

ビジネスゲーム「YBG ベーカリーゲーム」の均衡に関する考察

浮穴学慈*

A Study on Equilibrium of Business Game “YBG Bakery Game”

Satoshide Ukena

要約

近年、高等教育において、アクティブ・ラーニングが盛んに導入されるようになってきている。ビジネスゲームは、経営学教育におけるアクティブ・ラーニング用の教育ツールとして有用であり、特に横浜国立大学ビジネスゲーム（以下、YBG）は、ビジネスゲームに不慣れな教員であっても容易にゲームの作成や授業における実施を行うことができる有力な Web ベースのゲーミング環境といえる。ベーカリーゲームは、YBG の標準ゲームとして広く知られているが、これまで十分な解析が行われていなかった。

本稿では、ナッシュ均衡点を示した。

キーワード： アクティブ・ラーニング、ビジネスゲーム、横浜国立大学ビジネスゲーム、YBG、ベーカリーゲーム、ナッシュ均衡

(Abstract)

Recently, active learning methods are widely introduced into scenes of higher education. Business games are one of the most capable tools for active learning of business administration and Yokohama Business Game (abbr. as YBG) is a helpful gaming environment, which is a Web-based environment easy to program and to operate for teachers inexperienced in business games. Bakery Game is well known as one of standard games of YBG but there have not been enough analyses.

In this article, the author obtained the Nash equilibrium by the result of analysis.

Keywords : Active Learning, Business Game, Yokohama Business Game, YBG, Bakery Game, Nash Equilibrium

* 提出年月日 2017 年 2 月 28 日、高松大学経営学部准教授

はじめに

近年の高等教育では、就労などを通じて社会貢献を行う実践力のある人材を育成することが求められている。厚生労働省（2005）は、企業が人材に求める基本的能力についての調査を行い、共通目標達成に向けて他者と効果的に連携する力（チームワーク・連携）や自己主張と傾聴のバランスを取り効果的に意思疎通する力（コミュニケーション）が重要視されていることを示している〔1〕。これらは、経済産業省における社会人基礎力〔2〕、文部科学省における学士力〔3〕、IIBA が提唱する BABOK 2.0〔4〕における基礎コンピテンシなどにおいても、名称や表現は異なっているが同様に重要視されている能力である。

このため大学の授業では、知識中心の座学による学習だけでなく、試行錯誤を経験しながら学んだ知識を使いこなすことや、学生にとって未知の知的領域を探索して自らの力で知識や方法論を発見・獲得するための訓練の場を提供する役割が求められている。高松大学においても、アクティブ・ラーニング〔5〕の方法論を取り入れて様々な授業を実施しているが、経営学教育の有力なアクティブラーニング教育ツールのひとつにビジネスゲームがある。

ビジネスゲームでは、現実の企業運営のエッセンスとして、市場における企業間の相互作用などを抽出したモデルの下で、各プレイヤーは、価格設定や生産などについての意思決定を行い優劣を競う。ビジネスゲームを通じてプレイヤーは、情報から意味を汲み取り意思決定に結び付けるインテリジェンスや、チームでの意思疎通などについて体験型の学習をする。

ボードゲーム型の実装で始まったビジネスゲームであるが、近年では、コンピュータ・ネットワークを用いて実装されるようになってきている。そのなかでも特に横浜国立大学ビジネスゲーム（以下、YBG）〔6〕は、教育実践者が自らの手でゲームを作成し、授業において実践することが可能であることから、有力なビジネスゲームの環境である。YBG の標準ゲームとして広く利用されているゲームに、ベーカリーゲームがある。ベーカリーゲームは、ビジネスプロセスの遅延構造や市場競争のエッセンスの学習用として様々な大学で利用されているが、その数理的構造については、分析が不十分であった。

本稿では、ベーカリーゲームにおけるナッシュ均衡点を示すとともに、均衡点がパレート最適ではないことを示す。

1. ベーカリーゲーム

ベーカリーゲームは、プレイヤーの所属するチームが、商品として 1 種類のパンの製造および販売を行う店舗を運営するラウンド進行型のゲームであり、通例、利益剰余金の額によって競争が行われる。ゲームの設定および進行管理を行なうゲームマス

タ (コントローラと呼称される。以下コントローラ。) は教員が行う。コントローラは、1 回あたりのゲームセッションにおいて、ラウンド数を 10 前後に設定することが多い。各ラウンドにおいて各店舗が入力を終えて後に、コントローラの操作によりゲームルールの演算が行われ、次ラウンドに進められる。各ラウンドにおいて、各チームは、(1) パン生地が発注数量 (次ラウンドにおける製造可能な数量に影響)、(2) 商品であるパンの製造数量 (次ラウンドにおける販売可能な数量に影響)、(3) 当該ラウンドにおけるパンの販売価格の以上 3 項目について意思決定を行い、入力値として設定する。これらの 3 項目の影響が商品の売上数量として顕れるにはタイムラグがあるため、簡易な意思決定の方法としては、製造した商品の在庫数量を確認した後に、その在庫数量に見合う価格設定を行うという方法がある。しかしながら、プレイヤーが熟達して高度な競争が行われるようになると、この方法では優勝することができない。田名部 [7] は、与えられた分配関数に対して、あるラウンドにおいて他のチームの販売価格が設定されている状況で、自チームが設定すべき最適応答価格 (以下、最適価格) が存在する条件、および、最適価格が存在する場合のその値を示した。また浮穴 [8] は、ベーカリーゲームについて、最適価格がラウンドの進行とともに、ある一定の状況に収束することを示した。これらの解析に基づいて数理的構造の概要を説明するとともに、ベーカリーゲームの均衡について示す。

2. ベーカリーゲームの均衡

まず、チーム数を n 、当該ラウンドにおける 1 チームあたりの需要を d とする。商品 1 個あたりの売上原価 c に対し、各チーム i の設定した販売価格を cx_i のように売上原価の x_i 倍 (原価率の逆数) を係数とする形で表す (以下、 x_i を価格係数と呼ぶ) と、ベーカリーゲームでは、総需要 nd を各チーム i に対して $(cx_i)^{-3}$ に比例して分配する。従って、当該ラウンドのチーム i に対する需要をゲーム内の表記に倣って「来店者数」と呼称することになると、来店者数 y_i は次のような分配関数として記述される。ただし、実際のゲームにおいては、前ラウンドにおける品切れの影響が実装されているが、本稿では考慮しない。

$$\text{来店者数 } y_i = nd \frac{x_i^{-3}}{\sum_k x_k^{-3}}$$

通常のゲームセッションにおいて、プレイヤーにとって、この分配関数はブラックボックスであるが、各ラウンドにおいて前ラウンドにおける各チームの販売価格と来店者数が全体に対して公開されていることにより、ある程度の精度で推測することを許している。来店者数 y_i はチーム i が達成可能な最大の売上数量であり、チーム i が過不足なく商品を準備していれば、売上総利益 z_i として、以下の値を得ることができる。

$$\text{売上総利益 } z_i = cy_i(x_i - 1)$$

(ただし、廃棄損も機会損失も発生しない売上総利益の最大値として)

利益剰余金の額によって競争をするとき、一般管理費は、セッションを通じて固定され、定数項として作用するため、各チームは売上総利益を最大化するように意思決定を行うことになる。このとき、ゲームに熟達したチームであれば、例えば次のような内容を考慮する。

- (1) 以後のラウンドの需要の推移の予測
- (2) 需要曲線の分析 (分配関数の推測)
- (3) 売上総利益を最大化する販売価格の値の分析
- (4) 他チームの販売価格の急激な変動に対して、品切れや廃棄を出さない堅牢な戦略 (販売価格と商品在庫の設定)、もしくは、他チームの戦略を脅かすような戦略の遂行

ここでは、(3)で挙げられた、売上総利益を最大化する販売価格の値について説明する。

まず、次のように価格係数の代表値を定義する。まず、当該ラウンドにおける特定のチーム i を除く他チームの価格係数の組を $\mathbf{x}_{-i} = (x_k | k \neq i)$ と表し、その代表値として $\hat{x}_{-i}$ を次のように定義する。

$$\text{他店価格係数代表値 } \hat{x}_{-i} = \left(\frac{\sum_{k \neq i} x_k^{-3}}{n-1} \right)^{-\frac{1}{3}}$$

前述の売上総利益 z_i は、次のように記述される。

$$\begin{aligned} z_i(x_i, \mathbf{x}_{-i}) &= cy_i(x_i - 1) \\ &= cnd \frac{x_i^{-3}(x_i - 1)}{x_i^{-3} + A_{-i}} \end{aligned}$$

$$(\text{ただし、} A_{-i} = \sum_{k \neq i} x_k^{-3} = (n-1) \hat{x}_{-i}^{-3})$$

当該ラウンドにおいて、チーム i 以外の販売価格の設定が固定化されている状況を仮定すると、そのラウンドにおいてチーム i が設定すべき最適応答の価格係数 $\hat{x}_i$ は、1 次偏導関数の値が 0 の極値を調べればよい。

$$\frac{\partial}{\partial x_i} z_i(x_i, \mathbf{x}_{-i}) = \frac{cnd x_i^{-3}}{(x_i^{-3} + A_{-i})^2} \{x_i^{-3} + 3A_{-i}x_i^{-1} - 2A_{-i}\} = 0$$

上式は 1 つの実数解と 2 つの互いに共役な複素数解を持ち、実数解 (ただし、 $x_i > 0$) における 2 次偏導関数の値は、

$$\left. \frac{\partial^2}{\partial x_i^2} z_i(x_i, \mathbf{x}_{-i}) \right|_{x_i^{-3} + 3A_{-i}x_i^{-1} - 2A_{-i} = 0} = \frac{-3cndx_i^{-7}}{(x_i^{-3} + A_{-i})^2} \{1 + A_{-i}x_i^2\} < 0$$

なので、極値は極大であり、 x_i の定義域に含まれることから最大値になる。つまり、売上総利益 z_i は、価格係数 x_i に対して単峰性関数であることが分かる。売上総利益 z_i の最大値を与える最適価格係数 $\hat{x}_i$ は次のようになる。

$$\text{最適価格係数 } \hat{x}_i = \frac{1}{b_{-i}} \times \left\{ \left(1 + \sqrt{1 + b_{-i}^3} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(-1 + \sqrt{1 + b_{-i}^3} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}^{-1}$$

$$(\text{ただし、} b_{-i} = A_{-i}^{\frac{1}{3}} = (n-1)^{\frac{1}{3}} \hat{x}_{-i}^{-1})$$

ここまでの解析は、田名部〔7〕による解析をベーカリーゲームに適用し、記述し直したものである。ここで重要なことは、最適価格係数 $\hat{x}_i$ は、チーム数 n 、他店価格係数代表値 $\hat{x}_{-i}$ に依存するが、売上原価 c や1チームあたりの需要 d の影響を受けないことである。

さて、均衡点について調べる。価格係数 x_i に対する次の連立方程式について、

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x_i} z_i(x_i, \mathbf{x}_{-i}) = 0 \\ x_i = \hat{x}_{-i} \end{cases}$$

その解を $x_i = x^*$ とすると、価格係数の組 $(x_i = x^*, \mathbf{x}_{-i} = \mathbf{x}^*)$ は、

$$z_i(x_i = x^*, \mathbf{x}_{-i} = \mathbf{x}^*) \geq z_i(x_i, \mathbf{x}_{-i} = \mathbf{x}^*)$$

であることが容易に分かり、これは任意のチーム i について成り立つから、ナッシュ均衡点〔9〕〔10〕を与えることが示される。（ここで、 $\mathbf{x}_{-i} = \mathbf{x}^*$ は、チーム i を除く他チームの価格係数の設定が $\mathbf{x}^*$ であることを表す。）

上記の連立方程式は、 $A^* = (n-1)x^{*-3}$ と表すと、

$$x^{*-3} = -3A^*x^{*-1} + 2A^* = (n-1)^{-1}A^*$$

となり、従って、均衡解として

$$\text{均衡価格係数 } x^* = \frac{3}{2} \times \frac{n-1}{n-\frac{3}{2}}$$

が得られる。このとき、均衡価格における売上総利益は、次式のようにになる。

$$z_i(x_i = x^*, \mathbf{x}_{-i} = \mathbf{x}^*) = cd(x^* - 1)$$

一方で、 $x > x^*$ であるような価格係数の組($x_i = x, x_{-i} = x$)を考えれば、

$$z_i(x_i = x, x_{-i} = x) = cd(x - 1) > cd(x^* - 1) = z_i(x_i = x^*, x_{-i} = x^*)$$

であることから、均衡点はパレート最適ではないことが容易に示される。

以上のように、ベーカリーゲームのナッシュ均衡点を示し、それがパレート最適ではないことを示した。

まとめ

本稿では、YBG の標準ゲームであり、ビジネスプロセスの遅延構造や市場競争のエッセンスの学習用として様々な大学で利用されているベーカリーゲームの均衡について解析を行った。ナッシュ均衡点を示し、均衡点がパレート最適ではないことを示した。

今後の課題としては、実際のゲームセッションにおけるプレイヤーの振る舞いや状況の推移がどのようなになっているのかを理論と比較検討することが挙げられる。

引用・参考文献

- [1] 厚生労働省 (2005) 「平成 16 年度 企業が求める人材の能力等に関する調査結果概要」、厚生労働省職業能力開発局
- [2] 経済産業省 (2006) 「社会人基礎力に関する研究会—中間取りまとめ—」、社会人基礎力に関する研究会。
- [3] 文部科学省 (2008) 「学士課程教育の構築に向けて (答申)」、文部科学省中央教育審議会。
- [4] IIBA (2009) A Guide to the Business Analysis Body of Knowledge Version 2.0
- [5] 上條秀元 (1993) 問題解決技法の導入による成人学習プログラムの開発、宮崎大学生涯学習教育研究センター研究紀要 (3)、1-10
- [6] 白井宏明 (2008) 「ビジネスゲームを主体とした授業構成に関する考察」横浜経営研究 Vol.29 No.3 29-46
- [7] 田名部元成 (2011) 「製造販売型ビジネスゲームにおける需要分配に関する考察—教育的エージェントの設計に向けて—」 YBG ユーザ会議 (第 3 回) 9-25
- [8] 浮穴学慈 (2014) 「ビジネスゲームのパラメータ調整およびグループワーク評価」 YBG ユーザ会議 (第 8 回) 1-6
- [9] Nash (1950) “Equilibrium Points in N-Person Games” Proc. of National Academy of Sciences USA Vol.36 48-49
- [10] Nash (1951) “Non-Cooperative Games” Annals of Mathematics Vol.54 No.2 286-295