

Title	バイオベンチャーのデズバレーに対するリアルオプション
Author(s)	藤原, 孝男
Citation	年次学術大会講演要旨集, 33: 478-484
Issue Date	2018-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/15612">http://hdl.handle.net/10119/15612</a>
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

○藤原 孝男(豊橋技術科学大学)

fujiwara@las.tut.ac.jp

## 1. 序

大学での基礎研究成果と製薬大企業での臨床開発段階とを結ぶ創業では、ニッチ市場と画期的技術との統合において、バイオベンチャーはスピード・コスト・柔軟性において製薬大企業よりも優れているが、資源制約によってデスバレーに直面することが多い。しかも、近年の医薬開発の生産性停滞によって、デスバレーは益々深く長期化する傾向がある。そのような状況下で、何故、多数のバイオベンチャーは赤字でも存続できるのであろうか？しかも、常態でさえ赤字のバイオベンチャーが、実際に、リーマン・ショックのような金融危機を乗り越えることができた理由は何であらうか？さらに、業績のパレート分布にてスターとして成功する企業では、その他の企業とは金融危機時の R&D 投資においてどのような指標に相違が生じるのであろうか？

バイオベンチャーの定義として、原資産としての生命科学のアイデアから、事業化する各投資機会としてのリアルオプションからなるポートフォリオとする。

データは、US SEC の EDGAR から、FY2008 及び FY2017 の両年度において NASDAQ Biotech Index を構成する株式銘柄で、両年度間の株価の変動パターンによって、上昇グループ 17 社（スター企業 6 社）、下降グループ 14 社（スター企業 5 社）、ランダムグループ 32 社（スター企業 6 社）に分類可能である。各グループでのスター企業は、R&D 投資と業績との関係で成果の区別が明確化可能な企業群を意味する。

方法論としては、バイオベンチャーのポテンシャルを成長オプションとして評価するリアルオプション分析及び、情報非対称下でのシグナリング機能を探索するベイジアン MCMC 分析を用いる。

## 2. 基礎理論

基礎理論は、ヨーロッパコールオプションの経済的評価を行う Black-Scholes 方程式に依拠する [1]、[2]。従来の赤字企業のポテンシャル評価では、S. Myers による貸借対照表での資産から負債を差し引いた株主価値が原則的に資本市場で非負になる特性を基礎にしていた [3]。しかし、バイオベンチャーのような慢性的な赤字体質の企業群やリーマン・ショックのような非常時を対象とする存続可能性の評価指標としては、株主価値では脆弱である可能性がある。故に、本研究では、代替的な尺度として、収入から R&D 費用等を差引いた純利益を含むキャッシュフローの尺度である現金及び現金等価資産（以降、現金等価資産）を新たなリアルオプションとして検討する。

## 3. 予備的データ分析

R&D コストと純利益との関係では、正負の純利益の振幅の大きさを含めて、上昇グループを最大、下降グループを最小、ランダムグループを中間とする領域をカバーしている。年度では、FY2008 に比較して、FY2017 の方が上記と同じパターンながら、それぞれ広域の分布を示している。当該の関係における傾向線としては、両年度とも、上昇グループでは正

の傾きを、下降グループでは負の傾きを、そしてランダムグループでは下降グループよりも絶対値の小さな負の傾きを示している。

また、FY2008 のランダムグループにおける株主価値と現金等価資産との関係では、株主価値の増加に加えて、減少の場合でも同様に、現金等価資産の増加傾向が見られ、R&D 投資に対する原資の頑強性として、資本市場における株主価値の評価よりも、現金等価資産の優位性が理解できる。特に金融危機の場合には変動し易い株主価値よりも確実性の高い現金等価資産の支払い能力が問われる。

R&D コストと現金等価資産との関係では、バックワード的に FY2017 の 3 グループでのスター・サブグループとその他企業との分類によって、FY2008 での混沌とした状態から FY2017 に向けての成否の両グループへの明確な区別を観察できる。それに対して、R&D コストと株主価値との関係では、それほど明確な分離に向けた動向を観察できない。故に、R&D コストと現金等価資産との関係に他の条件パラメーターを組み合わせた指標化によって、一定の不確実性の下であっても、予測化に向けた可能性を検討できると期待される。

#### 4. ベイジアン MCMC 分析

ソフトウェア RStan を用いて各グループの R&D コストと現金等価資産との線形回帰での切片・傾きのパラメーター推定に、ベイジアン MCMC 分析を応用した (表 1-3、図 1-6)。

上昇グループのスター・サブグループでは、FY2008 の切片パラメーターに関しては負の絶対値が比較的大きく、傾きパラメーターは正の大きな値を示している。すなわち、金融危機時には、投資負担が大きくとも現金等価資産に反映される R&D 生産性の高さによって、このグループでの将来スターとして成功する企業を抽出できる可能性を示唆している。

下降グループでもスター・サブグループでは、FY2008 での傾きの高さが観察される。また、FY2017 での同サブグループでは、切片の高い値の確率の高さと、傾きの負の値の絶対値を緩和させる確率が観察される。下降グループでもスター企業は、金融危機時での R&D 生産性の高さ及び現状での環境の快適さと、低生産性の改善の特徴を示し、これらの指標の観察によって下降グループからの脱出も期待される。

表 1 Growing FY2008 & FY2017 Fit-summary

Inference for Stan model: model for 2008 G-RC.  
4 chains, each with iter=5000; warmup=500; thin=1;  
post-warmup draws per chain=4500, total post-warmup draws=18000.

	mean	se_mean	sd	2.5%	25%	50%
a0	177.21	735.46	11882.73	-28152.21	-2931.89	-395.13
b0	3.46	0.62	24.40	-47.85	-3.42	3.88
a_raw[1]	-0.31	0.03	0.68	-1.76	-0.73	-0.27
a_raw[2]	0.16	0.05	0.67	-1.08	-0.27	0.09
b_raw[1]	0.31	0.01	0.72	-1.00	-0.18	0.26
b_raw[2]	-0.29	0.01	0.72	-1.81	-0.75	-0.26
s_a	19791.15	1666.27	32129.26	1047.44	3533.38	8909.67
s_b	31.19	10.30	37.52	2.88	8.57	18.33
s_Y	611.97	2.29	140.31	407.52	512.59	588.93
a[1]	-2113.89	3.79	411.04	-2925.18	-2374.02	-2115.90
a[2]	199.28	2.19	264.46	-335.25	33.67	201.30
b[1]	7.36	0.00	0.29	6.79	7.18	7.37
b[2]	0.36	0.01	1.43	-2.47	-0.55	0.34
lp__	-99.07	0.11	2.98	-105.74	-100.85	-98.79
	75%	97.5%	n_eff	Rhat		
a0	3244.97	28731.27	261	1.03		
b0	11.08	49.81	1541	1.00		
a_raw[1]	0.10	1.02	493	1.02		
a_raw[2]	0.57	1.60	163	1.01		
b_raw[1]	0.76	1.83	2663	1.00		
b_raw[2]	0.20	1.04	2506	1.00		
s_a	23908.32	97261.79	372	1.01		
s_b	38.30	147.22	13	1.05		
s_Y	683.41	952.59	3744	1.00		
a[1]	-1854.14	-1302.13	11764	1.00		
a[2]	367.54	719.47	14627	1.00		
b[1]	7.55	7.93	14627	1.00		
b[2]	1.25	3.23	14165	1.00		
lp__	-96.98	-94.06	692	1.01		

Samples were drawn using NUTS(diag\_e) at Tue Aug 14 23:02:23 2018.  
For each parameter, n\_eff is a crude measure of effective sample size, and Rhat is the potential scale reduction factor on split chains (at convergence, Rhat=1).

Inference for Stan model: model for 2017 G-RC  
4 chains, each with iter=5000; warmup=500; thin=1;  
post-warmup draws per chain=4500, total post-warmup draws=18000.

	mean	se_mean	sd	2.5%	25%	50%
a0	-489.02	544.12	9624.65	-24390.97	-2968.62	-314.85
b0	0.91	0.11	3.49	-7.14	-0.25	1.14
a_raw[1]	-0.20	0.03	0.74	-1.67	-0.65	-0.17
a_raw[2]	0.15	0.02	0.72	-1.26	-0.34	0.11
b_raw[1]	0.23	0.01	0.71	-1.14	-0.21	0.20
b_raw[2]	-0.19	0.02	0.72	-1.69	-0.66	-0.15
s_a	14093.50	2720.25	20026.67	203.91	1969.22	5860.69
s_b	5.77	1.61	7.47	0.14	1.17	2.97
s_Y	1175.20	7.12	253.31	799.75	992.41	1132.57
a[1]	-1285.87	29.55	1399.17	-4225.02	-2140.30	-1240.04
a[2]	158.34	8.55	511.33	-864.67	-172.07	161.22
b[1]	1.56	0.01	0.37	0.86	1.31	1.55
b[2]	0.64	0.01	0.67	-0.69	0.19	0.64
lp__	-111.97	0.27	3.22	-119.05	-113.98	-111.68
	75%	97.5%	n_eff	Rhat		
a0	1725.25	22241.71	313	1.01		
b0	2.11	8.19	978	1.00		
a_raw[1]	0.28	1.24	562	1.00		
a_raw[2]	0.60	1.65	1684	1.00		
b_raw[1]	0.64	1.74	2543	1.00		
b_raw[2]	0.28	1.18	1818	1.00		
s_a	16981.83	76087.78	54	1.05		
s_b	7.61	28.21	22	1.05		
s_Y	1312.01	1787.73	1266	1.00		
a[1]	-336.47	1290.52	2242	1.00		
a[2]	494.43	1159.48	3578	1.00		
b[1]	1.79	2.34	2367	1.00		
b[2]	1.10	1.89	2025	1.00		
lp__	-109.73	-106.33	140	1.03		

Samples were drawn using NUTS(diag\_e) at Mon Aug 13 20:52:46 2018.  
For each parameter, n\_eff is a crude measure of effective sample size, and Rhat is the potential scale reduction factor on split chains (at convergence, Rhat=1).

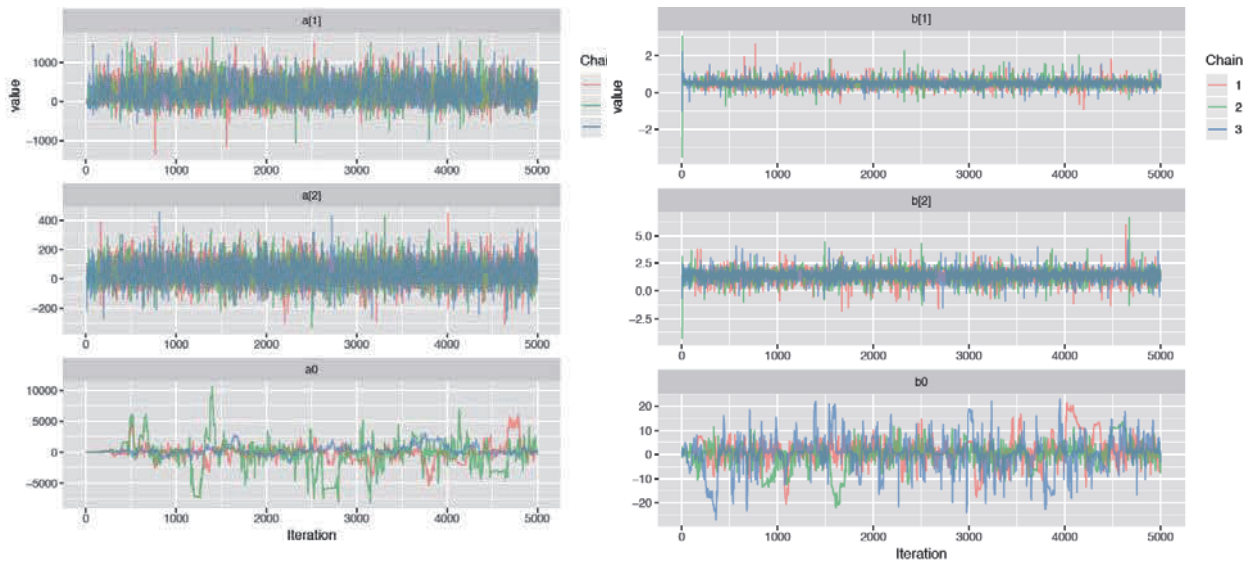


図 1. FY2008 Growing Trace-plot

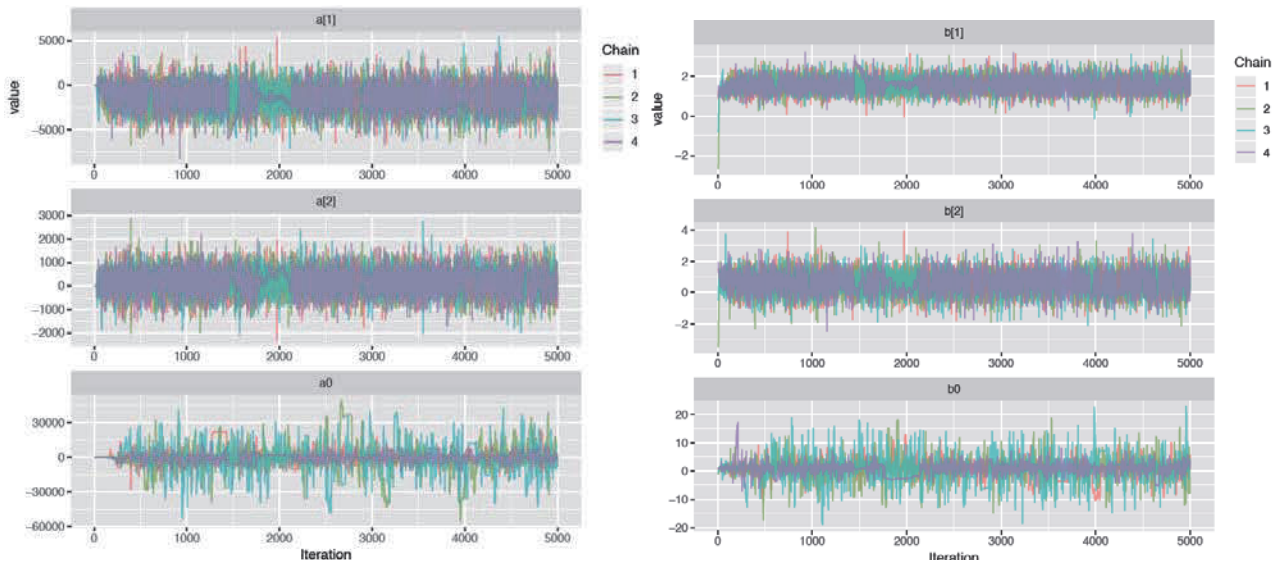


図 2. FY2017 Growing Trace-plot

ランダムグループのスター・サブグループでは、金融危機時には、切片の負の値の若干の緩和可能性、傾きの高さの高確率が観察される。また、FY2017には同グループでの切片の大きな値の高い確率分布、傾きのその他サブグループに比較した若干の高さが観察される。特に、ランダムグループでは、上昇グループと下降グループという両極端の中間のグレイゾーンに位置し、FY2008の金融危機時であってもR&D生産性に関する傾きの極端な大きさや切片の負の値の改善などの指標をもとに、スター・サブグループの抽出を可能にすると期待できる。また、FY2017での切片の値の大きさは既にこのグループでのスター・サブグループへの到達の段階を意味すると考えられる。

表 2. Declining FY2008 & FY2017 Fit-summary

Inference for Stan model: model for 2008 D-RC.  
 4 chains, each with iter=6000; warmup=600; thin=1;  
 post-warmup draws per chain=5400, total post-warmup draws=21600.

	mean	se_mean	sd	2.5%	25%	50%	75%
a0	209.52	231.16	1313.34	-2318.80	-187.30	14.30	315.07
b0	4.38	1.81	22.13	-38.97	-2.56	1.50	9.10
a_raw[1]	-0.09	0.06	0.71	-1.57	-0.53	-0.09	0.35
a_raw[2]	0.11	0.06	0.73	-1.37	-0.34	0.08	0.57
b_raw[1]	0.14	0.03	0.72	-1.25	-0.30	0.08	0.57
b_raw[2]	-0.18	0.03	0.70	-1.67	-0.59	-0.14	0.25
s_a	2694.45	769.23	5853.74	9.57	142.33	568.36	2443.32
s_b	41.52	6.53	68.87	0.51	4.36	14.30	46.82
s_Y	38.12	9.34	15.05	16.01	27.53	35.82	46.07
a[1]	-17.31	1.25	62.91	-160.43	-44.94	-19.09	17.82
a[2]	36.89	0.36	31.63	-13.13	14.77	31.75	55.28
b[1]	2.78	0.05	2.37	-1.41	1.44	2.66	3.91
b[2]	0.24	0.00	0.36	-0.35	0.02	0.19	0.42
lp__	-51.17	0.25	3.86	-59.65	-53.55	-50.84	-48.44
97.5% n_eff	4352.43	32	1.09				
Rhat	68.67	150	1.02				
a_raw[1]	1.29	159	1.01				
a_raw[2]	1.55	130	1.02				
b_raw[1]	1.68	507	1.01				
b_raw[2]	1.18	671	1.01				
s_a	23899.56	58	1.04				
s_b	238.39	111	1.04				
s_Y	76.75	2150	1.00				
a[1]	89.80	2542	1.00				
a[2]	108.72	7869	1.00				
b[1]	7.89	2661	1.00				
b[2]	1.09	10998	1.00				
lp__	-44.41	243	1.02				

Samples were drawn using NUTS(diag\_e) at Tue Aug 14 16:11:48 2018.  
 For each parameter, n\_eff is a crude measure of effective sample size,  
 and Rhat is the potential scale reduction factor on split chains (at  
 convergence, Rhat=1).

Inference for Stan model: model for 2017 D-RC.  
 3 chains, each with iter=4000; warmup=500; thin=1;  
 post-warmup draws per chain=3500, total post-warmup draws=10500.

	mean	se_mean	sd	2.5%	25%	50%	75%
a0	441.42	171.39	1094.02	-1549.83	-29.26	293.35	888.98
b0	9.27	9.43	42.38	-62.26	-11.87	-0.79	18.60
a_raw[1]	0.30	0.08	0.66	-0.88	-0.11	0.19	0.68
a_raw[2]	-0.36	0.16	0.63	-1.94	-0.64	-0.25	0.03
b_raw[1]	-0.24	0.06	0.67	-1.65	-0.69	-0.21	0.22
b_raw[2]	0.11	0.09	0.70	-1.14	-0.38	0.06	0.58
s_a	3830.74	2510.00	6680.63	180.47	510.53	1299.48	4547.09
s_b	77.43	13.13	126.56	2.35	12.27	33.71	92.37
s_Y	22.14	1.28	10.70	8.29	14.85	19.83	27.09
a[1]	604.99	12.00	261.05	72.99	514.05	600.65	674.41
a[2]	32.02	0.33	18.05	-3.47	20.83	31.37	42.75
b[1]	-5.74	0.14	2.83	-12.60	-6.60	-5.78	-4.70
b[2]	0.06	0.01	0.57	-1.12	-0.23	0.07	0.37
lp__	-46.04	1.44	3.79	-55.04	-48.17	-45.67	-43.45
97.5% n_eff	3088.39	41	1.03				
Rhat	117.45	20	1.14				
a_raw[1]	1.72	67	1.03				
a_raw[2]	0.68	16	1.07				
b_raw[1]	1.02	100	1.04				
b_raw[2]	1.60	55	1.05				
s_a	22272.83	7	1.13				
s_b	424.99	93	1.03				
s_Y	49.38	70	1.03				
a[1]	1253.67	416	1.01				
a[2]	70.56	3281	1.00				
b[1]	-0.04	416	1.01				
b[2]	1.19	3927	1.00				
lp__	-39.70	7	1.11				

Samples were drawn using NUTS(diag\_e) at Tue Aug 14 01:53:23 2018.  
 For each parameter, n\_eff is a crude measure of effective sample size,  
 and Rhat is the potential scale reduction factor on split chains (at  
 convergence, Rhat=1).

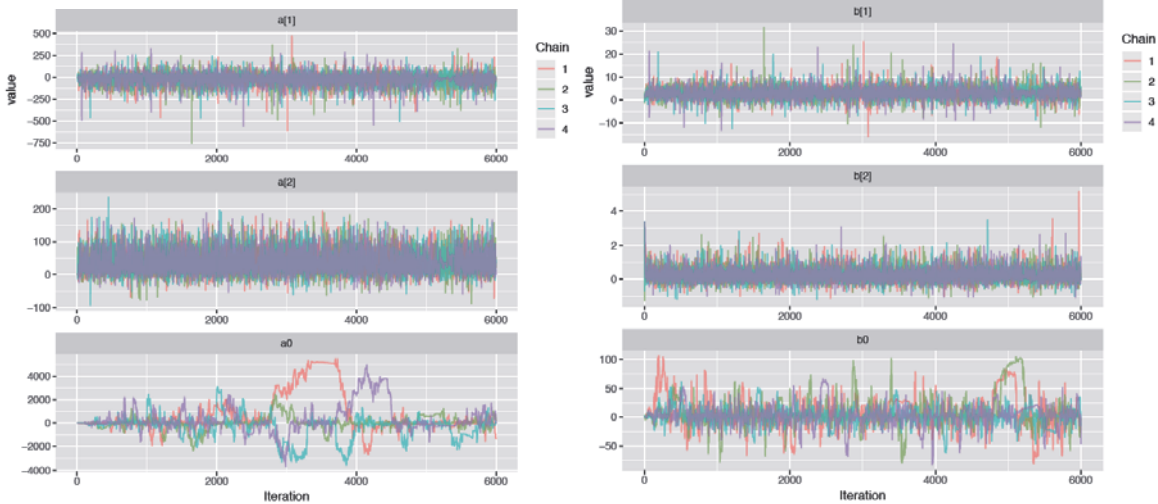


图 3. FY2008 Declining Trace-plot

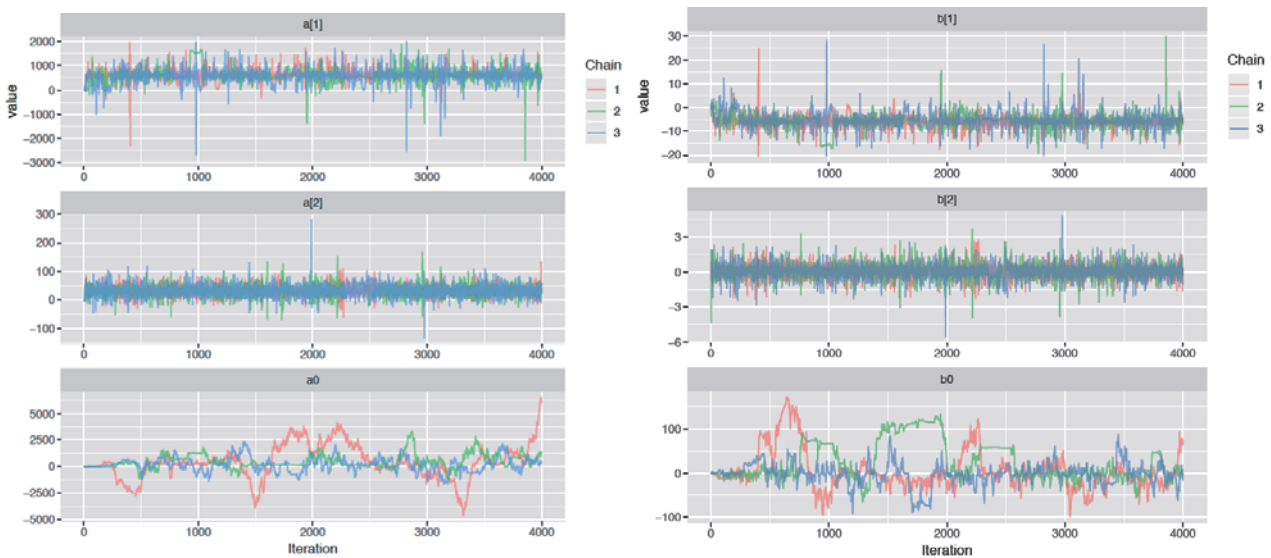


图 4. FY2017 Declining Trace-plot

表 3. Random FY2008 & FY2017 Fit-summary

Inference for Stan model: model for 2008 R-RC.  
 4 chains, each with iter=5000; warmup=500; thin=1;  
 post-warmup draws per chain=4500, total post-warmup draws=18000.

	mean	se_mean	sd	2.5%	25%	50%	75%
a0	-3.01	27.78	359.92	-728.58	-79.76	-10.17	65.80
b0	1.33	0.20	3.58	-7.70	0.28	1.24	2.57
a_raw[1]	-0.18	0.02	0.71	-1.63	-0.63	-0.16	0.28
a_raw[2]	0.13	0.02	0.71	-1.19	-0.35	0.10	0.59
b_raw[1]	0.21	0.02	0.71	-1.11	-0.26	0.15	0.65
b_raw[2]	-0.23	0.02	0.71	-1.69	-0.68	-0.21	0.25
s_a	504.27	68.29	774.75	6.23	52.17	185.83	606.70
s_b	5.91	0.36	8.18	0.18	1.00	2.91	7.79
s_Y	13.80	0.08	3.73	7.94	11.11	13.33	15.88
a[1]	-31.94	0.38	23.29	-87.33	-42.85	-28.02	-17.17
a[2]	-3.26	0.04	4.95	-12.39	-6.57	-3.48	-0.19
b[1]	1.65	0.01	0.51	0.97	1.32	1.47	1.84
b[2]	0.92	0.00	0.08	0.73	0.88	0.94	0.98
lp__	-113.33	0.13	3.30	-120.72	-115.28	-113.06	-111.04
97.5% n_eff Rhat							
a0	852.21	168	1.01				
b0	9.19	315	1.01				
a_raw[1]	1.18	1013	1.01				
a_raw[2]	1.61	995	1.01				
b_raw[1]	1.71	891	1.00				
b_raw[2]	1.11	981	1.01				
s_a	2767.95	129	1.06				
s_b	26.77	509	1.02				
s_Y	22.44	2290	1.00				
a[1]	5.99	3840	1.00				
a[2]	7.10	13752	1.00				
b[1]	2.89	3997	1.00				
b[2]	1.05	10970	1.00				
lp__	-107.76	632	1.01				

Inference for Stan model: model 2017 R-RC.  
 4 chains, each with iter=5000; warmup=500; thin=1;  
 post-warmup draws per chain=4500, total post-warmup draws=18000.

	mean	se_mean	sd	2.5%	25%	50%	75%
a0	59.98	102.43	891.10	-1897.96	-231.18	73.92	325.47
b0	0.69	0.22	2.36	-3.93	0.09	0.50	0.97
a_raw[1]	0.33	0.05	0.70	-0.91	-0.15	0.28	0.73
a_raw[2]	-0.16	0.07	0.67	-1.58	-0.58	-0.11	0.30
b_raw[1]	0.09	0.03	0.70	-1.29	-0.34	0.05	0.51
b_raw[2]	-0.09	0.03	0.71	-1.58	-0.49	-0.09	0.35
s_a	1537.82	556.70	2300.96	83.99	298.59	735.27	1814.30
s_b	4.24	0.59	7.57	0.82	0.29	1.14	4.48
s_Y	29.54	0.45	9.97	14.77	22.24	28.01	35.08
a[1]	228.70	1.49	48.71	120.11	203.65	221.02	236.00
a[2]	24.02	0.29	15.07	0.91	14.07	21.50	31.45
b[1]	0.56	0.00	0.19	0.35	0.49	0.52	0.55
b[2]	0.42	0.00	0.17	0.03	0.32	0.44	0.53
lp__	-137.34	0.23	3.46	-144.77	-139.56	-137.08	-134.77
97.5% n_eff Rhat							
a0	2068.72	76	1.08				
b0	6.04	110	1.04				
a_raw[1]	1.97	175	1.03				
a_raw[2]	1.11	102	1.04				
b_raw[1]	1.54	640	1.01				
b_raw[2]	1.27	646	1.01				
s_a	8287.33	17	1.07				
s_b	27.94	162	1.03				
s_Y	54.07	497	1.00				
a[1]	300.77	1066	1.00				
a[2]	60.68	2657	1.00				
b[1]	1.27	2917	1.00				
b[2]	0.70	2830	1.00				
lp__	-131.54	234	1.02				

Samples were drawn using NUTS(diag\_e) at Tue Aug 14 10:50:07 2018.  
 For each parameter, n\_eff is a crude measure of effective sample size,  
 and Rhat is the potential scale reduction factor on split chains (at  
 convergence, Rhat=1).

Samples were drawn using NUTS(diag\_e) at Mon Aug 13 13:47:03 2018.  
 For each parameter, n\_eff is a crude measure of effective sample size,  
 and Rhat is the potential scale reduction factor on split chains (at  
 convergence, Rhat=1).

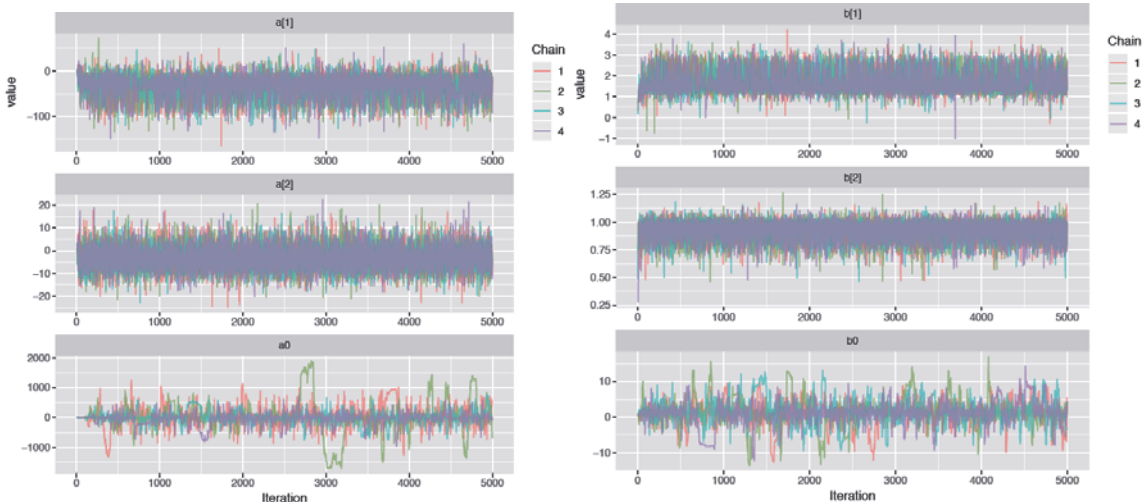


图 5. FY2008 Random Trace-plot

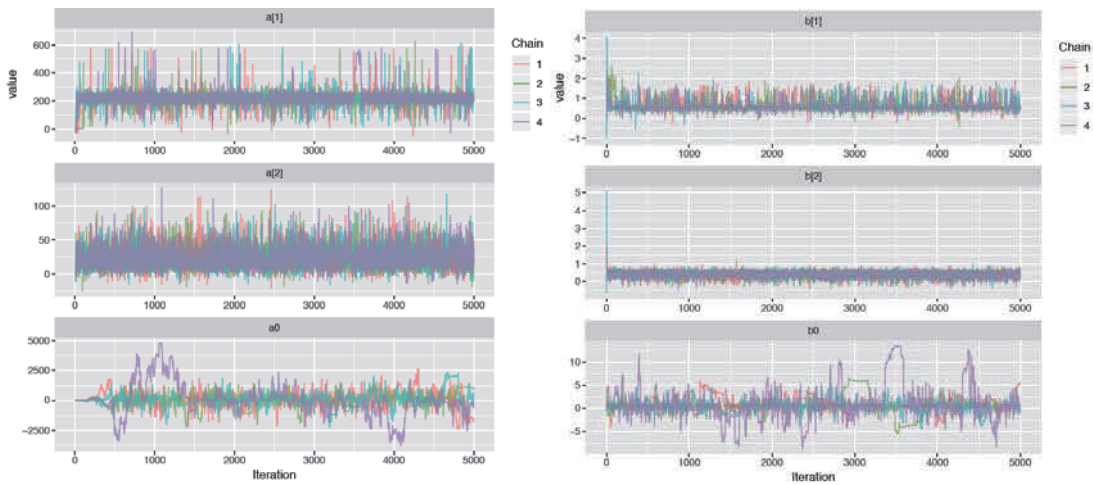


图 6. FY2017 Random Trace-plot

## 5. 結論

本研究では、現金等価資産が、赤字期間でさえも R&D の継続を可能にさせるコールオプションの役割を果たし得ることを確認した。ここでのデータは、FY2008 と FY2017 の両年度間での株価の変動を基に、上昇・下降・ランダム の 3 グループに、さらに R&D コストに対する現金等価資産に関するパレート分布から、スター企業とその他企業との 2 サブグループにそれぞれ分類可能である。各グループでのスター企業について、ベイジアン MCMC 分析から、金融危機の時には R&D コストと現金等価資産との 2 変数間には強い関係が存在する。特に、ベイジアン MCMC 分析は、ノイズからのシグナリング機能に有効である。今後の展開としては、デスバレーに関する一層深い理解に向けて、多変量解析、共分散構造分析、及び PyMC の応用を試みたい。

## 参考文献

- [1] Black, F., Scholes, M. (1973) The pricing of options and corporate liabilities, *Journal of Political Economy* 81(3): 637-654.
- [2] Merton, RC (1973) Theory of rational option pricing, *The Bell Journal of Economics and Management Science* 4(1): 141-183.
- [3] Myers, S. (1977) Determinants of corporate borrowing. *Journal of Financial Economics* 5(2): 147-175.
- [4] Myers, S. 1977. Determinants of Corporate Borrowing. *Journal of Financial Economics*, 5: 147- 175.