

組み込みソフトウェア分野の参照例題の考え方

平山雅之

本稿では組み込みソフトウェアを対象とした場合に、どのような参照例題を用意すべきかについて、参照例題の切り口を含めて考えてみる。

Views and elements of reference example for Embedded Software Engineering

Masayuki HIRAYAMA

Software engineering for embedded software is relatively new topics. In this paper, reference example for embedded software engineering is discussed from its view and required elements .

1. はじめに

製品にマイクロコンピュータを組み込み、外部のデバイスを操ることで様々な機能を実現する組み込みシステムが急速に増加している。これにともない、これらのマイクロコンピュータ上で機能実現を図る組み込みソフトウェアも、その規模や複雑さが増大し、その開発過程で様々な問題が顕在化している。こうした背景の中、これらの組み込みソフトウェア開発における諸問題を解決するため、ソフトウェア工学の組み込みソフトウェア開発への導入が試みられている。組み込みソフトウェアは、CPU、メモリなど含めて製品制約の中で限られたハードウェア資源を前提として、それらの製品が実世界の中で動作する多様な物理制約を充足しながら機能実現が求められるという、一般的なITシステムとは異なる制約条件下での動作が求められる場合が多い。こうした組み込みソフトウェア実現上の特殊性は、そのまま、開発の道具としてのソフトウェア工学に対しても、ITシステムの開発道具としてのソフトウェア工学とは異なる制約条件となってくる。このため、実際の組み込みソフトウェアの開発現場では、開発するソフトウェアやシステムの特徴や特性、制約を加味して、従来のソフトウェア工学による手法に様々なアレンジが加えられる場合が多い。一方で、多様な組み込みソフトウェア開発の事情を斟酌して生まれてきた様々な工夫が、汎用的あるいは普遍的な工夫であるか否かの判断が難しくなっている。以下では、こうした背景を念頭に、組み込みソフトウェア向けのソフトウェア工学の手法の妥当性や汎用性を評価するための参照例題の方向性について考えてみたい。

2. 参照例題におけるレイノルズ数

2.1 レイノルズ数とは

ここでは組み込みソフトウェアの例題を考える前に、流体力学分野の例題の考え方について紹介しておく。一

† 日本大学 理工学部 電子情報工学科

例として、この分野の代表的な製品である航空機を考える。航空機の性能の一つである機体の揚力の実験・計算是、最終的には実機を用いた飛行検査で行われるが、その設計過程では小型の模型を風洞に設置して、計測評価する。この場合、風洞という整った環境で模型を用いた揚力評価と、実機を実際に作り飛ばして評価するのでは、実験条件が異なる場合も少なくないが、多くの航空機開発では、この風洞実験での結果をもとに、より大きな揚力で燃費が少なく済む機体形状などを実験により決定している。この分野でのキーワードになっているものがレイノルズ数と呼ばれる係数である。レイノルズ数は流体力学において慣性力と粘性力の比で定義される無次元数である。数十メートルを超す実機と、高々1, 3メートルの模型の間でも、その周囲の流れにおいて、レイノルズ数が一致すると、物理的な流れとしては相似になることが知られている。このため航空機の開発では、実験の際にレイノルズ数を一致させることで、実機よりもはるかに小さく、遅い流れの中で実機と同じ流れの状況を再現することができる。

2.2 ソフトウェア例題におけるレイノルズ数

今回、我々が整備しようとしている「ソフトウェア工学における標準例題」を同じ視点で考えてみる。組み込みソフトウェアを含めて、実世界で開発される様々なソフトウェアは、その規模や複雑さなどが大きな問題となっている。しかしながら、こうした側面だけを捉え、「大規模な問題に対するソフトウェア工学のソリューションを評価するために、同じような大規模な標準例題を整備する」という方向性は、あたかも実機と同サイズのプロトタイプを開発して技術評価をするのと同じことになるのかも知れない。こうした方向性よりも、例えば、前述の流体分野におけるレイノルズ数のように、例題としては小規模だが、実際のシステム開発で起きうる問題を再現できるコンパクトな相似例題を用意する方向性を指向するという考え方をとることができる。この場合、流体分野で現象の相似性を保証するレイノルズ数のように、例えば、

ソフトウェアの規模と複雑さの比率のような指標を定義し、問題の相似性を担保しておく必要があると考える。

2.2 組込みソフトウェア例題に求められる要件

(1) 性能要件

組込みソフトウェアを特徴づける代表的な特性として、リアルタイム性、リアクティブ性をあげることができる。ソフトウェアの設計手法や設計構造の面からは、リアルタイム性については、処理のオーダーが μ SEC、mSEC, SEC のいづれかによって大きく異なってくるのが想像される。参照例題としても、これらの処理オーダーを考え、低速処理、中速処理、高速処理といった3パターンを用意する形が望ましいと考えられる。

(2) ハードウェアデバイス、外部環境要因

また、一方でこれら2つの特性の形成には、

- ・ソフトウェアで制御するハードウェアデバイスの影響
- ・システムが動作する環境の影響

が深く関わっている。具体的に前者は、入出力を司るどのようなデバイスがいくつ関わっているかなどが関係する。これについても、こうした入出力デバイスが高々数個のもの、十数個に及ぶものとは、ソフトウェア構造やその構造を導き出すための設計思想や方法が異なってくると考えられる。また、一方では、参考モデルの機能的な規模がどれくらいかによっても、こうした周辺デバイスの数は大きく異なってくるのが普通である。こうした点を考慮に入れると、例えば、例題の考え方としては、システムの相似性を評価するレイノルズ数に相当する係数として、機能規模あたりのデバイスの数など導入することが考えられる。この係数で区分し、その値が非常に大きい例題、逆に小さい例題などのバリエーションを持たせたほうが良いと考えられる。

一方で外部環境要因については、システムの実世界内での挙動に大きな影響を及ぼす。特に組込みシステム特有の制御機能については、外部環境影響が直接的に及ぶ部分である。通常、制御動作に関わる多くの外部環境要因は主に物理法則に支配される場合が少なくなく、その場合物理法則は、システムや人間系によって変更することができない。こうした外部環境影響は必然的にシステム入出力を司るハードウェアデバイスが介在するため、基本的には上記と同様に外部環境制約が多い場合、少ない場合などを意図的に参照例題に組み込んでおくことが必要となる。

3. 飛行船自動航行制御システム

飛行船自動航行制御システムは、文献[1]に示すよ

うに本会組込みシステム研究会が中心となって運営している MDD ロボットチャレンジコンテストのチャレンジモチーフである。この例題が前述の要件と合致しているかを確認してみる。

(1) 性能要件

飛行船の制御スパンは数百 msec~1sec 程度であり、組込みシステムの処理としては中程度の処理スピードを扱う例題であると考えることができる。システム実現を考えた場合、こうした処理性能(リアルタイム性、リアクティブ性)を要求事項として、その要求に合致した設計構造やその構造を考えるための設計手法の評価題材として位置付けることができる。

(2) ハードウェアデバイス、外部環境要因

飛行船の場合、その自動航行を司る外部デバイスは、高度計測用および位置計測用超音波センサ、飛行姿勢評価のためのジャイロセンサ、姿勢飛行制御のための左右一対および垂直方向プロペラ(モータ)から構成される。MPU 周辺の外部デバイスとしてはこれら6つが主だったものであり、これらを、用いて、ホバリングや TakeOff, Landing, 移動, 旋回などの機能を実現している。こうしたシステム要件を考えると、システムのレイノルズ数に相当する「外部デバイス数/システム機能数」はほぼ1前後になると考えられ、参照例題としてはこの点からは中レンジに位置するシステムの典型例であると思われる。

このことを考慮すると、飛行船自動航行制御システムの例題は、組込みシステムとしては中程度レベルに位置付けられ、こうしたシステム向けの設計手法や新しい開発手法をトライするのにちょうど手頃な例題であると考えられる。

4. まとめ

本稿では流体工学分野のレイノルズ数の考え方を応用し、組込みシステムの参照例題の相似性についての扱いについて検討した。この考え方を当てはめると、組込み分野で試みられているMDDロボットチャレンジのモチーフである飛行船自動航行制御ソフトウェアはちょうど中程度に例題に位置すると考えられ、この先の例題のラインアップとしては、もう少し簡易な例題、逆により高度な例題についても整備していくことが必要になりそうである。

[1] 平山雅之, 組込みソフトウェア工学分野における標準例題, SIGSEウィンターワークショップ 2011・イン・修善寺, IPSJ, 2011