

為替市場におけるリスクプレミアム (Currency Risk Premia with Machine Learning)

尾木 将士 (Masashi Ogi)

東京都立大学大学院 経営学研究科経営学専攻
(Graduate School of Management, Tokyo Metropolitan University)

2023/3/11

Outline

- 1 Introduction
- 2 Related Literature
- 3 Methodology
- 4 Empirical Results
- 5 Robustness Check
- 6 Conclusion

Motivation (1)

- 足元の金融市場では、インフレの上昇を受けた、金融引き締めによる海外の金利上昇によりヘッジコストが上昇.
- 一方、近年は本邦投資家が国内の低金利環境の継続を背景に、利回り確保のために外貨建て資産の運用を拡大.
- ヘッジ付外貨建て資産の多くは利回りがマイナスになるなど、為替変動が収益に与える影響が拡大.
- 為替リスクを適切に取ることができれば収益を安定的に獲得することが可能.

Motivation (2)

- 株式市場の文脈では、クロスセクションにおけるリターンの予測が広く行われている一方で、為替市場においては歴史が浅い。
- そこで、Gu, Kelly and Xiu (2020) を拡張し、非線形関係を考慮することで、通貨および通貨ファクターのクロスセクションのリターンがアウトオブサンプルで予測可能かつ、経済的価値を生み出すかどうか（リターン向上につながるかどうか）について検証を行う。

Related Literature

- Gu, Kelly and Xiu (2020) では、米国株式市場に上場している全企業のクロスセクション月次リターンの予測可能性について複数の機械学習手法を用いて検証を実施。ニューラルネットと回帰木を使ったモデルが最も優れたパフォーマンスであったことを示している。
- Bianchi, Büchner and Tamoni (2021) では、米国債のフォワードレートやマクロ経済指標をもとにした超過リターンの予測可能性について、複数の機械学習手法を用いて検証を行い、同様に非線形関係を考慮することにより予測力があることを確認している。

Analysis Overview

検証内容

- 通貨の月次リターン予測（以降，通貨戦略）
- 通貨ファクターの月次リターン予測（以降，通貨ファクター戦略）
- 予測結果に基づく分位ポートフォリオのパフォーマンスを計測

分析・予測期間

- 分析期間：1995年4月～2022年3月
- アウトオブサンプル予測期間：2010年4月から月次
- 予測方法：拡大ウィンドウ形式

Currency Data

G10 通貨（対ドル，9 通貨）

- ユーロ，イギリスポンド，日本円，オーストラリアドル，ニュージーランドドル，カナダドル，スイスフラン，ノルウェークローネ，スウェーデンクローナ

新興国通貨等（対ドル，16 通貨）

- デンマーククローネ，ポーランドズロチ，ハンガリーフォント，チェココルナ，南アフリカランド，メキシコペソ，ブラジルリアル，中国人民幣元，香港ドル，韓国ウォン，シンガポールドル，タイバーツ，マレーシアリングギット，フィリピンペソ，インドネシアルピア，インドルピー

Currency Factors

- 最も良く知られているキャリー、モメンタム、バリューなどに加えて、ドルキャリー、VRP 等、全 15 通貨ファクター

ファクター	頭文字	定義	リバランス頻度
キャリー	CA	1か月フォワードレート	月次
ドルキャリー	DC	平均フォワードレート	月次
符号キャリー	SC	フォワードレートの符号	月次
モメンタム（1）	MOM	過去3か月のスポットレートリターン	月次
モメンタム（2）	MOM6	過去6か月のスポットレートリターン	月次
長期バリュー	PPP	購買力平価（PPP）	月次
短中期バリュー	SYPPP	5年相対購買力平価（PPP）	月次
長期リバーサル	RV	過去48か月のスポットリターン	月次
短期リバーサル	SR	過去12か月のスポットリターン	月次
時系列モメンタム（1）	TSM1	過去1か月のスポットリターン	月次
時系列モメンタム（2）	TSM3	過去3か月のスポットリターン	月次
時系列モメンタム（3）	TSM6	過去6か月のスポットリターン	月次
時系列モメンタム（4）	TSM12	過去12か月のスポットリターン	月次
エクイティ	EQ	現地通貨建て株式指数の過去12か月リターン差	月次
ボラティリティ	VRP	短期（3か月）ボラティリティと長期（12か月）ボラティリティの差	月次

Input Data

- 為替のリターンと関係性が高いと知られる、金利、モメンタム、ボラティリティリスクプレミアム、株式の4分類 (15種類・19変数)

分類	変数	概要・定義	データソース
金利	キャリー	1か月フォワードレート	DataStream
	長期金利差	10年国債金利差1・3・12か月変化	Bloomberg
	短期金利差	2年国債金利差1・3・12か月変化	Bloomberg
	長短スプレッド	(10年国債金利-2年国債金利) 変化	Bloomberg
	金利水準	(1か月フォワードレート+10年国債金利) /2	Bloomberg
	ボラティリティ	1か月フォワードレートの過去12か月ボラティリティ	DataStream
為替	リバーサル	過去1か月リターン	DataStream
	モメンタム	過去3か月リターン	DataStream
	長期リバーサル	過去12か月リターン	DataStream
VRP	短期VRP	長期ボラティリティ (12か月) -短期ボラティリティ (1か月)	DataStream
	中期VRP	長期ボラティリティ (12か月) -短期ボラティリティ (3か月)	DataStream
	長期VRP	長期ボラティリティ (12か月) -短期ボラティリティ (6か月)	DataStream
株式	リバーサル	過去1か月超過リターン (MSCI Local-MSCI USA)	Bloomberg
	モメンタム	過去3か月超過リターン (MSCI Local-MSCI USA)	Bloomberg
	長期リバーサル	過去12か月超過リターン (MSCI Local-MSCI USA)	Bloomberg

Methodology

- 線形回帰, 主成分回帰 (PCR), 正則化回帰 (Elastic-Net), 部分的最小二乗回帰 (PLS), LightGBM(LGBM), ニューラルネットワーク (NN1~10) の合計 15 モデル

	OLS	PLS	PCR	Elastic-net	LightGBM	NN
ハイパーパラメーター	-	$K\epsilon$ {1~3}	$K\epsilon$ {1~3}	$\rho=0.5$ $\lambda(10^{-4}, 10^{-5})$	-	学習率 ϵ {0.0001} Batch size=1000 Epochs=10 Patience=5 Adam L1 正則化

名称	中間層	ニューロン数		
		1層目	2層目	3層目
NN1	Dense	16		
NN2	Dense	32		
NN3	Dense	64		
NN4	Dense	16	16	
NN5	Dense	32	32	
NN6	Dense	64	64	
NN7	Dense	16	16	16
NN8	Dense	32	32	32
NN9	Dense	64	64	64
NN10	Dense	64	32	16

Data Processing

- 予測・入力変数ともに，月毎にクロスセクションで標準化処理
- パネル形式で分析し，共通パラメーターをもつモデルでリターン予測
- 通貨戦略・通貨ファクター戦略とも，分析する通貨のユニバースを3つに分類（G10，新興国，全通貨（G10+新興国））
- 通貨ファクター戦略に使用する入力変数は，ポートフォリオの特性値（各時点で選択された通貨に対応する変数のスプレッド）を使用

Backtesting

- 通貨戦略および通貨ファクター戦略にて予測した翌月リターンに基づき、分位ポートフォリオを毎月構築し、そのパフォーマンスを計測.
- 通貨戦略では G10 および新興国では 3 分位・全通貨では 5 分位、通貨ファクター戦略では 3 分位ポートフォリオを構築.
- ベンチマーク（等ウェイト・線形モデル）に対して有意に経済的価値（超過リターン）が得られるか確認. t 値は Newey-West を使用.

Performance evaluation

- モデルの予測精度は (1) 式の決定係数で、予測力が優れている場合は正の値をとる。
- また、t 値は差の標本平均にある負のバイアスを、(2) 式で補正して符号を評価する Clark-West の t 値を使用 (符号の検定)。

$$R_{OOS}^2 = 1 - \frac{\sum_{t_0=1}^{T-1} \left(r_{t+1}^{(n)} - \hat{r}_{t+1}^{(n)} \right)^2}{\sum_{t_0=1}^{T-1} \left(r_{t+1}^{(n)} - \bar{r}_{t+1}^{(n)} \right)^2} \quad (1)$$

$$\bar{\varepsilon}_{t+1}^2 - \hat{\varepsilon}_{t+1}^2 + \left(\overline{\bar{X}r}_{t+1}^{(n)} - \overline{\widehat{X}r}_{t+1}^{(n)} \right)^2 = \bar{\varepsilon}_{t+1}^2 - \hat{\varepsilon}_{t+1}^2 + \left(\bar{\varepsilon}_{t+1} - \hat{\varepsilon}_{t+1} \right)^2 \quad (2)$$

$\bar{r}_{i,t+1}^{(n)}$: 0% , $r_{i,t+1}^{(n)}$: 1 カ月後の実現リターン

$\hat{r}_{i,t+1}^{(n)}$: モデルによる 1 カ月後の予測リターン

$\bar{\varepsilon}_{t+1}$: ベンチマークの誤差 , $\hat{\varepsilon}_{t+1}^n$: モデルの誤差

Emerging Currency Strategy

- NN は線形モデルに対しては有意に上回るパフォーマンスをあげており、非線形性を考慮することでパフォーマンス改善につながることを確認。NN6（2層）が有意で最も高いシャープレシオをあげている。

	等ウェイト	Linear	PCR	Enet	PLS	LGBM
年率リターン	▲0.02%	▲0.69%	▲0.58%	0.98%	▲0.56%	▲0.25%
リスク	6.72%	4.02%	3.60%	3.95%	3.63%	3.51%
シャープレシオ	▲0.00	▲0.17	▲0.16	0.25	▲0.15	▲0.07
歪度	▲0.43	0.00	▲0.33	▲0.15	▲0.47	▲0.17
尖度	1.24	0.24	1.02	1.10	1.46	0.22
t値 (EW超過)	-	-	▲0.35	0.43	▲0.37	▲0.22
t値 (Linear超過)	-	-	0.09	1.48	0.08	0.41

	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	NN6	NN7	NN8	NN9	NN10
年率リターン	1.68%	1.11%	1.66%	1.84%	1.67%	2.35%	1.28%	1.87%	1.50%	1.89%
リスク	2.96%	3.08%	2.83%	2.49%	2.62%	2.52%	2.66%	2.84%	2.57%	2.75%
シャープレシオ	0.57	0.36	0.59	0.74	0.64	0.94	0.48	0.66	0.58	0.69
歪度	1.35	▲1.23	0.26	▲0.82	▲0.09	0.34	▲1.08	▲0.10	▲0.28	▲0.65
尖度	4.44	7.62	2.16	2.28	0.87	0.52	5.93	1.39	0.39	1.82
t値 (等ウェイト超過)	0.71	0.53	0.77	0.93	0.80	1.16	0.63	0.98	0.77	0.94
t値 (Linear超過)	1.86	1.48	1.92	2.06	1.98	2.86	1.59	2.43	2.11	2.15

新興国通貨戦略の、2010年4月から2022年3月までのアウトオブサンプルの予測結果に基づく、分位ポートフォリオのパフォーマンスを表す。リターン、リスクの単位は年率%である。EWは予測対象を均等ウェイトで保有したパフォーマンスを表している。t値はNewey-Westのt値を示している。

Emerging Currency Strategy

- ニューラルネット (NN) の R^2 は高くないものの、誤差を補正した t 値では有意である (データ数・モデル最適化不足)。また多重比較検定では、線形モデルに対して浅い NN が有意であることが確認できる。

	Linear	PCR	Enet	PLS	LGBM	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	NN6	NN7	NN8	NN9	NN10
Roos	▲0.01	▲0.01	▲0.05	▲0.02	▲0.11	▲0.60	▲0.24	▲0.10	▲0.11	▲0.04	▲0.02	▲0.02	▲0.01	▲0.02	▲0.01
t-value	1.42	▲0.04	1.05	1.04	1.09	2.26	2.23	1.86	2.94	2.21	3.03	1.82	1.55	1.77	2.06

	Linear	PCR	Enet	PLS	LGBM	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	NN6	NN7	NN8	NN9	NN10
Linear	-	▲0.57	3.14	0.95	5.80	11.77	7.95	4.74	4.28	1.91	0.25	0.46	▲0.09	0.47	▲0.76
PCR			3.46	1.75	5.44	11.93	8.26	4.62	4.69	2.28	0.59	0.94	0.40	0.79	▲0.24
Enet				▲3.71	2.70	10.66	5.89	2.13	2.23	▲0.70	▲2.05	▲1.87	▲2.51	▲2.07	▲2.90
PLS					4.68	11.46	7.38	3.74	3.76	1.13	▲0.42	▲0.20	▲0.78	▲0.36	▲1.28
LGBM						9.47	3.96	▲0.21	0.14	▲3.17	▲4.56	▲4.23	▲5.15	▲5.26	▲5.44
NN1							▲6.56	▲9.41	▲9.31	▲10.94	▲11.58	▲11.54	▲11.80	▲11.43	▲11.95
NN2								▲3.91	▲3.80	▲6.48	▲7.63	▲7.42	▲7.90	▲7.57	▲8.09
NN3									0.30	▲2.64	▲4.15	▲3.65	▲4.29	▲4.22	▲4.54
NN4										▲2.70	▲3.85	▲4.01	▲4.24	▲3.95	▲4.75
NN5											▲1.37	▲1.24	▲1.75	▲1.44	▲2.13
NN6												0.21	▲0.27	0.11	▲0.76
NN7													▲0.53	▲0.14	▲1.00
NN8														0.42	▲0.56
NN9															▲1.04
NN10															-

新興国通貨戦略の、2010年4月から2022年3月までの月次データによるアウトオブサンプルの予測精度を表す。t値はClark-Westで補正したt値を示している。下表は、ボンフェローニの多重比較の結果を示しており、数値が正の場合、列のモデルが行のモデルよりも優れていることを示す。ボンフェローニ調整後に有意なモデルは太字にしている。

G10 Currency Factor Strategy

- NN は等ウェイトに対して有意に上回るパフォーマンスをあげており、非線形性を考慮することでパフォーマンス改善につながることを確認。NN5（2層）が有意で最も高いシャープレシオをあげている。

	等ウェイト	Linear	PCR	Enet	PLS	LGBM
年率リターン	▲0.14%	0.10%	0.03%	▲0.05%	0.71%	0.21%
リスク	1.84%	3.21%	3.05%	2.02%	2.11%	2.57%
シャープレシオ	▲0.08	0.03	0.01	▲0.02	0.34	0.08
歪度	▲0.10	▲0.70	0.46	▲0.56	0.49	0.35
尖度	0.97	3.58	3.03	3.02	3.13	2.65
t値 (EW超過)	-	-	0.22	0.20	1.61	0.50
t値 (Linear超過)	-	-	▲0.06	▲0.20	0.58	0.11

	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	NN6	NN7	NN8	NN9	NN10
年率リターン	0.88%	0.39%	0.48%	0.71%	0.96%	0.25%	0.06%	0.99%	0.34%	0.54%
リスク	1.86%	1.74%	1.70%	1.87%	1.93%	2.01%	1.99%	1.91%	1.69%	1.92%
シャープレシオ	0.47	0.22	0.28	0.38	0.50	0.12	0.03	0.52	0.20	0.28
歪度	0.45	0.22	0.38	0.33	▲0.07	▲0.43	0.15	0.94	▲0.59	▲0.14
尖度	4.87	1.96	3.04	2.36	1.79	2.09	1.62	4.31	1.31	1.53
t値 (等ウェイト超過)	1.24	1.05	2.35	1.31	2.07	0.90	1.59	0.40	0.32	0.59
t値 (Linear超過)	0.63	0.42	1.30	0.63	0.67	▲0.05	▲1.05	▲0.06	0.90	0.22

G10通貨ファクター戦略の、2010年4月から2022年3月までのアウトオブサンプルの予測結果に基づく、分位ポートフォリオのパフォーマンスを表す。リターン、リスクの単位は年率%である。EWは予測対象を均等ウェイトで保有したパフォーマンスを表している。t値はNewey-Westのt値を示している。

G10 Currency Factor Strategy

- どのモデルに関しても R^2 は高くなく、誤差を補正しても有意でない。ただ、多重比較検定では、線形モデルに対して浅い NN が有意であることが確認できる。

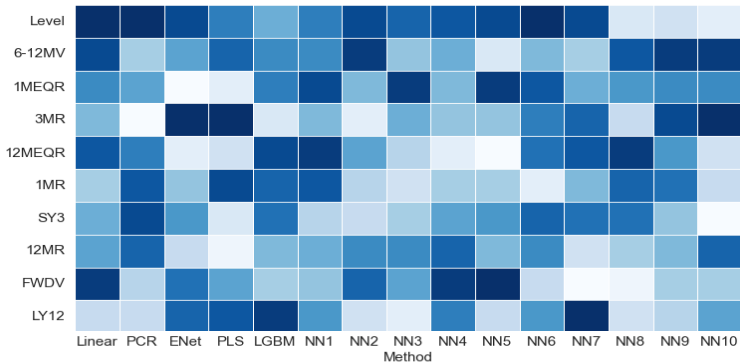
	Linear	PCR	Enet	PLS	LGBM	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	NN6	NN7	NN8	NN9	NN10
Roos	▲0.02	▲0.01	▲0.06	▲0.03	▲0.10	▲0.63	▲0.28	▲0.13	▲0.15	▲0.06	▲0.05	▲0.06	▲0.03	▲0.04	▲0.03
t-value	▲0.19	▲0.64	1.29	0.48	▲0.62	0.69	1.64	1.17	0.89	1.21	▲0.01	▲0.63	0.32	▲1.29	0.27

	Linear	PCR	Enet	PLS	LGBM	NN1	NN2	NN3	NN4	NN5	NN6	NN7	NN8	NN9	NN10
Linear	-	▲1.68	3.14	1.01	5.75	13.34	9.44	5.70	5.98	2.93	2.62	3.05	0.47	2.77	0.87
PCR		-	3.87	2.71	6.06	13.67	10.08	6.32	6.72	3.83	3.58	4.42	1.94	3.94	2.22
Enet			-	▲3.15	2.24	12.16	7.37	3.01	3.56	0.12	▲0.62	▲0.09	▲2.24	▲1.18	▲2.02
PLS				-	4.22	13.00	8.85	4.63	5.20	1.95	1.33	1.98	▲0.44	0.96	▲0.13
LGBM					-	11.27	5.96	1.18	1.98	▲2.07	▲2.97	▲2.37	▲4.62	▲3.92	▲4.45
NN1						-	▲6.66	▲10.59	▲9.83	▲12.20	▲12.68	▲12.26	▲13.21	▲12.94	▲13.16
NN2							-	▲4.95	▲3.99	▲7.42	▲8.13	▲7.74	▲9.15	▲8.53	▲9.12
NN3								-	0.79	▲3.02	▲3.93	▲3.32	▲5.32	▲4.44	▲5.07
NN4									-	▲3.67	▲4.41	▲3.93	▲5.54	▲5.00	▲5.49
NN5										-	▲0.80	▲0.22	▲2.47	▲1.38	▲2.23
NN6											-	0.62	▲1.90	▲0.62	▲1.65
NN7												-	▲2.52	▲1.25	▲2.13
NN8													-	1.61	0.33
NN9														-	▲1.29
NN10															-

G10通貨ファクター戦略の、2010年4月から2022年3月までの月次データによるアウトオブサンプルの予測精度を表す。t値はClark-Westで補正したt値を示している。下表は、ボンフェローニの多重比較の結果を示しており、数値が正の場合、列のモデルが行のモデルよりも優れていることを示す。ボンフェローニ調整後に有意なモデルは太字にしている。

Variable importance

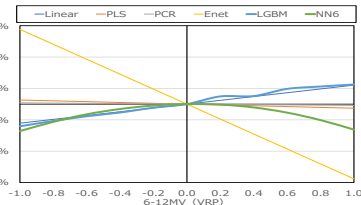
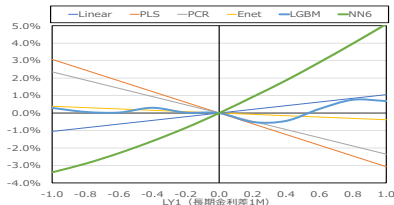
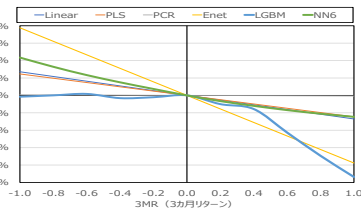
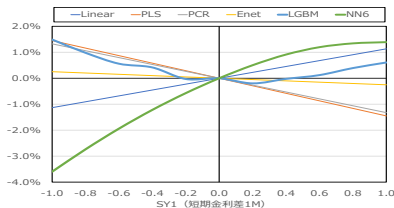
- 任意の説明変数を外して予測した場合の R^2 の変化を測定することで、変数重要度を確認。最も影響している変数は金利に関する変数で、上位 10 変数に 4 つが含まれている。2 番目は価格のトレンド。



すべての予測モデルにおける変数重要度の順位の合計に基づいて並べ替えており、最も影響力のある特性が上、最も影響力のない特性が下になっている。列は個々のモデルに対応し、各列内の色の勾配は、最も影響力のある（紺）～最も影響力のない（白）変数を示している。

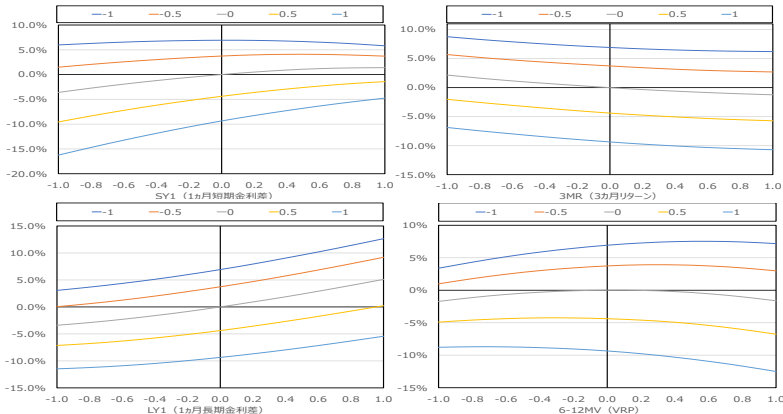
Marginal Relationships

- 他の変数を固定したまま、通貨特性の値を-1~1 まで変化させた時の期待リターンを計測。いずれの変数も、NN は通貨特性と期待リターンの間には非線形な関係性があることが確認。



Interaction effects

- 潜在的に存在する複雑な相互作用を確認。短期金利差1ヵ月変化について、金利水準が低い時はほとんど期待リターンへ影響していないが、金利水準が高い時は、短期金利差1ヵ月変化がマイナスに変化。



Combination Effects

- 戦略単体では高いリターンを得られなくても、複数の戦略や予測値を組み合わせることで高いリターンが得られることを確認。

戦略組み合わせ

	年率リターン	(組み合わせ前)	シャープレシオ	(組み合わせ前)	t値 (EW超過)	t値 (Linear超過)
G10通貨戦略	1.72%	1.65%	1.02	0.40	2.02	0.54
新興国通貨戦略	1.72%	1.58%	1.36	0.59	0.88	2.49
全通貨戦略	1.49%	1.41%	1.05	0.50	1.05	1.51
G10通貨ファクター戦略	0.57%	0.56%	0.55	0.30	1.55	1.69
新興国通貨ファクター戦略	0.70%	0.69%	0.70	0.46	1.04	1.53
全通貨ファクター戦略	0.86%	0.85%	0.90	0.49	1.66	0.08

2010年4月から2022年3月までのニューラルネットモデル (NN1~NN10) を、各通貨・通貨ファクター戦略において、戦略を組み合わせたアウトオブサンプルのパフォーマンスを表す。リターン、リスクの単位は年率% である。t 値はNewey-West のt 値を示している。

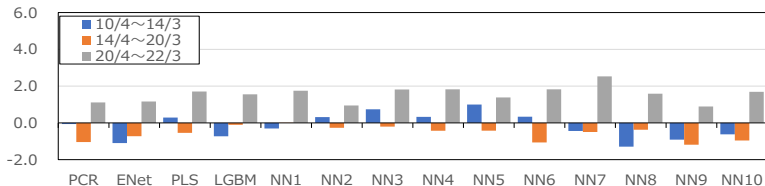
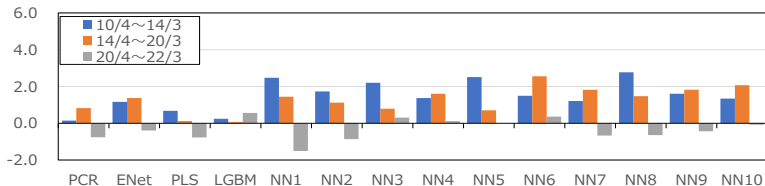
予測値組み合わせ

	年率リターン	(組み合わせ前)	シャープレシオ	(組み合わせ前)	t値 (EW超過)	t値 (Linear超過)
G10通貨戦略	3.51%	1.65%	0.79	0.40	1.98	2.50
新興国通貨戦略	2.51%	1.58%	0.87	0.59	1.32	3.27
全通貨戦略	2.42%	1.41%	0.81	0.50	1.43	2.26
G10通貨ファクター戦略	1.08%	0.56%	0.53	0.30	2.15	1.09
新興国通貨ファクター戦略	0.69%	0.69%	0.43	0.46	0.77	1.38
全通貨ファクター戦略	1.27%	0.85%	0.71	0.49	1.70	0.58

2010年4月から2022年3月までのニューラルネットモデル (NN1~NN10) を、各通貨・通貨ファクター戦略において、予測値を組み合わせたアウトオブサンプルのパフォーマンスを表す。リターン、リスクの単位は年率% である。t 値はNewey-West のt 値を示している。

Comparison of Returns by Period

- 新興国通貨戦略は、コロナショック以降の大規模金融緩和期間に悪化が見られるものの、G10 通貨ファクター戦略は、真逆の傾向。（一般にコロナショック以降はモデルの当てはまりが更に悪くなる傾向）



月次超過リターン(t 値を期間別 (伝統的金融政策期間 (2010 年4 月~2014 年3 月), 非伝統的金融政策期間 (2014 年4 月~2020 年3 月), 大規模金融緩和期間 (2020 年4 月~2022 年3 月)) に示している。(上段: 新興国通貨戦略、下段: G10通貨ファクター戦略)

Returns by Market Phase

- NN はマーケットのあらゆる局面で、平均的に安定してプラスのリターンとなっており、非線形性を考慮することにより、あらゆる局面で経済的な価値を得られる可能性があることを確認。

サンプル数	金利		株値		コモディティ		ボラティリティ	
	上昇局面	低下局面	上昇局面	下落局面	上昇局面	下落局面	上昇局面	低下局面
	63	81	100	44	71	73	68	76
B&H	▲0.57%	0.47%	0.36%	▲0.76%	0.39%	▲0.35%	▲0.30%	0.30%
	▲1.15	0.83	0.78	▲1.11	0.77	▲0.60	▲0.48	0.63
Linear	▲0.05%	▲0.05%	▲0.17%	0.22%	0.12%	▲0.22%	▲0.01%	▲0.09%
	▲0.14	▲0.16	▲0.55	0.60	0.40	▲0.63	▲0.02	▲0.31
NN1	0.10%	0.18%	0.01%	0.45%	0.08%	0.20%	0.15%	0.14%
	0.44	0.67	0.03	1.38	0.45	0.68	0.52	0.67
NN2	0.13%	0.07%	0.09%	0.12%	0.12%	0.07%	0.12%	0.08%
	0.59	0.25	0.40	0.36	0.60	0.24	0.39	0.37
NN3	0.13%	0.15%	0.10%	0.22%	0.22%	0.07%	0.11%	0.17%
	0.54	0.64	0.47	0.85	1.04	0.26	0.40	0.83
NN4	0.24%	0.09%	0.14%	0.20%	0.25%	0.07%	0.11%	0.19%
	1.29	0.39	0.71	0.82	1.30	0.30	0.50	1.00
NN5	0.29%	0.02%	0.15%	0.12%	0.19%	0.09%	0.14%	0.15%
	1.30	0.12	0.76	0.46	1.00	0.39	0.57	0.73
NN6	0.29%	0.12%	0.17%	0.26%	0.22%	0.18%	0.16%	0.23%
	1.32	0.62	0.86	1.11	0.98	0.89	0.69	1.22
NN7	0.13%	0.09%	0.18%	▲0.04%	0.17%	0.05%	0.17%	0.06%
	0.64	0.39	0.89	▲0.17	0.83	0.21	0.62	0.34
NN8	0.19%	0.14%	0.09%	0.31%	0.16%	0.16%	0.19%	0.13%
	0.79	0.58	0.45	1.06	0.70	0.64	0.75	0.59
NN9	0.10%	0.15%	0.12%	0.14%	0.21%	0.05%	0.09%	0.16%
	0.54	0.63	0.59	0.60	0.94	0.24	0.38	0.83
NN10	0.18%	0.14%	0.18%	0.10%	0.24%	0.08%	0.10%	0.22%
	0.91	0.57	1.00	0.33	1.25	0.30	0.36	1.16

新興国通貨戦略における、株式上昇・下落局面、金利上昇・低下局面、コモディティ価格上昇・下落局面、為替ボラティリティ上昇・低下局面の4つのパターンにおける平均月次リターン（上段）・シャープレシオ（下段）を表す。

Conclusion (1)

- Gu, Kelly and Xiu (2020) を拡張し、通貨および通貨ファクターを対象に、為替市場におけるクロスセクション情報を活用し、非線形性を考慮することで経済的価値が得られるかどうか検証。
- その結果、通貨および通貨戦略のクロスセクション予測に基づく戦略（特に新興国通貨戦略）が、均等ウェイトや線形モデルに対して経済的価値を生むことを確認。
- 他手法では見落とされている非線形性や、変数間の相互作用が経済的価値の源泉であることを確認。また、“浅い”学習が“深い”学習を上回ることも確認。

Conclusion (2)

- 戦略のリターンを分析すると、マーケット局面やリスクイベントによらず安定的なリターンを生んでいることや、アルファの存在も確認。
- 予測値・戦略単体では経済的・統計的に有意な結果が得られない場合でも、それらを複数組み合わせることで、分散効果が働き、有意な経済的な価値を生むことは重要な示唆。
- 本稿で取り組んだ内容は、多岐に渡って活用可能であり、予測対象を拡張すること、他手法を用いること、実運用時の制約を考慮すること等により、高度化・精緻化が見込める。

Reference I

- Bianchi, D., M. Büchner, and A. Tamoni (2021) “Bond risk premiums with machine learning,” *Review of Financial Studies*, **24**(2), 1046–1089.
- Clark, T. E. and K. D. West (2007) “Approximately normal tests for equal predictive accuracy in nested models,” *Journal of Econometrics*, **138**(1), 291–311.
- Diebold, F. X. and R. S. Mariano (1995) “Comparing predictive accuracy,” *Journal of Business and Economic Statistics*, **13**(3), 253–263.
- Gu, S., B. Kelly, and D. Xiu (2020) “Empirical asset pricing via machine learning,” *Review of Financial Studies*, **33**(5), 2223–2273.