

## ESLによるハンズフリー セキュリティ システム An ESL based handsfree security system

中村栄治<sup>†</sup>, 森 雅斗<sup>††</sup>, 伊藤翔太<sup>†††</sup>  
Eiji Nakamura<sup>†</sup>, Masato Mori<sup>††</sup>, Shota Ito<sup>†††</sup>

### Abstract

This technical report presents a handsfree security system employing electronic shelf labels or ESLs. The system does not require any active actions for security users when they are identified while ID cards or biological features are used for their identification, user's active actions such as placing their ID cards or fingers over ID terminals are always required. An ESL is an infrared communication driven device with an electronic paper display and has a unique ID. Due to its ID, An ESL server can send a different bitmap message to an individual ESL. Right after it received the message from the server, it returns its acknowledge signal to the server telling the message having been received successfully. Our system utilizes this both-way communication ability of an ESL. We show three handsfree security applications, including (1) an automated door trigger that can prevent from any unallowed persons passing through the door with other allowed persons, (2) recording the activity of persons who go in and out from a security area without letting them know when and how they are surveyed, and (3) an optimization technique for elevators that can be operated in a very efficient manner by telling users which cage should be selected.

### 1. はじめに

実に様々な分野で、ICカードは個人認証のツールとして利用されている。学生証や社員証として、あるいは電子マネーの機能を併せ持った定期券として、例を挙げればきりが無いほどである。最近では、指紋や虹彩など個人の生物学的特徴を手がかりとして個人を認証する生体認証も、その広がりを見せている。ICカードのみではICカードと所有者の結びつきを証明できない。生体認証であれば、生物学的特徴と本人との結びつきを、ICカードのそれと比べて非常に高いレベルで証明できる。このような観点から、生体認証は高度なレベルの個人認証が必要とされる場面、例えばATMでの個人認証などでの利用が始まっている[1]。

ICカードでも生体特徴でも、どちらも認証時においては、「かざす」行為が必要となる。ICカードにおいては、IC端末にカードをかざすわけであり、生体特徴においては、指

や目を認証装置の指定された領域に近づけることになる。この「かざす」行為により、一度に多くの人々を認証することが困難になる。これは認証時における待ち行列を発生させることになる。待ち行列の問題は、認証機器を複数台配置するなど、ある程度は解決できる問題である。

ところが、「かざす」行為において、解決が困難な問題も存在している。それは「かざす」動作を忘れてしまう場合である。例えば、ICカードでの出勤管理の例を考える。出勤時には誰もがICカードをかざすことで出勤の時刻が打刻される。しかし、退出時にはICカードをかざすことを忘れる場合も多く、記録上は翌朝、出勤するまで社内で残業をしていたことになってしまう。薬品庫への入退室についても同様である。入退室ともにICカードによる認証が必要とされない限り、誰がどの時間帯に在室していたかを管理することはできない。いずれの場合においても、生物学的特徴による生体認証でも同様の問題が発生する。退社時あるいは退出時に認証機器に指や目により個人認証をすることを忘れてしまえば、退社や退出の事実を記録することはできない。

このように、現在の多くの個人認証システムにおいて

† 愛知工業大学情報科学部情報科学科 (豊田市)

†† (有)テクノフュージョン (名古屋市)

††† プライマリ・メタ・ワークス (株) (豊田市)

は、解決すべき問題が多数存在している。本研究報告においては、個人認証のために「かざす」行為が一切不要なハンズフリーセキュリティシステムについて提案する。具体的には、双方向通信機能を持つ電子ペーパーデバイスである ESL (Electronic Shelf Labels, 和名: 電子棚札) [2] を利用することにより、「かざす」行為が不要であるとともに、多人数であっても同時に個人認証が可能なシステムを提案する。

## 2. ESL

### 2.1 概略

電子表示デバイスの一種である ESL は (株) イシダが製造販売しているものを利用する。ESL とは、小売での売価違いを防ぐために開発された電子的に価格を書き換えることが可能な棚札である[2]。個々の ESL には固有識別番号 (ID) が割り振られており、赤外線通信により個別データを個々の ESL に送信することができる。図 1 に示すように、大きさはクレジットカードより横幅が短く 55.4×68.5mm であり、厚みは 14.5mm である。表示部は電子ペーパーであり、解像度は 232 ピクセル×128 ピクセルである。電子ペーパーであるため、表示内容が書換えられるときのみしか電力を消費しないため、1 日あたり数回の書き換えで、コイン型リチウム電池 1 つで 5 年以上動作可能な超省電力型デバイスである。



図 1 イシダ i-degiita IR 5832

### 2.2 表示データの送信と受信応答確認

ESL の電子ペーパーでは、情報はビットマップとして表示される。ESL サーバにおいてビットマップデータが生成され、トランシーバ (図 2) により ESL に赤外線信号として送信される。トランシーバに電力を供給するベースステーションと呼ばれる機器が必要になるが、この機器はビットマップデータをトランシーバに転送する役割も担っている。



図 2 トランシーバと大きさ比較のための ESL

ESL がデータを受信すると、ESL からトランシーバに向けて応答信号が返信され、最後に ESL サーバに転送される。ESL サーバが応答信号を規定時間内に受けとれない場合には、ESL サーバから再度送信されることになる。これにより、必要なデータを宛先の ESL に漏れなく送信することができる。

1 台のベースステーションに最高 36 個のトランシーバを有線により接続することができる。1 台のトランシーバで半径 10 メートル程の範囲をカバーできる。流通小売現場では、ESL の配置密度にもよるが、1 台のベースステーションで数万個単位の ESL ヘデータを送信できる。

### 2.3 応答信号の特徴

ESL からの応答信号は 0 と 1 からなるビット列データである。図 3 に示す ESL 下部に埋められている赤外線 LED からベースト発信される。図 4 は、応答信号を発信するために ESL の赤外線 LED が光っているシーンを赤外線ビデオカメラで捉えた画像である。赤外線 LED が白く発光していることが確認できる。



図 3 赤外線 LED

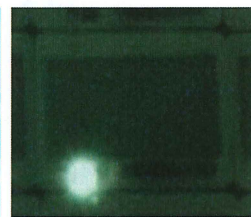


図 4 応答信号の発信

応答信号には ESL の ID は含まれてはいない。その理由を説明するために、トランシーバ (TRX とも略す) と ESL との信号のやり取りの仕組みを述べる。信号のやり取りのタイミングチャートを図 5 に示す。この場面では 2 つの ESL (ESL1 と ESL2) に TRX からビットマップデータを送り、これらの ESL から TRX に応答信号が返信される場面を表している。

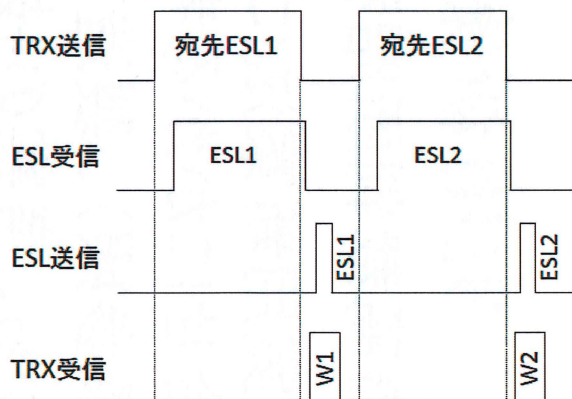


図 5 タイミングチャート

TRX からデータが ESL 1 に送信されると、ESL 1 でそのデータが受信される。TRX では送信が終わると ESL 1 からの応



答信号を受け取るためのウィンドウ W1 が開く。ESL 1 から応答信号が TRX に向けて発信され、TRX は W1 が開かれている期間に ESL1 からの応答信号を受信する。同様に、引き続き ESL2 にも TRX からデータが送信され、ESL2 から TRX に応答信号が返信され、TRX は ESL2 からの応答信号を受信することになる。つまり、ESL サーバからのビットマップデータの ESL の送信と、ESL からサーバへの応答信号の返信が 1 セットとなり運用されるため、TRX はどの ESL から応答信号が返信されてきたかを判断することができる。このような仕組みにより、応答信号には ESL の ID が含まれている必要はないわけである。

仮に応答信号に ESL の ID を入れ込んだ場合には、トランシーバで応答信号を誤りなく受信するためには、ESL から高出力の赤外線により応答信号を返信する必要がある。こうした場合、ESL の消費電力が増加し、ESL を駆動している電池の交換インターバルが短くなってしまふ。このような問題を避けるために、ESL からの応答信号には ESL の ID は含まれてはいない。

#### 2.4 赤外線通信の場所への依存性

無線通信においては、電磁シールドされない限り、電波は壁などをすり抜けることができる。無線通信機能を備えた情報端末であれば、場所に依存することなく他の端末と通信することができる。一方、赤外線によりトランシーバと通信を行う ESL においては、可視光線が遮られるような壁や天井を赤外線はすり抜けることができないため、同じ部屋に設置されているトランシーバからのデータしか ESL は受け取ることができない。また、同じ部屋に存在する ESL からの応答信号のみをトランシーバは受信することができる。

赤外線通信は無線通信より劣っているように見えるが、セキュリティの観点からは、赤外線通信の場所への依存性が重要な役割を果たすことになる。つまり、壁などで仕切ることによって赤外線通信が可能な領域を自由に定めることができるため、容易にかつ可視的にセキュリティエリアを定義することができる。無線通信においては、アンテナの志向性を利用し、ある程度は通信範囲を制御はできるが、電波の到達距離を赤外線のようにクリアカットに設定することはできない。このように、赤外線を通信手段とする ESL は、セキュリティツールとしての能力をはじめから併せ持っていると言える。

#### 2.5 通信速度

トランシーバから ESL へは 100Kbps 程度のスピードで圧縮されたビットマップデータを送信することができる。圧縮率はビットマップデータの内容により異なるため、単調な画像ほど短時間当たり、より多くの ESL に送信することができる。

実際にデータを送信した場合の実験結果を図 6 に示す。横軸は応答信号 (ACK 信号とも略す) を返信するために赤外線 LED が発光した時間であり、縦軸はトランシーバで受信した ESL からの応答信号が ESL サーバのデータベースへ書き込まれた時間である。図 5 の実験結果においては、1 秒間に 11 個の ESL から応答信号が返信されていることが確認できる。つまり、毎秒 11 個程度のスピードで、ESL にビットマップデータを送信することができる。

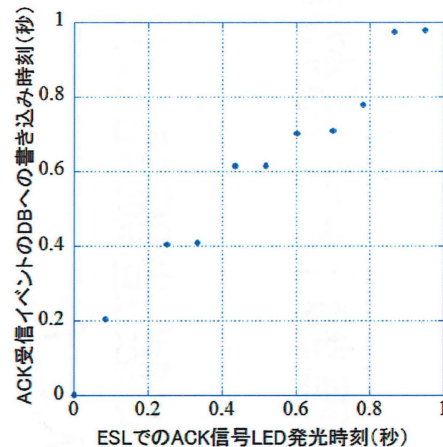


図 6 応答信号発信の頻度

#### 2.6 応答信号のセキュリティへの利用

ESL からの応答信号は、トランシーバから ESL に送信されたデータが正常に ESL で受信できたことを示す役割を担っている。本研究では、赤外線の物理的性質と合わせて、応答信号の機能をセキュリティに積極的に利用することで、目的とする「かざす」動作が不要なハンズフリーシステムを実現することが可能になった。

ESL と TRX は共に赤外線で通信するが、両者は互いに発信する赤外線がそれぞれ受信できる領域内に存在する場合に限り、双方向の通信が可能になる。例えば、ESL と TRX が壁で隔てられた別々の部屋にある場合を考える。ESL は個人認証のセキュリティデバイスとして認証が必要な人物が胸などにつけている状況を想定する。ESL から TRX へはデータを送信しても ESL で受信することはできない。そのため、本来データに含まれているビットマップ情報を ESL に表示できないため、ESL を持っている人物は TRX からデータが送られてこないことを目視で確認できるため、自分がセキュリティエリア外にいるために認証されないことが分かる。一方、TRX 側では、応答信号が ESL から返信されて来ないため、ESL を持った人物がセキュリティエリア外にいると判定することができる。

このように、応答信号の有無により、ESL を認証デバイスとして所持している人物がセキュリティエリアの中にいるのか、あるいはエリア外にいるのかをビットマップデータを送信することで検知することが可能になる。



### 3. ハンズフリーセキュリティシステム

#### 3.1 共連れ防止入室管理

セキュリティが確保された領域へとつながるドアの開閉において、共連れ対策が最も重要なセキュリティ要素となる。共連れとは、入室が許可された者に連れ立ち、入室が許可されていない者も一緒にセキュリティエリアへ侵入してしまう事象を指す言葉である。共連れは特異的な事象ではなく、日常生活においても生起するものである。例えば、オートロックマンションにおいて、本来であれば建物内部に入ることができないような非居住者が、居住者に対して解錠されたドアが開いているときに、一緒に建物内部に足を踏み入れるといった状況が発生する。居住者にとっては、一緒に建物に入ろうとしている人物が非居住者かどうか判断することは難しい。防犯を任されている管理人かガードマンでない限り、自分に連れ立って入ってくるものに対して、建物への立ち入り許可の有無を問いただすことはできない。このように、共連れ事象はセキュリティホールであるといえる。

本研究においては、上述した共連れを防止できる入室機能を備えたハンズフリーセキュリティシステムを開発した[4]。その動作状況をビデオ映像から抽出した図7～図9により説明する。

図7はセキュリティエリアへの入室を想定した場面である。認証対象の人物（以降、人物Bと呼ぶ）は胸の前にESLを吊り下げており、自動ドアの前にたどり着く。自動ドアの外側に向けてTRXから認証用の赤外線が照射されている。人物BのESLは赤外線データを受信し、図7に示されているように、ESLに人物名の「B」と共に人物Bの顔写真が表示される。名前と顔写真は、赤外線の照射エリアに来て始めてESLに表示されるものである。例えば、セキュリティが施されていないような場所であれば、ESLにはこれらの個人情報表示されないようになっている。つまり、必要に応じて必要なタイミングで、セキュリティで必要となる個人情報をダイナミックにESLに表示する、あるいは、表示を消す機能が備わったセキュリティシステムである。



図7 ESLへの人物名と顔写真の表示

セキュリティシステムにより、人物Bは入室が許可されている人物であると判定され、図8に示すように、ESLには入室を許可する旨の文言「Bさん入室OK」が表示される。同時に自動ドアが開き、人物Bが入室する。



図8 人物Bの入室許可と入室

一方、入室が許可されないような場合を示す。図9は入室が許可されない人物Aが自動ドアに近づいた場合である。人物Aは入室が許可されないことを、Aが持っているESLのIDからセキュリティシステムは判断する。その結果、TRXからESLへは「Aさん入室NG」とのデータが送信され、ESLにその旨が表示される。この認証結果に対応して、自動ドアは閉じたままである。



図9 人物Aの入室不許可とその旨の表示

図7～図9に示したように、入室の許可状況がESLにダイナミックに顔写真とともに表示される。仮に、人物Aが共連れで入室した状況を考える。自動ドアを通過することはできるが、不許可人物のESLには、図9に示すように、「入室NG」が表示されたままである。室内にいる人々には、人物Aは入室できないにも関わらず入室していることを、目視により容易に確認できる。つまり、人の目により共連れを防ぐことができる。また、人物A自身、入室が許可されていないことを、常に周囲に見せながらの入室となるため、共連れによる入室の動機を芽を詰むことができる。ICカードや生体特徴を使った個人認証においては、共連れで侵入した人物を周りの者が発見することはできない。



このように、開発したセキュリティシステムには、入室許可の有無を可視化することで、共連れを防止できる機能が備わっている。

### 3.2 ステルス在不在検出

人の出入りが厳しく制限されているような実験室や薬品庫あるいはデータセンタなど、高度なセキュリティが求められるエリアへの入退出においては、入室への認証が必要であることは当然であるが、退出時での認証も不可欠である。その理由は、セキュリティエリア内で生じたトラブルに対して、該当する時間にその場所に居合わせた人物を特定する必要があるためである。

IC カードや生体特徴による認証システムを用いた場合には、退出時にも IC カードをかざす、あるいは目や手を生体認証端末にかざす行為が必要になる。短時間に頻繁に出入りするような実験室では、「かざす」能動的行為が非常に煩わしいものとなる。煩わしさを排除したセキュリティとして、監視カメラを利用することもできる。しかしながら、配置カメラの多寡に関わらず死角は発生する。トラブルが生じた時間帯に、該当人物が室外に居たのか、あるいは、室内にいながらもカメラの死角に隠れていたのかを判断することは困難である。

開発したセキュリティシステムにより、これらの問題を解決することができる。具体例を使って説明する。図 10 は実験室に 2 名 (人物 A と B) 在室している状況を表している。これらの人物は ESL を社員証として首から下げており、ESL には顔写真と名前 (A と B) が表示されている。実験室の天井に設置されている TRX からは、人物の在不在を検出するために、これら人物が持つ ESL に対して断続的に赤外線信号が発信されている。人物の在不在を確認することが目的であるため、この赤外線信号には ESL への表示を変更するようなデータは含まれてはいない。ESL からの応答信号を TRX が受信することで、この 2 名が在室していることをセキュリティシステムが把握できる仕組みである。この状況は図 10 の右側のタブレット端末画面でも確認することができる。タブレット端末はクラウドサーバと無線で繋がっており、システムによる人物の在不在状況の把握状態を表示している。「在室確認 A さん B さん」「現在 2 人が在室しています」と表示されている。

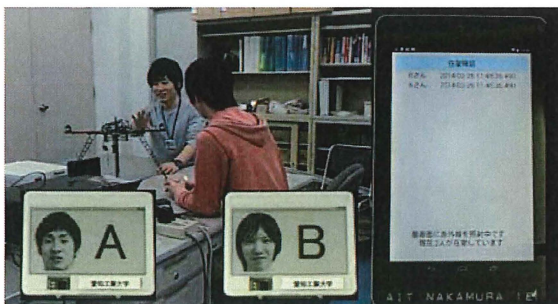


図 10 在室検出結果

図 11 は人物 A が実験室から退出した直後のものである。断続的に TRX から人物 A と人物 B に在不在を検知するための赤外線が照射されているが、人物 A の退出に伴い、人物 A が持っている ESL には赤外線が到達できなくなるため、その ESL からは応答信号が TRX に向けて返信されなくなる。これによりセキュリティシステムは人物 A が、もはや在室してはいないと判断する。その結果、図 11 の右側のタブレット端末画面にあるように、「A さんが退出しました」「現在 1 人が在室しています」と表示されることになる。



図 11 退出の検出

人物 A が再入室することになれば、断続的に TRX からは人物 A の持っている ESL に対して赤外線が照射されているため、入室に伴い ESL が赤外線を受信して応答信号を TRX に返信する。これによりセキュリティシステムは人物 A が実験室に戻ってきたことを検出することになる。

このように、断続的に赤外線を ESL に送信することで、(1) 該当する人物は何ら能動的な動作をすることなく、さらに、(2) 該当人物に在不在検出をどのタイミングで行っているかを察知されることなく、リアルタイムで在不在を検出することができる。赤外線の照射頻度を変えることで、任意の時間粒度で在不在を検出できる。

### 3.3 エレベータナビゲーション

高層ビルほど、エレベータを効率よく運行することが求められるようになる。カゴに乗り合わせたメンバの組み合わせ次第では、各階に停車しながらエレベータは動くことになる。逆に、乗り合わせが良ければ、高層階であろうともエレベータの最速スピードで到達することも可能である。

こうした効率の良いエレベータの運行は、例えば、三菱電機により先進的に取り組まれている。[5]によれば、利用者の行き先階により、到着時間や混雑具合などを瞬時に演算して最適な乗車カゴをエレベータ乗降口横のモニタに表示する仕組みになっている。

上記システムにおいては、利用者が行き先のボタンを押すといった能動的行為が求められる。本研究によるセキュリティシステムにおいては、ボタンを押す行為が不要となるハンズフリー機能を実現した。



動作の原理は、共連れ防止入室管理やステルス在不在検出と同じである。エレベータの乗降口付近の天井に TRX が設置されており、エレベータに乗車する社員を、社員が身につけている ESL から の 応 答 信 号 を TRX が 捉 える こと で、どの社員がエレベータの乗車待ちをしているかをシステムが把握する。開発したシステムにおいては、2つの異なる場合を区別し、それぞれの状況に応じて ESL の 使 い 方 が 異 なる。それらは、(1) 自 分 の 所 属 する 階 に 行 く 場 合、(2) それ以外の階に行く場合、の2つである。

(1) の場合の代表例は、朝の出社時である。この時間帯は短時間に多くの社員がエレベータを利用するため、特にエレベータの効率よい運行が求められる。誰がどの階に行くのかは予め分かっているため、ESL から の 応 答 信 号 を TRX で 受 信 する こと で、どの社員がエレベータを待っており、どの階に行くかを瞬時に把握することができる。図12はその具体例である。エレベータの乗降口に近づくと、ESL は TRX から の 信 号 を 受 信 して、その応答信号を発信する。セキュリティシステムでこの社員が属する部署の階をデータベースから取得し、ESL へ乗車すべきエレベータのカゴを表示し、指示に従って社員は指定されたかごに乗車する流れである。ハンズフリーでの乗車カゴ指定である。

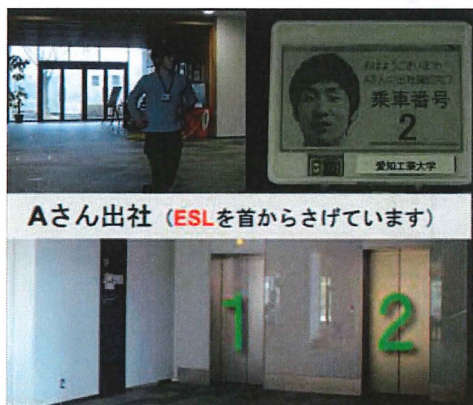


図12 乗車するエレベータかごの指定

一方、(2) の場合には、完全なハンズフリーとはならない。その理由は、どの階に行くかを ESL のみから知ることはできないからである。この場合には、手順が一つ増えることになる。具体的には、エレベータ乗降口に行く前に、スマートフォンなどの情報端末によりセキュリティシステムが設けた個人専用ページにログインして、予め行きたい階を登録しておく作業である。このようにしておくことで、エレベータの乗降口付近に到着すると、ESL が TRX により検出され、登録した行き先の階がエレベータに伝達されて、乗車すべきカゴが来ることになる。スマートフォンを操作することでハンズフリーではないが、エレベータの乗降口にあるパネルで入力するといった、こちらから指定された場所にてむく作業よりは、能動的動作が容易になる利点がある。

### 3.4 赤外線照射のトリガ

共連れ防止入室管理やエレベータナビゲーションにおいては、入室する者あるいはエレベータに乗る者が来た時に、赤外線を送信するタイミングよく TRX から照射する必要がある。つまり、赤外線照射のトリガが必要である。トリガの一例として、既存の監視カメラを利用したものを実装した[4]。

その概略を図13に示す。ドア付近に備えられた監視カメラの前を人が通過したことを、監視カメラからのビデオ信号のフレーム間の差分を計算して検出する。この場合、どの人物が通過したかを検出する必要はない。人の通過検出がトリガとなり、TRX から赤外線の照射を開始する。この時、特定の人物に対して照射するのではなく、セキュリティシステムに登録されている全員に対して照射する。

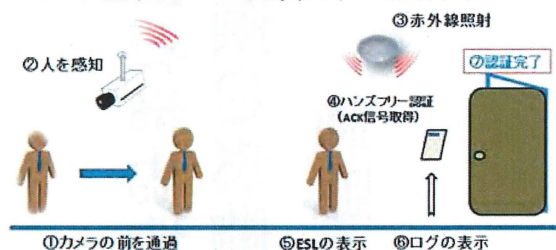


図13 監視カメラによるトリガ

## 4. おわりに

電子ペーパーを表示部とする電子デバイスである ESL (電子棚札) を使ったハンズフリーセキュリティシステムを開発した。このシステムの特徴は、IC カードや生体特徴による個人認証とは異なり、被認証者の「かざす」や「近づける」といった能動的動作が不要であることである。在不在の検出は被認証者に負担を強いることなく、任意の時間粒度で在不在を記録することができる。さらに、ESL に認証結果を表示することで、他者も認証結果を容易に把握することができるため、入室時での共連れ防止が可能になる。

### 参考文献

- [1] 宇根正志, 田村裕子, 生体認証における生体検知機能について, pp. 1-56, 金融研究, 日本銀行金融研究所, 2005年.
- [2] 坂本暢将, 菱田隆彰, 中村栄治, イシダ ESL 事業部, 電子棚札の教育への応用, 三恵社, 2012年.
- [3] 塩原義浩, 入退室管理システムの動向, Vol. 79, No. 10, 三菱電機技報, 2005年.
- [4] 森雅人, 電子ペーパーデバイスによるハンズフリーセキュリティシステムの開発, 愛知工業大学大学院経営情報科学研究科修士論文, 2015年.
- [5] 三菱電機, 三菱エレベータ行き先予報システム, ニュースリリース, 2014年12月3日.