

調査報告書

機械設計における知識・技能の不足による
設計誤りを防止する教育・訓練の方法

A method of education and training which prevents occurrence error
in machine design due to shortage of knowledge and skill

中央大学大学院理工学研究科経営システム工学専攻
品質環境経営研究室

前代 丈
Maeshiro Jo

目 次

1. 序論	3
2. 機械設計における設計誤りと技術者への教育・訓練	4
2.1 設計誤りの原因	4
2.2 機械設計に必要な知識・技能	5
2.3 技術者に対して行う教育・訓練	6
3. 教育・訓練と設計誤りの関係に関する調査と解析	7
3.1 調査の計画と実施	7
3.2 回答頂いた設計部門の概要	8
3.3 設計誤りの現状	9
3.3.1 設計誤り（トラブル・事故など）の件数の増減とその原因	9
3.3.2 不足している知識・技能のタイプごとに見た場合の設計誤りの件数	11
3.4 技術者への教育・訓練の現状	12
3.4.1 新入と経験のある技術者に対する研修期間の長さ	12
3.4.2 教育・訓練に関する取り組みの実施状況	13
3.4.3 製図の知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度	14
3.4.4 CADの知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度	16
3.4.5 加工技術の知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度	18
3.4.6 製品情報の知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度	20
3.5 知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係	22
3.5.1 製図の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係	22
3.5.2 CADの知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係	23
3.5.3 加工技術の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係	24
3.5.4 製品情報の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係	25
3.6 教育・訓練の取り組みを実施する際の難しさとその対策	26
4. 知識・技能不足による設計誤りを防止する教育・訓練	29
5. 結論と今後の課題	31
5.1 結論	31
5.2 今後の課題	31
参考文献	32
謝辞	33
付録 使用した調査票	34

第1章 序論

近年、商品が開発され流通に至るまでの流れは一般的に「構想→設計→試作→製造」となり、中でも設計はものづくりの重要な役割を担っている。

設計とって多くの種類があるが、その中の一つである機械設計について言えば、製図や CAD、加工技術、製品情報など多様な知識と技能が必要であり、これらが不足すると製品形状の間違いや動作干渉などの設計誤りが生じ、市場クレームやリコール、ひいては顧客の信頼失墜につながる。そのため、企業は機械設計を行う技術者に対して様々な方法を用いて教育・訓練を行うことにより、必要な知識・技能を習得させている。しかし、そのような努力にもかかわらず必ずしも十分な成果が得られていないのが現状である。また、実施されている教育・訓練の取り組みに関しても CAD に対する取り組みが多く、モデリングや解析、シミュレーション、干渉チェックなどの操作方法や CAD データの活用法などを学ぶものがほとんどである。

本研究では、多くの企業で発生している設計誤りと技術者に対して行われている教育・訓練の取り組みの現状を調査し、どのような取り組みが有効なのか、また取り組みを行う際の難しさとその対策を明らかにすることを試みる。

第2章 機械設計における設計誤りと技術者への教育・訓練

2.1 設計誤りの原因

トラブルや事故の原因となっている設計誤りには、図 2.1 に示すようなものがある。これらの設計誤りは三次元 CAD によるコンピュータ上での設計に変わったことで減少したものの、まだ十分低減できているとは言えない。

トラブルや事故の原因となっている設計誤りの内容を調べてみると、その多くは、組織または社会に必要な知見（ノウハウ）があつたにもかかわらず、それを適切に活用できなかったこと、すなわち人の不適切な行動によって発生している。これらの不適切な行動は大きく次の3つに分類できる[1]

- a. 知識・技能の不足：標準の内容を知らなかった、理解していなかった、または標準通りに行うスキルがなかった。
- b. 意図的な不遵守：標準に関する知識・スキルを持っていたが、急がされたり、やらなくても大丈夫だろうと思うなどして意図的に守らなかった。
- c. 意図しないエラー：標準に関する知識・スキルを持っていたが、間違えたり忘れてしまった。

このうち、a は技術者が必要な知識・スキルを身につけていないために起こるものであり、その防止には教育・訓練が有効である。他方、b はまあ大丈夫だろうと思って意図的に守らなかったことによるものであり、その防止のためには、トラブル・事件事例による意義の納得、上司による仕事の観察と指導などが有効である。また、c は人間として避けられない注意力の変動によって起こるものであり、エラープルーフ化（機器、手順などを工夫することで、エラーしにくいよう、エラーしても大丈夫なように作業方法を工夫すること）が有効である。

a～c の比率は、業種により、組織により異なっていると思われるが、開発しなければならない新製品の種類と数が増えるにつれて、コストダウンのために複数の組織に跨がる分野が増えるにつれて、a が増えることが考えられる。

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">・製品形状の間違い・ねじ穴の位置や寸法の違い・動作干渉や動作不良・組立図と部品図の不一致・加工の不可能な形状 |
|--|

図 2.1 設計誤りの例

2.2 機械設計に必要な知識・技能

機械設計に必要な知識・技能を文献[2]より集め、得られた情報をその内容に基づいて整理した。なお、ここで言う機械設計とは、製品の設計であり、製造工程の設計は含まない。結果として、機械設計に関する知識・技能は、大きく以下の4つに分類できることがわかった。

- ① 製図：図形、寸法、公差など JIS に基づく製図の読み方・書き方など
- ② CAD：形状作成、サーフェスモデルの作成、アセンブリ（組み立てシミュレーション）、解析 (CAE)、NC 加工プログラムの作成 (CAM) など
- ③ 加工技術：機械力学・材料力学・流体力学・熱力学などの基礎となる理論やボール盤、旋盤などの加工方法など
- ④ 製品情報：設計する製品や部品の構造・機能・形状、材質、原価など

このうち、製図は、機械設計の基礎とも言えるものである。また、CAD は、コンピュータを用いた設計が広く普及している今日の機械設計においては欠かせないものである。さらに、加工技術を知らないで設計すると、後工程である工程設計において多くのトラブルを発生させ、場合によっては市場におけるクレームの発生などにつながる。製品情報は、製品の構造や機能を決める際にもっとも重要な情報である。

2.3 技術者に対して行う教育・訓練

2.2 節で述べた知識・技能①～④を身につけてもらうために、技術者に対して行う教育・訓練を計画的・体系的に実施するに当たっては次の3つが重要となる。

- A. 知識・技能の評価 : 技術者一人一人の知識・技能のレベルや不足している部分を様々な方法によって把握する。
- B. 研修の計画・実施 : 技術者一人一人の知識・技能を向上させるために研修を計画し、実施する。
- C. サポートシステムの整備 : 実際の設計を行う上で必要となる支援を、上司によるOJTやメンター制度などによって提供する。

技術者を育成するためには、その現状を明確にし、目標をもった取り組みを行うことが大切である。また、それぞれの知識・技能を向上させるための効果的な研修を用意し、活用するのがよい。さらに、より深い知識・技能を身につけさせるには、実際の問題・課題を題材にした指導を行うことが不可欠である。上記のA～Cは、これらにそれぞれ対応するものである。

A～Cの各々の具体的な方法に関する情報を文献[3]より収集し、その内容に基づいて整理した。結果の一部を表2.1に示す。

表 2.1 主な教育・訓練の取り組み (一部)

A.知識・技能 の評価	<ul style="list-style-type: none">・ 上司が技術者の能力のレベルや不足している部分を判断する。・ 技術者に定期的に知識・技能についてのテストを行う。・ 技術者ごとに発生した設計誤りや作業のデータで評価する。
B.研修の 計画・実施	<ul style="list-style-type: none">・ 技術者の知識・技能のレベルや不足している部分に分けて行う。・ 研修や自宅学習で使用する教材を質・量ともに充実させる。・ 社外の企業が開催する講習会に技術者を参加させる。
C. サポート システム の整備	<ul style="list-style-type: none">・ 上司がマンツーマンになって技術者を指導する (OJT)。・ 知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける。・ CADの形状作成や解析などの操作マニュアルを作成する。

第3章 教育・訓練と設計誤りの関係に関する調査と解析

3.1 調査の計画と実施

実際に機械設計を行っている企業で発生している設計誤りと技術者に対して行われている教育・訓練の取り組みの現状を調査するために、多くの企業に郵送調査を行った。調査した項目は以下のとおりである。なお、使用した調査票を巻末付録に示す。

- I. 調査対象組織の概要
- II. 機械設計における設計誤りの現状
- III. 機械設計に関する教育・訓練の現状と課題

調査項目 I では、調査対象部門の技術者の人数を概数で、設計業務の内容を記述式で答えてもらった。

調査項目 II では、設計誤りが全体として増えているか減っているかを5段階（1. 減っている～5. 増えている）で答えてもらった。また、設計誤りの3つの原因 a～c の割合を概数で答えてもらった。さらに、a の割合が増えているか減っているかを5段階（1. 減っている～5. 増えている）で、a の中で知識・技能①～④ごとに多いか少ないかを5段階（1. 少ない～5. 多い）で答えてもらった。

調査項目 III では、知識・技能①～④の研修に、新人、経験のある技術者のそれぞれについて何日ぐらいかけているかを概数で答えてもらった。また、教育・訓練の取り組み A～C について、典型的な方法 6～11 を示した上で、知識・技能①～④ごとに、実施度を5段階（1. 実施していない～5. 実施している）で、有効度を5段階（1. 有効でない～5. 有効である）でそれぞれ答えてもらった。さらに、A～C について困難な点、その克服のために工夫している点を自由書式で答えてもらった。

調査は、日本機械学会に所属している企業および ISO9001（品質マネジメントシステム）に基づく認証を受けている電機・機械メーカーの企業の合計 240 社に依頼した。方法は各企業の担当者に郵送で調査資料を送り、回答を郵送または e-mail にて返送して頂いた。結果として 30（1 企業のみ 2 部門）の回答を得た。

3.2 回答頂いた設計部門の概要

回答頂いた設計部門の技術者の人数を表 3.1 に、また、設計部門の業務内容を類似性に基づいて分類した結果を表 3.2 に示す。これらの表より回答頂いた設計部門について以下のことがわかった

- (1) 100 名以上から 10 名未満までいろいろな設計部門が含まれている。全体としては、10～40 人の設計部門が多く、全体の約半数を占めている。
- (2) 全体的に産業機械と機器・製品を扱う設計部門の割合が高く、両者で全体の約 2/3 を占めている。部品と設備・プラントを扱う設計部門は比較的少ない。

表 3.1 回答頂いた設計部門の技術者の人数

人数	部門数	割合 (%)
不明	1	3
10 人未満	3	10
10 人以上 20 人未満	4	14
20 人以上 30 人未満	6	20
30 人以上 40 人未満	4	13
40 人以上 50 人未満	3	10
50 人以上 100 人未満	5	17
100 人以上	4	13
合計	30	100

表 3.2 回答頂いた設計部門の業務内容

業務内容	部門数	割合 (%)
不明	5	17
産業機械	12	40
機器・製品	7	23
部品	4	13
設備・プラント	2	7
合計	30	100

3.3 設計誤りの現状

3.3.1 設計誤り（トラブル・事故など）の件数の増減とその原因

設計誤り（トラブル・事故など）の件数の増減に関する回答（1. 減っている～5. 増えている）を集計した結果を表 3.3 に示す。また、設計誤りを原因 a～c ごとに分類したときの割合に関する回答について平均値を求め、円グラフに表した結果を図 3.1 に示す。さらに、知識・技能の不足による設計誤りの件数の増減に関する回答（1. 減っている～5. 増えている）を集計した結果を表 3.4 に示す。

これらの図表より、設計誤りの件数の増減とその原因について以下のことがわかった。

- (1) 設計誤りの件数の増減については、変わらない設計部門が 13 部門で最も多く全体の 43%である。また、全体的に減っている傾向の企業と増えている傾向の企業の数は変わらず、減っている設計部門から増えている設計部門まで企業によって様々だった。
- (2) 設計誤りの原因について、a. 知識・技能の不足の割合が 45%で最も多い。また、b. 意図的な不遵守と c. 意図しないエラーの割合はそれぞれ 28%,27%であり、ほぼ同数である。
- (3) a. 知識・技能の不足の設計誤りの件数の増減について、変わらない企業が 13 社で最も多く全体の 43%である。また、全体的には増えている傾向の企業が少し多い。

表 3.3 設計誤り（トラブル・事故など）の件数の増減

件数	部門数	割合 (%)
1. 減っている	1	3
2. やや減っている	8	27
3. 変わらない	13	43
4. やや増えている	6	20
5. 増えている	2	7
合計	30	100

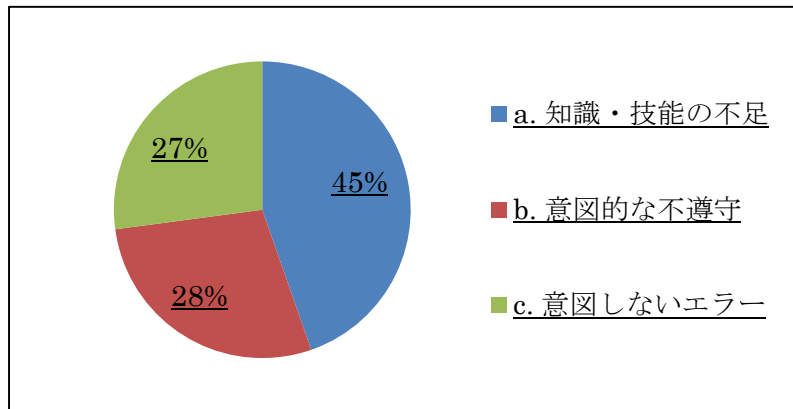


図 3.1 設計誤りを原因ごとに分類したときの割合

表 3.4 a.知識・技能の不足による設計誤りの件数の増減

件数	企業数	割合 (%)
1. 減っている	1	3
2. やや減っている	5	17
3. 変わらない	13	43
4. やや増えている	8	27
5. 増えている	3	10
合計	30	100

3.3.2 不足している知識・技能のタイプごとに見た場合の設計誤りの件数

知識・技能不足による設計誤りを知識・技能の内容①～④ごとに多いか少ないかを聞いた回答（1. 少ない～5. 多い）を集計した。結果を表 3.5 に示す。この表より以下のことがわかった。

- (1) ①製図と②CAD の知識・技能不足による設計誤りについては、「少ない」「やや少ない」と回答した設計部門が、全体の 50～60%と多い。
- (2) 逆に、③加工技術と④製品情報の知識・技能不足による設計誤りについては、「多い」「やや多い」と回答した設計部門が、全体の約 60%と多い。

表 3.5 知識・技能不足による設計誤りを各タイプに分類したときの件数

件数	① 製図	② CAD	③ 加工技術	④ 製品情報
1. 少ない	4	7	0	0
2. やや少ない	12	11	5	2
3. どちらともいえない	6	8	6	7
4. やや多い	7	2	14	16
5. 多い	1	2	5	5
合計	30	30	30	30

3.4 技術者への教育・訓練の現状

3.4.1 新入と経験のある技術者に対する研修期間の長さ

新入と経験のある技術者に対する研修期間に関する回答を集計した結果を表 3.6 と表 3.7 に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) 研修期間は、新人と経験のある技術者、知識・技能①～④のいずれも設計部門によって大きくばらついている。
- (2) 新入の技術者に対する研修期間については、いずれの知識・技能①～④についても 5 日未満というところが多い。ただし、CAD、加工技術、製品情報については 20 日以上と長いところもある。
- (3) 経験のある技術者に対する研修期間については、加工技術が最も長く、次に製品情報と CAD が続いている。
- (4) 経験のある技術者に対する研修期間では、製図に関しては研修を行わないところが多く、半数以上が研修を行っていない。

表 3.6 新入の技術者に対する研修期間

期間	① 製図	② CAD	③ 加工技術	④ 製品情報
不明	3	3	4	5
5 日未満	8	8	11	12
5 日以上 10 日未満	5	4	6	5
10 日以上 15 日未満	6	2	2	2
15 日以上 20 日未満	3	0	0	0
20 日以上 25 日未満	2	5	2	2
25 日以上	3	8	5	4
合計	30	30	30	30

表 3.7 経験のある技術者に対する研修期間

期間	① 製図	② CAD	③ 加工技術	④ 製品情報
不明	9	8	9	9
0 日	18	14	5	11
1 日以上 5 日未満	3	5	11	6
5 日以上 10 日未満	0	1	2	1
10 日以上	0	2	3	3
合計	30	30	30	30

3.4.2 教育・訓練に関する取り組みの実施状況

教育・訓練に関する取り組み A～C の実施状況に関する回答（1. 不足している～5. 充実している）を集計した結果を表 3.8 に示す。この表より以下のことがわかった。

- (1) 教育・訓練に関する取り組み A～C とも、充実している設計部門から不足している設計部門まで様々である。
- (2) C. サポートシステムの整備は、「充実している」「やや充実している」と回答した設計部門が約 1/3 あり、他の二つの取り組みよりも充実している設計部門が多い。
- (3) A. 知識・技能の評価と B. 研修の計画・実施については、「不足している」「やや不足している」と回答した設計部門が約半数あり、不足している設計部門が多い。

表 3.8 教育・訓練に関する取り組みの実施状況

実施状況	A. 知識・技能の評価	B. 研修の計画・実施	C. サポートシステムの整備
1. 不足している	3	4	1
2. やや不足している	12	13	6
3. どちらともいえない	8	7	13
4. やや充実している	7	4	9
5. 充実している	0	2	1
合計	30	30	30

3.4.3 製図の知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度

①製図に関する知識・技能の教育・訓練に関する各取り組み（A.知識・技能の評価、B.研修の計画・実施、C.サポートシステムの整備）について、具体的な取り組みを挙げてその実施度、有効度を聞いた結果を表 3.9～3.11 に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) A.知識・技能の評価については、「A-1.社内（または部門）で独自の評価基準を作る」、「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「A-4.社内外の講習会への参加実績で評価する」、「A-7.技術者が自己評価を行う」、「A-10.技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (2) B.研修の計画・実施については、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「B-7.座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「B-3.社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する」、「B-10.研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (3) C.サポートシステムの整備については、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する（OJT）」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」取り組みの実施度と有効度も高かった。

表 3.9 製図の知識・技能に対する知識・技能の評価の取り組み

A. 知識・技能の評価		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	社内（または部門）で独自の評価基準を作る	8	6	1	5	10	0	1	1	16	4
2	学協会で定めている評価基準を活用する	25	2	2	0	1	0	0	2	2	1
3	定期的にテストを行い、その結果で評価する	22	5	0	0	3	1	0	3	2	2
4	社内外の講習会への参加実績で評価する	20	5	2	1	2	0	0	2	8	0
5	社内の実習における成績で評価する	22	4	2	1	1	1	1	2	4	0
6	技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する	22	5	0	1	2	0	1	0	4	3
7	技術者が自己評価を行う	17	7	1	1	4	1	1	2	8	1
8	グループワークなどで同じレベルの仲間が評価する	26	3	1	0	0	0	0	1	3	0
9	上司が仕事の内容を見て評価する	4	2	5	2	17	0	2	6	11	7
10	技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する	20	7	1	2	0	0	1	5	4	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している
 有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.10 製図の知識・技能に対する研修の計画・実施の取り組み

B. 研修の計画・実施		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する	13	7	2	2	6	1	2	1	10	3
2	どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める	16	6	1	2	5	1	1	1	8	3
3	社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する	19	7	3	0	1	0	2	1	6	2
4	研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする	21	5	3	1	0	0	0	2	6	1
5	研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	21	6	3	0	0	0	1	2	6	0
6	研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする	23	5	0	0	2	0	0	2	3	2
7	座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする	17	6	0	3	4	0	0	0	8	5
8	研修もしくは自習で用いる教材を質・量ともに充実させる	21	5	2	1	1	0	0	3	6	0
9	研修の効果をテストで分析する	22	2	2	0	4	0	0	1	5	2
10	研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する	20	4	1	3	2	0	0	2	7	1
11	研修の効果を発生する設計誤り等に基づいて分析する	26	4	0	0	0	0	0	0	4	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.11 製図の知識・技能に対するサポートシステムの整備の取り組み

C. サポートシステムの整備		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)	4	11	1	3	11	0	0	1	12	13
2	同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う	21	3	2	0	4	0	0	1	5	3
3	データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする	17	5	0	1	7	0	1	1	6	5
4	知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける	18	4	2	2	4	0	0	1	6	5

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

3.4.4 CAD の知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度

②CAD に関する知識・技能の教育・訓練に関する各取り組み（A.知識・技能の評価、B.研修の計画・実施、C.サポートシステムの整備）について、3.4.3 節と同様な分析を行った結果を表 3.12～3.14 に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) A.知識・技能の評価については、「A-1.社内（または部門）で独自の評価基準を作る」、「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「A-6.技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する」、「A-7.技術者が自己評価を行う」、「A-10.技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (2) B.研修の計画・実施については、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「B-7.座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「B-3.社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する」、「B-8.研修もしくは自習で用いる教材を質・量ともに充実させる」、「B-10.研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (3) C.サポートシステムの整備については、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する（OJT）」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「C-5.CAD の形状作成や解析などの操作マニュアルを整備する」取り組みの実施度と有効度も高かった。

表 3.12 CAD の知識・技能に対する知識・技能の評価の取り組み

A. 知識・技能の評価		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	社内（または部門）で独自の評価基準を作る	6	6	0	4	14	0	4	2	16	2
2	学協会で定めている評価基準を活用する	25	3	0	0	2	0	1	1	1	2
3	定期的にテストを行い、その結果で評価する	24	5	0	0	1	1	1	1	2	1
4	社内外の講習会への参加実績で評価する	24	1	1	1	3	0	1	0	3	2
5	社内の実習における成績で評価する	22	5	0	2	1	1	1	1	5	0
6	技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する	18	6	0	0	6	0	1	0	6	5
7	技術者が自己評価を行う	18	7	0	1	4	1	1	2	7	1
8	グループワークなどで同じレベルの仲間が評価する	27	2	1	0	0	0	0	1	2	0
9	上司が仕事の内容を見て評価する	4	1	6	2	17	0	2	3	13	8
10	技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する	20	6	1	2	1	0	1	5	4	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している
有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.13 CAD の知識・技能に対する研修の計画・実施の取り組み

B. 研修の計画・実施		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する	11	9	1	3	6	1	2	2	10	4
2	どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める	14	7	2	2	5	1	1	0	9	5
3	社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する	17	9	2	0	2	0	2	2	7	2
4	研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする	21	5	2	1	1	0	0	2	6	1
5	研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	21	6	2	0	1	0	1	2	4	2
6	研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする	21	6	0	0	3	1	0	2	3	3
7	座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする	14	6	1	3	6	0	0	0	8	8
8	研修もしくは自習で用いる教材を質・量ともに充実させる	19	5	2	3	1	0	0	3	7	1
9	研修の効果をテストで分析する	22	3	1	1	3	0	1	2	3	2
10	研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する	20	4	1	4	1	0	0	2	7	1
11	研修の効果を発生する設計誤り等に基づいて分析する	29	1	0	0	0	0	0	1	0	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.14 CAD の知識・技能に対するサポートシステムの整備の取り組み

C. サポートシステムの整備		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)	4	12	2	2	10	0	1	1	13	11
2	同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う	21	3	2	0	4	0	0	0	5	4
3	デースを用いてわからないタペ一部分を調べられるようにする	14	8	0	2	6	0	1	5	7	3
4	知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける	15	4	2	2	7	0	0	2	5	8
5	CAD の形状作成や解析などの操作マニュアルを整備する	8	7	1	5	9	0	1	7	8	6
6	CAD の操作を間違えた時に警告を出すなどのツールを用いる	20	4	1	1	4	0	1	0	5	4

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

3.4.5 加工技術の知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度

③加工技術に関する知識・技能の教育・訓練に関する各取り組み（A.知識・技能の評価、B.研修の計画・実施、C.サポートシステムの整備）について、3.4.3節と同様な分析を行った結果を表3.15～3.17に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) A.知識・技能の評価については、「A-1.社内（または部門）で独自の評価基準を作る」、「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「A-4.社内外の講習会への参加実績で評価する」、「A-6.技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する」、「A-7.技術者が自己評価を行う」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (2) B.研修の計画・実施については、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「B-3.社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「B-5.研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする」、「B-10.研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (3) C.サポートシステムの整備については、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する（OJT）」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」取り組みの実施度と有効度も高かった。

表 3.15 加工技術の知識・技能に対する知識・技能の評価の取り組み

A. 知識・技能の評価		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	社内（または部門）で独自の評価基準を作る	8	6	1	5	10	0	1	1	16	4
2	学協会で定めている評価基準を活用する	25	2	2	0	1	0	0	2	2	1
3	定期的にテストを行い、その結果で評価する	22	5	0	0	3	1	0	3	2	2
4	社内外の講習会への参加実績で評価する	20	5	2	1	2	0	0	2	8	0
5	社内の実習における成績で評価する	22	4	2	1	1	1	1	2	4	0
6	技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する	22	5	0	1	2	0	1	0	4	3
7	技術者が自己評価を行う	17	7	1	1	4	1	1	2	8	1
8	グループワークなどで同じレベルの仲間が評価する	26	3	1	0	0	0	0	1	3	0
9	上司が仕事の内容を見て評価する	4	2	5	2	17	0	2	6	11	7
10	技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する	20	7	1	2	0	0	1	5	4	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.16 加工技術の知識・技能に対する研修の計画・実施の取り組み

B. 研修の計画・実施		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する	12	6	3	3	6	0	2	1	12	3
2	どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める	14	8	0	3	5	0	2	2	8	4
3	社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する	15	8	3	1	3	0	1	0	12	2
4	研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする	22	5	3	0	0	0	0	1	6	1
5	研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	18	10	2	0	0	0	1	2	8	1
6	研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする	22	5	2	0	1	0	0	3	4	1
7	座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする	21	4	0	2	3	0	0	3	4	2
8	研修もしくは自習で用いる教材を質・量ともに充実させる	22	4	0	4	0	0	0	0	7	1
9	研修の効果をテストで分析する	24	3	1	0	2	0	0	1	4	1
10	研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する	19	6	0	4	1	0	0	2	8	1
11	研修の効果を発生する設計誤り等に基づいて分析する	27	3	0	0	0	0	0	1	2	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.17 加工技術の知識・技能に対するサポートシステムの整備の取り組み

C. サポートシステムの整備		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)	4	14	2	3	7	0	2	1	11	12
2	同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う	22	4	2	0	2	0	0	1	6	1
3	データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする	13	9	2	2	4	0	1	4	7	5
4	知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける	18	5	1	3	3	0	0	11	5	6

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

3.4.6 製品情報の知識・技能の教育・訓練に関する取り組みの実施度と有効度

④製品情報に関する知識・技能の教育・訓練に関する各取り組み（A.知識・技能の評価、B.研修の計画・実施、C.サポートシステムの整備）について、3.4.3節と同様な分析を行った結果を表3.18～3.20に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) A.知識・技能の評価については、「A-1.社内（または部門）で独自の評価基準を作る」、「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「A-4.社内外の講習会への参加実績で評価する」、「A-7.技術者が自己評価を行う」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (2) B.研修の計画・実施については、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「B-3.社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する」、「B-5.研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする」、「B-6.研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする」、「B-10.研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する」取り組みの実施度と有効度も高かった。
- (3) C.サポートシステムの整備については、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する（OJT）」取り組みの実施度と有効度が最も高かった。また、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」取り組みの実施度と有効度も高かった。

表 3.18 製品情報の知識・技能に対する知識・技能の評価の取り組み

A. 知識・技能の評価		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	社内（または部門）で独自の評価基準を作る	10	3	2	4	11	0	4	2	13	1
2	学協会で定めている評価基準を活用する	27	2	0	0	1	0	1	1	0	1
3	定期的にテストを行い、その結果で評価する	23	4	0	0	3	1	0	3	2	1
4	社内外の講習会への参加実績で評価する	23	4	2	0	1	0	1	0	6	0
5	社内の実習における成績で評価する	22	4	2	1	1	1	0	3	4	0
6	技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する	27	2	0	0	1	0	0	1	0	2
7	技術者が自己評価を行う	17	7	1	1	4	1	2	2	7	1
8	グループワークなどで同じレベルの仲間が評価する	27	2	1	0	0	0	0	2	1	0
9	上司が仕事の内容を見て評価する	3	2	4	2	19	1	1	3	14	8
10	技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する	21	6	2	1	0	0	2	4	3	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.19 製品情報の知識・技能に対する研修の計画・実施の取り組み

B. 研修の計画・実施		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する	16	8	1	2	3	0	3	3	7	1
2	どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める	17	7	1	1	4	0	1	3	6	3
3	社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する	19	8	1	1	1	1	1	2	6	1
4	研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする	22	6	2	0	0	0	0	4	4	0
5	研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	19	10	0	0	1	0	1	2	7	1
6	研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする	20	7	2	0	1	0	0	3	7	0
7	座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする	22	4	1	3	0	0	1	1	5	1
8	研修もしくは自習で用いる教材を質・量ともに充実させる	21	5	1	2	1	0	0	2	5	2
9	研修の効果をテストで分析する	25	4	0	0	1	0	0	2	2	1
10	研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する	21	5	0	4	0	0	0	1	8	0
11	研修の効果を発生する設計誤り等に基づいて分析する	28	2	0	0	0	0	0	1	1	0

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

表 3.20 製品情報の知識・技能に対するサポートシステムの整備の取り組み

C. サポートシステムの整備		実施度					有効度				
No	取り組み内容	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)	1	15	1	2	11	0	1	0	15	13
2	同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う	20	5	2	0	3	0	0	1	7	2
3	データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする	10	9	1	5	5	0	1	3	7	9
4	知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける	20	4	1	3	2	0	0	2	2	6

実施度：1.実施していない 2.一部実施している 3.半分程度実施している 4.一部実施していないところがある 5.実施している

有効度：1.有効でない 2.どちらかといえば有効でない 3.どちらともいえない 4.どちらかといえば有効である 5.有効である

3.5 知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係

3.5.1 製図の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係

3.3.1 節で示した知識・技能不足による設計誤りの件数の増減と 3.3.2 節で示した製図の知識・技能不足による設計誤りの件数を掛け合わせたもの（以下、設計誤りの発生頻度と呼ぶ）を目的変数、3.4.3 節で示した製図の知識・技能に対する教育・訓練の各取り組みの実施度を説明変数として重回帰分析を行った。なお、説明変数に関してはF 値による変数選択を行った。結果を表 3.21 に示す。この解析より以下のことがわかった。

- (1) 製図の知識・技能に対しては教育・訓練の取り組みの実施度が高いほど設計誤りの発生頻度が低い。
- (2) 特に有効なものとしては、「A-2.学協会で定めている評価基準を活用する」、「A-10.技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する」、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-4.研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする」、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する(OJT)」、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」などの取り組みである。
- (3) なお、回帰係数が正になっているものがいくつかあるが、これは上記の説明変数との相関が高く、これらと合わせて実施度をあげることが必要であることを示していると考えられる。

表 3.21 教育・訓練の実施度と製図の知識・技能不足による設計誤りの発生頻度の関係

	偏回帰係数	t 値	P 値 (両側)
定数項	15.132	4.508	0
A-2 学協会で定めている評価基準を活用する	-1.481	-2.184	0.043
A-10 技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する	-5.671	-2.895	0.01
B-1 知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する	-3.021	-2.095	0.051
B-2 どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める	2.752	2.258	0.037
B-3 社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する	6.844	3.137	0.006
B-4 研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする	-3.384	-1.84	0.083
B-5 研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	-2.052	-1.303	0.21
B-6 研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする	2.627	1.794	0.091
B-9 研修の効果をテストで分析する	1.809	1.937	0.07
C-1 上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)	-1.304	-2.02	0.059
C-3 データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする	-0.96	-1.634	0.121
C-4 知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける	0.95	1.538	0.143

注 1) 重相関係数 0.759、寄与率 0.576、残差自由度 17、残差標準偏差 3.845

3.5.2 CAD の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係

CAD の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係について、3.5.1 節と同様な分析を行った結果を表 3.22 に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) CAD の知識・技能に対しては教育・訓練の取り組みの実施度が高いほど設計誤りの発生頻度が低い。
- (2) 特に有効なものとしては、「A-4.社内外の講習会への参加実績で評価する」、「B-5.研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする」、「B-6.研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする」、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)」、「C-4.知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける」などの取り組みである。
- (3) なお、回帰係数が正になっているものがいくつかあるが、これは上記の説明変数との相関が高く、これらと合わせて実施度をあげることが必要であることを示していると考えられる。

表 3.22 教育・訓練の実施度と CAD の知識・技能不足による設計誤りの発生頻度の関係

	偏回帰係数	t 値	P 値 (両側)
定数項	11.615	4.597	0
A-4 社内外の講習会への参加実績で評価する	-1.063	-2.106	0.047
A-6 技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する	0.825	1.891	0.073
B-3 社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する	2.029	3.232	0.004
B-5 研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	-1.422	-2.019	0.056
B-6 研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする	-1.626	-2.727	0.013
B-7 座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする	1.201	2.522	0.02
C-1 上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)	-0.66	-1.519	0.144
C-4 知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける	-1.435	-3.13	0.005

注 1) 重相関係数 0.847、寄与率 0.718、残差自由度 21、残差標準偏差 3.12

3.5.3 加工技術の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みの関係

加工技術の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係について、3.5.1 節と同様な分析を行った結果を表 3.23 に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) 加工技術の知識・技能に対しては教育・訓練の取り組みの実施度が高いほど設計誤りの発生頻度が低い。
- (2) 特に有効なものとしては、「A-1.社内（または部門）で独自の評価基準を作る」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「B-5.研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする」、「B-6.研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする」、「B-7.座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする」、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」などの取り組みである。
- (3) なお、回帰係数が正になっているものがいくつかあるが、これは上記の説明変数との相関が高く、これらと合わせて実施度をあげることが必要であることを示していると考えられる。

表 3.23 教育・訓練の実施度と加工技術の知識・技能不足による設計誤りの発生頻度の関係

定数項	偏回帰係数	t 値	P 値 (両側)
	10.43	4.342	0
A-1 社内（または部門）で独自の評価基準を作る	-1.256	-2.716	0.014
A-5 社内の実習における成績で評価する	2.71	2.633	0.017
A-6 技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する	1.099	1.601	0.127
A-9 上司が仕事の内容を見て評価する	2.115	4.042	0.001
B-2 どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める	-2.03	-2.347	0.031
B-5 研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	-2.685	-2.041	0.056
B-6 研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする	-3.91	-2.884	0.01
B-7 座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする	-1.247	-1.913	0.072
B-8 研修もしくは自習で用いる教材を質・量ともに充実させる	4.239	3.448	0.003
B-10 研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する	3.986	2.993	0.008
C-3 データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする	-2.742	-3.595	0.002

注 1) 重相関係数 0.813、寄与率 0.662、残差自由度 18、残差標準偏差 3.437

3.5.4 製品情報の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みの関係

製品情報の知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の取り組みとの関係について、3.5.1 節と同様な分析を行った結果を表 3.24 に示す。これらの表より以下のことがわかった。

- (1) 製品情報の知識・技能に対しては教育・訓練の取り組みの実施度が高いほど設計誤りの発生頻度が低い。
- (2) 特に有効なものとしては、「A-3.定期的にテストを行い、その結果で評価する」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「B-10.研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する」、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)」、「C-2.同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う」などの取り組みである。
- (3) なお、回帰係数が正になっているものがいくつかあるが、これは上記の説明変数との相関が高く、これらと合わせて実施度をあげることが必要であることを示していると考えられる。

表 3.23 教育・訓練の実施度と加工技術の知識・技能不足による設計誤りの発生頻度の関係

	偏回帰係数	t 値	P 値 (両側)
定数項	5.831	1.922	0.07
A-3 定期的にテストを行い、その結果で評価する	0.766	1.214	0.24
A-4 社内外の講習会への参加実績で評価する	2.708	2.353	0.03
B-2 どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める	-2.309	-1.837	0.082
B-3 社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する	3.337	3.186	0.005
B-5 研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする	1.535	1.644	0.117
B-9 研修の効果をテストで分析する	-2.399	-2.19	0.041
B-10 研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する	-1.198	-1.785	0.09
C-1 上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)	-1.438	-1.809	0.086
C-2 同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う	1.311	2.088	0.05
C-3 データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする	1.155	1.739	0.098

注 1) 重相関係数 0.776、寄与率 0.603、残差自由度 19、残差標準偏差 4.248

3.6 教育・訓練の取り組みを実施する際の難しさとその対策

教育・訓練の取り組み A～C を実施する際の難しさとその克服のための対策についての回答を、内容の類似性に基づいて分類した。結果を表 3.25～3.27 に示す。この分析から以下のことがわかった。

- (1) 難しさについては、組織によらず共通するものが多い。
- (2) A.知識・技能の評価については、数値化が難しいという意見が多い。これを克服する工夫としては、知識・技能を詳細化した判定表を用意する方法、質疑や議論を通じて判定する方法などが用いられている。
- (3) B.研修の計画・実施については、効果の高い研修制度の確立が難しいという意見が多い。これを克服する工夫としては、発生した設計誤りを基に改善する方法、委員会を設置する方法などが用いられている。
- (4) C.サポートシステムの整備については、日常業務（設計・開発）があるため、OJT に当てる時間が限られるという意見が多い。これを克服する工夫としては、担当者を決めず、開発チーム全体でサポートを行う方法、技術者を支援するマニュアルやツールを活用する方法などが用いられている。

表 3.25 知識・技能の評価の取り組みに対する難しさとその対策

難しさ	克服するために行っている対策
1. 知識・技能は幅広く、数値化できないため基準を設定することが難しい。	<ul style="list-style-type: none"> ・知識・技能を専門とレベルで分類した表を作成し、それに設計業務でのスキルを照らし合わせて評価する。 ・上司が図面などのアウトプットを受け取るときにいろいろな質問（設計結果の背景など）をすることで知識・技能を評価する。 ・部内・課内でオープンな議論を行うなかで知識・技能を評価する。
2. 各部署により開発する製品が異なるため、必要な設計スキルが異なる。	<ul style="list-style-type: none"> ・担当業務のローテーションを図り、同一技術の習得、レベルの均一化を図る。 ・社内外の試験・検定の結果で判断する。 ・知識・技能を専門とレベルで分類した表を作成し、それに設計業務でのスキルを照らし合わせて評価する。
3. 持っている知識・技能が設計業務に活用できているかどうかの評価が難しい。	<ul style="list-style-type: none"> ・設計業務の結果に対して自己評価と上司評価を行う。 ・上司が図面などのアウトプットを受け取るときにいろいろな質問（設計結果の背景など）をすることで知識・技能を評価する。 ・部内・課内でオープンな議論を行うなかで知識・技能を評価する。
4. 新人の場合、学生時代に学んできた知識・技能の分野が異なる。	<ul style="list-style-type: none"> ・技術者本人に技術的な目標を設定させて、どの程度目標を達成したかを技術者本人と上司で確認する。 ・社内外の試験・検定の結果で判断する。

表 3.26 研修の計画・実施の取り組みに対する難しさとその対策

難しさ	克服するために行っている対策
1. 効果の高い研修制度の確立が難しい。	<ul style="list-style-type: none"> ・発生した設計誤りを基に研修や講習会を繰り返し、少しずつ改善する。 ・社内委員会を設け、設計スキル向上を目指した教育の改善や会社側への働きかけを行なう。
2. 日常業務（設計・開発）があるため、研修に当てる時間が限られる。	<ul style="list-style-type: none"> ・上司の指導のもと OJT を積極的に実施して成果を上げる。 ・積極的に外部の研修に参加させる。
3. 技術者によって知識・技能のレベルや必要な設計スキルが異なる。	<ul style="list-style-type: none"> ・知識・技能の内容ごとに研修を行い、技術者本人または上司が選んで参加する。
4. 新入社員を教育する人材が不足している。	<ul style="list-style-type: none"> ・研修で用いる資料、マニュアルを整備する。 ・大学や企業などの外部の人を招いて講義をしてもらう。
5. 新人の場合、研修だと受身になりやる気があまり起きない。	<ul style="list-style-type: none"> ・設計業務のレベルに応じてタイミングよく実施する。 ・上司の指導のもと OJT を積極的に実施して成果を上げる。

表 3.27 サポートシステムの整備の取り組みに対する難しさとその対策

難しさ	克服するために行っている対策
1. 効果的な技術者に対するサポート体制の確立が難しい。	<ul style="list-style-type: none"> ・積極的に技術者と連携をとることで意見を吸い上げる。 ・技術者を支援するマニュアルやツールの環境を少しずつ改善する。
2. 日常業務（設計・開発）があるため、OJTに当てる時間が限られる。	<ul style="list-style-type: none"> ・技術者を支援する専門部門を設置し、技術者をサポートする体制をとる。 ・担当者を決めず、開発チーム全体でサポートを行う。 ・技術者を支援するマニュアルやツールを活用する。
3. OJTで新入社員を教育する人材が不足している。	<ul style="list-style-type: none"> ・講習会などを開催して教える側の能力を上げる。 ・技術者を支援するマニュアルやツールを活用する。
4. 設計業務において、マニュアルやツールでは伝えきれない部分がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・概念的な内容を軸に、手法やテクニックを口頭で伝える。 ・部内・課内でオープンな議論を行うことで、ミスの抑制や設計スキルの向上に努める。
5. 技術者をサポートする専門部門の設置ができない。	<ul style="list-style-type: none"> ・技術者が各自で実施した検証などをデータベースに登録する。 ・設計誤りの事例をもとにチェックシートを作成し、設計時に気付かせる。 ・部内・課内でオープンな議論を行うことで、ミスの抑制や設計スキルの向上に努める。

第4章 知識・技能不足による設計誤りを防止する教育・訓練

3章の結果は、あくまでも回答頂いた設計部門に関するものであり、その一般性については別途検討する必要がある。ここでは、このような限界を理解した上で、3章の結果を踏まえて、知識・技能不足による設計誤りを防止するための教育・訓練としてどのような取り組みを行えばよいか考察する。

3章で述べた教育・訓練の取り組みについての調査結果を見ると、多くの設計部門が実施している。また、知識・技能の種類①～④に対して実施度と有効度が高かった取り組みはいくつかを除いて同じになった。これとは対照的に、設計誤りと教育・訓練の取り組みの関係を分析した回帰分析の結果においては、効果があると判定された取り組みは知識・技能①～④の種類ごとに差が見られた。このような差が生じた理由については、より詳細な検討が必要と考えられるが、有効度が高く、効果があると判定された取り組みに関しては極めて有効性が高いと思われる。

- (1) ① 製図の知識・技能不足による設計誤りが多い組織では、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する(OJT)」、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」取り組みが有効である。実施度と有効度の高かった「A-1.社内(または部門)で独自の評価基準を作る」、「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「B-7.座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする」取り組みや、回帰分析において効果があると判定された「A-2.学協会で定めている評価基準を活用する」、「A-10.技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する」、「B-4.研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする」取り組みについても設計誤りを低減するための対策の候補となり得ると考えられる。
- (2) ② CADの知識・技能不足による設計誤りが多い組織では、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する(OJT)」取り組みが有効である。実施度と有効度の高かった「A-1.社内(または部門)で独自の評価基準を作る」、「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「B-7.座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする」、「C-5.CADの形状作成や解析などの操作マニュアルを整備する」取り組みや、回帰分析において効果があると判定された「A-4.社内外の講習会への参加実績で評価する」、「B-5.研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする」、「B-6.研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする」、「C-4.知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける」取り組みについても設計誤りを低減するための対策の候補となり得ると考えられる。

- (3) ③ 加工技術の知識・技能不足による設計誤りが多い組織では、「A-1.社内（または部門）で独自の評価基準を作る」、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」取り組みが有効である。実施度と有効度の高かった「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-3.社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する」、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する（OJT）」取り組みや、回帰分析において効果があると判定された「B-5.研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする」、「B-6.研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする」、「B-7.座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする」取り組みについても設計誤りを低減するための対策の候補となり得ると考えられる。
- (4) ④ 製品情報の知識・技能不足による設計誤りが多い組織では、「B-2.どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める」、「C-1.上司がマンツーマンになって設計を指導する（OJT）」取り組みが有効である。実施度と有効度の高かった「A-1.社内（または部門）で独自の評価基準を作る」、「A-9.上司が仕事の内容を見て評価する」、「B-1.知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する」、「B-5.研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする」、「C-3.データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする」取り組みや、回帰分析において効果があると判定された「A-3.定期的にテストを行い、その結果で評価する」、「B-10.研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する」、「C-2.同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う」取り組みについても設計誤りを低減するための対策の候補となり得ると考えられる。

第5章 結論と今後の課題

5.1 結論

本研究では、機械設計を行っている電機・機械メーカーにおいて、実際に企業で発生している設計誤りと技術者に対して行われている教育・訓練の取り組みの現状を調査し、①製図、②CAD、③加工技術、④製品情報のそれぞれの知識・技能を習得するのに、A.知識・技能の評価、B.研修の計画・実施、C.サポートシステムの整備からなる教育・訓練のどのような取り組みが有効なのか、また取り組みを行う際の難しさとその対策を明らかにすることを試みた。

結果として、知識・技能不足による設計誤りの割合は少なくないこと、加工技術と製品情報の知識・技能不足による設計誤りが問題となっている組織が多いこと、教育・訓練の取り組みの進み具合は組織によって様々であり、取り組みが進んでいる組織は設計誤りの発生頻度が低いことなどがわかった。また、①製図、②CAD、③加工技術、④製品情報のそれぞれについて、関連する設計誤りを防ぐ上で有効な教育・訓練の取り組みを明らかにできた。さらに、教育・訓練の取り組みを行う際の難しさはほとんどの企業が同じような難しさに直面していること、A.知識・技能の評価、B.研修の計画・実施、C.サポートシステムの整備のそれぞれの難しさに対する克服策を明らかにできた。

5.2 今後の課題

設計部門の技術者の人数と設計業務の内容で層別して行った解析ではあまり傾向が見られなかった。今後は、より多くの設計部門を対象にした同様の調査を行い、5.1節で述べた結論の一般性を確認するとともに、それぞれの設計部門に合った教育・訓練の取り組みを明らかにしていくことが必要である。

参考文献

- [1] 中條武志 (2010) : 「人に起因するトラブル・事故の未然防止と R C A」、日本規格協会。
- [2] 「機械・設計研修制度 | Aitec アイテックソリューション株式会社」、
<<http://www.aitec-solution.co.jp/training.html>>
- [3] 「研修制度 | 機械設計のエース設計産業株式会社」、
<http://www.ace-tech.co.jp/recruit_7.html>

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの方々にお世話になりました。特に、主査として研究の全般にわたってご指導頂いた中央大学工学部経営システム工学科の中條武志教授に心から厚く御礼申し上げます。また、設計誤りと教育・訓練の現状に関する調査にご協力頂いた企業の方々に心より感謝致します。

付録

設計誤りと教育・訓練の現状に関する調査票

機械設計における知識・技能不足による設計誤りと教育・訓練の現状と課題に関する調査

1. 調査の目的

機械設計を行うためには製図、CAD、加工技術、製品情報などの多様な知識と技能が必要で、これらが不足すると製品形状の間違いや動作干渉などの様々な設計誤りが生じます。そのため、企業にとっては、設計にたずさわる技術者にそれらの知識・技能を身につけてもらうための教育・訓練を行うことが重要になります。本調査では多くの企業で行われている教育・訓練の取り組みの現状を調査し、どのような取り組みが有効なのか、また取り組みを行う際の難しさとその対策を明らかにすることを目的としています。

2. 回答に当たってのお願い

- (1) 本調査は次の3つのパートから構成されています。答えにくい部分は未記入でもかまいません。可能な範囲で回答してください。
 - I. 調査対象組織の概要
 - II. 機械設計における設計誤りの現状
 - III. 機械設計に関する教育・訓練の現状と課題
- (2) 本調査は**日本機械学会の特別員（法人会員）ご担当の方**および**ISO9001に基づく認証を受けている組織の品質マネジメントシステム管理責任者の方**にお送りしています。貴社・貴組織において機械設計を担当している部門（部署）が複数ある場合には、お手数ですが、機械設計を行っており、設計誤りが問題となっている部門（部署）を一つ選んで回答ください。なお、回答いただくのは、当該部門（部署）の機械設計およびそのための教育・訓練の状況がわかる方であればどなたでも構いません。
- (3) 回答していただきました調査用紙につきましては、e-mail または郵送にて下記の担当者までお送りください。なお、調査用紙の電子ファイル（Microsoft Word）を下記のホームページよりダウンロードできますのでご活用ください。

<http://www.indsys.chuo-u.ac.jp/~nakajo/cad.html>
- (4) 本調査に関してご不明な点、ご質問がありましたら下記までご連絡ください。

本研究担当者：中央大学理工学研究科経営システム工学専攻開発生産工学研究室 前代丈
112-8551 東京都文京区春日 1-13-27
Tel 03-3817-1933 Fax 03-3817-1943
Tel 080-5450-5324（直通） E-mail a11.x5g8@g.chuo-u.ac.jp

質問 I 調査対象組織の概要

- (1) 貴社の名称、調査対象として選ばれた機械設計部門の名称、当該部門における技術者(設計者)の人数(概数)と行っている機械設計の内容を記入してください。

企業の名称	
調査対象の設計部門の名称	
当該部門における 技術者(設計者)の人数(概数)	
当該部門で 行っている機械設計の内容	

- (2) 調査結果をまとめた報告書をお送りしたいと思いますので、差し支えなければ送付先を記入してください。

お名前	
部署名	
E-mail または 住所	

質問Ⅱ 機械設計における設計誤りの現状

(1) 調査対象部門において発生している設計誤り（トラブル・事故など）の件数は、全体として増えていますか、減っていますか。最もよく当てはまる選択肢の番号を回答欄に記入して下さい。

1. 減っている 2. やや減っている 3. 変わらない 4. やや増えている 5. 増えている

(2) 設計誤りは、一般的に以下の4つに分類できます。

a. 知識・技能の不足：設計を行う上で必要な製図、CAD、加工技術、製品情報などの知識・技能がなかった。

その防止には、技術標準の整備、教育・訓練が有効です。

b. 意図的な不遵守：設計を行う上で必要な知識・技能を持っていたが、顧客や上司から急がされたり、やらなくても大丈夫だろうと思うなどして意図的に守らなかった。

その防止には、トラブル・事故事例による意義の納得、上司による仕事の観察と指導、技術標準の作成への参加などが有効です。

c. 意図しないエラー：設計を行う上で必要な知識・技能を持っており、それに従って仕事をしようとしていたが、度忘れや勘違いを起こした。

その防止には、エラーしにくい、エラーしても大丈夫な手順・帳票・機器などを工夫すること（エラープルーフ化）が有効です。

d. その他の原因

調査対象部門で発生している設計誤りを分類したときの各タイプの割合を概数（10%刻み程度）で記入してください。

設計誤りの分類	a. 知識・技能の不足	b. 意図的な不遵守	c. 意図しないエラー	d. その他の原因
割合（10%刻み程度）	（%）	（%）	（%）	（%）

また、上記のうち、a. 知識・技能の不足による設計誤りの割合は増えていますか、減っていますか。最もよく当てはまる選択肢の番号を回答欄に記入して下さい。

1. 減っている 2. やや減っている 3. 変わらない 4. やや増えている 5. 増えている

(3)機械設計に必要な知識・技能は、一般に次の5つに分類できます。

- ① 製図 : 図形、寸法、公差など JIS に基づく製図の読み方・書き方など
- ② C A D : 形状作成、サーフェスモデルの作成、アセンブリ（組み立てシミュレーション）、解析(CAE)、NC加工プログラムの作成(CAM)など
- ③ 加工技術：機械力学・材料力学・流体力学・熱力学などの学問や、ボール盤、旋盤などの加工方法など
- ④ 製品情報：設計する製品や部品の構造・機能・形状・コストや、用いる材質とその原価など
- ⑤ その他

調査対象部門で発生している a. 知識・技能の不足によって発生する設計誤りを分類したときの各タイプの発生数についてどのように感じていますか。最もよく当てはまる選択肢の番号を回答欄に記入して下さい。

1. 多い 2. どちらかといえば多い 3. どちらともいえない 4. どちらかといえば少ない 5. 少ない

a.知識・技能不足による設計誤りの分類	① 製図	② CAD	③ 加工技術	④ 製品情報	⑤ その他
発生数					

質問Ⅲ 機械設計に関する教育・訓練に関する現状と課題

(1) 新入の技術者（設計者）に対する機械設計の研修に年間でどれくらいの時間をかけていますか。また、経験のある技術者（設計者）の再研修にどのくらいの時間をかけていますか。項目ごとの日数（概数）を記入してください。

対象	① 製図	② CAD	③ 加工技術	④ 製品情報	⑤ その他
新人の技術者	(日)	(日)	(日)	(日)	(日)
経験のある技術者	(日)	(日)	(日)	(日)	(日)

(2) 知識・技能の不足による設計誤りを防ぐためには、一般に次の3つの取り組みを行うことが有効であると言われています。

A. 知識・技能の評価：技術者一人一人の知識・技能のレベルや不足している部分を様々な方法によって把握する。

B. 研修の計画・実施：技術者一人一人の知識・技能を向上させるために研修を計画し、実施する。

C. サポートシステムの整備：実際の設計を行う上で必要となる支援を、上司によるOJTやメンター制度などによって提供する。

調査対象部門で実施している各取り組みの実施状況として、最も近い選択肢の番号を記入してください。

1. 不足している 2. やや不足している 3. どちらともいえない 4. やや充実している 5. 充実している

取り組み	A. 知識・技能の評価	B. 研修の計画・実施	C. サポートシステムの整備
実施状況			

(3)－A. 知識・技能の評価

次の表には技術者一人一人の知識・技能のレベルや不足している部分を様々な方法によって把握する取り組みとして代表的なものを列挙してあります。調査対象部門におけるこれらの各取り組みの実施度と有効度として、最も近い選択肢の番号を記入してください。また、列挙されている取り組み以外に行っている取り組みがあれば、表の空欄に追記し、その実施度と有効度について同様の方法でお答えください。なお、取り組んでいないものに対しては実施度、有効度とも無記入でも構いません。

技術者の評価		① 製図		② CAD		③ 加工技術		④ 製品情報	
No	取り組み内容	実施度	有効度	実施度	有効度	実施度	有効度	実施度	有効度
1	社内（または部門）で独自の評価基準を作る								
2	学協会で定めている評価基準を活用する								
3	定期的にテストを行い、その結果で評価する								
4	社内外の講習会への参加実績で評価する								
5	社内の実習における成績で評価する								
6	技能士・機械設計技術者試験などのライセンス取得で評価する								
7	技術者が自己評価を行う								
8	グループワークなどで同じレベルの仲間が評価する								
9	上司が仕事の内容を見て評価する								
10	技術者ごとの設計誤りや作業時間のデータから評価する								
11									
12									

実施度：1. 実施していない 2. 一部実施している 3. 半分程度実施している 4. 一部実施していないところがある 5. 実施している

有効度：1. 有効でない 2. どちらかといえば有効でない 3. わからない 4. どちらかといえば有効である 5. 有効である

(3)－B. 研修の計画・実施

次の表には技術者一人一人の知識・技能を向上させるために研修を計画し、実施する取り組みとして代表的なものを列挙してあります。調査対象部門におけるこれらの各取り組みの実施度と有効度として、最も近い選択肢の番号を記入してください。また、列挙されている取り組み以外に行っている取り組みがあれば、表の空欄に追記し、その実施度と有効度について同様の方法でお答えください。なお、取り組んでいないものに対しては実施度、有効度とも無記入でも構いません。

研修の計画・実施		① 製 図		② CAD		③ 加工技術		④ 製品情報	
No	取り組み内容	実施度	有効度	実施度	有効度	実施度	有効度	実施度	有効度
1	知識・技能の内容、経験年数に応じた研修体系を整備する								
2	どのような人がどのような研修を受けるべきかの基準を定める								
3	社内だけでなく社外の研修を積極的に活用する								
4	研修の計画に当たり、社外で行われている研修の内容を参考にする								
5	研修の計画に当たり、発生している設計誤りなどを参考にする								
6	研修の計画に当たり、方針や事業計画などを参考にする								
7	座学だけでなく、実習を多く取り入れるようにする								
8	研修もしくは自習で用いる教材を質・量ともに充実させる								
9	研修の効果をテストで分析する								
10	研修の効果を受講生や上司に対するアンケートで分析する								
11	研修の効果を発生する設計誤り等に基づいて分析する								
12									
13									

実施度：1. 実施していない 2. 一部実施している 3. 半分程度実施している 4. 一部実施していないところがある 5. 実施している

有効度：1. 有効でない 2. どちらかといえば有効でない 3. わからない 4. どちらかといえば有効である 5. 有効である

(3)－C. サポートシステムの整備

次の表には技術者が実際の設計を行う上で必要となる支援を、上司による OJT やメンター制度などによって提供する取り組みとして代表的なものを列挙してあります。調査対象部門におけるこれらの各取り組みの実施度と有効度として、最も近い選択肢の番号を記入してください。また、列挙されている取り組み以外に行っている取り組みがあれば、表の空欄に追記し、その実施度と有効度について同様の方法でお答えください。なお、取り組んでいないものに対しては実施度、有効度とも無記入でも構いません。

サポートシステムの整備		① 製 図		② CAD		③ 加工技術		④ 製品情報	
No	取り組み内容	実施度	有効度	実施度	有効度	実施度	有効度	実施度	有効度
1	上司がマンツーマンになって設計を指導する (OJT)								
2	同じレベルの間で、グループをつくって設計を行う								
3	データベースを用いてわからない部分を調べられるようにする								
4	知識・技能のわからない部分を教える人・部門を設ける								
5	CAD の形状作成や解析などの操作マニュアルを整備する								
6	CAD の操作を間違えた時に警告を出すなどのツールを用いる								
7									
9									
10									
11									

実施度：1. 実施していない 2. 一部実施している 3. 半分程度実施している 4. 一部実施していないところがある 5. 実施している

有効度：1. 有効でない 2. どちらかといえば有効でない 3. わからない 4. どちらかといえば有効である 5. 有効である

(4) 機械設計に関する教育・訓練の取り組みを実施する際の難しさや、その難しさを克服する対策がありましたら解答欄に記入してください。

A. 知識・技能の評価

難しさ	
克服のための 対策	

B. 研修の計画・実施

難しさ	
克服のための 対策	

C. サポートシステムの整備

難しさ	
克服のための 対策	

調査は以上で終了になります。ご協力ありがとうございました。