

ゆらぎによる知識の持続的発展についての定量分析: レシピを事例に

Quantitative analysis on sustainable evolution of knowledge by fluctuation: A case of recipes

小野塚 亮 Ryo ONOZUKA

東京工業大学 Tokyo Institute of Technology

要旨 一過性の流行ではない知識から継続的な価値は生まれる。知識がどのようなときに持続的に発展するのかを明らかにすることが本研究の目的である。既存の知識体系へのゆらぎによって知識は継続的に創造されるというナレッジマネジメントの未開拓の論点について、ダイナミックトピックモデルとネットワーク分析を用いた操作化を行った。既存知識の蓄積とゆらぎを呼び込む余地が知識の持続的発展に影響を及ぼすという仮説を立て、レシピという形式の知識の持続性を説明する統計モデルを構築したところ、仮説を支持する結果が得られた。

キーワード: ナレッジマネジメント、トピックモデル、ネットワーク分析

Abstract Ongoing value comes from knowledge that is not a passing fad. The purpose of this paper is to clarify when knowledge continuously evolves. To address the unexplored issue that knowledge is continuously created by fluctuation to the existing knowledge system in knowledge management research, this paper operationalized it using dynamic topic models and network analysis. We hypothesized that the accumulation of existing knowledge and the room to induce fluctuations affect the continuous evolution of knowledge. This paper constructed a statistical model to explain the persistence of recipes, and the results supported the hypothesis.

Keywords: knowledge management, topic models, network analysis

1. はじめに

本研究の目的は、知識がどのようなときに持続的に発展するのかを明らかにすることである。この問いに答えることは、不確実で変化の激しい現代に、一過性の熱狂に振り回されることのない意思決定をする上で大きな重要性を持つ。一過性の熱狂は様々な人々を惹きつけ、各々の文脈で使用されてしまうため、しばしば知識としての妥当性を失い、使用に耐えないものになってしまう (Hirsh & Levin, 1999)。そのため、ある知識に対して流行しているからという理由から投資をすることには大きなリスクがある。そこで、流行する知識は、整然と分類されて定着することや定義が共有されないまま使用され続けることがあるという熱狂のあとに注目したい (ibid.)。熱狂のあとに目を向けることで持続する知識から新しいジャンルが生まれ、継続的に価値を生み出すという局面を捉えることができる (Star, 2010)。このように、流行の知識に投資することにはリスク伴う点、また、知識は持続するからこそ価値を生むという点から本研究の意義を考えることができる。

これまで経営情報学において、知識の普及のライフサイクルが問われることはあっても、知識の持続性自体が問われることは少なかった (Löwy,

1992; Ren, Zhong & Xu, 2020)。また、隣接分野で知識の持続性が問われる場合も、多くは引用関係が明確な論文や特許についてであった (e.g. Martinelli & Nomaler, 2014)。周知の通り、知識はナレッジ・マネジメントの主題である。ナレッジ・マネジメントでは、野中・竹内 (2020) に代表されるように、新しい知識の創造という局面に最大の関心がある。この中に、新しい知識の生まれやすい組織構造として外部のノイズに開かれていることに注目した、ゆらぎ (fluctuation) による知識創造についての研究がある (Nonaka, 1996)。この議論は寺島 (2012) や Jafari & Rezaeenour (2010) が述べるように未開拓の論点に留まっているものの、本研究の扱う持続性の問題への有益な示唆がある。なぜならば、この議論の前提には既に持続している知識の存在があるからである。すなわちこの議論は、既にある知識を陳腐化させずに持続させるためには既存の知識体系にゆらぎが起きる余地が必要であると解釈できる。これは野中・竹内も参照している Star & Griesemer (1989) による、一貫性と可塑性を併せ持つものが多様な人々からの関心を持続的に惹起するという主張と通じる。そこで、知識の持続的発展を説明するために、既存知識の蓄積とゆらぎを呼び込む余地という2つの概念を取り上げることで、ナ

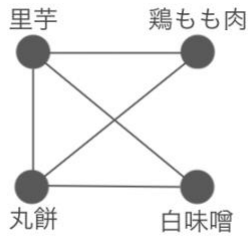


図1 ゆらぎを呼び込む余地の例

レッジ・マネジメントの未開拓の論点に示唆を与えることを本研究は目指す。

既存知識の蓄積とゆらぎを呼び込む余地の定義を提示する。まず、本研究では、ある目的のために何をどうするかを記述した知識であるノウハウ (know-how) を扱い、特に「何を」の部分——知識の構成要素——を分析対象とする。シムペーターを参照するまでもなく、この構成要素の新しい組み合わせから知識は生成される。また、知識を構成する要素はそれ単体で意味があるのではなく、あるノウハウの中で組み合わせることで、各々の文脈に応じた意味を持つようになる。

本研究は、知識の構成要素が一定の組み合わせパターンで繰り返し出現することを既存知識の蓄積と定義する。また、複数の知識を構成している要素の間に新たな組み合わせの余地 (cf. structural holes; Burt, 2004) があるときにゆらぎを呼び込む余地があると定義する。お雑煮を例にとると、京都のお雑煮のレシピでは白味噌・丸餅・里芋が組み合わせられる一方、熊本では鶏もも肉・丸餅・里芋と一緒に用いられる。食材をノード、一緒に用いられることを辺として表現すると、この2つの知識の関係は図1のように表される。このような場合に白味噌と鶏もも肉と一緒に用いるという新しい組み合わせを考える余地が生まれると考える。複数の知識の間にあるこのような構造をゆらぎを呼び込む余地と本研究は呼称する。以上、本研究では、知識の構成要素に目を向け、要素の組み合わせのパターン化の程度を既存知識の蓄積、要素の新しい組み合わせが生まれる余地の大きさをゆらぎを呼び込む余地と定義する。

ここで、知識の流行はどのようなときに長続きするのかという問いに答えるために、既存知識の蓄積とゆらぎを呼び込む余地という2つの変数を用い、以下の仮説を提示する。

仮説 既存知識の蓄積があり、ゆらぎを呼び込む

余地が大きい知識は持続的に発展する

2. 変数の操作化と使用するデータ

この仮説を実証するために変数の操作化と使用するデータについて述べる。使用するデータはウェブからクロールした料理のレシピである。料理のレシピを対象としたのは、レシピは材料と手順という2つの項目からなる記述が広く受け入れられている構造化された知識であり分析に適しているという点、数多くの人々によって集合的に形成される知識であり変化と多様性に富むという点からである。ある料理をどのように作るかというノウハウを構造化して記述するレシピには、知識の構成要素として材料という要素を持つ。材料の組み合わせによってできあがる料理には十分な差異が生じるため、材料を知識の観察単位とした。本研究では、検索ワードとして「麻婆」を用い、検索期間を2010年から2019年の10年間とし、合計7,932件のレシピデータが取得した。「麻婆」は本国で広く知られた料理でありながら、麻婆豆腐、麻婆茄子といったバリエーションに富み、中国人移民の増加などによるレシピに発展が見られるため本研究に適した対象であると考える。

第一に、被説明変数である知識の持続的発展の操作化を示す。ある知識が持続的に発展するとき、知識の構成要素には重要性を増していくものと減っていくものがある。この重要性の増減を説明することができれば、知識の持続的発展の筋道を辿ることができる。そこでまず、材料の組み合わせパターンから推定したトピックとして知識を操作化した。これはそして、あるトピック z_k 中である材料 w_i が用いられる確率 $P(w_i|z_k)$ を材料の重要性とした。このトピックとは、潜在ディリクレ配分法 (LDA) に状態空間モデルを組み合わせ、トピックの時系列変化を分析可能にしたダイナミック・トピックモデル (DTM) (Blei & Lafferty., 2006) を用いた。紙幅の都合から要点だけを述べる。トピックモデルは、ある文章が執筆者によって書かれる過程をモデル化することで、実際に観察された文章の生成過程をシミュレートしようとするものである。具体的には、確率 $P(z)$ でトピック z_k が選ばれ、トピック k 中での材料 w_i の重要性を表す確率 $P(w_i|z_k)$ に基づいて、材料 w_i が用いられるというモデルになって

いる。そして、これらの確率の背後に状態モデルを想定し、毎期にノイズによる変動を加味したモデルがDTMである。ここで、t年のトピック z_k における材料 w_i の重要性 $P_t(w_i|z_k)$ と、t+1年の $P_{t+1}(w_i|z_k)$ を比較して、知識の持続的発展 y_t を式1のように計測した。

$$y_t = \begin{cases} 1 & P_t(w_i|z_k) < P_{t+1}(w_i|z_k) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (式 1)$$

第二に、説明変数である既存知識の蓄積とノイズを呼び込む余地の操作化の方法を示す。これらの変数の操作化では、ネットワーク分析の指標を用いた。ここでは、t年のトピック $z_k(k=1,2,\dots,K)$ について、 $P(w_i|z_k)$ が高い順にI個の材料 w_1, w_2, \dots, w_I を取り出す。材料をノード v 、レシピの中で共起することを辺 e 、共起回数を辺の幅 $w(e)$ とした共起ネットワーク G_k をK個作成した。辺の数 n 、ノード数 m の G_k に対して、総共起回数 S_{G_k} とクラスタリング係数 C_j 、平均クラスタリング係数 \bar{C}_{G_k} を式2,3,4で算出した。

$$S_{G_k} = \sum_{i=1}^n w(e_j) \quad (式 2)$$

$$C_j = \frac{\lambda_{G_k}(v_j)}{\tau_{G_k}(v_j)} \quad (式 3)$$

$$\bar{C}_{G_k} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m C_j \quad (式 4)$$

ここで、 $\lambda_{G_k}(v_j)$ は G_k から v_j を含む3つのノードを取り出したとき、3辺が張られている——三角形になっている——数である。 $\tau_{G_k}(v_j)$ は G_k から取り出された v_j を含む3つのノードのうち、2辺が張られている数である。この平均である平均クラスタリング係数 \bar{C}_{G_k} が低いほど、新しいつながりが生まれる可能性——ゆらぎ——があることになる(Watts & Strogatz, June 1998)。以上から、既存知識の蓄積を総共起回数の高さとして、ゆらぎを呼び込む余地を平均クラスタリング係数の低さとして操作化する。

3. 分析方法

本研究では次のような統計モデルを作成し、説明変数が被説明変数に与える影響の強さである係数の時系列変化を観察した。統計モデルとして、被説明変数が二値であり二項分布に従うと考えられることからロジスティック回帰モデ

表 1 説明変数と交絡変数の標準化係数

	2015	2016	2017	2018
切片	0.24*	0.23*	0.00	-0.16*
平均クラスタリング係数	-2.67*	-1.35*	-2.02*	-1.74*
総共起回数	2.00*	0.60*	1.13*	0.63*
$P(w_i z_k)$	0.01	0.13	0.07	0.25*
t年のレシピ数	0.16	-0.08	0.18	-0.10
レシピ増加率	-0.50	0.10	-0.02	0.23*
材料 w_i の出現数	-0.10	-0.28*	-0.31*	-0.33*
対数尤度	-437	-458	-442	-435

* $p < 0.05$

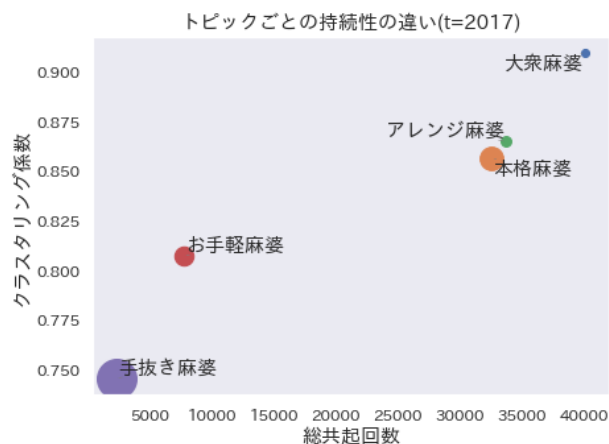


図 2 トピックごとの持続性の違い

ルを採用し、最尤推定法で係数を推定した。説明変数の他に、絡落変数として材料 w_i のトピック z_k における重要性を表す $P(w_i|z_k)$ 、t年のレシピ数、t年のレシピ数の増加率、t年の材料 w_i の出現数をモデルに加えた。2015年から2018年までの4個のモデルについて、有意水準5%のもとで各変数の係数を比較した。

4. 結果

まず分析データの概要を示す目的で、t=2018、K=5のトピックを示す(図2)。各トピックの名前は $P(w_i|z_i)$ の高い材料から参考的に付与した。横軸に総共起回数、縦軸に平均クラスタリング係数、円の大きさは持続性の高さに比例させている。持続性が最も高かった手抜き麻婆トピックは材料に「麻婆豆腐の素」を用いる点に特徴がある。次に持続性の高い本格麻婆トピックは「花椒」「豆豉」を用いる特徴がある。大衆麻婆トピックとお手軽麻婆トピックは似ているが、後者は「チューブニンニク」「チューブショウガ」を用いる傾向がある。アレンジ麻婆トピックは「ナス」「タマネギ」「ニンジン」などを用いる特徴がある。

以上の傾向のあるトピックと材料について、

t=2015 から 2018 までの 4 つのモデルの標準化係数を表 1 に示す。説明変数は平均クラスタリング係数と総共起回数の 2 つであり、それ以外は切片と交絡変数である。説明変数についてはすべての期で有意で、平均クラスタリング係数は常に負の影響、総共起回数は正の影響を持っていた。標準化係数の絶対値はクラスタリング係数のほうが大きいので総共起回数よりも強い影響を持っている。切片と交絡変数についての詳細は省くが、有意になる年があればならない年もあるという結果であった。

具体的に結果を見てみると、図 2 の右上のある程度手間のかかるレシピの中でも、左下にある手間のかからないレシピの中でも、ゆらぎを呼び込む余地の大きいレシピである本格麻婆レシピと手抜き麻婆レシピに持続的な発展性がある。一般に本格志向と手抜き志向には共通して、これまでの主流から一歩踏み出そうという意図がある。この意図のもとで蓄積された知識は既存の材料のこれまでにない組み合わせを呼び込むことで新しい知識を生み出していると推察できる。

5. 考察と結論

本研究の仮説は「既存知識の蓄積があり、ゆらぎを呼び込む余地が大きい知識は持続的に発展する」というものであった。この仮説を検証することで、知識がいかなるときに持続的に発展するのかという問いに答えることが本研究の目的である。これを通じた、ナレッジマネジメントにおける、ゆらぎによる知識創造という未開拓の論点への貢献を議論する。本研究の分析では、知識の持続的発展という被説明変数、既存知識の蓄積とゆらぎを呼び込む余地の 2 つの説明変数に対し、DTM とネットワーク分析を使った操作化を行った。直接観察できる共起関係の背後に潜在的な意味（トピック）の発展を想定したことに特色がある。分析結果からは、知識の持続的発展には、ゆらぎを呼び込む余地が大きい（平均クラスタリング係数が低い）ことがまず重要であり、次いで、既存知識の蓄積（総共起回数の高さ）が重要であるという仮説を支持する結果が得られた。これまでゆらぎを直接観察することの難しさから議論が停滞していた論点に定量的な分析手法及び証拠を導いたことは意義のあることであろう。ゆらぎそれ自体ではなく、ゆらぎが起きやすい状況を

考えるという考え自体はイノベーションマネジメントにも見られるものであるが、定量的な捕捉を可能にした点に新規性があると考えられる。

しかしながらここで述べたことは未だ一般化が可能なものではない。そこで、本研究の分析結果を踏まえたケーススタディを行うことで蓄積とゆらぎの具体的な作用を明らかにしていくこと及び、論文や特許、購買行動データ、SNS などにモデルの適用範囲を広げていくことが本研究の今後の展望である。

6. 参考文献

- Blei, D. M., & Lafferty, J. D. (2006, June). Dynamic topic models. In *Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning*, (pp. 113-120).
- Burt, R. S. (2004). Structural holes and good ideas. *American journal of sociology*, 110(2), 349-399.
- Hirsch, P. M., & Levin, D. Z. 1999. Umbrella advocates versus validity police: A life-cycle model. *Organization Science*, 10(2), 199-212.
- Jafari, M., & Rezaenour, J. Evolution of Organizational Knowledge Creation Theory: A brief review. In *Business Transformation through Innovation and Knowledge Management: An Academic Perspective*, 2889.
- Löwy, I. (1992). The strength of loose concepts—Boundary concepts, federative experimental strategies and disciplinary growth: The case of immunology. *History of science*, 30(4), 371-396.
- Martinelli, A., & Nomaler, Ö. (2014). Measuring knowledge persistence: a genetic approach to patent citation networks. *Journal of Evolutionary Economics*, 24(3), 623-652.
- Nonaka, I., Umemoto, K., & Senoo, D. (1996). From information processing to knowledge creation: a paradigm shift in business management. *Technology in society*, 18(2), 203-218.
- 野中郁次郎・竹内弘高. (2020). 『知識創造企業 (新装版)』. 東洋経済新報社.
- Ren, Y., Zhou, Y. & Xu, H. (2020). Fashion Life Cycle Forecasting: Popularity of Fashion Elements on Social Media. In *Forty-First International Conference on Information Systems, India 2020*.
- Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional Ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social Studies of Science*, 19(3), 387-420.
- Star, S. L. 2010. This is Not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept. *Science, Technology, & Human Values*, 35(5), 601-617.
- 寺島健一. (2012). 「組織における「ゆらぎ」の考察—「ゆらぎを通じた秩序形成」プロセスの研究に向けて—」『経営学研究論集』, 37, 87-97.
- Watts, D. J. & Strogatz, S. (June 1998). Collective dynamics of 'small-world' networks. *Nature*, 393(6684) 440-442.