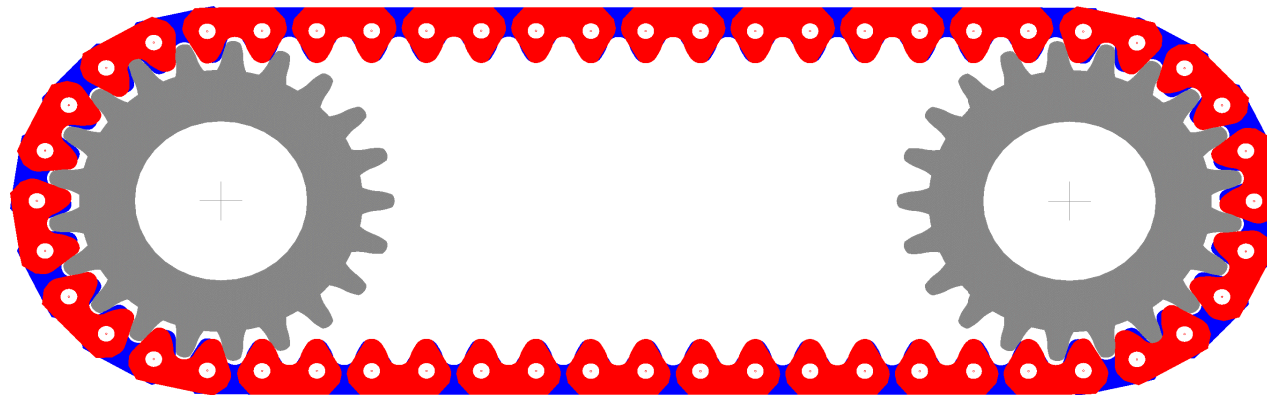


# 噛合い解析への ADAMSの有効活用状況

Application of ADAMS for  
Silent Chain Meshing Simulation

岩田知也  
(株) 椿本チエイン

白井俊彦  
(株) エステック

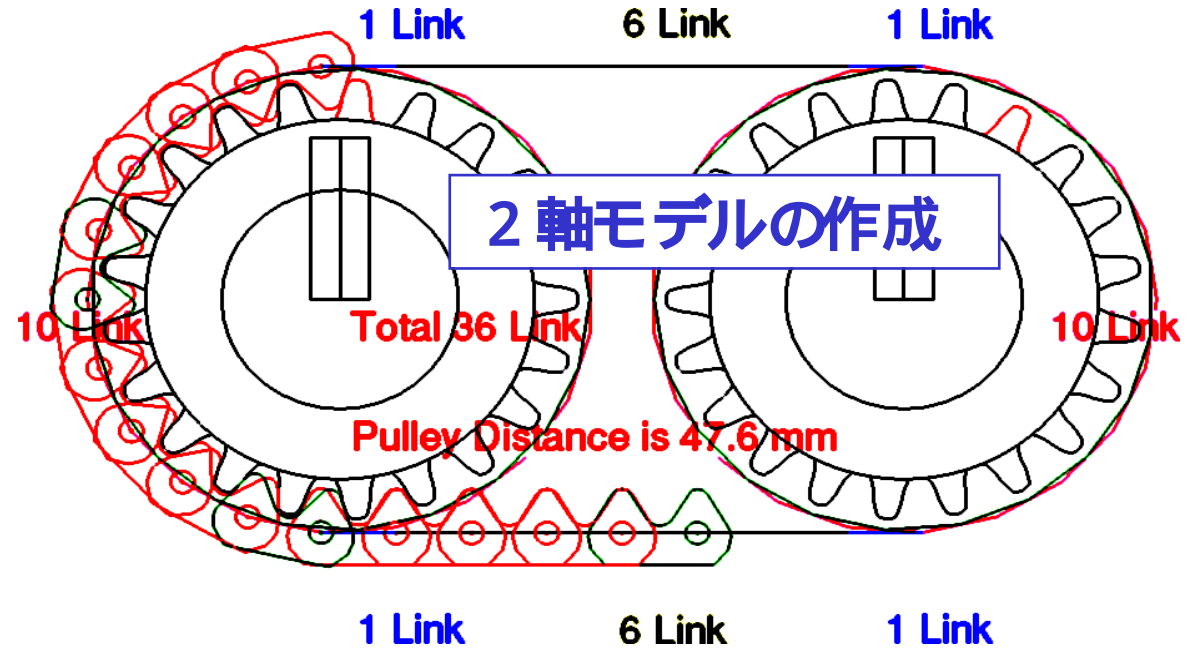


# 発表内容 ～ 目次 ～

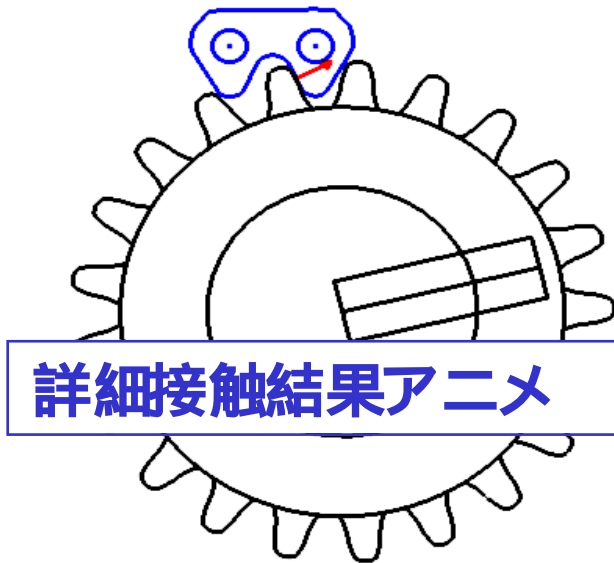
- モデルの動作デモ
- 開発の過程の紹介
  - 開発の背景（要望と問題点）
  - 開発の方針決定
  - 業務の遂行 ～ステップに分けて～
  - モデルについての説明
  - 動作デモ
  - 将来像について

# モデル動作デモンストレーション

- 2軸モデルの作成
- 解析結果アニメ
- 詳細接触結果アニメ



2軸モデルの作成



解析結果アニメ

全体  
拡大

# 開発の背景 ～ 樁本の要望 ～

- マクロ的な挙動だけではなくミクロ的な挙動まで計算したい。
- モデル化内容に自社の考え方を反映させたい
- 開発の完全委託によるブラックボックス化を避けたい
- 内容を理解した上で、モデル化内容や表現式への変更を自分たちで行いたい
  - 担当エンジニアが、モデルの運用 / 修正 / 改造をできるようにしたい。

# 開発の背景

## ～ 予測された問題点 ～

- 解析時間や結果ファイルの増加
  - 接触条件の複雑さ・自由度の多さ・詳細な計算ステップなどによる、モデル作成工数・計算時間・結果ファイルの増大
- 入力すべきパラメータが同定できない
  - 接触剛性などの設定値のノウハウがない

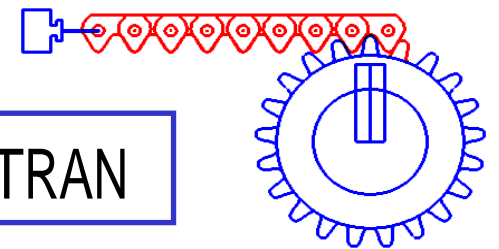
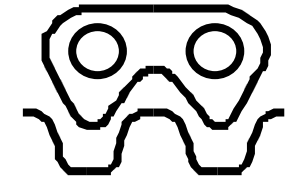
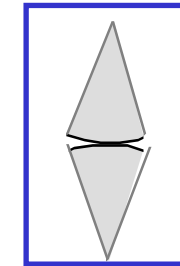
# 開発の方針

## ～ 共同作業 ～

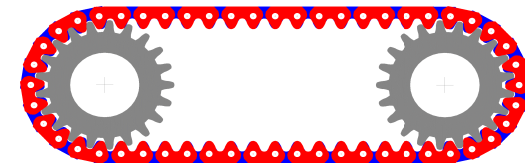
- モデルの運用/修正を可能にする為ADAMS/Engineなどの既存技術を使用せずに**独自開発**とした。
- 担当者への技術移管やモデル化方針決定における協議の重要度が高かったため、**共同作業**を中心として開発内容にフィードバックを行いながら、モデル作成と改良を同時進行で行っていった。
- **ステップに分けて**業務を行い、十分な事前検討を行いながら開発を行った。

# 業務の遂行 ～ ステップに分けて ～

- 各ステップ毎に共同で動作検証や意見交換を行い改良を行った
  - 1. 単純形状の簡易モデル
  - 2. 一对のリンク～スプロケットの接触
  - 3. 1軸巻き上げ状態の解析モデル
  - 4. 接触表現式のサブルーチン化
  - 5. 2軸のチェーン解析モデル

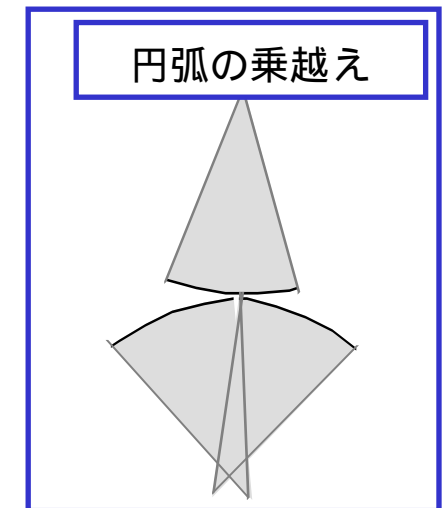
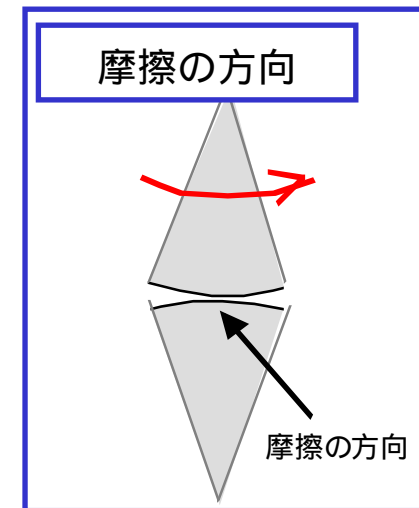
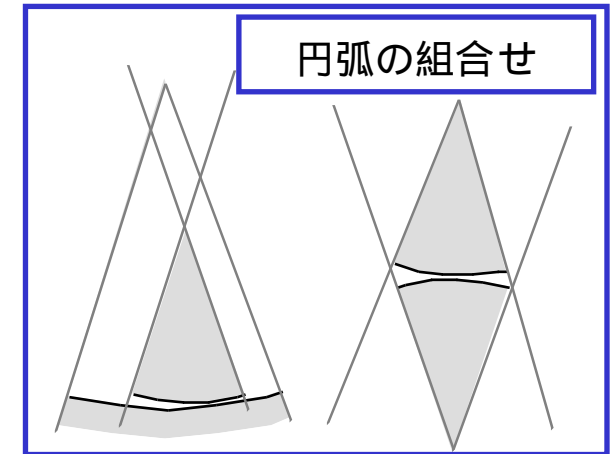


FORTRAN



# 業務の遂行 ～ ステップ(1) ～

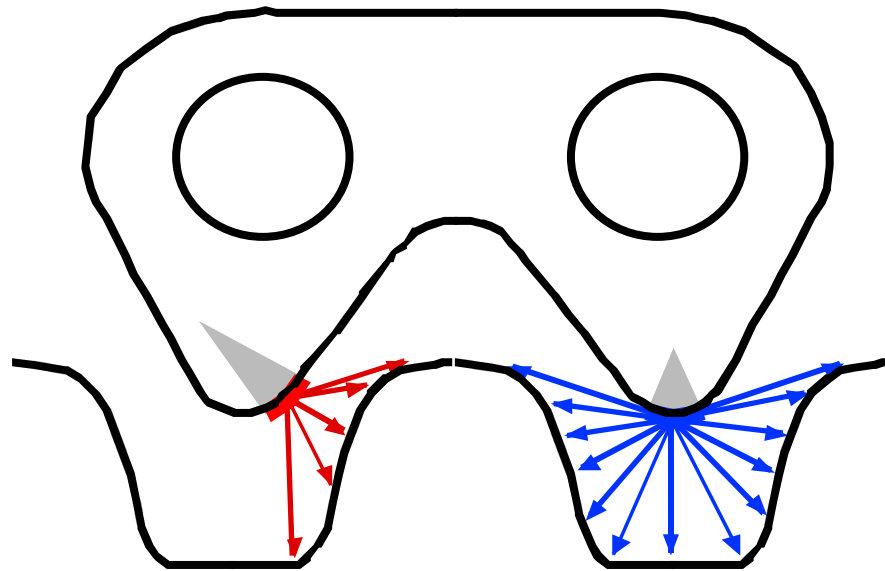
- 1. 単純形状の簡易モデル
  - 接触表現式の検討
    - Impact関数とソルバー設定による計算誤差
  - 形状定義方法の検討
    - 円弧の連続体による形状定義
  - 簡易モデルによる検証
    - 連続した円弧凹凸の組合せの簡易モデルを作成し、接触の連続性や、摩擦力の発生方向などの検証を行った





# 業務の遂行 ～ ステップ(2) ～

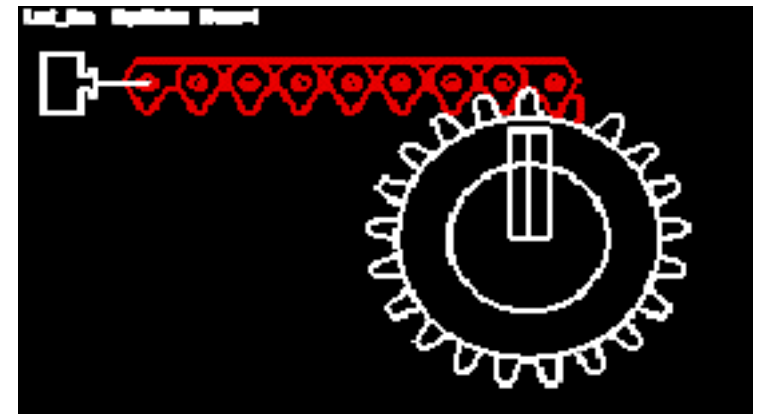
- 2. 一對のリンク～スプロケットの接触
  - 試験的に作成したモデルで接触表現の検証を行った
    - 接触力はADAMSの基本要素で記述 (Single Component Force)
    - 必要な接触要素の組合せについて総当たりに検討



円弧の組合せについて、  
総当たりで力要素を記述した

# 業務の遂行 ～ ステップ(3) ～

- 3. 1軸巻き上げ状態の解析モデル
  - モデル作成をマクロ化し、1軸巻き上げモデルを作成
    - 接触の組合せは固定（モデル内に接触式を記述）
    - 形状はデータファイル化
    - ランダムパターンに対応
  - リンクジョイント部分のモデル化方法を複数検討
  - モデル化検証と実験との対比



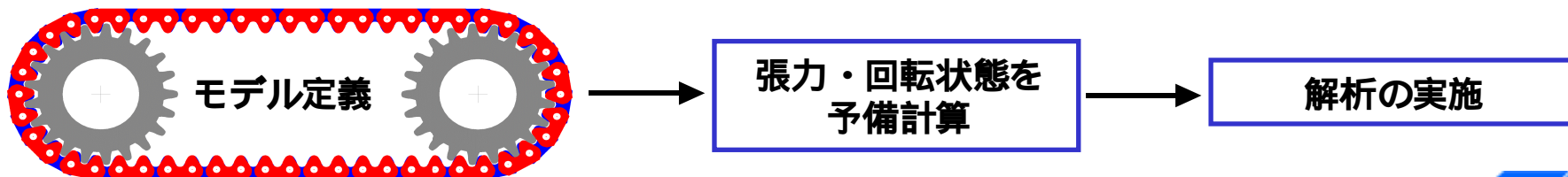
# 業務の遂行 ～ ステップ(4) ～

- 4. 接触表現式のサブルーチン化
  - リンク～スプロケット間の自由な組合せの実現
  - 解析速度向上 & 結果容量の削減（接触力をまとめた）
  - 1軸巻き上げモデルへの適用・検証
    - 大幅な計算時間の短縮を得た
  - 簡略化された結果出力を補うために単リンクモデルを作成し、詳細な接触状態を再現できるようにした



# 業務の遂行 ～ ステップ(5) ～

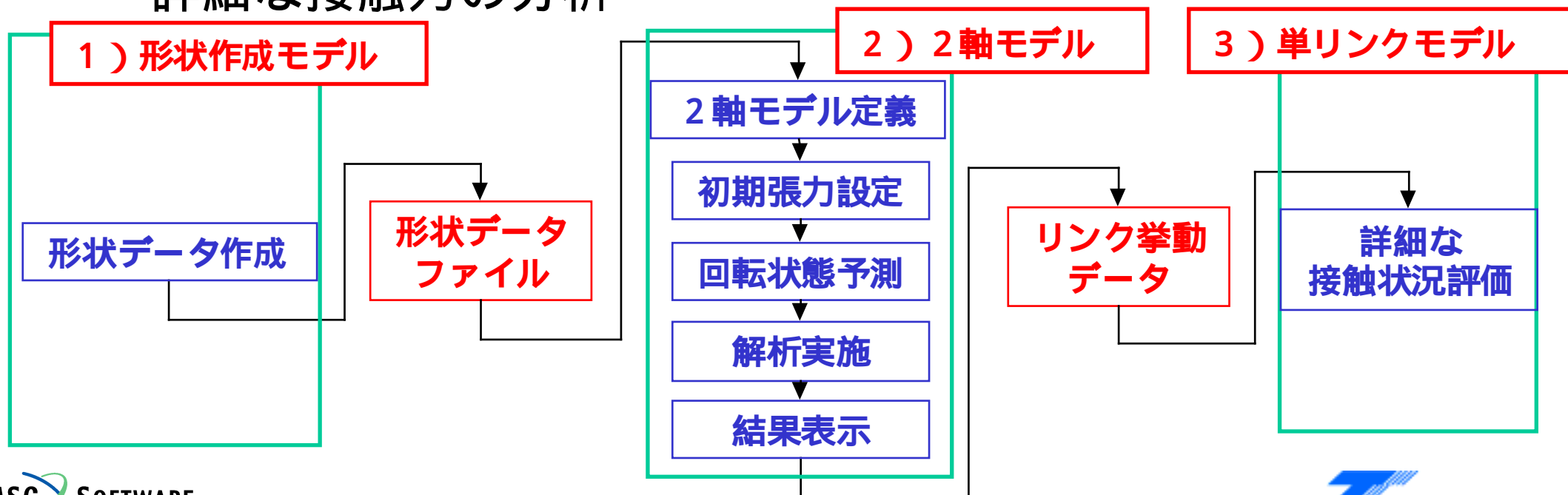
- 5. 2軸のチェーン解析モデル
  - 2軸の解析モデル作成マクロ&メニューを作成
  - 問題点
    - 初期張力付加の必要性
    - 高速な回転状態を早く得たい
  - 解析機能の工夫・高速化など
    - 初期張力設定の予備計算と、結果のモデルへの自動反映機能
    - 定常回転状態の予測計算と、結果のモデルへの自動反映機能
    - サブルーチン内部の最適化により計算時間を半分に短縮



# モデルについて ～ 解析の流れ ～

## 解析の流れ

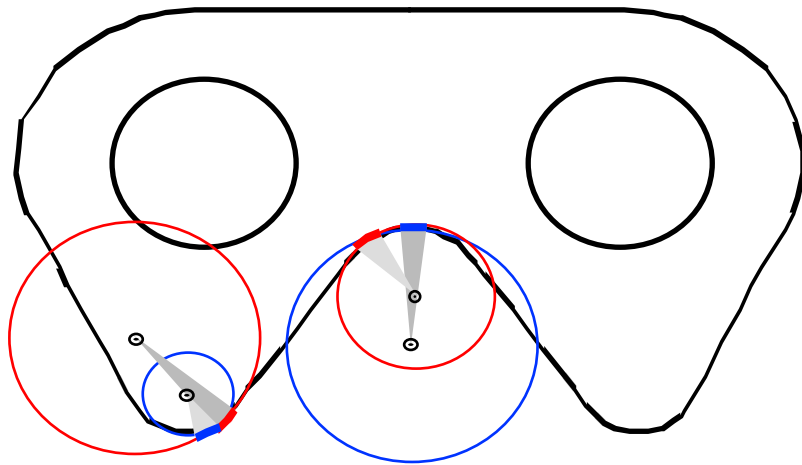
- リンク・スプロケットの形状データ作成
- 2軸モデルの定義・解析
- 詳細な接触力の分析



# モデルについて

## ～ 機能の説明 ～ (1)

- 形状作成用モデル
  - 形状データ作成用の0自由度モデル
  - パラメトリック化により  
諸元変更だけでデータ作成可能
  - トポロジー違いの形状毎にモデルを準備



Design Variable Table	
Ark1_X	0.0
Ark1_Y	-2.0
Ark1_R	1.0
Ark2_X	0.5
Ark2_Y	-1.7
Ark2_R	0.7
Ark3_X	1.2
Ark3_Y	-2.2
Ark3_R	5.5
.....	....
.....	....
.....	....
.....	....

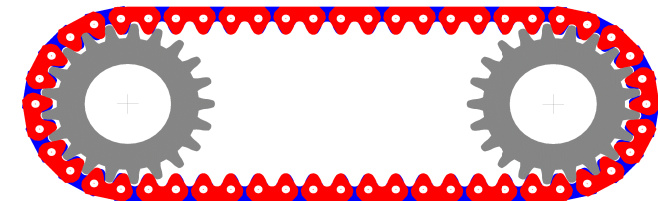
- 各円弧の中心座標と半径を入力する
- 円弧の連続性は自動的に保たれる

# モデルについて

## ～ 機能の説明 ～ (2)

- 2軸解析モデル

- 高負荷・高張力・高速回転のもとで安定して解析可能
- 異なるスプロケットの組合せ
- 異なるリンクの任意パターンに対応
- 数種類のリンクジョイント部の表現
- 任意張力・任意軸間距離が設定可能
- 定常回転状態の事前計算による解析時間の短縮
- 駆動スプロケットの回転速度変動を定義可能
- 従動スプロケットの負荷変動を定義可能
- 空間位置基準でのチェーン挙動を出力可能

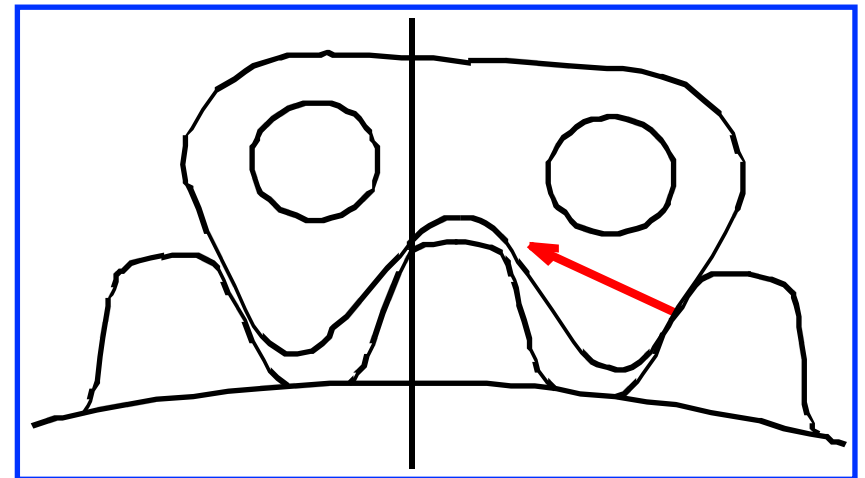
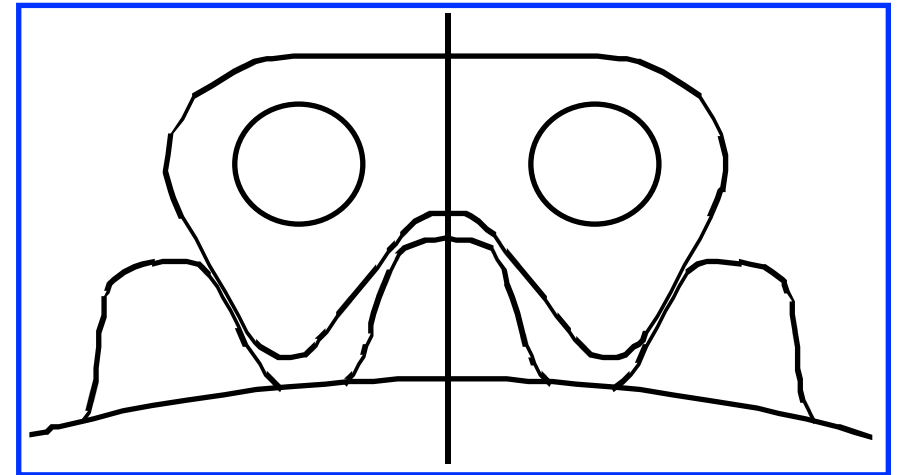
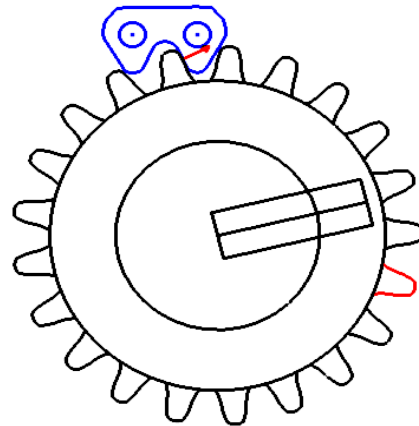


# モデルについて

## ～ 機能の説明 ～ (3)

### ● 単リンクモデル

- 詳細な接触状態を出力可能
  - 接触速度・摩擦速度
  - 接触力・摩擦力
  - 接触部位など
- 計算結果ファイルの削減





# モデルについて

## ～ 機能の説明 ～ (4)

- 工夫を行った内容
  - 形状データに応じて、円弧数の増減にも自動対応可能
  - サブルーチン側で、ガイド追加などに対応出来る拡張性を確保
  - サブルーチン内部の計算ロジックの改良による解析の高速化
  - モデル内部の表現式の改良による計算の安定化
  - 極力簡単なメニューによる操作のしやすさ

# 解析システム・モデルの動作デモ

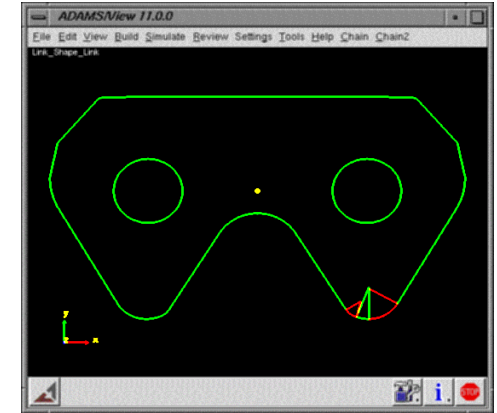
- 操作画面の例
  - 2軸モデル作成パネル

The screenshot displays the ADAMS/View 11.0.0 software interface. The main window shows a 2D model of a chain drive system with a gear and a pulley. A context menu is open for 'Chain2', listing options such as 'Delete Model', 'Import Model', 'Export Model', and 'Create 2-Pulley Model'. In the foreground, the 'Create 2-Pulley Silent Chain Model' dialog box is open, showing various configuration parameters for the model.

Create 2-Pulley Silent Chain Model	
New Model Name	Silent_Chain_Model
Define By	Number of Link
Number Of Link	100 <input checked="" type="checkbox"/> Even Link : 2,4,6,8,10,12,...
Link1 Mtx File	Default_Link_Shape_1.dat
Link2 Mtx File	Default_Link_Shape_1.dat
Link3 Mtx File	Default_Link_Shape_1.dat
Link4 Mtx File	Default_Link_Shape_1.dat
Link Pattern File	Default_Link_Pattern.dat
Pulley1 Mtx File	Default_Pulley_Shape_1.dat
Pulley2 Mtx File	Default_Pulley_Shape_2.dat
Joint Type	Cylinder_Pin_Contact
Joint Stiffness File	Default_Link_Stiffness.dat
Joint Damping [Ns/mm]	****
Joint Rot Friction	Myu ****
Contact Parameter (Pulley to Link)	
Stiffness [N/mm]	****
Stiffness Exponent	*. **
Damping [Ns/mm]	****
Max Damping Depth [mm]	*. **
Myu (Dynamic)	*. **
Myu (Dynamic) Velocity [mm/s]	****
Pulley Parameter	
Pulley1	DC RPM [rpm] 10000.0
Pulley2	DC LOAD Torque [Nmm] 1.0E+04
Pulley2 Ip [kgmm <sup>2</sup> ]	100
Chain Parameter	
Chain Tension [N]	100.0

# 解析システム・モデルの動作デモ

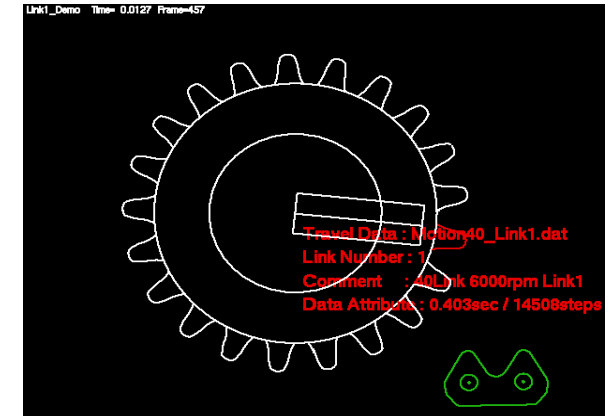
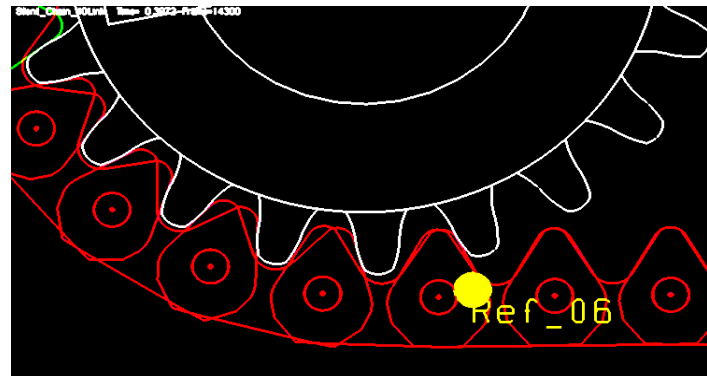
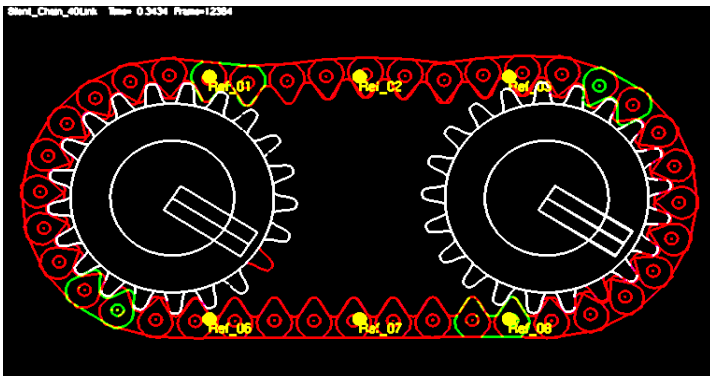
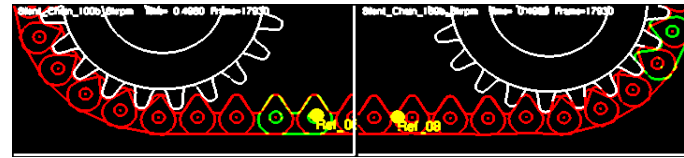
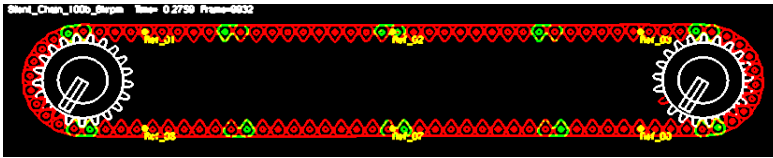
- 解析モデルアニメ
  - 形状作成モデルアニメーション
  - 2軸モデルアニメーション
  - 単リンクモデルアニメーション



1

2

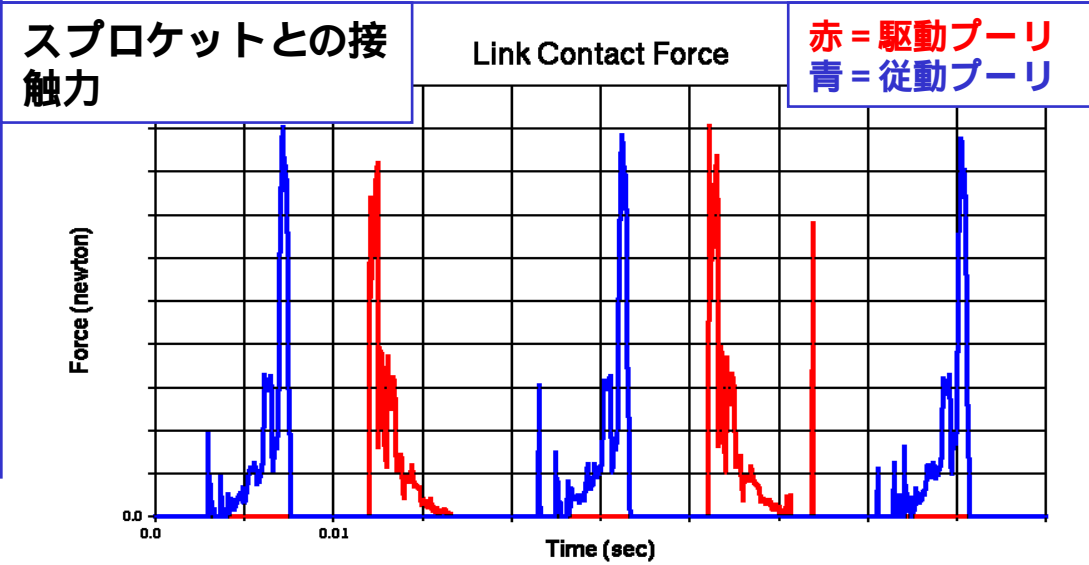
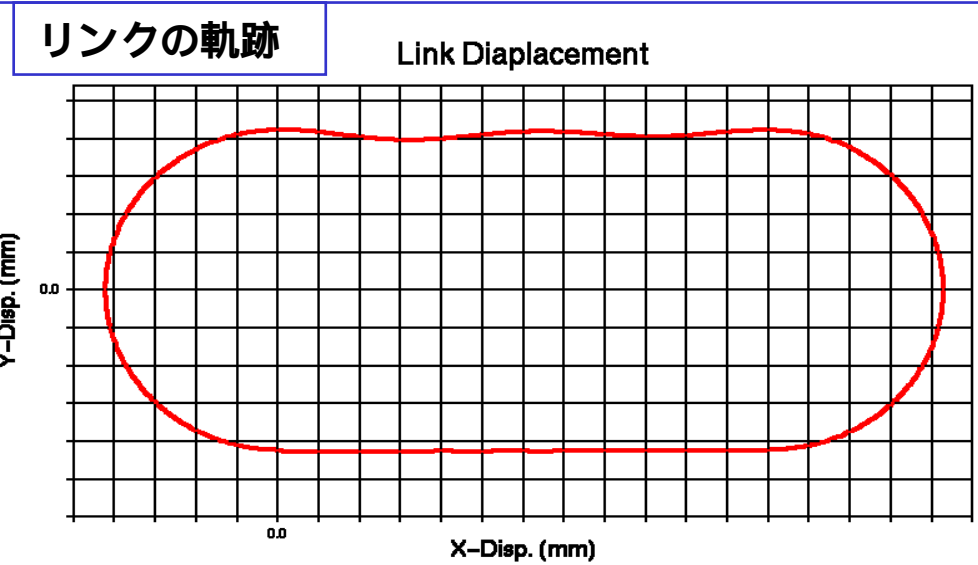
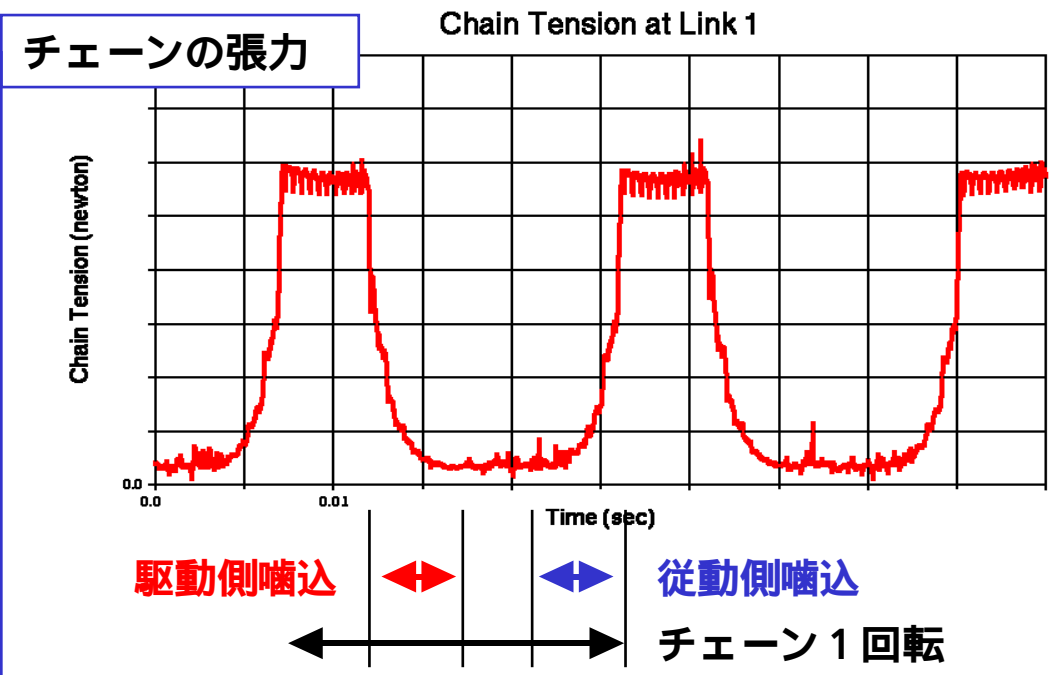
3





# 解析システム・モデルの動作デモ

- 解析結果プロット例
  - チェーンの張力
  - プーリとの接触力
  - リンクの軌跡



# 将来像について

- リンク形状の研究
  - 咬み込みショックの少ないリンク形状の研究
  - 駆動騒音と相関性のある因子の特定
- モデル化内容の拡充
  - 多軸化への発展
  - ガイドやテンションなどの追加

# どうもありがとうございました

