千葉職業能力開発短期大学校紀要 第 24 号（2021 年 12 月）
Bulletin of Chiba Polytechnic College. No.24, December 2021

大型航空機の着陸装置を模擬した教材の製作

Production of teaching materials simulating the landing gear of aircraft

鎌　田　　晃 [*1]

KAMATA　Akira

要 約　　この教材は機械工学概論書にある「機構と運動」の空気圧機構とリンク機構の基本、並びに応用を学習するために、実際の航空機の着陸装置（Landing gear）を細部に渡り模擬・再現させ、模型の作動を通して、学生に機構学の機械的要素と、着陸装置の基本的な動き、装置の構成を理解と習得させることを目的として製作した。その内容について報告する。

1　はじめに

昨今、当航空機整備科には機械に触れたことの少ない普通科課程からの学生の入校が増加している。その学生に機械運動学の講義を行っているが、各機構の動きを平面的に伝える授業では、構成する要素や作動について理解習得をさせる事に苦慮をしている。更に航空機には機構学の仕組みが多く取り入れられているが、解りやすい航空機分野の学習教材が過去から用いられておらず、今回、その主な理由から教材製作を手掛けた。当初、試作品で主構成部品にて基本的運動を教えたところ、学生より機構学を学習する上で、「実際に見ることで関心や興味が沸く」「リアル観を味わえる」との感想を受け、その有効性が認められ、本格的に製作検討を始めた。この教材と同様な機構の動きはインターネット等の動画でも視聴可能だが、実際に不具合探求等の応用学習として指導者側が課題提供でき、その実効性があるとの判断から指導用教材として製作に再着手した。

2　教材の概要

着陸装置（Landing gear）とは、航空機が地上にいる際に機体を支える構造部品で、主な目的は着陸時の衝撃荷重を吸収・分散させて機体を保護することと、地上走行時の路面の凹凸による衝撃の緩衝と吸収であり、脚柱、脚支柱、揚降アクチュエータ、ブレーキ、ホイール、タイヤ、ブレーキ制御機器等で構成されている。（図 1）

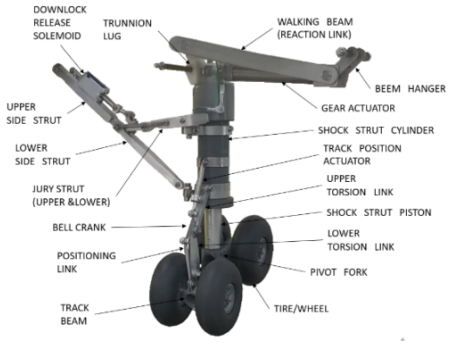


図 1　着陸装置　1)

本教材の Landing Gear の主脚構造部と Landing Gear・コントロール・レバー・モジュールを専用配線で繋ぎモジュールに取り付くコントロール・レバーで揚降操作の電気回路を形成させ、空気圧を動力源としたエアーシリンダーの収縮・伸長で、車輪格納ドアーの開閉と主脚の収納・伸展を行わせる。その一連の動きの中でリンク機構装置の実際や主脚とドアーのシーケンス等についての習得ができる。（図 2）

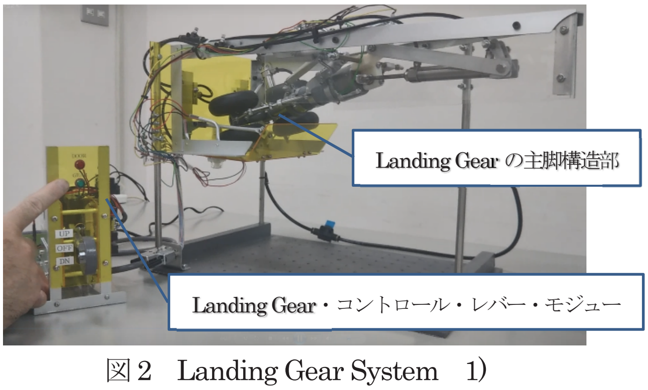


図 2　Landing Gear System　1)

*1　航空機整備科　　　Department of Aircraft Maintenance

３　教材の製作内容

（１）主脚部品の製作（図 3）

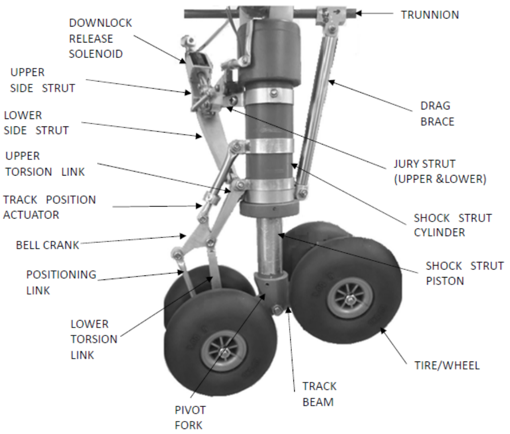


図 3　ボギー式の主脚　1)

①　ショック・ストラット部の製作

主脚緩衝装置部は塩ビパイプを加工し、シリンダー部を上下に可動可能な構造とした。基本的構造は実機と同様に模擬した。（図 4）

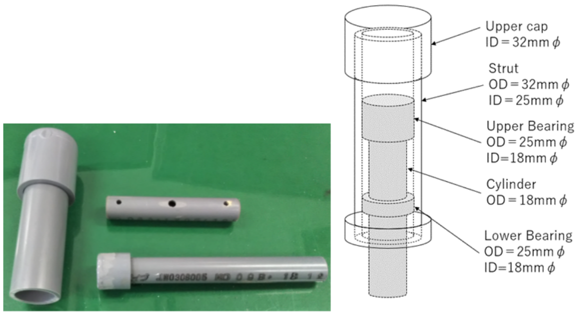
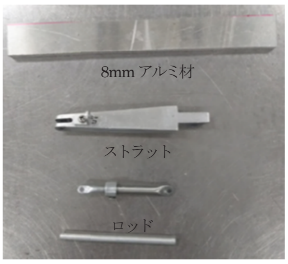


図 4　ストラット部　1)

②各部リンク、ロッドとピボットトラニオンの製作

サイド・ストラット部の製作は、試作段階では 9mm の合板を加工し、リンクの動きを確認しつつ、その後、8mm のアルミ板材を切削、やすり仕上げを行い、接続部位に 3mm φの穴開けて組み立てを行った。加工はすべて手作業で行い、製作時間はかなりの時間を要した。また、各ロッドは鋼丸棒、アルミチューブを指定の長さで切断し、端末を圧延成型して 3mm φの穴開け加工を行い製作した。（図 5）

エアーシリンダーで主脚の上げ下ろしを行う結合部位のピボットトラニオンは、こちらも試作品を木材で加工し動作確認後、試作品の穴の位置寸法を実測し、CAD データー化して 3D プリンターで成形をした。現時点では右脚を模擬しているがデーター化したことで左脚への成形も容易に可能となった。（図 6）



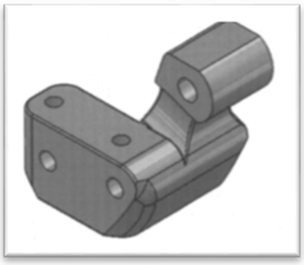


図 5 リンクとロッド 1)　　図 6 ピボットトラニオン 1)

（２）車輪格納ドアー部品の製作

①エアーシリンダーとドアーリンクの結合

当初、ドアーの開閉はエアーシリンダーで直接作動を試みたが、取り付け位置とピストンのストロークが少ないため、ギアー収納の際に十分な開口が得られなかった。その改善のため、中間にリンクを加え、最終的にドアーの最大限の開度82度を確保した。又、一定程度の強度と教材の視点で視認性を確保するため、板厚2mmのカラーアクリル板を採用した。（図 7、図13）

②　エアーシリンダーの補助スプリングの選定

車輪格納ドアーはエアーシリンダーに空気圧が無い時に自重落下するため、ドアーの閉位置保持にばね径6mm自由長70mmのスプリングを加えた。（図7）

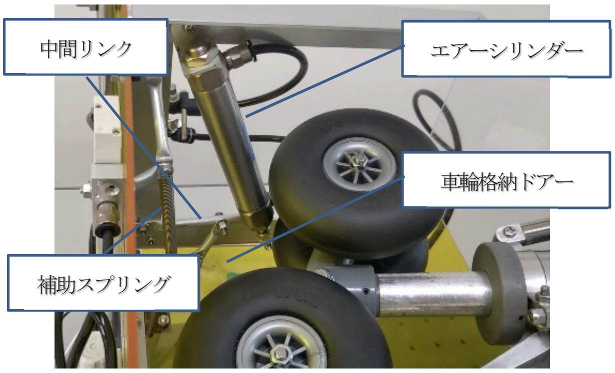


図 7　車輪格納ドアー部品の製作　1)

（３）ギアー・コントロール・レバー・モジュール

①ギアーレバー・プル・ファンクションの製作

航空機で採用されているコントロール・レバーは、レバーポジションを確実にその位置に維持するためにレバー端をスプリング力で窪みに保持している。教材のレバーも保持するよう内部にスプリングを設けた。これにより操作はレバーを引いてから所定の位置に動かす、実機と同様になっている。（図 8）

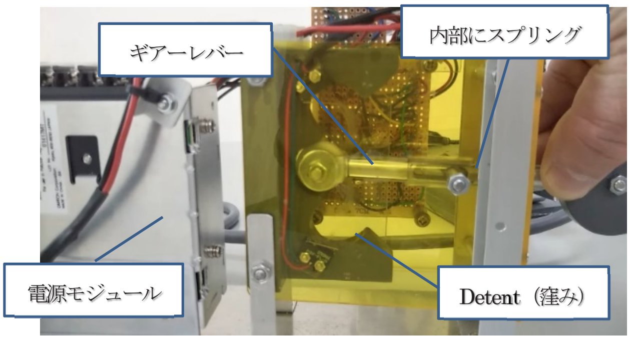


図 8　ギアー・コントロール・レバー・モジュール　1)

②電源モジュールの選定（24V）と回路設計

エアーシリンダーを制御する電磁弁の作動電圧が 24V であり、それに合わせシステム全体を 24V に対応できるようにリレー等の部品選定および回路の設計を行い組み立てた。

（4）システムの回路と配線

①システムのシーケンスの考案

リード・スイッチとリレーにより実機のシーケンスを元に回路図を考案設計し製作を行った。（図 9）

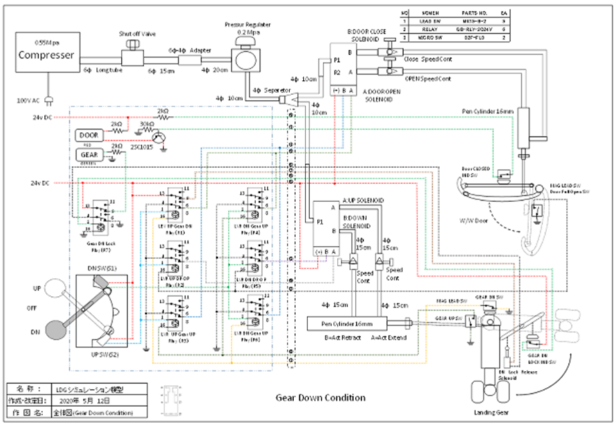


図 9　考案した回路図　1)

②状態表示ライトの回路の開発

航空機ではギアー及びドアーの位置を彩色ライトで表示されており、本教材でも同様に赤と緑の LED ライトを用いて表示をさせている。緑のライトはジェリーストラットに取付く磁石がリード・スイッチに接近すると点灯する。赤のライトはドアーが確実に閉まっていない場合に点灯させるため、Door Closed リード・スイッチから磁石が離れた時、PNP トランジスターを介して点灯させている。（図 10）（図 11）

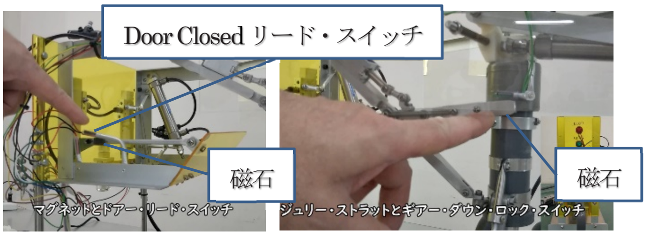


図 10　表示ライト・スイッチ　1)

③14 pin 対応専用ケーブルの作成

試作品からの改善ポイントで授業時に各モジュールの取り回しを容易にするため、ツイストペアケーブル 7 ペアを採用し、13 本の Wire を束ね、各モジュール間の脱着を可能な配線とした。（図 11）

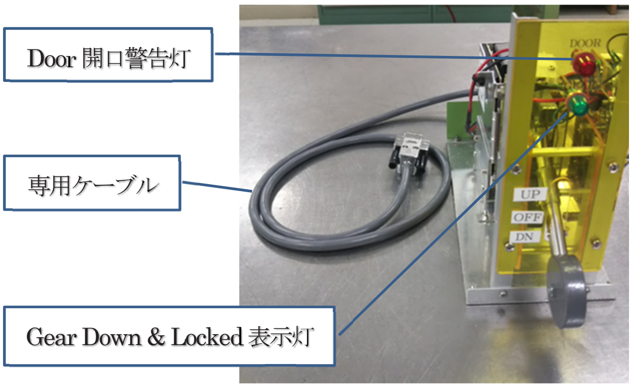


図 11　専用ケーブル　1)

（5）空気圧機構装置とシステムの連携

①エアーシリンダーとリンクの機械的結合と動作

ドアーとギアーのエアーシリンダーの選定はペンシリンダーの有するストローク長とシリンダー単体のサイズを勘案して複動型 50mm ストロークを選定し、作動域を確保した。

②方向制御弁の制御システム（シーケンス）

制御システムは主脚とドアーに取り付く磁石とリード・スイッチよってリレーの接地ラインを制御し、このリレー回路によって方向制御弁を作動させドアーとギアーのシーケンスを作り上げている。（図 12）

③電磁ソレノイドと Down Lock 機構の解除

ギアーの擱座を抑えるために、実機と同様なジュエリーストラットにスプリングを設け、このリンクのオーバーセンターで主脚の不意な作動をロックしている。電磁ソレノイドは、このロック機構の解除をさせギアーのエアーシリンダーが作動できるようにしている。

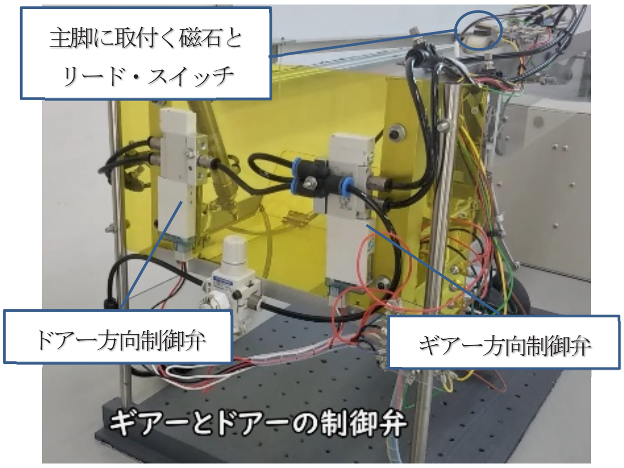


図 12　方向制御弁の制御システム　1)

4　教材の使用により目指す学習の内容

教材を通して「機構学」では機械運動学の機械を構成する要素、機素と各機素相互間の運動を拘束する法則等の内容を習得する。また、「機体学」として航空機に使用されている機械構成部品の基本運動を習得する。具体的には、

①模擬ギアーの揚降操作を行い、ドアーリンク等の動きを観察し Link 機構の仕組みと航空機システムの構成部品の動きを確認する。(図 13)

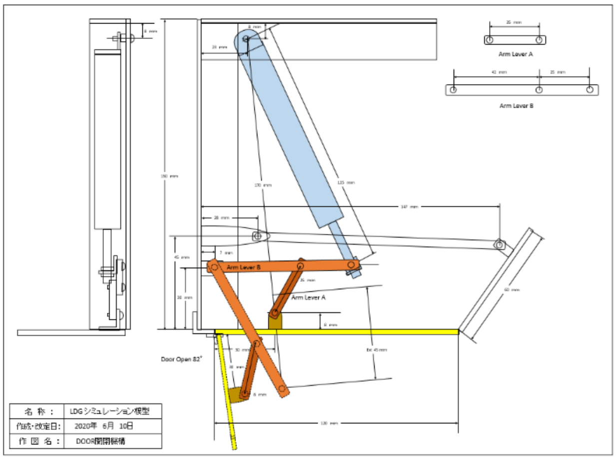


図 13　リンク図　1)

②小型空気圧アクチュエータと空気圧システムの構造と動作を学習し、その後、流体の帰路システムを有する油圧アクチュエータへ発展的な理解に繋げる。

③ギアーとドアーの動きをリード・スイッチが感知し、その信号を元にリレーが互いの動きを干渉させない電気的なシーケンスを作り上げる、その動きの理解と、シーケンスの不具合によるトラブルシューティングの過程や不具合修復の内容を体得する。

④Landing Gear は大型機と同等な機構と機能で製作してあり、脚柱、脚支柱、ブレーキ、ホイール、タイヤ等の作動・構造を理解習得する。(図 14)

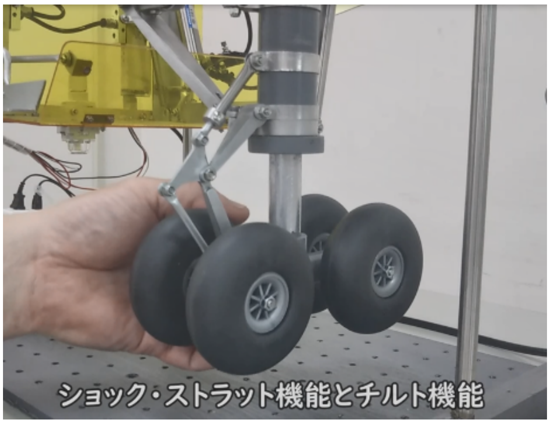


図 14　ショック・ストラット機構　1)

5　終わりに

本教材を使用しての授業は年間で 3 時限分と僅かではあるが、機構学のみならず航空機学の不具合探求の課題提供等、不具合ケースを多彩に想定することができ、学生のレベルや興味に応じた講義も行えると考える。今後も教材を駆使し学生への知見を養って、航空機整備の資格取得の一助として行っていきたい。

最後に 3D 部品の製作に生産技術科の浦辺義明指導員のご協力を頂きました。この場をかりお礼申し上げます。

参考文献

1)　職業訓練教材コンクール投稿資料
2)　ボーイングエアークラフトカンパニー
　　B747　Maintenance　Manual 教育資料
3)　コガネイ（株）
　　卓上エアーコンプレッサー取説書
4)　マルツエレック株式会社ホームページ
　　Marutsu.co.jp/pc/static/company/index
5)　航空技術協会出版　航空工学講座２
　　飛行機構造　第２章　着陸装置