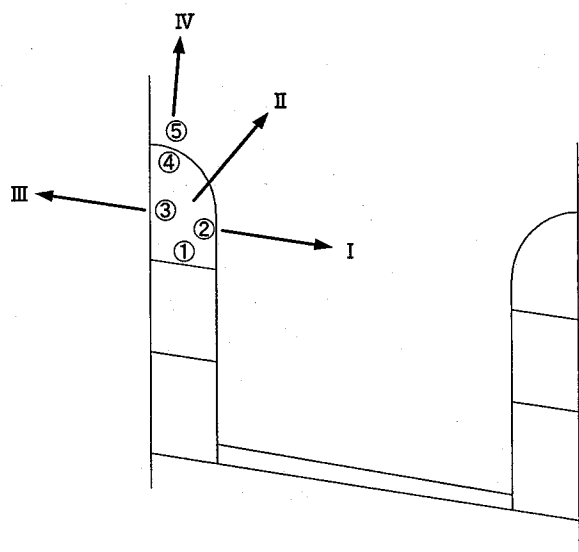


図-4 建て枠実験のタグの設置場所とアンテナの方向

その結果、以下のような知見が得られた⁴⁾。仮設材単体実験では、すべての部材において、金属の表面に直接貼り付けた場合は、ほとんど読み取ることができず、金属の表面に発砲スチロール等を貼り付けて、5mm程度金属面から離して装着すると読み取ることがわかった(図-3)。そこで、全てのICタグを発砲スチロールを挿入して5mm浮かせた状態で読取実験を行ったところ、UHF帯ICタグの最大通信距離は単管で約80cm、鋼製足場板で約120cm、アルミ製足場板で約120cm、建て枠で約160cm、クランプで約70cmであった。一方、2.45GHz帯では、それぞれ単管で約20cm、鋼製足場板で約20cm、アルミ製足場板で約30cm、建て枠で約10cmであった。従って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ことがわかった。

仮設材複数実験ではICタグを発砲スチロールにより金属表面から5mm離して装着した場合のみ実験を行った。単管を重ねて置いた場合、下の層にある単



図-5 10個のクランプを配置

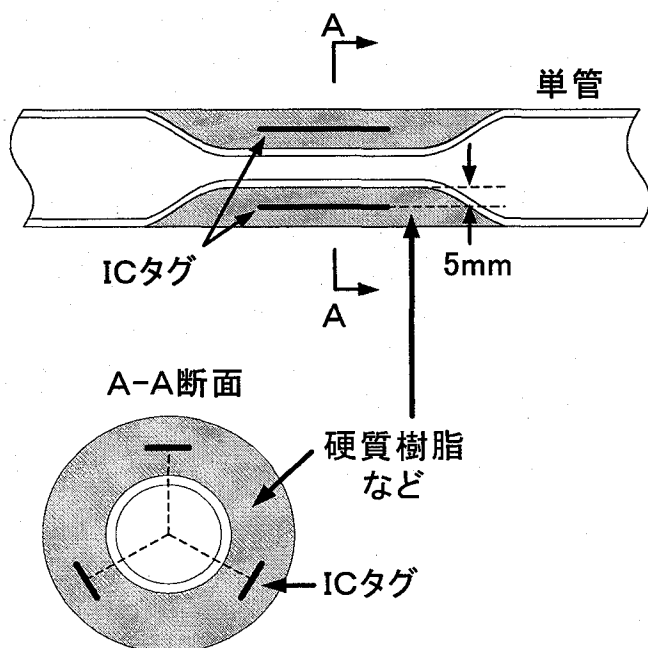
管のICタグを読み取ることができず、また、上の層にある単管でも、ICタグがアンテナから見える位置にないと読み取ることができないことがわかった。逆に、リーダー/ライターとICタグとの間に金属が入らないように工夫して設置すれば、複数のICタグ(すなわち複数の仮設材)を同時に読み取ることができた。鋼製、アルミ製足場板の場合、表面または裏面にICタグを設置してしまうと、重ねて置くと読み取れなくなるが、側面にICタグを設置すれば、読み取ることができた。建て枠については、重ねて設置した場合の読取実験から、内側の細い部分(⑤の位置)に円周方向に設置し、IIの方向からアンテナをかざすと最も通信距離が大きかった(①～⑤はICタグの設置位置、I～IVはアンテナのかざす方向)(図-4)。

クランプについては、単体の場合では、読み取りは可能であったが、複数個をまとめた場合は困難であった(図-5)。また、ICタグのサイズはクランプの滑らかな面より大きいため、実際に貼り付けることは困難だと考えられる。

以上より、単管、足場板及び建て枠については、ICタグを金属表面から5mm浮かすことにより軽仮設材に使用できることがわかった。但し、単管のように表面に出っ張りを設けることが許されないような場合、金属表面を5mm浮かし、さらに保護材として5mmの厚さの硬質レジンを使用すると、厚さ1cm金属をへこませる必要があり、強度面と製造コスト面で問題だと考えられた(図-6)。

3. 金属製ICタグを用いた軽仮設材の読取実験

本研究では、最近開発された金属に貼り付けられ、外部からの衝撃に優れている2.45GHz帯金属製ICタグを用いて読取性能を把握する実験を行うこととした。



図－6 IC タグの取り付け方（案）

表－1 実験に使用した軽仮設材

項目	寸法	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

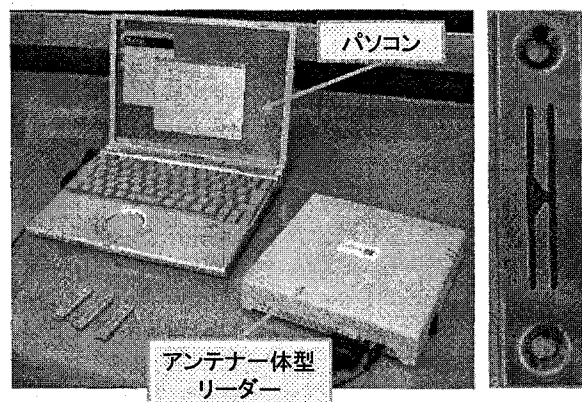
（１）実験装置

実験に用いた装置は、日立製作所製送信出力300mWのアンテナ一体型リーダー（HM-MU380-SH07）および2.45GHz帯ICタグ（H02H型）である。アンテナ一体型リーダーの大きさは、幅18.5cm、長さ18.5cm、厚さ4.0cmである。ICタグの寸法は長さ5.2cm、幅1.3cm、厚さ0.3cmであり、重量は約6.0g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、アンテナ一体型リーダーとは付属ケーブルにより接続した（図－7）。また実験には、通常の建設現場で使用されている表－1に示す軽仮設材を使用した。

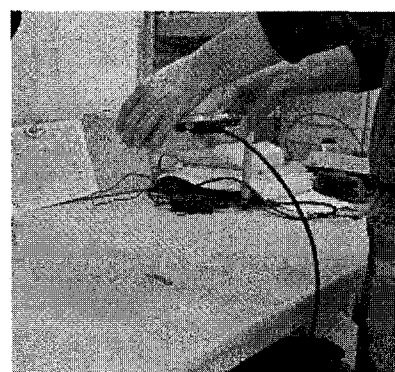
（２）実験方法および結果

a) 基本性能実験

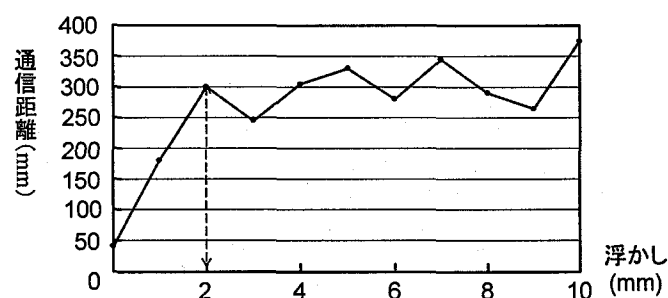
まず、本実験で用いたICタグの基本的な性能を確認するために、金属面に設置した場合の通信距離を測定した。ICタグを鋼製の机の上に置き、ICタグに対して垂直方向（上）からアンテナをかざし、最大通信距離を測定した（図－8）。その際、金属面と



図－7 2.45GHz帯金属製ICタグ実験装置（右はICタグ）

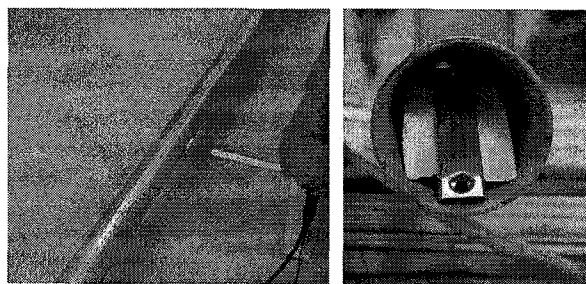


図－8 基本性能実験



図－9 基本性能実験結果

ICタグとの距離を両面テープにより、0、1、2、3、…、10mmと1mmずつ延ばして行き、これにより通信距離がどれだけ変化するか測定した。実験結果を、図－9に示す。この実験結果から、金属面に直接貼り付けた場合は通信距離が著しく短く、実用には適さないが、両面テープにより金属面から離していけば、通信距離が長くなること、および2mmまで離すと通信距離は300mmとなり、その効果は大きいことがわかった。そこで本研究では、軽仮設材の実験では、凹ませる量が多いほど製造コストがかかるので、経済性などを考慮し、本ICタグの場合、



(a) 単管表面 (b) 単管内部

図-10 単管単独実験の設置方法

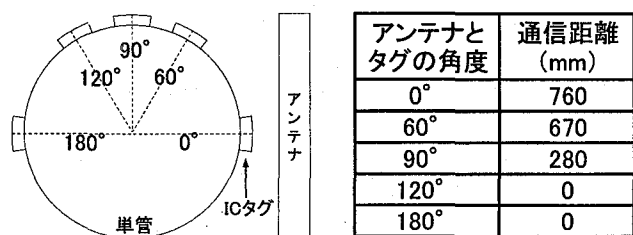
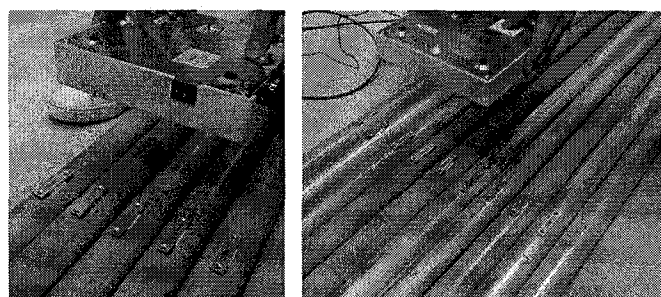


図-11 アンテナと IC タグの角度と単管単独実験



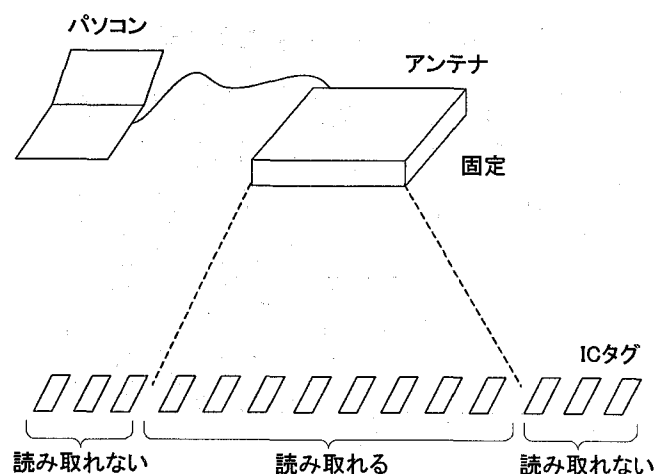
(a) 単管 5 本読取実験 (b) 単管 10 本読取実験

図-12 単管複数読取実験の設置方

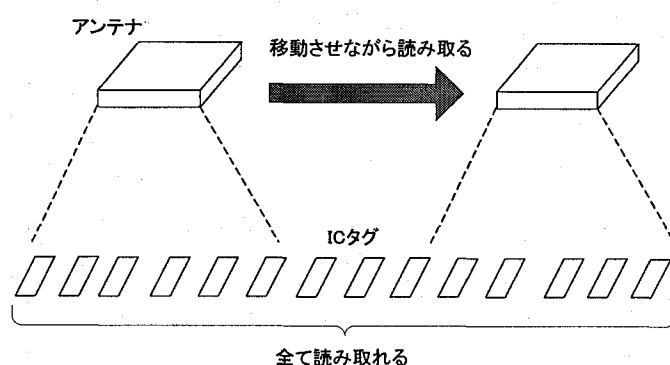
金属面から 2mm 離すこととした。

b) 単管

単管を用いて単独実験と複数読取実験を行った。単独実験では、IC タグを管内部に設置した場合と管の表面に設置した場合の読取実験を行った(図-10)。管内部に設置した場合は、全く読み取ることができなかった。単管の表面に IC タグを貼った単独実験では、アンテナと IC タグの角度を変えて行った。その結果を図-11に示す。アンテナと IC タグの対面している 0 度の場合が最大通信距離が最も長く、760mm だった。90 度では、280mm となり、IC タグがアンテナから見えなくなる 120 度では、読取りが出来なかった。このことから単管の場合は、どの角度からでも読み取れるように IC タグを管の周りに



(a) アンテナを固定した実験のイメージ



(b) アンテナを移動させる実験のイメージ

図-13 複数読取実験の実験イメージ

120° 間隔で三枚設置する必要があると思われる。

複数読取実験では、単管の上からアンテナを固定したままのくらいの通信距離で単管に設置されたすべての IC タグを読み取ることができるか実験を行った(図-12, 13(a))。その結果、横一列 5 本の場合、5 本を同時に読み取れる通信距離は 350mm であった。また、10 本では広範囲なためアンテナを固定した状態では、10 本全てを読み取ることができなかった。しかし、アンテナを単管上を移動させながら、IC タグを読み取ると最大通信距離は 450mm で 10 本全て読み取ることが出来た(表-2, 図-13(b))。従って、数多くの単管もアンテナを動かすことによってうまく読み取れることがわかった。

c) 鋼製足場板

鋼製足場板を用いて単独実験と複数読取実験を行った。単独実験では、IC タグを足場板の側面に設置

表－２ 単管複数読取実験結果

設置	1本に設置した タグの枚数	アンテナと タグの角度	通信距離 (mm)
横一列5本	1	0°	500
	2	0°	450
	3	0°	500
		60°	200
		ランダム	200
横一列10本	1	0°	450
	2	0°	450
	3	0°	450
		60°	200
		ランダム	200

表－３ 鋼製足場板単独・複数読取の実験結果

設置場所	単独の場合の 通信距離(mm)	6枚重ねの 通信距離(mm)
側面(長い面)	750	550
側面(短い面)	730	550

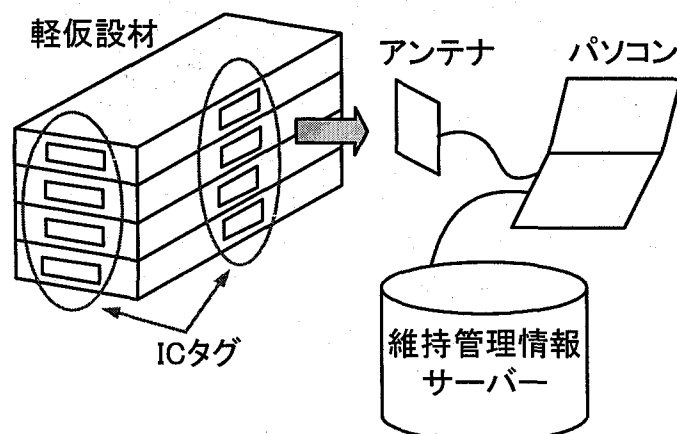
し読取実験を行った。運用上、側面に設置することが望ましいが、上表面に IC タグを貼り付けた場合、最大通信距離は 1,280mm であった。これは、金属面からの電波の反射による影響があると考えられる。また足場板の隙間に設置した IC タグについては測定不可能であった。側面での単独実験結果は表－３に示すように、長い側面の場合 750mm の距離から読み取れ、短い側面からは 730mm であった。

一方、複数読取実験では、鋼製足場板の側面からアンテナを固定したまま 6 枚すべての IC タグを読み取ることができる最大通信距離を計測する実験を行った。その結果、側面での読み取れる最大通信距離は 370mm となった。しかし、アンテナを側面で移動させながら読み取ると最大通信距離は 550mm であった。このことから、アンテナを移動させながら読み取ると、最大通信距離が長くなることがわかった。実験結果を表－３に示す。

4. 軽仮設材情報管理用データベースシステム

本研究では、IC タグを用いた軽仮設材の情報管理システムのプロトタイプを Microsoft Access を用いて構築した。

各軽仮設材に複数の IC タグを貼り付け、IC タグの持つ単独の ID と、各軽仮設材に与えられたユーザー独自の ID とを関連付けて、製造者、製造日、リース会社、リース先、リース開始日、リース終了日など



図－１４ 情報管理システムのイメージ

の情報を、データベースに保存しておく。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 IC タグと関連付けられている軽仮設材のデータをデータベースから取り出し、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、仮設材の統合的な管理が可能となる（図－１４）。IC タグの ID 番号をそのまま各仮設材の ID としなかったのは、読取り易いように、一つの仮設材に複数の IC タグを貼り付けることを想定しているからである。複数の IC タグを取り付けることにより、その中の何個かの IC タグが破損しても対応可能だからである。

本システムの中核となるのは、データベースである。データベースとしては、一般的に使用されているリレーショナルデータモデルを採用することとした。データモデルは「ICtag」、「Lease」、「Lease 会社」、「部材」、「Lease 先」の 5 個のテーブルとそのリレーションによって構築した。「ICtag」テーブルでは ICtagID とその IC タグが設置されている部材の ID を格納し、「部材」テーブルでは製造者や製造日、リース会社といった部材に関する情報を、「Lease」テーブルではリースした部材 ID とその出荷日、返却日、リース期間、リース先といったリースに関する情報、「Lease 先」テーブル、「Lease 会社」テーブルではそれぞれリース先やリース会社に関する情報を格納している。またリレーションとして部材 ID で ICtag テーブルと部材テーブル、部材テーブルと Lease テーブルを関連付け、部材テーブルと Lease 会社テーブルを Lease 会社 ID で、Lease 先テ

ブルと Lease テーブルを Lease 先 ID で関連付けた (図-15)。

本研究では、IC タグを読み取った際にその ID に対応する部材について出荷日やリース先、返却日といった情報をデータベースに保存するプログラムを開発した。本プログラムではまず、読み取った複数の IC タグの ID を一時的に出荷リストまたは返却リストに格納する。IC タグ及び部材にはそれぞれ固有の ID が与えられており、読み取った IC タグ ID とデータベース内で関連付けられている部材 ID を探し、出荷または返却する部材 ID リストを作成する。しかし、一つの部材に対して複数の IC タグが設置されている場合がある。一つの部材に設置された複数の IC タグを同時に読み取った場合は、部材 ID リスト中に、同じ部材 ID が重複してしまうので、プログラムの中でチェックし、部材 ID がリスト内で重複しないようにした。

ユーザインターフェースでは、出荷日とそのリース先、返却日を入力するテキストボックスと出荷ボタン、返却ボタンを用意し (図-16)、出荷ボタンをクリックすると、出荷する部材 ID リストにある部材一つ一つについて、入力された出荷日、リース先で出荷する処理を行い、データベースに保存する。また、返却されていない部材に対して出荷する処理をした場合や、入力した出荷日とその部材の最終返却日以前だった場合にはメッセージでエラーを知らせる処理をした。さらに、使用期間が軽仮設材の耐

用年数である 8 年 (2920 日) を超える部材についてもメッセージで出荷するかどうかを問い、それに応じた処理をするようにした。

同様に返却ボタンをクリックすると、返却する部材 ID リストにある部材一つ一つについて、入力された返却日で返却する処理を行い、データベースに保存する。また、出荷していない部材や、入力した返却日が出荷日以前だった場合にはメッセージでエラーを知らせる処理をし、部材の耐用年数が 8 年 (2920 日) を超える部材についてもメッセージで知らせるようにした。

5. まとめ

2.45GHz 帯金属用 IC タグ (H02H 型) を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読み

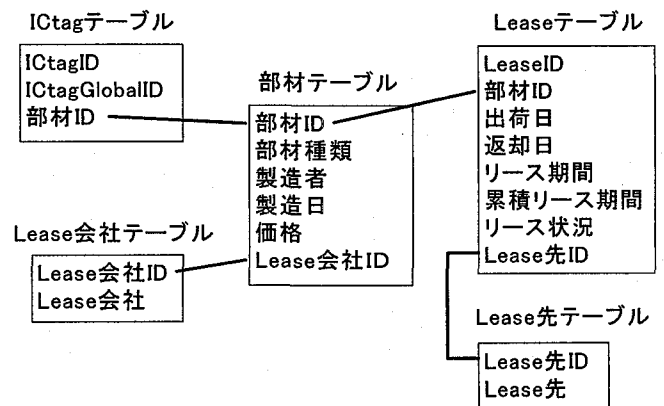


図-15 開発したプロトタイプデータのモデル

部品管理19: フォーム

出荷日: リース先: 返却日:

部材ID	出荷日	返却日	リース期間	累積リース期間	リース状況	リース先
1	1999/01/01	2001/01/01	731	731	返却済	A社
1	2002/01/01	2003/01/01	365	1096	返却済	B社
1	2004/01/01			1096	出荷中	B社
2	1999/01/01	2001/01/01	731	731	返却済	C社
2	2002/01/01	2003/01/01	365	1096	返却済	C社
2	2004/01/01			1096	出荷中	B社
3	2003/01/01	2004/01/01	365	365	返却済	A社
3	2005/01/01	2006/01/01	365	730	返却済	A社
4	2000/01/01	2001/01/01	366	366	返却済	C社

レコード: 1 / 15

図-16 プロトタイプユーザインターフェース

取り実験を実施し、2.45GHz 帯金属用 IC タグ (H02H 型) は、UHF 帯 IC タグに比べて、金属面から離す量が小さくても十分に通信可能であり、また軽仮設材のうち単管と鋼製足場板については、実用化が可能であることがわかった。また、軽仮設材情報管理のため、データベースを用いたプロトタイプシステムを構築した。これにより、これまで難しかった軽仮設材の実使用年数の把握、管理を効率化し、軽仮設材の維持管理と安全性の向上に資することが明らかとなった。

今後は、この実験結果を生かして、現場の実態に即したICタグの接着方法や耐環境性について、詳細に検討するとともに、開発したプロトタイプシステムの詳細な検証実験を行い、さらに改良を加えていきたいと考えている。

【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>, 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.
- 4) 矢吹信喜, 尾山寿史：IC タグの軽仮設材管理への利用に関する実験的検討，土木情報利用技術論文集, Vol.15, pp.231-240, 2006.10.

A Fundamental Study on Management Method for Light Weight Temporary Facilities Using Metal Radio Frequency Identification Tags

By Nobuyoshi Yabuki and Toshifumi Oyama

As light weight temporary facilities are used many times and are deteriorating over a long time, it is desired to identify the actually used period for each member and to abandon the members if they are used overtime. However, this has never been executed before since it takes too much time and cost. The authors performed experiments for applying ultra high frequency (UHF) band radio frequency identification (RFID) tags to management of light weight temporary facilities before and found it feasible but observed the necessity of protecting soft UHF RFID tags used for the experiments. Now that new 2.45GHz band RFID tags that are covered with metal and that are resistant to shocks have been developed, the authors executed experiments on the usability of the new metal RFID tags and on the application of them to light weight temporary facilities. The results showed that the new metal RFID tags can be used if they are attached to metal members by inserting 2mm thick non metal object between the metal surface and the RFID tag. Furthermore, the authors developed a prototype of a database system for managing the usage of light weight temporary facilities by using the metal RFID tags. The database system deployed a relational data model having five tables representing data of facility members and leasing track records. This system was tested for reading multiple RFID tags attached facility members and demonstrated its feasibility and practicality.