

創造教育実習における金属加工

水野 隆

工学部技術部 実験教育支援室

1. はじめに

創造教育支援センターが工学部1年生に対して行う実習は、前期に開講される「工学基礎実習」において今年から加わった「安全教育」と「デジタル回路実習」・「Boe-Bot 実習」・「Hama ボード製作実習」の4種類と、後期に開講される「創造教育実習」において「Hama-Bot 製作実習」・「コンテスト作品製作実習」の2種類を実施している。ここでは「Hama-Bot 製作実習」の中で実施している「Hama-Bot 製作実習1：シャーシの組み立て—平面加工，立体加工」の部分について原案の段階から現在に至るまでの変遷について述べる。

2. Hama-Bot 製作実習

Hama-Bot とは、前期の「Hama ボード製作実習」において製作された制御基板を搭載して、各学生が1台ずつ製作する三輪の自立走行ロボット(図1-a)の名称である。この Hama-Bot の胴体部分であるシャーシにはアルミニウム合金(板材は A5052 板厚 1.0[mm]・棒材は A2017 直径 7.0[mm])を材料として、「ケガキ作業」・「切削加工(タップを用いたネジ加工も含む)」・「切断加工」・「曲げ加工」の機械加工を行って製作する。

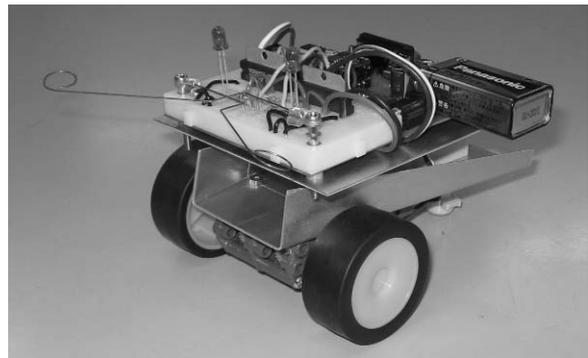


図 1-a Hama-Bot

シャーシを考えるに当たり、Hama ボードを搭載できる大きさにすることと、「曲げ加工」を含むことを条件とし、創造教育支援センターの各人が形状のアイデアを出し合って設計・製作し、そのシャーシを比較・検討した。その結果、図1-bに示すような構造が採用された。この形状は簡単に見えるが、ほとんどの学生にとっては初めての機械加工であるため慎重に作業をしていることと、工作機械の台数にも限りがあるため、実習の説明も含めた全体にかかる時間は適度なものになっていると思う。

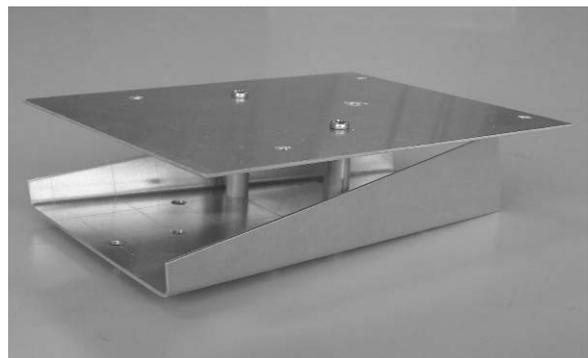


図 1-b Hama-Bot のシャーシ

また作業の手順が多段階にわたっているのも、学生全体に目を届きやすくするためにも、さらにはこちらの気が付かなかった加工法のアイデアを知るためにも、工作技術センターの方々に依頼している支援は欠かせないものとなっている。

3. 修正の履歴

金属加工の作業手順については、テキストに掲載してある順に従えば安全に作業を行うことができ、製作したシャーシに大きな間違いがないように考慮して原案を作成した。

3.1 準備段階における修正

シャーシのスペーサとして使用する棒材の加工は、原案では2本の長さをそろえる段階から旋盤で加工を行うものと考えていた。しかし試作をしてみると、学生が2本の長さをそろえて製作することに、どれほどの労力と時間が必要になるのかといった不安が出てきて、棒材の長さをそろえるためにはフライス盤を使い2本を一度に削ることにした。フライス盤に取付けるバイスにはV溝が1本しかなかったので、長さをそろえる加工を実現するための修正案を考えたところ、工作技術センターの方からバイスのV溝を増やす提案(図2-a)を受けた。この提案は安定した機械加工が行えるのでV溝の追加加工を依頼した。タップホルダーは市販品を使用して作業することを考えていたが、こちらも工作技術センター特製のタップホルダー(図2-b)を使用することにした。

これにより棒材の作業工程はフライス盤で2本の長さをそろえ、旋盤でネジの下穴を作り、タップでネジを作るという3段階になった。

シャーシに使用する板材は Hama ボードの寸法がおおよそ 84[mm]×100[mm]になるので、それに近い寸法の板材を用いて試作をしたが、曲げ加工の位置が板材の端に近く、作業に難しいところがあることに気が付いた。そこで加工をしやすくするために寸法が 100.0×100.0[mm]・100.0×115.0[mm]・100.0×130.0[mm]の3種類の板材を用いて再度試作し比較・検討した。さらに購入する板材の寸法を 1000×1000[mm]で考えていたこと、班の構成は8名を基本とすることも考慮した結果 100.0×125.0[mm]の寸法に決定して製作図面を作成した(図3-a,b)。

板材の加工で使用する器具のうち「切断加工」に使用する器具は切断する板材を押さえるための指と刃の距離が近くになる構造であるので安全性を増やす提案(図2-c)、「曲げ加工」に使用する器具は作業台に固定することが望ましいが、前期の実習も同じ作業台を使用する都合上固定することができないので、加工時の安定性を増やす提案(図2-d)、これらを工作技術センターの方より受けたので、保護具やジグの作製を依頼した。

なお、板材の作業工程は指定された寸法にケガキ線をいれて、ケガキ線に合わせて切断し、再度穴あけと曲げ加工の位置にケガキ線をいれて、必要な大きさの穴を開け、指定された位置で曲

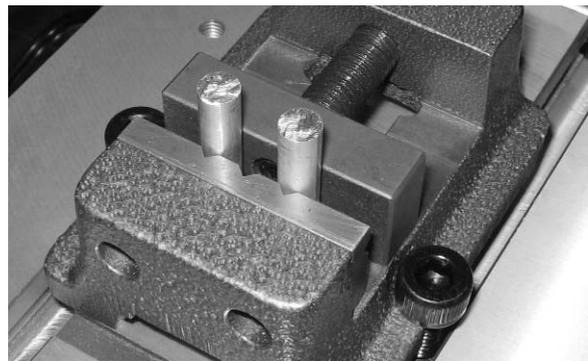


図 2-a フライス盤による加工

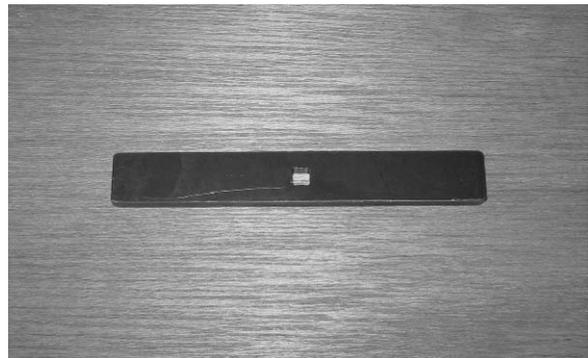


図 2-b タップホルダー

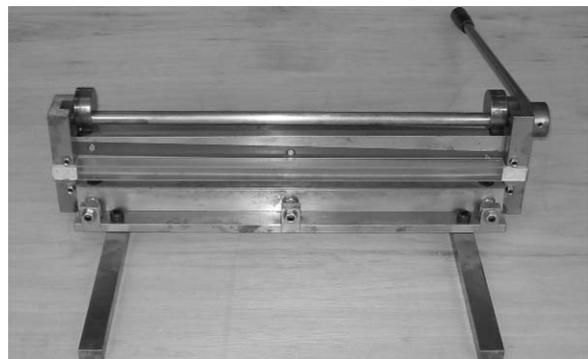


図 2-c 切断器



図 2-d 折り曲げ器

げ加工をするという 5 段階になった。

作業手順全体についても、いくつか重要であり追加すべき項目を工作技術センターの方から指摘された。このことに関しては掲載するテキストへの修正が間に合わなかったため、実習全体の流れを説明するときに学生への注意事項として指示することにした。

3.2 1年目の実習を基にした修正

板材の加工において Hama-Bot 駆動用の電池ボックスを固定する穴や電源とモータ配線用の穴の位置は製作図面上に指定しなかった。これは実習全体の流れを説明するときに、穴の位置についてはヒントを与えるものの、製作者である学生のアイデアに大きな期待を寄せていたためであった。実際に何人かのものづくり経験があると思われる学生は、こちらのアイデアを越えた位置に設計してくれたので良かったと思う。しかし大部分の学生はものづくり初心者であり、彼らにとっては大きな障害となったようである。このことにより学生のアイデアを触発するために見本としていくつかのシャーシを置くことと、次年度の製作図面にはそれらの穴の位置を表示することにした(図 3-c,d)。準備段階において指摘されたものの、テキストへの掲載には間に合わなかった修正も行った。

また採点の際、製作されたシャーシに点を付ける時間がないことと、レポートに設定されている課題の量が少なすぎることに気が付いた。そこで、当日提出する課題プリントを新設することにした。この課題プリントには「機械製図の基本的な描き方」・「電池ボックス固定用の穴と配線用の穴の位置を決めた理由」・「製作された棒材のノギスを用いた寸法測定」の 3 種類を設定した(図 4-a)。

3.3 2年目の実習を基にした修正

組立て時に使用するネジを通す穴については 3.2[mm]の寸法にすることを考えていたが、ドリルセットの都合もあり、不本意ながら 3.0[mm]のドリルを使用して穴あけをするように製作図面上で指示を出していた。このことも原因となり「Hama-Bot 仕上げ」において、Hama ボードに穴あけられた穴とシャーシに穴あけられた穴の位置が合わなくなり、シャーシを修正するために実習を中断しなければならない学生がかなりの人数になってしまったので、3.5[mm]のドリルを使用することにした。さらに、実習の終了チェックの際、

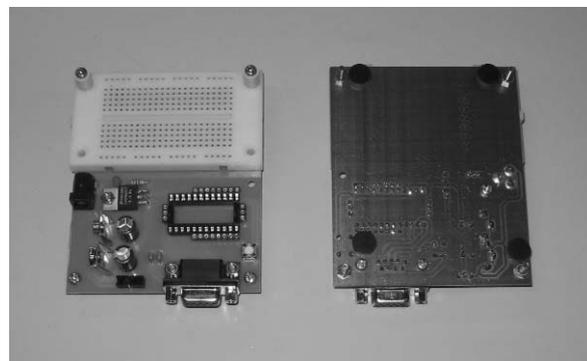


図 2-e チェック用の Hama ボード

製作物の工作精度を確かめるため、チェック用の Hama ボード(図 2-e)を使用して、この Hama ボードがうまくはまらない場合は、この実習の時間内に穴の位置を修正させることにした。

製作図面の基準点は左上に置いていたのだが、「ケガキ作業」の時は下を基準点としてケガキ線をひいていくため製作図面が読みにくくなり、作業中に混乱をしているように見えたので、これを避けるため基準点を左下に移し、穴径の指示も修正した(図 3-e,f)。

学生のアイデアを触発するように配置した見本は、学生が見本と同じものを作ろうといった行動がかなり多く見られ、こちらの意図した効果が少なく感じられたので撤去して、実習の説明時にはシャーシに穴あけの位置と役割について解説を加え、テキストの製作図面と同じものを作るように指示することにした。課題プリントに書き込む図面はテキストの製作図面と向きが異なっており、学生に混乱を与えているように見えたので、製作図面の向きと統一するように課題プリントを修正した(図 4-b)。

3.4 3年目の実習を基にした修正

モータと電源に使用する配線を通す穴径を製作図面上で指示をする際、配線を3本束ねた太さと卓上ボール盤につけられるドリルの最大径を考慮し、6.5[mm]のドリルを使用して穴あけをするように指示していたのだが、「Hama-Bot 仕上げ」において、配線がうまく通せない学生や配線の被覆を削ってしまう学生がいるので、ノス型8.0[mm]のドリル(図 2-f)を使用することにした。この型のドリルはシャンクと呼んでいるボール盤に取付ける部分が細くなっているためで用意してある卓上ボール盤に取付けることができる。ただし、ドリルを交換する際に卓上ボール盤の回転数を低く変更しなければならないという不都合が生じるため、回転数を低く設定した卓上ボール盤を1台追加してノス型ドリルの専用機とすることにした。

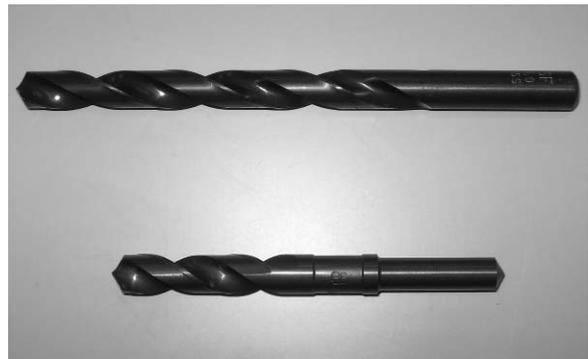


図 2-f 通常のドリル(上)とノス型ドリル(下)

製作図面は簡易 CAD を用いて作成しているため、書かれている寸法的小数点以下の表記にばらつきが出てしまうことが気になっていたため、寸法表示を小数点以下1桁に統一して表示することと、穴径の指示も修正した(図 3-g,h)。課題プリントにおいて設問の一つが2年目の修正が原因となり、ほとんど意味のないものになっていたため、「ノギスの目盛りを読み取る演習」に変更した(図 4-c)。

「コンテスト作品製作実習」の際、電子部品の説明書に第三角法で描かれている外観図を正しく読めない学生がいることに気が付いた。また「安全教育」の際、学生に第三角法による三面図について説明をした後、模型を観察させてその形状を図面に描かせるのだが、正しく描ける学生が少なく感じられたので、三面図に関する資料を作成し(図 5)、実習時に説明を加えることにした。

4. まとめ

今回の報告では創造教育実習における金属加工として、実習の大筋に大きな修正を加えずに学生の知識や経験に合わせながら、こちらの考えたような結果に学生を導いていくにはどのような形が良いのかという視点に立って検討を行い、実践してきたことについて述べた。このことはマイナーチェンジの繰り返しと言われるかもしれないが、毎年のように手を加えていくことが非常に重要であることがわかってきた。

学生にとっては機械工作の入門みたいな感覚で比較的楽しく作業をしているようにも見える。しかし安全な作業を第一に考えなければならないことに加えて「コンテスト作品製作実習」に向けての重要なステップであることを説明している。また、実際に加工を行うことにより「早い作業」より「確実な作業」の重要性に気が付く学生も少なくない。

文献

- 藤間 信久 他, 工学基礎実習としてのメカトロニクス 2006, pp.149-160, 学術図書出版社
- 藤間 信久 他, 工学基礎実習としてのメカトロニクス 2007, pp.149-160, 学術図書出版社
- 藤間 信久 他, 工学基礎実習としてのメカトロニクス 2008, pp.149-160, 学術図書出版社
- 藤間 信久 他, 工学基礎実習としてのメカトロニクス 2009, pp.149-160, 学術図書出版社

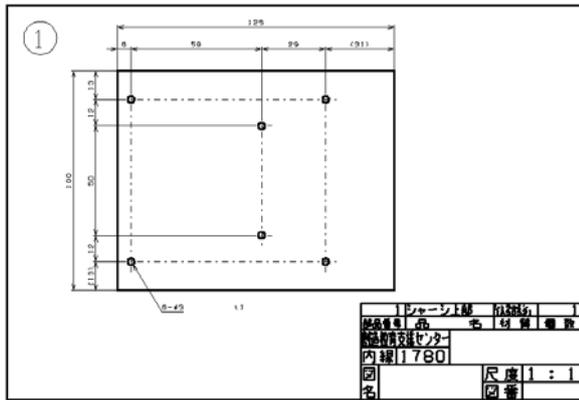


図 3-a テキスト掲載用製作図面(2006 年度版)

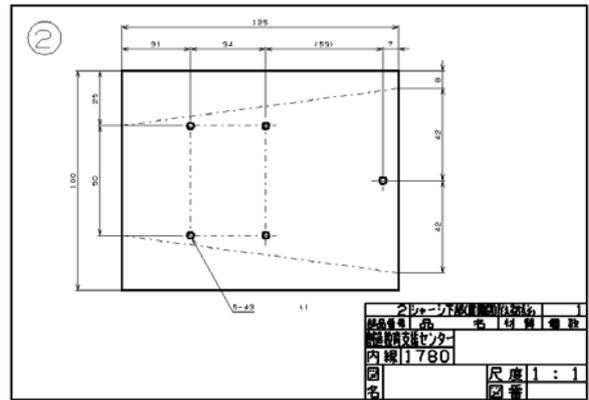


図 3-b テキスト掲載用製作図面(2006 年度版)

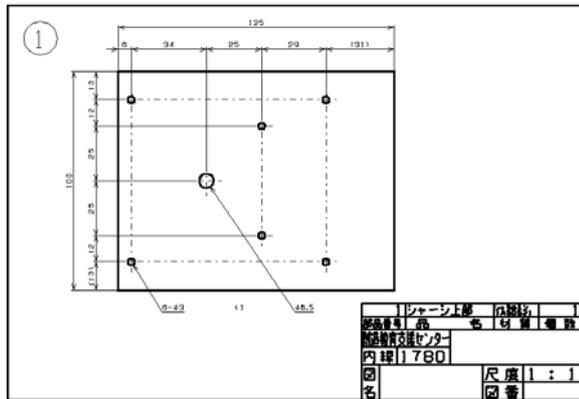


図 3-c テキスト掲載用製作図面(2007 年度版)

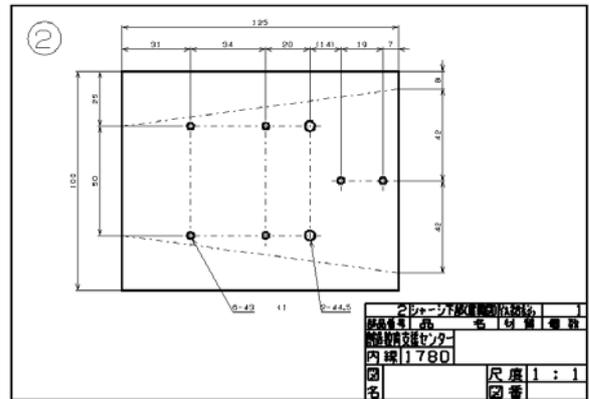


図 3-d テキスト掲載用製作図面(2007 年度版)

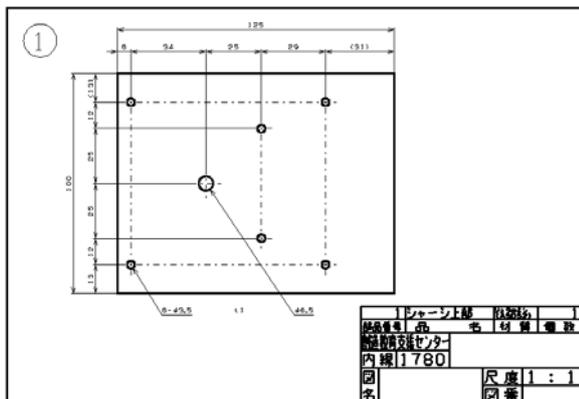


図 3-e テキスト掲載用製作図面(2008 年度版)

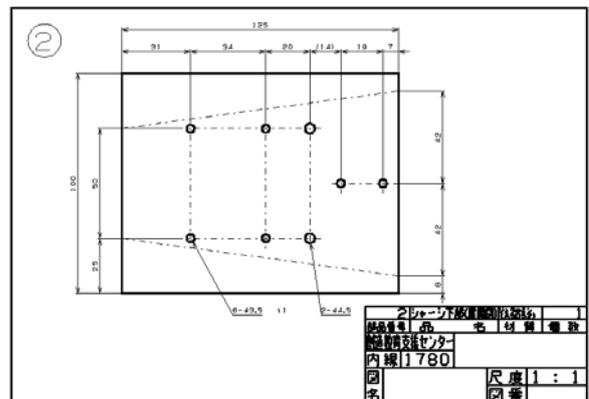


図 3-f テキスト掲載用製作図面(2008 年度版)

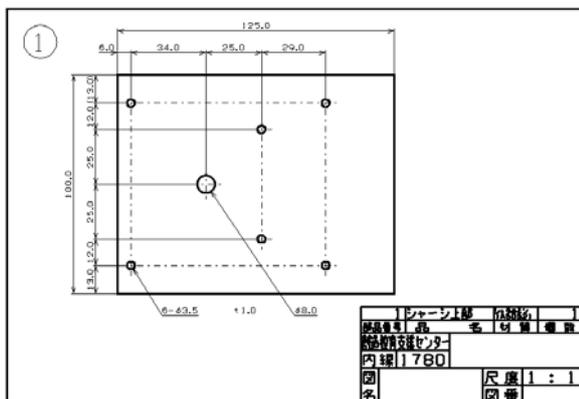


図 3-g テキスト掲載用製作図面(2009 年度版)

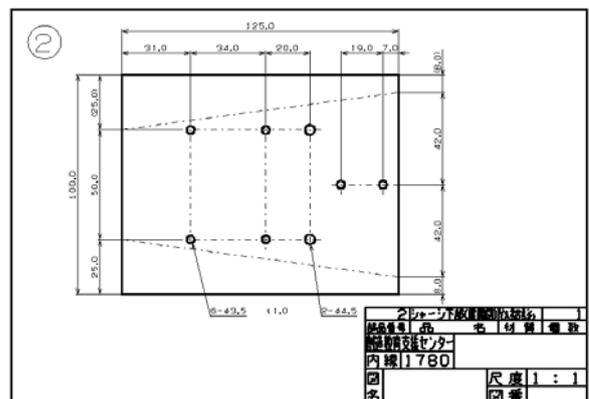
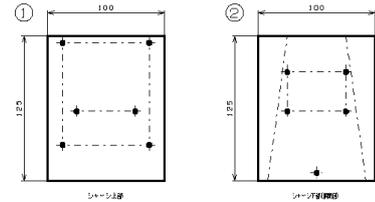


図 3-h テキスト掲載用製作図面(2009 年度版)

h1 実習課題レポート
 実施日: 月 日 姓: _____
 学籍番号: _____ 名前: _____

1) 以下に示す図に追加加工の穴の位置および大きさを記入せよ



2) それぞれの加工はどのような考えで行ったのかを記せ

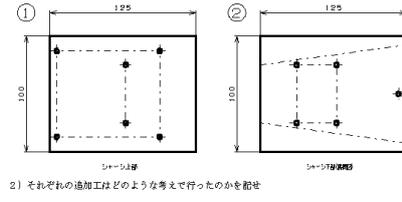
3) スペーサの寸法を測ったときのノブスの副尺メモリの内の位置と重なった数字の位置およびその数字を記入せよ



4) 製作したスペーサの寸法を記せ

h1 実習課題レポート
 実施日: 月 日 姓: _____
 学籍番号: _____ 名前: _____

1) 以下に示す図に追加加工の穴の位置および大きさを記入せよ



2) それぞれの追加加工はどのような考えで行ったのかを記せ

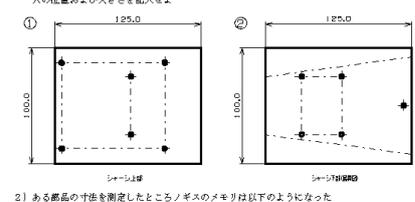
3) スペーサの寸法を測ったときのノブスの副尺メモリの内の位置と重なった数字の位置およびその数字を記入せよ



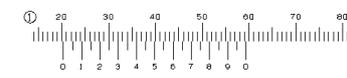
4) 製作したスペーサの寸法を記せ

h1 実習課題レポート
 実施日: 月 日 姓: _____
 学籍番号: _____ 名前: _____

1) 以下に示す図にケーブルを通す穴と電池ボックスを固定する穴の位置および大きさを記入せよ



2) ある部品の寸法を測定したところノブスのメモリの値は以下ようになったこの寸法を読み取れ



3) 本日の実習で製作したスペーサの寸法を測定したときのノブスの副尺メモリの0の位置と重なった数字の位置およびその数字を記入せよ



4) 製作したスペーサの寸法を記せ

図 4-a 課題プリント(2007年度版)

図 4-b 課題プリント(2008年度版)

図 4-c 課題プリント(2009年度版)

三面図と第三角法

奥行きのある立体を表すために、正面図・側面図・平面図を一枚の紙に描く。これを三面図と呼ぶ。まず、正面図として最も代表的な面を描き、側面図は正面図の真横(普通は右側面図)に、平面図は正面図の真上に描く。この配置を第三角法と呼び、日本ではこの方法で描くように規定されている。

イメージをしやすくするため、立方体のサイコロで説明してみよう。①を正面、②を右側面、③を平面(上面)とする(図-1)。すると、④を中央に描いたとき、⑤は④の右真横、⑥は④の真上に描けばよいことになる(図-2)。なお、円柱のように正面図ともう一つの図が同じになった場合、同じになったほうを省くこともできる。

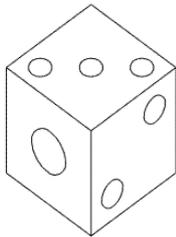


図-1

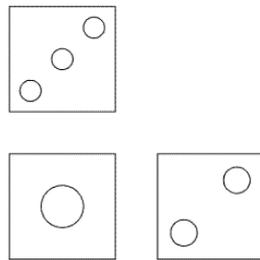


図-2 第三角法における三面図

三面図の読み方

三面図を読み取るには、三面図はどのように描かれているのかを理解する必要がある。第三角法の場合、透明な箱を想像して、その中心に物体(今回はサイコロ)を置く。その想像上の箱の外面に物体の形状を写し取り(図-3)、その箱を展開することにより表現している。

このことから、三面図を理解するに当たって、初心者の方は、正面図と側面図の中間で折り曲げたり、正面図と平面図の中間で折り曲げたりして物体を想像すればよいだろう。

なお、物体によってはさらに左側面図・下面図・背面図を加えて六面図にしたほうがよい場合もある。

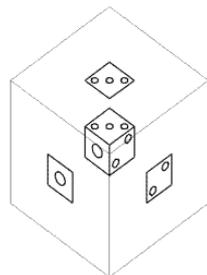


図-3 第三角法による三面図の考え方

第三角法と第一角法の違い

将来就職したときに、外国のメーカーと取引をすることも出てくるだろう。そのとき設計図のやり取りをした場合、第三角法とは違う描き方の三面図に出会うこともある。外国では過去の経緯により第一角法を採用している国も多く、国際規格(ISO)においても第三角法と第一角法は同等の扱いであるので、第一角法も理解する必要がある。

第一角法の場合、右側面図は正面図の左に、平面図は正面図の下に描く。なぜこのような描き方が成り立つのかを説明すると、第一角法も第三角法と同じように想像上の箱の中に物体を置き、物体の奥にある内面に物体を写し取る(図-4)。その想像上の箱を展開すれば、第一角法の図面になる。そこで図-2を第一角法に描き換えてみる(図-5)。

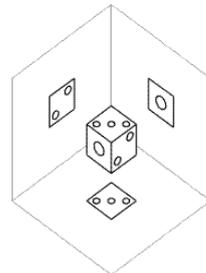


図-4 第一角法による三面図の考え方

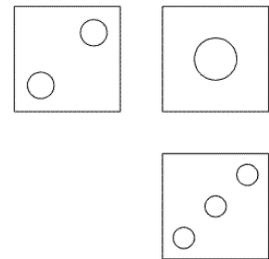


図-5 第一角法における三面図

この図-5の図面を第三角法で読取ってサイコロを製作しても、造られた製品に違和感はありません。しかし間違った読み方で製作したものは完全に別物である。実際の図面では、隠れ線というその方向から見ることで見えない補助の線も描かれていて、第三角法の考え方で第一角法の図面を読み取るとうまく、もしくは第一角法の考え方で第三角法の図面を読み取るとうまくは事実上できないが、間違った読み取り方に気が付いたとき、読み取り方の切り替えやそれまでに経過した時間は余分なことになる。そこで図面には作図法を示す標が設けてあり、第一角法には図-6、第三角法には図-7のようなマークが描かれている。

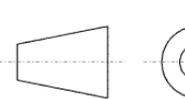


図-6 第一角法の表示

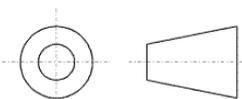


図-7 第三角法の表示

図 5 三面図に関する資料