

本校機械工学科学生の技術診断
(加工技術を中心に)

藤 川 昇*・中 津 正 志**・池 田 慎 一***

Diagnosis of Technology of the Students in the Department
of Mechanical Engineering in this College
- Centering around the machining technology -

Noboru FUJIKAWA, Masashi NAKATSU and Shin-ichi IKEDA

要 旨

本校機械工学科学生の技術を診断するために、1995年から機械技術の学生による自己点検調査を実施している。調査で得られたデータは品質工学におけるS/N比で分析した。本報では主に加工技術の結果について扱っている。技術診断を用いることによって、教育のための有用な情報が多数得られた。

Abstract

For the purpose to evaluation the Technology of the students in the mechanical engineering in our college, we have been putting in operation on the self-check inspection of the mechanical engineering by the students since the year 1995. The data obtained from students sêrveys were analysed by using the S/N ratio(Signal to Noise ratio) in Quality Engineering. This paper deals mainly the effect of machining technology. Using diagnosis of the Technology, much precious infomation and useful suggestions were obtained for education.

Key Words: self-check, S/N ratio, machining technology, student, Quality Engineering

1. はじめに

機械工学科の学習は講義科目と、実技として実習、製図や実験がある。講義科目は筆記試験によってその修得程度を確認することができるが、内容が広い分野にわたるものや、筆記試験になじまない実技的内容のものは困難であった。筆者等は学生自身の自己点検評価によって技術の修得程度を把握することを計画し、1995年から機械技術診断を実施している^{1)~5)}。

2. 機械技術診断

機械技術は広い範囲にわたっている上、どこまでが機械技術かは議論のあるところではあるが、機械工学科学生が5年間で学習した技術内容に的を絞りを、診断を行うこととした。

* 技 官 実習工場
** 教 授 機械工学科
*** 助 手 機械工学科

図1は機械技術の特性要因図である。機械技術を①設計製図技術、②加工技術、③計測制御技術、④生産管理技術の4つの部門に分け、各部門での技術要素を検討した。これをもとに本校で教えている内容から技術の診断内容を選定した。表1は加工技術の自己診断項目一覧である(文献⁴⁾の表再掲)。加工技術は主に機械工作実習に関係しており、本校では1学年2単位、2学年3単位、3学年3単位実施している。

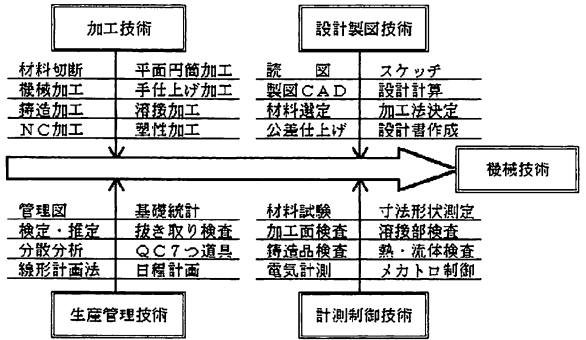


図1 特性要因図

表1 加工技術の自己診断項目一覧

項番	技 術 内 容	5段階評価
B-1	Vブロック、角柱などの製品の砂型による造形ができる。	5 4 3 2 1
B-2	熱した丸棒の簡単な鍛造作業（ハンマーとアンビル使用）ができる。	5 4 3 2 1
B-3	下向きアーク溶接（多層盛り）ができる。	5 4 3 2 1
B-4	ガス溶接（アセチレン）やガス切断ができる。	5 4 3 2 1
B-5	半田付け作業ができる。	5 4 3 2 1
B-6	トースカンで実習程度のけがき作業（中心、寸法）ができる。	5 4 3 2 1
B-7	金切りハサミで鉄板の直線、曲線の切り取りができる。	5 4 3 2 1
B-8	ボール盤、ラジアルボール盤を使って穴明け作業ができる。	5 4 3 2 1
B-9	タップ、ダイスを使ったネジたてができる。	5 4 3 2 1
B-10	形削りまたはフライス盤を使って平面の切削加工ができる。	5 4 3 2 1
B-11	旋盤による円筒外面加工（ネジ、段付き、テーパ含む）ができる。	5 4 3 2 1
B-12	旋盤による正面および内径（ストレート）切削加工ができる。	5 4 3 2 1
B-13	平面研削盤による平面仕上げ加工ができる。	5 4 3 2 1
B-14	切削加工作業において、材料によって適切な加工条件を選定できる。	5 4 3 2 1
B-15	実習課題程度のNC旋盤による加工プログラムを作成できる。	5 4 3 2 1
B-16	実習課題程度のマシニングセンターによる加工プログラムを作成できる。	5 4 3 2 1
B-17	NC工作機械のMDI運転ができる。	5 4 3 2 1
B-18	NC工作機械による実習課題程度の加工作業ができる。	5 4 3 2 1

3. 技術診断方法と集計方法

技術診断は、年度末に機械工学科3学年から5学年に対し、4部門の各技術項目について、5（出来る）～1（出来ない）の5段階で自己診断させた。「出来る」とは、JISや参考図書を参考にすることで「独力」で実行出来る程度とし、学生によっては甘い、厳しいといった主観はあるが学生自身の自己判断に任せた。診断結果はクラスごと項目別に集計し平均、標準偏差を計算した。以上が通常集計方法であるが本報では、品質工学で用いられている望小特性のSN比⁶⁾を次式で算出した。

$$N=\sum_{m=1}^5 X_m$$
$$V_T=\frac{1}{N}\sum_{m=1}^5 \{ (5-m)^2 \times X_m \}$$
$$\eta=10\cdot\log\left(\frac{1}{V_T}\right) \quad (\text{単位dB})$$

上式においてXmは各評価段階ごとの度数、Nは学生数である。

表2 二元配置の分散分析

要 因	平方和	自由度	不偏分散	分散比
年 度	11.174	5	2.235	7.361**
部門間	32.439	3	10.811	35.610**
誤 差	4.554	15	0.304	
合 計	48.160	23		

注) F(5.15,15,0.01)=4.56
F(3.15,15,0.01)=5.42

技術診断結果は5を最良とする順序データである。5からの差（4は1、3は2、2は3、1は4）を計量値と考え、5からの分散（VT）の逆数を対数変換し10倍してデシベル値として、望小特性のSN比(η)を求めた。SN比は平均値とバラツキを含んだ係数であり平均値や修得率での分析の不足を補うことができる。単位はデシベル(dB)でSN比の値が大きいほど好ましい評価である。

4. 結果および考察

4-1 部門による変化について

図2、図3は1995年度から2000年度までの機械5年の5段階評価による平均値およびSN比と部門の関係を示したものである。

平均値、SN比ともに、ほとんど同じ傾向となり、どの年度も加工部門が他の3部門と比較して高い値が示されている。ちなみにSN比の6年間平均で設計製図は-5.37dB、加工は-2.86dB、計測制御は-5.91dB、生産管理は-4.37dBである。このことについて調べるために部門と年度に差があるか二元配置の分散分析を行った。表2はその結果の分散分析表である。

これによると部門間は高い分散比を示し高度に有意という結果となり統計的にも加工技術が高いことが裏付けられた。これは、1学年から3学年まで機械工作実習において加工作業を行うことが多く、実習形態が数人の技官による密度の濃い指導のもとで行われている結果と考えられる。また、5学年になると卒業研究における実験装置や試験片などの製作において、加工作業を行うことが多く、技術の修得が他の技術と比較して全体的に高かったと考えられる。

加工以外の部門の修得状況が年度によっても全く同じ傾向を示しているのが興味深い。これは工学実験を4、5学年で行うなどカリキュラムに関係していると考えられる。

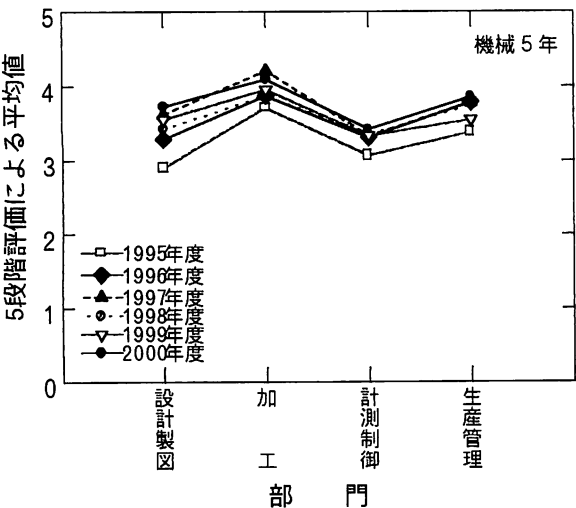


図2 5段階評価による平均値と部門

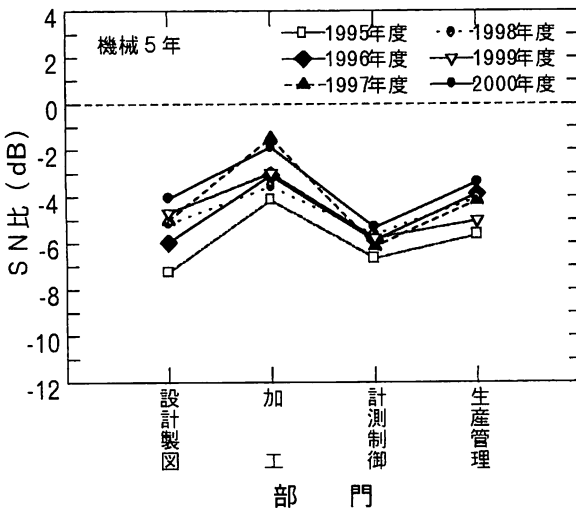


図3 SN比と部門

4-2 学年による違いについて

図4は2000年度の技術診断結果から求めたSN比と学年の関係を示したものである。加工部門において、3学年は高い修得状態を示している。これは3年間の実習教育の最終年であるためと考えられる。3学年から4学年になるとSN比が下降している。平均値の差の検定を行ったところ、

$|t_o| = 5.39^{**} > t(17, 0.01) = 2.898$

となり、高度に有意であり加工技術が低下していることが裏付けられた。その原因として4学年では工学実験があり加工技術よりも計測制御技術に教育の中心が移るためと考えられる。5学年にな

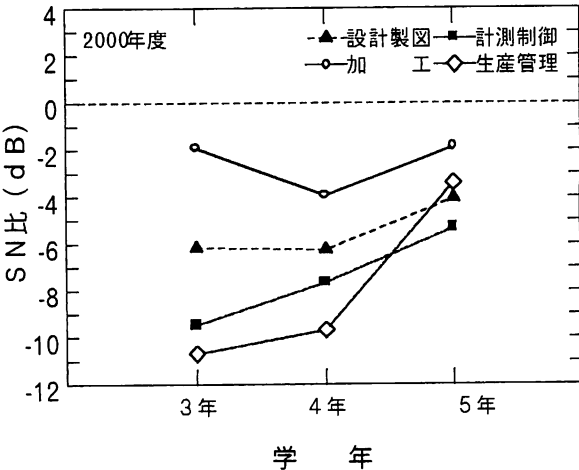


図4 SN比と学年

ると再び上昇しほぼ3学年の水準に回復している。3学年と5学年について、同様に平均値の差の検定を行ったところ、

$|t_o| = 0.075 < t(17, 0.05) = 2.11$

であり、3学年の技術水準と差がないことがわかった。これは、5学年になると前述(4-1)のように、加工作業を行うことが多くなり再びSN比が上昇したものと考えられる。

その他部門では学年があがると一様にSN比が上昇しているが、4、5学年で専門的教育が本格化するので当然の結果である。

4-3 年度による違いについて

図5は部門をパラメータに1995年度から2000年度までの機械5学年のSN比と年度の関係を示したものである。

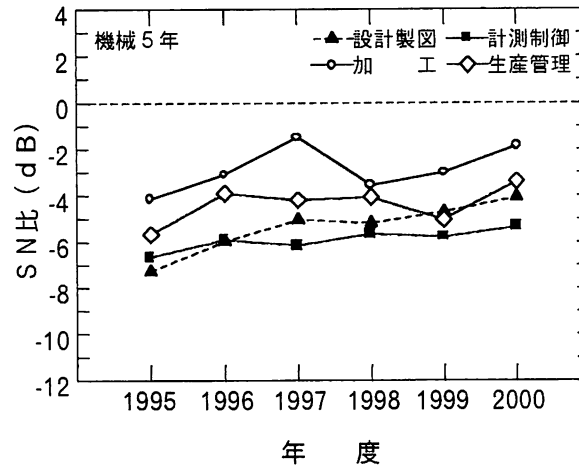


図5 SN比の年度による変化(1)

このグラフから加工部門は1997年度が高くなっているが、全体的に見ると修得状態は上昇しているように見える。表2の分散分析結果によれば年度においても高度に有意であり、年度によって機械技術が変化していることを示している。これは、加工部門の場合、技官の退職者による担当者の変更、実習課題の変更を行ったが、最近では実習内容が定着し、指導者の指導力の向上が関係しているものと考えられる。

他の計測制御、設計製図の部門も年度によって上昇傾向が認められ、担当教官の教育改善の成果が現れているものと考えられる。

図6は学年をパラメータに1995年度から2000年度までの加工部門のSN比と年度を示したものである。

3学年と5学年については、年度による変化が少なく、しかもわずかであるが上昇傾向に見える。

4学年については年度によってバラツキがみられた。これについては、学科展やロボットコンテストで加工作業を行う以外は3学年、5学年より実習工場での作業を行うことが少ないので、その年のクラスの取り組みによりSN比のバラツキに関係しているように考えられる。

年度によって向上が見られるか相関分析を行ったところ、

$$r=0.459 < |r(16, 0.05)| = 0.468$$

となり、わずかに相関ありの判定にはならなかったが、これは4学年のデータのばらつきが影響したためであり、3、5学年については上昇しているといえる。

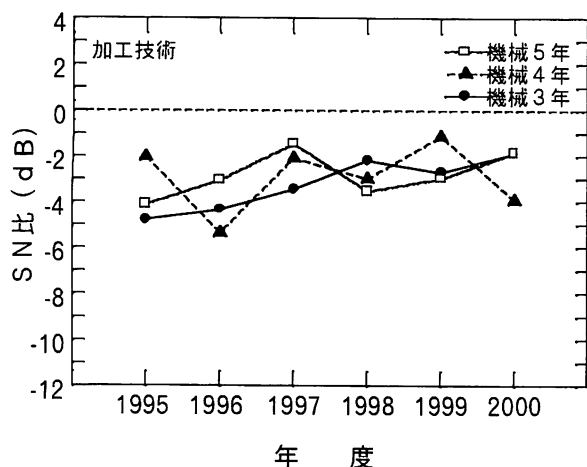


図6 SN比の年度による変化(2)

4-4 項目による違いについて

図7は学年をパラメータに2000年度の各項目のSN比を示したものである。

項目1、2は鋳造および鍛造加工である。SN比が比較的低い値なのは、実習時間数が少ないこと、専門の熟練指導者の退職による影響と考えられる。

項目3、4は溶接とともに低い値である。溶接の実習時間は鍛造鋳造より多いが、これは「多層盛り」という3学年の溶接曲げ試験の溶接技術を調べている。溶接曲げ試験に合格するような溶接技術は実習教育の時間数では実際は無理であり、要求技術が高度すぎた結果と考えられる。

項目5から9は手仕上げで各学年とも高い値である。これらは1学年から3学年まで工作実習に課題があり、作業時間が多いこと、さらに一人で作業する単独作業でもあることから学生の習熟度が高かったと考えられる。

10から12は機械加工でこれも5から9と同様な理由で高い値である。特に旋盤は台数が多いので効果的な実習を行うことができたことがあげられる。

項目14は低い値である。「切削加工作業において材料によって適切な加工条件の選定ができるか」を診断している項目であるが、実習において指導者が安全のため事前に切削条件等を明らかにしてから学生が作業を行うため、学生自身が加工条件を考える機会が少ないことが要因として考えられる。学生に考えさせながら実習することは大切であり、指導方法を改善する必要がある。

項目15から18まではNC工作機械の操作、加工プログラムの作成であるが、プログラムを習熟するための実習時間が少なく、また、機械の台数も

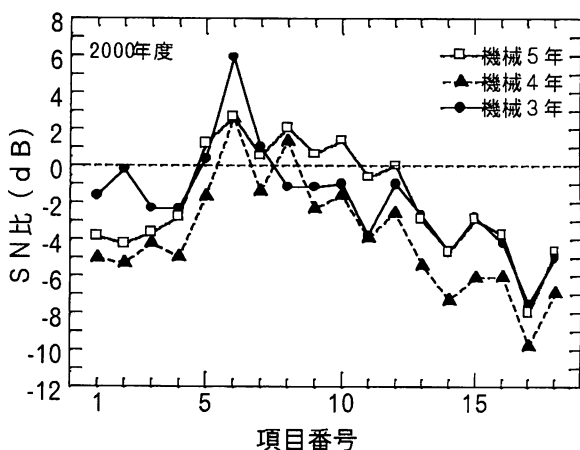


図7 学年によるSN比と項目の関係
加工技術

限定されているために、実習時間内に学生全員が納得のいく操作を行うことが難しいことが要因と考えられる。しかし、工作機械のほとんどがNC化されている現在、NCを使いこなすより一層の技術が必要と考えられる。

全体として各項目の修得程度は、学年が違っても同じ傾向である。これは実習課題の選定と内容に最終的な修得加工技術が大きく左右されていることを示している。従って、常に実習課題の近代化、改善を図っていかなければ、技術革新の急な現状では陳腐化した技術を教育する危険性がある。

5. 実習教育と加工技術について

実習教育の機械技術修得に果たす役割は重要であることは論を待たないが、最近の急速な技術の発達に学校の実習教育は対応出来ていないように見える。たとえば、実習工場内の施設設備は産業界の設備と比較し相当遅れたものとなっている。工作実習という科目名が示すように、本校の実習は加工技術主体の実習課題であり、実際の生産現場の技術の変化発展に対応できないでいる。たとえば、ネットワークへの対応(情報技術)、CAD/CAM、計測技術や制御技術への対応などが遅れている。実習は従来の加工技術のみの実習では今後の機械技術者の育成には不足と考えられる。加工技術周辺の垣根を取り払い、設計製図や創造工学⁷⁾⁸⁾(本校にはまだ無いが)、電気工学、制御工学、メカトロニクスなどの科目との連携が必要である。複合科目の新設や複合的課題の実習課題への取り込みは検討に値すると考える。同時に実習指導者の先行したスキルアップも必要と考えられる。

6. おわりに

以上をまとめると、

- 1) 技術診断によって各部門の技術修得程度、学年による加工技術の変化、年度による技術変化など多くの有益な教育情報を得ることができた。
- 2) 技術診断によって学生に不足している加工技術や、カリキュラム内容、実習課題内容と技術習得の関係が明らかになったので、実習計画が立てやすくなった。
- 3) 技術という広い内容を持つものについて要素技術に分解し自己診断させ修得技術を分析する方法は比較しやすく改善効果を把握できるので、

有効な方法であった。

今後の課題は、

- 1) 技術のバランスや不足を補うために科目を越えた取り組みが必要である。
- 2) J A B E Eへの対応を考える時、機械技術教育を国際的な基準に合った技術教育に改善し、技術診断をより汎用性のあるものに改良していきたい。

参考文献

- 1) 中津：実習技能診断（その1），苫小牧工業高等専門学校紀要第22号 P 33-39(1987)
- 2) 中津正志：学生による授業評価，苫小牧工業高等専門学校紀要第29号，P 19(1994)
- 3) 中津，池田，藤川：S N比による教育評価法の研究，論文集「高専教育」第19号 P 150-155(1996)
- 4) 中津，池田，藤川：学生による自己点検評価について，苫小牧工業高等専門学校紀要第32号，P 25-31 (1997)
- 5) 中津，池田，林，藤川：S N比を用いた教育評価，日本教育工学会第14回全国大会講演論文集，a A 03-4(1998)
- 6) 田口玄一：品質評価のためのS N比，日本規格協会，P 50(1988)
- 7) 柳澤栄司：創造性をはぐくむために，東北大学工学部1999創造工学，P 15-23(1999)
- 8) 門脇ほか4人：工業高等専門学校における創造教育の成果と検討，工学教育第49巻6号，P 44-49(2001)

(平成13年11月30日受理)

