



NEAT

# SimPowerSystems用アクセラレータ ARTEMiS

HILS構成でリアルタイムに実行させることもできる革新的なソルバ！  
ARTEMiSは、SimPowerSystemsによって作られた可変ステップモデルを  
固定ステップで高速に動作させる為のアクセラレータです。

## 特長

ARTEMiSは電気システムのSimulinkモデルを最適化し、SimPowerSystemsで作成されたモデルをリアルタイムで実行、または加速(アクセラレーション)させる為のソルバです。

- SimPowerSystemsモデルをHILS(リアルタイム)へ適用可能
- 演算の誤差は非常に小さく、可変タイムステップとほぼ同等の結果を出力可能
- Simulink用のアクセラレータとしても使用可能
- 高速シミュレーションとHILSに対応
- 非直線要素でも高い精度を実現
- 任意の固定タイムステップ(μsec)でリアルタイム実行
- 高周波数でのリニア回路でも高い精度を実現

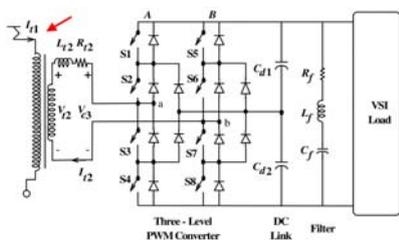


art5	Matrix exponential Taylor expansion to the 5th term.	↓ 精度 ↑ ↑ スピード ↓
art3	Matrix exponential Taylor expansion to the 3rd term.	
art3hd	Especially in highly non-linear networks	
trapezoidal	Matrix exponential Taylor expansion to the 2nd term.	

## 選択可能なソルバ

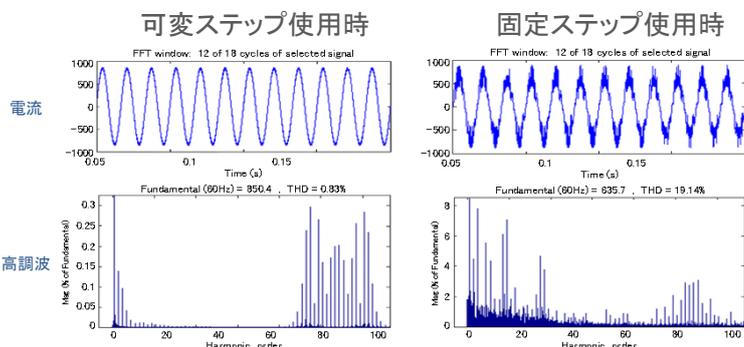
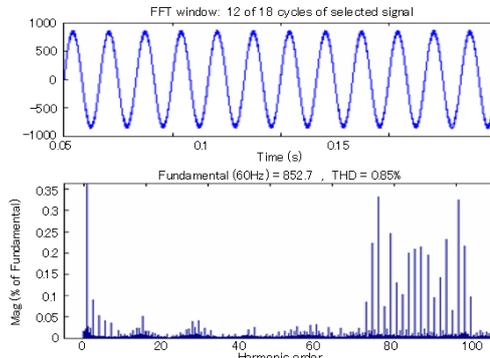
ARTEMiSでは積分演算のソルバとしてart5, art3, art3hd, trapezoidal の4種類が選択できます。それぞれ精度とスピードに特徴を持っており、リアルタイムの場合では通常art5が使用されます。

## 単相3レベルPWMコンバータの事例



Solution method	Variable-step	Fixed-Step	ARTEMiS trapezoidal
Simulation time (sec)	0.3	0.3	0.3
Sample time (sec)	1/(60*7680)	1/(60*76800)	1/(60*76800)
Execution time (sec)	2491.38	46.02	47.62

## ARTEMiS+固定ステップ使用時



Gary W. Chang, Ph.D., P.E. Department of Electrical Engineering National Chung Cheng University, Taiwan



株式会社 NEAT

愛知県名古屋千種区池下1-11-21  
 TEL:052-764-3311 FAX:052-764-3632  
 mail: madoguchi-neat@neat21.co.jp  
 URL: http://www.neat21.co.jp



Opal-RT Technologies Inc.

1751 Richardson, Suite 2525  
 Montreal, Quebec, Canada, H3K 1G6  
 TEL: 514-935-2323 FAX: 514-935-4994  
 Email: info@opal-rt.com  
 URL: http://www.opal-rt.com/



NEAT

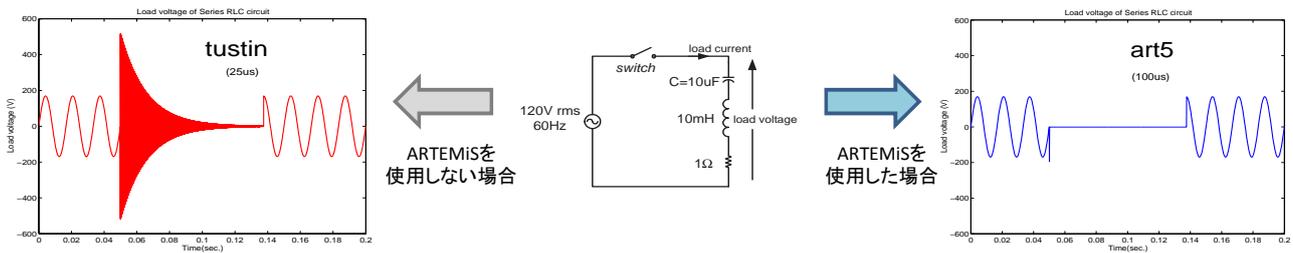
ARTEMiSの使用でSimPowerSystemsを最大200倍の高速化が可能です。システムが巨大で複雑なほど大きな効果が得られます。ARTEMiSはHILSを想定したリアルタイム版(リアルタイムOS上で実行)とアクセラレータとして利用可能なWindows版(Windows)の2種類があります。

### 可変ステップと固定ステップの問題点

MATLABやその他の数値演算ツールは、基本的には次のステップを確実に決定する為、可変演算ステップが用いられます。HILSは固定ステップで構成される必要がある為、モデルをリアルタイムで動作させようとする場合に可変ステップの結果と現実的に可能な固定ステップ(数usec~数msec)の間で誤差が生じます。

### ARTEMiSと通常の固定ステップソルバの比較

通常の固定ステップソルバを使用した場合、安定はしていても数値演算上で発振する可能性があります。台形積分のラプラス変換時に通常の固定ステップソルバを使用した場合は誤差が出ますが(下図左)、ARTEMiSを使用した場合はほとんど誤差は出ません(下図右)。



### アクセラレータとしてのARTEMiS

ARTEMiSをアクセラレータとして使用する場合、期待されるスピードの向上は下記の式で表されます。

$$K1(\text{コンパイルモード}) \times K2(\text{補正テクニック RT-Events}) \times K3(\text{モデル分割}) = \text{速度向上}$$

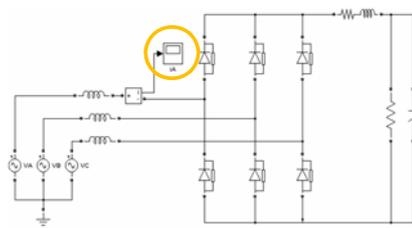
K1: Simlinkのコンパイルモードを使った場合は約5倍の速度向上が見込まれます。

K2: 高速のIGBTコンバータ等のアプリにARTEMiSを使用した場合、固定ステップの間中で起きるスイッチングイベントの処理にOPAL-RT独自の補正技術(RT-Events)を適用する事により、可変ステップとほぼ同じ精度を保持しながらSimPowerSystemsのみでシミュレーションを行うより約10倍の速度向上を見込む事が可能になります。

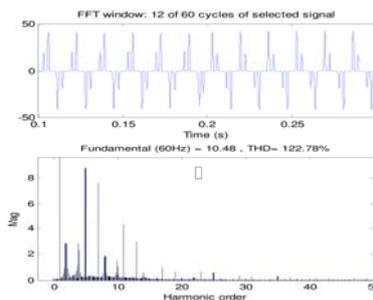
K3: RT-LABの大きな特徴にモデル分割によるマルチコアリアルタイムシミュレーションがあります。

例えば、コンパイルモードを使い(5倍)、RT-Eventsを使い(10倍)、モデルを4コアに分割(4倍)した場合、最大で $5 \times 10 \times 4 = 200$ 倍の速度向上を見込む事が出来ます。

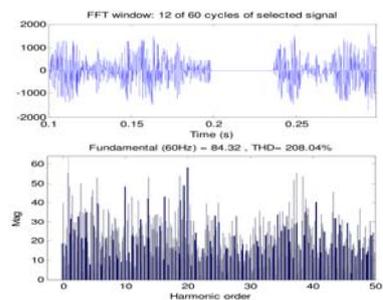
### 三相整流器への適用例



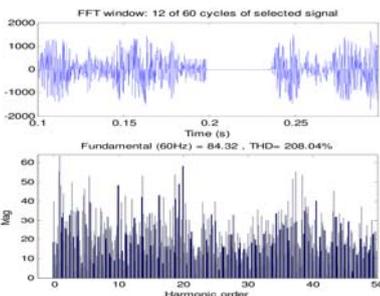
フルブリッジのコンバータモデルの○の部分モニター



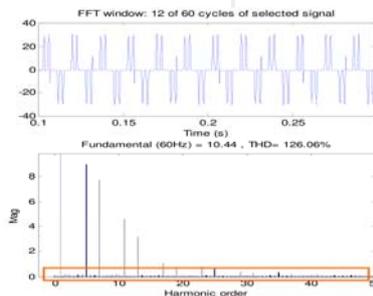
可変ステップを使用した場合のiAの部分での電流波形と高調波



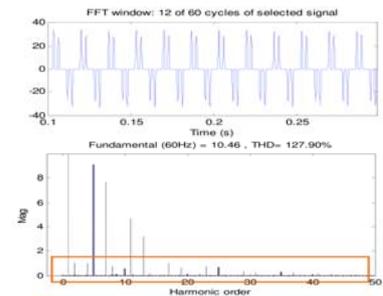
固定ステップを使用した場合の電流と高調波



ARTEMiSでtrapezoidalソルバを使い固定ステップを使用した場合の電流と高調波



ARTEMiSでart5ソルバを使い固定ステップを使用した場合の電流と高調波



ARTEMiSでart5を使い、更にRTEオプションをONにして固定ステップを使用した場合の電流と高調波