ロボットおよび組込みソフトウェア向けのオープンなライブラリOpenEL®

2014年1月7日

（一社）組込みシステム技術協会　理事
技術本部　応用技術調査委員会
プラットフォーム研究会　委員長
OMG Robotics-DTF 共同議長　兼　Hardware Abstraction Layer WG 議長
アップウィンドテクノロジー・インコーポレイテッド　代表取締役社長
中村憲一

一般社団法人 組込みシステム技術協会 Japan Embedded Systems Technology Association
© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

講演概要

- OpenEL(Open Embedded Library)とは、モータの制御やセンサの入出力等におけるソフトウェア・インタフェースを標準化した次世代のロボット開発プラットフォームである。
- 現在、(一社)組込みシステム技術協会(JASA)が中心となって仕様策定作業を進めるとともに、米国を拠点とする世界的な標準化団体であるOMG(Object Management Group)において、世界各国にOpenELの国際標準化を提案している。
- 本講演では、OpenEL 1.0の仕様、OMGにおける国際標準化活動、今後のロードマップ等について紹介する。

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

目次

1. JASAの紹介
2. OpenEL®の紹介
    1. OpenEL®誕生の背景
    2. OpenEL®の歴史
    3. OpenEL®とは
    4. OpenEL® 1.0のアーキテクチャ
    5. OpenEL® 1.0のAPI
    6. デモ映像
3. OpenEL®の国際標準化活動
    1. OpenEL®の国際標準化活動
    2. OMGにおけるOpenEL®のロードマップ
    3. 今後のロードマップ
4. まとめ

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

1.1 JASAの紹介（協会概要）

名称	一般社団法人 組込みシステム技術協会 (Japan Embedded Systems Technology Association　略称「JASA」)
事務局	本部：103-0007 東京都中央区日本橋浜町1-8-12　東実年金会館 8F[地図] TEL:03-5821-7973　FAX:03-5821-0444 e-mail：jasainfo@jasa.or.jp 支部：札幌、仙台、東京、名古屋、福井、大阪、福岡[支部一覧]
目的	**組込みシステム**（組込みソフトウエアを含めた組込みシステム技術をいう。以下同じ。）における**応用技術に関する調査研究、標準化の推進、普及及び啓発等**を行うことにより、組込みシステム技術の高度化及び効率化を図り、もって我が国の産業の健全な発展と国民生活の向上に寄与することを目的とする。
事業	（1）組込みシステム応用技術に関する品質、生産性、信頼性、セキュリティ等に関する技術開発及び標準化の推進 （2）組込みシステム技術に関する人材育成、地域振興及び国際交流の推進 （3）組込みシステムに係る技術・環境・経営及び貿易・投資に関する調査研究並びに情報の提供 （4）組込みシステム技術などに関する内外関係機関との情報交流及び連携の推進 （5）組込みシステム応用技術の普及啓発 （6）本会の会員に対する福利厚生に関する事業の推進 （7）その他本会の目的を達成するために必要な事業
会員数	正会員：183社、賛助会員：31社（平成25年6月現在）
設立	昭和61年8月7日　　平成24年4月1日　一般社団法人へ移行
産業分類	日本標準産業分類　G-3912　組込みソフトウェア業

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

1.2 JASAの紹介（事業案内）

1. 日本最大の組込み技術展示会 ET（Embedded Technology）ショー
   2014年11月19日（水）～21日（金）、パシフィコ横浜
2. 西日本で唯一の組込み技術展示会 ETWest
   2014年7月29日（火）・30日（水）、グランフロント大阪
3. 組込み技術者試験制度「ETEC」
   (Embedded Technology Engineer Certification)
4. ETソフトウェアデザインロボットコンテスト（ETロボコン）
5. JASA ETセミナー
6. 国際化への対応
7. 組込み関連書籍の発刊
8. 組込み教育関連
9. 組込み技術者のためのホームページとメルマガ配信
10. 組込み技術者教育

ETEC
Embedded Technology Engineer Certification

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

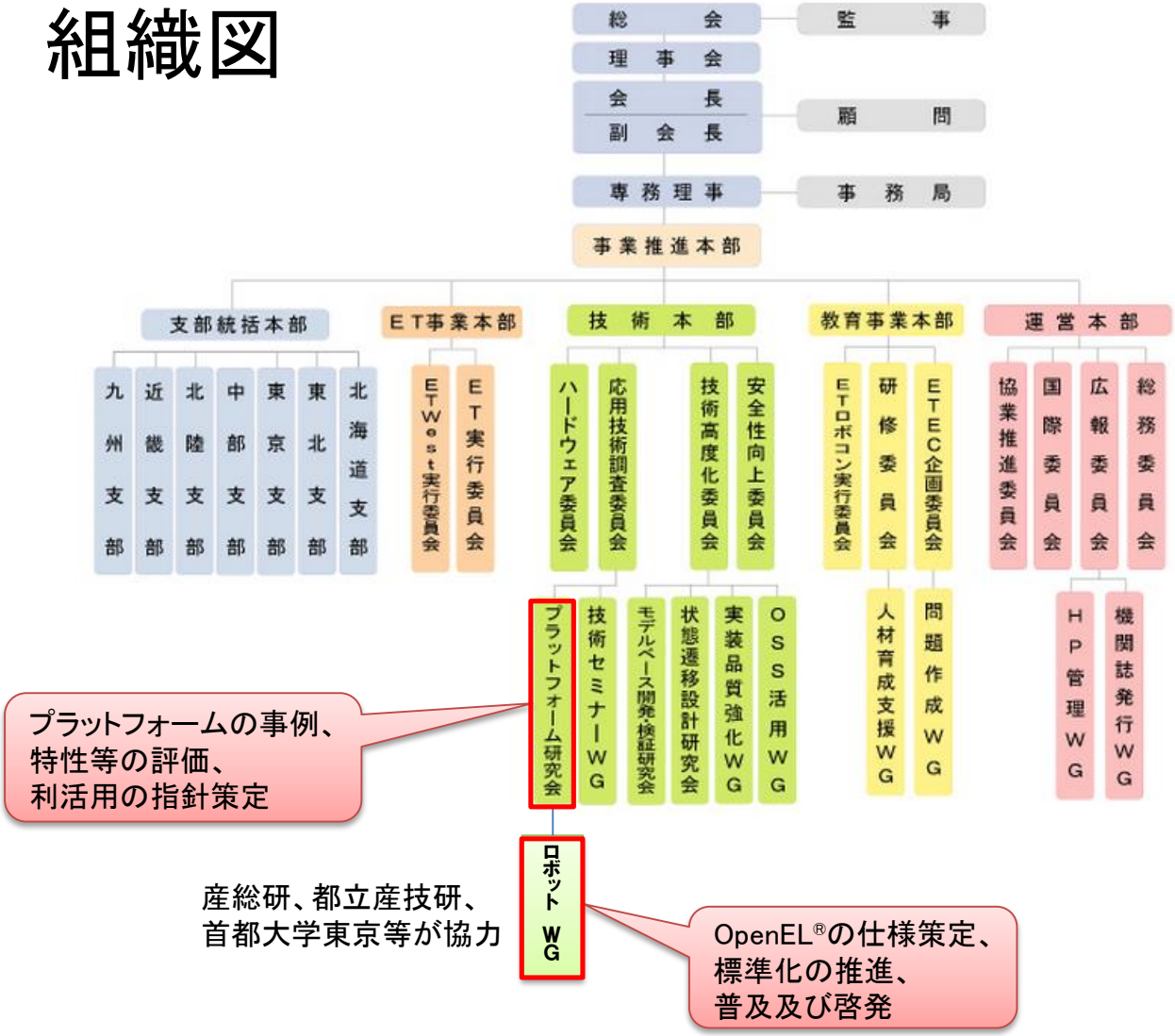
1.3 JASAの紹介（書籍案内）

- 組込み系技術者のための 安全設計入門（電波新聞、2010年）
- 組込みソフトウェア技術者試験クラス2対策ガイド（CQ出版、2007年）
- 絵で見る組込みシステム入門（電波新聞、2006年）
- 図解組込みシステム用語早わかり（オーム社、2006年）
- 組込みソフト技術（電波新聞、2005年）
- エンベデッド技術（電波新聞、2003年）

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

1.4 JASAの紹介（組織図）

■ 組織図



© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.1 OpenEL®誕生の背景

- JASAプラットフォーム研究会では、今後さらなる拡大が予想されるロボット市場に着目
- ロボット用ソフトウェアのプラットフォームは？
  - Miro – Middleware for Robots
    http://miro-middleware.berlios.de/
  - OROCOS
    http://www.orocos.org/
  - **RT Middleware**
    http://www.openrtm.org/openrtm/en
  - OPRoS(Open Platform for Robotic Services)
    http://opros.or.kr/
  - ROS
    http://www.ros.org/wiki/
- しかし、ハードウェアに近いレイヤーは標準化されていないため苦労することが多い
- ハードウェアに近いレイヤーを標準化するために OpenEL を提案

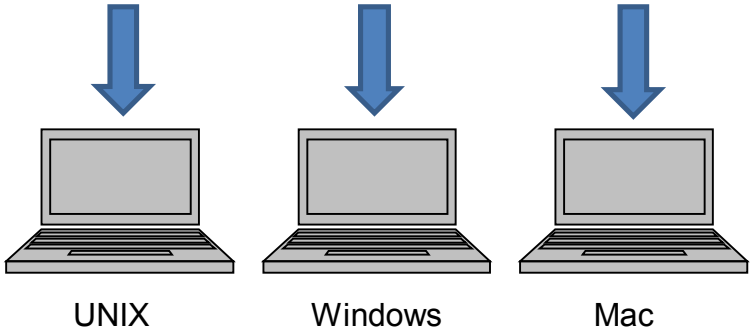
© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.1 OpenEL®誕生の背景

C言語の場合

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
  printf("Hello World¥n");
}
```

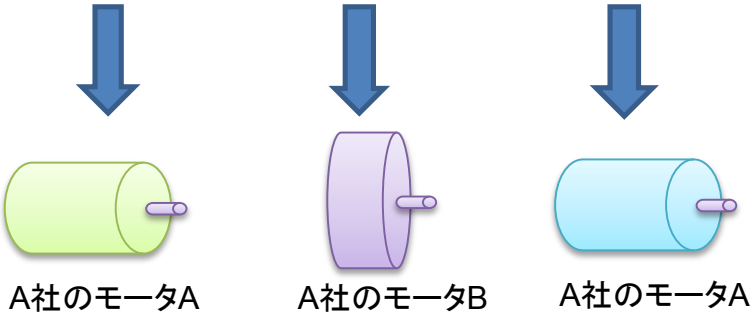
同じソースコードが
異なるCPUやOS上で動作



OpenEL®の場合

```
#include "openel.h"
int main(void)
{
  elInit(番号);
  elMotorSetPosition(番号, 位置);
}
```

同じソースコードで
異なるモータを制御



© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.2 OpenEL®の歴史

■ OpenELの歴史

- 2011年4月、ロボット用プラットフォームの検討を開始
- 2012年3月、OpenEL 0.1を発表
  - 対応デバイスは、LEGO MINDSTORM NXT
  - FM3 + CQBB-LTR
  - RX63N + CQBB-LTR

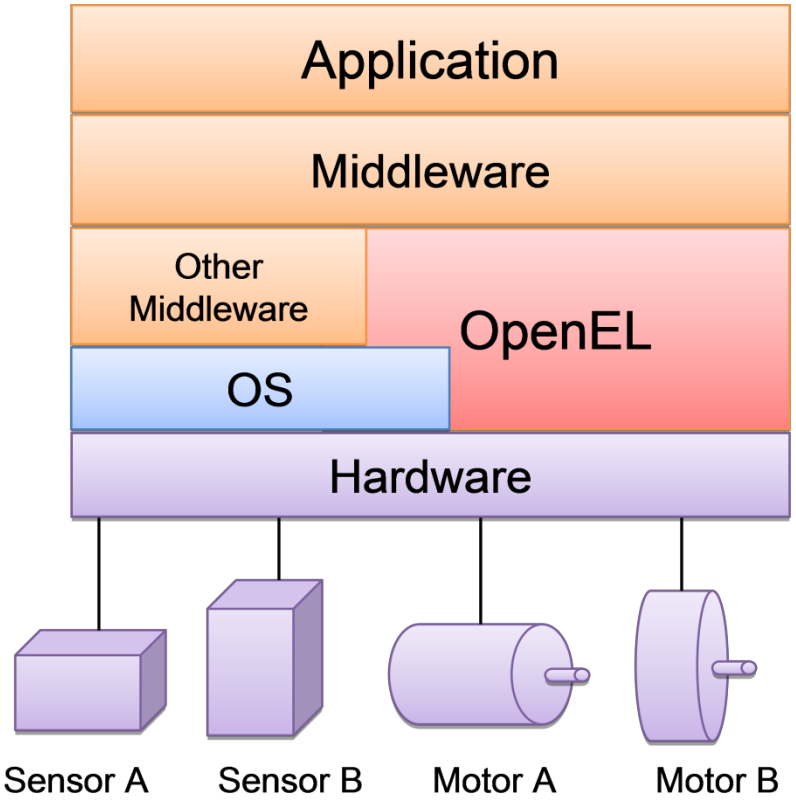
- 2012年8月、インターフェース2012年10月号で紹介
- 2012年10月、日経エレクトロニクス10/15号で紹介
- 2012年12月、OMG技術会議で国際標準化の提案
- 2013年3月、 OMG技術会議でRobotics-DTF内にHardware Abstraction Layer WGを設立することを決議
- 2013年5月、OpenEL 1.0を発表、ホームページを開設
- 2013年6月、OMG技術会議でHAL WGを開催、仕様について議論
- 2013年9月、OMG技術会議でHAL WGを開催、仕様について議論
- 2013年12月、OMG技術会議でHAL WGを開催、仕様について議論

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.3 OpenEL®とは

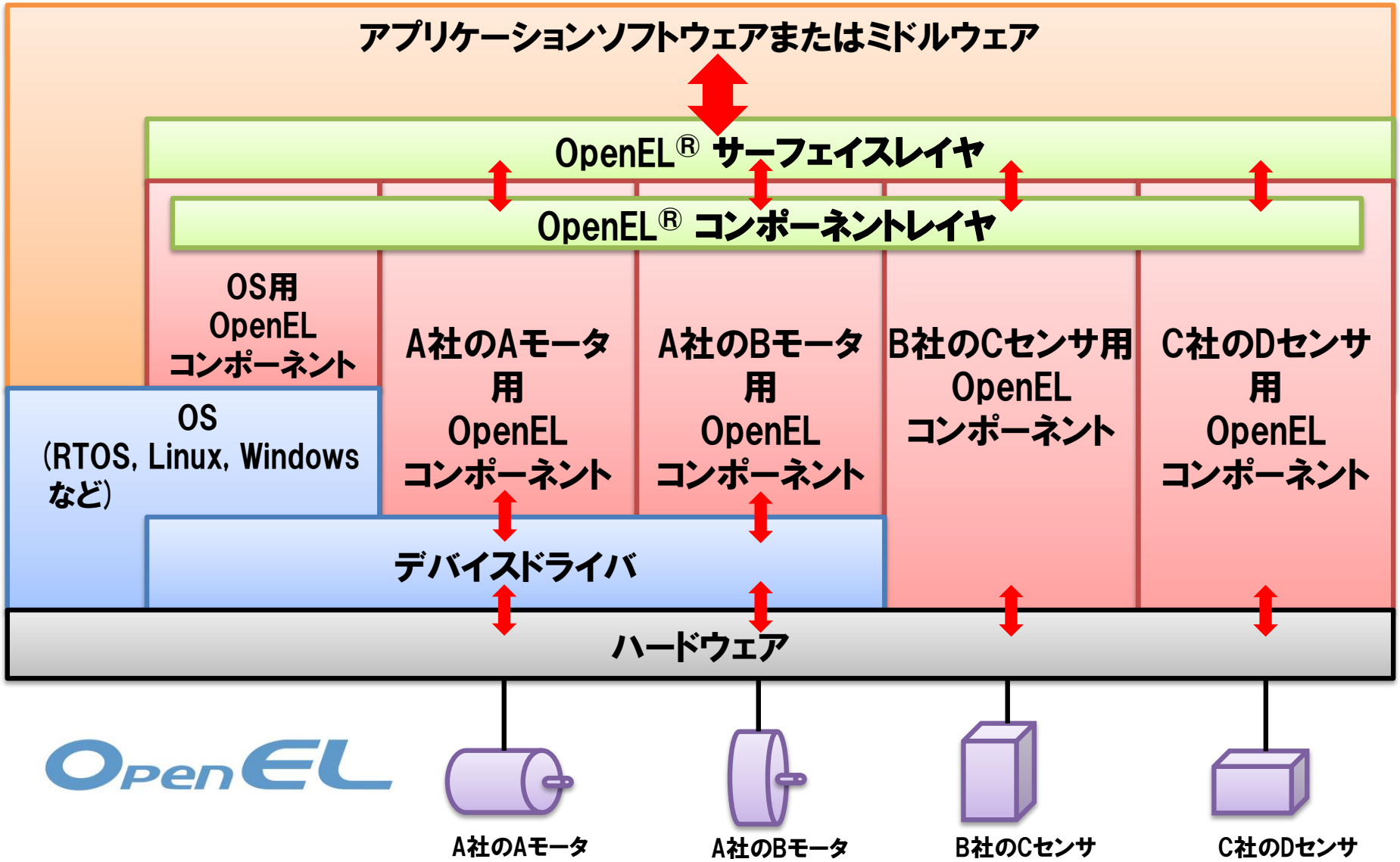
■ OpenEL (Open Embedded Library)

- 組込みシステム向けのオープンなプラットフォーム
- ロボットや制御システムなどのハードウェアに近いソフトウェアの実装仕様を標準化
- ハードウェア抽象化レイヤ
- ソフトウェアの移植性、再利用性、生産性を向上



© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.4 OpenEL 1.0のアーキテクチャ(1/2)



© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.4 OpenEL 1.0のアーキテクチャ(2/2)

- ２層レイヤにより高いハードウェア抽象化を実現
- Surface layer(サーフェイスレイヤ)とは
  - OpenEL利用者向けに提供するAPIを定義
  - 定義されたAPIのみを使用することによって各デバイスハードウェアの差異を意識することなくソフトウェアの構築が可能
- Component layer(コンポーネントレイヤ)とは
  - 各デバイスハードウェア毎の処理になっており、サーフェイスレイヤのAPIから実際のデバイス操作への橋渡しを行う

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.5 OpenEL 1.0のAPI(1/2)

- OpenELコンポーネント
  - el+(デバイス名)+(ベンダ名)+(シリーズ名)
  - 例：elMotorLegoNxt, elMotorOMABC
- 物理ID：すべてのデバイスにユニークなID
  - 32bit符号なし整数型：0x00000000～0xFFFFFFFF
  - 上位16bitはJASAが管理、コンポーネントベンダに割り当て
    - 0x0000：開発用
    - 0x0001～0x000F：予約領域
    - 0x0010～0xFFFE：ベンダ割り当て領域
    - 0xFFFF：開発用
  - 下位16bitはベンダ依存
- デバイスの初期化、終了
  - elInit / elExit
  - 例：elInit(ELUInt32 portID, EL_CMN_FNC_TBL_T fncTbl, ELUInt32 physicalPortID, EL_VENDOR_CONF_T *pConfig))

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.5 OpenEL 1.0のAPI(2/2)

■ モータ関連

- 制御モードの設定
  - elMotorSetControlMode / elMotorGetControlMode
- 速度制御
  - elMotorSetSpeed_I32 / elMotorSetSpeed_F64
  - elMotorGetSpeed_I32 / elMotorGetSpeed_F64
- 位置制御
  - elMotorSetPosition_I32 / elMotorSetPosition_F64
  - elMotorGetPosition_I32 / elMotorGetPosition_F64
- トルク制御
  - elMotorSetTorque_I32 / elMotorSetTorque_F64
  - elMotorGetTorque_I32 / elMotorGetTorque_F64
- ブレーキ
  - elMotorSetBrake / elMotorGetBrake

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

表1 OpenEL 1.0の型定義

型定義	説明
ELBool	真偽型
ELChar	符号付き8bit整数
ELUChar	符号なし8bit整数
ELInt16	符号付き16bit整数
ELUInt16	符号なし16bit整数
ELInt32	符号付き32bit整数
ELUInt32	符号なし32bit整数
ELFloat64	符号付き64bit浮動小数
ELUFloat64	符号なし64bit浮動小数
EL_CMN_FNC_TBL_T	構造体
EL_VENDAR_CONF_T	構造体

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

表2 すべてのデバイスに共通のAPI

API	説明
elInit	デバイスの初期化
elExit	デバイスの終了

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

表3 モータ関連のAPI

API	説明
elMotorSetControlMode	制御モードの設定
elMotorGetControlMode	制御モードの取得
elMotorSetPosition_I32	位置制御運転
elMotorSetPosition_F64	位置制御運転
elMotorGetPosition_I32	位置の取得
elMotorGetPosition_F64	位置の取得
elMotorSetAngle	指定した角度まで回転
elMotorGetAngle	エンコーダの角度を取得
elMotorPreSetPosition_I32	位置座標の設定
elMotorPreSetPosition_F64	位置座標の設定
elMotorPreSetAngle_I32	位置座標の設定
elMotorPreSetAngle_F64	位置座標の設定
elMotorResetEncoder	エンコーダ値をリセット
elMotorSetSpeed_I32	速度制御運転
elMotorSetSpeed_F64	速度制御運転
elMotorGetSpeed_I32	速度の取得
elMotorGetSpeed_F64	速度の取得
elMotorSetTorque_I32	トルク制御運転
elMotorSetTorque_F64	トルク制御運転
elMotorGetTorque_I32	設定トルク地の取得
elMotorGetTorque_F64	設定トルク地の取得
elMotorSetBrake	ブレーキの状態の設定
elMotorGetBrake	ブレーキの状態の取得

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

表4 センサ関連のAPI

API	説明
elLightSensorGetValue	光センサの値を取得
elLightSensorSetLED	光センサの状態を設定
elLightSensorGetLED	光センサの状態を取得
elTouchSensorGetState	タッチセンサの値を取得
elSpeakerOutput	スピーカからトーンを出力
elBatteryGetVoltage	バッテリの電圧値を取得
elSonarSensorInitialize	超音波センサの初期化
elSonarSensorTerminate	超音波センサの終了
elSonarSensorGetValue	超音波センサの値の取得
elGyroSensorGetValue	ジャイロセンサの値を取得
elGyroSensorSetOffset	ジャイロセンサのオフセット値を設定
elGyroSensorGetOffset	ジャイロセンサのオフセット値を取得

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

表5 Bluetooth関連のAPI

API	説明
elBluetoothInitializeMaster	マスタデバイスとして初期化
elBluetoothInitializeSlave	スレーブデバイスとして初期化
elBluetoothTerminate	終了処理
elBluetoothSendData	データの送信
elBluetoothReceiveData	データの受信
elBluetoothSetDeviceName	デバイス名の設定
elBluetoothGetDeviceName	デバイス名の取得
elBluetoothGetStatus	接続状態の取得
elBluetoothGetSignalStrength	電波強度の取得

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

OpenEL® 1.0対応デバイス

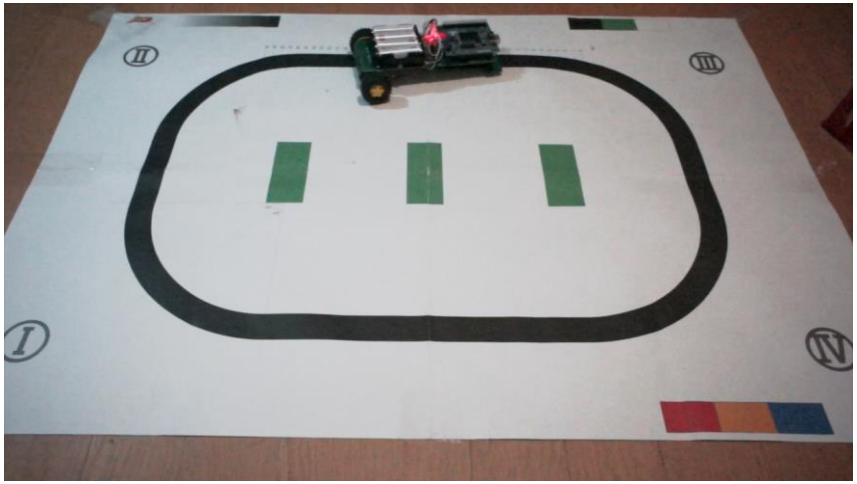
- LEGO
  - Mindstorms NXT
- CQ
  - FM3+CQBB-LTR
  - RX62N+CQBB-LTR
- Contec
  - USB DAI12-4(USB)GY
    http://www3.contec.co.jp/B2B/ConIWCatProductPage_B2B.process?Merchant_Id=1&Section_Id=3&pcount=0&Catalog_Id=3&Selected_CatalogMaster_Id=&Product_Id=363
  - USB ADI12-8(USB)GY
    http://www3.contec.co.jp/B2B/ConIWCatProductPage_B2B.process?Merchant_Id=1&Section_Id=3&pcount=0&Catalog_Id=3&Selected_CatalogMaster_Id=&Product_Id=355
  - USB DIO-8/8(USB)GY
    http://www3.contec.co.jp/B2B/ConIWCatProductPage_B2B.process?Merchant_Id=1&Section_Id=2&pcount=0&Catalog_Id=2&Selected_CatalogMaster_Id=&Product_Id=677
  - USB CNT24-2(USB)GY
    http://www3.contec.co.jp/B2B/ConIWCatProductPage_B2B.process?Merchant_Id=1&Catalog_Id=7&Section_Id=7&Product_Id=400

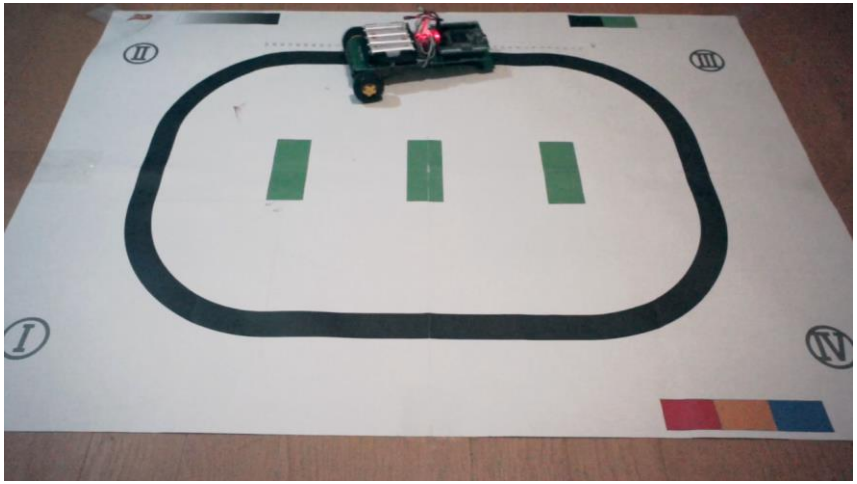
© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.6 OpenELのデモ映像

Spansion FM3(Cortex-M3)
+CQBB-LTR
+UTOS
+OpenEL
+Linetracer.c

Renesas RX62N
+CQBB-LTR
+UTOS
+OpenEL
+Linetracer.c



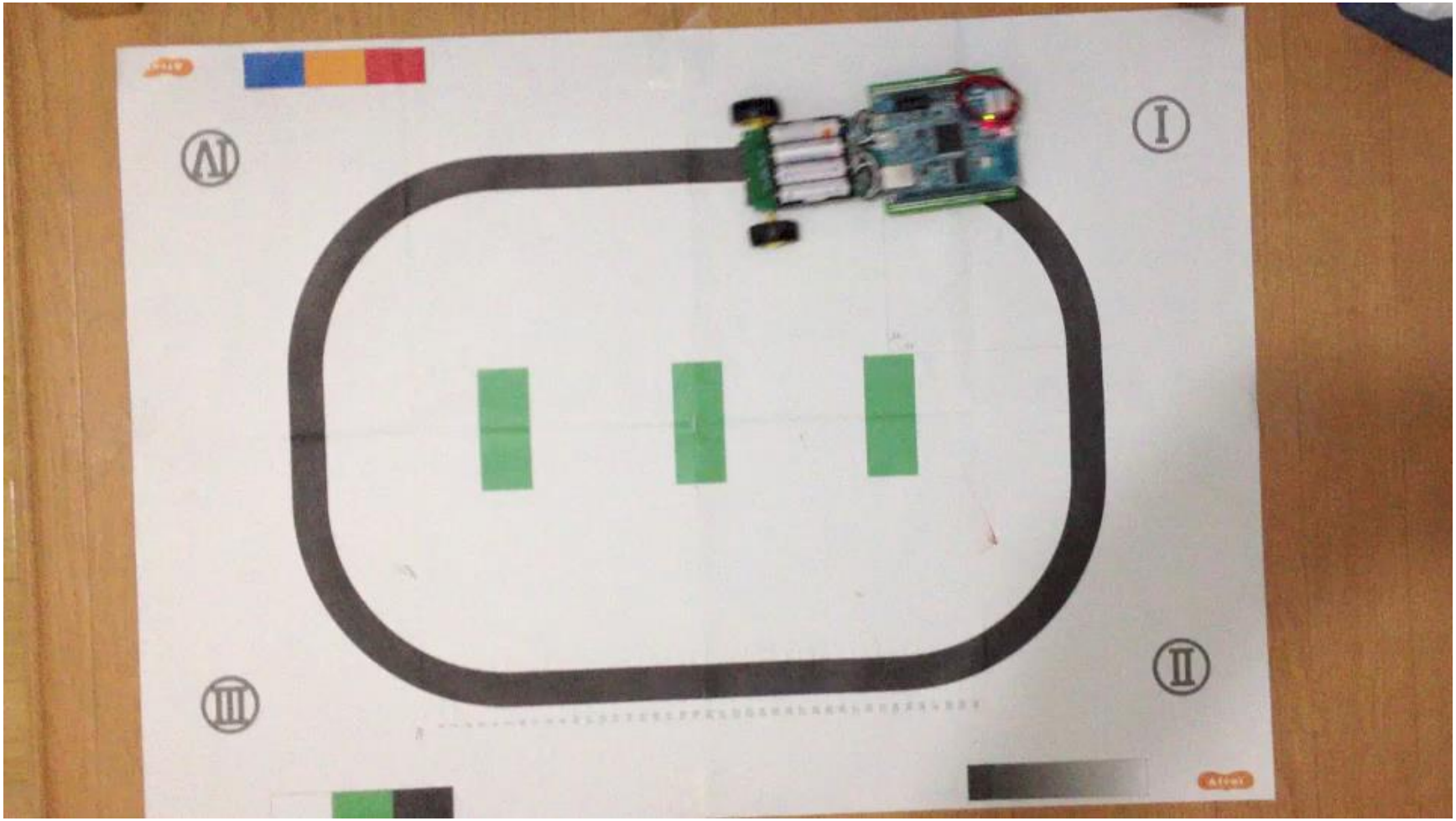


全く同じ制御プログラム(Linetracer.c)が異なるプラットフォームで動作！

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

2.6 OpenELのデモ映像

（株）アルファプロジェクト製AP-RX63Nボード+CQBB-LTR+UTOS+OpenEL+Linetracer.c



© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

3.1 OpenEL®の国際標準化活動(1/4)

- 「サービスロボット大国日本」の実現のため
- ロボット向けソフトウェアの国際規格や技術認証における日本のリーダーシップが必須
- ISO IS(International Standard)を狙う
- 世界的なソフトウェアの標準化団体であるOMG(Object Management Group)に参加
- 世界各国に向けてOpenELの紹介および標準化の提案

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

3.1 OpenEL®の国際標準化活動(2/4)

- Robotics Information DayにてOpenEL 0.1の発表とデモを実施、標準化活動を提案
- 2012年12月11日(火) 8:30-18:00
- 開催場所:米国バーリンゲーム市
- 参加者:36名前後
  - 日本 – 産総研、東京大学、筑波大学、電気通信大学
    - 東芝、本田技術研究所、チェンジビジョン
    - JARA(国際電気通信基礎技術研究所)
    - JASA(アップウィンドテクノロジー)
  - 韓国 – 韓国電子通信研究院(ETRI)、セジョン(世宗)大学
    - Future Robot
  - 米国 – サウスウェスト研究所(ROS-Industrial)他
  - ドイツ – Honda Research Institute Europe GmbH
  - フランス他

- 産総研による参加報告
  - http://www.openrtm.org/openrtm/ja/news/ja_robotics_info_day_2012_report

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

3.1 OpenEL®の国際標準化活動(3/4)

- 2013年3月19日(火)
- 参加者:10名
  - ウクライナ、ドイツ、日本
- JASAからはOpenEL®1.0の仕様策定作業の進捗について発表
- JASAからの「ハードウェア抽象化レイヤーWGの設立」提案は満場一致で可決
- 4月にJASAがOMGに正式に入会後、5月に情報提供依頼書(RFI)を発行し、新規にWGメンバーを募集
- WGの議長には、JASAの中村が就任予定

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

3.1 OpenEL®の国際標準化活動(4/4)

- 2013年6月18日(月)～21日(金)
- MARS(Middleware and Related Services)-PTFとRobotics-DTFでComponent Workshopを共催
  - 参加者:数十名
  - MARSからUCM(Unified Component Model)の提案
  - Robotics-DTFからRTCとFSM4RTCの紹介
- Robotics-DTF全体会議
  - JASAからは「Hardware Abstraction Layer for Robots」のRFI(情報提供要請)の発行を提案、可決
  - Robotics-DTFの共同議長に(株)本田技術研究所の鳥井氏とJASAの中村が選出
- Architecture Board(アーキテクチャ評議会)
  - FSM4RTCのRFP(提案要請)の発行を提案、可決

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

3.2 OMGにおけるOpenEL®のロードマップ

2013年
3月：HAL WG設立
6月：RFI発行
9月：レスポンスへの対応
12月：レスポンスのFix

OpenEL Ver. 1.0

2014年
3月：RFPドラフトレビュー
6月：RFP発行
9月：提案登録（LOI）
12月：一次提案締切

OpenEL Ver. 2.0

2015年
3月：二次提案締切
6月：標準提案の採択
（OMG内部公開）
9月：FTF設立、
公文書作成
12月：FTFによる公文書作成

2016年
3月：FTFによる公文書作成
6月：標準仕様の発行
（一般公開）

ISO

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

3.3 今後のロードマップ

- 2014年3月まで
  - 各種産業用ロボット、サービスロボットを対象としてOpenEL version 1.0仕様の検証(verification)と妥当性確認(validation)のために、実証実験を実施し、Version 2.0の仕様に反映
  - 日本国内でのOpenELの実用化および普及促進のため、RTミドルウェアとの連携
  - HAL4RTC（仮称） RFPドラフトの提出
- 2015年3月まで
  - 各種産業用ロボット、サービスロボットを対象としてVersion 2.0の実証実験を実施し、Version 3.0に反映
  - 世界各国での普及
- 2016年3月まで
  - OMG(Object Management Group) での標準化
- 2017年3月まで
  - ISOでの標準化WGの設立

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

4. まとめ

- OpenELとは、ロボットおよび組込みソフトウェア向けのオープンなライブラリ
- OpenELは、ロボットや制御システムなどのハードウェアに近いソフトウェアの実装仕様を標準化
- OpenELが提供するハードウェア抽象化レイヤによりソフトウェアの移植性、再利用性、生産性を向上
- 「サービスロボット大国日本」の実現のためには、ロボット向けソフトウェアの国際規格や技術認証における日本のリーダーシップが必須
- JASAでは、産総研、都立産技研、首都大学東京等と連携し、次世代のロボット開発プラットフォームであるOpenEL®を策定し、国際標準化を推進

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

参考文献

■ 発表・論文：

- [1]中村憲一, 此島眞平, “FM3マイコンで試す! ロボット制御用ライブラリOpenEL”, インターフェース, 2012年10月号, pp.118-126 , Aug. 2012
- [2]中村憲一, “OpenEL®－日本発の国際標準を狙う次世代のロボット開発プラットフォーム－”, 電子情報通信学会 信学技報, CNR2013-11(2013-10), 2013

■ ウェブサイト

- http://www.jasa.or.jp/openel/
- 仕様書および実装のサンプルソースコードを配布

© Japan Embedded Systems Technology Association 2014

ご清聴ありがとうございました。

OpenEL®の詳細については、
OpenEL®のホームページをご覧ください。
http://www.jasa.or.jp/openel/

ロボットおよび組込みソフトウェア向けのオープンなライブラリOpenEL®

2014/1/7 発行

発行者　一般社団法人 組込みシステム技術協会
東京都中央区日本橋浜町1丁目8-1
TEL: 03(5821)7973 FAX: 03(5821)0444
URL: http://www.jasa.or.jp

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会(以下、JASA) が有します。
JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。