

パルス制御方式空気圧義手

AIT HAND II

新宮博康・加藤厚生

AIT HAND (II) PULSE CONTROLLED
PNEUMATIC POWERED MANIPULATOR

HIROYASU SHINGU・ATUO KATO

パルス制御方式による、空気圧義手を試作した結果を報告する。

義手は手部、前腕部、上腕部より構成され、手部は力を、手首および肘の屈伸と前腕の回旋は角度を制御している。

それぞれの制御はマイクロコンピュータによって行なわれている。

動力源としては圧搾空気を用いており、応答の速さを早める事、動作をやわらかくする事および重量の軽減を図った。

この試作義手の特徴はマイクロコンピュータによるパルス制御を行っていることにあり、このことにより制御回路は単純化されている。尚この報告は1977年バイオメカニズムシンポジウムにおいて口頭発表したものである。

まえがき

義手に対してなされる主要な要求は(1)基本動作の多様性、(2)重量バランス、(3)動力源の問題、の3点である。

以上の他に義手という性格から外観の自然さと動きの自然さが要求される。

筆者らは開発に当たって基本事項を上述の要求に沿って(1)自由度数とその配置、(2)制御方式、(3)動力の3点にしばった。

○ 自由度とその配置

自由度数を多くすればそれだけ機能性は高まるが機構が複雑となることによって逆に重量およびそのバランスの問題が生ずる、また各自由度の協調制御も複雑になる。

試作機では手部を主目的としながら前腕、上腕部も作り、肩関節は省いた。

(1) 手部は示指、中指をそれぞれ3関節1自由度の屈伸、薬指、小指はそれぞれ3関節をもつが1駆動系による1自由度をもたす。

母指は屈伸、回旋の2自由度をもつ構造とするが駆動系は1つとして屈伸回旋が相前後して生ずる様にする。

- (2) 手首は1自由度の屈伸とする。
- (3) 前腕部に1自由度の回旋機能を与える。
- (4) 肘は1自由度の屈伸とする。

各指は屈曲動作に対して単動形アクチュエーターを用い、伸展動作はバネの復原力によっている。

手首の屈伸、前腕の回旋、肘の屈伸は複動形アクチュエーターによる。

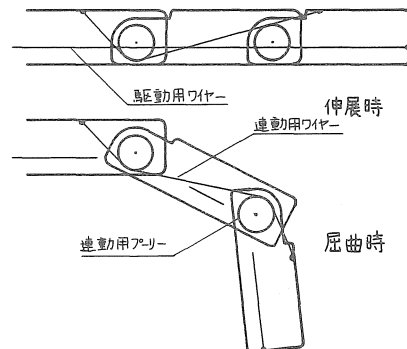


図1 指構造図

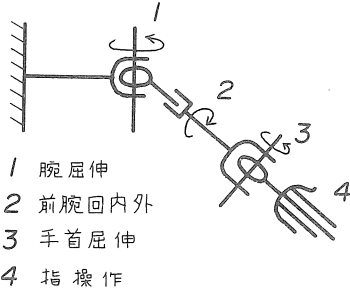


図2 自由度とその配置

○ 制御方式及びその周辺

全デジタル制御方式を採用し、マイクロコンピュータと直結する、このため、センサーからの入力情報はデジタル検出とし、アクチュエーターの制御もデジタル方式とする。

センサーとして手部には接触検出器を設け力制御を行う、また手首、前腕の回旋及び肘の各関節には角度検出器を設け角度制御を行う。検出部および駆動系の構成図を図るに、概要構造を図4に示す。

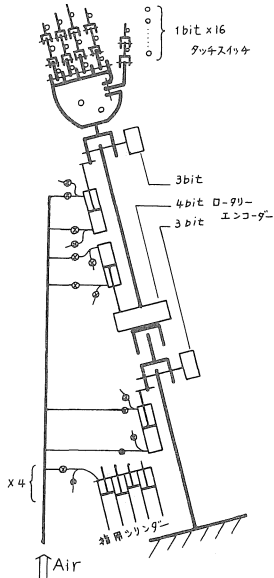


図3 駆動系構成図

○ 動力

力源として油圧、空気圧、電力が考えられるがそれぞれに長所、短所もっている。

筆者らは空気圧を採用した。

空気式の長所は動作が柔軟になること、応答が電気式

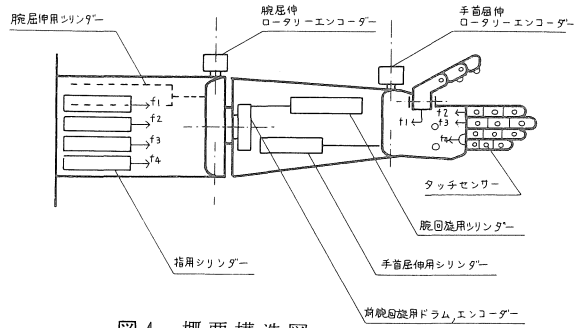


図4 概要構造図

に比べ速いこと、アクチュエーターの選択によっては重量を軽くする事が出来ることである。

短所は圧搾空気を作り、蓄えるメカニズムに難のあることである。

○ 機構およびその他の部品について

構造体（骨格）はアルミ板金加工による半シエル構造とした。

指関節以外の回転部分にはボールベアリングを用い極力摩擦の低減を計った。

制御用エアバルブは給気バルブと排気バルブを1対として、指屈曲用の4本の単動形エアシリンダーにはそれぞれ1対づつ計4対、指以外の関節用の3本の復動形エアシリンダーにはそれぞれ2対づつ計6対、合計10対を設けた。

エアバルブは小形軽量で高速応答する市販品を手でできず自作した。

図5に構造を示す。

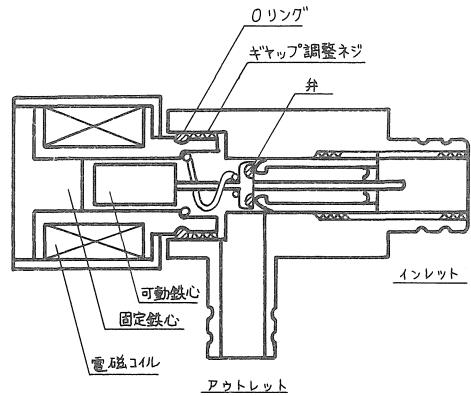


図5 バルブ構造図

極く普通の形式の電磁バルブであるが小形化に留意した。

外殻はアルミまたは真鍮を用い、バルブ本体は自動車

タイヤ用ムシを用いた。

磁気回路にはとりわけ留意し可動鉄芯を含む磁気回路の磁気抵抗を小さくして励磁電流を減少させ、班素鋼を多用して残留磁束を減らし応答速度を高めるなど一般的なことであるが配慮した。

実物を写真1に示す。

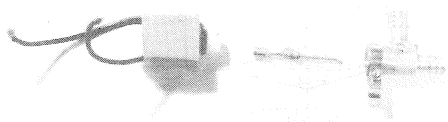


写真1 パルプ分解写真

パルプの重量は約80gr、50パスカルの入出力ポート圧力差において毎秒30パルスで動作する。

励磁電力は10V_{min}、電流1A_{min}を要し10Wとなるが動作パルス巾が2msであるので1パルス1秒当たり約20mWsとなる。

ムシの耐久性を考慮して交換不能な構造としたが75万回の耐久試験後も順調に動作した。

エアシリンダーとしては小金井製作所製ペンシリンダー-KPC型を用いた。

指屈曲用は単動形シリンダー、径10φを、手首、前腕の回旋、肘各関節には複動形シリンダー、径15φを用いた。

使用圧力範囲は単動形で15~80パスカル、複動形で6~80パスカルである。

エアシリンダーで発生した力は、手首、肘関節についてはロッドによるリンク機構により、指および前腕回旋についてはスチール捻線で回転機構へそれぞれ伝えられている。

前腕回旋機構ではスチール捻線とプーリーを使って直線運動を回転運動に変えている、検出器については2種類をもっている。

一つは指に設けられた力検出用接触検出スイッチ、他の一つは手首、前腕、肘に設けられた角度検出用ロータリーエンコーダーである。

指関節には各関節毎に1個づつ、手掌部に2個、合計16個の接触スイッチを設ける。

スイッチのパネ定数を調節することにより設定閾値以上の力で物体を把握した時スイッチが働く様にした。

手首および肘関節には3bitの、前腕の回旋関節には

4bitのロータリーエンコーダーを自作して設けた。

(写真2)

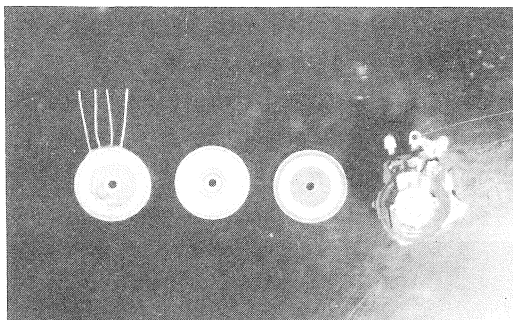


写真2 ローターエンコーダー

○マイクロコンピューター
制御義手の制御回路について

制御回路のブロック図を図6に示す

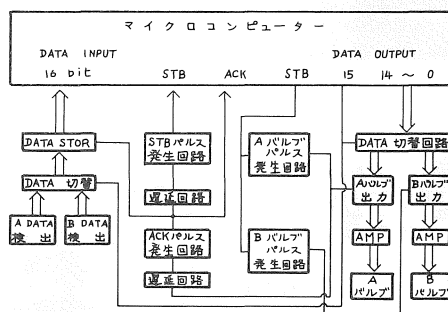


図6 ブロック図

マイクロコンピューターにはそれぞれ16ビットからなるデジタル I/O 装置を介してマイクロバスに接続した。

マイクロコンピューターは8080A系のCPUを使っている。

指、手掌に設けた1bit×6個の力検出力と、ロータリーエンコーダーからの3bit+3bit+4bit=10bitの出力は時分割により交互にマイクロコンピューターへ入力する。

指を屈曲させるエアシリンダーは4本あり、それぞれ給気用、排気用バルブを設けているのでバルブ制御用としては8bitの制御出力が必要となる。

手首、前腕回旋、肘にはそれぞれ1本、計3本のエアシリンダーを用い、複動形であることから6対のバルブを設けることとなり、12bitのバルブ制御出力を要する。

検出器同様にバルブ制御出力は時分割で交互に出力している。

図6に於けるAとBは時分割により分けられたグループを意味している。

上記信号以外にデジタル I/O が要求するACK信号, STB信号を作る回路をもっている。

制御回路は, バルブ駆動用トランジスタ部とデジタル IC で組み立てられた駆動部以外の部分とを別けて上腕部と前腕部に実装した。

写真3に制御回路を実装した前腕部の様子を示す。

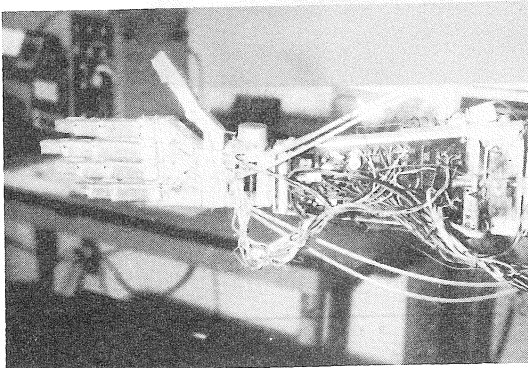


写真3 前腕部

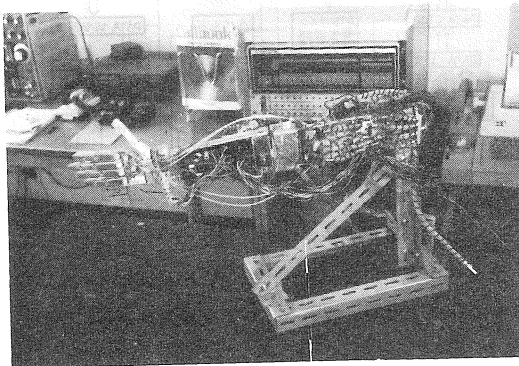


写真4 試作機全体像

写真4は義手の全体像である。

手首から肘にかけての白色チューブは指屈曲用ワイヤが入っている, 給気配管は高圧に耐えるようにチューブの外を補強している。

これらが写真での外見を悪くしているが機能に本質的にかかわる部分ではない。

○ 制御プログラム

義手制御プログラムのフローチャートを図7に示す。

プログラムは大別して, TTYから入力されるコマンドを弁別するプログラムと, コマンドに従って信号の処理をするプログラムとに2分される。

信号処理プログラムでは〔指の状態を検出→コマンド

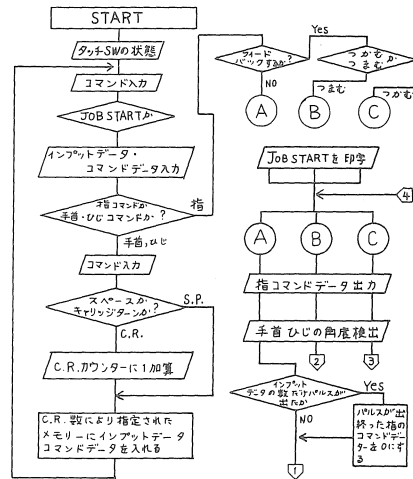
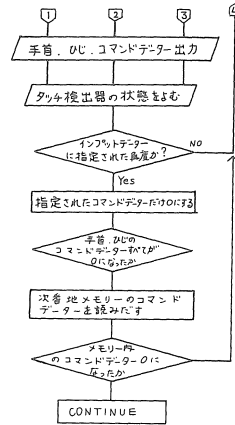


図7 フローチャート図

に従った処理→指制御信号出力→腕部角度検出→コマンドに従った処理→腕部制御信号出力)の順にプログラムは流れ1巡して, 始めにもどる。

コマンドは実行前にメモリに順次ストアして, 1コマンドずつ読み出しを行い実行する。

プログラムサイズは約3Kバイトとなった。

○ 結果と検討

前記プログラムを用いて動作させた。

指は駆動パルス50パルスで全屈曲する。

全屈曲に要する時間は約1秒であり, いくぶん時間を要するがこの原因としてペンシリンドーの内圧が15パスカルに立ち上るまでの時間およびワイヤの摩擦抵抗が考えられる。

指の伸展にも約1秒を要している。

手首は屈曲角90度, これを3bitのエンコーダーによ

り角度検出しているから、角度設定誤差は約13度である
このように検出部の不感帯が大きいため振動を生ずる事
もなく位置ぎめができる利点もある。

全屈曲、全伸展に要する時間は約1秒である。

前腕の回旋部は、回転角80度を4 bit のエンコーダー
で検出しており、角度誤差は約5度である。

回旋運動については腕の長軸まわりの回転運動である
から慣性モーメントも小さく角度設定は安定に行うこと
が出来る。

肘の屈曲角は90度である。

手首と同じ検出能力であるが、慣性モーメントは大き
く、時により振動を生ずる。

トルク不足により、前腕を上下に振る運動は充分には
出来なかった。

制御コマンドのシーケンスや、タイミングを変えて若
干の複合動作を試みた。

母指の作動開始タイミングを、他のそれと変えること
により、つかみ動作とにぎり動作を区別出来る。

対象物体をにぎり、他の位置へ置きかえることもでき
る。

指に設けた接触検出器の設定位置、設置方法が悪く全
面的に機能していないためつかみのパターンを職別して
形状を認識したり、パターンを検出する動作は現在未完
成である。

一般にコンピューター制御方式では個々の基本動作さ
え確実にこなせれば、複合動作はソフトウェアである
程度のレベルまでは実現できる。

この見地から次の段階ではつぎのように改良すること
としすでにA I T H A N D Ⅲの制作を開始している。

1. 堅牢かつ軽量とするため
 - a 骨格またはシエルの軽量化
 - b 回転部分の検討、および改良
 - c 力伝達機構の検討と改良
 - d アクチュエーターの小型、軽量化
 - e バルブの小型軽量化

2. 制御能力を向上するため

- a 角度検出精度を高める
- b 指用接触検出器の改良
- c 指の自由度拡大

未検討課題は次のとおりである

- 1 制御ループを多重化するかどうか。
 - a 手首、肘などにトルク検出器を設けるかどうか。
 - b 指に角度検出器を設けるかどうか。
- 2 動力源の問題
 - a 他の動力源との混用はどうか。
- 3 その他
 - 排気音、バルブの作動音などの問題

むすび

マイクロコンピューター制御による義手は本文中でも
述べたようにこれからの義手の主流となるものと考え導
入した、これにより義手の動きに多様性をもたせること
も実現したが一方検出器、駆動系に多くの未解決の問題
をのこしている。

現段階は基礎実験の入口であり今後機構に改良を加え
ながら、義手としての機能実験を進めてゆく予定であ。

参考文献

- (1)J. C. Baits et al, The feasibility of
an adaptive control scheme for artificial
prehension . Symposium on The basic
problems of prehension , 1968
- (2)加藤厚生 多種類の感覚器をもった人工の手, バイ
オメカニズムシンポ。 1970
- (3)加藤厚生, 新宮博康, パルス制御方式空気圧義手の
試作, バイオメカシンポ 1977, 70~78