

# 不完備市場における Deep Hedging の応用

伊藤 広大

2020 年 10 月 6 日

## 1 はじめに

近年、機械学習の分野において、深層学習の有効性が注目されており、ファイナンス分野における深層学習の応用にも同様に注目が集まっている。ファイナンス分野における深層学習の主要な適用例の一つに、金融派生商品の最適ヘッジ戦略が挙げられる。同分野については多くの先行研究があるが（先行研究の体系については、例えば [9] 等を参照）、本稿では、金融派生商品の最適ヘッジ戦略に深層学習を適用した研究一般を概観した後に、より現実的な設定として、不完備市場における金融派生商品の最適ヘッジ戦略を扱った研究を詳細にサーベイする。

## 2 深層学習を用いた最適ヘッジ戦略

深層学習を用いた最適ヘッジ戦略については、古くから多くの研究がなされてきた。[7] や [5] は、ノン・パラメトリックなヘッジ手法としてニューラルネットワークに依拠したヘッジ手法を提示した嚆矢的研究である。これらの研究では、ニューラルネットワークを用いた Black-Scholes オプション価格の推定手法が提示されており、ニューラルネットワークを用いることで、原資産価格過程に依らずにオプション価格の推定が可能であることが実証されている。

最近の研究として、[1, 2] は、トレーダーが一般に用いる情報（価格、売買シグナル、ニュース、過去の投資情報等）を特徴量に持つニューラルネットワークとして、オプションのヘッジ戦略を定式化した。同研究は、モデルの出力を価格ではなく取引量にしている点、損失関数に凸なリスク測度（convex risk measure）を使用している点、摩擦のある市場に対する具体的な適用方法を明示している点（[2] にて詳述）が特徴である。

このほか、[6] は、より現実的な設定として取引コストが非線形でモデル化が困難な場合におけるヘッジ戦略を研究している（要加筆）。[3] も同様に...（上記論文の著者 2 人が共著者に入っている）。

[8] も同様に深層学習を用いたヘッジ戦略を提示している。本研究は、Delta と Vega の両方に着目してヘッジ戦略を構築しているほか、Data leakage を回避する観点での学習データの扱いについても取り上げて議論している点に特徴がある。

### 3 主題と直接関係ないものの面白そうな文献のメモ

#### 3.1 深層学習と GAN

[10] は、GAN による金融時系列データ生成と、それを用いたヘッジ戦略学習・評価について研究を行っている。

#### 3.2 証券指数の複製 (index tracking)

深層学習ではないものの、[4] は、

### 参考文献

- [1] Hans Buehler, Lukas Gonon, Josef Teichmann, and Ben Wood. Deep hedging. *Quantitative Finance*, Vol. 19, No. 8, pp. 1271–1291, 2019.
- [2] Hans Buehler, Lukas Gonon, Josef Teichmann, Ben Wood, Baranidharan Mohan, and Jonathan Kochems. Deep hedging: hedging derivatives under generic market frictions using reinforcement learning. *Swiss Finance Institute Research Paper*, No. 19-80, 2019.
- [3] Jiayi Du, Muyang Jin, Petter N Kolm, Gordon Ritter, Yixuan Wang, and Bofei Zhang. Deep reinforcement learning for option replication and hedging. *The Journal of Financial Data Science*, 2020.
- [4] Brian Gendreau, Yong Jin, Mahendrarajah Nimalendran, and Xiaolong Zhong. Cvar-lasso enhanced index replication (cleir): outperforming by minimizing downside risk. *Applied Economics*, Vol. 51, No. 52, pp. 5637–5651, 2019.
- [5] James M Hutchinson, Andrew W Lo, and Tomaso Poggio. A nonparametric approach to pricing and hedging derivative securities via learning networks. *The Journal of Finance*, Vol. 49, No. 3, pp. 851–889, 1994.
- [6] Petter N Kolm and Gordon Ritter. Dynamic replication and hedging: A reinforcement learning approach. *The Journal of Financial Data Science*, Vol. 1, No. 1, pp. 159–171, 2019.
- [7] Mary Malliaris and Linda Salchenberger. A neural network model for estimating option prices. *Applied Intelligence*, Vol. 3, No. 3, pp. 193–206, 1993.
- [8] Johannes Ruf and Weiguan Wang. Hedging with neural networks. *Available at SSRN*, 2020.
- [9] Johannes Ruf and Weiguan Wang. Neural networks for option pricing and hedging: a literature review. *Journal of Computational Finance, Forthcoming*, 2020.
- [10] Magnus Wiese, Lianjun Bai, Ben Wood, and Hans Buehler. Deep hedging: learning to simulate equity option markets. *Available at SSRN 3470756*, 2019.