

13 救助用ロボット開発のための避難生活体験

概 要

昔から私たちの住んでいる東海地区では東海地震が心配されている。そのため東海地震による被害を少しでも抑えるために知的制御研究部では災害救助用ロボットの研究に力を入れている。災害救助用ロボットの研究を続ける中で、東海地震の規模や阪神大震災の実態を知り、自分たちが被災したとき今ある知識と備えて震災後に本当に生きていけるのか疑問に思った。それを確かめるために避難生活体験を行なった。被災者は災害時に何が必要か、被災者がどんな心境にいるかを実際に体験し、自分たちの身体の変化を調べオリジナルの避難生活セットを作成した。

さらに避難生活体験を通して被災者の辛さを実感でき、より被災者に近い視点から災害救助用ロボットに関する研究を行うことができた。

1. 目的

この研究では自分たちの今ある知識と備えて震災後に生きていけるのかを実験し本当に必要なものは何なのかを知ることと、被災者の気持ちを理解することでより実用的なロボットを制作することを目的としている。

2. 避難生活について

2.1 状況設定

この研究は阪神淡路大震災（1995年1月17日）の東灘区で半壊の家庭を想定して1週間（7月20日～26日）それぞれ自分の家に置いてある非常用食品などの備蓄だけを利用して行った。

2.2 ライフラインについて

表1. のように水道は約75日後、都市ガスは85日後、電気の復旧は7日後、電話は14日後と復旧に多くの日数を要する。そのために今回の避難生活体験ではどれも使用することができなかった。

表1. ライフラインの復旧に要する日数^{〔1〕}

水道	75日後
電気	7日後
都市ガス	85日後
プロパンガス	11日後
電話	14日後

2.3 参加者

参加者は35歳教員1名・高校3年生4名・高校2年生4名・高校1年生1名の計10名で行った。

2.4 非常用備蓄について

被災地への物資供給には地域ごとにばらつきがあり、必ずすべての人が入手できたわけではない。しかも安定して満足できる量が供給されるわけではなく、気軽に買い揃えと言ったことも不可能である。震災発生後の生活のために、非常用備蓄は必要である。

非常食に求められる条件として重要なのは保存性、簡便性であり、そのまま食べられるということとは大きな利点である。

今回の被災者体験では、保存性や簡便性に注目し自宅に用意してあった非常食を評価した。

2.4.1 非常食の実際

図1. のカンパンは備蓄として用意している人が最も多く開封してもある程度日持ちするし缶切り無しで開封できてそのまま食べられるため保存性、簡便性はほぼ満点と言えるだろう。しかし、だからといってカンパンだけを食べ続けるとビタミン不足により身体の栄養バランスが崩れ下痢をおこすなど身体に支障をきたしてしまうため今回の避難生活体験参加者の中にもそういった者がでてしまった。トイレが満足に使えない状況での下痢は普段のそれよりも何倍も辛い。

それを防ぐためにも普段から数種類の非常食品を置いておくことが大切である。栄養素を補うと

いう点では干しぶどうやドロップスなども日持ちするためには有効であった。



図1. カンパン

2.5 身体の変化

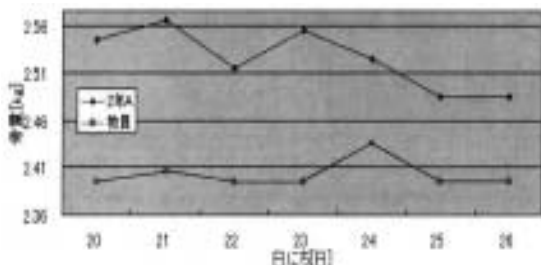
体験中、毎日朝・昼・夜の計3回体重・体脂肪・体温・体内水分量・骨量・代謝・筋肉量の計測を行った。それらの計測データの中からとった変化を表2. に述べる。

表2. 身体の変化

	平均	最大値	最小値	変動量	変動量×2
体温(℃)	36.1	36.6	35.6	1.1	2.1
基礎代謝(kcal)	1666	1697	1652	0.45	0.91
骨量(kg)	2.34	2.36	2.33	0.04	0.07
体内水分量(%)	62.3	63.1	62.1	1.0	2.0
筋肉量(kg)	41.3	42.1	41.0	1.0	2.1
体脂肪(%)	15.0	15.9	14.5	1.4	2.8
体重(kg)	63.0	63.8	62.6	1.2	2.3
室温(℃)	30.5	33.4	27.1	6.3	12.6
湿度(%)	62.1	76.0	46.5	29.5	58.9

2.5.1 骨量の変化

表3. 骨量の変化



生徒と教員の体験中の骨量の変化を比べると、表3. のように生徒は日にちごとに骨量にばらつきが見られ不安定であるのに対し、教員は安定していた。

教員の骨量変化量が安定していたのは定期的に

プロセスチーズを食べていたからと推測される。骨量が減るとカルシウムが不足し、身体的によい影響ではないのでカルシウム摂取のためにカンパンやプロセスチーズと言ったカルシウムが入った食品を食べることが重要である。

2.6 感想

今回の体験で実際に被災者の心境を体験できた。食事や風呂等の様々な制限は頭では分かっているが実際に体験してみると非常に辛かった。しかし、その体験から体験前には分からなかったような工夫しなければならない点や備蓄の欠点など多くのことがわかった。

また改めて阪神大震災の被害を痛感し災害への意識を高めることが出来た。この研究が少しでも災害の被害を軽減する事に役に立つ事が出来れば幸いである。

3. 災害救助用ロボットについて

3.1 災害救助用ロボットの必要性

震災の現場では震災による火災の発生や余震による更なる建築物やガレキの倒壊など救助活動中に起きる2次災害の危険性がある。そのため災害現場において、救助者の安全を確保しつつ、迅速に要救助者を探索・救出することのできる災害救助用ロボットが必要だと考え、災害救助用ロボットの製作と研究を始めた。

3.2 人型災害救助用ロボットの開発



図2. 人型2足歩行ロボット

実際の被災地では建物の倒壊や地面の隆起などによりタイヤ型では移動できない場所が出てくる。被災者のもとに迅速にたどり着くには不整地を移動することができ、必要に応じてガレキを除去できるロボットが必要だと考えられる。そこで人間に近い動きができ多種多様な作業ができる図2. の人型2足歩行ロボットの開発を行った。

3.2.1 人型災害救助用ロボットの特徴

2足歩行ロボットは人に近い動きができる。脚を上げて移動するため高い段差を上ることができるなど不整地での対応力が増した。人型ロボットにしたことにより、ロボットの自由度が高くなり様々な場所で移動できるようになったことはもちろんのこと、図3. のアームなどで図4. のようにガレキを除去したり要救助者を優しく救助したりすることが出来るようになった。また半自立型にしたことで操作を簡単にしている。

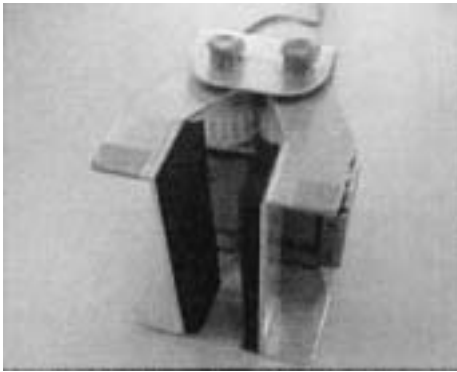


図3. 災害救助用アーム



図4. ガレキをつかむ様子

3.2.2 機体概要

今回私たちが製作した人型災害救助用ロボットである、舞夢は身長約461 [mm]、体重約3 [kg]

で25の関節自由度を持ち頭部にはCCDカメラを搭載している。人間と同じような関節構造をしており、私たちの工作技術を向上させるため市販のキットなどは使用せずに自作した。

3.3 自立型輸送・搬送用ロボットの開発

高校生でも製作可能な1/8スケールの災害現場を想定し、被災地をもよおしたフィールド内で要救助者に見立てたダミー人形を救出・発見・搬送することを目的としている。

3.3.1 自立型輸送・搬送用ロボット

「LAUGHING BOY」の研究

今回はガレキ除去・要救助者搬送に救助用ロボットの輸送という機能を加えた図5. の自立型輸送・搬送用ロボットを製作した。また被災地の悪路でも走行しやすいように駆動系にクローラを採用した。救助活動をするにあたって安全性を重視し、ロボットの危険性がある部分にカバーを取り付けた。このロボットは幅400 [mm] 奥行き450 [mm] 高さ250 [mm] 重量8.72 [kg] となっている。今回は1/8スケールで製作したがロボットを実際のものに例えると軽自動車とほぼ同じ大きさとなる。ロボットの定格トルクは24 [kgf・cm]、最大速度は549 [mm/s] となっている。車体はアクリル製で製作したため金属板と違いロボット内部を鮮明に見ることが可能なため、ロボット内部が見えない状態に比べて救助活動を行いやすくすることができる。

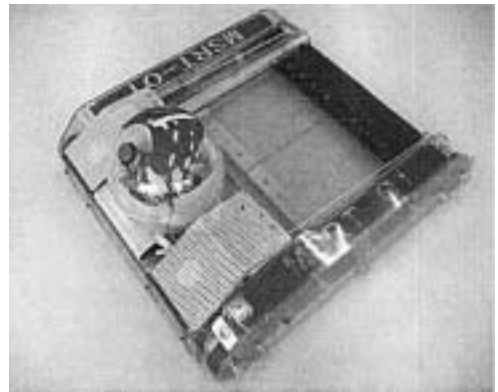


図5. 自立型輸送・搬送用ロボット

今回ロボットの脳に当たる図6. のCPUにはH8/3664F(H8Tiny)を、CPUからの信号を出力に変換する図7. のモータドライブボードにはユニバーサルドライバー（スーパー）を使用した。

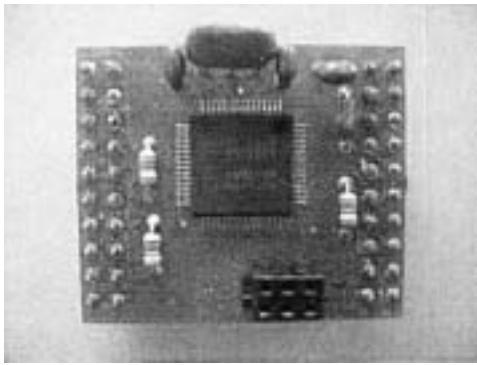


図6. H 8/3664F(H8Tiny)

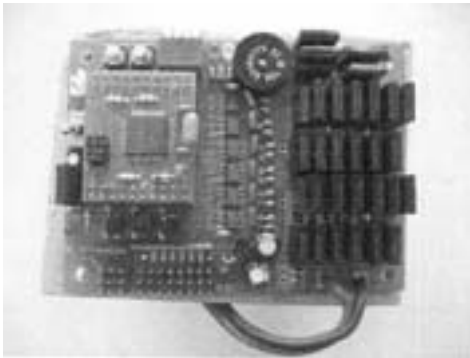


図7. ユニバーサルドライバー（スーパー）

動作方法としてラインに沿って直進し、ラインの交差点で右折などといった数値化された行動パターンを現地に行く分だけプログラムにを入力し、CPU にデータ転送したのちスタートボタンを押すと動作を開始する。

行動パターンには直進・右折・左折・ベッド操作・直進してUターン・後進してUターンがあり、必要に応じてこれらを組み合わせ「右折後ベッド操作」などの動作を製作することができる。ロボットが行う一連の動作例を図8. に示す。

ロボット輸送経路でのラインが交わるか直角になっているのを検出するごとに順に①左折、②左折、③右折、④直進、⑤左折、⑥直進した後ベッド操作というような行動を行い、救助用ロボットを目的地まで搬送する。目的地に到着後はベッドを降ろし、救助用ロボットを出動できる状態にする。そして救助用ロボットに救助された被災者をベッドに寄せ、来た道を戻り被災者を搬送する。また入力する行動パターンは現地に到着してベッド操作を行ったところまでであり、搬送はロボットが自分で判断して最短距離で帰ってくる。

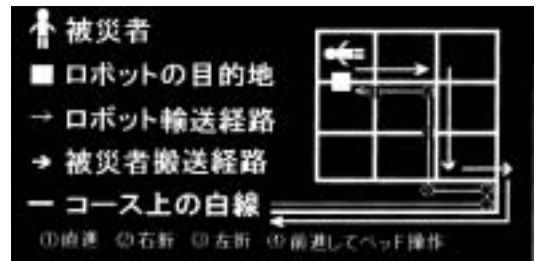


図8. ロボットの動作例

このように行動パターンを数値化することにより現地の状況に適応した動作をロボットに行わせることが迅速かつ容易にできる。また行動パターンはいくらでも増やすことができるため、プログラム上に無く現地で必要な動作もその場で製作可能であり数値化すればすぐに全体の動作の一部として使用が可能である。

3. 2. 3 救助活動での役割

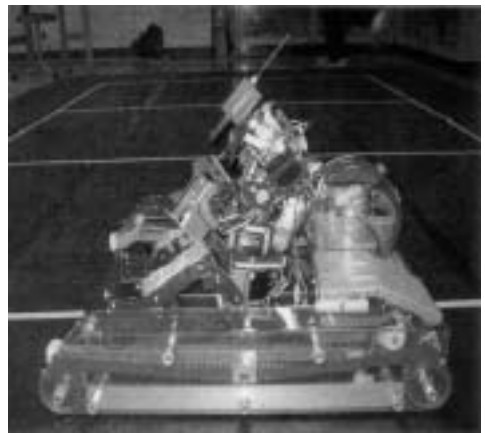


図9. 救助活動の様子

人型災害救助用ロボットの役割は不整地でも安定した移動、作業ができるという点を活かした被災現場でのガレキ除去や人命救助、救援物資の配給などである。

具体的な救助活動の流れとして、まず自立型輸送・搬送用ロボットに救援物資とともに搭載され安全な地域から被害が中程度で輸送・搬送用ロボットの移動可能な地域まですみやかに移動してもらう。到着後、人型災害救助用ロボットは単独で被害の深刻な地域に移動し、救助活動を行う。

次に待機している自立型輸送・搬送用ロボットに救助した人々を収容し、輸送してきた物資をおろして配給を開始する。その間に自立型輸送・搬

送用ロボットは安全な地域まで救助した人々を搬送するのである。

4. まとめ

今回、被災地の被害状況を調べると共に実際に避難生活体験をすることで被害の規模と共に避難地での生活の苦しさがわかった。

被災地では食糧や生活環境が大きく変化し、その影響で下痢や不眠など身体や精神に様々な支障をきたす。そうした中で少しでも健康を維持するためには、非常用備蓄が非常に有効であることがわかった。さらに避難生活は被災者の精神への負荷も大きい。身体、精神の両面において、被災者のケアができるシステムの必要性を感じた。東海地震の被害を抑えるために、県や国は様々なシステムの建て直しを行い、そして個人個人も災害に対する知識を身につけ今から非常用備蓄の準備をしておくことが重要である。

私たちは今後、被災地での病気やけがの詳しい推移、詳しい身体データの採取を行い日常のデータと比較、非常用食糧による身体への影響といった点を研究し、さらに東海地震による被害の軽減に努めて行きたい。

また災害救助用ロボットについては今回の研究で目標であった、自立型ロボットによる遠隔操作ロボット輸送及び被災者に見立てたダミー人形の搬送、ガレキの除去、クローラ機構の実現、そして遠隔操作ロボットのシミュレーションによるテスト、操作システムの半自立化、被災者の発見、2足歩行の実現、被災者救助用アームでものをつかむなどのことができた。しかしバッテリーの電力不足で動かなくなる、悪路でのセンサ不良、重量過多によるモータのパワー不足などの欠点についての研究を行わなければならないことがわかった。

これらの結果を通じて今後の課題としては、バッテリーの電力、モータのパワー不足を解決する為にマシンの小型・軽量化、自立型ロボットの速度検知を行ったり遠隔操作ロボットの体勢の把握をしたりする為に内部センサの搭載、遠隔操作ロボットが荷物を運ぶ為のキャリアなどのオプションパーツの製作、自立型ロボットの群知能化などがあるため、これらを実現するために研究していきたい。

5. 謝辞

今回の避難生活体験、被害救助用ロボットの開発にあたり、御指導くださった蝶野宏明教諭、桂智明教諭に厚くお礼申し上げます。また阪神大震災で亡くなられた多くの方のご冥福をお祈りします。

6. 参考文献

- [1] 神戸新聞 Web News, 大震災関係データ一覧

<http://www.kobe-np.co.jp/sinsai/kiroku/higai0012.html>