

学歴のシグナリング効果に関する ファジィ・エントロピー・モデル

A Fuzzy Entropy Model of Signaling Effect by School Education

山下 洋史・萩原 統宏

Hiroshi Yamashita and Motohiro Hagiwara

目 次

1. はじめに (山下)
2. 人的資本論とスクリーニング仮説・シグナリング理論 (萩原)
3. 日本における学歴のシグナリング効果とスクリーニング仮説 (萩原)
4. 日本におけるランク・ヒエラルキー (RH) の心理的位置づけ (山下)
5. ランク・ヒエラルキー (RH) に対する心理的余剰価値 (山下)
6. 日本のゆとり教育における反シグナリング理論 (山下)
7. 学歴情報が未知の場合の一因子ファジィ・エントロピー・モデル (山下)
8. 本研究の提案モデル (山下)
9. 簡単な数値例による分析 (山下)
10. おわりに (山下)

1. はじめに

日本人は、現在の楽しさを多少は犠牲に（我慢）しても、できる限り「明るい未来」の可能性を高めようと、現在よりも未来を優先する傾向がある[1]。短期的な利益や満足よりも長期的・将来的な利益や安定を志向した行動をとろうとするのである。例えば、臨時収入があっても、それをすぐには使わずに将来のために貯金する行動や、青春を謳歌したいという気持ちにブレーキをかけ、なるべく高い「学歴」と、それによる将来の経済的安定を手に入れようと、受験勉強に励む行動と競争、円滑な人間関係を長期的に維持しようとして相手に対する不満を我慢する「泣き寝入り」的行動など、こうした行動は日常の多くの場面で見受けられる。筆者ら[1]は、これを日本人の「未来志向的行動」と呼んでいる。

とりわけ、大学や高校の受験勉強は、上記の「未来志向的行動」の典型例であろう。現在では、これが低年齢化し、中学受験はもとより小学校受験や幼稚園受験も珍しいことではなくなっている。これは、まさしく現在よりも未来を優先する日本人の行動を示しており、このことが4節で述べるランク・ヒエラルキー[2]志向の行動（以下、「RH 志向の行動」と呼ぶことにする）を生

み出す要因ともなっている。

本研究では、上記のような高いランク（学歴）を手に入れるための教育投資を、スクリーニング仮説とシグナリング理論の枠組みに従って（人的資本論[3]と対比させながら）検討し、日本人が自身の能力に関する情報を社会に発信しようとする際に、「学歴」が、人事採用に用いる情報のあいまいさ（エントロピー）を奪い取るシグナルとしての効果を発揮するという「シグナリング効果」をモデル化していくことにする。そこで、社会において「学歴」が製品の「ブランド」と同様に、人事採用における意思決定者のあいまいさ（エントロピー）を低下させる「低エントロピー源」としての役割を果たすという立場から、1つの因子がファジィ情報（メンバーシップ値）で、もう1つの因子がクリस्प情報（価格）であった筆者（山下[4]）の「食品のラベリング効果に関する二因子ファジィ情報路モデル」を、2つの因子がともにファジィ情報（能力と学歴の高さ）である場合へと置き換えることにより、学歴のシグナリング効果を分析するための新たなファジィ・エントロピー・モデルへと拡張する。本研究の提案モデルは、上記の二因子ファジィ情報路モデル[4]におけるファジィ・エントロピーを「拡張ファジィ・エントロピー」へと置き換えたモデルである。これにより、企業が誰を採用するかを選別（スクリーニング）する際に、情報の非対称性を埋める（高エントロピーの状態を低エントロピーの状態へと導く）役割を果たす学歴のシグナリング効果を、情報理論とファジィ理論のアプローチによりモデル化するという新たな研究の方向性を示唆する。

2. 人的資本論とスクリーニング仮説・シグナリング理論

教育におけるコストとベネフィットとの関係には、大きく分けて2つの捉え方が存在する。その1つが人的資本論[3]であり、もう1つがスクリーニング仮説やシグナリング理論である。

人的資本論は、教育が被教育者の生産性を向上させ、これにより被教育者に人的資本が蓄積していくという考え方にに基づき、各期の費用の総計としての費用（コスト）が、やはり各期の費用の総計として期待される収益（ベネフィット）と等しくなるとする理論である（現在価値の均等性[3]）。すなわち、教育を「人的資本を蓄積するための手段」（将来の生産性を向上させ所得を上昇させる「人的資本」を蓄積していくための手段）として位置づけているのである。

これに対して、スクリーニング仮説とシグナリング理論では、教育が本来の目的である「人間の能力を高める」こと（これは、上記の「人的資本論」の捉え方に相当する）に加えて、自身の能力に関するシグナルを社会に発信する（シグナリング理論）ことで、社会における選別機能（スクリーニング仮説）を発揮すると同時に、その分だけ多くの教育投資がなされるとされる。スクリーニングおよびシグナリングと呼ばれる行動は、経済学の分野では Akerlof[5]による「レモン（中古車）の市場」に関する研究を発端として発展してきた。そこでは、財・サービスの市場において、情報優位にある売り手と情報劣位にある買い手の間における均衡状態の性質について分析され、質のよい財が割安に取引されることによる売り手にとってのコスト、あるいは

質の悪い財が割高に取引されることによる買い手にとってのコストが発生する「逆選択」という状況の可能性が指摘されている。コストを回避したい売り手がとる行動が、シグナリングであり、信憑性のある行動によって、財の質の高さを買い手にアピールしようとする行動である。労働市場、つまり人材を取引する市場において、信憑性のある行動の一つが、高い学歴の取得である。

一方、コストを回避したい買い手がとる行動がスクリーニングであり、これは、情報劣位にある者が情報優位にある者に対して、シグナリングを求める行動である。労働市場において、このスクリーニング行動の一つが、求職者に対する高い学歴の要求である。シグナリングとスクリーニングはともに、売り手と買い手の間にある情報の非対称性を緩和し、市場全体で見たコストを低減させる効果を持つ。

日本では、一般に学歴重視の傾向があるため、スクリーニング仮説やシグナリング理論が的を得ているように思われる。さらに、採用に関していえば、高校卒、大学卒という面での学歴のみならず、場合によるとそれ以上に、どこの大学かという面での学歴がスクリーニング機能を果たしている。そこで、より社会的評価の高い大学に入学しようと思って激しい競争を行う。そのために、塾・予備校・家庭教師に多額の教育費をかけ、結果として教育費用を余分に負担している。また、何を学ぶかよりも、どこの大学に入るかが優先されることになる[6]。

本研究では、このような考え方にに基づき、スクリーニング仮説とシグナリング理論の立場から学校教育や教育投資の問題を考えていくことにし、その際に対比する理論として人的資本論を位置づけることにする。

3. 日本における学歴のシグナリング効果とスクリーニング仮説

企業は、労働市場から人的資源を調達（採用）する際、なるべくコストのかからない方法で、人的資源に関する信頼性の高い情報を得ようとする[7]。そのために、企業は面接を行ったり、学力テスト、職業適性検査、性格検査を行ったりするが、これらはすべて短時間の間に行われるため、人間の多面的な能力を把握することは容易でない。もし、長い時間をかけてこれを行おうとすれば、コストがかかりすぎてしまう[6]。

そこで、企業は人事採用の際になるべくコストをかけずに「比較的」信頼性の高い情報（シグナル）を学校教育から得ようとする。これは、いわゆる「学歴」に相当する。このように、学校教育が本来の目的である「人間の能力を高める」ことに加えて、社会における選別機能を持つという仮説が「スクリーニング仮説」であり[7]、そのためにコストをかけて得た「学歴」というシグナルを社会に発信しているとする理論が「シグナリング理論」である。

スクリーニング仮説とシグナリング理論における重要な示唆は、学校教育が選別機能を持つことにより、人間の能力を高めるという本来の目的にとって必要な水準以上に教育投資がなされることであり、これは高学歴の者が自身の能力に関するシグナルを企業に送るために教育費用を余分に負担[7]していることを意味する。

日本においてシグナリング効果を発揮する「学歴」は、中学卒・高校卒・大学卒・修士修了・博士修了という面での学歴よりも、むしろ「どこの学校」か、とりわけ「どれくらいの難易度の大学」かという面での学歴であろう。このことは、企業が単なる「大学卒」のシグナルよりも「どこの大学卒」かのシグナルを求めていることに表れている。さらに、修士修了や博士修了が就職（就社）の際にあまり優位性を発揮せず、むしろ劣位性さえ発揮してしまうこと（特に、文系の大学院）にも表れている。

学歴と賃金との関連の実状に関する研究として、大谷ら[8]は、ある国立大学工学部卒業生から得られたデータに基づき、学部卒業生と大学院卒業生の間で、彼等の初任給と現在の所得にどのような差異があるのかを分析した。その結果、初任給については学歴間で有意な差はなく、高学歴者の昇級がより急になることを確認している。こうした結果は、Throw[9]の仕事競争モデルを支持するものであり、初任給から賃金格差が生じるが、その後の学歴間賃金格差が拡大することはないとする人的資本論が、日本の実状においてはあまり適合しないことを示している。

4. 日本におけるランク・ヒエラルキー（RH）の心理的位置づけ

日本人にとって、高いランクを得ることの重要性は、常に多くの行動の基盤となっているように思われる。その典型的な例が、高いランクの大学をめざしての激しい受験競争であろう。前節の「スクリーニング仮説」や「シグナリング理論」が示唆するように、学校教育が本来の目的である「人間の能力を高める」ことに加えて、社会における「選別機能」を有することで、この選別機能がランク・ヒエラルキーによるインセンティブ[2]（以下「RHI」と呼ぶことにする）をより大きな存在にし、激しい受験競争を生み出しているものと思われる。日本人にとって高いランクを得ること自体が大きな「心理的報酬」[10]となっていると考えることができるのである。

しかも、こうした学習と努力は、大学受験の直前にのみ展開されるという性格のものではなく、高校や中学への受験時から、場合によっては小学校や幼稚園（例えば、小学校や幼稚園の「お受験」）から継続して行われるものである。さらに、大学入学後もより高いランクの企業（いわゆる一流企業）をめざしての激しい就職戦線が、また就職後もより高いランクの役職をめざしての激しい昇進競争が、日本人の将来を待ち構えている[11]。日本の社会においてRHIは、常に行動の基盤となる多様な存在なのである。このようなRHIの果たす役割の大きさを認識しておくことが、日本人の意思決定メカニズムを検討していく上での重要な切り口となる。

一方、大学では、近年の急速な少子化による受験者数の減少が深刻な問題となっている。こうした受験者数の減少は、単純に考えれば受験競争の緩和につながるはずであり、確かに大学を選ばなければ比較的容易に入学することが可能な状況になりつつある。しかしながら、実際にはより社会的評価（ランク）の高い、あるいは偏差値の高い大学をめざしての激しい競争が続いている。従来は、義務教育を終えた後の高等教育に対するものであった受験競争が、現在では低年齢化し、前述のように、中学校受験はもとより小学校・幼稚園受験も特別なことではなくなっている。

る。このような激しい受験競争からも、日本におけるスクリーニング仮説とシグナリング理論の妥当性を確認することができるのである。

また、学校教育に続く就職活動においても、激しい競争が繰り返されており、ここでも一部上場企業をはじめとする社会的評価の高い企業への競争が特に激しい。さらに、就職後の昇進競争についても相変わらず激しいものがある。高度成長期のように組織が拡大している状況とは異なり、近年の組織はシュリンク傾向にあり、これによるポスト不足は、昇進させたくても昇進させるポストがないという問題を引き起こしている[12]。これらはすべて、人生の各時点での階層（ヒエラルキー）における高い「ランク」をめざしての競争であり、ここからも日本人にとってのRHの重要性が示唆される。

5. ランク・ヒエラルキー（RH）に対する心理的余剰価値

ここまで述べてきたように、日本ではスクリーニング仮説やシグナリング理論がよく当てはまる。そして、これらによって示唆される、高い「ランク」を得ること自体の魅力や誘因、すなわちRHIが、自身の専門にあまりこだわらない考え方を生み出し、円滑なジョブ・ローテーションを可能にする。また、円滑なジョブ・ローテーションが、幅広い参加的学習[13]を強化し、実務担当者への権限委譲の際の局所最適化を防止する。さらに、こうした局所最適化の防止が、実務担当者への権限委譲を可能にするため、集権的なコントロールがなくても、環境の変化やトラブルに対して迅速かつ柔軟に（アジリに）対応するような組織特性を生み出している。

一方で、上記のRHIは、激しい受験競争と昇進・昇格競争をもたらし、その結果、人的資本論の示す投資額をはるかに上回るような教育訓練投資を行う方向へと日本人を導く。すなわち、現在から将来にわたって期待される収益の総額を上回るような教育訓練投資がなされることも多いのである。それでは、こうした人的資本論からの「ずれ」を発生させる要因は何であろうか？

筆者（山下[10]）は、これが高い地位（ランク）を得ること自体の心理的価値にあることを指摘している。その上で、将来の期待収益の総額「 $+a$ 」という意味から、こうした心理的価値を「ランク・ヒエラルキー（RH）に対する心理的余剰価値」と呼んでいる。この「RHに対する心理的余剰価値」は、教育訓練投資の中でも特に学校教育に対する投資を大きくする。さらに、本属の学校への投資のみならず、上位の学校（高校生であれば大学、そして中学生であれば高校）への合格をめざした塾・予備校・家庭教師等の教育にも多額の費用をかける要因となっている。これらは、「人間の能力を高めるという本来の学校教育の目的にとって必要な水準以上に教育投資がなされる」ことはもとより、スクリーニング仮説やシグナリング理論の示唆する「自己の能力に関するシグナルを社会に送ることから期待される将来の収入増」の水準以上[11]ともなりうる。

ここで、人的資本論[3]が投資および収益に関して現在から将来までを対象とするのであれば、RHに対する心理的余剰価値もやはり現在から将来までを対象とすることが妥当であろう。それは、現在から将来にわたって常にRHが心理的に介在するからである。例えば、中学生であれ

ば現在の成績・順位の RH, その後入学する高校・大学の社会的評価の RH, 就職後は職位の RH というように人生の各時点で RH が存在する（この点に注目して、筆者（山下）[11]は「RHI 拡張モデル」を提示している）。さらに、現在の高いランクが次期の高いランクの可能性を高め、それがまたその次の時点の高いランクの可能性を高めるといった「RH の連鎖」が上記の心理的余剰価値をいっそう高めているのではないと思われる。

もし、日本において教育訓練投資、特に学校教育への投資が、必ずしも将来の収入増加のみを期待してのものではなく、高いランクを得ること自体が報酬（心理的余剰価値）となっているとすれば、この心理的価値の分だけ教育訓練に多額の費用をかけたとしても、それは主観的価値の面でバランスが取れた行動なのである。

6. 日本のゆとり教育における反シグナリング理論

シグナリング理論は、現在の日本社会を象徴しており、激しい受験競争やその低年齢化は、日本におけるシグナリング理論の示唆の妥当性を表す証拠となるものであろう。一方で、文部科学省は過度の受験競争に対する問題意識から、こうした競争が生徒たちのこころの「ゆとり」を奪う要因であると考え、2002年以降のいわゆる「ゆとり教育」により、受験競争の緩和をめざしてきた。

このように、文部科学省は、シグナリング理論が成立するような学校教育では「受験戦争が過熱し、教育に必要な思いやりや優しさ、そして活動の自由度が失われる」という考え方から、こうした学校教育を否定して「競争のない教育理論」をめざしたのである。そして、いわゆる「ゆとり教育」による授業時間の削減や「総合的な学習の時間」の創設など、子供たちにテストでは測ることのできない「生きる力」を育てようとした。また、入試の際にも、調査書・推薦書・面接を積極的に導入することにより、業者テストの偏差値に依存しない進路指導による受験競争の緩和策を進めた。こうした一連の政策によって、シグナリング理論とは一線を画した学校教育（ゆとり教育）をめざしたのである。

上記の「ゆとり教育」は、生徒たちを受験競争から解放し、学校教育において学歴のシグナルに対する「こだわり」を弱めようとする取り組みであり、これを「反シグナリング理論」として位置づけることができる。また、シグナリング理論では学校教育が「人間の能力向上」という本来の目的よりも、「卒業証書」自体（学歴）が大きな意味を持つとされることが、文部科学省にとって、あたかも学校教育本来の意味を否定しているかのように見えることも、教育改革にブレーキをかけるような好ましくない理論であると考えてしまう大きな要因となっている。

しかしながら、「ゆとり教育」は日本人の強い RH 志向性との間に不整合を生じさせるだけでなく、学力低下を引き起こす危険性を軽視していたため、文部科学省は社会からの批判を浴びることになった。そのため、「脱ゆとり教育」への方向転換を余儀なくされる結果となったことは記憶に新しい。すなわち、日本の学校教育において、シグナリング理論の示唆するような RH

志向性を否定すること自体が、社会に混乱を招く要因となってしまったのである。

7. 学歴情報が未知の場合の一因子ファジィ・エントロピー・モデル

ここまででは、社会における「学歴情報」の果たす役割を定性的に論じてきたが、本節では、学力検査・適性検査や面接・グループディスカッション等の人事採用プロセスで、応募者 i の能力情報 U_i (あいまいさを持ったファジィ情報) のみを入手した場合の採用選択行動を定量的に分析するためのモデルを考えることにしよう。すなわち、仮に「学歴情報」を入手していない(学歴情報を受信する前)としたときに、どのような人事採用の選択行動をとるかをモデル化するのである。こうした状況(学歴情報が未知の状況)は、スクリーニング仮説やシグナリング理論に従った採用活動を展開する日本企業にとって、誰を採用するかについて高エントロピーの状態を意味する。そこで、学歴情報が未知の場合の人事採用における選択確率を、ここでは一因子ファジィ情報路モデル[14]によって定式化していくことにする。これにより、企業が応募者 i の学歴情報を全く知らない状態で(実際には、ほとんどあり得ないが)、あいまいな能力情報 U_i のみを知っている場合の採用選択確率 q_i の推定問題を考えるのである。

ただし、ここでの能力情報 U_i は、企業が限られた時間で行う学力検査・適性検査や面接・グループディスカッション等、応募者の職務遂行能力や適性に関してあいまいさを有するファジィ情報を意味するものとする(以下、これを単に「能力情報」と呼ぶことにする)。本研究では、この能力情報 U_i を、100点満点(大きい方が優位)の情報とし、この値をメンバーシップ値 u_i へと変換する際、一因子情報路モデル[15]の特性値に合わせて、 $u_i = 1 - U_i / 100$ により、小さい方が優位になるように変換する。これにより、能力情報に関するメンバーシップ値 u_i は、「能力の低い応募者の集合」というファジィ集合に属する度合 ($0 \leq u_i \leq 1$) を意味することになる。

その上で、一因子ファジィ情報路モデルの仮説[14]に従って、下記のような2つの仮説を設定する。

- ① 企業は人事採用の応募者を選択するに当たり、できるだけ能力の高い(上記のメンバーシップ値 u_i の小さい)応募者を選択しようとする。
- ② 企業は人事採用の応募者を選択するに当たり、何の制約もなく各自の自由意思によって、できるだけ自由勝手な(下記ファジィ・エントロピー E を大きくするような)選択をしようとする。

次に、仮説①を平均特性値 M (これは「ファジィ事象の確率」に相当する)によって、また仮説②についてはファジィ・エントロピー E によって捉えることにし、それぞれ(1)式と(2)式のように定式化する。

$$M = \sum_{i=1}^n q_i \cdot u_i \quad (1)$$

$$E = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \log(1/q_i) + \sum_{i=1}^n q_i \cdot D_i \quad (2)$$

ただし、 D_i : メンバーシップ値まわりのエントロピー
 $D_i = -u_i \cdot \log u_i - (1-u_i) \cdot \log(1-u_i)$

ここで、(1)式の平均特性値 M (ファジィ事象の確率) をなるべく小さく、(2)式のファジィ・エントロピー E をなるべく大きくするような採用選択確率 q_i を推定すべく、ラグランジュの未定乗数 λ を導入し、(3)式のようなポリシー・ミックス問題として定式化する。

$$R = E/M - \lambda \left(\sum_{i=1}^n q_i - 1 \right) \rightarrow \max \quad (3)$$

(3)式の R は q_i に関して上に凸なので、これを q_i で偏微分し 0 とおき、式を整理すると、下式が得られる。

$$q_i = \exp[-u_i \cdot E/M] = \exp[D_i] \cdot w^{u_i} \quad (4)$$

$$\text{ただし、} w = \exp[-E/M] \quad (5)$$

ここで、 q_i の和は 1 なので、

$$\sum_{i=1}^n \exp[D_i] \cdot w^{u_i} = 1 \quad (6)$$

となる。そこで、(6)式を利用して w を数値的に求め、この w を(4)式に代入すれば、(3)式を満足する採用選択確率 q_i を推定することができる。

8. 本研究の提案モデル

前節では、企業の人事採用活動への「応募者の能力」をメンバーシップ値 u_i によって捉え、「ファジィ・エントロピーを用いた一因子ファジィ情報路モデル」[14]により採用選択確率 q_i を推定することを考えたが、本節ではこのメンバーシップ値 u_i に加えて、学歴情報が既知の場合の採用選択確率 p_i を推定すべく、前節のモデルを「二因子ファジィ情報路モデル」へと拡張することを試みる。すなわち、学歴情報を入手した場合の採用選択行動をモデル化するのである。

その際、日本社会において学歴情報は、5節でも述べたように、中学卒・高校卒・大学卒・修士修了・博士修了という面での学歴よりも、実質的にどこの大学か、とりわけどれくらいの難易度の大学かという面での学歴を意味するため、本研究では大学の難易度を表す情報として偏差値が浸透していることをふまえ、偏差値 T_i を「学歴情報」として用いることにする。ただし、偏差値 T_i は間隔尺度であるため、3シグマを上限・下限と考え、これを $[0, 1]$ の比尺度へと変換すべく、 $t_i = T_i/80$ の変換によって、メンバーシップ値 t_i (「難易度の高い大学の集合」というファジィ集合に属する度合: $0 \leq t_i \leq 1$) へと変換しておくことにする。ここで、「難易度の高い大学の集合」は、その境界があいまいな(ぼやけた)ファジィ集合であるため、学歴情報をそ

のファジィ集合に対するメンバーシップ値 t_i として位置づけている点に注意を要する。

本来、労働の価値は従業員の能力に大きく依存するが、多面的で複雑な構造を持つ就職希望者（応募者）の能力を、企業が短時間のうちに把握することは困難（すなわち「高エントロピー」の状態）である。そこで、企業は自身にとって高エントロピー（情報劣位）の状態にある応募者の能力から、学歴という情報のシグナルが低エントロピー源となってエントロピーを奪い取ることにより、応募者の能力の価値判断を簡素化（低エントロピー化）することができる。このことは、学歴情報によるシグナリング効果を意味する。

そこで、「応募者の能力」に関するメンバーシップ値 u_i （能力情報）のみが既知で、学歴情報は未知である場合の採用選択確率の推定問題を取り扱った前節のモデルを、能力情報 u_i のみならず学歴情報 t_i が既知の場合へと拡張し、新たに「学歴のシグナリング効果に関する二因子ファジィ情報路モデル」を提案する。このモデルは、人事採用の選択問題だけに限定されるものではなく、学歴やブランドといったラベル情報[4]のメンバーシップ値が既知であれば広く適用可能であるが、ここでは本研究のテーマに合わせて、企業における人事採用を前提にした選択確率推定モデルを考えることにする。

一般に企業は、1)上記の学歴情報（メンバーシップ値 t_i ）をなるべく大きく、2)前節の能力情報（メンバーシップ値 u_i ）をなるべく小さく、かつ3)なるべく多様な観点から自由に、人事採用の選択しようとするものと思われる。一因子ファジィ情報路モデル[14]では、2)を仮説①の平均特性値 T によって、また3)を仮説②のファジィ・エントロピー E によって捉えていたが、本研究ではこれに1)が加わるのである。また、新たに1)が加わることで、能力情報 u_i と学歴情報 t_i という、ともにあいまいさを持った2種類の情報（メンバーシップ値 u_i と t_i ）を取り扱うことになる。そこで、筆者（山下[4]）の「食品のラベリング効果に関する二因子ファジィ情報路モデル」を基に、学歴のシグナリング効果を下記のようにモデル化していくことにしよう。

まず、1)の t_i をなるべく大きく、かつ2)の u_i をなるべく小さくすべく、本研究では u_i / t_i をなるべく小さくするような採用選択確率 p_i の推定を考えることにする。すなわち、分子の u_i をなるべく小さく、かつ分母の t_i をなるべく大きくすることにより、 u_i / t_i をなるべく小さくするように採用選択確率 p_i を推定するのである。

一方、前節のモデル（一因子ファジィ情報路モデル）における2)の能力情報（メンバーシップ値 u_i ）に、1)の学歴情報（メンバーシップ値 t_i ）が加わることで、一因子ファジィ情報路モデルにおける3)のファジィ・エントロピー E を、2種類のあいまいな情報（メンバーシップ値 u_i と t_i ）に関するファジィ・エントロピーへと置き換える必要がある。そこで、本研究ではこうした2種類のあいまいな情報に関するファジィ・エントロピー F を、(8)式のように定式化し、これを「拡張ファジィ・エントロピー」と呼ぶことにする。(8)式の右辺第1項は確率まわりのエントロピー（シャノン・エントロピー）で、第2項は学歴情報に関するメンバーシップ値まわりのエントロピー C_i の平均、第3項は能力情報に関するメンバーシップ値まわりのエントロピー D_i の平均である。これにより、本研究では(7)式の平均特性値 L をなるべく小さく、(8)式の拡張

ファジィ・エントロピー F をなるべく大きくするような採用選択確率 p_i の推定問題を考えることになる。

$$L = \sum_{i=1}^n (u_i/t_i) \cdot p_i \quad (7)$$

$$F = - \sum_{i=1}^n p_i \cdot \log p_i + \sum_{i=1}^n p_i \cdot C_i + \sum p_i \cdot D_i \quad (8)$$

$$\text{ただし, } C_i = -t_i \cdot \log t_i - (1-t_i) \cdot \log(1-t_i)$$

$$D_i = -u_i \cdot \log u_i - (1-u_i) \cdot \log(1-u_i)$$

ここで、(7)式と(8)式の両面を考慮して、平均特性値 L をなるべく小さく、拡張ファジィ・エントロピー F を大きくするような採用選択確率 p_i を推定すべく、ラグランジュの未定乗数 λ を用いて(9)式のように定式化する。

$$R = F/L - \lambda \left(\sum_{i=1}^n p_i - 1 \right) \rightarrow \max \quad (9)$$

(9)式は p_i に関して上に凸であるため、 R の最大値はこの式を p_i で偏微分して0とおいた方程式を満足する。そこで、 R を p_i で偏微分して0とおけば、

$$\delta R / \delta p_i = \{ (-1 - \log p_i + C_i + D_i) \cdot L - u_i/t_i \cdot F \} / L^2 - \lambda = 0 \quad (10)$$

となる。(10)式の方程式は全部で n 本得られるので、これらの両辺に p_i を乗じ、添え字 i について足し込むと、(11)式ようになる。

$$\{ (-1 + F) \cdot L - L \cdot F \} / L^2 - \lambda = 0 \quad (11)$$

よって、 $\lambda = -1/L$ となり、これを(11)式に代入すれば、

$$\{ (-\log p_i + C_i + D_i) \cdot L - u_i/t_i \cdot F \} / L^2 = 0 \quad (12)$$

$$-\log p_i + C_i + D_i - (u_i/t_i) \cdot F/L = 0 \quad (13)$$

となる。これより、(14)式が得られる。

$$p_i = \exp[(C_i + D_i - u_i/t_i) \cdot F/L] = \exp[C_i + D_i] \cdot W^{u_i/t_i} \quad (14)$$

$$\text{ただし, } W = \exp[-F/L] \quad (15)$$

ここで、 p_i の和は1なので、 W は(16)式を満たすことになる。

$$\sum_{i=1}^n \exp[C_i + D_i] \cdot W^{u_i/t_i} = 1 \quad (16)$$

(16)式の C_i と D_i 、および u_i と t_i は既知であるため、(16)式を満たす W の値を数値的に求め、その値を(14)式に代入することにより、(9)式を最大化する採用選択確率 p_i を推定することができる。

(14)式を(4)式と比較すると、本研究の提案モデルから得られる採用選択確率 p_i は、前節のモデル（一因子ファジィ情報路モデル）の採用選択確率 q_i に対して、 t_i を u_i/t_i に置き換え、 e の (C_i+D_i) 乗で重みづけた自然な拡張形となっていることがわかる。また、「食品のラベリング効果に関する二因子ファジィ情報路モデル」[4]に対しても、その解における e の D_i 乗を、 e の (C_i+D_i) 乗へと置き換えた自然な拡張形となっており、本研究の提案モデルの妥当性を確認することができる。

本研究の提案モデルによれば、学歴情報 t_i と能力情報 u_i という2つの要因以外に無数に存在する要因の影響を、「拡張ファジィ・エントロピー」の最大化という簡潔な形式でモデル化することができるのである。

9. 簡単な数値例による分析

ここでは、本研究の提案モデルの実証分析として、応募者 i に関する学歴情報 T_i と能力情報 U_i の簡単な数値例を設定し、これらをメンバーシップ値に変換した学歴情報 t_i と能力情報 u_i を用いて人事採用の選択確率 p_i の推定を試みることにしよう。その際、本研究の提案モデル（8節）のみならず、本研究の7節で述べた「学歴情報が未知の場合のモデル」でも、採用選択確率を推定し、これらの推定値を比較することにより、提案モデルの妥当性について検討していくことにする。

まず、学歴情報 T_i の数値例に関して偏差値35, 45, 55, 65, 75の5水準を、また能力情報 U_i に関しては45点, 55点, 65点, 75点, 85点, 95点の6水準を設定し、これらを表1のようにメンバーシップ値 t_i と u_i に変換する。ただし、本研究の分析では、学歴（偏差値）の5水準と能力の6水準を組み合わせた30通りすべてに関して、それぞれ1人ずつ、計30人の応募者があり、これら30人の中から1人を採用するという問題設定で、各応募者 i の採用選択確率 p_i と q_i を推定していくことにする。

そこで、本研究の提案モデルにより、学歴情報と能力情報がともに既知の場合における人事採用の選択確率 p_i を推定したところ、表2のような結果となった。また、能力情報のみが既知で学歴情報が未知の場合のモデル（一因子ファジィ情報路モデル）により、採用選択確率 q_i を推定した結果は、表3のようになった。

表2（学歴情報と能力情報がともに既知の場合の人事採用の選択確率 p_i ）の結果より、学歴情報と能力情報の高低が採用選択確率 p_i の高低に強く反映されていることがわかる。すなわち、高水準の学歴情報や能力情報を有する応募者とそうでない応募者との間に、採用選択確率 p_i の非常に大きい差異が生じているのである。これは、一連のエントロピー・モデルに共通した特徴であり、好ましい特性値を持った対象に選択が偏るという人間の行動が分析結果に反映されることを示している。さらに、これを細かくみると、能力情報 U_i が95点のとき、偏差値が75と65の間よりも、偏差値が65と55の間の方が、採用選択確率 p_i の差異が大きくなっており、現実

表1 本研究の数値例 (T_i と U_i) とメンバーシップ値 (t_i と u_i)

| 素データ | | メンバーシップ値 | | 素データ | | メンバーシップ値 | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 学歴 T_i | 能力 U_i |
| 75 | 95 | 0.9375 | 0.05 | 45 | 95 | 0.5625 | 0.05 |
| 75 | 85 | 0.9375 | 0.15 | 45 | 85 | 0.5625 | 0.15 |
| 75 | 75 | 0.9375 | 0.25 | 45 | 75 | 0.5625 | 0.25 |
| 75 | 65 | 0.9375 | 0.35 | 45 | 65 | 0.5625 | 0.35 |
| 75 | 55 | 0.9375 | 0.45 | 45 | 55 | 0.5625 | 0.45 |
| 75 | 45 | 0.9375 | 0.55 | 45 | 45 | 0.5625 | 0.55 |
| 65 | 95 | 0.8125 | 0.05 | 35 | 95 | 0.4375 | 0.05 |
| 65 | 85 | 0.8125 | 0.15 | 35 | 85 | 0.4375 | 0.15 |
| 65 | 75 | 0.8125 | 0.25 | 35 | 75 | 0.4375 | 0.25 |
| 65 | 65 | 0.8125 | 0.35 | 35 | 65 | 0.4375 | 0.35 |
| 65 | 55 | 0.8125 | 0.45 | 35 | 55 | 0.4375 | 0.45 |
| 65 | 45 | 0.8125 | 0.55 | 35 | 45 | 0.4375 | 0.55 |
| 55 | 95 | 0.6875 | 0.05 | | | | |
| 55 | 85 | 0.6875 | 0.15 | | | | |
| 55 | 75 | 0.6875 | 0.25 | | | | |
| 55 | 65 | 0.6875 | 0.35 | | | | |
| 55 | 55 | 0.6875 | 0.45 | | | | |
| 55 | 45 | 0.6875 | 0.55 | | | | |

に即したシグナリング効果を確認することがわかる。こうした傾向（学歴のシグナリング効果）は、日本企業、とりわけ日本の大企業における人事採用に多く見られる傾向であろう。

また、学歴情報 T_i と能力情報 U_i を比較すると、能力情報 U_i の方が、採用選択確率 p_i に対して、より大きな差異を生じさせていることがわかる。例えば、偏差値が 75（学歴情報 T_i ）の大学からの応募者でも、能力情報 U_i が 75 点であるとわずか 0.0433% の採用選択確率で、65 点以下はほとんど 0% に近い値となっているのに対して、能力情報 U_i が 95 点であれば、学歴情報 T_i が最も低い大学からの応募者でも、6.2234% の採用選択確率となっている。これは、平均特性値 L を u_i / t_i （すなわち、 u_i が分子で t_i が分母）の期待値に設定したこと、および学歴情報 T_i が 5 水準であるのに対して、能力情報 U_i が 6 水準であることに依存しており、そういった意味で、

表2 学歴情報と能力情報がともに既知の場合の人事採用の選択確率 p_i

| 能力 U_i 100 点満点 | 学歴 T_i (偏差値) | | | | |
|---------------------|----------------|----------|----------|----------|---------|
| | 75 | 65 | 55 | 45 | 35 |
| 95 点 | 27.9149% | 27.5260% | 22.0928% | 14.0386% | 6.2234% |
| 85 点 | 1.1465% | 0.6684% | 0.2620% | 0.0591% | 0.0051% |
| 75 点 | 0.0433% | 0.0149% | 0.0029% | 0.0002% | 0.0000% |
| 65 点 | 0.0015% | 0.0003% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% |
| 55 点 | 0.0001% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% |
| 45 点 | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% |

本研究の提案モデルと数値例は、学力検査・適性検査や面接・グループディスカッション等から得られる能力情報 U_i を重視した採用活動に適合していることが確認される。

日本において、一般に学歴情報が重視される傾向があることは前述の通りであるが、一方で企業の人事採用プロセスから得られる能力情報よりも、学歴情報を重視することは少ないものと思われる。その点で、本研究の提案モデルから推定された採用選択確率 p_i は、現実に即した結果であろう。それでも、表 2 の結果（採用選択確率 p_i ）には、学歴情報 T_i の違いが採用選択確率 p_i に大きく反映されているという学歴のシグナリング効果を強調しておきたい。

これとは反対に、もし能力情報 U_i よりも学歴情報 T_i を重視するような企業の採用活動を模写しようとする場合は、学歴情報を分子に能力情報を分母に設定し、能力情報よりも学歴情報の水準数を細かく刻むことで、こうした採用ポリシーに即した採用選択確率 p_i を推定することができるはずである。これに関する理論的検討と詳細の分析は、今後の課題としたい。

次に、表 3（能力情報のみが既知で学歴情報が未知の場合）の結果について見てみると、当然のことながら、学歴情報が未知の場合は、同じ能力情報であれば、学歴情報が異なっても採用選択確率 p_i の推定値は等しくなることがわかる。そこで、学歴情報と能力情報がともに既知の場合（表 2）と学歴情報が未知の場合（表 3）について、採用選択確率 p_i と q_i を比較することにしよう。

まず、表 3 の採用選択確率 q_i は、表 2 の採用選択確率 p_i における学歴情報 T_i が高い場合と低い場合の中間的な推定値となっていることがわかる。これは、学歴情報が未知の場合（表 3）は、学歴情報の等しい応募者が 5 人いること（学歴情報の水準数）に相当するからであり、表 3 の値は現実に即した結果であろう。

さらに、これを能力情報の水準別に見ると、能力情報 U_i が 95 点のとき、表 3 の採用選択確率 ($q_i = 19.3703\%$) が表 2 の $T_i = 55$ における $p_i = 22.0928\%$ と $T_i = 45$ における $p_i = 14.0386\%$ の間の値となっているのに対して、表 3 の能力情報 U_i が 85 点のときには表 2 の $T_i = 65$ と $T_i = 55$ の間の値、表 3 の U_i が 75 点と 65 点のときには表 2 の $T_i = 75$ と $T_i = 65$ の間の値となっている。これより、能力情報 U_i の水準が高くなるにつれて、表 3 の採用選択確率 q_i が、表 2 における学歴情報 T_i の低い水準の採用選択確率 p_i の方向へと少しずつシフトすることがわかる。この結果

表 3 能力情報のみが既知で学歴情報が未知の場合の人事採用の選択確率 q_i

| 能力 U_i 100 点満点 | 学歴 T_i (偏差値) | | | | |
|---------------------|----------------|----------|----------|----------|----------|
| | 75 | 65 | 55 | 45 | 35 |
| 95 点 | 19.3703% | 19.3703% | 19.3703% | 19.3703% | 19.3703% |
| 85 点 | 0.6114% | 0.6114% | 0.6114% | 0.6114% | 0.6114% |
| 75 点 | 0.0177% | 0.0177% | 0.0177% | 0.0177% | 0.0177% |
| 65 点 | 0.0005% | 0.0005% | 0.0005% | 0.0005% | 0.0005% |
| 55 点 | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% |
| 45 点 | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% | 0.0000% |

は、学歴情報が既知であれば（表2）、能力情報と学歴情報がともに高い応募者に選択が偏る（採用選択確率 p_i が大きくなる）ため、能力情報 U_i の水準が高いほど、学歴情報が未知の場合の採用選択確率 q_i （表3）が、相対的に表2（学歴情報が既知の場合）における学歴情報 T_i の低い水準の採用選択確率 p_i に近づくことを示している。そういった意味で、これは学歴のシグナリング効果の特徴が反映された結果であろう。

以上のように、本研究では、提案モデルの実証分析から、概ね現実に即した採用選択確率 p_i を得ることができた（表1の数値例の範囲ではあるが）。そういった意味で、本研究の提案モデルは、学歴のシグナリング効果を簡潔な形式でモデル化しているのである。

10. おわりに

本研究では、日本企業における学歴重視の人事採用に注目し、「シグナリング効果」を情報理論とファジィ理論のアプローチによりモデル化することを試みた。そこで、まずスクリーニング仮説とシグナリング理論の枠組みに従って、日本人が自身の能力に関する情報を社会に発信しようとする際に、「学歴」が人事採用に用いる情報のあいまいさ（エントロピー）を奪い取るシグナルとしての効果、すなわち「シグナリング効果」を発揮するという視点を提示した。

その上で、企業の人事採用において「学歴」が意思決定者のあいまいさ（エントロピー）を低下させる「低エントロピー源」としての役割を果たすという立場から、従来のファジィ・エントロピー[16],[17]を「拡張ファジィ・エントロピー」へと置き換えることにより、学歴のシグナリング効果を分析するための新たなファジィ・エントロピー・モデルを提案した。さらに、本研究の提案モデルに対して簡単な数値例を設定し、学歴情報が既知の場合と未知の場合の採用選択確率（ p_i と q_i ）を推定した結果、能力情報 U_i の水準が高いほど、学歴情報が未知の場合の採用選択確率 q_i が、学歴情報が既知で学歴情報 T_i が低い水準の採用選択確率 p_i へと相対的に近づくという現実に即した結果が得られ、本研究の提案モデルの妥当性を確認することができた。

今後は、現実の採用データにより（現実には、応募者の能力と採用・不採用に関するデータの入手が困難ではあるが）、本研究の提案モデルの実証分析を試みるとともに、応募者の能力情報を多次元へと拡張したファジィ・エントロピー・モデルを構築していきたい。

参考文献

- [1] 山下洋史編著、西剛広、鄭年皓、諸上詩帆著：日本人の心理・行動モデルと日本企業のクオリティ、白桃書房、2010
- [2] 青木昌彦：日本企業の組織と情報、東洋経済新報社、1996
- [3] Becker, G. S.: *Human Capital*, Columbia University Press, 1975（佐野陽子訳：人的資本、東洋経済新報社、1976）
- [4] 山下洋史：“食品のラベリング効果と二因子ファジィ情報路モデル”，明大商学論叢，Vol. 92, No. 1, pp. 1-10, 2010

- [5] Akerlof, G.: "The Market for 'lemons': Quality Uncertainty and the Market Mechanism", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 84, pp. 488-500, 1970
- [6] 山下洋史：人的資源管理の理論と実際，東京経済情報出版，1996
- [7] 猪木武徳，大橋勇雄：人と組織の経済学・入門，JICC 出版局，1991
- [8] 大谷剛，梅崎修，松繁寿和：“仕事競争モデルと人的資本理論・シグナリング理論の現実妥当性に関する実証分析——学士卒・修士卒・博士卒間賃金比較”，日本経済研究，No. 47, 2003
- [9] Thurow, L.: *Generating Inequality*, Basic Books: New York, 1976
- [10] 山下洋史：“年齢による昇進価値の心理的基準化に関する研究”，山梨学院大学社会科学研究，No. 21, pp. 29-42, 1997
- [11] 山下洋史：ランク・ヒエラルキーに関する研究，明治大学社会科学研究紀要，Vol. 38, No. 2, pp. 1-17, 2000
- [12] 山下洋史：“日本企業における昇進・昇格管理の重要性”，日本経営システム学会春季大会予稿集，pp. 45-48, 1995
- [13] 山下洋史，尾関守：“組織における学習の二面性に関する研究”，日本経営工学誌，Vol. 45, No. 3, pp. 246-251, 1994
- [14] 山下洋史，尾関守：“ファジィ・エントロピーを用いた一因子情報路モデル”，経営情報学会春季大会予稿集，pp. 191-194, 1993
- [15] 国沢清典：エントロピー・モデル，日科技連，1975
- [16] 西川智登，清水静江，宮本日出雄：“意思決定過程における入力情報に対する判断力の構造”，日本経営システム学会誌，Vol. 9, No. 1, pp. 35-41, 1992
- [17] 山下洋史：“ファジィ事象の偶然性と漠然性”，日本経営システム学会誌，Vol. 12, No. 2, pp. 41-46, 1995