

## 論文審査の要旨及び担当者

報告番号	① 乙 第	号	氏 名	佐藤 友紀
論文審査担当者	主 査	政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授	三次 仁
	副 査	政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授	村井 純
		政策・メディア研究科委員	兼環境情報学部教授	中村 修
		理工学部教授		大槻 知明
学力確認担当者：				

## 論文審査の要旨)

佐藤友紀君の学位請求論文は「モノ・コトの集合自動認識」と題し、5章からなる。本研究は、モノの紛失や無駄、モノ探しや欠品などの非効率を解決する手段として、全てのモノやコトに個体識別子を付与し、コンピュータシステムで管理できる世界の円滑な実現と、モノをグループや階層という集合としてコンピュータ処理することによる、新しい機能を提案・実現する取り組みである。この取り組みは、これまでアプリケーション毎に開発されていた機能を国際標準に準拠した共通情報基盤として配備すること、およびモノ・コトの識別子に加えて集合関係の一部を分散して記憶させることおよびその情報処理、の2つの技術的な取り組みで構成されている。個体識別を円滑に導入することができる共通情報基盤を考案し、自治体の備蓄品管理システム、農産品等の共同配送システム、国際トレーサビリティシステムなどに供用できるレベルで実装したことに加え、モノの誤り訂正とも言うべき新しい技術分野を開拓しており、本研究には重要な貢献がある。

本論文は、まず第1章で、モノやコトの識別子に基づく自動認識技術、特に個体識別を挙げ、それをを用いることによる無駄・非効率や情報不足の解消を述べている。また、個体識別は、商取引・物品管理などのアプリケーションに依存せず共通的に実装可能であることを明らかにし、個体識別に基づくサービス間共通可視化情報基盤の構想を展開している。提案する情報基盤は、物流可視化に関する国際標準に準拠して構成されており、この共通基盤を用いることで、簡単に個体識別を導入できることに加え、買い手・売り手を越えた企業間にまたがった情報共有が実現できる、と述べている。また個体識別をコンピュータシステムと融合して導入することによって新しい機能が実現できることも明らかにしている。本論文では、モノが構成するグループや階層、そして注文などの論理的なまとまり（コト）とモノのつながりをモノ・コトの“集合”と一般化し、集合を自動認識するコンピュータシステムの実現を研究目的と定めている。また集合自動認識の機能として「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」「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」の三つの機能を挙げ、これらを実現するための二つの研究課題

- ・研究課題1「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」
- ・研究課題2「実データキャリアへの集合情報の付帯」

を導き出している。本論文はやや技術の説明に重点があるが、むしろ提唱すべきポイントはモノのライフサイクルに渡った情報管理の構想であり、その実現に向けた具体的方法論としての技術開発という位置づけで論理構成するほうが論文の了解性からは望ましいことは著者も自覚しており、今後の研究活動では修正されるであろう。

第2章では、個体識別に基づく情報システムに関わる国際標準や既存の事例・研究を調査してまとめている。研究課題1については、既存の国際標準が対象とする範囲が本研究のサービス間共通可視化情報基盤の構想の実現には不十分であること、また、標準に準拠した既

存の個体識別システムの事例は、いずれも単一の目的（たとえば物流可視化）に特化したシステムであることを示し、本研究が狙う共通基盤の必要性・新規性を明らかにしている。また、研究課題 2 については、この研究課題で扱う集合自動認識機能「集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定」について、データベース等を前提としないオフライン環境で実現する手法が、個体識別ならではの機能であることを述べ、本研究が世界で初めて提唱・構築した技術であることを主張している。

第 3 章では、研究課題 1「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、国際標準の情報システムである EPCIS に、「EPCIS アダプタ」と呼ぶ形式で付加的な機能を構築・導入して実現するサービス間共通可視化情報基盤の設計と評価について述べている。EPCIS は個体識別子を付したモノのイベント情報を収集・共有するための標準化されたリポジトリサービスである。標準の機能だけでは、特に既存の商取引システムや物品管理システムとの連携において不十分な点があることを、様々な実証実験における経験から発見し、この問題を解決する EPCIS アダプタの着想を得ている。EPCIS アダプタの設計は EPCIS への変更なしに、様々な機能を必要に応じて付加できるように配慮されており、具体的な実装形態として Java サブレットとしての実装も示している。EPCIS アダプタを用いることで、容易に個体識別を導入できること、国際標準に準拠しているため、企業間での情報共有を進めやすくなることを実証するとともに、一部性能のベンチマークにより有効性を定量的化している。EPCIS アダプタは地方自治体の災害用備蓄品管理、農産物の集合配送システム、国際トレーサビリティ実証実験などに用いられた。自治体の災害用備蓄品管理システムのための情報システムは実証実験以降も継続して運用されており、2016 年 9 月時点で約 150,000 点の災害用備蓄品の管理に用いられている。これは本研究の具体的貢献の一つである。

第 4 章では、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、集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定をオフラインで行う手法として「グループ符号化」を提案・説明している。提案手法は情報通信におけるパケット単位の誤り訂正符号との技術的類似性を見出したもので、集合に属する識別子を情報パケットと捉え、これの欠落を検知、あるいは欠落したパケットを特定するための冗長パケット（グループ ID）を個体識別子のデータキャリアに付加的に保持させる手法である。本論文では、まず最も基本的なグループ ID を一つ用いる欠落検知手法を説明し、さらに単一のグループを複数の論理的サブグループに分割してそれぞれにサブグループ ID を計算し、それぞれのサブグループごとの成否状態を組み合わせることで実現する欠落数推定、それに加えサブグループと識別子の関係性を示すグラフ構造もデータキャリアに保持させることで実現する欠落識別子推定の手法を順に説明している。それぞれの手法について、数値シミュレーションによる性能評価を行い、さらに UHF 帯 RFID を用いた実験から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が発揮されることを示している。本論文が提案する方法はグループを構成するモノの重要度が異なる場合においても適用可能であり、論文の組立としてはまず、そうした一般的技術として、理論・提案を組み立て、実装例として特別なケースを扱うことが望ましいことは著者も自覚があり、今後の研究活動では修正されるであろう。

第 5 章では、本研究の結論を述べている。二つの研究課題についてそれぞれ以下のように結論が得られている。

・研究課題 1「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」：同基盤構築においては、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。

・研究課題 2「実データキャリアへの集合情報の付帯」：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。集合からのモノの欠落検知・欠落識別子特定の機能は、研究課題 1 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。

食品トレーサビリティ・贋物防止・ライフサイクルに渡った物品管理など、今後個体識別の利用はより大きくなると予想される。一方で、個体識別の導入にあたっては、電子商取引や在庫管理など、必ずしもそれ単体では個体識別子を必要としない、あるいは用いない既存のシステムをどのように個体識別と連携させるかが現実的な問題となる。本研究が示し、研究課題 1 で実現したサービス間共通可視化情報基盤は、既存システムに個体識別を円滑に適用できる仕組みを提案し、実証したという点で重要な成果である。また研究課題 2 で提案したグループ符号は、個体識別ならではの新しい機能を提案し、実装・実験によりその有効性を具体的に示している。

上記の成果と、それらを記述した本論文は、佐藤友紀君が先端的な研究を行うために必要な高度な研究能力、並びにその基礎となる学識、研究成果を社会貢献へ結びつける能力を有することを示したものと見える。よって、本委員会は、本論文の著者は、博士（政策・メディア）の学位を受ける資格のあるものと認める。