

# IoT 向け周期解析アルゴリズムの 低フットプリント化手法の提案と評価

山脇竜門<sup>1,a)</sup> 神谷幸宏<sup>1</sup> 佐々木敬泰<sup>1</sup>

**概要**：本研究では，IoT 向け周期解析アルゴリズムに階層型手法を用いることで，低フットプリント化する手法を提案し，その有効性を評価する．評価の結果，メモリ量，推定精度，消費電力の3項目で優れた結果を得られた．

**キーワード**：ARS, IoT, 周期解析, 低フットプリント, 低消費電力

## A method of low footprint for IoT periodic analysis algorithm

RYUTO YAMAWAKI<sup>†1,a)</sup> YUKIHIRO KAMIYA<sup>†1</sup>  
TAKAHIRO SASAKI<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

近年，IoT 技術を用いてヒトや家畜などの心拍や橋脚などの大型建造物の揺れ周期を解析して，異常を早期発見する手法が注目されている．これらの手法には入力信号の周期推定が必要不可欠であり，また，その機器には低消費電力化が求められている．IoT 向けの周期解析アルゴリズムとしてFFTが広く用いられているが，FFTは計算量が多く，またメモリ使用量が多いため，IoT 等の小型マイコンでは実装が困難である．その解決方法の一つとしてARS [1]が提案されている．ARSはFFTよりも少ない計算量とメモリ量で信号解析を行うことができるが，IoT 等で使用する小型マイコンで実装する場合には，更なる低消費電力化が必要である．そこで，超低消費電力マイコンであるルネサスエレクトロニクス社のRE01に注目し，ARSを当該マイコン上に実装することで低消費電力化を実現する．しかし，ARSを当該マイコンに実装するには，メモリ量が不足する．そこで，本研究では，周期推定を行うIoT機器の低消費電力化のため，ARSのアルゴリズムを改良し当該マイコンにARSを実装する．

### 2. 先行研究と超低消費電力マイコン

#### 2.1 先行研究

ARSは，周期解析を加算と除算で行うアルゴリズムである．ARSのアルゴリズムについて文献 [1]をもとに簡単に説明する．今回，入力信号は2,5,7,3を繰り返す周期4，長

さ11の信号とし，これを周期3~5の間で推定する．

図1のSPC(Serial to Parallel Converter)は，推定する周期分の出力ポート数 $v$ を持ち，入力信号を分解する．SPCで分解された信号は，各ポートで累積され，正規化を累積した回数で行う．さらに，各 $v$ 内で最大値を求めると， $v=3$ では4.67， $v=4$ では7， $v=5$ では6となり，この中の最大値は $v=4$ の7である，この $v$ が推定された周期となる．

ARSが信号の累積に使うメモリ量は式1から計算できる．(推定する周期の範囲) × (推定する周期の最大値) (1)

本研究では，周期2.00~6.00秒の間を100Hz精度で推定を行うため，その範囲は400点，最大値は600サンプルとなり，32bit変数を使用すると，メモリ量は式1より約960KBとなる．

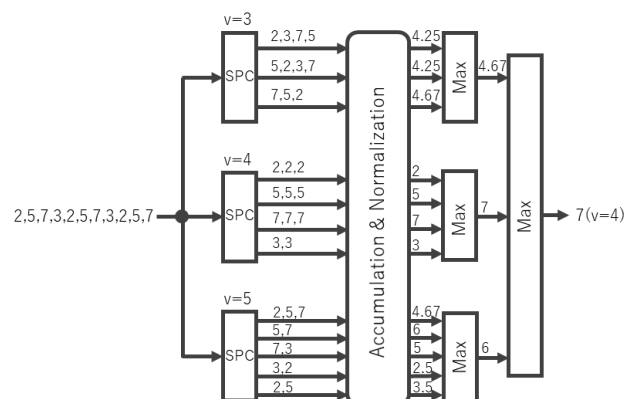


図1 ARSの概要

Figure 1 An overview of ARS.

<sup>1</sup> 愛知県立大学  
Aichi Prefectural University  
a) is161092@cis.aichi-pu.ac.jp

## 2.2 超低消費電力マイコン

現在広く用いられているマイコンの一つに Raspberry Pi3 がある。1GB の RAM を持つ RaspberryPi3 には、ARS をそのまま実装できるが、その消費電力は 12.5W であり十分小さいとはいえない。そこで、超低消費電力マイコンである ルネサスエレクトロニクス社の RE01 に ARS の実装を試みる。このマイコンは、256KB の RAM と 0.00363W の電力性能であり、Raspberry Pi3 と比較して 3400 分の 1 の電力消費であるが、メモリ容量が不十分なため、ARS を実装できない。そこで、RE01 のような超低消費電力マイコンへの実装を目指して ARS の改良を行う。

## 3. 提案手法

### 3.1 階層探索

従来手法では 0.01 秒精度、一階層で行っていた周期推定を、二階層に分けて実行する。第一階層では粗い精度で最大 8 つの候補点を推定する。第二階層では第一階層で推定された周期の  $\pm 0.04$  秒の範囲を詳細探索する。

第一階層では従来手法の 1/4 の精度で探索を行う。そこで、できるだけデータを落とさないため、図 2 のように 4 信号の平均を代表値とする。

ここでメモリ量について計算すると、精度が 1/4 になったことから、必要となるメモリ量も 1/4 となった。また、第二階層では第一階層のメモリを再利用する。さらなるメモリ効率改善のため、次の手法も併用する。

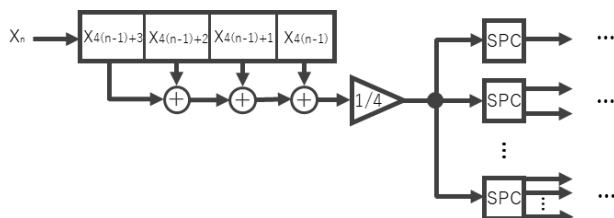


図 2 第一階層の概要

Figure 2 An overview of first hierarchy.

### 3.2 適応的精度変更手法

第一階層と第二階層で ADC の精度を変更する適応的精度変更手法を提案する。粗いサンプリングで探索を行う第一階層では、ADC の精度を 12bit から 10bit へ落とし、信号の累積に必要なメモリを従来手法から 1/2 削減する。また、第二階層では、詳細探索のため、ADC の精度を最大限使用する。

## 4. 評価

メモリ量、推定精度、消費電力の 3 つの項目で評価する。

### 4.1 メモリ量

実装時に必要となるメモリ量を表 1 に示す。従来手法と比べ、約 87.4% のメモリを削減し、RE01 に実装できた。

表 1 メモリ使用量

Table 1 Amount of memory.

	RAM[Byte]
オリジナル ARS	1,444,365
提案手法	182,992

### 4.2 推定精度

入力データは白色ガウス雑音を付加した sin 波である。周期は 4.00 秒、ノイズは -40~40dB、試行回数は 1000 回である。異なる SN 比で、推定精度の違いを評価する。

図 3 から、SN 比の低い -40~0dB の区間で、推定の成功率は従来手法より高くなっている。また従来手法では周期推定が不可能だった極低 SN 比においても、16.8% 以上の精度での周期推定が可能となった。

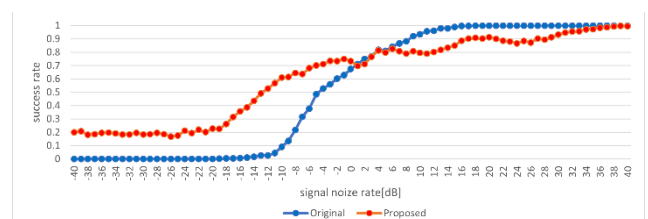


図 3 SNR 対推定成功率

Figure 3 Input SNR vs. success ratio of estimation.

### 4.3 消費電力

RE01 の評価システム (Evaluation Kit RE01 1500KB)、及び IWATSU VOAC7520H を用い電力評価を行う。当該評価システムには、LED や ADC 等が搭載されているが、本論文はアルゴリズムの評価であるため、CPU 単体の電力を測定した。その結果、消費電力は 0.00405W であった。この電力性能なら、10,000mAh のモバイルバッテリーで 1 年以上動作可能である。

また、0.01 秒毎に発生する周期タスクの命令数は約 17,800 命令であった。さらに、RE01 は 64MHz で動作するため、0.01 秒間でマイコンが実際に計算を行っているのは約 4% の時間であり、残りの約 96% の時間をスリープさせることで、更なる低消費電力化を目指せることがわかった。

## 5. おわりに

本研究では、IoT 機器向けの周期解析アルゴリズム ARS を改良し、オリジナルの ARS と比較してメモリ量を約 87.4% 削減し、超低消費電力プロセッサの RE01 に実装可能とした。また、低 SN 比区間において推定精度向上ができた。今後の予定は詳細な電力評価と、推定の成功率に関して、提案手法が従来手法を下回っている区間の原因究明、解決し、さらなる精度向上を目指す。

### 参考文献

- [1] KAMIYA, Yukihiko. "A simple parameter estimation method for periodic signals applicable to vital sensing using Doppler sensors". SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, pp.378-384, 2017.