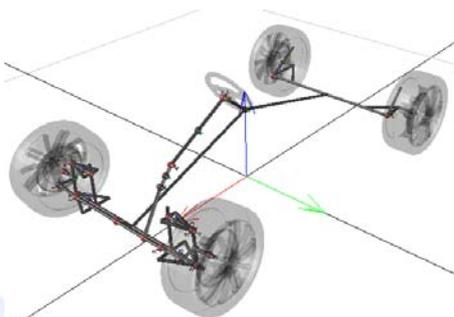


MBD 中部カンファレンス

# トランスミッション HILS の難しさとその解き方



2014/12/18

システムCAE事業部

岩ヶ谷 崇

サイバネットシステム株式会社

1 > 3 ?

Face to Face  
meeting

Web/telephone  
meeting

1 > 3

海外開発チームを巻き込んだ問題解決  
でのミーティングの効果...

# 難解な問題発生時の対応の難しさ

## ■ ソフトウェアベンダーとしての課題

- 開発部隊はカナダ
- 三つの課題解決における壁
  - 時差の壁
  - 言語の壁
  - 文化の壁
- 問題の本質を正しく共有できれば、解決はすぐ…



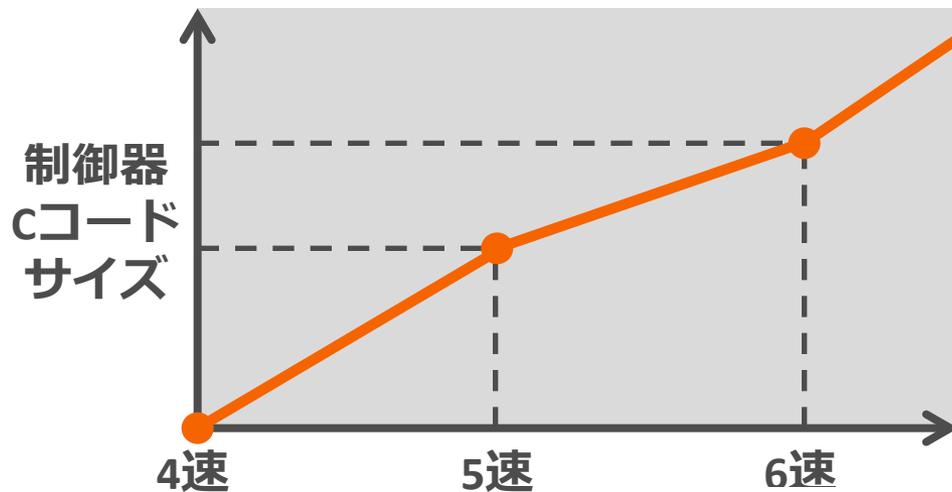
**壁を越えるための Face to Face ミーティングが有効**

**これも「難しさ」に対する一つの「解き方」でした…**

# 背景

## ■ 制御器の検証環境 HILS

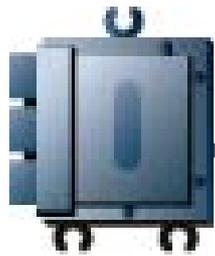
- システムの複雑化による検証工数増加



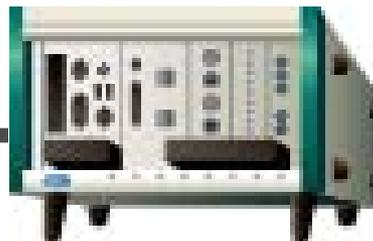
検証時間も増加



- リアルタイムシミュレーションの活用 (※HILS)
- 検証の自動化



実際の制御器



リアルタイムシミュレータ

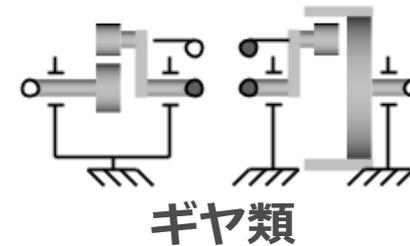
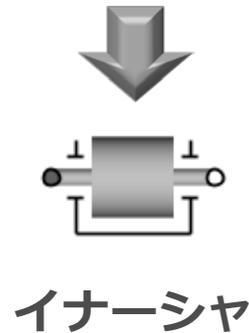
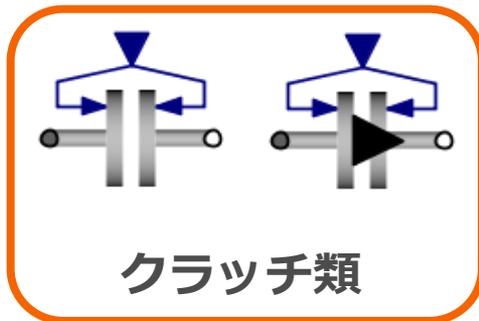
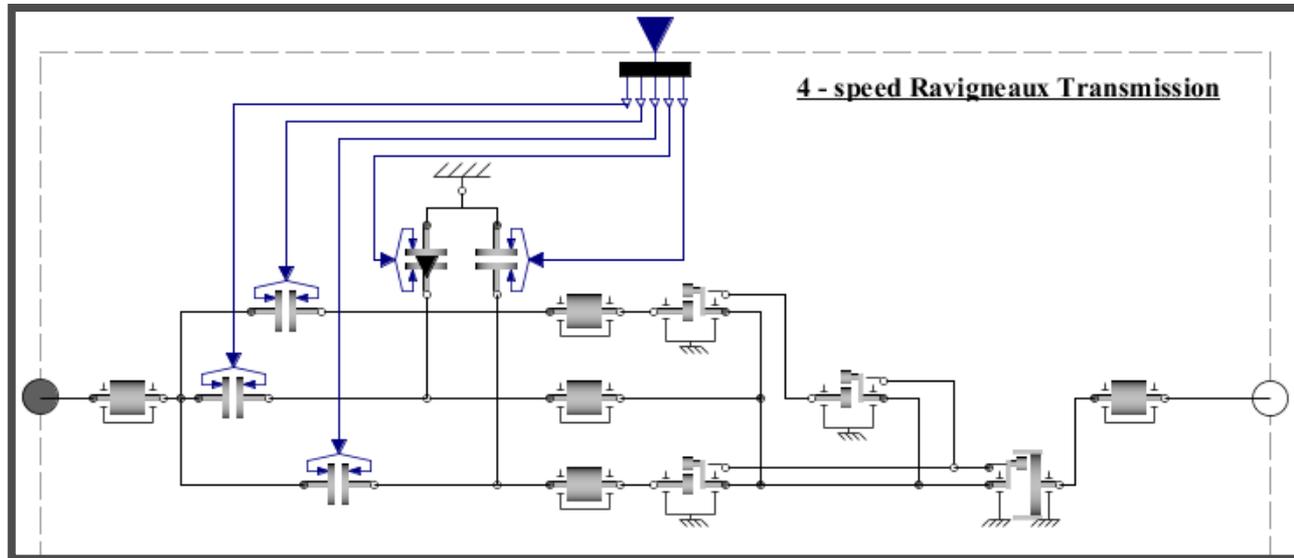
# 背景

- HILS 環境構築における プラントモデルへの要求
  - **HILS 環境での実行：リアルタイム実行が可能なこと**
    - 固定ステップソルバ、現実的なステップサイズ
    - ステップサイズに合う計算負荷
    - イベント処理を確実にこなせること
    - (なるべく) ステイティブな系でないこと
  - **自動化に耐えられる計算の安定性**
    - 様々なテストパターンでの計算でも発散しないこと

**固定ステップ計算における「計算効率」と「安定性」**

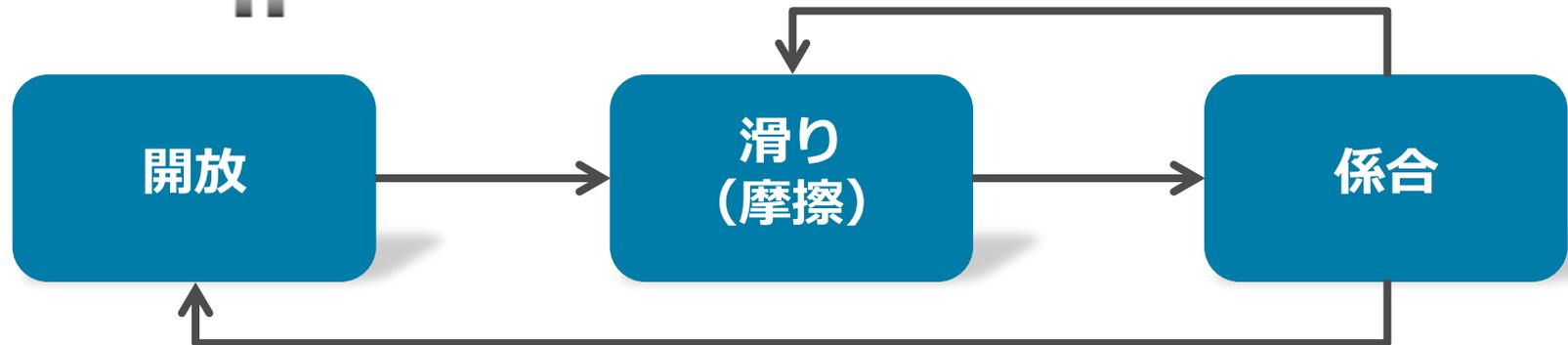
# AT モデルシミュレーションの難しさ

## ■ ギヤトレンモデルの構成要素



# AT モデルシミュレーションの難しさ

- イベント処理が必要なクラッチ類
  - 例：クラッチ



状態の切り替わりがある = イベント処理が必要

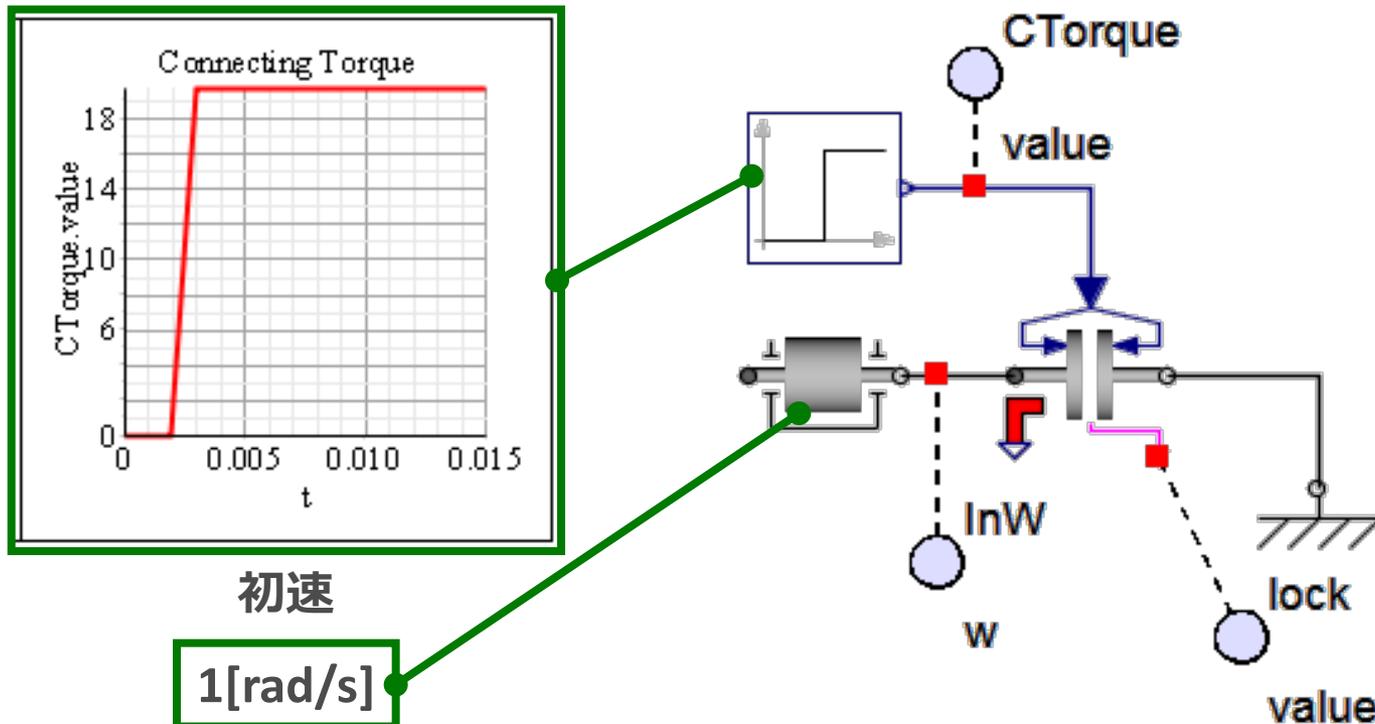


状態毎に、計算自体も変化し、それがシステム全体へも波及

# AT モデルシミュレーションの難しさ

## ■ 固定ステップソルバによるイベント処理への影響①

- テストモデル：シンプルなクラッチの係合  
係合トルク

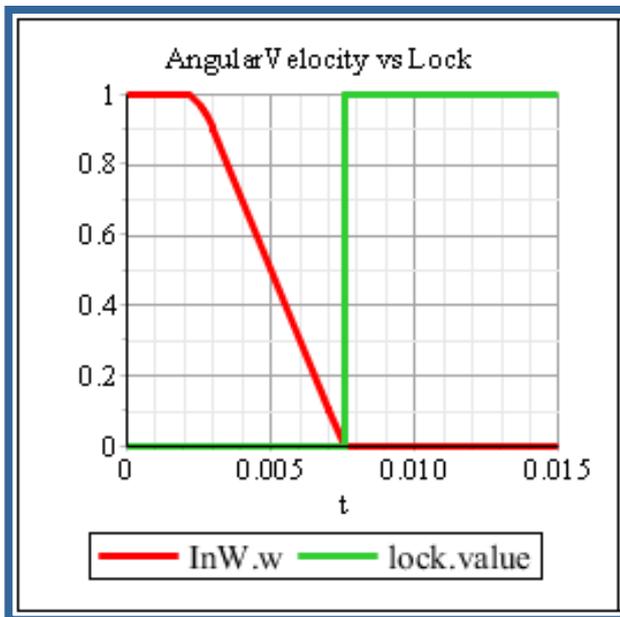


**急減速（ブレーキ）の応答に相当**

# AT モデルシミュレーションの難しさ

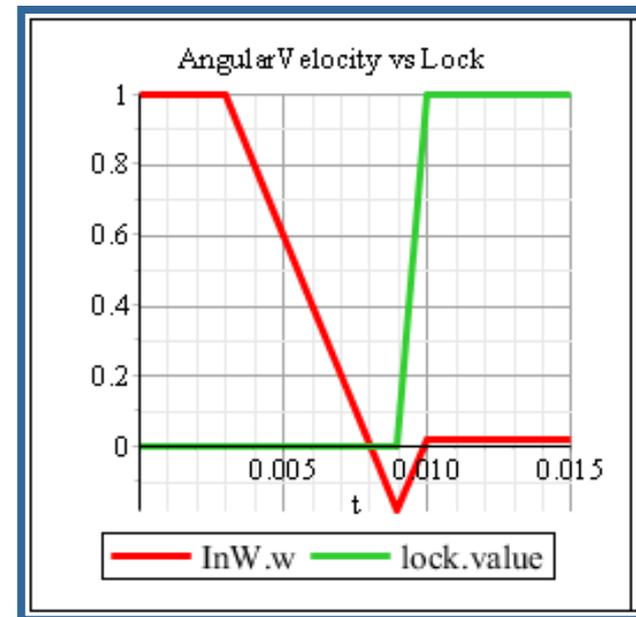
- 固定ステップソルバによるイベント処理への影響①
  - テストモデル：シンプルなクラッチの係合

可変ステップソルバ（RK45）



- 厳密な時刻で係合
- 係合時は 0 [rad/s]

固定ステップソルバ（Euler）

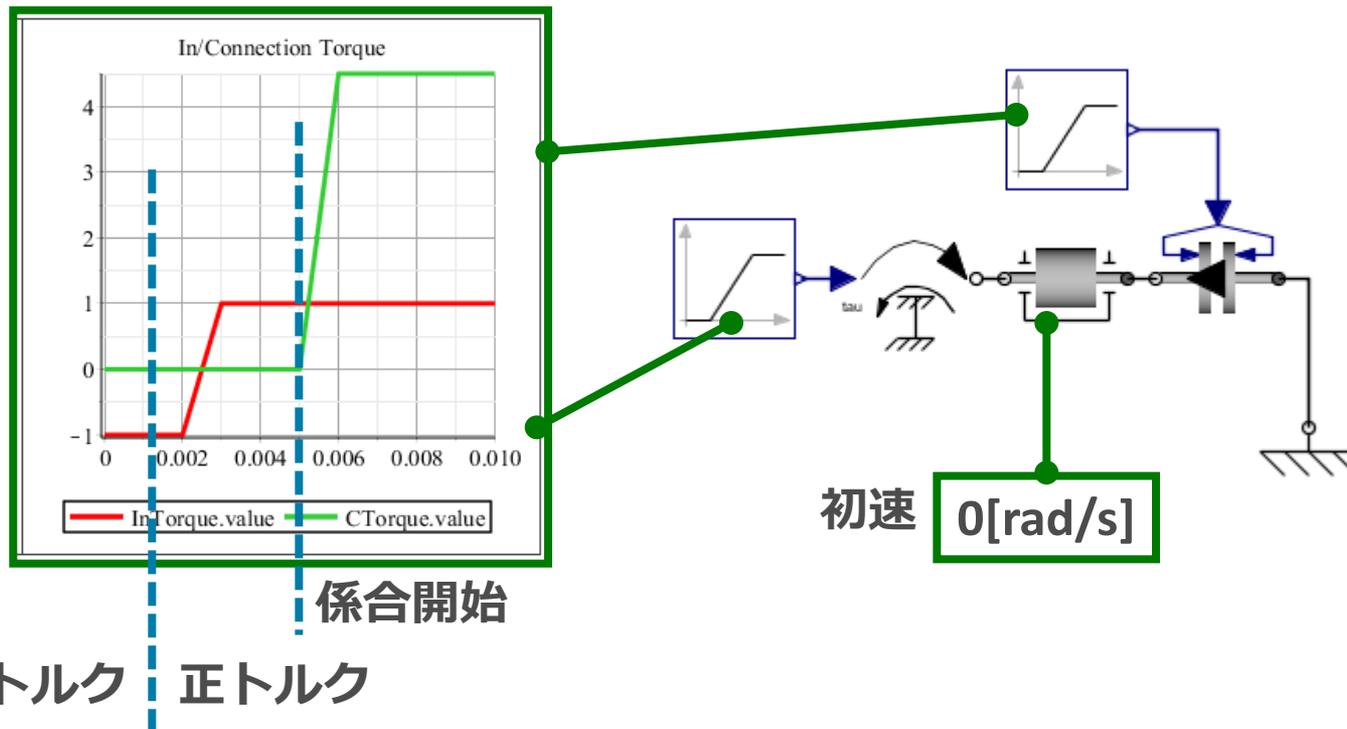


- ステップサイズ毎の計算
- 閾値による係合判定
- 閾値に入るまで行ったり来たり

# AT モデルシミュレーションの難しさ

- 固定ステップソルバによるイベント処理への影響②
  - テストモデル：ワンウェイクラッチの係合

入力/係合トルク

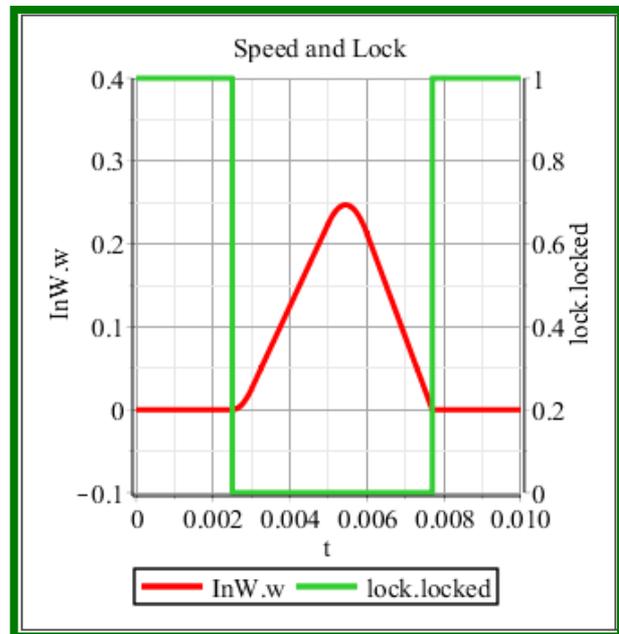


## ワンウェイクラッチによるブレーキ動作の2モード

# ATモデルシミュレーションの難しさ

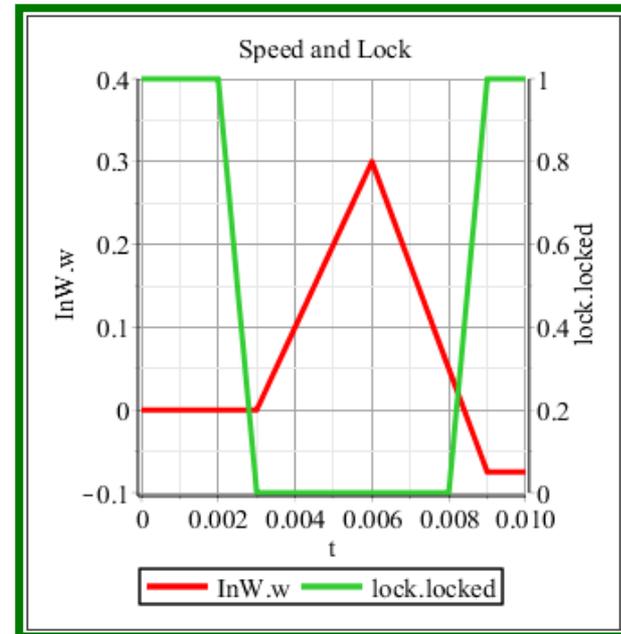
- 固定ステップソルバによるイベント処理への影響②
  - テストモデル：ワンウェイクラッチの係合

可変ステップソルバ（RK45）



- 厳密な時刻で係合
- 係合時は 0 [rad/s]

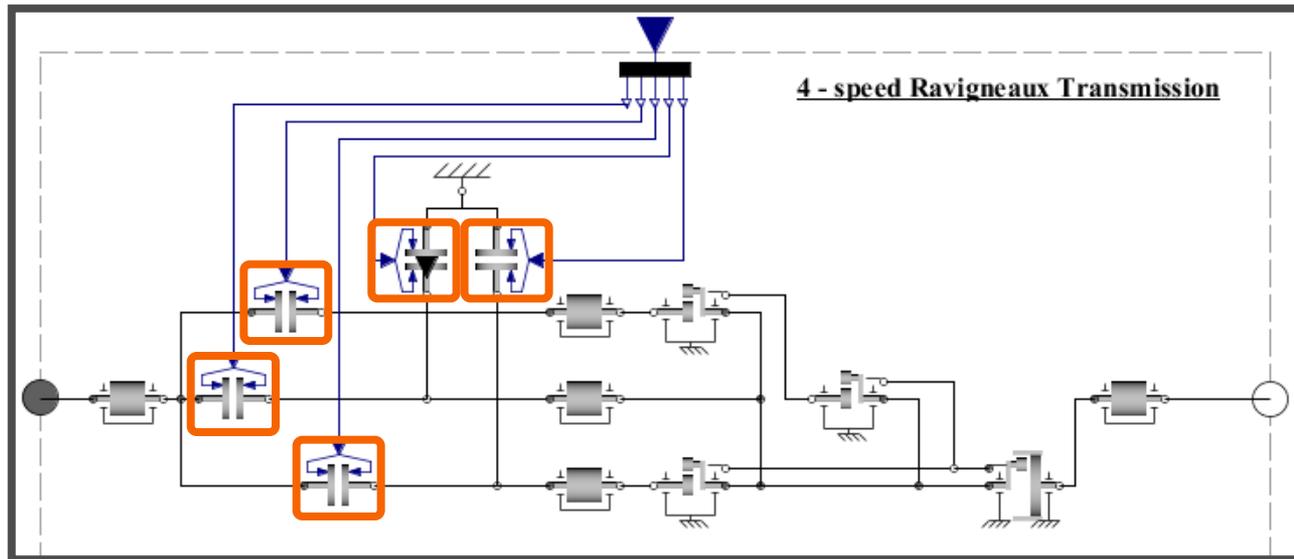
固定ステップソルバ（Euler）



- 負回転を止めるはずだが…
- ギヤトレーン全体では…

# AT モデルシミュレーションの難しさ

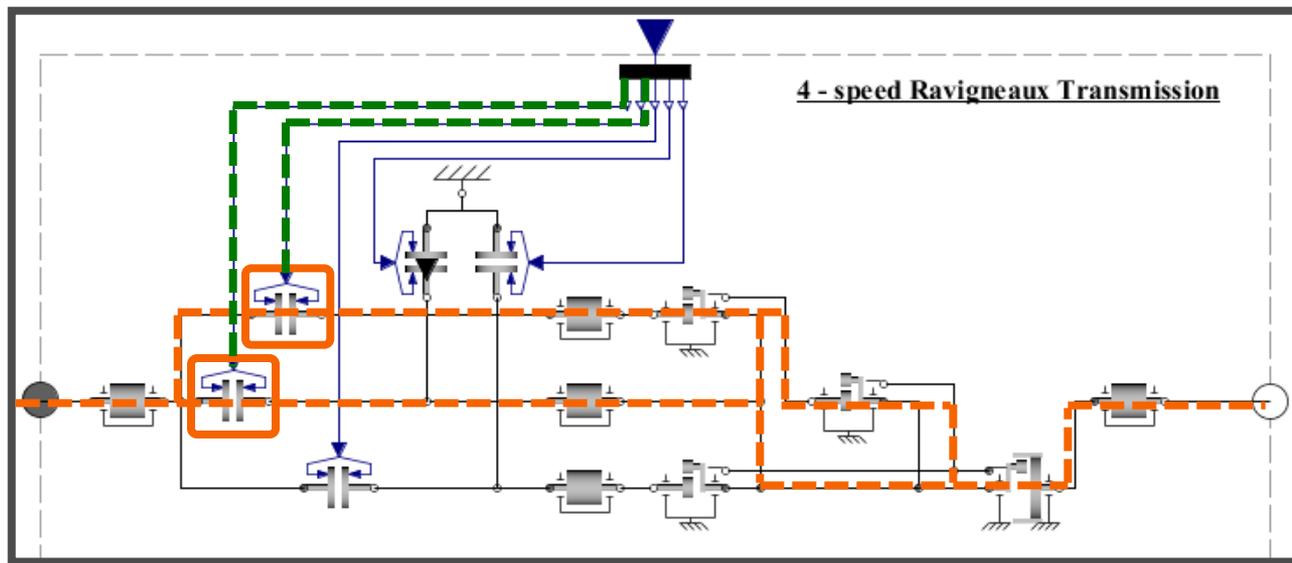
- 実際のギヤトレンモデルで起こる現象
  - 例：ラビニョギヤによる4速AT



**相互作用の関係にある5つのクラッチによる  
イベント状態の組み合わせを考える必要がある**

# AT モデルシミュレーションの難しさ

- 実際のギヤトレンモデルで起こる現象
  - 相互作用って？



クラッチの係合  
状態が変化



システム全体の  
トルクの流れが変化



係合状態が  
変化する可能性



条件によっては無限ループに・・・

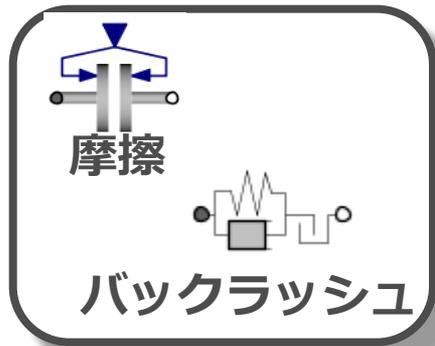
# AT モデルシミュレーションの難しさ

- AT モデルだけの問題か？

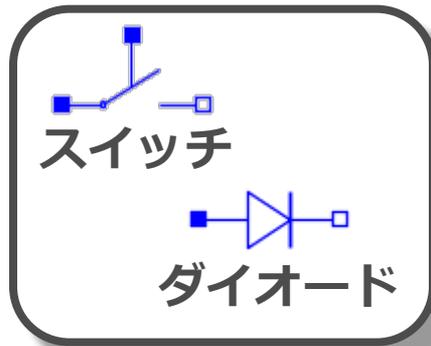
## 「固定ステップソルバ」と「イベント処理」の問題



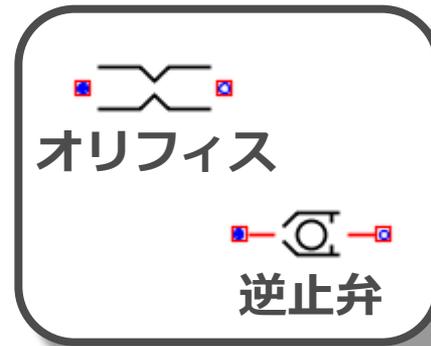
様々なアプリケーション  
に関する問題



駆動系



パワーエ



流体



機構

# 新固定ステップソルバの開発

## ■ AT モデルシミュレーションの課題

- 固定ステップソルバでは、ステップ毎でのイベント処理になるため、**閾値判定**必要であり、**誤差**も生まれる。

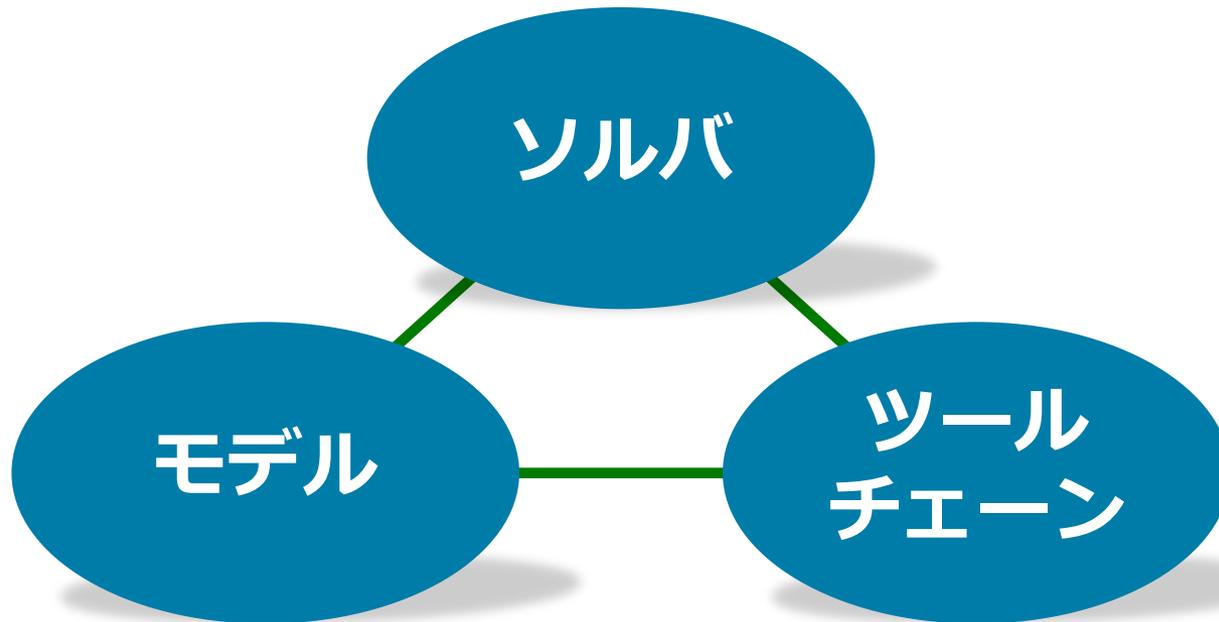
固定ステップソルバ用の「新しいイベント処理」

- 「システム全体のクラッチ係合状態 $\Leftrightarrow$ トルクの流れ」となるため**全てのクラッチ状態の整合性**を考える**ループ計算**が必要。

計算の安定性・コストを考慮したループ処理

## まとめ

- x-In-the-Loop-Simulation ( xILS ) による MBD の加速を



**三位一体での計算の高速化/安定化が重要**

- ご清聴ありがとうございました。