

(36) ICT を利用した安全リマインドツールの開発 ～セーフティリマインダーの開発～

宇野 昌利¹・宮瀬 文裕²・藤原 泰明³・飛田 悠樹⁴

¹正会員 清水建設株式会社 土木技術本部 開発機械部 (〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1)

E-mail: uno@shimz.co.jp

²正会員 清水建設株式会社 土木技術本部 設計部 (〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目 16-1)

E-mail: f.miyase@shimz.co.jp

³正会員 丸五ゴム工業株式会社 新規事業開発部 (〒710-8505 岡山県倉敷市上富井 58)

E-mail: ya-fujiwara@marugo-rubber.co.jp

⁴非会員 丸五ゴム工業株式会社 新規事業開発部 (〒710-8505 岡山県倉敷市上富井 58)

E-mail: y-tobita@marugo-rubber.co.jp

工事現場では、同じ場所であっても安全指示事項の内容が日々変わっていく。従来、ビーコンを活用したシステムでは、信号を受け取ると決まった内容をアナウンスする機能はあるが、内容の変更が困難であることが課題であった。今回開発した、安全リマインドツールは、ネット環境下であれば、リアルタイムでアナウンス内容を変更できる。これにより朝礼での安全指示事項を、現場で再度、安全情報のアナウンスを聞く事で確認できる。そのため、現場で現物を見て現実を確認できる三現主義が実現できる。また、このシステムが英語などを含めた多言語対応が可能であるため、今後、さらに増加が想定される外国人労働者に対して、母国語により安全指示ができ、現場の安全性向上につながると考える。多言語対応は、現場案内などにも活用できるため、現場の積極的な広報などにも本技術を活用していく予定である。

Key Words: ICT, Beacon, Safety, Translate, Multi language, announcement

1. はじめに

工事現場では、作業開始前に朝礼を実施し、本日の作業における危険箇所の安全指示事項について、注意喚起を行っている。作業グループごとに危険予知活動を行い、その日の作業の注意点や危険箇所などをより詳細に把握した上で、安全に留意して作業を進めている。

しかし、作業箇所では朝礼の安全指示事項を、失念していた場合、作業員自体が危険にさらされ、重大事故につながることもある。

そこで、さらなる安全性向上を実現するために、現場で、再度、その場で安全指示事項のアナウンスを聞く事ができる「セーフティリマインダー」を開発した。このシステムは、朝礼時に指示した内容を、パソコンにテキスト入力するだけで、現場の危険箇所、安全指示事項をアナウンスとして聞く事ができる。現場では、日々作業内容が変わり、同じ場所でも、危険要因は日々変化する。

例として、作業当日、通路付近に開口がある場合、その場所には墜落の危険性が存在するし、開口を塞いでいれば墜落の危険性はなくなる。また、重機による搬入が予定されていれば、同じ場所で重機接触の危険性が発生するが、重機による搬入が予定されていない場合、重機接触の危険性はない。

このように、日々変わる安全指示事項を、リアルタイムで更新できることで、より安全な工事現場を実現できると考える。

本稿では、工事現場の危険箇所において、安全指示事項を再度アナウンスするシステムである「セーフティリマインダー」の開発について述べる。

2. システムの概要

今回開発したセーフティリマインダーは、安全指示事項を更新するためのパソコンと、現場の危険箇所に設置

するためのビーコンと、ビーコンとの接近を検知し安全指示事項を注意喚起する携帯端末（スマートフォンなど）により構成される。パソコン又は携帯端末から入力した安全指示事項は、サーバやクラウドを通じて全ての端末に同期される。

携帯端末は設置されたビーコンの電波を受信した際に、テキストや画像を画面に表示し、音声合成アプリを用いてテキストデータから生成した音声データを再生することができる。また、増加する外国人作業員のため、パソコンには、多言語への翻訳機能を搭載し、携帯端末にて言語に合わせた情報をアナウンスするシステムである。

3. ビーコンについて

本システムで利用するビーコンは、群馬県にあるハッ場ダムの展望台に現場見学者のための工事概要案内として3年間設置し、耐久性を確認したビーコンと同一のものを採用した（図-1）。屋外の展望台に設置しており、年間を通して厳しい環境に晒されているが、ビーコン自体は不具合もなく、定期的に電池交換をすることで問題なく動作している信頼性の高いビーコンである。

使用するビーコンは、Apple社のiBeacon技術を利用している。iBeaconはBluetooth Low Energyを活用した技術である。ビーコンはUUID（Universally Unique Identifier）などの識別情報を含むアドバタイジングパケットを周囲に繰り返し送信している。この電波をスマートフォン（iPhone）にて検出・接近判定を行い、安全指示事項をアナウンスして提供する。

ビーコンの周波数帯は通常のBluetoothと同様2.4GHz帯である。壁や水、人体などにより電波が減衰するため、注意が必要である。

ビーコンを用いる際、アドバタイジングパケットの発信間隔（Advertising Interval）と送信強度（Tx Power）の設



図-1 現場見学者向けビーコン 1) 2) 3)

定が重要となる。これらの設定値はビーコン周囲での電波受信距離や安定性に影響するが、電力消費量とトレードオフの関係にある。例として、iBeaconの規格を満たしたビーコンでは、発信間隔を100msに設定することができるが、その場合CR2032などのボタン電池では1〜2ヶ月で電池切れになり、高頻度の電池交換が必要となる。そこで、半年程度は交換不要であり、電池交換も容易な形式が求められた。今回、ボタン電池から単3電池に変更することで、半年間、電池交換は不要となった。現在、引き続きテスト環境で動作し、環境にもよるが、単3電池で1年程度電池交換が不要になると想定され、現場適用の実用性が向上した。

4. 実証実験用のシステム構成

システム構成は、パソコンとしてMacBook、携帯端末としてiPhoneを用いて、アプリケーションを構築した。安全指示事項はテキストデータのみで構成し、英語・インドネシア語への翻訳、及び合成音声による読み上げ機能に対応した。翻訳機能はMacBookのソフトウェアに実装した。

表-1 に実証試験用として使用した機器を示す。MacBook及びiPhoneについては、OSが一定以上であれば、別のMacOS、iOS端末でも実施することができる。また、ビーコンの省電力通信のために、iPhoneにはBluetooth 4.0（Bluetooth Low Energy）以降のバージョンが搭載されている必要がある。ビーコンの駆動電池は電池寿命を延ばすため、ボタン電池駆動ではなく単3乾電池駆動とした。MacBook及びiPhoneの安全指示事項内容を同期するには、インターネット接続が必要になる。

表-1 使用機器

名称	用途	外観
MacBook	安全指示事項のテキスト入力 安全指示事項の多言語翻訳	
iPhone	ビーコンとの接近検知 安全指示事項の提供・アナウンス	
ビーコン	アドバタイズ信号発信	

5. 実証試験

(1) 実証試験の概要について

実証実験は、長崎県発注の一般県道諫早外環状線（仮称）4号トンネルで実施した（図-2）。実証実験を実施する時点では、トンネルの掘削延長が、1500mを超えている状況であり、トンネル切羽までの移動手段が、現場連絡車のみとなっていた。そのため、移動中の車内で確実に情報を伝えられることを確認する実験を行った。

トンネルの坑内に、11箇所（坑口から0m, 200m, 400m, 500m, 650m, 750m, 800m, 900m, 1000m, 1050m, 1100m地点）にビーコンを設置した。最も掘削に苦勞した硬質砂岩区間、長崎刑務所の直下、非常駐車帯、覆工コンクリートを養生するアクアカーテン区間など特徴的な箇所も説明している。表-2にそれぞれのビーコンのアナウンス内容を示す。例えば、坑口から500m地点では、日本語では、「坑口から500メートルです。安全運転をお願いします。」、英語では、「500 meters from tunnel entrance. Please drive safely.」、インドネシア語では、「500 meter dari pintu masuk terowongan. Silakan mengemudi dengan aman.」とそれぞれの言語で読み上げてくれる。

トンネル坑内は、Wi-Fi網が利用できないため、坑内でリアルタイムのデータ更新はできない。そのため、朝礼後にネット環境のある場所で、最新の朝礼内容にデータを更新して、iPhoneにダウンロードしておくことで、朝礼で連絡した最新の安全情報を現場で得ることができる（図-3）。

表-2 アナウンス内容一覧

坑口から	音声内容
0m	これは、ダンボールで、できた風門です。外気の流入を防止しています。
200m	坑内制限速度は15キロです。必ず、守ってください。
400m	この付近が硬質砂岩区間です。トンネル掘削に、最も、苦勞した区間です。
500m	坑口から500メートルです。安全運転をお願いします。
650m	この付近が、長崎刑務所の直下です。
750m	ここは、非常駐車帯です。
800m	ここは、非常駐車帯です。
900m	坑内制限速度は15キロです。必ず、守ってください。
1000m	坑口から、1000メートルです。対向車に注意してください。
1050m	ここは、覆工コンクリート100ブロックです。
1100m	ここでは、アクアカーテンシステムにより、覆工コンクリートの養生を行っています。28日間湿潤状態を保ちます。

(2) 多言語化への対応について

本作業所の特徴は、約60名の技術者のうち、インドネシア出身の外国人技術者が6名働いていた。そのため、本システムは多言語対応が可能であることを活かし、アナウンスできる言語を、日本語・英語・インドネシア語とした。

現場担当者のMacBookで、日本語でテキスト化した内容を、システムに入力する。翻訳のボタンをクリックすることで、瞬時に自動翻訳され、クラウドのデータが更新される。その後、利用者（外国員作業員を含む）が持つiPhoneでセーフティリマインダーのアプリを起動しておくことで、ビーコンを設置している危険箇所でも適切なアナウンスを聞くことができる。

iPhoneの「言語と地域」にて日本語に設定しておくことで日本語でアナウンスを聞くことができる。また、英語設定では、英語でアナウンスし、インドネシア語設定ではインドネシア語でアナウンスを聞くことができる。母国語でアナウンスを聞くことにより、安全指示事項を正確に理解できるため事故防止につながり、安全性向上に寄与する。

(3) 現場での実証試験結果について

本トンネルでは、現場連絡車と重ダンプにiPhoneを設置して運用した。試験期間は4ヶ月であった。

アナウンス内容は、現場連絡車だけでなく、運転席の高い重ダンプの運転席でも確実に受信できることを確認



図-2 実証実験のトンネル坑内と設置したビーコン

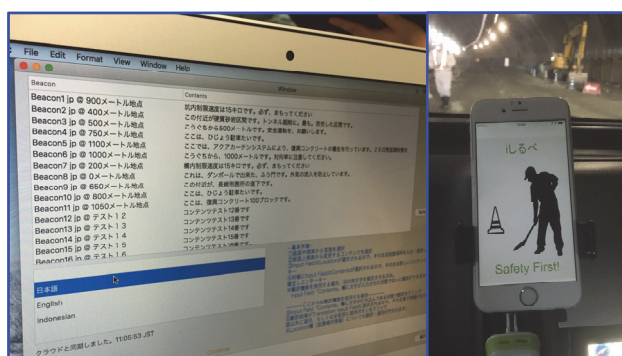


図-3 PC画面と連絡車に搭載したiPhone

した。その結果、土砂の運搬作業を行っている重ダンプの運転手に対して、坑内の制限速度やクラクションを鳴らす安全行動を再度、知らせてくれるツールとしても利用できた。

現場連絡車で移動している時に、100m～200m 程度の間隔で自動的にアナウンスが流れるため、安全意識を向上させ、より安全に坑内を移動することができた。本システムを利用した技術者にヒアリングを実施すると、ある程度の間隔でのアナウンスが、現場連絡車に同乗する発注者や現場現学者との、会話のきっかけにもなるとの意見もあった。

6. まとめ

今回、開発したセーフティリマインダーは、安全性を向上させるシステムである。どんな人にもうっかりミスは起こり得る。うっかり忘れてしまった安全情報を現場で再度思い出させてくれるツールが必要であると考えていた。

本システムは、「現場」で、「現物」をみて、「現実」を認識することで問題解決を図ることできる三現主義を実現できる。ビーコンのある危険箇所に行くことで、再度、安全指示事項の情報が得られ、リスクを再認識できると考える。

安全な作業に向けて、KY（危険予知）活動などを継続して行っているが、どうしても形骸化してしまうことが多い。その結果、慣れてしまっ、効果が出てこなくなる。著者らが以前に、開発した指向性アナウンス安全看板では、アナウンス内容に慣れることで、安全確認意識が低下することを確認している。アナウンスをする前は、看板を見るだけで約 50%の人が安全確認をしていたが、アナウンスを開始すると、初日は 91%、3 日後は 79%の人が安全行動をしたが、1 ヶ月後には、67%に低

下することを報告している⁴⁾。

このようなデータから、日々データを更新できれば、安全意識に対する認知度は高いまま維持できることがわかる。朝礼後にデータを毎日更新することで、新鮮な安全指示事項を伝えて安全意識を高く保つことにより、労働災害を防止でき、さらなる安全性向上に寄与できると考える。

謝辞：本システムの基本となる技術開発を指導していただいた、茨城工業高等専門学校の岡本教授をはじめ、実証実験をさせていただいた清水建設九州支店一般県道諫早外環状線（（仮称）4号トンネル）の作業所の一瀬康弘氏、早川泰央氏には貴重なご意見を賜った。ここに記して、感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 内田 理絵, 川野邊 慧, 岡本 修, 藤原 泰明, 高田 知典, 宇野 昌利, 宮瀬 文裕, 米山 文雄, 藤枝 達也: iBeacon を利用した現場見学者のための工事概要案内システムの開発, 第 41 回土木学会土木情報学シンポジウム講演集, pp.147-150, 2016.
- 2) 宮瀬 文裕, 米山 文雄, 荒瀬 純治, 内田 理絵, 川野邊 慧, 岡本 修, 藤原 泰明, 高田 知典, 藤枝 達也: iBeacon を利用した工事概要案内システムの適用性試験, 第 44 回関東支部技術研究発表会講演集, VI-10, 2017.3.
- 3) 宮瀬 文裕, 米山 文雄, 荒瀬 純治, 内田 理絵, 川野邊 慧, 岡本 修, 藤原 泰明, 高田 知典, 藤枝 達也: iBeacon 活用の工事概要案内システムの現場試験, 土木学会第 72 回年次学術講演会, 2017.
- 4) 宮瀬 文裕, 牧野 有洋, 岩橋 輔, 谷川 将規, 宇野 昌利, 藤吉 卓也, 井出 一直, 高野 泰明, 花村 洋一郎: 土木工事現場での環境対策事例-音響技術の新しい活用方法(騒音・交通安全)-, 土木学会 環境システム研究論文発表会講演集 41, pp.133-140, 2013.