

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01508

研究課題名（和文）ファイナンス理論の臨床性評価における深層学習の活用

研究課題名（英文）Leveraging deep learning in the practical evaluation of finance theory

研究代表者

北村 能寛 (Kitamura, Yoshihiro)

早稲田大学・社会科学総合学院・教授

研究者番号：90409566

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,300,000円

研究成果の概要（和文）：研究期間全体において為替レートの高頻度時系列データを研究対象とした。深層学習の中でも時系列分析を目的としたモデルを選択し、分析を行なった。具体的には、Long Short-Term Memory（以下LSTM）を用いて、為替レート市場における指値注文情報が為替レート予測に有効かを検証した。1分から3分までの頻度でデータを加工し、それぞれの間隔で為替レートの予測を行なった深層学習モデルの予測力は、既存モデルのそれを上回ること、指値注文情報が為替レート予測に有用であることが判明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の目的は、人工知能の一つである「深層学習」でファイナンス理論を学習し、その学習が将来の為替レートの予測に貢献するかを研究することである。今回の研究は主に外国為替市場を研究対象としたが、この研究を通じて、人工知能（深層学習）を活用しファイナンス理論の臨床性を評価する流れを確立させることを目的とした。そのことで、情報工学分野で研究が進む深層学習をファイナンス理論の臨床性評価に活用する一連の流れを確立させた新分野の創造・発信を究極的目的とした。

研究成果の概要（英文）：The present study uses high-frequency time series data on exchange rates. We selected a deep learning model for time series analysis and conducted the analysis. Specifically, we used Long Short-Term Memory (LSTM) to test whether limit order book information in the exchange rate market is effective in predicting exchange rates. The deep learning model's predictive power exceeded that of the existing models, and the limit order information was found to be useful in predicting exchange rates.

研究分野：ファイナンス

キーワード：深層学習 為替レート予測 指値注文 LSTM

1. 研究開始当初の背景

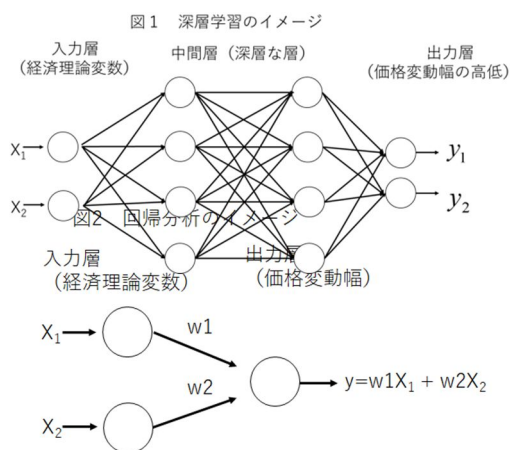
本研究の学術的問いは、人工知能がファイナンス理論を学習することで、人工知能の予測精度が相当程度高まるなら、その学習された理論の臨床性を評価できるのではないかと、である。ここでの“学習”とは、理論的な変数間因果関係を前提として、説明変数を人工知能への入力とし、被説明変数を高精度で予測する人工知能が生み出される過程をさす。人工知能に為替レートの指値注文情報を入力することで、将来の為替レートが予測可能となるのではないかと。従来のファイナンス理論においては、情報トレーダーは成行注文を使い、指値注文は使われないとされる。それ故、指値注文には為替レートの予測力はないとされる。本研究では指値注文の為替予測への貢献に注目し、指値注文の役割に注目してこなかった従来の理論に挑戦する実証的根拠を探求する。

2. 研究の目的

本研究の目的は、人工知能の一つである「深層学習」でファイナンス理論を学習し、その学習が将来の為替レートの予測に貢献するかを研究することである。今回の研究は主に外国為替市場を研究対象とするが、この研究を通じて、人工知能(深層学習)を活用しファイナンス理論の臨床性を評価する流れを確立させる。そのことで、情報工学分野で研究が進む深層学習をファイナンス理論の臨床性評価に活用する一連の流れを確立させた新分野の創造・発信を究極的目的とする。

3. 研究の方法

ファイナンス理論で予測に有効とされる変数を深層学習への入力とし、深層学習は将来の為替レートの予測値を出力する。



本研究でもちいる深層学習のイメージを図1に示す。深層学習は、入力層で入力された情報(情報トレーダー指標 X_1 、市場流動性指標 X_2)を受けて神経細胞を意味するニューロン(図中の○)が刺激されることで信号を発し、出力を行う。そして、求めたい現実の値に出力をできる限り近づけるよう、最適なニューロン間のウェイトやバイアスがモデル化される。つまり深層学習では、受け取った情報をもとに、複雑に組織されたニューロンが信号を発し目標変数を予測する。この深層学習は、脳神経科学に基づく人間の認知過程をモデル化したものであり、その予測力の高さが注目され各分野での応用研究が進む。

図2は深層学習と比較させるよう、回帰分析を図示したものである。回帰分析では、ニューロンが入力変数と同数しか存在せず、それぞれニューロンの刺激度合いを反映したウェイト変数(w_1, w_2)により入力変数 X_1, X_2 を線形結合し、出力 $w_1X_1 + w_2X_2$ を出力する。こ

のように回帰分析は、深層学習と比較すると、人間の脳の情報認知過程をかなり単純化したものであり、入力情報を十分に活用して予測を行っているとは言い難い。さらには、図1、2を比較すると、深層学習と回帰分析の決定的な違いは、中間層(深層)が回帰分析には存在しないことである。深層学習は中間層を持つことがその特徴であり、その中間層の存在こそが深層学習の予測力を担保する

4 . 研究成果

本研究では、深層学習モデルとしてLSTMを採用した。この理由としては、LSTMは大規模な非線形時系列モデルと考えることができ、為替レート、株価といったファイナンスにおける代表的予測対象変数と相性が良い。得られた主な研究成果は以下2つである。

第一に、従来の線形回帰モデル、単純な代表的投資戦略と比較して、LSTMモデルの為替レート予測力が良好であることが判明した。第二に、従来予測に寄与しないとされ理論的に注目されなかった「指値注文情報」が為替レートの予測に寄与することが判明した。この実証結果は、情報トレーダーが成行のみならず指値注文をも用いることを示唆する。これは、指値注文に注目しない従来の理論モデルに挑戦的なものであり、金融資産価格形成における指値注文の役割を理論的に解明する必要性を主張する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kim Jae H., Kitamura Yoshihiro	4. 巻 1
2. 論文標題 Estimating Systematic and Partial Exchange Rate Exposures: The Case of Japanese Firms	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Empirical Economics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1142/S2810943022500044	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Ito Katsuki, Iima Hitoshi, Kitamura Yoshihiro	4. 巻 -
2. 論文標題 LSTM forecasting foreign exchange rates using limit order book	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Finance Research Letters	6. 最初と最後の頁 102517 ~ 102517
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.frl.2021.102517	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kitamura Yoshihiro	4. 巻 57
2. 論文標題 A lesson from the four recent large public Japanese FX interventions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Japanese and International Economies	6. 最初と最後の頁 101087 ~ 101087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jjie.2020.101087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 伊藤 克輝 飯間 等 北村 能寛	4. 巻 1
2. 論文標題 リカレントニューラルネットワークによる為替レートの予測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第82回全国大会講演論文集	6. 最初と最後の頁 287-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kitamura Yoshihiro	4. 巻 NA
2. 論文標題 Price Discovery via Limit Order in FX Market	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SSRN Electronic Journal	6. 最初と最後の頁 1 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2139/ssrn.3740392	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iima Hitoshi, Oonishi Hiroya	4. 巻 NA
2. 論文標題 Deep Learning for Designing an AI Player of the Puzzle Game Geometry Friends	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 2019 6th International Conference on Computational Science/Intelligence and Applied Informatics	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CSII.2019.00013	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuroe Yasuaki, Iima Hitoshi, Maeda Yutaka	4. 巻 1
2. 論文標題 Learning Method of Recurrent Spiking Neural Networks to Realize Various Firing Patterns using Particle Swarm Optimization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th International Joint Conference on Computational Intelligence	6. 最初と最後の頁 479-486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0008164704790486	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iima Hitoshi, Oonishi Hiroya	4. 巻 139
2. 論文標題 Solution of an Optimal Routing Problem by Reinforcement Learning with Generalization Ability	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1494 ~ 1500
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.139.1494	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Akahane Takuma, Iima Hitoshi	4. 巻 140
2. 論文標題 Acceleration Methods for Centralized Multiagent Reinforcement Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 242 ~ 248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieej.140.242	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kuroe Yasuaki, Iima Hitoshi, Maeda Yutaka	4. 巻 NA
2. 論文標題 Four Models of Hopfield-Type Octonion Neural Networks and Their Existing Conditions of Energy Functions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IJCNN48605.2020.9206838	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yaguchi Takanobu, Iima Hitoshi	4. 巻 NA
2. 論文標題 Design of an Artificial Game Entertainer by Reinforcement Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE Conference on Games (CoG)	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CoG47356.2020.9231551	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 IIMA Hitoshi, ONISHI Hiroya	4. 巻 56
2. 論文標題 Reinforcement Learning Method with Generalization Ability Developed by Using Deep Learning for Solving a Path Finding Problem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers	6. 最初と最後の頁 455 ~ 462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9746/sicetr.56.455	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 KUROE Yasuaki、IIMA Hitoshi、MAEDA Yutaka	4. 巻 56
2. 論文標題 Learning Method of Recurrent Spiking Neural Networks to Realize Various Firing Patterns and Its Application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers	6. 最初と最後の頁 483 ~ 494
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9746/sicetr.56.483	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sasaki Kaoru、Iima Hitoshi	4. 巻 35
2. 論文標題 Centralized and Accelerated Multiagent Reinforcement Learning Method with Automatic Reward Setting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Transactions of the Institute of Systems, Control and Information Engineers	6. 最初と最後の頁 39 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5687/iscie.35.39	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iima Hitoshi、Hazama Yohei	4. 巻 NA
2. 論文標題 Genetic Algorithm with Machine Learning to Estimate the Optimal Objective Function Values of Subproblems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 6th International Conference on Intelligent Systems, Metaheuristics & Swarm Intelligence	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3533050.3533051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Murota Shingo、Iima Hitoshi	4. 巻 142
2. 論文標題 Generative Adversarial Network for Generating Different Types of Data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 781 ~ 787
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.142.781	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iima Hitoshi, Nakamura Yoshiyuki	4. 巻 NA
2. 論文標題 Hyperheuristic Method Based on Deep Reinforcement Learning	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 12th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)	6. 最初と最後の頁 NA
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/iiiaai55812.2022.00068	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 北村能寛
2. 発表標題 Price discovery of limit order in FX market
3. 学会等名 日本ファイナンス学会秋季研究大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 克輝 飯間 等 北村 能寛
2. 発表標題 リカレントニューラルネットワークによる為替レートの予測
3. 学会等名 情報処理学会
4. 発表年 2020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
研究 分担者	飯間 等	京都工芸繊維大学・情報工学・人間科学系・准教授	
	(Iima Hitoshi)		
	(70273547)	(14303)	

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
---------	---------