

論文内容の要旨

氏名 佐橋 拓

【背景】1995年1月17日兵庫県南部地震より20年が経過したが、当時多くの方が瓦礫による挫滅症候群（Crush Syndrome，以下CS）で亡くなった。現在CSへの唯一の対応策として、医療・救助関係者で構成された災害派遣医療チーム（Disaster Medical Assistance Team，以下DMAT）が対処することとなっているが、二次災害の危険が伴うためこれまで実施されておらず、震災時のCSに対処する現実的な手段は、今日においても存在していない。

【目的】上記の問題を工学的に解決しようと、「人命救助ロボット」を考案した。当ロボットは遠隔操作で瓦礫の中を進み、CSの発症を阻止しつつ被災者を筐体内に収容し、瓦礫外まで搬送し、救助者・要救助者双方が安全な場所で十分な治療を行ってもらうことを目的とした災害医療用ロボットである。本研究で提案するロボットの最大の特徴としては、各目的に特化した機能を持った「キャリア・ユニット」「ブルード・ユニット」という二つのユニットで構成されている点である。本研究は、当該ロボットの実用化に向けて上記ユニットが有すべき機構について実験的に検討を行ったものである。

【方法】本論文において行った主な実験としては、キャリア・ユニットの縮尺模型を用いた瓦礫こじ開け機構によるこじ開け実験、有限要素法（FEM）を用いた強度解析、ブルード・ユニット縮尺模型によるアルキメデス螺旋駆動体の走行実験と、実物大機構模型によるCS発症阻止機構（以下CSP機構）による下肢血管駆血実験を行った。においては1/10縮尺模型を使用し、倒壊した家屋の瓦礫モデルをこじ開け機構でこじ開ける際の瓦礫の地面までの高さを初期進入口と定義し、より低い初期進入口となるような機構の上部クローラのラグの高さと間隔についての検討を行った。ではロボットは瓦礫に潜るため、上部からの圧迫に対しどれだけの強度を有しているか、三次元模型を用いて解析した。については樹脂製とアルミ製の螺旋ロッドを使用した実験を行い、螺旋羽根の形状や悪路条件を変化させ、螺旋羽根の最適な形状について検討した。具体的には、樹脂製ロッドでは螺旋羽根の間隔・高さ・材質・車体への荷重を変化させ、アルミ製ロッドでは螺旋羽根の間隔・厚みを変化させ、砂利・瓦礫モデル・露地での走行ならびにトラバース（平行）走行実験を行い、比較検討を行った。については、CSP機構の機能のみを検証するための実験用CSP機構を作製し、エアバッグと発泡ポリスチレンで構成された圧迫材にて鼠蹊部を圧迫し大腿動/静脈の血流を阻害、その状態で後脛骨動脈にて血流計による計測を行い、阻血の度合いを新たに定義した阻血率に基づき、CSP機構の効果を検証した。

【結果】においては、ラグ間隔を広げ・高さを高くする事でより低い初期進入口でこじ開けが可能となったが、逆の結果となったラグ間隔・高さの組み合わせ条件もあった。については、振動がない条件で、本ロボットが使用する環境で想定される荷重に耐えうるものであることが解ったが、ロボットの車軸せん断の可能性も残った。については、羽根の間隔・高さに関しては、走行距離に対してほとんど有意差が無く、材質に関しては硬質な羽根先端であるほど高い走破性を示し、5kgまでの荷重であれば走破性が向上するこ

とが解った。また、瓦礫モデル走破には羽根先端の先鋭化（厚みの縮小）が有効であったが、その平均走行距離は総じて低かった。悪路走破実験では、螺旋駆動体は軟質な路面ほど有効だった。またトラバース走行は、瓦礫モデルにおいても縦走行に比して 3.2 倍の平均走行距離を示した。 に関しては、予備実験で掌による鼠蹊部圧迫実験を行ったが、CSP 機構による駆血はその実験結果以上に高い阻血率を示した。また被験者 4 名で実験を行ったところ、被験者の個体差により阻血率が異なる結果を示した。

【考察】 において、想定した結果が得られなかったケースの原因として、こじ開け機構の上昇機構の干渉が考えられた。そこで上昇機構を、回転式からジャッキアップ式に変える必要性が考えられる。 においては、クローラの軸受け部に大きな負荷がかかり許容応力以上のせん断応力が生じていた。その部分を中心として、車軸強度を向上させる必要性があると考えられる。 においては、本ロボットの運用フィールドであり、硬質な路面でもある瓦礫上では、現状の螺旋駆動体は運用に適さない事がわかった。クローラとの併用を検討するか、トラバース走行を前提とした再設計を行う必要性が認められる。 においては、CSP 機構は十分に CS の発症を抑制できることが示された。また、駆血に要する圧迫圧には年齢による血管の硬さや体脂肪量、体調などの個人差が影響する可能性を示した。ただし、血流計では測定誤差が大きかったため、今後は血流計以外の阻血判定指標を検討する。

【結論】本研究では、CS に対応する人命救助ロボットを提案した。瓦礫のこじ開けについては、ラグ間隔を広げ・高さを高くする事でより低い初期進入口でこじ開けが可能となった。また提案するロボットの強度は、使用される環境での荷重に耐えうるものであることが解った。さらに悪路走破実験では、トラバース走行が有効であった。そして CSP 機構は十分に CS の発症を抑制できることが示された。このように各機構の評価実験結果から、本研究で提案したロボットの有効性が確認された。