

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/m²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

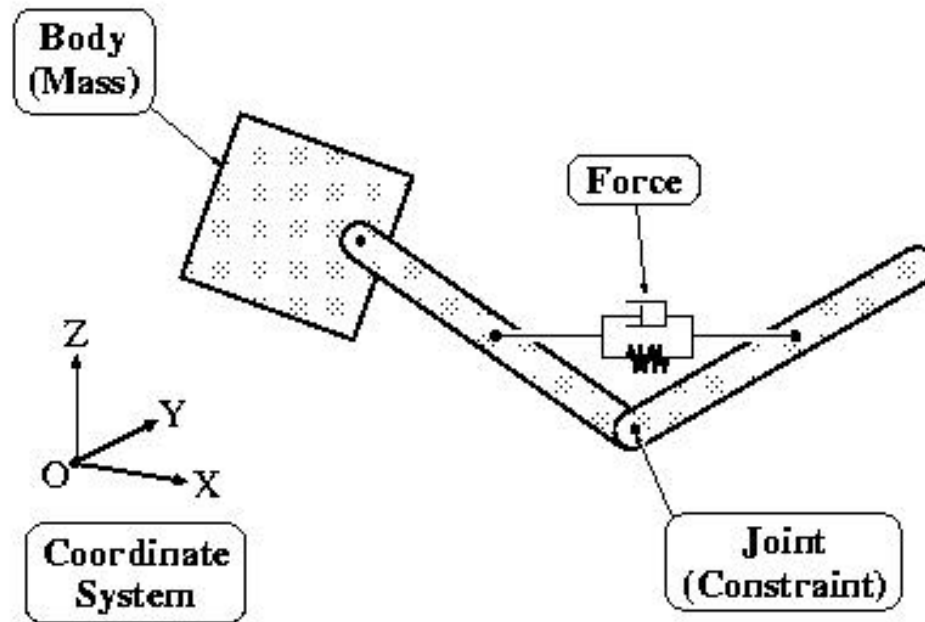
Takashi NAGATA

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



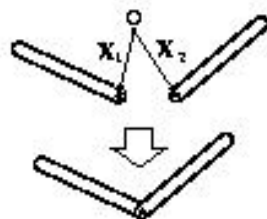
Kinematical Constraints

Holonomic Constraints

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

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

(Ex.) Spherical Joint.



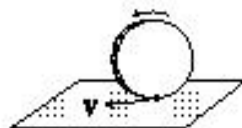
$$\begin{aligned} \delta(t, \mathbf{q}) &= \mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2 \\ &= 0. \end{aligned}$$

Nonholonomic Constraints

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

Velocity Constraints

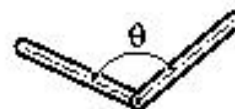
(Ex.) Rolling without Slip.



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

Inequality Constraints

(Ex.) Latch Mechanism.



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

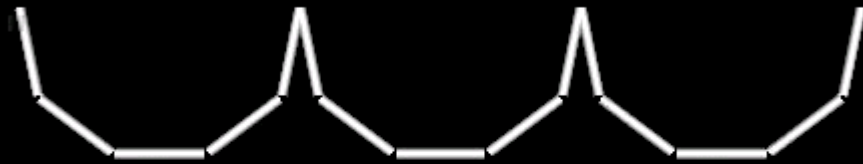
力学的拘束の取り扱い

- 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

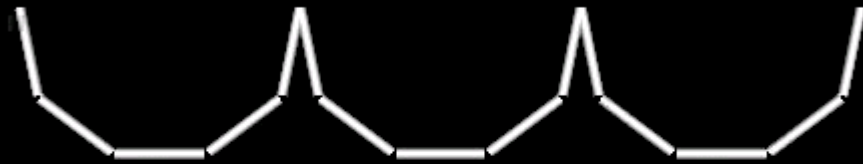
0.00 s



0.00 s



0.00 s



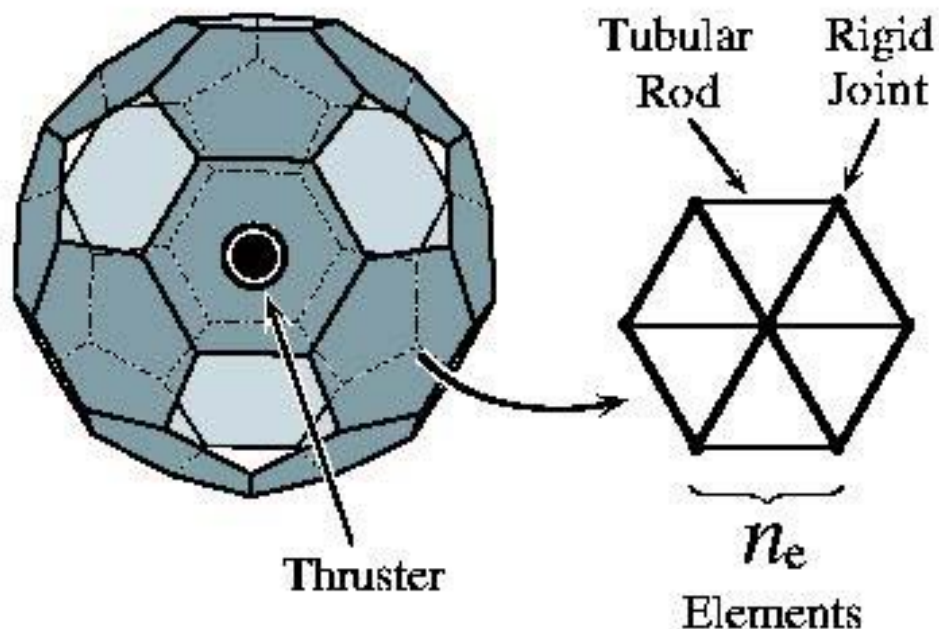
0.00 s



0.00 sec

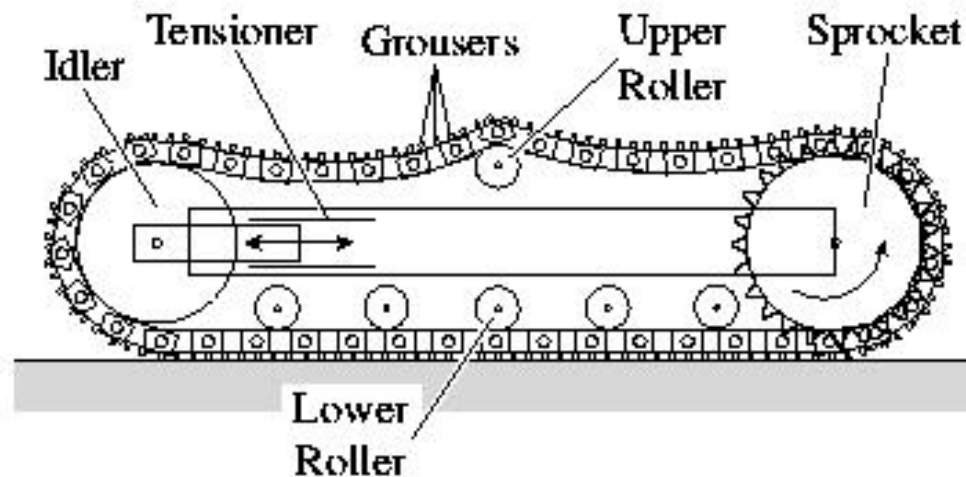


Parallel Simulation of a Flexible Space Structure



C60 fullerene structure with a thruster.

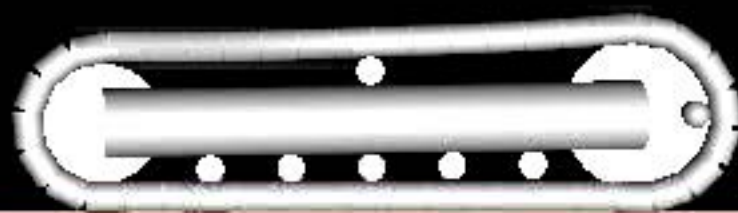
Simulation of a Crawler



Mass [kg]	3973.33
Full Length [m]	3.382
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]	1.0×10^8
c	[Ns/m ²]	5.0×10^8
v_0	[m/s]	0.01
μ_0		0.3 (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