

大型レスキューロボットの開発

—「T-52 援竜」—

藤田志朗・須藤大策

災害現場での救急救助活動の力仕事を目的とし、大型レスキューロボット「T-52 援竜」を「防災ロボット開発会議」のメンバーの北九州市消防局、独立行政法人消防研究所、京都大学などと協力して開発した。

本報文は「T-52 援竜」の開発経緯と現在までの活動及び今後の開発について紹介するものである。

キーワード：レスキューロボット、遠隔操作、災害救助、実証実験、瓦礫除去

1. はじめに

1995年1月17日の阪神・淡路大震災、2004年10月23日の新潟県中越地震はまだ記憶に新しいところである。株式会社テムザック（以下、当社）が所在する福岡県は比較的地震とは縁が少ないと思っていたが、2005年3月20日に福岡県西方沖地震が発生し、住宅133戸全壊、死者・行方不明者1名の被害が出た。

また昨年から今年にかけての2006年豪雪では豪雪地帯において死者151名を記録する戦後3番目に被害の大きかった冬であった。

これに加え、集中豪雨や台風など自然災害による被害は毎年のように発生している。

2005年4月25日には、107人が死亡し、555人が負傷した兵庫県尼崎市のJR福知山線脱線事故のような人的大規模災害も発生している。これらの犠牲者を少しでも減らすために多くのレスキューロボット開発者が日々努力している。

レスキューロボットとは、地震等の天災、火事、事故等の人災等、多くの災害の場においてなんらかの形で活躍することのできるロボットである。レスキューロボットはロボットという特性から災害時の救助活動において2次災害の可能性を減少させ、人には出せない力を出すことができる。

危険な場所への無線を用いた遠隔操作による救助や探索活動は災害現場での要救助者探索を安全に行うことができ、瓦礫等の撤去により要救助者までの道を作ることも可能である。

本報文では当社が開発したレスキューロボット

「T-52 援竜」（写真-1）について、開発経緯、現在までに行った実験、今後の開発予定について述べる。

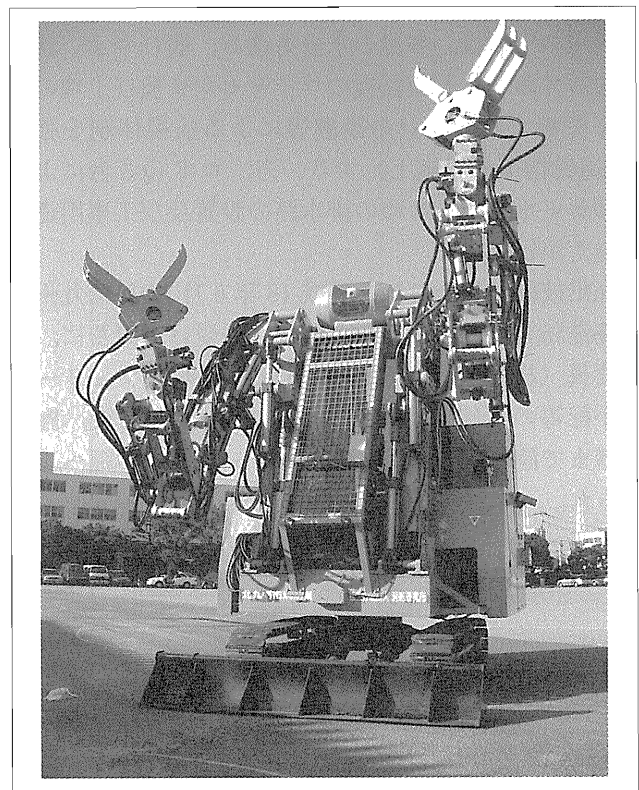


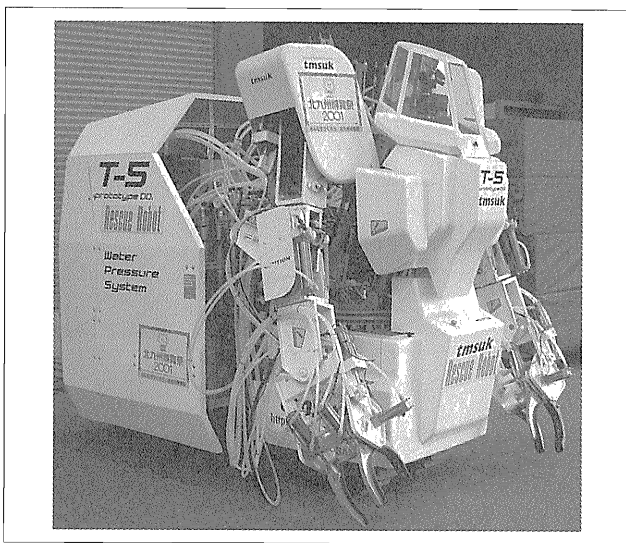
写真-1 T-52 援竜

2. 開発経緯

株式会社テムザックは「防災ロボット開発会議」のメンバーの北九州市消防局、独立行政法人消防研究所、京都大学などと協力して災害現場での救急救助活動を行う大型レスキューロボット「T-52 援竜」を開発し、

2004年3月25日東京都三鷹市の消防研究所にて公開した。

この「T-52 援竜」は2000年に発表した水圧駆動方式の大型遠隔操作ロボット「T-5」（写真—2）の後継機にあたり、「T-5」の実験によって得られた知見を活かし数多くの改善を行っている。地震などによって建物が倒壊した現場には、鉄骨や木片、コンクリート塊など、さまざまな瓦礫が積重なる。その下に挟まれたり、閉込められたりした人（要救助者）を救出するためには、迅速かつ確実に瓦礫を撤去しなければならない。救助を必要とする被災者へ、いかに早く到達するかが、救命率を上げる要因となる。



写真—2 大型遠隔操作ロボット「T-5」

また、現場は入って見ないと分からない危険もあり、救急隊員の代わりに遠隔操作で現場の状況把握ができると有用である。

そのようなニーズを背景に、人間と同じように2本の腕が有って、人間と同じような作業ができる遠隔操作ロボットができないだろうか、という現場の声から「T-52 援竜」の開発がスタートした。2本の腕が有る

ということは、片手で何かを支えながら障害物を除去することができるし、両手で効率的な除去作業も可能なはずである。

災害現場は有効な作業スペースが取りにくいものであり、重機2台分の作業を1台で可能にすることも考えられる（図—1、図—2、図—3）。

「T-52 援竜」はこういった災害現場での力仕事を目的として開発された。

3. 「T-52 援竜」の特徴

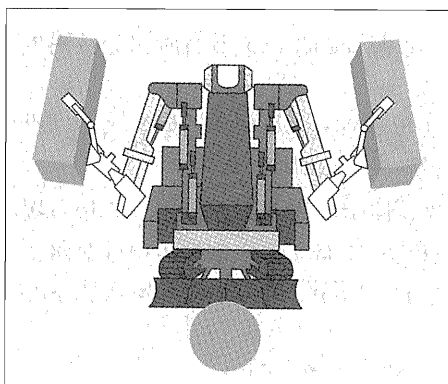
「T-52 援竜」の高さは約3.45m、全幅約2.4m、重さ5tと世界最大級のレスキューロボットとなる。「T-52 援竜」の最大の特徴は、長さ6mの2本の腕である。これにより人間と同様の作業を行うことができる。腕部の関節は左右に8箇所ずつあり、片腕で500kg、両腕で1tの物を持ち上げることができる。

動力源としてはディーゼルエンジンを搭載しており、各稼働部で必要とする電力もディーゼルエンジンによる発電で供給される。移動はクローラで行い、最高時速約3kmでの走行が可能である。2本のアーム及びキャタピラは多くの建設機械と同様に油圧により稼働させる。

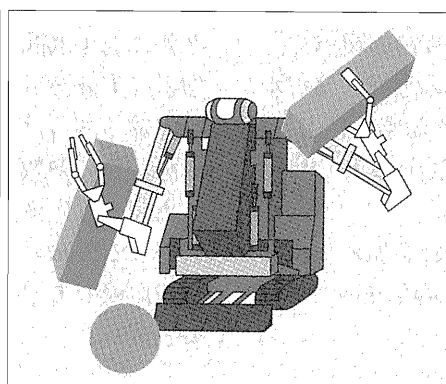
援竜は操作方式を2種類備えている。一つは、操縦者が援竜に搭乗して運転する方法である。もう一つは、2次災害の恐れがあり人が近づくことができない危険な状況でも対応できるようにした、マスタースレーブ方式及びジョイスティックでの遠隔操縦である。

マスタースレーブ方式は操縦者の腕の動きをそのままロボットに伝えることが可能で、より人間に近い動作を可能とする。遠隔操作装置は高さ全高約1m、全幅約1.2m、全長約1.8m、総重量約120kgで軽トラックの荷台に乗るサイズで移動させることができる。

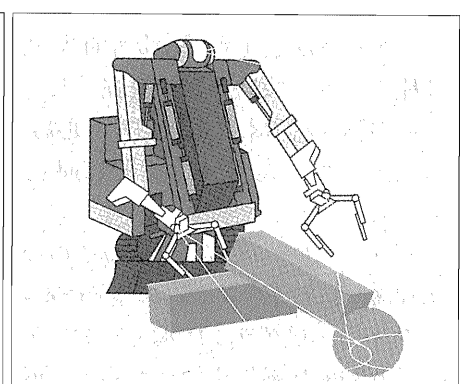
操作装置のアームの重さで操縦者が疲れないうよう、エアシリンダを使ったブレーキも搭載している。動か



図—1 両手除去作業



図—2 支え & 除去作業



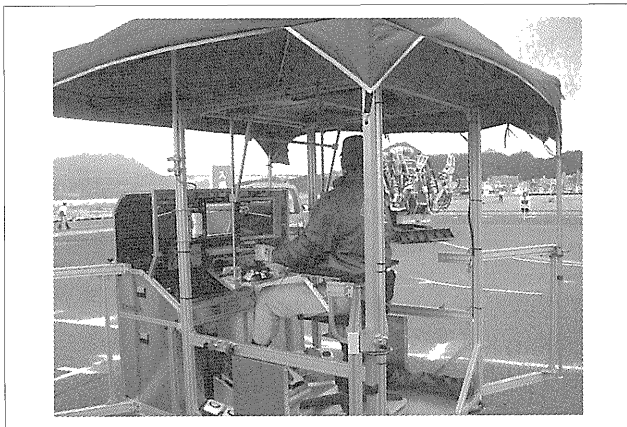
図—3 遠隔地からの状況把握

する必要のない部分を固定することで、操縦者の負担を軽減している。

ジョイスティックを用いた遠隔操作は、ロボットアームの1関節ごとに操作を行うことで、マスタースレーブ方式による操作よりも、微細な動きが要求されるときに効果を発揮する。また、アームレスト等を使用することで、レスキュー活動が長時間に及ぶ時にも操作者への負担が少なくなるという利点も備えている。

遠隔操作の場合は、現場の状況をリアルタイムに把握する必要があるが、援竜は頭部、胴部、腕部など体の各所に CCD カメラを9箇所に搭載しており、操縦者はモニタに映し出される各部からの画像を見ながら操縦することができる。

遠隔操作装置とロボット本体との間の通信は無線 LAN (2.4 GHz もしくは 5 GHz 帯) と PHS 等、移動体通信によるデータ通信が用意されており、約 150 m 以内の距離であれば無線 LAN を使用し、移動体通信であれば日本全国どこにいても操縦が可能である (写真—3)。



写真—3 遠隔操作装置

4. 消防救助隊との合同訓練

北九州市消防局と連携しながら当社は援竜の改良を進めている。2004年12月9日から10日にかけて、北九州市消防局主催の国際消防救助隊訓練の現場で、性能テスト、救助訓練を実施した。この訓練ではビル解体現場(福岡県北九州市)を地震災害現場と想定し、救助隊員が1昼夜(24時間)連続の活動により救出活動を行った。

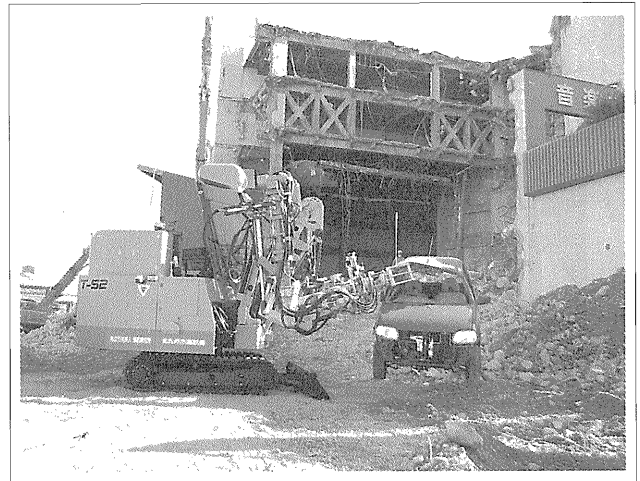
訓練に向け、援竜に以下の3点の改良を加えた。

- ①瓦礫の除去等を効果的に行うために、両手先のアタッチメントをグラブタイプに変更した。
- ②より繊細な操作を行うために、遠隔操作装置にジョイスティックでの操作方式を追加した。

- ③夜間の作業をスムーズに行うために、頭部にズーム機能付き暗視カメラを搭載した。

これらの変更点の動作確認、及び性能テストを訓練の中で実施し、更なる改良のための情報を収集することができた。

また、土砂や鉄骨等に埋まった車両からの救助訓練では、災害救助犬が要救助者を見つけ出し、鉄骨や瓦礫等の障害物を援竜が除去し、救助隊員が救助活動を行った(写真—4)。



写真—4 訓練風景

実際に救助隊員と連携し、災害現場に近い状況での訓練を行うことで、各部分に必要な強度や作業に適した大きさ等、有用なデータを得ることができた。

5. 雪害対策実験

近年、日本では冬季の雪による被害が多発している。特に日本の豪雪地帯では雪崩や、屋根からの落雪、除雪作業時の転落などにより多くの被害者が出ている。雪害に対しては約40年間、新しい技術が出てきておらず、危険な場所であっても人間による作業が行われている。そのため、遠隔操作の行えるロボットによる雪害予防及び救助活動の可能性を探るべく、2006年2月に約1週間、新潟県長岡市にある長岡科学技術大学にて実験を行った。

実験の内容は「雪庇の除去」及び「雪崩による埋没車両からの要救助者救助」である。

雪庇とは崖や建物の屋根から雪が張り出している場所のことであり、放置しておくと大きな雪の塊が落下する危険があり、雪崩の原因ともなるため除去する必要がある。

- ①「雪庇の除去」実験(写真—5)

高さ約3.5mの位置にある雪庇を「T-52 援竜」の



写真-5 雪庇の除去実験

2本のアームにより除去した。現実には、道路わきの山肌に設置された雪崩防止柵に付着する雪庇やトンネルの出入り口に張出す雪庇が雪崩や落下による事故の原因となっている。

これらの作業は現在人間（人力）により行われているが、落下した雪による怪我や生埋めになる事故が後を絶たないため、安全なロボット内からの操作もしくは離れた場所からの遠隔操作による雪庇の除去が非常に有効であることが分かった。

②「雪崩による埋没車両からの要救助者救助」実験

崖下に設置した雪に埋もれた車両を安全な場所まで移動させる実験を行った。

雪崩が起こった現場での救助作業は、2次災害を最も考慮しなければならない。一刻も早く車両の中の要救助者を救助しなければならないが、救助隊の安全を確保しなければ救助活動を行うことはできない。そのような状況下において、「T-52 援竜」のように遠隔操作が可能で、人間同様の細かい作業を人間よりはるかに強い力で行うことができるロボットが、最も活躍できるのである。

この実験では、車両の重量に雪の重量が加わることで非常に重い状態であったが、双腕を用いることで安全な場所まで車両を移動し、救助活動を行うことに成功した。

6. 遠隔操作による土質調査実験

我が国においては地震発生時の崖崩れや大雨時の堤防決壊、崖崩れなど「土」が関係する災害となる場合が多い。そのような際、2次災害防止の観点や効果的な災害対策計画の立案を目的に土質調査による土質マップの作成が必要である。

しかし、災害現場においては地盤が強固であるという保障は全くない。また、調査対象地点に瓦礫が散乱している事も想定される。そのため、救助活動を行う前に地盤の調査が必要となるが、人間が土質調査を行うことは危険が伴うことから、遠隔操作ロボットが瓦礫を取除きながら土質調査を行い、自らが進入できるかどうかの地耐力を確認しながら、調査採取データを伝送し土質マップを安全に作成することが望まれる。

「T-52 援竜」は遠隔操作が可能な双腕ロボットであるため、この目的を実現することができると考えた。

本開発は財団法人先端建設技術センターの研究助成案件として平成17年度に株式会社フジタ、川崎地質株式会社と共同で実施したが比較的浅い地盤を調査対象としている。また、実証実験は平成17年10月に「T-52 援竜」の油圧駆動を動力源として利用し、片方のアーム先端に取付けたポータブルコーン貫入試験装置により土質調査を行い、所期の機能が発揮できるかどうかを検証したものである（写真-6）。

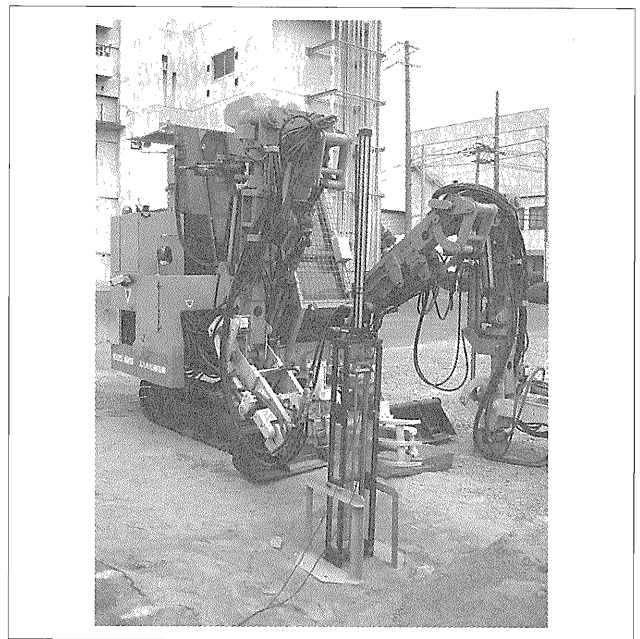


写真-6 土質調査実験

人間による調査とロボットによる遠隔調査の両方を行い、比較検討の結果、それぞれが同様の結果を示したことから、その調査システムの有用性を確認できた。

また、人間による調査では試験条件である貫入速度を一定に保つということが難しいが、油圧を利用した本試験機では貫入速度を一定に保つことが容易であり、またデータを連続的に採取できるため、より有効にデータを活用できるといえる。

7. 今後の開発予定

「T-52 援竜」はまだプロトタイプであり、様々な実験を通し必要な改善を続けているが、2次災害の予想される現場での重量物の移動、状況把握などに関しては十分実用のレベルであると考えている。

今後は、さらに安全性、耐久性、操作性、ユーザーインターフェースなどの面で改善を続け実用機を開発するとともに、小型機、大型機などのバリエーションをそろえる事で、様々な災害に対応できるものにした

また、「T-52 援竜」は救助作業を想定し、非常に細かい作業が遠隔地から行えるため、危険が伴う建設現場、土木現場、廃棄物のリサイクル現場などにおいても非常に有効であると考え。これまで2台の建設機械で行っていた作業が、2本の腕を持つ「T-52 援竜」であれば1台で行うことが可能である。そのため、レスキュー活動以外に関しても今後実験を重ね、実用化を目指す予定である。

また、前述の土質調査に関しては財団法人先端建設技術センターの平成18年度研究助成案件として、株式会社フジタ、川崎地質株式会社と共同で、さらに深層部の土質データ採取のため、動的貫入試験を行える

よう、開発中である（平成18年10月現在）。この実証実験は平成18年12月を予定している。

ポータブル貫入試験機とあわせて使用することにより、表層部と深層部の土質データの採取が可能となる。

謝 辞

本ロボットの開発は、消防関係者をはじめ、大学の先生方など様々な方の協力を得ながら行われており、関係各位に深謝致します。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 高本陽一、レスキューロボット「援竜」、建設の施工企画、[1], 55-56 (2006)

【筆者紹介】



藤田 志朗(ふじた しろう)
株式会社テムザック
経営開発部
部長



須藤 大策(すどう だいさく)
株式会社テムザック
研究所
研究企画課

現場技術者のための

建設機械整備用工具ハンドブック

- ・建設機械整備用工具約180点の用語解説と約70点の使い方を収録。
- ・建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A5判 120頁

■ 定 価：会 員 1,050円（消費税込）、送料420円
非会員 1,260円（消費税込）、送料420円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館） Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289