平成 28 年度　経済産業省委託

エネルギー使用合理化国際標準化推進事業委託費
（省エネルギー等国際標準開発（国際標準分野））

金属製循環型物流機材(RTI)用 RFIDに関する国際標準化

成果報告書

別紙２

平成 29 年　2 月 27 日

株式会社デンソーエスアイ

【目次】

内容

1.1 実施内容 - 1 -

1.2 実証実験協力企業 - 1 -

1.3 実証実験の体制とスケジュール - 2 -

1.4 実証実験環境 - 3 -

1.5 金属製 RTI 用 RF タグと管理システムの実証実験の実施 - 5 -

1.5.1 昨年度実証結果を踏まえた計画 - 5 -

1.5.2 金属製 RTI 管理に関する要望 - 5 -

1.5.3RF タグの格納データの概要 - 7 -

1.5.4 評価内容 - 10 -

1.5.4.1 実運用における読み書き評価 - 10 -

1.5.4.2 リカバリー運用の評価 - 10 -

1.5.4.3 周波数の相違に関する評価 - 12 -

1.5.4.4 データ格納方法の評価 - 14 -

1.5.4.5 USER メモリバンク活用における情報隠蔽機能の評価 - 16 -

1.5.4.6 EPC タグとの混在環境による影響評価 - 17 -

1.5.5 実装する機能の概要 - 17 -

1.5.6 機器構成 - 18 -

1.5.7 事前評価 - 21 -

1.5.8 実証実験 - 23 -

1.5.8.1 実運用における読み取りと書込み結果 - 24 -

1.5.8.2 リカバリー運用の評価 - 46 -

1.5.8.3 周波数の相違に関する評価 - 53 -

1.5.8.4 データ格納方法の評価 - 55 -

1.5.8.5 USER メモリバンク活用における情報隠蔽機能の評価 - 56 -

1.5.8.6 EPC タグとの混在環境による影響評価 - 58 -

1.5.9 実証実験の残された課題 - 59 -

1.1 実施内容

サプライチェーン用 RFID（Radio frequency identification）の国際規格 ISO 1736X シリーズの採用事例が無く、普及に繋げるためには具体的な使用事例を示す必要がある。H27 年度には“金属製 RTI の RFID 活用による管理”をターゲットとして“導入時のポイントを確認”する事を目的として実証実験を行った。本年は、H27 年度に抽出された以下の課題に対して実証実験を行い、導入時に参考となるデータを追加する。

①読み書き落としのバックアップ方法の検討

②大容量 RF タグ(ユーザエリアの活用)に関する評価

③サプライチェーン活用に関するアプリケーション提言

④地域による使用周波数相違

1.2 実証実験協力企業

実証実験は金属容器を多く所有している企業に協力を依頼した。

条件を満たす企業と調整した結果、建設機器業界の以下の企業に協力頂いた。

・コマツ（部品出荷元：国内）

・Komatsu India Pvt.Ltd（部品出荷先：インド）

・Komatsu Hanomag GmbH（部品出荷先：ドイツ）※

※2016 年 9 月より「Komatsu Germany GmbH」へ社名変更

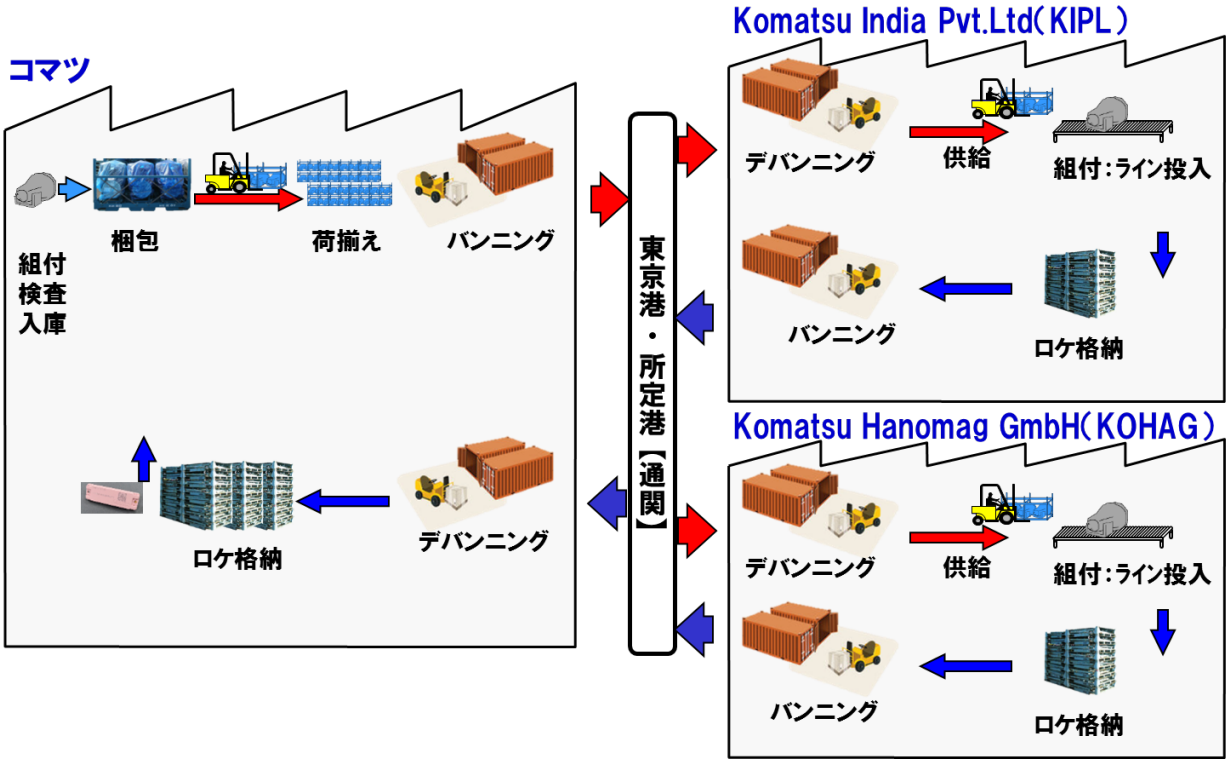
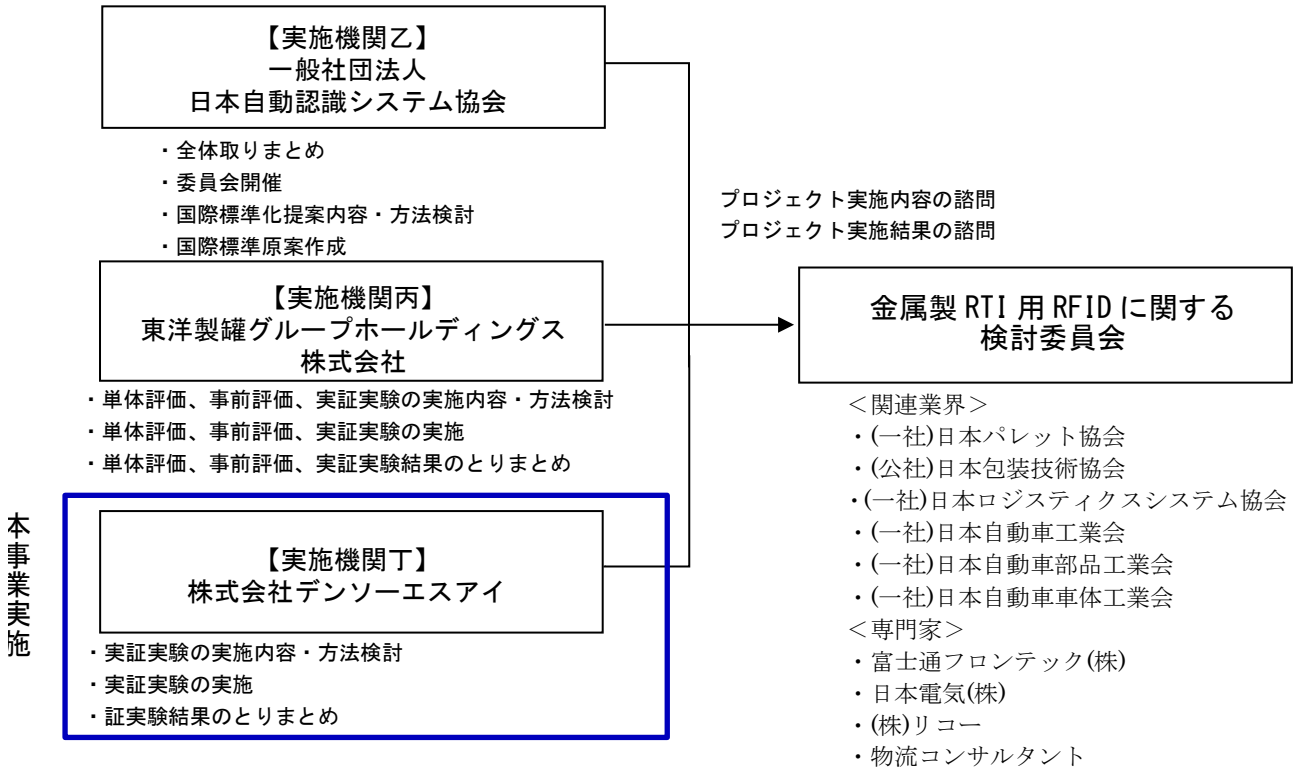


図-1. 実証実験協力企業における金属 RTI の流れ

1.3 実証実験の体制とスケジュール

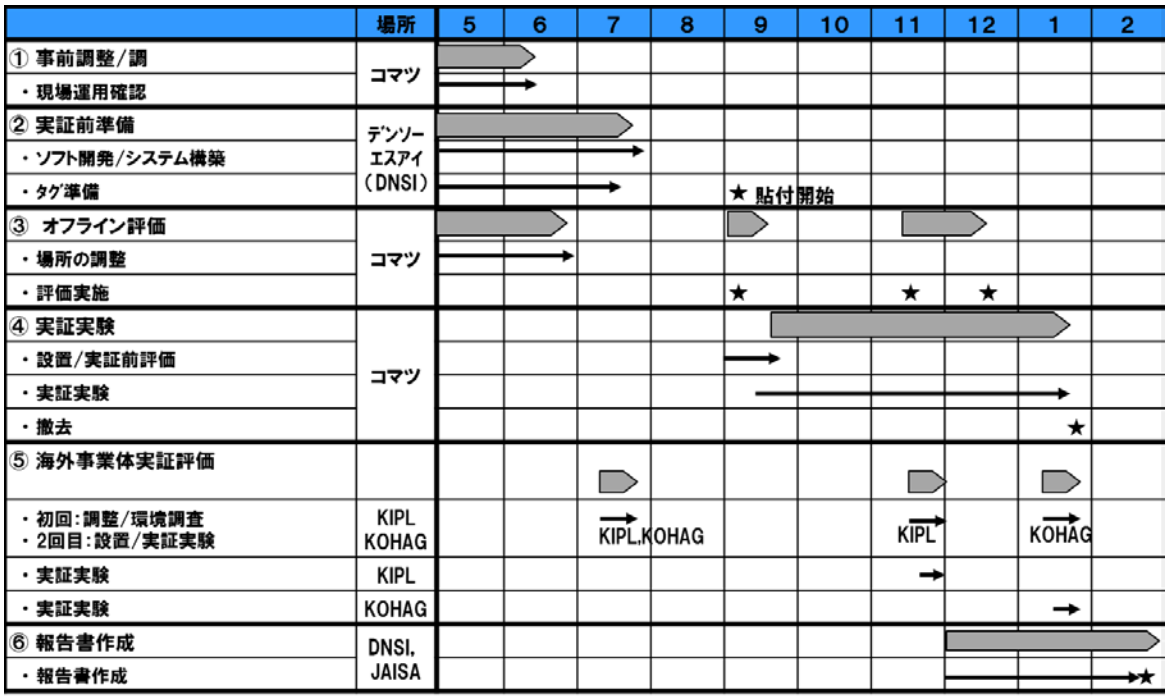
実証実験の体制とスケジュールは以下の通りである

（１）体制図



（２）スケジュール

表-1. 全体スケジュール



1.4 実証実験環境

実証実験を行う企業様における対象工程は以下の通りである

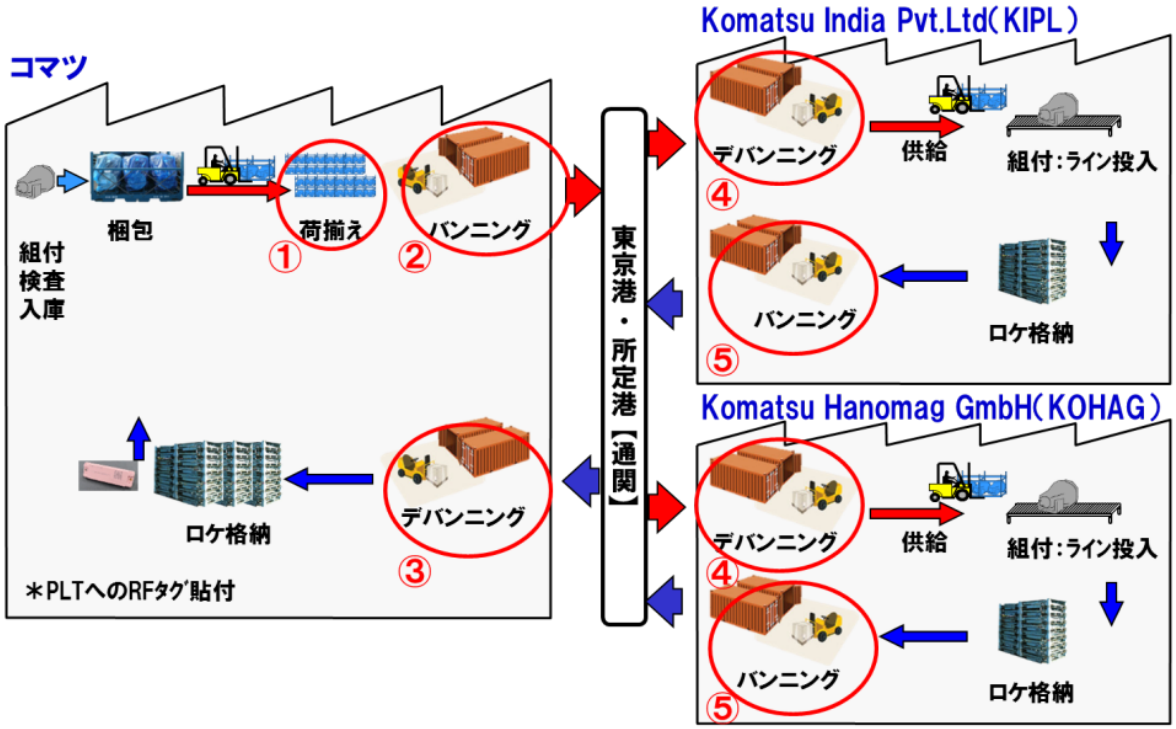


図-2. 実証実験環境

①荷揃え工程：

出荷品の荷揃えを行う工程。荷揃え指示書を元に出荷品の荷揃えと前工程の梱包作業で対象部品に貼付された梱包指示カードを元に出荷用のシッピングマークとアタッチシートを貼付する。シッピングマークには主に対象部品のサイズ、重量が記載されており、出荷の都度割り振られた金属製 RTI 単位の CaseNo.がバーコードで印字されている。今回、RF タグへの情報書込みとしてシッピングマークと梱包指示カードに印字された CaseNo.（C/No.）と Parts Order No.（P/O No.）のバーコード情報を活用する事とした。

②バンニング工程（国内）：

出荷品が格納された金属製 RTI をコンテナに格納する工程。この際、フォークリフトで金属製 RTI を 1～4 段積みした状態でコンテナへ格納する。今回、機材と設置環境の都合でアンテナの設置面は片側としたため、コンテナへ格納する際に RF タグが全て面揃えされるように荷揃え工程にて前段取りする事とした。コンテナ手間を通過する場所の片面にアンテナを設置し、自動的に RF タグの読み取りと RF タグへのデータ書き込みを行う。なお、今回対象の金属製 RTI はコンテナ幅のハーフサイズとフルサイズの 2 種類である。ハーフサイズの場合、コンテナへ格納する場所はコンテナの入口に対して左側と右側の 2 種類存在する。また、コンテナ奥に格納する際にはコンテナの入口では中央部分を通過する。これによりアンテナと RF タグとの距離関係は主に 3 パターン存在する。また、昨年度の実証実験と異なりコンテナ前で一旦停止はなく、そのまま通過する運用である。今回の実証実験では読み書きの結果は通常運用に影響しない事としたため、読み書き結果に関わらず、コンテナへの格納をそのまま行う事とした。

③デバンニング工程(国内)：

出荷先から返却された空の金属製 RTI をコンテナから取り出す。今回対象の出荷先からの返却分を取り出す単位としては、金属製 RTI が折りたたまれた状態の 8～9 段である。出荷先から金属製 RTI を返却される際は RF タグの貼付面を揃える運用が困難なため、本来はコンテナ前の両サイドにアンテナを設置する事になるため、今回はオンラインでの評価は見送った。今回は実運用ではなくオフライン環境でのテストとしたが、設置環境の都合と実証期間中に RF タグ付きで出荷した金属製 RTI が国内まで纏まって返却出来ない事も理由の一つである。また、環境としては屋外の環境という点も他の工程と異なる。

④デバンニング工程(海外)：

出荷元から納入された部品入りの金属製 RTI をコンテナから取り出す。国内でバンニングした荷の状態でフォークリフトによって荷下ろしを行う。

⑤バンニング工程(海外)：

出荷先で部品を使用して空となった金属製 RTI を出荷元へ出荷する。一定量となった空の金属容器を 8～9 段積みの状態でフォークリフトによってコンテナへ積み込みを行う。

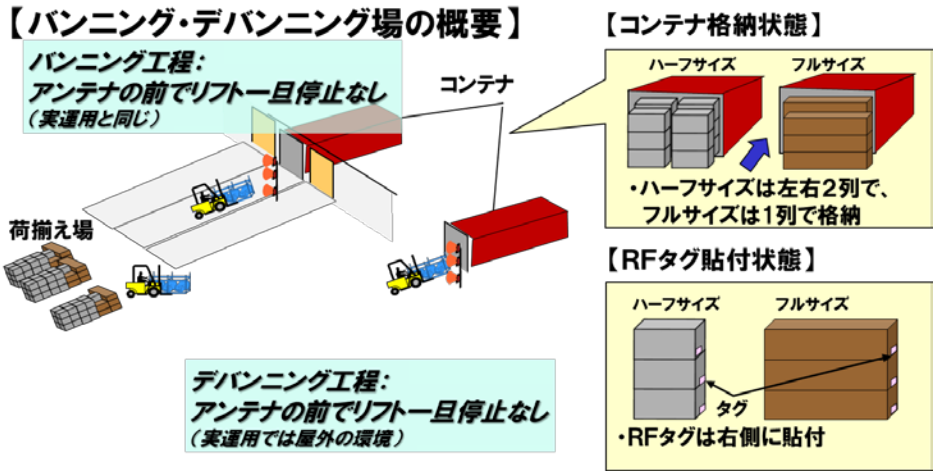


図-3. バンニング・デバンニング場の概要

表-2. コンテナ格納パターン

工程	位置ﾊﾟﾀｰﾝ	金属 RTI ｻｲｽﾞ	段数	状態
バンニング（国内） デバンニング（海外）	1.左側	ハーフ	１～４	組立済み
	2.右側			
	3.中央			
	4.中央	フル		
デバンニング（国内） バンニング(海外)	5.左側	ハーフ	８～９	折たたみ
	6.右側			
	7.中央			
	8.中央	フル		

1.5 金属製 RTI 用 RF タグと管理システムの実証実験の実施

1.5.1 昨年度実証結果を踏まえた計画

昨年度の実証実験から金属容器や周囲の金属等の環境の影響もあり、RF タグの読み書き精度 100%を実現する事は難しい。本年度の実証実験を実施するに当たり、精度向上策を検討し、以下を実験内容に反映した。

【変更点】

・書込み手順

【追加した点】

・書き込みデータの縮小化

・最下段 RF タグの精度向上化（アンテナ並列化、床面アンテナ追加）

・センサーによる読み書きタイミング制御

1.5.2 金属製 RTI 管理に関する要望

（1）実証協力企業の要望

昨年度の実証実験から金属製 RTI 自身の管理だけでなく、格納される部品や出荷受入に必要な情報管理の活用ニーズがある事が判明している。今回実証実験に協力頂く企業でのニーズを確認したところ、部品出荷元としては以下が挙げられた。

①金属製 RTI の紛失時に責任の所在を明確にする。

②金属製 RTI の滞留時にシリアル No.ベースで催促を可能にし、
回転を促進させ、総在庫の抑制を図る。

③各事業所が短期間、低コストで実現させる事を可能とする。

④2 拠点間の管理に留まらず、他拠点間での管理を可能とする。

これらを RF タグで実現する上では、金属容器に関する型式やシリアル No.情報を入出荷の都度情報収集出来れば可能であると考えられた。しかしながら、出荷先としては金属容器の管理以外に格納された部品の情報を RF タグに格納し、入荷状況の把握や使用部品と完成品との組付けのトレーサビリティに活用したいというニーズ（⑤）と輸入部品を受け取った受入状況の把握を現場だけでなく、管理部門でも早期に把握し、且つ、対象部品の所在把握を可能としたいというニーズ（⑥）がある事を確認した。

⑤部品の組み付け履歴管理（トレーサビリティ）の実現。

⑥部品の受入状況把握の早期化と所在把握

部品情報については、RF タグに格納しなくても RF タグの ID 情報と部品情報を上位システム側で紐付け管理する事も可能だが、この場合、基本的に RF タグは ID 情報しか保持していないため、上位システムとの通信を行って初めて現場運用が成り立つ事となる。また、上位システムがダウン時等は現場運用が停止してしまう可能性がある。更に、異なる企業間で紐付け情報を活用する場合にはセキュアなネットワーク構築が必要となり、多大な費用とルール整備が必須で現実的ではないと考えられる。RF タグに部品情報などを格納する事で現場のオフライン環境で即時確認や照合業務が実現出来、安価に運用出来る仕組み構築が実現可能と考えられる

ため、今回の現場実証で使用する RF タグの格納情報についても考慮する事とした。下記は過去に実証協力企業が取り組まれた RFID 活用で抽出された課題と今後の目標に関する内容である。

表-3. 実証協力企業における RFID による金属製 RTI 管理に関する課題と目標

項目			内容
課題	タグ	取付け/取外し負荷大	工数大，出荷しながらの取付けで間に合わなかった
		高価	投資大
		寿命のバラツキ	良品/不良品は読取りでの判断
	バンニング	読取りが難しい	移動体読取りが困難，タグ良否が不明で何度も読取トライ
		設置環境	屋外のためPCが2年で故障
		現地法人の管理レベル	ハンディでの読取りを実施したが情報が不正確（中国）
	デバンニング	読取りが困難	現地法人のパレタイズルールが不統一でタグ方向がバラバラ
		現地法人の取扱い	フォーク作業が荒くタグ破損がある（取替費用と工数発生）
実証実験の評価範囲			
目標	管理レベル	個体管理の実現	・紛失時の責任所在の明確化 ・滞留品の見える化で回転率の促進を図る ・管理システムの投資を抑え各事業所で管理を実現
			・ネットワーク環境で多拠点間での見える化を実現
	管理システム	号機紐付け（出荷元）	パレット-IDとエンジン号機の紐付け
		出荷処理（出荷元）	実入パレットの出荷実績計上
		入庫処理（出荷先）	実入パレットの入庫実績計上
		トレーサビリティ（出荷先）	車両号機とエンジン号機の紐付け
		出庫処理（出荷先）	空パレットの出庫実績計上
		入庫処理（出荷元）	空パレットの入庫実績計上

（２）USER エリア活用に関する評価の目的

これまで RF タグの信頼性（読み書きの精度が環境に応じて大きく変動し、且つ、100%に近づける事は相当の苦労を要し、且つ、書き込みについては、更に苦労する。また 100%にする事は不可能）は高くない事が、USER エリアを効果的に使うアプリケーションを考えてこなかった背景の１つと考えられる。しかし、昨今 USER エリアが大容量の RF タグが安価に手に入れる事が出来つつあり、今一度アプリケーションを考えてみる時期にあり、信頼性は並行して考察・評価する事とした。アプリケーションを考えるといっても、これまで SCM での用途は机上での考察はされてきたが、実際に行った事例は特に ISO1736X ベースに至っては昨年度の本実証実験が初めてである。昨年は USER エリアが 384bits であったが、今年度は 1,024bits 使える RF タグを準備出来た。実際に使えそうなデータを実証実験協力企業の現場で書き込み、それを SCM 上で使う場面を設定する事によって、現場現場の作業者に何が出来るかを把握してもらえるため、どのように使うと嬉しいかを逆にフィードバックしてもらう事が出来ると考えた。一方、信頼性については、昨年度と今年度の単体評価から、USER エリアへのアクセスする範囲を限定する事よって RF タグの消費電力の低減が可能となり、通信完了までの時間が短縮される事が分かっているため、それが可能なデータ格納方法（Tag Data Profile 等）と実際の効果の程度の測定が必要である。

1.5.3RF タグの格納データの概要

実証実験で使用する RF タグは単体評価で有効と確認された RF タグを使用した。RF タグは、既に流動中の金属製 RTI と実証期間中に新規投入された金属製 RTI の片面に 1 枚貼付する。RF タグに格納するデータは ISO1736X 規格に準じて行う。ISO/IEC18000-63 の RF タグメモリ領域は＜表-4＞の通りである。今回 SCM での活用を見据えて USER メモリバンク（$MB11_2$）にも情報を格納する。その USER メモリバンクへの格納も ISO1736X 規格に準じて、DI 形式を採用した。昨年度の実証実験では、一般流通されている既存の IC チップで、SCM での活用を想定した場合の情報全てを格納する事が出来なかったため、一部の情報を工程毎に書き換える事で実証を行った。今年度は SCM での活用を見据え、昨年度使用した USER メモリバンクが 384bits に比べ、更に大容量な 1,024bits の IC チップを採用した。

表-4. RF タグのメモリバンク

	ﾊﾞﾝｸ 0（$MB00_2$） RESERVED 領域	ﾊﾞﾝｸ 1（$MB01_2$） UII（EPC）領域	ﾊﾞﾝｸ 2（$MB10_2$） TID 領域	ﾊﾞﾝｸ 3（$MB11_2$） USER ﾒﾓﾘ領域
格納情報	パスワード等	個体識別番号	RF タグ種類固有情報	オプション

（１）UII メモリバンク（$MB01_2$）の格納データ

ISO1736X 規格に準じて ISO 識別子には RTI を表す「25B」をセットする。発番機関コード、企業コードについては実証実験協力企業のコードをセットする。シリアル No.にはコマツ社内で RTI を管理するための区分を含めたコードをセットする。総桁数としては 8bits 文字コードで 34 桁となるが、ISO 規格に準じて 6bits で変換した値を Hexadecimal（16 進数）で UII メモリバンクへ格納する。

表-5. UII メモリバンクの格納データ

	DI (RTI)	発番機関	企業コード	シリアル No.				
				分類1	分類2	パレット型式	シリアルNo.	
データ	25B	XX	XXXXXXXXX	XX	XX	XXXXXXXXXXXX	0001	合計 34桁
桁数	3	2	9	2	2	12	4	

※会社データの為、非記載

（２）USER メモリバンク（MB11$_2$）の格納希望案と現実案

USER メモリバンクには RTI の利用回数を把握するための回転数、梱包指示情報から C/No.、P/O NO.を荷揃え工程にてデータ格納する。また、各工程を通過した履歴情報をオフライン環境、または企業間を跨ぐ際に、RF タグ内のデータを元に情報連携、情報収集出来る事を目指し、工程を示す場所とタイムスタンプをデータ格納する事とした。更に、エンジン部品を金属製 RTI に載せる場合に、トレーサビリティへの活用を見据えてロット No.を RF タグに格納する事を検討した。以下が ISO 規格に準じて DI 方式によるデータ格納を採用した案である。

表-6. USER メモリバンクの格納希望案

	項目	桁数	内容	DI	DIの意味
①	P/O No.	20	Parts Order No.	K	Purchase Order Number
②	C No.	11	Case No.	5S	Package Identification
③	サイクル回数	3	RTIの回転（使用）回数	D	Format YYMMDD
④	荷揃え日付	6	荷揃え梱包日	Z	Mutually Defined（Zを適用）
⑤	ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	ｺﾏﾂでのﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_005	Format YYMMDD：出港日
⑥	ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	現法でのﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_019	Format YYMMDD：荷卸し日
⑦	ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	現法でのﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_011	Format YYMMDD：出荷日
⑧	ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	ｺﾏﾂでのﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_049	Format YYMMDD：確認日
⑨	通過工程	10	RTI（RFﾀｸﾞ）の通過場所	1L	Location
⑩	ﾊﾟﾚｯﾄ型式	12	新品：UII=USER, 改造：UII≠USERとする	B	Container Type
⑪	ﾊﾟﾚｯﾄｼﾘｱﾙNo.	4		S	ｼﾘｱﾙNo.
⑫	ENG品番	11	頭に区切り文字の英文字が1文字ついているがﾃｽﾄはそのままとする	P	Item Identification Code
⑬	製造日付	7		5D_094	Manufacturing Date：YYMMDD
⑭	ENG号機	9		20S	Traceability Code for an entity
桁数合計		117	-	-	-

データイメージ	1104 bit　69 ワード
[)>RS06GSK12345678901234567890GS5S12345678901GSD123GSZ160721GS5D160725005GS 5D160811019GS5D160819011GS5D1600909049GS1LA1A2H1H2A4GSBKM0822BE05OYGSS0001GS PN6275E00020GS5DW160510094GS20SS00714907RS EOT	

しかしながら、希望する履歴情報を全て格納するとメモリサイズが 1,104bits 必要となり、一般流通している IC チップでは収まり切らない情報であるため、今回の実証ではロット No.の情報（⑫～⑭）については実運用環境では書き込まない事とした。なお、ロット No.情報を書き込まない事とした理由の 1 つにロット No.の件数がある。これは 1 つの金属製 RTI に複数部品が格納される場合に、1 部品単位でロット No.が異なる場合があるためである。RF タグにロット No.を格納出来たとしても金属製 RTI のどの位置に格納された部品に該当するかの紐付け管理が困難な事が状況がある。こちらについては格納部品のトレーサビリティ管理への活用時に事前に充分検討し、運用とシステム設計が必要であると考える。なお、RF タグは以下の条件を満たす RF タグを候補として選定した。

・UII メモリ 210bits 以上（ISO 規定 6bits コード 35 桁）

・交信距離 4.5m 以上（H26FS 結果より RFID ユーザ規定を参考）

・北米、アジア、欧州周波数帯対応

・長期屋外使用可能である事

格納希望案の全項目を格納する事が出来ないため、⑫～⑭を除いた以下の項目を採用した。

表-7. USER メモリバンクの格納案

	項目	桁数	内容	DI	DIの意味
①	P/O No.	20	Parts Order No.	K	Purchase Order Number
②	C No.	11	Case No.	5S	Package Identification
③	サイクル回数	3	RTIの回転（使用）回数	D	Format YYMMDD
④	荷揃え日付	6	荷揃え梱包日	Z	Mutually Defined（Zを適用）
⑤	ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	コマツでのﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_005	Format YYMMDD: 出港日
⑥	ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	現法でのﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_019	Format YYMMDD: 荷卸し日
⑦	ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	現法でのﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_011	Format YYMMDD: 出荷日
⑧	ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	コマツでのﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_049	Format YYMMDD: 確認日
⑨	通過工程	10	RTI（RFﾀｸﾞ）の通過場所	1L	Location
⑩	ﾊﾟﾚｯﾄ型式	12	新品：UII=USER, 改造：UII≠USERとする	B	Container Type
⑪	ﾊﾟﾚｯﾄシリアルNo.	4		S	シリアルNo.
桁数合計		90	-	-	-

データイメージ	864 bit　54 ワード

[ )>RS06GSK12345678901234567890GS5S12345678901GSD123GSZ160721GS5D160725005GS
5D160811019GS5D160819011GS5D1600909049GS1LA1A2H1H2A4GSBKM0822BE05OYGSS0001RS EOT

USER メモリバンクの格納データについては以下の表の通りである。縦軸の項目は格納データ、横軸は各工程を表す。表内の「←」記載欄は前の工程と同じデータを保持する事を表す。表内のデータ記載欄は当該工程で記載データを上書きまたは追記される事を表す。なお、「RF タグが通過した工程」のデータについては海外の出荷先毎に異なる値（インド＝K1、K2、ドイツ＝H1、H2）をセットする事でどの出荷先を通過したかが RF タグから分かるようにした。

表-8. 各工程における USER メモリバンクの格納データ

1巡目

項目	国内 荷揃え	桁数	国内 バンニング	桁数	海外 デバンニング	桁数	海外 バンニング	桁数	国内 デバンニング	桁数
PARTS ORDER NO.	12345678901234567890	20	←	20	←	20	←	20	←	20
Case NO.	12345678901	11	←	11	←	11	←	11	←	11
RTIの回転回数を荷揃え時にｶｳﾝﾄｱｯﾌﾟ	001	3	←	3	←	3	←	3	←	3
荷揃えの日時	160707	6	←	6	←	6	←	6	←	6
小山でのバンニング日付			160708	6	←	6	←	6	←	6
出荷先でのデバンニング日付					160729	6	←	6	←	6
出荷先でのバンニング日付							160805	6	←	6
小山でのデバンニング日付									160826	6
RFタグが通過した工程	A1	2	A1A2	4	A1A2H1	6	A1A2H1H2	8	A1A2H1H2A4	10
タグを取り付けたパレットの型式	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12
タグを取り付けたパレットシリアルNo.	0001	4	0001	4	0001	4	0001	4	0001	4
		58		66		74		82		90

2巡目

項目	荷揃え	桁数	バンニング	桁数	デバンニング	桁数	バンニング	桁数	デバンニング	桁数
PARTS ORDER NO.	12345678901234567890	20	←	20	←	20	←	20	←	20
Case NO.	12345678901	11	←	11	←	11	←	11	←	11
RTIの回転回数を荷揃え時にｶｳﾝﾄｱｯﾌﾟ	002	3	←	3	←	3	←	3	←	3
荷揃えの日時	160907	6	←	6	←	6	←	6	←	6
小山でのバンニング日付	160708	6	160908	6	←	6	←	6	←	6
出荷先でのデバンニング日付	160729	6	160729	6	160929	6	←	6	←	6
出荷先でのバンニング日付	160805	6	160805	6	160805	6	161005	6	←	6
小山でのデバンニング日付	160826	6	160826	6	160826	6	160826	6	161026	6
RFタグが通過した工程	A2H1H2A4A1	10	H1H2A4A1A2	10	H2A4A1A2H1	10	A4A1A2H1H2	10	A1A2H1H2A4	10
タグを取り付けたパレットの型式	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12	AAAAAAAAAAAA	12
タグを取り付けたパレットシリアルNo.	0001	4	0001	4	0001	4	0001	12	0001	4
		90		90		90		12		90

1.5.4 評価内容

1.5.4.1 実運用における読み書き評価

（1）目的

SCM 活用を見据えて準備した大容量 RF タグを実運用現場で基本的な性能評価を行う。

（2）評価内容

金属 RTI が通過する以下の工程で RF タグの読み書き精度を評価する。

表-9. 対象工程と評価内容

工程	評価項目	評価内容
①荷揃え工程（国内）	RF タグ読取/ 書込精度	実運用環境で RF タグの読み取りと 書き込み精度を評価。 RF タグは 1 個づつ読み書きを行う。
②バンニング工程（国内）	RF タグ読取/ 書込精度	実運用環境で RF タグの読み取りと 書き込み精度を評価。 RF タグは 1～4 個づつ読み書きを行う。
③デバンニング工程（国内）	RF タグ読取/ 書込精度	実運用環境で RF タグの読み取りと 書き込み精度を評価。 RF タグは 8～9 個づつ読み書きを行う。
④デバンニング工程（海外）	RF タグ読取/ 書込精度	実運用環境とオフライン環境で RF タグの読み取りと書込み精度を評価。 RF タグは 1～4 個づつ読み書きを行う。
⑤バンニング工程（海外）	RF タグ読取/ 書込精度	実運用環境とオフライン環境で RF タグの読み取りと書込み精度を評価。 RF タグは 8～9 個づつ読み書きを行う。

1.5.4.2 リカバリー運用の評価

（1）目的

RFID は 100%の読み書きを保証する事は現実的でないため、実際には、読めない、或いは、書けなかった場合を想定した手順の確立が必要である。多くの事例ではこの問題をクリティカルに扱うため、1 個読みが多く採用され、不読の場合にも後工程で迅速、且つ、簡単に復旧出来る手段を構築している。今回複数一括で同時に読み取り、且つ、書き込みという場面を想定したため、実際に読めない、或いは、書けなかった場合に、どのような手順が必要で、どれくらい作業負荷が掛かるを把握し、どの作業に負荷が掛かるか、またそれが改善可能かどうかを評価する。

（2）評価内容

定置式アンテナで自動的に複数一括読み書き出来なかった RF タグについてリカバリーする方法を検討した結果として以下の案を挙げる。なお、読み書き完了の判断方法については、目視やシステムによる判断など、現場の環境と運用毎でシステムの構築方法が異なるため、今回は読み書きが完了出来なかったと判断された後のリカバリー方法を検討した。また、RF タグの故障による読み書き不可については今回検討対象外とするが、故障有無の判断と交換作業については複数単位の工程ではなく、1 個単位の作業工程、例えば今回の実証では荷揃え確認作業時に確認する運用が望ましいと考える。

表-10. リカバリー方法の検討結果

方法	実施方法	評価内容
①定置式アンテナで リトライ	読み書き完了出来なかった場合に、再度定置式アンテナ前を速度や角度を変更、または再度アンテナ前で一旦停止するなどでリカバリーを実施する。	今年度実証では実施せず。 昨年度実証からも定置式アンテナで自動的に複数一括読み書きは 100%とならないため、成功率向上は期待されるが読み書きが完了出来なかった対象を 100%リカバリーする事はこれまでの実験結果からも困難な事が明白である。
②定置式アンテナを 手持ちに切り替えて リトライ	読み書き完了を出来なかった場合に、定置式アンテナと同じリーダライタに接続されたアンテナを手に持ってリカバリーを実施する。	今年度実証では実施せず。 定置式の高出力アンテナを近接で読み書きすれば 100%リカバリーが可能と考える。しかしながら、定置式用のアンテナは基本的に有線でのケーブル接続なため、安全対策が必要などの課題もあり、今回実施しなかった。
③ハンディターミナルに 切り替えてリトライ	読み書き完了を出来なかった場合に、ハンディターミナルによってリカバリーを実施する。	ハンディターミナルによってリカバリー作業した場合の作業時間と作業分析を実施した。

1.5.4.3 周波数の相違に関する評価

（1） 目的

UHF 帯 RFID は使用する国によって利用出来る周波数帯が異なる。金属 RTI に取り付けた RF タグをグローバルに活用する事を見据え、日本以外の国での読み書き性能の違いを確認する。各国の使用可能な周波数帯域は以下の通りである。

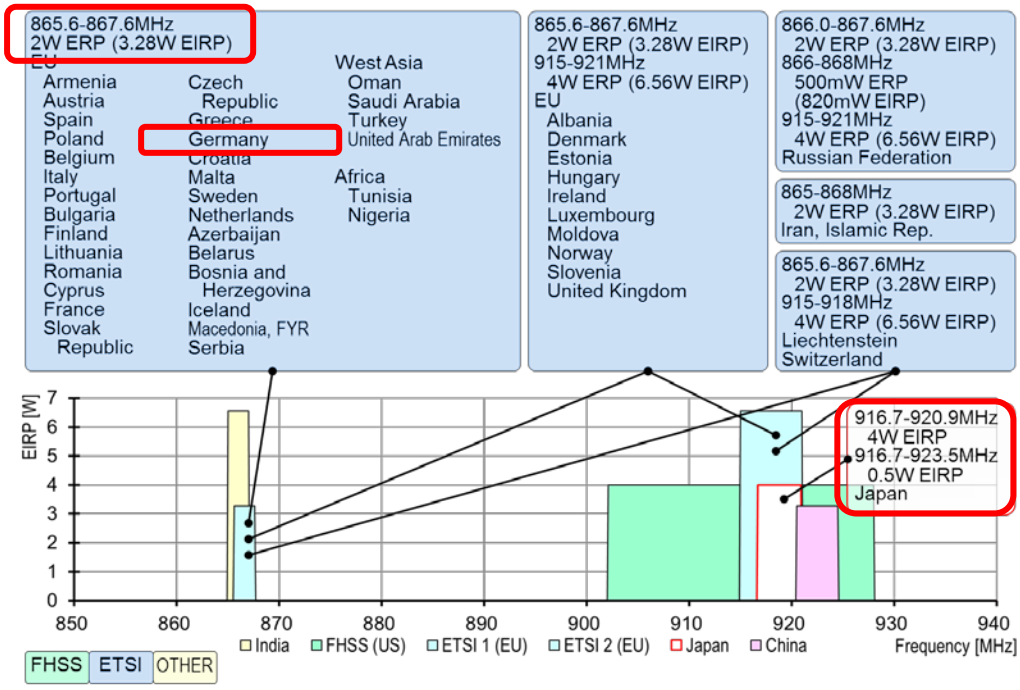


図-4. 各国の利用周波数帯-1

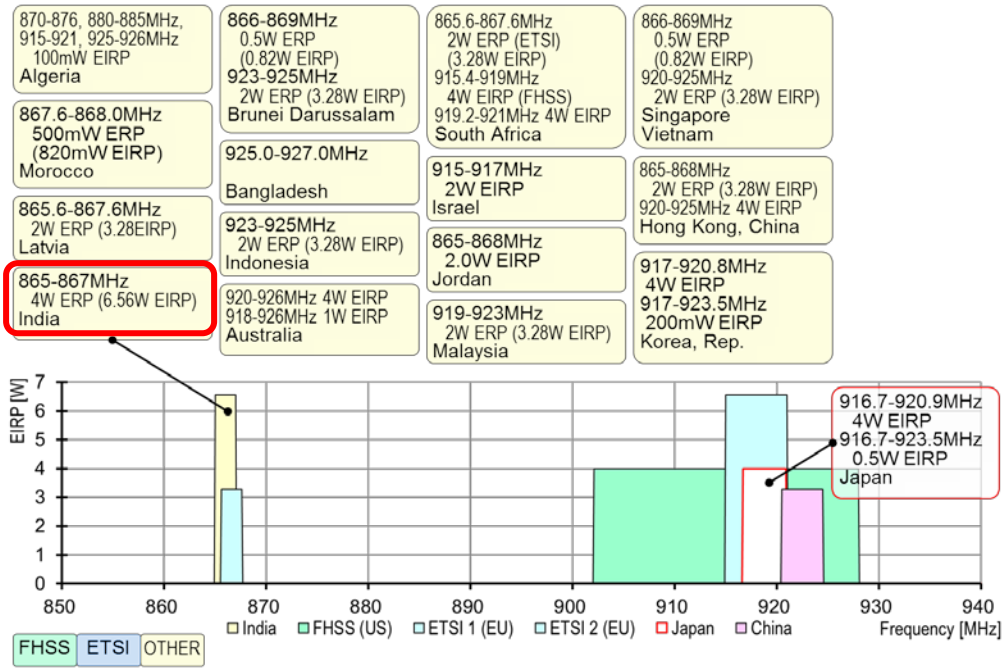


図-5. 各国の利用周波数帯-2

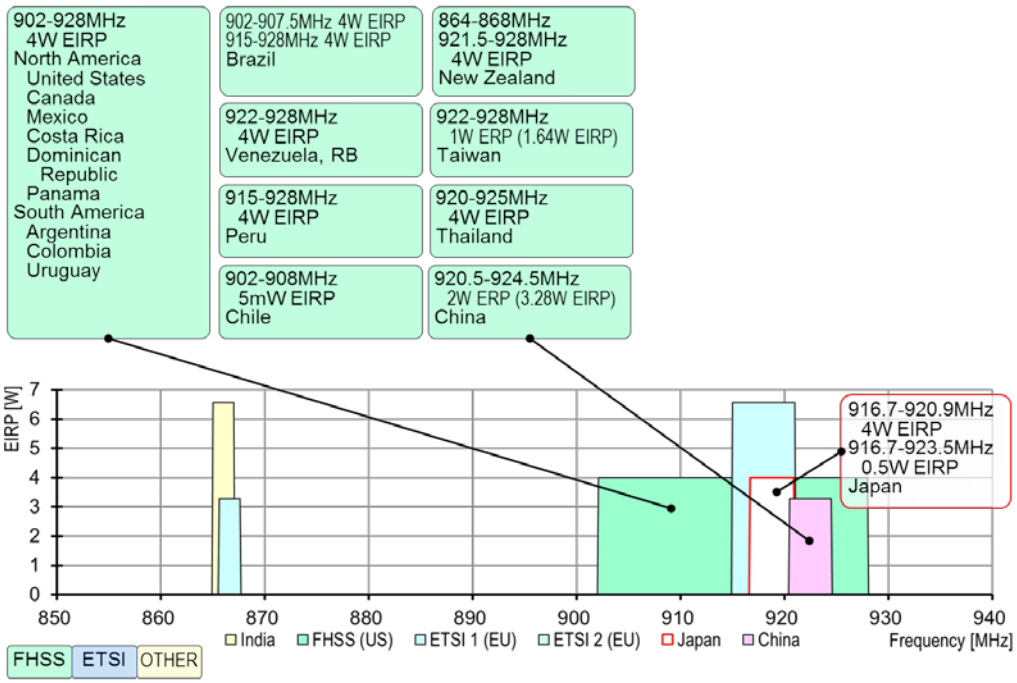
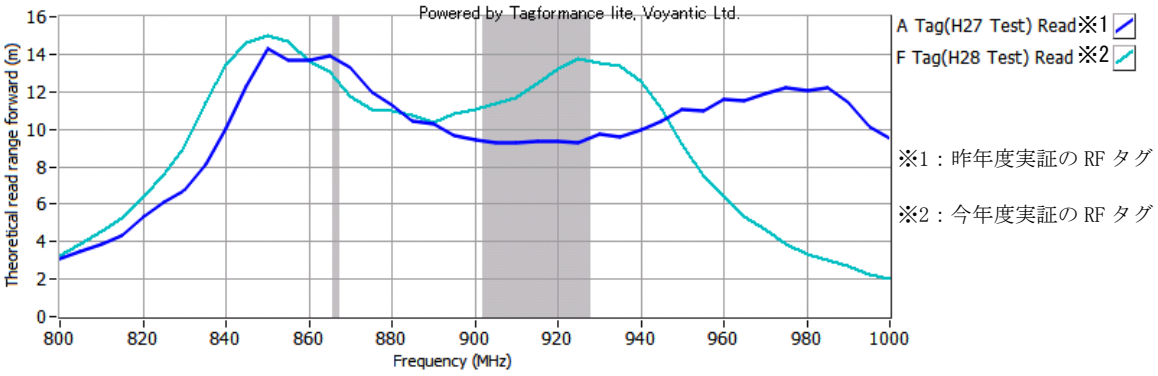


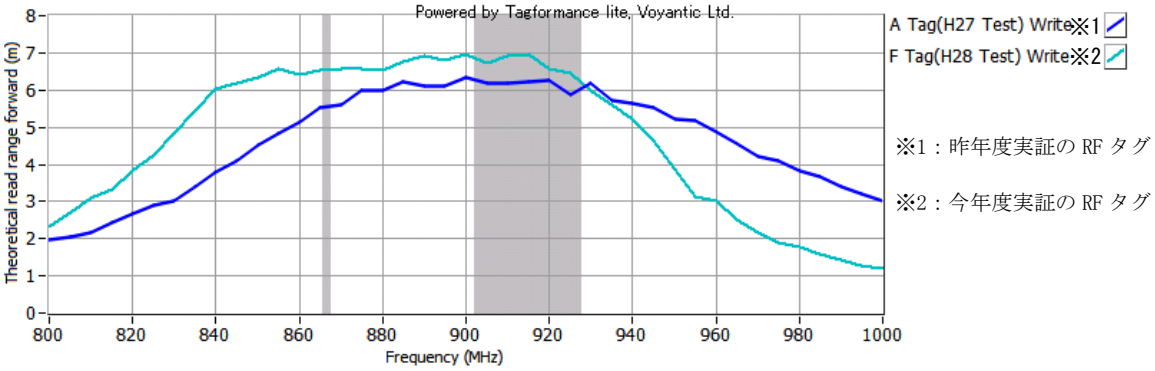
図-6. 各国の利用周波数帯-3　　＜出典元:東洋製罐 GHD＞

（２）評価内容

日本で使用出来る周波数帯域と異なる国の実運用環境での RF タグの読み書き性能について評価するため、今回は日本と異なる EU 圏のドイツとインドを出荷先として選定し、各国の電波法に対応した機器（定置式アンテナ）を実運用環境で使用して読書き確認を実施する。また、各国で具体的に機器を設置する事により、課題抽出を行う。なお、今回準備した RF タグはグローバル対応を想定したタグで以下の特性を有するものである。



グラフ-1.　RF タグ正面 通信距離-周波数特性グラフ（読取距離）



グラフ-2.　RF タグ正面 通信距離-周波数特性グラフ（書込距離）

1.5.4.4 データ格納方法の評価

（1）目的

昨年度の単体評価結果からデータ容量に応じて処理時間が増加する事を確認した。また、そのデータ容量が実運用現場における複数一括読み書きへの影響がある事も明白である。実運用現場における読み書き精度向上の手段としてデータ格納方法による影響を確認し考察する。

（2）評価内容

データ格納方法として ISO 規格に準拠した DI 方式で USER メモリバンクに格納するが、高いコンパクション性能を持つ Packed Object 方式とインデックス構造により高速化可能な Tag Data Prfile 方式について比較評価を行う。

表-11. USER メモリバンクへの格納方式

格納方法	概要	評価方法
①DI 方式 （No-Directory 方式）	全てのデータセットが連続しているという様式でデータの前にデータを意味する識別子を添付する方式	UII 読取、USER 読取、USER 書込、Verify（USER 再読取）それぞれの処理速度を複数の RF タグについて処理した場合を確認する。
②Packed Object 方式	インデックス構造のフォーマット・データを使用した統合的なコンパクションおよびエンコーディングの仕組み	
③Tag Data Profile 方式	データ要素とデータ長を定義した固定セットの様式に則ったインデックス構造を持つコンパクションおよびエンコーディングの仕組み	

（３）各格納方式の概要図

①DI 方式

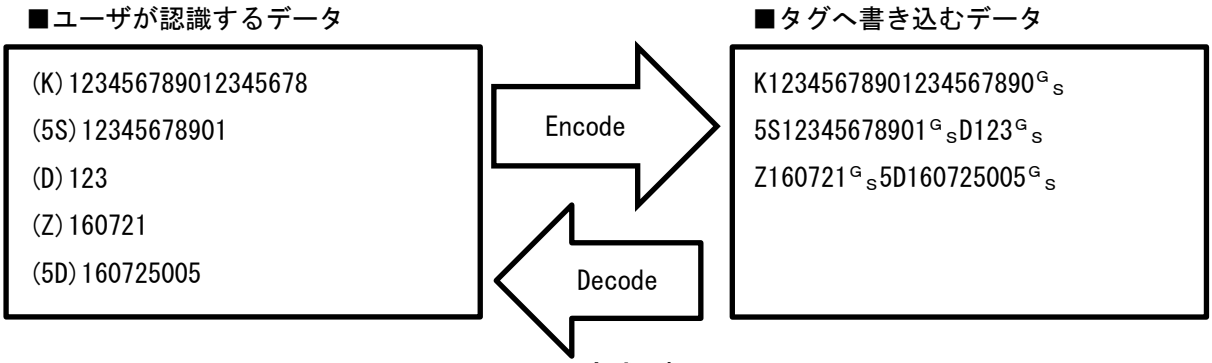


図-7. DI 方式の概要図

②Packed Object 方式

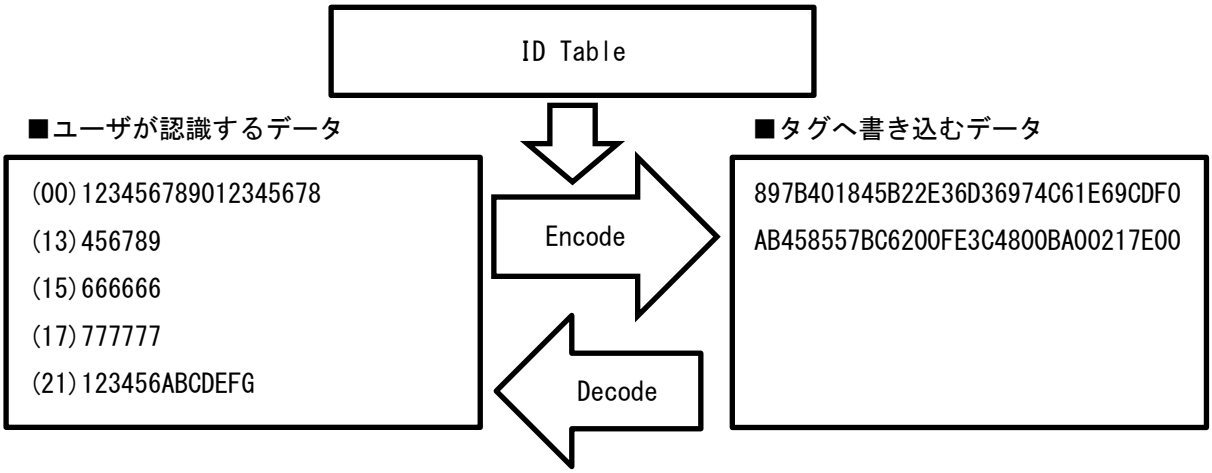


図-8. Packed Object の概要図

③Tag Data Profile 方式

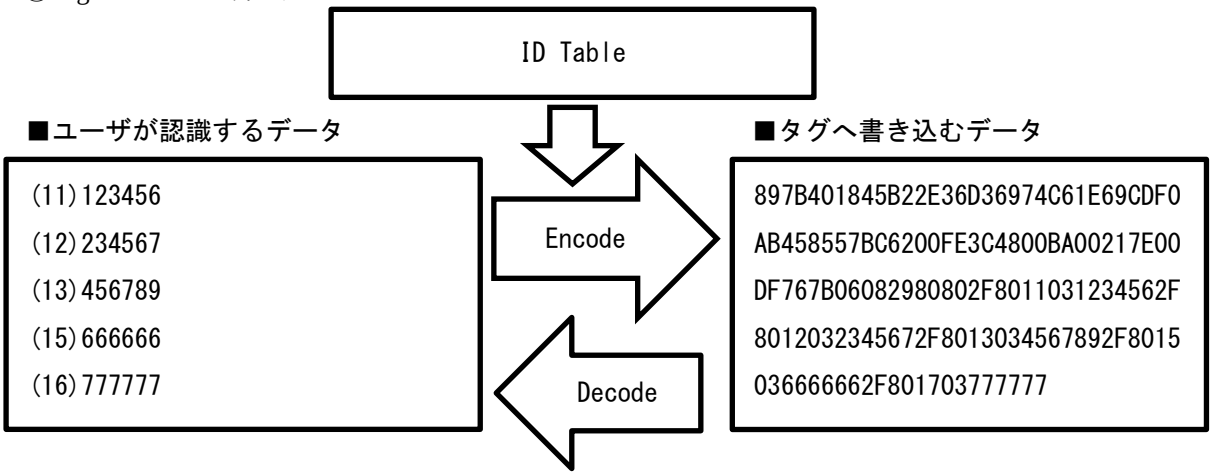


図-9. Tag Data Profile の概要図

（４）Tag Data Profile の特徴

No-directory,Packed Objects ではデータ（或いはデータセット）のアドレスは指定出来ないが Tag Data Profile では指定可能なため（DataSet により、先頭アドレスが読む前に分かる）、部分書込みが可能となる。

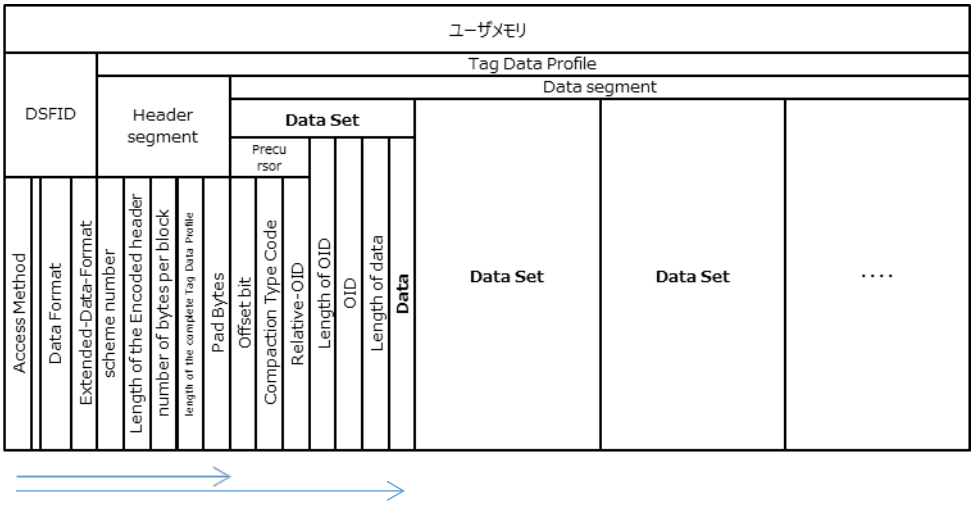


図-10. Tag Data Profile Extended Data Format
Relative-OID 方式のデータ構造

1.5.4.5 USER メモリバンク活用における情報隠蔽機能の評価

（１）目的

昨年度より SCM での活用を見据えて USER メモリバンクへの情報書込みを取り組んでいるが、格納したいデータには第三者に見せたくない情報や取引先間であっても社内用と社外用で公開したい情報が異なる事が予想される。しかし、現在の ISO18000-63 で規定される RF タグデータに関するセキュリティは RESERVED メモリバンクで実現される RF タグの書き換えパスワードと KILL パスワードのみである。RF タグ内データの暗号化やパスワードなどによる読み取り許可の機能については規定されていない。このセキュリティ部分に関する検討は GS1 では Gen2-Vesion2 にて対応されているため、この機能の基本性能評価を行う。

（２）評価内容

Gen2-Version2 で定義されている Untraceable コマンドを使って ISO 準拠で格納した RF タグの読み書きに関する基礎データを収集する。

1.5.4.6 EPC タグとの混在環境による影響評価

（1）目的

今後 RFID が普及拡大することによって同一現場で ISO1736X シリーズ準拠と EPC Global 準拠の RF タグが混在となる可能性があるため、格納形式の異なる RF タグが混在する実運用環境において読み書きへの影響の有無を確認した。なお、今回混在で評価した EPC の RF タグは UII：96bits、USER：0bits である。

（2）評価内容

今回実証用の RF タグは ISO 準拠でデータ格納するが実証実験協力企業では以前試行した EPC 準拠のタグがドイツ向けで使用される金属製 RTI の一部に貼付されている。今回この 2 種類の RF タグを併設して貼付する事で ISO 準拠の RF タグへの読み書きへの影響を実運用環境で確認する。なお、今回、定置式アンテナで読み書きする際に Mask 値によるフィルターにて指定のタグ以外が応答しないようにコマンドレベルで制御して、EPC 準拠のタグが貼付されていないインド向けの読み書き結果と比較する。

1.5.5 実装する機能の概要

（1）機能一覧

今回の実証実験で使用する機能については以下の通りである。

表-12. 機能一覧と機能概要

機能名	使用場所	機能概要
①荷揃え書込	荷揃え場	梱包指示カードのバーコードとシッピングマークのバーコードをスキャナで読み取り、情報蓄積。RF タグを読み取り、情報蓄積。RF タグの USER メモリバンクを初期化し、バーコードの情報を書き込む。
②バンニング情報書込	バンニング場	アンテナ前を通過する複数の RF タグを一括で読み取り、情報蓄積。RF タグにタイムスタンプを含む情報を書き込み。
③デバンニング情報書込	デバンニング場	
④RF タグ読取/書込テスト（PC 版）	テスト環境	RF タグを読み取り、画面上での表示と情報蓄積を行う。RF タグを読み取り、USER メモリバンクに書き込みと情報蓄積を行う。格納データ方式として DI 方式、Packed Object 方式、Tag Data Profile 方式での読み書きを行う。また、USER メモリバンクの情報隠蔽機能（Untraceable コマンド）での読み書きを行う。
⑤RF タグ読取/書込テスト（H/T 版）	テスト環境	RF タグを読み取り、画面上での表示と情報蓄積を行う。RF タグを読み取り、USER メモリバンクに書き込みと情報蓄積を行う。

（２）RF タグ書き込み手順

実証実験では工程毎に USER メモリバンクの書換えを行うため、DI 方式を踏まえた汎用的なコマンド手順を使用する。具体的な手順は以下の通りとなり、各ステップ毎のログは各端末に蓄積し、後から解析出来る機能を有する。UHF 帯 RFID の一般的な使われ方としては、UII に格納された個体識別用の ID を Inventry コマンドにて読み取りだけするため、手順としては以下の①だけとなる。しかしながら、今回は USER メモリバンクへの情報書き込みを行うために、最低限、3 つの手順が必要となる。1 つ目は Inventory、2 つ目は Read で USER メモリバンクの情報読み取り。3 つ目に Write で Read で得た情報を踏まえて書き込みを行う。なお、昨年度は複数種類の IC チップに対応するために、TID 読取りの手順を入れていた事と、USER メモリバンクのレングス情報を読み取る手順を単独で入れていたが、昨年度結果から、精度向上のための処理手順簡素化を検討し、以下の手順とした。

表-13. RF タグ書込み手順

手順	内容
①Inventory（UII 読取） ＋Read-1（USER 読取）	アンテナ付近に存在する RF タグを確認。さらに、DI 方式では USER メモリバンクの 16bits 目から 8bits 分のエリアに USER メモリバンクに格納しているデータレングスがセットする。このデータレングスの情報を把握した後、実際の USER メモリバンクのデータを読み取る。
②Read-2（USER 読取）	データレングスの情報を元に実際の USER メモリバンクの全てのデータを取得する。
③Write（USER 書込）	②で取得したデータを踏まえて新たに作成した工程毎の情報を書き込みする。
④Read-3（Verify）	③で書き込みした情報が正しく格納出来ているかを読み取って確認する。（Verify） エラーの場合は、③の処理を規定回数分リトライする。

②③の Read、Write は、成功するまでリトライする（成功するまで後続処理は行わない）

1.5.6 機器構成

今回の実証実験で使用する機器構成は以下の通りである。

【荷揃え】

写真-1.

表-14. 機器構成

機種	数量
①RF/二次元ｺｰﾄﾞ対応 ハンディターミナル	2
②クレードル	2

【バンニング（国内）】

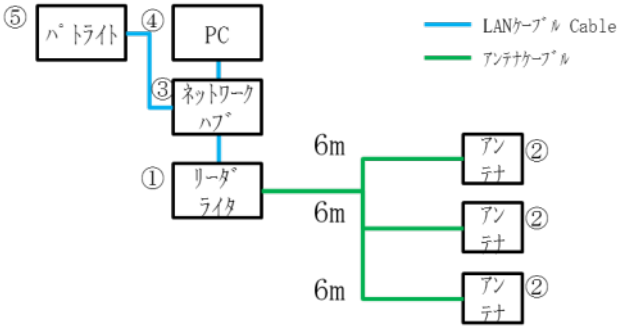


図-11.

表-15. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ （A 社製）	1
②アンテナ （直線偏波）	3
③ネットワークハブ （POE）	1
④PC	1
⑤パトライト	1

【デバンニング（国内）】

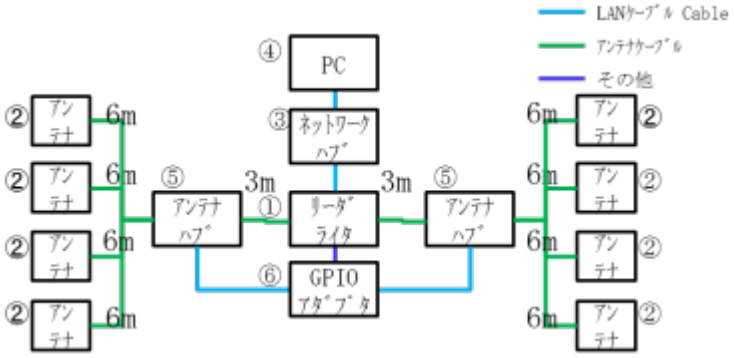


図-12.

表-16. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ （A 社製）	1
②アンテナ （直線偏波）	8
③ネットワークハブ （POE）	1
④PC	1
⑤アンテナハブ	2
⑥GPIO アダプタ	2

【バンニング/デバンニング（インド）】

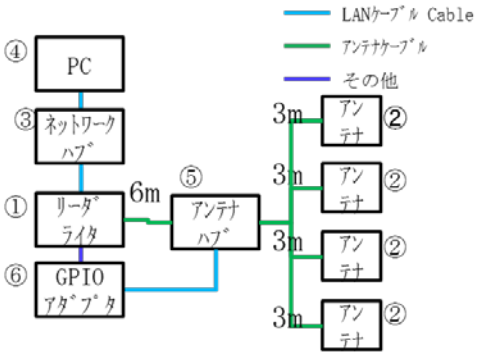


図-13.

表-17. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ （A 社製）	1
②アンテナ （直線偏波）	4
③ネットワークハブ （POE）	1
④PC	1
⑤アンテナハブ	1
⑥GPIO アダプタ	1

【バンニング/デバンニング（ドイツ）】

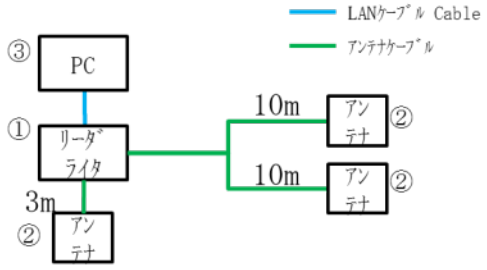


図-14.

表-18. 機器構成

機種	数量
①リーダライタ （B 社製） ※アンテナ内蔵型	1
②アンテナ （円偏波）	3
③PC	1

【RF タグ】

表-19.

RF タグ	搭載 IC ﾁｯﾌﾟ	参考：昨年度実証実験の IC ﾁｯﾌﾟ
Tag-F	IC-Y' （UII：448bits、USER：1,024bits）	IC-X （UII：224bits、USER：384bits）

【RFID 機器】

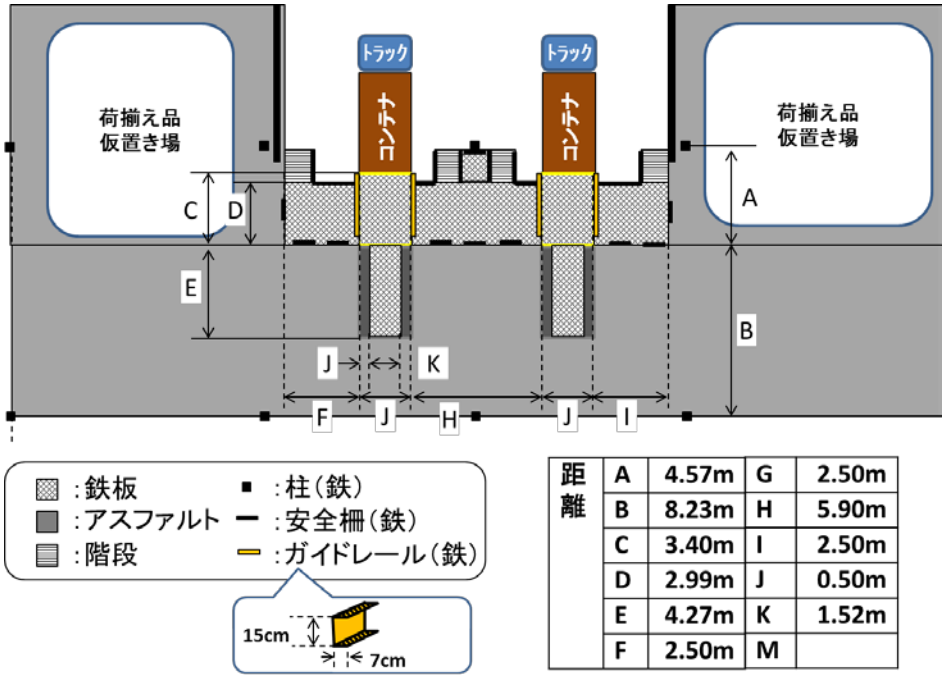
表-20.

場所	分類	品名	型番	ﾒｰｶ	数量
荷揃え工程	ﾊﾝﾃﾞｨﾀｰﾐﾅﾙ	UHF 帯高出力ﾊﾝﾃﾞｨﾀｰﾐﾅﾙ	BHT-1281QULWB-CE	ﾃﾞﾝｿｰｳｪｰﾌﾞ	2
ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ（国内）	ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	定置式ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	A-1	A 社	1
	ｱﾝﾃﾅ	直線偏波ｱﾝﾃﾅ	C	C 社	3
ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ（国内）	ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	定置式ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	A-1	A 社	1
	ｱﾝﾃﾅ	直線偏波ｱﾝﾃﾅ	C-1	C 社	8
ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ/ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ（海外）	ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	定置式ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	A-2	A 社	1
	ｱﾝﾃﾅ	直線偏波ｱﾝﾃﾅ	C-2	C 社	4
ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ/ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ（海外）	ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	定置式ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	B-1	B 社	1
	ｱﾝﾃﾅ	円偏波ｱﾝﾃﾅ	B-2	B 社	3
	ﾊﾝﾃﾞｨﾀｰﾐﾅﾙ	UHF 帯高出力ﾊﾝﾃﾞｨﾀｰﾐﾅﾙ	BHT-1281QULWB-CE	ﾃﾞﾝｿｰｳｪｰﾌﾞ	2

1.5.7 事前評価

実運用現場での実証実験を始めるに当たり、各現場での設置条件出しとシステムの動作確認作業を実施した。各現場の環境と抽出後の設置条件は以下の通りである。

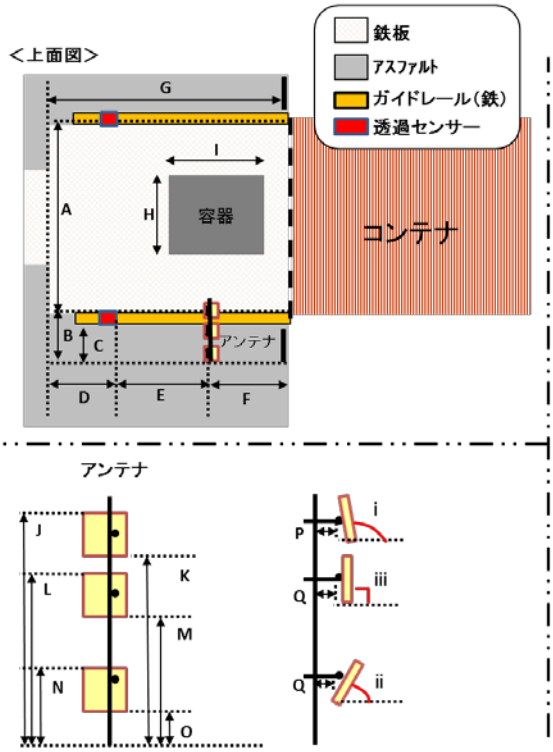
【バンニング場（国内）の環境】



距離				
	A	4.57m	G	2.50m
	B	8.23m	H	5.90m
	C	3.40m	I	2.50m
	D	2.99m	J	0.50m
	E	4.27m	K	1.52m
	F	2.50m	M	

図-15. バンニング場（国内）の環境

【バンニング場（国内）抽出後のアンテナ設置条件】

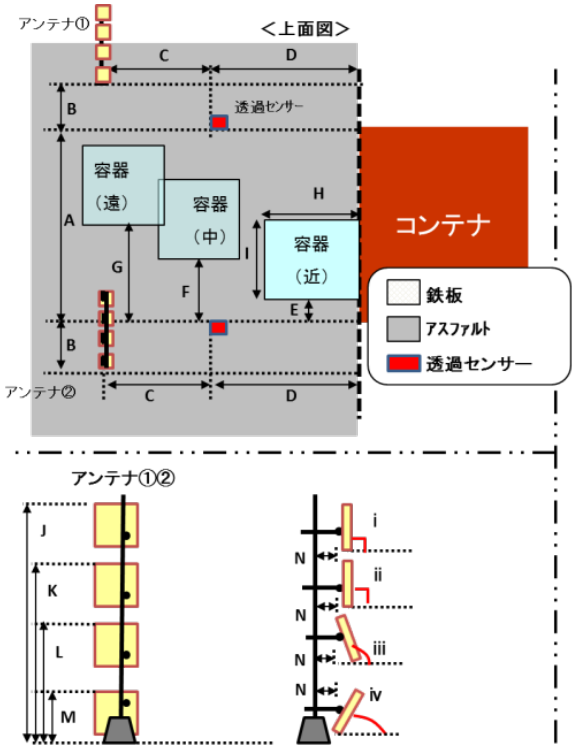


距離		
	A	250.0cm
	B	42.0cm
	C	34.0cm
	D	85.0cm
	E	90.0cm
	F	165.0cm
	G	340.0cm
	H	約110.0cm
	I	約140.0cm

距離		
	J	149.0cm
	K	121.0cm
	L	118.0cm
	M	88.0cm
	N	72.0cm
	O	42.0cm
	P	7.5cm
	Q	13.5cm
角度	i	105度
	ii	90度
	iii	71度

図-16. バンニング（国内）のアンテナ設置条件

【デバンニング場（国内）抽出後のアンテナ設置条件】

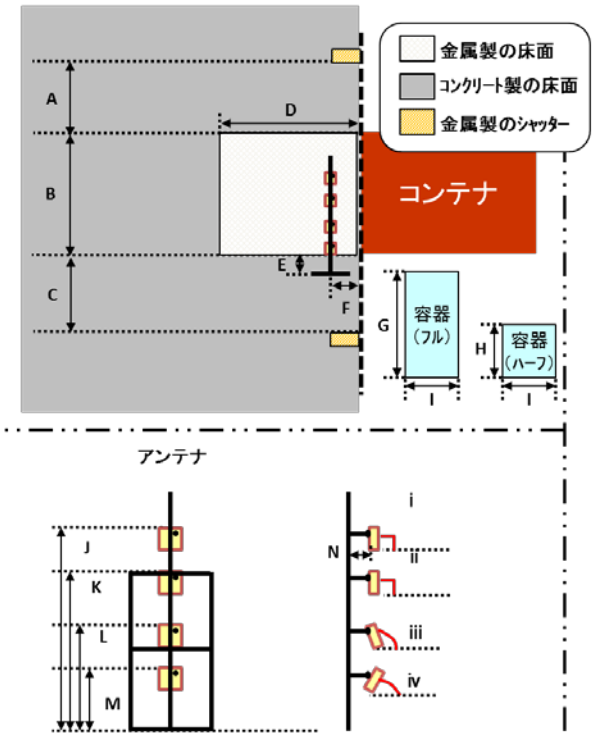


距離	A	240.0cm
	B	50.0cm
	C	280.0cm
	D	300.0cm
	E	15.0cm
	F	65.0cm
	G	105.0cm
	H	約140.0cm
	I	約110.0cm

距離	J	242.0cm
	K	180.0cm
	L	117.0cm
	M	88.0cm
	N	11.0cm
角度	i	90度
	ii	90度
	iii	97度
	iv	70度

図-17. デバンニング（国内）のアンテナ設置条件

【デバン/バンニング場（インド）抽出後のアンテナ設置条件】

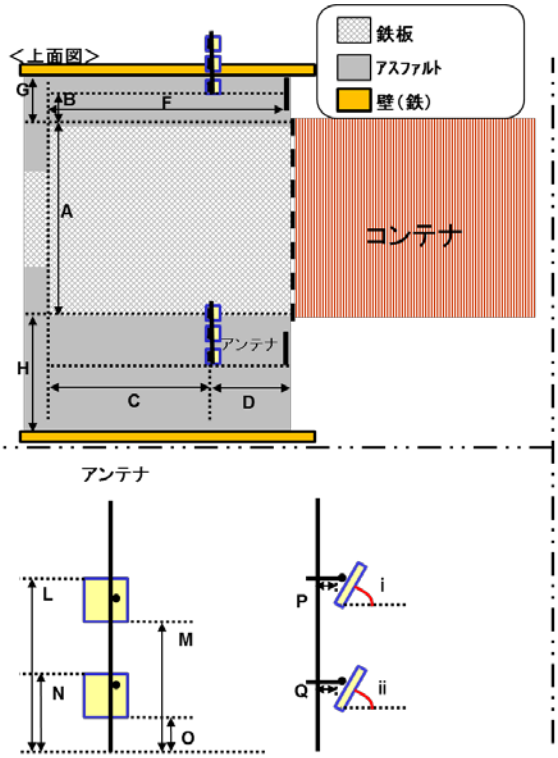


距離	A	170.0cm
	B	275.0cm
	C	170.0cm
	D	310.0cm
	E	45.0cm
	F	60.0cm
	G	220.0cm
	H	110.0cm
	I	120.0cm

距離	J	227.0cm
	K	178.0cm
	L	119.0cm
	M	68.0cm
	N	11.0cm
角度	i	90度
	ii	90度
	iii	100度
	iv	70度

図-18. デバン/バンニング場（インド）のアンテナ設置条件

【デバン/バンニング場（ドイツ）抽出後のアンテナ設置条件】



距離	A	200.0cm
	B	42.0cm
	C	112.0cm
	D	165.0cm
	F	275.0cm
	G	155.0cm
	H	130.0cm

距離	L	177.0cm
	M	151.0cm
	N	48.5cm
	O	23.0cm
	P	4.5cm
	Q	5.5cm
角度	i	83度
	ii	82度

図-19. デバン/バンニング（ドイツ）のアンテナ設置条件

1.5.8 実証実験

以下のスケジュールにて実運用環境における実証実験を行った。

表-21. 実証実験のスケジュール

	9 月	10 月	11 月	12 月	1 月
RF タグ貼り					
機器設置					
荷揃え作業					
ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ作業（国内）					
ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ作業（国内）					
ﾃﾞﾊﾞﾝ/ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ作業（ｲﾝﾄﾞ）					
ﾃﾞﾊﾞﾝ/ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ作業（ﾄﾞｲﾂ）					

RF タグを貼付する対象の金属製 RTI は 34 種類あり、東洋製罐グループホールディングス社によって貼付作業を実施した。RF タグの貼付は写真-4 のように平面部分が有る RTI には両面テープで直接貼り付けし、写真-5 のように平面部分の無い RTI は金属製のブラケットを準備して両面テープで貼付した。なお、実証協力企業にて以前利用していた EPC タグ（EPC コード体系のデータが格納された RF タグ）が付いている RTI には写真-6 のように横並びに今回の実証実験で使用する RF タグを貼付した。

写真-2. 金属製 RTI

写真-3. RF タグ貼付位置

写真-4. 平面貼付

写真-5. ブラケット貼付

写真-6. EPC タグと混在貼付

1.5.8.1 実運用における読み取りと書込み結果

（1）荷揃え工程

ハンディターミナルを使って金属製 RTI に貼付された RF タグを 1 個づつ読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表-22. 荷揃え工程の RF タグ読み書き結果

RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
884	884	100.0%	884	100.0%	884	100.0%

※各件数内の％は成功率（件数÷RF タグ数）を示す。以降の表も同様。

（2）バンニング工程（国内）：改善前

コンテナへ金属製 RTI をフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表-23. バンニング工程（国内）の RF タグ読み書き結果

段数	搬送速度	距離	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
1～4 段	ﾉﾝｽﾄｯﾌﾟ	様々	626	625	99.8%	623	99.5%	514	82.1%

※タグ落下等による読み書き完了出来なかったケースは除いた件数。以降の表も同様。

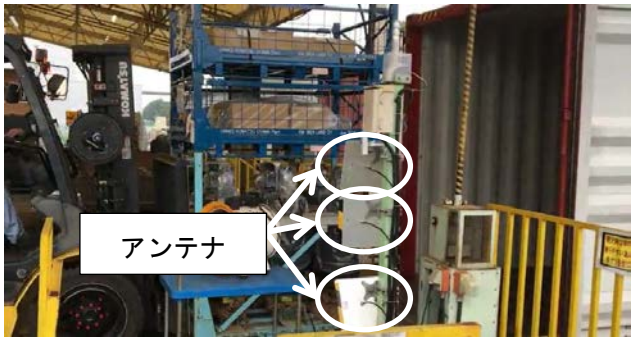


写真-7. バンニング工程のアンテナ位置

①UII 読取が完了出来なかった結果の分析

UII データの読み取り完了出来なかった 1 件の内訳としては RF タグが破損していたためである。

表-24. UII 読取が完了出来なかった結果の分析

	読み取り失敗の原因	件数	解決策	備考
1	RF タグとの交信回数 0 回 （立会い時に RF タグが貼付された状態で正常にアンテナ前を通過しているのを確認していたため、破損タグと判断）	1	・読み取り完了出来なかった場合時に運用停止し、リカバリー運用を実施	今回実証実験のため、未実施

②USER 読取が完了出来なかった結果の分析

USER データの読み取り完了出来なかった 2 件の内訳としては以下の通りである。

表-25. UII 読取が完了出来なかった結果の分析

	読み取り失敗の原因	件数	解決策	備考
1	移動速度が速く(時速 4km 以上)、リトライ中に RF タグとの交信終了	2	・読み取り完了出来なかった場合時に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・走行速度を時速 2.5km 以下に減速する	今回実証実験のため、未実施

③UII 書込が完了出来なかった結果の分析

USER データの書き込み完了出来なかった 109 件の内訳としては以下の通り。読み取りと同様に書き込みについても金属製 RTI を搬送するフォークリフトの速度が速い(時速 4km 以上)ケースと、最下段に位置する RF タグへの書き込みに失敗するケースが最も多かった(61 件)。これは、フォークリフト搬送ルートに金属製ガイドレールが設けられており、アンテナと RF タグの交信電波が遮断される事で、書込みに必要な電波強度を長時間維持出来なかった事が原因である。これは後述の下段アンテナの横に 1 枚追加した結果からも確認する事が出来る。これらの場合、読取と同様、リカバリー運用への切替が必要と考えられる。

表-26. UII 書込が完了出来なかった結果の分析

	書き込み失敗の原因	件数	解決策	備考
1	移動速度が速く(時速 4km 以上)、リトライ中に RF タグとの交信終了	42	・書き込みが完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・走行速度を時速 2.5km 以下に減速する	今回実証実験のため、未実施
2	RF タグが貼付された金属製 RTI が最下段だったため、アンテナとの間にある金属製ガイドレールにより電波が遮断されリトライ中に RF タグとの交信終了	61	・書き込みが完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・ガイドレールの改良	同上
3	リトライ中にタグからの応答停止（タグが交信範囲外に移動した）	6	①書き込みが完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ④アンテナの追加	同上

なお、バンニングについては 1～4 段積みの中でも、金属製 RTI の横幅がハーフサイズ(幅 110cm)とフルサイズ(220cm)という複数パターンの荷姿があり、且つ、搬送スピードが通常の場合と速い場合で精度に違いを確認したため、金属製 RTI サイズおよび搬送スピード毎の RF タグ位置別の分析を行った。

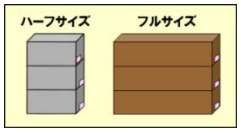


図-20 金属 RTI の種類

④金属製 RTI がハーフサイズの分析結果

金属製 RTI がハーフサイズで搬送速度が遅い場合、USER 読取は 1 段目の 1 件のみが読取が完了出来なかった。搬送速度が速い場合は、どの段数でも読取が完了出来ない RF タグが発生した。また、搬送速度に限らず 1 段目の書込みが完了出来ない件数が多いのは、フォークリフト搬送ルートに金属製ガイドレールが設けられており、アンテナと RF タグの交信電波が遮断されるため、書込みに必要な電波強度を長時間維持出来なかった事が原因である。

表-27. 金属製 RTI がハーフサイズの分析結果

搬送速度	RF ﾀｸﾞ位置	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
速い (4km/h 以上)	4 段目	0	-	-	-	-	-	-
	3 段目	8	8	100.0%	8	100.0%	8	100.0%
	2 段目	55	55	100.0%	55	100.0%	44	80.0%
	1 段目	69	69	100.0%	68	98.6%	41	59.4%
通常 (2.5km/h 以下)	4 段目	3	3	100.0%	3	100.0%	3	100.0%
	3 段目	37	37	100.0%	37	100.0%	37	100.0%
	2 段目	157	157	100.0%	157	100.0%	149	94.9%
	1 段目	231	231	100.0%	230	99.6%	187	81.0%
	総数	560	560	100.0%	558	98.6%	469	83.8%

⑤金属製 RTI がフルサイズの分析結果

金属製 RTI がフルサイズの場合では、RTI 横幅が積載するコンテナの大きさに対してギリギリのため、搬送速度が殆ど通常速度以下であったが、ハーフサイズに比べ、書き込み完了出来たのが 50%であった。これはハーフサイズよりも金属製ガイドレールがアンテナと RF タグの交信に与える影響が大きかったためである。

表-28. 金属製 RTI がフルサイズの分析結果

搬送速度	RF ﾀｸﾞ位置	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
速い (4km/h 以上)	2 段目	1	1	100.0%	1	100.0%	0	0.0%
	1 段目	1	1	100.0%	1	100.0%	1	100.0%
通常 (2.5km/h 以上)	2 段目	30	30	100.0%	30	100.0%	27	90.0%
	1 段目	34	33	97.1%	33	97.1%	17	50.0%
	総数	66	65	98.5%	65	98.5%	45	68.2%

（３）バンニング工程（国内）：改善後

バンニング工程（国内）の結果では金属製 RTI のサイズがハーフサイズ、フルサイズ、いずれの場合も、最下段の USER 書込みが完了出来る確率が最も悪い結果であった。要因の一つにアンテナと RF タグの交信を妨げるよう位置に金属製のガイドレールが存在した事が挙げられる。ガイドレールによる電波の遮蔽により交信中に、書込みに必要な電波強度を通過時間の中で維持出来なかったためであるが、この事はガイドレールが無い場所との比較により確認する事が出来た。このガイドレールの影響が大きい最下段の RF タグに対する課題解決策を検討し、「アンテナ追加」と「データ量削減」の 2 つを抽出した。

①アンテナ追加による解決策の確認結果

最下段の RF タグに対する課題解決策として以下の 2 パターンを検討した。

１．床面用アンテナを床面に設置し、直接波を使って書込みを行う

２．RF タグの交信可能時間を増やすため、最下段のアンテナに並列させて設置。

写真-8. 床面用アンテナの位置　　**写真-9. 並列アンテナの位置**

上記のパターンをオフライン環境でテストした結果、上記の２．のパターンで書込み成功率が向上したため、オンライン環境でテストする事とした。結果は以下の通りである。

表-29. 並列アンテナの RF タグ読み書き結果

段数	搬送速度	距離	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
1～4 段	ﾉﾝｽﾄｯﾌﾟ	様々	62	62	100.0%	62	100.0%	57	91.9%

②並列アンテナによるハーフサイズの分析結果

読み取り成功率が 100%、書込み率が 96.4%となった。但し、書込み完了出来なかった 2 件は、移動速度が速く(時速 4km 以上)、リトライ中に RF タグとの交信終了したケースである。1 段目の書込み成功率については、解決策を実施前に比べ、格段に書込み成功率向上した。（搬送速度が速い時の 1 段目が 59.4%から 96.0%へ向上）

表-30. 並列アンテナによるハーフサイズの分析結果

搬送速度	RF ﾀｸﾞ位置	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
速い (4.0km/h 以上)	3 段目	3	3	100.0%	3	100.0%	3	100.0%
	2 段目	23	23	100.0%	23	100.0%	22	95.6%
	1 段目	25	25	100.0%	25	100.0%	24	96.0%
通常 (2.5km/h 以下)	3 段目	1	1	100.0%	1	100.0%	1	100.0%
	2 段目	2	2	100.0%	2	100.0%	2	100.0%
	1 段目	2	2	100.0%	2	100.0%	2	100.0%
	総数	56	56	100.0%	56	100.0%	54	96.4%

③並列アンテナによるフルサイズの分析結果

読み取り成功率が 100%、書込み率が 50.0%となった。但し、書込みを試みているアンテナは最下段に設置した 2 枚のアンテナがリトライを繰り返しており、フルサイズの場合でも、最下段にアンテナを並列設置した事による有効性を確認した。また、追加した並列アンテナを従来設置していたアンテナよりも、手前側の位置に設置する事で、UII 読取、USER 読取完了までの処理時間が短くなり、同時に搬送する RF タグの書込みに掛けられる時間が多くなった事で、以前よりも書込み成功率が上昇し、且つ、書込み完了までの時間短縮をする事が出来た。なお、書き込みが完了出来なかった原因はガイドレールによる遮蔽である。

表-31. 並列アンテナによるフルサイズの分析結果

搬送速度	RF ﾀｸﾞ位置	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
速い (4km/h 以上)	2 段目	0	-	-	-	-	-	-
	1 段目	0	-	-	-	-	-	-
通常 (2.5km/h 以下)	2 段目	3	3	100.0%	3	100.0%	3	100.0%
	1 段目	3	3	100.0%	3	100.0%	0	0.0%
	総数	6	6	100.0%	6	100.0%	3	50.0%

③データ量削減による解決策の確認結果

USER メモリバンクの書込みデータ量によって処理時間が異なる事は昨年度の実証実験からも判明している。今年度の実証実験でも基本的に ISO1736X で規定されている DI 方式という DI による順不同、且つ、項目データが一部可変となる可能性があるデータ書込み方式を踏まえて USER メモリバンクの読み書きは DSFID に格納されているデータサイズ分をすべて処理する仕様としてある。しかしながら、これではデータ量削減を行おうとすると格納するデータ項目を減らすしか方法がない。ただし、SCM 活用であっても自社内で格納したデータを書き換えようとする場合は、自社内であるため、前工程で格納しているデータ内容と bit 位置を把握する事が可能である。今回この事に着目し、国内の荷揃え工程で格納したデータを国内のバンニング工程で RF タグの USER メモリバンクを書き換える際に部分書込みによるデータ量削減での精度確認を実施した。結果は以下の通りである。

表-32. データ量削減による RF タグ読み書き結果

段数	搬送速度	距離	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
1～4 段	ﾉﾝｽﾄｯﾌﾟ	様々	116	116	100.0%	110	94.8%	99	85.3%

USER メモリバンクへの書き込み結果が微増ではあるが 82.1%から 85.3%へ向上した事を確認出来た。更に書き込み処理時間を確認したところ、以下のように向上している事を確認した。

対象枚数：3 段積み最下段の RF タグ 5 件

表-33. 全体書込と部分書込の処理時間比較

	ﾃﾞｰﾀ量	UII 読取時間	USER 読取時間	USER 書込時間	Total 時間
全体書込	864bits	0.500s	0.631s	0.859s	1.990s
部分書込	128bits	0.454s	0.342s	0.386s	1.182s

（4）デバンニング工程（国内）

出荷先から返却された金属製 RTI をコンテナからフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みをした結果は以下の通りである。

表-34. デバンニング工程（国内）の RF タグ読み書き結果

段数	搬送速度	距離	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
9 段	ﾉﾝｽﾄｯﾌﾟ	近い	90	90	100.0%	72	80.0%	10	11.1%
		中央	90	90	100.0%	75	83.3%	8	8.9%
		遠い	90	87	96.7%	68	75.6%	25	27.8%
	一時停止	近い	90	90	100.0%	90	100.0%	88	97.8%
		中央	90	90	100.0%	90	100.0%	89	98.9%
		遠い	90	90	100.0%	90	100.0%	83	92.2%
		総数	540	537	99.4%	485	89.8%	303	56.1%

※距離（アンテナと RF タグ間）：近い＝65cm、中央＝115cm、遠い＝155cm

①UII 読取が完了出来なかった結果の分析

UII データの読み取り完了出来なかった 3 件の内訳としては、フォークリフトのよる搬送時にアンテナから交信範囲の外を通過したためである。また、リーダーライタで RF タグとの交信のフィルタ条件を電波強度 RSSI=-65 以上と設定していた。これは、RSSI=-65 以下の場合、書込み成功率が明らかに落ちるため、予めリーダーライターに設定したもので、これにより読み取り失敗となった。

表-35. UII 読取が完了出来なかった結果の分析

	読み取り失敗の原因	件数	解決策	備考
1	RF タグとの交信回数 0 回 （交信範囲外…155cm 以上）	3	・読み取り完了出来なかった場合時に運用停止し、リカバリー運用を実施	今回実証実験のため、未実施

②USER 読取が完了出来なかった結果の分析

USER データの読み取り完了出来なかった 52 件の内訳としては以下の通りである。

表-36. USER 読取が完了出来なかった結果の分析

	読み取り失敗の原因	件数	解決策	備考
1	移動速度が速く(時速 4km 以上)、リトライ中に RF タグとの交信終了	52	・読み取り完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・走行速度を時速 2.5km 以下に減速する	今回実証実験のため、未実施

③USER 書込が完了出来なかった結果の分析

USER データの書き込み完了出来なかった 182 件の内訳としては以下の通りである。読み取りと同様に書き込みについても金属製 RTI を搬送するフォークリフトの速度が速く(時速 4km 以上)、書込みできなかった場合(172 件)が最も多かったが、書込みに必要な電波強度を長時間維持できなかった事が原因で RF タグへの書き込みに失敗するケースを確認した(10 件)。

表-37. USER 書込が完了出来なかった結果の分析

	書き込み失敗の原因	件数	解決策	備考
1	移動速度が速く(時速 4km 以上)、リトライ中に RF タグとの交信終了	172	・書き込み完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・走行速度を時速 2.5km 以下に減速する	今回実証実験のため、未実施
2	リトライ中に RF タグとの交信終了(一部 RSSI-59 以上の実績もあるが RF タグからパワー不足と応答あり)	10	・書き込み完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施	同上

なお、デバンニングについては 9 段積みの中でも、金属製 RTI の横幅がハーフサイズ(幅 110cm)をテストした。アンテナ設置場所とタグとの距離関係と、搬送スピードがノンストップと一旦停止の場合に精度の違いを確認したため、搬送スピード毎の RF タグ位置別の分析を行った。

④搬送速度がノンストップの分析結果

UII データおよび USER データの読み書き成功率は以下の通り精度の悪い結果となった。これは必要な電波強度を長時間維持出来なかった事が原因である。

表-38. 搬送速度がノンストップの分析結果

RF ﾀｸﾞ位置		RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
近い	9 段目	10	10	100.0%	4	40.0%	0	0.0%
(65cm)	8 段目	10	10	100.0%	6	60.0%	0	0.0%
	7 段目	10	10	100.0%	8	80.0%	1	10.0%
	6 段目	10	10	100.0%	8	80.0%	0	0.0%
	5 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	1	10.0%
	4 段目	10	10	100.0%	9	90.0%	3	30.0%
	3 段目	10	10	100.0%	9	90.0%	2	20.0%
	2 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	0	0.0%
	1 段目	10	10	100.0%	8	80.0%	3	30.0%
中央	9 段目	10	10	100.0%	5	50.0%	0	0.0%
(115cm)	8 段目	10	10	100.0%	3	30.0%	0	0.0%
	7 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	0	0.0%
	6 段目	10	10	100.0%	7	70.0%	0	0.0%
	5 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	1	10.0%
	4 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	3	30.0%
	3 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	3	30.0%
	2 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	0	0.0%
	1 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	1	10.0%
遠い	9 段目	10	9	90.0%	5	50.0%	0	0.0%
(155cm)	8 段目	10	8	80.0%	5	50.0%	0	0.0%
	7 段目	10	10	100.0%	5	50.0%	2	20.0%
	6 段目	10	10	100.0%	6	60.0%	0	0.0%
	5 段目	10	10	100.0%	8	80.0%	3	30.0%
	4 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	2	20.0%
	3 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	4	40.0%
	2 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	1 段目	10	10	100.0%	9	90.0%	4	40.0%
	総数	270	267	98.9%	215	79.6%	43	15.9%

⑤搬送時に一旦停止の分析結果

UII データおよび USER データの読み取り成功率は以下の通りである。UII データおよび USER データの読み取り成功率は 100%、書込み率が 96.2%となった。RF タグへの書き込みが完了出来なかった 10 件は、RF タグとアンテナとの距離や、都度変化するパレットの段済み状態により、書込みが完了出来なかった RF タグが交信出来ない Null ポイントで停止したためと想定される。

表-39. 搬送時に一旦停止の分析結果

RF ﾀｸﾞ位置		RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
近い	9 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
(65cm)	8 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	7 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	9	90.0%
	6 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	5 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	4 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	3 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	2 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	1 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	9	90.0%
中央	9 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
(115cm)	8 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	7 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	6 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	5 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	4 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	9	90.0%
	3 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	2 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	1 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
遠い	9 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
(155cm)	8 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	9	90.0%
	7 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	6 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	7	70.0%
	5 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	7	70.0%
	4 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	3 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	2 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	1 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	10	100.0%
	総数	261	261	100.0%	261	100.0%	251	96.2%

写真-10. デバンニングテスト風景

デバンニング場での読み書き結果は、搬送速度がノンストップのケースが最も精度が悪い事が分かった。原因は、搬送速度が速いために RF タグが一定期間交信範囲に定まらず、リーダライタとの交信が確立出来なかった事が原因である。これは昨年度の実証実験でも確認した通り、RF タグの交信に必要な時間分をアンテナの電波の交信範囲内に RF タグが留まれるかに起因する。その他、昨年の実証実験と比べ、書込み対象の RF タグが大容量タグとなり、書込みデータ量が多くなった事で、より大きな電波強度を、より長期間維持する必要がある。昨年度実証実験で使用した RF タグと比較すると 1.64 倍の時間（表 4-2-15. Total 時間 1.186s / 0.722s）、交信範囲内に RF タグを留まらせる必要がある。

表-40. RF タグの処理速度比較（※1）

	RF ﾀｸﾞ	USER ﾒﾓﾘ ｻｲｽﾞ	UII、USER 読取時間	USER 書込時間	Total 時間
1	IC-X 昨年度実証の IC チップ	512bits（※2）	0.216s	0.506s	0.722s
2	IC-Y'今年度実証の IC チップ	1,024bits	0.426s	0.760s	1.186s

※1 電波暗室で各 RF タグを 1 枚ずつ速度計測した結果

※2 昨年度の IC チップは USER メモリサイズを 384bits から 512bits まで変更可能である。

（5）デバンニング工程（インド）

コマツ国内から出荷された金属製 RTI をコンテナからフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表-41. デバンニング工程（インド）の RF タグ読み書き結果

段数	速度	距離	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
1～2 段	ﾉﾝｽﾄｯﾌﾟ	様々	52	52	100.0%	52	100.0%	42	77.8%

※タグ落下等による読み書き完了出来なかったケースは除いた件数

①USER 書込が完了出来なかった結果の分析

表-42. UII 書込みが完了出来なかった結果の分析

	書き込み失敗の原因	件数	解決策	備考
1	移動速度が速く(時速 4km 以上)、リトライ中に RF タグとの交信終了	9	・書き込み完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・走行速度を時速 2.5km 以下に減速する	同上
2	リトライ中にリーダライタ、タグからの応答停止（タグが交信範囲外に移動した）	1	・書き込み完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・アンテナの追加	同上

なお、インドのデバンニングについても搬送速度が違う場合で精度に違いが発生したため、金属製 RTI サイズおよび搬送速度毎の RF タグ位置別結果を集計した。

②金属製 RTI がハーフサイズの結果

金属製 RTI がハーフサイズの場合では、読取は搬送速度が速い場合も通常の場合も 100%成功した。USER 書込みは、搬送速度が通常の場合の 1 段目以外は書込み不可となるケースが発生した。国内と違い、1 段目の書込み成功率の方が他の段より良いのは、フォークリフト搬送ルートに金属製ガイドレールなどの遮蔽物が無かったためとアンテナの配置に起因していると想定出来る。

表-43. 金属製 RTI がハーフサイズの結果

搬送速度	RF ﾀｸﾞ位置	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
速い (4km/h 以上)	2 段目	9	9	100.0%	9	100.0%	4	44.4%
	1 段目	12	12	100.0%	12	100.0%	8	66.7%
通常 (2.5km/h 以下)	2 段目	10	10	100.0%	10	100.0%	9	90.0%
	1 段目	13	13	100.0%	13	100.0%	13	100.0%
	総数	44	44	100.0%	44	100.0%	34	77.3%

③金属製 RTI がフルサイズの結果

金属製 RTI がフルサイズの場合では、滞在期間中にテスト出来たのが、搬送速度が通常（2.5 km/h）で、1 段積みの場合だけであるが、読み取り、書込みとも 100%成功した。1 段目の書込み成功率の方が他の段より良いのは、ハーフサイズと同じく、フォークリフト搬送ルートに金属製ガイドレールなどの遮蔽物が無かったためと考えられる。

表-44. 金属製 RTI がフルサイズの結果

搬送速度	RF ﾀｸﾞ位置	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
速い (4km/h 以上)	2 段目	0	-	-	-	-	-	-
	1 段目	0	-	-	-	-	-	-
通常 (2.5km/h 以下)	2 段目	0	-	-	-	-	-	-
	1 段目	8	8	100.0%	8	100.0%	8	100.0%
	総数	8	8	100.0%	8	100.0%	8	100.0%

※距離（アンテナと RF タグ間）：近い＝60cm、中央＝110cm、遠い＝180cm

写真-11. デバンニング（インド）風景

（6）バンニング工程（インド）

出荷先で金属製 RTI に格納された部品を使用し、空状態となった折り畳み状態の金属製 RTI をフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表-45. バンニング工程（インド）の RF タグ読み書き結果

段数	速度	距離	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
9 段	ﾉﾝｽﾄｯﾌﾟ (2.5km/h)	近い	45	45	100.0%	42	93.3%	14	31.1%
		中央	45	45	100.0%	32	71.1%	8	17.8%
		遠い	45	40	88.9%	38	84.4%	9	20.0%
	一時停止	近い	45	45	100.0%	45	100.0%	38	84.4%
		中央	45	45	100.0%	45	100.0%	30	66.7%
		遠い	45	44	97.8%	43	95.6%	28	62.2%
		総数	270	264	97.8%	245	90.7%	127	47.0%

※距離（アンテナと RF タグ間）：近い＝60cm、中央＝110cm、遠い＝180cm

①UII 読取が完了出来なかった結果の分析

UII データの読み取り完了出来なかった 6 件の内訳としては、以下の通りである。

表-46. UII 読取が完了出来なかった結果の分析

	読み取り失敗の原因	件数	解決策	備考
1	RF タグとの交信回数 0 回 （交信範囲外…180cm 以上）	6	・搬送時に交信範囲内を通過 ・読み取り完了出来なかった場合時に運用停止し、リカバリー運用を実施	今回実証実験のため、未実施

②USER 読取が完了出来なかった結果の分析

USER データの読み取り完了出来なかった 19 件の内訳としては以下の通りで、内 18 件はリトライ中にタグが交信範囲外に移動した。この 18 件のリトライ理由は、タグからの応答が何らかの理由でエラーになったためで、その時の RSSI 値は-63 以下が殆どであった。

表-47. USER 読取が完了出来なかった結果の分析

	読み取り失敗の原因	件数	解決策	備考
1	RF タグとの交信回数 0 回 （交信範囲外…180cm 以上）	1	・搬送時に交信範囲内を通過 読み取り完了出来なかった場合時に運用停止し、リカバリー運用を実施	今回実証実験のため、未実施
2	リトライ中に RF タグからの応答停止（タグが交信範囲外に移動した）	18	・読み取り完了出来なかった場合時に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・アンテナの追加	

③USER 書込が完了出来なかった結果の分析

USER データの書き込み完了出来なかった 118 件の内訳としては以下の通りである。読み取りと同様に書込についてもリトライ中にタグが交信範囲外に移動して書込みできなかった場合が 33 件発生したが、最も多かったのは、パワー不足によるタグとの交信終了で、85 件あった。

表-48. USER 書込が完了出来なかった結果の分析

	書き込み失敗の原因	件数	解決策	備考
1	リトライ中に RF タグからの応答停止（RF タグが交信範囲外に移動した）	33	・書き込み完了出来なかった場合に運用停止し、リカバリー運用を実施 ・アンテナの追加	今回実証実験のため、未実施
2	リトライ中に RF タグとの交信終了(RSSI 全て-60 以下でパワー不足と応答あり)	85		

なお、インドのバンニングについても搬送速度が違う場合で精度に違いが発生したため、金属製 RTI サイズおよび搬送速度毎の RF タグ位置別結果を集計した。

④搬送速度がノンストップの分析結果

UII データおよび USER データの読み書き成功率は以下の通り精度の悪い結果となった。これは必要な電波強度を長時間維持出来なかった事が原因である。

表-49. 搬送速度がノンストップの分析結果

RF ﾀｸﾞ位置		RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
近い (60cm)	9 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	8 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	0	0.0%
	7 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	3	60.0%
	6 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	5 段目	5	5	100.0%	3	60.0%	0	0.0%
	4 段目	5	5	100.0%	4	80.0%	0	0.0%
	3 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	4	80.0%
	2 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	1 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	1	20.0%
中央 (110cm)	9 段目	5	5	100.0%	3	60.0%	0	0.0%
	8 段目	5	5	100.0%	2	40.0%	0	0.0%
	7 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	0	0.0%
	6 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	5 段目	5	5	100.0%	1	20.0%	0	0.0%
	4 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	1	20.0%
	3 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	0	0.0%
	2 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	1 段目	5	5	100.0%	1	20.0%	0	0.0%
遠い (180cm)	9 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	1	20.0%
	8 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	0	0.0%
	7 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	0	0.0%
	6 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	5 段目	5	1	20.0%	1	20.0%	0	0.0%
	4 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	0	0.0%
	3 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	1	20.0%
	2 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	1 段目	5	4	80.0%	2	40.0%	0	0.0%
	総数	135	130	96.3%	112	83.0%	31	23.0%

④搬送時に一旦停止の分析結果

読取については、UII データの読取完了出来なかった 1 件、USER データの読取完了出来なかった 2 件の発生に留まった。しかし USER 書込み完了出来なかったケースが 36 件発生しており、パワー不足がより顕著に発生した。以下が結果である。

表-50. 搬送時に一旦停止の分析結果

RF ﾀｸﾞ位置		RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
近い	9 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
(60cm)	8 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	7 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	3	60.0%
	6 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	5 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	4 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	4	80.0%
	3 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	2 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	3	60.0%
	1 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	3	60.0%
中央	9 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
(110cm)	8 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	4	80.0%
	7 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	4	80.0%
	6 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	5 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	4 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	3	60.0%
	3 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	4	80.0%
	2 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	4	80.0%
	1 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
遠い	9 段目	5	4	80.0%	3	60.0%	3	60.0%
(180cm)	8 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	7 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	6 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	2	40.0%
	5 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	4 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	0	0.0%
	3 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	2 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	5	100.0%
	1 段目	5	5	100.0%	5	100.0%	1	20.0%
	総数	135	134	99.3%	133	98.5%	96	71.1%

写真-12. バンニング（インド）風景

バンニングとデバンニング結果で国内に比べ精度が悪かった要因としては以下の可能性が挙げられる。

①機器の違い

②周波数帯の違い

③設置環境、運用の違い

機器の違いとしてはアンテナ種類とケーブル種類の違いがある。これは実施前の機器選定段階で判明していた事ではあるが、電波の距離比を国内と対比してみるとインドは 43.2%という値である。周波数帯の違いについては国内と比較しても遜色ない RF タグを採用している事からも考え難い。設置環境と運用（搬送速度）についても国内と同一とはならないが、数値的に電波の距離比が国内と比較して 43.2%という事で機材の違いによる精度への影響が主たる要因であると考える。この事は、国内デバンニングの書込み率に比べ、インドのバンニング書込み率が悪い事や、距離が遠くなるほど書込み成功率が悪い事からも確認出来る。

表-51. 国内とインドの想定交信距離比（機器のスペックより）

	国内	インド
アンテナ位置	右側	右側
偏波種類	直線偏波	直線偏波
距離比	100.0%	43.2%

（7）デバンニング工程（ドイツ）

コマツ国内から出荷された金属製 RTI をコンテナからフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした。結果は以下の通りである。

表-52. デバンニング工程の RF タグ読み書き結果

RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
9	9	100.0%	9	100.0%	9	100.0%

写真-13. アンテナと RF タグの位置関係

（8）デバンニング工程（ドイツ）

出荷先で金属製 RTI に格納された部品を使用し、空状態となった折り畳み状態の金属製 RTI をフォークリフトで運搬し、コンテナ前に設置した定置式アンテナで RF タグを複数一括で読取りと書き込みした結果は以下の通りである。

表-53. デバンニング工程の RF タグ読み書き結果

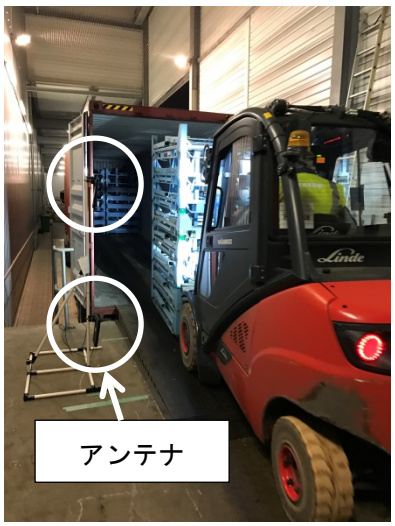
RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
38	38	100%	38	100%	37	97.4%

①USER 書込が完了出来なかった結果の分析

USER 書込が完了出来なかった 1 件の分析結果は以下の通りである。

表-54. USER 書込が完了出来なかった結果の分析

	書き込み失敗の原因	件数	解決策	備考
1	書き込みが完了出来なかった RF タグへの書き込み着手が他の RF タグに比べタイミングが遅く、システム側で設定した設定時間（12.5 秒）をオーバーしたため	1	・設定時間の見直し、リカバリー作業によるリトライ	今回実証実験のため、未実施



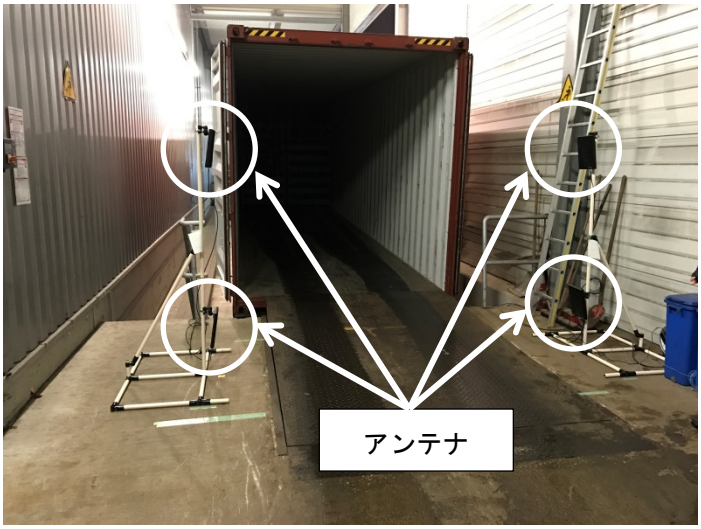


写真-14. アンテナ位置（ドイツ）

②バンニング（オフライン）での読み書き結果

ドイツでは実証期間が短かったため、オンライン環境での実験件数が少なかった。オンライン環境での結果が良かったのはフォークリフトで搬送する 1 回当たりの RF タグ枚数が少なかった事（3 枚以下）と周囲の金属壁による反射波の影響によるものである。1 回当たりの RF タグの枚数を増やしてオフライン環境で確認した結果は以下の通りである。

表-55. バンニング（オフライン）での RF タグ読み書き結果

ｱﾝﾃﾅ位置	距離	回	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
右面	近い	1	8	6	75.0%	5	62.5%	5	62.5%
		2	8	6	75.0%	6	75.0%	6	75.0%
		3	8	6	75.0%	6	75.0%	6	75.0%
		4	8	8	100%	8	100%	8	100%
		5	8	7	87.5%	7	87.5%	7	87.5%
		計	40	33	82.5%	32	80.0%	32	80.0%
	中央	1	8	7	87.5%	7	87.5%	7	87.5%
		2	8	8	100%	8	100%	8	100%
		3	8	8	100%	8	100%	8	100%
		4	8	8	100%	8	100%	8	100%
		5	8	4	50.0%	4	50.0%	4	50.0%
		計	40	35	87.5%	35	87.5%	35	87.5%
	遠い	1	8	8	100%	6	75.0%	6	75.0%
		2	8	7	87.5%	7	87.5%	7	87.5%
		3	8	6	75.0%	6	75.0%	6	75.0%
		4	8	8	100%	8	100%	8	100%
		5	8	6	75.0%	6	75.0%	6	75.0%
		計	40	35	87.5%	33	82.5%	33	82.5%

左面	近い	1	8	6	75.0%	6	75.0%	6	75.0%
		2	8	8	100%	8	100%	8	100%
		3	8	6	75.0%	6	75.0%	6	75.0%
		4	8	7	87.5%	7	87.5%	7	87.5%
		5	8	3	37.5%	3	37.5%	3	37.5%
		計	40	30	75.0%	30	75.0%	30	75.0%
	中央	1	8	4	50.0%	4	50.0%	4	50.0%
		2	8	5	62.5%	5	62.5%	5	62.5%
		3	8	3	37.5%	3	37.5%	3	37.5%
		4	8	6	75.0%	6	75.0%	6	75.0%
		5	8	7	87.5%	7	87.5%	7	87.5%
		計	40	25	62.5%	25	62.5%	25	62.5%
	遠い	1	8	2	25.0%	2	25.0%	2	25.0%
		2	8	2	25.0%	2	25.0%	2	25.0%
		3	8	5	62.5%	5	62.5%	5	62.5%
		4	8	4	50.0%	4	50.0%	4	50.0%
		5	8	2	25.0%	2	25.0%	2	25.0%
		計	15	3.0	37.5%	15	37.5%	15	37.5%

※距離（アンテナと RF タグ間）：近い＝65cm、中央＝115cm、遠い＝155cm

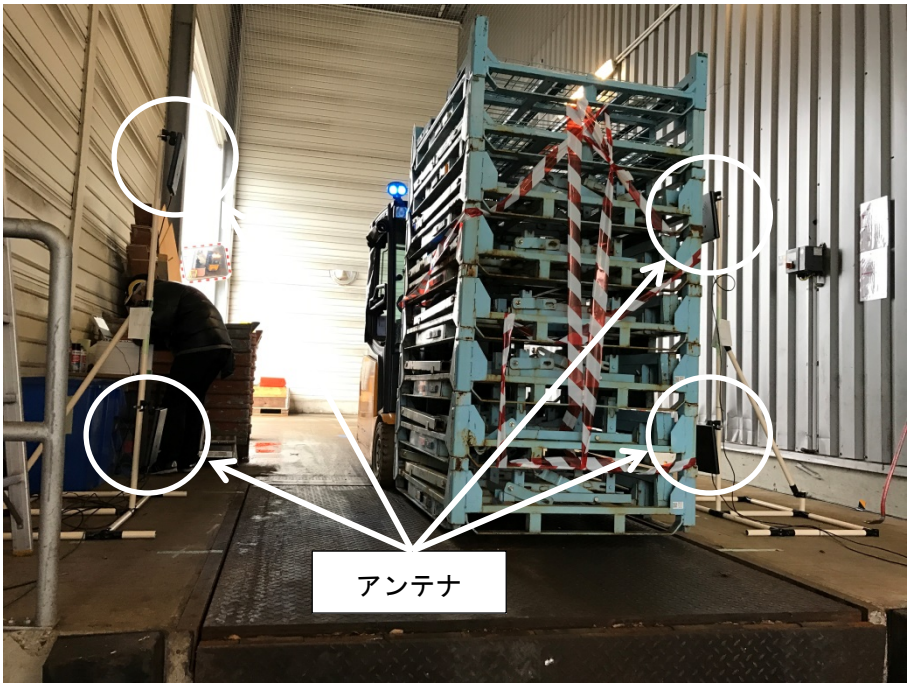


写真-15. バンニング（ドイツ）での読み書きテスト環境

RF タグ位置とアンテナ位置関係より、アンテナに対して近い場合と遠い場合では精度が悪く RF タグ貼付面が右面でコンテナ中央位置の場合が最も良い結果であった。ドイツではインドでの結果を踏まえ、アンテナ前で一時停止する運用としたため、インドと同じ機器構成であれば良い結果となるはずだが、UII 読取（Inventry）すら 100%には至らなかった。これは事前に想定済みであったが①機種の違い、②アンテナ枚数（ドイツ：片面 2 枚、国内：片面 3 枚）、③交信距離比（表-56 を参照）の違いによるものである。

①の機種の違いについては、読み書き出来なかった RF タグに対する制御方法がリーダーライタの機種（A 社製と B 社製）で異なるためであるが、今回、ドイツで使用した B 社製のリーダライタについては「4.2.3.6 EPC タグとの混在環境による影響評価」と「4.2.3.5 USER メモリバンク活用における情報隠蔽機能の評価」の機能評価に注力しているため、B 社製の特性を踏まえた読み書き精度の向上については実施しなかった。

表-56. 国内とドイツの想定交信距離比（機器のスペックより）

	国内	ﾄﾞｲﾂ		
ｱﾝﾃﾅ位置	－	左上、左下	右上	右下
偏波種類	直線偏波	円偏波		
距離比	100.0%	57.0%	85.0%	65.2%

（9）現場スタッフ（出荷先（インド、ドイツ）スタッフ）へのヒアリング結果

出荷先での意見として、今回の実験のように RF タグの USER メモリバンク内に部品の梱包情報を格納された現物（金属製 RTI）を読み取り、リアルタイムに入荷状態を確認出来る事は業務効率が上がるという感想を頂いた。現状の入荷管理は都度、入荷状態を倉庫に確認しにいかないと実際の状態が分からないためである。しかしながら、荷揃え工程に対してその他の工程（バンニング・デバンニング）では複数の RF タグの一括読み書きが必要なため、アンテナの追加やフォークリフト低速搬送の運用などの条件が必要となる事もあり、ユーザとしては費用対効果が出し辛いため、実運用化は難しいという意見であった。これらの意見を踏まえ、現実的な案は、1 個単位での作業となる荷揃え工程で、データ書込みを行い、バンニング工程（国内）以降の複数個単位での工程では、RF タグに格納された情報を読み取りだけを行う事であるという意見であった。具体的な RF タグ読み書きの場所は図-21.の通りである。

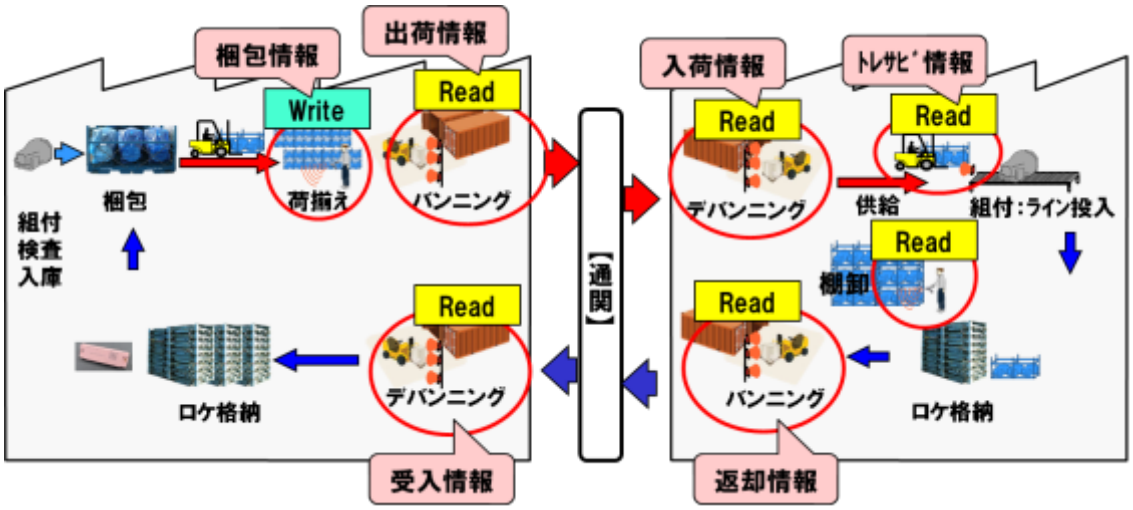


図-21. RF タグ読み書き場所の現実的な案

しかしながら、RF タグの読み書き精度をアンテナの並列化あるいは部分書込み等によって 100%に近づける事が出来るのであれば、出荷先でのデバンニングと空の金属 RTI をロケ格納する際に RF タグへ情報書き込みする事で、出荷先での金属 RTI の滞留日数把握や、空の金属 RTI 数の把握が可能となるという意見であった。具体的な RF タグ読み書きの場所は図-22 の通りである。

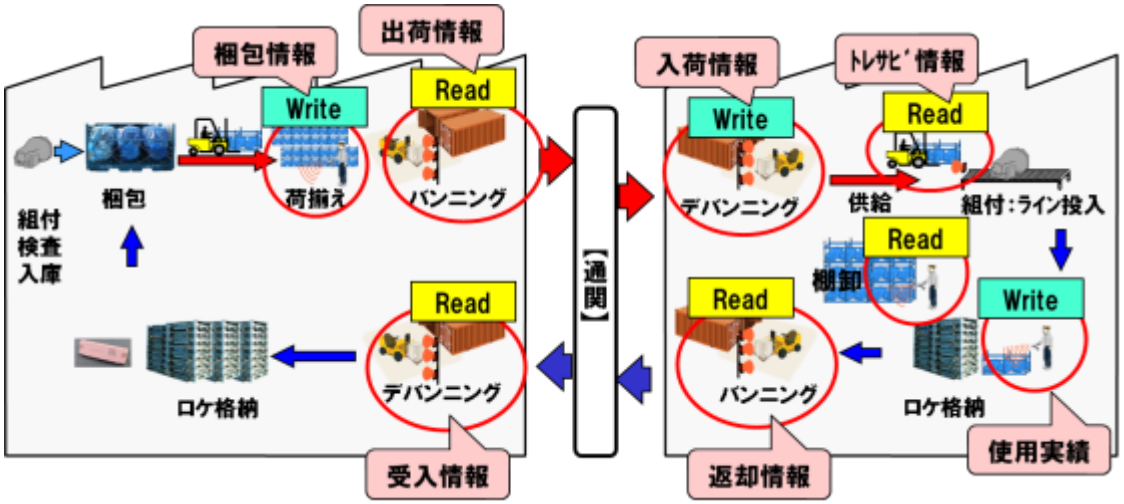


図-22. RF タグ読み書き場所の理想的な案

1.5.8.2 リカバリー運用の評価

（1）ハンディターミナルによる評価（オフライン環境）

RF タグ付き金属製 RTI の 9 段で最下段の RF タグの書き込みが出来なかった場合に何段目の RF タグが書けなかったかを知らない前提で最上段の RF タグから下段に順次 RF タグを読み取ふり、書き込み完了の有無を確認する。書き込み完了出来ていない RF タグを発見したら自動的にデータ書き込みを行う手順で作業時間を確認した。

①テスト環境

今回の実証実験で使用した RF タグの表面には UII データを QR コード化したものを印字している。リカバリー運用に関る手順として以下の作業手順を設定した。表-57 の作業手順 No5～13 の RF タグの確認には、電波を使って RFID のデータを読み取る方法と、RF タグの表面に印字された QR コードを読取る 2 種類の方法で、ハンディーターミナル（H/T）操作の習熟度の異なる A 氏､および B 氏の 2 名によって､それぞれ 3 回ずつテストを行った。

表-57. リカバリー作業手順（オフライン環境）

No	作業手順	作業内容
1	書込み未完了を発見	パトライトなどで書き込み未完了を作業者に知らせる
2	H/T を手に取る	H/T を取りに行く（約 6m 歩行）
3	H/T にデータ受信	確認指示データを H/T に受信 （H/T で指示取得操作すると指示一覧が表示される）
4	H/T 開始ボタン押下	H/T 画面に表示された指示一覧から対象指示を確定する。
5	移動＋ 9 段目 RF タグ確認	H/T 作業場所まで移動（約 6m 歩行）。 9 段目の RF タグ内容を確認 （H/T を RF タグにかざし RF タグまたは QR 読み取り →完了音がするまで待つ）
6	8 段目　〃	8 段目　〃
7	7 段目　〃	7 段目　〃
8	6 段目　〃	6 段目　〃
9	5 段目　〃	5 段目　〃
10	4 段目　〃	4 段目　〃
11	3 段目　〃	3 段目　〃
12	2 段目　〃	2 段目　〃
13	1 段目　〃 （書込み対象）	1 段目　〃 （※書込み対象のため、読み取り後に RF タグへの 書き込みを自動で行う）
14	完了確認 移動 実績送信	H/T 画面に表示された、予定数と HT 作業実績数を目視確認 H/T をクレードルに接続し、実績送信ボタンを押下 H/T に送信完了画面が表示される事を確認

②テスト結果

テストで計測した結果は以下の通りである。

表-58. UII 情報を RF タグから読み取った場合　　（単位：秒）

	作業手順	A 氏			B 氏			合計			
		1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	Ave	Max	Min	ばらつき (Max-Min)
1	書込み未完了発見	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	H/T を手に取る	5.1	7.9	10.5	7.9	10.6	12.2	9.0	12.2	5.1	7.0
3	H/T にデータ受信	7.5	6.3	2.9	1.9	1.9	0.6	3.5	7.5	0.6	6.9
4	H/T 開始ボタン押下	5.7	5.5	2.7	13.3	2.1	3.1	5.4	13.3	2.1	11.2
5	移動＋ 9 段目 RF タグ確認	10.9	9.6	8.4	3.0	10.2	9.4	8.5	10.9	3.0	7.9
6	8 段目　〃	11.7	5.3	5.2	4.4	4.8	6.3	6.3	11.7	4.4	7.3
7	7 段目　〃	7.8	6.7	5.1	6.0	5.3	5.0	6.0	7.8	5.0	2.8
8	6 段目　〃	4.8	4.2	4.6	4.8	4.3	5.0	4.6	5.0	4.2	0.8
9	5 段目　〃	6.2	4.3	5.2	4.8	4.6	5.0	5.0	6.2	4.3	1.9
10	4 段目　〃	5.2	4.5	4.4	4.4	5.0	4.5	4.7	5.2	4.4	0.8
11	3 段目　〃	4.9	4.9	4.8	4.5	5.2	4.6	4.8	5.2	4.5	0.7
12	2 段目　〃	4.3	4.2	4.3	4.9	4.9	4.9	4.6	4.9	4.2	0.7
13	1 段目　〃 （書込み対象）	10.9	20.8	11.4	11.1	11.2	10.8	12.7	20.8	10.8	10.0
14	完了確認、移動 実績送信	15.3	15.2	13.9	15.4	14.9	17.5	15.4	17.5	13.9	3.6
	合計	100.4	99.2	83.4	86.3	85.0	88.8	90.5	100.4	83.4	17.0

表-59. UII 情報を QR から読み取った場合　　（単位：秒）

	作業手順	A 氏			B 氏			合計			
		1 回目	2 回目	3 回目	1 回目	2 回目	3 回目	Ave	Max	Min	ばらつき (Max-Min)
1	書込み未完了発見	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	H/T を手に取る	7.2	8.6	9.2	8.0	7.4	9.6	8.3	9.6	7.2	2.4
3	H/T にデータ受信	1.7	2.1	1.8	2.3	3.3	3.3	2.4	3.3	1.7	1.6
4	H/T 開始ボタン押下	9.9	4.4	4.0	4.8	4.2	4.9	5.4	9.9	4.0	5.9
5	移動＋ 9 段目 RF タグ確認	3.0	7.7	9.1	7.8	7.5	8.0	7.2	9.1	3.0	6.1
6	8 段目　〃	2.6	4.5	2.3	4.1	3.7	3.8	3.5	4.5	2.3	2.2
7	7 段目　〃	3.6	3.8	4.4	3.4	3.5	3.2	3.6	4.4	3.2	1.2
8	6 段目　〃	3.0	3.9	3.7	3.9	4.1	3.9	3.8	4.1	3.0	1.1
9	5 段目　〃	4.5	4.1	3.5	3.8	3.2	3.6	3.8	4.5	3.2	1.3
10	4 段目　〃	4.2	3.6	3.7	3.1	4.2	3.8	3.8	4.2	3.1	1.1
11	3 段目　〃	3.6	3.9	3.4	10.6	3.2	3.6	4.7	10.6	3.2	7.3
12	2 段目　〃	3.3	4.2	3.8	3.5	3.8	4.2	3.8	4.2	3.3	0.9
13	1 段目　〃 （書込み対象）	14.0	11.0	12.1	8.7	7.1	7.6	10.1	14.0	7.1	6.9
14	完了確認、移動 実績送信	13.7	17.9	15.4	16.9	15.9	18.6	16.4	18.6	13.7	4.9
	合計	74.3	79.5	76.5	80.9	71.1	77.9	76.7	80.9	71.1	9.8

写真-16. リカバリーテスト風景

書き込み完了出来なかったRFタグを見つけるためにはH/Tによる一括読み取りではなく、RFタグ1個づつの確認作業が必要となる。そのため、確認対象が複数個存在するとその分、確認作業の時間が掛る。確認のための読み取りは約5秒/個で実施出来たが書き込み完了出来なかったRFタグへの書き込みは約13秒/個掛った。作業全体としては約90秒で、RFタグへの書き込みが全体の14%程度であるため、時間短縮のためにはH/Tの保管位置やシステム上の処理手順見直しなどによる改善が効果的であると分析される。なお、リカバリー対象のRFタグを発見する方法としてRFタグとQRコードの2つの方法を確認した結果、QRコードの方が1個づつの読み取りが速い結果となった。これはQRコードはUIIデータだけが格納されたQRコードを読み取りしているのに対して、RFタグ読み取りはUIIデータとUSERデータの両方を読み取っている事の違いによる。どちらの方法が良いか、またはどのデータを読み取ってどのように確認するシステムとするかは、機器のスペックにも影響されるため、充分考慮して準備する必要がある。

（2）ハンディターミナルによる評価（オンライン環境）

バンニング工程（国内）にて、フォークリフトで搬送される1～3段のRFタグ付き金属製RTIでいずれか1つのRFタグの書き込みが出来なかった場合に、H/Tで書き込み完了出来ていないRFタグを発見し自動的にデータ書き込みを行う手順で作業時間を確認した。リカバリー作業者は実際のリフト運転手に依頼し、作業を行って感じた点についてもご意見を頂いた。

オフライン環境のテストと異なる点は、以下の2点ある。1つ目は、H/Tに確認指示データを受信する際に、定置アンテナで書込み成功したRFタグの情報を同時に受信する事（事前把握したRFタグの母数と定置アンテナで書込み成功したタグの数量とUIIリスト）。今回の実証実験で使用したRFタグのUIIに含まれるシリアルNo.は、金属製RTIに印字されたシリアルNo.と一致させているため、作業者は、金属製RTIに印字された連番を確認すれば、事前にどのRFタグが書込みに失敗したのか把握出来、金属製RTIを複数段搬送していても、リカバリー作業を行うRFタグを予め1つに限定出来た。

2つ目は、H/Tへの確認指示データ受信およびH/Tからのリカバリー実績の送信を無線を使用して送受信した事。このため、作業者は、H/Tを常に携帯出来る状態にあった。

①テスト環境

オフライン時のテスト同様、今回の実証実験で使用したRFタグの表面にはUIIデータをQRコード化したものを印字している。リカバリー運用は以下の作業手順を設定した。表1.2.3の作業手順No3でのUIIの読み取りには、電波を使ってRFIDのデータを読み取る方法と、RFタグの表面に印字されたQRコードを読取る方法の2種類で、同一人物によってそれぞれ5回ずつテストを行った。オンライン作業のため、金属製RTIの容器サイズや、リカバリー対象タグの貼付された容器の段数は不一致である。

表-60. リカバリー作業手順（オンライン環境）

No	作業手順	作業内容
1	書込み未完了を発見	パトライトで書き込み未完了を作業者に知らせる
2	リカバリー対象確定	リフト停止、エンジンを切る。 リフトから降りる。 携帯している H/T を手に取る。 確認指示データを H/T に受信する。 H/T 画面に表示された一覧から対象のリカバリー指示情報を選択する。 H/T 作業場所まで移動（約 6m 歩行）。 書込み失敗 RF タグの場所を RF または QR の UII 情報を元に確認する。
3	リカバリー実施	書込み失敗 RF タグに H/T をかざす。 UII の読み取り、書込みを行う。 ※H/T を RF タグにかざし RF タグまたは QR 読み取り、完了音がするまで待つ。書込み対象のため、読み取り後に RF タグへの書き込みを自動で行う
4	完了確認・実績送信	H/T 画面に表示された、予定数と HT 作業実績数を目視確認。 実績送信ボタンを押下し、H/T に送信完了画面が表示される事を確認。 パトライトで書き込み完了を作業者に知らせる

書き込み完了出来なかった RF タグを見つけるためには H/T による一括読み取りではなく、RF タグ 1 個づつの確認作業が必要となる。そのため、確認対象が複数個存在するとその分、確認作業の時間が掛る。確認するための読み取りは約 5 秒/個で実施出来たが書き込み完了出来なかった RF タグへの書き込みは約 13 秒/個掛った。作業全体としては約 90 秒で、RF タグへの書き込みが全体の 14%程度であるため、時間短縮のためには H/T の保管位置やシステム上の処理手順見直しなどによる改善が効果的であると分析される。なお、リカバリー対象の RF タグを発見する方法として RF タグと QR コードの 2 つの方法を確認した結果、QR コードの方が 1 個づつの読み取りが速い結果となった。これは QR コードは UII データだけが格納された QR コードを読み取りしているのに対して、RF タグ読み取りは UII データと USER データの両方を読み取っている事の違いによる。どちらの方法が良いか、またはどのデータを読み取ってどのように確認するシステムとするかは、機器のスペックにも影響されるため、充分考慮して準備する必要がある。

②テスト結果

バンニング工程（国内）にて、フォークリフトで搬送される 1～3 段の RF タグ付き金属製 RTI でいずれか 1 つの RF タグの書き込みが出来なかった場合に、H/T で書き込み完了出来ていない RF タグを発見し自動的にデータ書き込みを行う手順で作業時間を確認した。今回の実証実験ではバンニング工程（国内）で 100%USER 書込みが出来ている事を前提に後の工程で USER メモリバンクの情報を活用する運用を想定し、RF タグの USER 書込みをリカバリーする運用を実施した。なお、書き込み未完了の RF タグを発見する方法として 2 種類の方法（「UII 情報を RF タグから読み取った場合」と「QR から読み取った場合」）をテストした。

リカバリー実施作業での UII の読み取りに、電波を使って RFID のデータを読み取る方法と、RF タグの表面に印字された QR コードを読取る方法の 2 種類のどちらの方法で行っても、また、リカバリー対象の RF タグの位置が何段目でも、リカバリー作業の時間差は大差無く、1 回当たりのリカバリー作業に必要な時間は、全体で約 40～50 秒となる事が分かった。リカバリー対象の RF タグを見つけて、書込みを行う時間は約 15 秒/個掛かり、全体の約 30%となった。リカバリー対象の RF タグ貼付位置が最下段の金属製 RTI の場合には、H/T で読み取り辛い場所となる事が多いため、1 個当たりの作業時間は事前に実施したオフライン環境でのテスト時に比べ作業時間が若干長くなった。リフトのエンジンを停止・降車して、リカバリー対象 RF タグを見つけるまでに掛った時間は約 22 秒で、全体の約 45%となった。今回、全体を計測する最終工程を実績送信までとしたが、実際は再度リフトに乗車・エンジンを開始する操作が必要となるため、リフトの昇降に掛る時間が全体に占める割合は 50%を超える事となる。

表-61. ハンディターミナルに切り替えてリトライした場合の結果　（単位：秒）

UII 情報を RF タグから読み取った場合

		作業時間（秒）								
条件	ﾃｽﾄ No	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	Ave	Max	Min	ばらつき
	RF ﾀｸﾞ位置	2 段目	2 段目	2 段目	1 段目	1 段目	-	-	-	(Max-Min)
作業手順	1.書込み未完了を発見	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.リカバリー対象確定	25	26	22	19	18	22	26	18	8
	3.リカバリー実施	16	15	14	20	13	16	20	13	7
	4.完了確認・実績送信	11	12	11	10	11	11	12	10	2
	合計	52	53	47	49	42	50	53	42	11

UII 情報を QR から読取った場合

		作業時間（秒）								
条件	ﾃｽﾄ No	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	Ave	Max	Min	ばらつき
	RF ﾀｸﾞ位置	1 段目	3 段目	3 段目	3 段目	2 段目	-	-	-	(Max-Min)
作業手順	1.書込み未完了を発見	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.リカバリー対象確定	21	22	22	19	21	21	22	19	3
	3.リカバリー実施	17	20	12	14	13	15	20	12	8
	4.完了確認・実績送信	12	8	12	8	10	10	12	8	4
	合計	50	50	46	41	44	47	50	41	9

（3）ユーザーへのヒアリング結果

作業を行って頂いた作業者から以下 4 点の意見を頂いた。

1．H/T を使ったリカバリー作業は、タグの読取り・書込みとも思ったよりもスムーズに実施出来、遅いという感じはなかった。

2．今回実施したリカバリー作業のネックは、作業時にリフトの昇降が発生する事。リフトのエンジン ON・OFF、シートベルトの脱着に加え、乗降車といった手番が増える事は、かなりのストレスに感じるため、リカバリ作業が毎回のように発生するなら実運用での実施は避けたい。

3．最下段のタグについてリカバリー作業を行う場合や、リカバリー対象の RF タグを広いエリアから読取確認出来る場合は、自分が狙った場所を確実に照射出来るため、UII の読取は QR で行う方が実施し易いと感じた。しかしながら、RF タグの位置がガイドレールと非常に近い場合、どんなに照射位置を工夫しても QR コードを読み取る事が出来ない場合もあり、RF タグを読み取って確認する方法が良かった。実運用で使用する場合も、UII の読取は、QR・RF の両方を用意し、作業者によって選択出来ると良いと感じた。

4．H/T を使ったリカバリー作業を行う時に、一目ではどのタグがリカバリ対象なのかが分からない。受信したリカバリー指示の詳細を確認すれば、定置アンテナで成功済みの RF タグが判別出来るため、リカバリー対象を確認する事は出来るが、屋外で H/T のディスプレイでタッチ操作をしたり、表示情報を確認するのは、画面が小さい事、画面が反射して見辛い事により、面倒であった。書き込みが成功済みの RF タグ情報を、大画面モニターで表示したり、成功済みの RF タグにランプが付いて一定時間点灯する等、リカバリー対象の RF タグが一目で分かる対策が欲しい。またリフト作業者は、バンニング作業時に①1～4 段積みした金属製 RTI を②積み込み順が指示された積込指示情報を元に容器をコンテナに積載しているため、この積込指示情報と書込み成功 RF タグの情報を上手く紐づける方法も対策の一つになると考える。これらの対策があれば、1 コンテナに 1 回程度のリカバリー作業（※国内バンニング工程 RF タグ書込み成功率より）なら、実運用でも可能と考える。

（4）課題

今回、敢えて最上段から書き込み有無の確認を行ったが、今回のバンニング、デバンニング場での結果からはリカバリーすべき RF タグの段数毎の発生頻度からすると最下段から実施する運用が望ましいと考えられる。しかしながら、作業性からすると人の動作は下から上へ移動するより上から下に移動する方が一般的には作業しやすいと考えられるため、各現場の状況に応じて運用設計する事が望ましいと考えられる。

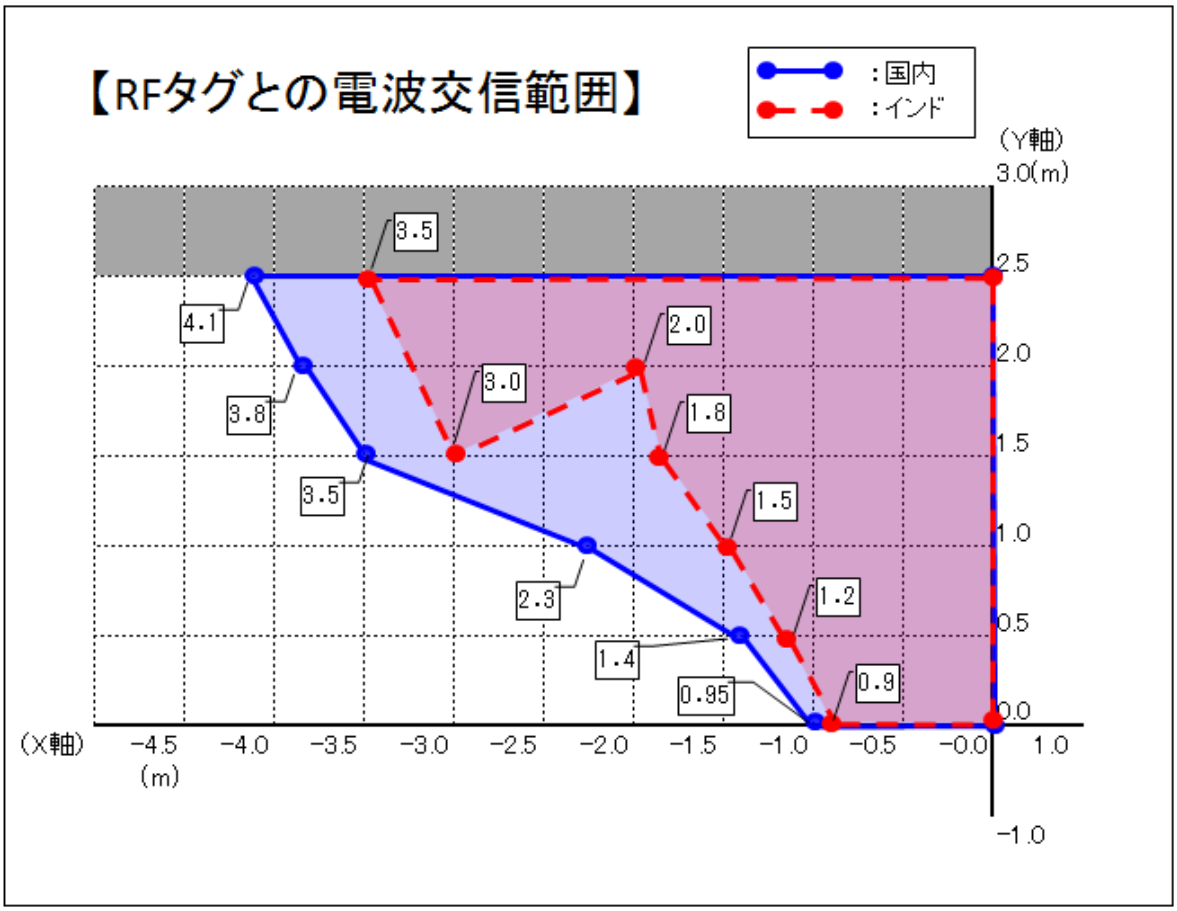
写真-17. リカバリーテスト風景（読取り辛い位置）

1.5.8.3 周波数の相違に関する評価

（1）評価結果

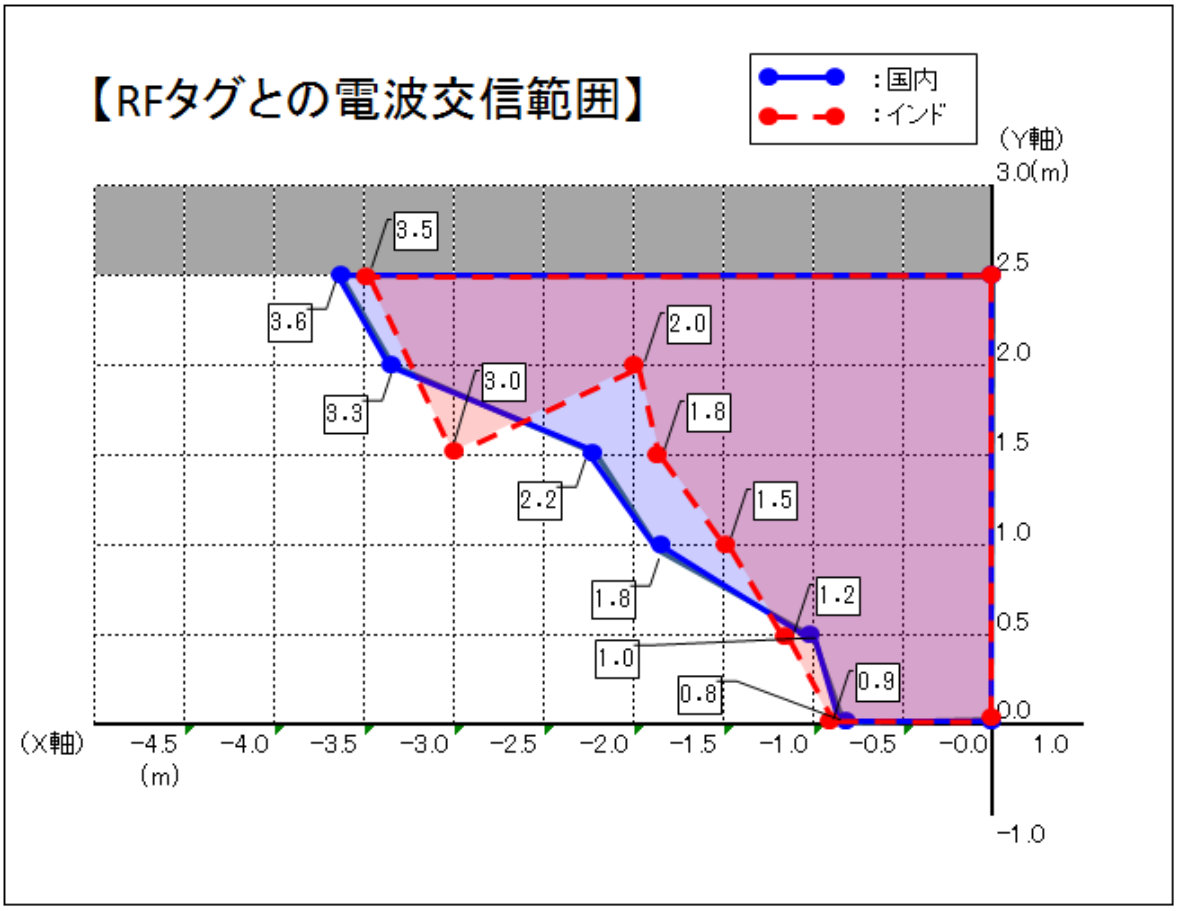
周波数の相違による読み取り基本性能を確認した結果は以下の通りである。

下記グラフ-3 は、アンテナの中心は X 軸と Y 軸の交点となる地点に、上下左右ともに角度をつけずに設置し、Y 軸の(+)方向に電波を発信した際の交信範囲を示したものである。
X 軸の(+)方向の地点は、フォークリフトで積載を行うコンテナ面となるため、測定を行わなかった。Y 軸の(+)方向に 2.5m 以上の地点は、テスト環境上、測定する事が出来なかった。



グラフ-3. RF タグとの電波交信範囲

国内とインドで RF 読み書き結果が異なったが、今回使用した RF タグの基本性能としては 920MHz と 860MHz で同等の性能が出ているため、機器（アンテナとケーブル長）の違いによるものと推察出来る。電波の交信範囲の違いについて確認した結果が以下の通りである。実際のインドの交信範囲はグラフ-3 の通り国内の交信範囲に比べて狭かったが、グラフ-4 のように機器の違いによる電波の減衰率による補正をインドの交信範囲にかけて、国内の交信範囲に合わせた場合で確認した結果、大差ない事を確認した。



グラフ-4. RF タグとの電波交信範囲（電波の減衰率変更後）

この結果より、インドの交信範囲と同等となるため、機器構成の違いによる影響であると判断出来る。

（２）課題

周波数の相違に関連し、各国で電波法が異なる事が挙げられる。今回インドとドイツで機器を使用したが、日本のように利用者側で無線局申請が必要な制度はなく、ユーザーは機器を購入すれば直ぐに使用可能な環境である事が分かった。ちなみに、欧州については日本が使用する周波数帯域に近い 920MHz 帯に移行するという計画もあるが、移行途中で一部の国によっては 860MHz 帯と 920MHz 帯の両方利用可能な状態の様子である。今回の活動では詳細を調べる事は出来なかったが、輸出入で使用される容器に貼付する RF タグを活用する仕組みをグローバルで利用する場合には周波数の相違による RF タグの通信特性と電波法の違いは十分考慮すべきポイントである。

1.5.8.4 データ格納方法の評価

（1）評価結果

データ格納方法の違いによる読み書き基本性能を確認した結果は以下の通りである。

RF タグ枚数：3 枚

リーダライタ：A 社製

計測回数：5 回（下記表は平均値）

表-62. RF タグ読み書き基本性能測定結果

	格納方式	書込むﾃﾞｰﾀ量	UII 読取時間	USER 読取時間	USER 書込時間	Verify 時間	Total 時間
1	DI	864bits	0.296s	0.495s	0.929s	0.373s	2.109s
2	DI 部分書込	96bits	0.235s	0.194s	0.701s	0.548s	1.763s
3	PackedObject	736bits	0.286s	0.487s	0.832s	0.339s	1.955s
4	TagDataProfile	976bits	0.274s	0.499s	0.968s	0.354s	2.100s
5	〃　部分書込	96bits	0.271s	0.420s	0.413s	0.274s	1.385s

DI 部分書込では DI 方式に比べ 16%（(1－1.763÷2.109）×100）時間短縮する事が分かる。

実際にバンニング（国内）のオンライン環境で確認した結果が以下の通りである。

表-63. DI 部分書込によるバンニング工程の RF タグ読み書き結果（国内）

段数	速度	距離	RTI ｻｲｽﾞ	RF ﾀｸﾞ件数	UII 読取件数		USER 読取件数		USER 書込件数	
1～4	ﾉﾝｽﾄｯﾌﾟ	様々	ﾊｰﾌ/ﾌﾙ	116	116	100%	110	94.8%	99	85.3%

USER メモリバンクへの書き込み結果が微増ではあるが 82.1%から 85.3%へ向上した事を確認した。更に書き込み時間を確認したところ、以下のように向上している事を確認した。

表-64. DI 部分書込みによるバンニング工程の RF タグ読み書き時間

	書込むﾃﾞｰﾀ量	UII 読取時間	USER 読取時間	USER 書込時間	Total 時間
DI	864bits	0.500s	0.631s	0.859s	1.990s
DI 部分書込	128bits	0.454s	0.342s	0.386s	1.182s

※計測対象は 3 段積み最下段の RF タグ 5 件

TagDataProfile の部分書込みでは DI に比べて 34%（1－1.385÷2.109）×100）向上する結果であるため、更なる書込み精度向上が期待出来る。

（2）課題

TagDataProfile と PackedObjects のデータ識別子は産業界で使用される DI ではなく AI が前提である。EPC コードをあまり使用しない産業界においても使用出来るようにそれぞれの方式についても DI 化を推進する必要がある。

1.5.8.5 USER メモリバンク活用における情報隠蔽機能の評価

（1）評価結果

USER メモリバンクのデータにパスワードを掛ける事が出来る Untraceable コマンドで読取制御した RF タグの読み書き基本性能をオフライン環境で確認した結果は以下の通りである。

RF タグ枚数：3 枚

計測回数：5 回（下記表は平均値）

表-65. USER メモリバンク活用時性能測定結果

	ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	ﾊﾟｽﾜｰﾄﾞ	UII 読取時間	USER 読取時間	USER 書込時間	Verify 時間	Total 時間
1	A 社製	なし	0.296s	0.495s	0.929s	0.373s	2.109s
2		あり	0.302s	0.484s	0.936s	0.365s	2.099s
3	B 社製	なし	0.224s	0.192s	1.190s	0.744s	2.446s
4		あり	0.207s	0.214s	1.219s	0.775s	2.524s

複数メーカのリーダライタで確認したところ、いずれも通常のパスワードありの RF タグを処理する時間に対して msc 単位で増加するに留まる結果であった。この結果より、USER メモリバンクのパスワードによる制御は実運用での処理速度に影響ないレベルである事が確認出来たため、第三者の読み取り防止も実運用可能と考える。

（2）課題

Untraceable コマンドでパスワード制御可能なのは USER メモリバンク全体となり、一部だけをパスワード制御する事は出来ない。複数利用者間でお互いに読み取られたくない情報単位（アドレス番地単位）でのパスワード制御は不可能という課題を踏まえて利用する必要がある。複数利用者間でパスワード制御するためには、データ書き込み者毎にデータ格納場所（エリア）が分離・固定出来る必要がある。これについては TagDataProfie 仕様（ISO15962）に沿ってソフト実装する事が実現出来ると考えられる。しかし、問題は複数利用者毎のパスワード管理と対応する仕組みの配布方法である。案としては RF タグ付き金属 RTI の管理統括会社（あるいは本社等）が Untraceable のパスワードと各社割り当てエリアのアドレスを定数に書き込んだソフトを作成、ライブラリ（DLL）化したものを各社に配布し、各社はこの DLL を組み込んでアプリを開発する方法が考えられる。これらについては USER メモリバンクを複数利用者間で利用拡大する上で解決していくべき課題と考える。また、ISO15962 はデータフォーマット等が中心の記述となっており、アクセス制限等の実現方法の明確化についても今後必要と考える。

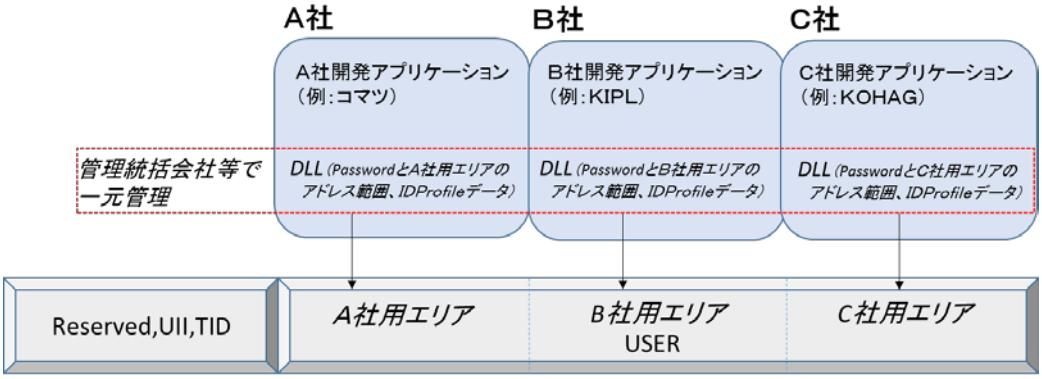


図-23. DLL の実現案

表-66. 実証実験における USER メモリバンクの書き込み担当

	項目	桁数	内容	DI	想定する場面： 書き込み担当（読み込みは制限なし）
①	P/O No.	20	Parts Order No.	K	荷揃え担当者
②	C No.	11	Case No.	5S	
③	サイクル回数	3	RTIの回転（使用）回数	D	
④	荷揃え日付	6	荷揃え梱包日	Z	
⑤	ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	小山でのﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_005	日本の輸出入部門
⑥	ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	現法でのﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_019	現法の輸出入部門
⑦	ﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	現法でのﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_011	
⑧	ﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ日付	6	小山でのﾃﾞﾊﾞﾝﾆﾝｸﾞ	5D_049	日本の輸出入部門
⑨	通過工程	10	RTI（RFﾀｸﾞ）の通過場所	1L	全部門
⑩	ﾊﾟﾚｯﾄ型式	12	新品：UII=USER, 改造：UII≠USERとする	B	資産管理部門
⑪	ﾊﾟﾚｯﾄｼﾘｱﾙNo.	4		S	
桁数合計		90	-	-	-

1.5.8.6 EPC タグとの混在環境による影響評価

（1）評価結果

ISO 準拠の RF タグと EPC 準拠の RF タグが混在した場合の読み書き基本性能をオフライン環境で確認した結果は以下の通りである。

RF タグ枚数：ISO 準拠 3 枚、EPC 準拠 3 枚

計測回数：5 回（下記表は平均値）

表-67. EPC タグとの混在環境による影響評価結果

場所		ﾘｰﾀﾞﾗｲﾀ	混在	ﾀｸﾞ数	ﾌｨﾙﾀｰ	UII 読取時間	USER 読取時間	USER 書込時間	Verify 時間	Total 時間
国内	1	A 社製	なし	3	なし	0.296s	0.495s	0.929s	0.373s	2.109s
	2		あり	6		0.474s	0.925s	1.376s	0.700s	3.521s
	3				あり	0.275s	0.488s	0.927s	0.361s	2.074s
	4	B 社製	なし	3	なし	0.224s	0.191s	1.190s	0.744s	2.446s
	5		あり	6		0.614s	0.247s	1.300s	0.876s	3.175s
	6				あり	0.502s	0.181s	1.032s	0.567s	2.607s
ドイツ	7	B 社製	なし	3	なし	0.746s	0.183s	0.789s	0.600s	2.397s
	8		あり	6		0.255s	0.291s	1.375s	0.877s	2.909s
	9				あり	0.600s	0.179s	0.891s	0.672s	2.397s

表-67 のフィルターとはリーダライタが RF タグに対して UII 読取（INVENTRY）のコマンドを送信する際にリーダライタと RF タグ間のエアーインターフェースの仕様で Mask 値で指定した RF タグだけが応答を返すように制御出来る機能である。この機能により、読み取りたくない RF タグからの応答のデータを削減する事が可能となる。今回の結果から、ISO 準拠と EPC 準拠の RF タグが混在した場合であってもフィルターの機能を利用する事で読み書き速度に影響は殆どなく運用可能な事を確認出来た。

1.5.9 実証実験の残された課題

（1）大容量データの読み書き精度

昨年と異なる環境下であるが、単体評価結果からも分かるようにデータ量が多くなると処理時間も多くなるため、読み書き精度が悪くなる。そのため、部分書込みが有効である事が分かったが部分書込みを産業界で利用するルールが無いため、ISO 改訂が必要である。また、今回USER メモリバンクが 1kbits の RF タグを活用したが Write コマンドにより 1kbits のサイズを一度に指定して書き換えると大半は成功するが失敗する事がある事が分かった。これは AIR インターフェースの仕様としても 1kbits ものデータ量を扱うには伝送電力や消費電力の関係上で精度を保つ事が難しいためと推測されるが今回の活動では技術的な検証による確定には至っていない。書き換えで失敗する可能性がある限り、指定するデータ量を減らす事が得策であると考えるが、どれくらいのデータ単位で実施すべきかについては今後検証が必要である。実証実験の結果から大容量タグを金属環境で複数一括で読み書き、また移動状態で読み書きする場合に DI 方式は格納方式の構造上、向いていないと考える。

（2）バックアップデータを QR 化する際の規定

今回の実証では書き込み出来なかった RF タグのリカバリーを実証したが、何らかの原因で RF タグの読み取りが出来なくなった場合のリカバリーについてもシステム構築する上では準備が必要である。読み取りが出来なくなった RF タグについては基本的に正常品との交換になると考えられるが、元の RF タグに格納されていた情報を引き継ぎたい場合に、その情報をどこからリカバリーすべきかが重要である。一つの案として RF タグの表面に QR コードなどの二次元コードを印字しておいて、そのコードを読み取って RF タグに書き込みし直す事が挙げられる。しかしながら、この QR コード内にどういったデータを格納しておくかについての一般的な定義は無い。具体的には RF タグの UII メモリバンクに格納すべきデータは PC ビットを含むデータ識別子＋企業コード＋シリアル No.であり、PC ビットを含むデータをリカバリー用 QR コードにセットする必要があるため、今後、各社の RF タグが混在した際に混乱するのをかいひするには国際規格上でのルール化が望ましいと考える。なお、RF タグへのデータ格納は ISO 準拠の場合、6 ビットコンパクションしたデータとなるが、一般的な QR コードへの格納データは 8 ビットであるため、QR コードにどのような形式で格納すべきかの議論が必要である。

（３）RFID の SCM 適用のための敷居低減

企業間連携のための EDI（あるいは EPCGlobal）のようなサーバ機能を前提にせずコストを抑えて SCM を開始出来ないかを目標に実証実験を実施した。ISO1736X シリーズでは GS1 のような EPCGlobal のようなサーバ機能は規定されていない。サーバ重視ではなく RF タグ重視の仕組みを構築する上では以下の 3 つの課題解決が必要と考える。

表-68. 課題解決が必要な項目

必要 3 条件	内容
1. 対象 RF タグ通過時の読み書き精度向上	・RF タグの不読や書込みエラーの発生は目標時（例：100PPM）以下とする。 （今回部分書込みやアンテナ並列化が有効である事が分かった。）
2. 万が一の読み書きエラー時のリカバリー	・1 の条件下でエラーが発生した場合はリカバリーが出来るようにする。
3. RF タグ破損時の簡易データ参照機能	・タグ破損時のデータ参照を手軽に出来る機能を提供する。

（4）海外での機器調達

日本国内に比べ機器調達のし辛さが挙げられる。一つは各国で電波法が異なるため、日本と同一機種を使用する事が出来ない。予め、機器のスペックから予測した交信範囲を元に運用方法の変更を含めて検討する事が重要と考える。なお、日本国内と一部の国（主に欧州）では電力の単位が EIRP（等価等方放射電力）と ERP（実効輻射電力）というように異なる単位である事も注意が必要である。また、文化や慣習の違いによる諸々な場面での遅延や変更に対応出来るような余裕を持った計画も非常に重要であると考えられる。今回の実証用機材をインドで準備するに当たり、以下の問題が発生した。これらの経験からも余裕を持った計画をお勧めする。

・コミュニケーション：現地のベンダーと機器に関する問い合わせのやり取りでスムーズに回答を得る事が出来ず、機器手配に遅れが発生。

・情報の信憑性：当初直線偏波のアンテナをインドで準備予定であったが現地のベンダーの勧めで日本と異なるメーカーの直線偏波アンテナを紹介されたが、結局は直線偏波ではなく、円偏波のアンテナである事が手配前に判明したため、機器手配に遅れが発生。

・荷物の発送：日本からの発送は現地での通関での混雑具合や問合せ発生の有無により 4 週間の期間を予定する必要があると輸送業者に確認した上で発送を行った。今回は 1 週間程でスムーズに到着する事が出来たが、現地で荷物を確認したところ、段ボール梱包で送った荷物がカッターナイフで窓状の開口部を設けて中身を確認された形跡があった。開口部はテープ等で蓋をされる事もなくそのままの状態で届けられていたため、中身の梱包状態が悪いと途中で落下等で紛失するリスクがあったが、段ボールの中身もある程度の大きさに小分けして梱包していたため、紛失の問題は無かった。

なお、ドイツに関してはクリスマスシーズンによる荷物の到着遅れの可能性を考慮した程度で、今回の機器調達において問題は発生しなかった。

（5）リカバリー運用

自動化設備の定置式アンテナでの読み書き精度 100%は困難なため、読み書きが完了出来なかぅった RF タグを救う手立てとしてリカバリー運用を検討し評価した。現場の声としては、やはり、わざわざリフトから降りてリカバリーする運用は避けたいという意見があった。現状の機器や技術ではリカバリー運用が必須となるが、導入を検討される現場毎にリカバリーの頻度と作業性を検証の上で導入決定する必要がある。