

# 環境適応ソフトウェア全体像の更新

## Update on the big picture of environment-adaptive software

山登庸次  
Yoji Yamato

NTT  
NTT Corporation

### 1. はじめに

近年、ヘテロジニアスハードウェア利用が増えているが、活用の壁は高い。私は、配置環境に合わせ、既存のコード変換等を自動で行い適切に動作させる、環境適応ソフトウェアを提案してきた[1]-[9]。これまでの検討は、GPU や FPGA 等の個々の機器に対する変換や、リソース量調整や最適配置等の個々の処理に対する検討だった。本稿では、対象とする機器や処理を明確にし、全体像を整理する。

### 2. 環境適応ソフトウェアの全体像

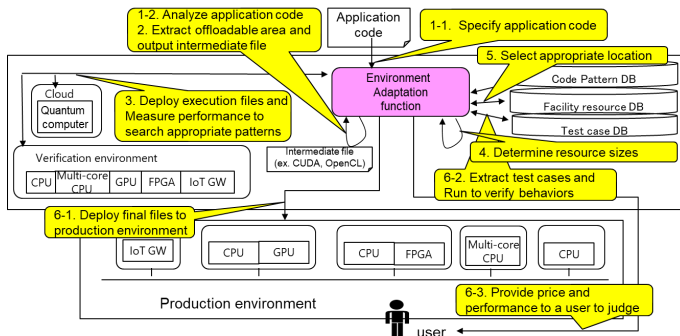


図 1：環境適応ソフトウェアの全体像

図 1 に更新した全体像を示す。

**Step1. コード分析：**ユーザは動作させたいアプリケーションコードと利用を想定したテストケース、要望する性能とコストを、環境適応機能に指定する。コードを分析する。

**Step2. オフロード可能部抽出：**環境適応機能は、アプリケーションコード並列処理可能なループ文や FFT 処理等の機能ブロック等、オフロード可能な処理をコードパターン DB を参照して特定し、中間言語（OpenCL 等）を抽出する。

**Step3. 適切なオフロード部探索：**次に、環境適応機能は、GPU や FPGA、IoT デバイス用 GW 等を備えた検証環境に、中間言語から導かれる実行ファイルを配置する。配置ファイルを起動し、テストケースを実行して、オフロードした際の性能を測定する。ここで、GPU や FPGA 等オフロード先に応じて、性能結果を参照して、より適切なオフロードとするため、別パターン抽出を行い、性能測定を試行する。

**Step4. リソース量調整：**CPU 処理時間と GPU 等の CPU 以外ハードウェアの処理時間を分析し、適切なリソース比を定める。次に、ユーザの要望する性能、コストと適切なリソース比を鑑みて、実際に確保するリソース量を定める。

**Step5. 配置場所調整：**実行ファイルを配置する際に、環境適応機能は、性能、コストが適切になる場所を計算し配置先を決める。設備リソース DB の情報等から、性能とコストが適切になる配置場所を計算する。

**Step6. 実行ファイル配置と動作検証：**商用環境に配置後、期待通りの動作となるかを、環境適応機能は、動作検証試験を行う。ユーザにサービス開始判断をもらい、OK の場合にアプリケーションの運用を開始する。

**Step7. 運用中再構成：**開始した運用にて、リクエスト特性変化等で当初の性能が出ない場合に、環境適応機能は、再構成する。再変更を意味し、ソフトウェア/ハードウェア構成とは、GPU 等ではオフロードする処理部分を、FPGA 等ではハードウェアロジックを再構成することを意味する。

Step1-7 で環境適応ソフトウェア処理がされるが、従来、GPU や FPGA 向けの変換等は専門家が手動で行うことが前提であったが、環境適応ソフトウェアでは自動化を行うことで、専門家でないユーザでもヘテロジニアスハードウェアを容易に利用できるようなする。

ここで、Step3 で対象とする機器は、アクセラレータとして、マルチコア CPU、GPU、FPGA のような既存機器に加え、量子コンピュータのようなナップサック問題等の NP 問題に向けた新規機器がある。アクセラレータ以外にも、リソースが少ない IoT デバイスも対象である。分析に応じて、アクセラレータ向けには高速化可能処理のオフロードを、IoT デバイス向けには自動構築を行う。

### 3. まとめ

本稿では、個々の機器毎に検証してきた環境適応ソフトウェアの対象機器や処理を整理した。対象機器拡大はほぼ完了し、今後はオフロードできる計算処理拡大等に取り組む。

### 参考文献

- [1] Y. Yamato, "Proposal of Automatic GPU Offloading Method from Various Language Applications," ICIET 2021, pp.400-404, 2021.
- [2] Y. Yamato, "Study and Evaluation of Automatic Offloading Method in Mixed Offloading Destination Environment," Cogent Eng., Taylor and Francis, Vol.9, Issue.1, 2022.
- [3] Y. Yamato, "Proposal and evaluation of GPU offloading parts reconfiguration during applications operations for environment adaptation," J. Netw. Syst. Manag., Springer, 2023.
- [4] Y. Yamato, "Study and evaluation for adopting environmental adaptation of low-resource devices," IEEE Access, 2024.
- [5] Y. Yamato, "Study and Evaluation of FPGA Reconfiguration during Service Operation for Environment-Adaptive Software," Int. J. Parallel Emergent Distrib. Syst., Taylor and Francis, 2023.
- [6] Y. Yamato, "Study and Evaluation of Optimum Location Deployment for Environment Adaptive Applications," Int. J. Parallel Emergent Distrib. Syst., Taylor and Francis, 2022.
- [7] Y. Yamato, "Proposal and Evaluation of Adjusting Resource Amount for Automatically Offloaded Applications," Cogent Eng., Taylor and Francis, Vol.9, Issue.1, 2022.
- [8] Y. Yamato, "Study and Evaluation of Automatic Offloading for Function Blocks of Applications," Automatika, Taylor and Francis, Vol.65, Issue.1, pp.387-400, 2024.
- [9] Y. Yamato, "Study and evaluation of automatic division of general-purpose programs to facilitate addition of user functions," Int. J. Parallel Emergent Distrib. Syst., Taylor and Francis, 2024.

抄録：

私は、配置環境に合わせ、既存のコード変換等を自動で行い適切に動作させる、環境適応ソフトウェアを提案してきた。これまでの検討は、GPU や FPGA 等の個々の機器に対する変換や、リソース量調整や最適配置等の個々の処理に対する検討だった。本稿では、対象とする機器や処理を明確にし、全体像を整理する。

キーワード：

環境適応ソフトウェア，自動オフロード，混在環境，環境適応処理

Keywords：

Environment-adaptive software, Automatic offload, Mixed environment, Environment adaptation

連絡先：

山登庸次

NTT

yoji.yamato@ntt.com