

# VGTを用いたドッキングシステム —分散制御によるコントローラ—

泉田 啓<sup>1)</sup>, 西部昭志<sup>1)</sup>  
河野秀文<sup>2)</sup>, 岡橋晃宏<sup>2)</sup>  
西元慎介<sup>2)</sup>, 藤原直史<sup>1)</sup>  
1)金沢大学工学部 2)大阪府立大学工学部

## 研究の背景と目的

### 研究背景

従来の方法では、**ドッキング**の際の衝撃が大きい  
ため、マイクロ重力環境を損なってしまう。  
また、人間オペレータの作業が低減する**自律的**  
**ドッキングシステム**が望まれる。さらに、修理が困難なので高い**耐故障性**が必要である。



### 研究目的

マイクロ重力環境を損なわず、冗長性利用と分散制御による高い耐故障性を有する自律的ドッキングシステムを構築する。

## ドッキング機構

ドッキング機構 = VGT + 冗長性

ドッキング機構は冗長性を有するVGT (Variable Geometry Truss) で構成する。VGTは知的適応構造物の一種で、様々な要求に応じて、幾何学的形態や力学的特性を変化させることができる。ミスアライメント(ドッキング時のズレ)を補正し、ソフトドッキングを可能にする。トラス型メカニズムなので、シリアルリンクに比べて高剛性、高精度である。

### 冗長性利用

一部のアクチュエータやセンサーが壊れても、他でカバーできる。その他に、特異姿勢回避や障害物回避が可能。

### 分散制御系

提案手法により高い耐故障性が実現できる。

## 分散制御系

### 制御則

$$\tau = -G_D \dot{q} - {}^E J^T G_P {}^E y_e$$

$\tau$ : 入力トルク  
 ${}^E J$ : 作業座標でのヤコビ行列  
 ${}^E y_e$ : 手先位置姿勢誤差  
 $\dot{q}$ : 関節角速度  
 $G_D, G_P$ : ゲイン

第*i*番目のアクチュエータに次の制御則を与え分散化。

$$\tau_i = -g_{Di} \dot{q}_i - \begin{bmatrix} {}^E k_i \times {}^E p_{E,i} \\ {}^E k_i \end{bmatrix}^T G_P {}^E y_e$$

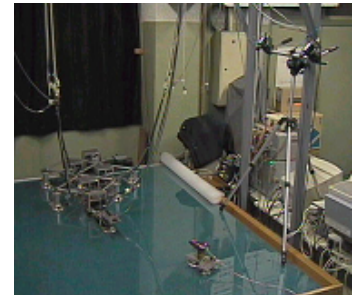
${}^E k_i$ : 第*i*関節の回転軸  
 ${}^E p_{E,i}$ : 手先から第*i*関節までの位置  
 $\dot{q}_i$ : 第*i*関節の関節角速度  
 $g_{Di}$ : ゲイン

## ドッキング実験

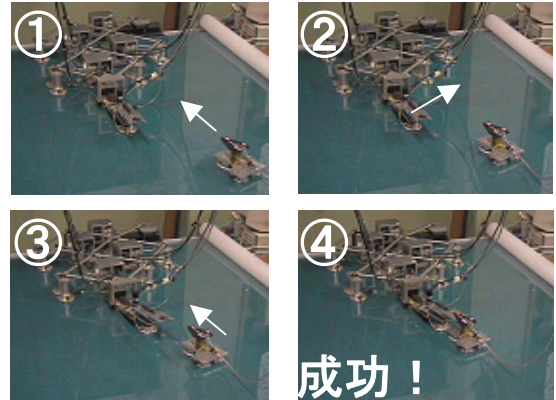
実験システムは、エアパットから圧縮空気を噴出してエアテーブル上に本体を浮上させ、宇宙での作業状況を模擬できる。

### システム構成

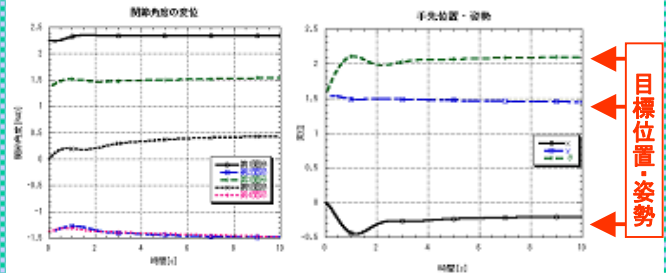
- ・エアテーブル及びコンプレッサー
- ・2次元VGTによるドッキング機構
- ・画像処理装置
- ・制御コンピュータ及びI/O
- ・ホストコンピュータ



### ドッキング実験



## 故障発生時の制御 (シミュレーション)



制御開始から1.5秒後に第1関節が故障し、1.5秒以降は停止している。制御系を変更せず、元の制御系のみでも、目標を達成!

## 課題

1. カトルクセンサの情報も活用し、ソフトドッキングを行う。
2. さらに有効な冗長性の利用法