

車載システム向けディペンダブルネットワークオンチッププラットフォーム

Dependable Network-on-Chip Platform for Automotive Applications

米田 友洋 中井一貴 小泉夢月 Vijay Holimath
Tomohiro YONEDA Kazuki NAKAI Mutsuki KOIZUMI Vijay Holimath

CRESTプロジェクト：ディペンダブルネットワークオンチッププラットフォームの構築

研究代表者：米田友洋(国立情報学研究所)

主たる共同研究者：今井 雅(弘前大学), 羽生 貴弘(東北大学), 齋藤 寛(会津大学), 吉瀬 謙二(東工大)

何がわかる？

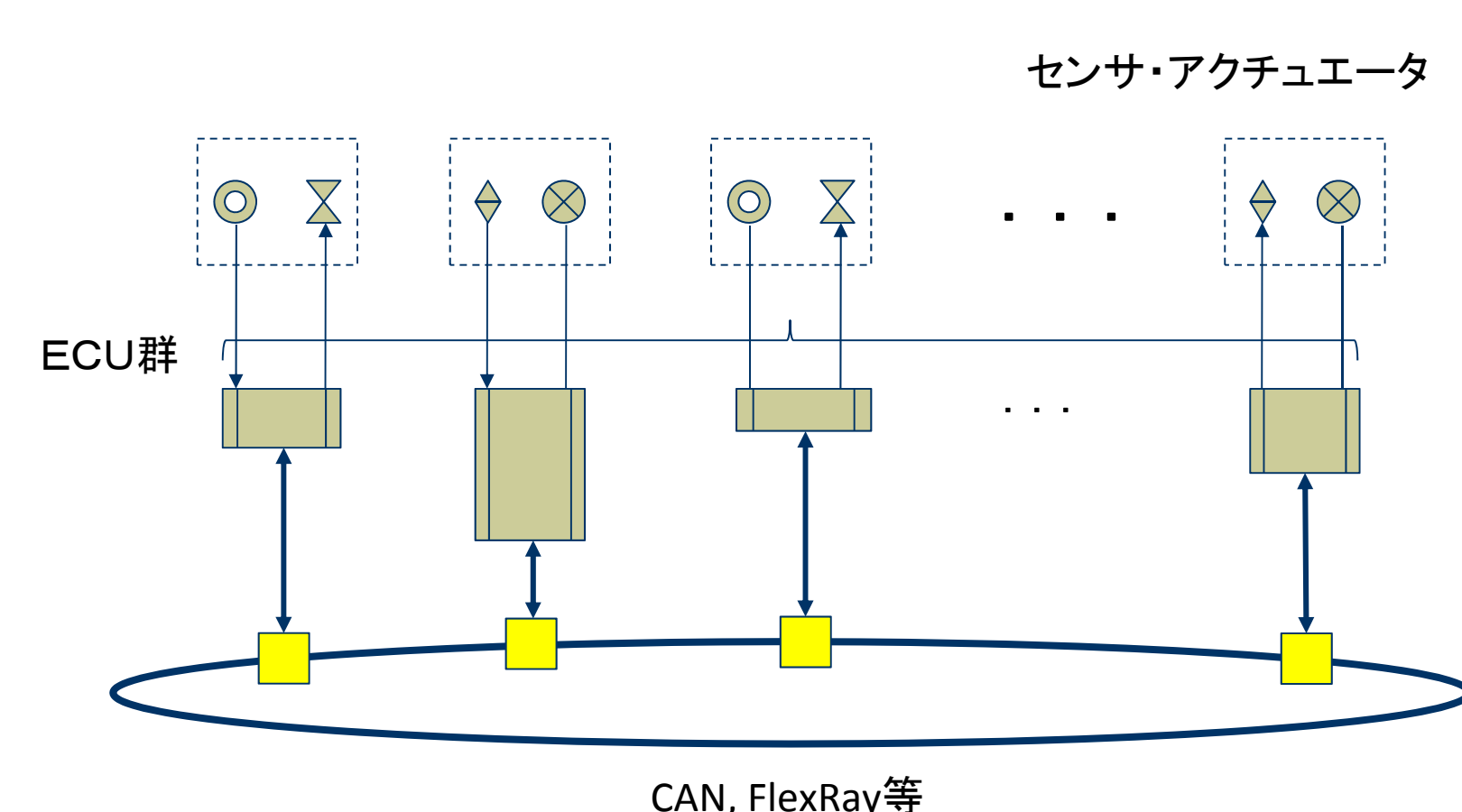
半導体プロセス技術の進歩に伴い、大規模でディペンダブルなVLSIを実現する上で、今までにないタイプの故障が問題となりつつあります。この研究は、ハードウェアとソフトウェアが協調し、システムレベルでこのような問題を解決することを目指しています。これにより、人間・社会に関わる重要なシステムをより安全にしていける基盤を確立します。

どんな研究？

車載制御系システムでは、さまざまなタイプのECUが多数混在し分散的に配置されているため、製造コストや耐故障性などに関してさまざまな問題が指摘されています。そこで、センサやアクチュエータのみを必要な場所に残し、各ECUを統合した、集中型ECUをネットワークオンチップアーキテクチャを用いて高信頼に実現する手法を研究します。

基本的アイデア

◆ 従来手法



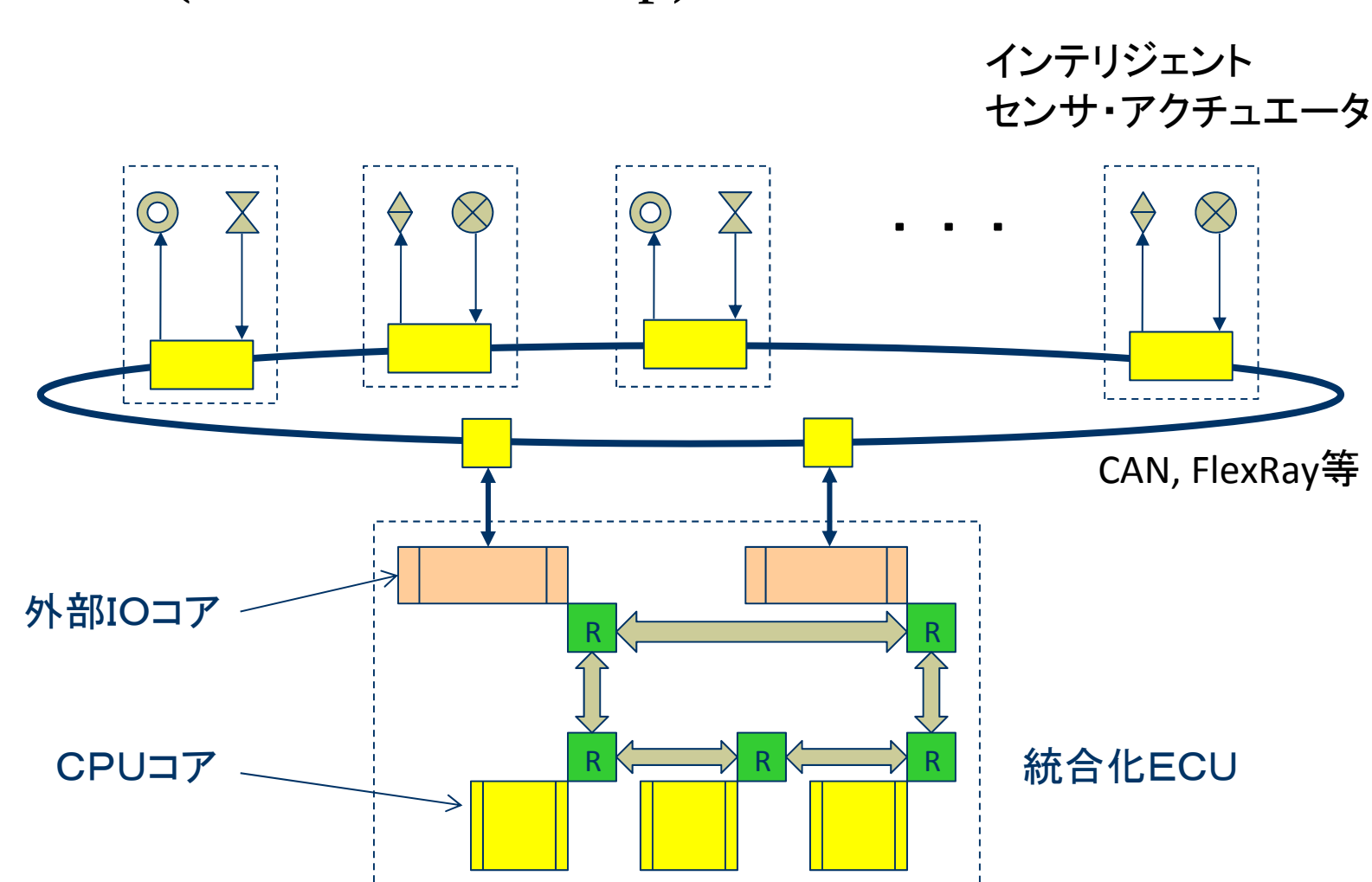
◆ 目的

- CPUコアの各時点での状態(正常・故障), 能力に応じて, タスクの割り当てを, 動的に行う
 - CPUコアの故障や劣化が起こると, タスクの実行中に, 実行するCPUコアが自動的に切り替わる
- 実現するために必要な事項
 - CPUコアの故障や劣化の検出
 - タスクを実行するCPUコアを動的に切り替えるしくみ
 - 自律的な制御方法

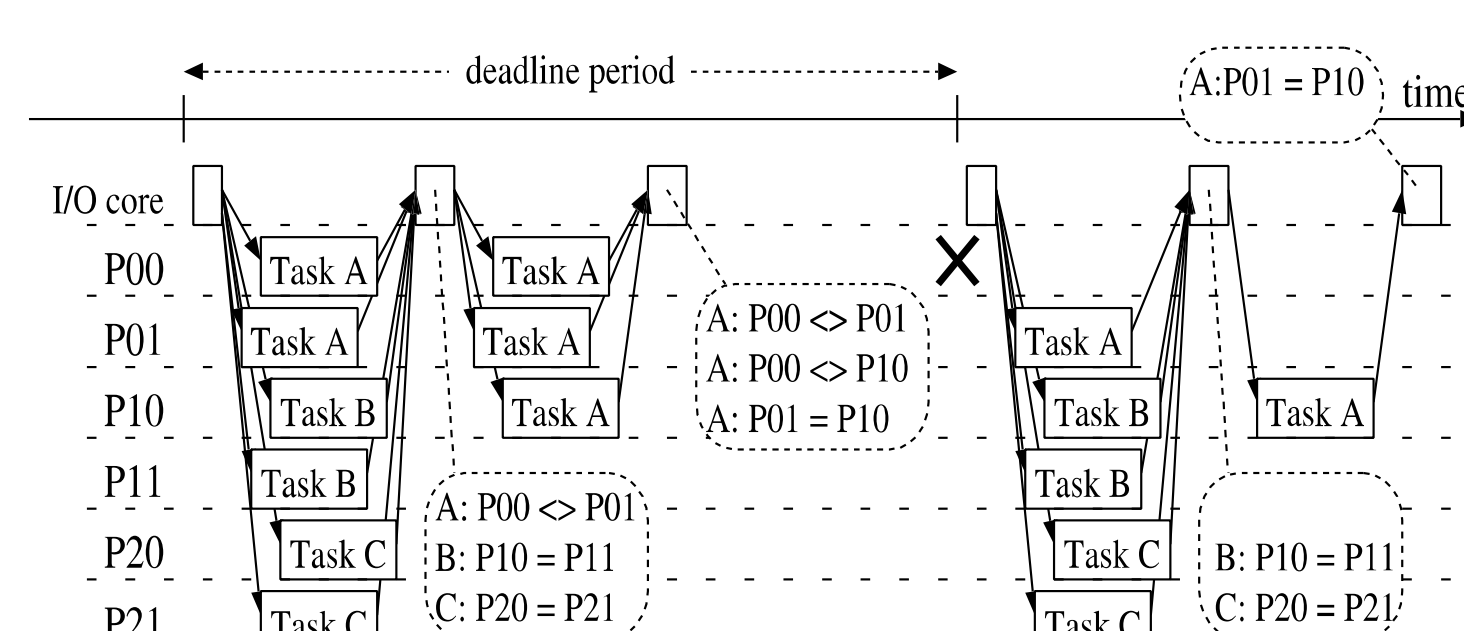
◆ 枠組み

- 複数のCPUコア, 複数の外部IOコア

◆ NoC(Network on Chip)アプローチ



◆ 2つのCPUコアによる同時実行と外部IOコアによる比較により, 故障検出および劣化検出を行う



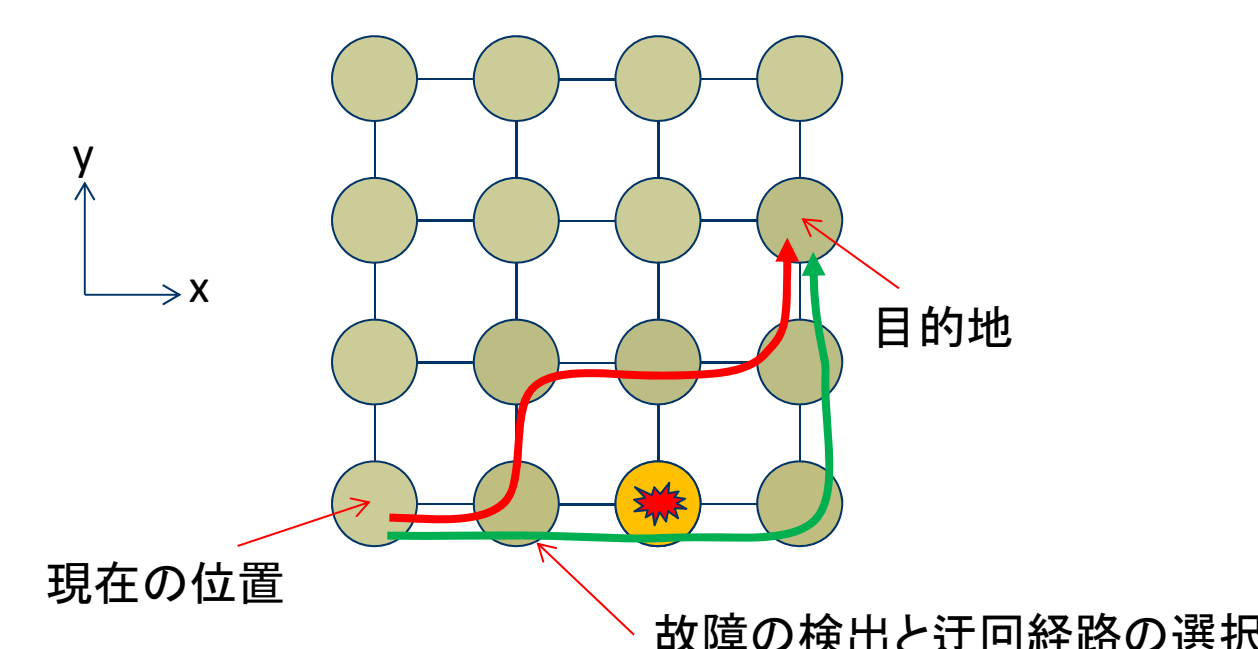
◆ 従来手法

- センサ・アクチュエータとECUの対応が固定
 - 能力が余っても他に流用不可
 - 劣化・故障時の対応が困難

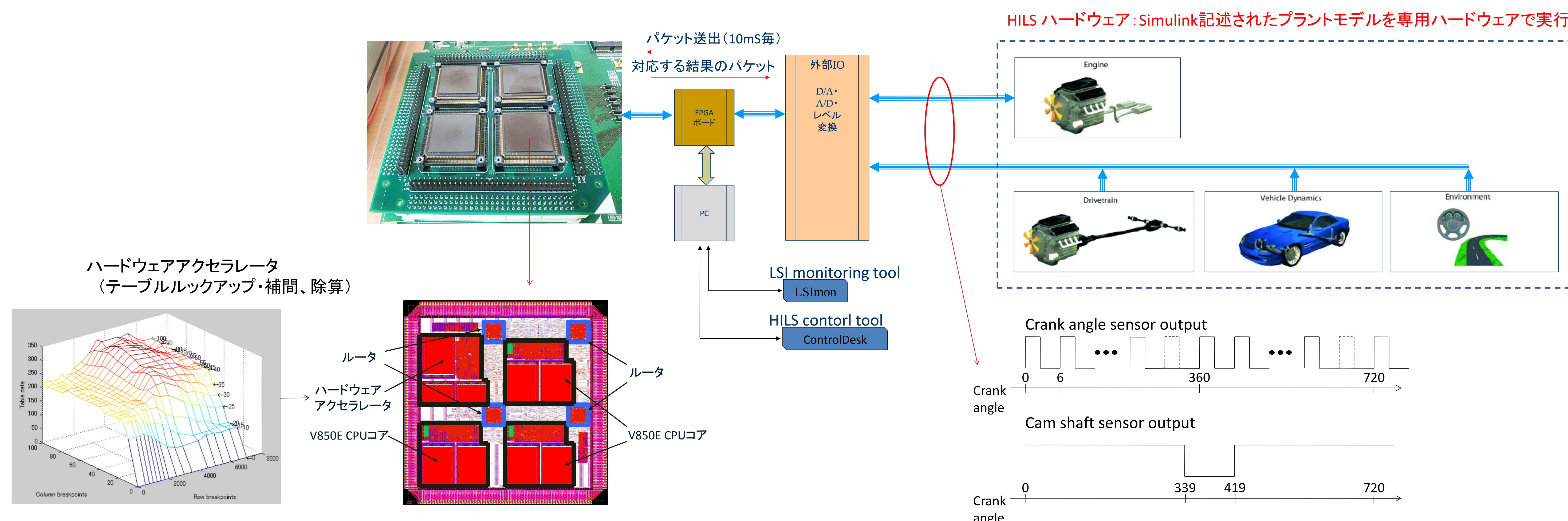
◆ NoCアプローチ

- センサ・アクチュエータの制御はどのコアも可
 - 利用可能な資源を有効に活用できる
 - 劣化・故障時には他のコアを利用できる
- ディペンダビリティのアプローチ
 - CPUコア: ペア実行と故障検出に基づくペア再構成 [Imai, Yoneda DFT2011]
 - ディペンダブルルーティングアルゴリズム [Imai, Yoneda ASYNC2011]

◆ 故障ルータ・リンクを迂回



実証用モデル



連絡先：米田 友洋(Tomohiro YONEDA)／国立情報学研究所 アーキテクチャ科学研究系 教授

TEL : 03-4212-2557

FAX : 03-4212-2693

Email : yoneda@nii.ac.jp

車載システム向けディペンダブルネットワークオンチッププラットフォーム

Dependable Network-on-Chip Platform for Automotive Applications

米田 友洋 中井一貴 小泉夢月 Vijay Holimath
Tomohiro YONEDA Kazuki NAKAI Mutsuki KOIZUMI Vijay Holimath

CRESTプロジェクト：ディペンダブルネットワークオンチッププラットフォームの構築
研究代表者：米田友洋(国立情報学研究所)
主たる共同研究者：今井 雅(弘前大学), 羽生 貴弘(東北大学), 齋藤 寛(会津大学), 吉瀬 謙二(東工大)

マルチチップ NoC アプローチ

◆ 集中型ECUアプローチ

■ NoC (ネットワークオンチップ) ベース

- スケーラブルかつフレキシブル
- いくつかのヨーロッパのプロジェクトで仮定
 - ◆ Recomp: Reduced certification costs for trusted multi-core platforms. <http://atc.ugr.es/recomp/>.
 - ◆ Race: Robust and reliant automotive computing environment for future ecars. <http://projekt-race.de/>.

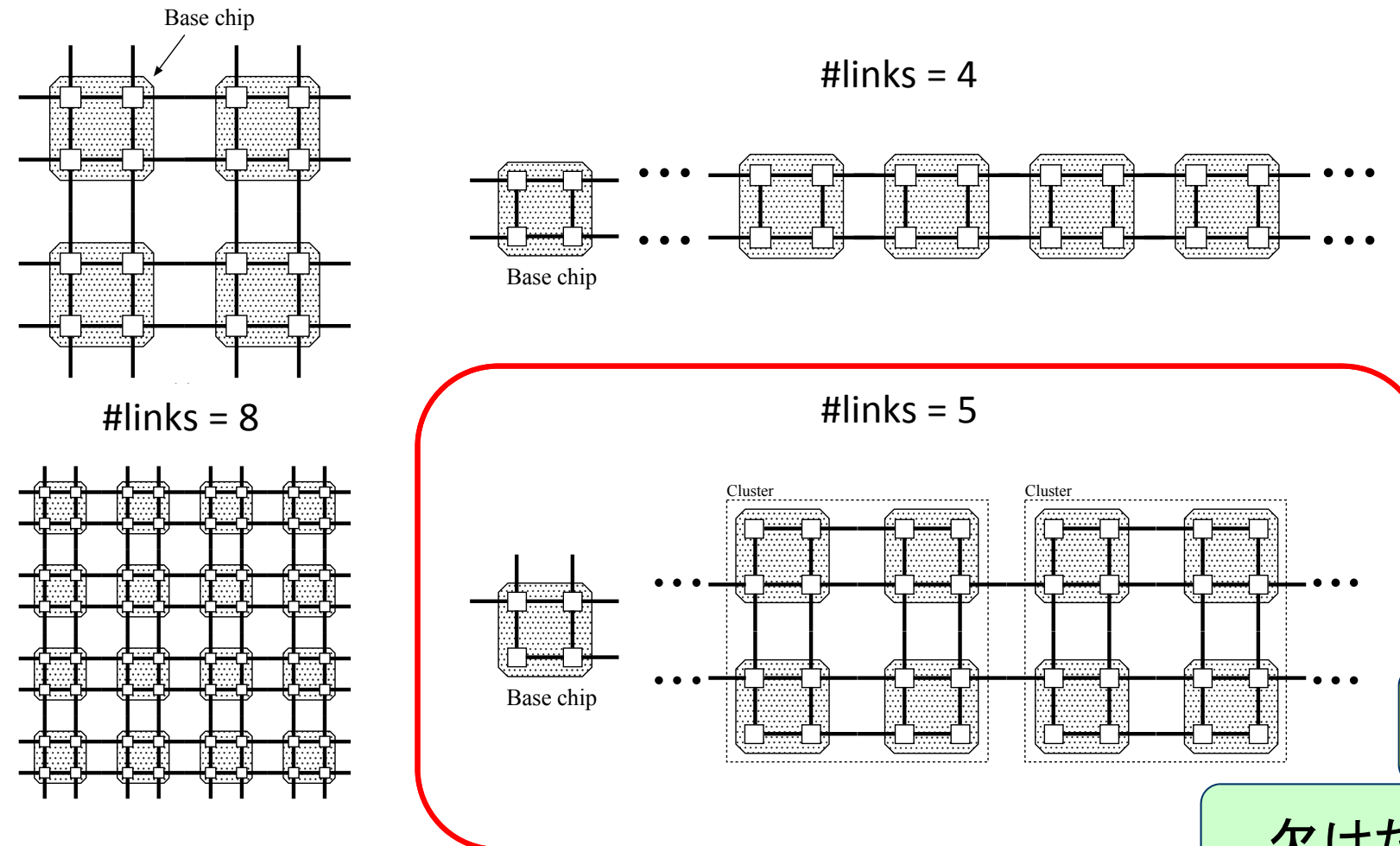
■ マルチチップNoCベース(提案手法)

- 複数のNoCがチップ間リンクにより接続
- 利点
 - ◆ 低コスト: 小さなNoCチップは安く、異なるサイズのNoCを単に接続するだけで構成可能
 - ◆ チップレベルの冗長構成を実現可: チップ故障に耐えられる

◆ 仮定

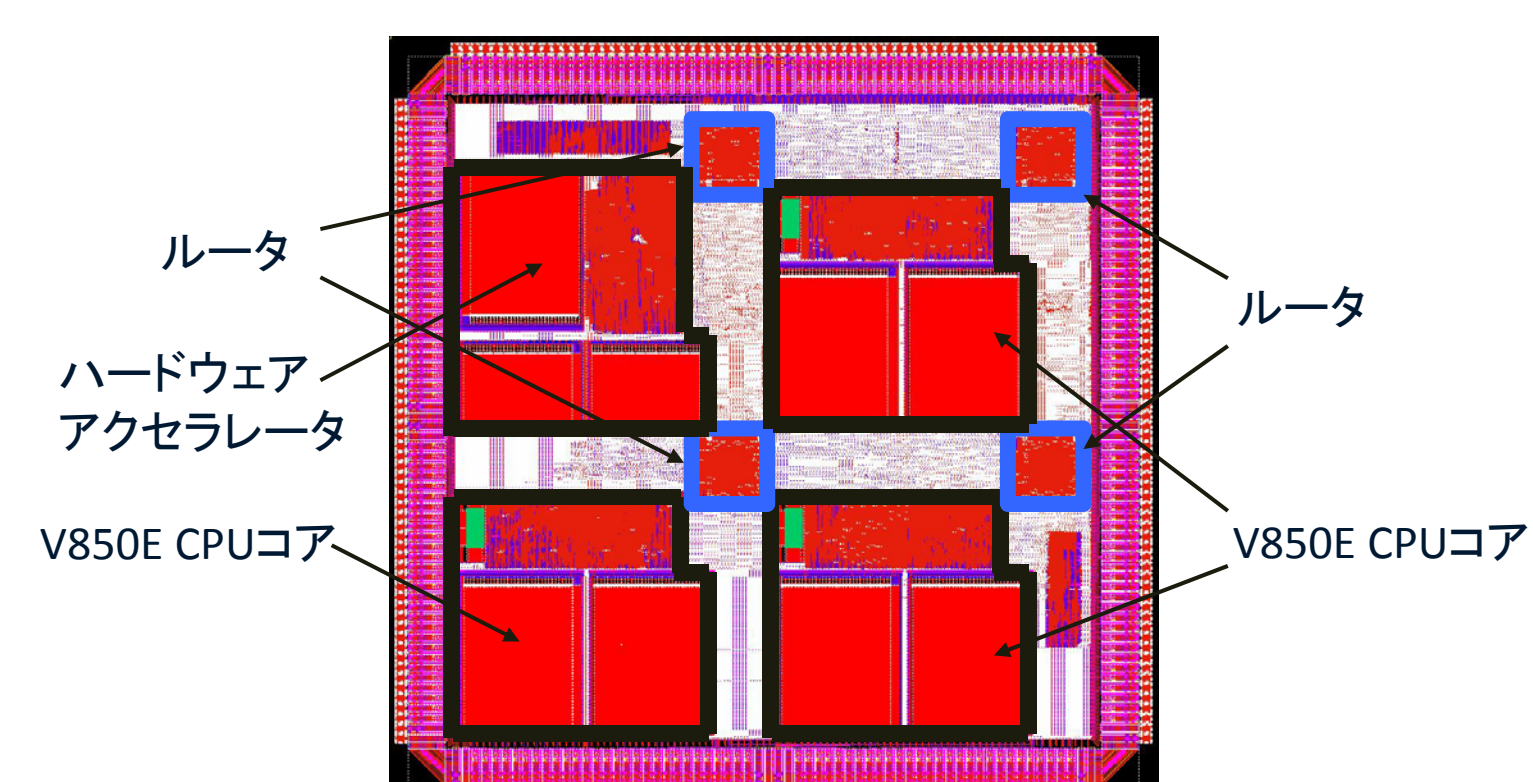
- 100以下のコア: 車載制御を想定
- LSIパッケージではピン数に制約がある
 - リンク数: 増→リンクあたりの通信帯域: 小

◆ ベースチップのリンク数の決定



◆ ベースチップの開発

- 5mm × 5mm @130nm テクノロジ



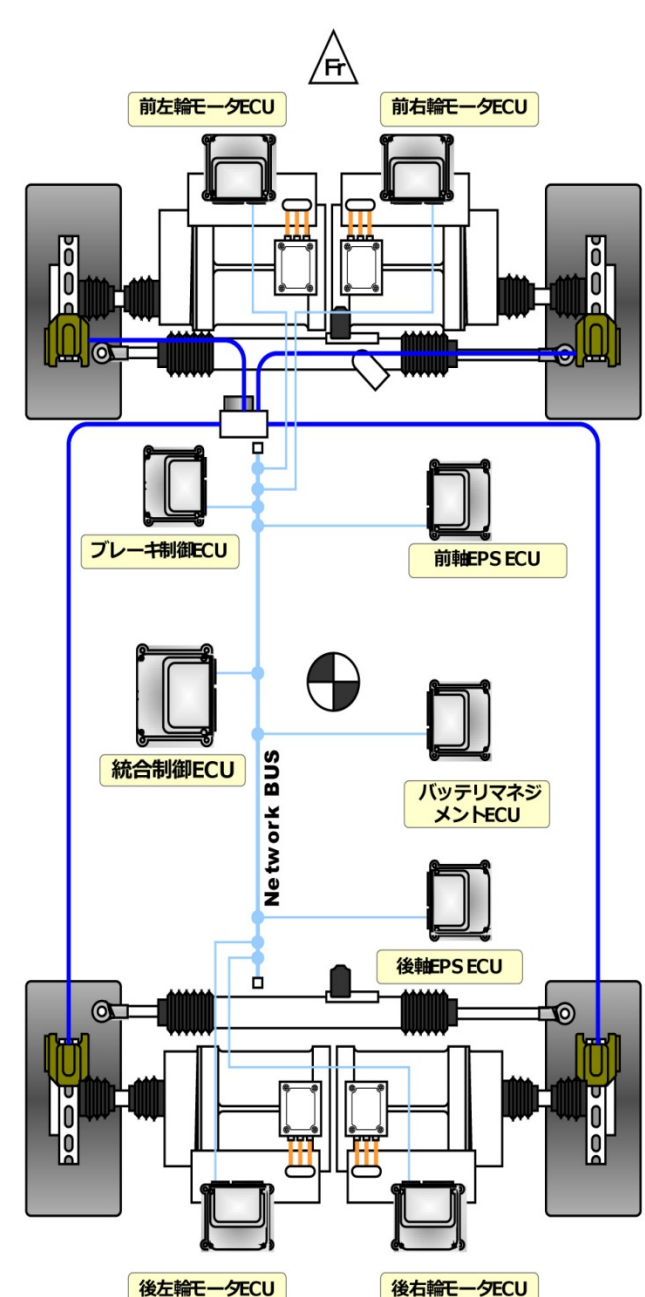
性能とスケーラビリティのバランスが良い

欠けたリンクに対応した耐故障ルーティングアルゴリズムが必要

4輪統合制御に基づく車体姿勢制御

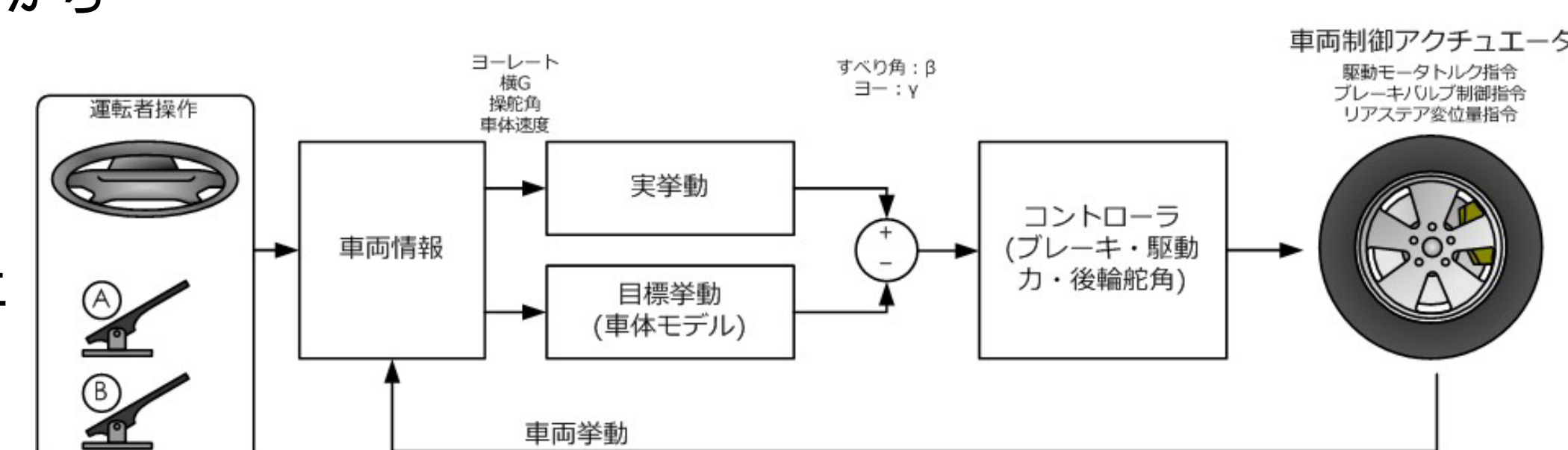
◆ 対象車両の構成

- 駆動用モータ・インバータ (PCU) 制御
 - 4輪それぞれに駆動用のモータを配し、独立してトルク制御可能
- ブレーキ制御
 - 回生ブレーキと油圧ブレーキの協調制御
 - ABS制御も含む
- 前輪EPS制御
- 後輪EPS制御
 - 電動アクチュエータによる位相制御機構
 - CPUコアの故障や劣化の検出
 - 変位置はタイヤ舵角で $\pm 0.5[\text{deg}]$ 程度



◆ 車両運動制御アルゴリズム

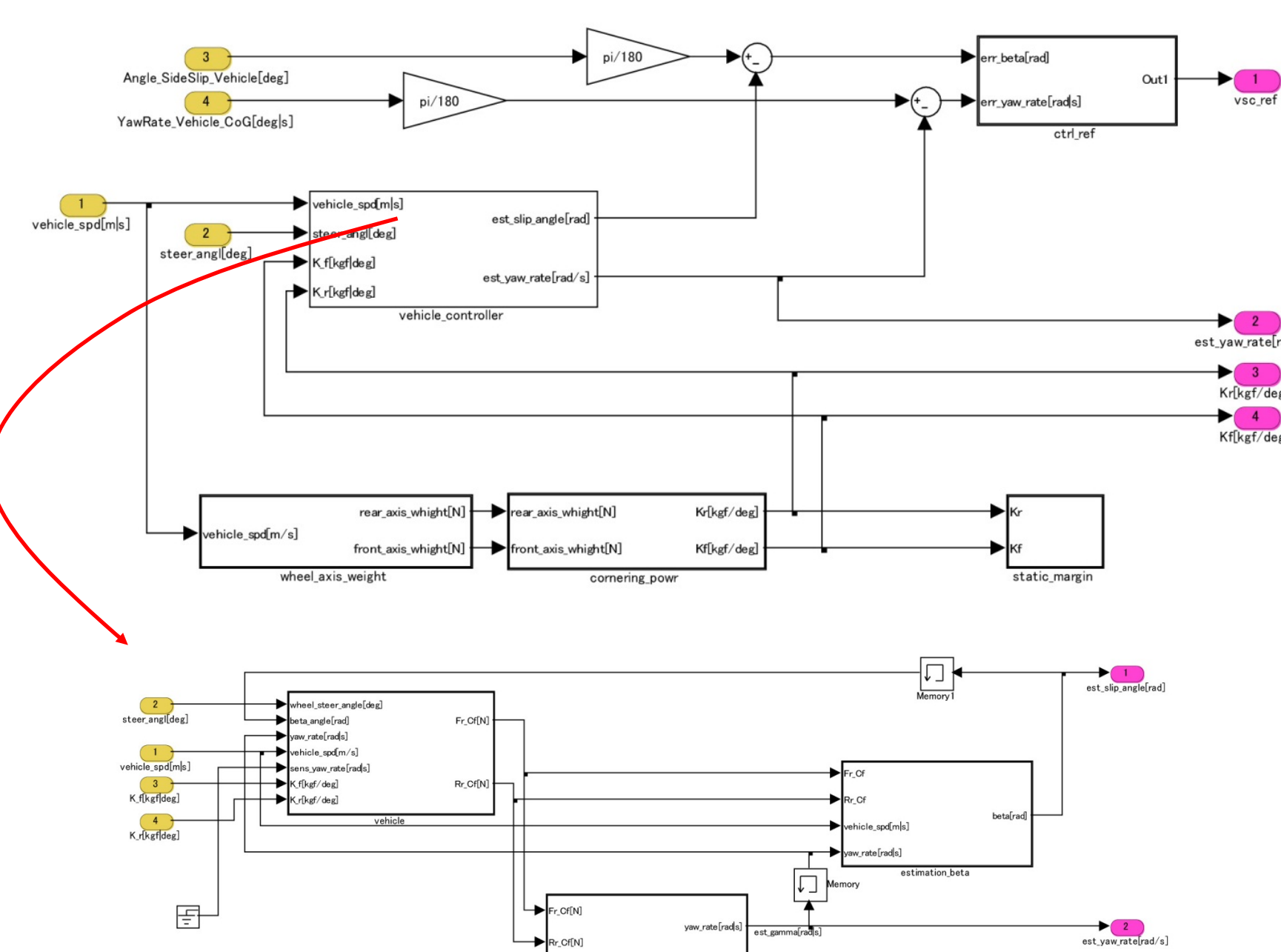
- 実車体すべり角を目標車体すべり角に近づけるようにヨーを制御
- 車両センサ情報・運転者操作から
 - 実挙動
 - 車両モデルによる目標挙動を求める
- それら偏差が小さくなるように
 - 駆動モータの制駆動力
 - 油圧ブレーキ
 - 後輪操舵量を操作する



統合制御

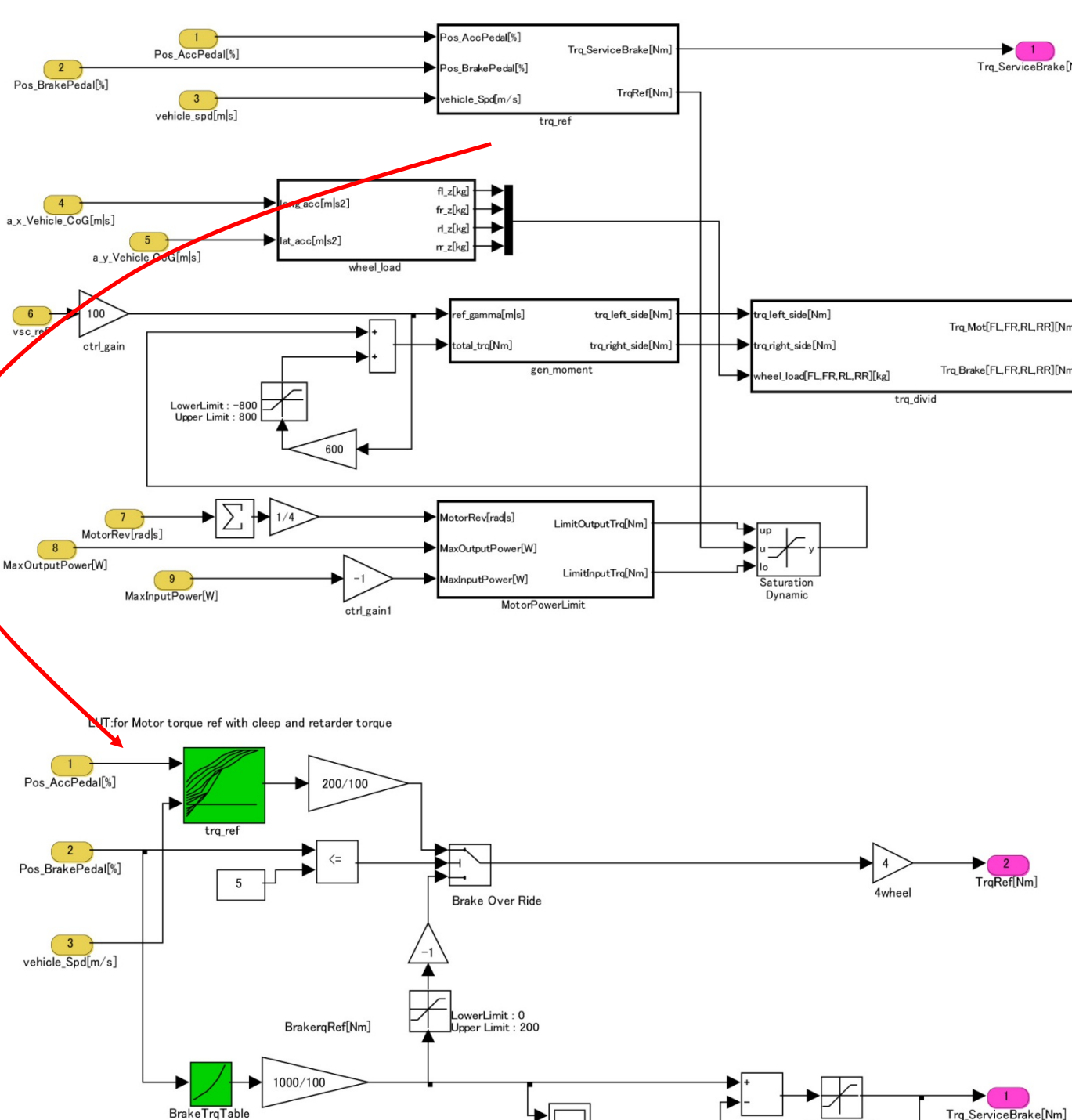
◆ 車両運動演算部

- 車両モデルを構築し、車両情報より目標すべり角・ヨーを推定
- 目標と実挙動のずれから
 - トルク指令配分を演算
 - 後輪の操舵量演算



◆ トルクベクタリング制御部

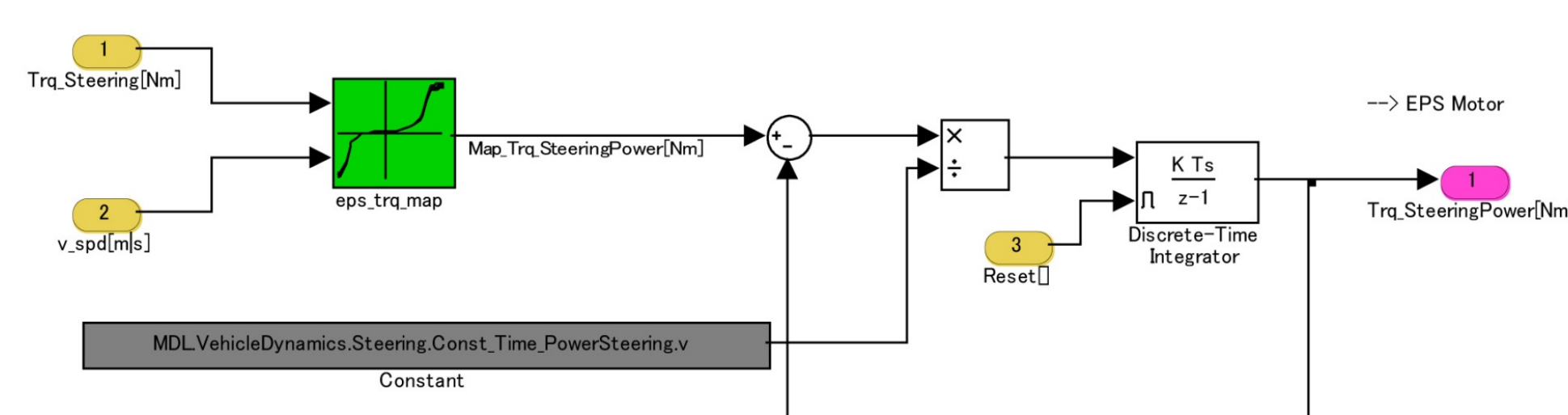
- 左右の駆動力差を用いて車両のヨーを制御
- 目標のヨーレートに対して、センサからの値との差分をフィードバック



前軸EPS

◆ 電動パワーステアリング(EPS)を制御

- 車両速度とステアリング操舵トルクを入力し、必要なアシストトルクを求める



ブレーキ制御

◆ 回生協調ブレーキ, ECB(Electronically Controlled Brake system)とABS制御

