

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月17日現在

機関番号：34304

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22530310

研究課題名（和文） 事例ベース意思決定理論による非完備市場での資産価格評価

研究課題名（英文） Asset valuation in incomplete markets via the case-based decision theory.

研究代表者

岩城 秀樹（IWAKI HIDEKI）

京都産業大学・経営学部・教授

研究者番号：40257647

研究成果の概要（和文）：事例ベース意思決定理論とは、決定すべき問題に対して、類似と思われる問題・事例を探し出し、当該問題との類似度を、ある尺度関数によって測定して数値化した上で、類似の問題・事例を勘案して最適な意思決定を行なうというものである。本研究では、この意思決定理論を資産価値評価に応用し、実際のデータを用いて企業の倒産確率の推定を行い、既存の倒産確率推定方法との比較を行うことで、この意思決定理論の応用妥当性を検証した。

研究成果の概要（英文）：The case-based decision theory is such a decision theory that the decision maker seeks out similar cases, that she or he measures the distance of similar cases and the decision problem by a measurement function and that she or he makes an optimal decision making by considering similar cases. In the study, applying this decision theory to asset valuation, we estimate the default probabilities of business firms using actual data, and test the validity by comparing them with the default probabilities estimated by the existing methods.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	1,900,000	570,000	2,470,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経済学、財政学・金融論

キーワード：ファイナンス、不確実性、意思決定理論、事例ベース意思決定、主観確率、非期待効用理論、行動経済学、資産価値評価

### 1. 研究開始当初の背景

完備市場とは、当該市場における任意の資産の価値もしくは価格を当該市場のその他の資産の組み合わせから成るポートフォリオの価値あるいは価格によって複製できる市場のことである。金融工学は、研究対象とする資産市場が完備市場であるとの仮定の下

で、ブラック・ショールズ式をはじめとする派生資産の価格付けに成功を収め、飛躍的な発展を遂げてきた。しかしながら、現実の市場を鑑みるに、価格評価をすべき資産と全く等価となるような複製ポートフォリオが存在することは稀である。先般のリーマン・ショック以降の経済・金融恐慌は、現実の資産

市場が非完備であるのにも関わらず金融機関などの実務者間では完備市場を仮定して導出された価値・リスク評価技法を用いて資産価値評価を行い、さらには、それに基づいたリスク管理を行っていたことに一因があることは否めない。非完備市場における価格評価は、わが国よりも欧米諸国が10年以上先行しているが、研究成果としては、完備市場における派生証券の価格評価式であるブラック・ショールズ式に相当するような実務レベルで使用できる評価式の導出に至っていない。経済のグローバル化の進展により、よりよい評価方法を確立し、それに基づく効率的な市場システムを構築するものがグローバル・スタンダードを確立し、その恩恵を被ることになる。本研究は、わが国においては最先端にあると言えるが、本研究を遂行することによって欧米諸国と対等以上の成果を挙げることが国家的観点からも急務であると思われる。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では、価値評価を行う具体的な対象として金融資産及び生命保険、損害保険、不動産などを考えているが、これらの資産を取引する市場は、一般的には完備であるとは言いがたい。すなわち、通常、非完備市場であると考えられる。本研究では、非完備市場における資産の価値評価メカニズムを明らかにして、既存の非完備市場における価値評価式を統括し、さらに、事例ベース意思決定理論をはじめとする最近の非期待効用理論に基づく意思決定理論をファイナンス分野での資産価値評価へ応用することによって新たな知見を加えた上で、実務に応用可能な評価式を導出することを目的とし、導出した評価式の妥当性について、市場データ及び店頭取引データを用いて検証を行う。

(2) 従来の非完備市場における資産価値評価は、その評価方法の困難さから、完備市場に対して確立された評価方法を、そのまま、成立前提や仮定を無視して無理に適用させようとしている。しかしながら、本研究では、現実を直視し、そこから示唆されるモデルを立てた上で理論的にも整合的かつ非完備市場に実際に適応できる新たな評価方法・技法の確立を目指すところに新規性及び独創性がある。特に不確実性評価のための生起確率の変換(distortion)を行うことと予定し、その変換方法の有力な一手法として、I. Gilboa and D. Schmeider 等によって提唱された事例ベース意思決定理論(Case-Based Decision Theory)を応用し、進展させることを想定している。この点が学術的に新規かつ独創的であると言える。

(3) 非完備市場においては、完備市場と異なり無裁定の議論だけで、一意な価格付けは不可能である。したがって、予想される結果と

しては、裁定の議論だけを用いた従来の場合よりも幅の狭い評価価値幅の導出、及び無裁定条件の外に選好最適化の議論を加えた場合の現実の市場データによって評価しえる一意な価値評価式の導出が挙げられる。また、この結果の意義としては、時価会計制度導入に伴うすべての資産の同一基準による時価評価の要請に応えること、導出された評価式に基づく実際の取引が行われることにより、市場の効率化がもたらされることが挙げられる。さらに、本研究の結果を不良債権の適性時価評価へ応用することによって不良債権処理の迅速な進展をもたらすと考えられる。

## 3. 研究の方法

事例ベース意思決定理論による非完備市場での資産価格評価を主たる研究対象とする。非完備市場における資産価値評価については、既存研究の成果との関連で以下の二つのアプローチでの理論的考察を行う。

一つのアプローチは、裁定理論に基づく評価方法である。しかしながら、非完備市場の下では、裁定理論のみでは一意な価値評価は得られないので、まずは、適当な価値の幅を導出する。続いて、過去もしくは周辺事例に基づいた、類似関数を定式化した上で、将来事象の生起確率の変換(distortion)を行うことによって、リスク中立確率に対応する一意な確率測度を導出し、その確率測度の下での期待値を求めることによって一意な価値評価を行う。

もう一つのアプローチは、経済主体の選好最適化問題を定式化して、その枠組みの中での均衡における資産価値を導出するという方法である。この際、従来、経済学で行われてきた期待効用最大化問題を解くのではなく、過去もしくは周辺事例に基づいた、類似関数を定式化し、その下で、経済主体の選好最適化問題を定式化し、その問題を解くことによって均衡における資産価値を導出する。

平成 22 年度

確率変換(probability distortion)および事例ベース意思決定理論に関する既存研究文献のレビューを包括的に行うとともに、内外の学会に参加して、情報を収集することによって、従来行われてきた確率変換方法の統括することで、個々の確率変換方法相互の関係がどのようになっているか考察する。限定された前提条件の下で、可能な限り、解析的に求められる資産価値評価式の導出を試みる。

平成 23 年度

引き続き、文献収集および内外学会参加によって、確率変換(probability distortion)および事例ベース意思決定理論に基づく価値評価に関する最新情報の収集に努め、その成果を導出した評価式に反映させる。いくつ

かの市場データの解析を行い、現実の資産価値をよりよく捉える価値評価式の構築を試みる。比較静学等を行うことによって導出した評価式の定性的な経済学的特性の考察を試みるとともに、数値計算や市場データを用いて定量的な考察と検証を行う。ここまでに得られた成果をまとめて学会で発表する。

平成 24 年度

前年度の研究成果に基づき、当該年度では、具体的な具体的資産の価値評価とそれに基づくポートフォリオ運用手法、リスク・ヘッジ手法の開発を行う。導出した価値評価モデルの妥当性、ポートフォリオ運用パフォーマンス、リスク・ヘッジ手法の妥当性について実際の市場データをもとに統計解析的手法を用いて検証を行っていく。最後に得られた研究成果を学会で発表するとともに論文にまとめ、国際的な査読付き学術専門誌に論文を投稿する。

#### 4. 研究成果

(1) 事例ベース意思決定理論（以下、CBDT と略す）の実際の妥当性とその頑健性を調べるべく、実際の企業財務データに基づく企業倒産確率推定において、既存の他の倒産確率推定モデルと、CBDT に基づく倒産確率推定モデルとのいずれがより優れた推定モデルとなるかの検証を試みた。

##### ① 平成 22 年度～平成 23 年度前半

実証研究の対象企業として、東京証券取引所 1 部、同 2 部にて取引されている株式会社 1,762 社を対象として、1999 年～2009 年における決算財務データを用いた。上記期間において、対象企業の倒産件数は、2004 年～2006 年においては、ゼロであったためこの期間を除外した。それ以外の各年において、倒産企業と非倒産企業をランダムに等分し、一方をパラメータ推定用データとし、他方を推定されたパラメータに基づく予測力検証、すなわち、モデル妥当性の検証に用いた。

CBDT と比較する既存のモデルとして、倒産確率の推定に実務的にも広く用いられているロジット・モデル（以下、Logit と略す）を取り上げ、CBDT と Logit の企業倒産確率推定におけるパフォーマンスの比較を行った。

使用した財務データについては、既存の文献に基づき実務的に倒産確率推定に多用されている財務指標、12 指標を当初の候補とし、この指標に対してロジット回帰を施して、12 指標から、Logit において有意となる指標の絞り込みを行い、最終的に表 1 の 3 指標を用いた。

上記の方法によって抽出された 3 指標に基づいて、CBDT と Logit によって倒産確率の推定を行い。予測値と実現値の差を比較することによって、モデルの妥当性を検証した。

表 1: 3 ファクター共変量

	係数	標準偏差	t 値	p-値	
(切片)	1.24E+00	5.04E-01	2.453	0.0142	*
a1	-2.03E-05	8.49E-06	-2.397	0.0166	*
a6	-8.69E+00	1.44E+00	-6.036	1.58E-09	***
a12	-1.02E+00	3.93E-01	-2.593	0.0095	**

有意水準: \*\*\*=0.001, \*\*=0.01, \*=0.05

a1=純資産, a6=自己資本比率, a12=総資産回転率

予測値と実現値の比較は、

- (a) 倒産非倒産を表す 1,0 値ダミー変数と推定倒産確率値との残差平方和
- (b) 倒産非倒産を表す 1,0 値ダミー変数と推定倒産確率値との相関分析
- (c) AR 値

によって行った。その各々による検証結果は、表 2～表 4 のとおりであった。

この結果からは、Logit と CBDT においてほぼ同じような推定結果となっていることが分かる。したがって、この時点では、我々の行った CBDT に基づく倒産確率推定方法が既存のモデルを優越することを示すことはできていない。しかしながら、今回の実証研究では、

- (ア) CBDT による倒産確率推定に当たって、その困難さから、個々の事例の財務データにおける類似関数値に対する加重値を最適化して求めることをしていない。
- (イ) また、今回行った実証分析では、使用する財務指標を Logit より推定が優位になるように選択していた。

そこで、財務指標を、より実務で使用されているものに代えて、CBDT で最適解を導出した場合、既存モデルより高い予測精度を持つ可能性があるため、引き続き、この点について改良を試みる。なお、ここまでの研究成果を学会発表した（学会発表④）。

表 2: 残差平方和による比較

年	残差平方和	
	CBDT	Logit
1999	2.61695*	4.45169
2000	14.77234	1.79488
2001	6.77781*	8.84358
2002	1.75125	0.99999
2003	2.01188*	2.90428
2007	4.07816	2.46509
2008	31.45034*	52.55102
2009	2.00211	0.99430

\* は CBDT の方が残差平方和が小さいことを示す。

表 3: 相関分析による比較

年	CBDT			Logit			自由度
	相関係数	t 値	p-値	相関係数	t 値	p-値	
1999	0.451	1.431	0.190	-0.252	-0.735	0.483	8
2000	-0.474	-2.851	0.008**	0.614	4.118	3e-04**	28
2001	0.317	2.320	0.025**	-0.035	-0.242	0.810	48
2002	0.768	7.372	8e-09**	0.882	11.532	5e-14**	38
2003	0.433	2.041	0.056*	0.279	1.231	0.234	18
2007	0.156	0.670	0.511	-0.130	-0.557	0.585	18
2008	0.367	4.961	2e-06**	-0.016	-0.206	0.837	158
2009	0.680	5.713	1e-06**	0.853	10.076	3e-12**	38

下線は CBDT の方が相関係数値が高いことを示す。  
有意水準: \*\* = 0.05, \* = 0.1

表 4: AR 値の比較

年	AR	
	CBDT	Logit
1999	1.00000**	-0.11111
2000	-0.65432	0.97531
2001	0.41333**	0.22667
2002	0.97222*	0.97222
2003	0.44444	0.66667
2007	0.27778	0.55556
2008	0.63628**	0.14323
2009	0.97222*	0.97222

\*\* CBDT の方が Logit より AR 値が高いことを示す。  
\* CBDT と Logit の AR 値が同等であることを示す。

② 平成 23 年度後半～平成 24 年度

前回の実証研究の結果を踏まえて、次の点を改めて、倒産確率推定における CBDT と Logit の比較を行った。

- (a) リーマン・ショック以前と以降では、倒産の様相が違ふと考えられるので、使用データを 2008 年 1 月～2011 年 12 月とした。
- (b) 説明変数に用いた指標も倒産推定において、より実務で用いられているという観点と、市場感応度も考慮するという観点から、月次ベースで次の 8 つのものとして、今回は、ロジット回帰による指標の絞込みを行わなかった。
- (c) CBDT において、準ニュートン法を用いて最適パラメータを推定した。
- (d) 検証期間中の全倒産企業について、倒産前 1 ヶ月～12 ヶ月時点での CBDT と Logit による倒産確率を、当該倒産企業を除く

データから推定した。

検証期間中の全倒産企業について行った推定倒産確率値の平均は次表のとおりとなった。

T = 倒産月	全倒産企業の倒産前の CBDT と Logit による倒産確率推定値の平均					
	平均	標準偏差		t 値		
	CBDT	Logit	CBDT	Logit	CBDT	Logit
T-1	6.274164	6.007444	4.065278	3.441854	1.543354	1.745409
T-2	5.827371	5.680378	3.113411	3.627709	1.8717	1.565831
T-3	5.832178	5.791201	2.455317	4.263787	2.375325	1.358229
T-4	5.850624	5.828903	2.487144	4.34824	2.352346	1.34052
T-5	5.863951	5.605236	2.879971	3.767918	2.036114	1.487621
T-6	5.955409	6.036068	2.834896	3.977796	2.100751	1.51744
T-7	6.051609	5.883112	3.450788	4.128769	1.753689	1.424907
T-8	5.682271	5.555831	3.255053	3.97894	1.745677	1.396309
T-9	5.541629	5.34407	3.128423	4.067426	1.771381	1.31387
T-10	5.783981	5.317135	3.327199	3.982389	1.738394	1.335162
T-11	5.521024	5.418382	3.39271	4.554484	1.62732	1.189681
T-12	5.505953	5.573455	3.510089	6.090796	1.568608	0.915062

今回の研究での実証分析の結果は、倒産確率の推定においては、本研究での事例ベース意思決定理論に基づく倒産確率推定モデルは、ロジット・モデルとほぼ同様の推定あるいはやや上回る推定を行い、総合的に見ると事例ベース意思決定理論に基づくモデルの説明力はロジット・モデルよりやや高いという結果になった。このことを考えると、事例ベース意思決定理論に基づく倒産確率推定モデルの使用に一定の意義があるとも考えられる。したがって、今後、さらに、事例ベース意思決定理論に適した変数選択の方法を考察することで、事例ベース意思決定理論に基づくモデルによる倒産確率推定のパフォーマンスを向上できる可能性があると考えられる。現在、この考察を行い、さらには、最近の行動経済学の発展を取り入れて不確実性評価における主観的生起確率の新たな導出方法を追及している。また、これまでの研究成果を現在論文にまとめているところであり、論文完成次第、専門学術誌に投稿する予定である。

(2) 事例ベース決定理論以外の非期待効用理論に基づく意思決定理論における研究成果

- ① 最適期待理論において導出される主観確率について解析的にその性質を導出した。1 期間 2 項モデルを下では、最適期待理論に従って意思決定を行う投資家の場合、好状態の生起確率について、客観確率がある閾値より低い場合には、より低い主観確率を割り当て、逆に客観確率がある閾値よりも高い場合には、より高い主観確率を割り当てるという結果を得た。この結果は、Quiggin(1982)に始まるランク依存確率モデルを想定した場合の実験結果とは、相反するものであり、最適期待理論のもつ含意について一石を投じたものとなっている。この点が評価され、本研究成果は、国際専門誌に掲載された(雑誌論文④)。
- ② Klibanoff, Marinacci & Mukerji (2005)

の主観確率形成における曖昧性を考慮した滑らかな曖昧モデル (smooth ambiguity model) に対して、通常の期待効用に対する Yaari (1987) の双対理論と同様して、価値評価に対する双対理論モデルを考案した。これによれば、資産価値評価が、適当に変換された確率測度の基での評価者の期待効用で与えられる。この研究成果の意義は、曖昧性下においても通常の期待効用と同じ評価方法ができるため、期待効用理論において培われた研究成果が曖昧性下においても、そのまま応用できる点にある (雑誌論文①)。

(3) その他の非完備市場下での価値評価

① 従来のファイナンス理論における連続時間投資・消費モデルを拡張して、一家計の生涯における最適保険購入戦略の導出を行った。この研究の独自性と意義は、家計の生涯のランダムな収入を考慮したうえで、購入すべき最適生命保険の加入戦略を非完備市場下においてマルチンゲール法によって解析的に求めたことにある (雑誌論文③)。

② 従来、金融オプションの価値評価は、原資産価格が幾何ブラウン運動に従い、完備市場であるという仮定の下で、ブラック・ショールズ式を用いることが一般的である。しかしながら、近年、現実の減資産価格の変動は、幾何ブラウン運動下の確率分布よりも裾野広い分布に従うことが実証的に指摘されてきた。そこで、

(a) 原資産価格が算術・幾何ブラウン運動に従うとした場合、現実の減資産価格の変動を幾何ブラウン運動よりも、より正確に表現できるのか、

(b) その場合、オプション価格評価は、ブラック・ショールズ式よりも現実の市場価格に近い評価価格となるのか、

という問題に対して、実際の日次日経平均と日経 225 オプション価格データを用いて数値計算を行って検証を行った。その結果、

(a) 日経平均の変動の表現については、算術・幾何ブラウン運動を用いた方がよりの確な表現であること、

(b) オプション価格評価では、ブラック・ショールズ式よりも、やや的確な価格評価を行える

ということが示された (雑誌論文①)。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 岩城秀樹、尾崎祐介、The dual theory of the smooth ambiguity model, 京都大学数理解析研究所講究録、査読無、掲載決定済近刊、10 ページ
- ② 岩城秀樹、羅雷、An empirical study of option prices under the hybrid

Brownian motion model、Journal of Mathematical Finance、査読有、掲載決定済近刊、7

- ③ 岩城秀樹、尾崎祐介、An optimal life insurance policy in the continuous-time investment-consumption problem、Journal of Mathematical Finance、査読有、掲載決定済近刊、15
- ④ 岩城秀樹、尾崎祐介、Some properties of subjective probabilities induced by optimal expectations、Financial Research Letters、査読有、Vol.7、No.2、2010、pp.98-102  
DOI: 10.1016/j.fr1.2009.12.004.

[学会発表] (計 4 件)

- ① 岩城秀樹、The dual theory of the smooth ambiguity model, RIMS 研究集会「確率的環境下での意思決定解析」、2012 年 11 月 20 日、京都大学数理解析研究所
- ② 岩城秀樹、The dual theory of the smooth ambiguity model、Eurasia Business and Economics Society、2012 年 11 月 1 日、Warsaw Marriott Hotel、Poland
- ③ 岩城秀樹、An Optimal Life Insurance Policy in the Continuous-Time Investment-Consumption Problem、ECONOMICS & MANAGEMENT 2011、2011 年 11 月 24 日、Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine
- ④ 岩城秀樹、Default Probability Estimation based on the CBDT: Empirical Comparison with the Logit Model、日本経営財務研究学会、2011 年 7 月 23 日、大阪市立大学

[図書] (計 1 件)

- ① 岩城秀樹、共立出版、Maxima で学ぶ経済・ファイナンス基礎数学、2012、371

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩城 秀樹 (IWAKI HIDEKI)

京都産業大学・経営学部・教授

研究者番号：22530310