

T-53 援竜（中越沖地震災害復旧活動報告）

馬場勝之・久米康歳

平成19年7月16日10時13分、新潟県南西約60kmを震源とする新潟県中越沖地震が発生した。地元大学関係者の協力を頂き、地震の発生から二週間程経過した8月2日から9日までの8日間、新潟県柏崎市の被災現場に震災発生の翌日発表したばかりの災害救助ロボット“T-53 援竜”を持ち込み災害復旧活動にボランティアで従事した。作業は、倒壊した木造家屋（倉庫）から物品を搬出するというもので、いつ余震が発生するか分からない状況下で行われた。現地での活動概要を報告する。

キーワード：ロボット、地震、災害復旧、迅速な活動、共同作業

1. T-53 援竜について

T-53 援竜（以下“53”）は、災害現場等人の近づけない危険な作業環境で人の代わりに作業することをコンセプトに製作されたクローラー走行式双腕レスキューロボットの3代目で、2004年に開発したT-52 援竜（同“52”）をベースに大学、消防関係者等と共同で実施した性能テストや訓練から収集したデータ及び知見を基に開発された（写真—1, 2）。



写真—1 T-53 援竜

災害が発生した際、まず被災状況の調査が行われるが、調査により出勤することとなった場合には一刻も早く現場へ到着することが求められる。“52”と比較した場合、“53”は大幅なサイズダウンと減量が施されている。これは災害発生時の迅速な活動を最重要視した結果である（表—1）。



写真—2 国際消防救助隊訓練でのT-52 援竜

表—1 比較表

	T-52 援竜	T-53 援竜
全長	3,500 mm	2,320 mm
全幅	2,400 mm	1,400 mm
全高	3,450 mm	2,800 mm
質量	5 t	2.95 t

“52”の運搬は、低床のトレーラーを使用しているが、道幅、重量規制、被災による交通規制等、問題が多く存在した。“53”の運搬には積載量3tのスライド式車両運搬車を使用しているが、この車両は普通自動車免許にて運転が可能である。

“53”は小型特殊車両として登録されており、道路の使用許可申請等の一般道を走行することが可能である。速度の関係から一般道の長距離自走移動は迷惑なことだが、運搬車両への積み込み、積み降ろし及び移動

のために一般道を横断する時等、いちいち許可を取ることなく走行することが可能となった（大型特殊免許必要）。“53”の長さとは幅は現行規格の軽トラックよりも小さく、計算上“52”は道路幅が5m程度ないと旋回できないが、“53”は3mあればその場での旋回が可能である。小回りが利くため住宅地の路地等への進入を考えた場合、優位性は高い（写真—3）。



写真—3 運搬時の T-53 援竜

文頭にて「災害現場等人の近づけない危険な作業環境で人の代わりに作業することをコンセプトに製作されたクローラー走行式双腕レスキューロボット」と記したが、“52”及び“53”は搭乗だけでなく遠隔にて操縦することが可能である。二次災害等の危険性がある現場での作業では操縦者は安全な場所から遠隔で操縦することが可能である。“53”の遠隔操縦装置は、旅行カバンサイズのトランクに収納された、コントローラ×1、メインモニタ×1、サブモニタ×2、と無線アンテナで構成される。メインモニタには、腕の姿



写真—4 遠隔操縦装置（コントローラ）

勢の3次元画像、サブモニタにはロボットに配置された7台のカメラからの画像が表示される（写真—4）。

腕は、手部（エンドエフェクター）に木造家屋の解体等に用いられるフォーククローと呼ばれるアタッチメントを装着した全7自由度、全長3,770mmの腕を機体前方の両サイドに装備、単腕での可搬重量は約100kg。ジョイスティックを使い操縦するが、各軸の単独動作制御及び複数軸の協調動作制御を搭載しており操縦者の直感的操作を可能にしている（写真—5）。



写真—5 T-53の腕部

2. 現地の状況

8月2日13時、現地での受入をお願いした大学に到着。柏崎市はこの地震による最大震度6強に見舞われた所で、市街ではあちらこちらで家屋の修復を行っている姿が見られた。しかし被災後二週間程経っているにも係らず手付かずの倒壊家屋がまだ多数点在していた。後で聞いた所によると、解体作業に必要な人手や重機が足りず、順番待ちの状態とのことであり、今にも道路側に倒壊しそうな家屋も数軒見られた。

また、外観上は分からないが、倒壊の危険性があり立入りを禁止された家屋も相当数あるとのこと。

なお、今回関係家屋以外の写真撮影は差し控えた。

3. 作業

作業の内容は、倒壊した建物の中に残された物品の搬出である。すでに倒壊しており一応安定状態にあるが、いつ発生するか分からない余震や物品の搬出に伴う行為によりさらなる倒壊を招く危険が存在する。

作業に当たっては、ヘルメット、防塵メガネ、防塵マスク、厚手の皮手袋、安全靴を適時装着し作業に従

事する。

災害現場に不慣れでもあり、かつ、この装備での真夏の炎天下の環境においては、苦汁の作業となった。

(1) 倉庫 A

柏崎市東本町に位置する、築 100 年以上と言われる木造瓦葺総二階建ての倉庫兼車庫。所有者は文具店。保管していた書籍類の搬出を依頼された（写真—6）。



写真—6 倉庫 A

写真は道路上から写したもので、右側はコンクリート舗装された駐車場となっている。倒壊した時点で道路などに飛散した瓦礫類はすでに一ヶ所に集められブルーシートがかけられていた。周囲を確認すると、間口 8 m、奥行 14 m 程度のこの倉庫は少し駐車場側に傾きながら正面の道路側に倒壊したようであった。依頼主、地元建設会社殿からのアドバイス等から、搬出作業は駐車場側、倉庫側面、写真右側のブルーシートの部分を進入口として進めることとした。

まず進入通路確保のため、駐車場奥の倒壊した隣家の石積み塀、及び倉庫周囲に集められたバリケード状の瓦礫の排除に取り掛かるが、木材を想定したフォーククローでは硬く平滑な石の表面に爪先が滑り把持は困難であった。結局、この石のほとんどは人手で排除することとなった。倉庫周囲に集められていた瓦礫はそのほとんどが木材で、釘の先端が露出した物や先端が尖った破片状態の木材等、人が直接接触すると危険と思われる物も多数あったが、これらはフォーククローを使った排除が可能であり安全に排除作業を進めることができた（写真—7）。

進入路である駐車場の路面状態は道路方向に若干の下り勾配があるものの、足場として十分な強度があったため、重量物の排除時においても安定した作業姿勢



写真—7 倒壊した石積みの塀

を保つことが可能であったが、瓦礫の除去作業を進めて行くうちに倉庫側敷地が駐車場側よりも 400 mm 程度低く、境界に幅 400 mm、深さ 800 mm 程度（駐車場側より）の側溝が横断していることが判明した。急遽、高さを合わせるため木材や瓦礫を投入したが、地盤が柔らかな土であったため、安定した足場を確保することはできなかった。そこでこれ以上の進入を断念し「駐車場から安全に双腕の届く所まで」を作業範囲とした。

これにより解体除去の範囲は著しく狭くなり、結果、物品の搬出量は大幅に減少することとなった。

次に、倉庫の屋根及び側壁などの解体除去を行う。対象物は、瓦、木材、土壁等であった。瓦はフォーククローを使うとそのほとんどを割り砕いてしまい、これも人手で除去することとなった。屋根下地や天井材、外装材などの板材、角材類は簡単に除去できたが、柱や梁等は他との接合が強固であり、また、さらなる倒壊の虞もあることから安全上必要と思われる主な骨組み等の部分は残すこととした。

ここまでの作業により物品の姿が見え始めてきたためフォーククローを使い数個の段ボール箱の搬出を試みたが、把持力が強すぎて握り潰してしまう結果となった。この結果を踏まえ、これ以上損害を増やすことができないため、“53”を使い倉庫の骨組みを少しだけ浮かした状態で把持固定し、余震や物品搬出時の振動衝撃等からの安全な空間を確保したうえで物品の搬出作業は人手で行う、ロボットと人の共同作業とすることとした（写真—8）。

ここでの作業は、3日間行き最終的に物品 100 点以上を搬出した。当初目的とした書籍類は倉庫中央部分に保管されていたとのことだったが、解体した場所からは確認することさえもできなかった。



写真—8 “53”による安全確保

(2) 倉庫 B

柏崎市西本町，2車線道路から幅員2m程度の道路を20m程進んだ道路脇に位置する築約30年の木造瓦葺平屋建て倉庫。搬出対象は日用品（写真—9）。



写真—9 倉庫 B

写真は道路上からのもので，周辺の確認から写真の奥行き方向で6m，左右方向で5m程度のこの倉庫は道路上にほぼ真直ぐ（写真左側に）道路を塞ぐように倒壊していた。状況から，倉庫右側の側壁が露出した方を進入口とし解体除去を行うこととした。

まず，“53”を使い大雑把な解体を行い倉庫の骨組みを露出させるが，フォーククローで倒れている側壁の土壁を除去する際，掴んで引っ張り上げようとするとはろはろに崩れ落ち，竹製の骨組みだけを掴んでいる状態となっていた。土壁崩落の際には大量の粉塵が発生するため，水を掛けながらの作業となるが，搬出対象の日用品を汚したり，把持対象物や作業エリアが濡れて滑りやすくなるため，安全上最小限の水で粉塵

の発生を抑えることとした。こうやって少しずつ安全なエリアを拡大して行き，人とロボットによる除去や物品の搬出などの作業を進めた。

こちらは，2日間の作業で使用可能な日用品のほぼすべてを搬出し終了した（写真—10）。



写真—10 作業終了時の倉庫 B

4. その他の活動

滞在期間中の2日間は，地元大学構内での“53”一般公開と，避難所（小学校）への慰問を実施した。

一般公開は新潟工科大学構内駐車場において12時から16時まで，搭乗と遠隔操縦によるデモンストラーション及び操縦体験を実施した。操縦体験は，来場者の安全を考慮し搭乗にて腕のみを操縦して行う「風船割り」とした。当日は日曜日でもあったため，家族連れの方が多く未就学児から60代後半と見られるご夫婦の方まで幅広い年代の方々にご来場頂いた（写真—11）。



写真—11 一般公開の様子

慰問は、柏崎市立比角小学校を訪問して校庭の一角をお借りし、小学1年生から3年生くらいまでの児童約40名を対象に“53”の説明、デモンストレーション及び搭乗体験を実施した。同校は被災された方々の避難場所となっているとのことで、自衛隊支援部隊の隊員や車両が多数駐屯されていたが、子供たちは明るく元気であった（写真—12）。



写真—12 慰問時の様子

5. 今後について

中越沖地震災害復旧活動には作業ボランティアとして従事したため、統計的データの収集は行っていない。“53”と共に派遣された開発メンバーは、ボランティア活動の中で自身が感じた不具合や不整合を修正し、ほぼ1年後の現在“53”は様々な改良や調整が加えら

れ各機能の向上が図られている。たとえば倉庫Bでの作業時、軟弱な土壌やちょっとした段差にも苦勞した走行系の性能は、油圧ラインの見直し等により格段に向上している。この間消防関係の行事や訓練へも3度参加し「災害救助ロボット」として必要な資質データの収集活動も継続して行っている。

災害救助ロボットだけではなく家庭用の小型留守番ロボットから商業施設用サービスロボットなども開発しており、これらにおいてもそれぞれにデータの蓄積がなされている。今後はこれら膨大に蓄積されたデータを基に、将来の「ロボットが人の生活の場で働く社会」の実現に向けて、開発を進めて行きたい。

最後になりましたが、今回の派遣で大変お世話になりました。新潟工科大学の大金先生、並び、長岡技術科学大学の木村先生には、心からお礼申し上げたい。

JICMA

【筆者紹介】

馬場 勝之（ばば かつゆき）
 ㈱テムザック
 技術本部
 部長



久米 康歳（くめ やすとし）
 ㈱テムザック
 技術本部
 副本部長

