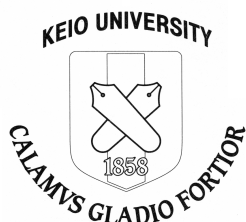


平成 28 年度 (2016 年度)

博士学位論文

モノ・コトの集合自動認識



佐藤 友紀

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

Automatic Identification of Physical and Logical Sets of Things

Copyright © 2016 by Yuki Sato

概要

バーコードや RFID に代表される自動認識技術を用いることで、物理的なモノに固有な番号＝個体識別子を付与し、モノを個体毎にコンピュータシステムで正確・高速に識別・処理することができる。これが個体識別である。本研究は、複数のモノが作る階層やグループ、受・発注などモノに関する論理的処理（コト）とモノの関係を、モノ・コトの「集合」と見なし、それらを個体識別技術とコンピュータシステムによって識別・処理する「モノ・コトの集合自動認識」を提唱する。本研究では「ビジネストランザクション（商取引）に紐づくモノ・コトの集合の把握」「モノの階層関係の把握」「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」を集合自動認識が実現すべき重要な機能として着目する。この三機能を実現することによる、個体識別を既存システムに円滑に組み込める共通的仕組みの実現と、従来の自動認識技術ではなしえなかった機能の実現を目指し、「集合自動認識機能を提供する共用実空間情報収集・共有基盤」「実データキャリアへの集合情報の付帯」の二つの研究課題に取り組んだ。前者では、個体識別情報を収集・共有するための情報システムの国際標準である EPCIS のオープンソース実装である fosstrak に二重登録防止、受発注番号や商品管理番号と個体識別子との変換機能等の、集合自動認識機能を付加する「EPCIS アダプタ」を Java サーブレットとして設計・実装し、複数のサービスで共通に使うことができる基盤として構築した。本基盤は、農産物トレーサビリティ、災害用備蓄品管理などの実験・実用システムに導入されて、その実証実験及びシミュレーションにより、電子商取引などの既存パッケージソ

ソフトウェアと個体識別を組み合わせることが容易にでき、尚且つ情報取得に関わる処理のパフォーマンスを向上できることを確認した。後者は、情報基盤と連携できない状況でも「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」を実現する技術で、本研究が世界で初めて提案・実現した。誤り訂正符号の考え方を個体識別子に適用し、冗長な情報をデータキャリアに分散保持させることにより、データキャリアとその読み取り機だけで完結して集合からの欠落検知・欠落識別子特定を行う手法である。数値シミュレーション及び実データキャリアとして UHF 帯 RFID に本手法を適用して行った実験から本手法の動作・性能を検証した。

キーワード:

1. 個体識別, 2. 情報システム, 3. EPCIS, 4. 誤り訂正符号.

Abstract

Automatic identification technology such as barcode and RFID can capture the IDs of physical things swiftly and accurately and allow them to be processed in computer system. This research proposes and examines the paradigm of “automatic set identification”. Automatic set identification realizes the following three functionalities: “set recognition related to business transactions”, “hierarchical relationship recognition of things” and “determination of IDs missing from a set”. With these functionalities, the automatic set identification makes item-level identification applicable in existing transaction and warehouse applications including class-level identification. To realize these functionalities, this research works on the following two research topics: “real-space things information collection/sharing platform with automatic set identification” and “attachment of set information to physical identifier data carriers”. For the first topic, this research develops an information collection/sharing platform by extending the international standard on supply chain visibility, EPCIS, and its open source implementation, fosstrak. The platform features “EPCIS adapter”, a collection of Java servlets, which adds the set recognition functionalities to EPCIS. Proof-of-concept experiments and simulations with this implementation confirm that many things-related applications including class-level applications can be implemented on this platform and

performance of processes related to set recognition is improved. For the second topic, this research achieves world's first method to determine identifiers of things missing from a set without any external databases and verifiers, which is an automatic set identification functionality required in offline operations. The proposed method adds redundant information calculated with a type of erasure channel error correction code to the data carriers, specifically RF tags, then verifies the integrity of a set and determine missing identifiers based on recovered identifiers. Numerical simulations and experiments with UHF RFID artifacts are done to evaluate functionality and performance of the proposal.

Keywords:

1. Item-level identification. 2. Information systems. 3. EPCIS. 4. Error correction code.

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究の背景	1
1.1.1	モノのインターネットを実現するための自動認識技術	1
1.1.2	識別子情報に基づくモノの自動認識	2
1.1.3	クラス識別と個体識別	4
1.2	本研究の目的・アプローチ	6
1.2.1	個体識別に基づくサービス間共通可視化情報基盤	6
1.2.2	集合自動認識	8
1.3	本論文の構成	11
第 2 章	関連研究・事例	13
2.1	個体識別システムに関する国際標準	13
2.2	個体識別システムの既存事例・研究	16
2.3	個体識別子の集合の完全性検証に関する既存研究	19
2.4	本章のまとめ	21
第 3 章	集合自動認識機能を提供する共通実空間情報収集・共有基盤	22
3.1	国際標準情報システムに基づく実空間情報収集・共有基盤の設計	22

3.1.1	EPCIS の基本	22
3.1.2	標準の機能を補完・拡張する EPCIS アダプタの導入	25
3.1.2.1	標準機能のみでの集合情報の扱いにおける問題点	25
3.1.2.2	EPCIS アダプタ	28
3.2	実プロジェクトにおける実装と評価	31
3.2.1	EPCIS showcase	31
3.2.1.1	プロジェクト概要	31
3.2.1.2	本プロジェクトで構築した EPCIS アダプタ機能	36
3.2.1.3	実証実験	39
3.2.2	ふくろい e ねっと	42
3.2.2.1	プロジェクト概要	42
3.2.2.2	本プロジェクトで構築した EPCIS アダプタ機能	45
3.2.2.3	実証実験	53
3.3	本章のまとめ	56
第 4 章	実データキャリアへの集合情報の付帯	58
4.1	データキャリアによる集合情報保持手法の必要性	58
4.2	グループ符号化：実データキャリアへの集合情報の付帯	60
4.2.1	グループ ID の導入	60
4.2.2	サブグループ分割による欠落識別子数推定	63
4.2.2.1	誤り原因の考察とシミュレーションによる性能評価	68
4.2.2.2	UHF 帯 RFID 機器を用いた実装による検証	76
4.2.3	グループからの欠落識別子の特定	82
4.2.3.1	シミュレーションによる性能評価	86

4.2.3.2	UHF 帯 RFID 機器を用いた実装による検証	87
4.2.3.3	仮想的に大容量のメモリを得る仮想 RF タグ	90
4.3	本章のまとめ	101
第 5 章	結論	103
5.1	各章のまとめ	103
5.2	本論文の結論	104
謝辞		106
参考文献		107
付録 A	本研究に係る对外発表等一覧	113
A.1	筆頭著者	113
A.1.1	原著論文	113
A.1.2	国際会議発表	113
A.1.3	国内大会・研究会等	114
A.2	共著	115
A.3	特許	116
付録 B	EPCIS showcase プロジェクトで構築したシステムの EPCIS イベント定義	117
付録 C	ふくろい e ねっとの EPCIS イベント定義	124

目次

1.1	ITF 形式バーコードの例	3
1.2	パッシブ RF タグの例	3
1.3	RFID による識別子情報収集の概要	4
1.4	個体識別子 SGTIN のデータキャリアに応じた表現形式	5
1.5	個体識別に基づくサービス間共通可視化情報基盤	7
1.6	集合自動認識の考え方	8
1.7	共通可視化情報基盤における集合自動認識の研究課題の位置付け	11
2.1	GS1 EPCglobal Architecture における識別子情報取得から利用までの流れ	15
2.2	Farm to Fork における養殖魚トレーサビリティ情報収集 ([17] より引用)	17
2.3	Barchetti らにより提案された SCM システムの構成 ([21] より引用)	18
2.4	Yoking Proof の動作シーケンス ([24] より引用)	19
3.1	EPCIS リポジトリに対する情報の投入・検索	23
3.2	action 値に応じた AggregationEvent の意味	26
3.3	AggregationEvent 履歴と階層関係トラッキング	27
3.4	EPCIS と EPCIS アダプタから構成される実空間情報収集・共有基盤	30
3.5	EPCIS showcase プロジェクトで構築した農産品直販システムの動作フロー	32

3.6	商品単位と梱包単位での識別子・データキャリア付与	33
3.7	EPCIS showcase プロジェクトで用いた RF タグ内蔵下げ札	35
3.8	EPCIS showcase プロジェクトで構築した据え置き式キャプチャ装置	35
3.9	EPCIS showcase プロジェクトで構築した携帯式キャプチャ装置	36
3.10	注文番号による問い合わせを処理する EPCIS アダプタのシーケンス	37
3.11	多重登録抑止アダプタ導入時・非導入時のイベント投入シーケンス	38
3.12	電子商取引システム上での注文番号に基づく配送状況追跡	39
3.13	EPCIS showcase の商品配送過程における温度変化記録	40
3.14	EPCIS showcase の商品配送過程における温度変化の確認画面	41
3.15	EPCIS showcase 日本酒物流可視化で用いた開栓検知 RF タグ	41
3.16	EPCIS showcase 日本酒物流可視化で構築した RFID 読み取り台車	42
3.17	ふくろい e ねっとで用いた EPC バーコードラベル	44
3.18	ふくろい e ねっとで用いた携帯式 RFID・バーコード読み取り端末	45
3.19	ふくろい e ねっとの識別子情報収集・共有基盤とアプリケーションの構成	46
3.20	個体識別子 EPC と SKU 番号（クラスレベル識別子）の対応例	47
3.21	AggregationTracker 及び関連サブシステムの動作シーケンス	49
3.22	AggregationTracker 内部データベースの構造概略	50
3.23	梱包内容可視化アプリケーション Boxcan	51
3.24	AggregationTracker の性能評価に関わるシステム構成	52
3.25	EPC の階層関係ツリー取得にかかった時間の比較	53
3.26	ふくろい e ねっとによる支援物資配送訓練：物資要請への割り当て決定	54
3.27	ふくろい e ねっとによる支援物資配送訓練：集積所への発送指示	55
3.28	ふくろい e ねっとで管理する災害用備蓄品点数（識別子単位）の推移	56
3.29	ふくろい e ねっとで扱う地産品に貼付された EPC バーコードラベル	56

4.1	個体識別子一覧を取得できる主体と取得できない主体	59
4.2	グループ ID によるグループの構成手続き	61
4.3	グループ ID によるグループの検証手続き	61
4.4	5 ビットのグループ ID を用いた際の false-positive の発生確率	64
4.5	単一グループの論理的サブグループへの分割	65
4.6	サブグループ分割の例	66
4.7	データキャリアによるサブグループ ID の保持	66
4.8	個々のモノが属すサブグループ数に対する欠落数推定誤り率	72
4.9	個々のモノが属すサブグループ数に対する許容欠落数 (誤り率閾値 0.5%)	72
4.10	個々のモノが属すサブグループ数に対する各誤りパターンの発生率	73
4.11	個々のサブグループに属すモノの数に対する欠落数推定誤り率	74
4.12	個々のサブグループに属すモノの数に対する欠落数推定誤り率 (横軸 k)	74
4.13	個々のサブグループに属すモノの数に対する各誤りパターンの発生率	75
4.14	グループ符号化実装に用いた UHF 帯 RFID リーダライタ KU-U1601	76
4.15	Java によるグループ符号化実装アプリケーションのスクリーンショット	77
4.16	許容誤り率 0.5% での最大欠落数に対する実データキャリアでの欠落数推定	79
4.17	許容誤り率 10% での最大欠落数に対する実データキャリアでの欠落数推定	79
4.18	BAP : Battery Assisted Passive Tag	80
4.19	実データキャリアでの欠落数推定手法の必要時間を計測する測定環境	80
4.20	個体識別子用のメモリ領域のユーザデータへの転用	82
4.21	欠落識別子特定手法におけるデータキャリアによる情報保持	83
4.22	short ID から復元される欠落したモノの識別子とサブグループの関係性	84
4.23	Iterative decoding 適用による欠落識別子の特定	85
4.24	個々のモノが属すサブグループ数に対する欠落識別子特定誤り率	88

4.25	欠落識別子特定における許容欠落数（誤り率閾値 0.5%）	88
4.26	総数 20 個のグループに対する欠落識別子特定誤り率	90
4.27	実データキャリア実装で計測した欠落識別子特定の誤り率 ($j = 3$)	91
4.28	実データキャリア実装で計測した欠落識別子特定の誤り率 ($j = 7$)	91
4.29	RF タグからの情報読み取り成功率を計測する実験システム構成	92
4.30	RF タグからの情報読み取り成功率を計測する実験環境	92
4.31	RF タグから一度に読み取る情報量と読み取り成功率の関係	93
4.32	仮想 RF タグによる個体識別子の分割保持	94
4.33	物理的 RF タグに分割した情報に基づく仮想 RF タグの復元手続き	95
4.34	仮想 RF タグによるユーザデータの分割保持	96
4.35	仮想 RF タグの読み取り率測定実験	98
4.36	仮想 RF タグの読み取り個数の予測値と実測値	99
4.37	物理的 RF タグと理想的な仮想 RF タグの読み取り率の比較	100
4.38	仮想 RF タグ構成と単純な情報の分割とでのユーザデータ読み取り率の比較	101

表目次

4.1	欠落数推定におけるグループ構成の必要時間	81
4.2	欠落数推定におけるグループ検証の必要時間	81
4.3	仮想 RF タグの読み取り個数の計測実験結果	102
B.1	EPCIS showcase プロジェクトで構築したシステムの EPCIS イベント定義	118
C.1	ふくろい e ねっとの EPCIS イベント定義 (平時)	127
C.2	ふくろい e ねっとの EPCIS イベント定義 (災害時)	128

第 1 章

序論

1.1 研究の背景

1.1.1 モノのインターネットを実現するための自動認識技術

近年、「Internet of Things (モノのインターネット)」という言葉が注目されている。1999年に Kevin Ashton 氏が提唱した言葉とされており [1]、この言葉について氏は次のように述べている。

If we had computers that knew everything there was to know about things—using data they gathered without any help from us—we would be able to track and count everything, and greatly reduce waste, loss and cost. We would know when things needed replacing, repairing or recalling, and whether they were fresh or past their best. ([1] より引用)

つまりは、実空間のモノの情報をコンピュータにより収集・処理することで、実空間においてこれまで実現できなかった効率化を実現する、という構想である。氏はサプライチェーンマネジメントの文脈でモノのインターネットという言葉は初めて使った。現在ではこの言葉

が指す範囲はより広範になっているが、実空間の情報を情報空間に取り込んで処理し、その結果を実空間に還元することによる効率化や高機能化の実現という概念に変わりはない。

モノのインターネットを実現するにあたっては、実空間のモノの所在や状態を情報空間に取り込む技術が重要である。実空間の情報を取得するための自動認識技術に加え、得られた情報を収集・処理するためのネットワークやクラウドコンピューティングなどの情報通信技術が普及し、簡易に利用できるようになったことにより、モノのインターネットの構想は現実になっている。

1.1.2 識別子情報に基づくモノの自動認識

さて、実空間の情報を情報空間に取り込むための自動認識技術の中でも、モノに対して付与された識別子（ID）情報を取得し、それに基づいてモノの存在を認識する技術は既に幅広く用いられている。ここで述べる識別子情報に基づく自動認識技術とは、識別子情報を保持する何らかの媒体を付されたモノに対し、それが保持している識別子を自動認識することによって、そのモノの存在を検知する技術である。ネットワークへの接続性をそれ自体はもたない実空間のモノの所在や状態を、識別子を介して情報空間に取り込むことができるという特徴がある。そのような自動認識技術の代表例はバーコードである。よく知られているようにバーコードは、黒と白の帯の連続により識別子を表現する技術で、印刷により簡便・安価に識別子をモノに付与できるという特徴から、製造・販売における商品の識別など我々の身近な所でも活用されている。図 1.1 は、バーコードの一形式である ITF（Interleaved Two of Five）形式のバーコードの例である。ITF 形式のバーコードでは、五対の黒と白の帯の太さの組み合わせで二桁の数字を表現し、これを連ねて偶数桁の数字を表現できる。

識別子情報に基づく自動認識技術にはバーコードの他にも様々な技術が存在する。多くはバーコードと同様に印字することで識別子情報を付与する技術だが、これに当てはまらない技術の代表例として RFID（Radio Frequency Identification）が挙げられる。RFID は、識

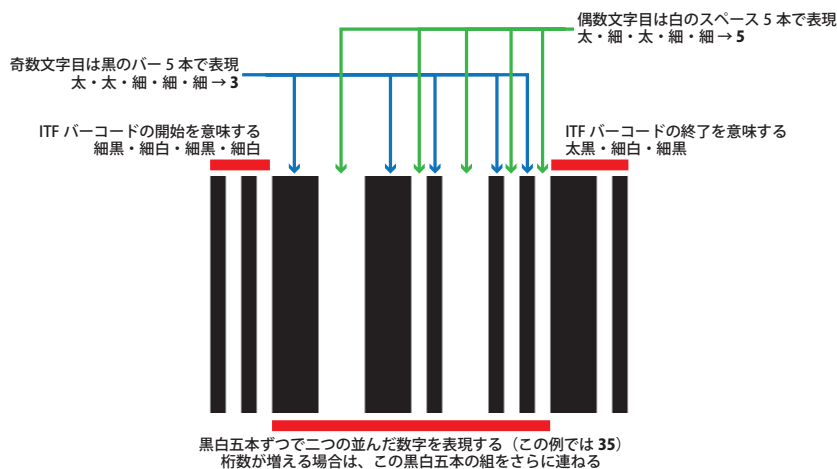


図 1.1 ITF 形式バーコードの例

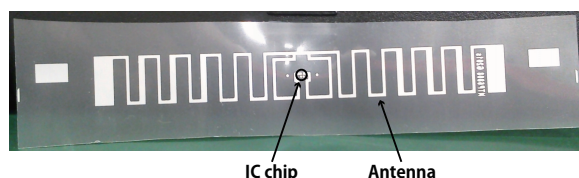


図 1.2 パッシブ RF タグの例

別子情報を記録した IC チップ及びアンテナ・関連部品からなる RF タグと、対応する読み取り機によって構成される自動認識技術である。図 1.2 は、RF タグの中でも特に電源を必要としないパッシブ RF タグの例である。図 1.3 に示すように、RF タグと読み取り機の間では無線通信により情報をやりとりするため、バーコード等の印字形式の技術と異なり見通し内外を問わず多数のモノを高速に認識できる。また、書き換え可能な記憶領域を持つ RF タグもある。（RFID の読み取り機について、書き込みも行うものは「リーダライタ」と呼称されることがある。）ただし、このような利点の一方で、識別子を付与するために個々のモノに RF タグを付する必要があるため、バーコード等の印字形式の自動認識技術と比較して運用にかかる費用が高くなるという欠点も存在する。

さて、自動認識技術ではそれぞれが読み取ることのできる識別子情報が得られるだけであり、その情報を利活用するために情報システムが必要である。識別子情報に基づくモノの自

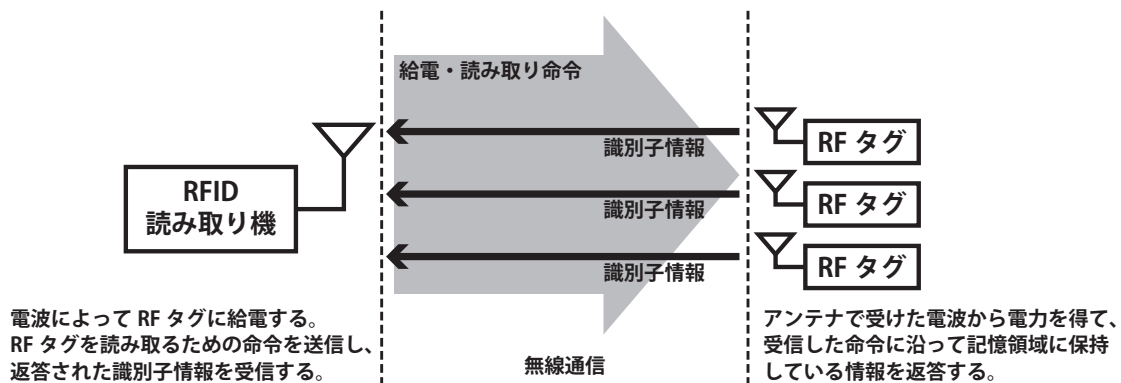


図 1.3 RFID による識別子情報収集の概要

動認識において、情報システムの視点からしてまず重要なことは識別子あるいは識別子体系の選択である。標準化された識別子を用いることによって、識別子を表現するメディア（以降「データキャリア」と表記する）の違いを吸収できる。先にバーコードと RFID の違いを述べたように、様々なデータキャリアにはそれぞれに利点・欠点があるので、用途・状況に応じた使い分けが重要である。しかしデータキャリアごとに情報システムを別個に構築することは無駄である。識別子が共通であれば情報システムは共通化できるのである。

1.1.3 クラス識別と個体識別

識別子情報に基づくモノの自動認識技術やそれに対応した情報システムの構築における識別子の標準化の有効性を前節で述べた。我々にとって馴染み深い標準的な識別子は JAN (Japanese Article Number) コード [2] である。JAN コードは、商品の生産者である事業者を識別する番号と各事業者が採番する商品種類毎の番号に 1 桁のチェックディジットを組み合わせた合計 13 桁の識別子であり、国内で広く用いられている。一般にバーコードに符号化されて商品に印字され利用されているが、先述の通り他のデータキャリアを用いることも可能である。尚、JAN コードは国際的には GTIN (Global Trade Item Number) [3] と呼ばれる識別子体系の一部であり、GTIN を用いることで商品種別を国際的にも特定できる。

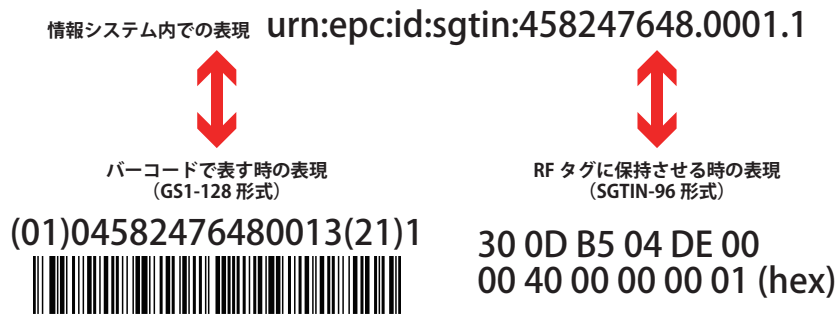


図 1.4 個体識別子 SGTIN のデータキャリアに応じた表現形式

JAN コードの用途のように、モノの種類を識別することをここでは「クラス識別 (class-level identification)」と呼称する。これに対し、同じ商品であっても個々のモノをそれぞれ別個に識別する「個体識別 (item-level identification)」を実現する識別子体系も存在する。例えば、EPC (Electronic Product Code) [4] と呼ばれる識別子体系群に属する識別子体系である SGTIN (Serialized GTIN) は、上述した GTIN に同クラスのモノの中でも個々のモノを識別するためのシリアル番号を付加した番号体系である。ところで、個体識別という RFID の特徴の一つとして捉えられることがあるが、先述の通り識別子とデータキャリアは独立であり、個体識別子をバーコードで扱うことも可能である。例に挙げた SGTIN であれば図 1.4 に示すように、情報システムで扱うための URN 表記を中心に、RF タグに記録する際に用いるバイナリ形式の他、等価な情報をバーコードで表すための表現形式も存在する。

クラス識別と比較しての個体識別の優位点は、実空間のモノの情報をより細かい粒度で取得できることにある。モノのクラスとその個数の粒度でしか認識できなかった実空間のモノの情報が、個体識別を導入することにより個々のモノ毎に別々に収集・管理できる。典型的な利用例としては、同クラスであっても個々に異なる生鮮品の来歴管理が挙げられるが、その他にも様々な応用が可能であると考えられる。本研究では、識別子に基づくモノの自動認識におけるこれら二つの分類のうち、特に個体識別に着目する。

1.2 本研究の目的・アプローチ

1.2.1 個体識別に基づくサービス間共通可視化情報基盤

先述の通り、個体識別子に基づく自動認識技術を用いることで、個々のモノにそれぞれ付与された個体識別子に基づきそれらのモノが読み取り機の読み取り範囲に存在することを検知できる。具体的には、読み取り機の読み取り範囲にあるデータキャリアに記録された個体識別子が個々に得られる。一方で、モノに関わる全てのアプリケーションが個体識別子に基づいて構築されているわけではない。例として在庫管理を考えると、通常は在庫管理単位（SKU：Stock Keeping Unit）と呼ばれるクラス識別と数量の組み合わせによるモノの状態把握である。一方、取引においては、予約・取り置きなどの場面においてクラス識別と個体識別の機能が共に必要である。また、個々の品物毎の有効期限の管理など、在庫管理のみにおいても個体識別が有効な場面が存在する。

これらを併存させようと考えた時に最も単純な方法は、モノの情報を取得・収集するための自動認識の機構を個々のアプリケーション毎に縦割りで構築してしまうことである。しかし、個体識別によってクラス識別よりも細かい粒度でモノの情報を得ることができるので、モノの情報収集を個体識別で行っておけば、それで得られた結果を共用して複数のアプリケーションを構築できるはずである。本研究ではこれを実現するための基盤的な機能を「サービス間共通可視化情報基盤」と呼称する。図 1.5 に、この基盤機能の概要を示す。個々のモノに付されたデータキャリアに保持されている個体識別子を収集し、図中中央に位置するサービス間共通可視化情報基盤に蓄積する。蓄積された情報は、個々のモノ毎の可視化情報としてそのまま利用できるほか、電子商取引や在庫管理など、モノに関わる複数のアプリケーションから参照できる。これらのアプリケーションは本基盤に依ることで、各自で情報収集のための機構を構築する必要がなくなる。また情報を収集する側の観点からしても、ア

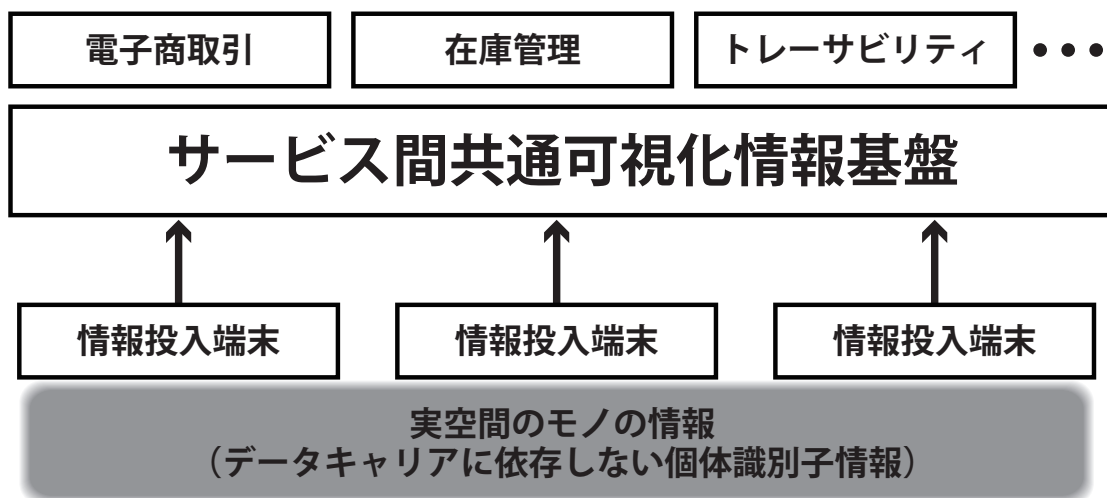


図 1.5 個体識別に基づくサービス間共通可視化情報基盤

アプリケーションの種類によらずとにかく識別子に基づいてモノの情報を収集しておけば良いので、情報収集の作業が単純化されるという利点が考えられる。

また、サービス間共通可視化情報基盤は単体で完結するだけでなく、複数の主体が運用する同基盤が連携する場面も考えられる。一般に、モノが製造されてから廃棄されるまでの過程には製造者や流通、小売などの複数の主体が関連しており、これら複数の主体全てが単一のサービス間共通可視化情報基盤を共用するという場面は考えづらい。しかし、サービス間共通可視化情報基盤では蓄積された情報を複数のアプリケーションで共用するために標準的なインターフェースを採用するため、あるモノに関する情報が複数の同基盤に分散して記録されていてもそれらをまたがってモノに関わる情報を検索・取得できる。個々のモノを国際的に唯一識別できる標準化された個体識別子を利用し、かつサービス間共通可視化情報基盤でそれらのモノに関する情報を収集・共有することで、モノの製造から廃棄までのライフサイクルを通じた情報管理が可能になる。

ただし、モノの情報を扱うにあたって前述の通り個体識別を想定していないアプリケーションも存在しており、その差異を解消するための本研究のアプローチを次項で説明する。

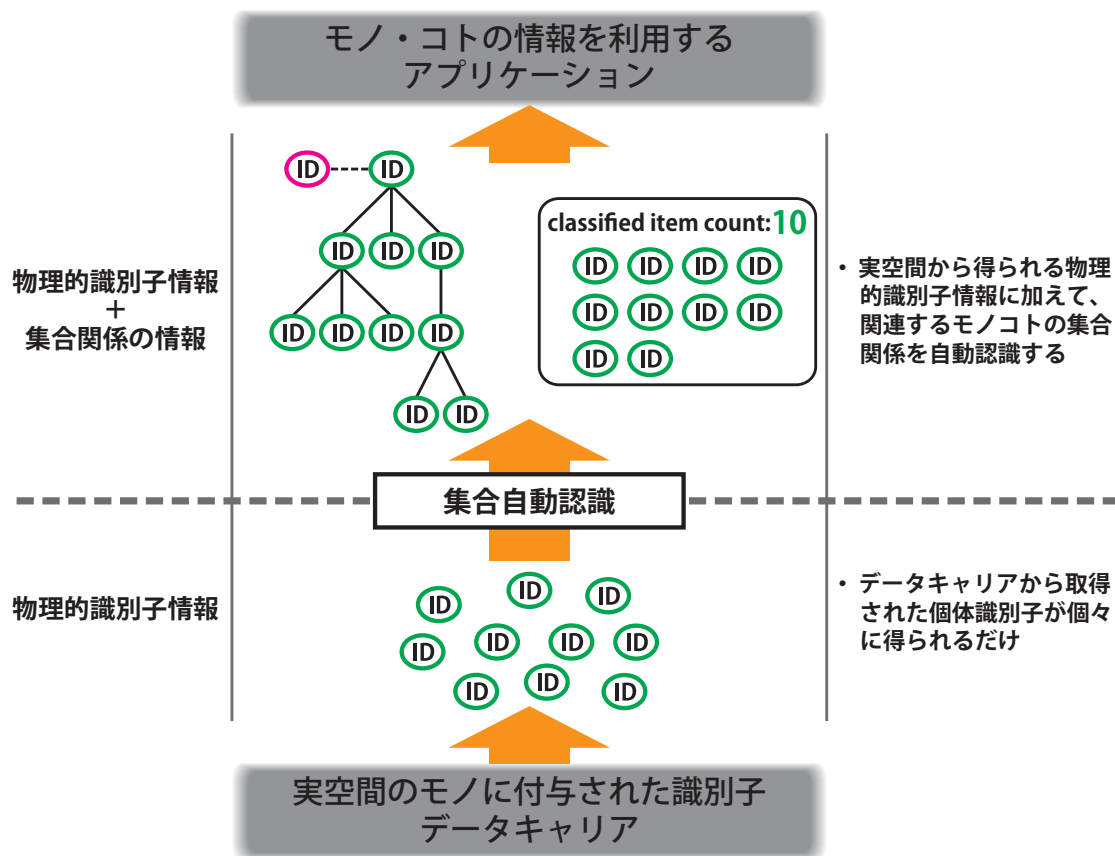


図 1.6 集合自動認識の考え方

1.2.2 集合自動認識

個体識別が個々のモノを弁別する一方で、モノの情報を扱う時には、個々のモノの単位だけでなく集合や階層の単位で扱う場合がある。前項の在庫管理の例で挙げた SKU と数量を合わせた発注等も、複数のモノを集合単位で扱っているといえる。しかし、個体識別により実空間から得られる情報は読み取られた個体識別子の一覧のみであり、それら相互の関連性などを直接得ることはできない。そこで本研究では、個体識別によって得られる個体識別子一覧に基づいて、モノの集合の状態を自動で把握する「集合自動認識」を提唱する。図 1.6 に集合自動認識の機能の考え方を示す。個体識別子に基づく自動認識技術から得られるバラバラな個体識別子情報について、本研究で提唱する集合自動認識を適用することで複数の個

体識別子（に相当するモノ）の集合関係を把握することができ、その情報をアプリケーションから利用することができる。

この集合自動認識について、前項で説明したサービス間共通可視化情報基盤を実現するにあたり必要となる機能として、後に述べる各種実証実験からの経験により本研究では以下の三点を挙げる。

機能1：ビジネストランザクションに紐づくモノ・コトの集合の把握 発注などのビジネストランザクションを中心として、それに関連するモノに加え、配送番号などの物理的実体を持たない対象（コト）の識別子まで含めたモノ・コトの集合を把握する。また、ビジネストランザクションとの連携においては、クラス識別子+数量レベルで識別される集合単位でのモノの把握が必要である。

機能2：モノの階層関係の把握 梱包容器とその中のモノなど、複数のモノが集まるとしは階層関係を構成する。梱包による扱いなど、階層関係を構成した集合の単位で複数のモノを扱う場面は多く、このとき、階層関係に含まれている個体識別子をもとに関連する階層の構成を把握する機能が必要である。

機能3：集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定 複数のモノから構成される集合からのモノの欠落有無を検知し、また欠落がある場合には欠落したモノの識別子を特定する。集合単位でモノを扱うことを考えた時、集合に含まれているべきモノが過不足なく存在することを確認することは多くの場面で必要となる。

機能1は、モノに関連するビジネストランザクションを扱う電子商取引等のシステムをこの基盤上で実現するにあたり必須の機能である。多くの発注・取引システムは商品種別と数量で対象とするモノを扱っている。そこにはできるだけ手を加えずに個体識別を導入することが必要とされている。従来この仕組みはシステムごとに構築されていたが、これを共通化できると便利である。

機能 2 が必要となる典型的な例は、梱包容器に収納されたモノの扱いである。例えば倉庫に保管されているモノを探す際に、対象のモノの倉庫内の位置だけでなく、梱包容器に収納されているのであればその容器の情報があると便利である。また、梱包容器を別の場所に移動させる場面を考えると、収納されているモノについても位置が変わったものとして扱う必要がある。これらはいずれも、関連する個体識別子がどのような階層関係を構成しているかを把握していなければ実現できない。

機能 3 は、検品などの場面で必要とされることが明らかである。

本研究では、上述した集合自動認識の三機能を実現するための研究課題として次に示す二点を挙げ、それぞれに取り組む。

研究課題 1：集合自動認識機能を提供する共用実空間情報収集・共有基盤 本研究課題は、

具体的には前項及び図 1.5 で示したサービス間共通可視化情報基盤の構築である。標準的な情報システムを基本として設計し、その基盤機能の一部として上記の集合自動認識機能を提供する。

研究課題 2：実データキャリアへの集合情報付帯 本研究課題では、研究課題 1 で構築する

情報システムと連携できない状況でも、データキャリアから得られる情報だけで集合自動認識機能を利用できるようにする。上記の集合自動認識機能のうち、特に「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」の機能を実現する手法を構築する。

これら二つの研究課題について、前項で説明したサービス間共通可視化情報基盤の構想における位置付けを図 1.7 に図示する。研究課題 1 の位置付けはサービス間共通可視化情報基盤の位置そのものである。研究課題 2 は、識別子情報を記録するデータキャリアと、データキャリアから識別子情報を読み取る端末間のみで完結して集合自動認識機能を提供するための課題である。

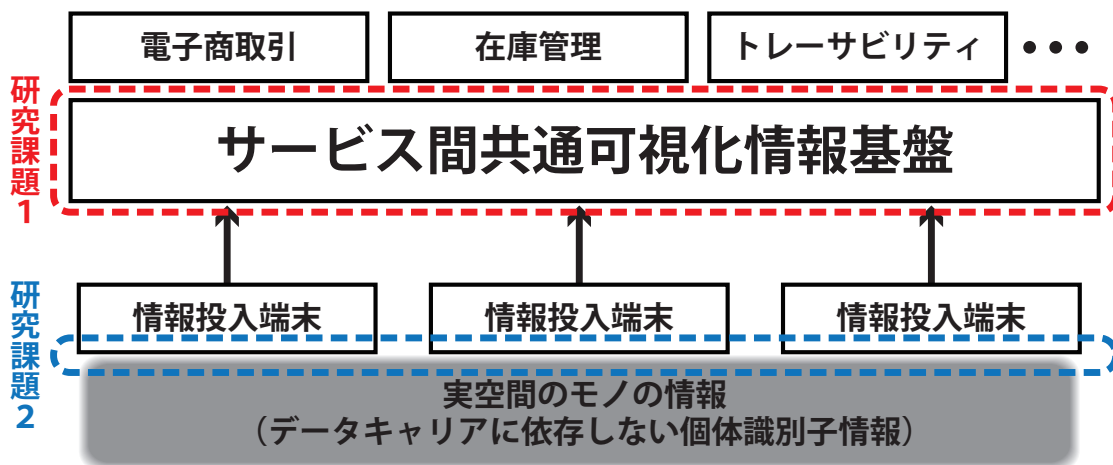


図 1.7 共通可視化情報基盤における集合自動認識の研究課題の位置付け

1.3 本論文の構成

以降の本論文の構成は以下の通りである。

第 2 章では、本研究が取り組む内容に関連する既存の標準や事例・研究等を紹介する。

第 3 章では、先に説明した集合自動認識実現のための研究課題 1「集合自動認識機能を提供する共用実空間情報収集・共有基盤」について述べる。標準的な情報システムを拡張することによって構築する識別子情報収集・共有基盤の設計について述べ、その有効性を本基盤を導入した個体識別システムの実証実験及びシミュレーションから評価する。また、著者が参加し本基盤を実際に導入した個体識別システム構築プロジェクトを紹介する。

第 4 章では、前章に引き続き集合自動認識実現のための研究課題 2「実データキャリアへの集合情報の付帯」について述べる。研究課題 1 として構築する情報収集・共有基盤があるにも関わらず、この研究課題で対象とする集合自動認識機能である「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」をデータキャリア・読み取り機間だけで完結して実行できる必要性についてまず説明する。その上で、この機能を実現する手法として構築した「グループ符号化」手法を説明し、数値シミュレーションと実データキャリアを用いた実験によってその有

効性を評価する。

第5章では本論文の結論を述べる。

第 2 章

関連研究・事例

2.1 個体識別システムに関する国際標準

個体識別システムに関する既存の国際標準としては、GS1 EPCglobal Architecture[4] が挙げられる。GS1 EPCglobal Architecture は、国際標準化団体 GS1 によって標準化された、モノなどに付与する個体識別子の体系である EPC (Electronic Product Code) を中心とした RFID システムに関する国際標準群である。もともと GS1 は、商品流通で用いられるバーコードや、序論で紹介した GTIN などのバーコードに用いられる識別子の標準化のために創設された団体であり、新しいデータキャリアである RFID の標準群が GS1 EPCglobal Architecture である。EPC には数種類の識別子体系が含まれており、全て GS1 に加入している事業者が付与される事業者番号と、これらの事業者が独自に付与する番号で構成される。例えば、モノに付与する EPC である SGTIN は、事業者番号 (Company prefix) と製品番号 (Item reference)、さらに個品を識別するためのシリアル番号 (Serial number) から、情報システム内では次のように構成される。

`urn:epc:id:sgtin:[Company prefix].[Item reference].[Serial number]`

RF タグに記録する際には、上記の URN に一対一に対応するバイナリ形式でエンコードされる。事業者番号を割り当てられた事業者が製品番号とシリアル番号を唯一化することで、国際的にも個体識別可能な番号体系を実現している。

GS1 EPCglobal Architecture では、RFID システムの構成を以下の三層に分けてそれぞれに標準を定めている。尚、以下で説明する標準群から一部を抜粋し、識別子情報をデータキャリア（RF タグ）から取得して情報システムで利用するまでの流れを図 2.1 に示す。

Object exchange RFID システムにおける実際のモノの移動及び、モノに貼付された RF タグから EPC を読み取り、解釈する部分がこの層に含まれる。具体的には、EPC の書式を定める TDS (Tag Data Standard) [5] や、RF タグとリーダライタの間の通信プロトコルである UHF C1G2 プロトコル (EPC UHF Class-1 Generation-2 プロトコル) [6] などが標準化されている。

Data capture infrastructure リーダライタの制御や、読み取られたデータの集約、収集を行うためのインタフェースの標準が含まれる。具体的には、リーダライタを操作するプロトコルである LLRP (Low Level Reader Protocol) [7]、EPC の読み取り結果を集約してアプリケーションに報知する ALE (Application Level Events) [8]、読み取り結果に基づきモノ・コトに関わる情報を収集・記録する EPCIS (EPC Information Service) [9] の Capture interface などの標準がこの層に含まれる。

Data sharing 上記二層の標準によって収集されている EPC の情報を検索・取得するためのインタフェースの標準が含まれる。具体的には、上記 EPCIS から情報を検索するための Query interface や、ある EPC について EPCIS などのサービスを検索するための ONS (Object Name Service) [10] などの標準が規定されている。

尚、元来 RFID システム向けに構築された標準群である GS1 EPCglobal Architecture であるが、近年ではバーコードなどの他のデータキャリアの利用も想定されている。個体

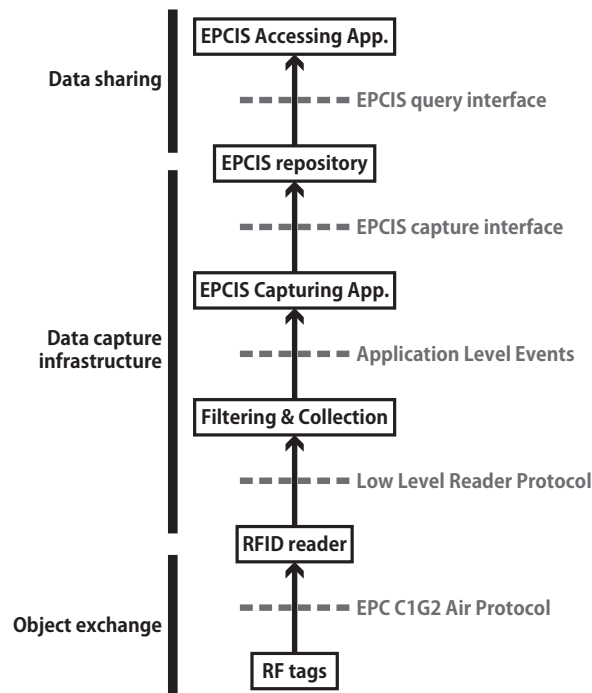


図 2.1 GS1 EPCglobal Architecture における識別子情報取得から利用までの流れ

識別子として EPC 及び相当する識別子体系を共通に用いる事により、特に Data capture infrastructure や Data sharing の標準群はデータキャリアの差異を問わず適用する事ができる。RFID 以外のデータキャリアとしては、バーコードに個体識別子を保持させる時の体系や記法が GS1 General Specification[3] に定められている。

GS1 の他には、ISO でも個体識別に関連してデータキャリア技術や識別子、情報システムに関連する標準を定めている。ISO/IEC JTC 1 SC31 が Automatic identification and data capture techniques の題で識別子に基づく自動認識技術に関連する標準化を行っており、この中には個体識別に関連する標準も含まれている。RFID やバーコードなど各種のデータキャリア技術に関わる標準のほか、個体識別子に関わる標準としては ISO/IEC 15459[11, 12, 13] や 15963[14] などがある。また、個体識別に関する情報システムの標準としては、先に述べた GS1 EPCglobal Architecture において個体識別子を付されたモノの情報を集積する EPCIS は近年 ISO 標準 [15] にもなっている。

本研究が取り組む研究課題の一つである集合自動認識機能を提供する共通実空間収集・共有基盤の構築においては、当該基盤を複数のアプリケーションで共用することを考えると、これら既存の個体識別システムに関わる標準に則った設計とすることが望ましい。しかし、非個体識別システムとの連携はこれらの標準の範疇外であるなど、標準機能だけでは本研究が指向する共通基盤を構築することは難しい。

2.2 個体識別システムの既存事例・研究

個体識別システムの実装・導入例は、典型的にはモノのトレーサビリティ、すなわち来歴の可視化を目的として多数存在する。ただし、序論で述べたサービス間共通可視化情報基盤の構想を実現することを考えると、個体識別子情報に基づくモノ・コトの情報を任意のアプリケーション間で共用する妨げになるため、独自規格による実装を用いることは適切ではなく、前節で述べたような標準化された識別子体系・情報システムを用いることが望ましい。

標準に基づく個体識別システムの実例としては、EU の RFID from Farm to Fork プロジェクト [16] が挙げられる。これは前項で説明した GS1 EPCglobal Architecture に基づいたシステムにより食品のサプライチェーン可視化を実現することを目的としたプロジェクトであり、例えば養殖魚のサプライチェーンの可視化 [17] などの実証実験が実施されている。この事例において実施された実証実験の概要図を図 2.2 に引用する。サプライチェーンの各段階において手持ち型または据え置き型の RFID 読み取り機を用いて個々の商品に付された RF タグに記録されている個体識別子を読み取り、その情報を前節で説明した EPCIS に投入している。また、鮮魚のサプライチェーンにおいて重要である配送中の温度情報を温度ロガーにより計測しており、これにより記録した温度情報も EPCIS に記録している。消費者は、EPCIS に記録されたこれらの情報を参照して個々の商品のトレーサビリティ情報を得る。他にも、Hwang ら [18] は上述の EPCIS を用いて朝鮮人参の生産から加工・販売ま

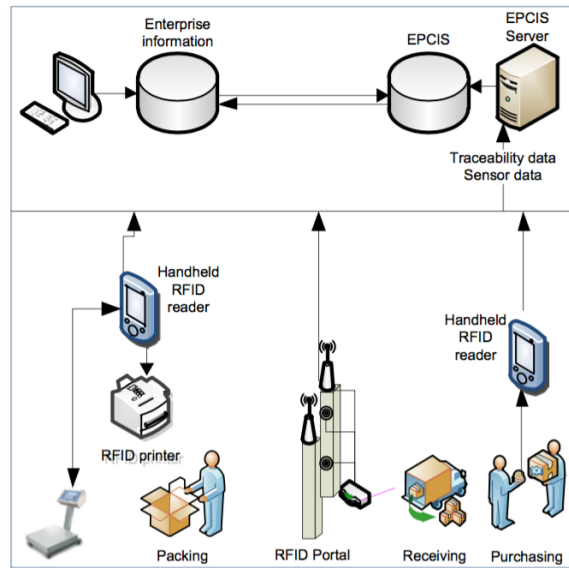


図 2.2 Farm to Fork における養殖魚トレーサビリティ情報収集 ([17] より引用)

でのプロセスを可視化するシステムを構築している。このシステムでも、農場の環境情報など物理的な実態を持たないが対象とするモノに関連する情報も EPCIS に記録・蓄積している。また、Wang ら [19] は商品のトレーサビリティに関わる情報が複数の EPCIS に分散して記録されているときに、該当の個体識別子についてこれらを横断的に検索してトレーサビリティ情報を収集する情報システムを構築している。個体識別子から関連する情報を記録している EPCIS の所在を特定する機能は Discovery Service と呼ばれており、あるモノについて複数の主体が関わり、それぞれに EPCIS をもって情報を蓄積するような状況において重要な機能である。ただし、これらはいずれもサプライチェーンの可視化のみに着目したシステムであり、個体識別をモノ・コトの情報を利用する様々なアプリケーションの基盤として用いてはいない。

非個体識別システムと個体識別システムとの併存・連携について言及している研究も存在する。Imburgia[20] は、サプライチェーンマネジメントにおいて RFID により取得される細粒度な実空間のモノの情報を EDI と組み合わせる事による利点を指摘しているが、実際にこれを実現するための技術的な手法については言及していない。Barchetti ら [21] は、EDI の



図 2.3 Barchetti らにより提案された SCM システムの構成 ([21] より引用)

規格の一つである ebXML (Electronic Business using eXtensible Markup Language) [22] と EPCglobal Architecture による個体識別子による物流可視化を併用したサプライチェーンマネジメントシステムの構成を提案し、医薬品のサプライチェーンを対象としたテストベッドを構築している。このシステム構成の図示を図 2.3 に引用する。しかし、この図からも明らかな通り、このシステム構成では EDI と物流可視化のサブシステムは互いに独立しており、これらを連携させる手法・用途については議論されていない。日本 IBM のスマーター・フィッシュ・プロジェクト [23] では、鮮魚のサプライチェーンにおける来歴の可視化を EPCIS を中心とした個体識別子に基づくシステムで実現している。スマーター・フィッシュ・プロジェクトの情報システムには鮮魚の発注を受けるための電子商取引のシステムも含まれており、電子商取引システム上での発注に対して実際の商品が発送されると、その商品の個体識別子が電子商取引システム上にも登録され、それに基づく商品の来歴情報が閲覧できるようになる。しかし、このシステムにしても、個体識別子に基づいて収集しているモノの情報は来歴可視化の目的にしか使われておらず、例えば電子商取引システムでの在庫状況の把握など、モノの情報を必要とする他の用途には連携されていない。

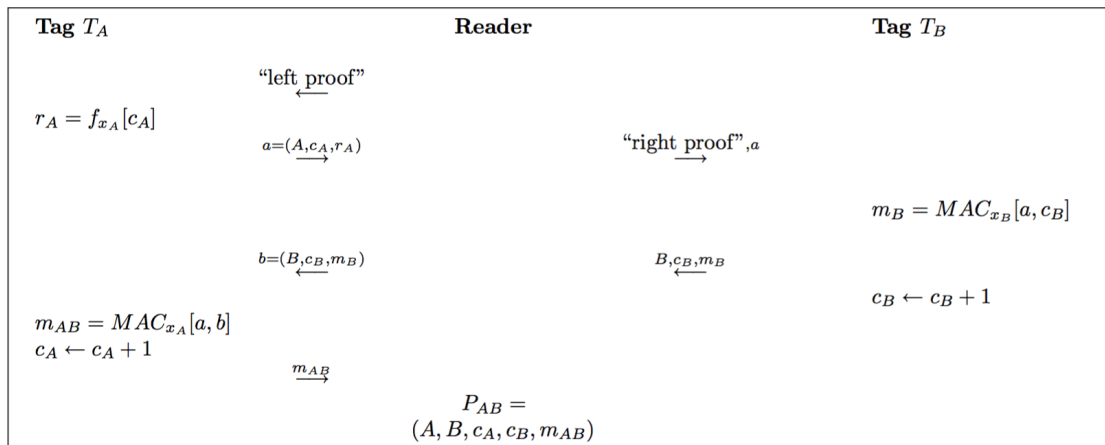


図 2.4 Yoking Proof の動作シーケンス ([24] より引用)

2.3 個体識別子の集合の完全性検証に関する既存研究

それぞれに個体識別子を付されたモノが構成する集合について集合を構成するモノが全て揃っていることを検証するには、単純には、集合を構成する個体識別子の一覧を検証者が保持しておき、読み取られた個体識別子の一覧と比較すれば良いが、それ以外にも様々な手法が提案されている。

Juels[24] が提案した Yoking Proof は、RF タグと読み取り機間、及び外部の認証機構との間で Message authentication code をやりとりし、その結果から二つの RF タグのペアが同時に読み取られたことを証明する手法である。読み取り機を信用することができない状況が想定されており、悪意のある読み取り機による実際と異なる読み取り結果の出力を防ぐというセキュリティの面に着目した研究である。これに関連して、Yoking Proof が持つセキュリティ上の問題の改善や、二枚以上の複数の RF タグへの対応などに着目した研究が複数発表されている。[25, 26, 27, 28, 29] 図 2.4 は Juels の Yoking Proof の動作シーケンス図である。図中の二つの RF タグ T_A と T_B で Message authentication code を計算する際 (MAC 関数)、それぞれで鍵 x_A と x_B を用いている。このシーケンスで得られた証明 P_{AB}

は、証明の作成に用いられたものと同じ鍵 x_A と x_B を保持している認証機構によってその正当性を確認される。Yoking Proof を発展させた各手法も同様に、対象とする RF タグと秘密の鍵を共有した認証機構を必要とする。また、データキャリア (RF タグ) 側に一定の計算能力が必要であるため、バーコードなどのデータキャリア側に計算能力を持っていない技術には適用できない。

Potdar ら [30] は RF タグの読み取りと同時に読み取り圏内にあるモノの重量を測定し、これを事前に測定されているモノの総重量と比較することによって読み取りの信頼性を向上させる手法を発表している。これら二つの重量の値が異なっていた場合、RF タグの読み取り圏内からモノが無くなっていることを検知できる。予め測定されているモノの総重量は、その集合に含まれるモノの個体識別子と共にデータベースに格納されている。この手法も、個体識別子のデータキャリアと読み取り機の他にデータベースを必要とするため、序論で挙げた本研究の研究課題 2 の目的を達していない。

これらに対し、誤り訂正符号の考え方をを用いることで、データキャリアに集合の情報を保持させ、それを基に集合の完全性検証を行う手法が複数の研究グループから提案されている。この手法は、個体識別子及び追加でデータキャリアに保持させた集合の情報を用いた読み取り機での計算処理のみによって集合の完全性検証が可能であるため外部のデータベース・認証機構等を必要とせず、また、バーコードなどの計算能力を持たないデータキャリアへの適用も可能である。この考え方は本研究が最初に提唱したものであり、発表されている論文はすべて本研究がこれを提唱した論文を引用している。その上で、Su ら [31, 32, 33, 34] は、第 4 章で説明する本研究の集合の完全性検証手法のパラメータである行列 (グループ生成行列) の構成に着目している。本研究では一定の規則の下でランダムに行列を生成して用いているのに対し、Su らの研究では、より規則だてて構成された行列を利用することで集合の完全性検証が不成立だった場合の欠落した識別子の特定性能を向上させ、また、少数の識別子の欠落については確実な欠落識別子の特定を実現している。また、Mabrouk らが提案し

ている EraRFID[35] は、リード・ソロモン符号を用いて同様の目的を達成する手法である。本研究や Su らの研究で実現された内容と比較して、多数の識別子の欠落がある場合にも欠落した識別子をすべて特定できることを保証する符号を構成することができる。一方で、本研究の手法の特徴の一つである、集合の構成の変動に対して容易に対応できるという特徴は失われている。

2.4 本章のまとめ

本章では本研究に関連する既存の標準や事例、研究を紹介した。本研究で取り組む研究課題 1「集合自動認識機能を提供する共用実空間情報収集・共有基盤」の構築においては、複数アプリケーションで共用するという観点から、このような国際標準に即した形で構築することが望ましい。しかし、国際標準の範疇の内容のみでは、非個体識別システムとの連携など、本研究が指向する基盤機能の構築には不十分である。また、標準の情報システムに基づいて構築された既存の個体識別システムの事例を見ても、それらは特定の用途に特化して構築されたシステムであり、複数のアプリケーションでのモノの情報の利用において個体識別を基盤的に利用している研究は無い。また、本研究で取り組む研究課題 2「実データキャリアへの集合情報の付帯」については、2.3 節で述べた通り本研究で初めて実現している。

第3章

集合自動認識機能を提供する共通実 空間情報収集・共有基盤

本章では、序論にて述べた研究課題の一つ目である、集合自動認識機能を提供する共通実空間情報収集・共有基盤について述べる。多数のアプリケーションで共用する事を可能とするため、本基盤は国際標準が定められているモノの情報を収集するための情報システムである EPCIS を基本とし、これを拡張して設計する。まず、EPCIS とこれを拡張して構築する情報収集・共有基盤の設計について説明し、続いて実プロジェクトにおける本基盤の実装と、それに基づく評価について述べる。

3.1 国際標準情報システムに基づく実空間情報収集・共有基盤 の設計

3.1.1 EPCIS の基本

EPCIS は、2.1 節にて説明した GS1 EPCglobal Architecture において、EPC を付されたモノの動的に変化する状態を記録するリポジトリサービスである。情報を記録す

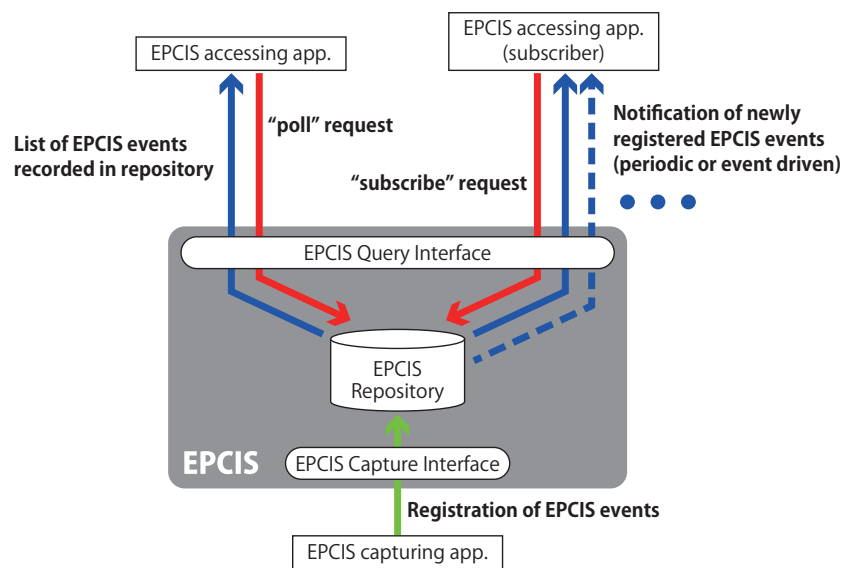


図 3.1 EPCIS リポジトリに対する情報の投入・検索

る EPCIS リポジトリに加え、リポジトリに情報を投入するインターフェースである EPCIS Capture Interface、リポジトリから情報を検索して得るインターフェースである EPCIS Query Interface から構成される。図 3.1 に、EPCIS における情報の記録単位である「EPCIS イベント」の EPCIS リポジトリに対する投入・検索に関わる主体の関係を図示する。実空間の個体識別子を読み取り、それに基づいて EPCIS イベントを構成するアプリケーション (EPCIS Capturing application と呼ばれる) から Capture interface を介して投入されたイベントは EPCIS リポジトリに蓄積され、Query Interface を介して検索・取得する事ができる。Query Interface による EPCIS イベントの取得には poll と subscribe の二方式が定義されている。poll 方式では、EPCIS イベントの情報を利用するアプリケーション (EPCIS Accessing application と呼ばれる) から検索条件を指定すると、その時点でリポジトリに記録されていて条件に合致する EPCIS イベントの一覧が得られる。subscribe 方式では、EPCIS Accessing application から事前に検索条件を含む購読要求を Query interface に送信しておく事で、条件に合致するイベントが新たに登録された際にその通知を受け取る事ができる。

EPCIS リポジトリに記録される個々の EPCIS イベントは、EPC を付したモノに対する操作や観測などといった情報を記録している。EPCIS のバージョン 1.1 の標準では、記録する情報の種類によって使い分ける五種類の EPCIS イベントの型が定義されている。

ObjectEvent 個々のモノに対する操作・観測を記録する。

AggregationEvent 階層関係・親子関係を構成するモノに対する操作・観測を記録する。

TransactionEvent 商品の受発注などのビジネストランザクションと実際のモノとの関連性の情報を記録する。

TransformationEvent 部品の組み立てなど、EPC を付されたモノから新たに別の EPC を付されたモノへの変化を記録する。バージョン 1.1 から追加された型である。

QuantityEvent クラスレベル識別子と数量で表されるモノに対する操作・観測を記録する。バージョン 1.1 では他イベントでクラス・数量情報を扱えるため非推奨である。

それぞれの EPCIS イベントは EPC の他に以下のようなフィールドを保持し、これらによってモノの状態を表す。

eventTime/recordTime そのイベントが発生した時刻・リポジトリに記録された時刻を表す。

action そのイベントに関するモノやモノの組み合わせが作られたのか (ADD)、観測されたのか (OBSERVE)、無くなったのか (DELETE) を表す。例えば、梱包された商品の状態を AggregationEvent を使って表すのであれば、梱包されたタイミングでのイベントでは ADD、開梱されたタイミングでのイベントでは DELETE、その間のイベントでは OBSERVE を action の値として採用する事が考えられる。TransformationEvent・QuantityEvent には含まれない。

bizLocation/readPoint そのイベントが発生した場所を表す。

bizStep/disposition そのイベントに記録される操作・観測がどのような状況（入荷・出荷・棚卸しなど）において行われたものかを表す。

bizTransaction そのイベントが発行された状況に関連するビジネストランザクションを示す値（注文番号・伝票番号など）を保持する。TransactionEvent においては一件以上が必須である。

これらのフィールドに充てられる値の記法は EPCIS のほか、CBV（Core Business Vocabulary）[36] や 2.1 節でも紹介した TDS などの標準によって定められており、国際的に通用する。

3.1.2 標準の機能を補完・拡張する EPCIS アダプタの導入

3.1.2.1 標準機能のみでの集合情報の扱いにおける問題点

前節で述べた通り、EPCIS を用いる事で実空間のモノの情報を情報空間上で収集・共有する事ができ、標準技術であることから相互運用することもできる。多数のアプリケーションで共用する情報基盤を構築するにあたっては、このような標準的なデータ構造・インタフェースを用いる事が有効である。一方で、標準で定められている機能だけでは、本論文で着目する集合自動認識機能を構築するにあたって非効率な場合がある。

まず、集合自動認識の一つ目の機能である「ビジネストランザクションに紐づくモノ・コトの集合の把握」について考える。発注における発注番号などの識別子は、先述の EPCIS イベントにおける *bizTransaction* フィールドに記録でき、標準的な Query interface によるイベント検索の際にはビジネストランザクション値を指定して検索できる。ただし、この検索条件で得られるのは指定したビジネストランザクション値を直接保持しているイベントのみであり、関連するモノ・コトの情報を記録したイベントを全て得るためには、当該イベントに含まれている識別子情報を元に再度イベントの検索を行う必要がある。また、ビジネス

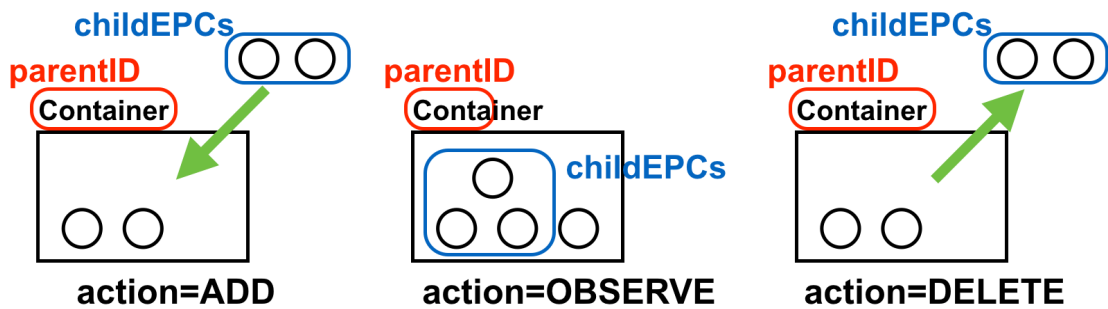


図 3.2 action 値に応じた AggregationEvent の意味

トランザクションに関連するモノの扱いにおいては、個体識別だけではなく SKU 等のクラス識別も必要とされるが、そのためには個体識別子からクラス識別子への変換を行う機能が必要である。

集合自動認識の二つ目の機能である「モノの階層関係の把握」の実現においても同様の問題点が存在する。EPCIS においてモノの階層関係の情報を記録する AggregationEvent には、個々のイベントの *action* フィールドの値 (ADD・OBSERVE・DELETE) に応じて以下に示す三通りの意味がある。図 3.2 にこれらの意味を図示する。尚、AggregationEvent には前節で示した汎用的なフィールドの他に、階層関係における親の個体識別子を保持する *parentID* フィールドと、子の個体識別子のリストを保持する *childEPCs* フィールドが含まれる。

ADD *parentID* フィールドの個体識別子を親とする階層関係に、*childEPCs* フィールドの個体識別子が新たに加えられた事を意味する。

OBSERVE *parentID* フィールドと *childEPCs* フィールドで示されるモノの階層関係が観測されたことを意味する。階層関係を構成する個体識別子全ての観測を保証する必要はない。

DELETE *parentID* フィールドの個体識別子を親とする階層関係から、*childEPCs* フィールドの個体識別子が除かれた事を意味する。

AggregationEvent history recorded in EPCIS

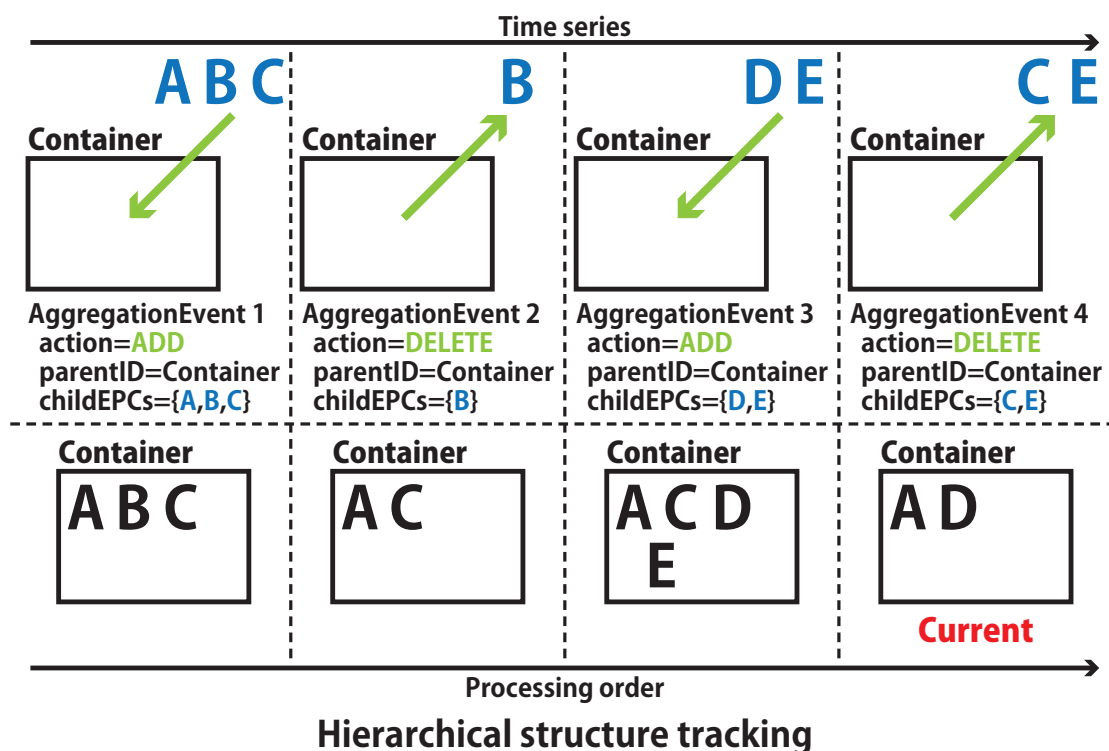


図 3.3 AggregationEvent 履歴と階層関係トラッキング

以上の形式で記録されるイベント情報に基づいてモノの階層関係の問い合わせ時点での状態を得たいとする。コンテナの中に格納されているモノに何があるのかを調べるなどの用途が想定され、多くのアプリケーションにおいて必要な機能であると考えられる。これに対し、EPCIS リポジトリに記録される個々の AggregationEvent は階層関係に対する追加と削除を記録しているだけなので*1、EPCIS の標準的な仕様だけでこの要求を実現しようとした場合、図 3.3 に例示するように、当該親の個体識別子に関する過去の AggregationEvent を全て取得して順に辿らなければならない。さらに、AggregationEvent は単体では一階層の階層関係しか記述しないため、多階層の階層関係を想定する場合、全ての子の個体識別子について同じ処理を再帰的に実行する必要がある。

*1 action 値が OBSERVE の AggregationEvent は観測が完全である事を保障しないので、完全な階層関係の情報を得ようとする場合には参考にはできない。

集合自動認識の三つ目の機能である「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」においても、存在すべきモノの個体識別子の一覧を得るにあたり、上述したような機能が必要となる場面が想定される。

このような機能は、当然、モノ・コトの情報を利用するアプリケーションがそれぞれに実装すれば実現できる。しかし、これらは単一のアプリケーションからのみ使われる特化された機能ではなく、複数のアプリケーションで汎用的に利用可能であると考えられる。そのような機能を個々のアプリケーションで別個に実装することは非効率的である。また、これらの機能を各アプリケーションが実装することは、情報収集・共有基盤と各アプリケーション間での通信量・回数が増えるなどの理由から、処理に必要な時間を増大させる可能性がある。

3.1.2.2 EPCIS アダプタ

前節で述べた問題点を解決するために、本研究で構築する情報基盤では EPCIS に付加的な機能を必要に応じて追加する「EPCIS アダプタ」を導入する。EPCIS アダプタは、EPCIS Capturing application と EPCIS Capture interface との間（Capture アダプタ）、及び EPCIS Accessing application と EPCIS Query interface との間（Query アダプタ）に位置し、各アプリケーションからの要求に応じて必要な付加的な処理を行いその結果を返す。汎用的に利用されうる付加機能を EPCIS アダプタが代行する事により、個々の Capturing application・Accessing application の実装の負担を低減する事ができ、また、付加機能の種類によっては処理に必要な時間の短縮が期待できる。

EPCIS アダプタが実行する付加的な処理については、「前節で述べた機能の他にも様々な付加機能が必要とされうる」「アプリケーションによって必要とする付加機能が異なる」「一つの付加機能が複数のアプリケーションから共用されうる」という三点の特徴が挙げられる。これらの特徴に対応し、EPCIS アダプタは下記の要件を満たすように設計する。

1. 複数のアプリケーションから汎用的に用いる事のできるよう、付加機能の種類によらず可能な限り共通的なインタフェースを持つ。
2. アプリケーションから付加機能を利用する際に、どの付加機能を用いるのかを選択できる。

一つ目の要件は、Capture アダプタと Query アダプタでそれぞれ EPCIS Capture interface・Query interface と同一のインタフェースを標準的なインタフェースとして採用する事で解決できる。アダプタを介さない EPCIS への直接アクセスも行われると考えれば、そのためのプログラムとも共用可能にするという点でも、EPCIS の標準的なインタフェースに準じたインタフェースの提供が有効である。ただし、クラスレベル情報と連携させる場合など、EPCIS の標準的なインタフェースで表現しきれない情報を扱う場合も考えられ、そのような場合は独自のインタフェースを用いるか、または EPCIS の標準インタフェースを拡張して用いる。

二つ目の要件は、EPCIS に準じたインタフェースを EPCIS アダプタに採用することを踏まえて以下のように充足することができる。

- EPCIS の標準インタフェースは、実際に情報を送受する際の通信プロトコルに HTTP (Capture interface は XML/HTTP・Query interface は SOAP/HTTP) を採用している。そこで、個々の付加機能を実装した EPCIS アダプタ毎にエンドポイントの URL を異なるものにする事でそれぞれの機能を区別できる。
- EPCIS Query interface については、EPCIS Accessing application から問い合わせを行う際に引数 *queryName* を指定する。*queryName* は、EPCIS リポジトリに記録されている情報に対してどのような検索を行うのか指定するものであり、リスト 3.1 に示す単純な問い合わせの例で用いられている値 `SimpleEventQuery` は EPCIS の標準的なイベント検索を行う事を意味している。この引数を個々の付加機能を実装し

リスト 3.1 EPCIS query interface に対する単純な問い合わせ例

```
<?xml version="1.0"?>
<soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <soap:Body>
    <ns3:Poll xmlns:ns2="http://www.unece.org/cefact/namespaces/
      StandardBusinessDocumentHeader" xmlns:ns3="urn:epcglobal:epcis-query:xsd:1"
      xmlns:ns4="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:ns5="urn:epcglobal:epcis-
      masterdata:xsd:1">
      <queryName>SimpleEventQuery</queryName>
      <params></params>
    </ns3:Poll>
  </soap:Body>
</soap:Envelope>
```

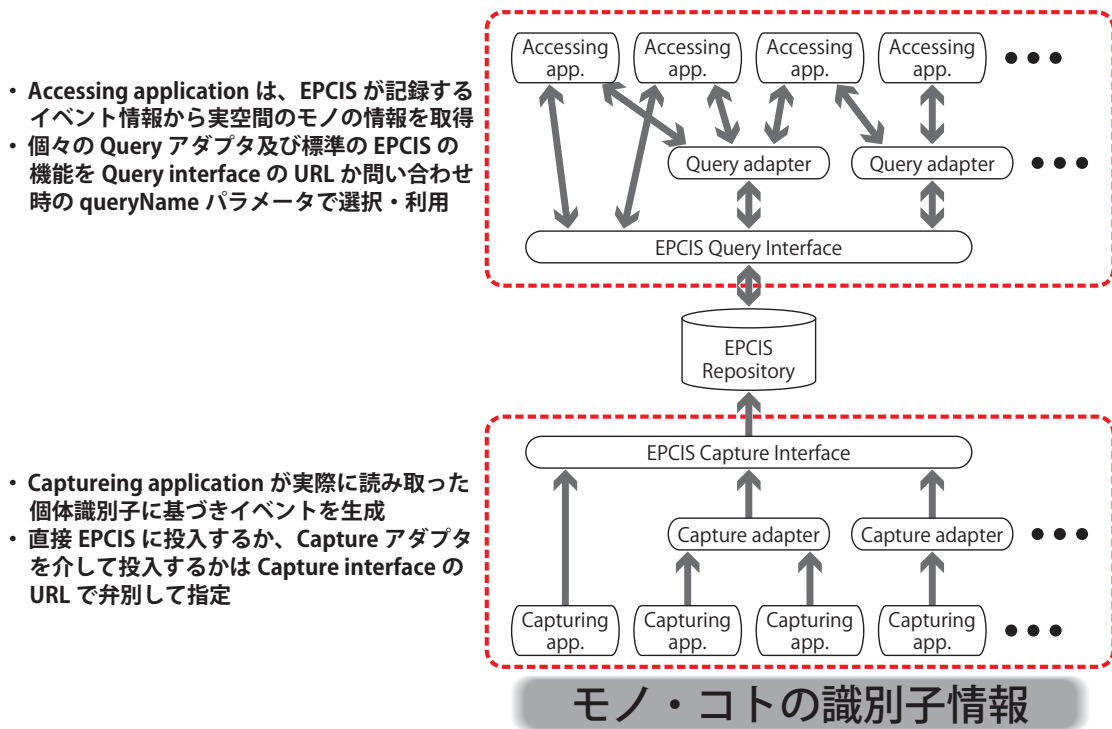


図 3.4 EPCIS と EPCIS アダプタから構成される実空間情報収集・共有基盤

た Query アダプタ毎に変更する事でそれぞれの機能を区別できる。

以上を踏まえ、EPCIS とその機能を拡張する EPCIS アダプタの組み合わせで実現する実空間情報収集・共有基盤の概念図を図 3.4 に示す。識別子情報を読み取って EPCIS イベ

ントを生成する Capturing application は、複数の Capture アダプタから利用するアダプタを選択してイベントを投入する。アダプタを介さない EPCIS の Capture interface に対する直接のイベント投入も可能である。Accessing application についても同様に、利用する Query アダプタを選択するか、もしくは EPCIS の Query interface に直接問い合わせを行って、EPCIS に蓄積された実空間のモノ・コトの情報を検索・取得する。EPCIS アダプタの実装・導入はそれぞれのアダプタ機能ごとに分けて行うことで、必要なアダプタ機能を選択して導入でき、またそれぞれの機能ごとの再利用性が高まる。

3.2 実プロジェクトにおける実装と評価

3.2.1 EPCIS showcase

3.2.1.1 プロジェクト概要

EPCIS showcase は、EPCIS を中心とした個体識別システムの紹介事例・テストベッドを構築する事を目的として一般財団法人流通システム開発センター*2が主宰し実施されたプロジェクトである。本プロジェクトでは実際の生産者に協力いただき、個体識別子による商品管理・配送過程管理に基づく農産品の直販システムを構築した。消費者は電子商取引のシステムから農産品を注文でき、その注文に対応して発送された農産品の配送状況・履歴を確認できる他、個々の農産品に付与されている個体識別子を元にその農産品の食べ頃などの情報を取得できる。また、消費者から農産品に関する感想・フィードバックを送る事ができ、その農産品の個体識別子から紐づけられる収穫日や出荷日などの情報と合わせて生産者から確認できる。本システムの動作フローを図 3.5 に示し、以下で説明する。尚、本プロジェクトにおいて筆者は、以下のうち EPCIS と EPCIS アダプタから構成される実空間情報収集・

*2 流通システム開発センターは EPCIS を含む GS1 EPCglobal Architecture を標準化した標準化団体である GS1 の日本支部 (GS1 Japan) である。

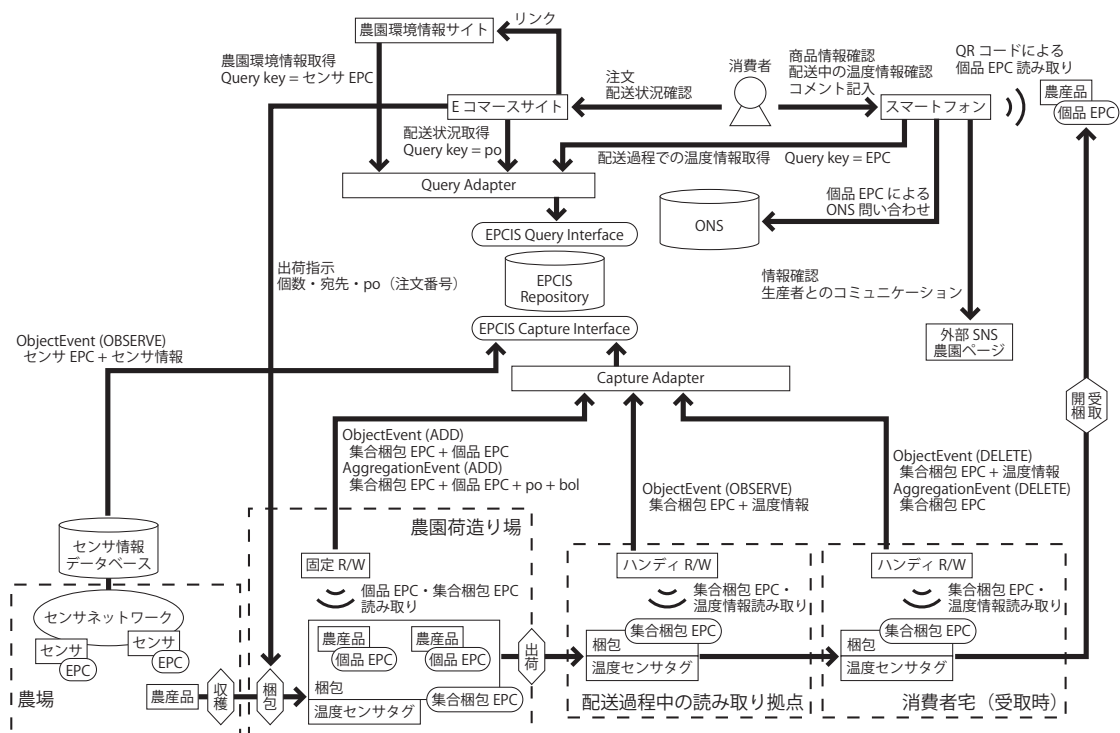


図 3.5 EPCIS showcase プロジェクトで構築した農産物直販システムの動作フロー

共有基盤の設計・構築、システムで利用する EPCIS イベント関連の語彙設計、及び農園荷造り場で用いる据え置き式のキャプチャ装置の開発を担当した。

収穫された商品は、電子商取引システムが発行する出荷指示書に従って梱包される。梱包の際、商品やその梱包に以下のように個体識別子を付与する。

- それぞれの商品に個体識別子として SGTIN を付与する。
- 配送用の梱包容器毎に、個々の梱包を識別するための個体識別子として、集合梱包を表す番号を採番した SGTIN を付与する。商品に加えて梱包にも個体識別子を付する理由は、開梱することができない配送過程において梱包内の商品の個体識別子を読み取らずにすませるためである。図 3.6 は、後述する本プロジェクトの実証実験において個々の商品と梱包に RF タグを用いて個体識別子を付与した様子である。RFID は見通し外での通信が可能であるとはいえ、商品の種類によっては水気が多いなどの理

Melon ID Tag (SGTIN)+QR code



Box ID Tag

Power ID (Temperature sensing)

図 3.6 商品単位と梱包単位での識別子・データキャリア付与

由から電波伝搬が悪影響を受けるため、商品のタグの位置によって読み取り性能が不安定になる。そのため、梱包が閉じられ中身を確認できない状況で全ての個体識別子を読み取ることは実質的に難しい。

上述の理由から、流通過程の情報の収集は主に梱包用の個体識別子によってなされる。対して商品に付与した個体識別子は、流通過程の情報を消費者が検索するためのキーとして用いる他、商品に対するサービス検索のために用いる。一つの梱包に対して複数個・複数種類の商品が関連づけられる可能性があるため、商品情報の表示や複数の圃場から商品が生産された圃場を特定するなどといった、商品の種類や個々の商品によって異なるサービスを生産者が提供できるようにするためには、サービス検索のキーとして個品毎に付与された個体識別子を用いる必要がある。

これらの個体識別子を用いて、配送過程の情報を EPCIS にイベントを登録して収集する。システム中、個体識別子を読み取る箇所それぞれで発行する EPCIS イベントは個々の商品毎の配送過程における時系列順に以下の通りである。それぞれ、図 3.5 における「農園荷造り場」「配送過程中的読み取り拠点」「消費者宅（受領時）」で発行する EPCIS イベントである。詳細なイベント定義は付録 B に掲載する。

1. まず生産地の出荷場で、梱包された商品に付された個体識別子を出荷場に設置した読み取り機で読み取り、出荷を表すイベントを EPCIS に登録する。ObjectEvent (*action=ADD*) で商品と梱包の個体識別子が EPCIS の管理下に入った事を示す。また、同時に発行する AggregationEvent (*action=ADD*) は、商品の個体識別子を梱包の個体識別子の子要素として関連づける。加えて、この AggregationEvent の *bizTransaction* の値として、電子商取引システムが採番する注文番号、及び配送業者が採番する伝票番号を記録する。
2. 配送過程中の拠点（集荷場など）において、梱包に付与された個体識別子を読み取り、この個体識別子を含む ObjectEvent (*action=OBSERVE*) を発行する。海外発送などにおいて配送業者が配送途中で切り替わる場合は、この ObjectEvent の *bizTransaction* の値として新しい配送業者の伝票番号を記録する。
3. 消費者宅に商品が到着し消費者が受領するタイミングで、梱包に付与された個体識別子を読み取り、この EPC を含む ObjectEvent (*action=DELETE*) と AggregationEvent (*action=DELETE*) を発行する。

上記の内容の具体的な実装方法は以下の通りである。まず、個体識別子を商品に実際に付するためのデータキャリアには、図 3.7 に示す UHF 帯 RF タグを内蔵した下げ札を用いた。これには RF タグの他にも、顧客がスマートフォンを用いて同一の識別子情報を得る事のできる QR コードを印字している。梱包容器の個体識別子も個々の商品と同様に、実データキャリアとしては UHF 帯 RF タグを用いて個体識別子を付与した。また、これによってモノに物理的に付与した個体識別子情報を読み取り、それに基づき上記の EPCIS イベントを生成してリポジトリに投入する EPCIS capturing application には、農園の出荷場で用いるための据え置き式のキャプチャ装置とそれ以外の場所で用いるための携帯式のキャプチャ装置を構築して用いた。図 3.8 は、このうち前者の据え置き式のキャプチャ装置である。農産



図 3.7 EPCIS showcase プロジェクトで用いた RF タグ内蔵下げ札



図 3.8 EPCIS showcase プロジェクトで構築した据え置き式キャプチャ装置

品を梱包した箱を載せるためのアクリル天板の下にアンテナを設置した RFID 読み取り機で商品と梱包に付された RF タグが記録する個体識別子を読み取り、読み取り機に接続された制御用 PC で読み取り結果に基づきイベントを生成・投入する。後者の携帯式のキャプチャ装置は、Bluetooth で接続して制御できる携帯用 RFID 読み取り機と、図 3.9 に示すこれを制御するスマートフォンアプリケーションによって構成されている。また、これらの装置が生成する EPCIS イベントを記録する EPCIS リポジトリにはオープンソースの EPCIS 実装である fosstrak[37] を使い、これに加えて Java サーブレットとして実装した EPCIS アダプタを同一サーバ上で運用した。

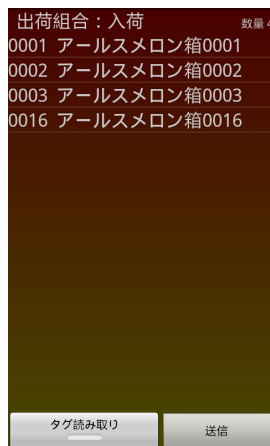


図 3.9 EPCIS showcase プロジェクトで構築した携帯式キャプチャ装置

以上の説明を踏まえ、本システムで EPCIS アダプタとして実装・導入した付加機能を以下に示す。これらの機能は、本プロジェクトの実証実験において正しく動作することを確認し、また一部について個々に評価を行っている。

3.2.1.2 本プロジェクトで構築した EPCIS アダプタ機能

■ *bizTransaction* による検索補助 (Query アダプタ) 電子商取引システムから、注文に対応して発送された商品の配送状況を確認する場面を考える。本プロジェクトで構築した情報システムにおいて、電子商取引システムには既製品 (IBM WebSphere Commerce[38]) を一部カスタマイズしたものを用いている。ここでは、電子商取引システムが独自に採番する注文番号によって個々の注文を管理している。そのため、商品の EPC のイベントとして保持されている配送過程中的情報を EPCIS から得るために、まずは該当する注文番号を *bizTransaction* の値として保持している *AggregationEvent* を検索する。このイベントが保持する梱包の EPC を使って再度検索する事で、該当する商品 (梱包) に関する全ての EPCIS イベントを得る。後は、検索結果のイベントを個々のイベントの発行時刻による時系列順に並べ、イベントの *bizLocation* の値を実際の地名や緯度経度などに対応づけて、該当の注文番号に対する商品の配送状況を表示する。また、ここで得られる EPCIS イベント

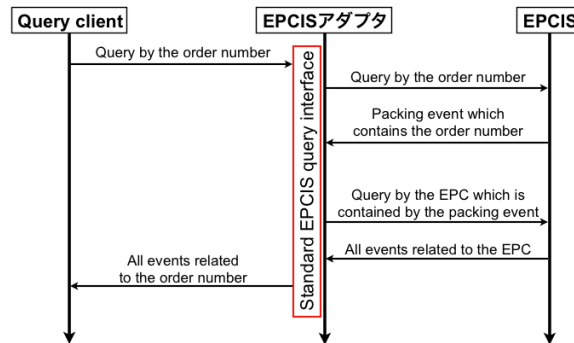


図 3.10 注文番号による問い合わせを処理する EPCIS アダプタのシーケンス

には配送業者が採番する配送番号等の情報も含まれており、注文に関連するモノ及び実体を持たない対象の情報がまとめて得られる。

図 3.10 は、以上に説明した注文番号に関わる物品の情報を記録した EPCIS イベントを検索する処理を代行する EPCIS アダプタの動作のシーケンス図である。二段階の問い合わせを EPCIS アダプタが代行する事により、問い合わせの起点である電子商取引システム側による EPCIS に対する問い合わせの負荷を軽減できる。

■多重登録の抑止 (Capture アダプタ) 本プロジェクトのシステムでは、一部の例外を除いて個々のモノについて各作業で行う EPCIS イベントの登録は一度ずつであるが、作業ミス等により同一の EPCIS イベントを複数回投入してしまう可能性が考えられる。例えば、同一の商品について生産地からの出荷を表す EPCIS イベントを複数回投入してしまうと、既に出荷された商品がもう一度出荷されたという記録になってしまう。このような EPCIS イベントの多重登録を抑止するためには、まず同一と判定されるイベントが既に記録されていないか検索し、記録されていなかった場合のみイベントを登録するという手順が必要となる。これは特定のシステムに限らず、自動認識を用いてイベント登録する際に必須の機能である。そこで、与えられた EPCIS イベントについて特定のフィールド群が全て一致する EPCIS イベントが既にリポジトリに記録されていないか確認し、多重登録でない場合は

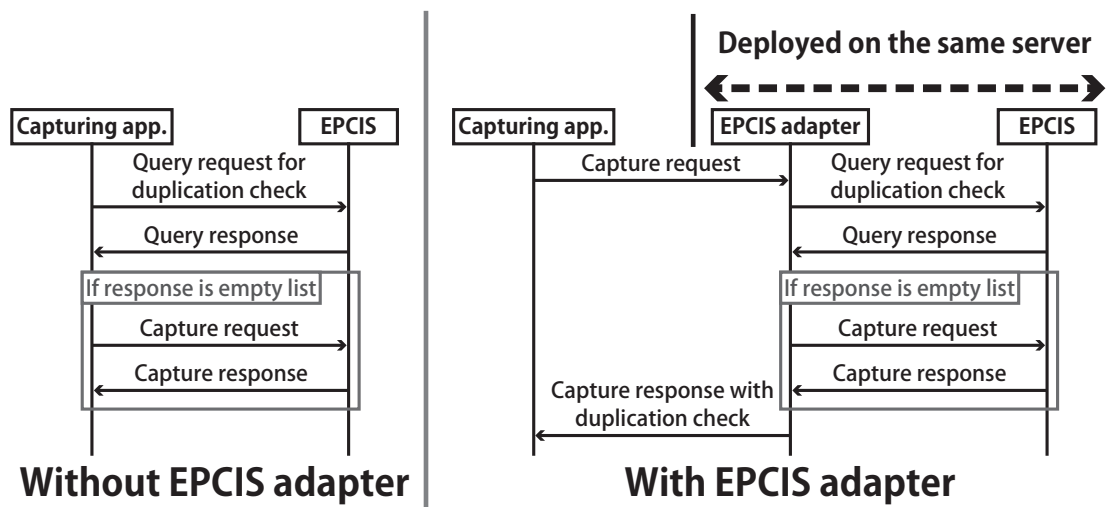


図 3.11 多重登録抑止アダプタ導入時・非導入時のイベント投入シーケンス

ポジトリに投入し、多重登録であればエラーを返す Capture アダプタを実装・導入した。多重登録を抑制しない EPCIS イベントについては、前節で述べた設計に従い EPCIS の標準の Capture interface を選択的に用いてリポジトリに投入している。

この Capture アダプタの機能を用いて、EPCIS アダプタの導入による EPCIS イベント投入に関わる処理時間の変化について評価実験を行った。Capturing application 自身が上記の多重登録の確認作業を行った上で EPCIS イベントを登録する場合と、この Capture アダプタを用いて同一の処理を代行させた場合とで、EPCIS イベントの投入が完了するまでに要した時間を計測した。この計測においては、Capturing application は研究室内の有線 LAN に接続した PC 上で実装・実行している。各 10 回の計測を行って得られた時間を平均した結果、EPCIS アダプタを用いない場合に一回の EPCIS イベント投入までに必要とした時間 1545.5 ミリ秒に対し、EPCIS アダプタを導入した場合には 157.1 ミリ秒と、約 10 分の 1 への処理時間の短縮が見られた。この処理時間の短縮は、図 3.11 に示す通り、ネットワークを介したトランザクション数を減じ、同一サーバ上で稼働している EPCIS と EPCIS アダプタとの通信で肩代わりしていることによるものと考えられる。一般的にも、共用される機能である EPCIS リポジトリ・EPCIS アダプタが同一サーバ・クラウド上に配置できる一

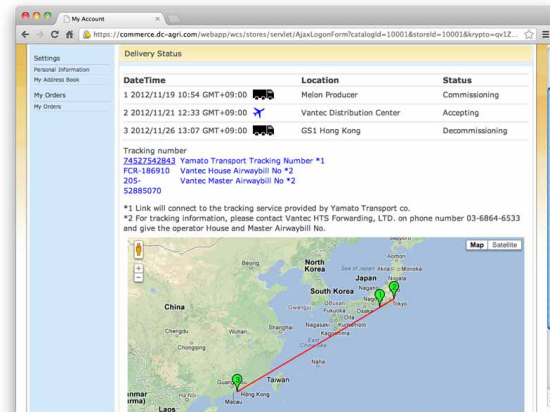


図 3.12 電子商取引システム上での注文番号に基づく配送状況追跡

方、データキャリアから識別子情報を収集する Capturing application がこれらとの通信に用いる回線は 3G 回線など比較的低速・高遅延である場合が考えられる。そのような場合には EPCIS アダプタの導入による処理時間の短縮効果はより顕著に現れるものと考えられる。

3.2.1.3 実証実験

本システムの実証実験を 2012 年に実施した。本実証実験では、メロン農家にご協力いただき、日本国内及び海外（香港）からの注文を受け付けた。図 3.12 は、生産者から香港の消費者までメロンが届くまでの配送過程の情報を電子商取引システム上で表示した画面である。配送過程において EPCIS イベントが発生した時刻・地点に加え、関連している配送業者の配送番号を表示している。これは先述した *bizTransaction* による検索補助を行う EPCIS アダプタを用いて得た情報を用いて表示されている。また本実証実験では、配送用の梱包容器毎に梱包容器の個体識別子を記録する RF タグの他に、周囲の温度を計測・記録するセンサ内蔵 RF タグを付し、配送過程での温度変化を計測している。この実証実験で配送状況可視化の対象としている商品は生鮮品であり、配送過程の温度情報は重要である。このセンサ内蔵 RF タグが計測する温度情報も配送過程での EPCIS イベント発行のタイミングで取得し、発行する EPCIS イベントに拡張要素として含み EPCIS リポジトリに記録している。

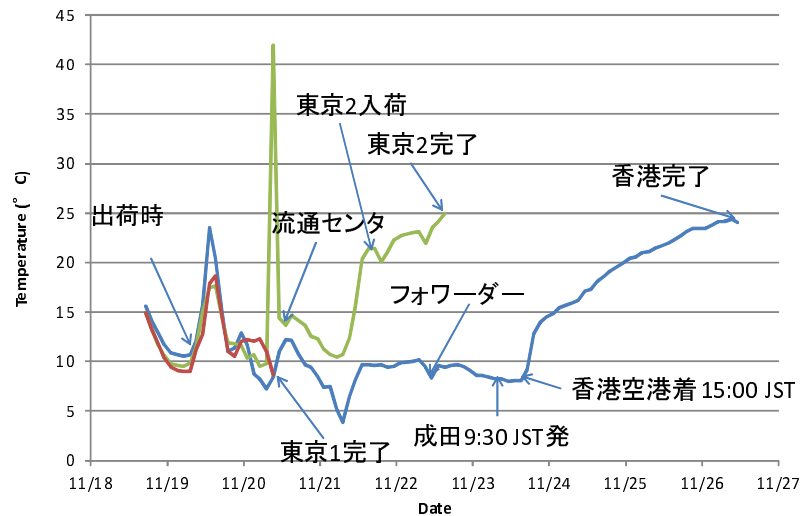


図 3.13 EPCIS showcase の商品配送過程における温度変化記録

この温度変化の履歴も配送過程情報取得と同時に得ることができる。図 3.13 は記録した温度変化履歴の例である。流通センター入庫前に一時的とはいえ高温になっている。消費者は、図 3.7 に示した個々の商品毎に付されている下げ札に印字された QR コードから、商品の個体識別子に基づき図 3.14 のような画面で配送過程の温度変化記録を参照できる。これらの機能が問題なく動作することをこの実証実験において確認し、上述したシステム設計の妥当性を検証することができた。

また 2015 年には、本プロジェクトで実装した基盤機能を用いて日本酒の国際物流の可視化を行う実証実験を実施した。この実証実験は、酒造メーカ二社にご協力いただき、日本からタイに輸出される日本酒の物流過程の可視化を行う情報システムを構築したものであり、基本的なシステム構成は 2012 年の実証実験と同様である。個体識別子を個々の商品（日本酒の瓶）や配送用梱包容器に付するためのデータキャリアには以前と同様に UHF 帯 RF タグを用いており、特に個品用の RF タグについては図 3.15 に示す開栓を検知する機能が付いた RF タグを用いている。この RF タグは、リーダライタとの通信に用いるアンテナの他に開栓検知のための回路を持っており、この回路が切断されたことを検知できる。酒瓶の封



図 3.14 EPCIS showcase の商品配送過程における温度変化の確認画面



図 3.15 EPCIS showcase 日本酒物流可視化で用いた開栓検知 RF タグ

が切れた時にこの回路が同時に切断されるように貼付することで、RF タグが記録する個体識別子に対応する酒瓶の封が切られていないかを確認できる。日本酒の国際物流において、



図 3.16 EPCIS showcase 日本酒物流可視化で構築した RFID 読み取り台車

配送過程で中身が差し替えられていないことを確認できることは重要であり、この RF タグを採用した。また、出荷元の酒造メーカで用いるキャプチャ装置については狭所での使用を考慮し、図 3.16 に示す可動する台車に RFID リーダライタや制御用コンピュータ・通信装置を搭載した装置を新たに構築して用いた。このように、物理的な装置やデータキャリアについては日本酒物流可視化向けに特化して再構築・再選定しているものの、本章で述べている情報収集・共有基盤やその基盤上に実装されているアプリケーションは 2012 年次に実装・構築したものをほぼそのまま用いており、実証実験でその動作を確認している。必要な機能に応じて用いるデータキャリアや読み取り装置を柔軟に変更できることは序論で述べた通り標準的な識別子体系・情報システムを用いる大きな利点の一つであり、本基盤においてその柔軟性が損なわれていないことを確認できる。

3.2.2 ふくろい e ネット

3.2.2.1 プロジェクト概要

ふくろい e ネットとは、総務省「ICT 街づくり推進事業」の一環として静岡県袋井市及び複数の企業との共同で実施されたプロジェクトで構築した、袋井市の地産品及び災害用備蓄品

の共同受発注・共同配送管理システムである。ふくろい e ねっとにおいても、本章で説明している EPCIS と EPCIS アダプタを組み合わせた実空間情報収集・共有基盤を中心にシステムを構築している。本プロジェクトにおいて筆者は、前述した EPCIS showcase プロジェクトで構築した実空間情報収集・共有基盤の導入・拡張及びシステムで利用する EPCIS イベント関連の語彙設計を担当した。

ふくろい e ねっとの特徴の一つは、本情報基盤が標準的な情報システムとして設計されていることを生かし、地産品の受発注・配送管理だけでなく、袋井市が保有する災害用備蓄品の在庫管理及び災害時の配送管理を行うためのアプリケーションも同一基盤上で実現していることである。これにより、情報システムを維持管理するためのコストを複数の用途で分散することができる。またシステム実装においても、異なるアプリケーション間で一部機能の再利用が可能になるという利点があり、特に識別子情報を情報システムに投入する Capturing application については、これら二つのアプリケーションで同一のものを用いている。これはシステムの利用者の視点からしても、平時利用（地産品管理・平時での災害用備蓄品の在庫管理）で使い慣れた機能そのままに災害時利用（災害用備蓄品の配送管理）に対応することができるという利点となる。

ふくろい e ねっとでは、個々の地産品や災害用備蓄品それぞれに個体識別子として SGTIN を付与し、またこれらをまとめて管理するための梱包容器にも SSCC (Serial Shipping Container Code) や GRAI (Global Returnable Asset Identifier) 等の EPC を個々に付与している。これらのモノの所在の変化（入荷・出荷等）や相互関係の変化（梱包・開梱等）などの場面で EPCIS イベントを生成し、EPCIS リポジトリに記録する。このとき、特に災害用備蓄品において、一つの EPC を付されたモノが内部的に数量情報を持つ場合がある（「100 枚入りのオムツのパック」等）ため、この数量情報も合わせて記録する。^{*3}ふくろい e

^{*3} ふくろい e ねっとは、3.1.1 項で紹介した EPCIS のバージョン 1.1 の一つ前のバージョンである 1.0.1 を元にしてシステム設計を行っており、数量情報の記録には QuantityEvent を用いている。1.1 以降のバージョンで再設計することを考えた場合、これの代替である QuantityElement を用いることが考えられる。



図 3.17 ふくろい e ネットで用いた EPC バーコードラベル

ネットで用いる EPCIS イベントの詳細は付録 C に掲載する。在庫管理や配送管理などのアプリケーションは、EPCIS リポジトリに蓄積されたこれらの EPCIS イベントを元に実空間の情報を得る。

上記の内容の具体的な実装方法は以下の通りである。個々のモノに個体識別子 EPC を実際に付するためのデータキャリアには、折畳みコンテナなどの再利用可能資源については UHF 帯 RF タグを用い、それ以外のものには EPC を符号化した GS1-128 形式のバーコードを印刷したラベルを用いた。図 3.17 は、ダンボール容器に貼付されたバーコードラベルの例である。データキャリアから識別子を読み取り、それに基づいて EPCIS イベントを生成する Capturing application は、RFID とバーコード両方の読み取り機を搭載した携帯端末（図 3.18）に制御プログラムを組み込んで構築している。Capturing application から投入される EPCIS イベントを蓄積する EPCIS リポジトリは、地産品に関わる EPCIS イベントを収集するリポジトリと災害用備蓄品に関わる EPCIS イベントを収集するリポジトリの二つを設置して用いた。それぞれの EPCIS リポジトリについて、対応する標準の Capture interface 及び Query interface に加え、EPCIS showcase プロジェクトで構築した EPCIS アダプタの付加機能を導入している。またこれに加え、ふくろい e ネットのシステムでは「EPC-非 EPC 連携アダプタ」及び「階層関係リゾルバ」の二つのアダプタ機能を新



図 3.18 ふくろい e ねっとで用いた携帯式 RFID・バーコード読み取り端末

たに構築・導入している。EPCIS リポジトリには EPCIS showcase プロジェクトと同様に fosstrak を使い、EPCIS アダプタは Java サブレットとして実装し、同一のサーバ上で運用している。図 3.19 に、以上に説明したシステム構成要素に実空間情報を利用するアプリケーションを加えたシステム構成図を示す。このうち、ふくろい e ねっとで新たに構築・導入した EPCIS アダプタの内容について以下で説明する。ここまで説明していない図 3.19 中「物品 (EPC) マスタデータ」についても併せて説明する。

上述したふくろい e ねっとのシステムは、実証実験を兼ねて袋井市で実施した災害用備蓄品配送の訓練で問題なく動作することを確認し、また一部の EPCIS アダプタ機能について個別性能評価を行った。

3.2.2.2 本プロジェクトで構築した EPCIS アダプタ機能

■EPC と非個体識別子システムの連携 (Query アダプタ) 地産品にしる災害用備蓄品にしる、個体識別子を用いて個々に識別されるだけでなく、SKU でのクラスレベル識別も必要とされる。ふくろい e ねっとで個々のモノに付している個体識別子 SGTIN は、1.1.3 項で紹介した通り、クラスレベル識別子である GTIN の情報を内包しているが、ふくろい e ねっとに限らず SKU は必ずしも GTIN とは一致しない。例として袋井市の地産品の中でも特に有名

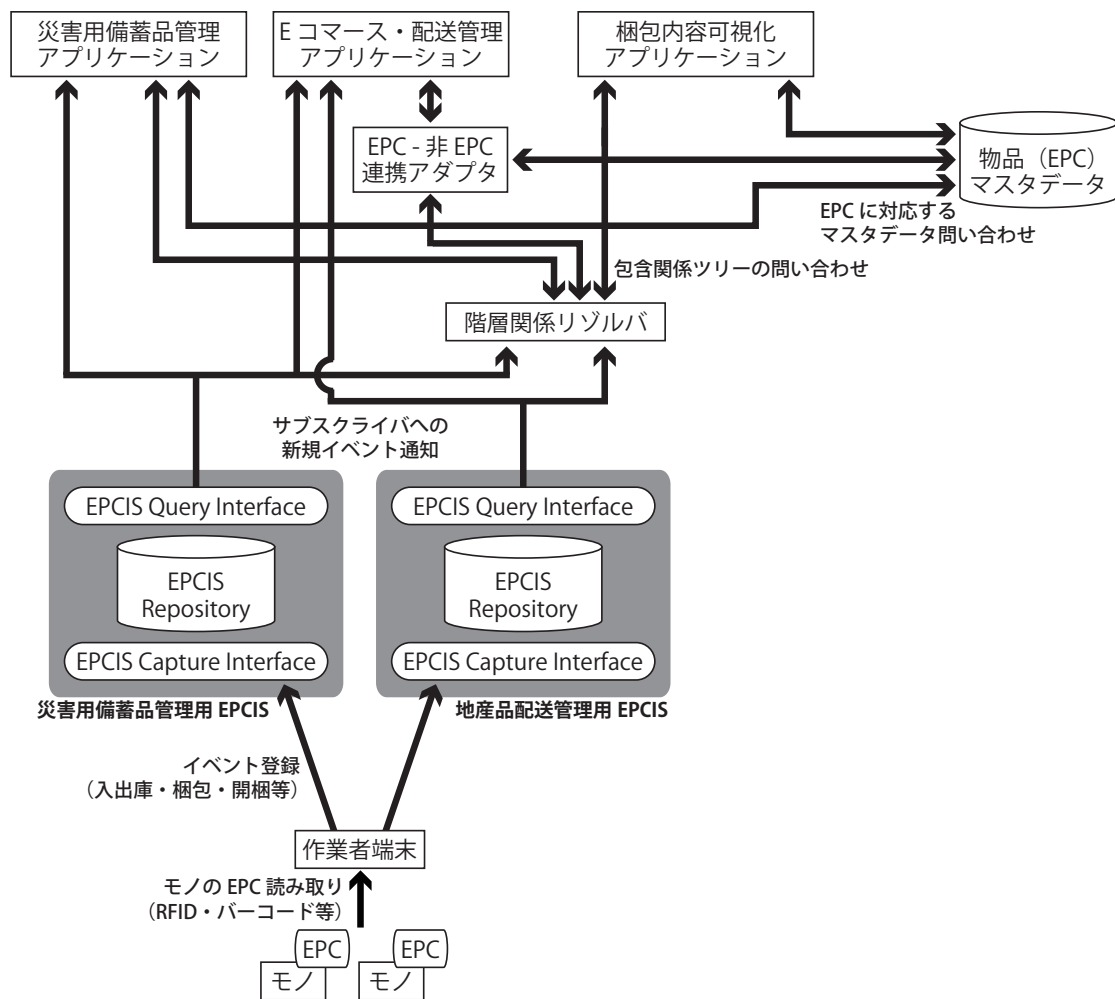


図 3.19 ふくろい e ネットの識別子情報収集・共有基盤とアプリケーションの構成

であるメロンを考えると、「アールスメロン」という SKU に対して実際の生産者は複数存在する。すると、図 3.20 に例を示すように、SKU 番号対 GTIN の関係性は一对多となる場合が考えられる。他にも、災害用備蓄品の例を考えれば、「水が欲しい」というときに個々のブランド・商品までを弁別する GTIN によるクラス識別は不要であり、「水」というカテゴリに該当すれば何であっても構わない。

そこで、ふくろい e ネットのシステムでは、EPC に対して個々に対応する SKU 番号を保持するデータベースを EPCIS リポジトリとは別に設置している。これは先に掲載した図 3.19 中における「物品 (EPC) マスタデータ」に相当する。EPC を付したものに対する観測

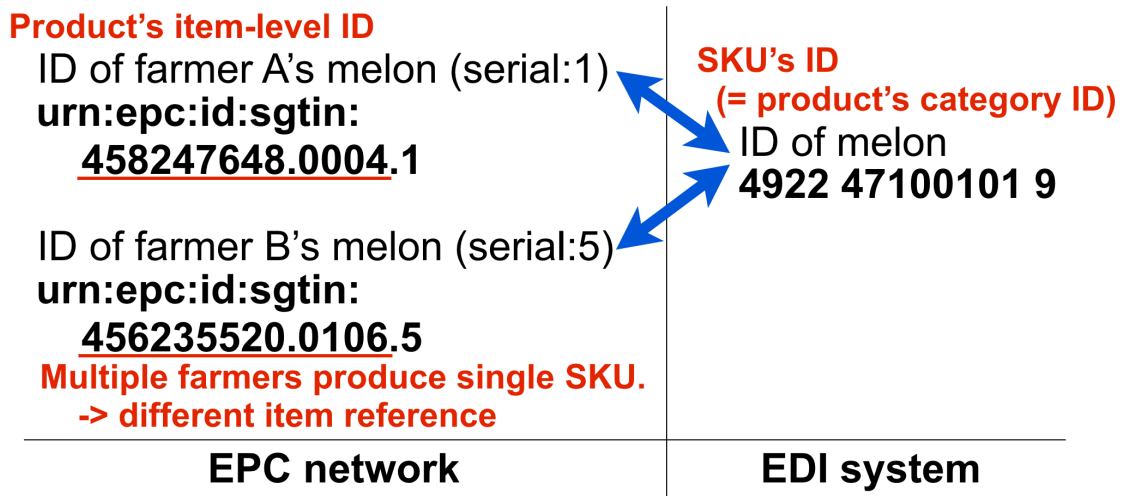


図 3.20 個体識別子 EPC と SKU 番号 (クラスレベル識別子) の対応例

や操作などといった動的な記録を EPCIS イベントとして記録する EPCIS リポジトリに対し、このマスタデータベースには SKU 番号の他にも物品の名称など、モノに関わる静的な情報を記録している。SKU 番号を用いる EDI などのアプリケーションも、モノに付された EPC をキーにマスタデータベースを検索することで、EPC に基づいて記録される EPCIS イベントから実空間の状態を把握できる。ただし、先述の通りふくろい e ねっとでは梱包容器等にも EPC を付しており、EPC 単体だけではそれが個々の地産品・災害用備蓄品に付されたものなのか梱包容器に付されたものなのか区別できない場合がある。そのため、対象とする EPC についてまず階層関係の親になっていないかを確認し、親でない場合には直接マスタデータベースを検索する、親である場合には子として含んでいる EPC を全て取得してからマスタデータベースを検索し、SKU 毎に数量情報を累計する、という処理が必要になる。図 3.19 中における「EPC-非 EPC 連携アダプタ」はこの処理を代行する EPCIS アダプタである。尚、階層関係の確認を行う具体的な処理については次節で説明するモノの階層関係ツリーの高速取得を実現する別の EPCIS アダプタに依存している。

■モノの階層関係ツリーの高速取得 (Query アダプタ) これは、AggregationEvent によって EPCIS リポジトリに記録されるモノの階層関係に関わる情報を集計・分析して現状のモノの階層関係ツリーを得るための処理の負荷を低減する EPCIS アダプタである。EPC を付されたモノについて問い合わせ時点での階層関係の現状を調べることは、前節で述べた EPC-非 EPC 連携アダプタにおける必要性の他にも、梱包単位でのモノの所在の把握や棚卸しなど、様々な場面で必要になる。ふくろい e ねっとのシステムでは、この処理を代行するアダプタを AggregationTracker の名前で構築・導入した。図 3.19 中における「階層関係リゾルバ」に相当する。

問い合わせ時点での階層関係ツリーの取得処理は、問い合わせ対象の EPC に関わる階層関係の変更を表す AggregationEvent (*action* が ADD または DELETE) が新たに登録されていない限り、毎回の内容は全く同じであり、繰り返し行うことは非効率的である。階層関係の変更がある場合でも、その変更を意味する AggregationEvent が最後に加わるだけで、そこに至るまでの処理の内容は以前と変わらない。そこで AggregationTracker では、最新の階層関係の状態を EPCIS リポジトリとは別に内部で保持しておき、これをもって階層関係ツリーの取得問い合わせに返答することにより処理の高速化を図る。階層関係の変更を意味する AggregationEvent が新たに EPCIS リポジトリに投入された際には、当該イベントの情報に基づいて内部で保持している階層関係のキャッシュを更新すれば良い。図 3.21 は上記の AggregationTracker の動作のシーケンス図である。階層関係情報の更新と取得の二つの非同期なシーケンスに分かれている。詳細を以下に説明する。

AggregationTracker は図 3.1 に示した二種類の EPCIS からの情報取得法のうち subscribe を用い、対象とする EPCIS に新規に登録される EPCIS イベントを購読する。新規 EPCIS イベントの登録通知を EPCIS リポジトリから受けるために EPCIS Query callback interface を実装し、このインタフェースからモノの階層関係に対する変更を意味する EPCIS イベントを受けた際に内部のデータベースを更新する。Query callback interface を実装し

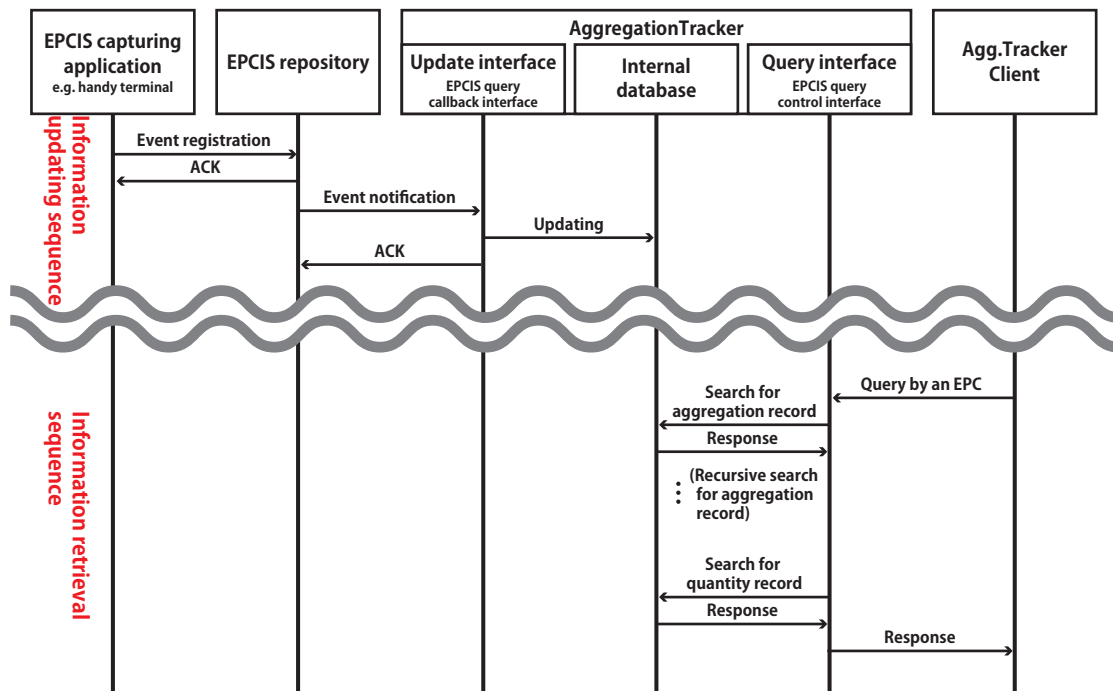


図 3.21 AggregationTracker 及び関連サブシステムの動作シーケンス

た単一のエンドポイントで複数の EPCIS リポジトリからの通知を受けることができ、ふくろい e ねっとへの導入では地産品用と災害用備蓄品用の両方の EPCIS リポジトリからの通知を一つの AggregationTracker で受けている。この形態により、対象とする個体識別子に関するイベントを記録している EPCIS の所在を関知せずに AggregationTracker を参照できる。各種アプリケーションからの問い合わせを受けるためのインタフェースは EPCIS Query interface (Query control interface) を実装し、標準の EPCIS と同一のインタフェースを提供する。リスト 3.2 に示すように、*queryName* パラメータに標準の *SimpleEventQuery* ではなく *AggregationTrackQuery* を指定することで、標準の Query interface と区別する。このインタフェースから問い合わせを受けると、内部データベースを参照して問い合わせ時点での最新の階層関係ツリーを構築し、問い合わせ元に返却する。

ふくろい e ねっとに導入した AggregationTracker では、内部データベースはリレーショナルデータベースとして設計し、実際の RDBMS には MySQL を用いて実装した。図 3.22

リスト 3.2 AggregationTracker に対する問い合わせ例（親から子方向の検索）

```

<soap:Envelope xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
  <soap:Body>
    <ns3:Poll xmlns:ns2="http://www.unece.org/cefact/namespaces/
      StandardBusinessDocumentHeader" xmlns:ns3="urn:epcglobal:epcis-query:xsd:1"
      xmlns:ns4="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:ns5="urn:epcglobal:epcis-
      masterdata:xsd:1">
      <queryName>AggregationTrackQuery</queryName>
      <params>
        <param>
          <name>MATCH_anyEPC</name>
          <value xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:type="
            ns3:ArrayOfString">
            <string>urn:epc:id:sgtin:457122707.1059.1</string>
          </value>
        </param>
      </params>
    </ns3:Poll>
  </soap:Body>
</soap:Envelope>

```

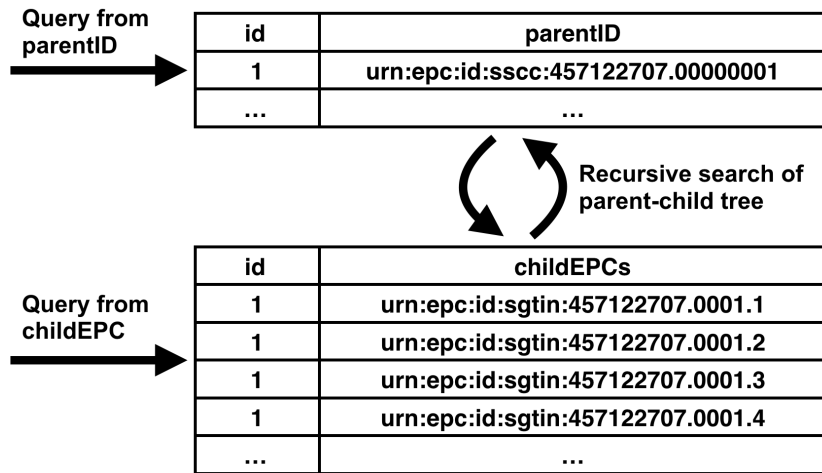


図 3.22 AggregationTracker 内部データベースの構造概略

にこのリレーショナルデータベースの構造の概略を示す。単階層の親の個体識別子ごとに数値型の ID を紐づけたテーブルと、この ID に対応する子の個体識別子群を紐づけるテーブルの二つのテーブルから構成される。これら二つのテーブルを相互再帰的に辿ることで、多階層にわたる階層関係の情報を直接得ることができる。また、階層関係の親から子方向への

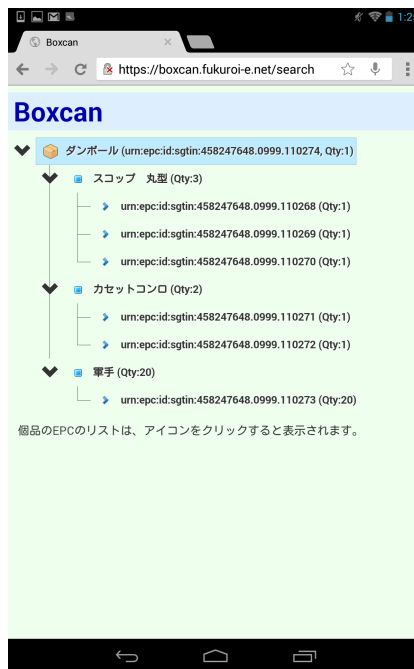


図 3.23 梱包内容可視化アプリケーション Boxcan

検索（「箱の中身を調べる」など）だけでなく、子から親への検索（「収納されている箱を調べる」など）も可能である。尚、AggregationTracker の設計で重要な部分は現状の階層関係の情報をキャッシュしておくことであって、内部データベースの形態はこの実装の方式に限定されない。

AggregationTracker の機能・性能の評価について述べる。図 3.19 に示される通り、AggregationTracker はふくろい e ネットに含まれる複数のアプリケーションから利用されており、システム全体の実証実験を通じ機能面での問題ない動作を確認できている。図 3.23 は、図 3.19 中における「梱包内容可視化アプリケーション」のスクリーンショットである。スマートフォン等でバーコードにエンコードされた梱包の EPC を読み取って問い合わせを実行すると、AggregationTracker から得られる情報と先述のマスターデータベースから得られる情報を合わせて図 3.23 のように梱包内容の構成を表示する。複数の梱包がある中から目的のモノを探す補助などといった用途を想定したアプリケーションである。

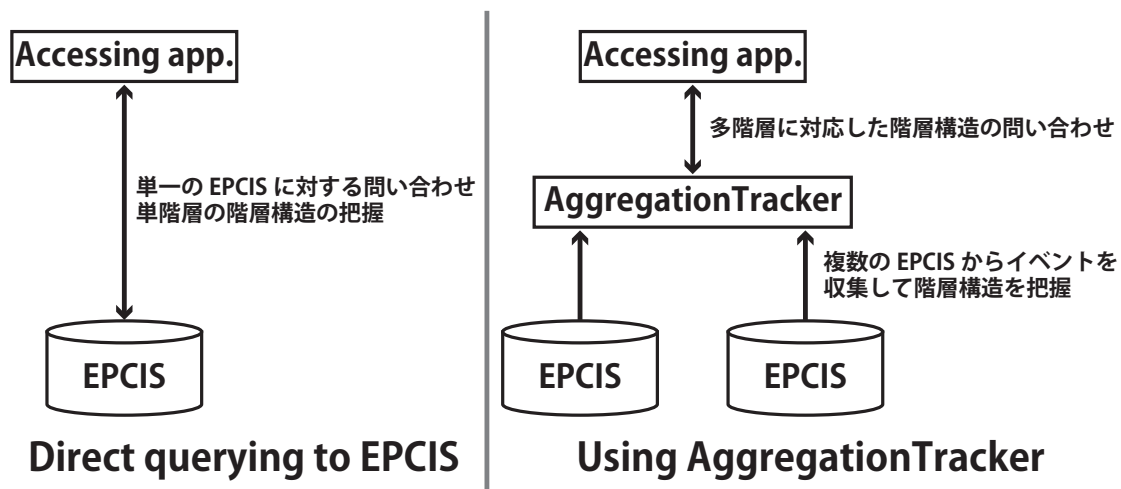


図 3.24 AggregationTracker の性能評価に関わるシステム構成

また、AggregationTracker を用いる事によって EPCIS リポジトリに対する直接の問い合わせ手続きと比べて高速にモノの階層関係の情報を取得できる事を実験により検証した。ふくろい e ねっとのシステムの運用における実データが蓄積された EPCIS リポジトリと AggregationTracker を用いて、ある EPC について階層関係の情報を取得する時間を EPCIS リポジトリに対する直接問い合わせ手続きの場合と AggregationTracker を利用した場合とで計測・比較した。対象とした EPC には、梱包容器に付されており、その子にあたる EPC が全て個品に付された（子を持っていない）もの、すなわち全体として単階層の階層関係ツリーを構成しているものを選択した。この実験に関わるシステムの構成を図 3.24 に示す。図に示している通り、この比較に用いる直接問い合わせの手続きは単一の EPCIS リポジトリに記録された単階層の階層関係ツリーを想定したものであり、この点で複数の EPCIS リポジトリから情報を収集でき、かつ多階層の階層関係ツリーに対応している AggregationTracker にとって不利な比較である。この計測を直接問い合わせ手続き・AggregationTracker 利用のそれぞれについて 100 回ずつ行った際の必要時間の分布を図 3.25 に示す。これを見ると、AggregationTracker の利用により EPCIS リポジトリに対する直接問い合わせ手続きを適用するよりも高速な階層関係ツリーの取得が可能であ

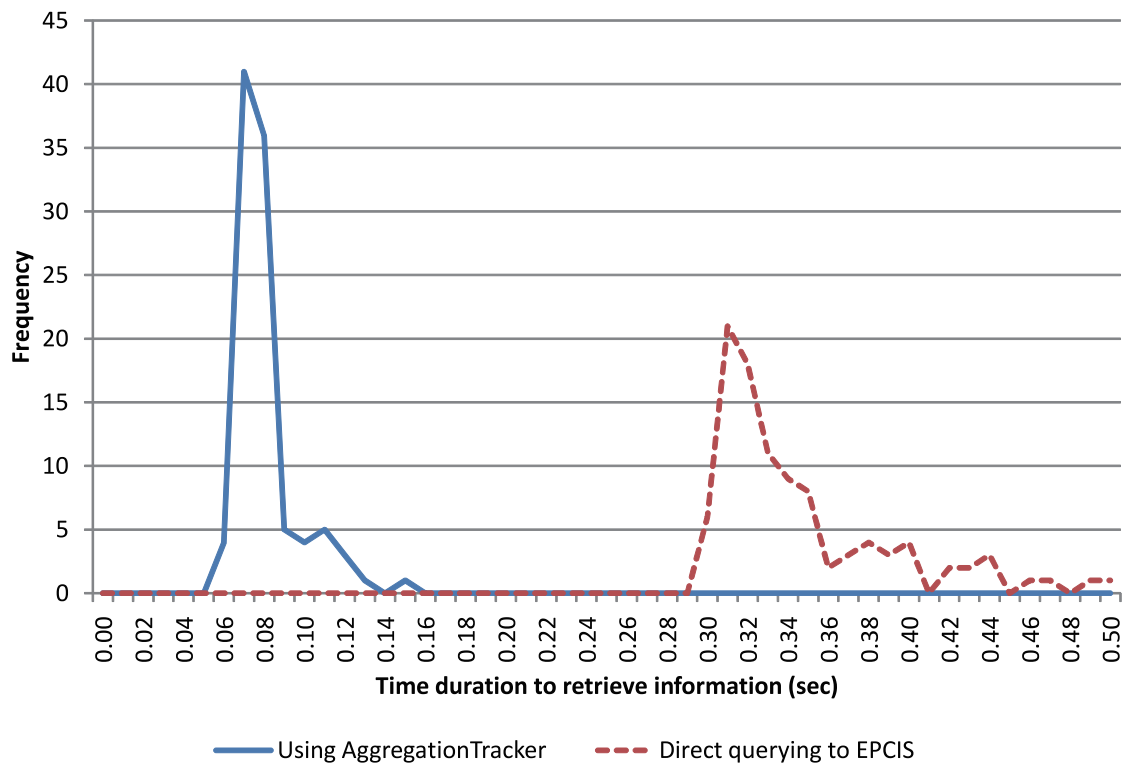


図 3.25 EPC の階層関係ツリー取得にかかった時間の比較

る。必要時間を平均すると、直接問い合わせ手続きによる場合は 0.34 秒の時間がかかる所、AggregationTracker を用いた場合は 0.07 秒で情報を取得できており、約 5 倍の高速化を実現している。先述の通り今回の計測に用いた直接問い合わせの手続きは機能が簡略なものであり、AggregationTracker と等価な機能を実現する場合には今回測定された以上の時間が必要となる。また、EPCIS リポジトリに登録されている EPCIS イベントの件数が増えると、EPCIS イベントの検索やその結果の処理に必要な時間がより増大すると考えられるため、AggregationTracker の速度面の優位性がより顕著に現れると予想される。

3.2.2.3 実証実験

本プロジェクトの実証実験として、2013 年 3 月及び 2014 年 3 月に袋井市にて、災害発生時を想定した支援物資の要請・配送を行う防災訓練を実施した。この防災訓練では、二箇所

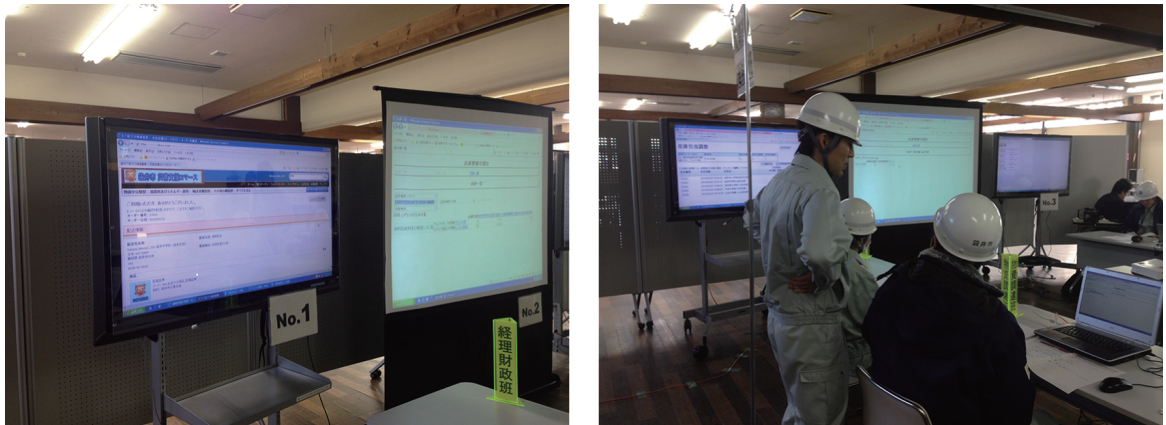


図 3.26 ふくろい e ネットによる支援物資配送訓練：物資要請への割り当て決定

の避難所（袋井支部・袋井北支部）から支援物資の要請を発し、これに応じて災害対策本部（袋井市役所）で該当する支援物資を確保・発送して避難所で受領するまでの流れを、袋井市の実際の災害用備蓄品に個体識別子を付与して用い実施・検証した。支援物資の要請は、平時は地産品の電子商取引のために用いているシステムを転用して行う。電子商取引システムから支援物資の発注を受けると、災害対策本部で受注状態と在庫状況を勘案して各避難所への支援物資の割り当て方針を決定する。図 3.26 はこの様子である。要請に対して支援物資の割り当て量が不足する分は電子商取引システム上でバックオーダーとして残し、割り当て分について物資の集積所（市役所駐車場）に発送の指示が送られる。図 3.27 は、集積所で確認する発送指示画面のスクリーンショットである。発送指示では、SKU+ 数量レベルの情報による発送すべき物資の指定に加え、個体識別子に基づいて収集した情報によって把握されているモノの所在情報を基に、対応する物資を集積所のどこから集めてくれば良いのかまでを指示する。集積所では、この発送指示に対応して実際に発送する物資について個体識別子を読み取り、個体識別子に基づく発送の実績を意味する新たな EPCIS イベントを発行する。また、発送された物資を受け取った避難所でも、受け取った物資に付された個体識別子に基づいて受領を意味する新たな EPCIS イベントを発行することで、物資の配送が完了したことを確認できる。防災訓練において以上の物資配送の流れが問題なく動作することを確認

状態	オーダー	倉庫-種	商品分類	数量
未処理	37030	D-2 災害時集積所D-2	医薬品等	1
2014/09/30 19:57:12				
未処理	37031	D-2 災害時集積所D-2	医薬品等	1
2014/09/30 19:57:12				
未処理	37032	D-4 災害時集積所D-4	お弁当	40
2014/09/30 19:57:12				
未処理	37032	D-4 災害時集積所D-4	お茶ペットボトル	40
2014/09/30 19:57:12				
未処理	37035	D-4 災害時集積所D-4	お弁当	45
2014/09/30 19:57:12				
未処理	37035	D-4 災害時集積所D-4	お茶ペットボトル	45
2014/09/30 19:57:12				
ピッキング済	37024	D-3 災害時集積所D-3	アルファ米	2
2014/09/30 19:57:12				
ピッキング済	37025	D-3 災害時集積所D-3	アルファ米	4
2014/09/30 19:57:12				
ピッキング済	37026	D-3 災害時集積所D-3	アルファ米	2
2014/09/30 19:57:12				
ピッキング済	37027	D-3 災害時集積所D-3	毛布	50
2014/09/30 19:57:12				

図 3.27 ふくろいeねっとによる支援物資配送訓練：集積所への発送指示

認し、これによりふくろいeねっとのシステム、またその基盤機能である本章で述べた情報収集・共有基盤の動作を検証することができた。

また、ふくろいeねっとのシステムは以降も継続して運用している。防災訓練で利用した物品以外も含め、袋井支部・袋井北支部の防災倉庫で保管されている災害用備蓄品には全て個体識別子を付与し、ふくろいeねっとのシステム管理下においている。その他の拠点に備蓄されている災害用備蓄品にも対象範囲を拡大しており、2016年9月末時点で個体識別子数で約5400点、在庫管理単位での数量で見ても約150000点の災害用備蓄品がふくろいeねっとのシステムに登録されている。図3.28は、ふくろいeねっとの管理下にある袋井市の災害用備蓄品の識別子単位での点数の推移を示したグラフである。また同時に、ふくろいeねっとのもう一つの目的である袋井市の地産品の共同受発注・共同配送についても、実証実験後も運用を継続している。図3.29は、バーコードラベルによってふくろいeねっとで扱うため

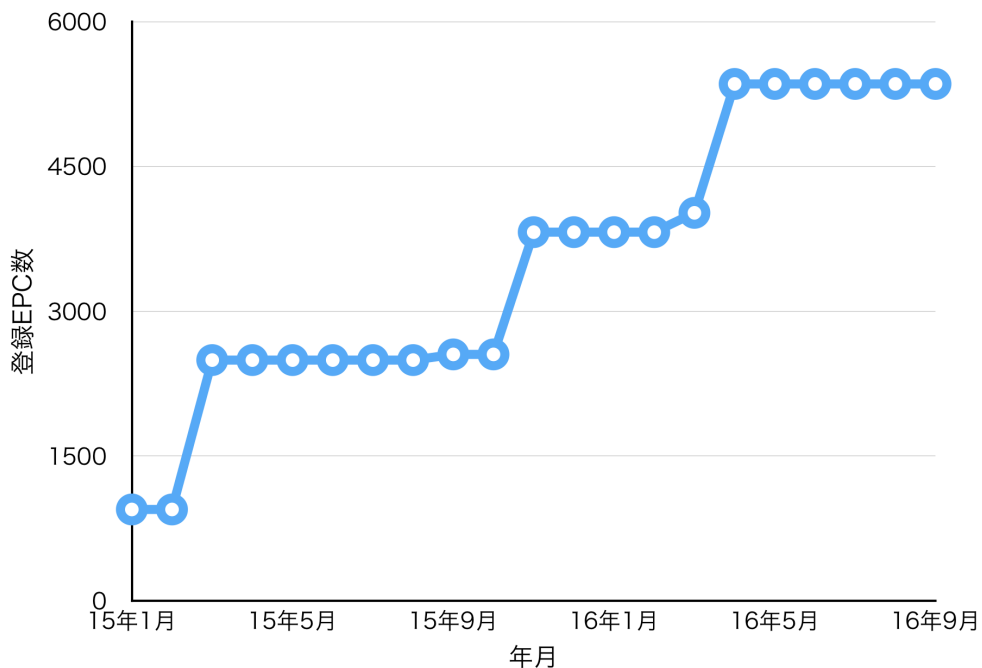


図 3.28 ふくろい e ネットで管理する災害用備蓄品点数（識別子単位）の推移



図 3.29 ふくろい e ネットで扱う地産品に貼付された EPC バーコードラベル

の個体識別子を付された地産品の例である。

3.3 本章のまとめ

個体識別子に基づく実空間の情報を収集するための標準化されたりポジトリサービスである EPCIS に基づき、EPCIS アダプタによってこれを拡張して構築する実空間情報収集・共有基盤の設計及び評価について述べた。序論で述べた集合自動認識機能を本基盤で提供するにあたり、標準で定められた機能で不足が生じる部分を EPCIS アダプタの導入により拡張

することで、標準元来の汎用性を損なわないままにこれを提供できる。この情報収集・共有基盤の設計を実際の個体識別システム構築プロジェクトにおいて導入し、プロジェクトで構築したシステムの実証試験等から本基盤が機能・性能的に問題なく動作することを確認した。また一部の機能を用いて行った性能検証により、EPCIS アダプタによる付加機能の導入がシステムのパフォーマンスの向上に繋がることを示した。

第4章

実データキャリアへの集合情報の付帯

本章では、序論にて述べた研究課題の二つ目である、実データキャリアへの集合情報の付帯について述べる。まず、前章で説明した集合自動認識を提供する情報システムがあるにもかかわらずオフラインで集合情報を扱う必要性を述べ、集合自動認識機能のうち「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」の機能についてオンライン環境に依存せずに実現する「グループ符号化」の理論を説明し、実データキャリアを用いた実験により本手法が実際に適用可能であることを示す。

4.1 データキャリアによる集合情報保持手法の必要性

本章では、前章で説明した情報収集・共有基盤に依存せずに行う必要がある集合自動認識の機能として、集合からのモノの欠落検知、また欠落がある時には欠落したものに關係する情報の特定を行う手法（ここでは、これらを総合して「集合の完全性検証」と表記する）について述べる。前章の情報基盤を用いれば、その集合に属しているべきモノの個体識別子一

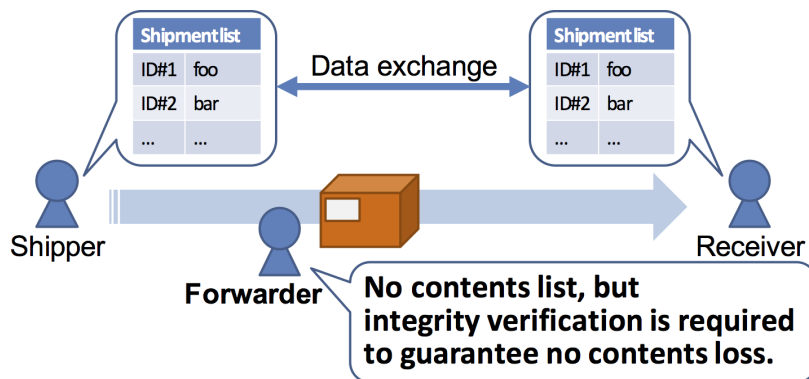


図 4.1 個体識別子一覧を取得できる主体と取得できない主体

覧を得ることなど造作もないことのように考えられる。存在すべき個体識別子の一覧が得られるのであれば、データキャリアから読み取ることのできた個体識別子群をこの一覧と突き合わせれば確実に欠落の検知や欠落識別子の特定を行うことができる。しかし、集合の完全性検証は情報システム内ではなく実空間で行われる作業であり、そこでは前章の情報収集・共有基盤にアクセスすることができない場合が考えられる。もっとも単純な場面は、情報システムにアクセスするためのネットワーク接続性がない場合である。また、ネットワーク接続性がある場合でも、誰でも存在すべき個体識別子の一覧が得られるわけではない。図 4.1 はそのような状況の一例である。この例には、荷主と配送業者、荷物の受取人の三者がモノに関わる主体として含まれている。このうち、もちろん荷主は荷物の内容物の一覧を保持しているし、受取人と荷主での内容物一覧の共有も現実的であろう。これに対し、一般的に配送業者は荷物の内容物一覧を参照できないが、配送業者の視点からしても盗難の防止等の目的から集合の完全性検証は有効である。

そのような場合には、データキャリアに集合の情報を保持させ、データキャリアから得られる情報のみにより集合の完全性検証を行う手法が有効である。しかし、個々のモノが個体識別子に基づいて認識されると考えると、その集合の情報をデータキャリア上で表現することは容易ではない。例えば、100 個のモノからなる集合を考えた時、それぞれのデータキャ

リアに自身以外の 99 個の個体識別子も全て記録させておけば集合から欠落した識別子を特定できるが、バーコードであれば貼付のための面積、RFID であれば RF タグのメモリ容量の制限などの問題から現実的ではない。

そこで本研究では、完全性検知のための集合情報をデータキャリアに保持させる手法として「グループ符号化」を提案する。この手法は、集合の完全性検証の問題に情報通信で用いられるパケットレベルの誤り検知符号・誤り訂正符号 [39, 40, 41, 42] との技術的類似性を見出して検討した。個々のモノに付された個体識別子を「パケット」として捉えると、これらの「情報パケット」から誤り検知・訂正符号で計算される「冗長パケット」を各データキャリアに保持させることで集合の完全性検証の問題を解決できそうである。本章の次節以降で、このグループ符号化手法の理論と評価について述べる。

4.2 グループ符号化：実データキャリアへの集合情報の付帯

4.2.1 グループ ID の導入

本手法では、グループ情報をデータキャリアに保持させるために「グループ ID」を導入する。グループ ID は、グループに属するモノに付与された個体識別子について個々に固定長のハッシュを取り、得られたハッシュのビット単位排他的論理和を計算することで得る。グループを構成する際に、対象とするグループに対してグループ ID を計算し、これをグループに属する識別子のデータキャリアに付加的に保持させておく。データの追加保持を前提としているため、データキャリアには RFID 等の電子デバイスが適している。既存のグループを読み取る際には、読み取られた識別子一覧に加えて、対応するデータキャリアが共通して保持しているグループ ID のみに基づいて集合からの識別子の欠落検知を行う。読み取られた個体識別子の集合に対して再度グループ ID を計算し、その結果とデータキャリアが保持していたグループ ID を比較して一致すれば、グループ構成時にグループ化の対象となった

```
T ← array of unique IDs collected by interrogator
H ← null array
for i = 1 to the number of T's elements do
    append the hash of i'th element of T to H
end for
g ← bit-by-bit XOR of all elements of H
write g to all RFID tags' memory
```

図 4.2 グループ ID によるグループの構成手続き

```
T ← array of unique IDs which have the same group ID
wg ← group ID written in user memory of these RFID tags
H ← null array
for i = 1 to the number of T's elements do
    append the hash of i'th element of T to H
end for
cg ← bit-by-bit XOR of all elements of H
if wg is equal to cg then
    verification OK (the integrity of the group is verified)
else
    verification NG (some RFID tags are missing)
end if
```

図 4.3 グループ ID によるグループの検証手続き

個体識別子が過不足なく存在しているといえる。この手法によるグループの構成及び検証の
手続きをそれぞれ図 4.2 及び図 4.3 に示す。

このグループ ID を用いたグループの完全性検証手法について、グループに属するモノが
実際には欠落しているにもかかわらず、全てのモノが存在していると検知してしまう false-
positive の発生確率について検討する。ビット単位排他的論理和の性質上、false-positive と
なる、すなわち、グループに属しているモノが一部損なわれているにも関わらず再計算され
たグループ ID が元のグループ ID と一致する場合は、損なわれたモノの個体識別子のハッ
シュについてビット単位排他的論理和を取った時にその結果が 0 となるときである。まず、

グループから一つのモノが欠落した場合に本手法による完全性検証が false-positive となるのは、このモノに付された個体識別子のハッシュ m_j について

$$m_j = \mathbf{0} \quad (4.1)$$

となる場合であり、式 4.1 の条件が満たされる確率 P_1 はハッシュのビット長を L として

$$P_1 = \frac{1}{2^L} \quad (4.2)$$

と表せられる。二つのモノが欠落した場合は、false-positive となる条件はハッシュ m_j と m_k について

$$m_j \oplus m_k = \mathbf{0} \quad (4.3)$$

である。ここで、 \oplus はビット単位排他的論理和を表す。ビット単位排他的論理和の性質上、式 4.3 は

$$m_j = m_k \quad (4.4)$$

と等価であり、この条件が満たされる確率 P_2 は

$$P_2 = \frac{1}{2^L} \quad (4.5)$$

である。さらに、三つのモノが欠落した時の false-positive の条件はハッシュ $m_j \cdot m_k \cdot m_l$ について

$$m_j \oplus m_k \oplus m_l = \mathbf{0} \quad (4.6)$$

すなわち

$$m_j = m_k \oplus m_l \quad (4.7)$$

となる場合であり、その確率 P_3 は

$$P_3 = \frac{1}{2^L} \quad (4.8)$$

となる。これらと同様に、 n 個のモノが欠落した際にグループ ID による完全性検証が false-positive となる確率 P_n は

$$P_n = \frac{1}{2^L} \quad (4.9)$$

と表すことができる。式 4.9 から明らかなように、false-positive の発生確率はグループ ID の計算に用いるハッシュのビット長 L を長くすることにより減少し、十分な長さの L を取ることによって実質的に無視できる。

この false-positive の発生確率について、数値シミュレーションによる検証を行った。ランダムに生成した 96 ビットの個体識別子を付されたモノを想定し、いくつかのモノがグループから欠落したものとして、損なわれた個体識別子のハッシュのビット単位排他的論理和が 0 となる、すなわち false-positive が発生する確率を計測する。欠落するモノの数が 2 個から 40 個の場合それぞれについて 1000 回の試行を行い、false-positive が発生した回数を記録した。このシミュレーションにおけるハッシュ関数には CRC-5[43] を用いている。CRC-5 で生成されるハッシュのビット長 L は 5 ビットであるから、false-positive の発生する確率は $\frac{1}{2^5} = \frac{1}{32}$ 、1000 回の試行中に発生する回数は平均 31.3 回であると予測される。図 4.4 にこの計測の結果を示す。計測された false-positive の発生回数は平均して 31.1 回であり、かつ欠落したモノの個数との相関は見られない。この結果は予測に合致しているといえる。

4.2.2 サブグループ分割による欠落識別子数推定

前節で説明したグループ ID を用いることにより、単一のグループについてそのグループに属するモノが過不足なく存在するか否かを検証できる。さらに、一つのグループを複数の論理的なサブグループに分割し、個々のサブグループについてグループ ID による完全性検証を行った結果を組み合わせることで、グループ全体の成否だけでなく欠落したモノの識別子に関わる情報を得られそうである。本節では、この考え方に基づきグループ全体から欠落

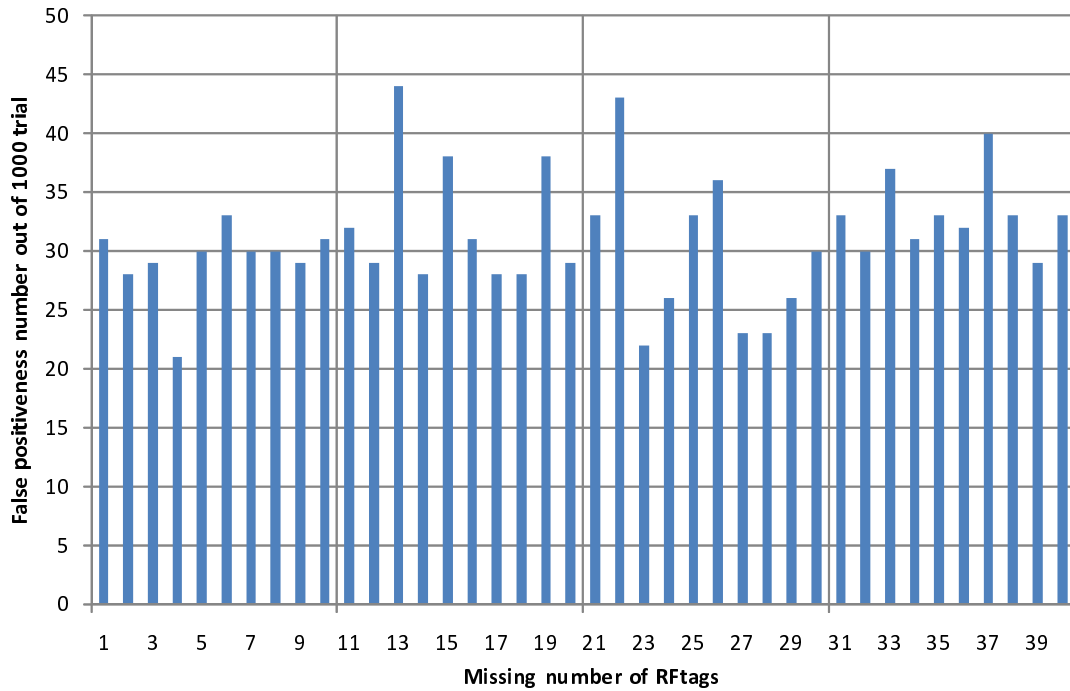


図 4.4 5 ビットのグループ ID を用いた際の false-positive の発生確率

したモノの個数を推定する手法を説明する。

図 4.5 のように、 j 個のモノから構成される一つの意味的なグループを互いに重なり合った i 個の論理的サブグループに分割することを考える。この論理的サブグループへの分割は欠落識別子数推定のために行うため、サブグループの構成は意味的なグループとは独立に定める。このとき、それぞれのサブグループのグループ ID ($g_1 \sim g_i$: 以下「サブグループ ID」と呼称する) と個々のモノに付与された個体識別子のハッシュ ($m_1 \sim m_j$) の関係性を次の式で表すことができる。

$$\begin{Bmatrix} g_1 \\ \vdots \\ g_i \end{Bmatrix} = [G] \begin{Bmatrix} m_1 \\ \vdots \\ m_j \end{Bmatrix} \quad (4.10)$$

ここで G は 0 または 1 で構成される n 行 m 列の行列であり、サブグループの構成を表現している。行列 G の a 行 b 列の要素が 1 であることは、 a 番目のサブグループに b 番目のモノ

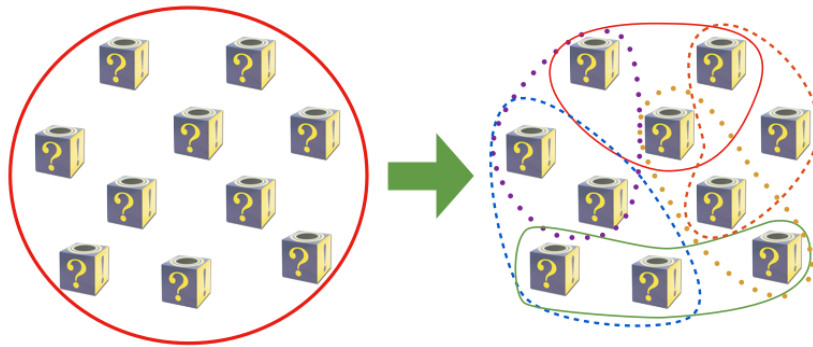


図 4.5 単一グループの論理的サブグループへの分割

ノが含まれていることを意味する。それぞれ L ビットのビット列であるハッシュ $m_1 \sim m_j$ 及び行列 G を与え、加算をビット単位排他的論理和として式 4.10 を計算することで、それぞれのサブグループごとの L ビットのサブグループ ID である $g_1 \sim g_i$ を計算できる。情報パケットから冗長パケットを計算するためにパケット符号化で用いられる生成行列になぞらえ、この行列 G を「グループ生成行列」と呼称する。計算されたサブグループ ID は、前節で説明した単一グループ ID の場合と同じ要領で、サブグループに所属しているモノのデータキャリアに付加的に保持される。すなわち、それぞれのデータキャリアはそのモノが所属しているサブグループの数だけサブグループ ID を保持する。

例として、5 個のモノを含むグループを 3 個のサブグループに分割して図 4.6 のように構成することを考える。1 番目から 3 番目のサブグループはそれぞれ 1,2,3,4 番目、4,5 番目、1,2,5 番目のモノを含んでいる。このとき、それぞれのサブグループ ID である g_1, g_2, g_3 は 5 個のモノそれぞれの個体識別子のハッシュ $m_1 \sim m_5$ から以下のように計算される。

$$g_1 = m_1 \oplus m_2 \oplus m_3 \oplus m_4 \quad (4.11)$$

$$g_2 = m_4 \oplus m_5 \quad (4.12)$$

$$g_3 = m_1 \oplus m_2 \oplus m_5 \quad (4.13)$$

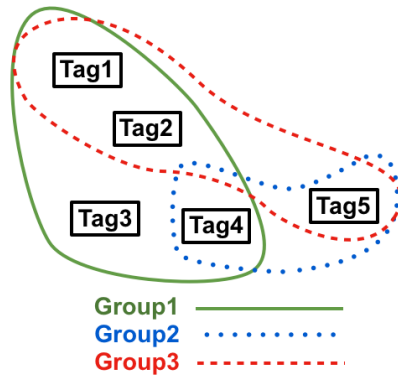


図 4.6 サブグループ分割の例

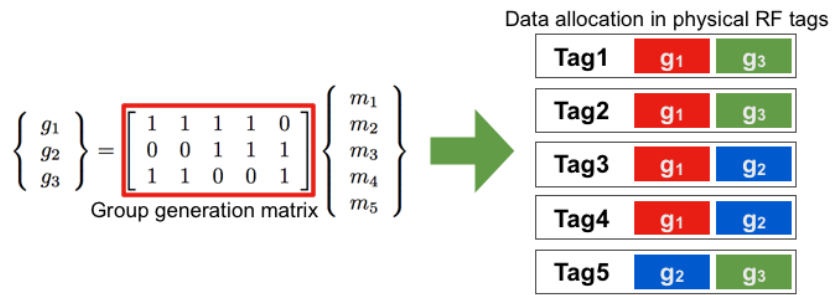


図 4.7 データキャリアによるサブグループ ID の保持

このとき、グループ生成行列 G は次のように構成されている。

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

このグループ生成行列から計算されたサブグループ ID は、図 4.7 に示すように、それぞれ所属するモノに付されたデータキャリアによって保持される。

上記のように複数のサブグループから構成されるグループから、モノが欠落した場合を考える。欠落識別子数推定を行うにあたり得られる情報は、残存しているモノの個体識別子と、それぞれのモノ毎に自身が所属しているサブグループのサブグループ ID の一覧である。一方、グループ構成時に用いられたグループ生成行列は未知であるが、このうち残存している

モノとサブグループの所属関係を示す部分は上記の個体識別子と対応するサブグループ ID 一覧から復元できる。このとき、式 4.10 は次のように変形される。

$$\begin{Bmatrix} g_c \\ g_e \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} G_{cr} & G_{cm} \\ G_{er} & G_{em} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} m_r \\ m_m \end{Bmatrix} \quad (4.15)$$

ここで、 g_c, g_e は元の式 4.10 中のサブグループ ID のベクトルを分割したものであり、 g_c はモノの欠落がないサブグループ ID のベクトル、 g_e は一部に欠落のあるサブグループ ID のベクトルである。 g_c だけでなく、 g_e についても残存しているモノに付されたデータキャリアが保持しているので、これらは既知である。所属する全てのモノが欠落してしまったサブグループについては、そのサブグループ ID を保持しているデータキャリアがないため g_e には含まれない。 m_r, m_m はモノの個体識別子のハッシュのベクトルを分割したものであり、 m_r は読み取ることのできた個体識別子のハッシュのベクトル、 m_m は欠落したために読み取られなかった個体識別子のハッシュのベクトルである。定義より、 m_r は既知、 m_m は未知である。元の式 4.10 中のグループ生成行列 G は、これらのベクトルに対応して四つの部分行列 $G_{cr}, G_{cm}, G_{er}, G_{em}$ に分割される。このうち G_{cr} と G_{er} は読み取られた個体識別子のデータキャリアに保持されているサブグループ ID の情報から既知である。 G_{cm} は、前節で述べた通りグループ ID によるグループの完全性検知の false-positive が実質的に無視できることから、全 0 の行列とすることができる。従って、式 4.15 のうち未知の要素は G_{em} と m_m であるが、ビット単位排他的論理和の性質より、この二つの要素の積 $G_{em}m_m$ を以下のように求めることができる。

$$G_{em}m_m = g_e \oplus G_{er}m_r. \quad (4.16)$$

$G_{em}m_m$ の各行は欠落したハッシュの線形結合であるから、 m_m の各要素が互いに線形独立である限り、 $G_{em}m_m$ の階数は欠落したモノの数と等しくなるはずである。

4.2.2.1 誤り原因の考察とシミュレーションによる性能評価

先述の欠落数推定手法において推定誤りが発生する原因を考える。欠落したモノの個体識別子のハッシュが互いに線形独立であるとすれば、本手法における推定誤りとは行列 G_{em} の階数が欠落したモノの数に満たない状態である。これが発生する原因には以下の二つが挙げられる。

パターン 1：行列 G_{em} の行を欠落したモノごとに分離できない場合 欠落したモノの数に対して行列 G_{em} が十分な行数を持っていないと、 G_{em} の各行を個々のモノごとに線形に分離できない場合がある。例として、3 個のサブグループから構成される 5 個のモノのグループを考える。グループ生成行列は以下である。グループに属するモノはそれぞれ 2 個ずつサブグループに所属している。

$$\begin{Bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \end{Bmatrix} \quad (4.17)$$

このグループから 1,2,3 番目のモノが欠落したとする。式 4.15 と同様の形式で式 4.17 を書き換えると次の式を得る。尚、全てのサブグループについて完全性が損なわれるため、 g_c, G_{cr}, G_{cm} は式中に現れない。

$$\begin{Bmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & | & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & | & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & | & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} m_4 \\ m_5 \\ m_1 \\ m_2 \\ m_3 \end{Bmatrix} \quad (4.18)$$

この時、行列 G_{em} の階数を計算すると 2 となり、欠落したモノの数である 3 と一致

しない。行列 G_{em} 中の m_2 と m_3 に対応する箇所が分離できないためである。

パターン 2：行列 G_{em} から欠落したモノの列が損なわれている場合 サブグループ ID は該当するサブグループに属するモノに付されたデータキャリアによって保持されているので、あるサブグループについて所属するモノが全て欠落すると、そのサブグループの存在を把握することができなくなる。そして、ある欠落したモノが所属するサブグループ全てが失われるとそのモノに対応する列が行列 G_{em} に現れなくなり、結果として欠落数推定に誤りを生ずる。例として、5 個のサブグループから構成される 5 個のモノのグループを考える。グループ生成行列は以下である。パターン 1 の例と同様に、グループに属するモノはそれぞれ 2 個ずつサブグループに所属している。

$$\begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \\ g_5 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} m_1 \\ m_2 \\ m_3 \\ m_4 \\ m_5 \end{pmatrix} \quad (4.19)$$

このグループから 1,2,5 番目のモノが欠落したとする。式 4.15 と同様の形式で式 4.19 を書き換えると次の式を得る。

$$\begin{pmatrix} g_3 \\ g_2 \\ g_4 \end{pmatrix} = \left[\begin{array}{cc|cc} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right] \begin{pmatrix} m_3 \\ m_4 \\ m_2 \\ m_5 \end{pmatrix} \quad (4.20)$$

5 個のサブグループ ID のうち g_1 と g_5 は、所属するモノが全て損なわれてしまったため取得できなくなっている。この時、行列 G_{em} の階数を計算すると 2 となり、欠落したモノの数である 3 と一致しない。 g_1 と g_5 が失われた影響で、 m_1 を含んでいないサブグループがなくなっているためである。

パターン 1 による推定誤りの発生は行列 G_{em} の階数が足りないことによるので、元のグループ生成行列 G の線形独立な行を増やすことで発生確率を低減できる。しかし、グループ生成行列に含まれる 1 の密度を変えずに行を増やすには、個々のモノが所属するサブグループの数を増やす必要があり、対応するデータキャリアが付加的に保持する情報量の増大につながる。個々のモノのサブグループ所属数を変えずにグループ生成行列の行数を増やすとより疎な行列を構成することになる、すなわち個々のサブグループに所属するモノの数を減らすことになるが、行列を疎にしすぎると今度はパターン 2 による推定誤りが発生しやすくなる。グループ生成行列の構成にあたっては、このトレードオフの関係を考慮する必要がある。

以上の考察を踏まえ、数値シミュレーションにより本手法による欠落数推定の性能を評価する。このシミュレーションでは、ランダムに生成された 96 ビットの個体識別子を付された 20 個のモノによって構成されるグループを想定し、このグループからランダムに選んだ 1~19 個のモノを欠落させて欠落数推定を行う。グループ生成行列には正則 LDPC (Low Density Parity Check) [44] で用いられる行列を用いた。この行列の構成は、行列の列数（ここではグループ全体に属するモノの数である 20）に k と j を加えた三種類のパラメータによって決定される。行列を構成する際は、まず (列数/ k) 行 (列数) 列の部分行列を構成する。この部分行列の各行はそれぞれ k 個の 1 を含み、また各列は 1 個のみ 1 を含む。この部分行列の列をランダムに入れ替え、 j 個縦方向に繋げることで最終的な行列を得る。本手法の表現で言えば、パラメータ k は一つのサブグループに属すモノの数であり、グループ生成行列の密度に影響する。パラメータ j は一つのモノが属するサブグループの数であり、それぞれのモノに付されたデータキャリアが付加的に保持する情報量に影響する。このシミュレーションにおいてサブグループ ID を計算する際に用いるハッシュ関数には CRC-16 を用いる。これは 16 ビットのハッシュを生成する関数であるから、個々のデータキャリアは $16j$

ビットの情報をグループに関する情報として付加的に保持することになる。^{*1}また、このグループ生成行列が生成するサブグループの個数は (モノの総数/ k) j 個である。パラメータ k と j を次の二つのシナリオに則って設定し、パラメータの組み合わせごとに 10000 回ずつシミュレーションの試行を行い、本手法による欠落数推定の誤り率を計測した。

シナリオ 1 k を 4 に固定し、 j を 1~6 の間で変化させる。すなわち、行列の密度は変えずに、個々のデータキャリアが保持する情報量を変化させる (16 ビットから 96 ビット) ことで欠落数推定の性能がどのように変化するか測定する。 j が増大する、すなわちデータキャリアが保持する情報量が増大するほど、推定の性能が向上すると予測される。

シナリオ 2 j を 4 に固定し、 k を 2~6 の間で変化させる。すなわち、各データキャリアが保持する情報量は変化させず (64 ビットで固定)、行列の密度を変化させたときに欠落数推定の性能がどのように変化するか測定する。 k が大きすぎる、すなわち行列が密すぎる場合は上述したパターン 1 による推定誤りの確率が増大し、 k が小さすぎる、すなわち行列が疎すぎる場合はパターン 2 による推定誤りの確率が増大する、そして、それらの間に総合的に最も誤り率の低い k の値が現れると予測される。

まず、シナリオ 1 について欠落数推定の誤り率を計測した結果を図 4.8 に示す。またこの結果を元に、許容される誤り率の閾値を 0.5% としてそれ以内の誤り率で欠落数推定できる最大の欠落数を示したグラフが図 4.9 である。これらを見ると、パラメータ j 、すなわち個々のモノが属するサブグループ数が増えるほど、欠落数推定の性能が向上していることがわかる。また、図 4.10 には、10 個のモノが欠落した場合を例にとり、上述した二種類の誤りの発生パターンごとの発生確率を示している。これを見ると、誤り発生のパターン 1・2 ともに、個々のモノが属するサブグループ数が増えるほど発生確率が減少している。これらの結

^{*1} もちろん、ハッシュ関数として必ず 16 ビットのハッシュを出力する関数を用いる必要はない。

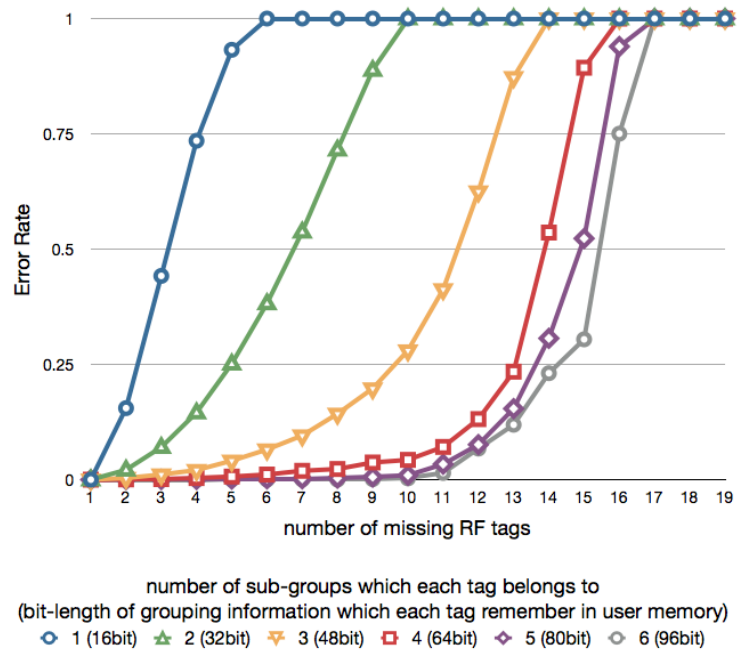


図 4.8 個々のモノが属すサブグループ数に対する欠落数推定誤り率

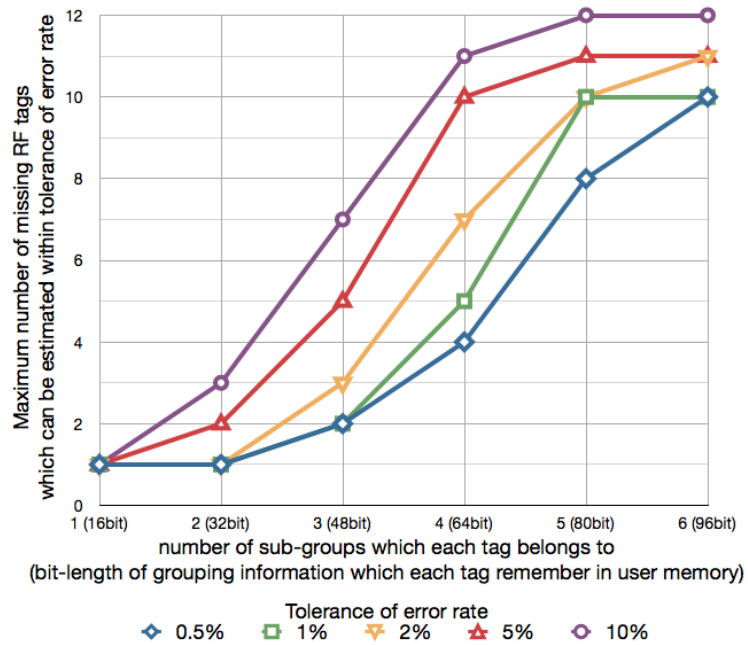


図 4.9 個々のモノが属すサブグループ数に対する許容欠落数（誤り率閾値 0.5%）

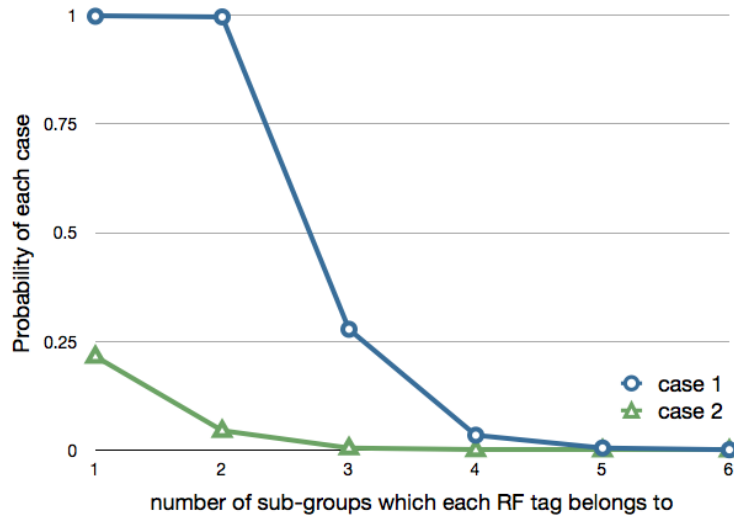


図 4.10 個々のモノが属すサブグループ数に対する各誤りパターンの発生率

果は先に述べた予測に一致する。

続けて、シナリオ 2 について検証する。欠落数推定の誤り率を計測した結果は図 4.11 である。また図 4.12 は、この結果のうち欠落数が 1~10 個の場合の誤り率を抜粋し、パラメータ k を横軸に取って描画したグラフである。これを見ると、パラメータ k が 3 または 4 の時に最も推定誤り率が低く、それより小さくなくても大きくなっても性能が低下していることがわかる。また、図 4.12 のうち欠落数が 10 個の場合について、二種類の誤りの発生パターンごとの発生確率を示したグラフが図 4.13 である。これを見ると、パターン 1 による誤りの発生確率はパラメータ k が大きいほど、すなわちグループ生成行列が密であるほど高く、パターン 2 による誤りの発生確率は逆にパラメータ k が小さいほど、すなわちグループ生成行列が疎であるほど高くなっている。これらの結果は先に述べた予測に一致する。

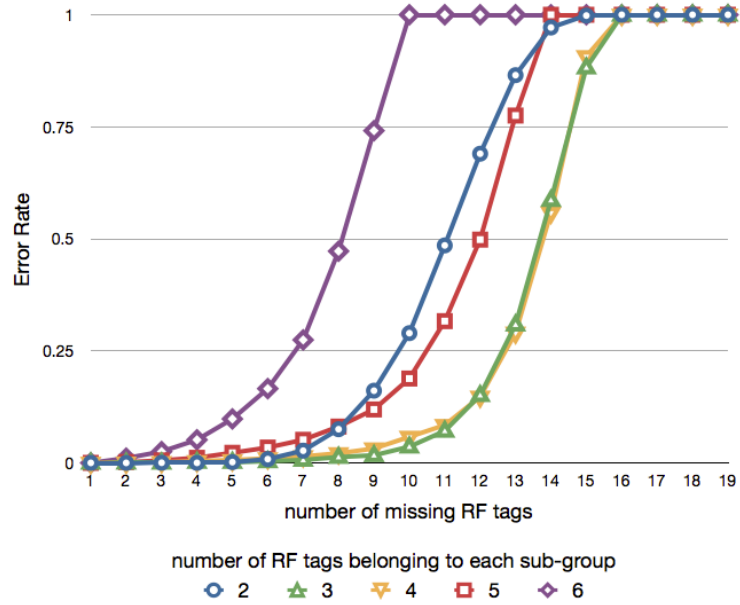


図 4.11 個々のサブグループに属すモノの数に対する欠落数推定誤り率

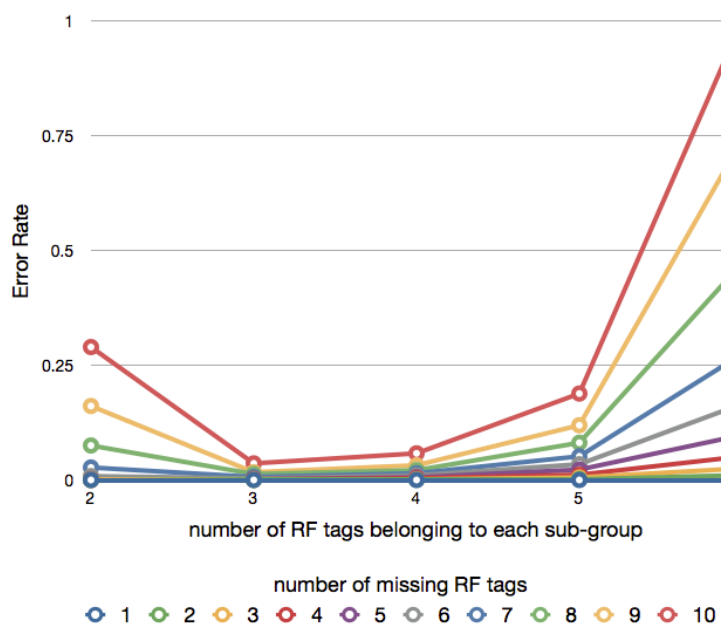


図 4.12 個々のサブグループに属すモノの数に対する欠落数推定誤り率 (横軸 k)

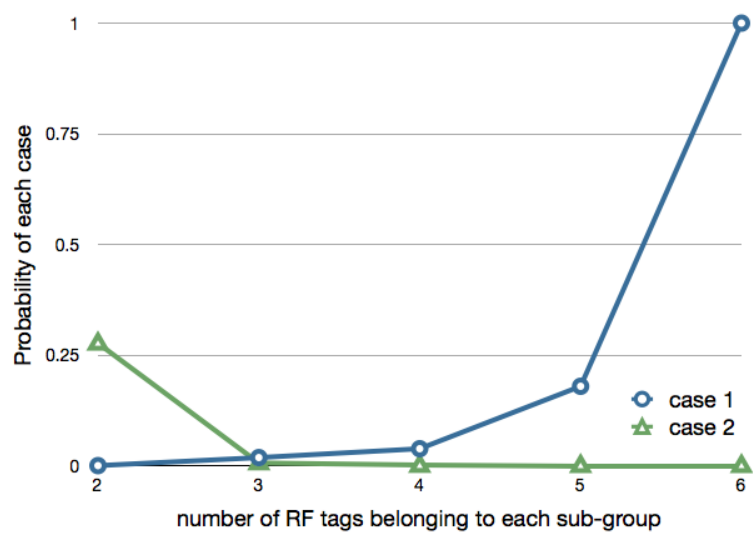


図 4.13 個々のサブグループに属すモノの数に対する各誤りパターンの発生率



図 4.14 グループ符号化実装に用いた UHF 帯 RFID リーダライタ KU-U1601

4.2.2.2 UHF 帯 RFID 機器を用いた実装による検証

前節で説明したグループから欠落したモノの数を推定するグループ符号化手法について、UHF 帯 RFID をデータキャリアとした実装を行った。RFID システムにおいて個々のモノに付する RF タグは、識別子を保持するためのメモリ領域の他に任意のデータ（以下「ユーザデータ」と表記）を保持させることのできるユーザメモリと呼ばれるメモリ領域を持っている。このことから RFID はグループ符号化手法の適用に適したデータキャリアであると言える。この実装では、図 4.14 に示す市販の UHF 帯 RFID リーダライタである Panasonic KU-U1601 を用いた。リーダーライタの制御及びグループ符号化の計算処理はリーダーライタに接続した PC で行う。このためのプログラムは Java 言語により記述・構築している。図 4.15 は、このプログラムの実行画面のスクリーンショットである。

この実装を用いて、グループ符号化による欠落数推定手法が実データキャリア上でも動作するか検証を行う。この検証は以下の手続きにより行う。

1. 96 ビットのランダムに生成された個体識別子を持つ RF タグを 20 枚用意し、リーダーライタのアンテナ前方に設置する。



図 4.15 Java によるグループ符号化実装アプリケーションのスクリーンショット

2. 上述した手法により、これら 20 枚の RF タグのグループを構成する。グループ生成行列には、前節のシミュレーションで用いたものと同じ正則 LDPC の行列を用いる。正則 LDPC の行列構成のパラメータは前節のシミュレーションにおけるシナリオ 1 と同様の組み合わせ、すなわち k を 4 に固定し、 j を 1~6 の間で変化させる形を採用する。
3. 構成したグループから N 枚の RF タグをランダムに選んで、リーダライタの読み取り範囲から取り除く。このとき N は、許容される誤り率が与えられた時にその誤り率以内で本手法による欠落数推定を行うことができる最大の欠落数であり、図 4.9 より与えられる。例えば、グループ生成行列のパラメータ j が 6 で、許容される誤り率が 0.5% の時は、図 4.9 より N の値は 10 となる。この実験では、許容誤り率が 0.5% の場合と 10% の場合について計測を行った。
4. 本手法による欠落数推定を適用し、欠落したモノの数を推定する。
5. 以上の手続きを、1 から 6 までで変化するパラメータ j 及び 0.5% と 10% の許容誤り率のそれぞれのパターンについて 10 回ずつ繰り返し行い、本手法が推定した欠落数をそれぞれのパターンごとに平均する。

10 回の試行に対して 0.5% の誤り率は十分に小さく、許容誤り率 0.5% の時にこの手続きに

より得られる結果は N と一致すると予想される。一方で、許容誤り率 10% の時に得られる結果は、 N と一致するか、もしくはそれより小さい値となることが予想される。許容誤り率 0.5% の場合及び 10% の場合についての計測結果を、それぞれ図 4.16 及び図 4.17 に示す。まず図 4.16 を見ると、数値シミュレーションで得られた 0.5% の許容誤り率での最大欠落数に対して、10 回の平均で得られた実データキャリアによる欠落数推定の結果はちょうど一致している。これに対し図 4.17 を見ると、数値シミュレーションで得られた最大欠落数に対して実験での推定結果はほぼ一致しているものの、パラメータ j の値が 2 の場合と 3 の場合に実験での推定結果の方がやや小さな値となっている。これらの結果は先の予測に一致しており、これにより本手法が実データキャリア上でも動作し、数値シミュレーションと同等の性能を示すことを確認できる。

また、この欠落数推定性能の検証に加え、実データキャリアにおいて本手法が欠落数推定を行うのに必要な時間について測定・考察する。この測定を行うにあたり、RFID の無線通信のコマンドをキャプチャするために、図 4.18 に示す、過去に Auto-ID ラボ・ジャパンで開発した Battery Assisted Passive Tag (以下「BAP」と表記) [45] を用いる。これは、グループ符号化の計算処理以外で処理時間上のオーバーヘッドとなる RFID の無線通信の状況を明らかにするためである。この測定では、BAP に RFID の無線通信内容を傍受して送受されているコマンドを RS-232C インタフェース経由で PC に送信させるプログラムを構築・導入し、PC 側で受信した内容から無線通信上のコマンドの時系列一覧を作成し、これにより本手法による欠落数推定を行うにあたっての実データキャリアの通信状況を把握する。この測定を行った環境を図 4.19 に示す。図 4.19 中の手前に RFID リーダライタのアンテナが位置し、奥にグループを構成する 20 枚の RF タグが位置している。BAP はリーダライタのアンテナと RF タグの間に配置し、これにより無線で送受されるコマンドを傍受する。尚、RFID の通信とは関係なく実行される欠落数推定の計算処理にかかる時間は、先の実験で用いた Java プログラムにおいて当該処理の開始から終了までにかかる時間を計測する。

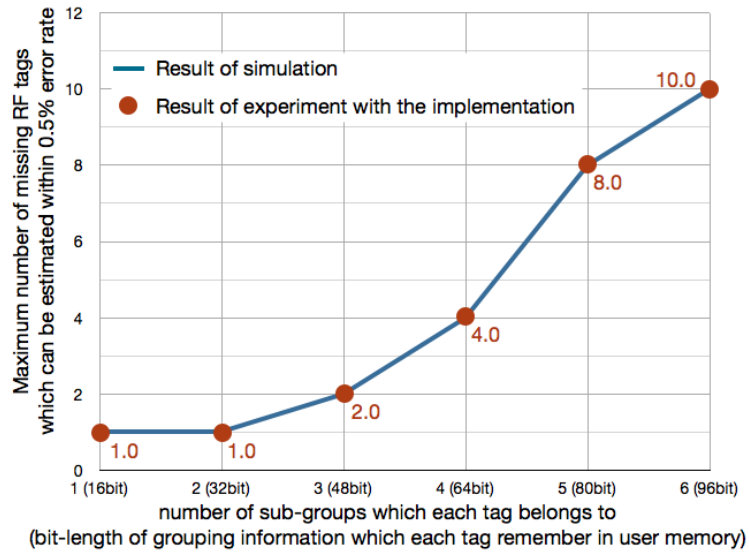


図 4.16 許容誤り率 0.5% での最大欠落数に対する実データキャリアでの欠落数推定

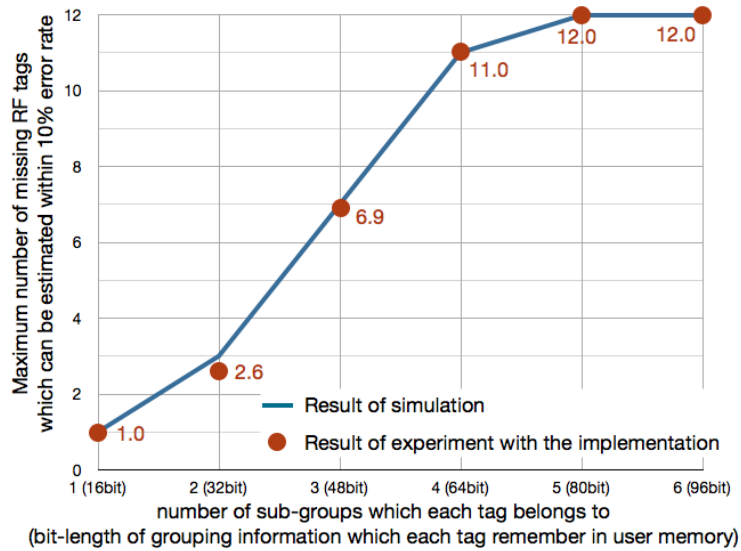


図 4.17 許容誤り率 10% での最大欠落数に対する実データキャリアでの欠落数推定

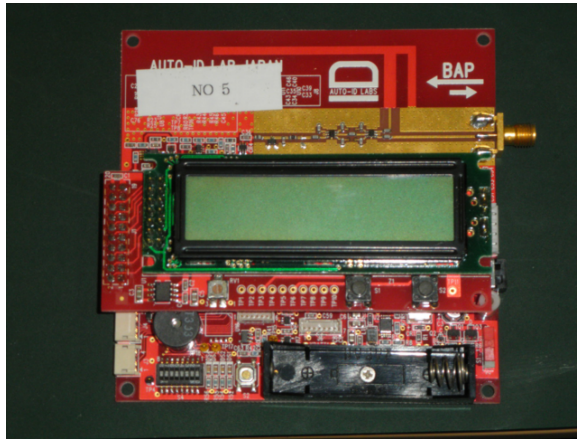


図 4.18 BAP : Battery Assisted Passive Tag

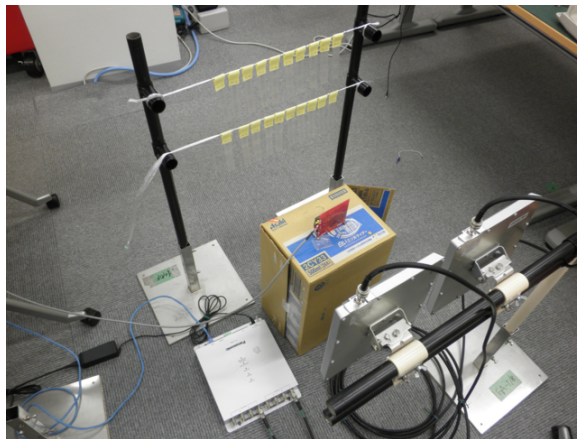


図 4.19 実データキャリアでの欠落数推定手法の必要時間を計測する測定環境

本欠落数推定手法によるグループの構成とグループの検証において、それぞれ上記の測定により計測した必要時間を処理ごとに分類して表 4.1 及び表 4.2 に示す。これらを見ると、本手法における計算処理に必要となる時間は実データキャリアへのアクセスに必要となる時間に対し無視できるほど十分に短い。一方で、データキャリアへのアクセス、特にサブグループ ID の書き込みと読み込みに長大な時間がかかっていることは問題である。この問題について、BAP を用いて収集した無線通信で送受されるコマンドの時系列一覧を分析してみると、個々の RF タグに対してユーザメモリの読み取り・書き込みを行う際に毎回読み取り範囲の RF タグの個体識別子一覧取得をやり直しており、これが長大な必要時間の大半を

表 4.1 欠落数推定におけるグループ構成の必要時間

処理	必要時間
読み取り範囲の RF タグの個体識別子一覧取得	約 2 秒
グループ生成行列の構成・サブグループ ID の計算	約 2 ミリ秒
20 枚の RF タグに対するサブグループ ID 書き込み	約 80 秒

表 4.2 欠落数推定におけるグループ検証の必要時間

処理	必要時間
読み取り範囲の RF タグの個体識別子一覧取得	約 2 秒
20 枚の RF タグからのサブグループ ID 読み込み	約 80 秒
グループの完全性検知・欠落数推定の計算	約 1 ミリ秒

占めている。これは提案する欠落数推定手法の問題ではなく、本実装に用いたリーダーライタの通信制御に起因する問題であり、これを最適化することにより必要時間を大きく短縮できると考えられる。

無線通信の制御の問題が解決すれば高速に欠落数推定が可能であることを検証・実演する目的で、以下に述べる実験を行った。先の必要時間計測結果から明らかな通り、一度だけリーダーライタの読み取り範囲にある RF タグの個体識別子を一覧取得するだけであれば比較的短い時間で可能である。このことを踏まえ、図 4.20 に示すように、個体識別子を記録するメモリ領域のうち先頭の一部に短い個体識別子を記録し、残りのメモリ領域を仮想的なユーザメモリとして扱うことにより、即席ではあるが高速にサブグループ ID を読み出すことのできる RF タグを構成した。これを用いた欠落数推定では、個体識別子の一覧取得に必要な 2 秒（及び欠落数推定に関わる計算処理の時間）だけで欠落数推定の実行が可能であった。RF タグからの情報の読み取り速度を向上させることにより、本手法はさらに高速化することが可能である。

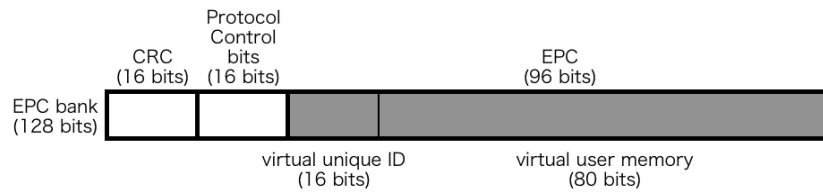


図 4.20 個体識別子用のメモリ領域のユーザデータへの転用

4.2.3 グループからの欠落識別子の特定

ここでは、前節で説明した欠落数推定の手法に加え、グループから欠落した識別子を特定する手法を検討する。前節の欠落数推定手法において欠落したモノの識別子までを特定できない理由は、欠落したモノと不完全なサブグループとの関係性のグラフ構造、すなわち式 4.15 における部分行列 G_{em} が未知であることである。そこで、グループからモノが欠落した時にも G_{em} に相当する情報を得られるようにする、すなわちモノとサブグループとの関係性のグラフ構造をサブグループ ID に加えてデータキャリアに保持させておけば、欠落したモノの識別子を特定できると考えられる。このグラフ構造を持つためには、対象とするグループ内で独立な識別子をそれぞれのモノが持っている必要がある。グループ内のみで独立であれば良いのでそれぞれのモノの個体識別子をそのまま用いるのは過剰であるから、本手法ではグループ内のみで有効な短い識別子（以下「short ID」と表記）を個体識別子とは別に付与する。例えば 8 ビットの short ID を用いることで、256 個までのモノのグループであれば対応できる。グループを構成する際に、自身が属するサブグループ ID に加えてそれぞれのサブグループについて自分以外の short ID をそれぞれのモノに付されたデータキャリアに記録させることで、グループからモノが損なわれた時に対応するグラフ構造を復元できる。

RF tag 1	g1	s2	s3	s4	g3	s2	s5
RF tag 2	g1	s1	s3	s4	g3	s1	s5
RF tag 3	g1	s1	s2	s4	g2	s4	s5
RF tag 4	g1	s1	s2	s3	g2	s3	s5
RF tag 5	g2	s3	s4	g3	s1	s2	

図 4.21 欠落識別子特定手法におけるデータキャリアによる情報保持

例として、次のグループ生成行列に基づき構成されるグループを考える。

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.21)$$

このとき、グループに属する五個のモノの識別子である $m_1 \sim m_5$ 、三個のサブグループそれぞれのサブグループ ID $g_1 \sim g_3$ に加え、それぞれのモノに割り当てた short ID を $s_1 \sim s_5$ とし、それぞれの識別子に対応するデータキャリアに付加的に保持させる情報の内容を図 4.21 に示す。一番目のモノに着目して説明すると、これは一番目と三番目のサブグループに属している。一番目のサブグループについて、サブグループ ID である g_1 に加えてこのサブグループの他のメンバの short ID である s_2, s_3, s_4 を保持している。三番目のサブグループについても同様に、 g_3 に加えて s_2 と s_5 を保持している。他のモノについても同様である。

このように構成したグループからモノが欠落した場合を考える。欠落識別子特定を行うにあたり得られる情報は、欠落識別子数推定の場合に用いた情報である残存しているモノの個体識別子とそれに対応するサブグループ ID 一覧に加え、残存しているモノについて、自身が所属するサブグループについて自身以外のモノの short ID である。それぞれのサブグ

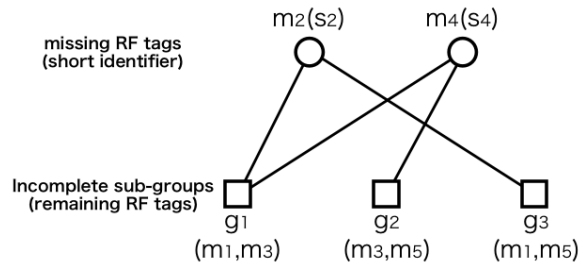


図 4.22 short ID から復元される欠落したモノの識別子とサブグループの関係性

ループについて、残存しているモノ毎に自身以外の short ID 一覧が得られるため、この一覧に共通して含まれている short ID があればその short ID に対応するモノが当該サブグループから欠落しているとわかる。全ての不成立サブグループについてこれを行えば、欠落しているモノの short ID の一覧と不成立サブグループ一覧の対応関係、すなわち式 4.15 における行列 G_{em} を把握できる。グループ構成の説明から引き続き、式 4.21 のグループ生成行列から構成されるグループを例にとり、具体的な手続きを説明する。まず、このグループから二番目のモノと四番目のモノが欠落したとすると、残存しているモノに付されたデータキャリアから得られる情報に基づき、欠落したモノと不完全になったサブグループとの関連性について次の情報が得られる。

- short ID が s_2 のモノと s_4 のモノが欠落している。
- short ID が s_2 のモノはサブグループ ID が g_1 と g_3 のサブグループに属していた。
- short ID が s_4 のモノはサブグループ ID が g_1 と g_2 のサブグループに属していた。

この情報のグラフ表現が図 4.22 である。このグラフ構造はまさに式 4.15 中の行列 G_{em} そのものである。欠落数推定手法の説明で述べた通り、この行列 G_{em} と欠落したモノの識別子

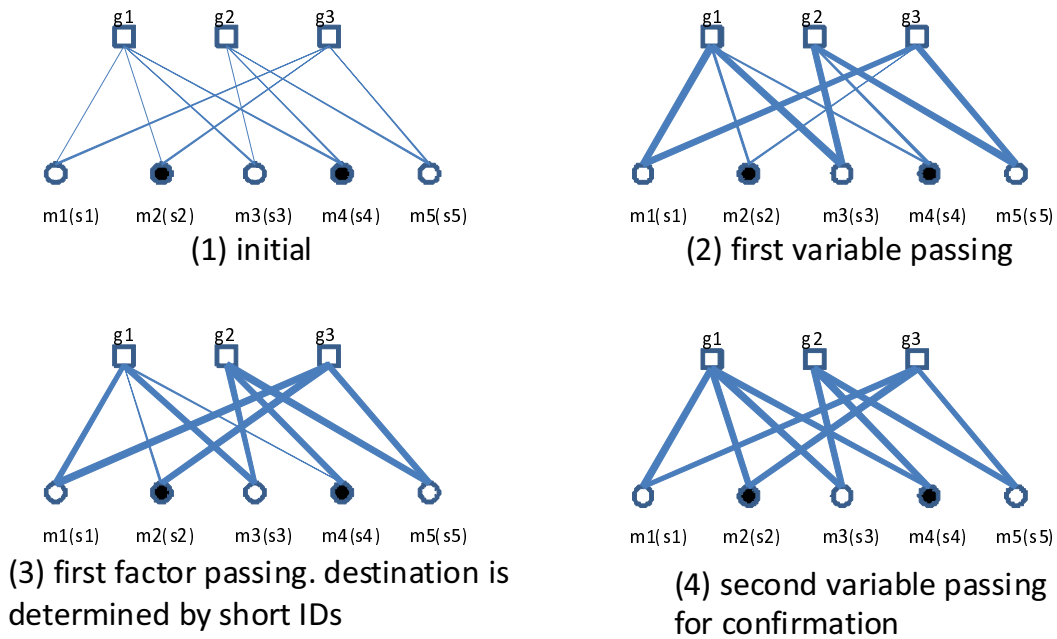


図 4.23 Iterative decoding 適用による欠落識別子の特定

のベクトル m_m の積 $G_{em}m_m$ は既知であり、ここで新たに G_{em} も既知になったことから、

$$\begin{Bmatrix} g_1 \oplus m_1 \oplus m_3 \\ g_2 \oplus m_3 \oplus m_5 \\ g_3 \oplus m_1 \oplus m_5 \end{Bmatrix} = G_{em}m_m = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} m_2 \\ m_4 \end{Bmatrix} \quad (4.22)$$

と表すことができ、この式を解くことによって、欠落した m_2 は $g_3 \oplus m_1 \oplus m_5$ 、また m_4 は $g_2 \oplus m_3 \oplus m_5$ としてそれぞれ得られる。

この欠落識別子特定の手続きは、モノとサブグループとの関係性を示す二部グラフに対する Iterative decoding によって実装することができる。図 4.23 は、先に例示した欠落識別子特定の処理を Iterative decoding で行う時に、処理の進行に応じた二部グラフの遷移を表している。初期段階で不明な値である欠落した個体識別子 m_2 と m_4 は、図中では黒で塗りつぶしたノードで表している。まず、それ以外の読み取られた個体識別子のノード m_1, m_3, m_5 から、接続しているサブグループ ID のノードに対して自身の個体識別子を報知する。する

と、サブグループ ID のノードのうち g_2 と g_3 について、未確定なエッジが残り一本になる、すなわち自身に属している個体識別子のうち特定されていない個体識別子が一つだけになる。この場合、ビット単位排他的論理和の性質により、自身のサブグループ ID と特定されている個体識別子群から未特定の個体識別子を計算できるので、その結果を対応する未特定個体識別子のノードに報知する。これにより全ての欠落した個体識別子が特定されているが、最後に、新たに特定された個体識別子のノードから対応するサブグループに対して個体識別子を報知することで二部グラフ中の全てのエッジが確定され、復号の終了が確認される。

4.2.3.1 シミュレーションによる性能評価

数値シミュレーションにより、本手法による欠落識別子特定の性能を評価する。それぞれにランダムに生成された 96 ビットの個体識別子を持つ 100 個のモノから構成されるグループを想定し、このグループに欠落識別子特定を行うためのグループ情報を付加する。元の個体識別子を特定するという観点から、グループ ID を計算する時にはハッシュ関数を用いず、個体識別子そのものからグループ ID を計算する。本手法による欠落識別子特定を行うために必要となる short ID は、各タグにそれぞれ 8 ビットの値を割り振る。グループ生成行列には欠落数推定の評価と同様に正則 LDPC の生成行列を用いた。正則 LDPC の行列を構成する時のパラメータ k と j は、 k を 4 に固定し、 j を 2 から 7 まで変化させる。以上の条件で、一つのサブグループに属するためにモノに付されたデータキャリアが付加的に保持する情報量は、グループ ID のビット長（個体識別子のビット長）である 96 ビットに三個（ $= k - 1$ ）分の short ID のビット長 24 ビットを加えた 120 ビットである。よって、個々のデータキャリアは元の個体識別子に加えて $120j$ ビットの付加的なグループ情報を保持する。このグループからランダムに選ばれた 1~99 個のモノが欠落することを想定し、パラメータ j の値と欠落数のすべての組み合わせについてそれぞれ 10000 回ずつ欠落識別子特定の処理を行い、特定の誤り率を計測した。尚、ここでの誤り率は、一回の試行において欠落したす

すべての識別子を誤りなく特定できたときを特定成功、それ以外のすべての場合を誤りとして計測している。

このシミュレーションの結果を図 4.24 に示す。図 4.25 は、この結果をもとに、許容される誤り率の閾値を 0.5% として、閾値以下の誤り率で欠落識別子特定を行うことのできる最大の欠落数を示したグラフである。これを見ると、パラメータ j 、すなわち個々のモノが属するサブグループの数が増えるごとに欠落識別子特定の性能が向上していることがわかる。具体的には、個々のモノが 7 個のサブグループに属している場合、すなわちそれぞれのデータキャリアに 840 ビットの付加的情報を保持させた場合、100 個のモノのうち 64 個が欠落したとしても誤り率 0.5% 以下ですべての欠落した識別子を特定できる。尚、本手法による欠落識別子特定が誤る直接的な原因は先述した欠落数推定手法が誤る原因と同様に G_{em} の階数不足であり、欠落数推定における二つの誤り発生パターンが欠落識別子特定における誤りにも当てはまる。これを踏まえて改めて今回のシミュレーション結果を見ると、個々のモノが属するサブグループ数を増やすことで欠落識別子特定の性能が向上している結果は欠落数推定の評価において予想・検証された内容に合致している。

4.2.3.2 UHF 帯 RFID 機器を用いた実装による検証

グループ符号化による欠落識別子特定手法について、欠落数推定と同様に実データキャリアを用いた実装により動作を検証する。この実装では、欠落数推定手法の実装と同様に UHF 帯 RFID リーダライタ KU-U1601 を用い、リーダライタに接続した PC 上の Java プログラムでリーダライタの制御と欠落識別子特定の計算処理を行う。この実装を用いて行う実証の手続きは以下の通りである。

1. 96 ビットのランダムに生成された個体識別子を持つ RF タグを 20 枚用意し、リーダライタのアンテナ前方に設置する。

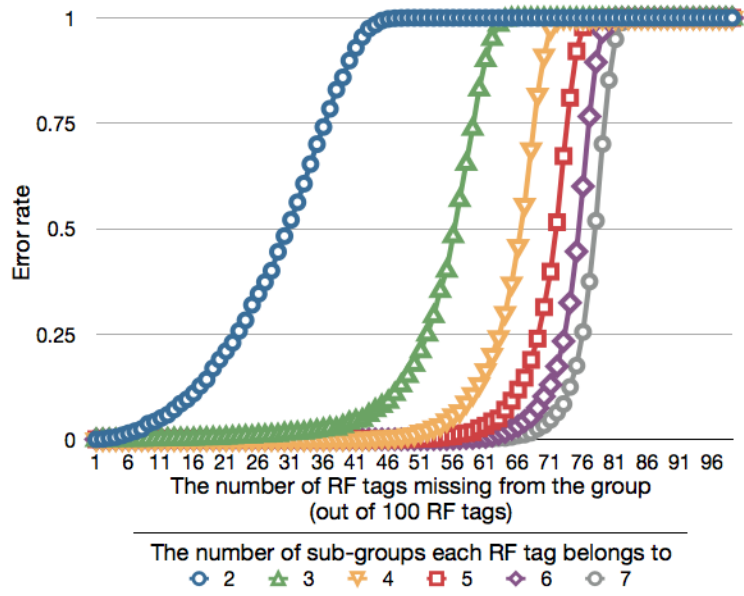


図 4.24 個々のモノが属すサブグループ数に対する欠落識別子特定誤り率

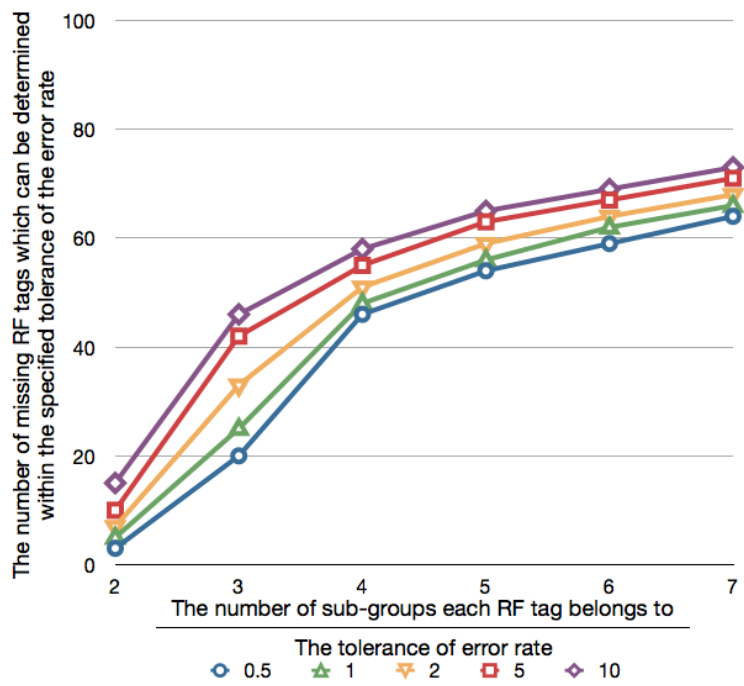


図 4.25 欠落識別子特定における許容欠落数 (誤り率閾値 0.5%)

2. 上述した手法により、これら 20 枚の RF タグのグループを構成する。この実験では、個々の RF タグの個体識別子から CRC-16 で計算した 16 ビットのハッシュを特定の対象とする。グループ生成行列には、前節のシミュレーションで用いたものと同じ正則 LDPC の行列を用いる。正則 LDPC の行列構成のパラメータ k は 4 に固定し、 j については 3 と 7 の場合の二つのパターンを検証する。
3. 構成したグループから n 枚の RF タグをランダムに選んで、リーダーライタの読み取り範囲から取り除く。 n の値は 4,8,12 の三パターンとする。
4. 残存した $20 - n$ 枚の RF タグの情報を元に本手法による欠落識別子特定を適用し、欠落したモノの個体識別子のハッシュを推定する。
5. 以上の手続きを、3 または 7 のパラメータ j 及び 4,8,12 の欠落数 n のそれぞれのパターンについて 10 回ずつ繰り返し行い、推定の誤り率を計測する。

この実験で測定される誤り率と比較するものとして、前節の数値シミュレーションと同じ手続きで 20 個のモノを想定して実行した追加シミュレーションの結果を図 4.26 に示す。

この実験の結果をパラメータ j の値が 3 の場合と 7 の場合とでそれぞれ示したものが図 4.27 及び図 4.28 である。これらのグラフ中、青色の線が示しているのは図 4.26 の結果から抜粋した同条件での数値シミュレーションにより計測した誤り率であり、橙色の三つの点はそれぞれ欠落数が 4,8,12 の場合に上記の手順により実測した誤り率である。まず図 4.27 に示す j が 3 の場合の結果を見ると、本実験の試行回数がそれぞれのパターンについて 10 回と少ないため若干の差異があるものの、数値シミュレーションの結果と本実験で計測した誤り率はほぼ一致している。また、図 4.28 に示す j が 7 の場合の結果については、12 個までのモノの欠落において数値シミュレーションで計測した誤り率はほぼ 0% であり、本実験でも 10 回の試行中誤りの発生はなかった。これらの結果から、本手法により実データキャリア上でも数値シミュレーションと同等の性能で欠落したモノの識別子を特定できることを検

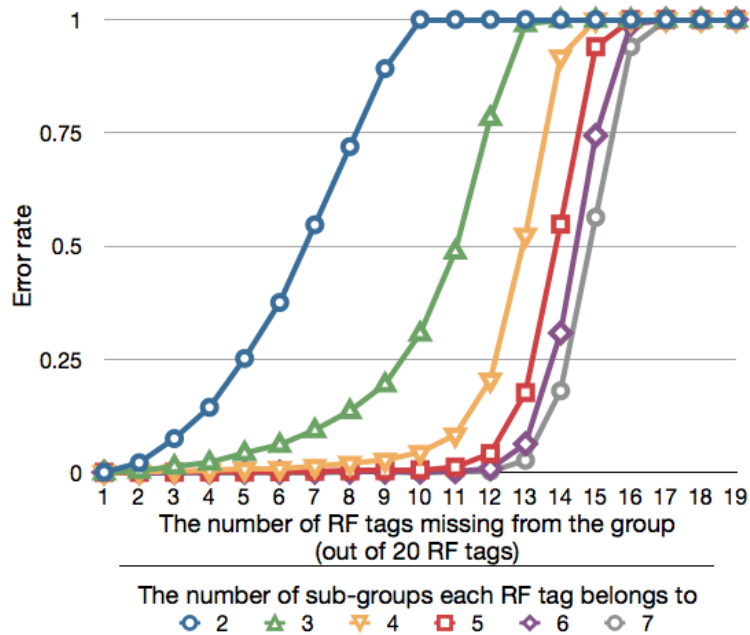


図 4.26 総数 20 個のグループに対する欠落識別子特定誤り率

証できた。

また同時に、本実装による欠落識別子特定のための計算処理にかかる時間を計測したところ、グループの構成及び検証のそれぞれについて平均して約 0.1 秒と約 0.2 秒の時間を要するという結果が得られた。この時間は、欠落数推定の計算処理にかかる時間と比べると長くなっているが、それでも実データキャリアへのアクセスに必要とする時間と比較して無視できるほど十分に短い。

4.2.3.3 仮想的に大容量のメモリを得る仮想 RF タグ

欠落数推定と比較して欠落識別子特定の実装において問題となる点として、各データキャリア、すなわち RF タグが保持する必要のある情報量が大きいたことが挙げられる。RF タグのユーザメモリの容量は用いられているタグチップによって異なり、既存の製品には 2k ビットや 8k ビットのユーザメモリを持つタグチップもあるものの、一般的に入手しやすいパッシブ RF タグのユーザメモリは大きくて 512 ビット程度である。例えば、先の数値シ

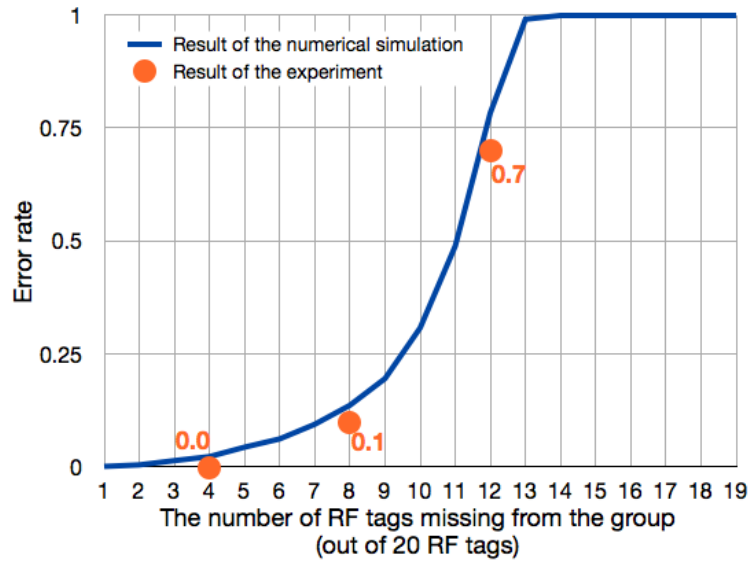


図 4.27 実データキャリア実装で計測した欠落識別子特定の誤り率 ($j = 3$)

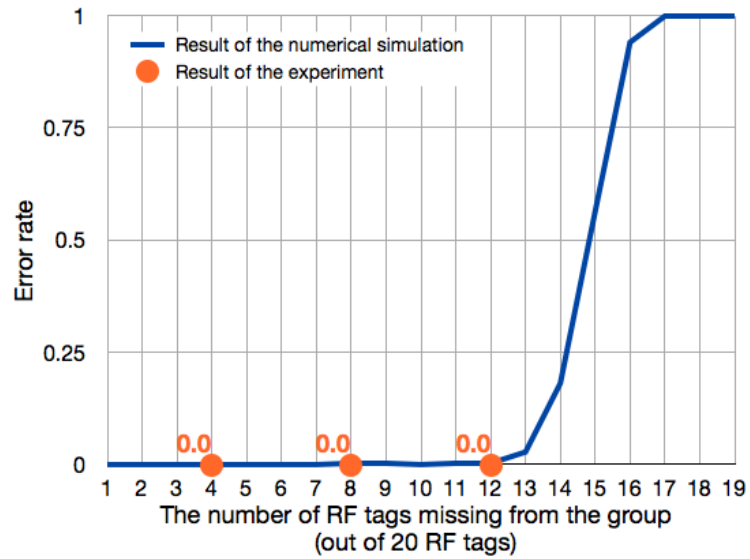


図 4.28 実データキャリア実装で計測した欠落識別子特定の誤り率 ($j = 7$)

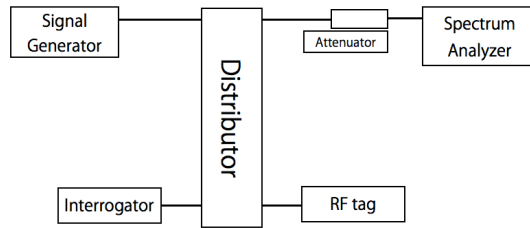


図 4.29 RF タグからの情報読み取り成功率を計測する実験システム構成

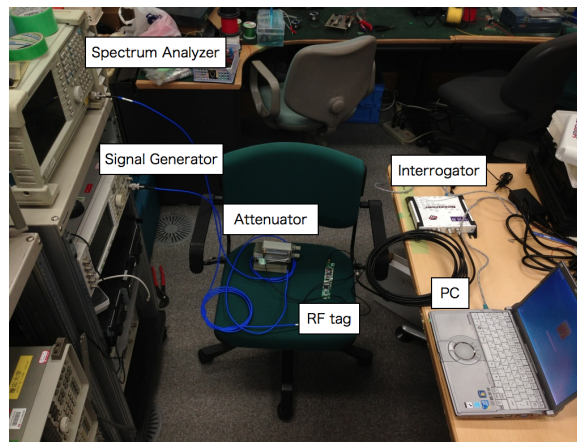


図 4.30 RF タグからの情報読み取り成功率を計測する実験環境

ミュレーションにおいて 100 個中 64 個の 96 ビット欠落識別子特定を行うことができた条件である「840 ビットの情報を各データキャリアに保持させる」を考えると容量が不足してしまう。

また、メモリ容量の問題が解決したとしても、RF タグから一度に読み出す情報量の増加が読み取りの成功率に悪影響を与えることを以下に説明する予備実験により確認している。この実験では、RF タグとリーダライタを同軸ケーブルで接続し、その間に信号発生器で発生させた雑音を混入させた状況で、RF タグから一度に読み取る情報量を変化させたときの読み取りの成功率を測定した。図 4.29 と図 4.30 に、この実験のシステム構成図と実験環境を示す。実験の結果を図 4.31 に示す。これを見ると、特に RF タグとリーダライタ間の通信路における雑音の強度が高い場合、RF タグから一度に読み取る情報量が大きくなるほど

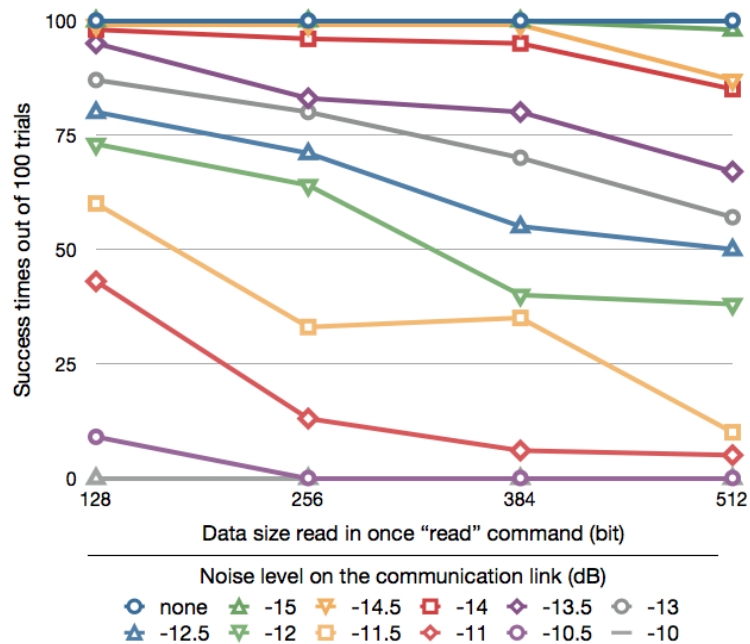


図 4.31 RF タグから一度に読み取る情報量と読み取り成功率の関係

読み取りの成功率が低下していることがわかる。

これらの問題を踏まえ、欠落識別子推定手法を RFID システムに導入して評価するにあたり、複数枚の物理的な RF タグを仮想的に束ねて一枚の RF タグとして扱う「仮想 RF タグ」手法を構築した。複数枚の RF タグのユーザメモリを束ねて仮想的に一枚の RF タグに見せることで、一枚の物理的な RF タグでは記録しきれない情報も仮想 RF タグの単位で見れば記録できる。ただし、単純に情報を複数の物理的な RF タグに分散するだけでは、仮想 RF タグを構成する複数枚の物理的な RF タグが全て読み取られなければ元の情報を得られず、結果として仮想 RF タグ単位での読み取り率が低下する可能性がある。そこで、単に情報を分割するだけでなく、分割した情報のチェックサムを記録するための物理的 RF タグを導入し、仮想 RF タグ単位での読み取り率低下の防止を図る。これは記憶装置の冗長化技術である RAID と同様の考え方である。

図 4.32 に、元の情報を分割して保持する二枚の物理的 RF タグと、チェックサムを保持する一枚の物理的 RF タグの合計三枚で構成される仮想 RF タグにおける、個体識別子情報

Original ID **FF-FF-01-23-45-67-89-AB-CD-EF-C4-F7**



IDs recorded by
physical RF tags

E3-46-FF-FF-01-23-45-67-00-00-00-00
E3-46-89-AB-CD-EF-C4-F7-00-00-00-00
E3-46-76-54-CC-CC-81-90-00-00-00-00

CRC-16 of original ID **Chunk of original ID** **Checksum (XOR) of original ID's chunks**

図 4.32 仮想 RF タグによる個体識別子の分割保持

の保持形式を示す。三枚の物理的 RF タグは、個体識別子を二分割したチャンク及びそのチェックサムをそれぞれ保持すると共に、ある一枚の仮想 RF タグに対応した物理的 RF タグであることを示すための共通の情報として元の個体識別子のハッシュを保持する。今回の実装では、このハッシュを計算する関数には CRC-16 を用いた。この形式で情報を記録している物理的 RF タグの集合から、元の個体識別子（仮想 RF タグの個体識別子）を得る手続きを図 4.33 に示し、以下で説明する。一つの仮想 RF タグに対応する物理的 RF タグが共通して保持している元の個体識別子のハッシュに基づいて読み取られた物理的 RF タグの識別子を仕分けし、個々の仮想 RF タグごとに元の個体識別子の復元を試みる。個体識別子の復元は、物理的 RF タグの識別子に含まれている分割されたチャンク及びチェックサムから二つを選んで結合してそのハッシュを計算し、その結果が記録されていたハッシュと一致する組み合わせ・順序を探ることによって行う。

また、仮想 RF タグにおけるユーザデータは、仮想タグを構成する物理的 RF タグのうち元の個体識別子のチャンクを保持しているもののユーザメモリにストライピングすることによって保持し、個体識別子のチャンクのチェックサムを記録しているもう一枚の物理的 RF タグのユーザメモリにストライピングした結果のチェックサムを保持させる。この構成を図 4.34 に示す。個体識別子を単純に分割して記録する一方で、ユーザデータでストライピングを採用している理由は、個体識別子が固定長の情報であるのに対し、ユーザデータは任意

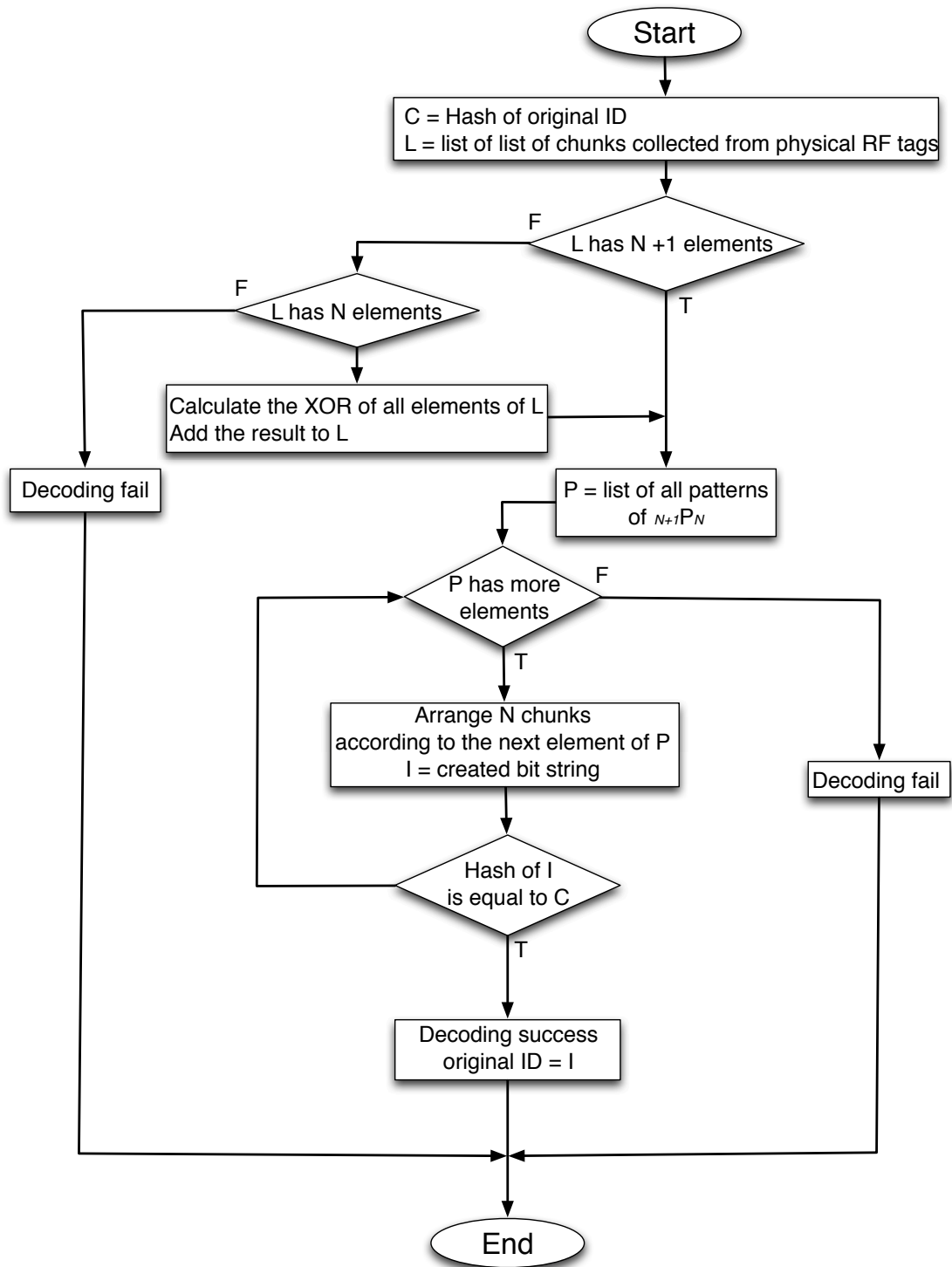


図 4.33 物理的 RF タグに分割した情報に基づく仮想 RF タグの復元手続き

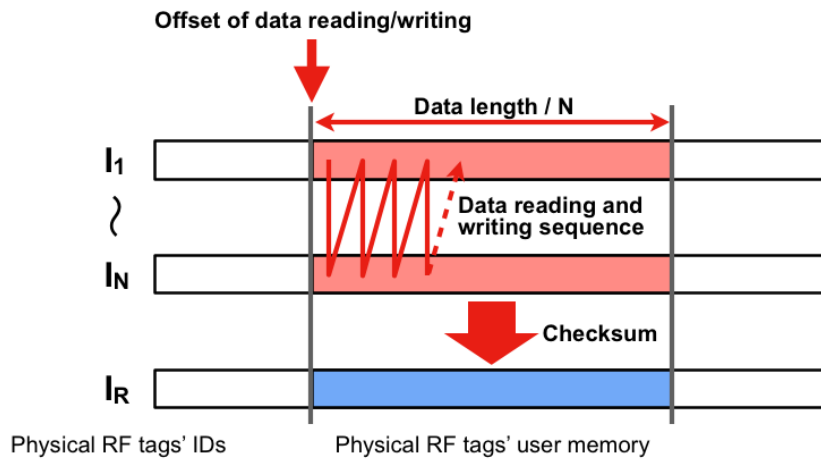


図 4.34 仮想 RF タグによるユーザデータの分割保持

長の情報であり、オフセットとデータ長を指定しての読み書きが想定されるためである。仮想 RF タグのユーザデータに対するオフセットとデータ長が与えられれば、対応する物理的 RF タグに対して実際に読み書きを行うときのオフセットとデータ長を一意に定められる。尚、具体的なストライピングは、今回の仮想 RF タグの実装に用いた UHF 帯 RFID の規格では RF タグへの情報書き込みの最小単位（ワード）が 16 ビットであるため、仮想 RF タグに書き込まれるユーザデータを 16 ビットずつ区切り、区切られた個々のチャンク毎に順に複数の物理的 RF タグに書き込み実装した。上述した元の個体識別子の復元手続きにおいて物理的 RF タグの順序が決定されるので、元のユーザデータを取り出すときにはこの順序に基づいてストライピングされた情報を読み取れば良い。

この構成による仮想 RF タグを用いて本手法による欠落識別子特定を行う実験を行い、各仮想 RF タグに 840 ビットの情報を持たせ、欠落したモノの個体識別子情報そのものを特定できることを確認している。

■仮想 RF タグの読み取り率 上述した構成による仮想 RF タグの読み取り率について検討する。RF タグとリーダライタ間の通信路におけるビット誤り率（Bit Error Rate：以下「BER」と表記）が定数であると仮定すると、 N ビットの情報をこの通信路で送信する際の

全体としての誤り率（Packet Error Rate：以下「 PER_N 」と表記）は次式で表される。

$$PER_N = 1 - (1 - BER)^N \quad (4.23)$$

PER_N の値は BER が増大するほど高くなる。これは本節の最初に示したユーザメモリ読み取り成功率を計測した予備実験の結果とも一致する。そこで、この誤り率のモデルに基づいて仮想 RF タグの読み取り率を検討する。まず、一般的な RF タグの用途として、一つの RF タグに 96 ビットの個体識別子が保持されているときの個体識別子の読み取り率 $R_{physical}$ は次式で表される。^{*2}

$$R_{physical} = PER_{96} \quad (4.24)$$

これに対し、上述した構成による仮想 RF タグの読み取り率を考える。三枚の物理的 RF タグで構成する仮想 RF タグを考えると、このうち最低 2 枚の物理的 RF タグを読み取ることができれば元の識別子を得ることができる。この読み取り率 $R_{vtag(3)}$ は

$$R_{vtag(3)} = 1 - ({}_3C_3 PER_{96}^3 + {}_3C_2 PER_{96}^2 (1 - PER_{96})) \quad (4.25)$$

となり、

$$R_{vtag(3)} = 1 - 3PER_{96}^2 + 2PER_{96}^3 \quad (4.26)$$

と変形できる。

仮想 RF タグの実装を用い、上記の読み取り率モデルの妥当性を検証する実験を行う。実験の手順は以下である。

1. リーダライタのアンテナ前方に 20 枚の仮想 RF タグを設置する。この実験では、先に読み取り率を検討した三枚の物理的 RF タグで構成される仮想 RF タグを用いる。

^{*2} 実際には 96 ビットの個体識別子そのものだけでなく、エアプロトコルによる関連した情報も送受されるが、ここでは簡単のため 96 ビットの情報を受ける部分のみについて考える。



図 4.35 仮想 RF タグの読み取り率測定実験

すなわち、物理的には 60 枚の RF タグを用いる。この様子を図 4.35 に示す。

2. 仮想 RF タグの個体識別子の取得を試みる。各試行において一定時間 RF タグの読み取りを試み、得られた情報から仮想 RF タグの個体識別子を復元する。10 回の試行でそれぞれ読み取られた個体識別子の個数を平均する。
3. この手続きを、リーダライタの出力電波強度を 14.5dBm から 25dBm まで 0.5dBm 刻みに変化させて繰り返す。

比較のため、個々に各自の個体識別子を保持している 20 枚の物理的 RF タグについても上記と同様の手続きによる計測を行う。

この計測の結果を表 4.3 に示す。また、この結果を上述のモデルから得た読み取り率の予想値、すなわち $20R_{physical}$ と $20R_{vtag(3)}$ と比較して示したグラフが図 4.36 である。これを見ると、一定以上の通信路の品質（リーダライタの出力電波強度）において仮想 RF タグが物理的 RF タグと比べて高い読み取り性能を示す点など、予測値と実測値の特徴は一致しており、上述の読み取り率モデルの妥当性が確認できる。そこで、以降この読み取り率モデルに基づき仮想 RF タグの読み取り性能を検討する。

まず、先の検証において仮想 RF タグの読み取り率が物理的 RF タグ単体の読み取り率と

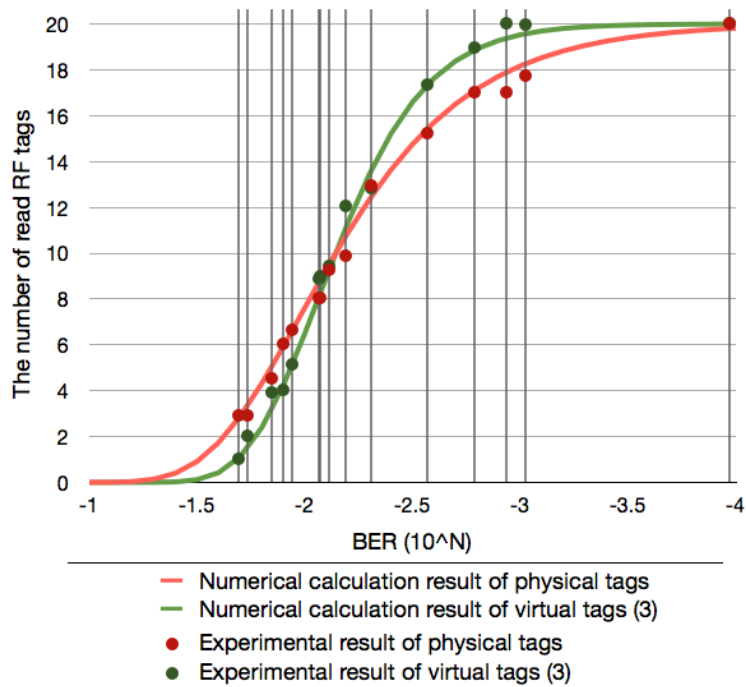


図 4.36 仮想 RF タグの読み取り個数の予測値と実測値

比べて低くなっている範囲がある点について考察する。これは、読み取り率モデルによる読み取り率の計算において、仮想 RF タグを構成する個々の物理的 RF タグから 96 ビットの情報を読み取ることを想定していることによる。この想定は、実装において物理的 RF タグの個体識別子情報を読み取る時に 96 ビットの情報を読んでしまうために設定した前提であるが、実際には図 4.32 で示した通り各物理的 RF タグから読み取る必要がある情報量は 64 ビットである。そのように考えると、理想的な仮想 RF タグの読み取り率 $R_{vtag(3)opt}$ は次式で表される。

$$R_{vtag(3)opt} = 1 - 3PER_{64}^2 + 2PER_{64}^3 \quad (4.27)$$

図 4.37 は、この $R_{vtag(3)opt}$ と物理的 RF タグの読み取り率 $R_{physical}$ を比較したグラフである。これを見ると、通信路の品質によらず仮想 RF タグが物理的 RF タグと比較して高い読み取り性能を示していることがわかる。

また、仮想 RF タグからのユーザデータの読み取り成功率についても検討する。先の欠落

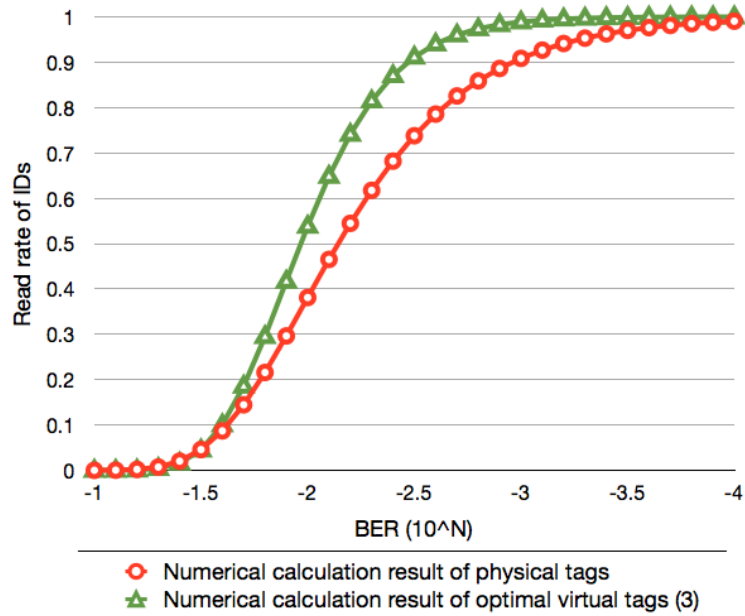


図 4.37 物理的 RF タグと理想的な仮想 RF タグの読み取り率の比較

識別子特定が要求する情報量の例に従い、840 ビットのユーザデータを読み込むことを考える。これを仮想 RF タグから読み込むときの読み取り率 $R_{vtag(3),840}$ は次式で表される。

$$R_{vtag(3),840} = 1 - 3PER_{420}^2 + 2PER_{420}^3 \quad (4.28)$$

これに対し、840 ビットの情報と同様に二つの物理的 RF タグに分割するだけで、チェックサムを保持する冗長 RF タグを持たない構成をとった場合の読み取り率 $R_{split(2),840}$ は次式で表される。

$$R_{split(2),840} = (1 - PER_{420})^2 \quad (4.29)$$

図 4.38 は、これら $R_{vtag(3),840}$ と $R_{split(2),840}$ を比較したグラフである。これを見ると、冗長 RF タグを含む構成の方が高い読み取り性能を示しており、仮想 RF タグの構成の有効性が確認できる。

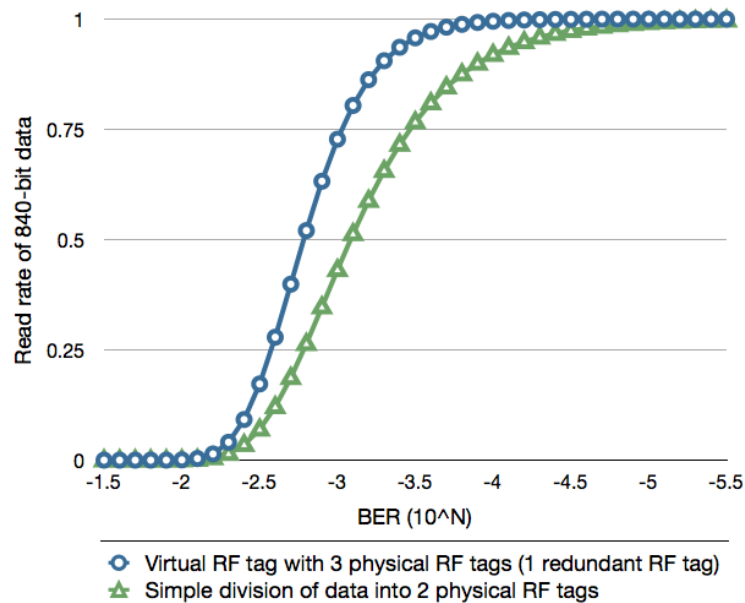


図 4.38 仮想 RF タグ構成と単純な情報の分割とでのユーザデータ読み取り率の比較

4.3 本章のまとめ

本章では、個体識別子が付されたモノの集合情報を実データキャリアに付加的に保持させることで、データキャリアから得られる情報だけで集合の完全性検証を行うグループ符号化手法を提案した。グループ符号化による集合からのモノの欠落検知・欠落数の推定・欠落した識別子の特定の手法を説明し、それぞれ数値シミュレーションと実データキャリアとして RFID を用いた実装による実験により評価し、提案の妥当性・有効性を示した。

表 4.3 仮想 RF タグの読み取り個数の計測実験結果

リーダライタ出力 (dBm)	取得された識別子数平均	
	仮想 RF タグ (三枚構成)	物理的 RF タグ
14.5	1.0	3.0
15.0	2.0	3.0
15.5	2.0	3.0
16.0	2.0	3.0
16.5	3.9	4.5
17.0	4.0	6.0
17.5	5.2	6.6
18.0	8.9	8.0
18.5	9.0	8.0
19.0	9.5	9.3
19.5	12.1	9.9
20.0	12.9	13.0
20.5	17.5	15.2
21.0	19.0	17.0
21.5	20.0	17.0
22.0	19.9	17.7
22.5	20.0	20.0
23.0	20.0	20.0
23.5	20.0	20.0
24.0	20.0	20.0
24.5	20.0	20.0
25.0	20.0	20.0

第5章

結論

5.1 各章のまとめ

本論文の構成を振り返る。

第1章では、序論として、本研究の背景である個体識別子に基づく自動認識技術を紹介し、これをモノに関わる情報を取得する際の基盤的な機能として用いたサービス間共通可視化情報基盤の構想を説明した。この実現にあたり必要な技術として本研究が着目している集合自動認識を挙げ、集合自動認識に必要とされる三つの機能と、それらを実現するための二つの研究課題「集合自動認識機能を提供する実空間情報収集・共有基盤」と「実データキャリアへの集合情報の付帯」を提示した。

第2章では、本研究が着目する集合自動認識に関連する既存の国際標準・事例・研究等をまとめた。それらを踏まえ、本研究が取り組む二つの研究課題についてそれぞれ、まず「集合自動認識機能を提供する実空間情報収集・共有基盤」については、国際標準に則った設計が有効であるものの標準機能だけで実現することはできず、また、既存の個体識別システムの事例をみても本研究が構想するサービス間共通可視化情報基盤を実現しているものはないことを示した。「実データキャリアへの集合情報の付帯」については、この研究課題でカバー

する集合自動認識機能である集合からの欠落検知・欠落識別子特定について、データキャリアに付した情報のみで実現する手法はこれまで存在せず、本研究が初めて取り組んだ課題であることを示した。

第3章では、上記の研究課題のうち一つ目である「集合自動認識機能を提供する実空間情報収集・共有基盤」の設計と評価について述べた。本基盤は、個体識別子によって識別されるモノの情報を収集する情報システムとして国際標準が定められている EPCIS を基に、これを拡張する EPCIS アダプタを組み合わせることで構築される。本基盤の設計を実際の個体識別システムを構築するプロジェクトに導入・実装し、これらのプロジェクトにおける実証実験からその動作と有効性を検証した。

第4章では、もう一方の研究課題である「実データキャリアへの集合情報付帯」について述べた。この研究課題でカバーする集合自動認識機能である集合からの欠落検知・欠落識別子特定をデータキャリア・読み取り機間だけで実現する手法としてグループ符号化を提案・説明し、数値シミュレーション及び実データキャリアとして UHF 帯 RFID を用いた実装による実験からその動作・性能を検証した。

5.2 本論文の結論

本研究が提唱する「集合自動認識」は、個体識別子に基づく自動認識技術によって得られる情報に加えて、その個体識別子によって示されるモノに関わるモノ・コトの集合関係の情報を得る技術である。個体識別によって個々のモノの存在を別々に検知することができるが、モノの情報を利用するときにはそれらをバラバラに扱うだけでなく、複数のモノや関連するコトが集合した単位で扱うことが多い。個体識別子だけでなくそのような集合関係を自動認識する集合自動認識を共通基盤として導入することで、現実世界のモノ・コトの情報を扱う様々な情報システムに個体識別を容易に導入し、さらに、これまで各アプリケーション

で個別に構築せねばならなかった機能を集約できる。これはシステム構築にかかるコストの低減や相互運用性確保の容易化などといった観点から重要である。

本研究で定義するこの集合自動認識の具体的な三つの機能について、まず「ビジネストランザクションに紐づくモノ・コトの集合の把握」「モノの階層関係の把握」については、標準的な情報システム EPCIS を基に、これに対する付加機能「EPCIS アダプタ」として構築・導入することが有効である。EPCIS アダプタによって標準の情報システムが持つ汎用性を損なわないまま集合自動認識の機能を付加することで、非個体識別子ベースの既存アプリケーションを含むモノの情報を扱うアプリケーション群を実装する基盤とすることができる。残る集合自動認識の機能である「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」については、誤り訂正符号の考え方により集合からの識別子の欠落検知・欠落した識別子の特定を行うグループ符号化手法の導入が有効である。この機能は先述の情報基盤と連携すれば容易に実現できるが、グループ符号化手法の導入により情報基盤にアクセスできない主体に対してもこの機能を提供できることが重要である。本手法の導入においては、データキャリアに集合情報を保持させるにあたって最適な性能を実現させるための符号のパラメータ選択が重要であり、この選択においては、個々の識別子に対するパリティ情報の全損が発生しない範囲でできるだけ疎な生成行列を用いることが望ましい。

謝辞

本研究を推進するにあたり日頃から御指導頂きました、主査 三次仁博士に感謝いたします。三次博士には、研究内容のみならず、研究者としてのあり方・心構えについても御教示頂きました。至らぬ所ばかりですが、今後とも精進いたします。また、副査 村井純博士、中村修博士をはじめとする慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス 徳田・村井合同研究室の先生方に感謝いたします。また、突然のお願いにもかかわらず本論文の副査をご了承頂きました大槻知明博士に感謝いたします。

本研究は日本学術振興会 特別研究員制度の助成を受けたものです。この場を借りて御礼申し上げます。

時には情報を交換したり、時には弱音を吐いて励ましあったりした三次研究室、また、徳田・村井合同研究室の友人たちに感謝いたします。

最後に、父 佐藤俊寛、母 佐藤千恵子、姉 大野真理子に心から感謝いたします。

以上をもって本論文の謝辞とさせていただきます。

参考文献

- [1] Kevin Ashton. That 'Internet of Things' Thing, June 2009. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986> (2016年8月25日アクセス).
- [2] 一般財団法人流通システム開発センター. GS1 事業者コード・JAN コード. <http://www.dsri.jp/jan/> (2016年8月24日アクセス).
- [3] GS1. GS1 General Specifications. Release 16.0, Ratified, Jan 2016 <http://www.gs1.org/barcodes-epcrfid-id-keys/gs1-general-specifications> (2016年8月24日アクセス).
- [4] GS1. GS1 EPCglobal Architecture Framework. Version 1.7, April 2015 <http://www.gs1.org/id-keys-epcrfid-epcis/epc-rfid-architecture-framework/1-6> (2016年8月24日アクセス).
- [5] GS1. EPC Tag Data Standard. Version 1.9, Ratified, Nov 2014 <http://www.gs1.org/epc/tag-data-standard> (2016年9月1日アクセス).
- [6] GS1. EPC Radio-Frequency Identity Protocols Generation-2 UHF RFID. Specification for RFID Air Interface Protocol for Communications at 860 MHz - 960 MHz, Version 2.0.1 Ratified <http://www.gs1.org/epcrfid/epc-rfid-uhf-air-interface-protocol/2-0-1> (2016年9月1日アクセス).
- [7] GS1. Low Level Reader Protocol (LLRP). Version 1.1, Ratified, Oct 2010 <http://www.gs1.org/llrp/>

- [//www.gs1.org/epcrfid/epc-rfid-llrp/latest](http://www.gs1.org/epcrfid/epc-rfid-llrp/latest) (2016年9月1日アクセス).
- [8] GS1. Application Level Events Specification. Version 1.1.1, EPCglobal Ratified Standard with Fixed Errata, Mar 2009 <http://www.gs1.org/epcrfid-epcis/epc-rfid-ale/1-1-1> (2016年9月1日アクセス).
 - [9] GS1. EPC Information Services (EPCIS) Version 1.1 Specification. GS1 Standard, Version 1.1, May 2014 <http://www.gs1.org/epcis> (2016年9月1日アクセス).
 - [10] GS1. GS1 Object Name Service (ONS). Version 2.0.1, Ratified Standard, Issue 2, Jan 2013 <http://www.gs1.org/epcis/epcis-ons/latest> (2016年9月1日アクセス).
 - [11] ISO/IEC 15459-1:2014, Information technology – Automatic identification and data capture techniques – Unique identification – Part 1: Individual transport units.
 - [12] ISO/IEC 15459-4:2014, Information technology – Automatic identification and data capture techniques – Unique identification – Part 4: Individual products and product packages.
 - [13] ISO/IEC 15459-5:2014, Information technology – Automatic identification and data capture techniques – Unique identification – Part 5: Individual returnable transport items (RTIs).
 - [14] ISO/IEC 15963:2009, Information technology – Radio frequency identification for item management – Unique identification for RF tags.
 - [15] ISO/IEC 19987:2015, Information technology – EPC Information services – Specification.
 - [16] Farm to Fork. <http://www.rfid-f2f.eu/>.
 - [17] Trebar, Mira and Grah, Andrej and Melcon, Alejandro Alvarez and Parreno, Alfredo. Towards RFID traceability systems of farmed fish supply chain. In *Software*,

- Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 2011 19th International Conference on*, pp. 1–6. IEEE, 2011.
- [18] Yoon-Min Hwang, Junghoon Moon, and Sunggoo Yoo. Developing a RFID-based food traceability system in Korea ginseng industry: focused on the business process reengineering. *International Journal of Control and Automation*, Vol. 8, No. 4, pp. 397–406, 2015.
- [19] Wang R. and Gunthner W.A. Design and development of a Traceability Service for EPC-enabled food supply chains. *20th SoftCOM*, pp. 1–6, 2012.
- [20] Michael J Imburgia. The Role of RFID within EDI: Building a Competitive Advantage in the Supply Chain. In *Service Operations and Logistics, and Informatics, 2006. SOLI'06. IEEE International Conference on*, pp. 1047–1052. IEEE, 2006.
- [21] Ugo Barchetti, Alberto Bucciero, Mario De Blasi, Luca Mainetti, and Luigi Patrono. RFID, EPC and B2B convergence towards an item-level traceability in the pharmaceutical supply chain. In *RFID-Technology and Applications (RFID-TA), 2010 IEEE International Conference on*, pp. 194–199. IEEE, 2010.
- [22] ebXML - Enabling A Global Electronic Market. <http://www.ebxml.org/>.
- [23] 末次信治, 山本久好. 6次産業化を推進する ICT 基盤の開発. *PROVISION*, Vol. 71, pp. 54–60, 2011.
- [24] A. Juels. “Yoking-proofs” for RFID tags. In *Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops*, pp. 138–143, 2004.
- [25] J. Saito and K. Sakurai. Grouping proof for RFID tags. In *19th Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA)*, Vol. 2, pp. 621–624. IEEE, 2005.

- [26] L. Bolotnyy and G. Robins. Generalized Yoking-Proofs for a Group of RFID Tags. In *Proc. International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems (MobiQuitous)*. Citeseer, 2006.
- [27] S. Piramuthu. On existence proofs for multiple RFID tags. In *ACS/IEEE International Conference on Pervasive Services*, pp. 317–320. IEEE, 2006.
- [28] C.C. Lin, Y.C. Lai, J. Tygar, C.K. Yang, and C.L. Chiang. Coexistence Proof using Chain of Timestamps for Multiple RFID Tags. *Advances in Web and Network Technologies, and Information Management*, pp. 634–643, 2007.
- [29] Y. Lien, X. Leng, K. Mayes, and J.H. Chiu. Reading order independent grouping proof for RFID tags. In *IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics (ISI)*, pp. 128–136. IEEE, 2008.
- [30] V. Potdar, P. Hayati, and E. Chang. Improving RFID read rate reliability by a systematic error detection approach. In *1st Annual RFID Eurasia*, pp. 1–5. IEEE, 2007.
- [31] Yi-Sheng Su, Jiun-Ren Lin, and Ozan K Tonguz. Grouping of RFID tags via strongly selective families. *IEEE Communications Letters*, Vol. 17, No. 6, pp. 1120–1123, 2013.
- [32] Yi-Sheng Su and Ozan K Tonguz. Using the Chinese remainder theorem for the grouping of RFID tags. *IEEE Transactions on Communications*, Vol. 61, No. 11, pp. 4741–4753, 2013.
- [33] Yi-Sheng Su. Extended grouping of RFID tags based on resolvable transversal designs. *IEEE Signal Processing Letters*, Vol. 21, No. 4, pp. 488–492, 2014.
- [34] Yi-Sheng Su and Chung-Hsuan Wang. Design and analysis of unequal missing protection for the grouping of rfid tags. *IEEE Transactions on Communications*,

- Vol. 63, No. 11, pp. 4474–4489, 2015.
- [35] Nebil Ben Mabrouk and Paul Couderc. EraRFID: Reliable RFID systems using erasure coding. In *2015 IEEE International Conference on RFID (RFID)*, pp. 121–128. IEEE, 2015.
- [36] GS1. Core Business Vocabulary (CBV). GS1 Standard, Version 1.1, May 2014 <http://www.gs1.org/epcis> (2016年9月1日アクセス).
- [37] fosstrak. <https://fosstrak.github.io/> (2016年9月1日アクセス).
- [38] IBM. WebSphere Commerce. <http://www-03.ibm.com/software/products/ja/websphere-commerce> (2016年9月1日アクセス).
- [39] J.W. Byers, M. Luby, and M. Mitzenmacher. A digital fountain approach to asynchronous reliable multicast. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Vol. 20, No. 8, pp. 1528–1540, 2002.
- [40] M. Luby. LT codes. In *43rd Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science*, pp. 271–280. IEEE, 2003.
- [41] D.J.C. MacKay. Fountain codes. In *IEE Proceedings Communications*, Vol. 152, pp. 1062–1068. IET, 2005.
- [42] A. Shokrollahi. Raptor codes. *IEEE Transactions on Information Theory*, Vol. 52, No. 6, pp. 2551–2567, 2006.
- [43] S.G. Gaitonde and T.V. Ramabadran. A Tutorial on CRC Computations. *IEEE Micro*, Vol. 8, No. 4, pp. 62–75, 1988.
- [44] R. Gallager. Low-Density Parity-Check Codes. *IRE Transactions on Information Theory*, Vol. 8, No. 1, pp. 21–28, 1962.
- [45] J. Mitsugi and O. Tokumasu. A Practical Method for UHF RFID Interrogation Area Measurement Using Battery Assisted Passive Tag. *IEICE Transactions on*

Communications, Vol. 91, No. 4, pp. 1047–1054, 2008.

付録 A

本研究に係る对外発表等一覧

A.1 筆頭著者

A.1.1 原著論文

- Yuki Sato, Jin Mitsugi, Osamu Nakamura and Jun Murai, “Theory and Performance Evaluation of Group Coding of RFID Tags”, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, vol 9, pp. 458-466, July 2012.
- 佐藤友紀, 吉田守, 宮崎圭太, 三次仁, “EPCglobal アーキテクチャに基づいた農産品直販情報システムの構築”, 電子情報通信学会和文論文誌分冊 D システム開発論文特集号, Vol.J96-D, No.10, pp.2406-2417, Oct. 2013.

A.1.2 国際会議発表

- Yuki Sato, Jin Mitsugi, Osamu Nakamura, Jun Murai, “Group coding of RF tags to verify the integrity of group of objects”, RFID, 2011 IEEE International Conference on, pages 264–270, Apr. 2011.

- Yuki Sato, Yuki Igarashi, Jin Mitsugi, Osamu Nakamura, Jun Murai, “Identification of missing objects with group coding of RF tags”, RFID, 2012 IEEE International Conference on, pages 95–101, Apr. 2012.
- Yuki Sato, Yuki Igarashi, Jin Mitsugi, Osamu Nakamura, Jun Murai, “Identification of missing objects with physical FEC”, Internet of Things 2012, 3rd International Conference for Industry and Academia, Oct. 2012. (Poster presentation, Best Poster Award)
- Yuki Sato, Taisuke Sato, Jin Mitsugi, “Boxcan: A Platform Realizing Fast Retrieval of Parent-Child Tree of Containers and Inner Objects Over EPCIS Events”, APCC2015, the 21st Asia Pacific Conference on Communications, pp.692-696, Oct. 2015.

A.1.3 国内大会・研究会等

- 佐藤友紀, 三次仁, 須山哲, 池田昌夫, 清水雅史, 中村修, 村井純, “オフライン操作を考慮した複数 RF タグのグループ証明”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 (A-20 スマートインフォメディアシステム), Sep. 2009.
- 佐藤友紀, 三次仁, 片山穰, 中田広, 清水雅史, 中村修, 村井純, “RF タグの階層化グループ証明”, 信学技報, vol.109, no.338, SIS2009-31, pp.1-5, Dec. 2009.
- 佐藤友紀, 佐藤泰介, 三次仁, 中村修, 村井純, “EPCIS イベントに基づくモノの包含関係ツリーの高速取得プラットフォーム”, 信学技報, vol. 114, no. 205, SIS2014-61, pp. 67-72, Sep. 2014.

A.2 共著

- Jin Mitsugi, Yuki Sato, “Checking Items in a Group”, RFID journal, Aug. 2010.
<http://www.rfidjournal.com/articles/view?7770>
- 五十嵐祐貴, 宮崎圭太, 佐藤友紀, 三次仁 “サービス適応層を用いた汎用 ID 情報プラットフォーム” 電子情報通信学会 USN 研究会 ポスター発表, May, 2012.
- Jin Mitsugi, Keita Miyazaki, Yuki Sato, “Building a Visibility Platform:EPCIS adaptors facilitate the exchange of information”, RFID Journal, Feb. 2013. <http://www.rfidjournal.com/articles/view?10550>
- 三次仁, 宮崎圭太, 佐藤友紀, “EPC 共通基盤の構築と農産物コマース/トレーサビリティシステム実証実験”, 流通とシステム, No.154, (2013), pp.48-51.
- 横石雄大, 佐藤友紀, 三次仁, “アダプタを用いた non-EPC システムと EPCIS の連携”, 電子情報通信学会・情報処理学会 知的環境とセンサネットワーク研究会 ポスター発表, 熊本大学, May, 2013.
- 三次仁, 佐藤友紀, 横石雄大, “ユニーク ID とカテゴリ ID を用いる物流可視化システム”, 電子情報通信学会 RCS 研究会招待講演, IEICE Technical Report RCS2013-86, pp.49-54, Jul. 2013.
- Jin Mitsugi, Yuki Sato, Takehiro Yokoishi, Takashi Tashiro, Tomohiko Eda, Keiji Sato, Yasurou Kishi, “Regional purchase orders dissemination and shipments aggregation of agricultural products with interworking EPC network and EDI system”, In RFID-Technology and Applications (RFID-TA), 2013 IEEE International Conference on, pp. 1-6, Sept. 2013.

A.3 特許

- 片山、清水、中田、三次、佐藤 判定システム、符号化装置、復号化装置、判定方法及びコンピュータプログラム（特許第 5650682 号）

付録 B

EPCIS showcase プロジェクトで構築したシステムの EPCIS イベント定義

- EPC は `urn:epc:id:sgtin:{hoge}` に従う。
`{hoge}` は `{CompanyPrefix}.{ItemReference}.{SerialNumber}` を示す。
- Business Step は `urn:epcglobal:cbv:bizstep:{hoge}` に従う
- Disposition は `urn:epcglobal:cbv:disp:{hoge}` に従う
- ReadPointID と Business Location は `urn:epc:id:sgln:{hoge}` に従う。
`{hoge}` は `{CompanyPrefix}.{LocationReference}.{Extension}` を示す。
- eventTime は event 発生時の日時に従う。
- BusinessTransactionList に含まれる個々の BusinessTransaction はそれぞれ以下の記法に従う。

注文番号 `type=urn:epcglobal:cbv:btt:po` `id=http://commerce.dc-agri.com/bt/{WebSphereCommerce が採番するオーダー ID}`

ヤマト伝票番号 `type=urn:epcglobal:cbv:btt:bol` `id=http://jizen.kuronekoyamato.co.jp/jizen/servlet/crjz.b.NQ0010?id={お問い合わせ番号}`

バンテック House air waybill number type=urn:epcglobal:cbv:btt:bol id=http:

//commerce.dc-agri.com/bol/vantecHouse.html?id={Houseairwaybillnumber}

バンテック Master air waybill number type=urn:epcglobal:cbv:btt:bol id=http:

//commerce.dc-agri.com/bol/vantecMaster.html?id={Housemasterwaybillnumber}

- XML 中の showcase:temperature は時刻と温度データのリストを示す。時刻フォーマットは yyyy-MM-ddTHH:mm:ss.S+09:00（日本時間）又は yyyy-MM-ddTHH:mm:ss.S+08:00（香港時間）で記述する。時刻と温度データの間には半角スペースで仕切る。温度タグの温度取得間隔は 2 時間のため、EPCIS イベント内の温度取得時刻の間隔も 2 時間になる。
- XML 中の showcase:geiger は時刻と放射線量データ ($\mu\text{Sv/h}$) のリストを示す。時刻及びリストのフォーマットは上記 showcase:temperature のものと変わらない（日本時間）。放射線量データは 1 時間毎に平均したものを投入する。

表 B.1 EPCIS showcase プロジェクトで構築したシステムの EPCIS イベント定義

No.	場所	フロー	Event	EPC	Action	Business Step	Disposition	ReadPointID	Business Location	Business Transaction List	Extension
1	生産者	出荷	Object	456235520.1020.1 456235520.0001.1 - 6	ADD	commissioning	active	456235520.001.0	456235520.001.0		
	生産者	出荷	Aggregation	parentID:456235520.1020.1 childEPCs:456235520.0001.1 - 6	ADD	packing	in_transit	456235520.001.0	456235520.001.0	注文番号 伝票番号	
2a	大和コンピュータ 東京本部 or 本社	受領	Aggregation	parentID:456235520.1020.1	DELETE	stocking	sellable, accessible	456235520.013.0 456235520.014.0	456235520.013.0 456235520.014.0		
	大和コンピュータ 東京本部 or 本社	受領	Object	456235520.1020.1	DELETE	decommissioning	inactive	456235520.013.0 456235520.014.0			温度
2b	バンテック	入荷	Object	456235520.1020.1	OBSERVE	accepting	in_progress	456235520.011.0	456235520.011.0		温度
3b	GS1 香港	受領	Aggregation	parentID:456235520.1020.1	DELETE	stocking	sellable, accessible	456235520.012.0	456235520.012.0		
	GS1 香港	受領	Object	456235520.1020.1	DELETE	decommissioning	inactive	456235520.012.0			温度
-	生産者	-	Object	457122707.0110.9 or 11	OBSERVE	accepting	in_progress	456235520.001.0	456235520.001.0		放射線量

リスト B.1 フロー番号 1 で投入する EPCIS イベント例

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
```

```

<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
  <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.1020.1</epc>
  <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.1</epc>
  <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.2</epc>
  <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.3</epc>
  <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.4</epc>
  <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.5</epc>
  <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.6</epc>
</epcList>
<action>ADD</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:commissioning</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:active</disposition>
<readPoint>
  <id>urn:epc:id:sgln:456235520.001.0</id>
</readPoint>
<bizLocation>
  <id>urn:epc:id:sgln:456235520.001.0</id>
</bizLocation>
</ObjectEvent>
<AggregationEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <parentID>urn:epc:id:sgtin:456235520.1020.1</parentID>
  <childEPCs>
    <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.1</epc>
    <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.2</epc>
    <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.3</epc>
    <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.4</epc>
    <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.5</epc>
    <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.0001.6</epc>
  </childEPCs>
  <action>ADD</action>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_transit</disposition>
  <readPoint>
    <id>urn:epc:id:sgln:456235520.001.0</id>
  </readPoint>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:456235520.001.0</id>
  </bizLocation>
  <bizTransactionList>
    <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:btt:po">http://commerce.dc-agri.com
      /bt/10001</bizTransaction>
    <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:btt:po">http://commerce.dc-agri.com
      /bt/10002</bizTransaction>
    <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:btt:bol">http://jizen.

```



```

        kuronekoyamato.co.jp/jizen/servlet/crjz.b.NQ0010?id=344467402473</
        bizTransaction>
    </bizTransactionList>
</AggregationEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト B.2 フロー番号 2a で投入する EPCIS イベント例

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T17:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<AggregationEvent>
<eventTime>2012-10-10T17:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<parentID>urn:epc:id:sgtin:456235520.1020.1</parentID>
<action>DELETE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:stocking</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:sellable_accessible</disposition>
<readPoint>
<id>urn:epc:id:sgln:456235520.013.0</id>
</readPoint>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:456235520.013.0</id>
</bizLocation>
</AggregationEvent>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T17:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
<epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.1020.1</epc>
</epcList>
<action>DELETE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:decommissioning</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:inactive</disposition>
<readPoint>
<id>urn:epc:id:sgln:456235520.013.0</id>
</readPoint>
<showcase:temperature xmlns:showcase="http://epcis.gs1japan.net/epcis/
extensions/">2012-10-10T16:10:00.123+09:00 23.00</showcase:temperature>
</ObjectEvent>
</EventList>
</EPCISBody>

```

```
</epcis:EPCISDocument>
```

リスト B.3 フロー番号 2b で投入する EPCIS イベント例

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T15:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T15:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
<epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.1020.1</epc>
</epcList>
<action>OBSERVE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:accepting</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<readPoint>
<id>urn:epc:id:sgln:456235520.011.0</id>
</readPoint>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:456235520.011.0</id>
</bizLocation>
<showcase:temperature xmlns:showcase="http://epcis.gs1japan.net/epcis/
extensions/">2012-10-10T10:10:00.123+09:00 23.00</showcase:temperature>
<showcase:temperature xmlns:showcase="http://epcis.gs1japan.net/epcis/
extensions/">2012-10-10T12:10:00.123+09:00 23.10</showcase:temperature>
<showcase:temperature xmlns:showcase="http://epcis.gs1japan.net/epcis/
extensions/">2012-10-10T14:10:00.123+09:00 23.20</showcase:temperature>
</ObjectEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```

リスト B.4 フロー番号 3b で投入する EPCIS イベント例

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-11T17:00:00.000+08:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<AggregationEvent>
<eventTime>2012-10-11T17:00:00.000+08:00</eventTime>
```

```

<eventTimeZoneOffset>+08:00</eventTimeZoneOffset>
<parentID>urn:epc:id:sgtin:456235520.1020.1</parentID>
<action>DELETE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:stocking</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:sellable_accessible</disposition>
<readPoint>
  <id>urn:epc:id:sgln:456235520.012.0</id>
</readPoint>
<bizLocation>
  <id>urn:epc:id:sgln:456235520.012.0</id>
</bizLocation>
</AggregationEvent>
<ObjectEvent>
  <eventTime>2012-10-11T17:00:00.000+08:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+08:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcList>
    <epc>urn:epc:id:sgtin:456235520.1020.1</epc>
  </epcList>
  <action>DELETE</action>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:decommissioning</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:inactive</disposition>
  <readPoint>
    <id>urn:epc:id:sgln:456235520.012.0</id>
  </readPoint>
  <showcase:temperature xmlns:showcase="http://epcis.gs1japan.net/epcis/
    extensions/">2012-10-10T16:10:00.123+08:00 23.00</showcase:temperature>
  </ObjectEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト B.5 放射線量情報を投入する EPCIS イベント例

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
  .org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-14T22:10:00.000+09:00"
  schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <ObjectEvent>
        <eventTime>2012-10-14T21:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcList>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:457122707.0110.9</epc>
        </epcList>
        <action>OBSERVE</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:accepting</bizStep>

```

```
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<readPoint>
  <id>urn:epc:id:sgln:456235520.003.0</id>
</readPoint>
<bizLocation>
  <id>urn:epc:id:sgln:456235520.003.0</id>
</bizLocation>
<showcase:geiger xmlns:showcase="http://epcis.gs1japan.net/epcis/extensions/">
  2012-10-14T21:00:00.000+09:00 0.1334</showcase:geiger>
  </ObjectEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```

付録 C

ふくろい e ネットの EPCIS イベント 定義

以下のフローにおいて Capture interface・EPCIS アダプタを通じて EPCIS にイベントを登録する。

- 平時
 1. 生産者：商品登録
 2. 生産者：収納用梱包
 3. 生産者：入庫
 4. 生産者：棚移動（4a: 出庫 4b: 入庫）
 5. 生産者：出荷用梱包
 6. 生産者：出荷
 7. 集積場：入荷
 8. 集積場：入庫
 9. 集積場：棚移動（9a: 出庫 9b: 入庫）

10. 集積場：出荷用梱包
 11. 集積場：出荷
- 災害時
 1. 集積場：物資登録
 2. 集積場：収納用梱包
 3. 集積場：入庫
 4. 集積場：棚移動（4a: 出庫 4b: 入庫）
 5. 集積場：出荷用梱包
 6. 集積場：出荷
 7. 避難所：入荷

平時には、これに加えて生産者～集積場間で利用するオリコンを貸出・回収する時にも EPCIS にイベントを登録する。表 C.1,C.2 に、それぞれ平時、災時における EPCIS イベントの概略を示す。それぞれのフローにてキャプチャするイベントの例を以下に列挙する。

- EPC (SGTIN, SGLN, SSCC, GRAI) の表記は各体系の pure identity URI の表記法に従う。
- Business Step は `urn:epcglobal:cbv:bizstep:{hoge}` に従う。
- Disposition は `urn:epcglobal:cbv:disp:{hoge}` に従う。
- Business Location は SGLN の表記法に従う。ReadPoint はイベントに含めない。
- eventTime は event 発生時の日時に従う。
- 注文番号 (po)、荷物の問い合わせ番号 (bol) の記法は以下に従う。いずれも bizTransaction のフィールドに保持する。それぞれの bizTransactionType は `urn:epcglobal:cbv:btt:po`、`urn:epcglobal:cbv:btt:bol` となる。
 - po (平時災時共通) : `http://icttown.fukuroi-e.net/bt/po/{hoge}`

- bol (平時ヤマト): <http://jizen.kuronekoyamato.co.jp/jizen/servlet/crjz.b.NQ0010?id={hoge}>
- bol (災時): <http://icttown.fukuroi-e.net/bt/bol/{hoge}>

リスト C.1 平時フロー番号1のイベント

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
<epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epc>
</epcList>
<action>ADD</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:commissioning</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:active</disposition>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SHIWAKE</id>
</bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epcClass>
<quantity>1</quantity>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:commissioning</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:active</disposition>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SHIWAKE</id>
</bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```

リスト C.2 平時フロー番号2のイベント

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
```

表 C.1 ふくろい e ねっこの EPCIS イベント定義 (平時)

No.	場所	フロー	Event	EPC/EPCClass	quantity	action	Business Step	Disposition	Business Location	Business Transaction List	備考
1	生産者	登録	Object	EPCList{ 個品 EPC }		ADD	commissioning	active	生産者仕分場 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		commissioning	active	生産者仕分場 SGLN		
2	生産者	取納用 梱包	Aggregation	ParentID{ 取納箱 EPC } childEPCs{ 個品 EPC 複数 }		ADD	packing	in_progress	生産者仕分場 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		packing	in_progress	生産者仕分場 SGLN		任意
3	生産者	入庫	Object	EPCList{ 個品 or 取納箱 EPC }		OBSE RVE	storing	in_progress	生産者棚 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 個品 or 取納箱 EPC }	N		storing	in_progress	生産者棚 SGLN		
4a	生産者	棚移動 出庫	Object	EPCList{ 個品 or 取納箱 EPC }		OBSE RVE	shipping	in_progress	元の棚 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 or 取納箱 EPC }	N		shipping	in_progress	元の棚 SGLN		任意
4b	生産者	棚移動 入庫	Object	EPCList{ 個品 or 取納箱 EPC }		OBSE RVE	storing	in_progress	新しい棚 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		storing	in_progress	新しい棚 SGLN		任意
5	生産者	出荷用 梱包	Aggregation	ParentID{ 個品 or オリコン EPC } childEPCs{ 個品 EPC 複数 }		ADD	packing	in_progress	生産者出荷場 SGLN	po	個品単位で発送する場合は親子同じ EPC タグコピー
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		packing	in_progress	生産者出荷場 SGLN		梱包した個品それぞれに対して発行
6	生産者	出荷	Object	EPCList{ 個品 or オリコン EPC }		OBSE RVE	shipping	in_transit	生産者出荷場 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 個品 or オリコン EPC }	N		shipping	in_transit	生産者出荷場 SGLN		
7	集積場	入荷	Object	EPCList{ 個品 or オリコン EPC }		OBSE RVE	accepting	in_progress	集積所受付 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 個品 or オリコン EPC }	N		accepting	in_progress	集積場受付 SGLN		
8	集積場	入庫	Object	EPCList{ 個品 or オリコン EPC }		OBSE RVE	storing	in_progress	集積所棚 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 個品 or オリコン EPC }	N		storing	in_progress	集積所棚 SGLN		
9a	集積場	棚移動 出庫	Object	EPCList{ 個品 or オリコン EPC }		OBSE RVE	shipping	in_progress	元の棚 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 or オリコン EPC }	N		shipping	in_progress	元の棚 SGLN		任意
9b	集積場	棚移動 入庫	Object	EPCList{ 個品 or オリコン EPC }		OBSE RVE	storing	in_progress	新しい棚 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 or オリコン EPC }	N		storing	in_progress	新しい棚 SGLN		任意
10	集積場	出荷用 梱包	Aggregation	ParentID{ 個品 or 出荷箱 EPC } childEPCs{ 個品 EPC 複数 }		ADD	packing	in_progress	集積場荷造場 SGLN	po, bol	個品単位で発送する場合は親子同じ EPC タグコピー
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		packing	in_progress	集積場荷造場 SGLN		梱包した個品それぞれに対して発行
11	集積場	出荷	Object	EPCList{ 個品 or 出荷単位 EPC }		OBSE RVE	shipping	in_transit	集積場出荷場 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 個品 or 出荷単位 EPC }	N		shipping	in_transit	集積場出荷場 SGLN		
-	集積場	オリコン 貸出	Object	EPCList{ オリコン EPC }		ADD	commissioning	active	生産者 SGLN		生産者 SGLN は 0
-	集積場	オリコン 回収	Object	EPCList{ オリコン EPC }		DELETEDE	decommissioning	inactive	集積場 SGLN		空になったオリコンを棚から回収

表 C.2 ふくろい e ねっとの EPCIS イベント定義 (災害時)

No.	場所	フロー	Event	EPC/EPCClass	quantity	action	Business Step	Disposition	Business Location	Business Transaction List	備考
1	集積場	登録	Object	EPCList{ 個品 EPC }		ADD	commissioning	active	集積場受付 SGLN		別途マスタ DB に EPC と CID の紐付け情報を送信
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		commissioning	active	集積場受付 SGLN		
2	集積場	取納用 梱包	Aggregation	ParentID{ 取納箱 EPC } childEPCs{ 個品 EPC 複数 }		ADD	packing	in_progress	集積場受付 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		packing	in_progress	集積所受付 SGLN		任意
3	集積場	入庫	Object	EPCList{ 個品 or 取納箱 EPC }		OBSE RVE	storing	in_progress	集積場棚 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 個品 or 取納箱 EPC }	N		storing	in_progress	集積場棚 SGLN		
4a	集積場	棚移動 出庫	Object	EPCList{ 個品 or 取納箱 EPC }		OBSE RVE	shipping	in_progress	元の棚 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 or 取納箱 EPC }	N		shipping	in_progress	元の棚 SGLN		任意
4b	集積場	棚移動 入庫	Object	EPCList{ 個品 or 取納箱 EPC }		OBSE RVE	storing	in_progress	新しい棚 SGLN		任意
			Quantity	EPCClass{ 個品 or 取納箱 EPC }	N		storing	in_progress	新しい棚 SGLN		任意
5	集積場	出荷用 梱包	Aggregation	ParentID{ 出荷単位 EPC } childEPCs{ 個品 EPC 複数 }		ADD	packing	in_progress	集積場荷造場 SGLN	po	個品単位で発送する場合は親子同じ EPC タグコピー
			Quantity	EPCClass{ 個品 EPC }	N		packing	in_progress	集積場荷造場 SGLN		梱包した個品それぞれに対して発行
6	集積場	出荷	Object	EPCList{ 出荷単位 EPC }		OBSE RVE	shipping	in_transit	集積場出荷場 SGLN	bol	
			Quantity	EPCClass{ 出荷単位 EPC }	N		shipping	in_transit	集積場出荷場 SGLN		
7	避難所	入荷	Object	EPCList{ 出荷箱 EPC }		OBSE RVE	accepting	inactive	避難所受付 SGLN		
			Quantity	EPCClass{ 出荷箱 EPC }	N		accepting	inactive	避難所受付 SGLN		

```

<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<AggregationEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<parentID>urn:epc:id:sscc:458247648.00000001</parentID>
<childEPCs>
<epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epc>
<epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.2</epc>
<epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.3</epc>
</childEPCs>
<action>ADD</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<bizLocation>

```

```

        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SHIWAKE</id>
    </bizLocation>
</AggregationEvent>
<QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SHIWAKE</id>
    </bizLocation>
</QuantityEvent>
<QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.2</epcClass>
    <quantity>3</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SHIWAKE</id>
    </bizLocation>
</QuantityEvent>
<QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.3</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SHIWAKE</id>
    </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.3 平時フロー番号3のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
    <EPCISBody>

```

```

<EventList>
  <ObjectEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcList>
      <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.00000001</epc>
    </epcList>
    <action>OBSERVE</action>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.TANA1</id>
    </bizLocation>
  </ObjectEvent>
  <QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.00000001</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.TANA1</id>
    </bizLocation>
  </QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.4 平時フロー番号 4a のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <ObjectEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcList>
          <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.00000001</epc>
        </epcList>
        <action>OBSERVE</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>

```

```

        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.TANA1</id>
    </bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.00000001</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.TANA1</id>
    </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.5 平時フロー番号 4b のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcList>
        <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.00000001</epc>
    </epcList>
    <action>OBSERVE</action>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.TANA2</id>
    </bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.00000001</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>

```

```

    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.TANA2</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.6 平時フロー番号5のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <AggregationEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <parentID>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</parentID>
        <childEPCs>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epc>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0002.1</epc>
        </childEPCs>
        <action>ADD</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SYUKKA</id>
        </bizLocation>
        <bizTransactionList>
          <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:btt:po">http://icttown.fukuroi-e.
            net/bt/po/1</bizTransaction>
        </bizTransactionList>
      </AggregationEvent>
      <QuantityEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epcClass>
        <quantity>1</quantity>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SYUKKA</id>
        </bizLocation>
      </QuantityEvent>
      <QuantityEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>

```

```

<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0002.1</epcClass>
<quantity>3</quantity>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<bizLocation>
  <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SYUKKA</id>
</bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.7 平時フロー番号6のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcList>
    <epc>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epc>
  </epcList>
  <action>OBSERVE</action>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_transit</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SYUKKA</id>
  </bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epcClass>
  <quantity>1</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_transit</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.SYUKKA</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>

```

```
</epcis:EPCISDocument>
```

リスト C.8 平時フロー番号7のイベント

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
<epc>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epc>
</epcList>
<action>OBSERVE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:accepting</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
</bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcClass>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epcClass>
<quantity>1</quantity>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:accepting</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
</bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```

リスト C.9 平時フロー番号8のイベント

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
```

```

<ObjectEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcList>
    <epc>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epc>
  </epcList>
  <action>OBSERVE</action>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>
  </bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epcClass>
  <quantity>1</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.10 平時フロー番号 9a のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
  <EventList>
    <ObjectEvent>
      <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
      <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
      <epcList>
        <epc>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epc>
      </epcList>
      <action>OBSERVE</action>
      <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
      <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
      <bizLocation>
        <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>

```



```

    </bizLocation>
  </ObjectEvent>
  <QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>
    </bizLocation>
  </QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.11 平時フロー番号 9b のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <ObjectEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcList>
          <epc>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epc>
        </epcList>
        <action>OBSERVE</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA2</id>
        </bizLocation>
      </ObjectEvent>
      <QuantityEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcClass>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epcClass>
        <quantity>1</quantity>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA2</id>

```

```

    </bizLocation>
  </QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.12 平時フロー番号 10 のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <AggregationEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <parentID>urn:epc:id:sscc:458247648.10000001</parentID>
        <childEPCs>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epc>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0003.1</epc>
        </childEPCs>
        <action>ADD</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
        </bizLocation>
        <bizTransactionList>
          <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:btt:po">http://icttown.fukuroi-e.
net/bt/po/1</bizTransaction>
          <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:btt:bol">http://jizen.
kuronekoyamato.co.jp/jizen/servlet/crjz.b.NQ0010?id=123412341234</
bizTransaction>
        </bizTransactionList>
      </AggregationEvent>
      <QuantityEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0001.1</epcClass>
        <quantity>1</quantity>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
        </bizLocation>
      </QuantityEvent>

```

```

<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0003.1</epcClass>
  <quantity>2</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.13 平時フロー番号 11 のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
  <ObjectEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcList>
      <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.10000001</epc>
    </epcList>
    <action>OBSERVE</action>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_transit</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
    </bizLocation>
  </ObjectEvent>
  <QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.10000001</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_transit</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
    </bizLocation>
  </QuantityEvent>

```

```
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```

リスト C.14 平時オリコン貸出時のイベント

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
<epc>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epc>
</epcList>
<action>ADD</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:commissioning</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:active</disposition>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:458247648.001.0</id>
</bizLocation>
</ObjectEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```

リスト C.15 平時オリコン回収時のイベント

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
<epc>urn:epc:id:grai:458247648.001.1</epc>
</epcList>
<action>DELETE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:decommissioning</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:inactive</disposition>
```

```

    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.0</id>
    </bizLocation>
  </ObjectEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.16 災害時フロー番号1のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <ObjectEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcList>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.1</epc>
        </epcList>
        <action>ADD</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:commissioning</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:active</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
        </bizLocation>
      </ObjectEvent>
      <QuantityEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.1</epcClass>
        <quantity>10</quantity>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:commissioning</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:active</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
        </bizLocation>
      </QuantityEvent>
    </EventList>
  </EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.17 災害時フロー番号2のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
  <AggregationEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <parentID>urn:epc:id:sscc:458247648.20000001</parentID>
    <childEPCs>
      <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.1</epc>
      <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.2</epc>
      <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.3</epc>
    </childEPCs>
    <action>ADD</action>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
    </bizLocation>
  </AggregationEvent>
  <QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.1</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
    </bizLocation>
  </QuantityEvent>
  <QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
    <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.2</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
    </bizLocation>
  </QuantityEvent>
  <QuantityEvent>
    <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
    <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>

```

```

    <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.3</epcClass>
    <quantity>1</quantity>
    <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
    <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.UKETSUKE</id>
    </bizLocation>
  </QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.18 災害時フロー番号3のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <ObjectEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcList>
          <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.20000001</epc>
        </epcList>
        <action>OBSERVE</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>
        </bizLocation>
      </ObjectEvent>
      <QuantityEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.20000001</epcClass>
        <quantity>1</quantity>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>
        </bizLocation>
      </QuantityEvent>
    </EventList>
  </EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.19 災害時フロー番号 4a のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>
<ObjectEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcList>
<epc>urn:epc:id:sscc:458247648.20000001</epc>
</epcList>
<action>OBSERVE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>
</bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
<eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
<eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
<epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.20000001</epcClass>
<quantity>1</quantity>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
<bizLocation>
<id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA1</id>
</bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.20 災害時フロー番号 4b のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
<EPCISBody>
<EventList>

```



```

<ObjectEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcList>
    <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.20000001</epc>
  </epcList>
  <action>OBSERVE</action>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA2</id>
  </bizLocation>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.20000001</epcClass>
  <quantity>1</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:storing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.TANA2</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.21 災害時フロー番号5のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <AggregationEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <parentID>urn:epc:id:sscc:458247648.30000001</parentID>
        <childEPCs>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.4</epc>
          <epc>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.5</epc>
        </childEPCs>
        <action>ADD</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>

```

```

    <bizLocation>
      <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
    </bizLocation>
    <bizTransactionList>
      <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:btt:po">http://icttown.fukuroi-e.
        net/bt/po/1</bizTransaction>
    </bizTransactionList>
  </AggregationEvent>
<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.4</epcClass>
  <quantity>5</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:sgtin:458247648.0999.5</epcClass>
  <quantity>1</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:packing</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_progress</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.22 災害時フロー番号6のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
.org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <ObjectEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcList>
          <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.30000001</epc>

```

```

</epcList>
<action>OBSERVE</action>
<bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
<disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_transit</disposition>
<bizLocation>
  <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
</bizLocation>
<bizTransactionList>
  <bizTransaction type="urn:epcglobal:cbv:bt:bol">http://icttown.fukuroi-e.
    net/bt/bol/1</bizTransactionList>
</bizTransactionList>
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.30000001</epcClass>
  <quantity>1</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:shipping</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:in_transit</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.101.SYUKKA</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>

```

リスト C.23 災害時フロー番号7のイベント

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<epcis:EPCISDocument xmlns:epcis="urn:epcglobal:epcis:xsd:1" xmlns:xsi="http://www.w3
  .org/2001/XMLSchema-instance" creationDate="2012-10-10T09:00:00.000+09:00"
  schemaVersion="1.0">
  <EPCISBody>
    <EventList>
      <ObjectEvent>
        <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
        <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
        <epcList>
          <epc>urn:epc:id:sscc:458247648.30000001</epc>
        </epcList>
        <action>OBSERVE</action>
        <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:accepting</bizStep>
        <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:inactive</disposition>
        <bizLocation>
          <id>urn:epc:id:sgln:458247648.201.UKETSUKE</id>
        </bizLocation>

```

```
</ObjectEvent>
<QuantityEvent>
  <eventTime>2012-10-10T09:00:00.000+09:00</eventTime>
  <eventTimeZoneOffset>+09:00</eventTimeZoneOffset>
  <epcClass>urn:epc:id:sscc:458247648.30000001</epcClass>
  <quantity>1</quantity>
  <bizStep>urn:epcglobal:cbv:bizstep:accepting</bizStep>
  <disposition>urn:epcglobal:cbv:disp:inactive</disposition>
  <bizLocation>
    <id>urn:epc:id:sgln:458247648.201.UKETSUKE</id>
  </bizLocation>
</QuantityEvent>
</EventList>
</EPCISBody>
</epcis:EPCISDocument>
```