



ロボット制御システム設計のUMLアクティビティ図に対する  
ペトリネットによる正当性検証

信州大学大学院工学系研究科情報工学専攻  
關屋 貴詞 和崎 克己

# 発表の概要

- 背景と目的
- 全体構成
- UMLアクティビティ図と記述規則
- 拡張自由選択ネットと変換手法
- 自動変換の適用例
- まとめと今後の課題

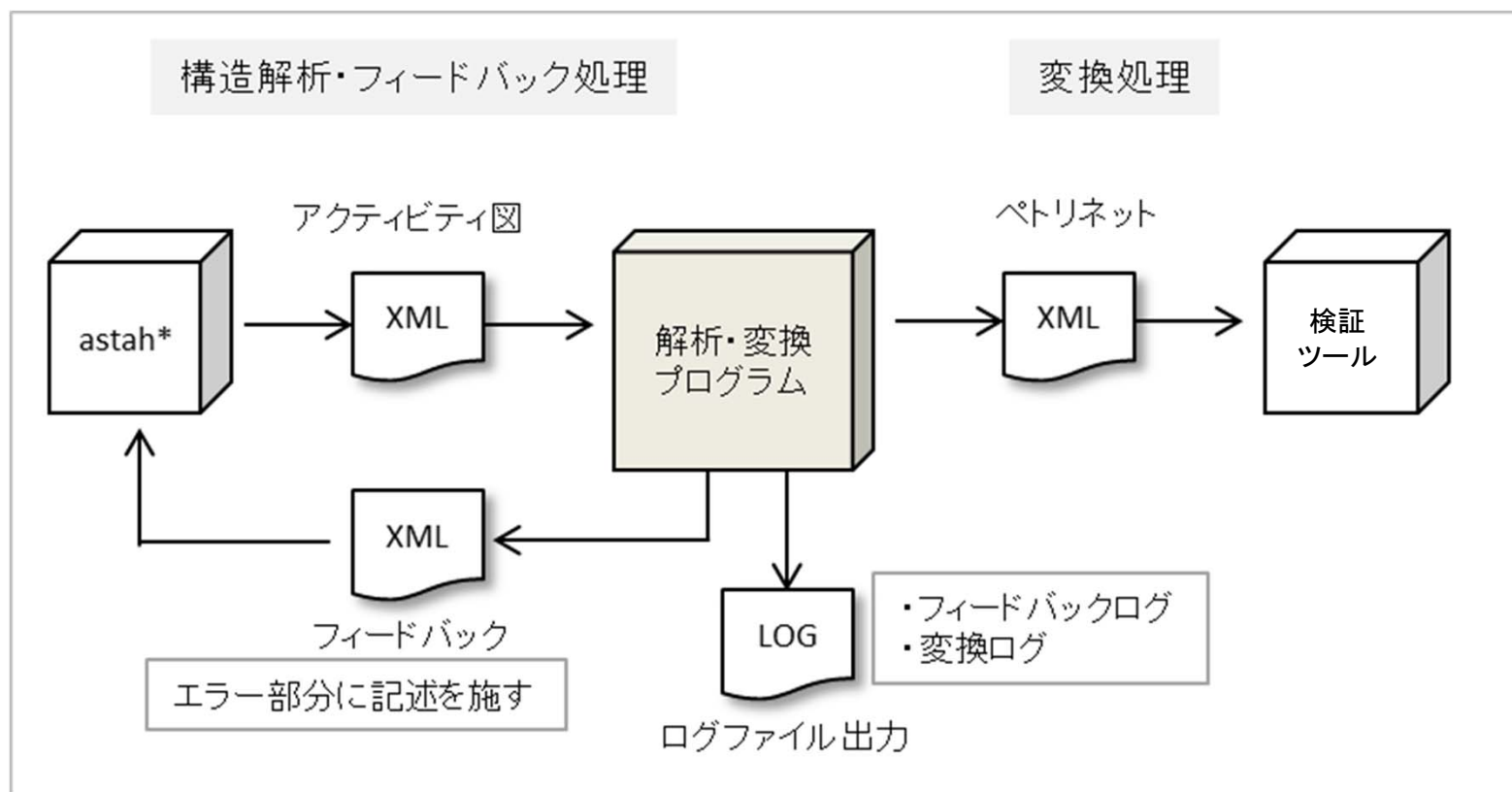
# 背景と目的

- UMLを用いたモデル駆動開発
  - 生産性・再利用性の向上
  - 上流設計におけるレビュー工程に適している
  - 記述に曖昧性を含む
  - 検証系が別途必要である
- ペトリネットなどに代表される形式記述法
  - 記述の規則が厳密
  - 並列動作を伴う制御システムの検証能力が高い
  - 抽象度の問題により記述性が低い

# 背景と目的

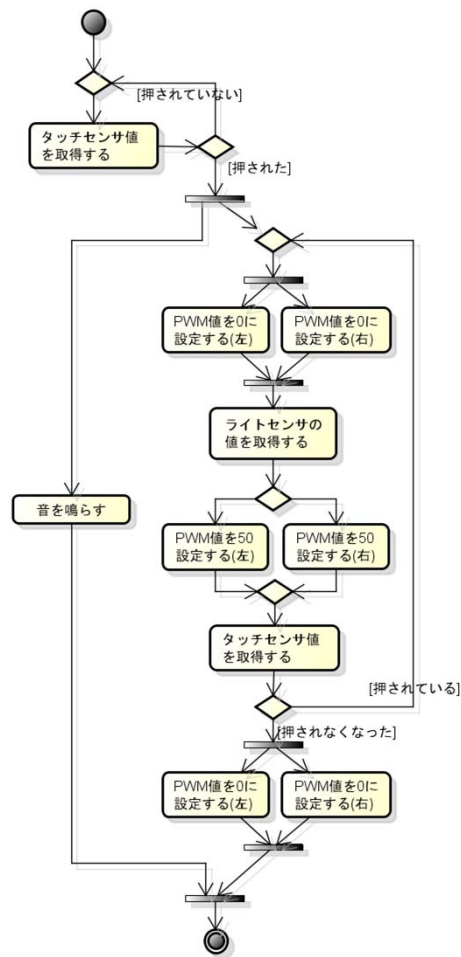
- 設計と検証系との中継手段の提案
  1. UML→ペトリネットのサブクラスへ変換
    - 曖昧性の排除、検証系への引き渡し
  2. 構造的整合性を検証
    - 記述規則と変換規則
  3. 複数プロセスを含むシステムへの対応

# 全体構成



# アクティビティ図からペトリネットへ

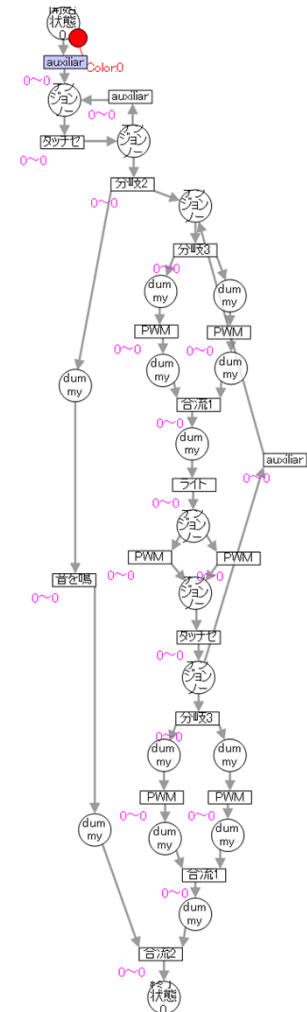
アクティビティ図



**設計**



ペトリネット



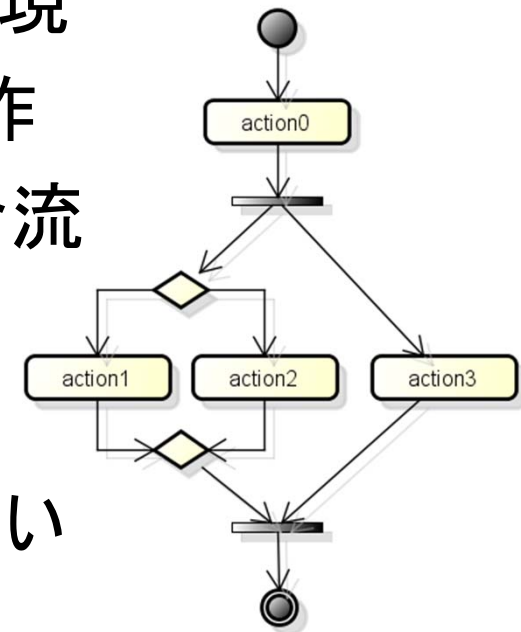
**検証**

## \* アクティビティ図

### ■ システムの振る舞いを表現するUML図

- 開始から終了までの処理の流れを表現
- フォーク/ジョインによる並列・同期動作
- デシジョン/マージによる条件分岐と合流

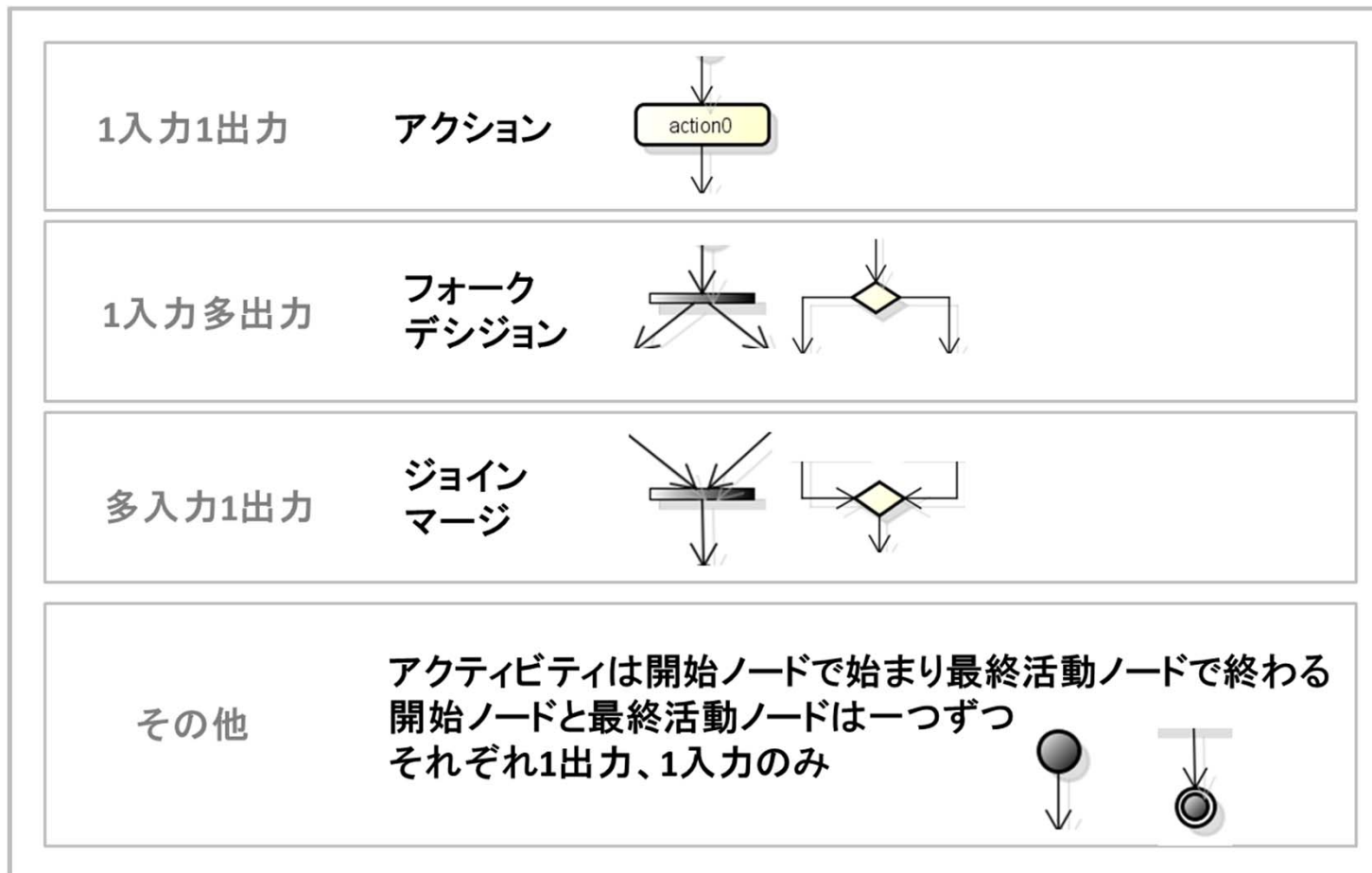
- ペトリネットの表現に似ているが、準形式手法であり、記法は厳密でない



\* 児玉公信: UMLモデリング入門, 日経BP社, 2008

# アクティビティ図の記述規則





## ■ 基本ノード





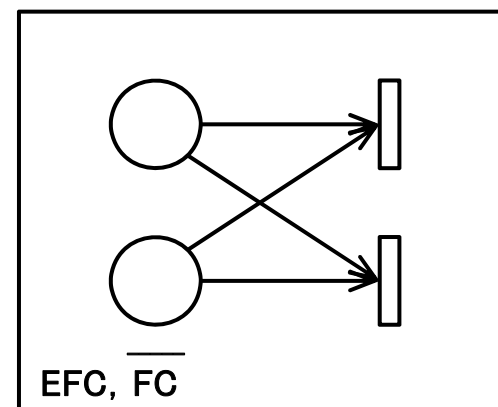
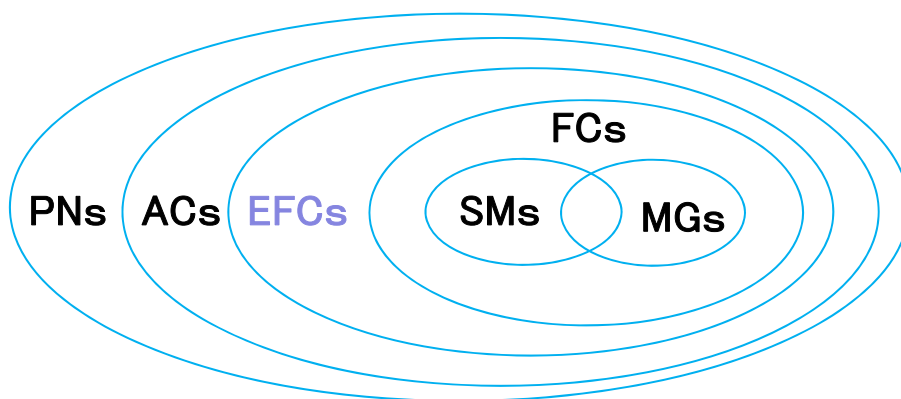
# アクティビティ図の記述規則

## ■ 特殊ノード

コネクタ	リンク先は同アクティビティ内のみ 1入力0出力または0入力1出力	
シグナル送信ノード シグナル受信ノード	送信先/受信元は他アクティビティとする アクションと同様に、1入力1出力とする	
振る舞い呼び出し アクション	呼び出し先は他アクティビティとする アクションと同様に、1入力1出力とする	
フロー終了ノード	1入力0出力とする	

# 拡張自由選択(EFC)ネット

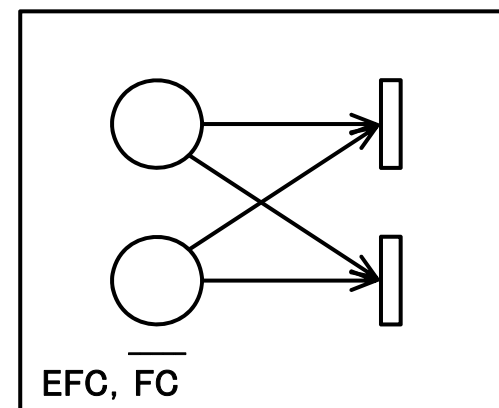
- \*ペトリネット
  - 2種類のノードを持つ二部有向グラフ
  - ネットの構造的解析・マーキング状態の挙動的解析の双方の検証能力を有する
- 構造によりサブクラスに区別される



\* Tadao Murata: Petri Net Properties, Analysis and Applications, IEEE, vol.77, no.4, 1989

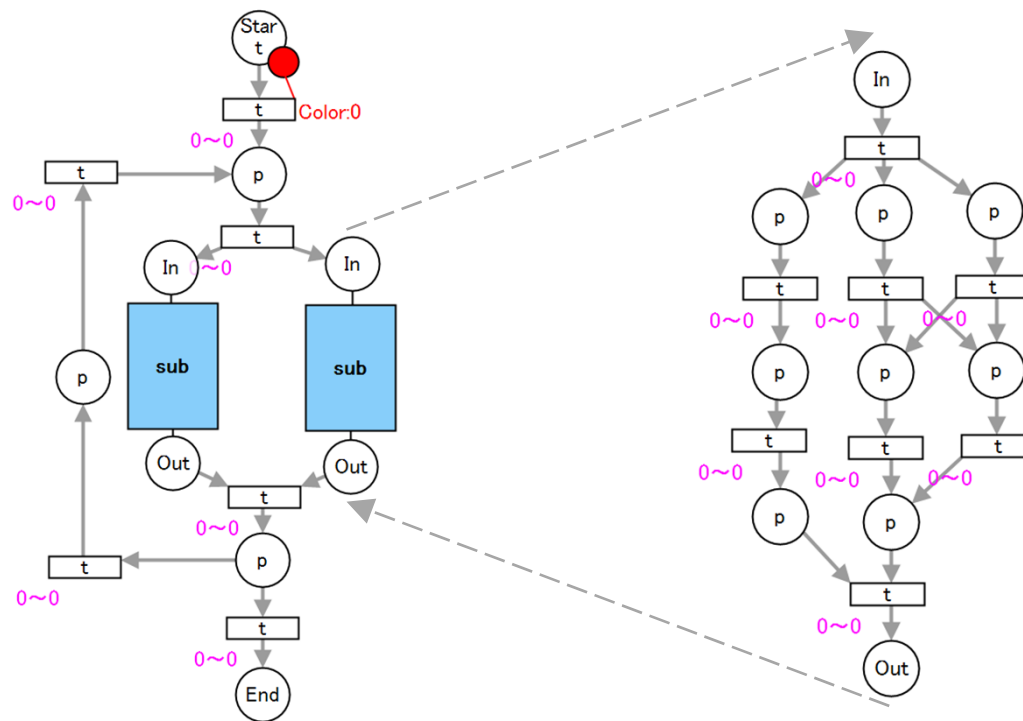
# 拡張自由選択(EFC)ネット

- 競合構造と同期構造との共存が可能なペトリネットのサブクラス
  - 『任意のプレースの組が出カトランジションを共有しているならば、これらのプレースの出力先トランジションは全て等しい』
- EFCネットに制限することで、ネット図の解析・検証が容易となる



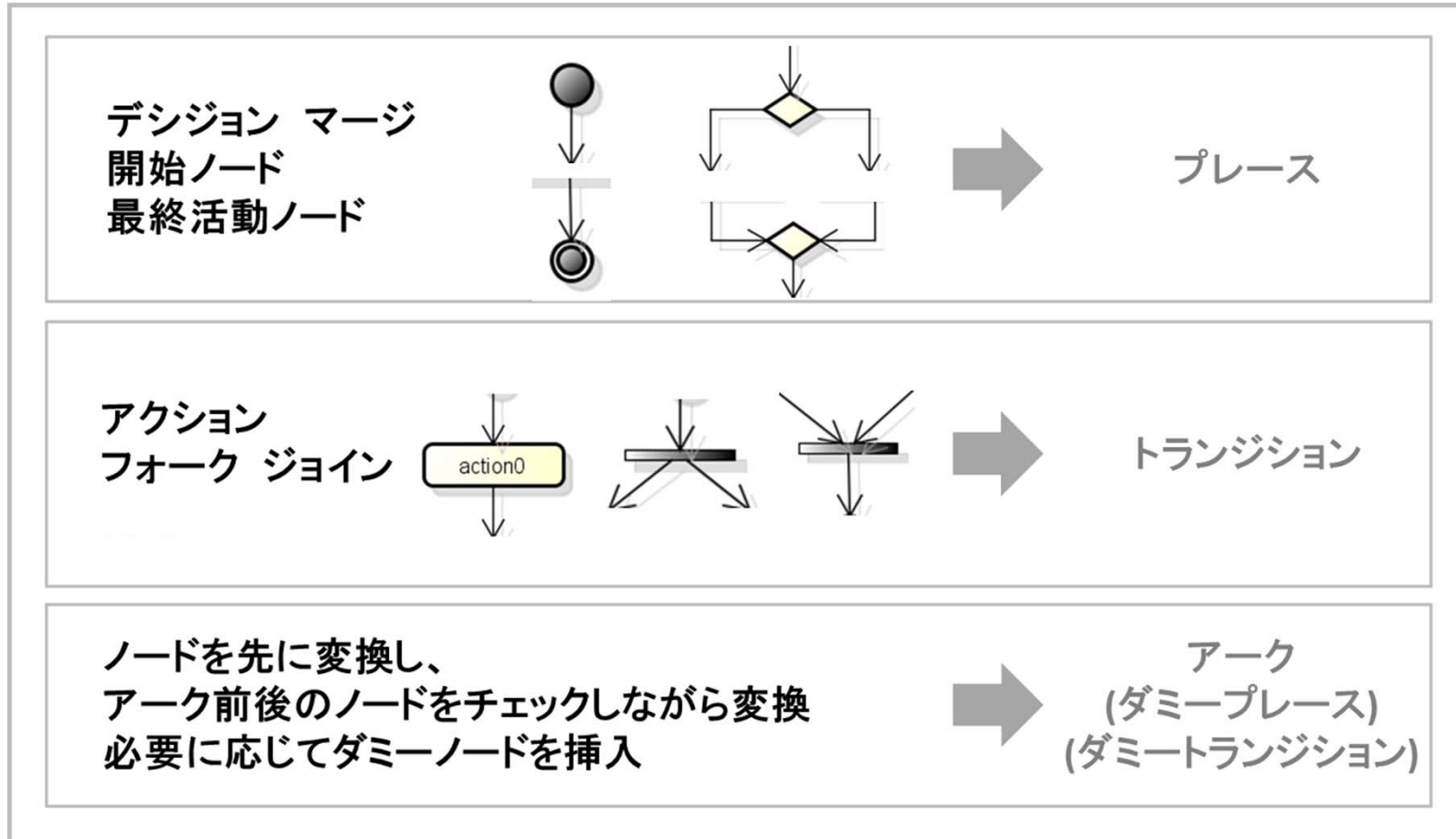
# ペトリネットの検証ツール

- \*ペトリネット設計・検証ツール
  - ネット図の階層化表現が可能



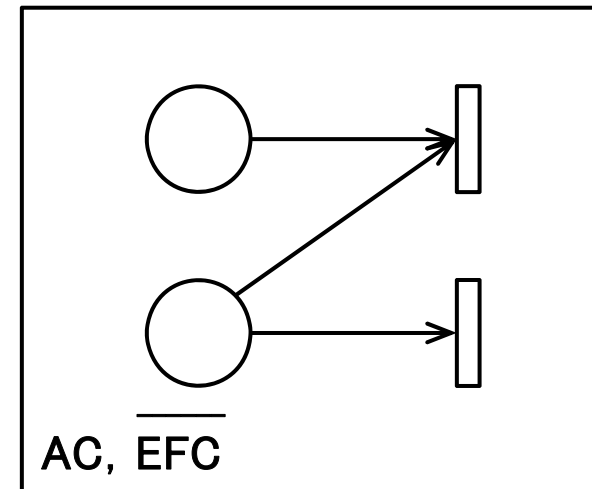
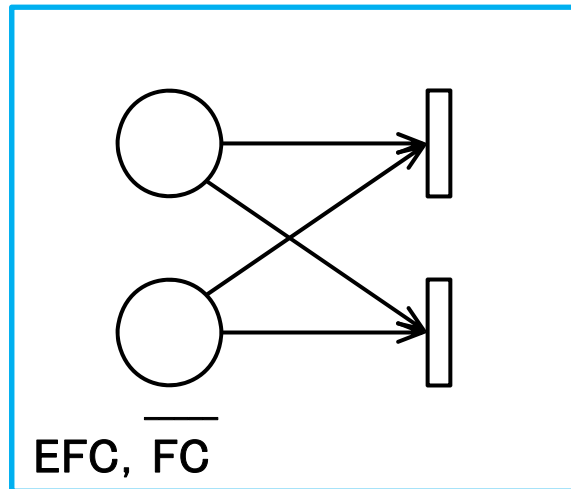
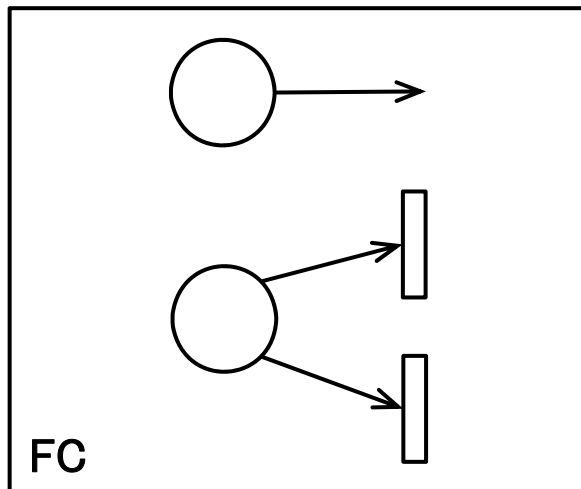
\*松山, 堀内, 和崎: 平成22年度電気関係学会東海支部連合大会, D4-8, 2010

# 基本ノードの変換規則



Harald Störrle: Semantics of Control-Frow in UML 2.0 Ac-tivities, VLHCC'04, 2004

# EFCネットであるための構造条件



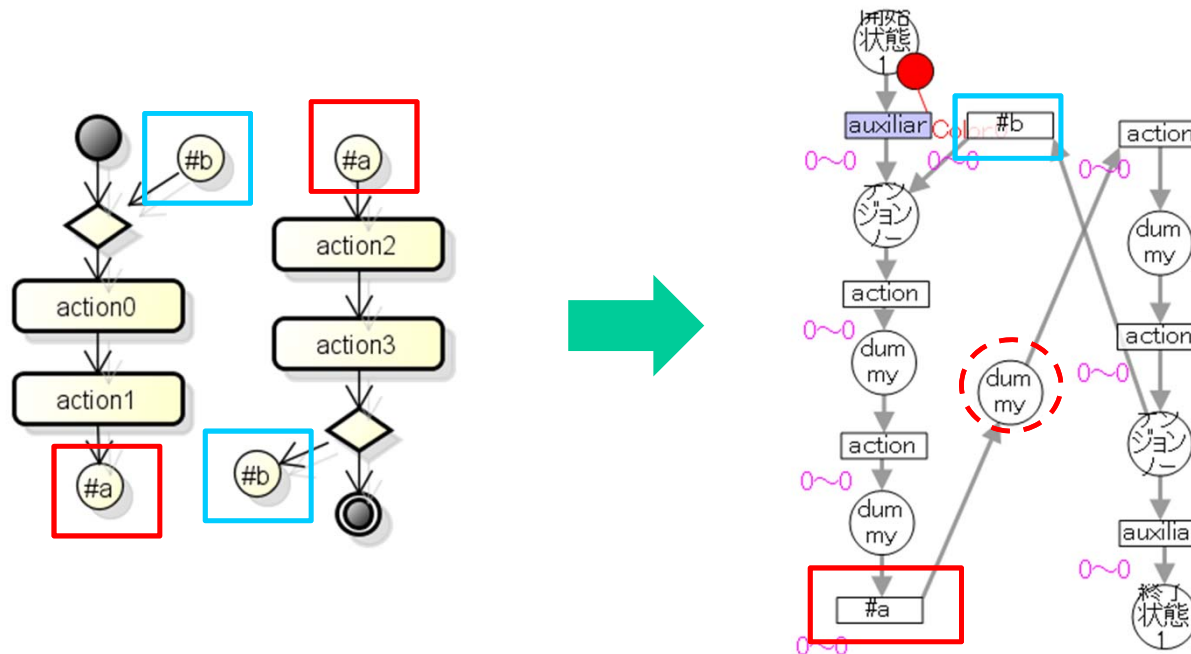
## ■ ネット構造がEFCである条件

1. デシジョンノード→ジョインノードの構造を探す。→存在しなければFC
2. ジョインの他方の入力元ノードがデシジョン。→デシジョン以外ならAC
3. デシジョンの出力先ノードが全て一致。→一致しなければACに包含されない

# 特殊ノードの変換規則

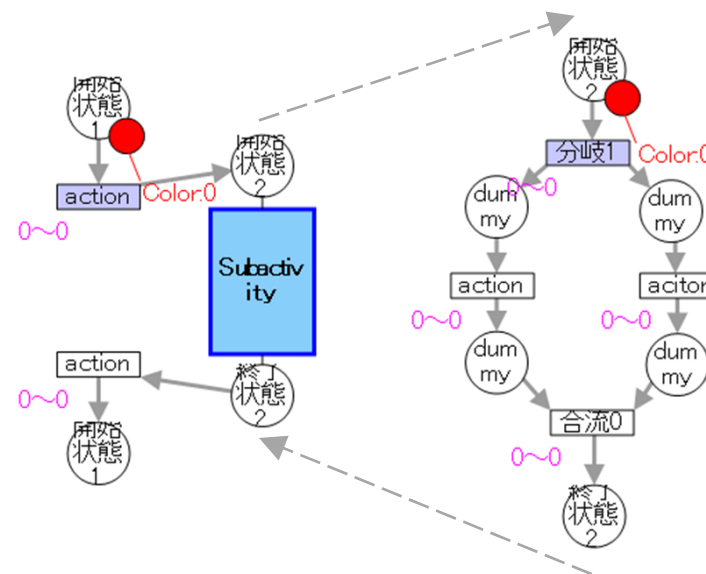
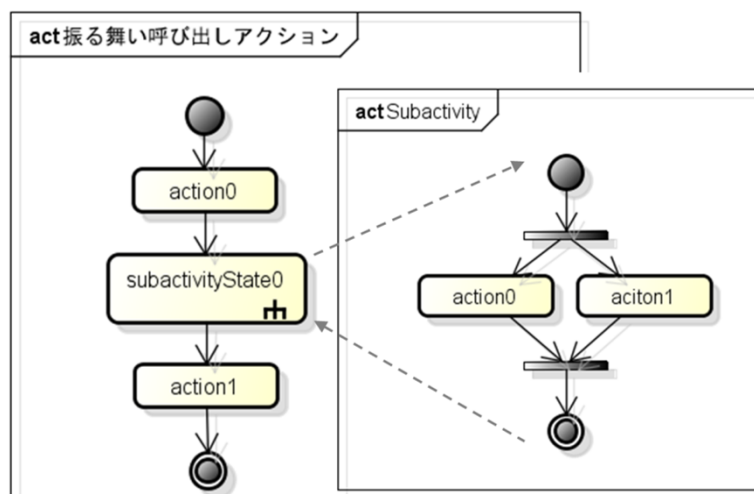
## ■ コネクタ

- 対応するコネクタを一つのトランジションに
- 実際に繋がった状態の図に変換



# 特殊ノードの変換規則

- 振る舞い呼び出しアクション
  - サブページとして変換

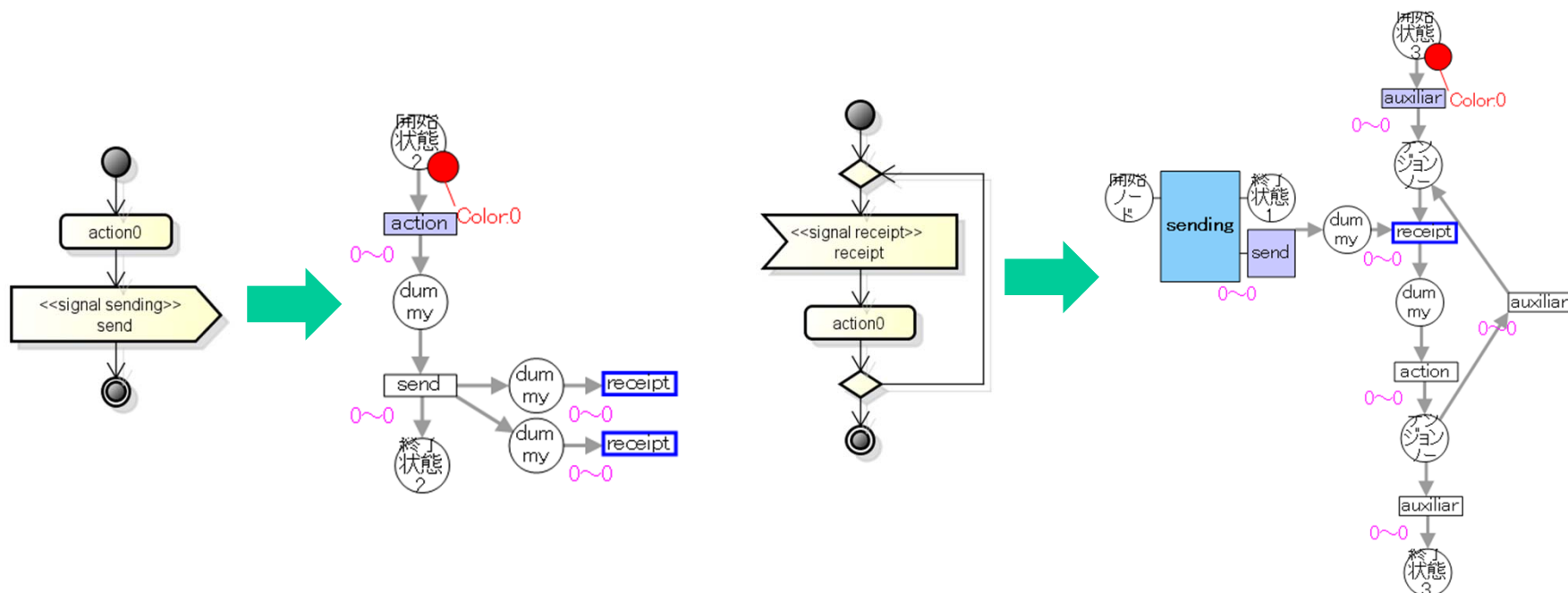




# 特殊ノードの変換規則

## ■ シグナル送信/受信ノード

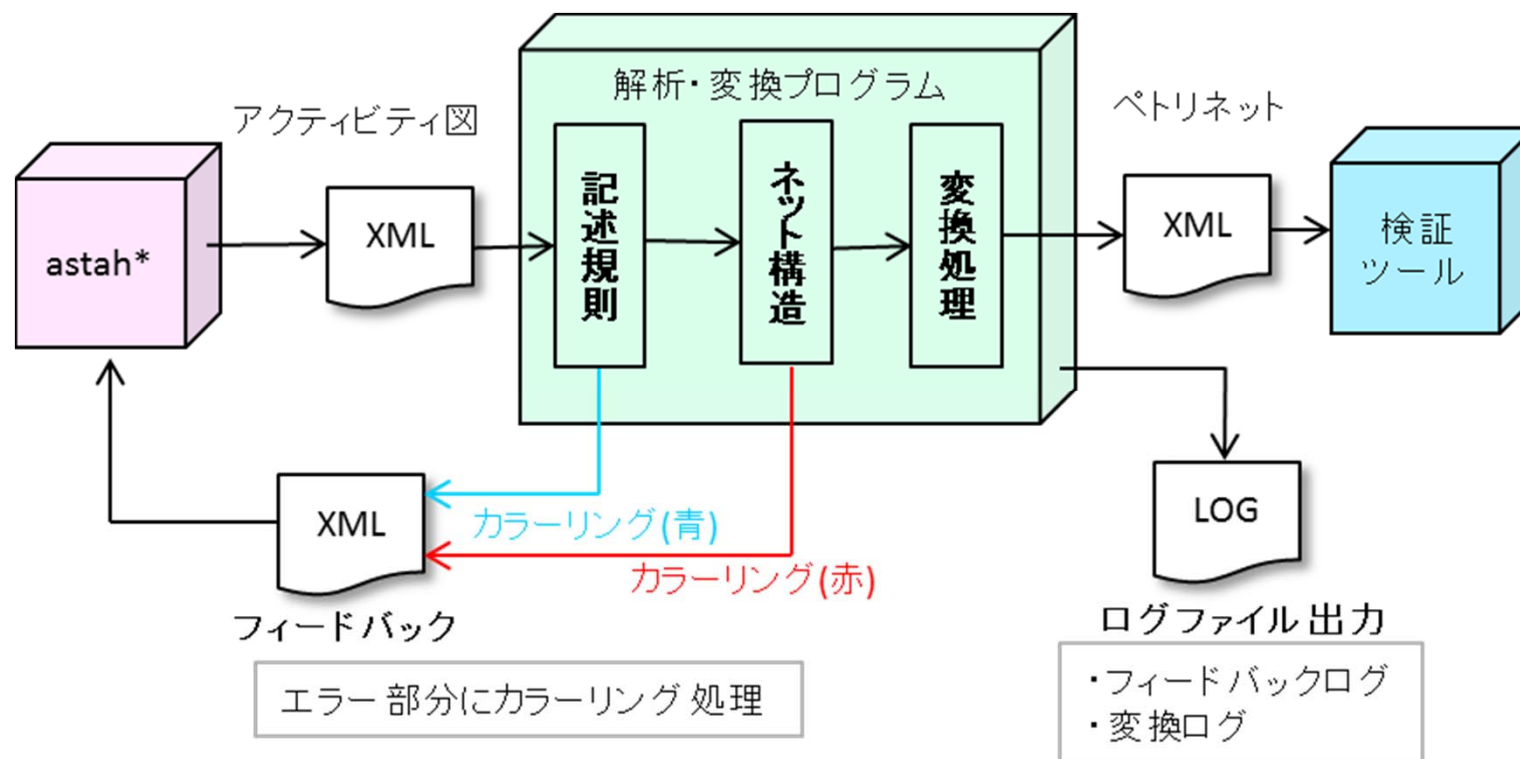
- 受信側は、送信元をサブページとして変換
- 送信側は、受信先をシンクトランジションとして変換



# 自動変換の適用例

- 設計対象とするシステム
  - LEGO Mindstorm NXT用制御システム
  - リアルタイムOS、各種センサ、各種ブロック
  - NXT独自のAPIが用意されている
- APIの各関数をアクティビティ図のアクションに対応
- NXT上で動作させることを想定したシステム設計

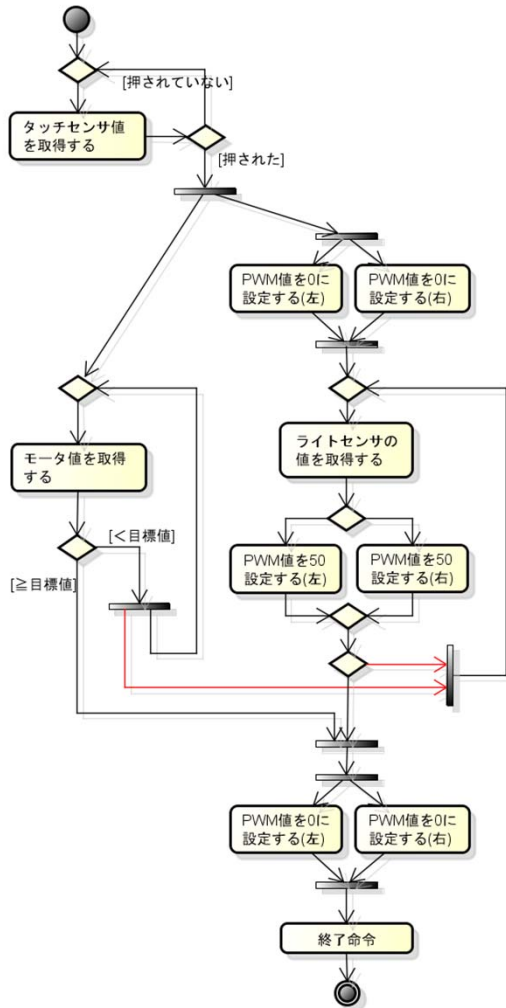
# 構造解析と変換の手順



- エラー時にはフィードバック処理
  - ➔ 記述規則エラー: 青色カラーリング
  - ➔ ネット構造エラー: 赤色カラーリング
- フィードバック時・変換時にログファイル出力

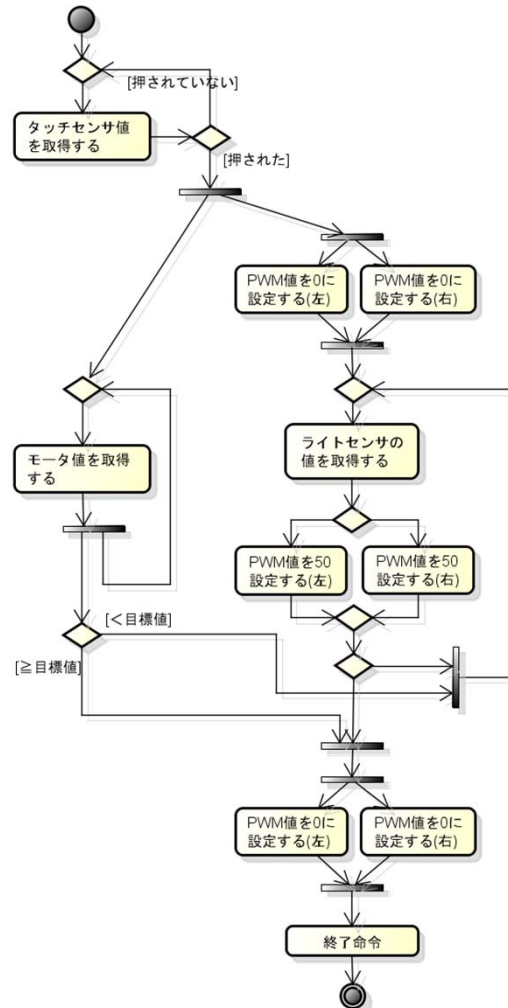
# 変換例(1)

・エラー有

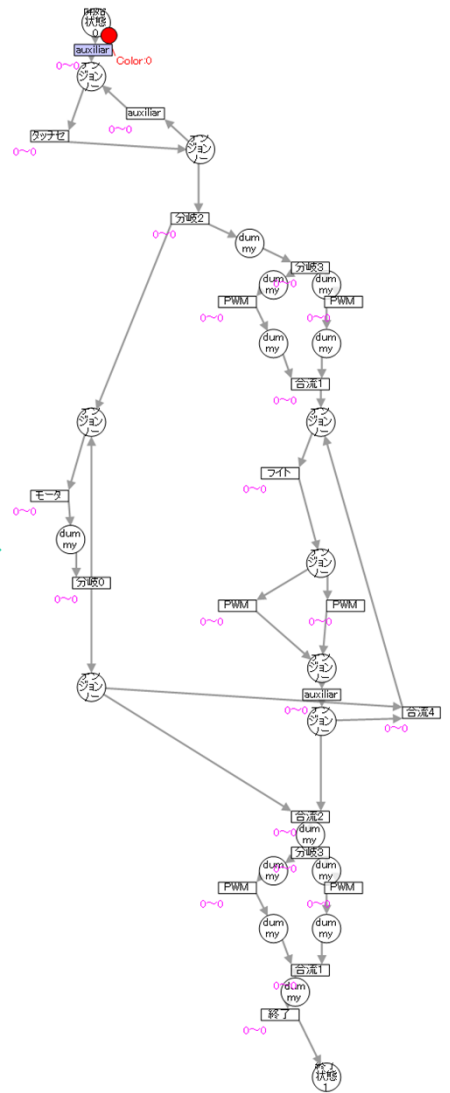


修正

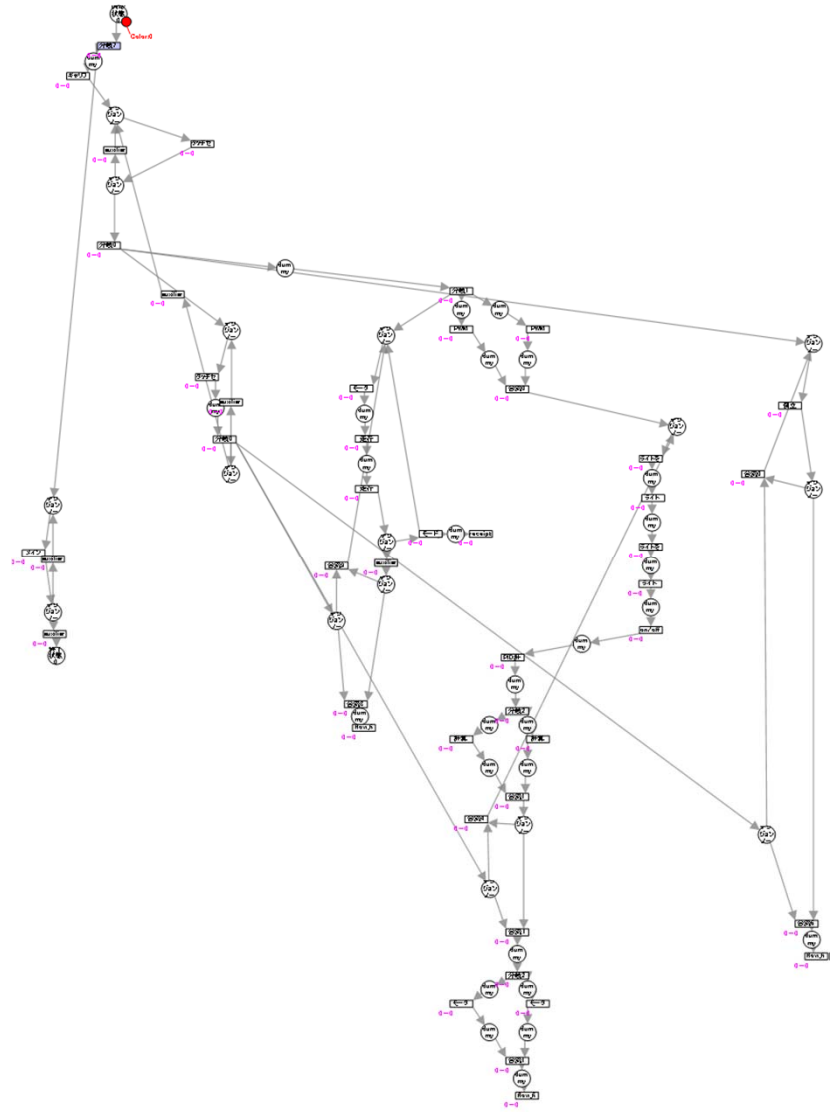
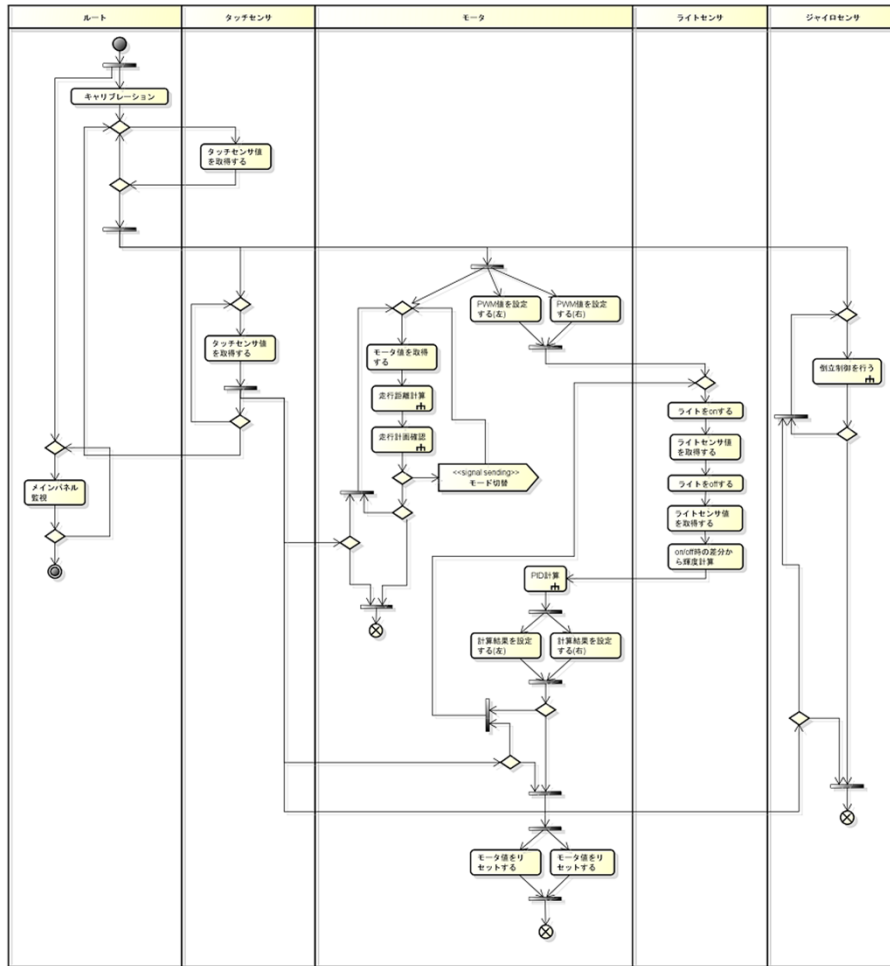
・修正後



変換

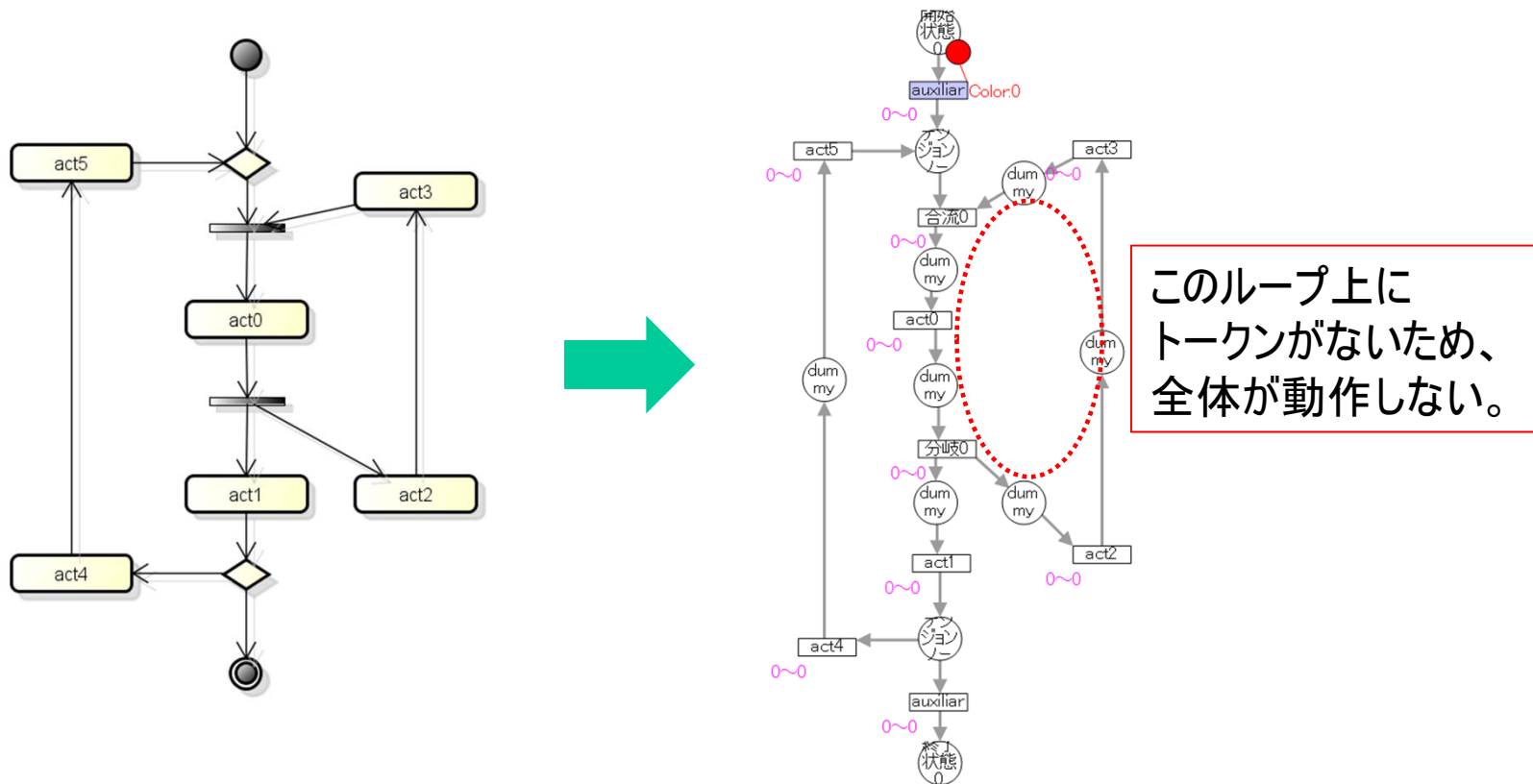


# 変換例(2)



# 初期マーキングの配置問題

- 変換後のネット図が安全であっても、初期マーキングの問題により動作しないケース



# まとめと今後の課題

- 設計と検証系との中継手段
  - ➔ アクティビティ図→EFCネット
  - 記述規則と変換後のネット構造条件を定義
  - エラー時にはフィードバック
  - 条件を満たす場合にはネット図へ変換
- サブページを含むシステムの変換
- 今後の課題
  - NXT用APIライブラリへの対応
  - 具体的なデータを含むシステムの変換

## 参考文献

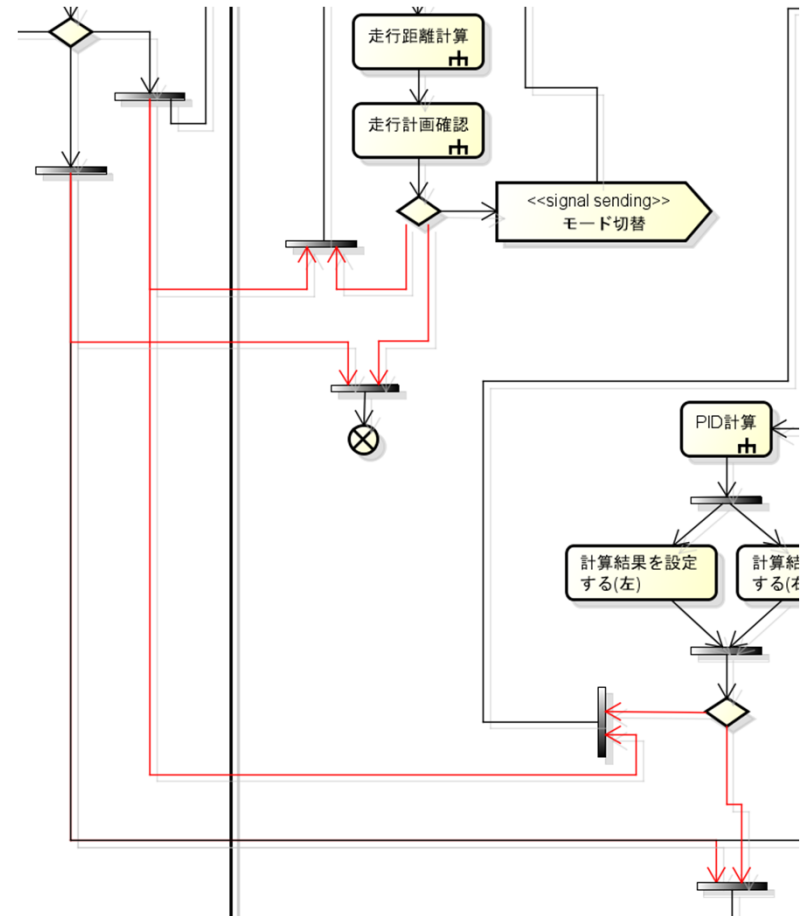
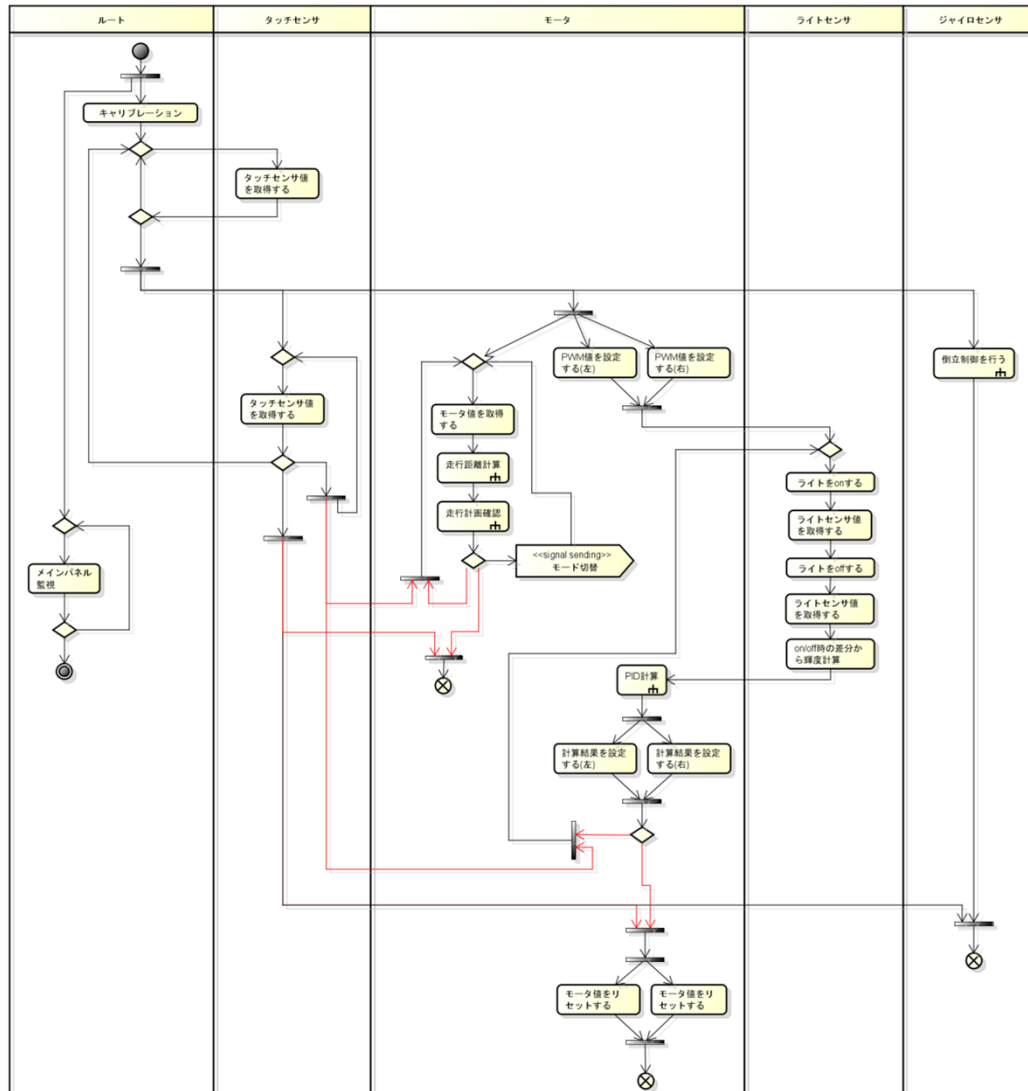
- 児玉 : UML モデリング入門, 日経BP 社, 2008
- T.Murata : Petri Net: Properties, Analysis and Applications, IEEE, Vol.77, No.4, 1989
- H.Störrle : Semantics of Control-Flow in UML 2.0 Activities, VLHCC' 04, 2004
- 松山, 堀内, 和崎: 階層化時間ペトリネット設計解析ツールHiPS へのタイムラインシミュレーション機能の実現; 平成22 年度電気関係学会東海支部連合大会, D4-8, 2010



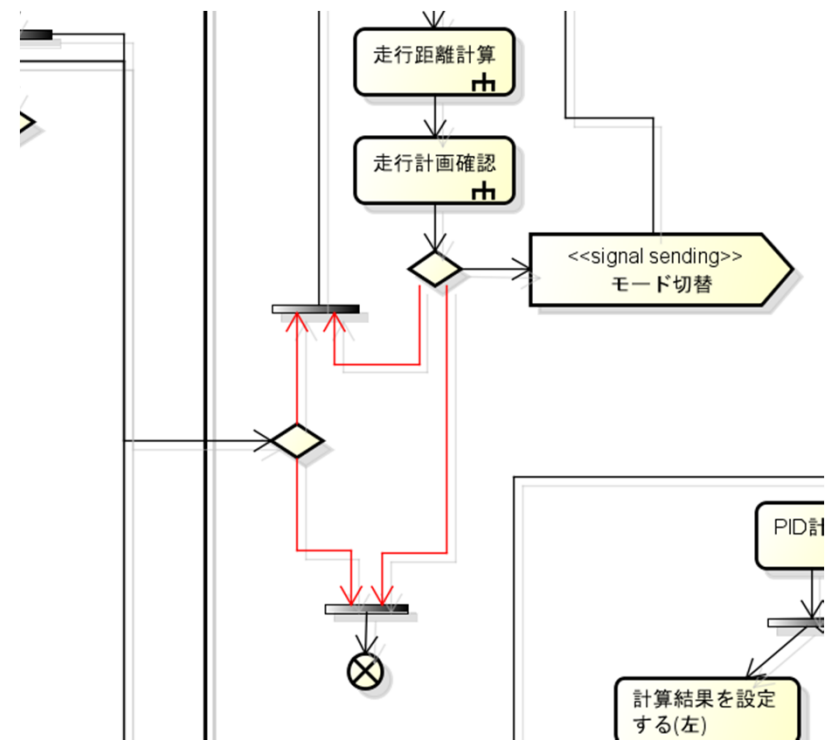
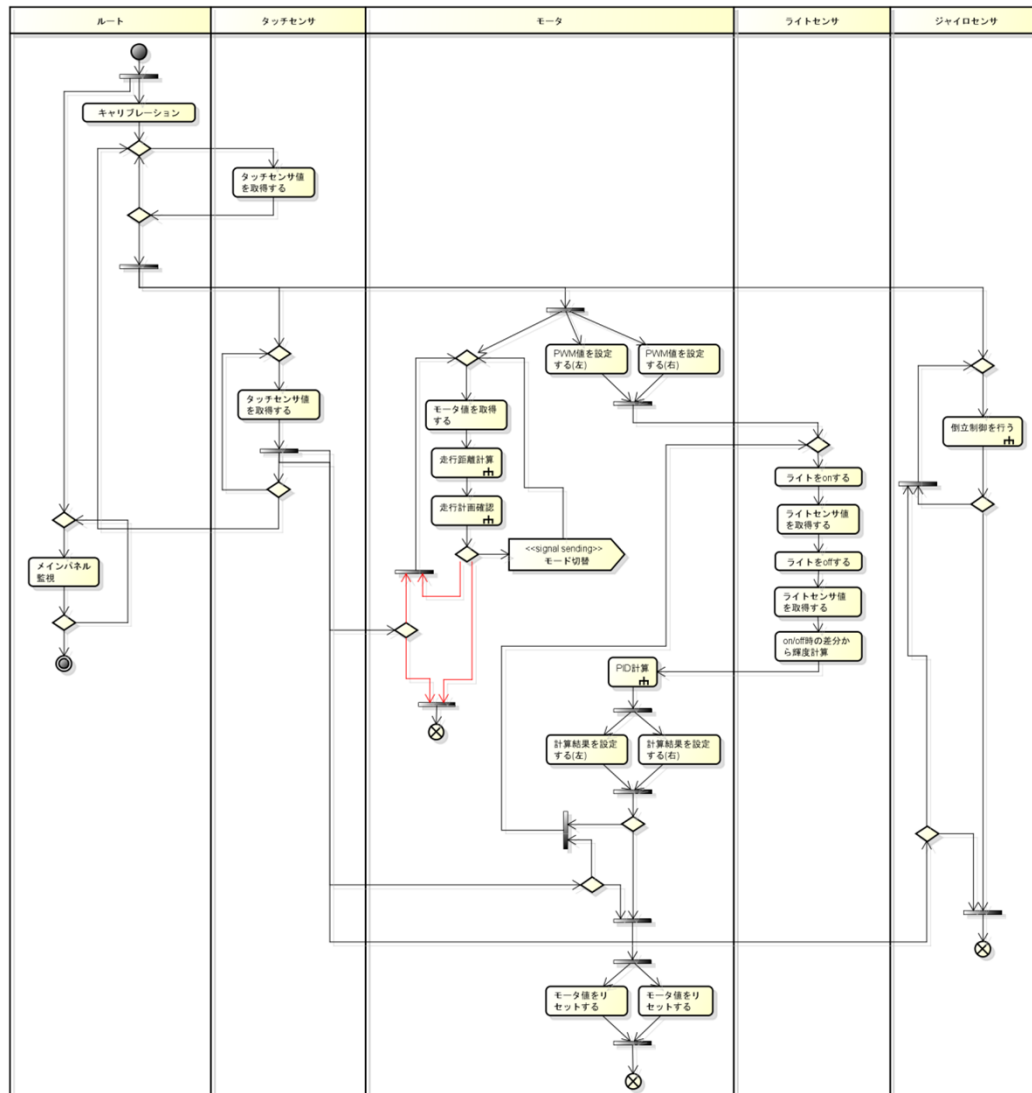


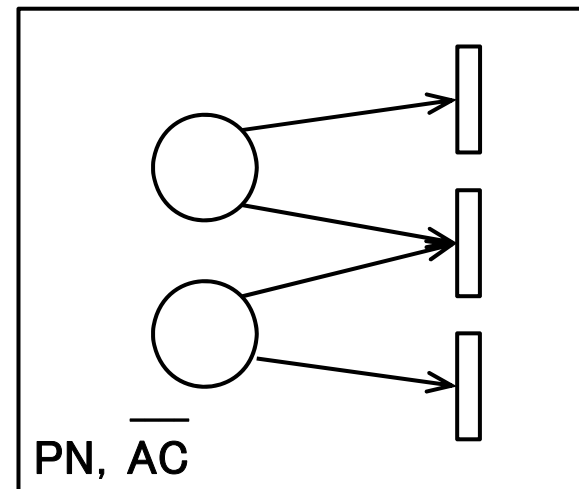
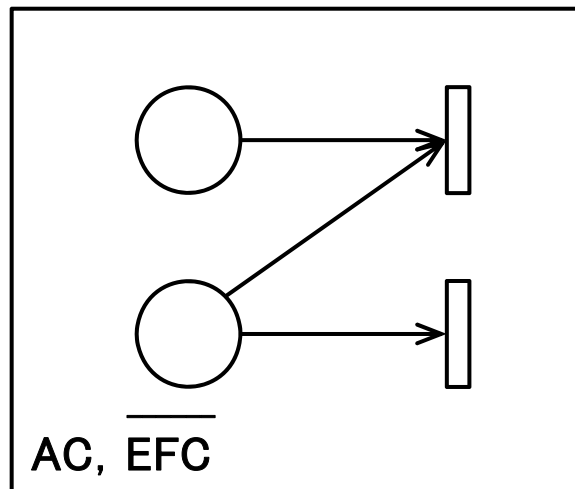
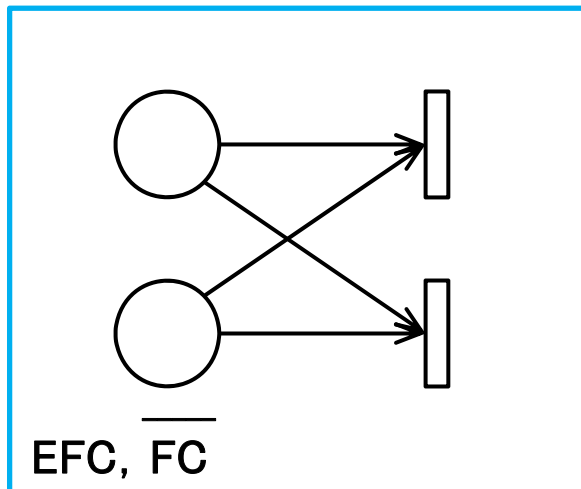


# AC



# ACより外





■ ネット構造がEFCである条件

1. デシジョンノード→ジョインノードの構造を探す。 →存在しなければFC
2. ジョインの他方の入力元ノードがデシジョン。 →デシジョン以外ならAC
3. デシジョンの出力先ノードが全て一致。 →一致しなければACに包含されない