

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：32601

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K01563

研究課題名（和文）企業倒産の特徴抽出と多様な倒産要因を反映した倒産リスク評価手法の確立

研究課題名（英文）Establishment of credit risk assessment methods reflecting various bankruptcy factors

研究代表者

山中 卓（Yamanaka, Suguru）

青山学院大学・理工学部・准教授

研究者番号：90804526

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では信用リスク評価の理論的枠組みである構造型アプローチの下で、従来の評価手法が対象としていた倒産事象である債務超過だけでなく、資金繰り難も評価対象とする新たな数理モデルを提示した。また、財務時系列データを入力情報とし、長短期記憶モデル（Long-short term memory, LSTM）を分類器として採用した信用リスク評価モデルを構築した。構築したモデルの性能検証を通して、中長期の財務情報が信用リスク評価において有用であることを確認した。さらに、企業経営者のもつ景況感に基づいて倒産発生の先行きを予測するモデルを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、信用リスク評価の理論的アプローチである構造型信用リスク評価モデルが対象とする倒産事象が拡大した。また、信用リスク評価にあたって、中長期の財務時系列データを用いることの有効性が確認された。これらの成果は、実務における企業評価の高度化に寄与する可能性を有する。

研究成果の概要（英文）：This study presents the credit risk model that can treat not only insolvency, but also cash-short as a bankruptcy state, under the structural-type approach. We also developed the credit risk assessment model with a long-short term memory (LSTM). Through the performance test of the model, we confirmed that financial statement time-series data is useful in credit risk assessment. Furthermore, we constructed a model that predicts the bankruptcy counts based on the business sentiment of corporate managers.

研究分野：定量的金融リスク管理，金融工学，確率系解析

キーワード：信用リスク

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本邦の経済の回復と産業の生産性向上に向けて、金融機関には企業の業況を把握し、経営支援を適切に行っていくことが求められている。経営支援の判断と実行においては、企業の倒産リスクを評価することが必要になる。現実の倒産要因を振り返ると、債務超過の他にもコロナ関連倒産の中で多くの割合を占める資金繰り難、さらに人手不足や取引先破綻など様々なものがある。倒産リスク評価においてはこれらの要因を反映した評価手法が必要になるものの、研究開始当初には多様な倒産要因を包括的に取り扱う倒産リスク評価モデルはなかったことが本研究の背景である。

### 2. 研究の目的

上記の研究背景の下で、多様な倒産要因を包括的にとらえる倒産リスク評価が可能であることを理論と実証の両面から示すことを目的として研究を行った。すなわち、既存の倒産リスク評価の理論モデルである構造型モデルを資金繰り難が表現できる形に拡張することを目指すとともに、実データに基づいて倒産発生に影響する要因を明らかにすることに取り組んだ。

### 3. 研究の方法

本研究では、従来の構造型モデルのように企業の債務超過を唯一の倒産状態とするのではなく、資金繰り難も倒産状態に含めることで、構造型モデルの扱う倒産概念を拡張することを提案する。具体的な倒産リスク評価モデルの構築にあたっては、企業の売上高と費用の時系列推移を確率過程によって表現し、それらに基づいて企業の資産額および現預金額を算出する。こうして、債務超過をとらえるための資産額だけでなく、資金繰り難をとらえるための現預金額も状態変数としてもつ理論モデルが実現される。

倒産リスクの変動要因のデータ解析においては、資産額や現預金額を含めた企業財務データと倒産発生有無の関係を、機械学習手法を援用して、明らかにする。具体的には、企業財務の時系列データと倒産リスクの程度を表す信用格付の関係を、ニューラルネットワークモデルの一種である長短期記憶モデル (Long-short term memory, LSTM) によって解析する。また、経済全体の景気動向と倒産発生動向の関係も統計手法に基づいて明らかにする。具体的には、本邦の月次倒産件数データを経済変数時系列データの関係を一般化線形混合モデルによって推定する。

### 4. 研究成果

債務超過だけでなく資金繰り難による倒産も表現可能な構造型モデルのプロトタイプを定式化した。簡潔なトイモデルに対する数値実験を行い、経済環境の変動が大きい環境下では企業の倒産確率が高まるという結果を得た (図1)。この成果は国際会議 10th International Congress on Industrial and Applied Mathematics 2023 Tokyo で発表された。

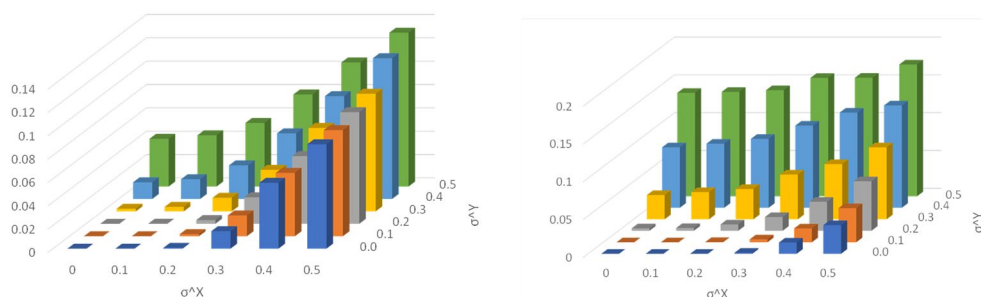


図 1: 経済環境の変動の大きさを表すパラメタ  $\sigma^X, \sigma^Y$  に応じた債務不履行発生確率 (左図) および債務超過発生確率 (右図) の推定値。

中長期の財務時系列データを入力とする信用リスク評価モデルとして、長短期記憶モデル (Long-short term memory, LSTM) を分類器とする信用リスク評価モデルを構築した(門田, 山

中 2022) . 本邦の企業データに対してモデルの性能検証を行ったところ , 入力する財務データの  
 時系列長が長いほどテストデータに対する判別精度が高くなる傾向が観察された(表 1) . すなわ  
 ち , 足元だけでなく中長期の財務情報が信用格付判別において有用であることが示された .

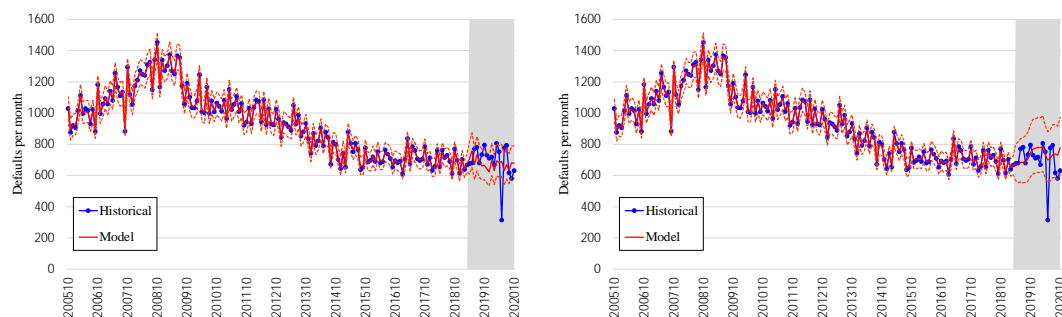
表 1 : 財務時系列長  $\ell$  と LSTM モデルの判別精度  
 ( AC および F1 値 ) の関係 .

Time-series lengths $\ell$	AC	F1 <sub>macro</sub>
1	0.6977	0.6914
3	0.7472	0.7423
5	0.8032	0.7986
7	0.8141	0.8102
10	0.8891	0.8828

さらに , 従来の信用格付判別にお  
 いて用いられてきた代表的な判別手  
 法である多層パーセプトロン , サポ  
 ートベクターマシン , ランダムフォ  
 レスト , 勾配ブースティングツリー  
 といった手法との判別精度の比較を  
 行った . その結果 , LSTM の判別精度  
 が従来の手法を上回るという結果が  
 得られた . また , 財務指標のうち判別  
 を行う上で重要な特徴量をパーミュ  
 テーション・インポートランスとよば

れる手法によって特定した . その結果 , 企業規模を表す指標である資産合計が重要な特徴量であ  
 ることが明らかになった .

企業の経営環境の変化が倒産発生に与える影響について統計モデルに基づく解析を行った  
 (Yamanaka and Ohsato 2023) . 具体的には , 企業経営者のもつ景況感を示す指標として知ら  
 れている「帝国データバンク景気動向指数 (TDB 景気 DI)」に注目し , その時系列データに  
 基づいて倒産件数時系列の予測が可能かどうか検証を行った . 検証においては , TDB 景気 DI  
 を説明変数とするポアソン回帰型の倒産件数予測モデルを構築し , 本邦の倒産件数の予測を  
 実施した . その結果 , TDB 景気 DI による倒産件数の予測は , 貸出約定平均金利などの一般  
 的なマクロ指標による予測精度と同等の精度を分析期間において示した . 分析結果の一例で  
 ある図 2 は , TDB 景気 DI およびマクロ経済変数をそれぞれ倒産件数予測モデルの入力とし  
 て得られた 6 カ月先の月次倒産件数のプロットである . 予測期間 ( 2019 年 4 月 ~ 2020 年 10  
 月 , ただし裁判所の業務縮小によって大幅に倒産件数が少なかった 20 年 5 月を除く ) におい  
 て , マクロ経済変数による予測誤差は 9% 程度 , 景気 DI による倒産件数の予測誤差は 8% 程  
 度であり , 簡易的な分析の結果ではあるが , 景気 DI がこれまで用いられてきたマクロ経済変  
 数に代替し得ることが示唆された .



(a) マクロ経済変数による予測

(b) TDB 景気 DI による予測

図 2 ポアソン回帰モデルに基づく倒産件数予測

<引用文献>

門田 賢征, 山中 卓, 財務時系列データに基づく信用格付判別, 日本応用数理学会論文誌, 2022, 32 巻 4 号, pp. 133-154.

S.Yamanaka and T. Ohsato, Relationship between managerial sentiments and corporate bankruptcies, JSIAM Letters, vol. 15, 2023, pp. 5-88.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 門田 賢征、山中 卓	4. 巻 32
2. 論文標題 財務時系列データに基づく信用格付判別 ~長・短期記憶モデル(LSTM)による有効性検証~	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本応用数学会論文誌	6. 最初と最後の頁 133 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11540/jsiamt.32.4_133	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yamanaka Suguru, Ohsato Takaya	4. 巻 15
2. 論文標題 Relationship between managerial sentiments and corporate bankruptcies	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 JSIAM Letters	6. 最初と最後の頁 85 ~ 88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14495/jsiaml.15.85	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 門田賢征, 山中卓
2. 発表標題 信用格付判別問題に対する回帰結合型ニューラルネットワークモデルの有効性検証
3. 学会等名 日本応用数学会 2021年度 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山中卓, 大里隆也
2. 発表標題 Examining the Default Prediction Power of Corporate Managers' Sentiment
3. 学会等名 2021年度冬季JAFEE大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山中卓, 大里隆也
2. 発表標題 経営者センチメント指標を用いた倒産件数予測の試み
3. 学会等名 日本応用数理学会第18回研究部会連合発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Suguru Yamanaka, Hidetoshi Nakagawa
2. 発表標題 Gross-revenue-based structural credit risk model
3. 学会等名 10th International Congress on Industrial and Applied Mathematics (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関