授業評価(聴覚部・16 年度)の統計解析

学科と経年変化の累積法による分散分析

筑波技術大学 産業技術学部[1)]，同 産業情報学科[2)]，同 総合デザイン学科[3)]，
障害者高等教育研究支援センター 障害者基礎教育研究部[4)]

聴覚部 教育活動に関する点検評価 ワーキンググループ[1)]
三牧敏太郎[2)] 村上芳則[2)] 北川博[2)] 須田裕之[2)] 生田目美紀[3)] 萩田秋雄[3)] 松藤みどり[4)]

要旨：筑波技術大学 短期大学部(聴覚部)の“教育活動に関する点検評価ワーキンググループ”は，平成 11 年度より学生による授業評価アンケートの統計解析を継続している。これまでに，アンケート評点の平均値を用いて解析し，1〜2 学科に有意差があることが検定できている。本報では，教員の努力や情報補償機器の充実などは蓄積されていくので，評点は向上しているはずと考え，評点の累積度数分布を用いて累積法により学科間の差，年度効果(年度による向上)を検定した。結果：(1) 評点の累積分布：学科ごとの分布形状は異なっており，グループⅠ(基礎教育，デザイン，建築)とグループⅡ(機械，電子，情報)との 2 分化が特徴的である。(2) 学科間の差，年度効果：多くは 1 %有意である。年度効果が有意な場合，評点は 5 年間で 3〜5 %向上しているとして良い。(3) 累積分布の改善策：評点 3 を 4 に，“ふつう を まあ良い”に向上させることが効果的である。

キーワード：授業評価，累積度数分布，累積法，検定

1. 緒 言

短期大学部(聴覚部)において，平成 11 年度から“学生による授業評価”のアンケート調査が実施されている。アンケートは 11 項目からなり，学生側の要因は「評価」，「理解」，「興味」，「態度」の 4 つ，学生-教員に共通する要因は「受話(以下で，疎通)」，「通話」の 2 つ，教員側の要因は「目的」，「機器」，「準備」，「熱意」，「程度(以下で，レベル)」の 5 つである。

これまでの統計解析は，科目ごとの各項目(例えば，「評価」，「理解」，・・・)のアンケート評点の平均値を用いて，① 調査の主な目的である学生による「評価」，学生の「理解」と「興味」のデータ解析[1]，② 重回帰分析による定式化[2]，③ 学生－教員とのコミュニケーションを表す「疎通」，教員の情報補償の努力である「機器」と教育「熱意」，学生の授業「レベル」観などを要因とした共分散分析による検定[3]である。これらの統計解析の結果は，① 特性値(「評価」，「理解」，「興味」)向上のための示唆が得られた[2]。② 特性値の学科平均値は，1〜2 学科程度に差はあるが，ほぼ有意差なしとして良い[3] 等である。

しかし，年度により学生は変わるが，教員の努力や情報補償機器の充実などは蓄積されることを反映して，評点の“何か”は上昇(改善)傾向にあるはずであり，その確認が望まれる。評点の平均値を用いると，学科の効果(学科間の差)はほぼ有意でないことを考えると，“何か”として評点の分布が残る。

本報では，アンケート評点の累積度数分布(以下で，累積分布)を用いて，その解析法である累積法により，学科(短期大学部)，年度を要因とした分散分析を試行する。その理由の 1 つは累積分布を用いる方が 評点 1〜5 の順位までを考慮した，より効率の高い(検定力の大きな)解析ができるからである。

累積分布(2.2 節)，累積法(3 章)については後述する。なお，累積分布(パターン)の良否の判定基準は多様なので，本報ではその良否に関しては述べない。

2. アンケート評点の平均値と累積度数分布

アンケートの回答の多くは 5 段階評点(1〜5)であり，H16 年度のデータ数(科目数)N は $N=96$(講義系は $N=59$，演習系は $N=37$)である。ここで，演習系授業は 演習，実験，実習，実技などの講義以外の授業であり，① 講義で学んだことを実際に体験することで，理解の定着や思考過程の育成を図る授業，② 作品の制作や保健体育などの実技能力の育成・向上を図る授業 などである。

2.1 アンケート評点の平均値の経年変化(特性値)

科目の平均値 μ は回答数 n_i に 5 段階評点を重み付けした

$$\mu=(n_1+2n_2+3n_3+4n_4+5n_5)/\Sigma n_i \quad (1)$$

である。ここで，n_1：評点 1 の数，…，n_5：評点 5 の数，また，Σn_i はその合計である。

授業形式ごとの特性値(「評価」，「理解」，「興味」)の全学科平均値を表 1 に，表 1 の経年変化を図 1 に示す。ここで，○，△，□(と■)の各印は「評価」，「理解」，「興味」であり，破線＝講義系，実線＝演習系を表している。図 1 より，多くの特性値は上昇傾向にあるので，教員の努力や情報補償機器の充実などを反映した年度効果(年度による向上)は有意との検定結果が妥当と考えられる。

これまでの“平均値を用いた”手法による検定結果などを以下に，累積法を用いた検定結果を3.2節に示す。

(1)　分散分析

データ＝年度ごとの全学科科目の平均値(N =377)を用い，要因＝年度効果(年度による向上)とした分散分析では，いずれの特性値も有意差なしである(効果なし)。その理由は（級間変動＝年度効果の大きさ）＜(級内変動＝年度内における各科目のμのばらつき)のためである。

[数値例] H16年度の「評価」: 標準偏差/平均値＝0.474/3.95＝12 %であり，平均値の±12 %の範囲外の科目数が30 %程度ある。(年度効果の大きさ＝数%)＜12 %であり，ばらつき内なので，有意とならない。[数値例/終]

(2)　回帰分析

データ＝表1の全学科平均値(N =6)を用い，要因＝年度効果とした回帰分析結果を示す。回帰式は$y = a_1 x + a_0$とし，y＝特性値，x＝年度(時系列)である。

相関係数Rは，講義系(図1の破線)の「評価」○印＝0.94,「理解」△印＝0.92,「興味」□印＝0.96 と大きく，図の上昇傾向を裏付けている。演習系(図1の実線)のRは13年度の急増があるためか，「評価」○印＝0.40,「理解」△印＝0.53,「興味」■印＝0.25 とかなり小さい。したがって，演習系で 年度効果が有意でない項目があるとすれば，「興味」■印→「評価」○印→「理解」△印の順と想定される(3.2節で示すが，■印の年度効果は有意でない。すなわち，「興味」は向上していないので相関関係はなく，Rは小さい)。

表1　特性値の全学科平均値

全学科平均値		H11	H12	H13	H14	H15	H16
評価	講義系	3.74	3.83	3.80	3.86	3.88	3.95
	演習系	4.01	4.16	4.22	4.05	4.19	4.15
理解	講義系	3.53	3.63	3.66	3.70	3.73	3.72
	演習系	3.83	4.00	4.15	3.99	4.02	4.06
興味	講義系	3.52	3.59	3.59	3.64	3.65	3.67
	演習系	4.01	4.07	4.13	4.05	4.12	4.04

2.2 アンケート評点の累積度数分布

累積度数とは，科目の評点の数n_i(＝密度度数)を，

ランク1＝n_1　　　　　：評点1の数

ランク2＝$n_1 + n_2$　　　　：評点1，2の数の合計

ランク5＝Σn_i　(i＝1, 5)　：評点1～5の数の合計

のように，累積した評点の数である。最終のランク5は評点1～5の総計を表し，要因効果とは関係しないので，ランク1～4を用いて分散分析を行うことになる。

ここで，累積分布の例を図2に示す。図例は，① 簡単な3段階評点(1, 3, 5)とし，回答数Σn_i=9とする。② 図を見やすくするため，座標値を少しずらす(以下のBest，Worstの分布)。③ 解釈例は「理解」とする。

(1)　平均値μ=5(最良)の累積分布 ： 全数が評点5(n_5=9)。ランク1=0 %，ランク3=0 %，ランク5=100 % であり，図の“下の横軸→右の縦軸”と重なる太実線(Best)となる。
[注] 一般的な図はデータが上方にある方が望ましいことが多い。本報における累積分布は図の太実線(Best)のような分布が望ましいので，見方に注意して欲しい。[注/終]

(2)　平均値μ=1(最悪)の累積分布 ： 全数が評点1(n_1=9)。ランク1=100 %，ランク3=100 %，ランク5=100 %であり，図の“左の縦軸→上の横軸”と重なる太破線(Worst)となる。

(3)　平均値μ=3の累積分布 ： 評点1の数＝n_1，評点3の数＝n_3，評点5の数＝n_5とすると，次の2式を満たす解が5組ある(以下に示す解1～解5であり，n_iは$0 \leqq n_i \leqq 9$の整数)。

$$n_1 + n_3 + n_5 = 9 \tag{2}$$

$$n_1 + 3n_3 + 5n_5 = \mu(\Sigma n_i) = 3 \times 9 = 27 \tag{3}$$

[注] 解1～解5の各印を結ぶ累積分布はBest，Worstのように階段状であるが，各印の値を直線で結んだ簡略図である。解2の△印で説明する：ランク1→3は累積度数%＝11，ランク3で累積度数%は11→88になり，ランク3→5は累積度数%＝88，ランク5で累積度数%は88→100となる階段状の累積分布である。図3以降は簡略図で示す。[注/終]

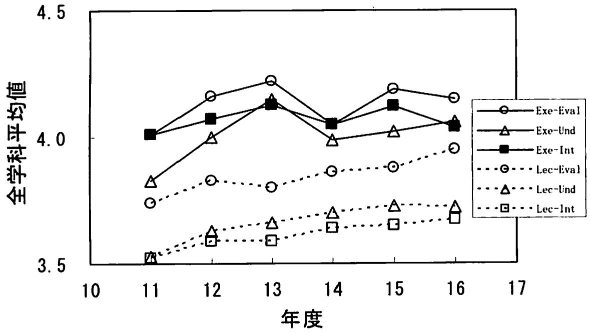


図1　特性値(全学科平均値)の経年変化

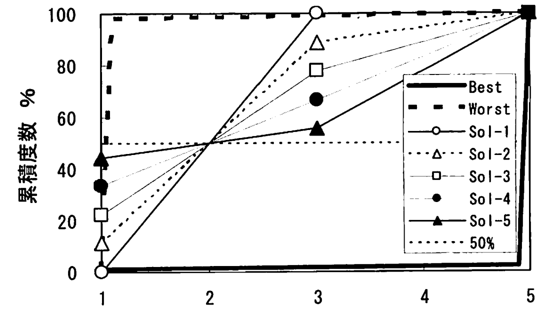


図2　累積分布の図例(平均値=5，3，1)

① 解1：$n_1=0$，$n_3=9$，$n_5=0$　（図2の○印）
　ランク1=0 %，ランク3=100 %，ランク5=100 %
　（解釈例 1）全員が“ふつう”に「理解」できれば良い。
② 解2：$n_1=1$，$n_3=7$，$n_5=1$　（図2の△印）
　ランク1=11 %，ランク3=88 %，ランク5=100 %
　（解釈例 2）「理解」できる学生がいるので，少数の「理解」不足はやむを得ない。
③ 解3：$n_1=2$，$n_3=5$，$n_5=2$　（図2の□印）
　ランク1=22 %，ランク3=77 %，ランク5=100 %
　（解釈例 3）解釈例2と同様。
④ 解4：$n_1=3$，$n_3=3$，$n_5=3$　（図2の●印）
　ランク1=33 %，ランク3=66 %，ランク5=100 %
　（解釈例 4）「理解」できる学生も，「理解」できない学生もいるので 平均的（ふつう）であれば良い。
⑤ 解5：$n_1=4$，$n_3=1$，$n_5=4$　（図2の▲印）
　ランク1=44 %，ランク3=55 %，ランク5=100 %
　（解釈例 5）「理解」できる学生のためには，「理解」できない学生がいてもやむを得ない。

平均値$\mu=3$とした5つの累積分布より得られる知見を示す。

(a)　平均値の差：平均値が等しいので，平均値の差の検定では，結果が有意でないことは自明である。しかし，図2に示す累積分布（○～▲印）は大いに異なっているので，累積分布を用いて解析すれば，有意差がある可能性がある。

(b)　望ましい累積分布：
　① ランク1～3：最良の累積分布に近いのは，解1（○印）
　② ランク3～5：最良の累積分布に近いのは，解5（▲印）
であり，1つの解で表すことができない。また，前述の解釈例は学生・教員ごとに多様と考えられる。

これより，一定の良否の判定基準を設けることができないので，本報では 検定結果を示すにとどめ，有意差に関する考察や累積分布の良否に関しては述べないことにする。

2.3 アンケート評点の累積分布の経年変化(特性値)

特性値（全学科総計）の累積分布の経年変化を図 3-1～図3-3（講義系）と，図4-1～図4-3（演習系）に示す。図3以降で，破線曲線（Better 線）は望ましい累積分布の例である。ここでは，
①「レベル」以外の項目：ランク3（評点が1～3の合計数）=10 %，ランク4（評点が1～4の合計数）=33 %とした曲線（下に凸）。
②「レベル」：高等教育と考えるか 職業教育と考えるか の観点があり，その仮置きは難しい。分布例はランク 3=50 %，ランク4=80 %（5人に1人が難しい）とした曲線（上に凸）。

図3～図4より，

(1)　講義系：①「評価」：図3-1の空印（□=H16：直近）は，実印（●=H12：5年前）より下方にあり，Better 線に近づいているので，「評価」の累積分布は向上している。②「理解」と「興味」：向上代（直線のばらつき幅）は「評価」より小さい

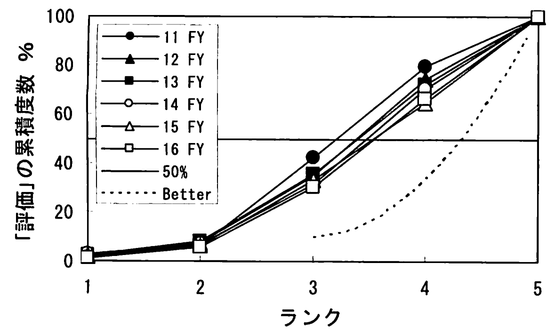


図3-1 「評価」の累積分布の経年変化（講義系の全学科）

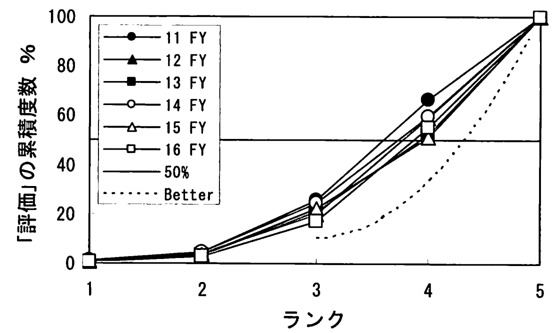


図4-1 「評価」の累積分布の経年変化（演習系の全学科）

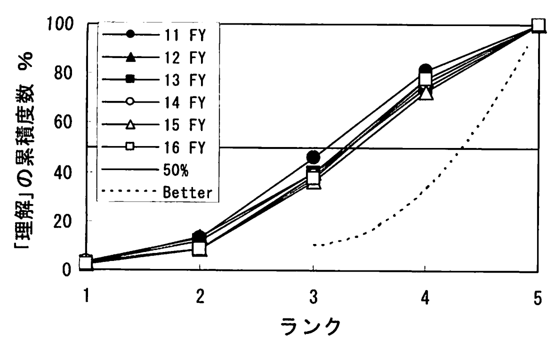


図3-2 「理解」の累積分布の経年変化（講義系の全学科）

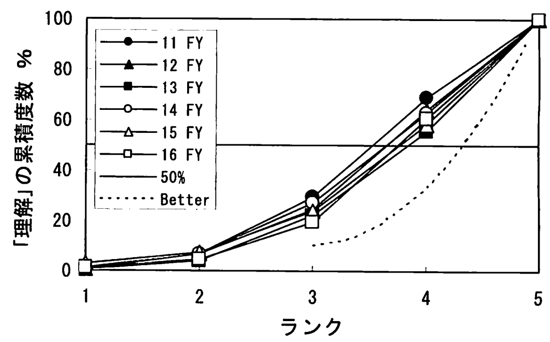


図4-2 「理解」の累積分布の経年変化（演習系の全学科）

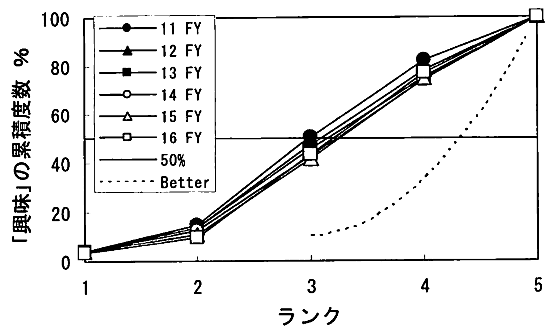


図 3-3 「興味」の累積分布の経年変化(講義系の全学科)

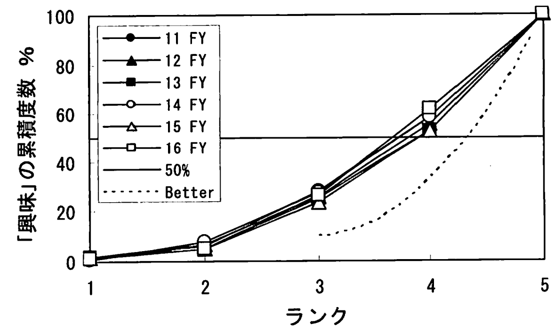


図 4-3 「興味」の累積分布の経年変化(演習系の全学科)

が，上昇傾向にある。

しかし，これらの年度効果は数%なので，平均値の差の検定では 有意差を検出することは難しい(2.1 節参照)。

(2) 演習系：全ての特性値が，講義系よりも Better 線に近く，望ましい分布となっている。これは，表 1 の全学科平均値でも確認できる(平均値は 演習系＞講義系)。

3. 累積法による分散分析

特性値が 3 組以上に分類される計数分類値の場合，その解析には累積法または度数法を用いるのがよい。二つのうち，どちらの解析法を用いるかは，解析したいデータの分類項目の性質によって異なる。分類の組に順序がある場合，たとえば，優，良，可(上，中，下)に分類される格付けデータや，本来は計量値であるが，その大きさによって，＋，０，－のように いくつかの組に分けたゲージ値などの場合にも累積法を用いる。研究におけるデータはほとんど全て累積法で解析してよい[4]。

3.1 累積法による分散分析の解析例[4]

混紡用服地について，2 因子A，Bを

A＝混紡糸の 4 種類　　A_1，A_2，A_3，A_4

B＝仕上げ方法の 2 種類　B_1，B_2

にとり，2 元配置法(AとBとの全ての組合せ)でつくった 8 種類の生地を，その風合い(手触りの良さ)について 7 人の人間，R_1，R_2，R_3，…，R_7 の各人に 8 種類のものを比較させて，風合いの良さで，「上，中，下」のいずれかの組に分類してもらった。さらに，翌日もう一度それと同じ比較をやってもらったので，各人は同一の生地を 2 回試験したことになる。データを付録－1 の付表 1 に示す。

この例のように，取り上げている因子はA，Bの 2 つであっても，A，Bの組合せ全部について 7 人の人が風合いの試験をしているので，データの構成は 3 元配置となっている。このようなデータは，累積度数にして解析を行う。累積法による分散分析の結果を付録－1 の付表 2 に示す。［文献要約/終]

文献の解析例(付表 2)を参照し，累積法の 3 元配置の分散分析プログラムをチェックし，以下の解析に用いた。

3.2 特性値の経年変化の累積法による分散分析

図 3-1～図 4-3 に示した特性値(全学科総計)の累積分布の経年変化の解析は，データ＝年度ごとの全学科科目の評点数(N ＝ 377×5)を用い，要因＝年度効果とした 1 元配置の分散分析となる。累積法による検定結果を表 2-1(講義系)と表 2-2(演習系)に示す。F 検定では，誤差の自由度が十分大きいので $F^*(20, \infty, 1\%)=1.87$，$F^*(20, \infty, 5\%)=1.57$ を用いる。

表 2 より，演習系の「興味」を除いて，いずれも 1 %有意である(1 %有意＝100 回の判定で，1 回の過誤)。この検定結果は，① 図 3～図 4 の「評価」と「理解」では ランク 3～4 で差が読み取れるが，図 4-3(演習系の「興味」)では 差が読み取れるのはランク 4 のみと少ないことからも推測できる。② 図 1 に示した特性

表 2-1 分散分析表(講義系の全学科総計の年度)

特性値と要因		平方和 SS	自由度 f	分散 V
「評価」	年度の効果	79.1	20	3.95 **
	誤差	17557	17616	1.00
「理解」	年度の効果	61.4	20	3.07 **
	誤差	17803	17844	1.00
「興味」	年度の効果	44.5	20	2.22 **
	誤差	17800	17824	1.00

(注) 以下の分散分析表(分散の欄) **:1 %有意，*:5 %有意

表 2-2 分散分析表(演習系の全学科総計の年度)

特性値と要因		平方和 SS	自由度 f	分散 V
「評価」	年度の効果	40.7	20	2.04 **
	誤差	8935	8956	1.00
「理解」	年度の効果	47.4	20	2.37 **
	誤差	8989	9016	1.00
「興味」	年度の効果	20.5	20	1.03
	誤差	8999	9000	1.00

値の全学科平均値の「評価」と「理解」が上昇傾向にあること（年度効果は有意）に，演習系の「興味（■印）」はその傾向が明瞭でないこと（有意差なし）に対応している。③ 2.1 節の回帰分析の結果を参照すると，相関係数 R の小さい順にも対応している。これらの理由より，検定結果は妥当と考えられる。

このように，累積法は 解析手順の改良に加えて 誤差の自由度が大きくなり，分散分析の検定力を上げることができる優れた手法である。

4. 授業評価データの累積法による分散分析(講義系)

累積法による分散分析の目的は，学科の効果（学科間の累積分布の差・違い）の検定である。特性値と要因（「疎通」，「機器」，「熱意」，「レベル」）の累積分布を図 5-1〜図 5-7 に示す。

図で，① 左側(a)＝H12 年度，右側(b)＝H16 年度，② 実印（●＝基礎教育，▲＝デザイン，■＝建築）は数学をあまり使わない概論・概念に関する科目の多い学科，空印（○＝機械，△＝電子，□＝情報）は数学を基にする専門基礎，設計手法に関する科目の多い学科・専攻を表している。

各図に見るように，各学科の累積分布はかなりの差が見られるので，有意差があると想定される。また，左右の図(a, b)を比較すると，年度効果（経年変化）も想定されるので，2 元配置で解析する。なお，年度は制御因子ではないが，教員の努力や情報補償機器の充実などの代理変数ともみなせる。

表 3（講義系）に示すように，要因Ａ＝学科の効果，要因Ｂ＝年度効果として取り上げ，Ａ，Ｂの組合せについて，要因Ｃ＝科目があるので，データは 3 元配置となる。

解析にあたっては，① 要因Ｃ（科目）は年度により異なり，対応がないので要因とはできない。ここでは，2 元配置の繰返し数 N_{ij} として扱う（N_{ij} は学科・年度で異なる）。② 要因間の交互作用（組合せ効果）は考えない。

4.1 特性値の検定結果(講義系)

特性値の分散分析結果を表 4-1 に示すが，いずれの特性値も学科，年度ともに有意である（差がある）。 その理由として，① 学科の有意差：図 5-1〜図 5-3 に見るように，空印と実印との明瞭な分離が理由である。この分離は，数学が全般的に必要か否かの学科の特質に起因すると考えられる。② 年度の有意差：各年度の授業評価に供した科目の違いに加えて，学力レベルの変動などがあるため，学科の効果に比べて有意差の検出は難しい。しかし，各図(b)の累積分布が Better 線に漸近しているのは，教員の努力や情報補償機器の充実が理由と考えられる。

直近の図(b)を参照し，累積分布の改善策を考えてみる。

① ランク 1〜2 は空印と実印の累積値の差は 10 %程度と小さい。② ランク 3 では，差は 20〜30 %に開く。③ ランク 3 からランク 4 への増加（＝直線の傾き）はほぼ同一なので，ランク 3 での差が保たれる。④ これより，重要なのはランク 3 における累積値であり，“評点 3＝ふつう を 評点 4＝まあ良い” に向上させることが効果的と考えられる。

表 3 各年度の科目数 N_{ij}（講義系）

学科(A)	基礎	ﾃﾞｻﾞｲﾝ	機械	建築	電子	情報	計
年度(B)	各学科の“科目数”が繰返し数 N_{ij}						
H11	6	1	5	8	10	11	41
H12	12	7	9	13	13	8	62
H13	13	9	13	12	13	6	66
H14	11	6	15	20	9	10	71
H15	11	10	12	24	12	9	78
H16	9	11	11	10	8	10	59
計	62	44	65	87	65	54	377

表 4-1 分散分析表（講義系（特性値）の学科と年度）

特性値と要因		平方和 SS	自由度 f	分散 V
「評価」	学科の効果	224.8	20	11.2 **
	年度の効果	79.1	20	4.0 **
	誤差	17332	17596	0.99
「理解」	学科の効果	363.2	20	18.2 **
	年度の効果	61.4	20	3.1 **
	誤差	17439	17824	0.98
「興味」	学科の効果	192.2	20	9.6 **
	年度の効果	44.5	20	2.2 **
	誤差	17607	17804	0.99

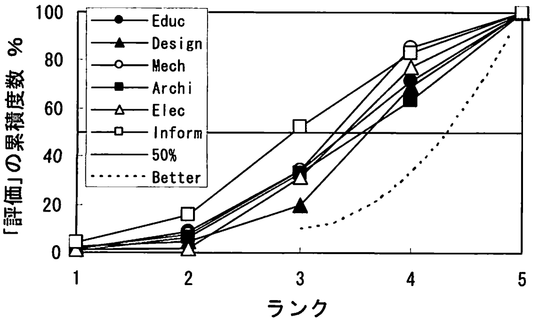


図 5-1 (a) 「評価」の累積分布（講義系の各学科，H12）

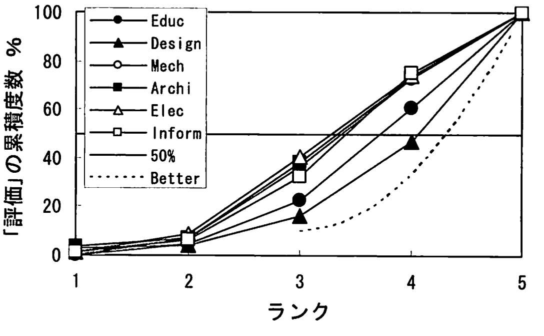


図 5-1 (b) 「評価」の累積分布（講義系の各学科，H16）

さらに，図5-1～図5-3のランク3～4近傍に注目した考察を示す。なお，▲印(デザイン)が望ましいBetter線に近いことが特徴的である(評点の平均値が高い[3])。

(1)　「評価，図5-1 (a, b)」：① 学科間：実印は空印よりも下方にあり，実印学科は「評価」が相対的に高いことが解る。また，□印(情報)の向上が顕著である。② 年度比較：H16年度はランク4近傍がBetter線に漸近し，望ましい変化となっている。

(2)　「理解，図5-2 (a, b)」：① 学科間：空印と実印との分離と学科間の差が明瞭にある。その理由は ▲印(デザイン)が向上し，空印が足踏みしているためである。
② 年度比較：▲印(デザイン)を除けば，変化は小さい。

(3)　「興味，図5-3 (a, b)」：学科間と年度比較：▲印(デザイン)に向上が見られる。▲印の「理解」と「興味」の連動より，[理解」と「興味」に高い相関関係を想定できる。

[参考 ： 累積分布のチェック]図5-1(b)で，累積分布の異なる▲,□印(デザイン，情報)の平均値μを① 各評点の累積度数%より求める，② 式(1)で求めるとの比較を示す。▲印のμ：①=4.30，②=4.28，□印のμ：①=3.85，②=3.83である。①と②の値はほぼ同じである(当然だが)。[参考/終]

4.2　要因の検定結果(講義系)

要因とは，「疎通」,「機器」,「熱意」,「レベル」である。その分散分析結果を表4-2に示す。これより，「熱意」の年度効果を除けば，いずれも学科，年度ともに1 %有意である(差がある)。

図5-4～図5-6の特徴を示す。①「疎通」，「機器」，「熱意」：空印，実印ともに，望ましいBetter線に近づいていることは，特性値と同様である。②「機器」と「熱意」は学科間の差が小さくなるとともに，ランク3における累積値が分布形状の差の原因であることも示している(ランク3～4がほぼ平行だから)。

表4-2　分散分析表(講義系(要因)の学科と年度)

特性値と要因		平方和 SS	自由度 f	分散 V
「疎通」	学科の効果	169.1	20	8.5 **
	年度の効果	168.8	20	8.4 **
	誤差	17502	17800	0.98
「機器」	学科の効果	145.3	20	7.3 **
	年度の効果	72.9	20	3.6 **
	誤差	17574	17752	0.99
「熱意」	学科の効果	170.2	20	8.5 **
	年度の効果	33.1	20	1.7 *
	誤差	17617	17780	0.99
「ﾚﾍﾞﾙ」	学科の効果	144.9	20	7.3 **
	年度の効果	88.3	20	4.4 **
	誤差	17559	17752	0.99

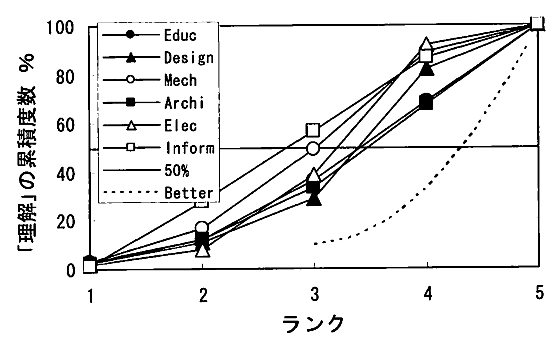


図5-2 (a)　「理解」の累積分布(講義系の各学科，H12)

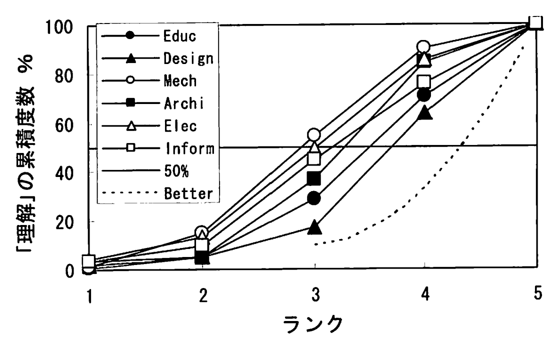


図5-2 (b)　「理解」の累積分布(講義系の各学科，H16)

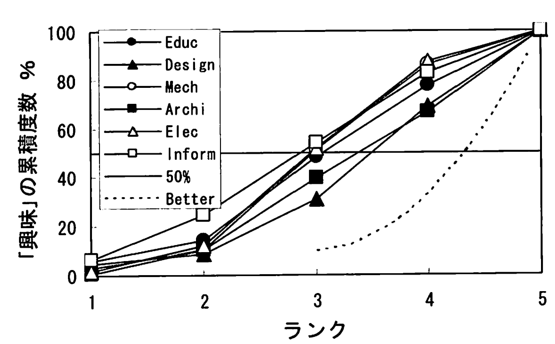


図5-3 (a)　「興味」の累積分布(講義系の各学科，H12)

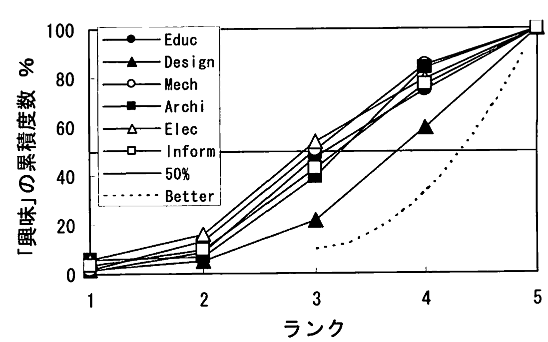


図5-3 (b)　「興味」の累積分布(講義系の各学科，H16)

要因に関する考察を示す。

(1)　「疎通，図 5-4 (a, b)」：① 学科間：「評価」，「理解」と同様に，実印が空印よりも下方にある。解釈は，「理解」できて「評価」が高ければ「疎通」がうまくとれている，逆に「疎通」が良ければ「理解」できて「評価」に結びつく かであるが，どちらかは判定できない。② 年度比較：H16 年度は Better 線に漸近し，望ましい変化が見られる。

(2)　「機器，図 5-5 (a, b)」：① 学科間：差が小さくなっており，各学科ともに「機器」の充実に努めていると言える。② 年度比較：□印（情報）の向上以外は，変化は小さい。

(3)　「熱意，図 5-6 (a, b)」：① 学科間：差が小さくなるとともに，全学科が望ましい方向にある。② 年度比較：学科間の差が小さくなっている。

(4)　「レベル，図 5-7 (a, b)」：ランク 1〜2＝易しい，3＝ふつう，4〜5＝難しい である。① 学科間：■印（建築）を除く学科はランク 3 ≒50 %であり，適切な授業「レベル」と言える。しかし，■印の変化（易しいと思う方向へ 25 %増）は大きく，なんらかの理由があると想像される（例えば，授業評価に供した科目の違いなど）。② 年度比較：ランク 3 での差が広がり，2 分化の傾向が見られる（図 5-2 の「理解」と同様）。また，ランク 4（やや難しい）が少し減少している。シラバスの大きな変化はないので，学力レベルが向上していることになるが，図 5-2 の「理解」のランク 4 の変化が少ないこととは対応しない。これより，「理解」と「レベル」との関係を解析する必要があると考えられる。

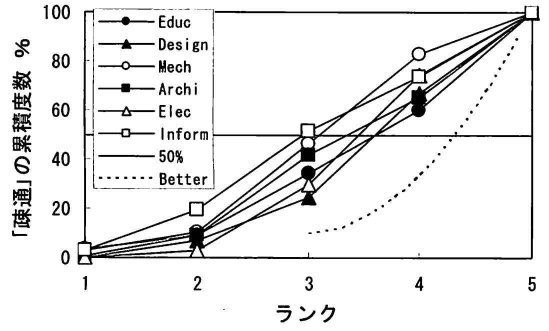


図 5-4 (a)　「疎通」の累積分布（講義系の各学科，H12）

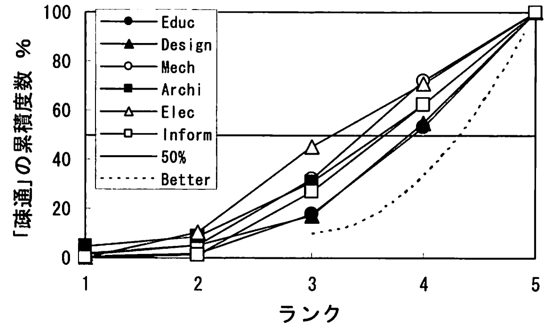


図 5-4 (b)　「疎通」の累積分布（講義系の各学科，H16）

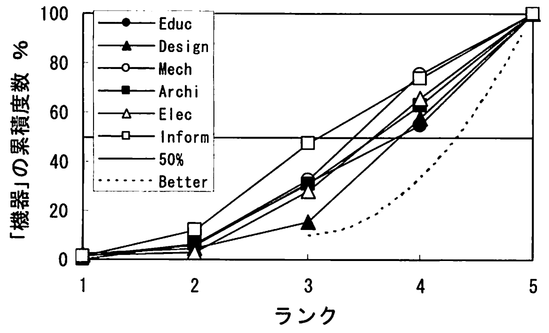


図 5-5 (a)　「機器」の累積分布（講義系の各学科，H12）

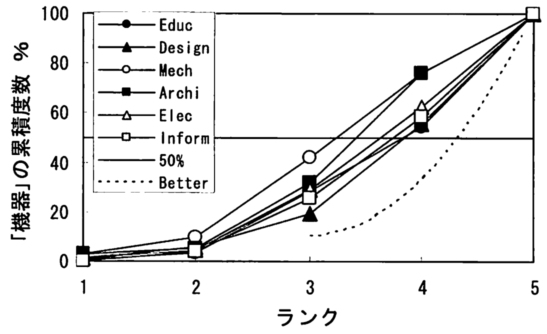


図 5-5 (b)　「機器」の累積分布（講義系の各学科，H16）

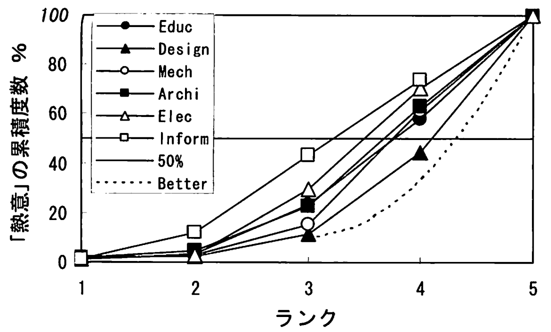


図 5-6 (a)　「熱意」の累積分布（講義系の各学科，H12）

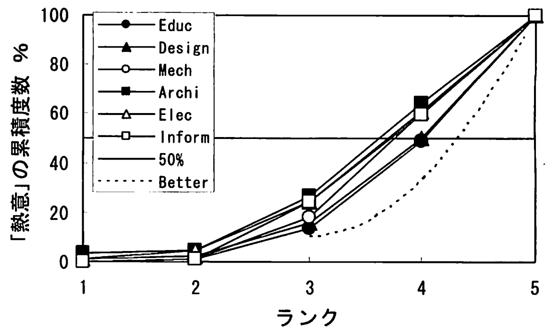


図 5-6 (b)　「熱意」の累積分布（講義系の各学科，H16）

5. 授業評価データの累積法による分散分析(演習系)

データ数を表5(演習系)に，分散分析結果を表6-1(特性値)と表6-2(要因)に，累積分布を図6-1～図6-7に示す(各図で，左側(a)＝H12年度，右側(b)＝H16年度)。

5.1 特性値の検定結果(演習系)

表6-1(特性値)より，「興味」の年度効果を除けば，いずれも学科，年度ともに有意である(差がある)。 その理由として，① 学科の有意差：図6-1～図6-3に見るように，空印と実印とは混在しているが，2分化を含む差が理由である。② 年度の有意差：差はあるが，その差は小さくなっている(直線群のばらつきはH12年度＞H16年度)。

特性値に関する考察を述べる。

(1) 「評価，図6-1 (a, b)」:① 学科間：空印学科の努力で，学科間の差は縮まりつつある(大きく2分されていた分布がほぼ1つへ)。また，累積分布の形状は講義系[図5-1(b)]とほぼ同様である。② 年度比較：空印学科が向上している。

(2) 「理解，図6-2 (a, b)」：① 学科間：空印と実印の明瞭な分離が見られたが，空印学科の努力で 分布はほぼ1つになっている。② 年度比較：学科間の差が小さくなっている。

(3) 「興味，図6-3 (a, b)」：① 学科間，② 年度比較 ともに「理解」と同様である。

「評価」，「理解」と「興味」の経年変化の相似性より，「興味」をもてれば，「理解」が進み，その結果として「評価」も高くなるという階層構造があると考えられる。

表5 各年度の科目数N_{ij}(演習系)

学科(A)	基礎	ﾃﾞｻﾞｲﾝ	機械	建築	電子	情報	計
年度(B)	各学科の“科目数”が繰返し数N_{ij}						
H11	8	5	5	4	5	8	35
H12	8	11	8	2	5	9	43
H13	6	17	7	4	6	4	44
H14	1	13	2	7	2	6	31
H15	6	14	5	8	4	6	43
H16	6	16	2	4	3	6	37
計	35	76	29	29	25	39	233

表6-1 分散分析表(演習系(特性値)の学科と年度)

特性値と要因		平方和 SS	自由度 f	分散 V
「評価」	学科の効果	316.0	20	15.8 **
	年度の効果	40.7	20	2.0 **
	誤差	8619	8936	0.96
「理解」	学科の効果	582.4	20	29.1 **
	年度の効果	47.4	20	2.4 **
	誤差	8406	8996	0.93
「興味」	学科の効果	367.9	20	18.4 **
	年度の効果	20.5	20	1.0
	誤差	8632	8980	0.96

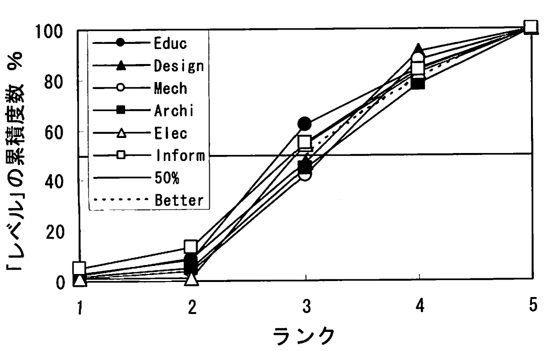


図5-7 (a) 「レベル」の累積分布(講義系の各学科，H12)

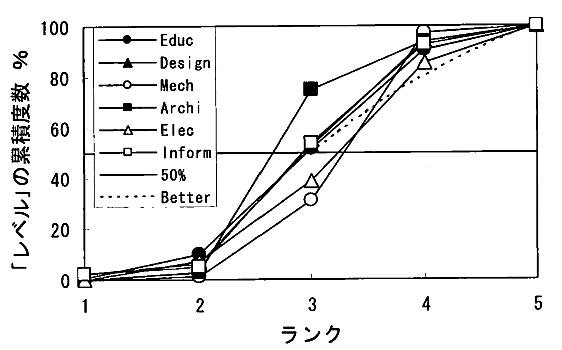


図5-7 (b) 「レベル」の累積分布(講義系の各学科，H16)

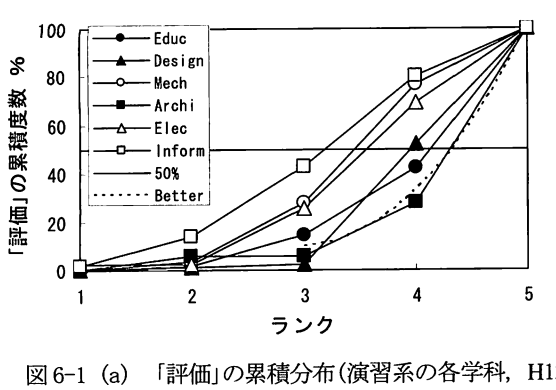


図6-1 (a) 「評価」の累積分布(演習系の各学科，H12)

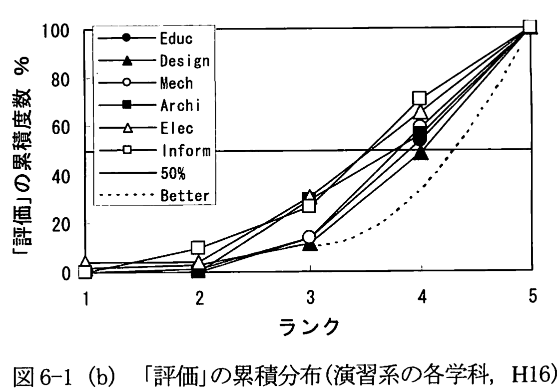


図6-1 (b) 「評価」の累積分布(演習系の各学科，H16)

5.2　要因の検定結果(演習系)

表 6-2(要因)より，「熱意」の年度効果を除けば，いずれも学科，年度ともに有意である(差がある)。図6-4〜図6-6 の特徴を示す。① 「疎通」,「熱意」：空印学科の努力で，望ましい Better 線に近づいていることは 特性値と同様である。② 「機器」の変化が小さいのは，演習内容の変化(例えば，実験装置の新設や更新)が少ないためと思われる。③ 「熱意」の向上が顕著である。

要因に関する考察を示す。

(1)　「疎通，図6-4 (a, b)」：① 学科間：ランク 4 近傍に見るように，空印学科の努力で学科間の差は縮まりつつある。② 年度比較：? 印(情報)の向上が顕著である。

(2)　「機器，図6-5 (a, b)」：① 学科間：■印(建築)のランク 4 の変化は向上ではなく低下であり，講義系(図5-5)でもこの傾向が見られる。② 年度比較：学科間と同様。

表 6-2　分散分析表(演習系(要因)の学科と年度)

特性値と要因		平方和 SS	自由度 f	分散 V
「疎通」	学科の効果	245.7	20	12.3 **
	年度の効果	66.6	20	3.3 **
	誤差	8728	9000	0.97
「機器」	学科の効果	90.8	20	4.5 **
	年度の効果	41.9	20	2.1 **
	誤差	8883	8976	0.99
「熱意」	学科の効果	296.5	20	14.8 **
	年度の効果	22.6	20	1.1
	誤差	8681	8960	0.97
「ﾚﾍﾞﾙ」	学科の効果	95.8	20	4.8 **
	年度の効果	247.9	20	12.4 **
	誤差	8788	9092	0.97

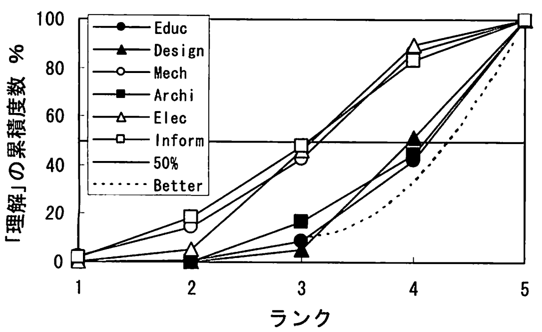


図6-2 (a)　「理解」の累積分布(演習系の各学科，H12)

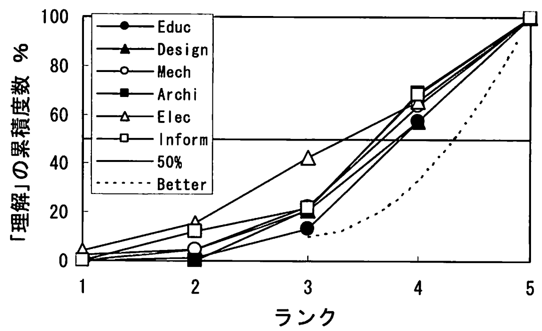


図6-2 (b)　「理解」の累積分布(演習系の各学科，H16)

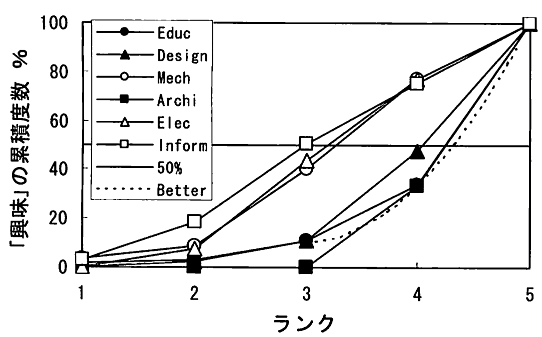


図6-3 (a)　「興味」の累積分布(演習系の各学科，H12)

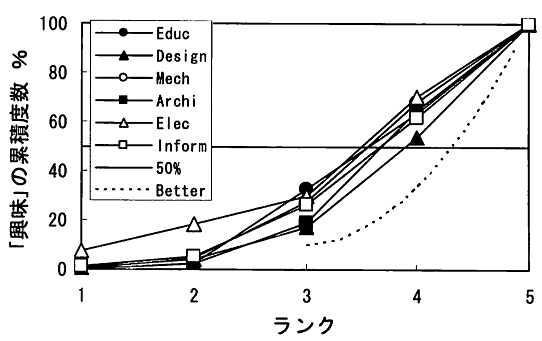


図6-3 (b)　「興味」の累積分布(演習系の各学科，H16)

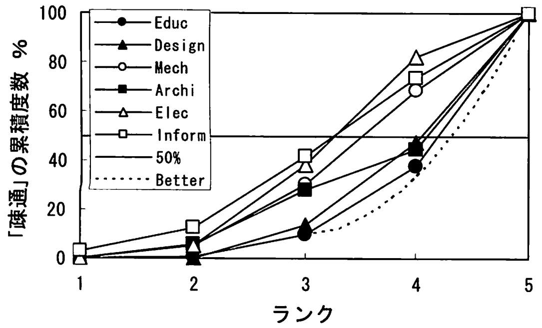


図6-4 (a)　「疎通」の累積分布(演習系の各学科，H12)

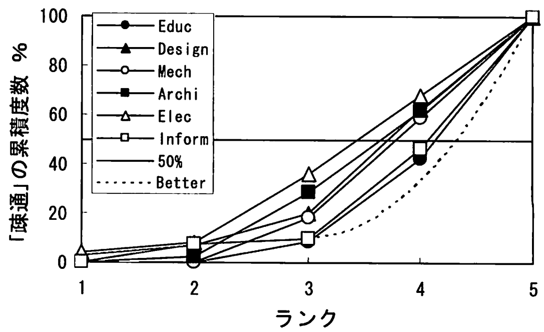


図6-4 (b)　「疎通」の累積分布(演習系の各学科，H16)

(3)　「熱意，図6-6 (a, b)」:① 学科間:空印学科の努力で，学科間の差は縮まりつつあり，かなり望ましい分布となっている。② 年度比較：学科間の差が小さくなった分，Better線に漸近し向上している。

(4)　「レベル，図6-7 (a, b)」：① 学科間：実印学科の分布が上方へシフトしているのが際だっている(上方へ=難しいと思うが減少)。演習内容に大きな変更がないとすれば，学生の「理解」が進んだことになるが，「理解」(図6-2の実印)には大きな変化は見られないので，他の理由があると考えられる。② 年度比較：レベル3〜4の上方へのシフト(難しいが減少)が明瞭である。学力レベルのアップであれば好ましいが，判定できない。

6.　要因の経年変化と評点の重み係数

ワーキンググループで検討した次の事項を付録に示す。

(1)　累積分布の経年変化

解析には供しなかった要因(「疎通」，「機器」，「熱意」，「レベル」)の経年変化を付録−2に示す。講義系と演習系とは，「レベル」を除けば，ほぼ同様な傾向を示している。演習系の「レベル」は学科間の差がありそうである。

(2)　5段階評点の重み係数α_i

平均値の式(1)では，$\alpha_i=1\sim5$(等差)を用いている。しかし，例えば 評点1の係数$\alpha_1=0.1,\cdots,\ \alpha_5=10$が真値(実際に対応している)かもしれない。回帰分析[2]においては，評点の重み係数α_iの影響は小さいことを付録−3に示す。

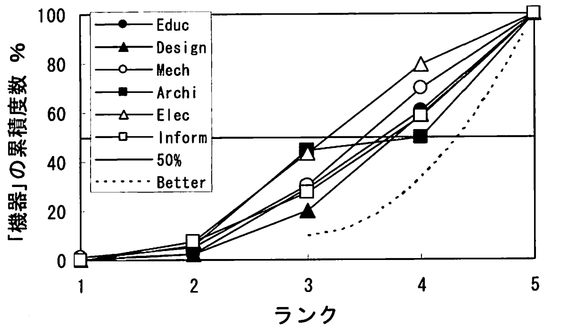


図6-5 (a)　「機器」の累積分布(演習系の各学科，H12)

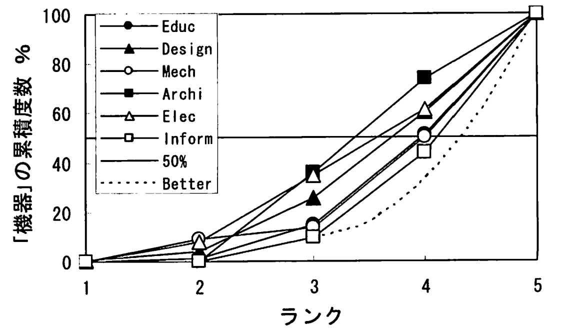


図6-5 (b)　「機器」の累積分布(演習系の各学科，H16)

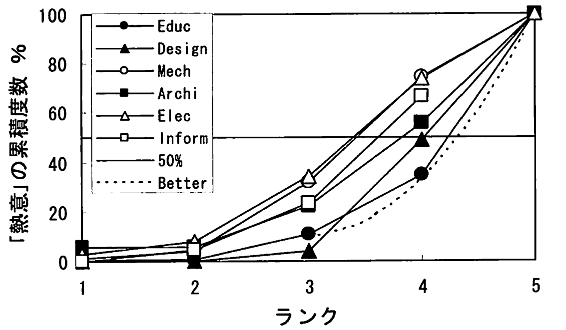


図6-6 (a)　「熱意」の累積分布(演習系の各学科，H12)

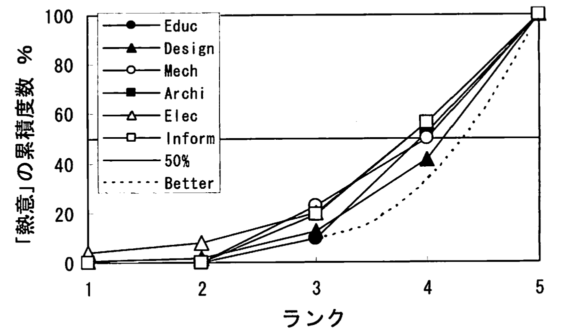


図6-6 (b)　「熱意」の累積分布(演習系の各学科，H16)

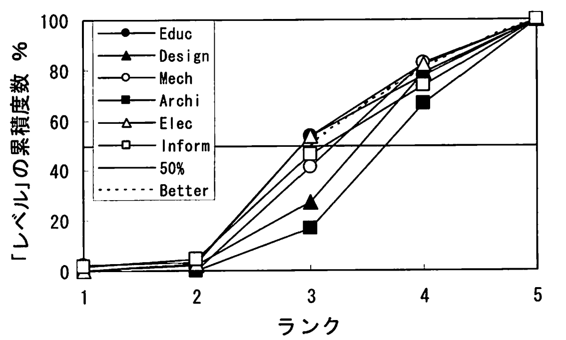


図6-7 (a)　「レベル」の累積分布(演習系の各学科，H12)

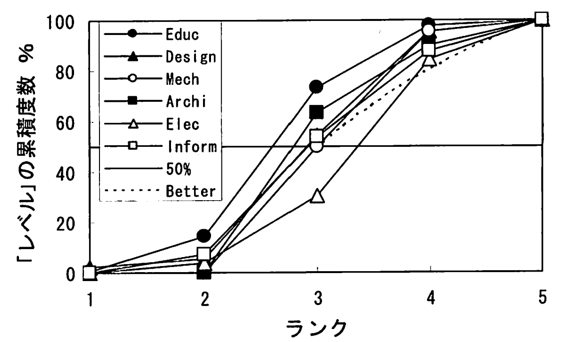


図6-7 (b)　「レベル」の累積分布(演習系の各学科，H16)

7. 結 論

学生は入学・卒業により変わるが，教員の努力や情報補償機器の充実などは蓄積されるので，アンケート評点は向上していると考えられる。しかし，評点の平均値を用いた解析では，学科間は有意でない(差がない)ことから，評点の累積分布を用いて，累積法により学科間の差，年度効果を検定した。

(1)　評点の累積分布：分布形状は一見して異なっており，多くのアンケート項目で，グループⅠ(基礎教育，デザイン，建築)とグループⅡ(機械，電子，情報)とに2分化している。

(2)　分散分析の結果：学科間の差，年度効果ともに 1 %有意である。年度効果が有意であった項目の評点は，5年間で3〜5 %向上しているとして良い(表 1 より)。なお，講義系の「熱意」と演習系の「興味」,「熱意」の年度効果は有意ではない。

(3)　累積分布の改善策：学科によらず，累積分布のランク 3 からランク 4 への増分は同程度な場合が多い。これより，累積分布の形状改善のためには，評点3を4に，“どちらでもない(ふつう) を ややそう思う(まあ良い)” に向上させることが効果的である。

(4)　特性値の階層構造：特性値(「評価」,「理解」,「興味」)の経年変化(図のａ，ｂの比較)は高い相似性を示している。これより，特性値の間に階層構造があると考えられる。

(5)　「レベル」：グループⅠの演習系で，ランク 3(易しい〜丁度よかった)が約 30 %の増加を示している。理由の考察が必要と考えられる。

付録－1 累積法による分散分析例[4]

付表 1　風合いの試験(文献[4]の表 4-6)

格付け	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7
A_1B_1	上中	中中	下中	上上	中上	中上	上上
A_1B_2	中中	上中	下下	下上	中中	中中	上中
A_2B_1	中上	上上	中中	中中	上中	上中	上上
A_2B_2	上中	下中	中下	中中	中中	上中	中上
A_3B_1	下中	上中	下下	上中	上中	中中	中上
A_3B_2	中中	中下	下下	中下	下中	下中	中上
A_4B_1	上中	上中	下中	下中	中上	中上	上中
A_4B_2	中下	下下	下下	下中	中中	下下	中中

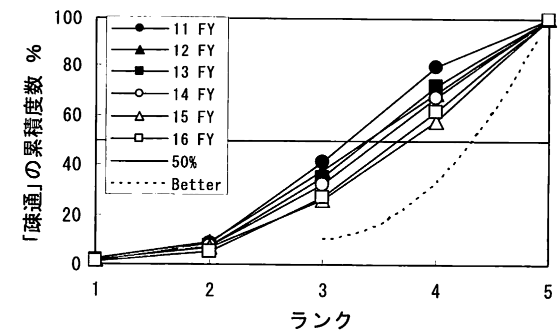
付表 2　分散分析表(文献[4]の表 4-9)

**:1 %有意

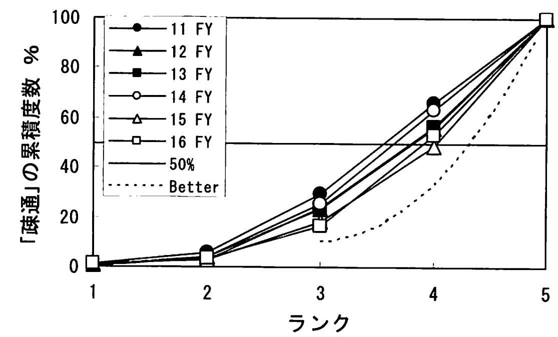
要因効果	平方和 SS	自由度 f	分散 V
Aの効果	13.78	6	2.30 **
Bの効果	20.36	2	10.18 **
AとBの交互作用	2.57	6	0.43
Rの効果	41.23	12	3.44 **
AとRの交互作用	22.55	36	0.63
BとRの交互作用	8.37	12	0.70
誤差	115.14	148	0.778
計	224.00	222	

付録－2 「疎通」,「機器」,「熱意」,「レベル」の累積分布の経年変化

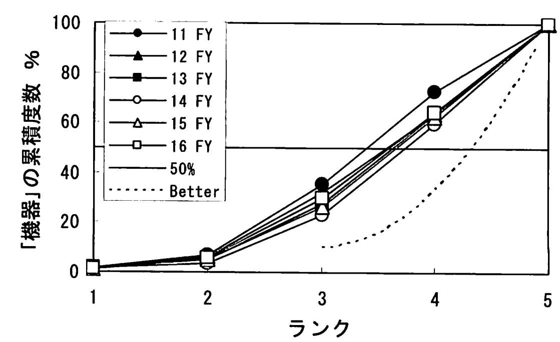
比較のため，講義系，演習系の順で示す。



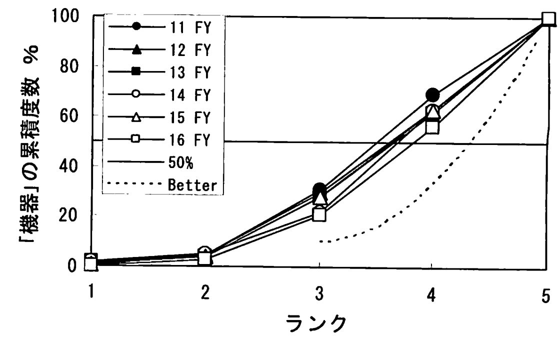
付図 1-1　「疎通」の累積分布の経年変化(講義系の全学科)



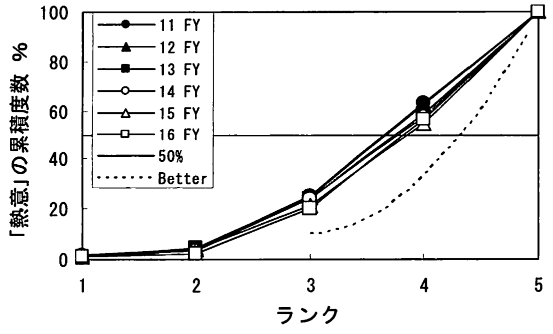
付図 1-2　「疎通」の累積分布の経年変化(演習系の全学科)



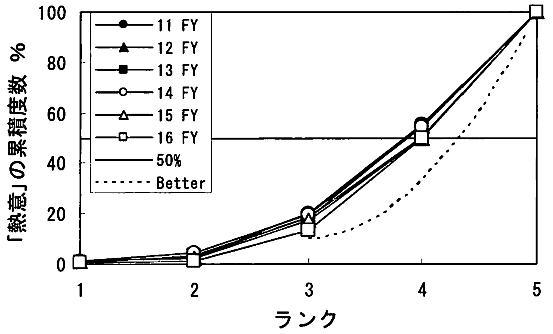
付図 2-1　「機器」の累積分布の経年変化(講義系の全学科)



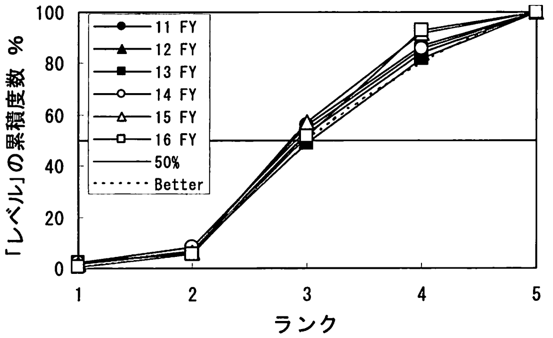
付図 2-2　「機器」の累積分布の経年変化(演習系の全学科)



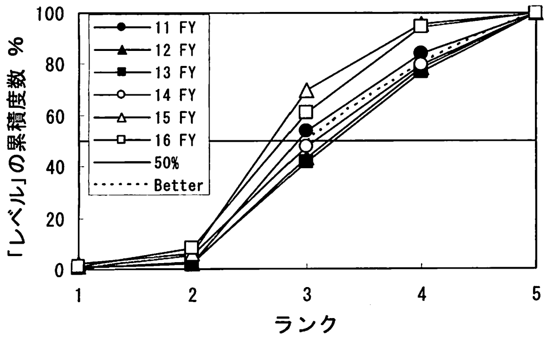
付図 3-1　「熱意」の累積分布の経年変化(講義系の全学科)



付図 3-2　「熱意」の累積分布の経年変化(演習系の全学科)



付図 4-1　「レベル」の累積分布の経年変化(講義系の全学科)



付図 4-2　「レベル」の累積分布の経年変化(演習系の全学科)

付録−3　評点の重み係数と回帰分析の妥当性

評点の重み係数 $\alpha_i=1\sim5$ に，真の係数($\alpha_1^*\sim\alpha_5^*$)があるとして，従来の回帰式の妥当性を検討する。

真の係数の場合，特性値 y と要因 x の真の平均値 y^*，x^* は

$$y^*=\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Yi})/\Sigma n_{Yi}$$

$$x^*=\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})/\Sigma n_{Xi}$$

ここで，n_{Yi}：特性値の評点 i の数，n_{Xi}：要因の評点 i の数であり，真の回帰式は次式で表される。

$$y^*=a^*x^*$$

一方，式(1)の平均値を用いた場合($\alpha_i^*\to i$)は

$$y=\Sigma(i\cdot n_{Yi})/\Sigma n_{Yi}$$

$$x=\Sigma(i\cdot n_{Xi})/\Sigma n_{Xi}$$

であり，次の回帰式が求められている[2]。

$$y=ax$$

ここでは，式(1)の平均値を用いた回帰式 $y=ax$ が，真の回帰式 $y^*=a^*x^*$ に対応しているかを検討する。

① y，x の式より得られる，$1/\Sigma n_{Yi}=y/\Sigma(i\cdot n_{Yi})$，$1/\Sigma n_{Xi}=x/\Sigma(i\cdot n_{Xi})$ を y^*，x^* の式に代入すると，

$$y^*=\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Yi})\cdot\{y/\Sigma(i\cdot n_{Yi})\}$$
$$=y\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Yi})/\Sigma(i\cdot n_{Yi})$$
$$x^*=\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})\cdot\{x/\Sigma(i\cdot n_{Xi})\}$$
$$=x\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})/\Sigma(i\cdot n_{Xi})$$

② 真の回帰式 $y^*=a^*x^*$ に，①を代入すると，

$$y^*=y\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Yi})/\Sigma(i\cdot n_{Yi})$$
$$=a^*x\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})/\Sigma(i\cdot n_{Xi})$$

③ [仮定]ここで，y と x (y^* と x^*)が高い相関関係にあるとして，$n_{Yi}\fallingdotseq k\cdot n_{Xi}$ ($k\fallingdotseq1$ の定数)と近似すると，

$$y^*=y\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot k\cdot n_{Xi})/\Sigma(i\cdot k\cdot n_{Xi})$$
$$=y(k/k)\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})/\Sigma(i\cdot n_{Xi})$$
$$=y\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})/\Sigma(i\cdot n_{Xi})$$

④ 真の回帰式②に③を代入すると，次式となる。

$$y^*=y\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})/\Sigma(i\cdot n_{Xi})$$
$$=a^*x\cdot\Sigma(\alpha_i^*\cdot n_{Xi})/\Sigma(i\cdot n_{Xi})$$

2 つの右辺より，$y=a^*x$ となる。これより，y と x が高い相関関係にある(③の仮定が成立する)場合は，回帰係数は $a\fallingdotseq a^*$ となり，各評点の係数 α_i^* の影響は限られる。

⑤ 簡単な数値例(H15 年度データ)を示す。真の係数 $\alpha_i^*=(0.5,\ 1,\ 3,\ 8,\ 10)$ とする。この値は評点の従来の重み係数(1〜5)に対して，評点 3 を挟んで 0.5 倍，2 倍したものである。なお，仮定[③の $k\fallingdotseq1$]は $k=0.95$ なのでほぼ成立している。

(1)　単回帰式の数値例

従来：「評価」=1.038「理解」，α_i^*：「評価」=1.042「理解」

これより，$a/a^*\fallingdotseq1$ である。

(2)　重回帰式の数値例

従来：「評価」=0.265「理解」+0.794「興味」

α_i^*：「評価」=0.419「理解」+0.660「興味」

「理解」の評点=「興味」の評点とすると，要因効果は回帰係数の和となり，その比 $=(a_1+a_2)/(a^*_1+a^*_2)=0.98$ より，$a/a^*\fallingdotseq1$ とみなせる。

参考文献

[1] 聴覚部 教育活動に関する点検評価 ワーキンググループ（三牧敏太郎，根本匡文，生田目美紀，萩田秋雄，川島光郎，渡辺隆，皆川洋喜，松藤みどり，石原保志，中瀬浩一）：授業評価（聴覚部・13年度）の統計解析 第1報 授業評価データの原データの平均値とばらつきが語るもの．筑波技術短期大学テクノレポート Vol. 10(2)：pp. 85-95, 2003.

[2] 聴覚部 教育活動に関する点検評価 ワーキンググループ（三牧敏太郎，根本匡文，生田目美紀，萩田秋雄，川島光郎，渡辺隆，皆川洋喜，松藤みどり，石原保志，中瀬浩一）：授業評価（聴覚部・13年度）の統計解析 第2報 授業評価データの回帰分析が示唆するもの．筑波技術短期大学テクノレポート Vol. 10(2)：pp. 97-108, 2003.

[3] 聴覚部 教育活動に関する点検評価 ワーキンググループ（三牧敏太郎，村上芳則，北川博，須田裕之，生田目美紀，萩田秋雄，松藤みどり）：授業評価（聴覚部・15年度）の統計解析．筑波技術大学テクノレポート Vol. 13：pp. 69-81, 2006.

[4] 田口玄一：実験計画法（上）．丸善，p. 64-76, 1979

Statistical Analysis of the Instructional Evaluation Questionnaire by Students of the Division for the Hearing Impaired (Cumulative Variance Analysis for Departments)

Working group on an instructional evaluation questionnaire by students of the division for the hearing impaired [1)]
MIMAKI Toshitaro [2)], MURAKAMI Yoshinori [2)], KITAGAWA Hiroshi [2)], SUDA Hiroyuki [2)],
NAMATAME Miki [3)], HAGITA Akio [3)] and MATSUFUJI Midori [4)]

[1)] Faculty of Industrial Technology, [2)] Department of Industrial Information, [3)] Department of Synthetic Design
[4)] Research and Support Center on Higher Education for the Hearing and Visually Impaired

Abstract: The grading of items in the instructional evaluation questionnaire is expected to increase annually because teaching methods and information support service devices have accumulated over the years. To test statistical significance of the difference among the six departments and of secular change, it may not be proper to test significance by variance analysis using the average values of questionnaire grading, because average values are scattered widely.
In this report, an attempt was made to apply cumulative variance analysis using cumulative frequency of grading during the 2000-2005 period, and the following results were obtained.

(1) Cumulative frequency distribution of questionnaire grading
The distribution curves of the six departments differ and these can be classified into two groups. One group is the departments of General education, Design and Architectural engineering, and the other is the departments of Mechanical engineering, Information science and electronics.

(2) Statistical significance of the difference among the six departments and of secular change
Almost all tested items have 1% significance. In the case of 1% significance, the average value of grading becomes 3-5% higher during the 2000-2005 period.

(3) Improvement in cumulative frequency distribution
For this purpose, it is effective for grading 3 to rise to grading 4, i.e., the average grading turns into a slightly finer grading.

Keyword: Instructional evaluation questionnaire, Cumulative frequency, Cumulative variance analysis, Test