

Title	ポストコロナ禍でのバイオ企業のR&D生産性と財務状態との交互作用について
Author(s)	藤原, 孝男
Citation	年次学術大会講演要旨集, 40: 722-727
Issue Date	2025-11-08
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	https://hdl.handle.net/10119/20133
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.takao.tp@tut.ac.jp

1. 序

March(1991)[1] は基礎研究の社会実装化、Ehlers(1998)[2]は「死の谷(Valley of Death: VoD)」克服の必要性、Kenney(1986)[3]、Pisano(2006)[4]はバイオ製薬業での VoD 長期化を各々指摘している。バイオ製薬業界には従来の赤字に加え、ポストコロナ禍として依然「債務超過(Total Stockholders' Deficit)」企業が数多く見られる。確かに、Merton(1974)[5]の「オプション資本構成(Option-based Capital Structure)」によれば、理論的にはコールとしての非負の株式価値(Equity Value)が債務超過バイオ企業の存続基準になる(NB、「無リスク債一プラット=信用リスク債権」の購入者の存在が前提)。また、M&M 命題(Modigliani & Miller, 1958[6])によれば、「企業の所有者は株主」として、企業と株主の各フリー・キャッシュフロー及び資本コストによるNPV(Net Present Value)は市場価値として一致する(NB、債権者はプラット売りリスクをWACCに反映可能)。

問題意識として、先ず、企業の所有者が株主であるのなら、常態的な赤字に加え、債務超過企業までもが「R&D 投資を継続」できる不思議さを企業価値(Enterprise Value)と総株主資本(Total Stockholders' Equity)の両視点から説明可能であろうか? 次に、「死の谷」の観点から、純損益との交互作用を組み込んだ、企業価値・総株主資本の両「R&D 生産性」の解析によって、バイオ企業の R&D 投資の成否を、市場評価や負債の視点から検討できないであろうか? 第3に、逆に、実務的企業価値の計算式での市場変動に頑強な現預金(CCE: Cash and Cash Equivalents)を原資産とし、R&D 費を行使価格とするコールオプションは市場混乱期の再起(Resilient)オプションとして期待可能であろうか?

基本概念として、バイオ企業とは生命科学を事業化する投資機会としてのリアルオプションのポートフォリオとして定義し、研究の枠組みとして、M&M(1958)命題[6]、Merton(1974)[5]「株式コールオプション評価」の資本構成の観点に基づく。

研究方法として NBI(Nasdaq Biotechnology Index)[7]構成企業に関する EDGAR(Electronic

Data Gathering, Analysis, and Retrieval system)[8]データを用いる。研究目的としては、先ず、債務超過企業が依然として存在する中で、企業と投資家との間の NPV の一致にも関わらず、簿価の総株主資本と市場評価の企業価値を中心とする、総債務を含めた、財務的データの相違や各 R&D 生産性に関して、実務的企業価値の構成変数を指標に検討する。第2に、純損益との交互作用を通じた、総株主資本と企業価値の各 R&D 生産性に関して、確率分布で推定可能なベイジアン McMC(Markov chain Monte Carlo)回帰解析を実施する。そして、第3に、再起オプションの可能性を検討する。

2. 研究の枠組み：オプション的資本構成

理論的な企業価値(Enterprise Value)は株主価値(Equity Value)と正味債務(Net Debt)価値との合計ではあるが、M&M 命題 I & II (1958)[6]から、「企業の所有者を株主」とする通説と一致するかのように、有限責任の完全市場では、不思議ではあるが、企業と株主の各投資価値の増分である NPV は等しくなる。すなわち、前提として、 $V_0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCFF_t}{(1+WACC)^t}$ 、 $E_0 = \sum_{t=1}^n \frac{FCFE_t}{(1+CAPM)^t}$ 、 $V_0 = E_0 + D_0$ 、 $NPV_{Firm} = V_0 - I_0^{Firm}$ 、 $NPV_{Equity} = E_0 - I_0^{Equity}$ 、 $I_0^{Firm} = I_0^{Equity} + D_0$ から、両視点の NPV は：

$$NPV_{Firm} = V_0 - I_0^{Firm} = (E_0 + D_0) - (I_0^{Equity} + D_0) = E_0 - I_0^{Equity} = NPV_{Equity} \quad (1)$$

ここで、 V_0 = 理論的企業価値(時価ベース)、 $FCFF$ = 企業フリー・キャッシュフロー(Free Cash Flow to Firm)、 $WACC$ = 加重平均資本コスト(Weighted-Average Cost of Capital)、 E_0 = 株主価値、 $FCFE$ = 自己資本フリー・キャッシュフロー(Free Cash Flow for Equity)、 $CAPM$ = 資本資産評価モデル(Capital Asset Pricing Model)、 D_0 = 債務(有利子負債)の市場価値、 NPV = 正味現在価値(Net Present Value)、 I_0 = 初期投資、 t = 時刻とする。

加えて、Merton(1974)[5]モデルでの株主価値は、企業価値を原資産、債務額面行使価格とし、債務超過でも「非負」のヨーロピアンコールとして：

$$E_0 = V_0 \cdot N\left(\frac{\ln(V_0) + (r + \frac{1}{2}\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}}\right) - Fe^{rT} \cdot N\left(\frac{\ln(V_0) + (r + \frac{1}{2}\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} - \sigma\sqrt{T}\right) \geq 0 \quad (2)$$

ここで、 F = 債務額面(満期), r = 無リスク金利, σ = ボラティリティ, T = 債務満期, $N(\cdot)$ = 標準正規分布の累積分布関数(NB, コール買いは債権者のプット売りが前提)。Myers(1977)[9]は、企業価値が既存価値とリアルオプションによる成長価値とに分離可能としているが、多くのリアルオプション研究は、対象が実物資産ではあるものの、金融オプションと同じ手法を採用している(Dixit & Pindyck, 1984 [10], Copeland, 2001[11])。

他方、簿価の総株主資本は、有限責任の前提では、貸借対照表から：

$$TSE = \max(TA - TL, 0) \quad (3)$$

ここで、 TSE = 総株主資本, TA = 総資産(Total Assets), TL = 総負債(Total Liabilities)。しかし、 TSE は通常、非負ではあるが、ポストコロナ禍でもR&D投資を維持するため負の TSE である債務超過企業が多い。

対照的に、一時的な債務超過(負 TSE)にも関わらず、R&D投資継続を通じて市場での長期的評価を志向する際の実務的企業価値式、 $EV = MC + TD - CCE$ にて、 MC 時価総額は市場評価を受け、 TD 総債務は簿価ではあるがリスクを反映し、 CCE 現預金は市場から隔離された債務返済可能な資産である。故に、企業価値は時価総額と総債務をリスク原資産とし、意思決定の柔軟性維持に要する現預金を行使価格とするリアルオプションとして：

$$EV = \max([MC + TD] - CCE, 0) \quad (4)$$

ここで、 EV = 実務的企業価値、 MC = 時価総額(Market Cap) = E_0 , TD = 総有利子債務(Total Debt)の簿価、 CCE = 現預金(Cash and Cash Equivalents)。さらに、債務超過企業において、将来の意思決定の可能性を開く現預金を原資産、R&D費行使価格とするコールオプションとしての再起オプション(Resilience Option)は：

$$RO = \max(CCE - R&D, 0) \quad (5)$$

ここで、 RO = 再起オプション、 $R&D$ = R&D費。

3. バイオ企業のR&D生産性

3.1. パレート分布・データの内訳

製薬大企業を除くNBI(2024年末、時価総額は2025年5月12日)[7]261社の中で上位250社の時価総額はパレート分布を形成する(図1)。分析に使用可能なデータ源の246社の純利益、実務的企業価

値、総株主資本の関係から、上場企業でも84.1%が赤字で「死の谷」常態が確認できる(表1)。価値毀損(現預金>0であれば存続可能)は20.3%で、その内、96.0%が赤字、債務超過が4.0%である。他方、債務超過は全体の11.0%で、その内、85.2%が赤字、7.4%が価値毀損で、多くは赤字であるが、必ずしも価値毀損ではない。債務超過も価値毀損も全体平均よりも赤字が多いが、互いの相関は低くない。

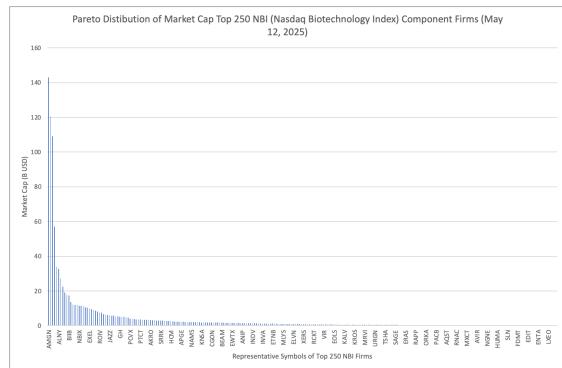


図1. NBI時価総額上位250社のパレート分布

表1.NBI246社の損益・企業価値・総株主資本

Net Income		Enterprise Value		Total Stockholders' Equity	
Positive	39	Positive	37	Positive	33
		Negative		Positive	2
Negative	207	Positive	159	Positive	138
		Negative	48	Negative	21
		Positive	196	Positive	46
		Negative	50	Negative	27
Sum	246		246		246

3.2. 総株主資本と実務的企業価値

総株主資本Xと実務的企業価値Y(1桁多い)の座標軸では、黒字企業は実務的企業価値の方に、赤字企業は総株主資本の方に傾斜している(図2)。特に、黒字上位3社では、債務レバレッジの影響から総株主資本と実務的企業価値の関係が負の相関関係にある。しかし、全体的に両軸の上位では、R&D投資の意欲・余裕を反映し赤・黒字の絶対値も大となる傾向がある。媒介変数に関して、両軸の中でも実務的企業価値が大であると赤字・黒字共に時価総額も比例する傾向がある。さらに、総株主資本よりも実務的企業価値の方が大であると特に黒字トップ企業ではM&A資金調達と資本コスト節約のため債務も大となる。逆に、現預金は総株主資本の大きな赤字企業においてリスク回避のため大となる傾向がある。しかし、両軸の上位では、赤・黒字企業共にR&D費が高い。

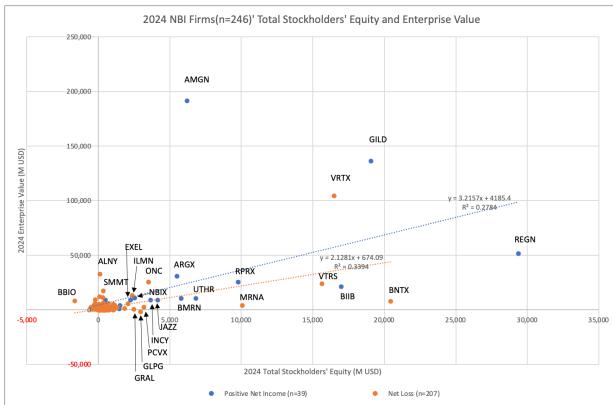


図 2.NBI246 社の総株主資本と企業価値

3.3. 債務超過企業の実務的企業価値 R&D 生産性
 債務超過企業の実務的企業価値 R&D 生産性に関して、黒字企業(n=4)のサンプル数は少ないが、赤字企業(n=25)では正の傾きで、逆に黒字企業では負の傾きである(図3)。媒介変数として時価総額に関しては、赤字企業では実務的企業価値・R&D投資に比例し増加傾向であり、黒字企業では明確な関係がない。総債務は、赤字企業の実務的企業価値・R&D費の中位で大であり、黒字企業ではR&D費が小で実務的企業価値の高い企業で大であり、債務調達がR&D費との正の相関を示唆している。現預金では、相対的に赤字企業の実務的企業価値・R&D投資の低位集団で、黒字企業の低企業価値・高R&D投資の集団で高く、リスク回避傾向を示している。こうして、むしろ意図的に赤字企業の方が黒字企業よりも時価総額・総債務を通じてR&D費を調達し、さらに時価総額への好循環を反映している傾向があり、逆に、黒字企業では市場から隔離した現預金へR&D費を依存し、資金調達と時価総額との好循環が未確立の状態と言える。

4. R&D 生産性と財務状態とのベイジアン交互作用解析

上記の予備的解析を参考しながらも、本稿では通常の頻度主義統計解析に対するベイジアン McMC 解析での、少サンプルでも有効、点推定ではなく信用区間の確率分布による直接的な推定可能性、柔軟なモデル化、多重共線性や交互作用を含むパラメータ間の複雑な依存構造の把握可能性、予測重視の解析への適合性 (Gelman et al., 2013[12]; Kruschke, 2015[13]) に注目する。特に、主効果 (e.g., R&D費投資に関する) に交互作用 (e.g., 純損益との) を組み込んだベイジアン推論での事前分布を通じた過学習や多重共線性への正則化、点推定だけでなく交互作用の事後分布による効果の強さ・方向性の確率的評価、グループや階層をまたぐ交互作用との親和性、複雑な構

造の推定可能性など (Chipman, 1996[14]; Yuan et al., 2006[15]; Hao, et al., 2014[16]) に注目する。

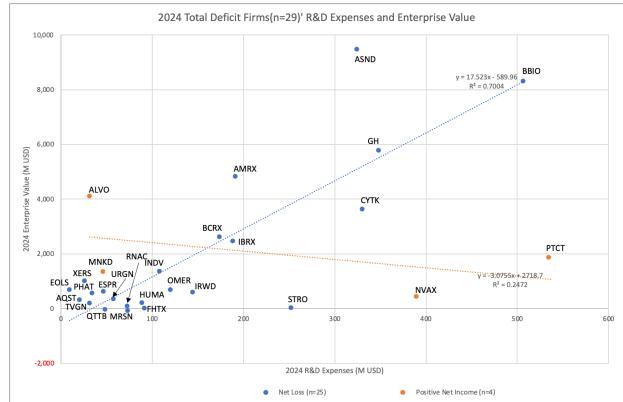


図 3.NBI 債務超過 29 社損益別企業価値 R&D 生産性

先ず、総株主資本と実務的企業価値を各目的関数、R&D 費を従属変数とし、純損益との交互作用を組み込むベイズ交互作用線形回帰（正規分布）に応用するモデルとしては：

$$\mu_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_{23} x_{i1} x_{i2} \quad (6)$$

ここで、 y = 従属変数, $Normal(\cdot)$ = 正規分布, μ = 期待値, σ^2 = 分散, β_0 = 切片 (β の事前分布は弱情報的正規分布を仮定), x_1 = ダミー変数, β_1 = 切片の交互作用を反映したダミー変数の係数補正値, x_2 = 独立変数, β_2 = 独立変数の係数, β_{23} = 交互作用を反映したダミー変数の係数補正値, i = データの番号をそれぞれ仮定する。

4.1 総株主資本 (TSE) に関する R&D 生産性

1) モデル変数と回帰係数

最初の目的関数の総株主資本に関して、モデルの変数定義と回帰係数は次のように： y = 総株主価値 (M USD), β_0 = 赤字企業の切片 (Intercept; -162.14M USD), x_1 = 黒字企業 (ダミー変数), β_1 = 黒字企業の交互作用を反映した切片補正値 (Net_incomePositive; 1,023.25M USD), x_2 = 赤字企業の R&D 費 (M USD), β_2 = 赤字企業の R&D 費 1M USD 追加による総株主価値への貢献を示す係数 (RandDevelopment_Expenses_M_USD; 3.84), β_{23} = 黒字企業の R&D 費 1M USD に対する交互作用による独立変数係数の補正値 (Net_incomePositive:RandDevelopment_Expenses_M_USD; -0.79) となる (TSE・EV 両モデルの全変数の Rhat 値は 1.00 と、1.1 以下であり収束している)。

表2.NBI246社の総株主資本R&D生産性の交互作用回帰ベイジアンMcMC推定

```

Family: gaussian
Links: mu = identity; sigma = identity
Formula: Total_equity_M_USD ~ Net_Income * RandDevelopment_Expenses_M_USD
Data: interaction_2 (Number of observations: 246)
Draws: 4 chains, each with iter = 2000; warmup = 1000; thin = 1;
      total post-warmup draws = 4000

Regression Coefficients:
Estimate Est.Error 1-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
Intercept -162.14 168.49 -501.37 170.70 1.00 3317 2690
Net_IncomePositive 1023.25 427.86 188.34 1867.33 1.00 3219 2676
RandDevelopment_Expenses_M_USD 3.84 0.35 3.18 4.51 1.00 2257 2536
Net_IncomePositive:RandDevelopment_Expenses_M_USD -0.79 0.43 -1.62 0.04 1.00 2162 2328

Further Distributional Parameters:
Estimate Est.Error 1-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
sigma 2141.43 100.55 1953.78 2353.47 1.00 3438 2549

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).
>
```

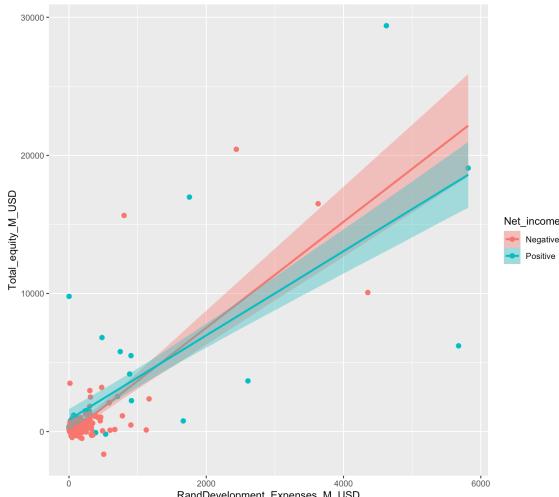


図4.NBI246社の総株主資本R&D生産性の損益別ベイジアン推定

2) 解析結果

表2と図4から整理すると、交互作用を組み込んだ結果、赤字・黒字の差異によって総株主資本に関するR&D生産性が異なると言える。すなわち、赤字企業の切片-162.14M USD、傾き3.84、黒字企業の切片861.11M USD、傾き3.05となる。黒字企業の切片の方が赤字企業の負の数字に対して正の大きな値であるが、傾きでは赤字企業の方が0.79ほど大きな値で、95%水準の信用区間は一部重複するものの、期待値直線もR&D費1,300M USDを境に上側に変わり、総株主価値に関するR&D投資の生産性は赤字企業の方が黒字企業よりも高いと言える。特に、黒字トップ企業の市場における将来性を反映する時価総額と特に企業買収用の総債務調達への高選好や、逆に、赤字企業の手堅い現預金依存や簿価ベースの貸借対照表での総株主資本への相対的な高依存が反映されている。

4.2 実務的企業価値(EV)に関するR&D生産性

1) モデル変数と回帰係数

第2の目的関数の実務的企業価値に関して、 y =実務的企業価値(M USD), β_0 =赤字企業の切片

(Intercept;-349.58M USD), x_1 =黒字企業(ダミー変数), β_1 =黒字企業の交互作用を反映した切片補正值(Net_incomePositive:-2,169.58 M USD), x_2 =赤字企業のR&D費, β_2 =赤字企業のR&D費1M USD追加による企業価値増分の係数(RandDevelopment_Expenses_M_USD;11.24), β_{23} =黒字企業のR&D費1M USD追加の交互作用による独立変数係数の補正值(Net_incomePositive:RandDevelopment_Expenses_M_USD;11.00)となる。

表3. NBI246社の実務的企業価値R&D生産性の交互作用回帰ベイジアンMcMC推定

```

Family: gaussian
Links: mu = identity; sigma = identity
Formula: Enterprise_value ~ Net_Income * RandD_Expenses
Data: interaction_2 (Number of observations: 246)
Draws: 4 chains, each with iter = 2000; warmup = 1000; thin = 1;
      total post-warmup draws = 4000

Regression Coefficients:
Estimate Est.Error 1-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
Intercept -349.58 722.72 -1722.32 1158.16 1.00 2864 2661
Net_IncomePositive -2196.58 1809.25 -5751.59 1234.61 1.00 3270 2772
RandD_Expenses 11.24 1.47 8.37 14.07 1.00 2419 2266
Net_IncomePositive:RandD_Expenses 11.00 1.79 7.47 14.52 1.00 2263 2293

Further Distributional Parameters:
Estimate Est.Error 1-95% CI u-95% CI Rhat Bulk_ESS Tail_ESS
sigma 9323.17 422.06 8526.20 10179.22 1.00 3281 2434

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).
>
```

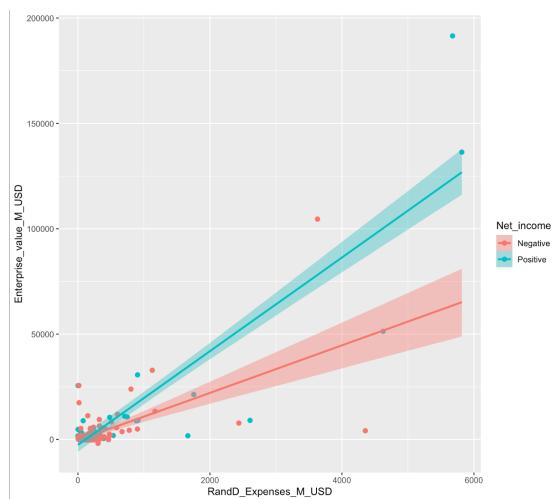


図5. NBI246社の実務的企業価値R&D生産性の損益別ベイジアン推定

2) 解析結果

表3と図5から、交互作用を組み込んだ結果、実務的企業価値に関するR&D生産性が第1モデルに対して赤字・黒字で逆転し、違いが一層鮮明となったと言える。赤字企業の切片が-349.58M USD、傾き11.24、黒字企業の切片が-2,519.16M USD、傾き22.24となる。黒字企業の期待値回帰線の方が赤字企業よりも低い切片であるが、逆に傾きは2倍弱の大きさである。こうして、赤字企業に比較し、黒字企業の方がR&D投資の低い水準では実務的企業価値が相対的に小さいが、逆に上・中位

水準を中心に R&D 投資に対する実務的企業価値の優越が見られ、R&D 生産性が高いと推定される。すなわち、現預金志向の赤字企業よりも時価総額やM&A 用総債務に依存する黒字企業の方が実務的企業価値 R&D 生産性が高く、「死の谷」の大きさによる切片の影響を克服する R&D 費 300M USD 以上を境に、95%水準の信用区間を超える明確さで、実務的企業価値が超越するようになる。従属変数の尺度も貸借対照表に依拠する総株主資本より、たとえ市場変動に頑強な現預金の控除を含んでも、それ以上にフォワード志向の時価総額の市場評価やM&A 用債務調達を反映して、平均して 5 倍ほど大きくなる。

以上から、簿価の総株主資本の場合、95%水準の信用区間が一部重なる局面が長いけれども、赤字企業の方が黒字企業よりも高生産性であり、対する実務的企業価値の場合には、生産性が赤字・黒字間で逆転し且つ 95%水準の信用区間が明確に分離し、市場評価を直接的に反映していると言える。こうして、たとえ会計的に債務超過企業であっても、オプション評価に通じる実務的企業価値を指標の R&D 投資判断は事業継続の測定に合理的であると言える。また、時価総額、総債務、現預金の動きも組み合わせて戦略を立案可能である。実務的企業価値と総株主価値とでは赤・黒字両集団の R&D 生産性が異なる一因として、実務的企業価値で測定する黒字企業では赤字企業に比較して、時価総額・総債務の資金調達と時価総額の増加への好循環が市場・リスクを介して合理的な形成を示すのに対して、総株主価値で測定する赤字企業では、活発な R&D 投資によって企業価値・時価総額の増加に成功している企業もあるが、赤字優良企業の総債務は黒字企業に比較して小さめで、むしろコロナワクチン企業を含めて現預金に依存する企業が多い。その結果、実務的企業価値を構成する変数の内で、赤字・黒字の上位企業では時価総額の重要性は同じであるが、赤字企業の黒字企業に対する総債務の低さと現預金の比重の高さを反映して、両企業間での R&D 投資に対する実務的企業価値と総株主価値の水準での反転可能性を考えられる。すなわち、赤字企業はリスク回避型の現預金への依存度を下げ、むしろ積極的に M&A に向け債務調達をも活用して、時価総額を増す好循環構築の R&D が必要と言える。

4.3 レジリエンス・ファイナンス・オプション

債務超過企業に関する市場での頑強性の高い現預金を原資産、R&D 費を行使価格とするグラフでは、当該財務状態下での赤字・黒字企業の両方にて、コールオプションとしての再起オプションの当て嵌めが図 6 から可能であると思われる。

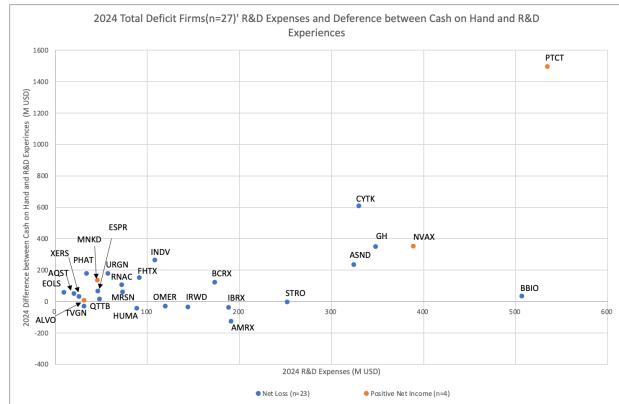


図 6. 債務超過企業の再起オプション仮定

5. 議論

ここでは問題意識に対する解答を検討する。

5.1 問題意識 1

先ず、企業の所有者が株主であるのなら、常態的な赤字に加えて、債務超過企業までもが「R&D 投資を継続」できる不思議さを企業価値と総株主資本の両視点から説明可能であろうか？

解答：

データから、投資家としての株主にとって一層厳しい財務諸表上の債務超過（負TSE）・赤字企業でも上位企業は、市場志向の実務的企業価値を構成する株式価値としての時価総額に加え債務調達も拡張的であり、逆に会計的に緩やかな債務超過・黒字企業の方が市場から隔離されたリスク回避型の現預金に依存する傾向があった。その結果、債務超過・赤字企業の方が、むしろ債務超過・黒字企業よりも企業価値R&D生産性が高い。故に、バックワード型の総株主資本や保守的な現預金ではなく、市場評価によるフォワード型の株主価値である時価総額や、株式化可能なVenture Debt・転換社債などの債務を用いて、時価総額や企業価値の向上に向けR&D投資に活用できる可能性がある。すなわち、通説的な会計的株主価値だけでなく、むしろ市場的な債権者価値をも含めた企業価値の方が、たとえ「死の谷」の厳しい債務超過・赤字バイオ企業の長期的なR&D投資をも維持する指標として適している。

5.2 問題意識 2

次に、「死の谷」の観点から、純損益との交互作用を組み込んだ、企業価値・総株主資本の両「R&D 生産性」の解析によって、バイオ企業の R&D 投資の成否を、市場評価や負債の視点から検討できないであろうか？

解答：

完全市場であれば、企業と株主(=「企業所有者」)の NPV は一致する。しかし、市場的企業価値と会計的総株主資本の R&D 投資効果に関する純損益との交互作用組み込み型ベイス推定の対比

の結果、総株主資本の場合、赤字・黒字企業間での95%水準の信用区間の一部重複の問題はあるが、赤字企業の、対する実務的企業価値では逆の黒字企業のR&D生産性の方がそれぞれ高くなつた。将来的な市場評価による企業価値で優位な黒字企業では、構成する時価総額・総債務のR&D費調達と時価総額の増加への好循環が市場を介して形成されているのに対して、過去情報の貸借対照表上で総株主資本の比率が高い赤字企業では、特に総債務の比率が低く、むしろ市場から隔離された現預金にR&D投資を依存する企業が多い。したがつて、債務超過・赤字企業の場合と同様に、妥当な範囲内のリスク選好によって企業価値R&D生産性の向上を図るべきである。

5.3 問題意識3

逆に、実務的企業価値の計算式での市場変動に頑強な現預金(CCE)を原資産とし、R&D費を行使価格とするコールオプションは市場混乱期の再起オプションとして期待可能であろうか？

解答：

債務超過企業では市場頑強性の高い現預金を原資産、R&D費を行使価格とするグラフでは、黒字・赤字企業の両方に、コールオプションとしての再起オプションの当て嵌めがグラフから可能である。但し、債務超過・赤字企業では時価総額・総債務を通じてR&D費を調達し、時価総額への好循環を確立しているが、逆に、同黒字企業では市場隔離の現預金にR&D費を依存し、資金調達と時価総額との好循環を今後、確立する戦略が必要となる。故に、再起オプションも、非常時のバッファーアとしてだけでなく、R&Dを軌道に乗せながらも時価総額・総債務との調整も必要となる。

6. 結び

株主を企業所有者と仮定すれば、完全市場では理論的企業価値と株主価値に関するNPVは一致する。しかし、ポストコロナ禍で債務超過企業がバイオ産業で依然として多数存在する中で、本稿では、実務的企業価値・総株主資本に関する財務状態の相違によるR&D生産性の特徴の比較、ベイス交差作用回帰解析を行つた。

その結果、先ず、貸借対照表によるバックワード情報の総株主資本（負のTSE=債務超過）だけでなく、市場評価によるフォワード情報の実務的企業価値に依拠する「死の谷」の長い企業でのR&D投資継続の可能性を理解した。第2に、ベイス推定によって、特に黒字企業での実務的企業価値に関する市場評価を反映した時価総額だけでなくM&A用のVenture Debtなどの総債務（簿価）を含

めた媒介変数によるR&D投資の生産性の好循環と、赤字企業の総株主資本に関して市場から乖離した現預金に主に依存したR&D投資の保守性・停滞的成果とを、財務状態を媒介にして比較した。第3に、特に、非常時の債務超過企業にとって、逆に市場に対する頑強性の高い現預金を原資産、R&D費を行使価格とする再起(Resilient)オプションの提案がデータ当て嵌めで妥当化される可能性を確認した。

今後の研究として、実務的企業価値R&D生産性の高い黒字企業では赤字企業に比較して、時価総額に加えて、負債の役割が大であるが、Data-driven Venture Debtなど最適資本構成への革新も求められる。今回、MM命題を基礎にしたが、高リスク状態に一層適したMerton流オプション評価のAI・量子化も期待される。加えて、債務超過企業はオプション価値が正であれば存続可能となるが、データでは債務超過以上に多くの価値毀損企業が存続しており、存続のオプション的理解と改善方法を探索する必要が依然として残っている。

参考文献

- [1] March, J.G., "Exploration and exploitation in organizational learning," *Organ. Sci.*, 2(1): 71–87, 1991.
- [2] Ehlers, V.J., *Unlocking Our Future: Toward a New National Science Policy*, Washington, DC, USA: U.S. House of Representatives, Committee on Science, 1998.
- [3] Kenney, M. *Biotechnology*, The University-Industrial Complex, New Haven, CT: Yale University Press, 1986.
- [4] Pisano, G.P., *Science Business: The Promise, the Reality, and the Future of Biotech*, Boston, MA: Harvard Business School Press, 2006.
- [5] Merton, R.C., "On the pricing of corporate debt: The risk structure of interest rates," *J. Financ.*, 29(2): 449–470, 1974.
- [6] Modigliani, F., Miller, M.H., "The cost of capital, corporation finance and the theory of investment," *Am. Econ. Rev.*, 48(3): 261–297, 1958.
- [7] Nasdaq Biotechnology Index (NBI): 2025: <https://www.wsj.com/market-data/quotes/index/NBI>
- [8] US SEC, EDGAR: 2025: <https://www.sec.gov/edgar/search/>
- [9] Myers, S.C., "Determinants of corporate borrowing," *J. Financ. Econ.* 5(2): 147–175, 1977.
- [10] Dixit, A.K., Pindyck, R.S., *Investment under Uncertainty*, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1994.
- [11] Copeland, T., Antikarov, V., *Real Options: A Practitioner's Guide*, New York, NY: Texere, 2001.
- [12] Gelman, A. et al., *Bayesian Data Analysis*, 3rd edition, Boca Raton, FL: Chapman & Hall/CRC, 2013.
- [13] Kruschke, J.K., *Doing Bayesian Data Analysis*, Second Edition: A Tutorial with R, JAGS, and Stan, Boston, MA: Academic Press, 2015.
- [14] Chipman, H., "Bayesian variable selection with related predictors," *Can. J. Stat.*, 24(1): 17–36, 1996.
- [15] Yuan, M., Joseph, R. "Efficient Bayesian variable selection schemes for cross-validation," *J. Comput. Graph. Stat.*, 15(3): 675–694, 2006.
- [16] Hao, N., Zhang, H.H., "Interaction screening for ultrahigh-dimensional data," *J. Am. Stat. Assoc.*, 109(507): 1285–1301, 2014.