Open Manipulator X セットアップマニュアル 【サンプル】

はじめに

Open Manipulator Xは試作開発用で多数の実績があるロボットアームです。 開発資源はいわゆるオープンソースで開発されていますので、研究開発や独自拡 張をする際に問題となる技術的ブラックボックスやベンダーロックインの心配 をせずに開発をすすめることができます。アプリケーションの開発は人気のあ る手動教示から軸ごとの個別角度設定、さらにはプログラミングによる精密な 動作制御まで可能です。

この冊子はそういった特長をもつOpen Manipulator Xについて詳しくご紹介 し、その後簡単に使えるアプリケーションを通じて実際にロボットアームの操作 を体験して頂ける構成になっています。



はじめに 3		
Оре	en Manipulator Xの特徴	5
	オープンソースであるということ	6
	Open Manipulator X基本セット内容物	8
	性能諸元	14
	Dynamixel サーボ XM-430 概要	16
実際	にうごかす	18
	Open Manipulator XとOpenCRの接続	19
	<i>GUI</i> 環境構築	21
	<i>GUI</i> サンプル解説:サーボ指定[<i>JOINT SPACE</i>]	29
	<i>GUI</i> サンプル解説:タスクスペース[TASK SPACE]	.33
	<i>GUI</i> サンプル解説:手動教示[HAND GUIDING]	35
	<i>GUI</i> サンプル解説:モーション再生[<i>MOTION]</i>	38

Open Manipulator Xの特徴

OpenMANIPULATOR-X はアカデミック分野で採用実績が豊富なシリアル サーボモーター「Dynamixel Xシリーズ」と3D印刷パーツで構成されていま す。 Dynamixel Xシリーズはデイジーチェーン方式を採用しています。 拡張が用 意であり四角い形状は色々な形状にフィットするよう設計されています。

OpenMANIPULATOR-Xの特筆すべき特徴として、オープンソースであること があげられます。大きく分けて2つあり、一つはソフトウェアのオープンソース 化、もう一つは本体設計や電子回路を含んだハードウェアのオープンソース化で す。

オープンソースであるということ

Open Manipulator Xはオープンソースエコシステムにて運用されるシステム です。他の製品ではソースコードやハードウェア設計がクローズドになっている ことが多く、そのため論文執筆や検証の際に追跡ができないという欠点があり ました。我々のOpen Manipulator Xはオープンソースであるため、検証が容易 です。また、ご自身で改善頂くことも推奨しております。もしよい案がでました ら、ぜひ共有くださいね。

OpenSoftware

OpenMANIPULATOR-X で活用されるソフトウェアはオープンソースで公開されています。これは制御プログラムのみならず、それに付随して作成されたユー ティリティについても同様です。これら実装はユーザー様がソフトウェアを開発 して頂く際のリファレンス実装としてもご活用いただくことが可能です。

実際のソースコードは著名なオープンソースプロジェクト共有サイトである Github上に掲載されています。ソースコードのコミットメントも歓迎しておりま すので、改良案や掲載などは是非是非お寄せください。

OpenHardware

OpenMANIPULATOR-X は、オープンハードウェア指向のプラットフォームで す。ほとんどのコンポーネントは「STLファイル」としてアップロードされてい ます。これをダウンロードすれば、ユーザーは簡単に複製品を3Dプリントでき ます。また、ご希望であればリンクの長さや本体設計を自分の目的に合わせて 変更いただいても問題ありません。 制御ボードOpenCRも本体の設計情報同様にオープンソースです。開発プラットフォームは教育分野で実績の多いArduino開発環境を採用しています。そのため、先行する開発資源を流用でき、公式・サードパーティから供給される教材 資料によって新人教育もスムーズに実施できるでしょう。設計になっています。 性能も十分なものをもっており、とくにコアは強力なSTM32系チップセットを 搭載していますから、順運動学や逆運動学、および「プロファイル制御」といっ た他のArduino系ボードでは実現が難しいような計算もこなすことができます。 それでいて、Arduinoシリーズの特徴である豊富なライブラリや周辺ボード・拡 張基盤の開発資源を転用することもできる優れものです。こちらについては、 OpenCRの冊子で詳しくご紹介します。



Open Manipulator X基本セット内容物

この章はOpenMANIPULATOR-Xの内容物をご紹介します。

まず、内容物をを確認してください。OpenMANIPULATOR-Xは単体で動作す るものでないので、制御および操作するには、オプションの部品が必要です。な お、準備する必要があるコントローラーまたは通信ボードは、ユーザー様の開 発目標により利用するものが異なりますのでご注意ください。

Base Plate-02



「Base Plate-02」は、その名称の通りOpenMANIPULATOR-Xを固定するために使用されます。アームを固定するネジ類と、そのためのがあらかじめ切られています。十分な重さがあるため、大きな動きをさせても転倒せずアプリケーションを実行できます。

本体と台座との固定方法

Open Manipulator XをBase Plate-02に固定することで、動きの大きいアプリ ケーションや重量物の移動でも転倒させずに連続駆動ができます。

まずOpen Manipulator Xを横倒しし(上段左)、サーボID11のネジを取り外し ます()上段中。次にBase Plate-02付属の長いネジを4本と樹脂製のリングを取り 出し、後者をサーボに取り付けます(上段右)。Base Plateのテーパーがきられて いる面に裏返し、長ネジを挿入、その方向からサーボに取り付けます(下段左)。 出っ張りがないことを確認してテーパー面を下にすれば完成です(下段右)。











SMOS 12V5A (電源ユニット)



電源ユニットである「SMPS 12V5A」は、OpenMANIPULATOR-Xのサーボ

モーターに12V電源を供給するACアダプターです。

制御ボードOpenCR



制御ボードOpenCRは教育分野で実績の多いArduinoプラットフォームにて開 発されています。Open Manipulator Xの操作には順運動学や逆運動学など大量 の不動点小数をもちいた計算が必須ですが、OepnCRはSTM32系チップセット を搭載していますのでそういった計算も競合ボードでは実現が難しいような計 算もこなすことができます。それでいて、Arduinoシリーズの特徴である豊富な ライブラリや周辺ボード・拡張基盤の開発資源を転用することもできる優れも のです。こちらについては、後ほどの章で詳しくご紹介します、

U2D2 / U2D2 Power Hub Unit



[U2D2]と[U2D2 Power Hub Unit]はPCと接続する際に使用するもので、 OpenCRとは実質選択制になります。ROSという高度な開発環境を用いる際、 計算資源が豊富なPCと接続するために「U2D2」と「U2D2 Power Hub Board」 の組み合わせを用います。逆に、よく持ち運んだり、スタンドアローン性が重要 視される場合はOpenCRのほうが都合がよいでしょう。

なお、本マニュアルではOpenCRを中心にした解説を行なっています。U2D2 を利用したアプリケーションは別冊「ROS開発マニュアル」をご参照くださ い。

Open Manipulator X本体

基本セットに含まれるOpen Manipulator X本体はあらかじめ組み立てられた 状態で出荷いたします。本体は次図のようにサーボモーターやケーブル類など数 多くの部品で構成されています。特筆すべき特徴として、構造部品は3Dプリン トで出力されたものであり、かつその設計がオープンソースであるという点があ げられます。構造物の三次元データ(STLファイル)はダウンロードサイトから導 入することができますので、たとえばご希望のアプリケーションに合わせてアー ム長を伸ばしたい場合、新規設計のパーツに差し替えできるというメリットが あります。ただし、ご自身で改変されたパーツを用いた際に生じた問題は保証 対象外となりますので、あらかじめご了承くだい。



Open Manipulator Xの基本性能は下表の通りです。

機能	OpenMANIPULATOR-X	単位
サーボモーター	Dynamixel XM430-W350-T	
入力電圧	12	\vee
可動軸数	5 (4 DOF + 1 DOF Gripper)	_
可搬重量(※1)	500	g
動作精度(※2)	< 0.2	mm
サーボ回転速度	46	RPM
本体重量	0.70 (1.54)	kg (lb)
最大リーチ	380 (14.9)	mm (in)
グリッパー動作範囲	20~75 (0.79~2.95)	mm (in)
通信プロトコル	TTL Level Multidrop BUS	-
ソフトウェア	ROS, Dynamixel SDK, Arduino, Processing	-
コントローラー	PC, OpenCR	-

(*1) <

<u>繰り返し精度の注意点</u>

(*2) サーボモーターの性能上、繰り返し精度は標準では0.2mm ほどの能力があります。ただし、アプリケーションの精度、周辺装置の状況によりこれら数値は前後する可能性がございます。



GUIサンプル解説:サーボ指定[JOINT SPACE]

最初の画面に表示されるアプリケーションであるジョイントスペース機能は でサーボ角の指定によってOpenMANIPULATOR-Xを操作できます。ツマミ状の ボタンを操作して、GUI上のモデルと突合し変更後のポーズを確認しながら指定 できるメリットがあります。また、ご自身で組み付け等を行った場合、モデル通 り動くことを確認する際にも使える機能です。

(1)画面上方の[JOINT SPACE CONTROL]をクリックし、タブを変更します。 ダイヤル式のボタン5つを中心にしたレイアウトが確認できるかと思いま す。操作を開始するには、上方の[CONTROLLER ON]をクリックします。



(2)ダイヤル式のボタン5つを中心にしたレイアウトが確認できるかと思いま す。サーボはすべてで5つありますので、それぞれ一個に対応しています。デ フォルト設定では左上から順番に11番から15番の割付となっています。下の 例では11番サーボの角度を変更してみました。選択されたサーボ操作ボタン は黄色に変わります。これをマウスで操作して、角度を指定します。この際、 GUI上のモデルは連動して動きます。





(3)全てのサーボ角度について指定を行い、中ほどにある[SEND JOINT ANGLE]をクリックしてください。Open Manipulator Xに角度情報が送信さ れ、GUIのモデルと同じ姿勢になります。

Open Manipulator Xを動かす際、周辺にものや人がいないか確 注: 認してください。巻き込みにより思わぬ事故につながる危険があ ります。



(4) サーボ操作ツマミの側方にある[ORIGIN]、[BASIC]のボタンはそれぞれ記録されたサーボ初期姿勢/Open Manipulator X初期姿勢に戻すボタンです。

(5) [SET GRPPER]はその名の通り、GRIPPERの状態を保存します。下方の [GRIPPER ON]、[GRIPPER CLOSE]はサーボ角度を指定せず、簡易にグリッパー を閉じしめするボタンです。



GUIサンプル解説:タスクスペース[TASK SPACE]

タスクスペースは画面上に表示されたボタンでOpenMANIPULATOR-Xを操作 できます。機能は最初のジョイントスペースコントローラーと似ていますが、こ ちらはよりラジコンのようなインターフェイスでより直感的な動き単位で設定で きます。

(1) タブを変更するには、[TASK SPACE CONTROL]ボタンをクリックしま す。 この画面では、目的の方向ボタンをクリックして、OpenMANIPULATORを 操作します。操作を開始するには、上方の[CONTROLLER ON]をクリックしま す。



(2) 画面に表示された、[FORWARD]等のボタンはそのまま動きを表します。 十字中心にある[BASIC]は標準位置に移動するボタンです。急激に動くので注意 してください。グリッパーの開閉をしたい場合は、画面下方のパラメーターを設 定します。、[GRIPPER]ボタンをクリックすれば、開け閉めがされていることが 確認できるでしょう。





GUIサンプル解説:手動教示[HAND GUIDING]

操作手法の中でも人気の高い、手動教示機能も搭載しています。この機能は 実際にOpenMANIPULATORを持ちながら動作を指定できます。使い勝手として はもっとも簡単なものとなり人気のある機能です。この機能を活用すれば、 まったくプログラミング知識のない方でもOpen Manipulator Xの簡単な繰り返 し動作デモを実装することができます。

(1)画面上の青い[HandGuiding]をクリックし、タブを変更します。操作を開 始するには、上方の[CONTROLLER ON]をクリックします。

Control Interface		
JOUT SERVICE THE STICE CONTRACT FOR ALL IN THE SERVICE IN		
Controller for OpenM	anipulator	
CONTROLLER OFF	CONTROLLER ON	
TORQUE OFF	TORQUE ON	
MOTION CLEAR	SAVE JOINT POSE	
GRIPPER OPEN	GRIPPER CLOSE	
MOTION START		
MOTION REPEAT OFF	MOTION REPEAT ON	

(2) OpenMANIPULATOR-Xを手で持ち、二段目にある[TORQUE OFF]ボタン をクリックしてトルクをオフにします。トルクが抜けて自由に動かせる状態にな りますので、OpenMANIPULATOR-Xを手で目的のポーズに移動します。

(3) 目標の位置に動きましたら、[TORQUE ON]で姿勢を固定し様子を確認し ます。その姿勢で問題がなkれば、中程にある[SAVE JOINT POSE]をクリックし て、現在のポーズを保存します。

	トルクをオンにした状態で微調整が必要だと感じたら、
ヒント:	[JOINT SPACE]機能や[TASK SPACE CONTROLL]機能を併用
	して微調整ができます。





(4)動作姿勢の指定が全て終わったら[Motion Start]で再生します。一番下の "Motion Repeat Off/On"はその表示の通り、ループ再生するか否かのフラグで す。 MOTION STARTボタンをクリックして、保存したポーズを開始します。



Control Interface	
ARTHREE REPORT OF A STREET REPORT	A A A A A A A A A A A A A A A A A A A
Controller for OpenM	anipulator
CONTROLLER OF !!	CONTROLLER ON
TORQUE DEF	TCHCUE ON
MOTION CLEAR	SAVE JOINT POSE
6RIPPER CFEN	GRIPPER CLOBE
MOTION	ISTART
MOTION REPEAT OFF	MOTION REPEAT ON

(5) モーションを削除するには[MOTION CLEAR]をクリックします。

Control	Control Interface	
JOHT PHOE IONINA, MICK PHOE IONINA, MICK	Contra Million	
Controller for OpenM	anipulator	
CONTROLLER OFF	CONTROLLER ON	
TORQUE OFF	TORQUE ON	
MOTION CLEAR	SAVE JOINT POSE	
GRIPPER OPEN	GRIPPER CLOSE	
MOTION	ISTART	
MOTION REPEAT OFF	MOTION REPEATION	

GUIサンプル解説:モーション再生[MOTION]

タスクスペースでOpenMANIPULATOR-Xを操作できます。この画面では、目 的の方向ボタンをクリックして、OpenMANIPULATORを操作します。

(1) タブを変更するには、[TASK SPACE CONTROL]ボタンをクリックしま

す。操作を開始するには、上方の[CONTROLLER ON]をクリックします。

(2)デフォルトではあらかじめ二つのアプリケーションが保存されています。 [MOTION1]はこれまで姿勢して保存していたもので、[MOTION2]はビーカー の攪拌をイメージしたサンプルです。

• • •	Control	Interface
JOHT SPACE CONTROL	WAR EFFCE COMMON INFO	C BUDHO HOTON
Controlle	r for OpenM	lanipulator
CONTROL	LLER OF F	CONTROLLER ON
	MOT	ION 1
	мот	ION 2
	10.01	10112