

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

外国為替市場における モーメント・リスクプレミアムに関する考察

森川 竜太郎

一橋大学大学院 国際企業戦略研究科
金融戦略・経営財務コース

2016/3/11

モチベーション

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

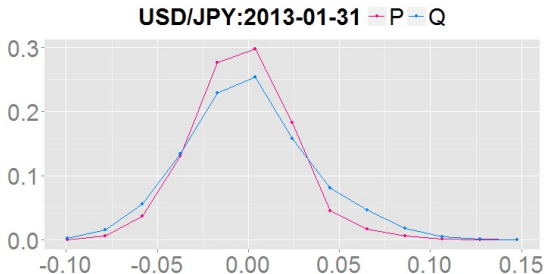
Appendix

参考文献

- 一日 **5兆ドル**が動く巨大市場.
- 交換レート ... ランダムで予測不可能？
- 伝統的リスクファクター, アノマリ.
- キャリー, バリュウ, モメンタム,
⇒ **新しい計量的戦略の模索.**
- **モーメント・リスクプレミアム**に着目した戦略.

モーメント・リスクプレミアム

- モーメント：ある確率変数 X が持つ確率分布の形状。
- 1次：平均，2次：分散，3次：歪度，4次：尖度。
- 実確率分布，リスク中立確率分布。
- $\mathbb{E}_t^{\mathbb{P}}[X_{t+1}^m] - \mathbb{E}_t^{\mathbb{Q}}[X_{t+1}^m] \dots$ モーメント・リスクプレミアム。



本研究の位置づけ

- Ross(2015) : オプション価格から実確率分布を **Recover**.
- オプション市場が期待リターンを語り始める...

		実確率モーメントの推定手法	
		ヒストリカルデータ	オプションデータ (Recovery Theorem)
株式	1次	(期待リターンモデル)	Audrino, Huitema, and Ludwig (2014).
	2次	Carr and Wu(2009), Kozhan, Neuberger, and Schneider(2013) 等.	
	3次		
	4次	-	
為替	1次	(期待リターンモデル)	<u>本研究 (対 USD, 対 JPY).</u>
	2次	Della Corte, Ramadorai, and Sarno(2014), Huang and MacDonald(2015) (対 USD).	
	3次		
	4次	-	

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

資産価格理論と Ross Recovery (1/2)

- 経済状態： θ_0, θ_T .
- 状態価格： $\psi(\theta_T|\theta_0)$. ある状態で 1, それ以外で 0 の payoff.
- 無裁定, 市場の完備性.
- 現在価値： $v_0 = \int g(\theta_T)\psi(\theta_T|\theta_0)d\theta_T$. * $g(\theta_T)$ は payoff.
- 割引債価格： $e^{-r(\theta_0)T} = \int \psi(\theta_T|\theta_0)d\theta_T$.
- リスク中立確率：各状態価格の総和が 1 になるように正規化.

$$\pi^*(\theta_T|\theta_0) \equiv \frac{\psi(\theta_T|\theta_0)}{\int \psi(\theta_T|\theta_0)d\theta_T} = e^{r(\theta_0)T}\psi(\theta_T|\theta_0).$$

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

資産価格理論と Ross Recovery (2/2)

- 現在価値 (リスク中立確率測度) :

$$v_0 = e^{-r(\theta_0)T} \int g(\theta_T) \pi^*(\theta_T|\theta_0) d\theta_T \equiv e^{-r(\theta_0)T} \mathbb{E}^{\mathbb{Q}}[g(\theta_T)].$$

- **実確率** : $\pi(\theta_T|\theta_0)$.

- **現在価値 (実確率測度)** :

$$v_0 = e^{-r(\theta_0)T} \mathbb{E}^{\mathbb{P}} \left[g(\theta_T) \frac{\pi^*(\theta_T|\theta_0)}{\pi(\theta_T|\theta_0)} \right] = \mathbb{E}^{\mathbb{P}} \left[g(\theta_T) \frac{\psi(\theta_T|\theta_0)}{\pi(\theta_T|\theta_0)} \right].$$

- **プライシング・カーネル** : $\frac{\psi(\theta_T|\theta_0)}{\pi(\theta_T|\theta_0)} \equiv \phi(\theta_T|\theta_0)$,

は **payoff** と現在価値を実確率測度上で繋ぐ確率変数。
⇒ この関係式から、実確率分布を Recover する！

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

推定手順

① ボラティリティ smile の計算

② call プレミアムの計算

③ 状態価格行列の計算

④ 状態価格推移行列の計算

齊時的 (time homogeneous) マルコフ性を仮定.

… 1 期先の spot が同じなら, オプション価格も同じ.

… 1 期先の spot は, 今の情報のみから決まる.

⑤ Recovery Theorem 適用, 実確率分布・モーメントの計算

⑥ リスク中立確率分布・モーメントの計算

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

データとマーケットコンベンション

- 対象通貨：JPY, USD, EUR, NOK, SEK, AUD, NZD, CHF, GBP, CAD. 対 JPY, 対 USD **それぞれ 9 通貨ペア**.
- データセット：spot, forward, 金利と, 通貨 OP 市場でクオートされるインプライド・ボラティリティ.
- forward と OP の満期は 1M, 2M, 3M.
- 期間は **2004/1-2015/10** で, **日次**の **NY 引け**のデータを利用.
- 全て Bloomberg から取得.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

モーメント推移：USD/JPY

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

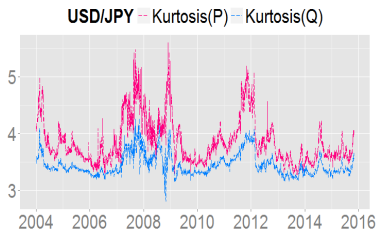
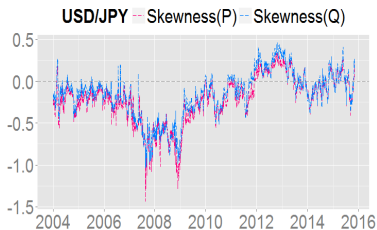
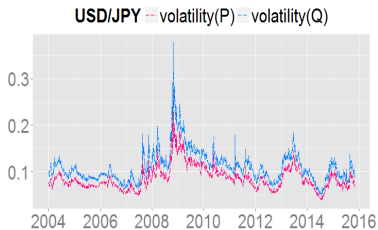
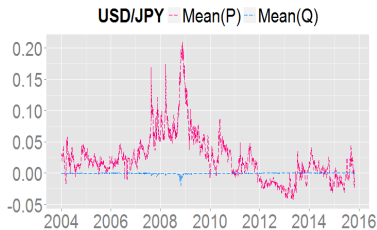
MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献



投資戦略への応用

- **アイデア**：
実確率分布が，リスク中立確率分布に修正されていく。
…OP 市場参加者の方が informed. 実確率分布が過小/過大評価されている。
- **バックテスト条件**：
 - 対象は対 JPY の 9 通貨ペア，対 USD の 9 通貨ペア. JPY 投資家，USD 投資家が享受するリターンを計測。
 - 月末 (日本の月中最終営業日) リバランス. 直近の NY 引けのデータから得た推定結果をインプットに，翌月のポジションを決定。
 - 執行レートは TTM スポット (東京時間午前 10 時) を利用。

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

MRP 戦略

- **CRP 戦略** : CRP の大小でロングショート. 実確率測度上での期待リターンに比して, リスク中立確率測度上での期待リターンが高い通貨が増価することに賭ける戦略.
- **VRP 戦略** : ΔVRP の大小でロングショート. 実確率測度上でのボラティリティ上昇幅に比して, リスク中立確率測度上でのボラティリティ上昇幅が小さい通貨が増価することに賭ける戦略.
- **SRP 戦略** : SRP の大小でロングショート. 実確率測度上での分布に比して, リスク中立確率測度上での分布が正の方向に歪んだ通貨が増価することに賭ける戦略.
- **KRP 戦略** : ΔKRP の大小でロングショート. 実確率測度上での分布の尖りの強まりに比して, リスク中立確率測度上での分布の尖りの強まりが小さい通貨が増価することに賭ける戦略.
- **MRP 戦略** : 4 戦略を等ウェイトで保有.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix
参考文献

バックテスト結果：基本統計量

- 各戦略，概ね良好なパフォーマンス。
- 1-4 次戦略の相関の低さから，MRP 戦略の平均リターンは有意に正，リスク調整済みリターン (Ratio) も高い値となっている。

	Mean	S.E.	Stdev	Ratio	Skew	correlation matrix				
vs JPY						CRP	VRP	SRP	KRP	MRP
CRP	0.66	1.04	3.58	0.19	-0.12	1.00				
VRP	0.52	1.04	3.58	0.14	-0.29	0.23	1.00			
SRP	1.20	0.97	3.33	0.36	-0.53	-0.21	-0.18	1.00		
KRP	0.90	1.00	3.42	0.26	0.13	-0.17	-0.59	0.09	1.00	
MRP	**0.85	0.39	1.33	0.64	0.17	0.59	0.34	0.41	0.18	1.00
vs USD						CRP	VRP	SRP	KRP	MRP
CRP	0.01	1.20	4.10	0.00	0.43	1.00				
VRP	**2.34	1.06	3.63	0.64	-0.02	0.00	1.00			
SRP	1.05	1.05	3.59	0.29	-0.96	-0.14	-0.02	1.00		
KRP	*1.64	0.85	2.90	0.57	0.30	0.05	-0.39	-0.20	1.00	
MRP	***1.28	0.44	1.49	0.86	0.31	0.63	0.41	0.39	0.17	1.00

** : 10%水準, *** : 5%水準, **** : 1%水準で有意.

既存戦略

- **Carry(CAR) 戦略** : 金利差を指標にロングショート. 高金利通貨が増価することに賭ける戦略. Brunnermeier, Nagel, and Pedersen(2008) 等.
- **Risk-Reversal(RR) 戦略** : 10 デルタの Risk-Reversal を指標にロングショート. (リスク中立確率) 分布の歪み ; ダウンサイドリスクの小さな通貨が増価することに賭ける戦略. Farhi et al.(2013), Della Corte, Ramadorai, and Sarno(2014) 等.
- **Momentum(MOM) 戦略** : 過去3カ月の実現リターンを指標にロングショート. 直近のパフォーマンスが将来に渡って一定期間継続することに賭ける戦略. Della Corte, Ramadorai, and Sarno(2014), Menkhoff et al.(2012) 等.
- **Value(VAL) 戦略** : 5年前 (5.5年前から4.5年前の平均) から直近までのスポットリターンに, この間のインフレ格差を加算した値を指標にロングショート. 割安な通貨が増価することに賭ける戦略. Asness, Clifford, and Pedersen(2013), Raza(2015) 等.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

バックテスト結果：基本統計量

- 既存戦略に対し、MRP 戦略は良好なパフォーマンス。
- 低相関から、リターンの源泉が異なる可能性。

	Mean	S.E.	Stdev	Ratio	Skew	correlation matrix				
vs JPY						CAR	RR	MOM	VAL	MRP
CAR	1.24	1.15	3.94	0.31	0.09	1.00				
RR	0.67	1.08	3.68	0.18	-0.40	-0.54	1.00			
MOM	0.44	1.09	3.75	0.12	-0.21	0.05	0.24	1.00		
VAL	-0.51	0.97	3.33	-0.15	0.45	-0.34	0.01	-0.25	1.00	
MRP	**0.85	0.39	1.33	0.64	0.17	-0.30	0.26	0.07	0.26	1.00
vs USD						CAR	RR	MOM	VAL	MRP
CAR	1.02	1.36	4.64	0.22	-0.74	1.00				
RR	0.27	1.16	3.97	0.07	0.32	-0.78	1.00			
MOM	0.51	1.18	4.04	0.13	0.21	-0.12	0.27	1.00		
VAL	-0.18	0.99	3.40	-0.05	0.54	-0.33	0.22	-0.09	1.00	
MRP	***1.28	0.44	1.49	0.86	0.31	-0.24	0.41	0.15	0.12	1.00

"*" : 10%水準, "***" : 5%水準, "****" : 1%水準で有意.

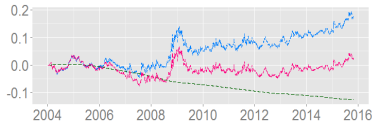
バックテスト結果：USD 累積リターンプロット

- MRP 戦略リターンにおけるキャリーの寄与度はほぼゼロで推移。⇒ **スポット変動：ミスプライスを捉える戦略。**

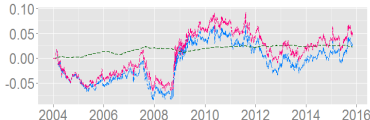
CAR USD SPOT CARRY EXCESS



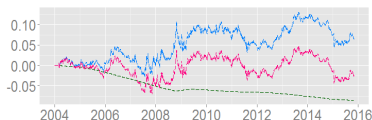
RR USD SPOT CARRY EXCESS



MOM USD SPOT CARRY EXCESS



VAL USD SPOT CARRY EXCESS



MRP USD SPOT CARRY EXCESS



まとめ

- 外国為替市場におけるモーメント・リスクプレミアム (MRP) を算出し、投資戦略への応用を提案。
- MRP は、Ross(2015) が提唱した Recovery Theorem により、ヒストリカルデータを用いず、オプション市場の情報からプライシング・カーネルを特定、実確率分布を得ることで推定。
- 先進国 10 通貨，対 JPY，対 USD それぞれ 9 通貨ペアについて MRP を計算し、これを用いて投資戦略を策定。
- MPR の推定値はマーケット局面に応じ直観に適ったもので、MRP 戦略のパフォーマンスは良好であった。
- キャリーやモメンタム等の既存戦略との相関は低く、新しい戦略であることが示唆された。
- さらに、MRP 戦略のパフォーマンスはスポットリターンを源泉とし、ミスプライスを捉える戦略である可能性を確認。

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

— Appendix —

Recovery Theorem 導出 (1/4)

- 離散の状態空間において経済状態は1次の斉時的マルコフ過程に従うことを想定し、プライシング・カーネルの関係式を書き直す。

$$\psi(\theta_{t+1}|\theta_t) = \phi(\theta_{t+1}|\theta_t)\pi(\theta_{t+1}|\theta_t). \quad (1)$$

- プライシング・カーネル ϕ について以下の形に定式化できると仮定。

$$\phi(\theta_{t+1}|\theta_t) = \delta \frac{h(\theta_{t+1})}{h(\theta_t)}, \quad (2)$$

ここで δ は割引ファクターで定数、 h は各状態が実現した時の投資家の効用と解釈できる。

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

Recovery Theorem 導出 (2/4)

- (2) 式を (1) 式に代入.

$$\psi(\theta_{t+1}|\theta_t) = \delta \frac{h(\theta_{t+1})}{h(\theta_t)} \pi(\theta_{t+1}|\theta_t). \quad (3)$$

- 各時点の有限個の状態を $\theta_t = 1, 2, \dots, s, \dots, S$ として行列を用いて表現し直すと,

$$\mathbf{D}\Psi = \delta\Pi\mathbf{D}, \quad (4)$$

ここで Ψ は状態価格の推移行列, Π は実確率の推移行列, \mathbf{D} は各状態が実現した時の効用を対角成分に持つ対角行列.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

Recovery Theorem 導出 (3/4)

- 続いて (4) 式を Π について解くと,

$$\Pi = \left(\frac{1}{\delta} \right) \mathbf{D}\Psi\mathbf{D}^{-1}. \quad (5)$$

- Π の各行は推移確率であったので、総和は 1. よって全ての要素が 1 の列ベクトル ($S \times 1$) を \mathbf{e} とすると,

$$\Pi\mathbf{e} = \mathbf{e}, \quad (6)$$

と書けることから、(5) 式の両辺に右から \mathbf{e} を乗じることで、次の通り展開できる.

$$\Pi\mathbf{e} = \left(\frac{1}{\delta} \right) \mathbf{D}\Psi\mathbf{D}^{-1}\mathbf{e} = \mathbf{e}.$$

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

Recovery Theorem 導出 (4/4)

- したがって,

$$\Psi \mathbf{D}^{-1} \mathbf{e} = \delta \mathbf{D}^{-1} \mathbf{e}.$$

- さらにここで,

$$\mathbf{z} \equiv \mathbf{D}^{-1} \mathbf{e}, \quad (7)$$

とすると,

$$\Psi \mathbf{z} = \delta \mathbf{z}, \quad (8)$$

となり, Ψ に関する固有値問題に書き下された. 無裁定の仮定より Ψ は非負正方行列. さらに既約行列 (吸収状態がない) との追加的仮定を置くことで, Perron Frobenius の定理により唯一の最大実固有値の存在が保証され, これに対応する最大固有ベクトルは厳密に正となる.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

通貨オプションのコンベンション (1/2)

- 通貨 OP のクオートは At-The-Money(ATM) の $IV(\sigma_{ATM})$, 10delta の Risk-Reversal($RR_{10\Delta}$), 25delta の Risk-Reversal ($RR_{25\Delta}$), 10delta の Butterfly($BF_{10\Delta}$), 25delta の Butterfly ($BF_{25\Delta}$) であるため, 純粋な IV を得るには変換が必要.
- RR , BF は次の通り, ATM と Out-of-The-Money(OTM) の call · put それぞれの IV の合成.

$$RR = \sigma_{OTMcall} - \sigma_{OTMput},$$

$$BF = 0.5strangle - straddle$$

$$= 0.5(\sigma_{OTMcall} + \sigma_{OTMput}) - \sigma_{ATM}.$$

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

通貨オプションのコンベンション (2/2)

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

- よって次の通り 4 つの IV が計算可能であり, σ_{ATM} と合わせて 5 つの IV が得られる.

$$\sigma_{call10\Delta} = \sigma_{ATM} + 0.5RR_{10\Delta} + BF_{10\Delta},$$

$$\sigma_{put10\Delta} = \sigma_{ATM} - 0.5RR_{10\Delta} + BF_{10\Delta},$$

$$\sigma_{call25\Delta} = \sigma_{ATM} + 0.5RR_{25\Delta} + BF_{25\Delta},$$

$$\sigma_{put25\Delta} = \sigma_{ATM} - 0.5RR_{25\Delta} + BF_{25\Delta}.$$

推定手法 (1/4)

① ボラティリティ smile の計算

- 5つの IV から、補間により滑らかな smile を得る。
Malz(2014) に倣い、内挿区間 (0.1~0.9 デルタ) は cubic spline 補間、Deep-OTM の外挿区間は 0.1, 0.9 デルタの IV を利用。
- 得られたデルタ-IV の smile を、ストライク-IV の smile に変換。(予め刻み幅一定のストライク系列を用意し、各ストライクについて、手元のデルタ-IV の smile から数値計算によりマッピング。)

② call プレミアムの計算

Clark(2011) を参照。

③ 状態価格行列の計算

Breeden and Litzenberger(1978) の手法を利用。手順 2 で得た call プレミアム $C(t, \tau, K_s)$ をインプットに、ストライクの刻み幅を Δ として、

$$\frac{1}{\Delta} (C(t, \tau, K - \Delta) - 2C(t, \tau, K) + C(t, \tau, K + \Delta)).$$

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

推定手法 (2/4)

④ 状態価格推移行列の計算

状態価格行列から、状態価格推移行列 Ψ を計算。スタンダードな手法はなく、本研究では Backwell(2015) を参考に、以下の最適化問題を解くことで推定。

$$\begin{aligned} \min_{0 \leq \psi(\theta_{t+1} = s_{t+1} | \theta_t = s_t) \leq 1} \quad & g(\Psi) + h(\Psi), \\ \text{s.t.} \quad & 0 \leq \sum_{s_{t+1}} \psi(\theta_{t+1} = s_{t+1} | \theta_t = s_t) \leq 2. \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} g(\Psi) &= \sum_{\tau} \left(\psi'_{t,\tau+1} - \psi'_{t,\tau} \Psi \right) \left(\psi'_{t,\tau+1} - \psi'_{t,\tau} \Psi \right)', \\ h(\Psi) &= \sum_{s_t} \sum_{s_{t+1}} \left(\psi(\theta_{t+1} = s_{t+1} - 1 | \theta_t = s_t) - 2\psi(\theta_{t+1} = s_{t+1} | \theta_t = s_t) \right. \\ &\quad \left. + \psi(\theta_{t+1} = s_{t+1} + 1 | \theta_t = s_t) \right)^2. \end{aligned}$$

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

推定手法 (3/4)

- ⑤ Recovery Theorem 適用, 実確率分布・モーメントの計算
状態価格推移行列 Ψ が手に入れば...

⇒ (8) 式の固有値問題を解き,

⇒ プライシング・カーネル ϕ と割引率 δ を (5) 式に代入.

⇒ **実確率推移行列 Π が Recover される!**

⇒ 確率分布と各リターンレベルを用いて **1-4 次のモーメント** を算出. 確率分布を π_k , 対応するリターンを r_s として,

$$\text{Mean} = \sum_s \pi_s r_s \equiv \mu, \quad \text{Var} = \sum_s \pi_s (r_s - \mu)^2 \equiv \sigma^2,$$

$$\text{Skew} = \sum_s \pi_s \frac{(r_s - \mu)^3}{\sigma^3}, \quad \text{Kurt} = \sum_s \pi_s \frac{(r_s - \mu)^4}{\sigma^4}.$$

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

推定手法 (4/4)

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

⑥ リスク中立確率分布・モーメントの計算

各状態価格について総和が1になるように正規化した値がリスク中立確率.

⇒ リスク中立確率分布 π_k^* は, 手順3で計算した状態価格 $\psi(\theta_{t+\tau} = s|\theta_t)$ を用いて,

$$\pi_s^* = \frac{\psi(\theta_{t+1} = s|\theta_t)}{\sum_s \psi(\theta_{t+1} = s|\theta_t)}.$$

各モーメントの計算は手順5で実確率分布に対して行ったものと同様.

参考文献 I



Asness, C. S., T. J. Moskowitz, and L. H. Pedersen (2013).
Value and momentum everywhere.
The Journal of Finance 68(3), 929–985.



Audrino, F., R. Huitema, and M. Ludwig (2014).
An empirical analysis of the ross recovery theorem.
Available at SSRN 2433170.



Backwell, A. (2015).
State prices and implementation of the recovery theorem.
Journal of Risk and Financial Management 8(1), 2–16.



Bakshi, G. and N. Kapadia (2003).
Delta-hedged gains and the negative market volatility risk premium.
Review of Financial Studies 16(2), 527–566.



Bank for International Settlements (2015).
Triennial central bank survey foreign exchange turnover in april 2013:preliminary global results.



Black, F. (1976).
The pricing of commodity contracts.
Journal of financial economics 3(1), 167–179.



Black, F. and M. Scholes (1973).
The pricing of options and corporate liabilities.
The journal of political economy, 637–654.



Bollerslev, T., G. Tauchen, and H. Zhou (2009).
Expected stock returns and variance risk premia.
Review of Financial Studies 22(11), 4463–4492.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

参考文献 II



Borovička, J., L. P. Hansen, and J. A. Scheinkman (2014).
Misspecified recovery.
NBER Working Paper (w20209).



Breeden, D. T. and R. H. Litzenberger (1978).
Prices of state-contingent claims implicit in option prices.
Journal of business, 621–651.



Britten-Jones, M. and A. Neuberger (2000).
Option prices, implied price processes, and stochastic volatility.
The Journal of Finance 55(2), 839–866.



Brunnermeier, M. K., S. Nagel, and L. H. Pedersen (2008).
Carry trades and currency crashes.
Technical report, National Bureau of Economic Research.



Carr, P. and L. Wu (2009).
Variance risk premiums.
Review of Financial Studies 22(3), 1311–1341.



Carr, P. and J. Yu (2012).
Risk, return, and ross recovery.
Journal of Derivatives 20(1), 38.



Christoffersen, P., M. Fournier, K. Jacobs, and M. Karoui (2015).
Option-based estimation of the price of co-skewness and co-kurtosis risk.
Available at SSRN 2656412.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

参考文献 III



Clark, I. J. (2011).
Foreign exchange option pricing: A practitioners guide.
John Wiley & Sons.



Della Corte, P., T. Ramadorai, and L. Sarno (2014).
Volatility risk premia and exchange rate predictability.
Available at SSRN 2233367.



Dubynskiy, S. and R. S. Goldstein (2013).
Recovering drifts and preference parameters from financial derivatives.
Available at SSRN 2244394.



Fama, E. F. (1984).
Forward and spot exchange rates.
Journal of Monetary Economics 14(3), 319–338.



Garman, M. B. and S. W. Kohlhagen (1983).
Foreign currency option values.
Journal of international Money and Finance 2(3), 231–237.



Hansen, L. P. and J. A. Scheinkman (2009).
Long-term risk: An operator approach.
Econometrica 77(1), 177–234.



Huang, H., R. MacDonald, and Y. Zhao (2013).
Global currency misalignments, crash sensitivity, and moment risk premia.
In *2015 American Economic Association Annual Meeting.*

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

参考文献 IV



Jensen, C. S., D. Lando, and L. H. Pedersen (2015).

Generalized recovery.

Available at SSRN 2674541.



Jordà, Ò. and A. M. Taylor (2012).

The carry trade and fundamentals: nothing to fear but feer itself.

Journal of International Economics 88(1), 74–90.



Kozhan, R., A. Neuberger, and P. Schneider (2013).

The skew risk premium in the equity index market.

Review of Financial Studies 26(9), 2174–2203.



Liu, F. (2014).

Recovering conditional return distributions by regression: Estimation and applications.

Available at SSRN 2530183.



Londono, J. M. and H. Zhou (2014).

Variance risk premiums and the forward premium puzzle.

Available at SSRN 2133569.



Malz, A. M. (2014).

A simple and reliable way to compute option-based risk-neutral distributions.

FRB of New York Staff Report (677).



Martin, I. and S. A. Ross (2013).

The long bond.

Technical report, Working Paper, Stanford University.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

参考文献 V



Meese, R. A. and K. Rogoff (1983).
Empirical exchange rate models of the seventies: Do they fit out of sample?
Journal of international economics 14(1), 3–24.



Mehra, R. and E. C. Prescott (1985).
The equity premium: A puzzle.
Journal of monetary Economics 15(2), 145–161.



Menkhoff, L., L. Sarno, M. Schmeling, and A. Schrimpf (2012).
Currency momentum strategies.
Journal of Financial Economics 106(3), 660–684.



Merton, R. C. (1973).
Theory of rational option pricing.
The Bell Journal of Economics and Management Science, 141–183.



Neuberger, A. (2012).
Realized skewness.
Review of Financial Studies 25(11), 3423–3455.



Park, H. (2014).
Ross recovery with recurrent and transient processes.
arXiv preprint arXiv:1410.2282.



Qin, L. and V. Linetsky (2014).
Ross recovery in continuous time.
Available at SSRN 2439002.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献

参考文献 VI



Raza, A. (2015).
Currency value strategies.
Available at SSRN 2559375.



Ross, S. (2015).
The recovery theorem.
The Journal of Finance 70(2), 615–648.



Ross, S. A. (2011).
The recovery theorem.
NBER Working Paper (w17323).



Sasaki, H. (2014).
Essays on risk premiums in higher-order moments of financial asset returns.



Spears, T. (2013).
On estimating the risk-neutral and real-world probability measures.
Ph. D. thesis, Oxford University.



Tsui, H. M. (2013).
Ross recovery theorem and its extension.
Mathematical Finance.



Walden, J. (2014).
Recovery with unbounded diffusion processes.
Available at SSRN 2508414.



Yaron, A. and R. Bansal (2004).
Risks for the long run: A potential resolution of asset pricing puzzles.
The Journal of finance 59(4), 1481–1509.

導入

Ross
Recovery

MRP
推定結果

MRP
推定結果

MRP
投資戦略

戦略比較

まとめ

Appendix

参考文献