

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 30 日現在

機関番号：92604

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 年 4 月～2012 年 3 月

課題番号：20360282

研究課題名（和文） 建設作業者の作業情報を用いた災害防止のための支援方法の構築に関する研究

研究課題名（英文） A STUDY OF SAFETY MANAGEMENT USING ACTIVE INFORMATION OF WORKERS ON THE CONSTRUCTION SITE

研究代表者

蔡 成浩（CHAE SOUNGHO）

鹿島建設株式会社 技術研究所・建築生産グループ・上席研究員

研究者番号：50350434

研究成果の概要（和文）：

本研究は、情報通信技術（ICT：Information Communication Technology）を用いた建設現場の労働災害防止のための支援方法の構築を目的とし、建設機械の接触防止のための支援方法を開発した。その支援方法は、無線 IC タグとカメラで構成され、作業者が建設機械に接近した場合に警告を行う。試作器による動作実験の結果、建設機械に接近している作業者の把握が可能であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：

This study aims to develop a system using ICT (Information Communication Technology) for prevention of accident on the construction site. The prototype for preventing collision accident was made by RFID (Radio Frequency Identification) and camera and the detection rate of worker around heavy equipment was confirmed.

交付決定額

（金額単位：円）

|         | 直接経費       | 間接経費      | 合計         |
|---------|------------|-----------|------------|
| 2008 年度 | 3,000,000  | 900,000   | 3,900,000  |
| 2009 年度 | 4,600,000  | 1,380,000 | 5,980,000  |
| 2010 年度 | 3,200,000  | 960,000   | 4,160,000  |
| 2011 年度 | 2,300,000  | 690,000   | 2,990,000  |
| 年度      |            |           |            |
| 総計      | 13,100,000 | 3,930,000 | 17,030,000 |

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築計画

キーワード：建設作業、災害防止、情報通信技術、安全管理

## 1. 研究開始当初の背景

建設業労働災害防止協会の資料によると、平成 18 年度の建設現場における死傷者数は全作業において約 22%（26,872 人）、死亡者数は約 35%（508 人）を占めている。毎年その割合の増減はあるものの、製造業などの他産業に比較して高い数値を示している。死亡災害の中でも、作業者の不注意が主な原因とされる「墜落」や「建設機械・自動車等の事故」によるものが約 70%を占めている。

建設産業は他産業に比較して、一般的に、「作業環境がプロジェクトごとに異なり、工事の進捗とともに随時変化する」「設計時に想定した工具、機械等の使用条件をそれ以外の条件で使用する」などの特性を有し、そのような特性が労働災害の起因となる不安全行動に繋がる場合が多い。不安全行動の発生は、「作業に集中するため、作業者が周辺の危険まで気を配る余裕がない」、「同じ敷地内で複数の作業が同時に行われるため、安全確

認を他の作業者に頼る場合が多い」などにより、作業者の危険への注意力の低下が一因として考えられる。災害に対する注意力を維持させるためには、現場の状況をモニタリングし、必要な場合に注意を促すための方法が必要である

## 2. 研究の目的

無線 IC タグやカメラ画像などの情報通信技術 (ICT : Information Communication Technology) を活用して、建設現場で働く作業員や重機などの災害発生の危険に関する各種情報を収集し、収集した情報を用いて警告を行うことで、労働災害を防止するための仕組みを構築することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、下記の 4 つの方法による労働災害の防止の仕組みを構築した。

### ①災害事例の分析

既往の労働災害の発生事例を分析し、その原因を明確にする。

### ②支援方法の構築

発生事例の分析結果に基づいて、労働災害の起因ごとに最適な支援方法を構築する。

### ③情報収集手段の選定

構築した支援方法が機能するために必要な情報を収集するための手段を情報通信技術 (ICT) において選定する。

### ④適用可能性の評価

選定した情報通信技術を用いた試作器を作成して実験を行い、現場において適用可能性を評価する。

## 4. 研究成果

### (1)災害事例の分析

建設機械などを起因とする災害を対象に、災害事例の分析を行い、被災者の不安全行動を把握した。災害事例は、「事例で学ぼう」安全対策建設工事における災害事例の対策 1 集～7 集 (建設労働災害防止協会発行) の掲載内容を対象とし、建築工事において災害の起因物が「建設機械等」、「動力クレーン等」、「動力運搬機」である 29 件を対象にした。

災害の説明文から、その原因となる被災者の不安全行動を抽出し、分析を行った。その結果、図 1 のように、「働いている機械、装置などに接近し又は触れる」「安全装置などの調整を誤る」「その他危険場所等へ接近」が主な不安全行動であることを明確にした。

さらに、FTA (Fault Tree Analysis) による接触災害の発生モデルを作成し、災害防止のためには、「緊急時の停止操作時間の確保」「作業時の周辺状況の常時把握」「作業員の危険行動の予知」が必要であることを確認した。

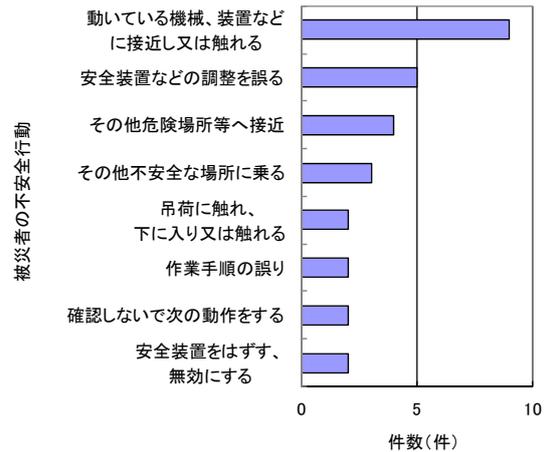


図 1 接触災害における被災者の不安全行動

### (2)支援方法の構築

災害事例の分析結果から、接触災害の防止には、建設機械の稼働範囲を含めた現場全体において、作業員と建設機械の接近状態を把握し、緊急停止操作を確保し易くする支援方法が有効であることを明確にした。

その支援方法を構築するためのシステムを下記の如く設定した。

#### ①接近状態の測定

作業員と建設機械の接近の度合いを持続的に測定し、建設機械周辺の広範囲での作業員の接近状態を判断する。

#### ②立入りの把握

稼働範囲に作業員が立入ったことを測定し、警告とともに建設機械の稼働を制限する。

#### ③関係者への警告

オペレータや接近した作業員への警告とともに、作業指示者や安全管理者などの関係者への警告を行うことで、現場全体で適切な安全対策を施す。

#### ④接近状態の記録

測定した接近状態を記録し、不安全な作業環境を改善するための資料として活用する。

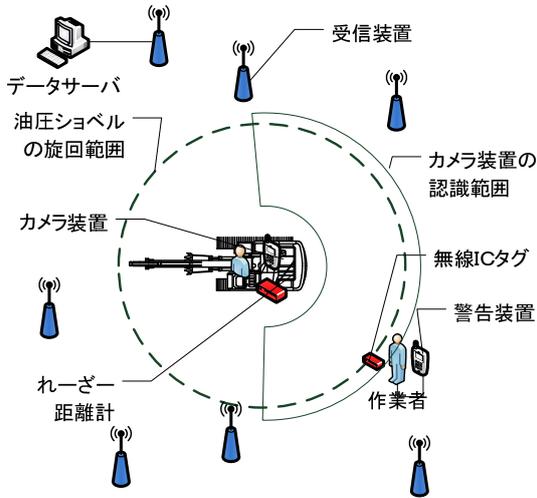
### (3)情報収集手段の選定

構築した支援方法に必要な情報通信技術 (ICT) として、図 2 のように、無線 IC タグ、カメラ装置、レーザー距離計を選定した。

作業員と建設機械の広範囲における接近状態は、それぞれの位置から測定した接近度を用いて把握する。作業員と建設機械に取り付けた無線 IC タグが発信する一定の強さの電波を受信する範囲に複数の受信装置を設定し、電波を受信した受信装置の位置から無線 IC タグの位置を推定する。

作業員が建設機械の稼働範囲に接近した場合は、建設機械に取り付けたカメラ装置の画像を用いて作業員の状態を確認する。作業員の確認は、目視による方法と画像処理によ

る自動化が出来る。建設機械から作業者までの距離はレーザー距離計を用いて測定し、稼働範囲に作業者が立入ったことを判断して警告を行うことが出来る。



- (凡例)
- ・無線ICタグ: 固有のID電波を発信する。
  - ・受信装置: 無線ICタグのからのIDと電波強度をデータサーバに送信する。また、データサーバからの警告を近くの警告装置に送信する。
  - ・カメラ装置: 建設機械の稼働範囲周辺に居る作業者を確認し、その結果をデータサーバに送信する。
  - ・レーザー距離計: 建設機械の稼働範囲周辺に居る作業者までの距離を算出し、その結果をデータサーバに送信する。
  - ・警告装置: 危険な状態であることを知らせる。
  - ・データサーバ: 受信装置とカメラ装置からのデータに基づいて各作業者が危険な状態であるかを判断し、警告を送信する。

図2 選定した情報収集手段の構成

#### (4)適用可能性の評価

##### ①無線 IC タグ

建設機械と作業者間の距離が近くなると、無線 IC タグを用いて算出した接近度が高くなることを確認する実験を行った。実験に使用した無線 IC タグは、周波数 2.4GHz の IEEE802.11b に準拠したものである。接近度の算出は、約 140×20m の敷地に 10 台の受信装置を配置し、無線 IC タグを取付けたフォークリフトを走行させて、その電波を受信した受信装置の数を用いて行った。

実験の結果、図3のように、距離が約 60m になると接近度が「1」になり、距離が約 3m になると接近度が「8」になり、距離が近くなると接近度が高くなることから、接近度が増加するとフォークリフトへの接近状態になることを確認した。

##### ②カメラ装置

建設機械周辺の作業者の確認と距離の測定が可能であるかを確認する実験を行った。実験のために試作した装置は、図4のように、3台のカメラとレーザー距離計で作製した。

実験では、油圧掘削機の背部の地面から約 70cm の高さに設置し、撮影した画面とレーザー距離計の計測結果を収集した。その結果、

図5のように、作業者を認識した画面の位置は 93 度から 100 度までであり、その位置のレーザー距離計は約 3m を表示し、実測値と一致した。その結果から、建設機械の周辺の作業者と稼働範囲への立入りを同時に把握して警告出来ることを確認した。

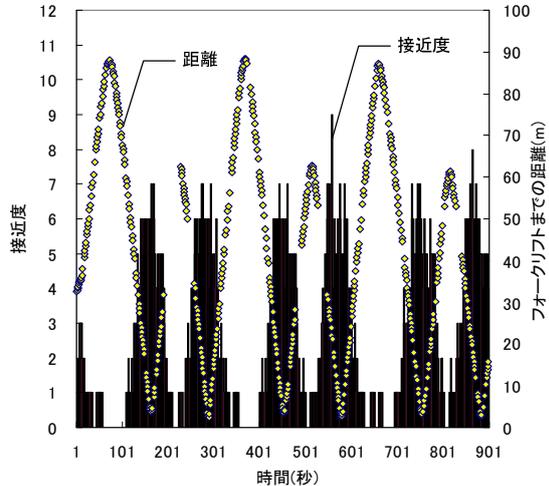


図3 接近度と実測距離との関係

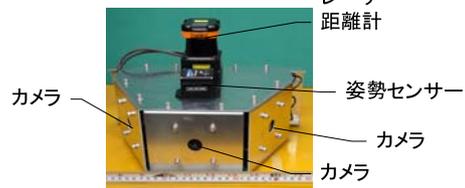
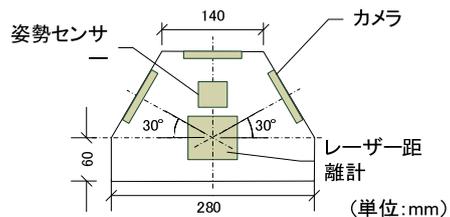


図4 作製したカメラ装置の概要

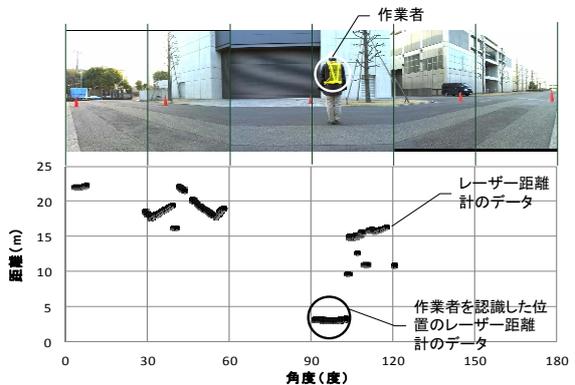


図5 カメラ画像とレーザー距離計の測定結果

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

① Soungho CHAE, Tomohiro Yoshida: Application of RFID technology to prevention of collision accident with heavy equipment, Automation in Construction, 査読有, Vol. 19, No. 3, 2010. 3, pp. 368-374

DOI:10.1016/j.autcon.2009.12.008

② 蔡 成浩, 土橋 稔美, 吉田 知洋, 中村隆寛: 建築工事における建設機械の接触災害の防止に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 査読有, Vol. 75, No. 656, 2010, pp. 2451-2458

[学会発表] (計11件)

① Soungho CHAE, Tomohiro Yoshida: A Study of Safety Management Using Working Area Information on Construction Site, 25<sup>th</sup> ISARC, pp292-299, 2008. 6

② 蔡 成浩, 吉田 知洋: 無線 IC タグを用いた工事車両の作業領域の推定に関する研究, 25 回建築生産シンポジウム, pp141-148, 2008. 8

③ Soungho CHAE: DEVELOPMENT OF A PERSONAL WARNING SYSTEM WITH PORTABLE WIRELESS DEVICE ON THE CONSTRUCTION SITE, 26<sup>th</sup> ISARC, pp55-60, 2009. 6

④ 蔡 成浩: アクティブ型無線 IC タグを用いた重機と作業者の接近状態の推定, 日本検建築学会大会学術講演梗概集, pp1259-1260, 2009. 8

⑤ Soungho CHAE, Takahiro NAKAMURA: A study of Wireless LAN based working area estimating, 27<sup>th</sup> ISARC, pp233-242, 2010. 6

⑥ 蔡 成浩, 中村隆寛: 建設機械の接触災害の防止における無線 LAN 装置の適用 (その1) 電波の受信強度を用いた接近状態の推定, 日本検建築学会大会学術講演梗概集, pp121-122, 2010. 9

⑦ 中村隆寛, 蔡 成浩: 建設機械の接触災害の防止における無線 LAN 装置の適用 (その2) 現場実験による有効性の確認, 日本検建築学会大会学術講演梗概集, pp123-124, 2010. 9

⑧ 蔡 成浩: 無線 LAN を用いた重機接触防止システムの開発, 第7回建築生産の自動化における可視化技術の応用ワークショップ, pp19-20, 2011. 2

⑨ Soungho CHAE: Application of Image Processing to Detection of Workers around Heavy Equipment, 28<sup>th</sup> ISARC, pp264-265, 2011. 6

⑩ 蔡 成浩: 建設機械の接触災害の防止における作業者の認識方法の提案, 日本建築学会

学術講演梗概集, pp943-944, 2011. 8

⑩ 蔡 成浩: 重機接触災害防止における無線 IC タグの適用検討, 第29回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2011AC2E1-7, 2011. 9

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: 建設車両周辺の作業員検出装置

発明者: 蔡 成浩

権利者: 鹿島建設株式会社

種類: 特許

番号: 2011095735

出願年月日: 2011年4月22日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計0件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

蔡 成浩 (CHAE SOUNGHO)

鹿島建設株式会社 技術研究所・建築生産グループ・上席研究員

研究者番号: 50350434

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし