

# 宇宙すばる望遠鏡への道

戎崎俊一

理化学研究所情報基盤研究部

# 宇宙ステーションの長所

- 広大な真空領域
- 理想的な平行光線(星):  $<10^{-8}$  rad
- 微小重力環境
- 人間の活動
- 豊富な電力
- 太いコミュニケーションリンク

# 宇宙ステーションの短所

- 振動
- 化学的汚染
- コスト

# 長所を生かし、短所を緩和する方法

- **組立てと最終調整**
  - 広大な真空領域、
  - 星像を使った光学試験
- **打ち上げ時の制約を緩和**
  - 広大な太陽電池パネル
  - 大きな通信アンテナ
- **スラスタで放機**
  - 振動、化学汚染を避ける
- **回収して、装置の修理・改善・オーバーホール**
  - ハッブル宇宙望遠鏡サービスミッションの次世代技術

# 宇宙工学的意義

- **大型精密装置の組立て技術**
  - 広大な真空領域
  - 平行光線:  $< 10^{-8}$  rad以下
  - 巨大な付属物 (太陽パネル、アンテナ)
- **月や火星への有人ミッションへのステップ**

# JEM/EFワークベンチ

- # 9と# 10の両方を使う
  - 5000kgまでOK
- 500kgのワークベンチ
- 4500kgの望遠鏡
  - 口径10mの場合10kg/m<sup>2</sup>の超軽量鏡
  - Space SUBARU
  - Super OWL



# 宇宙すばる望遠鏡

- 口径10mの可視光宇宙望遠鏡
  - $\lambda = 200\text{nm} \sim 5000\text{nm}$
- 高空間分解能
  - 0.015秒角 @ 500nm
- 高分散分光
  - $R = 10000 \sim 100000$
- 宇宙ステーション上での展開・放機・回収



# 高空間分解能・高分散分光(1)

- 超巨大ブラックホール形成過程
  - 中質量BHを含む星団
    - サイズ / 速度分散の測定
    - 中質量BHとの位置関係
  - 銀河中心にBH連星 / BH星団
    - AGNやジェットの性質
  - BHの合体による重力波バースト
    - 1週間に1回程度(HzからmHz)

# 高空間分解能・高分散分光(2)

- 宇宙元素合成
  - 金属元素欠乏星(金属量が太陽の1000分の1)
    - 元素組成パターンに個性(汚染した超新星の情報)
  - 進化していない星(太陽の100分の1の暗さ)
    - 超高感度
  - 紫外線分光 Be 330nm B250nm
  - 中性子捕獲元素(Ba, Eu, Ag, Pb, U, Th)
    - 原子時計による星の年代の直接測定

# 超高精度測光

- 10万分の1の精度
  - 地上では不可能 / 宇宙では可能
- 前面通過による減光
- 惑星系の発見 (木星・地球)
- 磁気的な活動 (黒点、フレアなど)
- 星震学による星の内部探求

# 放機・回収

- 独立衛星化モジュール
  - 通信・太陽電池
  - 共通化バス
- HTVの改造を改造したサービス機
- EUSOの独立衛星化で実験
  - 日本の貢献できないか？

# 共軌道プラットフォーム

- 宇宙ステーションに近い軌道
  - 太いリンク、往還
- インテリジェントなロボット
- 往還機 (HTV改造)
- 宇宙すばるアレイ
  - 可視光干渉計
  - 第2地球の直接撮像

# 開発項目

- **超軽量鏡 ( $< 10\text{kg/m}^2$ )**
  - 海老塚の発表
- **超伝導素子の開発**
  - 志岐の発表
- **組み立てシミュレーション**
  - 長田の動的解析プログラム
  - 鏡面変形のシミュレーション
- **宇宙工学的開発**

---

並列化  $O(N)$  アルゴリズムによる動解析

Dynamical Analysis Based on a  
Parallel  $O(N)$  Algorithm

---

長田 隆

Takashi NAGATA

---

理化学研究所

ものづくり情報技術統合化研究プログラム  
V-CAD 用高速計算デバイス開発チーム

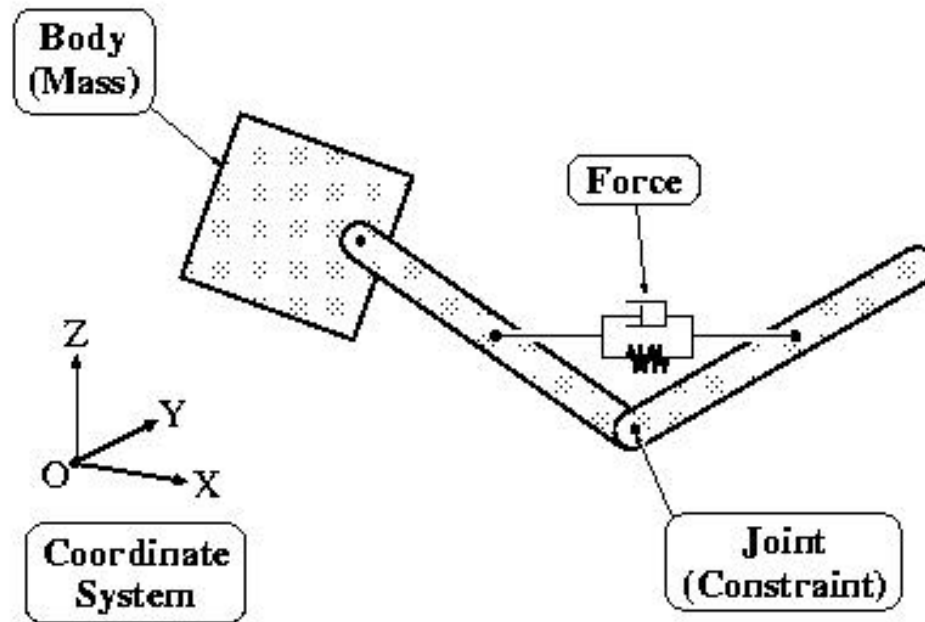
V-CAD High Speed Computer System Team  
Integrated V-CAD System Research Program  
The Institute of Physical and Chemical Research (RIKEN)

---

---

## Fundamental Concepts of Multibody Dynamics

---





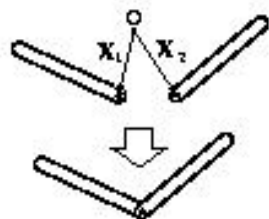
# Kinematical Constraints

## Holonomic Constraints

Constraints described only by the generalized coordinate vector  $\mathbf{q}$  and time  $t$  as

$$\delta(t, \mathbf{q}) = 0.$$

(Ex.) Spherical Joint.



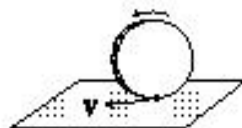
$$\begin{aligned} \delta(t, \mathbf{q}) &= \mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2 \\ &= 0. \end{aligned}$$

## Nonholonomic Constraints

All the constraints that are not holonomic. There is no general representation for them.

### Velocity Constraints

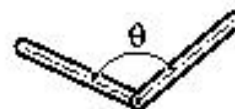
(Ex.) Rolling without Slip.



$$\begin{aligned} \Delta(t, \mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) &= \mathbf{v} \\ &= 0. \end{aligned}$$

### Inequality Constraints

(Ex.) Latch Mechanism.



$$\begin{aligned} \delta(t, \mathbf{q}) &= \theta - \theta_0 \\ &\geq 0. \end{aligned}$$

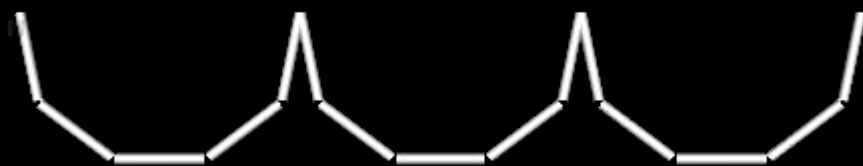
# 力学的拘束の取り扱い

- 力学における古典的大問題
  - ラグランジュの未定係数法
  - シミュレーションにおいての適用が困難だった
    - 悪条件化、特異点通過の問題
  - 例: 数値相対論
- 長田のアルゴリズムが解決

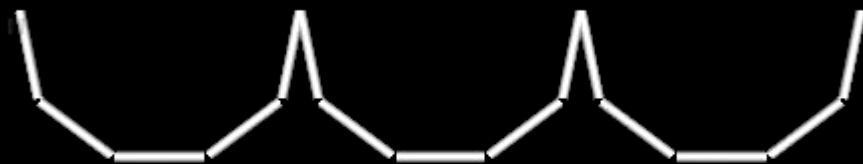
0.00 s



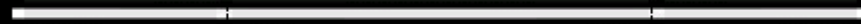
0.00 s



0.00 s



0.00 s



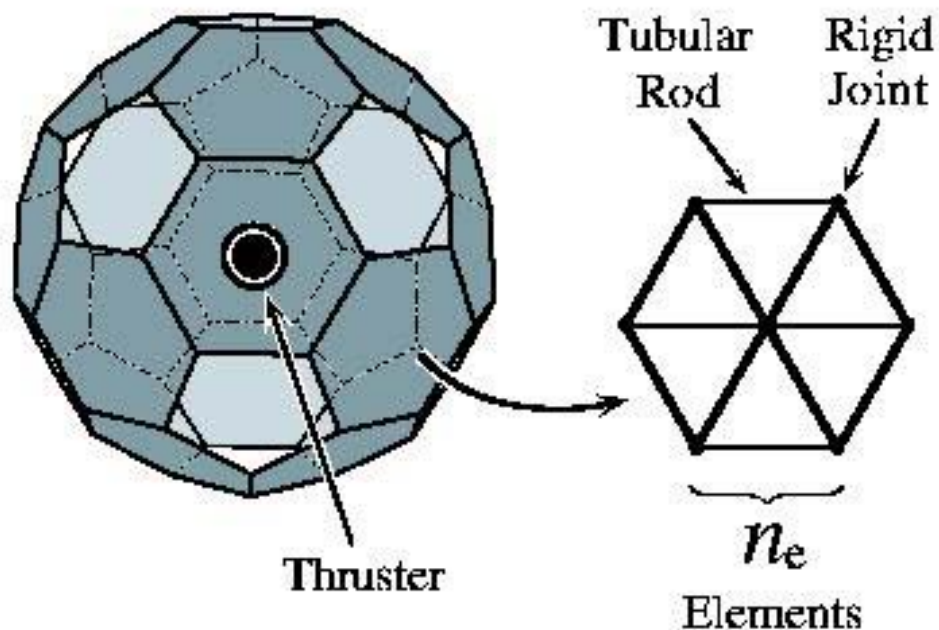
0.00 sec



---

## Parallel Simulation of a Flexible Space Structure

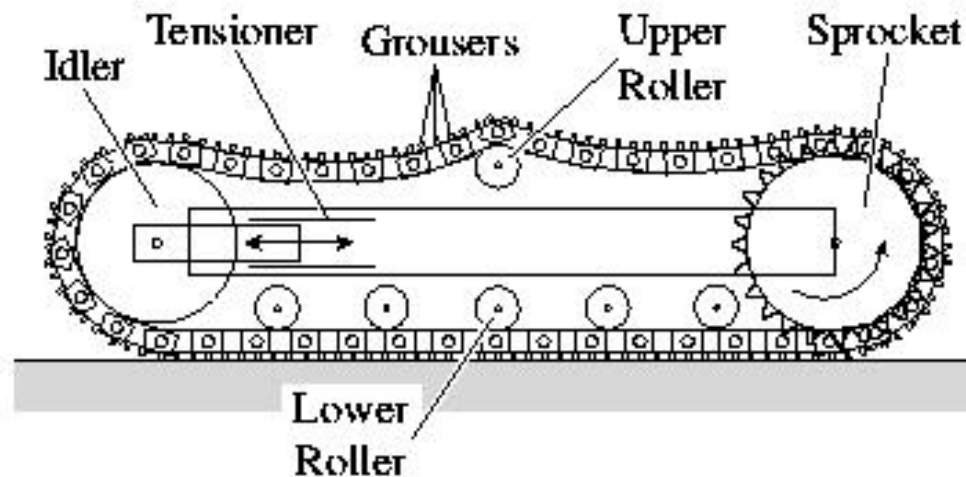
---



**C60 fullerene structure with a thruster.**



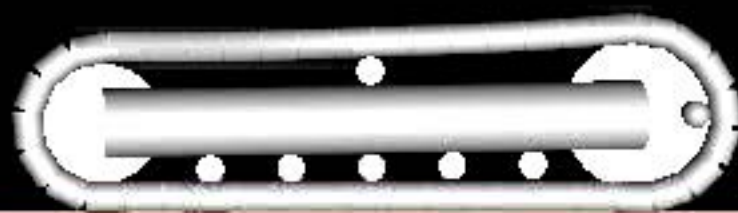
# Simulation of a Crawler



Mass [kg]	9979.99
Full Length [m]	9.582
Length of the track link [m]	0.195
Radius of the idler [m]	0.2145
Radius of the sprocket [m]	0.22
Height of the sprocket tooth [m]	0.04
Radius of the rollers [m]	0.05

Contact Force Parameters		
$k$	[N/m]	$1.0 \times 10^8$
$c$	[Ns/m <sup>2</sup> ]	$5.0 \times 10^8$
$v_0$	[m/s]	0.01
$\mu_0$		0.9 (for the ground) 0.1 (for the others)
DOF without Constraints = 153		
Number of Constraints = 101		

0.00 s



# まとめ

- **宇宙すばる望遠鏡**
  - 口径10mの可視光・近紫外線望遠鏡
- **理研における技術開発**
  - **超軽量鏡の開発**
    - 素形材研究室との協力
  - **組み立てシミュレーション**
    - 情報基盤研究部の機能
  - **次世代超伝導素子の開発**
    - イメージ情報技術開発室

# 宇宙ステーションの位置づけ

- 宇宙ステーションはなくなる  
– 大きな資金的困難に直面しつつも  
– 目に見える成果が要求される  
– 天文学はいいお客さん
- 組み立て工場として使うことを考えよう  
– 宇宙すばる  
– 干涉計  
– 大型赤外望遠鏡

# 理研の役割

- **宇宙機器開発の技術センター**
  - 超軽量鏡、高度な光学機器
  - シミュレーション・ソフトウェア
  - 検出器
- **技術の蓄積が可能**
  - 他分野への転用が容易
  - エンジニアが生息しやすい
  - 柔軟な雇用制度