

第26回

MDD ロボット チャレンジ 2010

2010年10月26日～28日
国立オリンピック記念青少年総合センター
(東京都渋谷区)

二上貴夫 (株)東陽テクニカ ソフトウェア・システム研究部

MDD ロボットチャレンジ 2010

呼び出しを受けたチャレンジチームのメンバが、全長1メートル重量わずか1グラムの模型飛行船ロボットを離陸地点にそっと置く。審判の「スタート」という声を聴いた後、2～3秒遅れて模型飛行船がプロペラを始動、わずかな風切り音を残して離陸する。数メートルの上昇後にいったん空中停止、その後は旋回、再度上昇しながら目的地を目指す自動航法飛行に移る。2010年10月IPSJ組込みシステム研究会主催、MDD ロボットチャレンジ第7回目の航法競技が代々木のオリンピック青少年センターで静かに始まった(写真1)。

MDD ロボットチャレンジは、産学連携を旗印にした活動である。ソフトウェア工学という、どちらかというと学問的な領域と組込みソフトウェア開発という産業の中でも伸び盛りの領域の連携のために、当初はソフトウェア工学研究会 SIGSE、後に組込みシステム研究会 SIGEMB が開催するシンポジウム(通称 ESS)に併設という形で多くの人の協力のもとに開催されてきた。一種のロボコンであるが、ソフトウェアと組込みシステムのモデリングを重視して開発技術を競うコンテストである。2010年は、北は秋田から南は沖縄までの組込みソフトウェア開発チャレンジ全17チームが集まってその成果を競った。チームが競う領域は、2つ。実際の自動飛行の達成度と自動飛行ソフトウェアの分析設計モデルの善し悪しである。ただし、後述するように MDD

チャレンジの活動は、チームの勝ち負けの先、もう1つ深いところに目的がある。つまり、飛行船という素材を通じて組込みシステム開発技術の研究、教育、啓蒙を行うのがその最終的な狙いになっている。

モデリングと競技のあらまし

MDD ロボットチャレンジの競技内容は年度によって若干異なるが、主たる目標は自動航法の実現を MDD (Model Driven Development の略で詳細は後述)で行うことだ。そのために開発したモデルを審査団が競技前に評価するのがモデル審査、実際に自動飛行を行わせて実行の具合を競技するのが航法競技である。モデル審査と航法競技のほかに、競技当日に相撲競技と呼ぶ少しリラックスした飛行船格闘技も実施している。

なお、模型飛行船とその航法システムのすべてをチャレンジが独自開発することは、負担が大きい。このため、共通システムについては、主催者が貸し出しや実費での頒布を行っている。提供しているシステムは2つあって、模型飛行船 Haluna5 と超音波マトリクスである。

Haluna5 は、16ビットの制御 MPU、ZigBee 通信器、そして複数のセンス&アクチュエーション機器を搭載し、4自由度 (XYH+ θ) で屋内飛行する模型飛行船である。つまり、物理的なデバイスとして超音波ソナー、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems の略で半導体集積回路の製造技術を転用し



写真1 実際の航法競技の様子

てセンサの機械的構造を作ること) ジャイロセンサを搭載し、飛行高度 H と飛行方向 θ をリアルタイムで検出できる仕組みになっている。地上の管制コンピュータは、この H , θ を無線で受信する。

もう1つの超音波マトリクスは、飛行船の XY 位置座標をリアルタイムで求めるセンシングシステムである。飛行エリアの床には、1.5m 間隔でマトリクス状に24個の超音波センサ群が配備されている。Haluna5が高度を測るために発した超音波ソナーパルスがマトリクスへの着信する遅延を3点以上観測すれば床座標の XY 位置が計算できる。この遅延群信号は1つの組込みMPU (Micro Processing Unit, いわゆるCPUから周辺ロジックなどが同一チップに収められたユニット) によって監視され、超音波着信が生じるたびにチャレンジの管制コンピュータへ送信される。これら一連の装置と制御ソフトウェアを超音波マトリクスと呼んでいる。

これらを使う前提でチャレンジが適切なソフトウェアを開発して管制コンピュータを動作させれば、3個のモータ推力を制御することで全自動の航法飛行が可能になる。

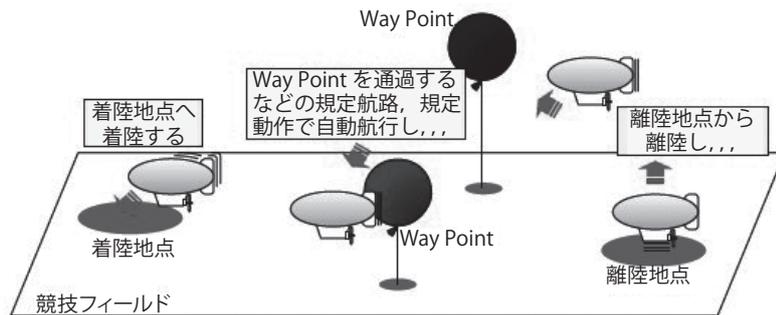
[航法競技]

実際の自動航法による飛行の達成度を競う種目である。模型飛行船を出発点から自動離陸させ、規定に従って空中停止、経由点 (Way Point) 通過、旋回など自動飛行を行う。最後に目的地に着陸させる。

この間、人の介入は一切許されない完全自動航行が課題である (図-1)。2004年の初回には、主催者も含めてみんな準備が間に合わず、離陸した飛行船はすべて迷走した。2005年には1チームが航法に成功、着陸点まで数十センチに迫った。以後、毎年15チームほどのチャレンジがこの難題に挑戦しているが、目標地点のセンタに着地したチームはまだいない。それでも2010年の飛行部門優勝チームの飛行ぶりは、素晴らしいものであった。着陸できなかったのは、主催者が提供する超音波マトリクスで発生したシステムバグによるものであったと思われる (超音波マトリクスから管制コンピュータへのリアルタイム通信でプロトコル違反データを送信する場合があった)。

[モデル審査]

飛行船 Haluna5 と位置測定メカニズムを使えば、無風という条件で制御精度 $\pm 30\text{mm}$ の航法が実現できることが分かっている。このように説明すると、問題は自動制御のモデリングとアルゴリズムに帰着しそうなものであるが、実際はもっと泥臭い。たとえば、地上のセンサは、カバーしている領域が限定されるので、領域の境界では XY を計算するには情報が不足する。また、飛行高度が低くなって地上センサのグリッドの隙間に来てしまえば、飛行船はセンサ網から消失する。こうした多くの問題は、数理モデルでは解けないため、論理、実験、推論、を一



競技用飛行船システムは、基地局 PC、飛行船ロボット、地上センサからなる。およそ幅 14 メートル×奥行 20 メートル×高さ 6 メートルの会場で基地局 PC と飛行船が、自律的に飛行船を制御し、スタート地点から規定の動作を行いつつ、立ち寄り点にすべて立ち寄り、ゴール地点に着陸し、その達成度を評価する。この競技では開始後、飛行中は、オペレータがシステムに触れることは許されない。

エキシビションとして実施される相撲競技は、2 組のチャレンジャが手動による操縦を行い、飛行性能や操縦技術を競う競技である。飛行エリア全体を使って、相手の飛行船につけられたリボンに自分の飛行船をタッチさせることで勝ちとなる。

図-1 飛行エリアと競技の概要

一般的なモデルで記述して制御ソフトウェアを作成する必要がある。こうした厄介な問題を上手にモデルで表現できているかを審査団が審査、評価する。また、オプションとして、ソフトウェアをモデル駆動で開発するためのモデルを作ることにチャレンジした結果もモデル審査する。

2010 年度のモデル審査では、MDD に限らず、プロダクトライン、DSL (Domain Specific Language の略称) など最新の知見を取り込んだモデルも審査された。特に大学研究室でなされたソフトウェア工学研究成果をうまく活用したモデルへの評価は高いものがあつた。この 7 年間のモデリング技術の進歩が感じられる審査であつた。

チャレンジ・プロセスと教育

毎年、4～5 月にチャレンジャを募集する。応募したチャレンジャには基礎教育として競技において標準仕様になっている模型飛行船 Haluna5 の飛行方式、通信制御、測位(位置、姿勢の計測)などに関する基礎技術が提示される。これが飛行船自動航法のドメイン知識である。これを出発点にしてチャレンジャは、モデル審査に耐えるモデル開発、実飛行までに挑むことになる。基礎教育後も夏までにはモ

デリングの追加教育と実装支援があり、秋にモデル審査に続いて航法競技、各種の発表を行うというパターンになっている。この活動を通じて、MDD の研究、実利用への啓蒙、基礎的な教育などが行えると考えている。教育は、モデリングや組込み技術の研究者、企業実務家が手弁当であつている。遠隔地で教育会場へ来れないチャレンジャにはビデオ収録したメディアを配布するという方法で地域格差を緩和してきた。

MDD ロボットチャレンジの背景と目的

MDD (Model Driven Development) とは、モデル駆動開発と一般に呼ばれるソフトウェア開発手法の略称で、1990 年代から実用化が始まった。いろいろな技術の将来性と実用性を厳しく吟味して特集を組む IEEE ソフトウェア誌が MDD 特集を組んだのが 2003 年で、ちょうど、UML による標準化がひと段落した頃にあたる。その頃 MDD の典型は、UML や UML サブセットなどのモデリング言語によってソフトウェアのモデルを構築し、できあがったモデルを機械的に変換することで実行可能なプログラム(ターゲットコード)を得ようというものだった。今日では、UML に限らず、データフローモ

デル、階層状態モデルを始めさまざまな記法に基づいてターゲットコードを得ることができるレベルに達している。少し乱暴な言い方をすれば、機械語、アセンブリ言語、コンパイラ言語、そしてモデリング言語という方向でソフトウェア開発者とコンピュータ間の共通言語が進化している。その先には、コンピュータやソフトウェアはメタレベルに引っ込んで、さまざまな科学技術領域の伝統的表現をコンピュータ上で自在に操れるようにしようというDSLが来ることが期待されている。この調子であと10年もするとABLなどと呼んで誰でもボディランゲージでコンピュータをプログラムできるAny Body Languageの登場もあり得ないことではない。

一方で、プロセッサやエレクトロニクスの小型化が進んでユビキタスコンピューティング、フィジカルコンピューティング、センサネット、スマート、などなど外的条件に適応した情報処理に関する研究や産業応用も世界規模で進んでいる。こうした世界では物理環境、電気電子的制約など多種多様な条件を加味してソフトウェアを開発する必要がある。そのため開発者には多方面の知識や経験が求められる。いわば、コンピュータ利用の黎明期に才能ある人々が活躍したと同様のことを普通の技術者に要求しているような状況だ。

この領域を一括して組込みソフトウェア開発と呼ぶと、ここでは、使用するMPUがさまざまで、制約も開発対象で大きく異なることなどにより、人手による設計変更、ソフトウェアの書き直しが多い。ここから直し間違いや想定外事象などが発生して開発期間が延びる。あるモデルの開発に手間取ると、次の機種開発の設計を考える時間が不足して設計ミスを引き、再び書き直しを増やす原因を作る。泥仕合的ともいえる、この非生産的な状況の改善が求められている。そのためにはMDDから得られる経験を含む成果が有効なプロジェクトは多い、と考えている有志の方々とともに、MDDを研究、啓蒙、教育する場としてMDDロボットチャレンジを開催してきた。

チャレンジ参加者とこれまでの成果

これまでにおよそ100チームがこのチャレンジを経験している。その初期のメンバは、すでに企業の中堅どころとして成長し実務を支えているものが多い。最近のチャレンジは、提案した開発理論を実践する場と研究室の学生のPBL（プロジェクトベースラーニング）の場を兼ねて参加するソフトウェア工学の研究チーム、情報系の専門学校から学生たちのモチベーションを上げるため参加するチーム、企業の研究職で部下の育成と開発ツールのアピールなどを兼ねてのチャレンジなどさまざまだ。このチャレンジの成果をもとに、若手研究者が各所で論文として発表する効果が現れてきていることも嬉しい。また、組込みシステムシンポジウムの中では、論文には至らずとも自分たちの工学的アプローチをポスターセッションでまとめ、発表することをチャレンジに課していることも若手育成の場として有効に作用している。

さらにその次の世代への橋渡し

MDDロボットチャレンジのもう1つの顔としてマジカルスプーンという若年層への教育活動がある。日本は、情報科学と技術を中等教育のなかで必修としている。これは世界標準から見ても先進的な施策といわれている。ただ、長い歴史を持つ他の教科と比べると、教育技術や教材開発から教員養成に至るまで改善を要する部分は多い。この領域でフワッと浮かぶ模型飛行船という子どもにも大人にも好印象を与えるオブジェを使った情報科学教育の手法を研究、実践しているのがマジカルスプーンである。関係者は、MDDチャレンジの支援を受けながら中等教育としての研究会、高校間の遠隔交流会などを織り込みながら息の長い活動を続けている。

その発端は、MDDチャレンジの標準機開発の中でシステムデバッグ用のマンマシンインタフェースとして使った金属スプーンによる状態設定の仕組みをアレンジしたことにあった。金属スプーンを叩い



写真2 マジカル Spoon 教育の実践現場

た際に出る超音波の列を活用して、ビットと符号化、通信とエラー訂正、コンピュータとシステムなどの高校授業の単元にマッピングしている(写真2)。マッピングは大方が高校の先生がたの独自の工夫によっている。また、2010年には、米国 ACM での論文発表、授業シラバスと飛行船の米国への供与なども行った。というわけで MDD チャレンジ/マジカル Spoon は、微力ながら次世代どころか、次の次に世界を背負う世代のための情報教育の1つとなっている。

企業の現場での MDD 適用は、まだまだ始まったばかりと言えるが MDD チャレンジを経験した世代がよりスマートなモデリングを活用した組込みシステム開発を担ってくれと期待して今年もその準備が始まっている。2011年度、MDD ロボットチャレンジは進化する。期待していただきたい。MDD ロボットチャレンジが実施される ESS の開催は 2011 年 10 月 19 ~ 21 日である。詳しくは ESS2011 Web ページ (<http://www.ertl.jp/ESS/2011>) をご参照

いただきたい。

< 2010 年度のコンテスト成績 >

総合部門最優秀賞：飛行船艦ヤマト

総合部門優秀賞：京魂英雄

最優秀モデル賞：電大飛行船神田号

優秀モデル賞：芝浦ナビ

モデリング奨励賞：YSE 希望ヶ丘飛行船 Sky.ww

NEWEST

飛行競技最優秀賞：飛行船艦ヤマト

飛行競技優秀賞：The Goships

相撲競技：Miw 研 α The Goships Miw 研 β

参考 URL

1) <http://sdlab.sys.wakayama-u.ac.jp/mdd2010/awards.html>

2) http://www.okinawatimes.co.jp/article/2010-11-15_12059/
(平成 23 年 1 月 31 日受付)

二上貴夫 (正会員) | futagami@sonata.plala.or.jp

筑波大学第一学群卒業。1988 年より (株) 東陽テクニカ勤務。産業用計測システム開発担当を経て組込みソフトウェア開発コンサルタント。現在は、モデリング技術の教育技術と教材開発に注力している。