

レアアースレスモータの制御のための ソフトウェア実装技術の開発

**2012年11月29日
株式会社サニー技研
中村 俊夫**

会社概要

基本情報

- ・社名 株式会社サニー技研
- ・所在地 本社 兵庫県伊丹市
- ・代表者 代表取締役社長 中村和彦
- ・設立 1974年7月

事業内容

- ・【電子機器の開発、製造、販売】
- ・マイクロコンピュータを応用した各種機器の開発・製造・販売
- ・車載LANに関するツール開発・販売・適合試験
- ・各種工場のFAシステム開発
- ・情報通信機器のソフトウェアの開発
- ・半導体試験装置の開発



加盟団体

- ・ TOPPERS（正会員）
- ・ ASIF（幹事会員）
車載組込みシステムフォーラム
- ・ JASPAR（正会員）
- ・ AUTOSER
（アソシエートメンバー）



事業所

- ・ 本社/伊丹開発センター 兵庫県伊丹市
- ・ 名古屋事業所/技術センター 名古屋市中区
- ・ 熊本技術センター 熊本県熊本市
- ・ 東京オフィス 東京都中央区

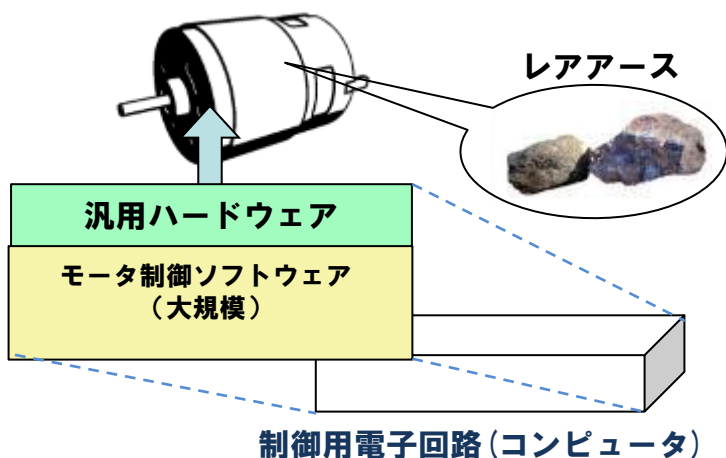


戦略的基盤技術高度化事業（経産省）における取組み

～ レアアースレスモータ制御のためのソフトウェア実装技術の開発 ～

現在

現状のEV/HVモータ及びその制御
レアアースモータ
(従来モータ: 永久磁石同期モータ)



現在抱える問題

- ・ 資源問題（貴重な資源が必要）
- ・ ソフトウェアの負荷が大きい
- ・ モータ高回転時の発熱
- ・ 国際競争力の低下

研究
開発



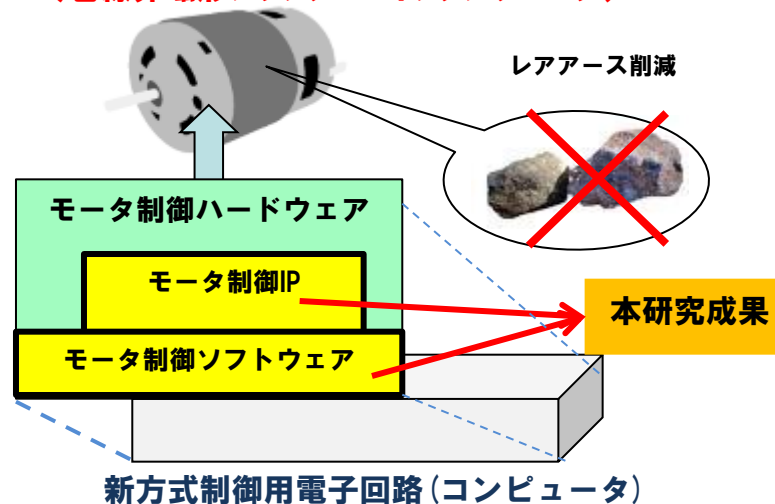
新制御ソフトウェア
の開発が必要

制御電子回路・コ
ンピュータの構成
の見直し必要

新モータ化への
課題克服

新技術

次世代EV/HVモータ及びその制御
レアアースレスモータ
(巻線界磁形フラックススイッチングモータ)

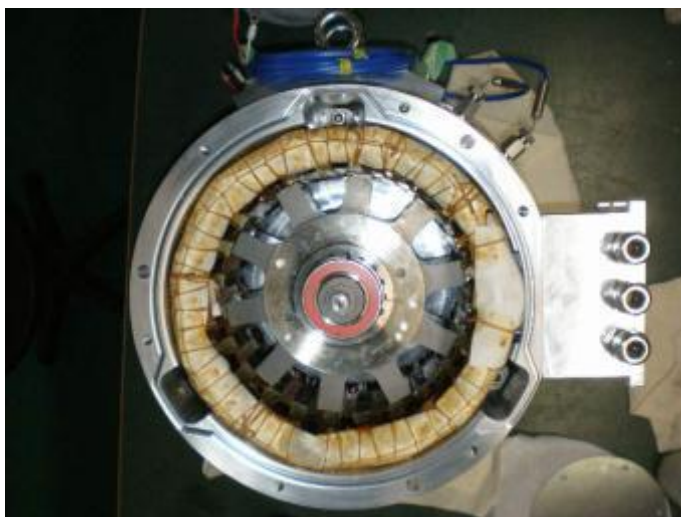


本研究成果の特徴

- ・ レアアースレス制御
- ・ ソフトウェア負荷小
- ・ モータ高回転時の性能向上・省力化
- ・ 国際競争力の強化への基盤確立
- ・ 新モータの早期の市場導入を促す

レアアースレスモータの紹介

巻線界磁形フラックススイッチングモータ



モータの構造

ロータ：電磁鋼板

ステータ

三相電機子巻線

界磁巻線

- ・ステータ側に三相電機子巻線、界磁巻線を配置。
- ・ロータは電磁鋼板（レアアースモータはここが永久磁石）。
- ・希土類元素などの特殊な材料は使用しない。

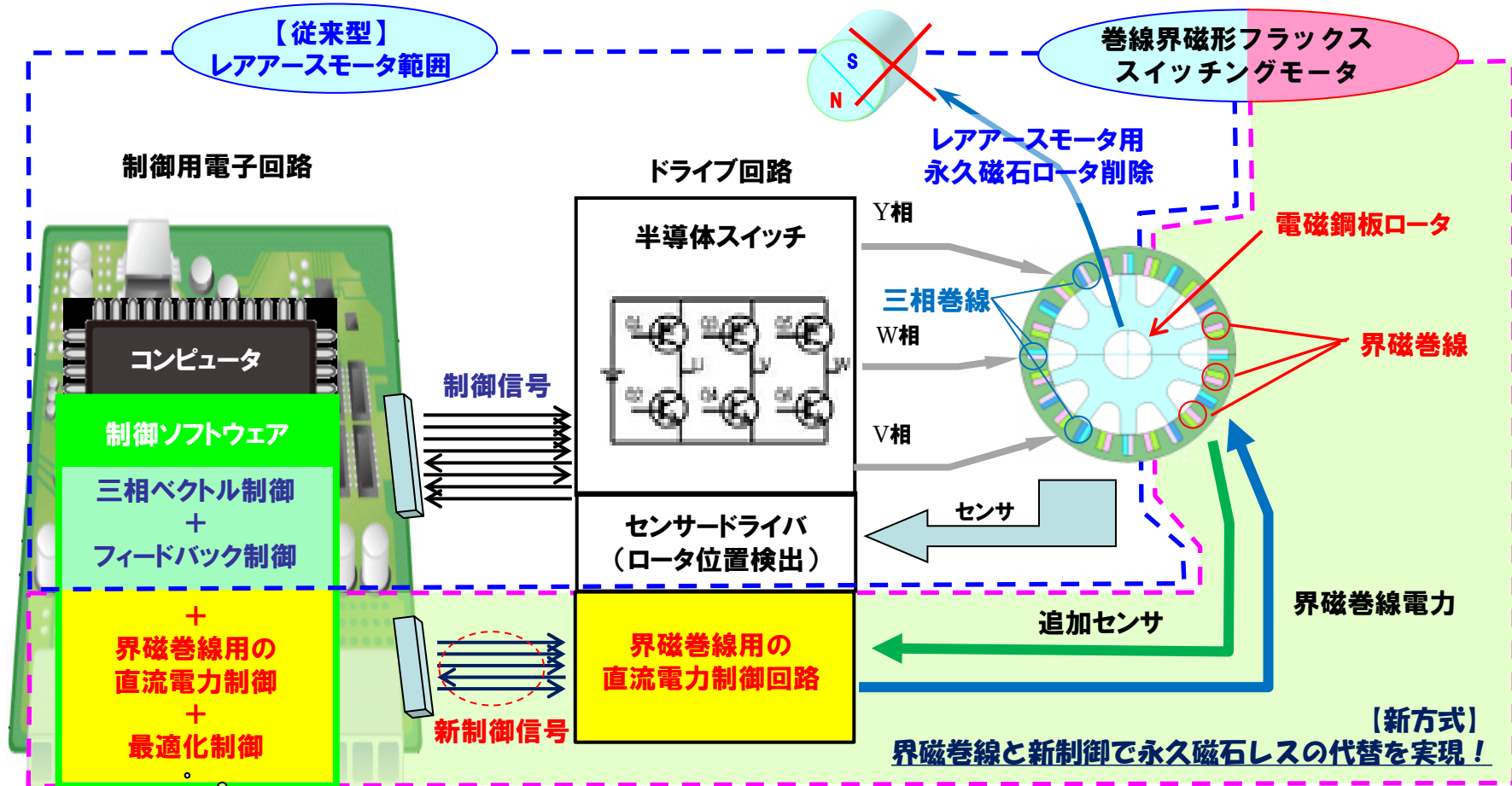


永久磁石を使用しない、脱レアアースモータ

従来からある三相ブラシレスモータの制御【三相電機子巻線制御】に加えて、界磁巻線制御がプラスされるだけ。

レアアースレスモータの紹介

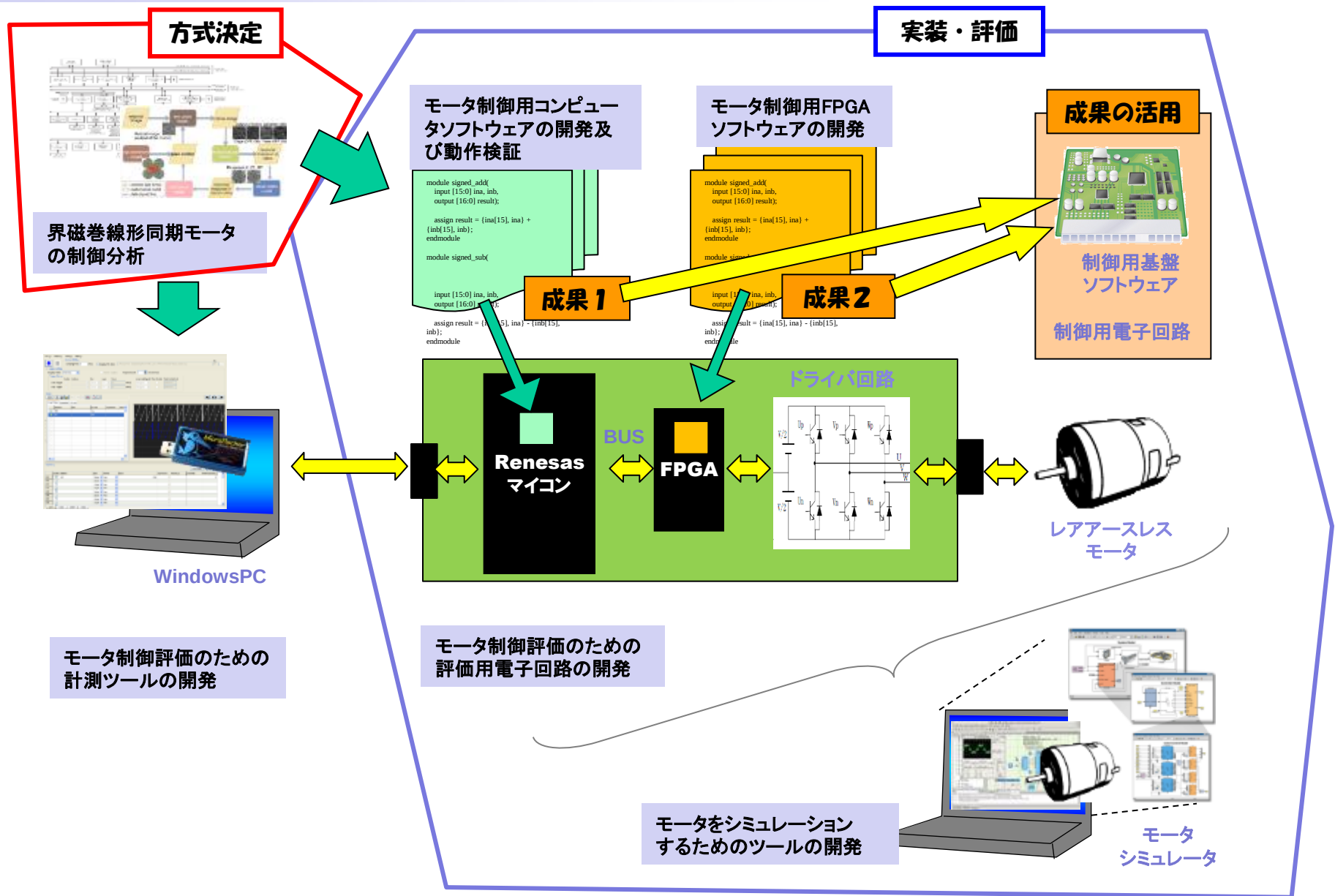
巻線界磁形フラックススイッチングモータと従来型レアアースモータとの違い



従来よりソフトウェア規模が増加し複雑化！

新制御がモータの性能を左右させる！

研究の進め方と成果



巻線界磁形フラックススイッチングモータを動かす制御回路

～ EV/HV時代のモータ制御ハードウェアの要件 ～

- ・レアアースモータ用に使用されている電子回路が有効利用できる.
- ・自動車に搭載可能な制御用コンピュータが利用できる (クロック^{Max} 200MHz) .
- ・一般的に自動車用として広く採用されている電子部品が使用できる.
- ・低速～高速まで柔軟に制御できる回路構成.
- ・ノイズに強く、センサーによる計測において影響を受けにくい.
- ・消費電力を低く抑えることができる.
- ・高性能化のための専用半導体(専用コントローラ)化への移行が容易.
- ・開発用のツールと簡単に接続できる.



制御用コントローラ



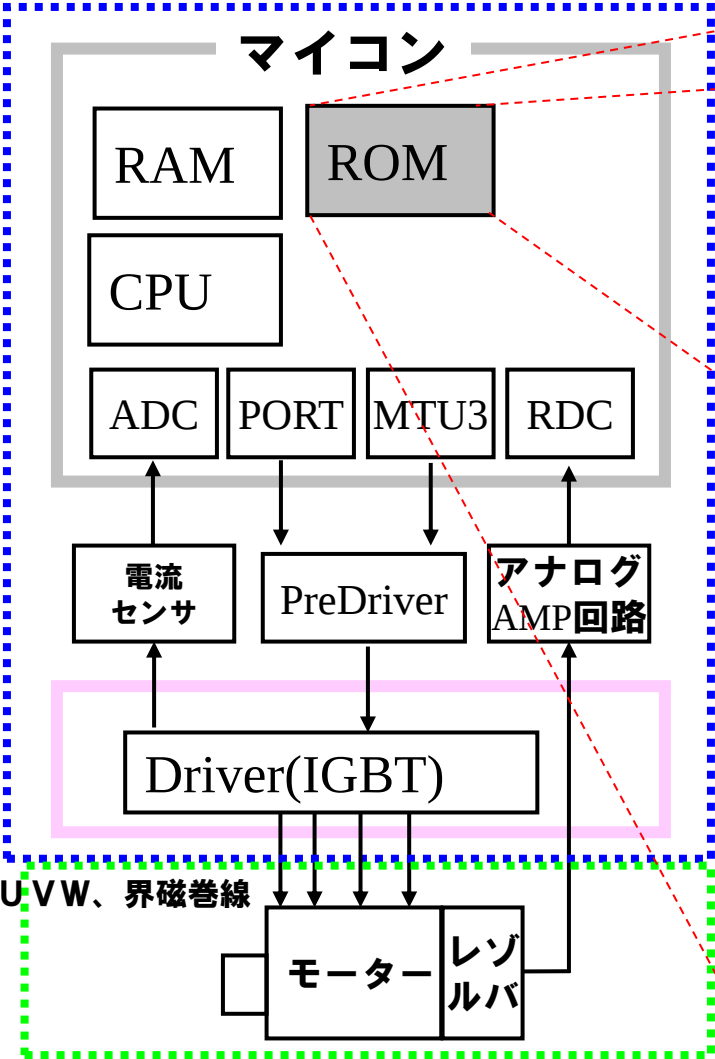
モータ駆動用ドライバ



巻線界磁形フラックス
スイッチングモータ

巻線界磁形フラックススイッチングモータをソフトウェア制御する

モータ制御のためのハードウェアブロック図

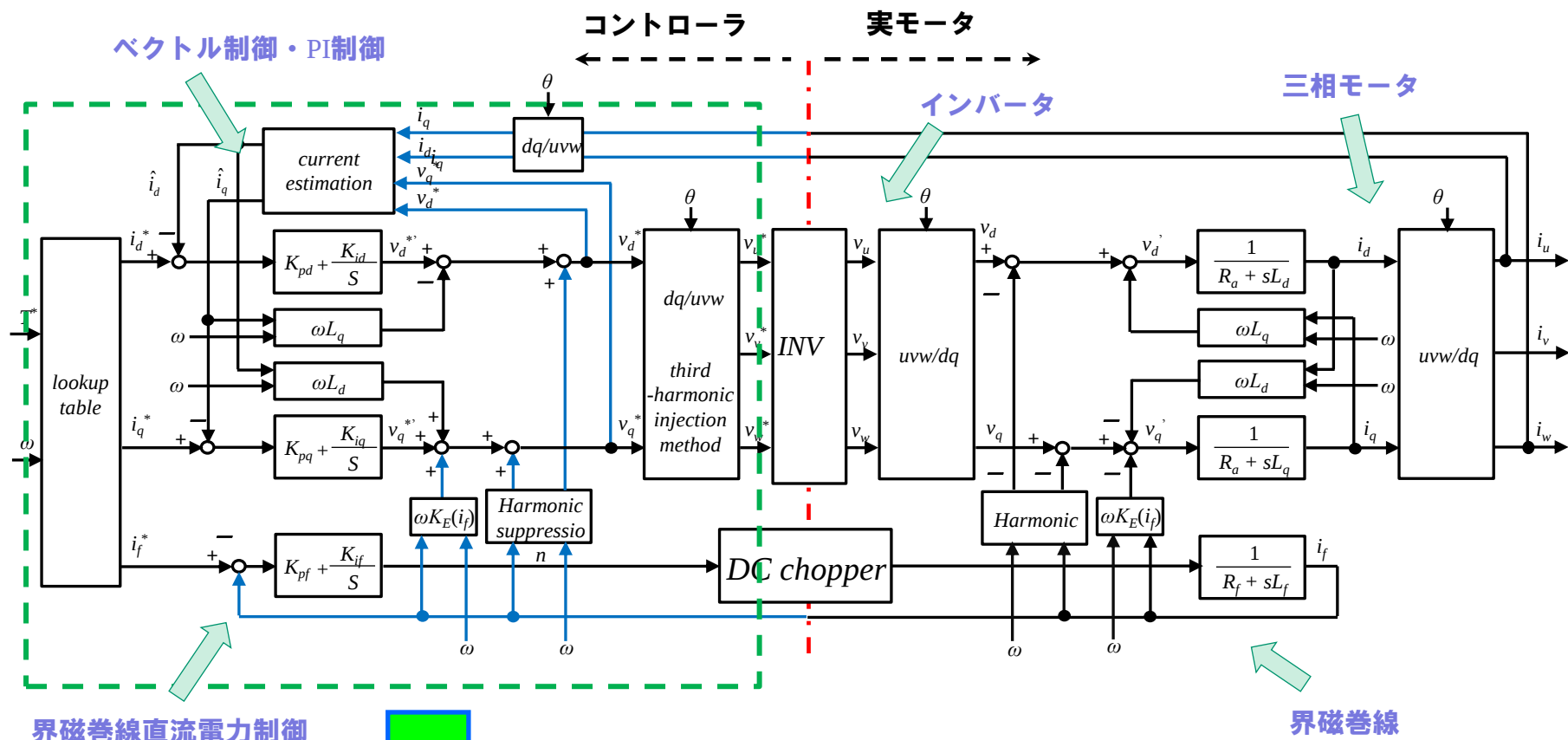


ROMに搭載されるソフトウェア



複雑なモータ制御をモデルとして記述すると

～ モータ～モータ制御を抽象化して制御のイメージをつかむ ～



この部分をコンピュータソフトウェアとしてプログラム化する

このレベルではあまり現実のハードウェアは意識されない...

FPGAを使った高速制御へのチャレンジ

～ プログラム可能なハードウェアロジックであるFPGAを活用した制御へのチャレンジ ～

<モータ制御のハードウェア化の背景>

- ・制御用コンピュータ（マイコン）の処理能力には限界がある。
- ・将来、モータは今以上に高回転を要求され、処理制御も複雑になってくる。
- ・自動車や産業では機能安全、診断、セキュリティなど本来の制御以外の機能追加のためにマイコンの負荷が使われる。

制御のハードウェア化で高速対応、
コンピュータ負荷の低減

<FPGAによるハードウェア制御>

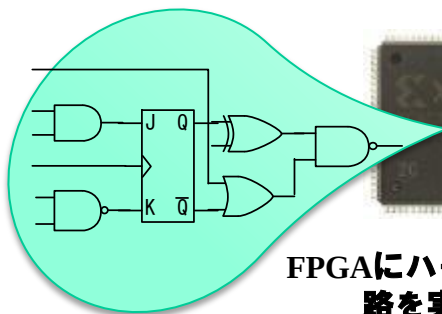
- ・FPGAというプログラム可能なハードウェアロジックLSIを利用することで評価ができる。
- ・モータ制御をハードウェア化するためには専用言語であるVerilogHDLで記述する。
- ・柔軟性が必要な部位は制御コンピュータで、高速制御が必要な部位はFPGAでそれぞれ分担する。

将来、モータ専用制御LSI化ならびに制御コンピュータへの機能実装を容易にする！

```
reg [1:0]DataCount = 0;
always @(posedge clk_in)
begin
if(reset_in == 1)
begin
DataSendSTATE <= INIT_s;
end
else begin
case(DataSendSTATE)
INIT_s:
```

VerilogHDLによる記述

評価



FPGAにハードウェア回路を実装評価

将来



専用LSI化、マイコン化等

～ モータ制御実装だけでなく、ソフトウェア開発に適した開発環境も構築する ～

- ・ 高出力モータの制御には実モータやハードウェアがないと・・・
 - ・ ・ 開発したソフトウェアを事前に検証はできないものか.



模擬モータ、仮想開発環境の開発

- ・ 複雑制御をどのように観測するか・・・
 - ・ ・ 演算結果を高速にトレースすることが必要になる.



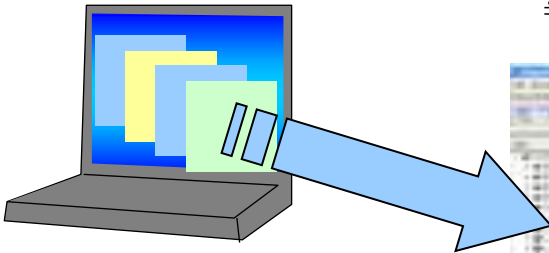
高速RAMモニタ（演算結果モニタ）の開発

Windows PC上だけで利用できる仮想開発環境

～ 実ハードウェアを使用せずにDesktop上ですべての開発を ～

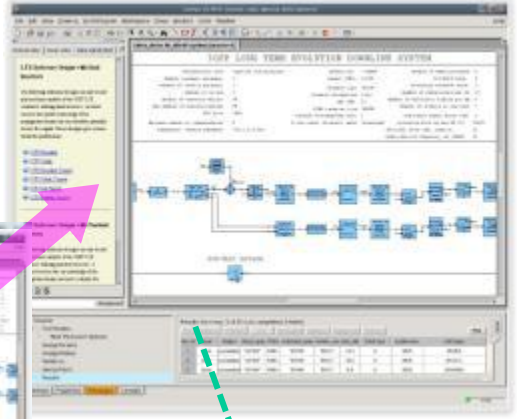
PCの中に仮想制御コントローラとモータ構築し、その中でプログラムを動作させる！

Windows PC



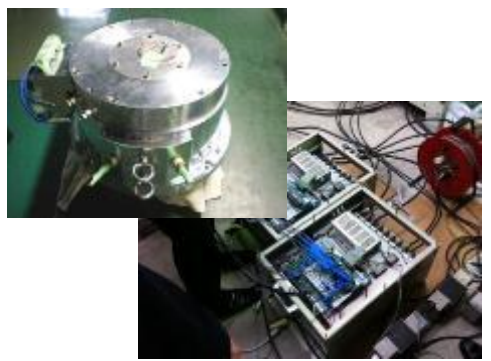
SH72AY MCU
≡ 等価
ルネサスエレクトロニクスのEV/HV制御用マイクロコントローラ（制御コンピュータ）

Synopsys SPW
モータ・制御ハードウェアの模擬



≡ 等価

実モータ及び制御ハードウェア



Debugger Tool (GDB)ベース



Synopsys Virtualizer

Synopsys社の仮想化システム構築のための支援ツールを使用し、C++及びSystemC言語にて仮想化モデルを記述

実モータを使用しないモータ制御開発のための環境

～ モータと等価な動作をするシミュレータ、模擬モータの開発 ～

模擬モータのうれしさ

- ・実モータが存在しなくても動作検証が可能.
- ・制御情報が正しくモータに伝えられていることを検証できる
- ・センサーとして得られる情報を計算結果から制御コンピュータへ返すことができる.
- ・モータの誤動作や故障の模擬を作れば、安全制御の確認にも有効利用可能.



モータ制御用コンピュータ

事前動作検証

開発順序

実モータ検証

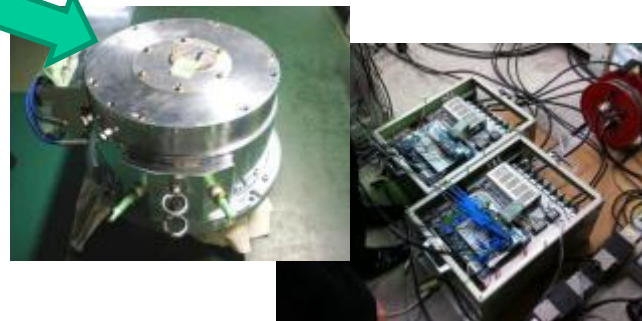
模擬モータ基板



等価

実モータ開発時のリスク

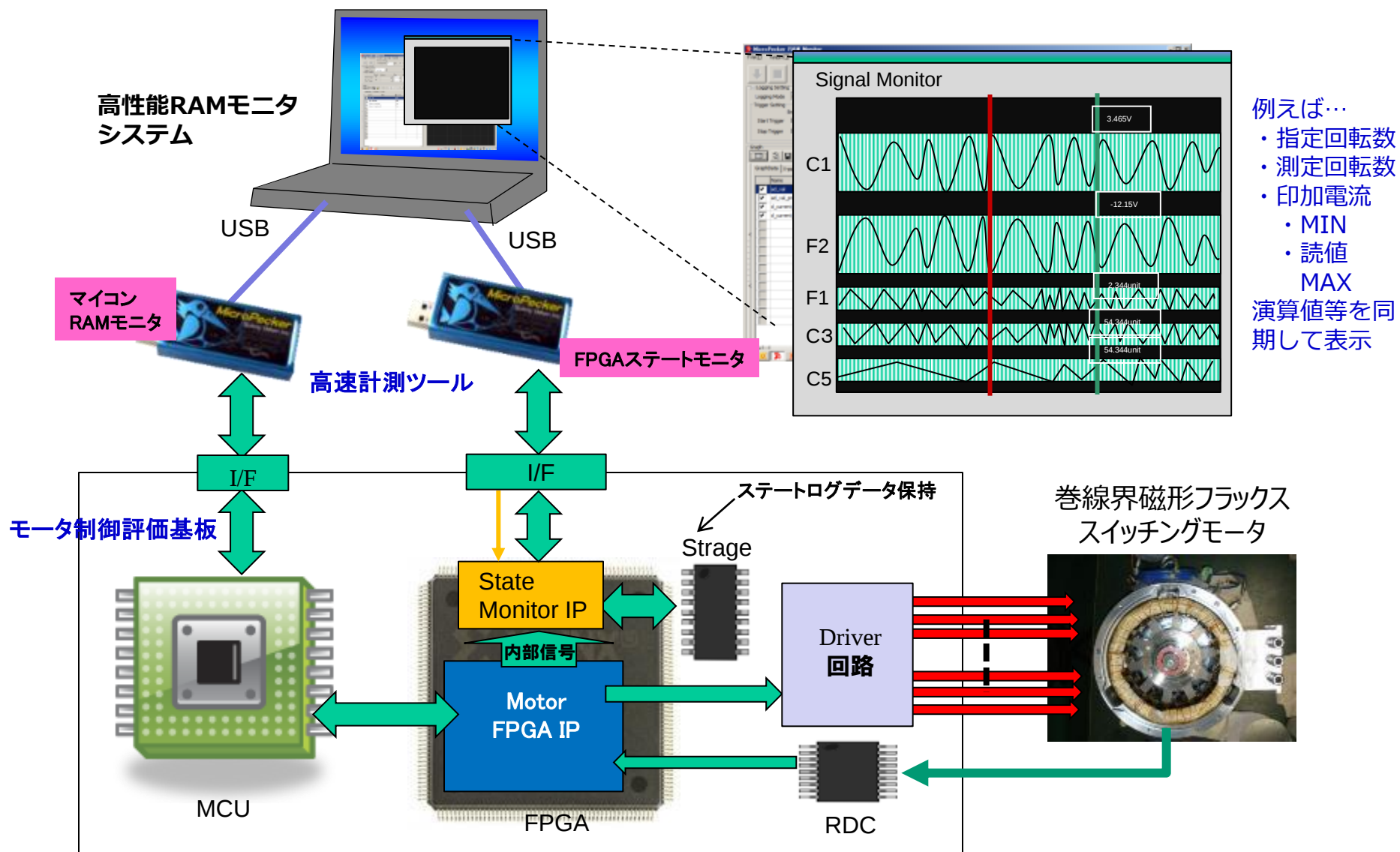
- ・大電流を扱うので誤動作があると機器破壊を招く
- ・ハードウェア設計上の問題と制御上の問題の切り分けが困難
- ・誤動作、故障を実モータで実現するのは困難もしくは不可能



実モータ+ドライブユニット

設計通りの制御動作を検証するための仕組み作り

～ 高性能RAMモニタによるコンピュータの演算結果を高速に取得 ～



～ レアアースレスモータ制御のためのソフトウェア実装のために ～

- ・ レアアースレスモータ制御には制御コンピュータとソフトウェアは不可欠.
- ・ 車載用の制御コンピュータは高速性よりも低消費電力、高信頼なものが採用される.
- ・ レアアースレスモータの制御は複雑である.
- ・ モータ制御モデルをソフトウェア実装には時間制約やリソース制約を解決する必要がある.
- ・ ソフトウェアでの高速化には限界がある. モータ制御のハードウェア化も今後は重要.
- ・ モータ制御を仮想開発環境で開発することで実機を製作する前に検証ができる.
- ・ すぐれた制御ソフトウェアがあっても、制御動作を検証する仕組みがないと開発ができない.

～ ありがとうございました ～

株式会社サニー技研

URL : <http://www.sunnygiken.jp>
E-mail : info@sunnygiken.co.jp