

「8台ビークル協調制御」プロジェクト



FL07 - 19 - 2

制御システム工学科 藤田研究室

石野 知宏



- 研究目的
- 実験システムの改良
- ネットワーク通信
- シミュレーション
- 今後の課題



研究目的

現在：4台ラジコンビークルによる視覚協調制御



将来：8台のラジコンビークルによる視覚協調制御



Fig 1 .現在



Fig 2 .将来



- 研究目的
- 実験システムの改良
- ネットワーク通信
- シミュレーション
- 今後の課題



現在の実験システム

Tokyo Institute of Technology

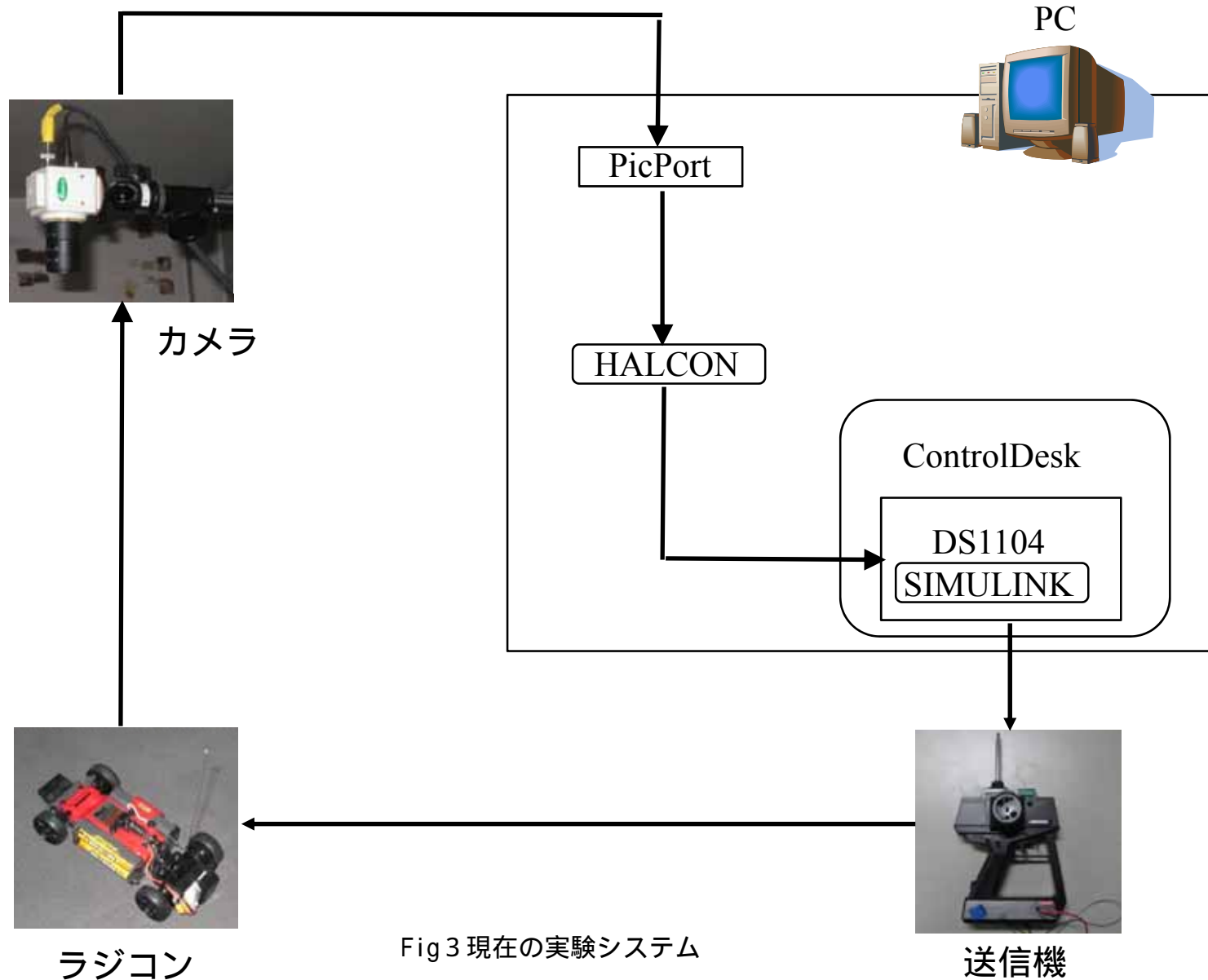


Fig 3 現在の実験システム

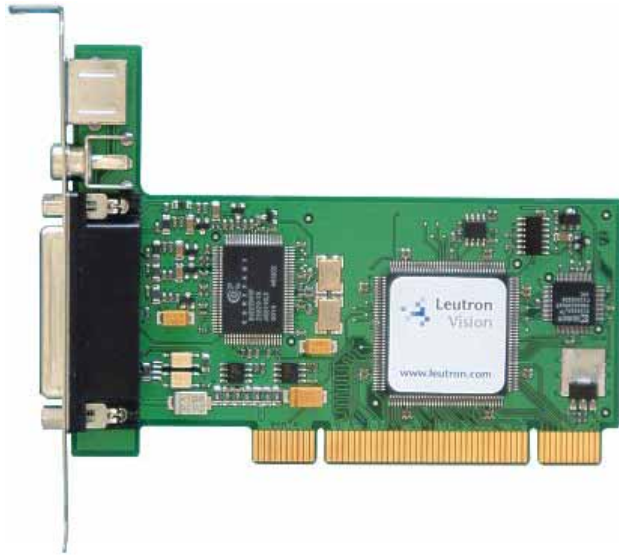


Fig4.P i c P o r t

PicPort

カメラから送られてきた画像をPCに取り込むための画像ボード。

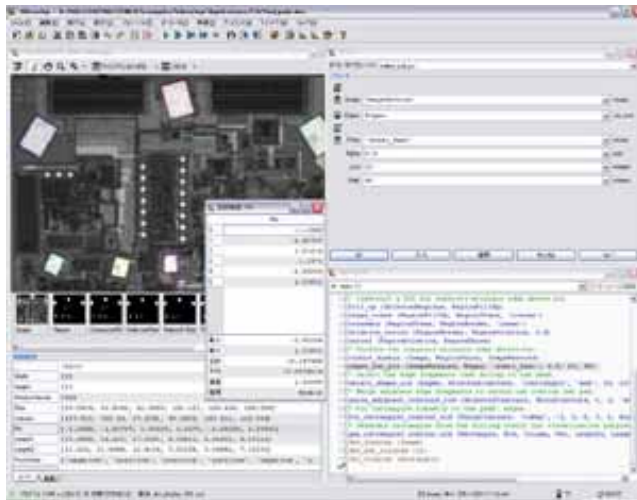


Fig5.H A L C O N

HALCON

画像処理ソフト。PicPortで取り込んだ画像に対して様々な処理を行う。



Fig7.DS1104

DS1104

コンピュータから出された信号をデジタル処理をする際に使用するボード。D/A変換ポートを用いて電圧を送信機に与える。



Fig8.ControlDesk

ControlDesk

SimulinkプログラムのDSPボードへの実装や、リアルタイムでパラメータの変更、データの取得を行うソフトウェア



現在のシステムの改良点

Tokyo Institute of Technology

8台のラジコンを動かす

→今より, 広い実験スペースが必要

→カメラをもう1台増やす

1台のカメラにつき, 1台のPC内部に1枚のPicPort必要

→PicPortの枚数を増やす

DS1104に付いているD/A変換ポートは8個

1台のラジコンを制御するのに必要な電圧は2つ(速度とステアリング)

→1枚のDS1104で制御できるラジコンは最大4台

→DS1104をもう1枚増やす



現在のシステムの改良点

Tokyo Institute of Technology

1台のPCには3つのPCIバスしかない

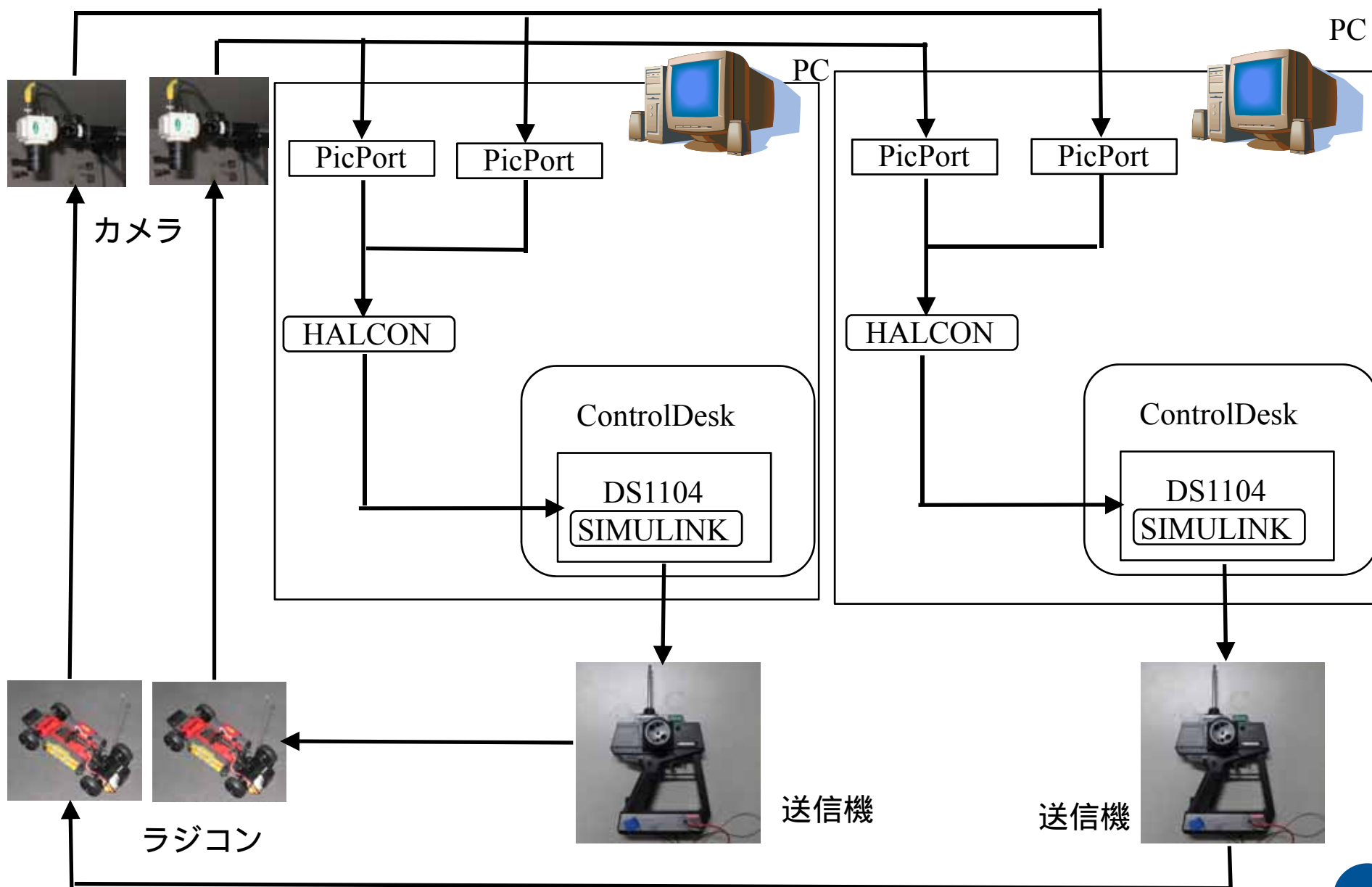
1枚のPicPort(DS1104)につき1つのPCIバスが必要

→もう1台のPCが必要

PCIバス: パソコン内部のパーツ間を結ぶバス(データ伝送路)の規格

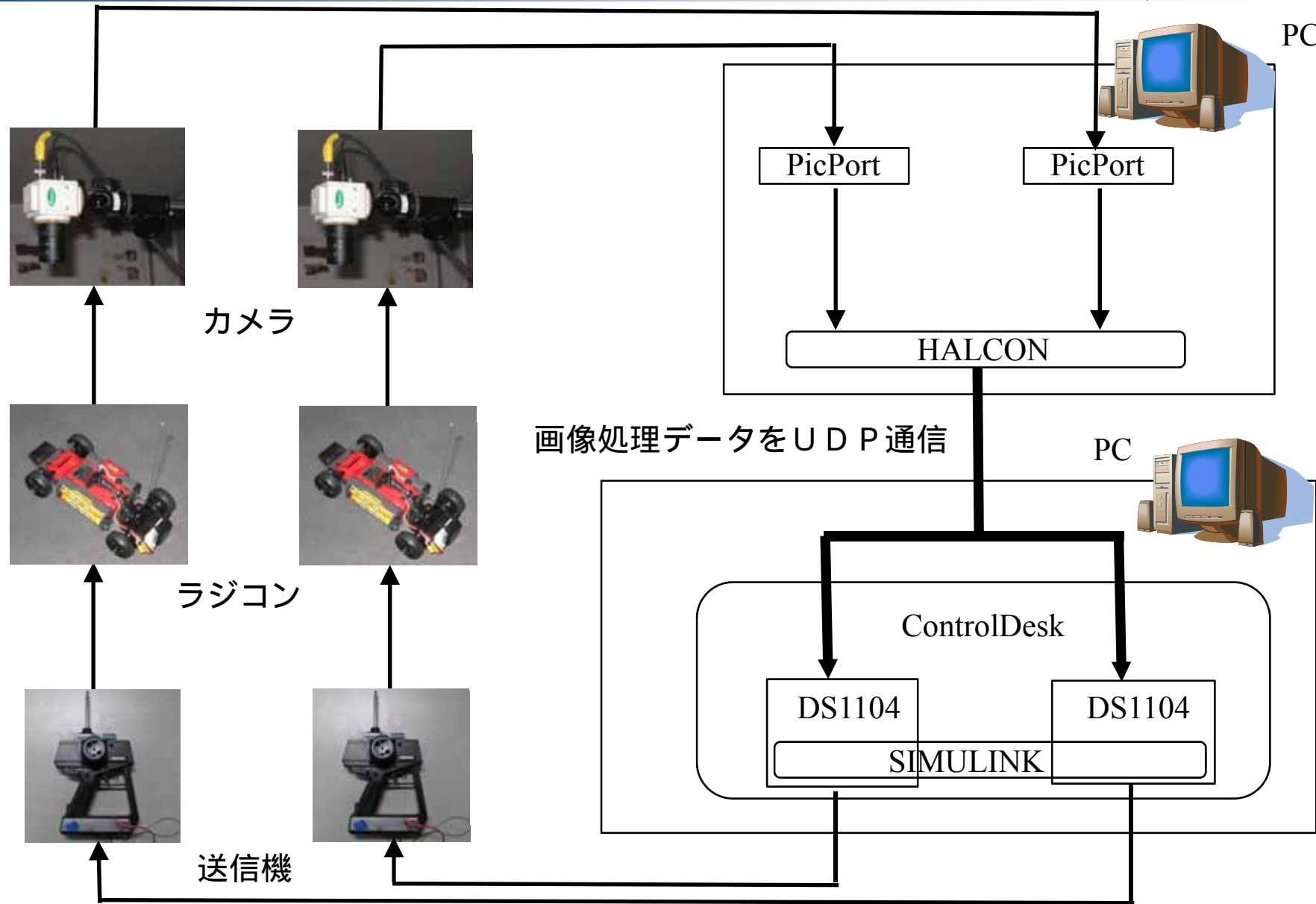


新しい実験システム





新しい実験システム

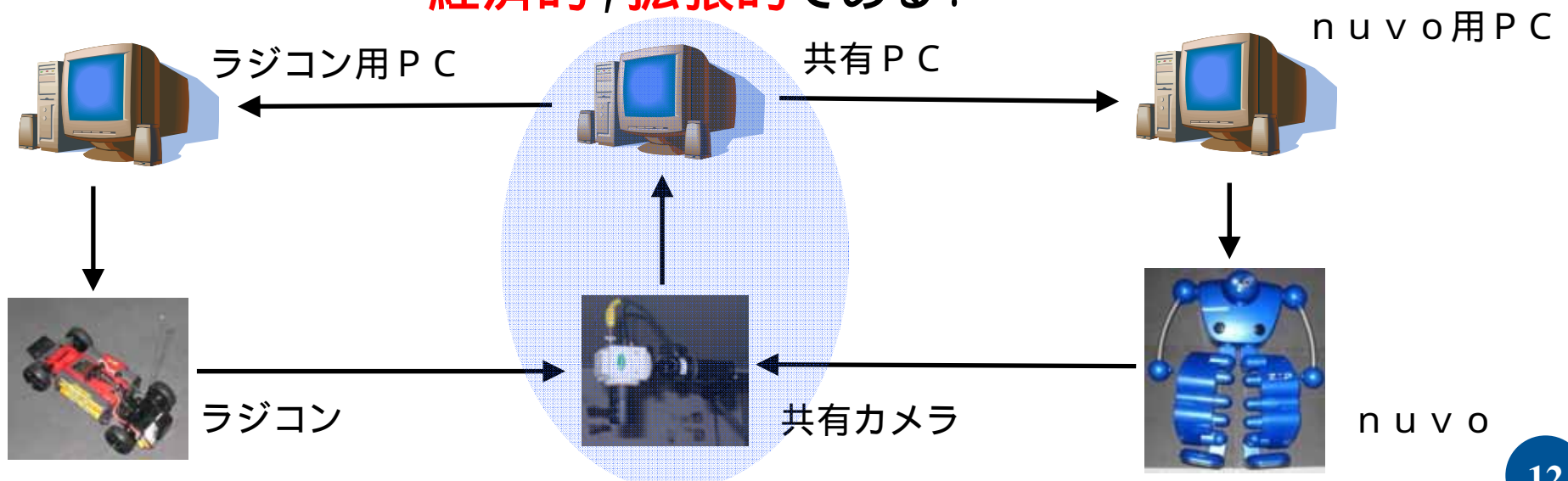




システム と の比較

	長所	短所	PicPort の枚数
システム	組立てが容易	HALCONの ライセンス契約 が必要	4枚
システム	nuvoとシス テムを共有	PC間通信が必 要	2枚

システム のほうがシステム より
経済的, 拡張的である.





- 研究目的
- 実験システムの改良
- ネットワーク通信
- シミュレーション
- 今後の課題



ソケット

ネットワークを介して他のホストに接続する際に用いられる「接続の端点」.

2つのプログラム間でデータのやりとりをするデータの入出力口

ソケット通信

異なる2つの端末間でデータのやりとりができる方法

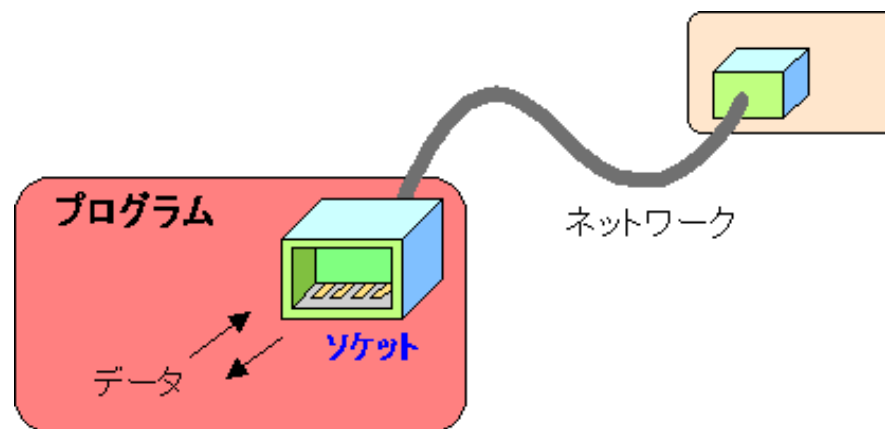


Fig 1 3 .ソケット通信の概念



サーバプロセス

サービスの処理提供する側

クライアントプロセス

サービスの処理要求を出す側



Fig 1 5 . クライアント / サーバー方式



ストリームソケット

通信相手に対してコネクションを設定
コネクションに対してデータ送受信
終了後, コネクションを解除
例) 電話

特徴

- 特定のプロセス間でデータを継続的に送る通信
- 通信の信頼性が保証(データ順序, 内容)
- 通信速度は遅い
- コネクション型プロトコル: TCP (Transmission Control Protocol)



データグラムソケット

コネクション設定をしない

個々のデータをその都度通信相手へ送る

コネクションレス型通信

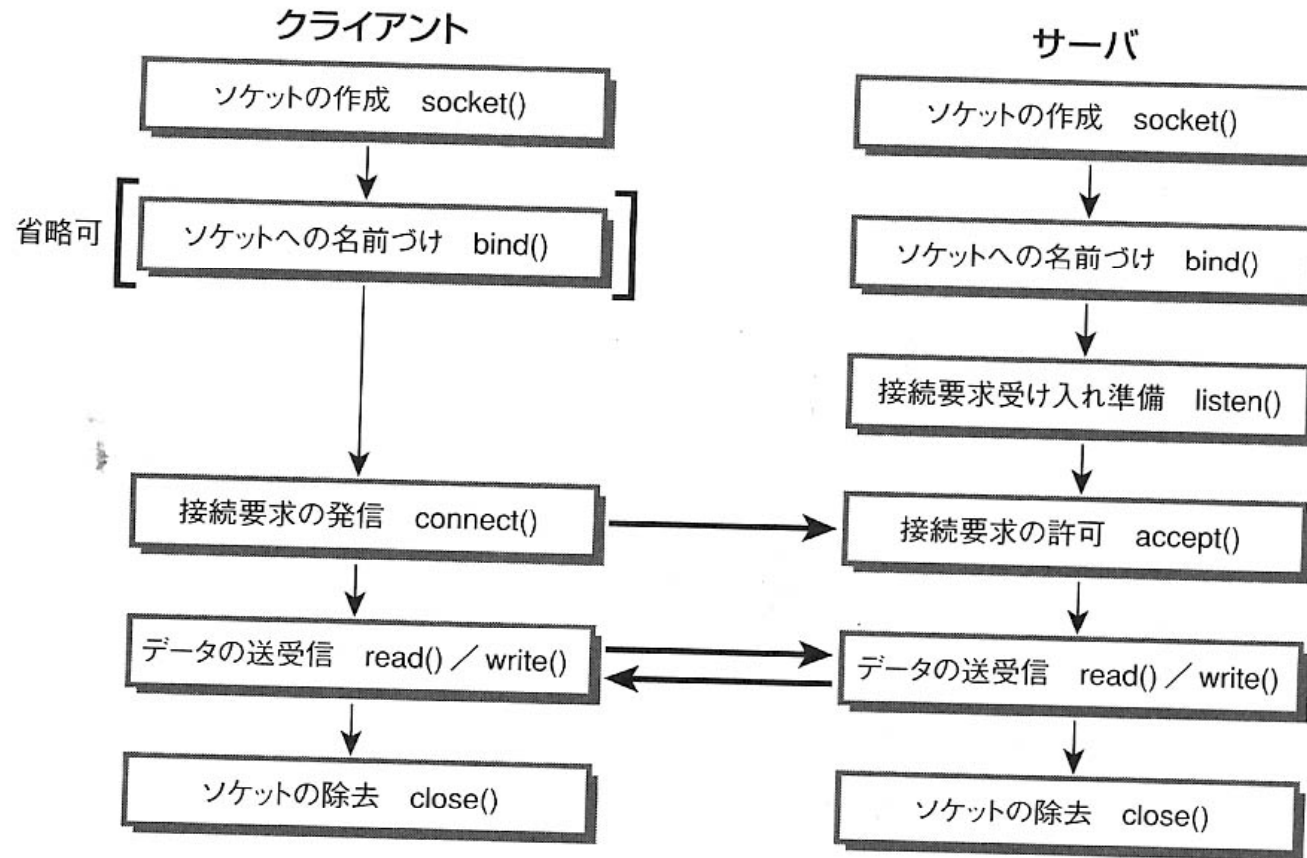
例)手紙(相手の住所をその都度指定)

特徴

- 複数のプロセス間で小さなデータを断続的に送る通信
- 通信の信頼性が保証されていない(データ順序, 内容)
- 通信速度が速い
- コネクションレス型プロトコル: UDP (User datagram Protocol)



TCP通信

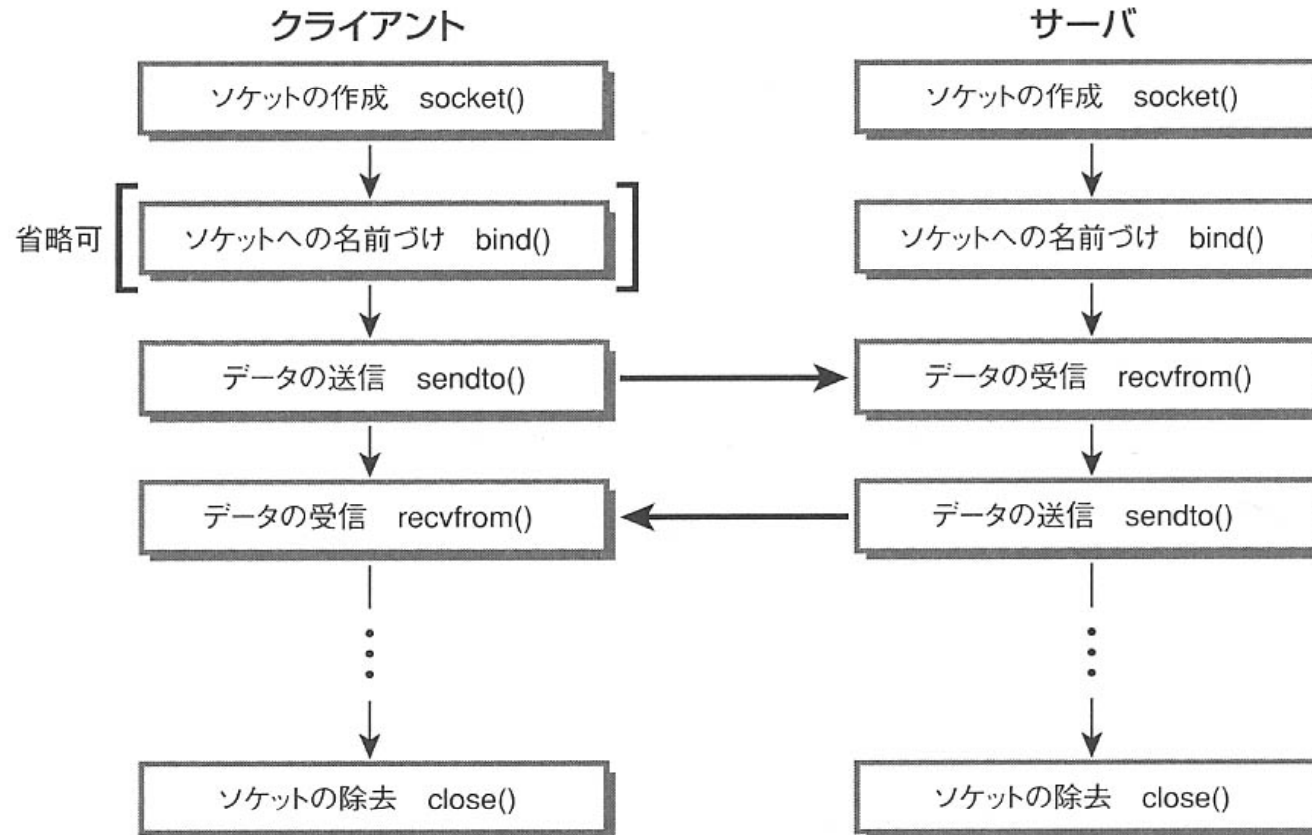


■図6.10 ストリームソケットを用いた場合の通信手順

Fig 1 6 . TCP通信の流れ



UDP通信



■図6.11 データグラムソケットを用いた場合の通信手順

Fig 1 6 . U D P 通信の流れ



- 研究目的
- 実験システムの改良
- ネットワーク通信
- シミュレーション
- 今後の課題



3次元システムのモデリング(各エージェント)

3次元空間上に剛体と仮定できる n 台のエージェントが存在する状況を考える

各エージェントの運動学モデル

$$\begin{cases} \dot{p}_i = e^{\hat{\xi}_i} v_i \\ \dot{\zeta}_i = e^{\hat{\xi}_i} \omega_i \\ \zeta_i = \theta_i \xi_i \end{cases} \quad i \in \{1, \dots, n\} \quad (1)$$

- $p_i \in \mathbf{R}^3$ 位置
- $e^{\hat{\xi}_i} \in SO(3)$ 姿勢
- $v_i \in \mathbf{R}^3$ ボディ速度
- $\omega_i \in \mathbf{R}^3$ ボディ角速度
- $\xi_i \in \mathbf{R}^3$ 回転軸
- $\theta_i \in \mathbf{R}$ 回転角度

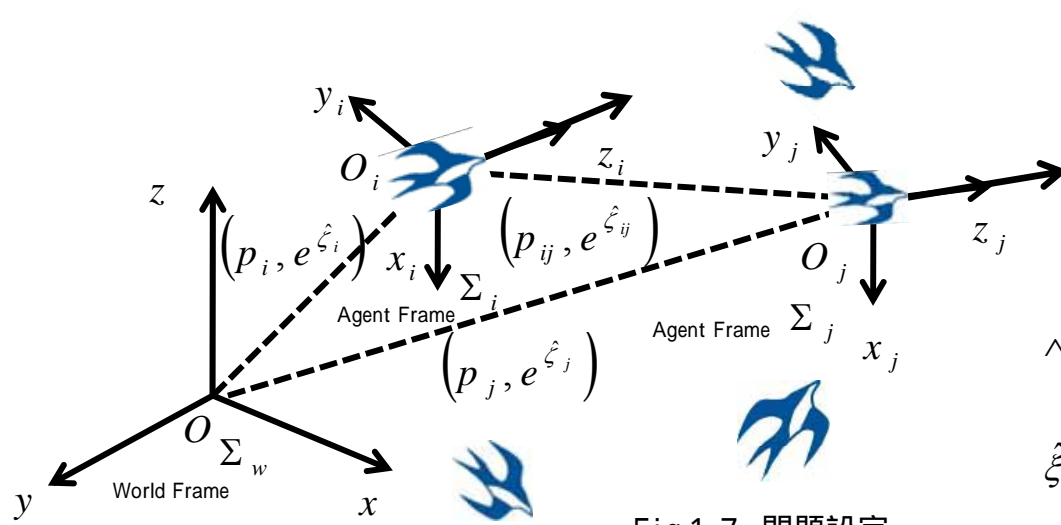


Fig 1 7 . 問題設定

$$\hat{\xi} = \begin{bmatrix} \xi_x \\ \xi_y \\ \xi_z \end{bmatrix}^\wedge := \begin{bmatrix} 0 & -\xi_z & \xi_y \\ \xi_z & 0 & -\xi_x \\ -\xi_y & \xi_x & 0 \end{bmatrix}$$



3次元システムのモデリング(エージェント間)

Tokyo Institute of Technology

近傍 $N_i := \{j | j \in V, (j, i) \in E\}$

V : グラフの頂点集合 (エージェントを頂点とみなす)

E : グラフの辺集合 (エージェント間の通信を辺とみなす)

各エージェントは近傍のエージェントのみと通信する

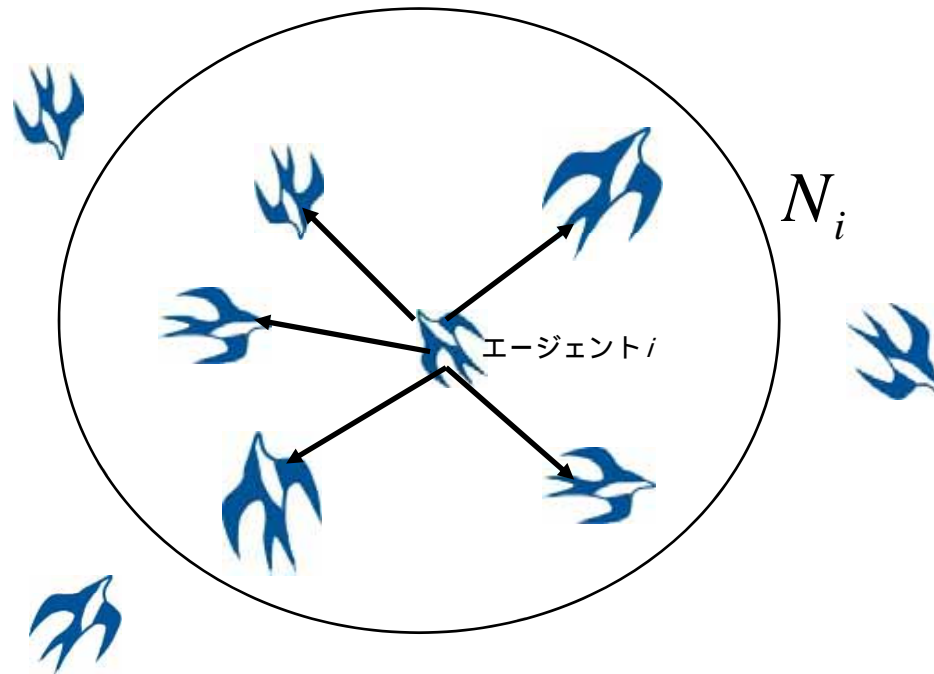


Fig 1 8 . iが観測できる集団



仮定

- (A) 回転行列 $e^{\hat{\xi}_i}, \forall i \in \{1, \dots, n\}$ は正定
- (B) $v_i = v_j, \forall i, j \in \{1, \dots, n\}$, かつ $|v_i| = 1, \forall i \in \{1, \dots, n\}$
- (C) グラフは固定, 平衡, 強連結である

固定: グラフの形は不変

平衡: 各頂点の入次数と出次数が等しい

強連結: 任意の2頂点に対し経路が存在

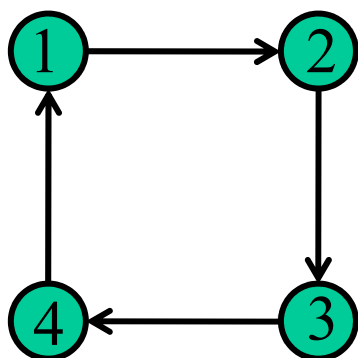


Fig 1 9 . 平衡かつ強連結グラフ

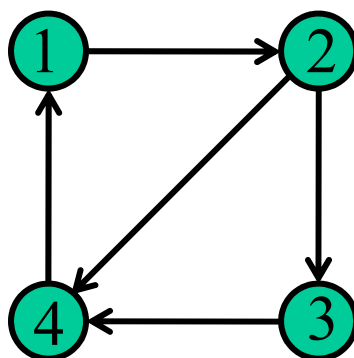


Fig 2 0 . 平衡でないグラフ

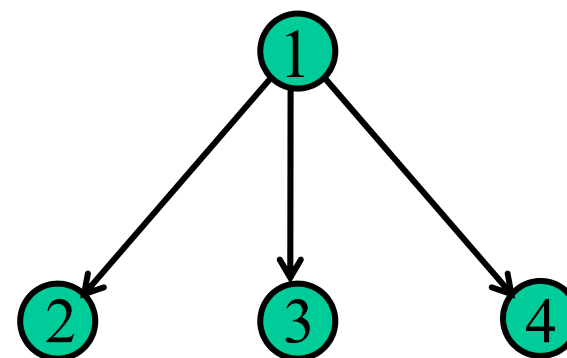


Fig 2 1 . 強連結でないグラフ



角速度入力

入力を $\omega_i = \sum_{j \in N_i} \text{sk} \left(e^{-\hat{\xi}_i} e^{\hat{\xi}_j} \right)^\vee \quad i \in \{1, \dots, n\} \quad (2) \quad \text{とする}$

近傍のエージェントとの相対姿勢誤差ベクトルを角速度入力としている

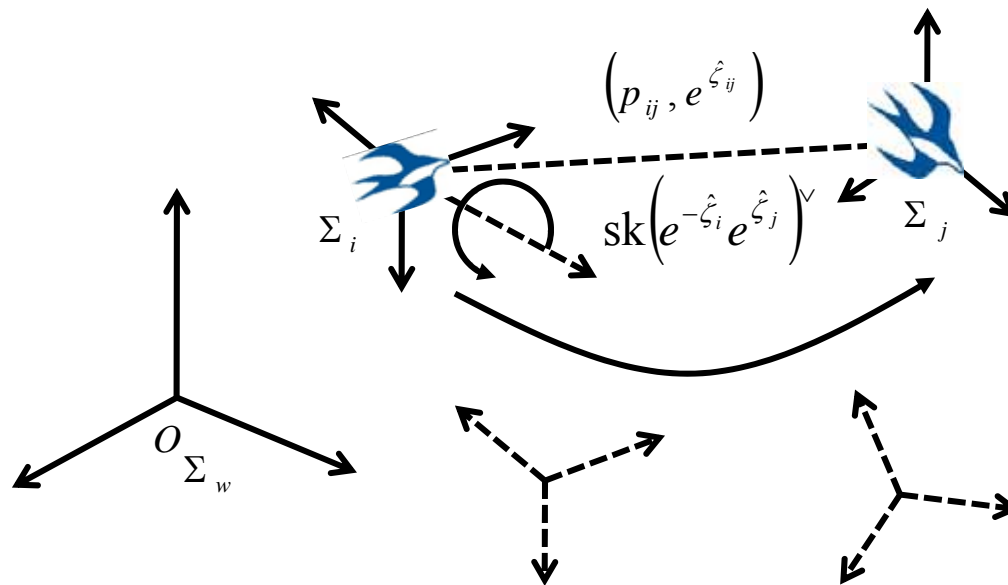


Fig 2 1. 相対姿勢誤差ベクトル

$$\text{sk}(A) := \frac{1}{2}(A - A^T)$$

\wedge (wedge), \vee (vee)

$$\hat{\xi} = \begin{bmatrix} \xi_x \\ \xi_y \\ \xi_z \end{bmatrix}^\wedge := \begin{bmatrix} 0 & -\xi_z & \xi_y \\ \xi_z & 0 & -\xi_x \\ -\xi_y & \xi_x & 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -\xi_z & \xi_y \\ \xi_z & 0 & -\xi_x \\ -\xi_y & \xi_x & 0 \end{bmatrix}^\vee \equiv \begin{bmatrix} \xi_x \\ \xi_y \\ \xi_z \end{bmatrix}$$



定理

定理

運動学モデル(1)を持つ n 台のエージェントに対して,
各エージェントに角速度入力(2)を加える

このとき, 仮定(A), (B), (C)が満たされれば**姿勢協調**が達成される

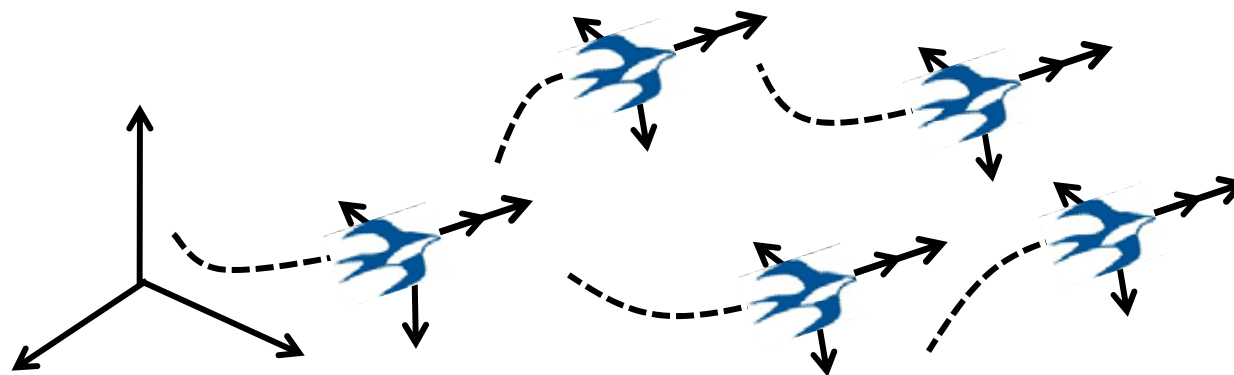


Fig 2 2 . 姿勢協調



初期状態

$$p_1(0) = \begin{pmatrix} 10 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$p_2(0) = \begin{pmatrix} 6 \\ 3 \\ 6 \end{pmatrix}$$

$$p_3(0) = \begin{pmatrix} -7 \\ 5 \\ 4 \end{pmatrix}$$

$$p_4(0) = \begin{pmatrix} -10 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$p_5(0) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$p_6(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ -10 \end{pmatrix}$$

$$p_7(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$p_8(0) = \begin{pmatrix} 7 \\ -9 \\ 2 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_1(0) = \begin{pmatrix} -0.07 \\ -0.24 \\ 0.52 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_2(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.05 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_3(0) = \begin{pmatrix} -0.50 \\ -0.21 \\ 0.77 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_4(0) = \begin{pmatrix} -0.51 \\ -0.14 \\ 0.51 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_5(0) = \begin{pmatrix} -0.76 \\ 0.52 \\ 0.52 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_6(0) = \begin{pmatrix} -0.51 \\ 0.51 \\ -0.13 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_7(0) = \begin{pmatrix} 0.44 \\ -0.38 \\ 0.44 \end{pmatrix}$$

$$\zeta_8(0) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1.05 \end{pmatrix}$$



速度

$$v_i = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \forall i \in \{1, \dots, 8\}$$

グラフ

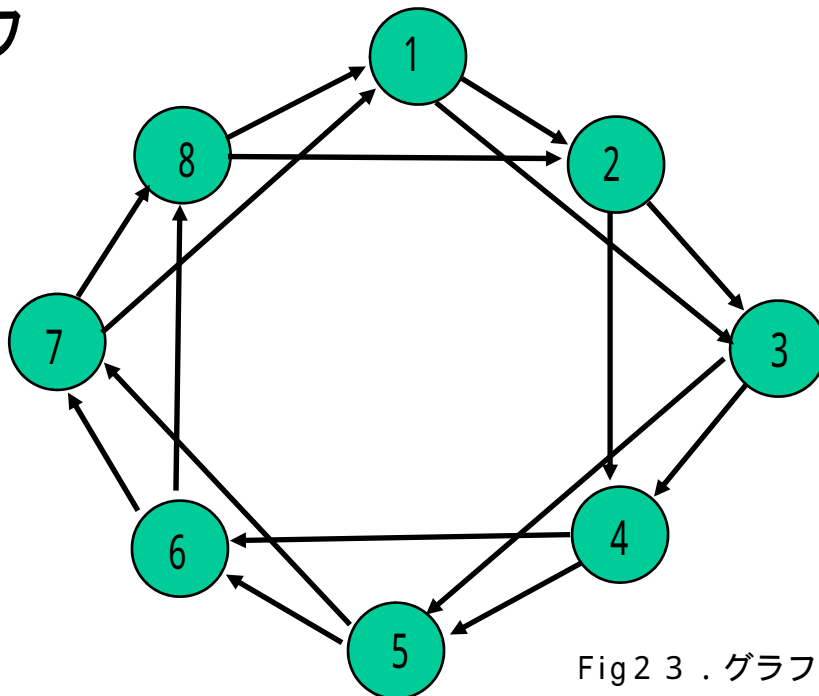
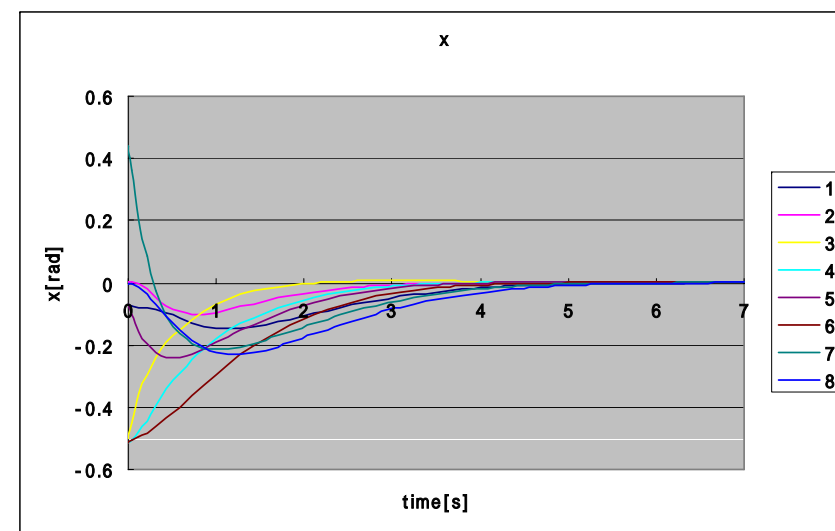
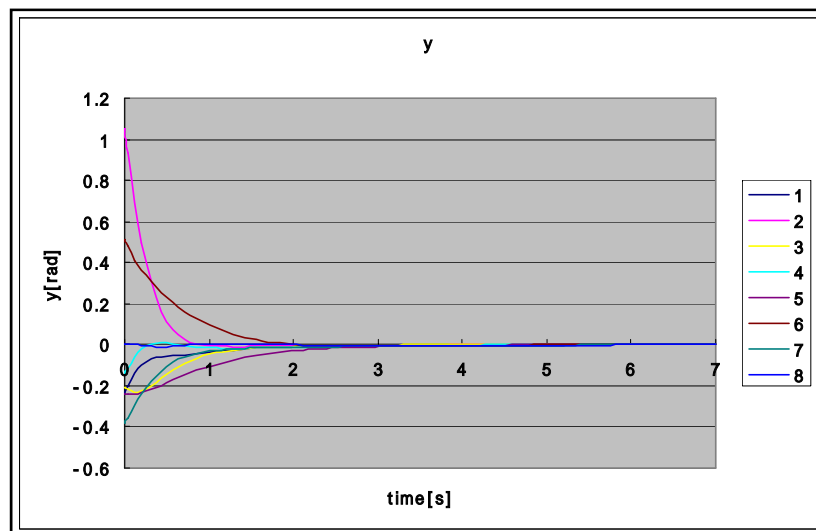
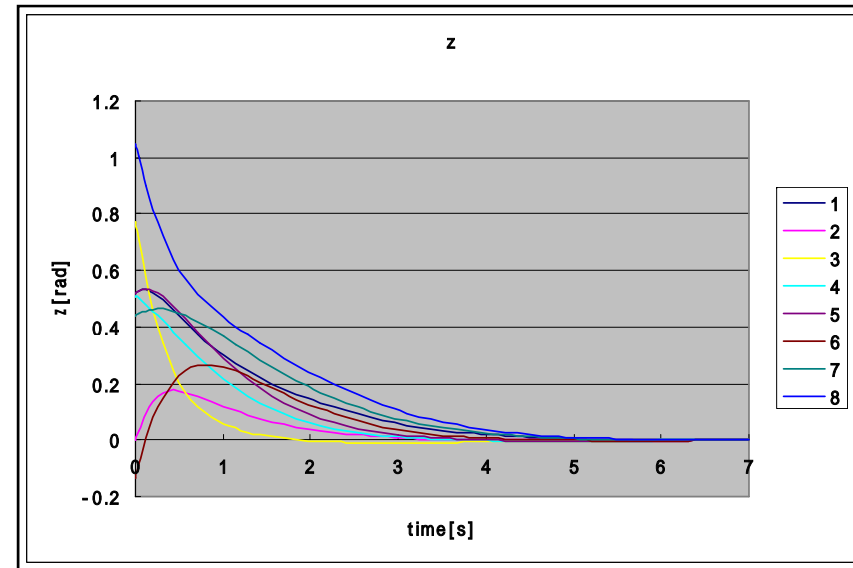
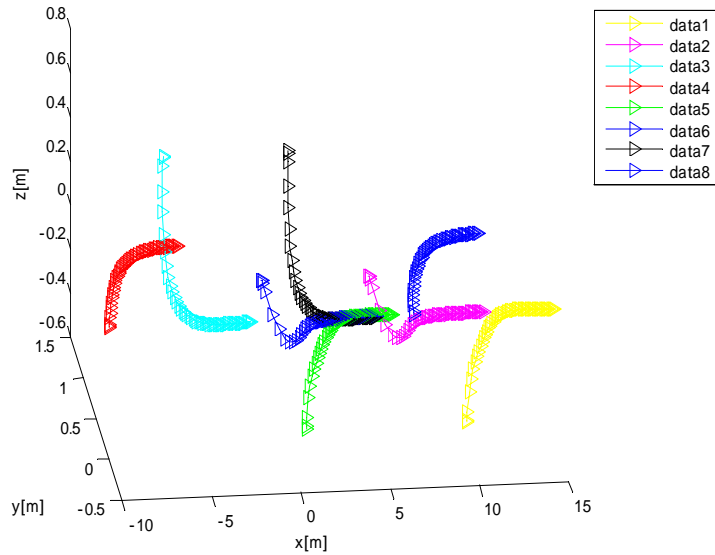


Fig 2.3 . グラフ



シミュレーション結果





- 研究目的
- 実験システムの改良
- ネットワーク通信
- シミュレーション
- 今後の課題



今後の課題

Tokyo Institute of Technology

- システムの改良
- 実験
- 中間発表