

ガス事故防止のための無線機能付きスマートジャケット

中下岬^{†1} 岡本龍二^{†2} 岩井将行^{†3}

概要：近年国内において、共同溝の敷設工事やリニア中央新幹線のトンネル工事といった地中での作業が増加している。それに伴い、地中に埋没するメタンガス蓄積層や重機の不完全燃焼によって発生する一酸化炭素などによるガス爆発事故、ガス中毒の増加が懸念されている。この情勢を受け、我々は作業員のジャケットに気体センサを搭載したスマートジャケットを考案した。スマートジャケットはガスセンサを用いて作業員周辺の気体情報を取得する。さらにLEDによって可視化し本人を中心とした周辺へ危険を知らせる効果がある。また無線機器によって遠隔地の管理者へ常に気体情報を発信し、工事現場の気体情報を常にモニタリングすることができる。本稿ではこのスマートジャケットの概要について述べ、さらに機能の検証を行なう。

キーワード：IoT, スマートジャケット

1. 研究背景

近年、首都圏外郭放水路や電線類地中化計画などの地下における作業が増えている。そこで問題視されているのがガス爆発事故である。([1]によると毎年全国で2,3件の頻度でガス爆発事故は発生している。)これは、地下という密閉された空間で地盤掘削等において生じたメタンガス等の気体がたまり、何かの拍子に引火しておこる事故である。また地下空間は、密閉されているという危険な状況に加え、電波が届かない圏外空間でもある。

そこで我々は、「ガス事故防止のための無線機能付きスマートジャケット」を提案する。(以下、断りが無い限りスマートジャケットと略す。)

本論文では、このスマートジャケットの実現に向けた取り組みや用いたセンサの評価実験、今後の課題を述べる。

2. スマートジャケットの概要

まずスマートジャケットのセンシングする気体センサについて説明をする。これは地下空間において発生しうる人体に害のある気体の濃度を複数種類計測することのできるものを搭載している。さらに気体センサに加えXBeeを搭載しており、XBeeハブと通信することができる。XBeeハブは地上等の電波圏内へと通じており、複合気体センサは圏外空間から電波圏内へと接続される。図1参照。

次に、この複合気体センサを地下作業従事者の作業着に搭載する。これにより地下空間の気体情報を、XBeeハブを通じて外部の管理者等に知らせることができる。

この気体濃度計測から外部の管理者への通知が、本スマートジャケットの主要な機能である。

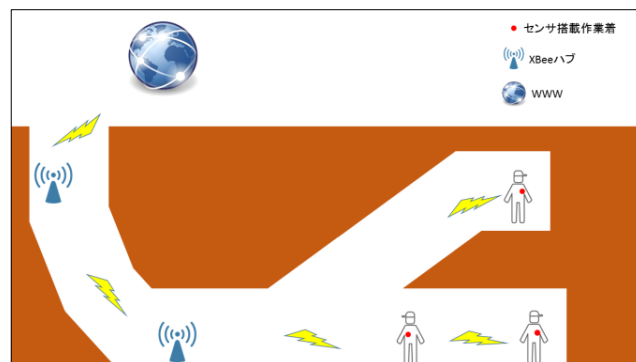


図1 スマートジャケットによるネットワーク図

3. 関連研究

本研究以外にも、複数の気体センサを用いて防災に役立つ取り組みは行なわれている。

まず大崎らは、複数の気体センサを用いることにより強固な火災検知システムを構築しようと試みている[2]。この火災検知システムは、住宅に設置するという静的なものであるのに対して、我々の提案するスマートジャケットは、動き回る作業員に着せるという動的なものである点において異なる。

また大藪らは、居住空間において複数の気体センサを用いることによって、住人の健康を害する空間汚染源となる気体の濃度計測を試みている[3]。それらの気体は地下においても同様に健康を害するものとなる。そこで我々は、居住空間と同じように地下空間でも気体の濃度計測が行なえるようスマートジャケットを提案する。

さらに本スマートジャケットに類似した物として、Uメット[4]を挙げる。Uメットは、ヘルメットに対してカメラと通信機器を搭載し作業員の視界を遠隔から覗けるようになっている。カメラによる視覚的に危険と判断できる事故は予防できたとしても、揮発性気体のガス爆発といった視覚的に判断することのできない事故は防ぐことができない。我々の提案するスマートジャケットは、その点においてUメットと異なる。

^{†1} 東京電機大学未来科学研究科情報メディア学専攻

^{†2} タカヤ株式会社

^{†3} 東京電機大学未来科学部情報メディア学科

また梶山らは、地下空間やトンネルといった閉所におけるネットワークの構築に最適な無線規格の研究を行なっている[5]。この研究で行なわれているように閉所におけるネットワーク構築は XBee が向いている。そこで本研究においても XBee を用いてネットワークを構築する。

さらに渡辺らは、XBee を用いたマルチホップ通信におけるスループットを評価している。[6]この研究にみられるように地上から遠い距離にある地下空間においてもリアルタイムといえるような速度で気体情報を取り出せると間がられる。

このように本スマートジャケットは従来のシステムにない機能、使用場面を有している。その利点を活かし、ガス爆発事故の予防等に役立つことを我々は期待している。

4. センサボード詳細及びスマートジャケット外観

センサボードに使用する素子を表 1 に記す。

表 1 センサボード搭載部品一覧

名称	型番
マイコン	A-Star 32U4 Micro
通信機器	XBee ZB PCB アンテナ型
気体センサ	MQ-3(アルコール)
	MQ-4(メタン)
	MQ-6(LP ガス)
	MQ-7(一酸化炭素)
	MQ-8(水素)
アクチュエータ	フルカラーシリアル LED テープ

また表 1 に示す素子を図 2 に示す回路図に従って実装をした。

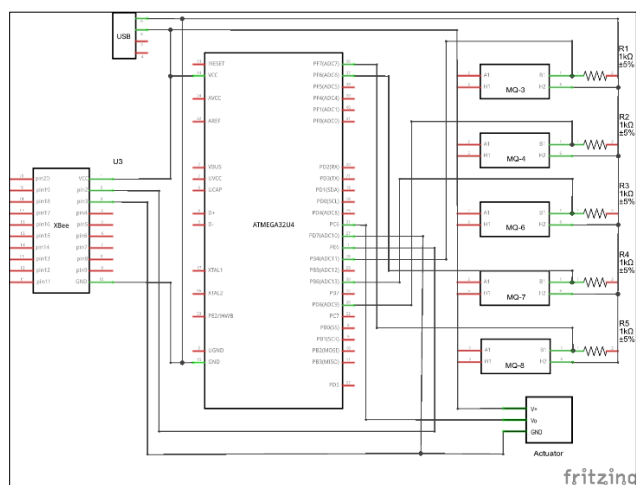


図 2 回路図

そして構成したセンサボードをジャケットに搭載したのが図 3 である。



図 3 スマートジャケットの外観

5. 危険回避のための機構

本スマートジャケットは、XBee によって気体情報を送信することができ、工事管理者等に危険を知らせることができる。しかし作業員自体に対しては危険を通知することが出来ない。

そこでフルカラーLED を実装し、何かしらの手段を用いて作業員に対して危険を通知できるようにした。作業員の周辺空間が、安全な状態の際は青色の LED が点灯する。しかしワークウェアに搭載した 5 つの気体センサの内いずれかが、作業員が健康を害するような値を示した際に赤色の LED が点灯するようになっている。この LED テープによりスマートジャケットの着用者や周辺の作業員へも危険の通知が可能となる。

6. スマートジャケットの評価

本スマートジャケットの評価の一環として RISCON2015 にスマートジャケットを展示し、現場で作業を行なう機会の多い人に意見をもらった。そこで多く出た意見を下記に 2点であった。

- バッテリーサイズが大きいので小型にしたほうが良い
 - 作業員が動いているのか確認できるほうが良い
- これらの意見を受け我々は本スマートジャケットの検証を行なった。

6.1 バッテリー問題

本スマートジャケットは 3つの気体センサを動作させているが 3つの気体センサを動作させる際の省電力を求めた。各種気体センサのデータシート 3つの気体センサを同時に制御するのに消費する電力は 2250[mW]である。そこで作業時間を 8時間と仮定すると

$$\frac{2250}{5} \times 8 = 3600[mAh]$$

より、3600[mAh]のバッテリー容量を必要とする。さらに、これに加えて無線装置やマイコン駆動に電力が消費される。しかし、現在モバイルバッテリー等の携帯型電力は小型、軽量化が進み 4000[mAh]のものであれば、十分持ち運びに不便しないと考えられる。よってこのバッテリーの小型化問題は解決すると考えられる。

6.2 作業員のコンテキスト解析

次に作業員が動いているのかどうか確認したいという意見に対し、我々は追加の機能として作業員のコンテキスト解析の実装を検討した。

ここで解析すべき行動は作業員が動いているのか否かに限定する。さらに本スマートジャケット特有の制約として上半身のみに着用するので上半身の一部にセンサを搭載してコンテキスト解析する手法を考えた。

大きく分けて 2つの手法を検討し、1つ目は筋電位センサによる腕の筋肉の運動の有無を調べることによる解析手法。2つ目はウェアラブルデバイス等に見られる加速度によるコンテキスト解析手法。

1つ目の筋電位センサによる筋肉の運動を調べる手法は、単純であるが作業員が動いているのか明確になる。しかし筋電位センサが腕にパッチを貼らないといけない制約が生まれ、また何度も貼りなおしている内に剥がれる可能性がある。

2つ目の加速度による手法では、疋田ら[7]が上体と左大腿部に装着した加速度センサより日常生活下における体位の推定が可能と研究しているように十分推定できると考えられる。左大腿部の加速度の欠損による精度低下を調べ本スマートジャケットにも応用する考えである。

7. まとめ

本スマートジャケットは、評価によって装着者のコンテキスト解析機能の追加実装を決定した。具体的なコンテキスト解析の手法や実装はこれからとなるが、本検討によってより充実したスマートジャケットの実現に近づけたといえる。

謝辞

本研究は H26 科研費若手研究(A)(代表者:岩井将行、課題番号:25700007)の一部により行われている。また、東京電機大学総合研究所研究 Q14J×-04 の補助を受け一部研究を行った。

参考文献

- [1]関東東北産業保安監督部, “平成における可燃性天然ガスが原因とみられる主な爆発・火災等事故事例と「日本油田・ガス田分布圏」における地質区分の関係”
- [2]大崎匡浩, 江鐘偉, 渡辺哲陽, 崔三晋, 趙嘉斌, 松本佳昭, “複数ガスセンサによる火災検知システムの開発”, 日本機械学会, No.065-1, 2006, 03
- [3]大藪多可志, 広林茂樹, 木村春彦, “マルチガスセンサシステムによる室内空気汚染ガス種の認知と濃度測定” T.IEE Japan, Vol. 118-E, No. 2, 1998
- [4]谷沢製作所, “Uメット”
- [5]梶山勝哉, 高田諭, “センサネットワークの適用技術に関する研究”, エネルギア総研レビュー, No.14,
- [6]渡辺正浩, 小花貞夫, 渡辺尚, “スマートアンテナを用いた ZigBee 無線装置の構築とマルチホップ通信基本特性”, 信学技報,
- [7]疋田 あかり, 東風谷 祐子, 市丸 雄平, 3 軸加速度測定法を用いた日常生活下における体位の推定, 東京家政大学研究紀要, 第 55 集 (2), 2015, pp.15~21