柔軟関節ロボットによる 自由落下する重量物のキャッチング

Catching a Free Falling Heavy Object by using Flexible Joint Robot

○別府勇太（鈴鹿高専専攻科），白井達也（鈴鹿高専），冨岡　巧（鈴鹿高専）

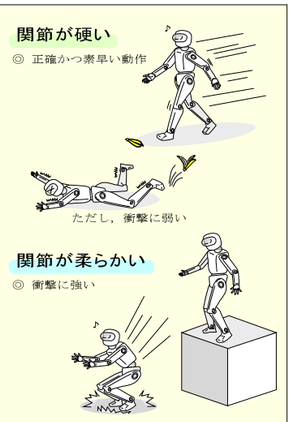
Yuta BEPPU, Suzuka National College of Thechnology
Tatsuya SHIRAI, Suzuka N.C.T, shirai@mech.suzuka-ct.ac.jp
Takumi TOMIOKA, Suzuka N.C.T

When the most of robots which has rigid joints receives the large impact force, its power transmission mechanism such as gears and wires will be seriously damaged. If the robot is able to be controlled joint stiffness, it can absorb large impact force. In this study we discuss that how the robot catches a free falling heavy object. We had developed a three linked flexible jointed robot that can adjust joint stiffness as compliant and stiff. We had analyzed the catching motion by using computer simulation. We had verified that flexible joint robot can catch a free falling heavy object by adjusting the joint parameters of the stiffness and the damping without dynamic servo control of actuators.

[A] 研究の目的

従来のロボットは？

関節が硬い　◎正確な動作　：　得意
（理由）　×衝撃力　：　苦手
高減速比の減速器を使用しているため



柔軟関節ロボットとは？

関節剛性を機械的に
柔らかく ⇄ 硬く
調整可能（※）

（※）非線形バネ要素（*SAT*）を用いる

物体を
“投げて”＋“受け取る”

（良い点）
効率的

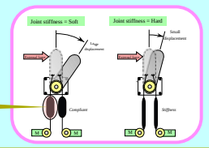
（悪い点）
不確実

目標

アクチュエータを制御しないで**関節の柔軟さのみ**で重量物を安全にキャッチングできる機構と条件を明らかにする．

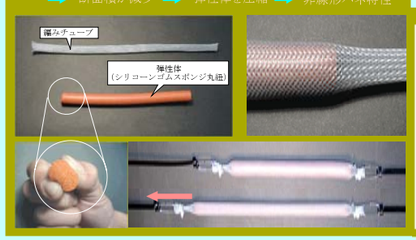
[B] *SAT*の構造と原理

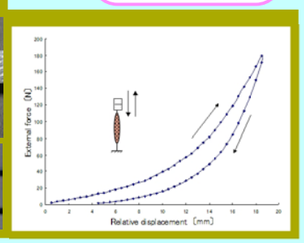
弾性体（シリコーンゴムスポンジ丸紐）を
伸縮性の被覆（編みチューブ）で覆っただけのシンプルな構造



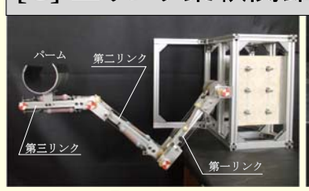
SAT (Stiffness Adjustable Tendon)

SAT を引っ張る ➡ 編みチューブが伸びる
➡ 断面積が減少 ➡ 弾性体を圧縮 ➡ 非線形バネ特性

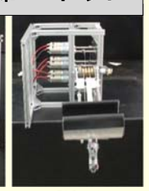




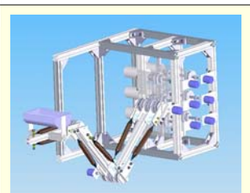
[C] 三リンク柔軟関節ロボット



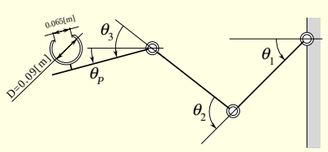
Front view



Side view



アーム リンク長	第一リンク（根元）	0.270 [m]
	第二リンク	0.270 [m]
	第三リンク（手先）	0.235 [m]
関節部 プーリ直径	第一関節	φ56
	第二関節	φ36
	第三関節	φ36
ワイヤ巻取り部 ドラム直径	第一関節用	φ16
	第二関節用	φ16
	第三関節用	φ36
SAT（弾性体）	φ15，長さ 0.05[m]	

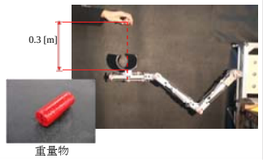


・モータ数　：　1関節あたり2個，合計6個搭載
・*SAT*　：　1関節あたり1対，合計3対内蔵

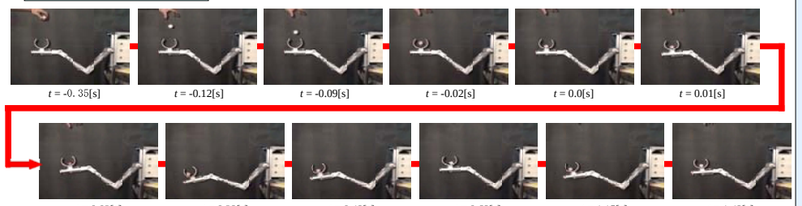
[D] 重量物のキャッチング

実験概要

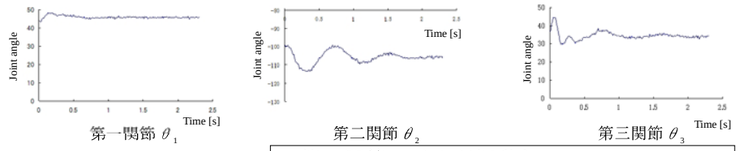
・高さ0.3[m]から重量物を自由落下させ，ロボットアームで受け止める．
・重量物：質量0.5[kg]，直径φ30，長さ0.08[m]の鉄製の円柱
・アームの初期姿勢
　第一関節角度　θ_1=45[deg]　第二関節角度　θ_2=−100[deg]
　第三関節角度　θ_3=37[deg]
（全関節：水平方向を0[deg]とし，反時計方向を正とする）



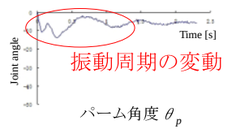
キャッチング実験



各関節の角度変化



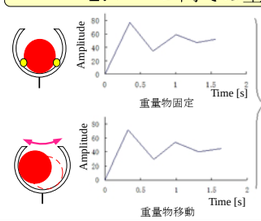
第一関節 θ_1　　第二関節 θ_2　　第三関節 θ_3



パーム角度 θ_p

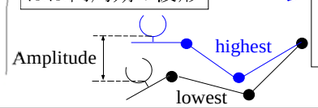
第一関節：ほとんど振動なし．
第二関節：緩やかに一定の周期で振動する．
第三関節：重量物落下直後に細かく振動する．
パーム角度：重力物接触後に細かく振動し，
　　その後緩やかに振動する．

これらのアームの振動では，緩やかな波と細かい波の2つが存在
➡ 重量物がパーム内で転がる場合と、固定された場合のアームの振動を比較し，
1. 緩やかな波長が何であるかを突き止める
2. パーム内での重量物の挙動による振動への影響を調べる．



2. 重量物の挙動による振動への影響はほとんどない．

ほぼ同周期の波形 ➡ 1. θ_2，θ_pの緩やかな振動はアームの固有振動数が支配的．



まとめ

三リンク柔軟関節ロボットを開発し，重量3[kgf]の物体を関節の柔軟性だけでキャッチング可能であることを確認した．

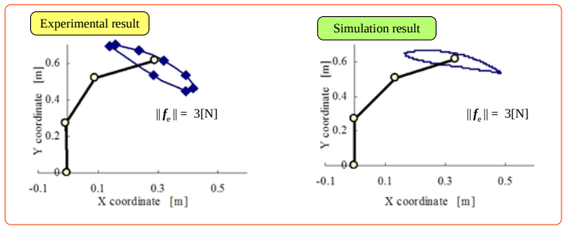
今後の課題

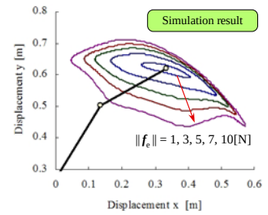
・*SAT*の物理的特性を正確に反映したシミュレーション環境の開発．
・“安全に”キャッチングするための重量物と関節剛性の関係を明らかにする．

・植村充典，金岡克弥，川村貞夫：“機械的弾性要素を利用した周期運動用パワーアシストシステム”，日本ロボット学会誌 April 2008，pp.78~84
・猪俣，小金澤：“非線形弾性要素を有するアクチュエータ（ANLES）を用いた拮抗駆動型手首関節とその剛性制御”，日本ロボット学会学術講演会'04.
・小金澤，清水：“非線形弾性システムを有するアクチュエータを用いた腱駆動多自由度関節の機械式剛性制御” 日本ロボット学会誌，Vol. 22，No.8,pp.1043~1049,2004.
・砂崎，林原“非線形ばねを用いた剛性可変機構の研究”，ロボテクスメカトロニクス講演会'01，2001.

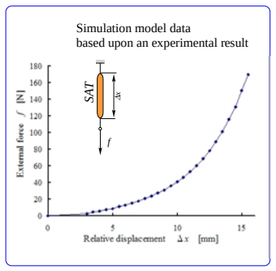
関連研究

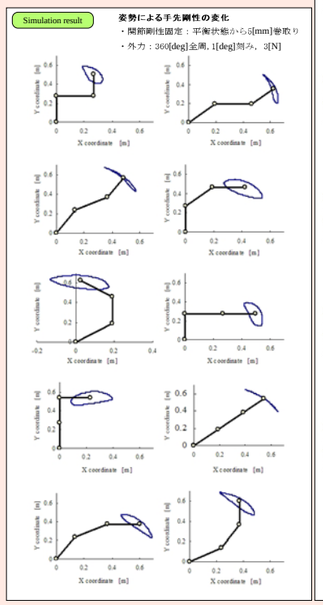
[E] 手先剛性の可制御性（数値解析例）

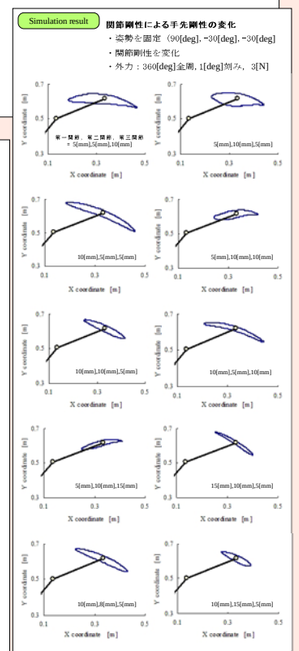




各関節の*SAT*は全て
外力ゼロで張力ゼロの状態を基準とし，
5[mm]ずつ巻き取った状態







関節剛性をコントロールすることで，
同じ姿勢でも手先の剛性を
機構によって制御可能．