

# 企業の社会的責任（CSR）の評価における投資家の 意思決定プロセスに関する研究 ——SRIにおける評価要素のウェイト推定方法——

上 原 衛

## 1. はじめに

近年、企業を取り巻くステークホルダーは企業の信頼性・透明性に加えて、環境対策や社会問題対策も視野に入れたCSR（Corporate Social Responsibility：企業の社会的責任）を重視した視点から、企業経営のあり方を求め始めている。なかでも、投資家は企業に投資する際の基準として、経済合理性のみならず、CSR活動に対する企業の取り組み姿勢によって投資先を決定するSRI（Socially Responsible Investment：社会的責任投資）に注目している。投資家は企業のCSR活動への取り組み姿勢を監視し支援しているのである。経営者としては、SRIに自社の株式銘柄が組み入れられることは、投資家が自社のCSRの取り組みに評価を与えてくれたこととなり、必然的に当該企業はSRIに高い関心を持たざるを得なくなり、CSRへのさらなる動機づけにつながる[1]。したがって、経営者は、資本を集めるためには財務的側面だけではなく、非財務的側面であるCSRを推進させる必要が生じてきた。経営者は、株主・投資家が求めているCSR活動項目の重要度を認識し、それらの項目を推進・改善すればどのような良い影響がどの程度生じるのかを把握し、株主・投資家が重視しているCSR活動を優先して推進させ自社のCSRを高め、その結果を提示することによって株主・投資家の満足と信任を得ることが可能となり、彼らからのさらなる資本投入を引き出すことができる。そして、この資本を活用して一層価値の高い生産物を生産し、企業の持続的な発展が可能となる。ここに、資本投入におけるCSRの正のスパイラル関係を構築することができる。

一方、SRIの調査・評価機関やSRI資産運用会社がSRIスクリーニングを実施し、SRIファンドを作成し販売しているものの、必ずしもCSR活動に関する投資家の価値判断とニーズに合致したSRIスクリーニングが行われておらず、投資家が重視するCSR活動項目の優先順位や重要度を推定する定量的かつ客観的な推定方法の必要性が指摘されている。SRIの調査・評価機関やSRI資産運用会社がSRIファンドを組成する際に、投資家の価値判断やニーズをCSR活動評価に織り込むことがまず必要となるが、この問題は簡単には解決しない。

従って、SRIの調査・評価機関やSRI資産運用会社がSRIファンドを組成する場合には、投資家たちがCSRの評価要素のどの部分を重視しているかを把握し、それを各評価要素の重み付けに反映させることによって、SRIの投資対象銘柄の選定と投資比率を決定したうえで、投資家たちに提供することが必要である。しかし現状では、CSRの評価要素に対するウェイトは

均一ないしは画一的に設定されていることが多い。また、投資家にヒアリングし合議によって評価要素のウェイトを決定する場合もあるが、その合意形成の過程や手法は必ずしも客観的ではない。

さらに、投資家がCSRに対する投資の意思決定を行う際には、CSRに係わる多くの評価要素に基づき総合的に判断を行うが、CSRを評価する項目には財務指標のような明確かつ客観的な指標が存在せず、データの算出基準や開示様式も不統一なため比較可能な情報になっていないという問題点があり、そのような状況で環境や社会性が評価されている。このように、客観的な基準がない比較が困難な指標に基づいて評価を行わなければならない状況下において、投資家が自らのニーズや価値観を重視しようとするれば、彼らの主観的判断や評価の曖昧性が介在し、客観的な判断のプロセスを経ることは一層難しい。そのため、投資家が決定した案に基づき、SRIの調査・評価機関やSRI資産運用会社などの第三者と議論をして最終的な意思決定に至ることが重要であるが、その際に、投資家たちの主観的判断のエッセンスを反映させ客観的に統合していくようなウェイト推定モデルを利用して、議論を深めることが必要であろう。すなわち、そのモデルから導き出されたウェイトを投資家たちに提示し、その上で彼らとSRIの調査・評価機関や資産運用会社がその結果を確認し、良否を議論して最終決定に至るということが重要である。

そこで本研究では、SRIファンドを組成する際に、投資家が主観的に判断する評価要素の重要度を客観的に抽出し、すべての評価要素に対するウェイトを統合していく過程を表現するために、一対比較法を用いその一対比較結果と評価要素のウェイトの比をとり、対数尤度を最大化することによってウェイトを推定するモデルを提案する。

## 2. SRI の分類

SRIは一般的に、以下の3種類に分類される [2].

- ①スクリーニング：企業の環境や社会的責任への対応を考慮して投資先を選定する。
- ②株主行動：企業の環境や社会的責任への対応に関して、株主として対話を求めたり、議決権の行使や株主提案を行う。
- ③コミュニティ投資：マイノリティや低所得者居住地域の発展を支援するために低利の融資プログラムや投資を行う。

本研究では、この3つのSRIの分類のうち、スクリーニングを対象とする。

## 3. 企業のCSRに対する対応と投資家の投資行動との関係

経営者は、株主・投資家が重視するCSR活動項目を推進しマネジメントすることによってCSRを進展させ、株主・投資家は、企業のCSRの遂行状況と進展状況を評価して、資本を投資することとなる。

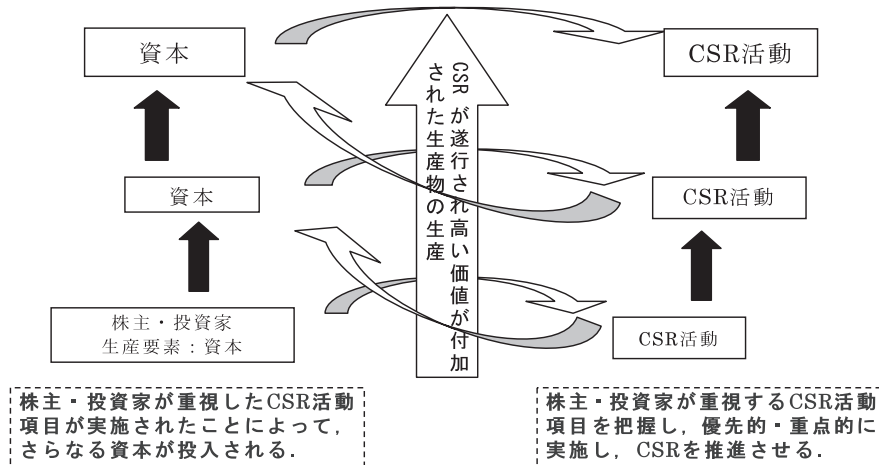


図1 資本の投入におけるCSRの正のスパイラル

株主は直接資金を投資して株式を購入し、投資家は投資信託を通じて出資し債券市場における債券売買に参加する。近年、企業の短期的な収益や成長に留まらず長期的な成長に期待し資本を投入する株主や投資家が市場に影響を及ぼしている。彼らは、CSRと企業価値の循環を期待しており、なかでも投資家は社会的責任投資（SRI）に注目している。SRIは、企業の収益性だけでなく、企業を環境的な側面や社会的側面から評価して、投資対象としてふさわしい企業であるか否かを判断し、株式や社債への具体的な投資活動を通じてCSRに優れた企業を支援することを目指している。経営者としては、SRIに自社の株式銘柄が組み入れられることは、投資家が自社のCSRの取り組みに評価を与えてくれたこととなり、必然的に当該企業はSRIに高い関心を持たざるを得なくなり、CSRへのさらなる動機づけにつながる[1]。したがって、経営者は、資本を集めるためには財務的側面だけではなく、非財務的側面であるCSRを推進させる必要が生じてきた。経営者は、株主・投資家が求めているCSR活動項目の重要度を認識し、それらの項目を推進・改善すればどのような良い影響がどの程度生じるのかを把握し、株主・投資家が重視しているCSR活動を優先して推進させ自社のCSRを高め、その結果を提示することによって株主・投資家の満足と信任を得ることが可能となり、彼らからのさらなる資本投入を引き出すことができる。そして、この資本を活用して一層価値の高い生産物を生産し、企業の持続的な発展が可能となり、水尾・田中[1]などの先行研究を総合的に勘案すれば、ここに、資本投入におけるCSRの正のスパイラル（図1）といえる関係を構築することができる。

#### 4. CSRの評価基準（評価要素とウェイト）について

1987年に「環境と開発に関する世界委員会」が公表した報告書「Our Common Future」の中で「持続的開発（Sustainable Development）」が提唱され、これは、その後の「持続的可能性（Sustainability）」という言葉として、現在のCSRの基本的な理念の一つになっている[3]。

この「持続的可能性」を支える考え方が「トリプルボトムライン」である。「ボトムライン」とは決算書における収益・損失といった最終結果を意味する言葉であるが、「トリプルボトムライン」とは持続的発展の観点から、企業を「経済（財務）」に加え、「環境」「社会」といった3つの面からバランスよく評価し、それぞれの結果を総合的に高めていこうという考え方である [3]。CSR の評価は、多種多様であるがこのトリプルボトムラインを基本になされることが多い。

日興アセットマネジメントの「ダウジョーンズ・サステナビリティ・インデックス（ジャパン）」のパフレットによると、SAM社（企業の持続発展性を評価し、投資家に情報を提供する、スイスに拠点を置く独立系調査会社）によってサステナビリティ・スクリーニングを実施しているとある。その中に、トリプルボトムラインを基本としたSAM社の評価基準（評価要素とウェイト）が表1の通り記載されている。ウェイトは「経済面」「環境面」「社会面」に対してそれぞれ3分の1ずつ等しいウェイトが設定され、さらに、それら3つを「攻め」と「守り」に分け50%ずつのウェイトをつけている。合計6つの評価要素となり、6分の1ずつの等しいウェイトが設定されている（表1）。

また、住友信託銀行が2003年12月に発売した公募投資信託「グッドカンパニー」の評価基準は、非財務部分の評価軸として日本総合研究所の「環境スクリーニング」と「社会的スクリーニング」における評価項目を用いている。そして、「社会的スクリーニング」を「法的責任」と「社会的責任」の2つの評価軸に分け、「環境スクリーニング」から「環境責任」という評価軸を設定している。ウェイト付けについては、「法的責任」25%、「社会的責任」25%、「環境責任」50%として総合得点を算出している [4]。

表1 SAM社の評価基準・評価要素とウェイト（日興アセットマネジメントの「ダウジョーンズ・サステナビリティ・インデックス（ジャパン）」のパフレットより抜粋）

	(持続可能性のある商品やサービスの開発につながる戦略運営等の)「攻め」への評価項目 ウェイト50%	(コスト削減やリスク回避等の)「守り」への評価項目 ウェイト50%
経済面 (ウェイト 1/3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 戦略的事業計画, 組織展開力</li> <li>・ IT展開, 品質の向上</li> <li>・ 研究開発投資</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適切なコーポレートガバナンス体制</li> <li>・ 危機管理体制, 社内ルールの整備</li> <li>・ 商品リコール体制</li> </ul>
環境面 (ウェイト 1/3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境戦略の存在</li> <li>・ 環境に関するディスクロージャー, 環境会計</li> <li>・ エコデザイン, 環境効率性を追及した商品</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 環境政策, 環境問題に対する責任者の存在</li> <li>・ 環境マネジメントシステム, 環境パフォーマンス</li> <li>・ 危険物質, 環境問題に関する負の遺産</li> </ul>
社会面 (ウェイト 1/3)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 関係者との調和</li> <li>・ サステナビリティ・レポート, 雇用者の福利厚生, 報酬体系</li> <li>・ コミュニティ対策</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 社会問題政策, 社会問題に対する責任者の存在</li> <li>・ 労働問題対策, 紛争対策, 従業員に対する差別的処遇, 女性問題, レイオフ・組合対策</li> <li>・ 社員教育</li> </ul>

CSRは国や地域の価値観、文化、経済、社会情勢によって多様であり、非常に広い概念であり、どの分野に重点を置くかは各企業の自主性に任されており、それが尊重されるべきである。また、それと同時にその企業の姿勢に対する投資家の評価も、一様ではなく多種多様である。従って、SRIの調査・評価機関やSRI資産運用会社がSRIのスクリーニング・ポートフォリオを作成する際には、投資家たちがCSRの評価要素についてどの部分を重視しているかを把握し、それを各評価要素のウェイトに反映させた上で投資対象銘柄を選定し、銘柄に対する投資比率を決定する必要がある。

しかし、現状の評価要素に対するウェイト付けに関しては、それぞれのSRIの調査・評価機関やSRI資産運用会社で種々検討されているのであろうが、上述の例のとおり均一（全て同じウェイト）ないしは画一的（25%、25%、50%などのウェイト）に設定されていることが多い。SRIの調査・評価機関やSRI資産運用会社によっては、投資家がどの評価要素を重視するかをヒアリングした上で投資家のニーズをくみ取り、合議によってウェイトを決定する場合もあるようだが、その合意形成の過程や手法は必ずしも客観的ではない。

## 5. 投資家の価値観に合致したCSRの評価要素に対するウェイト決定の必要性

SRIは、企業がCSRを実施することに伴い、競争優位性を築くことによる業績アップを通じた株価上昇に寄与するというアップサイド・メリットの享受と、企業不祥事が会社の命運までも左右する昨今、CSRを実施することによるリスク・マネジメントの徹底が、企業の信用力を補完して株価の急落を回避するダウンサイド・リスクを抑制する方策につながるといわれている[4]。このように、投資家はSRIスクリーニング・ポートフォリオに投資する際には、リターンという経済合理性だけではなく、企業の社会面や環境面などの問題意識も考慮に入れて投資判断を行っている。

また、投資家がSRIに投資する目的の一つには、投資行動を通じて企業のCSRへの取り組み姿勢を監視し、支援することがある。企業ごとにCSRに対する取り組み姿勢は多様であるため、投資家はこの多様な企業のCSRへの取り組み姿勢を見て、投資家の価値観に基づき企業を監視し、支援するのである。

日本のCSR評価機関の一つであるグッドバンカー社の都築社長は、証券アナリストジャーナル2004年9月号「日本と世界におけるSRIの展望—エコファンドおよびCSR調査の現場から—」[5]のなかで、「クライテリア（評価項目）は投資家のものであり、どのアイテムにどのような点数配分するかは投資家の価値観に従って、テラーメイドのファンドをデザインするというのが当社のスタンスである」と述べている。このように、投資家の価値観やウェイト付けを重視した評価を行うことこそが重要であることが分かる。

しかし、現状では、前節で述べたとおりウェイト付けを行うに際しては、均一ないしは画一的な比率の設定を行っており、また、投資家の価値観をヒアリングして合議によって決定する場合でも、その合意形成の過程や手法は必ずしも明確ではない。



投資家が投資の意思決定を行う際には、上述の通り多様な判断が必要であり、多くの評価要素を総合的に判断することが求められる。さらに、CSR を評価する項目は財務指標のような明確かつ客観的な指標が存在せず、データの算出基準や開示様式も不統一なため比較可能な情報になっていないという問題点があり、このように、客観的な基準がない比較が困難な指標に基づいて評価を行わなければならない状況下において、投資家が、自らのニーズや価値観を重視して意思決定をしようとするほど、おのずから彼らの主観的判断や評価の曖昧性が介在し、客観的な判断過程を経ることは一層困難になる。そのため、SRI の調査・評価機関や SRI 資産運用会社と議論を交わしながら最終的な意思決定を行うことも必要であろう。その際に、投資家たちのニーズと価値観に基づいて主観的に判断した意思決定過程に基づき、客観的な形で統合された結果のウェイトを彼らに提示することができれば、より議論を深めることが可能となる。

本研究では、SRI スクリーニング・ポートフォリオを組成する際に、投資家たちのニーズや価値観に合致した CSR の評価要素へのウェイト付けが必要であるということに鑑み、投資家の意思決定の一助とするための、人間の主観的な判断のエッセンスを反映して客観的に統合していくようなウェイト推定モデルを提示したい。

## 6. 本研究におけるウェイト推定法

### 6.1 実験方法とモデルの推定方法

本研究の目的に合致したウェイト推定モデルを構築するために、まず、実験方法とモデルの推定方法を検討する。

一般に人間の官能評価において、「相対評価」と「絶対評価」の二つの立場が考えられ、尺度化の方法としては、SD (Semantic Differential) 法と、一対比較法が代表的である。また、モデルの推定方法としては、対数尤度 (最尤法)、残差平方和 (最小二乗法)、固有値法の三方法を検討する。

#### 6.1.1 実験方法

##### (1) 「相対評価」と「絶対評価」

一般に人間が評価を行う場合には、「相対評価」と「絶対評価」の二つの立場が考えられる。前者は評価対象 (本研究では CSR の評価要素) をそれらの間の比較によって捉えようとするものであり、後者は絶対的な基準に従って評価尺度上に評価対象を位置づけようとするものである。投資家が CSR の評価を行う場合、評価要素全体を見て各評価要素のウェイトを決めることは難しく、一方、評価要素の一つ一つを比較して最終的に相対的に各評価要素のウェイトを決定するのは容易であろう。さらに、CSR の評価において客観的な基準がない指標に基づいて判断を行わなければならない状況においては、一層、相対評価のほうが容易と考える。また、

表2 実験方法とモデルの推定方法（提案モデルと他の方法の比較）

	本研究における提案モデル	他の方法
「相対評価」と「絶対評価」	相対評価	絶対評価
	投資家がCSRの評価を行う場合、各評価要素を一つ一つで比較した後にそれを統合すれば比較的容易に全体のウェイトを決定することができる。実際意思決定過程においても、相対比較を繰り返して全体のウェイトを決定していると考えられる。従って、本研究においては、相対評価を前提とする。	投資家がCSRの評価を行う場合、全ての評価要素に対して絶対的なウェイトを決めるのは現実的には困難であるため、本研究では絶対評価を前提としない。
尺度化	一対比較法	SD法
	①対比効果が顕著である、 ②実質的な繰り返し効果が期待できる、 ③被験者の弁別能力にかかる負荷が小さい という長所がある。 一方、評価要素が多数となった場合、一対比較の回数が増加し被験者の評価負担が増大して整合性が低下するという短所はあるが、CSRの評価要素はさほど多くない。	比尺度への変換の問題が生じる。本研究では比率を取り扱うのでSD法は適していない。
モデルの推定方法	対数尤度（最尤法）	残差平方和（最小二乗法）、固有値法
	ウェイトの比を被験者固有の心理量とみなし、すべての対象 $j$ と対象 $k$ の組み合わせについて考えた分布を多項分布と想定することにより確率分布を想定し、対数尤度を最大化するウェイトを推定する。	確率分布を仮定する必要がなく、適用が比較的容易であるが、一方で分析の結果得られる情報もそれだけ小さい。

人間は実際意思決定の際にこのように各評価要素を一つ一つで比較した後に全体のウェイトを決定しているのではないかと考える。従って、本研究では「相対評価」の立場を前提とする。

## (2) 尺度化

SD法は各評価要素に対して5段階や7段階の両極性の尺度で回答させる方法であるが、比尺度への変換の問題が生じる。本研究では比率を取り扱うのでSD法は適していない。

CSRの評価においては、客観的な基準がなく比較が困難な評価要素に基づいて評価を行わなければならない状況であるため、評価要素に対するウェイト付けを行う際には、「比較判断の法則」に基づく一対比較法が適していると考えられる。すなわち、一対比較法における、①対比効果が顕著である、②実質的な繰り返し効果が期待できる、③被験者の弁別能力にかかる負荷が小さいという長所がCSR評価の現状の問題点の改善策として適している。なお、一対比較法には、評価要素が多数となった場合、一対比較の回数が増加し被験者の評価負担が増大して整合性が低下するという短所はあるが、CSRの評価要素はさほど多くない。

以上を勘案して、本研究では実験方法として、相対評価を前提とし、一対比較法を用いるこ

ととする。

### 6.1.2 モデルの推定方法

ここでは、SRIを組成する際に投資家の価値観に合致したCSRの評価を行い、CSRの評価要素に投資家の価値観に合致したウェイト決定を行う必要があることに鑑み、投資家の意思決定の一助とするための、人間の主観的な判断のエッセンスを反映して客観的に統合していくようなウェイト推定モデルを提示することを試みる。投資家が自らの価値観に合致したウェイトを想定し、その評価に基づきSRIを組成するためには、投資家の評価に依存することになる。SRI評価専門機関の目標として、絶えず「機関投資家、個人投資家を問わず投資家が環境または社会という軸で投資先を判断することのできるようなツールを提供したい」[6]という考えがあり、現在のSRIファンド組成においては投資家の意思決定を支援する方策が求められている。

しかし、非計量データとして位置づけられる人間の心理量としてのウェイトの背後には有意な確率分布を想定することは困難であり[7]、連続量として有意な確率分布を前提とするモデルを作成することは困難であるため、本研究では、一対比較法を用いウェイトの比を被験者固有の心理量とみなし、すべての対象 $j$ と対象 $k$ の組み合わせについて考えた分布を多項分布と想定し、この対数尤度[8][9]を最大化するウェイトを推定するモデルを提案する。

高根は「最小二乗法は解法が比較的簡単であることや、観測データの確率分布に関する仮定を一切必要としない（ただし、適用のミニマルな条件としてはという意味である。）ことなど、たしかに記述データ解析におけるその役割はどんなに強調してもし過ぎることはない」[10]としつつ、「適用が比較的容易なだけに分析の結果得られる情報もそれだけ小さいといわねばならない。この場合求められた推定は単に特定の最小二乗基準で求められたというだけであって、それ以上の意味は持たない」[11]と指摘している。

こうした問題意識に基づき本研究では、確率分布を仮定する必要のない最小二乗法や固有値法ではなく、データの背後に何らかの確率モデルを想定し、それによって観測されたデータの尤度を最大化することによってウェイトの推定を試みるものである。これによって、これまで

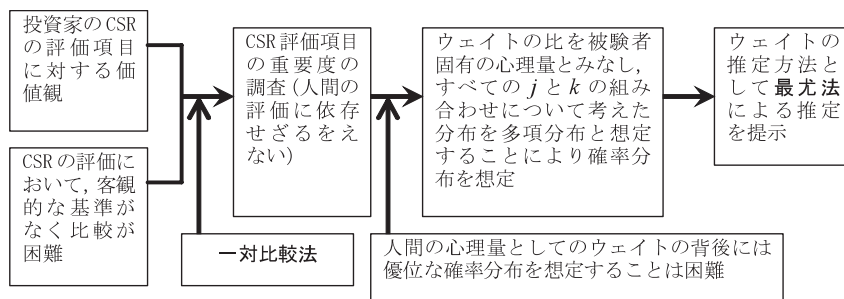


図2 CSRの評価における投資家のウェイト決定に関する特徴と本研究におけるモデルの推定方法



の種々の推定法に関する議論と関連性を持たせることにつながり、人間の心理量としてのウェイト推定法の選択肢が広がるものと考えられる。

さらに、通常は負の値を取り扱うことから対数尤度ではなく残差平方和を利用せざるを得ないケースが多いが、本研究で取り扱うウェイトは非負であることから、対数尤度（最尤法）を利用できる。

一対比較法は、対象  $j$  と対象  $k$  を比較してどちらを選ぶかというのが基本的デザインであり、一対比較法を最尤法によって求める手法として以下の(ア)(イ)に示すとおり、二項分布を想定したモデルと多項分布を想定したモデルの二つの方法が考えられるが [9]、本研究ではすべての対象  $i$  と対象  $j$  との組み合わせについて考える後者の方法を用いることとする。

- (ア) 対象  $j$  と対象  $k$  という二つの刺激対に対して、どちらがより強い感覚を引き起こすかの判断を求め、その度数データに基づいて「二項分布」を想定して各刺激の心理的尺度値を求める方法。すなわち、「 $p_{ij}$  = 対象  $i$  のほうを選ぶ確率」とおき、 $(N_{ij} + N_{ji})$  回中  $N_{ij}$  回対象  $i$  を選んだという選択において対象  $j$  と対象  $k$  を選ぶ確率を求める方法。
- (イ) 上記(ア)と同様に対象  $j$  と対象  $k$  を選ぶ確率を考えるが、一対比較をすべての対象  $i$  と対象  $j$  との組み合わせについて考え、これを多項分布と想定して求める方法。

さらに、一般の一対比較法は刺激対に対してどちらがより強い感覚を引き起こすかの Yes と No の判断を求め、その度数データに基づいて各刺激の心理的尺度値が求められるが、本研究ではどちらの刺激が「どの程度」強いかの判断（本件研究では重要度）を「評定者一人一人」に求めて、その重要度の比  $a_{jk}^i$  と評定者  $i$  における評価要素  $j$  と  $k$  のウェイトの比  $w_j^i/w_k^i$  の適合度を対数尤度で測り、それが最大になるように  $w_j^i/w_k^i$  を推定し  $w_j^i$  を求めることにする。これによって、ウェイトに対する考え方の「個人差」を把握することができ、さらに AIC によってモデルの適合度の高い評定者と低い評定者を判定することが可能となる。

以上から、本研究のモデルは、観測値変数を次のように捉え、離散確率分布を想定する。

- ① 一対比較法は、対象  $j$  と対象  $k$  を比較してどちらを選ぶかというのが基本的デザインであり、このとき設定される最も一般的なモデルは、二つの刺激対に対してその度数データに基づいて「二項分布」を想定して、「 $p_{jk}$  = 対象  $j$  のほうを選ぶ確率」とおき、 $(N_{jk} + N_{kj})$  回中  $N_{jk}$  回対象  $j$  を選んだという選択において、対象  $j$  と対象  $k$  を選ぶ確率を考える。本研究では、一対比較をすべての対象  $j$  と対象  $k$  との組み合わせについて考え、これを多項分布と想定する。
- ② さらに本研究では、回答者  $i$  が、代替案  $j$  と  $k$  に対してどちらの刺激が「どの程度」強いかの判断の比（重要度の比） $a_{jk}^i$  について、回答者  $i$  が代替案  $j$  と  $k$  を  $(N_{jk} + N_{kj})$  回比較したときの  $N_{jk}/(N_{jk} + N_{kj})$  を考える。
- ③ 多項分布の項数を  $k(k-1)/2$  とする。すなわち、 $k(k-1)/2$  項分布を仮定する。
- ④ この  $k(k-1)/2$  項分布のパラメータ  $p_{jk}$  が、 $p_{jk} = w_j/w_k$  という形で与えられる確率モデルを仮定する（パラメータ数 =  $k(k-1)$ ）。すなわち、確率モデルのパラメータは本モデルで

は、(推定される) ウェイトとして与えている。

その上で、本研究ではモデルの推定方法に対数尤度を利用することとする。

上述(ア)(イ)に示したモデル(岡本モデル [9])は、「感覚量の刺激の平均値  $\mu_j, \mu_k$  を推定する問題」であるが、本研究では、どちらの刺激が「どの程度」強いかの判断を評価者一人一人に求めてその重要度の比  $a_{jk}^i$  からウェイト  $w_j^i$  を推定する際に、上記の①から④(特に②)を想定しているところに特徴がある。

## 6.2 先行研究

先行研究として、実験方法において相対評価である一対比較法を用い、最小二乗法によってモデルのストレスを測定するウェイト推定法が提示されている。

山下ら [12] は、官能検査等に広く応用されている一対比較法を用い、その一対比較結果と評価要素のウェイトの比との比尺度の対数をとることによって、間隔尺度に変換して最小二乗解を求めるといった客観的基準によるウェイト推定法を提案している。

また、AHPを2つのフェーズ(すなわち、代替案と評価尺度の関係を階層構造モデルで構成化するフェーズと代替案や評価基準の重要度(ウェイト)の推定を行うフェーズ)に分けることができるが、村山ら [13] は第二のウェイト推定のフェーズで重み付き最小二乗法の利用を提案している。

二つの先行研究のウェイト推定手順は同じであり、概要は以下のとおりである。

[Step 1] 評価要素の重要性の比の一対比較

一対比較法により、各評価要素  $j(j, k=1, 2, \dots, n)$  の重要性の比をウェイト決定者  $i(i=1, 2, \dots, m; \text{以下, 回答者と呼ぶ。})$  ごとに答えてもらい、それを  $a_{jk}^i$  とする。

[Step 2] 回答者別に評価要素に対するウェイト  $w_j^i$  を算出

回答者別に得られた一対比較結果  $a_{jk}^i$  と、評価要素  $j$  と  $k$  のウェイトの比  $(w_j^i/w_k^i)$  になるべく近い値になるように  $w_j^i$  を算出する。ただし、 $w_j^i$  は(1)の条件を満たすものとする。

$$\sum_{j=1}^n w_j^i = 1 \quad (1)$$

そこで、 $(w_j^i/w_k^i)/a_{jk}^i$  を対数変換し、その二乗和をストレスと考え、ラグランジェ乗数  $\lambda^i$  を用いて(2)式のように定式化している。

$$\varphi^i = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \left\{ \log \left( \frac{w_j^i}{w_k^i} / a_{jk}^i \right) \right\}^2 + \lambda^i \left( \sum_{j=1}^n w_j^i - 1 \right) \rightarrow \min \quad (2)$$

$\varphi^i$  を  $w_j^i$  で偏微分して0とおき、 $\lambda^i$  を消去することにより、 $w_j^i/w_k^i$  の値を求め、(1)式の条件を用いて  $w_j^i$  を求める。

### 6.3 本研究で提案するウェイト推定法

先行研究 [12] [13] では、一対比較法を用いその一対比較結果と評価要素のウェイトの比との比尺度の対数をとることによって、間隔尺度に変換して最小二乗解を求めているが、6.1 で述べた理由により対数尤度を最大化するアプローチを利用する。

従って本研究では、一対比較法を用いて、その一対比較結果と評価要素のウェイトの比との比尺度を取り、対数尤度を最大化し、回答者別の各評価要素のウェイト  $w_j^i$  を求める。そして、 $w_j^i$  とそれらをまとめた合成ウェイト  $W_j$  との対数尤度を最大にするといった、評価者の主観的判断のエッセンスを反映させ、客観的に統合するウェイト推定法を提案する（図3）。

### 6.4 手順の説明

[Step 1] 評価要素の重要性の比の一対比較

一対比較法により、各評価要素の重要性の比をウェイト決定者  $i$  ごとに答えてもらい、それを  $a_{jk}^i$  とする。

例) (経済面の攻め：環境面の守り) = (3 : 2)

$$\Rightarrow a_{jk}^i = 3/2 = 1.5$$

(環境面の攻め：社会面の攻め) = (0.9 : 1.2)

$$\Rightarrow a_{jk}^i = 0.9/1.2 = 0.75$$

[Step 2] 回答者別に評価要素に対するウェイト  $w_j^i$  を算出

本研究では、6.1.2 で述べた理由からモデルの推定方法として、最尤推定法を用いる。一対比較の結果  $a_{jk}^i$  と評価要素  $j$  と  $k$  のウェイトの比 ( $w_j^i/w_k^i$ ) を被験者固有の心理量とみなし、すべての  $j$  と  $k$  の組み合わせについて考えた分布を多項分布と想定し [8] [9] (実際には総和が1になるように、それぞれ  $a_{jk}^i / \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{jk}^i$  と  $(w_j^i/w_k^i) / \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{jk}^i$  を考える)、被験者固有の心理量の対数尤度について岡本の多項分布モデル [9] と同様の立場に立ち、 $w_j^i$  と  $w_k^i$  を推定する。但し、

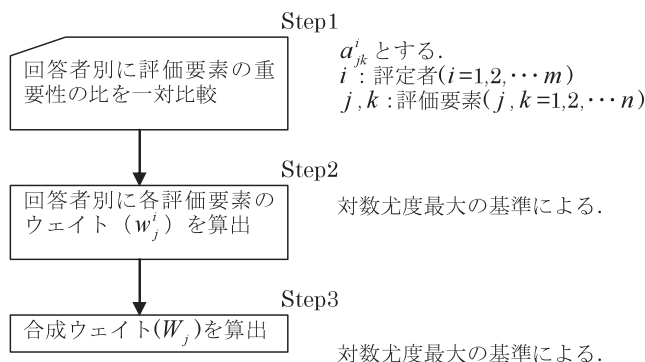


図3 本研究で提案するウェイト推定法

$w_j^i$  は

$$\sum_{j=1}^n w_j^i = 1 \quad (3)$$

とする.

そこで,  $a_{jk}^i / \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{jk}^i$  と  $(w_j^i / w_k^i) / \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{jk}^i$  の適合性 (フィットネス) を対数尤度で測り, それが最大になるように  $w_j^i / w_k^i$  を推定し, (3) 式の条件を利用して  $w_j^i$  を算出する. ラグランジェ乗数  $\lambda^i$  を用いて, (4) 式のように定式化する.

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{jk}^i = A \text{ (定数) とおくと,}$$

$$\varphi_i = K + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{a_{jk}^i}{A} \cdot \log \frac{(w_j^i / w_k^i)}{A} - \lambda^i \left( \sum_{j=1}^n w_j^i - 1 \right) \rightarrow \max \quad (4)$$

ただし,  $K$  は定数.

(4) 式について  $\varphi_i$  を  $w_j^i$  で偏微分して 0 とおく.

$$\frac{\partial}{\partial w_j^i} \left\{ K + \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \frac{a_{jk}^i}{A} (\log w_j^i - \log w_k^i - \log A) \right\} - \lambda^i = 0 \quad (5)$$

(5) 式から (6) 式を得ることができる.

$$\sum_{k=1}^n \frac{a_{jk}^i / A}{w_j^i} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i / A}{w_l^i} - \lambda^i = \frac{1}{w_j^i} \left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{jk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i}{A} \right) - \lambda^i = 0 \quad (6)$$

(6) 式についてある一つの評価要素  $h$  に注目すると, (7) 式となる.

$$\frac{1}{w_h^i} \left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{hk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jh}^i}{A} \right) - \lambda^i = 0 \quad (7)$$

(6)–(7) を計算することにより  $\lambda^i$  を消去する.

$$\frac{1}{w_j^i} \left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{jk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i}{A} \right) - \frac{1}{w_h^i} \left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{hk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jh}^i}{A} \right) = 0 \quad (8)$$

$$\therefore \frac{w_h^i}{w_j^i} = \frac{\left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{jk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i}{A} \right)}{\left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{hk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jh}^i}{A} \right)} \quad (9)$$

(3) 式の条件を用いて, (9) 式を解くと, (10) 式によって  $w_j^i$  を求めることができる.

$$w_j^i = \frac{\sum_{k=1}^n \frac{a_{jk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i}{A}}{\sum_{h=1}^n \left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{hk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jh}^i}{A} \right)} \quad (10)$$

### [Step 3] 合成ウェイト $W_j$ の算出

回答者別に算出された各評価要素のウェイトを統合した合成ウェイトを算出する必要がある. このステップでは, Step 2 で回答者別に算出された各評価要素のウェイト  $w_j^i$  と, それらをまとめた合成ウェイト  $W_j$  との適合性を Step 2 との一貫性を考慮して対数尤度で測り, それが最大になるように  $W_j$  を推定する. ただし,  $w_j^i$  と同様に  $W_j$  も

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1 \quad (11)$$

とする。

そこで、ラグランジュ乗数  $\mu$  を用いて (12) 式のように定式化する。

$$\phi = K' + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_j^i \log W_j - \mu \left( \sum_{j=1}^n W_j - 1 \right) \rightarrow \max \quad (12)$$

ただし、 $K'$  は定数。

$\phi$  を  $W_j$  で偏微分して 0 とおき、 $\mu$  を消去することにより、(12) 式を満たす  $W_j$  は (13) 式によって与えられる。

$$\frac{W_j}{W_k} = \frac{\sum_{i=1}^m w_j^i}{\sum_{i=1}^m w_k^i} \quad (13)$$

(13) 式により、 $W_j/W_k$  の値を求め、(11) 式の条件を用いることにより  $W_j$  の値が求まる。この合成ウェイト  $W_j$  の値を各評価要素のウェイトとする。

## 7. 適用例による提案モデルの実証分析

### 7.1 データの収集と結果

本研究では、分析に必要なデータの収集を、某投資信託会社および某大学大学院において実施した。調査対象は投資信託会社については企画担当者（5名）、営業担当者（9名）の合計14名と、大学院については商学研究科（同じ分野を研究している大学院生）の7名に対してアンケート調査を実施した。評価要素は表1に示したSAM社の評価要素を利用した。調査対象（回答者集団）と評価要素を表3に示す。

アンケート結果に基づいて、先行研究（重み付き最小二乗法）、固有値法、本研究で求めた合成ウェイトは表4のとおりである。それぞれの方法で求めたウェイトは、均一にウェイト付け

表3 調査対象（回答者集団）と評価要素

調査対象 (回答者集団)	某投資信託会社 社員	企画担当者 ----- 営業担当者
	某大学大学院（商学研究科）大学院生	
評価要素	経済面/攻め	
	経済面/守り	
	環境面/攻め	
	環境面/守り	
	社会面/攻め	
	社会面/守り	



表4 先行研究と本研究により求めた回答者集団ごとの各評価要素の合成ウェイト

(先行研究：重み付き最小二乗法)

評価要素	回答者集団	企画担当者	営業担当者	企画+営業	大学院生
経済面/攻め W <sub>1</sub>		0.189	0.192	0.191	0.208
経済面/守り W <sub>2</sub>		0.196	0.161	0.173	0.149
環境面/攻め W <sub>3</sub>		0.185	0.170	0.176	0.174
環境面/守り W <sub>4</sub>		0.158	0.148	0.152	0.131
社会面/攻め W <sub>5</sub>		0.138	0.162	0.153	0.188
社会面/守り W <sub>6</sub>		0.134	0.167	0.155	0.151
標準偏差		0.025	0.013	0.015	0.026

(固有値法)

評価要素	回答者集団	企画担当者	営業担当者	企画+営業	大学院生
経済面/攻め W <sub>1</sub>		0.195	0.192	0.194	0.219
経済面/守り W <sub>2</sub>		0.194	0.156	0.175	0.155
環境面/攻め W <sub>3</sub>		0.185	0.170	0.178	0.173
環境面/守り W <sub>4</sub>		0.157	0.146	0.152	0.125
社会面/攻め W <sub>5</sub>		0.136	0.163	0.149	0.187
社会面/守り W <sub>6</sub>		0.133	0.172	0.152	0.144
標準偏差		0.026	0.014	0.016	0.030

(本研究)

評価要素	回答者集団	企画担当者	営業担当者	企画+営業	大学院生
経済面/攻め W <sub>1</sub>		0.202	0.195	0.197	0.226
経済面/守り W <sub>2</sub>		0.199	0.152	0.169	0.152
環境面/攻め W <sub>3</sub>		0.190	0.174	0.180	0.176
環境面/守り W <sub>4</sub>		0.156	0.144	0.148	0.117
社会面/攻め W <sub>5</sub>		0.129	0.160	0.149	0.189
社会面/守り W <sub>6</sub>		0.124	0.175	0.157	0.140
標準偏差		0.032	0.017	0.018	0.035

尚、表中の○印はウェイトが6分の1 (≒0.167) より大きいウェイトを示している。

(全て6分の1) した場合と比較をした等分散の検定を行い、1%水準で分散に差があることを確認している。

## 7.2 結果の検討および考察

### (1) 評価者の主観的判断の反映

提案モデルでは、CSRの評価において投資家が彼らのニーズや価値観に基づく主観的判断によるウェイト付けを行うという、人間の主観を重要視した意思決定過程を表現することを目的とした。投資信託会社の社員と大学院生について一人一人のウェイトを比較すると、大学院生、投資信託会社の企画担当者、同営業担当者の順に分散が小さい(表5)。等分散の差の検定を行ったが、等分散を棄却できる有意な結果はでなかった。しかし、P値(両側)は表5に示すとおり、大学院生と営業担当者の比較において、相対的に一番小さい値(0.128)となった。このことは、同じ分野を専攻している大学院生集団は、主観的な判断の傾向も同じでありウェイト付けのバラツキが比較的少ないことを示しており、一方、投資信託会社の営業担当者集団は多様な顧客のニーズや価値観に日々応えようとしている環境にあるため、CSRの評価要素に対するウェイトにもそれが反映され、相対的にバラツキが多いということがこのモデルによって示されたものと考えられる。すなわち、画一的な考えを持っている人達は同じような主観的判断をし、

表5 提案モデルにおける，回答者集団ごとのウェイトの分散と2標本の等分散の検定（F検定：P値 両側）

回答者集団		ウェイトの分散	大学院生集団との等分散の検定 (F検定のP値：両側)
某投資 信託会 社	企画	0.0036	0.334
	営業	0.0044	0.128
	企画+営業	0.0041	0.177
某大学大学院生		0.0031	

多様な顧客ニーズに応えようとする人達の主観的判断にはバラツキが生じているということがモデルによって示されている。

### (2) 評価要素に対するウェイト付け

投資信託会社の社員は，企画担当者，営業担当者とも各評価要素に対する合成ウェイトは，経済面（攻めと守り）に加えて環境面の攻めに高いウェイトをつけている。一方，大学院生は経済面の攻め，環境面の攻め，社会面の攻めに高いウェイトをつけていることが示され，両集団は異なった傾向のウェイト付けをおこなっている。

実は，調査対象の某投資信託会社は，1999年に日本における初めてのSRIファンドである環境重視型の「エコファンド」を組成した会社である。提案モデルは，環境重視型のSRIファンドを設定し販売した企業組織で働いている商品企画担当者と営業担当者の（社会面よりも）経済面と環境面を重視しているという主観的判断と，そういう組織的環境ではない大学院生の主観的判断に相違が生じていることを示している。提案モデルによって，評価者の主観的判断に基づいた評価要素に対するウェイト付けがなされているものと考ええる。

### (3) 先行研究および固有値法と本研究で求めた合成ウェイトの比較

表4の結果から，本研究によって求めた合成ウェイトと先行研究（重み付き最小二乗法）および固有値法によって求めた合成ウェイトは，その順序は等しくなっており，先行研究と固有値法とのウェイト付けとの整合性が確認できる。

また，三者のウェイトの標準偏差を比べると，本研究の標準偏差が一番大きい。これは，先行研究では一対比較結果と評価要素のウェイトの比との比尺度の対数をとることによって，間隔尺度に変換して最小二乗解を求めており，本研究では直接比尺度のままに対数尤度を最大化するアプローチを採っているというモデルの数学的な要因によるものと考えるが，回答者の評価ポリシーの違いをより明確に反映することができたものと考ええる。

## 7.3 具体例による検証

各評定要素を0から1の間の得点で評価してもらい，これを  $v_j^i$  ( $j$ :各評価要素,  $j=1, 2, \dots, n$ ,

表6 コンビニ上位4社における総合評定の推定値  $\hat{u}_j^i$  と総合評定  $u_j^i$  の相関関係

	$\hat{u}_j^i$ と $u_j^i$ の相関
提案モデル	0.9869
先行研究 (重み付き最小二乗法)	0.9866
固有値法	0.9866

$i$ : 回答者,  $i=1, 2, \dots, m$ ) とする.  $v_j^i$  に対するウェイトは  $W_j$  であるから, 代替案の総合評価の推定値  $\hat{u}_j^i$  は

$$\hat{u}_j^i = W_1 v_1^i + W_2 v_2^i + \dots + W_n v_n^i \quad (14)$$

に基づいて算出される.

ここで, 7.1 と同じ集団に対して, コンビニエンス業界上位4社 (セブンイレブン, ローソン, ファミリーマート, サークルK・サンクス) について表3の6つの評価要素について, 0点から1点 (満点) で評価 ( $v_j^i$ ) をしてもらおう. さらに, 実際の総合評価 ( $u_j^i$ ) を同じく0点から1点 (満点) で回答してもらおう. 人間が代替案を評価する際の総合評価の推定は (14) 式に基づいて行くと想定する.

本研究, 先行研究 (重み付き最小二乗法) および固有値法によって求めたウェイトから求めた総合評定の推定値  $\hat{u}_j^i$  と, 実際に回答を得た総合評定  $u_j^i$  の相関関係は表6のとおりである.

総合評定の推定値  $\hat{u}_j^i$  と, 実際に回答を得た総合評定  $u_j^i$  との相関は, 3つのモデルとも全て高い相関を得ることができたが, 結果として若干ではあるが提案モデルの相関が一番高かった. このことによって, 提案モデルは, 先行研究 (重み付き最小二乗法) と固有値法と同等の結果が得られることを示すことができた. しかし, 今回の事例だけの判断で提案モデルが他の方法に比べて優れているとは言えないものとする. AHP においても議論されているが, その適用対象によって用いるべき推定法は異なると考えられており [14] [15], 人間の主観的判断をモデル化するような場合に, 固有値法を用いるべきか最小二乗法を用いるべきかという問題については, 今後とも色々な適用例によって議論し評価を定めていく必要がある. しかし, 本研究の提案モデルによって, これまでの最小二乗法や固有値法などの推定法に関する議論と関連性を持たせることにつながり, 人間の心理量としてのウェイト推定法の選択肢を広げることができるものとする.

#### 7.4 AIC によるモデルの適合度の判定

本研究では, 一対比較をすべての対象  $j$  と対象  $k$  との組み合わせについて考え, この分布を多項分布と想定した. すなわち, 一対比較法を用いて, 評価要素のウェイトの比を被験者固有の心理量とみなし, すべての  $j$  と  $k$  の組み合わせについて考えた分布を多項分布と想定するこ

表7 飽和モデル（岡本の多項分布モデル）と提案モデルのAIC比較

		飽和モデルのAIC	提案モデルのAIC
某投資信託会社	企画	145.9977	112.1022
	営業	228.1464	193.8618
	企画+営業	347.0986	295.9592
某大学大学院生		190.3767	153.0079

とにより確率分布を想定し、対数尤度を最大化するウェイトを推定した。

そして、岡本の多項分布モデル [9]（パラメータ数  $k(k-1)/2$ ）を飽和モデルと考え、提案モデル（多項分布であるがパラメータ数  $k(k-1)$ ）との AIC を比較することによってモデルの適合性を判断する。その結果、表7のとおり飽和モデルである岡本の多項分布モデルの AIC よりも、提案モデルの AICの方が小さい数値となった。AICは値そのものではなく、AICの値の差に意味があり、AICの差が1~2程度以上であるならばAICの値の差は有意とされている [8]。したがって、AIC基準によれば提案モデルのほうが良いモデルであると考えられることができる。

さらに、提案モデルでは、頻度を用いずに評定者ごとの重要度の比を用いたことにより、評定者の情報を失うことなく評定者ごとのウェイトを求めることができることから、評定者一人一人の AIC を算出することが可能となり、これによって評定者ごとの判断の妥当性を確認することができる。このため、本研究ではウェイトの個人差を明らかにすることができ、場合によっては、妥当でない評定者の選別に利用できる利点がある。

## 8. おわりに

本研究では、SRI スクリーニング・ポートフォリオを組成する際に、客観的基準がなく比較が困難な評価要素に基づいて評価を行わなければならない状況であっても、投資家のニーズや価値観に合致した CSR 評価要素へのウェイト付けが必要であるという観点から、投資家の意思決定の一助とするための、人間の主観的判断に基づくウェイト決定プロセスを表現するモデルを提示した。提案モデルによって、画一的な考えを持っている集団か否か、また、組織内の環境に基づいて比較的同じような意思決定をする集団であるか否かによって、ウェイト付けに差が生じるという結果となり、評価者の主観的判断の差が表現できたものとする。また、提案モデルはどの評価要素を重視して主観的判断を行ったかということについても、表現できているものとする。さらに、提案モデルでは、評定者一人一人の AIC を算出することによって評定者ごとの判断の妥当性を確認することができる。このため、ウェイトの個人差を明らかにすることができ、場合によっては、妥当でない評定者の選別に利用できる。

本研究によって、CSR の評価において客観的な基準がなく評価要素が比較困難な状況において、投資家のニーズと価値観に基づき、投資家たちの主観的判断のエッセンスを反映させ客観

的に統合していくような、ウェイト推定モデルを提示できたものとする。また、本研究では、確率分布を仮定する必要のない最小二乗法や固有値法ではなく、データの背後に何らかの確率モデルを想定し、それによって観測されたデータの尤度を最大化しようと試みた。これによって、これまでウェイトの背後には有意な確率分布を想定することが困難であるがゆえに対数尤度を用いたアプローチが困難であった問題に対し、そのためのアプローチを切り開き、人間の心理量としてのウェイト推定法の選択肢を広げることができたものとする。

今後は、提案モデルで求めたウェイトを利用した、SRIの投資銘柄選択比率の決定方法について検討したい。また、本研究が提案したモデルは、SRIスクリーニングだけでなく、企業評価や製品評価やリスク評価などの面においても適用の可能性があり、評価に関する多くの面への適用について検討していきたい。

## 参考文献

- [1] 水尾順一、田中宏司編著：CSR マネジメント，生産性出版（2004）
- [2] 高巖，辻義信他：企業の社会的責任—求められる新たな経営観—，日本企画協会（2003）
- [3] 経済産業省：“企業の社会的責任（CSR）に関する懇談会（中間報告書）”（2004）
- [4] 足達英一郎，金井司：CSR 経営と SRI 企業の社会的責任とその評価軸，金融財政事情研究会（2004）
- [5] 筑紫みずえ：「日本と世界における SRI の展望—エコファンドおよび CSR 調査の現場から—」，証券アナリストジャーナル 2004 年 9 月号，pp. 5-19（2004）
- [6] 谷本寛治：SRI 社会的責任投資入門—市場が企業に迫る新たな規律—，日本経済新聞社，p. 165（2003）
- [7] 高根芳雄：“心理学における非計量データの解析”，東京大学博士論文，p. 10（1976）
- [8] 坂元慶行，石黒真木夫，北川源四郎：情報量統計学，共立出版（1983）
- [9] 岡本安晴：計量心理学 心の科学的表現をめざして，培風館（2006）
- [10] 高根芳雄：前掲書，p. 406（1976）
- [11] 高根芳雄：前掲書，p. 407（1976）
- [12] 山下洋史，尾関守：“人事考課における評定要素のウェイトに関する研究”，日本経営工学会誌，Vol. 37, No. 4, pp. 245-250（1986）
- [13] 村山直人，後藤正幸，俵信彦：“重み付き最小二乗法を用いた AHP のウェイト推定法に関する研究”，日本経営工学会誌，Vol. 53, No. 5, pp. 369-377（2002）
- [14] 後藤正幸：“階層型意思決定モデル（AHP）と統計学的考察”，武蔵工業大学環境情報学部紀要，Vol. 5, pp. 77-88（2004）
- [15] 木下栄蔵編著：AHP の理論と実践，日科技連（2000）



付 録

6.4 の (9) 式から (10) 式の導出

$$\frac{w_h^i}{w_i^i} = \frac{\left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{hk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jk}^i}{A} \right)}{\left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{ik}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i}{A} \right)} \quad (9)$$

(3) 式の条件  $\left( \sum_{j=1}^n w_j^i = 1 \right)$  を用いて (9) 式を解く. 即ち,

$$\sum_{h=1}^n w_h^i = w_i^i \times \frac{\sum_{h=1}^n w_h^i}{w_i^i} = 1$$

$$w_i^i = \frac{1}{\sum_{h=1}^n \frac{w_h^i}{w_i^i}}$$

従って, (9) 式から

$$\begin{aligned} w_i^i &= \frac{1}{\sum_{h=1}^n \frac{\left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{hk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jh}^i}{A} \right)}{\left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{ik}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i}{A} \right)}} \\ \therefore w_i^i &= \frac{\left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{ik}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jl}^i}{A} \right)}{\sum_{h=1}^n \left( \sum_{k=1}^n \frac{a_{hk}^i}{A} - \sum_{j=1}^n \frac{a_{jh}^i}{A} \right)} \end{aligned} \quad (10)$$