

世界初、^{※1} 本格4脚歩行ロボ「Spot」の「設計思想」「実現技術」「電

本格4脚歩行ロボ「Spot」を 世界で初めて^{※1} 分解・分析

本体価格 約820万円^{※2}の製品をバラバラにし、その構造を徹底分析

Spotは米Boston Dynamicsが開発し、2020年6月から一般に販売を開始した4脚歩行ロボットです。4脚を見事に動かし、平地はもちろんのこと、階段や岩場の上り下りが可能です。倒れたら自力で起き上がる機能も搭載。一度歩かせた道を自律歩行する機能も備えます。

重さはわずか31.7kg。605Whの電池で90分稼働し、14kgまでの荷物を運ぶことができます。約820万円^{※2}と高価ですが、商用製品にまで仕立て上げられた世界初^{※1}の4脚歩行ロボットです。

本書では、実機を徹底分解・分析することで、

- どうやって操作するのか。
- カスタマイズは可能なのか。
- どう制御されているのか。
- どう動作するのか。
- どのような部品で、実現されているのか。

など、技術者なら誰でも興味を覚える点を明らかにします。

※1) 日経クロステック 調べ(2021年8月31日時点)

※2) 1米ドル=110円で計算



200点超の写真や図表を収録。視覚的に理解できる

メインコンピューター、脚部のドライブ機構、冷却機構、カメラ、電池パック、コントローラーなどについて、200点を超える画像や図表を掲載。機械工学の専門家の視点で、分かりやすく解説します。



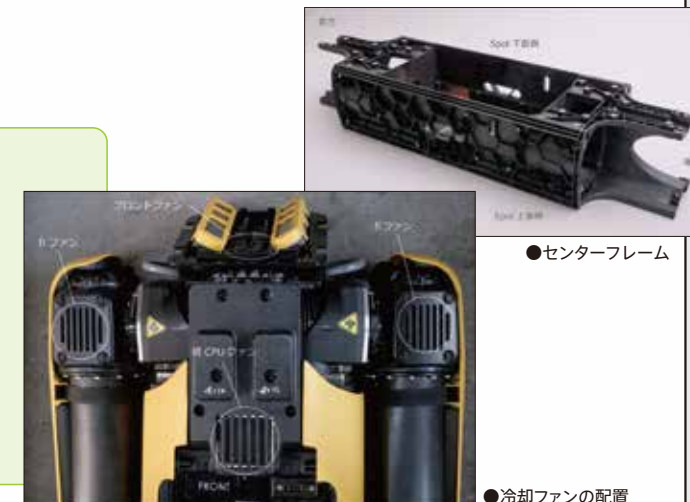
4脚歩行に必要な 技術要素が理解できる

分解・分析で見えてきた“4脚歩行に必要な4要素”を徹底解説

分解・分析を行うことで、4脚歩行のために必要な4つの要素

①全体構造、②歩行機構、③制御、④冷却が見えてきました。設計思想とともに、各所に施された工夫を解説します。

- ①全体構造：胴体の重さや歩行の際の衝撃で破壊が起きないように、軽量、強固かつ柔軟な素材と構造を採用。
- ②歩行機構：コンパクトなモーター機構や、地面の凹凸にすばやく反応するための工夫。
- ③制御：必要最小限でありながら効果的にセンサーを配置。随所に高精度・高レスポンスで動ける工夫。
- ④冷却：高い計算能力を持つコンピューターと高速で動くモーターを冷やすための工夫。



機械エンジニアの視点でSpotの機構を詳しく解説

Spotを一言で表現するなら、ハイエンドなパソコンと、4脚歩行の駆動機構が融合した製品です。そのため、歩行機構をどのように実現しているのかが、分析の肝となります。そこで、本書では、メカニカル分野のエキスパート、松田篤志氏に協力を仰ぎ、機構のみならず、運用・保守など、実際のエンジニアにしか分からない視点も盛り込みました。

執筆協力：エーエムクリエーション 社長 松田篤志氏

ヤマハ発動機で無人ヘリコプター「RMAX」シリーズを開発。慶應義塾大学 電気自動車研究室で電気自動車を研究。

すべての電子パーツを基板、ICレベルで分析

電子部品は、スマートフォンや移動通信基地局など、さまざまな電子機器を分析してきたフォーマルハウト・テクノ・ソリューションズの協力を仰ぎ、徹底分析しました。

IC一つひとつを可能な限り調査、分析

- 機能 ●ラベルや形状 ●部品メーカー ほか

細部の拡大画像で、分かりやすく表現

- 筐体内での基板の搭載位置 ●接続方法 ●基板の層数 ほか



「子装備」を明らかに。

実運用のための注意点、 今後必要な改善点が見える

実地試験と分解調査で分かったSpotの弱点を解説

平地、斜面、積雪、水路等、特殊条件を想定した走行テストを実施し、滑りやすい斜面、足元の障害物への対応、転倒からの復帰などを検証しました。分解によってSpotは非常に洗練された構造や機構を持つことが分かりましたが、実地試験の結果、改善点も見えてきました。2つの大きな課題、「防水防塵への弱さ」と、「滑りに対する耐性のなさ」について解説します。



水没させたSpotから見た防水対策の甘さを徹底解剖

水没直後の動作不能になったSpot各部を分解し、水の侵入状況を細部写真で検証。

- 各パーツを結ぶコネクタの選定は？
- シール方法は？
- メンテナンスを想定した、分解性、リペア対応は？

屋外、雨の中や沼地などの劣悪環境で走行可能にするための課題を明らかにします。



便利なオンラインサービスもあります。 ※ご利用には【書籍+オンラインサービス】セットのご購入が必要です。

オンラインサービスでは、本文や画像を検索したり、資料作成にしたいテキストや図表をダウンロードしたりできます。説得力のある企画書づくりにお役立てください。



写真や図表を
ダウンロード。
資料作成の
効率UP!

● 写真や図表だけを探せる

入力したキーワードと関連する写真や図表だけを抽出しサムネイル表示。クリックして詳細情報にアクセスできます。

● ボタン一つでPowerPointに出力できる

出典情報や説明文と一緒に、PowerPoint形式でダウンロード。企画書など、資料作成時の手間が大幅に省けます。

下記のような写真・図表をダウンロードして、資料作成にご活用いただけます。

- 《第1章より》 ●Spotの外形寸法 ●Spotのコントローラーを使った「Touch to go」の操作画面
●Spotの外部拡張機能 ●ペイロード接続用のコネクタ
●ペイロード接続用のコネクタのピンアサイン ●LIDARペイロードの外観
●6軸アームとグリッパーで構成 ほか

- 《第2章より》 ●9種類のSpotのサービス群 ●Controlサービスの主なAPI群
●Dataサービスの主なAPI群 ●Spotを動作させるサンプルプログラム ほか

- 《第3章より》 ●レッグドライブアセンブリ ●起動前の姿勢 ●転倒からの復帰
●階段を下るSpot ●Spotの脚 ほか

電源	600Wh
平均動作時間	90分
搭載容量	1800Wh
充電時間	120分
無線通信	WiFi (2.4GHz/5GHz/802.11b/g/n), 1000BASE-T
移動	最高速度 1.6m/s (制限5.76km/h)
最大歩行速度	0.75m/s
最大スリッパ高さ	300mm
水平方向の視野角	360°
範囲	4m
解像度	1/2-Lux
動作停止	設定した距離
動作温度	-20~45℃
動作湿度	0~70% RH

4脚歩行ロボ「Spot」徹底分解 目次

第1章 Spot概要

- 1-1 全体像と諸元 ●全体像 ●諸元
- 1-2 操作方法 ●外部操作機器との接続方法 ●付属コントローラーによる操作 ●PCによる操作
- 1-3 外部拡張機能 ●全体像 ●搭載用レール ●外部インターフェース ●拡張用ペイロード

第2章 ソフトウェア開発基盤

- 2-1 全体像 ●動作モデル ●サービス群
- 2-2 サービス ●GraphNav ●Mission ●Choreography ●Docking ●State ●Control ●Data ●Base ●Payloads ●Arm
- 2-3 プログラミング ●プログラミング環境 ●サンプルプログラム

第3章 動作モデル

- 3-1 通常時動作 ●可動部の構成 ●歩行方法
- 3-2 異常時動作 ●異常が起こるケース ●異常時のリカバリー動作

第4章 全体構造

- 4-1 概略 ●分解手順 ●全体構成 ●カバー ●冷却構造
- 4-2 メインフレーム ●メインフレーム全体 ●フロントフレーム ●センターフレーム ●リアフレーム ●アッパーパネル
- 4-3 脚部 ●脚部全体像
- 4-4 防水防塵対策 ●想定される使用環境 ●各部シーリング ●課題

第5章 メカ部品

- 5-1 全体像 ●レッグドライブアセンブリ構成概要
- 5-2 Kneeドライブユニット ●Kneeドライブ全体構成 ●ボールねじ部 ●ロードセル基板 ●Kneeドライブ用モーター ●コネクションロード周辺 ●直動アクチュエーターケース周辺
- 5-3 Y軸ドライブユニット ●Y軸ドライブ構成 ●Y軸ドライブ用モーター ●Y軸ドライブ用トルクセンサー基板 ●ハーモニックドライブ ●周辺回転部品
- 5-4 X軸ドライブユニット ●X軸ドライブ構成

第6章 エレクトロニクス部品

- 6-1 電気接続 ●接続位置 ●外部インターフェース ●ハーネス ●アンテナ
- 6-2 構成部品 ●コネクションボード ●深度カメラ ●ファン ●LEDモジュール
- 6-3 メインコンピューター ●搭載位置と搭載方法 ●マザーボード ●CPU基板 ●WiFi高周波基板 ●姿勢センサー
- 6-4 レッグドライブアセンブリ ●搭載位置と搭載方法 ●モータードライブ基板 ●ロードセル基板 ●トルクセンサー基板 ●エンコーダー基板
- 6-5 電池パック ●外観と仕様 ●内部構造 ●制御基板
- 6-6 コントローラー ●外観と仕様 ●内部構造 ●メイン基板

第7章 ペイロード

- 7-1 入手したペイロード ●概略
- 7-2 Spot Cam ●外観 ●基板搭載位置 ●搭載基板
- 7-3 EDGE CPU ●外観 ●基板搭載位置 ●搭載基板
- 7-4 LIDAR ●外観 ●基板搭載位置 ●搭載基板

- 《第4章より》 ●Spot Explorerの諸元表 ●Spotのコンポーネント全体構成 ●冷却ファンの配置 ●リヤセクション構成部品 ●水没直後のバッテリー収納部 ほか

- 《第5章より》 ●レッグドライブの構成 ●直動アクチュエーターの分解 ●ロードセル基板 ●Kneeドライブのエンコーダー構造 ●トルクセンサー基板 ほか

- 《第6章より》 ●全体システムブロック図 ●リヤフレームにあるEthernetポート ●アンテナ搭載位置 ●コネクションボード内部の結線方法 ●深度カメラの基板構成 ●冷却ファンの配置 ほか

- 《第7章より》 ●Spot Camの内部構造 ●分解したEDGE CPU ●LIDARを分解したところ ●スリッパリング ●信号処理基板A面 ●レーザー駆動基板 ほか

※収録している写真・図表の一覧は、webでご確認いただけます。

