# 電計事業本部 Electrical Instrumentation Unit

# TEXコード TEX code



山下 英隆 開発企画部 Hidetaka Yamashita

TEX コードは、当社が独自に開発した特許取得済みのオリジナル二次元コードで、従来コードではなかなか難しかった複数コードの一括読取りを可能とした。しかもコードの向きがバラバラで正面を向いていなくても、一定の破損や汚れがあっても読み取れるロバスト性に優れた特徴を有しており、この特徴を活かして現品識別用 ID や設備 ID をコードに織り込むことで、自動照合による現品ミス防止や点検応用を実現した。又読取りには高解像度 4K カメラやスマホ応用等最新カメラ技術を採用し応用の幅を広げている。尚、本コードの開発に当たっては鉄鋼応用だけでなく外販化も視野に入れた汎用性にも考慮しており、一例として顧客毎に高い秘匿性を確保するためのライセンス発行機能も実装している。

TEX code is the patented two-dimensional code independently developed by us. It can read multiple codes all at once, that has been rather difficult for conventional codes. In addition, TEX code has great robustness, which means that it can read codes even if they are not aligned neatly in the same direction or partially broken and dusty. Applying these features to the codes of product ID and facility ID, we've achieved prevention of misidentification and facility inspection by autotracking. We used state-of-the-art technology such as high-resolution 4K cameras and smartphone cameras for reading process, that proves the broad applicability of the code. In developing the code, we consider not only applicability to steel industry but also versatility in other industries. For example, it can issue licenses for each customer in order to assure high confidentiality.

# 1. TEXコードとは

TEXコードは、当社が独自に開発した特許取得済みのオリジナル二次元コードで、従来コードではなかなか難しかった複数コードの一括読取りを可能とした。しかもコードの向きがバラバラで正面を向いていなくても、一定の破損や汚れがあっても読み取れるロバスト性に優れた特徴を有しており、この特徴を活かし現品識別用IDや設備IDをコードに織り込むことで、自動照合による現品ミス防止や点検応用等を実現する。又読取りには高解像度4Kカメラやスマホ応用等最新カメラ技術を駆使し応用の幅を広げている。尚、本コードの開発に当たっては鉄鋼応用だけでなく外販化も視野に入れた汎用性にも考慮しており、一例として、顧客毎に高い秘匿性を確保するためのライセンス発行機能も実装している。

## ▶1.1 従来技術の課題

## 1.1.1 従来技術の変遷と課題

例えば鉄鋼の場合、ID管理 (照合) は古くから重要な課題で様々な手段が用いられてきた。特にヤード、精整工程、輸送工程では照合ミスのリスクが高いため、これまで目視によるダブルチェック等が行われてきたが完全に防止することができなかった。その後マーキング (主にペイント) 識別や音声認識技術等も導入されてきたが、前者はマーキング劣化や読取り場のコントラスト問題から識別率が低下、後者は人依存性が高いことから定着が難しかった。

一方で、コード系の代表的な識別技術として一次元、二次元 コードが知られており、多くの導入事例があるものの、定点ス キャナやハンディ端末での一品照合に留まり、複数一括読みで ないと不可能な配列 (物の並び) チェック迄は実現できていな かった。

とは言えこれらのコードは業界標準として認知され広く配送 業界を中心に使われているが、概ね極端な汚れもなく、安定し た照明下での自動読み取りやハンディ読取りが中心であった。 一方でTEXコードのID照合の代表的現場である鉄鋼では、高 温や形状要因でマーキング自体の品質確保が難しく、しかも 屋外仮置きや搬送過程で劣化し(剥がれ、こすれ、退色、汚れ、 油付着、錆等)、読取りも屋内外、昼夜、遠距離、端面バラツキ 等でピント合わせすら難しく、加えてコントラストが不均一なこ とから通常の画像処理手法(画像切り出し、二値化)が使えな い厳しさを抱えていた。

# 1.1.2 二次元コードの変遷

図1に示すように二次元コードの開発は1980年代からスタート、1994年にQRコードが出現し表現能力の優秀さと読取装置の多様化によって広く普及している。その後2000年代にはカラーコードが出現するものの前記要件から鉄鋼応用には難しいものがあった。これらの状況を踏まえ2012年頃から新コードの開発に着手し2017年に製造現場に適用可能なTEXコードの基本を完成させた。尚後述する特徴を素に基本特許、商標、意匠を取得している。

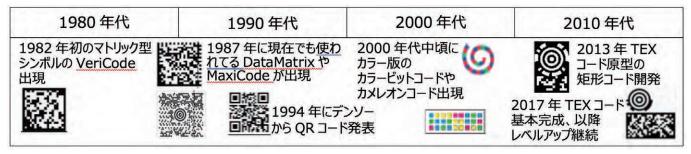


図1:二次元コードの変遷

## ▶1.2 TEXコードが解決したいこと

前述の諸々の課題を解決すべく主に下記2点について重点的 に取組み、種々の技術、工夫をコードに織り込んだ。

- (1) 耐環境性に優れた (既存のコードより最も優れた特性を有する) コード
- (2) 一括読取り可能で配列判定可能なコード

# 2. TEXコードの技術的特徴

## ▶2.1 TEXコードの基本原理

# 2.1.1 コードの基本

TEXコードは一般の二次元コードと同様のマトリックス型二次元コードだが、現場応用を想定して、まず所在を見つけ出す事を最重要視しファインダーパターンをデータ部外に配置したデザインが特徴である。



## ファインダーパターン:

コードの存在を検出するための図形

#### 環状方位針:

データ部の位置を特定するための図形

## データ部:

情報(データ、誤り訂正)を符号化し生成 したビット列(例 01011001)の0,1を 白、黒のセルとして予め決まった順序に 従って並べ、外側を黒線で囲む

図2:基本コード

### 2.1.2 コード原理

(1) 手順1 ファインダーパターン検出:画像を右方向に走査 し、黒白変化点と白黒変化点の周期性によりファインダー パターンを検出する(立ち上がり検出を工夫することでロ バスト性と高速性を確保)



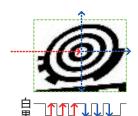


図3:ファインダーパターン検出

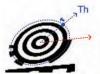
(2) 手順2 楕円形状検出:ファインダーパターン中心から 360度放射状に走査し、3個目の白黒変化点の集合から、 楕円方程式を算出する (潰れに強い)





図4: 楕円形状検出

(3) 手順3 回転角算出:ファインダーパターン外側を円周方 向に走査して得た白黒変化波形から、環状方位針の向き (コード回転角)を算出する (傾きに強い)



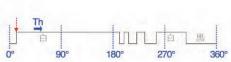


図5:回転角算出

(4) 手順4 データ部形状算出: 楕円方程式と環状方位針の向きに基づいてデータ部の位置と形状を推定し、推定したデータ部各辺を外側から内側に向かって走査して得た白黒変化点集合から、各辺の直線方程式と四隅の頂点位置を算出する(算出精度が高い)





図6:データ部形状算出

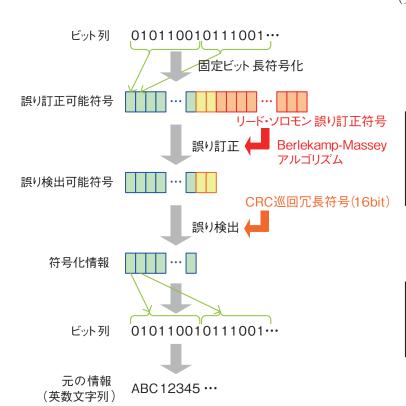
(5) 手順5 データ部読取り: データ部四隅の頂点位置から データ部各セルの中心位置を算出し、各セル中心位置の 白黒を0,1に置き換えたビット列を生成する(白黒変化点 の検出は複合閾値判定によりコントラスト耐性を強化、画 像切り出しをしない為高速)





図7:データ部読取り

(6) 手順6 データ部複合化:①ビット列から固定ビット長の符号に変換、②リード・ソロモン誤り訂正符号によって誤りを訂正、③CRC巡回冗長符号によって誤りを検出、④誤りが無ければ再びビット列に置き換えた後に、元の情報(英数文字列)に変換する



TEXコード専用に設計したリード・ソロモン誤り訂正符号によりコードの損傷を自己修復でき、16bitのCRC巡回冗長符号により誤りをほぼ100%自己検知できる

客先毎にデータ部のブロックの並び順を変え、この 並び順を暗号化しライセンスファイルの一部に埋め 込むことで顧客毎の秘匿性を強化

図8:データ部複合化

# ▶2.2 TEXコードの誤り訂正能力

現場環境に合わせ誤り訂正を任意に加減することでデータ長を増減可能 (16進定義も可)

表1:誤り訂正能力

データ長(byte)	RS符号長(byte)	誤り訂正byte数	誤り訂正率(%)	(参考)
1	35	17	47.2	
	!			
7	27	13	36.1	← 鉄鋼用ID用TEXコード
	1	1		
12	22	11	30.6	← 誤り訂正率QRレベルH相当
1	!		!	
15	18	9	25.0	← 誤り訂正率QRレベルQ相当
	1		1	
20	12	6	16.7	← 誤り訂正率QRレベルM相当
21	11	5	13.9	

# ▶2.3 TEXコードの種類

今後の様々な用途を想定し下記のTEXコード図形を考案した。各図形には特徴があり、例えば環境条件の悪さやコード自体の健全性が不足する鉄鋼を始めとした製造業向けには最もロバスト性に優れる標準コードを推奨、一方で例えば厚みが薄

く貼付面積に制約があるが正面読みが可能でコントラストも安定しているような条件では横長コードを推奨、又標準コードではデータを表現できないような場合はデータスタック型を選定する等現場環境や応用要件に合わせた選定が可能となっている。

(標準コード)



(データスタックコード)

(横長コード)











図9:コード種

# ▶2.4 TEXコードの長所

あらゆるケースの読取り評価を行った結果下表のように狙いの特性が確保できた。

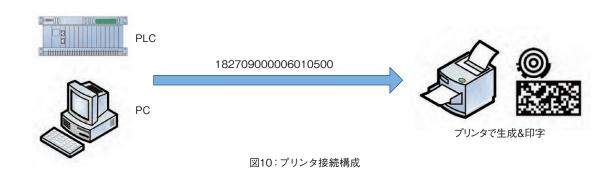
表2:長所

No	要件	TEXコード	備考
1	複数一括読取り	0	同時100個で高速
2	耐剥がれ/こすれ/退色/汚れ/油/錆	0	破損状況によるが極めて強固
3	低照度、コントラスト不均一	0	カメラに依存するが強い
4	遠距離、斜め読み、凸凹読み	0	ズーム機能活用、最大55°斜め読み
5	動画流し読み	0	スマホ移動読みで自動配列判定
6	情報量	Δ	誤り訂正率との見合い、スタック型利用
7	秘匿性	0	顧客毎にライセンスで保証

# 3. TEXコードの適用

# ▶3.1 TEXコード印字

従来の代表的なコードと同様上位から印字したい英数字を 出力するだけでプリンタ内でTEXコードイメージを生成できる ように対応済み (これにより例えばPLCから低速のRS-232Cで接続されたプリンタのような従来型の構成でもタクトの心配が無くなった)



# ▶3.2 TEXコード読みとり

## 3.2.1 基本システム

参考1に記載する各種カメラに対応し適材適所で最適な読取りシステムの構築が可能。

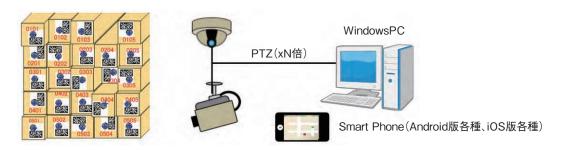


図11:基本システム構成

## 3.2.2 対応カメラ

- ①IPカメラ: CANON、Panasonic、AXIS等のFHD及び最 新4Kカメラ10種検証済み
- ②マシンビジョンカメラ: DirectShow対応可能な非圧縮系のUSB、GigEカメラ検証済み
- ③WEBカメラ: DirectShow対応可能な非圧縮系のUSBカメラ検証済み
- ④スマートフォン: Android系6種、iOS系4種検証済み

## 3.2.3 拡張システム

製造業では既にWiFiのチャネルが枯渇し厳しく使用が制限されていることや有線接続が難しい移動体からの読取りを想定し、環境性に優れたエッジPCとサブギガの組合せによるワイヤレスシステムを開発した。



図12:拡張システム構成

## ▶3.3 TEXコードの事例

## 3.3.1 日本製鉄株式会社殿の現品照合

ビレット分譲および棒鋼工場トラッキングの先行事例を構築 し、現在主に分譲材の置場仮置き, 船積み, 荷揚げ等での

> (君津置場スマホ照合例、 受け手の釜石はライン払出し時自動読取り)



読取り用 IPカメラ

又更なる適用を想定し、自動貼付装置にも取組み中。

現品識別,配列管理,ロット編成等の応用を推進中である。

(小倉線材加熱炉前自動読取り例…棒鋼も同様)



ラベル

図13:事例

## 3.3.2 社内適用開発完了

### (1) ロール現品識別

読取り用

スマホ

グラインダー、配列場ロールの定点カメラでの自動読取り、 冷却場でのスマホ流し読みにより全移動点で確実にロー ルIDを識別する。既に試験を完了し今後実機化を進め全 社展開を図る計画。

(2) パーティクルボードローボード大板管理

製造業としては未だ事例の少ないスマートフォンを応用し て、TEXコードの同時複数読取りの特徴を活かし刻々と変 わるローボード大板の在庫管理を実現するシステムを開発 中。既に試験を完了し早期実機化を図る予定。

### 3.3.3 その他応用アイデア

### (1) クレーン位置検知

簡易に移動体の位置を検知するため、建屋側に均等間隔 で貼付されたTEXコードを天井クレーン上に設置したグ ローバルシャッターカメラを使い、120mpm走行中に撮影 しながら逐次コードを読取り位置を特定し、停止時には ファインダーパターンのズレ量からミリ精度で位置を補正 する方法を開発済み。

## (2) その他

自動現品照合や棚卸し、ピッキングの効率化だけでなく人 測位 (建屋等にコードを貼り付けスマートグラスのカメラ で位置特定) や入退場管理 (作業員のヘルメットにコード を貼付けゲートの固定カメラで検知) 等にも応用可能。

### 4. おわりに

TEXコードの概要について記載してきましたが、本コードは 実機化の緒に就いたばかりであり、今後応用アイデアを創出し 活用の場を広げていく所存です。

お問い合わせ先 -

### 電計事業本部 営業部

TEL 03-6860-6625

<Android>はGoogle LLCの登録商標です。 <iOS>はCiscoSystemsとAppleの登録商標です。Windowsの正式名称はMicrosoft® Windows® Operating Systemです。 <QRコード>は株式会社デンソーウェーブの登録商標です。

カラービットコードはビーコア株式会社の登録商標です。カメレオンコードは株式会社シフトの登録商標です。

<TEXコード>は日鉄テックスエンジ株式会社の登録商標です。その他会社名、商品名は各社の商標または登録商標です。