

# モノに情報を付与できるLED照明技術

## Technology for LED Lighting with Embedded Information on Objects

● 倉木健介      ● 加藤圭造      ● 田中竜太

### あらまし

近年、スマートデバイスの普及やインターネットにアクセスするための通信環境の整備が進み、利用者はいつでもどこでも欲しい情報の入手が可能になった。その結果、利用者が目の前にあるモノについてその場で検索し、そのモノに関連した情報を入手するといった行動が一般的になってきている。一方、インターネットは大量の情報であふれており、知りたい情報や利用したいサービスになかなかたどり着けないことも多い。モノに関連した情報へより簡単にたどり着けるようにするために、富士通研究所はモノを識別するためのIDを埋め込んだLEDの光をモノに照射し、その反射した光からIDを画像処理で検出するLED照明技術を開発した。この技術により、気になるモノをスマートデバイスのカメラで撮影するだけで、モノに関連した情報を容易に取得できる。一方、サービス提供者は、この技術を活用することにより、利用者との接点と提供サービスを拡大できる。

本稿では、富士通研究所が開発したLED照明技術の概要および本技術の用途や応用例について紹介する。

### Abstract

Recently, smart devices have become widely distributed and the telecommunications environment has grown for accessing the Internet, allowing users to obtain information whenever and wherever they are. This has changed user behavior so that it is now commonplace for them, when they come across a certain object, to search the Internet and obtain relevant information about it on the spot. However, the extraordinary volume of information on the Internet sometimes makes it difficult for users to find the information or service they want immediately. In order to make it easier to find information about things on the Internet, Fujitsu Laboratories Ltd. has developed technology to embed ID information in light, which is cast on the identified object, and recover the ID in the reflection cast back from it, using image processing technology. This technology makes it possible to easily access information on things simply by capturing the object with a built-in camera on a smart device. Service providers may use this technology to increase communication channels with end users and expand the services they provide. This paper presents an outline of this technology, and explains its usage and applications.

## まえがき

近年、スマートデバイスの普及やインターネットにアクセスするための通信環境の整備が進み、利用者はいつでもどこでも欲しい情報の入手が可能になった。

一方、インターネットは大量の情報であふれており、知りたい情報や利用したいサービスになかなかとり着けないことも多い。このような不便な状況を解消するため、実世界の様々なモノとネットワークサービスをつなぐための試みが増えている。例えば、QRコードやRFIDなどの識別情報をモノに直接貼り付ける方法は以前から使われていた。最近では、モノに何かを貼り付けるのではなく、モノが置かれている建物や部屋、コーナーといったエリア単位で情報サービスを関連づける方法として、GPS、Bluetooth、超音波、可視光通信などを用いる方法が利用され始めている。様々な技術でモノとネットワークがスマートにつながってきている反面、それぞれの技術には課題があり、利便性の面ではまだ改善の余地があると考えられる。

QRコードやRFIDなどによって識別情報をモノに直接貼り付ける場合、美観を重視する店舗のショーケースや美術館などの展示物には適用が難しいという問題がある（課題1）。また、RFIDは識別情報を読み取るために専用装置が必要であり、専用装置を搭載していないスマートデバイスではサービスを利用できない（課題2）。更に、GPSやBluetoothなどはエリア単位の情報を利用者に配信するには適している反面、目の前にある商品

や展示物などモノ単位で異なる情報を配信するといった、より細かい制御は難しい（課題3）。

これら三つの課題を解決するため、富士通研究所は、LED照明からモノへ照射する光にID（商品情報などを数値化したもの）を埋め込み、その光に照らされたモノからIDを復元可能なLED照明技術を開発した<sup>(1)</sup>。照明から照射する光に目には見えない情報を埋め込むことで、照明に照らされたモノから、例えばスマートデバイスなどのカメラへの情報配信を実現する。照明の光を利用することで美観を損ねることなく情報を付与することができる。また、一般的に搭載されているカメラで受信できるため、市販のほとんどのスマートデバイスで本技術によるサービスが利用できる。更に、今回の開発技術では、指向性のある光をモノにピンポイントで照射することによって、モノ単位での情報配信を実現する。これにより、利用者はカメラをモノに向けるだけで、様々な情報を容易に取得できる。この技術により、店舗の商品、美術品、人物、建造物など、様々なモノを情報の発信源にできるようになる。

本稿では、まず開発したLED照明技術（以下、開発技術）について解説する。次に適用例を紹介し、最後に今後の展開について述べる。

## 開発技術の概要

従来技術の課題を解決するため、商品や美術品などを照らしている照明装置を活用する情報付与技術を開発した。図-1は開発技術の概要である。モノを識別するためのIDを埋め込んだ光を照明装



図-1 開発技術の概要

置からモノに照射し、モノに反射した光をスマートデバイスなどのカメラで撮影して、光に埋め込まれたIDを画像処理で検出する。このIDに応じたコンテンツを利用者に提供することで、様々なサービスへの誘導を実現する。例えば、店舗で商品を撮影すると、その商品の割引情報や在庫状況などが利用者のスマートデバイスの画面に表示される。このような用途を検討した場合、カメラは照明装置ではなく、そこから照射される光を反射するモノに向けられる。そのため、技術的には光源からの直接光だけでなく、モノに反射した光からも情報を受信できる必要がある。また、運用面を考えると、導入にかかる時間やコストを考慮することも重要である。

図-2は本技術を応用したシステム構成の一例である。このシステムでは、利用者がスマートデバイスのカメラをモノにかざすと、インストールされた専用アプリケーションが光に埋め込まれているIDを画像処理によって検出する。その後、専用アプリケーションがクラウドにアクセスし、検出したIDとひも付けして管理されているURLなどを自動でダウンロードすることで、利用者をWebサイトに誘導する。インターネットにアクセスできない環境でアプリケーションを使用する場合は、表示するコンテンツをアプリケーション内にIDとひも付けして保持し、カメラでIDを検出する際に対応したコンテンツをオフラインで表示する。

IDを検出する画像処理技術は、ソフトウェアだけで実装可能である。このため、利用者はアプリケーションをアプリストアからダウンロードして

インストールするだけで、本技術を適用したサービスを利用できる。また、照明装置に関しては、電源などの既存の照明用設備をほぼ流用する形での導入を想定している。サービスを提供する店舗や美術館などは電源などの増設が不要であるため、短期間かつ低コストでの導入が可能である。また、光は指向性が強く、照射する範囲を容易にコントロールできるため、モノ単位など狭い範囲にピンポイントで情報を付与できる。

### 開発技術の特徴

本章では、開発技術の二つの特徴について説明する。

#### (1) 色変調によるID埋込み

カラーLEDは、RGBの3色の光を合成して様々な色の光を照射できるという特徴を有している。開発技術では、RGBの各素子から発する3色の光の強弱をそれぞれ時系列で制御し、光の色をわずかに変化させて波を生成し、IDを埋め込んでいる(図-3)。その際、ちらつきが発生しないようにRGBの強弱のバランスを調整する。

具体的なIDの埋込み方法として、二値のバイナリデータとして表現できるIDの送受信を例に説明する。図-3に示すように、時間の経過とともに色を変化させて波を発生させ、この変化のパターンを変えることによって、一方を「0」を表す波、もう一方を「1」を表す波とする。この2種類の波を時系列で切り替えることによって、バイナリデータであるIDを光に埋め込む。「0110」というIDを送信する場合は、「0」の波を照射した後、「1」の波を

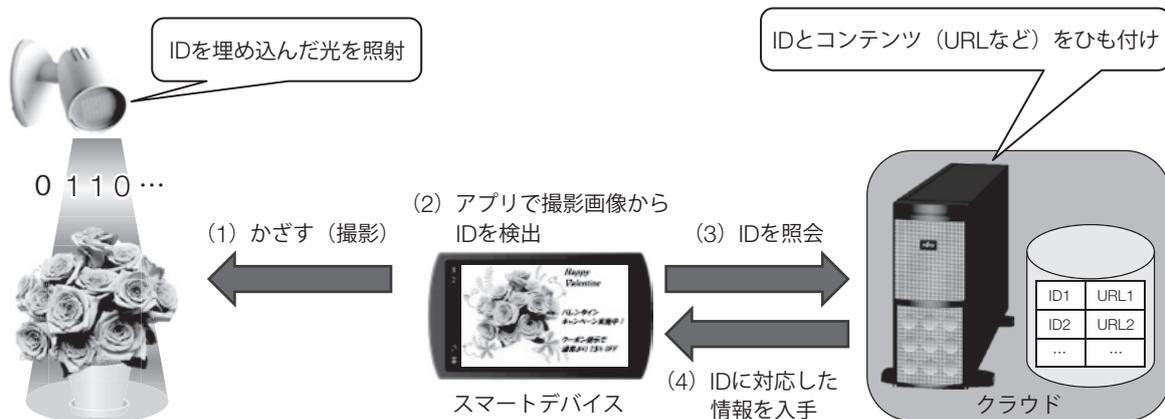


図-2 システム構成の一例

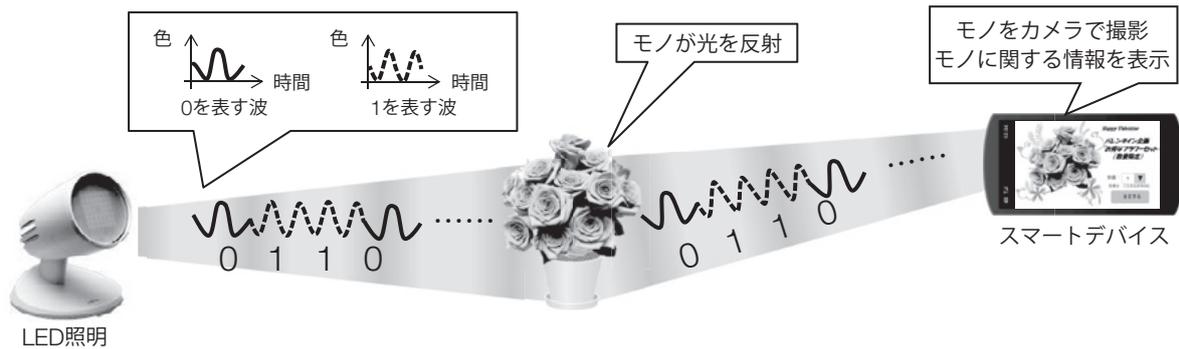


図-3 色変調によるID埋込み

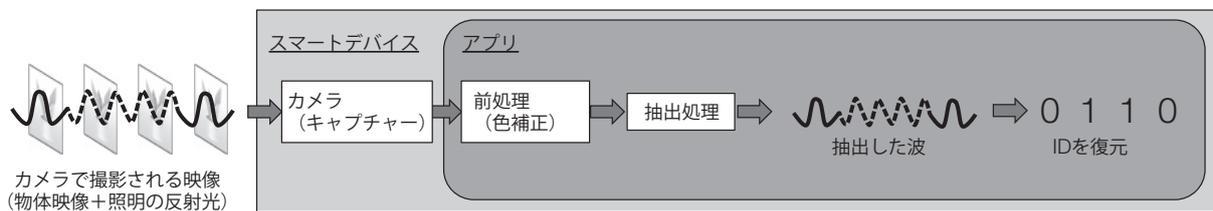


図-4 ID検出時の補正

2回照射し、最後にもう一度「0」の波を照射する。

生成した波の振幅は非常に微小であり、その変化は人の目では気付にくいレベルある。そのため、見た目は普通の照明光に見えるという特徴があり、照明本来の目的で使用できる。

生成した波には、一般的なスマートデバイスのカメラのフレームレート（30 fps）でも読み取れる程度の低い周波数を使用しているため、受信専用の装置が不要であるという利点がある。また、人の目は明るさの変化に敏感なため、単純に明るさを低い周波数で変化させると、僅かな変化でもちらついて見えてしまう。一方、開発技術では人の目が知覚しにくい色の変化を利用することで、ちらつきを認識しにくくする効果がある。

## (2) 反射補正

光源からの直接光に限らず、モノや壁などに反射した光からもIDの検出は可能である。ただし、光が何かの表面で反射すると、その表面の分光反射特性に応じて照射された光を構成する各色（波長）の光が吸収される。このため、RGBの素子ごとに変調した波の特性が変わり、結果として埋め込まれているIDが読み取りにくくなる。例えば、青いモノに白い光を照射すると、その光に含まれ

ている青い光は反射するが、それ以外の赤や緑の光は吸収されてしまう。そこで、反射光からIDを検出する際は、カメラで撮影した画像から各色で異なる反射のばらつきを推定して、各色成分にIDを表現している波の振幅を補正する。そして波の特性を可能な限り照明装置から照射された反射前の状態に復元することによって、IDの検出精度を高めている。図-4に示すように、前処理によって色を補正した後、抽出処理によって撮影した映像から波だけを抽出し、その波からIDを復元する。

## 開発技術の適用例

開発技術により、光を照射するだけで商品や美術品に限らず、巨大な建造物や、人や動物などの生き物にも情報を付与できる。スマートデバイスをかざすだけで対象物に関するコンテンツを取得できるため、下記のようなサービスへの展開が期待されている（図-5）。

- (1) 店舗で、商品情報の提供、自動決済および配送
- (2) 博物館や美術館で、解説動画の自動配信
- (3) 舞台上、演目の解説や楽曲のダウンロード
- (4) 観光地で、歴史的建造物などの解説を観光客の母国語で表示

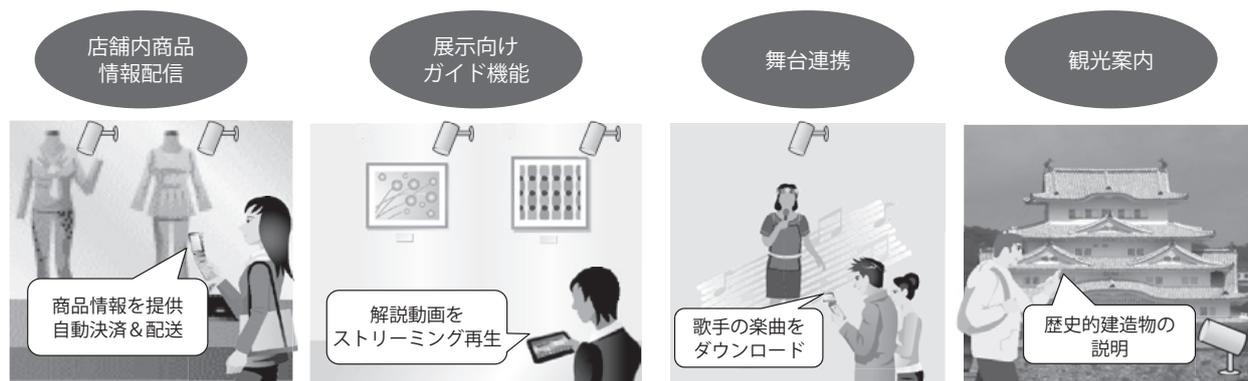


図-5 適用例

### プロジェクションマッピングへの応用

ディスプレイやプロジェクターなどの表示装置は、一般的に30 Hz以上のリフレッシュレートで画像を表示している。開発技術では、30 Hz未満の低い周波数で光の色を変化させた波によってバイナリデータを送受信しているため、プロジェクターでも表示できる。そのため、LED照明以外に、プロジェクションマッピングなどへの応用も可能である。

2014年末、開発技術を用いて、プロジェクションマッピングの実証実験を行った。以下にその詳細を述べる。

本実証実験では、開発技術によって人が見ても気付かないレベルで色を変化させてIDを光に埋め込み、その光をプロジェクションマッピングでビルの壁面に投影した。光が照射されているビルが見える範囲において、複数の地点からスマートデバイスの専用カメラアプリケーションでビルを撮影し、IDの検出可否を検証した。撮影は、投影しているビル壁面から70 m、100 mと距離が異なる地点で行い、撮影には市販のスマートフォンを使用した。この実験の結果、いずれの距離から撮影した場合でも2～3秒程度でIDが検出できた。

本実証実験により、プロジェクションマッピングと連動したイベントや、建造物のライティングとの連携したサービスなど、新たなビジネス展開の可能性を示すとともに、実用化に向けて必要なデータを得ることができた。今後は、様々な環境で検証を行い、そこから得られた知見を基に、技術のエンハンスを進めていく予定である。

### 今後の方向

開発技術は、照明装置に限らず、プロジェクター、TV、デジタルサイネージなど、光を発するあらゆる既存の機器を情報の発信源に変えることができる。これは、30 Hz未満の低い周波数を使用しているためであり、この特長を生かすことで様々なシーンへの応用が期待できる。その一方で、照明技術ならではの課題もある。屋外で建造物などに適用する場合、日光の影響、天候の影響などへの耐性を更に高めて、安定したIDの検出を実現する必要がある。

### む す び

本稿では、富士通研究所が開発した照明技術による情報付与の原理を解説した。現状は通信速度が10 bpsであり、16ビット程度（約65 000通り）のIDをモノに埋め込むことを検討している。今後、単位時間あたりの埋込み情報量を増やすことでより多くのIDを埋め込むことができるようになると、同時に扱えるコンテンツ数を増やすことができる。これにより、膨大なコンテンツを扱うサービスにも適用できるようになる。更に、一般利用者が参加可能な実証実験を行い、多くの利用者に体感していただくことも検討している。

サービスやシステムを提供する事業者は、本技術を導入することで利用者との接点が増え、そこから様々な情報を得るとともに、新たなサービスを提供できる。例えば、どのような利用者がどの商品や展示物に関心を示したか、どの場所に設置したモノがたくさんの利用者の注目を集めたか、

といった情報を本技術によって収集することも可能である。このように集めた情報を分析して利用者にカスタマイズしたフィードバックをすることで、サービスの質を更に改善できる可能性がある。

富士通研究所では、これまでも印刷物とICTを結び付ける技術<sup>(2),(3)</sup>や、TVやデジタルサイネージとICTを結び付ける技術<sup>(4)-(6)</sup>を開発している。今後も実世界のありとあらゆるモノをネットワーク上のサービスに誘導し、新たなサービスを展開可能な技術を開発していく予定である。

## 参考文献

- (1) 富士通研究所：モノに情報を付与できるLED照明技術の開発に成功。  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2014/11/17.html>
- (2) 阿南泰三ほか：印刷物セキュリティを実現する透かし技術. FUJITSU, Vol.58, No.3, p.183-187 (2007).

- <http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol58-3/paper03.pdf>
- (3) 阿南泰三ほか：紙の暗号化技術. FUJITSU, Vol.60, No.5, p.490-495 (2009).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol60-5/paper20.pdf>
- (4) 倉木健介ほか：ディスプレイと携帯端末間の通信を実現する映像媒介通信技術. FUJITSU, Vol.64, No.5, p.504-509 (2013).  
<http://img.jp.fujitsu.com/downloads/jp/jmag/vol64-5/paper07.pdf>
- (5) 富士通：ジャパネットたかた様、新しいメディアミックス型サービスを導入し、新しい買い物スタイルを追求。  
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2013/12/5.html>
- (6) 富士通：映像通信ソリューション リンクインビデオ。  
<http://fenics.fujitsu.com/networkservice/linkinvideo/>

## 著者紹介



**倉木健介** (くらき けんすけ)

メディア処理研究所  
 リアルタイムメディア処理プロジェクト 所属  
 現在、電子透かし、可視光通信の研究に従事。



**田中竜太** (たなか りゅうた)

メディア処理研究所  
 リアルタイムメディア処理プロジェクト 所属  
 現在、電子透かし、可視光通信、映像伝送、配信技術の研究に従事。



**加藤圭造** (かとう けいぞう)

メディア処理研究所  
 リアルタイムメディア処理プロジェクト 所属  
 現在、電子透かし、可視光通信の研究に従事。