非線形バネSATを用いたワイヤ駆動式動力伝達機構で目指す”柔らかなロボット”の実現

講演番号：1A1-E19

セッション名：フレキシブルメカニズム

6月15日　コアタイム：9:30～10:15

○ 白井　達也(鈴鹿高専)
Tatsuya Shirai (Suzuka N.C.T.)
冨岡　巧（鈴鹿高専）
Takumi Tomioka (Suzuka N.C.T)

落下物を受動的にキャッチング可能な三リンク柔軟関節ロボットアームの開発

— 非線形バネ要素の配置位置による構造の違い —

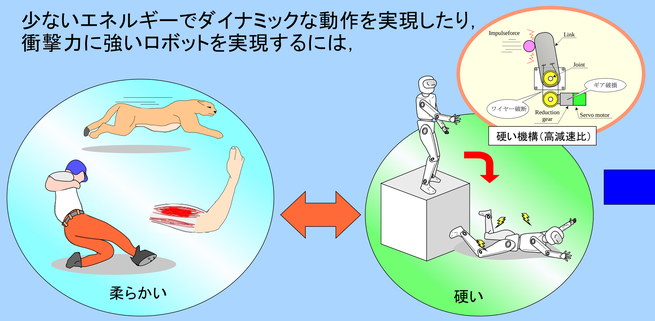
Development of Three Linked Compliant Joint Robot Arm which can Achieve Passive Catching Motion of Free Falling Object

- Difference of Structure According as Layout of Non-Linear Spring Device -

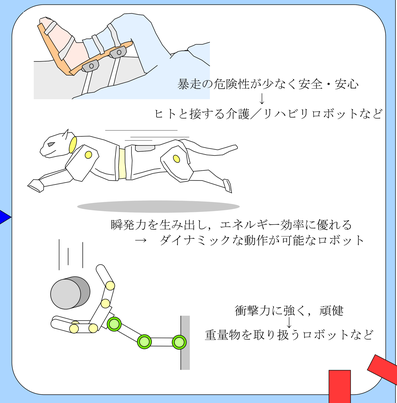
Abstract: We had developed the three linked compliant joint robot. The robot can absorb large impact force that affect toward the robot from external environment when the robot try to do any dynamic actions, for example it try to land on ground, to catch heavy objects, or to tumble down without intention. The robot had equipped with mechanical joint stiffness adjustable mechanism using non-linear spring device named as SAT (Stiffness Adjustable Tendon). The three linked robot arm is not so compact since it has twelve pulleys to lead stainless wire for transmitting power from each motor toward target link. In this report, we had considered to try to reduce the number of idler pulley by re-arranging the layout of SAT. The robot arm which has new layout of power transmission system is simpler and stronger than old one's structure.

[A] 研究の目的

少ないエネルギーでダイナミックな動作を実現したり，
衝撃力に強いロボットを実現するには，



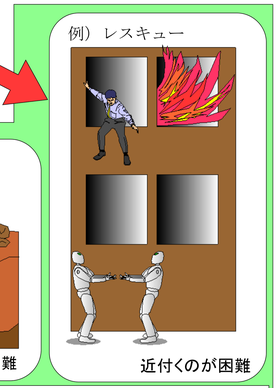
関節剛性を”柔らかく”も”硬く”も調整できる機構が必要



関連研究

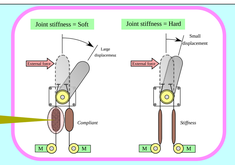
（ラバチュエータ，バネなどに関する研究）
・松下，相良，山下，谷口：「ラバチュエータを用いた一軸ロボットハンドの力制御：離散スライディングモード制御の適用」，日本ロボット学会誌, Vol.11, No.6, pp.461-467,1993.
・小形，磯田，川村：「ウエアラブルロボットのためのゴムアクチュエータ用可変粘性要素の開発」，第19回日本ロボット学会学術講演会, 2001.
・大久保，中野，木村：「ばねとアクチュエータによる跳躍機械の構成法」，日本ロボット学会誌, Vol.10, No.7, pp.948-954,1992.

（柔らかなロボット機構に関する研究）
・森田，菅野：「メカニカルソフトネスとコンプライアンス調整」，日本ロボット学会誌, Vol.17, No.6, pp. 790-794, 1999.
・小金澤，山崎，石川：”剛性可変機構を有する拮抗筋型腱駆動システムとその制御”，日本ロボット学会誌, Vol.17, No. 7, pp.1003-1010,2000.
・砂崎，林原：「非線形ばねを用いた剛性可変機構の研究」，ロボティク・メカトロニクス講演会'01, 2001.
・砂崎，林原：「剛性可変機構を用いたリハビリ用CPM装置の開発」，ロボティクス・メカトロニクス講演会'03, 2003.
・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.

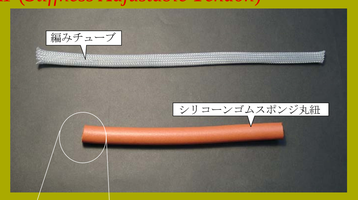


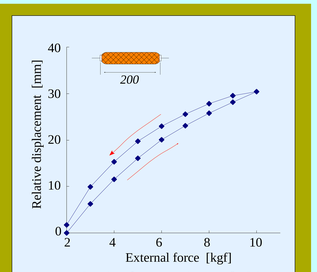
[B] *SAT*の構造と特徴

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）で覆っただけの簡単な構造



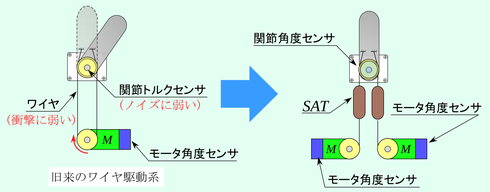
SAT (*S*tiffness *A*djustable *T*endon)





Static characteristic of *SAT*.

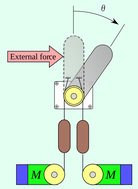
*SAT*を用いたワイヤ駆動式動力伝達機構



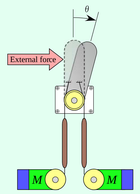
（各関節）
・一対の*SAT*を二つのモータで制御
・関節角度センサでリンクの角度を計測
・モータ角度センサで各*SAT*の変位量を計測

（比較的安定な）変位センサの出力を利用して，
関節角度制御
関節トルク制御
関節コンプライアンス制御
} が可能

関節剛性の調整

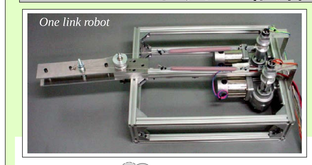


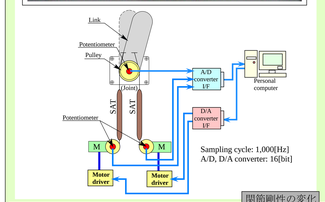
(Compliant)

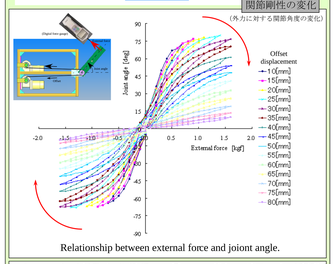


(Stiffness)

[C] 一リンク柔軟関節ロボットの試作



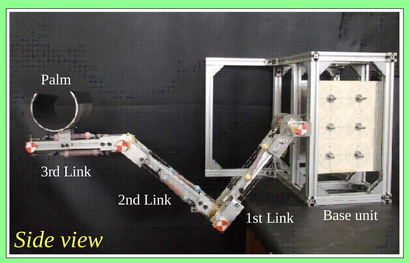


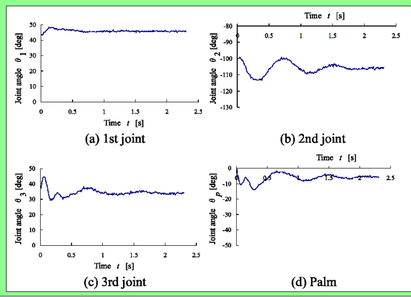


Relationship between external force and joiont angle.

2つのバックドライバビリティの低いDCギヤードモータで駆動する1リンクロボットを用いて，関節剛性のメカニカルな調整と，トルクセンサレスの力制御が実現可能であることを検証した．

[D] 三関節柔軟関節ロボット

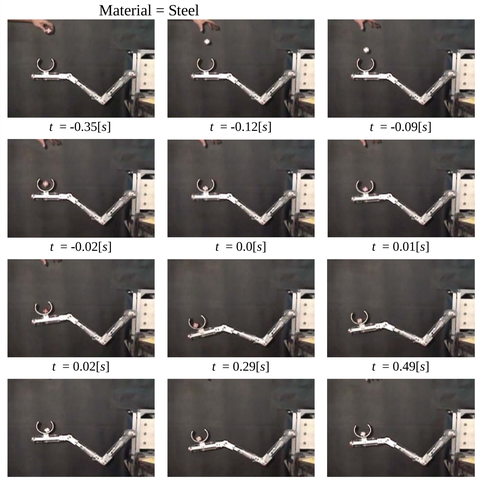




(a) 1st joint　(b) 2nd joint　(c) 3rd joint　(d) Palm

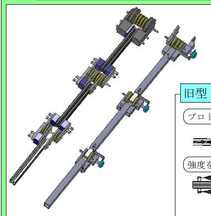
キャッチング実験結果

Object：
Weight=0.5kg
Diameter = φ30，Width = 0.08m
Material = Steel



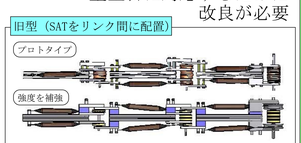
機械的強度が不足

重量物に対応するために
改良が必要



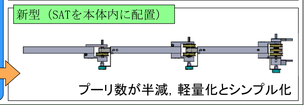
非線形バネ要素
↓
配置の見直し

旧型（SATをリンク間に配置）



重量増加，構造が複雑なためガタが大きい

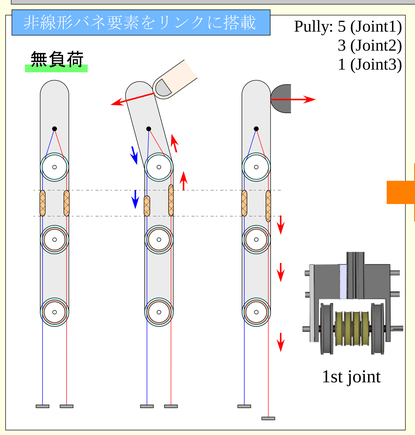
新型（SATを本体内に配置）



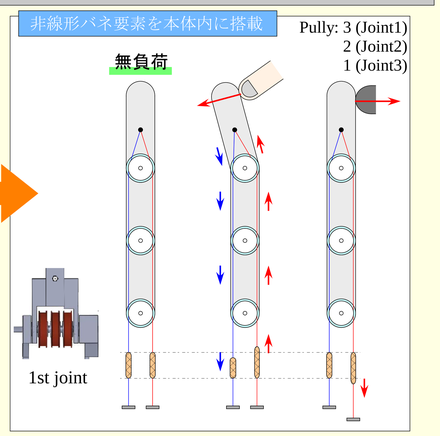
プーリ数が半減，軽量化とシンプル化

[E] 非線形要素の配置と関節剛性調整機構の構成法

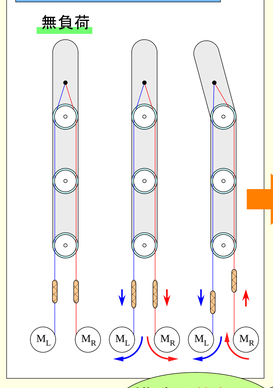
非線形バネ要素をリンクに搭載



非線形バネ要素を本体内に搭載

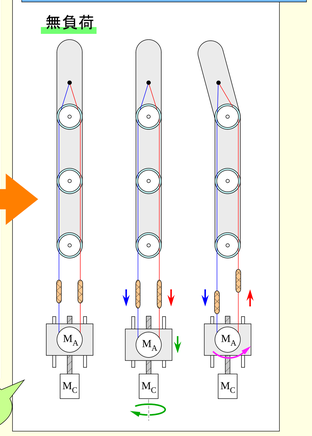


左右同種のモータで制御

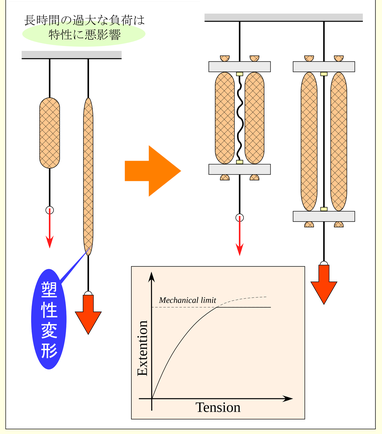


構造は複雑化
制御は容易に

関節角度／剛性調整用モータが独立



不連続非線形バネ特性



まとめと今後の課題

まとめ

・重力方向に運動平面をもつ三リンク柔軟関節ロボットの製作
・実際に落下する対象物のキャッチングが可能であることを確認
・アーム部強度向上のための設計変更の改良方針を決定

今後の課題

○SAT配置を変更した軽量・シンプルな新アームの完成
○関節角度／剛性独立調整方式の駆動系の完成
○変位センサ内蔵の不連続バネ特性をもつSATユニットの開発
○以上3つを搭載した柔軟関節ロボットアームシステムの完成