機械設計の作業に図学は必要か

Is Graphics Education Necessary for Working of Mechanical Design?

牧 博司 Hiroshi MAKI

加川 穂積 Hozumi KAGAWA

概要

表題の答えは簡単である。教師（複数）が必要と考えるか不必要と考えるかである。我が国の社会体制は一応民主主義なので、カリキュラム編成の単位である学科内の大勢が不必要と判断すれば図学という科目は消えていくのである。不必要と考える教師の教育理念を聞く場も無い。図と図面の違いも分からない、図の種類も知らない、図だからCADだと思いついでいる教師に機械設計が分かるはずが無い。故に、図学の必要性が分かるはずが無い。大学という名の教育機関の構成集団である教師と学生の水準に大きな差がある現状において、図学教育が必要と考える学科のみで教育すればよいのではないか。この考え方に立って、表題の題目について議論したものである。

キーワード：図学教育／設計／製図教育／教育理念／民主主義

Keywords : graphics education / design / drawing education / educational theory / democracy

1. はしがき

表題は風呂敷を広げ過ぎているとの感はいない。この命題について筆者らも永年頭から離れられなかったし、きつくない一文を筆者らの一人は本学会誌に発表もしている^{[1],[2]}。文献[1]では図と図面の相違について簡単に例示してあるが、その本意は図形関連の教育に携わっている大学教師（教官と教員）に図と図面の相違についてもっと勉強していただきたいという希望を含めたものであった。しかし、文献[1],[2]に関する反応は今のところ何もない。重複して筆者らの教育哲学を披露する気はないので、本文は少しきつくなる。もちろん、大学教育に限っての議論である。

2. 用語の定義

三省堂、国語辞典、第4版によれば「設計」とは「建築、土木工事、機械製作などの計画を、図面にして示すこと」とある。すなわち、設計と図面は一体なのである。先ず最初に、世の中の教師はこれが分かっているのか疑問である。もともと、工学系の分野の専門用語であったが、最近では文系の分野でも広く使われるようになってきている。しかし、図面の必要性が最も高いのは建築と機械の分野なので本文では建築系と機械系における設計と第一の「たが」をはめることにしよう。これらの分野間に設計という文字の解釈に大きな違いはないと思われるが、筆者らの専門分野は後者なので、表題に「機械」を付けた。前者の分野の方々から見れば多少のピント外れの議論も出てくるかもしれないが、この点をご容赦いただきたい。

さて、上記2番目の鍵括弧の中に現れる「計画」のものは要求（仕様）である。仕様は文章だけの場合もあるが、情報の伝達を正確に行うために図を添付することも多い。しかし、世の中図と図面の解釈を混同して使用、理解していることが多いので、これらの定義が最初に必要であらう。図の方が包含する範囲が広いし、図の定義を本文でする気もないので、さらに本文は結局図面の話

なので、第二の「たが」を図面に限ることにしよう。

図の種類はどれくらいなのか。この調査も大変だったが、DIN (Deutsche Industrie-Norm) を参照すると35種類に分けている(内容省略)。この分類に従えば、文献[1], [2]で筆者らの一人が図面と定義したものは3種類である。この3種類を日本語で表現すれば部品図(製作図)と組立図となる。本文の設計(すなわち図面を描くということ)とは当然この二つが対象である。また、計画を立てる段階で、研究や試験や計算や調査という厄介な背景が存在しようとして、図面を描く段階での製作(加工)方法の知識を駆使しようと、設計そのものは作業と考えられるので表題は「機械設計の作業」とした。トレーシング教育を行っている教師にはこの「作業」の意味は分かるまい。仕様が多样であるから企業の設計作業の内容も様々である。しかし、数少ない一流の設計技術者は新製品の開発とか、製品の画期的な性能上昇のために必要で、企業は一般的には同種の製品を製作しているから、この範囲内では一流の設計技術者は必要無い。いわゆる模倣技術者で十分に用は足りるのである。この現状を理解しないで機械設計教育の議論ができるであろうか。学生がトレーシングしか出来ないのだからCADという名前のコンピュータの操作教育に逃げてはいまいか。逃げるのに、CADを教育していますという絶妙な宣伝道具が現れたものである。

次の用語は「図学」である。この文字から何が連想されるだろうか。もちろん教育を職業としている人が対象である。答は簡単ではなかろう。ある人は投影、ある人は相貫、ある人は図法幾何学と答えるかもしれない。これも前の図面と同様に人様々である。筆者らは最後の定義と理解している。

すなわち、図も図面もその内容を正しく理解していない教師がたくさん居ることを頭に入れておいていただきたい。

3. 学生の水準

敗戦後の新制大学発足時は約3%、現在は約40%、旧制大学時代は10⁻¹%の程度、これは同年齢人口の大学進学率である。現在は、大学(生)という名前で十把一絡げの議論ができないはずなのに、上記の進学率を考慮しない、言及していない話(議論)は総て議論の対象外である。分数計算が出来ない大学生の存在など、驚く方が認識不足なのである。その原因は皆分かっているはずなのに。

それなのに、一応教科書、参考書と名のつく出版物の

内容はほとんど昔のままである。約3桁も数が多い大学生と名のつく若者が、それらの出版物の内容を昔ほど理解できるはずがないのである。故に、現在の大部分の大学は「紙切れ(卒業証書)販売大学」^[3]と化しているといっても言い過ぎではないのである。すなわち、大学生に昔の勉学という「たが」をはめることが出来ないという現状を見据えなくては議論が先に進まないのである。

ここで落としてはならないことは教師の質である。多分(知ることは出来ないの)で学生の「ピンからキリ」と同じくらいの差があるであろうことは十分に想像し得る。

現在の大学で開講されている科目の約1/3は非常勤講師に依存しているそうである。非常勤講師は一般的には責任がないのである。しかし、カリキュラムを構築しているのは一般的には専任教師なのである。彼ら(彼女ら)が次章以下で展開される現実を、はたして理解してカリキュラムを構築しているだろうか。すなわち、教師にも「たが」をはめられないということである。それらの教師は、当局の指導(と言う名の予算を伴った強制)にしたがって環境だの情報だのシステムだのの名前を付けた学科や学部や大学を作っているだけではなかろうか。そんな彼らが図学を必要と考えるであろうか。

4. 設計に図学は必要か

図1は前章までの議論を模式化して示したものである。徳岡^[4]は、図学とは、「立体形状を正確に把握し想像できる能力とそれを表現する能力を高める教科」と解釈している。筆者らも賛成である。この二つの能力があってはじめて図面の検図(図面を描くよりこの方がレベルは上である)が可能となるからである。3流技術者ならいざ知らず、1流技術者ならそれらの能力は必須なのである。故に、図1の図面(への要求)のループは閉

図1 図学教育の背景の模式図

じている。他の学生と教師の水準は「ピンからキリ」であるから閉じることは出来ない。図面に図学が必要だと考える教育熱心な教師の存在が認められるので、図面の閉ループと教師の開ループは交わり、共有面積が存在する。

次ぎは、良い教師に恵まれ、かつ良く勉強して図面（図学を含む）を理解する学生の存在も無視できないから（独学の学生も居る）この場合も学生の開ループは前2ループと交差する。すなわち、以上の3つが一致した、図1においてハッチングで示した領域でのみ本章の表題の答えはYES（これは非常に少ない）で、他の大部分はNOなのである（と考えられる）。

教師や学生の開ループを閉じるためには、かつ図面の閉ループと一致させるためには大学の数を減らせばよい。これがいまさら無理なことは分かっているの、大学院に肩代わりさせようと当局は考えたわけであるが、その大学院の（図学不要と考えている）教師も（図面を理解しない）学生も、それ以前の学部を吸ってきた人間なのである。すなわち、一度「紙切れ」を売った人間は、一度「紙切れ」を買った人間は日本の（世界の）リーダにはなり得ないと考えている。人間とはそういう者である。

この考え方は図学の科目のみに通用するものではない^[5]。上の括弧で括った教師でも、学生の水準が分かっているNOと考えているのなら立派である。ここが分からないで多数決の一票（カリキュラム編成時の）を投じていることがこの問題を複雑にしていると考えている。すなわち、本章の表題の答えはYESとNOが存在し、構成教員の質次第なので簡単には決めかねるというのが答えである。

5. 図形教育

難しい表現をすれば（数学的に）図形とは点、線、面の集合である。あるいは、単純な形状の立体を対象とすれば図法幾何学といってもよい。そして、この知識は正確な情報伝達のためには必須である。したがって、科目の名称から図関連の文字が消えようと、必要ならば自分の担当の科目の時間内で図の教育をしなくてはならない。現に、機械系の学科で機械設計のみを必修にしているところもあれば、図関連の科目がまったくカリキュラムに入っていないところもある（本学部の機械工学科は図学を開講している）。そう考える他人に文句は付けられない。ところが、教育の本質は拘束時間内だけ黒板を背にしていれば良いというものでは決してなく、学生の

理解の程度の精度の良い評価付きで判断されるべきで、この議論が図学のみならず総ての科目について優先されるべきなのである。この議論がこれまではほとんどなされていなかったことが日本の教育界の悲劇だったのである。

もっと分かり易く説明すれば、図関連の科目の教師は、第2章で紹介した35種類の図の中のどれを教育している（いた）のであろうか。手書きかCAD,CGか2Dか3Dか、等々の議論以前の、教師の教育理念（思想）の問題なのである。

多くの学協会で発表される単なるカリキュラムの内容の紹介も結構であるが、その中に教育理念と評価を望むことは欲張りだろうか。この点では、従来の図学教育の手法をCGに転換することと物造りのための幾何学教育の理念を述べた鈴木^[6]の報告は卓越している。しかし、反応はあっただろうか。それより、反応するほどの図学教育を行っていないのかもしれない。あるいは、学生が（教師が）勉強しないので公表する気にもならないのかもしれない。しかし、公表しなければ議論もできない。

公表の一例を挙げることにしよう。図学の科目でないのが残念であるが、藤井^[7]の報告の中、本議論に関係のある部分のみを取り上げよう。同志社大学工学部機械系学科の材料力学Iの科目の2年生前期の合格者は150余名中10数名であり、後期も1桁台だったそうである。そこで藤井は授業を改善したが、それでも単位取得率は10%台であったそうである。そして、「実質的に材力は2年間と言うことか」と結んでいる。学生的人数が約2倍になっているはずであるから、約300名の学生の教育方法の紹介も興味がある。

さて、筆者らが注目したのはこの括弧の部分である。「何故2年間なのであろうか？」と。筆者らの教育経験によれば、1年目の単位未取得者が、教育的配慮なしに2年目に取得する率も1年目と変わらないということである。

文献[7]は日本機械学会の機関紙にしては異色の内容であり、その中の一行のみを取り上げるのは適当でないかもしれないが、この点に現在の大学教育の実状を見たからである。そして、最も議論の価値のあるところなのである^[5]。この議論なしで現在の大学教育は語れないことくらいは、多くの教師は分かっているはずである。ただ、公表するのが面倒なのであろう。それでは教育界は衰退するのみであろうに。

材料力学でなく図学の授業で実状を発表する人はいないか。

すなわち、公表しなければ議論にもならないと言っているのである。図1に示したハッチングの部分を含もうと外れていようと教育は教育であろう。しかし、理念と評価の議論が常に最重要課題であるはずなのにこれが一向に出てこない。

5-1. 総合科目

機械系学科においては機械設計は総合科目である。筆者らは開講科目のピラミッドの頂点に位置付けている^[8]。その授業の中で図学的な知識が必要ならば説明せざるを得ない。学生は図学の単位を取得しているのに図学の図の字もない。これではこちらの授業が進路妨害されるだけである。図学のみではない。他の科目も似たり寄ったりである。

5-2. 図形関連科目の授業時間削減（廃止）

日本設計工学会のアンケート調査^[9]に依れば、図形関連科目の時間削減や廃止の傾向は歴然である。何を根拠にそうなったか知るよしもないが、そう決めた教師の教育理念を聞きたいものである。多分、しゃべれるはずがない。責任を感じない者が多くなったのは大学という名の教育機関を増やしたため、図1の教師のループが閉じるはずがない。就学人口が減ったら留学生でまかなうとうそぶいている者も大勢居る。

民主主義の基本は多数決であるから（この体制も変わらざるを得ないだろう）、多数が廃止ならば従わざるを得ないだろう。しかし、日本中の総ての大学がそう決定するとも思われない。必要と考える大学でのみ教育せざるを得ないのではなからうか。これこそ、当局好みの「特徴のある大学」そのものではなからうか。

昔、石炭産業が斜陽化し、石炭技術者が四散した。その後、石炭の再利用を検討しようとした時、直ちに対応出来なかったことがある。（図学に限らず）教育の立ち直りは産業界より時間が掛かりますよ。

5-3. 教育の評価

大学教師は一般的には研究論文という名前の書物（かきもの）の数によって業績評価されている。したがって、教師はその数を増やすことに時間のかなりの部分を割くのは自然の理である。一方、評価の方法がないから教育は業績評価の対象外と考えて良い。誰が、何処が迷惑を被るか言わずと知れたことである。学生自身と、安くない授業料を負担している者と、最終的には国であろうに。

教育業績とは、1年や2年の短い期間で評価できず、1桁長い時間が掛かるところが問題を複雑にしている。さらに、学生を巻き込んだ教育実験などもってのほかである。これが教育論文だと考えている輩はたくさん居る。しかも、ここに付け込んだ義務時間だけ黒板を背にしている、口先だけの「えせ教師」が跋扈しているのが現状であろう。当局が各大学に強制した「学生による授業評価」も何の進展もない。この評価結果もひとつの教育評価方法だと思うが^[10]。この点では、教育論文を積極的に評価しようと提案した吉川^[11]の実行力に期待する者である。彼が何を教育論文と定義しているか文献^[11]では明らかではないが。

話変わって、独立行政法人化が進んでいる国立大学の評価がどうなるか（どう評価するのか）見物である。教育への情熱と倫理の欠落している者に評価は出来ないとと思われるが。

6. おわりに

表題の答は一律に決められない。YESもNOも教師自身の教育理念次第である。他人（同僚）の説得も含めて、筆者らは機械製図という名称の科目で機械工学の教育を行ってきた。

参考文献

- [1] 牧博司, 機械製図と図学製図の狭間で（機械製図の一教師からの図学教育雑観）, 図学研究, 31-3 (No. 77), (1997-9), 17.
- [2] 牧博司, 図と図面, 図学研究, 32-3 (No.81), (1998-9), 81.
- [3] 牧博司, 日本設計工学会教育功労賞受賞の弁, SUT BULLETIN (1992-4), 44.
- [4] 徳岡直静, 機械設計における図学の必要性, 図学研究（日本図学会創立30周年記念号, 図学は今）, (1997-4), 98.
- [5] 牧博司, 留年についての私見：東京理科大学の一事例, 工学教育, 46-2 (1998-3), 9.
- [6] 鈴木賢次郎 “図学教育の目的—幾何学？／グラフィック・リテラシー？”, 図学研究, 32-1 (No.79), (1998-3), 9.
- [7] 藤井透, 材料力学教育は今, 日本機械学会誌, 102-970 (1999-9), 537.
- [8] 牧博司, 機械設計教育を横割りに, 設計工学, 35-2 (2000-2), 39.
- [9] 日本設計工学会, 大学・短大・高専の製図教育研究調査報告, (1997-9).
- [10] 牧博司, 学生による授業評価における評価点の変化に

ついて, 工学教育, 47-3 (1999-5), 20.

- [11] 吉川弘之, 工学教育論文の新しい意義, 工学教育, 46-2 (1998-3), 2.

●2000年7月14日受付

まき ひろし

1931年生 早稲田大学理工学部卒

東京理科大学教授

著書 機械製図の考え方, 初心者のための機械設計製図読本, 半径流ガスタービンの設計, 流体計測法

かがわ ぼずみ

1938年生 東京理科大学研究科終了

東京理科大学理工学部講師

著書 理工学辞典 (分担)