

ベイズ統計を用いた就職内定確率に関する一検討

高 正博*1

A Study on Probability of Informal Assurance of Employment Using Bayesian Statistics

by

Masahiro TAKA*1

(received on March 28, 2012 & accepted on July 24, 2012)

Abstract

It is recognized that the literacy and competency of a student are useful references to measure the student's ability for obtaining informal assurance of employment on graduation. This paper aims to establish the methodology to evaluate the probability of the informal assurance of employment. In order to achieve this goal, the result of job-seeking activities of students belonging to a department in the school of Information and Telecommunication, Tokai University, was analyzed with GPA scores and competency scores of the group. Based on the result, the methodology using the Bayesian statistics was studied, so that the probability of student's employment assurance has been derived.

Keywords: *Probability of Informal Assurance of Employment, Bayesian Statistics, Probability Estimation*

キーワード: 就職内定確率, ベイズ統計, 確率推定

1. はじめに

大学生の就職内定率は 2008 年度を境に下降傾向にあり, 就職支援に携わる教員および事務部門にとっては, 学生の内定率を如何に向上させるかが大きな課題である。就職内定率を向上させるには, 一言でいえば, 学生の能力や適性などを的確に把握して, 適切な企業選びや就職受験等の就職活動を支援することが重要である。

大学生が就職および就業に向けて身に付けるべき力として, 文部科学省が「学士力」¹⁾を, また, 経済産業省が「社会人基礎力」²⁾³⁾を提唱している。これらは, 大学生が学ぶ一般教養と専門知識だけでは卒業して社会に巣立つ際の能力, 資質として不十分であるとの認識に基づく。一方で, 企業は就職試験で用いられている SPI や Web テスト, 適性検査に加えて, 面接で学生の適性や性向, 人物を十分に見極めようとする。特に企業においては, 知識を活用して問題を解決する力に加え, 組織の一員としてチームで業務を遂行したり, 顧客とのコミュニケーションを行って仕事を進めることができる能力を持つ学生を選考しようとする。また, 就職支援を業務とする業界がこのような能力および行動特性をリテラシーおよびコンピテンシーと呼び, これらを客観的に把握する方法を開発しようとしている⁴⁾。このような動向を背景に, 大学においてもリテラシーおよびコンピテンシーに関わる能力の把握を行って, 学生に対して適切な就職支援を行うことができないかが課題であると考えている。

東海大学情報通信学部は 2008 年 4 月に設立され, 2012

年 3 月に初めて卒業生を輩出する。従って, 2011 年度は学部として実際の就職支援活動を行う初めての年である。筆者は教職員による就職支援活動を取りまとめる立場にあることから, 上述の学生の就職・就業に関わる能力および行動特性(本論文での就業力と定義する)と就職内定状況の関係について分析し, その結果に基づいて今後の就職支援に活用できる客観的な指標を得ることを目指して検討を行った。具体的には, 情報通信学部一学科の 2011 年度卒業生の就職内定状況の分析を行い, その結果から, 主観的な統計分析法であるベイズ統計を用いて, 学生の能力および行動特性から就職内定の可能性を表す就職内定確率とも言うべき指標を導くことを試みる。

このように, 対象とする年次の学生全体について事前に得られる能力(学力)と行動特性のデータから就職内定確率を把握して, その結果から手厚い就職支援を必要とする学生グループを抽出することにより, 全体としてより効果的な就職支援を行うことを目的とする。一方, 就職活動をしている学生本人にとっては, 能力(学力)と行動特性から就職内定可能性の程度を知り, 特に行動特性の改善を行う必要性を認識させるなどの就職支援に活用できる。なお, 本検討は確率統計モデルを用いて就職内定確率の導出を試みるものであり, このような指標を用いて個々の学生の就職内定可否を個別のかつ断定的に論じるものではない。

本研究に関連して, これまで, 実際の就職内定状況に関する分析結果に基づいて, 就職内定確率に関する検討を行った例は見当たらない。

*1 情報通信学部組込みソフトウェア工学科教授
Department of Embedded Technology, Professor

2. 就職内定状況の分析

2.1 就職・就業に必要な力

文部科学省は、「学士力」として大学卒業後に役立つ社会的に必要な能力や実践的な能力に加え、職業人として求められる汎用的技能、態度・志向性を身に付けるよう求めている。また、経済産業省は、「社会人基礎力」を職場や地域社会の中で多様な人々と仕事をしていく上で必要な基礎的な力と定義付け、「考え抜く力(シンキング)」、「チームで働く力(チームワーク)」、「前に踏み出す力(アクション)」を身に付けるよう推奨している。これらを見ると、大学卒業後に就職・就業する学生に求められる能力、資質として大きく2種類に分類されると考えられる。1つは基礎学力や専門知識などから必要な情報を引き出し、実践的に活用する能力、応用力である。もう1つは、職場や社会において円滑にコミュニケーションを図り、自己管理を行って主体的に行動できる資質や志向・性向である。前者は学生が修得した知識や技能に基づく能力であり、後者は学生が経験を積むことで、また、経験を繰り返して意識して行動することで身に付く力であると言える。我々の経験知からも、これらが学生の就業力を示す大きな評価基準であると考えられることから、本検討ではこの2種類について分析・評価を行う。なお、前者はリテラシーと呼ばれている力に対応する。後者は行動特性でありコンピテンシーと呼ばれている⁴⁾。これらは学士力や社会人基礎力とは詳細な項目のレベルでは必ずしも明確に1対1に対応しているとは言えないが、就職・就業する学生に求められる能力、資質は大きくはこれらの2つの視点で評価できると考えられる。

2.2 就業力データ

就職・就業に必要な力を上述のように2種類に分類した上で、次に問題となるのはこれらの能力および行動特性をどのようにして把握するかである。大学においては、学生の学力に関する指標として、一般教養科目から専門科目までの履修科目全てについての成績データがある。また、行動特性に関しては、外部の評価テストや自己評価によって各学生が自身の評価を行っている。一方、リテラシーとコンピテンシーの評価・分析とそれらに基づく自己研鑽アドバイスなどをセットにした有料ないしは無料での自己テストなどがある⁴⁾⁵⁾。

本検討では、学生の成績データと自己評価による行動特性のデータが、大きくはリテラシーとコンピテンシーに対応するとする。これらの現時点で集取可能な2種類のデータを用いて、就職内定状況の定量的な分析を行い、その結果から就職内定確率の推定が可能かどうかを検討する。

(1) リテラシー対応データ

上述したように学生のリテラシーとして学力が対応すると考える。この学力を示す指標として、多くの大学で成績評価指標として導入され、東海大学でも2003年度から導入しているGPA(Grade Point Average)を用いる。GPAの一般的な計算方法は、各科目を5段階評価(90 - 100点=A, 80 - 89点=B, 70 - 79点=C, 60 - 69点

=D, 59点以下=F)して、それぞれA=4, B=3, C=2, D=1, F=0と配点してそれに各単位数を掛けて足した合計点を総単位数(履修登録単位の総数)で割ってスコア化するものである。ここでは、分析対象の本学部一学科の2011年度4次学生について、入学後の全期間履修科目に対する通算GPAを使用する。

(2) コンピテンシー(行動特性)対応データ

東海大学では3年次生に、就職活動を始めるに当たって、就職活動に関連する内容、および自覚している性向、能力・性格を記入した登録カードを提出させている。これらのうち、自覚している性向、能力・性格が行動特性に対応した項目である。なお、この行動特性は自己評価によるものであり、客観性の点で信頼性の高いデータであるかどうかの検証が必要であるが、第一ステップとしては、妥当なアプローチであると考えられる。

2.3 データ分析と考察

本節では、対象学生について2011年12月時点における就職希望者、内定者および未内定者についてデータ分析を行う。

(1) GPAデータ分析

対象学生の学力データであるGPAを0.5きざみで丸めた値に対する学生数の比率の分布をFig.1に示す。Fig.1において対象学生全員(All students)のGPA分布には3.0~3.5と2.0付近に2つの山がある。これまでの経験によれば、一般的にGPAの分布は広がる傾向にあり、程度は異なるがFig.1のように分布に山が見られるケースが多くあった。対象の学生グループの偶然性も完全には排除できないが、GPAの分布が広がる傾向に伴い現れる現象と考えられる。

次に、就職希望者(Students seeking employment)のGPA分布を見ると、GPAが高い部分の人数が少なくなっていることが判る。これは、大学院進学者が除かれていることによる。内定者(Students with employment assurance)のGPA分布について、2.0付近の人数比が

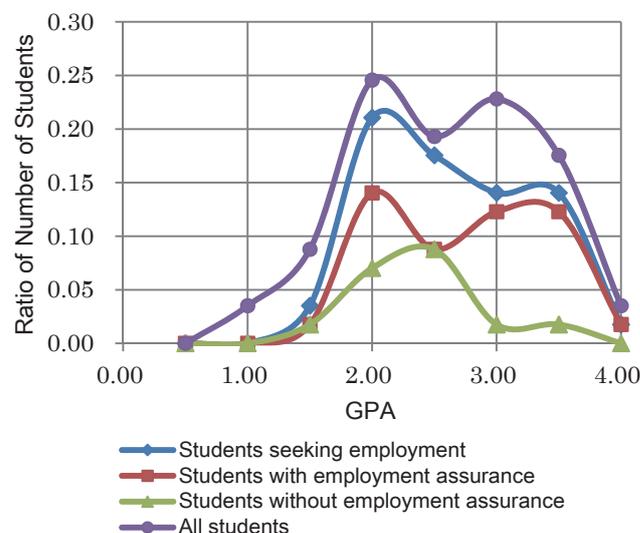


Fig.1 Distributions of ratios of number of students according to GPA scores

比較的大きくなっていることについては、後述する Fig.2 の行動特性を対比させることで説明がつく。

(2) 行動特性データ分析

行動特性として学生自身の性格および性向に関する自己評価データを用いる。これらの詳細項目について、対象学生のうちの就職内定者と未内定者との間の数値の差が大きい項目を調べた結果、上位3項目は「実行力」、「発表力」、「忍耐力」であった。これらは、コンピテンシーと呼ばれる項目の主体性、実行力、発信力、ストレスコントロールに対応していると言えることから、これら3項目のデータの算術平均を行動特性スコアとする。行動特性スコアを0.5きざみで丸めた値に対する就職希望者、内定者および未内定者の比率の分布を Fig.2 に示す。

上述したように、Fig.1においてGPAが2.0付近に内定者が比較的多く分布しているが、内定者の行動特性スコアは相対的に高い位置にある。これは、GPAが低くても行動特性スコアが高ければ内定が取れることを意味している。この結果は、就職試験において内定が取れるかどうかは、成績だけではなく行動特性が大きなウェイトを占めているという経験知を裏付けるものである。

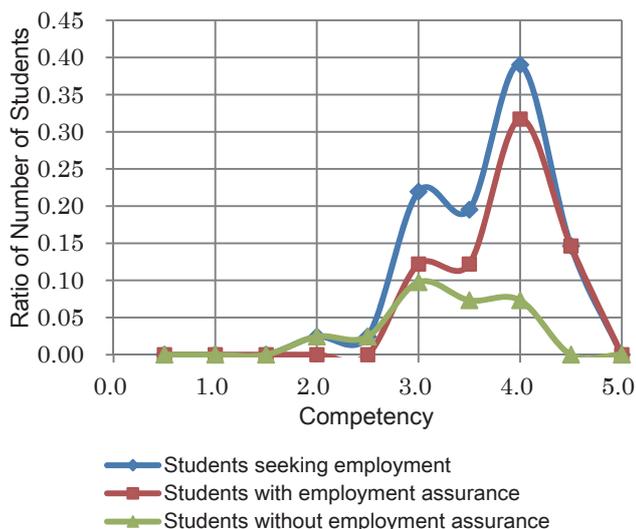


Fig.2 Distributions of ratios of number of students according to competency scores

(3) 総合スコア

上述した結果から、リテラシーに対応するGPAとコンピテンシーに対応する行動特性スコアには相関性が低いと推測できる。これを検証するために、両者のデータの相関性を調べた結果を Fig.3 に示す。内定者について両データの相関係数は0.22であり、同様に未内定者のそれは-0.21であった。これらの結果から、GPAと行動特性スコアは相関性が低いと考えられ、我々の経験知と合致する。

ここで、GPAと行動特性スコアの両者を加算した値を総合スコアとして、その値を1きざみで丸めた値に対する就職希望者、内定者および未内定者の分布を求めた結果を Fig.4 に示す。

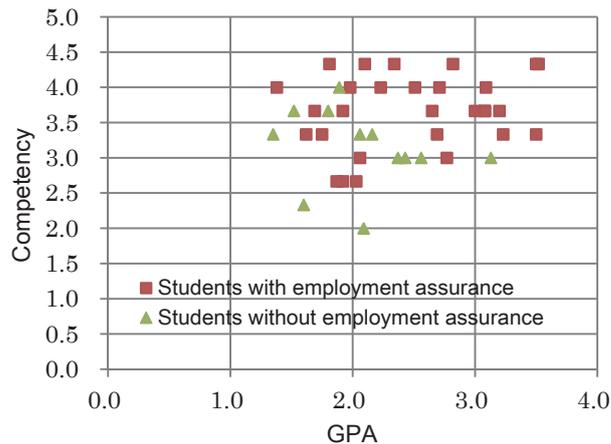


Fig. 3 Correlation of competency scores to GPA scores

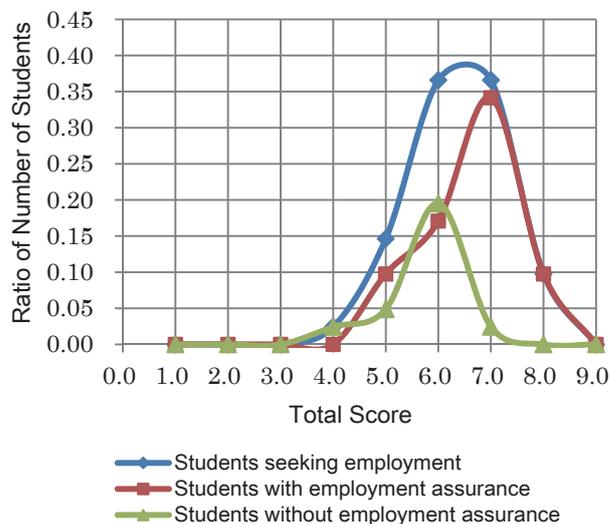


Fig. 4 Distributions of ratios of number of students according to total scores

上述した本学部一学科の2011年度4年次生の就職活動状況に関するデータ分析結果から、以下のことが言える。

- ・ 企業業種や規模、就職難易度は考慮していないが、一般にGPA(学力)が高ければ内定が取れる。
- ・ 成績が悪くても行動特性が良ければ内定が取れる。
- ・ 内定者と未内定者の総合スコアに対する分布は、それぞれの平均値がお互いの5%信頼区間の範囲外にあり、両者には有意な差があると言える。すなわち、内定者と未内定は定量的に分別可能である。
- ・ GPAと行動特性スコアの両者を加算した総合スコアを用いて、就職内定の可能性を推定することが可能であると考えられる。

これらの結果を基に、次章ではベイズ統計を用いて、対象とする学生の総合スコアから就職内定可能性に対応する就職内定確率を推定する手法を検討する。

3. 就職内定確率の推定

以上述べた実際の内定状況のデータ分析から、対象学生の就職内定可能性を確率として推定する手法を検討する。

3.1 ベイズ統計

就職内定確率を推定する手法として、ベイズ統計を用いる。ベイズ統計はベイズの定理を統計学に応用するものであり、事前確率という考え方を導入して目的とする事後確率を求める点が特徴である⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾。ベイズ統計学は、従来の統計学に比べてより人間の意思決定に近い形の推定が可能になるという特徴がある。このような背景から、近年ベイズ統計が幅広い分野で利用されるようになってきた¹⁰⁾。

ベイズ理論の基本であるベイズの定理を式(1)に示す。

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

ここで A を原因、B を結果と考えると、P(A)は原因 A が起こる確率であり、結果 B が起こる前の確率と捉えて事前確率と呼ぶ。また、P(A|B)は結果 B が起こった時に原因が A である確率と考え、事後確率と呼ぶ。P(B|A)は原因 A により結果 B が起こる確率であり尤度という。このようにベイズの定理は、事前確率という考え方を導入して目的とする事後確率を求めるため、主観確率と呼ばれる。このベイズの定理を統計学に応用できるようにアレンジし、それを利用してデータ分析を行うのがベイズ統計学である。

ベイズの定理をベイズ統計に利用するに当たり、連続的な確率変数を扱うために、式(1)の原因 A を確率変数 θ 、結果 B を原因 A により得られたデータ D と置き換えて、事前確率分布および事後確率分布をそれぞれ $g(\theta)$ および $\pi(\theta|D)$ 、尤度を $f(D|\theta)$ と表す。その結果、式(1)は式(2)で表すことができる。

$$\pi(\theta|D) = \frac{f(D|\theta)g(\theta)}{P(D)} \quad (2)$$

ここで、P(D)はデータ D が得られる確率であり、そのデータ(結果)のみを対象とすることから定数と考えられる。この定数の値は、確率変数 θ に対する事後確率分布 $\pi(\theta|D)$ の総和が 1 になることから求められる。式(2)から、事後確率分布は尤度と事前確率分布の積に比例するというベイズ統計の基本公式(3)が得られる。

$$\pi(\theta|D) \propto f(D|\theta)g(\theta) \quad (3)$$

従来の統計学は、観測された頻度分布あるいは想定された母集団の分布(事象の発生割合)から導かれるのが確率であるとする頻度主義に基づく。これに対してベイズ統計学は、母集団固有の唯一値が存在すると仮定せず、そこで得られたデータを唯一のパラメータとして統計情報を導くものである。

このように、ベイズ統計は「事前確率」という特有な考え方に基づいており、事象が起こるプロセスを意識する人間の感覚に合った統計手法であるといえる。

3.2 就職内定確率の推定

Fig.4 で示した就職希望者の分布を近似して就職希望者の総合スコアの確率分布をモデル化する。ここで総合スコアに対する就職希望者の確率分布について、何れかの理論分布が適合しているとの経験則は見当たらないことから、実際の分布に近い(あてはめがでる)確率分布がないかを検討した。その結果、ベータ分布はパラメータを調整することにより極めてバラエティーに富んだ分布形状を取り、多様な分布にフィッティングできること¹¹⁾、また、ベイズ統計において事前分布と事後分布が同じ分布族に属する共役分布を持つものとしてベータ分布が用いられること¹²⁾から、総合スコアの分布を近似する確率分布として、さらに、ベイズ統計により事後分布として就職内定者の分布を求めるための事前分布として、ベータ分布を使用することに一定の妥当性はあると考えた。

まず、この総合スコアに対する就職希望者の確率分布をモデル化するために、総合スコア 9 点満点に対する各スコア $d (=1, 2, \dots, 9)$ を正規化総合スコア $x (=d/9)$ の確率分布関数を $g(x)$ として、総合スコアに対する就職希望者の分布の最頻値を平均 μ に、分散 σ^2 を適切に設定した式(4)に示す正規分布を用いる。

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

次に、事前分布として正規化総合スコア x の確率密度分布を式(5)に示すベータ分布 $f(x)$ で与える。

$$f(x) = k x^{p-1} (1-x)^{q-1} \quad (5)$$

(k は定数, $0 < x < 1$, $0 < p$, $0 < q$)

ここで、

$$k = \frac{1}{B(p, q)} \quad (B(p, q) \text{ はベータ関数})$$

ベータ分布の 2 つのパラメータ p , q を適切に選ぶことにより、Fig.4 に示すように最頻値を与える総合スコアが中心地より大きな値となる就職希望者の実際の分布に近似する。具体的には、それぞれ $p=7$, $q=3.2$ としたベータ分布 $f(x)$ により、対象学生の分布のばらつき(分散)を制限して就職希望者の実際の分布に近似させる。すなわち、確率密度分布 $g(x)$ を尤度とし、 $f(x)$ を事前確率とする事後確率分布として、総合スコアに対する就職希望者の分布 $f(P|x)$ を求める。

$$f(P|x) \propto g(x)f(x) \quad (6)$$

総合スコアに対する実際の就職希望者の分布と、式(6)によって得られた確率分布を併せて Fig.5 に示す。

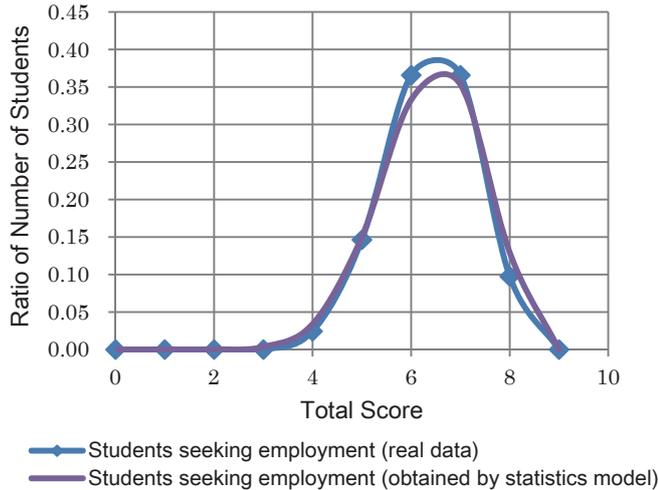


Fig.5 Distributions of ratios of number of students according to total scores obtained by real data and statistics model

次に、各総合スコアに対して内定者の分布を求めるため、ベイズ統計の手法である階層ベイズ法により事後分布を求める。階層ベイズ法とは、統計モデルとして与える確率分布を尤度と考え、それに統計モデルを特徴付ける事前確率を与えてベイズの定理を何段階か繰り返し利用してより精度の高い事後分布を求めるものである⁸⁾。

ここで、各学生が内定を得ることができる能力を h_i とし、原因を総合スコアとして結果を内定確率に対応させるための確率統計モデルとして、原因と思われる変数を説明変数として結果（この場合は内定可否）の確率を予測するロジットモデル¹³⁾を適用する。ロジットモデルを次式に示す。

$$\log \frac{h_i}{1 - h_i} = \beta + \gamma_i$$

これを h_i について解くと式(7)が得られる。

$$h_i = \frac{1}{1 + e^{-\beta - \gamma_i}} \quad (7)$$

γ_i は総合スコア d_i に対応した就業力であり、 $0 \sim 9$ とする。また、 β は全ての総合スコアに共通なパラメータであり、マイナスの値から最大 0 までの値をとる。 β および γ_i が大きくなると h_i の値も大きくなる。但し、 β を増大させることは、時間経過と共に全体の内定率が向上することに対応している。全体の内定率が増大した場合、後述するようにして式(10)で求めた内定率の値が、実際の内定率に等しくなるよう β を大きくする必要がある。なお、 $\beta = 0$ で内定率 100% となる。

以上から、総合スコアに対する就職希望者の確率分布モデルにより得られた尤度 $f(\mathbf{P}|\mathbf{x})$ に対して、就業力に対応する能力の事前分布を $h(\mathbf{x}|\beta, \gamma)$ として、2段階の階層ベイズ法により事後分布を求める。その結果、事後確率分布 $\pi(\mathbf{x}|\mathbf{P})$ は式(8)で与えられる。

$$\pi(\mathbf{x}|\mathbf{P}) \propto f(\mathbf{P}|\mathbf{x}) h(\mathbf{x}|\beta, \gamma) \quad (8)$$

ここで、Fig.5に示した就職希望者の実際のデータとベイズ統計法によって得られた就職希望者の分布に加えて、2011年12月時点の対象学生グループの内定率70.7%における実際の内定者の分布（Students with employment (real data)）、および式(8)で与えられるベイズ統計の事後確率分布として求めた内定者の分布（Students with employment (obtained by Bayesian statistics)）を併せてFig.6に示す。両者の就職内定者の分布を比べた場合、総合スコア5～6の付近で実際の内定者分布が滑らかでないことによる相違を除けば、ほぼ一致していると言える。なお、この結果については、推定値は就職希望者の総合スコアの分布をベータ分布で近似し、さらに、ロジットモデルを用いた確率統計モデルによって得られた結果であり、一方で、実データによって求めた内定者分布は学生個々の就職活動の結果であり、必ずしも統計的に素直な結果にはなっていない。このために両者に相違が現れていると考えられる。

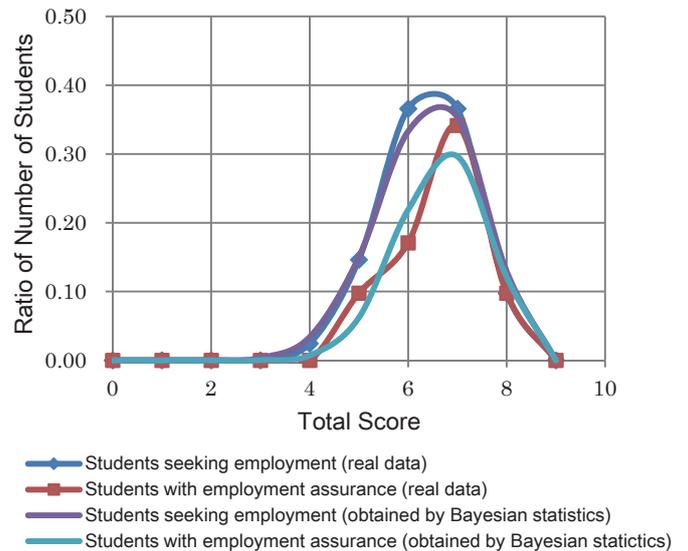


Fig.6 Distributions of ratios of number of students according to total scores obtained by real data and Bayesian statistics method

ある内定率での総合スコアに対する内定者分布を求めることができたので、各正規化総合スコア x_i （総合スコア d_i ）の学生の内定確率を推定する方法を検討する。この内定確率を $P(x_i)$ とすると、 $P(x_i)$ は x_i （対応する d_i ）における就職希望者に対する内定取得者の比とするのが妥当な考え方である。すなわち、内定確率は式(9)で与えられるとする。なお、 k は式(9)の内定確率を総合スコア $0 \sim 9$ の範囲で積分した値が 1 となるように設定する。

$$P(x_i) = \frac{k \pi(x_i|p)}{f(p|x_i) g(x_i)} \quad (9)$$

一方、総合スコアが d_i （対応する x_i ）までの内定者についての内定率 $Q(x_i)$ は式(8)の累積確率分布として式

(10)で与えられる.

$$Q(x_i) = \int_0^{x_i} \pi(x) dx \quad (10)$$

ある内定率における β の値は、式(10)で $Q(x_i = 1) =$ 内定率 (ここでは 70.7%) として求められる.

就職希望者に対する内定者の実際のデータに加えて、内定率 70.7%における β の値を式(9)に代入して求められた内定確率 (Employment assurance probability), および式(10)の内定率 (Employment assurance rate) の分布のグラフを Fig.7 に示す.

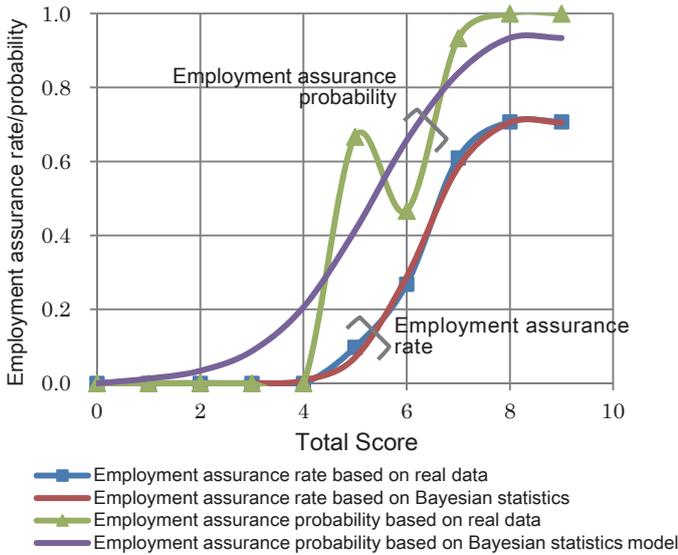


Fig.7 Employment assurance rates and probabilities based on real data and Bayesian statistics method

Fig.7 において、実際の内定者数は必ずしも総合スコアに比例してなめらかに増加していないため、内定確率の分布は波打っている。また、総合スコアが最大の 8 での実際の内定確率は 100%であるが、ベイズ統計法によって求めた内定確率は、総合スコア 8 以上で 97.6%となっている。一方、総合スコア d_i までの内定者についての内定率は、実際の結果とベイズ統計法によって求めたものとほぼ一致しており、対象とする期間 (今回は 2011 年 12 月まで) における内定者全員についての内定率は約 71%となっている。

Fig.7 では内定率 71%について内定確率を示したが、内定率をそれぞれ 50%および 90%とした場合の内定確率を対比して Fig.8 に示す。Fig.8 で内定率が高くなるに伴い、総合スコアの増加に伴って内定確率が急激に増加する。この結果は直感にも合っており、本検討の妥当性を裏付けるものである。

Fig.7 および Fig.8 に示した就職内定確率は、総合スコアが高いほど内定確率も高くなると仮定している。もちろん、企業の業種や規模、難易度等によっては必ずしも一律に扱えないと考えられるが、あくまでも全体像を把握することを目的とすることから、妥当な結果であると考ええる。

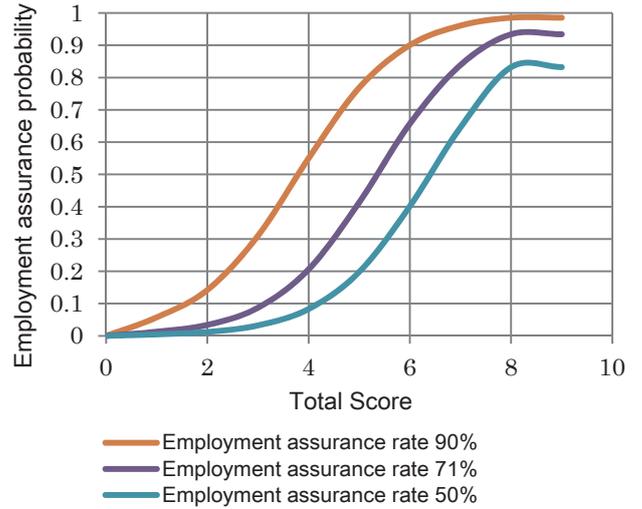


Fig.8 Employment assurance probability distributions in cases of employment assurance rates of 50%, 71% and 90%

4. おわりに

本論文では、学生の就業・就職に関わる能力および行動特性について実例を分析し、その結果に基づいて就職内定確率とも言うべき客観的な指針を得ることを目的に検討を行った。具体的には、本学部一学科の 2011 年度 4 年次生 (2011 年度卒業生) の就職内定状況の分析を行い、その結果に基づき、主観的な統計分析法であるベイズ統計を用いて、学生の能力および行動特性のデータから就職内定確率を導出することを試みた。本検討の結果、内定者分布の確率モデルを導き内定確率を求めることができた。

本検討では、就職希望者の総合スコアの分布を、多様な分布に適合できるという特徴を有するベータ分布で近似し、内定確率の導出にはロジットモデルを適用した。一方、実際の内定結果は学生個々の就職活動の結果であり、実データによって求めた内定確率は Fig.7 に示すように総合スコアに対してスムーズに増大していない。このために、両者の内定確率に相違が現われていると考えられる。従って、本検討は対象学生全体の内定確率の傾向を把握すると共に、就職内定確率が低い学生にとって内定の可能性を高くするために、特に行動特性スコアを上げる努力が必要であること、および総合スコアを上げることで統計的にどの程度内定の可能性が上がるかを示すものであると考えるのが適切である。

本検討の結果に関して、コンピテンシーに対応する行動特性の項目として何がより適切であるかは今後の課題である。また、本論文では考慮していない企業の業種、内定難易度等のパラメータを含めた、より実際の就職試験に近い条件での内定確率に拡張することも今後の課題である。

最後に、本解説をまとめるに当たり、研究の機会を与えて頂いた前情報通信学部長・中下俊夫先生、有意義な

ご意見、ご討論を頂いた情報通信学部就職委員会委員各位およびキャリア支援センター高輪キャリア支援課・植野一朗課長、田島和枝副主事、杉森信夫氏を始めとする各位に深謝致します。

参考文献

- 1) 中央教育審議会，「学士課程教育の構築に向けて」，文部科学省，
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/siryo/attach/1247211.htm
- 2) 社会人基礎力に関する研究会，「中間取りまとめ」，経済産業省，平成18年1月20日，
http://www.meti.go.jp/press/20060208001/shakaijin_kisoryoku-honbun-set.pdf
- 3) 経済産業省，「社会人基礎力とは」，
http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/kisoryoku_image.pdf
- 4) 自己分析・適職発見プログラム，(株)リアセック，
<http://www.sinritest.com/occhome.htm>
- 5) 適職診断テスト，<http://r-cap.riasec.co.jp/>
- 6) 渡部 洋，「ベイズ統計学入門」，福村出版，1999年9月20日。
- 7) 東京大学教養学部統計学研究室編，「自然科学の統計学」，東京大学出版会，1992年8月18日。
- 8) 涌井良幸，「道具としてのベイズ統計」，日本実業出版社，2009年11月20日。
- 9) 涌井良幸，涌井貞美「Excelでスッキリわかるベイズ統計入門」，日本実業出版社，2010年11月20日。
- 10) 宮谷 隆，「ベイズな予測」，リックテレコム，2009年3月20日。
- 11) Numerical Technologies，「ベータ分布 (Beta distribution)」，
<http://www.ntrand.com/jp/beta-distribution/>
- 12) 須子統太，他，「確率統計学」，オーム社，平成22年9月10日。
- 13) 森棟公夫，他，「統計学」，オーム社，2008年12月15日。