

Title	コロナショック下での債務超過バイオ企業のパレート分布とR&D生産性の相違
Author(s)	藤原, 孝男
Citation	年次学術大会講演要旨集, 39: 413-418
Issue Date	2024-10-26
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/19460">http://hdl.handle.net/10119/19460</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

# 1 F 0 8

## コロナショック下での債務超過バイオ企業のパレート分布と R&D 生産性の相違

○藤原孝男（豊橋技術科学大学・JST/APRC）

fujiwara.takao.tp@tut.jp

### 1. 序

マグニフィセント7のコンスタントな急上昇に対して、NBI(Nasdaq Biotechnology Index)は2021年以降、依然としてコロナショックの影響下にある。その結果、常態での赤字企業に加えて、コロナショック以降、債務超過（負の総株主資本 TSE: Total Stockholders' Equity）企業が依然として多数存在している（日本では上場廃止猶予期間が1年である）。

Q1: 何故、常態での赤字に加えて、債務超過企業が R&D 投資を継続・拡大できるのだろうか？ Q2: 常態での自己資本が使えない緊急時には代替的に、債務を原資産、R&D 投資を行使価格、CCE (Cash & Cash Equivalents: 現金・現金等価資産) をコールオプションとするリアルオプションは有効であろうか？ Q3: 債務超過企業の時価総額を基準とするパレート分布において、ヘッド企業の R&D 投資における債務超過への依存度はロングテール企業に比べても同等であろうか？

バイオ企業とは生命科学のアイデアを原資産とする事業化において R&D 投資機会をリアルオプションとする意思決定のポートフォリオとして定義する。研究方法は、2024年6月時点での NBI の構成企業 215 社の内、製薬大企業 2 社・持ち株会社 2 社を除く 211 社の US SEC EDGAR データを用いて、統計解析、ベイジアン McMC 解析を行う。目的としては、コロナショック下での債務超過バイオ企業の R&D 投資の継続可能性を調査し、緊急時のリアルオプションとしての CCE の可能性と限界とを確認することである。

### 2. 文献調査と研究ギャップ

バイオスタートアップは大学の基礎研究成果とニッチ市場との結合において機動力・コスト・柔軟性において優れているが、資源制約から「死の谷(Valley of Death)」に直面する課題が周知である[1-2]。但し、そのような赤字のバイオ企業の存続は、貸借対照表を基礎に資産から負債を差し引いた自己資本(TSE)としてのリアルオプションの常態での非負条件によって理解されてきた[3]。

$$E = \max(A - D, 0) \quad (1)$$

ここで E は自己資本、A は資産、D は負債を示す。但し、リーマンショックや今回のコロナショッ

クにおいて債務超過企業が出現すると、その存続の理由を従来の理論では説明不可能となる。故に、本稿では、新たに試算表を基礎に負債から R&D 費を差し引いた CCE を非常時でのリアルオプションとして提案する。

$$CCE \approx \max(D - R\&D, 0) \quad (2)$$

ここで CCE は現金・現金等価資産、D は負債、R&D は研究開発費を示す。

また、方法論としては不確実性下での確率分布によって意思決定を支援するベイジアン McMC を採用する[4-5]。

### 3. 財務状態と R&D

#### 3.1 NBI 構成企業の時価総額パレート分布

NBI 構成企業の内、対象の 211 社の時価総額の順位によってパレート分布が形成される（図 1）。上位のヘッド企業の社数・時価総額とその他の多くのロングテール企業の対応数値との間には非対称が存在する。この分布は多産多死によるラディカルイノベーションの競争構造を示している。

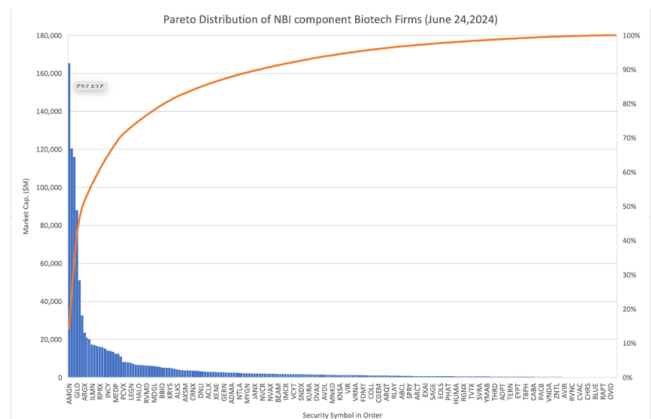


図 1. NBI 構成企業の時価増額によるパレート分布

#### 3.2 3 財務類型での純損益・TSE・時価総額での比較

多くのバイオ企業は資源制約下での開発期間・投資金額・成功確率によって「死の谷」に直面している。しかし、黒字企業だけでなく多くの赤字企業も R&D 投資を拡大し、投資金額に則して時価総額を拡大している。常態的に赤字企業が多い中、さらに、コロナショックの影響下で多くの債務超過企業が出現している。例えば、純損益と

TSE を軸とする平面では、時価総額に応じた圏域の分布は①黒字正 TSE、赤字の②正 TSE・②負 TSE の順序で、黒字負 TSE の象限を除き (N/A: カウントなし)、集積している (図 2)。

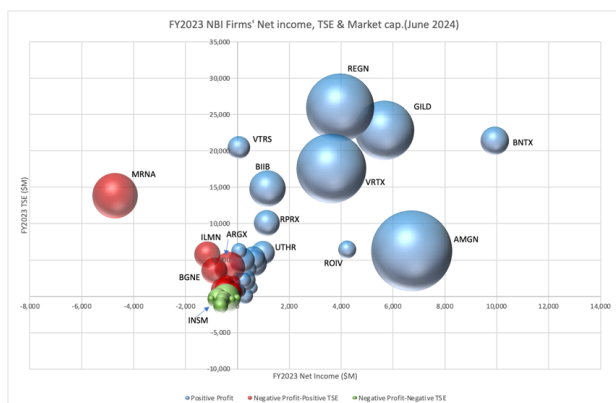


図 2. 純損益・総株主資本の平面での黒字・赤字正 TSE・赤字負 TSE の企業分布 (黒字の負 TSE 企業は存在しなかった)

株式指標としての PER(Price Earnings Ratio: 株価収益率)は株価を利益で、PBR(Price-Book-valued Ratio: 株価純資産倍率)は時価総額を純資産(≈正 TSE: ほぼ等しい)でそれぞれ除法した単位株の比率であり、少なくとも前者は黒字企業に、後者は正 TSE には有用でも、それぞれ赤字企業、負 TSE (債務超過) 企業には各非負条件のために適用できない。こうして、ここでの 3 財務類型での分布は、各企業のポテンシャルに加えて、それぞれ株式市場における評価の実現可能性・透明性にリンクした状況を反映した結果とも言える。

### 3.3 財務類型での R&D 生産性の比較

①黒字、赤字の②正 TSE・③負 TSE の計 3 財務類型企業の R&D 費に対する時価総額で測定する R&D 生産性の比較では、決定係数の相違はあるものの、傾きの大きさによって、第 1 位黒字、第 2 位赤字負 TSE、第 3 位赤字正 TSE の各企業順位となる (図 3)。第 1 位の黒字は理解が容易であるが、第 2 位赤字負 TSE と第 3 位赤字正 TSE とは余り大きな差はないとは言え、何故、不利な赤字負 TSE の順位が赤字正 TSE を凌駕する関係にあるのであろうか? こうして、次に赤字負 TSE 企業の状況について理解を深める必要がある。

## 4. 債務超過企業の R&D 投資特性

### 4.1 時価総額を基準にしたパレート分布

赤字負 TSE (債務超過) 企業も、図 1 に比較すると社数が減少するけれども、時価総額を基準にしてパレート分布が形成される (図 4)。こうして、債務超過企業といえども、多産多死のラディカルイノベーションの競争構造にあると言える。

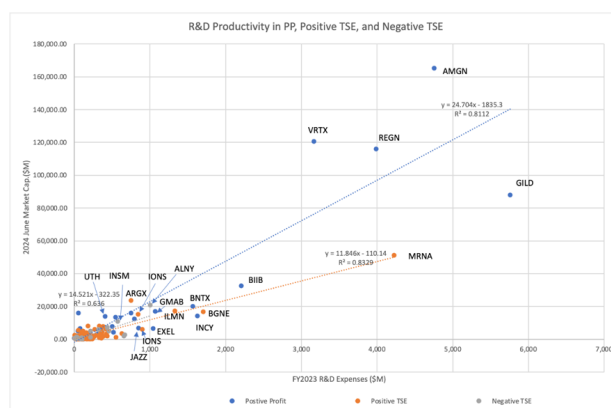


図 3. 黒字・赤字正 TSE・赤字負 TSE の企業の R&D 生産性の比較

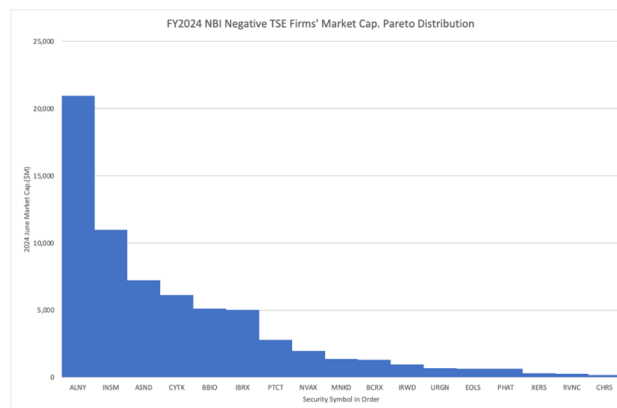


図 4. 債務超過企業の時価総額によるパレート分布

### 4.2 ヘッド・ロングテールの R&D 生産性比較

R&D 生産性の関数・傾きでは、パレート分布での時価総額\$5B 以上のヘッド企業とそれ未満のロングテール企業とに分けた場合、大きな相違が存在する。ヘッド企業では R&D 費の投入に対する時価総額の指数関数的上昇が見られるが、ロングテール企業では、一次関数的な上昇傾向が示される。

CCE への依存度ではヘッド・ロングテールの両方とも R&D・時価総額の大きさに沿って上昇する自然な傾向が見られる。他方、時価総額に向けての R&D 投資に関する原資として、債務超過への依存はヘッドでは下位、ロングテールでは上位において大きくなる傾向がある (図 5)。特にヘッドでは上位ほど、どうして債務超過への依存が減少するのであろうか?

### 4.3 ヘッド・ロングテールの R&D 資源の依存度

TSE・CCE の平面でのヘッド・ロングテールの趨勢は、ロングテールが債務超過・CCE の両方に比例して (R&D 費と) 時価総額が拡大しているのに対して、ヘッドでの債務超過減少と CCE 拡大 (R&D 費拡大と) とのトレードオフは、圧倒的な時

価総額の拡大によって相殺・緩和されている可能性がある（図6）。こうして時価総額の増大はR&D 費拡大下でも債務超過の削減に貢献し得る。

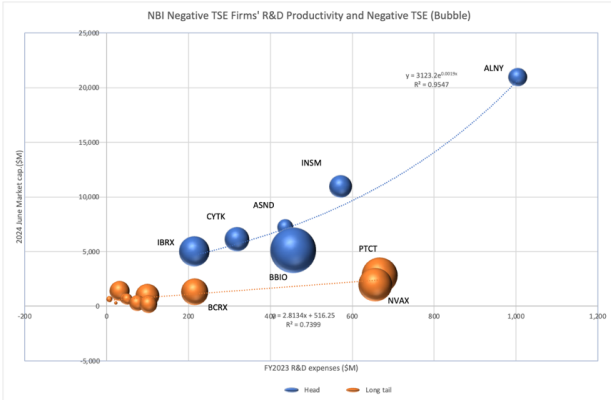


図 5. 債務超過のヘッド・ロングテール企業の R&D 生産性比較（バブル：債務超過）

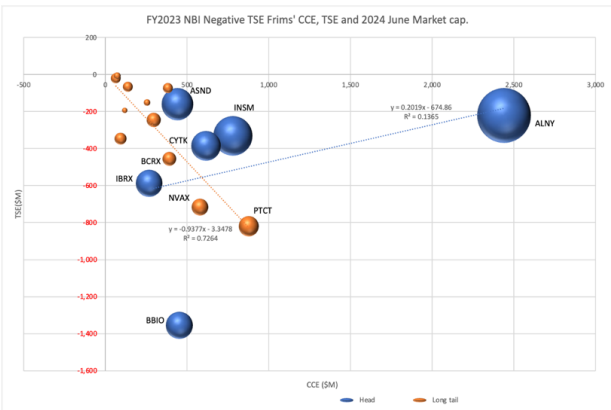


図 6. 債務超過のヘッド・ロングテール企業の TSE・CCE・時価総額

#### 4.4 ヘッド・ロングテールの 5 年間の資産・負債の比率推移

両グループとも、資産・負債の両方において 5 年間に拡大している。また、両グループとも同期間に負債への依存度が傾きとして上昇しているが、いつもロングテールの依存度の方が高い（図7）。ロングテールでは上位で資産が大きいほど債務超過への依存度も高く、逆に、ヘッドでは上位で資産が大きいほど同依存度が低くなる。2023 年度の両グループのグラフ間のクロス領域では両者の特徴は似ている。こうして、債務超過企業における資産に対する負債との間には逡減的關係があると言える。

個別企業レベルでもヘッドの下位ほど、また、ロングテールの上位ほど 5 年間に負債依存度を高めている。すなわち、全体的には、特にヘッドの下位では傾きが垂直に近く、債務への依存度が高い。また、ロングテールでは互いに傾きが似ているとは言え上位では垂直に近い例も見られる。

これまでは予備的なデータの概略を観察したが、次節ではソフトウェア RStan によるベイズ

ン McMC による統計的モデル解析を行う。

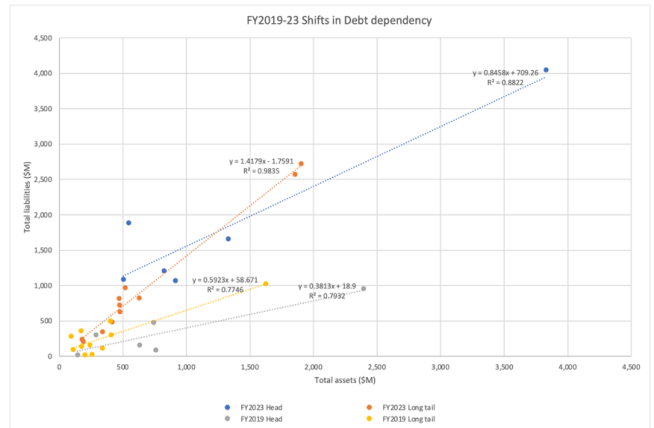


図 7. FY2019-23 の債務超過のヘッド・ロングテール企業の TSE・CCE の推移

### 5. ベイズアン McMC 解析

$$\mu_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i1} x_{i2} + \beta_5 x_{i1} x_{i3} \quad (3)$$

$$y_i \sim \text{Normal}(\mu_i, \sigma^2) \quad (4)$$

$$\mu_j = \beta_0 + \beta_1 x_{j1} + \beta_2 x_{j2} + \beta_3 x_{j1} x_{j2} \quad (5)$$

$$y_j \sim \text{Normal}(\mu_j, \sigma^2) \quad (6)$$

ここで  $y$  は従属変数、 $\text{Normal}(\cdot)$  は正規確率関数、 $\mu$  は期待値、 $\sigma^2$  は分散、 $\beta_0$  は切片、各(3)(5)式の  $x_1$  は独立変数、その他の  $x$  はダミー変数、 $x_1$  と他の  $x$  との積は交互作用（独立変数との財務状態の相違の効果）、 $x$  の前の  $\beta$  は係数、 $i, j$  は各式を示す。以下の解析では全て  $r$  ハット ( $\hat{r}$ ) の数値が 1.1 未満であり、収斂していると言える。

#### 5.1 3 財務類型による R&D 生産性の比較

3 財務類型による R&D 生産性の相違を比較する。式(3)・(4)において、一般化正規線形モデルの従属変数が時価総額、独立変数が債務超過企業の R&D 費、第 1 ダミー変数が黒字企業、第 2 ダミー変数が赤字純資産企業であり、加えて債務超過企業の R&D 費と残りの 2 財務類型との交互作用も調べて、傾き・切片の各差分も計算している。

すなわち、表 1 の結果から、債務超過(nTSE)企業の傾きは R&D 費 \$1M の投資に対して時価総額 \$14.51M の増加傾向、切片-\$358.14M を示し、黒字(PP)企業の傾きは増分 10.20 で 24.71 の傾き、切片は差分-\$1,501.63M で-\$1,859.77M を示し、赤字純資産(pTSE)企業の傾きは-2.68 の差分で 11.83、切片は差分\$241.47M で-\$116.67M となる。

その結果、図 8 から、期待値としては、黒字企業の傾き  $24.71 >$  債務超過企業の傾き  $14.51 >$  赤字純資産企業の傾き  $11.83$  の関係となる。但し、95% の信用区間では、「黒字企業の傾き」 $>$  「赤字純資

産企業の傾き」の関係は明確に示せるが、債務超過企業の傾きの範囲は他の2財務類型の企業の傾きと重なり、期待値は別としても確率的には順位を区別できない。故に次に、債務超過企業のR&D特性を一層、調査する必要がある。

表 1. 3財務形態の R&D 生産性比較のベジアン McMC 交互作用解析

```

Family: gaussian
Links: mu = identity; sigma = identity
Formula: marketcap ~ finance * rdexp
Data: interaction_1 (Number of observations: 210)
Draws: 4 chains, each with iter = 2000; warmup = 1000; thin = 1;
total post-warmup draws = 4000

Population-Level Effects:

```

	Estimate	Est.Error	l-95% CI	u-95% CI	Rhat	Bulk_ESS	Tail_ESS
Intercept	-358.14	2501.10	-5359.87	4352.27	1.00	1537	2047
financepp	-1501.63	2858.13	-7013.22	4166.72	1.00	1727	2154
financepTSE	241.47	2557.39	-4730.01	5228.15	1.00	1572	2013
rdexp	14.51	6.13	2.96	27.12	1.00	1419	1666
financepp:rdexp	10.20	6.22	-2.49	21.93	1.00	1415	1662
financepTSE:rdexp	-2.68	6.26	-15.41	9.12	1.00	1435	1723

```

Family Specific Parameters:
Estimate Est.Error l-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
sigma 7272.11 355.86 6625.96 8008.69 1.00 2537 2460

Draws were sampled using sampling(NUTS). For each parameter, Bulk_ESS
and Tail_ESS are effective sample size measures, and Rhat is the potential
scale reduction factor on split chains (at convergence, Rhat = 1).

```

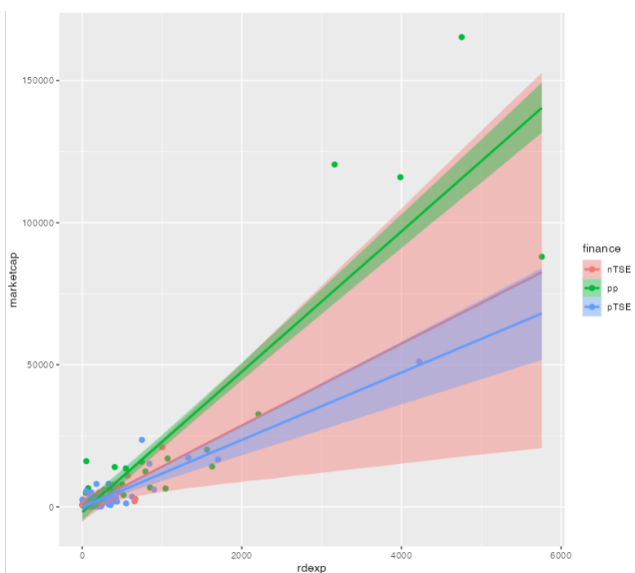


図 8. 3財務形態の R&D 生産性比較のベジアン McMC 交互作用解析

## 5.2 債務超過企業のヘッド・ロングテールの比較

### 5.2.1 R&D 生産性の比較

債務超過企業のヘッドとロングテールとの間での R&D 生産性に関しては、式(5)・(6)にて時価総額を従属変数、ヘッド企業の R&D 費を独立変数、ロングテール企業をダミー変数として計算する。一般化正規線形モデルにおける交互作用の解析結果として、表 2 から、ヘッド企業は\$1M の R&D 費の投入に対する時価総額\$21.28M の増加傾向の傾きと、切片-\$1,381.77M であり、ロングテール企業の傾きは差分-18.43 から 2.85、切片は差分\$1,896.56M から\$514.79M である。

また、グラフ化では、図 9 から、期待値として債務超過企業の「ヘッドの傾き 21.28」>「ロング

テールの傾き 2.85」による R&D 生産性としてのグラフは、\$100M でクロスするが、95%の信用区間から明確に区別され、ヘッド企業の方がロングテール企業よりも R&D 生産性が高いと言える。

表 2. 債務超過企業のヘッド・ロングテール間の R&D 生産性比較のベジアン McMC 交互作用解析

```

Family: gaussian
Links: mu = identity; sigma = identity
Formula: marketcap ~ paretdis + rdexp
Data: interaction_1 (Number of observations: 17)
Draws: 4 chains, each with iter = 2000; warmup = 1000; thin = 1;
total post-warmup draws = 4000

Population-Level Effects:

```

	Estimate	Est.Error	l-95% CI	u-95% CI	Rhat	Bulk_ESS	Tail_ESS
Intercept	-1381.77	1172.70	-3714.49	980.92	1.00	1560	1908
paretdislongtail	1896.56	1256.63	-542.88	4400.26	1.00	1516	1787
rdexp	21.28	2.08	17.07	25.45	1.00	1502	1819
paretdislongtail:rdexp	-18.43	2.66	-23.65	-13.17	1.00	1586	1683

```

Family Specific Parameters:
Estimate Est.Error l-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
sigma 1269.47 292.35 838.73 1964.93 1.00 1711 2115

Draws were sampled using sampling(NUTS). For each parameter, Bulk_ESS
and Tail_ESS are effective sample size measures, and Rhat is the potential
scale reduction factor on split chains (at convergence, Rhat = 1).

```

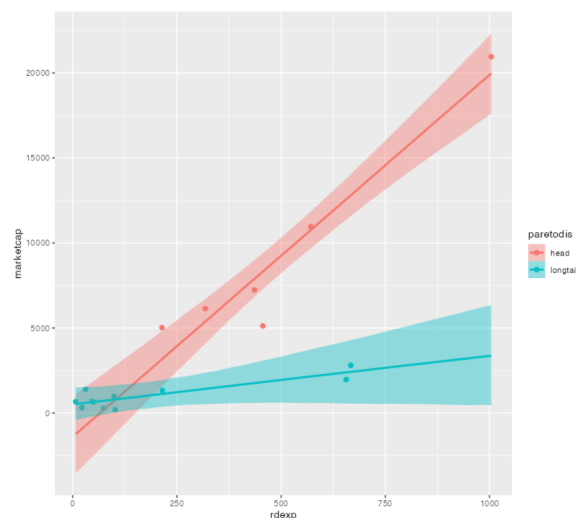


図 9. 債務超過企業のヘッド・ロングテール間の R&D 生産性比較のベジアン McMC 交互作用解析

### 5.2.2 R&D 投資の CCE への依存度

CCE による R&D 費の変化では、式(5)・(6)にて従属変数を R&D 費、独立変数をヘッド企業の CCE、ダミー変数をロングテール企業と仮定する。一般化正規線形モデルにおける交互作用の解析結果として、表 3 からヘッド企業の傾きは CCE\$1M の投入に対する R&D 費が \$0.32M の増加で、切片は\$230.76M であり、ロングテール企業の傾きは差分 0.53 から 0.85、切片は差分-\$303.58M から-\$72.82M である。

図 10 からヘッド企業とロングテール企業のグラフは CCE の\$500M でクロスしている。「ロングテール企業の傾き 0.85」>「ヘッド企業の傾き 0.32」によって、信用区間 95%水準で明確に区別され、ヘッドよりもロングテールの方が CCE に

よる R&D 費の増加の傾きが大であり、債務超過の存在と時価総額の低さに対する脆弱性を回避する必要性の高さが窺い知れる。

表 3. 債務超過企業のヘッド・ロングテール間の R&D 投資の CCE への依存度のベジアン McMC 交互作用解析

```

Family: gaussian
Links: mu = identity; sigma = identity
Formula: rdexp ~ paretoDIS * CCE
Data: interaction_2 (Number of observations: 17)
Draws: 4 chains, each with iter = 2000; warmup = 1000; thin = 1;
total post-warmup draws = 4000

Population-Level Effects:
      Estimate Est.Error L-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
Intercept      230.76    82.62   62.05  391.32 1.00   2403   2986
paretoDISlongtail -303.58  105.05 -504.38 -86.17 1.00   1752   2183
CCE              0.32    0.07    0.18    0.48 1.00   2238   2307
paretoDISlongtail:CCE 0.53    0.18    0.16    0.89 1.00   1843   2510

Family Specific Parameters:
      Estimate Est.Error L-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
sigma    131.28   28.73   89.67  202.48 1.00   2426   2474

Draws were sampled using sampling(NUTS). For each parameter, Bulk_ESS
and Tail_ESS are effective sample size measures, and Rhat is the potential
scale reduction factor on split chains (at convergence, Rhat = 1).

```

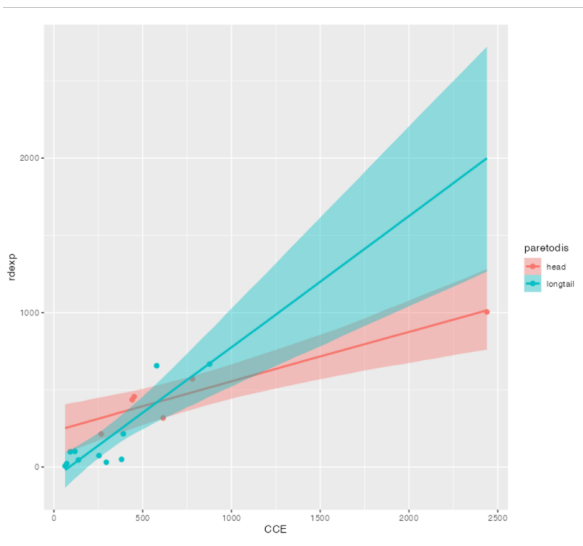


図 10. 債務超過企業のヘッド・ロングテール間の R&D 投資の CCE への依存度のベジアン McMC 交互作用解析

### 5.2.3 CCE の債務超過への依存度

表 4 からヘッド企業の TSE\$1M の投入に対する CCE の増加の傾きは \$0.67M で正であり、切片は \$1,176.29M である。ロングテール企業での傾きは差分 -1.44 から -0.77 であり、切片は差分 \$1,097.86M から \$78.43 である。こうして、ヘッド企業での CCE 調達の原因が時価総額の増加を通じた債務超過の削減であるのに対してロングテール企業では現状での債務超過をさらに増加させることで CCE を調達していることになる。

図 11 から、「ヘッド企業の傾き 0.67」 > 「ロングテール企業の傾き -0.77」であり、-\$750M を閾値にして、ヘッド企業の傾きが正であるのに対してロングテール企業の傾きが負となっている。CCE への原資として、ヘッド企業が債務超過下でありながらも、時価総額の大きさを背景とした、自己資本の増加と等価としての債務超過の削減

に積極的であるのに対して、ロングテール企業では頑強性の高い CCE 確保のために債務超過をさらに拡大しており、真逆の対応をしていることが分かる。特に、TSE-\$500M よりも上部の軸では、信用区間 95%水準で両グラフは明確に区別され逆の傾きを示している。

表 4. 債務超過企業のヘッド・ロングテール間の CCE の債務超過への依存度のベジアン McMC 交互作用解析

```

Family: gaussian
Links: mu = identity; sigma = identity
Formula: CCE ~ paretoDIS * TSE
Data: interaction_2 (Number of observations: 17)
Draws: 4 chains, each with iter = 2000; warmup = 1000; thin = 1;
total post-warmup draws = 4000

Population-Level Effects:
      Estimate Est.Error L-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
Intercept     1176.29   346.91   500.73  1876.98 1.00   1599   2411
paretoDISlongtail -1097.86  420.85 -1917.11 -262.57 1.00   1431   1898
TSE            0.67    0.54   -0.40    1.75 1.00   1595   2056
paretoDISlongtail:TSE -1.44    0.82   -3.10    0.17 1.00   1540   1634

Family Specific Parameters:
      Estimate Est.Error L-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
sigma    531.41   117.19   361.46  809.91 1.00   1989   2157

Draws were sampled using sampling(NUTS). For each parameter, Bulk_ESS
and Tail_ESS are effective sample size measures, and Rhat is the potential
scale reduction factor on split chains (at convergence, Rhat = 1).

```

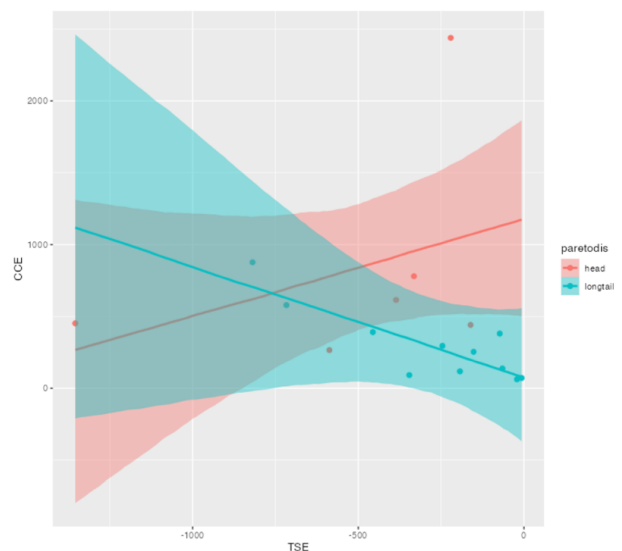


図 11. 債務超過企業のヘッド・ロングテール間の CCE の債務超過への依存度のベジアン McMC 交互作用解析

### 5.2.4 債務超過の総資産に対する比重

表 5 から総資産に対する総株主資本の変化に関するヘッド企業の総資産 \$1M の投入に対する TSE の増加(債務超過の改善)は \$0.16M の傾き、切片は -\$714.59M であり、ロングテール企業の傾きは差分 -0.58 から -0.42 (債務超過の拡大)、切片は差分 \$715.48M から \$0.89M である。「ヘッド企業の傾き 0.16」 > 「ロングテール企業の傾き -0.42」からヘッド企業では資産の増加に伴い債務超過の改善が、他方、ロングテール企業では債務超過の拡大が予測される。

図 12 から、総資産 \$1,250M の水準でクロスし、その他でも信用区間 95%水準の端で少し重なっ

てはいるが、「ヘッド企業の傾き 0.16 を期待値として正」>「ロングテール企業の傾き-0.42 を期待値として負のグラフ」は、ほとんど明確に区別され、資産の増加に伴うヘッド企業の債務超過の低減と、ロングテール企業の債務超過の増加という逆の方向が示される。ヘッド企業は R&D 投資の成功による時価総額の大きさに伴い債務超過の低減を推進し、他方、ロングテール企業は時価総額の低さから抜け出すために債務超過の拡大によって資産拡大・R&D 投資を行っていると思われる。債務超過の下での R&D 投資を目的とした債務超過拡大と時価総額拡大との間にはトレードオフの関係がありそうに思われる。

表 5. 債務超過企業の債務超過の資産に対する比重のベジアン McMC 交互作用解析

```

Family: gaussian
links: mu = identity; sigma = identity
Formula: TSE ~ paretoDIS * tassets
Data: interaction_2 (Number of observations: 17)
Draws: 4 chains, each with iter = 2000; warmup = 1000; thin = 1;
total post-warmup draws = 4000

Population-Level Effects:
      Estimate Est.Error l-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
Intercept      -714.59   189.90  -1090.97  -336.20  1.00   2227   2471
paretoDISlongtail  715.48   237.15   264.76  1208.51  1.00   1767   2187
tassets          0.16     0.11    -0.05   0.38  1.00   2002   1956
paretoDISlongtail:tassets -0.58     0.19    -0.97  -0.19  1.00   1852   2294

Family Specific Parameters:
      Estimate Est.Error l-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
sigma  293.12    64.84   196.18  446.63  1.00   2479   2574

Draws were sampled using sampling(MCMC). For each parameter, Bulk_ESS
and Tail_ESS are effective sample size measures, and Rhat is the potential
scale reduction factor on split chains (at convergence, Rhat = 1).

```

## 6. 議論：問題意識 Q1-Q3 への解答

A1：債務超過でも CCE を確保できれば R&D 投資を拡大できる。

A2：時価総額パレート分布のヘッド企業ではロングテール企業よりも依存度が低下するが CCE は R&D 投資決定の自由裁量として機能する。

A3：ヘッド企業の上位ほど債務超過への依存度は低下し、時価総額に原資を依存するようになる。

## 7. 結び

債務超過企業は、NBI と同様に小規模ながらも時価総額を指標にパレート分布を形成している。時価総額\$5B 以上のヘッド企業はそれ未満のロングテール企業に比較して、R&D 生産性が高く、CCE への依存では低く、CCE の債務超過依存度を改善し、資産の拡大につれて債務超過への依存から脱却している。それに対してロングテール企業では、R&D 投資を拡大するために依然として債務超過への依存度を増している。これはヘッド企業では債務超過ながらも時価総額を拡大する可能性があるのに対して、ロングテール企業では、ポテンシャルを株式で評価する市場のなさを反映している。例えば、Alnylam では\$1B クラスの負債を将来の受領ロイヤリティを担保に

Blackrock から調達しているが、著名 private equity からの資金調達が技術ポテンシャルのシグナルを資本市場に送っている可能性もある。

今後の課題としては、債務超過企業の債務と時価総額とのトレードオフの最適化の理論・基準を明らかにすることである。

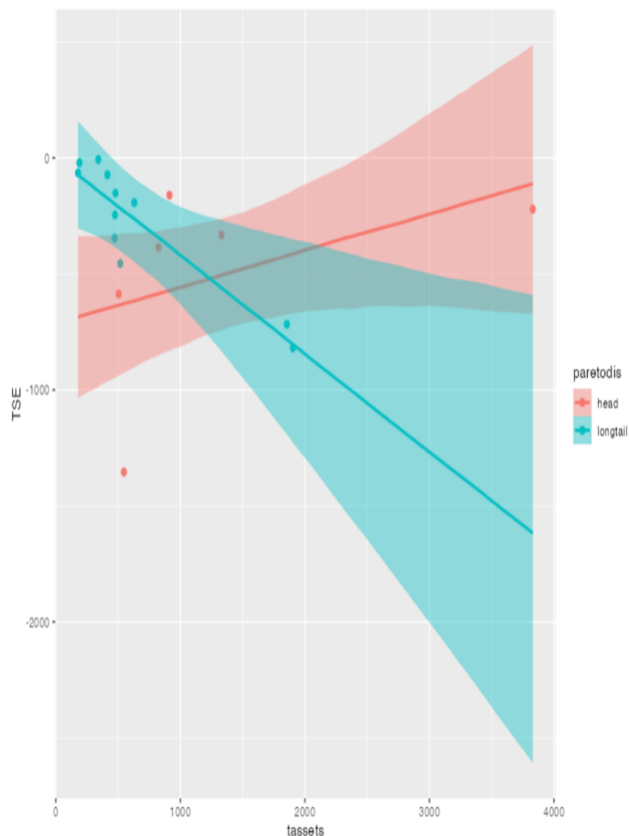


図 12. 債務超過企業の債務超過の資産に対する比重のベジアン McMC 交互作用解析

## 参考文献

- [1] Kenney, M. *Biotechnology: The University-Industrial Complex*, New Haven, CT: Yale University Press, 1986.
- [2] Pisano, G.P., *Science Business: The Promise, the Reality, and the Future of Biotech*, Boston, MA: Harvard Business School Press, 2006.
- [3] Myers, S.C., Determinants of corporate borrowing, *Journal of Financial Economics* 5(2): 147-175, 1977.
- [4] Kruschke, J.K., *Doing Bayesian Data Analysis, Second Edition: A Tutorial with R, JAGS, and Stan*, Boston, MA: Academic Press, 2015.
- [5] Gelman, A. et al., *Bayesian data analysis, 3rd edition*, Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 2013.