

企業会計と力学のアナロジー

——「座標変換」と「投げ上げ運動」に注目して——

田村 威文

1. はじめに
2. 企業会計と「座標変換」
3. 企業会計と「投げ上げ運動」
4. おわりに

1. はじめに

力学とは、物体の動きについて、ニュートンの運動3法則（慣性の法則、運動の法則、作用・反作用の法則）にもとづき運動方程式を用いて考察する、物理学の一分野である。本稿では企業会計と力学のアナロジーという点に注目し、会計事象をうまく描写できるような力学的イメージ化を行う。そのうえで、企業会計に関する若干の考察を行う。

本稿でとりあげる力学上のトピックは「座標変換」と「投げ上げ運動」である。座標系の設定は物体の運動をとらえる際に、最も基本となる事項である。また、投げ上げ運動は質点の動きを表現する具体的テーマとして、初歩的なテキストをはじめ、多くの書籍等に記載されている。

物体の運動を扱う「力学」と企業の活動を扱う「企業会計」は、一見すると全く異なるものである。ただ、特定の対象に力を及ぼすことによって、その対象の動きが変化するという点で、共通性を見いだすことができる。その共通性に筆者は関心をもち、「企業会計の力学的考察」という研究テーマに取り組みはじめた。その初期段階として、企業会計の力学的なイメージ化に取り組んでいる¹⁾。

本稿のあらましであるが、2では企業会計と座標変換の関連性をとりあげることにより、複数の

1) 田村（2018a）では、利益操作の手段として会計的裁量と実体的裁量の2つが存在する状況について、「親子亀問題（床の上に台を置き、その台の上に物体を置くという力学的設定）」を用いてイメージ化した。あわせて、利益操作が他の期間に影響を及ぼす状況について、「定滑車と動滑車」を用いてイメージ化した。また田村（2018b）では、会社法会計・金融商品取引法会計・税務会計という3つの会計制度が結びつく「トライアングル体制」について、力学的なイメージ化を試みた。さらに田村（2019）では、会計と税務の関係を力学的な図で示し、会計・税務に作用する力について解釈を行った。

会計基準の関係，利益操作をめぐる企業行動などを考察する。3では，会計数値の変動を「質点の鉛直投げ上げ運動」に照らし合わせることにより，利益操作の効果などの問題を考察する。

2. 企業会計と「座標変換」

本節では，力学における座標系の取り方と企業会計の関係について，考察する。その際，「会計の座標系」というものを想定する。企業行動を質点²⁾の動きとしてとらえ，利益を「会計の座標系」における企業行動の表現と理解する。

2.1 座標変換

座標系とは質点の位置を表現する数字の組である³⁾。座標系には静止座標系と移動座標系がある。動いている電車の中で，ボールが床を転がっている状況を想定しよう。そのボールの動きは，線路沿いに立っている人から見た場合は静止座標系にしたがうのに対し，電車に乗っている人から見た場合は移動座標系にしたがう。

ある点を異なる座標で表すときに両者の1対1の関係を与える規則を座標変換という⁴⁾。座標変換は次のように整理することができる⁵⁾。

パターン①：静止座標系から静止座標系への変換

パターン②：静止座標系から移動座標系への変換

パターン③：移動座標系から移動座標系への変換

パターン④：移動座標系から静止座標系への変換

ここでは①と②の例を図示する。

まず「パターン①：静止座標系から静止座標系への変換」の例であるが，図1の直交座標系において「 $x=2$ $y=2$ 」で静止している点を考える。この静止点について，「元の直交座標系が，反時計回りに45度回転した静止座標系」を想定する。変換前の静止点は，変換後の静止座標系においては「 $x'=2\sqrt{2}$ $y'=0$ 」という静止点になる。そのことが図2に示されている。

次に「パターン②：静止座標系から移動座標系への変換」の例であるが，図1の「 $x=2$ $y=2$ 」の静止点について，「元の直交座標系が，反時計回りに角速度 ω で等速回転する移動座標系」を想定する。時刻を t と表記すると，変換前の静止点は，変換後の回転座標系においては

2) 剛体ではなく質点であるから，「それ自体の回転」という問題は生じない。

3) 前野 (2013b) 14頁。

4) 青本他編集 (2005) 228頁。

5) 座標変換には，(ア) 純粋に数学的表現上での変化であって物理的実体の変化を伴わないものと，(イ) 物理的な意味での変化を伴うものがある。前野 (2013a) 288頁。

図1 変換前の直交座標系

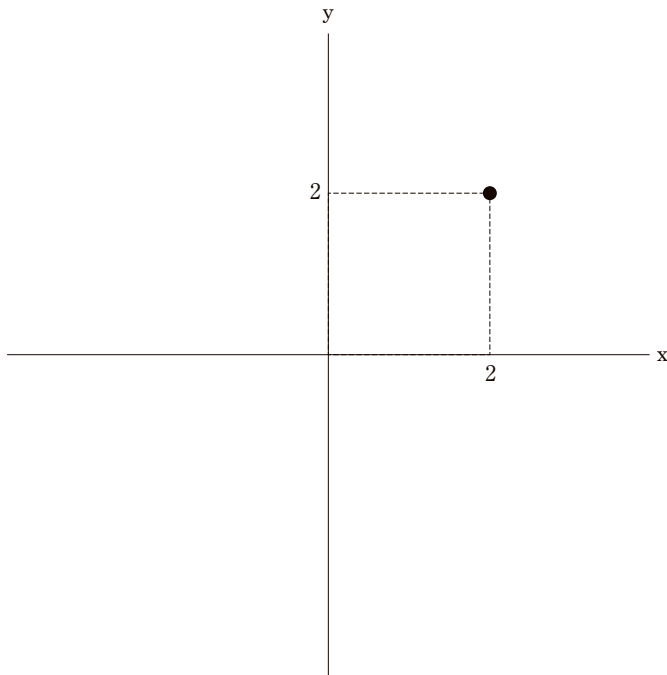


図2 変換後の直交座標系

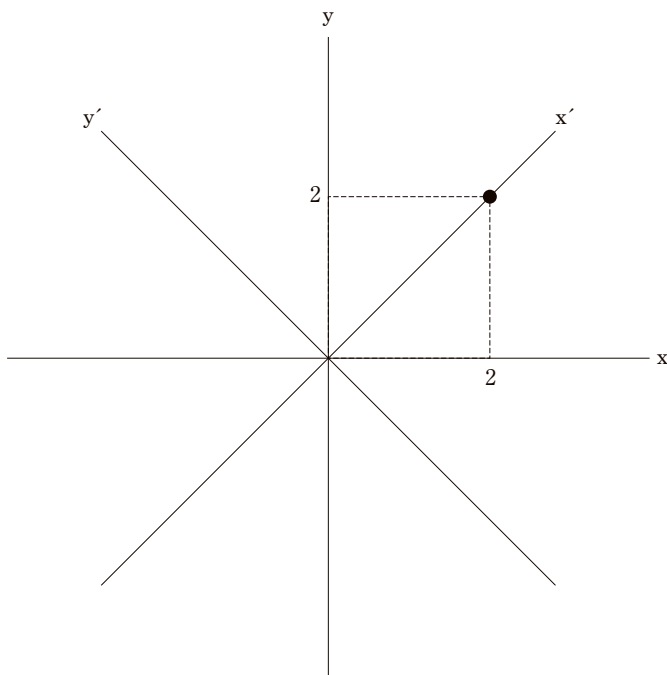
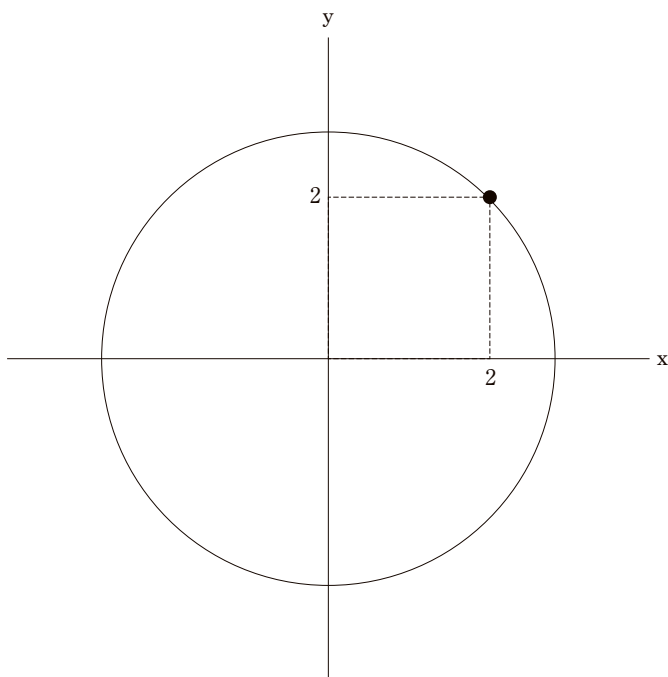


図3 変換後の回転座標系



「 $2\sqrt{2} \cos(-\omega t + \frac{\pi}{4})$ $2\sqrt{2} \sin(-\omega t + \frac{\pi}{4})$ 」という移動点になり、「 $x^2 + y^2 = 8$ 」という円周上を動く。そのことが図3に示されている。これは「遊園地の敷地に植えられた木は、メリーゴーラウンドに乗っている人からは回転して見える」という状況に相当する。

パターン①と②の例からもわかるように、変換前に静止していた点は、変換後は、静止座標系での測定値は時刻に依存しないが、移動座標系での測定値は時刻に依存する。

2.2 複数の会計基準

ここでは複数の会計基準が存在するという状況を、座標変換の議論とからめて整理する。その際、日本基準とIFRSをとりあげる。日本基準とIFRSは、どちらも頻繁に改定されている。そのことは、「日本基準という座標系」と「IFRSという座標系」がいずれも、本来は移動座標系であることを意味する。ただ、日本の立場から、日本基準を前提としてIFRSを考えることは可能である。「日本基準という座標系」は実際には変化しているにもかかわらず、あたかも固定していると考え、「日本基準という座標系」から「IFRSという座標系」を眺めるのである。そうすると、「IFRSという座標系」は「日本基準という座標系」に対して、静止しているか移動しているかということが、議論の対象となる。

日本基準を変換前の座標系、IFRSを変換後の座標系とするならば、2.1の「パターン①：静止座

標系から静止座標系への変換」と「パターン②：静止座標系から移動座標系への変換」では、どちらの方が状況をうまく描写しているであろうか。短期的には、パターン①の妥当性が高いと思われる。ある企業が「日本基準に準拠する連結財務諸表」と「IFRSに準拠する連結財務諸表」を両方作成するときのように、特定の時点でもとらえた場合には、日本基準とIFRSの差異は固定的に見える。

ただ長期的には、パターン②の妥当性が高いと思われる。IFRSが改定された後で時間が経ってから、日本基準がIFRSの後追いのようなかたちで改定されることは、よくある⁶⁾。そのことは次の状況をもたらす。

- ・日本基準とIFRSの差異は、IFRSが改定されると拡大する。
- ・日本基準とIFRSの差異は、日本基準が改定されると縮小する。

このように両基準の差異が、時間の経過によって伸び縮みする状況は、パターン②で表現することが可能である。

2.3 会計数値の操作

ここでは企業による会計数値の操作をとりあげる。その際、「直交座標系」と「曲線座標系」という2つの静止座標系が併存する状況を想定する。

まず曲線座標系は、利益を測定するための座標系であるとする。図4には右下がりの曲線が複数、描かれている⁷⁾。この曲線群は、右上のものほど大きな利益を示しており、原点Oを通る曲線は利益ゼロ、そこから右上にむけて利益1、利益2となっている。逆に左下には利益-1の曲線が描かれている。

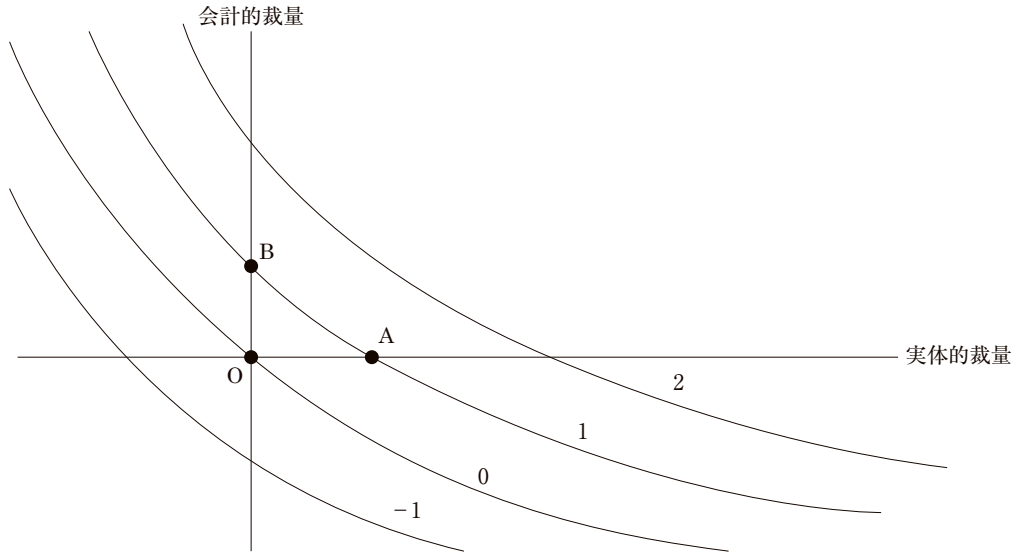
次に直交座標系は、会計数値の操作に関わる座標系であるとする。会計数値の操作は「会計的裁量行動」と「実体的裁量行動」に分けることができ、それらを二次元的に把握する。会計的裁量行動とは企業の実際の行動は変更せずに、会計数値だけを操作することである。会計的裁量行動の例として、引当金を当初の予定額より多く計上するということがある。一方、実体的裁量行動とは企業の実際の行動を変更することによって、会計数値を変化させることである。実体的裁量行動の例として、当期に予定していた研究開発を次期以降に延期するということがある。

直交座標系における横軸は実体的裁量行動の大きさ、縦軸は会計的裁量行動の大きさを示す。図4が示すように、実体的裁量行動によって質点が右方向に移動すると、利益は増大する。また、会計的裁量行動によって質点が上方に移動しても、利益は増大する。

6) 最近の日本基準の改定は、大半がこれに該当する。

7) 図4の曲線の形状は左下方向に凸型となっている。ここでは、実体的裁量行動と会計的裁量行動の「技術的限界代替率」が遞減すると仮定している。

図4 変換前の曲線座標系



質点に対して外部から力を加えると、質点はその力の方向に加速する。利益増大型の実体的裁量行動では、企業は水平右向きに力を加える。また、利益拡大型の会計的裁量行動では、企業は垂直上向きに力を加える⁸⁾。

2.4 会計基準の改定

会計基準は「企業の状況を会計数値で表現する方法を決める」という役割を果たす。本稿の考え方によると、会計基準の改定は「会計の座標系」の再設定を意味する。会計の座標系が異なると、企業の活動や状況が同一であっても、異なった利益額が測定される。

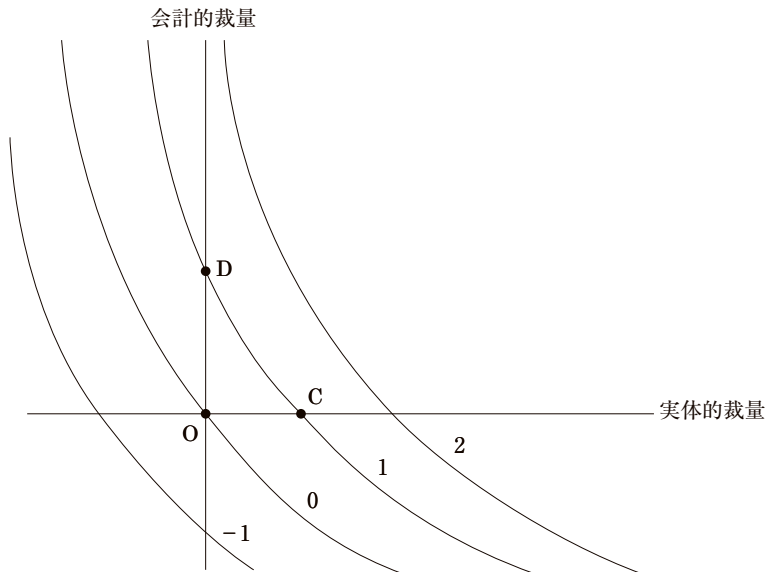
会計基準が改定された場合の旧基準と新基準の比較について、2.1の「パターン①：静止座標系から静止座標系への座標変換」にしたがって考えてみよう⁹⁾。図4には旧基準による曲線座標系、図5には新基準による曲線座標系が示されている。曲線座標系の形状が異なると、質点に加える力が同じであっても、利益に及ぼす影響は異なる。

会計基準の改定は、利益操作を抑制する方向で行われることが多い。ここで、会計基準の改定による利益操作の抑制とは、会計的裁量行動に対する抑制であって、実体的裁量行動に対する抑制で

8) 実体的裁量行動と会計的裁量行動を併用する場合、その力は「横向きのベクトル」と「縦向きのベクトル」の合計となる。

9) 経済学的な研究では比較静学という手法を用いることがある。パターン①はそれと融和性が高いといえる。

図5 変換後の曲線座標系



はないことに注意する必要がある。利益操作を抑制する仕組みを図4に照らして考えると、「企業が縦軸方向に力を加えて会計的裁量行動を行った場合、利益への影響が小さくなる」かたちでの座標変換であるといえる。それは、曲線座標系の傾きがそれまでより大きくなるものであり、会計的裁量行動のコストを引き上げることになる。

会計基準の改定によって、会計の座標系は図4から図5に変換されるとする。質点の当初の位置は原点Oであって、企業が利益額を0から1に操作する状況を想定する。なお、議論を単純にするため、企業は実体的裁量行動と会計的裁量行動のいずれか一方しか採用できないとする。利益操作に関する行動は、変換前の図4では、実体的裁量を用いるとベクトルOA、会計的裁量を用いるとベクトルOBに相当する。2つのベクトルの大きさを比較するとOBの方が小さくなっており、会計的裁量が生じやすい状況である。一方、変換後の図5では、実体的裁量を用いるとベクトルOC、会計的裁量を用いるとベクトルODに相当する。2つのベクトルの大きさを比較するとOCの方が小さくなっており、実体的裁量が生じやすい状況である。図4から図5へと座標変換することにより、同じ大きさの利益増加を行うためには、水平右向きに動かす方が、垂直上向きに動かすよりも効果的になっている。これは、会計的裁量行動のコストが実体的裁量行動のコストを上回ったことを意味する。

さて、会計基準が改定されると、財務諸表における会計数値は変化するが、それだけにとどまらず、会計基準の改定が企業行動そのものに影響を及ぼすことがある。これは「会計基準の経済的影響」として指摘される事象である。上述したケースでは、会計基準を改定して図4から図5に変換

したことが、企業の実体的裁量行動を誘発し、企業の行動変化を引き起こすことにつながっている。

3. 企業会計と「投げ上げ運動」

本節では会計数値の動きについて、力学での「質点の鉛直投げ上げ」と関連させて検討する。

3.1 会計数値と時間

議論に入る前に、会計数値と時間の関係について整理しておく。動学的な考察では「離散型」と「連続型」という区別が存在する。それに照らすと企業会計は本来、離散型である。企業会計には「会計期間の公準」というものがある。企業活動は半永続的に行われるが、そこに人為的に区切りをつけて会計期間を設定し、期間損益計算を行うのである。企業会計では「1会計期間でいくらかうかったか」という計算を行うが、それは「1会計期間における純資産の変動=利益」¹⁰⁾であって、次の離散的な式で示される。

$$E_t = NA_t - NA_{t-1} = \Delta NA_t \quad \text{ただし } E_t : t \text{ 期の利益} \quad NA_t : t \text{ 期の純資産}$$

ここで「年次決算→四半期決算→月次決算→週次決算→日次決算……」というように、会計期間を極限まで短くしていくと、利益についても連続型で近似することができる。物体の動きを扱う「力学の世界」は連続型であるが、本節では会計を「力学の世界」に合わせるのである。その世界では「純資産の時間微分=利益」となり、次の式で示される¹¹⁾。

$$E_t = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta NA_t}{\Delta t} = \frac{dNA_t}{dt}$$

さて、企業会計に力学の考え方を導入した研究としては、井尻雄士博士の「利速会計」が有名である。井尻博士は、財産計算と利益計算を複式機構で結びつける通常の会計を「財産会計」と呼ぶ¹²⁾。井尻博士は、利益額が前期と同じであれば、前任者が稼得した利益に「慣性の法則」が働いているだけであり、現任者は何ら貢献していないと指摘する。そして、井尻博士は利益の時間当たり変動率、すなわち、利益を時間で微分した概念である「利速」こそが、業績評価にとって重要であるとする¹³⁾。本節で議論の対象としているのは、井尻博士の用語にてらすと、「利速会計」ではなく「財産会計」である。

10) これはクリーンサープラス関係を前提としたものであるが、配当は考慮していない。

11) 連続型は離散型より扱いやすいこともあり、経済学では連続型でモデル化することが多い。

12) 井尻 (1990) 42頁。

13) 同書1-3頁。

また井尻博士は、「財産会計」は離散的に扱われるが、「利速会計」は連続的に扱う必要があると指摘する¹⁴⁾。本節3.1の冒頭および3.2以降で議論する内容は、「財産会計」についても考察の便宜上、連続的に扱うというものである。

3.2 鉛直投げ上げ運動

位置・速度・加速度は力学における基本数値である。位置 q を時間で微分すると速度 $v(=\dot{q})$ になり、速度をさらに時間で微分すると加速度 $a(=\ddot{q})$ になる。初期位置 q_0 、初速度 v_0 の等加速度運動では、時刻 t での質点の位置 q_t は次のとおりである。

$$q_t = \frac{1}{2}at^2 + v_0t + q_0 \quad (\text{i})$$

ここで、鉛直投げ上げ運動をとりあげる。すなわち、鉛直方向の運動のみを考慮し、水平方向の運動は考慮しないという、一次元的な考察を行う。図6において、鉛直方向の座標軸は上向きを正とし、質点を初期位置 q_0 、初速度 v_0 で鉛直上方に投げ上げる状況を想定する。重力加速度を g とすると、時刻 t での位置は、(i) より次のようになる。

$$q_t = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0t + q_0 \quad (\text{ii})$$

鉛直投げ上げ運動と企業会計の議論を結びつけるため、質点の位置 q は会計的には純資産額を表すものとし、上向きを正とする。そうすると会計的には次のようになる(時刻の添字 t は省略している)。

$$\begin{aligned} q &= NA && (\text{質点の位置} = \text{純資産額}) \\ v &= \dot{q} = E && (\text{質点の速度} = \text{利益額}) \\ a &= \ddot{q} = \dot{E} && (\text{質点の加速度} = \text{利益額の変化}) \end{aligned}$$

会計数値の変化は、投げ上げ運動とのアナロジーで次のように解釈できる。

・質点が上昇している場合、純資産は増大しており、利益が計上される。

(上向きに) 加速しながら上昇していれば、利益は増大している。

$$\dot{q} > 0 \quad \ddot{q} > 0$$

(上向きに) 等速で上昇していれば、利益は一定である。

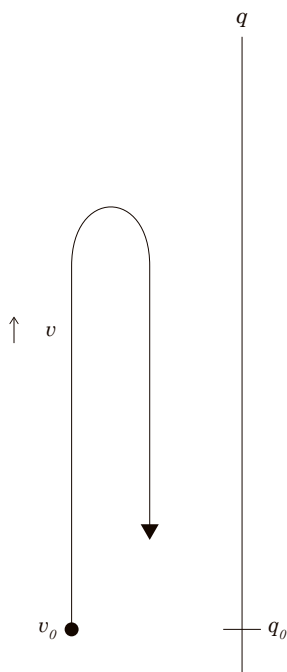
$$\dot{q} > 0 \quad \ddot{q} = 0$$

(上向きに) 減速しながら上昇していれば、利益は減少している。

$$\dot{q} > 0 \quad \ddot{q} < 0$$

14) 同書127頁。

図6 鉛直投げ上げ運動



- ・質点が静止している場合，純資産は変化しておらず，利益・損失はゼロとなる．

$$\dot{q}=0 \quad \ddot{q}=0$$

- ・質点が下落している場合，純資産が減少しており，損失が計上される．

（下向きに）減速しながら下落していれば，損失は減少している．

$$\dot{q} < 0 \quad \ddot{q} > 0$$

（下向きに）等速で下落していれば，損失は一定である．

$$\dot{q} < 0 \quad \ddot{q} = 0$$

（下向きに）加速しながら下落していれば，損失は増大している．

$$\dot{q} < 0 \quad \ddot{q} < 0$$

重力によって，質点には下向きの加速度 g が生じる．そのため，質点に対して特に力を及ぼさなければ，上向きに投げ上げた質点の速度は徐々に低下する．このように，何もしないときに利益が減少する状況は，会計的には「のれんの価値減少」とであると解釈することができる¹⁵⁾．

15) 自己創設のれん・買入のれんのいずれであるかを問わない．

3.3 利益操作の力学的意味

企業は質点に対して、鉛直上向きに力をかけることができるとする。企業が上向きの力をかけ続けている間、質点の速度は変化する。企業が重力よりも小さな力を質点にかけると、質点の下向きの加速度は g よりも小さくなる。重力と等しい力をかけると、質点は等速運動になる。重力より大きな力をかけると、質点は上向きに加速する。

本節での文脈に即していうと、利益操作とは「企業が質点に力を加えて、質点の速度を変化させる」ことである。企業が鉛直上向きにかけられる力は、利益増加型の会計的裁量あるいは実体的裁量をもたらすものである¹⁶⁾。そのことは力学とのアナロジーで、次のように解釈できる。

- ・何もしなければ質点が下向きに運動している状況で、上向きになるように力を加えるのは、「利益がマイナスからプラスに転じる操作」である。
- ・何もしなければ質点が上向きに運動している状況で、さらに上向きに力を加えるのは、「利益は元々プラスであったが、そのプラス幅を大きくする操作」である。
- ・何もしなければ質点が下向きに運動している状況で、上向きにならない範囲内で力を加えるのは、「利益は元々マイナスであるが、そのマイナス幅を小さくする操作」である。

3.4 利益操作の効果

さて、質点に対して「一定の力」を「一定時間」継続して加える場合、「力を加え始めた時点での速度」が異なると、その効果は異なる。動いているものに力を加えると大きな仕事をすることができるが、理由は次のとおりである¹⁷⁾。

質量 m の質点が上向きに初速度 v_0 で運動しているときに、上向きの力 F を Δt だけ加え続けるとする。力 F を加え続けている間に、質点が上向きに移動する距離 Δq は、(i) より次のようになる。

$$\Delta q = \frac{1}{2} a \cdot (\Delta t)^2 + v_0 \cdot \Delta t \quad (\text{iii})$$

力 F を加え続けているときの、質点の運動方程式は次のとおりである。

$$ma = F - mg \quad (\text{iv})$$

(iv) を変形すると次のようになる。

16) 3は2と異なり、一次元的な考察をしており、会計的裁量と実体的裁量を区別していない。

17) ここでの説明および式の展開は兵頭（2001）145-149頁を参考にした。なお、記号の表記は同書から変更している。

$$a = \frac{F - mg}{m} \quad (\text{v})$$

(v) を (iii) に代入すると、次のようになる。

$$\Delta q = \frac{1}{2} \cdot \frac{F - mg}{m} \cdot (\Delta t)^2 + v_0 \cdot \Delta t \quad (\text{vi})$$

(vi) からわかるように、「力の大きさ F 」および「力を加え続ける時間 Δt 」が同一であっても、初速度 v_0 が大きいほど、上向きの移動距離 Δq は大きくなる。

兵頭 (2001) はこの点について、次の例を示している¹⁸⁾。

- ・男女ペアで行われるバレエやフィギュアスケートにおいて、男性が女性を両手でリフトする（支えてかかえ上げる）場合、女性が自力ジャンプで頂点に達したときより、女性がジャンプを始めた瞬間にリフトする方が効果的である。
- ・ラグビーにおいて、ラインアウトのボールを受け取る選手のジャンプを他の選手がサポートする場合、サポートのタイミングは、ジャンプする選手の足が地面を離れた最高速度の瞬間に力を加えると効果的である。

これらスポーツの例は、持ち上げられる方の人の「ジャンプの初速度の大きさ」を利用したものである。

上記の内容は「企業が利益操作をどのタイミングで行うと、効果的であるのか」という点とかわりをもつ。すなわち、企業が「同じ大きさの力」を「同じ時間」だけ加えた場合でも、質点の上向きの速度が大きいほど、質点が上方に大きく変位する。本稿の文脈でいうと、 v_0 は企業が利益操作を行う直前の利益額である。それゆえ、「利益操作を行う際の利益額が大きいほど、利益操作の効果は高い」ということになる。これは会計と力学のアナロジーから導かれた、興味深い現象である。

なお企業は、利益額が大きいときよりも小さいときに、拡大型の利益操作を望むことが多いであろう¹⁹⁾。そうであれば、「利益操作にかかる企業の欲求」と「利益操作の効果」はトレードオフのような関係になる。経営者などはこの点も意識すべきであろう。

3.5 会計基準の改定

会計基準の改定は「会計の座標系の変換」を意味する。2.1の座標変換パターンのうち、ここでも①と②をとりあげる。

18) 同書146-148頁。

19) 損失が出ている場合、減少型の利益操作を通じて損失をさらに拡大させる「ビッグバス」を行うこともある。

本節では一次元的な考察を行っているが、「パターン①：静止座標系から静止座標系への変換」の例として、座標軸の原点を上方あるいは下方にシフトさせるということが考えられる。その場合、初期位置 q_0 が変更されることになる。例として、会計基準が次のように改定されたとしよう。

- ・負債と資本の中間的な性格を有する「新株予約権」について、表示場所を純資産の部から負債の部に変更する。

この基準改定が行われると、企業の実態がなんら変化しなくとも、初期位置 q_0 が変更になることから、 q_t の値すなわち純資産の額が変化する。それに伴い、自己資本比率などの数値も変化する。なお、この基準変更では、 $v_t (= \dot{q}_t)$ の値すなわち利益の額が変化することはない。

次に「パターン②：静止座標系から移動座標系への変換」であるが、その例として、座標軸そのものをエレベーターの中に設置するかのように、座標軸を上下に移動させ続けるということが考えられる。この場合、質点の位置表示は座標軸自体の動きに影響される。変換前の静止座標系において質点が固定された状況にあったとしても、変換後の移動座標系での測定値は時刻に依存する。これは測定尺度自体が変化する、利益額がそれに左右されることを意味する。このような会計基準を具体的に想定するのは難しいところもあるが、たとえば、次の会計基準が採用されたとしよう。

- ・資産と負債をすべて、将来キャッシュ・フローを市場利子率で割り引いた現在価値で評価する。次に純資産の額を、資産と負債の差額として算定する。そのうえで利益の額を、純資産の増加額として算定する。

この会計基準のもとでは市場利子率が増減すれば、企業の実態がなんら変化しなくとも、利益は変動する。市場利子率は企業の外部で決定されるため、利益を移動座標系で測定していると解釈することができる。利益が座標系に依存する場合は、企業が利益操作を行うタイミングを、「座標系の動き」すなわち「市場利子率の動き」と連動させる可能性があるだろう。

4. おわりに

本稿では、企業会計と力学のアナロジーに着目し、企業による利益操作、会計基準の改定などの会計事象について、力学的なイメージ化を試みた。その際、力学上のトピックとして「座標変換」と「投げ上げ運動」をとりあげた。力学にからめることで、会計事象について新たな見方を提示できたのではないと思われる。

筆者は会計事象について、力学的にイメージ化することは重要であると考えている。ただ、イメージ化だけにとどまっていると、やはり考察には限界がある。今後の課題であるが、本稿の2の内容については、座標変換の物理学的意味などを少し理論的に考察してみたい。また、3の内容については、企業が利益操作を行うタイミングについて、モデルに基づいて考察してみたい。

参考文献

- 青本和彦他編集 (2005), 『岩波数学入門辞典』 岩波書店.
- 井尻雄士 (1990), 『「利速会計」入門』 日本経済新聞社.
- 田村威文 (2018a), 「利益操作についての力学的イメージ」『経済学論纂 (中央大学)』 第58巻第2号, 237-246頁.
- 田村威文 (2018b), 「トライアングル体制の変化と企業の会計行動」『特別委員会「企業会計制度設計に関する総合的研究」最終報告』 111-122頁, 日本会計研究学会.
- 田村威文 (2019), 「会計と税務の関係についての力学的イメージ」『経済学論纂 (中央大学)』 第59巻第3・4合併号, 369-382頁.
- 兵頭俊夫 (2001), 『考える力学』 学術図書出版社.
- 前野昌弘 (2013a), 『よくわかる初等力学』 東京図書.
- 前野昌弘 (2013b), 『よくわかる解析力学』 東京図書.

(中央大学経済学部教授)