

2017/02/15 科学技術イノベーションの政策の為の科学

資料2

科学技術イノベーション政策における
「政策のための科学」アドバイザー委員会
(第6回) H29.2.15

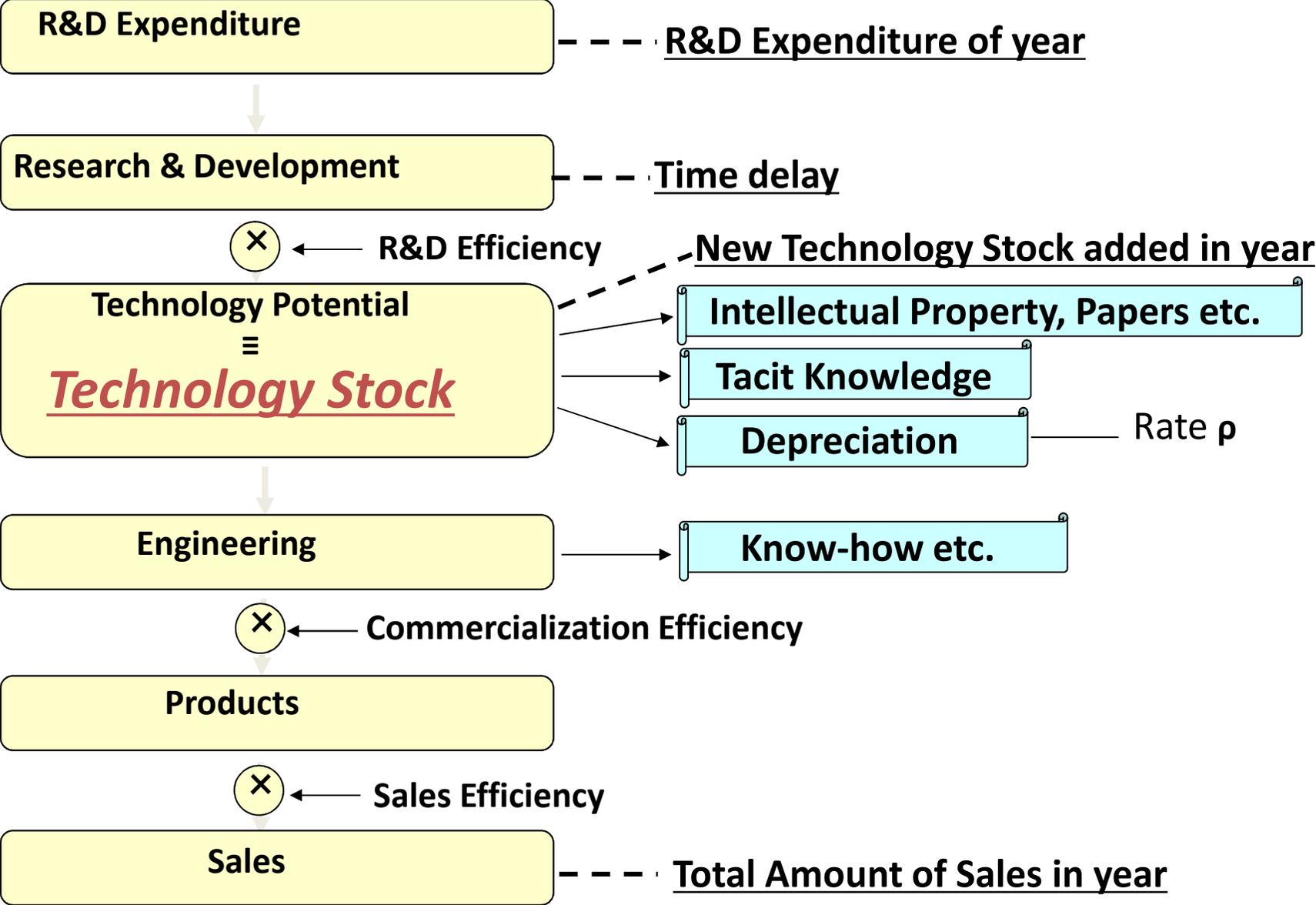
研究開発の物差し —企業の研究開発費試論から—

理化学研究所 理事
有信睦弘

企業の研究開発と基礎研究投資

- 読み替えが可能か？
 - 売上高⇒GDP
 - 技術ストック⇒知識ストック
- 知識の陳腐化率の評価
 - 技術の陳腐化率⇔製品のサイクル
 - 知識の陳腐化率は？
 - 基礎研究のリスク
 - 研究分野の変遷の時間

Corporate Technology Stock Model



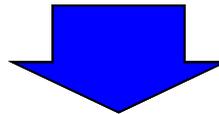
Corporate Technology Stock Model

$$\text{Technology Stock}(t) = (1-\rho) \text{Technology Stock}(t-1) \\ + \text{New Technology Stock added in year}(t)$$

ρ : depreciation rate of technology stock

$$\text{New Technology Stock added in year}(t) = \\ \text{R\&D efficiency}(t) * \text{R\&D expenditure of year}(t-m)$$

m : time delay



$$\text{Ratio of R\&D expenditure to sales}(\rho) = \\ (\rho/\text{efficiency}) * (1+g/\rho)(1+g)^{m-1}$$

g : Expansion Rate of sales per year
efficiency : R&D, sales, commercialization efficiency

技術ストックと売り上げ高-1

$$S_t = S_{at} + S_{bt} = (1 - \rho_a)S_{at-1} + F_{at} + (1 - \rho_b)S_{bt-1} + F_{bt} \cdots \cdots (1)$$

但し

S_t : t 年度のテクノストック総量

S_{at} : t 年度の第1類テクノストック (応用技術テクノストック)

S_{bt} : t 年度の第2類テクノストック (基盤技術テクノストック)

ρ_a, ρ_b : 第1類および第2類のテクノストックの陳腐化率

F_{at}, F_{bt} : t 年度に追加された第1類および第2類のテクノストック増加分

技術ストックと売り上げ高-2

$$F_t = F_a + F_b = \varepsilon_a E_{t-m_a} + \varepsilon_b E_{t-m_b} \dots\dots\dots (2)$$

但し

$\varepsilon_a, \varepsilon_b$: 研究開発費が第1類、第2類のテクノストックに転換する研究開発効率

m_a, m_b : 研究開発費が各テクノストックに転化するまでのタイムラグ

E_t : t年度の研究開発費

技術ストックと売り上げ高-3

研究開発費とテクノストックの関係は、(1)式と(2)式から次のように表される。

$$S_t = (1-\rho_a)S_{t-1} + \varepsilon_a E_{t-m_a} + (1-\rho_b)S_{t-1} + \varepsilon_b E_{t-m_b} \dots\dots\dots (3-1)$$

ここで、 $m_a = m_b = m$, $\varepsilon_a + \varepsilon_b = \varepsilon_t$ とすると、

$$S_t = (1-\rho_a)S_{t-1} + (1-\rho_b)S_{t-1} + \varepsilon_t E_{t-m} \dots\dots\dots (3-2)$$

技術ストックと売り上げ高-4

$$Q = \kappa \eta S_t \dots\dots\dots(4-1)$$

但し、 Q は、 t 年度の企業の売上高総額である。(3)式を(4)式に代入すると、

$$Q = \kappa \eta \{(1-\rho_a)S_{t-1} + (1-\rho_b)S_{t-1} + \varepsilon_t E_{t-m}\} \dots\dots\dots(4-2)$$

テクノストックの商品化効率 η と定義する。 t 年度の売上は新製品の量に比例するものと仮定し比例係数を κ とする。 κ は販売能力、または販売効率に関する係数である。

技術ストックと売り上げ高-5

$$\frac{E_t}{Q} = \frac{(1+\beta)^{m-1} [\beta + \{(1-\gamma_b)\rho_a + \gamma_b\rho_b\}]}{k\eta\epsilon} \dots\dots\dots (7)$$

ちなみに、(7)式の $(1-\gamma_b)\rho_a + \gamma_b\rho_b (= \rho)$ はテクノストック総量の陳腐化率であり、これを ρ で置き換えると、

mは研究開発投資が技術ストックに転嫁するまでのタイムラグ

$$\frac{E_t}{Q} = \frac{(1+\beta)^{m-1} (\beta + \rho)}{k\eta\epsilon} = \frac{\rho}{k\eta\epsilon} \left(1 + \frac{\beta}{\rho}\right) (1+\beta)^{m-1} \dots\dots\dots (8)$$

売上高が年率 β % で伸張すると仮定

簡単に言えば

$$\frac{\text{研究開発投資}}{\text{GDP}} = \frac{\text{成長率} + \text{陳腐化率}}{1 + \text{成長率}}$$

研究開発費の物差し

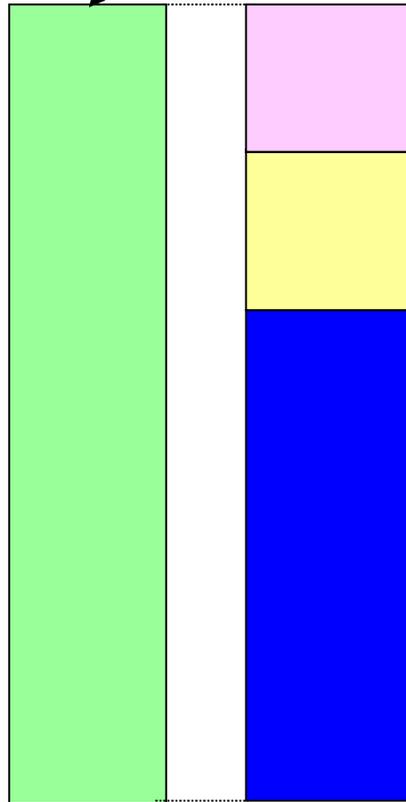
一体適正な研究開発費とはどれくらいなのか

- 目安はやはり必要
- 決める要素は何か？

- 当該分野の成長率
 - （成長分野ならある程度投資をしても市場規模そのものが大きくなるのだから回収は可能である）
- 当該分野における自社の収益力
 - **ROS**、営業利益などが指標
 - 将来的にも儲からないところに投資はしない（考え方）
- 当該分野に描く自社の将来像
 - 分野の選択と集中

研究開発試論にあたり

S : 売り上げ



P : 営業利益

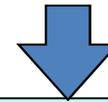
R : R&D投資

C : R&Dを除く
製造原価
+ 営業費用

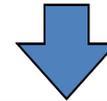
$$P = S - C - R$$

$$P/S = RoS$$

技術は陳腐化し
技術蓄積量は減少する



技術蓄積量は
売上高に影響を与える



技術蓄積量は
R&D投資で支えられる



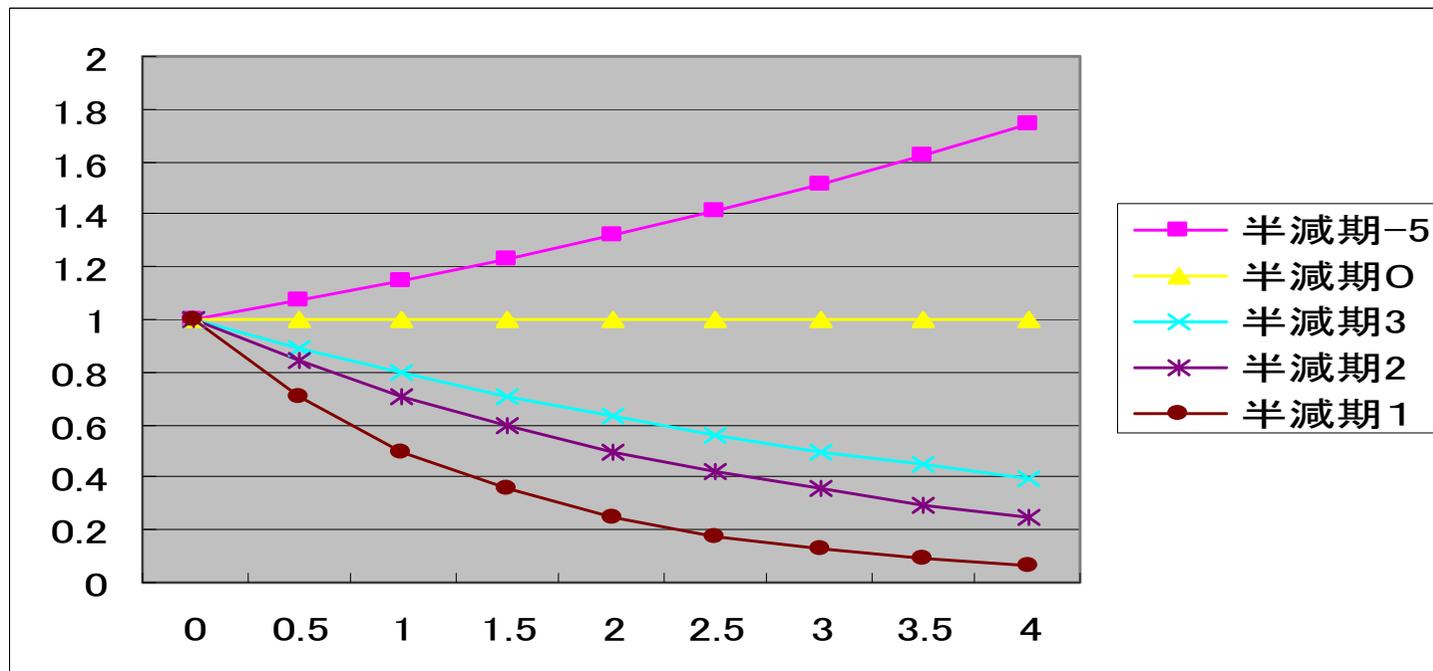
R&D投資はRoSにどう
影響を与えるか？

定量化のための仮説

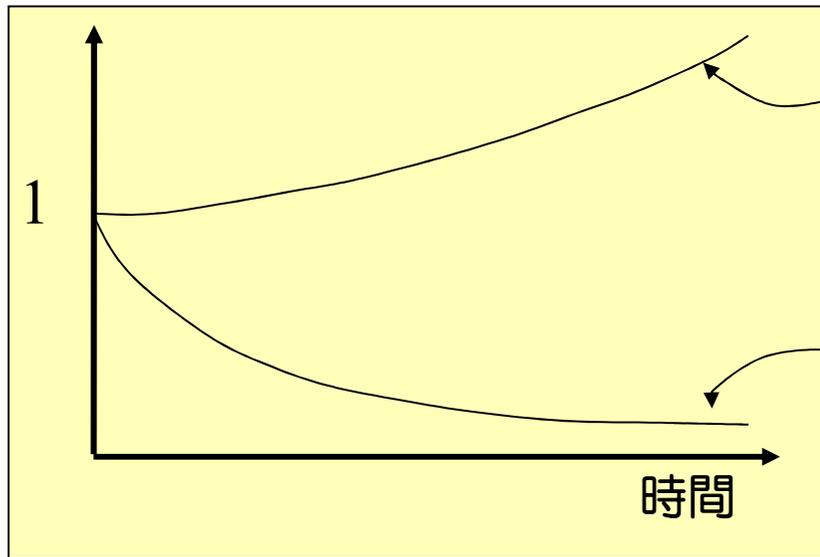
- 技術は時間と共に陳腐化する
- 陳腐化は当該市場の成長率が高いほど速い
- 成長率ゼロの分野でも技術の陳腐化は起こる
 - 当該市場は維持するためには技術の陳腐化に見合った最低線の技術投資は必要である。
- 陳腐化を防ぐためには技術投資が必要である
 - 陳腐化の進行度合いが進めば技術投資も多く必要となる
- 技術の陳腐化は売り上げ高を低下させる
 - 技術の陳腐化による技術蓄積量の減少
- この議論はブレークスルーなど市場に大幅な変化がない定常モデルを扱う

技術水準の半減期の導入

- 技術の陳腐化を表す指標として技術水準の半減期の導入
- 半減期は技術水準が0.5となるまでの期間
- この時点で、半分の技術は入れ替える必要性
- 半減期のマイナスの値は成長と解釈
 - このときは技術水準が2倍となる期間



技術水準の算出

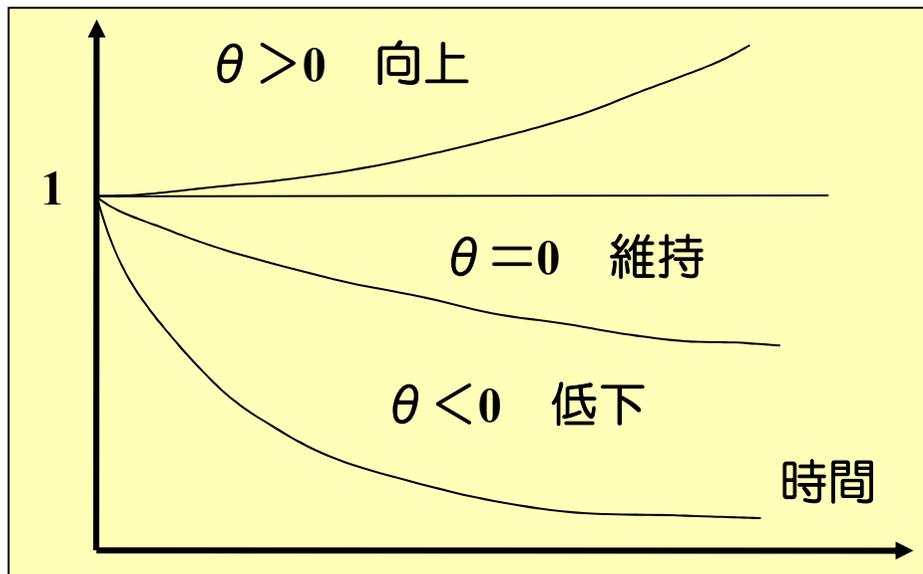


技術の補充率 = $e^{+\rho t}$

×

技術水準 = $e^{\theta t}$

技術の陳腐化率 = $e^{-(\rho+g)t}$



$$\theta = \sigma - \rho$$

θ : 目標とする技術水準 設定

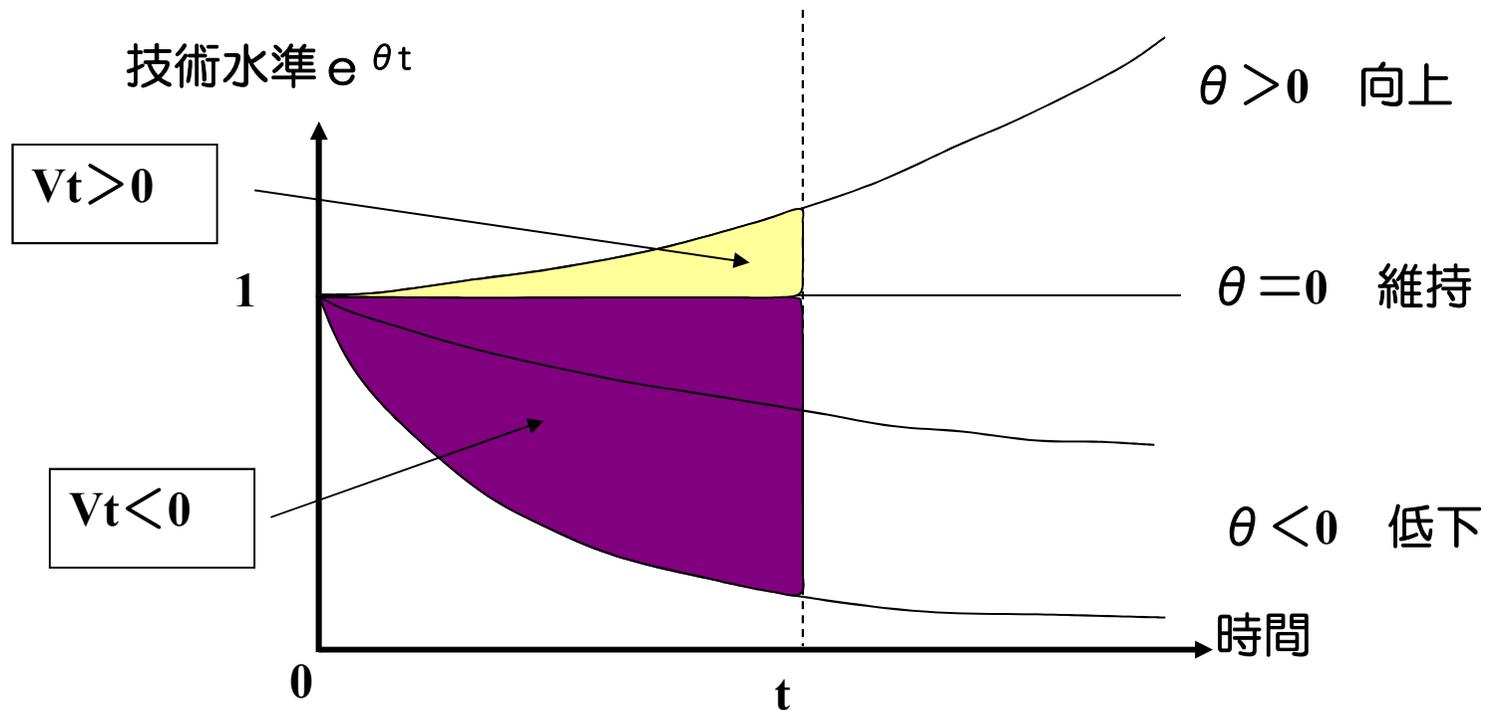
ρ : 技術の陳腐化速度 given

σ : 実際に投資によって
底上げすべき技術水準

$$\sigma = \theta + \rho + g$$

g : 市場成長率 given

技術蓄積量と収益力



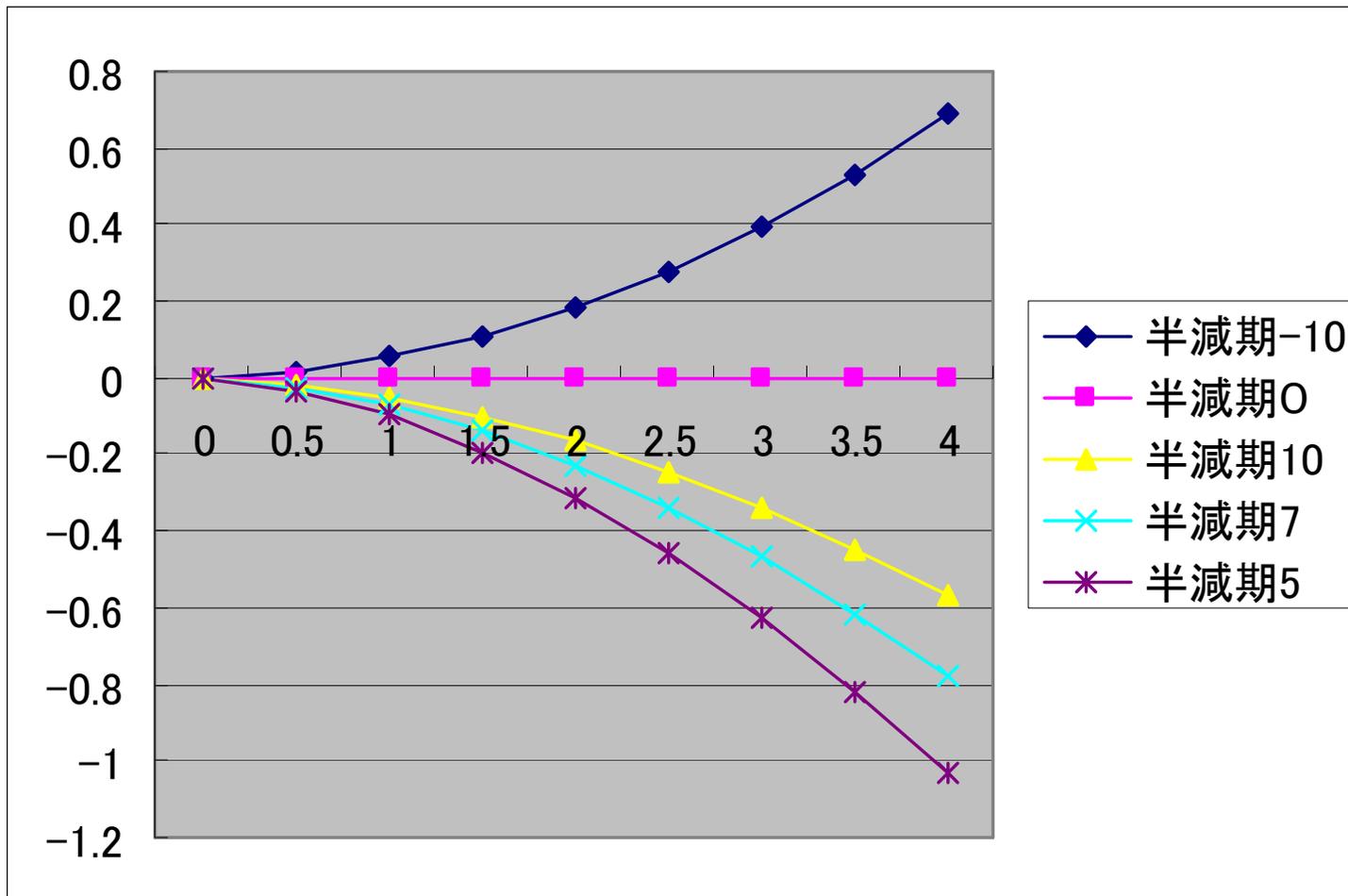
t時点での技術蓄積量 V_t は売上高 S に影響を与える

$$S_{t+1} = (1 + \gamma V_t) S_t$$

技術蓄積量、即ち技術力が低下すれば製品の価格競争力は低下し、それにより、売上高は減少の方向に向かう

Vtの計算例

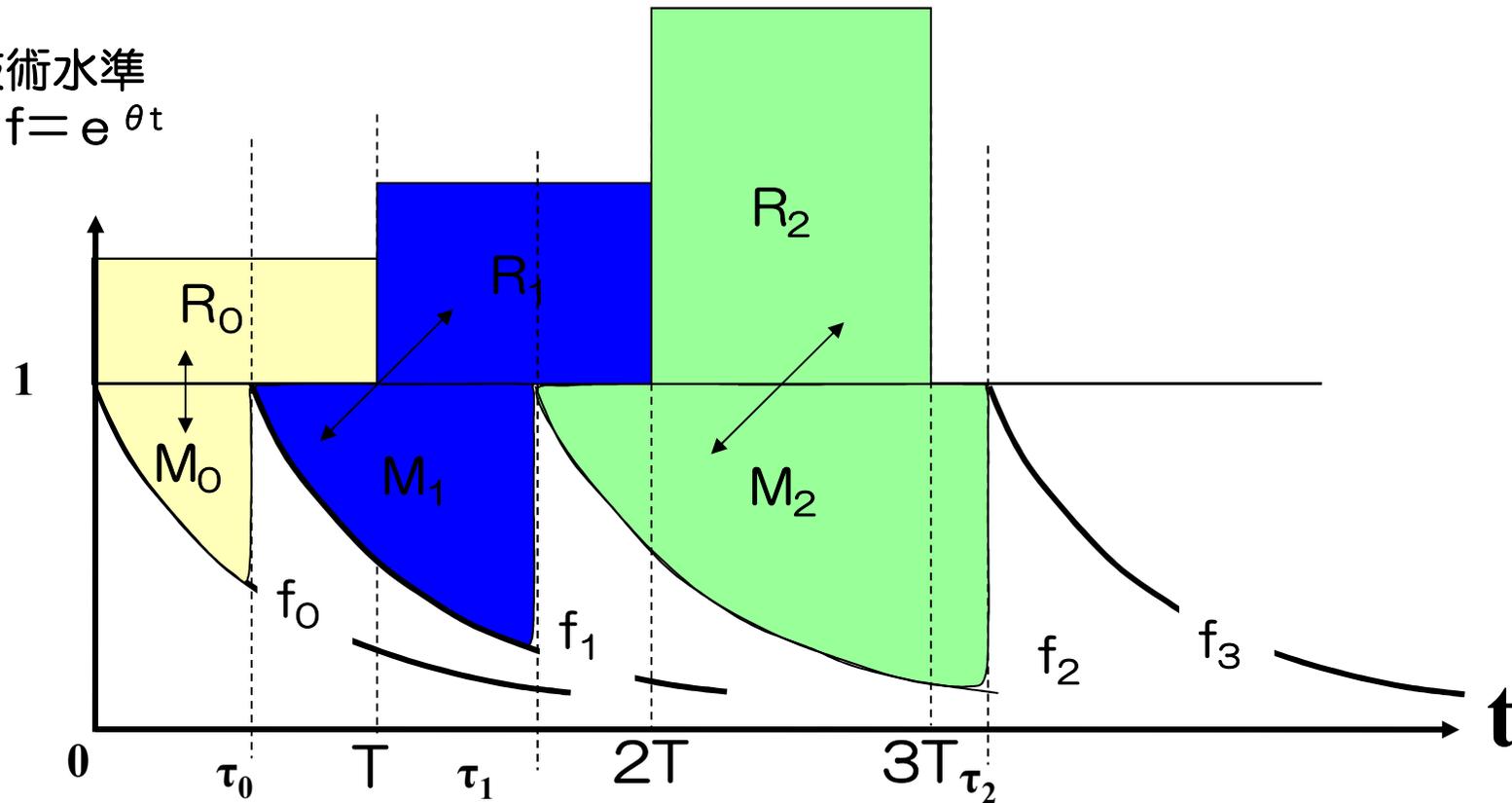
技術水準の半減期に従い時間の経過とともに
正・負ともにゼロから大きく乖離する



技術投資と技術補充量と技術蓄積量

技術水準

$$f = e^{\theta t}$$



技術投資Rと技術補充量Mと技術蓄積量Vの関係

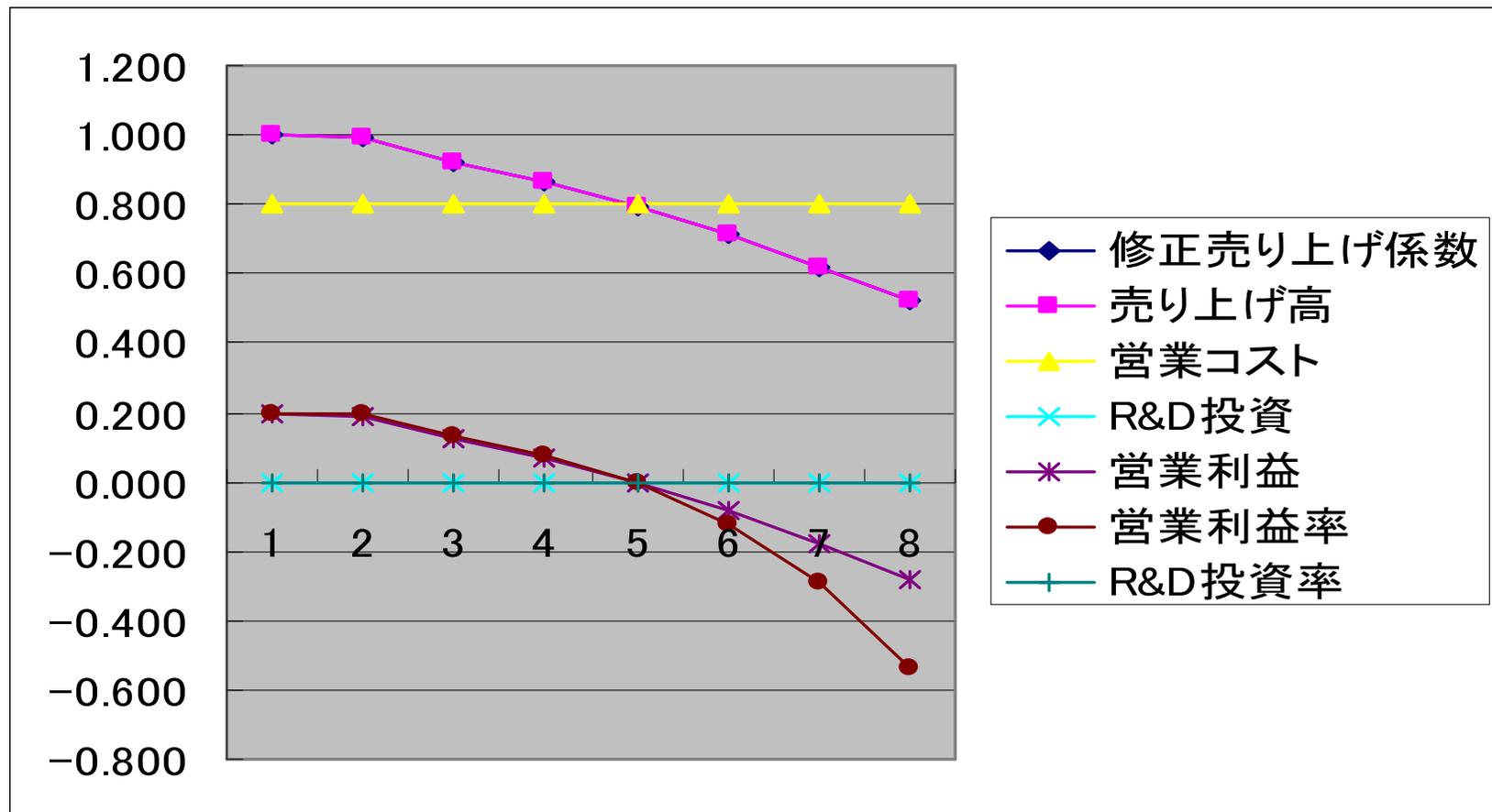
- | | | |
|------------------------|---------------------------|-------------|
| ①投資 R_0 で M_0 まで補充 | τ_0 から T までの量が不足 | V_T は負 |
| ②投資 R_1 で M_1 まで補充 | τ_1 から $2T$ までの量が不足 | V_{2T} は負 |
| ③投資 R_2 で M_2 まで補充 | $3T$ から τ_2 までの量だけ先行 | V_{3T} は正 |

試算

- 営業コストCは市場成長率gに合わせて増大
 - $C_{t+1} = (1+g)C_t$
- 成長率一定
 - $g = 10\%$
- **R&D投資効率は100%**
- 前の年度までの技術蓄積量 V_t が売上高 S_{t+1} に影響
 - $S_{t+1} = (1+\gamma V_t) S_t$ γ は影響係数
- 技術の半減期7.3年
 - 下落率年率10%に相当

試算例

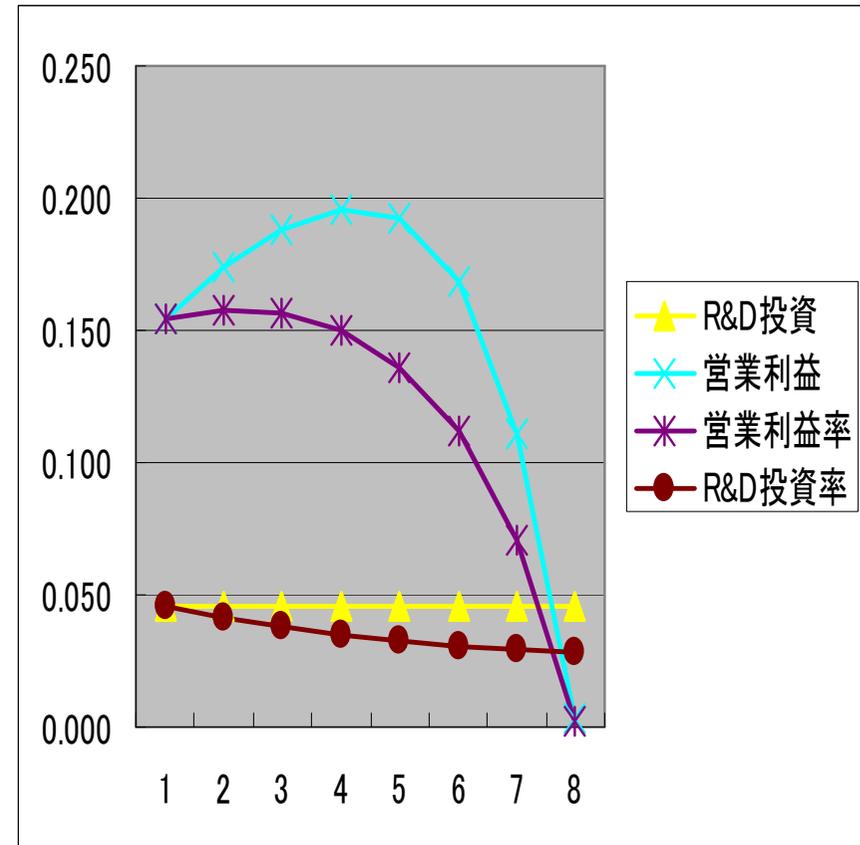
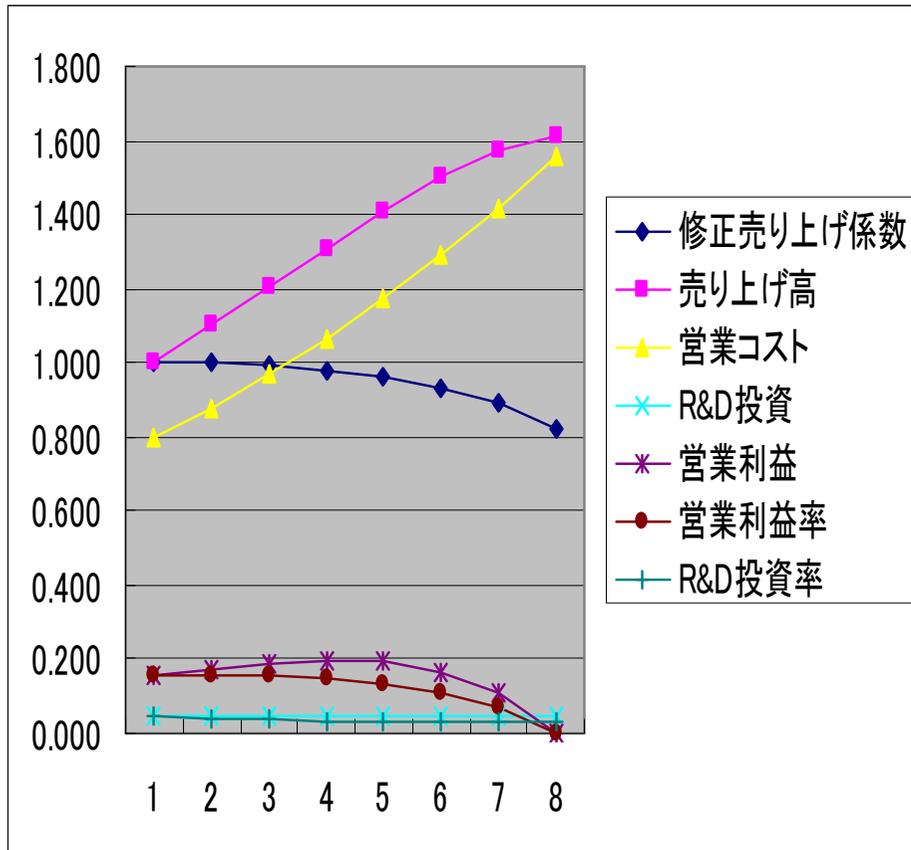
成長率がゼロであっても技術の陳腐化が年率10%で起こるとR&D投資を一切行わなければ、市場競争力を失う。



試算例

市場成長率を考慮しない一定額のR&D投資

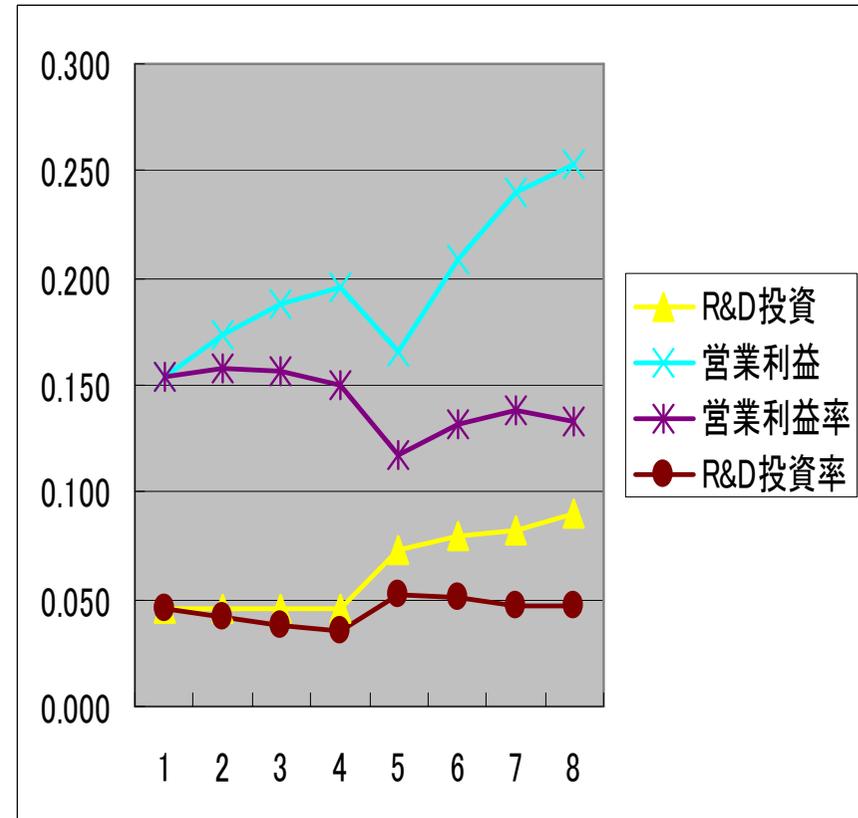
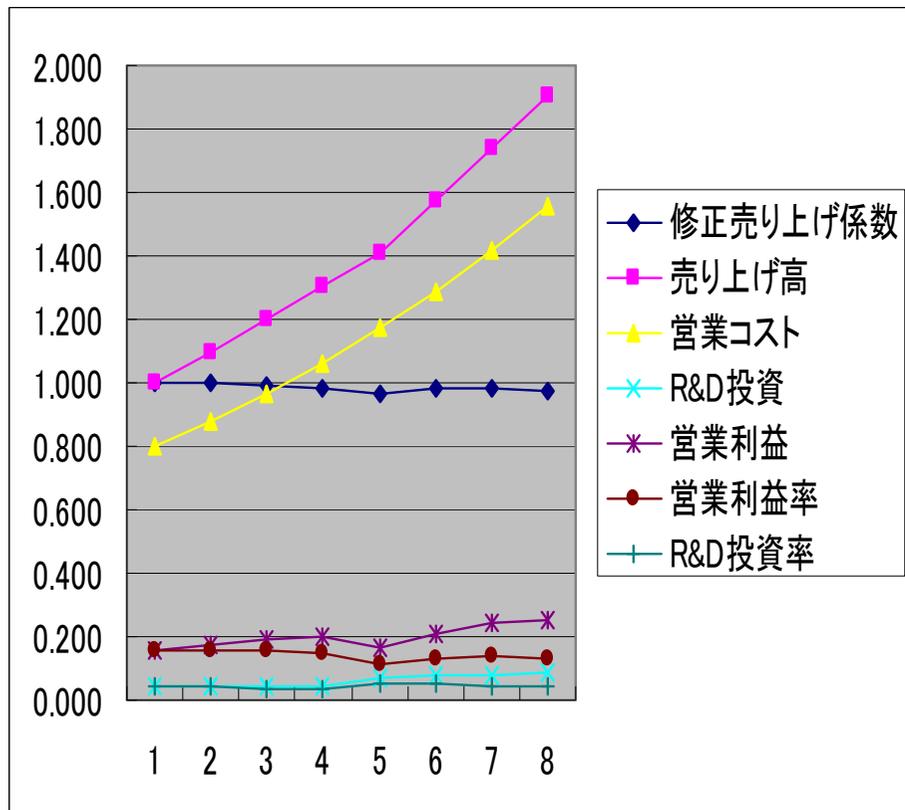
- 営業利益は途中までは市場成長により上昇するが、その後急落する。



試算例

市場成長率を考慮しない一定額のR&D投資を立て直す例

- 前ページの例において 途中で、R&D費の売り上げ高比率を戻すことで営業利益を回復させることができる。



ご清聴有難うございました

