

システム技術開発調査研究

21-R-6

ライフサイクル管理用 I D に関する
調査研究
報 告 書

— 要 旨 —

平成 22 年 3 月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 財団法人 製造科学技術センター



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、防災、都市、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには、技術開発力の強化に加えて、ますます多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢に対応し、各方面の要請に応えるため、財団法人機械システム振興協会では、財団法人JKAから機械工業振興資金の交付を受けて、機械システムに関する調査研究等補助事業、新機械システム普及促進補助事業を実施しております。

特に、システム開発に関する事業を効果的に推進するためには、国内外における先端技術、あるいはシステム統合化技術に関する調査研究を先行して実施する必要がありますので、当協会に総合システム調査開発委員会（委員長 東京大学 名誉教授 藤正 巖氏）を設置し、同委員会のご指導のもとにシステム技術開発に関する調査研究事業を実施しております。

この「ライフサイクル管理用IDに関する調査研究報告書」は、上記事業の一環として、当協会が財団法人製造科学技術センターに委託して実施した調査研究の成果であります。今後、機械情報産業に関する諸施策が展開されていくうえで、本調査研究の成果が一つの礎石として役立てば幸いです。

平成22年3月

財団法人機械システム振興協会

はじめに

製品に ID を付与することによる業務効率化の実現例は、スーパーマーケットにおけるレジでの会計や在庫管理などに始まり、最近では数え切れないほどになってきている。製品のライフサイクルとしては、設計、製造、流通、販売、使用（消費）、回収／廃棄／再利用などのステージが考えられ、各ステージで ID は活用されている。

設計においては、すでに CAD の活用が進んでいる。ID を付与した部品等の使用情報を収集し、設計にフィードバックすることが考えられるが、設計それ自体の工程で ID 自体を使うことは少ない。

製造工程でも ID が活用されるようになっており、素材に ID が付与され、生産指示票に ID の内容が書き込まれる。ID を判定して本体に部品が順に組み込まれていき、組み立て工程の完成をチェックしたのち、検査工程に移り、ID を利用して検査が行われる。これにより、製造現場での進捗管理の即時対応や流れの滞りの原因究明の効率化が実現できる。生産効率の向上と部品・製品トレーサビリティ自動化を達成した例もある。製造の後の流通過程では、ID は在庫管理、出荷管理、配送管理などに使われ、配送先の自動仕分けなども行われている。

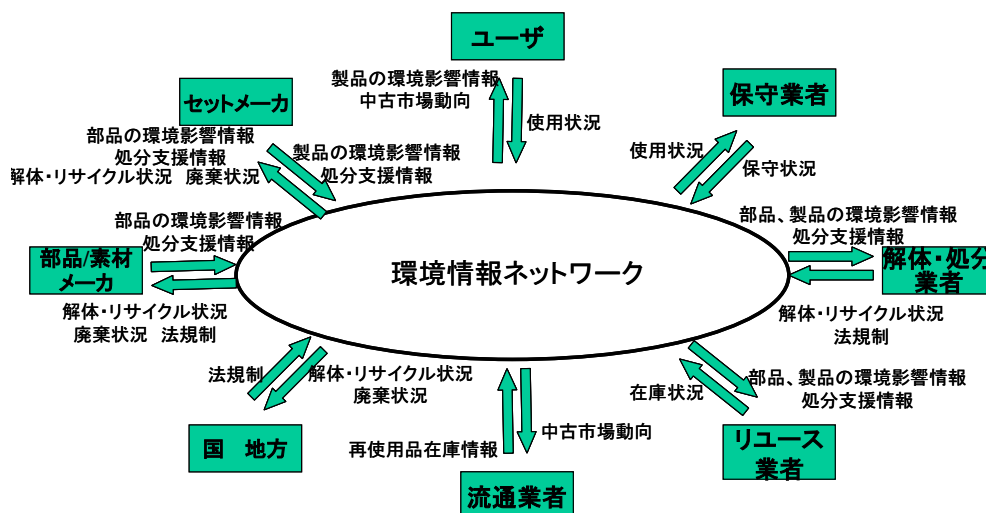
販売では、在庫管理、販売管理、自動精算／発注などに使われる。使用（消費）段階では、ユーザ登録や使用履歴、修理履歴の管理などに使われる。回収／廃棄／再利用では、ID はユーザ登録先への回収訪問や、使用履歴による再利用可能部品の選択（リユース支援システム）、リサイクル可能な部材の選別や廃棄物の適正処理の監視等にも使われるようになってきた。

特に最近では、電子機器等の性能向上に欠かせない稀少金属の入手が困難になり、稀少金属を使っている電気製品が使用済みとなって廃棄されるときに、使用済み製品からの稀少金属をリサイクルして入手することが注目されるようになってきている。そのため、稀少金属が含まれている製品をそのまま処分してこれを捨ててしまうことのないような手立てが求められている。つまり、ID 付与により、稀少金属が含有されているかを容易に判断できることが望まれている。

環境負荷削減のために、情報技術の活用が有効なこと、特に製品に ID を付与してライフサイクル管理することの重要性を検討した例として、インバース・マニュファクチャリングフォーラムで開発、公開した製品／環境情報システムがある。環境負荷を削減するために製品ライフサイクルの各場面でどのような情報が必要で、それら情報を製品 ID をキーにして運営管理することにより、製造業者（部品・素材メーカ、セットメーカ）、利用者、廃棄処理業者などにとって、どうすれば必要とする情報が、必要とするときに得られるかを検討し（平成 8,9 年度機械システム振興協会から受託「インバース・マニュファクチャリング製品環境情報システムのプロトタイプモデルの開発に関するフェージビリティスタディ」）、システムのプロトタイプを作成（平成 10 年度 NEDO から受託「インバース・マ

ニューファクチャリングシステムの開発)、インバース・マニュファクチャリング製品/環境情報システムとしてインターネット上で公開した。(http://www.mstc.or.jp/m-1db/ 1998年9月公開)

このシステムの概念図を下記に示す。製品 ID をキーにして、各サイトは自己の生成するデータを蓄積、管理し、クライアントとして他のサイトから自分に必要なデータを参照できるような構造にしてある。本プロトタイプシステムの開発、公開を通じて、製品環境情報システムの有効性とその実現の技術的可能性が示された。



製品リサイクル情報システム概念図

1 回の ID 付与によって製品ライフサイクルを通して管理できれば、製造、流通、販売からライフエンドでのリサイクルまでの管理が高度化/効率化できるが、現在の ID 付与の実現手段となるデータキャリアにはそれぞれ一長一短があり、一つの ID によるライフサイクル管理は殆ど実現されていないのが現実である。

そこで、ID の現状、ライフサイクル管理のためのニーズ、新しいデータキャリアの適応性及び今後の方向性を明らかにするために本調査研究を実施することになった。

今回の調査研究結果及び調査研究を通じて明らかになった課題への対応により、ID 付与によるライフサイクル管理の高度化/効率化が進展すれば幸いである。

平成 22 年 3 月

委員長挨拶

最近の地球温暖化防止や地球資源保護に対する人々の関心の高まりにつれて 3R (Reduce、Reuse、Recycle) 実現のための方策がいろいろ考えられるようになってきた。これまでも、古鉄などを再利用する回収システムは存在していたが、多くのスクラップは粗大ゴミとして埋め立てなどで処理されていた。不要になった製品やその部材を再利用するためには、どのような物質で作られたのか、構成される素材の情報が必要であり、部材や製品ひとつ一つに情報を添付することが求められる。生産財や消費財を市場投入している企業の、製品（プロダクト）を基軸に、製品の企画段階から開発、製造、生産準備、調達、生産、販売及び保守といった部分をライフサイクルというが、3R 実現にはライフサイクル管理が可能となる情報添付、すなわちデータキャリアが鍵となる。

本委員会は、学者、研究者及び専門家から構成され、データキャリアに関する ID 付与データキャリア調査ワーキンググループとカラービットコードに関するカラービットコード評価ワーキンググループを設置して、さまざまな局面から議論を交わす体制で取り組んだ。委員会やワーキンググループの会合では、各委員の活発な議論と検討を行い、対象とする部材に関する自動車工場やリサイクルセンターの見学を実施し、精力的、献身的な執筆作業をしていただいた。

本報告書の 3-1 と 3-2 では、従来のバーコードや 2 次元シンボルに加え RFID などのデータキャリアの特徴や特性に加えて、それぞれのデータキャリアの弱点にも踏み込み、ライフサイクル管理に活用できるかを検討した結果がまとめられている。3-3 では、最近注目されている技術であるカラービットコードについて、従来のデータキャリアでは温度や添付スペースの制限で難しいとされている部材として自動車用フロントガラスを取り上げ、さまざまな実験を実施し、ライフサイクル管理におけるデータキャリアとして活用できるかを詳細に検討した結果がまとめ上げられている。

結果として、カラービットコードは、従来のデータキャリアであるバーコード、2 次元シンボルや RFID を補完する価値があることが確認された。ただし、カラービットコードを広く普及させるためには、QR コードが一般的になったように、標準化や詳細な技術情報の公開が求められる。

バーコード、2 次元シンボル、RFID、カラービットコードなどデータキャリアとして活用できる技術が開発され、温度、湿度などの物理的環境、製品や部材の素材が原因の諸条件などによって使い分けることが重要である。データキャリアとしてカラービットコードが加えられたことが本報告書の最大の成果である。

本報告書が、さまざまな分野の方々によってライフサイクル管理に活用されれば幸いである。

ライフサイクル管理用 ID 調査委員会

委員長 荒木 勉

目 次

序

はじめに

委員長挨拶

1	調査研究の目的	1
2	調査研究の実施体制	2
3	調査研究成果の要約	
3-1	既存のID付与データキャリアの調査	6
3-1.1	概要	6
3-1.2	バーコード（1次元シンボル）	7
3-1.3	2次元シンボル	7
3-1.4	R F I D	8
3-1.5	その他のデータキャリア	11
3-2	IDを付与されるモノの側からの調査	12
3-2.1	概要	12
3-2.2	ライフサイクル管理の必要性	12
3-2.3	ID付与の動向調査	13
3-2.4	モノに付与されるデータキャリアへの特性要求	17
3-2.5	ライフサイクル管理を必要とするモノ	22
3-2.6	IDを付与されるモノの側から見た課題	27
3-3	ID付与が難しい製品、部材への付与可能性の検討	30
3-3.1	概要	30
3-3.2	カラービットコードについて	30
3-3.3	カラービットコード付与とデコード実験	32
3-3.4	カラービットコード付与についての実験のまとめ	45
3-3.5	カラービットコードの課題	47
4	調査研究の今後の課題及び展開	50

1 調査研究の目的

本調査研究は、ライフサイクル管理のための ID 付与に関するものである。最近の情報処理技術の発展を受けて、製品や部材などのいわゆる「モノ」に ID を付与して管理することによる効率向上や流通管理／解析などが実現されるようになっている。また、持続可能社会の実現に向けて、工業製品の製造、使用、再利用や廃棄処理などの製品ライフサイクル各段階での適切な管理は不可欠な状況になっている。そのためにも製品に ID を付与して、個々の製品の属性を記録し参照できるようにしておかなければならない。経済産業省による技術戦略マップ 2008「設計・製造・加工分野」においてサステナブル・マニュファクチャリングの観点から、ライフサイクル設計技術やライフサイクル管理技術が重要技術に挙げられている。

ID 付与の実現手段となるデータキャリアとして使われている、OCR 用の文字、バーコード、IC タグなどはそれぞれ一長一短があり、現実のシステムでは、コスト、耐久性、情報容量、読取りやすさなどすべてのニーズを満足していることはなく、適用する各局面において適するものが選択されて使われている。

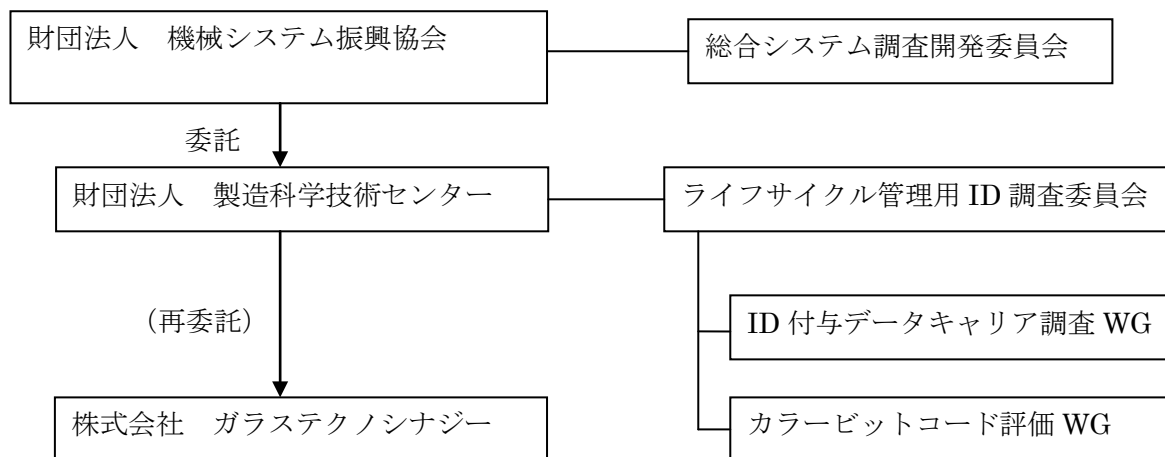
ID が利用されるすべての場面で一つの ID が共通に使用可能になれば、製品ライフサイクル全体で 1 回の ID 付与で済むことになり、手間が大きく省けることになる。製品ライフサイクル全体としては、異なる環境条件下で ID が利用されることが多く、製品が社会のなかに存在する期間全体にわたって読取り可能であることが必要である。さらに ID を付与することが難しいと言われている透明な製品や曲面を有する製品に対する ID 付与手段も必要である。

本調査研究では、既存の ID 付与データキャリアの特性と付与されるモノの側からのニーズを明確にして最適なデータキャリア選択を容易にするとともに、ID を付与することが難しいと言われている透明な製品や曲面を有する製品などに対する ID 付与手段があるかを調査し、それら手段の限界を明らかにして ID の利用範囲を拡大するとともに、データキャリアとしての開発の方向性を明示することを目的としている。

2 調査研究の実施体制

(1)実施体制

本調査研究にあたっては、(財) 機械システム振興協会内に「総合システム調査開発委員会」を、(財) 製造科学技術センター内に、学識経験者、研究所、企業からなる「ライフサイクル管理用 ID 調査委員会」、「ID 付与データキャリア調査 WG」、「カラービットコード評価 WG」を設け、討議、指導を得て具体的作業を進めることにより、成果をまとめて報告書を作成した。



(2)業務分担

カラービットコードの付与実験については、(株) ガラステクノシナジーに再委託して行った。

総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学 名誉教授	藤 正 巖
委 員	埼玉大学 総合研究機構 教授	太 田 公 廣
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 研究部門長	金 丸 正 剛
委 員	独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター 招聘研究員	志 村 洋 文
委 員	早稲田大学 研究戦略センター 教授	中 島 一 郎
委 員	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教授	廣 田 薫
委 員	東京大学大学院 工学系研究科 准教授	藤 岡 健 彦

ライフサイクル管理用 I D 調査委員会

- 委員長 荒木 勉 上智大学 経済学部 経営学科 教授
- 委員 川嶋 弘尚 慶応義塾大学大学院 理工学研究科 開放環境科学専攻 教授
- 委員 平岡 弘之 中央大学 理工学部 精密機械工学科 教授
- 委員 増井 慶次郎 独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門
エコ設計生産研究グループ 主任研究員
- 委員 野村 昇 独立行政法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門
素材エネルギー研究グループ 主任研究員
- 委員 大塚 裕 オムロン(株)インダストリアルオートメーション
ビジネスカンパニー
アプリ開発センタ アプリ開発PMグループ 主幹
- 委員 小池 勉 (社)日本自動認識システム協会 理事・事務局長
- 委員 田中 淳一 住友スリーエム(株) 官公庁渉外 官公庁マーケットセンター
センター長
- オブザーバ 國領 一人 (株)ガラステクノシナジー 代表取締役
- オブザーバ 是永 基樹 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐
- オブザーバ 木下 裕絵 経済産業省 製造産業局 産業機械課 技術係長

I D 付与データキャリア調査WG

- 主査 小池 勉 (社)日本自動認識システム協会 理事・事務局長
- 委員 荒木 勉 上智大学 経済学部 経営学科 教授
- 委員 平岡 弘之 中央大学 理工学部 精密機械工学科 教授
- 委員 増井 慶次郎 独立行政法人 産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門
エコ設計生産研究グループ 主任研究員
- 委員 大塚 裕 オムロン(株) インダストリアルオートメーション
ビジネスカンパニー
アプリ開発センタ アプリ開発PMグループ 主幹
- 委員 立石 俊三 (社)日本自動認識システム協会 研究開発センター 主任研究員
- オブザーバ 是永 基樹 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐
- オブザーバ 木下 裕絵 経済産業省 製造産業局 産業機械課 技術係長

カラービットコード評価WG委員

- 主査 田中 淳一 住友スリーエム(株) 官公庁渉外 官公庁マーケットセンター
センター長
- 委員 荒木 勉 上智大学 経済学部 経営学科 教授
- 委員 野村 昇 独立行政法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門
素材エネルギー研究グループ 主任研究員
- 委員 清水 伸 住友スリーエム(株) 技術本部
ソフトウェア・エレクトロニクス及びメカニカルシステムズ・
ラボラトリー 部長
- オブザーバ 小池 勉 (社)日本自動認識システム協会 理事・事務局長
- オブザーバ 大塚 裕 オムロン(株) インダストリアルオートメーション
ビジネスカンパニー
アプリ開発センタ アプリ開発PMグループ 主幹
- オブザーバ 國領 一人 (株)ガラステクノシナジー 代表取締役
- オブザーバ 是永 基樹 経済産業省 製造産業局 産業機械課 課長補佐
- オブザーバ 木下 裕絵 経済産業省 製造産業局 産業機械課 技術係長
-
- 事務局 笹尾 照夫 (財)製造科学技術センター 調査研究部 部長
- 事務局 原島 忠雄 (財)製造科学技術センター 生産環境室 室長
- 事務局 高橋 慎治 (財)製造科学技術センター 生産環境室 主席研究員
- 事務局 間野 隆久 (財)製造科学技術センター 調査研究部 部長代理
- 事務局 町田 泰亮 (財)製造科学技術センター F A オープン推進室

3 調査研究成果の要約

3-1. 既存の ID 付与データキャリアの調査

3-1.1 概要

既存の各種 ID 付与データキャリアの特徴をバーコード、RFID 等のカテゴリー毎に調査を実施し、その種類、特徴や特性についてまとめた。

3-1.1.1 バーコード

一口にバーコードといっても、JAN コードのように消費者が利用する場面と企業の省力化、効率化を求めたバーコードがあり、製造番号やロットナンバーまでを ID として付与し管理がされている。

バーコードの読取りは、バーの太さ、印字の精度、コントラスト等により大きく左右されるため、バーコードの印字の品質による読取りグレードが国際標準化されている。また、光学的に読み取るためラベルを貼付するモノにも影響される。そのため貼付の条件が JIS 規格により規定されている。

3-1.1.2 2次元シンボル

2次元シンボルは、わが国では QR コードイコール 2次元シンボルとして扱われているが 2次元シンボルには、マルチロー型とマトリックス型があり、各 2次元シンボルの種類と特徴について調査し報告を行った。

3-1.1.3 RFID

RFID は周波数の違いにより電磁結合方式、電磁誘導方式及び電波方式に区別され、それぞれの周波数での RFID の特性が異なってくる。また、人が持つ場合はカード形状が最適であるが、工場などモノに取り付ける場合はモノの特性に応じた形状にしてタグ情報の授受を行っている。RFID は情報を電子メモリに蓄積するが、運用条件により使用されるメモリを書き込み専用型、書き替え可能型等に分類し、RF タグの他にセンサ機能を付加して機能の向上を図っている。電池を内蔵してアクティブタイプにしたものもある。

3-1.1.4 その他のデータキャリア

その他のデータキャリアとしては、磁気カード、接触式 IC カード、OCR、OMR、MICR を取り上げ、特徴等についての調査結果を報告する。

ID 付与データキャリアには、バーコード、RFID の他、過去からの発展過程で、電磁気的应用で、電氣的に ID 情報を記録する方法の磁気カード、接触式 IC カード等と光学的にモノに書かれた情報を読み取る OCR、OMR 等に分けられ、それぞれ特性や特徴が異なっている。使用される場所により、形状や読み書きの方法が検討されている(表 1.1.1)。




表 1.1.1 既存 ID 付与データキャリアの比較表

自動認識技術	情報量	情報書き換え	一括読取	読取距離	読取速度	読取方向	目視確認	耐環境(耐久)	遮蔽物の影響
バーコード	数十文字	不可	不可能	~1m	低速読取	固定	可能	極めて弱い	読取不可
2次元シンボル	3KB以下	不可	不可能	~1m	低速読取	他方向	不可能	極めて弱い	読取不可
磁気カード	69B	不可	不可能	接触	低速読取	固定	不可能	強い	読取不可
接触式ICカード	32KB	不可	不可能	接触	高速読取	固定	不可能	極めて弱い強い	読取不可
OCR	数十文字	不可	不可能	接触	低速読取	固定	可能	極めて弱い	読取不可
RFID	8KB以下	可能	可能	~5m	高速読取	他方向	不可能	極めて強い	読取可能

3-1.2 バーコード (1次元シンボル)

以下に主なバーコードを比較したものを示す(表 1.2.1)。

表 1.2.1 主なバーコードの比較表

	JANコード	ITFコード	Code39	Code128
シンボル	 4 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 4	 1 4 9 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	 * 1 2 3 A B C *	 1 2 3 4 A B C D
データ	数字 13桁/8桁	数字 偶数桁	数字、 英字 記号	数字、英字、 記号、制御文 字(フルアス キー128種)
用途	共通商品 コード	小物ラベル、 標準物流シ ンボル	FAラベル/ 伝票 AIAG EIAJ、 JAMA	EAN128 公共料金振込用紙 FAラベル/ 伝票





3-1.3 2次元シンボル

2次元シンボルは、バーコードの直線的に配置した情報を縦方向と横方向の面に配置して単位面積当たりの情報量を多くしたシンボルである。2次元シンボルには、碁盤の目のように一つ一つの升目(これをセルという。)を白又は黒にして情報を表現している方法のマトリックス型と1次元のバーコードを多段に重ね一つの情報を表現するマルチロー型の2通りがある。

2次元シンボルは、シンボルの基本単位である、バーやセルがバーコードに比較して非常に小さいため汚れや傷の影響を受けやすい。この汚れや傷に対応するため、2次元シンボルにはシンボルそれ自身に正しい情報に復元する誤り訂正機能を備えている。シンボル内にこの誤り訂正機能を含めるため、この機能はシンボルを使用するユーザが設定できるが誤り訂正機能を強化すると情報量が少なくなってしまう。

表 1.3.1 に主な 2 次元シンボルの特徴を示す。

表 1.3.1 主な 2 次元シンボルの特徴

	PDF417 	DATA MATRIX 	MAXI CODE 	QR Code 
開発会社(国)	Symbol (米)	CI Matrix (米)	UPS (米)	デンソー (日)
コードタイプ	マルチロー	マトリックス	マトリックス	マトリックス
データ量 (Alphanumeric)	1,850	2,355	93	4,296
特長	情報量が多い	情報量が多い 小スペース	高速読み取り	情報量が多い 小スペース 高速読み取り
主用途	OA	FA	ロジスティックス	全産業
標準化	AIMI ISO	AIMI ISO	AIMI ISO	AIMI ISO JIS

参考図書

- 「知っておきたい バーコード・2次元コードの知識」平本純也著 日本工業出版
「これでわかった 2次元シンボル」日本自動認識システム協会 オーム社
「共通商品コード用バーコードシンボル」 JIS X 0501 日本規格協会

3-1.4 RFID

RFIDとは、Radio Frequency Identification Systemの略である。自動認識 (Auto-ID) においては、媒体に電波や電磁波を用いたIDシステムのことであり、一般的にはそれをもつ人と情報、あるいはそれを取り付けるモノと情報との一元化を図る目的で使用されることが多い。

3-1.4.1 RFID の定義

日本工業規格 (JIS) では、JIS X 0500(データキャリア用語)で、RFID に関して以下のように定義している (表 1.4.1)。

表 1.4.1 JIS X 0500(データキャリア用語)における RFID の定義

RFID	誘導電磁界又は電波によって、非接触で半導体メモリのデータを読み出し、書込みのために近距離通信を行うものの総称
RF タグ	半導体メモリを内蔵して、誘導電磁界又は電波によって書き込まれたデータを保持し、非接触で読み出しできる情報媒体。
リーダ/ライタ	RF タグのデータを書込み、読み出しする装置。通常、アンテナと制御装置で構成する。
アンテナ	リーダ/ライタの一部で、RF タグとの物理的に電磁界ないしは電波の送受信を行う導体素子放射部分(空間結合素子部分)。
交信	RF タグとリーダ/ライタ(アンテナ)間の無線通信。

3-1.4.2 RFID の分類と特性

(1)周波数と方式による分類と特性

下記の表 1.4.2 は、最も代表的な RFID の切り口である方式と使用する周波数によって RFID を分類・比較したものである。

表 1.4.2 方式&周波数による RFID の分類・比較表




項目	方式	電磁誘導方式			電波方式	
		電磁結合方式	電磁誘導方式		電波方式	
周波数		400～530KHz	～135KHz	13.56MHz		860～960MHz 2.45GHz
ISO/IEC 互換インターフェイス規格		—	ISO/IEC18000-2	ISO/IEC 1800-3 (ISO/IEC 15693)	ISO/IEC 14443	ISO/IEC18000-6 ISO/IEC18000-4
交信距離		0～150mm	0～1m	0～700mm	0～100mm	0～5m 0～1.5m
交信速度		△	×	○	◎	◎ ◎
電波の指向性/シャープさ		△	×	△	○	△ ○
電波の反射/干渉		◎	△	○	◎	× ×
耐ノイズ性		◎	△	○	◎	◎ ◎
無線機器との干渉		◎	◎	◎	◎	○ △
耐水性・水分の影響		◎	◎	○	○	△ ×
ガラス・樹脂の通過		◎	◎	○	○	○ ○

優 ◎ > ○ > △ > × 劣

(2)RF タグの形状による分類と特性

RF タグの形状による分類としては、表 1.4.3 に示すようにさまざまな種類がある。また、最近では、部品や製品、あるいはプリント基板への直接的な搭載（組み込み）を前提としたボルト形、超小型基板実装形なども登場してきている。

表 1.4.3 RF タグの形状による分類例

インレット形 (モジュール形)	ラベル形	カード形	角 形	円板形	スティック形	球形	箱 形 (電池内蔵)
							

それ以外の RF タグの例として、ボルト形状の RF タグと基板実装形の RF タグを示す (図 1.4.1)。



図 1.4.1 ボルト形状 RF タグと基板実装形 RF タグの例
(提供:オムロン(株)、戸田工業(株))

(3)RF タグに搭載されたメモリの種類による分類と特性

①Read Only (RO) タイプ

RF タグの情報を読み出すだけの機能しかない RO(Read Only タイプ)の場合には、RF タグに搭載されるメモリは EP-ROM が主流である。また、RF タグに書かれている情報は、ユーザによって書かれるのではなく、基本的に RF タグメーカ (IC メーカ) によって書き込まれ、多くの場合には数桁や数 10 桁の数字である。

②WORM (Write Once Read Many) タイプ

これはユーザが一回だけ任意のデータを書き込むことができるタイプである。メモリとしては、EEP-ROM が使われる。追記ができない点では使いにくいですが、RO タイプと同様にセキュリティという点では魅力があると言える。

③Read Write (R/W) タイプ

RF タグで最も多く使われているのはこのタイプである。基本的にユーザ自身で任意の情報を RF タグに書き込むことができるので、RFID 本来の使い方だといえる。また、場合によっては二度と書き換えができないようにロックを掛けて改ざんできないようにすることができるものもあり、セキュリティ用途でも使用可能である。

(4)電力供給方式による分類と特性

表 1.4.4 に示す通り、電力供給方式によって RF タグは、パッシブタグ、セミパッシブタグ、アクティブタグの 3 種類に分類できる。

表 1.4.4 電力供給方式による RFID の分類と特性

パッシブタグ (Passive Tag)	セミパッシブタグ (Semi-Passive Tag)	アクティブタグ (Active Tag)
<ul style="list-style-type: none"> ・アンテナ(リーダライタ)からの供給電力のみで動作 ・交信距離: 数mm~数m 	<ul style="list-style-type: none"> ・アンテナ(リーダライタ)からの供給電力と内蔵電池エネルギーで動作 ・交信距離: 数cm~数m 	<ul style="list-style-type: none"> ・内蔵電池のエネルギーで自ら動作 ・交信距離: 数m~数10m

3-1.5 その他のデータキャリア

国内では、これまで述べてきたバーコード、2次元シンボル、RFIDは、既に大きな市場を形成しているが、その他のデータキャリアとして、

a.磁気カード (Magnetic card)

b.接触式 IC カード (Integrated circuit Card)

c.OCR (Optical Character Recognition or Optical Character Reader)

d.OMR (Optical Mark Recognition or Optical Mark Reader)

e.MICR (Magnetic Ink Character Recognition)

などがあり、色々な分野で産業発展に貢献しているから見逃すわけにはいかない。そこで、本項では、人につける ID まで広げた ID 付与データキャリアについて調査した。

ただし、バイオメトリックスについては、ID を必要とするモノ側からみた場合、ID 付与が困難なために調査から対象外とした。

3-2 ID を付与されるモノの側からの調査

3-2.1 概要

近年、省資源、省エネルギー及び有害物質の削減など環境意識の高まりから管理する対象のモノ（材料、部品、製品）について、ライフサイクルを通じての管理が重要視されるようになってきた。具体的には、製造段階における使用化学物質、二酸化炭素排出量などの環境情報の収集・提供、使用時の適切なメンテナンスや廃棄時の適正処理が求められている。そこでモノの経年変化情報などをどのような環境下（温度、湿度、雰囲気）でも管理できる ID へのニーズが高まってきた。

これらのニーズから製品、部品などを管理する方法として 2 次元シンボルなどをモノに直接印字や刻印などの手段でマーキングするダイレクトマーキング技術が有効視されている。このことから、各種産業における ID 付与の動向調査及び、ID 付与を必要とするモノ（材料）として、自動車の駆動系の部品やエンジン周りの部品などの金属部品、ガラス、電子部品、プリント基板、アルマイト部品、医療器具などへの印字や刻印とそのマーキング方法について調査を行った。

また、RFID システムを利用した場合、耐環境性は優れているが、RF タグは IC チップなどの電子部品を使用した情報媒体であるので温度などへの影響が懸念されるため、温度、スパッタ、油や水、屈曲等による影響の調査を行った。

ライフサイクル管理を必要とするモノの観点では、製品製造に係わる情報や、使用時の履歴、廃棄段階における情報提供の必要性などについて調査を行った。

また、モノの特性によって必要とされるライフサイクル管理の内容は異なるため、モノの属性に応じたライフサイクルの段階ごとの管理内容について調査検討を行い表にまとめた。

これらの調査の結果、製品・部品のリユース、材料リサイクルを促進するためのライフサイクル管理の高度化に必要なライフサイクル ID キャリアについて、情報のリアルタイム性の有無やネットワーク環境の必要性などの観点から整理を行った。

3-2.2 ライフサイクル管理の必要性

近年製品のライフサイクルを考慮に入れた製品設計やその管理が注目されている。「製品ライフサイクル」は、ここでは製品個体のライフサイクルを指すものとする。つまり図 2.2.1 に示すとおり、資源採取から廃棄（埋め立て、焼却、再生・再利用）に至る一連の流れをいう。

このライフサイクル思考が注目される理由の一つに、省資源、省エネルギー、有害物質の削減などを目指した環境問題への意識の高まりがある。製品ライフサイクルにわたり、環境情報の収集・提供、適切なメンテナンスや廃棄を実施することをライフサイクル管理という。

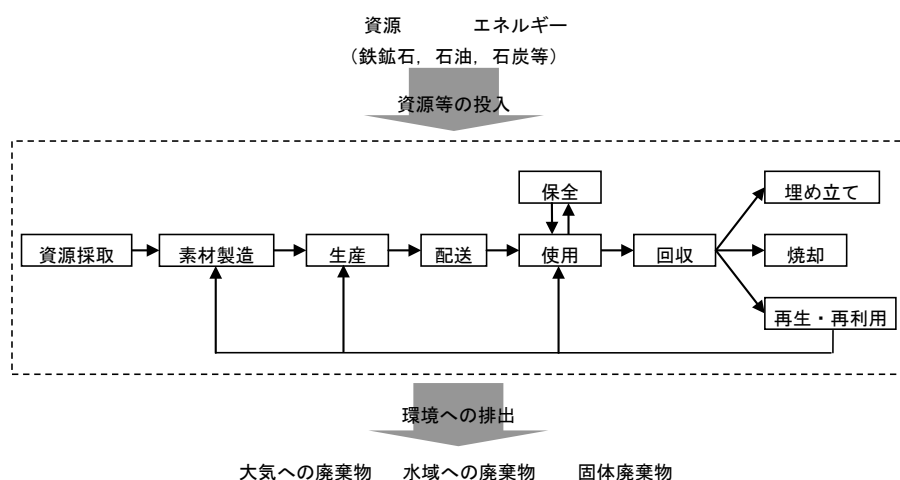


図 2.2.1 製品ライフサイクルの概念図

【参考文献】

ISO 14040: Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework

3-2.3 ID 付与の動向調査

ID の付与は、OCR、OMR、バーコードなどについては紙に印字したものをモノに添付したり、貼り付けたりしてモノの管理を行ってきた。また、RFID はそれ自身が一つの媒体として存在するため何らかの方法で、モノに取り付けてモノの管理を行うという方法をとってきた。しかし、例えば伝票に印刷された情報媒体を違うモノに取り付けた場合は、情報とモノが一体とならずにまったく管理する対象が異なってしまう。究極の情報とモノを一体化させる技術はそのモノに直接書き込むダイレクトマーキングである。

このダイレクトマーキングは、米国を中心として需要が急速に高まっている。特に航空機分野 (ATA: Air Transport Association)、宇宙分野(NASA: National Aeronautics and Space Administration)、自動車分野(AIAG: Automotive Industry Action Group)、軍事分野(US-DOD: United State Department of Defense , NATO: North Atlantic Treaty Organization)などで安全性の確保、ISO9000 の品質トレーサビリティの保障、サービスメンテナンス性向上、及び資源の有効活用の一貫として、製品に 2 次元シンボルを直接マーキングする研究が急速に進んでいる。

3-2.3.1 生産現場における ID 付与

プリント基板実装の管理には実装スペースの密度が高く情報化スペースが少ない。多品種少量生産する現場において間違いのない確実な作業と製造履歴として、ライン名、検査計測データ、シリアル番号等、多くの情報をコード化し、リーダで読み取り、検査結果の照合や履歴管理の自動化を行い、工場出荷段階での『トレーサビリティ管理』が行われている(図 2.3.1)。

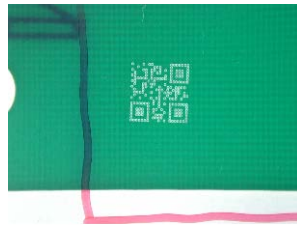


図 2.3.1 ガラスエポキシへの CO₂ レーザマーク例

製造現場において組み立て工場や半導体工場では管理の高度化を進めるために工程の進捗が進むにつれ、製品の付加情報を把握し、より精細な管理が要求されてきている。可視化でき、書き替え可能なリライタブルペーパーが開発され、それと RFID を組み合わせたリライタブルハイブリッドメディアが登場し、複雑な工程管理を容易にできるようになった(図 2.3.2)。

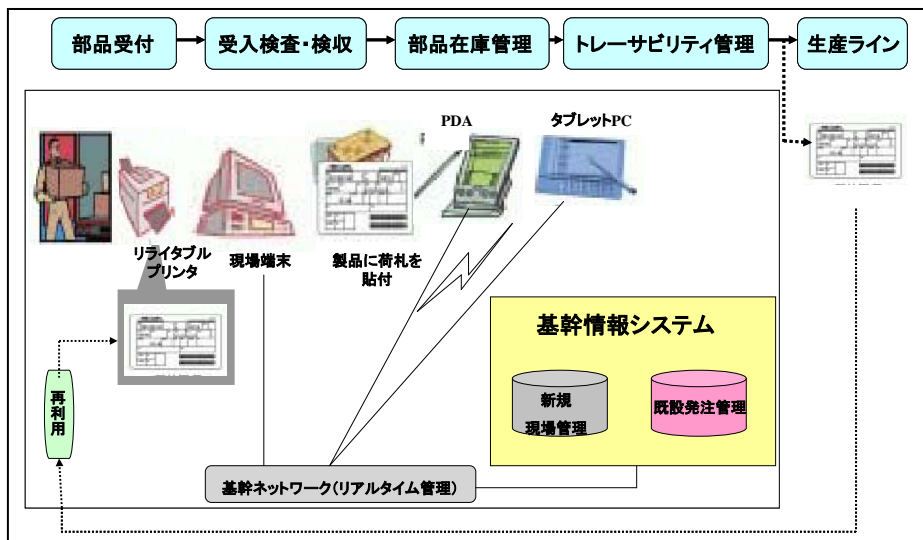


図 2.3.2 リライタブルハイブリッドメディアでの管理例

3-2.3.2 メンテナンスサービスにおける ID 付与

自動車業界においては、製造者、製造日、使用材料、リサイクルなどの製品情報を 2 次元シンボルでモノ（エンジンやボディ等）に直接マーキングを行い、販売店やサービス店に出荷される。販売店やサービス店はそれを販売やメンテナンスに活用して消費者へ納入する。下取り車は、販売店、サービス店で車にマーキングされたコードの情報を製造業者やリサイクル業者にネットワークを通じて送り、リサイクル可否の情報を提供してもらい、リサイクル可能な車はリサイクル業者に送り、耐用年数を過ぎたモノの処分と再利用可能なモノはリサイクル業者よりリサイクル、リユース部品として製造業者へ送ることによりモノの適正再利用ができる(図 2.3.3)。

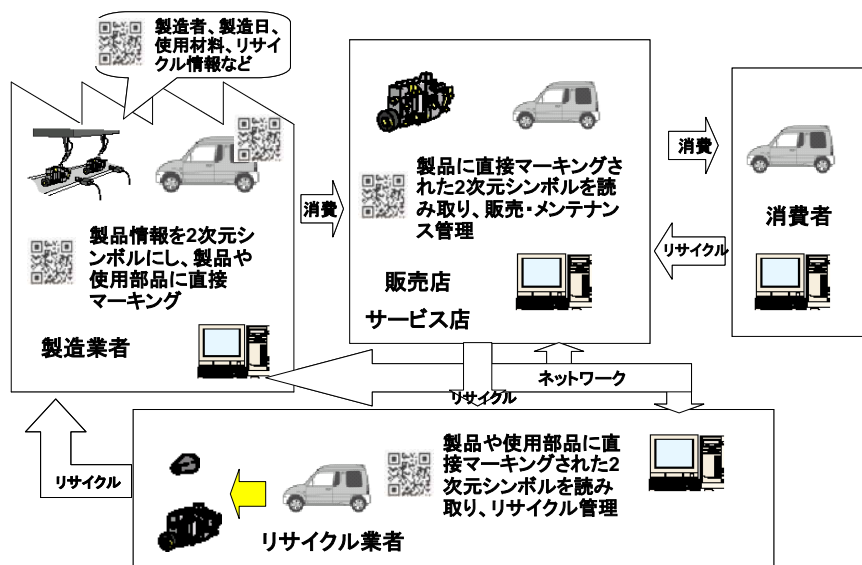


図 2.3.3 自動車業界におけるダイレクトマーキングの使用例

3-2.3.3 書籍への ID 付与

出版業界は、委託販売制を基本的な商習慣としてきたが、某出版社は、責任販売制を普及させる方法として同一アイテムの中で委託販売制と併用することを検討し、要求される物流の速さやコストの面からの問題を解決するため、RFインレイを製本段階で綴じこみ販売条件の識別システムの開発を行った。

このシステムは、書店において販売条件を併用できることから、委託販売制商品で売れ残りに対するリスクコントロールを行いつつ、責任販売制の高マージンによる収益向上を目指すことができた(図 2.3.4、図 2.3.5)。



図 2.3.4 RFID を閉じ込んだ書籍

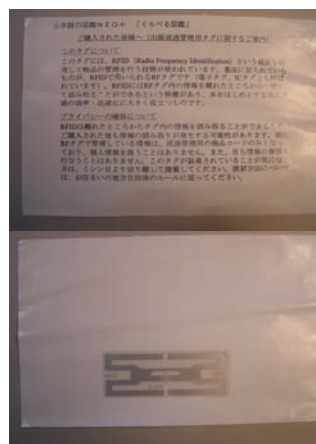


図 2.3.5 書籍に綴じ込まれた RF インレイ

3-2.3.4 貴金属・小物への ID 付与

ダイヤモンドなどの高価な小物に大きな商品タグをつけたのでは商品価値が下がってしまう。小さなタグを使用して 2 次元シンボルで表現することによりお客様への信頼性を確保することができるとともにお客様への対応もスムーズに行えるようになった。コンタクトレンズのような小物は、表現する文字が多くそれを小さなケースに表現しなければならない。コンタクトレンズ協会では、ケースに合わせたラベルに QR コードで ID の付与を指導している(図 2.3.6)



図 2.3.6 コンタクトレンズのケースに貼付の例

3-2.3.5 営業食器、ユニフォームへの ID 付与

営業食器（皿、茶碗）に取り付けられる RF タグや、リネンサプライでのユニフォームに取り付けて利用されるタグは、その使い方から耐水性、耐温度サイクル性が重要な要素である。図 2.3.7 に示すように、水の影響を受け難く、数百℃に耐えるタグは、耐熱樹脂にモールドされている。



図 2.3.7 樹脂封入した RF タグ

大手工場の社内食堂や回転寿司業界においては、自動読取りによる精算業務の効率化を進めている。



図 2.3.8 食堂 POS の自動精算



図 2.3.9 回転寿司の自動カウント

3-2.4 モノに付与されるデータキャリアへの特性要求

ID 付与データキャリアに対して、モノの側から見てどのような特性が要求されるかを調査した。現実的には、データキャリアが付与されるモノの特徴もさまざま、例えば透明な物質、曲面しか持たない物質、あるいは微細な物質など ID 付与が難しいモノがたくさん存在する。また、ID に付与された情報をどのような条件で読取りができるか、という点も重要である。

ID を付与されるモノとしては、例えば、バーコードなどのような光を利用して認識するシステムでは、紙に印刷されたラベルを実際に管理するモノに貼付してそこからデータを読み取る方法が多い。しかし、耐環境性や経年的な変化を考慮して紙のラベルを用いずに、モノに直接印字や刻印をして読み取る方法を選択する必要性があり、その実施例を調査した。

また、光を利用して認識する方法において障害となる油汚れなどの悪影響に強い RF タグのモノへの装着位置や材質による読取精度の特性を調査した。また、IC チップを備えた RFID をモノに使用した場合には、経年変化や油などの耐環境性に対しては優れていることがわかったが、使用される周囲温度の影響の考慮から耐温度（耐熱）に対する特性を更に調査した。

3-2.4.1 2次元シンボルのダイレクトマーキング

最近、光を利用するシステムとして有効視されているのが 2次元シンボルを製品や部品にダイレクトマーキングして読み取る方式である。しかし、2次元シンボルがダイレクトマーキングされた読み取るモノ（対象物）の表面状態によって、読取精度に影響が出る。つまり、表面の粗さの精度、モノの色（反射率）や光沢、周囲の照明、ダイレクトマーキングした 2次元シンボルの色、あるいは透過物に対する考慮など読取りに影響する基準を設けるなどの標準化が必要となってくる。また、ダイレクトマーキングの方法としては刻印（打刻機）やレーザーマーカなどを用いるが、マーキングの仕方や粗さなどに読取りが左右されるため、それらの基準を設ける必要がある。

また、経年変化によってマーキングした箇所が変化して読取りが難しくなったり、最悪の場合には全く読取りができなくなったりすることもある。このような状態を考慮すると、モノのライフサイクル管理全般すべてにわたって使用できるものではないと判断できる。

(1) ダイレクトマーキングの方法と事例

- a. 打刻機（ドットインパクト装置） (図 2.4.1)
- b. ファイバレーザマーカ (図 2.4.2)
- c. YVO4 レーザマーカ (図 2.4.3)

の各装置の例及び実際のダイレクトマーキングした際のマーキング例を示す。

打刻機でマーキングした 2 次元シンボルは携帯電話のリーダレベルでは読取りができない。ドット状のダイレクトマークを読み取るためには、工場などで使われている FA 用の読取装置（2 次元リーダ）が必要になる。また、レーザでマーキングした場合も光の当たり具合で読取率が大きく変化するので一定レベル以上の読取性能が要求される。

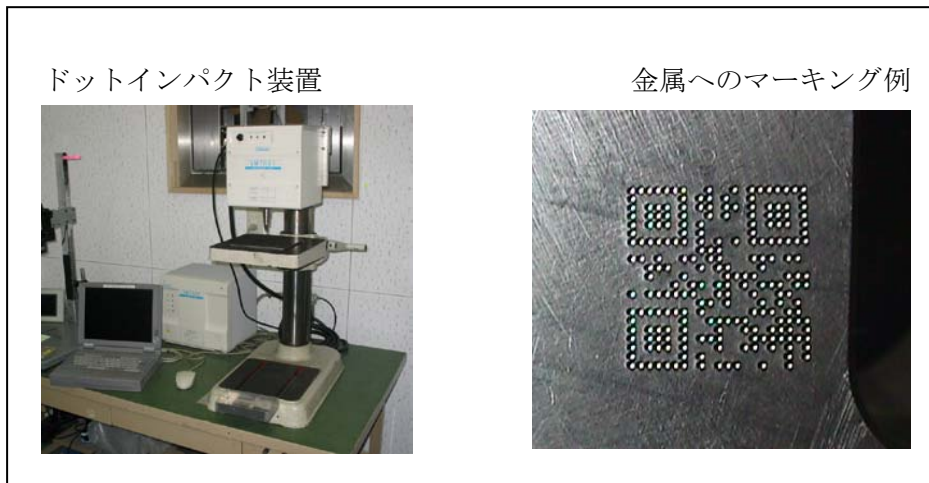


図 2.4.1 ドットインパクト（打刻機）の例

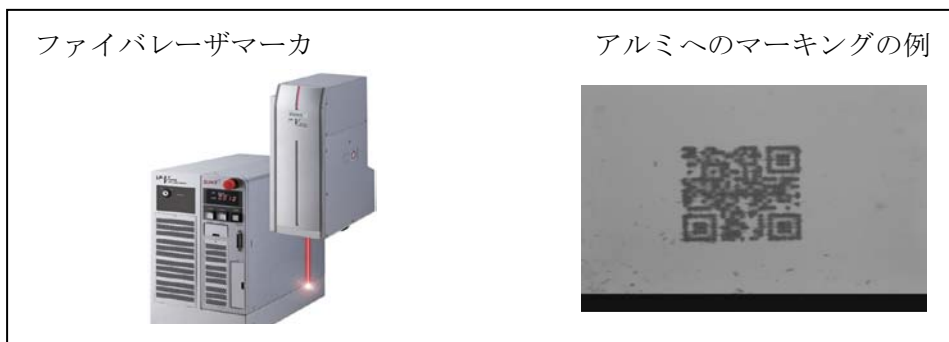


図 2.4.2 ファイバレーザマーカの例



図 2.4.3 YVO4 レーザマーカの例

ダイレクトマーキング装置とマーキング対象として最適なモノとの一般的な相関関係を
図 2.4.4 に示す。


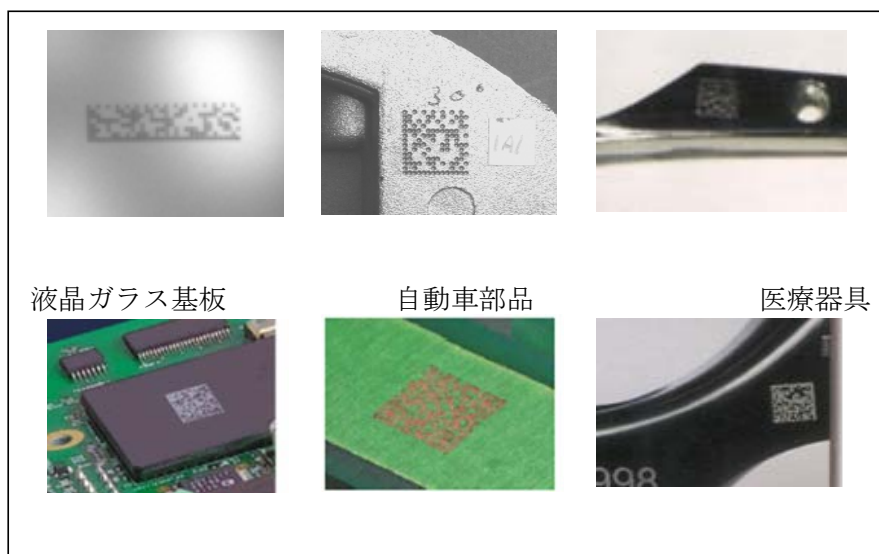
<p>プリンタ 液晶</p>	<p><安価な対象物への印字・表示に最適> 紙、伝票、各種指示書、広告、携帯等</p> 
<p>YVO4 レーザーマーカ</p>	<p><微細なマーキングが必要なワークに最適> 電子部品など小型で重要な部品</p> 
<p>YAG レーザーマーカ</p>	<p><高価だが、金属、樹脂など幅広いワークに対応> 金属部品、樹脂部品全般</p> 
<p>CO2 レーザーマーカ</p>	<p><安価だが、印字できるワークに限られる 文字などの印字に最適> 透明体ワーク、プリント基板など</p> 
<p>打刻機 (ドットインパクト)</p>	<p><安価で、耐環境性が高く、大きな金属 ワークへの印字に最適> 自動車部品など</p> 

図 2.4.4 ダイレクトマーキングの装置（方法）と対象との相関関係
図 2.4.5 に、実際にダイレクトマーキングをした対象のモノの例を示す。



液晶ガラス基板

自動車部品

医療器具

電子部品

プリント基板

アルマイト部品

図 2.4.5 ダイレクトマーキングした対象のモノの例

3-2.4.2 RFID の活用

RFID を活用してモノに RF タグを装着する方法では、耐環境性に優れているという特性から油污れなどの影響は回避できる。しかし、モノへの装着場所、装着位置、あるいはモノの材質などの違いにより、交信距離や読取りの精度が大きく異なることがある。

このような背景の中、ID を付与されるモノとしてガラス、金属（鏡面、キズのある面、梨地面など）、あるいは樹脂などを具体的に取り上げ、RFID の付与が可能か、あるいは、RF タグを対象物に装着した後に ID 情報を確実に受け取ることができるかをそのモノの特性や生産過程から考慮して検討を行った。

しかし、この検討はあくまでもそのモノの生産段階での可能性の検討であるため、ライフサイクル全期間にわたっての可能性は欠如している。また、生産段階での ID 付与の可能性が、一旦達成できたモノに関しては、次のステップとして ID 情報にキズ、汚れ、凹凸、塗装、有機溶剤、薬品などのさまざまな外的な環境要因が加わったり、温度に関してはヒートショックなどの温湿度条件の経年的変化要素を加速度的に加えたりした場合に、ID 情報が得られるかの可能性の調査を実施した。つまり、このようなステップは、そのモノの材料、加工から出荷された後のリサイクル、リユースの場面までを想定したライフサイクル全期間にわたり使用できるかの判断をするために重要な項目である。

また、生産工程において電気炉など高温中を通過するモノや使用中に高温環境下にさらされる場合には RF タグ内部の半導体素子の破壊などの影響も当然考えられる。そのため、このような生産面、環境面、運用面などにおける RFID の特性を調査した。

(1) モノの生産という面から要求される RFID の特性

生産するモノによって生産工程や生産する環境が異なるため、いくつかのアプリケーションの例を挙げて、RFID に求められる特性と実態についてまとめる。

①半導体ウェハ関連

a. RF タグに求められる特性

- ・使用温度環境： 常温
- ・耐環境性： クリーンルーム内。純水洗浄に耐えること
- ・RF タグ装着場所：樹脂製キャリア
- ・交信距離：100mm 程度

②部品関連

a. RF タグに求められる特性（厳しい環境の場合）

- ・使用温度環境：-10～+70℃
- ・耐環境性：水、油、洗浄液、薬液に耐えること
- ・RF タグの装着場所：金属表面貼付、金属への埋め込み
- ・交信距離：数mm～100mm 程度

③自動車シャーシ／フレーム関連

a. RF タグに求められる特性（溶接工程）

- ・使用温度環境：-10～+70℃（一瞬、数 100℃）
- ・耐環境性：スパッタに耐えること
- ・RF タグの装着場所：パレット、台車
- ・交信距離：数mと数 100mm の 2 つのパターン

b. RF タグに求められる特性（塗装工程）

- ・使用温度環境：200℃レベル（ヒートサイクル：数 100 回）
- ・耐環境性：塗料がかかっても大丈夫なこと
- ・RF タグの装着場所：ハンガー、台車
- ・交信距離：数 100mm

④セル生産関連

a. RF タグに求められる特性（セル工程）

- ・使用温度環境：-10～50℃レベル（搬送時の環境も考慮）
- ・耐環境性：強く折り曲げたりしないこと。防滴性。
- ・RF タグの装着場所：作業指示用のリライトシートと一体化（内部に組み込み）
- ・交信距離：密着～数 10mm

(2)温度や使用環境による RFID の特性への影響

RF タグの場合、高温は 200℃レベル、低温は何とかして-50～-60℃の範囲での使用が可能である。それ以外の環境におかれたアプリケーションで RF タグを採用することは難しい。半導体ではない、環境に優れた媒体や別の手段を探す必要がある。

(3)モノへの装着、取り付けに関する RFID の課題

RF タグのモノへの装着や取り付けに関する課題は大きく五つあると思われる。

一つ目は価格問題、次には大きさ、デザイン性、フレキシビリティ性、そして最後は装着タイミングである。

まず、はじめは価格問題である。ライフサイクル管理をするために RF タグを製品に組み込む際に、その RF タグに対してどこまでコストをかけることができるかがポイントである。コストをかけるのは当然メーカーになるため、メーカー側のメリットがなければ RF タグは装着されない。トレーサビリティを実現することでメーカーとして大きなメリットが出るような製品、あるいは管理についてさらに検討していかなければ解決できないだろう。

次に、RF タグの大きさであるが、超小型の RF タグが実現できれば問題ないが、現状の技術では、たとえ小型の RF タグを実現できても交信距離が取れないので、読み書きの利便性が低下し、現場での採用は難しい。小型 RF タグの実現にあたっては技術革新待ちとも言える。

3 番目のデザイン性であるが、RF タグは見えなくてもアクセスできるというメリットがあるため、製品の内部の外部から見えない場所に埋め込まれるケースが出てくるだろう。

4 番目のフレキシビリティ性であるが、柔らかいモノに RF タグを装着した場合に、ユーズの違和感を生じるだけでなく、屈曲することによって RF タグが壊れることが容易に

予想できる。この点でも RF タグを装着する対象のモノによる制約が生じることになる。

最後の装着タイミングであるが、プリント基板を例に挙げて考えてみると、工場で実装機で電子部品をプリント基板に実装する際に基板実装タイプの小型 RF タグを自動実装すれば、ライフサイクル管理には非常に有効なツールになるが、その RF タグが部品として実装される前の段階でプリント基板をどう管理するかが問題となる。

3-2.5 ライフサイクル管理を必要とするモノ

3-2.5.1 ライフサイクル管理の目的

ライフサイクル管理を行う目的としては、大きく二つに大別できる。一つは製品そのものの品質を保持する目的であり、もう一方はその製品に付随する情報を収集・提供するためである。ライフサイクル管理を行う上では、製品製造に係わる情報や、使用時の履歴など情報管理の重要性が年々増している。したがって本項ではライフサイクル管理を必要とするモノについて検討するとともに、その管理においてライフサイクル ID が果たす役割について述べる。

3-2.5.2 製造段階での環境情報開示が必要なモノ

製造段階での環境情報開示の内容としては大きく CO₂ の排出量と含有化学物質の開示がある。CO₂ 排出量の「見える化」の一手法としては、カーボンフットプリント制度が検討されている。この制度により消費者は製品の環境負荷に関する正しい情報が入手でき、事業者はライフサイクルのどの段階で環境負荷が高いかを割り出すことができる。

もう一方の化学物質管理については、RoHS、REACH といった欧州の指令や規則が日本の製造業に大きなインパクトを与えた。このような化学物質への関心の高まりから、完成品メーカーでも「グリーン調達基準」を作成し、納品メーカーに RoHS で規制されている物質などの含有について証明を求めている企業も増えている。

今後このような取り組みが進展することが予想され、サプライチェーンを通じて CO₂ の排出量や有害化学物質の情報開示が B to C だけでなく、その上流である B to B についても必須となってくるであろう。

3-2.5.3 使用段階での履歴管理が必要なモノ

使用段階の履歴管理には大きく分けて二つの目的がある。一つは想定される使用期間を超えて製品を使用した場合の安全上の管理であり、もう一つは製品使用後の再利用の促進である。そこで本項目では製品の「使用段階での履歴管理」の必要性及び RF タグによる効果について述べる。

(1)安全のための履歴管理

例えば家電メーカーから家電量販店、消費者（ユーザ）へと製品が供給されるまでは、製品の不具合によりリコールが発生した際にもトレースすることができるが、1 次ユーザが

ら2次ユーザへ使用者が変わった場合にはトレースすることが困難になる。また既に対象製品が廃棄されている場合もあり、耐久消費財については2次ユーザの使用やリサイクル業者の受入など、使用状況について把握することで事故のリスクを低減させることができる。

(2)資源有効利用のための履歴管理

製品使用後の再利用については、製品としての再利用や部品の再利用、材料としての利用などさまざまなレベルの利用方法がある。例えば複写機を例に資源循環の方法をしてみる。図 2.5.1 は富士ゼロックス社で実施している「クローズド・ループ・システム」の模式図である。ここでは複写機という一つの製品で部品の再利用や材料リサイクルが選択され行われているが、製品の属性によっては部品の再利用はなく、材料リサイクルのみを行っている場合も多い。



図 2.5.1 資源循環システムの一例

出典：平成 8 年度インバース・マニュファクチャリングシステム開発プロジェクト調査研究報告書

この資源循環システムでのポイントは、“より付加価値の高いレベルでの資源の再利用”である。自動車の部品（図 2.5.2 に示したドアミラーやオルタネーターなど）のように再利用部品がメーカーの管理下でない場合には、部品ごとの管理が必要になる。また部品リユースの場合、分解後の工程では、部品単体で洗浄、修理などを行うことから、耐環境性に優れたライフサイクル ID を部品に付与する必要がある。

今後、データキャリアにセンシング機能やメモリ機能が実装されれば、高付加価値な部品については部品レベルでの個体管理が実施される可能性もある。



図 2.5.2 部品リユース促進のための ID の導入（再生されたオルタネーター）

出典 日産自動車ホームページ 環境への取り組み

<http://www.nissan-global.com/JP/ENVIRONMENT/>

3-2.5.4 廃棄段階でのトレーサビリティ確保とリサイクル処理容易化が必要なモノ

本項目では製品ライフサイクルの最終段階である廃棄段階について、トレーサビリティの確保とリサイクル処理の容易化についてその必要性を述べる。

(1)使用済み製品のトレーサビリティ確保の必要性

日本国内では、家電リサイクル法や自動車リサイクル法があり、正規のルートで排出された使用済み製品はトレーサビリティについても担保され、リサイクルプラントでの適切な処理によりリサイクル率（再商品化率）も非常に高い。しかしながら、中古品として排出された製品は海外に輸出されるなど、その後のトレーサビリティが担保されていない。海外に輸出された製品は2次利用された後や有価物回収の目的でリサイクル処理されるが、利益を最大にするために有価物の回収後残渣を不適切な処理をしたり、製品に含まれている有害化学物質の情報などが与えられないために環境汚染の原因（e-waste 問題）になっていたりすることもある。このような問題を解決するためには、使用済み製品のトレーサビリティを向上させ、適正処理が可能なリサイクルプラントへ回収を進めるか、適切な情報を提供できる体制を整える必要がある。

これまでも、特に管理が必要な感染性医療廃棄物のための適正処理のために GPS を活用した「廃棄物トレースシステム（三菱電機）」や、これまで困難であった建設現場での廃棄物の重量管理のために開発された「RF タグ活用による次世代資源循環システム（積水ハウス、凸版印刷）」などがある。しかしながら海外に流出した中古製品のトレーサビリティ確保については、新興国にも導入可能な制度やシステムを考える必要がある。

(2)リサイクル現場での処理効率化

リサイクル現場では、有害物質の除去、有価物の回収、破碎困難物の除去などを目的とした分解作業が行われている（図 2.5.3）。この分解作業の効率化を阻害する要因としては、分解の対象となる製品が多様であることが挙げられる。

製品に付与された ID によって紐付けされた分解のための作業指示が作業者の前のディスプレイに表示されれば、熟練者でなくても作業が可能になり、稼働率の季節変動が大きいリサイクルプラントにとって人的資源の確保が容易になると思われる。



図 2.5.3 家電製品の分解作業

3-2.5.5 モノの特性に応じたライフサイクル管理

ライフサイクル管理の必要性はこれまでも述べたが、製品ごとにライフサイクルは異なり、管理が必要なライフサイクル段階も異なる。そこで本項ではライフサイクル管理が必要なモノについてその特性により大別した。表 2.5.1 はライフサイクル管理が必要なモノについて、その属性に応じてライフサイクルの各段階で管理が必要な内容を表している。

これまでサプライチェーンにおいて消費者のところで消費される食料品については、原材料の調達や加工に係わる情報や流通段階での品質管理がライフサイクル管理の主な内容であった。このため消費者への情報提供はラベルへの印字や 2 次元シンボルを利用した個体認識によりマスターデータへアクセスすれば生産者情報なども受け取ることができた。

一方、工業製品については、使用時のモニタリングによりその状態を監視、履歴を管理する方向で進められている。消耗部材や中間材については、組み込まれた製品内で状況を直接モニタリングするようになってきた。例えばプリンタのインクカートリッジは残量を使用回数及び光計測によるモニタリングにより把握するようになり、パソコンの CPU は温度を監視することで高温時には自動で動作を停止するように管理されている。今後同種の部品を部品として再利用するためには、状態監視に加えその履歴についても管理情報として活用する必要がある。この製品が自己診断を行う傾向は、エネルギー消費型の組立製品についても同様で、エネルギー多消費型の製品として知られるエアコンについては、フィルター交換時期を知らせるものや自己洗浄機能、使用したエネルギーに基づく CO₂ 排出量を表示する機能を備えた機種もある。つまり製品のライフサイクル管理を行う上で必要な要素をすでに製品機能としてある程度実装している。

ライフサイクル管理のベストプラクティスとして知られる建設機械については、稼働時間、製品位置情報に加え、稼働部（摺動部）の動作回数、繰り返し荷重の情報なども収集しており、製品の稼働状況把握だけでなく、交換された使用済み部品の再生のためにもその履歴情報を活用している。この「状態監視及び履歴データの活用」という方向性は、現在、定期点検が行われている建築物や橋梁などの固定資本のライフサイクル管理にも導入されていくと思われる。

【参考文献】

- ・ 「カーボンフットプリント制度の基本ルールが決定 ～CO₂ 排出量の算定・表示方法等のルールの策定～」 経済産業省報道発表資料、平成 21 年 3 月 3 日
- ・ 「EU の環境規制動向 (REACH、EuP、RoHS 他)」 NEDO 海外レポート、No.1006、2007 年 9 月 5 日
- ・ 国立環境研究所 E-waste ワークショップ資料、2009 年 12 月 7 日
- ・ 「コマツ 建機の部品を再生」 日本工業新聞、1999 年 3 月 2 日
- ・ 平成 8 年度インバース・マニュファクチャリングシステム開発プロジェクト調査研究報告書

表 2.5.1 製品属性に応じたライフサイクル管理内容

製品 製品ライフサイクル サプライチェーン	原材料・部品・製品製造	輸送・配送	製品使用・保守	廃棄・リサイクル
製品	メーカー	小売・流通	消費者	リサイクル業者
生鮮食料品 食品加工品等	生産者・産地表示 添加物表示	温度管理 消費期限管理	温度管理 消費期限管理	
原材料 (プラスチック、ガラス、鉄等)	品位管理、化学物質管 理、CO ₂ 排出量管理		材料分別管理 品位・コンタミ把握	
消耗部材 (インクカートリッジ等)			使用頻度・回数管理 消耗程度把握	
中間材・部品 (モータ、半導体等)			使用時間・使用環境把 握、余寿命判定	洗浄再生処理 部品再生補修
エネルギー消費型組立製品 (家電製品、自動車等)	含有化学物質管理、受入 材料のCO ₂ 排出量管理		使用状況(時間、回数) の把握、消耗品交換	リサイクル率向上 製品再生補修
生産機械 (建設機械、工作機械等)			稼働率把握、点検、消 耗品管理	部品再生補修 製品再生補修
固定資本 (エレベータ、建築物、橋梁等)			状態監視 点検、診断、補修	

3-2.6 ID を付与されるモノの側から見た課題

3-2.6.1 ライフサイクル管理高度化に必要なライフサイクルIDキャリア

前述のように各製品ともある程度ライフサイクル管理が行われるようになってきたが、資源有効利用のための製品・部品リユース、材料リサイクルを促進するための管理は不十分といえる。また消費者への製品情報提供の観点でも十分に対応できているとはいえない。したがって本項目では環境側面からみた製品情報提供の仕組みづくりや、リサイクル・リユースを促進する履歴管理のためのライフサイクルIDの導入可能性や求められる機能などについて課題を述べる。

ライフサイクルIDの製品への付与を考える場合、ネットワーク環境の整った状況で利用が可能か、また要求される情報の処理速度によって、情報提供のリアルタイム性は異なる。また状態監視及び履歴管理を目的とした情報収集後のデータの取り扱いについてもリアルタイム性の必要の有無は、情報の種類により異なる。よってライフサイクル管理に必要な情報については、表 2.6.1 のように横軸に製品ライフサイクル、縦軸に提供（または収集）した情報のリアルタイム性の有無及びネットワーク環境の必要性の有無をとり整理した。表 2.6.1 をみると、製品情報提供に関しては一部の用途を除いてはリアルタイム性の必要性は低く、むしろID付与による個体認識によりネットワーク上のデータにアクセスできることが重要である。その一方で、ライフサイクル管理のための情報収集という観点で見た場合、短期的な輸送時などの温度情報についてはリアルタイム性と通信機能が重要であり、製品・部品の再利用を念頭においたライフサイクル管理では、長期的な履歴データを保持するためのネットワークへのアクセサビリティやデータを保持する大容量メモリ機能を有するデータキャリアが必要といえる。

表 2.6.1 ライフサイクル管理に必要な情報

製品ライフサイクル	原材料製造	部品・製品製造	輸送・配送	製品使用・保守	廃棄・リサイクル
ライフサイクル管理の目的	グリーン調達	生産工程管理 検品・在庫管理	流通過程可視化 品質保証	寿命管理 状態監視	廃棄物のトレース マテリアルフロー把握 リサイクル業者へ情報提供
提供情報	タグに情報を書き込むことで、スタンダードアロ ーンで提供が期待される情報			製品使用方法(最適な な運転)	
提供情報	製造者、型式等 含有化学物質情報 CO ₂ 排出量(カーボ ンフットプリント算 出データ)	組立部品ピッキング 組立工程ガイド CO ₂ 排出量(カーボ ンフットプリント算出 データ)		消耗品情報 メンテナンス方法	リサイクル工程の情報 ・分解方法 ・有害化学物質 ・リユース可能部品
収集情報	リアルタイム性が要 求され、センシング後 に発信が必要な情報		製品位置情報、 温度、加速度、 湿度	雰囲気汚染 温度(異常発熱) ひずみ(亀裂)	
収集情報	リアルタイム性が必 要なく、タグのメモリ 又はマスターデータ に保存する情報			稼働時間・回数、紫 外線、ダスト、湿度、 温度など長期の使 用に関わる情報	廃棄物位置情報 (適正処理、不法投棄防止)

3-2.6.2 既存 ID 付与データキャリアについての考察

資源有効利用のための製品・部品のリユース、材料リサイクルを促進するためには、材料・部品の製造も含め製品の製造に係わる情報管理や使用時の履歴などの情報管理を行う上で、モノへの ID 付与や管理情報が必要となる。しかし、今まで述べてきたように既存の ID 付与データキャリアでは、製造から廃棄に至るライフサイクルの中ですべての工程で満足できるデータキャリアが存在しない。光学読取りするバーコードや 2 次元シンボルでは、モノの光沢、反射率、キズ、読取面の曲がり度合い等の影響で読取精度が大きく左右される。RFID はこれらの条件を満足させられることができるが、電子部品で構成されているため温度に対する影響が大きく価格も高価となることが課題となっている。

特に、特性の面で、温度に対する影響や商品のデザインの面を考慮した ID 付与が必要となる場面では、既存のデータキャリアでは、ダイレクトマーキングによる 2 次元シンボルの印字や刻印の方法を検討したが、調査の結果、今の技術では読取りに限界があることが判明した。

既存の ID 付与データキャリア以外の存在では、カラービットによるダイレクトマーキングの方法と、デジタルマークによるダイレクトマーキングの方法が有効であることが調査の結果判明した。

デジタルマークによるマーキングは、ID 情報をフーリエ変換してその情報をモノに直接マーキングする方法である。(図 2.6.1.) この方式の特徴はマーキング自体の 70%が消失しても読み取れることで、特に金属製品を扱う特殊用途に最適である。しかし、読み取れるデータの桁数は英数字を使用した場合 10 桁で、そのシンボルサイズは平面で 16mm^2 と大きなエリアを必要とする。このことからライフサイクル管理を考慮した場合、データ桁数を多くして、いろいろな場面に活用しなければならないので、データ桁数の制約が大きく、表示エリアが広いデジタルマークの活用は難しい。

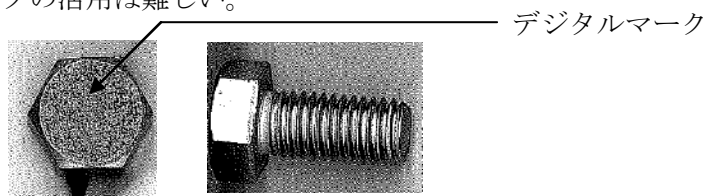


図 2.6.1 デジタルマークによるマーキング

一方、カラービットによるダイレクトマーキングは、情報を 3 色のカラーでモノにマーキングを行いマーキングされた色の変化を捉えた光学情報をデジタルデータとして処理する方法である。カラービットは 3 色のカラーでデータを表示する必要があるが、色の変化をデータとしているため、データ桁数の柔軟性があり、表示エリアは、細い電線への情報付与、ガラス端面への情報付与などの柔軟性があり、今まで想定した ID 付与と違った視点で ID 情報を発信できる特徴があり、ライフサイクル管理を考慮すると有効な手段と考えられる。以上のことからカラービットの詳細について検討したので、次章にその詳細について述べる。

3-3. ID 付与が難しい製品、部材への付与可能性の検討

3-3.1 概要

サステナブル・マニュファクチャリングの観点から、ライフサイクル管理がますます重要になってきている。そして ID を付与して製造、使用、再利用の各段階が管理できることは極めて重要である。

しかし、既存の ID 付与が難しいといわれている製品、部材が多く存在しており、自動車用フロントガラス、プリント基板、線材などが代表例としてあげられる。

近年、この ID 付与が難しいといわれている製品、部材にダイレクトマーキングできる ID 付与データキャリアとして、ビーコア株式会社が開発したカラービットコードが注目されており、ID 付与が難しいとされる課題の解決可能性を検討することは有用である。

本章では、カラービットコードの特徴、仕様を詳述し、代表的な製品、部材にカラービットコードの付与とデコード実験を実施して、その可能性の検討を行った。

3-3.2 カラービットコードについて

3-3.2.1 カラービットコードの特徴と仕様

(1) カラービットコードの特徴

①従来のバーコードとの違い

従来のバーコードと 2 次元シンボルは、データをパターンの幅や位置形状で表す。したがって、マーキング時や読み取る際にはこれら寸法形状を高い精度で表す必要がある。(図 3.2.1 参照)



図 3.2.1 読取り困難な 2 次元シンボルの例

これに対しカラービットコードは幅や位置形状に依存しないコード体系を達成することで、従来のバーコードが適用できなかった、マーキング精度の期待できない状況や、形状が、不規則、不安定な媒体への適用を目的に開発を進めてきたもので、色彩の配列のみでデータを表現する方式を採用したものである。

②カラービットコードの仕様

上述したように、カラービットコードは色彩の配列のみでデータを表し、各セル（＝同一色彩範囲）の大きさ、形状、配列方向等はデータに無関係である。

図 3.2.2 にカラービットコードの形状自由な例を示す。

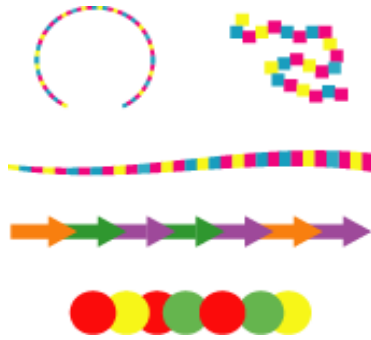


図 3.2.2 カラービットコードの例

また、データは隣接セル間の色彩の相関で表す方式を採用しているが、このことにより色彩の曖昧な変化やセルの大きさや形状の制約を排除することができる。(図 3.2.3 参照)

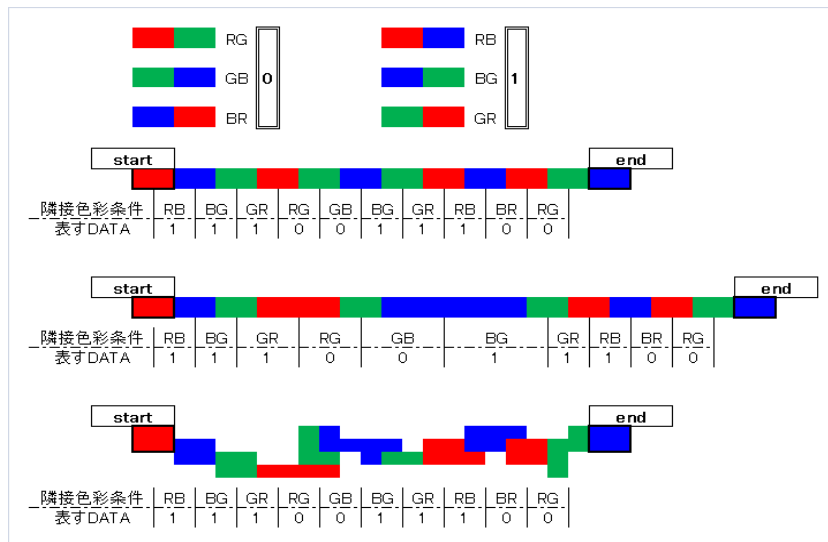


図 3.2.3 1D カラービットコード仕様

なお背景などの模様からコードを確実に切り出すために、コードは枝分かれや交差しな
いこと、また周囲が白や黒などの配列色以外で囲まれていることがコードの条件となる。

(2)使用色彩について

3色の配列でデータを表す。原理的には3色以上、多数の色数を使うとデータ密度は上
げられるが、照明、退色、カメラ設定等を考慮し信頼性の面から3色使用方式を採用して
いる。また、できるだけ異なった色が好ましいため、RGB3色としているが。場合によっ
てはCMYやその他の色彩を選択することも可能である。これらは先に示した色彩空間に
おいて領域を適宜設定することで、用途に応じた対応が可能である。

3-3.2.2 カラービットコードの付与例

(1)幅や位置形状に依存しないことによるメリット

現行使用されているバーコードは、タグシールや平面部への印刷など、寸法精度が確保
しやすい場面への応用に限られている。したがって、例えば現品へのダイレクトマーキン

グ、線材やゴム素材等の形状が不安定な物品、あるいは異形物品へマーク付与等の場合にメリットが発揮される。(図 3.2.4 参照)

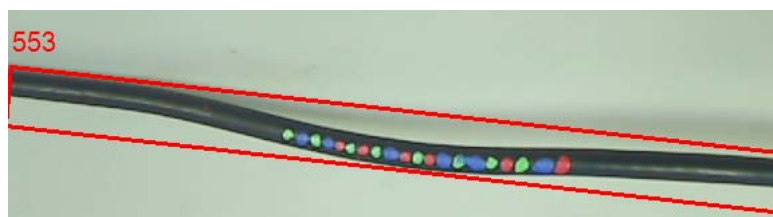


図 3.2.4 ワイヤに応用した例 (φ 3 mmのケーブル)

その他、複数一括読取特性を生かした各種アプリケーションの開発も進行中である。

3-3.3 カラービットコード付与とデコード実験

3-3.3.1 実験の概要

(1)緒言

実験を実施する製品(素材)に対し、カラービットコードが以下の可能性を有しているかを評価するために、基礎的な付与実験を行った。

- ・製品の製造工程から廃棄・リサイクルに至るまでのトレーサビリティ実現の可能性
生産環境や使用環境に耐え得る ID の信頼性や、当該環境におけるデコード課題。
- ・ID 付与(印刷や接着などによる)の技術的な可能性

製品へカラービットコードを付与する場合の、付与部位に依存する課題(素材や形状)と、付与環境に依存する課題(温度など)。

本付与実験は、以下に示す条件において実施した。

<実験についての制限事項>

- ・開発を伴わない実験に限定する

カラービットコードのデコードソフトウェアは、開発元であるビーコア社より支給されるものを使用する。本ソフトウェアは、特定の製品や実験を目的として開発されたものではなく、プレゼンテーション用のものを使用する。(一部パラメータの組み換えを実施：プリント基板の実験)

- ・実験に特殊な環境を設定しない

ID 管理に特殊な環境が必要な場合、その環境特定が困難であり ID 導入以前に条件の特定が必要となる。このため、使用するカメラは汎用のウェブカメラと照明を使用して、ID をデコードできる条件があるかどうかを評価する。(特殊な照明環境、測定環境などの設定はなく、一般的な室内での簡易評価を前提とする)

- ・試料の作成

市販される部材を使用してカラービットコード付与試料を作成するか、既に専門業者により作成された、カラービットコード付与サンプル(製品に付与)もしくはカラービット

コードサンプル（織物タグ）を使用する。カラービットコードの付与方法については、印刷技術などの開発が必要であるため、試料に対しては手作業による手塗りを原則とする。

- ・複数一括デコード

複数のコードを同時に一括でデコードできた場合は、単体デコードは可能であることとする。

付録に示す試験結果においても、そのコードの単体実験結果報告を省略する。

本実験では、ターゲットとなる製品（素材）の製造工程・市場運用・回収廃棄状態を想定して、市販品を使用したカラービットコード付与試料もしくはカラービットコード試料を作成（もしくは既存のものを入手）した。作成（入手）した当該試料を、特別な環境設定せずに汎用のデコードソフトウェアを使用してデコード評価を実施し、デコードが成立する（所定時間内）条件の有無を確かめることを目的とした。さらに、当該試料のデコード条件成立状況で、ターゲットとなる製品（素材）のカラービットコード適用性を検討した。

(2)付与実験のアプリケーションについて

バーコード、二次元シンボル、RF タグなど、現在普及している ID 体系では付与が難しいと思われる製品として、以下のものについて付与実験を行った。

①自動車用フロントガラス

市場で運用されている実際の自動車用フロントガラスを使用して、ID の付与とデコードの基礎実験を実施した。また、市販されているガラス製品やフロートガラス、PDP 用ガラスを用いて耐熱性や曲面などのデコード実験も併せて実施した。本実験では、以下の他のアプリケーションとは異なり、自動車用合わせガラスの生産から廃棄回収に至るまでのライフサイクルを考慮した実験とした。

②プリント基板

リフローに適用するインクを専用のディスペンサー(ビーコア社製)で塗布した試料と、市場で使用されている複層基板を使用して、ID 付与とデコードの基礎実験を実施した。

③線材

市場で市販されている、ステンレス鋼材や木材、繊維などの線材を使用して、ID 付与とデコードの基礎実験を実施した。

④繊維製品タグ

市場にて開発されている以下の織物タグ（布タグ）を使用して、デコードの基礎実験を行った。

- ・株式会社 エス・ネット社製 布タグ（リネン用タグ）
布ベースに染料を使用してカラービットコードを印刷したタグ
- ・株式会社 出口織ネーム社製 織物タグ（ジャガード織タグ）
顔料にて染色した繊維を使用し、ジャガード織で製造された織物タグ

(3)実験環境について

前述したように、実験環境については市販されている部材や器具を使用し、デコードソフトウェアは、ビーコア社製の汎用ソフトウェア(プレゼンテーション用)を使用した。表 3.3.1 に、その詳細を示す。

表 3.3.1 実験環境概要

デコードパラメータ	固定(ビーコア社 初期設定値) #1
光源	蛍光管 昼光色 (周辺太陽光)
偏光処理	なし
カメラ	(Logicool)Qcam® Pro 9000 (200 万画素)
ホワイトバランス/フォーカス	自動設定
フレームレート	30 (fps)
付与コード	可変長 RGB/CMY (一次元カラービットコード)
付与コード測色	付録参照

RGB : Red,Green,Blue CMY : Cyan,Magenta,Yellow

#1 : プリント基板にて専用ディスペンサにて付与したコードについては、専用のデコードパラメータを使用。(ビーコア社が当該コードデコード用に設定)

デコードについては、静止読取りとし、試料、カメラ、光源などの位置関係や角度、距離を変化させて実施。フォーカスやホワイトバランスをマニュアルで変化させた場合は、デコード条件が一致するまでに多大な組合せを必要とするため自動設定とした。一致しない場合もあるために、カラービットコードのデコード状態を示す表現方法として、以下のレベル設定を行うものとする。なお、デコード状況は周辺光や光源の照射角や照度などにより微妙に変化するため、表 3.3.2 の設定はデコードの容易さを判断する目安として設定するものである。

表 3.3.2 デコードレベル説明

レベル 1	デコードを繰り返しても、非常に容易にデコード完了するレベル。 (1 数秒以内)
レベル 2	デコード完了は容易であるが、繰り返しのデコード完了にばらつきがみられるレベル。(秒単位)
レベル 3	デコード完了は確認されるが、その条件が一致するまで時間を要し、デコードを繰り返しても状態は変わらないレベル。(数十秒単位)
レベル 4	デコード完了が非常に難しく、デコードができて再現性がないレベル。
レベル 5	デコード条件が見出せずにデコード未完となったレベル。(10 分程度)
コード破損	付与されたカラービットコードが、損傷(剥れ、色落ち、欠けなど)してデコードが不能となった場合。
コード誤記	カラービットコードの色の組み合わせを間違えて付与したときで、デコードが不能となっている場合。

- ・デコード完了: カメラや照明の角度、距離などを変化させることでデコード可能な条件が成立したこと。
- ・デコード未完了: 所定時間内でデコード可能な条件が成立しない場合。(可能性なしという意味でない)

3-3.3.2 自動車用フロントガラスのカラービットコード付与実験

本実験では、“3-3.3.3 その他のアプリケーションに関する付与実験”に示すカラービットコード付与実験とは異なり、自動車用合わせガラスの生産から、市場運用、廃棄回収（リサイクルを含む）までに至るライフサイクルを考慮した基礎実験を行うこととした。したがって、ライフサイクルにおいて当該製品がおかれる環境に対し、カラービットコードが有効な ID として機能することが可能かを、基礎的な実験を実施して評価したものである。

自動車用フロントガラスのライフサイクルを図 3.3.1 に示す。

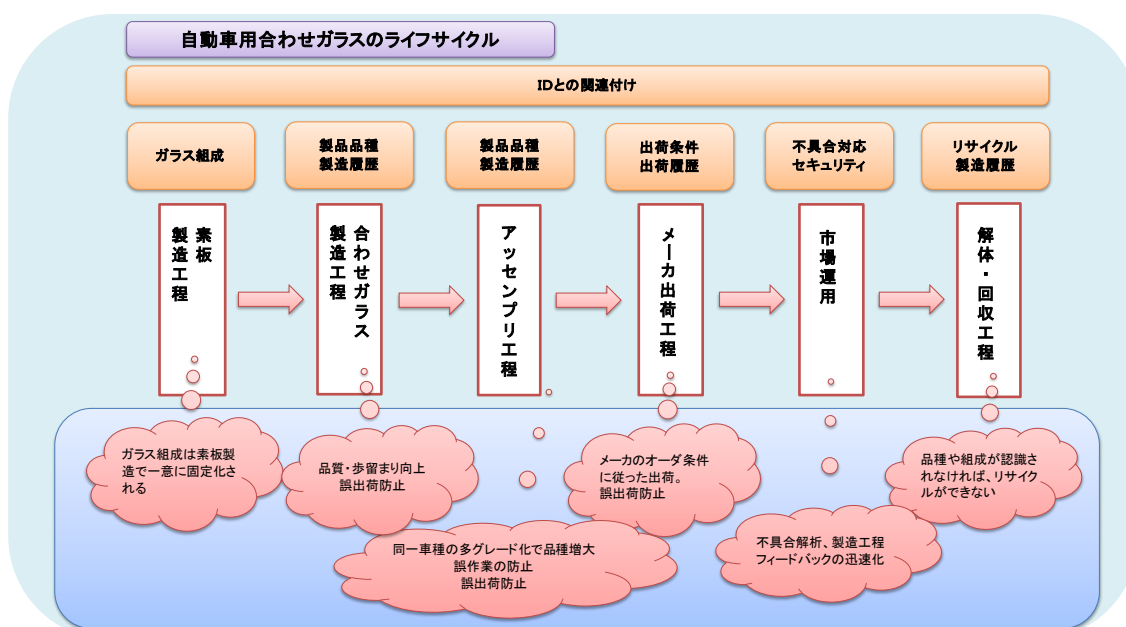


図 3.3.1 自動車用合わせガラスのライフサイクル

自動車用合わせガラスは、製造から廃棄までの期間は一般的に 10 年から 20 年程度とされ、運用においては極寒地域から砂漠のような極暑地域までの温度範囲と、走行環境や保管環境、車輻に依存する温度サイクルが毎日のように加えられる。さらに、走行による振動や事故、解体回収時の衝撃なども考慮する必要がある。また、製造においても 1,400°C の熔融窯から成形、アセンブリに至るまでの各製造工程特有の環境があり、どのタイミングで付与するかによってカラービットコード自体の素材や付与方法が大きく異なる。自動車用合わせガラスは車載部材であり、またドライバーの視界を保証するため、デザイン性や安全性の面から付与部位・コード形状・寸法などにおいて制約を受ける。

付与コードのメリットは、生産管理・製造技術・市場運用・廃車管理などのトレーサビリティ効果に加えて、盗難・追跡などのセキュリティ効果も提供することができる。このため、付与部位や付与方法、カラービットコード自体に依存する使用塗料、寸法・形状によっても、コードの提供するサービス性が異なるものとなる。合わせガラスのライフサイクルにおける各工程の説明と、工程内でのID付与タイミングを図3.3.2～図3.3.4に示す。

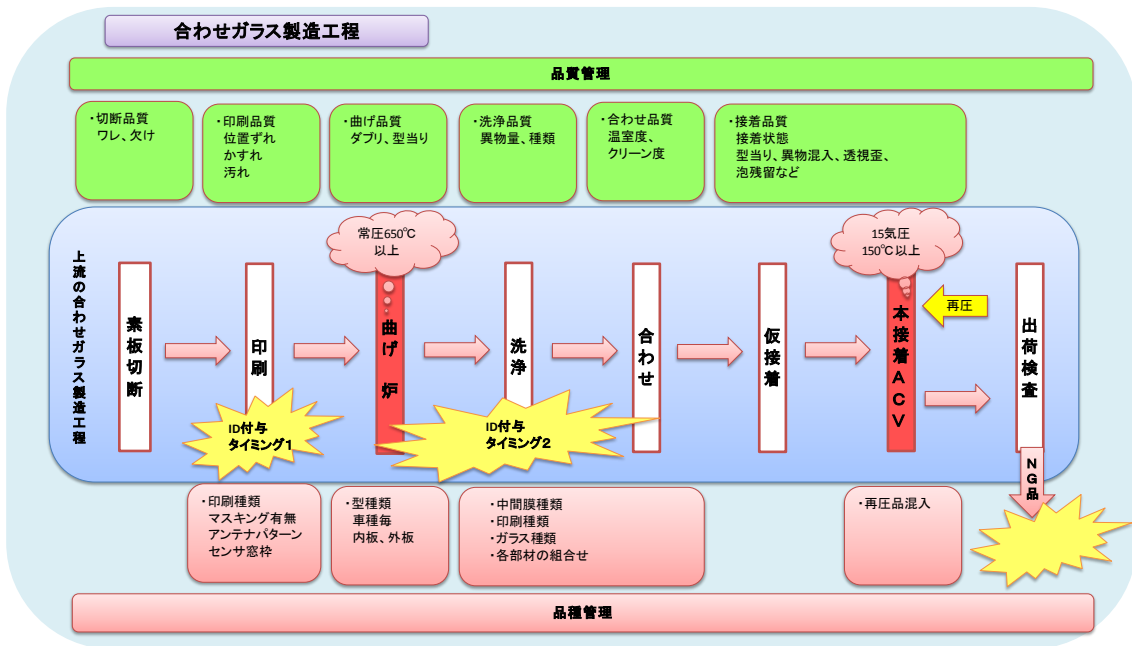


図 3.3.2 合わせガラス製造工程と ID 付与タイミング

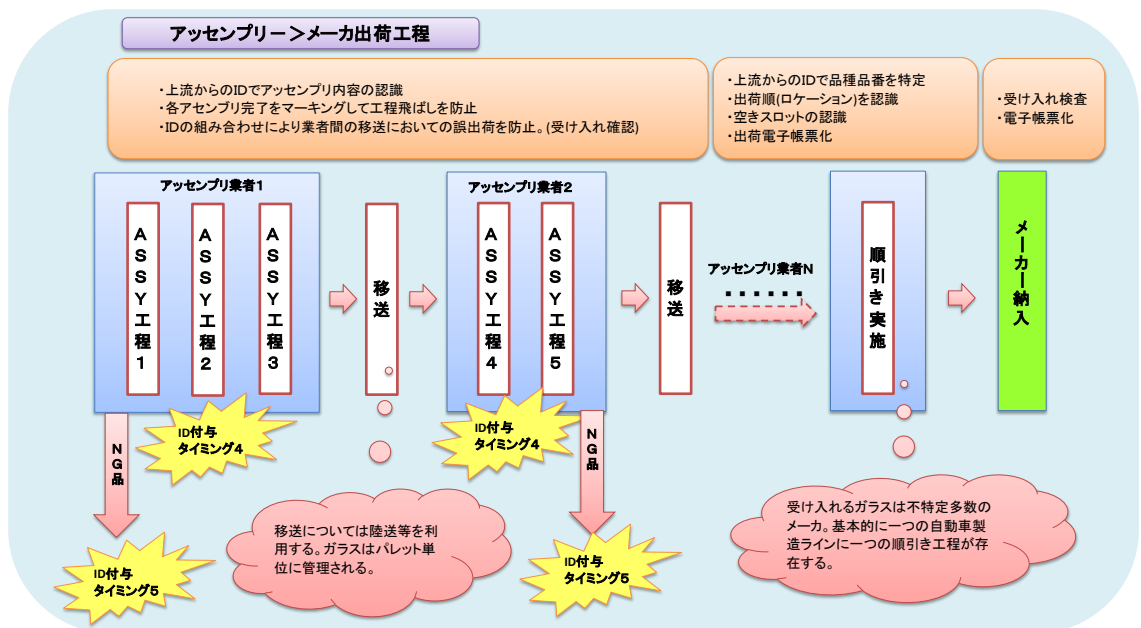


図 3.3.3 アセンブリ、メーカー出荷工程と ID 付与タイミング

素板製造工程は、原料を高温溶融してフロート板を製造する工程(1,400℃程度から徐冷)であり、素板が切断・研磨されるまでは同一組成が保証されるため、ID 付与の必要はない。

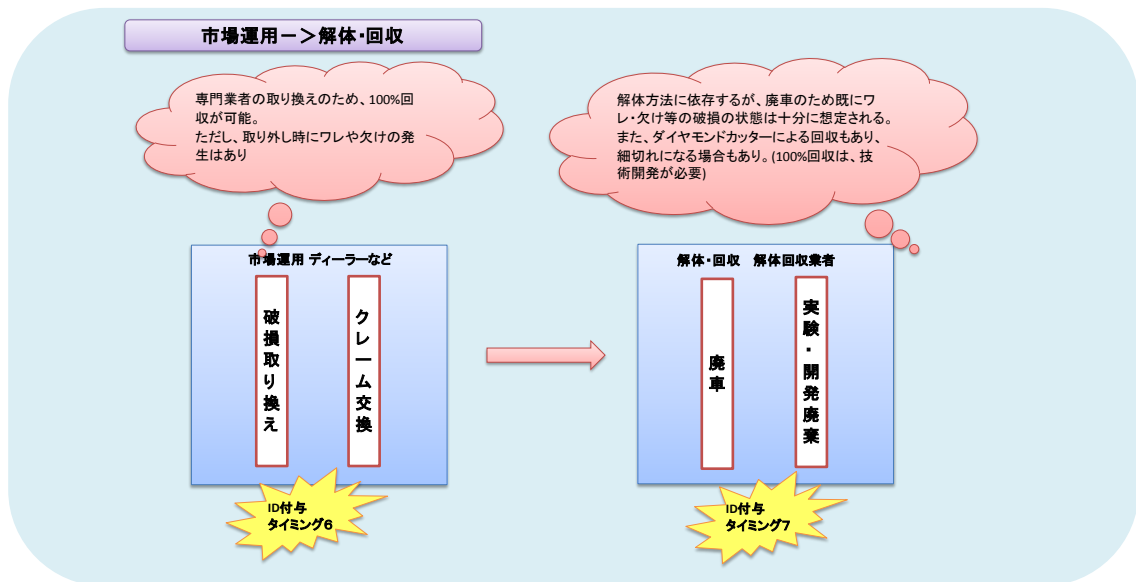


図 3.3.4 市場運用、解体回収と ID 付与タイミング

ID 付与のタイミングは、上流の工程で付与されることが好ましい。当然ながら上流で付与されれば以降の工程では、当該 ID を利用することが可能となる。しかしながら、自動車用フロントガラスの製造工程では、“表 3.3.3 合わせガラス ID 付与タイミングと実験目的との関係”が示すように上流工程では高温の加熱工程が存在し、下流工程の方が ID の温度条件としては制約が小さい。これに対し製品の状態からすれば、熱処理を行う曲げ工程よりガラス表面は曲率を持ち、また、端面も研磨によりかまぼこ型や台形型になっており、平坦な形状とはならない。また、中間膜を接着された状態においては、ガラス端面においても凹凸が形成され、ID を塗布する技術としては上流よりも下流の方の制約が大きくなる。ガラスの破損時は、ガラスのワレ欠けによる凹凸や、形状が不特定に変化する。(曲げ工程以前は、ガラスは板状のフラットな形状) また、上流で付与された ID は以降の工程での利用が可能であることが望ましい。このため、上流での ID 付与においては下流の ID 付与における課題点をクリアする必要がある。

各付与タイミングと実験についての関係を表 3.3.3 に示す。

表 3.3.3 合わせガラス I D付与タイミングと実験目的との関係

タイミング	説明	耐熱性	耐水性	耐薬品性	耐候性	耐擦化性	使用塗料	その他
1	トレーサビリティや製造管理を目的とした ID 付与。ライフサイクル ID としての可能性は大きい	650°C超	要	要	要	要	釉薬 低温焼成	市販品を使用 (800°C焼成)
2	同上	150°C		不要	不要		樹脂 熱硬化	ガラス塗布用の市販品を用いる
3	工程内不良品としての製品情報	常温		要	要		一般的な有機塗料 or シール材	塗布後のワレ欠け、汚れの発生が大きい
4	工程履歴情報として使用するため、消去も可能なこと。消去後に塗料が残留しない			不要	不要			
5	工程内不良品としての製品情報			要	要			
6	市場不良品、市場損傷品としての回収のため製品情報が必要。 ガラスは周辺も含め100%回収される。			不要	不要			
7	E L Vとしての回収のため製品情報が必要。 ガラスは、カッターなどによりバラバラにされる確率が大きく、また、全面にわたりワレ欠けが発生する。			不要	不要			

合わせガラスの ID 本体における耐環境因子としては、表 3.3.4～表 3.3.6 のものが考えられる。

表 3.3.4 製造時の耐環境因子

耐環境性	対象工程	カラービットコードの障害要因
耐熱性	曲げ工程	曲げ炉による加熱処理(700℃)
	本接着工程	オートクレーブによる加圧(15 気圧)、加熱処理(150℃)
	アッセンブリ工程	アッシー時の加熱処理 (数百度程度)
耐水性	洗浄工程	水槽の浸漬、ブラシ洗浄
	特定しない	工程内の仮置き時の結露や意図しない濡れなど
擦化性	洗浄工程	ブラシ洗浄
	特定しない	ふき取りや擦れ
耐衝撃	特定しない	不具合時、意図しない損傷など
耐震性	特定しない	輸送機材などによる搬送

表 3.3.5 市場運用時の耐環境因子

耐環境性	運用状況	カラービットコードの障害要因
耐熱性	エンジン ON	エンジンによる高温 (70,80℃程度)
	特定しない	直射日光による高温 (100℃程度)
	熱線 ON	デアイサー (数十℃程度)
熱衝撃	特定しない	エンジン温、気温、走行環境(風雨、風雪など)の変化
耐水性	特定しない	雨、雪など
	洗車	高圧洗車、水洗いなど
	走行状態	はね水、巻き上げ、ぶっかけ水など
耐薬品性	メンテナンス時	ワックス、クリーナ、アルコール
	特定しない	人の手に付着している薬品など
擦化性	ワイパーON	ワイパー払拭域に付与したとき
	メンテナンス時	コンパウンド、タオル、スポンジ、セーム皮など
	洗車	洗車機のブラシなど
耐衝撃	事故など	意図しない損傷
	走行状態	路面状況による衝撃
耐震性	走行状態	路面状況やエンジン、車輛装置による振動
耐候性	特定しない	長期間の車輛運用、保管による劣化、損傷、汚れなど

表 3.3.6 解体回収時の耐環境因子

耐環境性	対象工程	カラービットコードの障害要因
耐熱性	解体	解体時にウレタンを加熱して取り外す場合 (200℃程度)
	解体	フレーム部や他の部材の取り外し時に 熱を使用する場合
	特定しない	直射日光による高温 (100℃程度)
熱衝撃	特定しない	気温の変化
耐水性	特定しない	保管時の結露、雨、雪など
耐薬品性	メンテナンス時	ワックス、クリーナ、アルコール
	特定しない	人の手に付着している薬品など
擦化性	メンテナンス時	コンパウンド、タオル、スポンジ、セーム皮など
	解体・回収	解体時の工具や部材、やガラス同士の接触など
耐衝撃	解体・回収	解体時に発生する衝撃
耐震性	解体・回収	解体時に発生する振動
耐候性	特定しない	保管による劣化、損傷、汚れなど

今回の実験においては、こうした環境因子を考慮して“表 3.3.7 自動車用合わせガラスの ID 付与実験項目概要”に示す内容の基礎的な実験を実施し、“表 3.3.8 自動車用合わせガラスの ID 付与実験結果概要”に示す結果を得た。

表 3.3.7 自動車用合わせガラスの ID 付与実験項目概要

1	耐熱性 高温の熱工程を介しても正確にデコードできるか？	例えば、焼結温度や擦化性などについては市販製品を使用しての実験であるため、実際のアプリケーションへの適合性を考慮することはできないが、曲げ工程(650℃以上)や本接着工程(150℃)のような熱工程を介しても正しくデコードできることを評価する。なお耐熱性については、釉薬を使用したもの(曲げ工程)と熱硬化樹脂(本接着工程)を使用した塗料をカットガラスに塗布し、試験用簡易炉を使用して実験を行う。
2	曲面・狭域 自動車用フロントガラスの任意の位置で塗布されたカラービットコードのデコードが可能か？	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用ガラスに塗布されたカラービットコードの全体を視認することが可能な場合(カメラからの入力画像において)、正確にデコードできるかを評価する。(光源による反射などの影響を考慮する) ガラスコーナー端面のRが大きい部分の塗布も含めて行う。

3	<p>凹凸・ワレ欠け 自動車用フロントガラスが損傷した状態でカラービットコードがデコードできるか？</p>	<p>工程内不良品や廃車から回収される合わせガラスは、損傷(ワレ欠け)が発生している場合が多く、正常なガラス面にカラービットコードを塗布しても、その後の工程や物流にてその部分が損傷する可能性は大きい。ワレ欠けの発生している部位へカラービットコードを塗布したデコード評価と、塗布後にワレ欠けを発生させ デコード評価を実施する。</p>
4	<p>汚れ・濡れ 自動車用フロントガラスが放置された状態でカラービットコードが汚れや濡れの影響を受けてもデコードできるか？</p>	<p>回収された、工程内不良品や廃車回収ガラスは、屋外への放置も考えられるため汚れや濡れが発生している場合が多い。このため、カラービットコードがワレ欠けや曲面などに合わせて、汚れや濡れの発生したときの影響を評価する。</p>
5	<p>複数一括読み込み 自動車用フロントガラス端面に塗布された複数のカラービットコードがデコードできるか？</p>	<p>カラービットコードが塗布されたカットガラスもしくは自動車用フロントガラスを複数枚並べて、一括読み込みによるデコード評価を実施する。また、各カットガラスもしくは自動車用フロントガラスに複数のカラービットコードが塗布された場合も含めて評価する。</p>
6	<p>ロケーション 上記の一括読み込み時に、複数のカラービットコードのロケーション管理が可能か？</p>	<p>画像処理にてデコードされるカラービットコードが、当該画像においてデコードされたコードの位置関係が認識可能かどうかを調査する。(ビーコア社へのヒアリング)</p>

表3.3.8自動車用合わせガラスのI.D付与実験結果概要

実験名称	実験目的	実験結果	使用塗料	使用ガラス	特記事項
耐熱性	高温の熱工程を介しても正確にデコードできるか？	800℃、150℃にて塗料をガラスに固着させたカラレービットコートができ	<ul style="list-style-type: none"> 800℃固着 上塗用塗料 (市販品名：うわえのぐ) 150℃固着 熱硬化樹脂塗料 (市販品名： ボーセレン150) 	厚味はいずれも2mm <ul style="list-style-type: none"> フロントガラス 標準(強化などしていない) PDP用ガラス (800℃のみ使用) フロント側ガラスで 表面フラット (透明伝導体等の裏面) 	<ul style="list-style-type: none"> 800℃においては、フロントガラスは転移温度以上となるため変形。 PDPガラスにおいては(800℃は軟化温度以下)、変形もなく塗料が固着した
曲面・張破	自動車用フロントガラスの任意の位置で塗布されたカラレービットコードのデコードが可能か？	曲面、表面(裏面)に150℃で塗料を固着させたカラレービットコートがデコードできた。	<ul style="list-style-type: none"> 150℃固着 熱硬化樹脂塗料 (市販品名： ボーセレン150) 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用合わせガラス 上板下板 各2mmフロントガラス 中間膜 0.75mm(PVB) フロントガラス 2mm厚 標準(強化などしていないもの) 丸フラスコ(耐熱処理ガラス) 65mmφ、(口 20mmφ) 時計皿(耐熱処理ガラス) 90mmφ、1.5mm厚 	<ul style="list-style-type: none"> 使用した合わせガラスは実際製品で使用しているフロントガラスのカットガラスを使用 曲った平面や曲った端面については、フラスコや時計皿等の耐熱ガラスを使用した実験器具を使用
凹凸・欠け	自動車用フロントガラスが損傷した状態でカラレービットコートがデコードできるか？	凹凸面や合わせガラス破砕面に付与したカラレービットコートがデコードできた。 <ul style="list-style-type: none"> 合わせガラス破砕面への塗料は、熱処理しない塗料を使用 凹凸面への塗料は150℃で塗料を固着させる 	<ul style="list-style-type: none"> 150℃固着 熱硬化樹脂塗料 (市販品名： ボーセレン150) 自然乾燥 アクリル絵の具 (市販品名： アクリルガッシュ) 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用合わせガラス 上板下板 各2mmフロントガラス 中間膜 0.75mm(PVB) 工業用ガラス 75mmφ 食品用器具 64mmφ 	<ul style="list-style-type: none"> 使用した合わせガラスは実際製品で使用しているフロントガラスのカットガラスを使用 工業用、食品用器具などについては量販店のものを使用。
汚れ・濡れ	自動車用フロントガラスが放置された状態でカラレービットコートがデコードできるか？	水滴を付与したカラレービットコート(デコード実績のある)をデコードすることができた。 (浸漬、米結、霧状水滴付着にてデコードを確認)	<ul style="list-style-type: none"> 150℃固着 熱硬化樹脂塗料 (市販品名： ボーセレン150) 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用合わせガラス 上板下板 各2mmフロントガラス 中間膜 0.75mm(PVB) 	<ul style="list-style-type: none"> 汚れ実験は、自動車用ガラス保管倉庫と屋外にて自然放置して実施した。
複数一括読み込み	自動車用フロントガラスの端面に塗布された複数のカラレービットコートがデコードできるか？	複数の自動車用フロントガラスの端面に付与されているカラレービットコートを一括でデコードすることができた。 また、自動車用ガラスの表面(裏面)に付与されている複数のカラレービットコートが一括でデコードすることも確認した。	<ul style="list-style-type: none"> 150℃固着 熱硬化樹脂塗料 (市販品名： ボーセレン150) 	<ul style="list-style-type: none"> 自動車用合わせガラス 上板下板 各2mmフロントガラス 中間膜 0.75mm(PVB) 	<ul style="list-style-type: none"> 使用した合わせガラスは実際製品で使用しているフロントガラスのカットガラスを使用
ロケーション (試験対象外)	上記の一括読み込み時に、複数のカラレービットコードのロケーション管理が可能か？	試験のロケーション管理については実験の対象としていないが、ピーコア社より以下の回答を得た。 位置情報については、処理画像内での座標値は得ることができている。 <ul style="list-style-type: none"> 複数のコード(デコードされた)の位置関係(二次元上)は得ることができているが、距離については困難。 処理画像内にスケール基準値があれば、条件固定での距離算出は可能(概算値)。 			<ul style="list-style-type: none"> ロケーション判定は、処理される各画像内で閉じた座標

3-3.3.3 その他のアプリケーションに関するカラービットコード付与実験

“3-3.3.2 自動車用合わせガラスに関するカラービット付与実験”は、自動車用合わせガラスの生産から解体回収に至るまでの当該製品のライフサイクルを考慮した実験を実施した。これは、当該製品のライフサイクルにおいて ID 付与が困難となっている製造方法や過酷な市場運用に対し、他コード体系にはないカラービットコード特有の技術的可能性を評価することを目的とした。本項では、素材の特異性や形状・寸法などが原因となり ID 付与ができなかった製品であり、かつ、広い応用分野を持つ以下の製品にカラービットコード付与の可能性を評価するため、基礎的な実験を実施した。

- ・カラービットコードの耐環境性を考慮しない。(塗布塗料の特性：耐熱性、耐水性など)
- ・自動車用合わせガラスと同様に市販品を使用して、当該コードを製品に付与できる可能性があるかを評価した。(市場で開発されている実績があるかを含めて)
- ・自動車用合わせガラスと同様のデコード環境にて、基礎実験を実施した。

<プリント基板>

基板端面への印刷技術と、リフロー工程への耐熱性を有する塗料で付与されたカラービットコードサンプルの基礎実験とレジスト色に対する影響を評価した。

<線材>

金属、木材、樹脂、繊維の各素材で製造される 1mm φ 以下の線材についてのカラービットコードによる ID 付与の可能性を評価した。

<繊維製品タグ>

市場で開発された繊維製品タグサンプルの基礎実験と開発された繊維製品タグの普及課題について調査した。

表3.3.9.その他アプリケーションのカラービットコード付与実験の結果概要

課題と対策、その他		実施内容と結果	
ターゲット	試料	実施内容と結果	課題と対策、その他
プリント基板	<ul style="list-style-type: none"> ・ピーコア社から提供されたサンプル リフロー対応の耐熱インク使用 ・レジスト色 ブルー、グリーンに 染料インクを使用したサンプル 	<ul style="list-style-type: none"> ・ピーコア社提供のサンプルが現保有環境ではデコードができなかった。 ピーコア社に問い合わせた結果、専用パラメータが必要と判明 →ピーコア社にて専用パラメータを現環境に組み込み 全サンプルのデコードを確認(CMYのみ) ・レジスト色 ブルー、グリーンの基板を使用したサンプルを作成 RGB, CMYの端面付与、表面付与のデコードを確認 	<ul style="list-style-type: none"> ●ピーコア社提供サンプルを 熱処理後(リフロー温度サイクル)にデコード実験を実施 →デコードを確認(形状、カラービットコードいずれも異常なし) ●レジスト色によりコード使用色のデコードが難しい →デコード条件等の設定が必要 ・専用のソフトウェア(パラメータ)が必要 ・デコード条件が必要(環境因子、コード規則性等) ●耐熱性インクと多層基板 →多層基板のため印刷時の滲みが問題(インクと印字方法)
布および織物	<ul style="list-style-type: none"> ・ S-n e t社より提供されたサンプル (京都) リネン用布タグ(平織り、朱子織) ・ ポリエステル製 インクは染料系を使用 ・ 出口織ネーム社より提供されたサンプル(石川) ジャガード織タグ ・ ポリエステル製 インクは顔料系を使用 	<p>サンプルの提供と情報収集のため、両社を訪問</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ リネン用布タグ 平織り、タフタ、サテン(朱子織) 提供された布タグのデコードを保有環境で確認した。(RGBのみ) ・ ジャガード織タグ RGB, CMYの前サンプルのデコードを確認 	<ul style="list-style-type: none"> ●オンデマンド(印刷) 織タグはオンデマンドは難しい。布タグも伸縮性から印刷に支障があり プリンタおよび布素材の開發要。 →織タグの場合は型費が高価であったが(数センチ角でも数万円)、 出口織ネーム社では、コンピュータ処理や織り機とのリンクで、 型費を実用化レベルまで低コスト化した。 ●耐熱性 基本的にはポリエステル耐熱性に依存する。(実用200℃以下) 織タグの場合、炭素繊維を使用することによる高温域も可能(コスト課題) ●色あせ、洗剤による脱色 布タグは耐熱性ウレタンのプロテクタで防止。 織タグは顔料系を使用することで防止。 ●コストとデザイン性 ジャガード織タグ>布タグ (ジャガード織タグは、一括にタグを大量生産する必要がある) ●他分野での使用 伸縮性(曲面)、耐水性があるため布タグは、ピン製品等の管理に引合い
線材	<ul style="list-style-type: none"> ・ ステンレス バネ材(線材) 0.5mmφ、1.0mmφ ・ 木製 線材 1.0mm角材 (ヒノキ) ・ ファイバー(樹脂製) 1.0mmφ ・ 糸(手芸用) 0.3mmφ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 左記の全試料についてデコードを確認 RGB, CMYの塗布サンプルを作成し、保有環境でデコードを確認。 ただし、単体でデコードが難しい試料については、当然ながらデコード 条件が狭く限定的となるため、一括の複数デコードが難しい。 	<p>カラービットコードは、基本的に画像処理を使用するためターゲットが微小でも 細長いものでも、必要な要素が得られればデコードは可能。(コスト因子やデ コード環境等は 除外した時)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●印刷方法 細く、Rが大きいため印刷方法およびインクに課題がある。 ●塗布部 線材全体(一周)に塗布する必要がある。片面や一部だと容易にぬじれや、 回転が発生するため死角になりやすい。 ●使用用途 使用用途が広いが、今回の実験では常温域で塗布とデコードとした。 したがって耐熱性や耐水性、耐酸性等の耐環境性については意識していない。

3-3.4 カラービットコード付与についての実験のまとめ

カラービットコードは、付与対象についての汎用性が高いコードであり、従来の方法では ID 付与が難しかった小面積、曲面及び形状変化がある対象にコードを付与可能にすることが期待される実験結果が得られた。また、色彩の区別が可能であればデコードが可能になる方法であるため、耐環境性が高い。今回の実験では、加熱試験を行って良好な結果を得ているが、温度、湿度を含む RFID の電子部品が耐えられないような環境でも ID を保持することが可能であり、製造加工のプロセス、リサイクルを含む製品のライフサイクル全体での ID 保持において有効であることが期待される。さらに、対象物に色を付けることによりコード付与ができることから RFID のような情報量、柔軟性を持たせる必要がない対象については、ID 付与の方法、資材の面で低コストの ID 付与が可能になるものと思われる。今回の実験では、大部分の試料については手書きで ID を付与しているが、QR コードを手書きで付与することは困難であり、コード付加の際に要求される精度の面でもカラービットコードは柔軟性を持つ。

一方で、その柔軟性故に実際の適用においては、条件によりデコード性能に変化が見られ、条件に合わせて、コードに使用する RGB 系か CMY 系のいずれかの選択、照明方法及び塗料の選択が必要になる。また、線材については、撮影上の背景もデコード性能に影響を及ぼす。

以下、いくつかの点について詳述する。

(1) ID 付与が困難とされる製品に対し、手塗りのレベルでデコードが確認された

手塗りによってバーコードや QR コードを付与することは精度の点から困難であり、塗布部位が平面でなく曲率や凹凸を持ち、寸法的にも制限を受ける製品に対して、手塗りによるカラービットコードを付与してデコードが確認された。使用塗料を含む印刷技術について課題はあるが、カラービットコードによる ID 管理の実現性については大きな可能性が期待できる結果が得られた。今回の実験をバーコードで、同じように手塗りにより実施したとすると多くのデコードは困難であったと予想される。

(2) ID 付与が困難とされる製品に対し、特別な環境設定なしにデコードが確認された。

デコードソフトウェア、照明やカメラなどを含めたデコード環境に対して、カラービットコードを付与した製品に依存する特別な設定をせず、一般の量販店で市販されている照明、塗料などの部材を使用した実験でデコードが確認された。これはシステム化において、デコードが必要な各ポイントでの環境制約を克服しての実現可能性が高いことを示唆する。一方で、その柔軟性故にシステム化においては、適切な設計が重要となり、システム設計によりデコード性能が変化することが想定される。

(3) ID 付与が困難とされていた製品に対し、市販塗料での耐環境性が確認された。

製品のライフサイクルにおける耐環境性において、特別に開発された素材を用いることなくカラービットコードを塗布して、デコードが確認された。例えば、高温にさらされるプロセスを経る対象に対して有機素材を用いた ID 付与は困難であるが、カラービットコ

ードは色の判別でコード化を可能とするため、無機顔料の塗布・焼成により高温を介した ID 付与が確認された。焼成により、耐熱性に加えて耐水性、擦化性、耐薬品性など、他の耐環境性を持たせられた。

陶磁器の下絵用の顔料を使用すれば 1,000°C超の耐熱性を持たせられる。ただし、顔料の種類によってはガラスへの付与は難しく、素材による制約はあるものの、今までは実現が難しいとされていた温度域でも ID 付与の可能性が見えてきた。

製品の製造、流通及び販売からリサイクルへのプロセスで ID を付与することは各プロセスにおける効率化に大きく寄与する。現在では多くの商品に対してバーコードが付与されるに至っている。製品のライフサイクルにおいては、ID を付与する製造者のみならず、小売段階では多くの関係者がおり、製品毎のコード番号付与、コードを印刷添付、読取りの各段階について規格を統一することは、支障なくシステムを実現するために重要である。現在、小売段階までの管理についてバーコードによる商品の種別表示は各々のプロセスにおける合理化に大きく貢献しているが、製品が寿命を終えたときにリサイクルを行うとき、製品の種別によりその方法が異なり、リサイクル方法についての情報を適切に配信することが望まれている。Saar, et. al.¹⁾では、製品に付与された ID からリサイクル情報を配信する仕組みについて論じている。一方、Thomas²⁾では、ID を付与することに依るコストと便益の比較について論じており、ID 付与の有効性を主張している。

製品への ID 付与のためには、ID の存在と位置を認識してこれを読み取る必要がある。そのためには、背景から明瞭に区別でき、これを容易に計算機から読取り可能であることが要請される。一次元のバーコードは、走査を行うことにより一つの光学センサからの信号を用いて読取りが可能となる、当時のハードウェア構成から実現可能な優れた ID 付与の方法であった。また、商店での POS システムでは、店員が商品上でコードが印刷された位置とスキャナの相対位置を調整することによりシステムとしての性能を満足できるものになっている。技術の進展に伴い、一次元のバーコードのみならず、読取り可能距離、情報量、追記可能性、秘匿性、耐変造性等さまざまな必要仕様を満たす手法が開発され、3-1 で記載されている多くの ID 手法が用いられるようになってきている。最近では、安価で計算機に接続可能なカメラが普及してきており、利用可能なハードウェアが変化していく可能性もある。Aas³⁾では、カメラで撮影したバーコードを、バーでなくその下に印刷された数字で読み取ることを実現したと主張している。カメラで撮影された画像を処理することにより、より柔軟なコードを作成できる可能性がある一方で、バーコードは入力時のエラー率が ppm オーダーとされており信頼性は高い。カラービットコードは、カメラで撮影された画像を処理することを前提としたコード体系であり、形状、使用塗料及び測定環境に柔軟性、ロバスト性がある一方で、今回の実験においても読取りの条件によってはデコード時間が必要だったり、読込が困難であったものがあった。実験では、プリント基板を除いてデコードにおいてソフトウェアのパラメータに変更は加えていないが、デコード困難であったものについても大部分についてはコードの目視は可能であるためデコードソ

ソフトウェアをカスタマイズすることによりデコード可能になる可能性が高いと思われる。コードの柔軟性と照明、読込撮影時の背景等の条件を整えることのバランスや実用化に向けて使用条件の統一化の必要性も示唆されている。

新技術カラービットコードにより、従来技術での ID 付与が難しいとされた製品、部材に活用できる可能性が見出されたので、ライフサイクル管理がますます重要になってくる製品の製造、流通、リサイクルの各段階での管理技術として実現に向けての検討を進めることが重要である。

参考文献

- 1) Steven Saar, Markus Stutz, Valerie M. Thomas; Towards intelligent recycling: a proposal to link bar codes to recycling information, Resources Conservation and Recycling, 41, pp. 15-22, (2004)
- 2) Valerie M. Thomas; A universal code for environmental management of products, Resources and Recycling, 53, pp. 400-408 (2009)
- 3) Kjersti Aas, Line Eikvil; Decoding bar codes from human-readable characters, Pattern Recognition Letters, 18, pp. 1519-1527 (1997)

3-3.5 カラービットコードの課題

今回の調査と検討実験より、新技術カラービットコードは今まで ID 付与が難しいとされた製品、部材（代表例として自動車用合わせガラス）の ID 付与の可能性を持ったコードであることがわかった。すなわちライフサイクル管理がますます重要になってくる製品の製造、使用、再利用のすべての工程と環境下で満足できる管理データキャリアの候補の一つとして考えることができる。

以下に、今後カラービットコード付与を具現化するために検討が必要な塗料及びダイレクトマーキング機器の最適化と、デコード機器の標準化という課題について詳述する。

(1)今回検討実験で使用した自動車用合わせガラス、線材の場合はカラービットコード付与を手塗りという手工業的な方法でダイレクトマーキングした。カラービットコードは、カメラで撮影されて色と画像を処理することを前提としたコードである。形状制約が緩く、使用塗料及び測定環境の柔軟性があり、プロセスウインドウが広いというロバスト性に特徴があるために実用に向けて多くの可能性があることがわかった。それでも実用に向けては最適塗料を狭い面積にダイレクトマーキングする機器と操作の最適化、簡便化という課題は残る。

本文 3-3.3.2 で陶磁器に耐熱性を有する顔料系インクを用いたインクジェットの技術調査を報告しているが、この技術を参考にして自動車用合わせガラス、線材などへの ID ダイレクトマーキングを可能にするインクジェットシステムの検討も必要である。

カラービットコードのマーキングの場合は写真画像のような 1,200DPI のような高解像

度や高度なカラーマッチングソフトウェアは必要なく、安定した CMY 色及び RGB 色の印刷ができることがポイントになるであろう。

インクも無機顔料系の耐熱性を持ったインクが必要で、近年では UV 硬化の無溶剤、速硬化のインクも多く開発されている。

3-3 ではカラービットコードの ID 付与をダイレクトマーキングに限定して、ID 付与の難しい部材へのアプリケーションを検討した。カラービットコードは紙、プラスチック製ラベル上へ塗布、印刷して付与することも勿論可能であり、この場合はインクジェットによる ID 付与は更に容易になる。

プラスチック製ラベル（シート）の中で、再帰性反射シートと呼ばれる光源が入射する方向に光が回帰するシート上にカラービットコードを付与して、製品や部材に貼付したときの新たなアプリケーションを以下に詳述する。この再帰反射材シートとは図 3.5.1 に示すように、光源の方向に光を戻す特徴を有しており、道路標識の素材として長年使用されている。そして、このシート上にカラービットコードを付与したシステムはリフレクティブカラーコードと呼ばれており、夜間の暗い場所で、距離が数十メートル離れていても、コードを照らす光源とカメラがあれば図 3.5.2 に示すように簡易にコードを読み取ることができる。

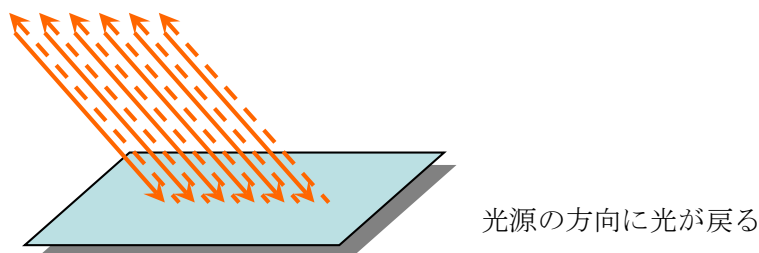


図 3.5.1 再帰反射性シートの特徴

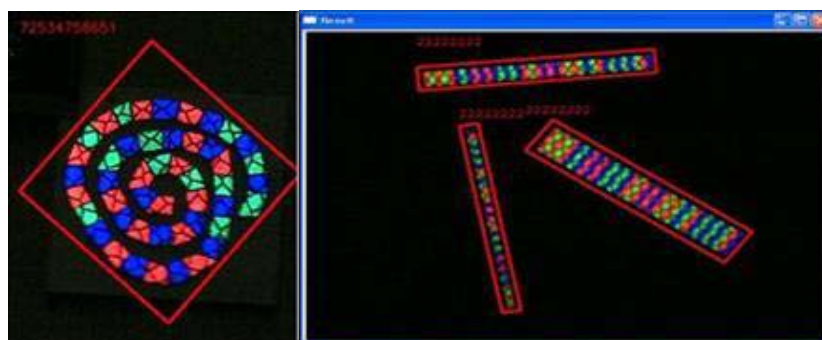


図 3.5.2 リフレクティブカラーコードの夜間の読取り

リフレクティブカラーコードは表 3.5.1 に示すように、読取距離が長いこと、夜間や暗所でも簡易に読取りでき、更に曲面、凹凸面、水中でも読取りが可能になることから ID 付与の難しいアプリケーションへの応用範囲が広がる可能性が大きく、今後の応用

拡大に向けて検討する価値が高い。広い工場内、倉庫内、高所などは近接できない暗所も多く、実用化に向けた検討が始まっている。

また、移動体にこのコードを付与して数メートル離れた距離から光源と固定カメラでデコードできるという特徴も有する。現在はダイレクトマーキング方式ではないが、将来ダイレクトマーキングできるようにするのも魅力的な課題である。

表 3.5.1 リフレクティブカラーコードの特徴

	リフレクティブ カラーコード	RFID (パッシブ型)	バーコード
読取距離	近接～10m以上	6m以下	～1m
複数同時読取と 位置同定	可能	位置同定困難	困難
金属材質への適用	可能	性能低下	可能
曲面、凹凸面、水中	可能	水に弱い	不可
暗所作業	可能	可能	不可

(2)デコードについても通常の色ビットコード同様、RGB 又は CMY の 3 色をカメラで読み込み、捉えた画像内のコードをソフトウェアで解析、デコードしていく方法である。特別に高価な環境設定を必要としないプロセスウインドウの広いデコードシステムである。しかし、本コードの場合、各色のドットサイズ、部材のバックグラウンド色、コードを照射する光源の種類、カメラの解像度の組合せで、(デコード) 読取性能が影響を受けることもわかっている。したがって、誰でも、いつでも、特殊な条件出しを必要としないデコード方法とカメラ性能、光源、背景色とコード色の設計を含む標準化検討も実用化にあっては重要な課題である。

4 調査研究の今後の課題及び展開

バーコード、2次元シンボル、RFIDなどの従来のID付与データキャリアに加えてカラービットコードもライフサイクル管理には欠かせない技術であることが確認された。

デジタルマークは10桁余りの制限の中でIDを表現できるが、バーコードやカラービットコードは桁数には制限がない。ただ、バーコードのGS1では14桁を国際標準とし、国番号、企業番号及び商品番号を保持する。農林水産省が食肉のトレーサビリティのために50桁のバーコードを付けることを始めたが、それは特殊な例であり、ハンディターミナルで読み取る作業を考えた場合、一度にあまり多くのバーコードを読むことは避けた方がよい。カラービットコードも同じことが言え、桁数を多くすることはもともと想定していない。それに対して、2次元シンボルの中でもQRコードは、1センチ四方の中に4～500桁の英数字が表現できる。GS1-128に従えば、企業や商品番号ばかりではなく、賞味期限、製造年月日、定価などのさまざまな項目の情報が収まる。一方、RFIDはバーコードの情報を基本にしており、EPCでは、96ビットが用意され、国や企業、製品番号の他に個品全てにシリアル番号を付加できる。地球上の米粒全てにシリアル番号を付けても数十年持つといわれている。価格面では96ビットのRFIDは最近では10円を切り、512ビットのメモリを有するものも100円を切るところまで来ている。

いずれにしても、活用できるID付与データキャリアの種類はかなり出そろってきたが、これらにライフサイクル管理のために保持させるIDの付け方が決まっていないことが課題としてあげられる。データキャリアの機能や特徴が異なっていることは、IDを付与されるモノによって使い分ければよいということになるが、データキャリアによっては保持できるIDの情報量が異なることを考慮してIDの標準化を進める必要がある。さらに、このIDのデータベースを管理する機関、データベースの中身、その運用ルールなどを決定することも忘れてはならない重要なテーマである。

今回取り上げたカラービットコードは、ビーコア社が特許を保有しており、現段階では自由に使用することができず、分野の違う数社と技術提携しているだけである。QRコードを開発したデンソーがその技術を公開し、自由に使用することを認めたことが今日のQRコードの普及に繋がっている。開発元のデンソーは、QRコードの特徴をよく知っていることを活かして読取り技術を自らの強みとしてハンディターミナルやスキャナでビジネスをしている。カラービットコードがQRコードのように広く活用されるためには技術の公開や標準化の推進が必須条件となる。

今後のライフサイクル管理の高度化を展望すると、ネットワーク環境が一層整い、情報処理速度が高速化して、情報のリアルタイム性の必要の有無が検討されるときとなる。ダイレクトマーキングの優れた特徴を活かし、かつ一層の高度化対応が可能な次世代データキャリアのイノベーションが必要である。

—禁無断転載—

システム技術開発調査研究 21-R-6

テーマ名 ライフサイクル管理用IDに関する調査研究
(要旨)

平成22年3月

作成 財団法人機械システム振興協会
東京都港区三田一丁目4番28号
TEL 03-3454-1311

委託先名 財団法人製造科学技術センター
東京都港区虎ノ門三丁目11番15号
SVAX TTビル3階
TEL 03-5472-2561