

## 第5章 電子タグ導入・運用における課題と解決策

本章では、本実証実験の遂行に際して遭遇した各種課題と、その課題に対して想定される解決策について整理する。

### 1. 技術面での課題と解決策

本実証実験の遂行に際して遭遇した各種課題のうち、特に電子タグとリーダライタを中心とする本実証実験で使用した装置群の技術的成熟度の向上による解決が見込まれるものについて記述する。

#### 1.1. ゲート型リーダ/ライタによる電子タグ読取率

本実証実験で取得したデータから、あくまでも本実証実験期間中、ならびに本実証実験の環境においてという条件下ではあるものの、フォークリフト積載物品のゲート型リーダ/ライタ通過時の電子タグ情報の読取率は、全拠点平均では、以下のとおりであった。

- フォークリフト通常スピードで 30.8%
- ゲート型リーダのアンテナ直下で一旦停止をするというリカバリー対応（リカバリー対応の詳細については、第3章を参照のこと）で 81.3%

表 5-1 全拠点平均の電子タグ読取率

	No	霞ヶ浦駐屯地	入間基地	横須賀地区	硫黄島基地	入間基地	霞ヶ浦駐屯地	合計	
		国内補給処	国内補給処	国内補給処積載港	経由地	海外積卸空港	海外宿営施設		
ゲート通過回数	1	5	3	34	23	14	5	84	
通常運用	通過回数	2	3	19	14	9	4	52	
	読取結果が 100%の通過回数	3	1	3	1	5	3	16	
			33.3%	100.0%	5.3%	35.7%	33.3%	75.0%	30.8%
	読取結果が 100%未満の通過回数	4	2	0	8	6	5	1	22
			66.7%	-	42.1%	42.9%	55.6%	25.0%	42.3%
パレットに貼付した電子タグ情報が読み取れなかった回数	5	0	0	10	3	1	0	14	
		-	-	52.6%	21.4%	11.1%	-	26.9%	
リカバリー運用	通過回数	6	2	0	15	9	5	1	32
	読取結果が 100%の通過回数	7	2	0	11	7	5	1	26
			100.0%	-	73.3%	77.8%	100.0%	100.0%	81.3%
	読取結果が 100%未満の通過回数	8	0	0	4	2	0	0	6
		-	-	26.7%	22.2%	-	-	18.8%	
パレットに貼付した電子タグ情報が読み取れなかった回数	9	0	0	0	0	0	0	0	
		-	-	-	-	-	-	-	

以下では、全拠点平均での読取率を低下させている2つの拠点、横須賀地区と硫黄島基地に着目したい。

#### 1.1.1. 海上自衛隊横須賀地区

国内補給処・積載港を模擬した海上自衛隊横須賀地区における電子タグ情報の読取率データに係る顕著な特徴は、通常運用で読取結果が 100%となった割合が他の拠点に比べて著しく小さく（5.3%）、またパレットに貼付した電子タグの読取漏れの率が著しく大きい（52.6%）ということである。このことは、以下のような可能性を示唆していると考えられる。

- 横須賀地区においては、ゲート型リーダー/ライタのアンテナ設定がパレットタグの読取率確保に対応しきれていなかった。

後述するが、ゲート型リーダー/ライタによる電子タグの読取可能領域は、ゲート構成面（ゲートと地面とで構成される長方形）に均質に同じ強度で存在する訳ではなく、不均質に異なる強度で存在する。したがって、ゲート型リーダー/ライタのアンテナ設定は、その不均質な電子タグ読取可能領域を、その場での運用の特徴（ゲート内を通過する物品の荷姿・高さ、フォークリフトの爪の高さ、フォークリフトの横幅等）に合わせて実施することが求められる。

本実証実験においては、この運用の特徴を把握するため、実証実験本番までに3日程度は本番で使用する物品とフォークリフト、および本番でフォークリフトを操作される担当者の組み合わせで読取試験を行い、ゲート型リーダー/ライタのアンテナ設定を調整してきた。しかしながら、横須賀地区においては、このゲート型リーダー/ライタの設定が不十分であった。そのため、パレットタグの読取率が上がらず、結果として電子タグの読取率が著しく小さくなったものと考えられる。

### 1.1.2. 海上自衛隊硫黄島基地 / 航空自衛隊硫黄島分屯基地

経由地を模擬した海上自衛隊硫黄島基地（航空自衛隊硫黄島分屯基地）における電子タグ情報の読取率データに係る顕著な特徴は、通常運用時の読取率が35.7%と他の拠点と比べて著しく低い訳でもないにもかかわらず、ゲート下で一旦停止を行うリカバリー運用においても9回中2回が読取結果100%に満たなかったということである。

これらの電子タグ読取対象物品はどちらも海自の補給物品であり、24 梱包から構成される。本実証実験で使用したプラスチックパレットへの梱包積載数としては最大であったのみならず、清涼飲料水、水処理剤といった UHF 電波の透過性が低い液体物質が 18 梱包に含まれていた。このことから、硫黄島基地における読取率の低下は、梱包数と梱包内の個品の材質が電子タグの読取率低下を招いたものと考えられる。



写真 5-1 読取率低下を招いた海自物品（24 梱包）の積載風景

## 1.2. ゲート型リーダー/ライタによる電子タグ情報の読取率を踏まえた解決策

既述の海上自衛隊横須賀地区ならびに海上自衛隊硫黄島基地 / 航空自衛隊硫黄島分屯基地におけるゲート型リーダー/ライタの読取率結果を踏まえ、以下の課題に対する解決策を想定する。

### 1.2.1. パレットタグの読取率低下とそれを防ぐ解決策

本実証実験で使用したゲート型リーダ/ライタでは、以下に示すようなアンテナパターンを形成している。但し、床面・壁・天井等からの反射はないものとする。

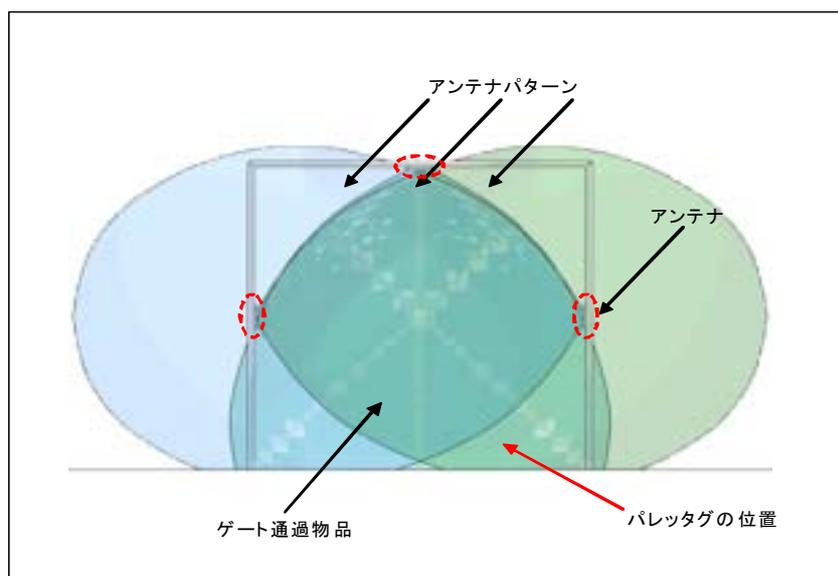


図 5-1 ゲート型リーダ/ライタによるアンテナパターン概念図

このアンテナパターン概念図において、3つのアンテナパターンが交わる領域がこのゲート型リーダ/ライタによる読取率の最も安定した領域となる。なぜなら、この領域に存在する電子タグは、3つのアンテナから放射される電波全てを受けられる可能性があるからである。

本実証実験において前提としたパレット - 梱包 - 個品の3階層では、必然的にパレットタグの位置が最も低くなるため、この概念図において“パレットタグの位置として矢印で示した領域”をパレットタグが通過する可能性は、梱包タグに比べて相対的に大きくなる。そこで、横須賀地区以外の拠点においては、事前準備段階で、フォークリフトのサイズやフォークリフト操作者のくせ（フォークリフトの爪の上げ幅（高さ）等）を把握し、アンテナの角度の調整とフォークリフトの爪の上げ幅（高さ）等に関する操作上の依頼をさせて頂いた。

つまり、本実証実験で使用したゲート型リーダ/ライタは、設置時点で使用するフォークリフトの形状に合わせた角度調整等のチューニングとフォークリフト操作者に対するガイドラインが必要となるのである。このチューニングとガイドラインの作成と合わせて技術的にさらに読取率を向上させる（パレットタグの読取率を上げる）ための対応策としては、以下のようなものが考えられる。

- 常に電子タグがアンテナパターンの全ての交わり部分、もしくは、個々の電子タグが正対する個別アンテナのパターンが一番広がった部分を通過するような運用を行う。
- アンテナパターンが一番広い部分がゲートの中心になるようにアンテナを設置する。これにより、アンテナパターン内での電子タグの存在が長時間化されるため、電子タグとリーダ/ライタ間での通信回数が多くなる。結果として読取率が向上する。
- 個々のアンテナのビーム幅を広くし、上記と同様の原理により通信回数を増やす。但し、国内の電波法により EIRP<sup>1</sup>が 36dBm と規定されているため通信距離は短くなる。

<sup>1</sup> Effective Isotropic Radiated Power あるいは Equivalent Isotropically Radiated Power の略。実効等方放射電力あるいは等価等方放射電力と訳される。ある一定方向に放射される電波の強さを表す指標。

### 1.2.2. 梱包数（タグ数）の増大に伴う読取率低下とそれを防ぐ解決策

本実証実験で使用したゲート型リーダー/ライターによる単位時間あたりの読取可能電子タグ数には技術的に制限がある。本実証実験で前提としたパレット - 梱包 - 個品の3階層全てに電子タグを貼付したとすると、例えば、単純にゲート型リーダー/ライターを通過する1パレット上に10梱包が積載され、それぞれの梱包内には10個品が等しく格納されていた場合には、合計で111個の電子タグが一度にゲートを通過することとなる。

一方で、ゲート型リーダー/ライターにより実施される入荷・出荷業務では、業務的にはパレットと梱包のタグのみの識別だけで十分であり、11個の電子タグさえ読み取れば十分である。11個の電子タグを読み取れば十分な業務において111個の電子タグを読み取るうとしており、本来確実に読み取らなければならない電子タグに対する読みこぼしを発生させてしまう可能性は否定できない。

このようなことを考えると、ゲート型リーダー/ライターによる単位時間あたりの読取可能電子タグ数が飛躍的に向上しない限り、読取率の向上を図るためには、以下のような対応が考えられる。

- アンテナ数を増やし、1つのアンテナでの読取対象タグ数を少なくする。
- 同じUHF帯の電波で識別される電子タグでありながら、ゲート型リーダー/ライターで識別する必要がないタグ（個品タグ）には、比較的読取距離の短いタイプのUHF帯タグを貼付する。
- UHF帯の電波で識別される電子タグの貼付数をできる限り少なくする（例：個品には読取距離が短く、異なる周波数帯のタグ（例：13.56MHz、2次元バーコード）を使用する。

### 1.2.3. 液体物質を含む梱包による読取率低下とそれを防ぐ解決策

液体物質を含む梱包に貼付された電子タグの読取が不得手であることはUHF帯電波の性質上否めない。しかし、液体物質に貼付した電子タグや液体物質を個品として含む梱包に貼付した電子タグに読取不良等の問題が発生するだけではなく、その液体物質の近傍にある電子タグやその液体物質によりUHF電波の照射が障害される位置にある他の電子タグの読取不良はできる限り避けたいものである。

今回、発生した海自物品の読取不良はこれら物品が決して実験用の物品ではなく、自衛隊の本当の補給物品であったこと、また陸自・空自の他のパレット上の荷姿と乖離することがないよう少なくともパレットへの積載容積を大きくするため1枚のパレットに全ての物品を積載してしまったことが原因であったと考えられる。

このような物品を輸送する場合には、それが仮に通常運用ではありえない積載の仕方であったとしても、1枚のパレットに同種の液体物品を過度に積載しない方が望ましいと考える。電子タグの適用にあたっては、パレット等の輸送手段への積載方法に関するガイドラインが必要になるものと思われる。

### 1.2.4. 読取率の全般的な向上に向けた解決策

パレットタグの読取率確保のためのゲート型リーダー/ライターの設定が不十分であった横須賀地区を除いたとしても通常運用で100%読み取ることができたのは全体の45.5%程度であった。

しかしながらその一方で、読取率を多少でも向上させるためにゲート下で一旦停止するリカバリ運用に関しては、硫黄島基地において 100%の読取が実現できなかった海自物品を除けば、全拠点平均（横須賀地区は除く）で 100%の読取が実施できている。

このことから、自衛隊の倉庫内等で通常に使用するフォークリフトで搬送する物品に対して Class1/Generation2 仕様の電子タグを貼付し、UHF 帯の電波で一括読込を行うという業務は、現時点の技術的成熟度を前提とした場合、このリカバリ運用を実施することで十分に実用的であると考えられる。

表 5-2 横須賀地区・硫黄島基地の一部を除く拠点平均の電子タグ読取率

	No	霞ヶ浦駐屯地	入間基地	横須賀地区	硫黄島基地	入間基地	霞ヶ浦駐屯地	合計	
		国内補給処	国内補給処	国内補給処 積載港	経由地	海外種卸 空港	海外宿営 施設		
ゲート通過回数	1	5	3	-	23	14	5	50	
通常運用	通過回数	2	3	3	-	14	9	4	33
	読取結果が 100%の通過回数	3	1	3	-	5	3	3	15
			33.3%	100.0%	-	35.7%	33.3%	75.0%	45.5%
	読取結果が 100%未満の通過回数	4	2	0	-	6	5	1	14
			66.7%	-	-	42.9%	55.6%	25.0%	42.4%
リカバリ運用	パレットに貼付した電子タグ情報が読み取れなかった回数	5	0	0	-	3	1	0	4
			-	-	-	21.4%	11.1%	-	12.1%
	通過回数	6	2	0	-	7(9-2)	5	1	15
	読取結果が 100%の通過回数	7	2	0	-	7	5	1	15
			100.0%	-	-	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
読取結果が 100%未満の通過回数	8	0	0	-	0	0	0	0	
		-	-	-	-	-	-	-	
リカバリ運用	パレットに貼付した電子タグ情報が読み取れなかった回数	9	0	0	-	0	0	0	0
			-	-	-	-	-	-	-

### 1.3. その他の技術的な課題と解決策

前述した読取率結果から直接識別することはできないが、本実証実験の中で実際に発生した課題と想定されるその課題への解決策を整理する。

#### 1.3.1. ゲート型リーダー/ライタの読取タイミングに関する課題と解決策

本実証実験で使用したゲート型リーダー/ライタに取り付けられた 6 個のアンテナは、それぞれのアクティブ/非アクティブの制御をミドルウェアにて時分割制御しており、タグと複数のアンテナの干渉を防ぐため、同時にアクティブとなるアンテナを 1 つに制限している。

そのため、フォークリフトのスピードによっては通過中のゲートに設置されたアンテナが非アクティブであるという事態も考えられる。

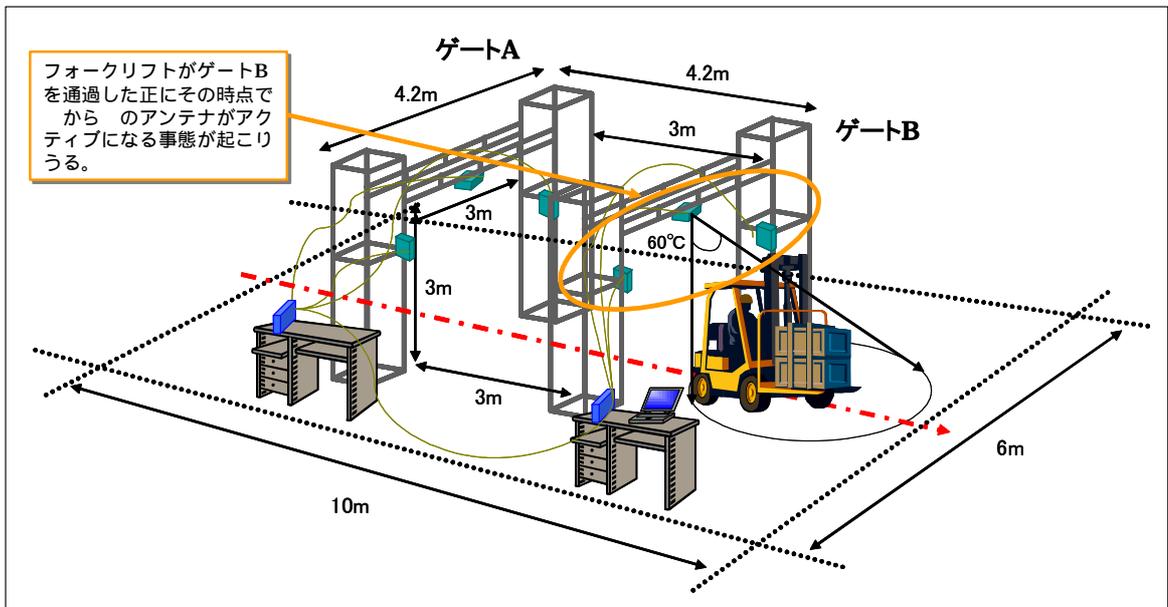


図 5-2 ゲート型リーダ/ライタによる読取イメージ

このような事態の発生の可能性を極小化させるためには、例えば、時分割制御の単位時間を更に短くすることが有効と考えられる。また、本実証実験においてはフォークリフトがゲート A から進入する場合とゲート B から進入する場合の両方向を想定して事前準備に対応したが、ゲート内を一方通行とする場合においては一方向のみの調整等に特化できるため、アンテナパターンをうまく組み合わせることにより更なる読取精度の向上を図ることができると思われる。

### 1.3.2. ゲートの形状に関する考察

本実証実験で使用したゲート型リーダ/ライタでは、既述のとおり、同一のゲートを2つ設置している。これは、単一のアンテナから放射された電波が周囲の物体からの反射波と干渉し合い、ヌル点を作り出してしまったような場合にも、できる限り読取可能領域を広くすることで電子タグの読取率を高めることを目的としている。

以下に示した表は、硫黄島基地における実証実験の際に使用した3パレット37梱包に対し、ゲート A およびゲート B のもとを一旦停止するリカバリ運用を用いてゲート通過した際に、アンテナ ~ で読み取った際のリーダ/ライタのログを整理したものである。

表 5-3 硫黄島基地における電子タグ読取結果ログ

パレット NO	梱包 NO	梱包番号	ゲート A			ゲート B			梱包内包物
1	1	KTH0100001		2			1		防暑靴 4 型 26.0 cm / 戦闘靴 2 型 26.5 cm / 防暑服 迷彩 3A
	2	KTH0100002	1	1	1	1			防暑服 4 型 OD 5A
	3	KTH0100003	1		2		1		戦闘雑のう一般用
	4	KTH0100004	2			1	1		戦闘糧食 型まぐるステーキ
	5	KTH0100005	2			1			戦闘糧食 型まぐるステーキ
	6	KTH0100006	2	1	2	1		1	戦闘糧食 型ハンバーグ
	7	KTH0100007				2			パソコン
	8	KTH0100008	2			2			基板 2 / ケーブル付基板
	9	KTH0100009	1		2	2	1	1	FAX
	10	KTH0100010		2		1	1		コネクタ 1 / スイッチ 1
	11	KTH0100011		1			1		基板 3
	12	KTH0100012		1	2	1	2		FAX / パソコン
-	KTH0200001		2			1		(パレット)	

パレット NO	梱包 NO	梱包番号	ゲートA			ゲートB			梱包内包物
2	13	KTH0100013		1		1	1		医薬品
	14	KTH0100014		2			1		医薬品
	15	KTH0100015	1	1	1	1		2	防暑服 4 型 OD 3A
	16	KTH0100016		2			2		野外吸引排出装置
	17	KTH0100017		2	1		1		医薬品
	18	KTH0100018			1	1		2	人工そ生器ポータブル
	19	KTH0100019		1		1			有刺鉄線
	20	KTH0100020	1	1	1	1	1	2	ケーブル
	21	KTH0100021	2		1	1		2	ケーブル
	22	KTH0100022	1			2			ガソリンパーナー
	23	KTH0100023	1	1		1	1	2	医薬品
	24	KTH0100024	2	2		1	1	1	医薬品
	-	KTH0200002		2			1		(パレット)
3	25	KTH0100025		1		1	1		接続紐 / ケーブル小
	26	KTH0100026	1		1	1		1	基板 1
	27	KTH0100027			1	2		1	防暑雨具 3B
	28	KTH0100028	1	1					戦闘糧食 型筑前煮
	29	KTH0100029	1		1	1		1	非常用糧食鶏肉もつ野菜煮缶詰
	30	KTH0100030	1		1	1		1	戦闘糧食 型まぐるステーキ
	31	KTH0100031	1		1			1	非常用糧食まぐる味付缶詰
	32	KTH0100032	1						カートリッジ
	33	KTH0100033	1	1		2		1	コネクタ 2 / スイッチ 2
	34	KTH0100034	1	1		1			パソコン
	35	KTH0100035	1	1		2		1	コンデンサ
	36	KTH0100036	1	1	1	1	1		ケーブル類
	37	KTH0100037		1					FAX
		-	KTH0200003	1			1		

このログは、1ゲートあたりに3つのアンテナが設置される2ゲート構造からなるゲート型リーダ/ライタであるが故に全梱包の電子タグを読み取ることに成功したことを意味しており、どちらか一方しか存在しない1ゲートだけの構造であった場合には、梱包番号 KTH0100007、KTH0100032、KTH0100037 の3梱包の電子タグが読み取れていない可能性を示唆している。このことから、読取率を限りなく100%に近付けることを要求されるような場合等においては、ゲートを2つ設置することが効果的である可能性がある。また、梱包番号 KTH0100020 では、アンテナからの電波の方向と電子タグ自体の貼付の方向に依存することなく、上部ならびに左右部に設置される全てのアンテナで電子タグが読み取られている現象を確認することができる。左右に設置されているアンテナから梱包に貼付された電子タグを読み取っているということは、UHF帯の電波特性である透過性が現れたものと考えられる。

なお、上記の結果を見る限りでは、ゲート上部に設置されたアンテナ( / )が存在しなくとも全梱包に貼付した電子タグを読み取ることができている。この結果のみから判断すれば、上部アンテナは然程重要な役割を果たしていないように思われる。しかしながら、本実証実験では48梱包を同時に積載し、荷姿の高さが2m程度となるような航空パレットを硫黄島基地、人間基地において扱ったため、このような場合には上部アンテナは必須であったと思われる。

### 1.3.3. 電子タグの小サイズ化・軽量化・廃棄容易性

本実証実験では補給物品に対し、Class1 / Generation2仕様の実験用の電子タグを貼付した。しかし、形状、素材、サイズ等の多種多様な補給物品に十分適用できるものではない。例えば、一般タグについては、被服、補給カタログファイル等に、金属タグについては、ケーブル、基板、パソコン、食料パック等に使用した。

基板等の整備対象となる物品は返送され、整備後、これらは再利用されることになる。実運用上は基板上に金属タグとしての貼付が必要となってくると思われるが、今回実験で使用した金属タグでは形状やサイズ等について実用的とは言い難い。また、実験で使用した食料パックのような消耗品は使用後に廃棄されることになるが、環境問題を考慮した廃棄が課題となる。また、プライバシーやセキュリティという観点から、電子タグ内に格納されている情報の処置についても合わせて検討しなければならない。回収、リサイクルという方式になる場合は、電子タグの剥ぎ取りも考慮に入れた加工が必要になると思われる。



写真 5-2 多種多様な補給物品への電子タグ貼付イメージ

### 1.3.4. Air Location の情報取得精度の向上

位置管理システムのベースとなる日立 Air Location™ システムに関する実験評価等によれば、屋外と比した場合の屋内における位置検出精度の劣化が報告<sup>2</sup>されており、その原因としては、マルチパスの影響が挙げられている。一般的に位置検出精度を向上させるには、以下の表に示すアプローチが考えられるが日立 Air Location™ システムでは、これらのアプローチのうち、基地局の向きやアンテナの角度を調整することで「精度劣化要因の緩和」、専用の位置検知モジュールにより「直接波検出能力の向上」、ダイバーシティアンテナによる「ダイバーシティの適用」を行っている。それでも完全にマルチパスを除去することは難しく、更なる技術が必要である。

直接波検出能力の向上としては、米国連邦通信委員会から民間利用の認可が下りたことにより大変な注目を集める UWB (Ultra Wide Band : ウルトラワイドバンド) 技術が挙げられる。無線 LAN の帯域幅が 20MHz 程度であるのに対し、UWB の帯域幅は 7.5GHz となっており、数百倍の広い帯域幅が使用できる。本技術を日立 Air Location™ システムに適用することで、数 10cm の位置精度の実現が可能となるが、現在の日本の法律では使用の認可が下りていない。また、基地局からタグへの到達距離が 10m 以下となるという解決すべき課題は残されている。

<sup>2</sup> 参考文献：荻野他、電子情報通信学会 DICO2003、pp569-572

表 5-4 位置検出高精度化へのアプローチ方法

項目	内容
精度劣化要因の緩和	S-AP配置の工夫
直接波検出能力の向上	高精度受信タイミング測定法の開発
ダイバーシティの適用	選択や平均化による精度向上
知的処理の導入	地図情報や統計情報の活用

### 1.3.5. セキュリティ

本実証実験においては、実験用システム内での閉ざされた運用が前提であり、インターネットとの接続もなかったため、特筆すべきと考えられるセキュリティ確保のための仕組みの導入は行っていない。しかしながら、今後の展望として、サプライヤとの連携や自隊輸送と役務輸送との併用といった取組を視野に入れる場合にはより高度なセキュリティの確保が必要となると考えられる。

一般に電子タグへのデータの格納方式としては、電子タグ内に電子タグ ID のみを格納する、電子タグ ID 以外の情報も格納するものが考えられるが、本実証実験では前者を採用している。この場合、通常では電子タグ ID は第三者に対してほとんど意味を持たない数字の羅列であり、特にセキュリティ確保が重要となるのはその電子タグ ID と関連付けられた個別の情報となる。この個別の情報は全てネットワークを介したデータベース等により管理されているのが通例であるため、セキュリティ確保のための仕組みとしてはシステムとネットワーク間のセキュリティおよび本人認証の仕組み等が考慮の対象となる。

ところで、電子タグ ID は第三者にとってほとんど意味を持たない数字の羅列と前述したが、それ自体が故意に悪用される（参照や変更等される）ことも十分に想定されるため、リーダー/ライターと電子タグ間の通信についても暗号化等の工夫を行うことで、より高度なセキュリティを確保することができる。ここでは、電子タグ自体のセキュリティを実現するための公開鍵暗号と共通鍵暗号について、現状の課題を述べることにする。

- 公開鍵暗号

- 電子タグには秘密鍵、リーダー/ライターには公開鍵を適用する方式。
- 電子タグ内にコプロセッサが必要となるため、パッシブタグにおいては計算力不足等が想定される。

- 共通鍵暗号

- 電子タグ群に共通鍵、リーダー/ライターには対応する共通鍵を適用する方式。
- 電子タグに格納された共通鍵と対応する共通鍵をリーダー/ライター側にも保持する必要があるため、共通鍵の管理そのものが煩雑になる。

これらを電子タグ自体で解決するためには、今後は更なる低消費電力化に加え、高計算力が要求されることとなり、それに伴うメモリ領域の増大も必要不可欠となることが想定される。

## 2. 運用面での課題と解決策

本実証実験の遂行に際して遭遇した各種課題のうち、特にシステム処理の設計上の工夫や業務オペレーションの工夫により解決が見込まれるものについて記述する。

### 2.1. 輸送時の荷姿に起因する課題と解決策

本実証実験における輸送時の物品の荷姿は、自衛隊における通常運用を参考にパレット - 梱包 - 個品の3階層を前提とし、それぞれに電子タグを貼付した。

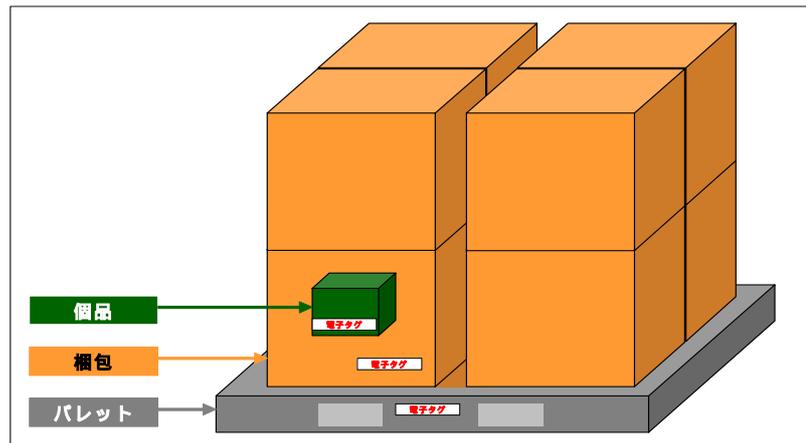


図 5-3 荷姿と電子タグの階層

輸送の前作業としての出荷においては、パレット - 梱包 - 個品の3階層に貼付された電子タグの情報に対して系統的に紐付ける処理を実施した。そして以後の輸送において、原則的にはこの3階層の関係は崩れないものとした。

これを正常系の処理と定義し、異常系の処理としては、輸送の途上でこの3階層の関係が崩れるような事態を幾つかのパターンで思考実験した。ここで思考実験と表現したのは、実証実験の本番作業として、これから記述するパターンを実際に模擬した訳ではないからである。これら思考実験の結果を踏まえ、輸送業務に電子タグを適用する際、荷姿の階層関係の系統的な保持の仕方については、業務運用の効率性と正確性ならびにシステム開発の容易性と柔軟性等を考慮して決定していくべきものとする。

表 5-5 位置検出高精度化へのアプローチ方法

事象	対象階層	リファレンス
タグの破損・欠損	パレット	2.1.1
	梱包	2.1.2
	個品	2.1.3
タグの紐付け関係の崩壊	梱包	2.1.4
	個品	2.1.5
輸送ミス	パレット	2.1.6

#### 2.1.1. 輸送時のパレットタグの破損・欠損

今回の実証実験の輸送業務において、電子タグの貼付対象としての最上層の荷姿はパレットである（一部コンテナに金属タグを貼付する実験を実施したが、この場合コンテナは輸送の際の荷姿ではなく、海外宿営地における保管庫を模擬したものであった）。パレットは、通常フォークリフトと直接接するものであり、またトラックの荷台上においても繊細に扱われるもの

ではないため、衝撃や磨耗等で外傷を負う可能性は高いものである。当然そのパレットに貼付されたパレットタグも同様の環境にさらされているものと考えてよい。今回の実証実験の中でも実際に発生したことが、フォークリフトの爪がパレットタグの上面をかすり、外傷を負わせたことがあった。



写真 5-3 フォークリフトの爪により外傷を負ったパレットタグ

例えば、このような事態が輸送の途上で発生し、入荷拠点においてパレットタグとしての機能を果たさない（タグ内チップの破損等により UHF 電波がパレットタグを認識しない 破損、パレットタグ本体がパレットから欠落してしまっている 欠損）ケースは十分に考えられる。

実は、本実証実験で作成したシステムは、このように入荷の際にパレットタグがシステム的に識別できない場合、そのパレットに積載された全ての梱包のタグの読取を不能としてしまっていた。つまり、パレットタグが識別できなければ、梱包タグは一つも識別しないということである。このような設計をした背景は以下にある。

前述したように、今回の業務においては、パレット - 梱包 - 個品の 3 階層の関係は原則として崩れないものである。これを逆手に取れば、一度このパレット - 梱包 - 個品の 3 階層の関係が出荷の際に構築されてしまえば、入荷の際にはパレットのタグさえ識別できれば個品まで識別できたと判断してしまうことも可能ということになる。しかしながら、それではあまりにも輸送業務を単純かつ狭視野に捉えすぎているということになる。そこで入荷の際には、パレットタグをキーにし、このパレットタグと関係付けられた梱包のタグを全て読み取れた場合に入荷が完了したと判断するというシステム処理を設計した（但し、入荷の際には個品のタグは識別しない。輸送途上でパレットと梱包の関係が崩れることは異常事態として起こりうるが、自衛隊における業務のように、きっちりとダンボールで梱包された個品がダンボールの中から外に飛び出し、梱包 - 個品の関係が崩れるということは通常では考え難いため）。キーとなるパレットタグが識別できなければ、そのキーに紐づく梱包を識別できないことは、システム的には当然ということになる。



写真 5-4 自衛隊による梱包イメージ

このように、今回のシステムではパレットタグが識別できなければそもそも入荷が完了しないという設計としたが、将来の実運用に際しては、システム的にはもう少し寛容な設計が必要となると考えられる。この設計の方向性について、場合分けをして考察する。

- パレットタグの破損・欠損を修復可能な場合

パレットタグの汚損や破損等が UHF 電波による電子タグの識別を一時不能としたが、その状態を復元させることにより、電子タグの識別を可能とさせることができるような場合である。このような場合にはシステム的な処理を追加するというよりも、パレットタグの破損・欠損状態を修復し、再入荷を実施することでリカバリーが可能であると考ええる。即ちシステムの設計に追加処理は不要と考える。



写真 5-5 パレットに貼付された一般タグ

- パレットタグの破損・欠損を修復不可能な場合

パレットタグ内のチップが破損している、もしくはパレットタグ本体が欠落しているような場合である。このような場合に入荷を完了させるためには、何らかのシステム処理の追加が必要となる。

入荷地においては、輸送計画情報ならびに前拠点での出荷実績情報をもとに入荷物品の情報を ASN (Advanced Ship Notice : 事前出荷情報通知) として事前に把握している。例えば、この ASN の情報を利用して以下のようなシステム処理を別途追加するならば、パレットタグを識別できない場合でも入荷を完了させることができると考える。

- パレットタグを識別できない場合、梱包タグのみを読み込む機能に切り替える。
- 梱包タグのみを読み込む機能ではパレットタグをキーにしないため、当該パレットに積載されているはずの梱包数や梱包タグの情報は持ち合わせていない。
- 上記の梱包タグのみを読み込む機能で読み取ることできた梱包タグをキーにして ASN を検索し、その梱包が紐付くパレットタグをシステム的に特定する。
- 但し、ここでパレットタグが一意に特定されるとは限らない (輸送の途上でパレット - 梱包の関係が崩れている可能性があるため)。
- システムにより特定された複数のパレットタグから、本来のパレットタグを任意に 1 つ選択 (この選択作業は人手で実施する可能性が高い) する。
- ここで特定したパレットタグ情報をシステムに入力し、このパレットタグをキーに梱包タグを読み取る。

ここで記述したリカバリー処理はあくまでも一例であるが、パレット - 梱包 - 個品という3階層での荷姿情報の管理を前提とした場合、十分に合理性のある処理と考えられる。

### 2.1.2. 輸送時の梱包タグの破損・欠損

今回の実証実験の輸送業務において、電子タグの貼付対象としての最上層の荷姿はパレットであるが、梱包もパレットと同様輸送の途上で過酷な状況にさらされる可能性が高い。例えば海上輸送時の海水の影響や悪天候地における入出荷の際の風雨の影響、倉庫等における油污れや磨耗による破損等の可能性は高い。

前述したとおり、今回の実証実験の中でも自衛隊における通常運用を意識し、過酷な状況を模擬した各種バリエーション実験を実施した。これらの結果も踏まえ、輸送時の梱包タグの破損・欠損発生時のリカバリー処理について検討する。

- 梱包タグの破損・欠損を修復可能な場合

梱包タグの破損・欠損を発生させるような実験をバリエーション実験として実施した。その結果、通常想定し得る過酷な状況を模擬して梱包タグの破損・欠損を発生させた場合でも、多くの場合においてその状態を修復することでタグの読取が可能となることが確認できた。パレットタグと同様に梱包タグの破損・欠損状態を修復し、再入荷を実施することでリカバリーが可能であると考え。即ちシステムの設計に追加処理は不要と考える。



写真 5-6 汚れを負った一般タグ

- 梱包タグの破損・欠損を修復不可能な場合

梱包タグ内のチップが破損している、もしくは梱包タグ本体が欠落しているような場合である。



写真 5-7 裂傷を負った金属タグ

入荷地においては入荷物品の情報を ASN により事前把握している。この情報を利用し、本実証実験におけるシステムでは梱包のタグの識別ができない場合のリカバリー処理として、以下のような機能を備えている。

- パレットタグを識別することにより、そのパレット上に積載されているはずの梱包を ASN 情報から取得する。
- ゲート型リーダ/ライタを物品が通過することにより取得される梱包タグの情報が、この ASN 情報に対して不足する（識別できていない梱包タグが存在する）場合、識別できない電子タグをシステムの的に検知することができる。
- このリーダ/ライタが識別できない梱包タグを作業者が目視確認し、該当梱包の存在を確認できた場合にはシステム上で梱包タグ情報を読み取ったものとしてリカバリー処理を実施する。

該当梱包の存在確認は、仮に読取不能であったとしても電子タグ自体もしくは電子タグと合わせて貼付される荷札ラベル等により実施可能である。電子タグ・荷札ラベルの双方が存在しない場合には、該当梱包の中に存在する個品のタグを据置型リーダ/ライタ等で読み取り、その個品の格納されているはずの梱包を特定することで該当梱包を一意に特定することが可能である。このリカバリー処理は将来の実運用に際しても、十分に合理性のある処理であると考えられる。

### 2.1.3. 輸送時の個品タグの破損・欠損

今回の実証実験の輸送業務において、電子タグの貼付対象としての最下層荷姿である個品はパレットや梱包と異なり、輸送の途上で粗略に扱われたとしても物理的な破損や欠損等が発生する可能性は低い。本実証実験の中で過酷な状況を模擬することも兼ねて実施したバリエーション実験の一環としての航空機輸送・海上輸送や耐熱実験でも、今回使用した電子タグが比較的耐久性の高いものであることを示唆している。



写真 5-8 自衛隊による輸送風景

これらのことから、輸送の途上で個品タグが破損・欠損するということは、可能性としては

パレットタグや梱包タグの同事象に比べると低いということが推測される。本質的には、パレットや梱包に貼付する電子タグは輸送管理を目的とするものであり、個品に貼付する電子タグは物品の在庫管理を目的とするものであることから、輸送時の個品タグの破損・欠損に備えたシステム処理等のリカバリーを検討することは、パレットタグや梱包タグの同処理の検討に比べて重要度は低いものとする。

#### 2.1.4. 輸送時のパレットタグ - 梱包タグの紐付け関係の崩壊

出荷の際に定義されたパレット - 梱包 - 個品という関係が崩れた場合のリカバリー処理について、特にここではパレットと梱包の関係が崩れた場合について検討する。

輸送時には、例えば次のような場合に出荷時に定義したパレットと梱包の関係が崩れる可能性が考えられる。

- 輸送の担当者がトラック等の輸送手段に物資を積載する際、合理的な荷積みをするためにパレットと梱包の組み合わせを変更する。
- トラック等の輸送手段の荷台の上で荷崩れが起こり、パレットと梱包の組み合わせが変更されてしまう。



写真 5-9 トラックに積載される物品

上記のような事態の発生の結果、輸送経路上の前拠点で補給物品が出荷される時点で確定し、ASN で得たパレット - 梱包の関係が入荷時に崩れていた場合にシステムでは異常を検知する。この事象を発生させた梱包タグの貼付された梱包自体を 2 つに場合分けし、それぞれに対してリカバリー処理を検討する。

- 当該梱包の入荷地が正しい場合

当該梱包が同じ入荷地に入荷する予定の別のパレットの上に積載されたまま入荷されてしまったような場合である。

本実証実験で作成したシステムでは、このようなパレット - 梱包関係の崩れに対するリカバリー機能を保持している。このような場合、本実証実験のシステムでは以下のよう

な処理を実施する。

- パレットタグをキーに ASN 情報から当該パレットに積載されているはずの梱包情報を抽出する。
- この梱包情報とリーダ/ライタから送信される梱包タグの情報を比較する。
- ASN 情報から取得した梱包情報に存在しない梱包タグの情報を取得した場合には、「想定外梱包タグの識別」という状況を検知すると同時に想定外の梱包タグの情報をシステム操作者に知らせる。

この想定外の梱包タグの情報を入手したシステム操作者は、この梱包タグ情報をキーに ASN 情報を検索することで本来その梱包が積載されているはずのパレットを識別する。その後、当該梱包を本来のパレット上に積載し直し、入荷処理を実施することで異常を発生させた梱包の入荷が完了する。

- 当該梱包の入荷地が正しくない場合

当該梱包が本来入荷すべきでない拠点に入荷してしまったような場合であり、所謂誤配送となる。

本実証実験で作成したシステムは、このようなパレット - 梱包関係の崩れに対してのリカバリー機能を保持していない。このような事態と当該梱包の入荷地が正しい場合との大きな相違は ASN 情報ということになる。

ASN 情報は通常、入荷を行う拠点のシステムに対して入荷の事前に配信されているが、配信される情報はあくまでもその拠点に入荷する予定の物品に関する情報のみである。当該梱包の入荷地が正しくない場合ということは当該拠点に入荷する予定でない物品が入荷された状態を意味し、ASN 情報には当該物品に係る情報が含まれないことになる。ASN に情報がなければ梱包タグ情報からパレットタグ情報を抽出することができない。このような場合のリカバリー処理を設計するには、入荷業務が執り行われる全ての拠点から他の拠点に入荷する予定の物品の情報を検索できる機能が必要となる。本実証実験における自衛隊のシステムを前提とした場合、陸海空を跨る情報基盤としての接続システムを使用してこの機能を実装することが適切と考えられるが、このような事態まで想定してシステム処理を実装するのかどうかについては、適切な判断が必要になると考えられる。

### 2.1.5. 輸送時の梱包タグ - 個品タグの紐付け関係の崩壊

前述したように、自衛隊においては通常業務において厳格な梱包を実施するため、輸送の途上で梱包（アルミケース、ダンボール等）から個品が外に出るということは考え難い。即ち梱包 - 個品の関係が崩れる可能性は低いと考えられる。



写真 5-10 自衛隊により梱包された物品

梱包 - 個品の関係が崩れる可能性は低いと考えられるとはいえ、例えば、輸送の途上で意図的に梱包の中から個品を取り出す可能性がない訳ではない。このようなケースを想定してリカバリ処理を設計することも可能ではある。

しかしながら、前述したようにパレットタグならびに梱包タグは輸送管理を目的とするものであるが、個品タグは在庫管理を目的とすると位置付けている。輸送の途上で梱包から個品が取り出され、梱包 - 個品の関係が崩れたとしても、それを輸送管理業務の一部である入荷の機能の中で検知し、何らかのシステムのなりカバリ処理を構築するのは必ずしも合理的とは考えられない。個品の不足に代表される梱包 - 個品の関係の崩れは、本来、在庫管理業務の一部である入庫の機能として検知されるべきものであると考える。

在庫管理業務の一部である入庫の機能として、梱包 - 個品の組み合わせをハンディ型リーダー（今回の実証実験の範囲では据置型リーダー/ライタを利用した代替方法での対応を想定）で読み取り、ASN 情報との比較で個品の数の妥当性を検証する処理を実装することが考えられる。



写真 5-11 ハンディ型リーダーを利用した入庫風景（イメージ）

仮に梱包 - 個品の組み合わせをハンディ型リーダーで読み取るという行為そのものの実行が難しい場合、例えば、コンテナ等を使用して大量の物資が一度に入荷され、それら物資を一々取り出してハンディ型リーダーで読み取ることが困難な場合には、輸送管理業務における入荷と在庫管理業務における入庫を一括で実施してしまうことが考えられるが、そのような場合は個々の梱包の中の個品の数が出荷時点と変化がないものとみなして、即ち、梱包から個品が取り出される可能性には目をつぶって、入庫即ち在庫情報の更新を実施してしまうのが現実的な運用と考えられる。

#### 2.1.6. 輸送ミスによる想定外パレットの検出

輸送ミスによる想定外パレットが検出されるということは、輸送時のパレットタグ - 梱包タグ間の関係の崩壊における当該梱包の入荷地が正しくない場合と同様、所謂誤配送ということ

になる。

このような場合は前述のとおり、誤配送物品の情報を ASN 等の情報から取得できないため、本実証実験におけるシステムではリカバリーできない。梱包レベルの誤配送と同様、リカバリー処理を検討するためには、接続システム等の仕組みを使用することになるが、システム化の要否については、適切な判断が求められると考えられる。

### 2.1.7. 輸送時の個品タグの扱い（参考）

これまで、パレットタグおよび梱包タグは輸送管理を目的とし、個品タグは在庫管理を目的とするものであると整理してきた。しかしながら、論理的にはそのように分類することができたとしても、リーダー/ライターと電子タグの間では物理的に両者を区別する手段はないため、輸送管理の機能である入荷の際にもリーダー/ライターは個品タグを読み取っている。

この事実を利用し、輸送管理においても個品タグの情報を有効に活用することが考えられる。例えば、入荷時に梱包タグが読み取れなかったとしても個品タグが読み取れたならば、その個品タグと関係する梱包タグを読み取れたものとみなすといった運用である。しかし、この運用は以下の理由から適切な運用とは考えない。

- パレット - 梱包 - 個品のような階層関係を定義するのであれば、それぞれが一意に特定されることで初めて実現される機能を定義すべきであり、梱包が一意に特定されずとも個品が特定されたことで梱包も特定されたと見做すのは、そもそもこの階層の定義の不適切さを暗示している。
- 現在の電子タグリーダーが単位時間あたりに読み取ることができる電子タグの数には制限があり、入荷の際にはパレットタグと梱包タグさえ読み取ればよいものが、個品タグを読み取ってしまったために本来読み取るべきパレットタグや梱包タグが読み取れないような事態を招きかねない。

即ち個品タグの情報を読み取った上でそれを利用するのではなく、本来は個品タグの情報は輸送管理機能においては識別されない方が望ましいと考える。このようなことを実現するためには現在のリーダー/ライターの性能を前提とした場合、読取距離の異なる UHF 帯のタグを複数開発し、用途によって使い分けるといった対応が最も望ましいと考える。

## 2.2. 自動倉庫との連携に関する課題

以下では、陸上自衛隊霞ヶ浦駐屯地（関東補給処）において隊員の方に実施したインタビューにより識別された、自動倉庫と電子タグシステム等との連携に関する課題を整理する。

### 2.2.1. 自動倉庫の構造上の制約による課題

自動倉庫の棚寸法および棚荷重の制限により、自動倉庫に入庫可能な物品かどうかの結果的に決定されるが、入荷物品の梱包仕様は納入業者に依存しており、関東補給処における主保管設備である自動倉庫を有効に運用するための要求仕様という視点が不足していると考えられる。

### 2.2.2. 倉庫管理システムの機能上の制約による課題

固定ロケーション管理のためにその割当を変更しない限り、一度決めた物品ごとの割当数量以上には入庫できない。さらに、その棚割当の変更手順が煩雑であることとその変更手続を現場運用担当者が主導的に実施することが運用として制限されていることが、自動倉庫への入庫業務の柔軟性を欠く結果になっていると考えられる。

### 2.2.3. 自動倉庫の運用上の課題

自動倉庫は格納設備であるとともに出荷設備としても運用されているため、出庫物品の再入庫が必ず発生する。自動倉庫の搬送系の入出庫能力の限界が関東補給処の運用能力の限界に直結する可能性が高いと考える。

## 2.3. 自動倉庫との連携に関する課題の解決の方向性

上記で識別された課題に対する、想定される解決の方向性を以下に整理する。

### 2.3.1. 梱包の標準化

自動倉庫での運用を容易にすることを目的とした自衛隊納入物品の梱包の標準化を進めることが重要と考える。

この自衛隊としての梱包仕様の標準化は、自動倉庫への格納効率の向上のみならず、パレチゼーションの推進にも効果があり、さらに荷役業務や棚卸業務の効率化にもつながるものである。また、梱包仕様の標準化の過程で、物品への電子タグの貼付に関する要件を取り込むことも可能となり、電子タグ導入の大いなる推進力になると考える。

### 2.3.2. フリーロケーション管理

空きロケーションであれば入庫可能とするフリーロケーション管理を導入することにより入庫時のロケーション容量の管理業務を削減するとともに、自動倉庫の空きスペースを最大限活用し、自動倉庫への物品格納率を向上させることが可能となる。

このフリーロケーション管理の実現には、新しい倉庫管理システムの導入とあわせてシステムでの空きスペース管理のために先に述べた梱包仕様の標準化が不可欠となる。また平置き倉庫においてもこのフリーロケーション化は自動倉庫の場合と同様の効果が期待できる。さらに電子タグを導入することでその格納ロケーションをリアルタイムに把握できるようにもなることから、電子タグの導入とフリーロケーション管理の実現は相乗効果のある取組といえる。

### 2.3.3. 小物用物流設備の併設

出荷設備としての自動倉庫の負荷を低減させるため、特に入出庫能力への影響が大きいと考えられる小物についてはデジタルピッキング装置等の小物のバラ出荷専用の物流設備の導入が有効と考える。

バラのピッキングが必要な場合はこれらの設備を使用し、入数の標準化されたケースの出荷およびバラピッキング用物品の補充用出庫には現行の自動倉庫を使用する等の運用が考えられる。この運用形式は民間の出荷センターでよく見られる形式である。また、これらのバラ出荷専用設備に格納された物品のリアルタイムな在庫管理と迅速な棚卸作業を可能とするためには電子タグの導入が非常に有効と考えられる。

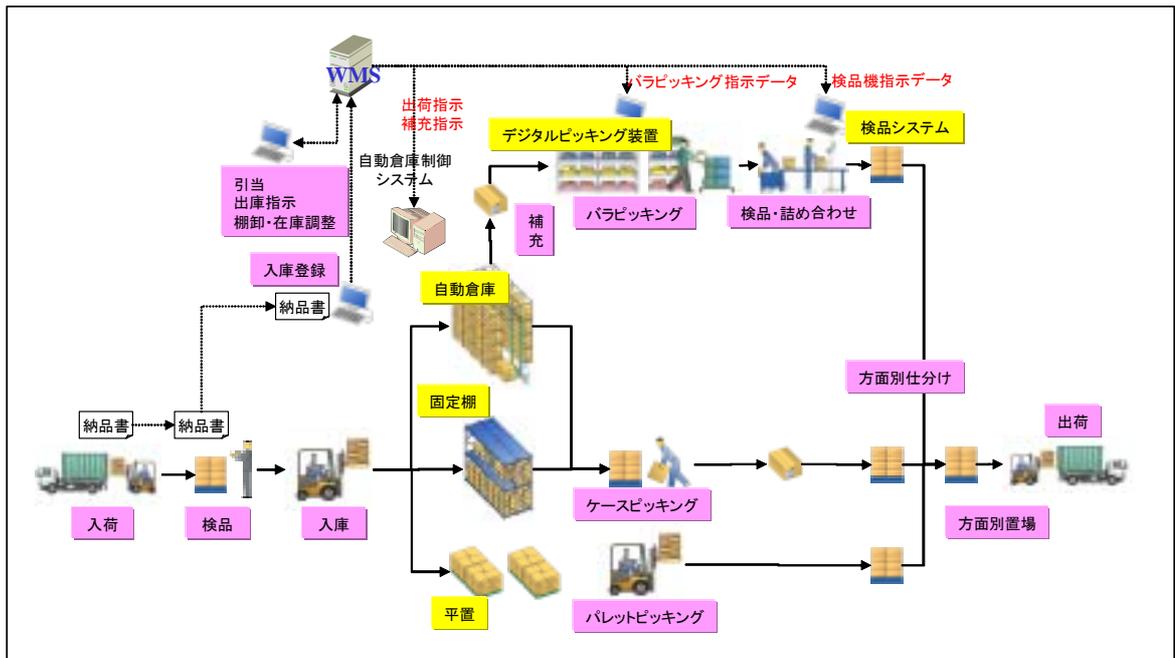


図 5-4 小物用物流設備と自動倉庫の連携イメージ

## 2.4. 輸出・輸入業務との連携

以下では、陸上自衛隊霞ヶ浦駐屯地（関東補給処）において隊員の方に実施したインタビューにより識別された、輸出・輸入業務と電子タグシステム等との連携に関する課題を整理する。

### 2.4.1. 現状の課題

国際平和協力活動において自衛隊物資を海外に輸送し、かつ撤収時に国内に返却する場合に輸出・輸入処理が必要になる。現在の自衛隊の補給管理業務および補給管理システムは輸出・輸入業務に対応しておらず、その業務は担当者の手作業で処理されているのが実情である。

この業務について、識別した課題を具体的に記す。

- Invoice (I/V)、Packing List (P/L) の作成

- 輸出対象物資を輸出カテゴリ別に分類表示（HSコード付与）し、特別管理品（武器・危険品・医薬品等）は個品管理番号を台帳管理し、かつ梱包形態ごとに出荷まとめを行う。
- この際に、現状補給管理システムから入手できるデータは品目レベルであるため、個品管理番号の台帳管理および梱包形態ごとに出荷まとめは全て人手による作業で確認・記載がなされている。
- 電子データが利用できないことにより、この作業には相当な工数が消費されており、かつ出荷リードタイムのボトルネックとなっている。

- Shipping Instruction (S/I)（船積み依頼）処理

- I/VならびにP/Lの作成が終了した後、船積み依頼を行うために作成する文書であるS/Iおよび添付としてI/VとP/Lをフォワーダー業者に手渡すことで、輸出処理が開始される。

- 通関業務は自衛隊特例としての出荷基地でなされることが通例であり、通関後保税扱いで船積みされる。
  - この際、個別梱包もしくは個品レベルで I/V と P/L 上の記載項目と現物の照合がなされる必要があるが、これも全て人手による目視確認でなされており、工数・リードタイム圧縮の余地があると考えられる。
- 海外宿営施設撤収時の輸出処理
    - 国内での輸出処理と同様であるが I/V、P/L、S/I の書類作成は補給管理システムが現地にないため、部隊保有の PC 上の物資一覧から手作業で書類を作成し、目視による現品管理がなされている。
    - 国内と同様に、工数・リードタイム圧縮の余地があると考えられる。
  - 海外宿営施設からの戻り品の日本国側での輸入処理
    - 日本国内陸揚げ輸入時点で輸入書類・データを日本国税関に提示する必要がある。現在は紙書類であり、この内容確認および現物確認は全て人手による手作業でなされている。
    - 部隊ごとにオリジナルな輸出品目と戻り品の過不足管理も紙書類上での付き合せ確認となっており、相当な作業工数が発生している。

#### 2.4.2. 現状の課題に対する課題の解決の方向性

上記で整理した現状業務に存在する、想定される課題の解決の方向性を以下に整理する。

- 補給管理システムからの電子データによる輸出書類の半自動作成
  - 物品名称、形状・重量・容積、HS コード等が補給管理システムに電子データとして存在していれば、I/V ならびに P/L は半自動で作成できる。
  - もしくは、梱包外箱や個品に電子タグ、バーコードが存在していれば、それを読み取ることで物品名称、形状・重量・容積情報等を取得することができる。
- 電子タグおよびバーコードによる個品管理・ロット番号の入力
  - 重要保安物資は、電子タグもしくはバーコードにより個品管理もしくはロット番号管理が必要である。
  - これを補給管理システムと接続した PC 上の I/V および P/L 作成ソフトと連動させ、輸出書類を作成するとともに輸出通関データとしても利用する。
- 通関処理時点での現物確認に対する電子タグの利用
  - 電子タグを読み取ることで I/V および P/L 記載の物資と現物照合が自動的かつ一瞬にして実現できる仕組みを構築する。

### 2.4.3. 輸出入システム概念図（事例）

下記に I/V、P/L、S/I 作成ソフトによる、想定される改善後の業務を示す。

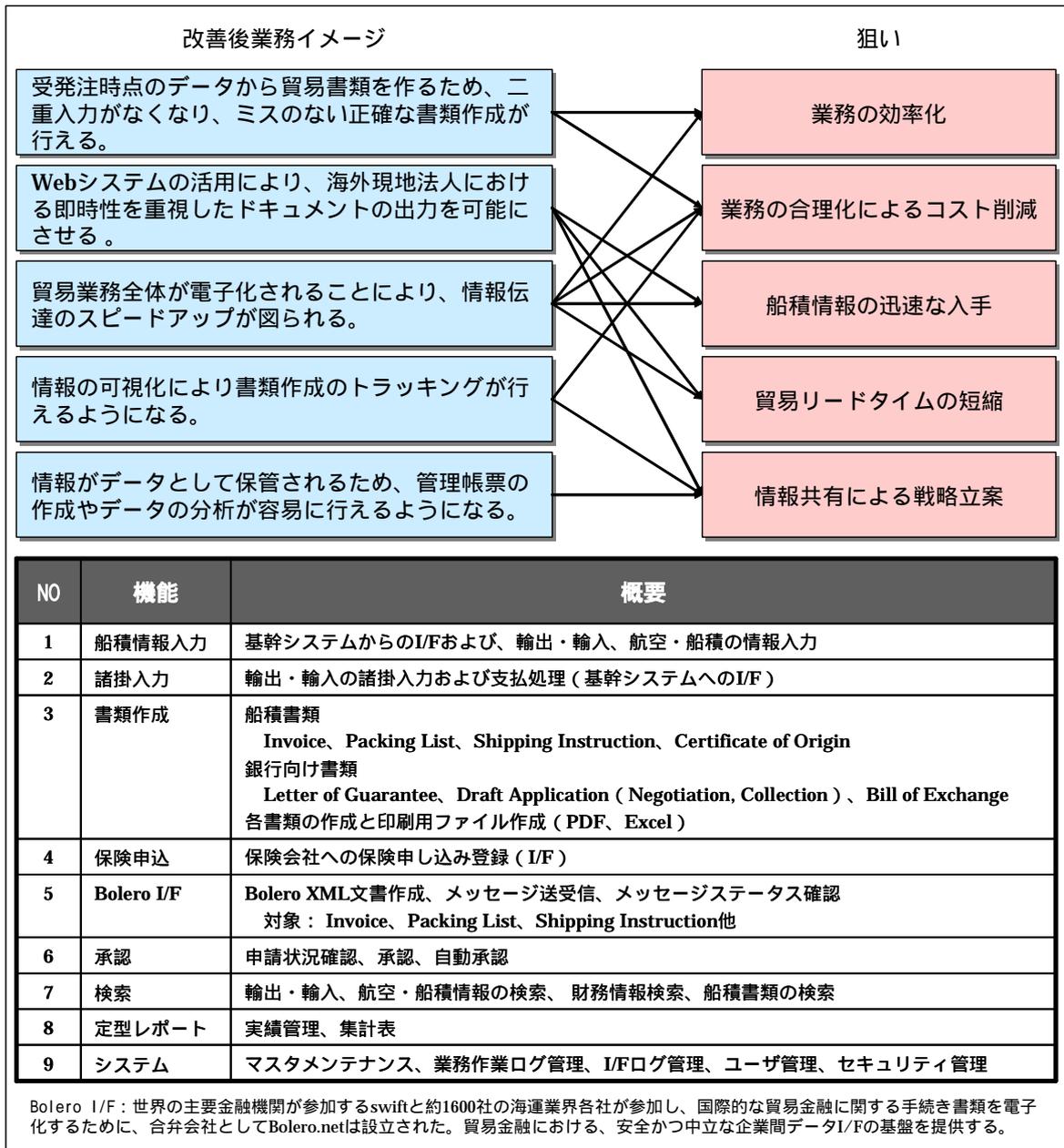


図 5-5 輸出入業務の改善後イメージ

### 3. 今後の展望と課題

本実証実験での成果を踏まえ、今後更なる取組を遂行していくことが望まれる事項について記述する。

#### 3.1. 本実証実験計画時の前提事項

本実証実験に対する計画時には、以下のことを前提事項としている。

##### 3.1.1. 自衛隊の補給業務モデル

本実証実験では、自衛隊における現行補給業務に対して、以下のようにモデル化して捉えてきた。

- 補給業務は大きく5つの業務（A～E）から構成されている。
- 補給業務は調達・整備業務と連携している。
- 補給・調達・整備業務は後方支援業務としてユーザ・サプライヤと連携している。

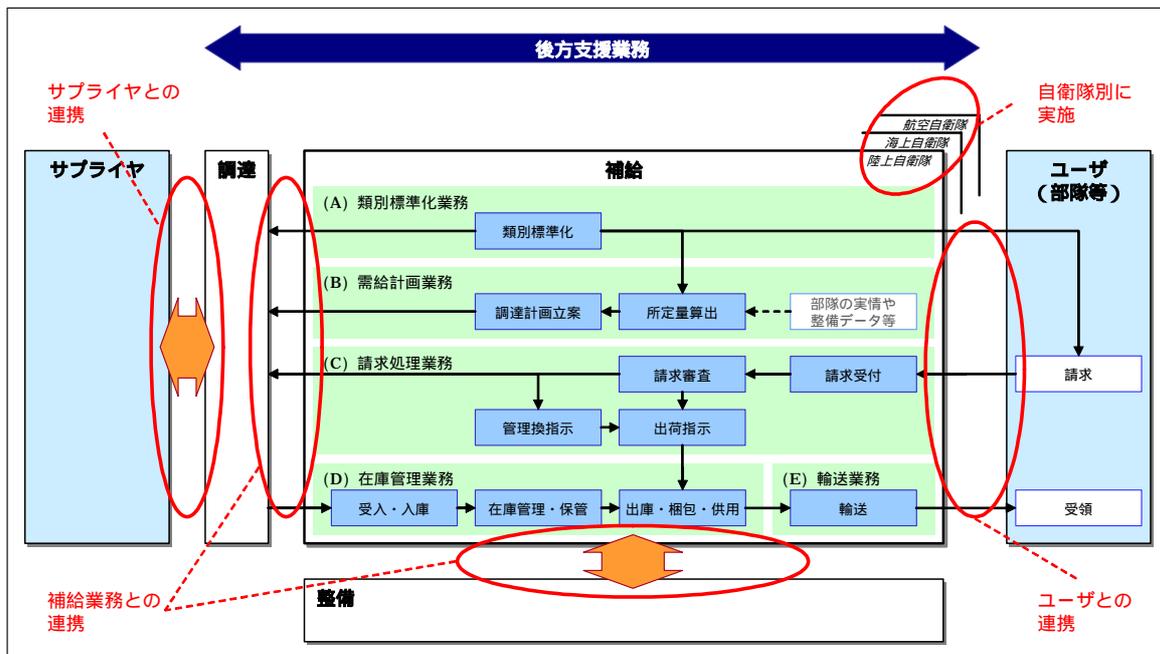


図 5-6 自衛隊の補給業務モデル

##### 3.1.2. 国際平和協力活動における補給業務の課題

本実証実験のモチーフとした国際平和協力活動では、特に自衛隊間の補給システム連携や需給計画、在庫管理および輸送管理等の領域で業務の効率化を図ることが重要と考えた。

領域	今後の課題	優先取組領域	
自衛隊間の補給システム連携	各自衛隊でシステムを閉じるのではなく、他自衛隊を含めた統合的な状況把握を行うことが今後必要になるものと思われる。	✓	
補給	(A) 類別標準化	物品番号での統一化は推進されているが、UID等の別コード体系の管理方法についても今後検討を進める必要があると思われる。	
	(B) 需給計画	部隊の緊急展開時において短期間のうちに適切な所要量を算定するための機能の強化が必要になるものと思われる。	✓
	(C) 請求処理	迅速な処理の工夫（電算化）は概ね実現していると思われる。	
	(D) 在庫管理	倉庫業務について通常時はスムーズに流れているが、緊急時の大量な物資の処理の迅速化が求められていると思われる。	✓
	(E) 輸送	大量な物資の緊急展開を考慮すると自隊輸送だけでなく、民間輸送を最大限活用することも想定したレジリエンス確保が必要であると思われる。	✓
調達・整備業務との連携	他業務システム間のデータ連携、データ共有を今後、より一層図ることが有効と思われる。		
サプライヤ・ユーザとの連携	エンドユーザ、サプライヤ間でのデータ共有、連携をより一層図ることが有効と思われる。		

図 5-7 国際平和協力活動における補給業務の課題

### 3.1.3. 本実証実験の対象範囲

本実証実験では、国際平和協力活動における補給業務の課題解消のための一つのアプローチとして電子タグの利活用による補給業務能力の向上効果の有無を検証することとし、特に自衛隊間の補給システム連携と在庫管理・輸送管理の一部の業務領域に改革の効果を実証して電子タグを適用した実験を計画した。

実証実験テーマ	領域	優先取組領域	実証実験での想定	改革の効果				
				補給リードタイム	納期遵守率	在庫量	作業効率性	業務品質
実験グループA	自衛隊間の補給システム連携	✓	自衛隊間のシステム連携が実現	✓	✓	✓		
陸海空を跨る補給・輸送管理 実験名 高度な追跡管理	(A) 類別標準化			✓	✓	✓	✓	✓
	(B) 需給計画	✓		✓	✓	✓		
	(C) 請求処理			✓	✓		✓	✓
	(D) 在庫管理	✓	リアルタイムかつ効率的な物品管理				✓	✓
	(E) 輸送	✓	輸送状況の可視化	✓	✓			
実験グループB	調達・整備業務との連携			✓	✓		✓	✓
海外宿営施設における在庫管理 実験名 リアルタイム在庫管理・ロケーション管理	サプライヤ・ユーザとの連携			✓	✓			
出発時・到着時撤収時における補給物品管理 実験名 効率的な物品管理				✓	✓		✓	✓

図 5-8 実証実験の対象範囲

### 3.1.4. 本実証実験における電子タグ適用の効果検証業務と改革手法

本実証実験では、主に以下の3領域・業務における電子タグの効果検証を実施することを計画した。



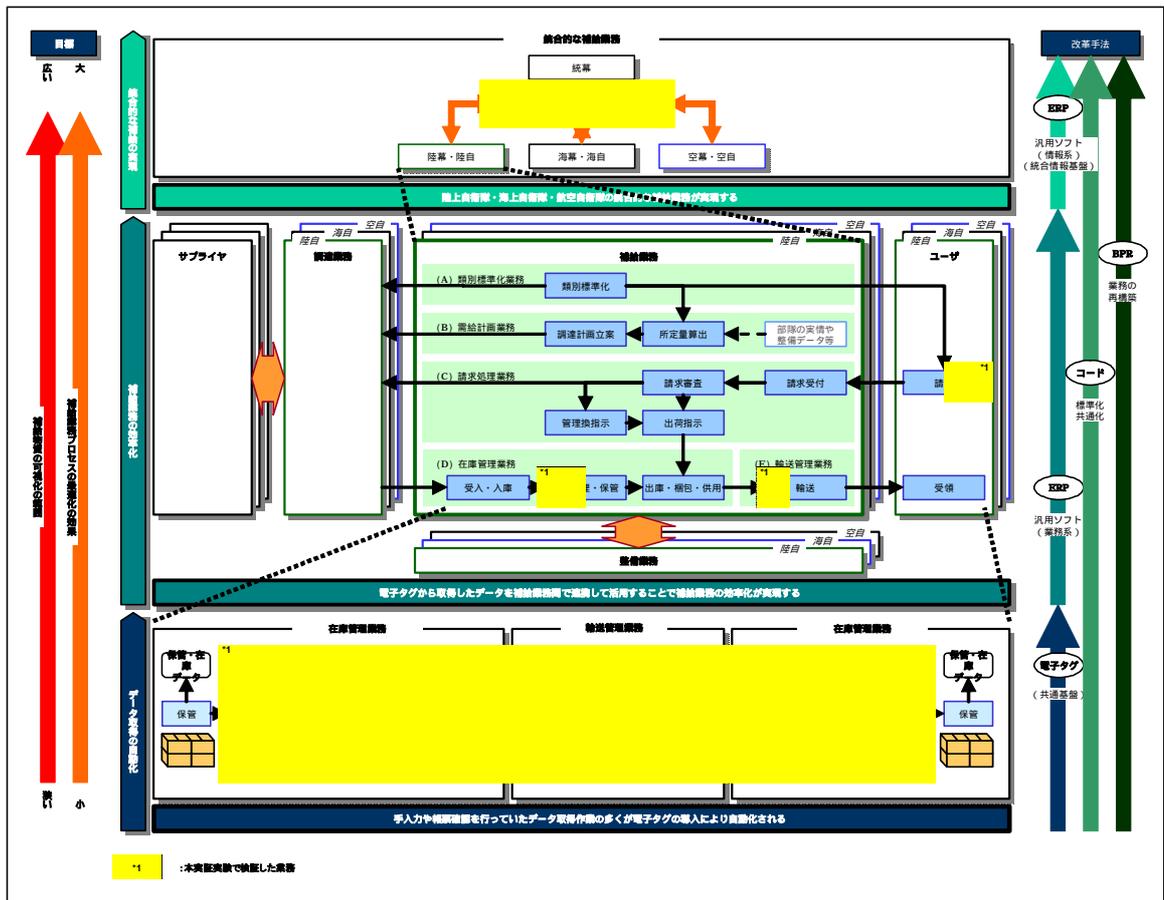


図 5-10 本実証実験で検証した業務

### 3.2.2. 次なる取組として推奨する 3つの施策案

本実証実験での成果を踏まえ、防衛庁・自衛隊が補給業務能力の向上に向けた次なる取組を検討する上での参考として、本実証実験プロジェクトが考える 3つの施策案を例示する。

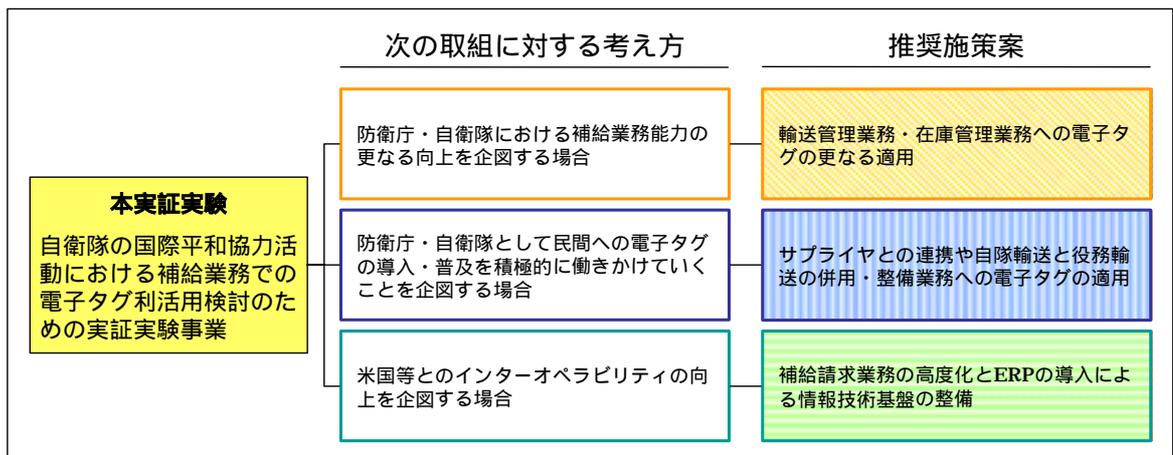


図 5-11 次なる取組として推奨する 3つの施策案

#### (1) 輸送管理業務・在庫管理業務への電子タグの更なる適用

在庫管理業務においては、ハンディ型リーダーやタグラベルプリンタ等の装置技術の向上と歩調を合わせて電子タグの適用範囲を広げることで、現在のサービスレベルを下げることなく、作業負荷を下げる事が可能であると考えられる。

また、輸送管理業務においては、本実証実験では一部（撤収時）しか検証できなかった静脈物流領域に電子タグをさらに適用することで、輸送管理能力の更なる向上が期待できると考えられる。

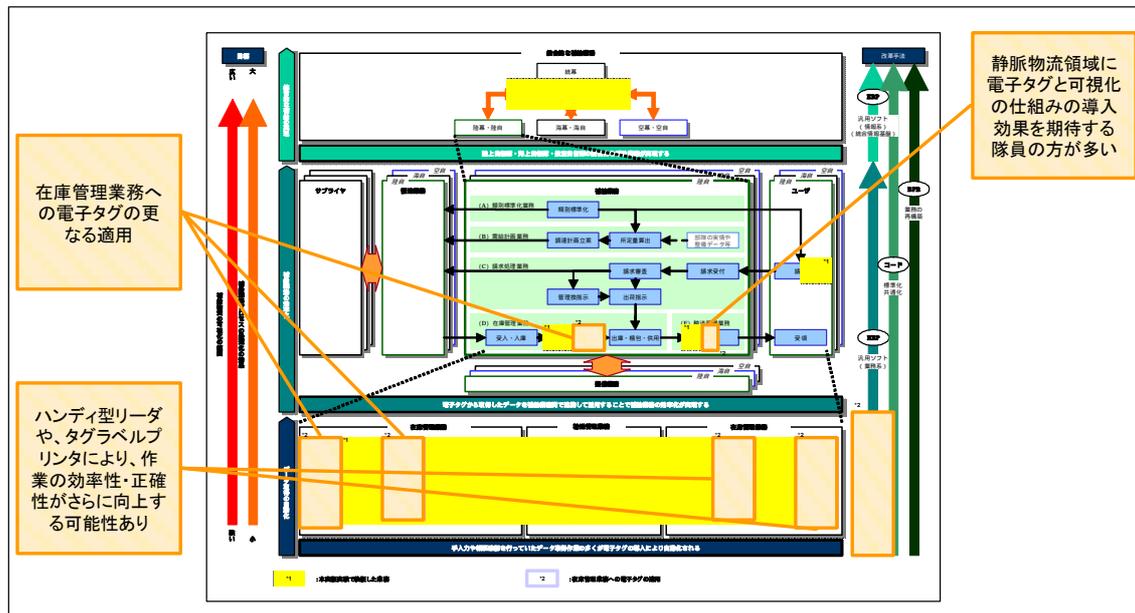


図 5-12 輸送管理業務・在庫管理業務への電子タグの適用領域

● 在庫管理業務等の効率化に必要な技術(1/2) ハンディ型リーダー

電子タグの読取という観点から、本実証実験における限られた一連の業務を見た場合においても、当然ながら複数のものを一括で読み取る必要性和個別のものを単独で読み取る必要性がある。後者にはハンディ型リーダー（端末）が適していることは周知のことではあるが、本実証実験の実施時期においては Class1 / Generation2 仕様のハンディ型リーダーが存在しないため、一部に据置型リーダー/ライタの代替により個品・梱包の紐付け作業を行った。しかしながら、実際のハンディ型リーダーと明らかに異なる点は、現場作業担当者の手元に確認および入力のための画面が存在しないということにある。これが主な原因となり、以下のような事象が円滑な現場作業への妨げとなった。

- 個別のタグ情報を作業現場でリアルタイムに確認ができない。
- 物資（個品）の情報（実験では荷姿のサイズ等）をダイレクトにシステムへ入力できない。

また、これに伴い、実際には端末が設置されている離れた場所との情報のやりとりに記録用紙を使用するといった人手を介入する必要（新たな作業ミスの誘発）が生じた。このことと関連して、「電子タグの適用により、補給処の出荷業務の作業効率性は向上すると思われるか？」という質問に対し、以下のような回答を自衛隊員から頂戴している。

- 読取率の向上およびハンディ端末の導入が作業効率の向上のためには必要。〔海上自衛隊横須賀地区（艦船補給処）隊員〕

- 現場作業者がハンディ端末を利用して紐付け登録処理の完了を現場にて確認する運用が想定されるため、ハンディ端末の操作性が作業効率に大きく影響を与える。  
〔陸上自衛隊霞ヶ浦駐屯地（関東補給処）隊員〕

これらは、本実証実験において、特に現場作業を担当して頂いた方の意見であるが、読取率の向上もさることながら、このように補給処で実際に作業に従事されている方が感じているとおり、現場作業の効率化にはハンディ型リーダ（端末）の導入が非常に効果的であると言える。

また、UHF 帯の電子タグは他の種類のものより読取距離が長いという特徴があるが、この特性が裏目に出て本来の読取対象以外の電子タグの情報を読み取ってしまうという現象も本実証実験において何度か確認されている。そういった場合においても、例えば、ハンディ型リーダ自らが物資の場所に移動するとともに対象の電子タグを限定することによってこのような不意の事象に対応することが可能となり、迅速なりカバリー如くは作業の効率化につながると言える。

- 在庫管理業務等の効率化に必須な技術(2/2) タグラベルプリンタ

本実証実験において、電子タグおよびリーダ/ライタ等の関連機器については、特に国内では時期的に Class1 / Generation2 仕様の製品が存在していなかったため、全て開発中（製品化前）のものを使用して実験を遂行した。しかしながら、タグラベルプリンタに関しては製品化前のもも存在していないため、本実証実験では止むを得ず電子タグを全て事前に発行しておき、運用時に荷札ラベルを発行するタイミングで同時に電子タグを発行したと仮定（タグラベルプリンタがあるものと）し、荷札ラベルと対の電子タグを梱包に貼付した。

電子タグとリーダ/ライタおよび関連システムとその運用に何ら不具合がないものとした場合、実際の物資と電子タグの情報に差異が存在するとしたら、論理的には電子タグの貼付誤りということになる。この貼付誤りは、必要な時に唯一必要な電子タグが発行できればその確率も僅かなものになると予想されるが、今回のように複数の電子タグを事前に発行することは、何らかの外的要因による貼付誤り（物資 - 電子タグ - 荷札ラベルの関係の崩壊）を促すものとなる。これは、一度に取り扱う電子タグの枚数が多ければ多い程その確率も高くなるのは当然のことであるため、現実的には現場においてタグラベルプリンタなくしての運用は考え難い。このようなことから、作業現場におけるタグラベルプリンタの使用は効率化以前の必要条件であると考えられる。

- 静脈物流領域への電子タグの適用

本実証実験において、静脈物流領域に係る電子タグの適用は実験グループ B の撤収時の補給物品管理として一部取り扱ったのみである。



図 5-13 国際平和協力活動における動脈物流領域と静脈物流領域の区分け

海外宿営施設からの補給物品の撤収時等の補給物品の補給処への返納プロセス（静脈物流）において、特に電子タグの適用効果が大いと考えている隊員の方は多い。以下は、隊員の方の声である。

- 可視化の仕組みを修理品の静脈物流サイクルに適用することにより、部隊から補給処への返納や業者から補給処への修理上がり品の納品の回転を早くさせることに役立てることができる。補用総数の抑制や維持経費の抑制効果を期待できるのではないか。〔航空自衛隊補給本部〕

#### ● 在庫管理業務への電子タグの適用

例えば、2つの自衛隊ないしは3つの自衛隊の共通的な管理物品（UH-60（ヘリコプター）の部品等）が電子タグにより組織を跨って可視化されていれば、互いの自衛隊の欠品発生がリアルタイムで認識され、より迅速な補給につながるだけでなく、在庫管理業務の効率化にもつながると考えられる。

即ち、別々に同じ部品の在庫を保有するのではなく、共通的にどこかの1自衛隊が代表して保有・管理し、統合的な補給業務を行う新しい組織を設置すれば、欠品時の補給のスピードをこれまでよりも上げることが可能としながら、全体の安全在庫水準をこれまでの別々に保有する場合の総和よりも下げることが可能となると考える。

例えば、3つの組織がそれぞれ100個を安全在庫水準と定めていた場合、合計300個を安全在庫水準として最低限保有しなければならないが、これをまとめて管理すれば、同じサービスレベル（欠品を生じさせずに即時提供させる同一の統計的確率）を維持するには  $300 \div 3$ 、即ち、全体で175個程度の在庫で十分と言われる（平方根則）。在庫管理業務を限られた予算の範囲内で全体のサービスレベルを下げずに実施することについては今後更なる検討が必要であり、これに対して電子タグが果たす役割は大いと考えている。

（参考）在庫管理業務への電子タグの適用事例 ～ 韓国調達庁

韓国調達庁では電子タグを利活用した資産管理システムを開発した。UHF帯の周波数（915MHz）に対応したラベル型4種類、金属対応1種類の電子タグを330種類、2万個弱の物品に貼付することで在庫の棚卸作業時間が75%程度削減された。

（出典：日経BP社 無線ICタグ活用のすべて）

## （2）サプライヤとの連携や自隊輸送と役務輸送の併用・整備業務への電子タグの適用

防衛庁・自衛隊として積極的にサプライヤや輸送業者、整備業者等の民間業者との連携を

実施することにより、民間への電子タグの導入・普及が促進する。

この取組を推進するためには、サプライヤや輸送業者、整備業者等の民間業者も含めたコード体系の標準化・共通化が必要となる。

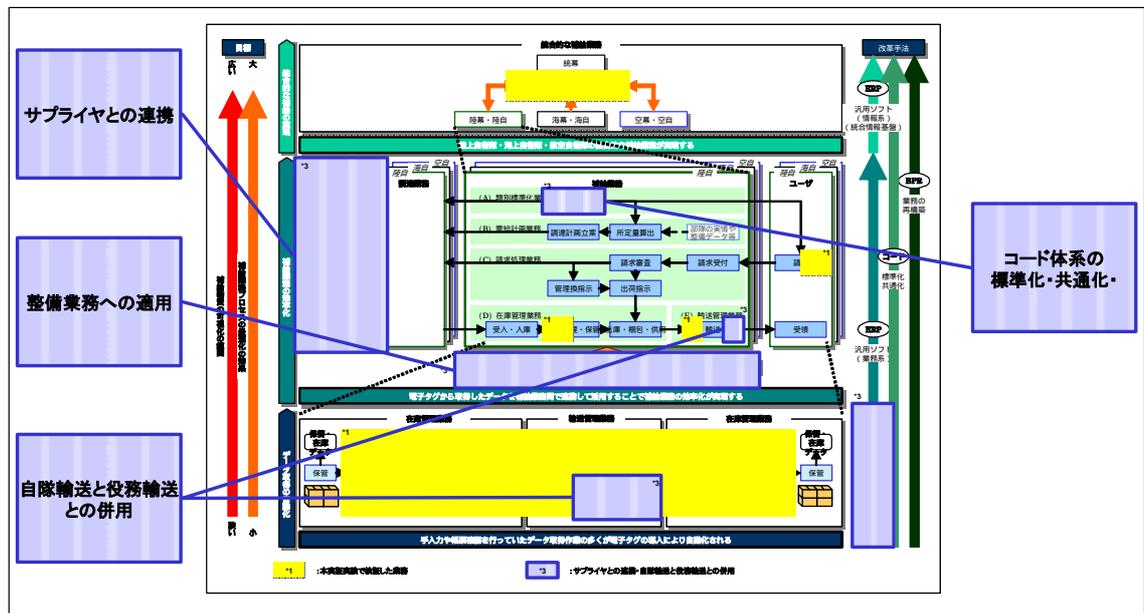


図 5-14 サプライヤとの連携・自隊輸送と役務輸送との併用・整備業務への適用領域

#### ● サプライヤとの連携

電子タグの適用による入出荷業務の作業効率化効果の有無に関して自衛隊員の方から、以下のようなコメントを頂戴した。

- 多様な荷姿・形状の梱包を使用しており、読取率を考慮しての電子タグ貼付要領を全てのケースにおいて体得するのは困難ではないか。〔陸上自衛隊霞ヶ浦駐屯地（関東補給処）隊員〕
- 出荷梱包への電子タグ貼付等の工程が増加するため、効率性の向上が見込めるかは疑問である。〔航空自衛隊入間基地（第3補給処）隊員〕

本実証実験ではサプライヤとの連携は対象外としたため、自衛隊員には電子タグを貼付するという行為そのものがこれまでの業務に追加で必要になる作業と捉えられ、それが効率化の妨げになるという電子タグに対する懐疑的な意見を抱かせてしまった結果となったようである。

このような意見に対して、以下のような意見も頂戴した。

- 入出荷業務の作業効率化効果を得るためには業者と防衛庁・自衛隊間でやり取りされるデータの標準化が前提である。〔海上自衛隊補給本部〕

このことから、防衛庁・自衛隊内部でも次なる取組として、サプライヤとの連携の必要性を感じている方もおられることがわかる。

本来であれば、サプライヤとの連携を実施するためには防衛庁・自衛隊内部でのコードの標準化、さらには外部環境としての業界横断でのコード体系の標準化を実施する

必要があるが、これを待つまでもなく、本実証実験の延長として、このサプライヤとの連携をご協力頂ける一部のサプライヤと協同で実施し、電子タグの効果を検証することは次なるステップとして現実的なアプローチであると考えている。

#### (参考) サプライヤとの連携に関する事例 ～ 韓国調達庁

韓国では、2007 年未までに全国家機関が電子タグによる資産管理を予定しており、韓国調達庁が作成した電子タグ貼付要否の判断や貼付する際の位置に関するガイドラインはこれに備えたものである。

電子タグによる資産管理システムを作成したことで資産管理自体の作業工数は大幅に削減されたが、電子タグを貼付する作業自体の工数が非常に大きなものであった。そこで資産の調達元に事前に電子タグを貼付して納入してもらうことを検討している。時期を見て、米ウォルマート・ストアーズのように、納入先に対して電子タグの取り付けを義務化する予定とされている。

(出典：日経 BP 社 無線 IC タグ活用のすべて)

#### ● 自隊輸送と役務輸送との併用

本実証実験はその名の通り、モチーフが「国際平和協力活動」であったため、補給の目的地に対して決められたルート、決められた輸送手段で輸送をすることとした。現実的に、国際平和協力活動の一環としてサマーワ等の危険かつアクセスが制限される地域へ物資を輸送する場合には民間の輸送手段が使用されるということは考え難い。しかしながら、本実証実験をご覧になった方から、以下のようなご希望も頂いた。

- 今回の実証実験の結果も踏まえ、民間輸送手段（役務輸送）との併用を実施した場合の運用についても検討して欲しい。〔統合幕僚会議〕

本実証実験の範囲内でこの自隊輸送と役務輸送の併用時の運用について十分な検討を加えることは難しい。なぜなら、これを検討するためには少なくとも、以下のようなことについて幾つもの民間の輸送業者と意見交換をしなければならないからだ。

- 役務輸送における輸送計画の立案の仕方
- 民間輸送業者のシステム仕様の理解と自衛隊システムとの EDI の可能性検討
- コード体系の標準化 等

これらについて複数の輸送業者と情報交換し、全ての業者とデータ交換を実施するためのシステムを防衛庁・自衛隊内部で作成することは一朝一夕にできるものではないが、ご協力頂ける単一の輸送業者と特定のシナリオに基づいて試験的に自隊輸送と役務輸送の併用時における電子タグの有効性を検証することは、防衛庁・自衛隊における補給業務の効率化を目的とする対応として十分に現実的であると考えている。

#### ● 整備業務への適用

前掲した次の隊員の声は、単に静脈物流領域に電子タグを適用することだけでなく、整備業務への適用による効果創出の可能性についても言及している。

- 可視化の仕組みを修理品の静脈物流サイクルに適用することにより、部隊から補給処への返納や業者から補給処への修理上がり品の納品の回転を早くさせることに役立てることができる。補用総数の抑制や維持経費の抑制効果を期待できるのではないか。〔航空自衛隊補給本部〕

#### ● コード体系の標準化

サプライヤとの連携や自隊輸送と役務輸送の併用を視野に入れた場合、物品のコード体系の標準化・共通化が必要となる。これら物品コード等は現時点では、陸・海・空それぞれの内部で標準化されているが、自衛隊外部の組織との間でデータインターフェイスするためには、最低限、陸海空共通の物品コード体系（物品コードそのものが共通である必要はない）が必要となる。

しかしながら、3 自衛隊で数十万品目（平成 16 年アクセント調査）を取り扱い、なおかつ現時点ではコード体系についてもそれぞれ独自の標準を保持している状態で全ての物品に対して適用可能な自衛隊共通のコード体系を定義するというのは大変労力のいる作業となる。そこで、まずは 3 自衛隊共通の物品（相互融通可能な物品）に限ってコード体系の標準化を図り、なおかつサプライヤや民間輸送業者とデータ連携を実施するというのはどうだろうか。

防衛庁・自衛隊の協力のもとで平成 16 年に実施したアクセントによる調査より、3 自衛隊で使用する数十万品目のうち 3 自衛隊共通物品（任意の 2 自衛隊間の共通物品を含む）が 2 万数千品目あり、在庫総額が 600 億円強になることが分かっている。これら共通物品は 3 自衛隊で扱う物品のごく一部ではあるが、コード体系の共通化・標準化のメリットを享受しやすい物品群であり、これら共通物品の標準化による効果を梃子に将来的には 3 自衛隊のコード体系の標準化をも視野に入れることが重要と考える。

以下に、コード体系の標準化・共通化の必要性に関する自衛隊員の声を幾つか掲げる。

- 共通物品であれば 3 自衛隊を通じて相互融通可能な状態になるべきと思う。〔航空自衛隊入間基地（第 3 補給処在庫統制課）隊員〕
  - 類別標準化が必要である。〔海上自衛隊補給本部〕
  - 業者と防衛庁間でやり取りされるデータの標準化が前提である。〔海上自衛隊補給本部〕
  - 産業界全体での電子タグ関連インフラの整備が必要である。〔海上自衛隊横須賀地区（艦船補給処）隊員〕
  - 出荷梱包への電子タグ貼付等の工程が増加するため、効率性の向上が見込めるかは疑問である。〔航空自衛隊入間基地（第 3 補給処保管部）隊員〕
- 防衛庁・自衛隊読取可能コードで出荷梱包への電子タグの貼付が業者によりなされていれば解決可能と史料。

### （3）補給請求業務の高度化と ERP の導入による情報技術基盤の整備

米国等とのインターオペラビリティを向上させるためには、オープン系の ERP 等の導入により各国との連携が容易な情報技術基盤を整備し、補給要請に応じたアドホックな補給・

輸送ネットワークの形成により世界中のどこにでも物資を補給する能力をつける必要があると考える。

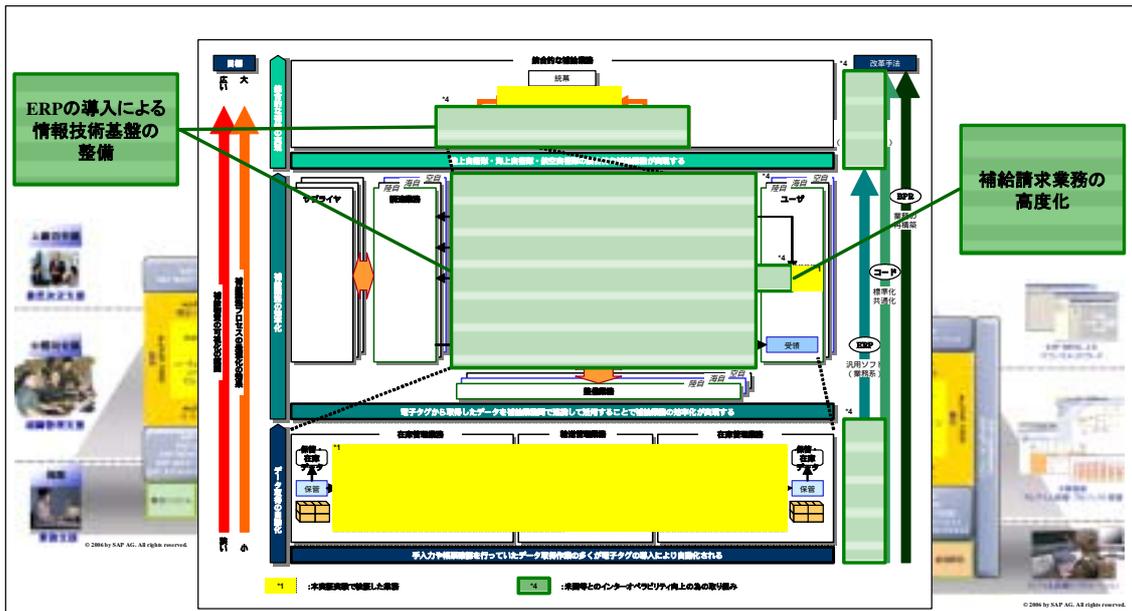


図 5-15 補給請求業務の高度化と ERP の導入による情報技術基盤の整備領域

● 補給請求業務の高度化

国際平和協力活動に代表される緊急時の対応においても、主たる活躍の場を後方支援業務に求めるわが国においては、補給業務能力の向上は大変重要な意義を持っていると考える。本実証実験でモチーフとした国際平和協力活動における輸送業務では、以下を暗黙的な想定事項としている。

- 輸送経路は、予め決定された目的地と経由地のみを結ぶ。
- 各目的地・経由地には電子タグシステム等の防衛庁・自衛隊のシステム端末が完備されている。

しかしながら、米国等とのインターオペラビリティを向上させるためには、例えば、以下のような状況下でも、他国から期待される後方支援業務のサービスレベルを維持できるような仕組みの構築が求められることも考える。

- 輸送経路上の目的地と経由地も臨機応変に変更になる。
- 各目的地・経由地には防衛庁・自衛隊のシステム端末は存在しない。

このような仕組みの構築のためには、前述した「ハンディ型のリーダ端末が、汎用的（防衛庁・自衛隊の物品に対してのみならず、各国から集積されてくる物品を処理することができる）に使用できること」「物品のコード体系が全世界的に標準化・共通化されること」に加え、「防衛庁・自衛隊の補給システムの少なくとも請求業務が Web システム化され、インターネットに接続可能な携帯端末、パソコン等があれば、世界中のどこからでもアドホックに補給の請求ができるようになること」が必要条件になると考える。

- ERP の導入による情報技術基盤の構築

電子タグは単なるデータの入力デバイスにしか過ぎず、重要なのはどのようなデータを活用して、何をしたいのかを明確に定めることである。

電子タグで取得したデータが補給管理システムや調達システム、整備システムの一部でしか活用されなかったり、電子タグで取得したデータを帳票で出力した後に再度それを手入力で別システムに入力したりするような業務プロセスが存在するのでは、電子タグを導入する意義やメリットは薄れてしまう。電子タグを導入するか否かだけに着目するのではなく、バックエンドでその取得データを効率的に管理、活用するための ERP（統合業務パッケージと称される COTS 製品）によるシステムを補給、調達、整備等の後方支援領域に導入し、業務プロセスや各組織の壁を超えた統合システムとして機能させることが重要であると考ええる。

特に防衛機関の補給・調達・整備等の各領域における ERP 導入のメリットとしては、以下のようなことを挙げることができる。

- 最適な業務フローが ERP の中に既に組み込まれているため、ERP の新規導入時には必然的に最適な業務フローが導入されることになる（要件ベースの積み上げ型のシステム開発では機能の欠落や不要な機能の実装等が生じることが多いが、ERP では基本的にそのようなことが生じないような開発手法が採られる）。
- データベースを一つに統合することが可能なため、システム間のデータ連携や業務連携がスムーズになる（帳票ベースの業務、二重入力による業務等がなくなり、業務処理品質の向上、業務の効率化が実現する）。
- 防衛の作戦系や人事・給与・財務等の関連する ERP の他のモジュールを導入し、それらとの連携・統合を図ることで、防衛機関としての高度で効率的な業務が実現する。
- 欧米等の諸外国においては既に ERP が全面的に導入されている機関が多いため、将来的にこれらとの連携を図る際のデータ連携、プロセス連携が簡素化される。

また、本実証実験で構築した「接続システム」のような、陸海空ならびに統幕等で組織横断的に補給の情報を可視化できるシステムは現存していない。一方で国際平和協力活動や災害派遣等の統合的な補給業務はこれからその重要性を更に増すものと考えられる。本実証実験の成果をこれからの官側での検討に生かしていくため、例えば、「接続システム」をプロトタイプとしつつ、「統合的な補給業務のための情報基盤システム」に発展させるための継続的な取組を行っていくことも一つの選択肢として考えられる。