

投射配置による落下衝撃を考慮した 耐衝撃機構を備えたセンサノードの開発

東京電機大学大学院 澤井 圭, 河野 仁, 鈴木 剛,
情報通信研究機構 羽田 靖史, 理化学研究所 川端 邦明

Development of a sensor node with impact-resistance capability for gathering disaster area information

Kei SAWAI, Hitoshi KONO, Tsuyoshi SUZUKI, graduate school, Tokyo Denki Univ.
Yasushi HADA, NICT, Kuniaki KAWABATA, RIKEN

Abstract: We have been discussing a development of the gathering information system for disaster area by utilizing rescue robots and wireless sensor networks. Then we propose launching deployment method of the sensor node(SN) for deploying dangerous place where a human and robot cannot enter. In order to realize launching deployment, the SN has to be protected from dropping impact. Therefore, we covered SN by impact resistance structure. Prototype of SN consists of plastic ball for the impact-resistance structure and SN core for sensing, communication and information processing. Experiment confirmed that prototype of the sensor node was able to communicate and launch.

1. はじめに

減災[1]は、被災後に被害を軽減する活動であり、被災後の復旧・復興を迅速に行うことを目的としている。減災を図るには、被害状況や火災場所などの情報を迅速かつ正確に収集する必要がある。特に、上空からの情報収集や、レスキュー隊の活動を制限する地下空間における情報収集システムの必要性が高まってきている。

地下空間での減災活動を妨げる課題に対し、無線センサネットワーク(Wireless Sensor Network: WSN)により情報収集を支援する研究が行われている[2]。WSN は環境中に設置するセンサと無線通信機能を搭載した計算機(無線センサノード: SN)同士の通信で構成されるネットワークであり、広範囲で同時並列的な情報収集が行える。一方被災地へWSNを導入する課題としてSNの配置方法が挙げられている。これまで人やロボットがSNを直接配置する手法は議論されてきたが[3][4]、人やロボットが立ち入り困難な場所へのSN配置手法については議論されておらず、網羅的な情報収集が行えないと考えられる。そのため、人やロボットが直接立ち入らずにSNの配置を可能とする手法の研究開発が必要である。

これまでに著者らはレスキューロボットとWSNを利用した地下空間における被災地情報収集システムの提案を行ってきた(図1)。提案する情報収集システムは、レスキューロボットがSNを移動経路上に直接配置することで、通信インフラ構築と、環境モニタリングを実現するものである。また、障害物によりロボットに移動制約が発生する場合には、レスキューロボットを用いたSNの投射配置によりWSN構築、及び情報収集を行う。ここで収集する情報は、目視による迅速な状況判断を促すことを目的とし画像としている。本稿では、投射配置による落下衝撃を考慮した耐衝撃性能を備えたSNの設計、及び試作したSNを用いた実験結果について報告する。

2. 耐衝撃性能を持つセンサノードの設計

被災環境でのSNを投射配置するためには、SNの保護と共に、落下地点への衝撃緩和を考慮したSNが必要となる。この点を考慮し、耐衝撃機構には梱包材等に用いられ

ているエアクッションを採用した。また、SNへ画像取得用カメラを搭載することを想定し、エアクッションを構成する材質には、透明な強化塩化ビニール素材を用いた(図2)。エアクッションを用いた耐衝撃機構は、SNの全周囲を空気の層で覆うことで衝撃緩和を行う。これを実現するには、落下時の衝撃荷重を許容可能なエアクッション厚さと、内部空気圧を設定する必要がある。

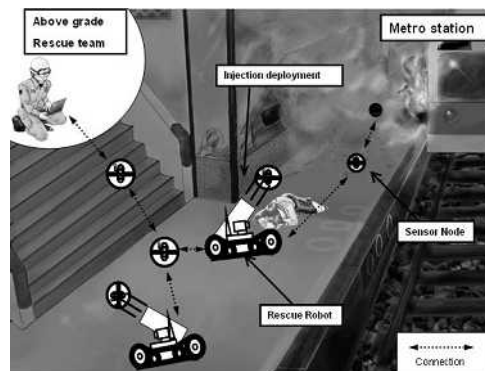


Fig. 1 Our proposed system

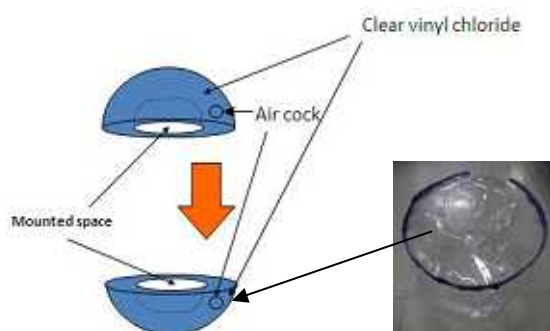


Fig. 2 Impact resistance structure

3. 耐衝撃性能について

本研究では、衝撃荷重を考慮した前述のエアクッション厚さを決定する手法の開発を行った。図2に示す様なエアクッション構造に関する動的衝撃荷重のクッション厚さ決定手法は無い。そこで本検討では、落下時の動的

衝撃荷重を考慮したエアクッション厚さ決定手法を開発した。エアクッション厚さ決定には、約 98 [kPa]が 1 [kg/cm²]の圧力を発生させる空気圧特性を考慮し、落下時の動的衝撃荷重が最大になる際のエアクッションの受圧面積からエアクッション厚さを求めることにした。また前提条件として、落下地点が平面であることとした。ここで求めるクッション厚さとは、SN が地面と接触しない部分厚さである。算出には、エアクッション内圧 P [kPa]、動的衝撃荷重 W [kg]、マージン厚さ d [cm]、そして SN 半径 D [cm]をパラメータとした(1)式を作成した(図 3)。式(1)の導出では、まず空気圧特性を考慮したエアクッション内圧 P と動的衝撃荷重 W の値より衝撃吸収面積 S[cm²]を求める。算出した衝撃吸収面積の半径と、SN 半径 D を用いて耐衝撃機構を搭載した SN の中心から耐衝撃機構外側までの半径を求める。そして求めた半径から SN 半径を引いた値をエアクッション厚さ T とした。これにより、衝撃荷重 D に耐えうるエアクッション厚さ T は、式(1)で求まることとなる。

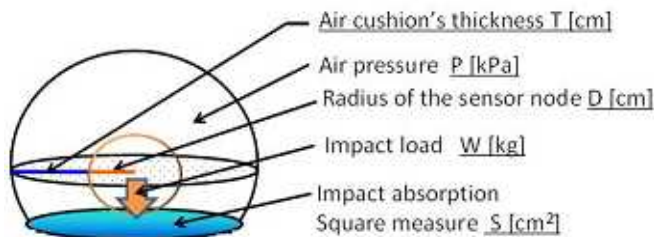


Fig. 3 The parameters of the determination of cushion's thickness

$$T = \sqrt{\frac{W}{(P/98) \cdot \pi} + (D + d)^2} - D \quad (1)$$

エアクッション内圧は、使用する塩化ビニールの強度特性から 80 [kPa]とした。動的衝撃荷重の決定は、SN の内部構造密度が均一でないため、実験により求める必要がある。提案システムでは最大距離 10 [m]の SN の斜方投射を想定していることから、同等の動的衝撃荷重の発生を再現できる自由落下試験にて動的衝撃荷重設定を決定する。最大距離 10 [m]の斜方投射での動的衝撃荷重は、高さ約 5 [m]からの自由落下で発生する動的衝撃荷重に等しい。そこで、自由落下試験によって動的衝撃荷重の推定を行った。動的衝撃荷重の推定では、動的衝撃加速度を計測することで、動的衝撃荷重を算出した。また自由落下試験の高さ設定は、自由落下による動的衝撃荷重の変化が線形であることから 1 [m]間隔で 1-4 [m]の高さで実施した。計測結果より高さ 5 [m]からの自由落下時の動的衝撃加速度を求めた。実験では、SN に 3 軸加速度計を実装し、計測を行った。実験結果では、推定動的衝撃荷重が約 700 [kg]となった(図 5)。この結果より、エアクッション厚さは(1)式を用い約 6.5 [cm]と決定した。

4. 耐衝撃機構の投射, 及び落下衝撃試験

エアクッション厚さを 6.5 [cm]とした耐衝撃機構を作成し、耐衝撃機構の投射, 及び落下衝撃評価を行っ

た。評価では、耐衝撃機構を実際に開発した SN を搭載した。試験結果では、試験後に SN 各種デバイスの起動・動作に問題が無いことを確認した。また試作した耐衝撃機構が無線通信品質に影響が無いことを確認した。

5. まとめ

本稿では、投射配置による落下衝撃を考慮した SN の耐衝撃機構の開発を行った。エアクッション厚さ決定には、空気圧特性を考慮した算出モデルを作成し、自由落下試験により動的衝撃荷重の推定を行い、エアクッション厚さを決定した。また、決定したエアクッション厚さを基に耐衝撃機構を作成し、投射・自由落下試験において、SN の起動・動作に不具合が発生しないことを確認した。今後は、試作した耐衝撃機構を搭載した SN の投射機構の設計・開発を行う。

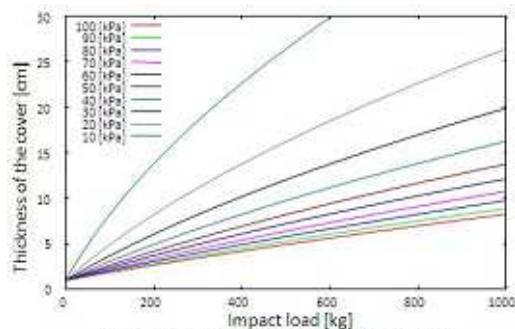


Fig. 4 Thickness of the cover

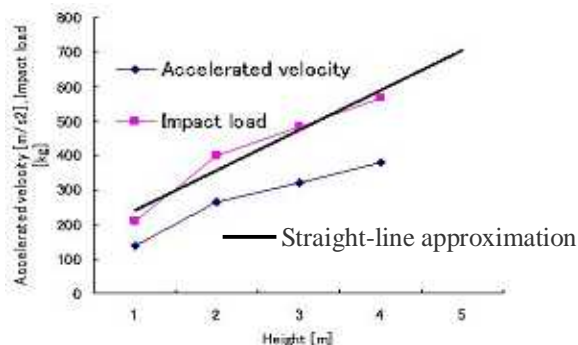


Fig. 5 Value of the impact load

謝辞

本研究は文部科学省研究費補助金基盤研究「被災地情報収集センサネットワークノードの開発」の一環として行われた。また、沖エンジニアリング株式会社信頼性技術事業部より計測器利用、そして耐衝撃性に関する御助言などの御協力を頂いた。ここに示して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 消防庁編, “平成 18 年度消防白書”, ぎょうせい, 2006, pp.135-143
- 2) 羽田靖史 他, “社会インフラ研究プラットフォーム「レスキュー・コミュニケータ」の開発”, ロボティクス・メカトロニクス講演会, Vol.2005(20050609) p.224
- 3) 鈴木剛 他, “2 重球倒立機構を用いた被災地情報収集のための SN の開発: SN の特性を考慮した運搬・配置機構の開発”, 電子情報通信学会技術研究報告 USN, Vol.107, No.53 (20070517) pp.109-114
- 4) 石塚美加 他, “センサネットワークにおける耐故障性の高い確率的配置の実現”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J88-B, No.11(20051101) pp. 2181-2191