

# クモの巣型ロボット

クモの巣から着想を得た  
ケーブル式ロボット

地球の重力加速度の  
10倍でポジショニング

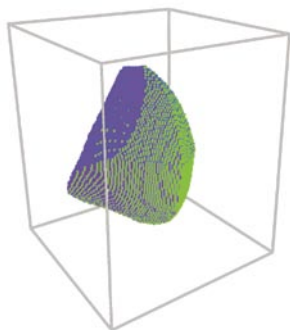
dSPACE プロトタイプ  
ングシステムが強力な  
制御を提供

ドイツの Duisburg-Essen 大学のメカトロニクス学科で工学系と数理系の研究者たちは、数年間にわたり、新しい画期的なタイプのロボットについて研究を行っています。クモの巣からの着想と先端技術で生まれたケーブルの驚異的な耐荷重性能により、この研究中のロボットはさまざまな用途でケーブルを使用して物を動かすことができます。DS1005 PPC Board をベースにした dSPACE システムは、強力で信頼できる制御を提供します。

多くの産業用途では、ロボットが運搬する積載量は、ロボット自身の重量と比較するとほんのわずかです。つまり、積載物を輸送する場合に、エネルギーの大部分はロボット自体を加速するために必要となります。この結果、エネルギーを多く消費するわりには加速力は得られません。

## 地球の重力加速度の 10 倍

Duisburg-Essen 大学の研究者チームは、この欠点を克服する新しい種類のロボットを研究しています。考え方としては、グリップを備えたプラットフォームのように、ケーブルを使用して積載物を移動し、ポジショニングします。ケーブルの長さによって、プラットフォームの位置が決定されます。ケーブル長をすばやく変更するため、ケーブルは、それぞれ直接駆動されるウィンチで巻かれます。ケーブルウィンチは、支持用フレームワーク上の固定位置に取り付けられているので、積載物を乗せたプラットフォームの慣性とケーブルウィンチの慣性モーメントを上回る力があれば十分です。ケーブル自体の質量は無視できるほど小さく、最新のハイテクファイバ製であるため、非常に大きな抗張力を持っています。このプロトタイプ「SEGESTA」は、いわゆるケーブル式の並列ロボットの可能性を示すものです。SEGESTA の加速性能は、地球の重力加速度の最大 10 倍、速度は最高 10 m/s にも達します。このため、単なるプロトタイプにもかかわらず、このシステムは、大部分の市販の産業ロボットより優れた加速性能を発揮します。



▲ シミュレーションで決定される SEGESTA の使用可能な作業空間

## モータウィンチによって負荷を分散

興味深い点の一つとして、このプラットフォームは 6 の自由度（移動、回転）があるため、少なくとも 7 本のケーブルで、空間内のその位置に保持する必要があります。その理由は、ケーブルが引くことはできても、押すことはできないからです。並列構造のため、研究中のケーブル式システムの作業空間は、比較的複雑になります。発生する力は必要な数のモータウィンチに分散できるため、クレーンで取り扱うもののように非常に重量のある負荷を比較的大きな加速



▲ プロトタイプでの作業：機械的構造は単純ですが、制御システムは複雑です。

度と速度で移動できます。より重い積載物を運ぶ必要がある場合は、ウィンチを追加するだけで安全性と最大支持力を高めることができます。対応可能な大きさは、超大型で積載量の大きなロボットからマイクロの範囲まで多岐にわたります。

## dSPACE による信頼できる制御システム

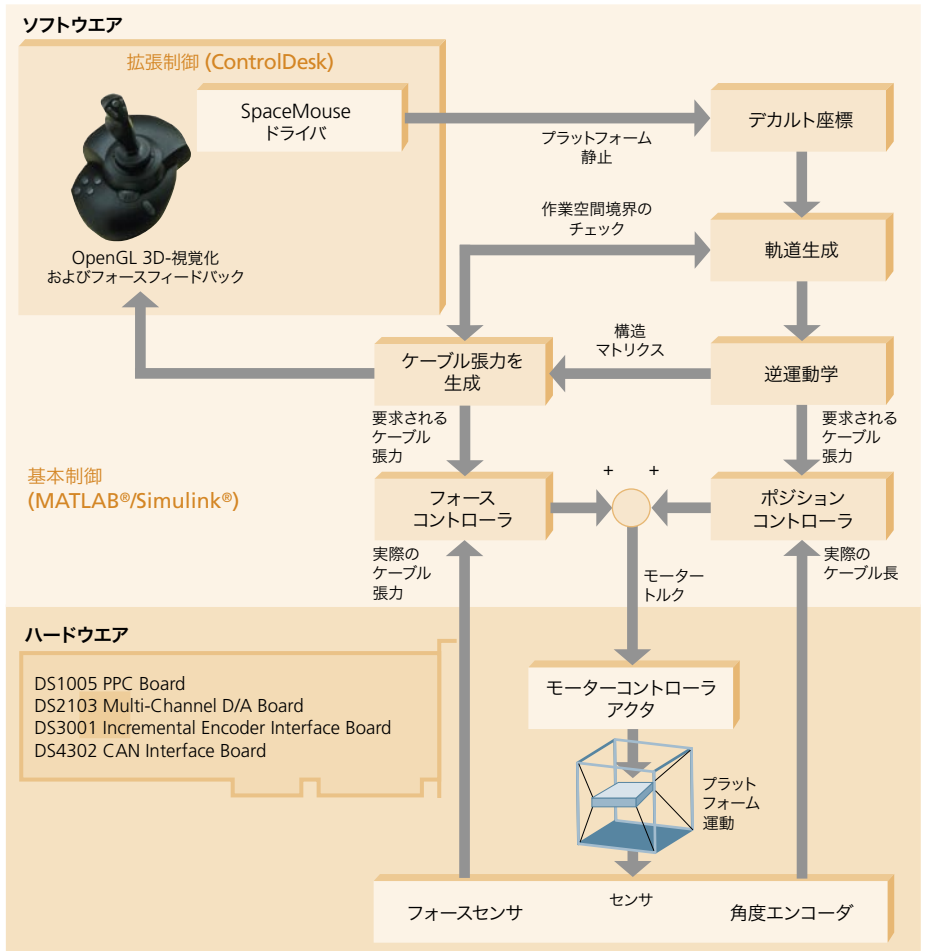
このロボットの達成可能な速度を制御するためには、コントローラは 1 kHz 以上の高い周波数が必要となるため、制御システムに関する要件は非常に厳しいものです。さらに、ケーブル長とケーブル張力を計算するために強力なプロセッサが必要です。そこで、このテスト装置のために業界で信頼されている制御システムを探した結果、私達は dSPACE システムを選択しました。多数の入出力ボード (DS2103 Multi-Channel D/A Board、DS3001 Incremental Encoder Interface

Boards, DS4302 CAN Interface Board) を装着した DS1005 PPC Board を基礎として、強力な制御システムを構築しました。このシステムは、MATLAB®/Simulink® を使って簡単にプログラミングすることもできます。また、このシステムは、最新の制御システムについて学生に理解させるためにも最適の教材です。

この制御システムは、以下のような構造を備えています。

- このシステムは、要求された軌道に沿って位置と速度を補正し、基準変数を提供します。
- インバースキネマティクス（逆運動学）が、要求された位置と速度に合ったケーブル長と速度を計算します。
- ケーブルの実際の長さ（および数値微分により計算された実速度）は、dSPACE システムの入出力経路で決定されます。
- PD コントローラが基準電流を計算し、プロトタイプデジタルモータコントローラに送信します。

このテスト装置は、マニュアルモードで ControlDesk の試験環境を経由して Windows® 入力デバイスを柔軟に組み込むことによって多大なメリットを得ることができます。



「絹の糸」の実用化

ケーブル式の並列ロボットが使用できる適用分野は、多種多様です。大きな作業領域を必要とするあらゆる種類の用途に使用できます。たとえば、大型の工場や倉庫内の輸送などが考えられます。また、工業分野でのハンドリングやピック&プレイスなど、高速であることで大きなメリットが得られる用途にも使用できます。また、このシステムは、たとえば、メリーゴーラウンドのように人に直接接触する場合にも実行でき、医療用のリハビリテーション技術の分野でも貴重なサポートを提供します。特に、医療用リハビリテーション技術の分野では、他のドイツおよびヨーロッパのパートナーと協力して、たとえば、事故や手術後に患者が歩行を練習する際に役立つ「絹の糸」のようなケーブルを使用する整形外科的な補助装置を開発できないかと考えています。ケーブルを患者が着用するコルセットに接続し、安全措置のために少しだけたるませて補助を与えることも、患者の全体重を支えるためにびんと張った状態で使用することもできます。このメカニズムはまったく目立たないので、患者は、機械につながれているということを意識しません。ケーブルは、補助のためだけに使用されます。

Tobias Bruckmann  
メカトロニクス学科長、  
学部長は Dieter Schramm 教授  
(以前は Manfred Hiller 教授)  
Duisburg-Essen 大学  
ドイツ

▲ SEGESTA テスト  
ベンチの力と位置決め  
制御の概略図

用語解説

**デカルト (直交) 座標系** - 高さ、幅および奥行きで表される位置

**インバースキネマティック (逆運動学)** - プラットフォームの位置からケーブルの長さを逆算

**並列システム** - ロボットのグループ

**作業空間** - ロボットが移動できる領域 (3つのすべての空間的方向への移動、3つのすべての軸を中心とした回転)