

普通のタイヤにより全方向移動技術 及びそれに基づいたパワーアシスト

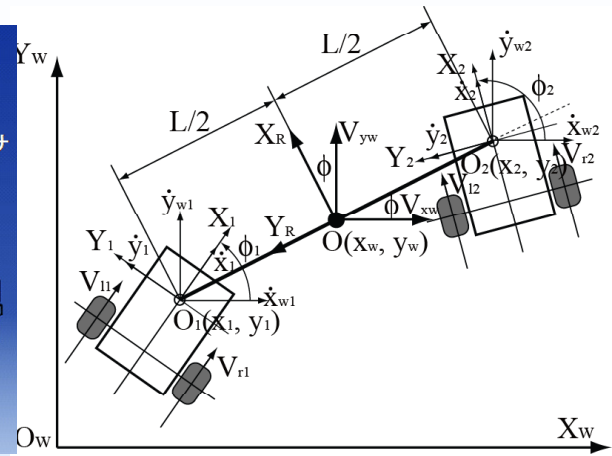
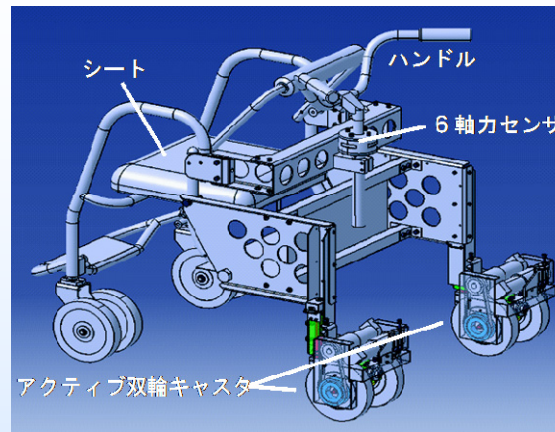
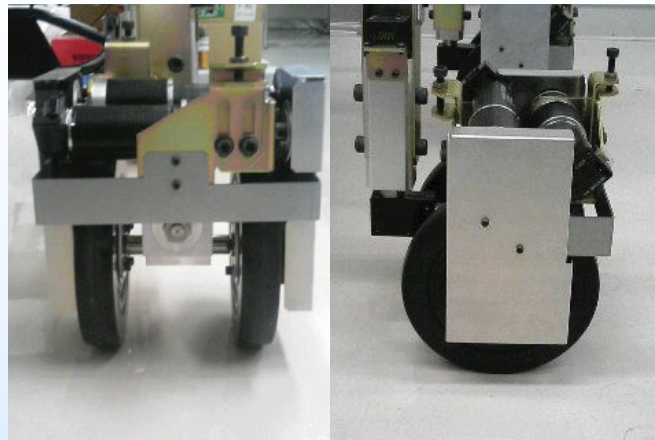


前橋工科大学

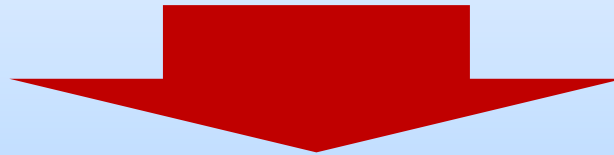
システム生体工学科

准教授 朱 赤

新技術の概要1: 全方向移動機構



2つの双輪独立駆動モジュール



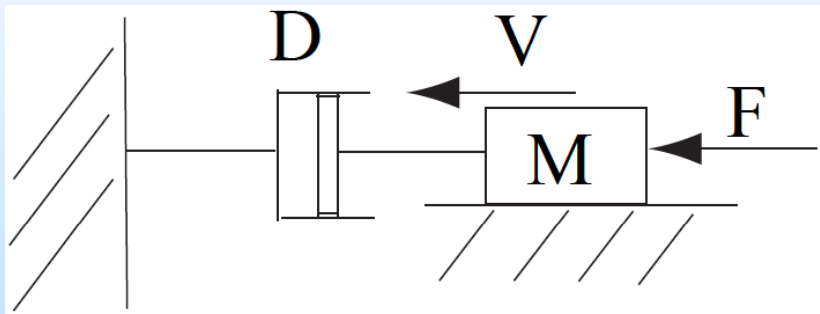
高い移動性能を
実現した新たな
全方向移動機構

新技術の概要2: パワーアシスト

アドミッタンス制御によるパワーアシストの実現

機械システムのアドミッタンス

$$G = \frac{V}{F}$$



G: アドミッタンス、
V: 速度 (出力)、F: 力 (入力)

$$G(s) = \frac{V(s)}{F(s)} = \frac{1}{Ms + D}$$

M : 仮想質量

D : 仮想減衰係数

パラメータを調整することにより、
任意的な力 (負荷) を実現

研究背景1

少子高齢社会

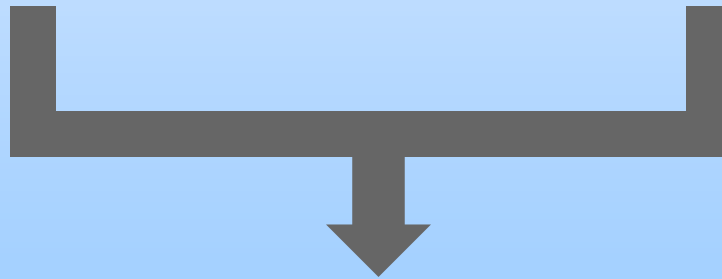
⇒被介護者：**増加** 介護者：**減少**

高齢者の
自立支援

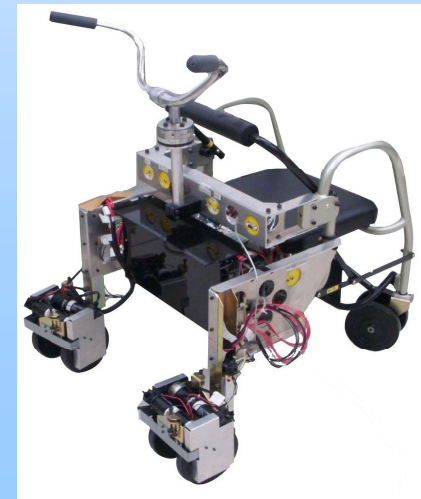
介護者の
負担軽減



⇒「歩行支援ロボット」、「パワーアシスト装置」の開発



全方向移動支援ロボット



研究背景2

◆**全方向移動**(前後、左右、旋回)

⇒切り返し動作が不要(零回転半径)

⇒**狭い場所**や、**混み合った場所**で有効

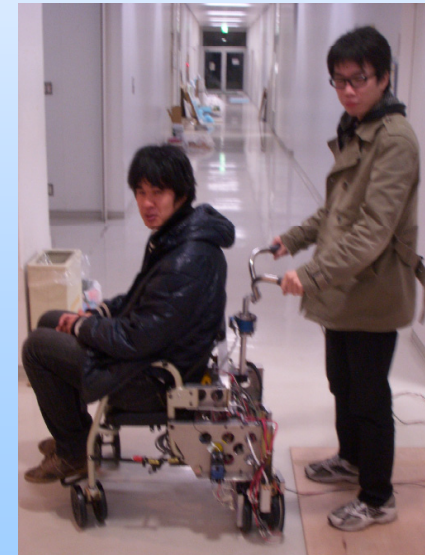
⇒**使用者の意図**に従える、**障害物を回避**しやすい

直感的に移動可能開発

(工場、倉庫、住居、福祉施設、病院など)

◆**パワーアシスト**

⇒全方向移動機構を用いて操作負担を軽減



想定される用途2

◆全方向移動+パワーアシスト

⇒産業・農業分野

⇒医療・福祉分野



搬送台車

- 搬送時間短縮
- 効率UP
- 負担軽減



全方向省力車両



高齢者/障害者の
歩行支援」



介助者の
パワーアシスト



全方向移動支援
ロボット

従来の技術とその問題点1

◆ 様々な全方向移動機構

• メカナムホイール

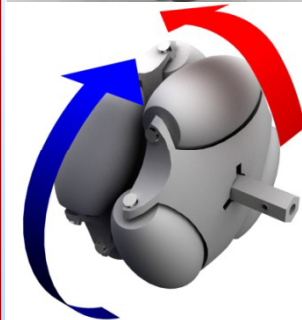


Airtrax



• オムニホイール

(株)相愛 歩行器



• キャスタ駆動輪



埼玉工業大学

• 普通車輪

Seekur



従来の技術とその問題点2

◆全方向移動機構の問題点

•オムニホイール/メカナムホイール



- 複雑構造
- 低効率(一部の小ローラーの滑り)
- 段差超え不能
- 振動・騒音、耐負荷性
- 屋外では困難

•キャスト駆動/普通車輪

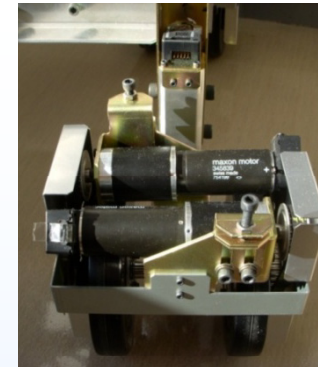


- よい走破性
- モータの数が多い
(1車輪を2つのモータで)
- 機構及び制御の複雑
(駆動輪と操舵輪の干渉、冗長性の克服)
- 車輪の摩耗

新技術の内容1

全方向運動の原理1

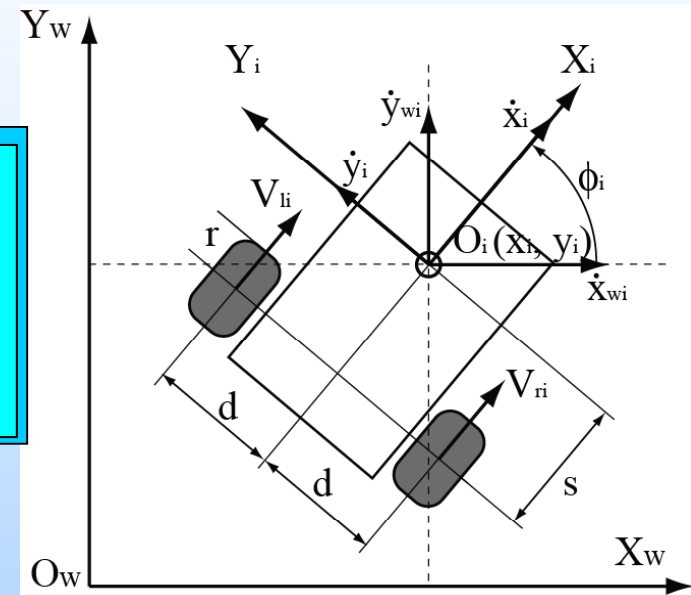
各モジュールは**独立駆動**された2つの**車輪の速度差**で動く



ロボットの
接続点Oで
の速度

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{wi} \\ \dot{y}_{wi} \end{bmatrix} = A_i \begin{bmatrix} \omega_{ri} \\ \omega_{li} \end{bmatrix}$$

左右の車輪
の回転速度



$$A_i = \frac{r_i}{2} \begin{bmatrix} \cos \phi_i - \frac{s_i}{d_i} \cdot \sin \phi_i & \cos \phi_i + \frac{s_i}{d_i} \cdot \sin \phi_i \\ \sin \phi_i + \frac{s_i}{d_i} \cdot \cos \phi_i & \sin \phi_i - \frac{s_i}{d_i} \cdot \cos \phi_i \end{bmatrix}$$

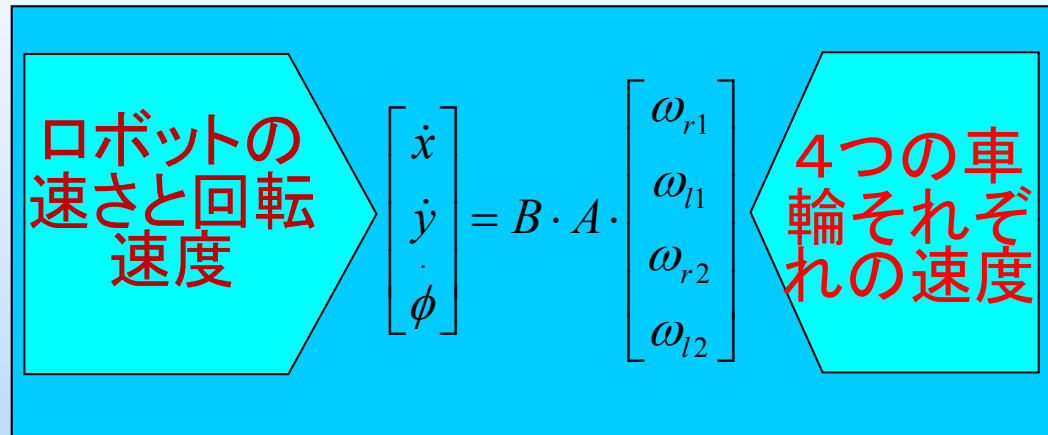
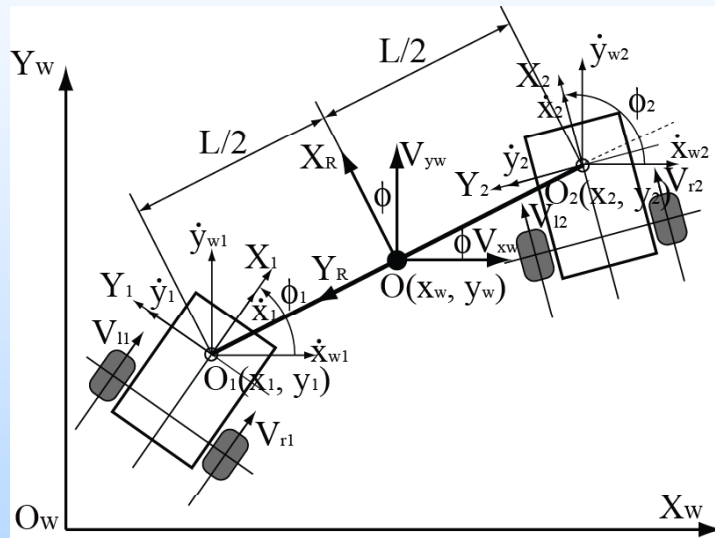
A_i は逆行列を持つ

1つの双輪キャスタモジュールでは**2自由度**しか実現できない、**全方向移動は3自由度**

新技術の内容1

全方向運動の原理2:

2つの双輪キャスタモジュールを用いる



$$A = \begin{bmatrix} A_1 & 0_{2 \times 2} \\ 0_{2 \times 2} & A_2 \end{bmatrix}$$

$$B = \frac{1}{L} \begin{bmatrix} L/2 & 0 & L/2 & 0 \\ 0 & L/2 & 0 & L/2 \\ \cos \theta & \sin \theta & -\cos \theta & -\sin \theta \end{bmatrix}$$

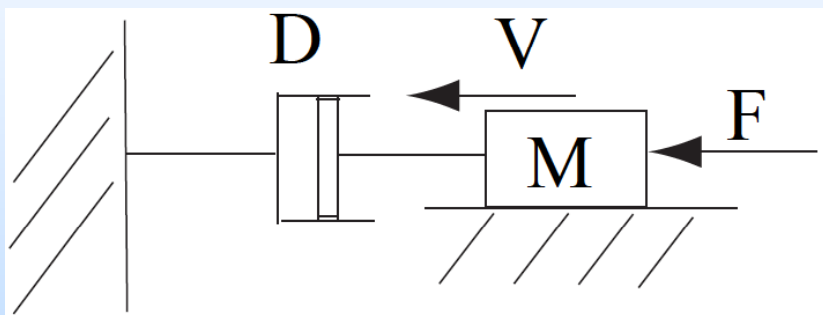
このようにロボットは**3自由度の全方向移動を実現している**

新技術の内容2: パワーアシスト

アドミッタンス制御によるパワーアシストの実現

機械システムのアドミッタンス

$$G = \frac{V}{F}$$



G: アドミッタンス、
V: 出力、車両(ロボット)の速度
F: 入力、人間が加えた力/トルク

$$G(s) = \frac{V(s)}{F(s)} = \frac{1}{Ms + D}$$

M : 仮想質量

D : 仮想減衰係数

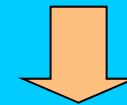
パラメータを調整することにより、
任意的な力 (負荷) を実現

新技術の内容2: パワーアシスト アドミッタンス制御

人間の動き速度 V_s はあまり大きく変化がない

$$\frac{F}{D} (1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) = V_d(t)$$

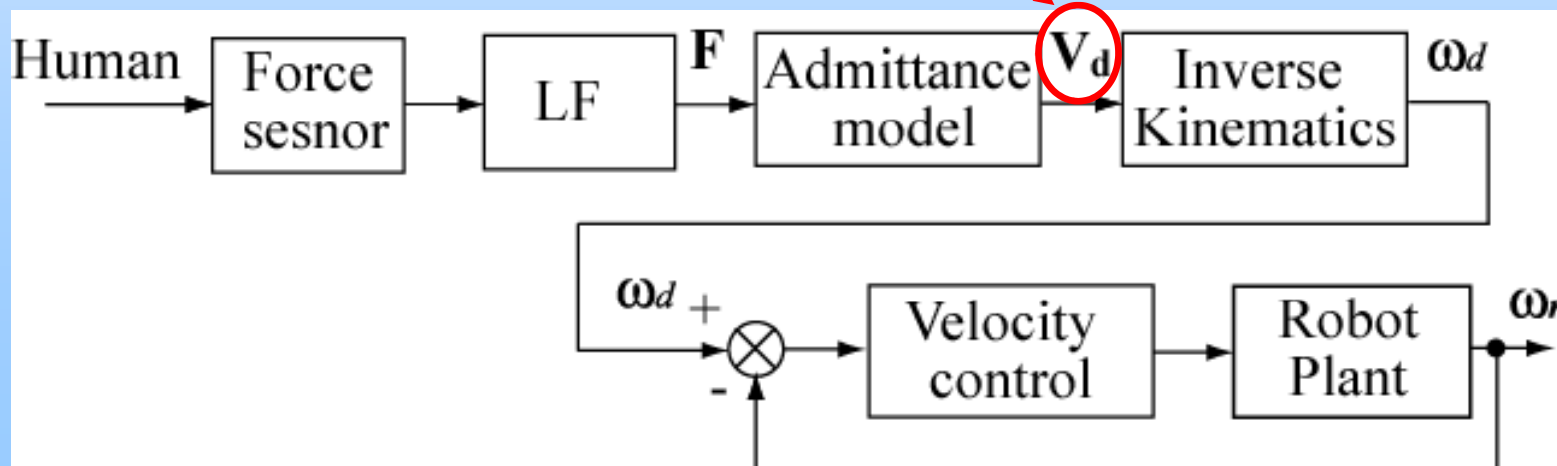
定常状態では変数 D を
変化させることによって



異なった負荷感覚を得られる

$$F = V_s \cdot D$$

ロボットの制御ブロック図



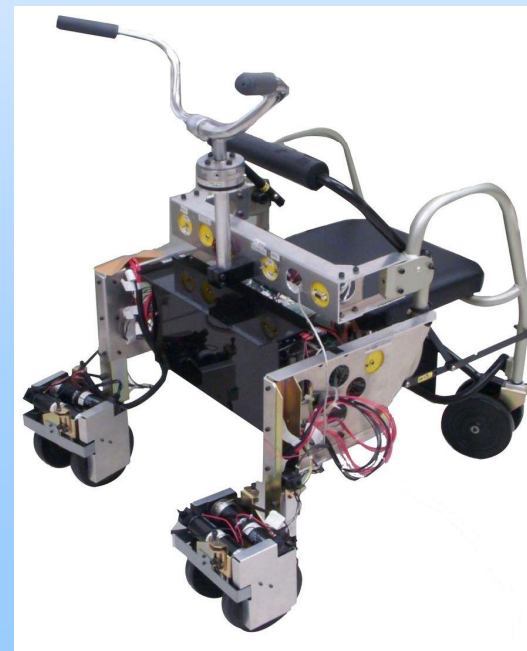
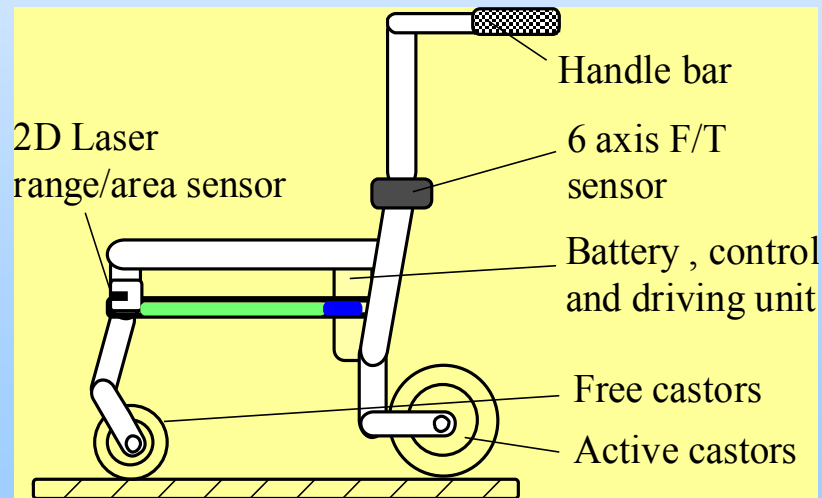
新技術の応用: 全方向移動+パワーアシスト

全方向移動

高齢者/障害者の
「歩行支援」



介助者の
の
パワーア
シスト



全方向移
動支援
ロボット

全方向移動支援ロボット 概要

介護者と被介護者の両方の手助けとなるロボット

①高齢者や障害者が歩行する際、
ハンドルを掴み体を支える

⇒歩行支援、リハビリテーション

②被介護者がシートに座った際、
介護者が後ろからロボットを押す
力の負担軽減

⇒パワーアシスト



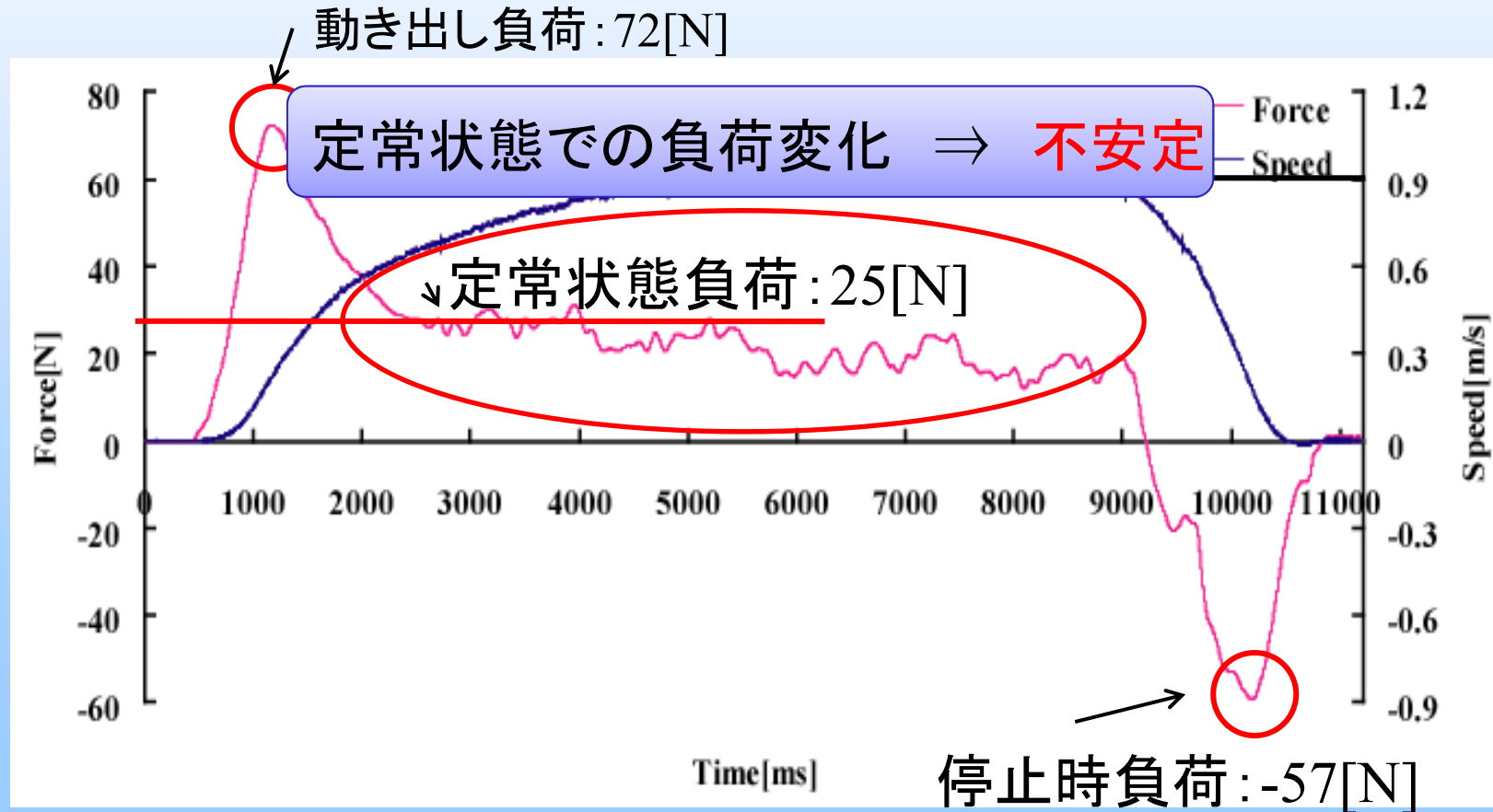
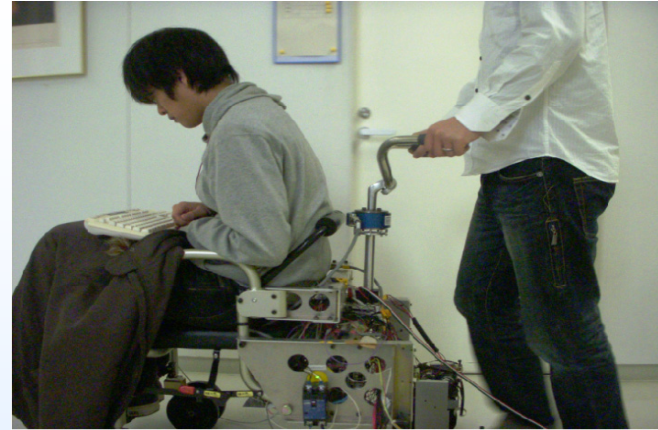
実験検証： 全方向移動

全方向移動の実験ビデオ

(直進+90° 曲がり+180° 当场旋回)



実験検証1: パワーアシストなし



実験検証2: パワーアシストあり

定常状態で押す力を
25Nから約半分の12N
に減らす

$$D = \frac{F}{V} = \frac{12}{0.9} \approx 14 [N \cdot s / m]$$

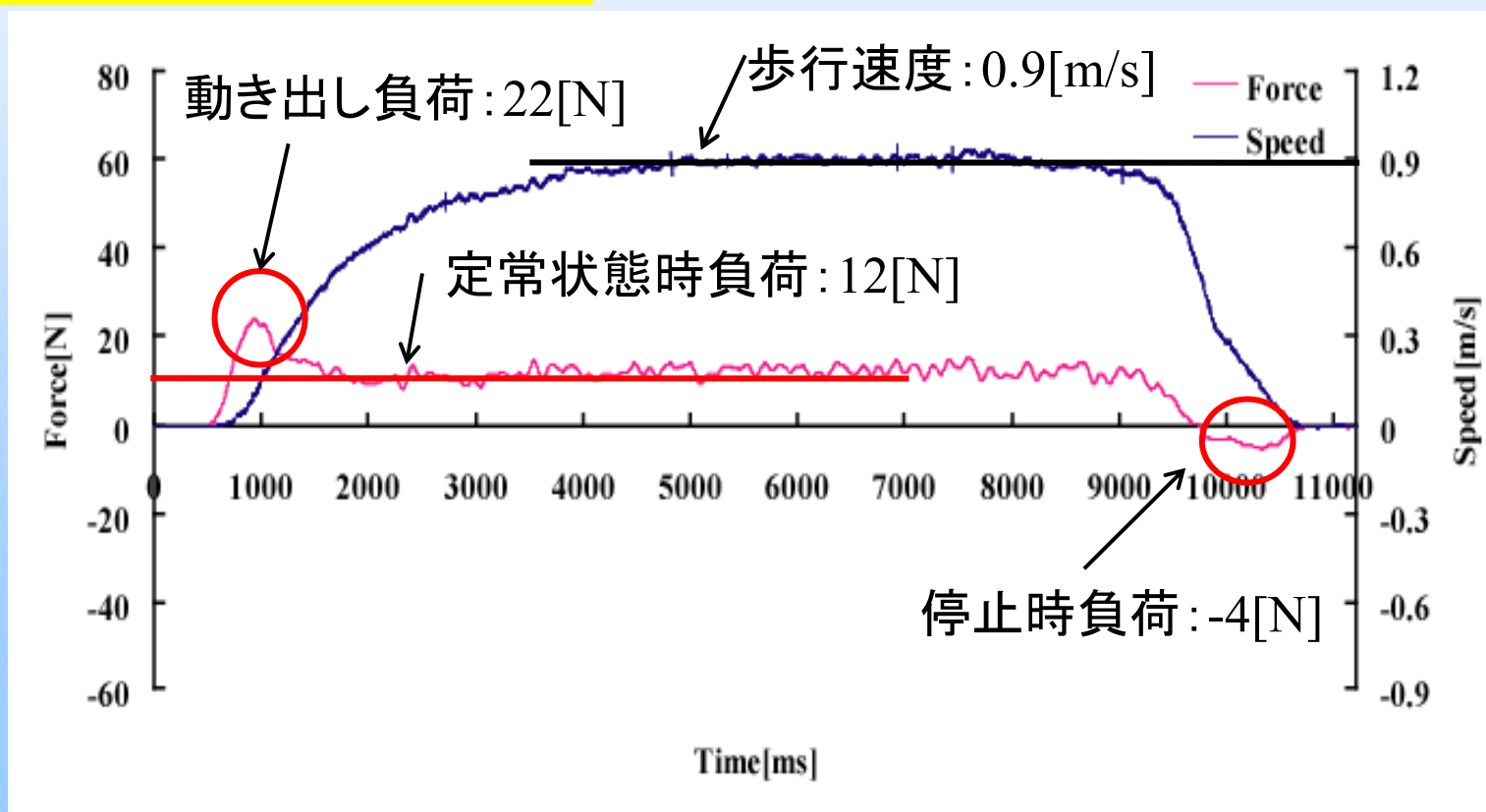
パワーアシスト	なし	あり
歩行速度[m/s]	0.9	0.9
動き出し負荷[N]	72	22
定常状態時負荷[N]	25	12
停止時負荷[N]	-57	-4

軽減された負荷

→ 50[N]

→ 13[N]

→ 53[N]

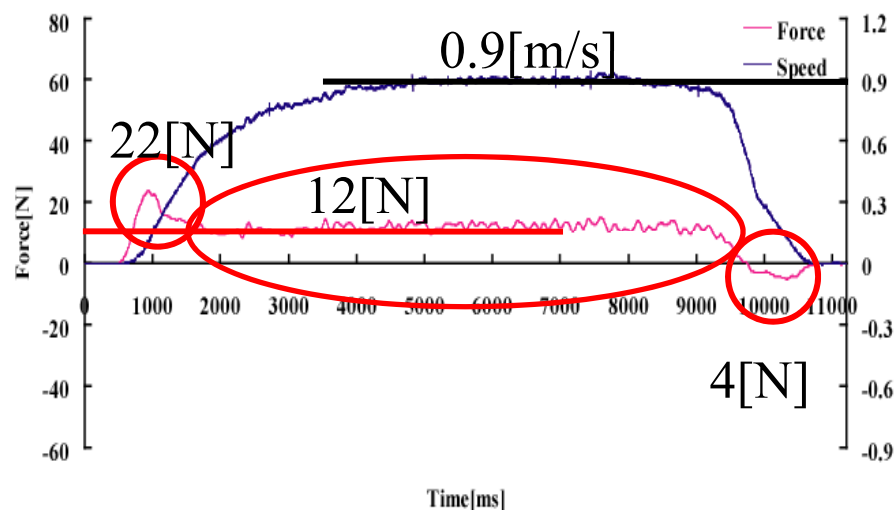


実験検証2: パワーアシストあり

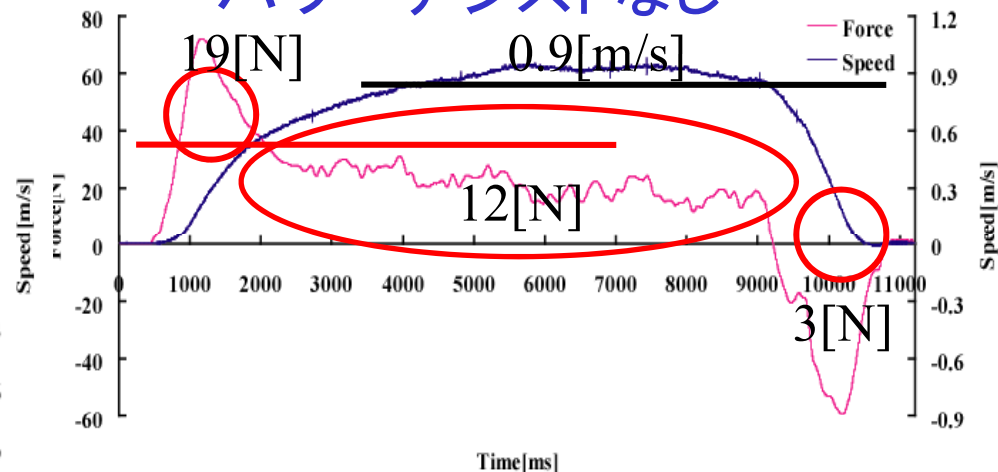
$$D_x = 14 [N \cdot s / m]$$

$$\tau_x = 0.5 [s]$$

人を乗せている状態



人を乗せていない状態
パワーアシストなし



- ・ロボットを動かす力の**軽減**
- ・ロボットにかかる負荷増加
⇒負荷感覚があまり**変わらない**
- ・定常状態時に負荷感覚が**安定**

新技術の特徴・従来技術との比較

- ◆ 特殊なオムニホイールやメカナムホイールによって従来の全方向移動には、振動、耐負荷性、効率、メンテナンスなどの問題点があり、屋内しか使えない。
- ◆ キャスタ駆動/普通車輪によって従来の全方向移動には、モータの数は車輪数の倍なので、機構や制御が複雑。
- ◆ 本技術は、普通車輪によって全方向移動に成功。簡単な機構と制御、高い走破性。
- ◆ アドミッタンス制御によるパワーアシストを実現。負荷の大きさや有無と関わらず、パラメータによって任意のパワーアシストが可能

実用化に向けた課題

- 現在、技術的には実用化が可能なところまで開発済み。しかし、コスト削減の点が未解決。
- 今後、野外での実験データを取得し、車輪機構の改良を行う。
- 実用化に向けて、マンマシン・インターフェイスを工夫し、操作性、使い易い技術を確立する必要もある。

企業への期待

- コスト削減について、マイコンや安価なセンサにより克服できると考えられる。メカトロ関係企業との共同研究を希望。
- 使いやすい全方向車両やロボットを実現するため、マンマシン・インターフェイスに経験豊かな企業との共同研究を希望。
- 開発した全方向移動およびパワーアシスト技術は、全方向移動支援ロボットに限らず、工場での搬送機、フォークリフト、病院での食事搬送、農業作業でのビークルなどとして、大いに活用できる。これらに関係する企業に本技術は大変有効であり、共同研究の実施や、活用されることを期待。

お問い合わせ先

◆ **前橋工科大学院システム生体工学専攻
准教授 朱 赤**

Email: zhu@maebashi-it.ac.jp

<http://www.maebashi-it.ac.jp/~zhu/>

◆ **前橋工科大学地域連携推進センター**

Email: chiken@city.maebashi.gunma.jp

Tel: 027-265-0111