

# RT ミドルウェア標準化活動への誘い

## An Invitation to Standardization Activity in OMG

○ 正 神徳徹雄, 末廣尚士, 安藤慶昭, 尹祐根, 北垣高成, 平井成興, 谷江和雄 (産総研)  
水川真 (芝浦工大)

Tetsuo KOTOKU, AIST, t.kotoku@aist.go.jp

Takashi SUEHIRO, Naoaki ANDO, Woo-Keun YOON, Kousei KITAGAKI, Shigeoki HIRAI, Kazuo TANIE, AIST  
Makoto Mizukawa, Shibaura Institute of Technology

In this paper, we report our activities of standardization in OMG. The goal of this paper is to start a technical discussion in the robotics and mechatronics community to promote RT-middleware technology (robot systems designed by reusable building blocks) that results in efficient development of complicated robot systems. As a vehicle for the rapid development and diffusion of this RT-middleware technology, we've just started up an international standardization activity on robot technologies.

*Key Words:* RT(Robot Technology), Standardization, Robot Software, Open Architecture, OMG

### 1. はじめに

日本のロボット産業は、自動車産業、電機産業などの製造業を中心として、生産現場に産業用ロボットが普及することにより拡大発展してきた[1]。現在、日本は世界の産業用ロボットの大半を生産するロボット大国である。しかし、この産業用ロボット市場は飽和状態であり、残念なことに今後の市場拡大をあまり期待することができない。

一方、日本においては急速な少子高齢化による労働力不足や要介護者の増加といった課題が顕在化する中、その解決のひとつの手段として、病院、福祉施設、家庭などの製造現場以外で活用されるロボットを開発し、実用化することが期待されている。しかしながら、このような日常生活空間でのロボットサービスを期待するユーザの要望は極めて多種多様であり、個別のユーザニーズに合わせた生活支援ロボットの開発が必要となる。しかし現時点では、このようなオーダーメイド型のロボット開発が本格化しているとは言い難い。その要因としては、個々のロボット毎に信頼性、安全性、操作性、快適性の向上などの技術課題に対して様々な取り組みが行われてはいるものの、現段階ではこれらの取り組みの成果を相互に共有することが難しく、ロボット開発が非効率なものとなっていることがあげられる。

このような問題を解消し、製造現場以外の日常生活空間で活用されるロボットの実用化、製品化を進めていく手法として、アクチュエータ、センサ、制御プログラム等といった様々なロボット要素をモジュール化し、これらを統合することでロボットの構築を可能とするロボットシステム構築手法の開発が求められている。ここで考えられているシステムは、必ずしも移動ロボットやヒューマノイドロボットといった単体ロボットを想定しているわけではない。むしろ、「ロボット技術を活用した実世界に働きかける機能を持った知能システム」、例えばセンサ、アクチュエータを生活空間の中に分散配置させ、それらの協調により生活支援や介護を実現するといった、一見ロボットに見えないがロボットの技術を利用したシステムを広く包含している。このような技術の総称を RT (Robot Technology) と呼ぶことが日本ロボット工業会がとりまとめた技術戦略報告書の中で提言されている[2]。

このような背景のもとに、ロボット要素モジュールを互いに接続する部分を共通仕様としてオープン化して技術を共有し、効率的な開発を可能とする共通基盤技術として RT ミドルウェア技術の早急な開発が求められている。

機械産業がネジの規格化により職人芸の一品生産から機械部品の分業生産をベースとした大量生産体制を実現し、IT 産業が OS 技術やネットワーク技術の標準化により多数の企業が競争的に製品を市場に送り出して市場の活性化を実現してきた。同様に、各ロボットメーカーが独自にロボットを設計する従来の生産体制から、モジュール化を推進して部品や技術の共通化を進めて分業体制に移行することで、Fig. 1 に示すようなロボット産業の大規模な構造改革が実現される。

要素部品を開発して提供するコンポーネントメーカー、それらの要素部品を組み合わせてシステムをデザインするシステムインテグレータ、その設計図をもとにシステムを製造する製造メーカーという分業体制が実現され、利用者のニーズを実現するというシナリオである。それぞれの専門技術を活かした中小・ベンチャー、異業種を含む多様な企業、研究開発機関等が市場に続々と参入することでロボット開発を活性化し、製造現場以外の多様な用途に合わせてカスタマイズされたシステムを提供することでロボット活用範囲を拡大し、新たな RT 産業の創出による経済活性化が期待される。

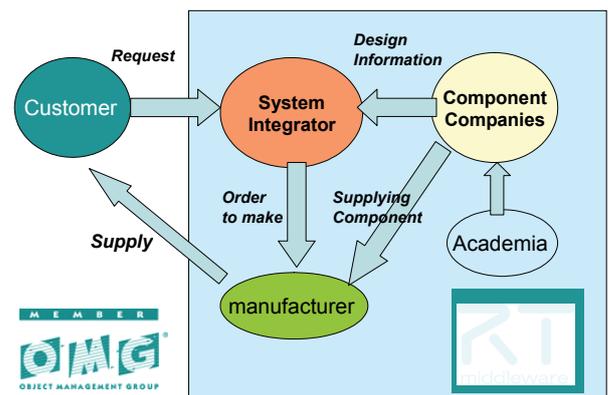


Fig.1 RT Middleware  
– Robot Technology for the Made-to-Order Business Model

本稿では、この技術戦略を支える RT ミドルウェア技術の標準化を議論するとともに、具体的な普及戦略としてソフトウェア技術の国際的な標準化団体である OMG (Object Management Group) において進めている標準化活動の概要を報告し、ロボティクス・メカトロニクス分野の技術者・研究者を標準化活動にお誘いする。

## 2. 国際標準の重要性[3]

従来、単独の製品で機能が完結していた単体製品においては、その製品や技術が他社よりも優れていることを競い合う技術開発競争であった。近年、急速な情報通信技術の発展により、ネットワークを介して情報交換して機能を発揮する IT 製品が普及するようになってきている。ここで、各社が独自技術だけを前面に押し出して製品を開発していたのでは、他社製品と互いに連携して利用することが出来ない。すべての IT 製品群を自社製品で囲い込む戦略を採用する選択肢もあるが、巨額の投資で開発した技術が無駄になるリスクが高まる。そこで、他社製品との相互運用性を高めるために技術標準を制定し、その技術標準を採用した製品開発が進められるようになってきている。標準化により技術が社会に普及し、利便性や経済性を高め、産業の発展をもたらしている。

1995年からWTO(World Trade Organization)加盟国(2004年10月現在、148カ国)はTBT(Technical Barriers to Trade)協定に基づいて国際標準に適合した製品に対して、国際標準に競合する国内規制や国内標準で外国製品の流通を阻止できなくなっている。逆に言えば、国際標準に適合していない外国製品の輸入が規制されるようになってきている。つまり、国際市場への進出を目指す産業活動にとって、国際的な技術標準は不可欠なものとなり、その国際標準化に積極的な関与する国際標準化戦略が重要となっている。

電気通信分野などの既に多くの製品を市場に投入している産業分野においては、その市場を確保するために産業界自身が積極的に標準化活動に取り組んでいる。一方、生活支援ロボットのように製品が未熟でまだ市場を確立していない産業分野では、国際標準化が進んでいないのが現状である。そこで、急速な市場開拓が期待される生活支援ロボット分野での戦略的な国際標準の確立が期待されている。

## 3. 関連研究・標準化活動の現状

情報処理分野で普及しているソフトウェアのモジュール化技術をロボティクス・メカトロニクス分野にも導入し、各機能モジュールのインタフェースの標準化を図り、再利用性を高めてソフトウェアを共有することにより効率的にロボットシステムを開発する努力が各国でまた様々な分野で行われている。

国内の研究開発プロジェクトとしては、RTミドルウェアプロジェクトに関連して日本ロボット工業会に設置された専門委員会にて、ネットワークロボットプロジェクトに関連してネットワークロボットフォーラムや電子情報通信学会の専門委員会にて、それぞれ開発成果の標準化を含めた普及戦略が検討されている。

国内の産業界を巻き込んだ標準化の動きとしては、情報家電、自動車の制御系、製造業などのRTに密接に関わる関連分野においてそれぞれの産業界が中心となって数多く標準化活動がなされている。それに対して、生活支援をターゲットとするRT分野ではロボットサービスイニシアチブ(RSi)において人と共存するパーソナルロボットの普及に向けてサービス提供モデルの検討が進められているのと、各種FA機器に対する標準通信インタフェースを提供しているORiN協議会(Open Robot / Resource Interface for the Network)がその仕様を拡張して対象をRT分野へ拡大させることを目指しているのが見られるくらいである。

米国ではNISTが制御システムのアーキテクチャとしてRCS(Real-time Control Systems Architecture)を提唱しており

適用分野ごとに4D/RCS, ISAM, NASREMなどの参照モデルが提案され、JAUS(Joint Architecture for Unmanned Systems)が無人操縦システムの標準化を積極的に進め、産官学の連携をめざしたRETF(Robotics Engineering Task Force)ではハードウェアに密着したレベルのAPIを提案している。ベンチャー企業のEvolution Roboticsは画像処理技術を核としてモジュール化技術を導入した再利用性の高いロボットソフトウェア開発環境を提供している。

ヨーロッパでは、ロボット制御用のオープンソフトを提供するOROCOSや移動ロボット技術の共有化を狙ったCLAWERプロジェクトなどがEUの資金を投じて推進されてきた。

韓国では、国家戦略で多くの研究資金がロボット技術開発に投入されており、URC(Ubiquitous Robotic Companion)などの国家プロジェクトの中でビジネスモデルも考慮しつつ標準化の検討を進めている。

CARMEN, CLARAty, MARIE, MIRO, Player/Stageなどのプロジェクトが移動ロボットのためのオープンソフトウェアを、ORCA, Ptolemyなどのプロジェクトがコンポーネントベースのソフトウェア開発環境をオープンソフトウェアとして提供している。

そして、学会の中でも国際的にロボット技術の標準化に向けた動きが始まりつつあり、IEEEのRobotics and Automation Societyでは、Industrial Activity Board(IAB)で新たなサービスロボットの実現に向けたロードマップの中に標準化技術が位置づけられ、ネットワークロボット(TC on Network Robot)やプログラム環境(TC on Programming Environments in Robotics and Automation)などの技術委員会で標準化が議論されている。

このように、すでに世界中でロボットシステムを効率的に開発するための数多くの提案がされ、標準化に向けた活動が進められているのが現状である。しかし、提案する標準仕様を実装した開発システムを利用することができないものや、特定のアプリケーションや特定のシステムに強く依存した提案が多い。この混沌状態を整理して、これらの諸活動と相互に協力体制を築きながら、相互接続性を確保するための標準的なロボットアーキテクチャモデルの構築が期待される。

## 4. RTミドルウェアの標準化活動

RTミドルウェアプロジェクトでは、ロボットの機能部品のソフトウェアを分散オブジェクトとしてモジュール化するRTミドルウェアのプロトタイプを開発してきた[4,5]。こうしたミドルウェアは、ロボットシステムの開発者にその便利さが認識され、共有されてはじめてその効果を発揮する。しかし、各種の標準的なコンポーネントが揃わないとその利便性がまったく発揮できない。言い換えると、努力して使えるコンポーネントがある程度揃う状況を超えると爆発的に利用者が増えることが期待される。つまり、この技術の普及を図る戦略が鍵となる。

普及戦略のひとつとして考えられる方法は、RTミドルウェア技術を標準化して普及させることである。ロボットビジネスに従事する多くの人々が技術標準としてミドルウェアを使用するようになれば、ロボットビジネスの新たな参入者も、それを活用せざるを得ない状況が生じ、ミドルウェアはさらに普及する。こうしたRTミドルウェアの普及を通して、新規ロボットシステムの開発を容易にする環境を整備し、また、ソリューションビジネスをエンカレッジし、ロボット技術を製造業分野のみならず、日常生活支援分野へ展開させることを促進することが期待される。

#### 4. 1 OMGの概要[6]

ソフトウェア技術の国際標準を扱う国際的な団体のひとつとして、米国に拠点を持つ非営利コンソーシアムである OMG (Object Management Group) がある。OMG では分散オブジェクト技術のためのミドルウェアである CORBA (Common Object Request Broker Architecture) やオブジェクトモデルを表現するための記述言語となる UML (Unified Modeling Language) に代表されるような相互運用可能な分散ソフトウェア技術の標準化を推進している。近年、通信モデルなどの実装プラットフォームに依存しないソフトウェアのモデル (PIM: Platform Independent Model) から実装に依存したモデル (PSM: Platform Specific Model) を導出し、最終的にプログラムコードを自動生成するような MDA (Model Driven Architecture) 技術に積極的に取り組んでいる。

OMG では、加盟組織の中で標準化を目指すソフトウェア技術に興味を持つメンバーが集まり、その参加メンバー間での議論を通して、次第に共通認識を作り出し、標準仕様を作り出している。議論に参加するメンバーは将来その標準技術でビジネスを考えている人々なので本気で議論している。

互いに顔を合わせて議論するとともにそれぞれの提案を採決するために年に5回の技術会議が300名程度の参加者を集めて開催されている。国際的な標準化団体であるが、現実問題として米国メンバーが多いためほとんどの技術会議が米国で開催されている。正式に発行された公募文書や制定された標準仕様はホームページにおいて一般公開されており、より良い標準仕様を取りまとめるための意見を電子メールなどで伝えることが加盟組織のメンバーに限らず誰でも可能である。(技術会議での議論や採決に参加するためには加盟組織のメンバーであることが必要)

##### 4. 1. 1 OMGの標準化プロセス

現実には、それぞれの標準仕様が比較的数少ないボランティアメンバーの努力によって制定されているのであるが、技術標準としての公正さを保証するために、その標準化のための手続きが厳密に定められている。技術標準が必要と考える人々がいきなり標準仕様を自分勝手に取りまとめるのではなく、以下のような手続きを経て標準仕様が制定されている。

新しい分野の技術標準を検討する際は、最初に現状の問題点を洗い出しそれらを解決するために必要とされる標準技術を明確にして、制定すべき標準技術に優先度をつけたロードマップの作成が行われる。そのために、関連技術情報を求める公募文書 (RFI: Request for Information) を発行して、関連技術情報を収集する。ここで得られた情報をもとに分科会であつかう技術標準の適用範囲を明確にする技術文書 (White Paper) と標準化プロセスのロードマップが作成される。この作業を通して標準化作業に興味を持つメンバーが集められる。

ロードマップに従って、標準化が求められている個々の技術に関して優先度が高い順番に具体的な標準化作業が開始される。個々の技術の標準化においては、最初のステップとして、仕様提案を求める公募文書 (RFP: Request For Proposal) を発行する。次のステップとして、その公募に仕様案を提案してきた提案者を集め、技術的な議論を通して共通認識を作り上げて共同標準案を取りまとめ、承認プロセスを経て技術標準を制定している。

##### 4. 1. 2 OMGの組織構成

これらの合意形成のために、技術分野ごとに作業部会 (TF: Task Force) が設置されている。RFI や RFP という公募文書や最

終的な共同仕様案については、作業部会 (TF: Task Force) において具体的な技術内容を精査した後、アーキテクチャボード (AB: Architecture Board) において OMG 全体技術との整合性を精査するという2段階の議論と審査を経て、最後に技術委員会 (TC: Technology Committee) において採決を行い、理事会 (Board) で承認を得て技術標準が制定される。

作業部会 (TF) は、応用領域に固有な技術を議論する Domain グループと、領域横断的な共通技術を議論する Platform グループに分類されている。現在、9つの作業部会が Domain グループに、4つの作業部会が Platform グループにそれぞれ設置されているが、時代の変化に合わせて臨機応変に再編成されている。また、これらの作業部会とは別に、作業部会の守備範囲を超えた特定技術について議論するために小規模な分科会 (Special Interest Group) が設置されている。

OMG の標準仕様としては UML のような共通技術が目立っているが、企業の情報システムをはじめとして、防衛、金融、運輸、宇宙、製造、医療、ソフトウェア通信、ライフサイエンス研究などの Domain グループに所属する作業部会が応用分野に密着した標準化活動を活発に行っているのが特徴的である。

#### 4. 2 標準化活動を通じた普及戦略

前述のように合意形成をベースとした OMG の標準化プロセスを活用すれば、技術開発と同時進行的に OMG での議論を開始し、技術に関心を持つ仲間を集めながら、すなわち、普及を図りつつ標準形成を達成することが出来る。ISO による標準化プロセスのように、完成した標準仕様案を持ち込み、対抗勢力と合意形成に向けて争って標準を獲得する方式に比べて、より早く結論に到着できることが期待される。特に、その効用に対する認識が十分に普及していない技術の効用への理解者を増やしつつ、それをできるだけ早く標準にまで持っていく場合に適している。

一方、OMG 方式の問題点は、議論を通しての合意形成をベースに徐々に標準案を制定していくために、持ち込んだ仕様案が全面的に最終的な標準案に採択される保証はなく、むしろ、標準化作業を進めるボランティア組織の意見を融合した標準案になることである。すでに、市場に製品が流通しており、提案した技術や方式が全面的に採用されないと、日本のロボット産業界の不利益に直結する場合は、慎重に対処する必要がある。しかし、RT ミドルウェアに関しては、現状ではそれを活用したビジネスが日本を含め世界的にも存在するわけではなく、その点で、比較的柔軟に種々の標準仕様を許容できる状況にある。むしろ、プロジェクトで開発されたたたき台となる原案を含め、世界の英知を集めてより優れた標準仕様ができることにより得られるメリットの方が大きいと考えられる。こうした状況認識のもとに、RT ミドルウェアプロジェクトにおいて、OMG での標準化活動を通して、普及と標準化を同時並行的に推進する戦略が採用された。

#### 4. 3 活動経緯

RT ミドルウェア技術の国際標準化を推進するため、日本ロボット工業会に設置された RT ミドルウェア普及調査研究専門委員会の中に標準化検討ワーキンググループ (主査: 水川真 (芝浦工業大学)) を組織して、標準化戦略を検討してきた。具体的な活動として 2004 年 4 月の技術会議 (米国・セントルイス) から継続的に OMG の技術会議に参加して標準化プロセスについて調査を進めてきた。8 月の技術会議 (カナダ・モントリオール) において日本のロボット技術を紹介するフォーラムを開催し、11 月の技術会議 (米国・ワシントン DC) において、活動拠点として超分散オブジェクト分科会 (SDO-SIG) の中にロ

ロボット技術へのSDOモデルの適用を検討するWGを設置して活動の拠点とし、国際標準化までのロードマップを策定してOMGでのロボット技術の標準化活動を開始した。2005年2月の技術会議(米国・バーリンゲーム)において、ロボット技術の標準化をテーマに米国企業を中心としたフォーラムを開催するとともに、応用分野としてロボット分野に特化した技術標準の議論を進めるためのロボット技術分科会(Robotics SIG)を発足させた[7]。

現在、OMGの中ではSDO-SIGとRobotics-SIGという2つの活動拠点をベースにRTミドルウェア技術の標準化活動に取り組みつつあるところである。以下にそれぞれの分科会を紹介する。

#### 4. 3. 1 超分散オブジェクト分科会(SDO-SIG)

この分科会は、ユビキタス時代に向けて、情報家電、自動車部品、携帯電話関連機器などへの応用を想定してハードウェアをソフトウェアに取り込んだ分散オブジェクト環境を実現するための技術標準を確立することを目指して、東大の新誠一先生と日立製作所の河野克己氏との働きかけにより2000年1月に設置された。

組込み環境を意識した機器管理の枠組みとなるSDO標準仕様では、ネットワーク上に分散する数多くのハードウェアやソフトウェアを組み合わせてシステムを構成するためのSDOモデルを提供している。ハードウェアの入出力をオブジェクトのインタフェースで定義すると共に、ハードウェア特性をプロファイル(Profile)という形で記述する。これにより、同一機能をハードウェアで実現しても、ソフトウェアで実現しても、それを利用する側はプログラム変更不要となっている。また、複雑なシステムを設計する際には、複数の部品を集めたモジュールがひとつの部品として扱えるような階層構造を表現できることが重要であるが、SDOモデルに再帰的に内包する構造を持たせることで階層構造を表現している。そして、特定の場所に特定の時間に到達した瞬間にアドホックなネットワークが構成されるようなユビキタス環境に欠かせない機能を実現するために、オーガニゼーション(Organization)と呼ぶSDO同士が動的にグループを構成して連携した動作が可能になる仕組みを導入している。

以上のようなハードウェアを含む分散オブジェクトが持つべきモデルを抽象化したSDOの標準仕様案は、2003年春に承認された。その後、約1年かけて日立製作所の鮫島茂穂氏を議長に文書の整理がなされ、2004年春に標準仕様として制定された。

RTミドルウェア技術の標準化に関して、このSDOモデルをロボット分野に適用することを検討している。SDOモデルが想定する他の広い応用分野との相互接続性を確保しつつ、ロボット技術のコンポーネント化を促進し相互接続性を高めるために最低限必要な仕様を検討し、それを技術標準として確立することを考えている。これから、抽象的なSDOモデルをベースにロボット用のコンポーネントモデルに特化する技術標準提案の公募(RFP)をとりまとめて、標準化を進める予定である。

#### 4. 3. 2 ロボット技術分科会(Robotics-SIG) [8]

新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)と日本ロボット工業会(JARA)の働きかけで2005年の2月に設置されたばかりのこの分科会では、ロボットシステムに求められる技術標準を議論する予定である。産業、生活支援、農業などのロボットが利用される分野に特化した技術標準を議論するとともに、それらの分野共通技術の技術標準を議論する。これまでにOMGで制定された分散オブジェクトに関する標準仕様のロボット分野への適用を検討するとともに、ロボットの固有機能に関するミドルウェアの標準仕様を制定していくことを考えている。

設立されたばかりのロボット分科会では、OMGの標準化プロセスに従ってこれからロボット分野に求められる技術標準を調査するために関連技術情報を求める公募(RFI)を行う予定である。ロボット技術の技術標準に興味を持つメンバーが集まりロボット技術の標準化ロードマップを描いていくことになるので、どちらの方向に議論が進むのか未知数であるが、産業界が市場開拓の可能性が高いと予測する技術から標準化が進むであろう。

## 5. おわりに

様々な分野で標準化が進み、技術共有や再利用による効率的なシステム開発が進められている中で、ロボティクスやメカトロニクスなどのRT分野に関するシステム構成手法の標準化がぼろぼろ抜け落ちていくのが現状である。ロボット技術の本質はシステム統合の技術であると考えられ、それゆえに、研究としては独自のアイデアが活かせる自由なシステム構成が好まれているのが現状だと思われる。しかし、プロトタイプを示して終わりの研究では実用化に結びつかない。開発された新技術を迅速にシステムに組み込むことを可能にする統合技術がこれからの製品開発効率を高めるとともに学術的にも研究効率を高める鍵となる技術として重要となると確信している。

RTミドルウェアのコンセプトを検証するRTミドルウェアプロジェクトは2004年度で終了したが、引き続き、ロボット工業会の中に設置された専門委員会の中で、ロボット技術の標準化に関する議論を継続的に続けるとともに、今後のOMGでの標準活動についても情報交換を行う予定である。ロボティクス・メカトロニクス技術の標準化活動に興味を持たれた皆様の積極的なご参加をお願いいたします。

ここで紹介した標準化活動は、新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)の「ロボットの開発基盤となるソフトウェア上の基盤整備」事業のご支援を受けた成果である。OMGにおいて標準化活動を開始する際に、様々なご支援を頂いた多くの方々に感謝いたします。

## 文 献

- [1] 国産ロボット技術発達の系統化に関する調査報告書、(社)日本ロボット工業会、2003.
- [2] 平成12年度 21世紀におけるロボット社会創造のための技術戦略調査報告書、(社)日本機械工業連合会、(社)日本ロボット工業会、2001.
- [3] “技術標準と特許権について”、日本弁理士会中央知的財産研究所研究報告第14号、2005.
- [4] 北垣、末廣、神徳、尹、安藤、“RTコンポーネントによるマニピュレータ制御システム構築 —RTミドルウェアの基本機能に関する研究開発(その5)—”、ロボティクス・メカトロニクス講演会2004、p.1A1-L1-6 (2004).
- [5] RTミドルウェアプロジェクトのホームページ  
<http://www.is.aist.go.jp/rt/>
- [6] Object Management Group(OMG)のホームページ  
<http://www.omg.org/>
- [7] ロボット用ミドルウェア技術の国際標準化活動を本格化〜RTの普及と産業化を目指し、国際標準化団体OMGに活動グループを発足〜(NEDOプレス発表 2005.02.07)  
[http://www.nedo.go.jp/informations/press/170207\\_1/170207\\_1.html](http://www.nedo.go.jp/informations/press/170207_1/170207_1.html)
- [8] OMGロボット技術分科会のホームページ  
<http://robotics.omg.org/>