

＜研究課題＞ 空気圧式プロテクタの開発

代表研究者 神奈川工科大学創造工学部 准教授 吉満 俊拓
共同研究者 神奈川工科大学創造工学部 研究生 原田 篤也

【まとめ】

交通災害時など、エアバッグで防げない鋭角な衝撃から防護が可能かつ、衝撃を緩和・分散させ、防護機器の非動作時は体の動作を妨げない程度の柔軟性があり、動作時のみ硬化・展開し被害者の身体を保護するシステムを開発する。災害救助時の落下物からの身体防護・転倒による衝撃緩和の機能を持つ、空気圧を用いた外殻部とエアバックの 2 層構造のプロテクタを開発した。救助者が不整地・傾斜地で継続的に作業を行わなければならない状況において、二次災害防止し落下物による怪我・転倒等を防ぎ、救助活動における安全性の向上が期待できる。

1. 研究背景

山岳救助や地震・土砂災害の現場での救助活動は、傾斜地や家屋の倒壊などによる瓦礫などが散乱していて足場が不安定な場所である。このような状況では、大型機械での救助は困難であり、救助ロボットは救助者を発見することはできるが最終的な救助は人の手で行わなければならない。

足場が不安定かつ救助活動を行うスペースが狭い災害現場では、落下物による怪我・疲労による捻挫、転倒等の救助活動時の負傷が救助活動の妨げとなる。

2. 研究目的

本研究では、救助活動時の二次災害による負傷で、救助活動の低下が懸念される。本研究では災害救助時の転倒による衝撃を緩和する防護機器の開発を行い、救助活動時の二次災害から救助者の身を守ることができる防護機器の製作を行う。防護機器を装着しても体の動作を阻害せず衝撃を吸収する素材として、エアバッグを採用した。しかし、エアバッグだけでは鋭利な衝撃が防げないため外側にプロテクタを装着し、衝撃を緩和する時のみ展開するシステムを開発する。

空気圧プロテクタの機構は①災害救助時の転倒、②落下物による負傷防止を前提に考え、「衝撃緩和部位を上肢に限定し、扱い易く長時間の使用に耐えうる機構」を開発する。

Fig.1 示すエアバッグ及びプロテクタを肩関節・肘関節に配置し、エアタンクから空気を送りエアバッグ展開しプロテクタを硬化させ転倒時の衝撃を緩和させる。

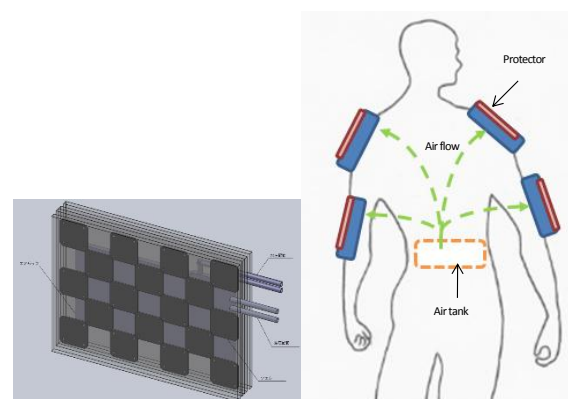


Fig.1 Pneumatic Protector for Rescue Crew

3. 空気圧プロテクタ概要

プロテクタはエアバックだけでは防げない鋭角的な衝撃から身体を防護する為、衝撃を分散させる外殻部(シェル)と、装着者の衝撃を軽減するエアバック部から構成される。

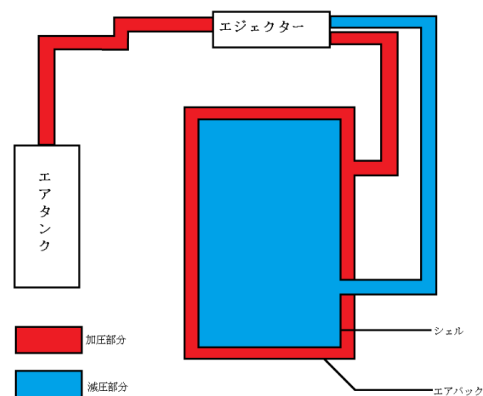


Fig.2 Pneumatic protector system overview

防護機器を装着した状態でも動きやすく、エアバックの展開に同調して外殻(シェル)部が硬化する必要がある。そのため、非展開時は動作の妨げにはならないよう柔軟性を持ち、エアバックが展開完了するまでに外殻(シェル)部が硬化する必要がある。

エアタンクからの送気を利用したエジェクタによる負圧で外殻(シェル)部を減圧することでプロテクタ外側の硬化を実現させている。また、エジェクタによる負圧とともに排出される排気の一部を利用し、エアバッ

クの加圧に利用し効率よい展開が可能である。

更に衝撃緩和の効果を高めるためエアバッグ展開時のみ硬化する外殻(シェル)部を合わせて開発する。

3.1 エアバッグ

ポリエチレン素材の袋をプロテクタの寸法に合わせて加工した物をエアバッグとし、ポリエチレン袋に収納しプロテクタの内側に固定した。今年度は防護範囲を増やすため新たに背部に追加し、肩部、肘部と合わせて3箇所以内蔵し、装着をする。

Table1 Air-bag dimension

エアバックの寸法			
縦 (mm)	横 (mm)	厚さ (mm)	重量 (g)
223	200	1	10

3.2 エアバッグ展開時間測定実験

アルミ製の台座の上にエアバックを載せ、その上に均等に荷重が加わるようエアバックとほぼ同等の面積を持つカイデックス材を載せる。重量物であるポリタンク 1.25kg を展開する際の抵抗と仮定し、カイデックス材の上に載せたまま、エアバックを膨張させる。エアバックへ空気圧供給を開始した時点から測定を開始し、目視でエアバックの膨張が収まった時点を展開完了とする。0.3MPa~0.5MPa の間で 0.1MPa 毎に 5 回計測した結果を Fig. 3 に示す。

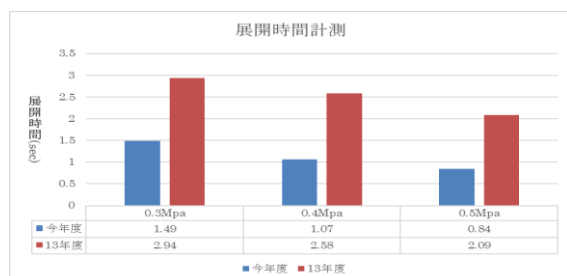


Fig.3 Expansion time of air bag

旧型式と比較し 0.3MPa 時で完全展開に約 1.5 秒、0.5MPa 時には約 0.8 秒となった。展開速度の差は、新形式はエアバッグの素材を変えたことによりエアバッグの衝撃吸収能力を維持しつつ展開時間が半分に短縮できた。

3.3 外殻プロテクタ

エアバッグで防げない鋭角な衝撃を防護、衝撃を緩和、分散させ、エアバッグの非展開時は体の動作を妨げない程度の柔軟性があり、展開時のみ減圧し硬化するシステムを利用する。(Fig.4) カイデックス材製のシェ

ル (Fig.5) を複数土台である合成繊維のネットに固定し上下に合わせたもので1つのプロテクタを構築する。上記をポリエチレン製袋に収納し密閉度を確保し内部に固定する。減圧はエジェクタを使用し、負圧側をエジェクタに接続し、排気する空気をエアバッグの加圧に使用する。シェル(単体)は Fig.5 に示す厚さ 30mm×30mm×1.5 mmのカイデックス材を使用し、複数のピースを四隅に開けた穴に紐を通し結び 1 つの外殻(シェル)に構築する。

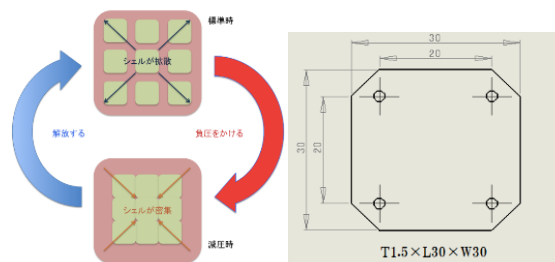
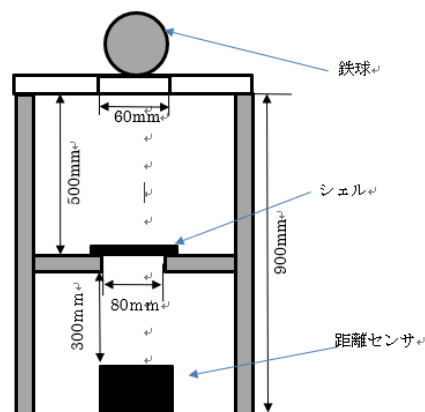


Fig.6 にシェル部用実験装置を示す。装置中央部にシェルを置き、装置下部にシェルの変位を測定するレーザ変位計を設置している。エジェクタへの供給圧力は 0.4MPa とし、荷重印可実験では、鉄球 (110 g ,260 g) の 2 種類を用いてシェルの変位を測定する。



3.4 プロテクタ荷重印可実験

荷重を印可中と印可後のシェルの変位結果を Fig.8,9 に示す。実験結果よりオーバーラップ率が高くなるほど変形は少なくなっていることが確認できた。動的荷重印可実験として 500 mm 上方よりプロテクタの中心に鉄球 (110 g ,260 g) を衝突させた。実験結果を Fig.10,11 に示す。

実験結果より、オーバーラップ率 50 前後において、衝撃による変形が大きく荷重後も変形したままとなり衝撃力を吸収していることがシェルの変形からも確認できる。

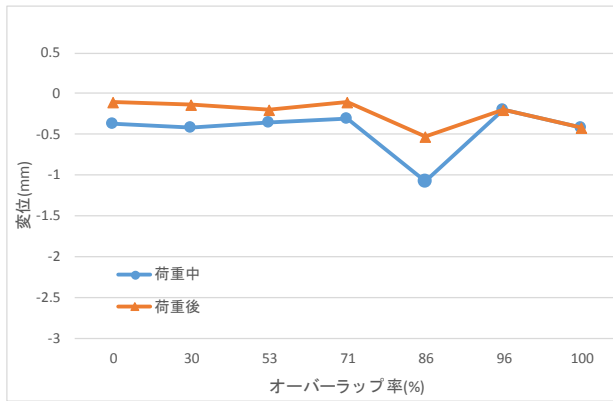


Fig.8 Static loading experiment (Load 110g)

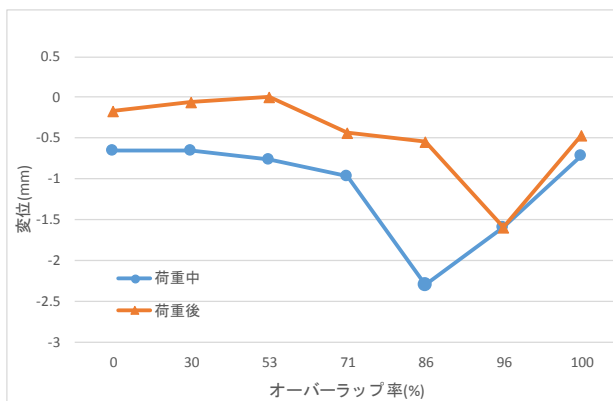


Fig.9 Static loading experiment (Load 260g)

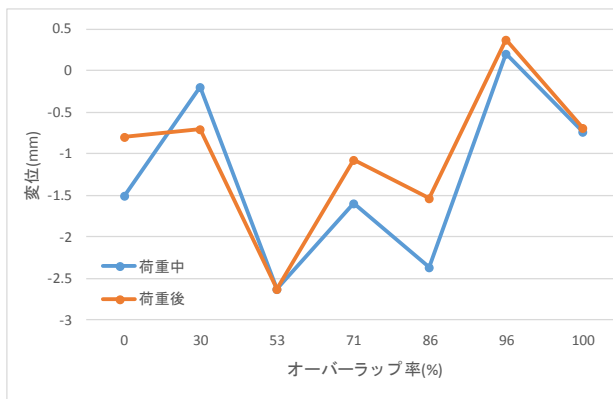


Fig.10 Dynamic loading experiment (Load 110g)

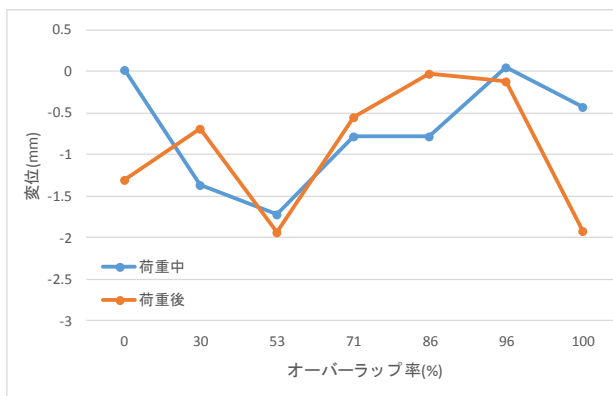


Fig.11 Dynamic loading experiment (Load 260g)

静的荷重印可実験では、オーバーラップ率上がるほどひずみが大きくなっていることが分り、シェルの大きさが小さくなることで非展開時は動作の支障にはならない程度の柔軟性に繋がることがわかった。また、15 mm はオーバーラップ率が 100%なので柔軟性が下がったと考えられる。

3.5 プロテクタ展開実験

空気圧式プロテクタの展開時間を測定する。空気圧タンクより 0.3~0.5MPa の圧縮空気を供給し、エアバックが膨張し外殻(シェル)部が硬化するまでの時間を測定した。実験結果を Fig.6 に示す。供給圧力が高まるにつれ展開時間が短くなるが、肘部ユニットに比べて肩部ユニットの展開時間が長くなった。エアバックの膨張時間に差異はないが、外殻(シェル)部の硬化にかかる吸引時間が大きく変化した。肘部ユニットに比べ肩部ユニットは外殻を構成するシェルの数が多く吸引に多くの時間が必要であった。

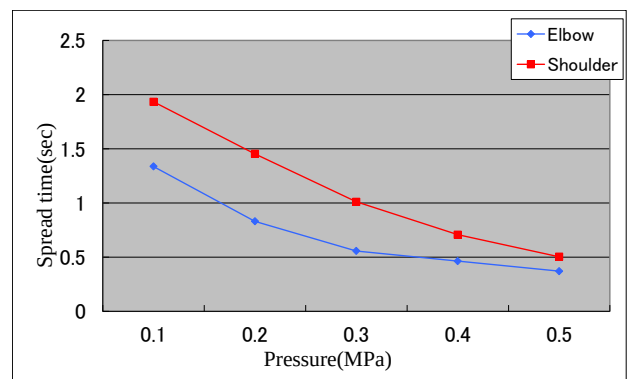


Fig.12 Experimental result of expansion time

6. 結言

災害救助時の落下物からの身体防護・転倒による衝撃緩和の機能を持つ、空気圧を用いた外殻部とエアバックの2層構造のプロテクタを開発した。

救助者が不整地・傾斜地で継続的に作業を行わなければならない状況において、二次災害防止し落下物による怪我・転倒等を防ぎ、救助活動における安全性の向上が期待できる。

7. 研究成果の公表方法

成果については、速やかに特許出願を行い本年度行われるフルードパワーシステム学会講演会において発表し、論文発表を行う予定である。