

小中学生対象のロボット競技 世界大会レポート

～ FLL Open Asian Championship 2008 ～



山下博之 (株) NTT データ

小中学生を対象としたロボット競技会 FIRST LEGO League (FLL) の世界大会の1つ、FLL Open Asian Championship 2008 が、4月27～29日に東京体育館で開催された。FLLは、指定課題の研究・プロジェクトの成果発表とロボット競技とを組み合わせた総合的な科学教育プログラムである。本大会には、24カ国・地域から56チーム、約500人の子供たちが参加し、相互に交流しつつ、活動の成果を披露した。大会のボランティア運営スタッフ・審査員として参加した筆者より、技術発表とロボット競技の内容を中心に説明するとともに、大会で活躍した子供たちの模様等を報告する。

FIRST LEGO League (FLL) とは

FLL (FIRST LEGO League)¹⁾ は、米国のNPO法人 FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology) と LEGO 社とが連携し、1998年から始められた、子供たちのための“科学教育プログラム”である²⁾。当初は米国内でスタートしたが、徐々に各国に拡がり、日本は、2004年から参加している。日本での運営は、NPO法人青少年科学技術振興会 (FIRST Japan)³⁾が行っている。参加資格は、新年時点で9～14歳(地域によって若干異なる)の子供であり、10人までで1チームを構成する。毎年度9月にテーマが発表されてスタートし、各国内での予選を経て、4月から5月にかけて、米国アトランタおよび他の1,2カ所で世界大会が開催されている。

FLLを“科学教育プログラム”と書いたのは、単にロボット競技だけの大会ではないからである。FLLは、リサーチ・プロジェクトとロボット競技の2項目から構成される。

リサーチ・プロジェクトでは、毎年世界で社会的に話題となっている課題が設定され、子供たちには、その課題について調査し、自ら問題の解決策を考え、その結果を周りの人たちと共有する活動が求められる。

ロボット競技では、LEGO社から市販されているロボットキット“マインドストーム (MINDSTORMS)”⁴⁾を用

いて製作したプログラム制御のロボットを使用する。そして、指定個所を押す・引く、物体を運ぶといったミッションが複数設定され、制限時間(2分30秒)内で自作のロボットによりそれらのミッションを遂行し、その成功状況に応じた得点が与えられる⁵⁾。

FLLの競技会では、(a) リサーチ・プロジェクトの成果に関するリサーチ・プレゼンテーション、(b) ロボットの構造、プログラム、ミッションの遂行方法(戦略)等を説明するテクニカル・プレゼンテーション、(c) チームの役割分担と協力によるプロジェクト遂行活動を紹介するチームワーク・プレゼンテーション、(d) ロボット競技、の4種を行い、それらの総合得点を競う。

本大会におけるテーマ

本年度のFLLのテーマは「パワーパズル (Power Puzzle)」, すなわち、エネルギーにかかわる種々の問題である。ロボット競技では、このテーマにちなんだミッションが設定されている。また、エネルギー利用に関する調査研究が、リサーチ・プロジェクトの課題となっている。

ロボット競技のミッション

ロボット競技のフィールドを図-1に示す。競技者が手でロボットを操作することのできるエリアを“ベース”と呼ぶが、ベースは前年度まではフィールドのコーナーの1つに設けられていた。今年度は、長辺の中央(図-1において、協賛会社のロゴが描かれた正方形の部分)に設けられている。

ロボット競技では、13個のミッションが設定されており、それらはすべて、今年度のテーマであるエネルギー問題にちなんだものとなっている。このことは、水力ダム、送電線、ソーラーパネル、風力発電タービン、木といった、図-2に示すミッション・オブジェクトに表れている。また、以下に示すミッションの具体例にも表れている：

- 太陽発電衛星 (Solar Power Satellite)



図-1 ロボット競技フィールド



図-4 「屋根のソーラーパネル」ミッション



図-2 ミッション・オブジェクト

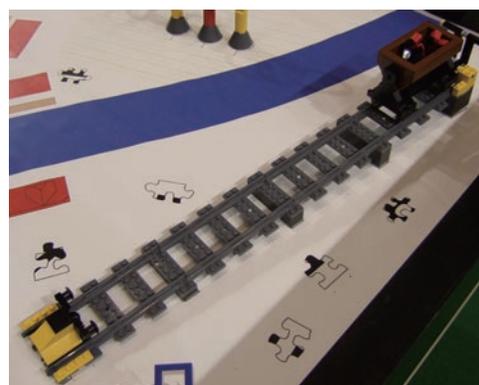


図-5 「石炭採掘」ミッション

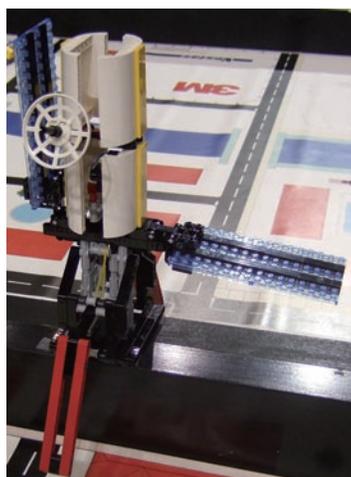


図-3 「太陽発電衛星」ミッション

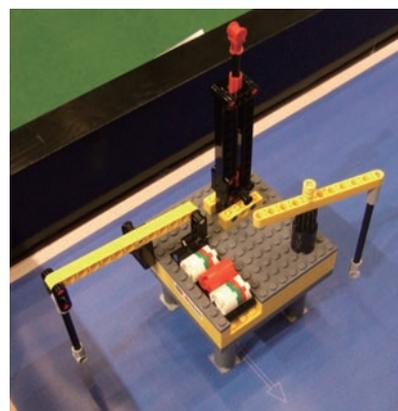


図-6 「石油掘削」ミッション

衛星下部の赤いバーを押すことにより、付属の青いソーラーパネルを下ろす(図-3)。

- **屋根のソーラーパネル(Roof Solar Panel)**
L字型をした青色のソーラーパネルを運び、海のそばにある家の赤い屋根の上に引っ掛けるように載せる(図-4)。
- **石炭採掘(Coal Mining)**
レール後方のバーを押すことにより、石炭を積んだ貨物車をレール上を走らせて手前まで運ぶ(図-5)。
- **石油掘削(Oil Drilling)**

石油プラットフォームから海に突き出た黄色のバーを押し下げることにより、石油の樽3個をはずして回収し、ベースに持ち帰る(図-6)。

- **水力ダム(Hydro-Dam)**
ダムを移動し、川の両岸に触れるように置く。
- **風力発電タービン(Wind Turbines)**
風力発電タービンを移動し、ベースに隣接しない白いエリアに置く。
- **送電線の連結(Grid Connection)**
送電線を発電所の敷地とその建物周辺の土地の両方に

触れるように置く。

• 植林活動(Tree Planting)

木々を大きな川の側のエリアに到達するように移動させる。

リサーチ・プロジェクトの課題

「パワーパズル」と題された今年度のリサーチ・プロジェクトは、世界中で関心が高まりつつあるエネルギー利用への理解を深め、人々がさまざまなエネルギーを選びながら生活していること、そしてその選択が世界に与えている影響について考えることを目的としている。その中には、エネルギー選択の環境への影響も含まれる。参加チームには、エネルギーの利用可能性を分析した上で、エネルギー利用を改善させるアイデアを考えることが期待されている。

具体的な活動としては、学校や公共施設等の地域内の建物を1つ選択し、その管理者の協力を得つつ、そのエネルギー利用状況や環境への影響等を調査することが例示されている。また、各エネルギー分野の専門家に話を聞いたり、図書館やインターネット等で自ら調べたりすることもできる。そして重要なことは、これらの調査結果をもとに自分たちでエネルギー問題の解決策を考え、提案することである。さらに、このような活動の結果が実際の問題解決に活かされるよう、発表等を通して地域の人々と情報を共有することが推奨されている。

FLL OAC 東京大会の様様

2007/2008年のFLL世界大会の1つ、FLL Open Asian Championship 2008⁶⁾が、去る4月27～29日の3日間、千駄ヶ谷の東京体育館にて開催された。大会には、5大陸、24カ国・地域から56チーム、約500人の子供たちが参加し、相互に交流しつつ、活動の成果を披露した。日本からは7チームが参加した。

概況

大会は、第1日のプレゼンテーションにより開幕し、第2日にはOpening Ceremonyとロボット競技の予選ラウンドが行われ、第3日のロボット競技の決勝ラウンドとAward Ceremonyにより幕を閉じた。また、第2日の夕方にはTeam Partyが行われ、子供たちは交流を深めた。

プレゼンテーションでは、参加チームが2つのグループに分けられ、並列に行われた。各チームは、3種のプレゼンテーションを連続して行った。各プレゼンテーションあたり、5分間の発表、3分間のQ&A、2分間の入れ替えの計10分間が割り当てられ、3つで30分間となる。各プレゼンテーションあたり3名、計18名が審査にあたったが、うち日本人は約半数である。公式言語は

英語であり、必要に応じ、通訳が付けられた。

ロボット競技では、予選3ラウンドの上位8チームが決勝に進み、トーナメントにより最終順位が決定した。

大会の最優秀チームに与えられるChampionship Awardは、スウェーデンのJolly Rogerチームが獲得した。また、3つのプレゼンテーションが総合的に優れていたチームに与えられるTotal Presentation Awardは、マレーシアのGO ENASONチームが獲得した。これらを含め、各プレゼンテーションでの成績優秀チーム等、合計15のAwardが授与された。

大会の様様については、全体を紹介した記事⁷⁾がある。本稿では、特に、テクニカル・プレゼンテーションとロボット競技について、以下で詳しく報告する。

テクニカル・プレゼンテーション

FLLの対象とするロボットは、基本的には車両型であるが、コントローラ、モータやセンサの種類と数等、使用部品に一定の条件が課されている。各チームは、光センサ等を駆使しつつ、ミッション攻略戦略に応じた最適なロボットを製作する。すべてのミッションを遂行可能な、人間の手のような汎用のロボットを作ることはできないので、ミッションの内容に応じた操作機構(アタッチメント)を複数製作し、ミッションごとに着脱することになる。コントローラにダウンロードするプログラムの開発環境としては、ROBOLAB、LabVIEWという2種のツールが用意されている。プログラムは、フローチャートのように、用意された機能ブロック(アイコン)を線で結び、必要なパラメータ等を設定することにより作成する。

テクニカル・プレゼンテーションでは、自分たちの製作したロボットの構造・デザインやプログラム、ミッション攻略の戦略がいかに優れたものであるかをアピールする。

プレゼンテーションの形態はチームに任されており、画用紙等に描いた図面やPowerPointのスライドを用いた一般的なものや実際にロボットを動かすもの、それらを組み合わせたもの等、さまざまであった。また、PC上の作成プログラムを表示して見せるチームもあった。テクニカル・プレゼンテーションの様様を図-7に示す。

マインドストームには、従来型のRCXと高性能版のNXTの2つのタイプがあるが、ほとんどのチームは2006年に発表されたNXTタイプを使用していた。ロボットはまさに千差万別であり、それぞれのチームの工夫が窺えた。特に、アタッチメントには、ばね仕掛けで子ロボットが飛び出すものや、折り畳んだアームを瞬時に伸ばすもの等、ミッションの攻略時間短縮を目的としたユニークなものがあった。センサについても、ほとんど使用しないロボットもあれば、前方の物体検出にNXT



図-7 テクニカル・プレゼンテーションの様相

タイプから装備された超音波センサを用いるロボットもあった。プログラムに関しては、スタート時のタッチセンサのオン/オフを検知して動作するサブプログラムを選択するものが多かったが、これは、切り替え時間の短縮に有効である。また、中には、4つのミッションを1回の走行で遂行するようにしたものも見られたが、その実現にはロボットの走行距離や方向転回角度の制御にかなりの精度が要求され、高度なプログラムといえる。

テクニカル・プレゼンテーションの審査項目・基準は、表-1に示す通りである。各項目につき、Excellent、

Good, Fair, Needs Improvementの4段階で評価する。各審査項目における4つの評価段階の基準が定められており、たとえば、表-1の“Locomotion and Navigation”の「走行距離の正確さ」については、Excellent：規定距離を効率よく走行、Good：多くの場合に規定距離を走行、Fair：時々規定距離を走行、Needs Improvement：規定距離を繰り返し走行することは困難、となっている。すなわち、審査員はマトリクスシートをチェックすることになる。プレゼンテーションで評価するに十分な説明が得られなかった場合には、それを引き出すための質問が行われた。質問文のサンプルはあらかじめ審査員に示されており、たとえば、次のようなものである：

- 最も困難なミッションはどれであり、それをどのように解決したか？
- あなた方のチームで最もユニークと考えている部分はどこか？
- どのようなセンサを用いているか？
- コーチはどのような手助けをしてくれたか？

プレゼンテーションで優れていると判断された複数のチームについて、翌日のロボット競技の内容を確認することにより、実際に説明の通りに動作するかがチェックされた。このとき、できる限り、他のグループに属するチームのロボット競技も確認された。最終評価は、上記審査

評価項目	評価基準の観点
Innovative Design	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造設計の創造性やユニークさ、マニピュレータやセンサが予想もつかない形で使われているか、複合的なミッションの攻略における創造性/ユニークさ、思いもよらないようなプログラムの作り
Strategy, Process, Problem Solving	<ul style="list-style-type: none"> ・ 初期概念から設計、テスト、および改良を通じたプロセスの理解 ・ 得点を最大化するためのミッションの攻略戦略
Locomotion and Navigation	<ul style="list-style-type: none"> ・ 走行距離の正確さ ・ 正確な位置決めと最適な速度制御 ・ 方向転回の正確さ ・ 2地点間移動の正確さ ・ 可変要因(電源消耗、障害物)への許容度、位置認識のための多種のセンサの利用
Programming	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構成の論理性 ・ 効率性 ・ 複雑な処理でも常に動作するか ・ センサを有効活用しているか ・ 変数、ループ、サブルーチン、条件判断が効果的に使われているか ・ ミッションとそれに対応するプログラムの説明
Children Did the Work	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造とプログラムに関する知識は子供たちが設計と科学技術に関して理解していることを表しているか ・ 製作とプログラミングはチーム・メンバにより行われたか
Structural	<ul style="list-style-type: none"> ・ 組立の容易さ ・ 本体の安定性と堅牢さ ・ アタッチメントのモジュール性、着脱の容易さ、機能・能力の有効性 ・ チームによる設計、設計のユニークさと創造性
Overall Design	<ul style="list-style-type: none"> ・ システムのエlegantさと完全性 ・ 各コンポーネントの動作の良好性 ・ 全コンポーネントの協調性

表-1 テクニカル・プレゼンテーションの審査項目・基準



図-8 (1) ロボット競技の様相(1)



図-8 (2) ロボット競技の様相(2)

結果の数値化はなされず、全審査員の合議により行われた。

以上の結果として、3種のAwardが次の優秀チームに与えられた：

- Technical Award : Lego Extrem チーム(ノルウェー)
- Robot Dependability Award : 奈良教育大学附属中学チーム
- Innovative Design Award : 7 de sec+2 チーム(スペイン)

ロボット競技

FLLのロボット競技では、ミッションごとに定められた得点はその成功により与えられ、すべてクリアすると400点となる。RCXタイプのマインドストームを用いるロボットのチームには、ハンディキャップとして、所定のボーナス点が加算される。競技では、時間をあけて3回のラウンドを行い、最も高い得点がチームの得点として採用される。

今大会では、満点を獲得したチームが多数にのぼったため、全3回のラウンドの得点に基づいて上位8チームが選定され、最終日の決勝ラウンドに進んだ。8チームのうち、3回とも400点満点を獲得したのが3チーム、8番目のチームでも2回の400点満点と300点以上の得点1回であった。8チームの国別内訳は、上位から、マレーシア、ノルウェー、オランダ、スウェーデン、米国、日本、中国、デンマークである。

決勝ラウンドでは、当初、1回の競技による獲得得点に基づいて順位が決められる予定であったが、決着がつかなかったため、トーナメント制に変更して進められた。緊張のためか、決勝ラウンドで満点を獲得するチームは少なかったが、最終戦の優勝チームは満点、2位のチームは399点であった。ロボット競技の様相を図-8に示す。

最終的な競技の結果は次の通りであり、各チームにRobot Performance Awardが与えられた：

- 1位 : icNRG – I see ENERGY!! チーム(オランダ)
- 2位 : Jolly Roger チーム(スウェーデン)
- 3位 : Winning Eleven チーム(中国)

なお、日本の奈良教育大学付属中学チームが次点であった。

この数年、満点をとるチーム数は徐々に増加している。この要因としては、ロボット用ハードウェア・ソフトウェアの高性能化、制御ノウハウの蓄積と共有に加え、ミッション自体も、直進・後退およびアームを用いた操作といった単純な動作でクリアできるものが増えていることが挙げられる。

子供たちの交流と大会の運営

FLLの大会は、“コンテスト”というより子供たち同士の交流に重点が置かれている。

各チームには、“ピット”と称する、プレゼンテーションやロボットの準備・調整のための控えスペースが割り当てられる。各チームは、このピットに、自国やチームを紹介するパネルを掲示したり模型を展示したりしており、子供たちは空き時間に他チームのピットを訪問し、記念品の交換を行っていた。ピットにおける展示の例を図-9に示す。

また、会場のバックグラウンド・ミュージックに合わせて踊り出す子供がいると、その輪は自然と拡大し、またたく間に会場全体に広がっていった。子供たちの交流に演出は不要である。

このような方針は、Awardの授与基準にも表れており、1チームが複数のAwardを獲得しない、というルールが定められている。唯一の例外は、Robot Performance Awardであり、これは、他のAwardに関係なく、ロボット競技結果の成績上位チームに与えられる。

このため、第2日目の夕方に行われたAward授与チームを決める審査員会議は、当初予定を大幅に超え、全体のコンセンサスが得られるまで、徹底的に議論された。そこでは、特に、総合優勝に相当するChampionship Awardは、3種のプレゼンテーションとロボット競技の総合得点の最も高いチームに与えられるものではあるが、同時に、FLLの精神(Gracious Professionalism)にふさわし



図-9 ピットにおける展示の例

いチームでなければならないことが共通の理解であった。

なお、本大会では、動画投稿サービス ClipLife⁸⁾ とマッシュアップした動画ギャラリー⁹⁾ がネット上に設けられ、運営事務局と各チームによる投稿動画が公開された。大会開始前にはチーム紹介の動画が、期間中および終了後には大会の様態を撮影した動画が投稿され、子供たちの交流促進等に役立てられた。余談であるが、このサービスは専用でありながら、フロントのユーザインタフェース制御プログラム以外には自営の動画管理や配信設備を必要としない。このような特定のイベントにフォーカスした動画投稿の仕組みは新しい試みであり¹⁰⁾、今後の動画投稿サービスの在り方の1つとして注目される。

最後に、本大会は、国外からの審査員をはじめとする多くのボランティアに支えられて開催できたことを記しておく。

ロボット競技会と科学教育

ロボット王国と言われる日本には数多くのロボット競技会がある。その中で、FLLの特徴は、小中学生を対象としている点と、ロボット競技に加えてリサーチ・プロジェクトを含む総合的な科学教育プログラムとなっている点にある。

FLLの理念は、子供たちに、ハンズオンによる「体験的な取り組み」と「教育」を組み合わせたプログラムを体験してもらい、「科学技術」に対する興味・関心へとつながる「感動」を学習経験として与えていくこと、そして、子供たちに不足していると思われる「1つの事象について深く考え、課題に取り組み、解決していく」という経験の場・機会を提供し、次世代を担う子供たちの「考える力」に刺激を与えていくこと、とされている。FLLに参加する子供たちは、ロボット競技を通して創造力を養い、ロボットのハード・ソフト技術を学ぶ。同時に、リサーチ・プロジェクトを通して指定テーマの学習を行う。また、チーム活動を通じて協調性、コミュニケーション能力やリーダーシップ能力を、発表を通してプレゼンテーシ

ョン能力を養うことができる。さらに、活動全体を通して、プロジェクト管理の一端についても体験できる。子供たちはロボットの製作や競技に際しては、わくわくしながら一生懸命取り組む。

新年度のFLL2008は、今年の9月に課題が発表される予定であるが、テーマは、「Climate Connections」ということで、地球環境に関する問題を扱うものと決まっている。子供たちに参加を促されることと、メンター/コーチ/ボランティアとして参加されることを読者のみなさんに期待して、本報告を終えたい。

参考文献

- 1) FIRST LEGO League International : <http://www.firstlegoleague.org/>
- 2) 山下博之：小中学生を対象としたロボット競技会と総合理科教育，情報処理，Vol.48, No.5, pp.502-511 (May 2007)。
- 3) NPO 法人青少年科学技術振興会： <http://www.firstjapan.jp/>
- 4) レゴマインドストーム公式サイト： <http://www.legoeducation.jp/mindstorms/>
- 5) FLLの活動を紹介した記事例
「LEGOから学ぶ組み込みシステム開発のキホン」： <http://www.thinkit.co.jp/article/34/1/>
「最強ロボットを作れ！ー FLL 挑戦記」： <http://www.thinkit.co.jp/article/37/1/>
「小さな日本代表が世界へ！ー FLL 実況レポート」： <http://www.thinkit.co.jp/article/64/1/>
- 6) FLL Open Asian Championship 2008の公式Webサイト： <http://www.firstjapan.jp/aoc/>
- 7) 「FIRST LEGO League 2008 世界大会オープンアジアンチャンピオンシップ」レポート： <http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2008/05/21/1064.html>
- 8) ClipLife： <http://cliplife.jp/> (「FLL」での検索(ページ上部の search)により一覧が表示)
- 9) 大会の動画ギャラリー： <http://www.publicnet.tv/index.html>
- 10) 仲西 正：利用シナリオ制御を用いた動画共有における派生利用管理，情報処理学会研究報告 2008-EIP-040, Vol.2008, No.51 (May 2008)。
(平成20年6月2日受付)

山下博之(正会員)

yamah@ieee.org

1981年京都大学大学院修士課程(情報工学)修了。同年、日本電信電話公社(現NTT)入社。以後、研究所において、高性能通信プロトコル、分散協調処理、著作権管理、コンテンツ流通等に関する研究開発・標準化活動に従事。2003年に(株)NTTデータに転籍。2004～08年の間、科学技術振興調整費プログラムオフィサーとして(独)科学技術振興機構に出席。情報規格調査会SC6専門委員会委員長。FLL OAC 2008には、運営ボランティアスタッフ・ジャッジの1人として参加。IEEE、電子情報通信学会各会員。