

Google スライドを用いた作図・製図の受付と個人 およびクラス全体へのフィードバック*

鈴木 寛†

Reception of Diagrams and Mechanical Drawings by Students Using Google Slides and Feedback to Individuals and the Whole Class

Hiroshi SUZUKI

ABSTRACT

This report introduces the reception and feedback of diagrams and mechanical drawings by students using Google Slides. We do this in mechanical drawing and mechanics of materials. In mechanical drawing, Google Slides is used for corrections after receiving drawings, feedback to individuals, etc.

In mechanics of materials, diagrams are drawn only from text. In the classroom lecture, the representative writes the answer and draws the diagram to the question on the board. Almost all questions in regular exam also require students to draw diagrams to the question. In the practicum, Google Slides is used to receive the answers and diagrams and provide feedback on mistakes.

Key Words: Google Slides, reception and feedback, mechanical drawing, mechanics of materials, drawing diagrams to facilitate mechanical problem solving

キーワード: Google スライド, 受け取りとフィードバック, 機械製図, 材料力学, 力学問題を解きやすくするための作図

1. はじめに

大学においては, Microsoft PowerPoint で作成されたスライドまたは pdf 形式ファイルを教室のスクリーンに投影し, それを使って講義を行う機会が多いであろう. 著者の経験に基づくと, 講義内容をスクリーンに投影することにより, 板書を行った講義の約 2 倍の事項を伝達でき, さらに講義時間内に演習時間の確保もできるようになる. 事前に 1 ページに何枚かのスライドをまとめた資料が紙媒体または電子媒体で配布され, 受講生は配布資料も閲覧しながら講義を聴講する. 必要に応じて配布資料にメモ書きを行うが, 板書を行っていた時代のように黒板に描かれた図をノートに描き写す機会はほとんどない.

黒板に描かれた図をノートに描き写したからといって, 確実に講義の内容や扱っている現象を理解できるという保証はない. しかし, 描き写すという理解を助ける一つの機会を無くしていること

* 令和 5 年 12 月 1 日 受付

† 工学部工学科・教授

は確かである。

作図の機会が減少することにより、スケッチの能力が向上しない。スケッチの能力に注目するのは、エンジニアはスケッチにより様々な事項を共有するからである。またアイデアをまとめるときにもスケッチを行う。たとえば、文献 1)は「5 章 コンセプト生成と評価」や「6 章 実態設計」で、製品開発時のスケッチの使われ方について紹介している。エンジニアを養成する大学においては、いくつかの科目でスケッチの能力の向上を意識した作業を行う必要があるかもしれない。

著者は、受講生に現象を表す図を手描きで作図してもらって、現象の理解を深めることを考えた。このような図の回収や手書きされたノートなどの提出と返却は pdf 形式ファイルを使って行われることが多いようである。受講生は、作成された pdf 形式ファイルを LMS(学習管理システム, Learning Management System)経由で担当教員に提出する。担当教員が行う提出後の処理は、①キーボードを使って LMS にコメント等記入後返却、②iPad, Microsoft Surface PC 等タッチペンが使える PC を使って pdf 形式ファイルに直接手書きでコメント等を記入し返却の 2 種類が一般的であろう。

現在、受講生のほぼ全員がスマートフォンを所有しており、手書きされたノートなどを撮影し pdf 形式化することは容易である。文献 2)は、Adobe Scan, CamScanner, Microsoft Lens といったアプリケーションソフトウェアを使用した、スマートフォンで撮影した写真の pdf 形式化の例を紹介している。このほか、Evernote Scannable もこの目的のために利用できるようである。

このように、pdf 形式ファイルを用いた課題の提出・フィードバックが一般的であるが、本報告では Google スライドを用いた作図・製図の受付とフィードバックを紹介する。Google スライドを用いたときの閲覧時と書き込み時の利点を挙げる。

- ・ 閲覧時の利点

著者が使用する Google クラスルームにおいて、予め台紙となる Google スライドファイルを受講生に配布しておけば、次のアカウントの受講生の提出物を「>」ボタンを押すことで、前のアカウントの受講生の提出物を「<」ボタンを押すことで、それぞれ表示できる。アカウント、提出物の順に選んで pdf 形式ファイルを画面に表示させるのに比べ操作が容易である。

- ・ 書き込み時の利点

Google スライドでは、予め用意してある添削のための数字、矢印、記号などを提出物上に貼り付け、添削箇所に合わせてサイズの変更を行うことが容易である。また、画質の改善、一部拡大、複数枚への分割も容易である。このことは、製図の添削時に威力を発揮する。

本報告では、手描きの製図および機械系学科における主要科目の一つである材料力学系科目についての実施例を紹介する。手描きの製図では、課題の受付後の添削、個人へのフィードバック等の処理に Google スライドを利用する。また、Google スライドは用いないが、クラス全体へのフィードバックについても紹介する。Google スライドを用いた製図の受付とフィードバックの利点・欠点を最後にまとめる。

材料力学系科目では、文章のみから作図を行っている。これは、問題文をより正確に記述して、

通常問題文中に存在する補足のための図を受講生自らが描くものである。第1段階として、通常の座学で代表者に問題の解答を板書してもらうとともに、問題を表す図も描いてもらう。第2段階として、定期試験で受講生全員が問題文を表す図の作図を行う。第3段階の演習科目で Google スライドを使って提出された作図のチェックを行い、受講生個々にフィードバックを行う。材料力学系科目では、主として仮想断面における応力分布を描いてもらっている。引張り・圧縮、せん断、曲げに関して作図時に受講生が乗り越えるべきハードル等と、著者自身による改善点について最後にまとめる。

2. 手描きの製図における実施例

2.1 科目「基礎設計製図」の目標と概要

著者が勤務する八戸工業大学工学部工学科機械工学コースでは製図系の科目が「基礎設計製図」(2年前期)、「CAD 設計製図」(2年後期)、「設計技法」(4年前期)と3科目設定されている。この中で著者が担当し、機械工学コース学生が初めて製図について学ぶ「基礎設計製図」は、次の3点を目標としている。

- ・ 設計者の共通言語である JIS にもとづく製図法の知識を蓄えること。
- ・ 学んだ製図法を使って実際に簡単な図面を作成し、製図法の知識をより確かなものとする。
- ・ 立体図で提示される課題を三面図に変換し、空間構成能力を養うこと。

具体的な講義内容を表1に示す。文献3)に示した教科書を使用し、表1の『...』に記した製図法の講義を行っている。学んだ製図法の知識をより確かなものにするために、表に示した①～⑪の11種類の作図を行う。この中で8種を課題について説明した当日に、3種を翌週に提出としている。後述する A4 サイズの方眼紙に手描きで製図する。表中「②寸法が入った立体図からの投影図」は A4 用紙2枚の課題であるが、それ以外は A4 用紙1枚の比較的容易な課題である。

第1回と第2回で『寸法記入法』まで講義し、「②寸法が入った立体図からの投影図」および「③交差する二つの平面による断面図」で、最も基本的な製図を実際に行う。サイズ交差、幾何公差、表面性状といった精度・仕上げに関係する項目に関して、第6回、第7回、第9回に講義する。サイズ交差、幾何公差については講義直後にそれぞれに関する作図を行うとともに、それらの知識を同時に活用する「⑦サイズ公差、幾何公差、表面性状を含んだ製図」の作図を第9・10回に行う。「⑧溶接を含んだ製図」、「⑨押さえボルトの製図」および「⑩通しボルトの製図」、「⑪歯車の製図」といった溶接および単純な機械部品の作図を学期後半で行っている。

「⑧溶接を含んだ製図」のように溶接を含んだ製図は、文献3)のような一般的な教科書の巻末にある参考図に取り上げられることはない。他方、例えば文献4)の例からもわかるように、機械設計技術者試験3級では溶接に関する問題が必ず出題される。機械設計技術者試験3級の試験対策という意味も込めて、「⑧溶接を含んだ製図」を作図してもらっている。

表 1 「基礎設計製図」の講義内容

回	講義内容
1	『製図について, 図面の構成について, 図法幾何学と投影法, 図形の表し方(投影図の種類)』および「①立体図からの投影図」の作図および検図
2	『図形の表し方』, 『寸法記入法』 および「②寸法が入った立体図からの投影図」の作図
3	「②寸法が入った立体図からの投影図」の作図および検図
4	「③交差する二つの平面による断面図」の作図
5	「③交差する二つの平面による断面図」の作図および検図
6	『サイズ公差』 および「④サイズ公差を含んだ製図」の作図および検図
7	『幾何公差の表示法』 および「⑤幾何公差に関する製図 1」の作図および検図
8	「⑥幾何公差に関する製図 2」の作図および検図
9	『表面性状の図示方法, 材料表示法』 および「⑦サイズ公差, 幾何公差, 表面性状を含んだ製図」の作図
10	「⑦サイズ公差, 幾何公差, 表面性状を含んだ製図」の作図および検図
11	『溶接記号とその表示法』 および「⑧溶接を含んだ製図」の作図および検図
12	『ねじおよびねじ部品の製図』 および「⑨押さえボルトの製図」の作図および検図
13	「⑩通しボルトの製図」の作図および検図
14	『ばね製図, 歯車製図, 転がり軸受製図』 および「⑪歯車の製図」の作図および検図
15	総合的達成度確認試験

2.2 方眼紙や貼り付け用 Google スライドおよび添削, クラス全体へのフィードバック例

(1) 製図用方眼紙, 貼り付け用 Google スライドおよび写真貼り付け操作の解説

全 11 種の課題は予め配布した方眼紙に作図する。方眼紙には受講生ごとの学籍番号が印刷され、学籍番号 5 番ごとに異なる野線が印刷されている。これは不正行為抑制および不正行為が発覚した後の対応を行いやすくするためである。貼り付け用 Google スライドは、A4 サイズの方眼紙を撮影した写真を貼り付けることを考慮して、4:3(横長)または 3:4(縦長)の比としている。

受講生は学籍番号が写り込むように作図した方眼紙をスマートフォンで撮影し、その写真を貼り付け用 Google スライドに貼り付けて担当教員に提出する。初回には、受講生のスマートフォンに Google スライドがインストールされていないことを前提に、① インストール方法、② 写真貼り付け時にはスライド部分を 1 秒ほどタッチして「スライドを編集」に移行すること、③ 編集モードのとき画面上部のツールバー「+」ボタンをタップし、「画像」、「写真から」の順に選択すること、④ スマートフォンに保存された図面の写真をタップし、貼り付け用 Google スライドに写真を貼り付けることを解説している。受講生が Google クラブルームで「提出」ボタンを押すと課題の提出が完了する。すでに配布しているファイルを書き換えるだけなので、受講生が新たなファイルのアップロードを行う必要はない。

(2) 添削例, 個々へのフィードバックと, クラス全体へのフィードバック

添削例を図 1 および図 2 に示す。図 1 に示した「③交差する二つの平面による断面図」は、図形の表し方や、寸法記入法についての講義も終わり、簡単な図面を描くための基礎知識を蓄えた時期

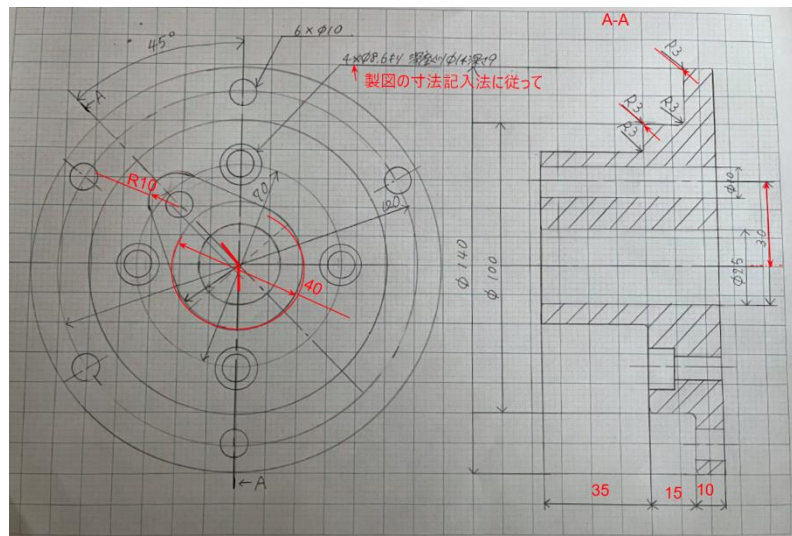


図1 「③交差する二つの平面による断面図」の添削例

の課題である。また、図2に示した「⑦サイズ公差、幾何公差、表面性状を含んだ製図」は、先にも述べたように、サイズ公差、幾何公差、表面性状についての講義も終わり、機械製図の基礎について一通り学んだ時期の課題である。両図とも添削の様子を提示するためのサンプルで、一般の受講生の提出物に比べてやや添削箇所が多い。これらの添削例でもそうであるが、予め用意してある添削のための数字、矢印、記号などを提出物上に貼り付けた後、大きさ・方向を修正することで大半の添削ができる。添削した提出物を受講生個々に返却し、フィードバックしている。

同時に講義を受講する他者の状況を知ること、何人もの他者の体験を共有でき、1回の講義の経験を何倍かに増幅することができる。図3は「③交差する二つの平面による断面図」の作図で多かった間違いをまとめたものである。検図後の最初の講義でこのような多かった間違いのまとめの

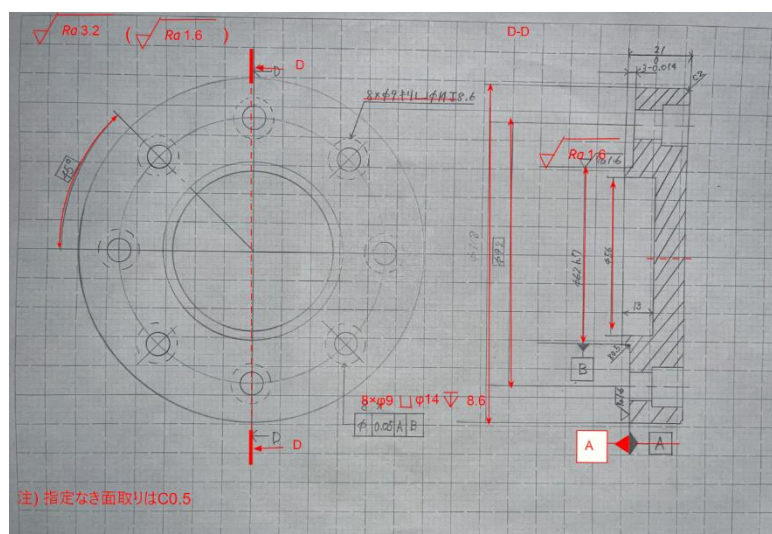


図2 「⑦サイズ公差、幾何公差、表面性状を含んだ製図」の添削例

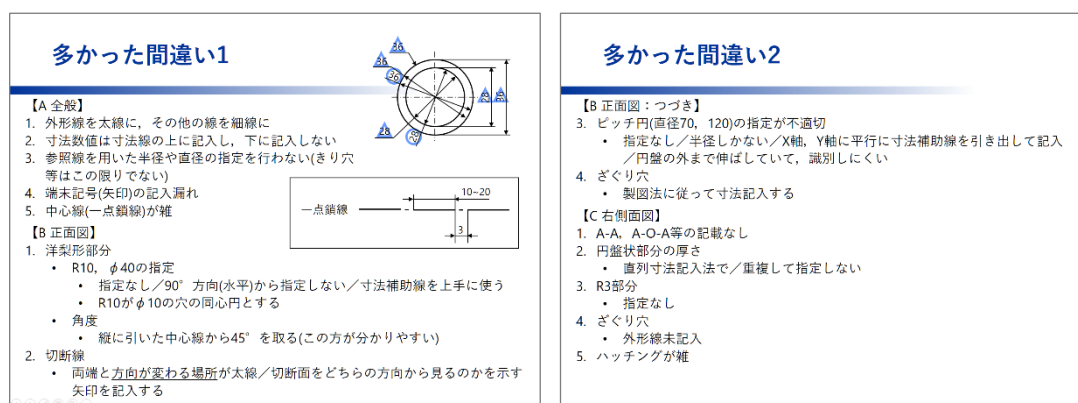


図3 「交差する二つの平面による断面図」の作図で多かった間違い

スライドを提示して、クラス全体へのフィードバックを行っている。受講生は、自身の製図に対する添削のより詳しい意図を知ることができる。さらに、他にどのようなことに注意すべきであったかも知ることができる。講義担当教員は、このようなスライドを一部修正して次年度作図実施前の注意事項の解説の資料とする。

しかしながら、このようないわゆる「ダメ出し」ばかりでは息がつかろう。ベストワンあるいはそれに準ずるものを選んで、どの点が優れているかの解説を実施することを計画している。

3. 材料力学系科目における実施例

3.1 材料力学系科目の構成と内容

著者が勤務する八戸工業大学工学部工学科機械工学コースのカリキュラムで材料力学系科目には材料力学Ⅰ、材料力学Ⅱ、機械工学演習Ⅰにおける材料力学部分(約半分は熱力学)があり、材料力学Ⅰは2年前期、材料力学Ⅱおよび機械工学演習Ⅰは2年後期に配当されている。材料力学Ⅰと機械工学演習Ⅰ(材料力学範囲)の各回の講義内容を表2および表3に示す。必修科目である材料力学Ⅰおよび機械工学演習Ⅰでは文章のみから作図を行っている。選択科目である材料力学Ⅱではこれを行っていない。材料力学Ⅰでは代表者に問題の解答を板書してもらうとともに、問題を表す図も描いてもらう。中間試験や定期試験においてはほぼすべての問題で問題文を表す作図の課題も課している。機械工学演習Ⅰで Google スライドを使って提出された作図のチェックを行い、受講生個々にフィードバックを行う。

材料力学Ⅰでは引張り・圧縮、せん断、曲げ、ねじりの基本的な事項について講義している。これに続く材料力学Ⅱは必修科目ではなく、多くの大学でおこなわれるような、材料力学の教科書の前半と後半を二つの科目に振り分けて講義することは行っていない。材料力学Ⅱでは、技術士一次試験、機械設計技術者3級試験で出題される材料力学に関する問題に正解する力を養うことを目標に講義を行っている。実際、最後3回の講義で技術士一次試験の過去問を解いている。さらに機械設計技術者3級試験については3年後期配当の「機械工学統合演習」の時間に2回分の講義を使って材料力学に関する過去問を解いている。

表2 材料力学Ⅰの講義内容

回	講義内容
1	中実棒に作用する引張応力・圧縮応力
2	中空棒に作用する引張応力・圧縮応力とひずみ
3	せん断応力とひずみ
4	フックの法則
5	応力-ひずみ曲線, 使用応力と安全係数
6	中間試験 1(第1回～第5回の範囲)
7	はりの種類と反力の計算
8	せん断力と曲げモーメント
9	せん断力図と曲げモーメント図
10	曲げによって生じる曲げ応力
11	はりのたわみ
12	中間試験 2(第7回～第11回の範囲)
13	中実棒のねじり
14	中空棒のねじり, 動力を伝達する軸
15	総合的達成度確認試験

表3 機械工学演習Ⅰ(材料力学範囲)の講義内容

回	講義内容
1	一軸引張り・圧縮に関する応力とひずみ (6問)
2	フックの法則(4問)
3	せん断荷重, 安全率(4問)
4	片持ちばりと両端支持ばりに作用する曲げモーメント(4問)
5	長方形断面, 円形断面, 中空断面を持つはりに作用する最大曲げ応力および四点曲げ(5問)
6	はりのたわみ(4問)
7	材料力学範囲の総合演習

機械工学演習Ⅰ(材料力学範囲)では, ねじりを除く材料力学Ⅰで実施した引張り・圧縮, せん断, 曲げについての練習問題を扱っている. 練習問題の解答を Google スライドを利用して受付け, 不正解部分を個人へフィードバックしている. 材料力学Ⅰが準備, 機械工学演習Ⅰ(材料力学範囲)が実践の位置づけである.

3.2 材料力学Ⅰ講義時間中の代表者による解答の板書と作図

材料力学Ⅰでは, 各回3~4問程度の間を Google フォームで提示し, 解答してもらっている. さらに問の中の1問について代表者に教室設置の黒板に問題の解答を板書してもらうと同時に, 問題を表す図も描いてもらう. 代表者が解答する間は令和4年度実施の試験や演習で正解率が低かった問題の中から選んでいる.

問の具体例を図4に示す. この問題は, 円筒の軸方向に圧縮荷重が作用するとき, ドーナツ状の仮想断面に作用する圧縮応力を求めるものである. 応力が仮想断面の面積のみに関係することを理解させるための問題である. この問の受講生の正解率は約9割. 残り約1割の受講生が, 応力の符号が負になることに気づかなかったようである. 数値による解答はほぼ正しいといえるが, 「3.4(4)」で後述するように, 機械工学演習Ⅰで行った作図では不正確なものがいくつか見られた.

3.3 材料力学Ⅰ定期試験での問題例

令和5年度は, 表2に示した中間試験①に出題した5問中4問で, 中間試験②で出題した4問中全問で, 定期試験で出題した7問中6問で作図を課している. 材料力学の試験問題では問題補足のための図が掲載されていることが多いが, これを受講生自ら描くのである.

02_01(代表者)

suzuki@hi-tech.ac.jp アカウントを切り替える

* 必須の質問です

メール *

☐ 返信に表示するメールアドレスとして suzuki@hi-tech.ac.jp を記録する

◆ 問

外径 $d_o=40$ mm, 内径 $d_i=30$ mmの円筒がある(長さは任意). この円筒の一端を固定し, 他端に大きさ50 kNの中心軸方向の圧縮荷重 P を加える.

a. ①中心軸に垂直な仮想断面が外径 $d_o=40$ mm, 内径 $d_i=30$ mmのドーナツ状であること, ②一端を固定し, 他端に大きさ50 kNの中心軸方向の圧縮荷重 P を加えていること, ③仮想断面に作用する圧縮応力 σ を求めること, に注意して, 問題を表す図を描きなさい.

b. 円筒の断面に働く圧縮応力 σ を求めなさい.

円筒に作用する圧縮応力 σ (MPa) 1 ポイント

☐ (a) -90.9 MPa

☐ (b) -70.7 MPa

☐ (c) -39.8 MPa

☐ (d) 39.8 MPa

☐ (e) 70.7 MPa

☐ (f) 90.9 MPa

送信 フォームをクリア

図4 代表者が黒板で解答を板書し問題を表す図を描く問の例(材料力学Ⅰ).

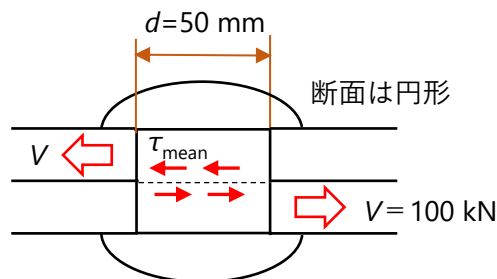


図5 問の解答に直接関係する事項を描く例. リベットに作用するせん断応力.

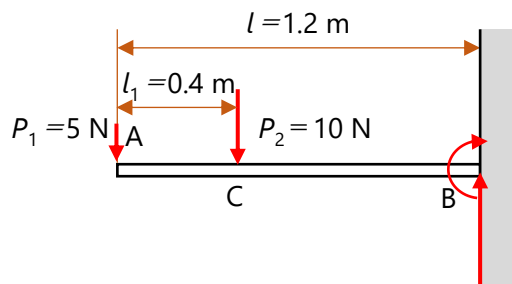


図6 問の解答に直接関係する事項を描き込まない例. 二つの集中荷重が作用する片持ちばり.

次に, 定期試験での問題例および作図についての採点基準を示す.

【定期試験での問題例】 直径 $d=50$ mm のリベットで厚さの等しい 2 枚の板を固定し, 水平な状態に置いた. 上に位置する板には左側に, 下に位置する板には右側に向かって引張荷重(リベットにとってはせん断荷重) $V=100$ kN が作用する. 板間には摩擦力は作用しない. 以下の問に答えなさい.

(a) ① 直径 $d=50$ mm のリベットで厚さの等しい 2 枚の板を固定し, 上下 2 枚の板に反対方向に引張荷重(リベットにとってはせん断荷重) $V=100$ kN を加えたこと, ② 接する 2 枚の板の境界面と同一のリベット内の面に作用するせん断応力を平均せん断応力 τ_{mean} で近似すること, に注意して問題文を図示しなさい. (3 点)

(b) リベット内の平均せん断応力 τ_{mean} はいくらか. (7 点)

作図の解答例を図 5 に示す. この設問全体で 10 点. 作図は其中で 3 点の配点としている. さらに作図 3 点について, 次のような評価基準を設定している.

(a) 厚さが等しい 2 枚の板がリベットで固定され, それぞれ反対方向に引張荷重が作用している.

..... 1 点

(b) 板の境界と同一面内にせん断応力が適切に描かれている。せん断応力が全体の厚さの上から 1/4, 下から 1/4 に位置するものは不可。

..... 3 点

この評価基準は、試験後解答例とともに受講生に公開している。

この問題と同じように多くの問題で、問題に設定された形状・寸法、荷重・拘束条件が正確に描けていれば 1 点, これに加え、問の解答に直接関係する事項が的確に描けていれば 3 点としている。

図に問の解答に直接関係する事項を描き込まない場合も存在する。たとえば、図 6 に示したような片持ちばりに二つの集中荷重が作用するときの曲げモーメント図(BMD)を描く問題である。このような場合には、寸法比・荷重の大きさの比を除いて問題を表す図が描けていれば 1 点, これに加えて寸法比, 荷重の大きさの比が概ね正しければ 3 点としている。

寸法比, 荷重の大きさの比を概ね正しく描けていれば, 算出された解答の確からしさを確認することができるが多々ある。このため, 寸法比, 荷重の大きさの比を概ね正しく描くことの指導は重要である。

3.4 演習科目での実施例

先にも述べたように、機械工学演習Ⅰの材料力学範囲では、材料力学Ⅰで学んだことの復習を行っている。表 3 には各回の講義内容とともに、各回の問の数を記している。各回の問すべてが作図を含んでおり、計 27 問で材料力学に関する作図を行う。

機械工学演習Ⅰでは講義回数の関係で材料力学Ⅰにおける「ねじり」(第 13・14 回)部分を含んでいないが、その他の部分は材料力学Ⅰの内容をカバーしている。

(1) 解答用紙の準備と配布

担当教員は、受講生が他人の解答を写真撮影して送付しても、解答者と送信者が異なることに気づきにくい。不正行為の防止のため、以下のような古典的な手法を取っている。A5 サイズ用紙(A4 用紙半分)に、学籍番号、氏名、問の番号を印刷し、全 27 枚の解答用紙をステープラで留めて、受講生ごとに配布する。受講生は、学籍番号、氏名、問の番号が写り込むように解答用紙を撮影する。用紙を A5 サイズ縦向きとしたのは、著者が所有する 14 インチモバイルモニタを縦向きとすると、Google スライドに貼り付けた受講生の解答の 1 ページ全体が見やすい文字サイズで表示できるからである。

(2) Google クラスルーム経由での貼り付け用 Google スライドの配布と演習問題が置かれた URL の通知

講義の各回で、貼り付け用 Google スライドを受講生ごとに送付するとともに、演習問題が置かれた URL を通知する。貼り付け用 Google スライドの上部には問の番号が予め記入してあり、1 問 1 ページとしているので、その回の問の数とスライドの枚数は一致する。解答用紙が縦長であることと、受講生がスマートフォンで貼り付け操作を行うことを考慮して、スライドサイズは横 14.8 cm, 縦 26.3 cm の縦長とし、9:16 の比としている。

受講生は通知した URL にアクセスし、pdf 形式の演習問題をスマートフォンで閲覧する。問題は Microsoft PowerPoint を使って作成している。原稿サイズは、横 19.05 cm, 縦 33.867 cm の縦長とし、9 : 16 の比としている。残念ながら、「Microsoft Print to PDF」では 9 : 16 の比の用紙サイズを選択できない。そこで、用紙サイズの中から Legal(size)を選択し、横 8.5”(216 mm), 縦 14”(356 mm)の寸法で pdf 形式ファイルとして出力している。なお、受講生が所有するスマートフォンの大半は画面の横と縦の比が 9 : 19.5, あるいは 9 : 20 である。横と縦の比が 9 : 16 の資料であったとしても、全画面表示したときには画面上下に余白ができる。

(3) 回収と Google クラスルームのループリックを使った採点

担当教員は、提出された課題に関して、予め作成しておいた Google クラスルームのループリックを使用して採点を行う。図 7 にループリックの例を示す。受講生にも全く同一のループリックが提示される。異なるのは「評価基準の名前」(図では、1-1(1)および 1-1(2))のフォントの色のみである。

図の例では一つの問について作図(図中<図>と表示)を 2 点満点で、問題の解答(図中<式>と表示)を 3 点満点で評価している。図については、3.3 で述べたのと同様に 2 段階評価とし、問題に設定された形状・寸法、荷重・拘束条件が正確に描けていれば 1 点、これに加え、問の解答に直接関係する事項が的確に描けていれば 2 点としている。

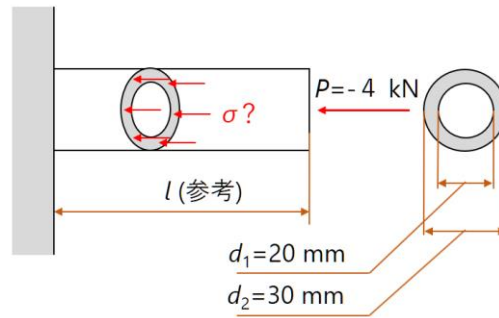
3 点満点のループリックの<式>の部分で、「式のみで、日本語による説明が適切に書かれていない」場合は 1 点としている。見直して自身が理解できる解答を作成して欲しいとの願いを込めて、受講生に式以外に説明の文章も書くように指導している。

(4) 次の回に誤りが多い、あるいは不正確な部分についてクラス全体に解説

受講生から提出された解答採点時に受講生ごとに減点理由をコメントとして書き込む。同時に誤

1-1(1)		12	↑
<図>			
数値, 応力 2 ポイント 数値・単位の記入／仮想断面に等分布の圧縮応力	形状, 圧縮 1 ポイント 外径・内径の比／圧縮荷重	図がない 0 ポイント 図なし	
1-1(2)		13	↑
<式>			
適当な記載 3 ポイント 単位／断面積の算出／応力の定義式への数値の代入	式のみ 1 ポイント 式のみで、日本語による説明が適切に書かれていない	誤・不足 0 ポイント 不正解／記載不十分	

図 7 採点に使用している Google クラスルームのループリックの例



- 圧縮応力は左向きとするのが一般的
- 応力はドーナツ状の仮想断面に均一に
- 矢印の先端が仮想断面に接する
- 外径 d_2 ：内径 $d_1=3:2$
- 与えられた数値を記入(問題を読まなくとも問題が解ける)

図8 誤りが多い、あるいは不正確な部分についてクラス全体に解説

りをまとめて、次の回の冒頭でクラス全体に対して図とコメントを使って解説する。図8はその解説時のスライドの一部である。数値は異なるものの図4に示したものとほぼ同一の問題である。

応力の定義に従って、荷重を円筒の横断面の面積で割って応力を算出するという単純な問題であり、3.2で述べたように実質全員正答である。しかし、同じ問題の作図となると様子が異なる。すべての受講生がドーナツ状の仮想断面に均一に作用する圧縮応力を描けるとは限らない。解答者が誤りを修正できるよう、図8に示した「矢印の先端が仮想断面に接する」のように注意事項を具体的に記載するよう心掛けています。

4. おわりに

本報告ではGoogleスライドを用いた作図・製図の受付とフィードバックについて紹介している。実施してわかった手描きの製図でのその利点・欠点、材料力学系科目で作図時に受講生が乗り越えるべきハードル等と、著者自身による改善点について最後にまとめる。

4.1 手描きの製図

いわゆる手描きの製図科目「基礎設計製図」においてGoogleスライドを用いた製図の受付とフィードバックを行って、明らかになった利点・欠点、その他に関して以下にまとめる。

利点として

- より丁寧な指摘
先にも述べたが、受講生に対して指摘すべき点を予めGoogleスライド上で作図しておいて、必要に応じてそれを貼り付ける。担当教員が手描きで指摘するのに比べより正確で、明確である。
- 検図時の待ち時間の解消

対面での検図を行わないので、受講生の検図前の待ち時間が解消された。

- 提出物保管スペース

製図がデジタル画像化され保存される。紙に描かれた製図を受け取っていた時代のような提出物保管スペースの確保が不要になった。

欠点として

- 口頭による指摘がなくなり、理解されているかの確認が行いにくくなった
これに対応するため、代表的な誤りを次回クラス全体に対して解説し、より深い理解を促している。
- 誤り修正の共有が行いにくくなった
対面による検図で誤りを指摘していたときには、その指摘がクラス全体に広がり、最後の方の提出者はより正確な図を提出していた。

講義を受講する他者の状況を知ること、何人もの他者の体験を共有でき、1回の講義の経験を何倍かに増幅することができる。先にも述べたように、情報の共有を目的に採点後にベストワンあるいはそれに準ずるものを選んで、講義時間中にどの点が優れているかの解説を行う計画である。

4.2 材料力学系科目

材料力学系科目においては、主として仮想断面における応力分布についての受講生の理解を確認している。引張り・圧縮、せん断、曲げについて作図時に受講生が乗り越えるべきハードル等と、著者自身による改善点についてまとめる。

- 円筒に圧縮荷重が作用するとき、仮想断面に作用する圧縮応力

3.2で図4に示したように、円筒の軸方向に圧縮荷重が作用するとき、ドーナツ状の仮想断面に作用する圧縮応力を求める問題は、正負の間違いを除けば、受講生全員が正解できる。しかし、3.4(4)で図8に示したような図を描くにあたっては、実際には存在しないドーナツ状の断面を考えるというハードルと、そこに均一に作用する圧縮応力を描くという二つ目のハードルが存在するのであろう。確実な理解のために、講義科目での代表者による作図(3.2参照)、演習科目での出題(3.4(4)参照)と、繰り返し作図を練習している。

- リベットの断面に作用するせん断応力

3.3で図5に示したような図を描くにあたっては、リベット内で、接する2枚の板の境界面と同一面に仮想断面を考えることが一つのハードルとなろう。また、図5に破線で描いた仮想断面の上の平均せん断応力が下側の面に、下の平均せん断応力が上側の面に作用していることも理解されにくい。そもそも日常生活においてせん断荷重が作用する場面はそう多くない。これを受け、作図の直接的なヒントではないが、せん断の現象理解のために「Shear Strength of a Threaded Fastener - Fastening Theory Part 5」⁵⁾というYouTube動画を講義時間中に閲覧している。この動画は4年前に投稿されているが、現在までに12万回視聴と学習のための動画としては人気があるといえる。

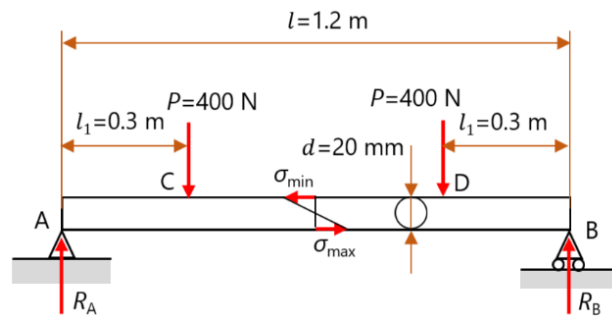
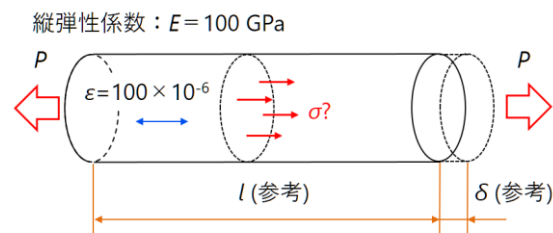


図9 四点曲げの荷重点間の横断面に生じる曲げ応力

- 曲げが作用するはり断面に生じる曲げ応力

図9は、いわゆるはりの四点曲げで、荷重点間の横断面における曲げ応力の分布を描く問題の作図例である。曲げ応力ははり上端において最小(σ_{\min})で、紙面下に向かうに従って減少し、曲げ応力が0となる中立面を通過した後は増加に転じ、はり下端において最大(σ_{\max})となる。講義中の受講生への質問の中で、上端で圧縮、下端で引張りと言ってくれた受講生がおり、上端で圧縮、下端で引張りということは多くの受講生に理解されやすいと考えている。しかし、受講生は初めて材料力学を学ぶのだから、上端で圧縮、下端で引張りであることに気づいても、上端と下端の間で曲げ応力が途中0を取る分布を持つということまでは考えが及ばないのかもしれない。このことを意識して、引張りでも圧縮でもない中立軸の存在を強調して講義することになっている。

引張り・圧縮、せん断、曲げについての例を示したが、そもそも受講生は、力が作用する物体や



- 仮想断面に均等に作用していることがわかるように(縦一列に2, 3本くらいの矢印は本当は不可、矢印の長さが異なるのも不可)
- 引張応力のとき、矢印は右に伸びる(座標軸は右の方向を正とする)
- 文字は矢印の上
- ひずみ ϵ は内部に
- 問題に与えられた数値が入っていないと減点
- 円柱の中心軸と、荷重、応力、ひずみの方向が一致する

図10 初回演習の結果から抽出した指摘すべき事項の一部

境界条件の作図に不慣れである。演習の初期の段階で、何をすべきとはいけないのかも含め、細かな作法の指導が必要となる。図 10 は、初回演習の結果から抽出した指摘すべき事項の一部である。作図に関しては、最も単純な荷重条件から始めるのが良いと考えている。

参考文献

- 1) Dieter, G. E., Engineering Design: A Materials and Processing Approach, McGraw-Hill, 2000.
- 2) 桂田 祐史:授業の提出物を PDF 形式で用意する方法 Ver. 2.1, http://nalab.mind.meiji.ac.jp/~mk/how_to_pdf/ <2023 年 11 月 3 日アクセス>
- 3) 植松育三, 高谷 芳明, 松村 恵理子, 藤本 元:御牧拓郎:初心者のための機械製図第 5 版, 森北出版, 2020.
- 4) 一般社団法人 日本機械設計工業会:2022 年版 機械設計技術者試験問題集, 2022.
- 5) Flexible Assembly Systems Inc: Shear Strength of a Threaded Fastener - Fastening Theory Part 5, <https://www.youtube.com/watch?v=i9SJbCCoACg> <2023 年 11 月 10 日アクセス>

要 旨

本報告では Google スライドを用いた作図・製図の受付とフィードバックを紹介する。実施しているのは、手描きの製図および材料力学系科目である。手描きの製図については、課題の受付後の添削、個人へのフィードバック等の処理について Google スライドを用いて行う。

材料力学系科目においては、文章のみからの作図を行っている。通常の座学で代表者に問題の解答を板書してもらうとともに、問題を表す図も描いてもらう。定期試験においてはほぼすべての問題で問題文を表す作図の課題も課している。最後の仕上げを演習科目で行う。演習科目において Google スライドを活用している。

キーワード :Google スライド, 受け取りとフィードバック, 機械製図, 材料力学, 力学問題を解きやすくするための作図