

## 20. 人道支援のための対人地雷除去機の開発

コマツ 建機マーケティング本部 市場開発部 柳樂篤司  
コマツ 開発本部 建機第一開発センタ 中上博司

### 1. 概要

世界中に1億個以上も放置された対人地雷。毎年多くの市民や除去作業員が被害を被っている。コマツは、2003年の経済産業省と(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO)による助成金事業で人道支援のための対人地雷除去機を開発した。2004年にはアフガニスタン、2006年にはカンボジアで、外務省と(財)日本国際協力システム(以下、JICS)による研究支援無償プロジェクトにより現地実証テストを実施した。地雷除去機に要求される項目は、①除去の確実性と高い速度(確実に速く地雷を除去できること)、②機動性(凹凸や急傾斜地、及び植生のある地盤でも稼働できること)、③耐久性(爆破の衝撃に耐えること)、④除去後の探知作業が容易なこと。現地テストの結果、両国の様々な地盤条件でも500m<sup>2</sup>/hの作業速度を実証。これは手作業の約25倍以上もの能力を発揮することになる。日本で始めてブルドーザをベースとして対人地雷除去専用の機械として開発された当該車両は、上記の全ての要求項目を満たし、今年度からアフガニスタンで本格的な稼働を始める。以下、詳細を述べる。

### 2. 地雷埋設国の現状

世界80カ国以上で地雷や不発弾による被害が報告されており、被害者数は毎年15000人以上とも言われている。



写真1 対人地雷 PMN



写真2 被害者

対人地雷禁止条約である、オタワ条約を批准している国の中で、特に地雷の多い国としては、アフガニスタンで1000万個、アンゴラで700万個、カンボジアで600万個あるとも言われている。

地雷除去作業は、その多くが未だ人手で行われており、危険かつ時間のかかる作業である。

人手による作業速度の目安は、1名で1時間当たり、カンボジアで10m<sup>2</sup>、アフガニスタンで20m<sup>2</sup>とも言われており、全ての地雷を取除くには今後数十年以上かかるとも言われている。



写真3 アフガニスタンでの除去作業

### 3. 対人地雷除去機の開発概要

対人地雷除去機は、弊社の中型ブルドーザのD85EX-15をベースマシンとし、開発した。



図1 対人地雷除去機のモデル案

フロント部には、地盤改良の技術で培われたCS210スタビライザーの掘削機構を応用した除去作業アタッチメントを装着し、更に防弾キャビン、専用ミッション、及びリモート操縦も可能な様にラジオコントロールシステムも準備した。

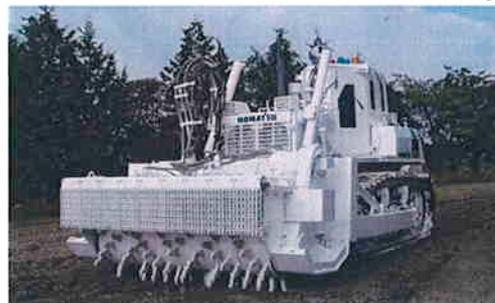


写真4 完成した対人地雷除去機

Weight	35t
Power	179kW
Length	9.0m
Width	3.5m
Height	3.6m



図2 仕様概略 写真5 ラジコン送信機

#### 4. 主要な開発項目と現地テスト結果

##### (1) 作業アタッチメントとシステム制御

開発で最も苦心した点は、確実にかつ高い作業速度を達成するための、作業アタッチメントの形状設計と車体の速度制御である。アタッチメントの形状は、最も小さい対人地雷を確実に除去できる様に刃(以下、ビット)の配列と回転数を設定した。その上で、最も掘削抵抗が少ない形状にするための形状をいくつか試作し、最終的に下記の M 型の配列をしたロータを開発し、これにより作業速度を約 50% アップした。

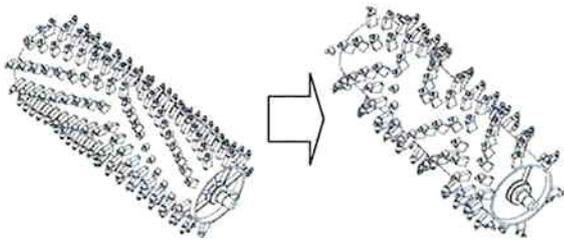


図3 当初の形状(左端)と最終形状(右端)

次に機械の制御システムについてであるが、当該ブルドーザは専用の低速ミッションを搭載しているが、それでも岩の様な硬い地盤に遭遇すると掘削不可能な状況になる。そこでトランスミッションとロータを自動制御し、除去深さ 30cm が可能な除去作業を達成するためのシステムを構成した。

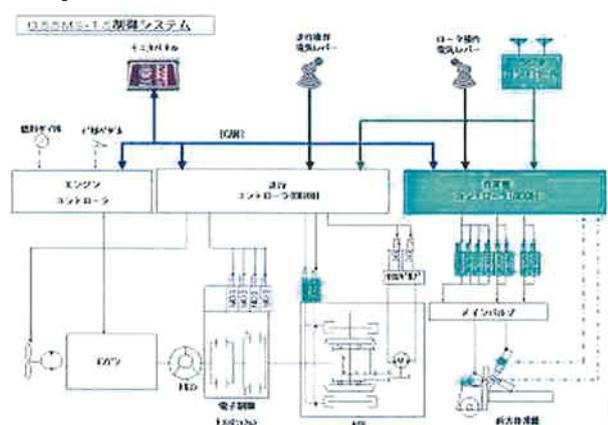


図4 制御システム

制御の仕組みを簡単に説明すると、ロータの回転数が基準値を下回れば、トランスミッションをニュートラルに戻し、掘削抵抗を軽減させる。そして回転数が基準値を超えれば、F1 の速度段で再スタートさせる。この制御によりロータ回転数を検知しながら、車体の移動速度を制御する負荷コントロールを達成した。除去速度は最高で 1000m<sup>2</sup>/h と設定した。

① 2004 年のアフガニスタンでの現地テストでは、最大で 25m x 100m の広さに、平坦地、起伏地、硬い岩地の 3 種類を準備し、全てラジコン操縦でテストを実施した。その結果、前進・後進を繰り返す実作業でのネット作業速度として、いずれの地盤でも 500m<sup>2</sup>/h 以上を達成した。また、約 30 度の斜面でも作業できることを実証し、現地の除去機関や国連等の関係者を驚かせた。



写真6 ラジコン操縦



写真7 約 30 度の勾配

そして、アフガニスタンの首都カブール空港近郊の地雷原で、約 20 分間に約 20 個の地雷を爆破処理した。そして除去跡地には地雷が残っていないことも確認した。



写真8 カブール空港近辺での爆破処理の瞬間

② 2006年のカンボジアでの現地テストでは、植生の生い茂るタイ国境付近の地雷原で、面積にして約54,000m<sup>2</sup>を、約100時間で除去した。この地盤では、地盤を掘削することに加え、同時に植生も除去した結果であり、高い作業速度と作業機の耐久性を実証したことになる。

表1 現地テストでの作業速度結果

[単位] 面積:m<sup>2</sup>、作業速度:m<sup>2</sup>/h

2004 アフガン	平坦地	面積	2,500
		作業速度	621
	起伏地	面積	1,500
		作業速度	545
岩地	面積	1,600	
	作業速度	505	
2006 カンボジア	灌木地	面積	54,000
		作業速度	508



写真9 灌木を除去している様子



写真10 直径約10cmの灌木

また、カンボジアでは搭乗およびラジコンの両方でテストを実施した。写真11はラジコンによる実作業の様子であるが、機械で除去した跡地が、更地になっていることが判る。



写真11 ラジコンによる操縦と更地化

## (2)機動性

アフガニスタンは国土の約80%が山岳地帯と言われており、急斜面や凸凹が多い。また、カンボジアの様に植生が多い地域には切り株や軟弱地が多く、悪路走破性が、機械にとって最も重要な要求項目と考える。従い、悪路に最も強い足回りをもつブルドーザをベースマシンに選定した。ブルドーザは油圧ショベルの様にリジッドなフレームにクローラが付いているのではなく、地面が凸凹していても常に地面に足を設置し高い牽引力を発揮するためのオシレーション機能を備えている。

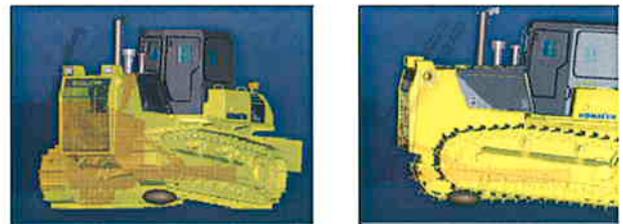


図5 オシレーション機能

① 現地テストでは様々な地盤環境下で稼働させたが、下記の写真を見ても判る様に、アフガニスタンの様な土漠の山岳地帯でも、またカンボジアの様な軟弱地であつ植生のある地帯でも、オールラウンドに稼働できることを実証した。



写真12 土漠山岳地



写真13 軟弱地

### (3) 耐久性

日本では、実際の地雷を爆破することはできないので、防衛庁の施設を借り、火薬を用いて実験を実施し、そして最終的には現地テストで実地雷を用いて検証した。

① アフガニスタンでは、角度や場所を変えて6通りの対人地雷による耐爆テストを実施した。



写真14 対人地雷を用いた耐爆テスト



写真15 対人地雷の爆破の瞬間

その結果、最大級の対人地雷(火薬 1kg)の爆破衝撃であれば、作業機アタッチメントの先端部の消耗品であるビットは少し熱磨耗するものの、その他の部分は問題無いことを証明した。

ちなみにビットは熱磨耗しても、ビット先端部が残っていればそのまま継続して使用可能である。

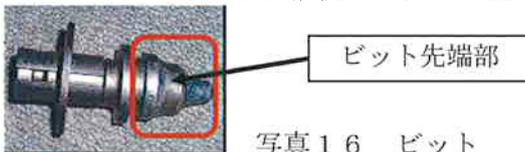


写真16 ビット



写真17 1kgの火薬での耐爆テスト結果

② カンボジアでは、万が一のことを考慮し、対戦車地雷に遭遇した場合のダメージも検証した。余談だが、日本の輸出管理令の元では、人道支援のための対人地雷除去機は軍用車両の扱いから外れたが、対戦車地雷除去機は依然、武器扱いである。従い、我々の開発の狙いはあくまで対人地雷を除去するための機材を開発することであるが、対戦車地雷の爆破衝撃を受けた際の被害度を知っておく必要がある。テストの結果、ロータ部分は損傷するものの、エンジンや足回り等の主要部分は爆破後も問題無く作動可能であり、自力で安全な所に脱出させることができた。そして現地の現場で交換作業を実施し、約2日で修復できることを確認した。



写真18 供試した TM46 対戦車地雷



写真19 対戦車地雷の爆破の瞬間



写真 20 自力脱出の瞬間



写真 22 ブレードによる整地作業

#### (4) 除去後の探知作業の容易性

機械で除去した跡地は、人力で金属探知機をかけて最終確認をする。何故ならば、これは全ての除去機に言えることであるが、地盤の凹凸や、ヒューマンエラーもあり、機械での 100% の除去率を達成させることは困難なためである。従い、機械による除去の跡地で如何に金属探知機での探知作業がし易いかが、重要なポイントとなる。下記は弊社の除去機での除去跡地を探知している様子だが、多少の凹凸はあるものの、除去した跡地が良く判り、かつ地盤が乱れていないので、容易に探知作業を実施させることができた。



写真 21 除去跡地での探知作業

#### 5. ブルドーザとしての将来利用

弊社の機材は、将来利用として、フロントアタッチメントをブレードに交換すれば、ブルドーザの最も得意とする整地作業や穂場整備にも使える。つまり、地雷除去から地域復興まで長く現地で活躍することができる。

#### 6. 地域復興へ

地雷埋設国の復興は、地雷を除去した後から始まる。つまり除去跡地に、道路等のインフラの整備、自活のための農地開発、そして人材育成のための学校等の教育インフラの整備である。この除去機の作業速度は、現地テストの結果、1 時間に約 500m<sup>2</sup> 以上を達成できることが実証されたので、この機械が 1 台、1 年間フルに稼動すれば、約 72ha の面積を除去でき、それは約 500 人規模の村の復興に寄与できると試算する。



機械による高速地雷除去



⇒ 農地開発 ⇒



道路等のインフラ整備



⇒ 学校建設

図 5 復興へのイメージ図

#### 7. 最後に

2004 年にアフガニスタンで、2006 年にカンボジアで、政府機関及び地元の地雷除去 NGO である OMAR(Organization for Mine Clearance & Afghan Rehabilitation) や CMAC(Cambodian Mine Action Center) の協力のもと、過酷で厳しい条件で、現地テストを遂行した。機械を操縦することに慣れていない現地の地雷除去 NGO の方々とは、まずは機械の使い方や地雷原での安全な作業方法等を十分議論し、トレーニングをする

ところから始まった。互いの国の文化は日本と異なり、仕事の進め方や、安全に関する考え方も違いがあったが、議論を重ねるうちに、お互いの協力関係を築ける様になった。その結果、両国において、作業性能と耐久性を十分に実証できるテスト結果を得られた。



写真 2 3 OMAR と共に



写真 2 4 CMAC と共に

そして、現地テストでの性能が高く評価され、2007年夏に1号機をアフガニスタンに納入した。また2008年の初頭にはカンボジアにも出荷する計画である。

アフガニスタンやカンボジアでは、今も地雷による犠牲者が毎年でており、子供達の被害も伝えられる。機械化により、速く、そして安全に地雷を除去できるために、コマツの技術が微力でも役に立てば、本望である。そして現地が一日でも早く復興することを願ってやまない。



写真 2 5 アフガニスタンの子供たち

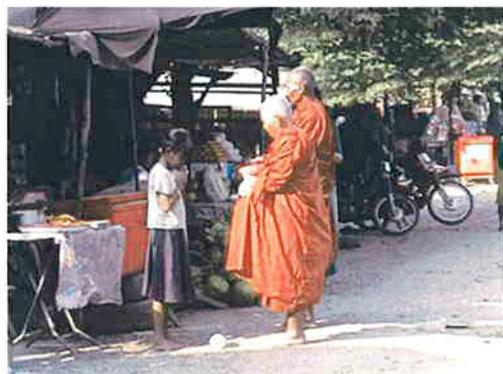


写真 2 6 カンボジアの子供と僧侶