

M1 リンクの構成法

～見よう見まねからの展開・紙工作・概念設計～

1. 目的

- ・ 「見よう見まね」での1自由度サンプルアームメカの製作体験を踏まえ、設定された目的を達成するための「性能」あるいは「ユニークさ」をうまく発揮できるオリジナルマシンのイメージ(概念設計)を、互いに発表し合い、議論する。
- ・ 概念設計の基礎となるリンクの構成法を理解し、設計したリンクの動作を紙工作により体験、確認する。

2. リンクの構成法

2.1 リンクの自由度

「見よう見まね」で製作したサンプルアームは1つの回転軸(間接)と1本の腕(リンク)から構成され、動作は1変数(回転角度)のみで規定される1自由度のマニピュレータ(腕型ロボット)である。ここにさらに間接とリンクを一系列(=直列、シリアル)に継ぎ足していく場合、間接の数が増えれば、ロボットの動作の自由度も同じ数だけ増える。例えば下図のように、3つの間接(回転間接及び直動間接)とそれらを結ぶリンクを用いれば、ロボットの動作は3自由度となり、X-Y平面上でロボットの先端部を任意の方向に向けることができるようになる。逆に言えば、物をつかむ、押す、打ち返すなど、目的とする動作をどのような変数(位置や向き)で規定するかが決まれば、必要な間接の数は自動的に決まってくる。

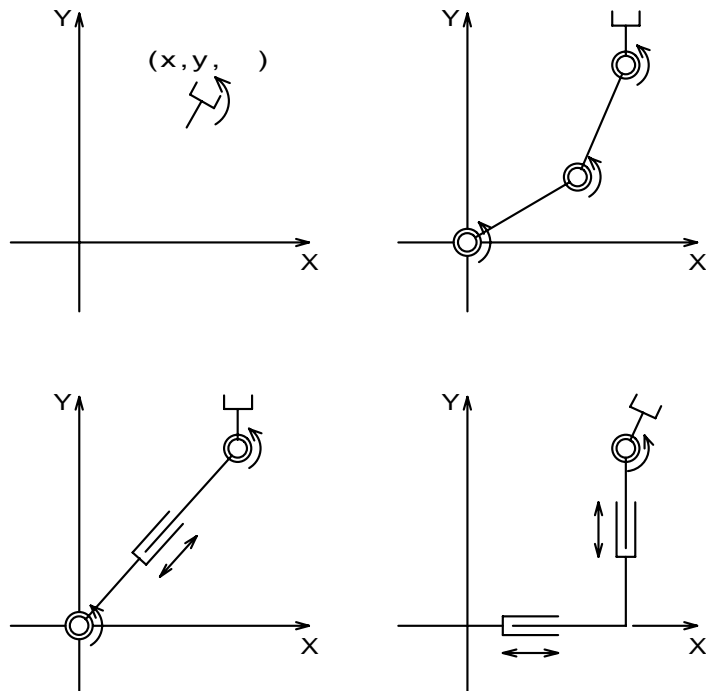


図1 3自由度平面運動を実現できるリンク機構

2.2 シリアルリンクとパラレルリンク

前項で出てきたように関節とリンクを直列(シリアル)につないで構成したリンク機構を「シリアルリンク機構」と呼ぶのに対して、リンクの一部が並列(パラレル)になっていて閉ループを構成しているものを「パラレルリンク機構」と呼ぶ。下図はいずれも3つの回転及び直動間接を用いた3自由度のリンク機構であるが、左はシリアルリンク機構、中央と右はパラレルリンク機構である。左図のシリアルリンク機構は構造が単純で先端部の動作範囲が広いという特徴がある。これに対してパラレルリンク機構は、動作範囲は限定されるが、複数のモーターの合力で動作するため同じ数のモーターを用いた場合でもロボット全体で発生できる力が大きく、すばやく動作させることができるという特徴がある。

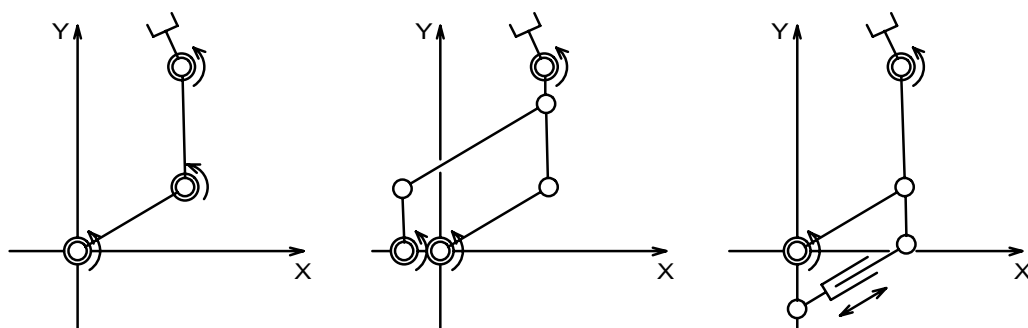


図2 シリアルリンクとパラレルリンク

2.3 不回転機構

ロボットの先端部分を任意の位置あるいは方向に移動させつつ、先端部の角度は一定に保ちたいという場合を考えてみよう。例えば、決まった方向にボールなどを押し出す、先端部に設置したセンサーを常に一定の方向に向けておくといった場合である。下図左のようなシリアルリンクの場合、3つの間接の回転角度を同時に制御(3つの角度の和を常に一定に)すれば、先端部の角度を一定に保つことが可能である。これに対し、中央に示すような歯車列、あるいは右に示すような歯車(又はプーリ)とチェーン(又はベルト)などを用い、ロボットの根元にある歯車の角度を固定しておく、先端部の3個目のモーターを用いなくても、先端部の角度を一定に保つことができる。

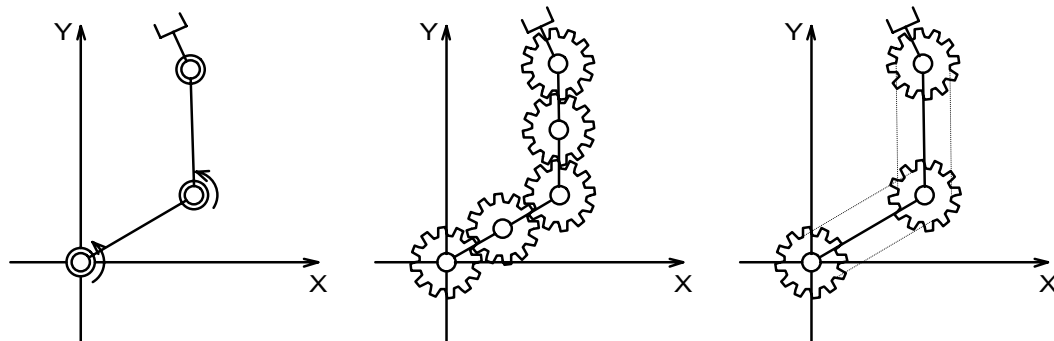


図3 不回転機構

2.3 トルクと角速度

ロボット先端部で何か物を動かしたい、例えばボールを押し出すといった動作をさせようとするときには、どんな範囲でどの方向に押すのかだけでなく、先端部がどの程度の力や速度でボールを押し出すことができるか考えながら、ロボット全体を設計する必要がある。先端部が各関節の回転方向に発生できる力は $F = \tau / L$ (τ は各関節で発生できるトルク、 L はその関節から先端部までの長さ) である。特にシリアルリンクを用いた場合、ロボット全体を回転させることになる一番根元の関節は先端部までの長さ L が大きくなるため、トルクが同じなら先端部で発生できる力 F は小さくなってしまふ。さらにロボットの自重が重すぎたり、関節部の摩擦が大きかったりすると、うまくボールを押し出すことができなくないどころか全く動かないロボットになってしまうこともある。今回の授業でロボットの駆動に使用する RC サーボの最大トルクは 5kg-cm 程度 (詳細は詳細は E コース及び RC サーボの仕様を参照) である。先端部をどの程度の力や速度で動かしたいのか、ロボット全体の寸法をどのくらいにしたいのか、そのためにはどの程度のトルクや角速度が必要なのか計算しながら設計しよう。RC サーボ 1 個でロボット全体を直接回転させるのにトルクが不足、あるいは速度が不足する場合には、例えば平行リンクの応用、歯車やプーリーによる変速など、機構的な工夫も必要である。下図は歯車による変速機構や直動アクチュエータを用いた平行リンクの例である。上段と下段でどちらがより大きな力が出せるか、あるいはより速く動かすことができるか、一見ただけで分かる感覚を養ってほしい。

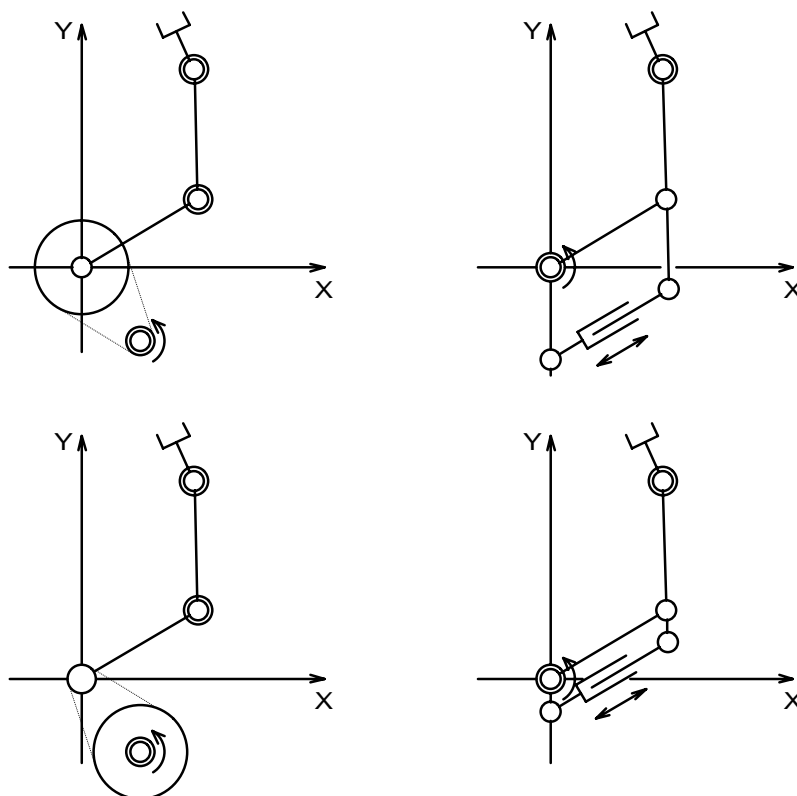


図 4 歯車による変速機構、平行リンクによるトルクや角速度の違い

2.4 ロボットの動かしやすさ

ロボットの先端部で同じものを同じ距離だけ動かす場合に、どのように動かせばより「動かしやすい」か考えてみよう。下図は X-Y 平面上で X 軸上にあるロボット先端部を、それぞれ X 軸方向及び Y 軸方向に距離 a だけ移動させる例である。X 軸上を移動させる左図の場合に比べて、Y 軸上を移動させる右図のほうが関節の回転角度が小さくて済み、より「動かしやすい」ことがわかる。しかし、右図の場合には、根元のモータにおいて左図の場合よりも大きなトルクが必要とされる。機構的に「動かしやすい」かどうかは、実際に「動かせる」かどうかとは別である。

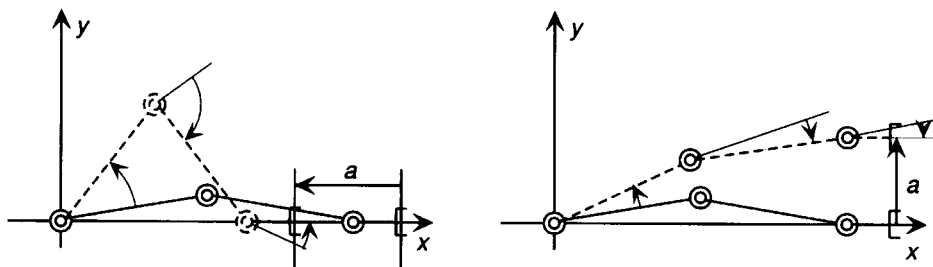


図5 マニピュレータの動かしやすさ

3. 紙工作による戦略検討と概念設計

上述のリンクの構成法に関する基礎知識を踏まえた上で、各自の新たなアイデアも盛り込み、授業で説明される目的を果たすためのロボットのメカニズムを挙げられるだけ挙げてみよう。そのうち特に「性能が良い」あるいは「ユニーク」だと思うものの動作を紙工作で確認してみよう。下図は 4 節平行リンクの 1 つのリンクから垂直に腕を伸ばしたものを工作した例である。工作用紙上に 2mm 厚のポリスチレンボードを 2cm 幅でカットしたリンクを並べ、関節部に裏側から画鋲を刺し、正面から消しゴムを刺すと簡単に工作できる。腕の部分は角度一定のまま、ある程度の範囲でほぼ鉛直に平行移動できる。

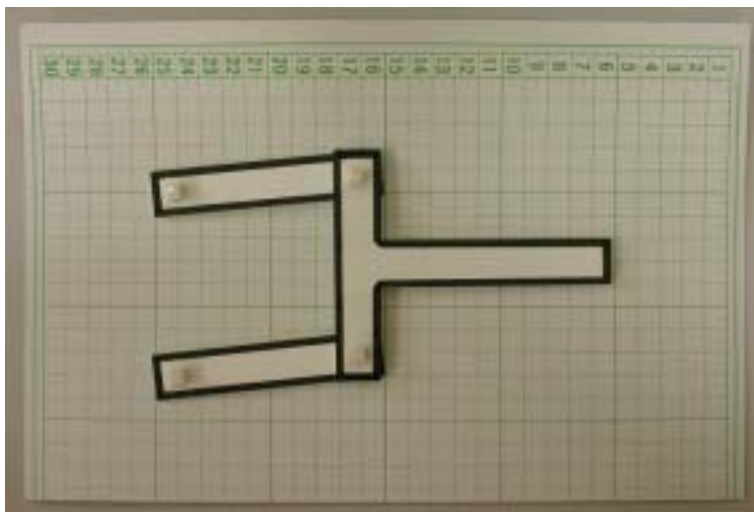


図6 紙工作によるリンク機構の動作確認