

# 災害時の新たな移動モビリティ 蜘蛛型歩行システム

追手門学院大手前中高等学校  
岡崎貴也 秋山奨 寺本純

## 背景

1995年の阪神淡路大震災では、亡くなった方の77%の約4200人が、建物の倒壊による圧死や窒息死でした。しかし、その多くは即死ではなく、地震発生から約15分間は生存していたと推定されています。にもかかわらず、倒壊した建物が道を塞ぎ、火災や渋滞が激しく発生したため、救急車や救助隊の現場到着が大幅に遅れました。その結果、助けが間に合わず、多くの命が失われる事態となりました。災害現場では、瓦礫や段差などにより通常の車両では進入困難なケースが多く、従来の4WD車や六輪車、キャタピラ車両でも限界があります。

キャタピラ



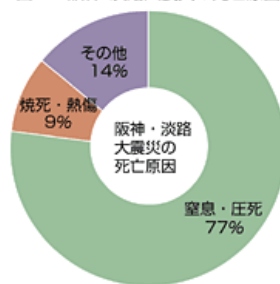
4WD



六輪車



図1 阪神・淡路大震災の死亡原因



## 1. 蜘蛛型ロボット

蜘蛛は8本足の多脚型であり、転倒しにくい高い安定性が最大の特徴です。この安定性を活かし、要救助者を乗せた状態でも安全に走行できると考えています。

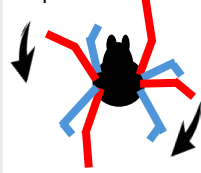
### 蜘蛛の歩き方

蜘蛛の歩行メカニズムは、昆虫が6本の足を三脚のように使って安定歩行するのと同様に、8本の足を効率的に動かすものです。例えば、常に複数の足を地面につけて体を支えながら、残りの足を動かして前進します。蜘蛛の歩き方は最初右1、左2、右3、左4を宙にあげていたとすると左1、右2、左3、右4は体を支えています。

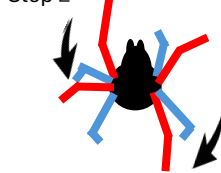
赤: 上げている  
青: 下げている



Step 1



Step 2



#### ステップ1

宙にあげている右1、左2、右3、左4を前に進めて下ろし、体を支える。

#### ステップ2

体を支えていた、左1、右2、左3、右4を宙にあげ、また前に進める。

これを繰り返します。これが蜘蛛の歩行です。

## ロボット制作

私たちはこの蜘蛛特有の動きを参考に、実際に蜘蛛型ロボットを製作しました。バージョン1.0は蜘蛛形ロボットの移動の部分に着目したモビリティを製作しました。動作を検証し、前進、後退、旋回の動作まで再現することができました。しかし、今の状態では、段差を乗り越えることができませんでした。原因として、足の自由度が足りず、旋回する際の足の動きを再現することができませんでした。そのため、現在作成しているバージョン2.0は、自由度を格段に増やし段差を乗り越える力を向上したモデルとして開発しています。

蜘蛛型ロボット ver.1.0

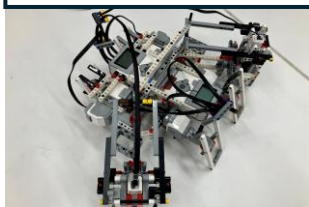


### 開発環境

EV3レゴマインドストームを使用し、教育版レゴマインドストームEV3を使用しました。



蜘蛛型ロボット ver.2.0



## 2. 蛇型ロボット

2つ目のアイデアは「蛇型ロボット」です。

ヘビがどんなに狭い場所でも、体をくねらせて通り抜けられる点に着目しました。右図のようなでれきの中に入ってしまて出れない人の生存確認ができれば、がれきを崩す工事を遅らせることができた。水を届けたりして一人でも多くの命を救うことができると考えています。

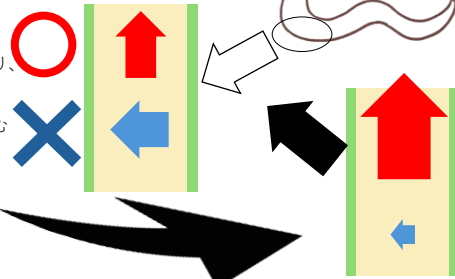


### 蛇の進み方

ヘビは、地面との「摩擦がある部分」と「ない部分」を体で交互に作り出しながら進みます。蛇の地につけているおなかの部分は特殊な鱗になっており、縦に摩擦が少なく横に摩擦が大きいです。なのでまっすぐに進みやすく、横には進みにくいです。

なので、斜めに力を入れることで、横に行く力が弱まり、縦に進む力が強くなります。

このことからナミナミに進む蛇足法を進めます。

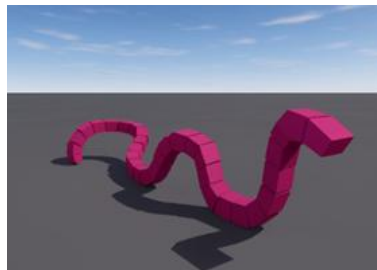


### シミュレーション

蛇には200を超える関節があると言われており非常に多くのモーターが必要になります。ですがLEGOのEV3やSpikeなどで、多数のモーターを制御してこの動きを作るのは極めて困難であり、また費用面を見てから実際に作ることは不可能だと考えました。



そこで、実機を製作する代わりに、現代物理学を用いたシミュレーションを活用します。コンピューター上で、できるだけリアルな蛇型ロボットの動きを「疑似的」に作り出すことを目指しています。コンピューター上のシミュレーションを使用する利点として、現実空間での再現に時間がかかる局所的な場所の再現が容易である点が挙げられます。これらの活用により、更にリアリティのあるモデルの作成が可能です。



## 3. 今後の展望

蜘蛛型ロボットとヘビ型ロボットを組み合わせることで

- ① 蜘蛛型ロボットで現地に移動
  - ② ヘビ型ロボットを分散させ要救助者を探索
  - ③ 見つけ次第蜘蛛型ロボットが向かい、救助する
- 要救助者を速やかに助けることができます

蜘蛛型ロボットは、階段などを使用した段差を乗り越える実験、検証を進め、さらなる優れた制御を目指します。今想定している物理モデルの他、更に色々な物理モデルの作成、検証を進めます。

蛇型ロボットは、シミュレーションの作成を重視し、動作、動きをさらにリアリティのあるものに改良していきます。さらなる開発に向けて、狭い場所や局所的な場所を再現した空間での検証も視野に入れて進めます。



私たちの開発するロボットは、阪神淡路大震災のような大規模災害に対して、災害現場などの人が立ち入れない局所的な場所での移動・探索・救助を主な目的としています。さらに、これらの技術を用いて、将来的には宇宙探査機として、惑星表面の局所的な地形での調査・探査活動も含めて開発を進めていきます。

