

## 均衡理論における時間概念の非両立性について

椿 井 真 也\*

### 1. 序—問題提起

古典力学が、位置と速度についての初期条件の下に、時間発展に関するすべての変数の展開を決定するにたる2階微分方程式の仮定から成り立っているのと同様に<sup>1</sup>、主流派経済学を形成している「新古典派」の依拠する一般均衡理論は、仮定された条件としての関数関係<sup>2</sup>において、指定された与件としての媒介変数を以って与えられた変数の均衡値の決定を示すという方法に基づいている。一群の諸条件により決定される変数の数値として解される「均衡 (equilibrium)」概念と熱力学・統計力学における「平衡 (equilibrium)」概念との形式的類似性ゆえに、経済学における均衡分析は、「平衡 (equilibrium)」状態を対象とする平衡系熱力学の類比的摂取により発展してきた<sup>3</sup>。事実、「新古典派総合」として知られるサミュエルソン<sup>4</sup>は、ある均衡状態から別の均衡状態への変化を過渡的調整過程の記述抜きで決定可能となる理論構造に着目し、平衡系の理論に類比させることを明示的に示唆する<sup>5</sup>。のみならず、エントロピーの自然な変数である保存量の値と内部束縛条件で平衡状態が一意的に規定される系の平衡状態に、各部分系の相加変数の値は変化しても保存量の値が変わらない程度の乱れを生じさせると、当該乱れを打ち消す変化が誘起されることを示す「ルシャトリエの原理」を経済学の理論に取り込み、かかる不均一を打ち消す変化の誘起を、長期的な財の供給と価格変化の関わりに類比させ、長期的には財の供給は価格弾力性を持つ機制を「ルシャトリエ・サミュエルソンの原理」と名づけて提出している<sup>6</sup>。

しかし、均衡理論における「均衡 (equilibrium)」と平衡系熱力学理論における「平衡 (equilibrium)」は、見かけの理論構造が経済学側からの類比的使用の誘因となるほどの類似性を有するが、実のところ異なる概念である。この点については、ミロフスキーやギルモアまたは塩沢由典らによって指摘されてきた。「定常状態」と「平衡状態」との混同という批判などその一例である<sup>7</sup>。また、経済現象の分析において、マクロでみた場合に物質やエネルギーの入出力がない孤立系を前提とする平衡系の理論をモデルとすることの不適を指摘する主張も存する<sup>8</sup>。上記批判は、効用最大化・利潤最大化原理の非現実性を指摘する数多の批判<sup>9</sup>に比べれば格段に少ないが、理論的批判の射程は、効用最大化・利潤最大化原理の非現実性の指摘と比べて相対的に当該理論の深部にまで届いている<sup>10</sup>。だが当該批判は、その主張の核心部分において首肯しうる点が多いにもかかわらず、延いては均衡理論が依って立つ孤立系の前提に代えて定常開放系の前提を導入することの適切さを指摘することに終始しているため、理論外在的批判にとどまっている。

本稿の考察対象は、均衡理論の前提にある時間概念である<sup>11</sup>。なるほど、均衡理論における熱・統計力学の摂取の問題性について、既存の研究では少数ながら存在する。しかし、時間概念に定位した分析に踏み込まれていないのが実情である。それゆえ、熱・統計物理学的知見を本格的にその経済学の理論に類比的に摂取したサミュエルソンの営為を一瞥し、均衡理論内部に潜む時間了解の構えにおけるダブルスタンダードを、当該理論に貢献した熱・統計物理学から帰結するはずの時間概念に関する知見を踏まえながら別決することを通じて、均衡理論には暗黙に2

---

キーワード：時間、一般均衡理論、熱力学第2法則

\* 立命館大学大学院先端総合学術研究科 2013年度入学 生命領域

つの時間概念が内包され、かつこの2つの時間概念は相互に非両立的である旨を明らかにすることが目的となる<sup>12</sup>。

## 2. 「ルシャトリエ・サミュエルソンの原理」と均衡の極大条件

サミュエルソンを本稿で取り上げる理由を確認しておく。理由の一つは、ギブスの教え子であるウィルソンの熱力学の講義から想を得たことを契機として、サミュエルソンの経済学体系の本質的部分において熱力学的知見が導入されており、サミュエルソン自身、論文なり講演なりにおいて熱力学的知見の経済学に対する理論的貢献について言及していることである<sup>13</sup>。次に、サミュエルソンは、経済学方法論につき、「因果関係」や「時間の可逆性」等に関する科学哲学における知見を踏まえた考察を残していることがあげられる<sup>14</sup>。のみならず、フリードマン批判の文脈において、「(理論と対応づけられる観察事実についての)描写が不完全な描写であるならば、それはその程度に応じて腐った果実である」と述べているように<sup>15</sup>、著名な経済学者の中でも、理論と当該理論の対象となる観察事実との対応関係を念頭においた経済学者の一人であった。最後に、経済学者が物理学の概念と経済学の概念との間に無理に類推をつけようとする傾向を批判し、安易な類比的摂取による「社会科学的猿真似」に対する警戒を喚起していたことが挙げられる<sup>16</sup>。

このように、物理学理論の摂取に慎重な態度を表明していたサミュエルソンが、にもかかわらず「ルシャトリエの原理」の経済学理論への摂取という自らの理論的営為については正当性を持つと考えたのは、例えば複数の投入物を用いる独占企業の極大体系であれば、当該構造系を熱力学における極大エントロピー体系で成立する構造系に結びつけることが可能であると考えたからである。サミュエルソンの持ち出す事例に即して述べるとしよう<sup>17</sup>。例えば、風船に圧力を加えた場合に容積が収縮する場面を2つの異なる実験条件の下で比較する。1つは、風船の表面を外界から隔離して収縮熱が逃げないように設定し、もう1つは、風船に圧力を加えるにしても、それが部屋の不変の温度との均衡を保つように設定する。そうすると、「ルシャトリエの原理」に従えば、系に隔離した制約条件を課せられた場合の容積の減少の方が、温度が部屋の温度と均衡を保つように制約された場合の容積の減少よりも小さいことが帰結する。つまり、断熱または等エントロピーのもとでの変化を  $s$  とし、温度一定のもとでの変化を  $t$ 、容積を  $v$ 、圧力を  $p$  と表すと、

$$\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_t \cong \left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_s \cong 0$$

と書ける。この関係式を、経済学における関係式として援用する。すなわち、上記関係式において圧力を表す  $p$  を投入物の価格とし、同じく上記関係式における容積に宛てがわれた  $v$  をその使用量として、労働と土地の関係を示す2変数モデルを立てる。先に挙げた風船の事例と同様、2つの異なる条件の組を特定化して、投入物の価格と数量の関係を思考実験するというわけである。第一に、投入物すなわちここでいう労働の価格  $p_1$  を引き上げるが、他の投入物つまり土地の数量  $v_2$  は一定に保っておくことにする。そうすると、 $p_1$  の上昇は  $v_1$  を減少させる。第二に、先と同様に  $p_1$  を同じ大きさまで引き上げるが、 $p_2$  を一定に保っておくことにした場合、極大利潤をめざす独占企業としては、より少ない  $v_1$  の量を購入することになる。その関係は数学的には以下のように定式化される。すなわち、

$$\left(\frac{\partial v_1}{\partial p_1}\right)_{p_2} \cong \left(\frac{\partial v_1}{\partial p_1}\right)_{v_2} \cong 0$$

上記関係式は「ルシャトリエ・サミュエルソンの原理」として知られる原理の結論を示している。すなわち、他の価格を一定として、他の投入量を極大利潤の均衡を回復するように調整させると、より長期の調整をあらゆる曲線の方が他の投入量を一定にしておく短期の調整をあらゆる曲線より緩やかな勾配を持つがゆえに、より弾力的でなければならないことが意味される。サミュエルソンは、圧力と容積および温度とエントロピーは、賃金率が労働に対して持っている、また地代が面積に対して持っている共役関係を相互に持っているからこそこの類比は正当化されるのだ、というのである。

このようにサミュエルソンは、熱力学の方法からの着想によって、均衡理論において変数の均衡値を極値問題の

解とみなすことができるならば、解の値の媒介変数の変化に関する行動を変数の数とは無関係に決定できることを示し、均衡方程式を極値条件とみなすことは許されると主張する。

さらにサミュエルソンは、極値条件を求めるより一般化された数学的形式に遡及し、そこから回帰する立論を準備し、均衡の極大条件の分析<sup>18</sup>につき、関数の極大条件を示す関係式から、より一般化されたかたちの「ルシャトリエの原理」を定式化できることを示す。すなわち、ある系の平衡状態が、未知数が独立に変化する極値条件により決定されるときには、補助制約式を追加するなら平衡状態は変化しないのに対して、逆に補助的制約が課せられない場合には平衡状態から乖離する機制を示し、かくして一般定理を導出することによって適用範囲を広範にする。

### 3. 一般均衡理論における時間概念

森嶋通夫が、代数的演算のみによって、静学的な「ヒックスの法則」と「ルシャトリエ・サミュエルソンの原理」が交換の一般均衡体系と静学的なレオンチェフ型投入産出体系において成立することを示し得たように<sup>19</sup>、「ルシャトリエ・サミュエルソンの原理」は、一般均衡理論体系にとっての重要な法則となっている。数学的には、当初、極大化問題に付随する定符号行列の問題とされたが、サミュエルソンは、対称的でもなく定符号でもない非負行列の場合にも成立するように拡張した。補完性がない複数財の交換体系に「ルシャトリエ・サミュエルソンの原理」が適用されることによって、外的条件が変化した時に生産量や消費量の均衡取引量と均衡価格比がどのような影響を被るかが分析できる。すなわち、均衡の安定条件と関連づけることで、一般均衡体系における需要法則や変化の法則を導出することができるというわけである。

この一般均衡理論の骨格となる考えとは、何らかの普遍的構造下での安定した状態を均衡と見つつ、市場の全ての交換比率が、当該市場の全ての商品に対する全市場参加者の需要と供給を同時にバランスさせる水準に決定される、というものである<sup>20</sup>。一般均衡理論体系は、各市場参加者の行為の期間が当該市場の範囲で閉じている場合の静学的部分においては、不動点定理の応用による一般均衡の解の存在証明にみるように、理論的に精緻化されてきた。対して、ある市場参加者の行為の計画期間が直面する市場の範囲を逸脱する場合を問題にする動学的側面に関しては扱い方が分かれる。すなわち、一方で「一時的な一般均衡 (Temporary General Equilibrium)」という考え方に基づいて扱い、他方で「合理的期待均衡 (Rational Expectation Equilibrium)」という考え方に基づいて扱われている。前者は、各市場参加者が以前の価格などを前提にしながら、来期以降の価格についての予想から、今期の市場に相当する部分についての需給均衡に注目するという方法であり、後者は、各市場参加者が来期以降の価格につき全市場参加者同一の予想を形成する合理的期待形成という考え方に立脚している。これら2つの均衡概念の前提は、動学モデルといえども終局的には静学モデルに還元しうること<sup>21</sup>、及び、理想的な状態においては、将来の全ての価格を人々が予め見越しているという想定に依っていることを含意している。

平衡系熱力学が任意の初期条件から出発すると熱平衡状態へと達することを示すのと同様に、一般均衡理論は任意の所与の初期条件から出発可能であり、過去・現在・未来のどの時点における状態をも一意に指定しうる。その意味で、我々はここに、一般均衡理論が全体を見通す「超越的視点」に立つ「観測者」の存在を含意していることを知る。

加えて、一般均衡理論の市場均衡式は、一般に消費主体の総需要及び生産主体の総供給に消費主体の初期保有総量を加えたものの恒等式<sup>22</sup>となっており、この恒等式は、効用最大化問題の解及び利潤最大化問題の解の大きさ、すなわち所与の価格に依存する均衡式となっているので、これは所与の価格と生産主体の生産者行動の利潤及び消費主体の所得と消費者行動を通じた総需要、ならびに総供給と総需要の均等を問うL本からなる式に至るプロセスにおいて、L種類の需給バランスに応じた新たな価格を得る価格調整過程の反復（「模索過程 (Tatonnement Process)」）により、最終的に均衡価格に到達することを示す。この模索の収束速度に関しては問われることはない。その意味で、我々はここに、先述の「観測者」による「無時間的」な価格調整過程の前提が置かれていることを知る<sup>23</sup>。

かつてシャクルは、経済学の理論に含まれる時間概念を分析した際、概ね4つの時間概念を抽出したが<sup>24</sup>、そのうちの2つが特に当該理論の枠組みを決定づけていることを指摘した。その2つとは、線型的かつ可逆的なニュー

トン力学の前提する「機械的時間」と「無時間」である。一般均衡理論の特徴は、この「無時間」的時間概念にある。この時間概念にこそ陥穽が潜むのである。その指摘のためにも、時間の異方性につき「熱力学的時間の矢<sup>25</sup>」として知られる哲学的かつ物理学的問題を提起する熱・統計力学と、そこから帰結するはずの時間概念を確認しておく必要がある。

#### 4. 熱・統計力学における時間概念

「熱平衡状態 (thermal equilibrium state)」ないしは単純に「平衡状態 (equilibrium state)」とされる状態とは、孤立したマクロな系を長時間放置しつづければマクロに見る限りは何ら変化が生じないような状態を指す。そして、平衡系熱力学は平衡状態の性質並びにある平衡状態から別の平衡状態への遷移のみを対象とした系の振る舞いに関する普遍的記述を目指す物理学理論である。この熱力学第2法則を定量的に表現するならば、孤立系のエントロピーは時間とともに非減少（増大もしくは一定）であり、熱平衡状態とは、エントロピーの値が最大となる状態であると定式化される。

「ルシャトリエ・サミュエルソンの原理」は、ある一定の事象に対して物理学理論と経済学理論の親和性を肯定できるかに見えるほどの形式的類似性を持つので、サミュエルソンの理論的営為は一定の正当性を持つかに見える。とはいえ、その理論の依拠する時間に関する暗黙の了解は、マクスウェル、ボルツマン等がもたらした深刻な時間論上の問題をいわば無視することによってこそ可能なのである。よって、まずは平衡系理論における「平衡 (equilibrium)」概念の内容及びそれと相即する時間描像を論じることが必然となる。

マクスウェルは、マクロな状態を構成する気体分子のレベルにまで還元し、当該分子運動に対してニュートン力学を適用し、熱平衡状態に相当する状態の分布状態を、

$$f(v_x, v_y, v_z)dv_x dv_y dv_z = n \left( \frac{m}{2\pi KT} \right)^3 \exp \left( -\frac{mv^2}{2KT} \right) dv_x dv_y dv_z$$

として定式化される「マクスウェル分布」を導出する<sup>26</sup>。

だが上記関係式は、速度に依存した関数であり、分子の衝突による平衡状態への遷移についての時間的変化を記述することはできないことから、ボルツマンの統計力学は、位置と速度双方を含めた分布関数の時間的遷移の記述により熱力学第2法則を基礎づける。すなわち、マクスウェルの速度分布関数に時間変数  $t$  を導入し、上記分布関数の時間的変化が衝突によって起きる分布の変化から最終的にボルツマン方程式を導出する<sup>27</sup>。

「衝突数の仮定 (Stosszahlansatz)」を導入することで<sup>28</sup>、分布関数が任意の状態から時間的変化に応じてマクスウェル分布に近づくことを証明するために後に  $H$  関数と呼ばれる関数<sup>29</sup>を導入し、これを時間  $t$  で微分した上でボルツマン方程式と合わせると、

$$dH/dt = \int d^3v_1 \int d^3v_2 \int d\Omega \sigma(\Omega) |v_1 - v_2| (f_4 f_3 - f_2 f_1) (1 + \log f_1)$$

という関係式が導かれる。各々の分布関数について同様の4つの式を立てて、その和を4で割って平均をとり、時間  $t$  で微分して一般化された不等式のかたちで定式化すれば、

$$dH/dt \leq 0$$

が帰結する。この帰結を以ってボルツマンは不可逆的時間の導出に成功したと考えたが、ロシュミットによる「可逆性の反論<sup>30</sup>」やツェルメロによる「再帰性の反論<sup>31</sup>」を呼び起こしたように、力学法則と確率論との併用の仕方は、ボルツマンが当初考えていたほど明確な根拠があるわけではなかった<sup>32</sup>。

その後のボルツマンは、分布関数の出現確率に還元して計算することになる。分子の運動状態を表現する速度空間のみだと相互作用する分子集団の系全体の力学的状態の記述に不十分なために、 $6N$ 次元からなる相空間 ( $\Gamma$ 空間)を導入し、ある時刻  $t$  に  $\Gamma$ 空間にある点に系の代表点がどのぐらいの確率で来るかという方法をとる。 $\Gamma$ 空間内の位置と時間の関数ともなっている代表点の確率密度  $\rho$  を空間全体にわたって積分し、点の総数  $M(q, p)$  を得て、

その平均値  $\bar{M}$  を求め、時間平均を  $\Gamma$  空間での平均に帰着させる。「エルゴード仮説<sup>33</sup>」に基づき、 $\Gamma$  空間で任意の 1 点を通過する軌跡はただ一つであり、それゆえ、時間平均と相空間平均とが等しいことを結論づける。 $\Gamma$  空間の代表点の運動はハミルトン正準運動方程式と時間対称な前提から可逆性とは無矛盾であるため、この結論は時間可逆的な力学法則と齟齬をきたさない。 $\Gamma$  空間の代表点がエルゴード的で、かつ  $\Gamma$  空間内の等しい体積のなかで等しい滞在時間をもつならば、点は平衡状態に対応する  $\Gamma$  空間体積になる可能性の方が圧倒的に高い。

この帰結は、エントロピーが大きい状態とは、系の可能なミクロな状態の数が圧倒的に多いという表現と同義であるが、エントロピーの小さい方向（系のとりうるミクロな状態の数が少ない）に向かうことがないという表現とは同義ではない<sup>34</sup>。だが、法則的に「熱力学的時間の矢」の導出に成功していないとしても、「事実上 (de facto)」時間反転を許す過程がほとんど生じないか否かということが重要だとする、「時空の関係説」に立つグリェンバウムの「弱い」見解<sup>35</sup> に立つならば尚更のこと、「事実上」の不可逆性と法則的な不可逆性との差異は、(後に触れるように) こと本稿の立論にとっては本質的違いをもたらさない。

## 5. 均衡理論に住まう二者の「魔物」

熱力学的知見を導入して均衡方程式を極値条件の問題に帰着させるサミュエルソンの理論的営為を含む一般均衡理論には、二者の魔物が存在する。先述の通り一般均衡理論は、任意の所与の初期条件から出発可能であり、過去・現在・未来のどの時点における状態をも一意に指定しうることから、一般均衡理論が全体を見通す「超越的視点」に立つ「観測者」の存在を含意しているという意味で、いわゆる「ラプラスの魔物」の存在を見ることになる。次に、この「観測者」による「無時間的」価格調整過程の前提及び効用計算に関する情報伝達における「無コスト」という前提が置かれているという意味で、いわゆる「マクスウェルの魔物」の存在を見る。このことは、一般均衡理論が局所均衡から一般均衡へと発展させる際に調整速度を無視していることにも端的に表れている。したがって、一般均衡理論の論理構造は、すべての取引が既に終了した最終地点から俯瞰し、対象間の相互作用をも含む系全体の状態を一意に指定できることを当然の前提にしている。ここに我々は、一般均衡理論の前提する時間概念のダブルスタンダードを発見する。無論、理想化された平衡系では、「観測者」が保存則を充足するように局所の運動を実現させることが可能という意味で、「観測者」が系全体を俯瞰しうる「超越的観測者」たるべき位置に座しているとみなせないわけではない。加えて、「熱力学第 2 法則」が物理法則として絶対的な時間非対称性を帰結しはしないのであるから、純理論的に見て可逆性を許容する理論構造を持つ一般均衡理論と直ちに矛盾をきたすと結論づけることにはなお慎重であらねばならないだろう。事実、一般均衡理論のモデルは原則として「無時間的」であるのと同様に<sup>36</sup>、平衡系熱力学の理論も一見「無時間的」であると解することもできなくはない。それゆえ、一般均衡理論における可逆的時間概念の許容が、熱力学の不可逆的時間概念と矛盾を来すと論難するつもりはない。問題の根は、熱力学的知見からくる「マクスウェルの魔物」の不存在が含意する時間概念と一般均衡理論の「無時間的」時間概念は非両立的関係に立つにもかかわらず、一般均衡理論がその「マクスウェルの魔物」の存在を含意せざるを得ない時間概念に立脚するという、「ダブルスタンダードの誤謬」を犯している、ということにある。このことを説明するために、エントロピーと情報を関係づける「拡張された熱力学第 2 法則<sup>37</sup>」を取り上げる。

最も確からしいマクロな状態とは、それを可能にするミクロな状態の総数が最大になることである。ミクロな状態の「振り混ぜ shuffling」が平衡をもたらすということは、極大エントロピー状態が最も「振り混ぜられた」混沌状態であることを意味する。秩序づけられたマクロ状態の規定には多くの情報を要し、逆に構造の消失は情報の減少を含意する。それゆえ情報を「負のエントロピー」とする解釈が可能となる<sup>38</sup>。

さて、可能な出来事の数  $p_0$  があるとして、情報不存在下では各出来事の生起は同様と解さざるを得ないのに対して、情報の存在は、選択肢をより小さい  $p$  ( $p < p_0$ ) に減らすことを可能にする。それゆえ情報量  $\Delta I$  は、

$$\Delta I = k \log(p_0/p) = -k \log p + \text{定数}$$

により定義される ( $k$  はある定数を意味し、物理学的適用の場面ではボルツマン定数)。

「マクスウェルの魔物」は、等圧の気体の収まった容器を A と B の 2 つに分け、局所的穴を開閉する状況において、

平均より速い分子を A から B へ、平均をより遅い分子を B から A へ通す選好的「選り分け sorting」の操作を通じて、「エントロピーの法則」を破る存在として想定された可逆過程を許容する架空の「魔物」である。この想定は、ミクロな系の状態を「観測者」が攪乱しうることを含意するので、「観測者」と観測対象との分離を危うくすることを意味する。分子が局所に近づく際、その速度を特定して「選り分け」た上、別の分子が局所に近づく際に当該分子の速度を特定するには、当該分子の速さの平均からの差を特定しうる観測装置の「初期化」が必要となる。しかし、観測のために分子との相互作用が不可欠となり、各分子の速度の識別のため観測の反復に応じてなされる「情報の消去」は、この「魔物」の操作可能な温度差を使って行われる仕事量を上回る仕事を要求する<sup>39</sup>。かくして「マクスウェルの魔物」は「悪魔祓い」される。

ところが一般均衡理論では、先述の通り、価格調整速度の「無時間性」及び情報伝達コストゼロの前提をおくので、恰も「マクスウェルの魔物」が分子の速度の観測のたびごとに必要な「情報の消去」に要求される仕事をゼロと考える不可能を強いていると見ることができる。「マクスウェルの魔物」の存在を招き寄せ、最適状態を模索するために必要な情報が無コストならば、系の初期状態は変化しないので、系の状態は一意に同定しうるが、逆に最適状態の模索過程に要する情報が無コストでなければ、系の状態を模索する操作が系の初期状態の変化に伴う均衡状態の揺動をもたらすので、模索過程が「初期化」される羽目に陥り、最適状態の同定の原理的不可能が帰結する<sup>40</sup>。

## 6. 結—時間概念の非両立性

均衡理論における熱・統計力学の理論的摂取は、一方で「熱力学第2法則」が帰結する、高度な蓋然性をもった時間非対称を含意する時間概念を前提せざるを得ないにもかかわらず、他方でそれとは非両立の関係に立つ「無時間的」時間概念をも前提している。すなわち、熱統計力学的知見を類比的に摂取する均衡理論体系は、同時に「悪魔祓い」された「マクスウェルの魔物」の存在の招来と相即する時間概念を持つというダブルスタンダードの誤謬を犯しており、このダブルスタンダードは非両立であるゆえに矛盾を抱懐している、ということなのである。

### 注

- 1 物理学の基本方程式は、時間反転に関して不変である。ニュートン力学における運動方程式がその典型である。我々は物理現象を記述する際に時間空間の座標を決定し、ある現象の記述を行う。この座標軸のとり方は、各々の観測者によって異なる。
- 2 例えば、「効用関数」などを想起されたい。
- 3 ニュートン力学のみからは経済学の理論における「均衡」概念に相当する「平衡」概念は導出できない。熱・統計力学的「均衡」概念との類比も同じく重要なのは、このためである。なお、同じ「均衡」といっても、古典派経済学と新古典派経済学では、依拠する価値論が異なる（前者は投下労働価値説、後者は限界効用価値説）。古典派の「均衡」は、終局的には投下労働価値におさまるの対し、新古典派では、価格に依存した需要関数、供給関数の交点として把握される（[Mirowski, F. (1989)] pp.238-241 参照）。
- 4 本稿はサミュエルソンを参照しているものの、特に「新古典派総合」のみに当てはまる立論ではない。一般均衡理論が暗黙に前提する時間概念を主題化しているのだから、「新古典派総合」にも、また「新古典派総合」を批判した「新しい古典派」にも等しく当てはまる立論となる。サミュエルソンを取り上げた理由は、サミュエルソンが最も露骨に熱力学的知見をその理論的営為に摂取した経済学者であるだけでなく、一般均衡理論の数理化に貢献した大経済学者の一人だからである。
- 5 [Samuelson, P. (1947)] p.9 参照。
- 6 [Samuelson, P. (1947)] pp.36-39.
- 7 [塩沢 (1983)] p.168. など。いかなるマクロ変数も時間的変化がない状態をマクロ的に見た「定常状態 (steady state)」と呼ぶが、定常状態は「平衡状態 (equilibrium)」と同義ではない。例えば抵抗に電池をつなげて放置すれば電流や温度などのマクロ変数は時間的変化がない定常状態になるが、この抵抗の状態は熱平衡状態ではない。なぜならば、抵抗が外部電池からエネルギー供給を受けているから定常状態になっているのであって、「孤立」している系を前提とする系の平衡状態という根本の条件を充足しないからである。同様に、経済学においてマクロな変数が時間変化しないからといって、それが直ちに「均衡」を意味するわけではない。[塩沢 (1997)] p.256 参照。
- 8 [塩沢 (1983)] pp.98-100 参照。他にも、サミュエルソンは熱力学第2法則の統計的側面を見ていないとするミロフスキーによる批判（[Mirowski, F. (1989)] p.381）や、むしろ動力学に対する考察を欠いているとするギルモアによる批判（[Gilmore, R. (1983)] p.742）がある。

- 9 理論的批判の代表例の一つが、[村上泰亮 (1992)]である。
- 10 塩沢由典は、効用最大化問題はNP問題を招来すると述べる ([塩沢 (1990)] pp.178-191)。
- 11 経済学、中でも主流派経済学は、「時間」についての考察を欠いていると言われてきた。しかし、「新古典派経済学」黎明期の一人であるマーシャルも気づいていた通り、実は「時間」の取り扱い方は、経済理論にとってのある種の「落とし穴」かもしれないのである。マーシャルは「時間こそ経済学における最も重要な難問の多くの根源となっている」([Marshall, A. (1948)] p.48)と述べる。ケインズの後継者の一人であるロビンソンも論理的時間と歴史的時間の区別の必要を説き、サミュエルソンが両者の区別に関して無自覚である旨批判している ([Robinson, J. (1980)] p.220)。また、「新古典派」に否定的なレーゲンは、経済学がニュートン力学における絶対時間を前提としていることを批判し、ベルグソンのいう「持続としての時間」が時間の本質であるとして、持続なき瞬間の実数的連続体としての時間ではなく、生産過程の理論にその「持続としての時間」概念を取り込む ([Rögen, N (1971)] p.130)。しかし、経済学者による時間論はほぼ皆無なのが実情である。ところが、経済理論においていかなる時間概念を前提するかによって、その帰結が大きく異なる場合がある。そのような事例はいくつも列挙できるが、最も身近な例を挙げておく。「新古典派」の理論を単純に当てはめると、労働市場における労働供給曲線と労働需要曲線との関係においても需給均衡は瞬時に調整されるので、非自発的失業は瞬時に解消される。対して、「ケインズ経済学」の枠組みでは、賃金の下方硬直性ゆえに瞬時に需給が調整されることはない。調整過程の速度の遅延が、ケインズの意図とは別に、その不均衡を帰結せしめる理由として理論内部に取り込まれている。この他にも、消費者行動論や不確実性の下での意思決定の問題には、「時間」に対する考察が不可欠である。
- 12 本稿は、経済学が物理学の理論を類比的に摂取して発展してきたのだから、その理論構造全体も物理学に忠実であるべきだ、とは主張しない。その摂取が自己矛盾を抱懐しており、その自己矛盾に立脚して立論されていることの問題性を指摘するのである。
- 13 [Samuelson, P. (1960)] pp.368-379 など。
- 14 [Samuelson, P. (1965)] は、その代表的なものである。論文冒頭から、因果関係についての考察と、それに基づくフリードマン批判が展開される。
- 15 [Samuelson, P. (1962)] p.232.
- 16 [Samuelson, P. (1972)] pp.255-257.
- 17 [Samuelson, P. (1972)] で、サミュエルソンが挙げている平易な例証についての記述を参照している。
- 18 [Samuelson, P. (1947)] p.31 の記述に負う。
- 19 [森嶋通夫 (1964)] pp.3-25 を参照。
- 20 「均衡」ではなく、「不均衡」に定位して理論モデルを構築する議論も存在する。しかし、何を「不均衡」とするかの合意形成が困難であるだけでなく、たとえ合意形成があったとしても、あくまで「均衡」からの「距離」によって措定される概念であるがゆえに、結局は均衡理論の範疇に属している。先述の例のように、ケインズの理論が労働市場の不均衡を把握する理論であっても、ヒックス、サミュエルソン以後におけるその理解は、「45度線均衡」というように「均衡」概念の前提に立った理解の仕方なのである。
- 21 もちろん、こうした動学の取り扱い方に対して、多くの優れた理論経済学者は不十分であることを率直に表明している。
- 22 ワルラスの法則とは、A、B、Cを消費主体、D、Eを生産主体、価格ベクトルを  $p$ 、初期保有ベクトルを  $e^A, e^B, e^C$ 、各消費主体の効用最大化行動を  $x^A, x^B, x^C$ 、各生産主体の利潤最大化行動を  $y^D, y^E$  とすると、 $p(x^A + x^B + x^C) = p(e^A + e^B + e^C) + p(y^D + y^E)$  という恒等式が成立していることを意味する。経済体系全体での需要と供給が均等していることを示す市場均衡式は、初期条件の価格  $p$  に依存する。このような均衡式を成立せしめる価格ベクトルこそ一般均衡価格なのである。
- 23 本稿の立論内容とは若干異なるが、このような「無時間性」を一般均衡理論が有していることを指摘する論説としては、[Zamagami, S and Agliardi, E. (2004)] が挙げられる。
- 24 4つの時間とは、「機械的時間」、「歴史的時間」、「無時間」、「期待時間」である。[Shakle, G.L.S. (1968)] 参照。
- 25 「時間の矢」の意味については、「時間の哲学」において錯綜している。時間の一方の方向と他方の方向との非対称性であるとの合意は形成されているものの、論者の中には、時間の中の非対称性と時間そのものの非対称性との混同がみられる。もちろん、当該差異の設定は無意味であると解する論者もいる。グリェンバウムなどが典型である ([Grünbaum, A. (1963) p.211] 参照)。グリェンバウムは時間や空間における「絶対説」に反対し、「関係説」の立場を支持するがゆえに、上記問題設定の区別を否定する。この問題は哲学上の問題となるが、一言すると、上記問題設定は、「絶対説」に与することを含意しない。「時間の矢」についての一応の了解は、以下のライヘンバッハの見解であろう。「時間は、たいてい順序だけでなく向きも有していると考えられている。「より前」という関係は、「より小さい」という関係と同じ種類であって、「～の左」のように向きのない関係ではない、とみなされている。このことは、「より前」という関係が「より後」という逆の関係とは構造的に異なっている、ということ意味する」([Reichenbach, H. (1956)] pp.26-27.)。
- 26 [Maxwell (1965)] pp.377-409 参照。
- 27 ボルツマン方程式とは、 $(\frac{\partial}{\partial t} + v \cdot \nabla - \frac{F}{m} \cdot \nabla v) f = (\frac{\partial f}{\partial t})_{coll}$  で表現される ( $\nabla = (\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z})$ 、 $\nabla v = (\frac{\partial}{\partial v_x}, \frac{\partial}{\partial v_y}, \frac{\partial}{\partial v_z})$  とする)。右辺は衝突項であり、分子が衝突すると当該分子に相当するはずの  $\mu$  空間の各点はそれらが占めていたセルから出され、近傍の点とはともに運動を続けなくなり軌道が急に切れて分子の新しい速度に相当する別の場所に現れる。同じく他の点は、衝突により  $\mu$  空

間の別の領域から移ってくる。とするならば、一定の領域では点が保存されなくなる。それゆえ、右辺に確率論に依拠した衝突項が付加される。

- 28 エーレンフェスト夫妻は、[Ehrenfest, P. & T. (1990)]において、特に1880年代から1890年代にかけて統計力学がどのように洗練されてきたかを詳細に説明する。問題の中心は統計力学の方法論的な問題であり、主としてボルツマンとギブスに焦点を絞り統計力学における方法論的問題として8つほどの問題を提出するのだが、その一つがこの「衝突数の仮定 (Stosszahlansatz)」である。
- 29 H関数とは、 $H = \int d^3v f(v,t) \log f(v,t)$  と表現される。
- 30 ロシュミットからの反論 ([Loschmidt, J. (1867)] pp.277-370 参照) を契機に、ボルツマンはH定理の欠陥を自覚し、再構成することを模索する。その際に強く意識したのは、後に統計力学の基礎になる3つの原理である。第一は、通常エントロピーと呼ばれる量は、対応するマクロな状態の確率であるということ。第二は、すべてのミクロな状態が等確率で生じること。第三に、エントロピー増大は、単に粒子からなる系の状態の確率が増加すること、である。
- 31 ツェルメロの援用するポアンカレの再帰時間 ([Zermelo, E. (1894)] pp.485-494 参照) からすれば、第2法則が破れるまでの再帰時間は、 $10^{10^{80}}$ 年である。「法則」をどう捉えるべきかという問題は、哲学において一つの主要な問題を構成する。例えば、「法則的」に時間非対称であるということの理解をめぐって、「事実上」時間反転を許す過程がほとんど生じないか否かということが重要だとするグリーンバウムの見解 ([Grünbaum, A. (1963)] p.211 参照) と、この見解に対するアーマンの見解 ([Earman, J. (1974)] pp.15-47 参照) は、両極端の関係に立つ ([Sklar, L. (1993)] p.378 参照)。
- 32 この併用の仕方における難点を適切に指摘したエーレンフェスト夫妻が、H定理に見られる時間非対称な結論の由来とした「衝突数の仮定」とは、「衝突前の分子の位置と速度は相関がない」という仮定であり、その内容は、衝突によって各分子の速度の間に相関は生じず、各瞬間の衝突は全く独立に起きることである。しかし、「衝突数の仮定」に含まれる個別的釣り合い条件は、熱平衡状態のときは成り立つとしても、一般的に正しいとは言えない。
- 33 「エルゴード仮説」とは、系の代表点 (q, p) の軌跡は時間の経過とともに $\Gamma$ 空間内のエネルギー面上のすべての点を通過するというものである。
- 34 したがって熱力学第2法則は、ミクロレベルでの時間可逆性とマクロな現象レベルでの時間不可逆性との関係を、当該法則の持つ2つの側面、すなわち力学的側面と統計的側面との関係として理解する。しかし、いわゆる「熱力学的時間の矢」の導出に完全に成功しているとは言えない。なぜなら、エントロピーの大小が系のミクロな状態の数に関係づけられるだけならば、仮に低エントロピーの状態Sが与えられたとして、時間の両方向に対して同等の推論を用いる限り、Sは時間の両方向で増大すると考えられるからである。[Price, H. (1996)] pp.22-48 参照。
- 35 [Grünbaum, A. (1963)] p.211. グリーンバウムは、先の(注)でも触れた通り、「時空の関係説」に立ち、事象と独立の時間の存在を認めない。もっとも、関係説の立場であっても、法則としての不可逆と事実としての不可逆とを画然と分かつ見解もある。[Horwich, P. (1987)] が典型である。
- 36 「無時間的」時間概念への批判の一例として [Rögen, N. (1971)] が挙げられる。経済過程は均衡理論が想定する循環的なものではなく一方向的である、というものである。その他にも、「無時間的」時間概念を前提にすると意思決定の問題は解決不能となり、それゆえ一般均衡理論が「無時間的」時間概念に依拠する限りでは、現実の経済を分析するための理論として失格であると考えられるシャクルによる批判もある ([Shakle, G.L.S. (1968)] )。
- 37 エントロピーと情報の関係については、[Zeh, D (1992)] pp.68-84 が詳しい。
- 38 [Davis, P. (1974)] p.54 参照。
- 39 [Bennett, C. H. (1987)] は、測定過程こそ熱力学的不可逆性を示すとしたシラード以来の解釈を否定し、むしろ「情報の消去」こそが不可逆過程であることを論じる。
- 40 「マクスウェルの魔物」の喩は、系の状態同定一般に関する観測問題の不可避性を示唆する。郡司ベギオ幸夫の考察 ([郡司ベギオ - 幸夫 (2004)] pp.266-274) は、この点で有益な示唆に富む。

## 【参考文献】

### (外国語文献)

- Bennett, C. H. (1982). : 'The thermodynamics of computation—a review', *International Journal of Theoretical Physics* 21 (12), pp.905–940.
- Bennett, C. H. (1987) : 'Demon, engines, and the second law', *Scientific American* 257 (5), pp.108-116.
- Boltzmann, L. (1964) : *Lectures on Gas Theory*, Berkeley: University of California Press.
- Boltzmann, L. (1872) : 'Weiter Studien über Wärmegleichgewicht unter den Gasmolekühen (H-Theorem)' *Sitzungsberichte der K. Wiener Akademie, LXVI*, pp275-370.



- Boltzmann, L. (1877) : 'Über die Beziehung eines allgemeine machanischen Satzes zum zweiten Hauptsatze der Wärmetheorie' *Sitzungsberichte, K. Akademie der Wissenschaften in Wien, Math-Naturwiss.* 75, pp.373-435.
- Boltzmann, L. (1895a) : 'On Certain Questions of the Theory of Gases' *Nature*, 51, pp.413-414.
- Boltzmann, L. (1895b) : 'On the Minimum Theorem in the Theory of Gases' *Nature*, 52, p.221.
- Davis, P. (1974) : *The physics of Time Asymmetry*, Surrey University Press.
- Debreu, G. (1982) : 'Extence of Competitive Equilibrium', *Handbook of Mathematical Economics*, Vol.2, edited by Arrow and Intriligator, North Holland Publishing Company.
- Earman, J. (1974) : 'An Attempt to Add a Little Direction to The Problem of the Direction of Time', *Philosophy of Science*, 41. pp.15-47.
- Ehrenfest, P. & T. (1990) : *The Conceptual Foundations of the Statistical Approach in Mechanics*, translated by M. J. Moravcsik: Dover.
- Gibbs, J. (1960) : *Elementary Principles in Statistical Mechanics*. New York: Dover.
- Gilmore, R. (1983) : 'Le Chatelier Reciprocal Relations and the Mechanical Analogue.', *American Journal of Physics* (51), pp.733-743.
- Grünbaum, A. (1963) : *Philosophical Problems of Space and Time*, Dordrecht: Reidel.
- Horwich, P. (1987) : *Asymmetries in Time*, MIT Press.
- Loschmidt, J. (1867) : 'Über den Zustand des Warmegleichgewichtes eines Systems von Köpern mit Rücksicht auf die Schwerkraft' *Sitzungsberichte der Kaiserlich der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftlichen* (73). p.139.
- Marshall, A. (1948) : *Principles of Economics*, 8<sup>th</sup> ed, Macmillan.
- Maxwell, J. (1866) : 'On the dynamical theory of gases', *The Scientific paper of James Clerk Maxwell, Vol.2* : Dover (1965) pp.26-78.
- Maxwell, J. (1908) : *Theory of Heat*, Longmans, Green and Co, London.
- Mirowski, F. (1984) : 'The Role of Consevation Principles in 20th Century Economic Theory' *Philosophy of the Social Sciences* (14), pp.461-473.
- Mirowski, F. (1989) : *More Heat than Light* : Cambridge University Press.
- Price, H. (1996) : *Time's Arrow and Archimedes' point : New Directions for the physics of Time*, Oxford University Press.
- Reichenbach, H. (1956) : *The Direction of Time*. University of California Press.
- Rögen, N. (1971) : *The Entropy law and the Economic Process*, Harvard University Press.
- Robinson, J. (1980) : 'Time in Economic theory', *KYKLOS*, Vol.33. pp.219-229.
- Samuelson, P. (1947) : *Foundations of Economic Analysis*, Harvard University Press.
- Samuelson, P. (1959) : 'What Economists Know' Chapter 7 in Daniel Lerner, ed., *The Human Meaning of the Social Sciences* (New York: Meridian Books, 1959), pp.183-213.
- Samuelson, P. (1960) : 'An Extension of the Le Chatelier Principle' *Econometrisa*, Vol.28, No.2, pp.368-379.
- Samuelson, P. (1962) : 'Comment on Ernest Nagel's Assumptions in Economic Theory', *Papers and Proceedings of the American Economic Association*, December 29, 1962, pp.231-236.
- Samuelson, P. (1965) : 'Some Notions on Causality and Teleology in Economics' in Daniel Lerner, ed. *Cause and Effect* (New York: The Free Press, 1965), pp.99-143.
- Samuelson, P. (1972) : 'Maximum Principles in Analytical Economics', *American Economic Review* (62), pp.249-262.
- Samuelson, P. (1997) : 'Notes on My Methodology' in *The Collected Scientific Papers of Paul Samuelson, Vol.1*. Cambridge, Mass: The MIT Press. 1966.
- Shakle, G.L.S. (1968) : *A Scheme of Economic Theory*, Cambridge University Press.
- Sklar, L. (1993) : *Physics and Chance: Philosophical Issues in the Foundation of Statistical Mechanics*, Cambridge University Press.
- Zamagami, S. and Agliardi, E. (2004) : 'Introduction', *Time in Economic theory*, An Elgar Reference Collection, Edgar Elgar UK.
- Zeh, D. (1992) : *The physical basis of the direction of time, 2nd ed.*; Berlin Springer-Verlag.
- Zermelo, E. (1896) : 'Über einem Satz der Dynamik und die mechanische Wärmetheorie', *Annalen der Physik und der Chemie*, LVII. pp.485-494.

#### (邦語文献)

- 郡司ベギオ - 幸夫 (2004) : 『原生計算と存在論的観測—生命と時間、そして原生』 (東京大学出版会)
- 塩沢由典 (1983) : 『近代経済学の反省』 (日本経済新聞社)
- 塩沢由典 (1990) : 『市場の秩序学』 (筑摩書房)
- 塩沢由典 (1997) : 『複雑さの帰結』 (NTT 出版)
- 新保一郎 (1998) : 『動学的一般均衡理論研究』 (関西大学出版部)

福岡正夫 (2007) : 『均衡分析の諸相』 (岩波書店)

村上泰亮 (1992) : 『反古典の政治経済学 (下) —二十一世紀への序説』 (中央公論社)

森嶋通夫 (1964) : 「均衡・安定・成長—多部門分析」 (『森嶋通夫著作集第2巻』 (2003、岩波書店、川又邦雄訳)

安井琢磨・二階堂副包 (1958) : 『経済理論における数学的方法—均衡解の存在問題』 (岩波書店)

吉川洋 (2010) : 「マクロ経済学における統計物理学的方法 (上)」 東京大学『経済学論集』 (76-2) pp.47-71.

## Some Notions on the Incompatibility of the Concept of Time in Equilibrium Theory

TSUBAI Shinya

Abstract:

The general equilibrium theory in economics has built theoretical models by analogically incorporating the knowledge of the equilibrium theory of thermodynamics in physics, as the superficial structures of their models are similar. However, it has been pointed out by some philosophers, physicists and economists that economics avails itself of physical theory in the wrong way. Nevertheless, many of their criticisms that economists have confused equilibrium state with steady state and so on are just external. In this paper, therefore, I would like to urge that the equilibrium theory in economics makes wrong use of the equilibrium theory of thermodynamics by comparing concepts of time, which Samuelson's theory of economics and statistical thermodynamics respectively presuppose. By ignoring the concept of time which the second law of thermodynamics includes, the equilibrium theory in economics cannot but have a pitfall: it has fallen victim to that which I call the double standard fallacy. The double standard fallacy comprises the incompatibility of the two concepts of time in the equilibrium theory which economics implies in the sense that the concept of time in equilibrium theory in economics conflicts with that in the second law of thermodynamics.

Keywords: time, general equilibrium theory, second law of thermodynamics

## 均衡理論における時間概念の非両立性について

椿 井 真 也

要旨：

一般均衡理論は、見かけ上の構造的類似性ゆえに、平衡系熱力学の知見を類比的に摂取することで理論モデルを構築してきた。その一方で、経済学が平衡系熱力学の理論を誤った仕方で行っているとの批判がなされてきた。とはいえ、均衡状態と定常状態との混同等の既存の批判は、外在的な批判にとどまっているように思われる。

それゆえ本稿では、熱力学の知見を本格的に摂取したサミュエルソンの経済理論と統計熱力学が各々に前提にしている時間概念を抽出し比較することによって、均衡理論が平衡系熱力学を誤用している所以を批判することを目的とする。本稿の考察から、経済学における均衡理論は、熱力学第2法則から帰結する時間概念への配視を欠く誤りゆえに、時間概念におけるダブルスタンダードの誤謬という理論的陥穽を抱えざるを得ず、両者の理論が内包する時間概念は非両立の関係にあることが明らかになる。

