

# スーパーマーケットの売上と商品数のべき的相関

## Power-law correlation between sales and the number of products in the database of supermarkets

石川 温<sup>1\*</sup> 藤本 祥二<sup>1</sup> 水野 貴之<sup>2,3,4</sup> 渡辺 努<sup>5</sup>  
Atushi Ishikawa<sup>1</sup> Shouji Fujimoto<sup>1</sup> Takayuki Mizuno<sup>2,3,4</sup> Tsutomu Watanabe<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 金沢学院大学経営情報学部

<sup>1</sup> Kanazawa Gakuin University

<sup>2</sup> 国立情報学研究所

<sup>2</sup> National Institute of Informatics

<sup>3</sup> 総合研究大学院大学

<sup>3</sup> The Graduate University for Advanced Studies [SOKENDAI]

<sup>4</sup> 科学技術振興機構さきがけ

<sup>4</sup> JST PRESTO

<sup>5</sup> 東京大学大学院経済学研究科

<sup>5</sup> University of Tokyo

### Abstract:

The database “Nikkei supermarket POS data” contains the daily sales data which are collected from about 300 supermarkets in Japan. Using this database, we find a power-law correlation between the number of products and sales of supermarkets. This means that sales of supermarkets become larger not linearly but in power law as the number of products increase. Furthermore, we observe that the power-law exponent does not change largely over the last 10 years. This correlation is, therefore, thought to be an universal law.

## 1 はじめに

近年、物理学の手法を経済データに適用して、従来の経済学とは違った角度から経済を分析・理解しようとする『経済物理学』なる分野が盛んに研究されている [1, 2, 3]。その特徴は、企業の財務データなど大量のデータを統計的に分析することであり、普遍的に観測される法則が幾つも発見されてきている。そのような法則を体系的に結び付けることにより、経済を理解するのが経済物理学の大きな目的である。

多くの場合、これまでの経済物理学の分析対象となる基本単位は企業であり、企業の売上・従業員数・資産あるいは利益などの分布や、それらの成長率分布などが研究されてきた。例えば、これらの量は高額域（大規模域）では Pareto 則と呼ばれるべき分布に従い [4, 5, 6]、中額域（中規模域）では対数正規分布に従うことが知られている。大規模域のべき分布は、系が平衡状態にある

ことを示す反転対称性のもとで、条件付き成長率分布が初期値に依らないことを示す Gibrat 則 [7, 8] から導かれる [9, 10]。一方、中規模域の対数正規分布は、反転対称性のもとで、条件付き成長率分布の初期値依存性を記述する非 Gibrat 則から導かれる [11, 12, 13, 14]。ここで、反転対称性は大規模および中規模域で観測され、Gibrat 則は大規模域で、非 Gibrat 則は中規模域でそれぞれ観測される。

上記以外にも、企業を基本単位とした経済量（企業規模量）に関する法則およびそれらの関係については、多くの研究が存在する。しかし一方で、企業が生み出している製品を基本単位とする研究はあまり多くない。このような状況下で、Stanley のグループは企業の生産する商品の種類数と売上との相関を記述するモデルや [15]、商品の種類数の成長から企業規模量の成長率を導出するモデルを提案し [16, 17, 18, 19]、モデルから導かれる結果を実データにより確認した。

しかし、彼らが検証に用いたデータベースはヨーロッパと北アメリカの製薬会社の製品（医薬品）に関する

\*連絡先：金沢学院大学経営情報学部経営情報学科  
〒920-1302 石川県金沢市末町10  
E-mail: at.ishikawa@gmail.com

ものであり、薬の販売や価格付けには様々な規制や制約があることより、典型的な企業の製品による検証とは言い難い。

これに対して坂井・渡辺らは、日本のスーパーマーケット数百社のPOSデータベース『日経スーパーマーケットPOSデータ』を用いて、彼らのモデルの検証を行った。スーパーマーケットが扱う商品は、医薬品に比べて標準的な企業の製品であり、販売や価格付けに関する規制や制約が比較的少ないと考えられるからである。その結果、Stanleyらが観測した企業規模量の成長率は確認できるものの、“企業の各製品が他の製品と独立に成長する”という彼らのモデルの前提は実データでは成立していないことを示した [20]。

本研究報告では、坂井・渡辺らが用いたのと同じデータベースにより、標準的な企業の製品でも Stanley のグループが報告した各企業の生産する商品の種類数と売上の相関 [15] が観測されるのかを確認する。また、それら商品を販売する各スーパーマーケットが扱う商品の種類数と売上にも、何らかの相関があるのかを調べる。そして、それらの相関が普遍的なものであるかを確認するため、相関関係の時間変化を観測する。

## 2 分析データ

我々が分析に用いる『日経スーパーマーケットPOSデータ』には、現在約20,000店舗の日本のスーパーマーケットからランダムサンプリングに近い形で抜き出した約300店舗で、“どの商品”が“いくつ”、“いくら”で売れたかの“毎日”の情報が、1996年1月1日から現在まで記録されている。ただし、初期の店舗数は125である。商品は主に、食品、飲料やその他の国産消費財である。それらの販売記録がPOS (Point Of Sale) システムにより記録され、各商品はJAN (Japanese Article Number) コードで識別される。JANコードには企業に割り振られているGS1コード (JAN企業コード) が含まれており、商品を製造した企業が特定できる。

我々は、その日データを月ごとに企業別あるいは販売店舗別にまとめ、2004年1月から2014年12月までの132ヶ月間の分析を行った。

## 3 分析結果

### 3.1 企業別分析

まず、Stanleyのグループが製薬会社のデータにより観測した、企業の製品の種類数と売上の相関が、我々の標準的なデータでも確認できるかを調べる。製品の種類数を $N$ 、売上を $S$ と表すと、図1のように $N$ と $S$ には強い相関が観られる。図1は、2014年12月の

データで企業数は7,541である。図1の散布図に最適直線を引くと次式のようなになる：

$$S \propto N^\alpha, \quad (1)$$

ただし $\alpha = 1.49 \pm 0.01$ 。この性質は興味深いものであり、企業の売上は製品の種類数に単純に比例するのではなく、製品の種類が多くなるとべき的に売上が大きくなることを示している。

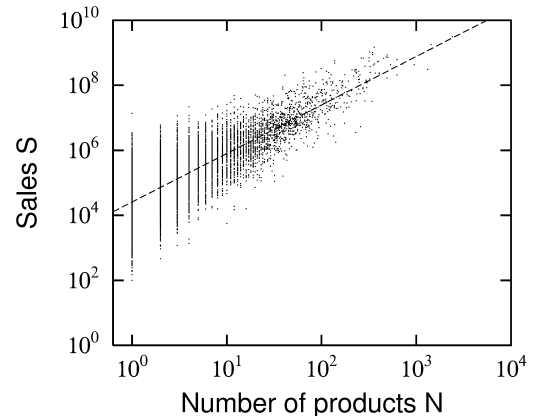


図1: 2014年12月の企業別の商品の種類( $N$ )と売上( $S$ )の散布図。破線は最適直線： $S \propto N^\alpha$  ( $\alpha = 1.49 \pm 0.01$ )を示す。

Stanleyらは、 $S$ を対数的に等間隔のビンに入れ、各ビンで $N$ の対数平均を計算すると、 $N \propto S^\gamma$ と表され $\gamma = 0.42 \pm 0.01$ となると報告している [15]。図1の縦軸と横軸を入れ替えて最適直線を計算すると、 $\gamma = 0.432 \pm 0.004$ が観測され、Stanleyらの観測と非常に近い結果が得られる。最適直線は縦軸と横軸の入れ替えて大きく変化し、必ずしも $\alpha = 1/\gamma$ とはならないことに注意が必要である。

商品の性質が異なる二つのデータベースで共通にべき的相関関係 (1) が確認され、そのべき指数も近い値であることより、この性質は普遍的なものであると考えられる。それを確認するため、図1と同様の測定を2004年1月より毎月行った結果が図2である。図2は、収集するPOSデータ数の増加により、企業数が増加するにも関わらず、べき的相関係数 $\alpha$ はほとんど変化せず、約1.5の値であることを示している。この測定より、べき的相関関係 (1) は普遍的な性質である可能性が高いと考えられる。

### 3.2 店舗別分析

次に、各スーパーマーケットで扱う商品の種類数と売上の相関について調べる。企業別分析と同様に、それらを $N$ 、 $S$ と表すと、やはり図3のように $N$ と $S$ に

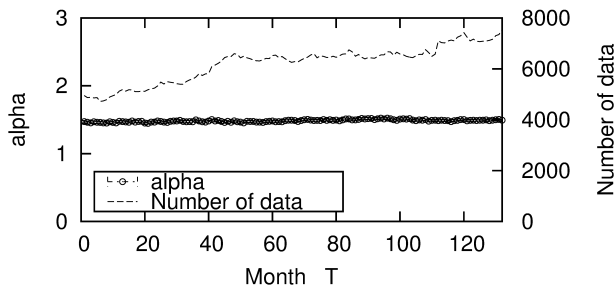


図 2: 2004 年 1 月から 2014 年 12 月まで 132 カ月の  $\alpha(o)$  と企業数 (破線) の推移。

は強い相関が観られる。図 3 は 2014 年 12 月のデータで、スーパーマーケットの店舗数は 328 である。図 3 の散布図に最適直線を引くと次式のようになる：

$$S \propto N^\beta, \quad (2)$$

ただし  $\beta = 2.24 \pm 0.08$ 。企業別分析と同様この性質は興味深いものであり、スーパーマーケットの売上は扱う商品の種類数に単純に比例するのではなく、商品の種類が多くなるとべき的に売上が大きくなることを示している。そして、その増え方は、企業内の製品数の場合よりも大きいことを表している：

$$\beta > \alpha. \quad (3)$$

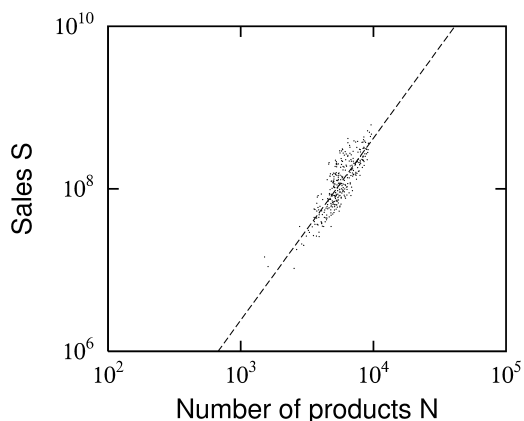


図 3: 2014 年 12 月のスーパーマーケット店舗別の商品の種類 ( $N$ ) と販売金額 ( $S$ ) の散布図。破線は最適直線： $S \propto N^\beta$  ( $\beta = 2.24 \pm 0.08$ ) を示す。

図 3 と同様の測定を 2004 年 1 月より毎月行った結果が図 4 である。図 4 は、POS データを収集するスーパーマーケット数が増えるにもかかわらず、べき的相関係数  $\beta$  はほとんど変化せず、約 2 の値であることを示している。ただし、店舗数が少ない初期のデータでは、 $\beta$  の誤差は大きい。この測定より、店舗別分析に

観られるべき的相関関係 (2) も、企業別分析に観られるべき的相関関係と同様に、普遍的な性質であると考えられる。

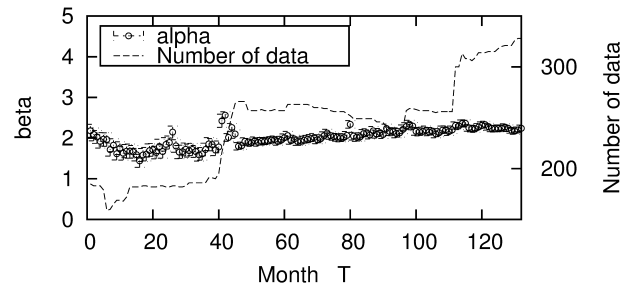


図 4: 2004 年 1 月から 2014 年 12 月まで 132 カ月の  $\beta(o)$  と店舗数 (破線) の推移。

## 4 むすび

本稿では、日本のスーパーマーケット数百社の POS データベース『日経スーパーマーケット POS データ』を用いて、企業が生産する製品の種類と売上、それら商品を販売するスーパーマーケットが扱う商品の種類と店舗売上に、それぞれべき的な相関関係があることを報告した。それらのべき指数は 10 年以上の期間で大きく変化することはなく、従ってこれらの相関関係は普遍的な法則と考えられる。

製品を製造企業別に集約する場合と、販売店舗別に集約する場合のいずれにも、製品の種類数と売上にべき的相関関係が普遍的に観測されるという事は、企業を単位として経済を分析する経済物理学の研究方法は、企業の扱う製品を単位として記述するレベルの研究にも適用することができ、その結果を標準的な製品の実データで実証的に確認することが可能なことを示している。

今後の課題は、製品の集約法の違いにより、べき的相関の指数に違いが生じる理由、そして 1.5 や 2 というべき指数が現れる理由を明らかにすることである。この実証研究が進めば、従来の経営学とは違ったアプローチで企業の経営を分析・理解することが可能になると考えられる。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24510212, 24710156 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Mantegna, N., Stanley, H. E.: *Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance* (Cambridge University Press, 2007)
- [2] Saichev, A., Malevergne, Y. and Sornette, D.: *Theory of Zipf's Law and Beyond* (Springer, Berlin, 2009)
- [3] 青山 秀明, 家富 洋, 池田 裕一, 相馬 亘, 藤原 義久: 経済物理学 (共立出版, 2008)
- [4] Pareto, V.: *Cours d'Économie Politique* (Macmillan, London, 1897)
- [5] Newman, M. E. J.: *Contemporary Physics* **46** 323 (2005)
- [6] Clauset, A., Shalizi, C.R., and Newman, M. E. J.: *SIAM Review* 51, 661 (2009)
- [7] Gibrat, R.: *Les Inégalités Économiques* (Sirey, Paris, 1932)
- [8] Sutton, J.: *J. Econ. Lit.* 35, 40 (1997)
- [9] Fujiwara, Y., Souma, W., Aoyama, H., Kaizoji, T., and Aoki, M.: *Physica A* 321, 598 (2003)
- [10] Fujiwara, Y., Guilmi, C. D., Aoyama, H., Gallegati, M., and Souma, W.: *Physica A* 335, 197 (2004)
- [11] Ishikawa, A.: *Physica A* 367, 425 (2006)
- [12] Ishikawa, A.: *Physica A* 383, 79 (2007)
- [13] Tomoyose, M., Fujimoto, S., and Ishikawa, A.: *Prog. Theor. Phys. Supple.* 179, 114 (2009)
- [14] Ishikawa, A., Fujimoto, S., and Mizuno, T.: *Physica A* 390, 4273 (2011)
- [15] Matia, K., Fu, D., Buldyrev, S. V., Pammolli, F., Riccaboni, M., and Stanley, H. E.: *Europhys. Lett.* 67, 498 (2004)
- [16] Buldyrev, S. V., Pammolli, F., Riccaboni, M., Yamasaki, K., Fu, D., Matia, K., and Stanley, H. E.: *Eur. Phys. Lett. J. B* 57, 127 (2007)
- [17] Pammolli, F., Fu, D., Buldyrev, S. V., Riccaboni, M., Matia, K., Yamasaki, K., and Stanley, H. E.: *Eur. Phys. Lett. J. B* 57, 131 (2007)
- [18] Buldyrev, S. V., Growiec, J., Pammolli, F., Riccaboni, M., and Stanley, H. E.: *J. Eur. Econ. Assoc.* 5, 574 (2008)
- [19] Riccaboni, M., Pammolli, F., Buldyrev, S. V., Ponta, L., and Stanley, H. E.: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 105, 19595 (2008)
- [20] Watanabe, T., Sakai, K.: *Eur. Phys. J. B.* 76, 507 (2010)