

教育用空気圧実験装置の製作

津田 勇*

The Manufacturing of Pneumatic Experiment Device for Education Isamu Tsuda*

要旨： 空気圧は座学だけで理解することは難しい。実習教材的な物があると理解しやすいと思われるが、市販しているものは高額なため自作で実験装置を製作することにした。本報では、自作した空気圧実験装置について報告する。

キーワード： 空気圧実験装置

1. はじめに

山形県立産業技術短期大学校庄内校制御機械科は、令和2年度に学科改編を行い生産エンジニアリング科となった。当学科は、機械設計から加工・組立、電子回路製作、シーケンス制御まで一貫した流れを授業に取り入れ、工業製品や食品の生産ラインのようなメカトロニクス機器を頭で考えるだけでなく実際に「モノづくり」ができる人材育成をしている。このメカトロニクス機器には欠かせない空気圧は重要な要素となっており、生産エンジニアリング科になってから新たに油空圧工学としてカリキュラムに加わった。しかし、座学だけの授業のため理解させるのは難しく、現物の実験装置などがあれば理解しやすくなるのではと考え、卒業研究のテーマとして空気圧実験装置を自作することにした。本稿では、その報告を行う。

2. 市販されている空気圧実験装置

2.1 空気圧機器とは

空気圧とは空気の圧力のことであり、空気は圧縮させることで力を生み出すことができ、空気圧機器とは、空気を圧縮させることにより生じる力を利用した機器のことである。

空気圧機器は一般的に空気圧調整ユニット、方向制御弁、速度制御弁、アクチュエータで構成されている。

空気圧調整ユニットは圧縮空気をきれいにし、かつ水滴を分離するフィルタ、圧力を調整する減

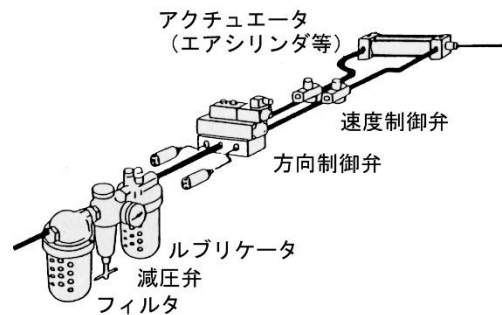


図1 空気圧機器例

圧弁、潤滑油を噴霧するルブリケータと3つの部品で使用することが多く、F. R. Lユニット、エア3点セットとも言われる。

方向制御弁は、アクチュエータに供給する空気圧の流れ方向（流路）切換えを行う。

速度制御弁は、スピードコントローラと呼ばれ、逆止め弁と可変絞り弁が並列で一体になったものである。自由に空気を流す方向と反対方向の絞り弁で流れを調整できるため、一方向絞り弁とも呼ばれる。

アクチュエータは機械的な動作を行う装置のことであり、直線運動（エアシリンダ）、回転運動（エアモータ）、揺動運動（揺動シリンダ）などを行うことができる。



図2 アクチュエータ

* 山形県立産業技術短期大学校庄内校
〒998-0102 山形県酒田市京田三丁目 57-4
e-mail: tsuda-i@shonai-cit. ac. jp

* Shonai College of Industry & Technology
3-57-4 Kyoden, Sakata City, Yamagata, 998-0102,
Japan

2.2 市販の空気圧実験装置の比較

空気圧の理解を容易にするため、既に大手空気圧メーカーや認定職業訓練校が手掛ける空気圧実験・実習装置が市販されている。調査した中で価格の高いものと低いもので、どのような構成になっているのかを比較してみた。



図3 SMC社製 空気圧教育キット



図4 認定職業訓練校製 空気圧教育キット

表1 空気圧実験装置比較

	SMC製 空気圧教育キット	認定職業訓練校 空気圧研修キット
複動エアシリンダ	1	1
単動エアシリンダ	—	—
残圧排気弁	1	1
圧力計	3	2
フィルタ&レギュレータ	1	1
リバースレギュレータ	1	—
クイックエキゾーストバルブ	2	—
スピードコントローラ	2	—
非常停止	1	1
ソレノイドバルブ種類	2位置シングルソレノイド 2位置ダブルソレノイド 3位置クローズドセンタ 3位置エキゾーストセンタ 3位置プレッシャセンタ 4位置デュアル3ポート	2位置シングルソレノイド 2位置ダブルソレノイド 3位置クローズドセンタ 3位置エキゾーストセンタ 3位置プレッシャセンタ
ピストン位置検出	可	可

代表的なところを表1にまとめたが、ほぼ似たような構成になっていることがわかった。認定職業訓練校製のものは標準状態であり、さらにオプションとしてカスタマイズできるようである。

SMC社製のキットの方は表1以外の機能もあるが、

価格が認定職業訓練校製の2倍近く60万円を超え非常に高価である。また、どちらの装置もシーケンスによる動作のためシーケンス制御を理解していないと扱うことができないという問題もあり、空気圧実験装置を自作しようと考えた。

3. 空気圧実験装置の製作（令和3年度）

3.1 コンセプト

空気圧実験装置はローコストで作ることを目標とし、あくまで油空圧工学の授業内で使用する装置のため、授業で学ぶ範囲の知識のみで運用可能とする。アクチュエータには先に述べたもの以外に生産装置に使用されている真空吸着パッドやハンドチャックなどもあるが、教科書の内容に沿うことを前提に機器の構成をするため不採用とした。

比較した2社の装置はどちらも複動シリンダは1本しか使用されていないが、並列回路など回路のバリエーションを豊富にするため複動シリンダは2本とする。複動シリンダの本数を増やすことで各箇所の圧力変化も観察できるようにするため圧力計の数も増やすことにする。

一般的には空気圧の制御はシーケンスを用いたシーケンス制御を行うが、授業内で学ぶ範囲とするため、手動で切換え可能な方向制御弁を使用し圧縮空気（エアタンク）があれば電力を使用せず動作することができ場所を選ばず使用できる。

市販されている装置は、複動シリンダのロッドがどのくらい出ているかなどの位置合わせ制御の教育用と思われるが、自作する装置は動力としての空気圧実験装置として考えることとする。

このようなことをコンセプトとして実験装置を製作していく。

3.2 装置概要

市販の装置は個人教育用のようであり、アタッシュケースに収まり持ち運びが容易になっているが、自作した装置（図5）は多数の学生が同時に見ることを前提にしたため多少大きめの装置になっている。大きさは奥行610mm、横幅450mm、全高510mm、重量は約10kgとなっており校内での移動であれば一人で持ち運ぶことも可能である。

製作可能な回路パターンは複動シリンダを用いた方向制御回路をはじめ、メーターイン、メーターアウトのような速度制御回路、急速排気弁による高速動作回路そしてクローズドセンタ、プレッ

シャセンタ，エキゾーストセンタと呼ばれる3位置電磁弁を使用した中間停止回路を再現可能とした．この3位置電磁弁は基本的にはシーケンス制御で使用する弁であるが，手動スイッチを取付けることで電力無しで動作できるようにした．



図5 完成した空気圧実験装置

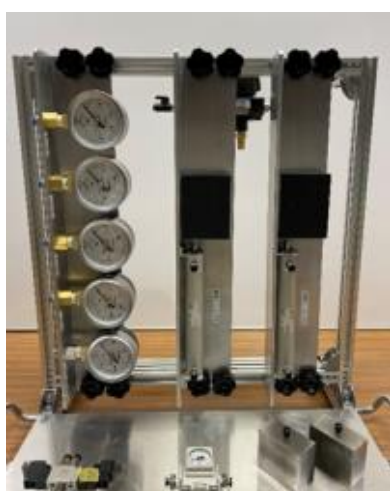


図6 垂直配置の複動シリンダ

複動シリンダを2本使用した同期回路を実際に組むことで生じる問題の再現等アイデア次第では様々な回路を構成することができる．

装置最大の特徴として複動シリンダを壁掛け型とし，水平に設置するだけでなく垂直にも設置(図6)できることが挙げられる．これにより重力負荷による自重を用いた多彩なバリエーションの実験が可能となりシリンダロッドに取付けられたカゴ内の重りを変更することで例題を再現可能としている．その他に圧力計を並べることで供給圧力から各装置の入出力圧の変化を複数同時に確認することも可能である．また，製作費用は3Dプリン

タで製作したものを除き約9万円以下となった．加工も自分で行っていることもあるが，市販の装置に比べ大幅に安く製作することができた．

4. 空気圧実験装置の改善 (令和4年度)

4.1 令和3年度装置の問題点

実際に授業内で実験装置を使用してみたが，改善すべき点が見つかった．

- 1) 複動シリンダの配置を水平と垂直に変更時，一度装置を分解し組換えなければならない．
- 2) 配管するときに実験装置の正面だけでなく裏面からも作業しなければならない．
- 3) 令和3年度使用した複動シリンダでは圧力0.4MPaでおおよそ12kgの重りを動かせる．しかし，12kgの重りではあまりに大きすぎて実験に適していない．また，令和3年度製作した重りは600g程度であり最低圧力の0.1MPaでも一瞬で動いてしまい変化が分かりにくい．
- 4) 重りと重りを入れるカゴが複動シリンダを垂直にして使用した場合，重りがカゴから落下しそうになり危険である．
- 5) 圧力1MPaまで計測できる圧力計を使用していたが，実際は0.4MPa程度までしか使用しないため，圧力計の目盛が小さく読み取りにくい．
- 6) 複動シリンダのサイズが大きく(直径20mm)稼働に必要な圧縮空気の消費が多くコンプレッサが必要になった．

4.2 改善点，改良点

複動シリンダの水平配置と垂直配置を簡単に切り替えられることを重点的に考え，実験装置の改善と改良を行った．

- 1) 複動シリンダと重り部分だけを回転できるようにすることで，水平配置と垂直配置を分解することなくスムーズに切替えることができる．



図7 複動シリンダ配置例

- 2) 継手を左右や下部に固定することで、複動シリンダ部を回転させ水平配置と垂直配置を変えても実験装置の正面の配管のみで回路を変更できるようにした。

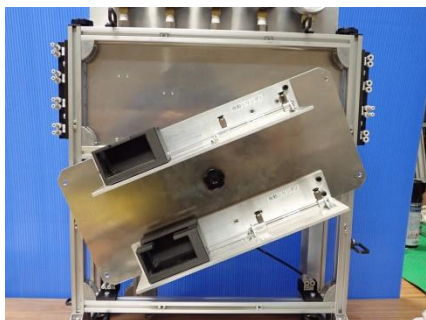


図8 複動シリンダ配置変更の様子

- 3) 今回使用したシリンダは空気圧 0.4MPa でおよそ 1100g の重りを動かせる。そこで、動かせるぎりぎりの重り(1060g)を製作した。
- 4) 新しく製作したカゴは、重りの落下を防ぐため爪や段差を付けた。また、新たに使用する複動シリンダはロッド径が細くカゴがずれることでロッドが曲がってしまう可能性があるためフレームに溝を付け、カゴとフレームがずれないようにした。

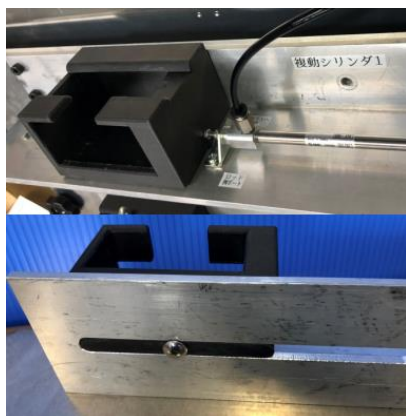


図9 カゴ形状と取付方法

- 5) 目盛の読み取りやすさを考慮して空気圧 0.5MPa まで計測できる圧力計に変更した。
- 6) 内径 20mm, ロッド径 8mm, ストローク 100mm の複動シリンダを使用していたが、内径 6mm, ロッド径 3mm, ストローク 60mm の複動シリンダに変更することで稼働に必要な圧縮空気量が少なくなり、エアタンクの容量で足りるため、コンプレッサを持ち運ぶ必要がなくなった。実験装置の持ち運びが楽になりコンプレッサ稼働による騒音も解消された。
- 7) 複動シリンダを垂直配置で使用する場合、水平配置で使用するより負荷が大きくなり、空気

圧 0.4MPa で 1060g の重りを動かさない。令和 3 年度製作した 600g の重りでも動かせなかった。そこで、垂直配置で使用するための重りを 530g で製作した。これにより水平配置で 1060g との比較もできるようになった。



図10 改善した空気圧実験装置

5. おわりに

複数の改善箇所があったが、複動シリンダの水平配置と垂直配置の切り替えがスムーズに行え、エア配管も接手をすべて前面で行えるようになり操作性が非常に向上した。また、重りを変えることにより圧力のかかり方の違いも読み取れるようになり改善は成功したと思われる。費用も 10 万円程度に抑えることができた。

謝辞

本テーマに卒業研究として取り組んでくれた山形県立産業技術短期大学校庄内校生産エンジニアリング科高橋幸造君、同卒業生の乙坂隼君に感謝します。

文献

- 1) SMC : 空気圧トレーニングキット
<https://www.smcworld.com/support/training/ja-jp/basic.html>
- 2) 認定職業訓練校：実践型 空気圧研修キット
<https://www.agekke.co.jp/training-robot/materials/3-5/>
- 3) 坂本俊雄, 長岐忠則：最新油圧・空気圧の基本と仕組み, 秀和システム