

ビーコンを活用した安全リマインドツールで 生産性向上

宇野 昌利

安全管理は現場管理において多くの時間を占めており、より確実に実施することで現場業務の生産性向上につながる。今回、ビーコンを活用した安全リマインドツールを開発して、安全管理業務の効率化を実現した。

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情報伝達システムは、内容の変更が困難であった。今回開発した、安全リマインドツール「セーフティリマインダー」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。また、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ている。

キーワード：ICT, ビーコン, 安全管理, 多言語対応, アナウンス

1. はじめに

現場管理業務において、安全管理は多くの時間を占めている。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。安全管理は、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るように指導している。

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、作業員自身が危険にさらされ、重大事故につながることもある。

そこで、筆者は、さらなる安全性向上を実現しながら、安全業務を改善するために、現場で、「再度」、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、現場の危険箇所で、安全指示事項をアナウンスとして聞く事ができるため、現場管理者は、安全管理に関する負担が軽減する。

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」を活用した生産性向上について述べる。

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、ビーコンの接近を検知して安全指示事項を注意喚起する携帯端末（スマートフォン）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ため、常に最新の情報となる。

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、携帯端末にてそれぞれの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

使用したビーコンは、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

電波を携帯端末（スマートフォン）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2.4 GHz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。本システムでは、電池交換の手間を省くため、単3電池を利用して長寿命化を実現しており、約1年電池交換が不要となっている。そのため、維持管理の手間を省くことが可能となった。

4. 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作成した。安全指示事項は日本語によるテキストデータのみで構成し、英語・中国・韓国語・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。それぞれの言語の読み上げ機能は、iPhoneのアプリに実装している。

表—1に使用する機器を示す。MacBook及びiPhoneについては、OSのバージョン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。MacBook

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 |  |

及びiPhoneの安全指示事項の内容を同期するには、iCloudを利用しているためインターネットへの接続が必要である。

5. 現場適用

(1) 現場適用の概要について

セーフティリマインダーを、長崎県発注の一般県道諫早外環状線道路改良工事（（仮称）4号トンネル）に導入した（写真—1）。導入時点では、トンネルの掘削も終盤に入り、延長が1500 mを超えている状況であるため、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安全情報を伝えられることを確認した。



写真—1 実証実験のトンネル坑内と設置したビーコン

トンネルの坑内に、11箇所（坑口から0 m, 200 m, 400 m, 500 m, 650 m, 750 m, 800 m, 900 m, 1000 m, 1050 m, 1100 m地点）にビーコンを設置した。設置箇所は、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であり、現場の特徴的な箇所を説明している。

表—2に、ある時点でのビーコンのアナウンス内容を示す。この現場では、日本語、英語、インドネシア語の3カ国語対応とした。例えば、坑口から500 m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、今朝実施した朝礼での安全指示事項の内容にクラウド内のデータを

表一 2 アナウンス内容一覧

| 坑口から | 音声内容 |
|--------|--|
| 0 m | 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。 |
| 200 m | 坑内制限速度は 15 キロです。必ず、守ってください。 |
| 400 m | この付近が硬質砂岩区間です。トンネル掘削に、最も、苦労した区間です。 |
| 500 m | 坑口から 500 メートルです。安全運転を、お願いします。 |
| 650 m | この付近が、長崎刑務所の直下です。 |
| 750 m | ここは、非常駐車帯です。 |
| 800 m | ここは、非常駐車帯です。 |
| 900 m | 坑内制限速度は 15 キロです。必ず、守ってください。 |
| 1000 m | 坑口から、1000 メートルです。対向車に注意してください。 |
| 1050 m | ここは、覆工コンクリート 100 ブロックです。 |
| 1100 m | 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。 |



写真一 2 PC画面と連絡車に搭載したiPhone

更新して、iPhone 内のデータも同期しておくことで、朝礼で指示した最新の安全情報を得ることができる(写真一 2)。

(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 名働いていたことであった。そのため、本システムの多言語対応機能を活かし、アナウンスできる言語を、日本語、英語に加えて、インドネシア語を追加した。

現場担当者の MacBook で、日本語のテキストデータをシステムに入力する。あらかじめ、よく使う項目を MacBook 内のメモに記載しておく、コピーするだけで利用できる。翻訳のボタンをクリックすることで、瞬時に多言語に自動翻訳され、クラウドのデータが更新される。

その後、利用者(外国人作業員を含む)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、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、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、安全性向上に寄与した。

(3) 現場での運用結果について

本トンネルでは、現場連絡車と重ダンプに iPhone を搭載して運用した。運用期間は 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、運転席が高い位置にある重ダンプにおいても確実に受信できることを確認した。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利用できた。重ダンプは、運転席から見通しが悪く、死角が多いため注意を見逃すと重大災害に直結する。本システムを利用することで、安全性を向上させる事ができた。

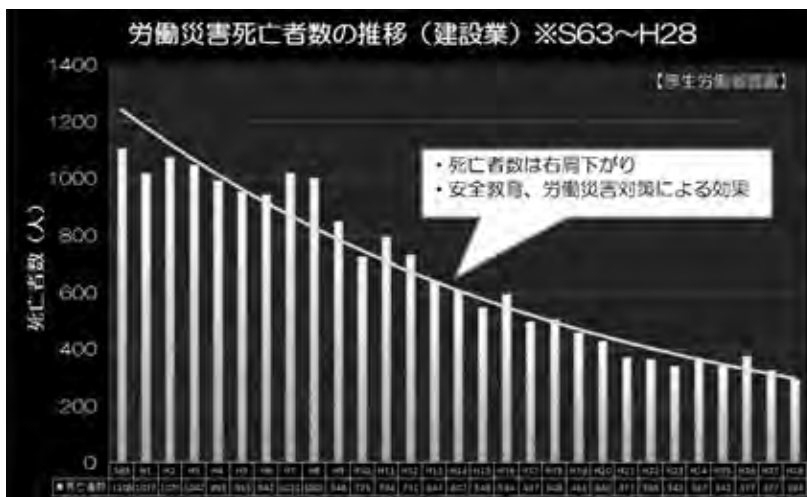
現場連絡車で移動している場合でも、100 m ~ 200 m 程度の間隔で自動的にアナウンスが流れるため、安全意識を向上させ、より安全に坑内を移動することができた。

安全管理は現場管理において多くの時間を占めており、より確実に実施することで現場業務の生産性向上につながる。

6. 今後の展望

近年、建設現場では外国人労働者が増加している。今後もさらに増加すると予想される。安全指示事項を日本語で説明しても、言葉の壁で、正確に伝わっていない可能性もある。日本国内の安全管理においても、ここ数十年の努力で、徐々に工事に起因する死亡者が減ってきた¹⁾(図一 1)。日本語を正確に理解しにくい外国人が、異国で事故の犠牲になることはあってはならない。しかしながら、外国人労働者が増加すればやはり、労働災害発生件数は増えると予想される。外国人労働者の安全の確保は喫緊の課題である。安全の確保はトラブルなく施工を進められることであり、間接的であるが、結果として生産性向上を実現する。

誰もが安全に作業を進める必要があり、日本語が正



図一 建設業における死亡者数の推移

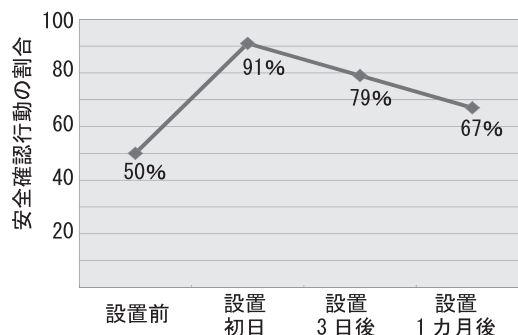
しく理解されないと想定される状況において、今回、開発したセーフティリマインダーは、多言語対応であり、定型の安全業務を改善して、安全性を確保し、生産性を向上させるシステムである。

7. おわりに

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ができる三現主義を実現でき、ビーコンのある危険箇所に行くことで、はじめてそこで安全指示事項の情報が得られ、リスクを認識できる。リスクを認識することは、未然のトラブルを防止できると考える。

安全な作業に向け、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、慣れてしまって、効果が出てこなくなる。筆者が以前に、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報告している²⁾。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(図一2)。

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すると考える。現場の管理は、5つの項目Q(品質)、C(コスト)、D(工程)、S(安全)、E(環境)で管理する事で、生産性を向上させる事ができる。今回のシステムは安全性向上を進めて、生産性向上を



図一2 安全確認行動の時系列変化

図っている。

謝辞

開発を一緒に進めた丸五ゴム工業(株)の関係者、現場で運用をさせていただいた一般県道諫早外環状線(仮称)4号トンネル)の作業所の関係者に対し、ここに記して、感謝の意を表する。

JCMA

《参考文献》

- 1) 建設業労働災害防止協会:建設業における労働災害情報ホームページ、https://www.kensaibou.or.jp/safe_tech/statistics/occupational_accidents.html
- 2) 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.

【筆者紹介】

宇野 昌利 (うの まさとし)
清水建設(株)
土木技術本部 開発機械部
主査

