

シュンペーターの創造的破壊の数理モデル

日大生産工(非常勤) ○篠原 正明
 情報システム研究所 篠原 健

1. はじめに

内生的成長理論モデルでは、注目するシステム内部に起因する要因に基づき経済成長が促進される、と考える。勉学に例えて学生個人に注目すれば、学生個人の心の内部に湧き出るやる気や向上心が成長の原動力となる。「テストで満点とればご褒美」は、外生的、外発的な成長刺激策で、効果は一時的だろう。一方、「テストで満点⇒勉学意欲向上⇒テストで満点⇒勉学意欲向上…」となれば、持続的成長が期待できる。これが内生的、内発的な自己意識改革に基づく成長である。ところで、このような自己意識改革は何もしないである日突然、天から降って来る訳ではない……、毎日の漸進的 gradual な努力そして願望の積み重ねの結果として、ある日突然の開眼・体得・習得である。またその際には、従来の思考法・やり方から新たな思考法・やり方への不連続的遷移、すなわち従来法を捨て新たな方法の採用と言う『創造的破壊 "Creative Destruction"』が伴う。

『創造的破壊』と言えば、オーストリア生まれの経済学者シュンペーター(Joseph Alois Schumpeter, 1883~1950)により提唱された概念である。シュンペーターは、資本主義経済の発展の原動力を企業家の行う不断の技術革新・イノベーションにあるとした。またこのイノベーションによってもたらされる経済発展は、内生的かつ不連続的と主張する。すなわち、シュンペーターはイノベーションに基づく経済の内生的成長を提唱した経済学者でもある。ところが、近年の内生的成長を研究対象とした経済学では、シュンペーターの『創造的破壊』に固有の不連続的変化の数理的解釈には成功していない。

本論文では、[1]で導入した再生産係数関数を、内部生産率関数ならびに外部生産率関数へと発展させ、総合生産率関数 $P(x)$ に統合した非線形再生産モデルに一般化した(2章)。この一般化した再生産モデルにおいて、イノベーションと関連した投資効果と収益効果を生産規模と波及次数に着目した数理モデルを構築した。3章では1部門モデルの数値例にもとづくシュンペーターの『創造的破壊』の説明を試みる。4章では進化過程としての経済成長を考察する。

2. 総合生産率関数

非線形再生産1部門モデルでの価値均衡式は $\kappa x = a(x)x + b(x)$ (2.1)で与えられる。但し、 x : 生産物1単位の価値、 $a(x)$: [1]で再生産係数関数と名付けたが、価値 x の生産物1単位生産に要する生産物の単位数で、内生/外生の視点より、内部生産率関数と新たに命名する。 $b(x)$: 価値 x の生産物を1単位生産するのに必要な労働価値の単位数、あるいは外部資源リソース量=外部資源量である。ここで κ は定倍再生産過程の倍率で $\kappa=1, \kappa>1, \kappa<1$ (2.2)が単純、拡大、縮小再生産過程に対応する。

次に、(2.1)の右辺を x で除し、これを総合生産率関数 $P(x)$ と呼ぶ。 $\kappa = P(x) = a(x) + b(x)/x$ (2.3) すなわち、総合生産率関数 $P(x)$ は内部生産率関数 $a(x)$ と $b(x)/x$ の和である。 $e(x) = b(x)/x$ は単位価値当りに要する外部資源量で、外部生産率関数と呼ぶ。再生産による内生的な内部生産率 $a(x)$ と外部資源による外生的な外部生産率 $e(x)$ の和として、総合生産率 $P(x)$ が定まり、価値均衡状態ではその値が定倍率 κ となる。

価値均衡式: $\kappa = P(x) = a(x) + b(x)/x = a(x) + e(x)$ (2.4)

[注 2.1] 最単純モデルとして、 $a(x) = a, b(x) = b$ (2.5) と共に定数では、 $x = \kappa b / (1 - a)$ 、 $|a| < 1$ の条件下で $x = \kappa b / (1 - a) = \kappa b \sum_{k=0}^{\infty} a^k$ と唯一解を得る。

[注 2.2] $a(x) = \sum_{k=0}^{\infty} a_k x^k, b(x) = \sum_{k=0}^{\infty} b_k x^k$ (2.6) と共に x ベキ乗級数展開可能とする。 a_k を k 次内部効果係数、 b_k を k 次外部効果係数と呼ぶならば、 k 次内部効果係数 a_k と $k+1$ 次外部効果係数 b_{k+1} は、総合生産率関数 $P(x)$ では同じ効果をもたらす。

$P(x) = a(x) + b(x)/x = \sum_{k=0}^{\infty} a_k x^k + (\sum_{k=0}^{\infty} b_k x^k)/x = \sum_{k=-1}^{\infty} p_k x^k$ (2.7) 但し、 $p_k = a_k + b_{k+1}$ ($k=0 \sim \infty$)、 $p_{-1} = b_0$ (2.8) すなわち、総合生産率関数 $P(x) = \sum_{k=-1}^{\infty} p_k x^k$ の形状は $\{p_k\}$ のみで定まる。

3. 非線形再生産1部門モデルの数値例にもとづく考察

様々な総合生産率関数 $P(x)$ の例について、価値均衡式により定まる均衡点=動作点を以下に分析し、『創造的破壊』の発生条件を数値計算例を通して考察する。

【3.1 基本モデル】最初に、[注 2.1]の最単純の基本モデルを考える。価値均衡式: $\kappa = P(x) = a + b/x$ (3.1) は、0次内部効果係数 $a_0 = a$ 、

0次外部効果係数 $b_0=b$ で、通常の再生産率 a と単位価値当りに要する外部資源量 b/x の和が総合生産率で、それが κ となる。

【例 3.1】 $a=0.3, b=1$ とした総合生産率関数 $P(x)$ を図 3.1 に示す。ここで、横軸は生産物 1 単位の価値 x 、縦軸は総合生産率関数 $y=P(x)$ である。単純再生産では $y=\kappa=1$ (破線) と $y=P(x)$ の交点で、 $x=1/0.7 \div 1.43, P(x)=\kappa=1$ を得る。例えば、拡大再生産 ($y=\kappa=1.3$, 鎖線) では $x=1, P(x)=\kappa=1.3$ 、縮小再生産 ($y=\kappa=0.8$, 点線) では $x=2, P(x)=\kappa=0.8$ として、価値均衡点を得る。さて、 $a(x)=a, b(x)=b$ 共に定数とした基本モデルでは、単純/拡大/縮小再生産にはかわりなく、総合生産率関数 $P(x)$ は生産物価値 x が $0 \sim \infty$ へと増加すると、 $P(x)=a+b/x$ (3.1) に従い $\infty \sim a$ と単調減少する。これは、生産物価値 x が低いと価値当りの資源量は大きく、生産物価値 x が高くなると価値当りの資源量は小さくなることを意味するが、いずれにしても、どこかでバランスして、非負 a 、非負 $b, \kappa > a$ の条件付きで、唯一の非負値の均衡解を持つ事が保証される。

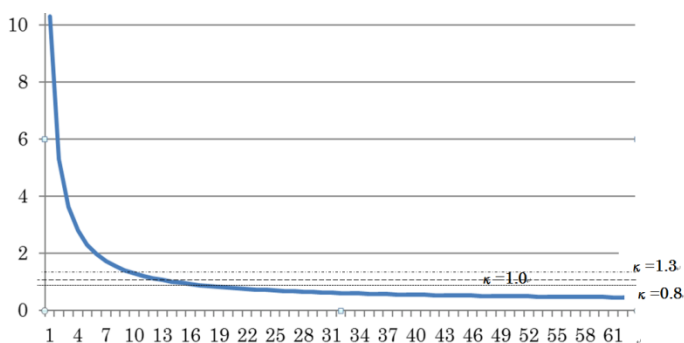


図 3.1 総合生産率関数 $P(x)$ (例 3.1: $a=0.3, b=1$, 横軸は $\times 0.1$)

【3.2 1次モデル】基本モデルでは総合生産率関数 $P(x) = \sum_{k=1}^{\infty} p_k x^k = p_{-1}/x + p_0 = a + b/x$ (3.1) において、0次項と1次項を考慮したが、(3.2)に示す様にさらに1次項を考慮しよう。

$P(x) = p_{-1}/x + p_0 + p_1 x$ (3.2) ここで、 p_{-1} と p_0 は非負値を前提とするが、1次係数 p_1 は正値あるいは負値をとり得る。正値の1次係数では、生産物価値 x の増加と共に、等価的に通常の再生産率 a が1次のオーダーで増加すると見なせる(外部資源量 b では2次のオーダーで増加)。これは数理的には生産物価値 x の増加に伴いコストが上昇し、その分の価値が生産物に付加され、『価値の肥大化』と言える。一方、負値の1次係数では生産物価値 x の増加と共に、等価的に通常の再生産率 a が1次のオーダーで減少すると見なせる。これは生産物価値 x が大きくなるにつれ、より少ない生産物、資源での習熟効果を意味する。生産物に投入される生産物、資源は減少するので、コスト削減は達成できるが、生産物価値は低く均衡する『価値の低減化』である。

【例 3.2】 $b=p_{-1}=1, a=p_0=0.3$, さらに $p_1=-0.1 < 0$ とし、単純再生産の場合を考え、 $y=\kappa=1$ と $y=P(x)$ の交点を図 3.2 に示す。習熟効果あるいは省力化による『価値の低減化』により、価値均衡点として $x=(-7+\sqrt{89})/2 \div 1.217$ を得る。一般に $p_1 < 0$ の場合、価値均衡点として $x=(\kappa-a-\sqrt{(\kappa-a)^2-4bp_1})/2p_1$ を得る。また $P(x) \geq 0 \Leftrightarrow x \geq (-a-\sqrt{a^2-4bp_1})/2p_1$ である。本例では $b=1, a=0.3, p_1=-0.1$ で、 $P(x) \geq 0 \Leftrightarrow x \geq 5$ となる。

次に $p_1=0.1 > 0$ とし、価値の肥大化を目指した(見方によっては逆習熟効果の場合)を図 3.3 に示すが、交点として安定均衡点 $x_1=2$ と不安定均衡点 $x_2=5$ を得る。一般に $p_1 > 0$ の場合、価値均衡点として安定均衡点 $x_1=(\kappa-a-\sqrt{(\kappa-a)^2-4bp_1})/2p_1$ と不安定均衡点 $x_2=(\kappa-a+\sqrt{(\kappa-a)^2-4bp_1})/2p_1$ を得る。また $a \geq 0, b \geq 0, p_1 \geq 0$ なら任意の $x \geq 0$ に対して $P(x) \geq 0$ である。なお、交点の数は2個であるが、図 3.3 の $x \rightarrow \infty$ の無限遠点においても一つの安定? な交点が存在すると考え、物理現象上は『発散』と解釈できる。

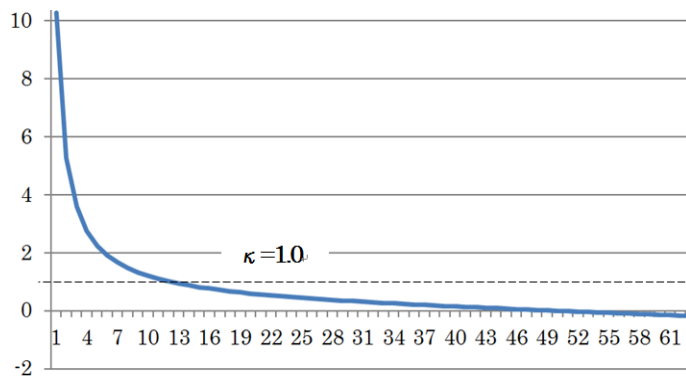


図 3.2 総合生産率関数 $P(x)$ (例 3.2: $a=0.3, b=1, p_1=-0.1 < 0$)

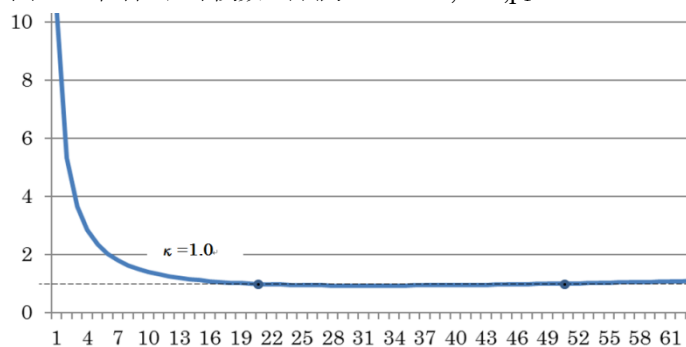


図 3.3 総合生産率関数 $P(x)$ (例 3.2: $a=0.3, b=1, p_1=0.1 > 0$)

【3.3 2次+3次追加モデル】 $b=p_{-1}=1, a=p_0=0.3$ の基本モデルに1次の価値低減効果 $p_1=-0.1$ を付加した1次モデルを【3.2】で検討した。本3.3節では更に、2次の価値増進効果 $p_2=0.1$ と3次の価値低減効果 $p_3=-0.01$ を合わせて追加した例を検討する。【例 3.3】 $(p_{-1}, p_0, p_1, p_2, p_3) = (1, 0.3, -0.1, 0.1, -0.01)$ と、最初の p_{-1} を除き価値増進効果と価値低減効果が波及次数の増加と共に交互に続く総合生産率関数を考える。単純再生産の場合を考え、 $y=\kappa=1$ と $y=P(x)$ の交点を図 3.4 に示すが、交点として安定均衡点 $x_1 \div$

1.5258, 不安定均衡点 $x_2 \doteq 3.281$, 安定均衡点 $x_3 \doteq 7.7644$ を得る。それぞれの均衡点=動作点での摂動・蜘蛛の巣理論を考えると価値均衡点1と価値均衡点3は安定だが、価値均衡点2は不安定と言える。この双安定価値均衡現象については、シュンペーターの創造的破壊としての解釈が可能である。初期状態として生産物価値小の安定点1で均衡してるとしよう。これは基本モデルでの単安定価値均衡状態にその後1次、2次、3次波及効果が追加されてもそこに留まってると考えてもよいし、双安定モデルにおいて生産物価値が零からスタートして直近の生産物価値小の安定点1に留まると考えてもよい。何れにしても、生産物価値小の安定点1に動作点がある状態で、何らかの擾乱の影響により動作点が不安定点2を経由して生産物価値大の安定点3へと遷移する、と考えよう。これが、シュンペーターの提唱する技術革新・イノベーション・創造的破壊にもとづく不連続的変化を伴う経済発展である。価値増進効果と価値低減効果の併合適用は、『新結合』との解釈も可能である。短期的な費用対収益効果と言うよりは、中長期的な投資対収益効果を狙った投資と収益のカップリング効果と言える。

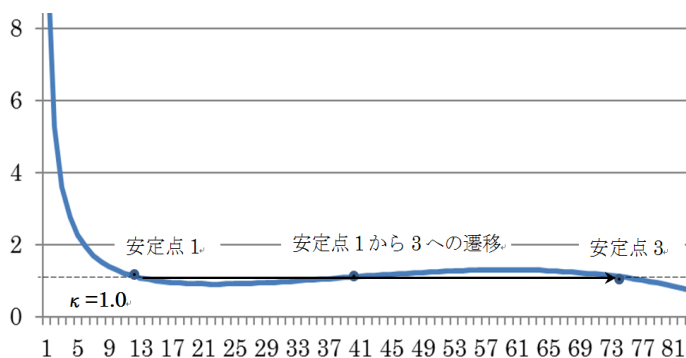


図 3.4 総合生産率関数 $P(x)$ (例 3.3: $b=1, a=0.3, p_1=-0.1 < 0, p_2=0.1 > 0, p_3=-0.01 < 0$, 横軸は $\times 0.1$)

【3.4 4次+5次追加モデル】基本モデルに1次の価値低減効果、2次の価値増進効果、3次の価値低減効果を合わせて追加した2次+3次追加モデルを前3.3節で検討したが、更に4次の価値増進効果、5次も価値増進効果を合わせて追加した4次+5次追加モデルを本3.4節で考察する。

【例 3.4】 $(p_1, p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5) = (1, 0.3, -0.1, 0.1, -0.01, 0.0001, 0.00001)$ と、4次 $p_4=0.0001$ と5次 $p_5=0.00001$ がともに価値増進効果である。本来なら4次 p_4 のみで価値増進効果を表現するのが単純明瞭であるが、限られた横軸の有効利用という技巧面の都合なのでご容赦を。単純再生産の場合を考え、 $y=\kappa=1$ と $y=P(x)$ の交点を図 3.5 に示すが、交点として安定均衡点 $x_1 \doteq 1.528$, 不安定均衡点 $x_2 \doteq 3.1825$, 安定均衡点 $x_3 \doteq 11.5462$, 不安定

均衡点 $x_4 \doteq 17.0253$ を得る。なお例 3.2 の図 3.3 と同様に、 $x \rightarrow \infty$ の無限遠点において『発散』交点が存在すると考えられる。

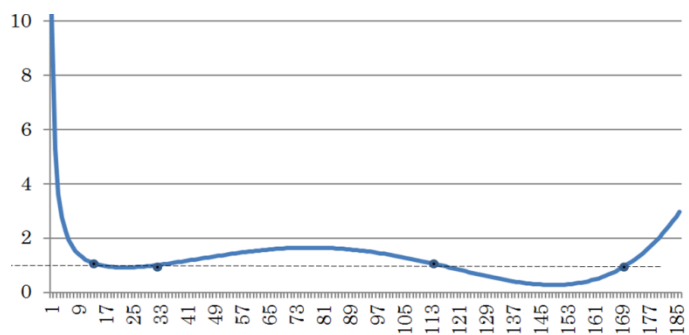


図 3.5 総合生産率関数 $P(x)$ (例 3.4: $b=1, a=0.3, p_1=-0.1 < 0, p_2=0.1 > 0, p_3=-0.01 < 0, p_4=0.0001 > 0, p_5=0.00001 > 0$, 横軸は $\times 0.1$)

【3.5 4次+5次+6次追加モデル】基本モデル+1次+2次+3次モデル(3.3節)に4次の価値増進効果、5次の価値低減効果、6次の価値低減効果を合わせて追加した4次+5次+6次追加モデルを本3.5節で考察する。

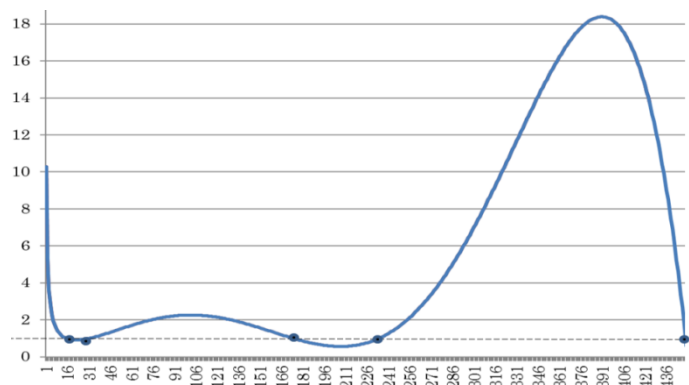


図 3.6 総合生産率関数 $P(x)$ (例 3.5: $b=1, a=0.3, p_1=-0.1 < 0, p_2=0.1 > 0, p_3=-0.01 < 0, p_4=0.0003 > 0, p_5=-0.000001 < 0, p_6=-0.00000004 < 0$, 横軸は $\times 0.1$)

【例 3.4】 $(p_1, p_0, p_1, p_2, p_3, p_4, p_5) = (1, 0.3, -0.1, 0.1, -0.01, 0.0003, -0.000001, -0.00000004)$ と、4次 $p_4=0.0003$ が価値増進効果、5次 $p_5=-0.000001$ 、6次 $p_6=-0.00000004$ がともに価値低減効果である。単純再生産の場合を考え、 $y=\kappa=1$ と $y=P(x)$ の交点を図 3.6 に示すが、交点として安定均衡点 $x_1 \doteq 1.531$, 不安定均衡点 $x_2 \doteq 3.081$, 安定均衡点 $x_3 \doteq 17.433$, 不安定均衡点 $x_4 \doteq 23.418$, 安定均衡点 $x_5 \doteq 44.942$ を得る。この場合、3番目の安定均衡点は発散せず、有限に留まり、3安定系となる。このような3安定系は $\kappa=2$ 程度の拡大再生産でも成立し、生産規模が小中大の3種の生産形態、例えば、家内手工業→工場制手工業(マニュファクチュア)→工場制機械工業、が歴史的に存在しうることを示唆する。又この例では、 $\kappa=4$ 程度の拡大再生産を想定すると中規模の生産形態は存在できず、急速な技術進歩により生産規模が拡大する時代では、生産規模が小と大に2極分化することを示唆する。

4. 進化としての経済成長／『技術は革新、心は保守』

太古の昔、人類は道具を作り、火を使用することを習得し、(途中省略)それが現代の高度技術・生産活動へとつながる。その間、様々な連続的変化、不連続的変化を経て現在に至る。例えば、車輪の使用に関しては、自転車の例でもわかるが、単に物品を移動するだけなら、手に持って歩いて持参するのが手っ取り早い。そここのところを、台車あるいは荷車に乗せて運ぶとなると、車体そのものの生産と移動と言うコストが発生する。重たい物品、多量の物品の長距離輸送ともなれば、車輪の使用による便益がそのコストを上回るだろう。このように、ある道具が実用化(広く世の中で使われる)されるには、コスト便益分析が自然と行われている。長き道を重荷を背負いて行くことのみを美德とするような人々の間では車輪はなかなか普及しない。さらに、徒歩持参と言う旧来技術から車輪移動と言う新技術への遷移は、移動環境と対象物品を限定すれば、非可逆的遷移であるとも言える。60年ほど前までは日米間の民間人移動は船舶が主流であったが、今日では船舶利用は稀である。すなわち、この長距離民間人移動の例においては、船舶利用から航空機利用への創造的破壊と言える技術革新が起きたと言える(人類史における創造的破壊については付録1)。この様に、不連続的変化を伴う創造的破壊型の技術革新では、投資コストと便益向上の両側面が相まって相乗総合の結果として、新技術が普及する。前3章との関連からは、投資コスト面は価値低減効果に、便益向上面は価値増進効果に対応する。すなわち、価値低減効果と価値増進効果、それぞれ単独では漸進的な効果しかもたらさないが、両者を併用することで、全く新しい異次元の効果が達成できる。これこそが新結合と言える、と思う。以下は、経営管理マインドからの拡大解釈である。『技術は革新』と言う標語に基づく便益向上策は価値増進効果をもたらす、『心は保守』と言う標語に基づく投資コスト節約策は価値低減効果となる。技術革新のみではその成果は限定的で、保守な心⇔節約マインドと相まって(保守と革新の新結合)、創造的破壊と呼べるパラダイムシフトを引き起こすと言える。さらに拡大解釈するならば、技術の進歩とそれを使う人の心=マインドは、技術と心が新結合と呼べるレベルにまで進化して、初めて『本物』と言える。単に技術のみが進歩すれば、それでOKと言う訳ではない。

5. おわりに

実際の文明・技術の進化で観察できるS字波の重畳波形、波乗り波形[2],[3]等を説明できる総合生産率関数 $P(x)$ の同定が今後の課題である。

【参考文献】

[1]篠原正明、篠原健：再呼、再生産、性能低下と恐慌論、平成30年度 日本大学生産工学部 第51回学術講演会 (2018.12)。

[2]公文俊平：『文明の進化と情報化』2001/3

[3]砂田薫：情報革命がもたらすパラダイムシフト

AD・STUDIES Vol.49,2014

www.yhmf.jp/pdf/activity/adstudies/vol_49_01_02.pdf

【付録1】 人類史における創造的破壊

創造的破壊を伴う劇的な変化は、人類史においても時代の節目節目で、結果として、発生している。創造的破壊は $y=a(x)$ と $y=\kappa \cdot e(x)$ の交点が唯一でなく、複数個発生時に成立する。また、内的要因と外的要因の片方ではなく、双方の関係性に起因する。自己啓発に例えるならば、内的な変化が外的な変化を凌駕した時と言える。真の変化は自分自身の内側からしか起こり得ない! このような創造的破壊は人類史においても文明の進化として認められる。変化が意味を持つためには、投資期と収益期の両面を持つので、必然的にS字形あるいは括れた波形が出現する(例えば[1],[2])。紀元前500年頃に全地球規模で、同時多発的に、人類に精神革命が発生したとする「枢軸時代(ヤスパース)」ならびにそれ以前の認知革命(サピエンス全史、ハラリ)に、これらすべての起源を求めたい。なお、対象間の相互比較により、注目の対象を理解するプロセスを認知と定義すれば、認知=動的平均化DAPの起源も同様と考えられる。

【付録2】 複数IRR現象との関連性

投資プロジェクトCF列の $NFV(r)=0$ となる割引利子率 r がIRRである。① $NFV(r)=\sum_{t=0 \sim T} \alpha_t z^t=0$ で $z=1+r$; α_t は t 期のCF値、一方、総合生産率関数 $P(x)$ では、② $P(x)=\sum_{k=1 \sim \infty} p_k x^k$ で $P(x)=\kappa$ を満たす x が生産物1単位の均衡価値である。①と②の差異は、①では Σ の総和の範囲は時期 $t=0 \sim T$ 、右辺定数項=0、②では Σ の総和の範囲は波及次数 $k=1 \sim \infty$ 、右辺定数項= κ であるが、本質的ではなく数理的構造は同じである。解釈上の差異は、①指標となる関数 $NFV(r)$ が量で、その変数 r が率(倍率では $z=1+r$)、②指標となる関数 $P(x)$ が率で、その変数 x が価値量と、比率と量の関係が逆転している。また①での時期 t が②で波及次数 k に対応する。すなわち、総合生産率関数は $\{p_k\}$ をCF列とするNFV関数として捉えられ、逆に投資プロジェクトCF列のIRR評価問題は生産システムの生産物の均衡価値評価問題となる。従って、複数IRR発生条件としての時系列的に正負CF列が交互に発生する事と、創造的破壊においては価値増進効果と価値低減効果が隣接した次数で交互に影響し合って新結合をもたらす事、は同じ数理構造に基づくと言える。