



## OSAKA NDS Embedded Linux Cross Forum #3

# ROS (Robot Operating System) の概要と イーソルの取り組み

イーソル株式会社

ソリューションエンジニアリング事業部

第四技術部 佃 明彦

# Table of Contents

- ロボット関連の動向
- ROS (Robot Operating System) の概要
- イーソルの取り組み

# 自己紹介

- イーソル入社 16年目
- ブルガリア研修 3期生 (2000/8~2001/7)
- 主なエンジニア経験
  - イーソル製RTOS/Middleware関連
  - JavaVMなど 3rd Party製品の移植
- 現在のミッション
  - 関西における受託ビジネスの拡大
  - ROS関連ビジネスの立ち上げ
- ロボット工学は素人 (勉強中)
  - 間違いはご指摘ください



 **eSOL PLATFORM**



# Table of Contents

- ロボット関連の動向
- ROS (Robot Operating System) の概要
- イーソルの取り組み

# 注目されるロボット技術

- 2013年12月 Googleがロボット関連企業を買収
  - 東大発ベンチャーSCHAFTが含まれていることが話題に
- 2015年2月 政府がロボット新戦略を発表
  - ロボット社会を実現する為のアクションプランを設定
- 2015年6月 ソフトバンクがPepperを一般販売
- 2016年4月 日立製作所がEMIEW 3を発表
- 2016年6月 ソニーがロボット事業に再参入を発表

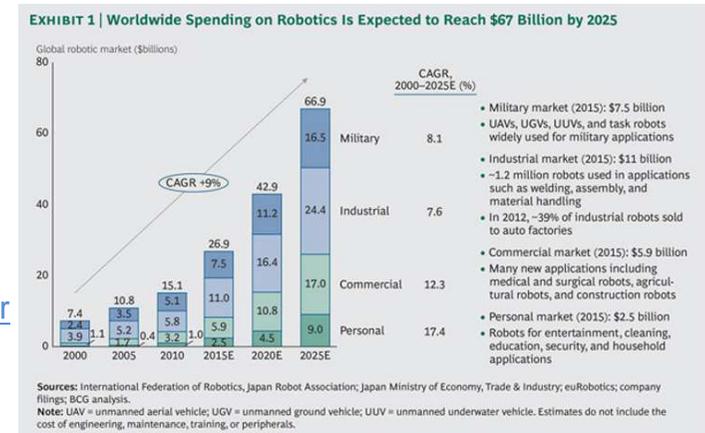
# ロボット市場の見通し 1/1

- 2014年8月 ボストン・コンサルティングの記事

- The Rise of Robotics

[https://www.bcgperspectives.com/content/articles/business\\_unit\\_strategy\\_innovation\\_rise\\_of\\_robotics/](https://www.bcgperspectives.com/content/articles/business_unit_strategy_innovation_rise_of_robotics/)

**2025年に670億ドル(6.7兆円)規模**



- 2010年4月 NEDOの予測

- 2035年に向けたロボット産業の将来市場予測 (国内生産量)

<http://www.nedo.go.jp/content/100080673.pdf>

**2025年に5.3兆円規模**



急激な右肩上がりの予測  
絶対値としては大きい？小さい？

# ロボット市場の見通し 2/2

## ■ 各分野ごとの将来市場予測

- 調査対象とするロボットを、大分類・中分類・小分類の階層構造として体系化し、各分類ごとに将来市場（国内生産量）を推計した。
- ロボット産業の将来市場は、2035年に9.7兆円まで成長すると予測される。  
各分野ごとの内訳は以下のとおり。
  - － 製造分野 2.7兆円
  - － ロボテック(RT)製品分野 1.5兆円
  - － 農林水産分野 0.5兆円
  - － サービス分野 4.9兆円

	将来市場予測(億円)			
	2015年	2020年	2025年	2035年
製造分野	10,018	12,564	15,807	27,294
ロボテック(RT)製品	1,771	4,516	8,057	15,555
農林水産分野	467	1,212	2,255	4,663
サービス分野	3,733	10,241	26,462	49,568
<b>合計(億円)</b>	<b>15,990</b>	<b>28,533</b>	<b>52,580</b>	<b>97,080</b>

分類			将来市場予測(億円)				算出方法
大分類	中分類	小分類	2015年	2020年	2025年	2035年	
製造分野	従来型産業用ロボット	-	9,365	10,524	10,926	11,027	パターン2
	次世代型産業用ロボット	次世代組立ロボット(自動車用)	324	992	2,393	7,988	パターン4
		ロボットセル(電気機械用)	329	1,048	2,488	8,279	パターン4
ロボテック(RT)製品	ロボテック(RT)家電/住宅設備	-	928	2,859	4,880	5,579	パターン5
	ロボテック(RT)自動車	-	509	1,033	2,083	7,370	パターン5
	ロボテック(RT)船舶	-	159	281	444	729	パターン5
	ロボテック(RT)鉄道	-	25	46	74	128	パターン5
	ロボテック(RT)建機	-	149	298	576	1,750	パターン5
農林水産分野	農業	土地利用型農業	11	23	73	276	パターン5
		露地・施設栽培	9	39	150	927	パターン4
		酪農・畜産	102	294	498	588	パターン3
		農業物流	273	603	812	858	パターン3
	林業	-	17	84	304	872	パターン4
	漁業・水産養殖業	-	54	168	417	1,142	パターン4
サービス分野	医療	手術支援	43	136	317	534	パターン3
		調剤支援	65	210	383	614	パターン3
	介護・福祉	自立支援	134	397	825	2,206	パターン4
		介護・介助支援	33	146	414	1,837	パターン4
	健康管理	フィットネス	1,376	1,461	1,576	1,817	パターン3
		健康モニタリング	54	161	440	1,480	パターン3
	清掃	-	22	127	541	4,287	パターン3
	警備	機械警備	210	610	1,249	2,689	パターン5
		施設警備	17	210	703	1,632	パターン4
	受付・案内	-	2	9	39	465	パターン3
	荷物搬送	-	132	132	132	811	パターン3
	移動支援(業務用)	-	5	12	40	1,759	パターン3
	重作業支援	-	15	48	120	2,299	パターン3
	食品産業	食品ハンドリング	179	675	1,432	1,640	パターン3
		食品加工	81	305	793	1,743	パターン3
	物流	パレット/ザラ/パレット	212	410	865	1,523	パターン2
		無軌道官車システム	298	648	1,210	1,681	パターン2
		次世代物流支援	73	408	1,073	4,326	パターン4
	検査・メンテナンス	住宅	46	98	157	213	パターン1
		社会インフラ	216	1,038	2,188	1,805	パターン4
教育	-	119	243	361	450	パターン1	
アミューズメント	-	211	357	576	1,222	パターン1	
レスキュー	-	8	60	291	670	パターン1	
探査	-	17	73	257	811	パターン3	
移動支援(個人用)	-	21	498	2,653	2,897	パターン3	
ホビー	-	223	716	1,485	2,157	パターン1	
家事支援	-	-	-	157	858	パターン3	
見守り・コミュニケーション	-	3	11	36	341	パターン3	

ここが大きく伸びるらしい

サービス分野が大きく伸びるとい事は、人間に取って代わるヒューマノイドロボットの時代が到来？

# ヒューマノイドロボット技術の現状

- 2015年6月 DARPA Robotics Challenge Finals

- 原発事故を想定した環境での競技会

- **多くの失敗**が研究者の間で共有された

- [https://www.youtube.com/watch?v=q\\_yfvlpIJe0&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?v=q_yfvlpIJe0&feature=youtu.be)

- <https://www.youtube.com/watch?v=g0TaYhjpOfo>



- 出場チーム（WPI-CMU）の振り返り

- 自律性よりも操作性の向上を

- 異常系を考慮すべし（オペレータのミス、バグ、故障）

- AIや制御よりもセンサの追加と状態推定の強化を

- <http://www.cs.cmu.edu/~cqa/drc/lessons.ppt>

ヒューマノイドの研究レベルは高いが  
工業製品としての完成度はまだまだ  
普及までの道のりは遠い

# 生活支援ロボット技術の現状

- 2014年2月 国際標準規格「ISO13482」が発行
- 経産省とNEDOのプロジェクト成果を元にISOで規格化  
[http://www.nedo.go.jp/activities/EP\\_00270.html](http://www.nedo.go.jp/activities/EP_00270.html)



- サイバーダイン、パナソニック、ダイフク、ホンダなど国内企業が相次いで認証取得

[https://www.jqa.jp/service\\_list/fs/action/clientele/](https://www.jqa.jp/service_list/fs/action/clientele/)

ロボットとしての機能は単純だが用途が明確  
規格認証や臨床試験による導入プロセスも  
よく議論されており、早い普及が見込まれる

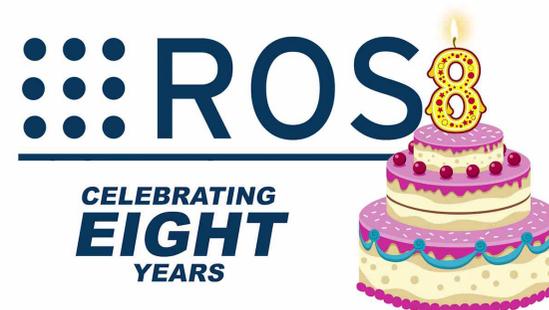
# Table of Contents

- ロボット関連の動向
- ROS (Robot Operating System) の概要
- イーソルの取り組み

# ROSとは何か 1/3

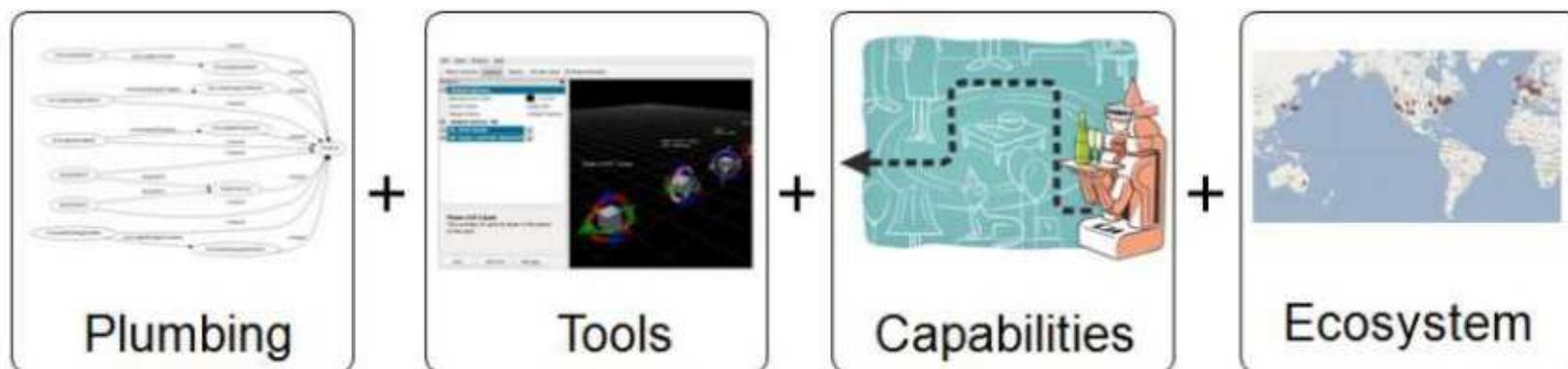
- OSSのロボット用ミドルウェア
  - 米国のWillow Garage社が中心となって開発。現在は非営利のOSRF(Open Source Robotics Foundation)が維持運営している。パッケージの大部分は**BSDライセンス**で提供されている。  
<http://www.ros.org/>
  - **Ubuntuが標準環境**。apt-getで簡単に環境が構築できる。2014年のIndigoからはLTS (Long Term Support)を導入し、長期の研究開発でも利用しやすい。
- OSRFの8周年ビデオでの事例紹介

ROS.org



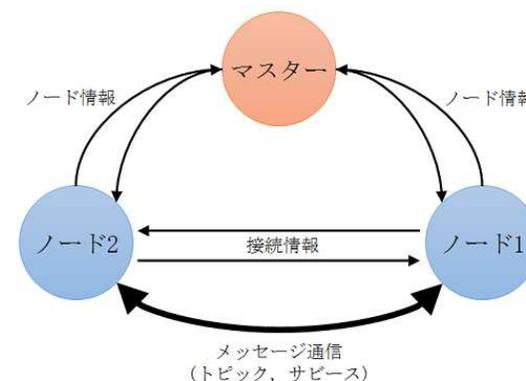
# ROSとは何か 2/3

- 一般的な意味での**Operating System**ではない。
- ROS = Plumbing + Tools + Capabilities + Ecosystemとされている。
  - Plumbing ノード同士の通信機能
  - Tools シミュレーション・経路計画・可視化・ロギング等の開発ツール
  - Capabilities 豊富なロボティクス向けライブラリ
  - Ecosystem ユーザコミュニティが支えるエコシステム

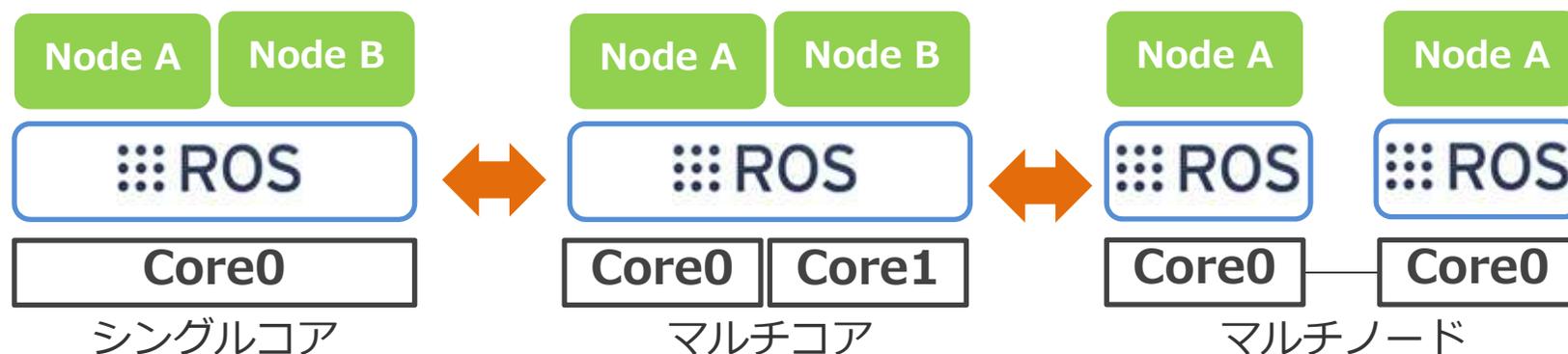


# ROSとは何か 3/3

- 分散システム指向
  - **Publish/Subscribe型の通信が基本。**
  - 通信の型が合っていれば、**ネットワーク上のどこにあっても良い。**お互いの実装言語が違ってても良い。
  - 1ノード=1プロセスが基本。従って**ハードウェアの構成に応じて並列化**される。



詳説 ROSロボットプログラミング  
[http://irvs.github.io/rosbook\\_jp/](http://irvs.github.io/rosbook_jp/)

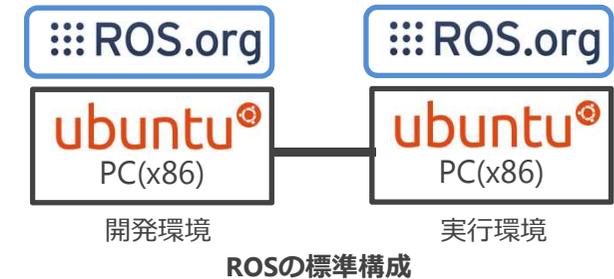


# ROSを活用したプロジェクトの例

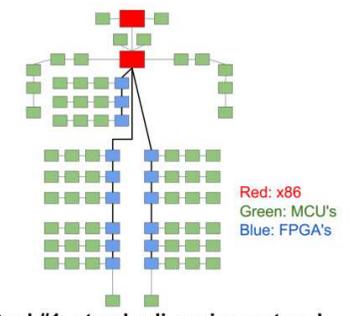
プロジェクト	概要
BMW GEN3	BMWが開発した自動運転システムとROSを統合し、遠隔駐車や衝突回避機能を追加 <a href="http://roscon.ros.org/2015/presentations/ROSCon-Automated-Driving.pdf">http://roscon.ros.org/2015/presentations/ROSCon-Automated-Driving.pdf</a>
Autoware	名古屋大学が中心となりROSベースの自律走行機能を実装 ZMPのロボットカーで公道実証実験 <a href="http://www.pdsl.jp/fot/autoware/">http://www.pdsl.jp/fot/autoware/</a>
ROS-I	産業用ロボットでROSを利用可能にするプロジェクト ABB, Adept, Funac, Motoman, Universal Robot等が対応 <a href="http://rosindustrial.org/">http://rosindustrial.org/</a>
ROS-TMS	九州大学がROSをベースにしたTown Management Systemを構築し、センサ等の環境情報でロボットの知覚を高度化する研究に利用 <a href="https://github.com/irvs/ros_tms/wiki">https://github.com/irvs/ros_tms/wiki</a>

# 組み込みシステムから見たROSの課題

- システム要件が大きい
  - PCクラスのハードウェアにUbuntu
- リアルタイム性は考慮外
  - 実際はノードにぶら下がるマイコンやFPGAでリアルタイム性を確保
- 疎結合だが意外とノード構成に依存
  - Subscriberが増えるとトピックの配信先が増えてPublisherの負荷が上がる問題
- 品質保証の問題
  - ネット上の情報は多いが最新のリポジトリでは動作しなかったり・・・
  - 研究過程で品質確保はあまり重要ではない？



Small embedded systems are everywhere!



Open Source Robotics Foundation

Goal #1: standardize wire protocols to allow generic tooling

OSRF ROSCON2015講演資料より抜粋  
「ROS2 on “small” embedded systems」

# Table of Contents

- ロボット関連の動向
- ROS (Robot Operating System) の概要
- イーソルの取り組み

# ET Westデモ

- ET West2014
  - OpenRTM-aist x ROS

- ET West2016
  - ROS on MCU

ET West2016  
イーソルブース  
(B-16) で展示

**ロボット制御フレームワーク連携**  
OpenRTM-aist x ROS (robot operating system)

- OpenRTM-aistのコンポーネントとROSのパッケージを相互連携
- OpenRTM-aistのRT System Editorで直感的に接続操作が可能
- オマケでBluetoothリモコンと落下防止センサーも搭載



**RT MIDDLEWARE** ↔ **ROS**

Image → Captured Image  
Control ← Motor/Sensor

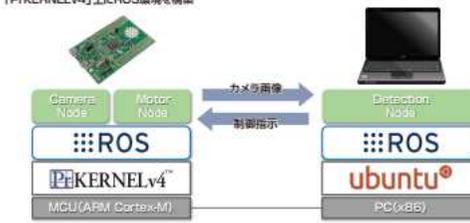
イーソル株式会社 TEL: 06-6309-07  
URL: http://www.eisol.co.jp/

**ROS on MCU**

μITRONなどの組み込みRTOSにロボット制御フレームワーク「ROS (Robot Operating System)」を対応させることで、小規模な組み込み機器で豊富なROSの機能を利用可能にします。

マイコン対応ROSを利用したソフトウェア構成例

- ARM®Cortex®-Mシリーズ対応μITRON4.0仕様準拠リアルタイムOS「P-KERNEL.v4」上にROS環境を構築



**ROSの特長**

分散処理フレームワーク

- 単一プロセッサ構成から複数プロセッサ構成までスケールブルにアプリケーションシステムを構築可能

豊富なライブラリ群

- ロボティクス分野で生み出された認識アルゴリズムやナビゲーション機能など豊富なライブラリ群を利用可能

高機能な開発ツール

- 可視化やデータロギングなど高機能な開発ツールを利用可能

**イーソルが提供するサービス**

ROSに関する受託開発

- ROSアプリケーション開発、ROSと既存システムのブリッジモジュール開発、デバイスドライバ開発など

ROSを利用したSDKの開発

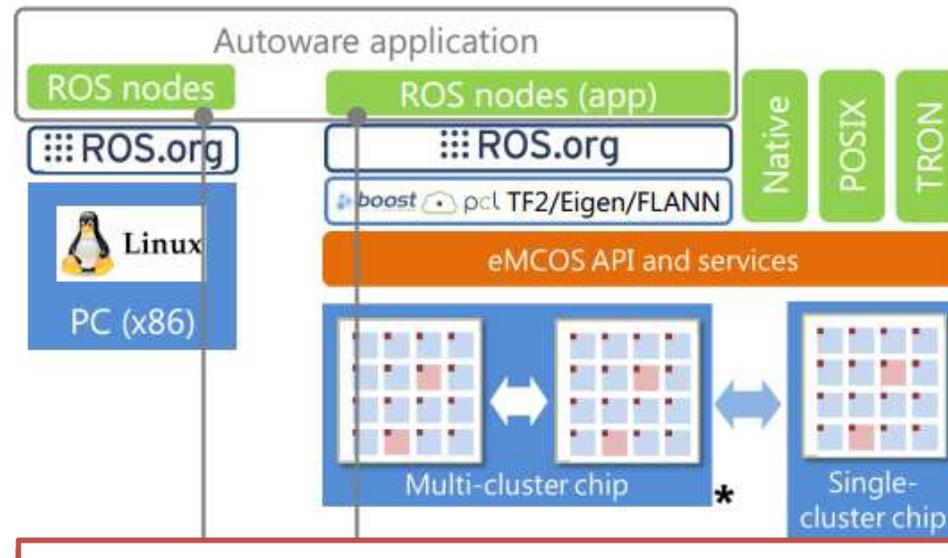
esol.co.jp/

MCUクラスのプロセッサでROSをサポート



# 自動運転ソフトウェアAutoware

- ROS on eMCOSの開発
  - イーソル製のメニーコアOS上にROSを搭載
  - ROS上に自動運転システムAutowareを搭載
    - あいち ITSワールド 2015でデモ走行
    - NEDO事業で採択「一般道自動運転システム用メニーコアOSの研究開発」



商用リアルタイムOS上でROSをサポート

# ROS関連の受託開発

- 車載機器開発環境
  - CANドライバ対応
  - PointCloudの補正・フィルタ処理
  - ROSツール (rviz・rosviz) のカスタム

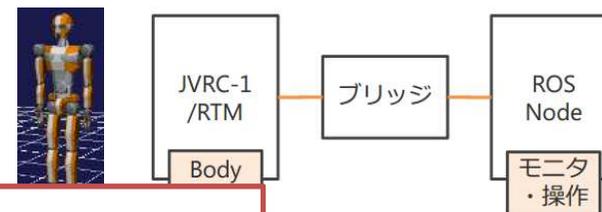
- 産業用ロボット実験環境の構築

- Windows PCとROSのブリッジ機能



- ヒューマノイドロボット技術に関する調査

- ROSとOpenRTMのシミュレータ連携

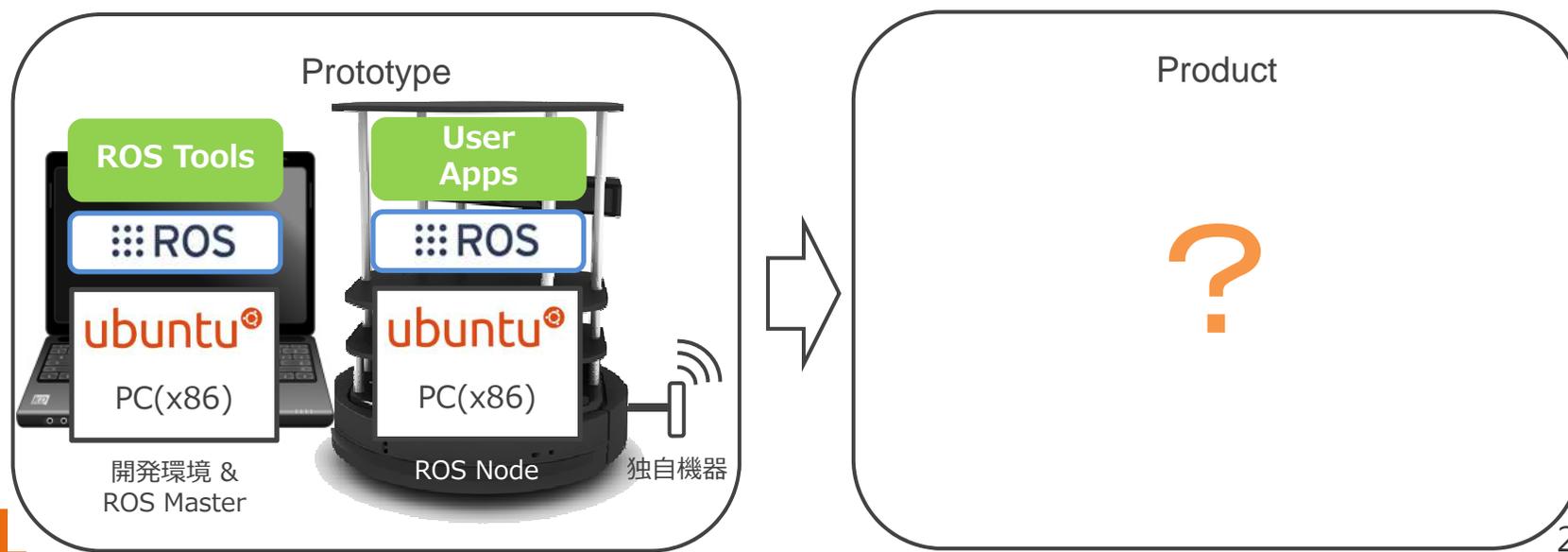


ROSを開発に利用したい顧客を  
サービスでサポート

# 今後の取り組み

まだ社内向けの説明もやってないので、今日は明確なプランを語れませんが・・・

商用製品へのロボット技術導入を、プロダクトとサービスの両面で支援していきたいと考えています。



# まとめ

- ロボット技術や市場に対する期待は高いが、現実とのギャップもある。ロボット技術を安心/安全に使えるものにするには、品質確保に向けた地道な取り組みが必要。
- ROSは分散システムの構築に適したOSSのソフトウェアフレームワーク。研究/試作では広く使われているが、組み込み製品に搭載するには課題あり。
- イーソルはロボット技術を安心して製品に導入できるようにサポートしていきたい。研究室にある良い技術を世の中に出していくのは我々の仕事！

# 余談：ロボットの開発をやってみて

- 組み込みエンジニアも新しい言語を覚えよう
  - C++11/14、Boost、Python

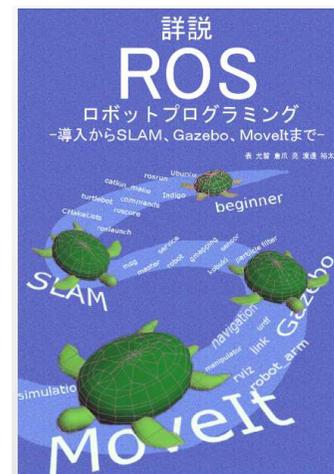
C言語どっぴりのマイコン屋さんには少々難しい・・・

```
moveit::planning_interface::MoveGroup::MoveGroup ( const Options & opt,  
                                                    const boost::shared_ptr< tf::Transformer > & tf = boost::shared_ptr<tf::Transform  
                                                    const ros::Duration & wait_for_server = ros::Duration (0, 0)  
                                                    )
```

Construct a client for the **MoveGroup** action using a specified set of options *opt*. Optionally, specify a TF instance to use. If not specified, one will be constructed internally. A timeout for connecting to the action server can also be specified. If it is not specified, the wait time is unlimited.

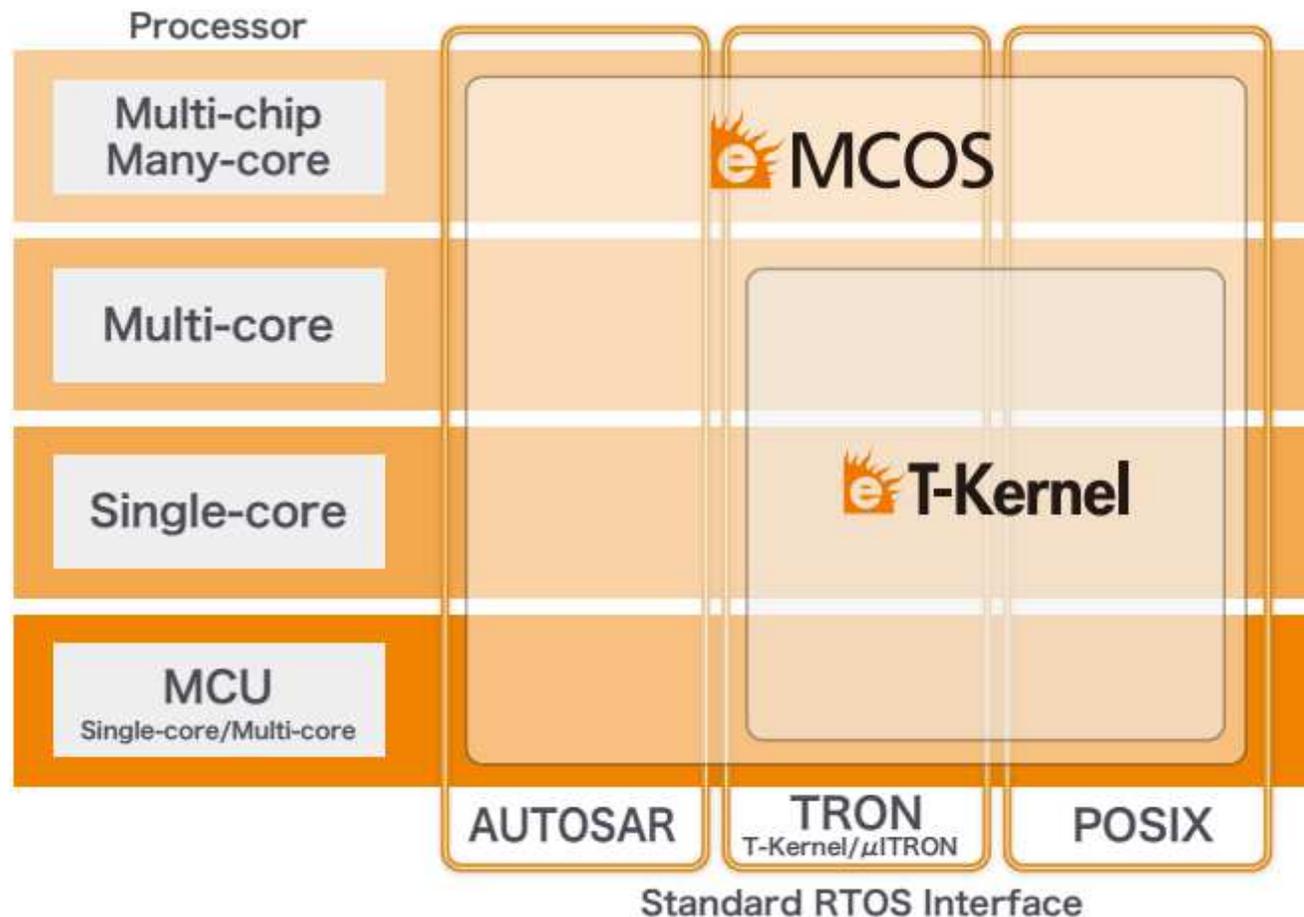
Definition at line **1087** of file **move\_group.cpp**.

- 数学も頑張らないと
    - 線形代数、確率理論
- 基礎がないと資料を読み解くのも辛い・・・
- ROSの参考書
    - 詳説 ROSロボットプログラミング



# 宣伝：eSOL RTOS

- Linuxではありませんが、イーソルのRTOSや開発環境もよろしくお願いします。





Thank you.

ET West2016にご来場予定の方は  
ぜひ弊社ブース（B-16）に  
お立ち寄りください

本プレゼンに関するお問い合わせ先

E-mail : a-tsukuda@esol.co.jp